

博 士 学 位 論 文

内 容 の 要 旨
お よ び
審 査 結 果 の 要 旨

第 1 1 編

平成 17 年度

高 知 工 科 大 学

はしがき

本編は、学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第8条による公表を目的として、平成17年度内に本学において博士の学位を授与した者の、論文要旨の内容および論文審査の結果の要旨を収録したものである。

学位記番号に付した甲は、学位規則第4条第1項（いわゆる課程博士）によるものであることを示す。

（平成18年5月発行）

<目 次>

甲第64号	中川 喜博	個の情報管理による企業価値評価モデル・・・・・・・・・・ 1 A Proposal of New Enterprise Valuation Model Based on Personal Information Management
甲第65号	黒川 さゆり	Innate selfish characteristics of intronic・・・・・・・・ 5 homing enzyme in <i>Chlamydomonas</i> mitochondria assayed through <i>in vitro</i> and <i>in vivo</i> systems
甲第66号	溝渕 宣誠	ロボットによる案内行動の実現・・・・・・・・・・ 9 Realization of Guide Action by a Robot
甲第67号	秋山 幸仁	キノコ成分研究と研究開発ネットワーク構築の考察・・・13 A Research on Medical Performance of Mushroom Components with Newly Proposed R&D Network
甲第68号	大野 加恵	地域文化資源の利活用による新事業の創出に・・・・・・・・17 関する考察 - 地域経済活性化の視点から - A Study on Business Creation by Utilizing Local Cultural Resources-Perspective of Local Economy Activation-
甲第69号	Cui Tianshi	永久磁石の運動制御による多重自由度磁気浮上機構・・・21 Multi-DOF Maglev System with Permanent Magnet Motion Control
甲第70号	Guo Chen	Regional Development Scheme in China Using・・・・・・・・26 the Functions of University and Its Adaptability to Other Developing Countries
甲第71号	小向 拓治	熱CVD法によるカーボンナノチューブの合成および・・・32 電界電子放出素子への応用に関する研究 Synthesis of CNTs by Thermal CVD and its Application to Field Emission Devices
甲第72号	Kong Jing	Considering subjective factors in・・・・・・・・・・ 36 performance models for human-computer interface design and evaluation
甲第73号	Sun Jianye	Numerical Simulation of Liquid Crystalline・・・・・・・・ 42 Polymer Processing
甲第74号	Sun Baiqing	ガウス関数によるニューラルネットワークを用いた・・・44 紙幣認識システムの排除能力に関する研究 Research on Rejection Capabilities of Paper Currency Recognition System with the Neural Network Employing Gaussian Functions
甲第75号	Shang Tao	移動ロボットの自律化を目的とする人間の・・・・・・・・ 48 行動知能の模倣

甲第76号	廣田 洋一	海外建設プロジェクトのリスク・マネジメント・・・52 システムとプロジェクト・マネージャーの役割 Risk Management in the Overseas Construction Project and Project Manager ' s Role
甲第77号	Fu Shufang	Numerical Simulation of Polymeric・・・58 Liquid Crystalline Flows Under the Magnetic Field
甲第78号	Hou Xiaohong	Development of a New Signaling Methodology・・・61 for Anion Recognition
甲第79号	武藤 信義	パラダイム転換期の日本に於ける地方産業・・・67 ・経済自立化に関する研究 -高知県木材産業を事例とした起業工学概念からの考察-
甲第80号	Yan Lei	Rapid Determination of Iron Sulfide Content・・・73 in the Sludge of Bay and Lake by Electrochemical Methods
甲第81号	Yu Xia	健康状態チェックと助言を目的とする・・・77 ホームドクターシステムの開発
甲第82号	Yu Xiaoyan	An Adaptive Block Truncation Coding Scheme and・・・81 Its Data-Driven Parallel Implementation
甲第83号	Rajendra Niraula	Integrated System for Human Resource and・・・86 Infrastructure Development in the Developing Countries
甲第84号	Liang Ning	Effect of <i>Phaeocystis</i> sp. sprayed over・・・96 deteriorated soil; a possible method which restores and fertilizes eroding barren land
甲第85号	Wang Ying	Development of New CFT Column-CFT Beam Frame・・・100 Structure using Self-compacting Concrete
甲第86号	矢田 修一	新規海洋細菌が産生する色素ヴィオラセインと・・・105 その抗腫瘍作用 Violacein Produced by Novel Marine Bacteria and its Anti-tumor Properties
甲第87号	平山 正治	単眼および両眼での時間的足し合わせから予測される・・・108 空間周波数チャンネルの時間応答に関する研究 Temporal Response of Spatial Frequency-tuned Channels Inferred from Temporal Summation in Monocular and Binocular Stimulation
甲第88号	森川 大智	データ駆動型ネットワークプロセッサ DDNP の・・・112 パケットフィルタリング機構 The Packet Filtering on Data-Driven Network Processor:DDNP

甲第89号	辻 貴介	一方向性変換関数応用認証方式 116 Authentication Schemes Using One-Way Functions
甲第90号	Saratchai Ongprasert	Passenger Behavior on Revenue Management . . 120 Systems of Inter-city Transportation
甲第91号	C.Wattanalamlerd	Effect of Powder Admixture on Flowability 125 Fresh Mortar
甲第92号	松野 年伸	化合物半導体事業におけるイノベーション過程の考察 . . 130 STUDY OF INOVATION PROCESS IN COMPOUND SEMICONDUCTOR BUSINESS

氏名(本籍)	なかがわ よしひろ 中川 喜博(香川県)
学位の種類	博士(学術)
学位記番号	甲第64号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	個の情報管理による企業価値評価モデル A Proposal of New Enterprise Valuation Model Based on Personal Information Management
論文審査委員	(主査) 高知工科大学 教授 加納 剛太 高知工科大学 教授 清水 明宏 高知工科大学 教授 富澤 治 高知工科大学 教授 平野 真 高知工科大学 客員教授 濱口 智尋

論文内容の要旨

本論文は、筆者が富士通株式会社通信研究部門などにおいて、情報通信プロトコルの設計と情報セキュリティに関して行った研究、人工知能の知識データベース構築に関して行った研究、ナレッジマネジメントの研究を基にした。更に、高知工科大学にとスタンフォード大学において、起業工学に基づく企業経営とインターネット上の情報保護について、国際的な視野と標準化を踏まえた理論の確立と、ビジネスへの実務展開に基づく工学的研究をまとめたものである。

電子署名の公開鍵認証基盤(PKI: Public Key Infrastructure)は、より高度なセキュリティを必要とするシステムには不適である。これは、インターネットと端末間の送受信内容を保障するPKIには、本人真正証明不全の技術的な問題が存在するためである。このPKIの脆弱性を克服するバイオメトリクスがあるが、この認証技術で利用する個人認証の生体識別認証データ自体が、究極のプライバシー情報である個人情報である。筆者はこのPKIの問題を解決するために、従来には存在しない15の機能の必然性を明らかにし、権利化した。さらに、インターネットの長所のみで構築したシステムは実用性が無く、金融ビジネスなどの確実性を要求されるシステムには適用出来ない。本論文では、このシステム欠損を解明するとともに、IDCによって課題解決のキーとする研究により、次世代コンピュータネットワークの基本設計による情報基盤の確立の結果と、具体的な適用計画を目的とする。

本論文は、4章に分けて構成されるが、以下各章毎に順を追ってその内容の梗概を述べる。

本研究では、インターネットビジネス上における個の証明法、個の情報を重視した経営理論、ビジネスへの具現化について3部構成で表した。

1部では、個の本人証明と個人のプライバシー情報制御(高知工科大学特許1号取得)について行った。

2部では、個人資源管理法(PRM)を用いた経営分析で定量的な企業価値評価方法を提案した。本アプローチでは、まず事業体の経営活動を9つの要素に分類する。入力要素、技術的な面が反映された一次的出力要素、そして時間が反映された二次的出力要素である。そしてこれら要素間のスループットに関する効率性を測定する。

3部では、PRMの記述形式で定式化された新しい使用方法を提案する。この使用方法に関して最も重要な特徴は、提案するインデックスが8種類の効率性(技術的効率性、企業価値効率性、トータル効率性、仮想企業価値効率性)に分解できる点である。それゆえ、本アプローチは企業価値を測定するだけでなく、産業内におけるポジショニングを示唆することを可能としている。

第1章 序論

- 1.1 に、旧来より主流である情報システムについて述べる。本章では、インターネット接続によるコンピュータシステムについて“個人”の視点から観察した。
- 1.2 に、その情報ネットワークの変化によって、経営管理システムや業務の連携システムが、情報ナレッジマネジメントへと進み企業が保有する知的資産価値の企業価値基準の見方と評価方式に変化が見られる実態を述べる。
- 1.3 に、利用形態が従来の代理店販売などから e-business や直接購買に見られるように、企業専用から顧客直接へと変化の傾向の実態を述べる。
- 1.4 に、インターネット利用問題の正確な状況把握と、不特定多数を前提にした個人情報保護のオープンネットワーク上の統合システム化に関して、本研究の目的と意義を明らかにさせた。
- 1.5 に、IDCで利用するASPについて、ホスティングサービス財務会計からのバランスシートなどや、キャッシュフローだけの会計主義による経営分析システムの問題について正確な把握を行った。また、戦略情報システムに関しても最近の状況について概説し、本研究の目的と意義を明らかにさせた。

第2章 個人情報認証局の情報基盤

- 2.1 個人情報保護の社会的ニーズ
情報保護のキーとなる本人認証が、現在の技術では実用的とする公開鍵方式と、電子署名の認証の欠点による運用未着手の理論的な問題調査を行い、工学的に情報の流れと認証方法を研究し問題を明らかにした。
- 2.2 個人情報認証局（新構想）の提案
前節の調査研究より、筆者が地球的規模の情報ネットワークの基礎基盤に向けて、ビジネスモデルとして基本特許を権利化した、全く新たな発想と構想による情報セキュリティの確立理論を提案した。
- 2.3 個人情報認証局（PIA）の技術設計と基本運用設計仕様
前節の個人情報認証局（PIA）の構想実現のため、工学的な運用技術について実際の運用システム基本設計水準まで研究して、技術仕様書として具現化への検証を行った。
- 2.4 実用化への課題
構想と理論が具体化するための前提となる並列技術を、応用させた超高性能通信サーバの試作から製品化を条件とした課題と法的制度の確立と国際標準化への応用についての課題について考察した。

第3章 経営管理システム理論(PRM)

- 3.1 統合データベースのコンテンツ
本章では旧来主流であった、財務会計からのバランスシートとキャッシュフローだけの会計主義による経営分析システムの問題について、正確な把握と戦略情報システムに関しても最近の状況について概説し、本研究の目的と意義を明らかにさせた。企業価値分析が可能とする資産収益性や投資収益性などの経営指標に基づく経営に役立てる理論的な問題調査を行い、工学的に情報の分析方法を研究し問題を明らかにした。
- 3.2 次世代の経営評価理論（新構想）
本章では第1章と第2章の調査研究より、効率性の高い事業体に変革するための起業家アプローチ導入の必要性と、全く新たな発想と構想による経営分析の確立理論を考案した。
- 3.3 次世代の経営システム（新構想）
構想と理論を具体化するため、企業の現在の正当な価値を評価する必要性と、今後の将来性に関する価値基準を戦略的な観点から評価させる技術の確立と国際標準化への応用についての課題について考察した。
- 3.4 PRM（新構想）
前節で確立した評価理論を経営分析のツールとして、一般的な企業と事業体への国際的な範囲で適応が可能な全く新しい工学的手法に関する経営システムを述べた。また、中

期及び長期事業計画に関して、望ましい企業と事業体の望ましい具体的な実現に向けて技術的に確立を前提とするため、進化を前提にするイノベーションを可能にする PRM システムの実現について述べた。

3.5 結論

最後に前節までに述べた理論の具体的なシステムの実現に向けて、企業評価に基づく分析 ERM システムの確立により、経営分析理論と技術の確立を前提とするため、企業の価値評価という国際的な範囲で適応が可能な全く新しい工学的手法に関する 3.1 から 3.4 までの研究結果を総括して、本結論を述べた。

第 4 章 ビジネスへの適用と実践

4.1 適用への課題

結論ナレッジマネジメントによる知識共有を、知的生産性の向上と知的触発の拡大を図るグループウェアの研究より、インターネットによる業務システムの適用について実験と分析を進めた結果、従来の IDC (Internet Data Center) は、e-コマースや業務アプリケーションに限らずオープンネットワークが必要とする不特定アクセスによる利用者の特定や、分散ネットワークの性質による集中システム運用への適用条件が欠落している事などを明らかにした。

4.2 特許資本参加

2 章の技術と本章の解決法を特許明細として特許として権利化した。この権利を資本提供を行い起業を行った。事業内容として次世代の IC カード認証基盤についての取り組みについて述べた。

4.3 IDC での実用化

本人識別情報である個人情報を集中管理する情報センター (IDC : Internet Data Center) を活用する、自己の重要情報を自己コントロールするシステムの実施例を考察した。認証するデータの真正性を保持しつつ、匿名性を維持し認証強度により段階的な開示を可能技術を新規事業の展開として、一生涯の個人情報を集中管理する銀行機能を備えた電子医療カルテの情報統合管理センターを考察した。ユビキタスと広域災害にも対応可能とする新たな高信頼情報管理と新たな認証ビジネスの創出について述べた。

4.4

第 5 章 結論

システムの利用者が、パッケージやシステムの固定仕様通りの操作と内容からの脱却手法として、個人情報認証局 (PICA) と個別経営管理システム (ERM) が価値あるものである評価について述べた。また、実用化についての考察より、ビジネスとしての価値と方向性についても評価した。

審査結果の要旨

1. 論文の評価

旧来、経営学の資本や土地・労働ではなく、知識をベースにした企業価値評価分野において、知識を生み出す個人を中心に仕事の流れや組織が築かれ、就労形態や所有形態など個人と組織の関係が激変する。人・物・金など実物資源に依存する経済から、情報・サービスなど知識を基盤とする経済への移行により、知識資本の台頭・知識の取引・供給など、知識創造の時代に移行している。そのため、『知識創造の経営』の知識革命の本質を抽出する知識社会を成立する個人の能力や価値評価の重要性が広く認識されるようになった。

しかし、相次ぐ個人の成果主義制度の導入失敗事例から、組織の個人が企業に従属する立場から知識の供給者の立場に変わり、知の総合化知識社会への移行においては、過去の価値評価方法論では役に立たないことが現実化した。

本論文の価値は、現在この新たな企業価値評価法の求められる状況を 1990 年代に予想し、理論だけの構築ではなく、コンピュータシステム及びインターネットシステムにおける企業価値評価に必要な“個”の要素の視点から、その客観的な評価方法の提案と共に示し、更にその要素を経営の中に組み込んで推進する為の理論を構築した点にある。特にこれまで“個”の視点による企業の評価基準が無かった『知識市場における知識供給』の在り方に対して、組織・人員など企業の物理的規模の縮小と知的規模の拡大の評価方法をリアルタイムに評価するという、一つの全く新しい価値評価モデルを与えた。

更に本論文の中で展開されている『個人の評価までを数値化する』ことにより、人で構成される企業やベンチャー会社の価値評価と、人材戦略の普遍性の高い企業分析ツールとして研究し、これを実証した概念は、企業経営を成功に導く為の一つの方法論を与えるものである。

また本理論を展開する前提において、“個”のシステム基盤とする個人情報などのデジタルコンテンツをデータベース化するにあたり、重要な個人情報の『情報銀行』を定義している。個人情報のデータベースとして機能するための“個”の認証とプライバシー制御のプロトコル基盤を構築した点である。すなわち、端末認証や装置間通信の確立を行なう過去の技術延長では“個”の認証は不可能とし、認証データベースが多種多様の機器に分散する機能や方式自体のセキュリティリスクの阻害要因を排除するため、重要データベースの集中管理によるプライバシー制御専用の独自の通信プロトコルを考案した点にある。これまでこのようなネット上の個人の存在を明確にする個人の重要なプライバシー情報について法律や国際条例では近年定義されつつあるものの、実現するシステムは存在しないとされてきた。よって、本理論で初めてプライバシー情報の制御技術や本人認証の制御工学理論として提案し、更に起業工学の理論において、ビジネスモデル特許として権利化し、ビジネスプランの有効戦略を考案している点は評価できる。

最後に本論文はこれらの理論モデルの正当性を実証し検証するため、実際に起業実践を行ないデジタルコンテンツの著作権管理の制御手法を含め、病院経営システムと広域電子医療施設の医療 IDC の実現方法も考案し実現を図っている。このことにより、研究者の生み出す成果が“個”を重視するモデルの実効性が示したと考えられ、博士論文として必要な要件を満たしていると判断する。

2. 審査の経過と結果

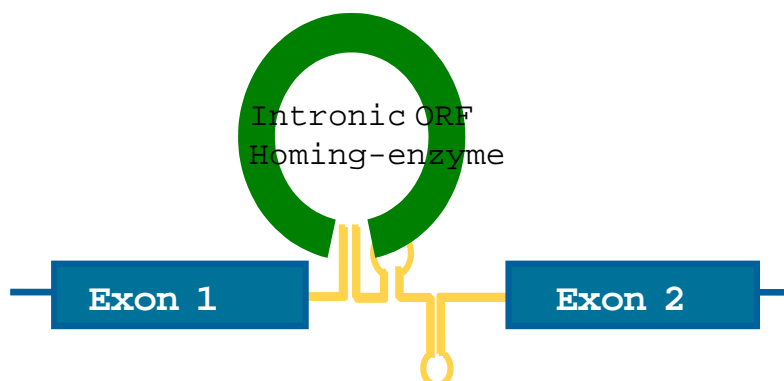
- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月16日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	くろかわ 黒川 さゆり (高知県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第65号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	Innate selfish characteristics of intronic homing enzyme in <i>Chlamydomonas</i> mitochondria assayed through <i>in vitro</i> and <i>in vivo</i> systems
論文審査委員	(主査) 高知工科大学 教授 大濱 武 高知工科大学 教授 榎本 恵一 高知工科大学 助教授 有賀 修 高知工科大学 教授 松元 信也 関西電力(株) 電力技術研究所環境技術研究センター 宮坂 均

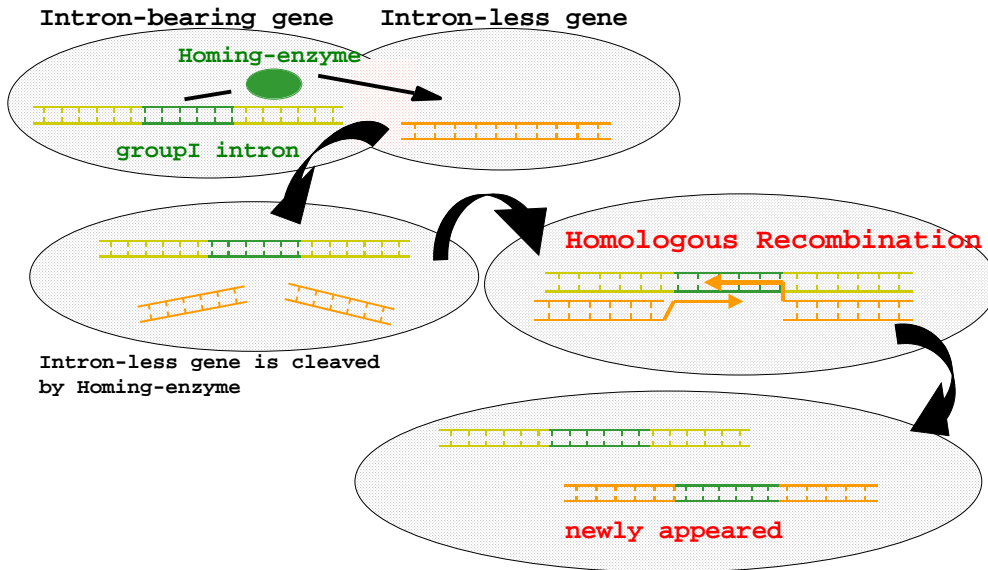
論文内容の要旨

Homing enzyme is a kind of DNA sequence specific endonuclease of which recognition sequence is much longer than bacterial type II-restriction endonucleases. Homing enzymes are classified into four groups based on the conserved amino acid residues, LAGLIDADG, GIY-YIG, N-H-N or His-Cys box. LAGLIDADG family is the largest among them. Most often they are coded in an ORF within the intron or found as a component of an intein, but some are encoded in a freestanding gene. Most probably homing enzymes detected in an intein or coded in an intronic ORF are originally freestanding ones, and translocated into the existent sites in the course of evolution. About 30 % of the group I introns contain the ORF for active homing enzyme, and the others contain vestigial sequences for homing enzymes. This suggests that intronic homing enzyme easily loses its activity through accumulation of mutations. Most probably inactivation of homing enzymes is tolerated because they have no benefits to the host, and this instantly leads to that regular horizontal transmission of the gene to a new species before its functional deterioration is essential for its evolutionary long-term persistence. On the other hand, it has been shown that to make a copy of the homing enzyme gene, cleavage of the target site is essential. Therefore, the recognition property of a homing enzyme must be skillfully adapted to cleave the target sequence which is degenerated among a wide range of organisms.

Group I intron and Intronic ORF



Invasion of groupI intron at the homing-enzyme digested point through homologous recombination



So far, characteristics of homing enzymes have been analyzed *in vitro*, and none has been analyzed *in vivo*. This is mainly due to the difficulty to develop *in vivo* assay systems. However, my colleagues and I developed a practical method to introduce a point mutation into the intended site of the *Chlamydomonas reinhardtii* mitochondrial gene. Utilizing this method, I succeeded to assay the property of a LAGLIDADG homing enzyme (I-*Csm1*) *in vivo*. I-*Csm1* is coded in the alpha-group I-intron located in the COB gene of *C. smithii* mitochondrial genome.

In Chapter 1, I showed the results obtained through *in vitro* assay. Basic property of I-*Csm1* and the cleavage efficiency on variously mutated target sequences were assayed using a recombinant I-*Csm1* polypeptide and substrate DNA fragments.

In Chapter 2, I showed the results obtained by *in vivo* assay. Cleavage ability of I-*Csm1* was monitored through alpha-intron invasion into the variously mutated target site in *C. reinhardtii* mitochondrial genome.

Enzymatic characterization of intronic endonuclease I-*Csm1*, which is a member of LAGLIDADG homing enzymes, was carried out using a recombinant enzyme produced in *E. coli* and variously mutated synthetic substrates. *In vitro* assay using the synthetic double strand DNA fragment revealed that divalent cation such as Mg^{2+} is essential, while it does not require ATP. Kinetic analyses of the enzyme showed that it has very high affinity to the substrate molecule and quite slow turn over ratio. These characteristics were similar to other representative LAGLIDADG homing enzymes. The cleaved double strand DNA was 3' -overhangs of four nucleotides. Analyses of cleavage efficiency for variously mutated substrates uncovered that the recognition region of I-*Csm1* reside between 5 and +11 nucleotide in relation to the intron insertion site. Generally intronic homing enzymes show ambiguity for their recognition nucleotide, however it is limited to mutation that might be tolerated in nature. Contrastingly, I-*Csm1* cleaved target sequences that contain highly likely non-tolerable ones in nature. This is probably due to I-*Csm1* is a bi-functional enzyme. It works not only as a homing enzyme but also as a protein to assist the folding of intron into the correct three dimensional structure.

The base positioned at +6 in relation to the intron insertion site was recognized most strictly *in vivo* among the mutated sites investigated in this study: Two types of mutations positioned at +6, ATG(Met) to ATA(Ile) and to ATT(Ile), resulted in very

limited invasion ratio, 6 % and 35 % respectively. Position +6 is very close to the cleavage point of the coding strand, which is between +5 and +6. This is consistent with the result of *in vitro* assay, which showed the prominent tendency that mutations located around the coding strand cleavage point are severely recognized. On the other hand, a types of mutated sequences that are cleaved moderately or efficiently *in vitro*, *i.e.*, the substrates of which cleavage ratio is more than 50 %, were invaded by alpha-intron with very high frequency (83-100 %) *in vivo*.

Considering the limited variation in the target sequence and the prominent ability to recognize the degenerated target sequence, which was systematically investigated *in vitro*, the principle bottleneck for the lateral intron transmission is most probably not the absence of the cleavable target sequence in a genome. Furthermore, this investigation showed that direct cell to cell transmission of group I intron is easier than expected from the *in vitro* cleavage assay. All together, the bottleneck of intron invasion across species is plausibly the opportunity of interspecific cell fusion.

Intron invasion ratio (%) in each type of mutation and results of *in vitro* cleavage.

	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	+8	+9	+10	+11	+12
		T	A	C	C	A	T	G	G	G	G	C	C	A	A	A	T	G	T	C	T	T	T	C
A	+++	+		++	++		++	-	-	-	+++	+++	-				-	-	-	-	-	+	-	+++
												100 %						6 %						
T	+++		+++	++	++	++		-	-	-	++	+++	++	-	-	-		-		-				++
						83 %						100 %				47 %		35 %						
G	+++	+++	++	++	+	++	+					+	+	-	++	+++	-		-	-	-	+	++	+++
						100 %						92 %			91 %								50 %	
C		+	++			++	+	-	-	-	-			-	-	+	+	-	-		+++	+	++	
						91 %																92 %		

審査結果の要旨

1. 論文の評価

単細胞緑藻のクラミドモナスのミトコンドリアにある group イントロンの転移に関する酵素について、生化学的、分子遺伝学的な手法を用いてその特性を解析しており、非常にすぐれた研究成果であると認める。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	みずぶち よしのぶ 溝渕 宣誠(高知県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第66号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	ロボットによる案内行動の実現 Realization of Guide Action by a Robot
論文審査委員	(主査)高知工科大学 教授 王 碩玉 高知工科大学 教授 河田 耕一 高知工科大学 教授 井上 喜雄 高知工科大学 助教授 岡 宏一 高知工科大学 助教授 辻 知宏

論文内容の要旨

単純な繰り返し作業の自動化を目的として、発展してきた産業用ロボットは生産ラインをはじめ様々な分野で使用されており、大量生産の効率向上に大きく貢献している。産業用ロボットは人間から離れた環境で作業を行うので、研究課題のほとんどが作業の高速化・高精度化に帰着される。一方、近年、少子化・高齢化が急速に進むにつれて、家庭やオフィス、医療、福祉現場で日常生活をサポートできる人間共存型ロボットが望まれるようになってきた。人間共存型ロボットは、産業用ロボットと違って、人間に密接した環境で人間のダイナミックな動きに協調する必要があるため、高速・高精度問題と違って、人間の意志や行動に対しての理解、コミュニケーション、さらに、ロボット自身のヒューマンフレンドリーな外観デザインや振る舞いなどが研究の中心課題になる。本研究では、病院や福祉施設などの屋内で人間を誘導できる案内ロボットの実現を目的としている。案内ロボットに関しては様々な研究が報告されているが、これらの研究の多くは主な研究課題として、ロボットが如何に環境を移動するのかといった課題が主である。一方で、ロボットによる案内行動に関して、如何に人を誘導するかという点での議論はあまりされていない。本研究では、ロボットによる案内行為においても人間と同じような案内行動の実現することが望ましいと考え、ロボットによる案内サービスの実現を目指した。

ロボットによる案内サービスを実現するために、まず被案内者を案内する目的地までの経路を求める必要がある。本研究では、目的地までの経路を獲得するために、案内ロボットが無線LANを介して、胸部X線検査、胃内視鏡検査、心電図検査、採血、身体計測などの検査サービスを行っている個々の目的地から混雑状況や診察時間、目的地までの距離などの情報を収集できるものと仮定した上で、個々の目的地から収集したこれらの情報により、案内コストを表す評価関数を定義した。定義した評価関数の値が最小となる目的地を現時点で最適な目的地として導出した。次に、ダイクストラ法に基づいて、その目的地までの経路を導出した。さらに、よりヒューマンフレンドリー的な案内動作を実現するためには、被案内者にどこに案内するかをアナウンスすることが必要と考え、ゴムストリング型連想記憶アルゴリズムを用いて、アナウンスする文章を生成するためのテキストテンプレートを検索する手法を提案した。ゴムストリング型連想記憶アルゴリズムは従来の連想記憶アルゴリズムと違って、連想の安定性が保証されている。提案する経路計画手法および経路アナウンス手法をシミュレーションにより、その有効性を確認した。

次に、目的地までの経路が計画されたら、経路を沿って人を案内するが、実際の案内を行うために経路を移動する速度を決める必要がある。ここで経路計画によって与えられた経路上における各点での走行速度を導出する過程を軌道計画と呼ぶ。荷物運搬など産業用ロボットの軌道計画を行う場合では、経路の形状と制御系特性を考慮すれば、高速化・高精度化を実現することが可能であるが、案内ロボットは産業用ロボットと違って高速・高精度が目的ではない。つまり、実際のロボットによる案内においては、人間のような案内動作を実現することが望まれる。そのた

め、軌道計画を行うときには、センサを用いて被案内者との相対距離や表情や身体状況などの被案内者に関する情報を検出し、人間の案内行為と同様に被案内者の行動や意思を理解した上で、経路を移動する速度を導出することが必要である。本研究では、プロダクションルールを用いて人間の案内知識を抽出し、距離型ファジィ推論法に基づいて案内ロボットの軌道を生成する計画法を提案した。人間の案内は周囲状況や被案内者との距離、表情、身体状況など多数の情報を考慮しているため、非常に高度な知的行動である。案内ロボットが人間と同様な案内動作を実現するためには、人間の案内知識を抽出することが必要である。人間の高度な案内行動は言語により表現される定性的知識であるため、知識抽出の有効な方法としては、言語変数を用いたプロダクションルールにより定式化、さらにファジィ集合により言語変数を定量化して、ファジィ推論により事実に対する推論結果を得るというアプローチが考えられる。実際の案内場面を観察することにより、周囲状況や心理的な情報は、ある程度、被案内者との相対距離と相対速度に反映されることから重要であることを確認した、そこで、まず、被案内者との相対距離を前件部として、案内役の軌道との因果関係を観察し、案内ロボットの軌道を生成するために有益な案内知識を抽出した。一方、ファジィ推論法として、前件部と事実との共通集合のメンバーシップ関数の最大値に基づく推論法が多数提案されているが、本研究では、前件部と事実とのファジィ集合間の距離を推論の根拠とする距離型ファジィ推論法を用いた。被案内者との相対距離を前件部とする案内知識を用いた案内実験を行い、提案する計画法の有効性を検討した。案内実験結果から、距離型ファジィ推論法においては、前件部のファジィ集合が互いに覆われていないようなプロダクションルールの場合でも適切な案内を実現することができる。漸近特性を有しており、分離規則が厳密に満たされている。また、より少ないルールで推論が可能であり、前件部にシングルトンを用いることである事実に対する推論結果を任意に導出することが可能である。よって、距離型ファジィ推論法がより人間の直感にあった人間らしい推論法であり、案内ロボットにおいて提案する計画法が有効であることを確認した。また、被案内者との相対距離を前件部とする案内知識が案内過程で有効であることも確認した。

さらに、より多様な案内動作を実現するために、被案内者との相対速度も考慮することが必要であると考えた。そこで、被案内者との相対距離、及び被案内者との相対速度を前件部として有益な案内知識を抽出し、案内実験結果に基づき検証した。案内実験結果から相対速度を考慮することで、ロボットの追従特性に影響があり、より多様な案内軌道を生成できることを確認した。

次に、障害物を回避しながら被案内者を目的地まで案内するために、実際の案内場面を観察することにより、障害物を回避するために有益な案内知識を抽出し、案内実験結果に基づき検証した。案内実験結果から人間を適切に案内でき、抽出した障害物を回避するための案内知識の有効性を確認した。

また、同じ案内知識を用いて軌道を生成する場合には、多様な軌道が生成できることが望まれる。そこで、同じ案内知識を用いた場合でも多様な案内動作を実現するために、ゴムストリング型連想記憶アルゴリズムを用いて適切な案内動作を生成するために必要な知識を選択した。案内実験結果から同じ案内知識に基づいた場合でもゴムストリング型アルゴリズムを用いることで、まったく違った案内動作を生成でき、同じ案内知識を使用した場合でも多様な案内動作を実現できることを確認した。

一方、ここまでの案内実験に関しては、被案内者との相対距離の目標値についてはあらかじめ一律として議論しなかった。ここで、より人間らしい案内を実現するために、被案内者の特性、意思、好みを考慮して、被案内者毎に適切な相対距離を設定する必要がある。人間の案内行動に注目した場合、案内役は被案内者と言語を媒介として積極的にコミュニケーションを行い、被案内者の特性や意思を理解している。よって、案内ロボットにおいても同様にして、音声会話によるコミュニケーションから被案内者の特性や意思を理解することが可能であると考えた。そこで、ロボットに音声会話機能を用いて、被案内者との会話内容から被案内者の特性や意思を表す“近い”、“遠い”といった相対距離に関する概念を生成し、この概念から距離型ファジィ推論法に基づいて被案内者毎に適切な相対距離の目標値を導出した。そして、目標値に相対距離を追従する有益な案内知識を抽出し、距離型ファジィ推論法に基づいて被案内者を案内した。提案する手法の有効性について、案内実験結果に基づき検証した。案内実験結果より本手法を用いることで、被案内者の回答内容にそって被案内者との相対距離の目標値が修正されていること、修正された相対距離の目標値に追従しながら適切に人を案内できることを確認した。

以上、実験を通して、人間と同レベルの案内役を実現するためには、人間の高度な案内行動を

プロダクションルールにより定式化して、ファジィ集合により言語変数を定量化するアプローチが有効であり、人間と同様にロボットによる多様な案内動作を実現できる可能性を確認した。また、音声機能を用いて会話内容に基づいて被案内者毎の特性、意思を定量化することで、被案内者毎の特性、意思を考慮した案内を実現できる可能性を確認した。今後、人を案内するのに最適な案内動作について検討することが必要であるが、本研究で提案した手法を用いて人間と同レベルの案内役を実現できると考えている。

審査結果の要旨

1. 論文の評価

本論文は、繰り返し作業を目的とする産業用ロボットではなく、人間と同じ空間で行動し、目的地までに人を誘導する案内ロボットを実現するために、軌道計画法、経路計画法、人とのコミュニケーションに関する基礎研究を行なったものである。

具体的な成果は下記の5点に纏められる。

人間要素を含めた制御システムにおいては、自動化を目的とする制御工学では議論している制御システムとの違いを明らかにした。

病院など施設を想定して、コスト関数を定義し、ダイクストラ法に基づいて、コストの最小化を実現できる経路計画法を提案している。

人間の言語的案内知識をファジィ集合により定量化して、距離型ファジィ推論法による軌道計画法を提案している。

各々個人にとって最適案内を実現するために、案内途中では人とロボットの言語情報交換法を提案している。

案内ロボットを開発して、実験により提案手法の有効性について確認した。

これらの成果は、他の案内ロボットの実現にとっても重要な参考になるだけでなく、広い意味では、ヒューマン・フレンドリー・ロボットの構築に貢献できると考えている。よって、工学博士授与基準に達していると判断する。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	秋山 幸仁(山梨県)
学位の種類	博士(学術)
学位記番号	甲第67号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	キノコ成分研究と研究開発ネットワーク構築の考察 A Research on Medical Performance of Mushroom Components with Newly Proposed R&D Network
論文審査委員	(主査)高知工科大学 教授 加納 剛太 高知工科大学 教授 馬場 敬三 東北大学 教授 河野 雅弘 高知工科大学 教授 平野 真 高知工科大学 客員教授 濱口 智尋

論文内容の要旨

本論文は、第一部「キノコ成分研究」、第二部「研究開発ネットワーク構築の考察」の二部構成で下記のように展開した。

第1章においては、第一部、第二部を分け本研究の背景、目的と意義について述べた。

第一部 キノコ成分研究について。

【背景】

わが国の現状は、小子化により本年(2005)より国民人口の減少が始まり、平均寿命の上昇とあいまって、かつて世界が経験したことが無い超高齢化社会に向かって進んでいる。それに伴い、社会保障費や医療費の増大が予測され、我々の経済的あるいは社会生活に於ける心理的な圧迫要因となっている。

厚生労働省の平成16年度、人口動態統計によると、現代人の死因のトップ3は、ガン(31.1%)、心疾患(15.5%)、脳血管障害(12.5%)であり、およそ3人に1人がこれらの生活習慣病で亡くなっているのである。特に到来する高齢化社会においては、長年の食生活や運動不足などが要因となる生活習慣病の蔓延が危惧されている。

【目的と意義】

国民の健康を維持し、医療費の抑制を図るためにも、様々な分野の予防医療の充実や、日常生活の中での食を科学することにより、生活習慣病を予防するための機能性を伴う食品類の開発が求められている。これらの国民的要望を満たす製品開発を目的とし、キノコを応用したバイオテクノロジーによる新製品開発の取り組みと研究成果を意義として示した。

第二部 研究開発ネットワーク構築について

【背景】

コンピュータを始めとするエレクトロニクス技術が、この四半世紀の世界経済を一変させたように、バイオテクノロジーは「生命」そのものに関する科学的知見の革命的進歩から生まれてくる技術的成果であり、我々の生活に密着した、生きる(医療・健康)、食べる(食料)、暮らす(環境、エネルギー)という人間にとって極めて基礎的な分野で大きな影響を与えるものである。また、そこから世界の誰もが予想もしていないような新しい技術、新しい産業が創出される可能性が極めて強く、既存の産業の技術基盤にも巨大な影響を及ぼすとみなされているため、我が国のみならず、世界各国がバイオ産業の振興に総力を挙げて取り組んでいる。生命という有限の資源を活用するため、研究開発のフロントランナーが圧倒的に有利になる産業があるばかりか、知的財産権の確保が計り知れない価値を持つ分野でもあるため、開発競争に遅れをとることは、わが国の経済に大きな禍根を残すことに他ならないのであり、既存のバイオ産業に限らず、新たなバ

イオベンチャーの振興や育成が急務となっている。

しかしながら、バイオテクノロジー産業を取り巻く環境は充分整っているわけではなく、諸外国に遅れてさえいるため、研究開発におけるさらなる効率化や新たな社会環境の整備が求められている。

【目的と意義】

筆者は、2001年に高知工科大学大学院、起業家コースに入学し、(自ら起業したバイオベンチャー経営の指針を得る為) 学び取った様々な学識を自社のマネジメントに活用してきた。

特に「起業工学」における、学術研究から生れた自社の「ビジネスモデル」は、起業工学の一つの理念である『起業家精神という新たな価値を創造する原点である個の力(様々な研究分野の知識・知恵 技術)を、人間社会に役立てていくシステム(工学)』の構築と、新たな「価値創造」(イノベーション)の一つの機会としての「新結合」という概念の体系化を目指す課程で生れたものであり、起業工学における学門の具現化と言ってよい。

このモデルは、自社の研究開発における効率化を目指した経営戦略であり、分散する「個の力」をシステム化した「結合」により、新たな価値の創造を目指した「研究開発におけるネットワーク化」を行うとしたものであり、十分な成果を挙げつつあるため、仮設、実行にいたった課程に考察を加え、有効なビジネスプランとして提案すると共に、「研究開発ネットワーク構築」という結果について、當金一郎氏の提唱した「E係数」を用い、考察を加えることで起業工学における意義を見出し、来るべき「知価経済社会」におけるパラダイム転換の方向性を示すことを目的とした。

第一部 「キノコ成分研究」

第2章 キノコ成分研究における試験について

筆者はキノコを応用したバイオテクノロジーの先端技術開発や、工業生産規模の大量培養方法の確立を行い、アガリクスやメシマコブなどを始めとする担子菌(キノコ類)を用いた製品の生産方法や有用物質の探索において、数々の成果をあげてきたが、消費者が求める要求を全て満たしているわけではなく、さらなる機能を有する製品の開発が必須と捉え、抗酸化能を有する複数のキノコを検索し、培養方法やそれぞれのキノコが示す特性に関する基礎データ収集を行うと共に、抗酸化物質を添加した場合のキノコ成分の働きについて研究を行った。

【各試験について】

研究内容としては、下記の試験方法を示し、試験結果に対する考察を加え、一連の試験から導き出された新たなキノコ成分の活用方法の発見について述べた。

各種キノコの培養と被験材料の調整

各種キノコの抗酸化試験(SOD様機能)

抗酸化活性を有するキノコ菌糸体培養条件の検索及び大量培養

抗酸化活性を有するキノコ素材の細胞評価試験

菌糸体抽出物のガン細胞を用いたアポトーシス誘導・抑制試験

菌糸体抽出物へのビタミンCを添加におけるアポトーシス誘導・抑制試験

第3章 試験結果の総括

様々なキノコの特性を示す基礎データの蓄積を行うことが出来たと共に、数種のキノコに今後の研究開発の可能性を確認することが出来たばかりでなく、アガリクスプラゼイ抽出成分に対し、抗酸化能を有するビタミンC添加による腫瘍細胞の増殖抑制効果が93%の上昇を示すことを発見したものであり、キノコ抽出成分と抗酸化物質の新たな活用方法を示す画期的な結果を得たことについて述べた。

第4章 まとめ

本研究により得られた成果は、キノコ成分と抗酸化物質の活用の大きな可能性を示したばかりでなく、腫瘍細胞のアポトーシスを誘導する秩序解明の大きな手掛かりを示唆したものである。さらに研究を進め、より良い製品開発に向けた研究方針、研究方法を示し、まとめとした。

第二部 「研究開発ネットワーク構築の考察」

第5章 バイオベンチャーの現状

バイオテクノロジーを応用したベンチャー企業を産業の別分野で分類すると、1次産業である農林畜水産業など、2次産業である化学工業、医療品生産、機械産業など、3次産業である環境関連産業、エネルギー産業など、関係する産業は広範にわたっており、企業形態や規模も異なることから総括的に論じることは困難であるため、バイオテクノロジー産業を取り巻くマクロの環境について、代表的な産業である医療品を始めとする健康関連の産業に焦点を絞って論を進めた。バイオテクノロジー技術およびわが国における産業は、諸外国に比して遅れている分野が多く、技術を支える人材や知的資産に関する体制の遅れを指摘しなければならない。一方、バイオテクノロジー産業に関する期待は大きく、バイオテクノロジー産業の市場規模は、2001年に1.3兆円であったのに対し2010年には25兆円程度に拡大、成長すると予測されており、日本の新たな産業振興として官民を上げて取り組むとされている。(出典：内閣府)

第6章 バイオテクノロジーの将来展望

バイオテクノロジーは、ポストITとして、次世代の産業をになうイノベーションの源泉とみなされており、我が国の産業に与える可能性は計り知れない。バイオ産業振興の意義とバイオテクノロジー産業の将来について考察を加え、複数の視点から今後の展望を示した。

第7章 研究開発ネットワークの構想

研究開発ネットワーク構想は、研究開発における専門知識の習得や効率化が企業命題の一つである為、策定したプランである。また計画段階における経営戦略として同時に進行した、MOT戦略、R&D戦略、ブランド戦略、特許戦略の見地から考察を加え、構想の概要を明らかにした。

第8章 研究開発ネットワーク構築

実際に構築した、「研究開発ネットワーク」は、農学系・工学系・薬学系・医学系という閉鎖的な学問領域を創造的に破壊し、異なる研究分野ごとに「独立した個」の能力を有機的な結合に導いたものであり、会社組織のように一定の目的が定まっている集合組織体でないことに特殊性がある。

このような研究体制を構築可能にした背景にある「要因」および「要素」についての明らかにすることによって、新たな視点を設けることを目標として、當金一郎氏の論文を引用し、「E係数」を用いて客観的な考察を加えることにより、アントレプレナーシップとその機能(能力)を活用させるシステムによる価値創造の体系化をテーマとした起業工学の意義を示した。

第8章は、研究開発のネットワーク構築が示す可能性

起業工学における目標の一つである、知的生産活動における「個の力」を社会に役立てるシステム(工学)として活用(起業・経営)し、この国の未来をになう価値創造を行うための「新たなパラダイムの創出」について、学問領域の結合による可能性を示すと共に、理想とする研究開発ネットワークを提案する。

第9章 結論

研究開発ネットワークモデルは、様々な分野の学識・技能の結合を積極的に展開することで新たな価値創造の機会を見出す可能性の拡大と、新産業の創出の源泉になること示唆するとともに、来るべき「知価経済社会」に対応する研究開発分野の新たなパラダイムの方向性を示し、結論とした。

審査結果の要旨

1. 論文の評価

第一部は、来るべき高齢化社会において、生活習慣病の改善に寄与する医薬品、機能性食品の開発の重要性を指摘し、キノコ成分の研究により、生活習慣病に有用な機能性食品の開発を目指し、新たなキノコ成分の活用方法の開発研究に取り組んだものである。具体的内容は、本学修士課程における研究成果を踏まえ、活性酸素を切り口にする研究方法における普遍化を目指したものであり、キノコ類と一般食用キノコ1類（合計18種類）にキノコを選抜し実験が行われた。この結果、活性酸素消去能に優れた4品種が選抜され、ヒト由来骨髄性白血病細胞の増殖抑制試験を実施した。その試験結果より強い抗腫瘍活性を示したアガリクス、カラカサタケモドキを2次選抜検体とし、それぞれの抽出成分にビタミンCを添加することにより、顕著な抗腫瘍活性を示すことを発見した。また、マウス正常細胞に対する影響を調査した結果、アガリクス抽出成分にビタミンCを添加した試料が、選択的にヒト由来骨髄性白血病細胞の増殖抑制に顕著な効果を表すことを発見した。骨髄性白血病の治療薬開発につながる高い可能性を示した研究である。本研究は、新規性と有用性において重要な研究内容成果と認める。

第二部においては、筆者が経営するバイオベンチャー企業における研究開発に起業工学的手法を適用し、全国14大学と提携を結ぶことにより構築した「研究開発ネットワーク」の実践から、バイオベンチャーの研究開発における効率の著しい向上に貢献した。このネットワークの新規性は、全国に分散する優秀な研究者を目的に応じて選抜し組織化を図ったものであり、研究効率ばかりでなく、研究費の削減と、その広い人的交流から新たなビジネスチャンスを拡大し、上場企業とのアライアンスを実現するなど、合理的なビジネスモデルであることを検証した。研究領域の異なる研究者の社外組織化による「新たなビジネスモデル」の提案であり、バイオベンチャーの研究開発における新たな視点を提供するものである。またこれらの実践にいたった背景となる思考方法として、「イノベーション・デザイン」という概念を示し、暗黙知を形式知へ表出化するプロセスに応用するなど、イノベーションの体系化に新たな構想を提言した。これによって示されたパラダイムの方向性は、概念的分析ばかりでなく形態的分析の必要性から、知覚的認識を必要とすること、部分や要素を分析するための総体的視野と思考のため、今後における学際化の進展を示唆したものであり、合理的な指摘であると認めるものである。

第一部、第二部ともに新規性、独創性、起業工学としての実践性など博士論文として必要な要件を満たしているとは判断する。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	おおの かえ 大野 加恵
学位の種類	博士(学術)
学位記番号	甲第68号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	地域文化資源の利活用による新事業の創出に関する考察 - 地域経済活性化の視点から - A Study on Business Creation by Utilizing Local Cultural Resources -Perspective of Local Economy Activation-
論文審査委員	(主査) 高知工科大学 教授 平野 真 JSTサテライト高知 館長 長尾 高明 高知工科大学 教授 馬場 敬三 高知工科大学 教授 富澤 修 高知工科大学 教授 小林 和彦

論文内容の要旨

地方税制度、補助金制度、地方交付税制度の三位一体の財政改革による、補助金削減、交付税減額、地方税増額などが始まった。この事は、公共投資への依存率が高い地域に大きく影響し、深刻な社会問題になってきている。合わせて、企業のグローバル化、ボーダーレス化により、今まで地方自治体の雇用、税収を支えていた大企業の工場などは、日本国内よりも低コストの海外を選択するようになってきており、国内工場の撤退や閉鎖、そして海外への移転が増加している。このような社会的変化を受け、今後、地域は公的投資や地域外から流入してくる資本、経営資源をあてにする事無く、地域経済を維持、発展していく努力が求められている。

しかしながら、誘致企業による雇用や税収に地域経済が依存してきた地域には、従来から経営資源と言われる人・物・金が十分に存在しないのが現実である。これら経営資源を持たない地域が、今後、自立した地域経済を維持、発展していくためには、自らの手で経営資源を創り出す施策の構築と展開が求められている。では、地域内にこれら経営資源を持たない地域は、どのように地域経済活性化のシナリオを描いていけば良いのだろうか。

当研究は、地域内に存在する固有性、独自性の高い文化資源に注目し、「土佐弁かるた」の事業創造、事業運営という実践を通じて、これら文化資源を材料とした事業の創造、事業運営に関する課題の抽出と考察を行った。その上で、地域文化資源を利活用した事業創造を行う事業者を多く生み出す仕組み、地域経済を活性化する仕組みとして、以下の4つの提言を行った。

提言の内容は以下の3つである。

- 地方自治体による地域内事業者発信情報への信憑性の付与
- 固有性、独自性の高い地域文化資源のデジタルアーカイブ化
- 地域分化資源の事業創造モデルの構築と展開

本論文は、6章から構成されている。以下、各章の要旨を述べる。

第 1 章では、本研究を実施するにあたって背景、目的と意義を述べ、先行研究のレビューを行った上で、本研究のフレームワークを示した。

背景としては、経済低迷後の三位一体の財政改革、企業のグローバル化、ボーダーレス化、事業の再構築などにより地方に立地していた誘致企業が事業撤退などを行っている。このことにより、地域の雇用や税収が不安定となってきている事があげられる。目的は、地域内にヒト・モノ・カネといった従来の経営資源を十分持たない地域が、自らの地域内に存在する固有性、独自性の高

い地域文化を経営資源の中でも情報財と位置づけ、この情報財を公共財として位置づけ、地域内で活用することによって、小規模ながらも創造性の高い数多くの事業者を生み出すシナリオを提言することである。自立した地域経済が求められる中で、ヒト・モノ・カネの経営資源を十分に持たない地域において、地域の固有性、独自性の高い文化を活用することによって、地域経済の活性化を図ることの可能性を示すことは、意義あるものであると考える。

第 章では、地域経済活性化の現状と課題を分析した。今まで地域経済活性化の中心的な役割を果たしてきた企業誘致の限界と、国レベルでの地域経済活性化の施策に対して、これら施策に乗る前提となる経営資源すらもたない地域の実情のギャップについて述べ、現状を打破するためにも、従来の視点とは異なる新しい地域経済活性化策が求められていることを指摘した。このように国全体としての現状の課題を分析した後、高知県の経営資源について改めて検討を行い、地域内に十分な経営資源が存在しないことを確認し、その上で、新たな第 4 の経営資源と言われる情報財に注目し、固有性、独自性の高い地域文化は、情報財となり得るのではないかと考察した。

第 章では、情報財としての文化について分析を行った。固有性、独自性の高い文化の中でも無形文化は情報そのものである。前章を受け、まず、情報財の定義を確認した上で、当論文で扱う無形文化の定義を行った。当論文で扱う無形文化の定義を定めるにあたっては、ユネスコと日本の文化財保護法を参照した後、「人間が媒体となって伝承を行う生活様式・知識全般」と定義した。米国発のインターネット企業の多くは、自らコンテンツを創るのではなく、インターネット内に分散して存在する無数の情報を情報財として活用することから始まっている。そして、これらインターネット企業が、新たに取り組み始めたネット図書館の取り組みを通じ、文化・知的情報の情報財としての価値を分析した。

第 章では、高知県における事例検証を行った。まず、高知県の地形的特徴と無形文化について分析を行い、無形文化の中でも「方言」に注目し、事業創造を行った「土佐弁かるた」について分析をした。当事例検証を通じて、メスメディアの影響力、インターネットによる情報発信の有用性、文化資源情報の収集、蓄積の必要性と公開、の 3 つの課題が明らかになった。これは、「土佐弁かるた」事業についてだけ言える課題ではなく、地域において事業を行う知名度のない事業者、資本力のない事業者には共通している課題である。しかしながら、一業者の努力では解決が困難であることから、地域経済活性化の観点から地方自治体としての取り組みが期待されることを考察した。

第 章では、前章で明らかとなった課題を踏まえて、地域経済活性化のために地方自治体が行う施策について提言を行った。まず、前章のメスメディアの影響力、インターネットによる情報発信の有用性を踏まえた上で、「地方自治体による地域内事業者発信情報への信憑性の付与」の提言を行った。これは、知名度の低い地域内事業者の事業のスタートアップ時には有効な施策であると考えられる。

次に、前章の文化資源情報の収集、蓄積の必要性と公開の課題に関連して、更に、社会学や民俗学などの学術的分野の研究に要するフィールドワーク調査資料や、その研究成果は、公費を支出して行われ、地域内に存在するにも関わらず、地域内住民が活用できる状態になっていない現状を確認した。現状としては、公費を支出しているにも関わらず、地域住民に還元される仕組みが存在しないことは明らかである。このようなことから、既存の学術機関や研究者が保有する地域文化に関する情報を公共財と位置づけ、収集し、蓄積し、公開をする仕組みを作る「固有性、独自性の高い地域文化資源のデジタルアーカイブ化」を提言した。

前章の事例検証や、地域文化のデジタルアーカイブの現状を分析、考察していく過程において、産学官民による「地域文化資源の事業創造モデルの構築と展開」を提言するに至った。これは、学術機関や研究者が行った地域文化の調査研究資料や成果を地域経済振興の経営資源の情報財として位置づけ、この地域文化に関する情報を幅広く得るために地域住民の協力を得る仕組みを作り、地域住民が提供する地域文化情報を学術機関・研究者が利活用し、更なる研究に役立てると共に、この情報財を地域の事業者が利活用することで、地域内に雇用や税収を生み出す仕組みを構築しようというものである。

章では、研究成果を総括し、本研究の結論を述べた。結論は、経営資源を持たない地域においても、固有性、独自性の高い地域文化を情報財という経営資源とすることができるが、地域経済活性化の視点から地方自治体は、地域文化資源の情報を公共財と位置づけ、戦略的に情報財化していく施策の構築と展開を行う必要がある、というものである。

審査結果の要旨

1. 論文の評価

本論文は、経営資源の枯渇した地域の産業振興への有効な知見を得るため、事業振興の芽をいかにして醸成するかという方法論と課題を自らの事業実践による事例をもとに分析したものである。「方言」という無形の地域共有文化資産をシーズとして事業振興できることを、「土佐かるた」という商品開発と事業化により開拓実践し、さらに他の事例との比較検討により、地域事業振興のより広範囲な方法論と要件についてヒントとなる知見を提供したものである。

上記要旨に見られるように、本論文は、経済資源の少ない高知県に暮らすものの、地域振興への切実な思いが基礎となって生まれた研究の成果といえる。

本論文の最も大きな特徴は、素朴な研究課題からはじまり、その研究方法として、著者自らが事業を創出・実践し、その実践結果を事例として研究解析している点である。

単なる文献や事実の調査だけでなく、自らが起業し実践を通じて考えるという姿勢は、起業家コースの本来目指している実践的な人間像を具現化したものであり、研究と実践との有機的関係を高めていく上でも指針となるひとつの有効な研究事例と考えることができる。

実践を通じて得られた知見を、他の事例との比較検討により、より普遍性をもった見識として深めようとする意志がみてとれるが、著者も認めているが、この知見をより広がりのあるものとして深めていくためには、後続となる研究が醸成されていくことが好ましい。そうした後続研究を誘引するための魅力をこの論文に見て取ることができる。

論文には、論文作成の作法としての論理展開などにやや未熟な点も見られるが、文献知識だけではなく実践により裏打ちする研究姿勢の中で、今後、著者が実社会での活動を通じ、大きく成長していく可能性が感じられる。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(国籍)	Cui Tianshi (中国)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第69号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	Multi-DOF Maglev System with Permanent Magnet Motion Control (永久磁石の運動制御による多重自由度磁気浮上機構)
論文審査委員	(主査) 高知工科大学 助教授 岡 宏一 高知工科大学 教授 河田 耕一 高知工科大学 教授 竹田 史章 高知工科大学 教授 井上 喜雄 高知工科大学 教授 王 碩玉

論文内容の要旨

As magnetic suspension system is supporting system without mechanical contacts, there is a growing demand for magnetic suspension, especially in the field of high accuracy multi-dimensional positioning. Our motivation is to develop a permanent magnet suspension system with novel magnetic suspension technologies. It can realize noncontact positioning and micromanipulation. It can be applied in the fields in which ultra-clean environment is needed to avoid sample contamination, such as semiconductor processing, biotechnology experiments, especially, when the object is moved with micro displacements.

There are many kinds of maglev system, such as superconducting maglev system, electromagnetic maglev system, permanent maglev system and etc. we propose a novel active maglev system with permanent magnets and a motion control mechanism in place of electromagnets and a current control mechanism. Using permanent magnets, the features of this system are effective for saving energy, avoiding heat generation, no mechanical wearing and dust free.

Multi-DOF (degrees of freedom) permanent magnet suspension mechanisms that manipulate the object in the vertical plane and horizontal plane have been developed. The control method is that the position of the suspended object is controlled by means of adjusting the reluctance in a magnetic circuit of the suspension mechanism. In this research, the concrete method for control reluctance is to adjust the air gap between the permanent magnet and the suspended object. As the reluctance is proportional to the air gap in the magnetic circuit, if the air gap is adjusted with the linear actuator, the reluctance in the magnetic circuit can be actively adjusted.

As the first step of multi-DOF micromanipulation, the suspension mechanism of the 1-DOF maglev system is investigated. The principle of suspension is that the suspended object is suspended by an attractive force of a permanent magnet which is driven by an actuator and positioned above the suspended object. The direction of levitation is vertical (both of the magnet and suspension object are only moved in this direction). The suspended object is ferromagnetic material. The equilibrium position of the ferromagnetic body is determined by means of a balance between the gravity force and the attractive force of magnet. The attractive force can be adjusted with adjusting the air gap between the magnet and the ferromagnetic body. The nonlinear attractive force of magnet is linearized and calculated. The model of the suspension system is created and the feasibility of suspension mechanism is analyzed theoretically. The controller of the suspension system is calculated

with the LQR (linear quadratic regulator) control law, which ensures the stability of close loop system, and the system is examined by means of numerical simulation and experimental examination.

Secondly, a 2-DOF permanent maglev system, in which three permanent magnets are used to manipulate the object in the vertical plane, is investigated. Based on the suspension principle, the prototype has been built. In this prototype, the suspended object is an iron ball and magnets are driven by actuators to control the position of iron ball. One magnet is located on the upper to suspend the iron ball, and the other two magnets are located on the two sides of the iron ball to control its motion on the horizontal direction.

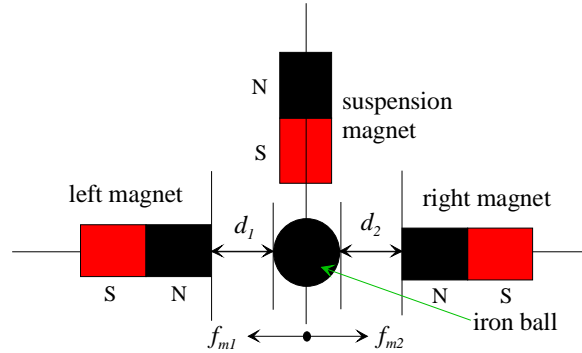


Fig.1. Outline of 2-DOF maglev system

Fig.1. shows the outline of 2-DOF maglev system. There are three permanent magnets in this suspension system and each magnet has two poles, N and S, so there are some different arrangements which have different flux distribution. The pole arrangement is named in terms of the magnets polarity, for instance, if the magnet polarities which are facing the iron ball are S, S and S, the name of pole arrangement is called SSS. The poles order of arrangement is the top magnet, left magnet and right magnet. Therefore, the pole arrangement showed in Fig.1, is called SNN. In the 2-DOF maglev system, the total number of pole arrangements is 6 which are SSS, SSN, SNN, NNN, NNS, and NSS. From the performance of magnet field we know that the SSS and NNN have the same flux distribution, the SSN and NNS have the same flux distribution, and the SNN and NSS have the same flux distribution, so we choose the former three arrangements for analysis. The magnet pole arrangement is studied with FEM (finite elements method) analysis. As the result of FEM analysis, the SNN (or NSS) arrangement is used in this system, because this arrangement can provide sufficient force acting on the suspended object and the equilibrium position can be assumed to the center of the magnets.

Next, the horizontal motion model of the system is created, in which the influence of the vertical attractive force is neglected. There are three situations of this system considering the input and output of system, **two forces input system**, **same force input system**, and **two magnets connecting system**. The controllability and observability of these models are analyzed by the linear control theory. Consequently, only the **two forces input system** can be controlled and observed, so it is applied as the motion model of the suspension system.

The motion equations are obtained based on the free body diagram of the model. In this model, the magnet force is nonlinear with the air gap length, so these equations are nonlinear. First, these equations are linearized and then the state space equation can be used to express the motion model. In terms of the LQR control law, an optimal controller of suspension system is obtained by choosing the state weighting matrix Q and input weighting matrix R . The system is examined with this controller. However, the dynamic characteristic of step response of the simulation result is different from that of the experimental result. This phenomenon would be caused by the vertical magnet attractive

force that had been neglected when the motion model is created. So an improved model is created in which the vertical magnet attractive force is considered. Based on the improved model, a new controller is obtained by means of LQR control law. With the new controller, the simulation result is consistent with the experimental result and the dynamic characteristic verifies that the system is stable.

The displacements of the iron ball in the horizontal direction were measured about reference input signals. The relationship between displacement and reference input is linear within a range of 0.006(m) from left to right of the equilibrium position, so the iron ball can be positioned at any position within this range in the horizontal direction.

Thirdly, a 4-DOF permanent maglev system is developed, in which the iron ball can be manipulated in the horizontal plane, i.e. the iron ball spins along the suspension axis and can be positioned near the center of mechanism. In this system, five permanent magnets are used. One is used to suspend the iron ball and the other four magnets are uniformly distributed in the horizontal plane of the suspended object to make the iron ball rotate and move in horizontal plane. The first step is to make the iron ball rotate along the suspension axis, and the second step is to make the iron ball move in the horizontal plane.

In the 4-DOF system, the arrangement of the polarity of the magnet is SNNNN or (NSSSS) as defined above. The suspended object is an iron ball also, which is a ferromagnetic substance. It must be magnetized so that there is remanent magnetism on the surface of the iron ball. When the iron ball is suspended, the influence of the strongest remanent magnetism decides the vertical direction of suspension. When a magnet located in horizontal plane approaches the iron ball, there is a magnetized point on the surface of iron ball facing the approaching magnet. And when this magnet withdraws and the next magnet approaches, the approaching magnet will attract the magnetized point. The four magnets alternatively approaching to the iron ball make the iron ball rotate along the suspension axis.

In the rotation mechanism, a laser sensor is applied to measure the rotation velocity. The four permanent magnets are driven by four linear actuators moving forward or backward for adjusting the air gap between the permanent magnet and the iron ball to control the torque. The motions make the iron ball rotate. The rotation model has been created and the motion equations have been obtained. The experimental examinations are performed. However, the result indicates that the rotation velocity is not uniform. This problem can be improved by increasing the number of the magnets which are located in the horizontal plane.

With the same construction of the rotation system, the iron ball can also be located at any position in the horizontal plane near the central position of the system. The principle is that through controlling the motion of four magnets which are located in the horizontal plane we can adjust the air gaps between the iron ball and magnet, the attractive forces of four magnets are changed, so the iron ball can be positioned at arbitrary position in the horizontal plane within a small range near the original point. The motion model is created and analyzed. The system can be controlled and observed, therefore, the LQR control law can be used to design the controller of this system. The system examination is performed with this controller. The feasibility of the motion is confirmed in terms of the examination results.

The presented work demonstrates the feasibility of manipulating the suspended object in the vertical plane and horizontal plane. Based on the outcome of experiments, it is concluded that

- i. The suspended object is suspended successfully and stably.
- ii. The suspended object can be manipulated in the vertical plane.

iii. The suspended object can be rotated and manipulated in the horizontal plane.

Finally, several suggestions are given to continue this research for improving the rotate quality and the robustness of suspension system.

審査結果の要旨

1. 論文の評価

永久磁石とリニアアクチュエータによって磁気浮上機構を構成し、非接触で操り作業を実現できる。論文は操り作業の実現のために浮上の多自由化度を図ったものである。具体的には浮上体の垂直方法の位置決め以外に、1. 水平方向の位置決め、2. 鉛直軸回りの回転、の2つの自由度を付加したときの考察と実験結果について検討している。

論文としてよくまとめられており、発表も的確に行われた。公開論文審査は英語で行われたがわかりやすい発表であり、質疑応答も問題なく終了した。質疑応答として次のような質問、意見があった。（ の後は質問の答えである。）

1. 論文では形状が球体であるが、形がどのようなものでも浮上、操りが可能であるのか 原理的には形がどのようなものであっても大丈夫である。ただし永久磁石駆動装置が増える可能性がある。
2. なぜLQRを使ってゲインを設定したか。本論文の趣旨はサーボ問題である。しかしLQRはレギュレータとして用いられる。本研究では永久磁石位置と浮上体のギャップは、浮上体位置が変化しても一定であると仮定した。よってギャップに関してはレギュレータ問題となるため、LQRを用いてゲインを設定した。
3. 永久磁石の配置によって力が違うのはなぜか。 FEM解析の結果からわかるように、浮上体に同じ極が向くような設定では、各永久磁石から浮上体に入り込む磁束が少ない。よって吸引力が小さくなる。
4. 浮上体を回転させる場合、シミュレーションと実験結果が少し違う。回転スピードを変化させてみてはどうか。 その通りである。このシミュレーションおよび実験は引き続き行なっていく。

以上のような質疑が行われ、合否判定が行われた結果、全員一致で合格という結論が出された。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(国籍)	Guo Chen(中国)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第70号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	Regional Development Scheme in China Using the Functions of University and Its Adaptability to Other Developing Countries
論文審査委員	(主査) 高知工科大学 教授 草柳 俊二 高知工科大学 教授 那須 清吾 高知工科大学 教授 寺部 慎太郎 高知工科大学 教授 村上 雅博 高知工科大学 教授 加納 剛太

論文内容の要旨

● Research Purpose

China has been experiencing rapid transitions since economic reforms in 1978, the results of the reform have shown wide regional disparity. As China looks to sustain the past success of economic growth and poverty reduction in 21st century, it needs to make major changes in its development strategy in order to fulfill its national development targets. China is not only a large developing country, but also is moving towards a market economy with a centralized innovation system in transition. The university-market linkage in forms of university-run enterprises in China offers a unique situation to study the evolving institutional relationships among university, industry and government, since China's innovation system has experienced a dramatic change over the last 20 years. This paper studies the economic development situation of eastern, central, and western regions in China. A primary focus is on the role of different innovative activities players and the interaction of these players. Special attention will be given to the way that these university-run enterprises are created, their industrial distribution, their contribution to the development of indigenous high-tech industries, and the advantages and disadvantages surrounding them will also be examined. A new regional development scheme using the functions of universities is considered an effective strategy to promote economic development of China in this transitional stage.

The network of economic development by using of university functions needs the mutual collaboration among university, industry, research institute, other organizations in society and government. The core of this task is that fulfilling close integration of education, science & technology, economy and politics. The operation mechanism of Chinese university-run enterprise has special characteristics, which are government support, relying on university, market mechanism, and industry movement. The functions of university in today's economic development of China need policy support of promotion, macro planning, guide and harmonization from local and central governments. As human society enters the knowledge and information age, education is expected to play an increasingly important role and it gives driving force to regional economic development of China by using of the functions of university.

Keywords: Regional Economic Development, Transitional Economy, Functions of University, University-run Enterprise, Relationships of 'University Government Industry', University Science Town, Economic Benefit of Education

- **Research Background**

Over the past two decades, China's GDP has kept an annual growth rate of about 8% on average. Together with the increased industrial labor productivity, the living standard of the Chinese people has increased at about 7% each year (constant price). Twenty years of reform efforts and modernization drive have won China international acknowledgement for its achievement in economic development. Since the beginning of 1990s, it has witnessed a bigger enhancement in China's urbanization level. In the meantime, while the urbanization level was being raised, the economy in cities saw a rapid development with the economic structure trending for the better. It is well recognized that industry does contribute to economic and social development by providing more goods and services to the market, and provide more job opportunities. Just like other developed countries, the great economic development of China is due to its industrialization and urbanization. Education policies in China in the past five decades have also been characterized by bold moves, major shifts and reversals. The success of Chinese education reform has led to a substantial gain in overall literacy and the large expansion of the education system has also led nurturing of some world-class scientists and engineers.

- **Research Results**

1. **Regional Development Scheme**

Generally speaking, the process of the economic reform in China is following the route of giving guide to market mechanisms. In such transitional stage the network of regional development by using of the functions of university needs the mutual collaboration among university, industry, research institute, other organizations in society and government. The core of this task is one of fulfilling close integration of education, science, technology, economy and politics. The functions of a university in today's economic development of China need policy support for promotion, macro planning, guide and harmonization from local and central governments. From the aspect of Chinese central government and the Ministry of S&T, Ministry of Education has the responsibility to guide the development of University Science Park. The regional government gives strong support to Science Parks through the regulations. However, the whole process should obey to market rules because such functions of a university can brought into play in a socialist market economy, not a planning economy. Human resources should have the capacity of innovative thinking, study ability, practice experience and strong dedication energy. In fact, university-run enterprises have much stronger links with their academic mother institutions than ordinary spin-off firms. They use the mother institutions' resources exclusively or at least in very preferential terms compared with other firms. This resource-use preference is true even in cases of national or provincial universities.

The operation of university-run enterprise inevitably attracts other social organizations, such as, finance, law, and consultation. It provides beneficial

environment and condition for the existence and development of industries by giving birth to the coherence power of macro-economy, as the result of mutual relations and mutual effects among these organizations. Innovation production of university-run enterprise diffuses outside or searches for cooperation partners and production base. This kind of coherence power, attraction power and diffusion power force University Science Park into making relationships with local high-tech zones and nearby industrial zones so that it gives opportunity for regional development.

The transfer of technology from university to industry is not the simple process of technology exchange. It is the process of technology innovation on the basis of introduced technology. This process needs the support of human resources who are teachers and students from university. University-run enterprises give employment priority to college graduates. Their graduates are not only the backbones of industries, but also the ligament between industry and university. Industry can realize the trends of advanced science and technology, the newest ideas, production and methods through the close relations with the university. Industry can make good use of the university's graduates from to having an innovation idea to setting up innovation task after combining them with the information comes from market feedback. Industry can also commission the university to do such research, assign employees to involve in it or have research carried out it by establishing one center of research and development in cooperation with the university. Industry can exploit it by inviting college teachers and students to work as their part-time employees. During this process of two-way intervention, industry fulfills innovations according to the requirement of market competition, and university technology transfers to industry step by step, which can be turned into productivity as a last step. Universities acquire necessary information from the feedback of industrial manufacture and market so that it can increase the research level and thus promote the close link between technology and market. Therefore, the two-way technology innovation chain between university and industry comes is sustained.

2. Quantitative Analysis on Economic Benefit of Education

Both individuals and countries benefit from education. For individuals, the potential benefits lie in general quality of life and in the economic returns of sustained, satisfying employment. For countries, the potential benefits lie in economic growth and the development of shared values that underpin social cohesion. From the view of economics, the process of education is from resource input, such as teaching faculties and equipments, to human resource output through using these resources. The economic benefit of material products can be calculated correctly through mathematical methods. But it is very difficult and complicated to evaluate economic benefit of education by mathematical methods due to the following characteristics. (1) Human Resources are not material products. (2) Time Lag for economic benefit of education. Therefore, it can not calculated correctly how much economic benefit be increased from different education level. Except education, the working capability of one person is related to his age, sex, health and experience. In addition, education can not only promote production development, increase economic income, but also can improve peoples' living standard, it is not easy to distinguish such two functions of education. Approximation of economic benefit of education will try to be done by doing macro-quantitative analysis and micro-quantitative analysis in this paper

The method of Simplified Labor Index is adapted in this paper to do Macro-Quantitative Analysis for the Economic Benefit of Education, which is based on the year period of different education degree that labor accepted. It can be used to quantify the contribution to National Income from the increased technology level of labor through education. In this section, the case study is the year of 1952 and 1978 of China. Cobb-Douglas Production Function is adapted in this paper to do Micro-Quantitative Analysis for the Economic Benefit of Education, which is based on the input-output method. It can also be used to quantify the contribution to output of one industry from the increased technology level of labor through education. In this section, the case study is the industries of Heilongjiang Province in China. Some companies were chosen in this calculation process in order to get the final result of the importance degree of education for human resource in two kinds of industries Labor Intensive Industry and Technology Intensive Industry. Labor Intensive Industry usually refers to one industry that requires large amounts of human effort to produce goods. Technology Intensive Industry is the industry that requires large sums of financial resources, high technology, human resources who acquire advanced production ability to produce a particular good. For the last two hundred years, neo-classical economics has recognized only two factors of production: labor and capital. Nowadays, Knowledge, productivity, education, and intellectual capital are all regarded as exogenous factors, which falling outside the system. New Model is based on classical Cobb-Douglas model by seeing technology and the knowledge on which it is based as an intrinsic part of the economic system. Knowledge has become the third factor of production in leading economies. In Heilongjiang Province of China, the figure of Labor Intensive Industry was adopted Food Manufacturing Industry, Apparel Manufacturing Industry, and Machinery Manufacturing Industry. The figure of Technology Intensive Industry was adopted Medicine Manufacturing Industry, and IT Manufacturing Industry.

• **Conclusions**

(1) Technology and knowledge are now the key factors of production

- Knowledge is the basic form of capital. Economic growth is driven by the accumulation of knowledge.
- Technology can raise the return on investment, which explains why developed countries can sustain growth and why developing economies, even those with unlimited labor and ample capital, cannot attain growth. Traditional economics predicts that there are diminishing returns on investment. New Growth theorists argue that the non-rivalry and technical platform effects of new technology can lead to increasing rather than diminishing returns on technological investment.
- Investment can make technology more valuable and vice versa.
- It is important in providing an incentive for companies to invest in R&D for technological innovation. Traditional economics sees "perfect competition" as the ideal.

(2) Enhancing human capital is critical for GDP growth

In order to make investments in technology, a country must have sufficient human capital. Human capital is the formal education, training and on-the-job learning embodied in the workforce. The implication of the knowledge economy is that there is

no alternative way to prosperity than to make learning and knowledge-creation of prime importance. There are different kinds of knowledge. "Tacit knowledge" is knowledge gained from experience, rather than that instilled by formal education and training. In the knowledge economy tacit knowledge is as important as formal, codified, structured and explicit knowledge. According to New Growth economics a country's capacity to take advantage of the knowledge economy depends on how quickly it can become a "learning economy". Learning means not only using new technologies to access global knowledge, it also means using them to communicate with other people about innovation. In the "learning economy" individuals, firms, and countries will be able to create wealth in proportion to their capacity to learn and share innovation. Formal education, too, needs to become less about passing on information and focus more on teaching people how to learn.

(3) Intellectual capital is a firm's source of competitive advantage

To become knowledge driven, companies must learn how to recognize changes in intellectual capital in the worth of their business and ultimately in their balance sheets. A firm's intellectual capital - employees' knowledge, brainpower, know-how, and processes, as well as their ability to continuously improve those processes - is a source of competitive advantage. But there is now considerable evidence that the intangible component of the value of high technology and service firms far outweighs the tangible values of its physical assets, such as buildings or equipment. The physical assets of a firm such as Microsoft, for example, are a tiny proportion of its market capitalization. The difference is its intellectual capital.

審査結果の要旨

1. 論文の評価

中華人民共和国は共産主義国家として建国以来計画経済政策を行ってきたが、1978年に経済政策を大きく変え現在では実施的に市場経済の形態となっており急速な経済成長を遂げている。しかしながら沿岸地域、中北部地域、そして西部地域の地域間経済格差は急速に広まっており、国内に低開発国、途上国そして先進国が存在する状況となっている。地域間経済格差は大きな社会問題といっている。

本研究の目的は、中国国内に内在する最大の問題である地域間格差是正スキームの構築である。研究者は中国の大学の持つ特性ともいえる自己所有企業活動に視点をあて、大学が行なっている企業活動組織（University run companies）を中核とし地域企業及び地方政府の連携による地域発展の具体的スキームを導き出した。具体的には黒龍江省をケーススタディの場として、大学が生み出す人的資源と生産性の関連を分析する方策を設定し、地域経済の発展に与える影響を定量的に示す方法を見出した。大学が中心的役割を担い地域発展を推進するスキームは、広く途上国にも適用することが可能であり、中国国内の地域間格差是正だけでなく、地球規模の地域格差是正策として活用することが可能である。こういった意味で本研究は有益性の高いものといえる。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	小向 拓治(京都府)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第71号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	熱 CVD 法によるカーボンナノチューブの合成および電界電子放出素子への応用に関する研究 Synthesis of CNTs by Thermal CVD and its Application to Field Emission Devices
論文審査委員	(主査)高知工科大学 教授 平尾 孝 高知工科大学 教授 河東田 隆 高知工科大学 教授 成沢 忠 高知工科大学 教授 八田 章光 高知工科大学 教授 安田 幸男

論文内容の要旨

1. 研究の目的

熱 CVD 法によるカーボンナノチューブ合成技術の研究開発を行い、合成したカーボンナノチューブを用いて電界電子放出素子の高効率化および高信頼性化を行う。

2. 研究の背景

近年、ディスプレイは大画面・高精細化に向けた製品開発が進んでおり、今後は薄型・軽量・低消費電力化が可能なディスプレイとして、電界電子放出素子を用いたフィールドエミッションディスプレイ(Field Emission Display: FED)が本命になると考えられている。また、電界電子放出素子の材料として注目されているのが、化学的に安定、熱伝導性が良好、電界電子放出特性に優れる CNT である。

3. 内容

本論文は、電界電子放出(Field Emission: FE)を利用した光源とディスプレイの開発を想定したカーボンナノチューブ(Carbon Nanotube: CNT)の合成技術と電界電子放出素子への応用に関する研究をまとめたものであり、第1章から第6章により構成されている。

以下に各章毎の内容概要について述べる。

第1章は緒論であり、フィールドエミッションディスプレイ(Field Emission Display: FED)およびフィールドエミッションランプ(Field Emission Lamp: FEL)の技術と各種方式ならびに市場動向に関して説明し、本研究の位置付けを明確にした。

近年、表示装置であるディスプレイは大画面・高精細化をトレンドとして製品開発が進んでいる。大画面化に伴い、従来のブラウン管(CRT)に比べて大幅な薄型・軽量・低消費電力化が可能な液晶ディスプレイ(LCD)、プラズマディスプレイ(PDP)を初めとするフラットパネルディスプレイ(FPD)が大画面・高精細ディスプレイのスタンダードとなった。

2008年度では金額ベースでディスプレイ市場の84%をFPDが占めるまでに成長すると期待されている。大画面FPDは、LCD、PDP、FED(SED含む)に大別され、表1.に各種FPDの特徴比較を示す。

表1. 各種FPD方式の特徴比較

方式	薄型化	大型化	高精細化	応答	視野角	消費電力
LCD						
PDP						
FED						

FED は大型化、視野角、省電力性に優れ、大型ディスプレイの本命になると考えられている。FED は熱陰極の代わりにナノ～サブミクロンサイズの先端（電子放出源）をもつ陰極アレイに高真空中で高電界を印加して、量子力学的なトンネル効果により電子を引き出す電界電子放出素子を用いており、CRT と同じく蛍光体発光を用いたディスプレイである。このような背景において、電界電子放出素子の材料として注目されているのが、化学的に安定であり、熱伝導性が良好である上に、電界電子放出ができる CNT である。

第2章においては、電界電子放出現象の原理および電界集中係数について説明した。

電界電子放出実験によって求められる電流密度はアノード-カソード間距離から求められる関数として次のように表される。

$$J = \frac{A}{\phi} (\beta_d E)^2 \exp\left(-\frac{B\phi^{3/2}}{(\beta_d E)}\right)$$

は仕事関数、A および B は定数で、 $A = 1.54 \times 10^{-6} [A \cdot V^{-1}]$ 、 $B = 6.83 \times 10^7 [V^{-1/2} \cdot cm^{-1}]$ である。

縦軸 $\ln(J/E^2)$ vs 横軸 $(1/E)$ でプロットすると直線となる。このプロットは "Fowler-Nordheim プロット (F-N プロット)" と呼ばれる。電界電子放出測定での J - E 特性を F-N プロットして、直線上に乗るならば、得られた電流は電界電子放出に起因する電界電子放出電流であるといえる。

は電界集中係数(電界増速因子)と呼ばれ、エミッタ先端での電界集中の度合いを表す係数で、尖鋭エミッタの電界集中係数は大きくなる。電子放出点での実効的な電界強度 E を大きくし、電界電子放出の効率化を行うことができる。

第3章においては、CNT の合成技術および評価技術についてまとめた。

CNT は、直径が約 1~2 nm の単層カーボンナノチューブ (Single-walled carbon nanotube : SW-CNT) と、同心円状に複数のナノチューブが存在する直径 5~50 nm の多層ナノチューブ (Multi-walled carbon nanotube : MW-CNT) に大別できる。

カーボンナノチューブの合成法としては、炭素棒のアーク放電、レーザー蒸発法、化学的気相成長 (Chemical Vapor Deposition : CVD) 法などがある。電界電子放出素子を形成する方法としては、2種類の方法があり、基板上に直接 CNT を合成する方法とあらかじめ合成した CNT をペースト化して印刷する方法があることと、それぞれの優位性について説明した。熱 CVD 法では触媒技術が重要であり、本研究では長尺の CNT を合成することが可能な Fe/Al 積層触媒を用いた。

研究において触媒膜成膜に用いた EB-PVD 装置および熱 CVD 装置についておよび合成したカーボンナノチューブの評価装置 (SEM、TEM、AFM、EDX、XPS、Raman) について説明した。

第4章においては、熱 CVD 法における CNT の構造制御について述べている。

熱 CVD 法による基板上 CNT の手法としては、触媒基板として Si ウエハ上に形成した Fe/Al の積層触媒を用い、その Al 下地膜の厚さを精密に制御する実験から、触媒微粒子形成を阻害する Fe シリサイドや Al 凝集粒子を制御形成することができた。この下地膜厚制御の方法により、長尺高配向 CNT の密度制御を行うことに成功した。また、熱 CVD 法によって合成された CNT の密度と垂直配向性および CNT 束の長さに関連性があることを見出し、その形成機構を考察した。Fe/Al 積層触媒を用い、CNT 束構造の詳細な解析および成膜時間と構造の関係解析を行った。SEM および TEM 観察から、CNT 束の最上部分は CNT の配向性乏しく絡み合った構造となっており、その構造形成は初期において絡まり合い部分を形成し、その部分を押し上げ成長した結果、最上層の乱層部と下層の配向部からなる構造を成したとするモデルについて提案した。

FE 光源向けの電子放出素子の形成方法は、ガラスを使用する FED 向けと比較して使用する基板材料の温度制約が少ない代わりに、低消費電力化の要求が強い。FE 光源向けの電子放出素子の高効率化を目的として、パターン化することによる束の上面端部への電界増加を計算により求めた。また、パターン化した Fe/Al 積層触媒を用い、熱 CVD 法により形成したパターン化 CNT 膜と全面均一 CNT 膜についての電界電子放出特性について比較測定を行った。実験においても CNT 膜のパターン化による電界集中効果が確認でき、電界電子放出のしきい値電圧が約半分の $2\text{V}/\mu\text{m}$ に下がることを実証した。また、この結果を元に F-N プロットを作成して電界集中係数を算出したところ、全面均一の CNT 膜の場合が値 2150 であるのに対し、パターン化によって約 1.8 倍の 3850 に増加することを確認した。

Fe/Al 積層触媒を用いたバンドル構造エミッタについては大阪大学の片山教授らにより、高い信頼性について報告されているが、CNT 束構造の微細構造解析を用いた劣化機構を考察し、特性安定化評価を行った結果に関して述べた。パターン化した CNT のエッジ部分においては、電界電子放出開始時は全面均一形状の CNT に比較して約 2 倍の電界強度となっているが、時間が経過と共に荷電粒子等の高速な衝突によるエッジ部分の消耗が生じることによって、エッジ部の電界強度が他の部分と平均化して安定になっていると考えた。

熱 CVD 法による CNT 膜合成時のチャンバ内圧力や原料ガス濃度を変更することによって、CNT 膜の結晶性を制御可能であることをラマン分光法により確認した。この結晶性の異なる CNT 膜を用いた電界電子放出特性実験により、合成時のチャンバ内ガス濃度あるいは圧力が低い条件で合成された CNT は結晶性が良好で、高電圧下において異常な放電現象を引き起こすことなく安定な電界電子放出および発光特性が得られることを確認した。電界電子放出用エミッタ用途には結晶性の高い CNT が良好であることが分かった。

アニール時における電界電圧印加の触媒膜に対する影響や得られた CNT エミッタの膜質について電界電子放出特性の変化を確認した。電界印加効果によって、触媒膜の均一微粒子化を促進し、電界電子放出特性測定の発光輝点数増加が確認され、この機構について考察した。

第 5 章においては、大量合成技術の開発および印刷方式電界電子放出素子の評価について述べた。

従来、熱 CVD 合成 CNT では、回収した CNT に触媒金属が混入するため、未精製では CNT の純度が低く、しかも精製工程を経た CNT は凝集が起こるといって高純度高分散技術の課題があった。

触媒金属由来の不純物金属含有量が 0.2 wt% 以下の基板上触媒による高純度 CNT の大量合成技術、および乾式で基板上から回収する方法を開発し、CNT を現有設備の拡張により、熱 CVD 装置 1 台により 1 ton/year 生産可能であることを試算した。

さらにその高純度 CNT を用いて印刷用ペーストを作成し、印刷法によりエミッタを作製評価した。印刷ペースト中の CNT は良好に分散しており、従来の課題とされていた凝集塊が無く、長さ $50\mu\text{m}$ 、幅 $1\mu\text{m}$ 以下の束および単一分散した CNT となっていることが確認された。この CNT ペーストを用いた印刷法による CNT 素子を作製し、電界電子放出評価を行った。印刷法にて作成した CNT 素子は、 $1\mu\text{A}/\text{cm}^2$ にて $1\text{V}/\mu\text{m}$ のしきい電界強度が得られ、本手法による CNT 合成法および印刷法により、FED および FEL 用電界電子放出素子の形成法として有望であることが示された。

第 6 章では、本論文の総括を行った。触媒下地層膜厚による CNT の密度制御が可能であることを明らかにし、CNT 膜の構造解析を行い成長モデルの提案をした。また、基板上直接成膜 CNT の電界電子放出特性に対し、パターン化による特性向上および安定性向上について評価した。さらに CNT の大量合成方法の開発を行い、実際に合成した CNT から印刷方式の素子作製を行い、大量合成 CNT のエミッタ適用の有効性を示した。

審査結果の要旨

1. 論文の評価

論文発表に先立ち、審査委員主査から（平尾孝）から発表者 小向拓治氏の所属、研究テーマについての紹介を行ない、小向氏から論文構成に従って約40分間の発表後、約20分間の質疑応答を行った。

論文の発表内容に関して第1章で緒論について、電界電子放出素子の応用である FED について LCD、PDP と比較し、その優位性について比較検討し、更に FEL への応用について言及し、本論文の目的と構成を述べている。第2章では電界電子放出現象について、第3章においては CNT の種類・応用分野及び合成・評価装置について言及している。第4章は本論文の主題である Fe/Al 触媒による CNT の密度・長さ制御及び成長モデルを提案後、パターン化された CNT 束による電界電子放出特性の信頼性の改善について、コンピューターシミュレーションと実験を比較検討した。第5章については、同触媒による CNT の大量合成について簡単に要点を述べ、第6章で全体を総括した。

以上の発表後、副主査から以下の質疑応答が活発になされた。

CNT の配向性について、高密度ゆえの立体障害起因のみなのか、それ以外の個々の CNT 間相互作用があるのか ファンデルワールス力による隣接 CNT との接触によるバンドル化も確認している。触媒表面での CNT 成長モデルについて、炭素の拡散と析出について Fe 中の C が飽和してから析出する機構ではないのか Fe 表面拡散によるグラファイト化触媒反応になっていると考察。

CNT が出現してから米国でも研究報告は数多くなされているが、実用化という観点では未だ実用化していないが、どう思うか 素材として高純度 CNT が商品化されていないことに起因。今後本研究に関連して、高純度 CNT とバンドル型について、近々日刊工業で発表する。近い将来、事業化の可能性はある。全体を通じて発表内容は密度が高く十分な考察がなされ、高い価値を有するものとして認定された。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月16日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	Kong Jing (中国)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第72号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	Considering subjective factors in performance models for human-computer interface design and evaluation
論文審査委員	(主査) 高知工科大学 助教授 任 向実 高知工科大学 教授 岩田 誠 高知工科大学 助教授 浜村 昌則 高知工科大学 教授 篠森 敬三 高知工科大学 教授 木村 義政

論文内容の要旨

1 Introduction & background

As a result of the tremendous developing speed of computing technologies, numerous new human computer interface devices appear to the market. Facing the expatiatory catalogs of the devices and omnifarious choices candidates, not only the users, but also the system designers are puzzled. Some people prefer one certain kind of device, others may like another kind. We don't know whether the selections, or preferences are based on scientific researches, or purely user's own habit. Actually, some habits are really harmful. Hence, it is necessary to be sure that the applied tools are suitable for certain application, that means, people can maneuver the tool without great effort to adapt to the features of this tool, because the important thing is that the design of a tool should be capable of inspiring human potential and helping them work happily and efficiently. We need tools congruent with human physiological and psychological characters. One of the most important tasks of the researchers in human computer interaction is to create tools friendly for human beings, not create tools which force people to be trained very hard. Even for the disabled persons, there should be considerate designs for them. Therefore, it is crucial for us to find a useful method to predict and evaluate people's performance using different devices and to test the feasibility and efficiency of the devices on interfaces of different systems through the knowledge of a great number of scientific branches such as computer science, physiology, psychology, motor control, philosophy, etc. In the area of human computer interaction (HCI), these kinds of tools are called as models.

Nevertheless, modeling the performance in human computer interaction has always been a tough job, and it is one reason that until now the most famous model for pointing task, a typical performance in human computer interaction, is still Fitts' law [Fitts, 1954], which has been used to predict and evaluate the performance of rapid and aimed reciprocal movements since 1978 [Card, English and Burr, 1978]. Fitts established a relationship between the movement time and the task difficulty, which is decided by the target width and movement amplitude through some experiments. During the paradigm experiment, subjects were asked to tap on the two rectangles (the targets) reciprocally as fast and accurately as possible. After minor descendent modifications, now the most popular formulation of Fitts' law (called as *ID* model) is:

$$MT = a + b \log_2(A/W + 1) \quad (1)$$

In Equation (1), MT is the movement time, A and W represent the movement amplitude and target width respectively, a and b are two regression coefficients. This ID model is simple and strong, but unfortunately, it is established on a thin theory base and its adequacy remains debatable.

The main reason for the doubts on Fitts' law comes from the fact that it is not derived from strict mathematical deduction but is just based on direct analogy of information theory (Shannon Theorem 17 [Shannon, 1948]). To guarantee that the analogy works well, during the task, the hits made by all the subjects are acquiescently regarded as following normal distribution and thus, it is not necessary to consider the performance accuracy. Omitting a factor which is tightly related with performing individuals is obviously countered to the reality.

A model utilizes effective target width (W_e) in stead of the target width seems optimal (We call it as ID_e model) by using *a posteriori* method to help to convert the information on performance accuracy into movement time [Welford, 1968] [ISO9241]. However, this method has not gained enough theoretical or empirical supports, either, even though the human factors have been included into consideration.

$$MT = a + b \log_2(A/W_e + 1) \quad (2)$$

Although the ID and ID_e models have been applied widely for a long time, they do not demonstrate a clear picture of the effects of human beings. Therefore, we developed the study to explore the relationship of different factors in the human performance of pointing task. The effects of human factors, such as the psychological implications on performance efficiency and accuracy, and the difference from individual physiological characteristics will be especially emphasized. In this study, we bring the knowledge of statistics, experimental psychology, user interface design and motor control into the human performance research to pursue a model for the human computer interaction model for pointing task.

2 Study on speed-accuracy tradeoff problem----traditional models analysis

In the pointing performance, a main relationship is the tradeoff between speed and accuracy, i.e., when people perform fast, accuracy will decrease, otherwise when people perform with emphasis on accuracy, the speed will be decreased. Considering the characteristics of HCI, we need to know how the system factors and human factors affect the relationship between speed and accuracy. By scrutinizing the pointing task, we regard that there are two layers of speed-accuracy tradeoffs. The layer decided by the task factors (E.g. target's size) has been described by the ID model, but the layer decided by subjects cannot be modeled by it. The ID_e model includes some information of this layer of speed-accuracy tradeoff, but we do not think its representation is complete and accurate. Therefore, we performed this study to check the effects of the existing ID and ID_e models based on the analysis of speed-accuracy tradeoff.

We carried out a series special controlled experiments to observe the subjects' reciprocal pointing performance with different level of speed and accuracy inclinations incurred by experimenters' instructions. The system design of the pointing task is similar with the paradigm Fitts' law experiment [Fitts, 1954; ISO9241-9, 2000]. However, in each experiment, participants were instructed to repeat the experiment with different operating conditions biased toward accuracy or speed: extremely accurate, accurate, neutral, fast and extremely fast. The goal was to make the participants operate at different levels of target utilization. With great intendancy to accuracy, the target utilization degree will be very limited, and with great intention to speed, the target will be utilized with great risk, i.e., the subjects will point outside the targets often.

These experiments help us to testify the coexistence of the two layers of speed-accuracy tradeoffs and their respective impact on performance. Through these experiments we also

know that both the two models (ID and ID_e models) cannot reconcile the two layers of speed-accuracy tradeoffs completely. Then we tried another *a posteriori* method to indicate the subjective layer of speed-accuracy tradeoff. This method works better than the traditional way, but it still can not resolve the problem completely. Consequently, we realize that it is impossible to describe the relationship of the movement time, task difficulty and subjective target utilization inclinations through a simple equation as Equation (1) or Equation (2) [Zhai, Kong and Ren, 2004].

3 Attempt on establishing a model with the information of human's performance accuracy----SH-Model

According to [Zhai, Kong and Ren, 2004], it is impossible to describe the pointing performance in different situations completely by Fitts' law models, so we tried to establish another model named as SH-Model to indicate the "self-information" of system and human beings separately [Ren, Kong and Jiang, 2005].

$$\ln(MT) = a + b \ln(SI_s) + c \ln(SI_h) \quad (3)$$

Here a , b and c are coefficients. MT is the movement time, and SI_s and SI_h are used to indicate the self-information of system and human separately.

This model is based on a complete different viewpoint from the traditional analyzing method. In SH-Model, the distribution we discussed is not the spatial distribution of the input hits in the traditional Fitts' law model researches (This point has always been a theoretic and experimental dilemma of the researches of Fitts' law studies), it is referred to the distribution of the data of movement time.

Conventionally, regression models are evaluated by R^2 . However, R^2 can only indicate the models' descriptive ability, but not the predictive ability. AIC (Akaike's Information Criterion) is a criterion for model selection [Akaike, 1974]. It can be applied to comparisons for not only linear but also nonlinear models [Burnham and Anderson, 2002]. Furthermore, AIC is able to indicate the consistency between reality and future prediction and to test both the descriptive ability and the predictive ability comprehensively. Therefore we utilized AIC to do model evaluation. The AIC results showed that the new model is much better than the traditional ones.

After establishing the SH-Model, we also tried it in different pointing task input interfaces including four different devices: mouse, pen with big tablet, pen with small tablet and trackball [Kong, Ren, Jiang and Takeda, 2004][Kong, Ren and Jiang, 2005]. The results of this study show that the SH-Model can also be applicable to different interfaces. Moreover, the analysis of the devices shows that the SH-Model can help us comprehensively understand the human's factors in manipulating the devices.

To consider more of the human's individual effects upon modeling pointing tasks, we also developed the following researches on model studies.

4 The optimal effective target width calculation method

Through the research on the optimal effective target width calculation method for the ID_e model, we have not only decided the optimal calculation of the effective target width, but also revealed some performance's characters which had not been studied previously [Kong and Ren, 2005b][Kong and Ren, 2005c][Kong and Ren, 2005e].

5 Information transmission rate analysis and its application on model comparison

We also analyzed models based on their ability of describing the information transmission rates under different speed-accuracy tradeoff requirements of the human motor system [Kong and Ren, 2005a][Kong and Ren, 2005d]. This study supports the feasibility of the analogy between the information theory and the human performance models.

6 Colors ' effects on pointing tasks evaluated by performance models

Considering the importance of different colors on performances and the lack of study on this topic, we thoroughly compared the effects of whether using colors in the pointing tasks through performance models [Kong, Ren and Shinomori, 2005a][Kong, Ren and Shinomori, 2005b]. This study affords a reliable reference for colors ' application in interface design.

7 Summary

Pointing task, together with some other basic performance, is of great importance in HCI studies. Developed from the area of motor control or motor behavior, modeling for pointing task helps people understand the performance. The understanding will be instructive for not only devices comparison, but also design guidance. The studies developed with this theme will contribute to the modeling work mainly from the aspect of considering human's individual factor or effects in modeling the performance.

These works will motivate much more explorations in human's factors, or subjective factors for modeling the performance with both the physiological and psychological information. The knowledge will be instructive for UI design comprehensively.

Since the technologies of interfaces between human and computer have been developed significantly, for the future works, it is necessary to carry out the model related researches on the performance models application for new input techniques. Because currently most human potential has not been explored completely for modeling in human computer interaction, our study on human performance models will be beneficial to develop devices or interfaces utilizing those unexplored body parts and give fare evaluation of those lately developed hardware or software.

References:

- [1] Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification, *IEEE Trans. Auto. Control*, AC-19, 716-723.
- [2] Burnham, K.P. and Anderson, D.R. (2002). Model selection and multimodel inference a practical information-theoretic approach, second edition. *Springer-Verlag New York, Inc.*
- [3] Card, S. K., English, W. K., Burr, B. J., (1978). Evaluation of mouse, rate controlled isometric joystick, step keys and text keys for text selection on a CRT. *Ergonomics* 21, 601-613.
- [4] Fitts, P.M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47, pp. 381-391.
- [5] ISO9241-9 (2000). Ergonomic design for office work with visual display terminals (VDTs) Part 9: Requirements for non-keyboard input devices. *International Standardization Organization*
- [6] Kong, J., Ren, X. (2005a). Comparing models by the information transmission capability expressed by the coefficient of the difficulty index in Fitts' law, *Proceedings of HCI12005 (11th International Conference on Human-Computer Interaction, Las Vegas, Nevada USA, July 22-27, 2005)*.
- [7] Kong, J., Ren, X. (2005b). Comparison of effective target width calculation methods for pointing task, *Proceedings of CIT2005 (The 5th International Conference on Computer and Information Technology, Shanghai, China, 21-23 September 2005)*. IEEE Computer Society, pp 530-534.
- [8] Kong, J. and Ren, X. (2005c). Effective target width calculation and the effects in pointing task. Submitted to the *Journal of Information Processing Society of Japan (IPSJ) (technical note)*.
- [9] Kong, J. and Ren, X. (2005d). The information processing rate analysis and its application in Fitts' law models comparison. Submitted to *IEICE Trans. on Information and Systems*.
- [10] Kong, J. and Ren, X. (2005e). The Optimal calculation method to determine the effective target width for the application of Fitts' law. Submitted to *IEICE Trans. on Information and Systems*.
- [11] Kong, J., Ren, X. and Jiang, X. (2005). Comparison of input devices in pointing tasks through the observation of the human effects---an application of the SH-Model, submitted to the *Journal of Human Interface Society (HIS)*.
- [12] Kong, J., Ren, X., Jiang, X., Takeda, F. (2004). Comparison of four input devices for pointing task by applying SH-Model, *proceedings of wec2004 (the World Engineers Convention, Shanghai, China, November 2-6, 2004)*. pp 168-174.
- [13] Kong, J., Ren, X., Shinomori, K. (2005a). Influence of colors on pointing tasks in human computer interfaces, *Proceedings of The IASTED International Conference on HUMAN-COMPUTER INTERACTION, November 14-16, 2005 Phoenix, USA*, pp 7-12.
- [14] Kong, J., Ren, X. and Shinomori K. (2005b). Influence of colors on pointing tasks in human computer interfaces (the title is subjected to revision), Submitted to *IEICE Trans. on Information & Systems*.
- [15] Ren, X., Kong, J. and Jiang, X. (2005) SH-Model: A model based on both system and human effects for pointing task evaluation, *IPSJ Journal, Vol.46, No.5*, pp.1343-1353. *Online version: IPSJ Digital Courier, Vol.1, pp.193-203*, http://www.jstage.jst.go.jp/article/ipsjdc/1/0/1_193/article.

- [16] Shannon, C. E., (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal* 27, 379-423, 623-656.
- [17] Welford, A. T., (1968). *Fundamentals of skill*. London.
- [18] Zhai, S., Kong, J. and Ren, X. (2004). Speed-accuracy tradeoff in Fitts' law tasks--on the equivalency of actual and nominal pointing precision. *Int. Journal of Human Computer Studies*. Vol.61, No.6, pp 823-856.

審査結果の要旨

1. 論文の評価

本研究は、ヒューマンインタフェースデザインにおける重要な話題のひとつである human performance model に関するものである。

論文の前半は従来のモデルにおける問題点をさまざまな角度から理論的に分析し、そのうえ、人間的な要因を取り組んだモデルを提案し、後半はモデルの応用を示した。この研究の最大貢献は、ポインティング操作を人間的な要因とシステムによる要因に分けてモデルに取り組んでおり、ヒューマンインタフェースデザインに新しいモデルを提示した点である。

主な成果を次に要約する。

- (1) ポインティングタスクの特性、特に、人間的な要因を分析した。その上、伝統的なモデル (Fitts' law models) の正当性と問題点について理論および実験の両者に基づき明らかにしている。
- (2) ポインティングタスクの操作を分析し、伝統的なモデルにおける目標の有効な幅 (effective target width) の最適な計算方法を明らかにした。
- (3) ポインティングデバイスで目標を指示するのに要する時間を予測でき、システムの構造的な要因と操作者の人間的な要因を同時に考慮した、新しいモデル (SH-Model) を提案した。
- (4) SH-Model を用いて4種のポインティングデバイスの評価を行い、新モデルが入力インタフェースのデザインと評価に適したことを明らかにした。
- (5) 目標の色がポインティング操作に対する影響をモデルによって実験的に評価し、色の直接的な影響がないことを発見し、色の表す方法が異なるデバイスによるポインティング操作に影響することを明らかにした。

以上より、本研究は、ポインティング操作のモデルを人間的な要因に着目してモデル化する研究および応用するための有用な知見が明らかになり、human performance model に関して工学上、特にヒューマンインタフェースデザイン上貢献するところが大きい。よってわれわれは本論文が博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと認める。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月16日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	Sun Jianye (中国)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第73号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	Numerical Simulation of Liquid Crystalline Polymer Processing
論文審査委員	(主査) 高知工科大学 教授 蝶野 成臣 高知工科大学 助教授 辻 知宏 高知工科大学 教授 楠川 量啓 高知工科大学 教授 小林 和彦 高知工科大学 助教授 全 卓樹

論文内容の要旨

The molecules of liquid crystal polymers (LCPs) are consisted of rigid and flexible monomers that link to each other. In shear flows, the rigid segments of the molecules usually tend to align in the direction of the flow. Once this orientation is formed, their direction and structure persist, even when LCP is cooled below the melting temperature. As a result of this unique structure, LCPs show many unusual properties, such as: high strength, good heat resistance, high impact resistance, and low stretch or elongation. At present, commercial uses of LCPs range from fibers for bulletproof vests, to packaging for electrical and optical components. Thermotropic LCPs are particularly attractive for injection molding, because of their low shrinkage and low viscosity in the nematic melt state.

At present, Leslie-Ericksen (L-E) theory and Doi's theory are the two popular constitutive theories for liquid crystals. The L-E theory, which is based on macroscopic continuum mechanics, is suitable for describing the rheological properties of low molecular weight nematics. The Doi's theory, derived from microscopic molecular theory, is a kinetic model for rod-like polymers. Usually the Doi's model is too complicated to be used in the simulation of complex flows. As mentioned by Rong-Yen Chang, Marrucci, Kuzuu and Doi have demonstrated that the Doi's theory could be reduced to the L-E theory in the limit of low shear rates. Many researchers have used the L-E theory in analyzing flow induced behaviour of LCPs.

The simulation of the LCPs flows during injection moulding in thin-walled moulds, which can be simplified by Hele-Shaw approximations, were investigated in this work. The Ericksen-Leslie equations of motion in the high viscosity limit were used to model the flows.

審査結果の要旨

1. 論文の評価

液晶ディスプレイに用いられている液晶は低分子液晶であるのに対し、高分子液晶は高機能・高性能なスーパーエンブラの一つとして注目されている。これは、高分子液晶が有する高い機械的強度や優れた寸法安定性に起因している。しかし一方で、高配向であるが故に配向に沿った方向に割れが生じやすい欠点も包含しており、分子配向を考慮した成形加工技術が重要となっている。このため用途に応じた成形条件を適切かつ迅速に選択することが肝要で、計算機シミュレーションに期待が寄せられている。

通常の等方性高分子材料について振り返ると、種々の構成方程式が提案され、金型内の流動を十分にシミュレートできるCAE技術が、この10年程度の間飛躍的に進歩した。その結果、今では多数の汎用ソフトウェアが市販されている。これに対して高分子液晶は、負の法線応力差、ディレクタのタンプリング挙動、さらにポリドメイン構造を発現し、そのレオロジー挙動は極めて複雑である。従ってCAE技術のベースとなる流動の理論的取扱い等は等方性高分子材料に比べて極めて立ち後れており、さらなる理論的、数値的研究が強く望まれている。

本研究の目的は、高分子液晶の金型内流れを数値的に予測できるソフトウェアの開発である。構成方程式としてEricksenによって導かれたTransversely Isotropic Fluid(TIF)理論を用い、金型内流動であることからHele-Shaw近似を適用することで計算の簡略化を図っている。

本論文の第1章は緒言であり、低分子系、高分子系を含む液晶一般に関する基本知識と、高分子液晶の応用について解説している。

第2章では構成方程式について言及した後、本研究で採用したTIF理論について詳述している。またディレクタの空間的配向歪みによって発現されるFrank弾性と、この項をTIF理論に付加したLeslie-Ericksen理論についても触れている。

第3章では数値計算法について述べている。ディレクタの配向場を記述する基礎式は双曲型であることから、流線積分法が最も優れた計算法である。これに対して速度場や温度場を支配する基礎式は放物型であり空間的には境界値問題となる。このようにタイプの異なる基礎式を連立して解くために、本研究では取り扱いが比較的容易な有限差分法を採用している。有限差分法最大の欠点は複雑形状への対応であり、一般にはラプラス型またはポアソン型の微分方程式で記述される座標変換が用いられている。本研究では計算領域内の主な部分を直線座標系で展開し、領域の周辺部だけに座標変換を施すことで計算時間の短縮を図っている。

第4章は計算結果である。まず金型の厚さが流動方向の長さに対して極めて小さいので、Hele-Shaw近似を適用することができる。この結果金型厚さ方向には解析的に積分でき、数値計算量が大幅に減少する。計算結果は直線形状金型内の等温流れ、直線形状金型内の非等温流れ、および曲線形状金型内の非等温流れについて示されている。自由表面位置の時間変化によって充填過程を表すとともに、金型厚さ方向の代表的な位置(金型壁面近傍、金型の中央面、そして両者の中間位置)で配向場、速度場、さらに温度場の結果を図示することで、成形圧力や金型温度の影響を定量化している。特に高分子液晶特有のタンプリング挙動の発生が配向場に悪影響を及ぼすことが、ディレクタのランダム配向として明瞭に表示されている。

第5章は総括であり、本研究で得られた結果をまとめている。

以上のように、本研究は高分子液晶の金型内流れを計算機シミュレーションで予測可能なソフトウェアを開発するとともに、本ソフトウェアを用いて等温および非等温流れのシミュレーションを行い、充填プロセスと配向分布および温度分布に関して有用な知見を提供している。よって博士(工学)に値する研究であると評価できる。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	Sun Baiqing (中国)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第74号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	Research on Rejection Capabilities of Paper Currency Recognition System with the Neural Network Employing Gaussian Function (ガウス関数によるニューラルネットワークを用いた紙幣認識システムの排除能力に関する研究)
論文審査委員	(主査)高知工科大学 教授 竹田 史章 高知工科大学 助教授 岡 宏一 高知工科大学 教授 王 碩玉 高知工科大学 教授 井上 喜雄 高知工科大学 講師 芝田 京子

論文内容の要旨

In recent years, along with the accelerative developments of world economics incorporation course, the frontier trade and personal intercourse of various countries are frequent increasingly. Therefore, probabilities that the paper currencies of various countries are interweaved together rises increasingly. It is a new challenge for conventional bank machines such as readers and sorters. Hence it is necessary to develop the bank machines that can not only correctly recognize and classify known paper currencies, but also effectively reject unknown paper currencies including counterfeits.

It has been proved that neural networks are a class of effective tools on realizing nonlinear mapping according to a set of given input-output training samples. In the field of paper currency recognition, many attempts using feedforward neural networks have been done. Generally, these systems can effectively recognize the known currency patterns having been learned, even if the input data has some differences from learning samples. However, it still suffers from rejection capabilities for unknown patterns.

In this research, in order to improve rejection capabilities of currency recognition systems for unknown currency patterns on premise of guaranteeing their recognition capabilities for known currency patterns, a new paper currency recognition system based on neural networks is proposed. The neural network used in this system is a three-layer feedforward neural network (FNN), in which a Gaussian function is employed as the activation function of each unit in hidden layer and output layer. The proposed paper currency recognition system is composed of two parts. The first one is the part of preprocessing, in which for collected currency image data the recognition system achieves the tasks including detecting edges, compressing data dimensionalities, and extracting digital features. The second one is the part of recognition, in which the core is a neural network classifier. This neural network is the three-layer FNN just mentioned above, in which the ridge-like Gaussian activation function is used. It makes the classifier have the potential of rejecting unknown currency pattern. Outputs of the classifier are evaluated according with a certain criterion, and hence the input currencies are judged whether be rejected or not, and which pattern belongs to.

In the procedure of preprocessing, in order to reduce dimensionality of paper currencies to be recognized effectively, pixels of currency images are grouped in some blocks, each

of which are replaced with a single effective pixel whose gray-scale value is given by the average of the gray-scale values of the original pixels in the block. After that, in order to further compress dimensionality of the network and improve robustness of the system, slab values given by the sum of the gray-scale values of the transformed pixels are applied to represent digital features of the paper currency image. In this procedure, for acquiring more features of a currency image, a mask set is utilized. It involves several mask patterns, each of which differs from the others and covers a different area of the currency image. There is a slab value corresponding to each of mask pattern. First, depending on the categories of paper currencies to be recognized, a specified area called as feature area is selected on the currency images. Then the feature area is divided into many blocks. After that, we can define a mask pattern that is composed of several the blocks. Finally, the slab value of each mask pattern is calculated, which is the sum of the gray-scale values of all but the blocks covered by the mask pattern locating in the feature area. Because many mask patterns can be obtained depending on different combinations of the blocks, many corresponding slab values are generated to be representative of the digital features of these currencies. In our recognition system, the slab values of a currency image are the input vector of the neural network.

In the procedure of recognition, the slab values representing features of the currency are inputted the neural network employing the proposed Gaussian activation function, which is different with not only the simple radial basis function but also the Gaussian bars function. It is a ridge-like function in multi-dimensional space. Its activation is stretch out to infinity along the ridge, but is restricted by the width parameter on the orthogonal direction of the ridge. Its active range lies on the value of the width parameter. Several crossed these ridges can construct not only many bump-like peaks just like the output of RBF at intersections of these ridges, but also many unclosed ridges with different directions. It can be realized by the combination of hidden-layer units. For instance, two ridges with orthogonal directions can form the shape just like that of Gaussian bar function. However, $3N$ parameters per unit are needed to train for a Gaussian bar unit with N input variables. But in the case of the proposed function, there are only $N+2$ parameters. It is possible to influence generalization properties and the training speed with more learning parameters. The directions, distributions and active ranges are controlled by corresponding weights, biases and widths, respectively. All of these parameters are trained and optimized automatically using the training set during the learning procedure. Therefore, the appropriate interfaces can be produced on the base of training samples in the training set after learning. The network is active on the data distributing not only in the peaks but also in the ridges. The system can more accurately recognize the data outside of those closed peak spaces. Hence the network with this activation function has more potential to improve rejection capabilities on promise of ensuring recognition capabilities of the system. Just because of the characteristics of this kind of ridge-like function, the proposed recognition system shows its potentials on improve rejection capabilities for unknown currencies. Because of only using the three-layer feedforward neural network with the proposed Gaussian function as the classifier, the structures of this currency recognition system are simpler than that of conventional recognition systems.

The experiments about the influences of the parameters of the Gaussian function to performances of the system are designed and executed. The corresponding results are analyzed. It can be found from these results that the performances of the system are very sensitive to variations of the width parameter in the Gaussian function. In the experiments, attempts with different mask set are realized, and the influences of different input vectors caused by these mask set to system performances are also analyzed. During the training procedure of this neural network, In order to obtain satisfying performances of the proposed recognition system, several learning algorithms are employed to optimizing

the parameters. The improved back propagation algorithm is used to optimize the weights and biases of the network. Momentum and oscillation terms are added in the increment term of these parameters during the update procedure. These two terms can accelerate iteration speed, weaken oscillations and escape iterations from local minima. The sequential gradient algorithm fitting for the proposed network are derived, and applied to optimize the width parameters. It is proved that this sequential gradient method can find appropriate widths to improve performances of the proposed system as the initial range of the width parameters are suitable. At the same time, it is found in this experiment that the different sequences of training currency samples influence the rejection capabilities of the system remarkably as using the sequential version of the gradient descent algorithm, and the reasons leading to this phenomenon are analyzed. The influence of the sample sequence is weakened by using a combined method of the sequential and batch version of the gradient descent.

In order to search the appropriate width parameters in larger region and avoid the problem of local minima caused by using back propagation algorithm, a new hybrid-learning algorithm is also proposed. The algorithm is used to optimize the widths of the Gaussian function for improving recognition and rejection capabilities of this currency recognition system. The algorithm consists of two steps, one is searching local minima near start point by employing the sequential gradient descent method with a momentum term, because the sequential gradient descent algorithm is a stochastic searching method and is possible to escape the iterative search from local minima. If the iterative search still cannot shake off bindings of local minima by employing this first step solely, the second step of this algorithm is then activated. It is extricating the iterative search from local minima. First, a random vector is mixed in increment terms of the width parameters to replace that momentum term, then coefficients of the random vector and the gradient term are optimized simultaneously using the downhill simplex method. In this case, derivative calculation is unnecessary, and the span and directions of the iteration search have more possibilities than just using a random vector. In other words, its search efficiency is greater than that of general random search methods. It hence can explore optimal parameters in a larger range and extricate the search from local minima more quickly and easily.

The results of the experiments show that using the proposed algorithm, the iteration search span and directions of increments of the widths have more combinations, it can extricate the search from local minima more quickly and easily and explore optimal solutions of widths in a larger range. Moreover, the proposed recognition system using the algorithm is insensitive for the change of initial range of width parameters, and it can improve the rejection capabilities for unknown currency patterns on promise of guaranteeing the recognition capabilities for known currency patterns.

In the last part of this research, to verify the practicability of the proposed currency recognition system on business developments and applications, some validation experiments are executed on the real-time system, and The results of these experiments also reveal the considerable potentials of the proposed recognition system on these aspects.

審査結果の要旨

1.論文の評価

研究に対する意欲と努力は良く認められる。パワーポイントなどでの説明に、数式だけの説明ではなく、物理的な意味合いを具体的に示すほうが内容の理解を得られ易い。

識別空間での特定方向の局所化にガウス関数を導入したこととその学習途上での最適化に独自性を見出すことができる。

2.審査の経過と結果

- (1)平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2)平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3)平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	Shang Tao (中国)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第75号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	移動ロボットの自律化を目的とする人間の行動知能の模倣
論文審査委員	(主査)高知工科大学 教授 王 碩玉 高知工科大学 教授 河田 耕一 高知工科大学 教授 岡 宏一 高知工科大学 教授 井上 喜雄 高知工科大学 教授 篠森 敬三

論文内容の要旨

人間のような高度な知能を持つロボットの実現に向かって様々なアプローチが試されている。人間の障害物回避行動は脳における高度な戦略によって支配されるので、行動後の結果として残された何らかのデータにその戦略が隠されている。もし、データから障害物回避の戦略を定量的に抽出できれば、ロボットは人間の行動を真似ることにより、結果的にはロボットの自律化が実現できると考えている。本論文では、人間の障害物回避行動を模倣することにより、移動ロボットの自律走行の実現を目的として、データから人間の回避行動戦略の抽出法を提案する。そのため、まず障害物回避行動のシミュレータを開発した。次にシミュレータを用いて人間の障害物回避行動を計測することにより、障害物回避戦略と環境との関係を定性的および定量的に解明した。さらに得られた知見に基づいて、障害物回避の結果として残されるデータから戦略の抽出法を構築した。最後に、戦略の抽出法を移動ロボットに実装して、行動知能の模倣で実現された自律走行実験により、提案した戦略抽出法の有用性を確認した。

以下では、論文の構成各章について説明する。

第1章では、目的と研究立場について述べている。

本研究の目的は、人間の障害物回避行動を真似ることで、移動ロボットの自律走行を実現することである。人間の行動はすべて脳の活動に支配されている。行動の知的レベルが高いほど、脳も高度な活動をする。例えば、自動車の運転過程では、環境を正しく認識、素早く次の動作を判断、そして確実に動作を実施するといった一連の知的行動はやはり脳における高度な戦略によって制御されていることが分かる。知的行動の結果として、場面に応じてハンドルの切り方やアクセルの踏み具合などがデータの形で残される。基本的な立場としては、これらのデータ中に脳の高度な戦略が隠されているはずであるので、人間の障害物回避行動後のデータから回避戦略を抽出することが可能であると主張している。抽出した戦略を実装した移動ロボットは、人間の障害物回避行動を模倣することができ、結果的に自律走行が実現できる。本論文では、データから障害物回避戦略の抽出法を開発し、シミュレーションおよび実験を通して、その有用性を示す。以下各章では、障害物回避問題を取り上げている意味では、「戦略」は「知能」と同意語として使用する。つまり、障害物回避の戦略は障害物回避の知能、行動戦略は行動知能と同じ意味とする。

第2章では、人間の障害物回避戦略特徴の計測について述べている。

人間の障害物回避行動の模倣を通して、移動ロボットの自律走行を実現するにあたって、人間の障害物回避戦略の特徴、特に衝突直前など極限状態における戦略の限界特性を解明することが必要である。しかし、実際の極限状態における人間の行動をデータの形で獲得することが困難である。例えば、自動車運転においては同時に避けられる相手の車の最大台数を測定しようとしても、安全などの問題があるため、実環境での実施が非常に難しい。そこで、本章では、人間の障害物回避行動に焦点を絞って、戦略とその限界を計測するために、運転シミュレータを開発した。

次に、ハンドルの修正周期に着目した危険度と、人間の戦略変化を示す経路決定の類似度を定義した上、運転シミュレータを用いて、22歳～29歳で視力正常の10人を対象として測定実験を行った。仮想環境における人間の障害物回避行動を計測することにより、環境と人間の戦略と境界特徴との関係を定性的および定量的に解明できた。これらの結果は人間の障害物回避戦略を真似る際に重要な根拠になる。ただし、ここで言っている環境は、静的障害物、動的障害物、障害物の個数、大きさ、速度を意味する。

第3章では、模倣システムの構築について述べる。

模倣とは、自分で創り出すのではなく、すでにあるものをまねなうことを意味しており、他者と類似あるいは同一行動をとることである。移動ロボットは、人間と同様な障害物回避行動、つまり人間の障害物回避戦略を模倣できれば、障害物回避問題に限りでは、人間と同レベルの行動知能を持っていると判断する。すなわち、ここでは「脳を創る」という立場に立っている。同じ場面や環境に対して全く同じ行動を実現することのみを考えると、人間の行動後に残されるデータを全部記憶していれば、簡単なサーチ機能によりそのまま再現すればよい。しかし、多少違った場面や環境においても人間のような回避行動を実現しようとする、どうしても推論機能を備えることが必要である。実際の場面や環境を入力として、回避行動を出力とすれば、人間の障害物回避戦略の模倣システムは問題解決システムの種類である。問題解決システムでは、まず推論機能が要る。推論するには知識が要る。知識が学習により獲得される。したがって、人間の障害物回避戦略の模倣システムは、知識ベース、学習システム、推論システムから備えるべきだと考え構築している。

第4章では、運転知識の表現法と獲得法について述べる。

模倣システムにおける知識の表現手法の一つとして、if-then型宣言的知識表現がよく使われており、これは、様々な状況に応じて物事を細かく表現することや、個別な状況に応じて異なる判断を下す、といったような人間が普段自然に行われている行動をよく表しているからである。前件部と後件部をファジィ集合とすれば、YesかNoで表現するはっきりした概念は勿論のことであるが、脳の中では区別できない曖昧な概念の定量化表現も可能である。そのため、ファジィ集合を利用したif-then型宣言的知識表現法は、高次脳機能の工学実現においては有力な表現法の一つであると考えられる。ここでは、if-then型宣言的知識表現法を用いて、人間の障害物回避戦略を表すことにする。if-thenによる知識表現を利用した、ファジィ推論法として、Mamdaniの推論法、関数型ファジィ推論法、簡略型ファジィ推論法を始め、最近ファジィ集合間の距離情報に基づく距離型ファジィ推論法も提案されている。これらの推論モデルは、二値論理にける知識だけではなく、あいまいな概念も取り扱えるので、実システムへの応用実績を持って、脳の推論機能のある側面を実現していると言える。特に距離型ファジィ推論法は、ファジィ集合間の距離情報を推論の根拠としているので、分離規則を満たし、知識の獲得では他の推論法より優れている。本論文では距離型ファジィ推論法のオリジナルな学習ルゴリズムは学習した知識の最適化を行われていないため、本論文では、確率理論に基づいて、距離型ファジィ推論法のオリジナルな学習ルゴリズムを改善する。シミュレーションにより提案する新学習ルゴリズムの有効性を示す。

第5章では、知識の使用と推論法について述べる。

推論は問題を解決するための高度な知的行為である。推論するには知識が要る。推論結果としての問題解決策の良し悪しは一般に推論アルゴリズムと知識と知識の使用に左右される。したがって、よりよい推論結果を得るために、適切な推論アルゴリズムと正確な知識と知識の用法とも必要である。

本論文では、推論法として距離型ファジィ推論法を使用する。理由としては、ファジィ集合間の距離を利用して推論を行なうので、推論用ルールの物理意味が明確であり、推論の方向性が大雑把に予測できる。または、前章に説明したよう、距離型ファジィ推論法のアルゴリズムを利用すれば、学習アルゴリズムとの結合も簡単にでき、かつ獲得した障害物回避戦略に関する知識の最適化も容易に行なうことができる。

これまでの研究では、知識の用法については殆ど言及していなない。しかし、人間が推論により何かの結論を下す時に、脳にある全ての知識を同時に利用するのではなく、状況に応じて選択

的に知識を利用している。知識の選択的利用は、最も関連性のある知識を利用してすばやく結論を下すことが背景にあって、自然に最適化されている自然的な行動だと考えられる。本章では、4章の学習法により得られた if-then 型宣言的知識が正確なものとして、脳内に行われる知識使用の選択策略を表現する一手法を与え、知識を選択的に利用する推論法を提案する。具体的に、まず事実にも最も関連性のある知識の範囲を意味する知識半径の概念を導入することにより、知識の選択的使用行為を表現する。次に知識半径を考慮した距離ファジィ推論アルゴリズムを提案する。最後に障害物回避問題のシミュレータを用いて実験を行うことにより、提案手法の有効性を示す。

第6章では、実験による模倣システムの有効性について検討する。

提案の諸手法及びシミュレータの有用性について実証するために、全方向行動機能を持つ知能ロボットの遠隔操作システムを開発した。全方向移動ロボットを用いる理由としては、人間のよう素早く障害物を回避することが出来るからである。実験の流れとしては、まず試験者が無線LANを介して、全方向移動ロボットを、障害物回避をしながらゴールまで運転する。人間の障害物回避行動をした結果として、どのような場面・環境に応じて、どのように操作されたのかがデータとして残されている。4章の学習法を用いて、これらのデータから人間の回避戦略を知識として抽出する。得られた知識を利用して、第5章で述べた知識の使用法と推論法に基づいて、方向移動ロボットの自律走行を実現する。実証実験を通じて、考案した概念、提案した諸手法、開発したシミュレータが、移動ロボットの自律走行に適用できることが分かった。

審査結果の要旨

1. 論文の評価

本論文では、人間の障害物回避行動を模倣することにより、移動ロボットの自律走行の実現を目的として、行動後のデータから人間の回避行動戦略の抽出法に関する基礎研究を行ったものである。

具体的成果は下記の5点に纏められる。

人間の障害物回避行動の計測により、障害物回避戦略と環境との関係を定性的および定量的に解析した。

計測により得られた知見に基づいて、知識獲得と推論方法に着目し、人間の障害物回避行動の方法を提案している。

知識表現においては、人間の脳機能を参考にして、動的知識半径の概念を提案し、実際の模倣では動的知識半径の選択ガイドラインを与えた。

知識の獲得においては、距離型ファジィ推論の学習法に生起確率を導入することにより、知識の適切な利用法を提案している。

シミュレーション及び実際の移動ロボット走行実験により、本模倣法の有効性を示した。

これらのオリジナルな成果は、人間の知的行動を模倣することでロボットの知能向上に貢献できると考えている。よって、論文審査と最終試験とも合格すると判断した。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	廣田 洋一 (神奈川県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第76号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
	学位論文題目
	Risk Management in the Overseas Construction Project and Project Manager's Role
	海外建設プロジェクトのリスクマネジメントシステムとプロジェクトマネージャーの役割
論文審査委員	(主査) 高知工科大学 教授 草柳 俊二 高知工科大学 教授 村上 雅博 高知工科大学 教授 那須 清吾 高知工科大学 教授 馬場 敬三 高知工科大学 教授 加納 剛太

論文内容の要旨

1. Introduction

Purpose and back ground of the study

This study is to analyze the consciousness and knowledge of the risk of Japanese engineers and why their ability of risk management is small, and aims at building risk management system which can be applied to reinforcing the ability. Based on the experiences of more than 30 years in overseas construction projects, the author has proposed the risk management system which will fit to the Japanese engineers. In developing the system, the theory of the Balanced Scorecard was applied.

A project manager of an overseas construction project should be trained with risk management, considering that in the overseas construction project, a wide range of risk is involved.

Project Manager has not been dealt as the risk manager, but has been deemed as a responsible person to execute the project including risk management.

Considering that a loss of an overseas construction project can affect the profit of a corporate, education program of a project manager should be developed.

Studies or text books on a risk in a specific field such as financial risk or political risk are published. On the other hand, there are many studies or text books on a risk management of the project. There, a project is dealt as an independent from corporate business, and a project is treated as a something special. The role of the Corporate Risk Manager is discussed, but the role of the Project Manager is discussed only from the viewpoint of execution of the project and risk management is one of the jobs assigned to him.

The author would like to discuss risk management integrating the corporate business and the

project management especially in the overseas construction project. And, the author would like to propose a development program of a project manager from the viewpoint of the risk management, because he thinks that one of the biggest risk for a corporate is assignment of the project manager.

2. Situation of the Overseas Construction Projects in which the Japanese Contractors are engaged and the issues

2.1 Japanese Overseas Construction Business

The Japanese contractors found a market abroad initially to execute the projects in Japanese overseas territory such as Korea, Taiwan and Manchuria until the end of the World War II and after the war, they resumed overseas construction to undertake the projects under Japanese Official Development Assistance (ODA).

In 2003, total sales amount of overseas construction business of 45 general contractors was Yen 898.2 billion(about US\$ 8.16 billion) increasing Yen 1.4 billion from 2002, of which Yen Credit project shared Yen 104.2 billion.

Even under such ODA system, the procurement of a contractor was in accordance with the rule prevailing in the international market. To comply with such rule, Japanese contractors had to do what were different from the domestic market.

2.2 Basic Study of the Projects under ODA

2.2.1 Japanese ODA System

(1) Purpose of Japan ' s ODA

- (a) Poverty Reduction
- (b) Sustainable growth
- (c) Addressing global issues
- (d) Peace-Building

(2) 2 types of ODA in Japan ' s ODA system.

There are 2 types of ODA in Japan ' s ODA system, Yen Credit and Grant Aid. The Japanese contractors are pursuing the projects under Yen Credit and Grant Aid.

(3) Objective sectors of ODA

Total share of social infrastructure and economic infrastructure exceeds 75 % of the bilateral ODA.

2.2.2 Problems of General Grant Aid System

Some problems of General Grant Aid system were discussed, but the biggest issue is that in the contract between the recipient government and the Japanese contractor, any contingency is not included. This is why JICA has followed after the Standard Conditions of Contract to be applied to the public works in the domestic market, where the regulations of single fiscal year and philosophy of Lump Sum type contract are prevailing.

2.2.3 Improvement of General Grant Aid System

Some proposals for improvement of the System were made, but fundamental one is to introduce contingency plan and the international standard conditions of contract.

2.2.4 ODA system of other advanced countries

(1) United States of America

USA extends ODA through USAID. Its Aid is provided in the form of Grant Aid. USA has increased the amount after 9.11 events especially to Arab countries.

(2) United Kingdom

UK carries out ODA through DfID. Bilateral aid is grant.

UK ' s aid is focusing on poverty reduction.

(3) France

France carries out ODA through AFD in the forms of subsidies or soft loan.

Aid to old French territories shares more than 40%.

(4) Germany

Germany carries out ODA through GTZ in charge of technical cooperation and KfW Development Bank who finances the projects in grant or loan.

2.2.5 Comparison of Japan ' s ODA system and the other Advanced Countries ' ODA

(1) Ratio of Grant Aid: Ratio of grant aid of Japan is lower than that of USA and UK.

(2) Tied or untied: Yen Credit is in principle untied. Grant Aid is tied. UK and

France have officially changed to untied, but practically they are managing with tied conditions.

(3) Conditions of contract: Even grant aid, USA, UK, France and Germany apply the international standard contract.

2.3 Overseas Construction Project and Domestic Construction Project

2.3.1 Difference of implementation system of a project

In overseas project, through the stages of Feasibility Study, Design Works, Bidding and Supervision, a consultant is employed, but in Japan, a consultant is employed only for design works to design in accordance with the guidelines stipulated by the Employer.

2.3.2 Execution by 3 parties Participation of the Consulting Engineer

(1) In overseas project, a consultant makes feasibility study, detailed design, tender documents and evaluation of the bids. In this way, the project owner secures their accountability.

(2) In overseas project, a consultant supervises the construction works on daily basis. He inspects, surveys and instruct corrections if necessary to keep construction schedule, quality and cost.

2.3.3. Status of the Consulting Engineer of Japan

In Japan, consulting fee is paid as the miscellaneous payment. A consulting engineer is not a

legal being. Thus he is not involved in the bidding or supervision of the works.

3. Overseas Projects and Risk

3.1. Definition of Risk

Risk is defined as "Uncertain factors and/or unknown factors which will bring opportunities to pursue profit and threats to decrease it."

3.2. Corporate Business Risk and Project Risk

3.2.1. Purpose of Corporate Business Management

Purpose of corporate activities is to maximize its profit as a going-concern. Management is run with Total Quality Management (TQM) system, which aims for "Establishment of a sustainable system with which a corporate is run from the viewpoint of the customers who are source of profit and continuously create new value for the customers.

3.2.2. Definition of the Project

A project is to complete the deliverable which will satisfy the requirements of the client within the contracted time and amount.

3.2.3. Main Risk

There are 2 basic types of business risk. One is business risk and the other is insurable or pure risk. In a project, there are 2 types of risk. One is insurable risk and the other is project related risk. Categories of risk are common.

3.2.4 Organization and Risk

Risks are classified into the categories of organizational, market, financial, external and pure risk.

3.3 Risk unique to Overseas Construction Project

(1) Assignment of the Project Manager: The project manager is responsible for the execution of the project including risk management.

(2) Foreign Exchange Risk: Fluctuation of foreign exchange rate is a risk.

(3) Fluctuation of prices.

(4) Credit Risk:

(5) Security Risk: In developing countries, risk of burglars or thieves always exists.

(6) Procurement Risk: In the course of project, market situation changes.

(7) Soil conditions Risk

(8) Weather risk

(9) Environmental Risk

4. Risk Management in the Overseas Project

4.1. Risk Management

4.1.1. Definition of Risk Management

“ Project Risk Management is to convert the unknown factors occurring as the project progresses to definite factors, and that systemizing the project management is to develop the measures for such conversion. ”

4.2. Sequence of Risk Management

Risk Management consists of following five process ;

(1) Identification (2) Qualification (3) Quantification (4) Response

(4.1) Acceptance (4.2) Mitigation (4.3) Allocation (4.4) Transfer (4.5)

Avoidance

(5) Documentation :

4.3. Identification of the overseas project Risk

This process is to identify all the possible risks which may significantly impact the success of the business activities or the project. Risk management items categorized in the internal and external risks were presented.

The table was presented to show risk items in an overseas construction project in the stage of preparation for a tender from the viewpoint of the contractor. This table is the part of risk management system that is created by the Author during this study.

In this chapter, risk identification of each party concerned with the project and difference in the stage of effectiveness of contract and execution of the project was also discussed.

4.4. Technique and tool of the Project Risk Management

As a project team to execute a project is a kind of ad hoc internal team organized to execute a project, risk management system of the corporate can be applied to the project risk management modifying some points adapting to the situation. WBS will be effective reference for identification of risk.

Formula to estimate the duration of a work in PERT can be applied to quantification of a risk.

4.5. Risk Management System

The system to decide the risk response utilizing the risk level calculated in the risk management items and management ability of the project manager and staff was proposed.

Risk Level = Probability of Risk Event X Impact of Risk

Management Ability = Knowledge + $\sqrt{\text{Project Experience} + \text{Contract Experience}}$

Risk Response depends upon the figure of Management Ability/Risk Level

4.6. Contingency Plan

Contingency plan is developed for known risks as a positive acceptance of risk.

The ways to set contingencies vary from applying standard allowances, to percentages based on past experience, to a careful assessment based on the sum total of the probability and consequences of the various risk items identified. The latter is a proper approach to the risk management. The author tries to establish simplified calculation of the contingency utilizing the table of the risk management items.

4.7. Management level of the personnel for the overseas construction project

Personnel required for the overseas construction project was picked up from the viewpoint of the contractor and consultant. The formula to evaluate the management ability from the knowledge and the experience was proposed.

4.8. Integration into Corporate Management Strategy

Integration of risk management system into corporate management strategy was proposed using balanced scorecard system.

5. Establishment of a Developing Program of the Project Manager Considering the

Characteristic of Construction Industry of Japan

5.1 The Roles and Requirements for the Project Manager

The Project Manager must fill several roles in the completion of a project as an integrator, communicator, team leader, decision maker and atmosphere builder.

The Project Manager should have a minimum knowledge of the management tools required for the corporate management such as personnel, financing, training, trade and so on.

Further, the Project Manager should have a wide, not deep, knowledge of tools in following areas unique to the projects;

Project evaluation

Quality control

Safety Management

Conflict management

Personnel management techniques

Contract Administration

5.2. Education of Project Management in Japan

A standard contract of an overseas project stipulates scope of the works, quality of the deliverable, schedule of the construction, prices, payment term and general conditions. And the Project Manager must communicate through the consulting engineer who will supervise the works. Therefore, managing the site in accordance with the contract will give the Project Manager to learn a variety of managing tools and technique supported by a theory.

The Japanese executing system by 2 parties deprives the project manager of chances to learn about project management in a similar way to overseas project.

5.3. Education Program of the Project Manager

The author proposed the education program for the project manager who has been just transferred to the overseas project.

It covers all requirements for the Project Manager described in 5.1 and those required to play the role of Project Manager. Basic ideas to formulate the program are (1) to learn the organization's policy and tools adopted in the organization to which he belongs, (2) to learn basic theories known in the field of project management such as motivation theory and (3) to have knowledge of tools used for the management of cost, schedule and quality.

5.4. Effectiveness of the Education Program of the Project Manager

A similar guidance to the above program has been proved to be effective in the lectures that Construction Project Consultants, Inc. provided to prepare for the examination of PMP-Project Management Professional, conducted by the Project Management Institute. An examiner without any experience of overseas project passed the exam after the series of lectures.

6. Education of Project Management in the University

Actual situation of education of project management was analyzed from the curriculum of the universities. It was observed that the education has not come up with the change of the environment of the civil engineering and proposed a new system to have a platform with the related study field.

7. Conclusion

The fundamental factor of the project management is risk management.

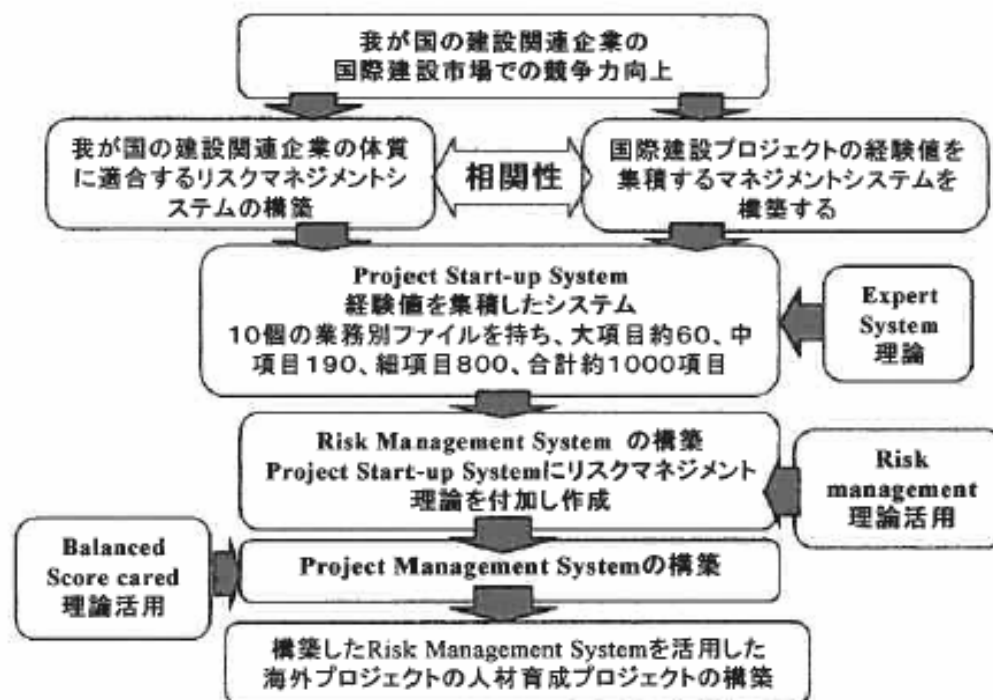
As assignment of the project manager is a big risk factor for the executing organization, to decrease such risk, education of the project manager shall be well organized.

The proposed evaluation system of management level and education program of the project manager will fulfill the needs of the related entities.

審査結果の要旨

1. 論文の評価

海外建設プロジェクトは多種多様な不確定要素が存在する。このため体系化されたリスクマネジメント技術が不可欠な条件となる。我が国の建設産業は信義則に基づく理念で動いており、リスク管理に対する意識が低い。本件研究は日本の建設関連企業の海外市場におけるプロジェクトマネジメント能力向上を目指したものである。研究者はプロジェクトのリスクマネジメントに着目し、これを的確に行えるシステムの構築に取り組んだ。本研究者は、総合商社、建設コンサルタントといった立場から30年以上に亘って海外プロジェクトの遂行に携わってきた経験を持ち、以下のステップで海外プロジェクトのリスクマネジメントシステムの構築をおこなった。



本システムは我が国では初めての体系的な国際建設マネジメントのリスクマネジメントシステムといえる。構造的に海外プロジェクト遂行の実務経験とノウハウを蓄積し活用するものとなっており我が国の建設産業の海外市場への事業展開に寄与するものと考えられる。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	Fu Shufang (中国)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第77号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	Numerical Simulation of Polymeric Liquid Crystalline Flows Under the Magnetic Field
論文審査委員	(主査) 高知工科大学 助教授 辻 知宏 高知工科大学 教授 蝶野 成臣 高知工科大学 教授 楠川 量啓 高知工科大学 教授 竹内 彰敏 高知工科大学 助教授 百田 佐多生

論文内容の要旨

After development of ultrahigh strength polymeric liquid crystalline fibers, which are made of liquid crystalline polyamides, intensive research efforts have been achieved to enhance the performance of polymeric liquid crystalline materials. The performance, such as tensile strength and modulus, strongly depend on the orientation configuration of constitutive molecules. For example, radial and onion structures are found in the liquid crystal polymer (LCP) fibers. These orientation structures are mainly formed in the processing, where the melted materials flow into dies, and remain in the final products. To optimize the processing of the LCP products, it is useful to know the relation between the flow and the molecular orientation of LCPs.

The relation between the process and properties has long been recognized. A variety of computer simulations predict mold filling flow and fiber orientation in injection-molded parts. However, there is no research on the extensive controlling of the orientation configuration of LCP molecules during the processing. At present, the processing conditions are empirically decided. Therefore, the performance of LCP products only reaches about 10% of theoretical value because of defects or disorders. In order to make an improvement on the performance of the LCP materials it is necessary to investigate the results how the director is controlled by applying appropriate external field in the processing.

This dissertation contains four chapters. The main study discussed in this dissertation is divided into two parts: 1) the effect of the magnetic field on the director confined into the shear plane; 2) the effect of the magnetic field on the director including out-of-plane case. Chapter 2 and 3 give out the main simulation results. A brief description of each chapter is given blow:

Chapter 1 presents the general introduction required by this dissertation. It includes the basic knowledge about low molecular liquid crystals (LCs) and LCPs, as well as the theory required to study the LCPs flows under magnetic fields of simulation.

Chapter 2 presents the effect of the magnetic field on molecular orientation of nematic LCPs under simple shear flow when the director is confined into the shear plane. The Doi theory is used including the potential caused by the magnetic field, which is solved directly without any closure approximations. Numerical simulation results that the magnetic field is along the x -axis and the y -axis are presented and discussed. In addition,

the effect of length of molecules is also considered in this part when the magnetic field is applied along the x -axis and the y -axis.

Chapter 3 presents the simulation results and discussions for out-of-plane case under the magnetic field and the simple shear flow. The Doi theory also is used in this case, where the asymmetry of the probability distribution function with respect to the shear plane is allowed. A log-rolling orientation state is detected at low shear rates depending on the initial condition of the probability density function of the molecular configuration. The comparison between the scalar parameter S and A is also discussed in this chapter. Finally in order to check the effect of the molecular length the simulation results for $\beta=0.9$ are also represented.

Chapter 4 presents conclusions throughout this study. In this chapter, we mention about the native of the magnetic field on the LCP flows. Also, the efficient way to control the LCP molecular configuration under the flow is proposed.

審査結果の要旨

1. 論文の評価

申請者は本学在学中に、せん断流中の高分子液晶の分子配向に及ぼす磁場の影響について勤勉に研究を行い、以下の結果を得た。

1. 磁場の無い状態で、せん断流中の液晶はせん断速度に依存して、低せん断速度側からタプリング(回転)、ワギング(振動)、アライニング挙動(静止)を示す。磁場の印加にともない、通常のアライニング挙動とは異なった新しいアライニング挙動が現れることを見出した。この新アライニング挙動は磁場強度が高くなるに従って、発生せん断速度領域を広げる。最終的にある臨界磁場強度以上で、全てのせん断速度領域でアライニング挙動を示すことを確認した。

2. 磁場強度が高くなるに従って、秩序度は一旦低くなり、その後単調に増加することが明らかにされた。

3. 液晶分子配向方向がせん断面外に向いている場合についても、臨界磁場強度以上の磁場を印加することにより、せん断面内に配向方向を向けることが可能である。

以上の結果は、高分子液晶材料の新たな成形方法の確立につながる重要な結果であり、申請者の実績および能力は博士号取得に十分足りると判断する。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	Hou Xiaohong (中国)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第78号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	Development of a New Signaling Methodology for Anion Recognition
論文審査委員	(主査) 高知工科大学 助教授 小廣 和哉 高知工科大学 教授 古江 正興 高知工科大学 教授 細川 隆弘 高知工科大学 助教授 角 克宏 高知工科大学 教授 榎本 恵一

論文内容の要旨

The thesis deals with studies on development of a new signaling methodology for anion recognition. Host **9** having a bicyclic guanidinium ion subunit as an anion binding site and host **10** being quite simple and commercially available 4-(*N,N*-dimethylamino)-benzoic acid, both of which possessing 4-(*N,N*-dimethylamino)benzoate (DMAB) group, are investigated to clarify the complexation behavior of them toward a variety of monovalent or divalent anions with trigonal planar, tetrahedral, dual-tetrahedral, or octahedral geometry by means of ¹H NMR, UV-vis, CD, and/or fluorescence spectroscopic studies. The versatility of the DMAB group as a signaling subunit and the availability of host **10** as a new class of chromogenic and fluorogenic host for anion recognition are discussed.

First, complexation behavior of host **9** with a variety of anions was studied by means of ¹H NMR, CD, and fluorescence spectroscopy. Divalent anions, SO₄²⁻,

HPO₄²⁻,

H₂P₂O₇²⁻,

and AMP²⁻,

as well as monovalent anions, ClO₄⁻,

NO₃⁻,

BF₄⁻,

HSO₄⁻,

PF₆⁻,

and

H₂P₄O₄⁻,

were selected as tetrabutylammonium (TBA) salts, all of which are potentially able to bind to the guanidinium ion moiety.

¹H NMR spectral titration experiments were carried out in CD₃CN at 25 °C. The chemical shift changes of aromatic protons (H7 and H8) and *N*-methyl proton (H11) were monitored during the titrations. Host **9** showed stepwise 1:1 (host **9** : anion) and 2:1 complexation with divalent anions (SO₄²⁻,

HPO₄²⁻,

H₂P₂O₇²⁻,

and AMP²⁻) and 1:1

complexation with monovalent anions (ClO₄⁻

- , NO₃
- , BF₄
- , HS₀₄
- , PF₆
- , and H₂P₀₄
-).

The binding constants between host **9** and the anions were determined in terms of non-linear least square curve fitting approach. Divalent anions showed much larger binding constants (S₀₄

2-: $\log K_{1:1} = 6.2$, $\log K_{2:1} = 4.7$, HPO₄

2-: $\log K_{1:1} = 6.2$, $\log K_{2:1} =$

4.9, H₂P₂₀₇

2-: $\log K_{1:1} = 4.4$, $\log K_{2:1} = 1.8$, AMP²⁻: $\log K_{1:1} > 7$, $\log K_{2:1} > 5$) than the monovalent anions ($\log K_{1:1} > 2$), except for H₂P₀₄

- ($\log K_{1:1} = 4.4$). Therefore, the

quantitative complexation information provided by the DMAB signaling subunit in ¹H NMR titrations demonstrated that host **9** had strong complexation ability and high selectivity toward divalent anions, S₀₄

2-, HPO₄

2-, H₂P₂₀₇

2-, and AMP²⁻ having a

tetrahedral array of oxygen atoms over monovalent anions, Cl₀₄

- , NO₃

- , BF₄

- , HS₀₄

- ,

and PF₆

- , except for H₂P₀₄.

In CD titrations, the exciton chirality method was applied to investigate not only the complexation behavior of host **9** toward anions but also the absolute configuration of the 2:1 complexes generated by host **9** and divalent anions (S₀₄

2-, HPO₄

2-, H₂P₂₀₇

2-,

and AMP²⁻) in CH₃CN. CD titration profiles of host **9** by S₀₄

2-, HPO₄

2-, and AMP²⁻

were so different from those by H₂P₂₀₇

2- and H₂P₀₄

- , even all of which have strong or

relatively strong affinities to host **9**. That is to say, S₀₄

2-, HPO₄

2- and AMP²⁻ exhibited

typical negative first and positive second Cotton effect peaks, whereas H₂P₂₀₇

2- and

H₂P₀₄

- showed simple CD intensity decreasing. In contrast, Cl₀₄

- having weak affinity

to host **9** showed almost no CD intensity change. Moreover, in the 2:1 complex, there are two stereochemical possibilities in the complexation mode. One is that the two DMAB groups are placed counterclockwise from the front-to-back, whose chirality is

negative. The other is that the two DMAB groups are placed clockwise, whose chirality

is positive. The observed negative first and positive second Cotton effect peaks in the 2:1 complexes of host **9** with divalent anions (SO₄²⁻, HPO₄²⁻, and AMP²⁻) clearly indicated that the spatial array of the two DMAB chromophores in the 2:1 complexes was negative (counterclockwise) rather than positive (clockwise). Thus, the combination of the DMAB signaling subunit and the chiral guanidinium binding site allowed us to understand the detailed complexation information and the absolute confirmation of the 2:1 complexes between host **9** and the divalent anions in CD titrations.

Fluorescence titration experiments were performed in CH₃CN. The DMAB signaling subunit in host **9** showed dual fluorescence emissions from LE (locally excited) and TICT (twisted intramolecular charge transfer) states. Quenching behavior of LE and TICT intensity of host **9** upon titrations by the divalent anions was remarkably different from those by the monovalent anions. The dual fluorescence behavior of host **9** upon complexation with SO₄²⁻, HPO₄²⁻, H₂P₂O₇²⁻, and AMP²⁻, all of

which have strong or relatively strong binding affinities to host **9**, indicated the successive formations of 1:1 and 2:1 complexation, while host **9** exhibited 1:1 complexation with ClO₄⁻, NO₃⁻, BF₄⁻, HS₀₄⁻, PF₆⁻, and H₂P₀₄⁻, all of which have weak

or relatively weak affinities to host **9**. These results are highly consonant with those obtained in ¹H NMR titrations. On the other hand, the active participation of the lipophilic counteranion such as TBA and/or the hydrophilic residue in AMP increased and/or decreased, respectively, the LE and TICT intensity in the 1:1 complexation via changing the microenvironmental polarity around the DMAB signaling subunit. Therefore, the unique dual fluorescence feature of the DMAB signaling subunit in host **9** upon complexation with a variety of anions demonstrated not only the quantitative binding information about stoichiometry but also the roles of lipophilic counteranion such as TBA and/or the hydrophilic residue in AMP.

The investigation, therefore, clarifies the scope and limitations of the DMAB signaling subunit in host **9** on complexation with a variety of anion and finds out that the DMAB group is a versatile signaling subunit for anion sensing in terms of ¹H NMR, CD, and fluorescence spectroscopic studies.

Second, commercially available 4-(*N,N*-dimethylamino)benzoic acid (**10**) as a new class of chromogenic and fluorogenic host was directly applied for anion recognition. Divalent anions, HPO₄²⁻, SO₄²⁻, and H₂P₂O₇²⁻ and monovalent anions, H₂P₀₄⁻, NO₃⁻,

BF₄⁻, ClO₄⁻, HS₀₄⁻

BF₄⁻, ClO₄⁻, HS₀₄⁻

BF₄⁻, ClO₄⁻, HS₀₄⁻

-, and PF6
-, were selected as TBA salts. The scope and limitations as well as the versatility of the DMAB signaling subunit upon complexation with the anions were investigated by means of UV-vis and fluorescence spectroscopic studies. UV-vis titrations were carried out in CH₃CN to know the complexation behavior of host **10** toward a variety of anions. The UV-vis titration profiles of host **10** with HP04
2- and S04
2- were obviously distinguished from those with the monovalent anions (H₂P04
-, HS04
-, ClO₄
-, BF₄
-, PF₆
-, and NO₃
-) and H₂P207
2-. The decreasing absorption monitored at 309 nm along with the increasing one monitored at 275 nm upon addition of HP04
2- and S04
2- were observed, while the absorption changes at the two wavelengths were quite small upon addition of the monovalent anions and divalent anion, H₂P207
2-. Host **10** exhibited 2:1 complexation stoichiometry with HP04
2- and S04
2- and 1:1 complexation stoichiometry with monovalent anions (H₂P04
-, HS04
-, ClO₄
-, BF₄
-, PF₆
-, and NO₃
-) and H₂P207
2-. The binding constants of host **10** with divalent and monovalent anions were measured in terms of non-linear least square curve fitting approach. HP04
2- and S04
2- showed quite larger binding constants ($\log K_2 > 10$) than the monovalent anions and H₂P207
2- ($\log K_1 = 3.4-4.8$). The combination of the basicity and negative charges of anions played a crucial role in affecting the affinity and selectivity of host **10** with anions. Therefore, the aromatic DMAB signaling subunit provided detailed complexation information such as complexation stoichiometry and binding constants in UV-vis titrations. In fluorescence titrations, host **10** exhibited dual fluorescence of LE and TICT emissions in CH₃CN by excitation at 300 nm. The LE and TICT titration profiles of host **10** with HP04
2- and S04
2- were quite different from those with the monovalent anions and H₂P207

2-. In particular, the titration profiles of host **10** observed at TICT emission turned out to be quite similar to those obtained in UV-vis titrations. The complexation stoichiometry of host **10** with HP04

2- and SO4

2-, namely, was turned out to be 2:1, while

host **10** showed 1:1 complexation with H2P04

-, HS04

-, ClO4

-, BF4

-, PF6

-, NO3

-, and

H2P207

2-. These results are consistent with those obtained in UV-vis titrations. In addition, the Stern-Volmer plots of host **10** at TICT emission showed sigmoidal and monotonic increasing profiles upon titrations with HP04

2- and SO4

2-, respectively, while

almost linear profiles with the monovalent anions and H2P 20 7

2-

w e r e o b s e r v e d .

Therefore, the dual fluorescence behavior and the Stern-Volmer plots also indicated that host **10** possessed strong affinities and high binding selectivity toward divalent anions (HP04

2- and SO4

2-) over monovalent anions (H2P04

-, HS04

-, ClO4

-, BF4

-, PF6

-, and

NO3

-) and H2P207

2-.

The investigation demonstrates that simple and commercially available

4-(*N,N*-dimethylamino)benzoic acid (**10**) is capable of being a new class of anion host and the DMAB group is a versatile signaling subunit for anion sensing by means of UV-vis and fluorescence spectroscopic studies.

審査結果の要旨

1. 論文の評価

本論文には、アニオン認識化学の重要な研究課題であるシグナリング手法に対する新規方法論の創出研究が記述されている。本研究では、シグナリング官能基としての 4-(*N,N*-ジメチルアミノ)安息香酸部に着眼し、次の新しい成果を得ている。

まず、アニオン認識部位として環状グアニジニウムを、シグナリング部位として 4-(*N,N*-ジメチルアミノ)安息香酸エステル結合を有するホスト 1 を用い、アニオンとの錯形成により誘起されるシグナリング部位の構造および電子状態の変化を、紫外可視スペクトル、核磁気共鳴スペクトル、円偏光二色性スペクトル、蛍光スペクトル等の変化として読み出すことに成功し、ホスト 1 の錯形成挙動の詳細を明らかにしている。

つぎに、ホスト 1 の単純部分構造を有する 4-(*N,N*-ジメチルアミノ)安息香酸 (2) 自体を用い、アニオンとの相互作用ならびに錯形成プロセスの詳細な情報を各種スペクトル変化として読み出すことに成功し、単純化合物によるアニオン認識の可能性を見出している。

以上の様に申請者の創出したアニオン認識法では、一つの官能基である 4-(*N,N*-ジメチルアミノ)安息香酸部をホスト分子に導入するだけで、多様なスペクトル的分析手法によりホストの錯形成プロセスの詳細な情報を得ることに成功しており、分析化学、分子認識化学、超分子化学上大きな学術的意義をもつ。また、複雑な構造を有する高次化合物を用いなくても容易にアニオン認識できるホスト分子を見出したことは工学上大きな意義をもつ。従って、本申請論文は博士(工学)の学位にふさわしいものと判断される。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成 18 年 1 月 11 日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5 名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成 18 年 2 月 17 日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成 18 年 2 月 22 日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	武藤 信義 (宮城県)
学位の種類	博士(学術)
学位記番号	甲第79号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	パラダイム転換期の日本に於ける地方産業・経済自立化に関する研究 - 高知県木材産業を事例とした起業工学概念からの考察
論文審査委員	(主査) 高知工科大学 教授 加納 剛太 JSTサテライト高知 館長 長尾 高明 高知工科大学 教授 那須 清吾 高知工科大学 教授 草柳 俊二 高知大学 教授 金川 靖

論文内容の要旨

1. 論文の目的と構成

パラダイム転換期とも言うべき大きな社会変動が進行する中で、日本再生の試みが続けられている。その試みの一つである三位一体改革による地方行財政改革の進行は、地方経営の在り方をこれまでの中央依存型から自立型に転換することを求めている。

地方の自立化の基盤は言うまでもなく産業活性化による地方経済自立化に他ならない。

そこで本論文の目的は、地方産業活性化と経済自立化の新モデルについて提唱し、それを実証するために日本の地方が直面する諸課題を色濃く共有し、地方の典型例とも言うべき高知県に事例を取り、その木材産業の活性化による地方経済の自立化に関して詳細な研究を行うことである。又、その結果に基づき、高知県と同様に自立化を迫られている多くの地方に対して、その実現方策の立案、展開への指針を提供することである。

こうした目的を達成する為の論文の構成は、下記 図表1のとおりである。

図表1 論文の構成

論文題目: パラダイム転換期の日本に於ける地方産業・経済自立化に関する研究 高知県木材産業を事例とした起業工学概念からの考察			
第1章 序論	第2章 パラダイム転換期の日本に於ける課題認識 地方産業・経済自立化への考察	第3章 地方産業・経済自立化モデルの構築・実践・検証 高知県木材産業を事例として	第4章 結論
1-1 起業工学論から見た本論文の位置づけ 1-2 研究課題設定の背景と目的 1-3 社会科学方法論の起業工学に於ける意義 1-4 本研究の意義	2-1 緒言 2-2 パラダイム転換と知価経済への移行 2-3 知価経済への転換期に於ける中央と地方の現状と課題 2-4 知価経済に対応する地方産業・経済自立化モデルの考察と提唱	3-1 緒言 3-2 木材産業における旧モデルの失敗要因分析に基づく新成功モデルの理論的構築 3-3 成功モデルの適用による高知県木材産業の活性化 3-4 地方産業の活性化による地方経済の自立化	4-1 地方産業活性化新モデルの提唱 4-2 木材産業の新成功モデル提唱 4-3 木材産業活性化による地方経済自立化の実現

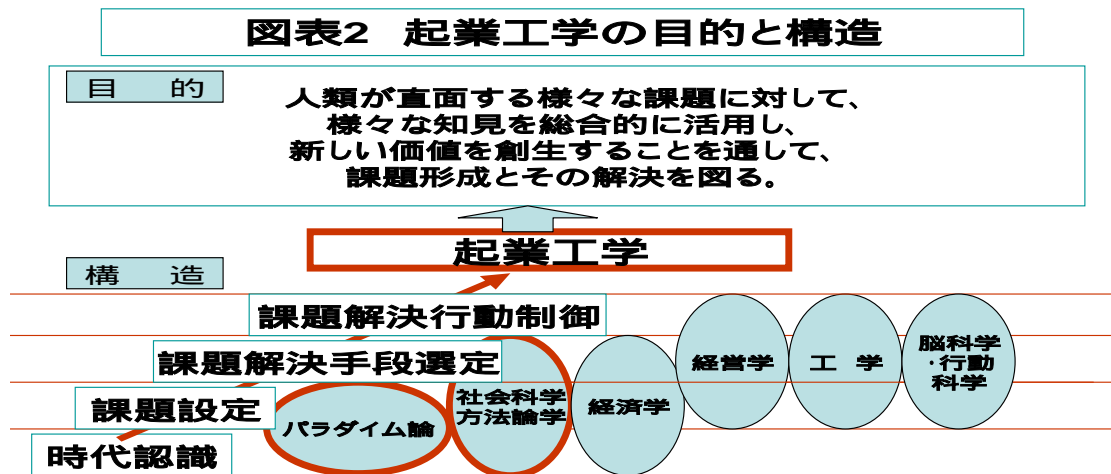
2. 第1章 序論

序論では研究の目的と意義、及びその方法について述べる。目的、意義は上記1に述べたが、方法に関しては次のとおりである。

国際的な競争力評価において声望の高いスイスIMD（2005年版年鑑）によると日本の総合評価は21位である。個別評価項目の中で特に注目すべきは、開発費投資が米国に次ぐ2位であるにも拘らず、その成果活用では27位、また起業家精神に至っては49位に止まっている点である。

これは工学を中心に投入された開発費が社会の課題解決に十分に生かされていないことを意味している。その原因としては、課題設定力の弱さ、課題解決に直結する知の創出と課題解決行動の不十分さが考えられる。

本論文は、人間の営みである社会的課題の現実的解決を指向しているが、課題を取り扱うに際しての、上述の弱点を克服する為、起業工学の枠組を利用し、特に社会的課題に関する時代認識、課題設定、課題解決手段選定に際して有効なパラダイム論と社会科学方法論を研究推進の知見として特に活用している。



3. 第2章 パラダイム転換期の日本に於ける課題認識 地方産業・経済自立化への考察

パラダイムとは、T. S. クーンが科学の発展過程を説明する際に用いた概念である。パラダイム論は、社会の枠組みが大きく変わりつつある現在において、「時代認識の構築」、つまり、社会的課題の発生基盤であるこの時代が、他の時代と比較して如何に特徴づけられるかを明らかにする際に援用可能である。それによって鮮明な社会的課題認識が可能なるという点で極めて有効な概念である。

現在における日本の時代認識（時代的パラダイム）の特徴は、「人口減少と構造改革の進展を前提としながらグローバリゼーションと知価経済の進展にどう対応するかが問われている。」と要言することが出来よう。

そこで、こうした知価経済への転換期に於ける日本の中央と地方の現状と、その課題について、人口、産業、財政の観点から検討する。その際、地方の状況認識をより鮮明・具体的に行うために日本の地方が直面する課題を色濃く共有する高知県に焦点を絞り地方の状況分析の深化を図っている。

その検討結果に基づき、地方産業・経済衰退メカニズムを明らかにする。つまり、「地方産業および経済の衰退が、プラザ合意以降の円高の継続的進展とバブル崩壊後のデフレ経済の中で、グローバリゼーションに対応した経営システム構築を怠った結果もたらされたものである」とのメカニズムを明らかにする。

その上で、知価経済に対応した地方産業活性化・経済自立化を実現するため新モデルを提唱する。それは、特定地方に存在する優位性ある立地因子を中核に、収益計上可能な経営システムを適用し、産業政策と協働する方式＝内部経済活性化と、特定事業のバリューチェーンの短縮一貫化と効率化、の同時展開による地方産業活性化に向けた新モデルである。

4. 第3章 地方産業・経済自立化モデルの構築・実証

高知県木材産業を事例として

地方経済の自立化を実現させるためには、それを達成できる量的影響力を持った産業の選定と振興策の提唱・展開・実現が不可欠である。

日本木材産業は、不振を極めているが、外材に占有された極めて安定した国内市場を有しており、この市場は国内材の拡大が可能な有望市場である。また、多くの地方で森林蓄積量が充実してきており、地方の経済規模から見て木材産業の活性化が地方経済に与える影響力は少なくない。一方、高知県木材産業も現在、不振を極めているが、全国8位の森林蓄積量を誇り、地方経済自立の為の経営資源として量的影響力を有し、素材生産、製材、建築等、産業としての裾野が広く、全県域にわたる雇用拡大可能性が高いため、地方経済自立化を実現する産業としての資格を有している。こうした背景から、木材産業を事例とした地方産業・経済自立化モデルの構築・実践・検証を行うこととした。

そこで、かつて隆盛を極めた日本の木材産業が、いかなる要因で衰退したのかについて戦後60年を歴史的に4期に分け、夫々について、経済・社会的環境 経営資源の動向 公的産業政策・行政施策の状況 事業モデル(~ を前提にした)を明らかにし、旧モデルの失敗要因分析を分析し、その結果に基づき、新成功モデルの理論的構築を行なった。

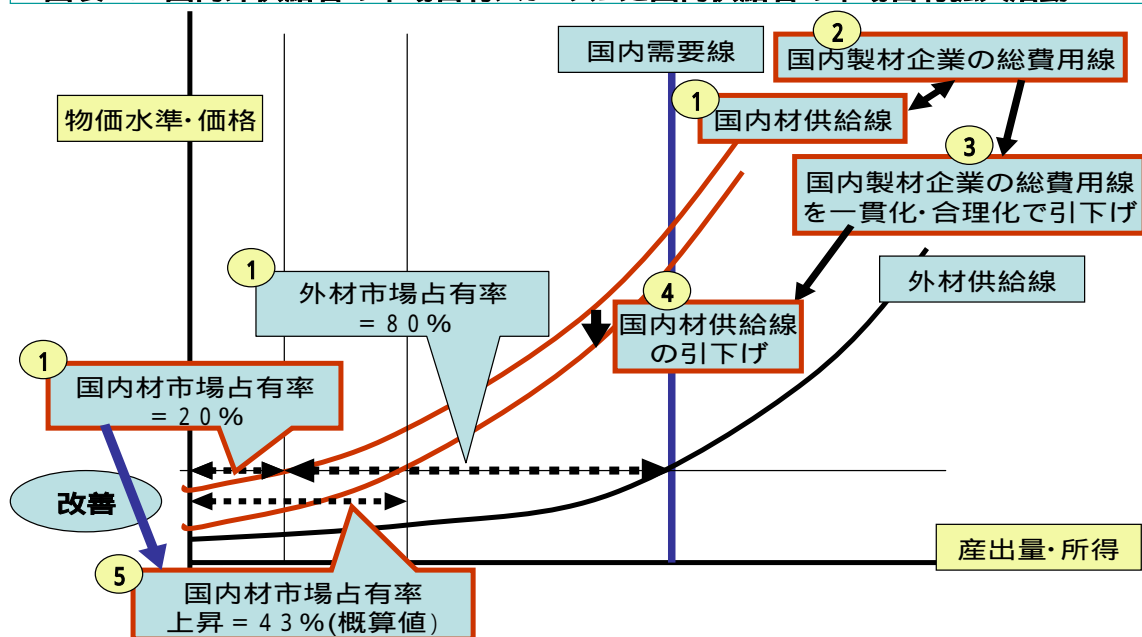
新成功モデルの理論的構築を受けて、現在の外部環境を前提に、外材に対して競争力ある事業構築の具体策を考察した。

木材産業活性化の根幹は、第一に、木材産業のバリューチェーン(VC)の中流に位置する製材業の強化。具体的には、VCの短縮一貫化と効率化による価格競争力を強化し、収益力強化を実現。第二に、この収益力を背景に、山元への資金配分力を強めることを前提に、立・原木等、素材調達ルートが多様化、直接伐採部隊の設立等により素材の安定・大量確保体制の構築。第三に、顧客に対して競争可能価格による安定大量供給態勢を構築。第四に、木材関連R&D投資による差別化と木材利用率の高度化を継続的に展開。第一から第四の施策が相俟って国内市場占有率を上げる好循環の形成を指向する。

高知県木材産業の活性化に向けて、新成功モデルを、製材所に具体的に適用した。それと平行してその他の製材所へ新成功モデルの適用を推進する。

高知県木材産業活性化の可能性確認に続いて、次に、それが高知県経済活性化・自立化にどのように、またどの程度、貢献するのかについて、考察する。

図表 3 国内外供給者の市場占有メカニズムと国内供給者の市場占有拡大活動



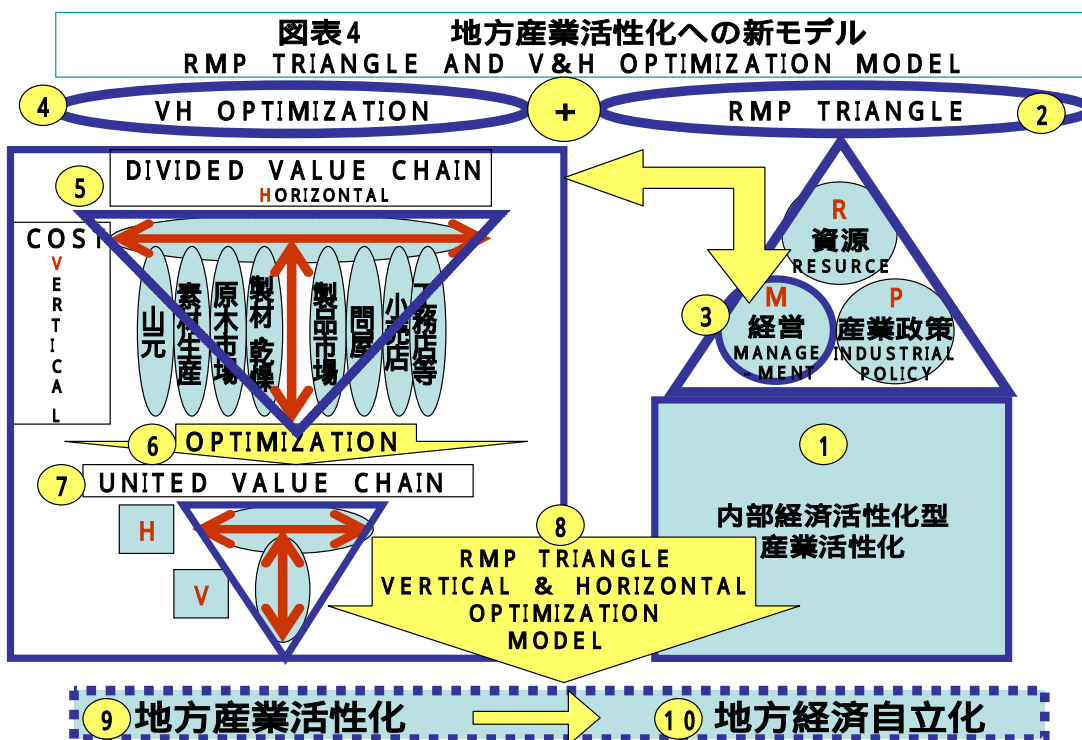
高知県木材産業は新成功モデルの適用により損益分岐点が改善する。そのマクロ経済的效果として木材供給曲線の引き下げにつながり、全国市場において競争力が強化され、市場占有率を引き上げる。(図表3参照)

その結果、山元の素材供給力(永続的再生林としての)に見合う素材生産量増とそれに見合う製材・乾燥生産量が増加し、この双方に関連する雇用と売上高の増加が直接的に見込まれる。これらの増産による設備投資なども含めた波及効果は、雇用で6,000人(就業者総数の1.5%)程度、GDPで1,000億円(GDP比4.2%)。なお、素材生産分は製材の投入として調整)程度の増加が見込まれ、新成功モデルを援用した民間の経営努力と適切な公的産業政策の協働により、高知県経済は自立的発展の契機をつかむ可能性がある。

5. 第4章 結論

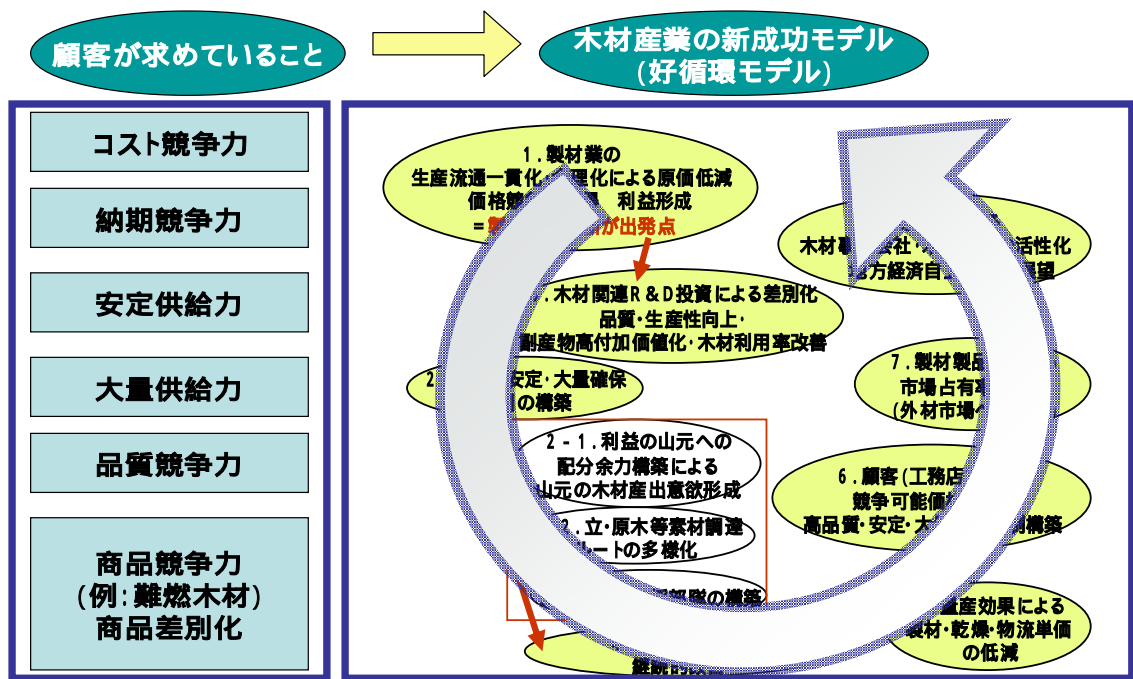
本論文の結論は

- (1) 地方産業活性化への新モデルとして下記図表4の「RMP TRIANGLE AND V&H OPTIMIZATION MODEL」を提唱した。



(2) 木材産業の新成功モデル(好循環モデル)として下記図表 5 を提唱した。

図表 5 木材産業の新成功(好循環)モデル



(3) (1) \ (2) を地方木材産業に拡大適用することにより国内木材産業の競争力が強化され、国内材の供給曲線を引き下げ(図表 3 参照)、市場占有率を上げることにより地方経済の自立化が可能であるとの結論に至った。

以上

審査結果の要旨

1. 論文の評価

地方の自立化は我国に於ける長年の政策課題である。

この課題に対して、本研究は、パラダイム転換期における日本の人口・産業・財政の状態と地方産業の衰退メカニズムを明らかにしたうえで、これまで地方自立化が出来なかった理由を分析し、新しい地方産業活性化モデルを提唱している。更に、事例研究として、高知県木材産業に於ける実践的な検証を試み、高知県経済に与える貢献度を定量的に考察し、地方自立という課題に対する実践的解決策を提唱している。

これまで、地方自立化及び国土の均衡ある発展を目的に、さまざまな研究提言がなされてきた。その内容を類別と、中央官庁政策活用型、外部経済導入型、内部経済活性化型に区分されるが、前二者が、これまでの主流であった。これが有効であった地方は活性化を遂げた。本研究では、この方式が有効に作動しなかった、例えば、高知県に代表される国土周辺に立地する、いわゆる過疎県では、この二者の方式による産業活性化が困難であることを明らかにし、内部経済活性化型が有効であることを提唱している。

内部経済活性化型により経済を活性化するためには、地方に内在する資源を経営資源として再発見し、それを生かす経営モデルを構築するとともに、それに公的産業政策を同期することが必要であることを示した。そして、ここでいう経営モデルの内容として、当該産業のサプライチェーン(SC)の機能効率化による短縮・一貫化とSCの構成要素それぞれの総原価の低減を同時展開する方式を提唱している。

そのうえで、「なぜこれまで地方自立化が出来なかったか」について分析し、個々の要因への対処を考察する中から、地方産業活性化モデルと、その応用である木材産業活性化に関する新しい知見を得た。更に、そのモデルを、高知県木材産業に適用し、実証的検証を通じたモデルの妥当性評価を試み、最後に、高知県経済活性化の可能性をGDPの引き上げ効果を試算することにより定量的に考察している。

地方自立に関する論稿が多く存在する中で、本研究は、地方経済活性化を可能とする具体的方法論の提示と実践的検証を行っている点、および、「なぜこれまで地方自立化が出来なかったか」の分析とその対処を個々に論及する中から地方自立化の方法論を展開している点は、地方自立化論の系譜の中でその具体性と新規性において評価できる。

また、本論文は、自由意志を持った人間の営みを対象とした社会現象に関する課題を扱っている点に着目し、その場合に、学問的方法論として起業工学の有効性を主張すると共に、特に、社会現象を検討するに当たっては、パラダイム論と社会科学方法論の有効性を主張している。そして、それを具体的に活用して、課題設定と課題解決の論理構築を展開している。こうした接近方法は、今後、社会的課題に取り組む場合の学問的方法論として、起業工学がより一層有効な体系となることを示唆しており、起業工学の深化という点で評価に値する。

以上の観点より、本研究は、現代が直面している課題の中から、社会的有用性のある課題の明確な設定に成功するとともに、その解決策に関しても説得力と新規性のある方式を示している。上記のような本研究による成果は学術博士論文として十分に評価できる。

2. 審査の経過と結果

- (1)平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2)平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3)平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	Yan Lei (中国)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第80号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	Rapid Determination of Iron Sulfide Content in the Sludge of Bay and Lake by Electrochemical Methods
論文審査委員	(主査)高知工科大学 助教授 角 克宏 高知工科大学 教授 古江 正興 高知工科大学 教授 細川 隆弘 高知工科大学 助教授 小廣 和哉 高知工科大学 教授 榎本 恵一

論文内容の要旨

Water pollution, owing to its strong impact on the biosphere, is one of the primary concerns among the environmental problems. To remedy the polluted water resources, researchers realize that more attentions should be paid to the sediment pollution. Iron sulfide is an important reductive pollutant in the sediment of water-body, such as a bay and a lake. The existence of iron sulfide has harmful influence upon the aquatic ecosystems, so that it is essentially necessary to monitor the iron sulfide content in the sludge of sea and lake. However, conventional chemical analysis for the determination of iron sulfide in the sludge has several disadvantages, such as tedious sampling, complicated procedure, long analysis time as well as energy-consuming.

In this thesis, we propose a new technique to determine the iron sulfide content in the sludges of bay and lake by electrochemical methods with twin-electrode, including conductometry, electrolysis and chronoamperometry. Compared with the conventional chemical method, the new technique has several advantages, such as easiness of on-site measurement, simple and rapid operation, as well as energy-saving.

Since Iron sulfide is slightly soluble in the water, it is difficult to directly determine its content by electrochemical method. However, cyclic voltammetry suggests that after electrochemically oxidation, iron sulfide in the sludge can be oxidized into soluble ferric ion. This provides a possibility for measurement of iron sulfide by electrochemical method. We study the dependency of generation of ferric ion on the oxidation condition, such as potential and time for the oxidation of iron sulfide. It was found that oxidation potential of 2V (vs. SCE) and oxidation time of one minute were more suitable for the electrolysis of iron sulfide.

To determine the concentration of ferric ion, we proposed a novel technique which can simultaneously determine the diffusion coefficient and concentration of reversible electrochemical active species by chronoamperometry with twin electrode. With this method, the concentration of ferric ion, which is generated from the electrolysis of iron sulfide, can be rapidly determined by chronoamperometry with the same twin electrode as that for electrolysis. We found a linear relationship between the concentration of ferric ion and the iron sulfide weight percent in a sludge. According to this linear relation, namely, the *second calibration curve* in this thesis, we can evaluate the iron sulfide weight percent in the sludge from the concentration of ferric ion by electrochemical method.

Usually, the content of pollutant in a wet sludge should be evaluated by the content

of pollutant in the dry solid component of the sludge. For determination of solid content in a sludge, dry-weight method is the routine method, but it has many shortcomings, such as long time (ca. 6 hours) and high temperature (105~110 °C) for drying, which are disadvantageous to the on-site rapid monitoring of pollutant. As to this point, a novel conductivity method that corresponds to the *first calibration curve* is proposed for the determination of solid content in the seabed sludge.

According to the two mentioned calibration curves, we develop a new technique to determine the iron sulfide content in the solid component of a seabed sludge by electrochemical method with twin electrode, including conductometry, electrolysis, and chronoamperometry. When applying the technique to the artificial seabed sludge, we obtained good agreement between the measured value and the reference value by preparation.

We intend to apply this technique to the determination of iron sulfide in the sludge of a lake. However, the concentration of electrolyte in the lake is extremely low. This is disadvantageous to the electrochemical method. The solution to the problem is adding electrolyte to the lake sludge. We found that after adding electrolyte to the sludge sample, the first calibration curve was also applicable to the determination of solid wt% by conductometry. Furthermore,

adding electrolyte was found little effect on the chronoamperometry itself for determination of ferric ion within the surveyed range of electrolyte level. However, it was found that the electrolysis of the iron sulfide was dependent on the concentration of electrolyte in the sludge. Usually it is difficult to evaluate the concentration of electrolyte in the sludge. Herein, we found that the oxidation of iron sulfide is directly proportional to the specific electrical conductivity of the disperse medium rather than the concentration of electrolyte in the sludge, so that we can rapidly evaluate the coefficient in the second calibration curve from the conductivity of disperse medium. In this case, a method is proposed to determine the iron sulfide content in the lake sludge. When applying the method to the artificial freshwater sludge, the measured iron sulfide content agreed well with the reference value.

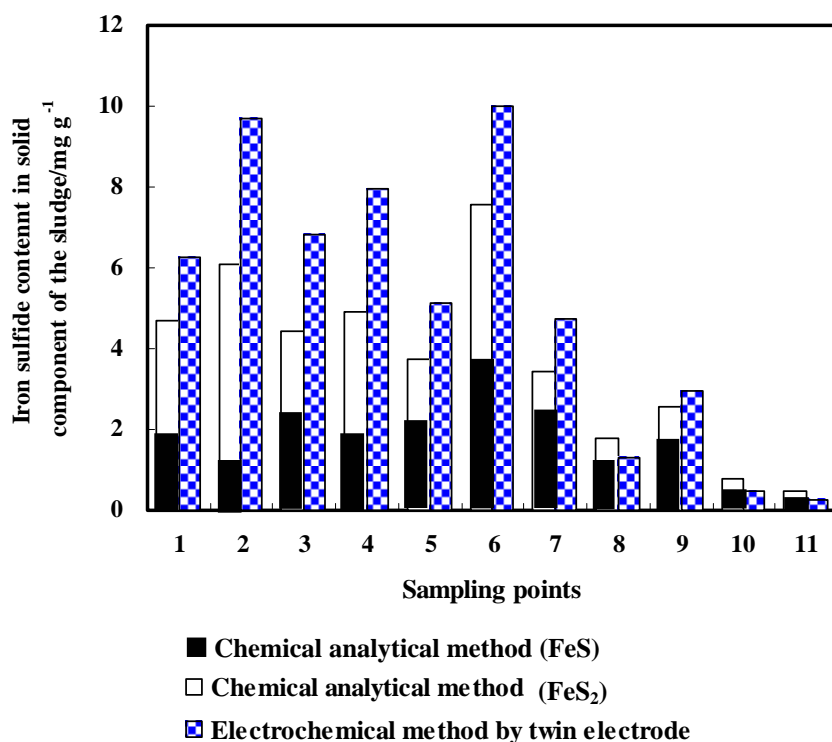


Figure 1. Comparison between the chemical analytical method and the electrochemical method for the determination of iron sulfide content in the seabed sludge from Uranouchi Bay.

We further applied the proposed methods to the real environmental sludge from the Uranouchi Bay and the Kasumigaura Lake, but deviations were observed between the measured iron sulfide content by the proposed electrochemical method and that by the conventional chemical method. We found this is due to the existence of iron disulfide (FeS_2), which has different oxidation state from iron(II) sulfide (FeS) in the sludge of sea and lake. Iron disulfide responds to the electrochemical method as same as iron(II) sulfide, so that the measured iron sulfide content in fact includes the total contents of FeS and FeS_2 , whereas the employed chemical method only measures the content of FeS . After considering this point, we obtained good correlation between the two methods as shown in Figure 1 and Figure 2, suggesting that the proposed electrochemical method is reasonable to be applied to the determination of total content of iron sulfide in the real sea and lake sludge. More importantly, the proposed electrochemical method makes it possible to achieve the on-site measurement of iron sulfide, which is quite useful to the protection of water environment.

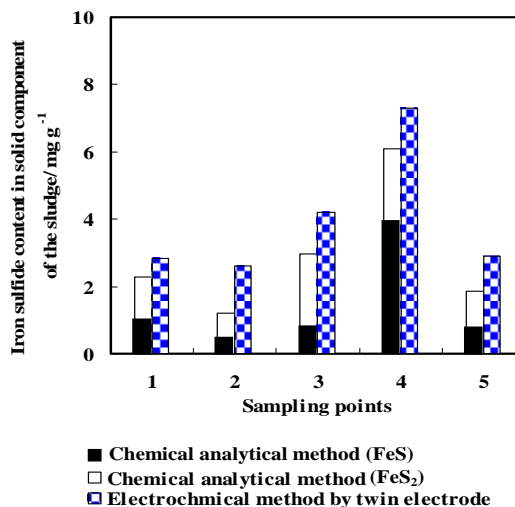


Figure 2. Comparison between the chemical analytical method and the electrochemical method for the determination of iron sulfide content in the freshwater sludge from Kasumigaura Lake.

審査結果の要旨

1. 論文の評価

本研究は内湾や湖沼等の底泥中の硫化鉄含有量を迅速かつ簡便に電気化学的に測定する方法を開発した研究である。このような電気化学的に測定する方法はこれまで全く知られていない。特に、これまでの方法では試料乾燥、塩酸やクロム還元処理、さらに水蒸気蒸留による硫化水素の気化および抽出後の滴定操作など煩雑な操作、数時間を要する測定時間、大量のエネルギー消費、大きな環境負荷を伴う。本法ではいっさいの化学処理を使わず、ツイン電極を用いた電気化学分析により約 10 分 15 分程度で硫化鉄含有量が測定できる。すなわち、簡便な操作、迅速な測定、省エネルギーな測定、そして化学処理を伴わない低環境負荷といった点が非常に優れている。ここで開発された方法は、ツイン電極による種々の電気化学的測定を組み合わせた方法であり、次の3点に特徴を有している。

1. 底泥中の固体重量分率を電気伝導率測定により算出する。
2. 電解酸化により硫化鉄を溶解させる。
3. 溶解した鉄(III)イオン濃度を電気化学分析より測定し、その値から硫化鉄重量分率を算出する。

このうち、1と3については、本研究で新たに開発した方法であり、さらに、これらを組み合わせることで乾燥固体 1g 当りの硫化鉄含有量(mg)を決定できることを示した。さらに、本研究で開発した方法を検証するため、実際に海水試料として浦ノ内湾(高知県須崎市)、淡水試料として霞ヶ浦(茨城県土浦市)から底泥を採取し、通常の化学分析値と電気化学分析値とを比較した。この比較において、本法は良好な結果を示しており、開発した方法が有効であることを示した。

本研究は、世界で初めて底泥中の硫化鉄含有量を電気化学的手法の様な簡便な方法で測定できることを証明した研究であり、今後、迅速簡便な測定装置開発における重要な基礎研究となる。従って、審査委員は申請者が学位を取得するのに十分な研究内容と研究能力を持つと判断する。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	Yu Xia(中国)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第81号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	健康状態チェックと助言を目的とするホームドクターシステムの開発
論文審査委員	(主査)高知工科大学 教授 王 碩玉 高知工科大学 教授 井上 喜雄 高知工科大学 教授 竹田 史章 高知工科大学 教授 河田 耕一 高知工科大学 教授 岩田 誠

論文内容の要旨

急速で進んでいる高齢化社会における諸問題は、マスコミでは多めに報道されている昨今では、その認知度は一般市民のみならず、国策の制定や学界での研究方向性までも影響を波及している。しかし、問題の本質は決して高齢ではなく、健康にあると考えている。すなわち、只いたずら延命をしても意味は無く、如何に健康で且つ長寿を実現できるのかが大きな課題である。健康づくりには、病気になったら如何に治すフィードバックのような観点も重要であると同時に、常によりよい健康状態になるように飲食・生活習慣を改善するフィードフォワードの考え方も大切である。近年、生活環境の改善や生活習慣の変化に伴い、疾病構造の中心は高血圧症や糖尿病などの生活習慣病に移っている。生活習慣病は長期に渡る生活習慣に強く依存するため、医療提供側のアプローチだけでは限界があり、実際に生活を送っている一人ひとり、自分らの健康について主体的・自主的取り込むことがますます重要になってくる。本研究では、このような研究立場に立って、何時でも何処でも簡単に使える健康状況のチェックおよび助言するソフトウェアを開発することを目的としている。このソフトウェアを「ホームドクターシステム」と呼ぶことにする。

もし、何時でも気軽に相談できる保健士が傍に居れば、健康チェックや健康助言を受けられ、病気、特に生活習慣病の早期発見、そして早期対応を実現でき、自覚症状を無視したため手遅れになることに後悔する人々が無くなり、何方も健康かつ長寿で社会に貢献できる。しかし、急速に進んでいる高齢・少子化社会では、各々の個人には一人の保健医者が付くことは到底に不可能である。したがって、人々は医学知識を紹介する図書の出版や説明会の開催など他の手段を利用して、積極的に保健士不足という問題の解決を図っている。最近、生活習慣病に関する解説、ライフスタイルを大雑把にチェックする方法は多く見られてきたが、自覚症状とライフスタイルの表現においては、それらの度合いを表す「軽い」や「ひどい」などのようなあいまい概念が細かく表現されていない。もし健康チェック・健康助言を行う時、あいまいな概念を正確に定量表現できれば、身体状態をより適切に把握でき、チェック精度を向上させることが可能となる。一方、専門医学領域では、癌などの疾患診断支援システムが幾つか発表されたが、利用者は専門医である前提で開発されたシステムであるため、専門医学知識を持っていない一般人では利用することが不可能である。したがって、症状を説明する際の曖昧な概念を適切に表現でき、且つ一般人でも容易に使用可能な健康助言システムが望まれている。そのため、本研究では、焦点を生活習慣病に絞って、コンピュータさえ持っていれば簡単に使える健康状況のチェックおよび助言してくれるホームドクターシステムを開発する。

ホームドクターシステムを構築するに当たって、大きく分けると、五つの具体的な課題を解決することが必要である。曖昧な概念の表現、医学知識においてはあいまいな概念がたくさん使

われており、どのようにすれば正確に表現できるか。個人特性の配慮。万人に対して同様な結論しか得られない医学辞典も重要であるが、高レベルの医者こそ、目の前に居る特定な人の状況に応じて処方箋を出す。そこで個人特性を考慮する方法の開発。推論機能の実現。医学知識の暗記しかできない医者は多様な患者に対応できないことから分かるよう、推論機能を備えることにより各々の個人に対応できるスマートなシステムの実現。生活習慣病にかかるリスクの予測。今現在の健康状態を知らせることが必要ではあるが、このままではリスクを予測することも重要であるので、リスクの予測法を開発する。健康増進機能。チェックしてからアドバイスを与えるが、注意事項ばかりではなく、健康増進法も提示する必要があるが、どのような学説に基づいて健康増進メニューを与えるか。以下では、課題解決のアプローチ概要について説明する。

生活習慣病に着目して、医学知識データベースを構築する。生活習慣病は、「食習慣、運動習慣、休養、喫煙、飲酒等の生活習慣が、その発症・進行に關与する疾患群」を指している。近年、生活習慣病の発症が数多く、しかも若年化になりつつある。しかし、その発症に關与するライフスタイルを見直していれば、生活習慣病になる確率を減らせることも検証されている。そのため、生活習慣病予防を目的とする健康チェック・助言システムの構築においては、他の医学エキスパートシステムと違って、自覚症状だけではなく、生活習慣病が発症する原因としているライフスタイルと遺伝子も医学知識として抽出することが必要である。ファジィ集合論は「Yes」か「No」だけではなく、曖昧概念を $[0, 1]$ 間の値でより細かく定量化できるので、チェック精度を高めるために、ここでファジィ集合論を用いて、医学知識中の曖昧な概念を表現する。構築したデータベースMKDB (Medical Knowledge Database) は生活習慣病の殆どを含んでおり、計44種類がある。

個人の遺伝情報や生活環境により、体質には個人差があるので、疾患に対する抵抗力や病気の発症可能性などが、人によって異なる。したがって、特定な個人にとって最も適切なチェック結果を得るには、個人の生体特徴を考慮する必要がある。そのために、健康チェックと助言システムを構築する際に、個人の生体情報データベース (PCCDB: Personal Constitution Characteristic Database) の形成機能を備えた。ここでは、体質を表す生体情報データを個人特性データと呼ぶ。個人特性データを静的と動的二つタイプに分類する。身長や年齢や遺伝因子などのような相対的に変化しないデータを静的個人特性データ、血圧や脈や体温などのような相対的に変動しやすいデータを動的個人特性データと呼ぶ。静的個人特性データの場合、健康検診により、データベースを生成し、原則として一年ずつ更新する。また、遺伝因子や合併症などのようなデータが、医療機関で発見されたら、随時に更新できる。動的個人特性データの場合、特定な人の特性データを時系列として記録し、一定期間内のデータを利用して算出した個人特性も合わせてPCCDBを形成する。個人特性の算出において、時系列からファジィ変数に変換する手法を提案している。実際に20代から70代までの38人試験者の協力で本手法の有用性について検討した。

医学知識中の曖昧な概念をファジィ集合で定量化しているので、推論エンジンを開発する際に、ファジィ推論法を使うことになる。また、古くなった医学知識の削除や最新医学知識や病例の追加などが必要であるために、学習機能を持たせることが必要である。それに、医学は工学分野と違って、一般的に症状を表す知識の前件部が沢山ある。したがって、Mamdaniの推論法をはじめ、適合度を推論根拠とする諸推論法は適用することが難しい。ここで、集合間の距離情報を推論根拠とする、距離型ファジィ推論法を適用している。距離型ファジィ推論法が分離規則を満たしているので、知識の更新と追加が簡単で速やかに実現でき、かつ多数の前件部を持つ知識に対応できる。

今現在の健康状態をチェックすることが必要であると同時に、今後生活習慣病に関わるリスクの予測も考慮することが重要である。つまり、現在の症状から健康と判断されても、これから生活習慣病にかかる可能性はゼロであるとの保証にはならない。やはり、予防や早期対応の観点から、何らかの根拠で今後リスクを予測し、警鐘をたたくことも大事である。リスクの予測においては、家族からの遺伝情報とライフスタイルが考えられる。ここでは、家族の遺伝的情報と生活習慣から今後のリスクを予測する方法を提案して

いる。また、この予測結果に応じて、適切なアドバイスの提示機能を備えた。

提示するアドバイスには、注意事項だけではなく、健康増進法も含めれば、更なる健康づくりに一助になる。現代医学は病気を治療する立場に立っているので、健康増進に関する知識はそれほど多くは無く、体系化されていない。一方、予防や養生を重視する漢方医学は長い歴史を重ねた経験により得られた知識が多く、有効性も認められている。近年、現代医療機器を用いて漢方医学のメカニズム、特に製薬分野では解明されるようになってきた。そこで、漢方医学に基づいて、健康増進サブシステムを構築した。具体的には、生命力を心地よく自然に高める漢方医学における経絡理論に基づいて、自宅で手軽に実施できるツボマッサージ健康法などの健康増進法を提示することにした。

以上を纏める。本論文では、ファジィ集合を用いて医学知識におけるあいまいな概念を定量化し、44種類の生活習慣病に関する医学データベースを構築した。時系列の個人特性データから個人特性の算出法を提案することにより、個人の生体情報データベースの形成機能を備えた。さらに距離型ファジィ推論法に基づいて、健康状態をチェックし、生活習慣に関する助言を推論するアルゴリズムを提案した。今現在の健康状態のチェックだけではなく、遺伝的情報と生活習慣から今後のリスクを予測する方法も提案した。更に人と自然の依存関係を基本とする漢方医学の養生法を導入することで、体質改善法の提示機能を備えた。これらの提案を総結集したホームドクターシステムを構築し、健常者を対象とする実験結果により、本システムの有用性を示している。

審査結果の要旨

1. 論文の評価

高齢者も含めて人々が健康であれば、高齢社会は明るい。

本論文では、健康づくりには、病気になったら如何に治すフィードバックのような観点も重要であると同時に、常によりよい健康状態になるように飲食・生活習慣を改善するフィードフォワードの考え方も大切であると主張している。近年、生活環境の改善や生活習慣の変化に伴い、疾病構造の中心は高血圧症や糖尿病などの生活習慣病に移っている。生活習慣病は長期にわたる生活習慣に強く依存するため、医療提供側のアプローチだけでは限界があることを指摘したうえで、何時でも何処でも簡単に使える健康状況のチェックおよび助言するソフトウェア「ホームドクターシステム」を構築することができた。医科大学の専門教員2名のご指導の元で、20人の試験者（後期高齢者5名、大学生15名）を対象としたフィールドテストによりその有用性を確認した。三年間の研究では、申請者が常に問題の本質を考察することから始まり、他の研究では見られない独自な且つ意義のある学術成果が得ることができた。具体的には以下の成果が挙げられる。

生活習慣病に関する知識の定量化と、知識の厳密な再現法を提案している。
自覚症状、生活習慣、遺伝要素を統一するリスク予測計算法を提案している。
個人にとって最も適切な結果を得るために生体情報の変換法を提案している。
距離型ファジィ推論法による今現在の健康状態チェック手法を提案している。
漢方医学の経絡論による健康増進を実現するための助言方法を提案している。

これらの成果と知見は、高齢化社会での健康づくりに貢献できるだけでなく、他の医療エキスパートシステムの構築にとっても重要な参考となる。よって、論文審査と最終試験とも合格すると判断した。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	Yu Xiaoyan (中国)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第82号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	An Adaptive Block Truncation Coding Scheme and Its Data-Driven Parallel Implementation
論文審査委員	(主査) 高知工科大学 教授 岩田 誠 高知工科大学 教授 島村 和典 高知工科大学 教授 福本 昌弘 高知工科大学 教授 岡田 守 高知工科大学 教授 西谷 隆夫

論文内容の要旨

In this dissertation, an adaptive block truncation coding (ABTC) scheme suitable for highly-parallel software implementation is proposed. ABTC is one of extended schemes of the original block truncation coding (BTC), but it introduces a new classification approach for adaptive coding and differential pulse coding modulation (DPCM). Furthermore, its highly-parallel data-driven software implementation is discussed to realize real-time video applications on small and low-power ubiquitous devices.

In the proposed ABTC scheme, two optimal threshold values are introduced to identify a luminance block image as uniform block, normal block, or pattern block. One is the sample first absolute central moment (AM), which denotes the dispersion from the mean value in a 4x4 pixel block; another is the mean of absolute errors (MAE) between the original pixel values and their decoded data in every block image, which is computed with the simplified absolute moment block truncation coding (SAMBTC). In order to achieve a better trade-off between the image quality and computational complexity, different coding approaches are employed to compress/decompress three sorts of block images. Moreover, to improve the compression efficiency, DPCM is utilized to remove the redundancies existing in the intra- and inter-frame by variant prediction methods with the negligible image distortion.

In the data-driven parallel implementation, the following techniques are utilized to achieve a high-throughput performance. First, hierarchical parallelism inherent in the ABTC scheme is exploited to shorten the critical path of the history sensitive process (HSP). Second, the computational complexity is decreased by taking full advantage of the compound operators involved in the current instruction sets. Also, associative temporal memories are used to realize the distributed computation. Third, the SIMD-type (single-instruction-multiple-data) packet is employed to accomplish the data-level parallelism (DLP) and to decrease the pipeline processing load. Finally, static load balancing is discussed for the scalable implementation on the available processing resources such as processors and memories.

Experimental evaluations of the proposed scheme were performed using standard video sequences depicting variant amounts of motion and background activity. The results illustrate that the proposed scheme can achieve reconstructed image sequences up to around 37 dB with 60 compression ratio. Compared with previous scheme, over 1 dB image quality gains can be obtained with the identical compression ratio. Furthermore, evaluation result of DDMP implementation shows over 60 VGA frames per second on average, which is around twofold as many as that of previous scheme.

An overview of the chapters is given here. The first chapter covers the research background and motivation, followed by a discussion of requirements to realize a fast coding on flexible SoC. In chapter 3, the proposed adaptive block truncation coding scheme and its data-driven highly-parallel software implementation are described in more detail. A series of experimental results are illustrated in chapter 4. Finally, a conclusion and future work are given at the end of this dissertation.

Chapter 1 describes the research background and motivation. The first section introduces the video coding applications, main issues and metrics to evaluate a codec system. Then the existing video coding algorithms and their implementation approaches are reviewed, followed by the motivation of this research. Finally, the research framework is given in the last section. In section 1.1, a variety of applications of video communication system containing real-time conversational services over the wire or wireless network are first illustrated. Next, one of main issues to broaden the applications of video communication system, that is, high hardware cost is explicated. After that, one of alternative solutions for addressing this issue, system on chip, is described. In addition, the metrics to evaluate a codec system such as hardware and development cost and system flexibility as well as power efficiency are discussed. In section 1.2, the existing modern coding algorithms targeted at the various applications including the coding standards, block truncation coding, fractal image coding, and vector quantization, are reviewed. Moreover, the advantages and disadvantages of these coding algorithms are discussed in terms of the trade-off between the coding efficiency and complexity. In section 1.3, the existing video implementation techniques containing general programmable processors, media processors, reconfigurable processors and dedicated hardware (Full custom LSI), are reviewed. Moreover, their advantages and disadvantages are discussed concerning the processing power, power efficiency and flexibility.

Chapter 2 discusses the requirements for a fast coding on the SoC in conjunction with the promising existing algorithms and programmable processors. The introduction of this chapter is first provided, followed by the discussion of one requirement, a simple and efficient coding scheme. Next, the other requirement, a fast and parallel software implementation platform, is analyzed with the programmable processors. In section 2.1, the requirements to realize a fast coding on SoC including a simple and efficient video coding scheme suitable for parallel software implementation and a parallel software implementation platform are given. The existing promising coding schemes and programmable platforms are illustrated. In section 2.2, the techniques about how to simplify the coding schemes capable of better trade-off between the coding efficiency and computational complexity are discussed at first. Next, the existing promising variances of original BTC scheme are described in detail, followed by the discussion of the issues existing in the current promising coding schemes. In section 2.3, the software implementation techniques for realizing a fast coding on SoC are discussed in corporation with the examples of typical multimedia processing architectures. First of all, the existing implementation techniques for obtaining a fast and parallel software-based coding are presented. Next, the current promising software implementation platforms are illustrated with the state-of-art multimedia processors and microprocessors with the multimedia instruction sets. Finally, the inherent issues of the existing software implementation techniques are analyzed. This analysis justifies the need for a more promising platform which can meet the need for low-power, area, and cost-effective implementation for a flexible codec system on programmable SoC. In section 2.4, a summary related to the requirements for a fast coding on flexible SoC is provided in connection with the discussion of a promising software implementation platform for future embedded applications.

Chapter 3 details the proposed adaptive block truncation coding scheme (ABTC) and its data-driven parallel implementation. The motivation to present ABTC scheme on

data-driven processing system is explicated at first, followed by the detail description of the proposed ABTC scheme. After that, its data-driven highly-parallel implementation is discussed to realize a real-time coding on a data-driven multimedia processor. In section 3.1, the motivation of the proposed ABTC scheme and its data-driven parallel implementation are described concisely in combination with the analysis of existing issues in the current coding algorithms and programmable implementation techniques. The motivation of the proposed ABTC is to reach a better trade-off between the reconstructed quality and computational complexity than the existing coding algorithms. Otherwise, the motivation of the data-driven parallel implementation is to obtain a better throughput performance and power efficiency. In section 3.2, the intra-frame coding of the proposed ABTC scheme is first described. The original idea of the proposed ABTC is to realize an adaptive coding based on the local image characteristic. So that the desired bit rate can be obtained with the negligible image distortion. Moreover, a square root quantization method used to encode the pattern blocks is presented. Finally, a simple BTC-based inter-frame prediction is introduced to remove the redundancies inherent in the consecutive frames. In section 3.3, the details regarding data-driven parallel implementation are described to enable a real-time coding on a data-driven multimedia processor. First, the pipelined parallelism and concurrency inherent in the proposed scheme is parsed in a hierarchical way. Second, the pipelined parallel implementation is explicated with an example of history sensitive process, Mean module. Third, concurrently parallel implementation is illustrated with a typical example of history sensitive process, the sample first absolute central moment (AM). Fourth, memory management is discussed to diminish the capacity requirement by compact of the scattered moment data and division of each 16-bit map data into double 8-bit data for lookup-table implementation. Moreover, memory management for scalable implementation of intra-frame coding is depicted. Last, the load balancing for data-driven multiprocessor encoding systems is discussed to obtain the scalable performance. In section 3.4, the features of the proposed adaptive BTC are discussed with a comparison of existing adaptive compression coding algorithm (ACC). The difference between the proposed ABTC and ACC is analyzed, and the superior features of ABTC to ACC are presented. Moreover, the significant features of data-driven processors different from Von-Neumann type processors are parsed. Those features, data-driven scheme and self-timed super-pipelined circuit, empower a better throughput performance and power efficiency than the centralized control-driven one.

Chapter 4 illustrates the experimental results of the proposed ABTC on data-driven multimedia processor (DDMP). In this chapter, the proposed ABTC scheme was evaluated from intra-frame and inter-frame coding by virtue of various benchmark images and standard video sequences. Moreover, rate-distortion performance (i.e. image quality and bit rate) and frame rate as well as the response time are utilized as measurements. First, the image quality of the proposed ABTC with the variable compression ratio is measured using three standard video sequences. The rate-distortion evaluation shows that the proposed ABTC is more suitable for the semi-motion pictures due to the 37 dB image quality with 0.4 bit rate, which can be observed in several applications such as person-to-person teleconference and remote surveillance. Moreover, the throughput performance and response time of DDMP implementation is evaluated. Two types of data structures are exploited and used in this experiment. It can be derived from the experimental results that the block-order input data is superior to scanline-order one due to twofold frame rate of the former one as many as that of the latter one. Moreover, response time of the block order is independent of the image size while that of scan-line order is increased along with the enlarged image. Thus it can be concluded that the block-order input data is more suitable for data-driven parallel implementation of ABTC scheme.

Chapter 5 summarizes the research work and presents the future perspectives. In this research, a fast and efficient video coding scheme and its data-driven parallel

implementation have been presented for semi-motion picture applications. The experimental result has proved its coding effectiveness and efficiency. Moreover, the data-driven parallel implementation shows around VGA 60 f/s on average. These results illustrate that the proposed scheme implemented on data-driven processors can realize real-time coding with good video quality. In my future work, the coding efficiency of the proposed ABTC scheme will be further improved by a binary block partitioning method with variable-size block matching. Moreover, a circuit implementation for the proposed compound reference instruction of the line-buffer will be performed, and then a practical video coding system on USB-DDMP will be established. Furthermore, a fast 3-D image and video coding scheme suitable for data-driven parallel implementation will be exploited based upon the proposed ABTC scheme.

審査結果の要旨

1. 論文の評価

本論文は、比較的動きの少ない準動画向きの圧縮符号化を、省電力・並列処理能力に優れたデータ駆動型マルチプロセッサチップ上でソフトウェアにより実現する方法に関するものであり、その一連の成果を5章にまとめたものである。本研究は、多機能化する小型ユビキタス装置に簡易に組み込むことが可能な準動画コーデックの一実現法を提示したものである。その主な成果は次の通りである。

- (1) メディア処理、通信機能、ユーザインタフェース機能等の多様な機能を同時に実行可能なシステムオンチップ SoC を前提として、他の機能に影響を与えずに簡易に動画を符号化・復号化するための要件を、符号化アルゴリズムと SoC 向きアーキテクチャの観点から、提起している。
- (2) 圧縮率、画質、符号化速度を共に高く維持できる、適応ブロック符号化方式 ABTC (Adaptive Block Truncation Coding) を提案している。ABTC では、4×4 画素のブロックの性質に応じて、適応的に符号化する手法、ならびに、隣接ブロック間と隣接フレーム間の差分を符号化する手法を併用することによって、画質と圧縮率を向上している。
- (3) ABTC を実現するための SoC アーキテクチャとして、省電力・並列処理性能に優れた自己タイミング型データ駆動マルチプロセッサチップを採用し、この上での ABTC の並列実現法を提案している。本実現法では、ABTC の持つ並列処理性を余すところなく活用すると同時に処理負荷を極小化するために、SIMD 型演算命令や連想メモリアクセスの活用とマルチプロセッサ上への負荷・機能分散法を提案している。
- (4) ベンチマーク用動画を用いた性能評価の結果、既存の Motion JPEG2000 と同等の画質で圧縮可能なこと、VGA サイズで 60 フレーム/秒で圧縮可能なことを確認している。
申請者の論理的思考能力および技術的な知識・スキルはまだ充分とは言えないが、向上心は十分にあると思われるため、今後より一層成長することに期待して、博士(工学)の学位を授与するに値すると判断した。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月16日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	Rajendra Niraula(ネパール)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第83号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	Integrated System for Human Resource and Infrastructure Development in the Developing Countries
論文審査委員	(主査)高知工科大学 教授 草柳 俊二 高知工科大学 教授 村上 雅博 高知工科大学 助教授 渡邊 法美 高知工科大学 教授 加納 剛太 高知工科大学 教授 那須 清吾

論文内容の要旨

1. Introduction:

Infrastructure development in the least developed countries is in very dismal situation. The least developed countries Nepal and Cambodia are still striving for basic infrastructure like roads, water supply, sanitation, power, and communication. The construction industry is comprised of large number of small contractors with insufficient trained technical manpower along with low financial and technological capability, and still remains in a tiny executor's position. The results have been the delay, variations and poor quality of works in public infrastructure development which can no longer boost the socio-economic development. For example, economy of the agro-based countries like Nepal and Cambodia cannot be boosted without efficient irrigation and transport infrastructure. The construction industry in these countries has not established the systems for appropriate human resource and technology development. Universities and industry are working independently.

Moreover, official development assistance (ODA) which is the largest financial resource for socio-economic infrastructure development in the least developed countries, has not been effectively utilized in improving the quality of higher education in order to develop appropriate human resource and technology locally in the developing countries.

The purpose of the study was to:

- to identify the causes of inefficient delivery of infrastructure development project and the poor performance of local construction industry in the developing countries,
- to investigate if the existing civil engineering human resource and technology development system is appropriate for domestic infrastructure development,
- to investigate if the existing ODA implementation system is effectively supporting the local industry in order to develop appropriate human resource and technology for infrastructure development in the developing countries, to solve the problem, propose an integrated system for Human Resource and Infrastructure development for the least developed countries in order to fulfill the demands for human resources and technologies required for nationwide infrastructure development in the developing countries,
- to recommend how the new system would offer the Japanese construction industry opportunities to improve the competitiveness of the Japanese human resources in order to increase the international construction/consulting market share.

2. Methodology

Literatures review, survey, interviews and field visits were done to investigate the actual situation and needs of the least developed countries Nepal and Cambodia. The situation was analyzed and compared with the developing stage of Japan. The integrated system was developed by integrating university functions, infrastructure development and foreign assistance in the developing countries.

3. Findings and Achievement of the Research

3.1 Infrastructures and Poverty in the Least Developed Countries

The basic infrastructures in Nepal and Cambodia are very limited. The urban population of Nepal and Cambodia were only 15% and 18.6% in 2003 respectively. Only 16 and 27 % of the population until 2002 had the access to improved sanitation in Cambodia and Nepal respectively. Similarly, the telephone mainline per 1000 people in 2003 was only 3 and 16 respectively in Cambodia and Nepal. The road density of 10.8 km per 100 square kilometer in Nepal is among the lowest in the Asia. Still 17 district head quarters in Nepal are not connected with the motorable roads. Likewise, large part of the country in the rainy season remains isolated due to lack of bridges and appropriate roads in Cambodia.

Moreover, the population living below \$1 per day (1990-2003) in Cambodia and Nepal were respectively 34.1 and 37.7 % with as many as 36.1 and 42% were below the national poverty line. The access to infrastructure for the poor is extremely limited. According to the income groups, only 3 % of the lowest income earning, 25 percent households in Nepal enjoy the services of electricity with as much as 12 % of total households do have access to the blacktopped road within half an hour distance.

Major part of the cost of infrastructure in the least developed countries is being financed through foreign assistances. More than 50 % of the whole development expenditure in Nepal and 75% of the capital formation in infrastructure development in Cambodia had been supported from foreign aid. Despite the large investment in the infrastructure there is insignificant economic growth in Nepal.

In the early period, project planners, designers, skilled tradesmen were brought from India for the execution of infrastructure development projects in Nepal. The traditional project delivery system has been the major delivery system for the public infrastructure development in Nepal and Cambodia. Weak political and legal environment, lack of motivation for working, lack of appropriate human resource and technology development system, lack of checks and balances, and inefficient decision making in infrastructure development were the major problems in the clients. Nearly 90 percent of the civil engineers were one-degree graduates who lack the required construction management skills to deliver the projects efficiently. The construction engineers were not familiar with many of the construction management skills like time, cost & quality management, procurement, etc. Only several projects were completed within planned resources. In addition the public works in Nepal and Cambodia were characterized by delays, cost overrun and poor quality of works.

3.2 Human Resource Development

The quality of the labor force in Nepal and Cambodia is very poor. More than 80 percent of the whole workforce in Nepal had attained up to primary level education with as many as 60 percent had never attended any education. Likewise, the 75 % of the workforce in Cambodia had gone for up to primary education with nearly 20 percent had not attended any school. Although the skilled construction workforce category includes the engineers, technicians and craft persons, the percentage of the engineers in the construction workforce in Nepal is very low. Less than 1% of the whole construction workforce in 2001 was registered civil engineer in Nepal, where as 44% and 21 % were the registered construction engineers respectively in the Japanese and Korean construction industry in 2004.

Although the tertiary education is the major source of skilled workforce, the graduates in Nepal and Cambodia could not acquire the practical skills from university education.

Textbook knowledge imparting and the mechanical testing of theoretical knowledge is the domain of the education system. The civil engineering education does not also emphasize on the application of the engineering to the societal problems, rather encourage students to remember the theories and textbooks. Further, the graduates in the civil engineering in Nepal and Cambodia were poor in construction and project management, and did not have sufficient practical skills. However, the construction industry is demanding the graduates with hands on knowledge and skills in construction and project management. The human resource and technological strength of universities were also very poor, and hold about 50 % of the faculties with undergraduate qualification. Further, the universities lack research facilities, and are not involved in technological development and innovations. Moreover, the universities and industry are working independently, and there does not exist an evident linkage between them. Further, no industry professionals were involved in the educational activities. The industrial needs are not fed into educational system. This resulted in to the inadequateness of the quality of education to fulfill the demands of the industry. Universities further lack sufficient number of faculties who have practical experience and enough capacity to deliver industry-oriented education and to conduct researches. The applied education including the civil engineering could not deliver the judicious combination of theory and practice in the university education. The professional practice area covers less than 6 and 9 % in the civil engineering in Nepal and Cambodia respectively. Thus, the civil engineering education in these countries contains much less than required knowledge areas in the construction and project management. This resulted in to the poor quality of the construction engineers. The existing civil engineering education could not enable the construction industry able to enhance the capacity and deliver the development projects efficiently.

3.3 Official Development Assistance and its Implications in the Developing Countries

Official Development Assistance (ODA) is the official transactions which were made with the main objective of promoting the economic and social development of developing countries and the financial terms of which were “intended to be concessional in character and contains a grant element of at least 25 per cent”. There are 23 members in the DAC. Japan is the largest donor to the countries which were taken as the representative of the least developed countries in this study. Japan’s official development assistance (ODA) is classified into three types: i) bilateral grants, ii) bilateral loans, and iii) financial subscriptions and contributions to international organizations.

Technical cooperation includes: (1) the dispatch of experts, (2) the acceptance of trainees, (3) the provision of equipment and materials to facilitate technology transfer, (4) project-type technical cooperation incorporating dispatch of experts, acceptance of trainees and provision of equipment and materials, and (5) the dispatch of the Japan Overseas Cooperation Volunteers (JOCV).

Bilateral loans are the loans that provide the funds needed for development under long-term and low interest conditions. These loans provide funds to develop and improve the economic and social infrastructure necessary to support self-help efforts and sustainable economic development for developing countries.

Implementation of Japan’s ODA:

Only Japanese consultants and contractors are allowed to participate in the implementation of the grant aid projects, and there are no enough opportunities for the local contractors to participate in the execution. The local contractors are limited to small petty works. Moreover, the Japanese consultants/contractors could not get opportunities to work with multicultural people in the multinational teams. This is the one of the reasons for the poor communication, negotiation and management skills of the Japanese practitioners in the multicultural environments where mutual mistrust is accepted.

Human resource development in Japan’s ODA:

Human resource development consists of the dispatch of the Japanese experts and volunteers,

acceptance of the trainees from developing countries, and providing equipment and materials to facilitate technology transfer. Until 2002, 5839 Cambodian and 3109 Nepalese people had received training in different fields in Japan. Human resource development in Japan's ODA mainly provides the clients' people opportunities for short as well as long term training in Japan or in third country. Although the developing country Nepal and Cambodia has put more emphasis on infrastructure development, the participants from the infrastructure sector were not significant compared to the importance of infrastructure in the nation building. Only 70 people from Cambodia and 119 from Nepal were trained in JICA training program in infrastructure sector in between 1994-2002 with as many as 42 from Cambodia in between 1992 to 2002 in transport sector.

Implications of the ODA System:

Although the yen loan is untied in principle, the execution of the projects under the loan is usually done through the international competitive bidding. The local construction industry in many developing countries including Nepal and Cambodia does not have sufficient capital, technology, experience and human resources in order to compete with foreign firms. Thus the local construction industry in practice does not have access to the foreign assisted projects.

Moreover, the grant aid projects are insulated in practice as well as in principle. The execution of the projects under the grant aid is solely responsibility of the Japanese consultants and contractors. The lump-sum contracts are used for the execution. The client has mere a role to make necessary arrangement for payments of the work done by the consultants and the contractor's work certified by the consultants. In effect, the client do have role for the coordination of the local authorities concerned with the project, and land acquisition for the project rather than the technological management of the project. The deployment of the local resources is more limited in the grant aid projects. The capacity improvement of the local industry in the developing countries in such insulated execution system was insignificant.

Since the use of the local resources in planning, investigation, design and construction of a facility is limited, there is a little or no opportunity for the technology absorption in to the local industry. As a result, there is no significant improvement in the performance of the construction industry in the developing countries. Moreover, internalization of a technology is further limited in a organization. Since there were no flow of the human resources across the executing agencies, a technology transferred to an organization will flow vertically, and no opportunities for the horizontal dispersion.

The governments as well as donor agencies had not put attention to improve the quality of in-house higher education in the developing countries. Instead, they are spending a large sum of money to train a few people in the overseas. The cost of training for the 162 people in Japan was more than 15 percent of the government's whole investment in higher education for more than 150,000 students in Nepal. Similarly, total 70 people from Cambodia went for training on infrastructure sector in between 1994 to 2002; approximately 8 people a year where as about 300 new civil engineers in a year were entering to the industry. Rise in skill level of a few clients' people where hundreds of untrained people enter in the industry did not improve the performance of the construction industry.

3.4 Integrated system for Human resource and Infrastructure Development (ISHID)

In contrast to the present situation of Nepal and Cambodia, Japan in her development stage could develop human resource for nation wide infrastructure development. The engineering education system established in the Meiji Era was unique in the world. Henry Dyer, a British engineer, developed the unique education system through the judicious combination of 'theory and practice' which was not seen at that time elsewhere in the world. The engineering education was designed for 6 years curricula. The first two years were spent entirely at college; during the next two years, six months of each year were spent at college

and six months in the practice of that particular branch which the student may select; the last two years were spent entirely in practical work. The system of instruction in the college was partly professional and partly tutorial, consisting in the delivery of lectures and in assistance being given to the students in their work. Such education system could fully satisfy the demands for human resource and technology for nation wide infrastructure development.

In effect, the concept of “theory and practice” in engineering education was the clue in the appropriate human resource development required for infrastructure development in Japan. The least developed countries Nepal and Cambodia could be benefited if a system were developed with the concept of “theory and practice” in the applied education including the civil engineering education. The model for “integrated human resource and infrastructure development” developed in this study is shown below.

The basic principle of the ISHID is, appropriate human resource and technology in the developing countries could be developed if faculties were trained, educational and research infrastructure were developed and universities were provided opportunities to involve in the development works. In order to realize the principle in practice, the proposed ISHID system has been developed with i) universities collaboration, ii) center of excellence for education and research, and iii) universities’ participation in the development works.

i) Universities Collaboration

Faculties are the heart of the education, and should have enough capacity to teach and be able to conduct research in technological development. However, the universities from the low-income developing countries lack enough number of faculties with hands on knowledge and skills in infrastructure development areas, and there are no opportunities to acquire advanced education domestically. Universities collaboration is designed in order to provide universities (from developing countries) opportunities to enhance the human resource and technological capacity through training for faculties and technology transfer from the developed countries. Industrial need oriented universities collaboration would enable local universities to acquire hands on knowledge and skill to underpin the local industrial development. The faculties from the developing countries should be trained in the areas which could help produce the graduates, train practitioners and develop technology appropriate for the efficient domestic infrastructure development. For instance, Nepal and Cambodia were in need of the appropriate human resource and technology for infrastructure planning, design and construction.

The collaboration between the Kochi University of Technology (KUT), Japan and Institute of Technology of Cambodia (ITC) is the industry oriented universities collaboration. KUT has provided ITC faculties to study in concrete technology and management in order to enhance the capacity of ITC in construction materials and management in order to enable ITC able to deliver education and training the graduates and practitioners on construction materials and management.

ii) Center of excellence for education and research

A center of excellence for education and research (COE&R) is a non-profit making organization established at a university. The center comprises of trained faculties, and industry professionals are invited as needed for education, research and development. The management and business of the center is made free from the governmental bureaucracy to reduce the control over knowledge creation and academic freedom. In order to develop appropriate human resources, technologies and materials, the COE&R establishes research, training and production facilities. In effect, the establishment of COE&R at the universities is to consolidate the scattered human resources and knowledge, to make integrated theory and practice in the university education, and develop appropriate technologies for infrastructure development. The major activities of the center will be 1) education and training, 2) production of special materials, 3) research, and 4)

professional services. The COE&R would enable universities to feed industrial activities and needs to the education, to establish a linkage with the industry, to offer graduates internship and training for practitioners, develop appropriate technology for materials, construction and management, and deliver integrated professional services.

iii) Universities' participation in the development works.

The involvement of the universities through human resources such as consultants, construction manager; special materials like high-strength pre-cast/pre-stressed concrete product like beam, girder; and technology for construction and management would help improve the performance of the local construction industry. This will encourage universities to produce more productive industry-oriented human resources, construction materials and technology for efficient infrastructure development.

The ISHID also provides the Japanese construction industry opportunities to train their human resources in the multicultural environment. The Japanese graduates as well as practitioners can participate at the COE&R in the developing countries through the universities collaboration so that they could experience the multicultural environments where mutual mistrust exists, and able to enhance their communication, negotiation and management capacity to improve the international competitiveness in the global construction market.

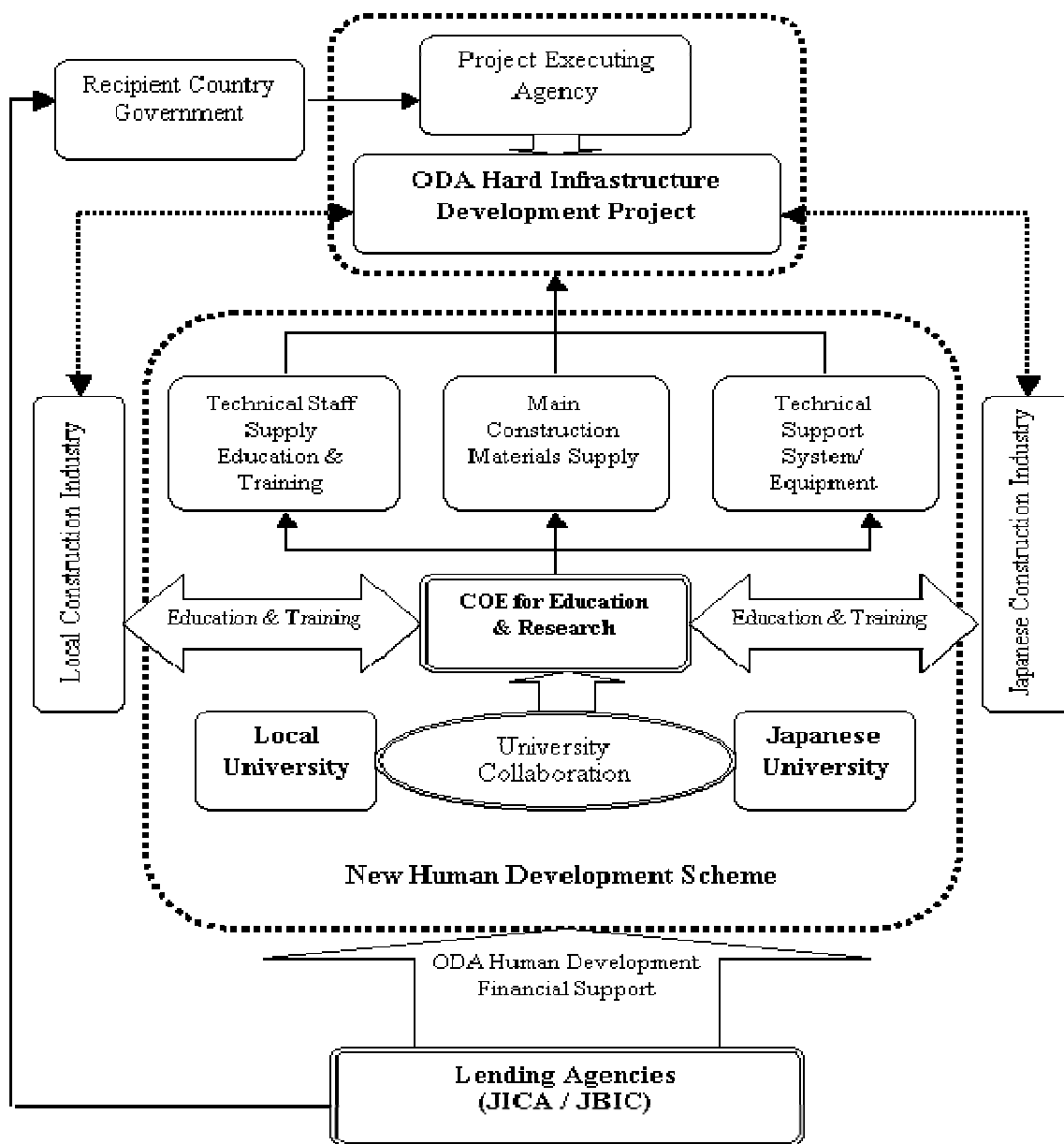


Figure: Integrated System for Human Resource and Infrastructure Development under ODA

The responses of the industry practitioners and universities faculties regarding the ISHID were collected through questionnaire survey. The universities and practitioners from Nepal and Cambodia have praised the system and eager to implement.

3.5 Effectiveness of the ISHID

The outputs of the ISHID are the trained human resources and appropriate technologies. The effectiveness of the system, therefore, can be measured from the increased skill level of the work force and availability of the new technology in the local industry. This study had compared the JICA 's human resource development system against the ISHID system. The resources used for 13 Nepalese trainees for 6 months in JICA training program would be enough for 6 faculties to acquire advanced degree (Ph. D./Dr. Eng.) through universities collaboration like KUT-ITC, who could be the major resource persons to improve quality of education in order to produce competent graduates and appropriate technology in the developing countries. Similarly, the skill index of the civil engineers in Nepal, with JICA system, in the year 2006, 2010 and 2015 will be 1.00541, 1.00553 and 1.00560 respectively. Where as, with the proposed ISHID system, the skill index in the year 2006, 2010 and 2015 would be 1.00929, 1.01047 and 1.01122 respectively. Thus, the new system, if implemented in Nepal, would produce for a given resource the construction productivity (construction GDP per civil engineer) more than the JICA system by 0.09% in 2006, 0.11% in 2010 and 0.12% in 2015.

3.6 Conclusions

The system would enable the developing countries able to develop appropriate human resources and technologies from the local universities. The ISHID would provide the civil engineers opportunities to improve the skill level and develop technology for materials, construction & management, and consequently improve the productivity in the construction industry. This would result in to the self-sufficiency in human resource and technology for infrastructure development in the developing countries. A significant improvement in infrastructure development efficiency could be achieved in the least developed countries including Nepal and Cambodia if the ISHID was implemented. In addition, the Japanese construction industry would also benefit from the proposed system.

審査結果の要旨

1. 論文の評価

本研究は我が国の ODA の効率性と有効性に付いて検証し、ODA の本質的機能として位置づけられる人材育成を真正面から捉え新しい形態の ODA システムを構築したものである。これまでの ODA に関する研究は先進国側からみたものがほとんどである。本研究者は、ODA 享受国側で日本の無償援助プロジェクトに携わってきた者であり、明治以降の日本の急速な発展理由を掘り下げ、技術移転・人材開発型 ODA プロジェクトの必要性を見出し、下図に示すようなスキームを提案すると共に、このスキーム実施の可能性分析と有効性の検証を行っている。

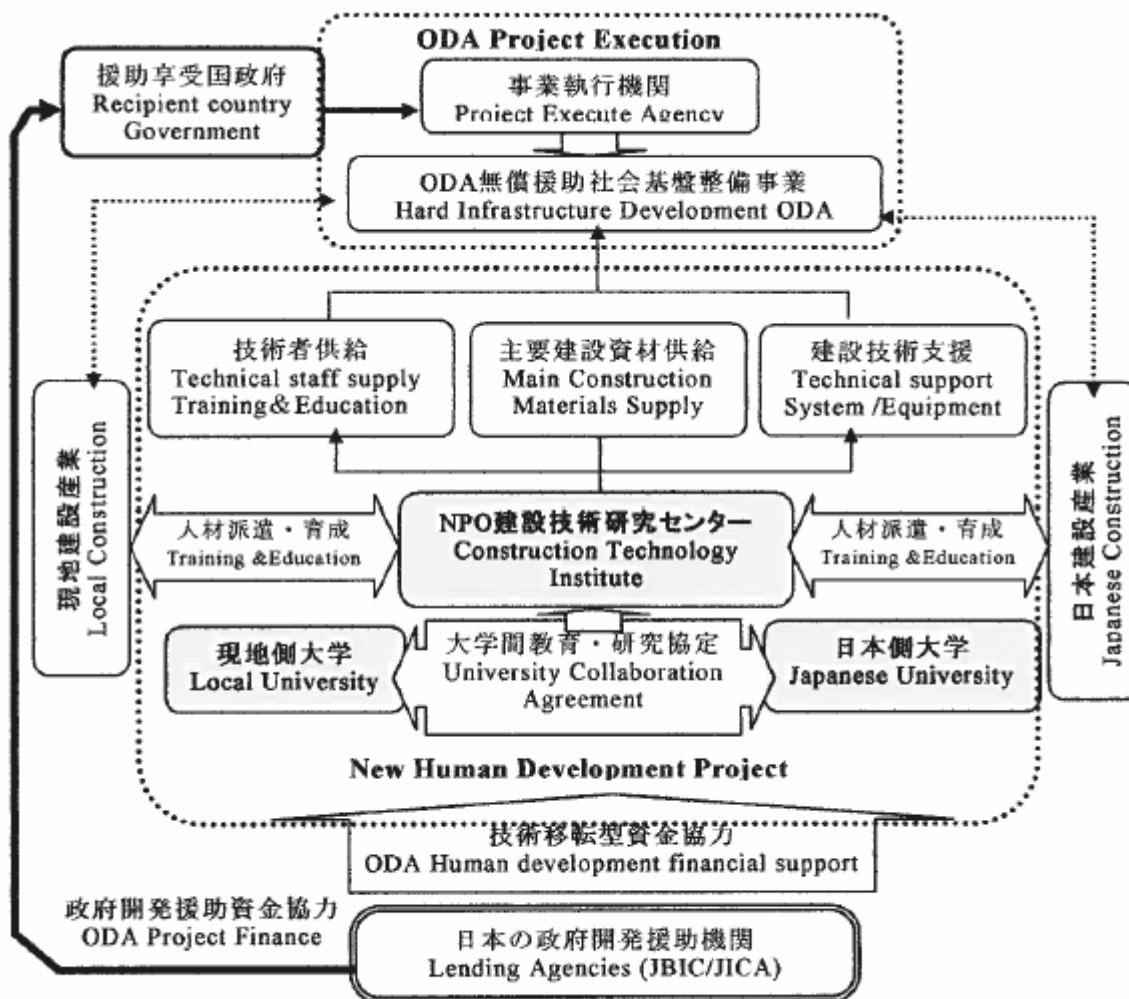


図 1. 新しい技術移転型政府開発援助のスキームの構造
: Model for Human Resource and Infrastructure Development under ODA

研究者の提案した新人材開発型 ODA は、途上国側の大学が中心的役割を果たし、途上国への体系的な技術移転スキームの構築を目指すものである。その内容は大学間協定を基盤として、途上国側の大学内に、NPO の形態で「建設技術研究センター-Construction Technology Institute」を設立し、援助享受国で行われる社会基盤整備に必要な人材の育成と供給、主要建設資材の作製と供給、技術的支援を行う組織を作る。

ODA による社会基盤整備プロジェクトには、NPO 建設技術研究センターが提供する人材供給、主要建設資材の作製と供給、技術的支援策を組み込んだ執行形態としておく。「NPO 建設技術研究センター」はこれらの業務を有償でおこない、対価として得た資金を活用し、継続的かつ自立的に技術者育成を行ってゆく。つまり、このスキームは自活するエネルギー発

生機能を持っており、同時に日本の建設企業のプロジェクトマネジメント能力の向上や大学の国際社会への貢献能力を高める機能も備えている。このスキームに基づくプロジェクトが2003年8月からカンボジア工科大学と高知工科大学間で試行されている。本研究で構築した技術移転・人材開発型政府開発援助のスキームは、将来、我が国のODAの中核として位置付けられるスキームと成りうるものであり、極めて有効性のある研究といえる。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	Liang Ning(中国)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第84号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	Effect of <i>Phaeocystis</i> sp. sprayed over deteriorated soil; a possible method which restores and fertilizes eroding barren land
論文審査委員	(主査)高知工科大学 教授 向畑 恭男 高知工科大学 助教授 有賀 修 高知工科大学 講師 堀沢 栄 高知工科大学 教授 榎本 恵一 高知工科大学 教授 松元 信也

論文内容の要旨

Soil erosion is caused by removal of surface materials by wind and/or water, which include inorganic soil particles, silt, organic matters and soil microbes. Because these surface materials are essential for vegetation, soil erosion leads directly to land deterioration, which negatively impacts not only natural environment, but agricultural production and peoples' life as well.

D. Zachar reported that the total annual soil loss caused by erosion is 77 billion tons from 133.68 million km² in the world. China has 3.56 million km² of soil erosion areas, accounting for 37% of its total territory. Prevention and restoration of eroding land is of prime importance in China. In Japan, Takasu village in Gifu prefecture is located in highland at the origin of the Nagara River, which is famous for its ayu-fish. The farmland soil in Takasu village has been fumigated every year to ensure radish production. The soil microbes were eliminated and the soil structure was destroyed, causing a large amount of silt flow to the Nagara River. The River was polluted by silt which covered the river-moss, only food for the ayu-fish, and the ayu-fish production has then been threatened. Studies showed that anionic polyacrylamide (PAM) had some effects on reduction of soil loss. PAM is synthesized from limited natural gas resource through its monomer, a cancer inducer acrylamide. It is necessary to seek an environmentally friendly and sustainable material for soil erosion control.

In order to solve this world-wide problem of soil erosion, an attempt was made to study the effects of a marine alga (*Phaeocystis* sp.) sprayed on the soil on reduction of soil loss and improvement of soil and land condition. *Phaeocystis* sp. is a unicellular marine alga encapsulated with a sticky envelope, which has been proved to be a kind of polysaccharide. The cell is about 4-5µm in diameter; *Phaeocystis* sp. with the polysaccharide layer becomes 10-20µm thick in maturity. A preceding observation showed that when pouring water on the Takasu-soil in pots, the infiltrated water from the bottom was almost clear when *Phaeocystis* sp. suspension was sprayed prior, while the water was turbid if only water had been given instead of the alga suspension. Research has also proved that the *Phaeocystis* sp. polysaccharide can be a member of clarifier for muddy water. Four types of soil were used in the study: a) Takasu soil, abbreviated as Ta soil, clay: silt: sand = 54:32:14; b) Kanuma soil, abbreviated as Ka soil, clay: silt: sand = 5:26:69; c) a mixture of Takasu and Kanuma soil at ratio of 1:1, abbreviated as TK soil, clay: silt:

sand =40:31:29; d) a mixture of Kanuma soil, Akatama soil and Kahoku soil at ratio of 6:2:1, abbreviated as KAK soil, clay: silt: sand =12:26:62.

Two modes of experiments were conducted. The one is the firstly, direct effect of alga spray on silt flow. The other is the secondly, remote or long-term effect of alga spray on chemical and biological properties in the soil. The overall changes in the total organic carbon, ATP and respiration were measured.

For the effect of alga spray on the surface silt flow, soil boxes were designed. Ta soil, TK soil and Ka soil were filled into boxes with the surface area of 250cm² and depth of 15cm. The boxes were tilted at 20°, making a slope surface. Soil densities of Ta soil, TK soil and Ka soil were 1.6, 1.3 and 0.9 g/cm³ respectively. A given amount of the algae suspensions (containing 20 - 160 mg/cm² alga in 150ml water) was sprayed on the soil surface. Then 3 times of simulated rainfall were applied at intervals of one week. Surface flows (runoff) of the rain were collected to measure the total volume and their turbidities at 600nm. Results showed that silt concentrations in the surface runoffs from the soil treated at all given amount of alga were reduced from the first simulated rainfall. After treatments of 60 - 160 mg/cm² alga, the amount of silt in the runoffs were less than 40% of the control even after the third simulated rainfall on any of three kinds of soil. The total soil loss after 3 times simulated rainfalls in treatments of 60 - 160 mg/cm² algae were 17% - 29% of the control in Ta soil, 12% - 22% in TK soil and 1% - 8% in Ka soil respectively. It seems that sandy loam soil lost less silt than the clay soil did. Results also show that there was negligible effect on the total volume of surface runoff in all three soils. This indicates that alga spray has a favorable effect on prevention of silt loss.

For the effect of alga spray on infiltration, soil columns were designed. One hundred and fifty grams of KAK soil was tightly packed into a soil column with surface area of 15 cm² and height of 10cm. 3g of algae suspended in 150ml water were sprayed on the soil surface. After spraying alga, silt in the outflow from the bottom of the column was also reduced by 50% of the control.

Distribution of the sprayed alga at a given depth of the soil column was determined by its chlorophyll. The soil column was cut in parallel to the surface at different depth. The chlorophyll was extracted with a 3% SDS solution from each soil disc and OD₄₂₀ of the extracted solution was measured. The results showed that the chlorophyll of the algae was found mainly on the top 1 cm of soil disc. The extracted solution was centrifuged at a low speed (3500 rpm * 3 min) and the turbidity (OD) was measured at 600nm. It was also found that OD₆₀₀ in the top 1cm was greatly lower than those in soil disc at other depths. It is implied that algae sprayed on the soil remains near the top surface of the soil, makes clots with silt nearby and prevents the silt from flowing out by rain.

The algae treatments not only reduce soil loss but also increase activity of soil microbes. Four weeks after the soils treated with the alga suspension (containing 20 - 160 mg/cm² in 150ml water), ATP and respiration activity as parameters of amount/activity of soil microbes increased. Average amount of ATP in all alga treated soil was increased more than 40% of that in the control. The amount of the soil treated with the alga at 20 - 160 mg/cm² increased by 16% - 104% of the control in Ta soil, 0 - 102% in TK soil, and 86% - 328% in Ka soil.

The real-time soil respiration measured with newly invented electronic micro-manometer showed significant increase in the alga treated soils. The set of apparatus was designed to measure difference of micro pressure between two connected sealed pots in which the soil and a KOH solution were placed. The soil in one pot was fed with a glucose solution, and the soil in another pot was fed with water. The results showed that soil respiration increase by 11% and 21% of the control in Ta soil; by 0 and 10% in TK soil and increase by 121% and 172% of the control in Ka soil. It seems that ATP and respiration showed more significant increase in less nutrient soil (Ka soil). Results show that total organic carbon did not increase significantly.

Based on the results above described, the application of *Phaeocystis* sp. encapsulated with sticky polysaccharide on soil can reduce silt flow from both the surface and the bottom of the soil column. The activity of soil microbe can be increased possibly with an aid of degraded *Phaeocystis* sp. cells sprayed in the soil. Even on limited types of the soil texture in this study, promising recovery of eroded soil has been presented under the condition of *Phaeocystis* sp. suspension application. The results and significance of the study could be extended to wider types of soil. The alga with thick and sticky polysaccharide, once applied on the eroding land, would help to recover vegetation.

審査結果の要旨

1. 論文の評価

本論文は、分厚い寒天様多糖外被を持つ単細胞海藻 (*Phaeocystis. sp*) の懸濁液を、土壤に撒布した時、藻が土壤に及ぼす効果について研究したものである。4種の異なる Texture 成分の土壤に藻を撒布して、その後に与えた人工雨による土壤からのシルトの流亡を表層流と透入水について測定した。また、土壤中での藻の垂直分布を調査し、さらに撒布4週間後の土壤中の微生物量を測定するために、ATPの測定法の改良と呼吸能の測定法の開発とともにそれらを定量した。

その結果、藻の撒布によってシルトの流亡は表層流と透入水のいずれでも抑制され、撒布4週間後には土壤微生物量は明らかに増加していることを見いだした。その効果は比較的富栄養の粘土/シルト質土壤よりは、貧栄養の砂地で特に顕著であった。

このことは、土壤の改質が望まれる黄土台地のような砂>>シルト>粘土の土壤に対して、この藻撒布法が簡便で有効な方法であることを示唆している。

この方法は従来撒布されてきた合成高分子に比して、化石資源の不使用、海水で栽培した藻による二酸化炭素の固定と海から陸への栄養の移送と云う効果を持つ。

土壤の改質のために特殊な藻を撒布する方法は、前例のない全く新規な試みであり、丹念に測定を繰り返し、本法の有用性を示した申請者の業績は工学博士の称号を与えるに相応しいものである。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	Wang Ying (中国)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第85号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	Development of New CFT Column-CFT Beam Frame Structure using Self-compacting Concrete (自己充填コンクリートを用いた新しいCFTフレーム構造の開発)
論文審査委員	(主査) 高知工科大学 教授 島 弘 高知工科大学 教授 岡村 甫 高知工科大学 教授 藤澤 伸光 高知工科大学 教授 中田 慎介 高知工科大学 助教授 大内 雅博

論文内容の要旨

Concrete-filled steel Tube (CFT) is a kind of composite structure, in which concrete is cast into the steel tube. Steel members have the advantage of high tensile strength and ductility. Concrete members have the advantages of high compressive strength and stiffness. CFT structure combines steel and concrete in one member, which results in a member that has the beneficial qualities of both materials.

Since 1970, extensive investigations have verified that framing systems consisting of CFT columns and H-shaped beams have more benefits than ordinary reinforced concrete and steel systems, and as a result, in the building construction industry, concrete-filled tube columns are gaining popularity all over the world. Although the use of CFT columns with relatively thin-walled steel tubes column system has increased over the past several decades, all of the available information on connection details and design for composite construction is limited to the connection of CFT column-steel beam or CFT column-reinforce beam structure; no any research work information on CFT column-CFT beam system structure are available until now.

The employment of CFT beam can improve the stiffness of whole building, delay the local buckling of beam and improve fireproof performance of the whole building.

One of the obstacles that prevent CFT structure to be applied to beam is due to the need of vibrating compaction work of conventional concrete. Conventional concrete is able to be employed to make CFT column since the vibrating compaction work along vertical direction is easy to be practiced, whereas, it is difficult to compact the conventional concrete along horizontal direction in the beam. Therefore, only CFT column system is popularly used in the present practical applications.

In order to make it possible to apply CFT structure to beam, thus construct CFT column-CFT beam frame structure, self-compacting concrete (SCC) was proposed in this research. SCC has the advantage of being able to be compacted into every corner of a formwork purely by means of its own weight without the need of vibrating compaction. This character of SCC makes it possible to apply CFT structure to beam.

A good structural system must be evaluated in four aspects; the cost performance, the fabrication, the quality assurance, and the structural performance. Once a new kind of

structure is proposed, the most important key point should be considered is whether this new proposed structure has sufficient properties basing on higher cost performance compared with existed structure. Thus, in the development of new CFT column-CFT beam frame structure using Self-compacting concrete, research work were mainly focus on the following four objectives, building frame design and cost performance analysis, experimental research on seismic behavior of new CFT Column-CFT beam frame structure, construction method for new CFT column-CFT beam frame structure and investigation of the new developed bottom up pumping method using visual model of fresh concrete.

Building Frame Design and Cost Performance analysis

The cost performance was investigated basing on building frame design of 9, 18 and 40-story unbraced building frames made of both CFT column-CFT beam frame structure and conventional hollow steel tube-H beam steel structure. Inelastic analysis was conducted using the structure analysis software STAAD.Pro, which is widely used software for structural analysis and design from Research Engineers International. In this part of research work, firstly the behavior of each frame, both new CFT column-CFT beam structure frame and conventional steel structure frame, under combination of seismic load were analyzed thus to obtain the strength and ductility demand at different locations in the building. Subsequently, the dimension of each component member of each frame was decided according to the analysis results. Finally, the cost of each frame was calculated and compared basing on the former decided dimensions of component members.

The research work in this part of research program revealed that the story drift angle of new CFT column-CFT beam frame structure is close to steel structure or smaller than steel structure in middle high, high-rise and super high-rise building, which indicated that despite increase of dead weight of the building, the employ of CFT structure in beam member is able to increase the stiffness of the whole building; the cost estimation result shows that the new CFT column-CFT beam frame structure is a cost-effective structure compared with pure steel structure. The building frame cost for the new CFT column-CFT beam frame structure system would be lower by approximately 10% than that of the pure steel structure system.

Experimental Research on Seismic Behavior of New CFT Column-CFT Beam frame Structure

According to the former experiences in the building construction industry, one weak point of the CFT column system is the compactness of concrete around the beam to column connection, especially in the case of inner and through-type diaphragms, in which the gap between concrete and steel may be produced by the bleeding of the concrete underneath the diaphragm. In this research, SCC is proposed to be cast into the CFT column-CFT beam frame structure. The objective of investigation of compactness quality of SCC was carried out by experimental work.

One of the most important issues in using the new proposed CFT column-CFT beam frame structure in construction is identifying a suitable connection detail for connecting CFT beams to CFT columns. A suitable connection detail should be constructed conveniently by the fabricators as well as lead to economy of composite construction. The former viewpoints tend to be neglected by the people in academia. Cooperation with designers and fabricators will be essential for this research. Furthermore, from the viewpoint of application of this new CFT system, select a suitable connection detail used between the CFT column and CFT beam with sufficient seismic behavior is also essential. Different connection details were designed in this research work. In order to assess the strength and ductility of the different connection detail, three CFT column-CFT beam subassemblies with different

connection details were made and tested. The test specimen represented column and beam in an intermediate story and was subjected to a constant axial load and a cyclic lateral load. The information gained from this experimental study was used to identify the suitable connection detail for the new proposed CFT structure. Moreover, one hollow steel tube column-H beam subassembly also was made and tested in order to compare with the proposed CFT column-CFT beam structure. Based on the review of previous studies, it was concluded that the PC bar linked connection detail is the most appropriate detail to achieve the strength, stiffness, and ductility than other details.

The research work in this part of research program revealed that self-compacting concrete (SCC) can be successfully compacted into beam tube, which indicates that CFT column-CFT beam frame can be made by using SCC; the substantial deformation capacity expected was obtainable in two PC bar jointed CFT column-CFT beam connection specimens. Insufficient thickness of PC bar flange led to a little larger deformation of PC bar flange. Increase of the thickness is inferred able to strengthen the connection; the full penetration weld specimen exhibited higher load capacity and ductility than both the partial penetration weld specimen and the fillet weld specimen.

Construction Method for New CFT Column-CFT Beam Frame Structure

In the experimental research work, it had been confirmed that self-compacting concrete (SCC) is able to be compacted into the CFT column-CFT beam subassembly successfully. However, from viewpoint of practical application for a whole building, the most important issues in using the new CFT column-CFT beam frame structure system is developing an efficient construction method which can lead to decrease of manpower, construction cost and project time.

In this part of research work, according to the structural characteristics of this new frame structure, a new bottom up pumping method, different from the existing method used for CFT column system, was developed. This thesis presents the idea of innovation of the developed the bottom up pumping method. An example of application this new developed construction method to the 9-story building frame which were designed in the former building frame design research program, is also described in the thesis in order to show the advantage of this new construction method.

Amount of mortar in fresh concrete will attach on the inner surface of steel tube during the whole construction process. This will lead to coarse aggregate concentrate to the forepart of concrete flow; segregation may occur when concrete flows through horizontal beam to the adjacent column and drops from top to the bottom of the column. In order to further investigate the amount of these attached mortars, concrete flow test was conducted in a steel trough with fresh concrete.

The research work in this part of research program revealed that concrete can be cast only through several input ports only made on several columns and more than one story frame can be constructed using the new developed bottom up pumping method. The employ of branch pipe in this construction method also can decrease the number of pump car. Therefore, compared with the existed bottom up pumping method for CFT column-Steel frame structure, the new construction method for the new CFT column-CFT beam frame structure is an efficient and cost-effective method; the analyses which basing on the concrete flow simulation test result reveals that segregation will not occur when concrete drop from top to the bottom of the column during the concrete casting period.

Investigation of the New Developed Bottom up Pumping Method Using Visual Model of Fresh Concrete

Visual model of fresh concrete experimental work was conducted in this research in order

to further investigate the flow tendency of concrete in the real building. A 1/4 scale of subassembly which was made of acrylics plate was made and visual model of fresh concrete was poured inside the subassembly in order to simulate the real flow tendency of concrete in the steel tube of column and beam. In the two experiment projects, concrete with superior properties and inferior properties were simulated by the visual model respectively. The experimental result intuitively showed that visual model which simulated superior concrete can be constructed into the column-beam subassembly. The whole flow process of visual model was smooth and continuous. Coarse aggregate phase and mortar phase kept good combination situation from the beginning to the end of the flow process; drop of visual model form top to the bottom of acrylics column did not lead to the occurrence of segregation. Whereas, in the experimental work which using visual model to simulate concrete with inferior properties, it was found that segregation between coarse aggregate phase and mortar phase was occurred soon after the visual model arrived to the bottom of first acrylics column, the two phase could not keep good combination situation from the beginning to the end of the flow process, coarse aggregate concentrated to the bottoms of the two acrylics columns while mortar concentrated to the tops of the two acrylics columns.

The experimental work of simulation fresh concrete flow in steel tube using visual model indicate that the proposed new developed bottom up pumping method for the new CFT column-CFT beam frame structure is feasible to be applied on condition that the fresh concrete has prior properties . The drop of concrete form top to the bottom of column may not lead to occurrence of segregation; the experimental work also revealed that block may easily occur due to the inferior properties of fresh concrete. The compacting quality will be strongly affected due to the segregation occurrence between coarse aggregate and mortar. Pouring speed also effect the construction result. Lower pouring speed led to earlier occurrence of block than higher pouring speed; the visual model of fresh concrete can simulate the flow tendency of fresh concrete, whereas, it can not simulate SCC qualitatively.

The research work on development of new CFT column-CFT beam frame structure using Self-compacting concrete indicate that the proposed new CFT structure is a kind of cost-effective, construction-convenient, high-performance structure. The proposed bottom up pumping method provides an efficient construction method for the new CFT structure. Concrete flow simulation experiment using visual model intuitively verified the feasibility of the proposed construction method. The new CFT system is inferred able to be applied in building construction industry in the future.

However, in this exploratory study, a limited number of specimens were tested. Additional experimental and analytical data are needed to fully demonstrate the superiority of this new structure. Furthermore, in order to more accurately understand the real situation of concrete construction in the building site, more experimental work which can simulate the real situation more closely by employing fresh concrete should be done in the future research work. Thus the proposed construction method for the new CFT column-CFT beam frame structure can be assured to be practiced.

審査結果の要旨

1. 論文の評価

この論文は、土木建築の新しい構造形式を提案するものである。新規性としては、フレーム構造として、コンクリート充填鋼管（CFT）を柱部材だけでなく、梁部材にもCFTを用いることにある。従来のコンクリートでは不可能であったことを、自己充填コンクリートを適用することによって可能にしている。新しい構造形式の開発では、構造性能、施工性およびコストを確認する必要がある。この研究では、まず、フレームの組立として、柱部材と梁部材の現場での接合は、梁鋼管を直接柱鋼管にPC鋼棒を用いて接合する方法を提案している。構造性能としては、この接合部が最も重要であるので、交番繰り返し载荷実験を行って、この接合部は耐震性があることを確認している。施工方法については、フレームの下部からコンクリートを鋼管を通じてポンプアップすることによってフレーム全体にコンクリートを充填する方法を提案し、実際に可能かどうかのシミュレーションを行い、施工が可能であることを確認している。最後に、適用が想定されるビルのフレーム設計を行い、従来の鉄骨構造とのコスト比較を行い、建設費用は従来の鉄骨構造よりも1割程度安くなることを明らかにしている。以上のことにより、本研究は、構造性能が十分で、建設費用が少なく実際に施工できる新しい構造形式を開発したという新規性、有用性および発展性に富む内容であり、博士論文として合格である。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	やだ しゅういち 矢田 修一 (香川県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第86号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	新規海洋細菌が産生する色素ヴィオラセインとその抗腫瘍作用 Violacein Produced by Novel Marine Bacteria and its Anti-tumor Properties
論文審査委員	(主査) 高知工科大学 教授 榎本 恵一 高知工科大学 教授 大濱 武 高知工科大学 教授 有賀 修 高知工科大学 教授 松元 信也 高知工科大学 教授 向畑 恭男

論文内容の要旨

室戸海洋深層水より青紫色素を産生する新規細菌を見だし、この色素をヴィオラセインと同定した。またこの色素が白血病細胞 HL60、U937 に対してアポトーシスの誘導による細胞死を引き起こすことを見出した。

ヴィオラセインは、熱帯・亜熱帯地方の土壌や水域から分離される細菌である *Chromobacterium violaceum* の産生する色素である。この色素は、熱帯・亜熱帯地方の風土病の病原体トリパノソーマに対して抗生作用を持つことからその治療薬として研究が進められてきた。また、最近では腫瘍細胞に対して細胞死を引き起こすことが報告されている。この色素がもつ生理活性の重要性から *C. violaceum* のゲノムの全塩基配列決定がブラジルの国家プロジェクトとして行われた。しかしながら、*C. violaceum* は、日和見感染細菌であり、感染した場合重篤な敗血症を引き起こすことが知られている。このため、大量培養による色素の工業的生産は難しく、結果として色素を十分利用することは行われていない。一方、本研究で得られたヴィオラセインを産生する新規細菌は、人の体温である 37 °C では生存できないため、人体に対して病原性をもつ可能性は少ないと考えられる。そのため、この海洋細菌を *C. violaceum* の代わりにヴィオラセインの大量生産に用いることができると考えられる。

第一章では、室戸海洋深層水から分離された 13 株の青紫色素産生細菌の同定について述べた。13 株の分離細菌の 16S rDNA の部分塩基配列を決定し、そのうち 228 塩基を比較した。その結果、13 株の細菌は、同じ配列を持つ 3 株と、この配列と 3 塩基異なる配列を持つ 10 株の 2 群に分かれた。この 2 群のうち最も早く分離され、その性質についての解明が進んでいた 520P1 株と 710P1 株を代表株として用い、16S rDNA のほぼ全長にわたる塩基配列と生理的性質に基づく同定を行った。その結果、16S rDNA の塩基配列から両者とも *Pseudoalteromonas denitrificans* に近縁な細菌であることが分かった。特に 520P1 株の DNA 塩基配列は *P. denitrificans* の塩基配列に 99% の相同性を示した (710P1 株は 97% の相同性)。しかし、520P1 株および 710P1 株は、産生する色素、脱窒作用、糖等の資化、生育温度などその生理的性質において、*P. denitrificans* の性質と大きく異なっており、同属ではあるが異なる細菌であることが判明した。そこで分離細菌を *Pseudoalteromonas* 属の新規細菌、*Pseudoalteromonas* sp. 520P1 および *Pseudoalteromonas* sp. 710P1 とし、その 16S rDNA 塩基配列を DNA Data Bank of Japan (DDBJ) に登録した。

第二章では、*Pseudoalteromonas* sp. 520P1 の産生する青紫色素の同定について述べた。*Pseudoalteromonas* sp. 520P1 の産生する青紫色素と *P. luteoviolacea* の産生する青紫色素ヴィオラセインの比較を、紫外・可視吸収スペクトル、高速液体クロマトグラフィー (HPLC)、質

量分析 (MS) を用いて行った。その結果この2つの色素の性質は、紫外・可視吸収スペクトル、HPLC の溶出時間および MS スペクトルのいずれにおいても一致した。また、タンデム MS (MS/MS) による分析で得られたフラグメントイオンのスペクトルから、両色素は同じ骨格構造を持つことが推定された。さらに 520 P1 株の青紫色素の NMR 分析より得られたスペクトルは、報告されたヴィオラセインのスペクトルと一致した。これらのことから *Pseudoalteromonas* sp. 520P1 の産生する青紫色素は、ヴィオラセインと同定された。

第三章では、*Pseudoalteromonas* sp. 520P1 の産生する青紫色素の腫瘍細胞に対する作用について述べた。青紫色素をヒト骨髄球系白血病細胞 HL60 およびヒト単核球系白血病細胞 U937 に添加したところ、細胞の増殖を阻害し、高濃度の色素では細胞を死滅させる作用があることが判明した。生存細胞数の計数から求めた青紫色素の HL60、U937 に対する 50% 抑制濃度 (IC_{50}) はおよそ $0.5-0.6 \cdot M$ であった。さらにこの細胞死の機構を探るため、アポトーシスの過程で活性化される特異的蛋白質分解酵素であるカスパーゼについて調べたところ、色素添加後に細胞内に活性化カスパーゼが検出されることを見出した。これらの結果から *Pseudoalteromonas* sp. 520P1 の産生する青紫色素は、HL60 および U937 に対してアポトーシスの誘導による細胞死を引き起こすことが判明した。

以上の結果から、室戸海洋深層水由来の細菌 *Pseudoalteromonas* sp. 520P1 は、その 16S rDNA 配列がデータバンクに登録されていない *Pseudoalteromonas* 属の新規細菌であり、この細菌の産生する青紫色素はヴィオラセインであること、この色素は白血病細胞に対してアポトーシスの誘導による細胞死を引き起こすことが分かった。青紫色素ヴィオラセインはその生理活性から医薬としての可能性が注目される。しかし主要なヴィオラセイン産生細菌である *Chromobacterium violaceum* が日和見感染菌であることから、色素の工業的利用は未だ進んでいない。ここで述べた *Pseudoalteromonas* 属の新規細菌は、海洋細菌であることから陸上環境への拡散の恐れはなく、また人体の体温である $37^{\circ}C$ で生育できないことから、人体への病原性はないと推測される。したがって、*C. violaceum* に代わるヴィオラセイン産生細菌としての利用が考えられる。

審査結果の要旨

1. 論文の評価

本論文は、室戸海洋深層水から分離された青紫色素産生細菌並びにその産生色素の化学構造解析と抗腫瘍作用について述べたものである。

著者は室戸海洋深層水から 13 株の青紫色素産生細菌を分離し、その DNA 塩基配列の解析と細菌の生理的性質についての分析から、これらの細菌が *Pseudoalteromonas* 属の 2 種の新規細菌であることを明らかにした。また、抽出・精製された色素の紫外・可視分光分析からこの色素がヴィオラセイン様色素であることを見出した。ヴィオラセイン(violacein)は、熱帯・亜熱帯地方で分離される *Chromobacterium* 属の細菌が産生する青紫色素であり、トリパノソーマ症の治療に有効であると報告されている。また最近ではその抗腫瘍作用が報告されている。著者は分離した細菌より得られた色素の本体を明らかにするため、色素を高速液体クロマトグラフィー、質量分析器、核磁気共鳴装置を用いて詳細に分析し、色素の化学構造上の特徴からこれがヴィオラセインであると同定した。さらにこの色素を白血病細胞である HL60 細胞、U937 細胞に添加すると、50% 阻害濃度(IC₅₀)が 1 μM 以下の低濃度でこれらの細胞を死に至らしめることを明らかにした。細胞死の一つとして、生物の発生・分化の過程で起こる細胞の自殺(アポトーシス)が知られている。著者はアポトーシスの過程で特異的に活性化されるタンパク質分解酵素カスパーゼに着目し、活性化カスパーゼに結合する蛍光標識化合物を用いることによって、上記の細胞に添加した色素がカスパーゼの活性化を伴うアポトーシスを誘導することを証明した。それぞれの実験は適切な手法を用いて行われており、得られた結果も信頼に足るものである。分離した新規細菌の産生色素の性質について明らかにし、その利用についての展望を示した点で、学位論文に値するものと考えられる。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成 18 年 1 月 11 日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5 名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成 18 年 2 月 17 日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成 18 年 2 月 22 日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	ひらやま まさはる 平山 正治(静岡県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第87号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	単眼および両眼での時間的足し合わせから予測される空間周波数チャンネルの時間応答に関する研究 Temporal Response of Spatial Frequency-tuned Channels Inferred from Temporal Summation in Monocular and Binocular Stimulation
論文審査委員	(主査) 高知工科大学 教授 篠森 敬三 高知工科大学 教授 岡田 守 高知工科大学 助教授 菊池 豊 高知工科大学 教授 西谷 隆夫 高知工科大学 助教授 福本 昌弘

論文内容の要旨

人間は、外界からの情報のおよそ80%を視覚系から獲得し利用しているが、その情報処理メカニズムについては十分理解されていない。眼球光学系を通して得られた光刺激は、その情報処理系の初期の段階から輝度や色情報のような情報の種類によって分離され、大脳一次視覚野に伝達されており、大脳皮質でもその部位によって処理される情報の種類が異なることが生物学・心理物理学の研究から報告されている。このことから、人間の視覚情報処理メカニズムには、外界からの情報の種類に応じて異なる処理過程が存在すると考えられる。

外界の情報は空間的・時間的に常に変化するので、それらの変化に柔軟に対応するため処理メカニズムが存在すると考えられる。それらは、時空間周波数チャンネルと呼ばれ、特定の時間周波数あるいは空間周波数に同調し、一定の帯域幅を持つ線形フィルタの役割を果たしており、その特性に関して多くの研究がなされている。一般に、空間的に高分解能なチャンネルは時間的に低分解能な特性を示し、空間的に低分解能なチャンネルは時間的に高分解能な特性を示すことから、視覚系の空間特性と時間特性にはトレードオフの関係があると報告されている。しかしながら、それらのチャンネルがいくつ存在するのか、チャンネルのピーク周波数やその帯域幅についてはまだ明確ではない。

本論文では、視覚系に複数の空間周波数チャンネルが存在し、それぞれが異なる時間特性を持つと予想し、視覚応答の時間的変化から空間周波数チャンネルを分離し、そのメカニズムをモデル化することを目的とした。視覚系の時空間周波数特性を明らかにすることで、人間の視覚特性を考慮したディスプレイ装置の開発・設計が可能となり、コンピュータや携帯電話などに代表される情報機器と人間との親和性を高めることができる。また、空間周波数を持つ光刺激に対する視覚系の応答特性を明らかにすることは、通常の視環境において、特に注意を喚起する必要のある信号や道路標識、ディスプレイ上のアラート表示方法を改良し、ヒューマンエラーを低減することが期待される。

本研究では、さまざまな空間周波数を持つ輝度・色グレーティングを刺激とし、時間的二刺激光法を用いてコントラスト検出閾値を測定した。時間的二刺激光法は、呈示時間間隔(Inter-Stimulus Interval)を変化させながら、連続的に刺激を2回呈示し、視覚系の時間的に足し合わせ機能を測定する心理物理実験手法である。マスキングや空間周波数順応の手法を用いた過去の研究では、ターゲットとする空間周波数に感度を持つ空間周波数チャンネル以外のチャンネルにも順応効果が生じる可能性が指摘されている。また、順応による閾値の変化は時間と共に変化するため、一定の順応状態を維持することが困難であることが問題点として指摘されて

いる。これらの問題点のため、過去の研究結果では不十分である。本研究で用いた時間的二刺激光法は、刺激の呈示が短時間であるので順応効果が生じないため、上記の問題を解決した手法といえる。さらに、時間的二刺激光法によって得られたコントラスト検出閾値と刺激呈示間隔の相関から、短時間呈示された刺激光に対する視覚系の時間的応答であるインパルス応答関数 (Impulse Response Function) を導出することが可能である。このインパルス応答関数は、視覚系全体を通じた時間特性を反映する関数であるので、インパルス応答関数の時間特性は刺激の空間周波数によって変化し、これはある刺激の空間周波数に感度を持つ空間周波数チャンネルの時間特性を反映していると考えられる (Fig. 1)。

本論文の前半では、単眼におけるインパルス応答関数の時間特性を比較することで、視覚系に複数存在する空間周波数チャンネルの分離可能性を検討し、実験で得られたコントラスト検出閾値とそこから導出されたインパルス応答関数の時間特性から (Fig. 1)、輝度チャンネルには少なくとも2つの異なる空間周波数チャンネルが存在

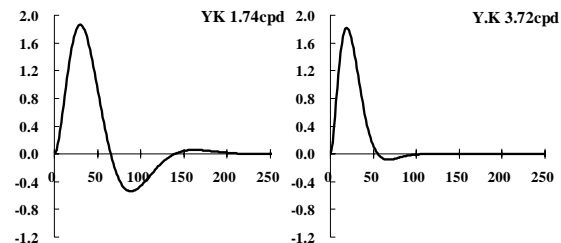


Fig. 1 被験者 YF の輝度インパルス応答関数。左図は刺激の空間周波数が 1.74cpd の条件、右図は 3.72cpd の条件。縦軸は応答強度、横軸は時間 (ms) を示す。

することを示した。同様に、等輝度色グレーティングを用いた実験結果から、色チャンネルにも空間周波数チャンネルが存在する可能性を示した。さらに、空間周波数チャンネルのメカニズムが、受容野構造から決定されるという受容野モデルを提案した。

本論文の後半では、時間的二刺激光法を用いて左右眼の同一視野に刺激をそれぞれ 1 回呈示し、その検出閾値を測定することで、空間周波数チャンネルの時間的足し合わせが網膜以降の処理段階でも生じるかどうかを検討した。人間が奥行きを知覚する時、両眼の網膜像差を利用することは良く知られているが、それぞれの網膜像から特徴を抽出して両眼網膜像を比較し対応する部分を検出する必要がある。この両眼網膜像の対応問題を処理するべく多くのモデルが検討されているが、輝度、コントラスト、空間周波数などが多少変化しても立体視が可能であることから、網膜像の強度そのものを特徴として利用しているわけではないことが指摘されている。受容野構造から決定される空間フィルタ (空間周波数チャンネル) の出力の差から左右網膜像の差を取り出すメカニズムが視覚系の初期に存在する可能性を示す報告もあるが、実際の視覚系のモデルとして適当かどうかは結論が出ていない。

そこで我々は、両眼視差による立体視の対応問題を解くメカニズムとして、左右眼で生じられ伝達された信号が相互に干渉する空間周波数チャンネルが存在するのではないかと予測した。さまざまな空間周波数を持つ刺激を用いて時間的二刺激光法により両眼の時間的足し合わせを検討した結果、輝度グレーティング刺激を用いた場合に、ある特定の空間周波数帯域でのみ両眼間で時間的な足し合わせが得られたことから、輝度チャンネルに両眼性の空間周波数チャンネルが存在することを示した。これは、網膜像差を利用した両眼立体視において、左右網膜像の対応点を抽出する際に空間フィルタとしての役割を果たしていると考えられる。さらに、ある特定の空間周波数帯域でのみ両眼間で時間的な干渉を持つことは、両眼立体視の対応問題において、「粗い処理から細かい処理へ」(coarse to fine) アルゴリズムの仮説を支持する結果といえ、情報伝達容量あるいは情報処理能力が限定された人間の視覚系がこのような情報処理アルゴリズムを備えることは合理的であり、両眼網膜像差を利用した立体視に、特定の空間周波数に感度を持つ空間フィルタが関与している可能性を示した。

本論文の各章の要旨は以下の通りである。

第一章では、本研究の背景と目的を示し、時間的二刺激光法の実験原理とインパルス応答関数が視覚系全体の時間特性を反映する関数であることを示した。第二章では、本論文で用いた実験手法と装置、コントラスト検出閾値からインパルス応答関数の導出法について示した。第三章では、単眼におけるさまざまな空間周波数をもつグレーティング刺激を用いた輝度コントラスト変化実験の結果を示す。空間周波数に依存してインパルス応答関数の時間特性が変化したことから、異なる時間特性を持つ複数の空間周波数チャンネルが存在する可能性を示した。また、色グレーティングを用い同様の実験を行なった結果から、色チャンネルにも異なる空間周波数チャンネルが存在する可能性があることを示した。第四章では、視覚系の空間周波数チャンネルが受容野構

造から決定される可能性について検討し、単眼での受容野モデルを提案した。本論文の後半では、網膜以降の処理段階における空間周波数の影響を明らかにするために、第五章では時間的二刺激光法を応用した両眼呈示条件での時間的足し合わせを示した。輝度グレーティングを用いた実験では単眼呈示条件とは異なる結果が得られ、複数存在する空間周波数チャンネルの中で特定の空間周波数チャンネルのみが両眼性の特性を持つ可能性があることを示した。等輝度色グレーティングを用いた両眼呈示条件の実験では、両眼間で時間的な足し合わせは得られなかったことから、色チャンネルでは両眼性の空間周波数チャンネルが存在しないことを示した。これらの結果から、両眼性の空間周波数チャンネルは輝度チャンネルにのみ存在し、特定の空間周波数帯域でのみ両眼間で時間的な干渉があることを示した。特定の空間周波数帯域のみが両眼条件で時間的足し合わせを持つことは、両眼視差を用いた両眼立体視に關与する空間周波数チャンネルが存在すると考えられる。第六章では、本論文を総括した単眼および両眼でのモデルを構築した。両眼立体視における対応問題を解決するメカニズムとして、特定の空間周波数帯域でのみ感度を持つ両眼性の空間周波数チャンネルの存在は、過去の神経生理学研究で coarse to fine 型アルゴリズムの実現するために有効な Gradient-coding モデルを支持する結果である。両眼視差を利用した両眼立体視には、特定の空間周波数を持つ映像信号が重要であると考えられ、三次元表示を行なうディスプレイデバイスや画像処理技術への応用が期待できる。最後に、本研究を総括し、まとめを記述した。

審査結果の要旨

1. 論文の評価

本論文は、視覚応答の時間的変化から、複数の空間周波数チャンネルを分離してそのメカニズムをモデル化することを目的としている。研究手法として非侵襲の心理物理学手法である時間的二刺激光法を用い、視覚系全体の時間特性を反映するインパルス応答関数を導出している。

研究の前半の成果として、(1) 単眼におけるさまざまな空間周波数をもつ輝度縞刺激を用いた輝度コントラスト変化実験の結果より、空間周波数に依存してインパルス応答関数の時間特性は変化し、異なる時間特性を持つ複数の空間周波数チャンネルが存在することを示した。(2) 色縞刺激を用いた実験により、色チャンネルにも異なる空間周波数チャンネルが存在することを示した。(3) 結果を総括的に説明するため、視覚系の空間周波数チャンネルが受容野構造から決定される可能性について検討し、単眼での受容野モデルを提案してその妥当性について検討した。

また研究の後半の成果として、(4) 時間的二刺激光法を応用した両眼呈示条件での輝度縞刺激による時間的足し合わせ実験を行い、その結果より、特定の輝度空間周波数チャンネルのみが両眼性の特性を持つ可能性があることを示した。(5) 同様に色縞刺激を用いた実験より、色チャンネルでは両眼性の空間周波数チャンネルが存在しないことを示した。(6) これらの結果より、両眼性の空間周波数チャンネルは輝度チャンネルにのみ存在し、特定の空間周波数帯域でのみ両眼間で時間的な干渉があることを示した。さらに本論文を総括した単眼および両眼でのモデルを構築した。

以上のように、複数の空間周波数チャンネルの分離を行うとともに、両眼視差を利用した両眼立体視には特定の空間周波数を持つ映像信号が重要であることをはじめて明らかにした。本論文成果は学術上の高い価値を持つとともに、三次元表示を行なうディスプレイデバイスや画像処理技術への応用が期待できる。よって審査員は本論文が博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認める。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月16日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	もりかわ だいち 森川 大智(高知県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第88号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	データ駆動型ネットワークプロセッサ DDNP のパケットフィルタリング機構 The Packet Filtering on Data-Driven Network Processor: DDNP
論文審査委員	(主査) 高知工科大学 教授 岩田 誠 高知工科大学 教授 島村 和典 高知工科大学 助教授 菊池 豊 高知工科大学 教授 西谷 隆夫 高知工科大学 教授 清水 明宏

論文内容の要旨

1. 序論

近年、ネットワークの伝送速度の劇的な向上と、携帯端末の性能向上に伴い、携帯端末を介したモバイル・コンピューティングが急激に普及している。さらに将来は、ユーザの周囲に偏在する、情報家電、携帯端末、センサー等の多くの小さく物理的に分配されたネットワーク接続可能な機器が相互に協調動作する。こうした小規模分散コンピューティングは、ユーザの移動に追従して、周辺環境に応じてダイナミックにネットワークを形成することでより能動的に実現される。このような将来のアクティブ、かつ、アダプティブなネットワーク形成においては、端末本体のネットワークストリーム処理能力がきわめて重要となる。さらに、サービスに応じて周辺環境に適切に処理を分散するための品質保証(Quality of Service: QoS)を効果的に実現する手法が必要である。現在のネットワークにおける QoS は帯域、遅延、ジッタ等のパラメタで決定される。加えて、アドホックネットワークのような局所的、かつ短期的なネットワークにおいては、そのネットワーク内でのセキュリティポリシーを長期的展望に基づいて中央集約的に制御できないため、各々の端末がリアルタイムに端末自身、およびネットワークの安全性、信頼性を保証する必要がある。そして、それらを行うためには、まず端末に流入/から流出するパケットから必要なパケットのみをフィルタリングし、QoS 実現のための処理を行うことが重要となる。そこで、本研究ではそれらを含めたものを広義の QoS とし、特に、

- ネットワーク QoS
- セキュア QoS

に着目し、それぞれの観点から、必要となるパケットフィルタリング機構について述べ、その実現方を示す。

2. データ駆動型ネットワークプロセッサ: DDNP

筆者の所属する研究室では、次世代のネットワークの要素として構成される端末類が通信情報を遅滞なく処理するための専用ネットワークプロセッサ(NPU)として、高速処理性能を有し、柔軟でプログラム可能なデータ駆動型ネットワークプロセッサ(DDNP)を提案している。本プロセッサが採用するデータ駆動型アーキテクチャは、データ駆動原理に基づいており、プロセッサ間の協調制御の必要がない。さらに、自己同期型パイプラインにより自然なパイプライン並列化が可能となるうえ、パイプライン段間の局所的な同期のみ行えばよいので、極少電力化も図れる。よって、高速パケット処理性能を柔軟に提供する NPU アーキテクチャとして期待できる。

本研究では、DDNP をコアとする組み込み型パーソナルゲートウェイを提案する。これは、端

末本体ではなく付随するネットワークインタフェースカード(NIC)に組み込んで動作させることで端末の処理資源の圧迫を防ぐことを目的としたものである。なぜならば、アドホックネットワーク環境下では、現行のネットワークにおける境界部分での専用ファイアウォールによるフィルタリングや、認証ネットワークといった特殊なセキュリティ装置を用いることは困難だからである。また、ソフトウェアによるセキュリティ機能の確保も考えられるが、同ネットワークで運用される端末の多くは、(a)安定した電源を供給できない、(b)計算に用いる処理資源が限られた、モバイル端末であると予想される。このような条件化で、端末本来の処理ではないソフトウェアベースのセキュリティ処理を行うことは厳しい、といった理由からである。

3. ネットワーク QoS におけるパケットフィルタリング

ネットワーク QoS の実現において、パケット分類はルーティングテーブルのルックアップをはじめ、DiffServ による QoS 制御やファイアウォールにおけるパケットフィルタリングなどの前段処理として中心的役割を担っており、ユーザの要求に応じて異なるサービスを提供するために欠かせない処理であり、非常に処理負荷が高く、高速化の鍵とされている。

本研究では、トランスポート層(レイヤ4)のパケット分類を、超高速パイプライン並列に実現するパイプライン並列パケット分類方式を提案した。本方式は、データ構造にメモリ参照回数が少なく、かつパイプライン並列化の容易な LC(Level Compress)-trie 木構造を用いることで、検索処理時のボトルネックとなるメモリアクセス遅延を隠蔽し、検索テーブルの各フィールドの照合処理を流れ作業的にパイプライン並列に順次実行することで、検索処理遅延を隠蔽する。そして、同方式におけるメモリ参照を中心とした木検索処理を行う複合命令を DDNP に導入することで検索処理の高速化を図った。さらに、自己同期型パイプラインにより構成され、必要なエミュレーション機能と性能を備えた DDNP 用評価ボードを用いて、同実現法の性能、および回路規模の評価を行った。その結果、既存のデータ駆動型プロセッサに対して 6%程度の回路拡張で約 12Mlookup/sec(IPv4)の性能を実現できることを示す。

4. セキュリティ QoS におけるパケットフィルタリング

急増するネットワークから、端末への不正アクセスや攻撃、あるいは、端末からネットワークへの意図しない情報の流出などを防ぎ、セキュア QoS を実現するためには、パケット分析、コンテンツ解析、ユーザ認証、暗号化などさまざまな手法を用いる必要がある。

本研究では、パイプライン並列パケット分類方式を用いた、レイヤ4パケットフィルタリング機構を組み込み型パーソナルゲートウェイ上で実現するための最適化手法について述べる。最適化手法として、端末に対して流入出するパケットストリームの特性を基にしたフィルタリングルールの事前評価を行い、ルールデータベースのサイズ縮退、ないし、フィルタリング性能の向上を図った。その結果、DDNP のプロセッサが保有するオンチップメモリにルールデータベース全体を格納することが可能となり、シングルプロセッサで約 4Mpacket/sec(IPv4+TCP)の性能を達成できることを提示する。

5. プロトタイプシステムの開発

本研究、および筆者の所属研究室の関連研究である、パイプライン並列パケット分類方式による静的フィルタリング、ないしデータ駆動型 SPI、コンテンツ・インスペクションなどの動的フィルタリングなどのフィルタリング機構を統合し、組み込み型パーソナルゲートウェイとして優れた性能を発揮することを実証的検証するために、各種評価機構を構築した。まず、機能検証のために、各フィルタリング機構に特化した新しい命令セット、メモリインタフェース、プロセッサ構成を仮想的に構築するシミュレータについて述べる。そして、実効性能を評価するために開発した、データ駆動型プロセッサ搭載し、実効的な IP パケットストリームを入出力可能なスタンドアロン評価ボードについて述べる。さらに、それらを用いた性能評価に関する考察を提示する。

6. まとめ

これまでの研究で、ネットワーク QoS、およびセキュア QoS の実現において必須であるパケット分類処理方式を提案した。そして、その性能を十分に発揮するための特徴命令を DDNP 上に実装し、性能評価した結果、有効であることを示した。その結果、将来のコピキタスネットワーク

におけるアドホックなネットワークトポロジにおいても柔軟に対応でき、小規模分散コンピューティングを実現し得ることを示す。

第1章序論では、本研究の目的、関連分野の研究現状、および、本研究の成果を概説する。

第2章では、本研究の基礎となるデータ駆動型ネットワークプロセッサ DDNP について示し、次世代の小規模分散コンピューティング環境において必須となりうる組み込み型パーソナルゲートウェイについて述べる。

第3章では、ネットワークプロトコル処理におけるレイヤ4パケットフィルタリングを行うパケット分類方式を示し、その特徴と実現法を述べる。

第4章では、セキュリティ保証のためのフィルタリング機能を示し、端末に対して流入出するパケットストリームの特性を事前評価することで、効率的なレイヤ4パケットフィルタリングを実現できることを示す。

第5章では、本研究で提案したフィルタリング機構を持つ組み込み型パーソナルゲートウェイが優れた性能を発揮することを実証的検証するための評価機構について述べる。

第6章では、本論文の結論、および今後の課題ならびに将来展望について述べる。

審査結果の要旨

1. 論文の評価

ネットワーク接続可能な機器の多様化によって、情報家電、携帯端末、センサー等のネットワーク機器がユーザの周辺環境に合わせて協調動作する小規模分散コンピューティングのニーズは高い。異なる機器が混合した環境において、それらを仮想化して分散したデータやアプリケーションを共有、利用するためのネットワークの問題を解決する基盤技術の研究・開発はきわめて重要である。

本論文では、次世代ネットワークにおける柔軟なプロトコル処理、通信品質保証制御、ユーザ認証、セキュリティ制御などを実現するネットワークプロセッサとして、省電力・並列処理性能に優れたセルフタイム型データ駆動型マルチプロセッサチップに着目して、その要素技術に関して検討している。具体的には、転送経路の選択、要求されたネットワーク品質を保証するための適切なデータ転送、およびセキュリティ確保のために必須の packets・フィルタリング技術を提案している。本研究の主な成果は次の通りである。

- (1) packets転送時に高処理負荷となるルーティングテーブルの検索を、パイプライン展開した LC-Trie 木構造により高速に実現する方式、ならびに、そのデータ駆動型マルチプロセッサによる実現のための複合命令回路を提案している（特許申請中）。
- (2) 上述の提案方式をさらに発展させて、Diffserv 等の通信品質保証における送受信トラヒックの種類を識別する packets 分類方式を提案している。
- (3) 将来のユビキタスネットワーク環境において主役となりうる小型携帯端末上でコンパクトに実装する方法を示し、これらが基本的な方式変更なしに十分応用可能であることも示した。
- (4) これらの提案方式を搭載したデータ駆動型ネットワークプロセッサを FPGA 上を用いて実現し、性能・回路規模を定量的に評価し、実証的な見地から、その有効性を明らかにしている。

以上のように、本論文は実証的な見地から、新しいパイプライン型フィルタリング機構を提案しており、得られた成果は、今後の情報通信技術の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月16日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	つじ たかすけ 辻 貴介(和歌山県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第89号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	一方向性変換関数応用認証方式 Authentication Schemes Using One-Way Functions
論文審査委員	(主査)高知工科大学 教授 清水 明宏 高知工科大学 教授 島村 和典 高知工科大学 教授 岩田 誠 高知工科大学 教授 西谷 隆夫 高知工科大学 教授 岡田 守

論文内容の要旨

インターネットやユビキタスネットワークが普及し、個人情報を扱うサービスが増加している。そのようなサービスにおいては、本人証明やアクセス制御が不可欠であり、認証技術が用いられている。認証方式では、パスワード情報の漏洩を防ぐため、生成情報からパスワードを算出することが極めて困難である一方向性変換関数を採用している。一方向性変換関数として、公開鍵暗号方式、共通鍵暗号方式やハッシュ関数が用いられており、認証技術も様々な方式が提案されている。特定の暗号アルゴリズムに依存した認証システムは、その暗号アルゴリズムの安全性が欠落すると、暗号システムのみならず認証システムを再構築する必要がある。また、認証方式を用いたサービスが多様化し、適用するシステムにより要求される仕様も異なる。これらのことから、特定の暗号アルゴリズムに依存しない汎用的な認証方式が望ましいといえる。本研究では、一方向性変換関数のある入力値から逆演算が困難な値を算出する関数として、認証方式の検討を行った。

ある入力値から逆演算が困難な値を算出する関数にハッシュ関数がある。ハッシュ関数を用いた認証方式の代表的なものに、S/Key ワンタイムパスワードシステムがある。このシステムでは、毎回異なるパスワードを用いて認証を行っているため、インターネットを介するパスワード情報を第三者に盗聴されたとしても再利用によるなりすましを防ぐことができる。しかし、S/Key は、認証情報として数千回一方向性変換した値を登録時に認証サーバに登録するため、二つの問題：一定回毎にパスワードの更新手続きが必要であること、一方向性変換関数の適用回数が多いといった問題がある。SAS (Simple And Secure password authentication protocol) は、認証時、今回認証情報と次回認証情報を生成し、認証毎に認証情報を入れ替えているため、S/Key のような再登録の必要がない。また、ある認証情報の使用期限は一度のため、多量に一方向性変換を行う必要がなく、処理負荷が低い。しかしながら、SAS は今回認証情報と次回認証情報を単純にマスクしていたため、通信データの再利用による攻撃手法が発見された。

本研究では、はじめに、通信データの再利用による攻撃手法について検討を行った。SAS に比べ強度が高く、SAS と同等の性能を有する OSPA (Optimal Strong Password Authentication protocol) に対し、通信データの組み合わせによる攻撃に成功した。SAS や OSPA は認証情報をマスクする際に排他的論理和演算を施す。排他的論理和演算は、ある値に二度同じ値を施すと元の値になるという性質がある。OSPA のような認証方式では、今回認証情報と次回認証情報を用いて通信データをマスクしており、次回認証時には、次回認証情報は今回認証情報として用いられる。通信データの組み合わせによる攻撃では、今回認証時の次回認証情報と、次回認証時の今回認証情報が等しいことに着目し、複数の通信データの排他的論理和を送信することで不正を行うことができる。また、パスワードなどの秘密裏に共有されている情報を知ることなく、なりすまし攻撃を行うことができる。さらに、上記組み合わせに限らず、共通の認証情報やデータを有する通信データの組み合わせにより、同様の攻撃が行える。

次に、通信データの再利用による攻撃を解決する SAS-2 (Simple And Secure password authentication protocol, version 2) を提案する。この方式では、排他的論理和演算される認証情報に対し、別の値を用いて複雑にする、例えば、加算することで、なりすましやサービス否認攻撃を防いでいる。ここで用いられる加算では、桁上がりが生じる場合があり、結果的に値が冗長化され、逆算を困難にしている。SAS-2 は、処理性能の低い装置への適用を見込み、従来の方式に比べ、一方向性変換回数を 40% 軽減している。SAS では、被認証者のみの認証を行っていたため、偽造サーバなどの脅威にさらされていた。SAS-2 では、認証者についても認証する、すなわち相互認証を行うことで、偽造サーバのような問題を解決している。また、SAS-2 には、通信データを生成する組み合わせが複数あり、認証強度の向上、システムの多様化が見込まれる。

インターネットの普及に伴い、ネットワークサービスも向上し、24 時間常時接続の認証サーバも増加している。また、一般ユーザにも、多少の知識があれば容易に認証サーバを構築することができ、高度管理者の存在しない認証サーバが大半を占めている。さらに、認証システムの多様化に伴い、管理が困難な認証機器が点在している。これらの認証機器は、格好の攻撃対象となり、クラッキングの脅威にさらされている。認証方式に対する攻撃として、認証機器からパスワードや認証情報を盗む攻撃 Stolen-verifier attack が提案された。認証サーバに保存されている認証情報を用いて通信データをマスクしている SAS-2 もこの攻撃により、なりすましが可能である。SAS-2 では、認証時に新たに生成するデータと認証サーバに保存している認証情報より通信情報を生成している。そのため、認証サーバに保存している認証情報を盗むことで、誰でも認証に必要な通信情報を生成できる。

Stolen-verifier attack を解決するために、まず、従来方式で採用されていた排他的論理和演算により通信データをマスクする手法とは異なる方式を検討した。2GR (Two-Gene Relation password authentication protocol) では、コアとなる演算を一方向性変換関数のみで構成した。従来の方式では、認証サーバに保存されている認証情報により通信情報をマスクして送受していた。そのため、認証情報が漏洩すると、マスクの効果がなくなり、安全性が欠落する。2GR では、認証サーバに保存する認証情報を、認証サーバに保存しているデータと被認証者の保有するデータより生成している。ゆえに、第三者は、認証サーバに保存されている認証情報を取得しても、被認証者の保有するデータを生成できない。2GR では、被認証者のみが生成しうるデータを認証時の必須とし、さらに、後の認証データとの関係を一方向性変換関数により築くことでなりすましの脅威を防いでいる。しかしながら、三回続けて通信情報を偽造されると、正規ユーザさえもサービスが受けられなくなるという課題を残した。

SAS や 2GR などの認証方式では、認証サーバに保存する認証情報は、被認証者毎に存在し、被認証者の数だけ保存する必要がある。そして、それらの認証情報を保存しているデータベースより、認証情報が漏洩する。Stolen-verifier attack を解決するために、認証情報を保存するデータベースとは異なり、さらに厳重に管理する領域に認証サーバの秘密鍵を保存し認証を行う方式が検討されている。2GR-2 (Two-Gene Relation password authentication protocol, second edition) では、厳重に管理されている認証サーバの秘密鍵を用いて送信データをマスクすることで、通信情報の偽造を困難にしている。また、通信情報に関する証明書をあわせて送付することにより、通信情報の偽造を検出することができる。

大規模なシステムにおける認証については、認証サーバの秘密鍵を用いた方式により解決することが可能であるが、例えば、一般ユーザが錠を管理する鍵開閉システムでは、2GR-2 のような認証方式では安全であるとはいえない。なぜなら、認証サーバに相当する装置が公的な場にあり、秘密鍵の管理が困難であり、第三者に秘密鍵を盗まれる可能性が高いからである。しかしながら、筆者は、この問題を解決する認証方式を、ハッシュ関数のような特性の一方向性変換関数のみでは生成し得ないと考えている。

そこで、ハッシュ関数と暗号方式を組み合わせた方式の検討を行った。認証サーバの秘密鍵を用いずに Stolen-verifier attack によるなりすまし問題を解決する方式として SAS-X (Simple And Secure password authentication protocol, eXtra-secure version) の検討を行った。SAS-2 では、今回認証情報で次回認証情報の関係をマスクしていたが、SAS-X では、今回認証情報の関係で次回認証情報をマスクしている。これにより、次回認証情報の元となるデータを送信する必要がなくなった。攻撃者は通信データより次回認証情報の元となるデータを生成できないため、認証サーバのデータのみでは、正規ユーザになりすますることができない。また、SAS-X では、今回認証情報の元となるデータを次回認証情報で暗号化したデータをあらかじめ認証サーバに登

録することで、通信データの偽造を検出することができる。もし、攻撃者が次回認証情報を改ざんした場合、認証サーバに保存されているデータを偽造された認証情報を用いて復号され、正しい値が算出されない。そのため、検証は成立せず、攻撃者の不正を検知することができる。

本研究では、一方向性変換関数を用いた認証方式について、汎用的な認証アルゴリズムを生成するため、ある入力値から逆演算が困難な値を算出する関数、ハッシュ関数をベースに認証方式の検討を行った。また、大規模な認証システムに適用を見越し、アルゴリズムの簡素化し、認証システムの多様化に伴う脅威の増加に耐えうるべく、安全性の強化を行った。

審査結果の要旨

1. 論文の評価

インターネットやユビキタスネットワークが普及し、個人情報を扱うサービスが増加している。そのようなサービスにおいては、認証技術が必要不可欠である。この認証技術は、公開鍵暗号方式、共通鍵暗号方式やハッシュ関数のような暗号方式が用いられている。特定の暗号アルゴリズムを応用した認証システムでは、その暗号アルゴリズムの安全性、性能に依存するため、汎用的な認証方式が望ましい。申請者は、上記全ての暗号方式に適用可能である、一方向性変換関数を応用した認証方式の検討を行った。

既存の認証方式に対し、通信情報を用いたさまざまな攻撃が考案されている。申請者は、いくつかの既存の方式に対し、通信情報を用いた攻撃に成功し、さらに、その解決方式の検討を行った。解決方式では、全ての通信情報を用いても、以降の認証に必要な情報を生成できない仕組みになっている。また、インターネット通信の多様化に伴い、攻撃技術も新たに提案され、認証者側に保存されている情報を用いて被認証者になりすます攻撃が考案された。申請者も、いくつかの既存の方式に対し、認証者側に保存されている情報を用いた攻撃に成功した。さらに、申請者は、認証者側に保存されている情報と被認証者が新たに送信する情報の関係をあらかじめ登録することで、この攻撃を解決する方式を提案した。

また、申請者は、関連研究成果として本論文 2 件、ショートノート 2 件、国際会議 3 件、国内研究会 21 件を発表し、学位を与えるにふさわしい。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成 18 年 1 月 11 日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5 名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成 18 年 2 月 16 日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成 18 年 2 月 22 日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	Saratchai Ongprasert (タイ)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第90号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	Passenger Behavior on Revenue Management Systems of Inter-city Transportation
論文審査委員	(主査) 高知工科大学 助教授 寺部 慎太郎 高知工科大学 教授 那須 清吾 高知工科大学 教授 高木 方隆 高知工科大学 教授 草柳 俊二 東京海洋大学 助教授 兵藤 哲朗

論文内容の要旨

Accurate demand forecasts are important to revenue management (RM). Low accuracy of demand forecast causes sub-optimal revenue results and inefficient demand management. However, accurate demand forecasts are difficult by many reasons, including passenger behavior, and the variation of demand by seasonality, day-of-week and time-of-day. The revenue management systems nowadays, in major airline companies, employ time series analysis, such as smoothing exponential, to forecast demand successfully. However, time series analysis methods cannot include passenger behavior problems in demand forecasts. For example, it cannot forecast when the passenger choice is affected by the change of air ticket contracts (including ticket price, mileage credit, and restrictions) of their own company or competitors.

The objective of this research is to develop the passenger demand forecast methods using passenger choice behavior, including passenger choice model, into real applications. This research shows the RM that can include competition in forecasting, including inter-city transportation competition between high-speed railways (HS-rail, or Shinkansen in Japanese) and airlines.

Moreover, we employ passenger behavior in RM in order to increase capability of RM.

The structure of this dissertation is arranged as follows. Chapter 1 is introduction. In chapter 2, we review the research fields of RM, from the past to present, including practical methods in airline industries.

Chapter 3, we introduce using passenger behavior in RM, and study how passenger tradeoff between discount rate and restrictions, including choosing mode of transportation.

Then, we make passenger choice model to forecast demand for 1 leg case.

In chapter 4, we show how applicable railway can employ RM without losing goodwill from passenger and society. In one leg multiple stops network problem, including high-speed rail (HS-rail) networks, some passengers may be rejected in order to optimize revenue. Therefore, in chapter 4, we prove that overall benefit is improved when high speed railways employ RM.

In Chapter 5, we use passenger behavior model to forecast the time that passenger purchase air ticket prior departure. Moreover, we simulate some situations that may persuade passenger to purchase ticket earlier.

Finally, chapter 6 is the conclusion of this research.

In chapter 2, we explore all research fields in RM. Forecasting is 1 of 4 major fields

in RM(The others are pricing, overbooking, seat inventory control.). In forecasting field, little research has been done on using passenger behavior on RM. A literature review explore the existing practical of forecasting, which is time series analysis, and the passenger behavior in RM theories.

In chapter 3, Random-utility models such as multi-nomial logit (MNL) model and nested logit model were employed to model passenger behavior in RM. The models are based on probabilistic model of individual passenger utility. Random-utility models were used for model and forecast passenger demand of transportation firm. Then, we made assumption that passenger should decide to choose ticket type mainly based on the tradeoff between discounts of ticket and restrictions(day prior departure, cancellation charge) of ticket contract. Then, we modeled of passenger ticket choice based on the assumption. 2 case studies were examined in this chapter. In case study 1, our model was tested for accuracy, correctness of passenger ticket choice model, with stated preference (SP) data with around 1000 samples for 3 origin-destinations (OD) of inter-city transit. Moreover, results of all OD showed that the ratios of discounts over restrictions of business trips are higher than the leisure trips. It means that passengers in leisure segment prefer to buy the cheaper ticket rather than the business segment that have higher uncertainty of ticket cancellation.

In case study 2, we simulated the competition situation between airlines and HS-rail. Nested logit model was used for passenger modeling. In this case study, nested logit model is more suitable than MNL model because the choices were grouped into 2 nests, the HS-rail ticket nest(containing reserved seat, non-reserved seat, and hypothetical discounted ticket) and air ticket nest(full fare ticket, advance purchase discounted ticket). The simulation results showed that market share of HS-rail increased when discounted ticket of was available. Some passengers in full fare class of HS-rail and some passengers of airlines switched to discounted ticket of HS-rail when it was available. The share of overall HS-rail increased as the discounted ticket became cheaper but the revenue of HS-railways did not always increase when the share of HS-railways increase. Finally, we can find the suitable price, advance purchase restriction, and cancellation charge which made HS-rail improved its revenue.

In the study of passenger ticket choice model, we reported the forecasting model to incorporate the demand response to discounted ticket. This research showed that passengers, who can expect future trip, did tradeoff between restriction terms (advance purchase and cancellation charge) and discount rate, which is also beneficial to customers who can purchase ticket in advance as consumer surplus in our model. As our goal is to increase the revenue of HS-rail, we can apply the model to find the suitable ticket price and restrictions that can improve revenue.

Setting ticket contract, including price, advance purchase prior, and cancellation charge, is important in revenue management. The application of this model is applicable not only for inter-city transit firm, but also for other perishable product industries. For example, in competitive market nowadays, passengers have advantages to compare discounted price of services, e.g. rental car, from the internet. If a firm cannot offer lower price as the competitors, because of operation cost, the firm may persuade customers by decrease its restriction terms as passengers consider restrictions as disutility, especially the passenger who has high risk of cancellation such as passenger in business segment. Nowadays, ticket purchasing from internet is popular. The RP data of passenger ticket choice behavior can be collected from their real purchase. Later, the firm can use the records of passenger ticket chair to adjust their ticket fare, advance purchase length and cancellation charge to maximize their revenue.

In chapter 4, we study how applicable to establish RM on HS-railway networks, which is not single leg problem as 1 flight of airline. Even though RM seems to be beneficial to railway company by improving revenue, the company are concerned about the loss of

passenger's goodwill to the company because seat allocation control (one of RM techniques) reject some OD passengers to accept other OD passengers in order to optimize overall revenue. This section proved whether seat allocation can improve not only overall revenue but also improve passenger load and rejection request.

In our simulations, we set 3 objective functions; passenger load maximization, revenue maximization and number of rejection minimization. The optimization in one objective may cause unwanted in other term, e.g. passenger load maximization may cause overall revenue decrease.

Moreover, we summarize the features of each objective function as follows;

(1) Passenger load maximization, the firm may appeal that the improvement of passenger load which means serviceability improvement in term of passenger-km, which is beneficial to passengers and system using.

(2) Revenue maximization, this objective is really beneficial to railway company but meaningless to passengers. Therefore, Railway Company may lose some goodwill from passengers if only this objective is employed.

(3) Number of rejection minimization, this objective should be beneficial to overall passengers. We found that seat allocation (a technique in RM) can improve not only revenue but also average passenger load factor and number of rejection, which is important to railways in order to get merit from society and passenger as many of railway companies are monopoly, e.g. in Japan and some other countries. Therefore, it is worth to do seat allocation in high-speed railways. However, in extreme cases, optimization causes 100% rejection in some O-D which is unfair to those passengers.

Therefore, the firm should provide minimum number of seats to specific O-D for social fairness reason.

The minimum number of seats can be decided by various policy of the firm, for example

(2) whether the substitute modes are available in that O-D,

(3) competitiveness in the route,

(4) proportion of passenger demand, and

(5) provide some proportion for first-come-first-serve and the rest for seat allocation.

Then, in chapter 5, we studied the behavior called "*prefer to delay purchase*" (PDP), which means passengers who delay their purchase until the deadline purchasing, or departure date.

This behavior is the cause of difficulty to airline industries. They have to take risk of showing demand, which come close to departure. We studied how to make PDP passengers to purchase air ticket earlier; moreover, we also study the causes of PDP.

We segmented passengers by 3 reasons

(1) PDP or not PDP, (2) online or offline passengers, (3) price sensitivity, and examined the relationships between them. The index of PDP is measured from the average length of purchase before departure.

We simulated from RP data whether a new advance purchase ticket, 3% discounts with 4 days advance purchase, could stimulate passengers to purchase ticket earlier. The simulation results of online and offline passengers showed that passengers -who buy ticket from 4 days before departure- increase around 13% in online passenger, while only 8% increase in offline passengers.

Therefore, discount strategy is more effective on online passengers than offline passengers.

Passenger behavior model is also applicable with advance purchase control as we found **that passengers tradeoff between length of disutility (advance purchase) and utility (discount). If airlines concerned about revenue decrease, they may substitute small discount rate (2 to 3%) to other kind of surplus, e.g. bonus mileage credit, which is less cost. Actually, reducing cancellation charge is surplus to passengers but it effects to revenue because it**

increase the probability of air ticket to be cancelled. Targeted information is helpful in advance purchase control. As in this study, online passenger is more price sensitive and PDP; therefore, promotion is effective to be announced to online passengers.

In conclusion, this research focused on using passenger behavior for forecasting in revenue management. We found that forecasting by using passenger behavior can improve the ability of traditional forecasting in revenue management, which mainly relies on time series analysis that has limited capability. In this research, we showed that forecasting by using passenger behavior can predict the share, revenue and time of purchase (how many days do passengers buy ticket prior departure) based on passenger choice model. Then, the firms can design the suitable price and restrictions combination of each ticket type.

Further study should be done on the effects information on online passenger behavior. Certainly, the more information is the more convenient for passengers, but it is not always good for the firm. Online information may lead to some behaviors. For example, ranking price may help passengers to search for the most cost effective choice and loss of product loyalty, and number of available seats may cause passenger delay ticket purchase. Pros and cons of each information type should be clarified in order to decide whether it should be shown on the firm's homepage or should be sent to targeted customer only.

審査結果の要旨

1. 論文の評価

本論文では、都市間高速鉄道の分野において、これまでは大部分を経験に依存していた割引運賃設定方法を、個人の選択行動に基軸をおいた理論に基づいて定式化し、調査データを用いて収益変化を予測する手法を開発した。また、様々な距離帯の旅客が存在する中での座席配分最適化の方法を、線形計画法を用いて定式化し、実際の旅客流動量を用いてその有効性を実証した。

前者においては、購入期限やキャンセル料といった要素を効用関数に取り入れた点で新規性があり、また後者においては、一般的に収益管理の分野で考えられている収益最大化のみならず、区間平均乗車率の最大化や予約謝絶率の最小化をも目的関数として考慮した点で新規性があるといえる。これらの点により、将来の社会基盤の運営方法を考える上での重要な示唆が得られたものといえる。

以上の内容を審査した結果、合格と判定する。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	C.Wattanalamlerd (タイ)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第91号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	Effect of Powder Admixture on Flowability of Fresh Mortar (自己充填コンクリートを用いたモルタルの流動性に及ぼす 混和材料の影響)
論文審査委員	(主査) 高知工科大学 助教授 大内 雅博 高知工科大学 教授 岡村 甫 高知工科大学 教授 島 弘 高知工科大学 教授 藤澤 伸光 高知工科大学 教授 平野 真

論文内容の要旨

This research concerns about the fresh properties of mortar. There are totally 6 chapters in this dissertation. The content of each chapter is shown as follows.

Chapter 1 concerns about the history of self compacting concrete, problems and reasons why this research has to be conducted, and the related previous researches. In order to solve the problems of lack of skill labors, self compacting concrete (SCC) was first established in 1995 by Prof. Hajime Okamura. Flowability of concrete mainly depends on flowability of mortar. The previous research that proposed the model to predict flowability of mortar using no superplasticizer is introduced in this chapter. Few years after prototype SCC, researchers found that flowability of mortar should be not only concerning about how far mortar can flow but also concerning about how fast it can flow. Then, the flowability chart, the chart that represents both relative flow area ($\cdot m$) and relative flow speed (R_m) simultaneously was proposed. It was used for cement-only mortar. Nowadays, concrete that using only cement powder and without using of superplasticizer can be found only in museum. So, the model for predict flowability of binary powder mortar with using superplasticizer becomes necessary.

Chapter 2 concerns about the fundamental of powder-superplasticizer interaction. Superplasticizer that used in concrete work recently is introduced. When superplasticizer is adsorbed on the surface of powder particle, it will cause the dispersion of powder particles which can be explained by electrostatic repulsion effect and steric hindrance effect. The unadsorbed superplasticizer also causes particle dispersion by depletion flocculation. The properties of naphthalene base superplasticizer, which mainly induces electrostatic repulsive effect, are compared to that of polycarboxylate base superplasticizer, which mainly disperses particles by steric hindrance effect. Polycarboxylate base superplasticizer which is the most proper superplasticizer for self compacting concrete, according to nowadays technology, is introduced more about the relationship of its molecular structure and its dispersing effect.

Chapter 3 considers about the methodology of this research, mortar testing method, introduction of convention model, and new proposed model. From the idea of flowability

chart, one flowability chart can represent the flow behavior of mortar which used one set of materials with varying in water-powder ratio and superplasticizer dosage. The basic idea is that: first, improve the conventional equations for flowability chart in order to consider more about physical meaning; then study the effect of powder on each parameter in those equations, then treated blended powder as another type of powder and again study its effect on each parameter; finally, the flowability chart of blended powder at any replacement ratio (V_{ad}/V_p) can be predicted. The flowability chart has $\cdot m$ as its x-axis and R_m as its y-axis and it also shows 2 sets of contour lines for water-powder ratio and superplasticizer dosage. Conventional equations are equations for each set of contour lines, one equation for contour of superplasticizer dosage and another one for water-powder ratio. The equations concern about superplasticizer dosage contour lines and water-powder ratio contour lines are explained in chapter 4 and chapter 5, respectively.

Chapter 4 explains about the effect of powder admixture to superplasticizer dosage and explanation of each parameter related to superplasticizer dosage. Adsorption and dispersion mechanism of superplasticizer is explained again in this chapter. Basically, superplasticizer attaches on the surface of cement particles, then it provides dispersing force to cement particles. In case of naphthalene and melamine sulfonates, when it is adsorbed to the surface of cement, it provides the electric charge which causes the dispersion between cement particles. In case of polycarboxylate-base, when it attaches to cement (at Ca^{2+} of cement), the oxygen atoms of the many ether bonds of the side chains and the water molecules form hydrogen bonds that spread the side chains out into water, which known as steric hindrance effect and this also causes cement dispersion. The main objective of this research is to study about effect from powder admixtures not the effect from superplasticizer. Therefore, polycarboxylate-base superplasticizer, which nowadays is the most effective superplasticizer for producing self compacting concrete, become the only one superplasticizer in used. According to the mechanism between superplasticizer and cement, powder admixtures are classified into 3 types: SP-reactive hydrate powder, SP-reactive powder, and SP-unreactive powder. SP-reactive hydrate powder means powder that reacts with superplasticizer and also creates hydration reaction: this group refers to all type of cement powder. SP-reactive powder means powder that can react with superplasticizer but can not hydrate with water: this group refers to powder which contained high volume of calcium content. SP-unreactive powder is referred to the powder that contained low amount of calcium, for example fly ash in Japan, due to its low calcium content there is no place for superplasticizer to adsorb, then the particle dispersion can not occur. The equation for relationship between superplasticizer dosage (V_{sp}/V_p) and particle dispersion factor ($\cdot m/R_m$) is developed and explained in chapter. Superplasticizer dosage (V_{sp}/V_p) is the function of base flow factor (\cdot), powder-SP reactive factor (D), and particle interaction factor (C). Base flow factor is the particle dispersion factor ($\cdot m/R_m$) of non SP-mortar. It represents the basic flow behavior that causes from the physical characteristic of the solid (both powder and aggregate) in mortar. The value of base flow factor of the blended powder mortar has linear relationship with the admixture replacement ratio (V_{ad}/V_p) because the physical characteristics of powder gradually change according to the replaced amount of powder. Powder-SP reactive factor (D) represents how reactive for considered powder to adsorb superplasticizer and produces particle dispersion. Powder-SP reactive factor (D) is a constant value for a pair of powder and type of superplasticizer, so if type of superplasticizer is changed from the one used in this research the value of powder-SP reactive factor (D) should be changed, too. Powder-SP reactive factor (D) of blended powder depends on those 3 types of powder (SP-reactive hydrate powder, SP-reactive powder, and SP-unreactive powder) that just explained above. Powder-SP reactive factor (D) of blended between cement and SP-reactive hydrate powder, i.e. ordinary Portland cement and low heat Portland cement, has linear

relationship with replacement ratio (V_{ad}/V_p) because both of them can react with SP and provides the same mechanism of particle dispersion. For SP-reactive powder, i.e. limestone powder, it also provides the linear relationship with replacement ratio (V_{ad}/V_p) because SP-reactive powder also can cause particle dispersion when combine with superplasticizer but it is just different in degree of reactivity. For SP-unreactive powder, i.e. low calcium fly ash, showed that it almost completely doesn't react to superplasticizer, then the blended powder of it and cement shows that this time powder-SP reactive factor (D) does not change with increasing of replacement ratio (V_{ad}/V_p) any more. Powder-SP reactive factor (D) mainly depends on powder-SP reactive factor (D) of cement in used. This result looks quite similar to the case of comparison between 2 sets of mortar that have all material characteristic same except fineness of sand. This means that SP-unreactive powder may be possible to be considered as a kind of fine aggregate. Next, particle interaction factor (C) of each powder is considered. Mortar that has larger value of particle interaction factor (C) seems to be easier to increase particle-dispersion factor ($\cdot m/R_m$) or uses lower amount of superplasticizer dosage in order to increase the dispersion. The blended powder between cement and SP-reactive hydrate powder, mix between 2 types of cement, shows the tendency that particle interaction factor (C) has linear relationship with replacement ratio (V_{ad}/V_p). The blended between cement and SP-reactive hydrate powder has all 3 SP-related parameters (base flow factor (\cdot), powder-SP reactive factor (D), and particle interaction factor (C)) between that of its 2 original powder and has linear relationship with replacement ratio (V_{ad}/V_p). This means that with mixing 2 types of cement the result powder is able to be treated as another type of cement which has all physical and chemical properties align between its 2 original cements. The blended powder between cement and SP-reactive powder shows that it has larger value of particle interaction factor (C) than its own original. This means the blended powder mortar required lower amount of superplasticizer dosage to disperse the particle. The blended powder between cement and SP-unreactive powder also shows that it has larger value of particle interaction factor (C) than its own original. Next, the effect of sand on each parameter is considered. When sand is increased in fineness modulus (sand size increase): base flow factor (\cdot) reduced which means the particle dispersion of mortar is reduced; powder-SP reactive factor (D) is not changed because sand has nothing to do with the reaction between powder-superplasticizer; and particle interaction factor (C) decreases, which means mortar required more dosage of superplasticizer to increase its flowability. The effect of time on each of 3 SP-related parameters also has been studied in this chapter. Base flow factor ($\cdot \cdot \cdot$ which is the ratio between $\cdot m$ and R_m , is not change with time. As the time passed, the hydration reaction occurs in mortar. The water is gradually consumed and hydration product is gradually increased that result in reducing of both of $\cdot m$ and R_m . It seem like both $\cdot m$ and R_m have been reduced in the same rate, so base flow factor ($\cdot \cdot \cdot$) does not change. Powder-SP reactive factor (D) also shows no change with time. For particle interaction factor (C), due to hydration reaction the hydration product occurs and cement particle is changed in its physical properties, this causes the changing in C value. The rate of changing of particle interaction factor (C) of each type of cement depends on rate of hydration reaction of that cement.

Chapter 5 concerns about the effect of powder admixture to amount of water-powder ratio and detail for each parameter related to water-powder ratio. Softness factor (A) which represents the degree of water-like of mortar has linear relationship with water-powder ratio (V_w/V_p). The relationship between water-powder ratio (V_w/V_p) and softness factor (A) of none sp-mortar and sp-mortar have to be separately considered, due to the different in mechanism for mortar to flow. Water-powder ratio (V_w/V_p), when softness factor (A) equals to zero, of none sp-mortar and sp-mortar are defined as the minimum required water (B_w0) and minimum required liquid (B_w), respectively. Water-powder ratio (V_w/V_p) of

sp-mortar also includes the amount of superplasticizer as one part of water. The amount of water-powder ratio (V_w/V_p) that required for increasing a unit of softness factor (A) of none sp-mortar and sp-mortar are defined as unit required water (E_w0) and critical unit required water (E_w), respectively. When superplasticizer is used, mortar changes its minimum required amount of water from B_w0 to be B_w . Moreover, the degree of water reducing depends on the degree of powder-SP reactivity. All blended powders between cement and SP-reactive hydrate powder, cement and SP-reactive powder, cement and SP-unreactive powder shows the same result that minimum required water (B_w0) has linear relationship with replacement ratio (V_{ad}/V_p). The blended powder of cement and SP-reactive hydrate powder mortar still has linear relationship between minimum required liquid (B_w) and its replacement ratio. The same result was observed in case of cement and SP-reactive powder mortar, too. The blended powder of cement and SP-unreactive powder mortar has lower value of (B_w) than the interpolation value (B_w). This can be explained that when fly ash is used the ball bearing effect occurs and causes reducing in minimum required water. Unit required water (E_w0) also has linear relationship with replacement ratio (V_{ad}/V_p) same as case of minimum required water (B_w0).

Chapter 6 is just the conclusion of the whole research.

審査結果の要旨

1. 論文の評価

フレッシュコンクリートの流動性を支配するフレッシュモルタルの流動性に、混和材料として使用したセメント以外の粉体が及ぼす影響について研究した論文である。高性能 AE 減水剤や水がフレッシュモルタルの流動性に及ぼす観点で従来から粉体としてセメントのみを用いたモルタルについて行われていた研究を、セメント以外の粉体や、それらとセメントとの混合粉体を使用したフレッシュモルタルの流動性に拡張した研究と位置づけられる。

本論文では、フレッシュモルタルに使用する粉体を、高性能 AE 減水剤吸着の有無および分散作用の効率および水和生成物による分散作用阻害作用の観点から「セメント系分散粉体」「非セメント系分散粉体」および「非分散粉体」の三種類に区分し、これら全てを包含することが可能となるように、高性能 AE 減水剤添加量と分散効果の関係を定式化した。そして、この式を使用し、セメントにそれぞれの粉体を混合した際の分散作用への影響の違いを明らかにした。「非セメント系分散粉体」を混和材料として使用した場合、分散阻害作用は両者の混合割合の線形和であることを見出し、分散効率についてはそれぞれの粉体への競合吸着に支配されることを示した。また、「非分散粉体」には高性能 AE 減水剤が吸着しないため、セメントに混合した場合には添加した高性能 AE 減水剤の全量がセメントの分散に用いられ、セメント単体よりも高い分散効果を得ることを明らかにした。

一方、混合粉体のフレッシュモルタルにおける水の流動作用については、従来の水粉体比と流動作用との定式をそのまま使用した。単一粉体の特性値の、混合割合に応じた線形和が混合粉体に対する水の流動作用となることを見出した。

以上、本論文は、特性の異なる二種類の粉体材料が共存していることによるフレッシュモルタルの流動性に及ぼす影響を、高性能 AE 減水剤の分散作用および水による流動効果の観点から定量化することを可能にした。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成18年1月11日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成18年2月17日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成18年2月22日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。

氏名(本籍)	まつの としのぶ 松野 年伸(広島県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第92号
学位授与年月日	平成18年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項
研究科・専攻名	工学研究科・基盤工学専攻
学位論文題目	化合物半導体事業におけるイノベーション過程の考察 STUDY OF INOVATION PROCESS IN COMPOUND SEMICONDUCTOR BUSINESS
論文審査委員	(主査)高知工科大学 教授 加納 剛太 高知工科大学 教授 山本 哲也 高知工科大学 教授 富沢 治 高知工科大学 客員教授 濱口 智尋 高知工科大学 教授 平野 真

論文内容の要旨

本論文は、筆者が松下電器産業(株)にて研究開発に従事してきた化合物半導体デバイス事業に関するものである。研究開発の初期の段階から、事業化、今日の情報通信社会を支えるキーデバイスへと発展する過程においてどのような形でイノベーションが行われてきたか松下電器産業における化合物半導体事業をモデルケースに研究を行ったものである。論文は大きく分けて以下より構成される。

1. 化合物半導体の発展過程と今日の社会に与えたインパクトについて検証。(第2章)
2. 化合物半導体技術における結晶成長技術の開発(第3章)
3. 経営的観点からのイノベーション過程の考察(第4章)

第1章 緒言

半導体産業は今日の情報通信社会やマルチメディア社会を支える産業として今や無くてはならない存在である。半導体の分野を材料の観点から分類すると、大きく2つに分類される。1つはメモリ、マイコンや大規模集積回路(LSI)に代表されるシリコン(Si)系の半導体である。もうひとつは半導体レーザや携帯電話や衛星放送などの超高周波の無線回路に用いられている砒化ガリウム(GaAs)に代表される化合物半導体である。

化合物半導体の市場はSi半導体の市場と比較すると1/10程度であるが、マルチメディア分野や無線通信分野においてSi半導体と車輪の両輪の役割として不可欠な存在にまで発展してきた。

第2章 化合物半導体の発展過程と社会的インパクト

半導体レーザの実現により、光情報記録を可能とし、大容量の動画記録により、マルチメディアの発展に大きく寄与した。また通信用のレーザや受光素子の開発によりインターネットが大きく普及し、化合物半導体FETの開発により、携帯電話も今や国民の7割が所有しており、生活やビジネスに欠くことのできない存在になっている。衛星放送は情報の国境をなくし、東欧社会に変革をもたらす1つの要因になったと考えられている。

1. 経済的効果：応用機器、サービスの実現による新たな産業の創出と拡大
2. 政治的効果：情報通信インフラの発達への寄与、情報のボーダーレス化
3. 社会的効果：人々の生活に変革

第3章 化合物半導体を事例とした新事業への基礎技術開発

3-1 化合物半導体結晶の作製技術開発

本章では化合物半導体デバイスにおいてキーテクノロジーである結晶成長技術の研究開発、特に電子デバイス応用目的とした技術について述べる。

3.1.1 AlGaAs/InGaAs HEMT 構造

AlGaAs/GaAs 接合を用いた HEMT (High Electron Mobility Transistor) の発明により、電子の走行速度の向上や、電流駆動能力の向上により、高周波性能が大きく向上し、応用分野が広がった。さらに性能向上を図ることが可能な AlGaAs/InGaAs 歪層ヘテロ構造が提唱された。しかしながら AlGaAs と InGaAs とは結晶の格子定数が異なるため、結晶の歪を制御し、良好なヘテロ接合を作製するための、結晶成長技術が必要となる。ここではシングルヘテロ及びダブルヘテロ接合 AlGaAs/InGaAs FET 構造について結晶歪が電気的特性に与える影響の違いについて明らかにした。

3.1.2 格子緩和 InAlAs/InGaAs ヘテロ接合 FET 構造

InGaAs 歪ヘテロ接合 FET 構造では InGaAs チャンネルの In の組成を大きくすることで電子の飽和速度の向上、および電子濃度のが向上が期待できる。同時に物理的な格子歪も大きくなり、臨界点を超えると結晶が緩和し、逆に特性が劣化する。この問題を解決する手段として、膜厚と共に一定の変化量で In 組成が増加するグレーディッドバッファ層を用いた格子緩和技術により、任意の In 組成の格子緩和高品質の InAlAs/InGaAs ヘテロ接合 FET 構造を実現した。

InAlAs/InGaAs ヘテロ接合 FET 構造において格子歪構造と格子緩和構造について格子歪の観点から解析を行い、その電気的特性の違いについて解析を行った。

3-2 デバイスへの応用

(1) 高周波ヘテロ接合トランジスタ

AlGaAs/InGaAs HEMT 構造は電子速度が大きく、電子濃度が高いことから、FET の微細化により、高い遮断周波数、超高周波帯での低雑音特性が期待される。またダブルヘテロ構造によりさらに、電子濃度を向上させることにより、高周波のパワー増幅器やスイッチへの応用が可能となる。ゲート長 $0.25\ \mu\text{m}$ の AlGaAs/InGaAs HEMT を試作し、衛星放送で用いられる $12\ \text{GHz}$ で $\text{NF} = 0.54\ \text{dB}$ の超低雑音特性を実現した。

(2) 高周波 SiGe パワーヘテロバイポーラトランジスタ (HBT)

近年、Si 系デバイスの技術の向上により、高周波性能の向上が著しく、SiGe のトランジスタの実現により、化合物半導体との応用ターゲットがオーバーラップする領域が拡大した。小信号応用分野については集積化が可能であるというメリットから、携帯電話や無線 LAN の無線部への実用化が進んでいる。しかしながら、高周波パワー応用については、Si/SiGe の材料に起因する高周波性能と耐圧とのトレードオフという課題が存在する。SiGe HBT 構造において、コレクタ層の不純物濃度と膜厚を最適化により、耐圧を向上させ、その高周波パワー応用について可能性を検証した。さらに多段構成の増幅器について、前段と後段の増幅器にコレクタ構造を変えた耐圧の異なるトランジスタを用いることで、耐圧と高周波特性の向上が可能であり、マイクロ波領域での高出力デバイスとしての可能性を示した。

第4章 イノベーション過程の考察

松下電器における化合物半導体事業をモデルに、化合物半導体の開発初期段階から、事業化、今日の発展に至るまでのビジネス戦略や事業化に至る過程をいくつかの事例で検証した。松下において化合物半導体の研究開発は 1960 年代に始まったが、黎明期においては技術の成熟度が低く、アプリケーションに応用できる段階には至ってなかった。半導体レーザでは用途は明確にあったが、室温での連続発振、信頼性を実用レベルまで高めるのには長い時間を必要とした。一方、電子デバイスは高周波性能は高いものの、レーザとは逆にコストが高く、化合物半導体で

なくてはならないという応用分野にまだ目処がなかった。そのような状況から始まって、技術のデスバレーに陥ることなく、生き残り、事業として発展を成し遂げ、情報通信、マルチメディア社会を支える産業にまで発展するまでの過程で、その転機について考察する。

1. TVチューナー用 GaAs FET

他社は化合物半導体トランジスタで予想される超高周波性能でのポテンシャルから、将来、サービスが予定されている SHF 帯(2-30GHz)の衛星放送用の低雑音受信アンブへの応用を目指したデバイス開発を行っていた。しかし、高周波波化のための超微細加工技術も必要であり、サービスが開始され、事業として立ち上がるまでの期間、企業として利益を生み出せない。そこで、他社が着目せず、その時点での微細加工技術で性能的にメリットの出る UHF 帯のテレビチューナーへの応用、事業化を行った。ニッチであってもビジネスに早期に展開し、継続しつつ、将来の大きな市場を目指し、技術の向上を図っていった。

2. レーザホログラムユニット

光ディスクの読み出しや書き込みには半導体レーザが用いられている。レーザ事業の初期に、レーザ単体では事業としての採算が取れないが、ホログラムユニット(=モジュール化)とすることにより、付加価値を付与し、単価が高くても売れる利益率の高い商品を実現する事業戦略により、事業拡大を実現した。

3. 携帯電話用 GaAs デバイス

NTTの主導により、電機メーカーに携帯電話用セットの委託開発がスタートした。開発段階からセット、部品、企画、研究所、製造、マーケティングの関連各部門が集結、全社プロジェクト体制のもと垂直的立ち上げを果たした。電池の技術、化合物半導体の低消費電力、高周波性能及び設計技術等により低消費電力を実現し、携帯電話の普及にも牽引され、化合物半導体事業が大きく伸びる契機となった。そのアプリケーションで最も求められるものを実現し、他社の性能を上回ること競争の少ない段階で市場を確保し、利益を出すことが出来た。インフラがデバイス開発に

大きく影響した事例の一つでもある。

4. デジタル IC

化合物半導体デバイスの初期、材料及びヘテロ接合による高性能化、多機能化が可能なことから、Siのロジック、メモリ、マイコン、LSI等のデジタル分野等も化合物半導体デバイスで置き換わるという議論が業界でも交わされた。GaAs FETを用いたS-RAMやロジックICの研究開発を行ったが、最終的には、化合物半導体トランジスタは集積化が困難であることやSiデバイス分野の技術革新が予想以上に著しいことから、一部の用途を除いて、事業化には至らなかった。

しかしながら、Siとの棲み分けが図られ、化合物半導体は光、及び超高速、超高周波の分野へと発展していった。

5. SiGe HBT

携帯電話の高周波受信部にはGaAsのICが用いられてきたが、Si系デバイスの性能向上により、SiGe HBTへの置き換えが可能となった。化合物事業としての市場は減少したが、企業全体としては、高周波応用分野で最適な選択により利益を出せるという点でメリットは大きい。それにより、化合物半導体はさらに高速、高周波性能が必要な分野へと棲み分けが図られてきた。応用機器、システムによって最適なデバイスソリューションを提供する方向に変化してきている。

第5章 結言

化合物半導体におけるイノベーションの過程について考察を行った。化合物半導体の実用化により、社会変革をもたらし、大きな経済波及効果も生み出してきた。今後もユビキタス社会の実現に向けて情報通信、マルチメディア技術を支える化合物半導体は、より重要な役割を果たすことが予想される。本研究を通じて、化合物半導体ビジネスを継続的に発展させるためには以下の観点が必要であると結論づける。

- ・化合物半導体のみでなく、Si デバイスも含め、高周波、セットの観点でベストソリューションを提供。化合物半導体でなくては実現困難な用途に特化した開発を行う。
- ・セットやシステムの高機能化に伴い、Si LSI 制御等技術との融合による、新機能を有するソリューションを提供する。

今後のイノベーションの可能性

- 1．原子の組み合わせによる新たな物性を用いた新しいデバイスの開発
- 2．化合物半導体を用いることによるのみ実現可能な新しいシステム、応用の模索
- 3．新テクノロジー（MEMS、マイクロマシン等）との融合による高付加価値化

審査結果の要旨

1. 論文の評価

インターネット、衛星放送、携帯電話、光情報記録など 20 世紀の IT インフラの構築には光通信に用いられる半導体レーザや無線通信における超高周波動作を実現するトランジスタに用いられる化合物半導体の存在なくしては有り得なかった。本研究では、その化合物半導体をテーマとして取り上げ、化合物半導体が基礎研究、開発研究の過程を経て事業化に結びつくまでに実現したイノベーションを社会、技術、ビジネスという 3 つのカテゴリーに分類して捉えた。本論文は内容的に大きく 2 編で構成されており、1 編はイノベーションの源泉であり、キーテクノロジーである化合物半導体のヘテロ接合の形成に関する基礎的研究についてその研究成果についてまとめたものである。第 2 編は松下電器における化合物半導体の事業化の事例を用いてイノベーションの過程について経営学的な考察を行ったものである。まず、第 1 編では以下の 3 点について基礎的な研究を行った。InGaAs をチャンネル層に用いたヘテロ接合トランジスタにおける結晶の格子歪がその電気的特性に与える影響について解析し、実用化に対して重要な知見を得た。新しい格子緩和型ヘテロ構造を実現し、歪が電気的特性に与える影響を実験的に比較、理論的に考察すると共にトランジスタの高性能化の可能性を示した。SiGe HBT の高周波パワー応用に関して、耐圧の向上と高周波特性に関する研究を行い、次世代に向けた高周波パワーアンプの実現の可能性を示した。第 2 編の事例研究では、異なる原子を結合させることで新たな物性が発現する化合物半導体が本質的に有する、多様性そのものが新たなイノベーションをもたらす一つの要因であり、また、化合物半導体という一つの共通のプラットフォーム（技術、組織）において、そこにかかわる研究者や、技術分野など異なる文化の接触がトリガーとなり、異なる文化に属する技術の融合によりイノベーションに結びついているというメカニズムを提唱している。すなわち、技術におけるイノベーションが、技術自体の多様性とさらに異なる文化の融合により、新たな価値創造に発展し、イノベーションが生まれる。さらに技術におけるイノベーションの芽をデスバレイ（死の谷）に向かわせることなく技術におけるイノベーション（シーズ）と社会的なイノベーション（ニーズ）を結びつけ、経済発展をもたらすにはその間を結びつける、ビジネスにおけるイノベーション（戦略）が非常に重要な役割を果たすことも明らかにされた。本論文のモデルは、新たな技術により新たなビジネスが生まれていき、世の中に変革をもたらすイノベーションの過程として普遍性を有するものとして考察がなされている。このモデルは、今後の次世代の技術が生み出すイノベーションを考える時のビジネスモデルの基本になるものとして評価することができる。以上、2 編にわたり構成された本論文は博士論文として必要な要件を満たしているものと判断する。

2. 審査の経過と結果

- (1) 平成 18 年 1 月 11 日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5 名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成 18 年 2 月 17 日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成 18 年 2 月 22 日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、大学運営委員会で承認された。