

卒業研究報告

題 目

JAVA を使った

グラフィックパターンの

e ラーニングシステムの調査と試作例

指 導 教 員

畠中 兼司

高村 禎二

報 告 者

渡邊 知史

平成 14 年 2 月 7 日

高知工科大学 電子・光システム工学科

目 次

1. はじめに	3
1-1 eラーニングシステムの普及とその背景	3
1-2 本研究の目的	3
1-3 本論文の構成	4
2. eラーニングについて	4
2-1 eラーニングとは	4
2-2 eラーニングのメリットとデメリット	6
2-3 期待されるeラーニングシステム	7
2-4 eラーニングシステムの事例	14
2-5 eラーニングの今後の展望	18
3. Java を使ったグラフィックパターンのeラーニング	19
3-1 Java 言語とは	19
3-2 グラフィックパターンのeラーニングの必要性	21
3-3 グラフィックパターンのプログラム例	22
4. おわりに	33
謝辞	34
参考文献	35

1. はじめに

1-1 e ラーニングシステムの普及とその背景

2000 年に行われた A S T D (American Society for Training & Development = 米国訓練開発協会) 国際会議以来、e ラーニングシステムという言葉をよく耳にするようになった。e ラーニングはアメリカでは既に大きなビジネスへ発展している。アメリカで e ラーニングが普及したのは国土が広大なために教育の通信化が求められ、通信教育が自然に生活の中にあったことや、早い時期からインフラ整備などを行い IT 技術者の育成にも積極的だったことがあげられる。これに対し日本では、近年ようやくインフラの整備や教育の情報化をはじめたばかりである。しかし、e ラーニングは急速に普及してきている。これは、欧米の成功を受けて多くの教育関係者が e ラーニングの有効性と必要性を確認し、日本の教育に関する問題を解決する手段として e ラーニングに注目しているためである。

日本の企業でも社内教育等を中心に普及してきており、企業教育担当者や学校関係者に、新しい形態の学習法として注目を浴びている。そして、ビジネスの面から見ても 2003 年の日本の e ラーニング市場規模は現在の約 5 倍の 2500 億円になると言われ、大きく期待されている。しかし、この予想を実現するためにはサービスの提供側と利用側が様々な普及への課題を乗り越えることで市場を拡大していかなければならず、課題が乗り越えられなければ市場は花開かずに終わってしまうことも考えられる[1]。

現在、社員数の多い企業などが e ラーニングを取り入れて大幅なコスト削減など大きな成果をあげている。これに伴い、企業に e ラーニングサービスを提供するベンチャー企業も多く誕生してきている。日本の国としても教育の情報化などの政策を打ち出しており、今後日本は小中高等教育で e ラーニングが多く入り込んでくることになる。e ラーニングシステムに関する企業や大学の事例研究やセミナー情報などを Web データベース化した日本語版 e ラーニング活用サイトなども登場している。

一般ユーザー向け e ラーニングコンテンツの中で最も多いのが、IT 関連や各種資格取得に関するものであり技術等のスキルアップに e ラーニングシステムが多用されてきていることがわかる。

1-2 本研究の目的

日本における e ラーニングの現状と実際にどのように e ラーニングが使われているかを調査した上で、人の手では描くことが困難でありコンピュータ等を使わなくてはならないグラフィックパターンを生成する仕組みをどこにいてもインターネットを通じてブラウザを操作しながら学習していけるように自動化し、同時に

Java 言語を学習していく e ラーニングシステムを試作することである。さらに、理数離れが進む現代で、数学を視覚的に捉えることでグラフィックパターン図形がどのような関数で描かれているのかに興味を持ち、数学の理解を深める手助けになればと考える。

1-3 本論文の構成

本論文では 2 章で e ラーニングシステムの現状を調査して、技術教育分野で e ラーニングシステムが実用的に利用されていることを示す。また、3 章では「Java を使ったグラフィックパターンの生成」という新しい分野でも e ラーニングが有効であることを示していく。最後に 4 章で e ラーニングと Java を使ったグラフィックパターンの e ラーニングシステムのまとめを示す。

2. e ラーニングについて

2-1. e ラーニングとは

「e ラーニング」というシステムが急速に普及したのは、2000 年 5 月 21 日～5 月 25 日の間、米国テキサス州ダラスの Dallas Convention Center で開催された ASTD (American Society for Training & Development＝米国訓練開発協会)国際会議にて、「e ラーニング」という言葉が取り上げられてからである。それから僅かな間に、日本でも e ラーニングに関する書籍が何冊も出版され、2001 年には日本で「e-Learning Forum 2001」が開催されるなど、e ラーニングの波が押し寄せている。特に、企業教育担当者や学校関係者に、新しい形態の学習法として取分け大きく注目を浴びている。

e ラーニングとは、「明確な学習目的のために、エレクトロニクス技術によって、運ばれ、可能とされ、伝達されるあらゆるものである。」[7]と定義され、インターネットやイントラネットを利用した Web による学習方式の WBT(Web-Based Training)や CD-ROM などのメディアでパソコンを利用した学習方式の CBT(Computer-Based Training)などの種類がある。

インターネットや書籍で e ラーニングとして紹介されるほとんどのものが WBT であり「e ラーニング=WBT」という認識を持つ人が多い。

一般的に、WBT の仕組みは次のようになっている。

- ① 講師はあらかじめ、開発した教材を Web 上に掲載しておく。
- ② 学習者は Web にアクセスして教材の指示に従って学習する。
- ③ 教材の途中では問題が用意されており、学習者はこれに解答し、答えを e メールなどでセンターに送信する。
- ④ センターの側では、これをサーバで蓄積し、講師が採点して返送する。
- ⑤ 講師への質問は e メールで行う。講師から学習者へのレポートの課題も e メール

ルで送られる。

このように、WBT では個別学習が主体だが双方向性が確保されており、学習者同士や講師とのコミュニケーションが可能であるなど e ラーニングの特徴を多く含んでいる[1]。しかし、既存の WBT コンテンツの中には、単純にページをめくっていくだけのものも多く、WBT の特徴を活かしたコンテンツの登場が期待される。

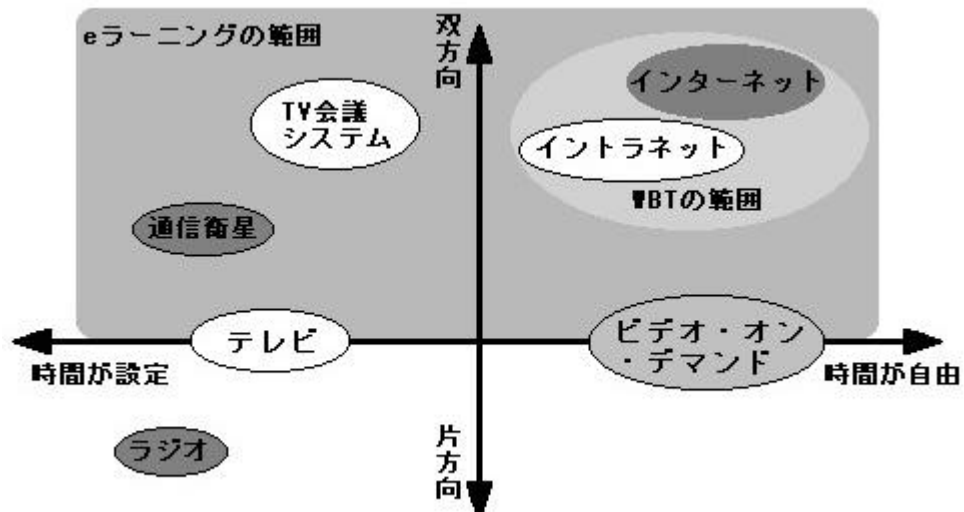


図 1：e ラーニングと WBT の位置付け[6]

e ラーニングシステムの利用手段としてはインターネットや衛星通信など IT 全般を積極的に活用して学習する WBT が主体になる。そして、e ラーニングは、従来の集合教育がもつ時間や場所といった物理的制約や会場、移動といったコスト要因を解消できるという意味で、教育手法全般に大きな変化をもたらす可能性を秘めているシステムである。

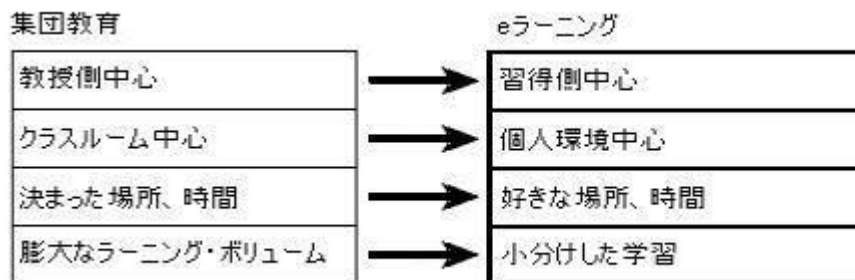


図 2：集団教育と e ラーニングの比較

2-2. e ラーニングのメリットとデメリット

本節では具体的な事例を挙げながら e ラーニングシステムのメリットとデメリットを指摘していく。

最近、日本でも e ラーニングシステムを社員教育に利用する企業が増えてきている。先に e ラーニングを取り入れたアメリカの企業が大幅な教育コスト削減に成功している事例を受けてのものだ。その例としては、技術進歩が速く効率的な教育が求められるフィールドセールス要員のトレーニングに e ラーニングを導入したことにより、教育コストを 50% 近く削減し、同時にセールス要員の本来のミッションである顧客への対応時間を増やすことができた事などを挙げることができる。この他にも欧米の多くの企業が e ラーニングシステムを取り入れ、教育コスト削減に成功している[10]。

「e ラーニング」がこれほどの注目を集めるのは、従来の教育システムに対して e ラーニングシステムには、

- ・ 学習者が、学ぶ時間や場所を自分の好きなように選べること。
- ・ 交通費や宿泊費など、教育研修にかかる費用を削減できること。
- ・ マルチメディアを使用して学習効果を高められること。
- ・ 最新の情報で学習することができること。

などのメリットがあるためである。

しかしながら次のような問題点もある。

- ・ 通信速度や対応ソフトなどコンピュータ利用環境の違い。
- ・ 人間同士のコミュニケーションの欠如。
- ・ 通信料や利用料などのコスト

などがあり、そして実際に e ラーニングシステムを導入した企業の声としては「新しいハードやソフトを導入して始めたが、初期コストがずいぶんかかった割には、社員からは『使いにくい』と評判が良くない」「研修コンテンツを外注したら、びっくりするほど高かったのに、外注先は我々の業界を知らないため、こちら側の作業が大変だった」などの不満がある。

また、MBA(Master of Business Administration)や IT 関連など資格の取得のために、個人で利用する人の中にも、「e ラーニング教材は思ったより画一的で、学習効果が上がらない」「インターネットを使って学習していたが、通信速度が遅いし、途中でパソコンがフリーズするのでやる気を無くした」などといった意見もある[1]。

これら問題の解決策を考えると通信速度に関しては DSL や ISDN などのナローバンドから光ファイバーネットワークなどにブロードバンド化が進めば解決できるのではないだろうか。また、e ラーニングの特徴である「いつでも、どこでも」を実現するためには有線通信の進歩だけではなく無線通信の高速化が必要になってくる。通信料や利用料の問題にしてもユーザーが増加し e ラーニング業者や通信業者同士

の競争が活性化すれば自然と値は下がっていくだろう。

そして、e ラーニングの最大の課題ともいえる「人間同士のコミュニケーション」をいかにして実現するかという問題はチャットや掲示板の設置や受講生同士のメールの交換などで解決できる。

現在の e ラーニングに生ずる問題のほとんどは対象を絞らず漠然とした問題意識のまま e ラーニングシステムを導入したことが要因である。自分の学習したい対象を絞りコストや通信環境に見合ったシステムを導入することが求められる。

2-3. 期待される e ラーニングシステム

2-3-1 ビジネスにおける e ラーニング

先進学習基盤協議会が行った市場調査によると、下図に示すとおり日本国内成人の約3割が「e ラーニング」を「利用したい」、「少しは利用したい」と利用の意向を持っており、インターネットを利用して、従来の通信教育も含めた遠隔教育を経験したことのある人を対象に実施した調査では、約 8 割の人が利用の意向を持っていると回答するなど、日本人の学習や資格に対する関心の高さは、「e ラーニング」の潜在的市場性を十分に期待させるものとなっている。

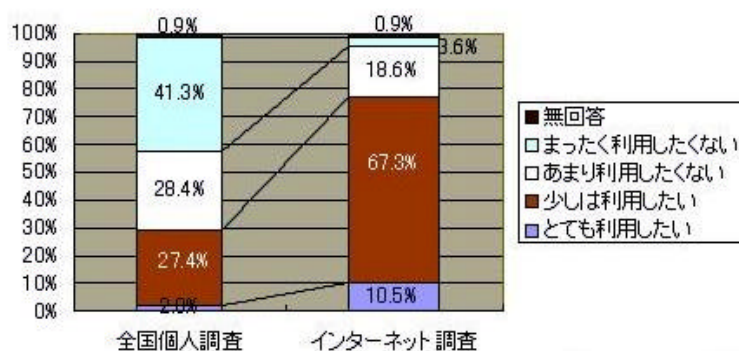


図 3：e ラーニング意識調査[6]

そして、利用したい分野については、現状利用している（したことのある）ユーザーでは、「語学関連分野」「IT・パソコン関連分野」での利用が約半数ともっとも多く、今後利用してみたい分野としては、既述の2分野に加え、「趣味・娯楽関連分野」と回答したユーザーが6割程度、「資格取得・試験対策（IT関連の資格・試験以外）」と回答したユーザーが半数程度という結果となっている。ちなみに、「e ラーニング」サービスの利用メリットとしては、「好きな時間に利用できる」、「スクールなどに通う手間がいない」といった回答がそれぞれ2／3を占めている[6]。

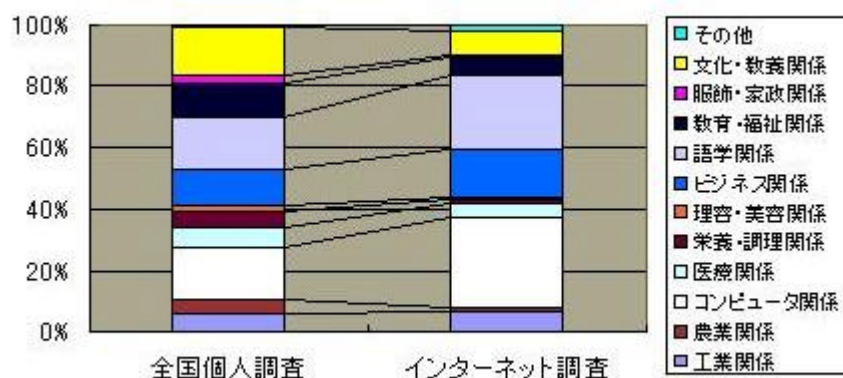


図 4 : e ラーニングの分野別意識調査 [6]

そして、「e ラーニング」の市場規模は、下図の様に 2003 年時点で約 1100 億円、2005 年には約 3100 億円で規模が拡大すると予測されている。2010 年には 1 兆円規模になるという予測 [2000 NTT データ経営研究所] が発表されたが、本調査により 1 兆円市場に向け順当にマーケットが拡大していくことが裏付けられ、急速なブロードバンド化も、それを後押ししている。

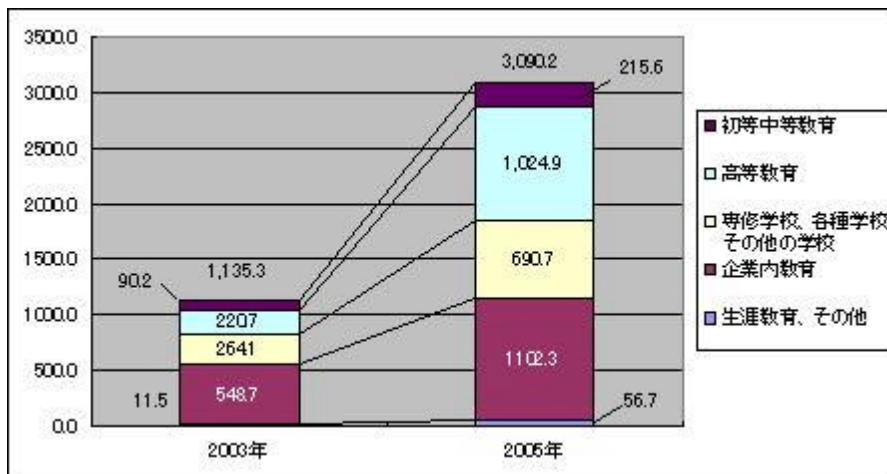


図 5 : e ラーニングの市場予測 [6]

2-3-2 教育における e ラーニング

1999 年 12 月に政府の決定したミレニアムプロジェクトの中に「IT21 の推進」や「教育の情報化」というものがある。ミレニアムプロジェクトは、人類の直面する課題に応え、新しい産業を生み出す大胆な技術革新に取り組むもので、今後の我が国経済社会にとって重要性や緊要性の高い情報化、高齢化、環境対応の三つの分野について、技術革新を中心とした産学官共同プロジェクトを構築し、明るい未来を切り拓く核を作り上げるものである。

〈IT21（情報通信 21 世紀計画）プロジェクトの概要〉

・目標

2005 年度までに、全ての国民が、場所を問わず、超高速のインターネットを自由自在に活用して、自分の望む情報の入手・処理・発信を安全・迅速・簡単に行えるインターネット&コンピューティング環境を創造する。

このため、インターネットに関しては、現在のインターネットの 1 万倍の処理速度と 3 万倍の接続規模を有し、利用者を目的の情報に安全かつ確に導くスーパーインターネットを実現するとともに、コンピューティングに関しては、キーボードといった特定のインターフェースに縛られることなく、安心して、誰もが、高度な情報処理とネットワーク接続を簡単に行える新世代コンピューティングを実現する。

・個別分野の目標

本プロジェクトは、「インターネット・ソフトウェア」「インターネット・ハードウェア」「コンピューティング・ソフトウェア」「コンピューティング・ハードウェア」の 4 つの分野に分かれ、さらに分野ごとに個別の技術開発テーマが設けられており、全体として目標の達成を目指すこととしている。

個別テーマごとには、以下に掲げる目標の実現を目指している。

(1) インターネット・ソフトウェア

- ・ ギガビットレベルの回線速度（現行の 1000 倍）の実現
- ・ 国民の誰もが 1～数台の情報通信端末をインターネットに接続できるネットワークの実現
- ・ 日本において数億を超える機器、世界レベルで兆を超える機器のインターネット接続を可能とするネットワークの実現
- ・ 情報家電を始め、あらゆる電子機器へ通信機能が付加され、インターネットに接続（現在の 3 万倍以上の接続規模を実現）

(2) インターネット・ハードウェア

- ネットワークの全光化のための光ソリトン伝送の実現及び超高速光ルータの開発（現行の1万倍以上の伝送速度の実現）
- 1兆～1000兆分の1秒単位での光のON/OFF機能の実現

(3) コンピューティング・ソフトウェア

- 若年者の利用と同等以上の環境が実現できる高齢者用インターフェイス・ソフトウェアの開発
- コンピュータの実行処理性能を倍増させるコア・ソフトウェア技術の開発
- ほぼ全ての録画番組を対象として、短時間（現在の15分の1程度）・低コスト（現状の4分の1以下）で自動的に字幕を付与できるシステムの実現のための技術の開発
- 高齢者、障害者の居場所を10cm単位の精度（現在の1000倍）で検出する技術の開発
- ソフトウェア・コンテンツ市場創造の鍵となる多機能オペレーティング等ソフトウェア、ソフトウェアの部品か技術、人工知能、論理的三次元画像処理技術等の開発

(4) コンピューティング・ハードウェア

- 数千万分の1メートル以下（100ナノメートルレベル以下）の精度の半導体の極微細レーザー加工の実現
- 超高集積LSIの総合設計効率を百倍向上する新技術の開発
- 毎秒100ギガビットの信号処理を可能とする光・電気複合実装技術の開発
- 数億分の1メートル（数ナノメートル）以下の精度の材料加工技術の開発
- 記録密度100ギガバイト毎平方インチの光ディスクの実現を図るための信号処理、ディスク成形、高密度化技術の開発

[首相官邸ホームページ]

〈教育の情報化プロジェクトの概要〉

・目標

情報化の推進を通じて、「子どもたちが変わる」（「子どもたち」の論理的な思考力・創造力・表現力などの向上）、「授業が変わる」（「授業」の形態の根本的な変革）、「学校が変わる」（学校・家庭・地域間の連携をはじめ「学校」運営の在り方そのものの変革）という状況をつくり出すことである。

・各教育段階での目標

(1) 小学校

小学校のうちに、すべての子どもたちがコンピュータ・インターネット等をごく身近な道具として慣れ親しみ、なんの抵抗感もなく自由に使いこなせるようにする。

(2) 中学校

中学校を卒業するまでに、すべての子どもたちがコンピュータ・インターネット等を、主体的に学び他者とコミュニケーションを行う道具として積極的に活用できるようにする。

(3) 高等学校

高等学校においては、コンピュータ・インターネット等の活用を通じて、子どもたちが主体的に学び考え、自分の意見を積極的に主張できる能力を一層伸ばすとともに、海外との交流も含めた多様な目的のために、より高度に活用できるようにする。

・具体的な取り組み

ハード面の取り組み

I. 全国の学校のすべての教室にコンピュータを整備し、すべての教室からインターネットにアクセスできるような環境づくりを推進する。

(1) 公立小・中・高校等のすべての教室からインターネットにアクセスでき、日常の学習活動に活用できるような環境づくりを目指して、コンピュータ・校内 LAN 等の整備を計画的に推進する。

(2) すべての教員が 1 人一台のコンピュータを専用で利用できる環境を目指す。

① 教員向けコンピュータ購入支援制度の実現

② 中古コンピュータ（レンタルバック・コンピュータ等）の購入支援

③ 学校へのコンピュータ寄附の円滑化

II. すべての学校においてインターネット接続の高速化を図る

(1) 全国の学校のインターネット接続回線の高速化（1.5Mbps 以上）を、光ファイバー網の全国整備（2005 年を努力目標）、通信料金の低廉化などの状況を踏まえつつ、計画的に進める。

(2) 学校のインターネット利用の高度化・多様化に対応しつつ、学校向け特

別料金の導入やフィルタリング等の新たなサービスの提供の促進を図る。

ソフト面の取り組み

III. すべての教員がコンピュータを活用して指導できる体制をつくる

- (1)平成 13 年度までにすべての教員がコンピュータを操作できるよう、専修学校や企業の協力も得つつ研修の充実を図る。
- (2)各学校・教育委員会等において、情報化の担当者を明確にするなど体制を充実させる。
- (3)教員採用について、すべての校種・教科において情報リテラシーを有する者の採用を促進する。

IV. 地域や民間企業の協力を得て、学校で教員以外の多数の人材を活用し学校の情報化をサポートする。

- (1) 地域のネットワーク管理、各学校の情報化などを担当する「情報化推進コーディネーター」を教育委員会等に配置する。
- (2) 「特別非常勤講師制度」を活用し、コンピュータ等に関する知識・技能を有する者を臨時講師として指導に活用する。
- (3) 民間の情報処理技術者を学校現場に派遣する「情報処理技術者等委嘱事業」の積極的活用等を図るとともに、情報処理に関する知識・技術を一定レベル以上有する者などをボランティアとして積極的に活用する。
- (4) 各地域ごとに、企業等の協力を得つつ、ネットワーク等のトラブルに適時対応できるよう「ヘルプデスク」等を設ける。(人口 10 万人を超える市については複数名、その他の市町村については一定の圏域ごとに 1 名または複数名の体制とする。)

V. 関係省庁・民間が連携して、質の高い教育用コンテンツの開発やそれらの提供を推進する事業を実施する。

- (1) 産・官・学が提携して、教育用コンテンツ等の情報を集め、総合的な教育用サイトを開設する。
- (2) 博物館・美術館・企業等において、資料のデジタル・アーカイブ化や子ども向けホームページの開設を進める。
- (3) 民間企業・団体等による教育用コンテンツの開発促進のため、優良なコンテンツやプロジェクト等への助成・顕彰等を行う。

VI. 「教育情報ナショナルセンター」を整備する。

- (1) 教育センタ等を結ぶ全国的な情報通信ネットワークの拠点として、「教育情報ナショナルセンター」を整備する。
- (2) 教育用コンテンツ等の開発、教育用フィルタリング技術の開発などを行うため、産・官・学連携によるバーチャルな研究体制をつくる。

[首相官邸ホームページ]

2-3-3 教育における e ラーニングのまとめ

IT21 プロジェクトが計画どおり進めば 2005 年には全国どこからでもインターネットに接続することができるようになる。しかも、現在のインターネットの 1 万倍の処理速度と 3 万倍の接続規模を有するスーパーインターネットが実現される。そうなれば、現在よりも複雑で質の高い e ラーニングサービスを提供することができるようになる。ユーザーも高いレベルのサービスを自分の条件に合わせて選択できるようになるだろう。

これと同時に進められる「教育の情報化」プロジェクトでは、ハード面の整備として、全国の学校の教室にコンピュータを配備し、その全てからインターネットに接続できる環境づくりを推進する。さらに、すべての学校において通信回線の高速化を図ることが具体的な取り組みとしてあげられている。現在、企業などで使わなくなった中古コンピュータを地方の小学校に寄与し大学生などのボランティアによってケーブル工事などのインターネットの接続を行う「Net Day」等が実施されている。

この 2 つのプロジェクトが予定どおり進めば 2005 年には日本全国の通信インフラ整備が完了し、どこからでも高速のインターネットに接続することができるようになる。つまり、e ラーニングの特徴である「いつでも、どこでも」が本当の意味で実現できるようになり、家でも外国でも必要な学習を行うことができる。これは、これまで長い間、集団での学習を行ってきた日本の教育に大きな変化をもたらすのではないだろうか。

2-4. 現在の日本の e ラーニング

現在、多くの企業や学校が e ラーニングシステムを取り入れ、コスト削減などの成果を得ている。ここでは日本の e ラーニングサービスサイトを e ラーニング導入の事例と共に紹介する[4][11]。

〈日本の e ラーニングビジネス〉

・例富士通ラーニングメディア (e ラーニングサービス)

富士通ラーニングメディア (<http://www.flm.co.jp/>) では研修や資格取得などの様々な e ラーニングサービスを展開している。受講者は電子掲示板を利用して学習者と講師、学習者同士がコミュニケーションをとりながら問題点を解決し、スキルアップを行うオンラインゼミや最新の技術で作成されたコンテンツを使って学習するオンラインブックなどを効率よく利用して学習していく。

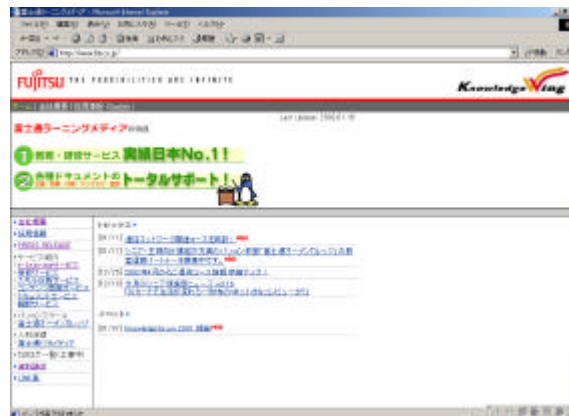


図 6：富士通ラーニングメディア ホームページ

・在宅看護研究センター (看護教育)

在宅看護研究センター(<http://www.e-nurse.ne.jp/>)は、2001 年 6 月からインターネットを駆使して、在宅を中心とする看護分野の研修事業「看護ネット・ラーニング研究会」を開始した。受講者は専用ホームページでテキストを学びます (一部郵送)。テキストのエッセンスは、講師がメールで配信する。質疑応答は専用メールで行い、またグループディスカッションはメーリングリストで実施する。定期的な課題をこなして修了となる。



図 7：日本在宅看護システム ホームページ

・ダイキン工業㈱（一人当たりのコストを従来の三分の二に）

ダイキン工業（<http://www.daikin.co.jp/>）は 2001 年 4 月から WBT を用いた遠隔教育サイト「ダイキン インターネットカレッジ」（<http://www.daikin-i-college.com/>）をスタートさせた。これは全国にある販売店社員を対象として、空調機器の設置、営業や設計など仕事に応じたコース分けがされていて、インターネットを通じて学習できる。これによって、3～4 日間で一人当たり約 3 万円かかっていた研修コストが、2 万円程度に削減することができた。



図 8：ダイキンインターネットカレッジ ホームページ

・NEC ㈱（環境教育プログラムの導入）

NEC(<http://www.nec.co.jp/>)は 97 年から社内の営業部員を対象にネットワーク学習を実施した。その後も、教育コースを拡充するとともに、全国で活動している NEC グループ社員を対象に教育を実施している。こうした社内教育での経験を通して、ソフトウェアのバージョンアップを行い、さらに教育の場で実践的に活用していき、01 年にイントラネットを利用した環境教育プログラム「エコカレッジ」を開設した。エコ

カレッジは、役員クラスから担当者レベルまでそれぞれの階層別および設計・開発、生産、営業といった職種別のコースを設け、社員の環境意識の向上をはかっている。また、NEC はドーセント社（「Docent, Inc.」、本社:米国カルフォルニア州マウンテンビュー、社長:デイヴ・エレット、）と、IT を活用して各種メディアを用いた教育サービスを提供する企業向け e ラーニング事業分野において提携した。

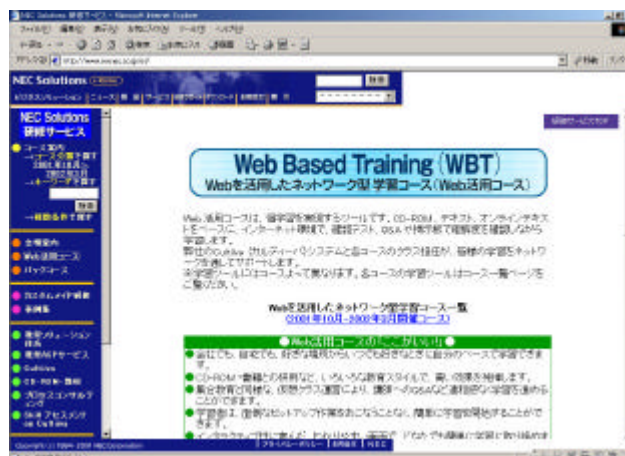


図 9：NEC Solutions 研修サービス ホームページ

・三洋電機(株) (研修コストを削減)

三洋電機(<http://www.sanyo.co.jp/>)は 2001 年度に社員研修の大半を e ラーニング方式に切り替えた。部下への人事評価手法を学ぶ管理職研修を Web 上で始め、文書作成や会議用資料作成ソフトの使い方など IT の基礎知識から JAVA を使ったソフト開発を学ぶ先端分野まで四十五コースが用意されている。場所確保などのコストが削減され、研修コストが大幅に削減された。このラーニングサービスを提供したのが、企業内教育研修への e ラーニング導入を企画提案、設計する(株)ネットラーニング (<http://www.netlearning.co.jp/>) だ。



図 10：ネットラーニング ホームページ

・東京海上火災保険㈱（ネット上の仮想大学）

東京海上火災保険(<http://www.tokiomarine.co.jp/>)は 2001 年 5 月に社内のイントラネット上に、社員が自由に保険知識のテストなどを受けられる仮想大学「東京海上ユニバーシティ」を設立した。空いた時間を使ってパソコンソフトの使い方を勉強したり、保険知識等のテストを受けたりすることができる。

・㈱日立製作所（効果的な営業提案の実現）

日立製作所(<http://www.hitachi.co.jp/>)ではメリーランド州立大学ユニバーシティカレッジのオンライン教育プログラムを全世界の日立グループ社員向けに提供する協力関係を結び、2001 年 1 月から管理職・主任層を対象とした MBA コースを始めとする大学院コースの利用を開始した。そして、日立製作所は 2001 年 4 月から、若手の営業社員を対象とする教育プログラムに WBT を導入している。

・松下電器産業㈱（海外勤務のエンジニアを考慮にいたった教育システム）

松下電器産業は 1999 年から社内のイントラネットを通じて最新の情報技術を学ぶシステムを稼働させており、世界中に勤務するエンジニアが利用することができる。また、社内教育で培ったノウハウを基に社内ベンチャーとして「パナソニック ラーニングシステムズ株式会社」を設立し、教育コンテンツ制作受託事業、ブロードバンドインターネットでの学習システム提供事業を展開している。

・大日本印刷㈱（e ラーニング自動車教習）

2001 年 10 月大日本印刷は、(株)トヨタ名古屋教育センター中部日本自動車学校と共同で、インターネットを利用した運転免許学科学習システム『満点様(まんてんさま)』を開発したと発表した。同月から全国の自動車学校を対象とした ASP(application service provider)事業として本格的にサービスを開始している。

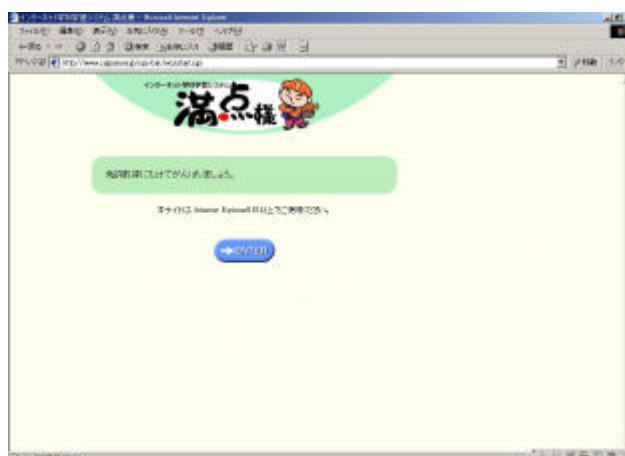


図 11：満点様 Web ページ

このように、社内教育に留まらず e ラーニングサービス会社を立ち上げる企業などもあり、e ラーニングシステムへの期待がうかがえる。また、在宅看護や自動車教習などにも e ラーニングが有効に使われており様々な分野での活用が期待されている。

2-5. e ラーニングの今後の展望

ここまで e ラーニングについて述べてきたが、日本は欧米と比較して e ラーニングが、まだまだ認知されていない。e ラーニングを実施するとしても、コース設計や運営管理などの各分野を担当できる人材が少なく、質の高いコンテンツを開発する人材も不足している。インフラ整備などの IT 化の問題もあるが、e ラーニング普及の鍵は優秀な開発者の育成にかかっている。

発展を望む企業の最重要課題は人材だと言われている[1]。今後、短時間で社員を教育し「使える人材」に育てる e ラーニングシステムの開発が企業の明暗を分けることになる。

e ラーニング普及で遅れている日本にも世界をリードしている分野がある。それは、携帯端末とゲームである。

日本は携帯電話を使ったインターネットの活用で世界をリードしており、最近ではデジタルカメラ、音楽再生、ムービー再生などの機能も搭載されるなど単なる電話機ではなくウェアラブルコンピュータへと変化してきている。これらの機能を使えば携帯電話で動画を使った「いつでも、どこでも」利用可能な教育コンテンツを提供することができる。たとえば、冠婚葬祭などの行事に出席する際、会場に行くまでの時間に礼儀や作法を学習するなど、移動時間や空時間中に基礎的な情報を入手し、実践に備えるようなアプリケーションが可能になる。つまり、e ラーニングの特徴を最も引き出せる端末に成長する可能性をもっているのが携帯電話である。

近い将来、現在のデスクトップパソコンと同等の機能を備えた携帯電話が登場することにより、携帯電話は高品質の e ラーニングサービスを提供する学習ツールとしても機能していくだろう。

日本の持っている技術の中で最も e ラーニングに近いと思われるのがコンピュータゲームだろう。日本はコンピュータゲーム機の普及率が高い。最も多く普及しているゲーム機に対応したモデムやハードディスクが発売されることによりインターネット利用の端末として新世代のゲーム機は、PC と共におおきな柱になっていくだろう。

そして、もっと重要な要素が日本の誇るコンピュータゲームのゲームソフト開発の経験である。現在の e ラーニングに使われている、技法は凝ったものでも一世代前のゲームソフト開発で用いられた選択肢によって道筋が分岐しながら進んでいく「テキストアドベンチャー」という簡単なレベルでしかない。

最近のゲームではシステムが複雑化し初めて操作するゲームではやり方が分から

ず戸惑ってしまうことがある。それでもユーザーが諦めたり投げ出したりしないのはゲーム中で操作のスキルをラーニングできるパートが用意されているからである。格闘ゲームやスポーツゲームなどではトレーニングモードで操作を一から教えてくれる。たとえば、人気サッカーゲームではトレーニングメニューが用意されており、フリーキックやコーナーキックの練習はもちろんドリブルやパス、ワンツーシュートの練習もできる。その他にも試合中に自分のやったプレイをリプレイで自由な視点から見ることができるなどプレイヤーを楽しませながら学習させていく様々な工夫が凝らされている。これらは、e ラーニングコンテンツへの応用が可能であり、特に実際にプレイした自分を客観的視点から見られるリプレイは画期的といえる。

日本ゲーム業界のノウハウは e ラーニングに充分活かすことができるだろう。今後の日本の e ラーニングでは、このような日本の長所を伸ばしながら独自の e ラーニングを模索していくべきである。

3. Java を使ったグラフィックパターンの e ラーニング

3-1 Java 言語とは

Sun Microsystems 社が開発した Java 言語は、C++をベースにしたプログラミング言語である[3]。Java 言語は、次のような特徴を持っている。

- プラットフォームを選ばない

従来の言語で作成されたアプリケーションは、それぞれのプラットフォームで稼動するようにプログラムを変更しなければならなかった。しかし、Java は、実行するコンピュータの OS(operating system)を選ばない。つまり、Java で作成したアプリケーションは、コンピュータの種類や OS の種類に依存せずに動作する。Java で作成したプログラムをコンパイルするとコンピュータに依存しないバイナリーファイル(binary file)に変換され、Java のインタープリタか Web ブラウザ上で実行することができる。従来は、C 言語のようにソースプログラムのすべての行を一括に機械語に変換した後、実行するコンパイラと Perl 言語のようにソースプログラムを一行ずつ機械語に変換して実行するインタープリタの二通りあった。Java はその二つを組み合わせた形で、プラットフォームに JavaVM (ジャババーチャルマシン) をインストールし、Java をコンパイルすると機械語でなく、JavaVM が理解できるバイトコードという中間コードに変換される[8]。このバイトコードを JavaVM がインタープリタのように実行する。JavaVM がコンピュータや OS の違いを吸収し、Java はプログラムの変更なしに動作することができる[12]。

- オブジェクト指向

オブジェクト指向の基礎概念は、その名の通りオブジェクト「もの」である。現実世界に存在するあらゆる物がオブジェクトである。例えば、人や動物、植物などの生き物もテレビ、飛行機、車などの乗り物もオブジェクトであるし、時間や仕事といった概念的なものもオブジェクトである。オブジェクト指向とは、これらの物事に着目して、実際の世界をモデル化することである。例えば、「自動車に乗って会社に行く時」に市販の自動車を購入して行くなら、それはオブジェクト指向であるといえる。しかし、自ら部品を集めて設計、組み立てを行って行くなら、それは非オブジェクト指向である。ただし、この時使用した部品はオブジェクトなので車を作るという見方をした時には市販の部品を使っているのでオブジェクト指向ということになる。つまり、モノを中心に考えて、あとはそのモノが、どう言う指示が来ればどういう動作をすれば良いのか、それさえ分かっているれば、内部構造がどう作られていても全く関係ない、すなわち部品とか属性とかロジックとかいったものを隠蔽してしまえるのである。



図 12：オブジェクト指向

このオブジェクト指向の概念を最初に取り入れたのは XEROX で開発された Smalltalk というプログラミング言語である。初期の言語では機械語やアセンブリ言語と言ったロウレベル言語と呼ばれる、ハードウェアに近い命令仕様のために人の思考でのプログラミングは難解であった。

その後、50 年代以降に Fortran や Cobol、Pascal、Basic、Lisp、C 言語といった人の思考でのプログラミングが比較的容易なハイレベル言語が次々と開発された。そして、80 年代以降にオブジェクト指向言語 Smalltalk が開発されてから、既存の言語にオブジェクト指向機能を追加した C++ や Visual Basic などが登場した[5]。

そして、90 年代に入り開発された Java 言語は、

- ・ コンパイラとインタプリタの併用
- ・ C++に類似した文法
- ・ プラットフォームに依存しない
- ・ ネットワーク対応

などの特徴を持っており一度作成すれば、どのマシンでも動作し利用できるネットワーク対応型のオブジェクト指向言語として大きな期待を集めている。

ネットワーク対応でプラットフォームに依存しない言語として Java は e ラーニングに向いている言語といえるだろう。

3-2 グラフィックパターンの e ラーニングの必要性

本論文で示す e ラーニングの目的は、大きく以下のようである。

(1) グラフィックパターンの自動化

本論文で指すグラフィックパターンとは定められたルールに従って円や正方形などの図形を繰り返し描写していくジオメトリック・グラフィックスのことである。このグラフィックはコンピュータの計算能力を利用し精密な幾何形態の美しさが基本になるため人の手では描くことが困難である[9]。

e ラーニングシステムを使うことにより人間が、紙に手で描く作業を繰り返す必要も無ければ、一からコンピュータ言語を学習して難しいプログラムを組むことも無くなる。ユーザーは欲しい図形を描くためのプログラムを選択し、Web 上で実際に動かしながら必要なデザインのプログラムを学習すれば良いのである。e ラーニングを活用することによって、そのとき必要の無い項目の学習による無駄な時間の浪費を解消することができ、必要な時、いつでも欲しい情報を学習することができる。

(2) 難しい数学の視覚的理解

近年、日本人の理解力が極端に低下してきている数学を、難しい公式を単純に覚えるのではなく、視覚的に表すことにより、楽しみながら自己学習ができる手法を取ることができる。

数値の入れ替えをすることにより、種々のグラフィックパターンを描くことで数学を視覚的にとらえ、理解することができる。また、図形がどのような関数で表示されるか、定量化に基づく科学的理解の向上にもつながる。

(3) J A V A 言語の学習

プログラム言語の学習は、学習効果を得る場合に難しい問題である。綺麗なグラフィックパターンを自分でプログラムすることで、視覚と数値情報、さらにプログラミング言語の理解がスムーズに進めることができる。さらに、プログラム中の数式の数値を替えるなど実際のプログラムに触れながら、学習していくことができ、多重の学習効果が得られる。

3-3 グラフィックパターンのプログラム例

以上の考察に基づき、グラフィックパターンのプログラムとしていくつかの実験例をおこなった。それぞれについて解説する。

・円の中心の移動による図形

- ① 円の中心が直線上を往復しながら、円の半径が次第に大きくなっていくプログラム。

「円の総数 $n1$ 」と「円の1ユニットの数 $n2$ 」を入力し、操作実行することでグラフィックパターンが描かれるプログラム。「円の総数」の値だけ for 文のループが繰り返し中心をずらす数式 $x+=da$ と半径を大きくする数式 $r+=2*wx$ を出力する。このとき「円の1ユニットの数」の値で i を割った値が0の時、ずれる方向が逆転する(図 15、16 参照)。

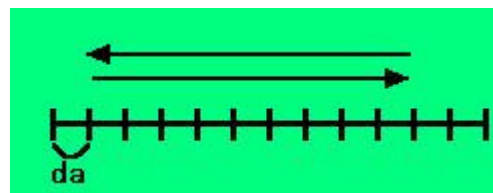


図 15 : 円の中心の往復移動

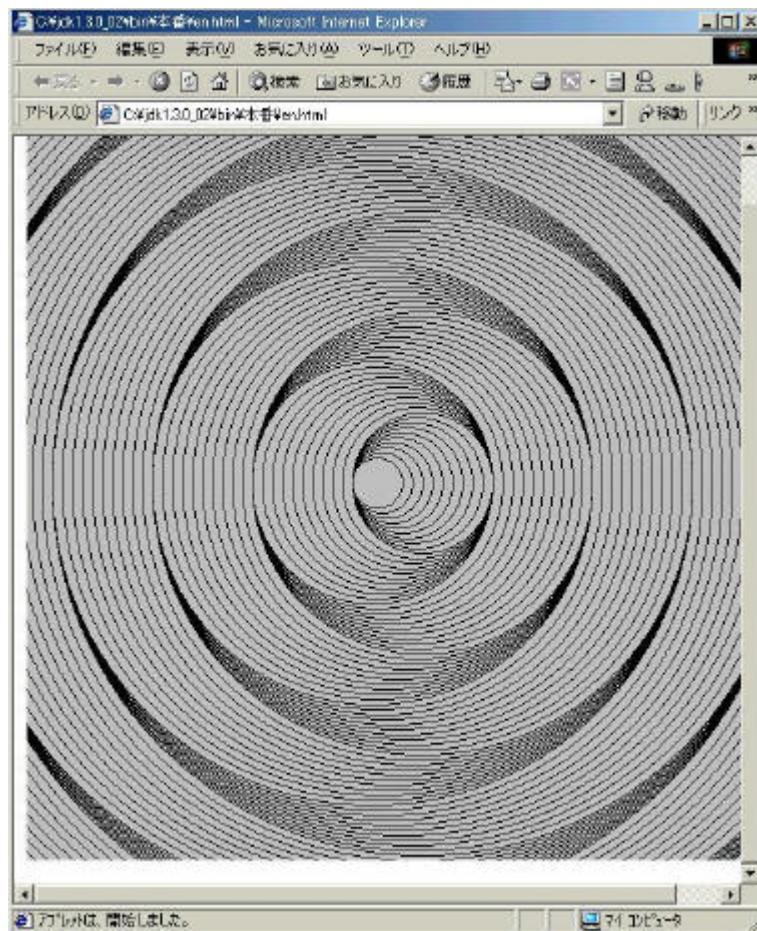


図 16：出力例

以下にプログラムを示す。

```
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import java.applet.*;

public class en extends Applet implements ActionListener {
    TextField operand1, operand2;
    Button kick;
    int n1 = 100;
    int n2 = 10;

    public void init() {
```

```

operand1 = new TextField(10);
operand2 = new TextField(10);
kick = new Button("操作実行");
kick.addActionListener(this);

add(new Label("円の総数"));
add(operand1);
add(new Label("円の 1 ユニットの数"));
add(operand2);
add(kick);
}

public void actionPerformed(ActionEvent e) {
    n1 = Integer.parseInt(operand1.getText());
    n2 = Integer.parseInt(operand2.getText());

    repaint();
}

public void paint(Graphics g) {
    int wx = 2;
    int wy = 2;
    int x = 140 * wx;
    int y = 150 * wy;
    int da = 2 * wx;
    int r = 20;

    for (int i = 1; i <= n1; i++) {
        int x0 = x - r;
        int y0 = y - r;
        if ((i % n2) == 0) {
            da = -da;
        }

        g.drawOval(x0, y0, 2*r, 2*r);
        x += da;
    }
}

```



```

        r += 2*wx;
    }
}
}
以上

```

- ② 円の中心が正三角形上を移動しながら、円の半径を次第に大きくしていくプログラム。

「ユニットの総数」と「円の 1 ユニットの数」を入力し操作実行することでグラフィックパターンが描かれるプログラム。円の中心が正三角形上を移動しながら移動分だけ半径を大きくした円が描かれる。i を 3 で割った余りを K とすると、K が 1 の時には頂点から右下に移動する。K が 2 の時には右下の頂点から左に移動し、K が 0 の時には左下の頂点から最初の頂点へ戻る（図 17 を参照）。

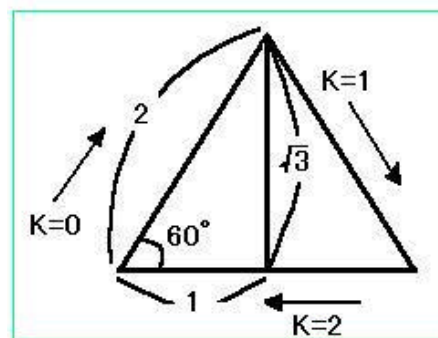


図 17：円の中心の移動

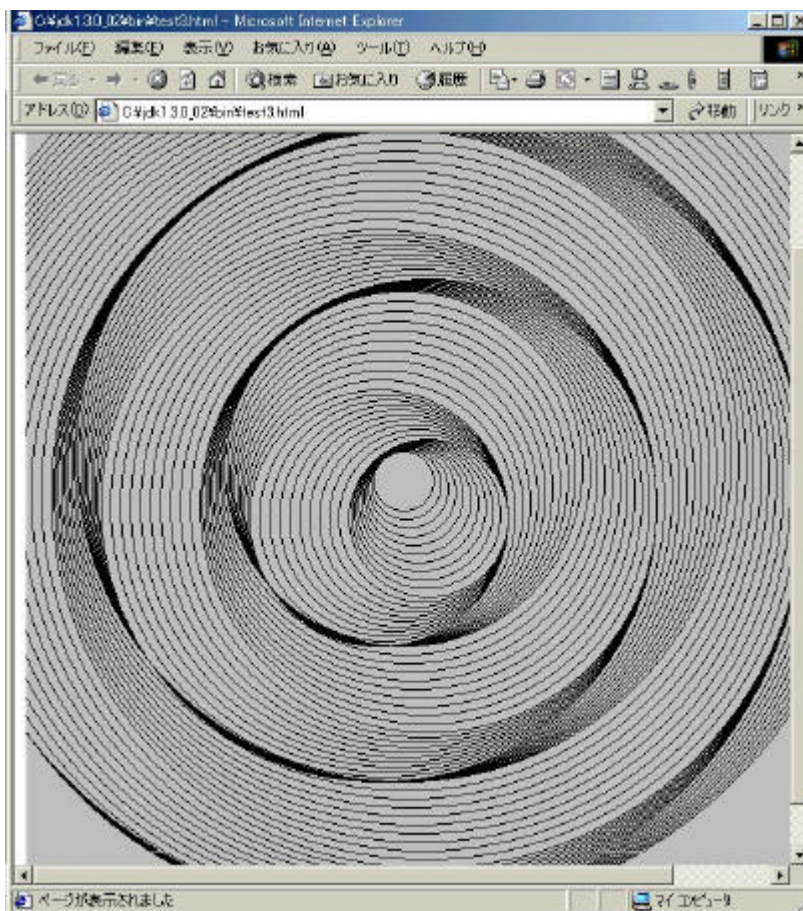


図 18 : 出力例

以下にプログラムを示す。

```
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import java.applet.*;

public class test3 extends Applet implements ActionListener {
    TextField operand1, operand2;
    Button kick;
    int n1 = 9;
    int n2 = 10;

    public void init() {
        operand1 = new TextField(10);
```

```

operand2 = new TextField(10);
kick = new Button("操作実行");
kick.addActionListener(this);

add(new Label("ユニットの総数"));
add(operand1);
add(new Label("円の1ユニットの数"));
add(operand2);
add(kick);
}

public void actionPerformed(ActionEvent e) {
    n1 = Integer.parseInt(operand1.getText());
    n2 = Integer.parseInt(operand2.getText());

    repaint();
}

public void paint(Graphics g) {
    int wx = 2;
    int wy = 2;
    int x = 150 * wx;
    int y = 180 * wy;
    int r = 20;
    int A = 2;

    for (int i = 1; i <= n1; i++) {
        for (int j = 1; j <= n2; j++) {
            int x0 = x-r;
            int y0 = y-r;
            if ((i % 3) == 1) {
                x += A/2*wx;
                y += A*Math.sqrt(3.0)/2*wy;
            }
            else if ((i % 3) == 2) {
                x -= A*wx;

```

```

    }
    else if ((i % 3) == 0) {
        x += A/2*wx;
        y -= A*Math.sqrt(3.0)/2*wy;
    }
    r += A*wx;
    g.drawOval(x0,y0,2*r,2*r);
}
}
}
}

```

- ③ 円の中心が正方形を移動しながら円の半径を次第に大きくしていくプログラム。

円の中心の移動は、 i を 4 で割った余りを K として $K=1$ の時には X の値を増やし右方向に移動する。 $K=2$ の時には Y の値を増やし下方向、 $K=3$ の時には X の値を減らし左方向に移動し $K=0$ の時には Y を減らし元の位置へ戻る（図 19 参照）。

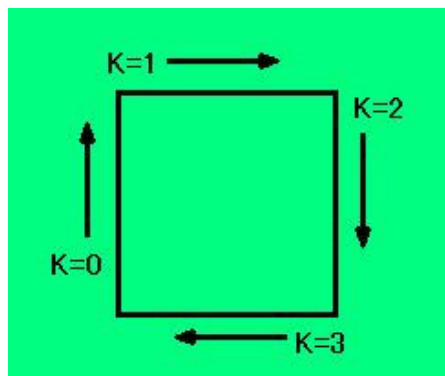


図 19：円の中心の移動

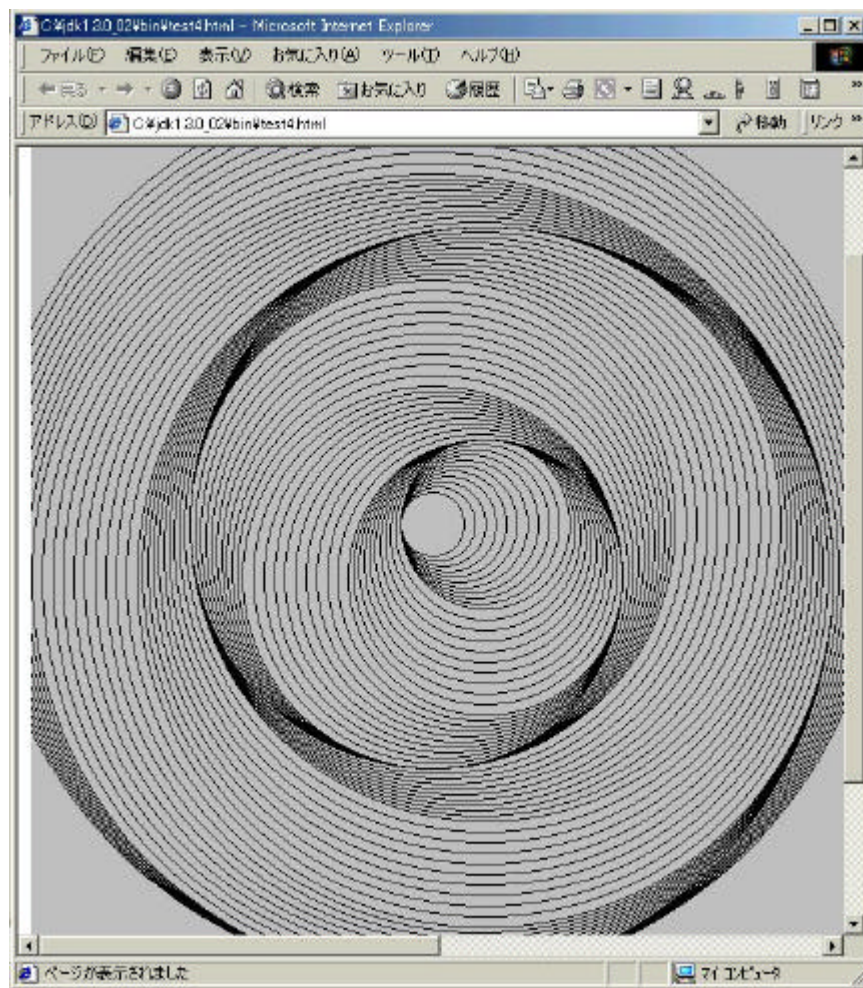


図 20：出力例

以下にプログラムを示す。

```
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import java.applet.*;

public class test4 extends Applet implements ActionListener {
    TextField operand1, operand2;
    Button kick;
    int n1 = 8;
    int n2 = 10;

    public void init() {
        operand1 = new TextField(10);
```

```

operand2 = new TextField(10);
kick = new Button("操作実行");
kick.addActionListener(this);

add(new Label("円のユニットの総数"));
add(operand1);
add(new Label("円の 1 ユニットの数"));
add(operand2);
add(kick);
}

public void actionPerformed(ActionEvent e) {
    n1 = Integer.parseInt(operand1.getText());
    n2 = Integer.parseInt(operand2.getText());

    repaint();
}

public void paint(Graphics g) {
    int wx = 2;
    int wy = 2;
    int x = 150 * wx;
    int y = 180 * wy;
    int r = 20;
    int A = 2*wx;

    for (int i = 1; i <= n1; i++) {
        for (int j = 1; j <= n2; j++) {
            int x0 = x-r;
            int y0 = y-r;

            if ((i % 4) == 1) {
                x += A;
            }
            else if ((i % 4) == 2) {
                y += A;
            }
        }
    }
}

```

以上。

3-4 グラフィックパターンの e ラーニング

本論文では、プログラミングを使いグラフィックデザインを生成する技術を習得することに目的を絞り e ラーニングシステムを試作した。

本システムでは、プログラム言語に JAVA を用いているがその理由は Web 上で実行結果の確認ができるので、遠隔地でも利用でき e ラーニングに適していると考えたからである。

システムは画面に表示されたテキストに従って実際のプログラムに数値を入力して出力するなど自分で動かしながら学習していくもので、視覚的にグラフィックスパターンを確認しながら学習を進めていくことができる。

画面のレイアウトとしては左半面を描画スペースとソーススペースとして右半面にグラフィックの規則性の説明をする「重要ポイント」やソース中の記号や変数の説明をする「学習概要」などのテキストスペースにしてページの切り替えをすることなくテキストとグラフィックスを同時に確認しながら学習することができる（図 21 参照）。

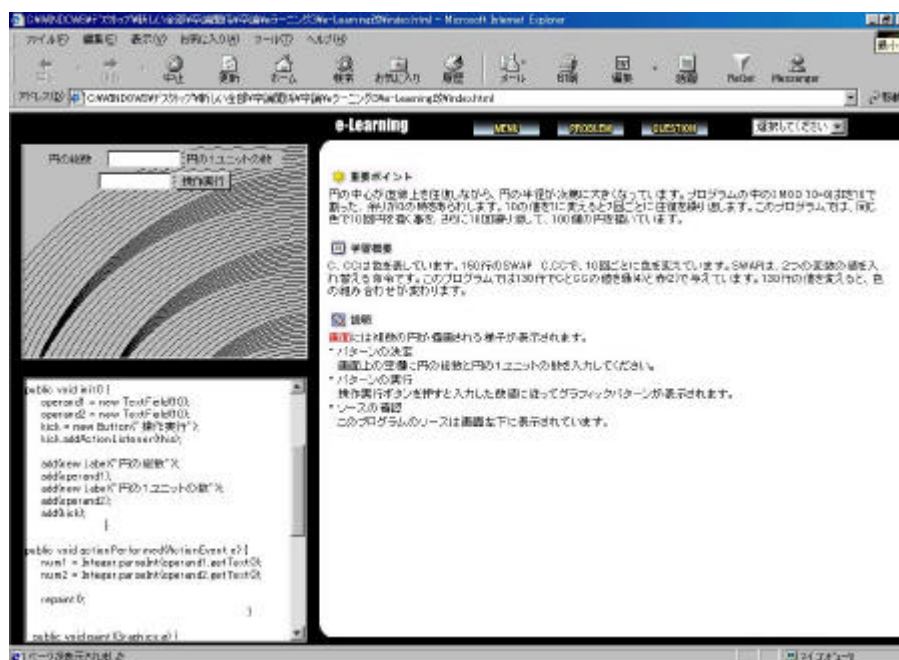


図 21 : Web 画面例

4. おわりに

本論文では 2 章で e ラーニングの現状を調査し、技術教育分野での e ラーニングの有効性と実際の事例を示した。3 章では e ラーニングシステムに Java 言語を使った意味を説明し、「グラフィックパターンの生成」という一つの題材を元に e ラーニングシステムを作成し、その操作方法、学習効果について考察した。その結果、e ラーニングシステムの現状を知ることができ、グラフィックパターンの e ラーニングシステムではグラフィックとテキスト、プログラムを一つの画面に納めたことによりページの切り替え無しに学習することが出来た。Java を使ったためにインターネット上のどこからでも実行することができ、内容を変更したい時にも、1 ヶ所だけ変更すれば良いので WBT の長所を体感することができた。しかし、Web のデザイン自体はテキストを読み易くするために領域を広く取ったことでグラフィックの表示領域が狭く見ずらくなってしまった。この点を今後の課題とし、自分自身学習しながら改善していきたい。

現在のところ日本での e ラーニングシステムは、まだまだ広く一般に認知されていない。しかし、ミレニアムプロジェクトの IT21 によって現在のインターネットの 1 万倍の処理速度と 3 万倍の接続規模を有するスーパーインターネット実現などのブロードバンド化が進めば動画や音声を含んだ質の高い e ラーニングサービスが容易に受けられるようになり多くの人が利用することになるだろう。さらに、教育の情報化で義務教育からコンピュータやインターネットに触れ、優秀な IT 技術者が育成されれば e ラーニングシステムを提供する側も質の高い人材を手に入れることが出来るようになる。こうなれば、e ラーニングシステムが教育システムの主流になることは間違いないだろう。

小中高等学校での教育の情報化が進めば、当然大学も変化を求められる。特に高知工科大学のように地方に在る大学では、県外や外国にいても Web 上で講義を受けることができる e ラーニングシステムによる単位の取得を可能にするヴァーチャル・ユニバーシティを導入するなどの情報化を積極的に行っていく必要がある。

本研究では、Java 言語によるグラフィックパターンの生成プログラム作成し、Web 上で効果を確認したが、今後このシステムで取り扱うことの出来るグラフィックパターンを増やしていき、「ヴァーチャル高知工科大学」での授業の一つとして活用できるものに繋げていきたい。

謝辞

最後に、この研究を行う上で、多くの方々に協力、助言をいただきました。この場を借りて心から深謝いたします。

高知工科大学工学部 畠中兼司教授 (電子・光システム工学科)には、貴重な時間をさいていただき、本研究に関する様々な助言をいただきました。そして、本論文の構成や内容に関する様々なアドバイスをしていただきました。

高知工科大学工学部 高村禎二助教授(電子・光システム工学科)には、貴重な時間をさいていただき、本論文を査読していただき、貴重なご意見をいただきました。また、本研究を行う上で、数多くの技術的アドバイスから論文の書き方まで、わかり易く指導してくださいました。本研究を行う上で技術的壁にぶつかった際、解決するための議論や方向付けをしていただきました。

(株)コンピュータイメージ研究所 井上雄介 氏には 貴重な時間をさいていただき、本論文を行うに上で、様々な御意見をいただきました。

(株)高知ナビ 奈良裕介 氏には貴重な時間をさいていただき、本研究を行う上で Web 画面の作成など数多くの指導をいただきました。

その他、(株)高知ナビの皆さんには、本論文作成に必要な環境を惜しみなく提供していただきました。厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 大嶋淳俊：「図解わかる！e ラーニング」ダイヤモンド社(2001)
- [2] 大野侑朗 等：「Java プログラミング例題集」(1997)
- [3] James Gosling, Bill Joy, Guy Steele, Gilad Bracha:「Java 言語仕様第 2 版」ピアソン・エデュケーション (2000)
- [4] 「スマートラーニングフォーラム」 <http://www.smartlearning.jp/>
- [5] 赤間世紀：「Java2 オブジェクト指向プログラミング技法」(1999)
- [6] 先進学習基盤協議会(ALIC):「e ラーニング白書」オーム社開発局(2001)
- [7] Debi Scholar. “The First Approach to E-learning”(2001)
- [8] Tim Lindholm, Frank Yellin:「Java 仮想マシン仕様」ピアソン・エデュケーション (2001)
- [9] 畠中兼司、北尾和信：「特選グラフィックス・デザイン」学研(1985)
- [10] 富士通総研 田中秀樹:電気新聞「IT 時代を読む」2001.10.16 掲載記事
- [11] 「ラーニング・テクノロジー・ネットワーク」 <http://www.learning-technology.net/>
- [12] 山本芳人：「JAVA による図形処理入門」工学図書株式会社(1998)