

知能機械システム工学科 卒業論文
電気自動車の製作

大西 仙晃

目次

第1章 序章	1
1.1 緒言	
1.2 研究内容及び目的	
第2章 コンバート電気自動車の製作	3
2.1 電気自動車全体の構成	
2.2 コンバート電気自動車の製作	
2.3 四国 EV ラリーフェスティバル	
第3章 オリジナル小型電気自動車の製作	6
3.1 小型電気自動車の概要	
3.2 半自動運転時のブレーキシステム	
3.3 製作したブレーキシステムの考察	
第4章 終章	10
4.1 結言	
4.2 今後の課題	
謝辞	11
学会発表	12
参考文献	13

付録

- 1 小型電気自動車のブレーキ制御
- 2 小型電気自動車の駆動制御
- 3 Capstone Design and Manufacture of Hand-Made Small-Sized Electric Vehicle

第1章 序章

1.1 緒言

自動車が生産され、憧れからやがて多くの人が手に入れ、「いつでもどこでも気の向くままに出かけられる」自由の象徴的道具として、また流通の90%以上を支える生活での重要な役割を担い、「もし自動車がなかったら」などとはもはや考えることすらできない世の中となった。

21世紀を迎えた現在、地球の温暖化や酸性雨などの環境問題や石油資源の枯渇という大きな問題に直面している。そのような中で多くの企業が代替エネルギーを模索しており、またそれらを動力源とするクリーンな自動車を自動車メーカーのみならず様々な企業団体が開発を実施している。

日本の電力のおよそ6割が化石燃料を燃やすことで発電している。そこからコンセントを使って充電する電気自動車は公害を都市部から郊外に移したにすぎないともいえる。電気自動車は無公害ではない。しかしながら電気自動車の効率の高さと、夜間には捨てられている電力を利用することによって、エネルギー資源を有効に利用でき、ガス排出量を低く抑えることができる。

次世代の主力自動車は水素やアルコールを化学反応させ動力を起す燃料電池自動車であろうと言われているが、エネルギーの供給システムを整備することが困難であり、また技術的にまだ完全なものにはなりきっていない。この完成を待ってくれる余裕のない深刻な環境問題にコンセントから充電できる電気自動車は絶好の中継ぎの役目と考えられる。

3年次に製作した電気自動車を図1・1に示す。この電気自動車はガソリン自動車を電気自動車に改造する「コンバート」という手法で製作を行った。また、完成した電気自動車は1998年度日本の公道で初めて行われた電気自動車のラリー、四国EVラリーフェスティバルに参加した。

4年次に製作した小型電気自動車を図1・2に示す。この小型電気自動車はボディフレームから全て自分たちで図面などを作成し設計、製作を行った。大きさはゴルフカート程度の大きさで、一般道も走行できるようにした。



図 1・1 電気自動車



図 1・2 小型電気自動車

1.2 研究内容及び目的

近年、渋滞の緩和、安全性の向上、利便性の向上を目的とした ITS (Intelligent Transport Systems)などの自動運転技術が注目されている。しかしながら、自動運転技術は高速道路を主な目的として開発が行われているため、日常生活で活用されることは少ないように思える。また、高齢者の立場にたった自動運転技術の研究は現在されていない。そこで、近距離移動用のコミュータとして活用できるような、また、高齢者や身体障害者にやさしい自動運転技術を検討するため小型の電気自動車を製作し、半自動運転を行うことにした。半自動運転では主にエアシリンダを使ったドラムブレーキと回生ブレーキを用いたブレーキシステムを製作する。

第2章 コンバート電気自動車の製作

2.1 電気自動車全体の構成

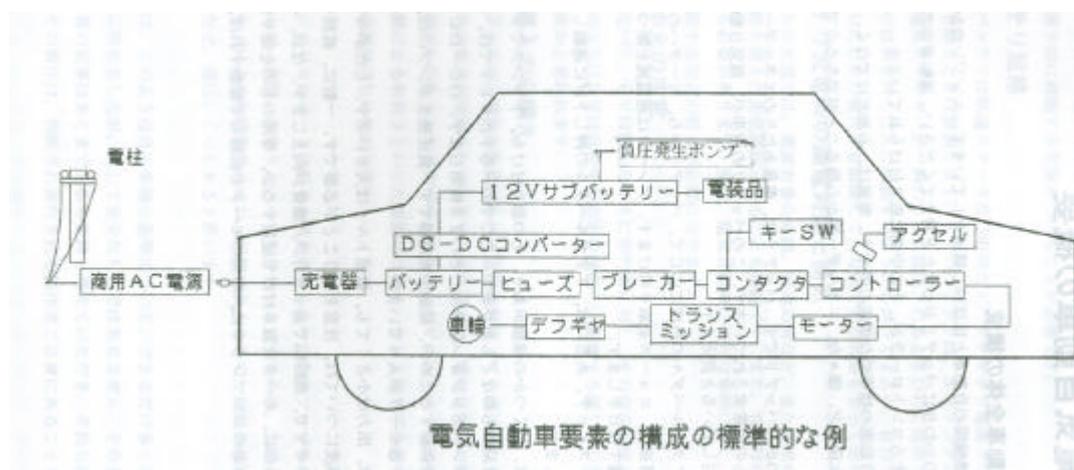


図 2・1 電気自動車要素の構成

電気自動車はガソリン自動車と同じような構造をしている。エンジンのかわりにモーターが、燃料タンクのかわりにバッテリーが、燃料供給装置のかわりにコントローラが使用されている。電気自動車要素の主な例を図 2・1 に示す。電気自動車の性能に大きく左右するのがバッテリーで、バッテリーの性能で電気自動車の性能が決まると言える。このため、できるだけ軽いバッテリーを選ぶことが重要になる。コントローラは、アクセルの開度に応じて、バッテリーからモータへの電流を制御する。モータは、コストや制御の容易さを考慮して、DC ブラシ型モータがコンバートに向いている。EV モータの特性は、出力は小さくても低速のトルクは大きいので加速性能はガソリン自動車と同等かそれ以上の性能を発揮する。DC - DC コンバータは電装用の 12V 電源を供給するためのものである。コンタクタはメインバッテリーの電源とコントローラの負荷の間を断続する電磁開閉器である。ブレーカはモータや配線を保護するために、ヒューズとコンタクタの間に入れて使用する。長時間、電気自動車を使用しないとき、バッテリー負荷を切り離すためにも使用する。負圧発生ポンプはブレーキブースターを使うために使用する。

2.2 コンバート電気自動車の製作

元の車両はホンダのシビックを使用した。選定理由として、この車両は 1500cc クラスの車で、車両重量が軽いため電気自動車のベースに適していると考えたためである。

完成した電気自動車を図 2・2 に示す。



図 2・2 完成した電気自動車



図 2・3 結合したモータとミッション

製作手順として、エンジン、ガソリンタンク、マフラーなどの不要な部品を全て取り除く。車両重量を軽くする目的から、使用しない部品はできる限り取り除くようにする。次にモータとミッションを結合するため、アダプタプレートを製作する。結合したミッションとモータを車両に取り付け、バッテリーやコントローラなどのマウントを製作し載せていく。最後に配線などを接続する。図 2・3 にミッションと今回使用したモータを結合した図を示す。また、コントローラを図 2・4 に、バッテリーを図 2・5 に、さらにスペックを表 1 に示す。



図 2・4 コントローラ



図 2・5 バッテリー

モータ	Advanced DC 203-06-4001 28.0kw
コントローラ	Zapi H2
バッテリー	GS GPZ-130E41R 120V 92Ah

表 1 基本スペック

2.3 四国EVラリーフェスティバル

1998年度日本で初めて電気自動車ラリーが一般公道で行われた。ラリーといってもスピードを競うものではなく燃費を競うラリーで、電気自動車などのクリーンな自動車を知ってもらい、環境問題に少しでも関心を持ってもらうことが目的のラリーである。1998年度のラリーではホンダのシビックが車検に間に合わなかったため、スペシャルステージのジムカーナでシビックを用いて、一般公道では軽四輪の電気自動車を用いた。図2・6に示すのは1999年度のEVラリーを完走した電気自動車である。図2・7に示すのはその電気自動車を充電している様子である。夏場に開催されたこともあり、充電器は高温になるため扇風機などを用いて冷却する必要があった。



図2・6 1999年度四国EVラリーフェスティバル



図2・7 EVラリー充電風景

第3章 オリジナル小型電気自動車の製作

3.1 小型電気自動車の概要



図3・1 小型電気自動車



図3・2 油圧式ドラムブレーキ

寸法・重量	全長	1650mm
	全幅	1200mm
	全高	1600mm
	ホイールベース	1250mm
	トレッド・前	1100mm
	トレッド・後	1000mm
	車両重量	約350kg
	モーター	名称
型式		GMAD
形式		DC ブラシレス
定格出力		0.6kw
定格トルク		7.5N・m
定格回転数		800rpm
無負荷最高回転数		1200rpm
使用個数		2基
減速比		1 3.985
バッテリー	重量	11kg
	形式	SB-D26R
	容量	50AH/5時間率
	重量	18kg
	使用個数	4個直列
	ステアリング形式	ラックアンドピニオン
	ブレーキ形式 前	ドラム
	ブレーキ形式 後	モータによる回生ブレーキ
	駐車ブレーキ	機械式前輪 2制動
	サスペンション形式 前	ダブルウィッシュボーン
	サスペンション形式 後	フルトレーリングアーム
	タイヤ 前	3.5-10
	タイヤ 後	3.0-10

図3 小型電気自動車のスペック

図 3・1 に設計・製作した小型電気自動車を示す。表 3 に寸法などのスペックを示す。高齢者の運転を考慮して座席を高い位置に設けた設計となっている。小型電気自動車の製作では主に、ブレーキ部分の製作を担当した。ブレーキシステムは、図 3・2 に示すようにフロントに油圧式のドラムブレーキと、図 3・3 に示すリヤのモータによる回生ブレーキを設けた。フロントのドラム式ブレーキにはワイヤー式のサイドブレーキの役割も果たしている。また、ドラムブレーキには図 3・4 に示す軽四輪自動車のブレーキブースターとマスターシリンダーを使用し、真空ポンプを使用した倍力装置も併用した。

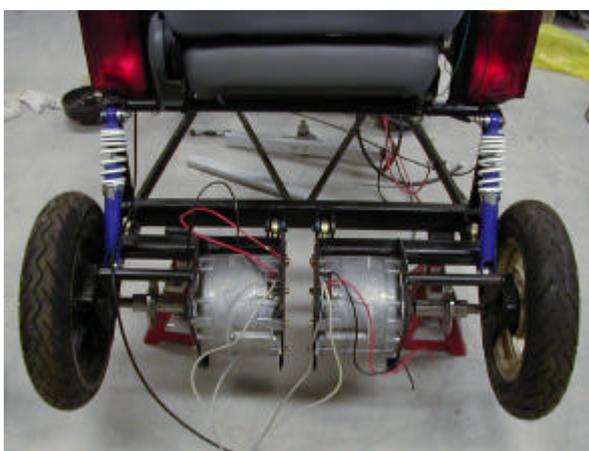


図 3・3 モータによる回生ブレーキ



図 3・4 ブレーキブースター

3.2 半自動運転時のブレーキシステム

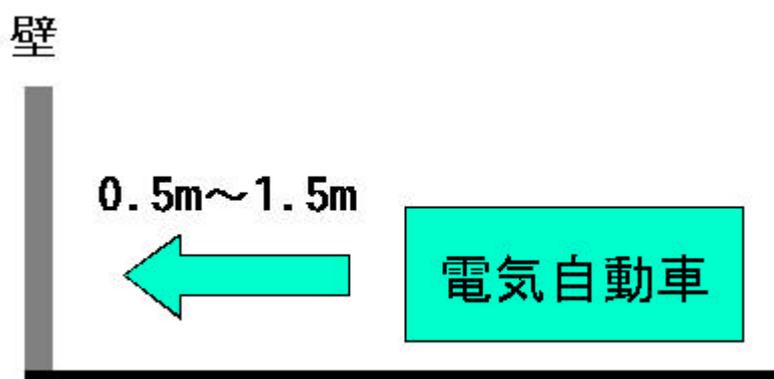


図 3・5 自動ブレーキシステム

半自動運転のためのブレーキシステムは、図 3・5 に示すように壁などに近づくと自動的にブレーキが作動する仕組みとし、まずは緊急時のブレーキとして製作した。ペダルを踏む動作の代わりに、エアシリンダを使用し、図 3・6 に示すようにマスターシリ

ンダーのプッシュロッドを押し出すようにした。直接プッシュロッドを押すことによって、ブレーキが効くまでのタイムラグを低く抑えている。ブレーキが作動する仕組みは、前のバンパーに図 3・7 に示す 0.5～1.5mの距離で反応する光電センサを取り付け、センサーが前方の障害物を検知すると、図 3・8 に示す電磁弁が開き、エアタンクに圧縮された空気がエアシリンダに送られブレーキが作動する仕組みとした。

〔マスターシリンダーの仕組み〕

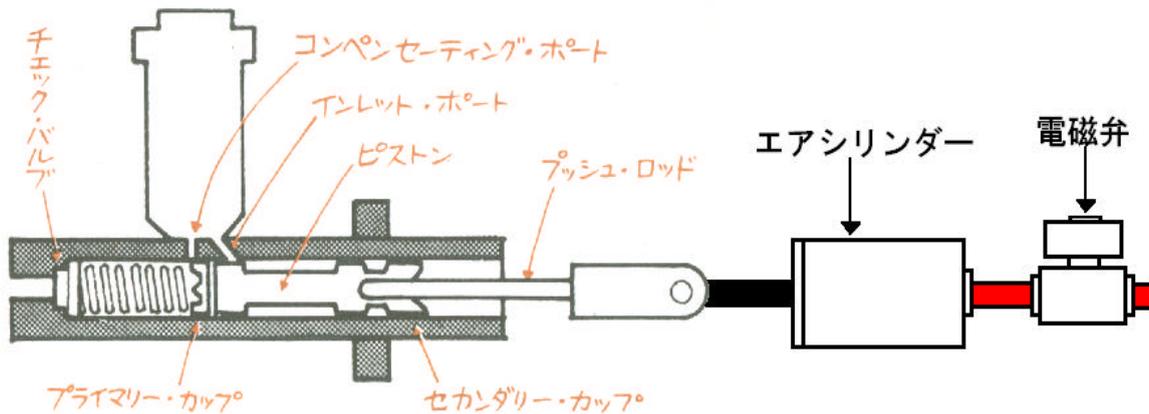


図 3・6 マスターシリンダーのプッシュロッド



図 3・7 光電センサー（オムロン）

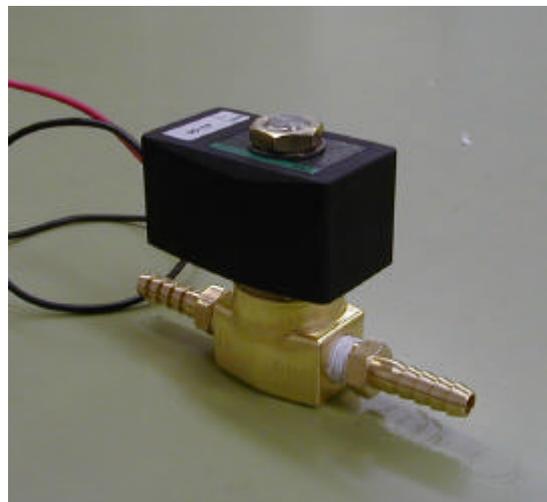


図 3・8 電磁弁（CKD）

3.3 製作したブレーキシステムの考察

人が乗って操作した時の通常のブレーキは、軽四輪自動車のブレーキブースターとマスターシリンダーを用いたことによって、違和感なく普通乗用車と同じ感覚で扱えた。また、電気自動車のためモータによる回生ブレーキが効くため、下り坂などでも大きな

加速度は発生せず、操作性や安全面などを考えると有効に使える。

半自動運転時では、エアシリンダを使用したため、実際にブレーキが効き始まるまでのタイムラグが心配された。しかしながらマスターシリンダのプッシュロッドを直接押し出す仕組みにした点や、光電センサーの検出距離を任意で設定できたため、タイムラグの時間を考慮して設定すれば緊急用のブレーキシステムとしては問題なく使用できた。

しかし、エアシリンダが一度作動すると、ピストンロッドが元の位置に戻らなかったため、止まった車両を再度動かすのに少し時間を要した。問題の解決策としては、3ポートの電磁弁を使用し、空気を抜く弁を設けることが考えられる。また、エアシリンダの仕様をやめ、ガソリン自動車のABSシステムのモータ部分の仕様や、油圧式の電動パワステアリングを応用することが考えられる、これはモータで油圧を発生させる仕組みなので、エアシリンダのようなタイムラグが少ないことも有効に使える点だと考えられる。

第4章 終章

4.1 結言

今回製作した普通乗用車の電気自動車は、普段の通勤や買い物など街乗りで使用するには十分な性能といえる。

小型電気自動車は寸法も小さく、簡単に運転する事ができる。また、座席も高い位置に取り付けられているため、乗り降りがしやすくなっている点から、高齢者にやさしい自動車といえる。主に近距離移動用として十分な実用性を持っているといえる。

小型電気自動車の半自動運転時では運転の補助として実用化可能なレベルにあると言える。誤って壁に衝突しそうなどときには、自動でブレーキが効くため、パニックになってブレーキペダルが踏めない状況などで活躍できると考えられる。また、子供が遊ぶテーマパークなどでも有効に使える。

4.2 今後の課題

半自動運転時において、緊急時のブレーキだけでなく、旋回時にブレーキが効くような機能を設けたい。また、ハンドルの切れ角に応じてブレーキの効きを変えられるようなものにしていきたい。

謝辞

本製作において制作資金を提供して下さった高知県庁産業技術振興課、ショックアブソーバー 4 本を提供して下さった株式会社デイトナ、バッテリーを提供して下さった日本電池株式会社に深く御礼申し上げます。

学会発表

1 . 大西仙晃、坂本東男、戒能徹、内野喬誌

小型電気自動車のブレーキ制御

日本機械学会中国四国支部講演会、2001年3月、発表予定

付録1に概要を記載

2 . 戒能徹、坂本東男、大西仙晃、澤田達郎

小型電気自動車の駆動制御

日本機械学会中国四国支部講演会、2001年3月、発表予定

付録2に概要を記載

3 . Haruo Sakamoto, Takashi Uchino, Noriaki, Onishi, Toru Kaino, Tatsuro Sawata, and Masaaki Yokoyama, Capstone Design and Manufacture of Hand-Made Small-Sized Electric Vehicle, ASME Conference, Sept. 2001, to be presented.

付録3に概要を記載

参考文献

- 1 . 電気自動車への改造ガイド
SEV / 電気自動車研究会・第5部会
〔改造型電気自動車を普及する会〕
「電気自動車への改造ガイド」出版委員会編

- 2 . 電気自動車のすべて
著者 清水 浩
日刊工業新聞社

付録1 小型電気自動車のブレーキ制御

大西仙晃（高知工科大学）
戒能徹（高知工科大学）

正 坂本東男（高知工科大学）
内野喬誌（高知工科大学）

1. 緒言

近年、地球の温暖化や酸性雨などの環境問題が取り上げられている。温暖化の解決策として排出ガスを出さないクリーンな自動車として電気自動車や、渋滞の緩和、利便性の向上を目的としたITS (Intelligent Transport Systems)などの自動運転技術が注目されている。しかしながら、自動運転技術は高速道路を主な目的として開発が行われているため、日常生活で活用されることは少ないように思える。そこで、私生活で活用できるような自動運転技術を検討するため小型の電気自動車を製作し、簡単な自動運転を行うことにした。自動運転では主にエアシリンダを使ったドラムブレーキと回生ブレーキを用いたブレーキシステムを製作する。

2. 製作したブレーキシステム



図1 小型電気自動車



図2 ドラムブレーキ

図1に製作した小型電気自動車を示す。ブレーキシステムは、図2に示すようにフロントに油圧式のドラムブレーキと、図3に示すリヤのモータによる回生ブレーキを設けた。また、ドラムブレーキには図4に示す軽四輪自動車のブレーキブースターとマスターシリンダを使用し、真空ポンプを使用した倍力装置も併用した。



図3 回生ブレーキ

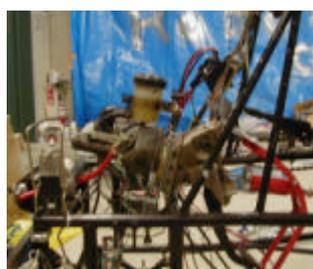


図4 ブレーキブースター

自動運転のためのブレーキシステムは、ペダルを踏む動作の代わりに、エアシリンダを使用し、マ

スターシリンダのプッシュロッドを押し出すようにした。ブレーキが作動する仕組みは、前のバンパーに図5に示す光電センサーを取り付け、センサーが前方の障害物を検知すると、図6に示す電磁弁が開き、エアタンクの圧縮された空気がエアシリンダに送られブレーキが作動する仕組みにした。



図5 光電センサー



図6 電磁弁

3. 製作したブレーキの考察

人が乗って操作した時の通常のブレーキは、違和感なく普通乗用車と同じ感覚で扱えた。また、電気自動車のためモータによる回生ブレーキが強く効くため、下り坂などでも大きな加速度は発生せず、操作性や安全面などを考えると有効に使える。

自動運転時では、エアシリンダを使用したため、実際にブレーキが効き始めるまでのタイムラグが心配されたが、光電センサーの検出距離を任意で設定できるため、タイムラグの時間を考慮して設定すれば問題なく使えた。しかし、エアシリンダが一度作動すると、ピストンロッドが元の位置に戻らなかった、これはブレーキブースターの中にあるバネが、柔らかすぎたためだと考えられる。問題の解決策としては、3ポートの電磁弁を使用し、空気を抜く弁を設けることが考えられる。また、エアシリンダの仕様をやめ、ガソリン自動車のABSシステムのモータ部分の仕様や、油圧式の電動パワステアリングを応用することが考えられる、これはモータで油圧を発生させる仕組みなので、エアシリンダのようなタイムラグが少ないことも有効に使える点だと考えられる。

4. 結言

人が乗って操作した場合のブレーキシステムとしては十分に使用できた。自動運転時では、エアシリンダが一度作動すると、ピストンロッドが元の位置に戻らないため、今後改良を加える。

付録2 小型電気自動車の駆動制御

戒能 徹 (高知工科大学) 正 坂本東男 (高知工科大学)
澤田達郎 (高知工科大学) 大西仙晃 (高知工科大学)

1. 緒言

現在主流である化石燃料を使用する自動車は大気中の二酸化炭素濃度を高める要因となり、深刻な環境問題を引き起こしている。したがって、排気ガス出さない電気自動車の普及が急がれている。しかし、現時点の電気自動車は航続距離に問題があるため、近距離輸送用の通勤用としての役割が期待されている。我々は通勤用としての使用を目的として、図1に示す一人乗りの小型電気自動車を製作した。

また、来たるべく高齢化社会に対応して高齢者でも安全に運転出来るシステムを開発する必要がある。そのために小型電気自動車をベースに駆動装置を制御して半自動運転化することにより、安全な運転システムを開発することを目標にした。



図1. 小型電気自動車

2. 製作した小型電気自動車

小型電気自動車の後輪は左右のトレーリングアームに各1個のモータを装着している。モータの動力はシャフトを介して直接、車輪を駆動させる方式をとっている。前輪のステアリング機構はラックアンドピニオンギア機構を採用している。ブレーキは前輪ドラム、後輪に回生ブレーキを使用している。

3. 半自動運転の実験内容

小型電気自動車の半自動運転化にあたって、前進後進、右折左折、停止の各動作を人に代わってマイコンで制御することにした。右折左折の動作は前進後進を伴って行われる。したがって前進後進の速度と連携した制御が必要になる。最初から、それらの動作をマイコンで制御することは困難と思われるので、ジョイスティックを使用して各駆動装置を制御することを当初の目標とした。

従来、右折あるいは左折をハンドルで操作するのに

替えて、サーボモータをラックアンドピニオン機構に取り付ける改造を行った。図2に示す。

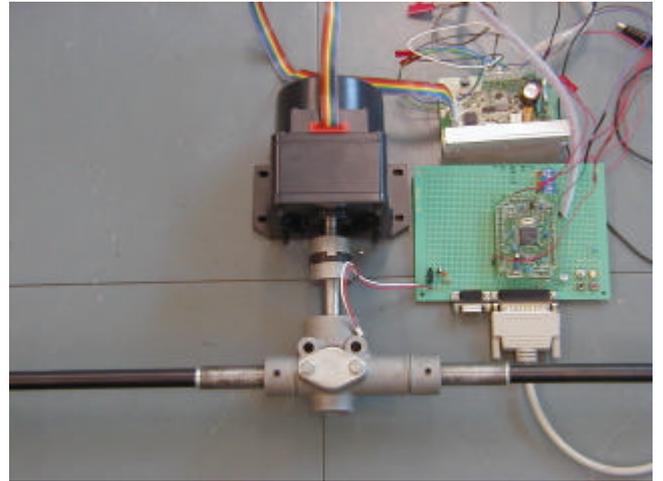


図2. サーボモータ、ラックアンドピニオン機構及びマイコン

車両が旋回する際に外輪と内輪に回転数の差が生じるために左右のモータの回転数を制御する必要がある。そのために外輪と内輪の回転数にどれだけの差があるか計算した。図3に結果を示す。そしてラックアンドピニオン機構の回転数をセンサーによって検知することにより、前輪の切れ角に応じて後輪の内輪と外輪に回転数を個別に制御を行った。

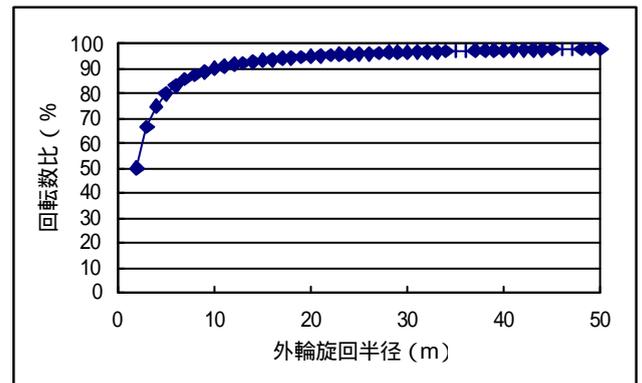


図3. 外輪に対する内輪の回転数の比

停止の動作に関しては、ブレーキペダルにエアシリンダを取り付ける改造を行った。

4. 結言

この研究はITSに関連し、障害物をセンサーで検知し、安全に障害物を回避あるいは停止する実験を行っている。サーボモータ、エアシリンダ、マイコンを実車に組み込み実験中である。

付録3 Capstone Design and Manufacture of Hand-Made Small-Sized Electric Vehicle

Haruo Sakamoto, Takashi Uchino, Noriaki Onishi, Toru Kaino, Tatsuro Sawada, and Masaaki Yokoyama
Dept. of Intelligent Mech. Sys. Engr.
Kochi University of Technology
Tosayamada-cho, Kochi 782-8502, Japan

ABSTRACT

This paper describes an engineering education attempt in a synthesis class during the 4th year. Since the Kochi University of Technology was inaugurated in April, 1997, four years of engineering education trials have passed. In 1997, 3 student teams participated in an eco-power race held in Kochi, Japan, with hand-made ecological vehicles. In the summer, 1998, three teams participated in the Shikoku Electric Vehicle Rally using light weight vehicles converted into electric cars. The synthesis class was performed based on such past engineering activities. In order to provide an active learning opportunity, a synthetic learning environment is needed rather than just teaching in classes. Manufacturing is also considered to be of great importance for mechanical engineering as well as the basic sciences such as mathematics and physics. As a capstone learning course, a team of five students in the laboratory tried to design and manufacture a hand-made small-sized electric vehicle.

INTRODUCTION

The Kochi University of Technology, shown in Figure 1, was opened in April, 1997. The university has been trying new engineering education such as first year seminars using real products¹⁾, computer assisted English education²⁾³⁾, and so on. In this report, an activity for a synthesis education class is described.

Two extracurricular (out of class and no credit) activities⁴⁾ were conducted. The first one is the Eco-power Race. In November, 1997, the Kochi Eco-power Race organized by Toyota Vista Kochi was held in Kochi, and three teams from the Kochi University of Technology entered the race. The second is the Electric Vehicle Rally. In August, 1998, the Shikoku Electric Vehicle Rally, organized by a committee of high school teachers and university educators, was conducted in Shikoku, the smallest main island of Japan. The rally is the first one in Japan for a car rally on public roads. Three teams from the Kochi University of Technology joined the race. The synthesis education class was performed in the 4th year based on the experiences from these activities. The team of five students selected a design theme and manufactured a hand-made small-size electric vehicle.

Electric or hybrid vehicles are being developed and sold. However, electric vehicles at the present are not perfect. They can not run very far, they need to charge which requires a long time, batteries are heavy and expensive, and so on. However, in the near future, fuel cell vehicles will become commercialized. This will make gasoline-powered vehicles less common. Under such a circumstance, five students from the Kochi University of Technology started to design and manufacture a hand-made small-sized electric vehicle as a capstone project course in the 4th year. They selected a small-sized one instead of a conventional one, and aimed to produce a hand-made vehicle for short-range running.



Figure 1 Kochi University of Technology Opened in 1997

DESIGN CONCEPT

The first of the main design concepts is a small-sized vehicle, whose vehicle category is equivalent to the one for the engine-powered three or four wheel bicycles in Japan. The size was determined as being able to carry the vehicle in a light weight truck for a long drive. The length, height, and width were 1.6m x 1.0m x 1.6m.

The second main design concept is the frame design. Applying a double wishbone type suspension for the front and full trailing-arm type suspension for the rear, the frame configuration was studied. Using 3-dimensional computer graphics (3D-CG), the frame configuration was determined. Figure 2 shows the graphics for the mounting suspensions and two motors. The team recognized that the 3D-CG image was effective for the group to determine the target the team will aim.

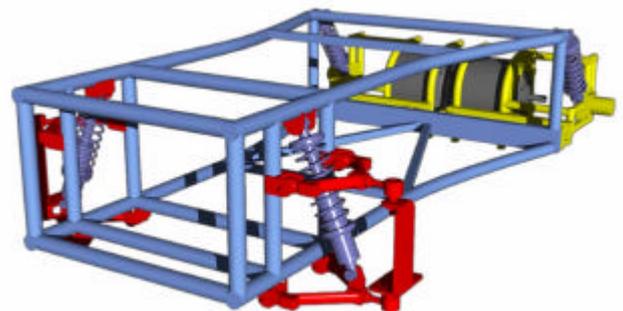


Figure 2 Frame Model by 3D-CG (Computer Graphics)

The third main design concept is to determine the motor. The in-wheel motor made by Honda for electric vehicles was applied, because the motor has a controller inside, and output data can be used for control. Although rather high power motors of 14kW for electric vehicles are in the laboratory, the team decided to use two Honda motors of 600W, which seemed not to be enough for the vehicle. They used these motors, because they can make some devices to control the vehicle. Figure 3 shows the motor.

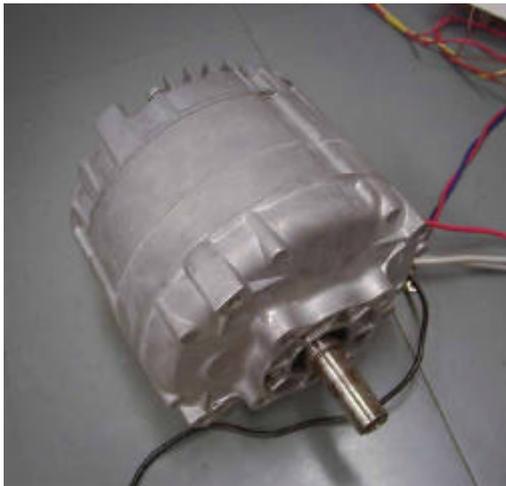


Figure 3 Honda In-wheel Motor

DETAIL DESIGN AND MANUFACTURE

Frame Design and Manufacture

Based on the image developed by the computer graphics, the frame design was performed by 3-dimensional computer aided design (3D-CAD). Figures 4 and 5 show the 3D-CAD graphics of the main frame and mount frame for the motors. The front part of the main frame was determined to have a width smaller than the rear one, because the wishbone arms are desired to be long enough within the planned vehicle width. The width of the rear part in the frame is set to be longer within the planned vehicle width in order to obtain a high twist rigidity.

About 30 two-dimensional drawings were made for the manufacturing.

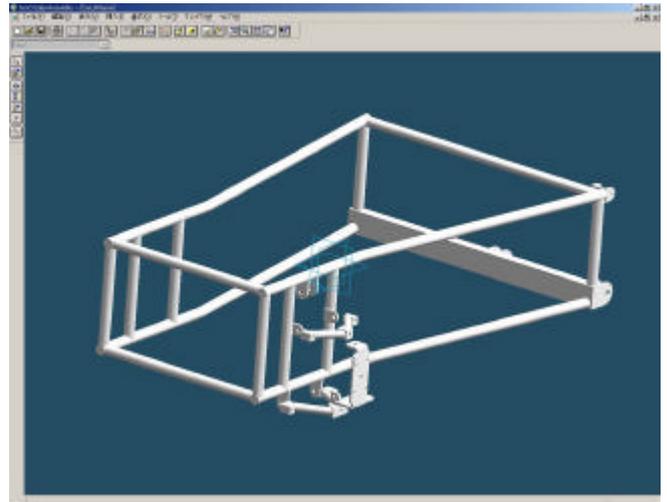


Figure 4 3D-CAD Drawing of Main Frame

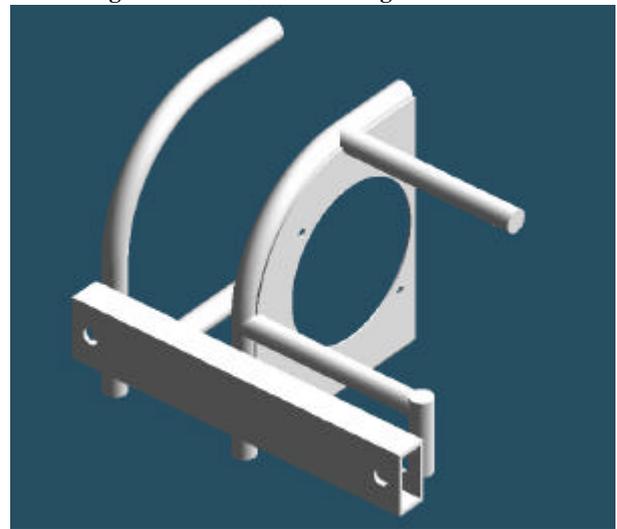


Figure 5 3D-CAD Drawing of Motor Mount Frame

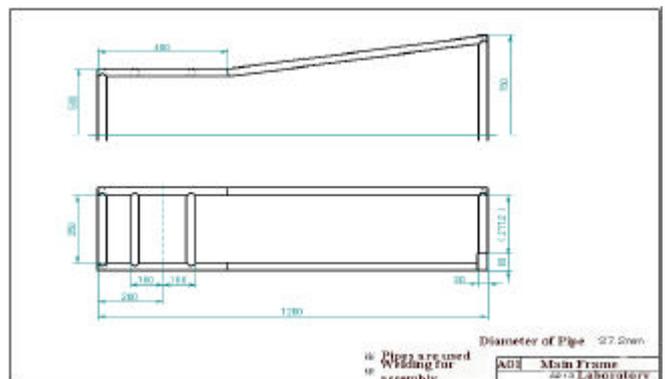


Figure 6 2D Drawing of Main Frame

Since the university is not ready to manufacture by welding, the assembly by welding was conducted at a shop near the university. The drawings were not sufficient for manufacturing due to the time

constrain from design to manufacture and due to the inexperienced students' ability for drawing. Figure 6 is a drawing example. The team made 30 drawings and discussed them with people in the shop.

Front Suspension and Steering Construction

The front suspension was determined to be a double wishbone type one, because of its high rigidity, stable camber angle, and is common in conventional automobiles. Figures 7 and 8 show the suspension system.

As for the steering construction, it consists of a steering wheel (handle), shaft, gear box of the rack and pinion type, and rod. The gear box for a light weight vehicle has been commercialized, and is used for this project. Between the handle and shaft, and between the shaft and gear box, universal joints are applied for flexible angle control. At this moment, the vehicle is driven by a handle for cornering. In the future, sensor control will be studied for auto vehicle steering. In order to obtain an auto steering function, the gear box of the rack and pinion type will be controlled by a servo-motor. Figure 9 shows the gear box.



Figure 7 Front Suspension System (With a Tire)



Figure 8 Front Suspension System (Closer View)



Figure 9 Gear Box of Rack and Pinion Type

Rear Suspension and Motor Mount

The rear suspension is the full trailing arm type as shown in Figures 10 and 11. The motor is mounted on the mount frame, which can move vertically by the trailing arms. From the design concept of the rear suspension, the motor shaft and the wheel shaft was determined to be directly connected. The shafts are connected by the coupling shown in figure 12. The center of the motor shaft was intended to coincide with that of the wheel shaft. However, due to the deformation caused by welding, the center to center is not straight enough for driving. This should be modified.



Figure 10 Rear Suspension and Motor Mount



Figure 11 Rear Suspension and Motor Mount (Closer View)

Motor and Drive Control

The vehicle is powered by the two motors, which control the two rear wheels. The motor is the Honda in-wheel type, DDW-4060 Type A, and the microprocessor from Akizuki Electric Co. AKI-H8 is used for the drive control. The four signal electric wires of speed, brake, clock-wise rotation and anti-clockwise rotation, and compensated current are used for monitor and control.

The curving control is conducted by obtaining the rotational speed difference between two wheels running on the curve. Figure 12 shows the rotational speed ratio of the outer wheel and inner wheel. A simple control is planned for the first stage of vehicle control. 100% and 90% of the speed difference was decided for drive control. The speed difference control should be continuously conducted according to each curve radius. However, this project is the very first stage for control, and the simple control was used in order to initially study and then modify. Figure 13 shows the microprocessor board, and Figure 14 shows the rotational speed difference between the outer and inner wheels depending on the curve radius. The display for the drive control is then produced, and Figure 15 shows the display.

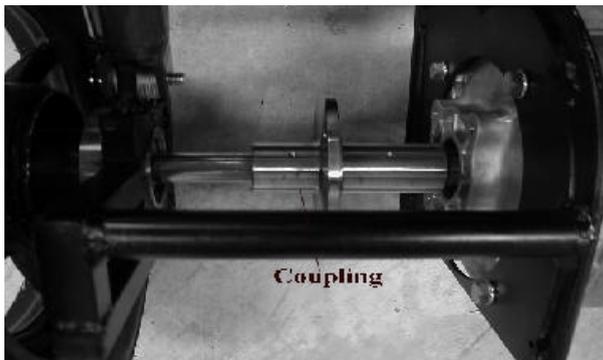


Figure 12 Coupling between Motor and Wheel Shafts

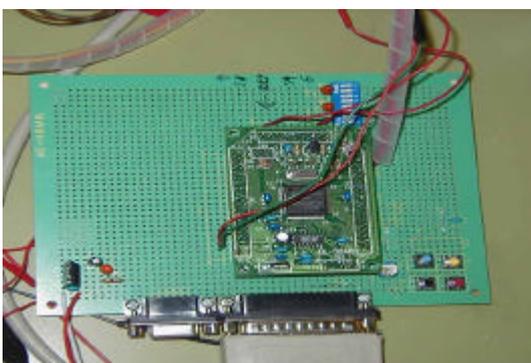


Figure 13 Micro Processor Board for Drive Control

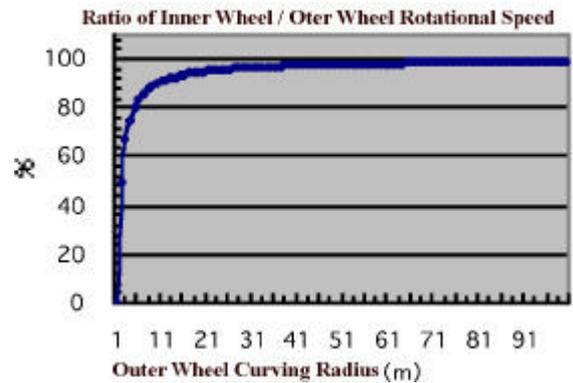


Figure 14 Rotational Speed Difference on Curves

Brake System

The brake system consists of a brake pedal, master cylinder, and drum brake on a wheel. Because the brake pedal and master cylinder for



three or four wheel bicycles is not sufficient to the vehicle, a set

Figure 15 Display for Drive Control

consisting of a brake pedal and master cylinder for light weight vehicles was used. Figure 16 shows the cylinder for the pressure amplifier. In the future, the auto brake system using some sensors will be planned.



Figure 16 Brake Cylinder for Pressure Amplifier

Assembling

After the manufacture of the main and motor mount frames, the vehicle was assembled. Figures 17 and 18 show its appearance. The vehicle was originally planned to be designed and manufactured in order for the team to participate in the 2000 Electric Vehicle Rally in Shikoku, which was held in August, 2000, in Kochi. However, the assembling was not finished by the time the rally started. The work was again started in the autumn semester, and finished by the end of Jan., 2001. However, technical matters are still to be solve, which will be studied in the next year.



Figure 17 Hand-Made Small-Sized Electric Vehicle (Side View)



Figure 18 Hand-Made Small-Sized Electric Vehicle (Back View)

DISCUSSION

Hand-Made Small-Sized Electric Vehicle

There are a variety of technical matters to be solved. The weight, speed, and control are the main items to be further studied. The original target of the weight was not clarified, and the weight after manufacture is about 350kg. The weight reduction should be studied by making a parts list with individual weights and then by seeking lighter ones. The speed depends on the motor. Since the team selected the motor by considering the ability of control and data acquisition, the selected motor was not the one which has enough power for the vehicle. If the team selects a 14kW motor, which was used for the 1998 Shikoku Electric Vehicle Rally, the power will be sufficient, unless the team care about the ability of data acquisition. The motor selection is a matter to be studied. The control of the two wheels rotational speed on curves is not complete. The team was able to make a two-stage control of 100% and 90% for the two-wheel speed difference. The control of driving and braking should also be further considered.

Capstone Design and Manufacture Project

As a project for 4th year students, the project requires manufacturing as well as design. The theme and target of the project are in students' hands. In other word, they need to consider the theme and target by themselves. The instructor thinks that the project should not be restrained by those in the research field, since the faculty' discipline is normally in a small area of the academic research field. The project should be aimed at the real world, and manufacturing is of great importance in mechanical engineering.

The team selected the project of a hand-made small-sized electric vehicle, which needs design and manufacturing as well as knowledge of automobile technology and how to make the vehicle. The faculty played the role of supporter, and is not able to teach the automobile technology. The team needed to find the related parts and to study how to design and manufacturing by themselves. The team needed to negotiate with the people from the welding shop and parts makers.

Although the completed vehicle was not the one that the team originally wanted, since the weight, power, and control need to be modified, the team succeeded in producing a real product. The project theme was considered to be appropriate in a sense for the study for 4th year students in mechanical engineering.

CONCLUDING REMARKS

As a capstone design and manufacturing project, the team of five 4th year students were challenged to design and manufacture a hand-made small-sized electric vehicle. The obtained results are as follows.

1. The hand-made small-sized electric vehicle was completed, although many technical matters still need to be solved. The weight, speed, and control are the main items to be further studied.
2. As a project, the team considered their theme and target. The faculty was a supporter for this project from the viewpoints of funding and suggestions. The team completed the vehicle by themselves.
3. The project theme aimed at manufacturing as well as design. In a design process, computer graphics were effective for the group discussion. Although the design detail was not sufficient for manufacturing due to students' inexperience in design ability, the team obtained experience on how to produce a product with their own drawings.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors greatly acknowledge the people who performed the

welding work in the shop (Fukutome Kogyo). The authors would also like to express their sincere thanks to Professor Hiroshi Nomura for his kind guidance on electric vehicles.

The team also expresses sincere thanks for the support from the Kochi Prefecture budget of the related 'Karakuri Project'.

REFERENCES

- 1) Haruo Sakamoto, Kazuhiro Kusukawa, Jens Jorgensen, Mechanical Engineering Education for 1st Year Seminar Using Real Products, ASME, DE-Vol.102, (1999), p13-17.
- 2) David Greene. "LATCH: a syllabus design for EFL instruction in CALL" in Computer Assisted Language Learning (Lisse, The Netherlands), 11, 4, 381-96.
- 3) Lawrie Hunter. "Text nouveau: visible structure in text presentation" in Computer Assisted Language Learning (Lisse, The Netherlands), 11, 4, 363-79.
- 4) Haruo Sakamoto, Extracurricular Education and Experimental Course Using Electric Vehicles, ASEE 2001, to be presented.