

修士論文

高齢者に優しい小型電気自動車の駆動制御と  
インターフェイス

平成 15 年 1 月

高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻知能機械システム工学コース

戒能 徹

## 目次

第1章 緒論	4
1.1 研究の背景	4
1.2 小型電気自動車を取り巻く環境及び技術	5
1.3 研究の目的	7
第2章 これまでに開発してきた電気自動車について	8
2.1 最初の小型電気自動車	8
2.2 普通自動車を改造した電気自動車	9
2.3 高齢者に優しい小型電気自動車	10
第3章 高齢者に優しい小型電気自動車	13
3.1 前回製作した電気自動車からの課題	13
3.2 中山間部地域での使用を前提にした設計	13
3.3 設計の流れ	15
3.3.1 車体サイズの決定	15
3.3.2 サスペンション形式の決定	16
3.3.3 モータ及び駆動方式の決定	17
3.3.4 減速機の決定	20
3.3.5 減速比の設定	23
3.3.6 メインフレーム形状の設計	25
3.3.7 設計の実践	25
3.4 ジョイスティックを利用したインターフェイス	26
3.4.1 実験装置	27
3.4.2 ジョイスティックを使用した実験	28
3.5 超音波センサについて	30
第4章 無線 LAN を利用したデータ通信について	32
4.1 高知県における地域 ITS の試み	32
4.2 無線 LAN を利用した取り組み	33
第5章 Li-イオン電池の走行性能調査	35
5.1 Li-イオン電池の特徴	35
5.2 今回使用したLi-イオン電池について	35
5.2.1 Li-イオン電池のシステムについて	36
5.2.2 データの収集について	37
第6章 将来の研究の方向	39
第7章 結言	40
参考文献	41

謝辭 ····· 42

# 第1章 緒論

## 1.1 研究の背景

近年、内燃機関を使用する自動車は排出する二酸化炭素は、大気中の二酸化炭素濃度を高める大きな要因として注目されている。そして二酸化炭素の増加は地球温暖化の主な原因の一つとなっている。また、表1に示すように自動車は窒素酸化物を全体の50%近く排出する。窒素酸化物は大気汚染を引き起こし、人体の健康に影響をあたえる有害な物質である。したがって、内燃機関の燃焼により二酸化炭素や窒素酸化物等を排出しない電気自動車が環境保護の観点から注目されている。しかし現在の市販されている電気自動車は機種種あるが実用車として一般に普及するまでに至っていない。2000年までの電気自動車の普及台数は約3800台と、内燃機関を使用する自動車からみれば微々たる普及台数にすぎない。

電気自動車が普及されていない要因は電気自動車は内燃機関車と比較して価格やランニングコストが高く走行距離が短いことである。価格については、従来の電気自動車の半分以上の電気自動車も出てきているが、既存車と比較するとまだまだ高価格である。そのため、価格の低減が普及の第一であると考えられる。そして、ランニングコストが高いのは電池交換費用が高いためである。また、航続距離が短いのはバッテリーの性能によるものである。このためバッテリー開発の主なテーマはエネルギー密度と寿命の向上、価格の低減となっている。この問題点から我々はバッテリーで走行する電気自動車は長距離走行に向かないと考えた。そのため電気自動車が普及するためには、長距離輸送の運用を目的とした電気自動車ではなく、近距離輸送の運用を目的としたコムーターとしての小型電気自動車が有用であると考えられる。

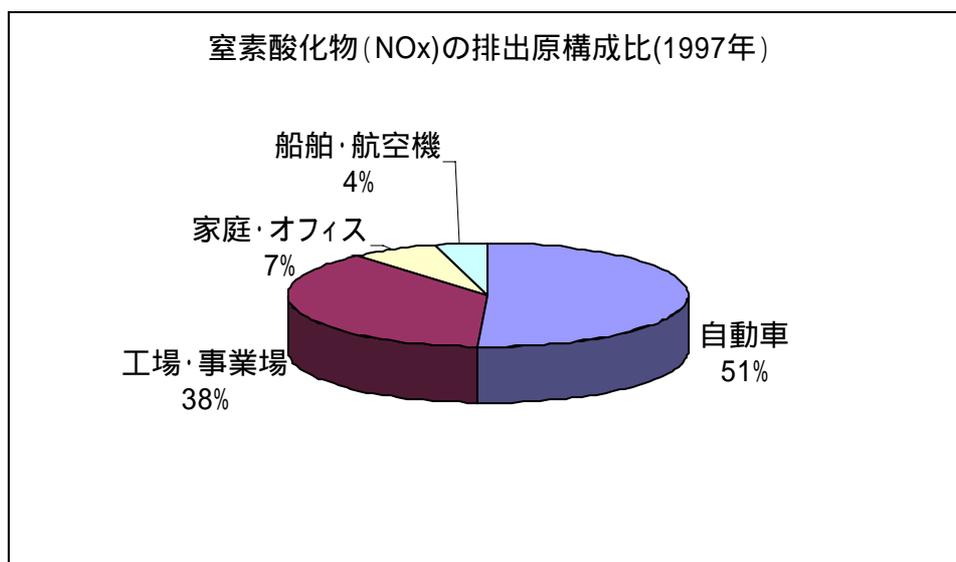
また、電気自動車だけでなく交通システム全体の新しい試みとしてITS(Intelligent Transportation Systems)が注目されている。ITSは、情報通信技術を用いて人と道路と車両とを情報でネットワークすることにより、交通事故、渋滞などといった道路交通問題の解決を目的に構築する新しい交通システムである。ITSは、主にナビゲーションの高度化、自動料金収受システム、安全運転の支援などの9つの開発分野から構成されている。その中でも急速に迎えつつある高齢化社会に向けて、自動運転による高齢化社会への対応は重要な技術課題の一つである。したがって高齢化社会にむけて高齢者にも運転が容易かつ安全なシステムを開発する必要がある。ITSの一環として小型電気自動車をベースに高齢者の安全運転の支援を目的に駆動装置の半自動運転化は有用であると思われる。

次に、地域におけるITSの一環として、地域コムーターとしての小さな自動車が注目されている。これは、生活圏や限定された地域内で、小型電気自動車や電動アシスト自転車などの低公害車両を使用することで交通量の削減や排ガスの減少を目的にしたものである。

また高知県では現在、中山間部地域における高齢者の交通手段として新たな乗り物が必要とされている。こうした観点から ITS 研究の一環として都市部だけでなく中山間部地域における ITS の研究も必要であると考えられる。

本件究はこの様な背景から実施したものであり、高齢化社会に向けた小型電気自動車の技術を確立することを目的としている。

表 1 日本における窒素酸化物の排出原構成比



## 1.2 小型電気自動車を取り巻く環境及び技術

日本の高齢化率(65歳以上の人口に占める割合)は16%であるが、2015年までには25%に到達し、高齢者の免許保有率は現在の20%から60%を超えると試算されている。高齢者の自動車運転中の事故は急増しており、現状のままでは事故の多発は避けられないと考えられる。そのため普通免許で運転できる小型電気自動車が注目されている。現在では、小型電気自動車はアラコ社製エブリデーコムスなど、数機種ではあるが発売されている。図1に示す。

また、自動車を移動通信体として試みが ITS の名の元に実験が進められている。植原、砂原、村井<sup>1)</sup>らは、自動車はインターネット移動体通信の実験の場としては最良であると述べている。自動車は発電を行いながら移動しており、PDA(Personal Digital Assistant)等と比べると電源やスペースの面で資源に余裕がある。しかしその反面、高速で広範囲を移動し、安定した通信環境を提供するための負荷は大きなものとなっているという観点がある。これらの技術を小型の電気自動車に搭載し、小型電気自動車での ITS を実践する試みも行

なわれている。

また、自動車等移動体の知能化の一つとして、自動運転化や操縦者の運転を補助する技術の研究が試みられている。その中で小型電気自動車の操作性を向上させるために、操縦者と小型電気自動車の操作系統を結ぶインターフェイスとしてジョイスティックを使用する試みが行なわれている。また、ジョイスティックは電気車椅子のインターフェイスとしても良く使用されている。ジョイスティックを使用することによって腕力の衰えた高齢者でもレバーで電気自動車なり、簡単に電気車椅子を操縦することが可能となる。しかし、単にジョイスティックで操作性を向上するだけでなく、乗り手を中心に考えた操作性を考えなければならない。藤井、和田<sup>2)</sup>らは乗り手に優しい電動車椅子に関して研究しており、その中でもジョイスティックの操作性の向上や有用性について述べている。

また、自動運転化の技術として日産自動車の Kawazoem, Murakami, Suda, Ono<sup>3)</sup>等による、自動車のレーンキープサポートシステムの開発等が行なわれている。他にも超音波センサによる障害物検知など、自動車の運転をセンサ等と組み合わせることによって、自動運転もしくは半自動運転化させる試みが多く行なわれている。

地域 ITS への試みとして高知県で取り組まれている無線 LAN を利用しての実験があげられる。この実験は無線 LAN ネットによって防災無線遠隔監視システム等の実験が行なわれている。無線 LAN の特徴として、通信装置を設置しにくい山間部にも通信網をはりめぐらせる事が可能である点があげられる。また、全国的な問題でもあるが高知県の中山間部地域は高齢者の増加が問題となっている。その点の問題点として公共交通機関の乏しさがあげられる。その点を克服する必要がある。

よって、高齢者に求められる電気自動車の性能として、無線 LAN やセンサ等と連携させた運転の補助を行う電気自動車の開発をする必要があると思われる。



図 1 エブリデーコムス

### 1.3 研究の目的

本研究は先に述べた観点から、高齢化社会に向けた小型電気自動車の技術を確立することを目的としている。具体的には高齢者に扱いやすい小型電気自動車を設計・製作するとともに、高齢者の安全運転をセンサ等で支援することを目的にしている。また、小型電気自動車の開発を通して地域 ITS の研究を行なうことを目的にしている。

## 第2章 これまでに開発してきた電気自動車について

### 2.1 最初の小型電気自動車

電気自動車を使用する理由は環境対策からである。化石燃料を使用する自動車から排出される二酸化炭素は地球温暖化の原因の一つに挙げられる。我々は化石燃料を使用する自動車にかわる電気自動車を開発することにした。

電気自動車の開発は 97 年度からスタートした。最初の電気自動車はアルミ梯子をメインフレームにした三輪車である。図 2 に示す。この電気自動車は一人乗りで、ホンダ製インホイールモータ DDW-4060 Type A を搭載し後輪を駆動する。モータを図 3 に示す。このモータは 48V で駆動する。また、この小型電気自動車はエコランレースである「高知エコパワーレース」に出場するために開発したものであるため一般公道では走行することができない。



図 2 最初の小型電気自動車



図 3 ホンダ製インホイールモータ

## 2.2 普通自動車を改造した電気自動車

98年度には「四国EVラリーフェスティバル'98」に出場することを目的に軽乗用車を電気自動車に改造した。「四国EVラリーフェスティバル」は、四国の一般公道を舞台に開催されるラリーイベントで1998年を第一回として、以降毎年8月に開催されている。この電気自動車は軽乗用車の内燃機関をモータ、バッテリー、コントローラとコンバートすることによって電気自動車に改造した。EVラリーには3台の電気自動車を後期日程に出場させ3台とも完走することができた。電気自動車及びラリーの様子を図4、図5に示す。



図4 電気自動車



図5 EVラリー風景

### 2.3 高齢者に優しい小型電気自動車

そして 2000 年度には「四国EVラリーフェスティバル 2000」に出場することを目的に新たに小型電気自動車を開発した。図 6 と図 7 に示す。より実用性を増すために公道での走行を前提に設計・製作を行い、なおかつ半自動運転化も視野に入れて開発した。

またこの小型電気自動車をシャーシから製作するにあたって、フレーム形状から検討した。直径 27.2mm の鉄パイプを使用しフレームを組んだ。サイズの主な数値は、全長 1650 mm、全幅 1200mm、全高 1600mm で総重量は約 350 kg である。またサスペンション機構は制動時の車両の安定性が高いダブルウィッシュボーンを前輪に採用し、後輪にはコンパクトなフルトレーリングアームを採用した。図 8 に示す。原動機にはホンダ製インホイールモータを 2 機搭載し、シャフトを介して後輪を直接駆動させる方式である。ホンダ製インホイールモータを採用した理由はコントローラが内蔵されており丈夫で制御が容易である点からである。また主バッテリーは 12 V 密閉型鉛電池を 4 個直列に車体中央下部に搭載し、H8 マイクロコンピューターやライトなどの補記類を駆動させるために 12 V シール型鉛蓄電池を車体全部に 1 個搭載している。また、ステアリング機構はラックアンドピニオン機構を採用した。今回は賣角ギヤ - 製のラックアンドピニオンギヤ - を使用し、ユニバーサルジョイントを介して前輪を操舵している。また制動装置には前輪に油圧式ドラムブレーキを採用し、運転席に設置したブレーキペダルの入力を、マスターシリンダーを介して油圧をコントロールしている。また後輪にはモータの回生ブレーキによって制動力がもたらされる。

この電気自動車は高齢者が使用することを目的に設計・製作した。しかし、重量過多等の問題から目差した性能に届かなかった。



図 6 小型電気自動車（正面）



図 7 小型電気自動車（側面）



図 8 フルトレーリングアーム

表 2 小型電気自動車のスペック

寸法・重量	全長	1650mm
	全幅	1100mm
	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 200kg
モータ	名称	DDW-4060 Type A
	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	
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

## 第3章 高齢者に優しい小型電気自動車

### 3.1 前回製作した電気自動車からの課題

先の章で述べたように、前回の小型電気自動車は重量過多等の問題点から走行性能が不十分であった。前回製作した小型電気自動車の課題を改善し、高齢者でも安全かつ快適に乗れるような新しい小型電気自動車を製作する為に必要なフレームを設計することを目的とした。

前回製作した電気時代自動車の課題を次にあげる。

- 必要以上に丈夫であるため重量が重い。
- フレームの構造上乗り降りしにくい。
- モータの出力が弱くスピードが出ない。
- バッテリーが重い上にエネルギー密度が少ない。
- ブレーキの改善。

以上の五つの課題が挙げられた。これらの課題を念頭に 3D - CAD で設計を行なった。

### 3.2 中山間部地域での使用を前提にした設計

このプロジェクトは、高齢者に優しい小型電気自動車の自動運転をテーマに、平成 13 年度及び平成 14 年度の高知県産業技術センター、創造的技術シーズ開発事業を実施するものである。この研究の発端は高知県物部川流域周辺地域活性化ビジョン策定調査（平成 12 年度、四国産業技術振興センター主催）で中山間地域における高齢者向け移動手段の必要性があげられたことによるものである。

このプロジェクトの背景は以下に示す通りである。

- 環境面、実用面から見て一人乗り小型電気自動車が有用であると考えられた
- 自動運転などの制御を入れるならば小型電気自動車の方が実践し易い
- 大学の隣町の香北町で高齢者向け移動手段を研究しようとする動きがあった

以上の背景をふまえ、中山間地域の高齢者の移動手段としての小型電気自動車を製作する。

そのために要求される小型電気自動車の主な仕様を次にあげる。

- 転倒防止
- 非常時の連絡方法の確保
- 乗り降りのしやすさ
- シンプルな運転操作系の開発

以上の4点に加え、小型電気自動車に要求される基本性能を次にあげる。

- 登坂能力
- 走破性
- 傾斜地対策
- 転倒対策

これらが、プロジェクトにもとめられる小型電気自動車の条件である。したがって、これらに基づいて小型電気自動車の部品選定や設計・製作が行なわれた。創造技術シーズ技術開発は2月末をもって終了する。

### 3.3 設計の流れ

小型電気自動車の設計の流れは図 3.1 に示すとおりである。

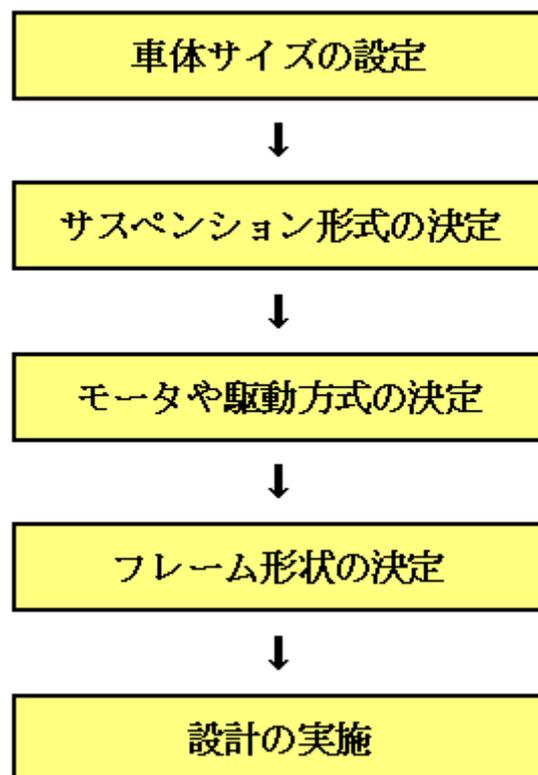


図 9 設計の流れ

#### 3.3.1 車体サイズの決定

短距離移動用通勤用として小型電気自動車を高齢者向けの移動手段として開発するにあたって、公道での走行を前提に開発することにした。したがって小型電気自動車を一般公道で使用するために、まずナンバーを取得しなければならない。今回は小型電気自動車を第一種原動機付自転車として製作して登録することにした。第一種原動機付自転車の特徴として重量税・取得税が不要で車検・車庫証明が不要である点が挙げられる。そのため登録が容易であり維持費が安価であるというメリットから第一種原付自転車を選択した。またデメリットとして一人乗りに限られることや法定速度が時速 30 km に限られるといった点が挙げられる。

小型電気自動車のサイズは、小型電気自動車を原動機付四輪車として登録しナンバーを取得するためには、全長 2500mm,全幅 1200mm,全高 1600mmを超えてはならない。前回

開発した小型電気自動車の車体サイズは、全長 1600mm,全 1000mm,全高 1600mmである。この車体サイズは、小型電気自動車などが故障した場合に軽トラックの荷台に積載することを想定したからである。今回の小型電気自動車も前回の小型電気自動車と同様に車体サイズを設定した。図 10 に示す。

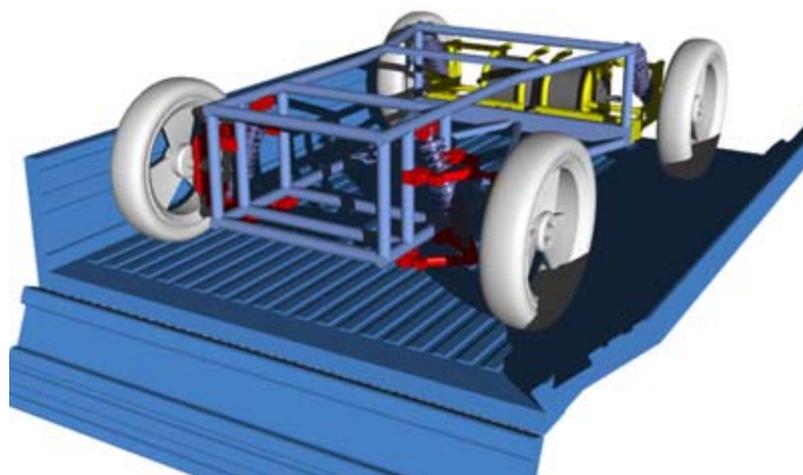


図 20 車体サイズの決定について

### 3.3.2 サスペンション形式の決定

サスペンションは車体重量を支持するとともに、路面不整などによる車輪の上下振動を緩和、吸収して、振動が車体に直接伝達されることを防止する。これにより乗員の乗心地向上、車体各部の動的応力の低減を図っている。さらに車輪の振動を抑制して走行安定性を向上させるため必要不可欠である。

今回製作する小型電気自動車のサスペンション形式はフロント・リアともにダブルウィッシュボーン式を採用することにした。ダブルウィッシュボーン式とは図 11 に示すよう上下 2 本の横アームで車輪を案内する形状のサスペンションである。長所としてはジョイント部分が 4 箇所あることで、ジオメトリ変化・コンプライアンスチューニングなどの設計自由度が高いことが第一に上げられる。そして、ショックアブソーバに曲げモーメントが加わらないためフリクションが小さい。また、サブフレーム上にリンクをレイアウトするためサスペンションの合成と振動絶縁を両立させやすい点である。短所としては、部品点数が多く位置決め精度も要求され、スペースを取り、コスト的・重量的に多少不利になるという点である。

ダブルウィッシュボーン式を採用した理由としては、設計するにあたって構造が単純で理解しやすく製作しやすいという点と、高齢者が使用することを考えて乗り心地の良いサスペンション形式を選択する必要があったからである。



図 11 ダブルウィッシュボーン

### 3.3.3 モータ及び駆動方式の決定

小型電気自動車の使用したモータを選定するにあたって、バッテリーとの兼ね合いからツシマエレクトリック社製ソーラーカー用直流モータの BF9-160H を使用する。図 12 に示す。仕様を表 3 に示す。

モータの特長を次に示す。

高性能マグネット方式により、小型軽量、高トルク・高効率。  
耐熱性マグネットワイヤー使用のため、過負荷時の耐久性が高い。  
高起動特性により、応答性に優れている。

次に DC スピードコントローラは、モータの持っている高い性能を引き出すため同じツシマエレクトリック社製の ICFW-96-050 を使用することを決定した。図 13 に示す。仕様を表 4 に示す。

DC スピードコントローラの特徴を次に示す。

電源電圧幅を広く設定されている。

PMW 制御、回制動機能の採用により、省エネ走行が可能。

モータ保護（過）電流検出、低電圧検出、過熱保護機能を装備。

次に正逆転ユニットにツシマエレクトリック社製の UFR-24-100 を使用することにした。

図 14 に示す。仕様を表 5 に示す。

正逆転ユニットの特徴を次に示す。

正転と逆転が簡単に行える。

バイパス機能があるため最高回転時にコントロール損失が無く、

性能アップとコントローラの発熱を解決。

マイコン搭載により切り替え時にアークの発生しないタイミングコントロール機能  
内臓



図 13 ツシマエレクトリック社製直流モータ

表 3 モータの仕様

形式	出力 (W)	電圧 (V)	電流 (A)	回転数 (r/min)	トルク (N/m)	効率 (%)	巻線抵抗 ( )	重量 (kg)
BF9-160H	1600	96	18	5100	3.1	93	0.12	10.8



図 14 ツシマエレクトリック社製 DC スピードコントローラ

表 4 DC スピードコントローラの仕様

形式	定格電圧 (V)	定格電流 (A)	瞬間最大 電流(A)	重量 (kg)	速度指令方式	冷却方式
ICFW-96-050	96	50	100	約 2.4	可変抵抗 指令方式	自然冷却方式



図 14 ツシマエレクトリック社製正逆転ユニット

表 5 正逆転ユニットの仕様

形式	UFR-24-100
連続定格電流	100A
断続定格電流(50%負荷)	150A
速度指令	内部ボリュームまたは外部ボリューム使用
スローアップ時間	1-10 秒
スローダウン時間	1-10 秒
寸法	220 × 145 × 130
重量	2.4Kg

### 3.3.4 減速機の決定

モータの動力をタイヤに伝達する駆動方式は、モータの出力をHOMCOシリーズのMC-1デフ内臓ドライブユニットを用いて車輪に駆動力を伝える方式にした。図 15 に示す。仕様を表 6 に示す。

MC-1 デフ内臓ドライブユニットの特徴を次に示す。

減速比が広範囲（1/6 ~ 1/34）である。

ドライブシャフトを使用することによりトレッド幅を自由にかえられる。

シンプルで軽量である。

これらの理由より、モータの特性を十分に引き出せると判断した。

また、ドライブシャフトはサンヨー製ユニバーサルジョイントを採用することにした。図 16 に示す。仕様を表 7 に示す。また、デフ内臓ドライブユニットやモータ、ユニバーサルジョイントと組付けた様子を図 17 に示す。



図 14 HOMCO MC-1 デフ内臓ドライブユニット

表 6 HOMCO MC-1 の仕様

重量(kg)	潤滑方式	減速比	許容出力トルク (kg·f·m)
7	オイルパス 潤滑方式	1/6 ~ 1/34	18



図 15 サンユ-製ユニバーサルジョイント

表 7 ユニバーサルジョイントの仕様

形式	全長(L)		スライド長 mm	許容トルク (Kgf-m)
	MIN	MAX		
KHS-16	248	430	+ 40	10.5



図 16 デフギア周辺の様子

### 3.3.5 減速比の設定

HOMCO シリーズの MC-1 デフ内臓ドライブユニットは減速比を 1/6 ~ 1/34 まで広範囲に設定できる。減速比を設定するにあたって、その条件として登坂能力と最高速度のバランスを考えなければならない。登坂能力を考える必要性は小型電気自動車が出間部で使用することもあり、十分な登坂能力を必要としているためである。減速比を求めるにあたって駆動力と走行抵抗から走行性能曲線図を製作した。

駆動力と走行抵抗を次に示す。

$$\text{駆動力} : F = T \times \text{loss} \times \text{ratio} \times \text{final} \div R$$

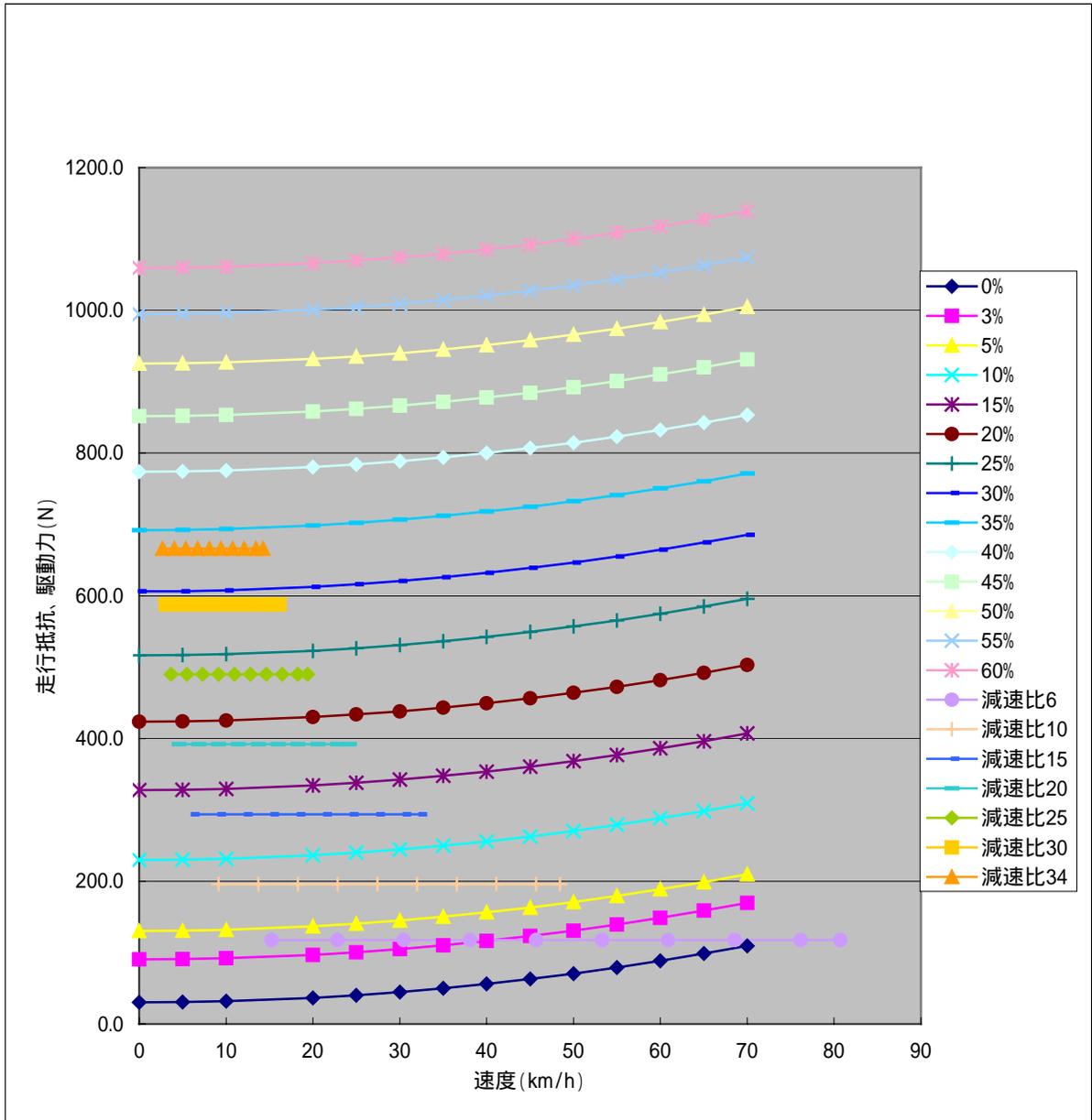
$$\text{走行抵抗} : F = \mu m g \sin \theta + m g \cos \theta + C A V^2 / 2$$

次に、駆動力と走行抵抗から走行性能曲線図を製作した。表 8 に示す。

走行性能曲線図の結果を参考にギア比を 1/15 と決定した。

また、タイヤやブレーキはアラコ製の小型電気自動車の部品を流用することにした。

表 8 走行性能曲線圖



### 3.3.6 メインフレーム形状の設計

今回のメインフレームの設計においては、前回のフレームを改善して余分なものを取り除くというシンプルな設計を目指した。また、前回メインフレームを2重フレームにしたため乗り降りが不自由になったことを考慮し、今回は乗り降りがしやすいよう足を乗せる部分はサイドの上フレームをなくすよう考えた。前回のフレームと同様に中空の丸パイプを使用し、今回はパイプ径を前回の 27.2mm から 25.4mm に変更することにした。図 17 に示す。



図 17 メインフレームの形状

### 3.3.7 設計の実践

電気自動車の設計を行なうにあたって 3D - CAD を使用し、部品の干渉等を確認しながら設計を行った。図 18 に示す。

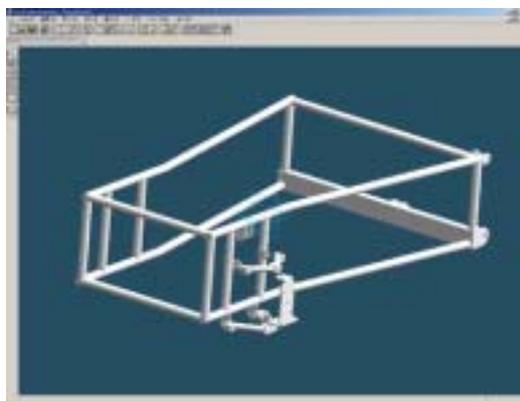


図 18 3D - CAD を用いた設計作業

### 3.4 ジョイスティックを利用したインターフェイス

第 1 章で述べたように、ITS の一環として高齢者の安全運転を支援する装置が必要とされている。その動きに関連して、体力の衰えた高齢者にも容易に自動車の操作が可能なインターフェイスを開発する必要がある。これらの必要性から我々は電気車椅子の操作のインターフェイスに使われているジョイスティックを、今回開発した小型電気自動車に転用することにした。具体的には、ハンドルやアクセルの代わりにジョイスティックを使用した駆動制御を行う研究である。また、ジョイスティックを使用し、小型電気自動車の操舵系や駆動系を制御することで半自動運転を行う 1 つのステップとした。現在は操舵系のギヤボックスに取り付けられたサーボモータと駆動系のモータをジョイスティックからの信号で車両を制御する実験を行っている。実験装置の概念図を図 19 に示す。

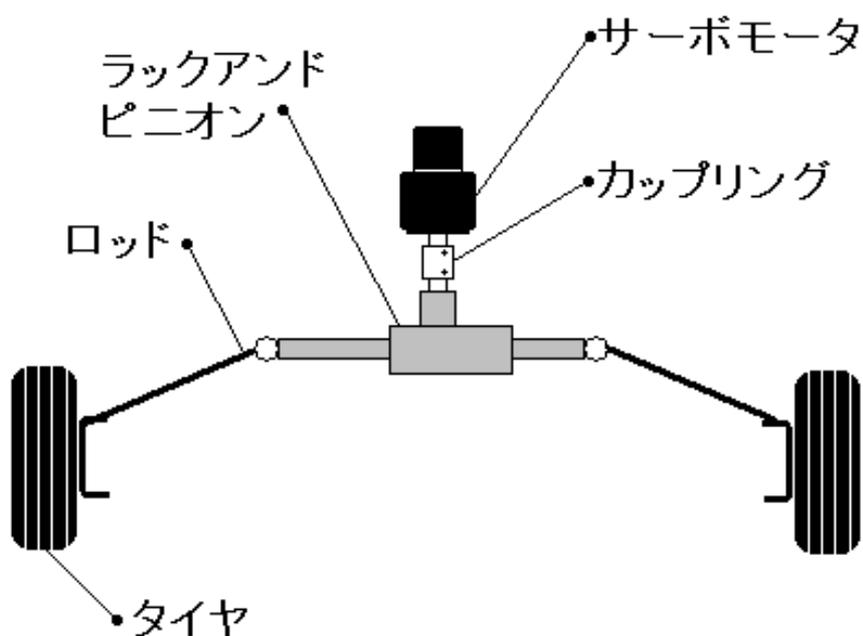


図 19 実験装置

### 3.4.1 実験装置

今回の実験ではサーボモータに、オリエンタルモータ社製 HBLM540K - GN にギアヘッドを取り付けたものを採用した。このモータはブラシレス DC モーターでモータードライバーとセットになっており、ギアヘッドを取り付けることによって 1:7.5 に減速してあり 1.2N・m のトルクを発生する。図 20 に示す。また、サーボモータをラックアンドピニオンギアにオルダム形カップリングを介して取り付けた。オルダム形カップリングを図 21 に示す。また、ラックアンドピニオンは HOMCO RS-A Type を使用することにした。



図 20 サーボモータ



図 21 オルダム形カップリング

### 3.4.2 ジョイスティックを使用した実験

ジョイスティックを使用しての実験を行った。その主な方法はラックアンドピニオンからハンドルの切れ角を読み取り、その切れ角をフィードバックしてサーボモータに入力した。その中でまた、前・後進の動きもジョイスティックで操作できるように改造した。よって前・後進と合わせ旋回動作もジョイスティックで操作できるようになった。このシステムの様子をブロックダイアグラムにあらわした。図 22 に示す。

また駆動装置の制御には図 23 に示す日立製 H8 マイクロコンピュータを使用した。本研究では秋月電子通商製のマイコンボードとセットで使用した。実験用部品を図 23 に示す

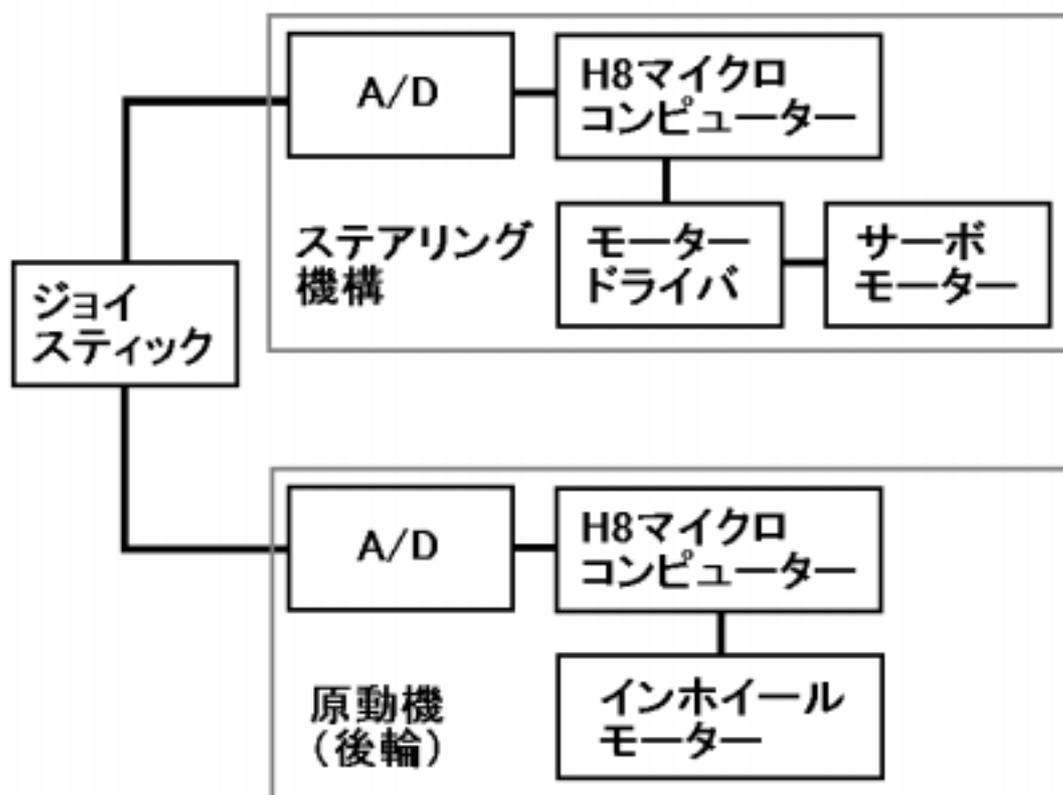


図 22 ブロックダイアグラム図

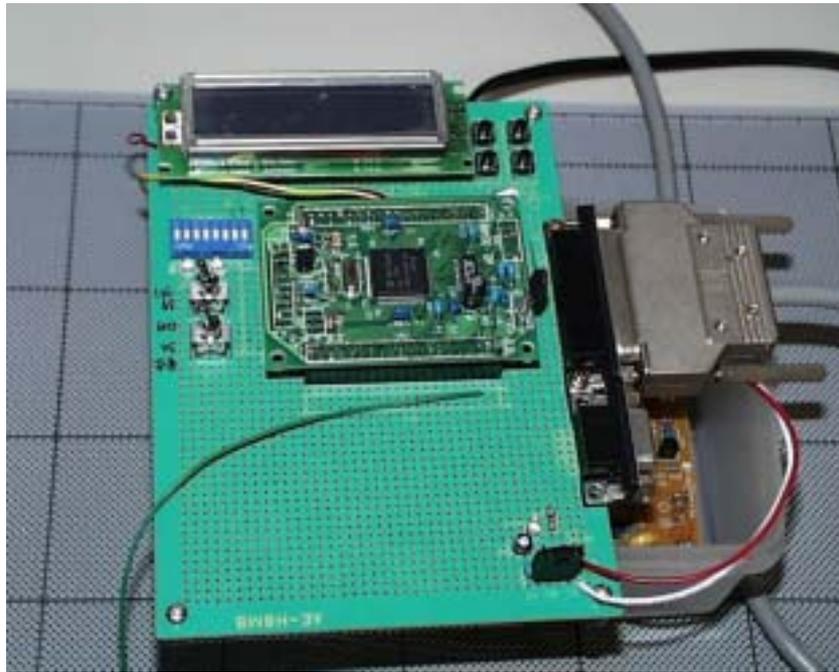


図 23 H8 マイコンボード

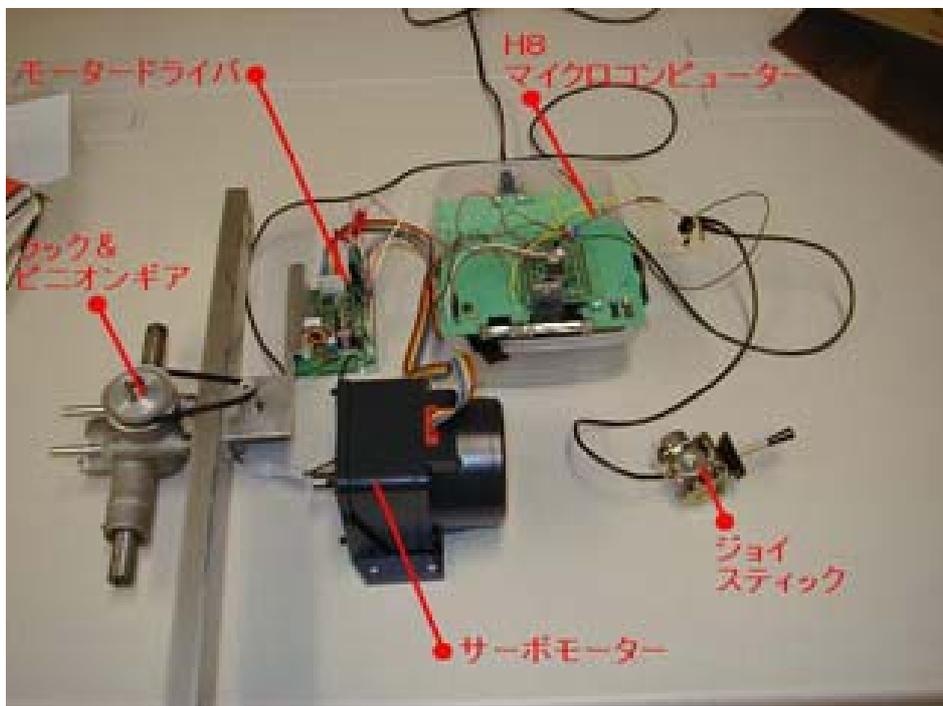


図 24 実験用部品

### 3.5 超音波センサについて

我々は高齢者に優しい小型電気自動車の半自動運転を考える上で、走行中における障害物検知を試みることにした。超音波センサを利用することによって、何らかの障害物を検知することにより高齢者に何らかのサインを送ったり、小型電気自動車のスピードを調整したりすることが可能であると考え。超音波センサを使用するにあたりキーエンス社製超音波式変位センサ UD-300 を利用することにした。図 25 にその装置を示す。表 8 に仕様を示す。

次に超音波センサを利用して車両の前方にある障害物を感知する機構を取り付けることにした。



図 25 超音波センサ

表 8 超音波センサの仕様

形式	センサヘッド	UD-360
	アンプユニット	UD-300
測定範囲		800 ~ 6000mm
表示分解能		1cm
アナログ 電流出力	出力電流	4 ~ 20mA
	適用負荷	0 ~ 500
	分解能	0.08mA
温度特性		0.05%ofF.S./
出力	制御出力	リレー出力 1c × 2 AC220V 3A (抵抗負荷)
	アラーム出力	リレー出力 1c AC220V 3A (抵抗負荷)
	応差距離	1 ~ 250mm 可変
	応答時間	303ms (3Hz 設定時)
定格	電源電圧	DC24V リップル(P-P)10%以下
	消費電流	250mA 以下
使用周囲 温度	センサヘッド	-25 ~ +70
	アンプユニット	0 ~ 55
重量	センサユニット	約 330g(コード含まず)
	アンプユニット	約 450g

## 第4章 無線 LAN を利用したデータ通信について

### 4.1 高知県における地域 ITS の試み

近年、ITS は都市部での運用を主にすすめられているのが現状である。しかし中山間部地域においては公共交通機関が乏しく、一人当たりの自動車の割合も多い問題点がある。

現在、高知県では情報通信のインフラとして無線 LAN を使用する実験が提案されている。これは、無線 LAN を使用して、災害情報等を知らせるためである。無線 LAN を使用する理由は中山間が多いので有線系での整備はコスト面で難しい面からである。その試みとして、無線 LAN システムを使った高知における市規模のネットワーク KCAN(Kochi City-size Area Network)の実験が南国市や高知市を舞台に行なわれている。図 26 に示す。

また高知県では高度情報化社会の実現を目標に地域 ITS を積極的に推進している。例えば、KoCoRo(Kochi Communication Road)のように、道の駅を舞台にインターネットを利用して情報を発信する試みが行われている。図 27 に示す。

このように、都市部だけでなく地域に密着した地域 ITS が必要であると言える。そこで我々は今回製作した小型電気自動車で地域 ITS に取り組むことにした。

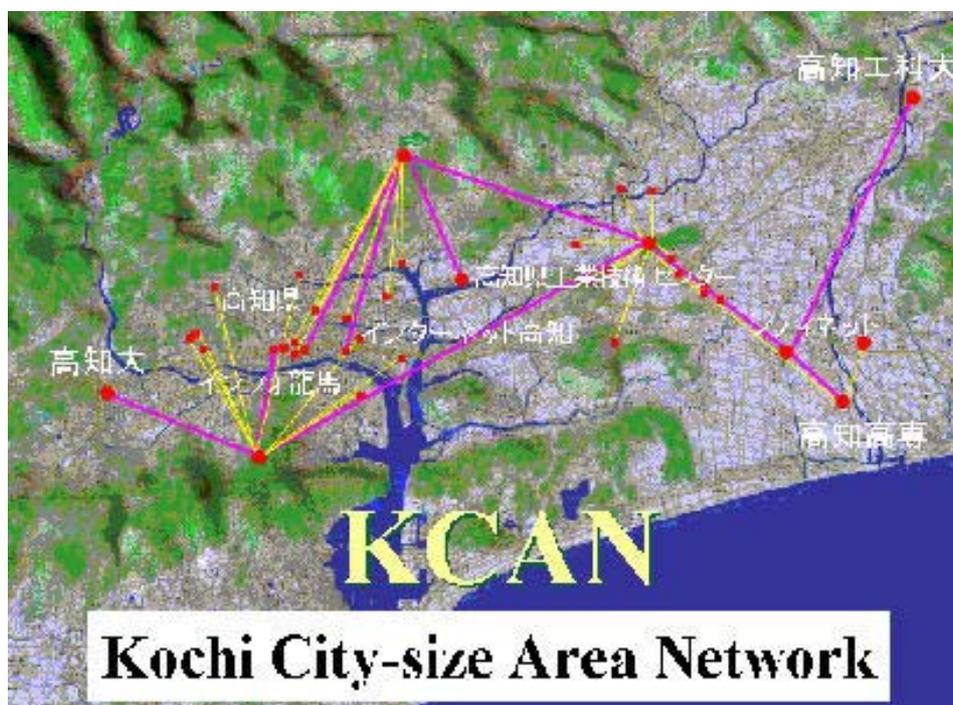


図 26 KCAN



図 27 KoCoRo

#### 4.2 無線 LAN を利用した取り組み

地域 ITS を研究するにあたって、今回製作した小型電気自動車で無線 LAN を利用することによってデータのやり取りをする実験を行うことにした。

まずは、有線 LAN によって、小型電気自動車に搭載しているマイコンボードとのデータをやり取りする実験を行った。実験装置を図 28 に示す。

次のステップに、無線 LAN を利用してデータのやり取りを行う実験を行った。実験装置を図 29 に示す。

現在は、これらの無線 LAN を利用することによって、地域 ITS の運用の可能性を研究している。具体的には無線 LAN を使用して小型電気自動車をインターネットに接続することや、小型電気自動車の車両同士でデータのやり取りを行う実験を進めている。将来的にはデータ通信を行うことによってカルガモ走行など 2 車間の連携した運転制御を目指している。



図 28 有線 LAN による実験道具



図 29 無線 LAN による実験道具

## 第5章 Li-イオン電池の走行性能調査

### 5.1 Li-イオン電池の特徴

Li-イオン電池の電圧は他の電池に比べて高く、初期電圧は4.2V、平均動作電圧は3.6～3.7Vである。電気自動車用の電源システムは非常に高い電圧で構成されるが、この場合、電池電圧が高いという点は非常に有利になる。たとえば、360Vのシステムを作るには、ニッケル・カドミウム電池（NiCd）やニッケル水素電池（NiMH）では約300本、鉛蓄電池でも約160本のセルを直列接続しなければならないのに対し、Li-イオン電池では約100本で済む。直列接続では、システムを構成している個々のセルの放電容量のばらつきが大きいと、最も容量の少ないセルから順に過放電となり、いわゆる転極が起こる。これを防ぐために、個々のセルを制御回路により監視することが行われるが、直列接続本数が少ないほど監視が容易である。

Li-イオン電池はエネルギー密度、特に、重量エネルギー密度が大きいので、車体総重量をできるだけ軽くしたいという電気自動車用電源の要求に適している。他の条件を一定と考えた場合、一充電走行距離を同じにするためには、EV電源システム総重量については鉛蓄電池ではLi-イオン電池の約3倍、NiMHでは1.5倍程度にする必要があると見積られる。

また、充放電効率が高く、エネルギーの有効利用が可能な点もLi-イオン電池の大きな特徴である。

自己放電率が水溶液電解質電池に比べて低いのもLi-イオン電池の有利な点である。すなわち、常温で10%/月以下であり、これはNiMHの2分の1以下である。自己放電は、ガソリン車にたとえればガソリン・タンクから燃料が漏れることに相当するので、少ない方がよい。

### 5.2 今回使用したLi-イオン電池について

小型電気自動車のエネルギー源であるバッテリーは、三菱自動車よりリッセル社製Li-ion電池BP35を8個提供してもらうことになった。図30と表9にそれぞれ図とスペックを示す。Li-ion電池を搭載することによって、従来からの問題点であった重量超過に対して大幅な軽量化が可能になった。（150Kgが目標）また、Li-ion電池を8モジュール使用により86-133Vの性能が期待できる。Li-ion電池の特性として電池はエネルギー密度が高く、電圧が高いことがあげられる。



図 30 Li - イオン電池

表 9 Li - イオン電池の仕様

形式	公称電圧 (V)	重 量 (kg)	公称容量 (Ah)	実容量 (Ah)	実エネルギー密度 (Wh/kg)	実出力密度 (W/kg)
BP35	14.8	6.48	33	33	75.4	946

### 5.2.1 Li-イオン電池のシステムについて

今回使用する Li-ion 電池は電圧を監視するためのシステムが搭載されている。このシステムは BMS(Battery Management system)と呼ばれ、バッテリー各々のセルを監視することによって転極が起こることを防ぐ。またパソコンに電圧や電流を取り込むことができる。

BMS は以下の 3 ユニットより構成される。

- ( 1 )           BMU (Battery Management Unit)  
接続される外部ユニットに対して、バッテリーシステムの情報を送信するユニット。
- ( 2 )           CMU with BBU (Cell Monitor Unit with Battery Balancing Unit)  
セル電圧の測定を行なうユニットと、セル電圧の均衡化を行なうユニット。
- ( 3 )           CS (Current Sensor)  
電流センサ

BMU を図 31 に示す。

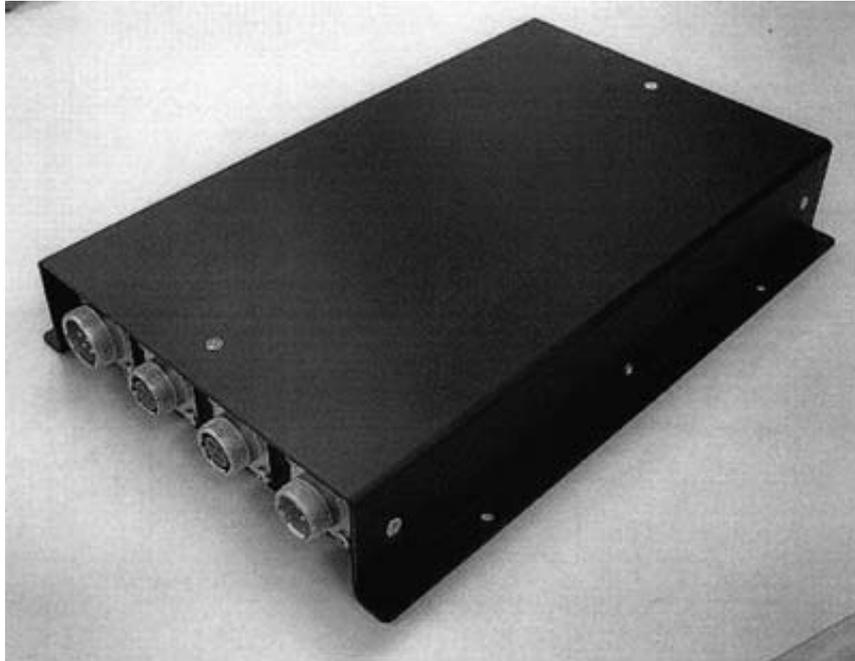


図 31 BMU

### 5.2.2 データの収集について

また BMS は図 32 に示すように RS 2 3 2 C ケーブルをかいして、パソコン上に電池の状態を取り込むことが出来る。図 33 に示す。これから走行実験を重ねて Li-イオン電池の走行データを収集することを行なう必要がある。

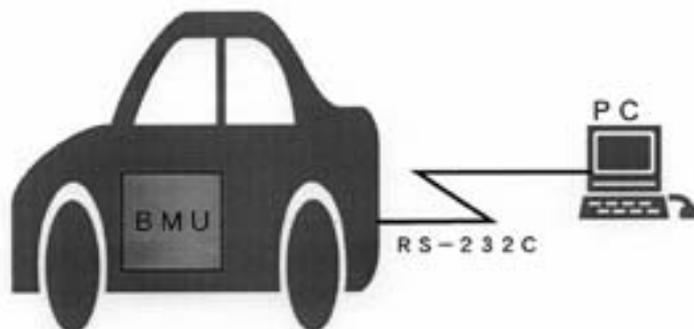


図 32 RS - 2 3 2 C を介しての接続

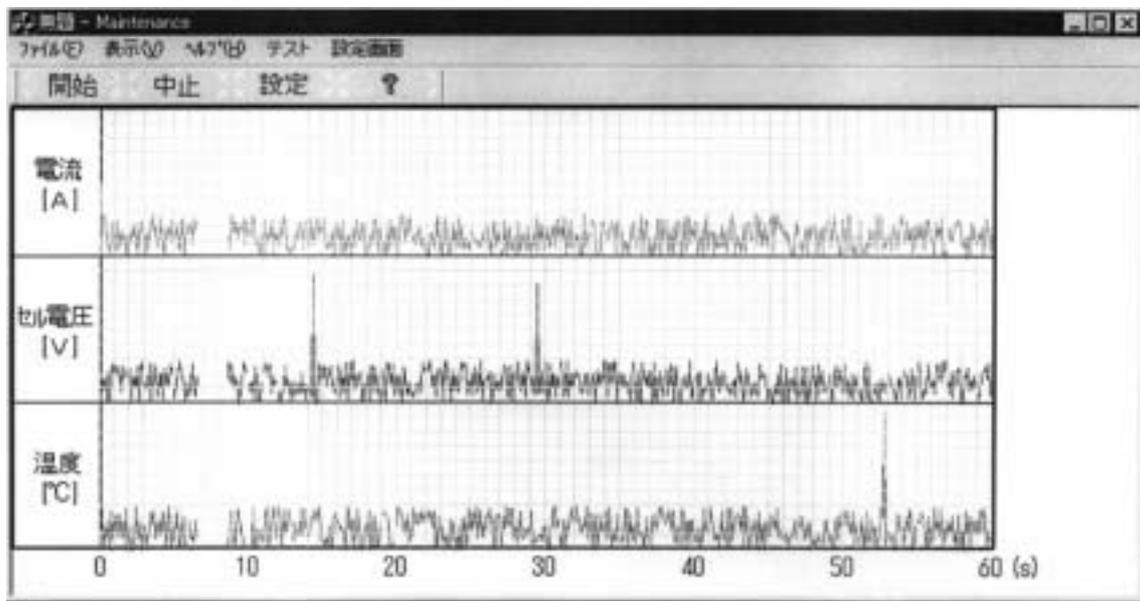


図 33 パソコン上に取り込んだデータ

## 第6章 将来の研究の方向

これらの研究をとおしての今後の研究に方針は、小型電気自動車を走行可能な状態に持って行くことが第一である。走行可能な状態であれば Li-イオン電池のデータを採取することができ、データを考察することで有用な発見が得られるものと思う。

また制御の課題として自動停止機構の開発があげられる。これによってセンサと連携した安全装置の開発が可能になる。制御関係では、制御に入る条件及び、そのアシスト量をどうするかを検討しなければならない。これは個人差も含めて検討する必要がある。また、各種センサの連携と処理についても続けて検討していかなければならない。

## 第7章 結言

これから小型電気自動車が完成することによって様々な新しい技術を試すことができる。Li - イオン電池や無線 LAN 等、先端のデバイスを使用した実験は、高齢者に優しい電気自動車を考える上で、安全性の向上などの成果が期待できると考える。また、高知県の山間部地域における ITS の実験は還元性のある研究であると思われる。

この研究においてわかった事や得られたことは

1. 走行実験の重要性がわかった。
2. 地域に還元する研究の重要性がわかった。
- 3.

以上を踏まえ、今後車両の完成に努力していきたい。

## 参考文献

- 1) 植原啓介、砂原秀樹、村井 純、“インターネット自動車概要” 情報処理 43 巻 4 号  
2002 年 4 月
- 2) 藤井文武、和田憲造、“乗り手にやさしい電動車椅子の実現に関する研究” 日本機械  
学会論文集 (C 編) 66 巻 645 号(2000-5)
- 3) Hiroshi Kawazoe, Takuya Murakami, On Sadano, Katsuhiko Suda and Hitoshi  
Ono Nissan Motor Co.,Ltd “Development of Lane-Keeping Support System”  
Society of Automotive Engineers, Inc. 2001-01-0797
- 4) 電気自動車ハンドブック編集委員会 編、“電気自動車ハンドブック” 丸善株式会社

## 謝辞

本研究を行うにあたって終始ご指導ご鞭撻下さった、高知工科大学知能機械システム工学科坂本東男教授に対して深く感謝致します。

また、Li-イオン電池を貸与して頂いた、三菱自動車工業（株）様に深く御礼申し上げます。

そして、車両を製作するにあたって、ご協力頂いたエム・エム・エス・製作所様に対して深く感謝致します。

最後に、シーズ技術にて資金提供して頂いた高知県産業振興センターに対して深く感謝致します。