

# 2人乗り小型電気自動車ICVS「シティパル」の開発

Development of the 2-Seater Small Electric Vehicle – ICVS City Pal

小 椋 正 己\*  
Masami OGURA

三 田 義 訓\*  
Yoshinori MITA

高 橋 龍 夫\*  
Tatsuo TAKAHASHI

## 要 旨

都市内環境対応等のため近未来型地域交通システムICVS (Intelligent community vehicle system)を提唱し、電動車両による共同利用システムを98年3月からツインリンクもてぎで実際に運用をしている。このひとつである「シティパル」はアルミニウムボデーの軽量小型2人乗りの最新電気自動車で、最新のニッケル水素電池を床下中央に、高性能モータおよび制御装置も床下水平に配置し、低重心でかつ取回し性のよい車にすることができた。また自動駐車などのシステム対応のため走る、曲がる、止まるにわたり有人／無人運転を可能とする自動化対応技術を搭載した。

## ABSTRACT

Intelligent Community Vehicle System (ICVS) as a near-future regional transportation system using small-sized electric vehicles was proposed in order to solve the problems of urban traffic situations and air pollution. The two-seater electric vehicle "City Pal" has an aluminum body for weight reduction and utilized a small, high-speed motor with advanced Ni-MH battery. Also control-by-wire is applied to the controls for automatic driving, steering, and recharging for the intelligent transportation system.

## 1. はじめに

エネルギー問題・環境問題が大きな議論になる中、このまま車が増え続けることによる弊害を解消するため、社会とともに21世紀の車社会のあり方を考えるものとして、ホンダが提唱した近未来型地域交通システムICVS(Intelligent community vehicle system：以下ICVS)は小型高効率な電動車両を多くの人が共同で利用することにより、個人の移動を保証しながら、より便利で、環境に優しいシステムを提案するものである。

この提案を具現化し、実際に人々に体験試乗していただく場として、98年3月から電動アシスト自転車ラクーンの利用システムを始めとして、栃木県茂木町にあるツインリンクもてぎ内で実験運用を開始している。

もてぎのICVSはラクーン(電動アシスト自転車)、モンパル(電動車椅子)、ステップデッキ(1人乗りハイブリッド自動車)、シティパル(2人乗り電気自動車：以下EV)の4車種と共同利用を支えるインフラシステムで構成されている。本稿は2人乗りの小型電気自動車シティパルの車両性能と各コンポーネントの搭載技術、自動運転に対応するための技術について紹介するものである。

## 2. シティパルの概要

シティパルは高性能Ni-MH(ニッケル水素)電池を搭載した先進型の小型電気自動車で、共同利用における貸出しの省人化を計るため自動運転システムなどインフラとの通信も可能とし、ICVSで計画したすべてのシステムを盛り込み、将来の都市型コムーアのあり方を具現化する実験車として開発した。Fig.1にその外観を、Table 1に仕様諸元を示す。



Fig.1 HONDA City Pal

Table 1 Specifications of HONDA City Pal

|                 |                                    |
|-----------------|------------------------------------|
| Dimension       | 3 210 × 1 645 × 1 645 (mm)         |
| Motor           | Permanent magnet synchronous motor |
| Battery         | Ni-MH                              |
| Range           | 130 km                             |
| Maximum speed   | 110 km/h                           |
| Driving system  | FF                                 |
| Riding capacity | 2                                  |

#### 基本コンセプトとしては

- ① 環境に優しく効率の高いEV
  - ② 世界中で通用する最も小型のクルマ
  - ③ 小さくてもしっかりした安全技術
  - ④ 共同利用にマッチした操作性と居住性
  - ⑤ 自動運転に対応出来る知能化技術
- とした。

### 3. 完成車について

#### 3. 1. 完成車レイアウト

都市内交通を想定し、小型ショートノーズで取り回し性の良い車とするため、EV PLUS(先端バッテリーを搭載し世界に先駆け市販した電気自動車)で構築したバッテリー床下中央配置の考えをさらに進化させ、従来はモータ直上に配置されるのが一般的であったモータの制御装置(PDU)をバッテリーと共に床下中央配置とし、モータまでも車軸の後方に平行に置くFFミッドシップ形式にした。重量物であるモータ、PDU、バッテリーをすべて床下配置かつ前後車軸間に搭載した。さらにボデーをアルミニウムとしたため車両の上屋も軽くでき、低重心化を達成、車体中央に重量物を配置

したことでヨー慣性モーメントの小さい車両となった。

Fig.2にEV PLUSのレイアウトを、Fig.3にCity Palのレイアウトを示す。

#### 3. 2. 操縦安定性

重い電池を搭載するEVは、従来から重量増に伴う運動性能の低下が課題であった。Fig.4に一般的な車両とEV PLUS, City Palの全高と重心高の関係、Fig.5に車両重量と慣性モーメントの関係を示す。転舵後の挙動をテストした結果をFig.6に示す。

後席床上など高い位置に重い電池を搭載した研究初期の改造EVでは、重心位置が高くなるとともに車両中央から離れた位置に電池を搭載しているのでヨー慣性モーメントが大きくなり、多くの荷物を積載した車のように回頭性や転舵後の収斂性が悪化する傾向があった。

EV PLUSはカリフォルニアにおけるフリーウェイ等の高速走行時の安定性を重視して、重い電池を床下中央にレイアウトすることで低重心化を達成し、操縦安定性を大幅に改善した。シティパルでは都市内の通勤車としてきびきびとした操縦性を得るため、転舵時の回頭性の向上と転舵後の収斂性の両立が求められた。そこでEV PLUSの床下中央配置の考え方をさらに進化し、PDU、高圧配電系をも床下中央に配置、さらにモータも前輪車軸後方に水平にレイアウトして低重心、低ヨー慣性モーメントを達成した。転舵時の応答性が大きく改善され、転舵後の収斂性を確保しつつ、回頭性を大幅に向上することができ、きびきびとした走りが実現できた。

このように重量物である電池を積載するEVでも床下中央配置のレイアウトにすると運動性能の高いEVを作ることができる。

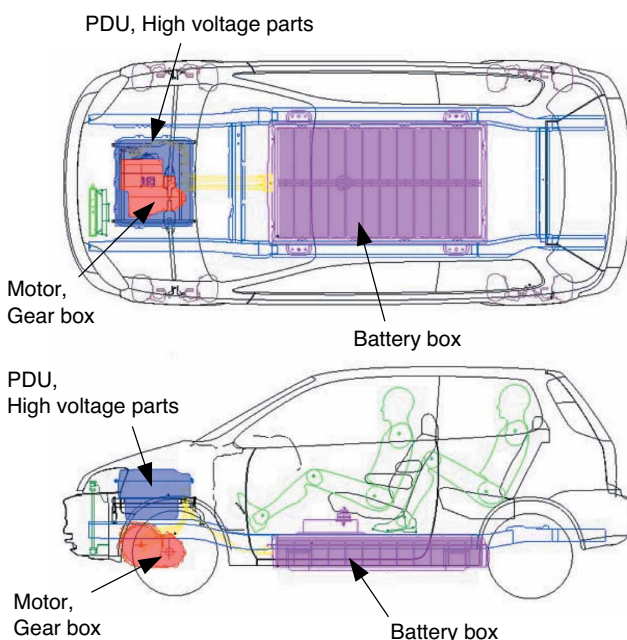


Fig.2 Layout of EV PLUS

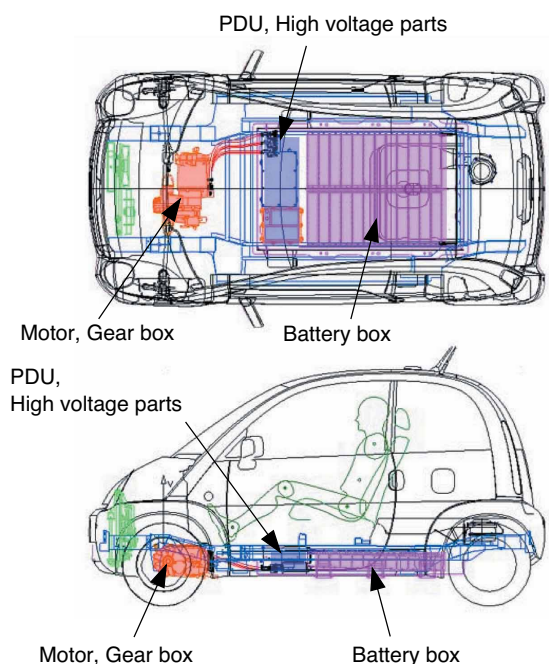


Fig.3 Layout of City Pal

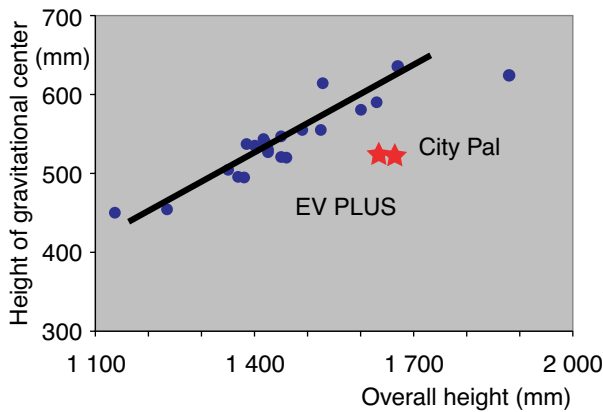


Fig.4 Relationship between vehicle height and height of gravitational center

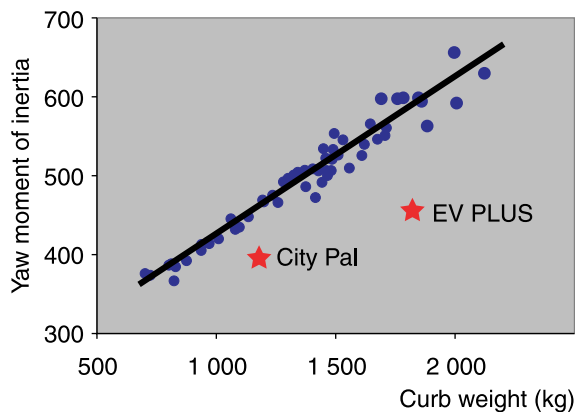


Fig.5 Relationship between vehicle weight and yaw moment of inertia

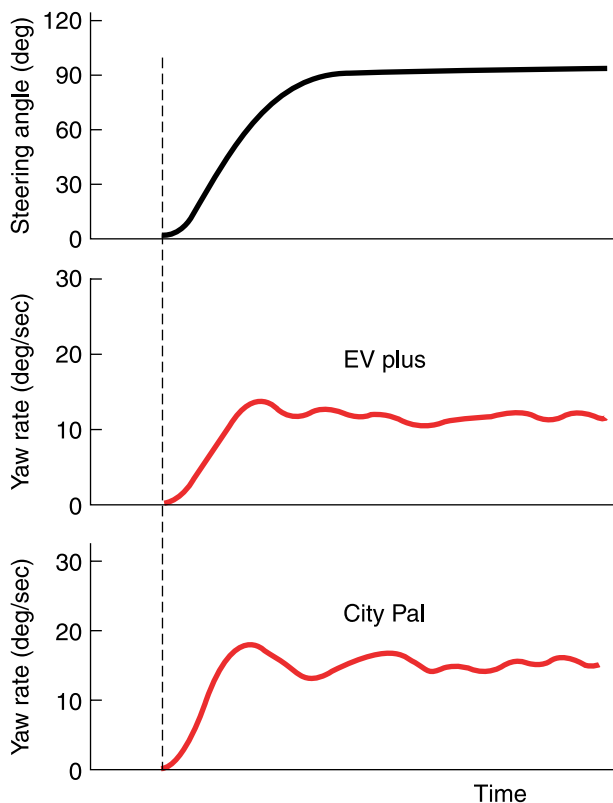


Fig.6 J-turn characteristic

#### 4. ボデーと衝突安全

ボデーはオールアルミニウムボデーとし、基本骨格は押出し材を使用した。アンダフレームまわりを中心に可能な限りストレート部材を多用し、デザイン要素の強いピラー部分などはマルチベンダ装置を使い3次元曲げ部材としている。押し出し部材間を結合し、サスペンションなどを固定する結合部分には薄肉のアルミダイキャスト部材を使った。また、リアパネルなどデザイン面を構成する比較的平坦な部分にはプレス成形パネルを使用し、溶接結合している。これらにより従来のスチールボデーで製作するよりも、約30%の軽量化を達成することが出来た。Fig.7にボデーの構造を示す。

小型ショートノーズながら衝突安全を確保するためフロントフレームにはストレート押し出し部材を採用し、圧壊でエネルギーを吸収する。モータとギヤボックスは水平横置きレイアウトとなっていて、衝突時にはフロアとすれ違いで床下にスライドし潜り込む。この構造により衝撃吸収のためのストロークを確保している。

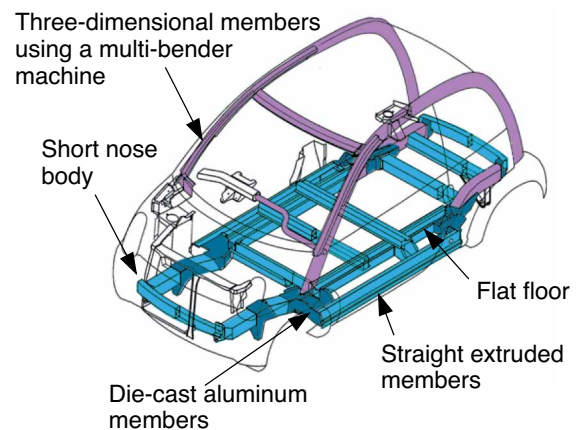


Fig.7 Structure of body

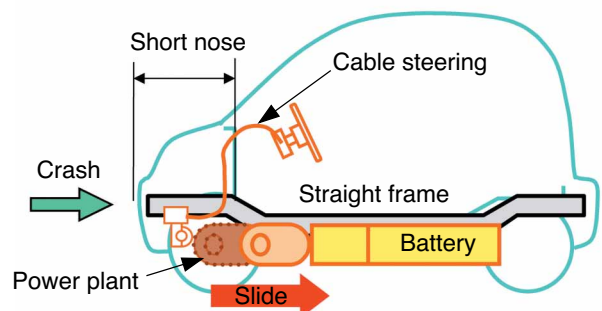


Fig.8 Collapsible structure with power plant slide

室内においては乗員の保護性能を高めるためケーブルステアリング機構を採用し、ケーブルのたわみで衝突ストロークを吸収する手法を取っている。これによりステアリングホイールの対人移動量の削減を図った。またベルトに

はプリテンショナ付きで大ストロークと一定荷重が得られるロードリミッタ機構を採用した。これらにより小型でショートノーズながら社内での衝突テストをクリアした。Fig.8にパワープラントのすれ違い構造を示す。

## 5. EVパワープラント

### 5.1. モータとギヤボックス

モータは小型高回転タイプの永久磁石型同期電動機を採用している。冷却は水冷式である。出力は連続定格出力で30 kW、最大トルクは159 N・mである。

ギヤボックスは固定ギヤレシオの減速機で出力軸にデファレンシャルギヤがある。モータと出力軸はカウンタシャフトを介して直結していて、モータも含めて小型軽量にできている。また自動運転のために電動モータで作動するパーキングロック機構が装備されている。Fig.9にモータとギヤボックスの外観図を示す。

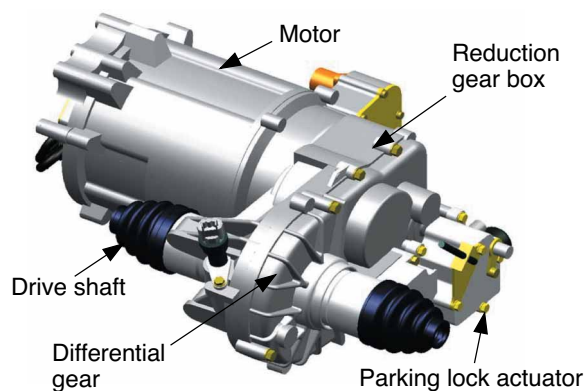


Fig.9 Motor and gear box

### 5.2. バッテリー

バッテリーはNi-MH(ニッケル-水素)電池を24個搭載し、288 Vで50Ahのものを使用している。冷却は空冷式で激しい走行時や充電時に電池の温度が上がるとリヤフロア下にある電動ファンで冷却風を送る。バッテリーはアルミ製のボックスの中に収め、床下中央に配置した。Fig.10にバッテリーボックスの外観を示す。ボックスの前半分にはモータの制御装置が収められている。

### 5.3. 充電装置

充電は自動充電に対応ためにインダクティブ式とした。このタイプは露出する金属接点を持たない。また挿入しやすくするため充電カブラ側の1次コイルと車体側の2次コイルを同心にはめ合わせるタイプとしている。充電の電源は200 Vで出力6 kWとし、バッテリーの残容量20%から満充電の100%までおよそ2時間で充電することが可能である。Fig.11に充電カブラを示す。

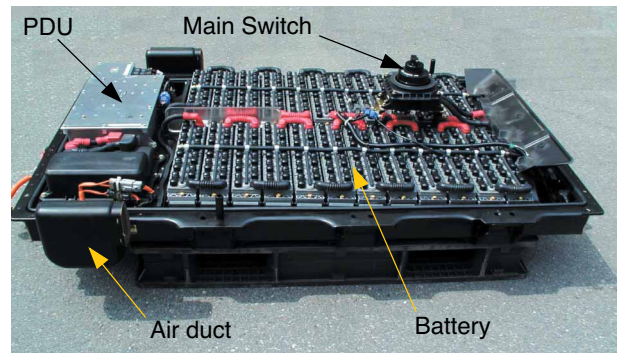


Fig.10 Battery box

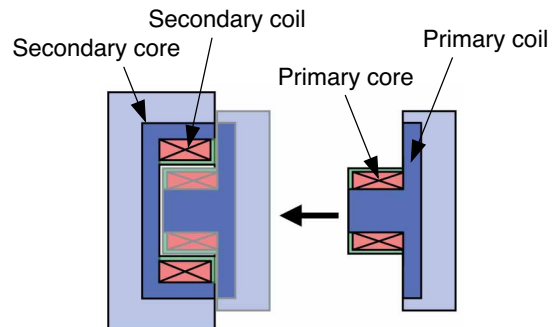


Fig.11 Inductive charging coupler

このカブラは自動充電とマニュアル充電が可能である。自動充電では自動駐車システムにより精度良く停車したうえで、車側の充電リッドを管制側の指示により自動的に開閉し、ロボットアームを持った充電器が車側のカブラ位置を探索して充電器側カブラを挿入する。充電中は充電器側と車側で光通信により制御を行う。Fig.12に自動充電システムの外観を示す。図に示すように通常と同じようにボデー側面に充電リッドを設け、マニュアル充電も可能とした。

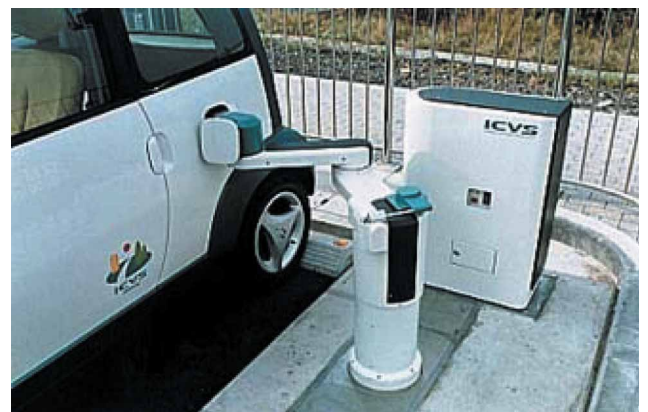


Fig.12 Automated charging system

## 6. 自動走行と運行システム

シティパルはICVSの運用の省人化を図るため、次の自動化システムを搭載した。

- ① リアルタイム運行管理システム
- ② 自動駐迎車システム
- ③ 隊列回送システム(かるがも走行)
- ④ 自動充電システム

これらの自動化システムは実際にツインリンクもてぎ内に運用のためのインフラを設置し、来場者にデモ実演している。これら実現するために走る、曲がる、止まるの全てを無人で行える装置が必要で、シティパルにはその自動化対応技術を搭載している。全てCBW(Control By Wire)で制御している。Table 2に搭載した自動システム対応技術を示す。

Table 2 Automation-supporting technologies on City Pal

| Function                    | Conventional vehicle component | Automation-supporting technologies on City Pal |
|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------|
| Driving                     | Start switch                   | IC card system                                 |
|                             | Accelerator                    | Drive by wire                                  |
|                             | Shift lever                    | Shift by wire and shift dial switch            |
| Turning                     | Steering                       | Automatic steering                             |
| Stopping                    | Brakes                         | Automatic braking                              |
|                             | Parking brakes                 | Automatic release foot parking brake           |
|                             | Parking lock                   | Automatic parking lock                         |
| ICVS supplementary function | Door lock                      | IC card doorlock                               |
|                             | Navigation                     | ICVS navigation                                |

### 6. 1. 走る自動化

無人運転の制御を行う自動化ECUからの指示に基づいてアクセルペダルの代りに駆動トルク目標値を受けてパワートレインECUがモータの出力、回転数を制御する。センタパネル上にマニュアル運転用のダイヤル式のシフトスイッチが設けてあるが、自動運転時はシフトポジション位置に関係なくパワートレインECUが自動化ECUの指示を受けて前進/後進のモータ回転方向を制御する。駐車時はギヤボックスに取付けられたパーキングアクチュエータによりパーキングロックを入れたり解除したりできる。Fig.13に駆動制御システムを示す。

### 6. 2. 曲がる自動化

ハンドルはEPS(Electric Power Steering)アクチュエータによって操舵する。ステアリングギヤボックスのピニオン軸上に取付けられた舵角センサとラック背面に取付けたストロークセンサからの転舵量を見ながら、自動化ECUからの指示に基づき、EPS ECUの判断で目標の転舵角に制御する。Fig.14にステアリングシステムを示す。

### 6. 3. 止まる自動化

ブレーキは負圧ポンプとリニアソレノイドバルブ付きのマスターバックにより自動化ECUが指示する制動力が得られるようにソレノイドバルブを大気開放し、油圧圧力や制動時の減速度を検出しながら制御する。また緊急時には普段ABSの働きをさせている緊急制動装置により急制動を掛ける。さらに万が一フェイル等で制動がかからないときはモータによる回生ブレーキを最大限作動させるようにしている。Fig.15にブレーキシステムを示す。

またパーキングブレーキにおいては自動解除装置を装備している。有人運転でロックされたフットパーキングブレーキをソレノイドにより解除することが出来る。

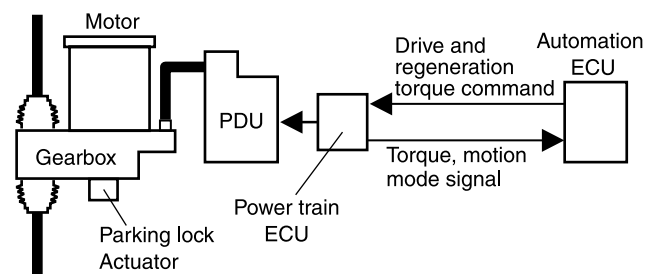


Fig.13 Drive control system

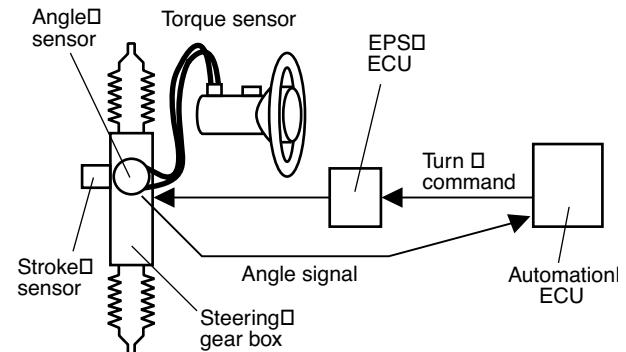


Fig.14 Automatic steering system

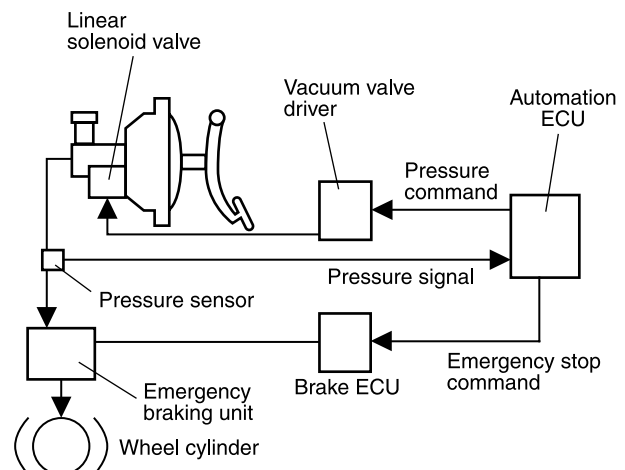


Fig.15 Automatic braking system

#### 6. 4. ICカード

共同利用のためにICカードによるキーシステムを採用した。ドアの開閉はもちろん車を始動させるためのスタートキー機能も持っている。

ICカードはJISサイズのカードの中にICチップを搭載し、ユーザの氏名やID番号、日本語・英語の区分などを保有するとともに共同利用したときの使用料金や走行時間など将来のシステムオーナーが必要とする情報を記憶することが出来る。

ユーザがクォーターウィンドにあるICカードアンテナにICカードをかざすと通信によりカードのIDが読み込まれ、路車間通信によりあらかじめ車に登録されたユーザIDと照合されるとドアロックが解除される。乗車後にハンドル右にあるカードリーダにICカードを挿入し、スタートスイッチをONにして走行可能となる。有人・無人の区別をしているのはICカードである。ICカードが車のカードリーダに入っている限り、自動運転の要求があっても車は受付けない。Fig.16にICカードとカードリーダに対する操作の様子を示す。

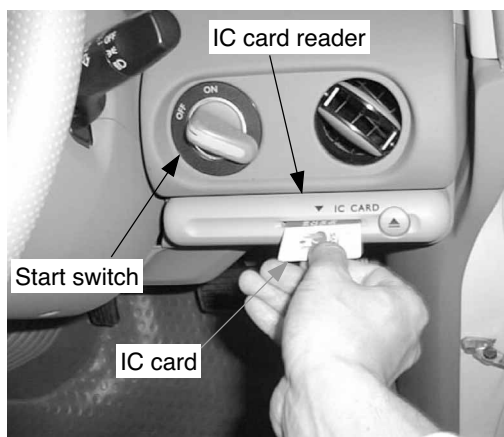


Fig.16 IC card/IC card reader

#### 6. 5. ICVSナビゲーションシステム (NAVI)

ICVS連動のNAVIを採用した。車を借りる際、ICVSの貸出しポートで行先を指定しておくことで配車された車に自動的に経路誘導がセットされる。ICカード内の情報によりユーザに対し、日本語又は英語のどちらかの誘導の音声案内が開始される。一方システム側も地図を持っていて、各車の現在位置を認識している。これにより管制センタで車の位置表示をして確認することができる。

#### 6. 6. 車載電話

自動車電話も搭載している。フロントピラーに装着したマイク付のスイッチを押すとNAVI画面に登録電話番号が表示され選択するとハンズフリーで電話することができる。事故など万が一の場合には緊急電話として管制センタに電話をかけることができる。

### 7. 快適装備

冷房・暖房・除湿も運転できる電動モータ駆動のヒートポンプ式エアコンを装備した。またインバータ制御で急速冷房・暖房も可能で、室内が指定温度になると省エネ運転に切り替えられる。

世界中のお客様の体格にも対応できるようにするため、2人乗りながら十分な居住性を確保し、乗降りが容易になるようにステアリングを電動で通常位置から20度上方に跳ね上げるチルトステアリングも装備している。

足元をすっきりさせ、フラットフロアとするためシフトレバーでなくダイヤル式のシフトスイッチをセンタパネルに装備している。

### 8. おわりに

当初の計画通り、ツインリンクもてぎにおいてシティパルとその共同利用のための先進自動運転技術を実機展示することができた。デモンストレーション走行開始以来、多くのメディアや訪問者から、その技術力の高さと未来交通社会を展望させる魅力に高い評価をいただいている。

21世紀の車社会がどうあるべきか、幾多の議論が起きてきている。資源エネルギー、地球温暖化問題といったグローバルな問題の他、地域交通社会における大気汚染、車増加に伴う駐車場の不足や路上駐車に伴う交通渋滞など解決すべき問題が多く残されている。このICVSとシティパルという車の示した方向はその解決の一助となる可能性は十分にある。もてぎの公開実験を通じ、多くの人々の意見をいただき、さらに発展させてゆきたい。

#### ■ 著 者 ■



小 椋 正 己



三 田 義 訓



高 橋 龍 夫