

電気自動車 “HONDA EV PLUS” の紹介

Introduction of Electric Vehicle “HONDA EV PLUS”

小 椋 正 己* 鈴 木 茂* 松 本 謙 次*
Masami OGURA Shigeru SUZUKI Kenji MATSUMOTO

要 旨

1996年4月、ホンダは日本で初めて専用設計による本格的な電気自動車、“HONDA EV PLUS”を発表した。大人4人がゆったり乗れて、高速道路を含む一般公道を過不足なく走ることができ、さらに電気安全、衝突安全等に対応した実用電気自動車である。

ABSTRACT

In April 1996, HONDA announced “HONDA EV PLUS” which is Japanese first real electric vehicle designed from the ground up. It is a practical electric vehicle comfortably accommodating four persons, having just enough performance under the various traffic conditions including freeway with electrical and collision safety.

1. まえがき

ホンダでの電気自動車（以下EVと略す）開発の歴史は1980年代にさかのぼる。モータ、制御、バッテリーの基礎技術開発から実際の一般公道テスト車であるACTY EV、SHUTTLE EVの製作、さらにアメリカでの本格的なフリートテスト車“CUV-4”の約2年間の公道テストを経て得られたデータ¹⁾を基に、それらの集大成として“HONDA EV PLUS”を開発した。

2. 開発のねらい

基本コンセプトとしては、より多くの人が安心して快適に使える実用電気自動車を作ることと定め、

- ①. 大人4人がゆったり乗れる居住空間
- ②. 混合交通の中で過不足のない動力性能
- ③. 一充電の走行距離（以下レンジと略す）を最大限に延ばす。
- ④. 電気安全、衝突安全での信頼性の確保を達成するためにモータを含むパワープラント主要部品は独自で開発し、またエネルギー源であるバッテリーは性能および寿命に優れたNi-MHバッテリーを採用、車体系のデザインや部品も新規の専用設計とした。

* 栃木研究所

3. 搭載技術

3. 1. 基本骨格

主要諸元を Table 1 に、基本構造を Fig.1 に示す。

E V 特有技術であるバッテリー搭載およびモータ、コントローラなど高圧電装部品のパッケージを最適なものとすると同時に自動車本来の機能を備えるために、基本骨格を次の様にした。

1. バッテリーを1つの箱に納め車両床下中央に配置。
2. 軽量かつ高剛性なフレームとするために、メインフレームをストレート化。
3. 高電圧電装部品を一体化し、モータと併せ車体前部へ集中配置する事で、室内と動力源を分離し室内ユーティリティを確保。
4. 操縦安定性に優れた F F 方式を採用。

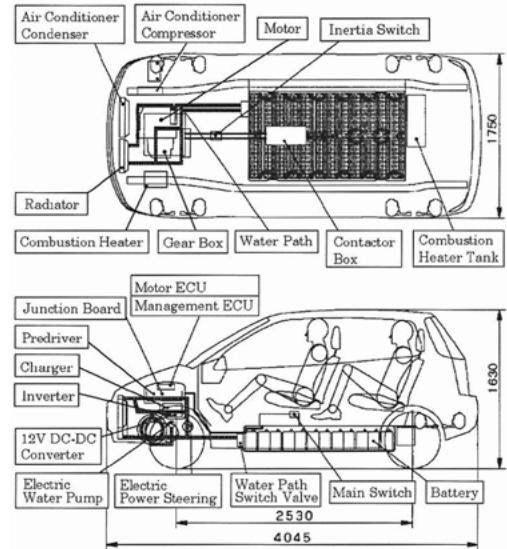


Fig.1 HONDA EV PLUS

Table 1 Specifications list

ITEM			SPECIFICATIONS
VEHICLE CHARACTERISTICS	Length	(mm)	4045
	Width	(mm)	1750
	Height	(mm)	1630
	Wheelbase	(mm)	2530
	Curb weight	(kg)	1630
	Drive wheels		Front
POWER PLANT	Voltage	(V)	288
	Motor	Type	DC-brushless
		Output	(kW/rpm) 49/1700~8750
		Torque	(N·m/rpm) 300/0, 275/500~1700
	Battery	Type	12V Sealed Ni-MH
		Number of modules	24
		Energy density	(W·h/kg) 58
	Charger	Input voltage	AC100-110V/200-220V
		Output	1.1kW/4.2kW
		Type	On-board
	Reductional gear	Ratio	7.446
VEHICLE BODY SYSTEM	Suspension	(Front/Rear)	Strut / Rigid axle
	Steering		EPS* rack & pinion
	Air bag		Driver & passenger sides
	Tires	Front wheels	EV tire 195/65R-14
		Rear wheels	EV tire 195/65R-14
	Break-assist		Power vacuum
	Regenerative breaking		Equipped
	ABS		Equipped
	Air-conditioning(heat pump type)		Equipped
	Audio system	(FM,AM,CD)	Equipped
PERFORMANCE	Front defroster		Glass hot wire type
	Drive range	(Comb. mode) (mile)	121
	Acceleration	0-60mile/h (sec)	18.7
	Maximum speed	(mile/h)	80 over

*: Electric power steering

3. 2. パワートレイン技術

基本システムを Fig.2 に示す。

(1) モータと減速機

モータは軽量で電氣的に高効率なネオジ系希土類磁石を用いたDCブラシレスモータ(永久磁石型同期モータ)を独自に開発し搭載した。以前に開発した電気自動車CUV-4では、DCブラシレスモータをトルクコンバータの無いEV専用3速オートマチックと組合せたが、本開

発ではモータのトルク定数増加および高回転化設計により、モータトルクは $130\text{N}\cdot\text{m}$ より $275\text{N}\cdot\text{m}$ へ拡大し、最高回転数は 6000rpm より 8750rpm へ向上した。このため、HONDA EV PLVS に組合わされる減速機は減速比7.446の回定比減速機を用いる事とした。変速機が無くなった事と、モータのトルクリップルの更なる減少により、駆動力変動の極めて少ないパワートレインとしている。モータの断面図を Fig.3 に、出力特性図を Fig.4 に示す。

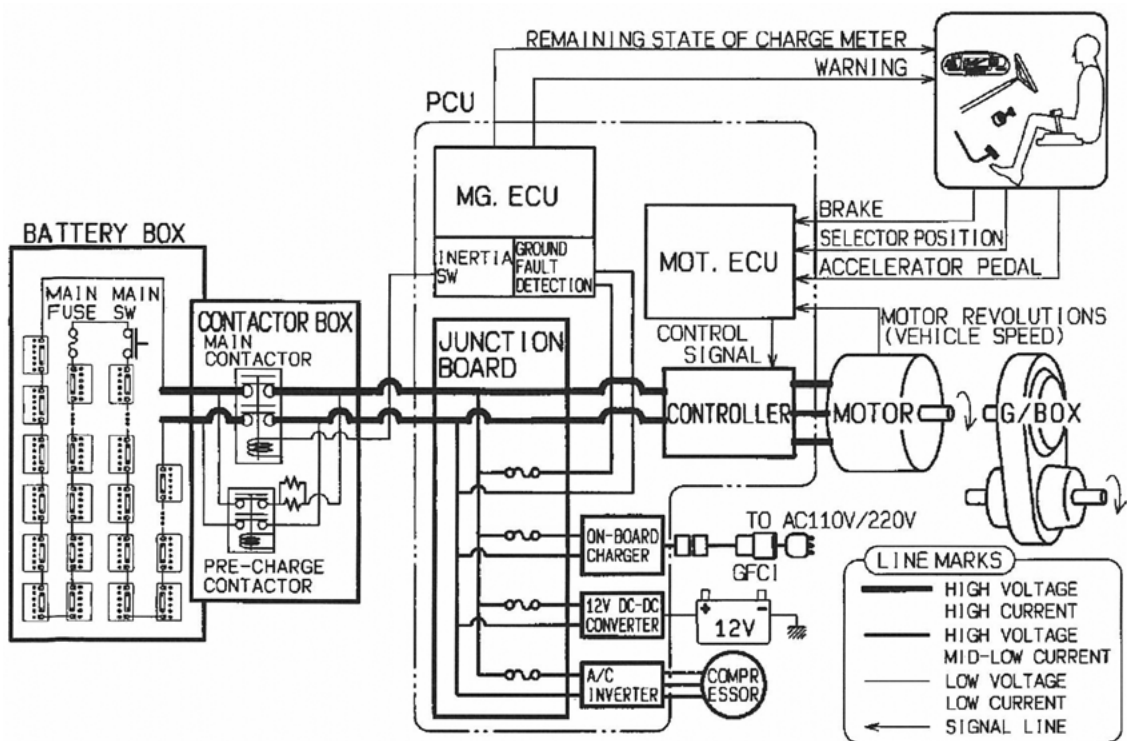


Fig.2 Basic system

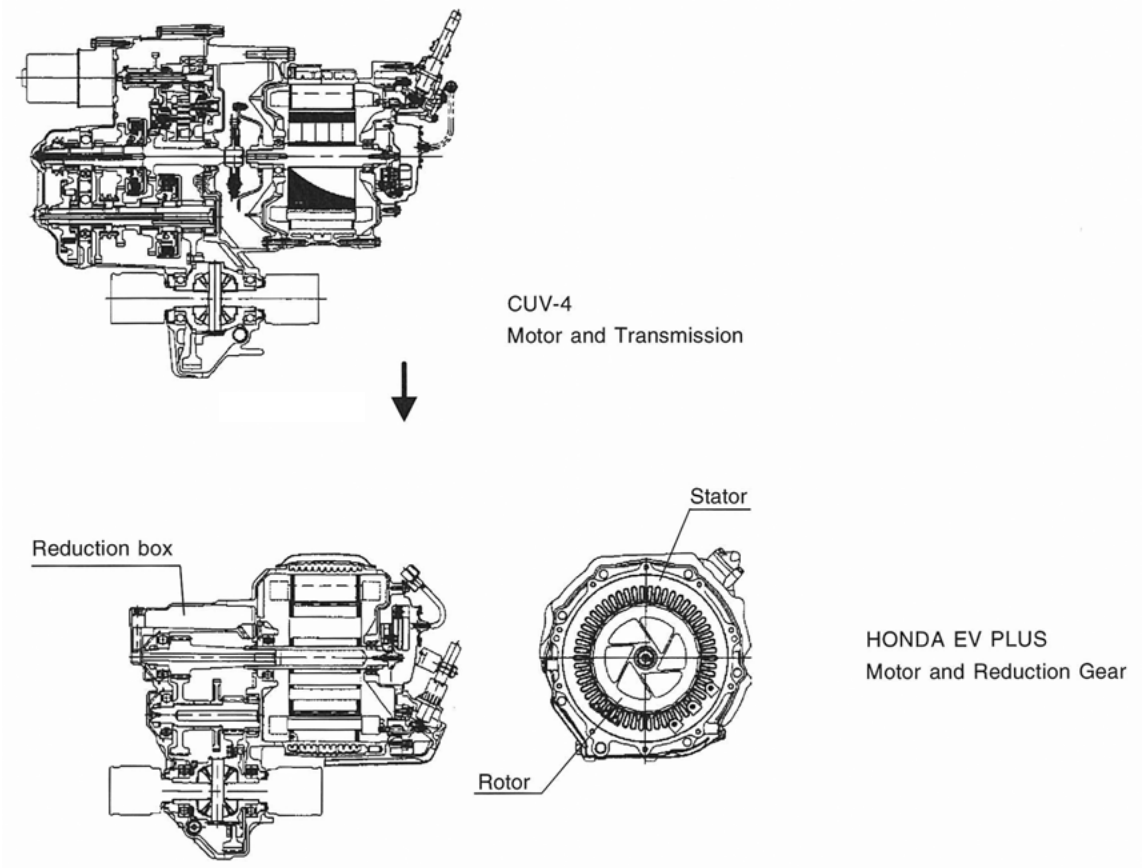


Fig.3 Motor sectional view

———— :HONDA EV PLUS
(Fixed gear,high speed rotation DC brushless motor)
- - - - :CUV-4 (3-speed AT+DC brushless motor)

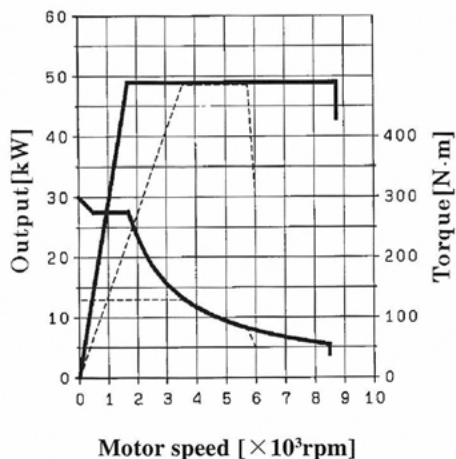


Fig.4 Output characteristics

(2) バッテリーとバッテリーボックス

高エネルギー容量および高寿命化をはじめ、リサイクル性、メンテ性など性能と信頼性の高い12Vシール型Ni-MHバッテリーを採用した。

これまでのCUV-4で用いた鉛酸バッテリーおよび従来型のNi-MHバッテリーと本EVで用いているNi-MHバッテリーの性能比較をFig.5に示す。鉛酸バッテリーに対し、電気容量で約2倍の性能を得ている。

また、従来型Ni-MHバッテリーとして問題となっていたメモリ効果対策として、極板および集電構造の改良により、パワー密度を上げることで対応を図っている。エネルギー容量は95AH、重量は19.7kgである。

バッテリーボックスをFig.6に示す。単バッテリーボックスを24個専用設計の床下バッテリーボックスに搭載し、総電源は288Vである。バッテリーボックス内にはバッテリーの他、バッテリーを冷却するためのウォータジャケットおよびコンタクタボックスが内蔵されている。システム図にある様にコンタクタボックスにはメインスイッチ、マニュアルスイッチ、メインヒューズ等が設置されている。バッテリーボックスは、車体メインフレームと4ヶ所でボルト締付されており、簡単に脱着出来る構造としている。

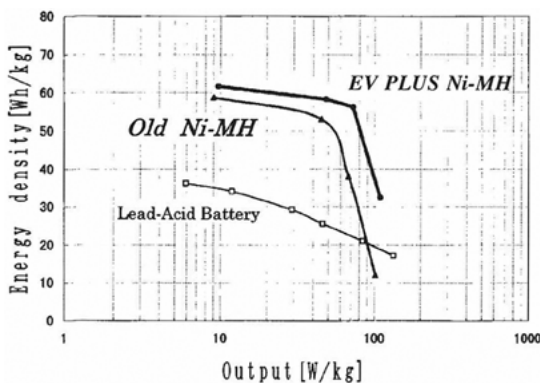


Fig.5 Battery performance comparison

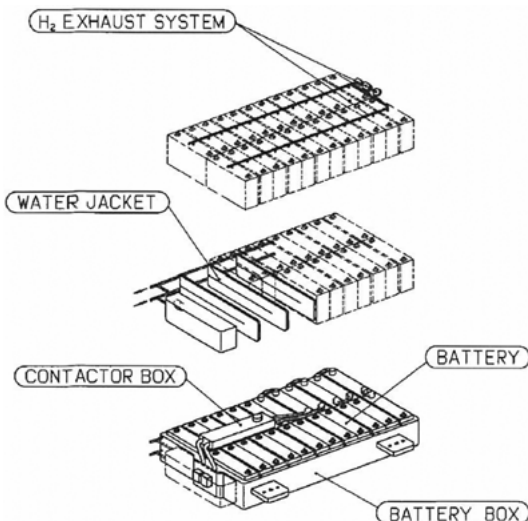


Fig.6 Battery box

(3) パワーコントロールユニット (PCU)

PCUは、EV特有部品である高電圧電装部品および制御部品をワンパッケージ化したものであり、ケース材料は薄肉アルミニウム材を用い、小型軽量化を図った。

PCUをFig.7に示す。PCU内には、8つの機能があり、以下それぞれの機能について述べる。

① モータコントローラ

インバータ回路のスイッチング素子は、専用設計のIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) を用い電力損失の低減を図った。出力を最適にコントロールするために、PWM (Pulse Width Modulation) 制御と位相制御 (進角制御、通電角延長制御) を行ない、市街地走行から高速走行まで常にモータの最適効率が得られる様にコントロールしている。

② チャージャ

ユーザの利便性を考え、外部充電機を用いるのではなく車載充電器を搭載した。入力電源はAC100V-110V/200V-220V 兼用とし、それぞれの出力は1.1kW/4.2kWである。回路方式はスイッチングレギュレータ方式を採用し小型軽量化を図り、最高効率85%以上を達成した。充電方式は定電力制御で、充電時間は放電深度80%から満充電まで200V使用時約8時間である。

③ 12V DC-DC コンバータ

小型、軽量、大容量で入力レンジが広範囲なスイッチング方式のDC-DCコンバータを搭載した。出力容量は12V-80Aである。

④ エアコンデション用インバータ

ヒートポンプエアコンデションのコンプレッサを駆動するインバータで最大出力は、288V-18Aである。エアコンデション用ECUの指令により、急速冷暖房、省エネルギー運転など、フルオートエアコンデションとして極めて細かい運転を可能にしている。

⑤ ジャンクションボード

バッテリーからの電源を各負荷にそれぞれ配電する機能を持ち、機器および配線保護のための各種ヒューズや電流センサを設置した。

⑥ モータECU

主に、モータの出力制御を行なうものであり、16ビットCPUを用いている。

⑦ バッテリマネージメント ECU

主に、バッテリーの残容量計測や温度コントロールおよび、高電圧ラインの安全監視機能を持ち、16ビットCPUを用いている。

⑧ 高電圧電装部品冷却用ウォータジャケット

モータコントローラ、チャージャ、エアコンデショナ用インバータ、DC-DCコンバータを冷却する為のアルミニウム材を使用したウォータジャケットである。

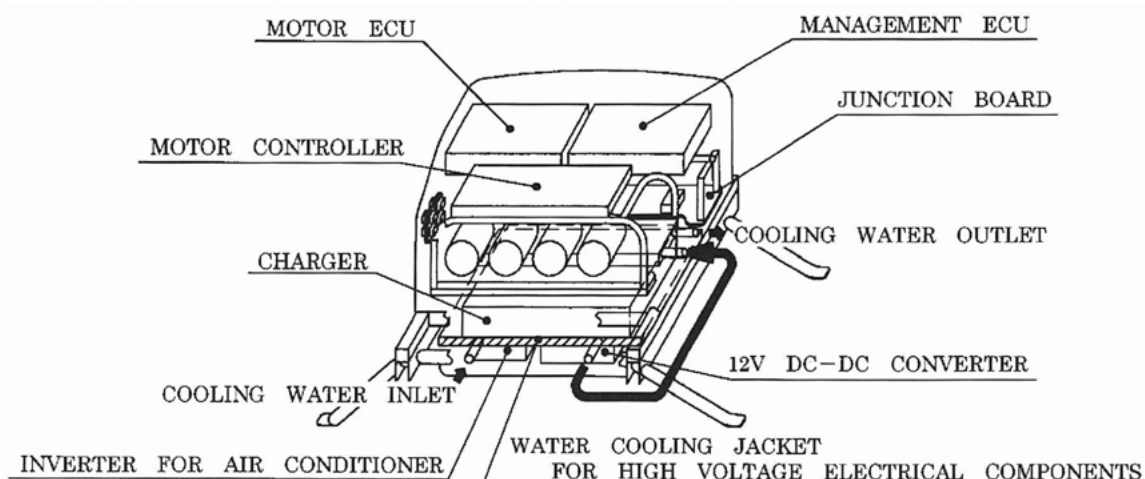


Fig.7 Power control unit (PCU)

(3) 冷却システム

冷却システムは、冷却性能が優れ軽量コンパクトな水冷方式を採用した。管理温度がそれぞれ異なるモータ、高電圧電装部品、そしてバッテリーを全て1つの水回路で構成した3系路統合水冷システムである。基本的には、ラジエタで冷却された水を電動ウォータポンプで循環させる構造であるが、第1ラインではモータ冷却を行ない水量制御はサーモスタットバルブで行っている。第2ラインは、高電圧電装部品冷却を行ない、水量制御は水温センサで冷却水温を感知し、ウォータポンプの回転数制御で行なっている。第3ラインは、バッテリー冷却を行ない水量制御はバッテリー温度を感知し、ソレノイドバルブの開閉制御で行っている。バッテリー冷却の為のウォータジャケットは柔軟性と熱抵抗のバランスから特殊な低硬度樹脂材を用いている。冷却システム図をFig.8に示す。

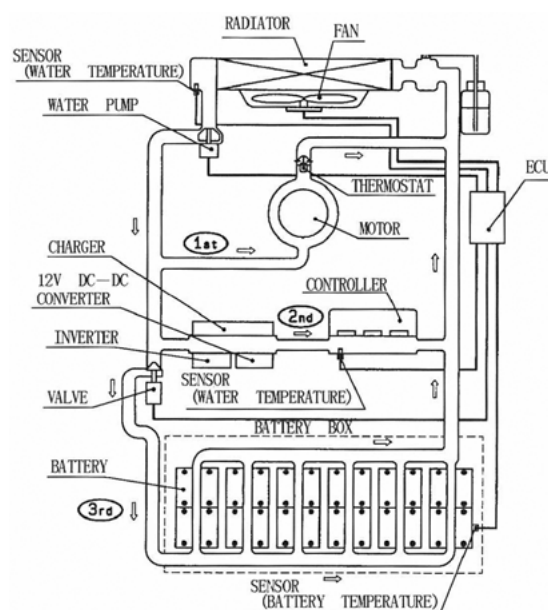


Fig.8 Cooling system diagram

3. 3. 車体役術

(1) ボディ構造

基本骨格の設計から安全で高効率なボディを追求した。CUV-4ではフロントノーズを長くすることで衝突に対応していたが、新規に設計するにあたり、CUV-4のテスト結果をもとにPam crush (衝突解析用汎用ソフト) による計算を行い最適化を行った。計算結果の一例をFig.9に示す。

前から後ろまで大断面のメインフレームをストレートに通し、バッテリーボックスを含めて、サイドシルまでつながったクロスメンバやアウトリガーを配置して前面、後面、側面の全方位からの衝突にも対応している。

この結果、FMVSS (米国自動車安全基準) の衝突テストをすべて満足した。Fig.10にボディ構造を、Fig.11に衝突テストの写真を示す。

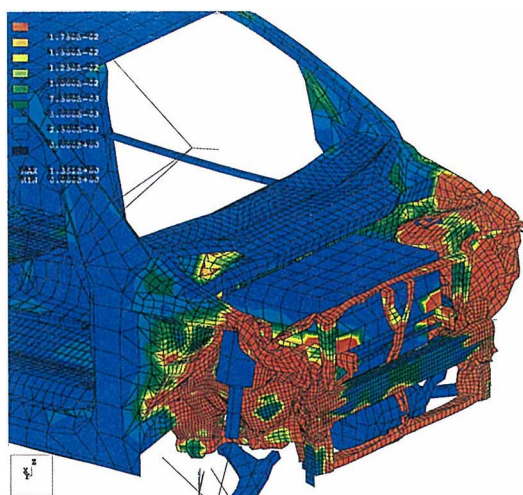


Fig.9 Body structure calculation

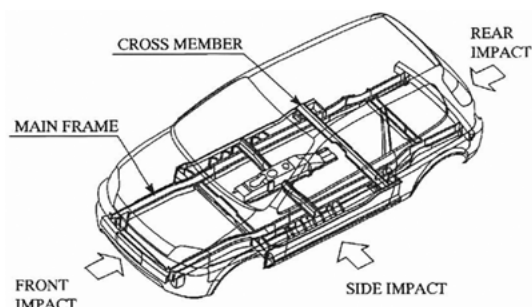


Fig.10 Body structure



Fig.11 Head-on collision test (Fixed barrier)

(2) 回生ブレーキシステム

モータに発電機の役割を持たせ、ブレーキング時に車の持つ運動エネルギーを電気エネルギーに変換、バッテリーに電力を回収する回生ブレーキシステムを採用して、レンジの向上を図っている。コンピュータによりオフセットバルブを作動させ、油圧と回生の制動力を最適に制御して、違和感のないブレーキフィーリングを実現している。この場合エンジンブレーキ相当のアクセルオフ回生はもちろん、ブレーキング時も積極的に回生しているので、減速時の運動エネルギー回生率は46%に達し、COMBモード (市街地とハイウェイの複合モード) にてレンジ向上率は14%に達している。この回生ブレーキシステムについてもCUV-4に対し、改良を行った。X配管を前後配管にし、オフセットバルブの左右差を無くした。また負圧タンク容量を3リットルに、さらに大気圧センサを追加するなど改良している。Fig.12にシステム図を示す。

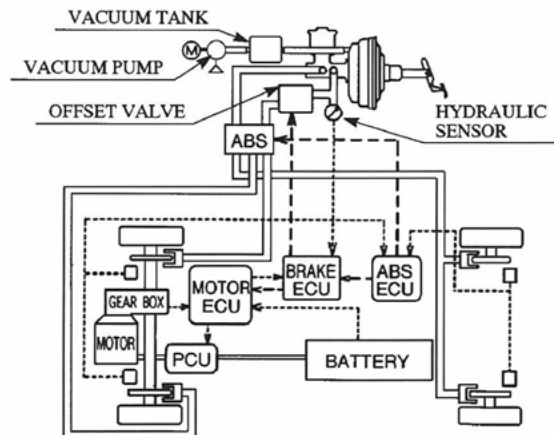


Fig.12 Regenerative brake system

(3) 電動パワーステアリング

ピニオン軸を専用モータで駆動する方式を採用し、トルクセンサが転舵トルクを感知したときのみ素早く駆動し、電気エネルギーの消費を抑えている。

さらに車速に応じて最適な操舵力が得られる車速応動制御の採用で、軽快で確かなハンドリングを実現した。

Fig.13 にシステムを示す。

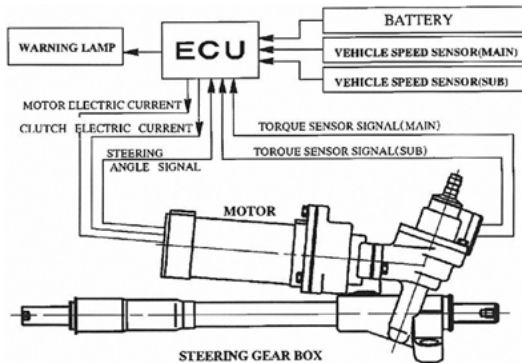


Fig.13 Electric power steering system

(4) EV専用低転がり抵抗タイヤ

走行抵抗のエネルギー消費に占める割合はエンジン搭載車以上に大きく、タイヤの低転がり抵抗化の寄与率は大変大きいので、専用のタイヤを開発した。新コンパウンドの採用、タイヤ形状の最適化、高内圧設計（300kPa）により、抵抗係数を従来タイヤに比べ約50%削減した。これによりレンジ向上率17%が得られている。

(5) ヒートポンプ式エアコンデショナ

快適装備としてインバータ制御の電動コンプレッサを使用したヒートポンプ式エアコンデショナを採用している。このエアコンデショナは冷房も暖房も行えるシステムであり、オートエアコンデショナ制御により、設定温度に素早く冷・暖房することができる。低温測は-5℃から作動を保証している。しかし極低温においては、バッテリーからの持ち出し消費電流が大きいことや室外機の凍結等によりシステムの作動が困難になることから、燃焼ヒータを後付けオプションとして装備できるようにした。

Fig.14 にシステム図を、Fig.15 に作動温度範囲を示す。

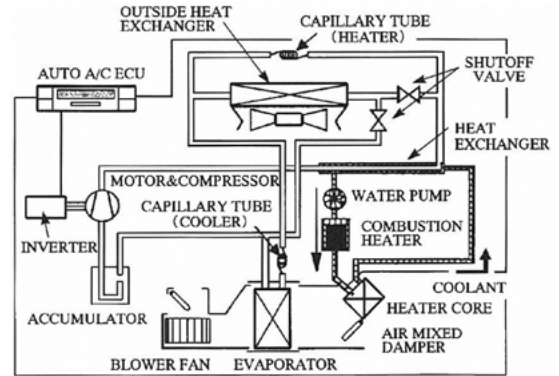


Fig.14 Heat pump type air conditioner system diagram

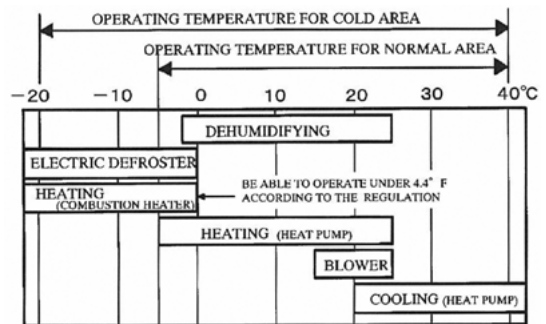


Fig.15 Air conditioner operating temperature range

(6) EV用インスツルメントパネル

電気自動車の電池技術の現状から、運転者にとって電池の情報やあと何キロ走れるかと行った航続距離に関する情報は非常に重要なものとなる。

このため HONDA EV PLUS には、走行中の電力消費メータを中心にして電池の残容量と残走行距離を関連づけて表示するグラフィック&デジタルメータを装備した。各種メータとその表示盤面を Fig.16 に示す。走行状況に基づく電力の消費とバッテリーの残容量を検知し、残走行距離を計算し表示する。走行中はリアルタイムの電力消費により、停車時は平均値により表示する。さらにインストルメントパネルの下部には各種ウォーニング表示を設け、ウォーニング点灯時にはその内容をマルチインフォメーションとして表示するようになっている。

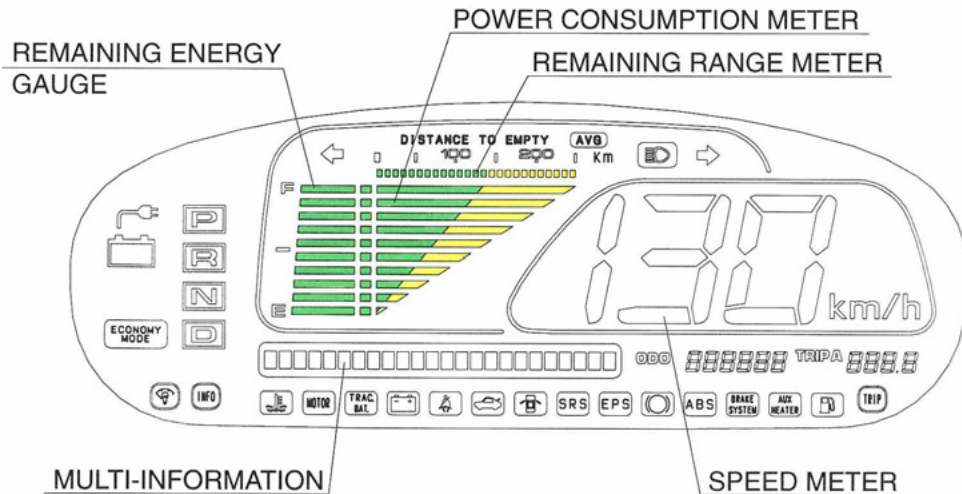


Fig.16 Various meters and display panel

4. 性能

4. 1. 動力性能

駆動力線図をFig.17に示す。加速性能は0-60mile/hrが17.7秒、最高速は80mile/hr以上を達成している。登坂性能は2名乗車で16.7°以上であり、ガソリン車との混合交通を行なう中で十分な性能を備えている。

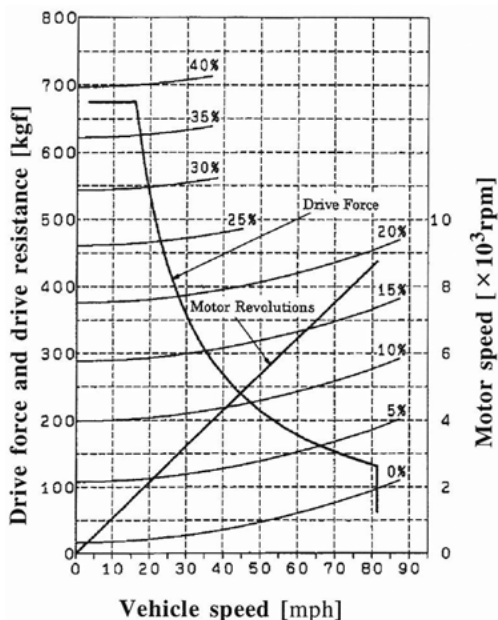


Fig.17 Driving force diagram

4. 2. 一充電走行距離

HONDA EV PLUSのCOMBモードにおけるパワートレイン平均効率は90%以上を達成している。 $C_d \times A$ (0.393×2.42)、車輛重量1630kgのHONDA EV PLUSのCOMB電費は、226Wh/mile、レンジは、121マイルを達成している。

従来車CUV-4との電費、レンジについてのエネルギー消費の内訳比較をFig.18、19に示す。電費で9%の向上を図り、バッテリーエネルギーの増加と併せレンジで2倍の向上を図ることができた。これは、EVとして最高レベルの性能であり実用上十分な性能といえる。

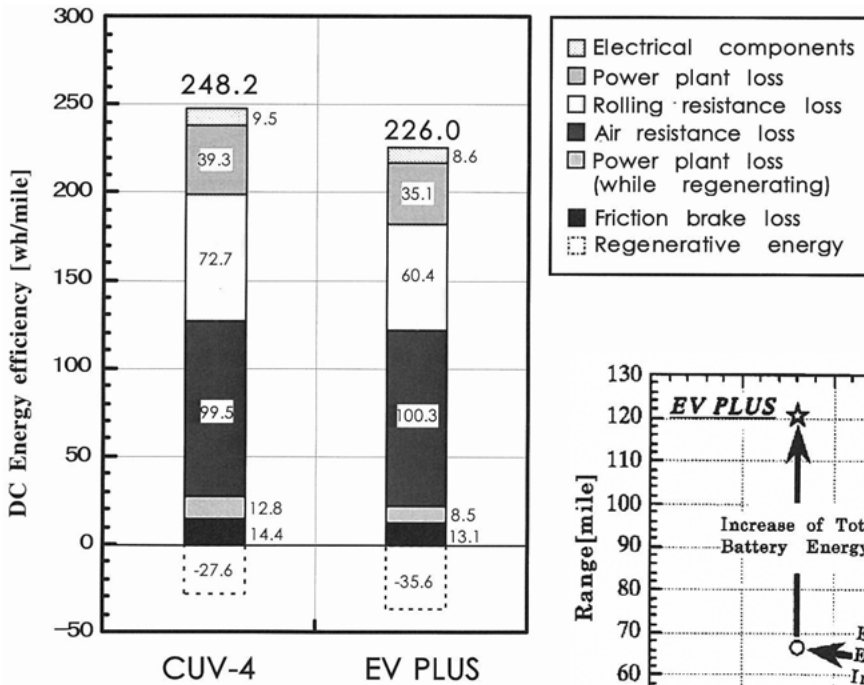


Fig.18 Energy consumption comparison

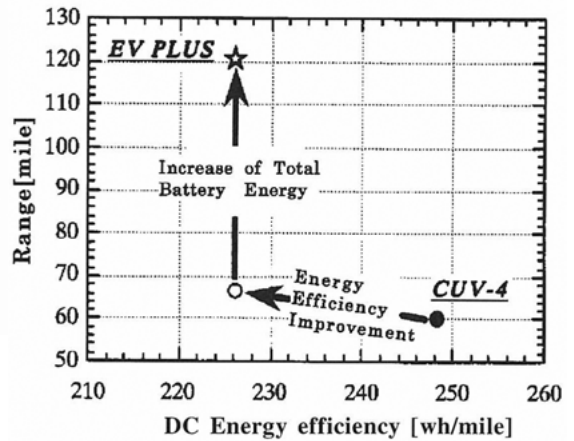


Fig.19 Energy efficiency and range comparison with CUV-4

5. あとがき

今回HONDA EV PLUSは、使い易く実用的な電気自動車の本来あるべき姿を追求し、当初よりEV専用車として設計開発したものである。そして、このHONDA EV PLUSは、1997年春よりアメリカにて、また秋から日本において販売予定である。より多くのお客様に使って頂くことによる御意見、御指導を参考に、電気自動車のさらなる技術開発を進めていきたい。

参考文献

- 1) HONDA R&D Technical Review, Vo1. 7, 1995

■著者■



小 椋 正 己



鈴 木 茂



松 本 謙 次