

電気自動車の技術動向

正員 堀 洋一（東京大学）

State-of-the-Art of Electric Vehicle Technology

Yoichi Hori, Member (University of Tokyo)

1. すぐそこまで来ている電気自動車時代

いわゆるカリフォルニア規制は、1998年と2001年の中間目標が撤回されたとはいえ、“2003年10%”の数値は依然強い影響力をもっている。昨年10月に大阪で開催された、電気自動車に関する国際会議EVS13では地球環境問題の観点から電気自動車を導入せざるを得ないとの“消極的賛成”の論調であったが、主な自動車メーカーからは完成度の高い実用車が出そろい、また、基調講演においては、トヨタ自動車の豊田会長自らが電気自動車に積極的姿勢を見せるなど、電気自動車時代は遠くないことを感じさせた。

表1 各種低公害車の適用範囲^[1]

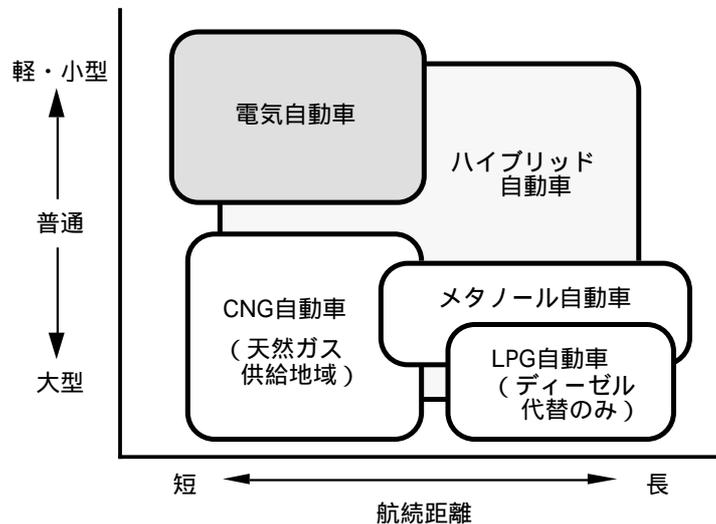


表2 各種低公害車の特徴比較^[1]

		電気自動車	天然ガス自動車	メタノール自動車	ハイブリッド自動車	ディーゼル代替LPG
排ガス	CO2	0.5	0.8	1.1	0.8	1
	NOx	0.1	0.2	0.5	0.8	0.2
	PM	0	0	0	0.3	0
航続距離		0.2	0.3	0.5	1.1	1
価格		3~5	1.5~3	2	2	1
技術課題		電池交換	軽量化	耐久性	軽量化	軽量化
普及台数		2,400	420	300	100	15,000
目標台数(台)		20万	20万	4.4万	なし	4.4万
総合エネ調 石油代替エネルギー部会(1994.6)での目標						
適用場所		短距離 小型	中距離 中・大型	--- 大型	--- 中・大型	--- 中・大型

(注) 排ガス、航続距離、価格は、既存ディーゼル車を1.0として比較した。

なお、原典では、低公害車ではなくクリーンエネルギー車という表現を用いている。

しかしながら、表1、表2に見るように、低公害車の中における電気自動車の位置付けは、短距離の小型車用途である。価格は高く電池交換に問題があるとされている。こんな商品をいったい誰が買うだろう。環境のための自動車なんて誰が乗るか！と叫びたい人はたくさんいるのである。^[2]

2. 国際会議EVS13に見る主な車とその評価

EVS13に発表された主な電気自動車を表3に示す。^[3] この数値を見るかぎり、また、試乗した感触から判断する限り、性能面において在来車となんら差はないように思える。(この言葉が最大の賛辞であることは電気自動車にとって不幸なことではある。) その特徴をまとめると以下のようである。

- (1) 完成度の高い車両が数多く発表された
走行性能(最高速度, 加速性能)は満足できるレベルに達し、一充電走行距離は200km台になった。
- (2) モータの流れも見えてきた
日本では、誘導モータから永久磁石形同期モータ(PMモータという)へ進む傾向がはっきりした。パネ下重量が増えるがインホールモータも射程距離内にある。ただしアメリカは誘導モータが主流。大型の車、耐環境性では誘導モータが有利。(鉄道はすべて誘導モータである。)
- (3) 電池にもストーリーが見えてきた
シール形鉛 NiMH Liイオンという流れがはっきりした。1998年、2001年の中間目標値の撤廃で、鉛電池を省略して一気にLiイオンになるとの見方もある。鉛といえども大量に使うと資源問題を生じる。Liの方がまだまし、という論理である。しかし、鉛電池は満充電状態が安定であり、多くの電池は放電状態が安定。GMはこれを評価したとの説がある。最後は燃料電池に進むか。
- (4) コンポーネントはほぼ完成した
充電器は接触形と非接触形が両立しており一長一短。信頼性の高いSOC(State Of Charge) indicatorの開発は依然問題。
- (5) インフラはまだ不十分である
充電が問題。基本となる家庭での充電設備は意外に高価である。

表3 EVS13に見る主な電気自動車^[6]

メーカー	トヨタ	日産	ホンダ	GM	Ford	
車種	RAV4L-EV	プレーリー ジョイ EV	ホンダEV	GM EV-1	Ranger	
空車重量	1540 kg	1700 kg	1615 kg	1350 kg	2123 kg	
乗車定員	5名	4名	4名	2名	2名	
最高速度	125 km/h	120 km/h	130 km/h 以上	130 km/h	120 km/h	
一充電 走行距離	215 km	200 km	210 km (10-15mode)	110 km (city)	95 km	
モータ	PM	PM	PM	IM	IM	
電池	タイプ	Ni-MH	Li イオン	Ni-MH	シール鉛	シール鉛
	容量	95A × 5h 30 V	100A × 3h 28.8 V	95A × 3h 12 V	53Ah 12 V	86A × 3h 8 V
	総電圧	288 V	345 V	288 V	312 V	312 V

EVS13を意義をまとめてみよう。まず、政府/自治体はEVの導入にきわめて積極的である。地球環境問題対策の要求から政治的にも積極的にならざるを得ない。自動車メーカーはEVを実用化しようと必死になっている。政策による補助や規制を待たず、あくまで消費者の自主的な購買欲しか期待していない。従ってコスト低減が第一の課題である。電気/電池メーカーは、自動車メーカー主導になりつつあるこの大きな市場に、何とか切り込めないか探っているが、明確な指針がないように思える。

大学の立場からひとつ不満を述べよう。EVS13によって、電気自動車なんて作りたくないけれど、地球環境のために止めるわけにもいかないという大方の姿勢が明確になった。ものを作る楽しみ、新しい乗物、若いエンジニアに魅力ある分野、というプラスの視点は全く欠如していたのである。

3. エコビークルの開発 - その思想と性能 -

環境庁主導のもと、ダイハツ、明電舎、日本電池などが開発したエコビークル（"ルシオール"：フランス語で"蛩"）は、一から作り上げたグランドアップ車である。前後2シートの小型車で、車重 910kg、最高速度は130km/h、一充電で 130km走行可能、燃費は原油 1 リットル換算 50kmである。太陽電池によって年間 1000km走行分程度のエネルギーを生み出す。

エコビークルは電気自動車独自の使い方を目指している。設計思想が明確で、日本のハイテク形電気自動車の一つの姿を示している。多くの新御術が盛り込まれているが、以下の3点がとくに注目される。

(1) インホイールモータ

PMモータ・減速ギア（ギア比1:5）・ブレーキを一体組み込みとし、リア2輪を独立駆動。
最大トルク77Nm, 最大出力36kW, 最高回転速度8700rpm, 重量25.3kg（1個当りの数値）。

(2) B B F (Battery Built-in Frame)

56個の鉛電池をアルミ合金押し出し中空フレーム4本内に配置。広いスペースを確保。低重心化。

(3) B M S (Battery Management System)

3個ずつまとめてローカルチャージャが充電状態を監視・制御。急速充電はあくまで緊急。

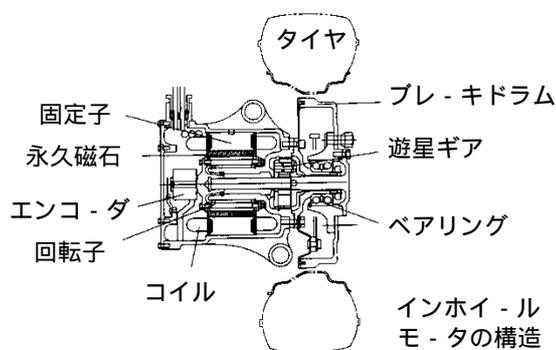


図1 環境庁のエコビークル（1号機）

4. 今後の課題 - やはり電池が一番の課題 -

電気自動車の今後の課題は、以下の3点にしばられる。

(1) とにかく普及させるための車両開発

低価格、高信頼性を満たし、各種用途に適した車を開発することが急務である。高齢者（いわゆる金持ち老人）をターゲットにした、多少高価であるが安全で魅力的な車を作ってはどうか。

(2) 電池

電池そのものの開発（長寿命化、低価格化、多ライフサイクル化）はもちろん、BMS（Battery Management System）というエネルギーシステムの考え方が重要である。設置の方法や冷却法も大切である。BBFが一つの解答かも知れない。

(3) インフラ整備

都心ではエンジン車を規制したりして電気自動車を導入しやすくする政策、エコステーション（充電スタンド）の整備など以外にも、電池までは配電の範疇という考え方もある。いずれにしても、最後はユーザが自主的に購入するようになる仕組みが必要である。

5. これから始まる電気自動車の研究

現在の電気自動車は、新しい商品が爆発的に流行する初期の段階にある。飛行機が飛んだ、テレビが映った、ビデオができた、CDが完成した、マイコンが動いた、石油で車が動いた、という段階である。そういうときはとにかく使えるものを世に出すことが急務である。改良や革新はその後で始まる。いよいよ電気自動車の基礎研究の時代が来る。制御や情報メディアを中心に大きな世界がある。

電気自動車はまさに電気機械複合系であり人間機械複合系である。「電気自動車の制御」は研究テーマの宝庫なのである。一例として、最近、筆者の研究室で行ったトラクション制御を紹介しよう。^[5]

タイヤと路面の摩擦特性（図2）には、前後方向、横方向ともに適度な摩擦係数をもつ最適スリップ率の範囲がある。この範囲にスリップ率を保つ制御をトラクション制御とよぶ。ここに、電気モータの高速で正

確なトルク応答（数ms）をいかせば，図3のような簡単な制御でも十分な効果がある（図4，図5）．制御による前後方向の粘着特性の向上は，ヨーレート制御^[6]などにも大きな効果がある．さらに，電気モータは自分の出すトルクを正確に知ることができるので，モータ速度，非駆動輪速度などを併用して路面状態のオンライン推定も可能であり，より気のきいた制御法がいろいろ考えられる．パワーエレクトロニクス，電動機制御，モーション制御などに関心のある若い研究者の参入を期待する．

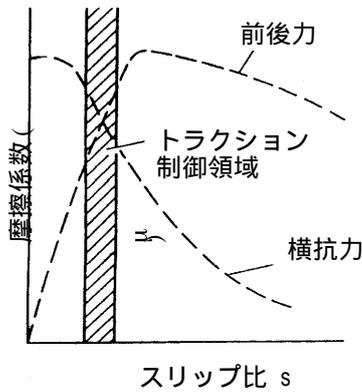


図2 タイヤと路面の摩擦特性

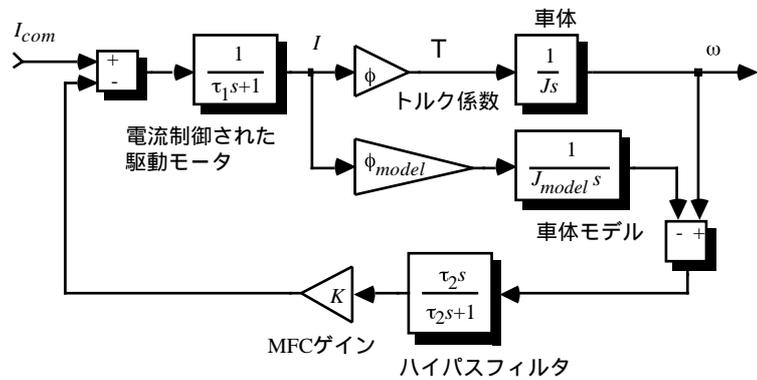


図3 モデル追従制御 (MFC)

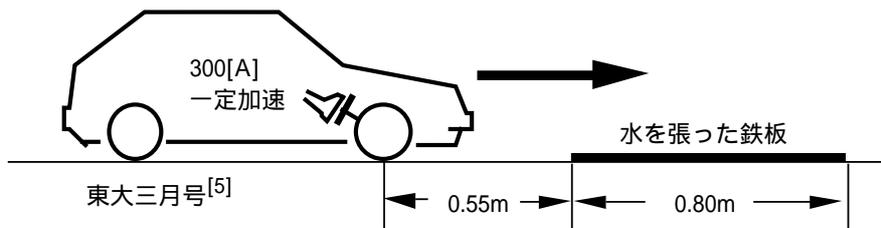


図4 スリップ実験

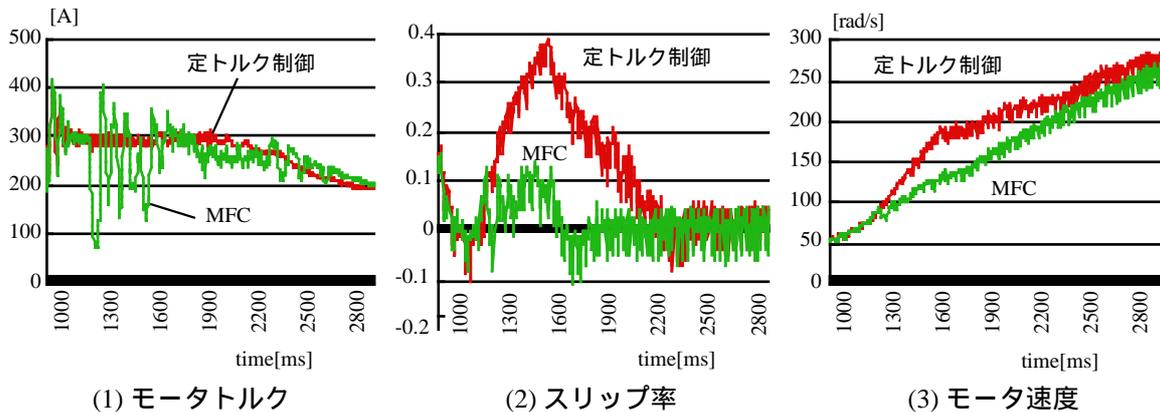


図5 定トルク制御とMFCの実験結果

参考文献

[1] 渡邊, "クリーンエネルギー自動車の普及政策", EVS-13, Plenary Session Proc., pp.128-130, 1996.10
 [2] 浜田, "電気自動車の本物 -家電としてのクルマが欲しい-", 日経メカニカル, 1996.12.9, pp.22-43
 [3] 田島, "電気自動車研究会フォーラム 'EVS13の残したモノ' 配布資料", 1996.10.31
 [4] Japan EVS13 round-up, "Electric & Hybrid Vehicle Technology '96", 1996
 [5] Y.Hori, et.al., "Traction Control of Electric Vehicle based on the Estimation of Road Surface Condition -Basic Experimental Results using the Test EV 'UOT Electric March'- ", PCC-Nagaoka, to be presented, 1997.8
 [6] J. Ackermann, "Yaw Disturbance Attenuation by Robust Decoupling of Car Steering", 13th IFAC World Congress, 8b-01-1, pp.1-6, 1996.7