

# 電気自動車用 電気二重層コンデンサおよび DC ブラシレス DD モータの走行試験

木村 英樹\* (東海大学), 池上 敦哉 (ヤマハ発動機), 勅井 基之 (本田技術研究所),  
内山 英和, 竹本 憲弘 (ミツバ), 森 正行 (日本ケミコン), 熊谷 枝折 (古河電池)

Running Test of the Developed EDLC and DC Brush-less DD Motor for Small Sized Electric Vehicle

Hideki Kimura (Tokai University), Atsuya Ikegami (Yamaha Motor), Motoyuki Momii (Honda R&D),

Hidekazu Uchiyama, Yoshihiro Takemoto (Mitsuba), Masayuki Mori (Nippon Chemi-con), Shiori Kumagai (Furukawa Battery)

## 1. まえがき

地球環境や資源問題に配慮すると、エンジンより変換効率が高い電気モータ利用した自動車が主流になると思われる。一般に電気自動車を動かすために必要な力は、自動車の 4 大抵抗成分である転がり抵抗  $R_R$ 、勾配抵抗  $R_G$ 、加速抵抗  $R_A$ 、空気抵抗  $R_D$  および電気効率  $\eta_E$ 、機械効率  $\eta_M$  で決定される。このうち  $R_R$ 、 $R_G$ 、 $R_A$  は、車体が重くなることで増加し、エンジン自動車に比べ重い電気自動車の走行エネルギーはむしろ増加する可能性がある。そこで、各種の抵抗成分を低減した小型電気自動車を設計製作し、高効率化を図ってきた<sup>(1)-(2)</sup>。この小型車は使用する部材が少なく済むため、低コストで各種の基礎的知見を得ることが可能である。今回、回生制動によって得られるエネルギーを有効利用するため、電力貯蔵に電気二重層コンデンサを用い高効率化を図った。また、 $\eta_E$ 、 $\eta_M$  を改善するために DC ブラシレス DD モータを製作し、回生制動が可能なコントローラと組み合わせた。この挙動を調べることを目的として、起伏が激しいコースとして有名な、宮城県村田町の菅生サーキットにおいて開催された EV Ecorun in SUGO におけるシミュレーションおよび走行実験を行った結果について報告する。

## 2. 車体仕様および実験コースのシミュレーション

実験に用いた車体の外観を図 1 に示す。この電気自動車は CFRP 製であり、その質量は運転員および蓄電池の合計で 85kg と非常に軽量であり、転がり抵抗が少ない。また、前面投影面積が  $0.3\text{m}^2$  と小さく空気抵抗も小さい。エネルギー源には質量 2.4kg のシール式鉛蓄電池 (FB 12m7.2B) 4 個を 2 並 2 直列とした 24V-14.4Ah (20HR) の組電池を使用した。本大会は、この電池を用いて 2 時間以内に走行した距離を競うものである。このときの放電エネルギーは室温で 225Wh (2HR) である。実験に利用した菅生サーキットは 1 周 3.7km のコースの中に起伏が 2 回あり、最大標高差は 70m に達する。最大登り勾配は 8.4%、最大下り勾配は 10% と大



図 1 小型電気自動車

Fig.1. Small sized electric vehicle

きい。仮に、ブレーキをかけないで坂を下るとすると、位置エネルギーのみで最高速度は 100km/h を越える。したがって、下りは回生制動を利用してエネルギーを回収し、そのエネルギーを登坂時に利用することが有効となる。ところが蓄電池に対して回生電流のレートは 1C を越えるため、充電効率が低下する。今回は、回生制動時に電気二重層コンデンサへ切り換えて充電し、そのエネルギーを登坂時に再利用した<sup>(1)</sup>。そしてコンデンサの放電後、鉛電池に切り換えて残りの坂を上った。しかし、鉛電池の放電時間は 2 時間の競技では実質的には 30 分と短くなり、放電可能なエネルギーは先に示した 2 時間率よりもさらに減少する。そこで、昇圧型 DC-DC コンバータを用いて鉛蓄電池から低抵抗な電気二重層コンデンサへ定電流充電を行い、同時にこのコンデンサとモータの間で力行および回生制動を行うシリーズハイブリッド方式を採用することにした。なお、コンデンサ (Nippon Chemi-con 0601DF1; 15V-65F) を 2 並 4 直列としたバンクの耐電圧と静電容量は 60V-32.5F である。使用したコンデンサの外観および回路図を図 2 に示す。

次に、本コースと車体専用に設計製作した DC ブラシレス DD モータ (Mitsuba SCM-1D) の内部構造およびその特性を図 3 および図 4 に示す。図 3 より、スロット数を 45 と多極化し、低速回転に対応できる構造であることがわかる。また、ピーク効率は 15~20A 付近の領域で 90% に達した。

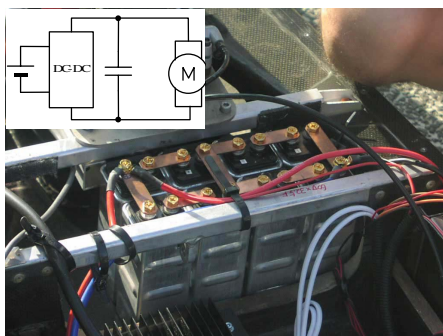


図 2 電気二重層コンデンサ  
Fig.2. Electric double layer capacitors



図 3 DC ブラシレス DD モータ  
Fig.3. DC brush-less DD motor

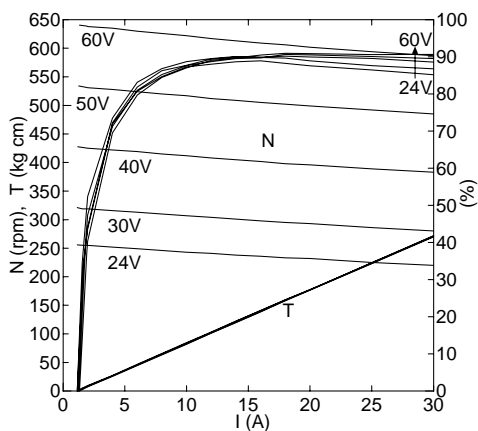


図 4 モータ特性  
Fig.4. Motor characteristics

次に、コースの標高データから勾配を求め、1 周の距離に対する自動車の走行抵抗を求めた結果の一例を図 5 に示す。ここでの電圧はコンデンサ電圧=モータ電圧である。なお、このシミュレーションでは PWM 損失を抑えるためにスロットルは全開とした。このような電気二重層コンデンサによる速度制御は、位置エネルギーに対する運動エネルギーの変化を平準化( 技術的水平を実現 )したことに対応する。

### 3 . 実際の走行データとの比較

データロガーを用いて実際にコース上で測定された 1 周

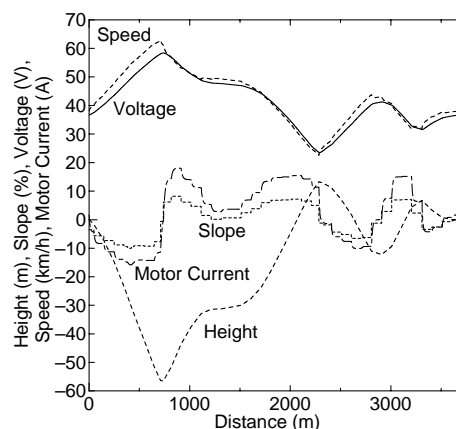


図 5 走行シミュレーション  
Fig.5. Running simulation

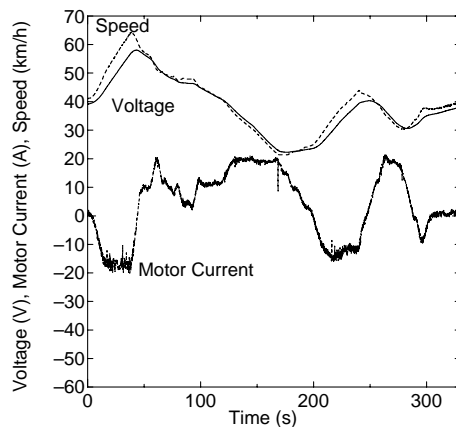


図 6 測定結果  
Fig.6. Measurement result

あたりの電圧、モータ電流および車速の変化を図 6 に示す。ただし、ここでの横軸は図 5 とは異なり、距離ではなく時間となっている。図 5 と図 6 は良い一致を示し、シミュレーションは概ね成功したといえる。また、両者からいずれもピーク電流は 20A 程度となり、モータの高効率領域において運転できていることが確認できた。約 40km/h の平均速度で 80km を走行する予定であったが、実際には 1 時間 55 分頃に鉛蓄電池の放電が終了し 76km 地点で停車した。しかし、大会新記録を樹立して優勝することができたことを踏まえ、大幅な高性能化が実現できたといえる。

謝辞 本実験の実施にあたり御協力いただいた、渋谷秀樹氏、木村聡海氏をはじめとする関係者の方々に感謝します。

### 文 献

- (1) 木村英樹・池上敦哉・他, 太陽エネルギー, 26, 6, 43 ~ 50 (2000)
- (2) 木村英樹・池上敦哉・他, 第 48 回応用物理学関係連合講演会 No.1, 507 (2001)