

電動スクータの開発

Development of Extended Project on Electric Scooter

武智裕章 Hiroaki Takechi
山本 泉 Izumi Yamamoto

寺田潤史 Jyunji Terada
大石明文 Akifumi Ooishi

高橋宏行 Hiroyuki Takahashi
石井喜好 Kiyoshi Ishii

●研究開発センター制御技術室／MC技術統括部MC第1コンボ開発室／
CV技術統括部CV第2開発室／CV技術統括部CV第1開発室

1 はじめに

近年、環境問題から電気自動車やハイブリッド車の開発が活発になっているが、当社もガソリンエンジンの2輪車だけでなく、PAS、電動車イスや電動ゴルフカー等の電動車両を開発、生産している。本文では、1993年に発表した電動スクータ“MEST”や“PAS”の開発を通して得られた技術に加え、新規開発技術を織り込んだ電動スクータを研究開発したので紹介する。

2 開発の狙いと車両の特徴

本電動スクータは実際の使われ方を想定し、市街地で交通の流れに乗ることができる走行性能や通勤、買い物等の近距離移動用として十分な航続距離、そしてユーザーの負担を軽減するためにバッテリーの長寿命化を図り、以下のコンセプトで開発を進めた。

- (1) ガソリンエンジンスクータに匹敵する走行性能
- (2) 都市での使用に支障のない航続距離
- (3) メンテナンスフリー長寿命バッテリー

これらのコンセプトから具体的な目標値を設定し、次のような技術的特徴を持った車両を試作した。

2.1 バッテリー

大容量ニッケル・カドニウム電池（Ni-Cd）およびニッケル・水素電池（Ni-MH）を開発した。両者とも同一サイズで取り付けの互換性を持たせてある。また寿命を延ばすためバッテリーは4個のブロックに分け、ブロック毎に電圧・温度を監視して強制空冷ファンによる温度コントロールと充放電制御を行っている。

2.2 モーター

電動スクータは低電圧で駆動されるにもかかわらず広い速度範囲が要求される。またリラクタンストルクを利用し高効率化を図ることから、永久磁石型同期電動機を開発した。

2.3 駆動ユニット

通常スクータではVベルト変速方式だが、伝達効率向上のため電子制御自動変速機を開発した。

2.4 充電器、DC/DCコンバータ

小型化を図るため充電器と補機用電源のDC/DCコンバータを一体化し、充電器の入力電圧はAC85～264Vの広範囲入力対応の車載充電器とした。また同一充電器でNi-Cd、Ni-MHの両方の充電を可能とした。

2.5 総合制御

バッテリー管理、モーター制御、自動変速機制御、充放電制御などは互いに関連するので、車両の各種情報を1つのECU（Electronic Control Unit）で処理し、協調制御を行っている。

主要諸元を表1、レイアウト図を図1に示す。

表1 主要諸元

全長(mm)	1615	
全幅(mm)	630	
全高(mm)	1000	
ホイールベース(mm)	1135	
車両重量(kg)	95	
タイヤサイズ	80／90－10	
モータ種類	永久磁石型同期電動機	
モータ最大出力(kW)	3.4	
駆動方式	電子制御自動変速	
電池定格電圧(V)	48	
電池種類	Ni-Cd	Ni-MH
電池容量(Ah)	24	30
充電時間(Hr)	3.5	4.3
充電制御方式	定電流	

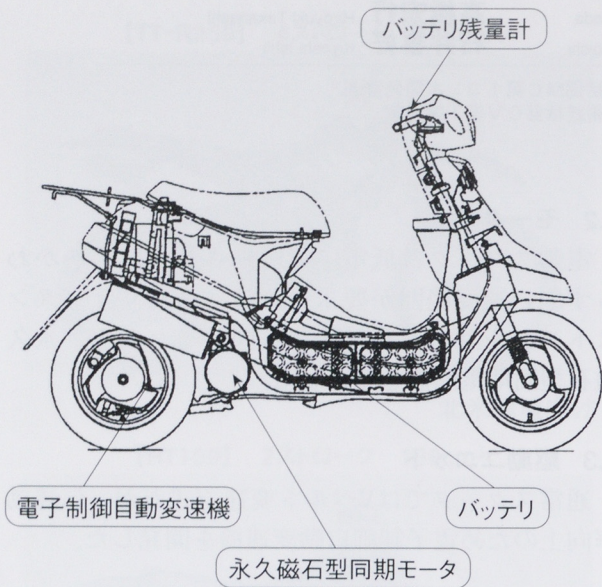


図1 車両レイアウト

3 各コンポーネントの特徴

3.1 総合制御

従来モータ制御、充電器制御等個別に動作をしていたが、本電動スクータではそれらの制御に加えバッテリーマネジメント、電子制御自動変速、DC/DC制御など多岐に渡る制御を行っている。そのためシステム全体を協調制御させるTCS(Total Control System)と名付けたシステムを開発し、車両全体の制御を行っている。

このコントローラにて以下の制御や情報処理を行っている。

- (1) バッテリーマネジメント
- (2) 充電制御
- (3) 放電制御
- (4) 電子制御自動変速制御
- (5) DC/DCコンバータ制御
- (6) モータ制御
- (7) 各種車両情報入力
- (8) 各種異常検出と発生時の最適処理

3.2 バッテリー

電動スクータの開発において、電池の選定および性能開発は非常に重要な項目である。電動スクータ用の電池にはその商品の特性上、高い充放電効率と軽量・コンパクトであることと、高い耐久性および信頼性が求められる。

本電動スクータの開発において、搭載する電池については、エネルギー密度・寿命・環境性・安全性・コストなどについて種々の二次電池の比較を行い、用途的に最も適していると考えられるNi-Cd、Ni-MHの2種類の電池を選定した。2種類の電池を同一形状の組電池にすることにより、2種類の動力源が同一の車両に搭載することが出来る。よって、ユーザーの要望・使用目的によって電池種類を選択することが可能である。

(1) 組電池

単電池はNi-Cd、Ni-MHとも円筒密閉型電池で、直径43mm、高さ146mmの5/3Mサイズである。本電動スクータはこの単位電池を20個直列に接続して組電池を構成している。この組電池の特長は防水性と冷却性を両立させた点にある。単位電池の外筒部はチューブに被覆されて防水されており、接点部についてはバックを形成する部材にシール用のラバーを介して取り付けられることにより防水構造となっている。また、20個直列に接続される単位電池はそれぞれのモジュールの間に冷却風が通過出来るようなクリアランスを設けて取り付けられる構造になっており、充電・放電時に発生する熱を素早く放熱することが可能になっている。

(2) 電池特性

電池セルは本電動スクータ専用開発されたものであり、単電池の仕様を表2に示す。この単電池は大型の円筒型密閉電池としては比較的高いエネルギー密度の電池で、寿命性能・低温放電性能・充電効率・出力がバランスされている。

表2 単電池仕様

電池	容積エネルギー密度 (Wh/L)	質量エネルギー密度 (Wh/kg)	容量 (Ah)	電圧 (V)
Ni-Cd	140	44	24	1.2
Ni-MH	170	46	30	1.2

この組電池のサイクル寿命性能を図2に示す。電動スクータにおいては、電池は満充電状態と完全放電状態が繰り返されることが予想されるため、この繰り返しによるサイクル寿命評価を実施した。なお、放電は電動スクータの実走行による電池の

放電状態を放電シミュレータで模擬させることにより実施している。結果として良好な寿命性能が得られた。

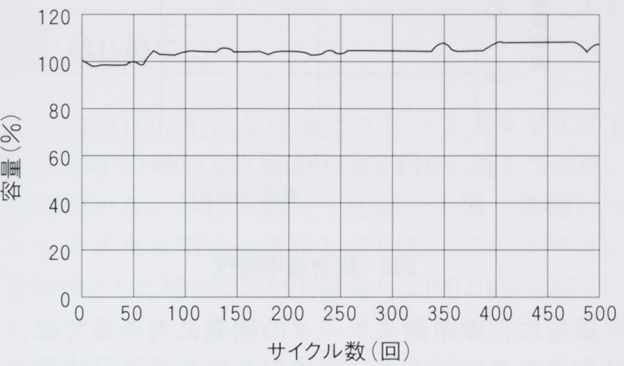


図2 サイクル寿命特性

3.3 モータ

電動スクータ用モータは低電圧で駆動されるにもかかわらず広い速度範囲が要求されることから、埋込磁石構造モータを採用した。本モータの主要諸元を表3に示す。

表3 モータ主要諸元

定格電圧 (V)	48
最大出力 (kW)	3.4
最大トルク (Nm)	7.3
最高回転数 (min ⁻¹)	8000
重量 (kg)	7.2

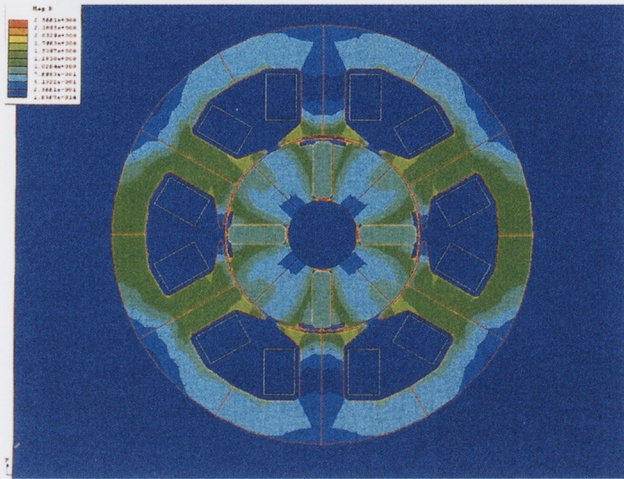


図3 磁界解析結果

本モータの開発に際しては以下の点に留意し、磁界解析を行って設計した。

- (1) 電機子反作用の影響を低減するためのローレンツ力とリラクタンストルク配分
- (2) 空隙高調波磁束を低減するための磁石挿入スリット形状
- (3) コストパフォーマンスを考慮した磁石材料・形状
- (4) 使用状態を考慮した効率特性

磁界解析結果及び効率特性を図3、4にそれぞれ示す。図3では磁石両端部分の磁束密度が飽和し永久磁石の漏れ磁束が少ないことが分かる。また、図4より、効率90%以上の領域が広がっていることが分かる。

3.4 モータコントローラ

今回開発した永久磁石型同期モータの性能（最高回転数、応答性、効率等）を十分に引き出し、小型、低コスト化を図ったモータコントローラには次の特徴がある。

- (1) ベクトル制御とオールソフトウェア制御
電流制御の演算は、図5に示すようにモータ電流をdq変換し、dq座標での電流フィードバック制御をPWM周期毎に行っている。
- (2) 3モード電流制御
モータ制御には以下の3つのモードがある。
 - ① 通常走行モード
 - ② リフレッシュモード
 - ③ 変速モード

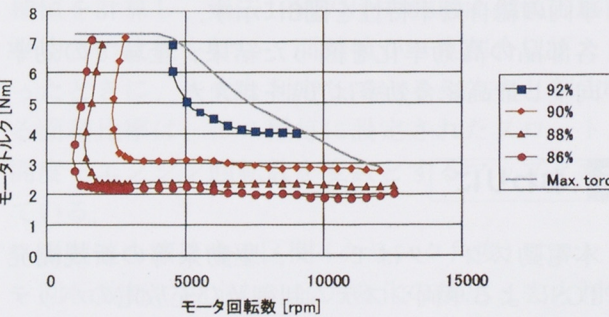


図4 モータ効率特性

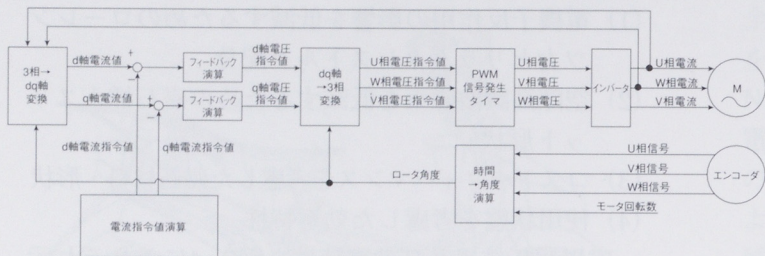


図5 電流制御ブロック図

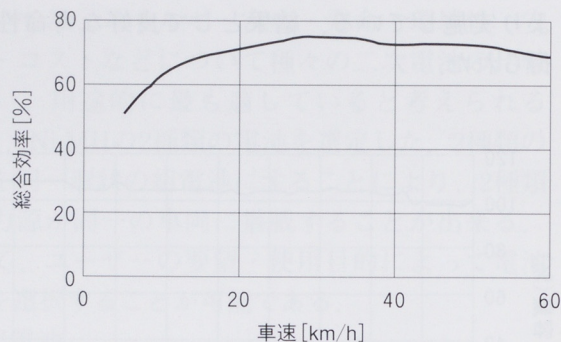


図6 総合効率特性

3.5 駆動系

通常のガソリンエンジンスクータではVベルト無段変速機を用いているが、本電動スクータでは高効率な電子制御自動変速としロス低減を実現した。

最後に、本電動スクータの開発に当たっては、社内外の多くの方々にご協力をいただき、感謝の意を表します。

4 走行性能テスト結果

今回開発した車両のテスト結果を表4に示す。
各部の小型・軽量、高効率化を図った結果、ガソリンエンジンスクータに匹敵する動力性能と、実用レベルの一充電走行距離を確保した。

表4 走行性能テスト結果 (Ni-Cdでのデータ)

最高速 (km/h)	60
最大登坂角 (tanθ)	0.25
航続距離 (km) (30km/h定地)	60
航続距離 (km) (市街地走行モード)	40

車両の総合効率特性を図6に示す。
各部品の高効率化を図った結果、全域での効率が向上し最高総合効率は70%を越えた。

5 おわりに

本電動スクータはモータ、駆動系等の新規開発やTCSによる車両システム制御及び充放電のバッテリーマネジメントにより、当初定めたコンセプトを実現する事ができた。

また、さらに進化した“ECCY” (図7) の開発も行い東京モータショーに出展を行った。今後も更に性能や効率向上を目指し、開発を進めて行く予定である。



図7 ECCY

●著者



武智裕章



寺田潤史



高橋宏行



山本 泉



大石明文



石井喜好