

# i-MiEV用モータ・コントローラと 電気自動車用標準モータ・コントローラ

🔊 電気自動車, CO<sub>2</sub>削減, 高速応答電流制御, 低騒音

\* 掛林 徹 Toru Kakebayashi

\*\* 板倉秀樹 Hideki Itakura

## 概 要

当社は、2009年に三菱自動車工業(株)が世界に先駆けて本格的な量産を開始した電気自動車i-MiEV向けに駆動モータ・コントローラを供給している。本製品は、高効率・高信頼性・低騒音を可能にした上、小形・軽量化にも成功した製品である。

また、当社は新たに電気自動車用標準モータ・コントローラとして3種類の容量系列を開発しており、軽自動車から2000ccクラスまで幅広い車格への適用範囲拡大を進めている。



三菱自動車工業(株)i-MiEV

## 1. ま え が き

新興国の急速な経済発展によるエネルギー需要急増により、原油価格は高止まりすることが予想されている。我が国の一次エネルギー供給に占める石油依存度はおよそ40%であり<sup>①</sup>、中でも運輸部門の石油依存度はほぼ100%となっている<sup>②</sup>。

また、地球温暖化対策の観点からCO<sub>2</sub>排出量の削減が求められており、我が国においては、運輸部門からのCO<sub>2</sub>排出量が全体の約2割、運輸部門の中でも自動車からのCO<sub>2</sub>排出量が約9割を占めていることから<sup>③</sup>、自動車からのCO<sub>2</sub>排出量削減に向けた取り組みが重要となっている。

これらエネルギー制約・環境問題の高まりに応えるため、自動車業界においては、従来の内燃機関自動車の燃費向上に加え、電気自動車やハイブリッド自動車など次世代自動車の普及に向けた製

品開発が期待されている。また、東日本大震災直後には電気自動車が移動手段としてだけでなく、電源の役割も果たしたことで電気自動車の新しい価値に対する期待も高まっている。

このようなことを背景に、電機メーカーに対してはこれら次世代自動車向け駆動モータ・コントローラの製品開発及び供給を通じて、上記課題の解決に貢献していくことが求められている。

当社は、2009年に三菱自動車工業(株)が世界に先駆けて本格的な量産を始めた電気自動車i-MiEV向けに駆動モータ・コントローラの供給を開始し、その後、MINICAB-MiEV(第1図)あるいは三菱自動車工業(株)からブジョー「iOn」、シトロエン「C-ZERO」にも製品供給を拡大してきた。今後は更なる性能向上を目指した開発を推進すると同時に、幅広い車種へ適用範囲を拡大していくことで、自動車メーカーからの様々な要望に応じていき

\*EV事業開発部 \*\*中部支社 営業第五部



第1図 三菱自動車工業(株)MINICAB-MiEV  
当社製モータ・コントローラ搭載の電気自動車を示す。



出典：三菱自動車(株)ホームページより

第3図 i-MiEV用コントローラ  
i-MiEV用コントローラの外観を示す。



出典：三菱自動車(株)ホームページより

第2図 i-MiEV用モータ  
i-MiEV用モータの外観を示す。

第1表 i-MiEV用モータ・コントローラの仕様  
i-MiEV用モータ・コントローラの仕様を示す。

形式	水冷式永久磁石形同期電動機 水冷式PWMコントローラ
最高出力	47kW (3000~6000min <sup>-1</sup> )
定格出力	25kW
最大トルク	180N・m (0~2000min <sup>-1</sup> )
電池電圧	330V

たいと考えている。

本稿では、現在製品供給中のi-MiEV用モータ・コントローラの特長、並びに現在開発中の電気自動車用標準モータ・コントローラの概要について紹介する。

## 2. i-MiEV用モータ・コントローラ

電気自動車用駆動モータ・コントローラには、一般産業用とは異なる性能や厳しい環境条件、高い信頼性が要求される。これらの要求事項を満たすため、本製品開発時には、様々な新技術開発並びに徹底した信頼性検証を行っている。ここでは本製品の開発で獲得した技術的成果並びに製品の特長について述べる。第2図にモータを、第3図にコントローラの外観を示す。

### 2.1 高精度・高応答

内燃機関自動車と違い電気自動車には変速機がないため、電気自動車用駆動モータ・コントローラ

には高速域まで幅広い定出力特性と同時に低速域での大トルク特性が要求される。第1表に本製品の仕様を示す。本製品では、PMモータを高精度に補償したベクトル制御を開発し、これにより、全域で高精度・高応答なモータ制御を実現している。

### 2.2 低騒音

モータの騒音レベルは内燃機関に比べ非常に小さい。しかし、電気自動車には内燃機関自動車より高い静寂性が要求されるため、電気自動車用駆動モータに対しても非常に高いレベルでの騒音低減が求められる。この要求をクリアするため、モータフレーム表面に施した補強リブの最適配置を行い、膜振動の低減を図ることで大幅な騒音低減を実現し、車両の静粛性に大きく貢献している。

### 2.3 小形・軽量・高効率

電気自動車の課題の一つに、走行可能距離が短いことが挙げられる。この課題を解消するため、駆動モータ・コントローラに対しては、軽量かつ高効率であることが求められる。また、限られた空間の中に多くのコンポーネントを搭載する必要があるため、個々のコンポーネントに対して非常に厳しい寸法制約が与えられる。

これらの要求を満たすため、モータでは最新の



**第4図 高圧洗浄試験**  
高圧洗浄試験の様子を示す。



**第6図 耐水試験**  
耐水試験の様子を示す。



**第5図 じんあい試験**  
じんあい試験の様子を示す。



**第7図 塩水噴霧試験**  
塩水噴霧試験の様子を示す。

電磁界解析技術を駆使し、ロータ内に埋め込む永久磁石の配置を最適化することで、小形・軽量化と高効率化を同時に実現している。また、冷却性能向上のためアルミ中空フレーム式水冷構造を採用し、更なる小形・軽量化にも成功している。

一方、コントローラでは、半導体メーカーと共同で開発した専用IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）を採用すると同時に、主回路部品の最適配置によるスナバレス化や最適な冷却設計を行うことで、車載に耐えうる高い信頼性及び小形・軽量化を実現している。

この結果、モータ・コントローラともに小形・軽量・高効率化が可能となり、走行可能距離の拡大に寄与している。

#### 2.4 高信頼性

電気自動車用駆動モータ・コントローラに求め

られる厳しい信頼性要求を満たすため、部品・材料の事前評価を重ねながら試作機の開発を進め、最終的に徹底した信頼性検証を行った。これらの作業には多大な労力と時間を費やしたが、すべての信頼性要求を満たすことで、車両としての高い信頼性を支えている。第4図～第7図に信頼性検証の一例を示す。

### 3. 電気自動車用標準モータ・コントローラ







当社では、新たに電気自動車用標準モータ・コントローラの開発を行っている。現在の計画では3種類の容量系列を開発し、軽自動車から2000ccクラスまで幅広い車種へ対応する予定である。第2表に容量系列の概要を、第8図と第9図に60kWクラスの外観を示す。

モータはi-MiEVと同様に、現時点で最も小



## 第2表 電気自動車用標準モータ・コントローラの仕様

電気自動車用標準モータ・コントローラの仕様を示す。

30~40kW (軽自動車クラス)	50~60kW (小型車クラス)	80~90kW (中型車クラス)
EV・PHEV・HEV	EV・PHEV	EV・PHEV
		
体積：3.5L	体積：4.6L	体積：6.5L
		
質量：25kg 最高出力： 30kW-75N・m- 3820min <sup>-1</sup> 最高回転数： 12,000min <sup>-1</sup>	質量：35kg 最高出力： 60kW-150N・m- 3820min <sup>-1</sup> 最高回転数： 12,000min <sup>-1</sup>	質量：40kg 最高出力： 80kW-200N・m- 3820min <sup>-1</sup> 最高回転数： 12,000min <sup>-1</sup>



第8図 電気自動車用標準モータ  
レアアース使用量の大幅削減を実現した。



第9図 電気自動車用標準コントローラ  
大幅な小形・軽量化を実現した。

形・軽量・高効率が実現可能な永久磁石式同期モータを採用している。永久磁石式同期モータは、ネオジウムやディスプロシウムのような供給の大部分を中国に依存するレアアースを使用しており、中国のレアアース政策による価格変動の影響を受けやすい。このため、レアアース使用量を最小化するため、電磁界解析を駆使した最適なロータ・ステータ形状の検討、省ディスプロシウム磁石の選定、磁石温度低減構造の検討を重ね、レアアースの価格変動リスクを最小化することを目標に開発を進めている。

コントローラに関しては、特に小形・軽量化を目指した開発を推進している。直接水冷IGBTの採用、使用するすべての部品・回路構成を見直し、部品レイアウトの最適化などを行うことで、大幅な小形・軽量化が実現できる見込みである。

また、生産面では3種類の容量系列を同一のロボット組み立てラインで製造可能とし、安定した品質かつ効率的な生産が可能となるよう準備を進めている。

上記のように本開発により、現行モデルよりも更なる高性能な駆動モータ・コントローラの提供が可能となると同時に、幅広い車種に対応可能となり、自動車メーカーからの様々な要望に応えられるようになると思われる。

## 4. む す び

当社は、他社に先駆け1960年代から永久磁石式同期モータの生産を始め、2009年から世界で初めて電気自動車用駆動モータ・コントローラの本格量産を開始したパイオニアである。また、当社はハイブリッド用駆動モータ・コントローラやインホイール用駆動モータ・コントローラ、誘導電動機の開発実績も豊富である。

今後は、これらの技術蓄積を踏まえ更なる新技術開発・製品開発を推進し、電気自動車やハイブリッド自動車などの次世代自動車に最適な駆動モータ・コントローラの提案を行い、自動車メーカーからの様々な要望に応えることで、エネルギー制約や環境問題に対しても貢献していく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《参考文献》

- (1) BP Statistical Review of World Energy June 2011
- (2) 経済産業省：「新・国家エネルギー戦略」，2006. 5
- (3) 経済産業省次世代自動車研究会：「次世代自動車戦略2010」，2010. 4. 12

《執筆者紹介》



掛林 徹 Toru Kakebayashi  
EV・HEV駆動システムの営業技術に  
従事



板倉秀樹 Hideki Itakura  
EV・HEV駆動システムの営業技術に  
従事

