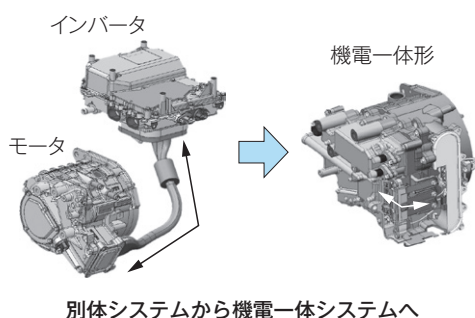


# 機電一体形電動車用コンポーネントの開発

加計浩明 Hiroaki Kakei

キーワード 機電一体, 効率, 小形化, 平角線, SiC

## 概要



当社は、これまで電気自動車i-MiEVやアウトランダーPHEVなどの駆動モータを開発し、実用化してきた。近年の更なる小形軽量化及び高効率化の要求に対応するため、機電一体形システムの開発を進めている。

当社は、現行品技術ベースでの機電一体形試作機を製作し、ノイズ・効率面での利点を確認した。また、現在開発を進めている次世代モデル機では、平角線適用によるスロット占積率の向上やSiC (Silicon Carbide)-MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) を適用して低損失化を図り、更なる小形化の実現に向け検討した。

## 1 まえがき

近年の電気自動車 (EV) 市場は急激に拡大しており、車両電動化開発の加速は急務であると考えられる。更なる小形軽量化及び高効率化の要求に対応するため、当社はモータ&インバータ一体形システムの開発を進めている。一体化することで、モータとインバータ間の三相高圧ハーネス線を削減し、車両搭載時のデッドスペース縮小及び損失低減を実現できる。本稿では、現行技術ベースでの機電一体形試作機の開発及び現在開発を進めている次世代モデル機の構成を紹介する。

## 2 現行技術ベース機電一体形試作機の構成

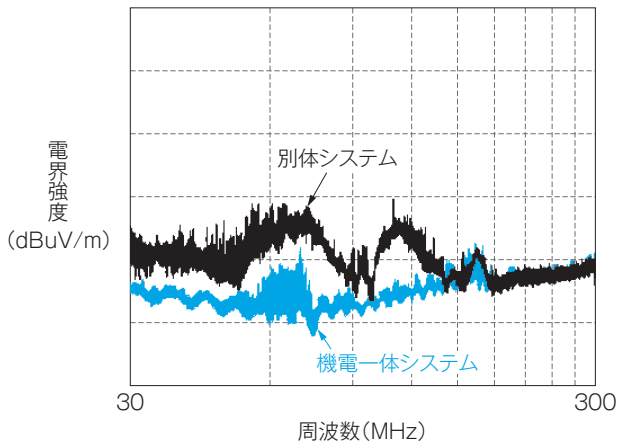
モータとインバータを一体化することで、従来イ

ンバータの車載時に用いていた固定用のステーが不要となり、省スペース化を実現できる。また、外部ハーネス類を削減することで部品点数を削減でき、低コスト化を実現できる。さらに、三相高圧ハーネスを削減することで損失低減にも有効で、かつ三相電線部がケース内に収まることから、別体形のシステムに比べシールド性能が向上し、放射ノイズが低減できる効果を確認した。第1図に放射ノイズの比較を示す。

当社では、インバータ部の搭載位置をモータ軸上に設定している。この理由は、本一体形ユニットが車両リヤ側搭載時に、上部側の車両居住スペース拡充に貢献できるからである。第1表に機電一体システム試作機の仕様を、第2図に外観を示す。

### 2.1 次世代モデル機の構成

第3図に次世代モデル機の機電一体形ユニット



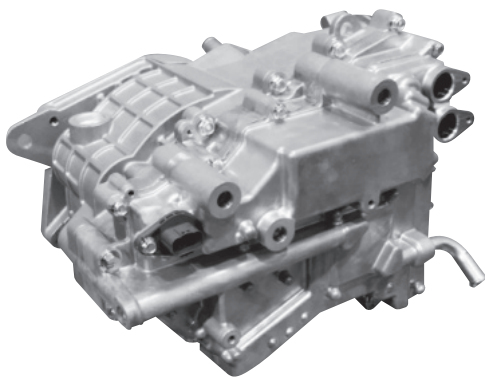
第 1 図 放射ノイズ比較

機電一体システムと別体システムの放射ノイズ比較を示す。機電一体システムは三相線が筐体外に出ないため、シールド性能が高いことが分かる。

第 1 表 機電一体システム試作機仕様

現行技術ベースの機電一体システムの仕様を示す。

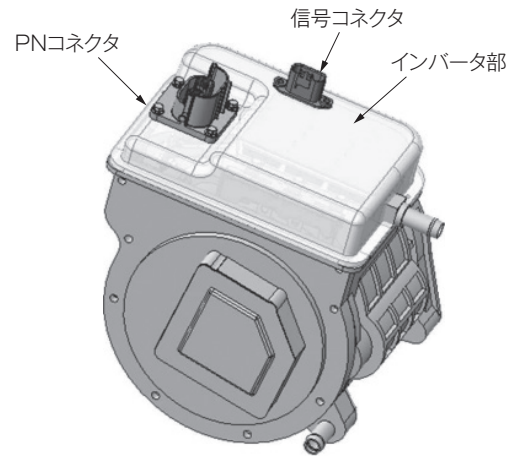
項目	仕様
種類	PM モータ 丸線タイプ
最高出力	60kW
動作環境温度	-40~105°C
最高回転数	12,000min <sup>-1</sup>
冷却方式	水冷
直流電圧	330V
パワーデバイス	Si-IGBT



第 2 図 機電一体システム試作機

現行技術ベースで試作した機電一体システムの試作機を示す。

の構成を示す。開発中の次世代モデル機では、インバータ部をモータとの接続部に当たる同軸方向へ設置することを検討している。SiC (Silicon Carbide)-



第 3 図 次世代モデル機の機電一体形ユニット構成

次世代技術を組み込んだ次世代モデル機の機電一体形ユニットの構成を示す。

MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) などの次世代パワーデバイスを用いることで、従来よりもコンパクトに構成でき、モータまで最短で接続できる。

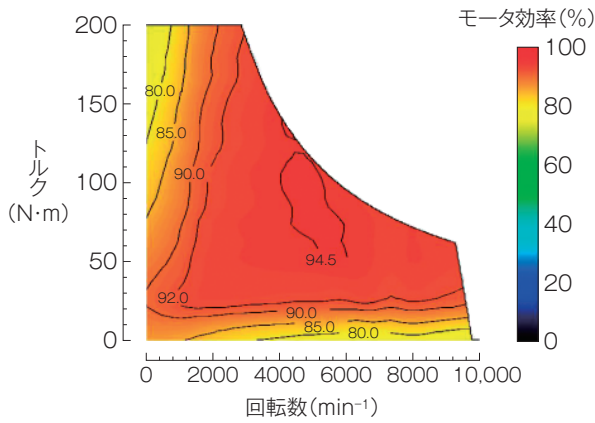
### 2.1.1 モータ技術

従来の駆動モータは、ステータコイルに丸線を使用し、第 2 図に示す試作機モータにも同様に丸線を使用した。次世代モデル機では、更なる小形高効率化を目指し平角線を採用する。これにより、丸線に対してスロット占積率が35%向上する。従来機に対して平角線の採用及び電磁鋼板の薄形化、磁石形状の工夫によって高効率範囲が拡大している。第 4 図にモータ効率比較を示す。WLTC<sup>(注1)</sup>モードで使用する範囲では、最大7%程度の効率向上が見込まれる。これらの要素によって、出力密度は40%向上する見込みである。

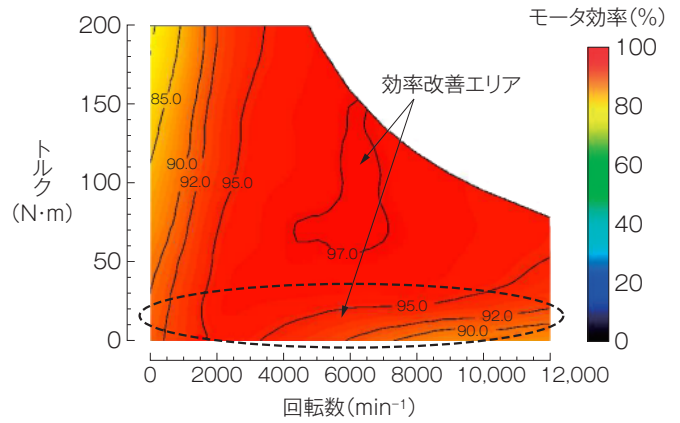
### 2.1.2 インバータ技術

次世代モデル機では、SiC-MOSFETパワーデバイスの適用及び平滑コンデンサのフィルム厚低減化を検討している。Si (Silicon)-IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) からSiC-MOSFETに変更することで、パワーデバイス自体の体積が23%低減する。また、フィルム厚を従来より13%薄くしたフィルムを採用することで、平滑コンデンサの体積を低減できる。

第 5 図にパワーデバイス損失比較特性を示す。



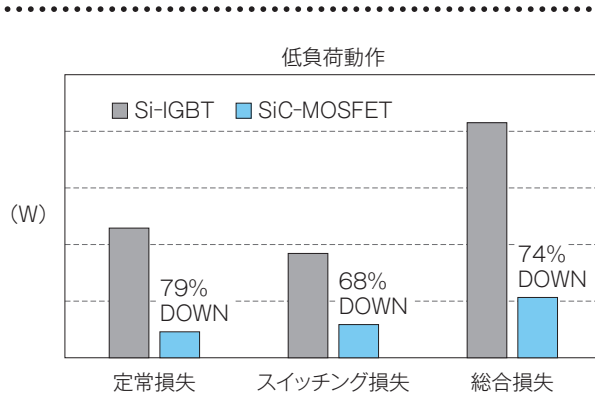
(a) 現行品ベース機(丸線適用)



(b) 次世代モデル機(平角線適用・電磁鋼板・磁石改良)

第4図 モータ効率比較

現行品技術ベースと次世代モデル機技術ベースの効率マップ比較を示す。次世代モデル機では、高効率のエリアが拡大していることが分かる。



第5図 パワーデバイス損失比較特性

IGBTとSiCの損失比較(低負荷)を示す。SiCを用いると大幅に損失を下げることができる。

第2表 次世代モデル機仕様

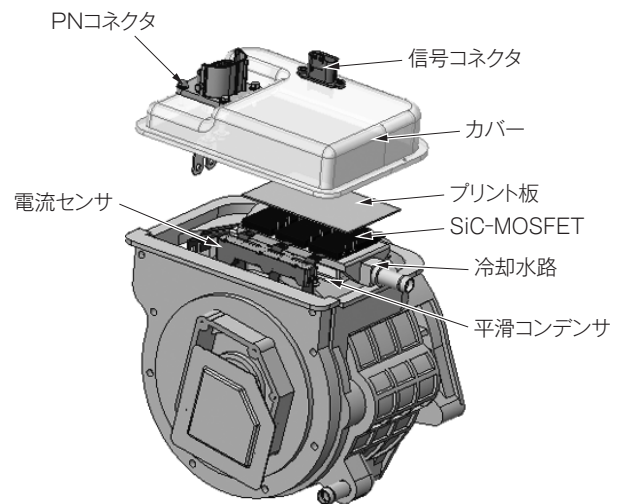
次世代モデル機の仕様を示す。

項目	仕様
種類	PMモータ 平角線タイプ
最高出力	100kW
動作環境温度	-40~105℃
最高回転数	12,000min <sup>-1</sup>
冷却方式	水冷
直流電圧	330V
パワーデバイス	SiC-MOSFET

損失は、大幅な低減が見込める。これにより、低負荷時の損失低減率が大きく、車両燃費に求められるWLTCなどの動作領域の燃費向上に貢献できる。

2.1.3 次世代モデル機の仕様

第2表に次世代モデル機の仕様を、第6図に内



第6図 次世代モデル機の機電一体形ユニット内部構成

次世代モデル機の機電一体形ユニットの内部構成を示す。

部構成を示す。小形化を実現するため、SiC-MOSFET及び平滑コンデンサを挟むように水冷する構成とした。インバータの体積は、約1.6Lで、出力密度は60kW/Lに達する。今後は、試作機を作成し、量産化に向けた開発を進めていく。

3 むすび

機電一体形の開発は、今後ますます加速すると考える。本稿では、現行技術に基づく試作機から機電一体形の有効性を検証し、更に次世代モデル機では、出力密度が大幅に向上することを確認した。

今後は、次世代モデルの試作機を作成し、実機での性能評価及び信頼性を検証し、実用化に向けて取り組んでいく。

- ・i-MiEV及びアウトランダーは、三菱自動車工業(株)の登録商標である。
- ・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。

---

#### (注記)

注1. WLTC : Worldwide-harmonized Light vehicles Test Cycle (世界統一試験サイクル)

---

#### 《執筆者紹介》



加計 浩明  
Hiroaki Kakei  
EV事業部開発部  
EV用インバータの開発に従事

---