

特集：新型マツダデミオ

3 新型デミオ向けバッテリーマネジメントシステムの紹介 Introduction of Battery Management System for New DEMIO

吉田 勝正*¹ 久米 章友*² 小谷 和也*³ 湯原 将光*⁴
 Katsumasa Yoshida Akitomo Kume Kazuya Kodani Masamitsu Yuhara
 柴田 敏治*⁵ 北村 成基*⁶ 楊 殿宇*⁷ 中野 雄介*⁸
 Toshiharu Shibata Shigeki Kitamura Tenyu Yan Yuusuke Nakano

要 約

マツダは環境技術として「i-stop」を2009年発売のアクセラ/Mazda3から導入した。その後もビアンテ、プレマシーと搭載車を順次拡大してきた。

新型デミオでは、バッテリーマネジメントシステムの進化により、減速回生による燃費向上、アイドリングストップ頻度の向上、1個のバッテリーを搭載したi-stopシステム（以下シングルバッテリーシステム）による小型/軽量化を実現した。

これにより、更に多くのお客様に「優れた環境性能」をお届けすることが可能になった。

Summary

“i-stop” was for the first time introduced to 2009MY AXELA / Mazda3 as an environmental technology. Since then, Mazda has deployed it to new vehicles one by one, including BIANTE and PREMACY.

The newly released DEMIO features the evolving battery management system, which enables fuel economy improvement through the regeneration of deceleration energy, frequent idling stops and downsizing / weight saving by reducing the number of batteries in the i-stop system to one (henceforth Single Battery System).

As a result, we are now able to deliver the “excellent environmental performance” to more customers.

1. はじめに

マツダは、段階的にi-stop, 減速エネルギー回生システム, モータ駆動技術などの電気デバイスを導入する「ビルディングブロック戦略」を推進している (Fig.1)。

これらのシステムでは、減速時に回生する電気エネルギーを段階的に増加してゆくことを目指している。そのため、蓄電デバイスであるバッテリーへの要求は飛躍的に増大してゆく。これらの要求に応えるため、高い充放電性能、寿命性能を備えたバッテリー、およびバッテリーマネジメントシステムが必要となる。

新型デミオでは、バッテリーマネジメントシステムを進化させることにより、燃費を大幅に向上させ、小型/軽量化を実現しながらも、高い信頼性を確保した。

本稿では上記バッテリーマネジメントシステムについて紹介する。

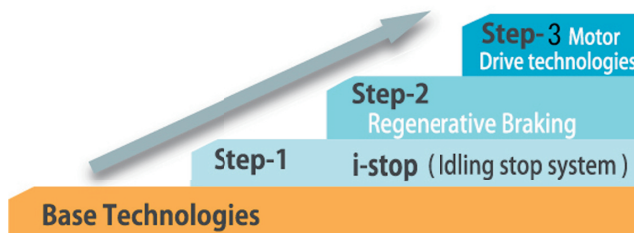


Fig.1 Building Block Strategy

*1~7 パワートレインシステム開発部
Powertrain System Dept.

*8 電子開発部
Electrical & Electronics Development Dept.

2. 開発コンセプト

マツダ車をご購入していただいた全てのお客様に「優れた環境性能」をお届けするため、全ての車種に展開できるバッテリーマネジメントシステムを目指した。



Fig.2 New DEMIO

新型デミオにおけるバッテリーマネジメントシステムの進化ポイントを以下に示す。

<優れた環境性能>

- ◇減速エネルギーの回生による燃費向上
- ◇アイドリングストップ頻度の向上

<全ての車種に展開可能な小型/軽量システム>

- ◇シングルバッテリーシステム
- ◇DC/DCコンバータ

<高い信頼性>

- ◇確実なエンジン再始動
- ◇バッテリー寿命の向上

次章より上記を実現する技術の詳細について紹介する。

3. 優れた環境性能

3.1 減速エネルギーの回生による燃費向上

(1) メカニズム

減速時の運動エネルギーをバッテリーに充電し、走行中にオルタネータを駆動する負荷を低減することで燃費を向上させる (Fig.3)。したがって、回生エネルギーを増加させることが重要となる。

今回、オルタネータの発電効率とバッテリーの充電受入性を向上させることで、大幅に燃費を向上させた。

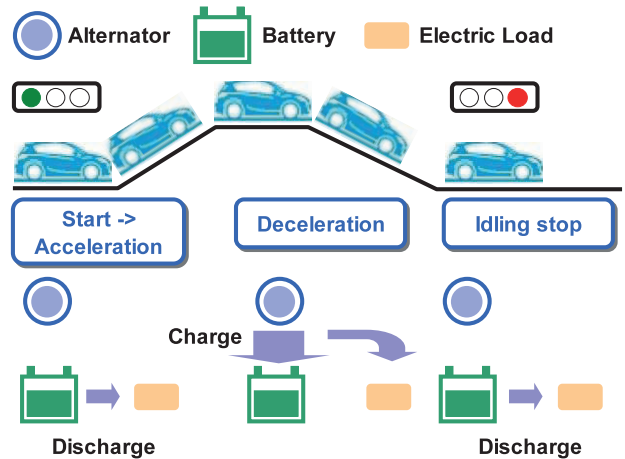


Fig.3 Regeneration of Deceleration Energy

(2) 発電効率の向上

減速時の回生エネルギーを増加させるため、オルタネータの発電量を40%増加させた (Fig.4)。高効率のオルタネータ⁽⁴⁾を採用することで (Fig.5)、発電量を増加しながら重量およびサイズの増加を最小限に抑えている。

更に、オルタネータをエンジン前に配置し、減速以外は発電を停止することでオルタネータの作動温度を下げている。これにより、オルタネータの発電効率を高い状態に維持しながら使用できるようになった。

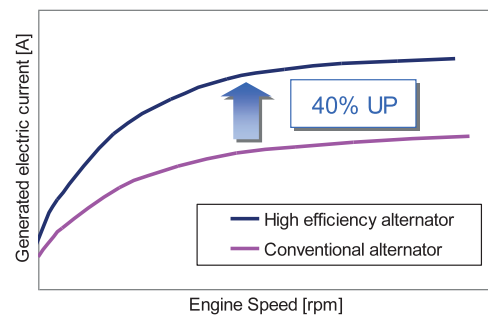


Fig.4 Generated Electric Current Characteristic

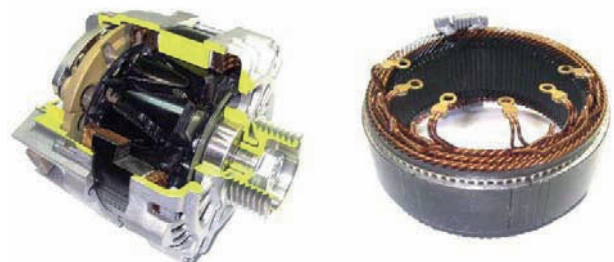


Fig.5 High Efficiency Alternator

(3) 充電受入性の向上

減速時の回生エネルギーをより多くバッテリーに充電するためには、バッテリーの充電状態（以下、SOC：State Of Charge）を下げた状態（以下、PSOC：Partial SOC）で充電することが望ましい。一方、バッテリー寿命低下やエンジン再始動不能を回避するためには、必要以上にSOCを下げないように充電しておくことが求められる。今回、バッテリーのSOCを高精度に推定する技術を開発し⁽¹⁾、PSOCで使用することを可能にした。

更に、通常のバッテリーに対して充電受入性を大幅に向上したアイドリングストップ専用バッテリーを採用した。

これらの相乗効果により、充電受入性を50%向上させることができた (Fig.6)。

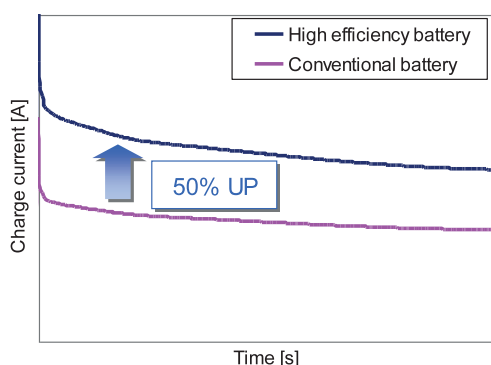


Fig.6 Charge Current Characteristic

(4) 違和感のない減速フィーリング

減速時の回生エネルギーを増加させると、オルタネータの発電によって発生する負荷トルクが増大する。その結果、運転者の期待に比べて減速度が大きくなり違和感になる。

そこで、駆動力を考慮した減速回生制御を導入することで、回生エネルギーの増加と減速フィーリングを両立させた。

具体的には、オルタネータの発電量とバッテリーの充電受入性から最大発生する減速度を予測し、運転者の要求減速度に調整することで最適な減速回生を行うようにした (Fig.7)。

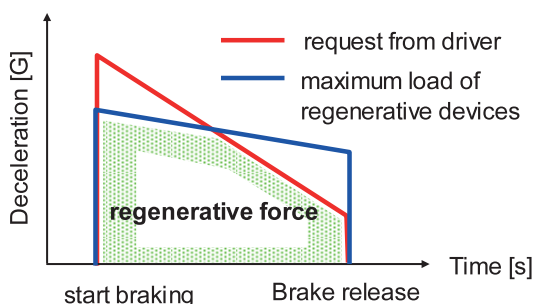


Fig.7 Regenerative Braking Force Control

3.2 アイドリングストップ頻度の向上

(1) アイドリングストップ時間の向上

前述のアイドリングストップ専用バッテリーは耐久性が大幅に向上している。これにより、アイドリングストップ時間は、平均消費電流45[A]にて最大120[s]を可能にした (Fig.8)。

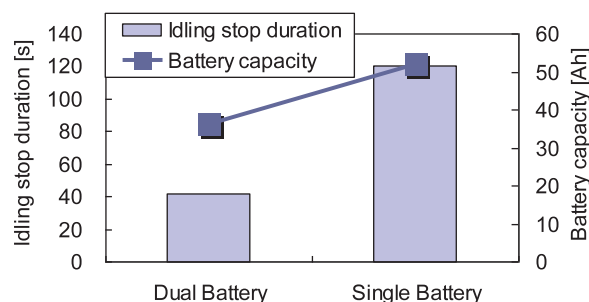


Fig.8 Extension of Idling Stop Duration with Increasing Battery Capacity

(2) アイドリングストップ許可までの時間を短縮

従来は、エンジンを始動した後に一度バッテリーを満充電にし、SOCを推定する必要があるため (5.2章)、バッテリーが満充電になるまではアイドリングストップを行うことができなかった。

新型デミオでは、車両の駐車中もSOCをモニタすることで、エンジン始動直後からアイドリングストップを可能にした (Fig.9)。

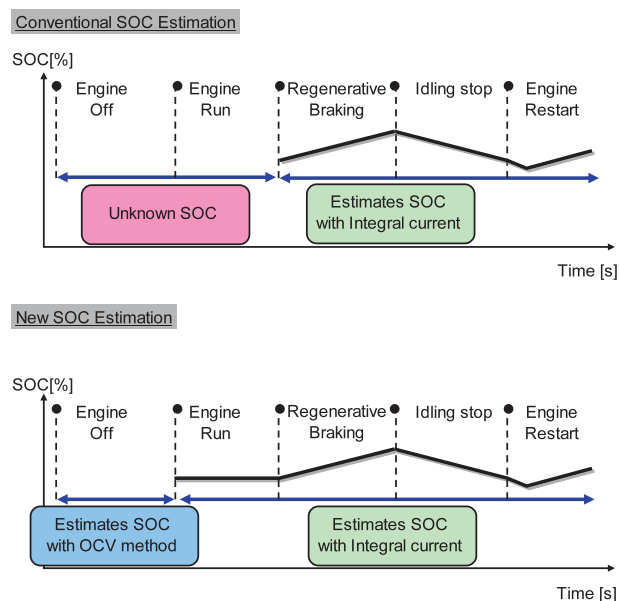


Fig.9 SOC Estimation Flow Chart

4. 全ての車種に展開可能な小型／軽量システム

4.1 シングルバッテリーシステム

新型デミオでは、減速時の回生エネルギーを増加させるため、オルタネータとバッテリーのサイズを大きくしている。これを現在の2個のバッテリーを搭載したi-stopシステム（以下デュアルバッテリーシステム）(Fig.10) に適用する場合、重量およびサイズが増加してしまい、車両への搭載が困難という課題があった。これを解決するため、サブバッテリーを廃止し、パワーリレーおよびチャージリレーを廃止し小型のDC/DCコンバータを採用した (Fig.11)。これにより、デュアルバッテリーシステムに比べて小型／軽量のシステムを実現した (Fig.12, 13)。

Table 1 Dual Battery System and Single Battery System

	Dual battery system	Single battery system
Battery	Main: N-55 (B24 for Idling stop) Sub: 26B17L (Standard)	Q-85 (D23 for Idling stop)
Alternator	φ 128 90[A]	φ 128 150[A]
Battery Sensor	Main: Hole type Sub: Hole type (with Temperature Sensor)	Shunt type (with ASIC)
Other	Power Relay Charge Relay	DC/DC Converter (200W)

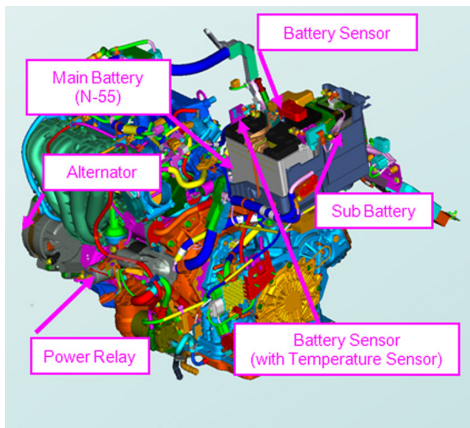


Fig.10 Dual Battery System

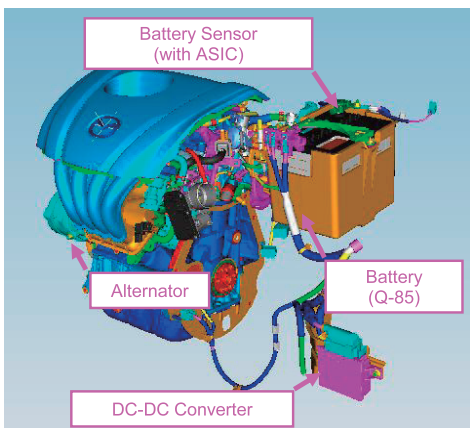


Fig.11 Single Battery System

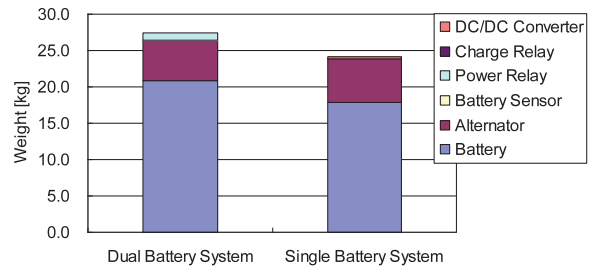


Fig.12 Weight Reduction

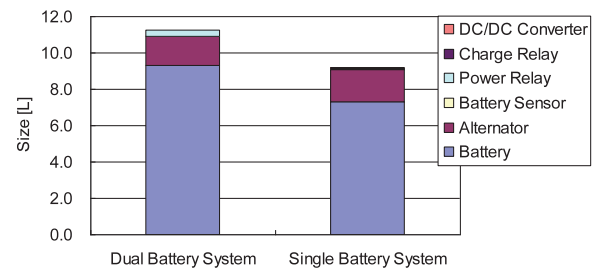


Fig.13 Downsizing

4.2 DC/DCコンバータ

エンジン再始動中にオーディオ、カーナビゲーションシステム、ETCを作動させるため、DC/DCコンバータを採用した (Fig.14)。

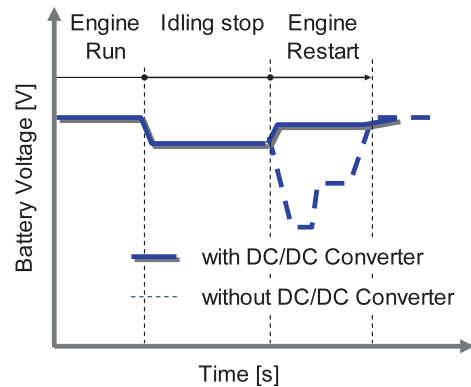


Fig.14 DC/DC Converter

しかし、DC/DCコンバータの容量は限られており、接続する車両の電気負荷が大きくなると、大型化や最悪複数必要になる。新型デミオでは、GNDラインの最適化を図り、DC/DCコンバータを必要とする電気デバイスを最小限にした。これにより、DC/DCコンバータを小型化することができた。

5. 高い信頼性

5.1 バッテリー信頼性の考え方

アイドリングストップシステムにおける供給電源の信頼性を確保するためには、『アイドリングストップからの確実なエンジン再始動』、『バッテリー寿命の向上』という要求を満足する必要がある。

デュアルバッテリーシステムでは、電源系の2重系という考え方を採用した。これにより、どちらかのバッテリーが使用不能となっても、残るバッテリーで確実にエンジンを始動できる。シングルバッテリーシステムでは、1個のバッテリーで高い信頼性を確保することが重要課題となる。

新型デミオでは、バッテリー状態 (Fig.15) を高精度に推定することで、上記課題を解決した。

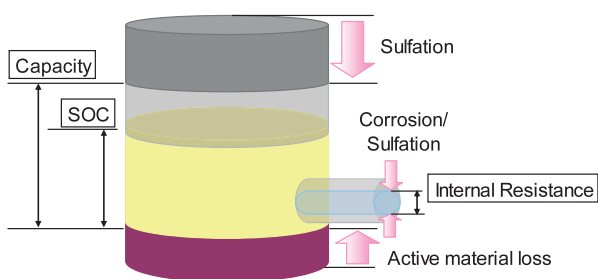


Fig.15 Image of Battery State

5.2 確実なエンジン再始動

デュアルバッテリーシステムでは、エンジンを始動した後に、バッテリーを満充電にすることでSOC推定を行っていた。バッテリーをPSOCで使用する場合、満充電でのSOC測定精度が悪化する懸念がある。これはバッテリー内部の極板における分極および成層化の影響によるものである (Fig.16)。このためバッテリーの寿命が短くなり、劣化検出ができず、最悪ケースとして、エンジンの再始動ができない可能性がある。

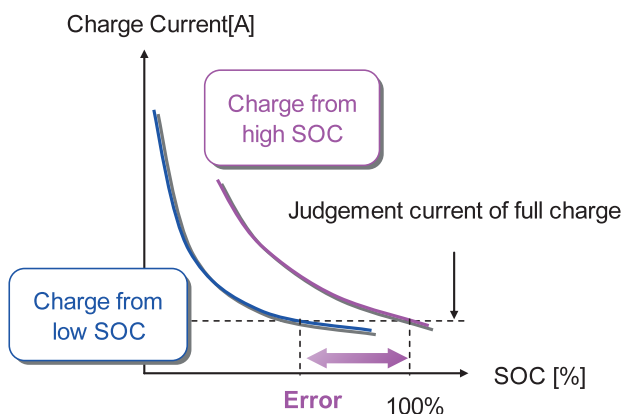


Fig.16 Error of Estimated SOC

新型デミオでは、バッテリーのSOCを高精度に推定することで、PSOCによる燃費向上、バッテリーの信頼性確保という背反する課題をブレイクスルーした。

まず、車両の駐車中にバッテリーの開放電圧 (以下、OCV: Open Circuit Voltage) を測定する (Fig.17)。これまでは、車両の駐車中にOCVを測定することができなかった。そこで、高性能電流センサによってOCVを高精度に測定し、更に測定したOCVをメモリに記憶することで実現した。

次に、エンジン始動後、分極および成層化の影響をモデルによって推定し、測定したOCVからバッテリーの起電力を推定する。SOCと相関がある起電力を推定することにより、SOCを高精度に推定可能にした。

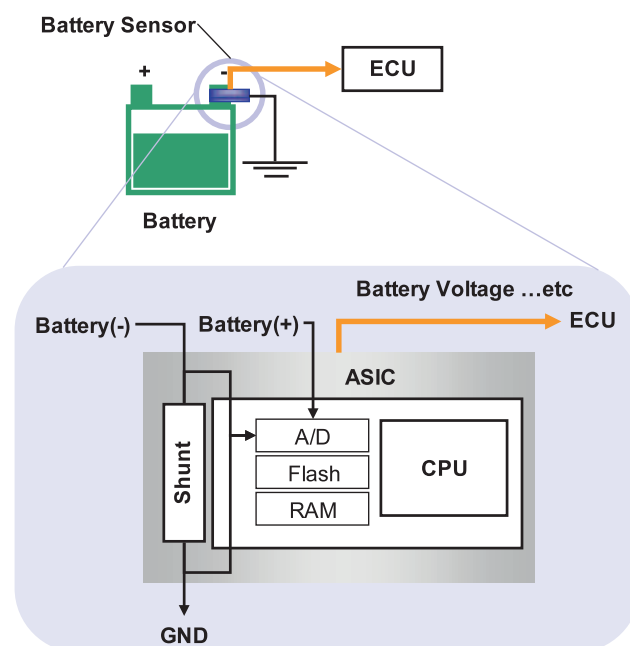


Fig.17 Intelligent Battery Sensor

5.3 バッテリー寿命の向上

(1) バッテリー寿命マネジメント

バッテリーはSOCが低い状態で維持され続けると、サルフェーション等により劣化が進行する。そこでSOCを適切に管理することで、劣化を抑制している (Fig.18)。更に、1回のアイドリングストップ中に連続して放電するエネルギー (以下、DOD: Depth of Discharge) が大きくなるほど、バッテリー寿命への影響は大きくなる。そのため、DODの幅を所定範囲内に抑えることで劣化を抑制している。

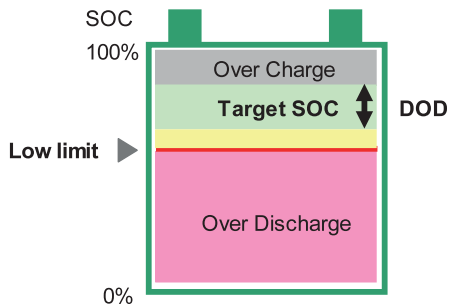


Fig.18 Battery Life Management

(2) アイドリングストップ車用バッテリー

減速回生およびアイドリングストップによりバッテリーへの充放電エネルギーが増加する。これらの充放電に対応するため、耐久性が大幅に向上したアイドリングストップ車用バッテリーを採用した (Fig.19)。

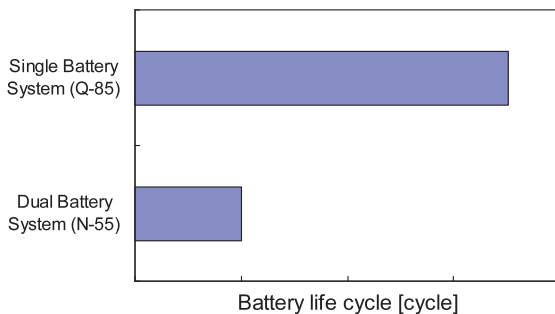


Fig.19 Battery Life Cycle for Idling Stop

バッテリー寿命マネジメントとアイドリングストップ車用バッテリーにより、燃費向上とバッテリー寿命の両立を実現した。

(3) バッテリーライフサイクルシミュレーション

バッテリーの寿命は、お客様の使い方や環境条件によっても大きく変わってくる。寿命や信頼性への影響を検証するためには、膨大な実験検証が必要となる。また、従来のバッテリー劣化テストでは、複雑なバッテリーマネジメントを再現することが困難になってきた。

そこで新たにバッテリーライフサイクルシミュレーションを開発し、机上にて信頼性を検証する環境を構築した。これはバッテリーの劣化をモデル化し、バッテリーマネジメントの制御モデルも含めた長期間のシミュレーションを行うものである。これにより、いろいろなおお客様の使い方や環境条件を、短期間に検証できるようになった。

今後、この技術を様々な地域および車種への展開、商品性向上等に活用してゆく。

6. おわりに

新型デミオでは、燃費を大幅に向上しつつ、小型/軽量化を実現しながら高い信頼性を確保した、シングルバッテリーシステムを開発することができた。今後、減速エネルギー回生システムやモータ駆動技術などの電気デバイスに対応するため、バッテリーマネジメントシステムを進化させてゆく必要がある。

更に多くのお客様に「優れた環境性能」を提供できるように、継続して技術開発を進めてゆく。

参考文献

- (1) 久米ほか：次世代バッテリーマネジメント技術の開発, マツダ技報No.28 (2010), p.54-58
- (2) 西里ほか：バッテリーマネジメントによる燃費改善, マツダ技報No.25 (2007), p.152-156
- (3) 猿渡ほか：マツダ i-STOP (アイ・ストップ), マツダ技報No.27 (2009), p.9-14
- (4) 宮地ほか：新世代 (9G) オルタネータ, 三菱電機技報2007年9月号

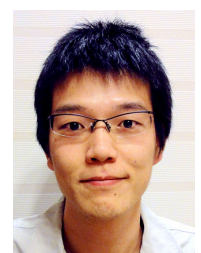
■ 著 者 ■



吉田勝正



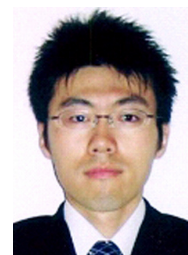
久米章友



小谷和也



湯原将光



柴田敏治



北村成基



楊 殿宇



中野雄介