

電動二輪車用 SCiB™ バッテリーシステム

SCiB™ Battery System for Electric Motorcycles

伊藤 康行 鈴木 盛雄 水谷 麻美

■ ITO Yasuyuki ■ SUZUKI Morio ■ MIZUTANI Mami

二酸化炭素 (CO₂) 排出量を大幅に削減可能な電気自動車 (EV) などの実用化への期待が高まっており、小型・軽量化が可能なリチウムイオン電池 (LIB) のそれらへの搭載が待たれている。

今回東芝は、安全性に優れた当社製二次電池 SCiB™ を適用した電動二輪車用バッテリーシステムを (株) 本田技術研究所と共同で開発し、そのバッテリーシステムは本田技研工業 (株) からリース販売される電動二輪車 “EV-neo” に採用された。SCiB™ は、EV-neo の商用車として必要な安全性、長寿命、高出力、低温特性、及び急速充電に優れており、また様々な技術課題を解決することによって、電動二輪車に適したバッテリーシステムを実現した。

There is a strong need for the practical realization of electric vehicles (EVs) to reduce carbon dioxide emissions. Lithium-ion batteries, offering reduced size and weight, are playing an important role as key components in the promotion of EVs.

In cooperation with Honda R&D Co., Ltd., Toshiba has overcome various technical issues and developed a battery system for electric motorcycles applying the highly safe SCiB™ battery. The SCiB™ battery system is installed in the EV-neo electric scooter that was released by Honda Motor Co., Ltd. in December 2010. The EV-neo, designed for commercial use, makes best use of the features of the SCiB™ battery; namely, safety, long life, high power output, good performance even in low-temperature environments, and fast charging.

1 まえがき

持続可能な低炭素社会を実現するために、EV の需要が高まるとともに、二輪車でも電動化が期待されている。

電動二輪車は、鉛バッテリーを用いた車両が商品化されているが、バッテリーが重い、バッテリー寿命が短い、航続走行距離が短い、充電時間が長いことなどから実用性は低い。そのため、エネルギー密度が高く、小型・軽量化が可能な LIB の搭載が期待されているが、本格的な普及には至っていない。

実用的な電動二輪車を実現するには、高い安全性はもとより、長寿命、高出力、優れた低温特性、及び急速充電特性を持つバッテリーが必要になる。

今回東芝は、(株) 本田技術研究所とこれらの課題を克服した SCiB™ バッテリーシステムを開発し、このシステムは本田技研工業 (株) からリース販売される電動二輪車 “EV-neo” (図 1) に搭載された。ここでは、SCiB™ バッテリーシステムの主な特長と技術課題の解決について述べる。

2 電動二輪車 EV-neo の概要

EV-neo は、商用車として堅ろう性を目指したスクータタイプ の電動二輪車で、配達業務などで広く活用されることを目的にしている⁽¹⁾(表 1)。バッテリーに当社製二次電池 SCiB™⁽²⁾を、モータにはブラシレスモータを採用することで、走行時に CO₂



写真提供：(株) 本田技術研究所

図 1. SCiB™ を搭載した電動二輪車 EV-neo — EV-neo の車体フロア下に SCiB™ が設置されている。

EV-neo electric motorcycle equipped with SCiB™ battery

をいっさい排出しない高い環境性能を実現している。バッテリーは、家庭用電源での短時間充電も可能にするとともに、航続距離にも配慮している。また、低回転からトルクのあるモータの特性を生かして、荷物積載時でも力強い発進性能を実現するなど、現在リリースされているガソリンエンジンの第一種原動機付自転車並みの実用性を備えている。

3 SCiB™ バッテリーシステム

3.1 構成

EV-neo で採用されたバッテリーシステムには、2008 年から

表1. EV-neoの主な仕様
Main specifications of EV-neo

項目		仕様
車体	外形寸法	1,830 (全長) × 695 (全幅) × 1,065 (全高) mm
	航続走行距離	34 km (30 km/h 定地走行テスト値)
	最大積載量	30 kg (12° 登坂可能)
バッテリー	バッテリー種別	リチウムイオン電池 (東芝製)
	公称電圧	72 V
	公称容量	12.6 Ah

本格的に量産を開始した当社のSCiB_{TM}が採用されている。SCiB_{TM}セルの基本仕様を表2に示す。表1に示したバッテリー仕様を満足させるため、SCiB_{TM}を多直列多並列構成にしてバッテリーのモジュール化を行った。

バッテリーシステムは複数のバッテリーモジュールから構成され、各モジュールはSCiB_{TM}、VTM (Voltage/Thermal Monitoring) 基板、及びBMU (Battery Management Unit) 基板から構成される(図2)。LIBは、異常に過充電されると発煙や、発火に至る場合があるため、バッテリーの充電状態を管理する必要がある。このバッテリーシステムでは、BMU基板とVTM基板を用いてバッテリー監視を行っている。

3.2 SCiB_{TM}及びバッテリーシステムの特長

開発したバッテリーシステムは、電動二輪車に必要な安全性、長寿命、高出力、優れた低温特性、及び急速充電特性を

表2. SCiB_{TM}セルの基本仕様

Basic specifications of SCiB_{TM} battery cell

項目	仕様
公称電圧	2.4 V
公称容量	4.2 Ah
最大充電電流	50 A
最大放電電流	45 A
外形寸法	62 (幅) × 95 (高さ) × 13 (厚さ) mm
質量	約150 g

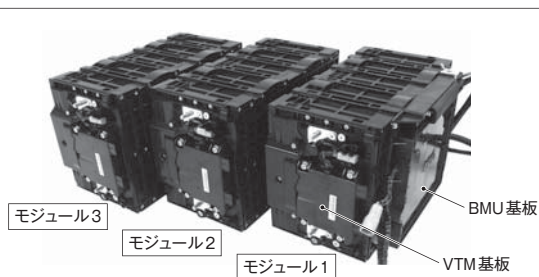


図2. SCiB_{TM}バッテリーシステム — SCiB_{TM}、VTM基板、及びBMU基板から構成されるバッテリーモジュールを複数個用いて電動二輪車用バッテリーシステムを構成した。

SCiB_{TM} battery system

備えている。

3.2.1 安全性 電動二輪車を含めEV及びハイブリッド電気自動車 (HEV) では事故によるバッテリーの変形は避けられないが、SCiB_{TM}は強制的に内部短絡させた場合でも熱暴走を起こさない高い安全性を備えている。

事故によるバッテリーの大変形と内部短絡を模擬して押しつぶし試験を実施した(図3)。SCiB_{TM}セルが完全に押しつぶされているが、破裂や発火がないことを確認した。

更に電動二輪車に搭載された場合、事故などによるバッテリーの外部短絡や、非常に強い衝撃、没水を想定する必要がある。これらについても、バッテリーモジュールに対してくぎ刺し試験や、落下衝撃試験、外部強制短絡試験、没水試験などのアビューズ試験を実施し、破裂や発火がなく、安全弁の解放や電解液の漏液がないことを確認した。

3.2.2 長寿命と高出力 SCiB_{TM}は酸化物系新材料の採用などによってこれまでにない長寿命性能を実現している。図4に示す充放電条件で、6,000サイクルの充放電後も容

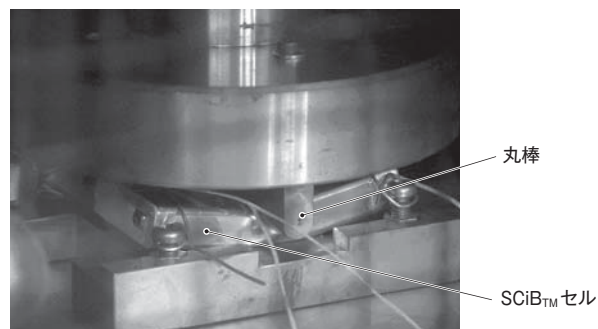
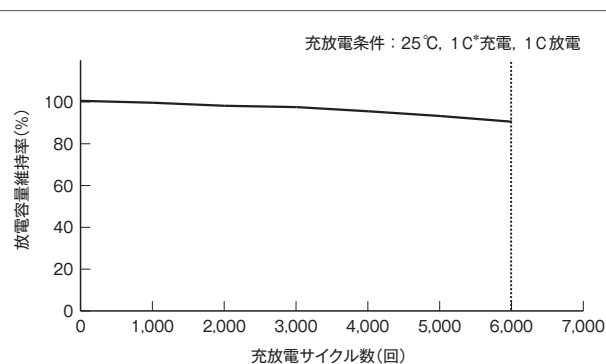


図3. SCiB_{TM}セルの押しつぶし試験 — バッテリーは完全に押しつぶされているが、破裂や発火がないことを確認した。

Bar crush test of SCiB_{TM} battery cell



*電池の充放電の電流値はCレート(=電流値(A)/容量(Ah))で表される。
4.2 Ahの容量を持つセルに対して4.2 Aの電流で充電や放電をすると1Cとなる。

図4. SCiB_{TM}セルのサイクル試験結果 — 6,000サイクルを超える充放電後も容量維持率は90%以上で、鉛バッテリーなどに比べ長寿命である。

Result of cycle-life test of SCiB_{TM} battery cell

量維持率は90%以上であり、6,000サイクルを超える使用が可能になっている。

また、このバッテリーモジュールを用いて、業務用二輪車の走行状態(30 kgの荷物を積載して勾配12°の坂道を走行できる)を模擬した放電パターンと急速充電器による充電を模擬した充電パターンとから成るサイクル試験を行った結果、2,000サイクルを経過しても、放電容量が初期容量の90%以上を保持していることを確認した(図5)。

3.2.3 優れた低温特性 SCiB_{TM}は-30℃の低温環境下でも充放電が可能であり、幅広い温度環境で使用が見込まれる用途にも適している。25℃に対する温度別放電容量比を図6に示す。従来の鉛バッテリーでは難しかった-10℃の環境下での走行や充電が可能であることを確認した。

3.2.4 急速充電特性 SCiB_{TM}は、最大充電電流が50 A、最大放電電流が45 Aであり、約5 minで充電が可能である。このバッテリーシステムでは、専用の急速充電器を使用した場合、約30 minで100%の充電が可能になっている。

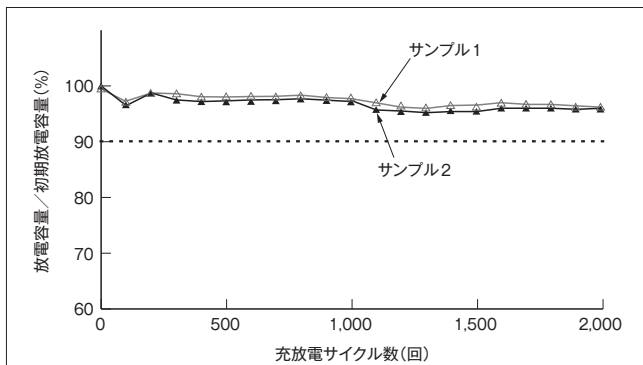


図5. バッテリーモジュールのサイクル試験結果 — 業務用二輪車の使用環境を模擬したパターンでも2,000サイクル後の容量維持率は90%以上を確保している。

Results of cycle-life tests of SCiB_{TM} battery module

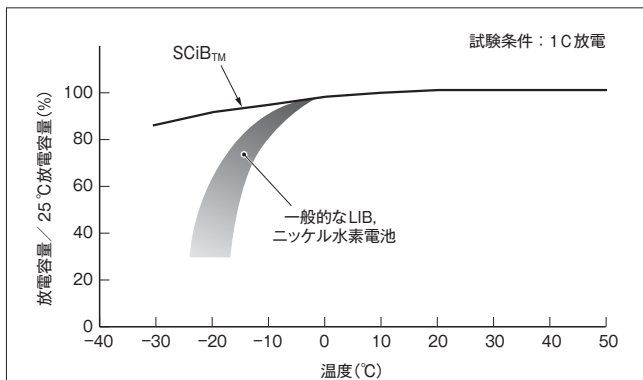


図6. SCiB_{TM}の温度特性 — SCiB_{TM}は-30℃の低温環境下でも十分な放電が可能である。

Temperature characteristics of discharge capacity of SCiB_{TM} battery cell

4 技術課題の解決

電動二輪車用バッテリーシステムの開発における技術課題とその解決方法について以下に述べる。

4.1 実装スペース

電動二輪車のバッテリーシステムは実装スペースの制約から車体フロア下に設置されるが、カーブを曲がる際のバンク角確保など車体レイアウトから見て、車体フロア下は設置に理想的な空間ではない。この限られたスペースにSCiB_{TM}、基板、ハーネスなどを実装するため、SCiB_{TM}の配列とバッテリー間のクリアランスを最適化するとともに、基板についてはハーネスの引回しを考慮してコネクタ位置を決め、更に部品レイアウトの工夫を行った。

4.2 冷却性能

限られた実装スペースで必要な冷却性能を満足するため、SCiB_{TM}の配列とバッテリー間のクリアランスを熱流動解析と実験によって最適化した。開発したバッテリーモジュールは、急速充電時でも、バッテリー温度上昇及びバッテリーモジュール内の温度差の最小化を図り、バッテリー制御と寿命確保に必要な冷却性能を実現した。

4.3 バッテリー監視の信頼性向上

電動二輪車では、バッテリーシステムのトラブルでバッテリーが異常に過充電されたり、走行中にモータが異常停止したりすると、人災や事故などにつながる可能性がある。そのため、バッテリー監視には高い信頼性が求められる。

今回開発したBMU基板は、VTM基板で収集したSCiB_{TM}セルの電圧や温度などの情報を上位の車両PDU (Power Drive Unit) にCAN (Controller Area Network) 通信で出力する。過充電や過放電などのバッテリー異常に関する情報は、CAN通信以外の冗長な通信手段を備えている。また、BMU基板にはメインMPU (Micro Processing Unit) とサブMPUを搭載して相互監視を行っている。更に、バッテリー情報を収集する構成要素に各種故障診断機能を実装することで、バッテリー監視の信頼性を向上させている。

4.4 基板のモールド充填

一般的に、二輪車はボディで覆われている部分が少ないため、部品に要求される環境条件は自動車と比べ厳しい場合が多い。そこで、BMU基板及びVTM基板は、基板をケースに組込み後、防水対策としてモールド材を充填している。

今回開発した基板は、実装部品の制約からモールド材を真空状態で充填することができないため、真空引き以外の方法で充填時の巻込みボイドなどを削減する必要があった。この課題を解決するため、充填条件の最適化と前処理工程の追加を行い、常圧モールド充填製造プロセスを構築した。

4.5 基板の省電力化

BMU基板の電源は車体に搭載されている補助用の鉛バッ

テリから供給されている。電動二輪車に長期間乗車しない場合、走行中と同じ状態でバッテリー監視を行うと鉛バッテリーが過放電して使用できなくなると予想される。そこで、イグニッションキーを抜いた後、BMU基板を省電力状態にして、鉛バッテリーの消費電流を大幅に低減させた。これにより、鉛バッテリーの過放電を抑制することができた。

4.6 バッテリーモジュールのモデル解析

電動二輪車用のバッテリーモジュールには高い耐久性や耐衝撃性が求められる。今回開発したバッテリーモジュールは、設計初期段階から振動・衝撃・熱応力解析による発生応力の評価と剛性の改善を行い、目標とする強度を達成した。また、各樹脂部品の樹脂流動解析によって成形性を改善した。これらの解析によって、国連報告テスト (Manual of Test and Criteria, Part III subsection 38.3) や、所定の振動耐久性、落下衝撃試験などをクリアする構造耐久性を確保した。落下衝撃解析モデルの実施例を図7に示す。

4.7 端子間接続の低抵抗化

SCiB_{TM}は、軽量化と冷却効率を高めるためにアルミニウム角型缶とアルミニウム電極端子を採用した。バッテリーモジュール内の電極端子間の接続には、低抵抗で接続するためアルミニウムバスバーを使用した。電極端子とバスバーはレーザ溶接し、低抵抗のまま高い信頼性を実現している。

4.8 温度監視

バッテリーモジュール内の温度測定位置は、熱流動解析及び実測値からバッテリーモジュール内の最高温度と最低温度をそれぞれ測定できるよう選定した。バッテリーモジュールの温度は、新たに開発したサーミスタで測定している。

4.9 バッテリー残量推定及び均等化制御

電動二輪車のユーザーにとって、バッテリー残量は走行を継続するための重要な指標であり、エネルギーがないのに“ある”といった表示をすると、“電欠”状態になり停車してしまう。これを避けるにはバッテリー残量の正確な推定が必要になる。そこで、SCiB_{TM}劣化モデルを構築し、容量を予測してバッテ

リー残量を正確に推定できるアルゴリズムを開発した。

また電動二輪車ではSCiB_{TM}を多数使用しており、経時的にSCiB_{TM}間の残量にばらつきが生じることがある。このばらつきによる見かけ上のバッテリー容量の低下を抑制するため、SCiB_{TM}間の残量を均等にする制御を行う。

バッテリーの残量推定及び均等化制御によって、多直列多並列構成のバッテリーシステムでも、SCiB_{TM}が持つ性能を最大限に発揮させることができる。

4.10 ファームウェアのプラットフォーム化

バッテリー監視制御のためのファームウェアは、電動二輪車だけではなく、EV、HEVなど多様な要求に対して、品質を確保しながら短期間で対応できるようにプラットフォーム化を進めた。ファームウェアの90%以上をプラットフォーム化することに成功し、今後、開発工数の大幅削減が可能になった。

5 あとがき

ここでは、実用的な電動二輪車を実現するのに欠かせない特長を備えたSCiB_{TM}バッテリーシステムについて述べた。このバッテリーシステムは2010年11月から量産が開始された。

当社は、新潟県柏崎市にSCiB_{TM}の新量産工場の建設を終え、更に大容量の20 Ahセルの量産を2011年2月から開始する。20 AhセルはSCiB_{TM}事業の中核となるEVへの適用を目的に開発したが、電動二輪車に採用すれば、1回の充電による航続走行距離の拡大が可能になる。

文献

- 1) 本田技研工業. “電動二輪車「EV-neo」のリース販売を開始”. HONDA ホームページ. <<http://www.honda.co.jp/news/2010/2101216-ev-neo.html>>. (参照2011-01-05).
- 2) 小杉伸一郎, 他. 安全性に優れた新型二次電池 SCiB_{TM}. 東芝レビュー. 63, 2, 2008, p.54-57.

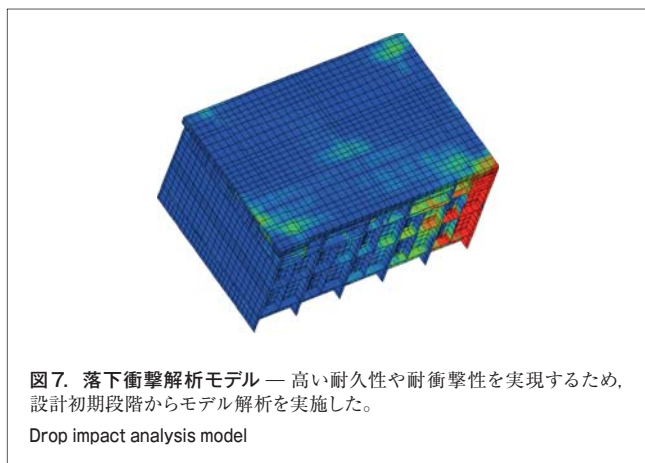


図7. 落下衝撃解析モデル — 高い耐久性や耐衝撃性を実現するため、設計初期段階からモデル解析を実施した。
Drop impact analysis model



伊藤 康行 ITO Yasuyuki

電力流通・産業システム社 佐久工場 SCiB開発部主務。
二次電池SCiBを使用したバッテリーシステムの設計・開発に従事。

Saku Operations



鈴木 盛雄 SUZUKI Morio

電力流通・産業システム社 SCiB事業推進統括部 SCiB技術部主務。二次電池SCiBを使用したバッテリーシステムのエンジニアリング業務に従事。

Super Charge Battery Div.



水谷 麻美 MIZUTANI Mami

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター SCiB開発部主務。二次電池SCiBを使用したバッテリーシステムの設計・開発に従事。

Power and Industrial Systems Research and Development Center