

# 従来とは異なる輸送手段に 電力を供給する産業用 バッテリー・パック



Ryan Tan

システム・エンジニア、電力供給担当

*Texas Instruments*

人間と物品の両方を輸送する新しい手段として、バッテリーで動作する新世代の各種車両が徐々に登場しています。当面の間、世界全体のトレンドは環境との親和性が高い輸送手段であり、電動自転車、電動スクーター、電動二輪車がこれに該当します。その結果、バッテリー動作時間と、全体の寿命の両方が長い高耐久性バッテリー・パックの需要が高まっています。

米国などではより多くの通勤利用者が、自宅での自動車利用の代わりに、電力を動力源とする二輪または三輪の各種車両を選択しています。それ以外に、迅速、効率的、また環境との親和性が高い輸送サービスも一般的になりつつあります。この種のアプリケーションとして、電動二輪車は優れた適合性を示します。このような車両は電動自転車や電動スクーターと比べて、より容量の大きいバッテリーを格納できるからです。バッテリー容量が多くなるほど航続距離（充電 1 回あたりの走行可能距離）も長くなります。その結果実現できるのは、時間の節約、長距離の輸送、充電頻度の低減です。

### 課題への対処

多様な輸送テクノロジーは現時点で、優先度の高いバッテリー・ケミストリーとしてリチウムイオン (Li-ion) テクノロジーを選択しています。リチウムイオン・バッテリーは、電力密度が高く、同じ体積でより多くのエネルギーを蓄積できるので、鉛酸（硫酸鉛）バッテリーに比べて軽量小型です。一方、設計上の課題は、車両の総コストの著しい増加を招かずに長寿命のバッテリーを確保する方法を見いだすと同時に、最善の方法でバッテリーを保護し、発火、漏電、破裂、その他の潜在的な危険を防止することです。表 1 は、鉛酸バッテリーと

リチウムイオン・バッテリーの主な違いを示しています。

長寿命のリチウムイオン・バッテリーを製作する方法は 2 つあります。バッテリー全体の容量を大きくすること、またはエネルギーの使用効率を改善することです。バッテリー全体の容量を大きくするために必要なのは、セル数の増加またはセルの大型化ですが、これらはパック全体のコストやサイズ的大幅な増加を招きます。一方、エネルギー使用効率を改善すると、バッテリーの容量を増やさなくても、より多くのエネルギーを確保できます。

	鉛酸バッテリー	リチウムイオン・バッテリー
エネルギー密度	40Wh/kg (ワット時/キログラム)	180 Wh/kg
重量	およそ 28kg	~7 kg
体積	大きい	Small
充電時間	3 ~ 6 時間	2 to 4 hours
バッテリー寿命	1 ~ 1.5 年	2 to 4 years
価格	US\$80 to US\$150 for 48 V/20 Ah	US\$150 to US\$260 for 48 V/20 Ah
メンテナンス・コスト	初期価格に比べて 2%	無視できる範囲

表 1. 鉛酸バッテリーとリチウムイオン・バッテリーの比較。

エネルギー使用効率を改善する方法も 2 つあります。充電状態に関する精度を高めること、またはバッテリー管理ソリューションの消費電流を低減することです。バッテリー・パックを信頼性の高い方法で確実に使用するには、電圧、電流、温度に関し、メーカーの規定する範囲内でバッテリーが動作する体制を確保する必要があります。

リチウムイオン・バッテリーの代表的な推定寿命は、およそ 2 年～ 3 年、または 300 回～ 500 回の充電サイクルのうち、どちらか先に到来した方です。フル充電サイクルとは、フル充電状態から、完全放電状態に至り、再度フル充電状態に戻すまでの期間を指します。リチウムイオン・バッテリーが経年劣化すると、徐々に電荷（充電済みエネルギー）を保持する能力が低下します。このような能力低下は回避不能、また回復不可能です。

バッテリーの電力保持（充電）能力が低下するにつれて、車両に電力を供給できる時間の長さも短くなります。重要なのは、リチウムイオン・バッテリーを未使用のまま放置しても、緩やかに放電が進むということです。電力消費を最小化すると同時に、完全放電の状態に至ることを避ける最善の方法は、バッテリーのエネルギー使用効率を改善し、バッテリー動作時間を最大化することです。

リチウムイオン・バッテリー、特に車両に取り付け済みのものは、過充電、過熱、破裂、短絡、内部故障、製造上のミスにさらされる危険が高くなります。故障や過熱は熱暴走につながりやすく、バッテリー内部での反応は、内部の温度と圧力の急激な上昇を招き、外気への放熱だけで対処できる能力を上回ります。温度が過度に上昇した場合、発火する可能性があります。または圧力が過度に上昇した場合、バッテリー外筐の膨張や変形が発生し、一般的に車両の損傷を招きます。幸い、バッテリー・パック全般は現時点で、このような潜在的な危険の可能性を最小化する回路を内蔵するように設計済みです。

### 適切なソリューションの検討

電動二輪車への電力供給に使用できるバッテリー・パックには、複数の種類があります。1 つの選択肢は 60V モデルであり、16 個～ 18 個の直列（16S ～ 18S）リチウムイオン・バッテリー・セルをパック内に実装する必要があります。電動自転車と電動スクーターは多くの場合、13S、48V のリチウムイオン・バッテリー・パックを使用します。

電動自転車と電動スクーターを想定したバッテリー・パックに対応する「[高精度残量計と 50 \$\mu\$ A スタンバイ電流、13S、48V リチウムイオン・バッテ](#)

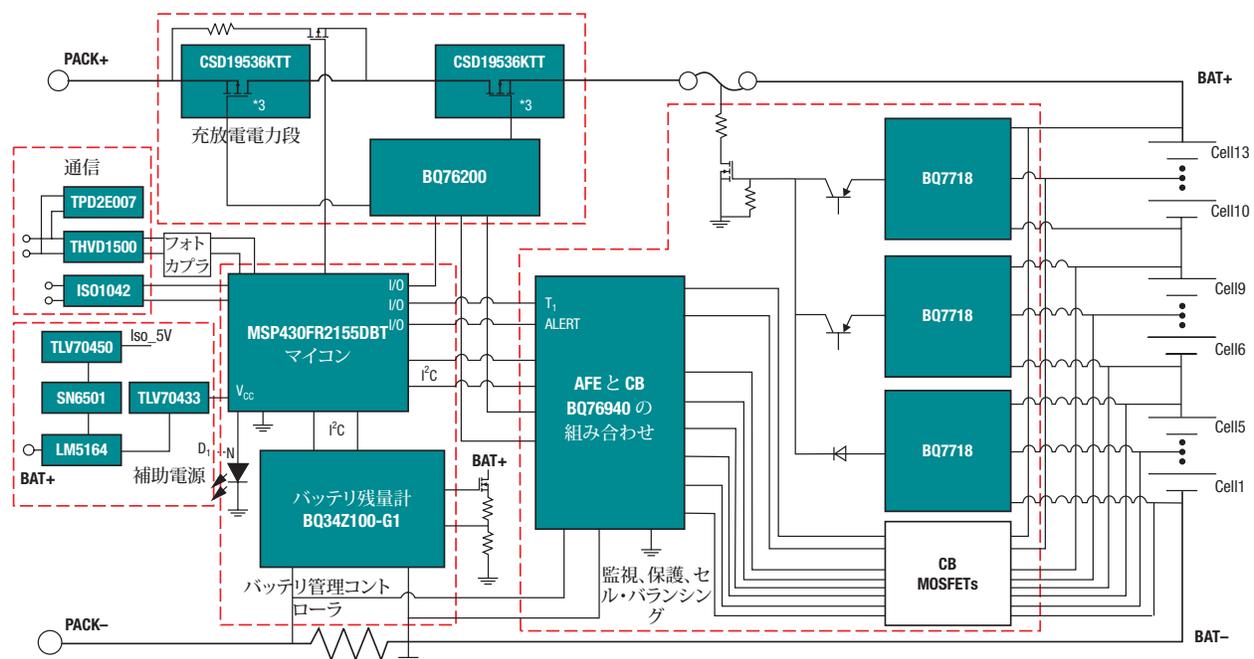


図 1. 高精度残量計のリファレンス・デザイン。

「[リ・パックのリファレンス・デザイン](#)」を図 1 に示します。このデザインは、スタンバイ・モードとシップ・モードの消費電流が小さく、高い精度の充電状態残量計を実現すると同時に、各セルの電圧や、パックの電流と温度を監視します。リチウムイオン・バッテリー・パックを、過電圧、低電圧、過熱、過電流の各条件からも保護します。

このリファレンス・デザインは、簡潔にスタックした 3 個の [BQ7718](#) 2 次側過電圧保護回路を内蔵しており、単一障害テストの合格に役立つほか、どのような単一コンポーネント障害が発生した場合でも、どの電圧保護機能も動作せずにバッテリー管理ソリューションを無防備なまま放置する、という事態を確実に防止します。[BQ34Z100-G1](#) Impedance Track™ 残量計は、アダプティブ・ラーニング（適応性が高い学習能力）テクノロジーの採用により、室温で新しいバッテリーを使用する場合に誤差 2% 以内のバッテリー測定精度を達成できます。この製品はまた、古いバッテリーを使用する場合でも、またはバッテリーがどのような温度で動作していても、充電状態に関する良好な精度を確実に実現します。

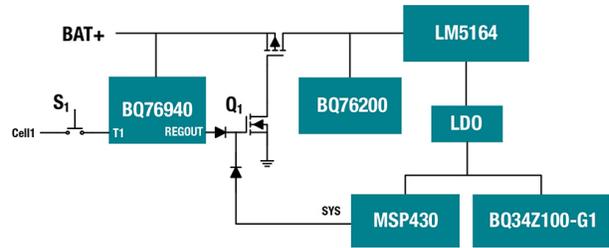


図 2. 補助電源のブロック図。

適切に設計された補助電源方式（図 2）と、高効率で低静止電流の DC-DC コンバータ [LM5164](#) を採用した結果、このデザインはスタンバイ時に  $50\mu\text{A}$ 、シップ・モードで  $5\mu\text{A}$  の消費電流を維持します。実装として、2 層プリント基板を採用したこのデザインは、製品の研究開発期間を短縮する目的で設計済みのファームウェアをサポートしています。

もう 1 つのリファレンス・デザインである「[16S ~ 17S バッテリー・パックを採用した消費電流の小さいリファレンス・デザイン](#)」を図 3 に示します。このデザインは、スタンバイ・モードとシップ・モードの消費電流が小さい、リチウムイオン・リン酸塩とリチウムイオンの各バッテリー・パ

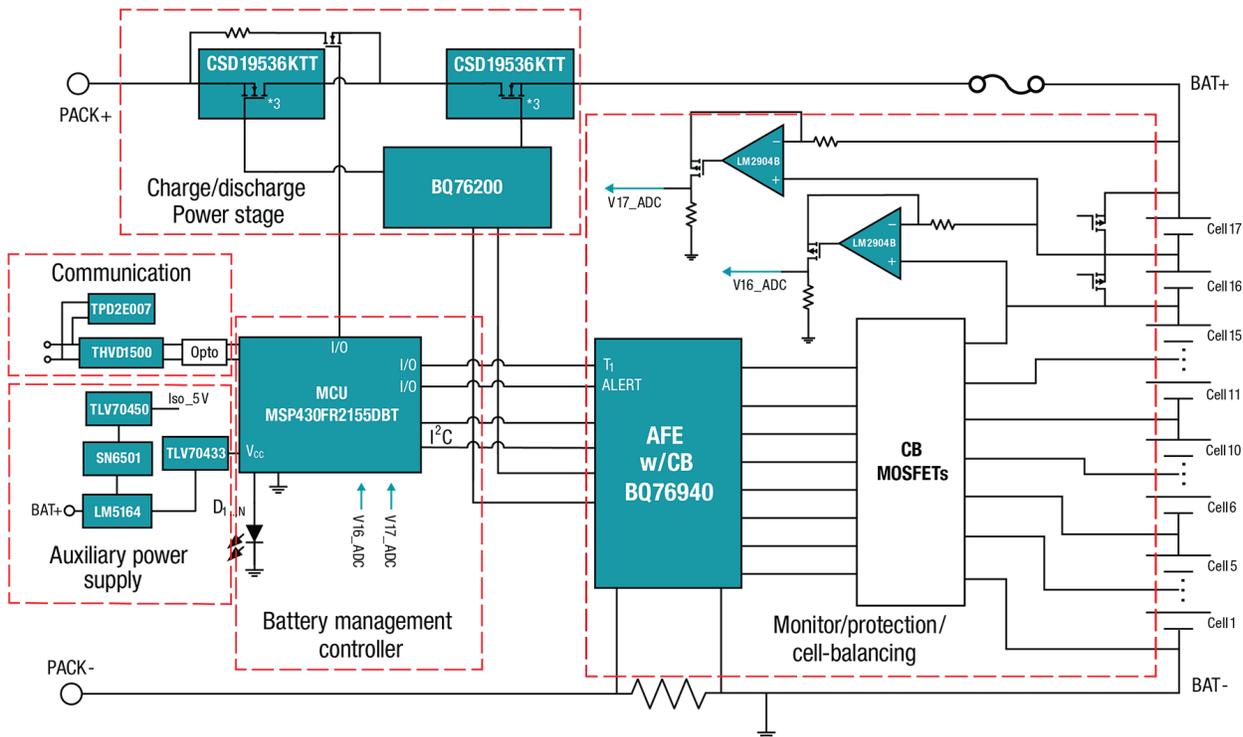


図 3. 16S ~ 17S バッテリー・パックのリファレンス・デザイン。

ック向けであり、電動二輪車に適しています。このデザインが搭載している、9S ~ 15S 向けの [BQ76940](#) アナログ・フロント・エンドが監視と保護の対象にしている電圧は、下側にある 15 個のバッテリー・セルに関するものです。[LM2904B](#) は 2 チャンネル・アンプであり、電圧から電流への変換回路を形成し、16 番目と 17 番目のバッテリー・セル電圧測定を可能にします。適切なファームウェアとハードウェアを活用し、過電圧と低電圧、過電流放電、短絡、過熱、低温の各条件からの保護を実現しています。

[BQ76200](#) は、ハイサイド N チャンネル MOSFET (metal-oxide semiconductor field-effect transistor) ドライバであり、バッテリー・パックの充電と放電を開始するほか、搭載している別のチャンネルを使用して、P チャンネル MOSFET の事前充電または事前放電機能を実現できるので、外部回路を用意する必要がなくなります。このデザインは、セル・バランスにほとんど、またはまったく影響を及ぼさず、キャリブレーション後も引き続き高精度の電圧センシング機能を維持します。このデザインはまた、補助電源も搭載しており、シップ・モードで  $5\mu\text{A}$ 、スタンバイ・モードで  $100\mu\text{A}$  の消費電流に対応します。

3S ~ 10S と 3S ~ 16S の各アプリケーションで、より集積度の高い統合を実現できるように、TI は [BQ76942](#) と [BQ76952](#) の各バッテリー・モニタを提供しており、これらの製品はより高い水準の精度と性能を実現します

## 市場の予測

リチウムイオンを採用する電動自転車、電動スクーター、電動二輪車のグローバル市場は成長を続けています。これらの各種車両は重要な構成要素として、世界全体の大気汚染軽減戦略に寄与します。特に、交通渋滞が深刻な各都市、または大半の消費者や多くの企業にとって電気自動車の手が届かない国や地域に最適です。

[2020 年 1 月にリリースされたある報告書の予測によると](#)、リチウムイオン・バッテリーのグローバル市場は 9% の年平均成長率で 2019 年から

2027 年まで成長を続け、2027年までに415億米ドルに達する見込みです。

中国は現在、約 3,000 万台の電動自転車を毎年製造しており、主に低コストの鉛酸バッテリーを採用しています。中国の新規制は、バッテリーの重量を含めた電動自転車の許容可能重量を 55kg に制限しています。この新しい重量制限が意味するのは、既存の鉛酸電動自転車 (20 ~ 30kg 程度の日本の電動アシスト自転車とは異なり、漕がなくとも進む電動スクーターのうち軽量版) の 95% 以上はこの規制に準拠していないという事実です。

[2019 年 7 月の研究](#)によると、世界の電動スクーターと電動二輪車の市場は、2019 年に 684,000 台であり、2027 年には 7,900 万台まで増加する見込みです。実に 35.8% の年平均成長率です。ただし、この研究は、充電インフラの不足と性能上の制約が成長の障壁になる可能性があるという警告をしています。

2019 年に実施されたこの研究は、電動二輪車セグメントは現時点で最も成長率の高い市場であると記述しています。その主な要因は、電動二輪車が業務と娯楽に関連するさまざまな目的を果たしていることにあります。一方、電動スクーターと電動自転車は、航続距離に関する制限と性能の制約が課されており、その用途は一般的に、短距離の通勤や買い物などに限定されています。

利便性に優れた高性能の輸送手段に対する需要と、バッテリーやバッテリー支援のテクノロジーの進歩の組み合わせにより、予測期間全体にわたって電動二輪車の成長が促進される可能性が高そうです。世界の政府や自治体からの補助金も、グローバル市場の成長に寄与します。

電動スクーターや電動二輪車の欧州市場は、予測期間中に各地域の中で最大の成長を遂げるものと予測されています。それに続くのが北米とアジア太平洋の各市場であると、この報告書では述べられています。電動スクーターと電動二輪車の業界は、これらの地域での革新の推進や、先進的な充電インフラに関係するテクノロジーと開発の進捗を目指しています。

規模の点で、アジア太平洋は電動スクーターや電動二輪車の最大の市場になると予測されており、それに続くのは欧州です。従来型の動力を使用する二輪車からの炭素排出量に関する懸念が増し、エネルギー効率の優れた通勤手段に対する需要が高まっている状況で、これらの地域に位置する各政府は電力を動力として推奨する構想や規制の制定や立法化を進める傾向があり、市場の成長を推進する結果になっている、と上記の研究は記述しています。

## まとめ

自動車と各種小型トラックは、発展途上の国や地域で人を輸送するための最も一般的な形態です。同時に、発展途上の世界において、道路占有率が高いのはスクーターと二輪車です。中国とインドは、従来型の動力による二輪車を輸送手段とする国や地域として最大の市場であり、エンジンからの排出物は大気汚染問題の大きな要因になっています。[2018 年の研究](#)によると、インドにおける二酸化

炭素排出量の約 20% と微粒子排出物の約 30% の排出源となっているのは、従来の動力を使用する二輪車です。

新世代の電動自転車、電動スクーター、および電動二輪車が約束する将来像は、世界全体で数百万人が使用でき、しかも汚染を悪化させない移動手段です。あらゆる種類の電動車両はすでに、化石燃料を動力とする手段に比べて、気候変動への影響が大きい排出物を減らす流れに貢献しています。

電動車両の製造プロセス最適化を、バッテリーの監視と管理に関する先進的なテクノロジーや、環境に配慮したバッテリーの廃棄、リサイクル、再利用と組み合わせると、環境上の利点をさらに増し加える有望な手段になります。その間に、よりクリーンな電力生成源が利用可能になるので、電動車両の利点がいっそう強化されることは明白であり、採用と普及が引き続き進展する見込みです。

重要なお知らせ：ここに記載されているテキサス・インスツルメンツ社および子会社の製品およびサービスの購入には、TI の販売に関する標準の使用許諾契約への同意が必要です。お客様には、ご注文の前に、TI 製品とサービスに関する完全な最新情報のご入手をお勧め致します。TI は、アプリケーションに対する援助、お客様のアプリケーションまたは製品の設計、ソフトウェアのパフォーマンス、または特許の侵害に対して一切責任を負いません。ここに記載されている他の会社の製品またはサービスに関する情報は、TI による同意、保証、または承認を意図するものではありません。

プラットフォーム・バーおよび Impedance Track はテキサス・インスツルメンツの商標です。その他の商標および登録商標はそれぞれの所有者に帰属します。

## 重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ(データシートを含みます)、設計リソース(リファレンス・デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションが適用される各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、またはその他の要件を満たしていることを確実にする責任を、お客様のみが単独で負うものとします。上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、TI の販売条件 ([www.tij.co.jp/ja-jp/legal/termsofsale.html](http://www.tij.co.jp/ja-jp/legal/termsofsale.html))、または [ti.com](http://ti.com) やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

Copyright © 2020, Texas Instruments Incorporated

日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社