

エネルギー研究拠点

太陽光発電によるエネルギー創成・利用研究拠点(旧称:太陽光発電マルチスケール研究拠点)

Group Theme 知的自律分散エネルギーマネジメントシステムの研究開発

再生可能エネルギーの有効活用の切り札になる知的蓄電システム

再生可能エネルギーの有効活用には リチウムイオン蓄電池の性能向上が不可欠です。

近年、化石燃料や原子力など既存のエネルギーに代わって再生可能エネルギーを活用し、地域で電力を効率的に使う「スマートコミュニティ」を構築していこうとする動きが活発になっています。リチウムイオン蓄電池は、こうした電力ネットワークシステムの基幹をなすデバイスの一つです。今後、スマートコミュニティが現実のものになっていけば、家庭据え置き用や電気自動車(EV)用、系統安定用など、リチウムイオン蓄電池の需要は急激に高まります。また病院やデータセンターなど連続運転が求められる場所や、宇宙空間など長期間安全・安定な機能を確保しなければならない特殊な環境などでもリチウムイオン電池の使用は広まっており、早晚大普及時代を迎えるだろうと見込まれています。

しかし現状のリチウムイオン蓄電池は、性能にバラつきが大きく、劣化の度合いや温度による変動なども製品によって大きく異なるため、蓄電池としての性能を十分に生かし切ることができていません。とりわけ新エネルギーや再生可能エネルギーを有効に活用し、スマートコミュニティを実現するためには、リチウムイオン蓄電池の性能や安全性の向上、低コスト化、高効率化が不可欠です。

本プロジェクトでは、リチウムイオン蓄電池の性能を最大限引き出すための制御技術の確立を目指しています。蓄電池に知的センサを搭載して残

量や異常を高精度に検知し、その状態に合わせて自律的に充放電を制御することで、劣化を抑制しながら効率よく蓄電するための知的充放電システムを開発しようとしています。

蓄電池の残量を高精度に推定する技術を構築し 知的蓄電システムを開発しました。

蓄電池の電流、電圧、温度などから電力の残量(SOC: State of Charger)や異常な状態を検知し、閾値を超えないよう制御するシステムはすでに存在しますが、未だ十分な性能を確保しているとはいえません。劣化の状態や異常を正確に検知できないことに加え、蓄電池が劣化すると、残量推定の精度も下がってしまいます。その上、検知に必要な事前の特性評価には大規模な機械と膨大な時間を要することも、性能向上を阻む要因になっています。

それに対して私たちは、蓄電池の状態をリアルタイムで検知する新しい技術を構築し、蓄電池に搭載可能な小型センサを開発することに成功しました。コアとなるのが、蓄電池の残量を高精度に推定する技術です。蓄電池の残量は、温度や自己放電、蓄電池の劣化などの影響を受けるため、検知するのは容易ではありません。私たちは、蓄電池残量と相関性の高い内部抵抗や開放電圧の安定点を高精度に予測する技術に、カルマンフィルタと呼ばれる統計的手法を加える方法を考案。ノイズをうまく除去し、主成

分である蓄電池の残量、さらに内部抵抗や開放電圧を高精度に測定する技術を構築しました。実証実験で、実際に575回のフィルタリングステップで蓄電池残量を測定した結果と、私たちの見出した技術で推定した蓄電池残量を比較したところ、誤差をわずか3.9%に抑えることができました。従来技術を用いた場合の誤差が5~10%であることを考えると、格段に推定精度を高めたといえます。

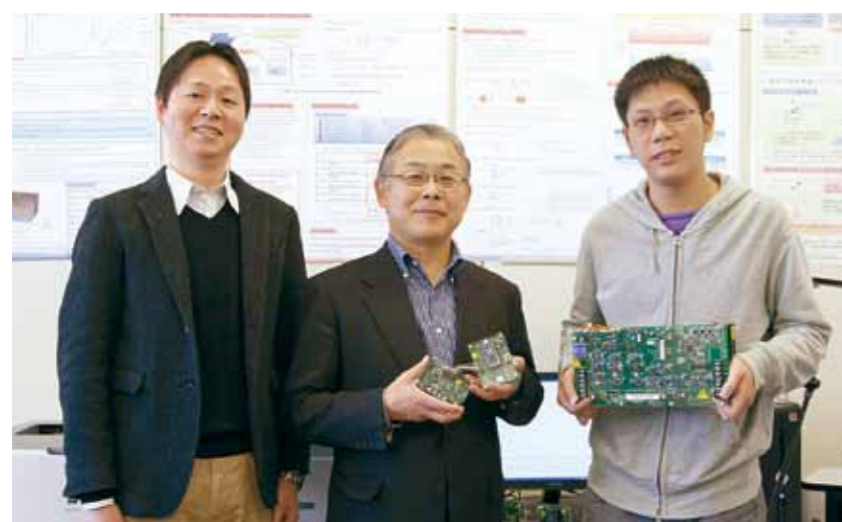
続いて、蓄電池の残量推定技術を活用し、蓄電池の充放電を自律的に最適制御する知的蓄電システムの構築にも成功しました。蓄電池の熱特性が残量に依存して変化する点に着目。残量に応じて最適な充電電流を設定することで、温度上昇を抑えながら最適な速度で充電する手法を開発しました。蓄電池を大電流で充電すると、負荷が高すぎて劣化も加速します。最適な電流値で充電を行うことで、蓄電池の劣化を抑制しながら、可能な限り高速で充電することが可能になります。この知的蓄電システムを実用化すれば、変動の大きい再生可能エネルギーの有効活用を大きく前進させる革新的な成果となります。

残されたもう一つの重要な課題は、蓄電池の安全性の向上です。私たちは、蓄電池の安全性を確保する上で不可欠な温度管理の技術を開発しました。蓄電池の内部温度が高くなりすぎると、熱暴走による発火など事故の原因になります。それを防ぐためには、蓄電池内部の温度を正確に測定する必要がありますが、蓄電池内部に温度計やセンサを組み込むことはできません。そこで私たちは、周囲の環境温度と蓄電池の表面温度から内部の

温度を推定する画期的な方法を見出しました。検証を試みた結果、私たちが導き出した推定値と実測値との誤差はわずか0.3℃に留まり、精度の高さが確かめられました。

知的蓄電システムのさらなる高効率化、低コスト化、 高寿命化をめざす。

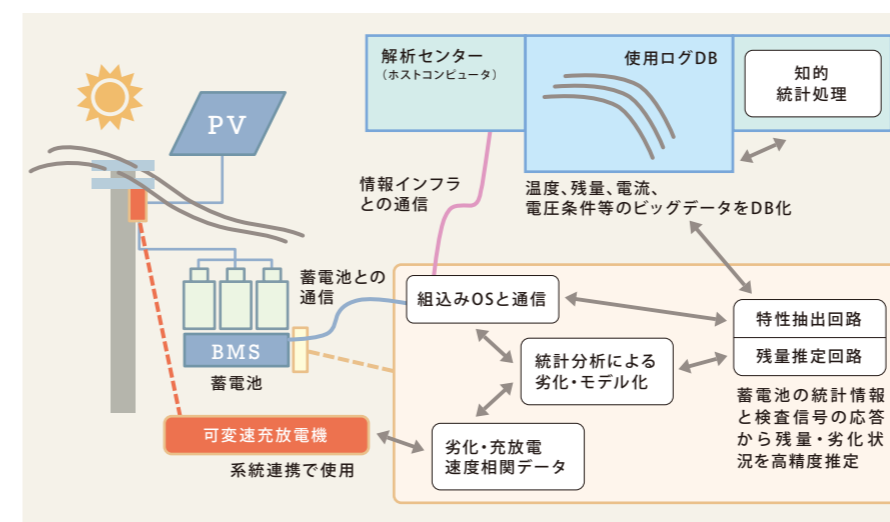
本プロジェクトでは、構築した知的蓄電池システムを電力マネジメントシステムの開発に役立てようとしています。本プロジェクトが所属する「太陽光発電によるエネルギー創成・利用研究拠点」では、太陽光をはじめとした再生可能エネルギーを地産地消によって高効率に利用するための枠組みとして、自律分散型の電力ネットワークを構築しています。それには、蓄電池の残量や電力の発電・消費量を監視し、再生可能エネルギーによる電力の過不足や各拠点での使用状況に応じて、マイクログリッド内の拠点間で電力を融通し合うシステムの構築が必要です。その根幹をなすのが、知的蓄電池システムです。今後は、知的蓄電システムの性能を向上し、今以上に高効率化、低コスト化、高寿命化を図っていきます。一方で、各機器やネットワークを組み合わせ、実際に動作する小規模モデルで検証し、デバイスの最適化にも取り組んでいきます。



[写真中央]
立命館大学理工学部 教授
福井 正博 グループリーダー

[写真左]
立命館大学理工学部 助教
谷口 一徹

[写真右]
理工学研究科 博士課程後期課程1回生
林 磊



無線機能付き可変速充電器

ネットワークでの
統計的電池管理システムの実現

- 参考文献/1 Y. Yamamoto, K. Kato, L. Lin, and M. Fukui, "A thermal management system for lithium-ion battery in mobile systems," in Proc. 21st European Conference on Circuit Theory and Design, Dresden, Germany, Sep. 2013. 2 加藤, 山本, 林, 福井, "リチウムイオン蓄電池の熱特性解析モデルの構築と内部温度推定手法," 第54回電池討論会, 大阪国際会議場, 大阪, 2013年10月. 3 小島, 大西, 福井: "キャリアレーション機能を有する高精度リチウムイオン蓄電池シミュレータ," 電気学会論文誌C, vol. 132, no.4, 2012年4月.
- 連絡先/立命館大学びわこ・くさつキャンパス VLSI最適化学研究室(福井研究室) 電話: 077-561-5131 <http://www.bkc.ritsumei.ac.jp/se/re/fukuilab/>