

## 論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	LIN Lei (りん らい)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	甲 第 1167 号
○授与年月日	2017 年 3 月 31 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	リチウムイオン蓄電池の高精度等価回路モデルおよびそれを用いた最適電池制御システムに関する研究
○審査委員	(主査) 福井 正博 (立命館大学理工学部教授) 山崎 勝弘 (立命館大学理工学部教授) 鷹羽 浄嗣 (立命館大学理工学部教授)

### <論文の内容の要旨>

#### 「論文の構成」

序論では、近年エネルギー貯蔵デバイスとして注目を浴びているリチウムイオン蓄電池の制御に関する課題を整理している。本論は 3 章に分け、熱解析の高精度高速処理、劣化診断のための常時状態推定、高精度残量推定に関して、それぞれの課題分析、手法提案、実験評価を示している。結論では全体を通じて解明された点を論じている。

#### 「論文内容の要旨」

リチウムイオン蓄電池の特性は温度による影響を大きく受けるため、熱解析が重要である。この問題に対して、熱回路モデルに対する GPGPU を用いた回路の効率的な並列計算手法を提案している。新たな疎行列の効率的データ構造の提案とヤコビ法による並列計算の高速化について述べられている。高速化の上界についても議論されている。

蓄電池の劣化診断のための内部状態の推定技術として、新たな忘却係数の自動調整機能付きシステム同定手法の実現方法を述べている。従来の固定忘却係数手法に比べ、充電状態の最大誤差を半分以下に抑えることができ、有効性が示されている。

さらに、拡張カルマンフィルタを用いた高精度残量推定手法として、モデルに含まれるシステムノイズの分散値を自動推定する技術の提案とその実装法について述べられている。従来技術では、最適なノイズ分散を計算するためには総当たりの膨大な事前計算機実験を要するのに比べ、実用性が高く、高精度化が計られている。

### <論文審査の結果の要旨>

#### 「論文の特徴」

この論文で述べられている技術は、蓄電池の状態把握のために実験室にあるような高価で大掛かりな装置を使うのではなく、低価格マイコンによる蓄電池状態把握および制御を実現するためのものである。従って、荒いサンプリングで低負荷の計算を使って高精度な推定結果を実現することが求められる。その課題を解決するために、カルマンフィルタやシステム同定技術を活用し、蓄電池のための高精度なモデル化手法を提案している。また、蓄電池の状態は温度の影響を大きく受けるため、熱解析技術との連携にも取り組み、総合的に蓄電池制御のための有効技術に結実している。

#### 「論文の評価」

リチウムイオン蓄電池制御をフィールドで行うための基本的な課題を整理し、理論面とシステム構築の両面で精力的に研究を行い、学術的にも有効技術を開発した。やや細部の小課題に捉われており全体的な視野が弱い点もあるが、それぞれの課題についてはしっかりとした考察が行われている。特に高く評価できる点は以下の3項目である。

- ① 熱解析の高精度計算に関して、新規性の高いデータ構造を提案し、計算速度上限を含め、有効な並列計算手法を解明している。
- ② 蓄電池状態の把握のため、システム同定における忘却係数を自動設定するための新たな有効手法と評価方法を解明している。
- ③ 蓄電池残量推定のため、拡張カルマンフィルタにおけるシステムノイズを自動設定するための新たな有効手法と評価方法を解明している。

これらは革新性が高く、しかも、十分な評価も行われているので信頼性も高い。

以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士学位を授与するに相応しいものと判断した。

### <試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、学位申請者が本学大学院理工学研究科電子システム専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じて日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

本論文の公聴会は、2017年2月2日（木）15時00分～16時30分ローム記念館4階控室1において行われた。公聴会では、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者 LIN Lei に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、並列計算による高速化限界、カルマンフィルターの従来技術との違い、今後の展開、などの質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。学位申請者は、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していると確認した。

以上の諸点を総合し、学位申請者に対し、本学学位規程第18条第1項に基づいて、「博

士（工学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。以上の諸点を総合し、学位申請者に対し、本学学位規程第 18 条第 1 項に基づいて、「博士（工学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。