

## 学位論文の審査結果の要旨

仲岩浩一氏は平成21年3月に信州大学大学院の修士学位を授与され、平成27年1月現在まで4年以上の研究歴を有しており、博士論文の提出資格があるものと判断する。また、提出された学位論文の内容に関する4編の論文をレフェリー性のある学術雑誌に第一著者として発表していることから、講座の論文博士の基準（原著論文が3編以上）を十分満たしていると判断する。別刷りによって原著論文の内容を確認し、提出された学位論文と食い違いが無いことを確認した。

本学位論文は、市場で量産化されていない小型かつ高推力密度を有する円筒形リニア同期モータの開発に関する研究である。

第1章では、小型かつ高推力密度を有するリニア同期モータ（以降LSM）の重要性を述べた。国内外における動向を詳細にまとめるとともに、推力を投入電力と体積で正規化した推力定数2乗密度 $G$  ( $N^2/Wm^3$ ) を導入し、グローバルな視点からLSMの性能を評価する指標を提示した。

第2章では、円筒形LSMの原理・設計制約・目標値を示すとともに、高推力密度化へ向けた固定子、可動子設計のパラメータを決定した。固定子は、高推力密度を期待できないが実用上問題となるコギング力が発生しにくい「コアレス」、高い推力密度を期待できるが、コギング力の低減対策を必要とする「コア付」の2種とした。可動子は、製作が容易な「ラジアル磁石配列」、推力発生部の磁束密度を高める「ハルバッハ磁石配列」の2種とした。

第3章では、固定子を「コアレス」に限定したLSMについて述べた。有限要素法を用いた設計の結果、推力発生部の磁束密度を高める「ハルバッハ磁石配列」が高推力密度を得られる事を確認した。20%程度の推力密度向上が得られる事は他の先行研究からも知られており、実測による検証結果を通じ確認を行った。特筆すべき点として、高い推力密度を得るための設計手法の提案である。設計には様々なパラメータ決定を行う必要があるが、可動磁石の寸法・コイル寸法のパラメータを2段階に分け、推力定数2乗密度が最大となるパラメータをコンター図より決定する実用的な設計例を示した。

第4章では、固定子を「コア付」に限定したLSMについて述べた。「ハルバッハ磁石配列」により推力密度向上とともに、LSMを有限要素法による設計および実測による検証結果を通じ2章で述べた目標値達成を確認した。特筆すべき点として、磁石寸法比の検討によるコギング力低減の検討である。先行研究において「ハルバッハ磁石配列」による推力密度向上を検討した例は数多くあるが、磁石寸法比に注目し高推力密度を保ちながらコギング力低減を検討した着眼点は高く評価で

きる。

第5章では、本論文を統括するとともに、量産化へ向けた検討と今後の課題を述べた。得られた結果を基に、さらなる小型化に対する推力定数2乗密度の理論的限界値の予測を示した点は、今後のLSM開発の指標として大変有用であると思われる。

申請学位論文は、主に申請者を筆頭著者とする審査付原著論文4件と査読付き国際会議論文1編に基づいてまとめられており、学術的に十分高い評価を得ている。本論文は博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと審査委員全員一致で判断した。

#### 公表主要論文名

- ・ 仲岩 浩一，脇若 弘之，田代 晋久，"小型円筒リニアモータの推力と歪率に関する研究と考察"，日本AEM学会誌，Vol. 22, No. 2, pp. 238-242, 2014.
- ・ K. Nakaiwa, H. Wakiwaka, K. Tashiro, "Analysis of three phase linear synchronous motor distortion factor", Applied Electromagnetic Engineering for Magnetic, Superconducting, Multifunctional and Nano Materials, Materials Science Forum, Vol. 792, pp. 239-244, 2014.
- ・ K. Nakaiwa, H. Wakiwaka, K. Tashiro, "Thrust characteristic comparison of interior magnet type pencil size cylinder linear motor ", Journal of the Japan Society of Applied Electromagnetics and Mechanics, Vol. 19, No. 3, pp. 509-512, 2011.
- ・ K. Nakaiwa, A. Yamada, K. Tashiro and H. Wakiwaka, "Comparison of thrust characteristics in pencil sized cylinder-type linear motors with different magnet arrays", Journal of the Japan Society of Applied Electromagnetics and Mechanics, Vol. 17, No. 3, pp. 481-484, 2009.
- ・ K. Nakaiwa and H. Wakiwaka, "Analysis of distortion factor of three phase linear synchronous motor", PIERS Proceedings, Taipei, pp. 584-588, 2013.