

二国間交流事業 共同研究報告書

令和6年4月12日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]

京都大学・大学院工学研究科

[職・氏名]

教授 泉井 一浩

[課題番号]

JPJSBP 120228808

1. 事業名 相手国: 韓国 (振興会対応機関: NRF) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 非線形磁気特性を考慮した均質化法の開発

(英文) Development of a homogenization method considering nonlinear magnetic properties

3. 共同研究実施期間 2022年4月1日 ～ 2024年3月31日 (2年0ヶ月)【延長前】 年 月 日 ～ 年 月 日 (年 ヶ月)

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

Hanyang University・Professor・Seungjae Min

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額		2,340,000 円
内訳	1年度目執行経費	1,140,000 円
	2年度目執行経費	1,200,000 円
	3年度目執行経費	- 円

6. 共同研究実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	9 名
相手国側参加者等	3 名

* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目	7	0	1(0)
2年度目	1	1	0(0)
3年度目			()

* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣: 委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入: 相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流の概要・成果等

(1)研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

本研究では、非線形磁気特性を考慮可能な均質化法を開発し、これを最適設計に応用することで抜本的に高性能な電磁機械システムの設計手法を開発した。具体的には、非線形強磁性材料の磁気飽和現象を考慮した、微細マイクロ構造物と内部磁束の関係を規定することができる新しい比透磁率テンソルを定義し、マイクロ構造設計に利用可能な物性値の計算方法を構築することで、マルチスケール最適設計を実施した。このような研究目標を達成するために、電磁機械システムの設計とトポロジー最適化技法に専門性を保有している日韓の協力研究チームを結成し、活発な技術交流を通じて効率的に研究開発を進めた。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

電磁機械システムを構成する強磁性材料は、印加される磁界によって高い非線形磁気特性を持つ磁気飽和現象の存在により、従来の方法では均質化された物性値を計算することが非常に難しい。したがって、本研究以前の先行研究では線形的な磁気特性を持つ微細構造物を設計した事例に対する報告がなされているが、非線形磁気特性に関する研究は全くない状況であった。

本研究では、強磁性物質の均質化された物性値を正確に計算し、これを適用したマルチスケール最適設計技法を開発することによって、電磁機械システムの性能向上に非線形磁気特性を持つマイクロ構造形状を効果的に利用できる最適化方法論を初めて提示したということに大きな学術的な意義があると評価できる。また、本研究で提示した均質化された物性値の計算過程は、機械学習を通じたデータベース構築によって効率性と正確性を同時に満足させる方向に発展できるため、今後非線形磁気特性を考慮しなければならない多くの磁場設計問題に効果的に活用できるだろう。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

2つのテーマである、磁気非線形性を考慮した均質化された物性値計算法開発(韓国)と最適設計技法開発(日本)に研究チームを分けて役割を分配し、有機的な技術交流を通じて本研究を進めた。日韓両国の研究者たちはすでに数年間共同研究をしてきた経験があったため、スムーズに研究目標を達成することができた。2年の研究開発期間中、年に少なくとも1回以上各研究室を訪問し、研究結果および最新技術開発に対する会議および講演を実施した。また、次のように国際学術大会に同時に参加して本研究の成果を発表し、学会期間中にも会議を開催して研究遂行状況を点検し、今後の計画をすり合わせた。

Jeong, D., Seo, M., Lim, S., Izui, K., Nishiwaki, S., and Min, S., Topology optimization of multifunctional microstructures considering nonlinear magnetic and mechanical properties, COMPUMAG2023.

Lim, S., Furuta, K., Izui, K., Min, S., and Nishiwaki, S., Topology optimization for linear oscillatory actuator design with infill structure, WCSMO15.

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

本研究により得られた知見は、多様な電磁機械の設計に応用することができ、機械エネルギーと電気エネルギーの変換効率の向上に寄与できることから、SDGs への貢献も高い。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

本研究を進めながら、多数の博士課程の学生と修士課程の学生に日韓両国間のマルチスケール最適設計と電磁機械システム設計分野の最新技術を習得できる機会を提供し、活発な技術交流を遂行した。研究責任者と補助研究者が直接相手国を訪問してセミナーおよび特別講演を開催することで、若い研究者たちが新しい研究分野を開拓できる知的能力と眼目を伸張させることに貢献した。多くの大学院生が本課題と関連した研究テーマで国際学会に参加し、研究者としての経験を積み、特に2人の修士課程の学生は関連テーマで修士論文を完成させ学位を授与された。

(6)将来発展可能性(本事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

本研究で提案した非線形磁気特性を考慮した均質化法とマルチスケール位相最適設計技術は、電磁機械システム設計技術の飛躍的な発展を達成できるだけでなく、学術的にも大きな寄与ができると予想される。3Dプリンターを利用した積層加工技術が提案した設計案を具現する水準に発展した時点では、電磁機械システムを駆動用にする自動車や生活家電などの産業分野でも価格および技術競争力を確保するのに实际的に役立つものとみられる。本研究を遂行する過程で、韓日両国間のマルチスケール最適設計および電磁機器生産分野の最新技術を習得し、関連知識を創意的に具現できる専門人材が多数輩出し、今後彼らが学界と産業界で中核的な役割を果たすと期待する。

(7)その他(上記(2)～(6)以外に得られた成果があれば記載してください)

例:大学間協定の締結、他事業への展開、受賞など

特になし。