

# 電磁界解析の先進技術応用調査専門委員会 設置趣意書

静止器技術委員会

## 1. 目的

近年、電気機器に対しては高効率化と小型軽量化の要求以外にも、分散電源の拡大と ICT 技術の進展に伴うスマート化に対応した高い制御性能が要求されるようになってきている。このような要求に応えるため、半導体技術の進歩に支えられたスイッチングによる電力制御の利用が進んでおり、スイッチング周波数の上昇に対応した鉄芯材料の開発も進んでいる。したがって、電気機器の設計開発に際しては、これら多くの要素を同時に考慮し、多様な要求を満たす必要があり、電磁界解析による計算機設計が不可欠な技術となっている。このため 2016 年度に設立された「電磁界解析の高精度化技術調査専門委員会」において、上記の技術課題に関する調査検討が行われており、モデル縮約、材料モデリング、最適設計、電磁力計算、大規模高速計算などにおいて多くの有望な技術が報告された。

上記調査専門委員会の成果は、今後の電気機器設計開発における革新的な技術として発展が見込まれており、これらを実問題に応用する際の技術課題について調査検討するとともに、新たな電磁界解析の技術応用の調査検討を進めるため、本委員会を設置する。

## 2. 背景および内外機関における調査活動

計算機と計算機利用技術の進歩により、電磁界解析は電気機器の設計開発のための不可欠なツールとなっており、現在多数の商用ソフトウェアが利用可能である。現在も電磁界解析に関する計算技術の研究開発が精力的に進められており、内外の国際会議・研究会において活発な議論が交わされている。その中で、継続して研究されている

(1) 電磁界の大規模高速解法

(2) 電磁力計算の理論的整備と高精度化

の他、現在の重要な技術課題として下記があげられる。

(3) モデル縮約手法 スwitchングによる電力制御においては駆動周波数の高周波化が進んでおり、高速動作の制御回路と電気機器との連成解析が必要とされている。他方で、高周波化に伴って、機器の寄生成分の影響が大きくなってきており、複雑な機器構成の 3 次元電磁界解析が必要であるが、計算負荷が大きいため、外部回路との直接的な連成解析は困難である。このため、電気機器の応答を精度を損なわずに少ない計算量で再現することを目的として、連分数を用いた等価回路モデルなどモデル縮約の手法が研究されているが、商用周波数からスイッチング周波数までの幅広い応答を正確に表現することは必ずしも容易でなく、非線形的な応答の表現についても課題が残されている。

(4) 材料モデリング 鉄芯として積層コアが広く用いられており、正確な渦電流損の評価のためにはその積層構造の考慮が不可欠である。また、鉄芯材料内部も結晶粒と磁区に基づく不均一な構造が複雑な鉄損特性を生じる原因となっており、機械的応力の影響を受ける要因にもなっている。他にも、圧粉磁心や多芯巻線など内部構造の不均一性に基づく周波数応答の表現が必要とされている。しかし、このような機器の構成材料の内部構造を直接的に電磁界有限要素解析にて考慮することは計算コスト的に困難であり、そのため均質化法の開発が進められている。また、磁性材料のマクロモデルとしてベクトルヒステリシスモデルの開発が進んでおり、均質化法との組合せによる異常渦電流損を含む高精度なモデル化手法が開発されている。しかし、数 kHz~数十 kHz に亘る広い

周波数範囲における鉄損のモデル化手法は未整備であり、磁気-機械的応力の相互作用のモデル化手法も開発途上である。

(5) 最適設計手法 前述のような多様な要求を満たす電気機器の設計のため、多目的最適化手法やトポロジー最適化手法など計算機による最適化手法の高度化が進んでいる。しかし、最適設計において考慮すべき条件は今後ますます多様化し、要求は高度化すると考えられるので、最近の AI 技術を取り入れた最適設計手法の開発が必要である。

電気学会においては、1977年に有限要素法を用いた電磁界解析法に関する調査専門委員会の発足以来40年以上にわたり、電磁界の各種数値解析法に関する検討・調査を継続的に行ってきた。その結果、我が国には優れた電磁界解析技術が蓄積されている。1989年には当該分野において最大級の国際会議であるCOMPUMAGが東京で、1996年にはIEEEの電磁界解析分野における国際会議であるCEFCが岡山で、1999年にはCOMPUMAGが札幌で、2012年にはCEFCが大分で開催され、世界各国の多数の参加者により電磁界解析の議論が活発に行われた。この中で、わが国では電磁界解析に関して活発な研究が継続されており、高い研究レベルが維持されている。

### 3. 調査検討事項

次世代の基盤技術となり得る先進的な電磁界解析手法とその応用技術として主に下記項目を調査検討する。

- (1) 大規模電磁界解析に対するハイパフォーマンスコンピューティング技術応用
- (2) 電磁力計算の応用と実用化
- (3) モデル縮約手法の非線形化を含む高度化と各種連成解析への応用
- (4) 磁性材料の高周波応答や磁気-機械的応力相互作用を含む特性評価技術
- (5) 先進設計最適化手法

さらに、先進解析技術応用に向けた普及活動も合わせて実施する。

### 4. 予想される効果

電磁界解析分野における先進的な数値解析技術を調査検討し、近年創出された革新的な数値解析技術を容易に使えるように実用化を進めることにより、我が国における電気機器の設計力高度化に資する。これにより競争力のある機器開発への寄与が期待できる。

### 5. 調査期間

2019年4月～2022年3月（3年間）

広範囲に及ぶ調査内容を整理し、有意義なものにまとめるためには、3年間の調査期間を要する。

### 6. 活動予定

委員会：8回／年，幹事会：3回／年

### 7. 報告形態

調査終了後には、調査結果を技術報告書として発行する。