

# 電磁界解析を用いた革新技術開発調査専門委員会 設置趣意書

静止器技術委員会

## 1. 目的

2050年のカーボンニュートラルを実現するためには、従来の電気機器の高効率化と小型軽量化設計だけでは対応できず、EVなどに用いられるパワーエレクトロニクスの高周波化に伴う変圧器やリアクトルなど電気機器の鉄芯や巻線の革新的な材料や構造の開発、再生可能エネルギーの普及に伴う分散電源やICT技術などスマート化のための新しい制御方式を有する革新的な電気機器の開発が必要である。したがって、電気機器の設計開発に際しては、既存の技術にとらわれず、材料、構造、制御方式まで新しい発想の下で生まれる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るだけでなく、電磁界解析がこれら革新的電気機器の開発を先導する役割を担うべきである。2019年度に設立された「電磁界解析先進技術応用調査専門委員会」では、上記の技術課題に向けた調査検討が行われており、材料モデリング、モデル縮約、最適設計、大規模電磁界解析、電磁力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、電磁界解析を用いた電気機器開発設計における基盤技術となり、今後、これらを革新的な電気機器開発に応用するための技術課題、及び、新たに開発される電磁界解析技術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

電磁界解析に関する計算技術の研究開発は、これまで精力的に進められ、現在も内外の国際会議・研究会において活発な議論が交わされている。本委員会では、他の委員会では調査がなされていない以下の電磁界解析の技術開発について、独自性がある調査活動を行う。

(1) 電磁界の大規模高速高精度解析技術 電磁界解析は電気機器の設計開発で不可欠なツールであり、電気機器を詳細にモデル化し高速で精度良く解析する新しい手法は、常に開発され続けている。大規模高速化に関しては、並列計算を用いた電磁界の大規模高速解析法、Explicit Error Correction(EEC)法、モデル縮約、リラクタンスネットワーク法などの高速解法が開発されており、精度向上に関しては、電磁力計算、ヒステリシスモデリング、応力や熱などとの連成解析法が開発されている。

(2) パワーエレクトロニクス用解析技術 近年、数MHz以上で動作可能なパワー半導体が実用化され、パワーエレクトロニクスの小型・高効率化のため、その高周波化が進み、これに対応すべく新しい電磁界解析技術が開発されている。まず、パワエレ回路の電気機器の鉄芯に関して、高周波磁性材料であるフェライト、積層鉄芯や圧粉磁芯などのヒステリシス磁気特性や渦電流を考慮した均質化手法の開発が行われている。また、材料開発のため、マイクロマグネティクスなど磁区構造を考慮した磁気特性のモデリング技術も検討されている。次に、パワエレ回路の電気機器の巻線に関して、複雑な撚り線構造を有するリッツ線の表皮効果や近接効果を考慮したモデリング技術の開発が行われている。また、高周波になると、巻線間、巻線と基板や鉄芯間で発生する寄生容量が無視できず、寄生容量の計算方法やダーウィン近似による変位電流を考慮した電磁界解析法が検討されている。さらに、パワエレ回路全体の解析では、スイッチング周波数に起因する高調波を考慮すると計算ステップ数が膨大となるため、電気機器のモデル縮約法などが検討されている。

(3) 最適設計手法 電気機器の最適設計では、多目的最適化やトポロジー最適化など

最適化手法の高度化が進んでいる。特に、トポロジー最適化では、従来の設計にはない新しいトポロジーが発見される報告例もあり、革新的な電気機器の開発が期待できる。なお、本分野では、積極的に AI が適用されている。

(4) 新しい電磁界解析法による電気機器の開発事例 新しく開発された電磁界解析法を電気機器に適用すると、新しい現象が発見され、新製品の開発につながる事例があると考えられる。しかしながら、開発された新しい電磁界解析法の発表は多数報告されるが、それによって開発された製品については新製品のためあまり発表されていない。本調査専門委員会が取り扱う新しい電磁界解析法を開発する有用性を示し、今後、この分野の研究活動をさらに活発化するため、新しい電磁界解析法によって生まれた電気機器の開発事例を調査するべきである。

(5) 電磁界解析法開発の環境整備 今後、電磁界解析を用いた革新技術の開発を活発化するためには、若手が新しい電磁界解析法の開発に着手することが重要である。しかしながら、若手にとって、長い年月を経て開発された最先端の電磁界解析法を膨大な文献からその経緯も含めて独学で勉強することは困難である。そのため、若手が、現在の先端電磁界解析技術を経緯も含めて効率よく学習し、新しい電磁界解析法の開発に着手できる環境を整えるため、最先端の電磁界解析技術を体系的に整理するべきである。

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 International Conference on the Computation of Electromagnetic Fields (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 IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation (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、2023年には COMPUMAG が京都で開催予定である。これら国際会議では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るが、この中で、わが国でも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

革新的な電気機器開発のための電磁界解析技術として主に下記項目を調査検討する。

- (1) 電磁界の大規模高速高精度解析技術
- (2) パワーエレクトロニクス用解析技術
- (3) 最適設計手法
- (4) 新しい電磁界解析法による電気機器の開発事例
- (5) 電磁界解析法開発の環境整備

さらに、先端解析技術開発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

革新的電気機器開発に必要な先端電磁界解析技術及びこれを実用化する技術を調査検討することにより、革新的電気機器開発を先導する先端電磁界解析技術が確立される。また、先端電磁界解析技術の有用性を示すとともに、その技術の体系整理により、特に若手が先端電磁界解析技術を開発する環境が整う。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

2022年4月～2025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。

## 7. 活動予定

委員会：7回／年，幹事会：3回／年

## 8. 報告形態

調査終了後には、調査結果を技術報告として発行する。