

迅速で創造的な製品設計を可能とするトポロジー最適化に基づく

超上流設計法の開発

1) 開発の取り組み内容

京都大学では、従来から、これまで無い機能を持つ革新的な製品を開発するための設計手法として、トポロジー最適化の研究に取り組んでいる。主に構造力学問題を対象として、軽くて高剛性な製品形状を導出する技術を開発してきた。一方、自動車などの先端産業では電動化が進んでおり高電圧・大電流に対応した、熱制御、電磁波制御が可能なデバイスの開発が重要となってきた。そこで、本SIPでは、京都大学を中心に下記2つのツール/技術をSIPにて開発し、産業界に展開することとした。

- ①構造力学問題を対象とした形状構想設計システム
- ②熱・電磁波制御が可能なデバイスの構造設計システム

■実用化ツールの開発

【技術アイデアの創出】

①構造力学問題を対象とした形状構想設計システム

自動車産業、電機産業などの多くの産業において、CAD (Computer Aided Design)、CAE (Computer Aided Engineering)、CAM (Computer Aided Manufacturing) などのデジタルエンジニアリングは、製品の品質向上、開発期間の大幅短縮に貢献してきた。しかしながらデジタルエンジニアリングの導入だけでは、高機能、あるいは今までに無い機能をもつ革新的な製品設計を導出することは非常に難しい。そこで本研究開発では、製品構造の形状および穴の数など形態の変更をも可能とするもっとも設計自由度の高いトポロジー最適化を中心に、製品の開発段階における構想設計の充実をはかりながら、CAD、CAE、CAM との有機的統合化を行うことにより、高機能、あるいは今までに無い機能をもつ革新的な製品設計を可能とする新しい構想設計法を開発し、構造力学問題を対象にシステム化を図ることが必要と考えた。そこで、軽くて丈夫な最適製品形状を導出するトポロジー最適化ソフトと、得られた最適製品形状を設計者のツールであるCADモデルに変換するCADモデル作成ソフトで構成され、最適なCADモデルを自動生成可能で中小企業の設計者でも容易に最適化を使えるような、構造力学問題を対象とした形状構想設計システムを開発することとした。

②熱・電磁波制御が可能なデバイスの構造設計システム

自動車産業では、燃費効率がよく、環境に優しい燃料電池自動車やハイブリッド車等の開発、高度な自動運転技術の開発が進んでおり、その開発において、高電圧・大電流の制御とそれに伴う効率的な熱制御、電磁波デバイスの多機能化が重要な開発項目となっている。そのため、上記構想設計法の中心となるトポロジー最適化の方法を、高機能デバイスの構想設計法に展開することでデバイスの多機能化が可能と考えた。具体的には、例えばシェルの表面に複雑なテクスチャーパターンを生成するなど、マルチスケール解析に基づくマイクロ・マクロ構造のトポロジー最適化による構想

設計法を開発するとともに、これにより電子デバイスの効率的な冷却機構、効率的な EMC 対策を実現可能な電磁波デバイス等を開発することとした。

【研究体制の構築】

①構造力学問題を対象とした形状構想設計システム

構造力学を対象としたトポロジー最適化の技術は、京都大学で従来から取り組んでいるものであり、CAD モデルの作成に関しては、くいんと社が半自動であるが製品化を行っていることから、京都大学とくいんと社が設計システムの研究開発を行う。またトポロジー最適化については先行して COMSOL 版の開発を行い、これを試行する場として、研究テーマ「三次元異方性カスタマイズ化設計・付加製造拠点の構築と地域実証」と連携し、テーマ担当者である公設試の大阪産業技術研究所にツールを設置、窓口となつていただき試行を進めてもらうことを H28 に決定した。

②熱・電磁波制御が可能なデバイスの構造設計システム

トポロジー最適化の基本技術を京都大学、マルチスケール解析を東北大学で担当する形とした。また京都大学と東北大学で開発した技術を用いて実際のデバイスを設計し将来的に実用化する企業として、豊田中央研究所とアイシン・エイ・ダブリュー、本システムで設計したマイクロ・マクロ構造を高精度に微細造形するための製造技術開発を行う企業として、ナガセインテグレックス、岐阜多田精機に SIP に参画してもらうこととした。

【研究テーマ提案（研究資金の獲得）】

<京都大学>

- ・ SIP 公募に提案し採択（H26/9）。

【技術開発のマネジメント】

テーマの推進に当たっては、京都大学が中心となり、2ヶ月に一度委員会を開催し情報の共有・連携をしている。

【技術開発】

①構造力学問題を対象とした形状構想設計システム

H28 年度までに CAD モデル作成ソフトの改良はおおよそ完了した。最適構造からできるだけ多くの解析曲面で表現された CAD モデルを作成することが特徴である。H29 年度と H30 年度は、トポロジー最適化ソフトと CAD モデル作成ソフトを統合しシステム化することを主に推進する。

②熱・電磁波制御が可能なデバイスの構造設計システム

設計システムに関しては、H28 年度までに、熱制御可能なテクスチャーパターンを抽出する技術を開発した。製造技術に関しては、H28 年度までに、熱制御可能なテクスチャーパターンを評価用の部材に造形した試作品を作成できた。H28 年度以降は平行して、電磁波制御に関わる設計、製造法の研究開発を進める。

【技術の検証方法の決定】

①構造力学問題を対象とした形状構想設計システム

システムを構成する技術のうち、トポロジー最適化については、その有用性に関しては論文等で実証されている。また H28 年度には、COMSOL 版を大阪産業技術研究所に設置し、企業での試行を開始することとした。CAD モデル作成に関しては、くいんと社で半自動の製品についてはすでに販売しており、この製品化で培ったテストケースを用いて、技術の検証を行うこととした。

②熱・電磁波制御が可能なデバイスの構造設計システム

デバイスを将来的に実用化する企業である、アイシン・エイ・ダブリュにて、検証を実施することを決定した。

【技術検証】

①構造力学問題を対象とした形状構想設計システム

くいんと社での検証を行い、複雑な曲面形状を有する最適構造に対して、解析曲面で構成される CAD モデルを自動認識して作成可能であることを、H29 年度までに確認した。トポロジー最適化については、大阪産技研にて、(株)ATOON のパワーアシストスーツ、(株)シロクマの金属金物（ドアノブ）を対象に実施しているほか、京都大学が京都の中堅・中小企業を中心に進めており、効果を確認できている。

②熱・電磁波制御が可能なデバイスの構造設計システム

アイシン・エイ・ダブリュにて、H28より試作品の検証を実施している。

【知的財産の確保】

トポロジー最適化の基本特許については、京都大学が SIP 開始前に取得済みである。また、アイシン・エイ・ダブリュでは、試作品の検証結果に基づく熱制御デバイスの特許を H28 年に出願している。

【技術のツール化（装置、ソフト、ノウハウ）】

<京都大学>

- ・SIP 後も、トポロジー最適化の拠点として、SIP 外部含む企業・大学等からのニーズに対応する。

<くいんと社>

- ・SIP 後に、本事業の成果である、①構造力学問題を対象とした形状構想設計システムを実用化する。

<ナガセインテグレックス、岐阜多田精機>

- ・SIP 後に、本事業の成果である、②熱・電磁波制御が可能なデバイスの構造設計システムにおける製造技術を実用化する。

■ 出口戦略

【ツールの出口戦略の決定（コンソーシアム、ベンチャー設立、販売、オープン利用など）】

①構造力学問題を対象とした形状構想設計システム

SIP 開始時点で、SIP 終了後には、くいんと社が製品化することを検討していた。また H28 年度には、SIP テーマ間の連携打合せを通じて、トポロジー最適化ソフトを大阪産技研に設置し展開す

ることを決定した。さらに H29 年度には、SIP 終了後に京都の公設試や公的研究機関に設置する計画を関係機関と議論を行っている。

②熱・電磁波制御が可能なデバイスの構造設計システム

京都大学は、SIP 開始時点で、SIP 終了後のコンソーシアム化を検討していた。

【コンソーシアムの運営】

<京都大学>

京都大学が中心となり、②熱・電磁波制御が可能なデバイスの構造設計システムの実用化に向けて、H31 年度以降にコンソーシアム運営を検討。

【ベンチャー設立】

—

【ツール販売】

<くいと社>

①構造力学問題を対象とした形状構想設計システムの製品化を予定しており、H30 年度にβ版の開発、H31 年度以降の製品化をめざしている。

<ナガセインテグレックス、岐阜多田精機>

②熱・電磁波制御が可能なデバイスの構造設計システムにおける製造技術について、製造法や製造装置を、主に岐阜や愛知地区の中小企業に展開する予定である。

【ツールオープン利用】

トポロジー最適化を企業が試行する場として、大阪産業技術研究所にツールを H28 に設置。大阪産技研が窓口となり、大阪を中心とした中小企業に、トポロジー最適化技術をテストユースしてもらい展開を進めている。

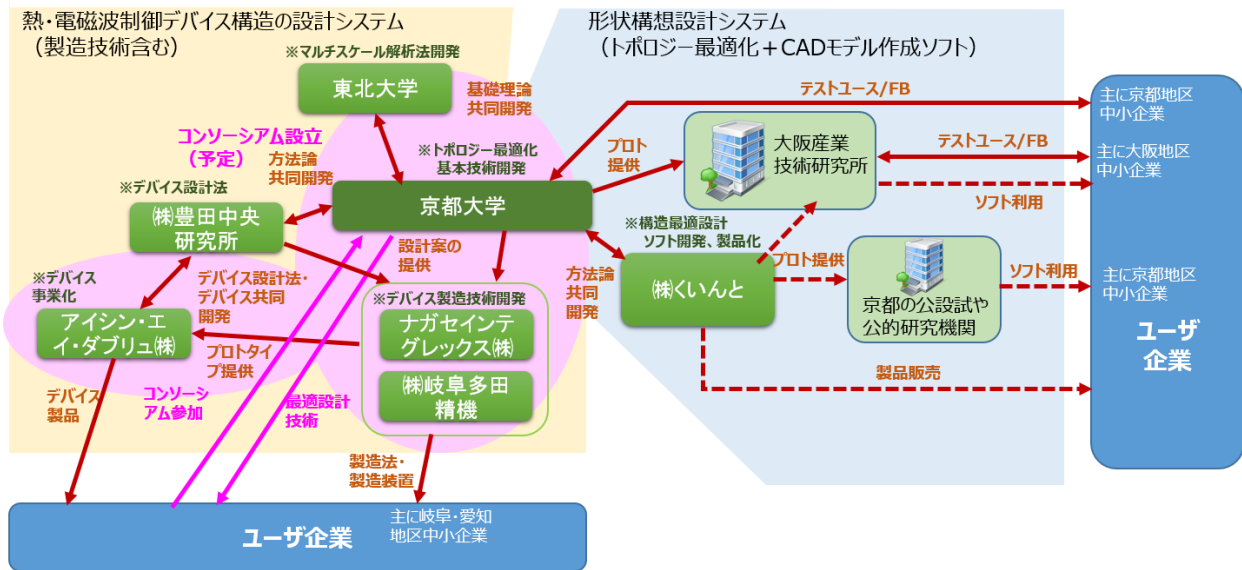
また H30 年度に完成予定の①構造力学問題を対象とした形状構想設計システムのβ版を、京都の公設試や公的研究機関に設置し、企業がテストユースできる環境を整える予定である。

【技術の PR】

各種学会や名古屋設計製造ソリューション展などの展示会に出展し、技術の PR を実施している。またトポロジー最適化ソフトを設置した大阪産技研や、京都のものづくりに関わる公益財団法人でのセミナーを開催し、技術の普及展開を継続して実施している。

2) 開発のタイムライン（詳細別紙）

3) 開発形態ダイアグラム



4) 成功要因と課題

- 熱電磁波制御デバイスの構造設計ツールにおいては、設計した製品の実用化を検討する企業をチームに加えることで、技術に対するフィードバックが生まれ、短期間で実用化に近いツールを実現できる見込みである
- 構造力学問題を対象とした形状構想設計システムでは、成果であるツールを製品化する企業にチームに入ってもらうことで、産業界への展開をスムーズに行える見込みである
- 大阪産業技術研究所に、普及展開の場を構築することで、大阪の中小企業への展開が早いスピードで行えたと考える。

5) 場・仕組みからの FB

大阪産業技術研究所にトポロジー最適化ツールを設置し、関西を中心とした中小企業に展開している。

- おおむね良好な結果が得られており、さらに他の部品や製品への適用を検討している企業が多い。
- 条件の与え方によっては、製造要件を満足しない形状が創出されることがあり、条件設定に関して、事前の説明が必要な場合があることもわかった。

(別紙) 開発のタイムライン

迅速で創造的な製品設計を可能とするトポロジー最適化に基づく超上流設計法の開発

