

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)	氏名	QINGYU WANG
学位授与の要件	学位規則第4条第1・2項該当		
論 文 題 目			
Improved methodologies for efficient aerodynamic shape optimization of a realistic vehicle with “noisy” computations (「ノイズ」を含んだ数値解析による実車両の効率的空力形状最適化手法の改良)			
論文審査担当者			
主 査	准教授	中島 卓司	印
審査委員	教 授	陸田 秀実	印
審査委員	教 授	岩下 英嗣	印
審査委員	教 授	濱田 邦裕	印
〔論文審査の要旨〕			
<p>車両空力性能の向上，特に空気抵抗の低減は自動車の設計開発における重要課題である。効率的な車両空力開発のため，現在では数値流体力学（CFD）による性能予測が幅広く活用されている。しかし，形状変更に伴う空力性能変化を CFD 解析により評価する際には，数値誤差による非物理的な空力性能変化，すなわち「ノイズ」の影響を考慮する必要がある。本研究は，このような「ノイズ」を伴う CFD 解析を用いて，自動車の空力性能をロバストかつ短時間で最大限改善するための最適化システムを提案したものである。</p> <p>提案システムは，再補間を伴う回帰 Kriging（RKri：Regression Kriging with re-interpolation）法による応答曲面と，擬似期待改善量（PEI：Pseudo Expected Improvement）に基づく効率的な大域的最適化（EGO：Efficient Global Optimization）アルゴリズム（EGO-PEI）を組み合わせたもので，RKri-EGO-PEI と呼ばれるものである。これらの手法により，CFD 解析による「ノイズ」を除去した滑らかな応答曲面を予測し，効果的なモデル更新のための追加サンプリング（point-in-fill）が実現されている。また，より有効な初期サンプルを与える実験計画法についても検討し，高い空間充填性を持つ最適ラテン超方格デザイン（OLHD：Optimal Latin-Hypercube Design）を効率よく構築する 2 つの修正アルゴリズム，MESE（Modified Enhanced Stochastic Evolutionary）と TPMESE（Translational Propagation MESE）を提案している。</p> <p>第 1 章では，研究背景と先行研究，および本研究の目的を示している。</p> <p>第 2 章では，最新の OLHD 構築アルゴリズムをレビューした後，提案アルゴリズムの TPMESE および MESE について述べている。次に，ordinary Kriging（OK）法と RKri 法の理論を示し，本研究で使用した EGO-PEI アルゴリズムを含む，大域的最適化のための追加サンプリング法についてレビューしている。</p> <p>第 3 章では，提案した最適化システムを，オブジェクト指向の最適化ツールボックス（VAEO</p>			

toolbox : vehicular aerodynamic engineering optimization toolbox) として、プログラム実装し、その性能を代表的な最適化ツールボックスである ooDACE および pySOT との比較によって実証している。

第 4 章では、提案した MESE と TPMESE の両アルゴリズムの OLHD 構築性能を既存のアルゴリズムと比較している。その結果、提案アルゴリズムは他の最先端のアルゴリズムや修正元のアルゴリズムと比べ、概ね高速に収束することが示されている。また、EGO-PEI に適した最適化アルゴリズムを選択するため、ベンチマーク関数を用いた検討を行っている。はじめに、OK 法ベースの EGO-PEI (OK-EGO-PEI) システムにおいて良い収束性を示す最適化アルゴリズムを調査した後、RKri-EGO-PEI システムに最適なアルゴリズムを選定している。加えて、最適化アルゴリズムの影響に関するメカニズムを分析し、大域的探索と局所的探索のバランスの良いアルゴリズムが、より少ない反復でシステムの収束を達成することを示している。

第 5 章では、提案した RKri-EGO-PEI システムの実証課題として、空力研究用自動車モデルの抗力係数最小化を目的とする最適化を実施している。そして、RKri 法と期待改善量 (EI : Expected Improvement) に基づく EGO アルゴリズムを用いた RKri-EGO, ならびに OK-EGO-PEI を比較対象として、最適化システムの性能を比較評価している。その結果、RKri-EGO-PEI は、RKri-EGO および OK-EGO-PEI の両システムに対し、少ない追加サンプリング数で、より低い抵抗係数値に収束することが示されている。

最後に、第 6 章において、本研究の結論を述べている。

以上のように、本研究は、自動車の空力性能開発においてロバストかつ短時間で性能向上を実現する CFD 解析ベースの最適化システムを提案、構築したものであり、空力性能向上と開発期間短縮を両立する技術として自動車工学分野の発展に貢献するところが大きい。さらに本技術は、CFD 解析による性能評価に基づく最適化システムとして、他の工学分野にも広く応用が期待できる技術である。

よって、本論文の著者は博士 (工学) の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。

備考：審査の要旨は、1,500 字以内とする。