

量子アニーリングによる空力形状ブラックボックス最適化（東北大学 久谷雄一）

背景・概要

航空機やガスタービン, エアコンや人工心肺など我々の周りには様々な流体機器が存在する. そのため, 流体機械の性能およびその設計効率の向上は些細なものであっても, 結果的に社会全体に大きな波及効果を生み出す. 本研究では量子アニーリングアルゴリズムの一つであるブラックボックス最適化と, 数値流体計算手法の一つである埋め込み境界法を用いることにより「高い設計自由度」と「大域的な形状探索」の両者を達成する空力形状最適化手法を提案する.

FS目標

量子アニーリングを用いた空力形状ブラックボックス最適化手法の基盤を構築し, その有用性および実用化への可能性の検証を行う

FS実施項目・実施結果

FSでは単翼素翼型の揚抗比 (L/D) に対する形状最適化を例に, 提案手法の実現可能性について検証を行った. 具体的には, ランダムな50サンプルの単翼素翼型に対して数値流体計算を実施し, 得られたサンプルデータを元に学習させた量子アニーリングモデルから最適形状候補の探索を行った. その結果, 初期に与えられた50のサンプル形状よりも揚抗比の高い翼型形状を得ることが出来, 提案手法の実現可能性が確認された.



サンプルデータ中の最適形状 ($L/D=0.76$)



提案手法で得られた最適形状 ($L/D=0.86$)

量子アニーリングによる空力形状ブラックボックス最適化（東北大学 久谷雄一）

研究フェーズ(FY2025～FY2027)における計画概要

FSでは提案手法の実現可能性が実証された。一方で、FSで行われた検証は小規模なものであったため、提案手法を実用的なものにするには大規模な量子アニーリングを行うための高速なシミュレーテッドアニーリングソルバーの開発が必須である。FSでは既存のオープンソースライブラリを使用したか、研究フェーズではより大規模な量子アニーリングをより高速に行うことを目的に、GPUマシンを用いたシミュレーテッドアニーリングソルバーの開発を第一に行う。その後2年目と3年目には、1年目に開発されたシミュレーテッドアニーリングソルバーの検証、およびFSで行った実証実験の規模の拡大や、より複雑な形状に対する形状最適化問題への展開を行う。



(Kuya et al., Journal of Aircraft, 2021)

研究フェーズ終了後(FY2028以降)における長期構想の概要

提案手法では数値流体計算の中で埋め込み境界法を使用している一方で、研究期間が終了する3年後までにこの既存の数値流体計算手法を別のプロジェクトで行われている量子インスパイアード数値流体計算手法に置き換えることも試みる。この新たな手法では、データ圧縮を行いながら数値計算を行うため、流体計算時間の大幅な短縮が見込まれている。この数値流体計算のアップデートにより、量子コンピューティングアルゴリズムを基盤とした「高い設計自由度」と「大域的な形状探索」を両立し、「高速」に解が得られる空力形状最適化パッケージの開発が期待される。