

マルチフィデリティベイズ最適化によるマイクロ構造最適化 Optimization of Microstructures Using Multi-Fidelity Bayesian Optimization

名古屋大学¹, 理研 AIP² ◯栗田智啓¹, 崔羿¹, 竹野 思温^{1,2}, 竹内 一郎^{1,2}

Nagoya Univ.¹, RIKEN AIP², ◯Tomohiro Kurita¹, Cui Yi¹, Shion Takeno^{1,2}, Ichiro Takeuchi^{1,2}

E-mail: takeuchi.ichiro.n6@f.mail.nagoya-u.ac.jp

3D プリント技術の進展により、複雑な構造の設計・製造が可能となり、軽量化や高性能化を目的とした構造最適化への関心が高まっている。本研究ではコンプライアンス値を最小化する構造を発見する問題を考える。コンプライアンス値の評価には有限要素法 (Finite Element Method, FEM) が一般に用いられる。しかし、FEM による高精度なコンプライアンスの計算には、対象物を離散化した領域であるメッシュをより細かくして解析を行う必要があるため、計算コストが急増する。したがって、計算コストについて効率的な構造最適化法が求められている。

本研究では、マクロ構造を固定したマイクロ構造の最適化を考える。マイクロ構造の設計には、点群データからボロノイ図を求めることで柔軟な形状を生成する設計手法を用いた。このマルチスケール最適化問題には、いくつかの既存法が提案されている [1]。しかし、これらの方法では、マクロ構造に対してマイクロ構造が非常に小さいという仮定のもと近似が行われるため、適用対象に制限がある。

本研究では、マルチフィデリティベイズ最適化 (Multi-fidelity Bayesian Optimization, MFBO) と呼ばれる機械学習法を用いることで、より仮定の少ないマルチスケール構造最適化を目指す。MFBO は予測の不確実性が定量化できるベイズモデルをもとに、本稿の例を取り上げれば、コンプライアンス計算を行う対象構造とメッシュの細かさを適応的に選択しデータの取得を繰り返すことで最適化を行う方法論である。とりわけ、計算コストとデータの取得による効用を考慮することによって、累計計算時間に関して効率的な最適化を目指す。典型的には、はじめに低精度の FEM によって構造の候補を絞り込み、その後高精度の FEM によって絞り込まれた構造候補から最適な候補を探し出す。この MFBO は汎用的な方法論であり、マルチスケール構造最適化に適用可能だが、そのコンポーネントであるベイズ予測モデルはデータに応じて作成する必要がある。とくに、点群データに対するベイズ予測モデルの構築方法は非自明である。本稿では、通常のベイズ予測モデルを用いた MFBO と比べ、点群データに特化したベイズ予測モデルを用いた MFBO を構築することで、累計計算時間についてより効率的な最適化を目指す。

当日は、点群データに特化したベイズ予測モデルの構築方法および実データ実験による従来法との比較結果について発表する。

参考文献

[1] Rodrigues, H., Guedes, J. M. and Bendsoe, M. P., Hierarchical optimization of material and structure, *Structural and Multidisciplinary Optimization*, Vol. 24(2002), pp.1-10, DOI:10.1007/s00158-002-0209-z.