



大阪科学・大学記者クラブ 御中

(同時提供先：文部科学記者会、科学記者会)

2023年11月10日

大阪公立大学

生き物のように滑らかに！

注目デザイン「モーフィングフラップ」の構造設計に成功

<ポイント>

- ◇ 航空機の空力性能向上への貢献が期待されるモーフィングフラップ。
- ◇ 「トポロジー最適化^{*}」を活用した新たな設計手法を開発し、モーフィングフラップならではの滑らかな変形を再現した構造設計に成功。
- ◇ 計算時の表現を工夫し「最適な材料配置」をシミュレーション。

<概要>

航空機の主翼には、フラップと呼ばれる揚力を調整する装置があります。フラップの構造をシームレス化したモーフィングフラップは、イルカの尾びれのように滑らかな変形が可能で、空気抵抗の軽減や騒音対策に貢献する技術として注目されています。

モーフィングフラップには、滑らかな変形を可能にする自由度の高い構造設計が必要です。そこで、近年橋や建築物などさまざまな構造物の設計で用いられている「トポロジー最適化」という設計手法の活用が期待されています。しかし、この手法は「強度を損なわずいかに軽量化するか」が主な目的のため、構造に大きな変形が生じるモーフィングフラップでは、シミュレーション計算でのエラーが多いことが課題です。



図 通常のフラップとイルカの尾びれのように滑らかな動きのモーフィングフラップの比較

大阪公立大学大学院 工学研究科の上林 恵太大学院生（博士後期課程2年、JSPS 特別研究員 DC2）、小木曾 望教授、国立研究開発法人物質・材料研究機構（NIMS）の渡邊 育夢主幹研究員、東京大学 大学院工学系研究科の山田 崇恭准教授らの研究グループは、計算エラーを防ぐ工夫を施した新たなシミュレーション設計手法を開発し、モーフィングフラップならではの滑らかな変形を再現した構造設計に成功しました。

本研究成果は、国際学術誌「Structural and Multidisciplinary Optimization」に、2023年10月6日に掲載されました。

既存方法の単なる適用ではなく、さらなる有効化のために開発する道りは、面白くも険しくもありました。航空機の革新技術となるモーフィング翼の実用化へは、材料の強度や実際の飛行中に空気から受ける力と協調できる必要があるためまだ遠い道りですが、今回設計した装置の実現に向けさらに研究を進めます。



上段左より上林大学院生、小木曾教授
下段左より渡邊主幹研究員、山田准教授

<研究の背景>

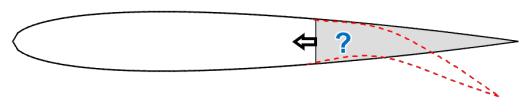
モーフィングフラップの滑らかかつ連続的な変形には、内部にその動きを可能にする機構が必要です。また、航空機に搭載するには、軽さや小さな力でも変形することも欠かせません。しかし、こうした多くの要件を満たすためには、技術者の試行錯誤や経験のみに頼って設計することは難しいため、仮想空間に構造を作り、評価し、改善していく構造最適化技術の適用が期待されています。

本研究チームでは、最も設計自由度が高いトポロジー最適化を用いて「モーフィングフラップらしく変形するために、内部のどこに材料を配置すればよいか」を考える設計手法を開発してきました。しかし、この方法は「軽くて頑丈な構造物」を設計するべく、変形しにくさを求める方法として発展してきたため、既存の条件設定のまま積極的に変形するモーフィングフラップの最適構造を求めようとすると計算エラーが生じ、期待している計算結果にたどり着くことが困難だという課題があります。

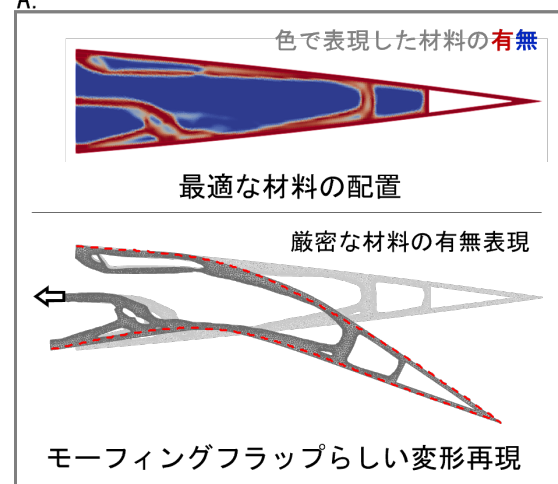
<研究の内容>

本研究では、変形の大きさを再現するときに、計算エラーを生じさせずトポロジー最適化を実行できる手法を開発しました。計算エラーの主な原因は、実際には材料の無い部分を、有る部分と比べて非常に柔らかい材料で埋め尽くす表現方法を使っていたことにありました。そこで本研究では、材料が本当に無いことを確実に表現する手法を開発し、これと併せて変形の大きさを表現できる有限変形解析^{*2}をトポロジー最適化に導入しました。その結果、計算機上の仮想空間で、構造表現・変形挙動のどちらの精度も向上させたトポロジー最適化が、計算エラーを出さずに実行できるようになり、あらかじめ定めた目標形状への変形を達成する、モーフィングフラップ内部機構の設計が可能となりました。

Q. 赤破線の様に変形させる材料の配置は？



A.



<期待される効果・今後の展開>

仮想空間でモノづくりを行い、かつ、仮想空間と現実世界とのズレを小さくすることで、次世代の航空機革新技術の実現に貢献します。今後は、現実にもモノづくりを行う上で欠かせない材料の強度を考慮すること、さらに、実際にモーフィングフラップが動作する飛行中に空気から受ける力を考慮することができる手法にまで展開したいと考えています。

<資金情報>

本研究は、科研費基盤研究（B）（21H01535）、日本学術振興会特別研究員奨励費 DC2（23KJ1842）、JST 大学フェローシップ創設事業（JPMJFS2138）などの支援を受けて行われました。

<用語解説>

※1 トポロジー最適化…「構造性能を最も良くするために、どこに材料を配置すればよいか」を考える、最も自由度が高い構造最適化手法。モノの外側の形だけではなく、内側にどのように孔が空くべきかまでが表現できる。

※2 有限変形解析…現実の変形をより忠実に再現しようとする解析手法。変形が微小であると仮定する微小変形解析では通用しないような大きな変形を計算できる。

<掲載誌情報>

【発表雑誌】 Structural and Multidisciplinary Optimization

【論文名】 Level-set-based topology optimization of a morphing flap as a compliant mechanism considering finite deformation analysis

【著者】 Keita Kambayashi, Nozomu Kogiso, Ikumu Watanabe and Takayuki Yamada

【掲載 URL】 <https://doi.org/10.1007/s00158-023-03670-1>

【研究内容に関する問い合わせ先】

大阪公立大学大学院 工学研究科
教授 小木曾 望 (こぎそ のぞむ)
TEL : 072-254-9245
E-mail : kogiso@omu.ac.jp

【報道に関する問い合わせ先】

大阪公立大学 広報課
担当 : 竹内
TEL : 06-6605-3411
E-mail : koho-list@ml.omu.ac.jp