形を変えたときの性能が見える AI を開発

航空機の翼やジェットエンジンの羽根の形と働きを予測し、燃料や電力の無駄を減らす設計を後押し

ポイント

① 航空機の翼やジェットエンジンの羽根は、形のわずかな違いで性能が変わるため、より良い形を探すには多くの候補を詳しく調べる必要がありました。

② 形を少ない情報にまとめた上で、元の形を再現しながら性能を予測（※1）する AI（※2）の開発に成功しました。多数の候補を効率よく比較し、空気の抵抗が小さい翼や空気を効率よく圧縮する羽根の形を具体的に確認できます。

③ 今後、航空機や産業機械の開発を加速し、燃料や電力の無駄を減らす省エネルギー設計への活用が期待されています。

概要

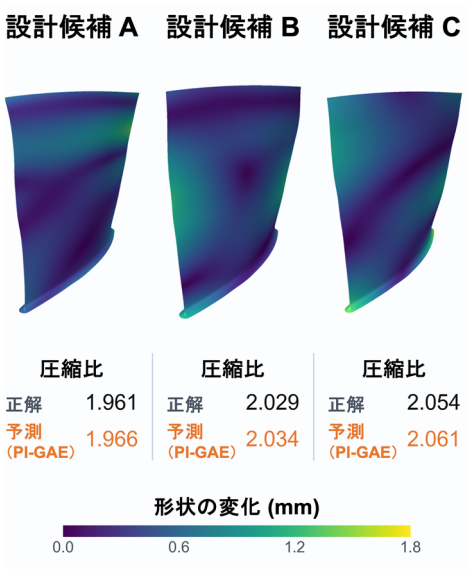
従来、航空機の翼や、ジェットエンジンで空気を圧縮する羽根は、形が少し変わるだけで性能も変わります。より良い形を探すには、多くの候補を一つずつ詳しく調べる必要がありました。複雑な形と性能の関係を、効率よく捉える方法が求められていました。

そこで本研究では、複雑な形を少ない情報にまとめ、元の形を再現しながら性能も予測できる AI「PI-GAE (Physics-Informed Geometry-Embedded Graph Autoencoder)」を開発しました。多くの形を効率よく比較し、性能のよい具体的な形を確かめられる新たな仕組みです。

仏国 École Centrale de Lyon 所属の JSPS 外国人特別研究員である Thanasak Wanglomklang 氏および九州大学大学院工学研究院の下山幸治教授らを含む研究グループは、翼や羽根の形と性能に関するデータを PI-GAE に学習（※3）させました。PI-GAE は、数多くの位置の情報からなる複雑な形を、少ない情報にまとめます。これにより、多数の候補を比べやすくなります。さらに、その少ない情報から元の形を再現します。そのため、予測した性能がどのような形に対応するのかを確認できます。当研究グループは、2 次元と 3 次元の翼、空気を圧縮する羽根を含む 4 種類で性能を確かめました。その結果、翼の空気抵抗や、羽根が空気を圧縮する働きを高い精度で予測できました。翼の空気抵抗は、実際の結果にほぼ近い精度で予測できました。また、翼や羽根の形を、元の大きさに対して平均 0.3%未満のずれで再現できた例もありました。学習に使うデータを 10 分の 1 に減らした条件でも、性能だけを予測する方法より安定した予測を示しました。

今回の成果は、形の候補を詳しく調べる回数を減らすことに役立つと期待され、航空機や産業機械の開発を加速する可能性があります。燃料や電力の無駄を減らす設計にもつながります。一方、この AI は、学習した形に近い範囲での利用を前提としています。大きく異なる形や条件で使うには、追加の検証が必要です。

本研究成果は、学術誌「Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering」に、2026 年 10 月 28 日（水）にオンライン掲載されました。



参考図：羽根の形と性能（圧縮比）の予測の例
…ここに示す 3 種類に限らず、100 種類の新たな設計候補について、PI-GAE は形と性能を高い精度で予測できます。

【研究の背景と経緯】

航空機の翼や、ジェットエンジンで空気を圧縮する羽根は、形が少し変わるだけで、空気の流れ方や性能が変わります。翼では空気の抵抗が、羽根では空気を圧縮する働きが変化します。燃料や電力の無駄を減らすには、目的に合った形を見つけることが重要です。

しかし、翼や羽根は複雑な曲面でできています。その形は、表面上の数百から数万か所の位置情報で表す必要があります。本研究で扱ったデータでも、最も細かな翼では 33,153 か所の情報が使われています。

性能のよい形を探すには、多くの候補について空気の流れを詳しく調べ、性能を一つずつ確かめる必要があります。この作業は、設計の検討に時間や大きな負担がかかる一因となります。

従来は、形を少ない数の決まった項目で表し、候補を絞り込む方法が使われてきました。一方で、細かな形の変化や、立体的で複雑な形まで表そうとすると、必要な項目が増える場合があります。また、性能だけを予測する AI では、その予測結果がどのような具体的な形に対応するのかを確かめにくいという課題がありました。

実際の設計に役立てるには、多くの形を効率よく比べることに加え、性能の予測結果に対応する形を確認できることが必要です。このため、複雑な形を少ない情報で扱い、元の形を再現しながら、性能との関係も捉える新しい方法が求められていました。

【研究の内容と成果】

本研究では、翼やジェットエンジンの羽根の形を少ない情報にまとめ、元の形を再現しながら性能も予測する AI「PI-GAE (Physics-Informed Geometry-Embedded Graph Autoencoder)」を開発しました。

PI-GAE は、部品表面上で近くにある点どうしのつながりも用いて、形の特徴を捉えます。形を少ない情報にまとめることで、多数の候補を比べやすくします。さらに、その情報から元の形を再現します。これにより、予測した性能がどのような形に対応するのかを確認できます。

本研究では、2 次元の翼、3 次元の翼、空気を圧縮する羽根を含む 4 種類のデータで、この AI の働きを確かめました。扱った形の情報量は 257 か所から 33,153 か所までと幅がありました。

その結果、空気の抵抗や、空気を圧縮する働きの予測は、実際の結果と高い精度で一致しました。翼の空気抵抗については、実際の結果にほぼ近い精度で予測できました。4 種類の検証における予測の一致度は 0.946～0.992 でした。

形の再現については、2 次元の翼、3 次元の翼、羽根の 3 種類で、元の大きさに対する平均のずれを 0.3%未満に抑えました。また、3 万点を超える細かな形の情報を持つ翼でも、性能を予測できることを示しました。

さらに、学習に使うデータを 10 分の 1 に減らした条件でも、PI-GAE は性能だけを予測する AI より安定した予測を示しました。翼の空気抵抗を対象とした検証では、PI-GAE の予測の一致度は 0.549 であり、性能だけを予測する AI の 0.083 を上回りました。この結果は、形の再現も同時に学ぶことが、性能を示すデータが少ない場合の予測に役立つ可能性を示しています。

【今後の展開】

本研究で開発した AI「PI-GAE」は、翼や羽根の形を少ない情報で表し、元の形を再現しながら性能を予測する仕組みです。この仕組みは、性能のよい形を探す設計や、さまざまな条件の違いを考慮した設計への活用が期待されます。

一方、今回の検証は、学習に使ったものと同じ種類の翼や羽根を対象としています。学習に含まれない形や、大きく異なる形の作り方に対しても使えるかは、今後確かめる必要があります。

また、現在の方法は、各データで表面上の点が同じ場所に対応していることを前提としています。そのため、表面を作り直して点の数や配置が変わる場合、あるいは部品の構造そのものが変わる場合には、そのまま使うことはできません。

今後は、学習した範囲から外れた形を扱う際にも安全に使えるようにすることが課題です。AI が見つけた候補の形について、より精密な計算で性能を確認することも必要です。これらの検証を重ねることで、性能のよい形を探す設計への活用につながることが期待されます。

【参考図】

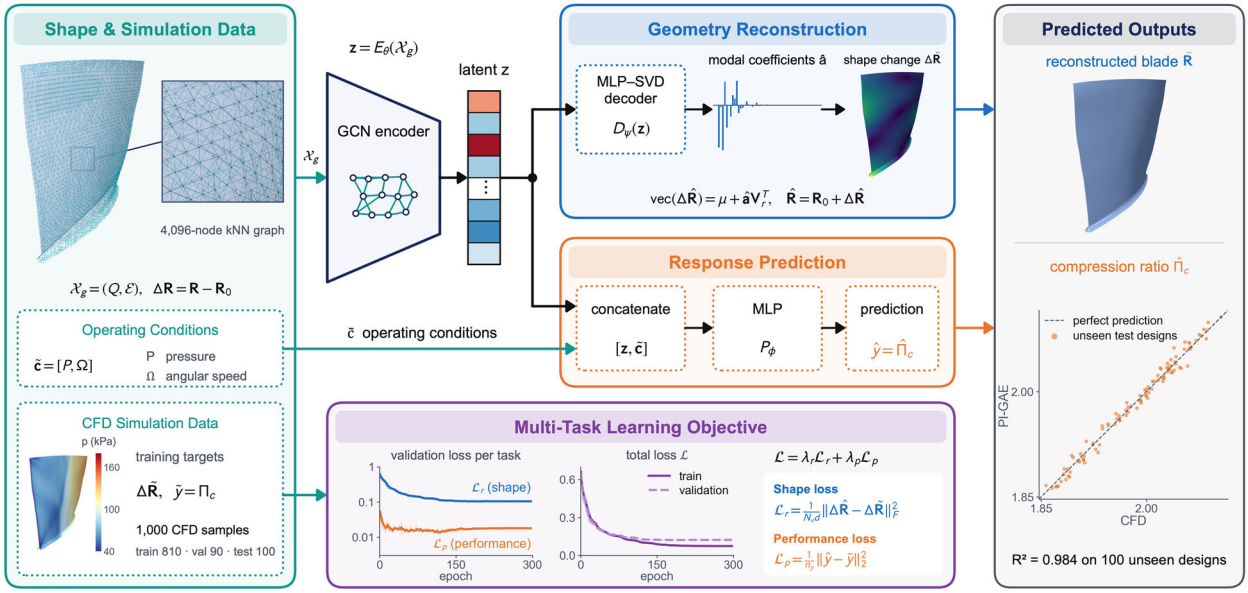


図 1　PI-GAE の構成

翼や羽根の複雑な形を少ない情報（潜在コード z）にまとめ、
その情報から元の形を再現するとともに、性能も予測します。

【用語解説】

(※1) 予測

この研究においては、AI が学んだ関係を基に、まだ詳しく調べていない形について、空気の抵抗や空気を押し縮める働きなどを見積もること。

(※2) AI

Artificial Intelligence（人工知能）の略。この研究においては、多くのデータから、翼や羽根の形と性能の関係を見つけるためのコンピューターの仕組み。

(※3) 学習
　この研究においては、AI にさまざまな翼や羽根の形と、そのときの性能の結果を多数示し、両者の関係を見つけられるようにすること。

【謝辞】
本研究は、日本学術振興会（JSPS）外国人特別研究員の支援を受けたものです。

【論文情報】
掲載誌：Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering
タイトル：A physics-informed geometry-embedded graph autoencoder for shape reduction, reconstruction, and surrogate modeling
著者名：Thanasak Wanglomklang, Frédéric Gillot, Sébastien Besset, Koji Shimoyama
D O I ：10.1016/j.cma.2026.119534

【お問合せ先】
＜研究に関すること＞
九州大学　大学院工学研究院　機械工学部門　教授　下山　幸治（シモヤマ　コウジ）
TEL：092-802-3113　FAX：092-802-3255
Mail：shimoyama.koji.672@m.kyushu-u.ac.jp

＜報道に関すること＞
九州大学　広報課
TEL：092-802-2130　FAX：092-802-2139
Mail：koho@jimu.kyushu-u.ac.jp

Kyushu University VISION 2030
総合知で社会変革を牽引する大学へ