

これまでは重要視されていなかった外観を考慮した設計案を提案できるシステム

ニューラルネットワークを使って学習させた生成モデルを使ってさまざまな構造パターンを生成することで、トポロジー最適化では不可能であった外観も考慮した自動設計が行える手法を開発しました。

*1 トポロジー最適化
どのように材料を配置すれば最適な構造となるのか、与えられた空間での材料の配置を提案する設計最適化技術。

*2 自動生成モデル
敵対的生成ネットワークと呼ばれるディープラーニングの技術で、決められた範囲・個数の数値を入れると与えたデータと似た画像を出力するように学習する。

トポロジー最適化での自動設計の課題

自動設計技術のひとつとしてトポロジー最適化*1が利用されています。構造計算を行って、不要な部分の材料を減らすことができるので、材料を必要最小限に抑えながら、必要な仕様を実現できる自動設計の手法です。しかし、トポロジー最適化では特定の仕様(例えば「強度」など)に注目して最適化が行われるために、外観のデザイン性が損なわれる場合があります(図1)。

製品内部の部品などであれば、必要な強度が確保できればデザイン性は問題にならない場合があります。しかし、イスなどのインテリアや製品の筐体など、外観が重視される製品にはトポロジー最適化の手法を適用することが難しいというのが実情でした。そこで、外観のデザインを保ったままで自動設計できるシステムの開発を目指しました。

生成モデルを使ってデザイン案を量産

これまでコンピューターによるシミュレーションは、実験結果の検証や形状による性能の差異の分析など、設計では補佐的な役割にとどまっていた。その理由の1つはコン

ピューター性能でした。しかし、計算速度が大幅に向上した現在、同じシミュレーションを短時間に行えるようになってきました。これによって、シミュレーションを本来の目的である「試行錯誤」に利用できるようになりました。

試行錯誤するためには、さまざまなデザイン案が必要になります。しかし、人間が大量のデザイン案を作成するには、時間とコストがかかります。

デザイン案の作成に深層学習(ディープラーニング)の技術を利用することを考えました。利用したのは「自動生成モデル*2」と呼ばれる手法で、学習データ画像の特徴を抽出して、それらの中間の特徴を持つ画像を自動的に生成する技術です(図2)。例としてよく見られるのは、笑顔と泣き顔を入力すると、笑顔からだんだん泣き顔になるまでの中間の表情を自動的に作るといったものです。

自動生成モデルを利用することで、人間が考えることなく、多数のデザイン案が生成でき、これをもとにシミュレーションが行えます。今回は具体的なイメージではなく、水にインクを落としたときに現れるような模様を再現するモデルを利用してデザイン案を生成させました。「反応方程式」と呼ばれる方程式の係数や初期条件を変えることで、模様や細かさを変えることができます。

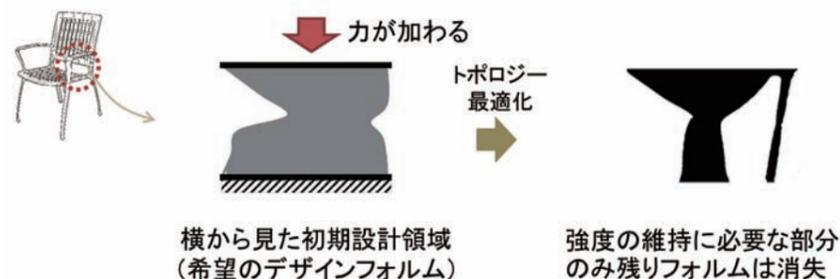


図1 トポロジー最適化による自動設計の例 (ひじ掛け)

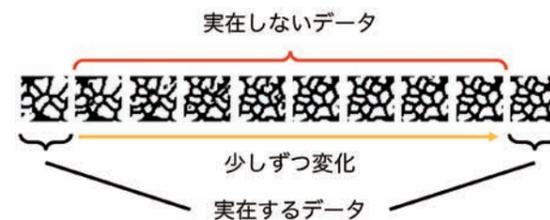


図2 自動生成モデルを使った画像の例

深層学習とシミュレーションと最適化を組み合わせる

開発したシステムは3つの部分で構成されています。まず、自動生成モデルによりデザイン画像を生成する部分、デザイン案の歪エネルギーをシミュレーションする部分、そして設計の完了を判定する最適化アルゴリズムの部分です(図3)。

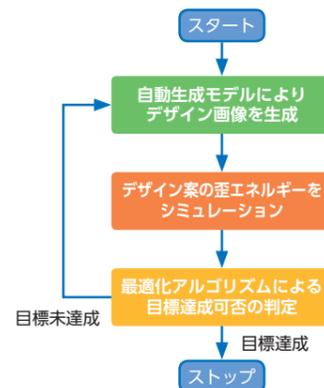
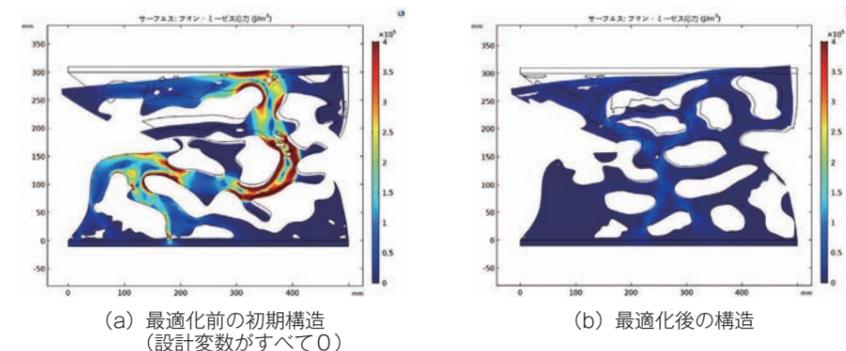


図3 自動設計のフロー

画像生成に使う「反応方程式」にデータを与えると、さまざまな模様が生じます。それをもとに生成モデルが形状補間により多数のデザイン案を生成します。それぞれのデザイン案での強度をシミュレーションして、その結果が最適かどうかを最適化アルゴリズムが判断します。最適でない場合は生成モデルに入力するデータを自動的に変更し



設計変数: 50次元
材料: アメリカンレッドオーク
条件: 底部を固定し、上部全体に力を加えたときの歪エネルギーを最小化

図4 開発したシステムでの設計例

て、再びデザイン案を生成します。これを最適と判断ができるまで繰り返します。

この手法をイスの肘掛けの設計に適用した結果、トポロジー最適化では失われてしまっていた希望のデザインフォルムを保ったままで構造を最適化することができました(図4)。

自動設計の最適解が正解なのか

開発した自動設計の手法は、生成モデルを使うことで、外観のデザインを設計変数として利用できるようにしたことが特徴です。これによって、外観を保ちながら最適化することが可能になりました。

実際のものづくりでは、自動設計の結果をもとにしてデザインを追加したり、変更したりしても良いと思います。自動設計による最適化がたったひとつの正解という訳ではありません。自分の設計した構造と比較するために自動設計を使うこともあるでしょう。今後は、自動設計によるものづくり支援への応用や、実際に生活用品分野への適用を進めていきたいと考えています。

都産技研では、コンピューターシミュレーションを活用したものづくりや、ものづくりのためのシミュレーター開発を支援しています。今回開発した自動設計手法も性能向上を目指し、企業の支援に役立てていく予定です。



生活技術開発センター
副主任研究員
やまぐち たかし
山口 隆志

お問い合わせ

生活技術開発センター
(墨田)
TEL 03-3624-3731