

本件配布先:産総研 → 経済産業記者会、経済産業省ペンクラブ、中小企業庁ペンクラブ、資源記者クラブ、
 文部科学記者会、科学記者会、筑波研究学園都市記者会

少数データから短時間で現場環境に応じた最適加工条件を決定 — 素形材産業における小規模製造現場のDXに貢献する作業支援汎用AIツール —

2022年1月17日

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

■ ポイント ■

- ・ 一度の成形で狙い通りの製品寸法に成形できる AI へら絞り(スピニング)加工技術を開発
- ・ 少ない学習データでローラーの最適な動作経路を瞬時に決定し、試作時間を大幅に短縮
- ・ 加工条件の決定支援 AI ツールとして、素形材産業における小規模製造現場での活用を期待

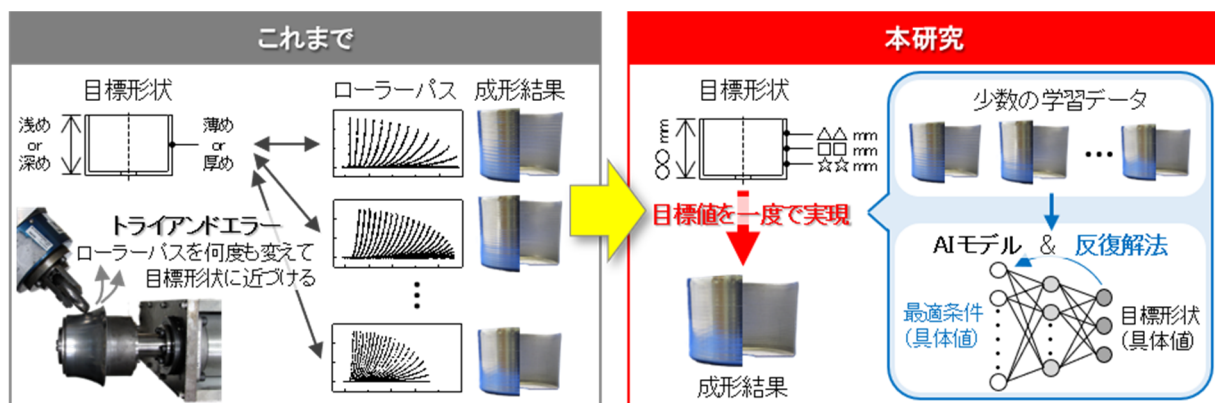
■ 概要 ■

国立研究開発法人 産業技術総合研究所(以下、「産総研」)製造技術研究部門 素形材加工研究グループ 権藤 詩織 研究員、荒井 裕彦 テクニカルスタッフは、一枚の金属板から立体形状に成形するへら絞り(以下、「スピニング」)加工において、AI を使ってローラーの最適な動作経路(以下、「ローラーパス」)を瞬時に決定する技術を開発した。短時間で容易に、立体形状の高さや板厚が狙い通りの寸法となるように成形できる。

スピニング加工は、回転する金属板の一部にローラーを押し当てて少しずつ変形させ、立体形状に成形する加工法である。プレス加工などの他の塑性加工法とは異なり、最終形状のみの金型さえあれば成形できるという特徴から、短時間で製品試作や多品種変量生産の場面で利用価値が高い。しかしながら、製品の高さや板厚などの寸法はローラーの動かし方ひとつで大きく変わってしまうため、狙い通りの寸法となるように加工するには、ローラーパスの決定に試行錯誤を重ねる必要があり、多大な時間と労力が必要であった。今回開発した技術では、少数のデータを使い、ローラーパスと寸法の間をニューラルネットワークでモデル化し、さらに、反復解法と呼ばれる計算技法を用いて、具体的な目標仕様を実現する最適なローラーパスを瞬時に決定できる。これにより、一度の成形で狙い通りの寸法となるような加工が可能となる。少数のデータを AI に学習させ、目標仕様から最適加工条件を逆算して求める手法は即応性が高く、様々な素形材加工手法へも適用が期待できる。

なお、本成果の詳細は、2022年1月12日に [Journal of Intelligent Manufacturing](#) でオンライン公開された。

_____は【用語の説明】参照



少数の学習データによるAIを使った最適なローラー動作経路(ローラーパス)の決定

本件配布先:産総研 → 経済産業記者会、経済産業省ペンクラブ、中小企業庁ペンクラブ、資源記者クラブ、
 文部科学記者会、科学記者会、筑波研究学園都市記者会

■ 開発の社会的背景 ■

少子高齢化に伴う労働力不足は、全産業分野での社会課題である。素形材分野も例外ではなく、製造現場を支える中小企業において、技術・ノウハウの継承、人材育成が大きな課題となっている。そのような状況下、DX（デジタルトランスフォーメーション）への期待は大きく、ものづくりにおいてもスマートものづくりとして、デジタル化が進められている。しかしながら、素形材産業の各工程のうち生産に至る前の加工条件出しは、経験豊富な人材による、過去の経験と勘を頼りにした試行錯誤により行われ、デジタル化が積極的に進みにくい工程である。結果的に、加工の条件出しの工程がものづくり全体のDXのボトルネックになっているともいえる(図1)。

これまでも、加工条件と成形物の特性をそれぞれ入力、出力としたAIモデルを構築した事例はあるものの、出力の予測にとどまっているのが現状である。結果として、最適加工条件を決めるには幾通りもの入力をモデルに与え、出力値が目標値とほぼ同じかどうかで判断せざるを得ず、人手不足の環境下において、実用的ではなかった。また、対象とする出力がただひとつの場合が多く、複数の要求仕様を同時に満足できていなかった。さらに、これまでのAIモデルでは膨大な学習データが必要であり、小規模生産現場において、そのデータを事前に準備する工程は現実的ではない。多品種変量生産への対応がさらに要求されていく中、少ない学習データで、複数の要求仕様を同時に満たし、最適加工条件を瞬時に決定する技術が望まれてきた。



図1 ものづくり全体のDXに対する素形材産業でのボトルネックの状況

■ 研究の経緯 ■

産総研 製造技術研究部門では、少ない労働力で高付加価値を創製すること、社会・人々のニーズに臨機に応えた機能を提供することを目的に、IoT、AI を活用して得られたデータに基づき、能動的に設計、加工、評価を実施するものづくり技術の開発に取り組んできた。その一例として、スピニング加工技術を対象とした研究開発を行っている。

スピニング加工は回転する金属板にローラーを押し当てて逐次的に変形させる加工法である(図2)。これまで、製品の寸法はローラーパスや回転速度など多数の加工条件によって決まるという特徴を生かし、スピニング加工にロボット制御技術を活用することで、異形断面形状が成形できる新しいスピニング加工技術(3D スピニング)を開発した(産総研主な研究成果 2008年9月29日)。また近年では、ローラーの柔軟な動きを介した組織制御による機能創製を目的に、材料組織学の観点からスピニング加工中の変形メカニズムの解明を進めている。このように、スピニング加工と他技術・学問の学際的なコラボレーションにより、スピニング加工の高度化を図っ

本件配布先:産総研 → 経済産業記者会、経済産業省ペンクラブ、中小企業庁ペンクラブ、資源記者クラブ、
文部科学記者会、科学記者会、筑波研究学園都市記者会

てきた。しかしながら、具体的な目標寸法となるように加工を行うには、何度も条件を変えて試作を行い、条件の修正と寸法変化の傾向について感覚をつかむ必要があり、多大な労力と時間がかかっていた。これらを軽減するために、加工条件と製品寸法の関係を捉えようとする研究がなされてきたが、多数の加工パラメータの影響を幅広く把握することができていなかった。このように、スピニング加工が抱える“加工条件出し時の試行錯誤への依存”は、依然として解決の難しい課題として残されてきた。

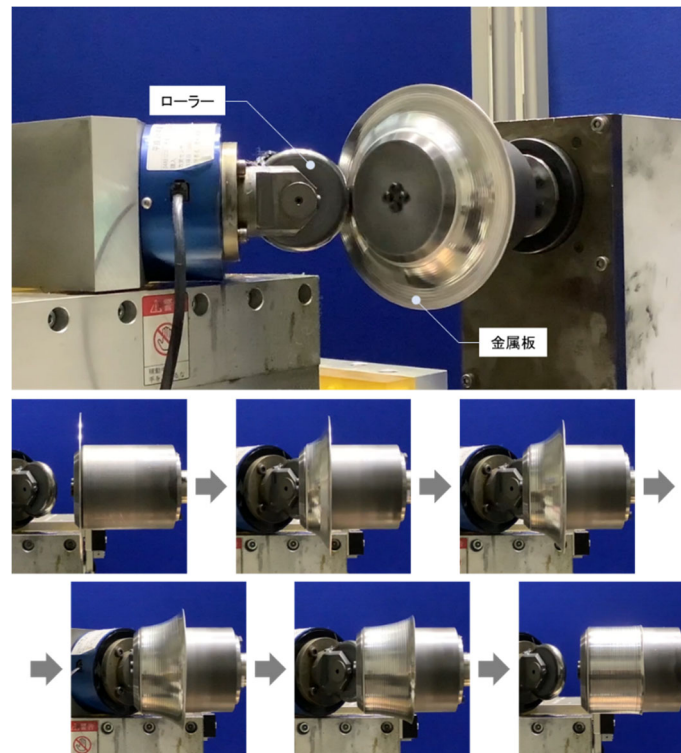


図2 スピニング加工の様子

今回、これを解決する手法として AI に着目した。ただし、既往の AI を活用した加工技術開発との差別化として、中小企業などの小規模生産現場を念頭に、作業者が簡単に取扱え、作業の支援となる AI ツールの開発に焦点をおいた。具体的には、作業者が操作するパラメータを入力とし、観測対象(本研究では製品の複数箇所
の板厚)を出力とするシンプルなモデルで入出力関係を表現することを前提とし、

- ・少数のデータでモデルを構築できるようにする
- ・最適化を行い、所望の板厚を実現する操作パラメータの具体値を出せるようにする

ことを技術目標とし、研究開発に取り組んだ。

■ 研究の内容 ■

本研究では、35 通りの条件下で金属板をカップ状に成形し、これら少数のデータを使って、加工中のローラーパスを入力層、実際に加工したカップの高さと高さ方向に3点の板厚を出力層とするニューラルネットワークモデルを構築した。このモデルから、反復解法と呼ばれる計算技法を用いて、目標とするカップの高さと板厚分布となる最適なローラーパスを求めた(図3)。モデルの構築に使ったデータのほとんどは高さ方向に板厚が一定ではなかったが、反復解法で求められたローラーパスで実際に加工すると、誤差 0.1 mm 以内で高さ方向の板厚

本件配布先:産総研 → 経済産業記者会、経済産業省ペンクラブ、中小企業庁ペンクラブ、資源記者クラブ、
 文部科学記者会、科学記者会、筑波研究学園都市記者会

分布が 1.0 mm 一定となるように成形できた(図 4)。このように、複数の出力を同時に実現する最適な加工条件を瞬時に決定できる技術を開発し、一度の加工で狙い通りの製品寸法となるような成形を可能とした。

本技術は、膨大なデータを必要とせず少数のデータを使ってモデルを構築し、構築したモデルに最適化を施して、所望の板厚を実現する操作パラメータの具体値を容易に算出する。“製造現場の DX”は一般に、加工技術と AI の両方について専門知識を有する人材の確保・育成をしなくてはならない、必要な機材の初期投資が高いなどの印象が持たれ、製造現場は DX の導入をためらう傾向にある。これに対し、本技術は手軽に低コストで製造現場、特に加工条件出し工程の DX を試みたいと考えている企業にとって、導入しやすく、その後の運用も含め取り扱いやすい、汎用性の高い作業支援 AI ツールとなる。

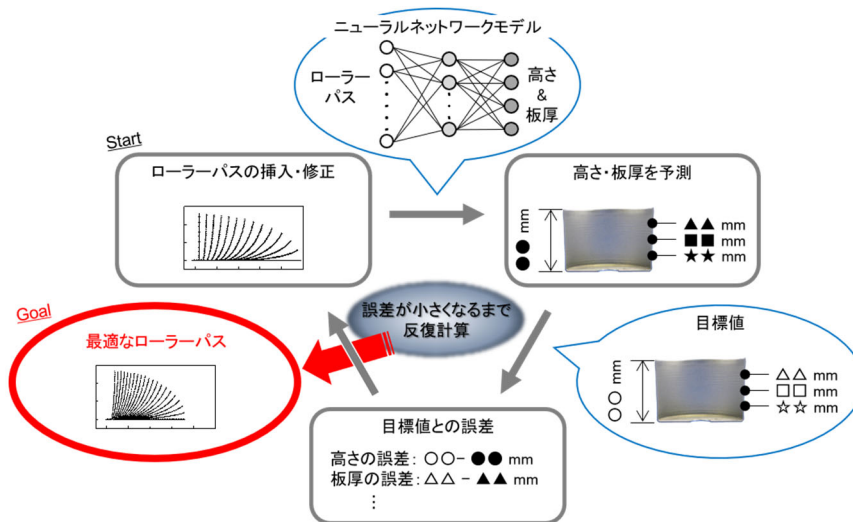
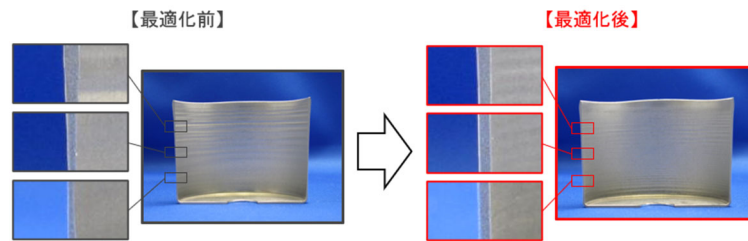


図 3 本手法における最適ローラーパスが求まるまでの流れ



板厚不均一サンプルを学習データとして使って構築したモデルから、板厚一定サンプルを実現!

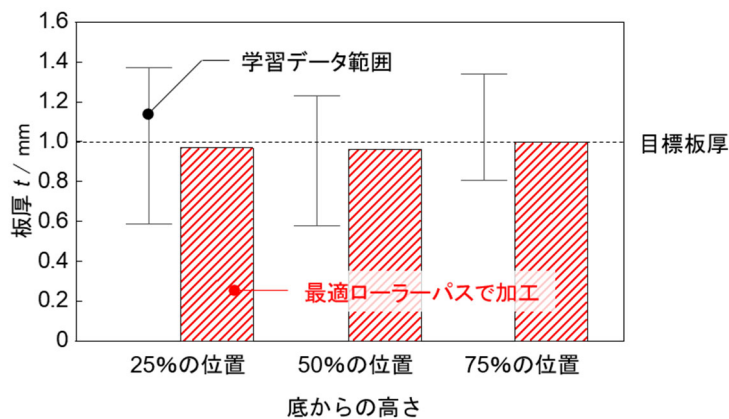


図 4 決定した最適ローラーパスによる板厚一定の実現

本件配布先:産総研 → 経済産業記者会、経済産業省ペンクラブ、中小企業庁ペンクラブ、資源記者クラブ、
文部科学記者会、科学記者会、筑波研究学園都市記者会

■ 今後の予定 ■

スピニング加工において取り扱う素材や金型の寸法、材質を拡張しながら、目標形状やローラーパスの複雑化に対応した、柔軟なモデルの開発を引き続き行う。同時に製造現場での実装を試み、より製造現場に寄り添うモデル開発を行う。また、本成果は、スピニング加工のみならずその他の素形材加工技術にも原理的に応用可能である。産学官の連携により本成果を他の加工法へ適用し、データ駆動型ものづくりを展開していく。手軽に低コストで加工条件出し工程のDXを試みたいと考えている企業の支援を積極的に行っていきたい。

■ 本件問い合わせ先 ■

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

製造技術研究部門 素形材加工研究グループ

研究員 権藤 詩織

〒305-8564 茨城県つくば市並木 1-2-1 つくば東事業所

TEL:029-860-5102 FAX:029-861-7129

E-mail: shiori-gondo@aist.go.jp

製造技術研究部門 素形材加工研究グループ

テクニカルスタッフ 荒井 裕彦

〒305-8564 茨城県つくば市並木 1-2-1 つくば東事業所

TEL:029-861-7088 FAX:029-861-7129

E-mail: h.arai@aist.go.jp

【取材に関する窓口】

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 広報部 報道室

〒305-8560 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第1

つくば本部・情報技術共同研究棟

TEL:029-862-6216 FAX:029-862-6212 E-mail:hodo-ml@aist.go.jp

【用語の説明】

◆塑性加工

材料の塑性変形(弾性限を超えた応力下で物体の形状が永久変化を起こす現象)を利用して、金属などの各種材料を所定の形状・寸法に加工する方法の総称。

◆ニューラルネットワーク

脳の仕組みを基に、ノードと呼ばれる単純な計算を行う要素をネットワーク上に組み合わせた機械学習モデル。

◆反復解法

適当な入力初期値から出発し、随時入力値を更新することで最終的な最適解に収束させる計算方法。

◆DX(デジタルトランスフォーメーション)

ものづくりの分野では、加工中や加工後、部品組み立て中などに計測したデータを蓄積し、これらを積極的に使って、開発スピードの向上やリードタイムの削減に活用する取り組みや、経験豊富な人材が持つ技術やノウハウをデータとして蓄積し、新しい人材の育成や工程の機械化に生かす取り組みなどを指す。製造工程のデジタル化とそのデジタルデータを活用して、これまでの課題の解決を行う活動をいう。