高度自動化システムを実現するCAD／CAMと工作機械連携の最新動向

近年、製造現場では深刻な人手不足や熟練技術者の高齢化、製品サイクルの短縮化に伴い、さらなる設計・製造工程全体の効率化と高精度化が急務となっている。これを達成するには、設計から加工までの工程をデジタルデータでシームレスにつなぐCAD／CAM（コンピューター利用設計・製造）と、高度に制御された工作機械との連携が必要不可欠である。この連携は、CADデータの標準フォーマットにおけるデータ化と、CAMでの工具の選択や加工経路の計算による数値制御（NC）プログラム生成、およびマシニングセンターなどの工作機械による金属や樹脂の切削の自動化が連動することで成り立つ。

AI・ロボットの活用

高度な自動化を実現する最新技術としては、次の3点が挙げられる。

①AI（人工知能）によるCAMの支援

従来、ツールパス作成や加工条件の設定には熟練の加工技術者の経験が必要であった。しかし近年では、AIが加工形状を識別し、最適な工具選定や効率的なパスを自動算出する機能が進化しており、段取り時間の大幅な短縮と人的ミスの削減が実現している。

②デジタルツインによる無人稼働

ダッソー・システムズ「DELMIA（デルミア）」などの加工シミュレーション技術により、実機を動かす前にコンピューター上の仮想空間で加工プロセスを正確に再現できる。また、工具とワーク（加工対象物）の干渉や削り残しを事前に検出できるため、夜間や休日における信頼性の高い「完全無人稼働」が可能となっている。

③5軸加工機およびロボットセルとの連携

複合5軸加工機を活用することで、複雑形状の一発加工（工程集約）が可能になる。さらに、ワークの着脱を行う産業用ロボットや無人搬送車（AGV）とCAD／CAMデータを連携させることで、素材の供給から完成品の搬出までを一貫して自動化する「ロボットセル生産」が現実化している。

加えて、材料を削り落とす従来の除去加工や、型を用いた成形加工に対し、デジタルデータから材料を層状に積み重ねて形状を創出する「アディティブ・マニュファクチャリング（積層造形、AM）」が第3の製造技術として確立しつつある。かつてAMは、3Dプリンターに見られる「プロトタイピング（試作）」の域を出なかったが、装置精度、金属・樹脂材料の多様化、ソフトウエア（DfA）の統合が進むことで、製造業の競争力を決める最大の要素になっていくと考えられる。

AMは単なる「速く試作を作るツール」から、製品の性能向上、部品点数の削減、サステナブルなサプライチェーン（供給網）構築を可能にする「ものづくりの変革を推進する高度自動化生産セルとの連携」へと本格適用される段階に入っている。

このほか比較的定型的な機械部品の3Dモデリングにおいては、所望する部品のスケッチの入力により、類似のソリッドモデリングに加えて、実物をスキャンして得られる「ポイントクラウド（点群データ）」を起点とした3Dモデリングが普及した。さらに、従来、設計・生産までの多様なデルへの変換には多くの手作業と熟練技術が必要であったが、最近では、AI技術を活用したPointNetやDGCNNなどの手法により、点群から直接CAD／CAM・工作機械・ロボットがデジタルツインでつながるスケッチ押出履歴）を自動推定・抽出する技術が急速に進化している。すると考えられ、加工の自動化が完全に行われることは困難と思われる。また、より高度なCAD／CAM／コンピューターグラフィックス（CG）／仮想現実（VR）や、これらに関連するソフトウエアの開発においても様々な課題が残されている。

岡山理科大学
工学部 機械システム工学科 教授
田中　雅次

ソフト開発における課題

ここからは、このソフトウエア開発の課題について具体例を示して説明する。近年、AIによる自動プログラミング技術の発達により、プログラマーの需要が大きく減ることが社会問題として取り上げられている。その発達の結果として、定型的で繰り返し作業のようなプログラミング作業は大幅に削られるだろうが、開発中の新しい機械やデバイスを制御する、これまでにないプログラミングをAIができるほど、現在のAIは進化したとも思えない。学習されていないプログラミングは、結局は人が創造的に作ることになると考えられる。

ここで重要なのは、AIにできることと、できないことの境界線を明確にすることであり、また、その境界線はAIの今後の発達により変化することに留意し、AIをより効果的に活用することである。

当研究室では、機械製品・部品のスケッチ真を見て3Dに解釈する能力を、ロボットが持つような未来志向にも適用可能である。

対話型AIの「ChatGPT」では、イメージしたい対象物の特徴をテキスト入力し、連携する3D化エンジン（Meshy、Tripo3D、Luma AIなど）を介して3Dのポリゴンデータを自動生成できる。この3D化エンジンの一つである、Trosは、一般公開されていることから、当研究室の手法との比較をよく行っている。その概要を次に紹介する。

図1は機械部品のスケッチの例題1を、図2は歯車装置である例題2を示す。本手法では、あらかじめ基本的な形状のスケッチをスケッチフィーチャー（SF）として定義し、与えられたスケッチから線分が無くなるまでSFの自動検出と抽出を繰り返し、抽出された全てのSFを3D化して元のスケッチに合致するように組み立てることで、解を得る。

図3に代表的な4個のSFを示す。例題1において、図4（a）では、円柱と穴のSFを、DXF形式のCADデータから検出し（例えば、円柱なら2個の円とそれに接する平行な2直線として認識可）、図4（b）では、これらSFを抽出している。図4（c）では、補助線を加えて2個の直方体のSFを検出している。

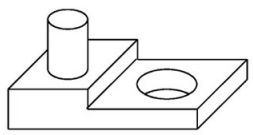
SFの3D化は、人の感覚と同じで、例えば直方体のスケッチであれば、正確な3Dの直方体に変換できる。その寸法は、図4（d）に示すように、人はスケッチをなるべく原寸大に描き、円柱は板に対して垂直に立つような感覚をルールとして適用すれば、実物に近い解が、図4（e）のように得られる。

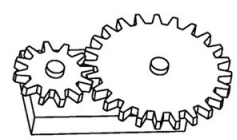
例題2では、図5（a）で2個の円柱のSFを検出し、図5（b）で2個の歯車のSFを検出している。この歯車の検出には、学習型の自動物体検出システムであるYOLOを用いている。図5（c）は、YOLOに学習させた歯車のスケッチのサンプルである。図5（d）では、歯車SFの抽出後を表し、この図もYOLOによって直方体SFの一部と検出され、抽出らが組み合わさった未知なるスケッチには適用が困難であることが推測される。

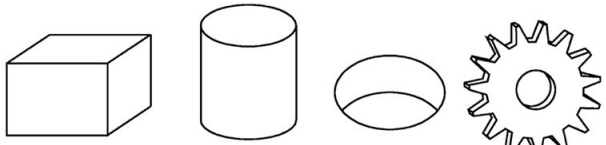
図6はTripoによる例題1の2通りの解を示す。Tripoは学習のみによる自動変換システムなので、同じ問題でも繰り返し与えることで異なる結果（推論）が得られる。図6（a）の解では、上から見て直方体が歪んでいるのが分かる。図6（b）の解では、直方体と円柱に空洞がある。このような解が得られた背景には、歯車装置自体は良く学習されていても、寸法は学習だけでは正確に再現できないことが推察できる。

これらの比較から結論付けられることは、本手法はSFに分解できないスケッチには適用できないが、解の寸法精度は高い。また、YOLOの活用により歯車や部分的な直方体のような、複雑で多少曖昧な対象物もSFにできた。ところが、学習だけのシステムでは、寸法のような具体的な精度には対応できないことである。

本手法は幾何学や人の知覚といった正確で妥当な論理と学習システムをハイブリッド化させているが、このようなやり方が、さらなる高度な自動化システムの実現の一助となれば幸いである。後も重要な課題となると考えられるが、人の作業の完全自動化は容易でないことは自明であり、特にAIの活用にはさまざまな課題があると思われる。例えば、前述のCAMにおける加工の熟練技術者の経験や勘のデータ化とそのコンピューターによる学習には、さまざまな制約条件が存在し、加工の自動化が完全に行われることは困難と思われる。また、より高度なCAD／CAM／コンピューターグラフィックス（CG）／仮想現実（VR）や、これらに関連するソフトウエアの開発においても様々な課題が残されている。


図1　例題1


図2　例題2


図3　代表的な4個のSF

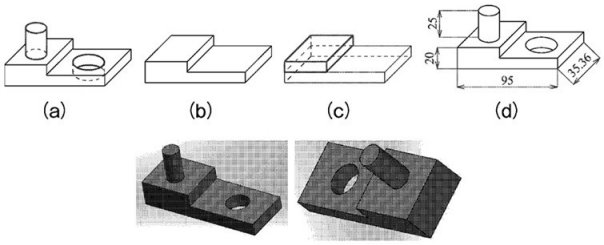


図4　例題1の変換プロセス

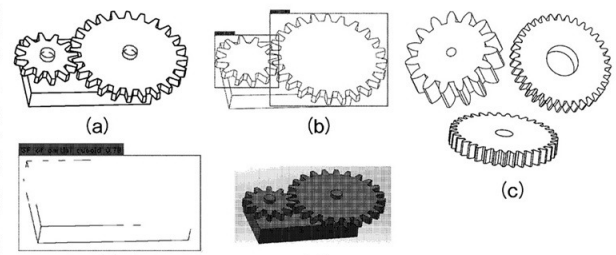


図5　例題2の変換プロセス

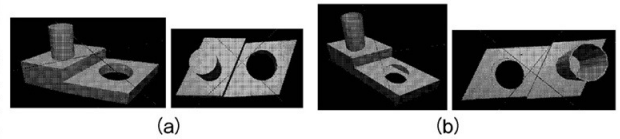


図6　Tripoによる例題1の2通りの解

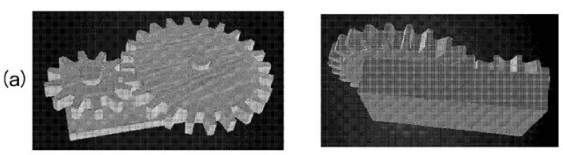


図7　Tripoによる例題2の2通りの解

無断転載・複写禁止ⓒ㈱日刊工業新聞社