

補助事業番号 2024M-474

補助事業名 2024年度 ラベル付与対象の提案機能を備えた3次元CAD形状検索システムの開発 補助事業

補助事業者名 古屋 貴彦 (山梨大学 工学部 工学科 古屋研究室)

1 研究の概要

本事業は、多数の3次元(3D)形状モデルから成るデータベースの中から、ユーザが欲する3D形状データを検索するシステムを開発する。従来の教師あり深層学習では、全ての3D形状データに対するラベル付けのコストが高い課題があった。そこで本事業では、少ない数の3D形状データのみラベルを付与するだけで、高い検索精度を得られる3D形状検索システムの開発を試みる。本事業内では十分な検索精度を達成することはできなかったが、機械製品開発の高度化(開発コスト削減、市場投入加速、国際競争力強化など)に繋がる有益な研究結果が得られた。

2 研究の目的と背景

【背景】：現在、多くの機械製品開発企業が大規模な3D形状データベースを社内で所有している。データベースの中から、過去に作成した3D形状データを効率的に検索し再利用できれば、製品開発の効率化が可能となる。現在の主流技術である「教師あり深層学習」では、全ての3D形状データに対して人手でラベルを付与する必要があるため、コスト面で現実的でない。ラベルを一切使用しない「教師なし深層学習」も存在するが、十分な検索精度を得ることが難しい。

【目的】：そこで本事業では、少ない数の3D形状データにのみラベルを付与するだけで高い検索精度を得られる3D形状検索システムの開発を試みる。アプローチとして「半教師あり深層学習」の技術を用い、ラベルを付与した少数の3D形状データとラベルのない多数の3D形状データを併せてニューラルネットワークの学習を行う。提案システムの中心となるのは、2つのアルゴリズム(最適なラベル付与対象をデータベースの中から自動的に提案するアルゴリズム、効果的な半教師あり深層学習アルゴリズム)である。

3 研究内容

(1)ラベル付与対象の提案機能を備えた3次元CAD形状検索システムの開発

<https://sites.google.com/view/takahikofuruya/jka成果公表>

① 機械部品3D形状データの収集とアルゴリズムの開発

25個の形状カテゴリに分類された約15,000個の3D形状から成るデータセットMechanical Component Benchmark [Kim et al., 2020]を収集した(図1)。また、検索システムのコア技術である「ラベル付与対象の自動提案アルゴリズム」と「効果的な半教師あり深層学習アルゴリズム(Few-shot距離尺度学習)」を開発した(図2)。



図1. 本補助事業で用いた機械部品3D形状データの例

「ラベル付与対象の提案機能を備えた3次元CAD形状検索システムの開発」JKA機械振興研究補助事業 (2024)



- 低いラベル付与コストと高い検索精度を両立した、AIベースの3次元CAD形状検索システムを開発。

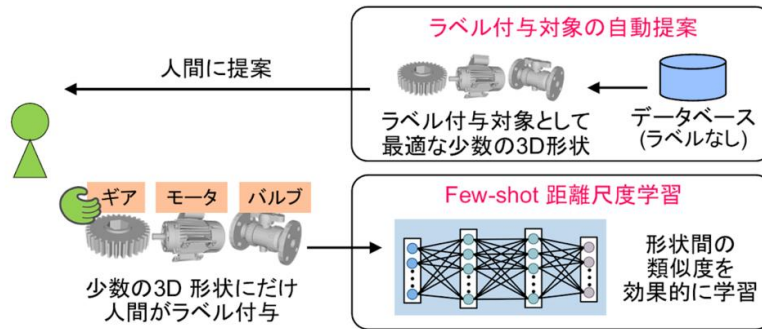


図2. 本補助事業で開発したAIベースの3D形状検索システム

② 研究成果の発表

研究代表者が中心となり、大学院生1名と共に研究を進めた。その結果、約1%のラベル付与率に対し、mean Average Precisionで約44%の検索精度を達成した。検索精度値にはまだまだ改善の余地があるが、実用的な3次元形状検索の実現に向けた「種となる」研究成果が得られた。本補助事業の研究成果は、情報処理学会 第87回全国大会（2025年3月13日（木）～15日（土））において発表した（図3）。

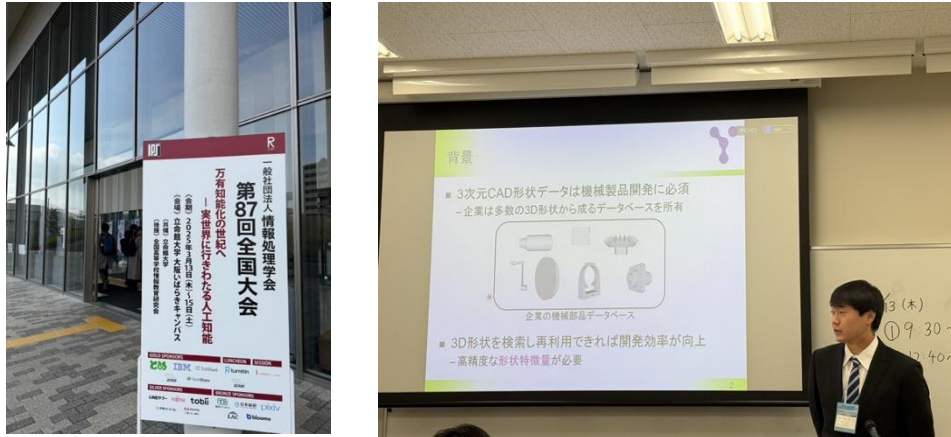


図 3. 情報処理学会における発表の様子(発表者は修士 1 年生の根本 浩暉さん)

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

AIベースの3次元CAD形状検索システムは、大規模なデータベースから類似形状を精度良く検索できるため、設計者は過去の設計資産を効率的に再利用・流用できるようになる。これにより、新規設計の工数が大幅に削減され製品開発プロセス全体の効率化、および新製品の製造コスト削減が見込める。開発期間の短縮によって企業は新製品をより迅速に市場投入できるようになり、ひいては国際競争力の強化につながると期待できる。

本事業では検索技術に焦点を当てて研究を実施したが、このようなAIベースの形状解析技術の発展が社会に与える影響は大きいと予想できる。例えば、機械設計のプロセスがよりデータドリブンになり、既存の部品や設計の新たな組み合わせから、革新的な製品開発が促進される可能性がある。さらには、製造業に限らず、建築、インフラ維持といった複数の業界を跨いだ3Dデータのデジタルトランスフォーメーションが加速することで、産業横断的な応用が期待できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究代表者は、人工知能技術を活用した3D形状データ解析の研究に従事している。例えば、2016年に世界初の3次元点群データ向けのディープラーニング技術であるDLANを発表し、3次元形状の検索精度を競う国際コンテストSHRECで1位を獲得した。2019年には「敵対的生成ネットワークを用いた3次元点群形状特徴量の教師なし学習」の論文が情報処理学会論文賞を受賞した。本補助事業の研究は、申請者がこれまでに培った3D形状データ解析技術を、産業界と橋渡しする重要な位置づけを持つ。また、本補助事業のような実応用を見据えた研究テーマは、学生に対する高い教育効果も見込める点で重要である。アイデアの着想、アルゴリズムの設計・実装・評価、研究発表の一連のサイクルを学生が経験することで、論理的思考力、問題解決能力、コミュニケーション能力といった技術者にとっての必須スキルを涵養することができる。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

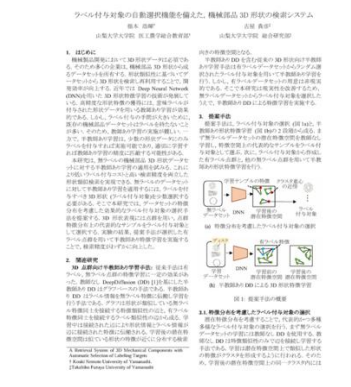
[発表論文1] 根本 浩暉, 古屋 貴彦, “ラベル付与対象の自動選択機能を備えた, 機械部品3D形状の検索システム”, Proc. 情報処理学会 第87回全国大会, 2025.

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

情報処理学会 第87回全国大会の予稿 [発表論文1]

<https://drive.google.com/file/d/1nxVI80CagrTtU7K5ktKkc6-vVa5cXjj/view?usp=sharing>



(2)(1)以外で当事業において作成したもの

SPAR2024J第20回3次元計測フォーラム ポスター展示

<https://drive.google.com/file/d/1mq-fdFSkRH7Wys-6W4ywt2AS-wZV1NI/view?usp=sharing>



8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 山梨大学 工学部(ヤマナシダイガク コウガクブ)

住 所：〒400-8511

山梨県 甲府市 武田 4-3-11

担 当 者：古屋 貴彦(フルヤ タカヒコ)

担当部署：工学科 コンピュータ理工学コース

E - M a i l : takahikof@yamanashi.ac.jp

U R L : <https://sites.google.com/view/takahikofuruya>