

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：22604

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12028

研究課題名(和文) アセンブリ構造を持つ三次元CADモデルの高精度検索に関する研究

研究課題名(英文) Study on Retrieval of 3D CAD Assembly Models with Different Layouts of Components

研究代表者

片山 薫 (Katayama, Kaoru)

首都大学東京・システムデザイン研究科・准教授

研究者番号：00336520

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では三次元CADを用いて作成されたアセンブリモデルを対象として、モデル全体の形状やモデルを構成する部品の形状・数だけでなく、部品の幾何学的な配置も考慮して高精度に検索する技術を開発した。アセンブリモデルの姿勢や位置の変化、モデルを構成する部品の大きさや形状の違いに対して頑健な検索を実現するため、アセンブリモデルの形状や部品配置を含む内部構造の違いを反映した投影データの計算方法を提案すると共に、得られた投影データに基づく検索アルゴリズムを開発した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we develop a retrieval method for assembly models created by using three-dimensional CAD. The proposed method distinguish not only the shape of an entire assembly model and the components constituting it, the number of the components but also the geometric layouts of the components. In order to realize robust retrieval against changes in orientation and position of an assembly model and against differences in size and shape of the components, we propose the method to reflect differences in internal structure of the assembly model to projections and the retrieval algorithm based on the projections.

研究分野：データ工学

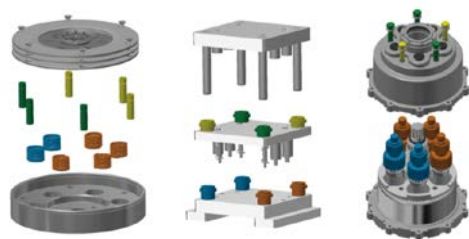
キーワード：CADモデル アセンブリ 検索 配置 投影

1. 研究開始当初の背景

三次元モデルを対象とした検索方法に関する研究は非常に多く、モデルの特徴や求められる検索方法に応じて様々な提案がある。しかしながら、本研究で対象とするアセンブリ構造を考慮した三次元 CAD モデルの検索方法に関する研究はそれほど多くない。従来、アセンブリモデルを対象とした検索では、そのアセンブリ構造をグラフで表現することによりグラフの検索の問題として扱うことが多い。部品の形状や部品間の接続方法等は、グラフの頂点や枝の属性として付与されている。本研究では、モデル全体やそれを構成する部品の形状だけではなく、部品の幾何学的な配置の違いも識別できる検索方法の開発を行うが、このようなグラフによるアセンブリ構造の表現では、部品の幾何学的な配置を表現することが難しい。

2. 研究の目的

本研究では、三次元 CAD を用いて設計された複数の部品から構成される機械製品等の三次元モデルを対象とし、そのアセンブリ構造を考慮したモデル検索技術の開発を目指す。本研究におけるアセンブリ構造とは、三次元モデルを構成する部品の組合せ方だけではなくその配置方法を含んだものを意味する。同じ部品から構成され形状が同じ三次元モデルであってもそれらの配置が異なることがあり、構成部品とそれらの形状だけを考慮した検索方法では十分ではない。本研究では、大量の三次元 CAD モデルが保管されたデータベースから、問合せとして与えられたモデル(問合せモデル) と同一の又は類似したアセンブリ構造を持つモデル、問合せモデルを含むモデル、問合せモデルに含まれるモデルを高精度かつ効率的に検索する技術を開発する。

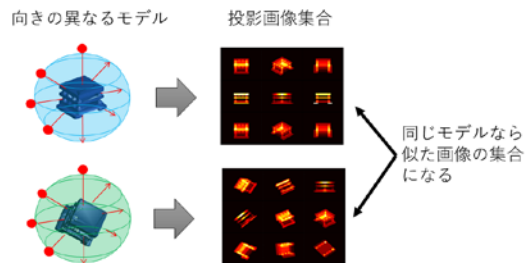


三次元CADアセンブリモデル

3. 研究の方法

検索対象となる三次元アセンブリモデルの位置や向きは事前に分からない。そこで、本研究では三次元モデルを様々な方向から投影して得られる投影データを用いて検索を行う。投影データには、アセンブリモデル全体の形状や、それを構成する部品の形状・配置が反映される。多くの方向から投影を行えば、モデルの向きに関わらず、投影データの集合としては似たものが得られる。二つのモデルの形状やアセンブリ構造がどの程度異

なるかは、それぞれの投影データ集合を比較することにより計算する。投影データ集合を比較する際、モデルの位置や向きによる投影データの変化の影響を軽減するため、ラドン変換とフーリエ変換を用いて投影データを変換する。システム開発には Matlab を利用した。



4. 研究成果

本研究では三次元 CAD 用いて作成されたアセンブリモデル(複数の部品から構成されたモデル)を対象として、モデル全体や各部品の形状・数だけでなく各部品の幾何学的な配置の違いを識別できる検索方法について研究開発を行った。



(1) 三次元 CAD アセンブリモデル編集システムの開発：本研究で開発したシステムの実験的評価を行うためには、様々な部品配置を持つ三次元 CAD モデルがベンチマークとして必要であるが、これまでの研究で用いられていたモデルは三次元モデルの形状を識別する能力を評価することに焦点を当てたものであったため、本研究で開発したシステムを評価するには適当ではなかった。そこで、インターネット上のデータベースから取得した三次元 CAD モデルを編集し、様々な部品配置を持つモデルを作成するシステムを作成した。

(2) 高精度なアセンブリモデル検索のための部品への数値割り当て方法の開発：モデルの特徴量は、その周囲の様々な角度からモデルを投影することによって得られる投影データから計算している。投影データは部品に割り当てる数値を反映しており、その値は検索精度に大きな影響を与える。本研究では各部品の体積に基づく数値の割り当て方法を開発し、それによって単純な割り当て方法に比べて大幅に検索精度を向上した。

(3) 部品名が統一されていないアセンブリモデル集合を対象とした検索方法の開発：アセンブリモデルを構成する部品には作成者によって異なる名称が付与されることが多く、そのような場合は名称によって同一部品であるかどうかを判別できない。我々は予め付与された部品の名称に影響されない検索方法を開発した。

(4) 大規模なアセンブリモデル検索方法の開発：ポリゴンメッシュで表現された三次元CADのデータを三次元配列に変換して処理を行う場合、モデルのサイズが大きくなると多くのメモリが必要となる。必要なメモリ量を削減し、より大規模なモデルを検索できるようにするため、三次元配列を分割して処理する方法を開発した。これとは別に、ポリゴンメッシュを直接処理する方法も開発し、必要なメモリ量と処理時間を削減した。また、アセンブリモデルを構成するサブアセンブリごとの特徴量を組み合わせてモデル全体の特徴量を計算することにより、検索精度を改善した。

(5) アセンブリモデルを対象とした部分検索方法の開発：アセンブリモデルのデータベースの中から、クエリとして与えられたアセンブリモデルに含まれるアセンブリモデル(部分モデル)を見つけ出すことを部分検索と呼ぶ。部分モデルの形状は、クエリとして与えられたモデルと同じではないため部分検索は容易ではない。本研究では、アセンブリモデルの投影をラドン変換して得られるサイノグラムをその特徴量とし、それらをビューベースの方法で比較することにより、問い合わせモデルをその部分モデルとして含むモデルを検索するシステムを開発した。さらに、アセンブリモデルを構成するサブアセンブリごとに、その幾何学的配置を考慮してサイノグラムを比較することにより、より精度の高い検索を可能とした。

(6) 深層学習を利用したアセンブリ検索方法の開発：アセンブリモデル全体や各部品の形状・数、各部品の幾何学的配置の違いを識別するための畳み込みニューラルネットワークの構成方法とその学習方法を開発し、用意したベンチマークを用いてその性能を検証した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① Kaoru KATAYAMA, Takumi SATO, Matching 3D CAD Assembly Models with Different Layouts of Components Using

Projections, IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, 査読有, vol.E98-D, pp.1247-1250, 2015, DOI: 10.1587/transinf.2015EDL8030

- ② Kaoru KATAYAMA, Takumi SATO, A Matching Method for 3D CAD Models with Different Assembly Structures using Projections of Weighted Components, Journal of Information Processing, 査読有, vol.25, pp. 376-385, 2017, DOI: 10.2197/ipsjjip.25.376

[学会発表] (計5件)

- ① 千田 伸男, 佐藤 拓実, 片山 薫, 部品を強調した投影画像による3次元モデルの検索手法とその実験的評価, 第8回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2016), 2016.
- ② 加藤 就, 片山 薫, サイノグラムの比較を用いた3次元アセンブリモデルの部分検索手法の提案, 第9回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2017), 2017.
- ③ 西田 翔, 片山 薫, 3DCADアセンブリモデルを対象とする畳み込みニューラルネットワークを用いた検索手法, 第10回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2018), 2018.
- ④ 佐藤 渉, 片山 薫, 3次元CADモデルのための部品配置を考慮したサイノグラムを用いた部分モデル検索, 第10回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2018), 2018.
- ⑤ 坂本 一成, 片山 薫, 久米 貴大, 構成部品の多いアセンブリモデルを対象とした同一モデル検索手法, 第10回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2018), 2018.

[産業財産権]

○出願状況 (計2件)

- ① 名称：3次元CADモデル部分検索方法
発明者：片山 薫
権利者：同上
種類：特許
番号：2017-032589
出願年月日：2017年2月23日
国内外の別：国内
- ② 名称：3次元CADモデル部分検索方法及び3次元CADモデル検索方法
発明者：片山 薫
権利者：同上
種類：特許

番号：2018-030202

出願年月日：2018年2月21日

国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

片山 薫 (KATAYAMA, Kaoru)

首都大学東京・システムデザイン研究科・

准教授

研究者番号：00336520