

大規模 3 次元 CAD モデルに対する閲覧向けモデル軽量化手法の開発

北海道大学 ◎伊豫田 大佑, 金井 理, 産総研デジタルヒューマン研究所 遠藤 維
構造計画研究所 坂本 英樹, 金谷 尚輝

要 旨

3次元CADシステムの普及により,設計対象の閲覧目的などにも3次元CADモデルの利用機会が増加している。しかし,部品点数が数千点に上る大規模な3次元アセンブリモデルの読み込みには莫大な時間がかかるため,モデルの軽量化が必要となる。本研究では,閲覧目的には不要と判定されたアセンブリ内部の不可視な部品や,部品内の形状特徴を削除することで,大規模アセンブリモデルを自動的に軽量化する手法を開発したので報告する。

1. はじめに

近年のCADシステムの普及と共に3次元CADモデルのサイズは急速に大規模化し,部品点数が数百点~数千点にのぼるアセンブリモデルの読み込みには莫大な時間を要する問題が生じている。そこで,モデル外形のみの閲覧を目的とする場合,閲覧に不要な部品や形状特徴を削除し,モデルの軽量化処理を行い解決する方法が考えられる。

これまでCADモデル軽量化手法の研究としては,CSG-treeを用いたモデルの多重解像度表現に基づく軽量化手法[1]や,部品毎のモデル描画によって外見上不可視な部品を特定し,それ以外の部品を残すことで軽量化を行う手法[2]などが提案されている。

本研究では,[2]の手法を拡張し,更なるモデル軽量化を図るため,図1のように各部品を構成する形状特徴の中で不可視な形状特徴を削除しモデル軽量化を図る手法の開発を目的とする。前報[3]では,複数方向からのモデルの描画によって,不可視部品のみならず,可視部品内の不可視な形状特徴も削除することで,従来手法[2]よりも高いモデル軽量化性能を持つことを確認した。しかし,前報では部品間相対位置などを定義する拘束関係も,部品や形状特徴の削除にともない削除され,軽量化後のモデルでアセンブリ構造を保てなくなる場合がある問題点があった。

そこで本報では,不可視部品や不可視形状特徴の削除を行う際に,部品間の拘束関係は削除しないように[3]のモデル軽量化アルゴリズムを改良したので報告する。

2. 形状特徴削除によるモデル軽量化手法

2.1 形状特徴毎のメッシュ生成 (図2 A-1)

本手法では,形状特徴単位での削除判定を行う為に,形状特徴毎のメッシュモデルを生成する必要がある。そこで市販CADシステムのAPIを用いて,ソリッドモデルの表面面分を三角形分割したデータをCADモデルの形状特徴毎に取得し,形状特徴毎のメッシュモデルとして外部ファイルに出力する。

2.2 形状特徴毎の最大露出率計算 (図2 A-2)

A-1で出力されたメッシュモデルが全方向から均等に描画されるよう描画回数・視点・描画方向を設定し,OpenGLを用いてメッシュモデルを複数回描画し,形状特徴毎の最大露出率を算出する。

2.3 削除対象の決定と削除処理 (図2 A-3)

最大露出率を用いて,以下に示す形状特徴毎の可視性を判定する「可視性判定」および,削除対象となる形状特徴と部品を決定する「形状特徴・部品削除処理」を行う。

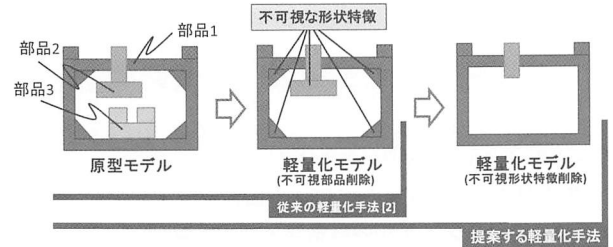


図1 従来手法[2]と提案手法との比較

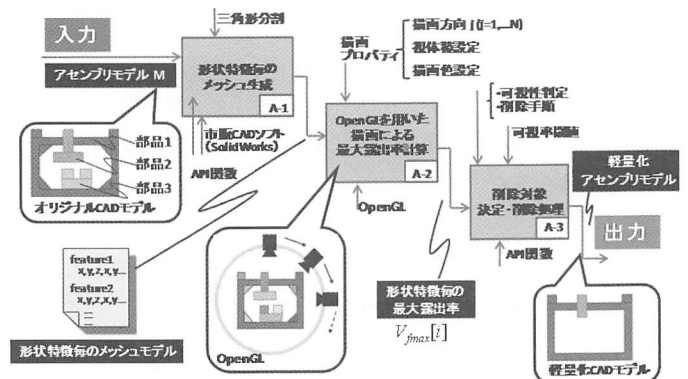


図2 提案する軽量化手法の概要図

(1) 可視性判定

A-2で求められた形状特徴*i*の最大露出率を $V_{f\max}[i]$,ユーザー定義値の可視率閾値を τ_v とすると以下の式(1)の条件を満たす形状特徴*i*をモデルの外側から観察できない「不可視」な形状特徴と判定する。

$$V_{f\max}[i] < \tau_v \quad (i=0,1,2,\dots,N_f) \quad (1)$$

(2) 形状特徴・部品削除処理

この処理では,「不可視」と決定された形状特徴の中から,「形状特徴の親子関係」と「部品間の拘束関係」に基づいて削除可能なものを決定し,これらを次節3の処理によりアセンブリモデル内から削除する。

3. 親子関係と拘束関係を考慮した削除処理

3.1 形状特徴間の親子関係を考慮したグラフ表現

形状特徴間には,形状定義の順序を規定する幾何学的な依存関係が存在する。この依存関係の上位にある形状特徴を「親」,親の削除に伴って削除されるべき下位の形状特徴を「子」とし,これを形状特徴間の「親子関係」と名付ける。この関係を表現するため,親から子の形状特徴に向かう有向辺を持つ図3の様なグラフを部品毎に作成する。

3.2 部品間の拘束関係を考慮したグラフ表現

アセンブリモデルを構成している部品間には相対的な位置や可動領域を定めた「拘束関係」が存在する。この拘束関係を保存しつつ軽量化を行う際、ある形状特徴を削除すると、それに関連した拘束関係が成り立たなくなる。そのため、拘束関係が定義された面や稜線を含む形状特徴は、軽量化の際の削除対象から除外する必要がある。

そこで、拘束関係を考慮した形状特徴の削除処理を行う場合、「拘束関係」が定義されている形状特徴を結ぶ無向辺を、図3(a)のように「親子関係」のグラフ上に追加する。

3.3 グラフを用いた削除処理

前節までの「親子関係」と「拘束関係」を表現するグラフ(図3(a))から、以下の手順に従って不可視な形状特徴をアセンブリモデルから削除する。

- ① グラフ内から「子を持たない」かつ「拘束関係の付いていない」ノードの集合を発見する。
- ② ①の集合内に不可視な形状特徴がある場合、この形状特徴のノードとノードに関連する親子関係を削除し、①に戻る。①の集合内に不可視な形状特徴がない場合、処理を終了する(図3(c))。
- ③ 全ての形状特徴が削除可能な部品は、その部品自身を削除する。

アセンブリモデル中の全部品に対してこの処理を繰り返すことで、軽量化後のモデルを作成することができる。

4. モデル軽量化実験の結果と評価

図4に、提案手法によりアセンブリモデルを軽量化した結果を示す。また、表1には従来の軽量化手法[2]との比較を示す。ここで、両手法ともに可視率閾値 τ_v は外形形状に大きな変化を与えない程度の値を設定した。またCADシステムは、SolidWorks2008を使用した。

図4より、本軽量化手法によって外形形状にほとんど変化を与えることなく、内部の部品および特に筐体内側のリブ等の形状特徴を効果的に削除し、軽量化が計られていることがわかる。また、拘束関係を保持した軽量化では、拘束付きの部品や形状特徴が、不可視でも正しく残されていることが確認できる。

表1に他の2種類のモデルに対する軽量化結果も合わせて示す。本手法によって拘束関係を無視した場合、部品削減率53%~76%、形状特徴削減率57%~77%、面分削減率49%~77%の軽量化が可能であることが判る。また、拘束関係を保存した場合にも、形状特徴や面分数に関し43%~69%と十分な軽量化が可能であることが確認できた。

5. おわりに

本研究では、複数方向からのモデルの描画によって、外見上不可視な部品のみならず、可視部品内の不可視な形状特徴も削除対象とすることで、従来のアセンブリモデル軽量化手法よりも高い軽量化性能を持つアルゴリズムを開発した。また、本報によって拘束関係を保ちアセンブリ構造を維持したモデル軽量化も可能であることを確認した。

参考文献

- [1] Sang Hun Lee, "Feature-Based Multiresolution Modeling of Solids", ACM Transactions on Graphics, 24(4), pp 1417-1441(2005)
- [2] 遠藤維, 金井理 "大規模アセンブリモデルに対する閲覧向けモデル軽量化手法の開発", 精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集 pp 15-16(2007)

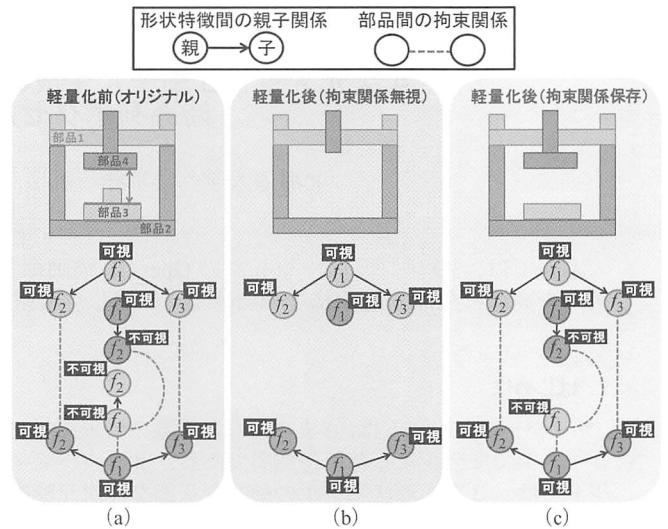


図3 親子関係・拘束関係グラフ

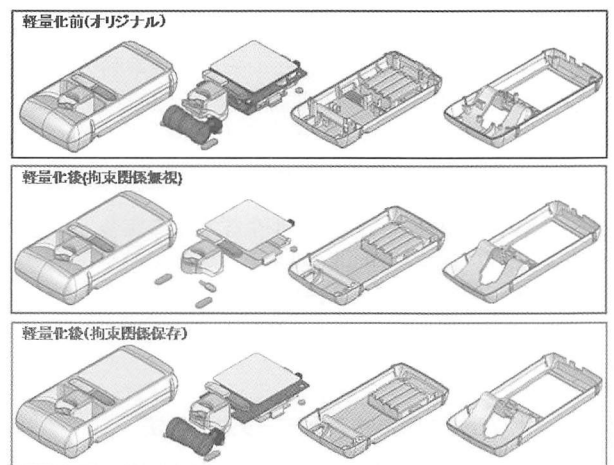


図4 アセンブリモデルに対する軽量化結果

表1 アセンブリモデル軽量化実験結果

モデル	手法	部品	形状特徴	面分
脈波計	オリジナル	59	538	9153
	従来手法	27 (54%)	398 (26%)	6601 (28%)
	提案手法 (拘束関係無視)	18 (68%)	232 (56%)	2860 (69%)
	提案手法 (拘束関係保存)	37 (37%)	306 (43%)	3433 (62%)
穿孔ロボット	オリジナル	415	421	7295
	従来手法	192 (53%)	192 (54%)	3964 (46%)
	提案手法 (拘束関係無視)	192 (53%)	178 (58%)	3726 (49%)
	提案手法 (拘束関係保存)	/	/	/
ガスコンロ	オリジナル	451	6537	57211
	従来手法	135 (68%)	2782 (57%)	24993 (56%)
	提案手法 (拘束関係無視)	108 (76%)	1508 (77%)	13074 (77%)
	提案手法 (拘束関係保存)	/	/	/

※ ()内は削減率を示す

- [3] 伊豫田, 他 "形状特徴削除による大規模アセンブリモデルの軽量化手法", 精密工学会秋季大会 学術講演会講演論文集(2009) (掲載予定)