

形状特徴に着目した多面体の類似判定アルゴリズム*

4R-8

向井伸治(前橋工業短大)**，古川 進(山梨大)†，黒田 満(豊田工大)††

1 はじめに

形状分類や形状診断といった問題を扱うに際しては、形状の比較法を構築しておくことが必要である。このための第一ステップとして著者らは、類似性の観点から凸多面体形状を比較する方法について検討を行い、その類似判定アルゴリズムを提案した[1,2]。本研究では、この考え方を発展させて、凹部を有する一般の多面体の形状を比較する方法の枠組みについて考察を行った。

形状の類似性に関する人の認識に近い判定を実現するためには、多面体形状の部分形状としての穴や溝や突起といった個別の特徴部分の存在に着目して比較を行うのが有効であると考えられる。そこで、立体の特徴抽出を行う一つのアプローチとしての凸多面体分解法を用いて多面体を表現する方法が新たに導入される。

以下では、凸分解による多面体の表現法について簡単に述べるとともに、特徴部分に着目して多面体の類似判定を実現するためのアルゴリズムについて基本的な考え方を示す。また実際に、いくつかの立体例について類似判定実験を行ったので、その結果についてもあわせて報告する。

2 二層構造による多面体の表現

多面体形状を比較するための前処理として、すべての要素が凸多面体である「依存情報を有する二層構造」で多面体(原立体)を表現することとする[3]。

二層構造は、最初の凸分解によって生成される凸多面体のツリー構造をもとに、葉の立体を原立体に返すバックワード・プロセスの繰り返しによって生成される。葉の立体が奇数次の立体であれば原立体から取り去り、偶数次の立体であれば原立体に付加することにする。このとき、新たに生成される立体に対して再凸分解を行う。ツリー構造が二層のレベルになるまで、この

プロセスを繰り返し実行する。最終のバックワード・プロセスで生成された立体の第1次凸包立体を基準立体として、二層構造の凸(+)部の最初に書き込む。各凸分解過程で生成された葉の部分の立体が原立体の特徴を表しているものと考え、これらを凸(+)部と凹(-)部の二層に整理して書き込む。その際、基準立体と各特徴部分との関係または特徴部分相互の関係を、依存情報として記述する。

以上の手続きにより、多面体の特徴が凸部分と凹部分とに二分されて主要部から細部までが明示的に記述される。図1に、多面体を二層構造で記述した例を示す。

3 類似判定アルゴリズム

多面体の類似判定は次の手続きによって実現できる。

- (1) 特徴分解による二層構造の生成とその比較
- (2) 特徴部分の形状の比較
- (3) 特徴部分の位置の比較
- (4) 構造, 形状, 位置の類似度から全体の類似性の判定

まず前節に述べたように、依存情報を持つ二層構造の生成によって多面体の特徴を表現する。二層構造の比較においては、構造が同じか否かを識別する。その際の着目点は、突起や穴や窪みといった形状特徴のタイプとその個数についての同一性、および特徴部分間の依存関係の同一性である。

構造が同じである場合には、二層構造の一番はじめの部分に書き込まれている基準立体の形状の比較を行

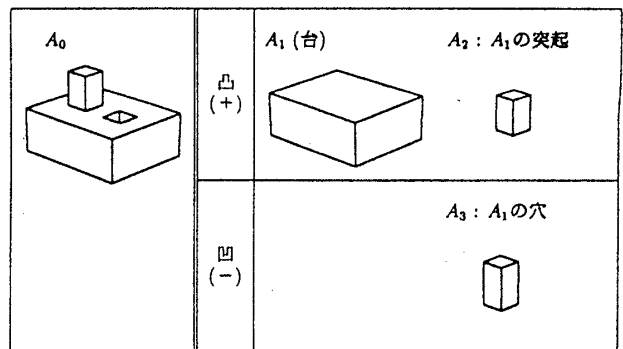


図1: 二層構造による多面体の表現

*An algorithm for determining similarities of polyhedra using form-feature decomposition

**Shinji Mukai, Maebashi City College of Technology

†Susumu Furukawa, Faculty of Eng., Yamanashi University

††Mitsuru Kuroda, Toyota Technological Institute

A_1 (台)	$\mu = 0.000$ $\sigma = 0.000$	$\mu = 0.000$ $\sigma = 0.000$	$\mu = 0.000$ $\sigma = 0.000$	$\mu = 0.216$ $\sigma = 0.017$	$\mu = 0.216$ $\sigma = 0.017$
A_2 : A_1 の突起	$\mu = 0.000$ $\delta_G = 0.291$ $\sigma = 0.000$ $\delta_x = 0.000$ $\delta_y = 0.000$ $\delta_z = 0.000$	$\mu = 0.000$ $\delta_G = 0.325$ $\sigma = 0.000$ $\delta_x = 0.000$ $\delta_y = 0.000$ $\delta_z = 0.000$	$\mu = 0.366$ $\delta_G = 0.073$ $\sigma = 0.021$ $\delta_x = 0.088$ $\delta_y = 0.064$ $\delta_z = 0.077$	$\mu = 0.000$ $\delta_G = 0.192$ $\sigma = 0.000$ $\delta_x = 0.060$ $\delta_y = 0.055$ $\delta_z = 0.072$	$\mu = 0.446$ $\delta_G = --$ $\sigma = 0.066$ $\delta_x = --$ $\delta_y = --$ $\delta_z = --$
A_3 : A_1 の穴	$\mu = 0.000$ $\delta_G = 0.000$ $\sigma = 0.000$ $\delta_x = 0.000$ $\delta_y = 0.000$ $\delta_z = 0.000$	$\mu = 0.000$ $\delta_G = 0.291$ $\sigma = 0.000$ $\delta_x = 0.000$ $\delta_y = 0.000$ $\delta_z = 0.000$	$\mu = 0.000$ $\delta_G = 0.000$ $\sigma = 0.000$ $\delta_x = 0.000$ $\delta_y = 0.000$ $\delta_z = 0.000$	$\mu = 0.000$ $\delta_G = 0.146$ $\sigma = 0.000$ $\delta_x = 0.062$ $\delta_y = 0.053$ $\delta_z = 0.073$	$\mu = 0.293$ $\delta_G = --$ $\sigma = 0.102$ $\delta_x = --$ $\delta_y = --$ $\delta_z = --$

図 2: 多面体の類似度テストの例 [(μ, σ): 形状の類似度, ($\delta_G, \delta_x, \delta_y, \delta_z$): 位置の類似度]

い、その類似度を求める。依存情報をもとに各特徴部分の対応関係を調べ、順次その形状と位置の比較を行い、類似度を求める。(2), (3)の手続きは、依存関係に基づいてより細かい特徴部分へと繰り返される。

特徴部分の形状の比較においては、先に構築した凸多面体の類似判定アルゴリズムが適用される。この手法は、比較する立体に固有な座標軸を設定して位置合わせを行ったのち、形状を規定している頂点の対応関係を求め、その位置のずれを用いて類似度を定量化するものである。類似の指標には、各対応頂点のずれの量の平均 (μ) とその標準偏差 (σ) を用いている。

特徴部分の形状が類似する場合には、その位置についての比較を行う。基準立体の固有座標系において、特徴部分の図心の位置およびその形状比較の際に決定された固有座標軸の方向を比較し、それぞれのずれの量を用いて位置の類似度を定量化する。ここでは、特徴立体の図心間距離で表現する指標 (δ_G) と、 x 軸、 y 軸、 z 軸の各方向の交差角を表す指標 ($\delta_x, \delta_y, \delta_z$) を採用する。これらの指標値の大小に基づき個別の特徴部分の形状と位置の類似性が識別できる。

最終的に、構造の類似性、各特徴部分の形状と位置の類似性から多面体としての類似性を判定するものである。その際、二層構造を用いて特徴部分を整理しているため、形状の凸部と凹部の視点、主要部と細部の視点という二つの見方から全体形状の類似のレベルを論ずることができる。具体的には、形状特徴の主要部分は同じであるが細部が異なるといった識別や、凸部分は似ているが凹部分が異なるといったような識別が実現可能である。

4 実験例

図 2 に、立体 A に対して B ~ F の立体を比較した実験例を示す。各立体についての依存関係を有する二層構造は図 1 に示されるように生成される。したがって、構造的にはすべて同一の立体である。基準立体 (台) と特徴部分 (突起と穴) がそれぞれ比較され、類似度が求められる。これらの結果より、特徴部分の位置のみが異なる立体 (B, C)、特徴部分の形状や基準立体の形状のみが相違する立体 (D, E)、部分形状のすべてが異なる立体 (F) であることがわかる。

5 おわりに

本報告では、形状特徴に着目して多面体の類似判定を実現する方法について考察した。この方法は、特徴分解によって依存関係を有する二層構造で多面体を表現することを出発点として、構造の類似性、各特徴部分の形状と位置の類似性から全体の類似性を捉えるものであった。種々の実験を通して、数値情報で表される類似度はわれわれの感覚によくマッチしていることがわかった。今後、より複雑な立体を扱っていく場合には類似性を表現する指標が増すので、これらを大まかに言葉で表現するためのシステムを考えていきたい。

参考文献

- [1] 向井伸治, 古川進ほか: 立体形状の比較法に関する考察, 情報処理学会第 34 回プログラミングシンポジウム報告集, pp.159-166, 1993.
- [2] S. Mukai, S. Furukawa, M. Obi and F. Kimura: An algorithm for deciding similarities of convex polyhedra, Computers & Graphics, vol.18, no.2, pp.171-176, 1994.
- [3] 向井伸治, 古川進ほか: 凸多面体分解による多面体の表現法について, 精密工学会秋季大会学術講演論文集, 1994.