

三次元規則パターン認識手法の研究 —非矩形型平行移動パターンフィーチャの認識—

北海道大学 ○近藤 大輔, 金井 理, 日本大学 溝口 知広

要 旨

本研究では X 線 CT 計測メッシュモデル中から, 3DCAD システムにおいて一定の平行移動や回転の繰り返しにより定義可能な部分メッシュを自動的に複数個発見し, その規則パターンフィーチャ定義に必要となるパラメータを高精度に推定する手法について開発してきた. 本報告では, これまで不可能であった非矩形型平行移動パターンフィーチャを, 3DCAD システム上で定義可能な規則パターンに自動で矩形分割する手法について報告する.

1. はじめに

X 線 CT 計測機などの非接触測定技術の発達により, 機械部品の計測メッシュモデルを容易に取得することが可能となっている. この様な計測メッシュモデルを製品の設計, 検査, 解析に用いるためには, 3DCAD システム上での形状定義操作とその形状定義パラメータを計測メッシュ上から自動認識し, そのパラメータを活用した 3DCAD モデル再構築手法が必要となっている. これまで, CAD モデル再構築のための形状定義パラメータ自動認識の研究例として, 押し出し面, 回転面, フィレット面, 対称性などの認識を対象としたものがある[1].

これに対し本研究では, 従来研究では取扱い例の無い, 基本形状を一定間隔で平行移動や回転し, CAD 上で「パターンフィーチャ」として生成できる三次元規則形状を自動認識する手法の開発を目的とする. 前報[2]では, 認識対象となるパターンフィーチャを, 平行移動, 回転, および平行移動・回転組み合わせ型の規則パターンに限定し, その基本形状と, パターンフィーチャ定義に必要となるパラメータを抽出する手法を提案した. しかし, 前報の手法では, 矩形領域に配置された平行移動パターンフィーチャのみしか認識することができないという問題点があった.

そこで本報では, 非矩形領域に配置された平行移動パターンフィーチャ (以後「非矩形型平行移動パターンフィーチャ」) を, CAD 上で定義可能な矩形型の平行移動パターンフィーチャの集合に分割し, そのフィーチャ定義に必要となるパラメータを自動的に抽出するアルゴリズムを提案する.

2. 非矩形型平行移動パターンフィーチャ認識手法

提案する非矩形型平行移動パターンフィーチャ認識手法は, 図 1 に示すように大きく 4 つの Step から構成される. 非矩形型平行移動パターンフィーチャ認識の矩形分割については Step3 で行われる.

Step1) 規則配置領域の抽出

まず, メッシュ上の各頂点の最大主曲率を計算し, シャープ頂点で囲まれた部分領域に, メッシュをセグメンテーションする[3]. 次に, ICP アルゴリズム[4]によって領域形状間の合同性評価を行い, 形状が同一な領域 R_i を要素とする規則配置領域集合 $R = \{r_1, r_2, \dots\}$ を前報[2]の方法で抽出する.

Step2) パターンタイプ, 定義座標の抽出

次に規則配置領域集合 R のパターンタイプを自動認識するために, 領域重心点群に対して, 直線→平面→円の順に幾何フィッティングを行ない, R を 4 パターン (1 方向平行移動, 2 方向平行移動, 回転, 平行移動・回転組み合わせ型パターン) のいずれかへ分類する. 最後に領域重心点群を定義平面に投影し, そのパターン定義座標を計算する[2].

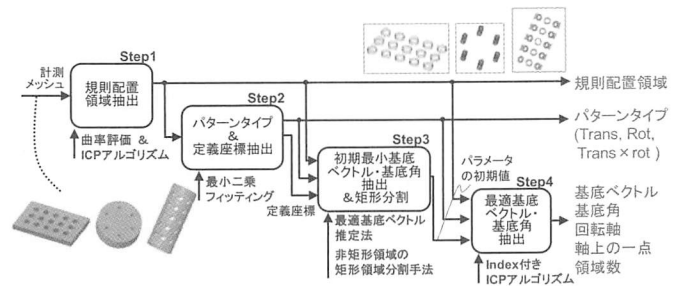


図 1 非矩形型平行移動パターンフィーチャ認識手法の概要

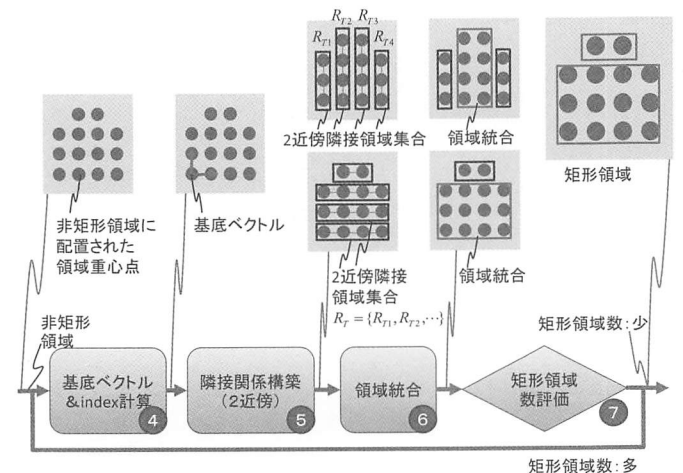
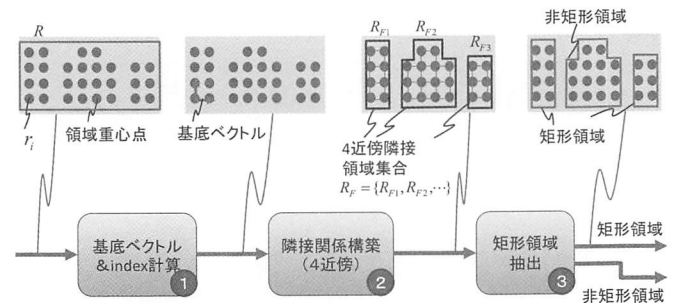


図 2 非矩形型平行移動パターンフィーチャからの
矩形領域抽出手順

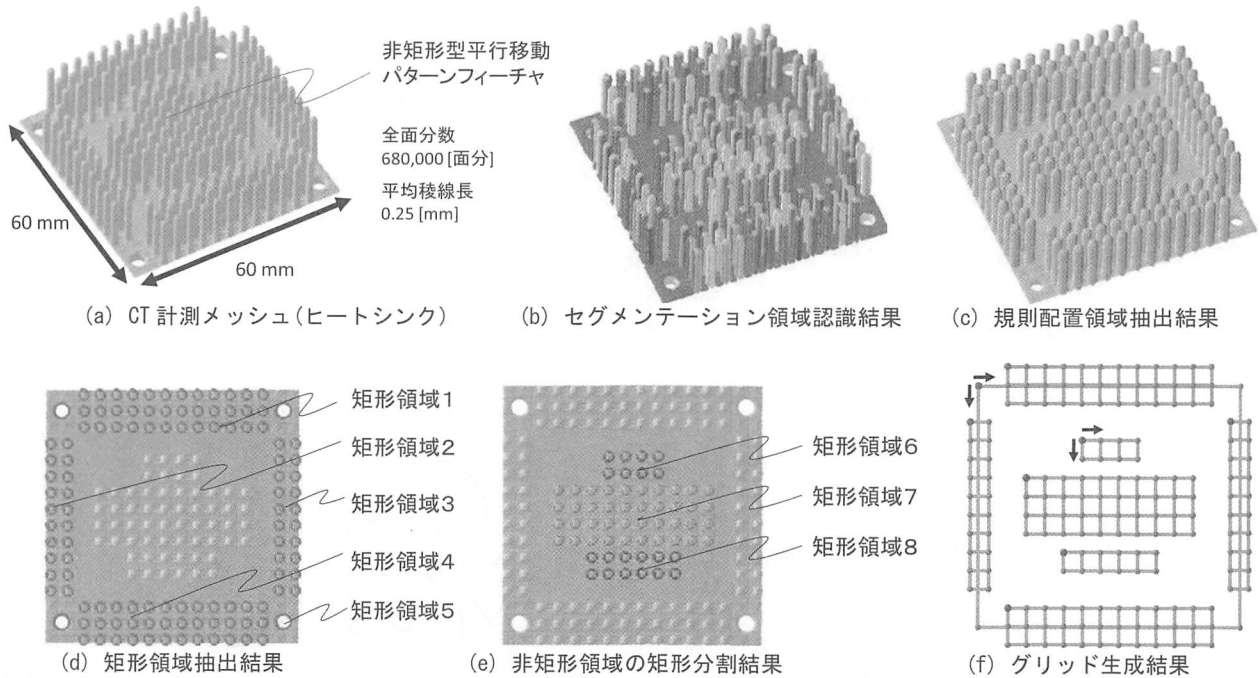


図3 非矩形型平行移動パターンフィーチャを有するCT計測メッシュに対する実行結果

Step3) 初期最小基底ベクトル・基底角抽出と矩形分割

分類されたパターンが2方向平行移動パターンフィーチャの場合のみ、図2と以下に示す手順で非矩形型平行移動パターンフィーチャの矩形分割を行う。

- 1) Step2で計算された領域重心点に対し、平行移動パターンの規則を定義する基底ベクトルと領域重心点のindexを[2]で述べた手法で計算する。(図2-①)
- 2) 1)で求められたindexに基づいて、上下左右の4近傍に合同な隣接領域をもつ領域同士を4近傍隣接領域集合 $R_F = \{R_{F1}, R_{F2}, \dots\}$ ($R_{Fi} \subseteq R$) とする。(図2-②)
- 3) 2)で求められた4近傍隣接領域 R_{Fi} が矩形領域もしくは非矩形領域かを判別する。全ての領域が矩形領域である場合は矩形分割処理を終了し、非矩形領域が存在している場合は4)に進む。(図2-③)
- 4) 非矩形領域に対して、1)と同様に、基底ベクトルとindexを計算する。(図2-④)
- 5) 4)で求められたindexに基づいて、基底ベクトル方向の上下もしくは左右に対応する2近傍が隣接している領域同士を、それ自身矩形領域である2近傍隣接領域集合 $R_T = \{R_{T1}, R_{T2}, \dots\}$ ($R_{Ti} \subseteq R$) と定義する。(図2-⑤)
- 6) 隣接領域集合 R_n 内の領域数が等しく、位置が隣接している領域同士について領域統合を行う。(図2-⑥)
- 7) 4)~6)を繰り返すことにより、統合後の矩形領域数が最小となる矩形分割方法を総当たり法により抽出し、その時の最小基底ベクトルを求める。(図2-⑦)

また、他の3パターンのうち、平行移動・回転組み合わせ型パターンにも同様に非矩形型パターンフィーチャが含まれていることもあるが、[2]の様に円筒座標変換を施せば上と同様の処理で取扱い可能である。

Step4) 最適基底ベクトル・基底角・回転軸・軸上の一点抽出

Step3で求めたパラメータを初期値として、各規則パターンを定義するための最適基底ベクトル・基底角・回転軸・軸上の一点を、index付きICPにより、[2]の手法で詳細に抽出する。

3. 実行結果と今後の課題

CPU用ヒートシンクをX線CT計測によって計測し得られた図3(a)の計測メッシュに対する、本手法による平行移動パターンフィーチャ認識結果を図3(b)~(f)に示す。

図3(b)にはセグメンテーションの結果を、図3(c)には抽出された規則配置領域を、図3(d)には4近傍隣接領域集合の構築後に抽出された矩形領域を示している。また図3(e)には、中央部の非矩形型平行移動パターンフィーチャが矩形分割された結果を示している。非矩形型平行移動パターンが、図3(e)に示す矩形領域5~7の3種類の矩形型平行移動パターンフィーチャに正しく分割されていることが判る。さらに図3(f)には、本手法により最終的に推定された矩形型平行移動パターンフィーチャを定義する定義パラメータから描画した各領域重心点規則配置を示すグリッドを示しており、妥当な基底ベクトルと領域数が認識できていることがわかる。また実製品の柱状部の設計寸法間隔3.73mmに対し、本手法により認識された領域間隔は3.72mm、また実製品の4隅穴部の各間隔48.2mm、50.8mmに対し、本手法により認識された領域間隔は48.1mm、50.7mmとなり、計測メッシュの平均稜線長が0.25mmであることから高精度な認識が可能であることが判る。今後は、抽出パラメータとパターンに基づいた3DCADモデルの自動生成が課題である。

参考文献

- [1] 例えば P. Benkó and T. Várady: Segmentation methods for smooth point regions of conventional engineering objects, *Computer-Aided Design*, 36(6) pp.511-523 (2004).
- [2] 近藤, 他: 三次元規則パターン認識手法の研究(第1報) —平行移動・回転組み合わせ型パターンの認識—, 2009年精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp.1123-1124 (2009).
- [3] 溝口, 他: Region Growing/ Merging を用いた効率的なセグメンテーション, *精密工学会誌*, 74(7), pp.752-759, (2008).
- [4] Rusinkiewicz, S., et al.: Efficient variants of the ICP algorithm, *Proc. of 3DIM*, pp.145-152 (2001).