

## CAD メッシュからの平面反射対称性認識

### Detection of Planar-Reflection Symmetry from CAD Mesh

○ 小山 貴裕\*, 溝口 知広\*\*, 小林 義和\*\*, 白井 健二\*\*

○Takahiro Koyama\*, Tomohiro Mizoguchi\*\*, Yoshikazu Kobayashi\*\*, Kenji Shirai\*\*

\*日本大学大学院, \*\*日本大学

\*Graduate School, Nihon University, \*\*Nihon University

**キーワード** : CAD メッシュ (CAD mesh), 平面反射対称性 (planar reflection symmetry)

**連絡先** : 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地

日本大学大学院 工学研究科 情報工学専攻 生産システム工学研究室 小山貴裕,

Tel:(024)956-8824,Fax:(024)956-8863,g23612@cc.ce.nihon-u.ac.jp

#### 1. 緒言

工業製品開発における設計や解析などの分野においては, CAD メッシュが広く利用されている. ここで言う CAD メッシュとは, ソリッドモデルを表面三角形分割して得られる, 歪みの大きな三角形を含んだ表面メッシュモデルである. 一方で工業製品表面には, その機能の観点から, 表面部分領域同士が, 平行移動, 回転, 平面反射といった対称な関係にある場合が多い. このような対称性を CAD メッシュから抽出できれば, 設計用 CAD モデルの再構築や解析用 CAE メッシュのデータ削減等に有効利用可能である.

メッシュからの対称性認識に関する過去の

研究例の多くは, 3 次元計測などにより得られる高密度メッシュを対象としており, CAD メッシュのように頂点数が数百ほどしかない低密度メッシュからは認識が行えない[1,2].

そこで本研究では, CAD メッシュを入力とし, 工業製品開発において最も頻繁に利用される平面反射対称性を安定認識可能な手法を提案する. また得られた平面反射対称性を利用し, メッシュ表面を対称な領域ペアと非対称領域とに分類し, さらにこれらをそれぞれ閉じたメッシュへと変換する手法を提案する. 本研究の概要を図 1 に示す. なお本報では, CAD メッシュから平面反射を抽出する

手法について述べる.

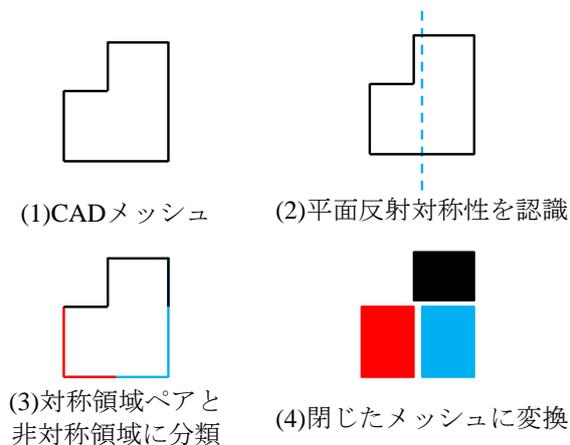


図1 概要

## 2. CAD メッシュの大きな反射平面の生成

本手法では, 以下の手順, すなわち(a1)-(a7)の処理を  $M$  回繰り返し行い, CAD メッシュからの平面反射対称性を抽出する.

- (a1) ランダムに2頂点( $v_{r0}, v_{r1}$ )を選択する.
  - (a2) ( $v_{r0}, v_{r1}$ )の中点 $c$ を計算する.
  - (a3) ( $v_{r0}, v_{r1}$ )の単位方向ベクトル $n$ を計算する
  - (a4)  $n$ を法線に持ち,  $c$ を通る平面 $P$ を計算する.
  - (a5)  $P$ 上で原点に最も近い点 $p$ を計算する.
  - (a6) 対称頂点ペア数 $N$ をゼロにセットする. 全頂点ペアのうちの $\alpha\%$ のペア( $v_{r0}, v_{r1}$ )に対して, (b1)-(b4)の処理を繰り返し行う.
    - (b1) (a2)-(a5)と同様にして, 単位法線ベクトル $n_{ij}$ , 平面上で原点に最も近い点 $p_{ij}$ を計算する.
    - (b2) 位置誤差 $e_{pos} = |\mathbf{p} - \mathbf{p}_{ij}|$ を計算する.
    - (b3) 方向誤差 $e_{dir} = \cos^{-1}(\mathbf{n} \cdot \mathbf{n}_{ij})$ を計算する.
    - (b4)  $e_{pos}$ ,  $e_{dir}$ がいずれも閾値 $th_{pos}$ ,  $th_{dir}$ 以下であれば,  $N$ を1プラスする.
- 繰り返し終了

- (a7)  $N$ が閾値 $N_{sym}$ 以上であれば, 平面 $P$ とこれに対称な配置にある全頂点ペアを保

存する.

以上を  $M$  回繰り返し終了する.

本論文の例題では, 閾値 $th_{pos}$ ,  $th_{dir}$ はそれぞれ0.001mm, 0.001degに設定した. 繰り返し回数 $M$ , 閾値 $N_{sym}$ , 割合 $\alpha$ は, モデルの頂点数や形状の複雑さに応じて設定した.

## 3. 実験結果

CAD メッシュから反射平面を抽出した実験結果を図2~図4に示す. 表示された平面は認識されたもののうち最も大きな反射平面と2番目に大きい反射平面である. 処理時間はCADメッシュの頂点の総数や繰り返し回数 $M$ , 割合 $\alpha$ に関する.

図2は頂点数504のコンロッドのCADメッシュを入力として, 繰り返し回数 $M$ を1,000回, 割合 $\alpha$ を100%,  $N_{sym}$ を20に設定し, 処理を行った結果である. 処理時間は31.3secであった. (a)は入力データになるCADメッシュで, (b)は反射平面を表示させたもの, (c)は最も大きな反射平面に対する対称頂点ペアを表示させたもの, (d)は2番目に大きい反射平面の対称頂点ペアを表示させたものである.

図3は頂点数7,465の間欠割出装置のCADメッシュを入力として,  $M$ を25,000回,  $\alpha$ を4%,  $N_{sym}$ を20に設定し処理を行った結果で処理時間は959.0secであった.

図4は頂点数3,636のピック&プレース装置のCADメッシュを入力として,  $M$ を25,000回,  $\alpha$ を4%,  $N_{sym}$ を20に設定し処理を行った結果で処理時間は253.8secであった.

以上の本手法により, モデル中に存在する平面反射対称性が正しく認識できていることが分かる.

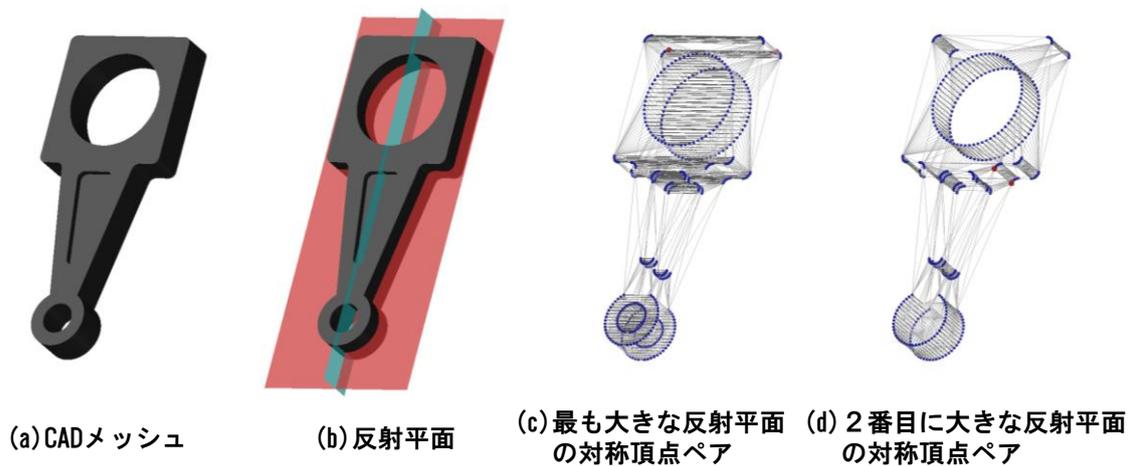


図2 コンロッドモデルに対する実験結果

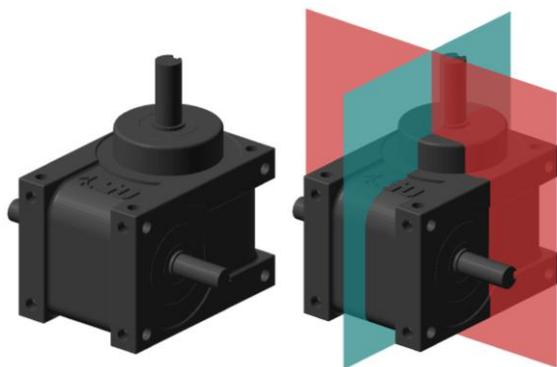


図3 間欠割出装置のモデルに対する実験結果

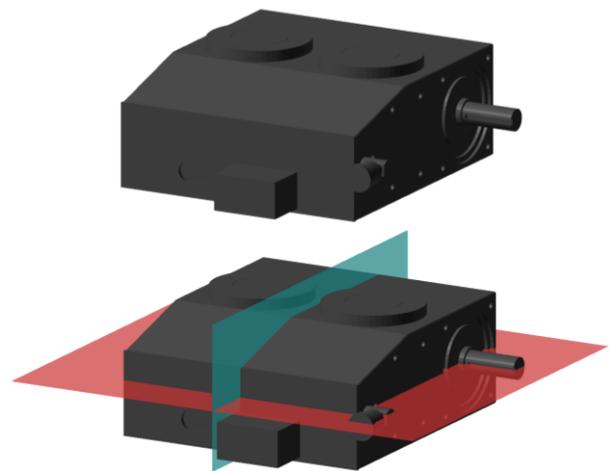


図4 ピック&プレース装置のモデルに対する実験結果

#### 4. 結論と今後の課題

本報では、平面反射対称性を安定認識可能な手法を提案し、その有効性を検証した。今後はメッシュ表面を対称な領域ペアと非対称領域とに分類し、これらをそれぞれ閉じたメッシュに変換する手法の開発に取り組む。

#### 参考文献

- [1] 溝口知広, 金井理: ICP とリージョンローイングを組み合わせた機械部品計測メッシュのユークリッド対称性認識手法, 精密工学会論文誌, 75 号 4 巻, pp.554-560, 2009.
- [2] N. J. Mitra *et al.*: "Partial and approximate symmetry detection for 3D geometry," ACM Transactions on Graphics, 25(3), pp.560-568, 2006.