

VRにおける凹形状の把持判定についての一手法

1H-5

守山圭介[†] 小堀研一[‡] 久津輪敏郎[‡]

[†]大阪工業大学 大学院 工学研究科

[‡]大阪工業大学 工学部

1. はじめに

VRにおいて仮想空間上の物体に操作を加えるさいに物体を掴んだかどうかの判定を行う必要がある。しかし、VRでは対話性が重要視されるため、その把持判定には高速さと正確さが要求される。扱う物体が凸多面体の場合にはこれらの条件を満たす様々な手法が提案されているが^{[1][2]}、扱う物体が凹多面体の場合には有効な手法が確立されていない。したがって凹多面体を凸多面体の集合で表現することで凸多面体における手法を凹多面体に応用することが考えられる。そこで我々は凹多面体を凸多面体の集合で表現する把持判定に有効な手法を提案し、その効果を検証したので報告する。

2. 凸包と四面体の集合による凹多面体の表現

本手法では凸多面体における方法を凹多面体に適用するため、凹多面体をそれを覆う凸包とその差分の形状を形成する四面体の集合（以下差分四面体群とする）で表現する。以下にその手法について述べる。

まず、与えられる凹多面体は、表面が全て三角網で形成されており、穴のない形状であるとする。その凹多面体において両側に接する面のなす角度が π 以下の稜線（以下凹稜線とする）を抽出する。

次に、抽出された凹稜線に対して以下のような処理を行う。

図1のように凹稜線ABの両側に接している面を構成する頂点のうち、凹稜線に接続していない頂点C、Dを結ぶ新しい稜線を生成し、その新しい稜線と凹稜線の端点A、Bを通る新しい2つの面ADC、BCDを生成する。このとき凹稜線とその左右に接する面は削除する。最後に頂点ABCDで形成される四面体を差分四面体群に加える。

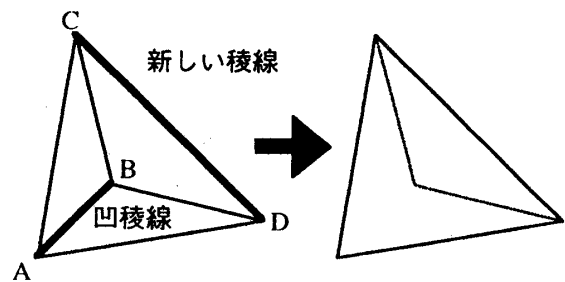


図1 凹稜線に対する処理

これらの処理を凹稜線がなくなるまで繰り返すことによって、最終的に凸包と差分四面体群を得ることができる。（図2）

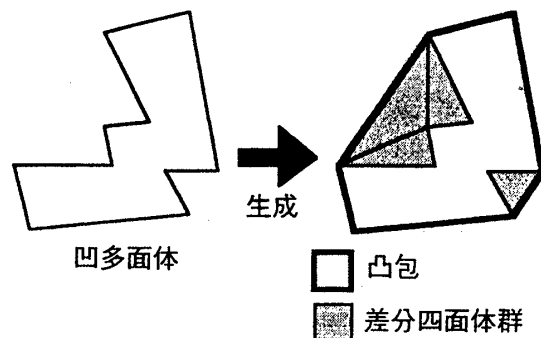


図2 凸包と四面体の集合（2次元表現）

A method for grasping a concave object in VR
 Keisuke Moriyama[†], Ken-ichi Kobori[‡], Toshiro Kutsuwa[‡]
[†]Graduate School of Engineering, Osaka Institute of Technology
[‡]Faculty of Engineering, Osaka Institute of Technology

3. 凹多面体における物体干渉判定

凸包と差分四面体群を用いた凹多面体の物体干渉判定について以下に述べる。物体干渉判定のアルゴリズムは2つの凸多面体間の最短距離を求めるアルゴリズム^[3]を応用している。このアルゴリズムは処理時間が扱う多面体の複雑さに影響されにくく、ほぼ一定であるという特徴を持つ。一般的にVRの把持判定で用いられている方法は点と凸多面体の内外判定であるが、このアルゴリズムを応用することによって手をサンプル点の集合としてではなく、立体的な形状として扱うことができ、より正確で自然な把持判定を行うことができる^[2]。

手の形状を直方体の集合で表現し、凹多面体はあらかじめ2.の方法で凸包と差分四面体群で表現しておく。把持判定は手を構成するそれぞれの直方体に対して以下の処理を行うことで実現される。

(1) 直方体と凸包との物体干渉判定を行う。もし干渉しているならば、直方体と凹多面体は干渉している可能性があるので(2)の判定を行う。干渉していなければ把持していないと判定できる。

(2) 差分四面体群に含まれる四面体と直方体との物体干渉判定を行う。もし、直方体が何れかの差分四面体に干渉していれば、把持していないと判定する。また、直方体がどの差分四面体にも干渉していなければ直方体と凹多面体は干渉しているので把持したと判定できる。このとき、原凹多面体に隣接している差分四面体から物体干渉判定を行うことにより高速に判定を行うことができる。

4. 実験および結果

本稿で述べた物体干渉判定の有効性を検証するため以下の実験を行った。

用意した4種類の凹多面体(A:28面体, B:36面体, C:48面体, D:60面体)に対して凸包と差分四面体群を生成し、その処理時間を測定する。

また、手の構成要素である直方体との物体干渉判定を行い、その平均処理時間を測定した。なお、計算機はSilicon Graphics社製のIndyを使用した。実験結果は表1の通りである。

表1 実験結果

| | 四面体数 | 生成時間 | 判定時間 |
|-----|------|---------|-----------|
| 形状A | 6個 | 10 (ms) | 0.74 (ms) |
| 形状B | 12個 | 16 (ms) | 0.75 (ms) |
| 形状C | 24個 | 24 (ms) | 0.87 (ms) |
| 形状D | 43個 | 39 (ms) | 0.98 (ms) |

この結果からわかるように凹多面体からの凸包と差分四面体群の生成および物体干渉判定は両方の処理時間を合わせても実時間で行うことが可能である。

5. 終わりに

本稿で述べた凸多面体の集合によって凹多面体を表現する手法を用いた物体干渉判定は、VRにおいて不可欠な対話性を十分に実現することが可能であり、有効な手法であることがわかった。今後の課題としてはデータグローブと3次元入力デバイスを用いた仮想空間内での実験や生成する差分四面体群の最適化等があげられる。

参考文献

- [1] 木島, 廣瀬: "人工現実感に於ける動作入力の研究", 第8回ヒューマンインターフェイスシンポジウム論文集, pp.399-404 (1992)
- [2] 守山, 小堀, 久津輪: "VRにおける物体干渉判定についての一考察", 情報処理学会第50回(平成7年前期)全国大会講演論文集(分冊2), pp.455-456 (1995)
- [3] M. C. Lin, J. F. Canny: A Fast Algorithm for Incremental Distance Calculation, Proc. 1991 IEEE ICRA, pp. 1008-1014 (1991)