

仮想現実感における

1 U-9

物体把持のための内外判定法

中山敦司 川勝大輔 小堀研一 久津輪敏郎

大阪工業大学 電子工学科

1 はじめに

仮想現実感において物体に移動や変形などの操作を行う場合、手で物体を把持するという操作が必要になる。この操作では目的とする物体を正確に選択できなくてはならない。このために著者らは点と物体の内外判定による把持判定法[1]を用いている。しかし、従来の内外判定法では凹多面体は外包直方体を用いるか、あらかじめ幾つかの凸多面体に分割しておかなければならないなどの問題点があった。そこで、本稿では凸、凹多面体に関係なく、任意形状に対して正確に内外判定を行うことが可能な方法を提案する。また、本手法と従来法を比較するために行った実験とその結果について述べる。

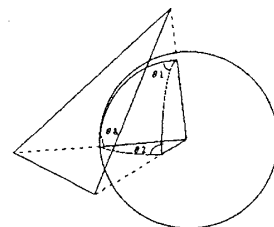
2 従来の内外判定法とその問題点

2次元においては点と多角形の内外判定法として、点と多角形の各頂点を結ぶベクトル同士の角度の和が 2π ならば多角形の内側、0ならば外側として判定する方法が提案されている。3次元では凸多面体に対する内外判定法は提案されており[2]、これは物体を構成しているポリゴンの法線を用いるもので、物体を構成するすべてのポリゴンに対し、点が法線と逆方向にあればこの点は物体の内部にあるとする方法である（以下、方法1）。しかし、凹多面体に対する具体的な方法は提案されていない。凹多面体に対してはあらかじめ凸多面体に分割しておく方法（以下、方法2）、物体の外包直方体を用いる方法（以下、方

法3）が提案されている[3]。しかし、方法2ではあらかじめ物体を分割しておくという処理が必要となり、方法3では、外包直方体に対して判定するため物体自身に対して正確な判定ができないといった問題があった。そこで立体角を用いて凸、凹多面体に対して正確に点の内外判定を行える方法を開発した。

3 立体角を用いた点の内外判定法

ここで扱う物体はポリゴンで構成されており閉曲面をなしているので、ガウスの積分定理により点の物体に対する立体角は、点が物体の内部にあれば 4π となり、外部にあれば0となる。これを利用するためには、点からみた1枚1枚のポリゴンの立体角の総和を求めなくてはならない。そこで1枚のポリゴンに対する立体角を求めるために、球面三角法[4]を用いる。



n = 3 の場合

図1 ポリゴンの立体角

まず図1のように点を中心とする半径1の球を考えると、三角形を球に投影した球面三角形の面積が立体角に対応する。この面積は球面三角法により

$$S = (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3 - \pi)$$

で求められ、ポリゴンがn角形の場合には

$$S = \left(\sum_{i=1}^n \theta_i - (n-2)\pi \right)$$

A checking method for a point inside a polyhedron in grasping an object of VR
Atsushi Nakayama Daisuke Kawakatsu
Ken-ichi Kobori Toshiro Kutsuwa
Osaka Institute of Technology
5-16-1 Ohmiya, Asahi, Osaka 535, Japan

に拡張できる。なお、ポリゴンには裏表があるので、立体角は点が法線と逆方向の場合は正とし、点が法線と逆方向の場合は負とする。そして物体全体に対する立体角を求めることによって点の内外判定が可能となる。

4 実験および結果

3章で述べた内外判定法の有効性を検討するために実験を行った。

実験システムは、手の位置の入力に3SPACE (Polhemus社製)を用いた。表示には液晶シャッター方式の立体眼鏡によって立体視を行った。立体映像の生成および3SPACEの制御にはIRIS Indigo (SiliconGraphics社製)を用いた。

実験内容は、ディスプレイ上に数個の物体及び実世界の手の位置と同期して動く判定点を表示させている。判定点が、本手法と方法1, 2では物体内部に、方法3では外包直方体内部に入ればその物体を動かすことができる。測定者が任意の物体を指定してから、被験者がそれを動かすまでの時間を測定した。これを以下の3種類の実験において本手法と他の方法に対して一人当たり5回ずつ行い、所要時間を比較した。実験の被験者は6名である。

実験1. 本手法と方法1との比較実験:

50面体の球を4個表示させて行った。

実験2. 本手法と方法2との比較実験:

凹14面体を4個用いたが、方法2には分割した形状のデータを使用し、本手法には同じ形状で分割をしてないデータを使用した。

実験3. 本手法と方法3との比較実験:

4種の多面体(凹14, 30, 50面体, 凸50面体)を隣接させて行った。

以上の3つの実験の結果を表1に示す。なお、時間は6名の平均値をとっている。

実験1, 2において、本手法のほうが方法1, 方法2より多少の時間の増加がみられる。これは立体角を求める計算量のためと考えられる。しかし、この計算量の増加は、結果から明らかなよう

に正確に物体を選択するという操作においてはリアルタイム性を失わない程度と考えられる。実験3において、方法3では物体が隣接している場合に、外包直方体どうしが重なっていて指定以外の物体を動かしてしまうことがあり、その場合には一旦それを離してから指定の物体を動かすという行動をとるために本手法より時間の増加がみられた。

表1 実験結果

実験1		実験2		実験3	
方法	時間(秒)	方法	時間(秒)	方法	時間(秒)
方法1	1.87	方法2	1.72	方法2	4.50
本手法	1.96	本手法	1.83	本手法	3.09

5 おわりに

本稿で提案した立体角を用いた内外判定法により、従来提案されていた凹多面体の内外判定法の問題点を解決した。本手法を用いれば、凸多面体だけでなく凹多面体にも適用でき、なおかつ正確な内外判定ができる利点がある。

6 参考文献

- [1] 川勝, 長田, 小堀: "人工現実感における物体の把持判定アルゴリズム", 第37回システム制御情報学会講演論文集, pp.617-618 (1993)
- [2] 安居院, 中嶋: "コンピュータグラフィックス", 昭晃堂, pp.56-57 (1992)
- [3] 平池, 篠原: "仮想作業スペースにおける物体把持方法", 情処第45回全大1D-4 (1992)
- [4] 穂刈: "平面球面三角法", 共立出版, pp.158-178 (1972)