

3T-5

光線追跡法による干渉チェック

村上 公一, 広田 克彦

(株) 富士通研究所

1. はじめに

コンピュータアニメーションでは、物体間の衝突を検出する「干渉チェック」機能が必要となる。落下物体が床に衝突する時刻やロボットの足と接する時刻をあいまいに指定することによって、例えば、「足の一部が床に接するまで、脚を下ろせ」と云うような動作記述が可能となる。

しかし、従来のシステムではモデラ、レンダラと干渉チェックが統合化されていない問題点があり、効率的な処理ができなかった。これを解決するために、筆者等は干渉チェック機能をレンダラであるレイトレーシングと同じ枠組みに統合化した。レイトレーシングは、一般に処理が遅いと考えられているが、ボクセル等を使った最近の高速化技術[1]や干渉チェック特有の要求事項によって、効率的な計算が可能となると考えられる。

本論文では、レイトレーシングを使った干渉チェック方式の原理と、高速化方式について述べる。

2. 干渉チェックの指定

アニメーション記述から干渉チェックに対する要求事項として以下の項目が考えられる。

(1) 注目物体の指定

コンピュータアニメーションではデザイナーが動きの流れを把握しているために、機械部品等の干渉チェックとは異なって、「ある注目物体は物体Oと干渉するか」、あるいは「ある注目物体は任意の物体と干渉するか」の二種類の述

語が入力となる。

(2) 映像と同程度の精度

機械部品に要求される場合とは違って、生成される映像レベルの精度が良い。即ち、見た目には違和感がなければ良いという立場である。

3. 干渉チェックの原理

本方式では、RothのCSG評価方式[2]と同様に光線に沿った物体の存在領域を調べることによって、干渉チェックを行う。即ち、ある光線と交差する物体の入射点と出射点の距離から、物体の干渉を計算する。方式を以下に示す。

(1) 交点の算出

注目物体(F)とこれと干渉しそうな物体(O_i, i=1,1)に対する入射点と出射点を算出する。ある物体に対する入射点と出射点で定義される線分が、一次元的に表わされた物体の存在領域となる。

(2) オーバーラップのチェック

交点を近い方からソートし、その結果を調べる。注目物体の存在領域内に他の物体の交点が存在しない時には、注目物体は他の物体とは干渉していないことが分る。

この原理を図1に示す。物体A, Bに対する入射点をそれぞれ, A_{in}, A_{out}, B_{in}, B_{out}とする。これらの点は実際には光線パラメータ, t_{Ain}, t_{Aout}, t_{Bin}, t_{Bout}で表現される。区間 t_{Ain} - t_{Aout}がこの光線に沿う物体Aの存在領域となる。この例では,

$t_{Ain} < t_{Bin} < t_{Aout} < t_{Bout}$ なので、物体Bが物体Aの存在領域に入ってい

ること、即ち二つの物体が干渉していることが分る。

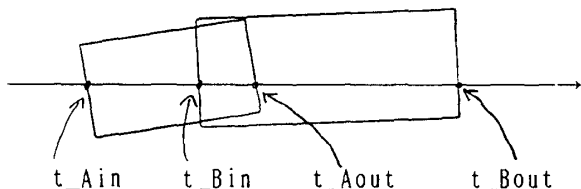


図1 干渉チェックの原理

筆者が実現したレイトレーシング [1] では映像生成の過程でCSG演算を行うことができる。この方式では、虚物体が存在することになり、交点は必ずしも可視点とはならない。しかし、上で示したアルゴリズムで入射点と出射点を、CSG評価された入出射点（CSG交点と呼ぶ）と考えることによって、本方式を容易に拡張することができる。これらのCSG交点は、筆者等の提案した状態木方式 [1] によって算出される。

ポリゴンに対する干渉チェックでは、CSGモデリングによって定義された形状に対して干渉チェックを行うことができない欠点がある。これに対して、本方式では複雑な形状が、複雑な相対位置関係に置かれていても、処理することができる特徴がある。

4. 処理方式と高速化

本方式では、干渉チェックの高速処理を行うために、以下の工夫を行った。

(1) ボクセルによる粗いチェック

ボクセルを用いて干渉しそうな場合を高速に検出する。注目物体とチェック対象物体が同一ボクセル要素に存在しない場合には、詳細計算を省くことができる。

この粗い計算において、干渉チェックの際の時間に対するサンプリングの問題（見逃しの問題）も以下の方式によって解決される。物体の動くボクセル要素集合（動作空間集合）を考える。注目物体の動作空間集合と他の物体のそれの積集合が存在すれば、干渉する可能性がある

ことが言える。従って、非干渉は見逃しなく判定できることになる。

(2) 詳細計算

前述した要求事項(1)から注目物体と交差する光線だけを計算すれば良い。このため、注目物体が存在するボクセル要素を通過する光線のみを処理することによって、交差判定を行う光線数を大幅に減少させることができる。

一般に、ボクセルを用いる高速化レイトレーシングでは、ボクセル空間のトラバースを高速に行うために3DDDA [1]を用いる。これは、透視変換を実現するために必要な処理であるが、本方式では任意の方向からの光線束について評価を行えば良く、また平行投影で良いため、ボクセル空間のある軸に対して平行に光線をトラバースすれば良い。この処理は一方向のボクセルインデックスをインクリメントする処理で高速に実現できる。

また、要求事項(2)からサンプルに用いる光線数はレイトレーシングに用いる光線数と同程度で良いことが分る。

5. まとめ

レイトレーシングの枠組みでアニメーション記述に必要な干渉チェック機能を実現した。レイトレーシングの高速化と同様に、ボクセルを用いた高速化を行って高速な処理を実現した。

[謝辞] 本研究に議論等で御援助して下さいました石井システム研究部長と白石研究室長に感謝します。

[参考文献]

[1] 村上, "セルラアレイプロセッサ CAPによるレイトレーシング", 情処研報(86-CAD-22-2) Vol.86, No.46. (1986)

[2] Scott D. Roth, "Ray Casting for Modeling Solids", Computer Graphics and Image Processing, Vol18, 1982