

### 3次元仮想空間におけるオブジェクト間の衝突検出の一技法

2ZB-3

山地秀美 新藤義昭  
日本工業大学 工学部 情報工学科

#### 1. サイバーレーダ：距離画像による衝突検出法

CG技術における衝突検出アルゴリズムの多くは、オブジェクトを囲む包囲立体を木構造などで定義し、包囲立体の重複を検出する方法が取られている[1][2][3]。これらの技法は、オブジェクトの形状の複雑さや、動くオブジェクトの数などによって、計算コストが大きく変化するという問題点がある。

本論文で提案する「サイバーレーダ」は、探索位置から探索方向に、低解像度の描画を直交投影法で行ない、陰面消去用のデプスバッファ内の距離画像を解析することで、障害物探知、衝突検出、目標物捕捉等を行う。

本技法の計算コストは、通常の描画時よりも低い解像度の距離画像を得るだけのコストである。このため、サイバーレーダによる障害物探査や衝突判定の計算コストは、障害物の形状の複雑さや数が増大しても、1回もしくはそれ以下の描画処理のみとなる。

また、高速描画ハードウェアが利用できる環境では、サイバーレーダの計算コストも小さくなる。移動するオブジェクトの数が増えても、その数に比例したコストのみで実現できる。

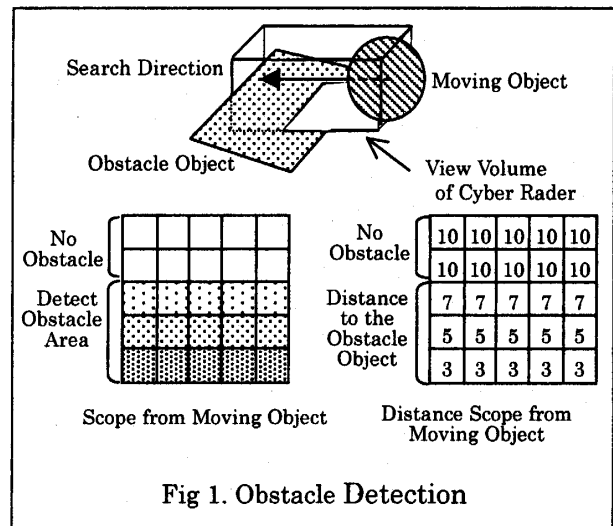
従来の衝突検出アルゴリズムのように、仮想空間に存在するオブジェクトの情報を管理するのは対照的に、本技法は、移動するオブジェクトの移動領域の距離情報だけで、オブジェクトの探知および衝突検出が可能である。

#### 2. サイバーレーダによる仮想空間上のオブジェクト探知

本技法を用いることにより、仮想空間内の特定の領域におけるオブジェクトを探知することができる。

まず、判定する領域の一端から、領域を包含するビューボリュームを定義して描画を行なう。この時作成されるデプスバッファから距離画像を取得する。距離画像に最大値未満の点があれば、そこにオブジェクトが存在すると判断できる。探知

されるオブジェクトが大きければ、低解像度の描画で探知可能なので、計算コストを低減することができる。高精度で探知するには、高解像度のデプスバッファを作成する必要がある。低解像度で探知し、オブジェクトの存在する領域を特定した後に、その領域だけを、高解像度で解析することで、オブジェクトの微細な形状の探知を行なうことも可能である。



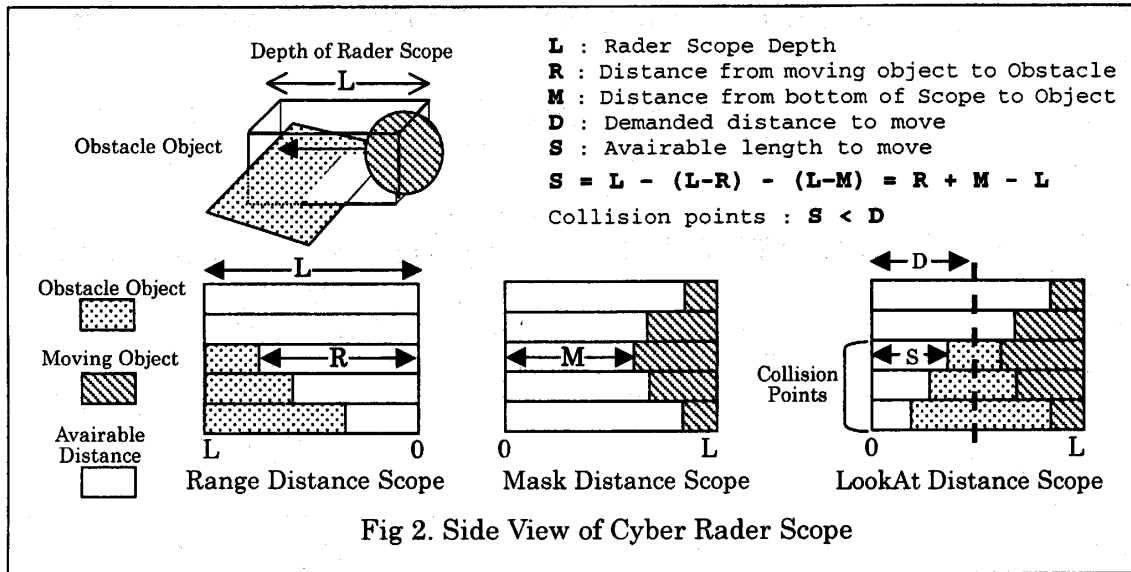
#### 3. サイバーレーダによる衝突検出

移動するオブジェクトの衝突検出は、オブジェクト探知技法を元に、以下のような方法で行なうことができる (Fig.2)。

- (1) オブジェクトの位置から移動方向に直交投影法で移動量に等しい奥行きビューボリュームを作り、オブジェクト以外を描画した距離画像を作成する (探査距離画像 Range Distance Scope)。
- (2) 移動先の位置からオブジェクトの方向を向いたビューボリュームを作り、オブジェクトだけを描画した距離画像を取得する (マスク距離画像 Mask Distance Scope)。
- (3) 探査距離画像とマスク距離画像から、移動可能な範囲を求める (照準距離画像 LookAt Distance Scope)。
- (4) 照準距離画像から、衝突位置 (要求された移動量未満の点) を求め、衝突判定を行う。

衝突検出の対象となる空間は、現在位置から移動先までの領域となるので、この領域だけを含む

"A Collision Detection Algorithm for 3D Virtual space"  
Hidemi Yamachi : yamachi@nit.ac.jp  
Yoshiaki Shindo : shindo@nit.ac.jp  
Nippon Institute of Technology



ビューボリュームを直交投影法で作成する。直交投影法によって作成されるビューボリュームは直方体になるので、任意の形状のオブジェクトの衝突を検出するには、そのオブジェクトの形状に合わせたマスク画像を作る必要がある。また、オブジェクトの移動方向は任意なので、移動するたびに、移動しようとする方向から見たオブジェクトのマスクを作成する。衝突検出の精度は、作成する距離画像の解像度に依存する。距離によって解像度を変化させたり、最も近距離の領域だけ高解像度で描画した距離画像を分析することにより、少ないコストで高精度の衝突検出が可能である。

#### 4. 衝突位置の特定と、反跳方向の制御

衝突による反跳を制御するには、衝突位置とその点の法線ベクトルを知る必要がある。これらの情報も、以下のような方法により、距離画像を利用して求めることができる。

- (1) 照準距離画像の MinMax テストにより、衝突領域を囲む領域を求める。
- (2) 領域の頂点座標値の平均を求め、衝突位置とする。
- (3) マスク距離画像の対応する衝突位置とその周辺画素の距離の値から、衝突位置の法線ベクトルを近似する。
- (4) 法線ベクトルと運動方向ベクトルから、入射角および反射角を求める。

衝突が起こる場合、照準距離画像に現れる衝突領域は、1点以上になるが、連続とは限らない。

そこで、衝突する画素の上下左右の最大値を調べ、その座標の平均値を衝突位置として利用する。

衝突位置とその周囲2点の距離の値を使って、3点を結んだ三角形の平面ベクトルを求め、法線ベクトルとする。

衝突位置および法線ベクトルの精度は、距離画像の精度に依存する。

#### 5. サイバーレーダによる衝突回避と目標物捕捉

衝突検出は、同時に衝突回避を可能にする。移動量に依存せずに、一定の距離の距離画像を利用して、ある範囲内にオブジェクトが存在する場合は、そのオブジェクトを回避するように動きを制御することが可能である。さらに、距離画像と合わせて、カラーバッファの情報を解析して特定の色や形状を持った、一定距離にあるオブジェクトを検出することができる。この場合、直前の検出時の位置との差分から、対象となるオブジェクトの相対的な移動方向や速さを検出して、そのオブジェクトを追跡、捕捉することが可能である。

#### 6. サイバーレーダの課題

サイバーレーダは、直交投影法を使って距離画像を作成するため、解析対象となるビューボリュームは柱状となる。しかし、オブジェクトが回転した場合は、柱状ではなくなる。柱状の空間で近似できるように、回転を微細に行なうなどの方法が考えられる。

#### 参考文献

- [1] "OBBTree: A Hierarchical Structure for Rapid Interference Detection", Gottschalk, S., Lin, M.C., Manocha, D., Proc. of ACM Siggraph '96, 173.
- [2] Collision Detection between Geometric Models: A Survey M. Lin and S. Gottschalk. Appeared in the Proceedings of IMA Conference on Mathematics of Surfaces 1998.
- [3] "I-COLLIDE: An Interactive and Exact Collision Detection System for Large-Scaled Environments" J. Cohen, M. Lin, D. Manocha and K. Ponamgi, Proceedings of ACM Int. 3D Graphics Conference, pp. 189-196, 1995