

球体近似を用いた三次元交差判定法

Decision of 3D Interaction Method Using Approximation to Sphere

大木崇嗣*, 大久保重範*, 及川一美*, 高橋達也*

Takashi Oki*, Sigenori Okubo*, Kazumi Oikawa*,
Tatuya Takahasi*

*山形大学

*Yamagata University

キーワード： 3DCG (3DCG), モートン順序(Morton Order), 八分木 (Octree),
球体近似 (Approximation to Sphere), 交差判定 (Decision of Interaction)

連絡先： 〒992-8510 山形県米沢市城南4-3-16 山形大学 工学部 機械システム工学科 大久保研究室
大久保重範, Tel.: (0238)26-3245, E-mail: sokubo@yz.yamagata-u.ac.jp

1. 緒言

近年の3D技術は目覚ましい進化を遂げ、本物により近い表現が可能となった。この3Dを利用した建造物や地形をリアルにディスプレイ上に表示し、ユーザーが自由に歩き回れるインタラクティブアニメーションソフトウェアが存在すれば、写真や動画に変わる新しいメディアになるのではないかと考えられる。しかしながら、リアルな表現において光や質感の表現と同じくして重要視されるものが衝突判定である。例えどんなにリアルな質感を持つ壁が存在しても、それらをすり抜けてしまえばすべてがノンリアルとなってしまう。そこで本研究では、建造物として旧米沢高等工業学校を使用したインタラクティブアニメーションの製作を行い、リアルさの表現の一つである人物と壁との衝突の表現を第一の目的とする。

2. 交差判定

2.1 交差判定とは

なぜ交差判定が必要なのか。

3Dのモデルを空間上に配置しただけではモデル同士の相互関係はこの状態では全く存在せず重なってしまう。物体同士の存在をこちらから用意してあげる事で、初めてお互いを判断する事が出来る。この存在の確認の方法に交差判定を用いるのである。

2.2 球体近似

現在、交差判定には様々な手法が開発されているが、概ね以下の3つの手法に大別される。

- Ray Tracing(線分交差)
- Bounding Box(立方体, 直方体)
- Bounding Sphere(球体)

この中でも、特に交差判定の条件が一番少ない Bounding Sphereを用いることにした。

球体同士の交差はお互いの半径の大小のみで判断する事で高速に判定出来る反面、モデルを球体で囲んでしまう為に詳細な判定が難しいという欠点がある。

そこで、モデルを球体で囲むのではなく、モデルの形状を球体で近似させることでこの欠点を補えるのではないかと考えた。

3. 判定方法

3.1 八分木

モデルの形状の把握には八分木と呼ばれる木構造を用いた[1,3]。Fig.1の様にモデルを内包する立方体(以下:空間)を用意し、その空間を指定した階層分だけ分割する事でモデルの大まかな形状を把握する。

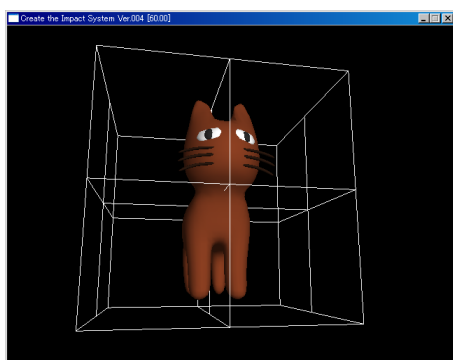


Fig. 1 Approximation to Box

3.2 Tomas Akenine-Mollerのアルゴリズム

次に空間内にポリゴンが存在するかを判定し、立方体で大まかなモデルの近似を行う。この判定にはTomas Akenine-Mollerのアルゴリズムを使用した[2]。このアルゴリズムは分離超平面理論に従う分離軸判定を利用したものである。この理論は、二つの凸集合A, Bが与えられた場合に、二つの集合が交差しない場合は分離超平面PがAとBの間に

存在するという事を示している。(Fig.2) このアルゴリズムは三角形と立方体における分離軸超平面を高速に調べる事が出来る為、分割された全ての空間とモデルの全てのポリゴンについて高速に調べる事が出来る。これによってポリゴンの存在する空間を調べる事が出来る。

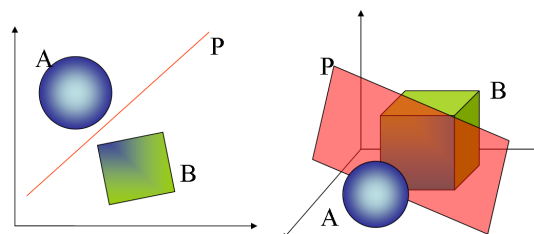


Fig. 2 Separating hyperplane theorem

3.3 モートン順序

Mollerのアルゴリズムによって、ポリゴンを内包する空間とそうでない空間に分けられた。この空間にモートン順序と呼ばれる条件(Fig.3)に沿って番号を付けた[3]。モートン順序は、子の空間番号から所属する上位空間番号、またはその逆の調査をビット演算のみで行える為、高速な空間把握を行う事が出来る。更にこのモートン順序で割り振られた空間を通し番号に並び替える事で線形化し、線形八分木とした。(Fig.4)

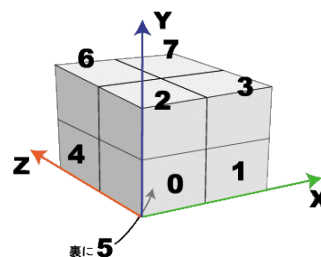


Fig. 3 Morton Order

ルート空間	親空間	子空間
0	1 2 3 4	5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
L=0	L=1	L=2
0	0 1 2 3	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

Fig. 4 Linear Octree

3.4 最適化

ポリゴンを内包する空間に外接する球を作成し、モデルを球体近似した。しかし、該当する全ての空間で球を作成してしまうと、Fig.5の様に階層の浅い(空間の大きい)球が全てを囲ってしまう為、このような球を削除する最適化が必要である。

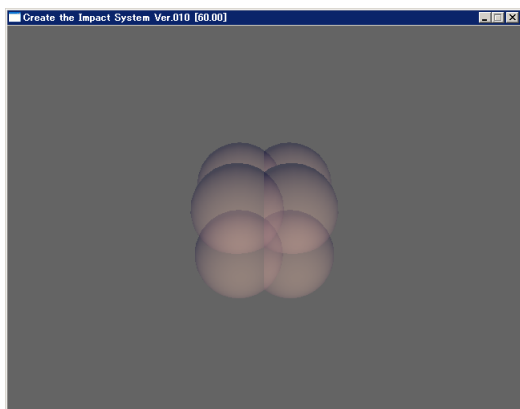


Fig. 5 Approximation to Sphere

最適化の方法は以下の方法で行った。階層の一番深い空間番号から調査していき、ポリゴンの内包しない空間が存在した場合、その空間の上位空間に存在する球を削除する。また、親空間に全ての子空間が存在する場合には子空間全てを削除し、親空間に置き換えるという操作を行った。線形八分木により以下の式から空間番号の算出が出来る。

$$N = \frac{n-1}{8} \quad (1)$$

$$n = N \times 8 + 1 \quad (2)$$

N:親空間の番号,n:子空間の番号

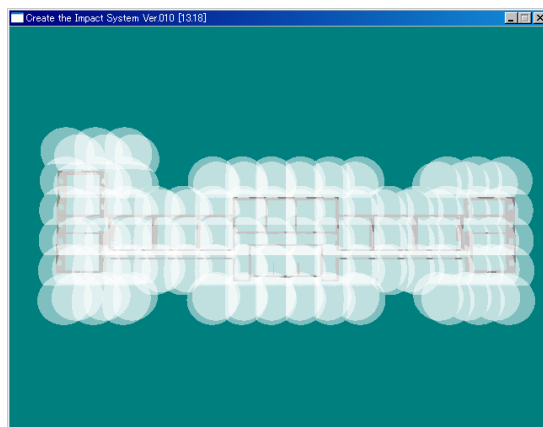
4. 結果

以上の操作によって近似されたモデルをFig.7に示す。尚、注釈のLevelは階層の深さを示す。

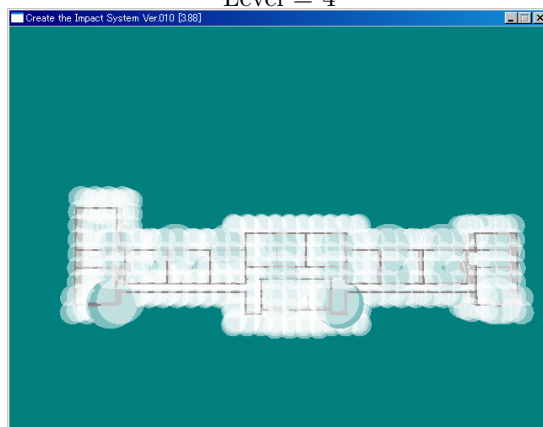
5. 考察

モデルの形状が立方体に近い場合には良い近似が出来ているが、一辺が長い形状の場合、最長辺に合わせた空間を作成している為に階層を深くし

ないと良い近似が出来なかった。(Fig.6) 従って、立方体から一つの球を生成するのではなく、立方体から複数の球体が生成出来ればこの欠点が補えるのではないかと考えられる。また、階層が一つ下がると分割される空間数が8倍になる為、更に厳密な最適化が必要である。



Level = 4



Level = 5

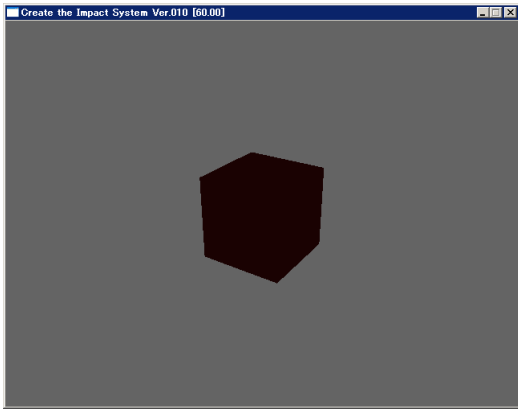
Fig. 6 optimization

6. 結言

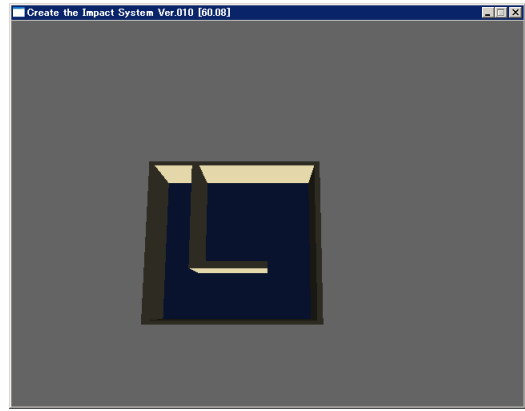
今回は八分木空間分割を用いたモデルの球体近似について述べた。今後はこの近似モデルを用いて実際に人物モデルとの衝突判定を実装していきたい。

参考文献

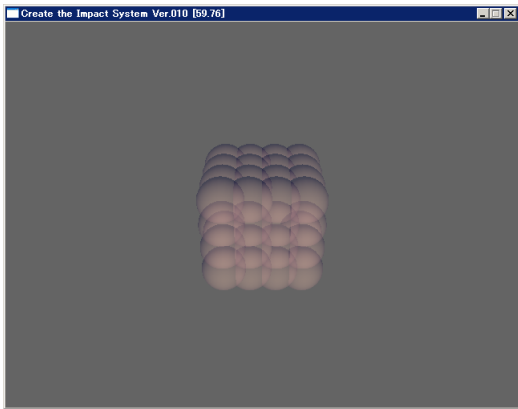
- 1) Christer Ericson, 中村 達也(訳):ゲームプログラミングのためのリアルタイム衝突判定, 313/324, 株式会社ポーンデジタル(2005)
- 2) Tomas Akenine-Moller:Fast 3D Triangle-Box Overlap Testing, journal of graphics tools,29/33(2001)
- 3) http://marupeke296.com/COL_3D_No15_Octree.html



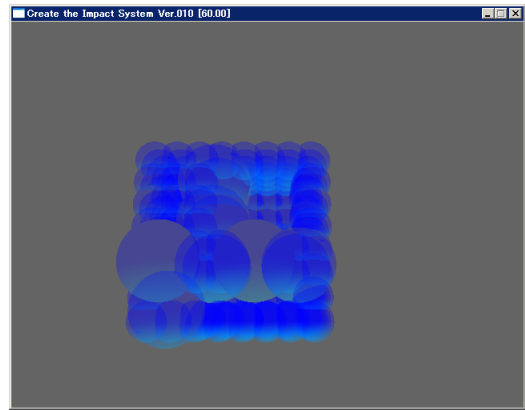
(a)Former Model



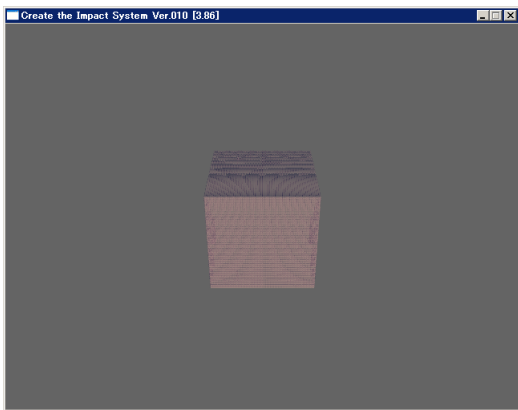
(b)Former Model



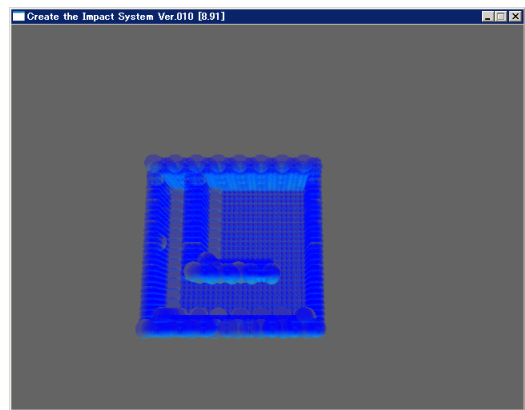
(a-1)Level = 2



(b-1)Level = 3



(a-2)Level = 5



(b-2)Level = 5

Fig.7:optimization