

複数基準によるシリアルイズを利用した 衝突判定の高速化アルゴリズムに関する研究

大森祐[†] 和田篤[‡] 渡辺大地[†]

東京工科大学メディア学部[†]

電気通信大学大学院電気通信学研究科[‡]

1 はじめに

物体を扱うプログラムにおいて、しばしば突き当たるのが衝突判定の問題である。シミュレータなどは物体が接触しているかどうかを常に監視する必要があり、処理の負荷が大きい部分の1つと言える。物体の形状が複雑であれば、物体がどの部分で衝突しているかを検出する手間が増える。接触点をいかに正確に検知するかが重要である。接触判定の方法として、様々な研究がなされている[1,2]。また、扱う物体の数が増えていけば、物体同士の衝突判定回数は爆発的に増えていく。判定回数を削減する方法の1つに、空間をグリッドベースのマップに区切り、各マップ内に存在する物体同士で判定を行うという方法がある[3]。衝突判定は、より大きなシステムになるほど深刻な問題であり、できる限りの高速な処理が求められる。

本論文では、衝突判定処理において、物体数の増加によるコストを削減し、高速化を実現する手法を提案する。これに基づいて実装したプログラムを用いて、衝突判定処理に要した時間と判定回数を測定した。

2 シリアルイズによる衝突判定の高速化

衝突判定を行おうとしたとき、最もシンプルな手法は、すべての物体について1つ1つ判定していく、総当たりによる方法(以後、この手法を総当たり法と呼ぶ。)である。総当たり法では、物体同士のすべての組み合わせについて調べるため、物体数の増加に伴い、判定回数、処理時間の増加も大きくなる。そこで、物体の位置や大きさから得られるデータのシリアルイズによって衝突する可能性のない物体を判定候

補から外すことで判定回数を減らし、衝突判定の高速化を行った。高速化には次の2つの手法について実装した。

1. 原点からの距離を指標とするシリアルイズ
2. x、y、z軸を指標とするシリアルイズ

これらのアルゴリズムについて以下に述べる。

2.1 原点からの距離を指標とするシリアルイズ

この手法は、すべての物体について原点からの距離を求め、それを基準に整列させる手法である。衝突する可能性のある物体同士は、空間的に接近しており、位置ベクトルもほぼ等しい。よって、原点からの距離もかなり近い値となり、整列させることで、衝突の可能性が高い物体に対して、効率よく判定を行うことができる。衝突の可能性の有無は原点からの距離の差を調べればよい。差が、最大のバウンディングスフィアの半径 $\times 2$ よりも大きければ、2つの物体は衝突しない。

2.2 x、y、z軸を指標とするシリアルイズ

この手法は、物体をx、y、z軸の順にそれぞれの座標値について整列させ、順次衝突の可能性のない物体を判定対象から外していく手法である。各座標軸での並べ替えでは、物体のバウンディングボックスを考えて、物体1つにつき2つの値(箱の両端点)について整列させる。例えばx軸について整列する場合、ある物体の両端点の間に、他の物体の端点が現れれば、それらはx軸から見て互いに重なり合っており、衝突の可能性があると看做する。逆に両端点の間に何もなければ、その物体について衝突判定を考える必要はない。このように3つの軸について処理を行い、最後まで残って重なり合っている物体に対して衝突判定を行う。

High speed algorithm of the collision detection using two or more serialization by the standard

[†]Yuu Omori, [‡]Atsushi Wada, [†]Taichi Watanabe

[†]Faculty of Media Science, Tokyo University of Technology

[‡]Department of Electro-Communications, The University of Electro-Communications

2.3 両指標の統合

2.1、2.2 節で述べた 2 つの手法の計算量について考える。共に並べ替えの作業に対する計算量が $O(n \log n)$ である。そして、ある物体について判定対象となる物体が平均 k 個とすると、計算量は $O(n \log n + kn)$ ただし、 $2 \leq k < n$ となる。 k が n に対してどれだけ小さくなるかが重要である。

3 測定結果

前章で述べた 2 つの手法について実装し、衝突判定に要した時間と判定回数の測定を行った。総当たり法、原点からの距離を指標とする手法、 x 、 y 、 z 軸を指標とする手法についての判定処理時間を図 1 に示す。得られた数値は、すべての物体が一通りの衝突判定を終えるまで (1 フレーム) の衝突判定を 100 回繰り返した時間である。

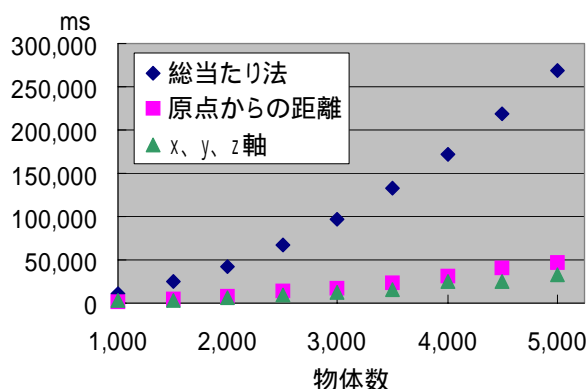


図 1 : 3 つの手法の衝突判定処理時間

原点からの距離を指標とする手法では、総当たり法に対して約 20% の処理時間で判定を行うことができた。物体数を増やしてもこの割合は安定していた。総当たり法の 2 割程度のコストで処理できることが分かり、有効性が確認できた。 x 、 y 、 z 軸を指標とする手法については、さらに短い時間で処理することができた。物体の数が 1,000 個以上になってから、原点からの距離を指標とする手法を抜いて最も速くなった。こちらは、数が増えるにつれて速度上昇率も上がることが分かった。

次にそれぞれの手法の衝突判定回数を表 1 に示す。結果は 10 フレームの平均を取ったものである。

表 1 : 3 つの手法の衝突判定回数

物体数	500	1,000	5,000
総当たり法	124,750	499,500	12,497,500
原点からの距離	20,996	83,700	2,103,731
x 、 y 、 z 軸	10,156	40,382	1,020,451

単位 : 回

原点からの距離を指標とする手法では、総当たり法の 6 分の 1 となった。物体 1 個あたりに必要な判定回数、つまり判定対象となる物体は物体総数の約 8.4% に削減できた。計算量中の k の値は、 $k = n \times 0.084$ となった。

x 、 y 、 z 軸を指標とする手法では、総当たり法の 12 分の 1 となった。物体 1 個あたりに必要な判定回数、つまり判定対象となる物体は物体総数の約 4.1% に削減できた。計算量中の k の値は、 $k = n \times 0.041$ となった。

4 結論

本研究では、3DCG を用いた物理シミュレーションなどでしばしば問題となる衝突判定処理に対して、データのシリアルズを利用して高速化を行った。測定結果からその有効性が確認できた。今回の測定では、 k は n に比例する結果になったが、実際には物体の分布密度に依存するはずである。測定において空間の広さと物体の大きさを固定したため、物体数の増加によって分布密度も高くなり、 $O(n \log n + kn)$ での k の値が n に依存する形となった。物体の分布密度を固定した状況で測定を行えば、物体数に影響を受けない結果が期待できると考える。

参考文献

- [1] David Baraff, Rigid Body Simulation, In SIGGRAPH 97 COURSE NOTES 19, Physically Based Modeling: Principles and Practice, 1997
- [2] 川地克明, 鈴木宏正, 離散的ボロノイ領域を用いた非凸多面体間の最短距離計算手法, 精密工学会誌 Vol.67 pp.1782-1786, 2001
- [3] Mark DeLoura 編, 川西裕幸 監訳, 狩野智英 翻訳, Game Programming Gems, 株式会社 ボーンデジタル, 2001