

3次元ランレングス法とその空間探索性

2P-7

荒川佳樹

通信総合研究所 関西先端研究センター

1 はじめに

ソリッドモデルは、(1) Object Oriented モデルと (2) Space Oriented モデルに大別することができる。前者の代表的なものが、Boundary Representation (BRep) と Constructive Solid Geometry (CSG) である。後者では、Voxel 法および Octree 法^{1),2)}がよく知られている。

両者は本質的に異なる特性を持っており、二者択一的なものではなく、お互いに補完的なものである。前者は形状に対するコヒーレンス性、後者は空間に対するアドレッシング性、ユニーク性に優れている。

我々は、Space Oriented モデルとして3次元ランレングス法³⁾を新たに開発し、この形状表現法の有効性の検証・評価を行なってきた。ここでは、この表現法に関して、Space Oriented モデルの重要な機能の一つである空間探索性について評価する。

2 3次元ランレングス法

これからの Space Oriented モデルに要求される特性としては、次の2点が重要であると考えられる。

- (1) 高い形状表現分解能。
- (2) Object Oriented モデルからのデータ変換性。

グラフィック・ディスプレイの解像度は、 1024^2 レベルが普通になってきており、将来的にはより高精細度画像および大型スクリーンになっていくであろう。このような高解像度に、Voxel 法をそのまま対応させることは、データ量が膨大となり、非実現的である。

データ量の増大を圧縮するには、Octree 法が非常に有効だが、(2)の点で問題がある。BRep からのデータ変換¹⁾などが取り組まれているが、その形状および面データは凸であるといった制約条件がつく。穴などのある複雑な非凸立体を凸分割することは非常に難しい。

以上のような背景から、Voxel 法の持つ単純性をできる限り失わずに、欠点であるデータ量の増大をある程度緩和するデータ圧縮表現法を試みることにした。これが3次元ランレングス法である。

この形状表現法は図1に示すように、格子分割された1つの基準平面を設定し(ここではX-Z平面)、これらの格子点を通りこの基準面に垂直な直線スキャ

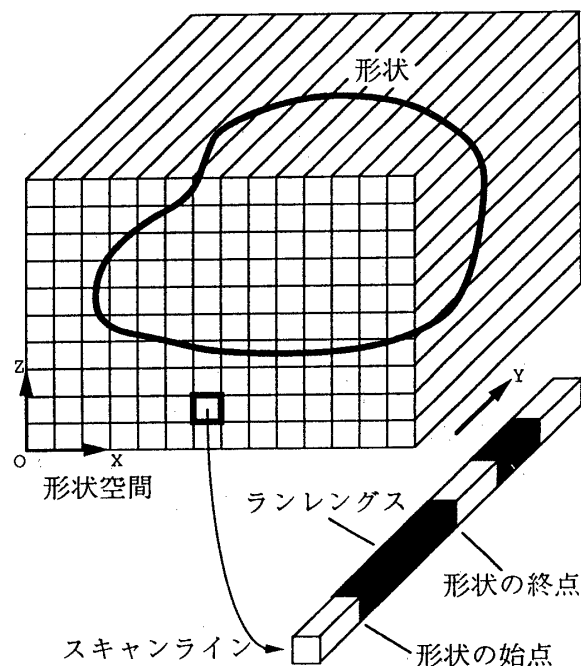


図1 3Dランレングス法

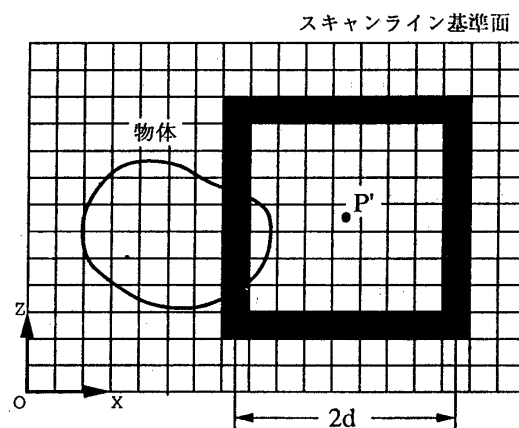


図2 アルゴリズム A

ンライン (Y軸と平行) を仮想する。これにより、任意の3次元形状は各スキャンラインとその形状との交線、すなわちランレングスの集合体で近似表現される。

3 最近点探索アルゴリズム

ここでは、空間探索問題の一つである最近点探索を取り上げる。すなわち、点 P から物体への最近点 (x, y, z) およびその距離 d_{min} を求める。次の2つのアルゴリズムを提案する。

- (A) 点 P のスキャンライン基準面への投影点を P' とする。そして、この点を対角線の交点とし、一辺が $2d(d = 0, 1, 2, \dots, d_{min})$ である正方形上のスキャンラインに関して処理を行なう (図2)。すなわち、これらのスキャンライン上のランレングスと点 P との距離を求めて最小となるものを d'_{min} 、その座標を (x', y', z') とする。次に、 $d'_{min} < d_{min}$ であれば、 $d_{min} = d'_{min}, (x, y, z) = (x', y', z')$ とする。以上の処理を、 $d = d_{min}$ となるまで繰り返す。 d_{min} には初期値として、適当に大きな値を入れておく。
- (B) 点 P とすべてのランレングスデータとの距離を求めて最小となるものを d_{min} とする。

4 実験結果と考察

アルゴリズム A, B を評価するために、次の2つの形状例における最近点探索時間を測定した。

- (a) $(-200, 0, 0) - (200, 0, 0)$ を中心軸とし、半径150の円柱。
- (b) 図3に示すような複雑な形状。

その結果は表1のようになった。3次元ランレングス法は座標系に対してユニークではないので、スキャンラインを X, Y, Z 座標軸および斜視図方向に取り、その中での最小値 (左側) および最大値 (右側) を測定した。形状空間の分解能は $1000 \times 800 \times 800$ とした。計算機は TITAN1520 (16MIPS, 32MBytes Memory) を用いた。また、プログラムはすべてC言語で書き、グラフィックスとして X-window を用いた。

表1の結果より、次のことが明らかとなった。

- (1) アルゴリズム A は、近くに物体があると、B に比べてかなり速い。ハードウェア化・並列処理化により、リアルタイム処理が期待できる。
- (2) アルゴリズム B は、計算時間がほぼランレングスデータ量に比例する。そして、3次元ランレングス法におけるユニーク性の欠如は、実用上それほど問題にならんと判断される。

5 おわりに

3次元ランレングス法を用いることにより、最近点探索が非常に単純なアルゴリズムで実現でき、結果として、高速となることを示した。

今後の課題としては、このような空間探索をも含めた、3次元ランレングス法のハードウェア化・並列処理化を行ない、リアルタイム処理を実現することである。

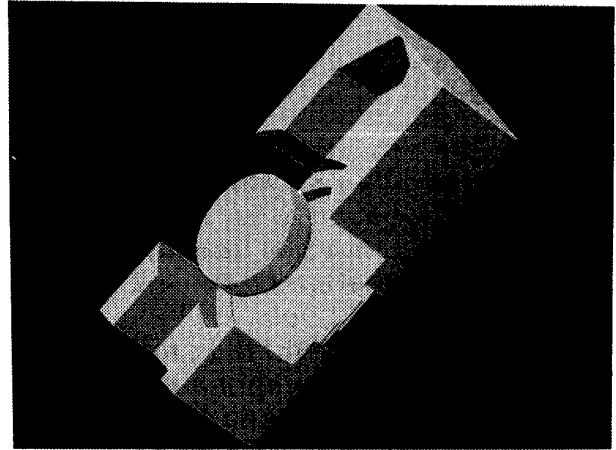


図3 テスト形状

表1 最近点探索時間

(a) 円柱 (単位: 秒)

座標値P	d_{min}	A		B		A/B	
(1000, 0, 0)	800.0	0.4	4.8	3.9	5.9	0.1	0.8
(0, 1000, 0)	850.0	0.6	4.8	4.4	6.3	0.1	0.8
(0, 0, 1000)	850.0	2.0	5.8	4.2	5.9	0.5	1.0
(0, 0, 0)	0.0	0.1	0.1	3.8	6.3	0.03	0.02
(200, 200, 200)	132.2	0.8	3.1	4.1	5.9	0.2	0.5
平均	526.4	0.8	3.7	4.1	6.1	0.2	0.6

データ量(最小/最大): 0.8/1.7メガバイト

(b) 図3の形状

座標値P	d_{min}	A		B		A/B	
(115, 50, 108)	16.6	0.1	0.3	5.0	9.7	0.02	0.03
(50, 50, -100)	99.9	0.5	4.8	4.7	8.8	0.1	0.5
(55, 40, 108)	20.0	0.1	1.1	4.5	8.8	0.02	0.1
(55, 20, 150)	12.8	0.1	0.5	4.7	8.9	0.02	0.06
(500, 50, 108)	390.2	0.3	8.5	5.9	9.2	0.05	0.9
平均	107.9	0.2	3.0	5.0	9.1	0.04	0.3

データ量(最小/最大): 1.5/3.9メガバイト

参考文献

- 1) 登尾, 福田, 有本: BRep からオクトツリーへの変換アルゴリズムとその評価, 情報処理学会論文誌, Vol.28, No.10, pp.1003-1012 (1987).
- 2) 登尾, 畑, 有本: オクトツリーを利用した3次元物体の最近点探索アルゴリズム, 情報処理学会論文誌, Vol.30, No.3, pp.311-320 (1989).
- 3) 荒川佳樹, 三谷真人, 一柳高時: 3次元ランレングス法ソリッドモデラによる流体解析プリプロセッサ, 第1回数値流体力学シンポジウム講演論文集, pp.351-354 (1987).