

GA による奥行き画像へのプリミティブ当てはめのための基礎的検討

佐藤 陽悦 藤本 忠博 千葉 則茂
岩手大学

Fundamental Investigation for Adapting Geometric Primitive to Depth Image Using Genetic Algorithm

Youetsu SATO, Tadahiro FUJIMOTO and Norishige CHIBA
E-mail: {gonta, fujimoto, nchiba}@cis.iwate-u.ac.jp

アブストラクト

近年、3次元計測技術の向上により、デジタルアーカイブなどのコンテンツ作りのために、レンジセンサと呼ばれる主にレーザスキャン型の奥行き（デプス）計測装置を活用した3次元形状モデル（3Dモデル）の獲得技術に関する研究が多数報告されてきている。一方、CGの製作過程において、建造物などは、一般にモデラなどによりプリミティブ等で構築していくことが多い。その際、レンジセンサ計測データなどを元にCGモデルを構築することが有効である。その場合現状のCGコンテンツの制作では、クリエイタが形状モデラを利用し、インタラクティブにモデリングを行うことが多い。本論文では、このような実的な形状モデリングを支援する技術として、点群データへのプリミティブ当てはめツールの開発を目的として、計測データのユーザによる指定領域に適合するプリミティブの最適なパラメタを求めるためのGA（遺伝的アルゴリズム）を用いた手法について基礎的な検討を行った。

キーワード：点集合、奥行き画像、遺伝的アルゴリズム、プリミティブ、当てはめ

1. はじめに

近年、3次元計測技術の向上により、デジタルアーカイブなどのコンテンツ作りのために、レンジセンサと呼ばれる主にレーザスキャン型の奥行き（デプス）計測装置を活用した3次元形状モデル（3Dモデル）の獲得技術に関する研究が多数報告されてきている[1]。しかしながら、文献[2]で示されるような、建造物など屋外スケールの物体を対象とした研究例は少ない。一方、CGの製作過程では、一般に建物などは、モデラなどによりプリミティブ等で構築していくことが多い。その場合、神社仏閣のように複雑な形状では、モデリングが困難であるので、レンジセンサ計測データなどを元にCGモデルを構築することが有効である。その際、計測データに含まれる測定誤差がプリミティブの形状再構成にとって無視できない、データ量が膨大である、などの理由から、従来法での自動的な3Dモデルの構成法をそのまま適用することが困難な場合も多い。そのため、現状のCGコンテンツの制作では、複数方向からの奥行き画像を参照データとして、クリエイタが形状モデラを利用し、インタラクティブにモデリングを行うことが多い（図1）。本論文では、このような実的な形状モデリングを支援する技術として、点群データへのプリミティブ当てはめツールの開発を目的として、計測データのユーザによる指定領域に適合するプリミティブの最適なパラメ

タを求めるための手法について基礎的な検討を行った。パラメタ探索には、モデリング支援という立場からインタラクティブにアルゴリズムの実行に介入のしやすい手法としてGA（遺伝的アルゴリズム）を用いた。

本論文では、仮想的な計測点群データを用意し、遺伝的アルゴリズムの適用について、種々の実験を行った結果について報告する。

2. GAによるプリミティブのパラメタの同定法

本論文では最も基本的なGAである単純GA（Simple Genetic Algorithm; SGA）に基づいて実験を行った。GAでは、問題を解く際に解として求める変数群をどのように個体として表現するか、どのようにその適応度を評価するか、またその世代交代をどのようなモデルとするかが重要となる。以下、本論文で用いたGAモデルを示す。ここでは、プリミティブとして円柱を仮定した。

(1) コーディング：円柱のパラメタは以下のようである（図2）。

中心座標： $C (C_x, C_y, C_z)$

断面の半径： R

円柱の向きを表すベクトル： $V (V_x, V_y, V_z)$

高さ： $height$

実験では、各パラメタをそれぞれ16bitで表現したものを各遺伝子とし、またそれらの組を個体の染

色体として用いた。

(2) 評価関数： 評価関数として，入力されたデプス画像と生成された各個体との距離の二乗和を用いた（図2参照）。入力された仮想奥行き画像のある点を P とする。円柱中心 C を通り円柱の向きを表すベクトル V に平行な直線を l_c とする。 P から l_c に下ろした垂線と l_c の交点を Q としたときの円柱と P

$$\text{if } (|\overrightarrow{CQ}| < \text{height} / 2)$$

$$\text{then } d = |\overrightarrow{PP'}| = |\overrightarrow{PQ} - \overrightarrow{P'Q}| = |\overrightarrow{PQ}| - R$$

$$\text{else } d = |\overrightarrow{PP'}|$$

点との距離 d を，

と定義する。ここで， P'' は点 P から一番近い円柱の“底”の外周上の点である。したがって距離の二乗和 D_s は，

$$D_s = \sum_P d^2$$

として求めることができ，この量を各個体の適応度として用いる。

(3) 遺伝的操作： 遺伝的オペレータはさまざまなものが提案されているが，今回の実験では単純GAの基本的な3つのオペレータ（選択，交叉，突然変異）と，エリート保存戦略を用いた。選択には，ルーレット選択を用いた。交叉の親には，上記のルーレット選択で選ばれた2個体を使い，設定された交叉確率に従って遺伝子座ごとに一点交叉を行い，一点交叉の交叉位置はランダムに決定する方法を用いた。

3. 実験

本論文では，指定領域データとなる仮想計測データを，探索目的とするプリミティブのパラメタを元に生成し，当てはめプリミティブの候補リストを生成する簡単なツールを製作し実験を行った。ツールでは，終了条件は特に設けず，ユーザの指定によりGAの世代が進み，次の世代の個体が当てはめ候補リストとして現れ，そのパラメタと探索目的のプリミティブとのパラメタの差分，及びその概観を表示することにした。

本実験で用いたGAの各設定は以下の様である。

- ・初期個体：個体中のすべてのbitを乱数で発生
- ・個体数：初期個体は100個準備。
- ・交叉確率：0.7
- ・突然変異率：0.01
- ・エリート：適応度上位3個

実験は，以下の3つの場合について行った。

- (1)ノイズの無い全方向からの計測データの場合（理想的な場合）
- (2)ノイズの無い特定方向からの計測データの場合

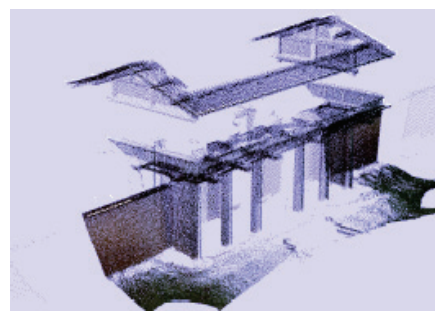


図1. 奥行き画像（上）と再現CG（下）

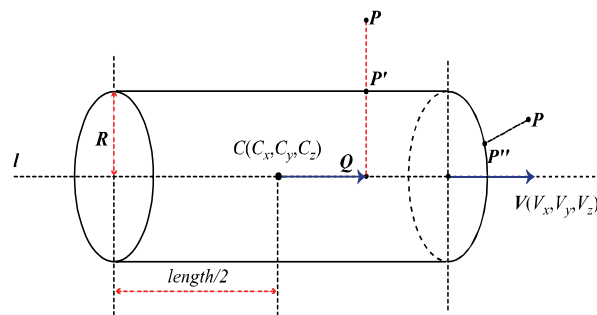


図2. シリンダパラメタと距離

- (3)ノイズのある特定方向からの計測データの場合（現実的な場合）

おのおの場合について，探索対象とした円柱のパラメタと最終的に求められたパラメタ値，また計測データの点数，最終状態までの世代数，10世代あたりの計算時間を表1に示す。また，それぞれの場合の計測データと適応度最大のパラメタを持つプリミティブの概観を図3に示す。

4. おわりに

本報告では3Dモデルの構成法の概要とそれを実現するための遺伝的アルゴリズムによる基本形状のパラメタ推定の方法について述べ，いくつかの実際に考えられるケースにおける実験によりその適用可能性を検討した。また，実験により，すべてのケースにおいてほぼ同等の出力誤差を示し，提案手法の有用性が確認できた。

さらに，すべての実験において終了条件は実際に入力パラメタとの比較により判定したが，実際の計測データではこのような指標となる値があるとは限らない。このような場合は，終了条件は評価関数

の値（適応度）の変動とユーザによる個体の形状の観察により判断することになる。作成した実験ツールでは、終了条件は特に設けておらず、ユーザが出力リストのある個体の概観に満足した時点で、そのパラメタを出力し、任意に終了できるようになっている。実際のデータへの適用ではこのようなインタラクティブ性も重要になってくると考えられる。

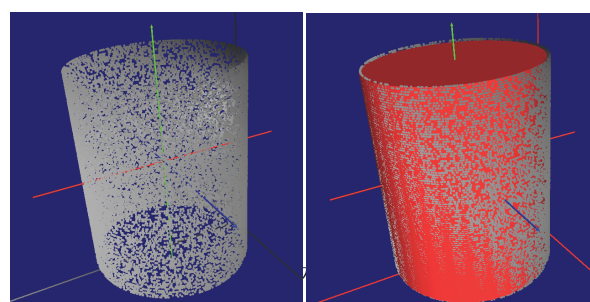
今後の課題として、直方体、球など他の基本立体の当てはめ問題への拡張、実際のスキャンデータでの適用法の評価などがあげられる。

謝辞

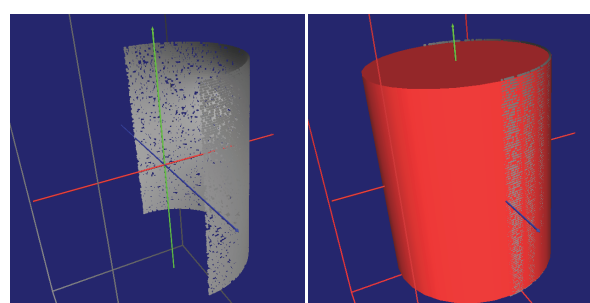
本研究の一部は、科学研究費補助金（基盤研究(B)16300021）の支援による。

参考文献

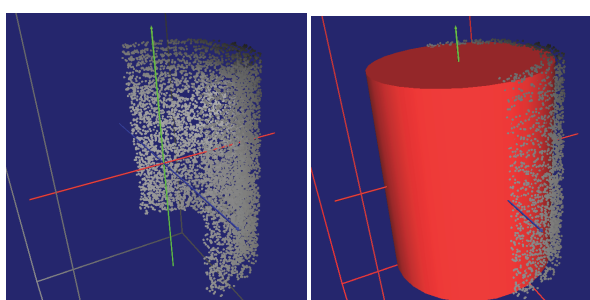
- [1]藤本忠博, 今野晃市, 千葉則茂, ポイントグラフィックス概説, 芸術科学会論文誌, Vol.3, No.1, pp.8-21, 2003
- [2]K. Ikeuchi, A. Nakazawa, K. Hasegawa and T. Ohishi, "The Great Buddha Project: Modeling Cultural Heritage for VR Systems through Observation," IEEE ISMAR03 pp.7-17, Tokyo, Japan, Nov. 2003.
- [3]安居院 猛, 長尾 智晴: "ジェネティックアルゴリズム", 昭晃堂, 1993
- [4]佐藤陽悦, 藤本忠博, 千葉 則茂, デプスイメージへの GA によるプリミティブ当てはめのための基礎検討, NICOGRAPH2006 春季大会予稿集 CD-ROM, 2006



実験(1)



実験(2)



実験(3)

図 3. 仮想奥行き画像（左）と適応度最大の個体（右）

表 1. 実験結果

		入力	実験 1	実験 2	実験 3
C	C_x	0.0	0.00	0.02	-0.02
	C_y	0.0	0.04	0.03	0.01
	C_z	0.0	0.03	0.00	0.05
R		2.0	2.02	2.00	1.95
V	V_x	0.0	0.02	0.01	0.02
	V_y	0.0	0.03	0.00	0.01
	V_z	1.0	1.00	-1.00	1.00
$height$		5.0	4.98	4.95	4.96
Sample Points			25452	25452	7812
Generation			40	80	60
Calculated Time/10Generation			12.5s	11.4s	3.6s