

X線CT画像に基づく個別別有限要素モデリング

{ 骨体形状の再構成手法 {

Individual Finite Element Model Based on the X-ray CT Data

{ Reconstruction of the Bony Shape {

正 伊能 教夫 (東工大)

正 小関 道彦 (東工大)

岩崎 光宏 (三菱電機)

槇 宏太郎 (昭和大)

Norio INOU, Michihiko KOSEKI: Tokyo Institute of Technology, O-okayama, Meguro-ku, Tokyo
Mitsuhiro IWASAKI: Mitsubishi Electric Corp.
Koutaro MAKI: Showa University

This study addresses a new interpolation method for generating a finite element model from CT or MRI images of an object taken at equal spaces. The method consists of 4 steps. First, horizontal contour images of the object was extracted from the sliced images. Second, vertical contour curves are interpolated from the sliced images. Third, the continuous shape of the object is generated by use of these contour data. Finally, CT values between sliced data are interpolated by the shape data. This paper shows that the method performs a clear interpolation compared with a simple linear interpolation method.

Keywords : Individual modeling, X-ray CT, Interpolation, Finite element model, Stress analysis

1 緒言

骨体の力学的特徴を非侵襲に把握することができれば、患者に負担の少ない診断・治療システムの実現に役立つと考えられる。そのためには、骨体の正確な力学モデルを作成する必要がある。特に、個別別の有限要素モデルの自動生成は重要であり、CT や MRI などの画像をもとに解析モデルを生成する手法がいくつか報告されている。

ここで、現在臨床の場で使われている医用画像は 0.35mm=pixel 程度の解像度があるが、断層間隔は患者への被曝量や時間的負担に対する考慮から 2~5mm と画像解像度に比して大きい。そのため、正確な有限要素モデルを作成するためには断層像間を適切に補間する必要がある。

このようなことから筆者らは、臨床の場で多く活用されている粗断層像をもとに内部情報も含めた補間手法について検討を行なった。

2 粗断層像の補間

粗断層像の補間には、筆者らはこれまで単純な補間手法を用いていた。これは、2つの断層像の同一座標における値をもとにその間の値を線型的に補間するというものである (Fig.1)。しかし、形状が斜めになった部分では、線型的な補間では境界があいまいとなる問題があった。これは形状を考慮していない補間手法の限界である。

品川らによるホモトピー変形を利用した補間手法¹⁾は、不定形物体を取り扱うため骨体にも有用と考えられる。ただし、力学解析を行なうには内部のCT値も補間する方法を検討する必要がある。

そこで、3次元形状の連続性を考慮するため、まず輪郭形状の補間を行ない、それに基づいて内部情報の補間を

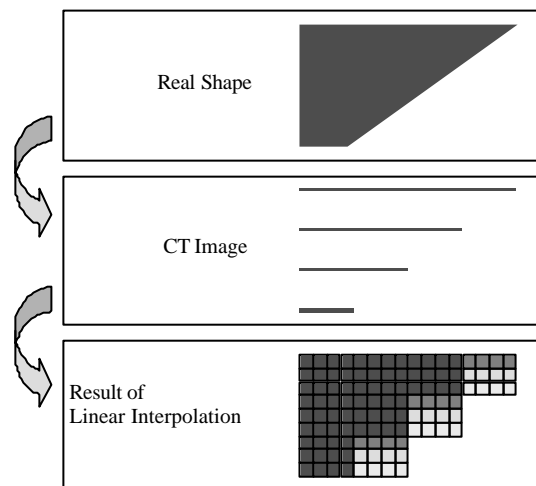


Fig. 1: Linear Interpolation

行なう手法を考案した。

以下、それぞれのステップについて詳しく述べる。

ステップ1: 各断層像における対象物体の輪郭を抽出する (Fig.2)。

この輪郭線抽出は、全ての断層像において対象となる骨部が周囲の軟組織に比して高いCT値を持つことを利用して骨部を抽出し、輪郭形状を導く。

ステップ2: 断層面に直交する面での輪郭形状を求める (Fig.3)。

全ての断層像で抽出した輪郭情報を断層面に直交する面で点列として並べ、それらを連続な線として補間する。この時、断層面に直交する面は対象物体の形状にあわせて設定することが望ましく、ここでは軸対称の壺状の物体を例としてとりあげたので、軸まわりの回転する面を

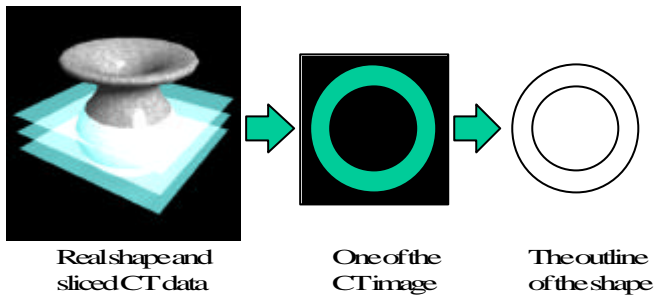


Fig. 2: Step 1

考えた。

また、点列の補間は生体を対象とするため、輪郭形状は不定形状となる。ここでは、直交面での補間にスプライン補間を用いた。

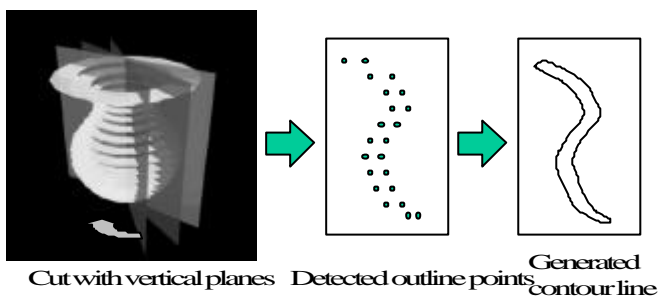


Fig. 3: Step 2

ステップ3: 直交面で補間した輪郭形状から断面間での輪郭形状を求める (Fig.4)。

連続する断面間の領域に断面と平行な補間面を考える。これまでのステップで複数の直交面で求めた輪郭形状をもとに、補間面での輪郭形状を生成する。各直交面において断面輪郭をスプライン補間していることから、なめらかな表面形状を生成できる。

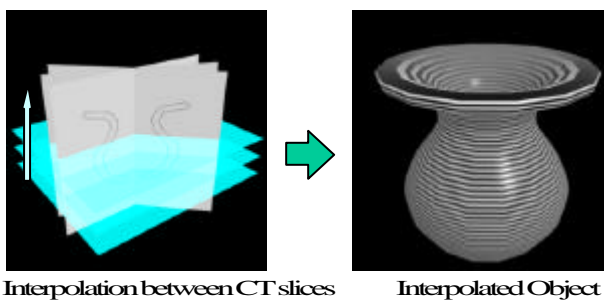


Fig. 4: Step 3

ステップ4: 内部情報を挿入する (Fig.5)。

最後に内部情報の挿入について考える。ここまで求められた補間輪郭像は二つの隣合った断面像がそれぞれこの補間輪郭像へ変形したものと考え、断面輪郭像から補間輪郭像へ距離が最短となる輪郭変形ベクトルを一定間隔で算出する。

そして、補間像内部の画素について輪郭変形ベクトルまでの距離を算出し、その距離に応じた重み付けを行ない、参照すべき断面像の画素データを決定する。

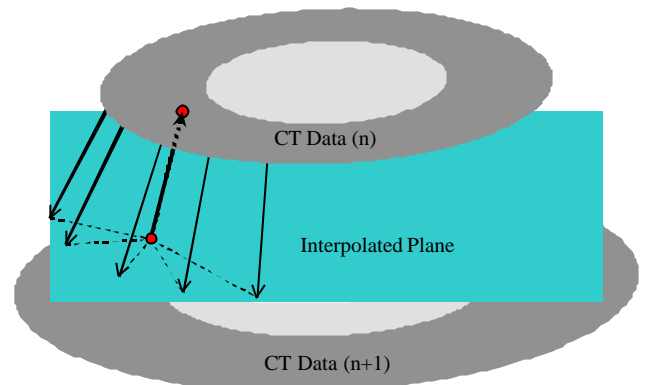


Fig. 5: Step 4

壺状の物体について粗断面像から形状を再構成した例について、Fig.6に物体断面像を示す。(a)は従来の手法で線型補間を行なったものであり、CT値に大きな差がある物体の境界部は階段状の形状となっており、その上、ぼやけた階調表現が生じている。それに対し、(b)は本手法を用いて生成された画像であり、なめらかな輪郭形状が得られているとともに、内部のCT値も適切に補間されている。



Fig. 6: Results of interpolation. (a) Interpolated with old method, (b) Interpolated with proposed method

3 結言

本稿では、断面間隔が画像解像度に比して粗い場合に有効な個別モデル生成のための補間手法を提案した。今後、提案した手法を骨体に適用し、力学解析を行なう予定である。

参考文献

- (1) Y. SHINAGAWA, T. L. KUNII: "The Homotopy Model: a Generalized Model for Smooth Surface Generation from Cross Sectional Data", The Visual Computer, 7(2-3):72-86, 1991.