

データ再構築アルゴリズムにおける 有限要素パラメータの影響

4 P - 6

李明姫、内山 明彦

早稲田大学理工学部、電子・情報通信学科

1. はじめに

インピーダンスCTは生体組織の導電率分布を画像化しようとするものである。インピーダンスCTは装置が簡単、安値、取り扱いが便利で、他のCT装置で検出できない組織にも応用できる。研究方法は電流印加と電圧測定によりデータを収集し、再構築アルゴリズムにより電気伝導度を計算して断層像を構築する。

再構築アルゴリズムにはさまざまなものがあるが、ニュートン・ラブソン法は最もよく用いられる方法の一つである。ニュートン・ラブソン法において、概算電位は有限要素法により求められる。インピーダンスCTの空間分解能に最も影響を与えるのは電極の大きさと個数である。しかし、一定の電極と電極数に対して、分解能は有限要素法の分割要素数に大きく依存する。要素が小さければ小さいほど、即ち、要素数が多ければ多いほど精度が高くなる。しかし、要素数の増加はメモリ、計算時間等と同様に制限されている。従って、われわれは、有限要素法の領域分割要素数、要素の抵抗値分布などが画像構築に与える影響を検討した。

2. アルゴリズム

有限要素パラメータはインピーダンスCTデータ再構築に大きな影響を与える。われわれは、主にバランス調整ニュートン・ラブソン法(B)とQR分解ニュートン・ラブソン法(Q)を対象にその影響を検討した。繰り返し回数kに対して、インピーダンスの近似解のアップデート方程式は下記の通りである。

$$[[df(\rho^k)]^T df(\rho^k)] \Delta \rho^k = -[df(\rho^k)]^T [f(\rho^k) - v_0]$$

この方程式には概算電位のヤコビアンマトリックスとその転置マトリックスの積による不良条件行列式が含まれていて、正確な解が得られない場合がある。不良条件を解消する方法として上げられるのはバランス調整法とQR分解法などである。バランス調整法は、丸め誤差を小さくするためであるが、方程式のバランス、未知数のバランスを整え、絶対値が大きい行列式要素をピボットにする方法である。QR分解法は、 $H = [df(\rho^k)]^T df(\rho^k)$ をユニタリ行列($QQ^T = I$)と右上三角行列Rに分解($H = QR$)する方法である。

3. 研究方法と実験結果

本研究では、コンピュータ・シミュレーションにより、上記の二つの方法を対象に有限要素法の要素数、要素抵抗値分布などがメモリ、計算時間、初期値ダイナミックレンジD、繰り返し回数などにおける影響を分析し、比較した。

Relationships among Finite Element Parameters and Reconstruction Algorithms

Mingji Li, Akihiko Uchiyama

Waseda University, School of Science and Engineering, Department of Electronics, Information and Communication Engineering, Ohkubo 3-4-1, Shinjuku-ku, Tokyo 169-8555, Japan

実験の結果、バランス調整法のメモリの使用量はQR分解法の約1/2であるが（図1）、測定領域

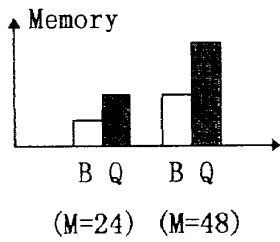


図1：メモリ使用量

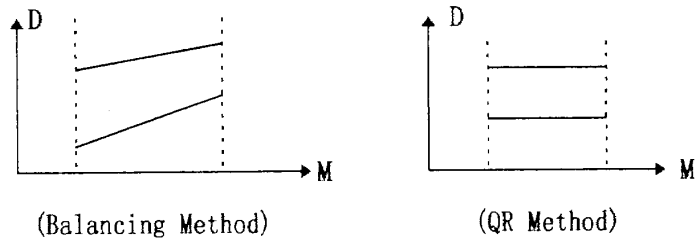


図2：収束ダイナミックレンジ

の分割要素数Mの増加につれて計算時間と共に増加することがわかった。計算可能な繰り返し回数は要素数の増加につれて逆に小さくなる。要素数の増加につれてバランス調整法の初期値ダイナミックレンジDは小さくなる。しかし、QR分解法のDは要素数変化の影響をほとんど受けていない（図2）。又、ダイナミックレンジDは抵抗率分布により異なるが、高抵抗率部分が中心部に位置する時のほうが偏心部に位置する時より大きく、画像化に有利である。