

医療用画像を用いたボクセルデータによる 流体構造連成解析に関する研究

野口 和博 (410096)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2006 年 2 月 9 日

キーワード: 連成解析, ボクセル, 血流.

1 背景と目的

日本では心疾患・脳血管疾患などの循環器系の疾病が死因の中で高い割合を占めている。そして、高齢となるほど循環器系の疾患の割合が高くなる。これは、年齢とともに血管に弾力性がなくなって硬くなる、血管壁が厚くなって内腔が不規則に狭くなるなどによって循環器系の疾患がおきやすい状態になるからだと考えられる。そのため、社会が高齢化するにつれ循環器系の疾患が増加している。

循環器系の疾患の中で血管の疾患は、血管の分岐部や湾曲部など血流が変化する部位で多く発生していることが知られている。そのため血流による血管壁への力学的な作用が血管病の発症・進展になんらかの影響を与えていると考えられている。

そこで血管病の発症・進展メカニズムの解明のためや予防・治療をサポートするために Magnetic Resonance Imaging (MRI) や Computed Tomography (CT) から得られた医療用画像から血管形状を再構築し、実際の血管形状を用いた解析が行われている。

このとき、従来の手法では非構造格子を用いている。非構造格子を用いることで複雑な血管形状を表現することができるが生成には煩雑なプロセスが必要となり、高度なノウハウ・多くのリソースが必要になる。

一方、医療用画像はピクセルが綺麗に並んだ構造をしており、それを複数枚重ねることで直方体(ボクセル)を構成することができる。そのボクセルデータを直交格子として直接計算格子に利用することが考えられ、医療用画像から作成したボクセルデータを直接計算格子として用いた血流解析システムが開発されている。

しかし、上記のシステムでは血管の変形は考慮されていない。血管のような柔らかい管壁をもつ流れ場では、流体の圧力変化によって管壁が変形し流れ場に影響を与えられ

そこで本研究では, 開発したボクセルデータを直接計算格子として利用した血流・血管連成解析システムを用いて, 実際の医療用画像をもとにした血管の解析を行った.

2 計算手法

本研究で用いた連成解析システムは, ボクセル生成・流体解析・構造解析・形状変形の4つのセクションからなる. この, 4つのセクションの間をファイルでデータをやり取りしながら連成解析を進める

2.1 ボクセル生成

スライス画像からボクセルデータを生成する. このセクションで生成されたボクセルデータをこの後のセクションでは解析格子とし用いる.

2.2 流体解析

ボクセルデータを解析格子として, 流体解析を行う. 解法として HSMAC 法 (Highly Simplified Marker and Cell method) を用い, 移流項は CIP 法 (Cubic Interpolated Pseudoparticle method) を適用し, 他の項には2次精度中心差分を適用した.

2.3 構造解析

ボクセルデータを解析格子として用いて, 構造解析を行う. 構造解析では, 流体解析で求められた圧力の値を外力として用い, 変位の計算を行う.

2.4 形状変形

構造解析で求められた変位を用いて, 以下の式 (1) を計算し, 輝度の分布を求める.

$$\frac{\partial B}{\partial t} + D_x \frac{\partial B}{\partial x} + D_y \frac{\partial B}{\partial y} + D_z \frac{\partial B}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

B : 輝度

D_x, D_y, D_z : x, y, z 方向変位速度

3 結論

計算は血管に対するモデルケースとしての L 字管, 実際の医療用画像を用いた計算として狭窄部を持つ冠動脈の計算を行った. 計算では, 流入の変化に対する流れや構造の変形の様子が確認できた.