JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	医療画像から作成したボクセルデータによる血流・血管壁 連成解析システム
Author(s)	熊畑，清
Citation	
Issue Date	2008-06
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/9226
Rights	
Description	Supervisor:松澤照男 教授，情報科学研究科，博士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

要 旨

近年，医療現場で血管に対するシミュレーションを利用したいという需要が高まってきている．血流シミュレーションは生体力学的な研究のためには使われてきているが，複雑な血管の格子を作成する必要から臨床でのツールとして利用するには敷居が高い．近年では Computer Tomography(CT) や Magnetic Resonance Imaging(MRI) などの医療用画像診断機器からの画像を，簡便な処理により計算格子として利用することで格子生成に要する負荷が少ないシミュレーションを行うボクセルベースの血流解析が行われている．だがしかし血管壁との力学的相互作用までを考慮した連成解析は行われていない．これらを踏まえ本研究では，治療・診断の補助ツールとして連成解析をより簡便に行えるようにするために，ボクセルベースで血流と血管壁との流体・構造連成解析を行うモデルを検討し，開発したシステムの検証を行った．

本研究ではボクセルで物体形状を近似する方法として，サーフェイスの抽出や体積占有率の計算などの前処理が不要という利点を持つことから医療画像から直接作成した生体組織の輝度値を持つボクセルを用ることとした．流体・構造連成解析では数値解析の格子と形状の変形の扱いが必要となるが，計算格子はボクセルデータの二値化により作成し，変形に関してはボクセルデータ中で輝度値を移流させることで取り扱うモデルとした．

扱う血管として力学的な作用の重要さと医療画像の解像度に起因する制限から，太さ 1mm 以上程度の動脈を想定した．血流をニュートン流体の層流であると仮定し，血管壁は流体からの力を受けフックの法則に従う変形をして静的に釣り合う等方性の線形弾性体であると仮定した．静的に扱うこととした理由は心臓の拍動による周期 1 秒程度の線形の範囲内の変形，すなわち小さな変形では慣性力の寄与が小さいからである．また血管壁の変形に対しては圧力が支配的な影響を持ち，かつ粘性力の寄与が弱いことから流体力として圧力のみを考慮する．その際薄い血管壁に働く実質の圧力は血管壁を介しての内と外の圧力差であるとした．

流体・構造連成問題を扱う方法として弱連成解析の手法を用いることとした．この手法では流体問題と構造問題を別々に離散化して解くので，メモリ・計算時間に対する時間が過大なものとならず，また高い拡張性を持つという利点がある．流体問題と構造問題を交互に解くため流体解析から構造解析への情報の伝達と，構造解析から流体解析への情報の伝達ついても検討を行った．

はじめに流体解析から構造解析へと向う情報の伝達であるが，この方向に伝達する情報は壁面にかかる流体力，すなわち内外圧力差の時間変化量とした．解析計算時には格子は二値化による階段状境界近似となっているため，壁面に垂直に働くこの力は xyz いずれかの軸と平行な力として構造解析へと伝えられることとした．

ついで構造解析から流体解析へと向かう情報伝達であるが，この方向に伝達する情報は血管壁が変形したことによる流路形状の変化と，壁面での速度境界条件としての血管壁の変形速度とした．本研究では流路形状の変化は構造解析により求まった壁面の変位速度を元に輝度値のボクセルデータ中で輝度値を移流させることにより行う．次ステップでの解析の際の格子はこの輝度値が移流したボクセルデータを二値化することで作成するため，輝度値の移流により形状の変化を流体解析に反映することができる．変位速度が小さい，すなわち壁面の変位が小さかった場合，二値化した結果の格子には違いが現れないことも考えられるが，輝度地のボクセルデータが移流による微小変形を記憶しているため，微小変形の積み重ねによりいつかは格子の変形に反映させることができる．これは単純な二値化ボクセルだけを用いる方法にはない長所である．また同時に壁面の変位速度を次の流体解析における壁面の速度境界条件として与えることによっても微小な変形の影響を流体解析へと反映させている．

本研究では同一の流体・構造連成問題を上記モデルを取り入れた本システムで解いた結果と，商用の流体構造解析ソフトウェア FIDAP を用いて解いた結果とを比較することで，本システムで血管に対する流体・構造連成解析の妥当な結果を得られること確認できた．