

Title	心筋細胞の収縮力を用いた左心室拍動モデルによる流体-構造連成解析
Author(s)	松田, 健郎
Citation	
Issue Date	2008-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/4305
Rights	
Description	Supervisor:松澤照男, 情報科学研究科, 修士

心筋細胞の収縮力を用いた 左心室拍動モデルによる流体-構造連成解析

松田 健郎 (0610080)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2008 年 2 月 7 日

キーワード: 心筋細胞, 左心室, 拍動, 血流.

1 背景と目的

心臓は2つの心房と2つの心室からなり、収縮と拡張を繰り返すことで肺や全身に血液を流すポンプとしての機能を持っている。特に左心室は全身に血液を送り出す役割を持つため重要な器官である。心臓は多くの心筋細胞からなり、心臓の収縮は活動電位によって心筋細胞内のカルシウムイオン (Ca^{2+}) 濃度が上昇することで生じる。また、拍動によって生じる心臓内部の血流を測定することは非常に困難であり、これまで Magnetic Resonance Imaging (MRI) や Coputed Tomography (CT)、超音波などを用いた測定結果は多く存在するが明確には解明されていない。

本研究では、京都大学の天野らが構築した「simBio」と「Kyoto モデル」から求めた心筋細胞の収縮力を用いた左心室拍動モデルを構築した。左心房-左心室-大動脈からなる左心室拍動モデルを用いて流体-構造連成解析を行うことで、左心室から大動脈への流出、左心房から左心室への流入および左心室内の流れについて検証する。

2 左心室拍動モデルと流体領域の構築

左心室拍動モデルはシェル要素で作成し、左心室を模した円錐台部の上部に左心房・大動脈を模した円筒部を接続した。本モデルでは左心房の収縮は考慮していないため、左心房は大動脈と同一形状となっている。

流体領域はソリッド要素で作成し、左心室拍動モデルを覆うように配置した。流体は大動脈・左心房部の流入出口でのみ流入出を行う。また、流入出口には圧力境界を設定した領域が隣接している。

3 計算手法

本研究では、心筋細胞の収縮力によって拍動する左心室および拍動により生じる血流の解析に Livermore Software Technology Corp. 製 LS-DYNA Version 970 を用いた。左心室拍動モデルをラグランジアンメッシュ、流体領域をオイラリアンメッシュとして設定し、ラグランジアンメッシュをオイラリアンメッシュの物質点に結合することで、左心室の変形と血流との流体-構造連成解析を行った。

心筋細胞の収縮力は、左心室部の各節点に与え、その方向は y 軸方向および円周方向とした。また、流体領域における大動脈弁、僧帽弁位置の変位を固定・開放することで、血流の制御を行った。

4 結果と考察

心筋細胞の収縮力が大きくなるに従い左心室は収縮し、収縮力が小さくなるに従い左心室は拡張することが確認できた。左心室内の流れについては、左心室拡張時に kilner らが測定した渦と同様の渦が確認できた。また、左心室から大動脈への流出速度および左心房から左心室への流入速度は、実際の測定値と比較して $\frac{1}{2}$ ほどの速度ではあるが、その傾向は得ることができた。本モデルの駆出率を、大動脈へ流出する血液の流量と最大拡張時の左心室容積から求めたところ 14.5[%] となり、正常な左心室の駆出率 60～80[%] と比較して小さいことがわかった。