

氏名	鍵山 光 庸		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	工 学		
学位授与番号	博甲第2538号		
学位授与の日付	平成15年 3月25日		
学位授与の要件	自然科学研究科知能開発科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	冠循環血流動態の超音波計測とモデル解析に関する研究		
論文審査委員	教授 杉山 裕二	教授 古賀 隆治	教授 岡本 卓爾

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

虚血性心疾患の治療法や予防法の開発上極めて重要な冠循環血流動態の解析には、血流計で計測する方法とシミュレーションで解析する方法が広く用いられている。本研究は、前者に関する2つの研究成果と後者に属する1つの研究成果をまとめたもので、第1章の緒論を含めて5章から構成されている。

第2章の内容は、カテーテル超音波ドプラ血流計が登場した創世期に実施したもので、まず、ターンテーブル上面に刻んだ円形溝に被計測液を満たし、これを回転させながら行った模擬実験の結果から、カテーテルの挿入方向やサンプリング領域の計測誤差への影響、計測値と真値との相関などを明らかにしている。次に、剛体管流路の定圧灌流実験の結果から、カテーテル先端近傍よりも多少離れた位置での計測値の方が真値に近いことを示すとともに、流体力学的解析結果から、カテーテルによる計測値が真値より低下することを示している。

第3章では、多チャンネル高周波超音波パルスドプラ血流計による冠動脈血流プロファイルの計測精度を評価している。まず、サンプルボリュームを小サンプルセルに分割し、各小サンプルセルから得られた速度の平均値を、そのサンプルボリュームの計測値とする評価手法を提案し、これを用いて冠動脈血流プロファイルをシミュレーション解析している。次に、この結果から、計測結果は真値に近く、また狭窄末梢領域における流れの剥離が検出できることを明らかにしている。また、血管径がサンプル径の2倍以上あれば十分な精度が期待できることも示している。

第4章では、計測が困難な冠循環血流動態を、自動調節機能を考慮して解析している。まず、心筋内血管を厚み方向に3層に分割し、各層を細動脈、毛細血管、細静脈のコンパートメントに区分した上で、血管トーンスを調節する形で、各細動脈における自動調節機能をモデル化している。次に、このモデルを用いて自動調節機能の作用下での冠循環拍動流の動態を解析し、従来からの知見に整合した結果を与えることを確認している。最後に冠動脈狭窄や収縮期高血圧症の場合の血流動態を解析し、これらの症状に対する自動調節機能の効果を明らかにしている。

最後の章では研究成果を総括すると共に、今後の課題と展望を要約している。

論文審査結果の要旨

本論文は、冠循環血流動態の解析に関するものである。まず、カテーテル超音波ドプラ血流計の計測精度に関して、カテーテル挿入方向やサンプリング領域の計測誤差への影響、計測値と真値との相関などを明らかにしている。また、カテーテル先端近傍よりも多少離れた位置での計測値の方が真値に近いことを示すとともに、流体力学的解析結果から、計測値が真値より低下することを示している。次に、多チャンネル高周波超音波パルスドプラ血流計による冠動脈血流プロファイルの計測値は真値に近いこと、狭窄末梢領域における流れの剥離を検出できること、血管径がサンプル径の2倍以上あれば十分な精度が期待できることなどを示している。最後に、心筋内血管を厚み方向に3層に分割し、各層を細動脈、毛細血管、細静脈のコンパートメントに区分した上で、血管トーンスを調節する形で各細動脈における自動調節機能を実現するモデルを構成している。それを用いて自動調節の作用下での冠循環拍動流の動態を解析し、従来からの知見に整合した結果を与えることを確認している。さらに、冠動脈狭窄や収縮期高血圧症の場合の血流動態を解析し、これらの症状への自動調節機能の効果を明らかにしている。

以上のように、本論文は、冠循環血流動態の解析に関して多くの知見を与えており、論文発表会、参考論文等を総合的に審査した結果、博士(工学)の学位に値するものと認める。