

令和元年6月18日現在

機関番号：24303

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2015～2018

課題番号：15K09095

研究課題名（和文）血流解析を組み込んだ循環器診断システムの開発と次世代の予測医療の樹立

研究課題名（英文）Development and Application of Blood Flow Analysis tools for Cardiovascular Disease

研究代表者

宮崎 翔平（Miyazaki, Shohei）

京都府立医科大学・医学（系）研究科（研究院）・特任助教

研究者番号：30748132

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：産学連携で種々の血流解析モダリティを開発、改良し、広く利用できるようなパッケージとして整備を行った。4D Flow MRIおよび超音波VFMをスタンドアロンで簡便に動作するソフトウェアとして開発を行い、複数施設での運用実績を得た。また、CFDはインターネット経由でCTデータを受け渡し解析を行いレポートとして返却するクラウド解析システムを開発した。また実測、シミュレーションを駆使したvalidation実験を行い、各モダリティにおいて誤差を低減する手法、より幅広い疾患に応用するためのプロセスを開発し、4D Flow MRI、CFDで計測が可能な範囲を広げることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

新しい血流解析で得られる膨大な血流速度場の情報とそこから計算される様々な指標は先天性心疾患、冠動脈疾患、弁膜疾患、大動脈疾患など様々な疾患においてその疾患の正確な病態を診断し、その予後を予測する重要な情報を提供する。一方、血流解析を行うためには流体力学的な知識に加え、数値解析技術、IT技術が必要とされ、利用の敷居が高い。本研究では臨床の現場において血流解析利用の促進を行うための土台づくりとして、解析ソフトウェアの開発を計画し、その中でも特に臨床応用への期待が大きいMRIに基づく血流解析ソフトウェアの開発、コンピューターシミュレーションの手法の開発を行った。

研究成果の概要（英文）：Blood flow analysis tools including 4D flow MRI, computational fluid dynamics and vector flow mapping which are not dependent on specific vendor were developed in Industry-academia collaboration, which are provided by stand alone software or cloud analysis service. The analysis methods were improved to apply wide range of cardiovascular disease including coronary heart disease, heart valve disease, aortic disease and congenital heart disease. The system was tested in multiple sites and used for clinical study.

研究分野：血流解析

キーワード：血流解析 4D Flow MRI 数値流体解析 Vector Flow Mapping Energy Loss

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

循環器疾患には虚血性心疾患、心臓弁膜疾患、心筋疾患、大動脈疾患、先天性心疾患など様々な疾患が存在し、いずれの疾患においても性状や形状のみならずその血流の詳細を把握することは正確な診断をする上で不可欠である。4D Flow MRI、CFD、超音波 VFM は血流をベクトルとして可視化し解析する代表的な血流解析手法であり、種々の循環器疾患においてその病態を把握する上で強力なツールとなりうるが、技術的な敷居が高く一部の研究室のみで使えるクローズなツールのままであった。

### 2. 研究の目的

本研究は循環器疾患の患者の病態生理が手に取るように把握できるような循環器に特化したワークステーションの開発と、それを用いて予測診断に基づく新しい循環器診療を確立することを目的とした。本診断システムにおける特色は血流解析が可能な複数のモダリティを重ね合わせることであり、包括的な診療を可能にし、病態生理に基づいた予測診断を可能とし、さらに治療前計画を検証することを可能にする画像診断システムを構築することが可能である。

### 3. 研究の方法

これまでに我々が開発してきた研究室内のみのクローズだった血流解析技術を産学連携で整備し、一般向けのシステムに構築することで、加速度的に解析症例数を増やす土台を作る。次に複数の協力施設で血流解析を行うことで、血流と疾患の関係についてエビデンスを構築することを計画した。具体的には、幅広い疾患に対応するために下記の血流解析手法に関して整備を行い、虚血性心疾患、心臓弁膜疾患、心筋疾患、大動脈疾患、先天性心疾患に対応した血流解析ワークステーションを開発する。

4D Flow MRI 血流解析システムの確立と改良を行う。4D Flow MRI を用いて先天性心疾患、大動脈疾患、弁膜疾患の解析を可能とするソフトウェアを開発する。

コンピューターシミュレーションを用いたクラウド血流解析システムの確立。CT をベースとして血流解析を行うシステムを確立する。

超音波診断をベースに血流解析を行うシステムを開発する。

### 4. 研究成果

～ に関して産学連携で 4D Flow MRI および Computational Fluid Dynamics(CFD)、超音波計測の血流解析モダリティを開発、改良し、広く利用できるようなパッケージとして整備を行った。4D Flow MRI および超音波 VFM はスタンドアロンで簡単に動作するソフトウェアとして開発を行い、複数施設での運用実績を得た。また、CFD はインターネット経由で CT データを受け渡し解析を行いレポートとして返却するクラウド解析システムを開発した。また実測、シミュレーションを駆使した validation 実験を行い、各モダリティにおいて誤差を低減する手法より幅広い疾患に応用するためのプロセスを開発し、4D Flow MRI、CFD で計測が可能な範囲を広げることができた。

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計6件)

Miyazaki S, Miyaji K, Itatani K, Oka N, Goto S, Nakamura M, Kitamura T, Horai T, Sugimoto K, Nakamura Y, Yoshimura N. Surgical strategy for aortic arch reconstruction after the Norwood procedure based on numerical flow analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 1;26(3):460-467. 2018. 査読あり

Itatani K, Miyazaki S, Furusawa T, Numata S, Yamazaki S, Morimoto K, Makino R, Morichi H, Nishino T, Yaku H. New imaging tools in cardiovascular medicine: computational fluid dynamics and 4D flow MRI. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.*65(11):611-621.2018 査読あり

Miyazaki S, Itatani K, Furusawa T, Nishino T, Sugiyama M, Takehara Y, Yasukochi S. Validation of numerical simulation methods in aortic arch using 4D Flow MRI. *Heart and Vessels.* Ausgabe 8/2017. 査読あり

Nakashima K, Itatani K, Kitamura T, Oka N, Horai T, Miyazaki S, Nie M, Miyaji K. Energy dynamics of the intraventricular vortex after mitral valve surgery. *Heart Vessels.* 32(9):1123-1129. 2017. 査読あり

Furusawa T, Miyazaki S, Teruyasu N, Yamamoto T, Itatani K. Outflow Boundary Condition of Coronary Artery Flow Analysis Based on Physiologic Findings. 日本機械学会 年次大会 2017(0), J0230304. 2017. 査読なし

Goto S, Nakamura M, Itatani K, Miyazaki S, Oka N, Honda T, Kitamura T, Horai T, Ishii M, Miyaji K. Synchronization of the Flow and Pressure Waves Obtained With Non-Simultaneous Multipoint Measurements Effects of the Cut-Off Frequencies for Breathing and Heartbeat on Blood Flow Analysis in the Fontan Circulation. International Heart Journal, 57, 449-455, 2016. 査読あり

〔学会発表〕(計7件)

宮崎翔平. 4DFlow の原理と解析手法の現状 解析アプリケーションの紹介を交えて. 第11回千葉 Magnetom 研究会. 2018年

宮崎翔平. 血流イメージングと心臓血管外科手術: 成人先天性心疾患の血流診断と手術設計. 第59回日本脈管学会総会. 2018年.

宮崎翔平. MRI による最新の血流解析技術. 第66回日本心臓病学会学術集会. 2018年

宮崎翔平. CT/MRI による新しい血流解析 循環器診療への応用 第38回せとうち心臓CT・MR勉強会. 2018年.

宮崎翔平. Surgical Strategy for Aortic Arch Reconstruction After the Norwood Procedure Based on Numerical Flow Analysis. 第70回日本胸部外科学会定期学術集会 シンポジウム Impact and outcomes of technical innovations of aortic reconstruction in Norwood operation Norwood 手術時における大動脈再建の工夫と成績. 2017年

古澤豊樹, 宮崎翔平, 西野輝泰, 山本匡, 板谷慶一. 冠動脈の生理学的知見に基づいた拍動を再現する流出境界条件. 第7回血流量. 2017年

Shohei Miyazaki, Keiichi Itatani, Norihiko Oka, Shinji Goto, Masanori Nakamura, Tadashi Kitamura, Tetsuya Horai, Yuki Nakamura, Kagami Miyaji. Surgical Strategy for Aortic Arch Reconstruction After the Norwood Procedure Based on Numerical Flow Analysis. AATS 96<sup>th</sup> Annual Meeting. 2016.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年:  
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年:  
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：板谷 慶一  
ローマ字氏名： Itatani Keiichi  
所属研究機関名：京都府立医科大学  
部局名：医学（系）研究科（研究院）  
職名：講師  
研究者番号（8桁）：70458777

(2)研究協力者  
研究協力者氏名：  
ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。