

令和 4 年 6 月 13 日現在

機関番号：24402

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H05095

研究課題名（和文）成人先天性心疾患再手術戦略のための、先端ITを駆使した血流診断システムの構築

研究課題名（英文）Development of Blood Flow Imaging System for Adult Congenital Heart Surgery

研究代表者

板谷 慶一 (Itatani, Keiichi)

大阪市立大学・大学院医学研究科・病院講師

研究者番号：70458777

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 21,000,000円

研究成果の概要（和文）：成人先天性心疾患の血行動態に関するアセスメントの手法の構築、並びに臨床例での実践を通じて血行動態でアセスメントすべき内容や項目に関して明確になった。

右心系の血行動態に問題をきたすことの多い成人先天性心疾患では左右の心機能および血行動態を包括的かつ無侵襲に評価する方法が必要であり、このため4D flow MRIの解析ソフトウェアを構築し、スキャンのプロトコルを作成した。臨床例でこの4D flow MRIの解析を行った結果、肺動脈弁の逆流、右室流出路狭窄が可視化され、手術後にエネルギー損失が軽減することが判明、論文発表を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

治療介入基準や診断、血行動態のアセスメントが極めて難しいとされ、エビデンスが枯渇していた成人先天性心疾患において3次元的に複雑な解剖であるにもかかわらず、系統的に左右心機能と体肺循環血行動態を評価し、問題点を明確にすることで手術適応、薬物療法の適応を明確にすることができた。

手術加療を行うことでエネルギー損失値の低下とともに心負荷が大きく軽減することが確認されたが、結果患者は運動耐容能が増大し、就労などに制限がなくなり質の高い生活ができるようになっており、若年患者での新たなエビデンスを発信したことが社会的に大きな意義をもたらしたと考えられた。

研究成果の概要（英文）：We have developed the assessment method for adult congenital heart disease and surgery. At first, we developed a tool for comprehensive assessment of hemodynamics and cardiac function of the right and left ventricle, and we developed 4D flow MRI post processing software and scan protocol.

Then, we have applied in adult congenital heart disease cases who often have problems in the pulmonary valve and the right ventricular outflow tract. Flow energy loss is the sensitive parameter for the cardiac workload in these diseases, and pulmonary valve surgery prominently reduced the energy loss in these cases.

We have developed a 4D flow MRI post processing software and we have published several papers regarding hemodynamics assessment of the adult congenital heart disease cases before and after the surgery.

研究分野：成人先天性心臓外科

キーワード：血流解析 シミュレーション医学 成人先天性心疾患 先天性心疾患 画像診断 心臓MRI 心臓超音波
流体力学

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

成人先天性心疾患の手術加療に関してはバリエーションが多く複雑な解剖を有する先天性心疾患に対して歴史の変遷をとまなう様々な手術加療がなされ、遠隔期に心機能の問題や弁膜症、不整脈などの問題を抱えるため、経験やエビデンスの蓄積がほとんどなく、手術適応や術式、手術成績に関しては不明瞭な点があまりに多い。

一方、研究代表者板谷は3次元血流解析の様々な手法を開発し、血行動態に関する研究を構築してきた。複雑な解剖や心機能を有し、体肺循環の複雑な血行動態の問題をきたす成人先天性心疾患に対して血流解析ツールを用いて左右心室機能と血行動態を包括的に評価し、手術を設計することによりこれらの外科医療に大きな影響をもたらさうと考えた。

2. 研究の目的

成人先天性心疾患患者に対して血流解析が心機能や血行動態をどう明らかにしていくのかを解明し、その外科手術の成績をどう向上させるのかを明らかにすること。

3. 研究の方法

①4D flow MRI を用いて各種成人先天性心疾患に対して左右心室機能、体肺循環血行動態を包括的に評価できるかどうかを健常ボランティアとの差異を検証しながら確認する。この結果から得られた 4D flow MRI に関するスキャンプロトコルや解析ソフトウェア、レポート書式などを決定し新たな医療機器として発信することを目指す。

②4D flow MRI で計測される血流エネルギー損失に関して健常基準値を明らかにし、左右心室機能の生理学がどのように血流のエネルギー効率にかかわるかを明らかにする。またこれらと成人先天性心疾患患者での差を明らかにすることでエネルギー損失の心負荷パラメータとしての意義を明確にし、現行のガイドラインで言われている手術適応基準と比較してこのパラメータがもたらす手術適応への影響を明らかにする。

③超音波血流解析を行い、体心室拡張機能がどのような意義を有しているのか、また心機能不全例での体心室心臓内渦流がどのように変化するのかを明らかにし、心臓の中に発生する渦流は本質的にどのような生理学的な意義を有しているかを明らかにする。

④数値流体力学(CFD: computational fluid dynamics)シミュレーションによって血行動態をどの程度正確に再現できるかを確認し、また CG 技術と組み合わせることで手術設計支援ツールとしてどのような疾患の手術でどの程度有益であるかを明らかにし、そのシミュレーションシステムに対して医療機器化を目指す。

⑤これらの成人先天性心疾患の外科医療を通じて成人先天性心疾患患者がどのような問題点を抱え、どのような疾患が手術加療を必要としており、周術期管理の問題点を明確にし、また術後フォローアップや予後改善に対して新たな提言を行うことを検討する。

4. 研究成果

①4D flow MRI を用いた検討では左右心室容積、駆出率、心拍出量、加速血流の部位と程度、弁逆流量、逆流率が定量され、包括的な血行動態評価が可能であることが分かった。特に肺動脈弁疾患では超音波での評価が難しい症例が多く、右室流出路に異常筋束などを伴う狭窄を有する症例が Fallot 四徴症類縁疾患に多く、これら異常筋束は CT や超音波ではみすごされがちであったものが心臓 MRI で良好に描出され、また右心室の3次元的な容量と肺動脈弁逆流量が定量評価できるだけでも十分有益な診断ツールであることが示され、多くの症例報告がなされた。

成人期末治療短絡疾患においては左右心室容積が評価され、体肺血流量が定量されることにより左右短絡量や短絡閉鎖後の左室拡張機能の予測が可能であり、心房中隔に開窓を行い、短絡を部分閉鎖しながら術後肺水腫を回避して肺高血圧をきたすような重度な未治療短絡疾患においても安全に Treat & repair 戦略に乗せられることが判明した。

成人期大動脈再縮窄症では大動脈分枝の血流、下行大動脈血流量から側副血行路の血流供給の程度が明確にされ、非侵襲的血行動態診断において有益であった。

Fontan 遠隔期においては残存チアノーゼを有する症例において肝静脈血流の左右肺への分配が可視化され、チアノーゼの原因が定量され、また体肺循環血流量のマップから側副血行路の血行動態評価が可能であり、多くの症例報告がなされた。

修正大血管転位症では解剖学的修復と機能的修復の優劣が議論されてきたが、解剖学的修復の中には心内に大きな rerouting patch を要する症例も存在し、また右室流出路再建も末梢肺動脈まで長い経路が不安定な血流を生むこともありうることを検証し、一方、機能的修復手術においても解剖学的右室の機能温存を考慮したうえで三尖弁閉鎖不全を定量化して介入を行った場合に良好な心機能予後が得られることもあることが判明した。

また肺動脈弁狭窄を伴う大血管転位症の心内修復においても心内 rerouting の形態によって左室流出路血流のエネルギー損失値に大きな差異があり、遠隔期左心機能に影響しうるということが判明し、報告した。

健常例では左室は長軸断面内に大きな渦流を形成し、一方右室は心房内に上下大静脈の合流に伴う渦流がそのまま旋回流となって右室に流入し、右房壁を押し出すような渦流が形成されていることがわかり、左心系が弾力に富むバネのような駆動力を生む一方、右心系はボリュームのリザーバーとしての機能を有することが分かった。

これらのスキューンは SSFP (steady state free precession) と 3D cine phase contrast を multi slice sagittal で重ね合わせたスキューンを行うことが最も率よく解析も行いやすいことが判明し、また解析ソフトウェアは stand alone アプリとして実装し、国立研究開発法人日本医療研究開発機構 AMED の意向連携事業化推進事業「非造影拍動追跡型 4D Flow MRI 解析システムの開発・海外展開」として医療機器を行い、現在 FDA に申請中である。

②血流エネルギー損失に関して健常基準値を明らかにしたのちに、同時に左右心室容積や駆出率に関して明らかなになった。これらの結果をもとに様々な成人先天性心疾患での左右心室負荷に関して研究を行い、肺動脈弁狭窄症や閉鎖不全症では手術後に加速血流や逆流が消失すると右心系のエネルギー損失が著明に低下することが判明した。そのためエネルギー損失値を成人先天性心疾患でよく散見する肺動脈弁疾患に関して検討し、弁狭窄単独、弁逆流単独、狭窄兼逆流の症例についてエネルギー損失と心拍出量の関係をプロットしたところ、弁逆流のない病態ではエネルギー損失値は健常例や術後の血行動態でも心拍出量と比例するが、狭窄例ではその傾きが有意に大きく、心拍出量に対して収縮期右心後負荷の分だけ高い損失値を生むことが分かった。一方逆流を伴う疾患では逆流の程度に応じて心拍出量が低下していくが、エネルギー損失値は三尖弁流入血流と逆流ジェットが衝突する拡張期右室内で増大し前負荷の本態であることが判明したが、しかし右心不全状態に陥るとそのエネルギー損失値も心拍出量も同時に低下するがその比は依然高いままであることが判明した。このためエネルギー損失値に加えてエネルギー損失を心拍出量で除した比がこれら肺動脈弁疾患の心負荷から見た重症度を反映していることがわかり、従来のガイドラインで手術適応基準とされている症例を判別する能力はこのエネルギー損失関連の二つのパラメータが極めて高い感度と特異度を有することが分かった。同時にエネルギー損失は収縮期右室前負荷と拡張期右室後負荷を単一値で表現できる心負荷指標であること、従来のガイドラインで基準とされる右室容積や右室収縮率は実際の手術後に右室機能が健常値まで回復する基準として考えた場合には現行のガイドラインよりもやや厳しい基準が必要であることが判明し、これらの結果を英文論文として発表した。

③超音波カラー M mode での拡張期体心室流入血流から算出した心内圧較差 IVPD (intra ventricular pressure difference) は体心室能動拡張能を示し右心弁膜症の修復や成人期未治療短絡疾患の修復・短絡閉鎖に伴う術後肺水腫のリスク因子や単心室循環での肺循環 (Fontan 循環) の成否を決める重要なパラメータである可能性が示唆された。

一方、これら右心負荷疾患をつぶさに観察することにより成人期右心負荷疾患には高率に軽度から中等度の僧帽弁閉鎖不全が散見され、これらは前後径の増大を伴う弁輪の変形と極めて浅い接合面をきたしており、術後左室容量が増大する疾患では逆流の増大のリスク因子となることが懸念され、『右心負荷僧帽弁疾患』と名付け、これらが rigid ring での弁輪の固定並びに必要な応じた後尖延長によって安全に修復されることが明らかとなった。

僧帽弁疾患並びにその形成手術は時として体心室または左室での心内の渦流の様相を大きく変えることが判明し、これを論文発表した。渦流を明確に同定する必要があることが分かったため位相幾何学を導入し TFDA (topological fluid dynamic analysis) という数学的手法を導入した。しかしながらへ緊道及び弁の開閉による移動境界を伴う血流の流入出を伴う循環器系では流れの湧き出し吸い込み点を特異点として処理する従来の TFDA の理論はそのままは適用されないため、心内腔を囲む移動境界を特異点として退化させることで指数定理が適用できることがわかり、共同研究者とともに特許「流れパターンの語表現装置、語表現方法およびプログラム」として出願し、この結果は心臓の生理学を解明し幅広い循環器疾患の病態を解明しようとして国立研究開発法人 科学技術振興機構 JST 未来社会創造事業「未来医療を創出する 4 次元トポロジカルデータ解析数理共通基盤の開発」(研究開発代表者坂上貴之) を取得しさらなる研究を継続することとなった。

④手術適応や術後の生理学が判明する中、最適な術式を検討することはさらなる課題であった。特に弁置換手術や形成手術など本来の解剖にも続き修復を行う手術はともかく、Fontan 手術の人工血管をつなぎなおすような手術は成人期の TCPC (total cavopulmonary connection) conversion のみならず肝静脈血流の左右肺への不均衡分布によって肺動静脈瘻を形成しチアノーゼが残存する成人期 Fontan 患者が少なくなく、その場合に肝静脈血流の分布を変更するために Fontan 導管のつなぎなおしを余儀なくされるが、特に下大静脈欠損例

で奇静脈結合/半奇静脈結合例にこのような血行動態をきたす症例が多く、極めて稀な解剖の上に術式も均一ではなく血行動態の予測も難しいという現状があった。このため CFD 数値流体力学シミュレーションによりまずは正確な血行動態の再現ができる計算プロセスが必要であり、そのための境界条件として反射波や血管慣性力や血管床を数理生理学的に再現した境界条件を構築、これを CG(computer graphics)と重ね合わせ計算コストのかかる CFD 解析をクラウドベースでスパコンで実装するスキームを考案し、共同事業者らと特許「血流解析システム、解析依頼受付システムシステム、血流解析方法及びプログラム」を申請し、特に Fontan 以外にも先天性冠動脈疾患や大動脈再建、肺動脈形成など非解剖学的な先天性心疾患修復手術で適応となることを考え、医薬品医療機器総合機構 PMDA でコンピューターシミュレーション専門部会でプログラム医療機器のあり方について講義を行い発信し、国立研究開発法人日本医療研究開発機構 AMED の支援の下、医療機器開発推進事業として小児用医療機器の実用化を目指す医師主導治験・臨床研究「非解剖学的血行債権を要する先天性心疾患の手術設計支援を目的とした血流解析シミュレーション」としてこの CFD 手術設計シミュレーションを医療機器化する開発が開始された。

⑤血行動態評価と手術加療を検討するための高度に先進的な医療を提供するべく成人先天性心臓外科専門外来を行い患者の診療を通じて疾患の発生頻度、手術内容の特徴を検証した。全研究機関を通じて専門外来で診察を行った成人先天性心疾患患者は 120 名を超え、うちペースメーカー埋め込み症例を除く前例に 4D flow MRI 検査を術前に施行し、研究期間終了までに 90 例以上の手術を施行した。これらの患者は 8 割以上が再手術患者であり、右心系や肺循環系の手術を伴うものが多いが、大動脈基部や僧帽弁、不整脈手術などとの合併手術を必要とする患者は稀ではなかった。このため術中管理として再開胸手術に伴う人工心肺管理の工夫や手術手順の工夫を要することが判明し、日本胸部外科学会 Post graduate course での講義などを行い発信したが、その一方で術前患者の自覚症状に関しては生まれながらの疾患であるために症状を自覚しうまく伝えられる Case は決して多くなく、またかかりつけ医や主治医などもエビデンスの枯渇した中でスクリーニングの方法が定まらないことを問題視していたが、再手術を経て運動耐容能が格段に向上し、就労等に関して安全でかつ意欲的に行うことのできる若年患者は決して少なくないため、手術適応患者のスクリーニングを患者の実生活に即して検討する新たなエビデンスが必要であることが判明した。また手術を経て妊娠出産や就労、運動など様々な社会活動やライフイベントを患者は経験するためその対応とフォローアップに関してはさらなるエビデンスが必要であり、医療機関だけで取得できるデータにも限界があると考えられた。そこでこれまでのソフトウェア医療機器開発の技術を生かして日本成人先天性心疾患学会学術委員会の支援のもと患者のスマートフォンにインストールするためのモバイルカルテアプリの開発に着手し、実生活に即してバイタルサインや症状を取得できる仕組みを考案した。今後新たな健康管理指標の創出などを目指し、エビデンス・クライシスと呼ばれるこの領域に新たな礎を築くことを目指す予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Asada Satoshi, Yamagishi Masaaki, Itatani Keiichi, Maeda Yoshinobu, Taniguchi Satoshi, Fujita Shuhei, Hongu Hisayuki, Yaku Hitoshi	4. 巻 24
2. 論文標題 Early outcomes and computational fluid dynamic analyses of chimney reconstruction in the Norwood procedure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery	6. 最初と最後の頁 163-168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/icvts/ivz040	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hongu Hisayuki, Yamagishi Masaaki, Maeda Yoshinobu, Itatani Keiichi, Asada Satoshi, Fujita Shuhei, Yaku Hitoshi	4. 巻 157
2. 論文標題 Double-decker repair of partial anomalous pulmonary venous return into the superior vena cava	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery	6. 最初と最後の頁 1970 ~ 1977
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jtcvs.2019.01.057	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shigemitsu Sachie, Takahashi Ken, Yazaki Kana, Kobayashi Maki, Yamada Mariko, Akimoto Katsumi, Tamaichi Hiroyuki, Fujimura Junya, Saito Masahiro, Nii Masaki, Itatani Keiichi, Shimizu Toshiaki	4. 巻 23
2. 論文標題 New insight into the intraventricular pressure gradient as a sensitive indicator of diastolic cardiac dysfunction in patients with childhood cancer after anthracycline therapy	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Heart and Vessels	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00380-018-01332-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Miyaji Kagami, Miyazaki Shohei, Itatani Keiichi, Oka Norihiko, Kitamura Tadashi, Horai Tetsuya	4. 巻 28
2. 論文標題 Novel surgical strategy for complicated pulmonary stenosis using haemodynamic analysis based on a virtual operation with numerical flow analysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery	6. 最初と最後の頁 775 ~ 782
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/icvts/ivy326	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takahashi Ken, Nii Masaki, Takigiku Kiyohiro, Toyono Manatomo, Iwashima Satoru, Inoue Nao, Tanaka Noboru, Matsui Kotoko, Shigemitsu Sachie, Yamada Mariko, Kobayashi Maki, Yazaki Kana, Itatani Keiichi, Shimizu Toshiaki	4. 巻 34
2. 論文標題 Development of suction force during early diastole from the left atrium to the left ventricle in infants, children, and adolescents	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Heart and Vessels	6. 最初と最後の頁 296 ~ 306
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00380-018-1239-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takigami Masao, Itatani Keiichi, Nakanishi Naohiko, Nakaji Kosuke, Kajiyama Yo, Matoba Satoaki, Yaku Hitoshi, Yamagishi Masaaki	4. 巻 13
2. 論文標題 Evaluation using a four-dimensional imaging tool before and after pulmonary valve replacement in a patient with tetralogy of Fallot: a case report	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Medical Case Reports	6. 最初と最後の頁 30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s13256-018-1964-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Itatani Keiichi, Miyazaki Shohei, Furusawa Tokoki, Numata Satoshi, Yamazaki Sachiko, Morimoto Kazuki, Makino Rina, Morichi Hiroko, Nishino Teruyasu, Yaku Hitoshi	4. 巻 65
2. 論文標題 New imaging tools in cardiovascular medicine: computational fluid dynamics and 4D flow MRI	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 General Thoracic and Cardiovascular Surgery	6. 最初と最後の頁 611 ~ 621
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11748-017-0834-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Miyazaki Shohei, Miyaji Kagami, Itatani Keiichi, Oka Norihiko, Goto Shinji, Nakamura Masanori, Kitamura Tadashi, Horai Tetsuya, Sugimoto Koichi, Nakamura Yuki, Yoshimura Naoki	4. 巻 26
2. 論文標題 Surgical strategy for aortic arch reconstruction after the Norwood procedure based on numerical flow analysis†	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery	6. 最初と最後の頁 460 ~ 467
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/icvts/ivx332	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Asada Satoshi, Yamagishi Masaaki, Itatani Keiichi, Yaku Hitoshi	4. 巻 154
2. 論文標題 Chimney reconstruction of the aortic arch in the Norwood procedure	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery	6. 最初と最後の頁 e51 ~ e54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jtcvs.2017.04.079	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Honda Takashi, Itatani Keiichi, Takanashi Manabu, Kitagawa Atsushi, Ando Hisashi, Kimura Sumito, Oka Norihiko, Miyaji Kagami, Ishii Masahiro	4. 巻 244
2. 論文標題 Exploring energy loss by vector flow mapping in children with ventricular septal defect: Pathophysiologic significance	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Cardiology	6. 最初と最後の頁 143 ~ 150
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijcard.2017.06.035	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Miyazaki Shohei, Itatani Keiichi, Furusawa Toyoki, Nishino Teruyasu, Sugiyama Masataka, Takehara Yasuo, Yasukochi Satoshi	4. 巻 32
2. 論文標題 Validation of numerical simulation methods in aortic arch using 4D Flow MRI	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Heart and Vessels	6. 最初と最後の頁 1032 ~ 1044
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00380-017-0979-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 板谷 慶一、山岸 正明、夜久 均	4. 巻 33
2. 論文標題 先天性心疾患治療における血流解析手法の役割	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本小児循環器学会雑誌	6. 最初と最後の頁 371 ~ 384
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9794/jspccs.33.371	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 16件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 板谷慶一
2. 発表標題 血流解析を活かした先天性心疾患の成人期手術
3. 学会等名 第46回日本集中治療学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 板谷慶一
2. 発表標題 血流評価を用いた人工弁の種類やサイズなどについて
3. 学会等名 第21回日本成人先天性心疾患学会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 板谷慶一
2. 発表標題 ACHDのイメージングに基づく手術戦略
3. 学会等名 第21回日本成人先天性心疾患学会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 板谷慶一
2. 発表標題 流体力学技術がもたらす心臓血管外科手術のパラダイムシフト：先進IT技術・CG技術と流体理論の融合『血流解析』は循環器領域の現代の難題・成人先天性心疾患手術をどう設計するか
3. 学会等名 第56回日本人工臓器学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 板谷慶一
2. 発表標題 流体解析が必要不可欠となるいくつかの心臓手術について： - データサイエンス全盛時代に理論は現場にどう生きるのか -
3. 学会等名 日本機械学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 板谷慶一
2. 発表標題 4D-Flow MRIとCFDシミュレーション：心臓手術における役割
3. 学会等名 第46回日本磁気共鳴医学学会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 板谷慶一
2. 発表標題 Vortex diagnosis for the surgical planning
3. 学会等名 第66回日本心臓病学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 板谷慶一
2. 発表標題 MRIによる最新の血液解析技術
3. 学会等名 第66回日本心臓病学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 板谷慶一
2. 発表標題 成人先天性心疾患手術のための血流イメージング
3. 学会等名 第54回日本小児循環器学会総会・学術集会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 板谷慶一
2. 発表標題 New imaging technology -小児心臓病への臨床対応-
3. 学会等名 第54回日本小児循環器学会総会・学術集会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 板谷慶一
2. 発表標題 マルチモダリティでの血流解析技術の成熟期における循環器診療のありかた
3. 学会等名 第91回日本超音波医学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keiichi Itatani
2. 発表標題 Application of Fluid Dynamics to Cardiovascular Surgery. -Mathematical Science for the Profound Insight into Cardiovascular Disease and for the Surgical Planning-
3. 学会等名 Lecture in School of Mathematics（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 板谷 慶一
2. 発表標題 先天性心疾患における4D flow MRI解析の臨床応用の可能性
3. 学会等名 第2回日本小児心臓MR研究会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 板谷慶一 山岸正明 牧野里奈 森地裕子 中路康介 山田恵 宮崎翔平 夜久均
2. 発表標題 右心系機能評価方法の進歩 MRIによる右心系血流評価
3. 学会等名 第21回日本心不全学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keiichi Itatani
2. 発表標題 Simulation medicine and blood flow imaging developed in Japan
3. 学会等名 第53回日本小児循環器学会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keiichi Itatani
2. 発表標題 18.4D flow MRI and blood flow imaging for adult congenital heart surgery
3. 学会等名 第53回日本小児循環器学会（招待講演）
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

京都府立医科大学 心臓血管血流解析学講座
<http://www.kpu-m.ac.jp/doc/alliance/course/list/keturyukaiseki.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------