

令和 3 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H04161

研究課題名(和文) 難治性不整脈の病態解明・診断・治療における位相分散解析に基づく戦略的制御技術開発

研究課題名(英文) Development of Strategic Control Technology Based on Phase Variance Analysis for Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment of Intractable Arrhythmias

研究代表者

佐久間 一郎 (Sakuma, Ichiro)

東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授

研究者番号：50178597

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,200,000円

研究成果の概要(和文)：電極・光学マッピングの同時計測により、芦原らが開発したExTRa Mappingによる電極計測と光学計測結果の高い相関性を確認し、ExTRa Mappingの位相分散構造分析手法への有用性を確認した。Spiral Wave (SW)中心と心臓の境界間の線形領域の冷却により、SW中心を房室間溝に誘導し停止できることを、数値解析とウサギ心臓標本を用いた実験で示した。また数値解析により移動するSW中心には位相分散を生む位相不連続性が存在することを示し、理論的に位相分散の重要性を示した。さらに3次元心房モデルで洞結節からの興奮発生・伝播を数値解析で再現し、初期の発作性心房細動に類似する特徴を認めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我が国では心房細動に対する有効な治療法の開発が医療経済の観点からも求められる。発作性心房細動については肺静脈隔離術の普及によって治療成績が向上したが、心筋の特性変化を認める非発作性(持続性・長期持続性)心房細動患者に対する治療は未だ有効な手法がない。本研究では、位相分散解析という手法を用いた効果的除細動治療の実現に向けて、心筋冷却の効果解析によりその基本概念を確認した。また基礎研究での知見を臨床につなげるために、光学マッピングと電極マッピングとの関連性を明らかにした。研究成果は心臓細動中に発生する渦巻き型旋回興奮波(Spiral Wave)の停止戦略を考えるための重要な知見を与えている。

研究成果の概要(英文)：Using the simultaneous electrode / optical mapping system, we confirmed the high correlation between the electrode measurement by ExTRa Mapping system developed by Ashihara et al. This revealed the usefulness of the ExTRa Mapping in phase variance analysis. Numerical analysis and experiments using rabbit heart preparations showed the possibility of guiding the Spiral Wave (SW) center to the interventricular groove of the heart by cooling the linear region between the SW center and the boundary of the heart. Numerical analysis showed that there is a phase discontinuity that produces phase variance at the center of a meandering SW. This provided theoretical basis showing importance of phase variance analysis in controlling arrhythmia. Furthermore, both initiation and propagation of excitation from the sinus node were reproduced by numerical analysis using a three-dimensional atrial model. Features similar to those of early paroxysmal atrial fibrillation was reproduced.

研究分野：医用工学

キーワード：不整脈 心房細動 カテーテルアブレーション 光学マッピング スクロール 生体制御・機能 位相解析

1. 研究開始当初の背景

我が国では、加速度的に進む高齢化に伴って心房細動患者が急激に増加しており、心房細動に対する有効な治療法の開発が医療経済の観点からも喫緊の課題である。発作性心房細動は Haïssaguerre らが提唱した肺静脈隔離術の普及によって多くの患者がその恩恵を享受することとなったが、心筋の電氣的・構造的リモデリング（再構築）を認める非発作性（持続性・長期持続性）心房細動患者に対する治療は未だ有効な手法が確立されていない。

申請者らのグループは世界最高水準の光学マッピングシステムを作成し、心内膜・心外膜同時マッピングシステムを構築することで非発作性心房細動を駆動する渦巻き型旋回性興奮波（Spiral Wave, SW）の 3 次元表示に初めて成功している。さらに、動物実験と計算科学を組合わせた種々の病態モデルで発生する心房細動の興奮様式を解析した結果（J Am Coll Cardiol EP 2015）、時空間的興奮分散指標を用いて SW の存在領域を描出し、その領域破断（領域あるいは経路における興奮伝導の遮断）によって SW の持続を阻止する新たな心房細動のローター・アブレーション治療法を提唱し、一定の成果を上げている（J Am Coll Cardiol 2017）。

しかしながら前記の手法を用いても、心筋リモデリング（疾病の進展に伴い心筋組織構造や電気学的特性が変化すること）の進展した患者においては SW が発生・移動・消滅を繰り返し、非常に複雑な興奮様式を呈するために SW の存在領域の特定が困難であった。申請者らはこれらの問題点を解決するために、発生・移動・消滅を繰り返す複雑な SW の定量的解析手法として「位相分散解析」と呼ぶ全く新しい手法を開発した（IEEE TBME 2016）。

2. 研究の目的

心筋細胞の電気生理学的特性や解剖学的特徴によって規定される興奮波面の破綻によって SW が形成され、心房細動や心室細動などの重篤な不整脈が発生することが報告されている。近年、心臓の複雑な興奮を蛍光シグナルとして観察する光学マッピングの技術が進み、生体心における SW の可視化に成功している。しかし、SW の制御は困難を極め、未だ確立された手法は存在しない。本研究では、我々が一貫して取り組んできた光学マッピング・3 次元シミュレーション研究の結果たどり着いた画期的な SW 制御手法の開発につながる位相分散解析技術を発展させ、臨床応用するための技術基盤を構築することを目的とする。

3. 研究の方法

1) 光学マッピングと多電極マッピング同時計測システムを開発する。臨床電気生理学的検査で実際に使用される電極から得られたデータと、光学マッピングの同時記録を試み、局所電位情報の集合である電極マッピング情報から、心臓電気現象の時空間的な位相情報を抽出するにはどのような信号処理手法が求められるのか検討した。また、従来ウサギ摘出心臓灌流標本に対して開発してきた実験システムを、よりヒト心房に近い大型動物であるブタ摘出心臓灌流標本に対しても適用可能な形に拡大した。

2) 位相分散解析を用いて、記録された局所電位あるいは光学マッピングから得られる位相分散・累積位相分散マップを比較し、心筋内を移動（さまよい運動）する SW の存在領域を特定することが可能であるかの評価を行った。またこの解析手法の理論的な裏付けを確立するために、数値解析を用いて、SW 中心における位相構造の詳細解析を行った。

3) SW 存在領域・通過経路を適切に遮断ないし修飾することで重篤な不整脈（心房細動・心室細動）を治療することが可能か？、「治療の標的とすべき領域はいかなる特徴を有するのか？」を解決する基盤情報を取得する。その一手法として心筋組織の局所冷却を用いて空間的電気生理学的勾配を形成する手法を適用した。

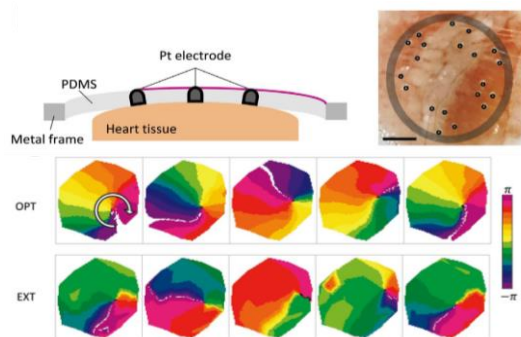
4) MRI データを元にヒトの 3 次元心房の形状モデルを作成し、心臓電気生理学的なコンピュータシミュレーションを実施した。形状モデルは心筋組織の心外膜面と心内膜面のみで

構成されたサーフェスモデルであり、サーフェスモデルから心筋内組織を含めたユニット（ボリューム）モデルへ変換した。作成したユニットモデルにヒト心房筋細胞の活動電位を再現する微分方程式（Courtemanche et al. 1998）を組み込み、正常洞調律や心房細動を想定した SW の誘発シミュレーションを実施した。

4. 研究成果

1) 透明樹脂多電極アレイを用いた位相マッピングの精度検証システムの構築：

光学計測に用いる蛍光シグナルを阻害する事なく、凹凸のある心臓組織表面に沿って変形して確実に接触させることが可能な透明樹脂薄膜内に、電極を高密度で実装した同時計測用の透明樹脂多電極アレイを独自に開発した（右図上段）。この透明樹脂多電極アレイを用いて、研究分担者の芦原らが心房細動の臨床的な可視化のために開発した ExTRa Mapping に対して、高速カメラによる光学計測との同時計測システムを構築して精度検証を行った。その結果、光学計測・電極計測それぞれのマッピング結果の

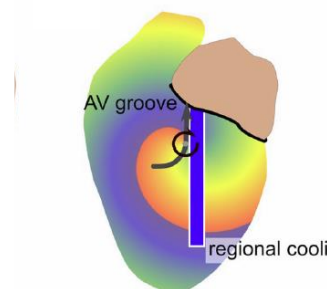


電極/光学同時計測用透明電極（上段）と工学マッピング結果 (OPT) と電極計測マッピング結果 (EXT) の例

の相関性が高いことを確認した（右上図下段）。さらに位相分散解析を用いて SW 中心軌跡を分析・比較した結果、それぞれの計測で視野内の特定箇所での SW の偏在を認め、位相分散構造の分析手法としての ExTRa マッピングの有用性を確認した。（Circulation Journal 2020）

2) 局所冷却による位相分散構造の修飾実験：

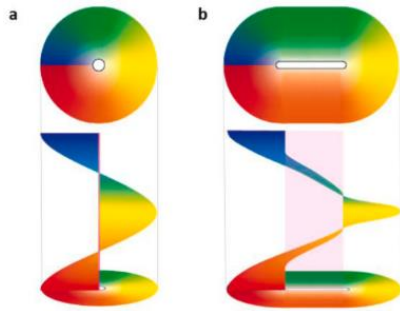
研究分担者の山崎らは、適切な局所冷却（Regional Cooling: RC）が SW を停止する低エネルギー除細動手法の一つとなる事を過去に示した。本研究では RC を位相分散構造の修飾手法として捉えなおし、SW 中心から心臓の境界まで心臓を冷却する線形領域冷却（Linear Regional Cooling, LRC）を行うことで、SW 中心を心臓の房室間溝に誘導し、停止させられるのではないかと考えた（右図）。この仮説を検証するため、計算機シミュレーションによりその可能性を実証し、さらにウサギ心臓の Langendorf 灌流標本で LRC を行いつつ、同時に光学マッピングを行うことができる実験システムを製作し、精密な SW 制御のための LRC の有効性を示した（Journal of MBE 2020）。



SW 中心から房室間溝への線状冷却領域の作成

3) SW 中心における位相分散構造の数値解析：

研究分担者の富井らが提唱した位相分散指標は、光学マッピング実験の詳細な解析から経験的に発見された一方で、位相分散構造が SW に伴って現れる理論的なメカニズムが明確ではなかった。そこで数値解析を用いて詳細な分析を行った結果、移動する SW 中心には位相分散を生じさせる位相不連続性が存在する事を明らかにした（Computers in Biology and Medicine 2020）。この結果は SW 中心を特異点とする従来の概念を覆す革新的成果であり、SW 制御のための位相分散の重要性を裏付ける理論的基盤が得られた。

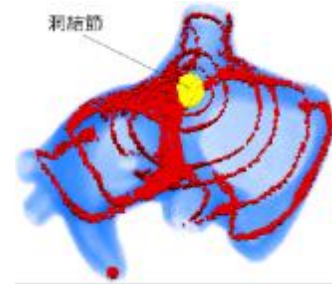


SW 周辺の位相分布の空間的構造

色は活動電位時相に対応する位相を示す。下段は位相を高さ方向の位置で合わせて表示した図である。左図(a)は従来の捉え方であり、位相不連続は1点で観測されると理解されていた。右図(b)は本研究で明らかにした位相分布の空間的構造であり、SW 中心付近には位相不連続点ではなく、位相不連続境界が線状に存在することを示している

4) 3次元心房細動シミュレーションモデルの構築：

3次元心房細動シミュレーションモデルの構築：3次元心房の形状モデルにおいて、ペースメーカー細胞である洞結節からの電気的興奮の発生および周囲心筋組織への正常な興奮伝播をシミュレーションにより再現し、さらに心房細動を想定した SW の誘発を行った。結果として、構造的なりモデリングのない正常な心房においては、心房細動の誘発を行っても興奮波は左右の心房間を大きく巡回し直ぐに停止することがわかった。臨床で見られる典型的な非発作性心房細動症例の再現には至らず、初期の発作性心房細動に類似する特徴が認められた。



3次元心房興奮伝播シミュレーション

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tomii N, Asano K, Seno H, Ashihara T, Sakuma I, Yamazaki M	4. 巻 84 (4)
2. 論文標題 Validation of Intraoperative Catheter Phase Mapping Using a Simultaneous Optical Measurement System in Rabbit Ventricular Myocardium.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Circ J.	6. 最初と最後の頁 609-615
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1253/circj.CJ-19-1020.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Seno H, Tomii N, Yamazaki M, Honjo H, Shibata N, Sakuma I.	4. 巻 in press
2. 論文標題 Cardiac Spiral Wave Termination by Linear Regional Cooling toward Anatomical Boundary of Heart.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J Med Biol Eng	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s40846-020-00517-8	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 谷田部純弥、山崎正俊、柴田仁太郎、富井直輝、佐久間一郎、本荘 晴朗、本間 章彦、荒船 龍彦	4. 巻 57(2-3)
2. 論文標題 仮想電極分極現象を用いたSpiral Wave Reentry制御	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 生体医工学	6. 最初と最後の頁 49-57
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11239/jsmbe.57.49	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 Avula UMR, Yamazaki M, Hernandez JJ, Valdivia CR, Chu A, Rojas-Pena A, Kaur K, Ramos-Mondragón R, Anumonwo JM, Nattel S, Valdivia HH, Kalifa J.	4. 巻 11
2. 論文標題 Atrial Infarction-Induced Spontaneous Focal Discharges and Atrial Fibrillation in Sheep: Role of Dantrolene-Sensitive Aberrant Ryanodine Receptor Calcium Release.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Circ Arrhythm Electrophysiol	6. 最初と最後の頁 e005659
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1161/CIRCEP.117.005659	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 該当する

1. 著者名 Tonii N, Yamazaki M, Arafune T, Kamiya K, Nakazawa K, Honjo H, Shibata N, Sakuma I.	4. 巻 315(2)
2. 論文標題 Interaction of Phase Singularities on Spiral Wave Tail: Reconsideration of Capturing the Excitable Gap.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Am J Physiol Heart Circ Physiol.	6. 最初と最後の頁 318-326
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/ajpheart.00558.2017	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 Sakata K, Okuyama Y, Ozawa T, Haraguchi R, Nakazawa K, Tsuchiya T, Horie M, Ashihara T	4. 巻 34(2)
2. 論文標題 Not all rotors, effective ablation targets for nonparoxysmal atrial fibrillation, are included in areas suggested by conventional indirect indicators of atrial fibrillation drivers: ExTRa Mapping project.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Arrhythm.	6. 最初と最後の頁 176-184
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/joa3.12036	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 中沢一雄, 天野晃	4. 巻 57(8)
2. 論文標題 心臓が有する制御系と心臓の計測・制御技術の現状と展望	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 計測と制御	6. 最初と最後の頁 553-554
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 天野晃, 中沢一雄	4. 巻 57(8)
2. 論文標題 心臓が有する制御系と心臓の計測・制御技術の現状と展望	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 計測と制御	6. 最初と最後の頁 555-556
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 稲田慎, 柴田先生, 芦原貴司, 中沢一雄	4. 巻 57(8)
2. 論文標題 房室結節における心拍制御機構の解析 - コンピュータシミュレーションによる検討	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 計測と制御	6. 最初と最後の頁 563-569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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30件 (うち招待講演 14件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Yamazaki M
2. 発表標題 Experimental visualization of rotor as a mechanism of arrhythmia using ex-vivo optical mapping.
3. 学会等名 The 97th Annual Meeting of the Physiological Society of Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yamazaki M
2. 発表標題 Anti-arrhythmic effects by heavy ion irradiation in animal AF model
3. 学会等名 Tokyo-Taipei-Seoul Arrhythmia Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yamazaki M
2. 発表標題 Background of Spatio-temporal Dispersion Guided Ablation from Translational Research.
3. 学会等名 The 66th Annual Meeting of the Japanese Heart Rhythm Society 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 稲田 慎、相庭武司、柴田仁太郎、原口 亮、芦原貴司、草野研吾、清水 渉、池田隆徳、佐久間一郎、中沢一雄
2. 発表標題 右室流出路における伝導障害が引き起こす心室性不整脈発生メカニズムの検討 ~ コンピュータシミュレーションを用いた理論的検討 ~
3. 学会等名 MEとバイオサイバネティックス研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 稲田 慎 , 相庭 武司, 柴田 仁太郎, 原口 亮, 芦原 貴司, 草野 研吾, 清水 渉, 池田 隆徳, 中沢 一雄
2. 発表標題 右室流出路伝導障害が引き起こす心室性不整脈のメカニズムのシミュレーションによる検討
3. 学会等名 第58回日本生体医工学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 稲田慎, 相庭武司, 柴田仁太郎 , 原口亮 , 芦原貴司 , 草野研吾 , 清水渉 , 池田隆徳 , 中沢一雄
2. 発表標題 コンピュータシミュレーションを用いた右室流出路を起源とする不整脈発生機序の検討
3. 学会等名 第39回医療情報学連合大会・第20回日本医療情報学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoki Tomii, Jiaming Jiao, Masatoshi Yamazaki, Takashi Ashihara, Ichiro Sakuma.
2. 発表標題 Deep Neural Network for Estimation of Membrane Potential Distribution from Multiple Electrode Measurement Signals A Simulation Study
3. 学会等名 第66回日本不整脈心電学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yamazaki M, Tsuji Y, Tomii N, Arafune T, Honjo H, Kodama I, Sakuma I
2. 発表標題 Spatio-temporal Dispersion of Multipolar Electrogram, a Visually Recognizable Electric Footprint of Rotor during Cardiac Fibrillation.
3. 学会等名 The 83rd Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yamazaki M
2. 発表標題 Spatio-temporal Electrogram Dispersion, a Visually Recognizable Electric Footprint of Rotational Activity during Atrial Fibrillation.
3. 学会等名 US-Japan (AMED) Workshop on Engineering in Medicine and Biology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Inada S, Nakazawa K, Shibata N, Ashihara T, Ikeda T
2. 発表標題 Effects of autonomic nerve activity on atrioventricular node conduction: A simulation study.
3. 学会等名 The 11th Asia-Pacific Heart Rhythm Society Scientific Session (APHRs 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ichiro Sakuma
2. 発表標題 Measurement and Control of Arrhythmia Based on Optical Mapping of Cardiac Electrophysiological Phenomena and Image Analysis
3. 学会等名 10th IFAC Symposium on Biological and Medical Systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐久間一郎
2. 発表標題 Special Session1循環器領域におけるIoT技術の進歩 “ Consideration on Risk Management of Medical Devices and Systems Incorporating Information Tech-Nologies “
3. 学会等名 第82 回日本循環器学会学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroshi Seno, Naoki Tomii, Masatoshi Yamazaki, Haruo Honjo, Nitaro Shibata, Ichiro Sakuma
2. 発表標題 Computer Simulation Study for the Control of Cardiac Spiral Wave by Linear Regional Cooling
3. 学会等名 11th Asia Pacific Heart Rhythm Society Scientific Session (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ichiro Sakuma
2. 発表標題 Biomedical engineering approach for spiral wave control
3. 学会等名 The 2018 International Congress on Electrophysiology(ICE2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masatoshi Yamazaki, Yukiomi Tsuji, Ryoko Niwa, Naoki Tomii, Tatsuhiko Arafune, Haruo Honjo, Dobromir Dobrev, Stanley Nattel, Itsuo Kodama, Ichiro Sakuma, Naomasa Makita
2. 発表標題 Role of late sodium current in experimental torsades de pointes
3. 学会等名 The 2018 International Congress on Electrophysiology(ICE2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jiaming Jiao, Naoki Tomii, Masatoshi Yamazaki, Ichiro Sakuma
2. 発表標題 Estimation of Cardiac Membrane Potential from Pseudo-ECG Using A Deep Convolutional Neural Network
3. 学会等名 第27回日本コンピュータ外科学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林俊輝、富井直輝、山崎正俊、柴田仁太郎、佐久間一郎
2. 発表標題 Compressed Laminar Optical Tomography (CLOT)計測を可能とする光学計測システムの開発
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 瀬野宏、富井直輝、山崎正俊、本荘晴朗、柴田仁太郎、佐久間一郎
2. 発表標題 シミュレーションモデルを用いた洗浄局所冷却による冷却除細動の検討
3. 学会等名 第33回心電情報処理ワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoki Tomii, Masatoshi Yamazaki, Nitaro Shibata, Haruo Honjo, and Ichiro Sakuma
2. 発表標題 Statistical Guideline of Threshold Determination for Cardiac Spiral Wave Center Detection Using Phase Variance Analysis
3. 学会等名 World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 富井 直輝, 瀬野 宏, 山崎 正俊, 本荘 晴朗, 柴田 仁太郎, 佐久間 一郎
2. 発表標題 心臓巡回性興奮動態の位相分散解析
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 富井直輝
2. 発表標題 スパイラル・リエントリの検出・追跡・制御
3. 学会等名 HEIAN forum 2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 稲田 慎, 柴田仁太郎, 井上優子, 山本剛, 奈良崎大士, 原口亮, 芦原貴司, 池田 隆徳, 草野研吾, 三井和幸, 中沢一雄
2. 発表標題 12誘導心電図から再構成したベクトル心電図を用いた心室性不整脈発生源の推定 ~シミュレーションによる理論的検討~
3. 学会等名 電子情報通信学会 MEとバイオサイバネティックス研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 稲田 慎, 柴田仁太郎, 井上優子, 山本剛, 奈良崎大士, 原口亮, 芦原貴司, 池田隆徳, 草野研吾, 三井和幸, 中沢一雄
2. 発表標題 コンピュータシミュレーションにより再構成したベクトル心電図の不整脈発生源同定への応用
3. 学会等名 第39回医療情報学連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 芦原貴司, 坂田憲祐, 奥山雄介, 小澤友哉, 土谷健, 原口亮, 稲田慎, 中沢一 雄, 堀江稔, 杉本喜久, 永田啓
2. 発表標題 慢性心房細動アブレーションの新たな治療戦略に向けたインシリコの応用
3. 学会等名 第39回医療情報学連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坂田憲祐, 奥山雄介, 小澤友哉, 原口亮, 稲田慎, 中沢一雄, 土谷健, 芦原貴司
2. 発表標題 難治性不整脈の病態解明・診断・治療における戦略的技術開発：臨床不整脈映像 化システムによる非発作性心房細動の維持機構の解明：ExTRa Mapping Project .
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 INADA S, SHIBATA N, ASHIHARA T, IKEDA T, NAKAZAWA K
2. 発表標題 Simulation study of excitation conduction using three-dimensional atrioventricular node model
3. 学会等名 第57回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Honjo H.
2. 発表標題 Dynamics of electrical rotors in the heart
3. 学会等名 The 2018 International Congress on Electrocardiology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Honjo H.
2. 発表標題 Late sodium current and ischemic ventricular arrhythmia
3. 学会等名 The 11th Asia Pacific Heart Rhythm Society Scientific Session (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本荘晴朗
2. 発表標題 もう一度不整脈の機序を学ぶ
3. 学会等名 第65回日本不整脈心電学会学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本荘晴朗
2. 発表標題 光学マッピングによるスパイラル・リエントリーの解析
3. 学会等名 Arrhythmia Conference in Hiroshima (招待講演)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 生体組織の電極配置推定方法	発明者 富井直輝, 佐久間一郎, 山崎正俊, ジャオジャミン	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-010999	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

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
研究分担者	芦原 貴司 (Ashihara Takashi) (80396259)	滋賀医科大学・医学部・教授 (14202)	
研究分担者	中沢 一雄 (Nakazawa Kazuo) (50198058)	森ノ宮医療大学・保健医療学部・教授 (34448)	
研究分担者	山崎 正俊 (Yamazaki Masatoshi) (30627328)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・特任准教授 (12601)	
研究分担者	富井 直輝 (Tomii Naoki) (00803602)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・助教 (12601)	
研究分担者	本荘 晴朗 (Honjo Haruo) (70262912)	名古屋大学・環境医学研究所・准教授 (13901)	削除：2019年11月28日

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