

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：23903

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K19923

研究課題名（和文）後天性因子により心臓の健康状態を解釈・推定する基盤技術の研究開発

研究課題名（英文）Core Technologies in Analyzing and Estimating the Influences of Exogenous Factors of Heart Health

研究代表者

黄 銘（Huang, Ming）

名古屋市立大学・データサイエンス学部・准教授

研究者番号：50728300

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究は睡眠・運動・食習慣三因子が心臓健康に与える影響を究明するために、生活の質に影響を与えずにこれらの因子を定量的に測定し、蓄積されたデータを基に、心臓の健康状態とFES因子との関連性を推定できる基盤技術を開発した。具体的には、以下の二点に焦点を当てた。マルチモーダルな生理信号を基にした睡眠状態の推定手法を開発し、睡眠中の心臓状態を監視するための信号処理技術とAI技術を確立した。ウェアラブルデバイスで収集したマルチモーダルな生体信号を用いて、日常生活活動を自動で認識するAI技術を開発し、活動期の心臓健康状態のモニタリングを可能にする信号処理技術とAI技術を確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

心臓の状態は遺伝的要因のみならず、食事、運動、睡眠といった後天的な生活習慣因子にも依存する。これらのFES因子を積極的に改善することで、未病の状態から健康を取り戻す可能性が期待される。したがって、健康から未病を経て病気の発症に至るまでの健康状態を把握するために、本研究はデジタルヘルスを通じてウェアラブルデバイスや個人向け健康機器を使用し、生体情報を収集及び活用する手法に焦点を当たった。日常生活の中でFES因子を定量的に記録するや昼夜問わず心臓の健康状態を監視する技術を開発した。この技術は、生活習慣因子を調整する運動療法や食事療法の個別化及び効果の向上に寄与することが期待される。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to elucidate the impact of three lifestyle factors: sleep, exercise, and diet (collectively referred to as FES factors) on cardiac health. We developed a foundational technology that allows for the quantitative measurement of these factors without affecting quality of life, using accumulated data to estimate the correlation between cardiac health and FES factors. Specifically, we focused on two main areas: We developed an estimation method for sleep states based on multimodal physiological signals, establishing signal processing and AI technologies to monitor cardiac states during sleep. Using multimodal biosignals collected from wearable devices, we developed AI technology to automatically recognize daily activities, establishing signal processing and AI technologies that enable the monitoring of cardiac health during active periods.

研究分野：健康情報学、生体医療工学

キーワード：睡眠 運動 個人向け健康機器 食生活 AI技術

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

心臓の状態は、遺伝子型の因子のほか、食・運動・睡眠の後天型である生活習慣因子 (FES 因子) にも依存する。FES 因子を積極的に改善すれば、未病の状態から健康状態に取り戻す可能性が期待される。

しかしながら、健康から未病を経て発症に到るまでの健康状態の把握は、発症の抑制、健康状態の取り戻すことに関連した最重要課題である。人の健康状態を動的に把握するために、デジタルヘルスというウェアラブル・個人ヘルス機器による生体情報の収集とデータ活用がその実現手段となっている。しかし、現状での研究では、測定機器の開発が主眼に置かれているなかで、取得したデータ活用によるヘルスケア研究も研究すべき課題である。また、それぞれの生活習慣因子に対して、個人ヘルス機器で収集した生信号から、健康状態に関連する特徴抽出、関連付けに至っていなかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は睡眠・運動・食習慣三因子 (FES 因子) が心臓の健康に与える影響を究明するために、生活の質に影響を与えずにこれらの因子を定量的に測定や定性的記述をし、心臓の健康状態と FES 因子との関連性を推定できる基盤技術を開発することによって、心臓の健康状態を FES 因子により解釈する基盤技術を構築する。

3. 研究の方法

睡眠状態の総合モニタリング技術によって睡眠状態評価及び心臓健康状態の定量的評価法

睡眠中に生じる健康問題の正確な監視が困難な普遍的な課題に対して、複数の生理信号を統合して睡眠状態と周期、及び睡眠時の心臓生理状態を高精度でモニタリングする手法を開発した。さらに、心臓の急性イベントの短期予測のための情報統合手法も構築した。

ウェアラブルセンサーによって日常生活活動の自動認識

生活習慣を構成する日常活動パターンは心臓健康に影響を及ぼすため、これらのパターンを簡単に把握できる技術が求められている。人間活動認識 (HAR) は、特にヘルスケアや高齢者支援の分野で重要視されている。さらに、リモートワークへの移行が進むにつれて、身体活動の減少と長時間の座りがちな行動が健康リスクを増大させ、先進的な HAR 研究の必要性を強調している。本研究は、スマートウォッチに内蔵する加速度センサー、ジャイロ스코ープから収集される信号を利用して、複雑な日常活動を自動で識別する新たな手法を提案した。この手法は、Core Motion インタフェースを使用して信号を収集し、空間-時間グラフを用いて複雑活動のパターンをモデル化し、グラフ深層学習技術により活動を識別した。これにより、個人の活動、運動、食生活を包括的に記録し、日常活動パターンを効果的に同定できるようになった。

ウェアラブルセンサーによって日常生活状態における心臓健康状態の定量的評価法

スマートウォッチに内蔵された光電脈拍 (PPG) センサーから収集される脈拍時系列を用いて心臓健康状態を評価するために、自律神経系が不整脈発生前に示す特異的な反応に基づいて非線形特徴を抽出した。この研究では、心電図から得られた心拍時系列を基に構築された不整脈識別モデルを脈拍時系列に転移学習することで調整し、PPG 信号から心房細動を自動で認識する手法を開発した。このアプローチにより、スマートウォッチを用いた非侵襲的かつ実用的な心房細動の監視が可能となった。

ウェアラブルセンサーによって運動中の血圧変動のモニタリング技術

運動中の血圧は正常範囲内での変動が心臓健康にとって重要な指標であるが、従来のカフ式血圧計ではその詳細を把握することが困難である。本研究では、カフレス式のアプローチを採用し、運動中の血圧変動を正確に捉えるために光電容積脈波（PPG）信号を用いた。この信号を基に、長短期記憶（LSTM）ベースのニューラルネットワークモデルを開発し、血圧の変動を推定するモデルを構築した。このモデルは、非侵襲的かつ連続的な血圧モニタリングを可能にし、運動中でも正確な血圧管理を実現する手法として期待されている。

4. 研究成果

マルチモーダル生体信号に基づいた睡眠状態の推定手法の確立

まず、静電容量結合型電極を用いた睡眠状態短期実験と一晩中の実験の2セットを実施した(図1)。心電図成分も含まれた信号を利用して、寝返りをモニタリングする手法を開発した。具体的には、睡眠姿勢（仰向け、左側臥、右側臥）を区別するために、深いリカレントニューラルネットワーク（RNN）に基づいた分類モデルを提案した。

結果として、短期実験では、30秒のセグメントに基づいて全体的な精度は96.2%を達成した一方、一心拍セグメントを使用した場合の全体的な精度は88.8%であった。縛りのない一晩中の実験では、30秒のセグメントに基づいて精度は91.0%を達成し、一心拍セグメントを使用した場合の精度は81.4%であった。

さらに、睡眠状態の同定には、複数の脳波誘導が必要となるので、日常的な使用には向いていない。本研究では、2誘導の脳波信号に基づいた睡眠周期と構造の自動推定手法を研究開発した。しかし、

誘導の減少は抽出された特徴の不確実性を増加させ、睡眠状態との関連性に影響を与える可能性がある。そのため、約6000人分の一晩中の脳波

データ（Wake: 1,706,829; N1: 232,998; N2: 2,423,837; N3: 743,856; REM: 831,459, Sleep Heart Health Study dataset や Sleep-EDF expanded dataset）を用い、睡眠生理学に基づく脳波の特性とTransformerモデルを組み合わせ、特徴の不確実性を減少させつつ睡眠構造の推定精度を向上させる手法を提案した(図2)。

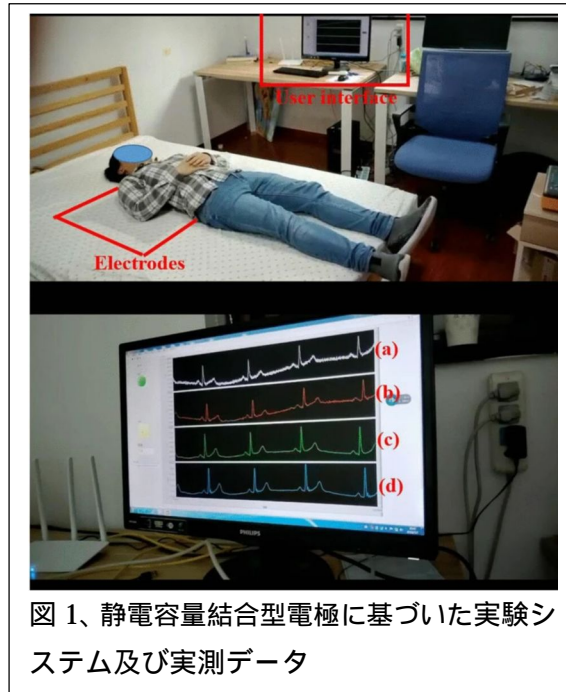


図1、静電容量結合型電極に基づいた実験システム及び実測データ

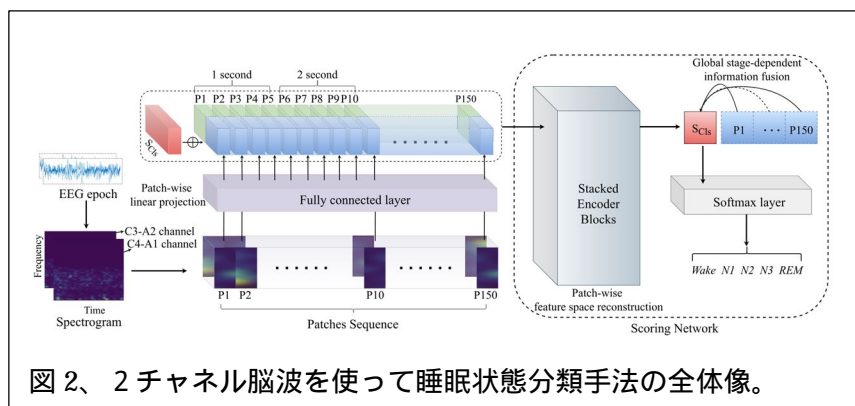


図2、2チャンネル脳波を使って睡眠状態分類手法の全体像。

まず、睡眠脳波の生理学的特徴に基づいた特徴抽出方法を設計した。この方法は、睡眠医学で定義された5つの周波数帯域でスペクトログラムを分割し、さらに紡錘波などの特徴の長さ(1秒)を参考にしてスペクトログラムを時間方向の分割を行なった。次に、生成された時間-周波数ブロックに対してChatGPTの根幹であるTransformerアーキテクチャを用いて時系列の関連付けと特徴の融合を行なった。このモデルは、従来のリカレントニューラルネットワークにおける時-空間順序への依存性を打破し、脳波特徴の出現の無秩序さと偶発性により適合した。この設計はクロスデータベースでの検証で非常に理想的な結果を得ている。脳波信号のみを用いた場合、覚醒、深睡眠、REM睡眠のF1スコアがそれぞれ0.93、0.87、0.86に達し、最高水準の精度を実現している。

静電容量結合型電極に基づいた睡眠心臓状態の推定手法の確立

静電容量結合型電極から得られる心電図波形(cECG)は、睡眠

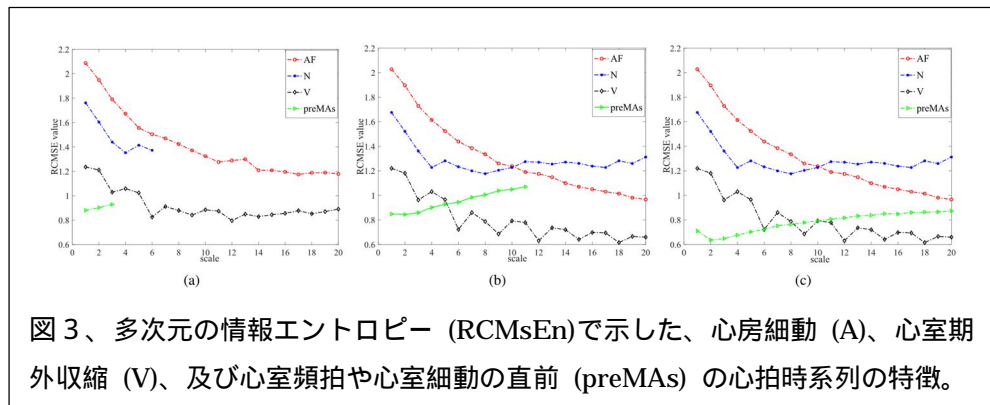


図3、多次元の情報エントロピー (RCMsEn)で示した、心房細動 (A)、心室期外収縮 (V)、及び心室頻拍や心室細動の直前 (preMAs) の心拍時系列の特徴。

姿勢の変化によっても変動する。また、睡眠中の体動や姿勢変化による非定常ノイズは、心電図の信号対雑音比を大きく低下させる問題がある。

上述の問題を踏まえて、申請者は革新的な容量性心電図の総合的な使用手法を提案した。信号の信号対雑音比に応じた異なる信号抽出および利用法を考案した。心拍時系列を不整脈予測に活用する先駆的な研究を行なった。心臓の自律神経系が不整脈が発生前に特異的な動きをするという科学的仮説に基づき、多次元の情報エントロピーを用いて心拍数信号から特徴を抽出し(図3)、アンサンブル学習モデルに基づく分類モデル(心室頻拍3800例、正常洞調律17653例、心房細動3279例、期外収縮4030例、MIT-BIH DatabaseやSpontaneous Ventricular Tachyarrhythmia Database)を構築した。この方法は、まもなく発生する(約1分半後)急性イベント(VTとVF)に対して非常に高い精度(0.99)と高いリコール(0.89)を示した。

ウェアラブルセンサーによって日常生活活動の自動認識手法の確立

既存の研究が主に座っている、立っているといった単純で繰り返し行われる人間の活動に焦点を当てているのに対し、本研究では、人間の行動を単純な活動と複雑な活動に細分化するという新しいアプローチを提案した。例えば、オフィスワークは、書くこと、読むこと、コンピュータの使用といった活動の組み合わせと見なされる。このような複雑な活動とその持続時間を実際のシナリオで正確に特定するために、「Temporal-Spatial graph」でモデリングし、グラフニューラル

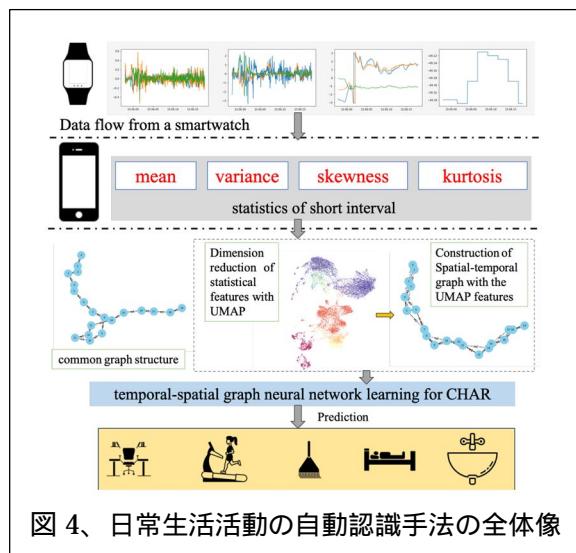


図4、日常生活活動の自動認識手法の全体像

ネットワークでモデリングし、グラフニューラルネットワークで予測する。このように複雑な活動とその持続時間を実際のシナリオで正確に特定するために、「Temporal-Spatial graph」でモデリングし、グラフニューラル

ネットワークで複雑活動の特徴抽出及び分類するパイプライン（図4）を提案した。このデータ駆動型のフレームワークは、複雑な活動のニュアンスを効果的に捉えて解釈した。実験結果は精度とF1スコアで0.96を達成し、この方法がこれらの活動を表現し認識する能力を示し、変化する労働環境がもたらす現代の健康課題に対処する可能性を示した。

光電脈拍信号によって心房細動の自動認識手法の確立

光電容積脈波（PPG）信号は、使用の便利さと生理学的起源の類似性から、心房細動（AF）の検出

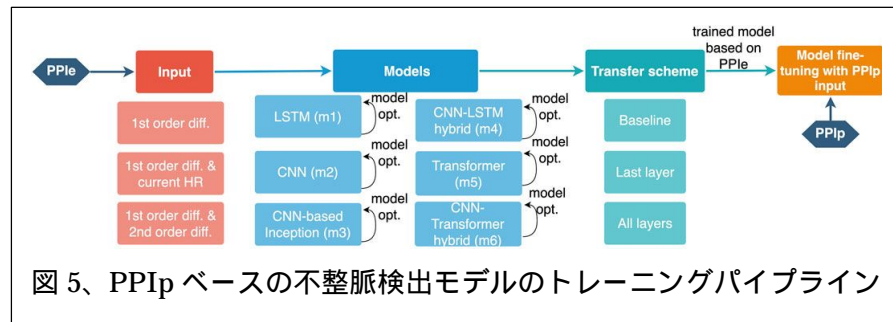


図5、PPIp ベースの不整脈検出モデルのトレーニングパイプライン

に適している可能性がある。以前の研究により、PPG 信号のピーク間隔（PPIp）を使用してAFを検出する可能性が示されている。しかし、汎用モデルとして、AF 検出器の精度を追求する一方で、同一不整脈の PPG 表現の個人差やサブタイプの存在を考慮して一般性にも注意を払う必要がある。さらに、心房細動と正常洞性心リズムの間の二値分類器は、AF と心室期外収縮の類似性により説得力が足りない。この研究では、心房細動の検出を複数クラス分類として位置付け、入力形式、ディープラーニングモデル（ハイパーパラメータ最適化を含む）転移学習のスキームに関する設定可能なオプションの設計と決定により、分類器の精度と一般性の両方に有利なトレーニングパイプライン（図5）を提案した。パイプラインの設定可能なコンポーネントの厳格な比較により、入力形式として心拍シーケンスの一次差分、学習モデルとして2層CNN-1層Transformerのハイブリッドモデル、そして転移学習の実施スキームとしてモデル全体の微調整を組み合わせることが最適であることが確認された（F1値：0.80、全体の精度：0.87）。

運動中の血圧変動のモニタリング手法の確立

PPG から抽出される信号の信頼性を保証するために、偏度信号品質指数とRReliefFアルゴリズムを信号選択に使用した。その後、BPは長短期記憶（LSTM）ベースのニューラルネットワークを使用して推定した。実験には17名の若年成人男性が参加し、20分間の安静、運動、および回復からなる構造化プロトコルを行った。非侵襲的なボルテージクランプ型連続血圧計で測定されたBPと比較して、提案された方法で推定されたBPは平均誤差が 0.32 ± 7.76 mmHgであり、これは規制基準に基づいたカフ式血圧計の精度に相当する（図6）。患者の快適性を高め、医療結果を改善することにより、提案されたアプローチは臨床、家庭、スポーツ環境など様々な設定でのBPモニタリングを革命的に変える可能性を示した。

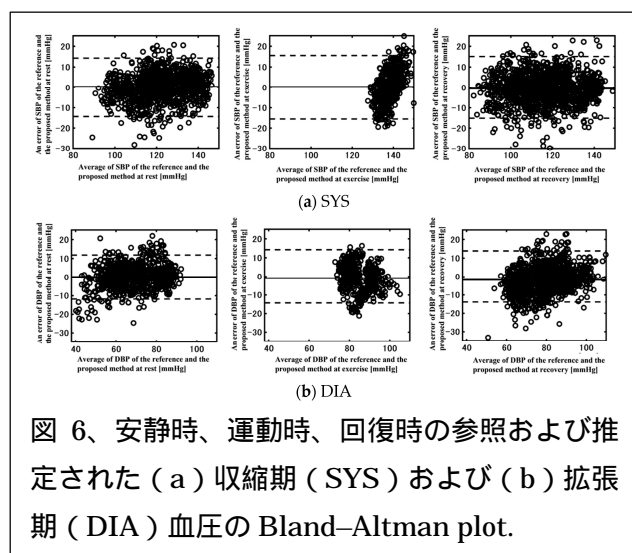


図6、安静時、運動時、回復時の参照および推定された(a)収縮期(SYS)および(b)拡張期(DIA)血圧のBland-Altman plot.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 5件／うちオープンアクセス 11件）

1. 著者名 Wang Huijia, Zhu Guangxian, Izu Leighton T., Chen-Izu Ye, Ono Naoaki, Altaf-UI-Amin MD, Kanaya Shigehiko, Huang Ming	4. 巻 14
2. 論文標題 On QSAR-based cardiotoxicity modeling with the expressiveness-enhanced graph learning model and dual-threshold scheme	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	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） 10.3389/fphys.2023.1156286	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 該当する
1. 著者名 Chen Zheng, Yang Ziwei, Zhu Lingwei, Chen Wei, Tamura Toshiyo, Ono Naoaki, Altaf-UI-Amin Md, Kanaya Shigehiko, Huang Ming	4. 巻 31
2. 論文標題 Automated Sleep Staging via Parallel Frequency-Cut Attention	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering	6. 最初と最後の頁 1974 ~ 1985
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TNSRE.2023.3243589	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 該当する
1. 著者名 Kudo Sota, Chen Zheng, Zhou Xue, Izu Leighton T., Chen-Izu Ye, Zhu Xin, Tamura Toshiyo, Kanaya Shigehiko, Huang Ming	4. 巻 14
2. 論文標題 A training pipeline of an arrhythmia classifier for atrial fibrillation detection using Photoplethysmography signal	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	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） 10.3389/fphys.2023.1084837	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 該当する
1. 著者名 Chen Zheng, Yang Ziwei, Wang Dong, Zhu Xin, Ono Naoaki, Altaf-UI-Amin M.D., Kanaya Shigehiko, Huang Ming	4. 巻 209
2. 論文標題 Sleep Staging Framework with Physiologically Harmonized Sub-Networks	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Methods	6. 最初と最後の頁 18 ~ 28
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ymeth.2022.11.003	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 Tamura Toshiyo, Huang Ming, Yoshimura Takumi, Umezu Shinjiro, Ogata Toru	4. 巻 22
2. 論文標題 An Advanced Internet of Things System for Heatstroke Prevention with a Noninvasive Dual-Heat-Flux Thermometer	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 9985 ~ 9985
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s22249985	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 Peng Shun, Li Yang, Cui Rui, Xu Ke, Wu Yonglin, Huang Ming, Dai Chenyun, Tamur Toshiyo, Mukhopadhyay Subhas, Chen Chen, Chen Wei	4. 巻 21
2. 論文標題 Sleep postures monitoring based on capacitively coupled electrodes and deep recurrent neural networks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 BioMedical Engineering OnLine	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) 10.1186/s12938-022-01031-5	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 該当する

1. 著者名 Md Altaf-UI-Amin, Shigehiko Kanaya, Naoaki Ono, Ming Huang	4. 巻 12
2. 論文標題 Recent trends in computational biomedical research	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Life	6. 最初と最後の頁 26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/life12010027	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 Koshiro Kido, Zheng Chen, Ming Huang, Toshiyo Tamura, Wei Chen, Naoaki Ono, Masachika Takeuchi, Md Altaf-UI-Amin, Shigehiko Kanaya	4. 巻 12
2. 論文標題 Discussion of Cuffless Blood Pressure Prediction Using Plethysmograph Based on a Longitudinal Experiment: Is the Individual Model Necessary?	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Life	6. 最初と最後の頁 1,14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/life12010011	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 Yongxin Zhang, Zheng Chen, Haoyu Tian, Koshiro Kido, Naoaki Ono, Wei Chen, Toshiyo Tamura, MD Altaf-UI-Amin, Shigehiko Kanaya and Ming Huang	4. 巻 -
2. 論文標題 A Realtime Portable IoT System for Telework Tracking	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Digital Health	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fdgth.2021.643042	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 Zheng Chen, Naoaki Ono, Wei Chen, Toshiyo Tamura, MD Altaf-UI-Amin, Shigehiko Kanaya, Ming Huang	4. 巻 -
2. 論文標題 The Feasibility of Predicting Impending Malignant Ventricular Arrhythmias by Using Nonlinear Features of Short Heartbeat Intervals	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Computer Methods and Programs in Biomedicine	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cmpb.2021.106102	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 該当する

1. 著者名 Shaikh Farhad Hossain, Ming Huang, Naoaki Ono, Aki Morita, Shigehiko Kanaya, Md Altaf-UI-Amin	4. 巻 -
2. 論文標題 Development of a biomarker database toward performing disease classification and finding disease interrelations	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Database	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/database/baab011	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 -

〔学会発表〕 計12件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 Guangxian Zhu, Huijia Wang, Ming Huang, Md Amin, Naoaki Ono, Shigehiko Kanaya
2. 発表標題 Straightforward Clustering and Identification of Morphological-Level Pancreatic Carcinoma
3. 学会等名 2022 IEEE 11th Global Conference on Consumer Electronics (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Guangxian Zhu, Huijia Wang, Yirong Kan, Zheng Chen, Ming Huang, MD Amin, Naoaki Ono, Shigehiko Kanaya, Renyuan Zhang
2. 発表標題 A Stochastic Coding Method of EEG Signals for Sleep Stage Classification
3. 学会等名 2022 IEEE 35th International System-on-Chip Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ming Huang
2. 発表標題 AIoT technologies for healthcare in Society 5.0
3. 学会等名 17th International Symposium on Biomedical Engineering, Toin University of Yokohama (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sota Kudo, Zheng Chen, Naoaki Ono, MD Altaf-UI-Amin, Shigehiko Kanaya, Ming Huang
2. 発表標題 Deep Learning-Based Sleep Staging with Acceleration and Heart Rate Data of a Consumer Wearable Device
3. 学会等名 2022 IEEE 4th Global Conference on Life Sciences and Technologies (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yongxin Zhang, Naoaki Ono, MD Altaf-UI-Amin, Shigehiko Kanaya, Ming Huang
2. 発表標題 Reconciling of the distances in physical space and latent feature space for complex activity modeling
3. 学会等名 2022 IEEE 4th Global Conference on Life Sciences and Technologies (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名	Algorithm Cocktail Approach for Predicting Body Constitution and Bias Recovery
2. 発表標題	Guang Shi, Zheng Chen, Ming Huang, Renyuan Zhang, Naoaki Ono, Md Altaf-Ul-Amin, Shigehiko Kanaya
3. 学会等名	2022 IEEE 4th Global Conference on Life Sciences and Technologies (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Zheng Chen, Ziwei Yang, Dong Wang, Ming Huang, Naoaki Ono, Md Altaf-Ul-Amin, Shigehiko Kanaya
2. 発表標題	An End-to-End Sleep Staging Simulator Based on Mixed Deep Neural Networks
3. 学会等名	2021 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Ziwei Yang, Dong Wang, Zheng Chen, Ming Huang, Naoaki Ono, Md Altaf-Ul-Amin, Shigehiko Kanaya
2. 発表標題	Exploring Feasibility of Truth-Involved Automatic Sleep Staging Combined with Transformer
3. 学会等名	2021 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名	Pei Gao, Zheng Chen, Dong Wang, Ming Huang, Naoaki Ono, Md Altaf-Ul-Amin, Shigehiko Kanaya
2. 発表標題	An Integrated Multi-Omics Approach for AMR Phenotype Prediction of Gut Microbiota
3. 学会等名	2021 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (国際学会)
4. 発表年	2021年

1. 発表者名 Zheng Chen, Pei Gao, Ming Huang, Naoaki Ono, MD Altaf-UI-Amin, Shigehiko Kanaya
2. 発表標題 Feasibility Analysis of Symbolic Representation for Single-Channel EEG-Based Sleep Stages
3. 学会等名 2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Zheng Chen, Naoaki Ono, MD Altaf-UI-Amin, Shigehiko Kanaya, Ming Huang
2. 発表標題 iVAE: A New Deep Learning Structure for EEG Signal Characterization and Reconstruction
3. 学会等名 2020 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Guang Shi, Zhen Chen, Shigehiko Kanaya, Md Altaf-UI-Amin, Naoaki Ono, Ming Huang
2. 発表標題 Prediction of Body Constitutions through Life-Style for Health Guidance
3. 学会等名 2021 IEEE 3rd Global Conference on Life Sciences and Technologies (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Md Altaf-UI-Amin, Shigehiko Kanaya, Naoaki Ono, Ming Huang	4. 発行年 2022年
2. 出版社 MDPI	5. 総ページ数 119
3. 書名 Recent trends in computational biomedical research	

〔産業財産権〕

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------