

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：32620

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12711

研究課題名（和文）統合的3次元オンライン診療プラットフォームによる神経疾患診療のデジタル化の研究

研究課題名（英文）Research for digital transformation using integrated three-dimension telemedicine platform

研究代表者

大山 彦光（Genko, Oyama）

順天堂大学・大学院医学研究科・准教授

研究者番号：00407256

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：3次元動作情報とウェアラブルデバイスによるデジタルモニタリング情報を統合し、人工知能による診療補助機能を備えた統合的3次元オンライン診療プラットフォームを開発することを目的とした。システム改良により解像度と通信速度を向上させ、遠隔地にある介護施設との間で実証実験を行った。さらに、ウェアラブル筋電計、脳波計、加速度計などと連携したデータ統合を行った。パーキンソン病患者の薬剤オン・オフ時の運動症状の推定、およびデバイスのデータからパーキンソン病患者の推定が機械学習モデルの構築により可能であった。本研究の結果から、神経疾患診療のデジタルトランスフォーメーションとオンライン診療の質向上が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

統合的3次元オンライン診療プラットフォームを開発した。これにより、複数のウェアラブルデバイスと非接触モニタリングデータを統合し、3次元オンライン診療時の情報を補完することで、遠隔地にいる神経疾患患者の診療を効率化し、通院困難な患者の負担を軽減することができる。さらに、AIによる深層学習を活用した診断補助アルゴリズムやデジタルバイオマーカーの発見により、神経疾患の早期診断や予防が期待できる。神経疾患診療のデジタルトランスフォーメーションの実現により、診療の質が向上することが期待される。

研究成果の概要（英文）：The study aimed to develop an integrated 3D telemedicine platform with artificial intelligence-assisted diagnostic functions, which incorporates 3D motion information and digital monitoring information from wearable devices. By improving the system, we enhanced the resolution and communication speed and conducted verification experiments with remote nursing care facilities. Furthermore, we integrated data from wearable electromyographs, electroencephalographs, and accelerometers. The estimation of motor symptoms during medication on and off states in Parkinson's disease patients, as well as the estimation of Parkinson's disease patients from device data, was made possible by constructing a machine learning model. The results of this study suggest that the digital transformation of neurological disease diagnosis and the improvement of the quality of telemedicine can be expected.

研究分野：医用システム関連

キーワード：ウェアラブルデバイス 遠隔医療 三次元動作解析 機械学習 パーキンソン病

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

新型コロナウイルス感染症流行以前から、遠隔医療の重要性は認識されてきたが、これまでは対面診療を補完するものであり、対面診療に取って代わるものではないとされてきた。遠隔医療技術の研究は、2次元ビデオ通話、ウェアラブルデバイス、スマートフォンアプリなどを用いて様々な取り組みが行われているが、対面診療を超える技術とはなっていない。また、各デバイスやシステム間の情報の互換性はなく、各技術の開発は散逸的であった。このような背景から、RGB-D カメラを用いて、3次元動作情報をスキャンし、遠隔の医師の元にリアルタイムで転送し、ヘッドマウントディスプレイを介して拡張現実上に再構築することで、2次元ビデオ通話を超えるリアリティを実現できる双方向性3次元オンライン診療システムを開発した(図1)<sup>1)</sup>。本システムは、単に遠隔地にいる患者を目の前で立体的に診察できるだけでなく、3次元動作情報をすべて記録し、解析に利用することが可能である。

さらに、3次元で診察することができない筋緊張などの情報を加速度計、ジャイロセンサー、地磁気計が内蔵されたウェアラブル筋電計を用いて自動運動から推定する研究を行ってきた。また、脈拍、体表温などのバイタルサイン、脳波など生理学的情報の持続モニタリングの研究も進めてきた。



図1: 双方向性3次元オンライン診療システムによる診察。患者側(左)および医師側(右)。相手のホログラムがヘッドマウントディスプレイを介して目の前にいるように映る。

これらの非接触型3次元遠隔医療システムおよび接触型動作・生体信号モニタリングデバイスのデジタルデータを統合することで、すべての神経疾患診療のデジタルトランスフォーメーション(DX)を実現できると考えた。

### 2. 研究の目的

新型コロナウイルス感染症のパンデミックに伴い、社会全体でDXの重要性が広く認識され、医療分野においても、遠隔医療および医療情報のデジタル化の重要性が急速に認知されるようになった<sup>2)</sup>。しかし、神経疾患の診療においては、問診に加えて神経学的所見の診察があり、その判断には専門的なトレーニングと経験を要するため、デジタル化が困難と考えられていた。

本研究では、3次元オンライン診療の際の3次元動作情報とウェアラブルデバイスによるデジタルモニタリング情報を統合し、統合的デジタルデータを基にした人工知能(AI)による診療補助機能を実装することで、対面診療に劣らない診療が可能な統合的3次元オンライン診療プラットフォームを開発し、神経疾患診療のDXの実現を目指すことを目的とした。

### 3. 研究の方法

本研究計画では、すべての神経疾患において、AI補助による統合的3次元オンライン診療が可能になるプラットフォームを開発し、神経疾患診療のDXを達成することを目標とし、研究期間中にパーキンソン病(PD)に特化し、主に以下の研究項目を設定した。

#### 統合的3次元オンライン診療プラットフォームの開発

開発当初の3次元オンライン診療システムは、3次元モーションスキャナーとしてKinect V2、3次元動作の投影ディスプレイとしてHoloLensを用いていたが、解像度および通信速度の課題があった。そこで、本研究では最新デバイスを用いたシステムの改良を行った。3次元モーションスキャナーとして、マイクの数およびカメラの解像度が向上し、高度な深度センサー、加速度センサー、角速度センサーを搭載したAzure Kinect(マイクロソフト社)を使用することで、3次元空間の認識および動作の検出を改善した。さらに、3次元動作の投影先としてHoloLens2(マイクロソフト社)を用いることで、画角が2倍かつ表示が精細となり、よりリアリティを増すことができる。また、ネットワーク環境として第5世代移動通信システム(5G)を使用することで通信速度の改善を図った。

上記の3次元オンライン診療システムの改良と同時に、加速度計、ジャイロセンサー、地磁気計が内蔵されたウェアラブル筋電計を用いて自動運動から推定される筋緊張、ウェアラブル脳波計を用いた脳波、ウォッチ型生体モニター(iAide2, トーカイ社)による脈拍・体表温の持続

モニタリングによるデータ、書字デバイスによるデータ収集を行い、クラウドシステム内に転送し統合する統合的 3 次元オンライン診療プラットフォームを開発した。

#### 統合的 3 次元オンライン診療プラットフォームによる有効性の検証

システムの改良および動作確認を行った後、大学病院と遠方の介護施設に入所している実際の PD 患者との 3 次元オンライン診療システムの実証実験を行った。さらに、実際の患者における統合的 3 次元オンライン診療プラットフォームを用いた模擬診察を研究室環境下で行うことでシステムの妥当性を検証し、統合的デジタルデータの蓄積を行い、機械学習モデルによって動作解析が可能であることを検証した。

#### 4. 研究成果

3 次元モーションスキャナーとして Azure Kinect、Mixed Reality ヘッドマウントディスプレイとして HoloLens2 を用いた 3 次元オンライン診療システムの改良を行い、ウェアラブルデバイスと統合的 3 次元オンライン診療プラットフォームのプロトタイプの構築を行った。このプラットフォームのもと、加速度計、ジャイロセンサー、地磁気計が内蔵されたウェアラブル筋電計、足圧計、脳波計、スマートフォンアプリ、モーションキャプチャーを用いたマルチデバイスによる PD 患者におけるレボドパ製剤投与前後の筋緊張などのシグナル変化の測定を行い、20 例の患者で測定データの解析を行った。その結果、薬剤オン時とオフ時の運動症状の特長を見出すことができた。

本システムによる診察データから機械学習モデルによる動作解析を行い、動作緩慢のスコアについて評価が可能であることを実証した。また、PD 患者の書字デバイスによる書字データを収集し、機械学習モデルを構築した。その結果、書字デバイスによって PD 患者を高精度で診断することができた。介護施設においては、ウォッチ型デバイスを用いた 24 時間モニタリング、リハビリテーション時の動作情報の測定を行った。その結果、脈拍数/活動量はオフ時の無動を反映する可能性を示した<sup>3)</sup>。

これらの結果は、統合的 3 次元オンライン診療プラットフォームの将来的な有用性を示唆するものであった。本研究結果から、将来的には以下の応用が期待できる。

(1) 患者は家にいながらにして、まるで病院の診察室に来たかのように診察を受けることが可能になるため、通院が困難な神経疾患患者でも通院の時間や費用を軽減でき、不要な感染リスクを減らすことができる。

(2) 診察時の 3 次元動作情報のデータをクラウドデータベースに蓄積し、AI による深層学習を用いた患者の動作情報の解析を行うことで、振戦などの不随意運動や神経症候を自動判定できる診断補助アルゴリズムの構築に応用できる。専門医以外が運動障害患者の 3 次元オンライン診療を行った際に、拡張現実空間に表示された AI 診断補助情報を参考に診察することができる。

(3) 神経疾患と生体情報・運動情報の統合的デジタルデータベースの AI による深層学習を用いた解析によって、神経疾患のデジタルバイオマーカーの発見につながる可能性があり、神経疾患の早期診断もしくは発症前のリスクの検出・予防につながる可能性がある。

(4) 症状に日内変動のある神経疾患に対しては、生体情報や運動症状の情報を検知し、それをフィードバックに脳深部刺激療法やポンプ式薬剤持続投与デバイスなどの設定を自動的に変更するアダプティブ治療の開発につながる可能性がある。このシステムを実現することで、神経疾患診療の DX によるパラダイムシフトを起こすことが期待できる。

#### < 引用文献 >

- 1) Sekimoto S, Oyama G, Chiba S, et al. Holomedicine: Proof of the Concept of Interactive Three-Dimensional Telemedicine. *Mov Disord.* 2020;35(10):1719-1720.
- 2) Bloem BR, Dorsey ER, Okun MS. The Coronavirus Disease 2019 Crisis as Catalyst for Telemedicine for Chronic Neurological Disorders. *JAMA Neurol.* 2020;77(8):927-928.
- 3) Kamo H, Oyama G, Yamasaki Y, et al. A proof of concept: digital diary using 24-hour monitoring using wearable device for patients with Parkinson's disease in nursing homes. *Frontier in Neurol.* 2024;15:1356042.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Sasaki F, Oyama G, Hirozane Y, Yamashita R, Sekimoto S, Hattori N	4. 巻 104
2. 論文標題 Impaired virtual space-tilting perception in Parkinson's disease with Pisa syndrome	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Parkinsonism and Related Disorders	6. 最初と最後の頁 30～34
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.parkreldis.2022.09.002	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 Ogawa M, Oyama G, Morito K, Kobayashi M, Yamada Y, Shinkawa K, Kamo H, Hatano T, Hattori N	4. 巻 99
2. 論文標題 Can AI make people happy? The effect of AI-based chatbot on smile and speech in Parkinson's disease	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Parkinsonism and Related Disorders	6. 最初と最後の頁 43～46
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.parkreldis.2022.04.018	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 Ogawa M, Oyama G, Sekimoto S, Hatano T, Hattori N	4. 巻 15
2. 論文標題 Current Status of Telemedicine for Parkinson's Disease in Japan: A Single-Center Cross-Sectional Questionnaire Survey	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Movement Disorders	6. 最初と最後の頁 58～61
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14802/jmd.21096	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 Oyama G, Ogawa M, Sekimoto S, Hatano T, Hattori N	4. 巻 69
2. 論文標題 A Narrative Review of Current Status and Future Perspective of Telemedicine for Parkinson's Disease, Dementia, and Intractable Neurological Diseases in Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Juntendo Medical Journal	6. 最初と最後の頁 14～20
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14789/jmj.JMJ22-0031-R	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 Kamo H, Oyama G, Yamasaki Y, Nagayama T, Nawashiro R, Hattori N	4. 巻 15
2. 論文標題 A proof of concept: digital diary using 24-hour monitoring using wearable device for patients with Parkinson's disease in nursing homes	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Frontiers in Neurology	6. 最初と最後の頁 1356042
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fneur.2024.1356042	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29件(うち招待講演 19件/うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Oyama G and Hattori N
2. 発表標題 Changing paradigm of invasive and non-invasive brain stimulation.
3. 学会等名 8th Asian and Oceanian Parkinson's Disease and Movement Disorders Congress, Kolkata (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Oyama G, Nakajima A, Shimo Y, Kamo H, Umemura A, Iwamuro H, Sekiguchi Y, Tsuchiya A, Brionne T, Noel K, Hattori N.
2. 発表標題 Acceptability of Adaptive Deep Brain Stimulation for Parkinson's Disease.
3. 学会等名 World Congress on Parkinson's disease and related disorders, Chicago (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kamo H, Oyama G, Yamazaki Y, Nagayama T, Nawashiro R, Hattori N.
2. 発表標題 A proof of concept: digital diary using 24-hour monitoring using wearable device for patients with Parkinson's disease in nursing home.
3. 学会等名 World Congress on Parkinson's disease and related disorders, Chicago (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大山彦光, 服部信孝
2. 発表標題 人工知能の臨床応用について
3. 学会等名 第41回神経治療学会学術集会, 東京 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大山彦光, 服部信孝
2. 発表標題 パーキンソン病診療のDX
3. 学会等名 第41回神経治療学会学術集会, 東京 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Oyama G and Hattori N
2. 発表標題 Changing paradigm of invasive and non-invasive brain stimulation.
3. 学会等名 8th Asian and Oceanian Parkinson ' s Disease and Movement Disorders Congress, Kolkata (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Oyama G, Nakajima A, Shimo Y, Kamo H, Umemura A, Iwamuro H, Sekiguchi Y, Tsuchiya A, Brionne T, Noel K, Hattori N.
2. 発表標題 Acceptability of Adaptive Deep Brain Stimulation for Parkinson ' s Disease.
3. 学会等名 IAPRD, Chicago (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kamo H, Oyama G, Yamazaki Y, Nagayama T, Nawashiro R, Hattori N.
2. 発表標題 A proof of concept: digital diary using 24-hour monitoring using wearable device for patients with Parkinson's disease in nursing home.
3. 学会等名 IAPRD, Chicago
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大山彦光, 服部信孝.
2. 発表標題 人工知能の臨床応用について.
3. 学会等名 第41回神経治療学会学術集会, 東京 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大山彦光, 服部信孝.
2. 発表標題 パーキンソン病診療のDX.
3. 学会等名 第41回神経治療学会学術集会, 東京 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大山彦光, 岩間卓吾, 田中義明, 服部信孝.
2. 発表標題 パーキンソン病の筆圧に関する研究 (中間解析)
3. 学会等名 第41回神経治療学会学術集会, 東京
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大山彦光, 加茂晃, 佐光巨, 波田野琢, 岩室宏一, 梅村淳, 服部信孝
2. 発表標題 電気生理学から考えるパーキンソン病のプラセボ効果の機序.
3. 学会等名 第53回日本神経精神薬理学会年会, 東京 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大山彦光, 服部信孝.
2. 発表標題 神経変性疾患における遠隔医療とデジタル技術.
3. 学会等名 第23回日本抗加齢医学会総会, 東京 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大山彦光, 加茂晃, 小川真裕子, 関本智子, 波田野琢, 服部信孝.
2. 発表標題 データサイエンスと遠隔医療・デジタルバイオマーカー.
3. 学会等名 第64回日本神経学会学術大会, 幕張 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大山彦光, 小川真裕子, 関本智子, 波田野琢, 服部信孝.
2. 発表標題 双方向性3次元オンライン診療システムの現状と未来.
3. 学会等名 第64回日本神経学会学術大会, 幕張 (招待講演)
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 Oyama G, Kamo H, Iwamuro H, Umemura A, Hattori N.
2. 発表標題 Adaptive DBS in Parkinson Disease From Basic Theory to Clinical Application.
3. 学会等名 MDS-AOS Neurophysiology of Movement Disorders, Seoul (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Oyama G, Kamo H, Ito M, Iwamuro H, Umemura A, Hattori N.
2. 発表標題 Local Field Potential and clinical symptoms of Parkinson's disease patients implanted with adaptive deep brain stimulation.
3. 学会等名 World Congress on Parkinson's Disease and Related Disorders 2022, Prague (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Oyama G, Ogawa M, Morito K, Kobayashi M, Yamada Y, Shinkawa K, Kamo H, Hatano T, Hattori N.
2. 発表標題 The use of artificial intelligence-based chatbot in Parkinson's disease.
3. 学会等名 International Congress of Parkinson's Disease and Movement Disorders 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大山彦光, 小川真裕子, 関本智子, 波田野琢, 服部信孝.
2. 発表標題 神経難病診療におけるICT, AIなど新技術.
3. 学会等名 第63回神経学会学術大会, 東京 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大山彦光, 波田野琢, 服部信孝.
2. 発表標題 パーキンソン病の臨床におけるデジタルテクノロジーの活用とデータベースの構築の現状について.
3. 学会等名 日本医療政策機構・京都大学大学院医学研究科先端国際精神医学講座 共催グローバル専門家会合, 東京 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大山彦光, 小川真裕子, 波田野琢, 服部信孝
2. 発表標題 PD の遠隔診療の意義と実際について
3. 学会等名 第14回パーキンソン病・運動障害疾患コンgres (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大山彦光
2. 発表標題 Controversy 2 「近い将来パーキンソン病の診断についてはAIが脳神経内科医を超える」 YESの立場から
3. 学会等名 第15回パーキンソン病・運動障害疾患コンgres (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大山彦光, 小川真裕子, 森藤健, 小林正朋, 加茂晃, 波田野琢, 服部信孝
2. 発表標題 パーキンソン病の遠隔医療における人工知能対話の表情および音声に及ぼす影響の研究
3. 学会等名 第15回パーキンソン病・運動障害疾患コンgres
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大山彦光, 小川真裕子, 関本智子, 波田野琢, 服部信孝
2. 発表標題 認知症・神経変性疾患に対する遠隔医療
3. 学会等名 第11回日本脳血管・認知症学会総会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大山彦光, 波田野琢, 服部信孝
2. 発表標題 ウェアラブルがもたらす近未来の治療
3. 学会等名 第39回日本神経治療学会学術集会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大山彦光, 岩間卓吾, 田中義明, 服部信孝
2. 発表標題 パーキンソン病の筆圧に関する研究（中間解析）
3. 学会等名 第41回神経治療学会学術集会, 東京
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大山彦光, 加茂晃, 佐光巨, 波田野琢, 岩室宏一, 梅村淳, 服部信孝
2. 発表標題 電気生理学から考えるパーキンソン病のプラセボ効果の機序
3. 学会等名 第53回日本神経精神薬理学会年会, 東京（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大山彦光, 服部信孝
2. 発表標題 神経変性疾患における遠隔医療とデジタル技術
3. 学会等名 第23回日本抗加齢医学会総会, 東京 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大山彦光, 加茂晃, 小川真裕子, 関本智子, 波田野琢, 服部信孝
2. 発表標題 データサイエンスと遠隔医療・デジタルバイオマーカー
3. 学会等名 第64回日本神経学会学術大会, 幕張 (招待講演)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔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
---------	---------