

令和 5 年 6 月 13 日現在

機関番号：17301

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K18853

研究課題名（和文）専門医過疎の解決を目指しIoTとAIで具現化する次世代の関節リウマチ専門遠隔医療

研究課題名（英文）Next-generation rheumatoid arthritis telemedicine embodied by IoT and AI

研究代表者

野中 文陽（NONAKA, Fumiaki）

長崎大学・医歯薬学総合研究科（医学系）・助教

研究者番号：20838271

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）：我々は、離島に住む関節リウマチ（RA）患者が、本土へ行くことなくリウマチ専門医療にアクセスできるよう、複合現実（MR）を活用した国内初の次世代型遠隔医療システムNURAS（Nagasaki University RA remote medicine system）を開発し、実証実験を開始した。離島の病院（かかりつけ医）へ受診した患者の関節所見を、大学病院の専門医がMRを通じてリアルタイムかつ精密に診察し、治療方針の助言を行うことができる。また、NURASにはpatient-reported outcome（PRO）の改善を目的にAIの実装を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

RA診療では早期診断・早期治療が重要であり、そのためには関節所見の評価が必要であるが、2Dの画像では正確な評価が難しく、リウマチ性疾患の遠隔医療はこれまで普及していなかった。NURASはMR技術を用いることで、専門医が遠隔にいながらにして3Dでリアルタイムかつ精密な関節診察を行うことができ、患者およびかかりつけ医へ、適切な関節評価と治療方針の助言を伝えることが可能とした。NURASを用いることで、精度の高いRA遠隔医療が実現できる可能性が高まった。

研究成果の概要（英文）：We have developed NURAS (Nagasaki University RA remote medicine system), the first next-generation telemedicine system using Mixed Reality (MR) in Japan. Its purpose is to allow rheumatoid arthritis (RA) patients living on remote islands to receive specialized rheumatology care without the need to travel to the mainland. NURAS enables a specialist physician at the university hospital to examine the joint findings of a patient visiting a local hospital or family doctor on a remote island in real-time and with precision through MR technology. The specialist can then provide advice on treatment policies. Additionally, AI has been implemented in NURAS to enhance patient-reported outcomes (PRO) and improve the overall system functionality.

研究分野：リウマチ膠原病内科学

キーワード：遠隔医療 複合現実（Mixed Reality:MR） 離島・へき地医療 関節リウマチ

## 1. 研究開始当初の背景

長崎県は離島が多く、県民の約 10%が島で生活をしている。研究代表者が常駐する長崎県五島市も長崎市の西 100km にある離島地域であり、大小 11 の有人島を有するが、市の中心地がある福江島および奈留島以外は、すべて本土と直接の交通手段がない二次離島である。全国の例にもれず人口は減少傾向であり、高齢化が進んでいる。多くの島民が可能な限り長く住み慣れた地域で暮らしたいと望んでいるものの、慢性的な医療資源不足や都市部との医療格差が深刻な社会問題となっている。

今回、対象疾患とした関節リウマチ (Rheumatoid Arthritis : 以下 RA) は関節 (滑膜) に炎症が起きることで、疼痛や腫脹を生じ、進行すると関節の破壊・変形を来す。RA は早期に診断し、適切な抗リウマチ薬を使用することで、関節破壊を抑制することができる。しかし、早期診断や専門的な治療、管理は、リウマチ専門医でないと困難な場合が多い。RA 診療は以前にも増して専門性が高く、国内外の学会リコメンデーション・ガイドラインでは定期的なリウマチ専門医による診療を行うことが推奨されている。一方、離島にはリウマチ専門医が不足し、離島に住む RA 患者は、島の中の非専門医または船や飛行機で本土の専門病院へ通院して治療を行っている。高齢者の多い島民にとって、100km 以上離れた本土へ通院するには物理的、経済的に困難で、体調や気分がすぐれず通院が難しい、天候の問題で船や飛行機が運航しない、などの問題も生じうる。島民はリウマチ専門医へのアクセスが難しい状況といえる。島民が、離島にいながらにして RA 専門診療にスムーズにアクセスできるよう、以前より遠隔専門医療の需要が存在した。さらに、2020 年より新型コロナウイルス感染症が拡大し、島外への移動がより制限されるようになり、需要に拍車をかけたように思われる。

## 2. 研究の目的

RA 診療には丁寧な関節診察が重要であるが、関節の腫脹 (関節炎) を正確に判断するためには、多方向からの診察や皮膚の皺など細かい部分の評価などが必要となる。従来のビデオ会議等のシステムを用いた 2D の映像では十分な診察ができないため、RA の遠隔医療は他分野に比べて世界的に進んでいない。本研究では、どの地域に居住していても均てん化された RA 診療を受け、RA による関節破壊や QOL 低下の予防を目指すべく、遠隔 RA 専門診療の基盤を作ることとを目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) 遠隔 RA 診療の基盤構築

日本マイクロソフト株式会社の技術協力、株式会社ロケットスタジオのアプリケーション開発援助を得て RA 遠隔医療システムを構築した。Microsoft Azure はマイクロソフトのデータセンターにあるクラウドプラットフォームで、アプリケーションとデータをホストしている。Microsoft Kinect は、高機能の深度センサー、空間マイクアレイ、ビデオカメラ、方位センサーを一つにまとめたオールインワンの小型デバイスである。Azure 上の AI サービスと連動させることができ、先進的なコンピュータービジョンや音声モデルを実現する。Microsoft HoloLens は、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) 方式の拡張現実ウェアラブルコンピュータである。本体に CPU や GPU、それにホログラフィック・プロセッサが内蔵されており、単体 (スタンドアローン) で機能する。実物の景色に画像を重ね合わせることによって複合現実 (mixed

reality:MR)をもたらす。以上のデバイスを組み合わせることで、リウマチ専門医の目の前に、かかりつけ医療機関にいる患者の関節ホログラムを映し出し、MR において診療を行う。

## (2) 構築したデバイスを用いた RA 患者の疾患活動性・QOL・治療満足度およびかかりつけ医の RA 診療に対する不安の解消の評価

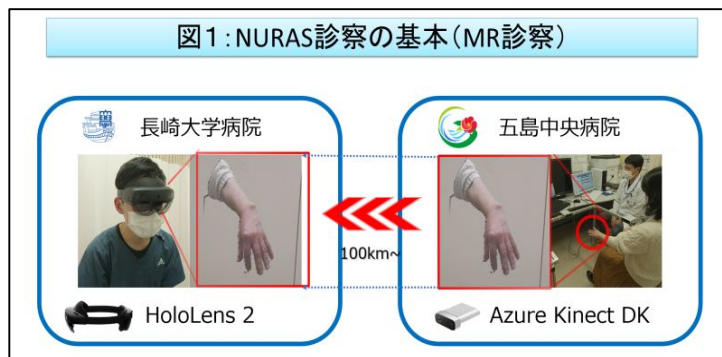
MR を用いた遠隔 RA 専門診療による遠隔治療前と遠隔治療後(6、12 ヶ月)における RA 患者の疾患活動性を DAS28( Disease Activity Score )、関節破壊を両側手指関節 X 線、QOL を mHAQ ( modified health assessment questionnaire ) と EQ-5D ( EuroQol 5 Dimension )、治療満足度を VAS( visual analogue scale )、かかりつけ医の MR 診療満足度を VAS で評価する。

## 4. 研究成果

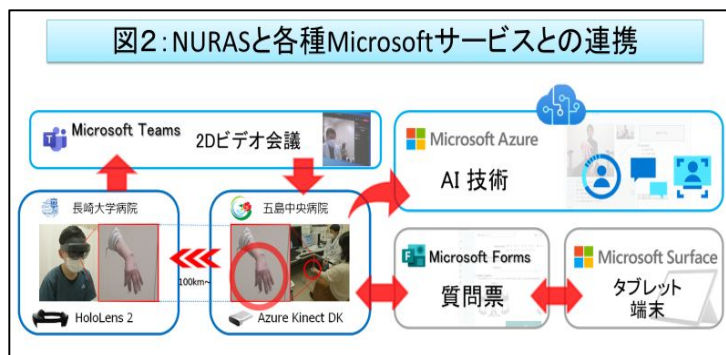
### (1) NURAS (Nagasaki University Rheumatoid Arthritis remote medical System : 長崎大学関節リウマチ遠隔医療システム)の開発

リウマチ専門医へのアクセスが難しい島民が、島に居ながらにして遠方の専門医の診察を可能とすべく、NURAS (Nagasaki University Rheumatoid Arthritis remote medicine System : 長崎大学関節リウマチ遠隔医療システム)を開発し、2021年3月、長崎大学、日本マイクロソフト(株)、長崎県五島中央病院(五島市福江島、以下五島中央病院)、長崎県、五島市と連携協定を締結した。本連携における最初のプロジェクトとして、五島中央病院の RA 患者を対象とし、同院と長崎大学病院(長崎市)において、NURAS 専用の回線を構築し、遠隔医療の実証実験を開始した(IRB 許可番号:21081605)。NURAS は MR を活用した遠隔医療システムである。

マイクロソフト株式会社の Azure Kinect DK (深度センサー)及び HoloLens 2(ヘッドセット)またコラボレーションツールの Microsoft Teams (オンライン面談・チャット)を用い、遠隔地にいるリウマチ専門医が、MR を通じて病変部位を立体的(3D)かつリアルタイムに観察・評価することを軸とする(図1)。

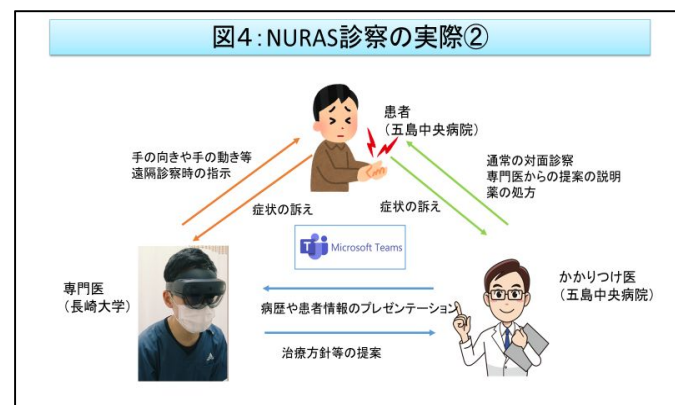


NURAS では各種 Microsoft サービスと連携し、診療の質の向上と効率化を図っている(図2)。Microsoft Teams によるビデオ会議を併用し、患者は通い慣れたかかりつけ医と長崎大学病院の専門医の2名の診察を受けることとなる。NURAS は「D to P with D ( Doctor-to-Patient with Doctor ) 型」の遠隔医療である(図3)。



Microsoft Teams を用いることで顔の見える関係を形成することができ、患者、かかりつけ医、および専門医の3者が双方向でコミュニケーションをとれることが魅力である。患者は専門医の顔が見えることで安心が得られ、また専門医に言いにくいこともかかりつけ医に相談することができる。また、医師同士は病歴や処方計画等のディスカッションを行うことができるなど、3者間で診療情報をスムーズに共有することが可能である(図4)。さらに、最近の

RA 診療では、患者の自己評価である patient-reported outcome (患者報告アウトカム：PRO) の改善が求められており、NURAS には Microsoft Forms を用いた、朝のこわばり、全般・疼痛 VAS、HAQ-DI、RAID( rheumatoid arthritis impact of disease ) スコア、FACIT-F スケール( 疲労の機能評価指標 )、K6 スケール( 心の健康指標 ) といった PROs 入力システムを併設していること、Microsoft Azure の「 Azure Cognitive Services 」を活用し、本システム遠隔医療の質をサポートする目的で AI の実装を行っていることも特徴である。AI は 患者の表情を認識し数値化する Face、診察時の会話内容を文字化する Speech、 腫脹した関節を自動認識する Custom vision を使用できる。今後 NURAS をより多くの患者かつ長期間の有用性や課題を探ること、NURAS における AI の有用性を探ることが課題と考えている。



## ( 2 ) NURAS による診察の効果と課題

研究期間中に五島中央病院通院中の RA 患者 6 名が実証実験に参加した。本項には NURAS 診察による一部指標の経過について報告する。

### 疾患活動性：DAS28-CRP の経過 (表 1)

DAS28-CRP	開始前	6ヶ月後	12ヶ月後
1	3.55	1.12	1.22
2	3.78	2.08	2.55
3	2.47	2.76	2.54
4	3.35	2.7	2.46
5	1.35	1.24	
6	1.94		

6 症例のうち 3 例がベースラインで中疾患活動性(  $3.2 < \text{DAS28-CRP} \leq 5.1$  )を示し、1 例が低疾患活動性(  $2.6 \leq \text{DAS} < 3.2$  )を示していた。4 例は 12 カ月フォローしており、2 例は登録後の期間が 2023 年 5 月現在で 12 か月に満たない。症例 1 およ

び 2 は NURAS による診察および治療方針の変更により中疾患活動性から寛解 (  $\text{DAS28} < 2.6$  ) に改善した。

### 患者による全般的評価：VAS の経過 (表 2)

VAS	開始前	6ヶ月後	12ヶ月後
1	48	5	10
2	51	31	11
3	31	51	48
4	50	20	31
5	19	13	
6	32		

NURAS により患者の全般的評価は改善傾向であるが、RA に起因する症状以外でも VAS の上昇は認めるため、解釈が難しいところである。

### 患者による治療満足度（アンケート調査、表3）

治療満足度	初回	6ヶ月後	12ヶ月後
1	9	10	10
2	10	10	10
3	10	10	10
4	10	10	10
5	9	9	
6	10		

患者に対するアンケート調査では、NURAS の初回診察時より 10 点満点中 9-10 点と高い治療満足度が得られた。専門医、かかりつけ医の 2 人の医師から診察してもらえた、RA について聞きたいことが聞けた、遠方へ行くことがなく診察を受けるこ

とができ経済的、時間的な余裕が生じたといった NURAS へ前向きな評価が多かった。一方、通信が途中で途切れた点や、通常診療よりも長い時間が要したという不満もあったため今後の課題として挙げられる。

### 医師による診療満足度（アンケート調査、表4）

治療満足度	初回	6ヶ月後	12ヶ月後
1	9	9	10
2	7	9	10
3	8	9	8
4	10	9	9
5	8	9	
6	9		

かかりつけ医は RA の治療方針について適切なコンサルテーションができた、対面診察所見と MR を通じた専門医の診察所見が一致した、担当患者が喜ばれたので嬉しかったといった意見の一方、患者同様に通

信がスムーズでなかった、病歴共有を診察前に行っておいたほうがよかったなどの意見が得られた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 0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 野中 文陽、川尻真也、延末 謙一、永田 康浩、前田 隆浩、川上 純	4. 巻 58
2. 論文標題 専門医過疎の解決を目指す次世代の関節リウマチ専門遠隔医療	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ファルマシア	6. 最初と最後の頁 440 ~ 444
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14894/faruawpsj.58.5_440	査読の有無 無
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 野中 文陽、川尻真也	4. 巻 36
2. 論文標題 【ニューノーマル時代の医療DX オンライン、リモート、非接触・非対面がこれからのキーワード】 Showcase オンライン、リモート、非接触・非対面診療の有用性と可能性 長崎大学が取り組む次世代関節リウマチ遠隔医療システム「NURAS」への期待	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 INNERVISION	6. 最初と最後の頁 20 ~ 21
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 無
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 Nonaka Fumiaki, Kawashiri Shinya, Kawakami Atsushi	4. 巻 2021
2. 論文標題 Next-generation rheumatoid arthritis specialized telemedicine enabled by IoT and AI	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Impact	6. 最初と最後の頁 58 ~ 60
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21820/23987073.2021.8.58	査読の有無 無
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 川尻 真也、野中 文陽	4. 巻 29
2. 論文標題 Mixed Realityと人工知能の活用による次世代遠隔医療システム	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 腫瘍内科	6. 最初と最後の頁 603 ~ 606
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 無
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5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Shin-Ya Kawashiri, Fumiaki Nonaka, Shinji Chiba, Tomoyuki Honda, Nakajima Tomohiko, Tomoyuki Ishikawa, Atsushi Kawakami.
2. 発表標題 Next-generation online telemedicine system utilizing mixed reality for rheumatoid arthritis
3. 学会等名 EULAR 2021 Congress
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川尻真也, 野中文陽, 川上純.
2. 発表標題 関節リウマチを対象としたMixed Realityを活用した次世代オンライン遠隔診療システム
3. 学会等名 第65回日本リウマチ学会総会・学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川尻真也, 野中文陽, 千葉慎二, 石川智之.
2. 発表標題 Mixed RealityとAIの活用による次世代オンライン遠隔医療（NURAS）の実際 ~ライブデモンストレーションによるご紹介~
3. 学会等名 第3回日本メディカルAI学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川尻真也, 野中文陽, 川上純
2. 発表標題 関節リウマチを対象としたMixed Realityを活用した次世代オンライン遠隔診療システム
3. 学会等名 第65回日本リウマチ学会総会・学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shin-Ya Kawashiri, Fumiaki Nonaka, Shinji Chiba, Tomoyuki Honda, Tomohiko Nakajima, Tomoyuki Ishikawa, Atsushi Kawakami
2. 発表標題 Next-generation online telemedicine system utilizing mixed reality for rheumatoid arthritis
3. 学会等名 European League Against Rheumatism 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 遠隔医療システム	発明者 川尻真也、野中文陽、川上純	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、R03-014	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

次世代オンライン遠隔医療システムの開発・提供に係る連携協定を締結 <a href="https://www.nagasaki-u.ac.jp/ja/about/info/news/news3285.html">https://www.nagasaki-u.ac.jp/ja/about/info/news/news3285.html</a>
---

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