

長寿医療研究開発費 2023年度 総括研究報告（総合報告）

高齢者の生活を支援するロボット・ICT 開発研究 （21-21）

主任研究者 近藤 和泉 国立長寿医療研究センター
健康長寿支援ロボットセンター（センター長）

研究要旨

高齢化社会の中で、高齢者が直面する様々な問題として、1)世帯および地域全体の介護力の低下、2)介護労働力の不足、3)住み慣れた場所から離れることによる精神・認知機能の低下、4) BPSD の発来とその結果として起こるさらなる認知機能低下、5)活動量と栄養摂取の低下によって引き起こされるフレイル、6)フレイルによって引き起こされる介護期間の延長などがあり、それらを解決するために、ロボットセンターは全方位的な研究開発を行ってきたが、今後、そのさらなる発展と介護ロボットと介護を支援する ICT 技術に内在する課題を解決するために、1)回復期リハビリ退院後の活動量の減少に伴う高齢者の機能低下、2)関節保護を前提にして痛みのない状況でのロコモティブシンドロームからの脱却、3)フレイル予防のための新たなバランス訓練ロボットの開発、4)高齢者の健康と認知能力を保持するためのコミュニケーションコンテンツを含んだシステムの開発、5) ロボットの音声認識能力を向上させ、それを使用した MCI および初期認知症患者の認知機能維持、6)音声と表情分析を利用し高齢者の感情および周辺認識能力の評価、7)移動支援ロボットの開発とそれを使用した高齢者の生活圏拡大、8)移動支援ロボットの安全検証方法の確立、9)ロボットと人体の接触面における組織損傷性と不快な感覚の発来を低減化する素材の開発、10)介護作業の負担軽減と効率化の評価のための AI を使った動線解析技術の開発、11) 装着型ロボットによる移動支援とその基礎技術（人工筋肉等）の開発などを行う。本開発研究により、中長期計画における（1）担当領域の特性を踏まえた戦略的かつ重点的な研究・開発の推進、（2）実用化を目指した研究・開発の推進及び基盤整備、（3）医療政策の一環として、センターで実施すべき高度かつ専門的な医療、標準化に資する医療の提供などの課題における成果が得られるとともに、ロボット・ICT 技術を利用した高齢者の活動的かつ安寧な生活の実現という社会的な成果が期待される。

主任研究者

近藤 和泉 国立長寿医療研究センター 健康長寿支援ロボットセンター (センター長)

分担研究者

根本 哲也 国立長寿医療研究センター 健康長寿支援ロボットセンター
生活支援ロボット・人工知能開発研究室 (室長)
2021年4月1日～2022年3月31日

加藤 健治 国立長寿医療研究センター 健康長寿支援ロボットセンター
ロボット臨床評価研究室 (室長)

大高 恵莉 国立長寿医療研究センター 健康長寿支援ロボットセンター
健康長寿テクノロジー応用研究室 (室長)

大沢 愛子 国立長寿医療研究センター 健康長寿支援ロボットセンター
認知症支援・ロボット応用研究室 (室長)

尾崎 健一 国立長寿医療研究センター 健康長寿支援ロボットセンター
介護ロボット応用研究室 (室長)

塚原 淳 国立長寿医療研究センター 健康長寿支援ロボットセンター
生活支援ロボット・人工知能開発研究室 (室長)
2023年4月1日～2024年3月31日

高野 映子 国立長寿医療研究センター 健康長寿支援ロボットセンター
生活支援ロボット・人工知能開発研究室(研究員)

吉見 立也 国立長寿医療研究センター 健康長寿支援ロボットセンター
ロボット臨床評価研究室 (研究員)

大高 洋平 藤田医科大学 (教授)

福田 敏男 国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学 (客員教授)

長谷川泰久 国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学 (教授)

山田 陽滋 名古屋産業科学研究所 (所員)

津田 英一 弘前大学 (教授)

研究期間 2021年 4月 1日 ～ 2024年 3月 31日

A. 研究目的

高齢化社会の中で、高齢者は様々な生活上の問題に直面している。その中で、重要な課題は、1)労働人口の都市集中に伴う世帯および地域全体の介護力の低下、2)総労働人口の減少と要介護人口の増大に伴う相対的介護労働力の不足、3)独居能力維持が困難となり住み慣れた場所から離れることによる精神・認知機能の低下、4)社会的なストレスに伴うBPSDの発来とその結果として起こるさらなる認知機能低下、5)活動量と栄養摂取の低下によって引き起こされるフレイル、6)フレイルによって引き起こされる介護期間の延長な

どであり、これらの課題を解決する一つの鍵となるのは、高齢者の生活を支えるロボット・ICT技術であり、その開発が急務となっている。これまでこれらの課題に取り組むためにロボットセンターでは、様々な開発研究を行ってきたが、今後は、開発研究のさらなる発展と介護ロボットと介護を支援するICT技術に内在する課題を解決するために、以下のようなトピックを設定し、新たな取組を行う。

- 1) 退院後の生活機能維持のための回復期リハビリテーション病棟の入院中と退院後の在宅での活動量の計測システムの開発と介護ロボットの有効的な利用方法の検討
- 2) ロコモシンドロームに対応する関節保護と活動能力向上のためのロボットの開発と適用
- 3) フレイル予防のためのバランス訓練ロボットの効果検証
- 4) 非接触型センサーから得られるライフログからAIを介在させ高齢者の健康と認知能力を保持するためのコミュニケーションコンテンツを含んだシステムの開発
- 5) 音声認識能力を向上させたロボットを使用時のMCIおよび初期認知症患者の認知機能維持の効果検討
- 6) 音声情報から得られる会話トーンと表情分析を利用した高齢者の感情および周辺認識能力の評価
- 7) 杖ロボットを代表とする移動支援ロボットの開発とそれを使用した高齢者の生活圏拡大効果の検討
- 8) 移動支援ロボットの安全検証と操作性向上への取り組み
- 9) ロボットと人体の接触面に介在し、組織損傷性と不快な感覚の発来を低減化する素材の開発 2021年度～2022年度
- 10) 介護作業の負担軽減と効率化の評価のためのAIを使った動線解析技術の開発
- 11) 装着型ロボットによる移動支援とその基礎技術（人工筋肉等）の開発 2023年度

B. 研究方法

(1) 全体計画

1)退院後の生活機能維持のための回復期リハビリテーション病棟の入院中と退院後の在宅での活動量の計測システムの開発と介護ロボットの有効的な利用方法の検討では、大高恵莉が主体となり、まず回復期リハビリテーション病棟での計測システムの開発を行い、その後、在宅での活動量計測に移行する。2)ロコモシンドロームに対応する関節保護と活動能力向上のためのロボットの開発と適用は、津田英一が実施するが、当センターで開発されたロボットの使用も考慮し、遠隔でもロボットを使った活動のモニターができるかどうか併せて検証する。3)フレイル予防のためのバランス訓練ロボットの効果検証は、尾崎健一と大高洋平が行うが、これまで対象となってきたフレイル、大腿骨頸部骨折、心不全、めまいのデータを引き続き、備蓄していくとともに、開発企業と協力し、新たなタイプのロボットの開発を行う。4)非接触型センサーから得られるライフログからAIを介在させ高

高齢者の健康と認知能力を保持するためのコミュニケーションコンテンツを含んだシステムの開発に関しては、高野映子が主体となり、そのコンテンツの部分をノミナルグループディスカッションの形態で策定を行う。5)音声認識能力を向上させたロボットを使用してのMCIおよび初期認知症患者の認知機能維持の効果検討に関しては、現在、長谷川泰久が音源追従を行うロボットアームの開発をおこなっているが、その安定的な稼働が可能になった段階で、コミュニケーションロボットに成り代わった形での操作者と使用者の会話を行い、音声認識の改善度を検証する、6)音声情報から得られる会話トーンと表情分析を利用した高齢者の感情および周辺認知能力の評価は加藤健治と吉見立也が行うが、5)で開発を行う音声認識システムを用いた音声トーンの分析を行う他、リハビリテーション科部と協力し、認知症患者の表情分析を行う、7)杖ロボットを代表とする移動支援ロボットの開発とそれを使用した高齢者の生活圏拡大効果の検討では、福田敏男が行っている杖ロボットの上市を実現し、高齢者の転倒不安の軽減と生活圏拡大の程度を検討する。8)移動支援ロボットの安全検証と操作性向上への取り組みは、引き続き山田陽磁が行うが、安全検証の過程で開発された移動支援ロボットも7)での取組に投入する、9)ロボットと人体の接触面に介在し、組織損傷性と不快な感覚の発生を低減化する素材の開発は、根本哲也が知見を重ねているが、素材開発メーカーと協同し、ロボットアームの人体への接触面に使用する新しい素材を開発し、それによって組織損傷性と不快な感覚の発生程度がどの程度改善されるか検討する。10)介護作業の負担軽減と効率化のためのAIを使った動線解析技術の開発は加藤健治と吉見立也が行うが、表情評価のプロトコルを作成し、簡単に介護効率を計測出来るシステムの開発を目指す。11)装着型ロボットによる移動支援とその基礎技術（人工筋肉等）の開発は塚原淳が行い、その実用化を目指す。

(2) 年度別計画

令和3年度

1)回復期リハビリテーション病棟での計測システムの開発。2)遠隔でのロボットを使った活動のモニターシステムの開発。3)フレイル、大腿骨頸部骨折、心不全、めまいのデータの備蓄。4)健康増進コンテンツをノミナルグループディスカッションの形態で策定。5)音源追従を行うロボットアームの安定的な稼働のためのブラッシュアップ。6)認知症患者の表情分析、7)杖ロボットの上市のための製造企業と契約を行い、早期の上市を目指す。8)移動支援ロボットの安全検証と操作性向上への取り組み。9)素材開発メーカーと協同し、ロボットアームの人体への接触面に使用する新しい素材を開発。10)AMED事業で開発された動線解析技術のブラッシュアップなどを行う。

令和4年度

1)在宅での活動量計測および移動支援ロボットの導入を行う。2)遠隔でのロボットを使った活動のモニターにより、痛みが無い状態での運動が可能になるか検証。3)開発企業と新しいタイプのバランス訓練ロボットの開発開始。4)健康増進コンテンツの部分の開発が終

わった段階で、EU との協同事業へ移行。5)コミュニケーションロボットに成り代わった形での操作者と使用者の会話で音声認識の改善度を検証。6)音声認識システムを用いた音声トーンの分析、認知症患者の表情分析。7)杖ロボットによる高齢者の転倒不安の軽減と生活圏拡大の程度の検討。8)安全検証の過程を公表し、他のロボット開発を促進。9)組織損傷性の改善のシミュレーションと不快な感覚の発来程度の実測。10)表情評価のプロトコルを作成。

令和 5 年度

1)移動支援ロボットによる活動量増大の検証と成果の好評。2)ロコモシンドロームに対応するロボットの効果についての分析。3)新たなタイプのバランス訓練ロボットの効果を検証。4)健康促進プログラムは EU との共同研究事業に引き継ぎ、副次的な知見を公表。5)改善された音声認識機能のロボットへの組み込み。6)音声トーンの分析と表情分析のシステムを介護ロボットの効果検証に使用できる形にブラッシュアップ。7)杖ロボットの高齢者の転倒不安の軽減と生活圏拡大の程度をまとめ公表。8)移動支援ロボットの上市。9)動線解析と表情評価を用い介護効率が計測出来るシステムを開発。10) 装着型ロボットによる移動支援とその基礎技術（人工筋肉等）の開発。

(倫理面への配慮)

本研究を実施するにあたっては、国立研究開発法人国立長寿医療研究センターに設置されている倫理・利益相反委員会の承認を得た上で、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」を遵守し、研究の内容や参加を拒否しても不利益にならないことなどを説明してインフォームドコンセントをとった上で実施する。データの取り扱いおよび管理に当たっても、研究対象者の不利益にならないような配慮を行う。

個人情報保護についての対策と措置

計測によって得られたデータおよび個人情報は、連結可能匿名化を行い、キーファイルとデータファイルは別々の鍵のかかる保管庫に収納する。また、データ保存時には暗号化を行い個人情報の保護に努める。

本研究の計画内では、実験動物を使った研究は行わない。

C. 研究結果

1. 退院後の生活機能維持のための回復期リハビリテーション病棟の入院中と退院後の在宅での活動量の計測システムの開発と介護ロボットの有効的な利用方法の検討は、大高恵莉が行い、その結果 (1)回復期リハビリテーション病棟における活動量計測法の確立と実装では、ウェアラブルデバイスFitbit Inspire (Fitbit社) を用いた活動量計測を、同病棟の集団運動教室 (HEPOP) 参加者計5名に対して実施し、平均実施日数は25 [12-53] 日、実施期間中の装着率は100%で、KENZライフコーダGS (スズケン社) の装着率 (94%) を上回った。(2)在宅高齢者における活動量計測システムの確立と実装では、通所リハビ

リテーションにおいて、Fitbit Inspireを用いた24時間活動量計測を3ヶ月以上継続的に実施した対象者5名では、平均装着日数は 140 ± 78.4 日であり、平均歩数はFitbit導入時 2908 ± 1169 歩、導入後 4188 ± 1884 歩、平均で 1280 ± 1499.5 歩増加した。他の評価（導入前/返却時）はTUG：14.4/13.5秒、10m歩行：14.8/14.3秒、6分間歩行距離：240/194 m、Frenchay Activity Index：9/12点と変化した。

2. ロコモシンドロームに対応する関節保護と活動能力向上のためのロボットの開発と適用は、津田英一が行い、その結果、(1)歩行では、精度良く解析できる範囲は、直線歩行路の5m程度であり、(2)床座位からの立ち上がり動作では、殿部離床までは解析可能（図3右上）であったが、その後の立ち上がる過程において、体幹が深屈曲する際に骨モデルの体幹や上肢解析不可能な状態であった。さらに(3)椅子座位での爪切り動作では、三次元化後の骨モデルは概ね解析されていたものの、座標の“ブレ”が非常に大きかった。
3. フレイル予防のためのバランス訓練ロボットの効果検証は、尾崎健一と大高洋平が行い、その結果、90例（個別運動療法群30例・運動指導群30例・BEAR練習群30例）がエントリーされて目標症例数に達した。2か月間の訓練介入期間中の脱落例は6例で、各群28例ずつが介入を終了した。介入前後の評価項目の変化では、FRTはBEAR練習群($p=.023$)、個別運動療法群($p=.022$)がそれぞれ運動指導群と比較して有意な改善を認めた。SPPBもBEAR練習群($p=.027$)、個別運動療法群($p=.019$)がそれぞれ運動指導群と比較して有意な改善を認めた。FES-IはBEAR練習群($p=.022$)のみが運動指導群と比較して有意な改善を認めた。
4. 非接触型センサーから得られるライフログからAIを介在させ高齢者の健康と認知能力を保持するためのコミュニケーションコンテンツを含んだシステムの開発は高野映子が行い、1)ステイクホルダーに対するUseability調査では、療法士21名が参加し、全員がRomiの形状に対して好感を持っていると回答し、19名がRomiとの会話から楽しい気分や癒しを感じた。一方で、14名が会話中にストレスを感じることもあり、その主な理由は聞き取りの問題、会話が成立しない点、反応の遅延であった。会話機能の改善に関しては、ニュースや天気情報に関連した話題や、年齢に適した内容が望まれる。2)エンドユーザに対するUseability調査では、地域在住高齢者5名に対する半構造化インタビューの結果から、音声の聞き取りやすさは概ね良好と評価されたが、声のバリエーションに関して改善の要望があり、またコミュニケーション機能に関しては、応答のタイミングや適正性については、意見が分かれ、一部の対象者はRomiの反応が遅いと感じていた。さらに、心理的影響としてRomiとの会話が一部の対象者の気分向上に貢献していたが、活動を促進する効果は限定的であった。SUSによる評価では、平均スコアが74.5点で、このスコアは「C」の評価に相当し、一般的に受け入れ可能なレベルであった。
5. 音声認識能力を向上させたロボットを使用してのMCIおよび初期認知症患者の認知機能維持の効果検討は、長谷川泰久が行い、音声認識を向上させるために開発した1) 個別見守りシステムでは、人の検出位置精度を最大誤差を40cm以下に抑えることができ、人の

追従には十分な精度が実現された。また、顔の向きに対しても最大誤差30度以下に抑え、対話に十分な計測精度を実現した。また認知機能維持のために開発している2) 移動支援システムでは、ケイン（杖）に取り付けたレーザーパスファインダで、ユーザーの位置を検出し、ユーザーの動き合わせた動き（同伴）の精度をあげるために同伴目標位置を更新し、ユーザーとケインの間の隔たりは、x方向の平均0.47[m]、標準偏差0.033[m]、y方向の平均0.036[m]、標準偏差0.043[m]となった。目標としていた0.50[m]から0.03[m]にほど近い位置に同伴することを確認した。さらに家庭内での活動量を維持する目的で開発している3) 家庭内生活支援を目的とした自律ロボットでは、ロボットの人間との協調性を高めるための大規模言語モデル（Large Language Model: LLM）駆動システムの実用性と拡張性を向上させるために人工知能を用い、手動遠隔操作で提供されるDynamic Movement Primitive: DMP)によって、より複雑な動作を実行することを可能とし、このDMPによって、水平回転軸を持つオープン扉を開ける二つの動作シーケンスを実現した。

6. 音声情報から得られる会話トーンと表情分析を利用した高齢者の感情および周辺認識能力の評価および介護作業の負担軽減と効率化の評価のためのAIを使った動線解析技術の開発は加藤健治および吉見立也が行い、1) 高齢者の健康と認知能力を保持するためのコミュニケーションコンテンツを含んだシステムの開発では、非接触センサーを主に用いて行動計測を行うが、一部、小型のウェアラブルセンサーを併用して総合的な活動量やADL動作の有無を判定するシステムとして運用することを目指し、フィージビリティのテストを行ったところ、各種ADL動作を80%以上の確率で検出できることを確認した。2) 音声と表情分析を利用した高齢者の感情および周辺認識能力の評価では、リハビリテーション科部と協力し、10数名の認知症患者において、MCIおよびAD者のリハビリテーション実施中の表情分析および主観的な気分の評価を行い、ADでは難易度が高く転倒リスクの高い課題でfearやsurpriseの感情値が高くなり、認知機能を使用する課題ではjoyの感情値は低いことが明らかになった。3) 介護作業の負担軽減と効率化の評価のためのAIを使った動線解析技術の開発では、介護作業時の視線分析を行った結果、移乗をアシストする介護ロボットを使用した際に、声掛けや顔を見ることによって被介護者がポジティブな表情（笑顔）を表出することを確認した。また、動線解析技術の開発については、BLE無線を用いたタグ検出によって存在場所の推定を行うシステムについて試用を開始し、半球カメラより得られた介護者動線との比較を行ったところ、95%以上の確度であった。
7. 杖ロボットを代表とする移動支援ロボットの開発とそれを使用した高齢者の生活圏拡大効果の検討は、福田敏男が行い、1年次は、ドローンを用いた歩行のライトタッチ安定性について基礎実験を行い、2年次は実証実験を、3年次は、IP-Cane2を改良し、酸素O2センサを搭載したIP-Cane2A（改良版）を作成し、ドローンとのハイブリッド歩行によるライトタッチ効果について検討した。また取付スマートフォンによる自分の歩行姿

勢のフィードバックについて検討した。高齢者の運動支援補助機器の制御のために、具体的には、スマートウォッチに搭載された光電容積式脈波センサで計測された脈拍数を、機器制御を担うコンピュータおよび使用者に脈拍数を呈示するMixed Realityデバイスに無線送信するシステムを構築した。

8. 移動支援ロボットの安全検証と操作性向上への取り組みは、山田陽滋が行い、移動支援ロボット使用下の被験者の遊脚時間は、 $C_{rr} = 0, 0.05, 0.1, 0.15, 0.2$ のときでそれぞれ1002.2ms, 998.7ms, 1052.8ms, 1082.4ms, 1084.1msであり、遊脚時間は転がり抵抗係数と有意な正の相関関係がみられた。また、タイヤの転がり抵抗係数と遊脚時間の増加割合には有意な正の相関が認められた。GPD制御と一定抵抗でトレーニングした被験者では快適な歩行速度が増加した。一方、その他の被験者は、実験期間中、快適な歩行速度はほとんど変わらず、早歩きやTUGテストでは大きな変化は見られないが、4ステップ・スクウェアテストは全員がより短い時間で完了できるようになっている。
9. ロボットと人体の接触面に介在し、組織損傷性と不快な感覚の発生を低減化する素材の開発は、根本哲也が行い、1)抱きかかえ動作における胸部周りの外力と骨へ伝搬する荷重分布のコンピュータシミュレーションでは、ベッドで端坐位の方を後方から抱きかかえする際に介助者は前腕部がろっ骨をささえた際のシミュレーションにより最大値の見られた肋骨における荷重分布は骨折に至るような過度な応力集中は見られず、徐々に荷重が増すような結果を得た。2)二次元格子状モデルによる数理モデルでは、最大伸び率を設定し、外力を加える点を移動させつつ、伸び率が最大値を超えたところで破綻と定義し格子破壊面形状で、高齢者によくみられるスキんテアが再現できた。3)接触面の状態が影響をおよぼす摩擦への影響では、静止摩擦と動摩擦にほとんど違いは見られなかった。また、軟部組織に変形に相当するところでのゴムの変形量が少ない場合には、摩擦係数は低くなる傾向がみられ、変形量が大きくなる従い、一定の値を示すようになった。
10. 装着型ロボットによる移動支援とその基礎技術（人工筋肉等）の開発は塚原淳が行い、1)筋の電氣的・機械的活動のシナジー関係の解明については、起立動作における内側広筋(VM)と外側広筋(VL)の相関係数は、それぞれ 0.802 ± 0.104 、 0.857 ± 0.073 、着座動作におけるVMとVLの相関係数は、それぞれ 0.884 ± 0.047 、 0.857 ± 0.067 であり、起立着座動作におけるVMとVLにおいて、全て強い正の相関があった。2)_筋変位に基づき筋モーメントを推定する最適化手法の提案と妥当性の検証では、起立動作におけるVMとVLからの筋モーメントの相関係数は、それぞれ 0.871 ± 0.084 、 0.887 ± 0.058 、着座動作におけるVMとVLからの筋モーメントの相関係数は、それぞれ 0.869 ± 0.038 、 0.814 ± 0.107 であり、全て強い正の相関があることを確認することができた。3)_表面筋電位信号に基づきIfAの収縮量を調整する制御手法の提案と検証では、人工筋肉に組み込んだ本提案アルゴリズムは、sEMGの変位量に基づいて内部空気量を制御しつつ、目標空気量に追従できることを確認することができた（平均絶対誤差：3.03mL、平均絶対百分率誤

差：6.85%)。

D. 考察と結論

1. 退院後の生活機能維持のための回復期リハビリテーション病棟の入院中と退院後の在宅での活動量の計測システムの開発と介護ロボットの有効的な利用方法の検討では、入院中から退院後の在宅生活までを通じて、統一された手法による活動量計測が可能であることが明らかとなった。今後の展望として、活動量と身体機能の低下予防に寄与するべく、本システムを活用して入院～在宅まで一貫した活動量評価を実践していくことが望まれる。また、通所リハビリテーションにおける活用事例に準じて、活動量データに基づいた有効性の高い介入・指導に活かしていくことも可能と考えられる。
2. ロコモシンドロームに対応する関節保護と活動能力向上のためのロボットの開発と適用では、歩行のように、十分な解析ができる動作がある一方で、床からの起き上がり動作や、椅子座位での爪切り動作のように十分な解析を行えない動作がみられた。その要因としては、死角が生じやすいことがあげられる。今回使用しているマーカレスモーションキャプチャソフトでの解析が可能になるためには、3台のカメラから1つの特徴点を捉えることが必要である。今後、加速度センサ、ジャイロセンサなどを利用した機器の利用なども検討する必要があると考えられた。
3. フレイル予防のためのバランス訓練ロボットの効果検証は、**BEAR**練習群と個別運動療法群において**FRT**, **SPPB**が運動指導群よりも有意に改善を認めた。これは、**BEAR**練習は運動指導群よりも身体機能を改善させるという従来の研究に近い結果となった。また、個別運動療法と比較すると同等性を有すると考えられた。**FES-I**は**BEAR**練習群のみ有意な改善を認めており、**BEAR**が転倒恐怖軽減に有効である可能性が示唆された。
4. 非接触型センサーから得られるライフログからAIを介在させ高齢者の健康と認知能力を保持するためのコミュニケーションコンテンツを含んだシステムの開発では、ステイクホルダーに対する**Useability**調査結果から、**Romi**の機能改善と操作性の向上が必要であることが示唆せられ、特定のニーズに応じたコンテンツの強化が求められた。さらに、エンドユーザに対する**Useability**調査から、**Romi**のカスタマイズされた会話コンテンツが高齢者の具体的な生活習慣やニーズにどれだけうまく適合しているかが、その成功の鍵を握ると考えられる。改良には、個々の生活リズムや好みに焦点を当て、それに基づいてパーソナライズされた対話が提供できるように努力することが求められると思われる。
5. 音声認識能力を向上させたロボットを使用する**MCI**および初期認知症患者の認知機能維持の効果検討では、1)個別見守りシステムは、部屋の四方の壁に取り付けた4台の**RGB-D**カメラから取得した画像をもとに、対象者の胴体中心の三次元位置を全方位かつリアルタイムにて位置推定が可能なシステムを構築し、人との対話に十分な精度を実現し、今後、在宅におけるパートナーロボットとの会話量の増大を図りたいと考えている。

- 2)移動支援システムでは、ユーザーの認識精度は向上したものの、周辺に障害物がある環境下ではユーザの認識精度が不十分であり、静止障害物をユーザ候補から除外する処理を導入することによって、ユーザに対する同伴性能を向上させることが今後の課題である。3)遠隔操作によってロボットにタスク固有の動作を教えた後、支援ロボットを用いたタスクの実行を実現した。今後、人からの曖昧な作業指示に対応するために、必要な情報を会話から得るアルゴリズム（アルゴリズム1）、また、プレタスク（障害物の除去）が必要となる場合に対処するアルゴリズム（アルゴリズム2）など、シナリオに応じて柔軟な対応が可能なフレームワークを計画している。
6. 音声情報から得られる会話トーンと表情分析を利用した高齢者の感情および周辺認識能力の評価および介護作業の負担軽減と効率化の評価のためのAIを使った動線解析技術の開発では、1)高齢者の健康と認知能力を保持するためのコミュニケーションコンテンツを含んだシステムの開発において、各種ADL動作を80%以上の確率で検出できることを確認し、本システムをライフログ取得もできるシステムとして発展させるため、この方向性で引き続き開発を続ける。2)音声と表情分析を利用した高齢者の感情および周辺認識能力の評価については、見守りロボットにより音声を収集し、長期的な健康状態を把握するシステムについて、いくつかのコミュニケーションロボットを使用する可能性について検討していく。3)介護作業の負担軽減と効率化の評価のためのAIを使った動線解析技術の開発では、視線解析を行うことにより、声掛けや顔を見ることによって被介護者がポジティブな表情（笑顔）を表出することを確認し、これは被介護者のQOLの向上に直結することを確認した。介護において、被介護者の顔を見るという行為がもつ意義の再確認のため、本研究を広げていくことにより介護負担が軽減できる可能性がある。また、動線解析技術の開発については、BLE無線を用いたタグ検出による存在場所の推定システムが95%以上の確度であったことから、本システムを介護施設に導入していく可能性を探っていきたいと考えている。
7. 杖ロボットを代表とする移動支援ロボットの開発とそれを使用した高齢者の生活圏拡大効果の検討では、IP-Cane2の改良版IP-Cane2Aとのハイブリッド歩行によるライトタッチ効果が得られれば、IP-Cane2の応用範囲がさらに拡大される。IP-Cane2に、酸素O2センサとスマートフォンを付加し姿勢をビデオモニターできるようにして、被験者に自分の歩行時の姿勢をフィードバックできるようにした。これによりIP-Caneを用いた適切な運動の持続時間や運動速度を見出すことができると考えられる。さらにXR技術を用いて2次元歩行から3次元（階段を含む）歩行により、各種環境におけるIP-Cane2Aのハイブリッド歩行の持続的な運動ができ、より自己効力感を得ることができるようになると考えられた。脈拍数を呈示するMixed Realityデバイスに無線送信するシステムにより歩行中のリアル脈拍データを使った、より高度な歩行支援システムが構築できると考えられる。
8. 移動支援ロボットの安全検証と操作性向上への取り組みでは、タイヤの転がり抵抗を増

加させることによって、確かに遊脚時間が増加する傾向が示された。これは、遊脚時間の増加により転倒リスク顕現状況下においても適切な転倒回避動作をとりやすくなることから、従来の危害の酷さの低減方法が有効であることを示唆する結果となった。タイヤの転がり抵抗を増加させることは、脚の踏み出しによるバランス回復動作の影響を小さくすることになると示唆され、歩行トレーニングロボットのタイヤの転がり抵抗変化は、転倒リスク顕現状況下での危害の酷さ低減方策として有効であると考えられる。GPD群と定抵抗群では快適歩行速度が大幅に向上しているのに対して、そうでない群ではほとんど変化がないことがわかった。これは、外部抵抗による歩行トレーニングによって下肢筋が鍛えられるため、日常使用時の歩行能力を向上させることができるという我々の仮説と合致している。また、TUGテストの結果が改善されなかった理由としては、被験者の最速速度が変わらないことが一因と考えられる。ロボットを使つての歩行トレーニングは、座位から立位への動作に類似した動作を含まないため、座位から立位への動作を完了するまでの時間が変わらないことが予想される。

9. ロボットと人体の接触面に介在し、組織損傷性と不快な感覚の発生を低減化する素材の開発では、端座位から車いすなどへの移乗のための抱きかかえ作業では、局在化した荷重の集中は見られず、また、骨折に至る荷重よりも相当低い領域での作業であり、皮膚の変形は、荷重点で最大となり距離とともに減少し、この変形による表面摩擦は変形が大きいほど摩擦係数は維持されることから、皮膚組織への損傷性の低減化という視点で見ただけでは、一般に求められる荷重分散性を期待する必要はないが、摩擦を維持することを目的とした場合に変形性の大きな材料が求められることがわかった。他方で不快な感覚の発生を低減化については、痛みを伴う接触には荷重分散性は有効であると考えられ、摩擦係数を維持することは、外力を接触部に効率よく伝搬させることにもつながるため、不快感を増大させる可能性があると考えられる。
10. 装着型ロボットによる移動支援とその基礎技術（人工筋肉等）の開発では、1) 筋の電氣的・機械的活動のシナジー関係の解明で、VM、VL 共に強い正の相関があったことから、起立・着座動作では、sEMGの代わりにdMMG を用いることにより、発汗による皮膚インピーダンス変化の影響を受けずに、長時間使用可能な動作意思推定インタフェースの実現が期待できると考えられた。2) 筋変位に基づき筋モーメントを推定する最適化手法の提案と妥当性の検証では、起立・着座動作時のsEMGとdMMGから推定した筋モーメントは強い正の相関を示したことから、本研究で提案したMAOは従来のEAOと同様の有用性があると言える。課題として二関節筋のdMMG 計測の難しさがあり、特に歩行運動では、二関節筋は dMMGが増大する位置の変化がより複雑となることが予想される。よって、歩行動作における二関節筋のMAO適応のためには、二関節運動適応のための筋モーメント推定手法を考案する必要があると考えられた。3) 表面筋電位信号に基づきIfAの収縮量を調整する制御手法の提案と検証では、提案した制御アルゴリズム手法は、膝関節運動時に下肢から計測したsEMGの変位量に応じて所望の空気量を算出

し、IfAの空気量を目標の値に制御できることが確認できた。今後は、InACを用いた歩行支援の有効性を評価するための実証研究を進めていく必要があると考えられる。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

2021年度

- 1) 近藤和泉. 認知症患者の日常生活をサポートする AI/ロボット技術. *Medical Practice*, 38, 1227-1230, 2021.

2022年度

- 1) Ito K, Suzumura S, Kanada Y, Narukawa R, Sakurai H, Makino I, Abiko T, Oi S, Kondo I. The use of a companion robot to improve depression symptoms in a community-dwelling older adult during the coronavirus disease 2019 state of emergency. *Fujita Medical Journal*. <https://doi.org/10.20407/fmj.2021-023>. 2022
- 2) 近藤和泉. CHAPTER 5 転倒予防と安全管理. *リハベーシック 安全管理学・救急医療学*. 40-47, 2022.
- 3) 近藤和泉, 加藤健治, 高野映子, 鈴木彰太. ロボット, AI の活用. *総合リハビリテーション*, 50, 751-755. 2022
- 4) Suzumura S, Ito K, Narukawa R, Kawamura K, Kamiya M, Osawa A, Kondo I. Instructional Items and Continuation Rate of Post Discharge Self-Exercise Training for Patients with Cerebrovascular Disease. *Geriatr Gerontol Int*. 23, 251-252, <https://doi.org/10.1111/ggi.14564>. 2022.

2023年度

- 1) 近藤和泉. 入門講座 リハビリテーションロボット4 介護ロボット. *総合リハビリテーション*, 51, 509-415, 2023
- 2) 近藤和泉. シリーズ長寿医療トピックス 10-2 ジェロンテクノロジー、転倒予防への適用. *医療の広場*, 6, 6-8, 2023
- 3) Toshio Teranishi, Megumi Suzuki, Masayuki Yamada, Akiko Maeda, Motomi Yokota, Naoki Itoh, Masanori Tanimoto, Aiko Osawa, Izumi Kondo. Prediction of early falls using adherence and balance assessments in a convalescent rehabilitation ward. *Fujita Medical Journal*, <https://doi.org/10.20407/fmj.2022-037> 2023

2. 学会発表

2021年度

- 1) 近藤和泉, 尾崎健一. トレッドミルとの併用ーGrailの使用経験ー. 第58回日本リハビリテーション医学会学術集会, 2021年6月10日, 京都市.
- 2) Izumi Kondo, Aiko Osawa, Ikue Ueda, Keita Aimoto, Kenji Kato, Wataru Kaku. Development and first clinical validation of speaking robot for reminiscence exercise. Virtual ISPRM 2021 Congress, 12-15 June, 2021.
- 3) Izumi Kondo. Robot exercise for older adults with balance deficit. AOCNR2021 virtual conference, Aug 6th, 2021, India, held on online.
- 4) 近藤和泉. ロボット・次世代介護ー移乗支援を中心にー. 2021年度老年医学サマーセミナー, 2021年8月7日, 大府市.
- 5) 近藤和泉. 医療・介護ロボット最前線ーリハビリテーション医療および介護予防を中心にー. 第21回糖尿病インフォマティクス学会, 2021年8月29日, WEB.
- 6) 近藤和泉, 尾崎健一. トレッドミルを使ったVR. 第5回日本リハビリテーション医学会 秋季学術集会, 2021年11月13日, 名古屋市.
- 7) Izumi Kondo. Robot to Prevent Fall and Frailty. Nuerorehabilitation Webinar 2022, Mar 4th, 2022, Pakistan, held on online.

2022年度

- 1) 近藤和泉. 加齢に伴うバランス能力低下とフレイルに対するロボットの活用と効果. 第64回老年医学会, シンポジウム 26. 2022/6/4, 大阪市
- 2) 近藤和泉. 認知症ケアにおけるAI, ロボットの活用. 第23回日本認知症ケア学会大会, シンポジウム進化するテクノロジーにおける認知症ケア. 2022/6/18, WEB.
- 3) Izumi Kondo, Aiko Osawa, Minoru Yamada, Jun Matsumura, Keita Aimoto, Naoki Itoh, Shinichiro Maeshima, Hidenori Arai. Rasch analysis for novel ADL scale for older adults - NCGG-Practical ADL Scale (NCPA). ISPRM 2022, July 3-7, 2022. Lisboa, Portugal.

2023年度

- 1) Izumi Kondo. Difficulty Measure for Tasks in Robot for Upper Extremity Exercise and Functional Skills in Daily Life and Its Use in Neurorehabilitation. IFNRCON 2023 AOSNR Symposium, Apr 15th, 2023, Mumbai, India Hybrid
- 2) Izumi Kono. Fall Prevention during Hospital Stay. IAGG Asia Oceania Regional Congress, Jun 14th, 2023, Yokohama
- 3) Izumi Kondo. Difficulty Level Setting for Robotic Exercise and Training for Disability. WFNR World Brain day webinar, July 22th, 2023, WEB
- 4) Izumi Kondo. Sufficient Amounts of Training can Improve Functioning as

- Usual and Maintain it at Home in Very Old People. 8th Asia-Oceanian Conference of Physical & Rehabilitation, Oct 8th, 2023, Chengdu, China
- 5) Izumi Kono. The use of technology to promote independent gait and stability. Independent Aging, Oct 15th, 2023, Tokoname, Aichi
 - 6) Izumi Kondo, Aiko Osawa, Takashi Sakurai. COGNITIVE THERAPY FOR MCI AND EARLY-STAGE ALZHEIMER DISEASE (AD): WORLDWIDE FINGER NETWORK TO PREVENT AD WITH NON-PHRAMACOLOGICAL TREATMENT. 5th Asia Oceanian Congress of Neurorehabilitation, AOCNR 2023, Dec 14th, 2023, Bangkok, Thailand
 - 7) Izumi Kondo, Shota Suzumura, Kenichiro Maki. DETECTION OF MOTOR DISORDER FOR MCI AND NOVEL USE OF DIFFICULTY MAP TO MAKE EFFECTIVE USE OF ROBOT EXERCISE. 5th Asia Oceanian Congress of Neurorehabilitation, AOCNR 2023, Dec 15th, 2023, Bangkok, Thailand

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし