

長寿医療研究開発費 2019年度 総括研究報告

健康長寿のためのロボットおよび ICT 開発研究 (19-5)

主任研究者 近藤 和泉 国立長寿医療研究センター 副院長  
大沢 愛子 国立長寿医療研究センター リハビリテーション科部 医長  
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  
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  
診療関連機器開発研究室 室長

研究要旨

高齢化に伴う労働資源の減少の中で、高齢者の生活を支え、健康長寿を実現するために、**gender free** および **age free** さらには外国人介護支援労働者の導入等、いろいろな施策が実施され始めている。一方で愛知県を中心とするロボットおよび ICT の開発の進行は著しく、これらの技術の高齢者の生活導入の可能性がより確実になりつつある。このため課題を「健康長寿のためのロボットおよび ICT 開発研究」として当該研究に取り組みたい。

関連企業と協力した国立長寿医療研究センターの取り組みにより、フレイルの原因となるサルコペニアおよびバランス障害に対して、リハビリロボットによる介入が通常の訓練の数倍の効果を示す最初の知見が実証され、さらに **community** ベースの研究の準備を開始している。また、認知症に対する回想法を支援する傾聴ロボットの開発も進んでおり、音源定位による傾聴機能の飛躍的な改善を達成した。さらに名城大学および名古屋大学との共同研究により、杖・歩行器ロボットの開発も進行中で、杖ロボットの使用で重心動揺が減少するという世界初めての知見の実証に取り組んでいる。また、ロボットを含む生活装備品の Iot 化を通じて、高齢者の在宅生活を延伸化するシステムの開発を行い、移動支援に使われるロボットの完成を見ている。本研究では、これらの高齢者に特化したロボットおよび ICT 技術の効果実証を行い、安全基準の策定を同時進行で進めることで、その社会実装を飛躍的に早めることを目的とする。

## 主任研究者

近藤 和泉 国立長寿医療研究センター 副院長

## 分担研究者

大沢 愛子 国立長寿医療研究センター リハビリテーション科部 医長

尾崎 健一 国立長寿医療研究センター リハビリテーション科部 医師

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

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  
診療関連機器開発研究室 室長

才藤 栄一 藤田医科大学 リハビリテーション医学 I 講座 教授

長谷川泰久 名古屋大学 大学院工学研究科 教授

山田 陽滋 名古屋大学 大学院工学研究科 教授

福田 敏男 名城大学 理工学部 メカトロニクス工学科 教授

## A. 研究目的

65 歳以上の高齢者（以下、高齢者）人口は、1950 年以降、一貫して増加し、2012 年に 3000 万人を超え、2018 年 9 月 15 日現在の推計では 3557 万人となっている<sup>1)</sup>。総人口に占める高齢者人口の割合は 28.1% となり、前年（27.7%）と比較すると、0.4 ポイント増え、過去最高となった。国立社会保障・人口問題研究所の推計によると、この割合は今後とも上昇を続け、第 2 次ベビーブーム期に生まれた世代が 65 歳以上となる 2040 年には、35.3% になると見込まれている。一方生産年齢人口は、2029 年に 6,951 万人と 7,000 万人を割り、2065 年には 4,529 万人となると推計されている<sup>2)</sup>。65 歳以上の高齢者人口と 15~64 歳人口の比率は、1950 年には 1 人の高齢者に対して 12.1 人の現役世代（15~64 歳の者）がいたのに対して、2015 年には高齢者 1 人に対して現役世代 2.3 人になっている。今後、さらに現役世代の割合は低下し、2065 年には、1 人の高齢者に対して 1.3 人の現役世代という比率になるとされている。このような急速な高齢化と生産年齢人口の減少は、高齢者医療費の上昇、社会保障給付の増加、さらには福祉人材の不足、様々な高齢者施策のための財源確保が困難となることなどの問題がさらに顕在化させると予想されている。このため、労働能力の代替のみならず、社会の様々な側面特に、介護分野ではロボット導入を促進していく必要がある。

一方、日本では現在約 462 万人の認知症患者が存在し、さらに 2025 年にはそれが約 700 万人に達すると推計されている。認知症患者全体の約 5 割を占めるアルツハイマー病は、その中核症状(認知障害、意欲・気力の障害など)以外に、周辺症状 (幻覚・妄想などの精神症状や徘徊・異食などの行動異常、Behavioral and Psychological Symptoms of Dementia 以下 BPSD)が出現する。アルツハイマー病を含む認知症患者のうち約 80%が

BPSD を有しているといわれており、特にアルツハイマー病ではその進行の早い時期から BPSD が出現し、介護者と患者の QOL の低下およびストレスの増大など様々な問題を生じさせる。BPSD に対して、様々な薬物療法が試みられてきたが、その副作用のため認知機能や活動性を過度に失ってしまう高齢者も多く、薬物を使わない対処法が求められている。認知症に対する非薬物療法として、明確なエビデンスがあるのは回想法である。しかし効果的に回想法を実施するためには認知症患者の個人史の把握と、長時間の会話が前提となる。高齢化により介護のための労働資源が乏しくなりつつある現状では、家族を含めて介護担当者が認知症患者とゆっくり会話をする時間を持つことはできない。また一人の担当者が個別の高齢者の個人史を多数記憶して、回想法に導入していくことにも限界がある。このため、記憶能力を持ち、長時間の会話にも耐えられるロボットには、効果的な回想法を導入していく上で大きな利点がある。

認知症の発症に関わるとされている主な要因の中で、最近特に注目されているのは身体活動である。発症リスクに関わる要因の中で、老化に関係するものとして「身体活動の低下」がある。一方で発症を防ぐ要因の「活動」の中に身体的なものが含まれる。MCI へ身体活動をしてもらい、認知機能が低下していくかを検討した研究では、統計学的に意味がある効果があるとされており、これは身体活動が認知症の発症を遅らせる可能性があることを意味する。このため、老化に伴って AB が脳内にたまって、ロボットを使用し、生活上の身体活動を一定のレベルに保つことで、症状が出る時期を遅らせる可能性が考えられる。その一方で生活上の身体活動データの取得は、高齢者の安全管理及び機能低下の予防にもつながるため、ロボットを含む生活に必要な機器の IoT 化とそれを通じたデータ取得および、データをクラウド上で管理することを通じてビッグデータ化し、活動量低下に対する有効な手段を考案するための材料とすることができると予想される。

## B. 研究方法

### 2019 年度

1) 大腿骨近位部骨折に対するバランス練習ロボットの効果検証に関する研究→回復期リハビリテーション病棟における適用、2) 介護ロボットの操作の簡便化と傾聴ロボットの開発→ライトタッチで屋内を動くロボットの開発と傾聴ロボットの音声認識機能向上のための音源定位アームの開発、3) ロボット開発における安全検証とリスクコントロール→開発段階からの安全検証、4) 杖ロボットの開発→杖ロボットによる歩行の安定化の検討

(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) バランス訓練ロボットの大腿骨近位部骨折への適用では、回復期リハビリテーション病棟入院中の大腿骨近位部骨折術後患者に対し退院前に **BEAR** 練習を行なった。練習前後の身体機能の変化を検討したところ、歩行およびバランス能力、下肢筋力の改善を認めた。メインアウトカムとして、退院後1年間の転倒の有無・頻度をあげているが、こちらはまだ十分な症例が集まっていない。

2) 介護ロボットの操作の簡便化と傾聴ロボットの開発では、利用者の動作推定精度の向上及び推定結果に応じたロボットの同伴位置制御の実現を目指し、慣性計測装置 **IMU** を用いた利用者動作の推定手法と常時ライトタッチ可能なロボット制御システムを作成した。さらに、これまで大きなハザードであった傾聴ロボットの音声認識機能の改善のため生活支援ロボット **HSR** を用いてハンド部分を対象者の顔に追従させる手法を開発した。

4) 杖ロボットの開発では、従来 5.5kg あった杖型ロボットを、最終的には 3.45kg にまで軽量化した。また、トレッドミルとモーションセンサにより、重心動揺を計測、評価し、本研究で作成した杖ロボットにて安定した歩行を実現していることを立証した。また、従来研究で1本の杖ロボットを用いて安定した歩行を可能にしたが、どちらかの半身に偏った歩行であった。そこで、2つの杖ロボットを用いて歩行の安定性の検証を行い、さらに安定した歩行を実現した。

### D. 考察と結論

1) 大腿骨近位部骨折に対するバランス練習ロボットの効果検証に関する研究では、症例数をさらに増やして検討を行うとともに、**historical** にはなるが過去の回復期病棟のデータから対照群を **Propensity score** などを用いて年齢・認知機能のバランスを取って選定し、比較を行い論文化することとしている。

2) 介護ロボットの操作の簡便化と傾聴ロボットの開発では、利用者の移動に対する追従システムの開発には成功したもの、その精度および応答性は完全ではない。追従の視標

となるポイントの推定機能を向上させて、完成を目指したい。顔位置の追従に関しては、歩行に対するものよりは完成度が低くても応用の可能性があり、来年度はロボットアームにマイクを搭載して、音認識の向上が図れるか確認する予定としている。

3) ロボット開発における安全検証とリスクコントロールでは、開発と安全検証を同時に行いつつ開発を行っているが、今回の検討から歩行支援機の車軸に初期抵抗を設定することで、ユーザーとの距離が急に離れないようにすることが判明したため、来年度の開発に加え、さらなる安全検証を行っていく。

4) 杖ロボットの開発では、両側でロボットを使用することによって、重心の動揺が顕著に低下することが判明したため、さらに安全機能を高めた上で、実臨床での応用と早期に社会実装を図っていきたいと考えている。

#### E. 健康危険情報

なし

#### F. 研究発表

##### 1. 論文発表

- 1) Izumi Kondo : Frailty in an aging society and the applications of robots. *Japanese Journal of Comprehensive Rehabilitation Science* 10, 47-49, 2019.
- 2) 近藤和泉：ロボットでリハビリ・介護・健康長寿, *NHK テキスト 今日の健康* 7, 92-93, 2019.
- 3) 近藤和泉：ロボット AI 活用による認知機能訓練：回想法, 傾聴ロボット, *Medical Science Digest* 45, 3-5, 2019.

##### 2. 学会発表

- 1) 近藤和泉：高齢者医療におけるロボットの活用 —転倒予防と認知症を中心として— 第 40 回バイオメカニズム学術講演会, 2019 年 12 月 1 日, 春日井.
- 2) 近藤和泉：ICT/ロボットを使った転倒予防. 第 6 回日本地域理学療法学会学術大会, 2019 年 12 月 14 日, 京都市.
- 3) 近藤和泉, 大沢愛子：傾聴ロボットの開発とトイレ移動支援システムの中での役割. 第 3 回高齢者の自立排泄支援を可能にするロボティクスホーム研究会, 2019 年 12 月 19 日, 大府市.
- 4) 近藤和泉：介護ロボットの展開—介護予防の取り組みを中心として— 第 42 回宮崎リハビリテーション研究会, 2020 年 2 月 29 日, 宮崎市.

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