

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：83903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K10736

研究課題名(和文) ドップラーセンサとAIによる非接触での排尿意図検知システムの開発

研究課題名(英文) Development of a non-contact urination intention detection system using a Doppler sensor and AI

研究代表者

高野 映子 (Takano, Eiko)

国立研究開発法人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・研究員

研究者番号：60778637

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)：ドップラーセンサによる非接触での排尿意図検知システムを含む、夜間の排尿を支援するためのシステムを開発する予定であったが、要求水準に満たすドップラーがなかったため、排泄支援システムの1つである移動支援に注力して、リョーエイ株式会社と共同で開発した。本トイレ歩行支援歩行車は、夜間1人でトイレに行ける歩行車をコンセプトにし、座面を無くした車椅子のような構造と、呼び出し機能、転倒防止機能を備えている。介護者の手を借りることなく移動や排泄を行うことが可能であり、必要な時に歩行車を呼び出し、使用後は元の位置に戻すことができ、Living Lab内での移動が実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

夜間1人でトイレに行ける歩行車をコンセプトに、排泄支援システムの1つであるトイレ歩行支援歩行車ロボスイルOVERをリョーエイ株式会社と共同で開発した。本歩行車は、座面を無くした車椅子のような構造と、呼び出し機能、転倒防止機能を備えており、特にトイレに行く時に、介護者の手を借りることなく移動や排泄を行うことが可能である。本機器を活用することで、夜間の介護者の負担軽減が可能となる。

研究成果の概要(英文)：We had planned to develop a system to support urination at night, including a non-contact urination intention detection system using a Doppler sensor. However, there was no Doppler that met the required standard.

Therefore, we focused our attention on one of the urinary support systems, a mobility aid, and jointly developed it with Ryoei Co. The concept of this toilet walking aid walker is a walker that allows a person to go to the toilet alone, even at night. It has a wheelchair-like structure without a seat, and is equipped with a calling function and a fall prevention function. The user can move and defecate without the help of a caregiver, call the walker when necessary, and return it to its original position after use. The system allows for mobility in the living lab.

研究分野：リハビリテーション医療科学

キーワード：夜間排尿支援

### 1. 研究開始当初の背景

認知症患者が夜間に尿意を感じた場合、その排尿行動は例え自身のバランス障害が存在しても、ためらいなく遂行される。日中であれば家族の目があり、また明るい場所で移動が行われることもあって、比較的問題は少ない。しかし夜間では状況が一変する。睡眠からの覚醒が十分では無く、暗い部屋や廊下をトイレまで移動することで、転倒リスクは日中と比べて驚異的に跳ね上がってしまう。このため、認知症患者の排尿行動時の転倒リスクを管理するための生活支援機器の IoT (Internet of Things) 化は喫緊の課題である。

### 2. 研究の目的

認知症患者の排尿行動時の転倒リスクを管理するための生活人工知能 (Artificial Intelligence: AI) 支援機器の IoT 化は喫緊の課題である。認知症患者の睡眠中の心拍数と呼吸数を「非接触」で計測し、AI を用い排尿行動が起こる前の心拍数と呼吸数の特定の変動パターンを抽出することで、見守りセンタによる排尿意図の検出システムの開発に繋げるために、課題 1) 認知症患者の比率が高い当センターの入院患者における転倒インシデントの分析を通じて、尿意に発する行動が転倒リスクをどの程度、高くするかの検討、課題 2) ベッド上からトイレに向かう排尿行動が起こる前に、尿意を検知するシステムの開発のための基礎的なトライアルと計測データの AI による分析、課題 3) 早期の検知のために、尿意を感じた時に起こる自律神経系の変化の特徴抽出、課題 4) その特徴を抽出して尿意検知が可能になった場合の IoT を使った生活支援システムの構築とした。

### 3. 研究の方法

#### 課題 1) 認知症入院患者における転倒インシデントの分析から、尿意に発する行動と転倒関連の検討

日本 IBM が開発した AI “Watson Explorer” を用いて、当センターでこれまで集積した約 3000 件を超える大規模転倒転落報告書のテキストマイニング解析を試み、患者の内的要因の一つである行動意図因子 (例: トイレ、歯磨き、廊下の移動等) に絞った因子分析をした (図 1)。

因子定義			ルール		
	方針	例文			
フック付けを行う	トイレに向かう際に発生した事故。	トイレに行く際ふらついて転倒。	採用語	Start語	トイレ pトイレ Pトイレ p-トイレ P-トイレ  pWC pwc pWc PWC Pwc PWc p-WC p-wc p-Wc P-WC P-wc P-Wc 排尿する 排便する 排泄する お手洗い 御手洗 御手洗い 便意 おしっこ オシッコ 大便 うんこ 便 しっこ 便所 尿失禁 お花畑 女子トイレ イレ
	トイレから戻る際の事故(寄道は含まず)。	トイレから戻ろうとして転倒。		その他	汚染 オムツ
	排尿行為が完了するまでに発生した事故	排尿後尿器を戻そうとして転倒。		移動を示す	行く いく 向かう むかう 着く つく 行う 寄る 探す 帰る
	看護師が排尿意図により事故が起きたと状況から判断している場合。	尿意により起き上がったと考えられる。		動作を示す	着座する する ずり落ちる たちくらむ 上げる 出る 座り込む ふらつく 立ち上がる 滑る 排尿する 失禁 握る 返答する 移乗する
フックを外す	看護師が、患者の行動について排尿意図によるものであるか不明であると明示している場合。	「トイレに行きたかった」と話すが、実際は不明。	本人の意思	する 思う つもり たい しよう ため もよおす 催す 感じる 不快	
	事故後に排尿行為を行なっている場合	事故の後トイレまで歩行されていることや状況から考えて自ら床へ降りたのではないかと思われる	他者が確認できる状況	～を(が)見る みる 訴える 訴え 見られる ある 推測する	
	トイレから戻る際の寄道による事故。	トイレから戻ろうとして転倒。	その他	自己 こぼれる 漏れる 濡れる	
	看護師が、排尿関連の付き添いが終わったと判断した後のイベント。	排尿介助後、ベッドに戻るのを確認したがその後洗面所で転倒	否定	ず ない なし 無い 無し	
	普段の行動に関する表現。	普段はトイレ後ナースコールがあるが、	患者本人ではない行動	同室者 他患者	
主語が異なる行動。	他患者のトイレ介助のため訪室すると、	普段/対策を表す言葉	今後 際は たびに 度に ときは 時は 以前 普段 必ず 忘れる 前 問題ない 回も 多い 夜間 朝方 説明する ごとに 集中する 頻回		
			その他	血液 流血 ふた	

図 1. 本研究で用いた因子定義(上)とルール(下)の詳細に関する概要図

## 課題 2) 尿意を検知するシステム開発のための基礎的なトライアルと計測データの AI による分析

ベッド上からトイレに向かう排尿行動が起こる前に、尿意を検知するシステムの開発のための基礎的なトライアルを実施した。対象者は、介護付老人ホーム入居者(N=5)。20 日間の 21:00-翌 5:00 の心拍数と呼吸数をドップラーセンサ(リアルタイム見守りセンサー m-station 型式 MSN-01、株式会社メイク、大府)にて計測した。更に、同時帯の 1 時間毎の排尿の有無を記録した。データ解析方法は、心拍数と呼吸数を波形データとして視覚し、排尿イベント前後とそれ以外でバイタルデータ(心拍数と呼吸数)に変化が生じるかを分析した。

## 課題 3) 尿意を感じた時に起こる自律神経系の変化の特徴抽出

ベッド臥床患者の身体にかかる負担の基礎データとして、心拍数と呼吸数のコヒーレンスを検討し、身体に対する負荷、及び心理的ストレスの評価を行なった。対象者は若年成人 18 名。計測には、HEXOSKIN(キッセイコムテック株式会社、長野)を用いた。計測時間は、1) 安静 5 分、2) 移乗、3) 安静 5 分とした。さらに、計測終了後、対象に心理・身体的ストレスのアンケート調査を行なった。

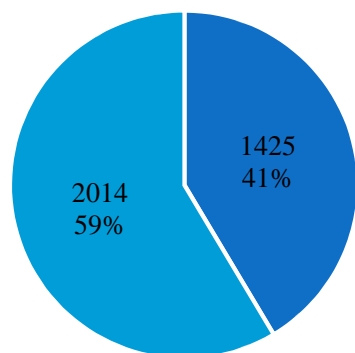
## 課題 4) IoT を使った一連の排泄支援システムの構築

当初ドップラーセンサによる非接触での排尿意図検知システムを含む、夜間の排尿を支援するためのシステムを開発する予定であったが、昨年までドップラーについて様々検討した結果、要求水準に満たすものがなかった。そのため、排泄支援システムの 1 つである移動支援ロボットに注力して、リョーエイ株式会社と共同で開発した。

## 4. 研究成果

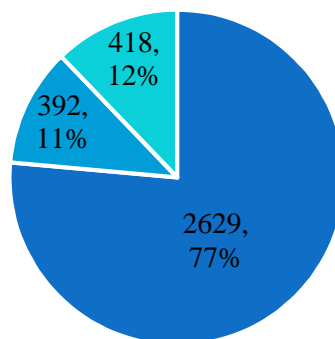
### 課題 1) 認知症入院患者における転倒インシデントの分析から、尿意に発する行動と転倒関連の検討

Watson Explorer を用いて、「排尿意図あり」因子の抽出を行った結果、排尿意図に起因するとフラグ付けされた事故は全体の 41%であった。認知症患者が夜間(21-6 時)に排尿意図により転倒する割合が高く、重点的なケアが必要であることがわかった。具体的には、全 3439 レコードに対し、1425 レコード(約 41%)が排尿意図に起因していた(図 2)。この結果は、排尿意図の予兆検知や、排尿のための移動の補助を行うことで、最大 41%の転倒転落事故を防止することが可能だと考えられる。さらに、認知症有無別に排尿意図による事故件数を集計したところ、排尿意図による事故の件数は認知症患者に多く(図 3)、割合は非認知症患者が高いことが明らかとなった。また、性別ごとに集計した排尿意図による事故の割合を、認知症・それ以外で集計したところ、認知症の有無を問わず、性別間の排尿意図による事故の割合の差異は、ほとんどないことがわかった。



■ 排尿意図あり ■ それ以外

図 2. 転倒転落事故に占める排尿意図の割合



■ 認知症 ■ 非認知症 ■ 不明

図 3. 認知症有無による排尿意図の転倒割合

## 課題 2) 尿意を検知するシステム開発のための基礎的なトライアルと計測データの AI による分析

当初予定していたドップラーセンサ(リアルタイム見守りセンサー m-station 型式 MSN-01)で計測したバイタルデータは、欠損割合が高く(10.9-56.1%)、欠損値の補完も困難であったため、特徴量の抽出することができなかった。そのため、ドップラーセンサの規格について Systematic review を実施し、再考した。結果、ミリ波レーダを用いて皮膚表面の微細な動きを計測することで、呼吸と心拍を検出できることがわかった。呼吸による体表面の変位は 1-50mm、心拍による変位は 0.1-0.5mm 程度である。60GHz ミリ波レーダの波長は 5mm であり、0.5mm の変位は位相にして 36mm<sup>°</sup> になるため、ドップラーレーダの原理で 1mm 以下の動きが検知できる。更に、ミリ波は衣服や布団などを透過するため、就寝中も検出可能である。また、1mm 以下の皮膚の動きを検知するだけであれば、24GHz の Industry Science Medical (ISM) 帯を用いた狭帯域のドップラーセンサを用いれば良いが、室内に被験者以外の人や物がある場合、それらの信号と被験者の信号を分離できないため、広帯域の Ultra-wide band (UWB) ドップラーレーダが最適であることが示唆された。更に、酒井ら(2017)は、高感度なスペクトラム拡散レーダをセンサと心拍推定アルゴリズムを組み合わせることによって、心拍間隔 (Inter beat interval: IBI) が心電計による測定値と相関係数が 0.993 で一致し、非接触センサでも心電計と同程度の測定精度が得られたことを報告している。IBI の時間的ゆらぎの周波成分は交感神経・副交感神経の活動と関係があるため、予測精度の高い排尿意図を検知するためのモデルを構築できる可能性がある。

## 課題 3) 尿意を感じた時に起こる自律神経系の変化の特徴抽出

安静覚醒時において呼吸周波数を中心とする有意な RR 変動と呼吸間コヒーレンスを確認し、解析手法の妥当性を確認することができた。しかし、コヒーレンス値とアンケートによる身体的ストレス値との相関は高い傾向がある一方、心理的ストレスとの相関はなかったため、コヒーレンス値の内容妥当性は更に検証が必要であると考えられる。

## 課題 4) IoT を使った一連の排泄支援システムの構築

トイレ歩行支援歩行車 ロボスネイル OVER RS-9.01(リョーエイ株式会社、豊田市)は、「夜間1人でトイレに行ける歩行車」をコンセプトにし、座面を無くした車椅子のような構造と、呼び出し機能、転倒防止機能を備えており、特にトイレに行く時に、介護者の手を借りることなく移動や排泄を行うことが可能である。ロボスネイル OVER は、本体(バッテリー含む)、充電器、呼び出しボタンからなり、歩行車本体の外形寸法は、740mm (W) × 795mm (W) × 840mm (H)、重量は 27.5Kg、一度の充電で、30分駆動することができる(図4)。

## ■ロボスネイルOVER

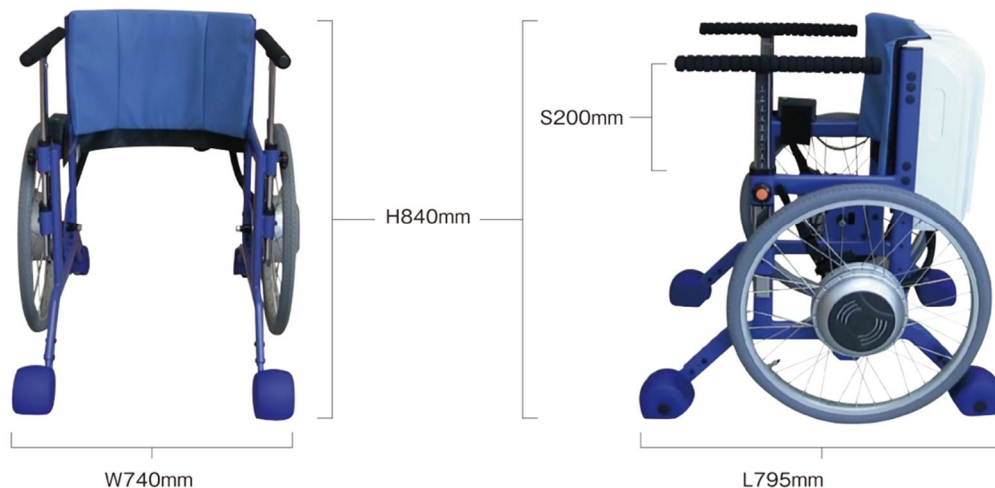


図 4. ロボスネイル OVER の仕様

呼び出し機能は、スマートフォンと連動しており、必要な時に専用のアプリから歩行車を呼び出し、使用後は元の位置に戻すことができる。転倒時の動きを検知して自動でブレーキをかける転倒予防機能や、夜間の使用時に足元を照らす照明機能、赤外線センサによる障害物検知機能を搭載している。その他、オプション機能として利用者の歩行状況や歩行車の位置、転倒した際の情報など、複数台の歩行者を管理することができるシステムも開発した（図 5）。このような排泄支援に特化した移動支援ロボットが完成し、living lab 内での移動が実現した。

## ■ロボスネイルOVER 特徴



図 5. ロボスネイル OVER の特徴

将来的には、ドップラーの開発を行い排泄サポートシステム内に組み込んでいく予定である。新たなドップラーシステムの開発は次の科研費に応募する予定としている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Takano Eiko, for the MAPT/DSA group, Maltais Mathieu, Kondo Izumi, Rolland Yves	4. 巻 5
2. 論文標題 Bidirectional relationship between depressive symptoms and physical performance in community-dwelling older people with subjective memory complaints	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Geriatric Medicine	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） 10.1007/s41999-021-00473-9	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 Takano Eiko, Ozaki Kenichi, Satoh Kenji, Kawamura Koki, Maltais Mathieu, Kondo Izumi	4. 巻 40
2. 論文標題 Effects of a Balance Exercise Assist Robot on Older Patients with Hip Fracture: A Preliminary Study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Medical and Biological Engineering	6. 最初と最後の頁 783 ~ 789
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s40846-020-00568-x	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 Takano E, Teranishi T, Shinoda J, Nagamine Y, Honda C, and Kondo I.	4. 巻 7
2. 論文標題 Use of the National Agency for Automotive Safety and Victims' Aid Score Original (NASVA score-0) as an Evaluative Measure for Patients in an Unresponsive Wakefulness State	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Int. J Neurorehabilitation Eng.	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） 10.37421/ijn.2020.7.366	査読の有無 有
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 Suaamura S, Takano E, Sugishima Y, Narukawa R, Makino I, Abiko T, Oi S and Kondo I.	4. 巻 20
2. 論文標題 Reduced Family Care Burden by Using a Communication Robot: Report of a Case.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geriatr. Gerontol. Int.	6. 最初と最後の頁 384-385
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/ggi.13871	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 Takano Eiko, Osawa Aiko, Ueda Ikue, Itoh Naoki, Teranishi Toshio, Kondo Izumi	4. 巻 18
2. 論文標題 Trial of activity with a human-shaped robot for care recipients	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geriatrics & Gerontology International	6. 最初と最後の頁 1298 ~ 1299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ggi.13442	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 近藤和泉, 高野映子, 加藤健治, 尾崎健一, 加賀谷齊, 平野 哲, 才藤栄一, 長谷川泰久, 福田敏男	4. 巻 4
2. 論文標題 転倒予防の試み - バランス訓練ロボット, 杖ロボット - .	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 LOCO CURE	6. 最初と最後の頁 60-64
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 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 近藤和泉, 相本啓太	4. 巻 76
2. 論文標題 ロボットと転倒予防リハビリテーション.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本臨牀	6. 最初と最後の頁 689-692
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 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6件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Takano E
2. 発表標題 Physical Performance and Evolution of Depressive Symptoms in Community-dwelling Older Adults.
3. 学会等名 13th International Society of Physical & Rehabilitation Medicine [ISPRM] World Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近藤和泉
2. 発表標題 センサー、見守りシステム、ロボットを使った転倒予防 - 転倒リスク評価の重要性 - .
3. 学会等名 第60回日本老年医学会学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 近藤和泉
2. 発表標題 国立長寿医療研究センターにおけるコミュニケーションロボットの活用・実証評価の取り組み.
3. 学会等名 第9回医療・介護等分野ロボット実用化WG (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高野映子
2. 発表標題 歩行支援ロボットの実用化に向けて - 第2弾 既存の機器との比較検証 -
3. 学会等名 第34回日本義肢装具学会学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Eiko Takano
2. 発表標題 Rasch Analysis for Recovery Process for Patients of Persistent Vegetative State
3. 学会等名 13th international society of Physical and Rehabilitation Medicine World Congress (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Izumi Kondo
2. 発表標題 Can SIDE Predict the Fall After Discharge for the Patients after Surgery for Proximal Femoral Fracture.
3. 学会等名 13th international society of Physical and Rehabilitation Medicine World Congress (国際学会)
4. 発表年 2018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
研究分担者	近藤 和泉  (Kondo Izumi)  (50215448)	国立研究開発法人国立長寿医療研究センター・病院・副院長   (83903)	
研究分担者	寺西 利生  (Teranishi Toshio)  (90387671)	藤田医科大学・保健学研究科・教授   (33916)	
研究分担者	山田 和正  (Yamada Kazumasa)  (10564304)	国立研究開発法人国立長寿医療研究センター・治験・臨床研究推進センター・プロジェクトマネージャー   (83903)	
研究分担者	室谷 健太  (Murotani Kenta)  (10626443)	久留米大学・付置研究所・准教授   (37104)	

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