

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 5 月 31 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02890

研究課題名(和文)見守り支援ロボットを組み込んだ独居高齢者の自立生活を支える住空間

研究課題名(英文) Living space supporting solitary elderly who lives by oneself using supporting robot

研究代表者

三田 彰 (Mita, Akira)

慶應義塾大学・理工学部(矢上)・教授

研究者番号：60327674

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：家庭内で高齢者を見守るロボットを設計・製作した。従来のものより小さく、動作音をごく小さいものとした。居住者を追従し歩行速度やひざ関節角度など、居住者の健康に直結する情報を獲得する手法を提案した。

ロボットの見守りニーズはコミュニケーション、セキュリティ、生活サポートの3点にあることをヒアリングから確認した。また、感性評価実験から、必要な空間の広さ、ロボットの種類、機能、表情など、高齢者とロボットが共生する際の住空間計画のための基礎資料を得た。

最後に実空間での検証実験を行い、家具の大きさや居住者の行動に基づいて最適な見守り場所・方法について決定する現実的なアルゴリズムを提案した。

研究成果の概要(英文)：We designed and manufactured a robot that watches the elderly in the household. It is smaller than the previous prototype and the operation sound is extremely small. We proposed a method to acquire information directly related to the health of residents, such as walking speed and knee joint angle, following residents.

We confirmed from the hearing that the watching robot needs are in three points of communication, security, and living support. In addition, from the sensitivity evaluation experiment, we obtained the basic data for the living space planning when the elderly and the robot harmonize, such as the space size required, the type of robot, the function, the expression.

Finally, we conducted a verification experiment in real space and proposed a realistic algorithm to decide optimal watching place and method based on furniture size and behavior of residents.

研究分野：システムデザイン工学

キーワード：ロボット 見守り 高齢者 独居 歩行

1. 研究開始当初の背景

高齢化社会の到来と生活スタイルおよび価値観の多様化により、単身世帯が増加しているが、少子化も相俟って家族・地域による支援に過大な期待はできない。毎年盛夏になると熱中症で多くの高齢者が亡くなるが、これは高齢単身世帯に潜む危険性を端的に示している。単身で生活する高齢者が尊厳を損なわずに、他人に迷惑をかける負い目を感じることなく、ロボットを組み込むことで健康で自立して生活できる住空間を提供することができれば、独居高齢者の生活の質が大幅に高まり、社会の人的・経済的負担の低減も見込まれる。

こうした状況に対応する研究としては、たとえば建物に多くのセンサやアクチュエータを埋め込むスマートハウスに関する研究があるが、建築設計の立場からすると、最初に建物全体のシステムとして設計する必要があり、設計時の思想でその空間が固定されてしまう危険がある。つまり柔軟に可変、更新させることが困難である。

2. 研究の目的

本研究は、高齢者の健康状態を把握する見守り支援ロボットを導入することで建築空間を進化させ、健康で自立した生活を支える住空間の創造を目的とする。研究のポイントは、ロボットを居住者と住空間・外界とのインタフェースとすることにある。このことで、たとえば身体機能が低下して転倒しやすい状況になる前に本人やヘルパーに知らせる適切なリハビリをしたり、急病時に連絡したり、熱中症を防ぐようにエアコンを制御したりすることが可能となる。見守り支援ロボットが居住者のパートナーとして常に付き添うことで、身体情報、行動情報、環境情報を常時把握し、必要な支援・介入につなぐ住空間創造を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、健康状態の把握に必要な情報である、歩行能力に代表される身体情報、日常生活における行動情報、そして住空間側の環境情報等の取得方法に関する最新研究の調査をまず行って、住空間での生活支援の側面から分類・整理する。その上で、これらの情報を見守り支援ロボットによって普通の生活に寄り添うことで把握する手法について研究を進める。獲得した情報に基づき、住宅設備機器の制御を行うアルゴリズム、必要な段階になった時に本人やヘルパーに状況を知らせた上でリハビリ等につなぐ枠組み、急病などの緊急時のアラーム方法等についての研究も行う。高齢者にとって欠くことのできないパートナーとしてのロボットの形状、ふるまい、インタラクション方法についての研究も実施する。最後に、見守り支援ロボットを組み込んだ住空間の評価を行って、住空間設計のための知見を得る。

4. 研究成果

(1) 見守り支援ロボットの設計・製作

リハビリテーション施設にロボットを持ち込み、追従実験を実施したところ、動作音が気になるとの感想が多かった。また、やや形状が大きすぎることもあったため、これまで研究室で保有していた図1に示すロボットを改良し、図2に示すようなロボットを設計・製作した。特徴はギアによる駆動からベルトドライブに変更したことと水平投影面積を小さくして、各種センサを搭載しやすいように多段にして高さを増したことにある。



図1 軽量で、高速での人追従が可能であるが動作音が気になる従来型ロボット

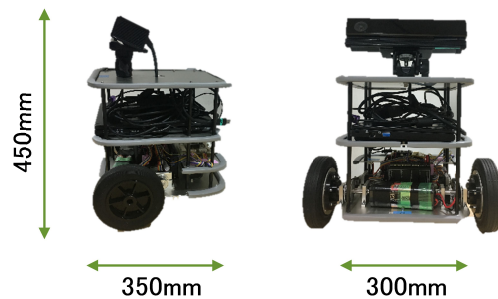


図2 ベルトドライブにしてセンサ類を搭載しやすくした改良型ロボット

(2) 居住者の身体・行動情報と居住空間の環境情報の取得方法の提案と空間制御

居住者支援のために歩行情報に代表される身体情報、座る、立つ、歩く、食事をするなどの行動情報を識別するために複数の手法を提案した。歩行情報の取得のために、KINECT を用いて後ろから居住者を追従することで深度情報を取得し歩行の状態を推定する手法を提案した。この手法は基本的には深度画像から背景画像やエラーを除去した上で、人の歩行モデルの制約条件を利用して歩行速度やひざ関節角度など、居住者の健康に直結する情報を獲得するものである。図3には実際に得られた画像の例を示す。

こうした情報に基づき、照明や空調などの設備機器を制御する手法の提案も行った。主なものは生物のホメオスタシスに学ぶホメオスタシス制御、遺伝アルゴリズムに基づく設計手法の進化に関する研究である。

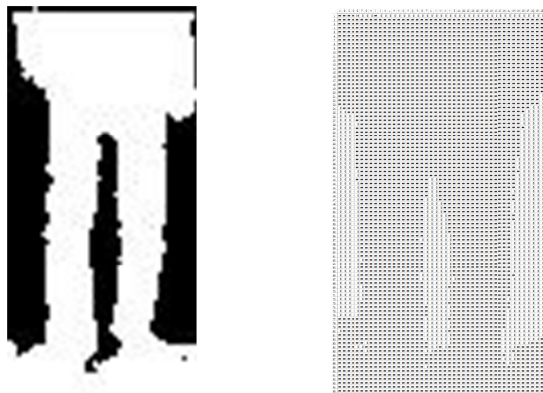


図3 居住者を追従して得た深度画像(左)とデジタルな数値に変換したマップ(右)

(3) ロボットとの共生のための住空間計画手法についての調査研究

高齢者を対象に主に3つの調査を行った。ロボットによる見守り支援に関するニーズやユーザリティ調査として、高齢者100人に対してヒヤリングを行い、特にコミュニケーション、セキュリティ、生活サポートの3点にニーズが高いことを明らかにした。コミュニケーションロボットのニーズやデザインに関する知見を得るために、安価で容易に機能することができるLCDロボットをコミュニケーション・インターフェースとして見立てて動かし、表情を表現したロボットを構築し、高齢者30名に対してユービリティ調査を行った。その結果その有効性や今後社会に定着させていくためのデザインに向けた有用な知見を得ることができた。高齢者30名を対象に、リビングルームを想定した模擬実験空間で実験を実施し、感性的評価を行うことで、高齢者とロボットが共生するために必要な空間の広さや距離感、ロボットの種類に関する知見、ロボットの機能に関する知見(3種類:音声なし、対話、呼びかけ)、ロボットの表情の有無に関する知見など、高齢者とロボットが共生する際の住空間計画に関する知見を明らかにした。見守り支援ロボットがいる住空間の計画手法についての研究を実施した。

(4) ロボットの親和性に関する調査研究

ロボットが高齢者に寄り添うように共生するためには、ロボットに親和性を持たせる必要がある。しかしながら、必ずしも犬や猫のようなペットに似せる必要はない。本研究では、目鼻口を単純化したロボットの顔を作成し、その表情によって、居住者との意思疎通を自然なものとするのが確認できた。

また、顔がない掃除ロボットのような場合でも、その行動が意思疎通に活用できるかどうかを確認するために、図4に示すような前後動作、左右動作、回転動作を例として、その速度や振幅によって受ける印象が変わる

ことを確認した。こうした行動パターンをラッセル円環モデルにマッピングすることで、こうしたロボットの動作を意思疎通に活用する手法を示した。



図4 ロボットの動作による意思疎通

(5) 実空間での適切な見守り場所

日本の住宅は狭く、ロボットが常に居住者に追従することは現実的ではない。そこで実際の居住空間を対象として、検証実験を行い、そこで得られた知見を元に高齢者をとどまて見守るべき場所、追従して見守るべき場所等、家具の大きさや居住者の行動に基づいて最適な場所、移動方向について決定するアルゴリズムを提案した。ポテンシャル法に基づくもので、図5にその例を示す。

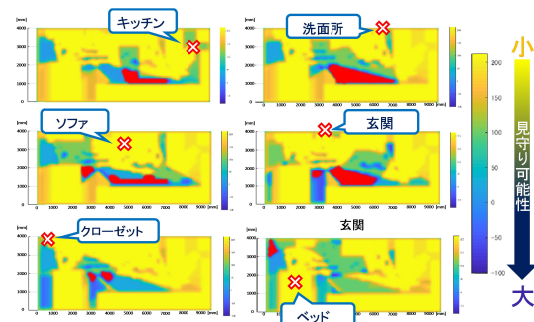


図5 高齢者のいる場所(x印)に対応した最適な見守り場所(赤色)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計15件)

嶋優之介、渡邊朗子「高齢者を対象にした生活支援ロボットと共生する居住空間に関する研究」日本インテリア学会論文報告集、査読有、28、pp.1-8、(2018)
 Ami Ogawa, Akira Mita, Ayanaori Yorozu, Masaki Takahashi, “Markerless Knee Joint Position Measurement Using Depth Data during Stair Walking,” Sensors, 査読有, 17,

pp. 2698-2698 (2017)
Yuji Ishii, Kazuo Nakazawa, “Load distribution and skid compensation control of omni-directional vehicle with independent driving modules,” Mechanical Engineering Journal, 査読有, 4(1), P. 16-00226, (2017)
松永充弘, 中澤和夫「効率的な尤度場地図生成法とそれを用いた高速スキャンマッチング」日本機械学会論文集、査読有、83、p. 17-00016 (2017)
萬礼応、高橋正樹「複数レーザレンジセンサを用いた高精度歩行計測システム（高齢者の Timed Up and Go 試験への適用）」日本機械学会論文集、査読有、83、p. 17-00223 (2017)
Shu Nishiguchi, Ayanori Yorozu, Daiki Adachi, Masaki Takahashi, Tomoki Aoyama, “Association between mild cognitive impairment and trajectory-based spatial parameters during timed up and go test using a laser range sensor,” Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, 査読有, 14, pp. 1-8 (2017)
Haruka Tonoki, Ayanori Yorozu, Masaki Takahashi, “Model-based pedestrian trajectory prediction using environmental sensor for mobile robots navigation,” International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 査読有, 8, pp. 95-101 (2017)
太田俊、渡邊朗子「廊下空間における大型移動ロボットからの回避行動に関する研究 - ロボットと共生する生活空間の計画技術に関する研究(2) - 」日本インテリア学会論文報告集、査読有、27、pp. 1-5 (2017)
岡崎正一、渡辺透、樋口雅宏、渡邊朗子、汐月哲夫、小泉寿男「省エネルギーを考慮した空間知能化システムとその通信方式」電気学会論文誌 C、査読有、136、pp. 1804-1814 (2016)
Tsubasa Tametani, Akiko Watanabe, “A study on space living together with mobile communication robot -focusing on the expression of the robot and space width-,” International Journal of Spatial Design & Research, 査読有, 16, pp. 115-128 (2016)
Ning Tan, Rajesh Elara Mohan, Akiko Watanabe, “Toward a framework for robot-inclusive environments,” Automation in Construction, 査読有, 69, pp. 68-78 (2016)
小川愛美、三田彰「生命化建築のための深度データを用いた居住者の行動の分類と行動認識に関する研究」日本建築学会環境系論文集、査読有、81、pp. 403-410 (2016)
太田俊、渡邊朗子「外国人成年男子における小型移動ロボットに対する個体距

離に関する基礎的研究 - ロボットと共生する生活空間の計画技術に関する研究 - 」日本インテリア学会論文報告集、査読有、26、pp. 13-18 (2016)
飯田真大、三田彰「家庭用ロボットの人追従及び歩行パラメータ取得に関する研究」日本建築学会技術報告集、査読有、22、pp. 253-258 (2015)
中曾爽香、三田彰「仮眠環境コントロールシステムのための小型ロボットを用いた呼吸数測定システムの開発」日本建築学会技術報告集、査読有、22、pp. 365-368 (2015)

〔学会発表〕(計 44 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三田 彰 (MITA Akira)

慶應義塾大学・理工学部・教授

研究者番号：60227674

(2) 研究分担者

高橋 正樹 (TAKAHASHI Masaki)

慶應義塾大学・理工学部・准教授

研究者番号：10398638

中澤 和夫 (NAKAZAWA Kazuo)

慶應義塾大学・理工学部・准教授

研究者番号：80217695

渡邊 朗子 (WATANABE Akiko)

東京電機大学・未来科学部・准教授

研究者番号：80286632

(3) 連携研究者

伊香賀 俊治 (IKAGA Toshiharu)

慶應義塾大学・理工学部・教授

研究者番号：30302631