

## [研究助成 (S)]

## 「人らしいロボット」によるウォーキング支援

## Human-like robot that encourages people's walking

2158001



研究代表者	京都大学大学院 情報学研究科	教授	神田 崇行
共同研究者	龍谷大学 理工学部	教授	野村 竜也
	東海大学 文化社会学部	准教授	山田 幸恵
	東京未来大学 こども心理学部	准教授	鈴木 公啓
	国際電気通信基礎技術研究所	研究員	佐竹 聡

## [研究の目的]

ヘルスケアには運動の継続など生活習慣の改善が重要であるが、モチベーション欠如の問題が深刻である。多くの人々が「他の人が一緒なら運動するのに」「誰かが声をかけてくれたら」と思いながらも運動を怠っている。高齢化による独居の多発など、人同士の関わり合いも希薄になりつつある。しかし、従来の健康器具やスマホ等の「人に使役されるツール」では、モチベーションの問題を克服できないことも多い。

このような状況の中で、我々は、「人らしいロボット」は人に使役されるツールではなく、人々の良いパートナーとして人々を刺激し、人々と一緒にアクティビティに関わることができる可能性を持つと考えた。我々はこれまでに情報提供や買い物支援など多くの場面で、ロボットの存在感や人らしさが新たな価値をもたらすことを確認してきている。運動の習慣作りといったヘルスケアの文脈においても、ロボットが楽しく運動する習慣を作り出して、人々の健康を促進し、健康長寿社会の実現に寄与する可能性がある。

そこで、本提案では、多くの人が行っている

運動である「ウォーキング」に注目し、この文脈において「人らしいロボットがパートナーとなって、一緒にアクティビティに関わり、楽しく一緒に運動する」という未来像の一例として、一緒に楽しくウォーキングができるロボットを実現することを目指した。並んで一緒に歩く機能、歩きながら楽しい会話を行う機能の研究を進め、高齢者での実証実験を行うとともに、このようなロボットの社会的受容性についても検討を進めた。

## [研究の内容、成果]

## 1. 並んで一緒に歩く機能に関する研究

人とロボットが一緒に歩いて散歩をするためのナビゲーション技術を開発した(図1)。散歩のような場面では、一緒に歩いているパート

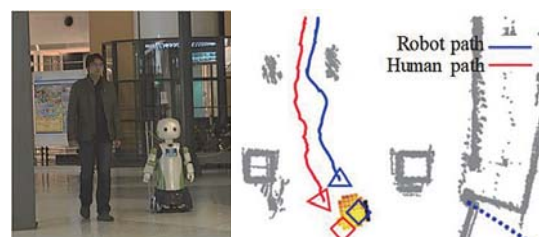


図1 人と一緒に歩く技術

ナーがどこに向かっているかを事前に知らない状況でロボットの行動を決定する必要がある。

本課題を解決するため、人間の振る舞いのモデル化を進めた。人間はパートナーの取りうる目的地の選択肢を推定しながら、移動戦略を切り替えていることを見出した。そこで、人の移動戦略に基づいたシステムを構築した(図2)。まっすぐな道を歩いている場合のように、局所的には進行方向が明らかな場合には、たとえ目的地を知らない場合でも人はパートナーのすぐ横を並んで歩くことができる。この状態を Collaborative state と定義した。この状況では、従来通りの並んで歩く行動が可能である。これに対して、分かれ道に差し掛かった場合には、進行先に複数の候補がとりうる。このような状況においては、パートナーによる行動の選択が明らかになるまで、進路を邪魔しないように少し後ろをついていきながら目的地が明らかになるのを待つ。この状態を Leader-Follower State と定義し、新たにモデル化した。

さらに、上記2つの移動戦略に関する状態を適切に選択するために、パートナーの目的地を推定する技術(図3)を構築した。本技術は、3つの要素から構成される。1つ目は、目的地の視認性である。つまり、パートナーが選択しうる目的地の候補は、現在の位置・方向から可視可能なものに限られる。2つ目は、意思決定が行われる距離である。通常、分かれ道では、分岐点に到達する前に、どちらの道を進むかを決定し、行動を開始する。つまり、パートナーの行動決定が行われない間は、Leader-

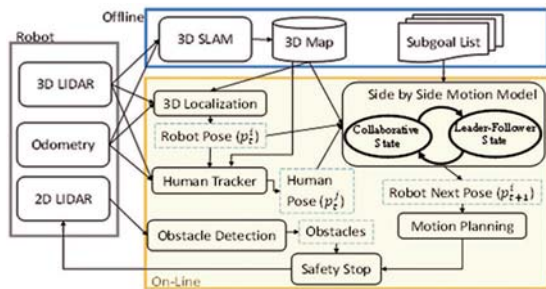


図2 目的地を推定しながら一緒に歩くシステム

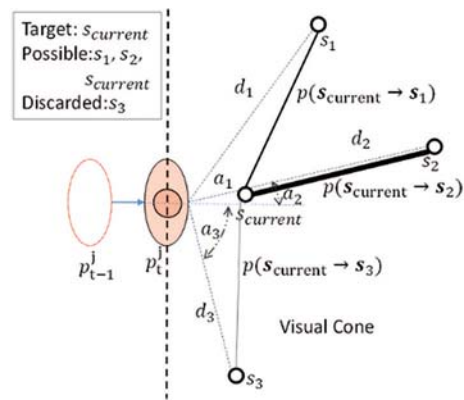


図3 人間の目的地の推定モデル

Follower State に遷移し、パートナーの意思決定を待つ必要がある。3つ目は、環境の特性である。例えば、ほとんどの人が訪れないような脇道は、分岐点として加味しなくても問題ない。一方、同程度の通行量がある場合は、パートナーの意思決定を待つ必要がある。これらの技術をロボットシステムに実装して検証実験を行い、本技術によりより自然な移動が実現できる点を明らかにした。

## 2. 歩きながら楽しい会話を行う機能の研究

人間は、周囲の風景の中で特徴的なものについて、適宜言及しながら会話することで、楽しい会話を作り出している。例えば、山へ行った時には、その風景から連想される話題(例:「最近、ハイキングにいった?」)について会話がちである。また、我々はこの関連性による話題の適切さをお互いに理解しており、連想されづらいトピックを唐突に開始する事はない。このような風景に基づく楽しい会話を可能にするために、視覚情報から人間にとって連想しやすいトピックを選択する仕組みを実現した。

図4に、開発した連想システムのアーキテク

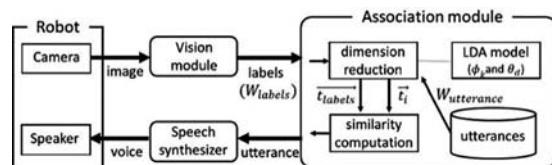


図4 視覚情報に適したトピックの連想システム

チャを示す。本連想システムでは、視覚情報（画像）と、雑談の共起確率を、データセットから学習する。この学習を実現するため、文書のデータセットを圧縮し、文書間の連想度合を潜在的なトピックとして抽出する Latent Dirichlet Allocation (LDA) 法を拡張し、視覚（画像）情報を扱えるようにした（google cloud vision を利用し、画像から、山や川、ショップといった単語変換することで、テキストベクトルを対象とした LDA 法が利用可能となる）。この拡張により、視覚と雑談のデータセット内に含まれる潜在的な連想関係の抽出が可能となった。

開発した風景に関する会話機能の有効性の検証の被験者実験を行い、提案方法に基づくロボットは、会話に適切なトピックを選択することができ、ウォーキング・パートナーとして適していることを明らかにした。この成果は、ヒューマン・ロボットインタラクションの分野でのトップカンファレンスである HRI 2017 に採録された。

### 3. 会話しながら一緒に歩くロボットの構築

これまでに実現した一緒に歩く技術と、歩きながら会話を行う技術を統合したウォーキング・ロボットシステムを構築した。屋外環境でも安定した移動を実現するため、ロボットに 3D Lidar を装着し、自己位置補正と人位置追跡を実現した。取得した人位置情報を用いて、ジョイント・プランニングを行い、屋外環境でも一緒に移動することを可能とした。また、ロボットに取り付けたカメラからの視覚情報を用いて、ウォーキング中に風景に応じた会話をできるようにした。図5はこのロボットシステムの



図5 海沿いの道を雑談しながら一緒に歩くロボット

動作例である。このように、風景に応じた雑談をするウォーキング・ロボットを実現することができた。

### 4. 高齢者での実証実験

前節において開発したロボットの統合システムの応用の一環として、ロボットが高齢者の歩行運動に随伴することで運動意欲を高めるという場面を想定し、2種類のフィールド実験を行った。

1つ目は龍谷大学瀬田キャンパスにおいて、60歳から73歳の高齢者20名（男性10名、女性10名）を対象に行った。実験内容としては、ロボットが参加者に随伴しながら歩行する条件（ロボット随伴条件）と、参加者が一人で歩行する条件（独歩条件）の2種類を参加者ごとに実施した。ロボット随伴条件では、参加者とロボットの間の対話は全くない状態で歩行が行われた。天候の関係から、7名は屋外で、13名は屋内で実施した（図6）。

各条件を実施後、質問紙により（1）歩行に対する楽しさ、（2）歩行のし易さ、（3）歩行をまたやってみたいという意向を測定し、条件間で比較を行った。結果として、歩行のし易さは独歩条件がロボット随伴条件を有意に上回りながら、歩行をまたやってみたいという意向は逆にロボット随伴条件が独歩条件を上回った。また、実験後の心理面接における参加者の発言を分析した結果、8割の参加者がロボットの対話能力が将来進展することに期待を抱いており、それがロボットとの歩行をまたやってみたいという意向に繋がっていることが明らかとなった。

2つ目は滋賀県内の高齢者総合福祉施設で行



図6 龍谷大学での実験におけるロボット随伴条件での歩行運動の様子（左：屋外、右：屋内）



図7 高齢者総合福祉施設での実験におけるロボット随伴条件での歩行運動の様子

われた。本実験参加者は当該施設の入居者および通所者の23名（男性3名，女性20名）であり，このうち歩行の際に杖やシルバーカー等の補助が必要な参加者は20名であった。各参加者は，片道47mの屋内通路を自分のペースで往復する歩行運動を2回（1回目：独歩条件，2回目（数週間後）：ロボット随伴条件，図7）を行った。この実験では，ロボット随伴条件においてロボットから音声合成により食事やスポーツ等に関する簡単な話しかけが行われた。本実験での測定項目は，歩行運動に対して感じた楽しさと不安（フェイススケールによる5件法）を調査した。また，ビデオ記録からも，歩行終了時に参加者から笑みもしくは笑い声が発せられたかについての他者評定が行われた。

歩行運動の楽しさについて，ロボット随伴条件が独歩条件よりも有意に高いことが認められた。歩行終了時に笑みもしくは笑い声を発した参加者は，独歩条件では22名中1名（1名欠損）であったのに対し，ロボット随伴条件では23名中6名であり，ロボット随伴条件のほうが笑みを喚起する割合が有意に高いことが示された。一方，歩行中のロボットからの話しかけに対する参加者の応答は少なく，二重課題状況（高齢者にとって複数の課題を並行して同時に実行することの困難さ）の検討の必要性が示唆された。

## 5. 社会的受容性の検討

実証実験と並行して，どのようなユーザがどのようなロボットを受容する傾向があるのか，調

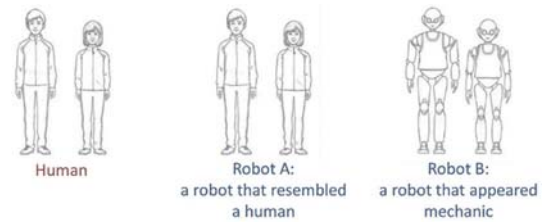


図8 ロボットの外見に関する比較

査研究を進めた。一般に，対人不安傾向が高い人が人よりもロボットを選好することが知られている。そこで，運動場面においても，対人不安傾向が高い人はインストラクターや相手として人よりもロボットを選好するかを調査した。なお，ロボットについては，人と外見が同じロボットと，機械的な外見のロボットの二種類を扱った（図8参照）。成人男女520名を対象とした調査により検討した。その結果，扱った全ての運動場面において，ロボットをインストラクターや相手として選択した人は対人不安傾向が高いことが明らかとなった。

また，運動には身体についての不安も抑制要因として存在することが示唆されている。そこで，運動場面における身体懸念が高い者は運動場面におけるインストラクターや相手としてロボットを選好するか明らかにするために，成人男女541名を対象とした調査により検討した。運動能力懸念の中の「体力不足」と「共同不能」はロボット選好に関連していなかった。しかし，見た目懸念の中の「スタイルの悪さ」はロボット選好に関連しており，同じ見た目であっても人よりもロボットを選好する人はそれらの懸念が高いことが明らかになった。

さらに「人らしいロボット」とどのような運動をしたいかを調査した。その結果，ウォーキングまたはジョギングといった個人的な運動と，キャッチボールといった相手が必要な競技に加え，登山が挙げられた。個人的な運動の理由は，「孤独だから」，「一人ではすぐやめてしまうから」といったものが多く，相手が必要な競技は主に「一人ではできない」という理由であった。一方で，個人的な運動と登山に共通する理由と

して、「いざというときの安全のため」、「一緒なら心強い」といった、ロボットがいることによる安心感が語られた。次に、「人らしいロボット」と一緒にウォーキングをすることをすれば、ロボットに何を求めるのか、を検討した。調査結果に対する因子分析の結果、トレーナー的な役割、パートナー的な役割、機能的役割の3つの役割を求めることが示された。このことから、「人らしいロボット」に対して、トレーナー、パートナーといった人的な役割と、情報提供をすることといった、スマートフォンの機能に類似するコンピューター機能と、物理的に「助けてくれる」ことを求めるなど、マルチな機能を求めていることが示された。

また、「人らしい」ロボットに求めることに、年代ごとの差があるのか、および性差があるのかについて検討することを目的とし、20代～60代の男女500名を対象にweb調査を実施した。その結果、女性の方が「人らしいロボットに求めること」が男性と比較して多いことが示された。年代による差は認められなかった。ロボットとの接触経験では性差が認められ、男性は現実的にロボットを見た経験がある人ほど、ロボットにトレーナー的役割や帰納的役割など、自分に役に立ってくれる役割を求めることが示された。

#### [今後の研究の方向、課題]

ウォーキングというタスクに対して、一緒に楽しく歩くための基本機能を実現し、高齢者にとって、独歩の場合よりも楽しく一緒に歩くことができるロボットを実現することができた。基本機能は実現できたものの、実証実験の中からは、高齢者特有の課題として二重課題状況の難しさが明らかになってきた。個々に健康状態、認知能力に応じた会話機能の調整が必要といえる。また、より広範囲な受容性の検討の中で、人との対話に不安がある人ほどロボットにコ

ミュニケーション機能を求めること、それ以外にも、情報提供や物理的サポートを求める人もいることが分かってきた。このように、運動支援ロボットの開発にあたっては、パーソナリティの違いに沿った機能の充実が求められることが示唆された。

#### [成果の発表、論文等]

- [1] Ryusuke Totsuka, Satoru Satake, Takayuki Kanda, Michita Imai: Is a Robot a Better Walking Partner If It Associates Utterances with Visual Scenes?, Proceedings of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2017), pp. 313-322, 2017.
- [2] Tatsuya Nomura and Tsuyoshi Nakazawa. Gender Difference in Expectations for Domestic Robots: A Survey in Japan. Proc. 9th International Conference on Social Robotics, pp. 423-431, 2017.
- [3] Deneth Karunaratne, Yoichi Morales, Takayuki Kanda, Hiroshi Ishiguro, Model of Side-by-Side Walking Without the Robot Knowing the Goal, International Journal of Social Robotics, Volume 10, Issue 4, pp. 401-420, 2018.
- [4] T. Suzuki, S. Yamada, T. Nomura, & T. Kanda, Influence of social anxiety on people's preference for robots as exercise/sport partners. 29th International Congress of Applied Psychology, 2018
- [5] 山田幸恵・鈴木公啓・野村竜也・神田崇行 「人間的なロボット」によるヘルスケア支援 — 人は何をロボットに求めるのか — 第2回パーソナリティ心理学コロキウム 2018年3月
- [6] 野村竜也. ロボットの随伴による高齢者の歩行運動支援の検討. 第26回日本介護福祉学会大会プログラム・発表報告要旨集, p. 111, 2018.
- [7] 山田幸恵・鈴木公啓・野村竜也・神田崇行 人はロボットに何を求めるのか? — パーソナリティとウォーキングをする「人らしいロボット」に求めるものの関連 — 日本心理学会第82回大会 仙台 2018年9月
- [8] Deneth Karunaratne, et al., Will Older Adults Accept a Humanoid Robot as a Walking Partner?., International Journal of Social Robotics (採録決定).
- [9] Tatsuya Nomura, Takayuki Kanda, Sachie Yamada, and Tomohiro Suzuki. The Possibility of Robots Walking with Elderly for Healthcare Supports: A Field Experiment in An Elderly Care Center, Interaction Studies (投稿中).