

## [研究助成 (A)]

# 非言語コミュニケーションに基づく孤立した高齢者を支援する 知能ロボットの開発

Development of intelligent robots to prevent isolation of elderly

2191030



研究代表者 東京農工大学大学院 工学研究科 教授 Venture Gentiane

## [研究の目的]

本研究は、日本だけでなく、世界的に大きな社会問題となっている高齢者の社会的・感情的な孤立を支援するための知能ロボットを提案することを目的としている。高齢者が孤立すると他の人とコミュニケーションをとりにくくなる。現在、多くの知能ロボットが開発されているが、それらは、人間の全身動作と感情の関係をとり上げたものではない。非言語コミュニケーションは全体のコミュニケーションの9割を占め、そのため本研究では、具体的に非言語コミュニケーション、つまり人間の全身動作を測定・解析することによって新たな“運動と感情の文法”を見出し、それをデータベース化し、知能ロボットに組み込むことによって、そのロボットが高齢者の感情を理解し、高齢者を社会的・感情的な孤立に陥らないよう支援するシステムを提案する。

## [研究の内容, 成果]

ロボット工学に基づいているが、実際の社会的ニーズに応えるシステムを設計するために心理学とデザインまた人工知能の側面を要素として考慮しているところに特徴がある。さらに、知能ロボットによる人間との非言語コミュニケーションの理解に取り組むこの研究が高齢者の動作及び感情の両方の側面を考慮していると

ころに独創性がある。本研究の主な成果として、社会的・感情的な孤立に苦しんでいる、又はその可能性のある高齢者（全身動作と感情との）の非言語コミュニケーションを測定・解析・定量化することにより、知能ロボットを支援及びリハビリのために使用できたり、孤立の評価及び診断における支援のために、医者に頼ることなく使用できたりすることが期待される。

この研究が成功すれば、孤立した高齢者の非言語コミュニケーションの理解を促進する多くの手段を提供することになる。また、この研究は、孤立を防止するために役立つだけでなく、解析と定量化のための基準を提供することによって非言語コミュニケーションをよりよく理解するためにも役立つ。さらには、HRI（人間とロボットとの相互作用）及び社会心理学におけるブレイクスルーも期待できる。

本研究を成功させるための課題を3つあげます。

**課題①-1** 高齢者の動作データの収集：心理学とデザイン学に基づくアンケートを用いて、12人の高齢者（65歳以上）を対象に実地調査し、ニーズを評価した。低価格の可搬型モーションキャプチャ（床反力など）を用いて、人のデータベースを作成するために数日間に渡って動作データを収集する。このデータベースは、課題②で開発する非言語コミュニケーションモジュールのパラメータを決定するときの参照データとして使用した。またインタビューを



図1 インタビューの時のマテリアル

行って、その12人のロボットに対しての印象、理想的なロボットがあればその使用に対してなど、様々な項目で調査を行った(図1)。

**課題①-2** 上記と同じモーションキャプチャを使って、運動能力としてリハビリ用の体操及び簡単な体操をさせた場合のフィールドデータを収集する。データは、申請者の開発した全身動作を解析するアルゴリズムに使用する重要な相関性と特徴とを見出すために人間の力学モデルを使って解析する。

**課題②-1** 非言語コミュニケーション(動作)モジュールの開発:既に開発した“運動の文法”を、知能ロボット用にエンコードし、かつ開発するモジュール用にパラメータ化して、教師あり学習・確認するために課題①-1と課題①-2から得られたデータベースを使用した。また、人間の動作解析のための低価格モーションキャプチャをロボット用に新たに開発した。今まで使用していた固定式のモーションキャプチャシステムとの違いは、ロボットが動くことである。また反力センサーも使用する。座布団、椅子などに取り付けるセンサーである。そのため人間の動作だけを得るためにロボットの動きを取り除いて測定した。さらに、顔の表情などを認識できるシステムも開発した。今回、使った手法の中の一つはAdversarial Auto Encoderという機械学習手法である。

**課題②-2** 非言語コミュニケーション(感情)モジュールの開発:課題②-1の結果を使って、社会的・感情的高齢者の(a)理解及

び(b)支援をするための知能ロボットを開発する。使用する人間型ロボットのプラットフォームは、開発したロボットとする。新たに感性制御器を開発した。ヒトの姿勢、動きや顔(個人)及び感情(顔の表情)深層学習を使用したアルゴリズムを開発して、ロボットの感性的な動きを生成できることである(図2)。ここでは心理学モデルPADを使う。認識感情的な側面に関して作動するシステムの受入れ(受容)には、特別の注意が必要になる。受入れ(受容)は、孤立による生活の質の低下を防止する鍵となる。

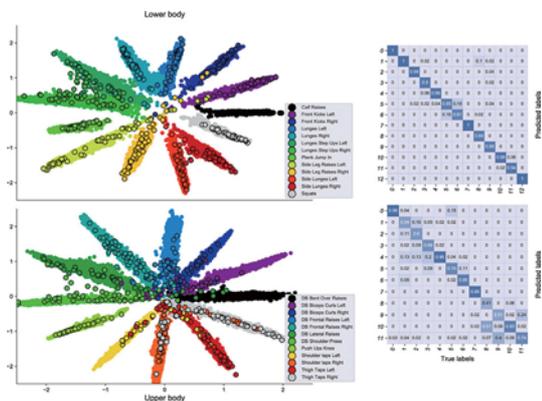


図2 Adversarial Auto Encoderを用いて簡単な体操運動の分析

**課題③-1** モジュールのパーソナル化:個人の動作のデータベースは、個々の好み・支援用に記録する。このデータベース(ここでは、実際の動作データだけを含み、プライバシーを侵害しない)は、運動能力や社会的能力を十分に訓練しリハビリするために使用する。今のところ、リハビリとは、ロボットの指示に従って簡単な体操や瞑想をすることである。

**課題③-2** モニタリングモジュールの開発:上記の小課題を全て達成したあと、高齢者の自宅にロボットを設置し、60時間生活をともにしてもらった(図3)。このロボットは、パラメータを検証し、調整するために、高齢者個人の住宅6軒程度に設置した。また高齢者が考える理想的なロボットと実際のロボットの差がかなりあったため、再度高齢者にロボットに関し

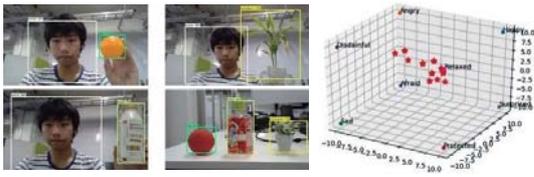


図3 カメラからの顔認識, 感情認識, ロボットの感性的動作生成



図4 現場での60時間の実験風景例



図5 現場のインタビューの風景

でのインタビューを行った(図4)。

開発した知能機能は市販されているロボットに導入しており, いい評価を受けているが, 実際のロボット本体(外観・サイズ)は多くの家庭にそぐわないので, 高齢者が使いやすいロボットを開発することが必要だと分かった。

### [今後の研究の方向, 課題]

今回の研究で分かってきたことが主に3つありました:

1. ロボット知能の機能は上達しており実世界において使用できるレベルとなった。
2. 現在, 市販されているロボットは家庭用には妥当ではない。特に高齢者が期待しているものと現在のロボットは異なる。また多くのロボットは大きすぎて邪魔であり, 機能が少なすぎて不要である。
3. カメラベースのモーションキャプチャーは家庭で使用しにくく, スマートウォッチ及び反力センサーのほうが, 高齢者は導入しやすい。しかし, それらは顔の表情は読み取ることができない。

この三つの点から今後の研究方向や課題は以下のように考えられる:

1. プライバシー侵害の心配のないセンサーとして, 座布団や椅子に付ける反力センサー(IoT)を開発する必要がある。その研究はすでに進んでいる。  
高齢者が気に入る(受入れ可能な)ロボットを開発する必要がある。
2. 調査結果で得られた理想的なロボットの見た目, 機能, 及びサイズを考慮しながら新たなロボットをデザインをすることが大事である。
3. ユーザーのニーズに合わせることで使用の成功と考えられる。その研究に関して, 新たなプロジェクトを立ち上げ進んでいきたいと思う。高齢者の健康状態を理解するために Adversarial Auto Encoder という機械学習手法を使用した。データの分析のために使うだけでなく, 健康状態の診断のために使うことができる。それにより将来的には高齢者の家族や医師は簡単にデータを読む事が出来, 高齢者の健康状態を観察できることが期待される。現在では, 簡単な体操の時の運動を視覚化し(図6), 過去の動きと比較した診断ツ-

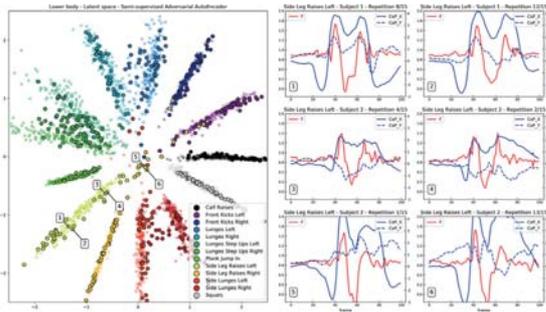


図6 動きの状態の視覚化

ルとして使えることが期待できる。

[成果の発表, 論文等]

- [1] L. Rincon, E. Coronado, C. Law, G. Venture : Adaptive cognitive robot using dynamic perception with fast deep-learning and adaptive on-line predictive control, Proc. of the World Congress of IFToMM, pp.2429-2438, Krakow, Poland, 1st-4th July 2019.
- [2] Carreno, T. Harada, J. Lin, D. Kulic, G. Venture : Analysis of Affective Human Motion : an Inverse Optimal Control Approach, Proc. IEEE-RAS Int. Conf. on Humanoid Robots, pp.485-492, Toronto, Canada, October 15-17, 2019.
- [3] T. Yokoyama, V. Hernandez, L. Rincon, G. Venture : Control of a Telepresence Robot Using Force data, Proc. Of the IFAC world congress, Berlin, Germany, 12-17 July 2020.
- [4] E. Coronado, L. Rincon, G. Venture : Connecting MATLAB/Octave to perceptual, cognitive and control components for the development of intelligent robotic systems, ROMANSY, Sapporo, Japan, 20-24 September, 2020.
- [5] E. Coronado, G. Venture : Towards IoT-aided Human-Robot Interaction using NEP and ROS, a Platform-Independent, Accessible and Distributed Approach, Sensors, Vol. 20, No. 5, 1500, 2020. 1500 ; doi : 10.3390/s20051500
- [6] T. Izui, G. Venture : Predictive models of robot user's impression : A study on visual medium and mechanical noise, Int. J. of Social Robotics, 2019. 10.1007/s12369-019-00601-3
- [7] D. Deuff, I. Milleville, I. Ocnareescu, G. Venture : Concevoir un objet à comportements pour les foyers de jeunes retraités, Drôles d'objets - Un nouvel art de faire, La Rochelle, France, April 7-9, 2020.
- [8] D. Deuff, I. Milleville, I. Ocnareescu, G. Venture : Un robot dans les foyers — Deux jours avec Pepper, Drôles d'objets — Un nouvel art de faire, La Rochelle, France, April 7-9, 2020.
- [9] S. Yamaguchi, L. Rincon, G. Venture : Development of expressive intelligence during collaborative tasks with humans, 25 回日本 IFToMM 会議シンポジウム, pp.31-38, Tokyo, Japan, 2019.
- [10] L. Rincon, F. Fillol, E. Coronado, Y. Shi, Y. Chen, M.-L. Bourguet, G. Venture : Adaptive Optimal Predictive Control System For Cognitive Manipulator Robots Based On Human Engagement/Intention And Deep Dynamic Perception, 25 回日本 IFToMM 会議シンポジウム, pp.23-30, Tokyo, Japan, 2019.
- [11] G. Venture : "How to conduct HRI experiments in unstructured environments", Humanoids 2019 Workshop on Challenges and solutions for humanoid robot interaction and collaboration, Toronto, Canada, 15th, October, 2019.
- [12] G. Venture : "How to do HRI in the wild? What we have what we miss", Jagiellonian University, Krakow, Poland, 1st July, 2019.