

介護練習用ロボットのための表情による痛み表現システム

梶山 主税^{1,a)} 山添 大丈^{1,b)} 李 周浩^{1,c)}

概要:我々は、介護動作を定量的に評価することにより、その練習を支援する介護練習用ロボット CaTARoの研究を進めてきた。しかし、内蔵するセンサデータに基づく介護動作の可視化にグラフを用いていたために、利用者にとって直感的でなく、グラフを見ながら介護動作を行うという、実際とは異なる状況での練習となっていた。本稿では、介護動作によって生じる被介護者の様々な状態変化のうち、痛みに着目し、痛みを顔表情として表現するシステムを提案する。そのために、痛みの評価に良く用いられるフェイススケールを参考に、3DCGモデルベースの痛み表情スケール (Real Face Pain Scale, RFPS) を作成した。また、ロボットに内蔵するセンサデータから Fuzzy 理論を用いて介護動作によって生じる痛みの程度を計算し、それに基づく顔表情を投影することで、痛みを表現する。実験により、提案手法の妥当性を確認した。

Pain Expression System for Elderly care training robot

1. はじめに

少子高齢化の進行に伴い、労働力不足が深刻化している。それに伴って、高齢者の介護を行う介護士の不足も懸念されており、その効率的な育成が課題となっている。現在、介護士を育成する学校では、介護動作の習得にあたって、マネキンを用いたり、生徒同士で障害を模擬しながら練習を行っている。しかし、これらの練習では、被介護者の症状を適切に再現されておらず、介護動作に伴う痛みも表現されないため、それらの情報を利用した適切な介護動作は難しい。介護動作には、移乗のように危険を伴う作業が存在し、誤った動作による介護は、転倒・転落などの事故による被介護者のケガのリスクを増加させる [1]。実際に介護士にヒアリングを行ったところ、マネキンでは力が全くない状態での練習であり、生徒同士の模擬による練習では、健常者であるために動いてしまうことがあり、いずれも実際とは違う環境での練習となっているとの意見が得られた。

これらの問題を解決するため、マネキンや人が模擬するのではなく、ロボットにより被介護者の障害や疾患を模擬し、それをを用いた練習を行うことを目指した研究が行われている [2], [3], [4], [5]。菊地らは、理学療法士のリハビリ

の練習のために、患者の筋緊張異常・反射異常を再現する下肢ロボットを提案している [2]。Ogata らは、車椅子移乗の介護練習を対象とし、麻痺などの身体障害を再現した患者ロボットを提案している [3]。

我々のグループでも、高齢者の身体特性を再現できる介護練習用ロボットの研究を進めている。特に拘縮のような関節障害に着目しており、これまでに肘関節や肩関節の障害を模擬する機構を提案してきた [4], [5], [6]。提案ロボットでは、ロボット (被介護者) の姿勢や関節にかかる力などを計測し、それを可視化することで、介護動作の効率的な学習を支援する。拘縮に対するリハビリである関節可動域 (Range of Motion) 訓練を通じて、提案ロボットの有効性を確認した。一方、ロボットから得られるセンサデータをグラフとして可視化しており、そのため学習者はそれを見ながら介護動作を行うという不自然な動作を行う必要があった。

そこで本研究では、実際の介護時と同様に、介護動作によって生じる被介護者の痛みを表情として表現することで、被介護者の表情から状況を読み取りながら介護練習を行える環境を実現することを目指す。

2. 介護練習用ロボット CaTARo

本章では、これまでに研究してきた介護練習用ロボット (CaTARo, Care Training Assist Robot) [4], [5], [6] について簡単に紹介する。CaTARo は、関節の拘縮のような高

¹ 立命館大学
Ritsumeikan University, Kusatsu, Shiga, 525-8577, Japan
a) kajiyama.aislab@gmail.com
b) yamazoe@fc.ritsumei.ac.jp
c) leejooho@is.ritsumei.ac.jp



図 1 肘関節機構

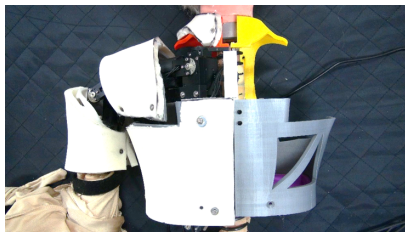


図 2 肩関節機構

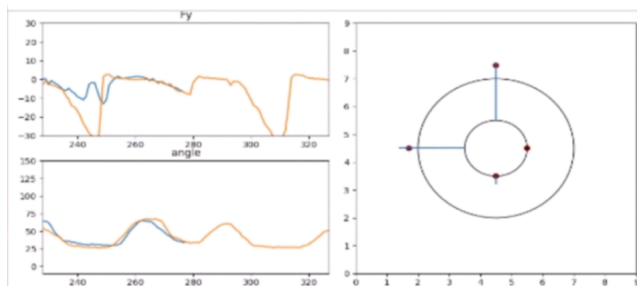


図 3 CaTARo におけるセンサデータの可視化

齢者の身体特性を再現するとともに、ロボットに対する介護動作を定量的に測定することを目指している。これまでに、肘関節(図1) [4], [5] と肩関節(図2) [6] の機構を提案してきたが、以下では本研究と関連する肘関節機構について紹介する。

肘関節機構は、サーボモータとクラッチからなっており、それらを適切に制御することで可動域の変化や関節抵抗を再現する。力覚センサと圧力センサも内蔵しており、関節にかかる力や皮膚へかかる力も計測する。センサデータは、図3に示すようにグラフを用いて可視化される。本システムを利用することで、学習者は、教師と自分の介護動作を定量的に比較しながら、練習することができる。

一方で、グラフを見ながらの介護動作では、実際の介護時とは異なった動きとなっており、被介護者の状況を直感的に理解することができない。そこで本研究では、介護動作によって生じる状況変化のうち痛みに着目し、痛みを表情として表現する痛み表現システムを提案する。

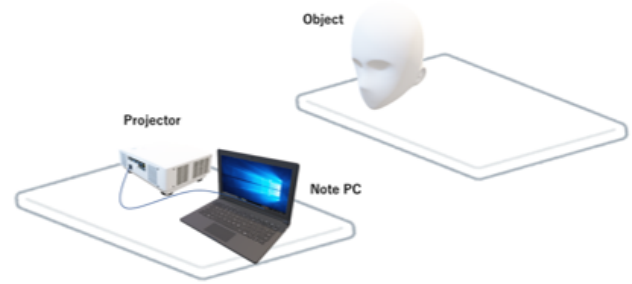


図 4 提案システムの概要

3. 表情による痛み表現システム

3.1 システムの概要

本研究では、上述の介護練習用ロボットにおいて、介護動作によって生じる痛みを顔表情として表現するシステムを提案する。その際の顔表情の表現手法としては顔ロボットなども考えられるが、本研究では図4に示すように、頭部形状の発泡スチロール製の物体をロボットの頭部とし、それに対し生成した表情をプロジェクタを用いて投影することで、ロボットの顔表情を表現することとする。

提案システムの処理の流れは、以下の通りである。まず、練習者は介護練習用ロボットに対して介護動作を行う。その介護動作によって生じる痛みの大きさを、ロボットに内蔵するセンサデータに基づき Fuzzy 理論を用いて計算する。痛みの大きさに応じた顔表情を生成し、ロボットの顔表情として出力することで痛みを表現する。

3.2 顔表情による痛み表現

痛みは、主観的なものであり、数値化が難しい。しかし、ペインクリニックなどでは、重症患者に対する鎮痛・鎮静管理では、鎮痛を適切に行うことが基本であり最も重要である。そのため、患者がどの程度の痛みを感じているかを医師は把握する必要がある。患者が平常時やさまざまな処置・ケア時にどのくらい痛みを感じているのかによって、鎮痛薬の投与量を調整したり、ケアや処置のしかたを工夫したり、鎮痛薬の効果を確認したりする必要がある。また、その痛みを感じる状況や痛みの程度を医師間で共有する必要もある [7]。

そういった目的のため、患者の痛みを数値や視覚的に表現する評価スケールがいくつか存在するが、本研究ではそのうちの Wong-Baker faces pain rating scale (WBFP) に着目する [8], [9]。WBFP は、図5に示す人の顔の表情によって痛みを評価するスケールである。患者は自分の状況に近い表情を選んでもらうことで、痛みを評価する。

WBFP の表情はイラストであり、図4に示す提案システムにおける表情として適切ではないと判断したため、WBFP を参考に、3DCG モデルベースの痛み表情スケー

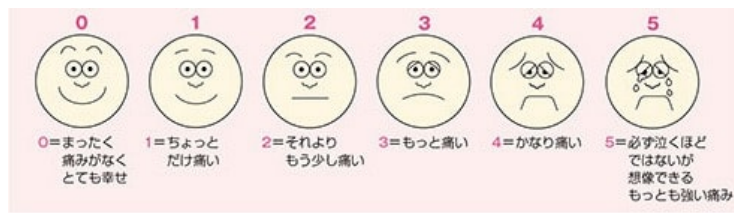


図 5 Wong-Baker faces pain rating scale (WBFPS) [9]

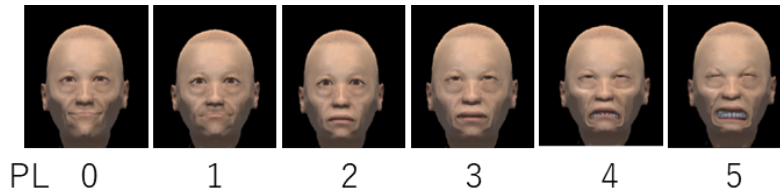


図 6 Real Face Pain Scale (RFPS)

ル (Real Face Pain Scale, 以下 RFPS) を作成した。厚生労働省の身体状況の調査に基づき [10], 75 歳の男性の平均である, 身長 160 センチメートル, 体重 60 キログラムを想定し CG モデルを作成した。RFPS の作成にはオープンソースの 3D キャラクター作成ソフトである MakeHuman と, 同じくオープンソースの 3DCG ソフトウェア Blender を用いた。MakeHuman では, 年齢, 性別, 筋肉量などパラメータを設定し基本の身体を作成し, 胸や腕の太さや顔のサイズなど詳細な設定も調整できる。また見た目にも重要な髪や服なども設定できる。Blender では MakeHuman で作成した 3DCG モデルの微調整を行った。RFPS の表情は, WBFPS を参考に手動で作成した。PL5 では WBFPS では涙を流しているが, 説明として「必ず泣くほどではないが想像できるもっとも強い痛み」とあるため, 痛みを耐える際の歯を食いしばる表情を作成した。作成した RFPS を図 6 に示す。図中の PL は Pain Level である。

3.3 介護動作によって生じる痛みのモデル化

提案システムでは, まず CaTARo に対する介護動作によって生じる痛みの大きさを計算する必要がある。CaTARo では, 内蔵するセンサ群によって, 各関節の角度, かかる力等を得ることができるため, それらのセンサデータに基づき, 各関節における痛みを計算する。

ここで, 前述の通り, 痛みは主観的なものであり, 曖昧性をもったものであるため, そのモデル化に適した Fuzzy 理論を用いる。現在の実装では, 関節の角度から Fuzzy 理論に基づいて生じる痛みの大きさを計算することとし, Matlab を用いて実装した。

3.4 顔表情の投影

最後に, 推定された痛みの大きさに基づいて, RFPS の画像を投影し, 介護動作によって生じる痛みを表現する。

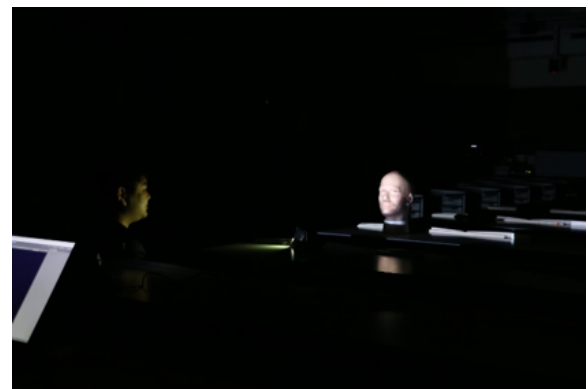


図 7 投影による痛み表現の例

頭部形状の物体への投影を行った際の様子を図 7 に示す。

4. 実験

本研究で作成した RFPS の妥当性を評価するため, 以下の実験を行った。実験では, RFPS のうちランダムに 1 つを選択して被験者に提示し, その RFPS が, WBFPS のどのレベルに対応すると感じたかを回答してもらった。被験者は 11 名であり, 6 つの PL をランダムに提示した。

結果を図 8 に示す。横軸は正解の PL, 縦軸は被験者が回答した PL である。結果より, 全体的には良い結果が得られているものの, PL1 と PL2 の間については, 回答の差がほぼない結果となっている。

図 5 と図 6 に着目すると, WBFPS の PL1 (ちょっとだけ痛い) と PL2 (それよりもう少し痛い) が似ていることもあって, 作成した RFPS の PL1 と PL2 も似たものとなっている。その影響で, 被験者の回答でも PL1 と PL2 ではあまり差がない結果となったと考えられる。

以上より, PL1, PL2 については要検討であるものの, 作成した RFPS は妥当であることが示された。

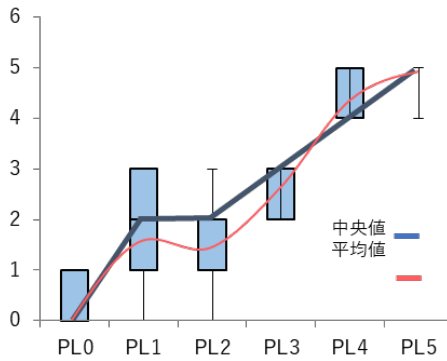


図 8 RFPS の妥当性評価実験結果

5. まとめ

本稿では、介護練習用ロボットのための痛み表現として、顔表情による痛み表現システムを提案した。痛み評価に用いられる痛み評価手法の一つである Wong-Baker faces pain rating scale (WBFPS) を参考に、3DCG モデルベースの痛み表情スケール (Real Face Pain Scale, RFPS) を作成した。また、ロボットに内蔵されるセンサデータから Fuzzy 理論を用いて、ロボットへの介護動作から生じる痛みを推定する。作成した RFPS を用いて、推定された痛みに応じた顔表情を表現し投影する。実験により、WBFPS と RFPS がおおむね一致することを確認した。

今後は、表情の種類を増やしたり、痛みを表出する音声を同時に再生するなど、より実際の被介護者に近い表現の実現に向けた手法の検討を進めていく。また、本稿で述べた手法では、外部から表情を投影したが、オブジェクト内部から投影する方法についても検討を進めており、実際の介護現場に近づけていくことで、効率的な介護士育成を行えるシステムを目指していく。

謝辞

本研究の一部は、立命館大学第3期拠点形成型 R-GIRO 研究プログラム「感覚統合をコアとした健康行動継続学の創成」の支援を受けて実施した。

参考文献

- [1] ”特別養護老人ホームにおける介護事故予防ガイドライン”(平成24年度厚生労働省老人保健事業推進費等補助金) (2013年3月, 株式会社三菱総合研究所)
- [2] 菊池武士, 小田邦彦, 山口紗代, 古荘純次. ”コンパクト MR 流体クラッチを用いた足部痙性シミュレータ”. 日本ロボット学会誌 Vol.27, No.8, pp.933-941, 2009.
- [3] Ogata, T., Nagata, A., Huang, Z., Katayama, T., Kanai-Pak, M., Maeda, J., Kitajima, Y., Nakamura, M., Aida, K., Ota, J., “Mannequin system for the self-training of nurses in the changing of clothes,” *Kybernetes*, vol.45, no. 5, pp. 839-852, 2016.
- [4] Kodai Murata, Hirotake Yamazoe, Min Gyo Chung,

- Joo-Ho Lee, ”Elderly Care Training Robot for Quantitative Evaluation of Care Operation Development of Robotic Elbow Joint to Imitate Elderly People’s Elbow”, IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2017), ThB1.4, 2017
- [5] Miran Lee, Kodai Murata, Ko Ameyama, Hirotake Yamazoe, and Joo-Ho Lee, ”Development and Quantitative Assessment of an Elbow Joint Robot for Elderly Care Training”. *Intelligent Service Robotics*, Vol.12, No.4, pp.277-287, 2019
- [6] 飴山皓, 村田航大, 山添大丈, 李周浩, ”介護動作の定量的評価を目的とした介護練習用ロボットの開発第3報”, 第18回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (SI2017), 2B4-11, 2017
- [7] 看護 roo, ”痛みの評価スケール”, [online] <https://www.kango-roo.com/sn/k/view/5589>
- [8] M. J. Hockenberry, D. Wilson, and M. L. Winkelstein, Wong’s, *Essentials of Pediatric Nursing*, St. Louis, Mo, USA, 7th edition, 2005.
- [9] ナース専科 plus, [online] <https://nursepress.jp/226068>
- [10] 厚生労働省, 国民健康・栄養調査報告, 第二部身体状況調査の結果 [online] <https://www.mhlw.go.jp/content/000451760.pdf>, 2018