

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12015

研究課題名（和文）痛みと表情の関係性と関節リハビリテーション教育支援ロボットへの適用効果の解明

研究課題名（英文）Elucidation of the relationship between pain and facial expression and its application to a joint rehabilitation education support robot

研究代表者

李 周浩（LEE, JOOHO）

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号：80366434

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）：本研究では、痛みと顔表情の関係性をモデル化し、シミュレーションロボットに痛みを顔表情で表現する方法を開発した。被験者に低周波マッサージ機を用いて痛みを与えながら顔表情、しぐさなどを記録し、痛みと顔表情のDBを構築した。痛みを感じた際の顔表情の特徴空間への射影や顔表情から読み取れる痛みを点数化し、痛みを表す顔表情の種類を分類するなどの分析を行い、ファジモデルで痛みと顔表情の関係性をモデル化した。また、痛み表現の種類と痛みの大きさを入力すると、CGで顔表情を出力するプログラムを開発し、関節ケアロボットに適用してビジュアルFBを実現した。さらに、感情遷移モデルを開発し、多様な痛み表現が実現できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

この研究では、痛みと顔表情の関係性をモデル化する方法を提供し、関節ケアロボットにおいて痛み表現を可能にする技術の開発に貢献した。これにより、医療現場での痛みの理解や評価、治療の改善に役立ち、より実用的な関節ケアロボットの開発につながる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：We conducted a study to model the relationship between pain and facial expressions and evaluate its effectiveness in a joint care simulation robot. We recruited participants and recorded their facial expressions, gestures, etc while applying different levels of pain using a commercially available low-frequency massage device. We manually annotated and scored the collected data. Based on the annotated information, we used a fuzzy model to model the relationship between pain and facial expressions. We also developed a program that generates CG representations of facial expressions based on the type and level of pain input. The generated CG was projected onto a display to provide visual FB. We also developed an emotion transition model to enable the robot to express diverse pain expressions by adding personality to it. Our study contributes to the development of robots that can provide effective pain management using facial expression recognition technology.

研究分野：ロボティクス

キーワード：痛み 表情 ロボット

1. 研究開始当初の背景

近年、医療・看介護分野においてロボットの活用が期待されており、その殆どは術者の能力を向上させる、または、術者の負担を軽減させるためのものである。一方、専門人力養成にロボットを活用する事例も増えている。シミュレーションロボットと呼ばれるもので、患者の真似をしたり、特定部位の病状を再現したりするロボットである。十分なスキルを磨いていない訓練生が人を対象に訓練を行うことは困難であるが、スキルを習得するためには実際の経験が大事であるといったジレンマを解消するための手段としてシミュレーションロボットが活用される。

一方、実際の人間は、関節を可動域の限界まで動かしたり、何らかの原因で関節に異常がある際に関節を動かしたりすると痛みを感じる。研究代表者の先行研究の結果によると、関節ケア専門家は患者さんの痛みを主に患者さんの顔の表情から読み取っている。痛みと顔表情について調べると、医療分野では言葉が言えない幼児や認知症患者の痛みを把握するために20年以上前から痛みと表情の関係について研究されている。しかし、自力で痛みを言葉で訴えられる成人における痛みと顔表情に関してはあまり研究の対象にしていないことが調べた結果確認できた。

ところで、関節ケアの専門家は、患者さんが痛いかわからないかを関節からの反力と顔表情で判断して力加減をしており、実際は言葉で痛みを感じているかどうか毎回尋ねたりしない。これが可能なのは、痛みを表現する顔表情は多様であるものの共通的な要素が存在し、痛みを感じることが殆どの人に対しては顔表情から読み取れるからである。また、痛みの強弱に関しても、顔表情から一定範囲は読み取れるため、可動域を広げる関節ケアの際は手に伝わる反力で可動域を感じながら、痛みが一定の線を超えないように顔表情をうかがいながら力を加えて可動域を広げている。以上の観察から得た研究代表者の先行研究の結論は、関節ケアを正しく行うためには顔表情から痛みを推定する能力が必要であり、ロボットを用いて訓練を行うためにはロボットに痛みを顔表情で表現する機能が必要であるということであった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、痛みと顔表情の関係性を解明し、それによって関節ケアロボットの訓練効果がどこまで向上させられるかについて調査することである。既存の痛みと表情に関する研究は主に医療分野で行われ、且つ、定性的に行われているのが現状である。本研究は、工学の見地から痛みによる顔表情を分類すると同時に、痛みの程度を顔表情から定量化することに挑戦しており、既存の研究では類の少ない、学術的独自性の高いものである。また、ロボットに再現された痛みを感じる顔表情が生身の人間とどのように与える影響が異なるのかを被験者実験で分析して今後の更なる研究につなぐことも独自性の高い部分と言える。また、本研究成果の公開で、既存の研究が定性的であったため進捗しにくかった分野の発展が加速されることも期待できる。

3. 研究の方法

本研究は、痛みと顔表情のデータベースを生成しそこから痛みと顔表情の関係性をモデル化するステップと生成されたモデルに基づいて関節ケアシミュレーションロボットに痛みを顔表情で表現しこれの有効性を評価するステップの大きく二つの段階に分かれている。

第一に、関係性モデル化ステップの研究手法とどこまでを明らかにしたいかについてまとめる。被験者を募集し、実験内容を説明した上で許可を得て、健康に悪影響を与えない公認された市販の低周波マッサージ機を用いて強度の異なる痛みを与えながらその際の被験者の顔表情、しぐさなどを記録した。約40人分のデータ収集し、集まったデータを使いやすいようにデータベース化した。顔表情を次に行う分析に適した形のデータに変換した。また、記録した被験者の時系列データをモニタリングしながらマニュアルでの点数化、注釈付けを行った。点数化については、関節ケア専門家に、経験則に基づいた痛みの定量化を行ってもらい、その後、実際に与えた痛み強度と顔表情から読み取った痛みの関係性の分析を行った。注釈付けは、顔表情の個人差、特徴など関節ケア専門家及び研究員の意見・コメントを記録する形で行った。痛みと顔表情のモデル化については、与えた痛み、特徴空間に射影されたデータ、アノテーション情報を元に、機械学習で痛み表現の分類を行い、距離学習と混合ガウスモデルなどの統計的な表現手法で痛みと顔表情の関係性をモデル化した。このステップでは、痛みの表情は個人差があるのに痛みを感じていると共通して認識できる理由と痛みの強度変化が顔表情にどのように影響するのかについての解明も行った。

第二に、痛みと顔表情の関係性モデルを適用した関節ケアロボットの有効性評価の研究手法とどこまで明らかにしたいかについてまとめる。痛み表現の種類と痛みの大きさを入力し、それに該当する顔表情をCGで出力するプログラムを、既存研究成果に基づいて開発した。痛みの表現の種類は上記のステップで明らかになったものである。また、上記のステップで求めた関係性モデルは単なる1対1の関係記述ではなく、確率的な表現をすると予想されているため、このモデルを利用してどのように顔表情を連続的に変化させるかについても研究を行った。生成されたCGは顔の輪郭をもつディスプレイにリアプロジェクションにより投影する予定で、このシステムは、関節ケアロボット内部に収まるようにした。ディスプレイ部は、数枚に分かれそれぞれの

部分をアクチュエータとワイヤで物理的に変化させながら投影を行い、リアリティの高い自然な顔表情表示に近づくようにした。
最後に、以上の内容を、関節の可動域または痛みを感じるポイントと関連付けし、関節ケアロボットを対象に関節ケア専門家に定性的に評価してもらった。

4. 研究成果

被験者を募集し、実験内容を説明した上で許可を得て、健康に悪影響を与えない公認された市販の低周波マッサージ機を用いて強度の異なる痛みを与えながらその際の被験者の顔表情、しぐさ、声などを記録し、被験者の時系列データをモニタリングしながらマニュアルによる点数化、注釈付けを行った。痛みと顔表情のモデル化は、与えた痛み、特徴空間に射影されたデータ、アノテーション情報を元に、ファジモデルで痛みと顔表情の関係性をモデル化した。
さらに、痛みと顔表情の関係性モデルを適用した関節ケアロボットの有効性評価の方法について検討を行なった。痛み表現の種類と痛みの大きさを入力に、それに該当する顔表情をCGで出力するプログラムを、既存研究成果を拡張して開発した。生成されたCGは顔の輪郭をしたディスプレイにプロジェクタにより投影してビジュアルフィードバックを実現した。痛みの再現だけでなく、ロボットに個性を与えてその個性によって感情遷移を行い多様な痛み表現ができるように感情遷移モデルを開発した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Lee Miran, Lee Joo-Ho, Kim Deok-Hwan	4. 巻 189
2. 論文標題 Gender recognition using optimal gait feature based on recursive feature elimination in normal walking	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Expert Systems with Applications	6. 最初と最後の頁 116040 ~ 116040
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.eswa.2021.116040	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 Lee Miran, Tran Dinh Tuan, Lee Joo-Ho	4. 巻 8
2. 論文標題 3D Facial Pain Expression for a Care Training Assistant Robot in an Elderly Care Education Environment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Robotics and AI	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/frobot.2021.632015	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 Lee Miran, Lee Joo-Ho	4. 巻 52
2. 論文標題 A robust fusion algorithm of LBP and IMF with recursive feature elimination-based ECG processing for QRS and arrhythmia detection	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Intelligence	6. 最初と最後の頁 939 ~ 953
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10489-021-02368-5	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 Matsushita Yume, Tran Dinh Tuan, Yamazoe Hirotake, Lee Joo-Ho	4. 巻 8
2. 論文標題 Recent use of deep learning techniques in clinical applications based on gait: a survey	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Computational Design and Engineering	6. 最初と最後の頁 1499 ~ 1532
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jcde/qwab054	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7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Joo-Ho Lee, Deok-Hwan Kim, Miran Lee
2. 発表標題 Development of Robotic Mood Transition for Human-Robot Interaction
3. 学会等名 The 8th International Conference on Next Generation Computing 2022 (ICNGC 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Miran Lee, Tran Dinh Tuan, Joo-Ho Lee
2. 発表標題 Pain Expression-Based Visual Feedback Method for Care Training Assistant Robot with Musculoskeletal Symptoms
3. 学会等名 2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Miran Lee, Dinh Tuan Tran, Hirotake Yamazoe, and Joo-Ho Lee
2. 発表標題 Care Training Assistant Robot and Visual-based Feedback for Elderly Care Education Environment
3. 学会等名 2021 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Miran Lee, Hirotake Yamazoe, and Joo-Ho Lee
2. 発表標題 Fuzzy-Logic based Care Training Quantitative Assessment using Care Training Assistant Robot (CaTARo)
3. 学会等名 17th IEEE International Conference on Ubiquitous Robot (UR 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Miran Lee, Joo-Ho Lee, and Deok-Hwan Kim
2. 発表標題 A Robust sEMG Feature Selection based on Recursive Feature Elimination for Gait Recognition
3. 学会等名 The 6th International Conference on Next Generation Computing 2020 (ICNGC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梶山 主税、李 美蘭、山添 大丈、李 周浩
2. 発表標題 介護練習用ロボットの為の表情による痛み再現システム
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 梶山 主税、李 美蘭、チャン ディン トゥアン、李 周浩
2. 発表標題 介護練習用ロボットの自然な痛み表現手法
3. 学会等名 第21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
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

RU-PITENS-database https://github.com/ais-lab/RU-PITENS-database RU-FEMOIN-database https://github.com/ais-lab/RU-FEMOIN-database Elderly Simulated Robot for Ihe Care Education https://sites.google.com/view/miran-research/cataro Pain Expression-based Visual Feedback https://sites.google.com/view/miran-research/pevf-for-cataro

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	島田 伸敬 (Shimada Nobutaka) (10294034)	立命館大学・情報理工学部・教授 (34315)	

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		
韓国	Daegu University	Inha University	