

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：82626

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K12733

研究課題名(和文) 痛み感覚の客観的な評価を目指した触覚刺激呈示装置の研究

研究課題名(英文) Basic Study of Tactile Presentation Device for Evaluation on "Pain Sensation"

研究代表者

近井 学 (Chikai, Manabu)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員

研究者番号：60758431

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、生活習慣病などによる後天的な触覚感覚の知覚異常により生じる痛み感覚などの不快な感覚の客観的な評価を実現するための触覚刺激呈示装置の研究開発を目指した。まず医療従事者を対象としたヒアリング調査を行い、患者の痛みの知覚の言語表現の知覚・認知プロセス、臨床現場で頻出される痛み感覚の言語表現と使用場面の知見を得た。次に従来の痛覚検査法の課題探索を行い、検査者の徒手動作や機器の使用回数による刺激量の低下といった課題を明らかにした。さらに従来法の課題解決のための装置開発を進め、健常成人を対象とした評価から計測時の姿勢、年齢等の要因を多角的に比較し、臨床現場で活用するための基礎的な知見を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題で得られた成果により、医療現場での痛み感覚の言語表現の活用場面や事例の収集、さらに医療現場で活用するための触覚刺激呈示デバイスの要求事項についての整理ができた。この成果を活用することで、今後の医療現場における触覚感覚の知覚異常により生じる痛み感覚について、客観的な評価が可能になることが期待される。

研究成果の概要(英文)：The aim of this research project was to develop a tactile stimulus presentation device to evaluation of pain sensation caused by hypoesthesia tactile perception due to lifestyle-related diseases. First, this study conducted an interview survey of medical staffs to obtain knowledge on the perceptuals and cognitive processes of patients' verbal expressions of pain sensation. Next, we carried out an experiment to determine the problems with the pain testing method, and showed the factors that reduce the amount of stimulation due to the examiner's manual operation and the number of compressions. Then, we developed a new tactile sensory measurement device capable of early detection of somatosensory impairment, and compared factors such as posture and age. In conclusions, this research project obtained knowledge for use in clinical practice based on these results.

研究分野：人間工学, 生体医工学

キーワード：ヒューマンインタフェース 触覚 質感情報 人間計測 痛み

### 1. 研究開始当初の背景

触覚感覚の知覚異常がある人たちは、触覚刺激に対して過剰に反応すること、ヒトやモノに触れることで知覚する触覚刺激がわかりにくいこと、タッチを介したヒトとのコミュニケーションを取りにくいというさまざまな問題を抱えている。

医療現場では、当事者の神経障害性の痛み感覚に関連した不快に感じる刺激を口頭で伝えてもらう際、当事者がどの程度の不快に感じる刺激なのか(前日と比べて症状が改善しているのか)、といった客観的な指標が望まれている。また当事者らは、触覚刺激を知覚しにくいことやその不快な刺激について言語化できないことから、その時に自身で起こっている不快な気持ちを上手に伝えることができないことが現状である。

さらに、痛みに対する反応は日常生活とかけ離れた状況(例えば精神の極限状態)で大きく変化することが知られており、さらにその知覚・認知は心理社会的反応によっても大きく変化すると知られている。そのため、痛み感覚の反応は、周囲の環境や心理状況において大きく変化することから、その判断と評価法の構築が望まれている。

これらの問題から、当事者の触覚過敏/鈍麻傾向の把握と、当事者の苦手な刺激の把握、また痛み感覚の言語表現(擬音語)を客観化(数値化)するための指標(触覚刺激と擬音語の関連付けなど)といった触覚感覚の定量的な刺激呈示方法とその評価方法の確立が必要である。

### 2. 研究の目的

本研究課題では、以上の研究背景から、以下の2つの研究テーマについて推進した。

(1)医療現場での痛み感覚の客観的評価手法の提案、そして言語化された痛み感覚の表現を客観化(数値化)するための指標を構築するため、神経障害性の痛み感覚に悩んでいる人たちが知覚異常を起こしやすい触覚刺激について聞き取り調査を行い、当事者が直面している課題をテキスト化して問題点を分析する。

(2)生活習慣病(脳血管障害や糖尿病性神経障害など)を罹患した人たちに特徴が出やすいとされている、後天的な神経障害に起因する触覚過敏/鈍麻傾向などの知覚異常(例えば神経障害性疼痛)により生じる痛み感覚の客観的評価手法の実現に向け、触覚刺激呈示装置の開発を行う。

### 3. 研究の方法

本研究課題では、医療現場での痛み感覚の客観的評価手法の提案、そして言語化された痛み感覚の表現を客観化(数値化)するための指標を構築し、痛み感覚を惹起させることができる触覚刺激呈示装置を開発し、その有効性を明らかにする。

これまでの知見として、1970年代に提唱された Loeser の多相的モデル<sup>1)</sup>では、痛みは末梢の侵害刺激のみならず、中枢(そしてその刺激に反応をする行動まで)を包括した複合体であると述べている。このモデルでは、痛みは、末梢での侵害刺激(Nociception)、痛覚刺激の知覚(Pain sensation)、痛覚刺激に対する精神・心理的な反応(Suffering)、そして痛覚刺激を受けたことに伴う疼痛行動(Pain behavior)の4要素によって構成するといわれている。そこで本研究課題では、Loeser のモデルを参考とし、末梢系に与える刺激によって痛み感覚を惹起させるための触覚刺激呈示手法を検討することを目指す。この触覚刺激呈示装置での刺激呈示に向けて、触覚の生理学的知見や神経生理学的知見、さらに現在活用されている手法の課題等の精査を進める。また、臨床現場での痛み感覚の客観的評価手法の構築に向け、医療従事者を対象としたヒアリング調査によって痛み感覚の言語表現(擬音語)を客観化(数値化)するための検討を進める。

また、生活習慣病(脳血管障害や糖尿病性神経障害など)を罹患した人たちに特徴が出やすいとされている、後天的な神経障害に起因する触覚過敏/鈍麻傾向などの知覚異常(例えば神経障害性疼痛)により生じる痛み感覚の客観的評価手法の実現に向け、触覚感覚の質感情報を人工的に惹起させる手法の構築と触覚刺激呈示装置の開発を行う。

そのため、はじめに従来法による痛覚検査法で使用されている機器を用いて、皮膚表面への圧刺激による感覚閾値の計測と痛み感覚の評価についての検討を進め、痛み感覚を評価するための末梢に対する一定した触覚刺激を呈示するための刺激方法の選定を進めた。さらに、医療現場での痛み感覚の客観的評価手法の提案、そして言語化された痛み感覚の表現を客観化(数値化)するための指標を構築するため、神経障害性の痛み感覚に悩んでいる人たちが知覚異常を起こしやすい触覚刺激について聞き取り調査を行い、当事者が直面している課題をテキスト化して問題点を検証した。

#### 4. 研究成果

本研究課題で得られた成果は、以下の通りである。

臨床現場での痛み感覚の客観的評価手法に向け、医療従事者を対象としたヒアリング調査を行い、臨床現場で活用されている痛み感覚の言語表現（擬音語）、また普段の業務における医療従事者間での痛み感覚の共有等についての聞き取りを行った。ヒアリングには、現場経験のある（勤続年数が長い・中程度・短い等熟練度ごとに分類）、医療従事者に協力を仰ぎ、外来や病棟などでの痛み感覚の共有方法について聞き取りを行った。本調査では、Loeser の多相的モデルでの「痛覚刺激の知覚」、「痛覚刺激に対する精神・心理的な反応」、そして「痛覚刺激を受けたことに伴う疼痛行動の表出過程」の 3 つの相に焦点を当て、患者自身（自己）から医療従事者や家族等（他者）への情報伝達における過程についての基礎的知見を得ることを目指した。この調査結果から、患者の痛みの知覚の言語表現を聞き取った際に医療従事者が知覚・認知する過程でのプロセス、また臨床現場で頻出される痛み感覚の言語表現と使用される場面の知見を得た。具体的には、診療下における痛みの言語表現とその部位・状態（危険度）・背景情報（なぜ生じたか）といった情報に基づき、「痛覚刺激に対する精神・心理的な反応（Loeser モデルの第 3 相）」を推定していることがわかった。

触覚刺激呈示装置の開発を行うため、まず、臨床現場で用いられている痛覚検査法で使用する機器の課題の探索を行った。医療従事者へ本機器の問題点についてヒアリングをしたところ、検査結果の値（ここでは荷重値・機器に記載された数値）が一定しないこと、検査機器の使用方法についての教育等がなされていないため、使用者（つまり検査者である医療従事者）の徒手動作に違いがみられる、という課題が抽出された。

そこで、はじめに、本機器が与える触覚刺激の大きさが検査者の徒手動作による影響や検査機器自体の使用回数による触覚刺激の低下の影響といった検査時の問題の探索を進めた。その結果から、痛覚検査に用いる触覚刺激（圧刺激）は、徒手動作による速度と接触角度による影響、また検査機器自体の使用回数による影響が要因となり、刺激値の低下を及ぼしていることがわかった<sup>2)</sup>。

次に、従来法を用いた痛覚検査法で使用されている機器を用いて、健康成人 20 名（青壮年期 10 名、高齢期 10 名）を対象とした感覚計測を行い、痛み感覚と触覚刺激の関係性を探った。冒頭、痛みに関するアンケート調査を行った結果から、高齢被験者数名に足底部に痛み感覚（しびれ）が生じていることがわかった（どちらも原疾患による症状）。末梢部を対象とした感覚計測を行い、結果から、痛み感覚を訴えている方々の感覚閾値は正常値であることがわかった。また、年齢間で感覚閾値を比較すると、利き足の母趾では、青壮年者層と高齢者層と比較することで平均値として、高齢者はおよそ 3 倍程度の感覚閾値が低いという違いが見られた。このことから、痛み感覚を評価するための手法における年齢間での触覚感覚の違いを探ることができた。

上記の通り、痛み感覚を評価するためには、触覚刺激を一定に刺激することが必要であるという点が重要となることがわかった。そこで、慢性的な足部の痛みに対して困っている方を対象とした触覚刺激呈示装置の開発を進めた。まずは単一モダリティの触覚刺激を一定に呈示できる装置を開発した。本装置を用いて、健康成人を対象とした感覚計測を行い、計測時の姿勢（立位・座位姿勢）、片側性（右足・左足）、年齢（青壮年者・老年者）といったデータで多角的に比較を進め、臨床現場で活用するための基礎的な知見を得た<sup>3)</sup>。さらに本装置の臨床現場での活用の観点から、医療従事者との意見交換を重ねたところ、現場での活用のしやすさという観点では、操作性・可搬性・視認性（データ閲覧のしやすさ）が必要であり、これらを併せ持つこと望まれているというニーズを得た。そこで本装置を駆動させるためのインタフェースをタブレット端末へ代替することを可能とし、ユーザ自身で操作・データの閲覧をすることができる方法の検討を進め、試作機を用いたユーザビリティ評価を行い、その結果から使いやすさの知見を得た<sup>4)</sup>。

以上の本研究課題で得られた成果により、医療現場での痛み感覚の言語表現の活用場面や事例の収集、さらに医療現場で活用するための触覚刺激呈示デバイスの要求事項についての整理ができた。この成果を活用することで、今後の医療現場における触覚感覚の知覚異常により生じる痛み感覚について、客観的な評価が可能になることが期待される。

#### < 引用文献 >

- 1) Loeser J.D.: Pain and Suffering, The Clinical Journal of Pain, 16: S2-S6, 2000.
- 2) Chikai M, Ino S.: Buckling Force Variability of Semmes-Weinstein Monofilaments in Successive Use Determined by Manual and Automated Operation, Sensors, 19(4):803, 2019. <https://doi.org/10.3390/s19040803>
- 3) 近井学, 西尾大祐, 本田哲三, 井野秀一, 立位と座位におけるずれ刺激を用いた足底皮膚感覚の閾値測定, 医療機器学, 90(6), 483-489, 2020.
- 4) 近井学, 西尾大祐, 本田哲三, 井野秀一, 足底部の触覚機能検査用アプリケーションのユーザビリティ評価, 医療機器学, 91(1), 12-19, 2021.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 近井学, 西尾大祐, 本田哲三, 井野秀一	4. 巻 90(6)
2. 論文標題 立位と座位におけるずれ刺激を用いた足底皮膚感覚の閾値測定	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 医療機器学	6. 最初と最後の頁 483-489
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 近井学, 西尾大祐, 本田哲三, 井野秀一	4. 巻 91(1)
2. 論文標題 足底部の触覚機能検査用アプリケーションのユーザビリティ評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 医療機器学	6. 最初と最後の頁 12-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 近井学, 西尾大祐, 本田哲三, 井野秀一	4. 巻 120(63)
2. 論文標題 高齢者の足部における表在感覚の評価手法に関する一考察	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術報告	6. 最初と最後の頁 19-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Chikai Manabu, Ino Shuichi	4. 巻 19
2. 論文標題 Buckling Force Variability of Semmes-Weinstein Monofilaments in Successive Use Determined by Manual and Automated Operation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 803 ~ 803
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s19040803	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8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 近井学, 西尾大祐, 本田哲三, 井野秀一
2. 発表標題 皮膚に対する微細な触覚刺激を用いた高齢者の足底皮膚感覚の評価
3. 学会等名 第96回日本医療機器学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近井学, 西尾大祐, 本田哲三, 井野秀一
2. 発表標題 高齢者の足部における表在感覚の評価手法に関する一考察
3. 学会等名 第106回福祉情報工学研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 近井学, 西尾大祐, 本田哲三, 井野秀一
2. 発表標題 皮膚感覚の知覚異常の精密な定量評価を行う装置の試作と評価
3. 学会等名 第56回日本リハビリテーション医学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近井学, 野村理博, 遠藤博史, 西尾大祐, 本田哲三, 井野秀一
2. 発表標題 皮膚感覚の客観的評価を目指した刺激呈示装置の開発
3. 学会等名 第94回日本医療機器学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 近井学, 野村理博, 西尾大祐, 本田哲三, 井野秀一
2. 発表標題 足底皮膚のずれ刺激に対する感覚閾値の計測
3. 学会等名 第18回日本VR医学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 近井学, 大山潤爾, 高松誠一, 井野秀一
2. 発表標題 ウェアラブルな触覚フィードバックデバイスを用いた溶接作業の作業支援手法の基礎的検討
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースシンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 若林克弥, 近井学, 高松誠一, 伊藤寿浩, 井野秀一
2. 発表標題 テキスタイル型電極を用いたウェアラブルな振動刺激呈示デバイスの試作
3. 学会等名 計測自動制御学会第19回システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Manabu Chikai, Kiyohiko Nunokawa, and Shuichi Ino
2. 発表標題 Variability of a Monofilament Buckling Force with Human Hand Motion during a Semmes-Weinstein monofilaments test
3. 学会等名 8th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 近井学, 井野秀一	4. 発行年 2018年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 218
3. 書名 感覚重視型技術の最前線 - 心地良さと意外性を生み出す技術 -	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------