

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 12 日現在

機関番号：32689

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650356

研究課題名(和文) 複層構造物に対するヒトの指先の硬さ感覚・弁別特性～触診技術の定量化を目指して

研究課題名(英文) Property of Hardness Sensation and Discrimination in Touching the Tip of Human Forefinger to Multi-Layered Object

研究代表者

藤本 浩志 (Hiroshi, Fujimoto)

早稲田大学・人間科学学術院・教授

研究者番号：60209103

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：医療現場や鍼灸現場では凝り等の同定に関して、体表から僅かな硬さの違いを触覚で識別する手法が活用されている。医療従事者の触診技術は、診断で適宜利用され、その後の治療方針決定にも影響を及ぼすとされている。一方で、触診技術はなかなか習得するのが困難であり、若手の医療従事者の触診技術の向上が求められている。そこで本研究では、ヒトの層構造を構成する軟組織の触診に注目して、複層構造対象物に対する硬さ感覚特性を明らかにする。また、『凝り』のモデルを作製し、『触診技術の習得支援モデル』のプロトタイプを試作を行った。

研究成果の概要(英文)：Regarding identification of stiffness, it is very important for medical professionals to gain the ability to detect human body stiffness because the ability influences on decision treatment policy. However, it is not easy to acquire the ability of palpation. And also young medical professions have to improve the ability of palpation. In this study, we are focusing on the ability to detect human body stiffness, property of hardness sensation and discrimination in touching the tip of human forefinger to multi-layered object was investigated. We made prototypes of stiffness and tried quantification of the ability to detect human body stiffness.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：触覚 硬さ感覚 硬さ弁別 触診 凝り

1. 研究開始当初の背景

医療現場における肝硬変や乳がん等の診断，鍼灸現場における凝り等の同定については，体表から得られる僅かな硬さの違いを触覚（皮膚感覚）で識別する手法が有効であるとされている．しかし，皮膚感覚による硬さ特性の定量化や弁別・感覚特性に関しては，従来から基礎と応用の両面から十分に研究がなされておらず，触診技術の習得の際に有効となる客観的な定量化や指標化が十分にされていないといった現状がある．また，若手の医療従事者の触診技術の向上を目指した『触診技術の習得支援モデル』が医療現場において必要とされている．

硬さ弁別・感覚特性に関して研究が十分にされていない理由は，物理的に統制が取れ，かつ硬さが僅かずつ異なるテストピース群を用意することが困難であったためである．そこで応募者らは，先行研究（千葉・土井・藤本，2006）において硬さ知覚の基礎研究の第一段階として，硬さを表す弾性特性に着目し，広範な弾性特性を有する触知用テストピースを随意に作成できる技術の確立に成功した（図1）．そして，僅かずつ硬さが異なる単層構造のテストピースのラインナップを多数作成し，実験心理学の分野で感覚尺度構成法の一つとして使用されている系列カテゴリ法を用いて硬さ感覚特性を定量的に評価した（図2）．更にこの結果を踏まえ，ウェーバー比を評価指標として硬さ弁別特性を調べたところ，ヒトの皮膚感覚には比較的弁別しやすい硬さの領域が存在することがわかった（図3）．これらは硬さ知覚に関する基礎的知見として当該領域から高く評価された．そこで本研究では，これらの先行研究の知見を踏まえ，ヒトの層構造を構成する軟組織に対する触診に注目して，複層構造対象物に対する硬さ感覚特性を明らかにすること

にした．また，触診技術の習得支援モデルの開発研究にも着手することにした．

2. 研究の目的

本研究では，複層構造対象物に対する硬さ感覚特性を明らかにすることを目的とした．また，『凝り』を模擬したモデルを作成し，合わせて『触診技術の習得支援モデル』の試作を行うことにした．

3. 研究の方法

本研究では，複層構造対象物に対する硬さ感覚特性を調べる基礎研究と，触診技術の習得支援モデルを試作する応用研究を行った．以下では，それぞれ個々に研究方法を述べる．

まず，複層構造対象物に対する硬さ感覚特性に関しては，実験心理学の分野で使用されている系列カテゴリ法を用いて，硬軟二層構造の弾性対象物に対する硬さ感覚特性を定量的に評価した．本手法は，刺激をカテゴリに分類して間隔尺度上の値を導出することで，カテゴリの尺度値及び刺激の尺度値を距離尺度で求めることのできる手法である．

本実験では，実験参加者として，若年者21名（男性10名，女性11名，平均年齢20.7歳）の協力を得た．呈示刺激として，応募者らが独自に作成したヤング率（単位： N/m^2 ）が異なる7種類の厚さ15mmの弾性体を用意し（以下，軟らかい順にA～Gと表記），これらを2枚ずつ重ねて合わせて呈示刺激を作成した．2枚を重ね合わせた呈示刺激の寸法は直径50mm，厚さ30mm（上層15mm，下層15mm）であり，形状は円柱とした．なお，ヤング率の計測方法については，2枚を重ねた状態で，圧縮試験機（島津製作所社製，AG-100kN）を用いて元の厚さの2/3に圧縮

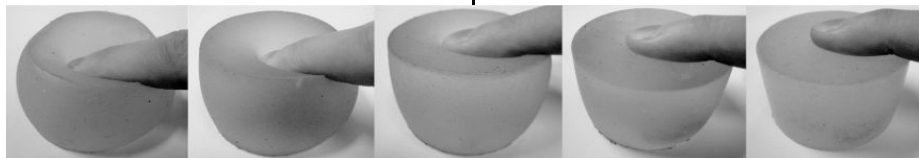


図1. 弾性体のテストピースの写真（極一部）

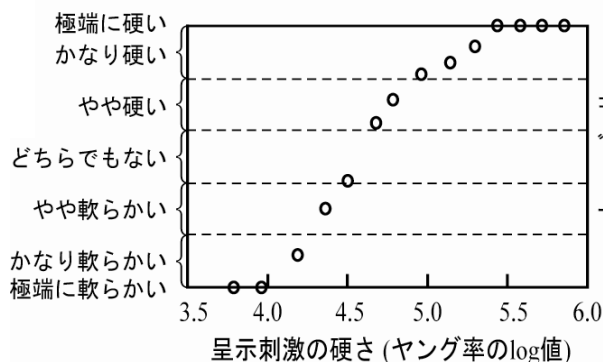


図2. 呈示刺激と硬さ感覚の関係

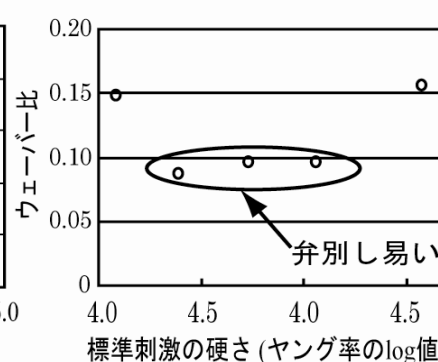


図3. 標準刺激別のウェーバー比

し、その際の反力（単位：N）を基にヤング率を算出した。呈示刺激の触り方については、視覚による硬さ感覚への影響を排除するため、カーテンで手元を遮蔽した状態で能動的に触れさせた。この際、合図に合わせて呈示刺激の中心を一度だけ、人差し指の指腹で押し込むように参加者に対して教示を行った。また、接触動作が終了した時点で、速やかに人差し指を呈示刺激から離すよう指示した。実験では、呈示刺激を人差し指で押し込んだ際の硬さの感覚に相当する 7 段階のカテゴリ（「極端に軟らかい」「かなり柔らかい」「やや柔らかい」「どちらでもない」「やや硬い」「かなり硬い」「極端に硬い」）で回答させた。実験中に呈示刺激の触り方が変わることのないように十分な練習試行を行った上で、本試行として 245 試行（呈示刺激 49 条件×各条件 5 試行ずつ実施）を行った。呈示刺激は、順序効果の影響を排除するためにランダムな順番で参加者に呈示した。

次に、触診技術の習得支援モデルの試作に関して述べる。試作に先立って、鍼灸の専門家 1 名を対象にヒヤリングを実施し、ここで得られた意見を参考としつつ凝りモデルの試作を行った。試作した凝りモデルは、二層構造から成る。具体的に、浅層はヒトの腰部の皮膚と皮下脂肪を想定し、深層は同部の筋肉を想定して硬さ（ヤング率）及び厚さを調整した。凝り部分については、硬さ・形状・大きさが異なる数十種類の粘弾性物体を用いて、表層から深さ 7mm と 12mm に凝りを挟み込んだ 2 種類のモデルを作成した。モデルの評価は、専門家が凝りを同定する際と同じように親指と人差し指の指腹部で触察し、実際の凝りに似ているかどうかで評価を行った。

4. 研究成果

本研究では、複層構造対象物に対する硬さ感覚特性を明らかにすることを目的とし、複層構造対象物に対する硬さ感覚特性を心理物理実験により定量的に評価した。また、また、『凝り』を模擬したモデルを作成し、合わせて『触診技術の習得支援モデル』の試作を行った。

複層構造対象物に対する硬さ感覚特性に関しては、下層が A から C（柔らかい順に A～G と表記）の範囲では、すべての条件において、上層のヤング率が大きくなるに従って下層をより硬いと感じる傾向がみられた。このことから、二層構造対象物では、上層のヤング率がある範囲内の場合においては、上層の硬さが下層の硬さ知覚に影響を及ぼす可能性が示唆された。また、下層のヤング率が A から C へと大きくなるにつれて、上層のヤング率の変化に伴い、下層を硬く知覚する傾向がより顕著にみられた。これには、下層が硬くなるほど指の押し込み変位が小さくなり、指が変位することで得られる体性感覚を

感じにくくなったために、上層の没入感の影響をより強く受けたことが影響していると考えられる。下層が E から G の範囲では、上層が B、C の場合は比較的軟らかく知覚し、上層が A、D、E、F、G の場合では、比較的硬く知覚する傾向が確認された。これについて、まず、上層が A のように極端に軟らかい条件では、指が上層に大きく没入して下層付近まで沈み込む。そのため、下層の硬さを知覚しやすく、上層の硬さと下層の硬さの違いを識別できたために、下層を硬いと知覚しやすくなったのだと考えられる。一方、上層が B、C の条件では、指が下層付近までは沈み込まず、上層が A の場合と比較して、下層の硬さを知覚しにくくなる。そのため、上層に指が没入することの影響を比較的強く受けたことで、下層をより軟らかく知覚しやすくなったのだと考えられる。下層が D の条件では、上層が硬くなるほど、下層をより硬く知覚する傾向がみられた。しかし、一方で、上層が A のように極端に軟らかい条件では、下層が A から C の条件と比べてより硬く知覚した。これは、D のヤング率が A～C よりも大きいいため、上層の硬さと下層の硬さの違いを識別しやすくなったためだと考えられる。以上のことから、二層構造対象物の硬さ知覚においては、指先で直接接触する上層のヤング率が優位であることがわかった。また、上層のヤング率がある限られた範囲内にある場合には、下層のヤング率の違いが硬さ感覚特性に影響を及ぼし、僅かな硬さの違いを知覚しやすくなる可能性が示された。本研究の成果は、触診技術の定量的な評価への応用が期待される。

触診技術の習得支援モデルの試作に関しては、鍼灸の専門家から得られたコメントを基にして行った。その結果、ヒト腰部の皮膚と皮下脂肪を想定した浅層は、ヤング率 $3.2 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 、厚さ 7mm の弾性体で、筋肉を想定した深層は、ヤング率 $1.7 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ 、厚さ 20 mm の粘弾性体でそれぞれ作成することで、高い評価を得ることができた。凝り部分については、表層からの深さが 7mm の位置では、線状形状で $\phi 1\text{mm}$ 、ヤング率 $3.1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ 及び $4.4 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ の粘弾性体、深さが 12mm の一では、線状形状で $\phi 3\text{mm}$ 、ヤング率 $3.1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ の粘弾性体で作成することで高い評価を得ることができた。以上のように、凝りの同定特性の定量的な評価のために、鍼灸の専門家からのヒヤリング結果に基づき、実際のヒトの凝りとよく似た凝りモデルを試作することができた。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

本研究は、萌芽的研究であるため、一連の研究が終了した段階で、研究成果を学術雑誌に投稿すべく、論文執筆作業を推進する予定

である。

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計0件)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕(計2件)

国立障害者リハビリテーションセンターラ

イフモデルルーム - わくわく! 楽しく元気

になるための取組み デモ・体験会, 2013年

3月20日, 21日,

<http://www.rehab.go.jp/ri/event/2013waku>

[waku/experience_wakuwaku.html](http://www.rehab.go.jp/ri/event/2013waku/experience_wakuwaku.html) (アクセ

ス日 2014年5月1日)

日本発達障害ネットワーク体験博覧会, 2013

年11月30日

<http://blog.canpan.info/npoeedge/img/EDGE>

203420(3).pdf (アクセス日 2014年5月1日)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤本 浩志 (FUJIMOTO HIROSHI)

早稲田大学・人間科学学術院・教授

研究者番号: 60209103

(2) 研究分担者

該当者なし

(3) 連携研究者

土井 幸輝 (DOI KOUKI)

(独) 国立特別支援教育総合研究所・教育

情報部・主任研究員

研究者番号: 10409667