

手技療法指導における動作指示の違いが指圧動作に及ぼす影響

Effects of Different Motion Instructions on Finger Pressure in Manual Therapy Training

田中 瑠彗 ^{*,*}

Ryusei Tanaka

東岡 秀樹 [†]

Hideki Higashioka

松下 光範 [†]

Mitsunori Matsushita

† 関西大学大学院総合情報学研究科
Graduate School of Informatics, Kansai University

‡ 関西大学総合情報学部
Faculty of Informatics, Kansai University

Abstract: 手技療法の指導では動作指示語が用いられているが、指導者が学習者に対して意図した動作を適切に伝えることは容易ではない。そこで本研究では、任意の動作に対して適切な動作指示語を明らかにし、手技療法指導の質向上に寄与することを目指す。本稿ではその端緒として、動作指示語が指圧動作に及ぼす影響を明らかにするため、15種類の動作指示語に基づく専門家3名の指圧動作からLSTMを用いて圧力・角度を推定し、分析を行った。

1 はじめに

急速な高齢化の進行の影響により、怪我や疲労に伴う身体的不調の回復・緩和を行う専門家 (e.g., あん摩マッサージ指圧師、柔道整復師、理学療法士) の需要は高まっており、従事者の数も増加傾向にある。一方で、効率的な指導が十分に行われていないため、養成の質の低下^{*1}や施術の質の低下 [1] が懸念されており、指導方法の改善が必要である [2]。専門家の治療方法の一つとして、あん摩、マッサージ、指圧といった手技を用いた治療 (以下、手技療法と記す) が挙げられる。手技療法の指導において、手技療法動作 (e.g., 指圧、なでる、もむ、叩く) は、動作指示語 (e.g., 強く押す、体の中心方向に向かって押す) を用いて伝達されていることが多い。この際、手技療法動作に対する力加減や角度は、指導者の身体感覚に依存するため、意図した手技療法動作を学習者に対して適切に伝え難いという懸念がある。そこで、本研究では手技療法における手技療法動作とその動作指示語の対応関係を明らかにすることで、指導者が学習者に対して任意の動作を伝達する際に、それに対応する適切な動作指示語を選択し指導できるようにすることを目指す。

動作と動作指示語の関係を分析した試みとして、海老名ら [3] は動作指示語が触診における指圧動作に与える影響を明らかにした。また、動作指示語が「弱く」「普通の力で」「強く」と異なる強さの指圧を示す表現であるため、類似した強さの指圧の表現 (e.g., 弱めに押す、少ない刺激で押す) の比較が行われていない。さらに、実験で活用した表現と手技療法で活用されている表現が異なる可能性がある。本稿では、田中らが実装した手技療法動作定量化システム [4] を活用し、定量化された手技療法動作と動作指示語の対応関係を明らかにする。システムは接触抵抗式感圧センサアレイで取得したデータから、Long Short Term Memory (LSTM) により手技療法動作時の圧力と角度を推定可能である。これを活用することで、手技療法動作に対する圧力や角度と動作指示語の対応関係の分析を試みる。これにより、これまで言語表現では正確に伝達できなかった情報を、手技療法動作定量化システムで得られる数値情報で補完することで、より正確な伝達が可能になることが期待される。

2 関連研究

本章では言語表現の特徴の定量的分析に関する研究として、動作指示語と定量化された動作の対応関係を分析した研究を概説する。

海老名らは協力者が触診を代行し計測値を遠隔地の医

* 連絡先：関西大学大学院総合情報学研究科

〒569-1095 大阪府高槻市靈仙寺町 2-1-1

E-mail: k290993@kansai-u.ac.jp

^{*1}<https://www.mhlw.go.jp/content/10801000/000499148.pdf>
(2024/2/27 確認)

表 1: 選定した手技療法動作指示語

分類	手技療法動作指示語
力の強さに関する語	強めに押す
	弱めに押す
	軽い刺激で押す
	少ない刺激で押す
	体重 3kg くらいかけて押す
	柔らかく押す
力の角度に関する語	面に向かって 15 度くらいの角度で押す
	真っ直ぐ上から押す
	体の中心方向に向かって押す
	頭方向に向かって押す
	外側方向に向かって押す
圧力変化に関する語	柔らかく押す
	グーッと押す
	じんわり圧をかけて押す
	3~5 秒かけてじっくり押す
時間に関する語	3 秒かけてゆっくり押し, 3 秒かけて指の力を抜きながら戻す
	3~5 秒かけてじっくり押す
	3 秒かけてゆっくり押し, 3 秒かけて指の力を抜きながら戻す

師に伝送する形態の遠隔触診の実現を目指し、その端緒として協力者が遠隔の医師からの指示通りの強さで対象物を指圧できるかを参加者 8 名による実験を行った。3 段階の程度副詞指示下（「弱く」/「普通の力で」/「強く」）での指圧力の個人差や指示間の力の比や、目標指圧力と実際の指圧力を定量的に提示した際の誤差について検証を行った [3]。その結果、指圧には標準偏差が 0.43kgf と一定の個人差がある一方、指示間の力の比は一定であることが明らかになった。また、定量的指示下ではすべての区分で平均二乗パーセント誤差の平方根が 10% 以下の高い精度で目標値を再現できることが明らかになった。

北尾らは、言語的な動作指示の違いが跳躍パフォーマンスに与える影響を、定量的に評価するための実験を行った [5]。動作指示語（1. 大きくジャンプ、2. 膝を深く曲げてジャンプ、3. 高くジャンプ、4. 最大限ジャンプ、5. 天井に触れるようにジャンプ）が跳躍に与える影響を Kinect を用いて分析した。その結果、ジャンプの高さは $5 > 4 > 3 > 2 > 1$ の順に高いことが明らかになった。また、5 のような天井などの身体の外部環境を目標とする指示が高いジャンプを促すことに有効であることが示された。一方で、2 のように特定の身体部位に焦点を当てた指示では、指示された部位への注意が集中することで他の部位への注意が疎かになり、動作開始のタイミングが遅れる可能性が示唆された。また、4 のような動作イメージが具体的ではない指示は動作の再現性が低いことが明らかになった。

金田らは、健常男性 8 名を対象に、平行棒を使用して立つことを伝える理学療法士の 3 つの指示（free: 対象者の任意で平行棒を使用して立つ, push: 平行棒を押して立つ, pull: 平行棒を引いて立つ）が下肢関節モーメントに与える影響を明らかにした [6]。下肢関節モーメントは 3 次元動作解析装置を用いた動作分析手法によって、膝部離床時の股関節、膝関節、足関節の各モーメントを測定した。Push の指示では、膝関節伸展モーメントが小さく、Pull の指示では大きくなる傾向が明らかになった。また、平行棒を押した場合、平行棒には上向きの反力が発生し、床反力ベクトルの鉛直成分が小さくなるため、膝関節伸展モーメントが小さくなることが示された。これらの結果から、患者が立ち上がる際に理学療法士が「平行棒を押す」ように指示を出すことは下肢関節への負担を軽減し、安定した立ち上がりを誘発できる可能性が示唆された。

このように、動作指示語と定量化された動作の対応関係を分析した研究として、触診における指圧動作やジャンプ動作、立ち上がり動作を対象としたものが挙げられる。一方で、これまでの研究で扱われてきた動作指示とは異なり、手技療法動作指示は力の強弱、角度、圧力変化、時間といった複数の要素に影響を及ぼすため、従来の分析手法では不十分である。そこで、本研究では、手技療法動作定量化システムによって定量化された手技療法動作に対する 4 つの特徴（力の強弱、角度、圧力変化、時間）と手技療法における動作指示語との関係を明らかにすることを試みる。

表 2: 実験参加者の特性

	職業	経験年数	性別
1	あん摩マッサージ指圧師	2 年	男性
2	柔道整復師	18 年	男性
3	理学療法士	3 年	女性

3 実験

手技療法動作は指圧, なでる, もむ, 叩くなどに大別されるが, 本研究では手技療法の基本動作である指圧動作(押し込み)に着目し, 分析を行った. 本章では, 手技療法に関する動作指示語(以下, 手技療法動作指示語と記す)から, 対象者が想起した指圧動作に対する特徴(力の強さ, 力の角度, 圧力変化, 時間)の定量的分析について説明する.

3.1 手技療法動作指示語の選定

分析にあたり, 力の強さ, 力の角度, 圧力変化, 指圧時間に関連する指示を表す 15 個の手技療法動作指示語を選定した. YouTube などの Web サイトで用いられている手技療法動作指示語を参考に 28 種類の言語表現を抽出した. 柔道整復師 1 名の協力を得て 15 種類に絞り込んだ(表 1 参照). この際, 28 種類の指示語のうち, 「グッと押す」「ぎゅっと押す」など, 被施術者の筋性防御を誘発する, 手技療法動作として適切でないと考えられる 4 種類の表現を除外した. また, 3.2 節で後述するように, 実験では指圧動作が被施術者の特性(e.g., 筋肉量, 筋肉の疲労度, 筋肉の硬結)による影響を受けないよう, マッサージ練習用のソフトビニール製の上半身モデルに対して指圧動作を行う. このモデルでは筋肉や骨の位置を正確に把握することが困難であるため, 「横から背骨と筋肉をサンドイッチする感じに押す」や「脊柱起立筋に向かって真っ直ぐ押す」など, 特定の筋肉や骨の部位を示す 9 種類の表現を除外した.

3.2 実験手順

本実験では, 田中らの実装した手技療法定量化システム [4] を用いて, 手技療法動作を定量化する. このシステムは, 256 点の圧力を感知できる接触抵抗式感圧センサアレイで取得したデータに LSTM を適用することで, 力の強さと角度(x 軸, y 軸)を推定可能である. センサアレイの中心部を加圧した際の推定精度は, 平均二乗誤差(MSE)において, 圧力値 5.19, x 軸角度 8.30, y 軸

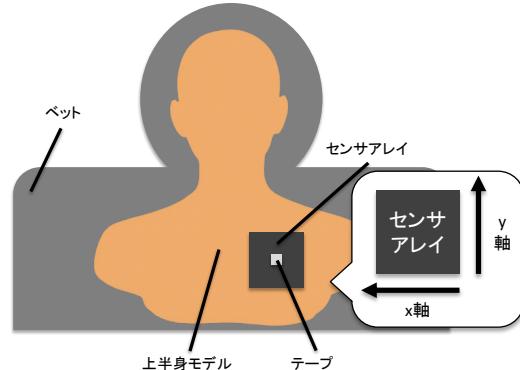


図 1: 実験環境

角度 11.74 であった.

手技療法動作指示語から, 対象者が想起した指圧動作における力の強さと角度の時系列データを取得するため, 専門家 3 名(表 2 参照)を対象に実験を行った. 実験では参加者に 3.1 節で述べた 15 種類の手技療法動作指示語に基づき, 各々に対応する指圧動作をセンサアレイに対して実施するよう指示し, センサデータを取得した. 取得したデータから, LSTM モデルにより手技療法動作時の圧力と角度(x 軸角度, y 軸角度)の時系列データを推定した. 図 1 に実験環境を示す. マッサージ練習用のソフトビニール製の上半身モデルが, マッサージ用のベッド上にうつ伏せに配置されている. また, 上半身モデルの上部にセンサアレイが配置されており, 参加者はあらかじめセンサアレイ内のテープで指定した部位を指圧動作で押す. 手技療法動作指示語をランダムに提示し, 各指示から参加者が想起した 15 種類の指圧動作を 1 試行とし, 計 3 試行実施した. 手技療法動作指示語の提示は, 手技療法指導を想定し口頭で行い, 試行間には 3 分の休憩を挟んだ. 「面に向かって 15 度くらいの角度で押す」という手技療法動作指示語に関しては, 分析を容易にするため, x 軸角度に対して 15 度の指圧を行うよう参加者の立つ位置を指定した. 各試行における指圧動作の流れを以下に示す.

- (1) 手技療法動作指示語を提示(15 種類各 3 試行)
- (2) 指圧動作の実施
- (3) 動作終了・インターバル(15 秒間)

先述したとおり, 手技療法動作指示は口頭で指示され, 参加者は自らの主觀により指圧動作を行った.

4 分析項目

手技療法動作指示語から, 対象者が想起した指圧動作に対する特徴(力の強さ, 力の角度, 圧力変化, 時間)

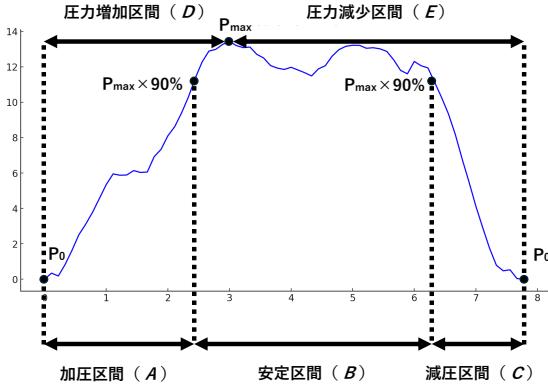


図 2: 区間の定義, 横軸: 時間 (s), 縦軸: 圧力 (N)

の定量的分析を行うため, 実験で取得した時系列データから分析項目を 13 個定義し, これらを算出して分析を行う.

分析項目の定義にあたり, 山下らの研究 [7] を参考に指圧区間を 3 つの区間に分割した. 指とセンサが接触している, 0N を超えた地点から再度 0N に戻るまでの区間を指圧区間 (total), 0N を超えた地点から 1 回の指圧内で最大圧力値の 90% ($P_{\max} \times 0.9$) に到達するまでの区間を加圧区間 (A), 1 回の指圧内で最大圧力値の 90% ($P_{\max} \times 0.9$) に安定している区間を安定区間 (B), 1 回の指圧内で最大圧力値の 90% ($P_{\max} \times 0.9$) を下回った地点から 0N までの区間を減圧区間 (C) とした. さらに, 1 回の指圧における最大圧力値を参考に指圧区間を 2 つの区間に分割した (図 2 参照). 0N を超えた地点から 1 回の指圧内で最大圧力値 (P_{\max}) に到達するまでの区間を圧力増加区間 (D), 1 回の指圧内で最大圧力値 (P_{\max}) を下回った地点から 0N までの区間を圧力減少区間 (E) とした.

時間に関する分析項目として, 6 つを定義した. 指圧区間 (total) の時間を指圧時間, 加圧区間 (A) の時間を加圧時間 (T_A), 安定区間 (B) の時間を安定時間 (T_B), 減圧区間 (C) の時間を減圧時間 (T_C), 圧力増加区間 (D) の時間を圧力増加時間 (T_D), 圧力減少区間 (E) の時間を圧力減少時間 (T_E) とした.

力の強さに関する分析項目として, 海老名らの研究 [3] を参考に安定区間 (B) 内での圧力の平均値を指圧力 (P) と定義した.

力の角度に関する分析項目として, 指圧区間 (total) における x 軸角度の平均値を x 軸角度, 指圧区間 (total) における y 軸角度の平均値を y 軸角度と定義した.

圧力変化に関する分析項目として, 加圧区間 (A) における圧力の平均変化速度を加圧速度 (v_{press}), 減圧区間 (C) における圧力の平均変化速度を減圧速度 (v_{release}), 加圧区間 (A) 内の圧力速度 ($\frac{dP}{dt}$) の変化率を示す加速度

の最大値と最小値の差を加圧区間 (A) 区間における加速度差 ($A_{\Delta,A}$), 減圧区間 (C) 内の圧力速度 ($\frac{dP}{dt}$) の変化率を示す加速度の最大値と最小値の差を減圧区間 (C) における加速度差 ($A_{\Delta,C}$) と定義した. 圧力変化に関する分析項目として, 速度と加速度差を各々 2 つずつ採用した. 加圧速度と減圧速度は動作全体におけるマクロな圧力変化を表す分析項目として活用した. 加速度差は動作中の急激な圧力変化や滑らかな圧力変化を反映し, 圧力変化率の均一性を表す分析項目として活用した.

5 分析

実験で取得した時系列データに対して, 海老名らの研究 [3] を参考に Savitzky-Golay filter [8] による平滑化 (次数 3, 窓数 15) を行った. その後, 指とセンサが接触していない区間において, 圧力値 0 が連続している部分のデータを接触直前と接触直後の各々の 1 タイムステップのデータ以外を削除した. これらの処理を行った時系列データから 4 節で示した 15 種類の分析項目を算出した.

力の強さに関する 6 種類の手技療法動作指示語と指圧力 (P), x 軸角度に関する 4 種類の手技療法動作指示語と x 軸角度 ($\bar{\theta}_x$), y 軸角度に関する 2 種類の手技療法動作指示語と y 軸角度 ($\bar{\theta}_y$), 圧力変化に関する 5 種類の手技療法動作指示語と圧力変化に関する 4 種類の分析項目について, 各々の関係性の分析を行った. 各関係性において, 指示語間における特徴量の差異を検証するため, Friedman 検定を 6 群間で実施することで手技療法指示語が指圧力に与える全体的な影響を評価した (y 軸角度の関係性は 2 種類の動作指示語であるため除く). 有意差が認められた場合には, Wilcoxon の符号付順位和検定で多重比較を行い, どの指示語間で差があるかを明らかにした. 多重比較の際, Bonferroni 補正を適用し有意水準の補正を行うことで, 第 1 種類の過誤 (Type I エラー) を抑制した. また, 各指示語における各特徴量の個人差を定量的に評価するために被験者ごとに各手技療法動作指示語に対する特徴量の個人内平均値を算出した後, 個人内平均の標準偏差 (以下, 個人内平均標準偏差と記す) を算出した. また, 定量的指示の数値と実際の数値の誤差を定量的に評価するため, 「体重 3kg で押して」に関しては, 理想的な指圧力を 3kg (29.4N), 「面向かって 15 度くらいの角度で押す」に関しては, 理想的な x 軸角度 ($\bar{\theta}_x$) を 15 度, 「真っ直ぐ上から押す」は理想的な x 軸角度 ($\bar{\theta}_x$) と y 軸角度 ($\bar{\theta}_y$) を 0 度とし, 試行結果と理想値との差を用いて平均二乗誤差 (MSE) を算出した.

表 3: 力の強さに関する表現に対する指圧力の平均値

A	B	C	D	E	F
38.07	11.51	11.12	12.07	28.17	16.70

表 4: 指圧力における力の強さに関する表現間で実施した検定の結果

F 値	p 値	多重比較			
		*	A > E > F, D, B, C; F > C		
30.71					

*: $p < 0.05$, 多重比較において, A > B の場合は A と B の間には有意差がある ($p < 0.05$).

次に時間に関する 2 種類の手技療法動作指示語の分析を行った。「3~5 秒かけてじっくり押す」の表現のうち「3~5 秒」という秒数に関する表現は, 安定時間 (T_B), 加圧時間 (T_A) と安定時間 (T_B) の合計時間, 指圧時間 (T_{total}) の 3 つのいずれかを表現していることが考えられる。そのため, 「3~5 秒かけてじっくり押す」の指示語の分析項目を安定時間 (T_B), 加圧時間 (T_A) と安定時間 (T_B) の合計時間, 指圧時間 (T_{total}) を「3~5 秒かけてじっくり押す」の 3 つを選定した。「3 秒かけてゆっくり押し, 3 秒かけて指の力を抜きながら戻す」の表現は, 加圧時間 (T_A) 3 秒, 減圧時間 (T_C) 3 秒という解釈と, 圧力増加時間 (T_D) が 3 秒, 圧力減少時間 (T_E) P_{max} が 3 秒という解釈が考えられる。まず, 各指示語における各特徴量の個人内平均標準偏差を算出した。次に, 「3~5 秒かけてじっくり押す」の安定時間 (T_B), 加圧時間 (T_A) と安定時間 (T_B) の合計時間, 指圧時間 (T_{total}) の理想値を各々 4 秒, 「3 秒かけてゆっくり押し, 3 秒かけて指の力を抜きながら戻す」の理想的な加圧時間 (T_A) と減圧時間 (T_C), 圧力増加時間 (T_D), 圧力減少時間 (T_E) を各々 3 秒とし, 試行結果と理想値との差を用いて平均二乗誤差 (MSE) を算出した。

6 結果・考察

6.1 力の強さに関する分析

表 3 に力の強さに関する指示語 (A : 強めに押す, B : 弱めに押す, C : 軽い刺激で押す, D : 少ない刺激で押す, E : 体重 3kg くらいかけて押す, F : 柔らかく押す) に対する指圧力 (P) の平均値を示す。指圧力の平均値は, A, E, F, D, B, C の順に高い結果となった。6 種類の指示語間における差異を検証するため, Friedman 検定を 6 群間で実施した結果, 有意な差が認められた ($p < 0.05$)。有意差が認められたため, Wilcoxon の符

表 5: 指圧力の個人内平均標準偏差

A	B	C	D	E	F
10.22	5.26	1.53	6.23	1.33	4.12

表 6: x 軸角度に関する表現に対する x 軸角度 ($\bar{\theta}_x$) の平均値

A	B	C	D
-12.21	12.10	-2.52	9.21

号付順位和検定を用いて多重比較を行った (表 4 参照)。多重比較の結果から, A といった強い指圧を指示する表現, B といった中程度の指圧を指示する表現, C, D, E, F といった弱い指圧を指示する表現を各々区別して, 力加減を行っている可能性が示された。C, D, E, F の指示語は要求される強さが類似しているため, 施術者がこれらの表現を区別できず, 同様の圧力で指圧している可能性が考えられる。力の強さに関する指示語は漠然とした指圧力は伝達できるものの, 詳細な指圧力の伝達が難しいと考えられる。各指示語における指圧力の個人内平均標準偏差を表 5 に示す。いずれの指示語下でも一定のばらつきが見られ, 個人差や個人内差が見られた。A の個人内平均の標準偏差が最も高いことから, 指示する指圧が強い場合, 個人差が大きくなる可能性が示された。一方で, B といった中程度の指圧を指示する表現は, 個人内平均標準偏差が最も小さく, 定量的表現を用いることで個人差が小さくなる可能性が示唆された。弱い指圧を指示する表現のうち, C, D, E, F の順で個人内平均の標準偏差が小さいことから, 弱い指圧を学習者に指導する場合, C という表現を用いることで誤差が小さくなる可能性が示唆された。「体重 3kg で押して」という理想値が明確な定量的表現に関しては, 各試行結果と理想値との差を用いて平均二乗誤差 (MSE) を算出した結果, 13.68 となり, 理想値と一定の誤差があることが明らかとなった。

6.2 力の角度に関する分析

表 6 に, x 軸角度に関する手技療法動作指示語 (A : 体の中心方向に向かって押す, B : 外側方向に向かって押す, C : 真っ直ぐ上から押す, D : 面に向かって 15 度くらいの角度で押す) に対する x 軸角度 ($\bar{\theta}_x$) の平均値を示す。x 軸角度 ($\bar{\theta}_x$) の平均値は, B, D, C, A の順に大きい値を示した。4 種類の指示語間における差異を検証するため, Friedman 検定を 4 群間で実施した結果, 有意な差が認められた ($p < 0.05$)。有意差が認められ

表 7: x 軸角度 ($\bar{\theta}_x$) における x 軸角度に関する表現間で実施した検定の結果

<i>F</i> 値	<i>p</i> 値	多重比較
25.93	*	B > D > C > A

*: $p < 0.05$, 多重比較の結果, A > B の場合は A と B の間に有意な差がある ($p < 0.05$).

表 8: x 軸角度に関する表現に対する x 軸角度 ($\bar{\theta}_x$) の個人内平均標準偏差

A	B	C	D
2.90	0.81	2.08	1.52

表 9: y 軸角度に関する表現に対する y 軸角度 ($\bar{\theta}_y$) の平均値

A	B
y 軸角度 ($\bar{\theta}_y$)	-0.38 -10.73

たため, Wilcoxon の符号付順位和検定を用いて多重比較を行った(表 7 参照). 多重比較の結果, A, B, C, D の全ての表現を区別して, 動作を行っている可能性が示唆された. 各指示語における x 軸角度 ($\bar{\theta}_x$) の個人内平均標準偏差を表 8 に示す. 「真っ直ぐ上から押す」は他の表現に比べ理解が容易であると考えられるため, 個人内平均の標準偏差が最も小さい値を示す結果になった. 「面に向かって 15 度くらいの角度で押す」は, 個人内平均標準偏差が最も小さく, 定量的表現を用いることで個人差が小さくなる可能性が示唆された. 「真っ直ぐ上から押す」「面に向かって 15 度くらいの角度で押す」に関しては, 試行結果と理想的な x 軸角度 ($\bar{\theta}_x$) との差を用いて平均二乗誤差 (MSE) を各々算出した. その結果, 「真っ直ぐ上から押す」の MSE は 12.12, 「面に向かって 15 度くらいの角度で押す」の MSE は 40.17 となり, 理想値と一定の誤差があることが明らかになった.

表 9 に y 軸角度に関する手技療法動作指示語 (A: 真っ直ぐ上から押す, B: 頭方向に向かって押す) に対する y 軸角度 ($\bar{\theta}_x$) の平均値を示す. y 軸角度 ($\bar{\theta}_y$) の平均値は, A, B の順に大きい値を示した. 2 種類の指示語間と y 軸角度 ($\bar{\theta}_y$) の差異を検証するため, Wilcoxon の符号付順位和検定を実施した結果, 有意な差が認められた ($p < 0.05$). A, B の表現を区別して, 動作を行っていること可能性が示唆された. 各指示語における y 軸角度 ($\bar{\theta}_x$) の個人内平均標準偏差を表 10 に示す. A は B に比べ理解が容易であると考えられるため, 個人内平均の標準偏差が最も小さい値を示す結果になった. 「真っ

表 10: y 軸角度に関する表現に対する y 軸角度 ($\bar{\theta}_y$) の個人内平均標準偏差

	A	B
個人内平均標準偏差	0.54	3.81

表 11: 圧力変化に関する特徴量の平均値

	A	B	C	D	E
v_{press}	8.44	7.17	6.08	6.65	7.47
v_{release}	-6.57	-6.63	-9.08	-11.87	-8.37
A_{Δ,T_A}	107.73	89.55	133.67	96.78	89.99
A_{Δ,T_C}	136.20	142.15	288.94	140.41	97.63

表 12: 圧力変化に関する特徴量の個人内平均の標準偏差

	A	B	C	D	E
v_{press}	3.89	2.81	3.84	1.02	2.81
v_{release}	2.89	0.57	4.76	7.49	2.57
A_{Δ,T_A}	33.76	44.08	64.14	25.49	31.80
A_{Δ,T_C}	70.78	171.18	308.98	41.25	30.50

直ぐ上から押す」に関しては試行結果と理想値との差を用いて平均二乗誤差 (MSE) を算出した結果, 4.96 となり, 理想値と一定の誤差があることが明らかとなった.

6.3 圧力変化に関する分析

表 11 に, 圧力変化に関する手技療法動作指示語 (A: 3 秒~5 秒かけてじっくり押す, B: 3 秒かけてゆっくり押し, 3 秒かけて指の力を抜きながら戻す, C: じんわり圧をかけて押す, D: グーッと押す, E: 柔らかく押す) に対する圧力変化に関する 4 つの特徴量の平均値を各々算出した結果を示す. また, 表 12 に個人内平均標準偏差を算出した結果を示す. 各特徴量において, いずれの指示語下で一定のばらつきが見られ, 個人差が見られた. 5 種類の指示語間における圧力変化に関する 4 つの特徴量の差異を各々検証するため, Friedman 検定を 5 群間で実施した結果, 減圧速度 (v_{release}) のみに有意差が認められた. 有意差が認められたため, Wilcoxon の符号付順位和検定を用いて多重比較を行った. D と B のペアのみ有意差が認められ ($p < 0.05$), 他のペアでは有意差が認められなかった.

6.4 時間にに関する分析

表 13 に「3~5 秒かけてじっくり押す」に対する各特徴量 (安定時間 (T_B), 加圧時間 (T_A) と安定時間 (T_B) の合計時間, 指圧時間 (T_{total})) の平均値, 個人内平均

表 13: 「3 秒～5 秒かけてじっくり押す」における各特徴量 (T_B , $T_A + T_B$, T_{total}) の分析結果

	平均値	個人内平均標準偏差
T_B	0.94	0.24
$T_A + T_B$	3.17	0.50
T_{total}	6.12	1.23

表 14: 「3 秒～5 秒かけてじっくり押す」における被験者ごとの各特徴量 (T_B , $T_A + T_B$, T_{total}) の平均二乗誤差 (MSE)

	実験参加者 1	実験参加者 2	実験参加者 3
T_B	8.82	11.14	9.23
$T_A + T_B$	1.95	0.21	1.21
T_{total}	0.75	8.94	7.74

標準偏差を示す。いずれの指示語下でも一定のばらつきが見られ、個人差が見られた。表 14 に被験者ごとの、各特徴量の理想値との平均二乗誤差を示す。この結果から、実験参加者 1 は「3～5 秒」という秒数に関する表現は指圧時間 (T_{total}) を表現していると認識している可能性が高く、最も平均二乗誤差が小さい値を示す結果となった。実験参加者 2 と実験参加者 3 は「3～5 秒」という秒数に関する表現は加圧時間 (T_A) と安定時間 (T_B) 合計時間を表現していると認識されており、最も平均二乗誤差が小さい値を示す結果となり、約 4 秒指圧を行った後に力を抜いている可能性が示唆された。

表 15 に「3 秒かけてゆっくり押し、3 秒かけて指の力を抜きながら戻す」に対する各特徴量 (加圧時間 (T_A), 減圧時間 (T_C), 圧力増加時間 (T_D), 圧力減少時間 (T_E)) の平均値、個人内平均標準偏差を示す。いずれの指示語下でも一定のばらつきが見られ、個人差が見られた。表 16 に被験者ごとの各特徴量の理想値との平均二乗誤差を示す。この結果から、実験参加者 2 と実験参加者 3 は「3 秒かけてゆっくり押し、3 秒かけて指の力を抜きながら戻す」という表現を圧力増加時間 (T_D), 圧力減少時間 (T_E) が 3 秒であると認識している可能性が示唆された。

7 議論

7.1 手技療法教育のあり方

6 章で行った分析結果により、伝達したい動作に対して効果的な手技療法動作指示語を選定できる。手技療法動作指示語の選定基準は大きく、(1) どのような手技療法動作 (e.g., 力の強さ, 力の角度, 圧力変化, 指圧時間)

表 15: 「3 秒かけてゆっくり押し、3 秒かけて指の力を抜きながら戻す」における各特徴量 (T_A , T_B , T_C , T_D) の分析結果

	平均値	個人内平均標準偏差
T_A	3.17	0.68
T_B	2.96	0.34
T_C	3.38	0.59
T_D	3.14	0.34

表 16: 「3 秒かけてゆっくり押し、3 秒かけて指の力を抜きながら戻す」における被験者ごとの各特徴量 (T_A , T_B , T_C , T_D) の平均二乗誤差 (MSE)

	実験参加者 1	実験参加者 2	実験参加者 3
T_A	0.16	0.33	4.06
T_C	0.17	0.50	2.05
T_D	0.44	0.27	3.74
T_E	0.05	0.07	1.90

を学習者に行ってほしいか、(2) 動作の個人差が小さい表現を選定する、の 2 つに分けられる。具体的には、(1) 指導者が弱い指圧を学習者に指示する際に、「柔らかく押す」「少ない刺激で押す」「弱めに押す」「軽い刺激で押す」が選定される。次に、(2)「軽い刺激で押す」「柔らかく押す」「弱めに押す」「少ない刺激で押す」の順で個人差が小さいため、「軽い刺激で押す」という表現を選定する。これにより、弱い指圧動作を指導する際、学習者と指導者の意図する動作の認識の差異を小さくすることが可能である。

次に、従来の手技療法動作の指導方法と、手技療法動作定量化システムを活用した指導方法の利点と欠点を整理する。動作指示語による指導方法では、正確に伝達できない情報 (e.g., 精密な力の強さ, 精密な圧力変化) が存在しているため、学習者にとって理解が難しい場合も少なくない。さらに、学習者が指導者の意図した動作を正確に理解した場合であっても、その動作が再現できているか確認することが難しい。一方で、動作指示語での指導は漠然とした動作のイメージ (e.g., 「早く押して」の場合、直観的に素早い動きをイメージする) を直観的に理解することが可能である。また、機器を設置する必要がなく、伝達方法が簡便である。手技療法動作定量化システムを活用した指導方法では、こうした直観的で簡便な伝達は難しい。一方で、手技療法定量化システムでは従来の指導方法では正確に伝達できない動作の精密な力の強さ、精密な圧力変化等の情報を理解することができる。また、海老名ら [3] によると主観的な指示 (弱く、

普通の力で、強くの3種類の指示)では指圧力は個人差がある一方で、指圧力を定量化するシステムを用いて、定量的指示を行った際、高い精度で目標値を再現できることが報告されている。さらに、これらの数値を参考にすることで、学習者が指導者の意図した動作を正確に再現できているか確認できる[4]。これらの各指導方法の利点と欠点を踏まえ、学習者の特性等を考慮し指導方法を活用していくことで、手技療法指導の質向上に繋がると考えられる。具体的には、手技療法の初学者に対しては、従来の指導方法で主観的な表現で漠然とした動作のイメージをつかませることで基礎技能を習得させ、熟達者に対しては、定量化システムを活用し精密な技術を習得させることが考えられる。

7.2 今後の展望

今後は各特徴量に関する表現を増やし、主観的な表現ではどの程度の粒度で手技療法動作(e.g., 力の強さに関する指示語は「弱めの指圧力」「中程度の指圧力」「強めの指圧力」の3つの指圧力を伝達可能である)を伝達できるか検証を行う。実験対象者は3名は全員が手技療法の経験が2年以上であった。そのため、手技療法初心者を対象とした際の分析を行い比較することで、熟達者と初心者の手技療法の差異の分析が可能になる。また、分析結果より、「体重3kgくらいかけて押す」「面に向かって15度くらいの角度で押す」は、定量的表現を用いることで個人差が小さくなる可能性が示唆されたが、定量的表現の度合いによって、同じ結果が得られるか明らかになっていない。今後は、定量的表現を増やし、異なる度合いの表現においても個人差が小さくなるか確認することを検討する。また、他の手技療法動作として、なでる、もむ、叩く等の手技療法動作を対象とし、これらの動作に関連する手技療法動作指示語から、対象者が想起した動作を分析することを検討する。

8 おわりに

本稿では、手技療法における動作と動作指示語の対応関係を明らかにした。専門家3名を対象とした実験では、それぞれの強さや角度等を示す動作指示語は使い分けて表現されており、システムによる計測値でも一定の有意差が確認された。これにより、これまで感覚的な言語表現に依存していた圧力・角度を数値情報で補完できる可能性が示唆された。今後は、対象動作指示語、対象動作、対象参加者を変更し、分析することを試みる。

謝辞

本研究の一部は、関西大学医工薬連携研究費の支援を受けた。記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 矢野忠, 安野富美子, 藤井亮輔, 鍋田智之: あん摩マッサージ指圧療法, 鍼灸療法に対する受療者の評価に関する調査(後編), 医道の日本, Vol. 79, No. 7, pp. 180–187 (2020).
- [2] 篠原和也, 葛谷憲彦, 鈴木ゆい, 鹿田将隆: 理学療法士, 作業療法士, 言語聴覚士の臨床能力および技能を測定する評価ツールに関するナラティブレビュー, 日本保健科学学会誌, Vol. 26, No. 3, pp. 150–160 (2023).
- [3] 海老名光希, 後藤充裕, 濱下仁志: 遠隔触診に向けた程度副詞指示に対する指圧力個人差および定量的指示下での指圧力再現性に関する検証, 電子情報通信学会HCGシンポジウム2024論文集, pp. C-4-1 (2024).
- [4] 田中瑠彗, 松下光範: 接触抵抗式感圧センサを用いた手技療法動作の定量化, 情報処理学会研究報告, Vol. 2025-HCI-211, No. 44, pp. 1-8, (2025).
- [5] 北尾浩和, 来田宣幸, 深田智, 中本隆幸, 小島隆次, 萩原広道, 野村照夫: 言語的な動作指示の違いがパフォーマンスに及ぼす影響, 日本感性工学会論文誌, pp. TJSKE-D-17-00039(2017).
- [6] 金田有美子, 葛山元基, 小林武雅, 古谷美帆, 吉田大記, 成命奇, 勝平純司: 平行棒を使用した立ち上がり動作時の関節モーメントの分析, 理学療法科学, Vol. 21, No. 3, pp. 227–232 (2006).
- [7] 山下達也, 中尾恵, 松田哲也: つまみ及びつかみ操作における指先の動的特徴量に関する定量分析, 生体医工学, Vol. 57, No. 2-3, pp. 68–74 (2019).
- [8] Savitzky, A. and Golay, M. J.: Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures., Analytical chemistry, Vol. 36, No. 8, pp. 1627–1639 (1964).