

## 基礎論文

# 視覚・触覚フィードバックを用いた 触診型動作の学習支援手法

渋沢 良太<sup>\*1</sup> ヤエム ヴィボル<sup>\*1</sup> 葛岡 英明<sup>\*1</sup> 山下 淳<sup>\*1</sup> 鈴木 直義<sup>\*2</sup>

A Learning Support Method using Visual and Haptic Feedback for Palpation Training

Ryota Shibusawa<sup>\*1</sup>, Vibol Yem<sup>\*1</sup>, Hideaki Kuzuoka<sup>\*1</sup>, Jun Yamashita<sup>\*1</sup> and Naoyoshi Suzuki<sup>\*2</sup>

**Abstract ---** In Japan, the need to support postgraduate physical assessment training for clinical nurses is increasing. Physical assessment training consists mainly of practical training, the evaluation standard for which is ambiguous. Therefore, distance learning for the training is very difficult. To resolve this problem, we developed a system that exerts trainer's pressure distribution on trainee's left hand as haptic information, and projects the difference between pressures of the trainer and the trainee on trainee's right hand as visual information. This study aims to create an asynchronous distance learning environment for physical assessment.

**Keywords:** Palpation, Physical assessment, Distance learning system, Combination of Haptics and Vision

## 1 はじめに

### 1.1 本研究の背景と目的

臨床現場において、看護師が問診、視診、聴診、触診によって患者の全身をスクリーニングし、得られたデータを患者のライフスタイルにマッチングさせながら分析することをフィジカルアセスメントという。現在では、各種診断の目的に特化した様々な医療機器が開発されており、それらを用いることで以前よりも高精度な診断が可能となっている。しかし、フィジカルアセスメントは特別な器具を用いずに自らの身体と感覚のみを用いて、いつでもどこでも即座に実施できるため、患者の異常、容態の変化を即座に総合的に把握する手段として依然として重要であり、看護職者にとっての必要不可欠な基礎スキルとして変わらない。また、近年では訪問看護の需要の増大等により、看護師などの医師以外の医療従事者がフィジカルアセスメントを行い、その過程と結果を医師と適確に情報共有する必要性が増している。これに伴い、特に現職の多忙な医療従事者に対するフィジカルアセスメントの学習支援が重要な課題となっている[1]。学習希望者の多くは多忙であるため、非同期型遠隔学習(指導者と学習者が、異なる時刻に、異なる場所で行う学習)の実現が望ましい。

これらの背景を踏まえ、本研究ではフィジカルアセス

メントの一項目である触診の動作手法の非同期型遠隔学習の支援を目的とする。これまでに筆者らは、実際に学習ニーズを持つ現職の看護師に対して、まずハイビジョン遠隔会議システム[2]を用いて実習の遠隔教示を試みてきた[3,4]。これらの試行の分析から、言葉と身振りのみによる触診動作の教示では、掌に働かせる圧力分布の時系列を学習者に正しく伝えるのは難しいことが明らかとなった。指導者と学習者がリアルタイムで相互にコミュニケーションを取れる状況では、熟練した指導者は、教示に対する学習者の反応を見て教示内容の表現の調整を繰り返し、巧みに学習者の動作を誘導する[3,4]。しかし、非同期型遠隔学習ではこの様な指導は不可能であり、従来の指導方法では非同期型遠隔学習支援システムの実現は困難である。

本研究では特にこの問題の解決に焦点を当て、学習者ができるだけ自分自身で考えて、指導者の動作と自己の動作の違いを理解できるように、動作の圧力分布の時系列を効果的に学習者に提示する手法を開発する。実際の触診では患者の腹部等、大きく歪む弾性体の曲面に対して動作を行うが、本研究においてはまず触診動作を単純化し、右手の掌で平面を垂直に押す動作(触診型動作)を学習支援する動作として設定し、考察を行う。先行研究として、筆者らは触診型動作における指導者と学習者の圧力分布、およびそれらの差の向きの分布を視覚情報としてAR提示するシステムを開発した[5,6]。しかしこれらは視線の移動が多く必要であり、圧力分布の変化のさせ方を素早く直感的に理解させるのはやや難しかった。そこで本研究では、指導者の圧

\*1 筑波大学大学院システム情報工学研究科

\*2 静岡県立大学大学院経営情報イノベーション研究科

\*1 Graduate School of Systems and Information Engineering,  
University of Tsukuba

\*2 Graduate School of Management and Information of Innovation,  
University of Shizuoka

力分布を触覚情報として提示し、指導者と学習者の圧力の差の向き(上下方向)の分布を視覚情報として提示することでこの改善を行った。

## 1.2 本研究で支援対象とする動作

本研究では、触診の初学者を学習支援の対象とし、看護師が行う腹部への触診動作を想定する。この触診では主に右手を使い、臓器の形や大きさ、圧痛、筋性防御などが診られる[7]。この触診動作は医師が行う腫瘍を診るための触診動作とはやや異なり、指先だけではなく、指先から指の付け根までの部分を使って行われる。また、診察部位から得られる情報に集中するだけでなく圧のかけ方、すなわち掌内の各部の圧力の大きさとその時間変化にも注意して手を動作させる必要がある。これは患者に無理な負担を与えたり、怪我をさせたりしないためにも重要である。

ところで、本来触診は患者の腹部のように大きく歪む弾性体に対して行われる。しかし本研究では、安定したデータを取得するために、学習者に患者の腹部のような弾性体ではなく、薄くて硬質の弾性体でできている平面上の圧力センサマットを利用して実験を行なう。

以降、2 章では関連研究を述べ、本研究の位置づけを明確にする。3 章では提案手法に関して述べ、4 章でその評価実験と結果、分析を述べる。最後に 5 章で本研究のまとめと今後の課題を述べる。

## 2 関連研究

本研究に先行する関連研究としては、患者の容態の変化等、看護職者が実務で遭遇しう状況に応じて適切な意思決定を行えるようにするための訓練を、ソフトウェア的に構築された VR 空間で行うシミュレーションソフト[8]、患者模型に各種センサ、アクチュエータを組み込み、患者の典型的な症例を機械的にシミュレートして学習者がそれに触れられるようにするシステム[9,10]などが存在している。前者は意思決定の学習支援、後者は遭遇し難い症例の疑似体験を主な目的にしていると言える。これらに対して本研究では、患者の容態を知るために必要な学習者自らの身体の動かし方の学習支援に焦点を当てる。症例の疑似体験を目的としたシミュレータでは、実際の患者よりもやや容易な動作で症例を知覚できるような工夫がなされている。一方で、現実の臨床場面においては、患者の身体やその状態によって適切な動作は微妙に異なるため、動作手法のより詳細な訓練も重要である。本研究の提案手法を実装したシステムでは、平面上の一定の範囲内を垂直に押す単純な動作に限られるが、指導者はその制約内で任意の動作を記録して、学習者にそれを提示して練習させられる。

触診する対象部の物理モデルを構築し、現実に近い

環境での練習を可能にする研究も多くなされている。Endo, Kawasakiらは、アーム部 6 関節 6 自由度、ハンド部(指) 15 関節 15 自由度を持つロボットハンドの指先と、学習者の手の指先をそれぞれ連結して力覚を提示する HIRO III を開発した[11,12]。また岩田らは、50mm×50mm の面に、8mm 間隔で配置されたロッドを直動駆動する FEELEX[13]、空気圧バルーンでより複雑な面の提示を行う装置を開発した[14]。これらを用いれば、腫瘍の感触の提示や、腹部等の触診部位のリアリティのある表現が可能となる。本研究は、動作手法の習得支援のための学習支援情報の提示方法に焦点を当てているが、これらの研究成果と組み合わせることにより、より現実に近い状況での訓練が可能となる。

学習する動作を学習者自身が実施できるようになるためには、動作内容の理解だけでなく、自らの体の動かし方を修得する必要がある。この点に着目して、嵯峨らは訓練者の主体性を活かした教示について検討し、書道の訓練をアプリケーションとして、提示される指導者の力を打ち消すように学習者に動作させるシステムを開発した[15]。筆者らも嵯峨らと同様に学習者の主体性を重視し、本研究では学習者の動作を妨げないように触診動作に使用しない側の手に力覚提示を行う。

## 3 提案手法

### 3.1 支援内容と支援手法の設計

触診動作では、掌に働かせる圧力分布に加え、その時間変化が重要な要素となる。従って、学習者が自身の体を実際に動かしながら学習支援情報をリアルタイムで受けられることが望ましい。

練習時に学習者に提示可能な学習支援情報として、1)指導者の動作の圧力分布、2)学習者の動作の圧力分布、3)学習者と指導者の動作の圧力の差の分布が考えられる。これらの組み合わせのうち、学習者が指導者との差を知ることができるのは、1)と 2)の組み合わせ、および 3)を含む組み合わせである。しかし、1)と 2)の組み合わせでは、修正すべき事柄の存在を学習者に明示しない為、学習者がそれに気づけない場合も起こりうる。そのため、3)の提示が必要であるが、3)を学習者に直感的に理解できるように提示することは難しい。これらを踏まえ、本手法では指導者の圧力分布と、指導者の圧力と学習者の圧力の差の向き(上下方向)の分布の 2 種類の支援情報を同時に学習者に提示することとした。

筆者らはこれまでに、図 1 のように学習者の掌の上に指導者と学習者の圧力の差の向きの分布(図 2 右)を投影し、その隣に指導者の動作映像と圧力分布(図 2 左)を投影する手法を試行した。しかしこの手法では視線の移動が多く必要であり、学習者の反応時間がやや遅くなる傾向が観察された。そこで筆者らは圧力分布を直感的に理解させる別の感覚として、触力覚に着目した。

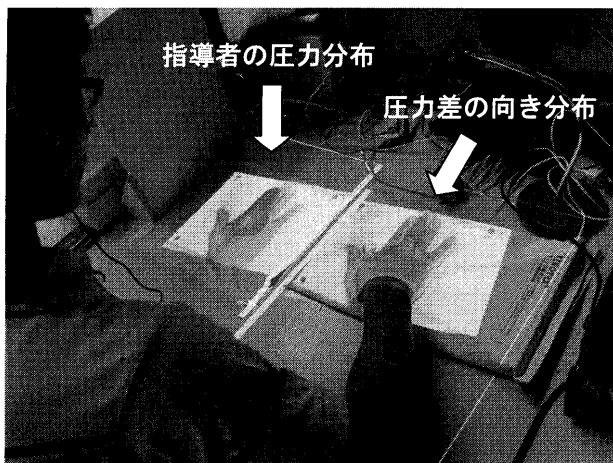


図 1 視覚フィードバック手法

Fig.1 Visual feedback method

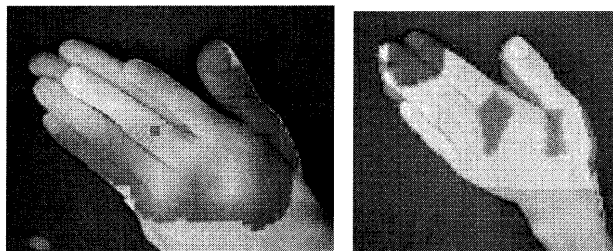


図 2 視覚フィードバックの表示

Fig.2 Display color of visual feedback

触診する側の手に、学習者の動作を妨げないように力覚フィードバックを行い、圧力の差の向きの分布を伝えることは難しい。そこで、圧力の差の向きの分布は図1と同様に視覚情報として提示し、学習者の触診に使わない側の手に指導者の圧力分布を提示することとした。

### 3.2 両手間の刺激提示位置の対応付け

筆者らは、触診に使わない側の手に力覚提示を与える時の学習者の手の姿勢として、肘の関節を約 90 度に曲げて体の前方に手を伸ばし、掌を上向きにする姿勢、または掌を下向きにする姿勢の 2 種類を検討した。筆者らの手法では、学習者は左手で知覚した刺激の掌内の位置を、右手の掌の位置に対応付けることが要求される。これら 2 種類の姿勢の違いによる、手の間の刺激位置の対応付け能力の差について調査実験を行った。

図 3 に示すように、刺激提示装置として被験者の左手の人差し指、中指、薬指の各指の、指先、中央、付け根に計 9 個の振動子を取り付けた。また回答入力装置として、右手をかたどった布の上に、左手に装着した振動子の位置と対応付けてタクトスイッチを設置し、マイコンに接続してデータを取得した。

これらを用い、1つの振動子をランダムに約 0.5 秒間振動させ、その後約 1 秒間無振動を継続することを 100 回繰り返した。被験者には、各振動刺激提示後の 1 秒間

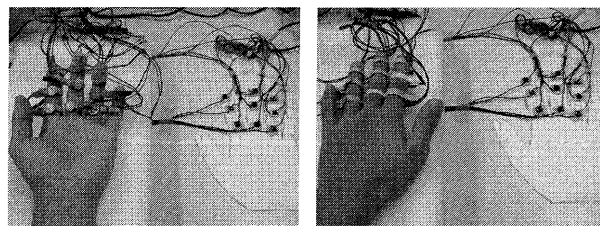


図 3 手間刺激位置対応付実験の条件

Fig.3 The conditions of the experiment

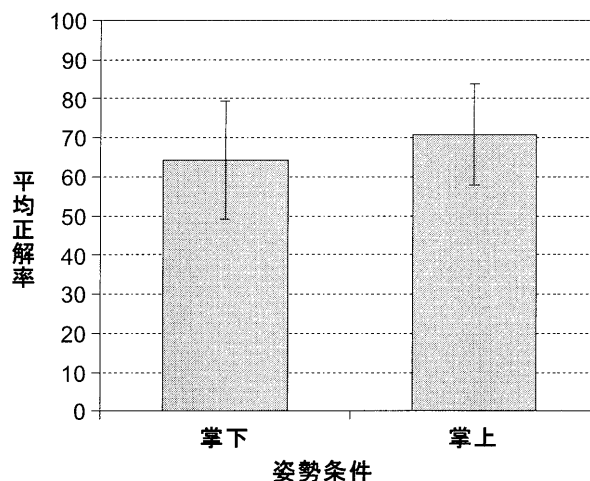


図 4 手間刺激位置対応付けの平均正解数

Fig.4 Average number of correct answer

の無振動の時間内に、左手に振動を感じた位置に対応するスイッチを押させた。被験者は 10 名で、各被験者に対して図 3 左のように左掌を上にする条件、図 3 右のように下にする 2 種類の条件で実験を行った。各条件の実験は、1 日以上時間を空けて実施した。実験時には、左手を箱で覆って見えないようにし、ホワイトノイズを出力したヘッドフォンを装着させ、被験者が触覚以外で刺激を知覚できないようにした。

姿勢ごとの被験者の平均正解率を図 4 に示す。本分析では、姿勢、間違え方を被験者内要因とした 2 要因分散分析を行った。ここで、間違え方の要因における水準は、各正解位置に対して存在する 8 通りの誤り方に、場所が分からず何も押さない誤り方を加えたものである。分散分析の結果、姿勢の要因の主効果には有意傾向が見られた( $p=.068$ ,  $F(1,720)=3.335$ )。また、姿勢の要因と間違え方の要因に有意な交互作用( $p < .01$ ,  $F(80,720)=1.687$ )が見られた。特に、薬指の指先を人差し指の指先に( $p=.001^{**}$ )、人差し指の中央を薬指の中央に( $p=.05^{*}$ )、間違える回数が掌を上にした条件の方が有意に低かった。このように、掌を下にして刺激を受けた時には、左右を逆に対応付けて誤るケースも見られた。より詳細な調査が必要とされるが、隣接した部位として誤ることとは異なり、左右を反対に対応付けてしまう誤

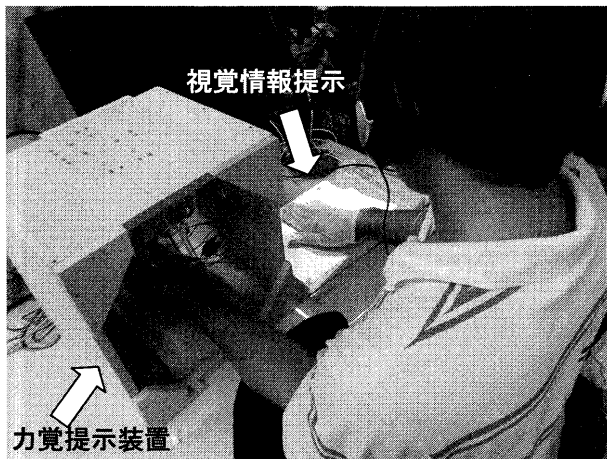


図5 システムの構成

Fig.5 Configuration of system

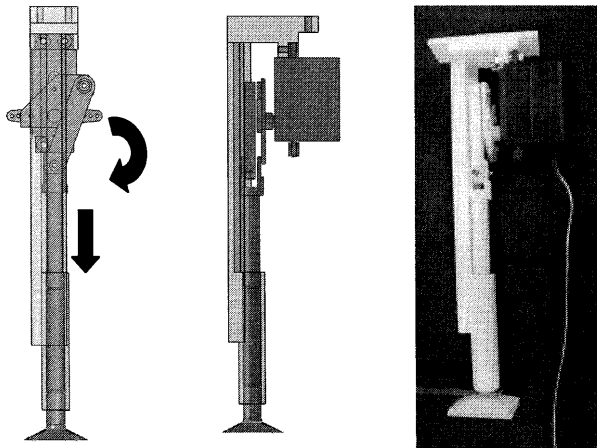


図6 力覚提示装置

Fig.6 Force display device

りは、振動刺激に固有ではないと本論文では仮定した。

ところで平均正解率が比較的高い掌上条件においても、約 70%程度という結果は、一般的に良い結果であるとは言えない。本実験で被験者が行ったタスクは、本研究が対象とする実際の触診動作に必要なとされる精度に比べ、刺激提示点の密度が高く、また刺激提示の継続時間が短いため、より難しいタスクであると言える。また誤り方の内訳を見ると、上下または左右方向の一つ隣りにある刺激点として誤ることが全体の誤りの中で多くを占め、掌下の条件で平均 52%、掌上の条件で平均 75%であった。さらに、次の刺激が開始するまでに回答できなかった場合も誤りに含めており、全体の誤りのうち、掌下で平均 20%、掌上で平均 11%を占めた。本研究で想定している触診動作では、複数の指の広い範囲で同時に比較的ゆっくりと圧をかけるため、これらの誤りは大きな問題になるとは考え難い。また、次節で述べる本提案手法の力覚提示システムを使用した実験においては、掌上の条件において、位置の対応付けの誤りがほぼ発

表1 圧力の差の向き分布の表示色

Table 1 The conditions of displayed color of difference

条件	表示色
学習者圧力 - 指導者圧力 $> \alpha$	赤
学習者圧力 - 指導者圧力 $< -\alpha$	青
上記条件以外 ( $  \text{学習者圧力} - \text{指導者圧力}   \leq \alpha$ )	無

生しないことは予備実験で確認済みである。

上記の結果と考察に基づき、触診に使わない側の掌を上向きにさせた状態で、学習者に力覚情報を提示することとした。

### 3.3 システムの構成

本提案手法を実装したシステムの構成を図 5 に示す。学習者は、力覚提示装置によって左手に提示された指導者の圧力分布を参考にしながら、右手前に設置された圧力センサマットに対して触診型動作を行う。圧力センサマットには、指導者の動作の手の映像、および指導者と学習者の圧力の差の向きの分布を投影する。学習者は指導者の手の映像に重ねるようにして圧力センサマットの上に手を置き、手の上の各部に投影された色を見て自身の動作を修正する。差の向きの分布を示す表示色は、表 1 の規則で決定する。本システムでは、 $\alpha$  を約 4.4kPa に設定した。

圧力センサマットには、ニッタ株式会社の KINOTEX Trial を使用した。センサマットの大きさは、学習者側から見て横 360mm、縦 215mm である。その内の、横 250mm、縦 200mm の矩形内の横 1 行に 10 個ずつ、縦 1 列に 6 個ずつ、合計 60 個の感圧点がほぼ等間隔に設置されている。各感圧点のレンジは 1~30kPa で、11bit の分解能で計測可能である。本システムにおけるサンプリング周期は 60msec とした。各感圧点の間の部分の圧力の値は、線形補間により計算している。この圧力センサマットの四隅にマーカを取り付け、指導者動作の映像、圧力差の向き分布の投影位置をキャリブレーションする。

力覚提示装置は、サーボモータ(近藤科学, デジタルサーボ PDS-2512ICS 30052)で駆動される図 6 に示す ABS 樹脂製のピストン・クランク機構を、図 5 中の左に存在する箱の天井部に 6 台設置し、学習者の掌を上から垂直に押す。サーボモータの最大トルクは 10.8kg・cm で、ロッドの先端で最大約 1.2kgf の力を提示可能である。また、約 320ms で 1.2kgf の変位が可能である。

力覚提示部は図 7 の通りである。掌と接触している部分は、4cm<sup>2</sup> または、9cm<sup>2</sup> の正方形で、おおよそ図 8 の位置に接触する。本研究で想定している腹部への触診では、主に人差し指から薬指までの、指先から指の付け

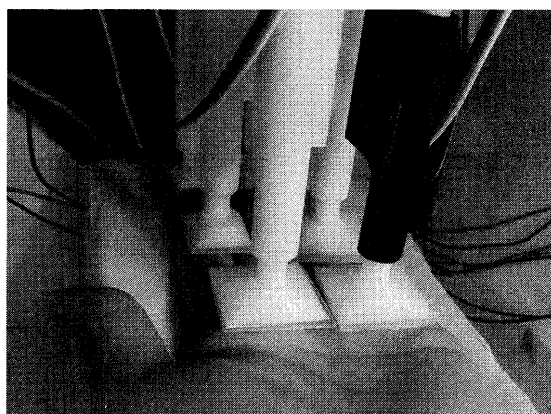


図 7 力覚提示部

Fig.7 The part displaying force

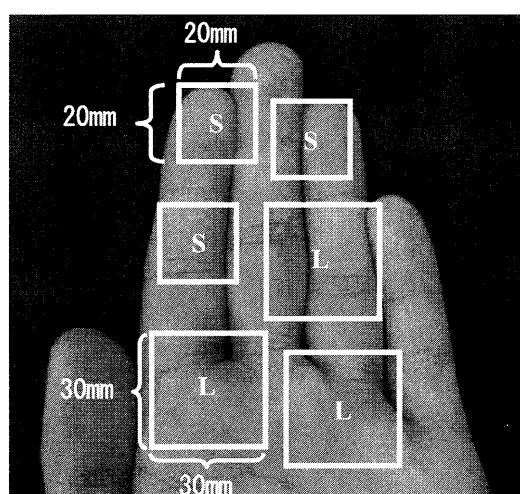


図 8 接触部の面積と接触位置

Fig.8 Size of contactor and the place

根までの部分を使う。また、複数の関節、指にわたって同時に圧をかける。そして、掌にかける圧力分布の重心を指先と指の付け根の間で上下に、人差し指と薬指の間で左右に、またこの領域内を円形に移動させるように動作する。そのため、圧をかける領域の縦方向に2つ、横方向に2つの力覚提示部が最低限必要になる。触診動作で使う指先から指の付け根までの領域は、横方向に比べて縦方向が長いので、本研究では縦方向に3つの接触部を配置した。また、指の付け根部分、及び中指と薬指の第2関節付近は、人の手の構造上、圧をかける位置を細かく変えられないため、比較的大きな接触部を用いた。

圧力センサマットには右手の中指の指先の腹を置く基準点を設置し、指導者および学習者には掌を前に向けてまっすぐにし、手の指を閉じた姿勢で基準点に合わせて右手を置いて動作させる。圧力センサマット中のその基準点の位置、および図8の接触部の位置を基に、各接触部に提示する指導者動作の圧力を計算している。

また皮膚との接触面には、硬度5°、厚さ2mmのシリコンゴム(株式会社エスケー製)を取り付けている。また、学習者の手の下にはテンピュールを設置し、初期位置で学習者の掌に軽く触れるようにしている。

#### 4 実験

本章では、提案手法の有効性を確認するために、提案手法と従来の手法を比較する実験をおこなった。HIRO[11,12], FEELEX[13], Volflex[14]など、これまでの触診の学習支援システムは、腫瘍等の触診の対象部位の感触を再現し、それを学習者に体験させることを主目的としたものであり、学習者が指導者と同じ圧力分布で動作できるように支援するシステムは存在していない。そのため、比較対象には、筆者らの先行研究で開発した手法を用いた。

##### 4.1 手順

本実験では、予め記録した指導者の動作の映像、およびその動作と被験者の動作の圧力の差の向きの分布を、被験者の右手の上にプロジェクタで投影して再生し、指導者の圧力分布を1)図5のデバイスを使って被験者の左手に力覚情報として提示する条件(提案手法)、2)図2左に示した視覚情報として、被験者の左手前に投影する条件(比較手法)の2条件で、各時刻における指導者と学習者の圧力の差の絶対値の合計、およびそれぞれの圧力を比較評価した。なお、圧力の差の向きの分布の投影は、両条件とも同様に行う。

指導者の動作は、人差し指の指先付近、薬指の指先付近、人差し指の付け根付近のいずれかをランダムに、約1秒から5秒かけてランダムな圧力の変化のさせ方をする動作を3回繰り返したものを1つの動作チャックとし、10回の指導者の動作チャックを再生した。1つの動作チャック内において、動作が終了してから次の動作を開始するまでのインターバルは、約0.5から2秒間をランダムに設定した。また、各動作チャック間の再生には、約1秒間のインターバルを挟んだ。

実験の手順は以下の通りである。まず指導者の圧力分布がどのように提示されるかを理解させた。比較手法の条件では、被験者自身が押す動作に対応する圧力分布(図2左)を被験者の右手の上に投影し、提案手法の条件ではそれを左手に力覚として提示して、約1分間動作させた。その後、両条件とも、圧力の差の向きの分布の提示方法を理解させるために、練習用の指導者の動作を再生して、その動作の圧力と被験者の圧力の差の向きを投影して約1分間練習させた。この練習後、比較手法または提案手法の条件で指導者の動作を再生して、指導者の動作に追従するように指示して被者に動作を行わせた。

指導者の動作は、10回の動作チャックの再生順序を

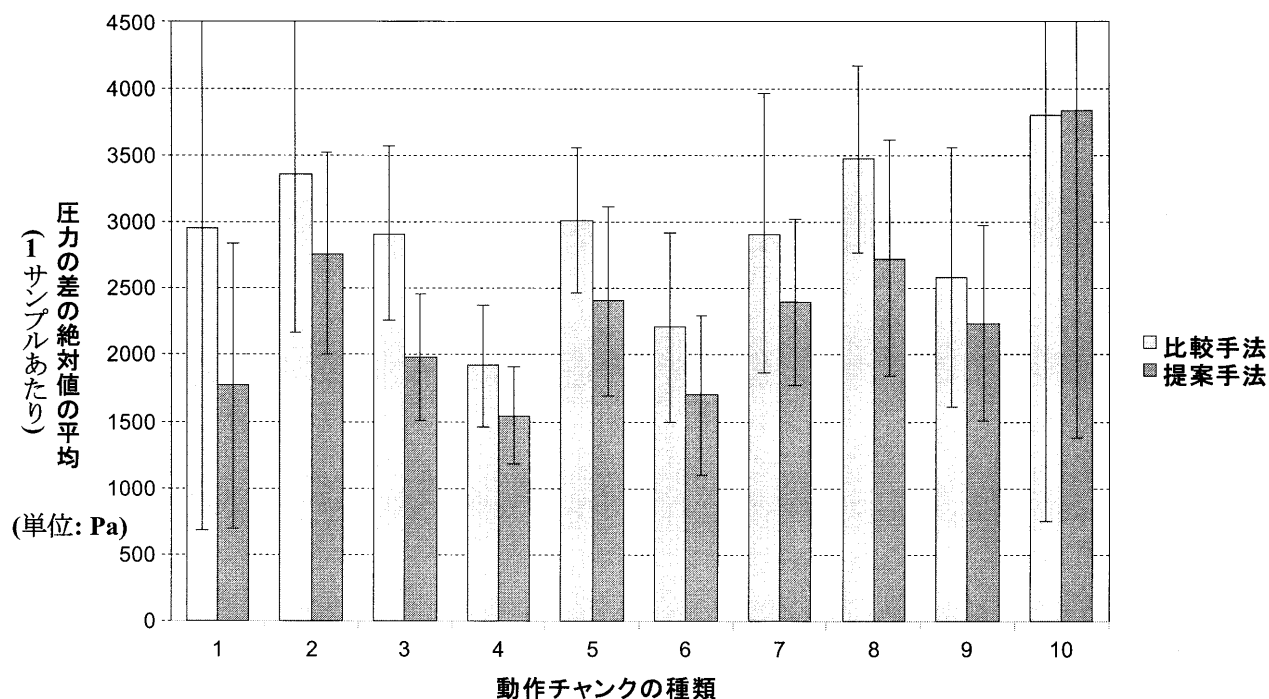


図9 圧力の差の絶対値の合計を比較した結果

Fig.9 Comparison of the sum of the absolute pressure difference

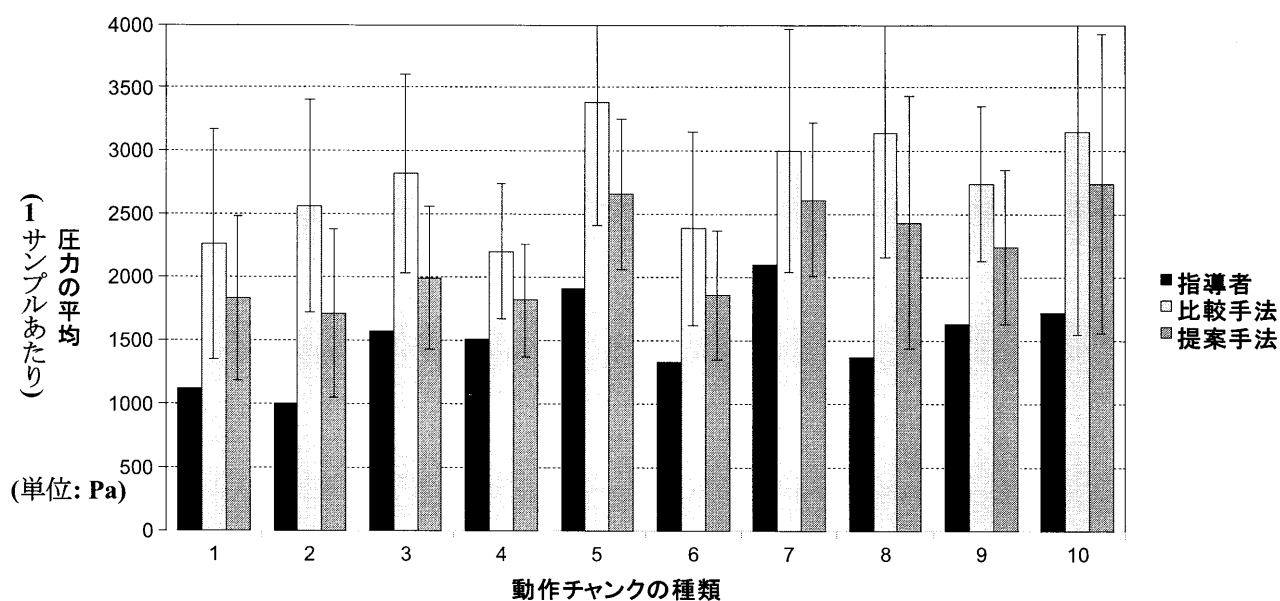


図10 平均圧力を比較した結果

Fig.10 Comparison of the average pressure

変えた動作チャンク列を2つ用意した(チャンク列 A, チャンク列 B). そして, 指導者動作の圧力分布の提示条件の実施順序と動作チャンク列の組み合わせで, (提案手法: チャンク列 A, 比較手法: チャンク列 B), (提案手法: チャンク列 B, 比較手法: チャンク列 A), (比較手法: チャンク列 A, 提案手法: チャンク列 B), (比較手法: チャンク列 B, 提案手法: チャンク列 A) の4通りの

実験手順を用意し, 被験者8人を2人ずつ各手順に割り振って実験を行った. なお実験中には, 両条件とも被験者にヘッドフォンを装着させ, ホワイトノイズとサーボモータの駆動音を出力して, 装置の音による影響を与えないように注意した. また, 2 回目を実施する条件の時には, 圧力の差の向きの分布を投影して行う練習を省いた.



## 4.2 結果と分析

1 つの動作チャンク再生時の、各サンプル時刻の指導者と被験者のセンサマット上の各感圧点の圧力の差の絶対値の合計を、その動作チャンクのサンプル数で割った値(1 サンプルあたりの平均)を、1 人の被験者の 1 つの動作チャンクとの差を示す値とする。この値の動作チャンクごとの被験者の平均を図 9 に示す。ほとんどの動作において、比較手法より提案手法の方が差の絶対値が低くなっている。また、指導者、各条件における被験者の各動作チャンクの 1 サンプル当たりの圧力の平均を図 10 に示す。この図からは、全ての動作チャンクにおいて、提案手法の方が比較手法よりも指導者に近い圧力で動作できていることが確認できる。

支援手法および動作チャンクの 2 要因の分散分析を行った結果、提案手法で支援した時の方が、指導者動作との差の絶対値は有意に低かった( $p=0.008^{**}$ ,  $F(1,63)=11.617$ )。また、支援手法と動作の交互作用は見られなかった。従って提案手法は、実験で用意したどの動作チャンクに対しても、比較手法より指導者の動作に近い動作を行えるように支援できていたと言える。しかし図 10 から分かるように、提案手法であっても指導者より約 1.2 から 1.7 倍大きな圧力がかけられており、現時点ではこの結果を許容できる範囲であるとは断言し難い。

この原因として、力覚提示装置の問題が考えられる。すなわち、今回開発した装置では、被験者の掌との接触部にはシリコンを付けていたが、被験者が動作する圧力センサマットよりもやや硬かったために、圧力が高めに知覚された可能性もある。今後は、接触部の材質を変更するなどして、より正確な力覚を知覚させられるように改良する必要がある。

## 5 おわりに

本研究では、触診型動作の学習支援を目的として、指導者の動作の圧力分布を、学習者が動作時に使用しない側の手(左手)に触力覚情報として提示し、指導者の学習者の圧力の差の向き(上下方向)の分布を学習者が動作させている手(右手)の上にプロジェクタで投影する支援手法を検討した。振動刺激を用いた両手間の刺激位置の対応付け能力を評価した実験の結果に基づき、学習者の左手の掌を上向きにさせて、指導者の圧力分布を提示した。被験者 8 名に対して実験を実施し、指導者動作の圧力分布、および指導者の学習者の圧力の差の向きの分布の両方を視覚情報として提示する支援手法と比較して、より指導者に近い動作を行っていることを確認した。

今後の課題として、まず提示する指導者の圧力分布についてより詳細に検討する必要がある。S.S.Shergill らは、被験者に力を提示して、それと同程度であると被験

者が感じた力を被験者自身に出させた時に、後者の力の方が大きくなることを示している[16]。この事実に着目し、Nakao らは指先の 1 点に作用する力に関して、被験者に提示する力を調整して、学習者に指導者と同程度の力を動作させる手法を提案している[17]。また佐藤らは、被験者の指先との接触部の形状の違いにより、被験者が人差し指の指先で知覚する力が変わること示している[18]。本研究では掌への圧力分布の提示において、これらに関する検討が必要である。

また、筆者らの研究と同様に、これまでの動作の学習支援情報の提示手法に関する研究の多くは、学習者が動作している最中にリアルタイムに支援情報を提示するものがほとんどである。一方、蜂須らは動作後に感覚提示を行う触力覚教示システムを考案した[19]。指導者の動作に対するリアルタイムの追従性のみならず、学習者の動作の定着度の評価に着目して、学習支援情報の提示タイミングを今後検討する必要がある。

さらに、筆者らが並行して進めている、学習対象の概念モデル構築の研究成果[20]と結びつけ、より実用的なフィジカルアセスメントの学習支援システムを構築する。

## 謝辞

本研究の遂行にあたって、杏林大学の佐藤智子先生、三重県立看護大学の岡本恵里先生に様々な助言、指導を頂いた。ここに感謝の意を表する。

本研究は、平成 20 年度文部科学省科学研究費補助金基盤研究(B) 課題番号[20300270]「動作実習教育のための遠隔指導システムの開発 —フィジカル・アセスメントスキル訓練への応用—」、および文部科学省グローバル COE プログラム「サイバニクス:人・機械・情報系の融合複合」の支援を受けて行われた。

## 参考文献

- [1] 横山, 佐居: “看護師のフィジカルアセスメント技術の臨床現場での実施状況—フィジカルアセスメント開講前後の卒業生の比較からみたフィジカルアセスメント教育の検討—”; 聖路加看護大学紀要 No.33, pp.1-16, (2007 年 3 月)
- [2] 橋本, 柴田: “利用者環境を考慮した相互通信のためのミドルウェア”; 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.2, pp.403-417(2005 年 2 月)
- [3] 鈴木, 渋沢, 湯瀬, 岡本: “リモート・インストラクションによるフィジカル・アセスメント実習訓練の試み”; 情報処理学会 コンピュータと教育研究会報告, Vol.2006, No.130, pp.17-24(2006 年 12 月)
- [4] 鈴木, 酒井, 渋沢, 森下, 岡本, 湯瀬, 芥川, 山上, 伊藤: “リモート・インストラクションによるフィジカル・アセスメントの実習訓練の試み II”; 情報処理学会 情報システムと社会環境研究報告, Vol.2007, No.25, pp.91-98(2007 年 3 月)
- [5] 渋沢, 渡邊, 佐藤, 岡本, 細澤, 湯瀬, 松浦, 青山,

- 鈴木: “客観的な指標に基づく触診型手技の学習支援システムの試作”; 日本 e-Learning 学会会誌, Vol.9, pp.74-83(2009 年 5 月)
- [6] R. Shibusawa, H. Kuzuoka, J. Yamashita, T. Sato, E. Okamoto, T. Watanabe, H. Yuze, N. Suzuki: “Test Production of an Asynchronous Distance Learning System for Palpation Training-based on a Pressure Distribution Blended into a Video - A Support to Objectively Assessing the Performances of Clinical Nurses”; Proceedings of ASIAGRAPH 2009, Vol.3, No.1, pp.80-83(Oct. 2009)
- [7] 日野原: “フィジカルアセスメント ナースに必要な診断の知識と技術”; 医学書院, 第 4 版, pp.119-126(2007 年)
- [8] A. Simo, M. Cavazza, R. Kijima: “Planning the Cardiac Emergencies : Virtual Patients Based on Qualitative Physiology”; International Journal of Computational Cognition, Vol. 3, No.4, pp.34-47 (Dec. 2005)
- [9] 株式会社京都科学, “フィジカルアセスメントモデル Physiko”;  
<http://www.kyotokagaku.com/jp/educational/products/detail02/m55.html>
- [10] 矢久保, 木下, 安藝, 太田: “腹診教育用シミュレータの開発”; 日本東洋醫學雑誌, Vol.59, No.4, pp.595-600 (2008 年 7 月)
- [11] M. O. Alhalabi, V. Daniulaitis, H. Kawasaki, T. Hori: “Medical Training Simulation for Palpation of Subsurface Tumor Using HIRO”; Proceedings of First Joint Eurohaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems (WHC'05), pp. 623-624(Mar. 2005)
- [12] T. Endo, H. Kawasaki, T. Mouri, Y. Ishigure, H. Shimomura, M. Matsumura, K. Koketsu: “Five-Fingered Haptic Interface Robot: HIRO III”; IEEE Transactions on Haptics, Vol.4, No.1, pp.458-463(Dec. 2010)
- [13] H. Iwata, H. Yano, F. Nakaizumi, R. Kawamura: “Project FEELEX: Adding Haptic Surface to Graphics”; Proceedings of ACM SIGGRAPH 2001, pp.469-475 (Aug. 2001)
- [14] 阿部, 矢野, 岩田: “空気圧バルーンを用いた体積型ハプティックディスプレイ”; 電子情報通信学会技術研究報告. MVE, マルチメディア・仮想環境基礎, Vol.102, No.110, pp.7-10 (2002 年 6 月)
- [15] 嵯峨, 川上, 舘: “力覚の主体性を活用した指示手法に関する研究”; 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.10, No.3, pp.363-370(2005 年 10 月)
- [16] S. S. Shergill, P. M. Bays, C. D. Frith, D. M. Wolpert: “Two Eyes for an Eye: The Neuroscience of Force Escalation”; Science, Vol. 301, No. 5630, p.187(Jul. 2003)
- [17] M. Nakao, R. Kitamura, T. Sato, K. Minato: “A Model For Sharing Haptic Interaction”; IEEE Transactions on Haptics, Vol.3, No.4, pp.292-296(Oct. 2010)
- [18] 佐藤, 橋本, 梶本: “皮膚接触面の形状変化による疑似的な力覚提示手法”; 日本バーチャルリアリティ学

会第 13 回大会論文集CD-ROM(2008 年 9 月)

- [19] 蜂須, 梶本: “運動後に感覚呈示を行う触力覚運動指示システム”; 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会論文集CD-ROM(2010 年 6 月)
- [20] 細澤, 渋谷, 岡本, 佐藤, 横山, 山本, 湯瀬, 青山, 鈴木: “学習支援プログラム作成を想定した概念モデルの構築-フィジカルアセスメントスキル型学習への適用”; 日本e-Learning学会会誌, Vol.10, pp.4-11(2010 年 5 月)

(2011 年 6 月 8 日)

## [著者紹介]

### 渋沢 良太 (学生会員)



2009 年静岡県立大学大学院経営情報学研究科修了。現在、筑波大学大学院システム情報工学研究科博士後期課程在学中。ユーザインタフェース, e-Learning に関する研究に従事。

### ヤエム ヴィボル (学生会員)



2010 年筑波大学工学システム学類機能工学システム専攻卒業。現在、同大学院システム情報工学研究科知能機能システム専攻博士前期課程在学中。力覚提示, ユーザインタフェースに関する研究に従事。

### 葛岡 英明 (正会員)



1992 年東京大学大学院工学系研究科修了。同年筑波大学構造工学系講師, 現在、筑波大学大学院システム情報工学研究科教授。CSCW, HRI, ユーザインタフェースの研究に従事。博士 (工学)。

### 山下 淳 (正会員)



2002 年筑波大学大学院工学研究科博士課程単位取得退学。同年東京大学先端科学技術研究センター特任助手, 現在、筑波大学大学院システム情報工学研究科講師。テレビ会議システムの開発と評価, 五感インタフェースの開発など相互コミュニケーション技術の研究に従事。博士 (工学)。

### 鈴木 直義 (非会員)



1976 年東京都立大学大学院理学研究科博士課程単位修得満期退学。現在、静岡県立大学経営情報学部・大学院経営情報イノベーション研究科教授。主に情報システム開発, 地域・組織情報化, 情報教育, 支援工学, 代数学 (可換環論) の研究に従事。博士 (理学)。