



フォースフィードバック付き触覚デバイスを用いた 鍼治療トレーニング

土井 章男^{*1)} 山下 圏^{*1)} 小川 一^{*2)}

1) 岩手県立大学ソフトウェア情報学部 (〒020-0693 岩手県滝沢市菓子 152-52, doia@iwate-pu.ac.jp)

2) 日本鍼灸治療専門学校 (〒150-0031 東京都渋谷区桜丘町 20-1, ogawa@hanada.ac.jp)

概要: フォースフィードバック装置を用いて、鍼治療トレーニングが行える APT (AcuPuncture Trainer) を研究開発した。本システムでは、足、腕、胴、頭部の 3D モデルに対して、経穴の位置を確認しながら、鍼のトレーニングを行うことが可能である。本研究では、刺入練習用のシリコン板 (ゲル体マット) を利用して、フォースフィードバック制御の改良を試みた。

キーワード: 鍼治療トレーニング, 可視化, 経穴, フォースフィードバック装置付き触覚デバイス

1. はじめに

鍼治療は、身体の特定の点を刺激するために専用の鍼を生体に刺入する治療法である。その治療を行う鍼師の育成は、鍼師養成施設での鍼を用いた実習が必要である。しかしながら、人体への深刺は危険が伴い、また十分な実習時間の確保も困難である。そこで、これらの問題を解決するために、我々は「鍼治療トレーニングシステム: Acupuncture Trainer (APT)」(以下 APT) を開発中である。APT は人体の部位とツボを 3 次元データとして表示し、触覚デバイスを操作して、ツボに触れることによってフォースフィードバックが働き、鍼の刺入動作をシミュレートする^[1] (図 1)。

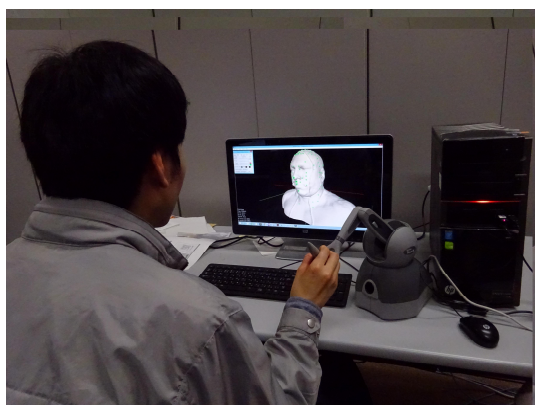


図 1 APT の機器構成

デバイスに付属のスタイラスを操作して、ディスプレイに表示された人体 3D モデルに対し仮想的に鍼の刺入を行うことが可能である。触覚デバイスには 3D Systems 社の Touch および Touch X を使用している。Touch X は Touch に比べて、より繊細な感覚の再現が可能である。

人体 3D モデルは、MRI で人体を撮影した画像データを用いて、Osirix により 3D 化し、球体を経穴の位置に手動で配置した。システム開発には Microsoft VisualC++ 2012, Microsoft Foundation Class(MFC)ライブラリ, OpenGL ライブラリ, OpenHaptics Toolkit ライブラリを用いた。

OpenHaptics Toolkit ライブラリは Application Program Interface (API) 形式で提供され、OpenGL ライブラリと連携して、Touch および Touch X 装置を制御・駆動する。

図 2 は APT 使用時の表示画面である。皮膚・筋肉・骨の透過機能に加えて、経穴の位置 (緑の点) や経穴情報の表示、人体 3D モデルの対象部位の変更等が可能である。

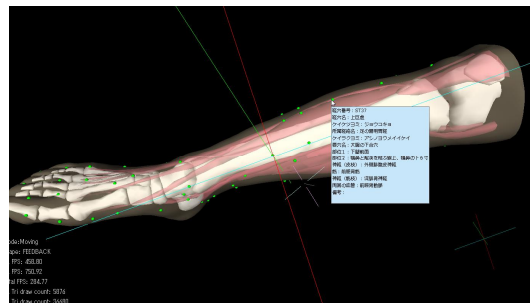


図 2 APT の表示例

2. Acupuncture Trainer (APT)

2.1 概要

APT は PC とフォースフィードバック装置付き触覚デバイスを用いて経穴へ鍼の刺入をシミュレーションする。デ

2.2 カメラ座標変換機能

初期段階でのシステムの評価では、思い通りにスタイラス操作ができない、鍼が人体モデルの任意の箇所には刺入できないという意見が挙がった。そこでこの問題点を解決するため、新たにカメラ座標変換機能を実装した。

Akio Doi, Meguru Yamashita, and Hajime Ogawa

この機能は画面上のツボをマウスでクリックすることにより、クリックしたツボが画面の中心にくるようにモデルを平行移動するものである。我々は本機能を実装したバージョン (Ver.2) と旧バージョン (Ver.1) とで比較実験を行った。その結果、Ver.2 は利便性が格段に向上したとの評価を得ることができた^[2]。

3. フォースフィードバック制御

3.1 組織の違いによるフィードバックの変化

APT は基本操作に関しては一定の評価を得たが、現実の鍼の刺入と同様の触感で操作できるとは言いがたい部分がある。最大の問題点として、触覚デバイスからの操作者へのフォースフィードバックが一定なことが挙げられる。組織の違い (皮膚、筋肉、骨) によりフィードバックの大きさが変化するような実装は行っているが、それ以外ではフォースフィードバックの大きさに違いはない。

そこで、フォースフィードバックのインタラクティブな変化を実現することで、更に現実の刺入感覚に近づけることができると考えられる。図 3 は、実際に鍼灸の学校で生徒が練習に使用する鍼とゲル体のシリコン板である。シリコン板は 60mm×90mm×7mm の大きさであり、硬度はアスカー硬度計による測定値 64-91±1 度の 6 段階である。このシリコン板に対する刺入の感覚と APT での仮想的な刺入の感覚を可能な限り近づけることが現時点での目標である。

3.2 刺入の深さと速度によるフィードバックの影響

APT では、デバイス制御のループ処理において、1 つ前と現在のスタイラスの座標の差の絶対値と組織ごとに重みを変化させた係数との積により次のスタイラス座標を決定し、応力を取得している。係数が小さくなるほど鍼の刺入により大きな力が必要になることを表す。

この係数をなんらかの関数の出力とすることで、フィードバックの大きさを比較的容易に制御可能となる。刺入時のフィードバックが変化する要因として、以下の 2 つが考えられる。

a) 刺入の深さ (dop : depth of penetration)

b) 刺入の速度 (vop : velocity of penetration)

a) については、0 以上の定義域において単調増加または単調減少する関数で近似することができる。b) については、現在のスタイラス座標と 1 つ前のスタイラス座標との差の絶対値が大きいほど速度が速いとみなし、より小さな係数を掛けることで刺入に大きな力が必要とするようにする。

3.3 刺入の内部構造によるフィードバックの計測

3 種類 (No.1 軟らかい・No.3 中間・No.5 硬い) のシリコン板を組み合わせ、それぞれのシリコン板の間に No3 のシリコン板で挟み重ねた、簡易的な 3D 人体モデルを構築した。さらに上部から押圧 (100・200gf) を行い、秤量

計による各シリコンの加重、3D 触覚センサによる各シリコン間の反力の計測を行い、刺鍼時の数値化を試みた^[3]。この重層したシリコンモデルと同じ触感をフォースフィードバック付き触覚デバイスで実現出来れば、より本物に近い刺鍼シミュレーションが可能となると思われる。

4. むすび

本稿では、フォースフィードバック付き触覚デバイスを用いて、鍼刺入時の感覚の再現を試みた。人体との比較が困難なため、刺入練習用のシリコン板、硬さの異なる複数のシリコン板を重ね合わせた重層モデルを用意して、そのフォースフィードバックの再現を試みた。さらに人体内部での鍼刺の触感を精密に再現するためには、鍼の刺入に沿って、鍼の深さ、速度、侵入方向、鍼を押す力、鍼の人体内部での位置を考慮する必要がある。また、鍼の太さによって、異なった触感も必要と思われる。



図 3 刺入練習用のシリコン板と鍼

謝辞

本研究は岩手県立大学の基盤研究費、岩手県立大学地域連携研究センターの全学競争研究費、全学研究支援費の研究助成を得ました。また、公益財団法人 JKA の研究支援を得ています。

参考文献

- [1] H. Ogawa, A. Doi, "Visualization and 3D modeling of anatomical structures relating to acupuncture points, and the educational effects (2nd report) -Recognition of the relationship between the acupuncture point in the lumbar region and the psoas major muscles and the effect on the acupuncture of the psoas major muscle-", All Japan Journal of Acupuncture and Moxibustion, Vol. 67, No. 4, pp. 104-114, 2017.
- [2] M. Yamashita, Z. Gao, A. Doi, H. Ogawa, "Training System Using a Force Feedback Device for Acupuncture Treatment", The 32nd IEEE Int. Conf. on Advanced Information Networking and Applications (IEEE AINA-2018), 2018.
- [3] 小川一, 土井章男, "経穴取穴に関する内部構造の 3D モデル化と教育効果 (第 3 報) - 3D 画像からみた肺経上の陥凹と内部構造-", 第 67 回 (公社) 全日本鍼灸学会学術大会 (大阪大会), ポスター発表, 2018.