

# 人工皮膚モデルと振動刺激を利用した 触診訓練システムの開発とその脳科学的評価

SATテクノロジー・ショーケース2025

## ■ はじめに

正確な触診は、医師などの医療関係者が臨床現場で異常を発見し、迅速に診断を行うための重要な技術である。しかし、特に経験の浅い医師にとって、体系的な触診の訓練を受ける機会は限られているのが現状である。さらに、実際の患者を「訓練台」にすることは、症状のばらつきや倫理的な問題が伴い、効率的な訓練方法とは言い難い。そこで本研究では、リアルな人工皮膚モデルを作成し、その上から異常な内部構造を仮想的に再現するために振動端子を使用した触診訓練システムの開発に取り組んだ。加えて、本システムの性能や訓練対象者のスキルを脳科学的に評価できる実験システムも整備した。自己に対する自信の違いに影響されやすい主観報告や、運動機能の個人差に左右されやすい行動指標とは異なり、脳活動は触覚弁別に関する脳内での純粋な認知情報プロセスやその学習成果を調べることが可能である。

## ■ 試作開発

### 1. 触診訓練システム

本システムでは、ウレタン素材で作られた内部構造をシリコン製の人工皮膚でカバーした手のひらサイズの触診用モデルを作成した(図1(a))。このモデルを用いて、触診訓練者が指で押したときに内部の異常(しこりや骨折、腫れなど)を再現するために2種類の手法を開発した。1つ目は、人工皮膚の数センチ下に硬い心棒(直径5mm以内、長さ約3cm)を埋め込み、その高さを小型サーボモーターで瞬時に変更できるようにする手法である。これにより、触診訓練者が人工皮膚を押し込んだ際に硬さのある「異物」をリアルに再現し、数段階の難易度で設定することが可能である。2つ目は、触診訓練者の指に巻き付けたプローブを介して振動刺激を与えることで、上述した内部の異常を仮想的に再現する手法である(図1(b))：振動刺激の生成には、豊田合成が開発した弾性素材を使用して触覚フィードバックを生成する次世代の触覚デバイス「e-Rubber」を利用)。いずれの手法においても、触診訓練者がどの程度モデルに指を押し当てたかを把握するために圧センサーを搭載し、キャリブレーション後に4段階の押し具合を3つのLEDでリアルタイムに触診訓練者にフィードバックするとともに、制御用PCに伝送した。

### 2. 脳科学的評価システム

本発表では、開発した2種類の手法のうち、振動刺激を活用する手法に基づいた脳波を用いた評価システムを紹介する。音声波形生成ソフトを用いて5種類の異なる周波数の振動刺激を準備した。このうち1つ(5Hz)を標準刺激として、残りの4種類(10Hz, 20Hz, 40Hz, 80Hz)のいずれかを標的の刺激として、標準刺激を1秒間隔で数回提示した後に、突然標的の刺激を提示した(図1(c))。そして、その時の脳波を独自開発のヘッドギアによって計測した。

### ■ 実証実験(予備実験)と今後の展開

試作システムの性能を検証するため、健康成人を対象に予備実験を実施した。実験では、人工皮膚モデルを触った状態での振動刺激の変化が、脳活動、特に注意の高まりを反映する事象関連電位によって検出可能かを調べた。また、振動周波数の差異によって、主観的に異なっているはずの4段階の難易度設定の効果も検証した。その結果、振動刺激の周波数が変わる際に強い事象関連電位が発生することが明らかとなり、その反応の強さは難易度が高まるにつれて弱まること示された(図1(d))。

今後、これらの実験結果をもとに、触診経験の個人差による反応の違いを検証し、触診経験の浅い者でも本システムを反復利用することで、ニューロフィードバック効果を通じて効率的に触診技術を向上させられるかどうかを実証していきたいと考えている。

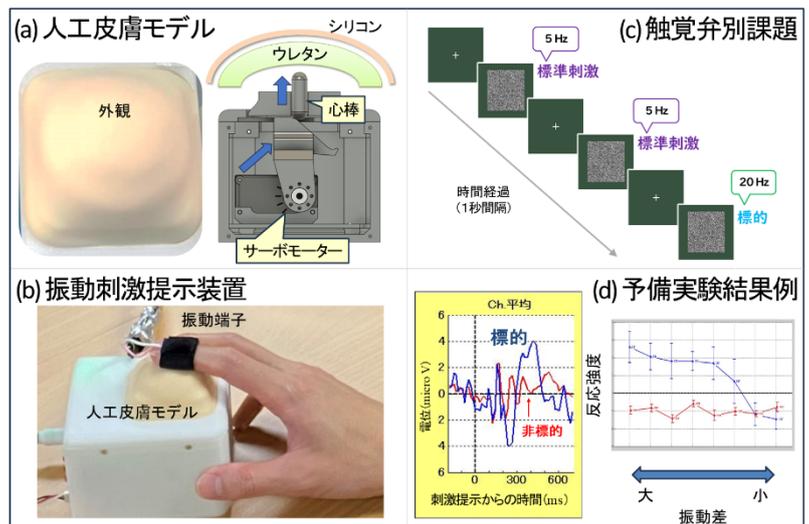


図1 (a)人工皮膚モデル、(b)振動刺激提示装置、(c)触覚弁別課題、(d)予備実験結果例

代表発表者 **長谷川 良平 (はせがわ りょうへい)**  
 所属 **産業技術総合研究所**  
 問合せ先 **〒305-8560 茨城県つくば市梅園 1-1-1 情報棟**  
**E-mail: r-hasegawa@aist.go.jp**

■キーワード: (1) 触診  
 (2) 人工皮膚モデル  
 (3) 脳波計測

■共同研究者:  
 黒木帝聡・藤原武史(豊田合成株式会社)  
 米田英正・山本美知郎(名古屋大学医学部)  
 下田真吾・平田仁(名古屋大学医学系研究科)