

Development of an Object Length Measurement System in a Virtual Reality Space for Medical Education

片山, 礼司

<https://hdl.handle.net/2324/7157297>

出版情報 : Kyushu University, 2023, 博士 (保健学), 課程博士

バージョン :

権利関係 : Copyright, right of publication, right of reproduction and public token of all articles printed and published in the Fukuoka Acta Medica (Fukuoka Igaku Zasshi) lies with the Fukuoka Medical Association.

氏 名：片山 礼司

論 文 名： Development of an Object Length Measurement System in a Virtual Reality
Space for Medical Education

(医学教育のための仮想現実空間に表現した物体長計測システムの開発)

区 分：甲

論 文 内 容 の 要 旨

仮想現実 (virtual reality, VR) 技術は、胆嚢や子宮摘出術などの腹腔鏡手術をはじめロボット支援下手術のトレーニングにも利用され、手術計画や手術手順のシミュレーションへの応用も報告されている。手術計画時、病変解剖に対する空間的理解には、3次元 (three dimension, 3D) 画像による解剖構造の再現と可視化および長さの計測が不可欠である。したがって、VR 技術による没入型デジタル環境であるヘッドマウントディスプレイ (head-mounted display, HMD) 装着時の仮想現実空間において、3D の解剖画像の観察と手術対象部位の長さを正確かつ再現性高く計測する道具を開発することの意義は大きいと考えた。

手術計画で使用される 3D の解剖構造を再現できる 3D プリントモデルでの長さ計測は、ノギスや定規が利用される。しかし、VR 空間で観察が可能な 3D 解剖モデル (以下、VR 解剖モデル) は、HMD を装着して現実空間を視界から遮断するため、ノギスなどの計測器を用いた直接的な計測は適用できない。したがって HMD 装着時の VR 解剖モデルの長さの計測は、理論計算による仮想的な計測が用いられる。現在では HMD 装着下での仮想的な計測が可能な医療用 VR 装置が販売されているが、非常に高額で誰でもが利用することは困難である。また、VR 解剖モデルを手軽に、しかも現実空間で使われているノギスのように長さを計測できるシステムやアプリケーションは見当たらない。

一方、医学教育用の教材として採用する VR 解剖モデルについてのこれまでの研究では、VR 解剖モデルが、人体に替わる学習用モデルとして遜色ないかどうか主眼を置いた評価がされており、VR 解剖モデルの表現サイズやその計測に関する学習効果については十分に検討されていない。また、医学教育に利用可能な VR 解剖モデルの大きさを正確に計測できる物理的な計測器をベースとした計測ツールは開発されていない。VR 解剖モデルのサイズ設定と VR 空間での表現結果の関係を自在に計測し評価できるツールの開発は、医学教育分野での VR 解剖モデル利用に関する継続的な評価のために必要不可欠と考える。

本研究では、HMD を装着した状態で VR 空間に表現された VR 解剖モデルを直感的かつ直接的に計測評価できるデジタルノギスを用いた VR 解剖モデルの物体長計測システムのプロトタイプを開発し、臨床現場や医学教育への適応の可能性と意義について考察することを目的とした。

実物体と仮想物体の位置と動きを同期するセンサで、現実空間のデジタルノギスの jaw と VR 空間の仮想 jaw とを紐づけ、VR 空間で使用できる長さの計測システムを開発した。計測システムの評価は、一辺が 5, 10, 25, 50, 100mm の仮想キューブと、VR で表現した三つの VR 解剖モデル（血管、骨格、臓器）に対して行った。キューブは 1 名の評価者による計測、VR 解剖モデルは 2 名の評価者による計測を行い、結果は、キューブと VR 解剖モデルに対する計測誤差とその統計的分析により評価した。また、評価者内の計測の信頼性と評価者間の計測の信頼性を、級内相関係数（intraclass correlation coefficients: ICC）を求め評価した。

開発した計測システムは、現実空間のデジタルノギスの jaw と VR 空間の仮想 jaw が連動し、HMD 装着下で VR 空間上に表現した物体の長さを計測できた。キューブの計測誤差は、すべてのキューブサイズで 0.5mm 以内であった。また、各キューブサイズの計測誤差間には統計的有意差を認めなかった。VR 解剖モデルの計測誤差はすべての解剖部位で 0.3mm 以内であり、各 VR 解剖モデルの計測誤差の間にも統計的有意差を認めなかった。評価者内および評価者間の計測の信頼性（ICC）はともに 0.99 と十分に高い値を示した。以上のことから、本研究は HMD 装着下で VR 解剖モデルの直接的な計測評価が可能な長さ計測システムのプロトタイプを開発でき、医学・医療分野での活用をできる可能性がある」と結論づけた。