

論文内容の要旨

博士論文題目 共有 AR 技術を用いた超音波プローブ操作の遠隔指導システム

氏 名 末永 貴俊

本研究の目的は、遠隔地の専門医が患者側に居る医療スタッフに対して技術指導を行うことで、患者がどこにいても高水準の医療行為を受けることができる医療環境を構築することにある。

本論文では、専門医と患者をネットワークで結び、AR(Augmented Reality: 強調現実感)技術を用いて情報を共有できる空間(共有 AR 空間)を構築し、専門医と患者があたかも同じ場所に居るかのような感覚で医療行為を行える環境の構築手法を提案している。具体的には、小型・安価・非侵襲であり、被曝の影響もないことから、一般の診療所にも広く普及している超音波診断装置を対象とした超音波画像診断支援システムを構築し、本手法の実用化への問題点を考察している。本論文は以下の7章からなる。

第1章では、研究のモチベーションを記述し、遠隔医療の意義と必要性について記述している。第2章では、一般的な遠隔医療の現状を紹介し、遠隔超音波画像診断支援の特徴と現状の問題点を明らかにし、強調現実感技術による支援システムの必要性とその関連研究を概観している。第3章では、お互い遠隔地に存在する患者計測サイトや診断医サイトが、それぞれ眼前に存在しているかのような超音波画像診断環境を実現する体表投影型簡易強調現実感装置を提案している。通常超音波画像診断では、診断医は計測している断層情報画像を見ながら、手にした超音波プローブの先端位置や体表に対する傾斜角度またプローブの回転角度などを変化させて、診断に最適の断層像を入手することから、まず医師の意思をスムーズに患者計測サイトに伝達する必要がある。また、患者サイトの医療スタッフは医師の指示を的確に実現する必要があり、プローブ操作者が迷いを生じることなく操作することで患者には診断医が自分の眼前にいて安全に操作してくれているという安心感を与えることが重要となる。このため、第4章では、診断医サイトの入力インタフェイスを3次元デジタル、患者サイトの出力インタフェイス画像をコンピュータグラフィクスで提示した3次元プローブ像で体表に提示するシステムを開発し、評価実験を実施している。また、第5章では、診断医側に液晶ペンタブレットを、患者側にWeb-Markと呼ぶ蜘蛛の巣状パターンを提示するシステムを開発し、評価実験している。第6章では、診断医サイトを患者計測状況や患者計測室の全景を没入型仮想現実環境の中に実現し、超音波プローブの操作状況や計測断層像以外の情報が、医師に遠隔診断という意識を減少させ、診断精度の維持向上に有用かどうかを検討している。第7章の結論では、本研究の成果を総括し、提案システムが医療の僻地を解消する一助となることを示している。

氏名	末永 貴俊
----	-------

(論文審査結果の要旨)

本論文は、遠隔医療の一形態である画像診断を実施する上で問題となる診断医と患者側医療スタッフの情報交換を情報ネットワークで実現するためのインタフェイスシステムの開発に関する研究であり、診断医の熟練したプローブ操作を患者サイトに伝送提示し、患者サイトの状況を医師サイトに確実にフィードバックして、安全かつ的確な遠隔超音波画像診断を可能とする環境の構築手法を提案した先端的論文である。従来、必ずしも専門ではない医療スタッフが計測したビデオテープを診断医に送付する仕組みや、情報ネットワーク経由で画像をリアルタイム伝送する試みはあるが、計測断面や画質が的確でないため、改めて診断医のところに患者が来て再計測することが多く、医療費や患者負担の軽減には直結していなかった。本論文は、診断医の指示を患者サイトの医療スタッフに的確に伝える上で、体表投影型簡易強調現実感装置に内在する手暗がりや患者体位の移動などによる投影情報の欠損という問題の解決法を考案したものである。本論文の成果は、以下の2点に要約される。

1. 診断医の操作が遠隔地の医療スタッフに患者体位に無関係に提示可能で、かつ伝送する情報量も少ない新しいインタフェイス用画像である **Web-Mark** を考案し、体表投影型簡易強調現実感装置に適した提示手法であることを検証した。
2. 北海道大学医学部附属病院（札幌）と本学（奈良）間にインターネット経由の遠隔超音波画像診断支援環境を構築し、体表投影型簡易強調現実感システムと **Web-Mark** 提示の評価実験を実施し、未熟練医療スタッフに対しても診断医の操作が的確に反映できることを実証した。

以上述べたように、本論文は、単なる遠隔画像伝送ではなく、操作者の意図を的確に反映した操作を可能にする新しいインタフェイス画像である **Web-Mark** を提案するとともに、投影型簡易強調現実感装置を組み込んだ遠隔超音波画像診断システムを汎用のインターネットで構築して、実際にその有効性を検証した実証的研究である。

これらの研究成果は、学会論文誌1件（第15回電気通信普及財団賞テレコム学生賞受賞論文）、国際会議招待論文1件（ドイツハノーバ万博）、査読付国際学会3件として公表されていること、ならびに連名者としての学会論文1件と国際学会論文2件などを鑑みると、遠隔超音波画像診断という新しい医用情報工学研究分野の発展に学術面での貢献は大きいと認めることができる。また、21世紀の医療として社会的にも注目されている遠隔医療に関する研究であり、2件の新聞報道は社会的ニーズに応える真の実用研究としての貢献も大きいことを示している。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。