

審査の結果の要旨

氏名 小泉 憲裕

高齢化社会の到来により、わが国の医療は今後ますます病院での診療から在宅医療・介護へと移行すると推察される。また、医療の専門・分化が進んでいることにより専門性を有する病気を診断することのできる専門医の数は限られる。このため、さらなる高度で質の良い医療サービスの提供を目指した医療支援システムの実現はわが国にとって重要な課題である。

本論文は、医療支援システムのひとつとして透析肩を中心とする肩関節疾患の診断が可能な超音波遠隔医療診断システムを取り上げ、その構築法について研究したものである。超音波診断は、その安全性、手軽さから医療分野で広く利用されている。

第1章では、本論文の目的について述べている。つぎに、国内外の関連研究について概観し、超音波遠隔医療診断システムの構築法に関する議論がほとんどなされていないことを指摘し、本論文の重要性を示している。

第2章では、まず、本論文で提案する超音波遠隔医療診断システムの問題が提示されている。具体的には、正確な超音波診断のためには、診断画像や検査データのやりとりだけでは不十分であることが指摘されている。そこで、診断画像の獲得操作をも遠隔で行うことのできる機能を追加することにより、遠隔地に存在する患者を診断することのできるシステムを超音波遠隔医療診断システムの問題として提案している。つぎに、超音波遠隔医療診断システムの要求機能が明らかにされ、これに基づいて設計指針が導出、提案されている。これらの要求機能は今後、同様のシステムを構築する上で重要な手法であると評価できる。具体的には、超音波診断画像を適正化するためには、プローブの位置・姿勢・押しつけ力の適正化を行う必要があることを明らかにし、そのために必要な押しつけ力、押しつけ姿勢の精度について明らかにしている。このことが、超音波診断画像を獲得するという専門医の技能を技術としており、評価できる。さらに、提案された設計指針に基づいて、実際に構築した超音波遠隔医療診断システムの基本構成および機能の実装について概説している。

第3章では、診断画像を安定的に獲得・保持可能な制御系の構築について述べられている。診断画像を安定的に獲得、保持できることが超音波遠隔医療診断システムに要求されており、その実現のためにはプローブと患部の接触安定性が要求される。そこで、接触力に応じて制御則を動的に切替える方法、マスタ・マニピュレータ(以下、マスタと呼ぶ)およびスレーブ・マニピュレータ(以下、スレーブと呼ぶ)の各々にインピーダンス制御器を配した力制御系、並びにローカル・インテリジェンス機能を提案し、実験により、その有効性

が示されている。

第4章では、まず、超音波遠隔医療診断のタスク分類を行い、プローブ操作タスクに応じた制御系の動的切替えについて説明されている。具体的には、超音波診断において、プローブ操作の目的に応じて最適な制御系は異なる。しかしながら、従来型のシステムでは作業開始から終了まで制御系は固定されており、タスクによっては使いにくいシステムとなっている問題が指摘されている。この問題を解決するために、本論文では、診断中のプローブ操作タスクに応じて制御系を動的に切替える手法を提案している。このように、状況に応じて最適な制御系を切替えて、診断状況に対応させることにより、結果的に診断を通しての操作性を最適にするという考え方は人間にとって使いやすいシステムという観点から今後ますます重要になると考えられ、本研究によって得られた知見であると評価できる。

第5章では、遠隔連続高追従性機能を有する通信・制御アルゴリズムについて説明されている。マスタ・スレーブ・システムにおける姿勢制御系を従来からの PTP (Point To Point) 制御により実装する場合、マスタに対するスレーブの追従性を高めようとするスレーブの動作が振動的になり、患者に恐怖感を与える。一方、スレーブの安定性を高めようとするスレーブ動作が振動的になるという問題が生じる。この問題に対し、本論文では、連続軌道(Continuous Path)制御を遠隔システムに導入することにより、マスタに対するスレーブの追従性を損なうことなくスレーブの滑らかな動作を実現する手法を提案している。その結果、安全性が向上し、情報伝送量の低減にも資する。このことは本論文で得られた知見として評価できる。

第6章では、構築したシステムを実際の医療の現場に導入した結果について報告している。具体的には、透析患者に対して、構築したシステムによる遠隔診断を行ない、その結果を通常診断の結果と比較することにより、構築したシステムを用いて通常診断と同等の診断が可能であることを示している。このことにより、超音波遠隔医療診断の方法としてマスタ・スレーブ方式が有効な方法の一つであると結論づけられる。このことは、本論文によって得られた知見として評価できる。

第7章では、本研究で得られた結果について総合的な考察が行なわれ、本研究の将来展望が述べられている。

第8章では、本研究の結論が述べられている。

以上をまとめると、本論文は、医療支援システムの一つの方法として超音波遠隔医療診断システムを提案し、その構築法を示した論文である。本研究は同様の医療システムを構築するにあたり、有用な指針を与える。なお、対外発表の主なものとして、学術論文が3編、国際会議論文が6編ある。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。