

氏名(本籍)	Yem Vibol		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第 7305 号		
学位授与年月日	平成 27 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	外装型触力覚提示装置を用いた手技訓練手法に関する研究		
主査	筑波大学 教授	博士(工学)	葛岡 英明
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	中内 靖
副査	筑波大学 教授	Ph.D.	田中 二郎
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	矢野 博明
副査	筑波大学 准教授	博士(情報科学)	望山 洋

論文の要旨

手技訓練を支援する従来の触力覚提示装置の研究では、学習者が掴んでいる道具を直接アクチュエータで駆動することで道具を介して学習者の掌に触力覚を提示し、正しい動作に誘導する方法が一般的であった。しかし、強い力で道具を握ることが必要となる作業(たとえば気管挿管における喉頭展開という作業)に対しては、従来の教示手法では2つの問題が生じる。

1つ目は、ウェーバーの法則に起因した問題である。ウェーバーの法則とは、人に刺激を与えたとき、その違いを知覚できる弁別閾は、刺激の強さに比例するという法則である。すなわち弱い力で道具を握っている場合には、アクチュエータが小さな力を道具に伝えるだけで、人はその力を感じることができるが、強い力で道具を握っている場合、その力に比例した大きな力を加えなければ人はその力を感じることができないのである。大きな力を加えるためには大きな出力を出せるアクチュエータが必要となり、製造コスト、設置スペース、安全性の面で問題が生じることになる。2つ目は、訓練における能動性に関する問題である。手技訓練では、喉頭鏡にかける力の大きさと向きの時間的な変化を学習する必要があるが、道具自体がアクチュエータによって能動的に動くシステムでは、学習者は道具に手をそえて受動的に学習するだけでよいことになり、学習効果が低下してしまうことが指摘されてきた。

そこでこれらの問題を解決するために、本研究では学習者の手の外側に触力覚を提示して誘導する手法を提案した。この手法では道具を直接駆動するのではなく、学習者の手の外側に触力覚を提示した。手の外側にはそれ以外の力が加えられていないため、比較的小さな力で学習者が誘導力を知覚することができるかと予想された。また、この手法では、アクチュエータが学習者の手を強制的に動かすことにならず、学習者は自分の力で道具を能動的に動かさなければならないため、学習効果も高くな

ると期待された。提案手法を実現するために、まず手の外側に触力覚を与えて誘導できる外装型触力覚提示装置 (OCHD: Outer-Covering Haptic Display)を開発した。そしてその有効性を確認するために、刺激閾実験と学習効果に関する実験を行った。

刺激閾実験では、OCHD を利用して Pitch 方向の回転（患者の口を開くために喉頭鏡を動かす方向）に対する刺激閾（触力覚を感じる最小の刺激値）を調査した。その結果、喉頭鏡を直接アクチュエータで駆動した場合は、学習者が道具を把持する握力が強くなるほど、刺激閾大きくなったのに対して、OCHD を利用した場合は握る強さにかかわらず刺激閾がほぼ一定になることがわかった。この結果、アクチュエータを小型化できる可能性を示すことができた。

学習効果を検証する実験では、喉頭鏡を直接駆動する誘導手法、および喉頭鏡に加える力の大きさと方向を視覚情報によって提示する手法と比較した。その結果、OCHD を利用した方が喉頭鏡の操作を正確に学習できることがわかった。

これらの結果から、道具を強く握らなければならない手技の訓練において、提案手法は従来の手法よりも、アクチュエータが必要とする出力を小さくできる点、学習効果を高められる点において、有効性が高いことが示された

審 査 の 要 旨

【批評】

手の外側に触力覚を提示するというアイデアの新規性が認められた。また、実験のためのマニピュレータ、OCHD、計測装置などをすべて自分で開発した点、心理学的な実験を計画・実施し、統計的な検定を利用して厳密な評価を行った点、そして提案手法の有効性を示すことができた点は高く評価された。さらに、これらの研究成果が2本の論文誌に採録されたこと、最難関国際会議である CHI に論文 (notes) が1本採択されたことは、研究の意義の大きさを示していると評価された。ただし、現行の OCHD の設計指針、装置の制御手法、実験条件の正当性、評価手法の正当性などに関する説明が不足している点が散見されたため、そうした点に関して多くの質問があった。しかしこれらに関しては、質疑によってその妥当性が十分に説明された。こうした問題以外に、論文の体裁に関して若干の問題が指摘されたため、論文に軽微な修正をおこなうこととなった。

【最終試験の結果】

平成 27 年 2 月 5 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。