

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	兵 頭 翔 洋
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 大西 公平
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 池原 雅章
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 矢向 高弘
		慶應義塾大学教授	工学博士 本多 敏
(論文審査の要旨)			
<p>学士(工学)、修士(工学) 兵頭翔洋君提出の学位請求論文は「Motion Control for Haptics and Its Application to Delayed Communication Systems」(ハプティクスのためのモーションコントロールとむだ時間を伴う通信システムへの応用)と題され、8章から構成されている。</p> <p>工学におけるハプティクスとは人間の力触覚を人工的に伝え、遠隔動作を実現する研究分野である。力触覚は視覚や聴覚に比べ、より能動的でかつ時間の遅れを許さないため人工的な伝送は簡単ではない。本論文の主張は、力触覚の通信が可能であるということと接触対象のインピーダンスをマスタ側で再現することが等価であることを利用して、周波数応答等の古典的な方法で力触覚伝送性能の評価が十分可能であることを示したことにある。この手法は通信遅れによる性能劣化の評価にも適用することが可能であり、更にむだ時間補償のための補償器設計にも拡張できることを明らかにしている。このように、比較的簡便な方法でハプティックシステムの性能評価とむだ時間補償が可能になることを明らかにしたのが特徴である。</p> <p>第1章では、研究の背景と目的を述べ、従来の研究を概説した。</p> <p>第2章では、ハプティクスの基礎となるロバストなモーションコントロールについて概説し、それが加速度の完全制御と等価であることを明らかにしている。</p> <p>第3章では、多自由度化のための機械的な設計例を提示し、多自由度のロボットハンドを製作し、フレキシブルアクチュエータにより比較的低慣性で実現できることを示した。実験機による周波数応答による評価においてもそのことを確認している。</p> <p>第4章では、力触覚の評価を環境のインピーダンス、即ち仮想的な剛性や粘性で評価でき、従来用いられてきた操作性や再現性を周波数領域で解釈したことを等価であることを明らかにしている。</p> <p>第5章では、人間の動作と環境のインピーダンスの関係を動作モードという概念を導入して簡潔に表現できることを示し、併せて動作モードを表すモード行列が動作の方向性を示していることを見出し、力触覚の通信が動作のモード通信と表裏の関係にあることを明らかにしている。</p> <p>第6章では、通信系の持つ変動遅延やパケット欠損等の実際的な問題点を取り上げ、これらが仮想的な外乱であると捉え、ロバスト制御手法を援用することで補償器が設計できることを示し、実用上の問題点の解決法を具体的に提示し、実験によりその有効性を確認している。</p> <p>第7章では、第6章の結果を拡張し、接触対象やむだ時間モデルに依存しないむだ時間補償器を提案し、操作性や再現性がスミス補償器と同等の性能を持つことを明らかにしている。</p> <p>第8章は本研究の成果を要約し、今後の展望を述べている。</p> <p>以上要するに、本論文では遠隔操作の基本となるハプティクスにおけるモーションコントロールにおいて、古典的な手法でその性能が評価できることを示し、通信遅れなどのむだ時間系が介在している場合の補償器の設計と性能評価についての実用的な提案を行い、その有効性を理論と実験の双方で実証したもので、ハプティクス分野において工学上、工業上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			
学識確認結果	<p>学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および総合デザイン工学特別研究第2(システム統合工学専修)科目担当で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。</p> <p>また、語学(英語)についても十分な学力を有することを確認した。</p>		