HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ヒトの知覚・運動特性を考慮した任意点操作可能なパワーアシストシステム［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	渋川, 文哉
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第11313号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55657
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Fumiya_Shibukawa_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (情報科学)　　氏名　渋川　文哉

審査担当者　主　査　准教授　田中 孝之
副　査　教　授　小野里 雅彦
副　査　教　授　金子 俊一

学位論文題名

ヒトの知覚・運動特性を考慮した任意点操作可能なパワーアシストシステム
（Power Assist System Operable from Arbitrary Operational Point Considering on Human Cognition and Motor Function）

本論文では, 固定型パワーアシストシステム (PAS) の新たな操作方法とヒューマンインタフェースならびに制御手法について述べられている.

第 1 章では, 本研究の背景, 目的, および概要について説明している. 様々なパワーアシストシステム (PAS) を挙げ, 分類し, 作業領域と操作性の観点から利点および不利点をまとめ, 本研究の位置づけを述べた. さらに, 提案技術の関連研究としてテレオペレーションシステムとヒューマンインタフェースについてまとめ, 本研究の優位性, 新規性を述べている.

第 2 章では, 本研究の対象である任意点操作可能な PAS を実現するマルチポータル・ヒューマンインタフェース (M-HI) について述べている.PAS を先端部でなく任意点から操作することにより, 作業領域拡張という利点があるが, 一方で操作点が変化することによる操作性低下の問題が発生する. ここでは, 任意点操作による利点と不利点をまとめ, 直観的な操作を実現するための課題を示している. また, 本章では対象とするパワーアシストシステム及び, 提案する M-HI のシステム構成を示した.M-HI 適用 PAS は, 任意点に取り付けたフォーストルクセンサへの操作力を入力とし,PAS 先端部に増幅した操作力を出力するものである. さらに, 実験装置及び実験環境についても併せて説明している.

第 3 章では, 操作者の PAS への入力を安定化する手法を述べている. 操作者が PAS を操作する際, 作業対象物と PAS 操作における操作者の視覚的な変化と操作力の関係性について解析した結果, 操作者の視線方向と操作力方向が直交するような場合操作力方向のばらつきが大きくなることを確認している. この関係を数理モデル化し, 操作力を安定化させるために, ファジィ回帰分析に基づく視空間認識考慮型操作力安定化法 (Fuzzy regression analysis based Force Stabilization considering Visuo-Spatial recognition:F-FS-VS) を提案している. 実機及びシミュレーションにより, 提案手法の有効性を示した.

第 4 章では, 操作点における力の干渉を考慮した操作点運動協調化について述べている.PAS 先端部を制御する際に M-HI を用いて任意点から操作する場合, 操作点の挙動と PAS 先端部の挙動は一般には一致しない. そのため, 操作性が低下することが考えられる. 操作点の運動方向と操作力の方向のずれによる力を操作点干渉力と定義し, それが操作性へ及ぼす影響を評価した. 操作点干渉力と操作性の関係から, それぞれの最適化を行う操作点運動協調化 (Operational Point Motion Harmonization:OPMH) を提案した.OPMH を適用した PAS 実機を用いてその有効性を示している.

第 5 章では, 操作点のインピーダンス特性に基づく操作性改善について述べている.PAS 先端部をインピーダンス制御した時,PAS 先端部から操作する場合は, 操作者は設定した所望のインピーダンスで動作する先端部の動作を感じながら操作できるが,M-HI により任意点から操作する場合, 操作者は設定したインピーダンスと異なるインピーダンスを感じながら操作することになるため操作性が低下する. 操作点の運動を先端部と同様のインピーダンスモデルで表した場合の各インピーダンス値を操作点インピーダンスと定義し, 操作性への影響を評価した. さらに先端部と異なる操作点インピーダンスを修正し, 操作性を向上させている.

本研究で提案している M-HI のように,PAS における任意点からの直感的制御は非常に画期的である.M-HI 搭載 PAS は従来型 PAS よりも大きな作業領域を持ち, 操作者の力を増幅させるだけでなくリーチも拡大する全く新しい PAS のインタフェースシステムである. また,PAS の動作制御において操作者の知覚特性と運動特性の両方を考慮し, 特に操作者の視空間認識を考慮した PAS は他に類を見ない.

また, 提案手法により重量物運搬作業等において PAS の利点である直感的な操作感を維持しつつ, より安全に作業を遂行可能にすることが期待できる.M-HI はフォーストルクセンサ等の操作入力装置の位置さえ変更できれば, 他に特別な装置を用いること無く用意に適用可能である. また, 提案したヒトの視線と操作力方向の安定性モデルや, 干渉力を用いた操作性評価指標は既存の PAS にも適用可能である.

以上を要するに, 著者は, ヒトの知覚・運動特性を考慮した PAS の操作拡張性を向上させる画期的なソフトウェアヒューマンインタフェースを提案し, 実験的にその有効性を示している. 本研究の成果は,PAS に限らず, 多くの人間機械系インタフェースの設計に活用でき, その分野の発展に大きく貢献できる. よって, 著者は北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格あるものと認める.