HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	パワーアシストシステムにおける操作対象物の操作方向を考慮した軌道上への誘導力場の設計と手先誘導効果の検証［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	松田, 潤樹
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第15698号
Issue Date	2023-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/91184
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Junki_Matsuda_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　松田 潤樹

審査担当者　主　査　教　授　田中 孝之
副　査　教　授　山下 裕
副　査　教　授　近野 敦

学位論文題名

パワーアシストシステムにおける操作対象物の操作方向を考慮した軌道上への誘導力場の設計と手先誘導効果の検証
（Design of Guidance Force Field Considering Approachability for Power Assist System and Validation of Improvement Maneuverability ）

パワーアシストシステム (PAS) は、産業、医療などの分野で、操作者の肉体的な疲労軽減や重量物の搬送を目的として活用され、我が国の生産労働人口減少に伴う産業の労働力不足の解消にも期待されている。作業用 PAS の特徴としては、操作者が PAS を操作するためのインターフェースを備え、マニピュレータが人に追従して動作する人間機械協調型のシステムである点が挙げられ、一般的な産業用ロボットで必要とされるティーチング作業が不要であり、人間の巧みさや臨機応変さを損なわずに運用できるという利点がある。一方で、作業が繰り返しを前提とする場合、操作者に対する肉体的および精神的な負担が蓄積し、集中力や生産性の低下が懸念される問題も存在する。これらを抑制するために、インピーダンス制御を用いて PAS の追従性を改善し、操作性を向上させる取り組みが行われてきた。しかし、操作者にとっては意図しない小さな力であっても大きな力として出力され、操作者に危険をもたらす可能性があることがあった。

筆者は、従来の PAS の問題点に対処すべく、PAS の自律性を活用した手法を提案した。従来の PAS と同様に操作性を向上させつつ、生産性を維持し、操作者の集中力の低下が事故につながらないように、操作者の「随意性」を活かしながら PAS の「他律性」を最適化する設計を行った。手先誘導では、対象物に適した経路で接近できるように、操作対象物の操作方向を考慮して軌道を生成し、軌道上の手先速度を予測する操作モデルを構築した。予測した手先速度が実現できるように、仮想的な力で操作者の手先を誘導する手法を提案した。この際、作業者のスキルや行動戦略に対する影響を最小限に抑えるため、仮想的な誘導力の範囲を定義し、操作者の意図が PAS の予測した動作や力と合致しない場合には誘導力から解放されるように設計した。被験者実験では PAS 操作力および目標軌道への追従性から操作性を評価し、提案手法により操作性を向上できることを確認している。

本論文は次のように構成されている。第 1 章で研究の背景と従来研究、本論文の目的、提案手法を実装する PAS のシステム構成について説明している。第 2 章では、操作対象物の操作方向を定義し、対象物までの軌道生成方法と手先誘導の設計について述べている。ここで、作業者のスキルを損なわず、行動戦略を妨げないために、誘導力の範囲も考慮に入れている。第 3 章では、設計した誘導力を評価する操作性評価実験を実施し、提案手法が操作性向上に寄与することを示している。さらに、第 4 章では、操作者の随意性と PAS の他律性を最適化するため、誘導力の範囲を適切に設定することで、更なる操作性向上を実現する手法について述べている。

以上を要するに、著者は従来の作業用 PAS で重視されてきた操作力の低減だけでなく、操作者の行動戦略を妨げないアシスト手法を実現した。この論文の成果は、PAS の自律性と安全性、操作性の向上に貢献するとともに、ロボット工学の発展に大いに寄与する。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。