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_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 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

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。従来のパワーアシストシステムにおいて、操作力を低減するために、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。操作者が系に入力した力が制御則に従って拡大するため、これらの問題を抑制するのは難しいこともある。

本研究では、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ます。従来型 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う。提案手法では、仮想的な誘導力を使用して PAS の手先を誘導し、操作者の「随意性」を活用しつつ、PAS の「他律性」を最適化し、従来の PAS と同様に操作者が発揮する操作力を低減することを目指した。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。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。

本論文では、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する。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る。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す。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。

以上の提案手法により、従来の作業用 PAS で研究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 の自律性と安全性を向上させるのに大いに貢献できるものと考える。