



力情報を用いたロボット位置制御の効果： 各システムへの適用

高橋 哲太[†], 石橋 豊[†], 黄 平国[‡], 立岩 佑一郎[†]
[†]名古屋工業大学, [‡]岐阜聖徳学園大学

映像情報メディア学会 2023年冬季大会
2023年12月26日



概要

- 背景
- 従来研究
- 目的
- 力覚フィードバックを用いた遠隔ロボットシステム
- 力情報を用いたロボット位置制御
- 実験方法
- 実験結果
- 結論と今後の課題

背景 (1/2)



- 力覚フィードバックを用いた遠隔ロボットシステムに関する研究が注目
- 遠隔ロボットシステムを用いることで様々な協調作業が可能

触覚インタフェース装置を通じて、ロボットアームが触れた遠隔にある物体の形状・重さ・柔らかさなどが利用者に伝わる（力覚フィードバック）



協調作業の効率と精度の向上が期待



背景 (2/2)

QoS (Quality of Service) が保証されていないネットワーク上で位置 / 力情報を送信するとき



ネットワーク遅延, パケットロス
など

QoE (Quality of Experience)
の劣化

不安定現象

QoS 制御 + 安定化制御 が必要

従来研究



- 力情報を用いたロボット位置制御^{*1}を遠隔ロボットシステムに適用し, より安定した協調作業(物体を一緒に運ぶこと)を実現

ロボットアームの位置を, 対象となる物体に加わる力を軽減する方向に微調整

- ✓ 対象物に加わる力の軽減に有効
- ✓ 対象物ごとに最適な調整値が存在
- ✓ 最適な調整値は対象物の特性によって変化



目的

従来研究

力情報を用いたロボット位置制御の効果が示された

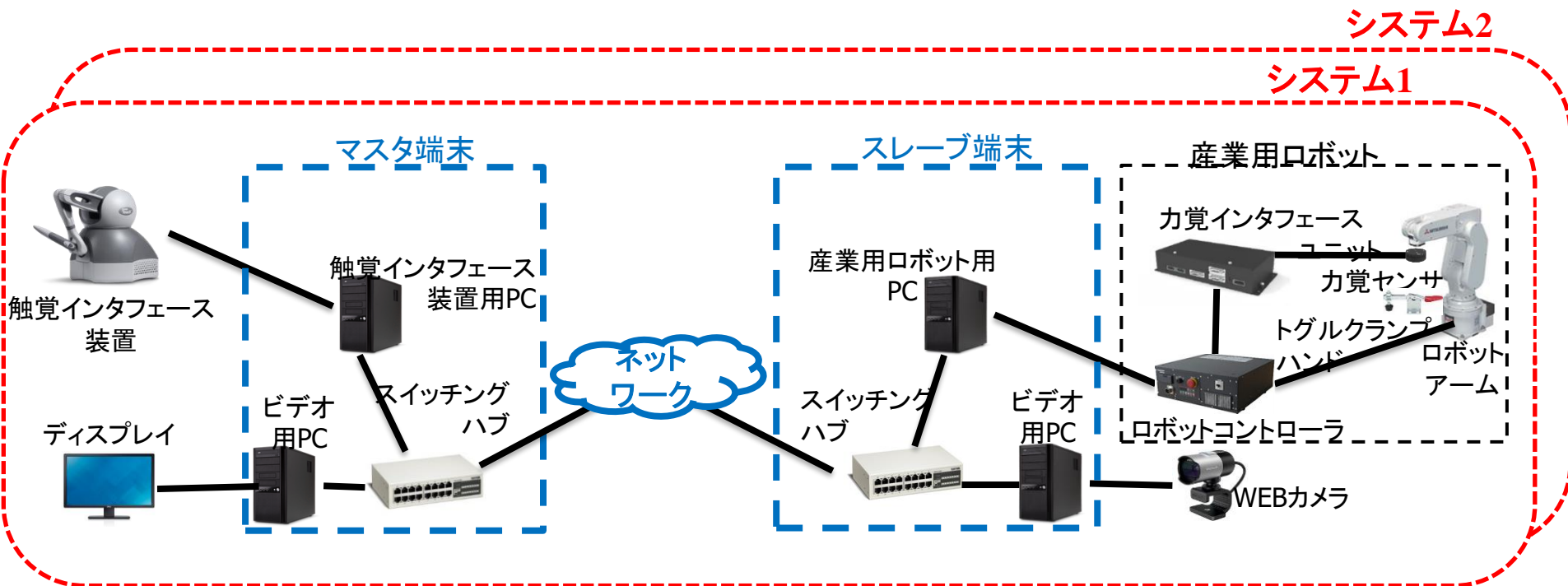
※これは片方のロボットを手動,もう片方を自動で動かした場合

両方を手動操作し,制御を適用した際の効果について
これまで明らかにされていない

本研究

力情報を用いたロボット位置制御を両方のロボットに適用した際の
二つの遠隔ロボットシステムの協調作業に与える影響について調査

力覚フィードバックを用いた 遠隔ロボットシステム



システムの構成

力情報を用いたロボット位置制御

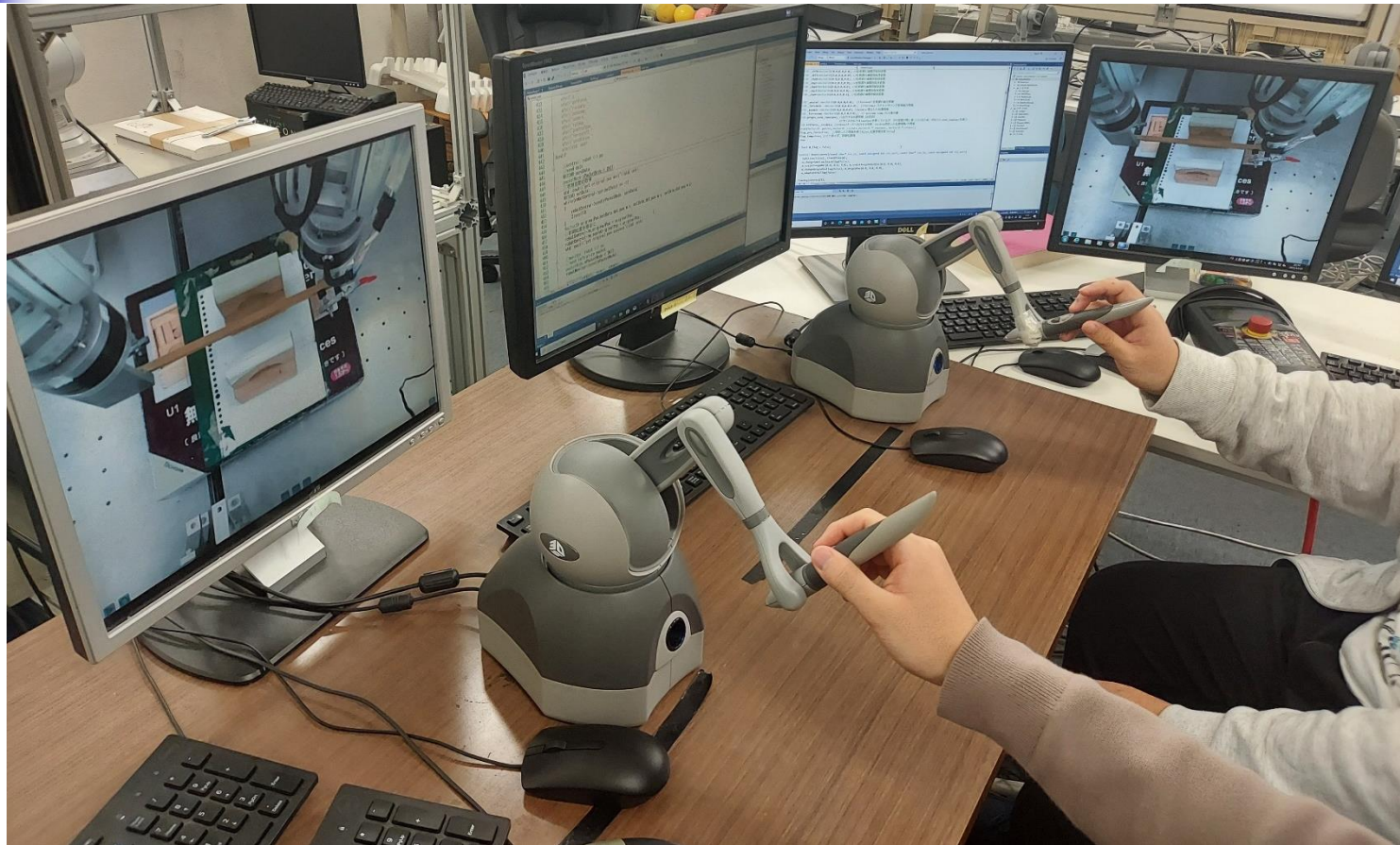
$$\hat{S}_t = S_t + P$$

$$P = aF$$

物体にかかる力が小さくなるように位置を調整

- \hat{S}_t : 時刻 $t (t \geq 0)$ における位置調整中のロボットアームの位置ベクトル
- S_t : 時刻 $t (t \geq 0)$ におけるロボットアームの位置ベクトル
- P : 位置調整ベクトル
- F : 力ベクトル
- a : 係数 (物体の長さにより決定)

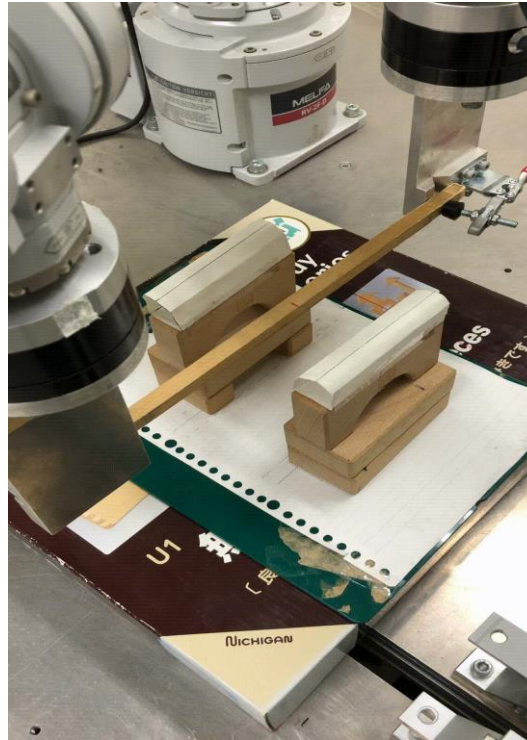
実験方法 (1/3)



二人の利用者がビデオを見ながら
触覚インタフェース装置を一つずつ手動で操作

実験方法 (2/3)

ロボットアーム
(システム 2)



ロボットアーム
(システム 1)

- 利用者はロボットアームを互いに平行に保ちながら、前方に40mm, その後, 後方に80mm動かす
- 実験毎にほぼ同じ速度で動かし, 作業開始から約5秒で一つの紙ブロックに, 約10秒で二つ目の紙ブロックに接触

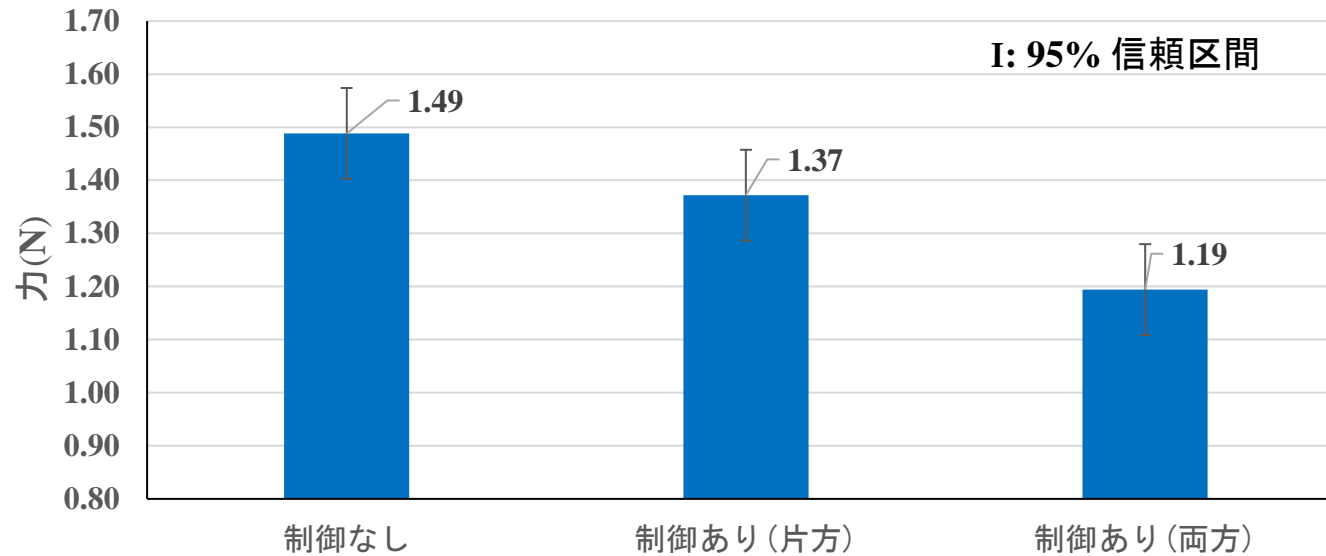


実験方法 (3/3)

- 力情報を用いたロボット位置制御を適用するシステムの数を変更
- 以下の3通りの方法で実験
 - ①制御の適用なし(制御なし)
 - ②片方(システム2)にのみ適用(制御あり(片方))
 - ③両方に適用(制御あり(両方))
- 各実験中に木の棒にかかる力の絶対値の平均値と最大値を測定し、20回の試行におけるそれらの平均値を算出(平均力の平均, 最大力の平均と呼ぶ).

実験結果(1/2)

システム2における平均力の平均

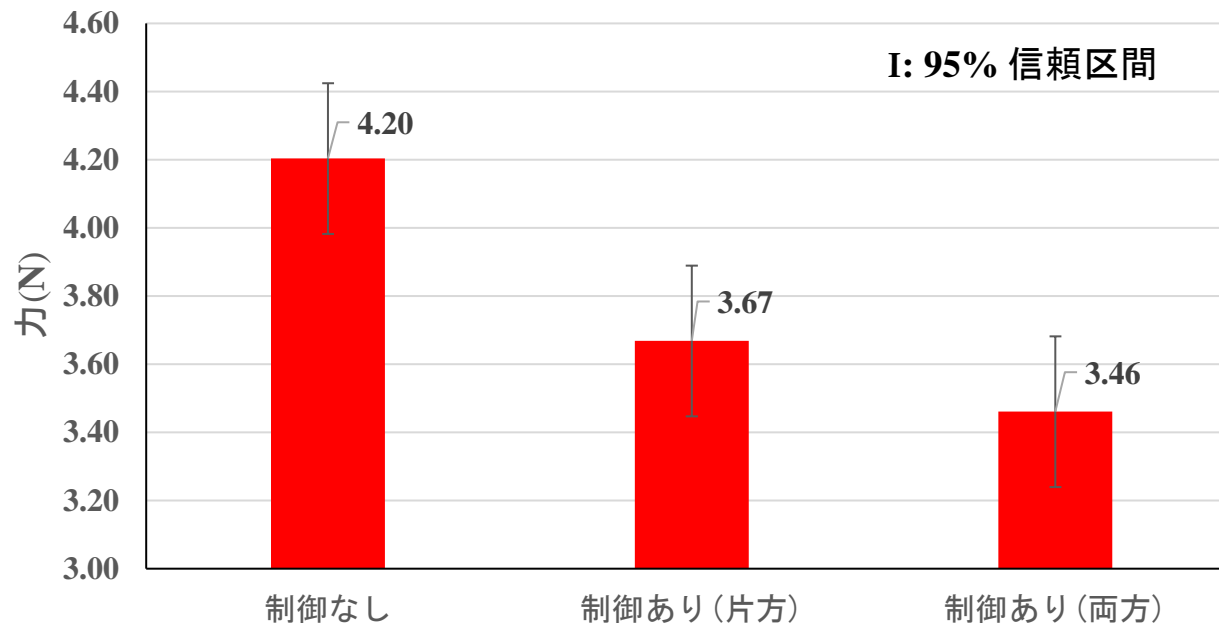


- 平均力の平均は、制御無し、制御あり(片方)、制御あり(両方)の順で小さくなる

t検定の結果から、制御無しと制御あり(両方)の間には有意差が存在

実験結果(2/2)

システム2における最大力の平均



- 最大力の平均も、制御無し、制御あり(片方)、制御あり(両方)の順で小さくなる

t検定の結果から、制御無しと制御あり(両方)の間には有意差が存在

結論

- QoS制御として、力情報を用いたロボット位置制御を力覚フィードバックを用いた遠隔ロボットシステムに3通りの方法で適用
 - ①制御なし
 - ②制御あり(片方)
 - ③制御あり(両方)
- 制御あり(両方)の場合が最も物体にかかる力が小さくなった



力情報を用いたロボット位置制御は、
両方のロボットに適用した際、最も効果的である



今後の課題

- 前後方向以外への動作に対する制御の有効性の検証
- これ以外の作業に対する制御の適用及び有効性の検証