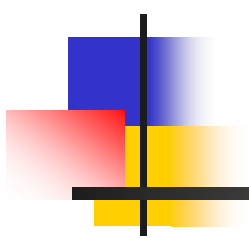


電子情報通信学会 CS/CQ研究会
オンライン開催 CQ1



移動ロボットを考慮した力情報を用いたロボット位置制御の拡張

金石和也[†] 中川博詞[†] 石橋豊[†]

黄平国[‡] 立岩佑一郎[†]

[†]名古屋工業大学 [‡]岐阜成徳学園大学

2021年5月13日



背景

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に注目

- 物体の形状や柔らかさを伝えることが可能
- 遠隔ロボットを用いることで、人が作業を行えない場所での作業が可能
- ネットワーク遅延などでQoEが劣化

QoEの劣化を防ぐためにQoS制御を検討



従来研究

*1 金石 他, ITE創立70周年記念大会, 14C-5, Dec. 2020.

- 力覚フィードバックを用いた二つの遠隔ロボットシステムを対象*1
 - 適応型 Δ 因果順序制御
 - ➡ ネットワーク遅延の影響を軽減
 - ロボット位置制御
 - ➡ 大きな力を抑える

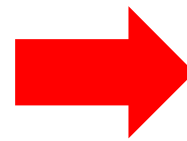
問題点

移動可能な場合は想定外



目的

遠隔で移動可能ロボットを用いる場合

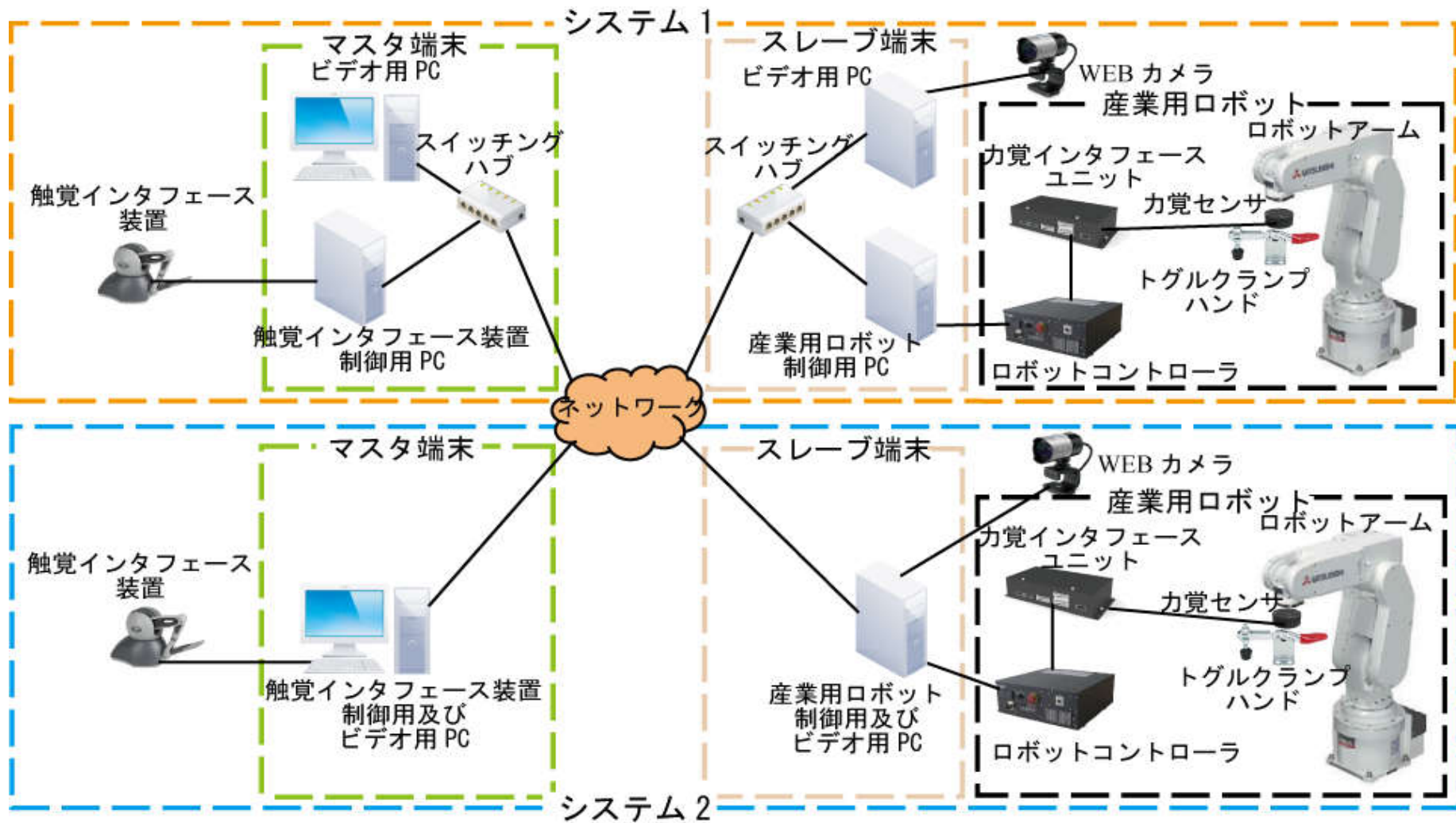


障害物がある可能性

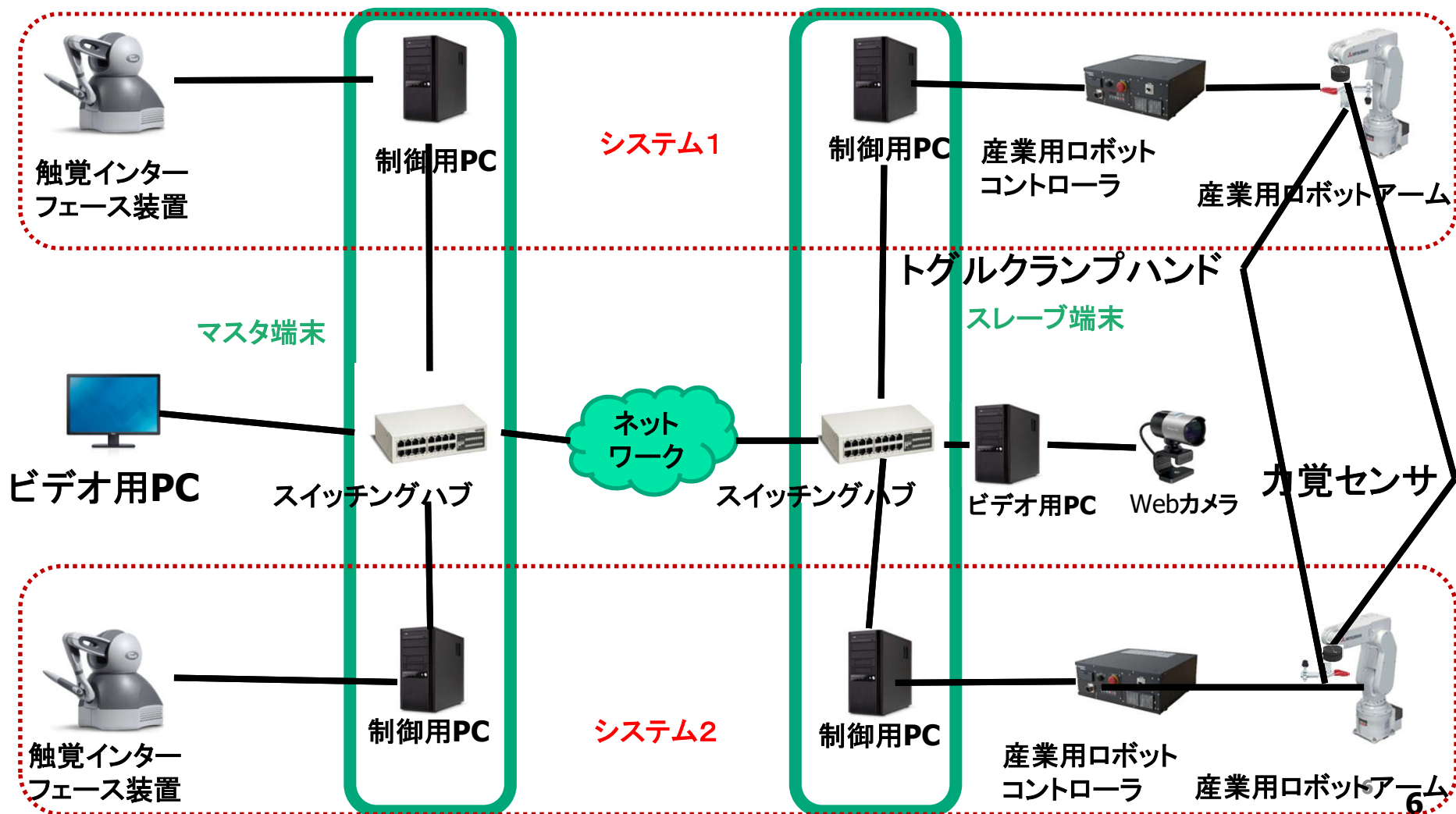


- 移動可能ロボットを想定し力情報を用いた遠隔ロボット位置制御を検討
- 上下方向の急激な位置変化に対応

力覚フィードバックを用いた遠隔ロボットシステムの構成



力覚フィードバックを用いた遠隔ロボットシステムの構成





反力の計算方法*2

*2 金石 他, ICTCE, pp. 34-38, Nov. 2019

$$\mathbf{F}_t^{(m)} = K_{\text{scale}} \mathbf{F}_{t-1}^{(s)} \quad (1)$$

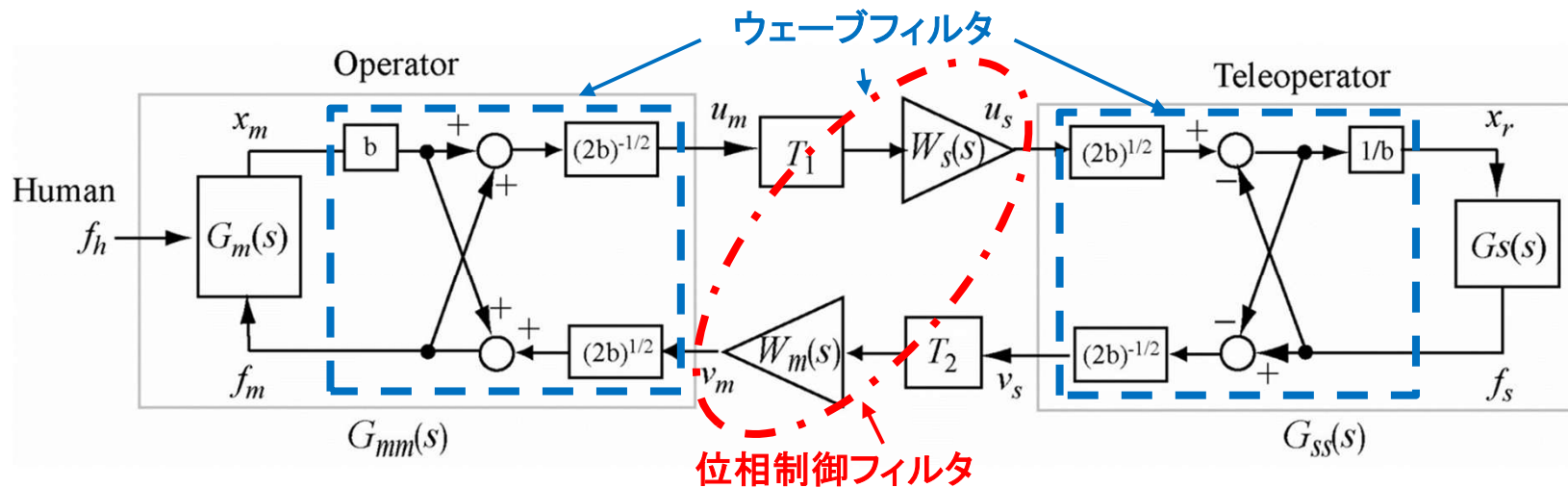
$\mathbf{F}_t^{(m)}$: 時刻 $t(> 0)$ (ms)にマスタ端末で出力される反力

$\mathbf{F}_t^{(s)}$: 時刻 t (ms)にスレーブ端末から取得した値

K_{scale} : $\mathbf{F}_{t-1}^{(s)}$ にかける倍率(=0.5)*2

フィルタによる安定化制御

*3 P. Huang *et al.*, IJCNS, July 2019.



ウェーブフィルタに位相制御フィルタを組み合わせ、
安定した動作を実現



位置の計算方法

*4 田口 他, 信学総大, B-11-17, Mar. 2018 .

ロボットアームの位置^{*4}

$$S_t = M_{t-1} + V_{t-1} \quad (|V_{t-1}| < V_{max}) \quad (2)$$

S_t : 時刻 $t(> 0)$ におけるロボットアームの位置ベクトル

M_t : 時刻 $t(> 0)$ にスレーブ端末がマスタ端末から受信した
触覚インタフェース装置の位置ベクトル

V_t : 時刻 $t(> 0)$ におけるロボットアームの速度ベクトル

V_{max} : ロボットアームの最大速度 (=5mm/ms)



力情報を用いた ロボット位置制御の拡張(1/2)

*5 石川 他, 信学技報, CQ2020-18, June 2020.

$$\widehat{S}_t = S_t + P \quad (3)$$

$$P_z = aF_z \quad (|F_z| < 0.7\text{N}) \quad (4)$$

$$a = 4.82 \times 10^{-2}l - 1.16 \quad (5)$$

\widehat{S}_t : 制御後の時刻tにおけるロボットアームの位置ベクトル

S_t : 時刻tにおけるロボットアームの位置ベクトル

P : 物体に加わる力を軽減する調整値ベクトル

P_z : 上下方向(z軸)の物体に加わる力を軽減する調整値

a : 角材の長さ l [cm]に対する係数*5



力情報を用いた ロボット位置制御の拡張(2/2)

$$P_z = aF_z \quad (|F_z| < 0.7\text{N}) \quad (4)$$

上昇時(0.14mm/ms)

$$P_z = 0.01 \times 1.2^n \quad (|F_z| \geq 0.7\text{N})(6)$$

下降時(自由落下)

$$P_z = -0.01 \times 1.12^n \quad (|F_z| \geq 0.7\text{N})(7)$$

P_z : 上下方向(z軸)の物体に加わる力を軽減する調整値

n : ロボットの位置調整回数(3.5ms周期)(初期値:0)



実験方法

システム1

- 自動で前方向に動作
- ↓
- 20mm進んだところで自動で一定距離上昇または下降

システム2

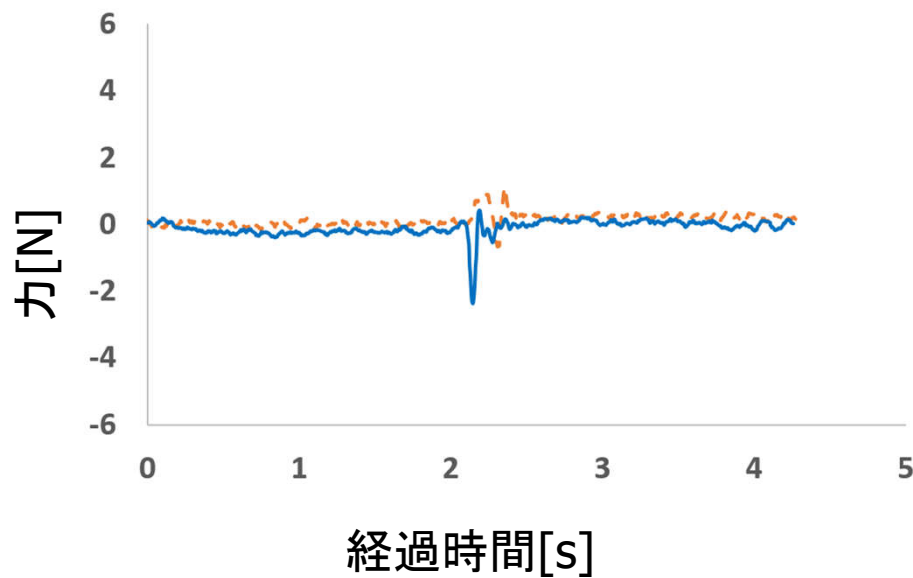
- 拡張したロボット位置制御を適用
- 制御のみで上下方向に動作
- 前方向は手動操作

- 上昇・下降距離: 10mm, 20mm, 30mm

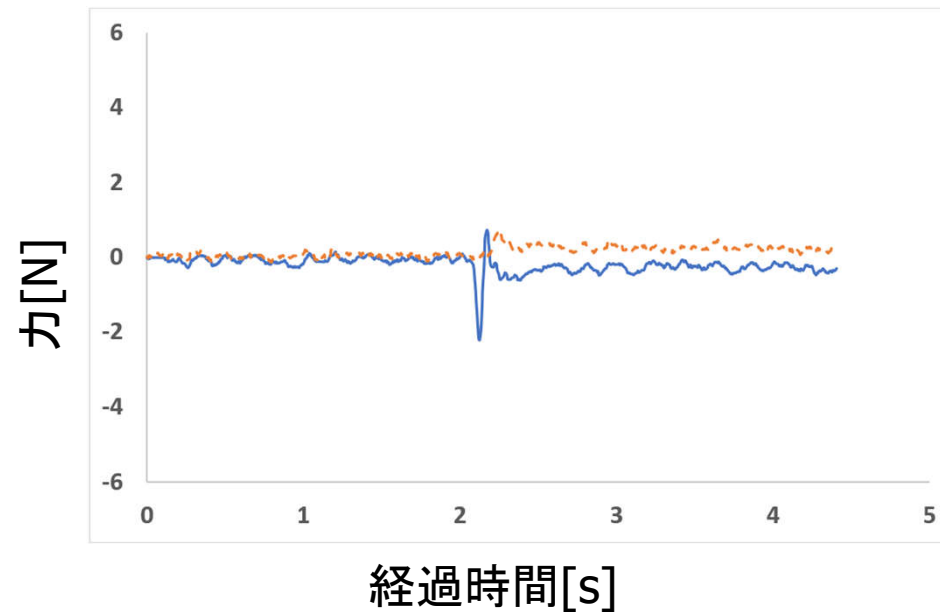
実験結果(1/6)

経過時間に対する力の変化

上昇: 10mm



拡張制御あり



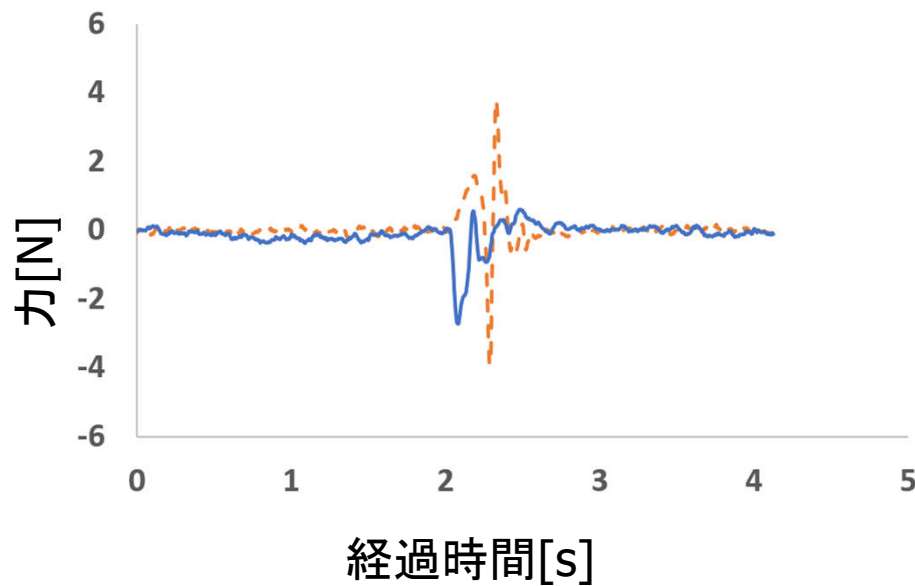
拡張制御なし

力を抑えることができています

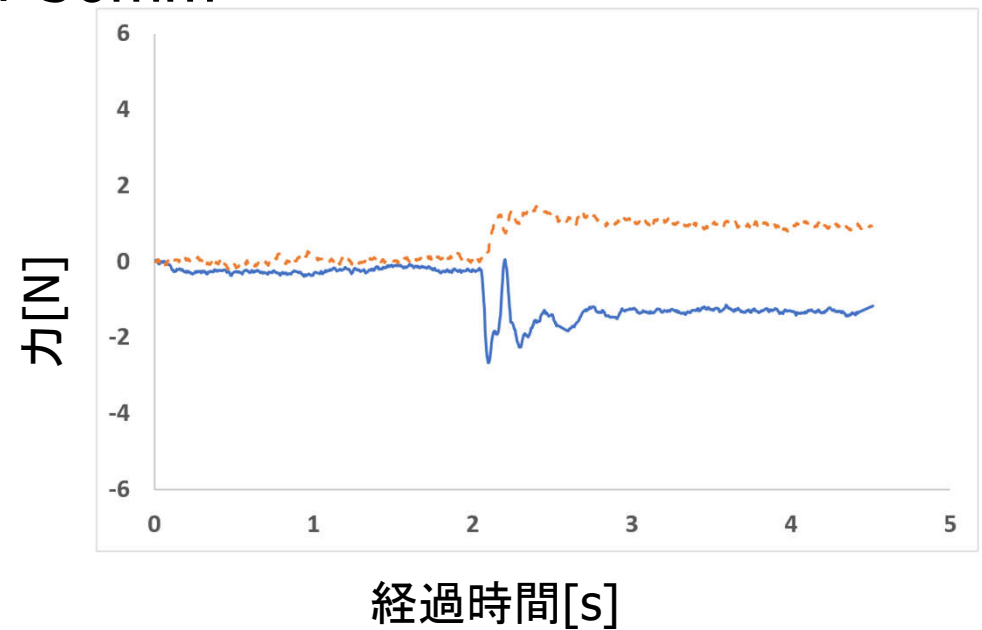
実験結果(2/6)

経過時間に対する力の変化

上昇: 30mm



拡張制御あり



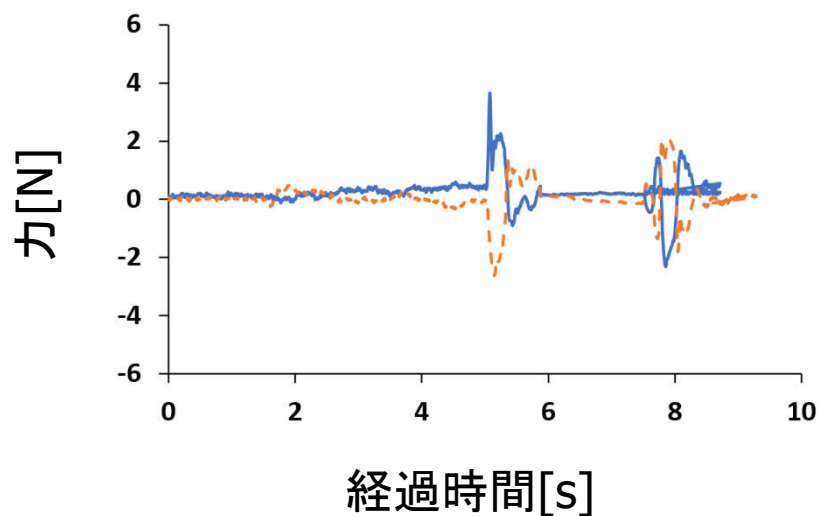
拡張制御なし

力を抑えることができています

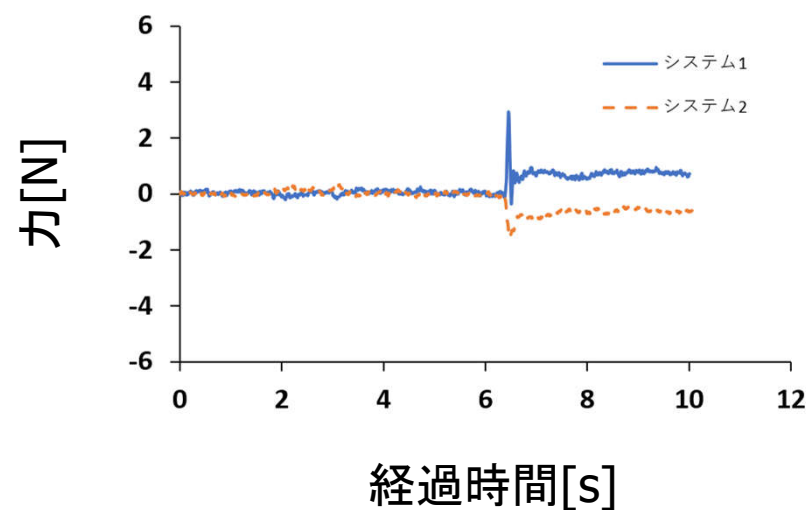
実験結果(3/6)

経過時間に対する力の変化

下降: 10mm



拡張制御あり



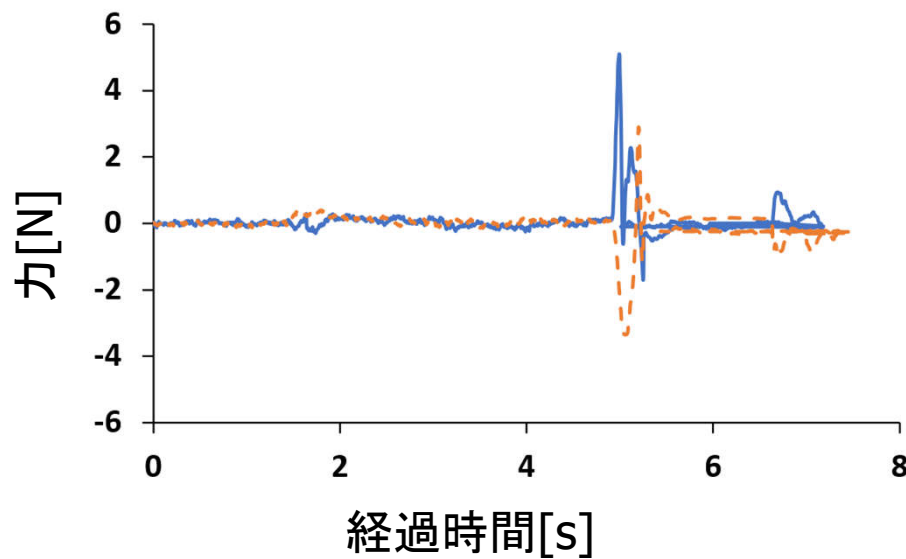
拡張制御なし

力を抑えることができています

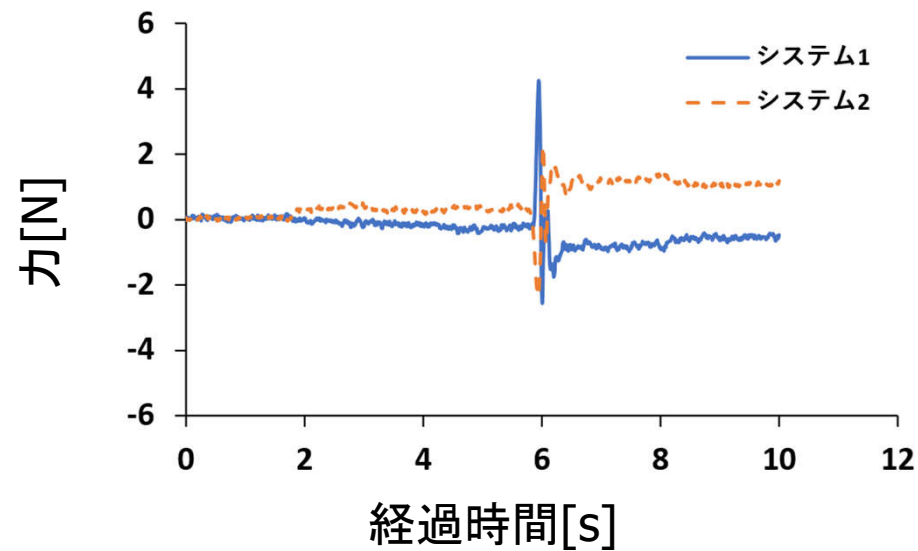
実験結果(4/6)

経過時間に対する力の変化

下降: 30mm



拡張制御あり



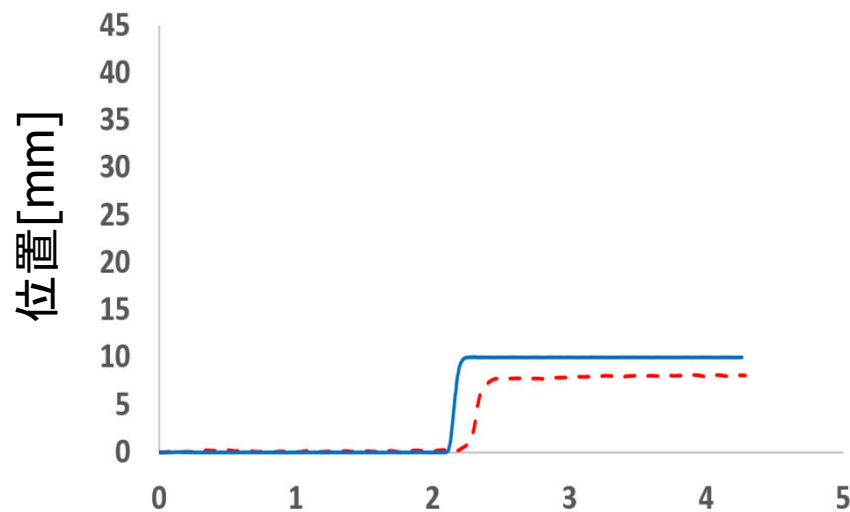
拡張制御なし

力を抑えることができています

実験結果(5/6)

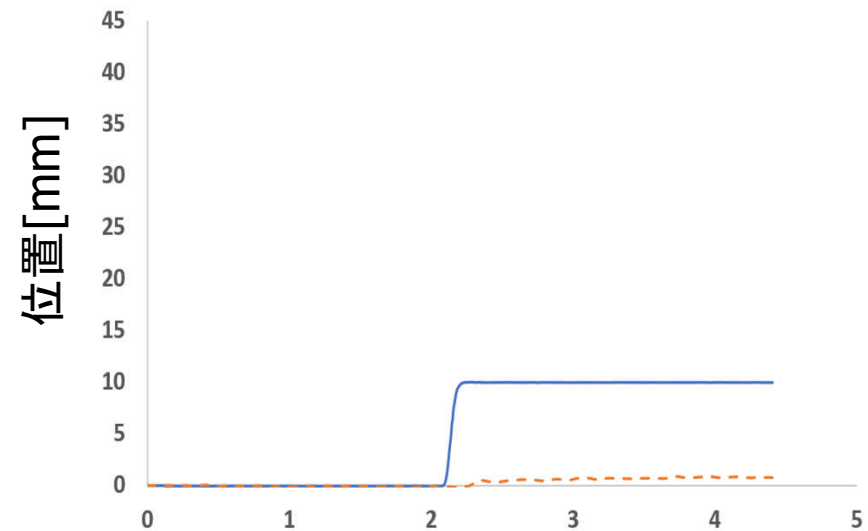
経過時間に対する位置の変化

上昇: 10mm



経過時間[s]

拡張制御あり



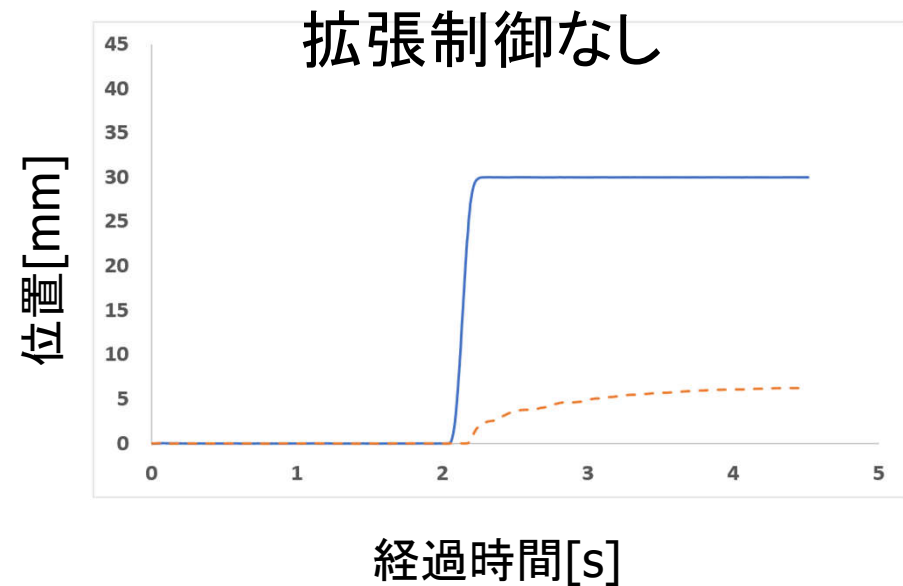
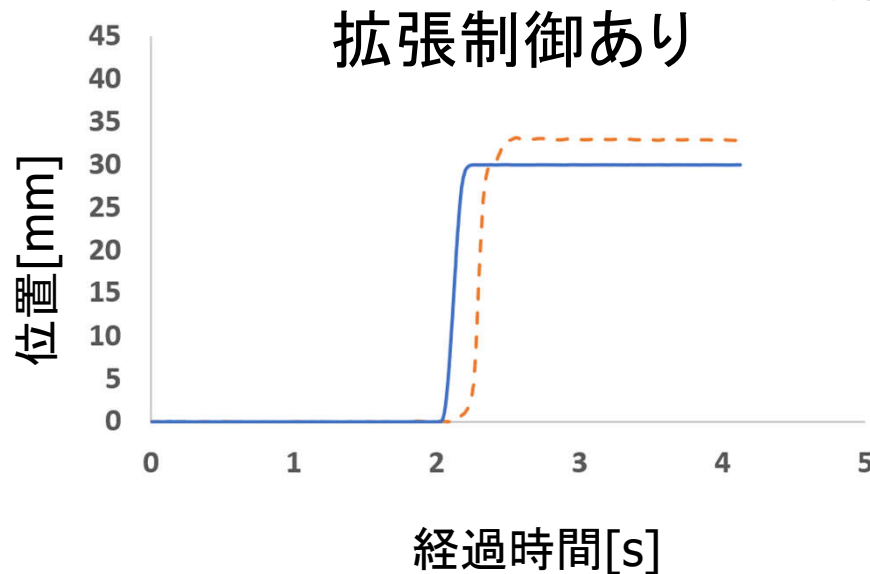
経過時間[s]

拡張制御なし

実験結果(6/6)

経過時間に対する位置の変化

上昇: 30mm



- 制御により, 位置を修正
- しかし, 制御後の位置に差(力はほぼ0N)



- 木材がたわみ, 解消されていない



結論

- 移動可能ロボットを考慮し, 力覚情報を用いたロボット位置制御を拡張
- 実験により, 制御の効果を調査



制御の拡張により, 力を抑えることが可能

課題

制御後の位置の違いを無くす