遠隔ロボットシステム間の協調作業のための移動方向変化時における時空間同期制御の拡張

大谷祥多[†] 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

2022年12月22日
映像情報メディア学会 冬季大会
12B07

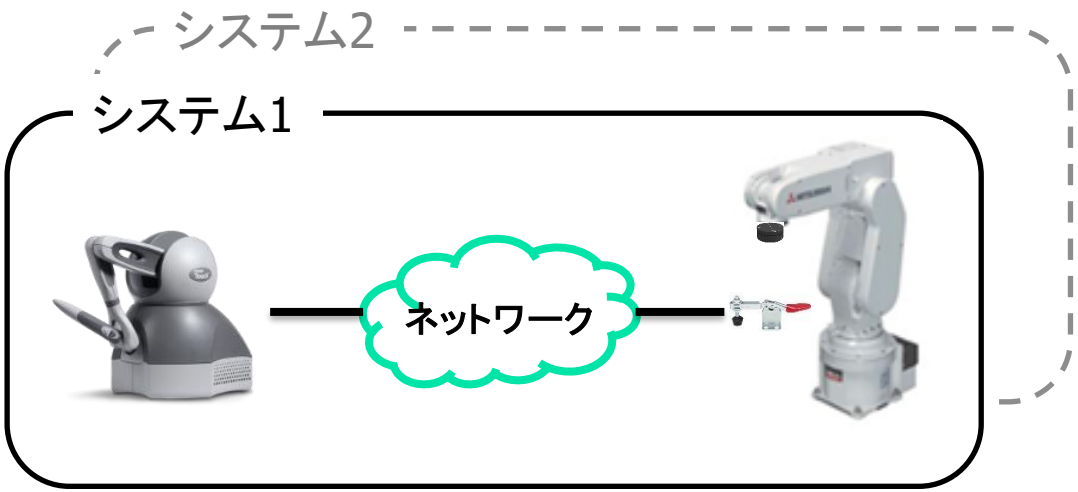
背景(1/2)

*1 金石 他, 信学技報, CQ2021-1, May 2021.

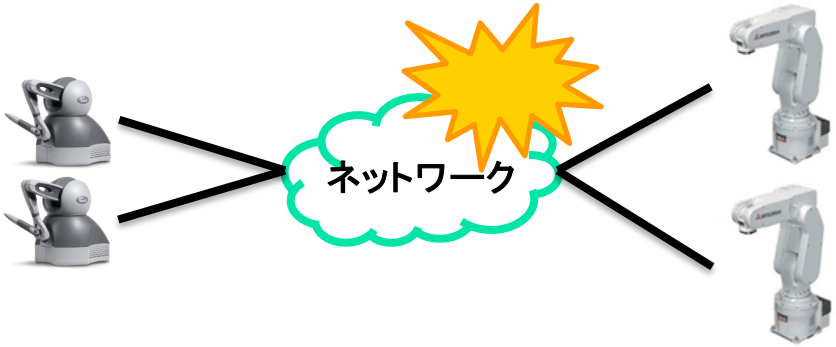
力覚フィードバックを用いた遠隔ロボットシステムにより
利用者はロボットの力を感じながら遠隔から作業可能*1

複数のシステムを用いる協調作業で
より多様な操作の期待

・反力
・表面の滑らかさ
・重さ



背景(2/2)



- ✓ QoE(Quality of Experience)劣化
- ✓ 不安定現象の発生

- QoS (Quality of Service)が保障されていないネットワークを介する場合には，ネットワーク遅延やジッター(遅延の揺らぎ)，パケット欠落などが発生する可能性

ロボット間で同時に動く，角度・高さを揃えるなどの協調作業が困難

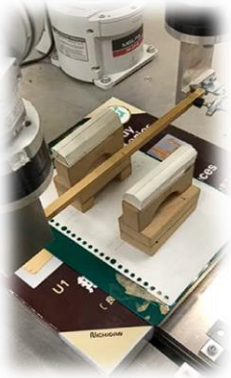
時空間同期制御が必要

先行研究

*2 K. Kanaishi *et al.*, ICTCE, pp. 34-38, Nov.2019.
*3 S. Ishikawa *et al.*, WSCE, pp. 210-214, Dec.2019.
*4 K. Kanaishi *et al.*, ICAIT, pp. 94-98, Nov.2020.

二つのロボットが角材を把持し一緒に運ぶ協調作業

- 時空間同期制御のため，ロボット間通信によってロボットの位置情報を転送する適応型Δ因果順序制御*2を適用
- 扱う物体に加わる力を低減するように位置調整を行う力情報を用いたロボット位置制御*3を適用
- 上記二つを同時に適用*4



問題点

移動方向が変わるときの処理が不十分で
角材を運ぶ方向が変化するときに
大きな力が角材に加わる可能性

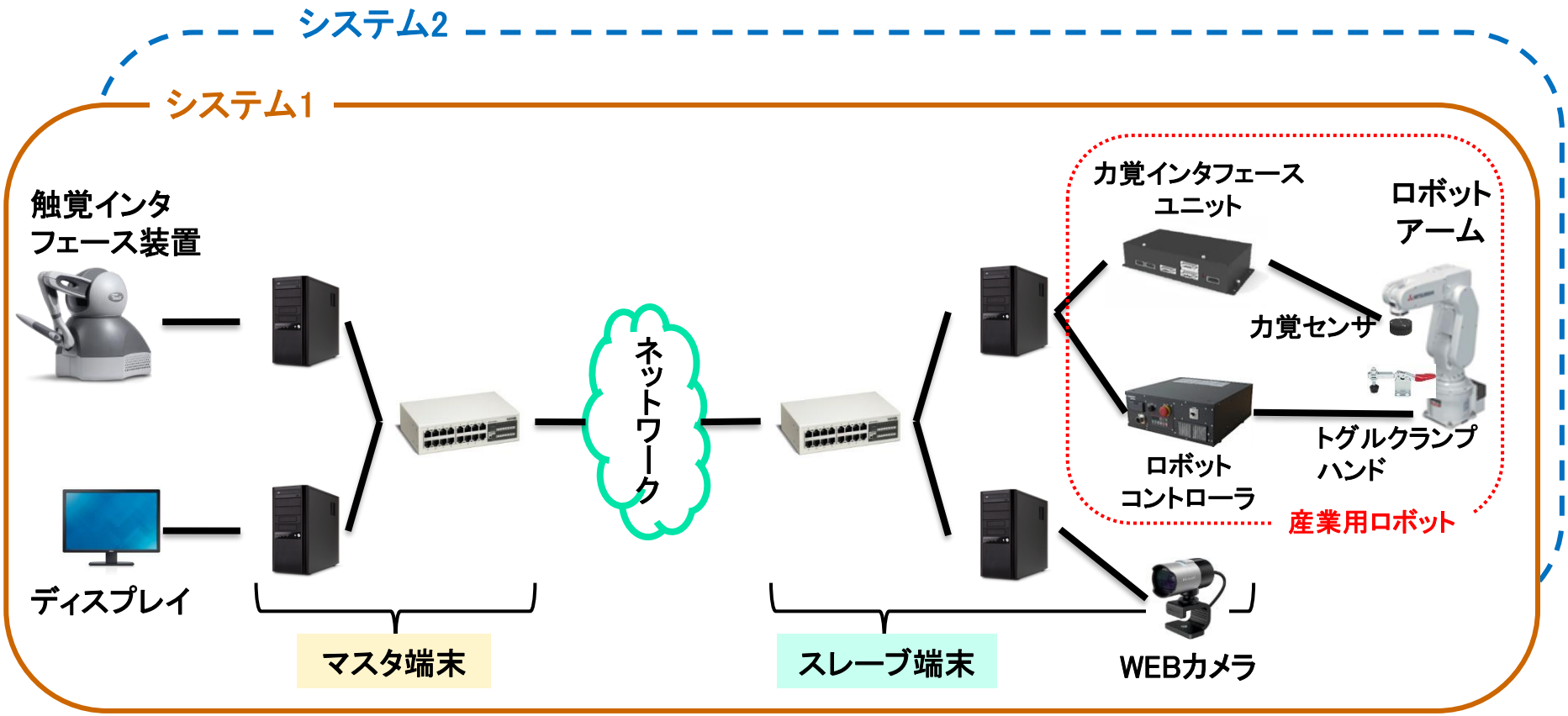
本研究

- ✓ 二つのロボットが角材を把持し一緒に運ぶ協調作業を対象
- ✓ 時空間同期制御のため，適応型Δ因果順序制御と
  力情報を用いたロボット位置制御の二つを適用
- ✓ 移動方向判定制御を導入して
  角材を運ぶ方向が変化するときの力を低減

↓

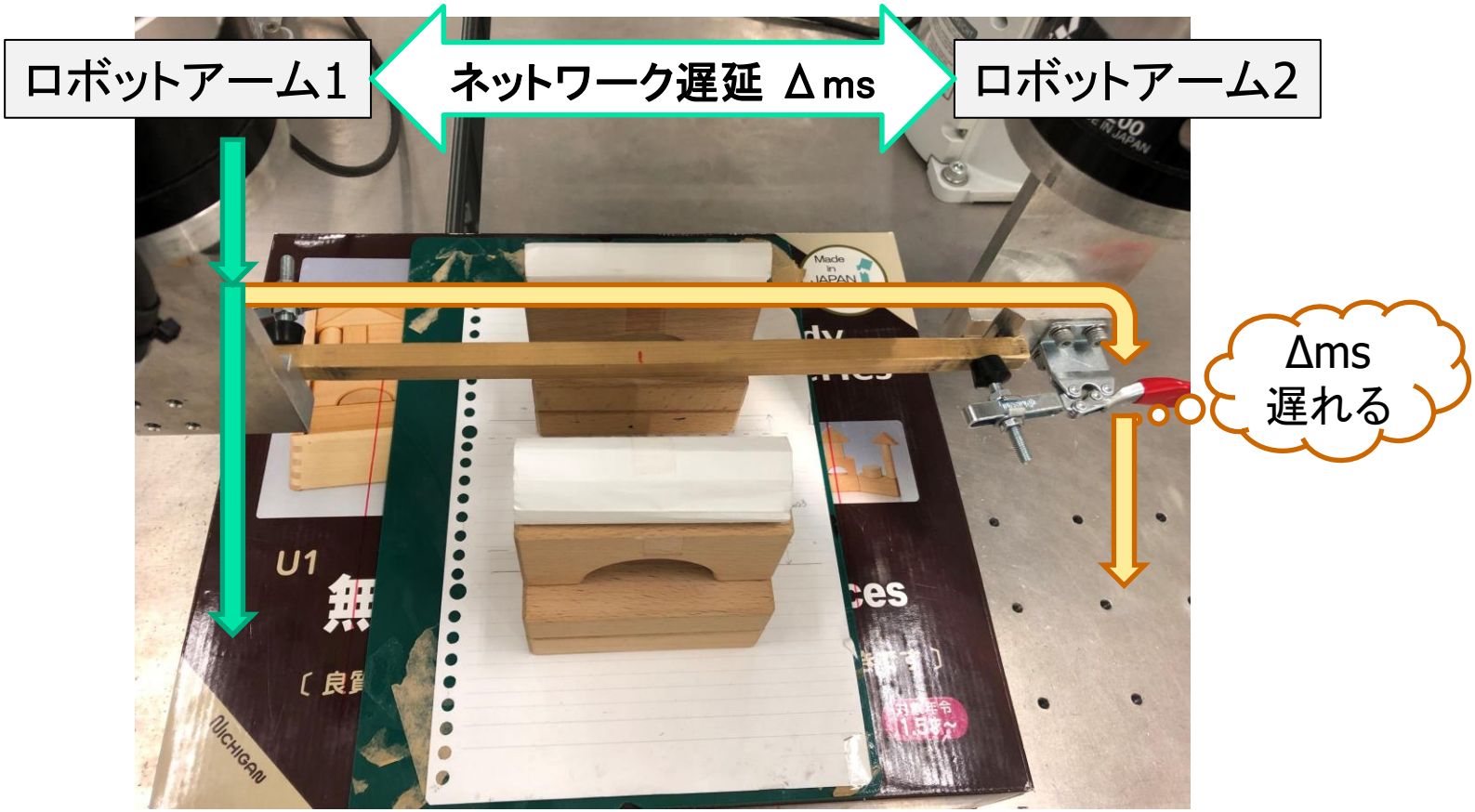
時空間同期制御を拡張し，
その効果を実験により検証

遠隔ロボットシステムの構成



時空間同期制御

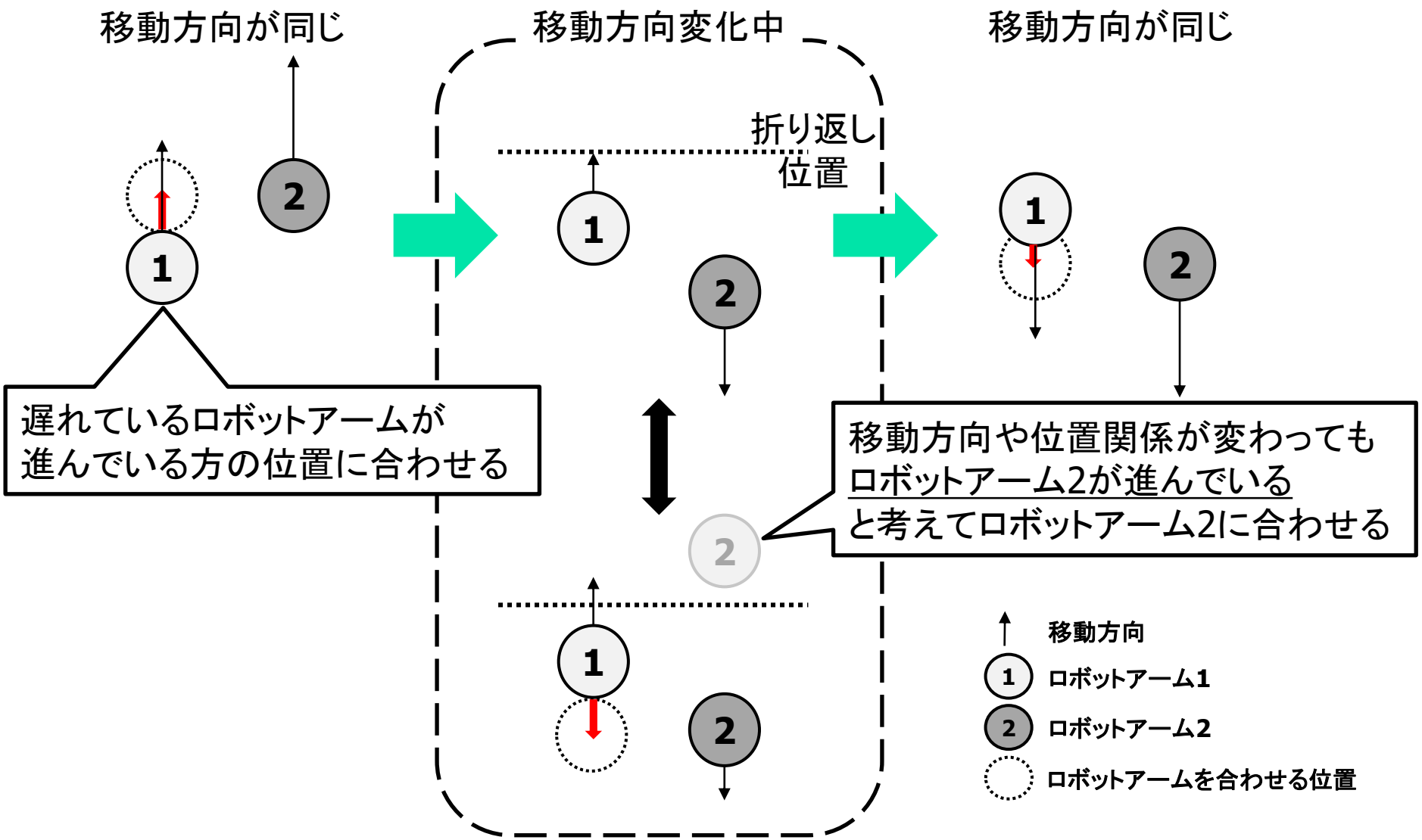
- 適応型Δ因果順序制御なし



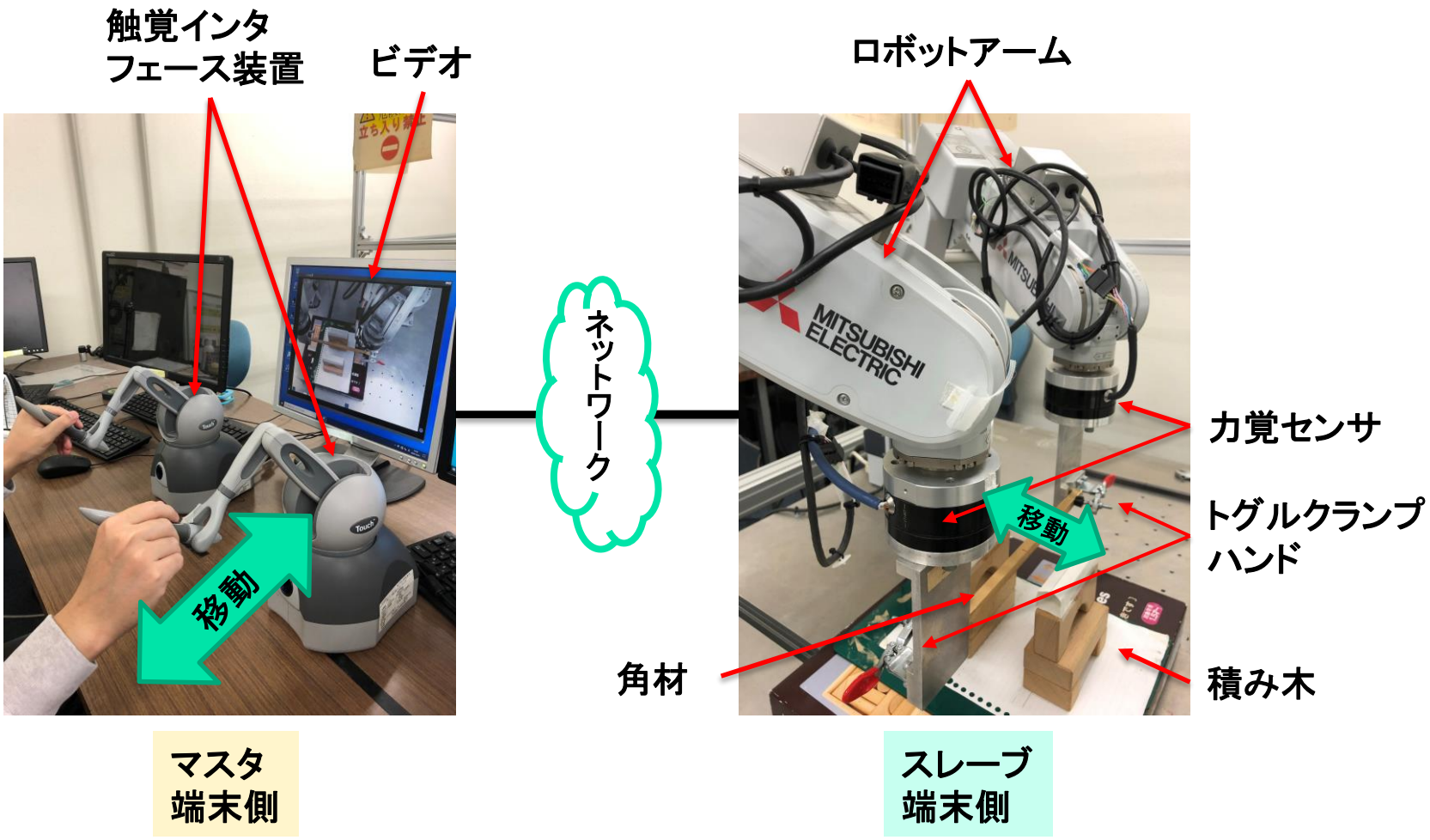
時空間同期制御

- 適応型Δ因果順序制御あり

移動方向判定制御

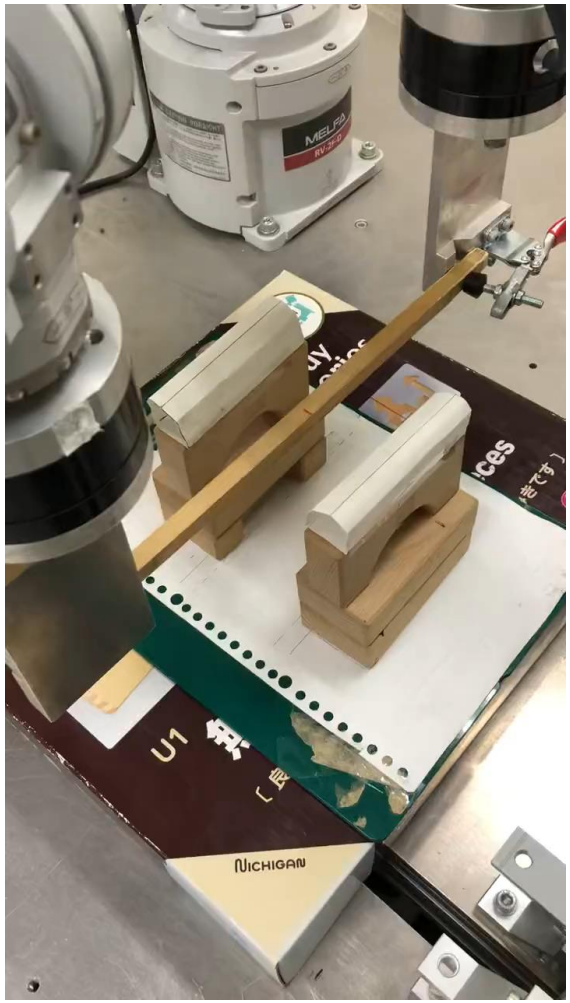

移動方向が同じ
移動方向変化中
移動方向が同じ
折り返し
位置
1
2
遅れているロボットアームが
進んでいる方の位置に合わせる
移動方向や位置関係が変わっても
ロボットアーム2が進んでいる
と考えてロボットアーム2に合わせる
移動方向
ロボットアーム1
ロボットアーム2
ロボットアームを合わせる位置

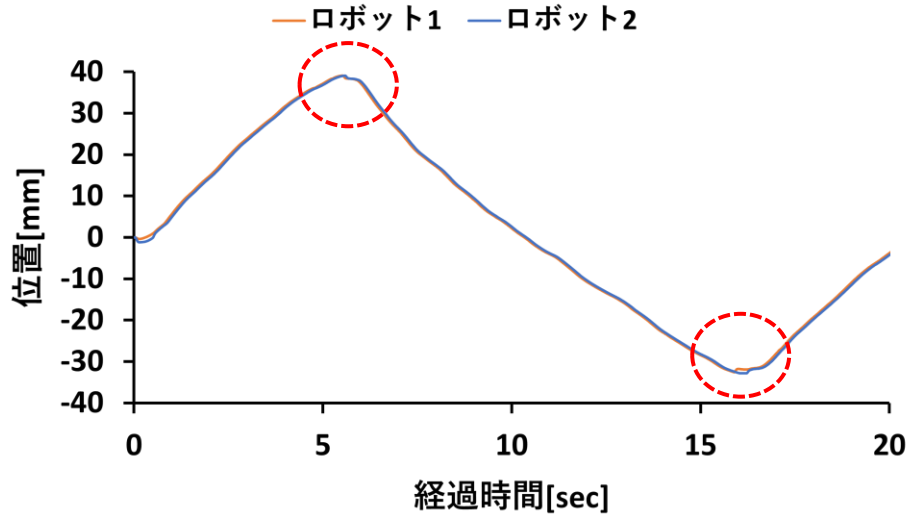
実験方法(1/2)

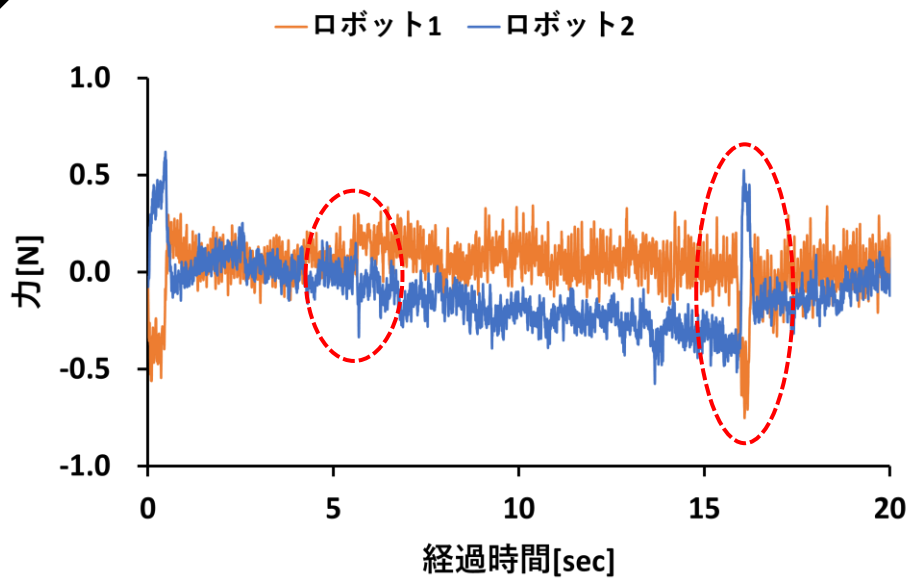

触覚インタ
フェース装置
ビデオ
ロボットアーム
ネットワーク
移動
移動
力覚センサ
トグルクランプ
ハンド
角材
積み木
マスタ
端末側
スレーブ
端末側

実験方法(2/2)

ロボットアーム

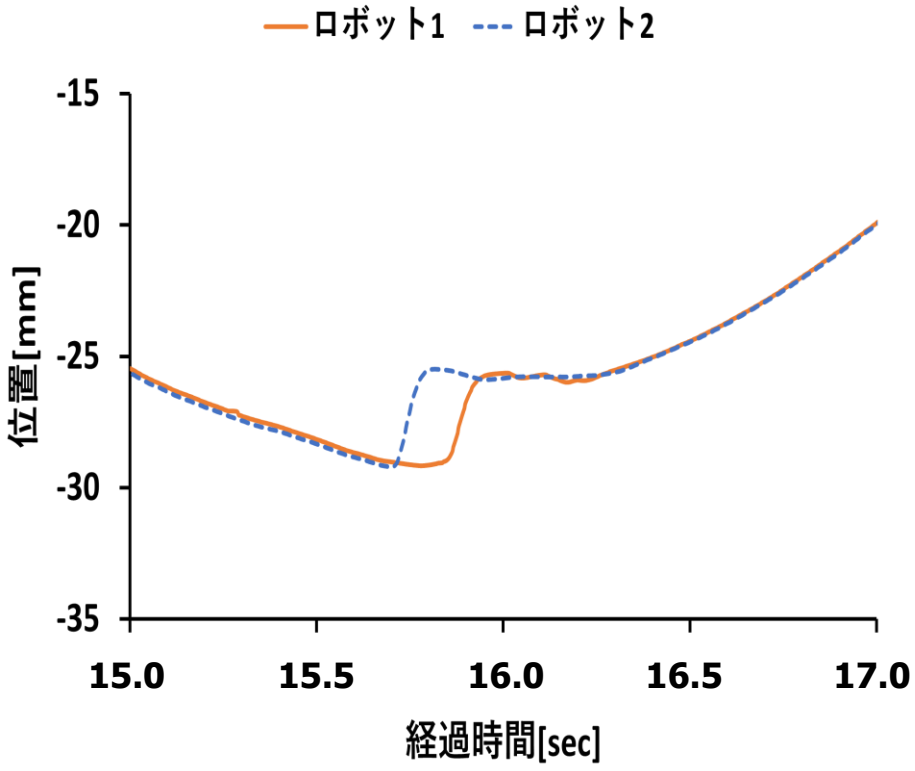


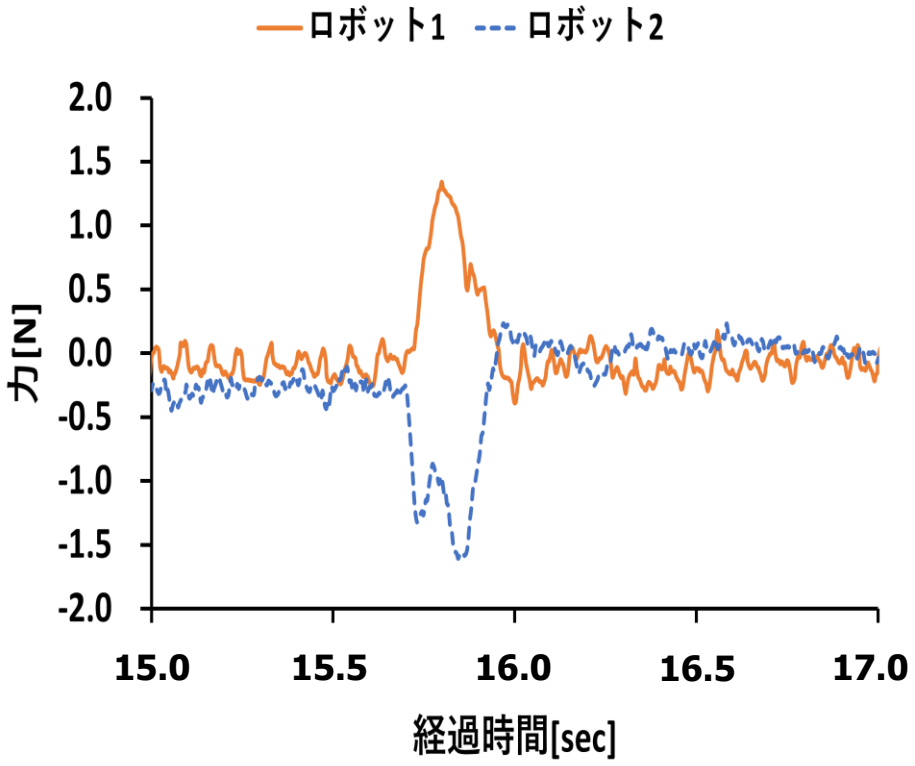




実験結果(1/3)

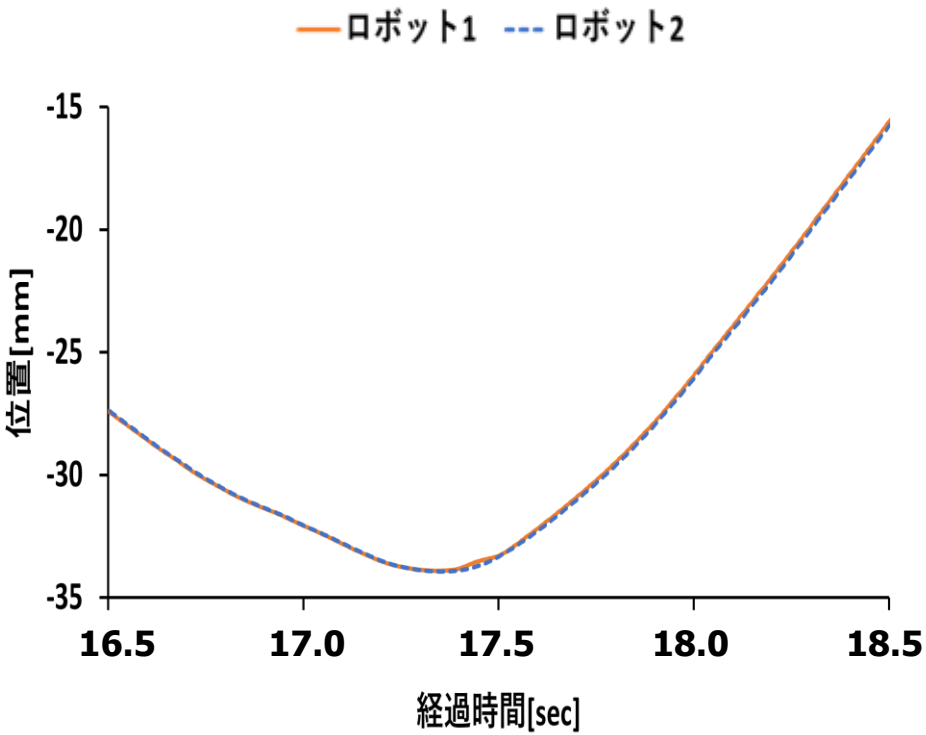
- 従来制御

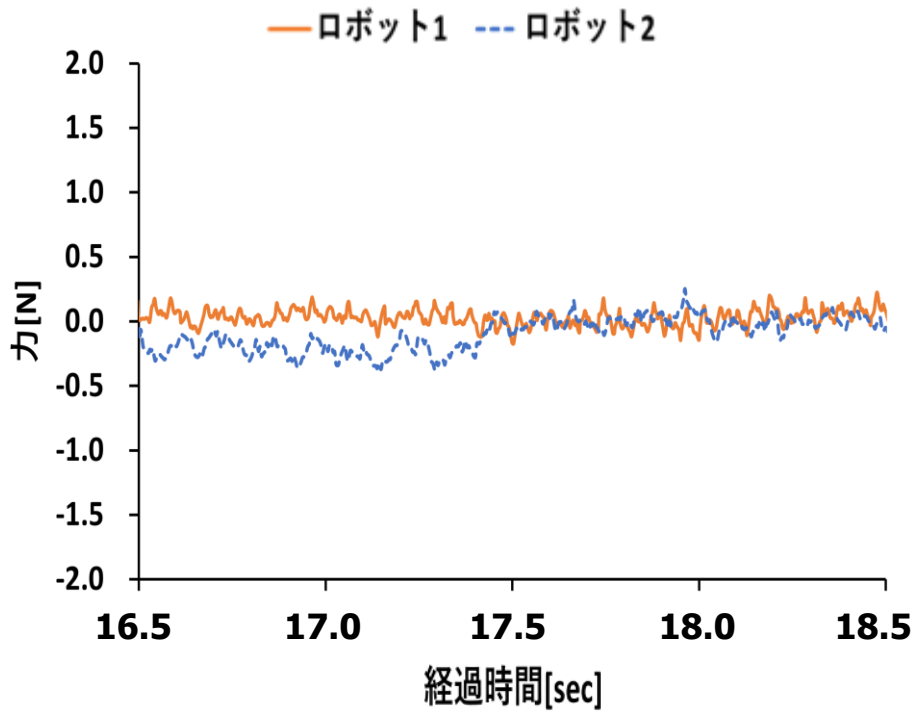

ロボット1
ロボット2
-15
-20
-25
-30
-35
位置[mm]
15.0
15.5
16.0
16.5
17.0
経過時間[sec]


ロボット1
ロボット2
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
-2.0
力[N]
15.0
15.5
16.0
16.5
17.0
経過時間[sec]

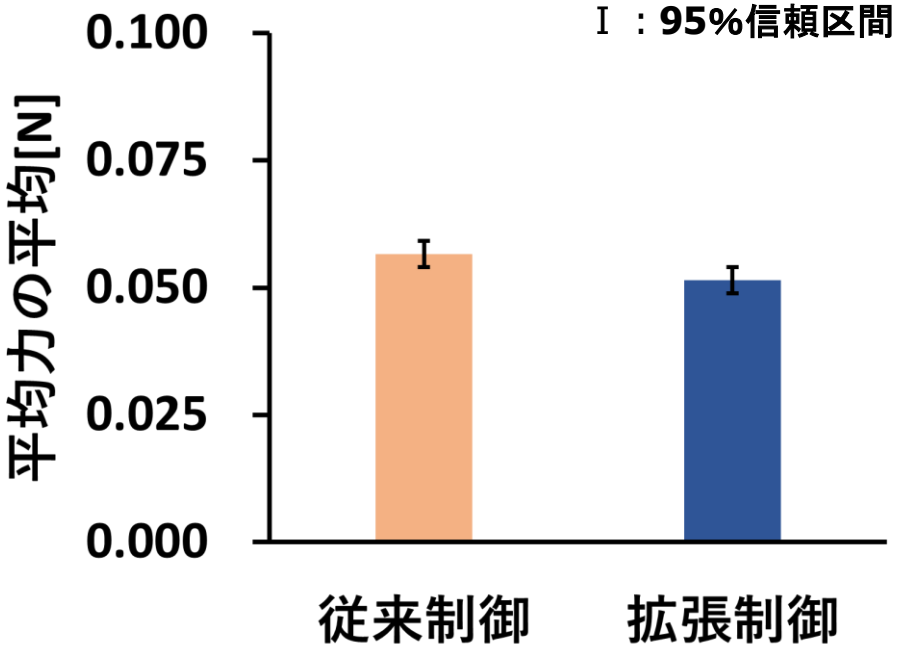
実験結果(2/3)

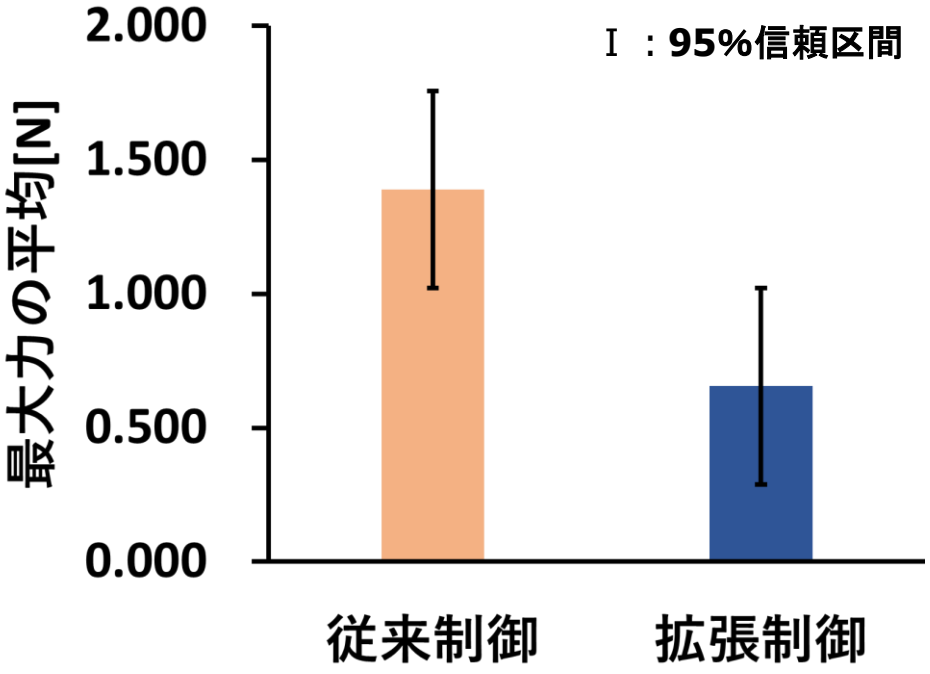
- 拡張制御


ロボット1
ロボット2
-15
-20
-25
-30
-35
位置[mm]
16.5
17.0
17.5
18.0
18.5
経過時間[sec]


ロボット1
ロボット2
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
-2.0
力[N]
16.5
17.0
17.5
18.0
18.5
経過時間[sec]

実験結果(3/3)





試行回数: 10

結論

✓ 移動方向変化時のロボット位置修正を拡張

✓ 実験により，従来制御と拡張制御の効果を比較

- 拡張制御により移動方向変化時の位置変化と力が大きく低減されるため，拡張制御は有効
- 僅かにロボット間の位置の差が発生する場合

今後の課題

- ロボット間の位置の差が生じる場合の修正
- ネットワーク遅延の影響調査