



粘性の適応制御における最適な粘性 係数の変更方法の影響

小松 佑輔[†], 大西 仁^{††}, 石橋 豊[†]

[†]名古屋工業大学 大学院 工学研究科

^{††}放送大学 教養学部

電子情報通信学会 ソサイエティ大会

2017年9月13日 東京都市大学 世田谷キャンパス



発表内容

- 背景
- 力覚メディア・ビデオを用いた遠隔制御システム
- 目的
- 反力の計算方法
- 評価方法
- 評価結果
- 結論と今後の課題

背景

力覚メディアの研究・開発が盛んに行われ、
教育・医療・芸術などの様々な分野で利用

力覚メディアと他のメディアを併用することで、作業効率が向上

力覚メディア・ビデオを用いた遠隔制御システム

ビデオを見ながら触覚インタフェース装置を遠隔操作することが可能

QoS(Quality of Service)
保障のないネットワークを介してメディアを伝送

ネットワーク遅延
やその揺らぎ、
パケット欠落

ユーザ体感品質
(**QoE: Quality of Experience**)
の劣化

QoS制御

力覚メディア・ビデオを用いた 遠隔制御システム

ビデオ



ビデオカメラ

マスタ端末

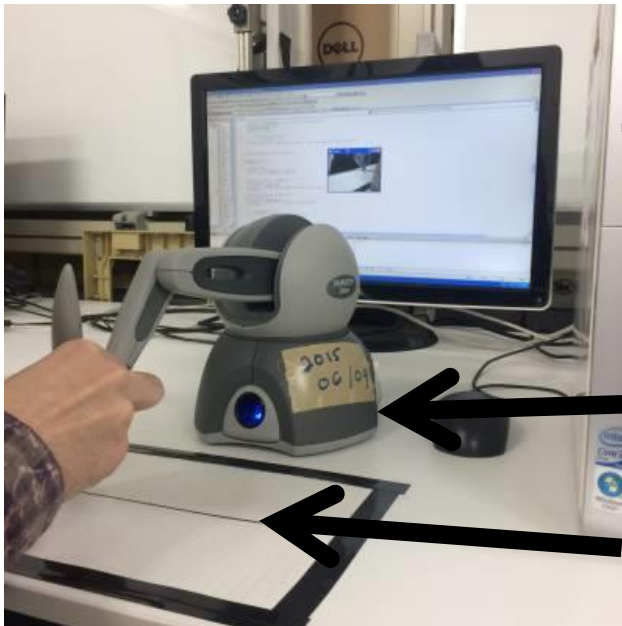
スレーブ端末

ネットワーク

テープで固定

触覚インタフェース装置
(Geomagic Touch)

16cmの長さの線が引かれた紙



システムの様子

マスター端末



スレーブ端末




目的(1/2)

*1 小松 他, 信学技報, CQ2016-101, Jan. 2017.

従来研究

- ▶ 遠隔制御システムにおいて, 粘性の適応制御を提案し, その制御の有効性をQoE評価によって示している*1



ネットワーク遅延に応じて最適な粘性係数を選択することで, 作業のしやすさを更に改善することが可能

問題点

- ▶ 最適な粘性係数にはある程度の幅がある
- ▶ 粘性は速度に依存するためネットワーク遅延と**操作速度**から最適な粘性係数を求める必要がある



目的(2/2)

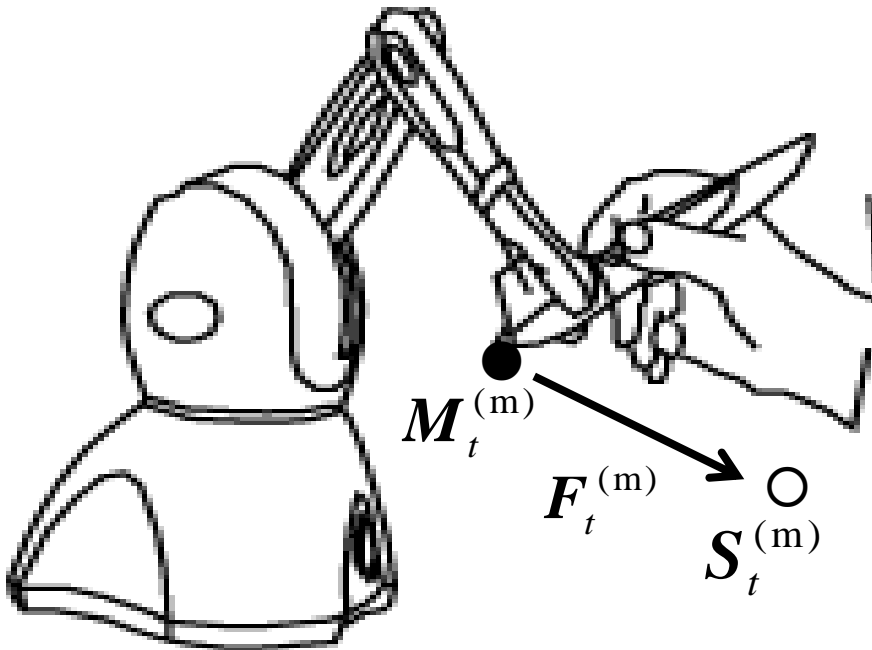
本研究

- 最適な粘性係数がどの程度の幅を持つのかをQoE評価によって調査
- ネットワーク遅延と操作速度から粘性係数を導出する式を重回帰分析によって求める

反力の計算方法

マスタ端末

$$F_t^{(m)} = K_s(S_{t-1}^{(m)} - M_{t-1}^{(m)}) + K_d(\dot{S}_{t-1}^{(m)} - \dot{M}_{t-1}^{(m)})$$



触覚インタフェース装置

$F_t^{(m)}$: マスタ端末で出力される反力

$M_{t-1}^{(m)}$: マスタ端末のスタイラスの位置ベクトル

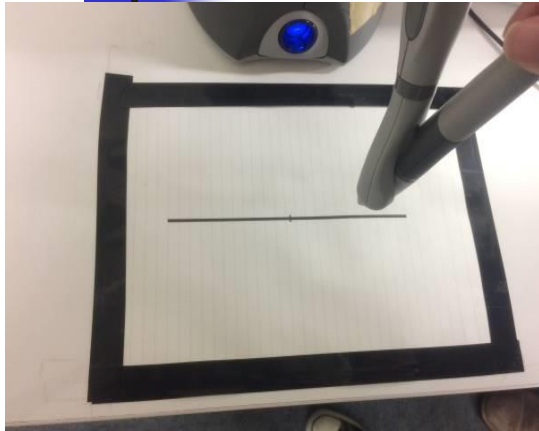
$S_{t-1}^{(m)}$: スレーブ端末から受信した位置ベクトル

$\dot{M}_{t-1}^{(m)}$: マスタ端末のスタイラスの速度ベクトル

$\dot{S}_{t-1}^{(m)}$: スレーブ端末から受信した速度ベクトル

K_s : 弾性係数 K_d : 粘性係数

粘性係数の最適値の調査方法



**16cmの横線に沿って
触覚インタフェース装置を左右に動かす作業**

- ▶ 16cm動かすのにかかる時間
2秒(平均速度: 8.0cm/秒)
3秒(平均速度: 5.3cm/秒)
5秒(平均速度: 3.2cm/秒)

- ▶ 30秒間にわたって動かす
- ▶ $K_s: 0.04$ [N/mm] で固定
- ▶ 各ネットワーク遅延に対して K_d の値を
0.0000 [Nms/mm] から少しずつ増加



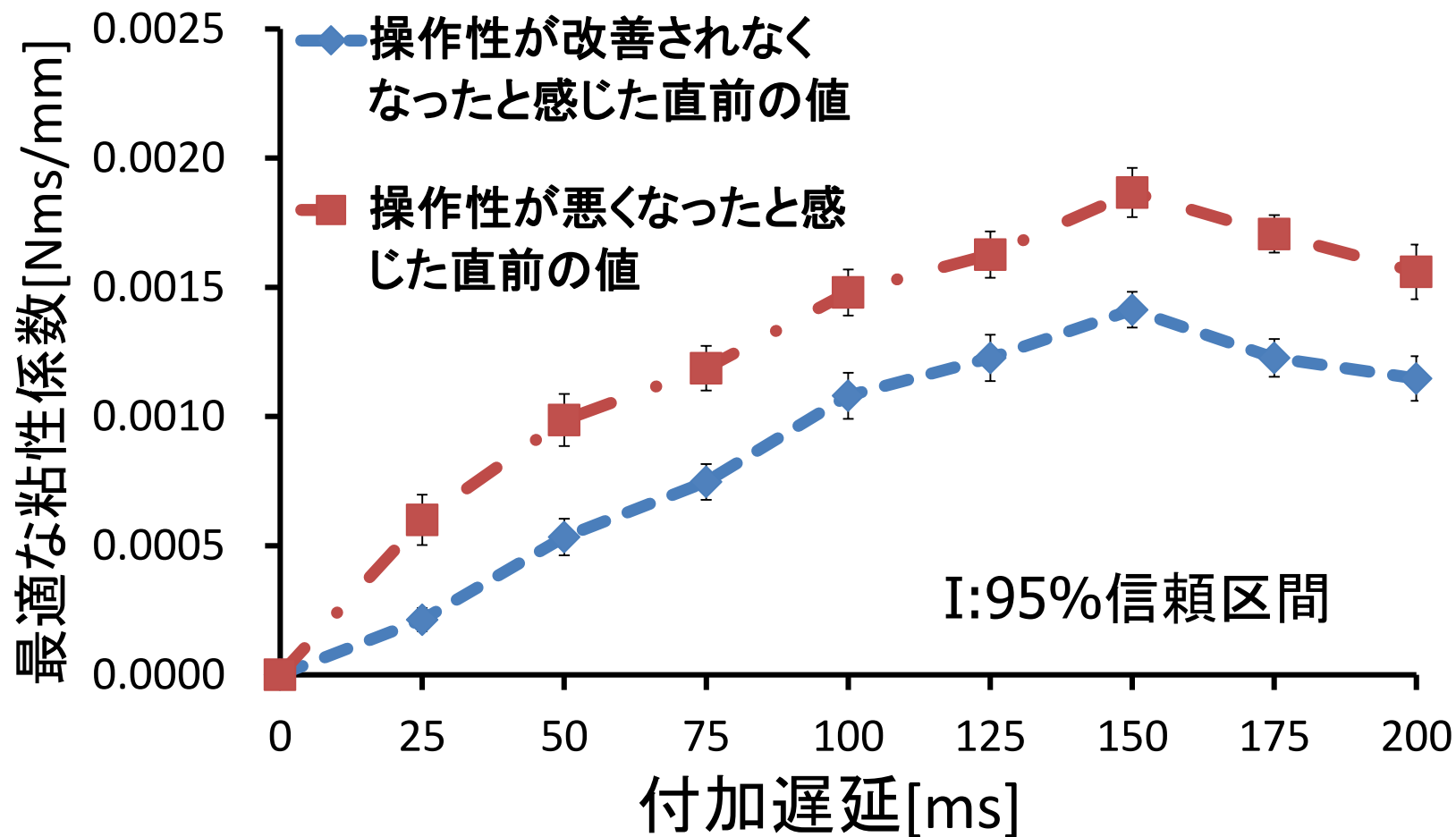
触覚インタフェース装置の操作性が悪くなったと感じた直前の K_d の値を最適値

操作性が悪くなる前であれば、値が少し異なっても操作性がほとんど同じ



操作性が悪くなった直前の値 & 操作性が改善されなくなった直前の値

粘性係数の最適値(操作速度8.0cm/秒)





ネットワーク遅延と操作速度の関係式

$$K_d = 8.6 \times 10^{-6} \cdot D + 6.1 \times 10^{-5} \cdot v - 2.7 \times 10^{-4}$$

K_d : 粘性係数

D : ネットワーク遅延

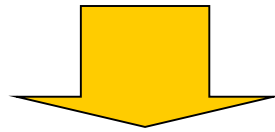
v : 操作速度

寄与率 $R^2 = 0.95$

寄与率(R^2)は0.95と高かったので、粘性係数の最適値はネットワーク遅延と操作速度から高精度に推定可能

結論

力覚メディア・ビデオを用いた遠隔制御システムに対して、最適な粘性係数がどの程度の幅を持つのかをQoE評価によって調査した。また、最適な粘性係数をネットワーク遅延と操作速度から求めた



- 付加遅延が大きくなっても最適な粘性係数の幅はほとんど変わらない
- 粘性係数の最適値はネットワーク遅延と操作速度から高精度に推定可能



今後の課題

- ネットワーク遅延と操作速度から得られた粘性係数の推定式の有効性をQoE評価によって検証
- 弾性係数の値を変更したときの最適な粘性係数の値を調査