

E-8

1 自由度バイラテラル・マスタスレーブアームによる力覚制御

Force Control for 1DOF Bilateral Master Slave Arm

○丸田晟央¹, 吉田洋明²*Akihisa Maruta¹, Hiroaki Yoshida²

Abstract: Simple master slave system can't express the force. Force control is needed for delicate control of the slave arm. This paper presents a study of force control for 1DOF bilateral master slave system. This system transmits position and force of the slave arm to operator by using Model Following Control. This paper shows experimental results of static and dynamic characteristics for bilateral master slave system.

1. 背景

近年,遠隔操作ロボットが様々な分野で活躍している. また,マスタスレーブシステムを用いることにより,操縦者がロボットを直感的に操作することが可能となった.

しかし,単なるマスタスレーブシステムでは,ロボットに加わる力が操縦者に伝わらず,力をかけすぎてしまう恐れがある. そこで,遠隔地のロボットが受ける力を操縦者が感じることでできるバイラテラル・マスタスレーブシステムを導入することでより繊細な操作が可能になると考えられる.

本研究では1自由度マスタスレーブアームを用いてバイラテラル・マスタスレーブシステムの制御則の構成及び実機の実験による評価を目的とする.

2. バイラテラル・マスタスレーブ装置の構成

Fig1.にバイラテラル・マスタスレーブ装置の構成を

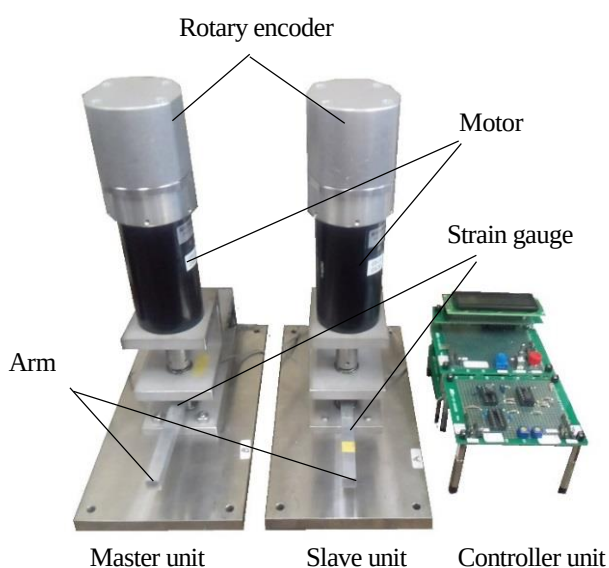


Fig1. Bilateral Master Slave Unit

示す.マスタ装置,スレーブ装置ともにロータリーエンコーダ,DC モータ,ひずみゲージ,アームで構成されており,ひずみゲージ,ロータリーエンコーダからそれぞれ力,角度を測定する.

3. 制御則の構成

制御則の構成には Model Following Control を用いた.これにより,マスタ装置が操縦者の動きに積極的に追従することが可能となり,マスタ装置の持つ動特性を非常に小さくすることができる.これによりスレーブ装置が受ける力をより正確に操作者が感じる事が可能となる^[1].

式(1),(2)がマスタ,スレーブそれぞれの制御則である.

$$\tau_{mst} = \left(B_{mst} - \frac{J_{mst}}{J_{mdl}} B_{mdl} \right) \dot{\theta}_{mst} + \frac{J_{mst}}{J_{mdl}} (T_{mst} + T_{slv}) - T_{mst} \quad (1)$$

$$\tau_{slv} = J_{slv} k_3 \left\{ (\theta_{mst} - \theta_{slv}) + k_4 (\dot{\theta}_{mst} - \dot{\theta}_{slv}) + \frac{1}{J_{mdl}} (T_{mst} + T_{slv}) - \frac{B_{mdl}}{J_{mdl}} \dot{\theta}_{mst} \right\} - T_{slv} \quad (2)$$

τ : 制御トルク

T : アームが受けるトルク

J : 慣性モーメント

B : 粘性トルク係数

θ : 角度

k_3, k_4 : ゲイン

添え字 mst:マスタ slv:スレーブ

mdl:理想モデル

また,バイラテラル・マスタスレーブシステムのブロック線図を Fig2 に示す.Fig2 に示される K_o は対象物の硬さ, K_h は人の指先のバネ定数である.

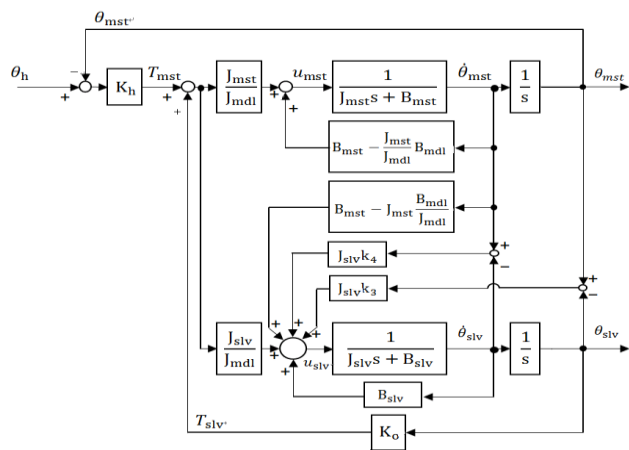


Fig2. Block diagram of bilateral master slave system

4. 特性実験

装置の静特性実験と動特性実験を行った.静特性実験はアームを指でゆっくりと操作した際の角度とトルクを測定した.動特性実験はアームをすばやく操作した際の角度とトルクを測定した^[2].その結果を Fig3~6 に示す.

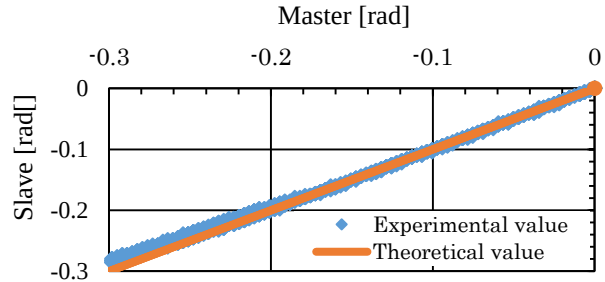


Fig3. The static characteristics experiments on angle

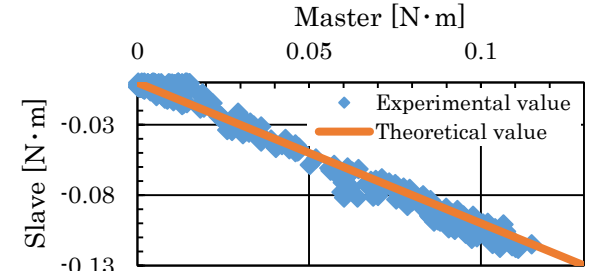


Fig4. The static characteristics experiments on torque

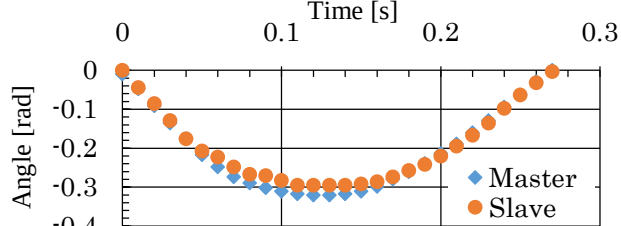


Fig5. The dynamic characteristic experiments on angle

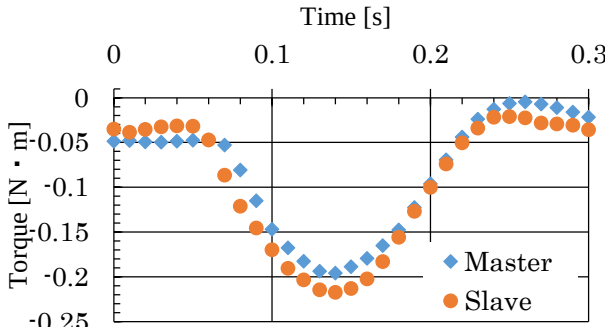


Fig6. The dynamic characteristic experiments on torque

角度,トルクの最大誤差について Table1 にまとめる.

Table1. Error of the characteristics experiment

	Max. angle error[%]	Max. torque error [%]
Static characteristic	5.26	11.8
Dynamic characteristic	7.84	10.87

静特性実験の結果(Fig3,4),動特性実験の結果(Fig5,6)及び最大誤差の結果(Table1)より,角度とトルクがおおむね一致していることが確認できた.

5. おわりに

バイラテラル・マスタスレーブ装置の制御則を構成し,実機による特性実験を行った.その結果,おおむね良好な特性を示したがトルクに最大 10%程度の誤差が生じた.この最大誤差は,速度が減少したとき生じていることからモータの起動トルクの調整が不十分であったことが考えられる.

参考文献

[1] 丸田晟央,吉田洋明:「Model Following Control によるバイラテラル・マスタスレーブシステムの設計」,日本設計工学会 2015 年春季研究講演会,平成 27 年.
[2] 丸田晟央,秋場悠順:「1 自由度バイラテラル・マスタスレーブアームに関する研究」,日本大学理工学部精密機械工学科卒業論文,平成 27 年.