

E-4

力と位置の倍率を可変とした Bilateral Master-Slave Hand

Bilateral Master-Slave Hand with Variable Magnification of Force and Position

○板倉勇気¹, 吉田洋明²*Yuki Itakura¹, Hiroaki Yoshida²

Abstract: This paper presents a study of the bilateral master-slave hand. The bilateral master-slave hand can be used to match the force and position of the master and slave hand. The operator can feel like changed the size of their own by magnification change of the force and the position between the master and slave hand. This paper shows the results of a study about magnification change in force and position of bilateral master-slave hand.

1. はじめに

近年、遠隔操作ロボットが様々な分野で活躍している。遠隔操作の操作方法の 1 つにバイラテラル・マスタスレーブシステムがある。バイラテラル・マスタスレーブシステムとはマスタ装置とスレーブ装置の位置と力の状態を一致させることでオペレータがスレーブ装置に加わる力を感じることができるものである。

また、マスタ装置とスレーブ装置の間の力と位置の倍率を可変とすることで、倍率の大きさに応じて、オペレータは自身の大きさが変化するような操作感を得ることが可能となる。すなわちスレーブ装置を小さくすれば自身が小さなロボットになったような操作感が得られ、スレーブ装置を大きくすれば自身が巨大なロボットになったような操作感が得られる。

したがって、本研究ではバイラテラル・マスタスレーブシステムを 1 自由度ロボットハンドに用い、マスタ装置とスレーブ装置の間の力と位置の倍率を可変としたバイラテラル・マスタスレーブハンドに関する研究を行う。

2. 1 自由度ロボットハンドの構成

本研究で製作した 1 自由度ロボットハンド^[1]を Fig. 1 に示す。本装置は対象物を把持する把持部、ボールねじ、モータ、エンコーダ及びひずみゲージから構成されている。ひずみゲージにより力情報を、エンコーダによりモータの回転量を取得する。



Figure 1. Master Hand

3. 制御則の構成

制御則には model following control を適用する。Model following control とは、プラントを規範モデルに追従させる手法である。これにより、規範モデルの動特性を小さく設定することで、マスタ装置の動特性を小さくすることができ、マスタ装置がオペレータの指の動きに積極的に追従する。そのため、オペレータはスレーブの受ける力を正確に感じることができる^[2]。

式(1), (2)にマスタ装置とスレーブ装置の制御則を示す。

$$\tau_{mst} = \left(B_{mst} - \frac{M_{mst}}{M_{mdl}} B_{mdl} \right) \dot{x}_{mst} + \frac{M_{mst}}{M_{mdl}} (f_{mst} + n_f f_{slv}) - f_{mst} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \tau_{slv} = & B_{slv} \dot{x}_{slv} - \frac{M_{slv}}{n_p M_{mdl}} B_{mdl} \dot{x}_{mst} + \frac{M_{slv}}{n_p M_{mdl}} (f_{mst} + n_f f_{slv}) \\ & + M_{slv} K_3 \left(\frac{1}{n_p} x_{mst} - x_{slv} \right) + M_{slv} K_4 \left(\frac{1}{n_p} \dot{x}_{mst} - \dot{x}_{slv} \right) - f_{slv} \end{aligned} \quad (2)$$

τ : 制御トルク, f : 把持部が受ける力,

M : 等価質量, B : 等価粘性係数, x : 位置,

K_3, K_4 : ゲイン,

n_p : 位置倍率, n_f : 力倍率

添え字

mst : マスタ, slv : スレーブ, mdl : 理想モデル

また、Fig.2 にシステムのブロック線図を示す。Fig.2 に示した、 x_h はオペレータの入力値、 $O(s)$ は対象物の伝達関数、 K_h は人の指先のバネ定数である。

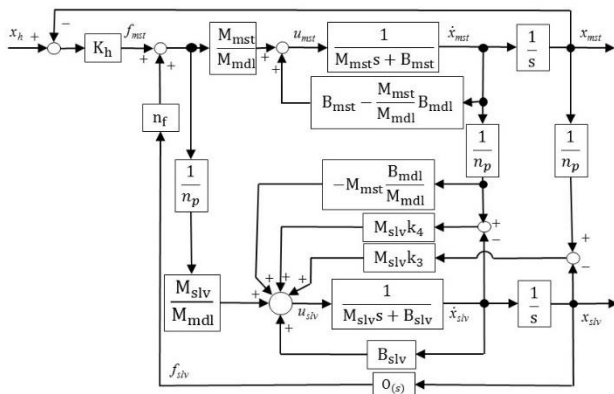


Figure 2. Block diagram of bilateral master-slave hand

4. シミュレーション

スレーブ装置に対象物として 50N/m のバネを挟んだ状態のシミュレーションを行う。Fig.3～Fig.6 にマスタ装置とスレーブ装置の倍率が力，位置ともに 1:1 の場合，1:2 の場合のシミュレーション結果を示す。

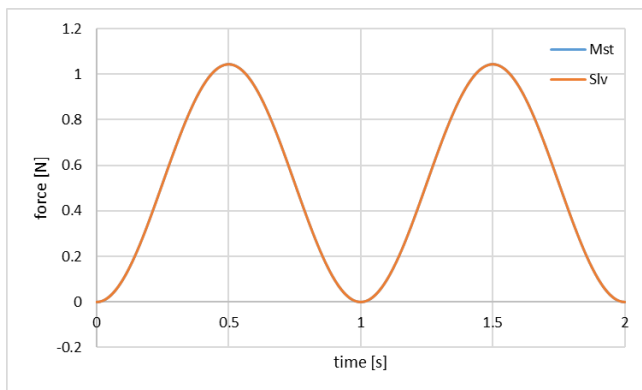


Figure 3. Simulation about the force in case of 1:1

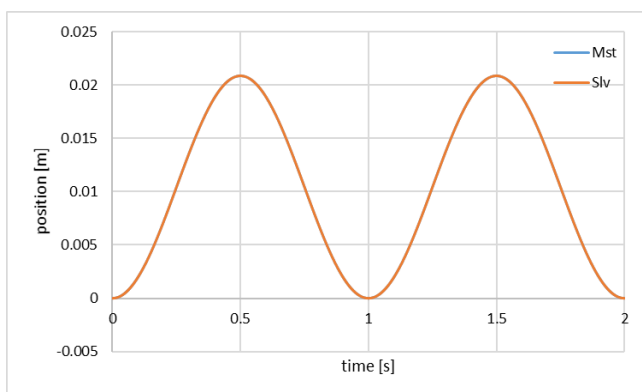


Figure 4. Simulation about the positions in case of 1:1

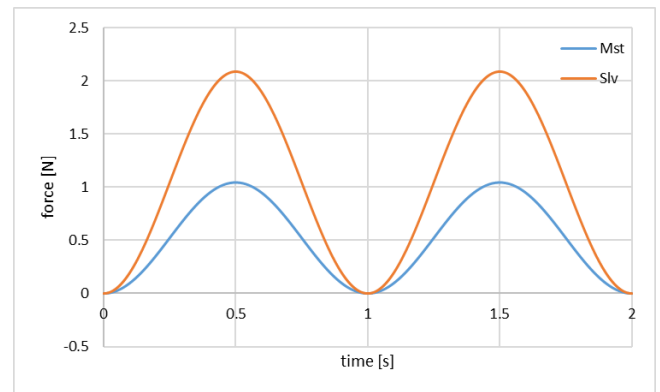


Figure 5. Simulation about the force in case of 1:2

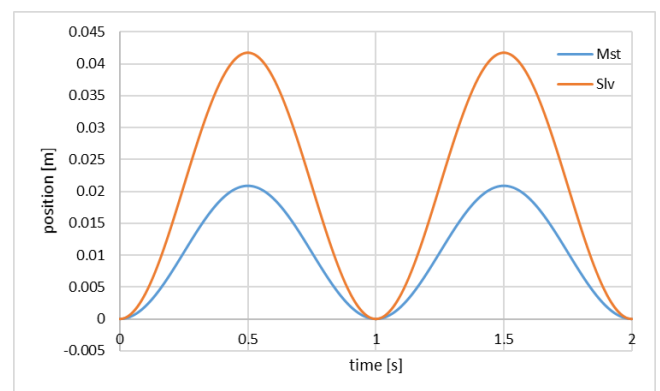


Figure 6. Simulation about the positions in case of 1:2

5. おわりに

力と位置の倍率を可変とした，バイラテラル・マスタスレーブハンドのシミュレーションを行った。その結果，力，位置の倍率が 1:1 の場合にスレーブがマスタに追従しスレーブの反力がマスタに伝わっており，バイラテラル・マスタスレーブハンドを構成できていることが確認できた。倍率が 1:2 とした場合ではスレーブの力と位置がマスタの 2 倍になっており，力と位置の倍率を変更できることが確認できた。

6. 参考文献

- [1] 鈴木貴裕：「力位置可変形バイラテラルマスタスレーブシステム」，日本大学大学院理工学研究科精密機械工学専攻修士論文，2014。
- [2] 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，2015。