

1. 緒言

シリコンウェハや液晶パネル生産向上のために搬送用ロボットの高速・高精度化が求められている。ロボットアームの関節駆動部には減速機やベルト・プーリ駆動系が用いられており、これらの剛性が低いためロボットアームの動作中の振動および停止時の残留振動が発生し、高速な位置決めが困難であるという問題が起こっている。そこで本研究では、ベルト駆動機構を用いたロボットについてオブザーバによる振動抑制制御により、高速位置決めを行う。オブザーバにより、アーム先端の加速度を観測し、振動抑制のフィードバック制御を行う。

2. 実験装置

図1に実験装置の構成を示す。ベルト駆動ロボットに、位置の比例速度の比例積分制御内蔵のコントローラを設置し、実験装置を開発した。上位PCにおいて、制御プログラム、制御パラメータと指令データを作成し、サーボコントローラへ出力する。サーボコントローラでは、指令データを制御則によりトルク指令を算出する。サーボアンプを介してモータを駆動させる。

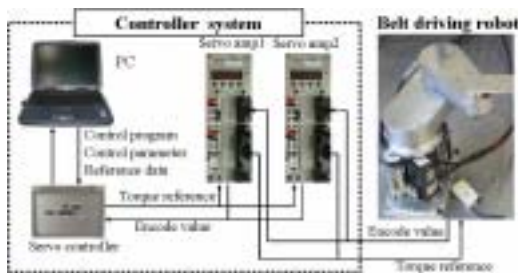


Fig. 1 Experimental setup

3. 残留振動特性の測定

構築したシステムの駆動実験を行った。指令はウェハ搬送を想定した運動を 2.0sec 実行し、それ以降は停止する。図2にアーム先端の加速度の停止時部分の応答を示す。応答には 2.0sec 以降の停止時に残留振動が発生していることが確認できる。また、FFT アナライザにより本ロボットの伝達関数を計測し、固有振動数を求める。モータをランダム波で加振してアームの加速度を測定し、伝達関数を求めた。測定した伝達関数を図3に示す。入力トルク、出力はアームの加速度とした。1次固有振動数は 4.5Hz で残留振動の周波数と一致した。

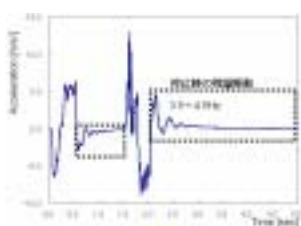


Fig.2 Arm acceleration

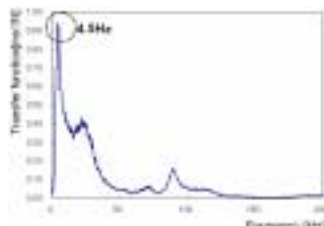


Fig.3 Transfer function

4. モデリング・オブザーバ

残留振動抑制の制御設計を行うために、剛体と 1 次振動モードを考慮したモデルを作成する。

本ロボットをモータ、各プーリ、各軸アームを剛体とし、ベルトをばねとダンパと考え、減速機 (HD) をばねと考えてモデルを表現して 4 慣性系モデルを作成した。これは、どの部分の剛性が 1 次固有振動数に影響を及ぼしているかを調べるためのモデルである。その結果、アーム部のばねの剛性が 4.5Hz の固有振動に影響することがわかった。

アーム先端の加速度をフィードバックし、振動抑制するためのオブザーバを実機に組み込む。微分方程式を差分方程式に置き換え、サンプリング時間内に計算を処理させる必要がある。1 次固有振動数はアームのベルトのばね剛性で表せるので、モデルを 2 慣性で表し、低次元化する。剛体をアームと、モータ、プーリをまとめて換算した慣性とし、アームベルトのばねとダンパで結び 2 慣性で表現した。これを図4に示す。

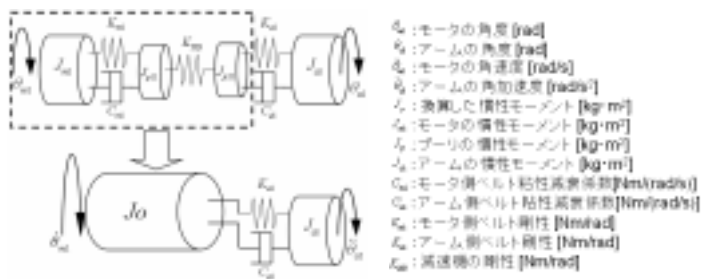


Fig.4 Two inertia model of belt driving robot mechanism

オブザーバを付加し、シミュレーションで振動抑制の効果を確認する。図5にアーム先端の加速度応答を示す。これによりオブザーバ制御の振動抑制の有効性が確認できた。

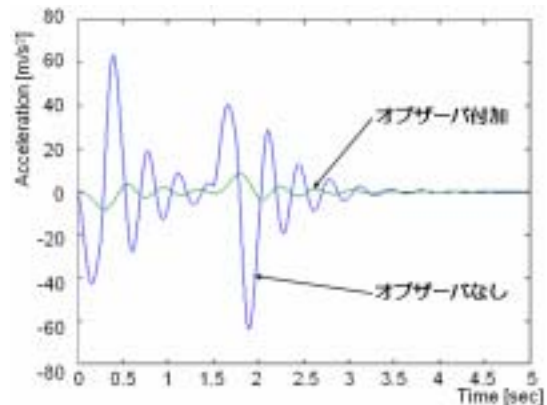


Fig.5 Simulation of arm response

5. 結論

- 1) ベルト駆動ロボットの動特性を測定し、残留振動と伝達関数を求め、1 次固有振動数は 4.5Hz であった。
 - 2) MATLAB/simulink により 1 次固有振動数を考慮したシミュレーションモデルを作成した。
 - 3) オブザーバによる振動抑制制御の有効性をモデルにより確認した。
- 今後は実機へのオブザーバの振動抑制制御の組み込みを行い、実機により効果を確認する。

[謝辞]

本研究を行うにあたり、浜松弘教授にご指導いただきました。厚くお礼申し上げます。