

Windows パソコンを用いた二重倒立振子の安定化制御

小田原 幸生
機械電子部

Stabilization Control of the Double Inverted Pendulum with Windows Computer

Yukio ODAWARA
Mechanics & Electronics Division

要旨

Windows パソコンによるリアルタイム・モーション・コントロールの1事例として、状態フィードバック制御による二重倒立振子の安定化制御を試み、Windows の下での制御プログラム開発について検証した。

1. はじめに

倒立振子実験装置は様々な制御理論の検証、トレーニングの目的で使われる機械である。二重倒立振子は振子を直列または並列に連結したもので、安定化制御のため、単一振子と比べて高い応答性と精度が必要である。

筆者は平成5年度に直列型二重倒立振子の製作と試験を行った。⁽¹⁾当時のパソコンのOSはMS-DOSが主流で、速い計算速度を得るためプログラム言語は“C”を用いた。今日、パソコンのOSはマイクロソフト社のWindowsが主流であり、パソコンの高性能化、低価格化が進んでいる。一方、従来のプログラム技法も様変わりした。そこで、Windows 環境下の制御プログラム開発に対応する目的でWindows パソコンを用いた二重倒立振子の安定化制御を試みた。

2. 二重倒立振子実験装置の概要

2.1 ハードウェア

Fig.1 に実験装置の概略図、Table 1 に倒立振子本体の仕様、Table 2 にパソコン及びAD/DAインターフェースの仕様を示す。

前回、単一の振子を二重にし、また、ノイズの影響を小さくするため、ポテンシオメータのアンプ（ボルテージ・フォロア）を製作した。今回はこのアンプにおける振子角度（ Φ_1 、 Φ_2 ）検出の増幅率をこれまでの4倍とし、信号のS/N比を高める改良を行った。

2.2 制御プログラム

プログラム言語はマイクロソフト社の Visual Basic (Version 5.0)を用い、制御方式は状態フィードバックによった。制御ブロック図を Fig.2 に示す。図において台

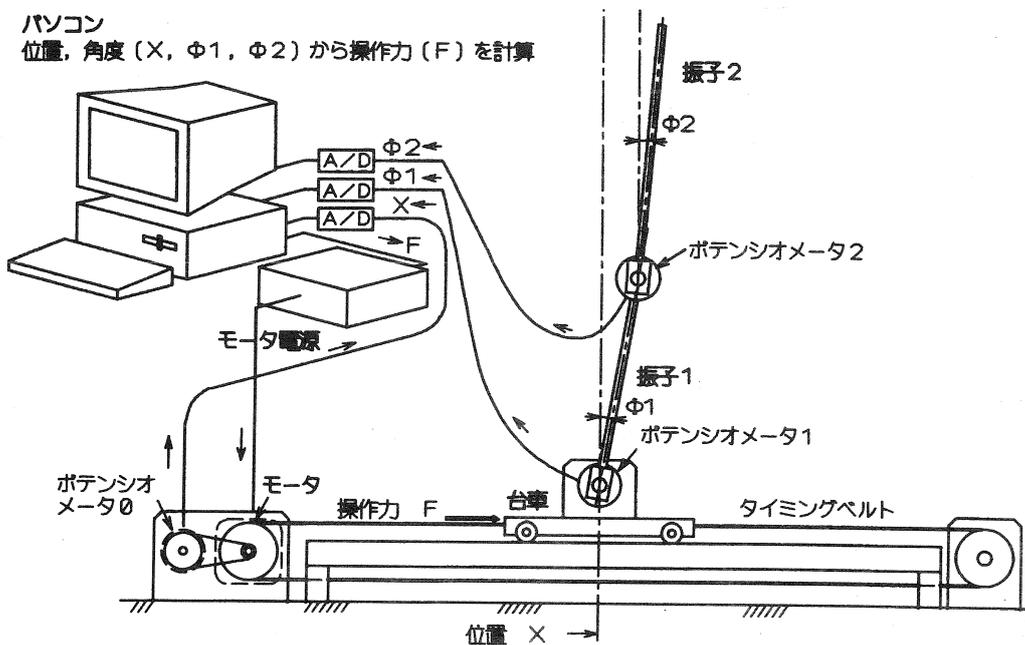


Fig.1 二重倒立振子実験装置の概略図

Table 1 倒立振り実験装置（本体）の仕様

製造	ジャパン・イー・エム株式会社
モータ	直流ギヤ・モータ (ギヤ比 12.5:1)
	定格出力 電圧 24[V] 電流 1.5 [A]
ドライバ	制御方式 PWMチョップ; キャリア周波数 2 [kHz]

Table 2 パソコン, AD/DAインターフェースの仕様

パソコン	FMV-DESK POWER T III20 (富士通株式会社)
	CPU MMX Pentium 200[MHz]
	OS Windows 95
AD/DA インターフェース	PCI-3521 (樹インターフェース)
	AD 分解能 12[bit] チャンネル切替+変換 60[μs] サンプリグ設定 毎秒 2400 回, 差動入力
	DA 分解能 12[bit] セトリグ時間 10[μs]

車速度 (\dot{x}), 振り角速度 ($\dot{\Phi}_1, \dot{\Phi}_2$) は, 1 制御サイクルにおける新旧位置・角度データの差分を用いた。

位置・角度データは毎秒 2400 回のサンプリングで AD/DA インターフェースのリング・バッファに順次書き込まれる。サンプリングは AD 変換器の最速値よりかなり遅めの設定にしたが, サンプリングを早めると動作が不安定になるためである。

制御サイクルは, 入力信号に乗る交流電源の誘導ノイズ成分を除くため 60[Hz] とした。この間隔は, プログラムではリング・バッファのデータ番号を読んで判断している。制御周期 16.7[ms] のうち, データ入力から制御出力を行うために要す時間は計算によると 2[ms] ぐらいで, この大部分は AD 変換とリング・バッファからのデータ読み込みで占められている。

その他, 制御プログラムが CPU を占有するとプログラムに誤りがあった時などにキー操作でプログラムを停止できないので, 制御サイクルの合間に CPU の占有を解く “DoEvents” 処理を挿入した。

2.3 安定化制御実験

今回の改造では Windows パソコンを使った以外は基本的な違いはなく, ほぼ前回と同じ制御性が得られた。Fig. 3 は実際に動かしている時の写真である。この時は, 遊び感覚で振りの上に釣合人形 (弥次郎兵衛) を載せた。

3. 考察

6 年前に製作した実験装置のパソコンと比べ, 今回のパソコンは CPU クロック周波数で比べると約 10 倍の計算速度を持つ。しかし, Windows の下でのリアルタイム制御では, 制御プログラムと並行して Windows のプログラムも走り, さらに画面制御に時間がかかるため, 予定した時間どおりに処理が進まないことがある。このため, 実行時間には十分に余裕を持たせる必要がある。

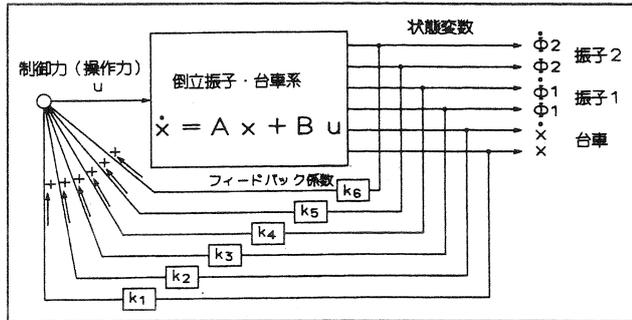


Fig. 2 制御ブロック図

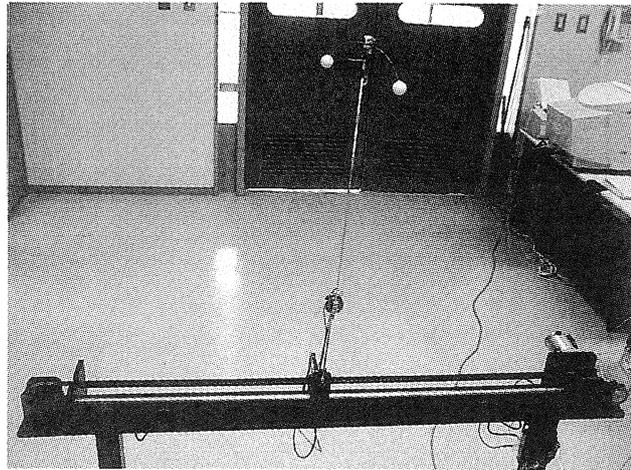


Fig. 3 二重倒立振子の安定化制御写真

従来と比べ, 制御プログラムを開発する際に Windows のコントロールにも配慮しなければならない煩わしさはあるが, 操作性の良い Visual Basic を使い, 前回と同程度の制御性が得られ, Windows パソコンによるリアルタイム・モーションコントロールを実現することができた。

4. まとめ

Windows パソコンを用い, プログラム言語は Visual Basic により, 状態フィードバックによる二重倒立振子の安定化制御を試み, 毎秒 60 回のサンプリングと制御出力により安定化制御を実現した。

5. 今後の予定

改良を加えた倒立振り実験装置を用い, 平成 12 年度から最適制御, 適応制御などの, 1 歩進んだ制御方式の検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 小田原 幸生: 平成 5 年度大分県産業科学技術センター研究報告, P. 74~76
- 2) 雨宮好文 監修/末松 良一 著: 「機械制御入門」, オーム社