

Arduino を用いた Ball & Beam システムの制御

報告者 210108 小野 翼
210138 藤原 知絵
指導教員 木澤 悟

1. 諸言

従来の制御システムは入出力機能を搭載した DSP ボードが必要となり、さらに制御用ソフトやシステムを構成するのに費用が掛かった。しかし最近、Simulink/MATLAB を扱えるマイコンボードである Arduino マイコン(図 1)が登場したことによって、制御システムを低コストで構成することができるようになった。そこで本研究では、制御用マイコン Arduino が、現代制御理論を用いた制御システムに対してどの程度の応用問題に対応可能か知るために、一例として Ball & Beam システムを構成して制御システムが簡単に構築できるか検討した。Ball & Beam システムは、アームの角度をリアルタイムに制御して、ボールの位置を安定化するシステムである。



図 1. Arduino マイコン

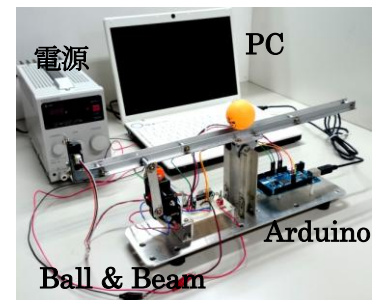


図 2. Ball & Beam システム

2. 実験装置および実験方法

はじめに、図 2, 3 に製作した Ball & Beam システム及び装置を示す。システム全体の構成は、パソコンと接続した Arduino を入出力装置として用い、アームに取り付けた赤外線距離計からボールの位置を読み取った。

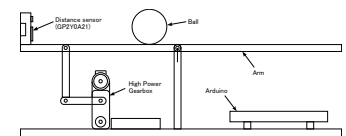
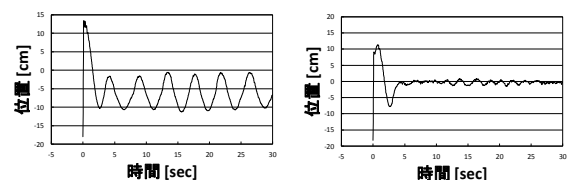


図 3. Ball & Beam 装置

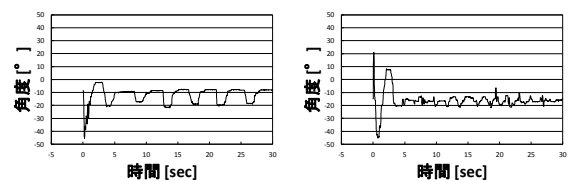
さらに、そのデータをパソコンで演算して High Power Gear Box による自作サーボモータにより、アームの角度を制御した。制御方法は、システムをモデル化して運動方程式を導出し、伝達関数を求めてブロック線図として、そのブロック線図から Simulink のプログラムを作成した。ボールの位置を水平に保つための制御手法には、最適レギュレータ理論を用いた。最適状態フィードバック制御を行うために重み行列を設定する必要があり、今回は Case1($Q=[100 \ 20 \ 20 \ 1]$, $R=10000$)と Case2($Q=[500 \ 20 \ 20 \ 1]$, $R=10000$)の 2 通りの設定で実験し、その応答を比較検討した。実験は、アームをほぼ水平状態にして、中心から 18cm 離れた位置にボールを置き、アームの中央にボールが水平にとどまっているかどうか確認した。

3. 研究結果

実行結果を図 4, 5 に示す。図 4 は Case1 の場合、図 5 は Case2 の場合であり、それぞれ上段がボール位置の時間応答、下段がアームの角度応答である。図 4 と図 5 の応答を比較すると、Case1 の場合は立ち上がりが遅く、時間が経過してもボールの位置は安定せず振動的だった。対して Case2 の場合はプログラムを実行してから 4 秒程でボールがアーム中央近くで安定し、良好な反応を示していた。以上より、Arduino マイコンは Ball & Beam システムのボール位置制御において、十分有効であることが確認できた。



ボール位置の時間応答



アーム角度応答

図 4. Case1 の場合

図 5. Case2 の場合