

ファジィ制御実習

07

振り上げた振子を受け止める制御

課題

「振子を振り上げる」制御は一応完成はしましたが、振り上がってきた振子を上手に受け止め、成功率を高める様に改善します。

ルール設定

何度も検証を繰り返し、グラフやログデータで確認していると次の問題点に気がつくのではないのでしょうか。

ルール No.01, 03 は振子が傾いたときに傾いた方向にアームを動かすルールで、振子を倒立させるには有効なルールです。しかし、振り上がってきた振子が真上に位置する時は角速度を持っているので、その場合に振子角度だけを見ているルール No.01, 03 は、振り上がってきた振子を立てに行く（迎えに行く）ため、振子角速度がより速くなり失敗してしまうのです。このような状況では、振子を立てに行くのではなく、逆に反対方向にアームを逃し受け止めるようにすれば振子角速度が弱まりうまく受け止められるようになります。

この動きはキャッチボールに例えられます。向かって来るボールに対して腕を突き出しながら取ろうとすると弾いて落球してしまうけれど、腕を少し引きながら受け止めるとうまくいくことに似ています。

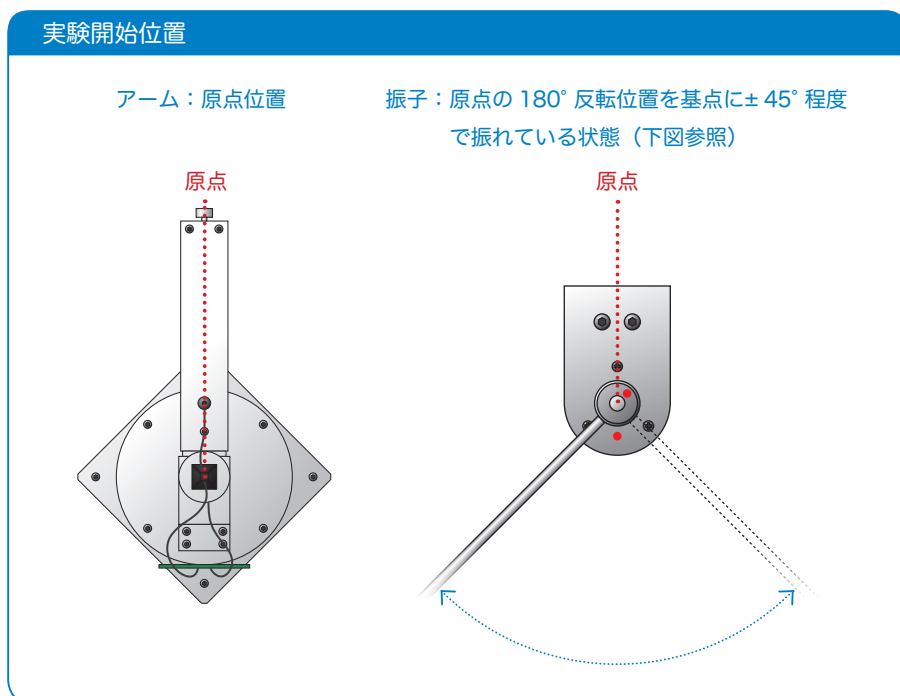
振り上がってきた振子を引いて受け止めるルール No.10, 11 を追加します。

例えば、ルール No.10 は「振子角度」が左に傾いたと判断するのではなく、振子角速度が POSITIVE なら、振子が左側から右側に振り上がって来たと解釈し、アームを右に引いて逃すように作用します。

ルール割席	フェイル	ルール No	振子角度						振子角速度						アーム速度						制御出力	
			N	N	Z	P	P	P	N	N	Z	P	P	P	N	N	Z	P	P	P	後件部値	貢献度
×	■	01																			-100	1.5
×	■	02																			0	4.0
×	■	03																			100	1.5
×	■	04																			-350	3.0
×	■	05																			350	3.0
×	■	06																			-150	3.0
×	■	07																			150	3.0
×	■	08																			35	1.0
×	■	09																			-35	1.0
追加ルール	×	■																			100	3.0
	×	■																			-100	3.0

実験手順

1. ルール完成後、「制御開始」ボタンをクリックします。
このとき、倒立振りメカの電源は OFF のままです。
2. 振子を手で動かしてみて、ファイアールールが意図通りになっているか確認します。
3. アームを原点にセットします。



4. 振子が垂れ下がった状態では「振り角度」がセンサの構造上異常値を示すので、振子を振らせた状態で倒立振りメカの電源を ON にし制御開始します。



この実習では振子が回転運動を起こしたり、振り上がってきた振子をうまく受け止められずに異常動作をする場合があります。倒立振りメカの電源 SW から手を離さないようにし、異常時には電源をすぐ切るようにしてください。

5. 振り上げた振子をうまく受け止められるか確認してください。

以上で振り上げ倒立振子の制御ルールは完成です。

受け止めの成功率は上がりましたが、100%ではありません。まだまだ改善の余地があります。是非皆さんでさらに良いアイデアを考え実験してみてください。

制御周期が 12ms 前後の場合には安定に動作しますが、15ms 以上になると不安定な動作になります。制御周期が 15ms を越える場合は、ルール No.06, 07 及び 10, 11 の、4つのルールの貢献度の設定値を、大きな値に変更すれば安定します。

オプション取り付け

振子の先端は雌ネジ加工されており、雄ネジでパーツを取り付けることができます。

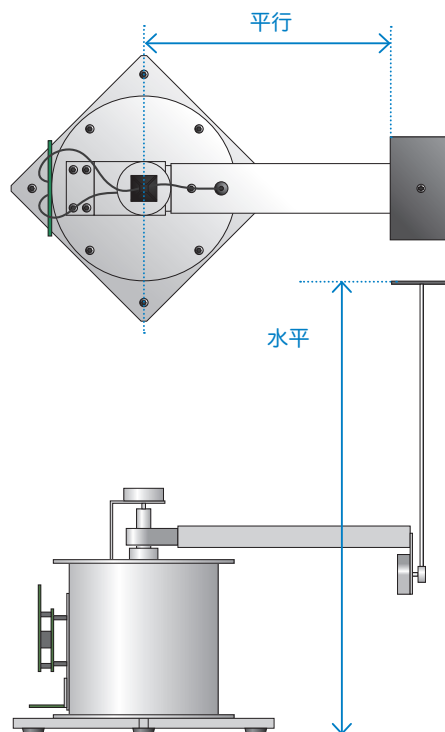
例えば、薄い板の中心に M3 のネジを取り付け、突き出たネジの長さが 10mm 以下の「載せ台」を用意します。

載せ台は倒立状態で水平に、メカ本体に平行になるように固定してください。

以上の準備が出来ると、振子を手で持ち倒立状態にし電源 SW を ON にすると、振子が載せ台を付けた状態でバランスします。



載せ台を付けた状態では振子の慣性モーメントが大きくなるため、振り上がった振子を受け止めることが出来ません。



バランス状態でアームがハンチングを起こす場合は、4 と 5 のルールを調整（出力が小さくなるように）するとハンチングを押さえられます。

アームが原点付近に戻らない場合は、R25 で調整 (p.14) してください。

載せ台が付いた状態でバランスさせられれば、載せ台の上に缶ジュースやガムテープを色々な向きで載せてみましょう。

従来の計算制御では、振子長さが見かけ上変わったり、重心位置に変動があると、制御方程式を計算し直す必要が有りますが、ファジィ制御のような人間の経験則を元にした制御にはあまり変動が無く、ほぼそのままのルールで不安定な負荷の変動にも耐える事が分かります。



万一落下しても問題のない物を載せてください。振動で載せた物が落下することもあるので、十分ご注意ください。