

低分解能角度検出によるサーボモータの低速駆動

The Low Speed Drive of a Servo Motor by Low Resolution Angle Detection

大平 雄輝* , 秋山 宜万* , 松尾 健史* , 三浦 武* , 谷口 敏幸*

Yuki Ohira* , Yoshikazu Akiyama* , Kenshi Matsuo* , Takeshi Miura* , Toshiyuki Taniguchi*

*秋田大学

* Akita University

キーワード: DC サーボモータ(DC servo motor) , 低速駆動(low speed drive) , 低分解能(low resolution) ,
開ループ制御(open loop control) , 電圧指令(voltage command) ,

連絡先: 〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 秋田大学工学資源学部 電気電子工学科
三浦 武, TEL.: (018)889-2329, FAX.: (018)837-0406, E-mail: miura@ipc.akita-u.ac.jp

1. はじめに

近年, 多くの産業機器に制御用小形モータが使用され, 使用用途もさまざまに要求されてきている. そのような用途のひとつとして, モータを低速に駆動させるということがあげられる.

モータの速度や位置を制御するとき, 一般に検出器としてロータリーエンコーダがよく使用される. ロータリーエンコーダは分解能が高いものだと高価である. そこで, 装置のコスト低減のため, 低分解能のエンコーダを用いるが, モータを低分解能のエンコーダを用いて低速駆動で制御するとき, 制御周期においてエンコーダのパルスを得ることができず, その区間の閉ループ制御が行えないということになる¹⁾. このような理由のため, モータを低速に制御することが困難である. そこで, モータを低速駆動させるためには,

パルスが得られない区間において, 何らかの方法を用いて開ループ制御で低速に駆動させる必要がある.

低速に駆動できるモータとしてステッピングモータがある. これは, 入力パルスに対して, 基本ステップ角毎に回転する²⁾という特徴をもっている. 入力パルスの周波数を低く設定することで, 開ループで低速駆動が可能となる.

さて, ここで DC サーボモータに注目する. DC サーボモータとは, 制御性がよく, 電子サーボ用アクチュエータとして使用されているモータである³⁾. 本研究では, このモータを, ステッピングモータのように動作させる手法を開発した. すなわち, サーボモータを一定角度駆動させることを連続的に行う手法を考案し, 開ループ制御での低速駆動を実現させた. また, この手法とは, サーボモータに対して, 微小時間電圧指令を与え, そ

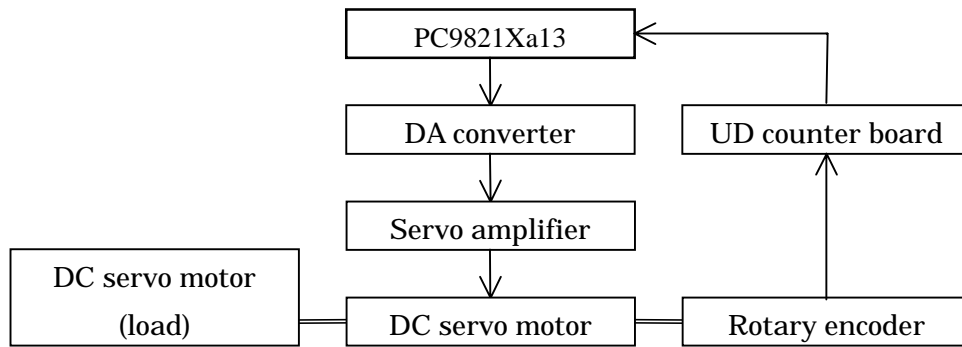


Fig.1 Experimental system

の指令を一定時間間隔で与えるという手法をとる。時間間隔の調整については、高分解能での実験データを元に手で調整した。実験においては、ある目標速度を設定し、それに対して、電圧指令の大きさを一定という条件で、時間間隔の調整を行い、実験を行った。その次に、電圧指令の大きさを変え、それに対して、時間間隔の調整を行ってみた。そして、負荷装着時の変動に対して、時間間隔について無負荷時と比較し、調整、検討した。

2. 実験システム

本研究で使用したモータは R301-011(山洋電気社製、定格出力、11W、定格電圧 24V、定格電流 1.25A)である。

本研究での実験システムを Fig.1 に示す。パソコンからの電圧指令を DA 変換器を介し、サーボアンプにて電圧を増幅し、モータに電圧が印加されることで、モータが駆動される。回転子角度は、分解能 3600[pulse/rev.]のロータリーエンコーダによって検出され、アップダウン(UD)カウンタボードを介して、パソコンに入力することで測定される。また、負荷として、本研究で使用したモータと同一のサーボモータを使用した。

今回、電圧指令として Fig.2 のような、パルス状の電圧指令を考案し、振幅の大きさ、時間の間隔を調整することで、目標速度で駆

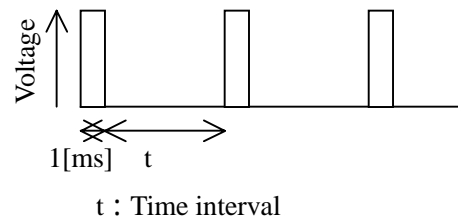


Fig.2 Voltage command

動するよう実験を行った。調整の際は、高分解能で測定したデータを元に調整した。なお、一定時間間隔で電圧を与えるということで、電圧の印加時間は 1[ms]とした。

3. 実験方法

Fig.2 の電圧指令を基に、無負荷時において、目標速度をあらかじめ設定し、電圧指令値 10[V]とし、その目標速度で駆動できるように、実験的に時間間隔を調整した。

次に、目標速度を $1[\text{min}^{-1}]$ と設定し、印加電圧を変化させたときにおいて、時間間隔の調整を行い、目標速度で駆動できる時間間隔を探索した。

次に、負荷装着時において、目標速度を $1[\text{min}^{-1}]$ に設定し、無負荷時と同じ電圧指令で駆動させ、無負荷時との比較を行い、さらに、時間間隔の調整を施し、負荷装着時と無負荷時の比較、検討を行った。なお、低分解能の角度検出において、エンコーダのパルスがく

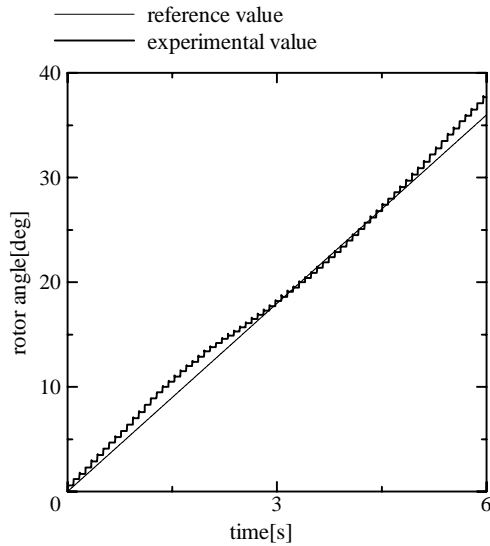


Fig.3 Experimental result
(Voltage=10[V] Time interval=85[ms])

るまでの間、開ループ制御ということを想定し、実験において、一切閉ループ制御はせず、開ループ制御とした。また、駆動時間は1分として実験を行った。

4. 実験結果

3章で述べた方法により、実験を行った。無負荷時において、目標速度を $1[\text{min}^{-1}]$ とし、6秒間、開ループで駆動させた結果を Fig.3 に示す。電圧指令における印加電圧の大きさは $10[\text{V}]$ とし、時間間隔を実験的に調整した結果、 $t=85[\text{ms}]$ において、大体目標速度で駆動させることができた。ステップモータ的にある一定角度駆動させることを連続的に行って駆動しているため、やや階段状の角度の変化がみられた。急激な始動と停止を繰り返すことから、停止の区間が長ければ長いほど、階段状の変化が顕著に現れた。

次に、印加電圧を $10[\text{V}]$ に固定し、目標速度を変え、実験を行った。時間の間隔は、目標速度で駆動できるように、実験的に調整した。目標速度は $1[\text{min}^{-1}]$ 、 $0.5[\text{min}^{-1}]$ 、 $0.25[\text{min}^{-1}]$ 、 $0.1[\text{min}^{-1}]$ と設定し、時間間隔を調整し実験を

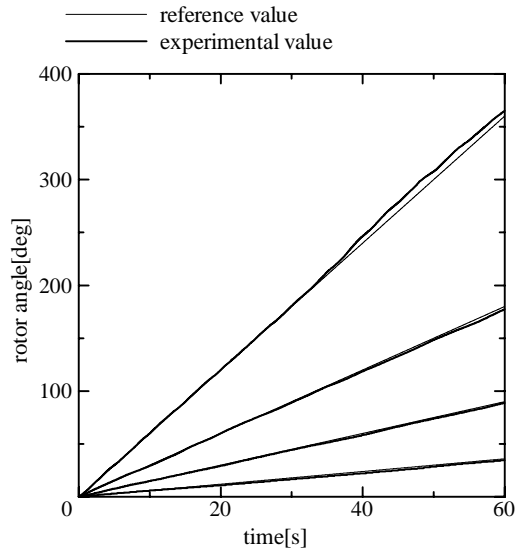


Fig.4 Experimental result
($1[\text{min}^{-1}]$, $0.5[\text{min}^{-1}]$, $0.25[\text{min}^{-1}]$, $0.1[\text{min}^{-1}]$)

Table.1 The adjustment result in the time interval

Reference speed[min^{-1}]	Time interval[ms]
1.00	91
0.50	180
0.25	362
0.10	900

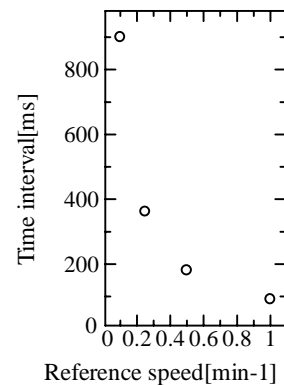
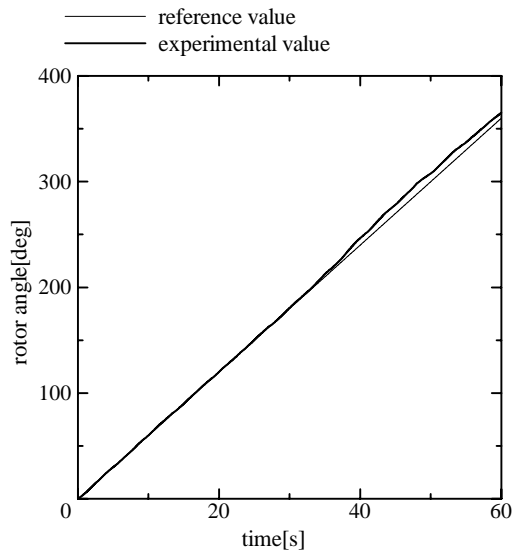
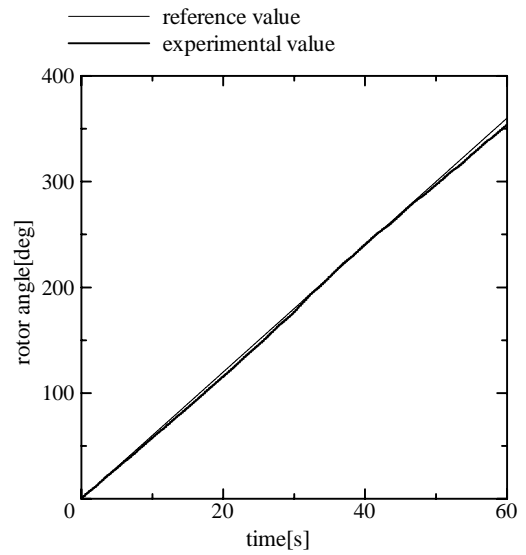


Fig.5 The adjustment result in the time interval

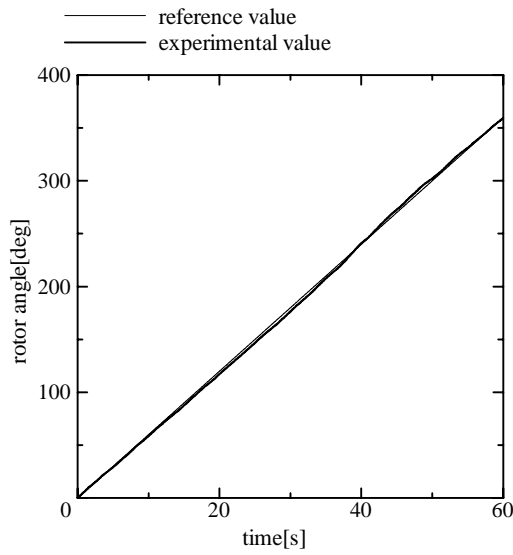
行った結果を Fig.4 に示す。また、目標速度と時間間隔の調整結果を Table.1 に示す Fig.4 と Table.1 より、時間間隔を長くすればとるほど、低速に回転させることができるということがわかる。また、Fig.5 で、速度と時間間隔の関係をみると回転速度と時間間隔は大



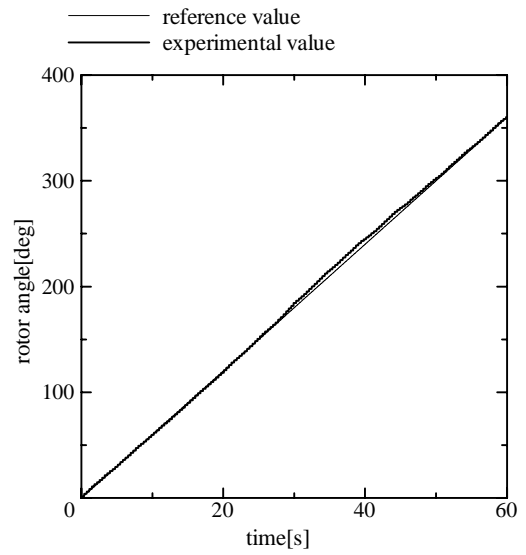
(a) Voltage=10.0[V]



(c) Voltage=15.0[V]



(b) Voltage=12.5[V]



(d) Voltage=17.5[V]

Fig.6 Experimental result
(10[V],12.5[V],15.0[V],17.5[V])

Table.2 The adjustment result in the time interval

Voltage[V]	Time interval[ms]
10.0	91
12.5	165
15.0	260
17.5	365

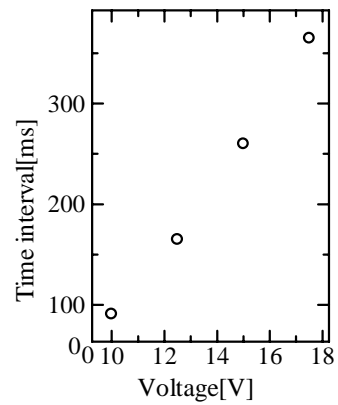
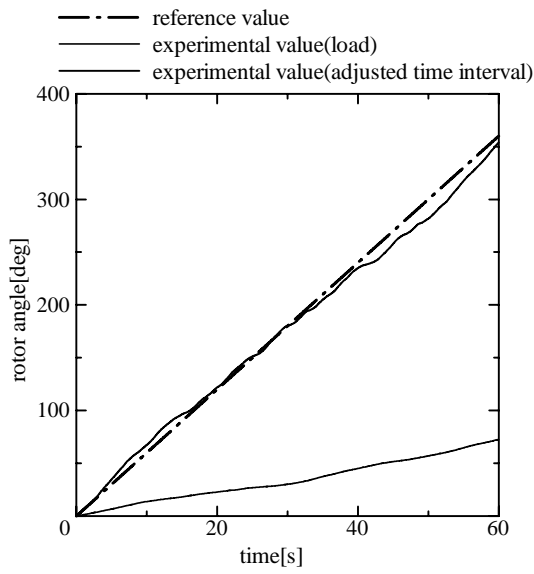
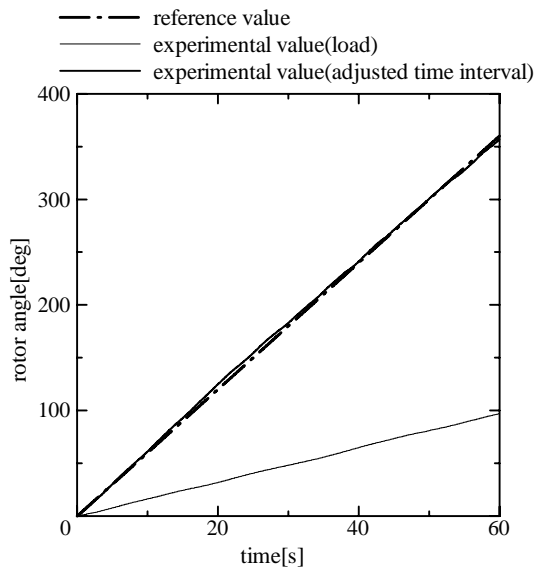


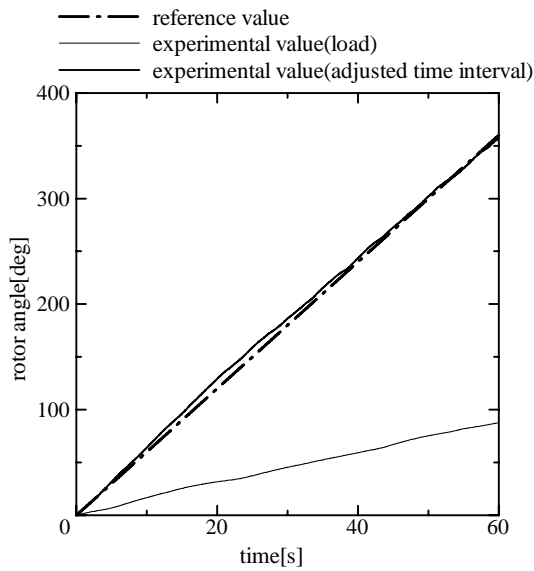
Fig.7 The adjustment result in the time interval



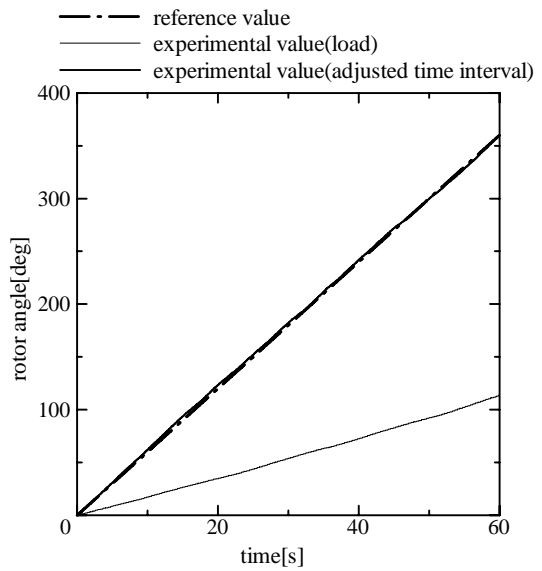
(a) Voltage=10.0[V]



(c) Voltage=15.0[V]



(b) Voltage=12.5[V]



(d) Voltage=17.5[V]

Fig.8 Experimental result (on load)

Table.3 The adjustment result in the time interval

Voltage[V]	Time interval[ms] (no load)	Time interval[ms] (on load after adjusted)
10.0[V]	91	20
12.5[V]	165	47
15.0[V]	260	80
17.5[V]	365	123

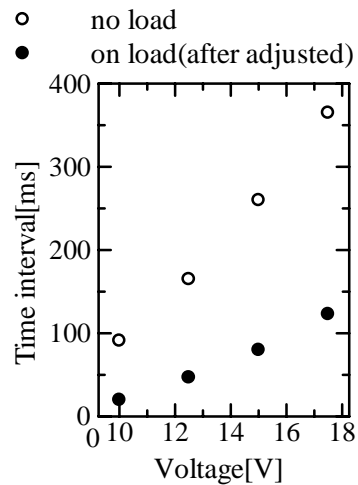


Fig.9 The adjustment result in the time interval

体反比例の関係があると推測できる．反比例の関係をを用いることで大体目標速度で駆動することができる．

次に，目標速度を $1[\text{min}^{-1}]$ に固定し，印加電圧の大きさを $10.0[\text{V}]$ ， $12.5[\text{V}]$ ， $15.0[\text{V}]$ ， $17.5[\text{V}]$ と変え，同様に時間を調整し実験を行った．その実験結果を Fig.6 に示す．また，印加電圧値に対する時間の間隔の調整の結果を Table.2 に示す．Fig.6 より，印加電圧に応じて，時間間隔を調整することで目標速度に近くで駆動することが可能であることを検証することができた．Table.2 より印加電圧を大きくとるに従って，時間間隔が長くなることがわかる．このことと Fig.6 とを比較してみると，印加電圧を大きくとるに従って，時間間隔が長くなるために，印加電圧が大きいほど，角度の変化において階段状の応答がみられるようになる．また，Fig.7 より，印加電圧の大きさと時間間隔の関係は大体比例関係にあると推測できる．これは，同じ回転速度において，平均電圧が同じになるという理由から，推測できる．

先ほどと同様の条件の下，負荷として DC サーボモータを装着し，実験を行った．その後， $1[\text{min}^{-1}]$ で回転するよう時間間隔を調整し，実験を行った．その結果を，Fig.8 に示す．印加電圧及び負荷装着時の調整前の時間間隔と調整後の時間間隔の関係を Table.3，Fig.9 に示す．負荷を装着することにより，無負荷状態に比べて，速度は低下する．実験では無負荷状態に比べて，負荷時は約 $1/4$ 程度の速度となる．その低下に対しては時間間隔を調整することで目標速度へと戻すことが可能である．Fig.8 より，負荷装着時において，印加電圧が高いほど，目標速度に追従する．また，Table.3 より，負荷により低下した速度と目標速度に戻す時間の間には一定の関係があると推測でき，速度が負荷装着時 $1/4$ に下がった場合．時間間隔も $1/4$ にすれば，目標

値に戻るというように，速度変化と時間間隔の変化の対応は比例関係にあると推測できる．

以上の実験結果より，目標速度に対して，高分解能で検出したデータを元に印加電圧，時間間隔を調整することにより，開ループにて一定区間低速に駆動できることが示された．また，負荷による速度の変動に対しても，その変動に対して，変動した速度に対する時間間隔の関係をを用いれば，目標速度で低速に駆動することができる．このことから，低分解能の角度検出での制御においても，情報のない間，制御が可能であると考えられる．

5. おわりに

低分解能の角度検出によるモータの低速駆動において，制御周期内に情報が得られないという問題に対して，情報が得られない一定区間を開ループで低速駆動をさせる目的で，ある一定時間間隔おきに微小時間の電圧印加という手法で実験を行った．時間の間隔は高分解能時の測定データを元に，調整を行った．

実験を行った結果，印加電圧，時間間隔を調整することにより，一定区間の開ループでの低速駆動が可能であることが実験的に示された．また，速度と時間間隔に一定の関係があると推測され，その関係をを用いて，速度を変えられるということが実験的に示された．

上記のように，本研究で用いた手法を用いることで，モータを開ループで低速駆動できることがわかった．このことより，低分解能の角度検出での低速駆動が可能であると思われる．また，分解能の低い角度検出器の使用も可能であることから，装置のコストの低減も望まれる．

参考文献

- 1) 大石潔,小川泰明,百目鬼英雄:低分解能エンコーダと速度オブザーバを併用した PM モータの一速度制御法,電気学会論文誌 D, 122-3, 209/216(2002)
- 2) 見城尚志:小型モータの基礎とマイコン制御, 96/97, 総合電子出版社(1989)
- 3) 岡田養二,長坂長彦:サーボアクチュエータとその制御, 6/7, コロナ社(1991)