

## 温度抑制を考慮したモータの制御法

Control method of the motor considering a temperature suppression.

○加賀谷 純悦、秋山 宜万、三浦 武、谷口 敏幸

○Jun-etsu Kagaya, Yoshikazu Akiyama,  
Takeshi Miura, Toshiyuki Taniguchi

秋田大学  
Akita-University

### キーワード

モータ(motor), 温度制御(temperature control), 時定数(time constant)

連絡先: 〒010 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  
-8502  
三浦 武, Tel:(018)889-2338, Fax:(018)837-0406, E-mail:miura@ipc.akita-u.ac.jp

### 1. はじめに

制御用小型モータは、現在 OA、FA など、様々な用途に用いられている。しかし、当然の事ながら、モータを運転すると、それに伴い、供給電力の一部が損失となり熱を発生して、モータの温度を上昇させてしまう。モータの温度が上昇するという事は、接続されている外部機器に熱が流出するわけであり、性能上悪影響を及ぼす可能性が生じる。

そこで、本研究では、制御用小型モータの温度を制御することを目的としている。

### 2. 実験方法

本研究に用いた実験装置を図 1 に示す。

ここで用いられているタコジェネレータは  $3[V/krpm]$  の分解能で回転速度の検出が可能であり、温度センサは熱電対であり、 $1[mV/^\circ C]$  の分解能で温度の検出が可能である。

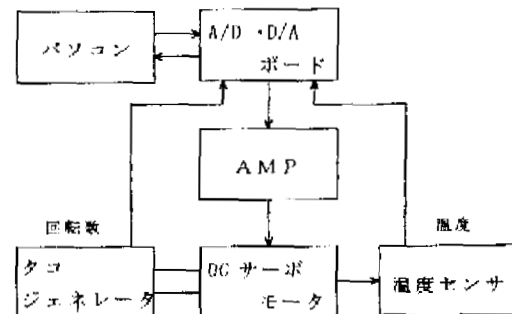


図 1 実験装置の構成

まず、図 2 に示す速度パターンでモータを運転することにより、各パターン毎に温度変化が生じるか、計測を行った。なお、温度の測定には、直接測定したい部分に温度計を固定して測定する温度計法<sup>(1)</sup>を用いた。

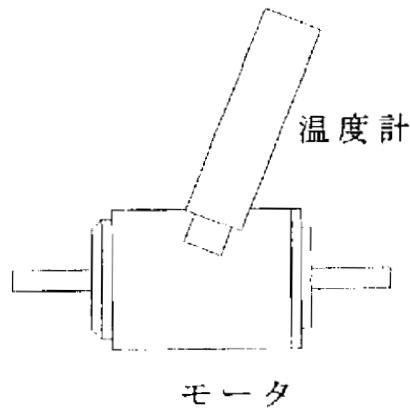


図2 温度計法

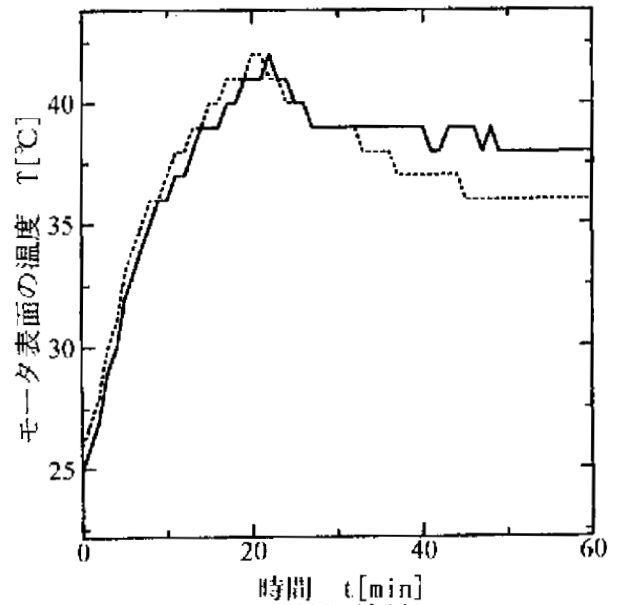


図4 計測結果

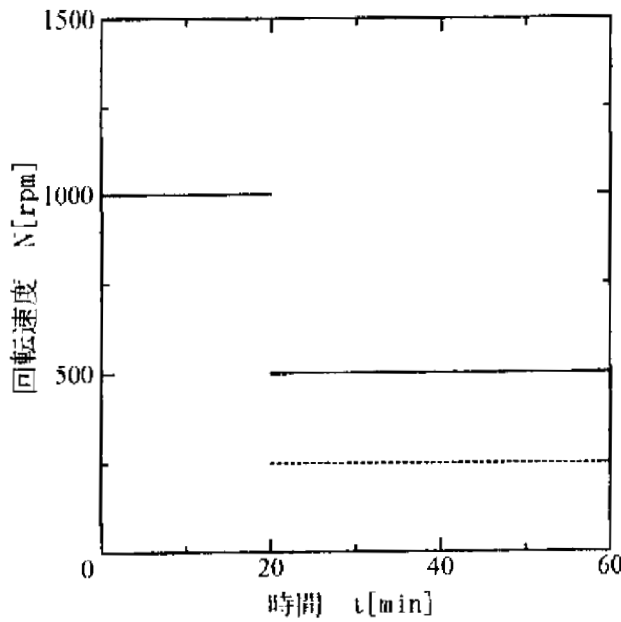


図3 速度パターン

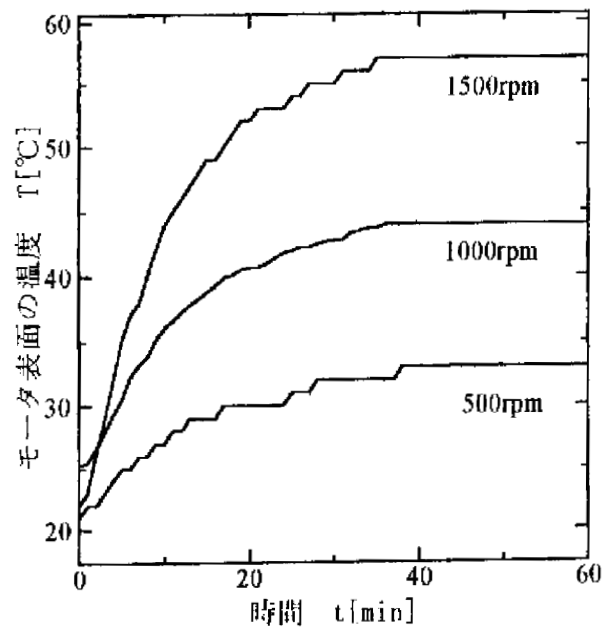


図5 各回転速度における温度変化

### 3. 開ループでの温度制御

図3に示す速度パターンで運転した際のモータ表面の温度変化を図4に示す。

結果より、モータの回転速度をより遅くすることにより、モータ表面の温度はより低くすることが可能であることが確認された。

次に、回転速度をパラメータとしたときの温度変化の関数を決定する。図5に各回転速度における温度変化を示す。

また、時定数の初期温度依存性を図6に示す。

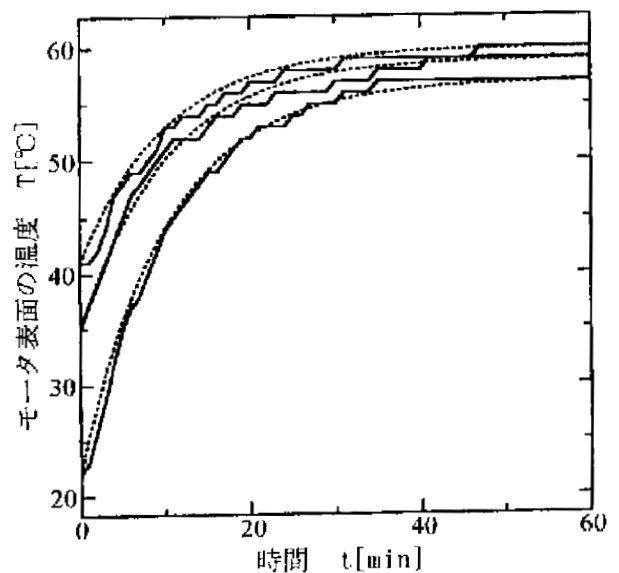


図6 時定数の初期温度依存性

図5より、各回転速度の時定数ならびに上昇温度の最終値を算出すると、表1のようになる。

表1 回転速度ごとの時定数と  
上昇温度の最終値

回転速度 [rpm]	時定数 [min]	上昇温度の 最終値[°C]
500	12.6	33
1000	11.3	44
1500	10	57

表1より時定数ならびに上昇温度の最終値は回転速度を変数とする一次関数として描くことが可能であることがわかり、一次関数としたものを図7、図8に示す。

また、図6より、いずれの曲線も時定数は10[min]となり、初期温度に依存しないが、上昇温度の最終値は初期温度に依存することがわかる。

以上のことより、温度変化の関数は次のように近似できる。

$$T(t, N) = T_{\max}(N) \times \left\{ 1 - \exp\left(\frac{-t}{\tau(N)}\right) \right\} + T_f \dots (1)$$

$$T_{\max}(N) = 24 \times 10^{-3} N + 21 - T_0 + T_f$$

$$\tau(N) = 13.9 - 2.6 \times 10^{-3} N$$

ここで、

$N$  : モータの回転速度[rpm]

$T_{\max}$  : 上昇温度の最終値[°C]

$\tau$  : 時定数[min]

$T_0$  : モータ表面の初期温度[°C]

$T_f$  : 周辺温度[°C]

(1)式のように、温度変化の関数は時間と回転速度を変数とするものとなり、一次遅れ系の関数となる。(1)式より、特定の温度状態を作り出すための速度パターンを導き出すことができる。図9に40°C、50°Cを目標温度とした場合の速度パターンを示し、図10に計測結

果を示す。

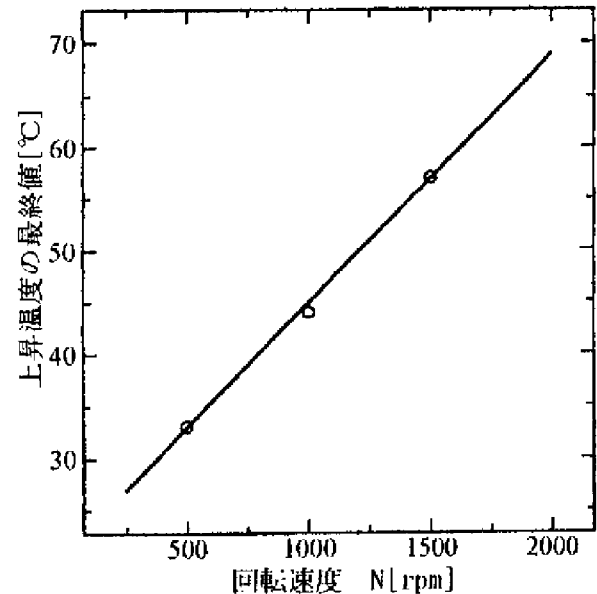


図7 回転速度—上昇温度の最終値特性

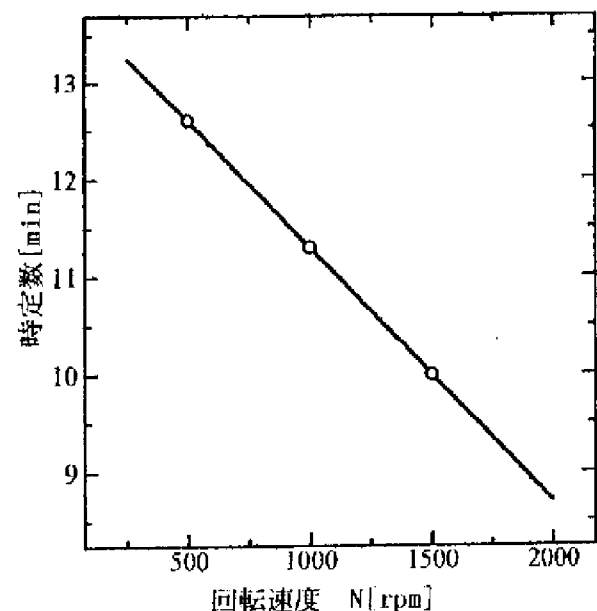


図8 回転速度—時定数特性

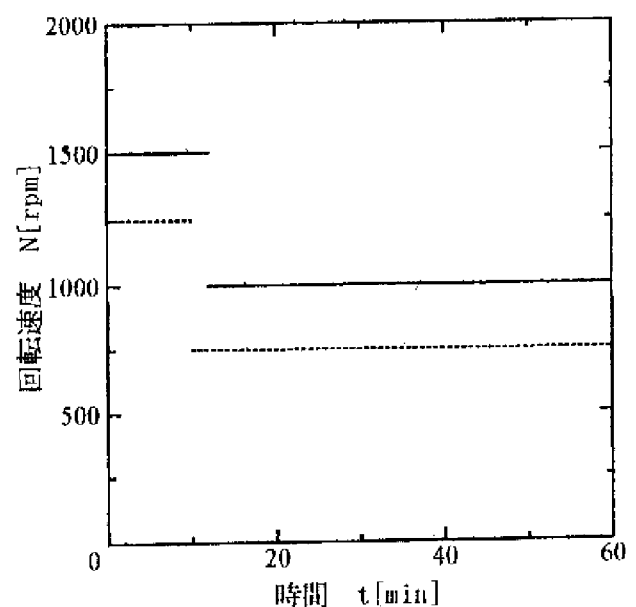


図9 速度パターン

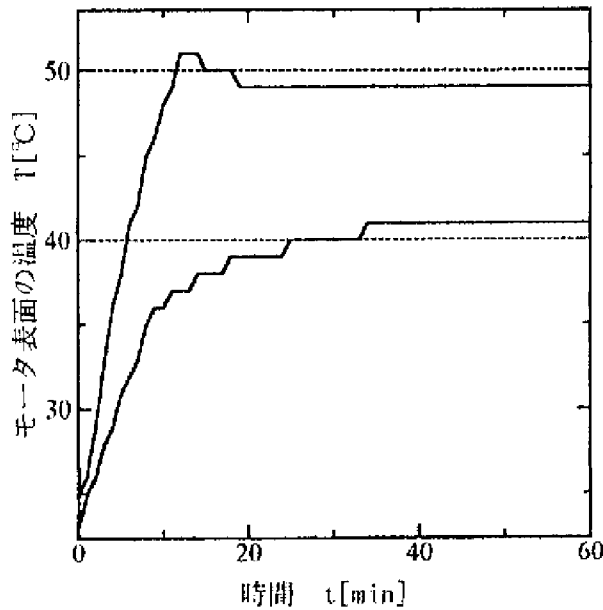


図 10 計測結果

図 10 より、誤差は生じているものの、大まかな温度の制御は可能であることが確認された。

#### 4. 閉ループでの温度制御

閉ループでの温度制御、すなわち温度信号をフィードバックして、温度制御する場合を考える。温度計からのアナログ出力はノイズを含むものであるので、ノイズの影響を無くすために、平滑化を行う必要がある。図 11 にアナログ出力を AD 変換した際の温度信号を、図 12 に平滑化処理を行う際のフローチャートを、図 13 に温度信号に平滑化処理を行った結果を示す。

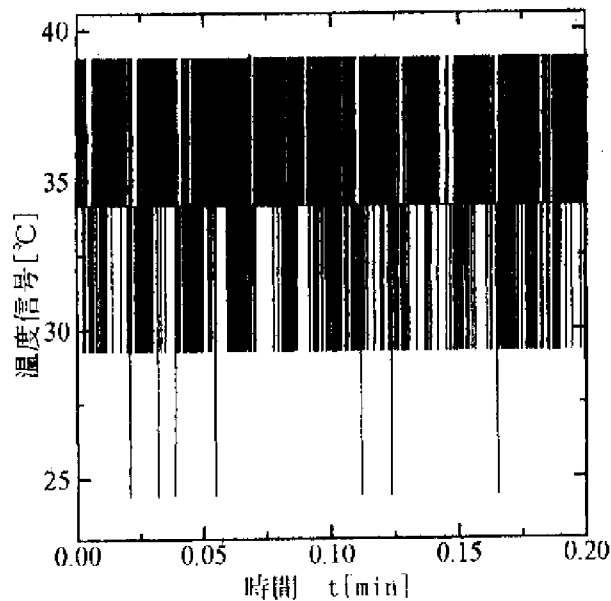


図 11 温度信号

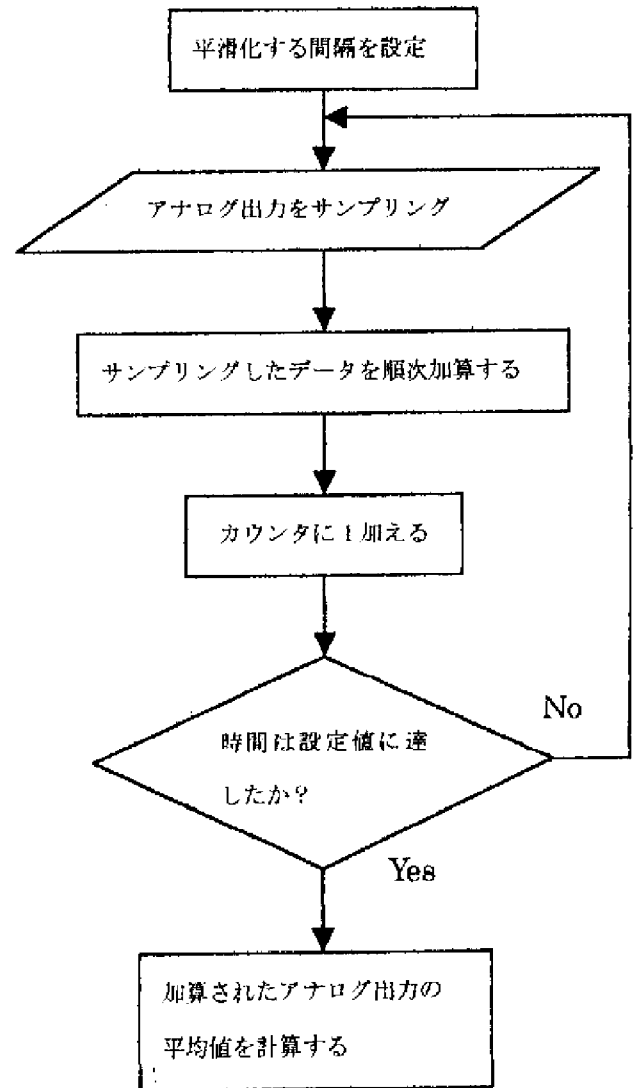


図 12 フローチャート

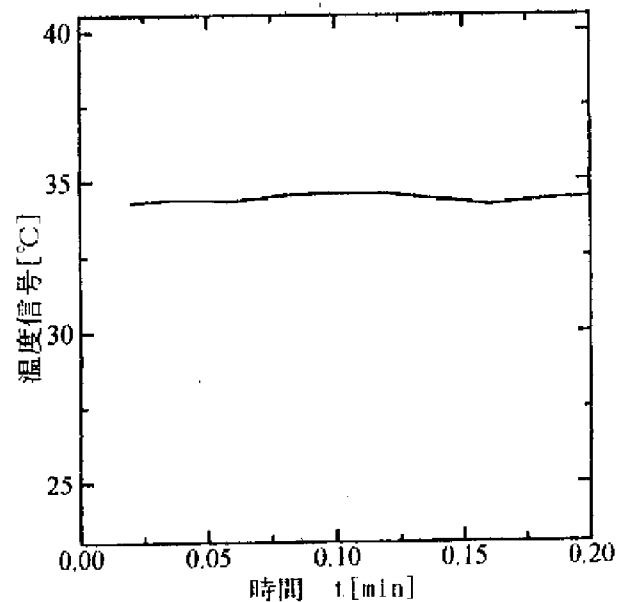


図 13 平滑化処理を行った温度信号

平滑化の方法について説明する。まず、どの程度の間隔で平滑化を行うか設定し、次に、アナログ出力のサンプリングを行う。サンパ

リングして得られたデータがある値に格納して、その直前までのデータに加算した後、カウンタを1増加させる。その後、パソコンの内部クロックが設定した時間に到達したならば、ループを抜け、それまで加算された値をカウンタの示している値で割ることにより、平均値を計算して、平滑化処理を行っている。図 11 において、平滑化間隔は 20[ms]、サンプリング間隔 0.1[ms]とした結果、図 13 のように、平滑化処理を行うことが可能となった。

次に、温度計の校正について述べる。

図 14 に温度計の表示温度と AD 変換後に平滑化処理を行った温度信号との関係を示す。

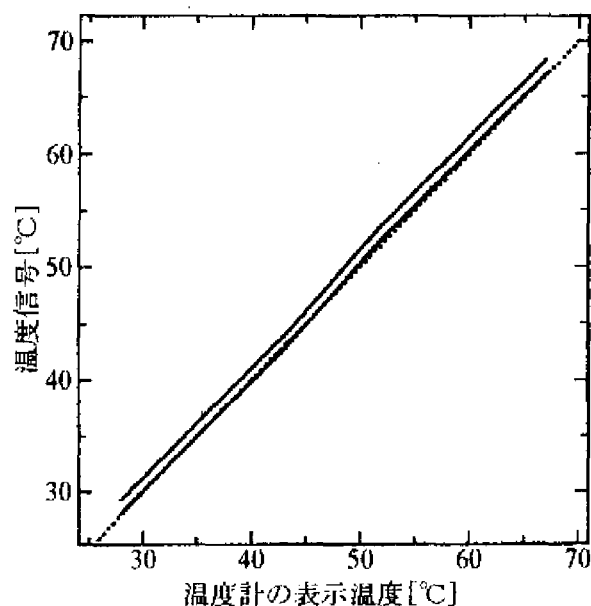


図 14 温度計の校正

図 14 において、実線が実測データであり、点線が偏差が無い理想的なものである。図 14 より、偏差はほぼ一定であり、1.2[°C]であった。よってその分だけ補正を行うことにより、理想的なデータを得ることが可能となった。

## 5. おわりに

結果として、温度は制御可能であることが確認された。また、式 (1) を用いることにより、大まかな温度制御が可能となった。最後に、温度信号をフィードバックする閉ループ

での温度制御を実現することが今後の課題として挙げられる。

## 参考文献

- (1) 電気学会：小形モータの分類と試験法の現状，電気学会技術報告，2-30，17 (1996)