

1. 一般的な注意点

- ・テキストの4ページ目とmanaba配布の手順資料のレポートの書き方の項目をよく確認すること。
- ・方法・結果・考察については、すべての方法を書き、すべての結果を書き、考察をまとめてという形式でもよいし、各実験項目について「方法・結果・考察」をまとめた形でもかまわない。本資料後半の執筆例では実験項目ごとに小刻みにまとめた形式としてある(おそらく、こちらの方が書きやすいと思う)。
- ・レポートの確認方針:(1)目的は無難な記述があればよい (2)方法・結果・考察が主たる評価対象である。(2a)方法はやった内容がけていること(前期実験での説明の通り、主に過去形であり、命令形が残存しないこと、実験の場になかった第三者が見たとして内容を把握できること)、(2b)結果は行った実験結果が不足なく書かれていること、(2c)グラフは点に(測定値に対する)誤りが少ないことと線の引き方の妥当さ、および仕上がりのきれいさ、(2d)データの傾向の読み取りにとどまらない、どういう現象や理由によってその結果が起きたかという考えが述べられていること、を見る。(3)調査課題はテキスト4ページ目下部の2項目以上を必須;注意書きを良く読むこと(例年、NG表記への抵触が目立つ)。
- ・レポートの執筆手段は、手書き(ボールペンなどの必要なく、十分に濃ければシャーペンでOK)でも、ワープロでもかまわない。特にこれからはワープロ書きでこういった報告書作成をすることが当然となるため、訓練にはなる(一方、ボールペン手書きは就活の履歴書書きなどの訓練として役立つ)。ただし、ワープロ書きの場合は、ワープロ特有のチェックを併せて行う。また、「手書きと異なり、読み返して編集できる」ことがワープロの利点であり、最低1回は印刷したうえで自分で赤ペンを持ってチェックすること(それがないレポートが多い)。なお、ワープロの場合は単なるコピペが最大の懸念である(それを危惧し不可とする先生もいる)。悪質なコピペが発覚した場合は、不合格点を付ける(手書きの丸写しのほうが、一度手書きする分だけずっとマシである)。
- ・本レポートは「調査」があるため、早めに取りかかること。
- ・グラフは、すくなくとも実験時に作成した形式(横軸)でのグラフを方眼紙に書いたものを用意すること(実験中から方眼紙に書いても良いが、それをもとに清書した方がよい)。たまに、わざわざ違う形式のグラフを書く者がいるので注意のこと。

2. レポートのテンプレート

- ・ 3ページ目以降に、本実験のレポートの執筆例(特に実験方法や結果のまとめ方)を添付する。一例として、目を通してもらいたい。もし、自力でレポートを書けずに、何かを写さざるを得ないのであれば、これを元にすること。なお、**この執筆例を用いる場合はワープロは禁じる**。一字一字、目で見ながら入力したものか、コピーしたものかの区別が困難なためである。ただし、「内容を読んだ」程度で自分で作文するなら(原文とすっかり同じ文にはならないであろうから)ワープロでもかまわない。
- ・ これは、一部の学生諸君が、本来レポートにするには適さない文章である実験テキストや、配付資料を丸写しすることへの対策である。どうせ写すなら、より適切な形のものを写した方がよい。ただし、当然ながら、この内容に一致、もしくは多少いじった程度の類似であれば、「自力で書いた」ことにはならないため、「実験方法記述」評価は高くはない(もちろん、不適切なものを写した場合や、自力でも内容に不足がある場合も、低い評価である;本実験の評価は方法記述(0～2)、結果記述(0～1)、グラフ(0～2)、考察(0～2)、調査(0～2)であり、合計で0～9の10段階から点数を割り付ける。平均は85点程度となるよう調整している)。部分的に利用した場合は、その比率と独自記述の内容評価に応じた点数とする。
- ・ レポートの各所に未記入があるが、指示の通り、実験結果などを記載すること。なお、図の枠などは目印のために入れてあるものであって、レポートとしては枠線は不要(むしろ有害)である。
- ・ 多少の確認のため、**敢えて(ひどい)誤記を入れておいた**。これを必ず直すこと。直せない場合は、実験内容を理解せずにレポートを書いたと解釈する(なお誤り情報を人とやりとりしないこと。その行為は不正行為とみなす)。
- ・ 文中、【】はレポートの文そのものではなく、そこに何かを挿入すべきという表記である。妥当なものに置き換えよ。「※」は参考のメモである。図は指定されたものを適切なサイズ(原本と同じくらいのサイズがよい)で、およそそのあたりの場所(次のページでも良い)に入れる。図を手書きしてみることが望ましいが、コピーして切り貼りするときは丁寧に行うこと。
- ・ この文例では、手動と自動と、それぞれに方法・結果・考察をまとめた形式とした。

1 実験の目的と概要

1. 1 実験の目的

本実験では、ストップモータを実際に動作させることで、その特性を理解することを目的とした。近年の機械ではコンピュータ制御が当たり前のものとなり、この技術分野はメカトロニクスと総称される。メカトロニクスにおいては、機械の状態を計測するためのセンサ、これを仲介する電子回路、情報処理や制御を司るソフトウェアとコンピュータ、およびその結果を機械の動きに反映させるアクチュエータとその駆動回路が主たる構成要素である。このアクチュエータには様々なものがあり、たとえば直流(サーボ)モータ、交流(サーボ)モータ、ステッピングモータなどが、ロボットや生産設備から、OA機器、家電品などまで広く使われている【もし、調査で「その他アクチュエータ」を調べたなら、ここで、「(末尾の調査課題では、〇〇について調査した結果をまとめている)」と付記するとよい】。

その中でもストップモータは、角度センサなどによるフィードバックをすることなく、コンピュータの意図の通りに回転させられるモータであり、有用である。しかし、その速度-トルク特性は単純ではなく、限度を超えると脱調して動作しなくなる問題がある。そこで、本実験ではモータの回転特性を調べることにした。なお、ストップモータの動作の原理などは文献(1)により、ここでは省略する。

1. 2 実験の概要

本実験は大きく2部からなる。まず、ステッピングモータの特徴を確認するため、モータの切替信号を手動のスイッチ操作によって生成して、切替と回転の関係を見た。ついで、マイコン制御による切替コントローラを用いてモータを回転させ、その負荷トルクと速度の関係をまとめた。

※遠隔参加の場合はこの記述※なお、今回は実験に遠隔参加したため、操作は教員(TA)が行い、それを遠隔映像で確認した。【レポート〆切までに実験室で実物を触った場合:「また、後日、実機により基本的な動作の体験をした」を付記】※遠隔参加の場合はこの記述※

2 使用した実験装置

実験には、図1に示すモータコントローラと、図2に示すトルク負荷器を用いた。モータコントローラはスイッチ類やマイコンを有し、手動によるスイッチ操作、またはコンピュータによる自動の励磁切替を行う。トルク負荷器はステッピングモータとその軸に取り付けたプーリからなり、上端を固定したひもをプーリに2, 3回巻き付け、錘をぶら下げることで、オイラーのベルト理論によって軸に負荷トルクを与えることができる(プーリより上のひもには、ほぼ張力がかからない)。

「実験II-10 解説書」(実験室ではA3紙配付の資料)の図1のモータコントローラの図

図1 モータコントローラー

図1のコントローラは、右下部が手動操作に使用する部分であり、左半分がマイコンによる自動切替に用いる操作部である。まず、手動で操作する場合は、右の機能選択の端子で励磁端子と手動端子を配線で接続する。このとき、4個の手動操作スイッチ(左からA, B, $\overline{C}$, $\overline{D}$ の各相に対応)を用いて、ユニポーラ駆動でそれぞれ励磁のオンオフをできる。出力電圧は12Vであり、上部の接続端子からトルク負荷器のモータに供給する。

「実験II-10 解説書」の図1のトルク負荷器の図

図2 トルク負荷器

一方、自動切替を行う場合は、機能選択の端子において、励磁端子と自動端子を接続する。起動スイッチを押すと、左部のモード切替ダイヤル、周波数設定ダイヤルの設定に従って、マイコンが励磁信号を生成し、モータが回転する。動作モード切替では、「1相・2相・3相」の3種の励磁方法に対して、「加減速なしモード」(スイッチではSと表記、本文でも以下Sとする)、「台形加減速モード」(同A)の2種類の切替パルス出力を選べる(合計6種類)。「加減速なし」では、スイッチを押すとともに、周波数設定ダイヤルで指定した周波数での励磁切替がすぐに行われ、スイッチを離すと停止する。一方「台形加減速」では、スイッチを押すと一定の変化率で周波数が増加し、指定の周波数まで上昇し、一定となる。スイッチを離すと、同変化率で周波数が減少し、停止する。モータの回転速度は出力する周波数に比例するため、モータの回転は一定の加速度で増速し、その後一定速度で回転、一定の加速度で減速することになる。なお、その間、表示器には出力している周波数が表示される。

図2のトルク負荷器では、プーリに巻いたひもに錘をつるすことでモータの回転軸に負荷トルクを与える。今回使用した錘は質量が102[g]であり、 $9.8[\text{kg}/\text{A}^2]$ を乗じると、重力(重量)は10.00[W]となる。プーリの半径は30[mm]であるため、錘1個あたり、30[mNm]の負荷トルクとなる。厳密には錘を下げるためのひもやストッパの質量も影響するが、各条件で共通のため、無視することにした。【もし、今後考察などで使う予定があるなら、プーリの質量や概算の慣性モーメントなどはここに同様に記す】

トルク負荷器に用いたステッピングモータは、2相型で200[step/rev](ステップ角1.8[deg])のモータであるが、詳細な特性は不明である。モータの定格電圧は24[V]であるが、上述のとおり、コントローラからは120[V]を供給するため、本来の性能よりも低い出力しか出ない。

以上のような実験装置により、以下の実験を行った。

「実験II-10 解説書」の図4

図3 モータの励磁手順。図のタイミングチャートで、上がオンを、下がオフを示す。

3 手動のパルス生成による動作実験

本節では、モータの励磁パルスをスイッチの手動操作によって生成して、モータを回転させる実験について述べる。以下の操作に先立ち、手動操作が可能のように、コントローラの手動端子と励磁端子を接続し、動作試験を行った。【※感触の確認をした場合※すべてのスイッチがオフであるときは〇〇であったが、Aのスイッチをオンとすると〇〇となり、A,Bのスイッチをオンとすると〇〇となった】。

まず、スイッチで手動による励磁切替を試みた。切替の手順は、図3に示す、1相励磁、2相励磁、1-2相励磁を用いた。【ここに観察結果。1相では〇〇な回転をしたことに対して、2相では〇〇、1-2相では〇〇と回転したなど】。【ここにその結果に対する考察。〇〇の原理からすると妥当である、など。原理から検討されることと異なる結果の場合はなぜか】。

また、ステッピングモータは、その切替の順序によって、回転方向を変えられることが知られている。図3の1相励磁で、左から右方向に切替を行った場合は【時計回りor反時計回り】であり、逆に右から左の方向、つまり、 $\overline{B}$, $\overline{A}$, B, Aの順に操作した場合は【時計回りor反時計回り】となった。【もし考察があれば】。

最後に、このモータが200[step/rev]であるかどうかの確認を試みた。具体的な手順としては【実験中に考えた手法を、必要なら図なども交えて、説明する：その場合、この先の図の番号がずれることに注意】とした。この操作により、【その操作の結果】という結果が得られた。【必要なら計算をここにいれる：〇〇の結果に対して、〇〇であるため、1回転あたりでは〇〇stepということになる、など】。よって、このモータは200【200でなければ、その実際の数値】[step/rev]であると確認できた。【もしも誤差があった場合は、いかなる理由かを考えて考察。誤差の理由を考えることは非常に重要である】。

【もし、以上の実験全てについて、まとめの考察があれば、ここで。】

以上のように、モータの手動での励磁切替の実験を行った。※など、適当な締めめの文があるとよい※

4 ステッピングモータの回転特性に関する実験

本節では、ステッピングモータをマイコン制御により、指定速度で回転させる実験を通して、そ

の特性を求めた。

4. 1 動作確認のための予備実験

まず、実験に先立ち、コントローラの励磁端子と自動端子を接続し、マイコンによる自動切替が可能であることを確認した。

周波数設定ダイヤルで指令周波数を100[Hz]に設定し、1相S、2相S、1-2相S(加減速なし)の3種類のモードにて、それぞれ10秒間モータを回転させて、軸が何回転するかを確認した。これにより求めた速度は、1相Sでは【0. △△[rev/s]】、2相Sでは【0. △△[rev/s]】、1-2相Sでは【0. △△[rev/s]】であった。これは【妥当性や、値の比較や原理との兼ね合いなどの考察をここで述べる】。

つぎに、台形加減速の様子を観察した。同上の100[Hz]の周波数において、1相Sと、1相Aの両モードで起動スイッチを押し、2相Sでは加減速動作があること(【具体的な見た目の動きなどを記述】)を確認した。また、1相Aで励磁周波数を500[Hz]と設定した場合、周波数の上昇中、概ね200[Hz]程度【自らの記録と数値が異なる場合は記録を優先】から上では回転が停止し、脱調が確認された。

4. 2 ステッピングモータの特性測定

ステッピングモータの回転時の特性測定を行った。

6種類のモード、つまり1相S、2相S、1-2相S、1相A、2相A、1-2相A、に対して、モータのみ(プーリを取り外した)、プーリのみ(負荷トルク0[mNm]に相当)、プーリに巻き付けたひもに錘を1, 2, 3個【実施した場合は4も】ぶら下げた状態(同 30, 60, 90[mNm])の5条件で、何[Hz]の励磁切替まで追従するか(最高パルス周波数)を確認した。モードSにおいては、スイッチを押した直後に滑らかに回転スタートするか(脱調する場合は、回らない、回っていても適切な速度ではない、不規則な音がする、多少不規則な回転後に回り始めるなどした)を確認し、滑らかに回転できる最高の周波数を求めた。モードAにおいては、指定した周波数まで滑らかに回転するか、達したあとに脱調しないかを確認した。

その結果を表1(※手順資料の形式の表に、上に「表1 ステッピングモータの励磁モード、負荷と最高パルス周波数の関係」というタイトルをつけてこのページか次ページに記載する※)に示すと共に、図4(※同じくグラフを方眼紙に書いて、下に「図4 ステッピングモータの励磁モード、負荷と最高パルス周波数の関係」と記載してレポートに含める※)にグラフを示す。グラフの横軸では、1相、2相に対して、1-2相は周波数を半分になっているが、これは、モータの出力としての力学的な回転速度を一致させるためである。

【ここで、この結果について考察する。この考察が本レポートの最も大事なところである。比較すべき条件は少なくとも3種類存在する。つまり、{1相、2相、1-2相}の違い、{加減速の有無=SとA}の違い、負荷条件の違い(モータ単体以外)、について、その条件の違いと結果の違いはそれぞれ考察しうる。】

※この考察内のどこかに次の段落の内容を含める※

また、実験中に、モータ単体に対して、プーリを付けた場合に、最高パルス周波数が【下がる・

変わらない・上がる】と予想していた。これは【○○○○】という理由による予想だったが、結果を見ると【結果：下がった・変わらなかった・上がった・より詳細に記述】。【パターン1：予想と結果は一致しており、想定した理由が正しかったと考えられる。あれば：そのほかにも、○○○○という原理によると考えられる＝データを見ての新しい考察】【パターン2：よって、予想と結果には不一致が生じており、当初想定が不適切だったと考えられる。それに対して、この結果をもとに検討すると、○○○○ということによって説明づけられると考えられる。】

5 おわりに

本実験では、ステッピングモータを動かし、特性を理解することを目的とした。まず、手動操作による励磁の切替によってモータの基本的な動作を把握した。ついで、マイコンによる指定周波数での自動励磁切替によって、その特性を調査し、脱調現象を確認すると共に、励磁や負荷条件の違いによって回転速度が制限されることを確認した。【ここに考察のうち重要な点の要約を入れても良い：実験結果から○○ということが考えられ、○○が確認された、など】。この結果は○○○○に活用できると考えられる。

6 調査課題

本実験に関連して、以下の【○(個数)項目】の調査を行った。※課題はテキスト参照※

6. 1 ○○についての調査 (文献(○)(○)(○)による※参考・引用した文献を末尾に※)

～～～ 指定の場合は図が必須、そうでなくても説明に必要な図を用いよ
～～～

6. 2 ○○についての調査 (文献(○)(○)(○)による※参考・引用した文献を末尾に※)

～～～ 指定の場合は図が必須、そうでなくても説明に必要な図を用いよ
～～～

参考文献

- (1) 機械知能工学実験 I II 2020年度、東北学院大学機械知能工学科、2020年発行
 - (2) 調査課題で参考にした資料の書籍名、著者、発行所、年、もしくはURLなど
 - (3) 調査課題で参考にした資料の書籍名、著者、発行所、年、もしくはURLなど
- ：