

# もの作り教育を前提とした卒業研究の 実践課題6事例

—小型単相リニア誘導モータ関連の製作と制御—

青森職業能力開発短期大学校 佐々木 進

The 6 Examples in the Practice Theme of the Graduation Studies on the Premise that Produces Training

—The Manufacturing and Control of Small-Size Single-Phase Linear Induction Motor—

Susumu SASAKI

**要約** この報告はもの作りを前提とした卒業研究の実践教育の課題設定について考察したものである。メカトロニクスを代表する制御機器の中にはアクチュエータの制御に使用する制御用小型モータがあり、使用電源および構造等から多くの種類のもが存在する。卒業研究の課題設定において、これらの中から直線的な運動エネルギーが直接得られる単相リニア誘導モータに関連するものを選定し、製作と制御を試みることにした。

本報告の最初は実践課題の内容として、設計概要、構造概要、自作部品と材料、製作品の実際、制御回路、実験特性および内部接続等を述べ、実践課題を考察している。

述べている卒業研究の課題は円筒状単相リニア誘導モータに関する（3題）、リニア誘導速度センサ（1題）、平板状単相リニア誘導モータ（1題）および普通形単相誘導モータ（1題）の6題であり、関連あるリニア誘導モータを基本としている。この課題設定での配慮はもの作りを前提とし、研究の関連づけのために理論を同じくするものにしていく。このように同一理論を基本とし、卒業研究の設定課題の広がりや発展の状況を説明している。

最後に、本報告の核心である卒業研究での考えるもの作りに必要な十項目を述べ、実践課題6事例のそれぞれとの適合の度合いを考察している。この結果、卒業研究の課題設定では新規に設定する課題よりも、継続の改良課題の方が好例であるというのが得られた。

## I はじめに

多くの職業能力開発短期大学校において、専門の学科目および関連する実技科目が課されている。卒業研究の課題設定においては、これらの授業科目間に有機的に結び付けるような配慮の必要が感じられる。

当制御技術科ではメカトロニクス教育の一分野として授業科目「制御機器」等の学科を課し、この授業内容の中に「モータの種類、駆動回路等」の項目があり、モータに関する教育が実施されている。また、実技の授業科目においても「機械加工実習」、「設計製図」等を

課してある。ここで述べる卒業研究の例では、モータに関連する「もの作り」を前提に、これらの授業科目から得た知識が反映されるような課題設定を行った。

卒業研究で作成した実験装置はリニア誘導モータに関連するもので、現在産業界で実用、研究されている中から、最も構造が単純で短期間で製作可能な誘導型のものを選定した。

この報告は、最初に同一理論に対応する実践課題6事例の内容として、設計概要、構造概要、自作部品と材料、製作品の実際、制御回路、実験特性および内部接続等を述べ、最後にまとめを記している。

これにより、卒業研究における課題設定の経過と「もの作り」の教育研究の実践概要が分かる。

最後に、実践教育結果として卒業研究での考えるもの作りに必要な十項目を述べ、実践課題6事例との対応を考察している。

## II 実践課題の内容とその考察

卒業研究の課題設定は工業分野で実用されているリニア誘導モータに関するもので、関連する理論を基に6課題に発展させている。

最初に設定した課題は「円筒状二相リニア誘導モータの製作と制御」で、2コイル型（以下「事例Aモータ」という）と4コイル型（事例Bモータ）の二種類であった。続いて、実践課題事例Aの改良の2コイル型（事例Cモータ）と、構造が円筒状リニア誘導モータとよく似ている「円筒状リニア誘導速度センサの製作と計測実験」との課題（事例Dセンサ）を設定した。また、円筒状リニア誘導モータと理論が同じである「平板状リニア誘導モータの製作と制御」（事例Eモータ）、および円筒状リニア誘導モータの歴史的に原形である回転型の「小型単相誘導モータの製作と制御」の課題（事例Fモータ）を設定、これを実践している。

### 1. 設計の概要

事例モータの使用電線、巻数および磁極の大きさ（断面）を決める設計計算は以下のことを行った。なお、モータの電源電圧V、入力P、出力W、極対数p、周波数f、効率 $\eta$ 、力率 $\cos\theta$ 、継鉄（鉄心）の断面積A、全巻数Nおよび磁束数 $\phi$ とする。

#### (1) 使用電線の決定

モータの入力は式(1)で表される。

$$P = W \div (\eta \cos \theta) \quad \dots\dots\dots (1)$$

V=100 [V]、W=5 [W]、 $\eta=0.6$ 、 $\cos\theta=0.8$ を本製作実践モータの設計値とするとP=10 [VA]となる。この時の線電流は $I = P \div V = 0.1$  [A]となる。モータの電機子コイルの電流容量を5 [A/mm<sup>2</sup>]に設定<sup>(1)</sup>するとモータの線電流0.1 [A]を許容するには0.02 [mm<sup>2</sup>]の電線断面積が必要である。使用電線は直径0.15 (0.018 [mm<sup>2</sup>])のものにした。

#### (2) 電機子コイルの巻数の決定

事例A (B) モータの電機子コイルの巻数計算はつぎによった。鉄心に軟鉄材を使用するので、磁束容量

1.0 [Wb/m<sup>2</sup>=T]<sup>(1)</sup>を採用し、最初にAを決め、この値から $\phi$ を決定する。事例A (B) モータでは使用銅管の寸法の関係からA=302×10<sup>6</sup> [m<sup>2</sup>] (円筒外枠の中央磁路の銅管側への出口断面、内径16、6幅)に設定した。この鉄心の断面積から $\phi=302 \times 10^6$  [Wb]となる。この $\phi$ と誘導起電力を示す式(2)からNを計算する。ただし、V=100 [V]、f=50 [Hz]とする。

$$V = 4.44 f \phi N \quad \dots\dots\dots (2)$$

したがって、式(2)から事例A (B) モータの一個の電機子コイルの巻数Nは1492 [回]となる。銅線を隙間なく巻ける場合、この巻線が可能なボビンのコイル断面積は27 (=0.018×1492) [mm<sup>2</sup>]以上が必要である。

事例Cモータの巻数について述べる。事例Aモータの製作品は電源電圧100 [V]で電流が1.4 [A]となるので、低い電源電圧でしか実験できなかった。事例Cモータではこの電流の軽減に努めた。式(2)から、fおよび $\phi$ を一定とすれば、Nを増加させるとVが高く取れる。事例Aモータの電機子コイル一個の実際の巻数Nは1200 [回]、97 [Ω]となっている。また、電機子コイルが巻けるボビンの断面積は48 (=6×8) [mm<sup>2</sup>]となっている。事例Cモータのボビンの断面積は96 (=6×16) [mm<sup>2</sup>]に設定し、二倍の巻線をしたことにした。これで式(2)から理論上は二倍の電圧で使用できる。

事例Fモータの巻数設計について述べる。これには継鉄を52 [mm]幅、6 [mm]厚に設定するとA=312×10<sup>6</sup> [m<sup>2</sup>]になる。この継鉄の断面積では $\phi=312 \times 10^6$  [Wb]となる。式(2)からN=1444 [回]になる。直列接続する界磁コイル一個あたりの巻数は極対数を2とすると、 $n = N \div p = 722$  [回]となり、これから界磁コイル一個を750 [回]巻きに設定した。

## 2. 構造概要

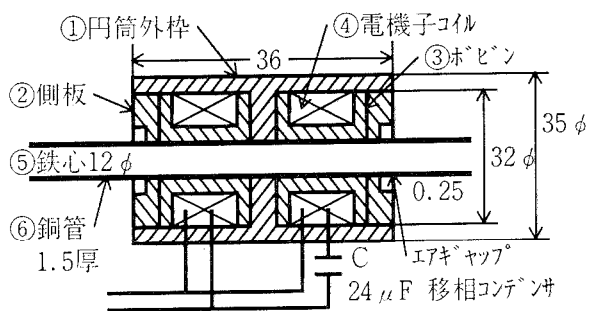


図1 構造概要 (事例Aモータ)

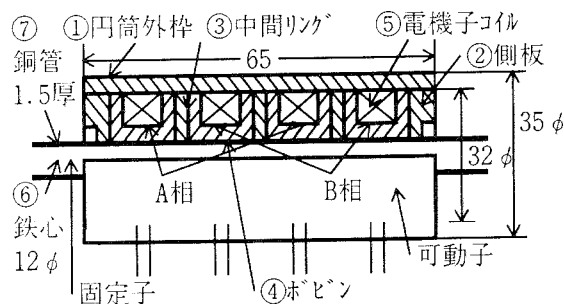


図2 構造概要 (事例Bモータ)

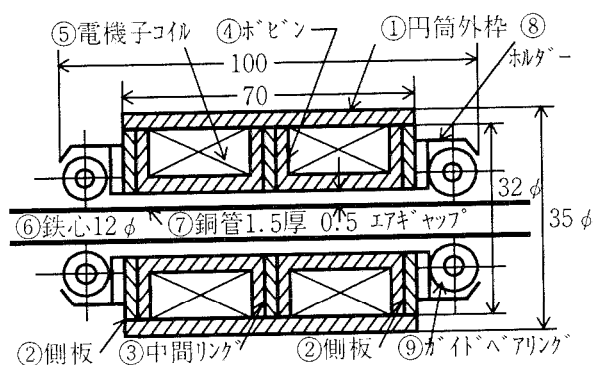


図3 構造概要 (事例Cモータ)

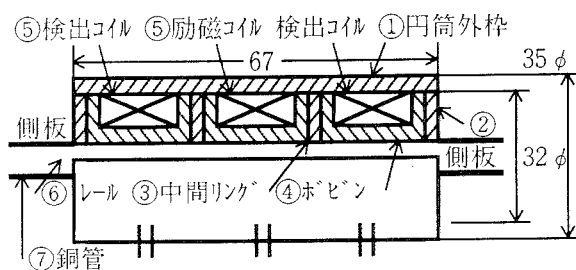


図4 構造概要 (事例Dセンサ)

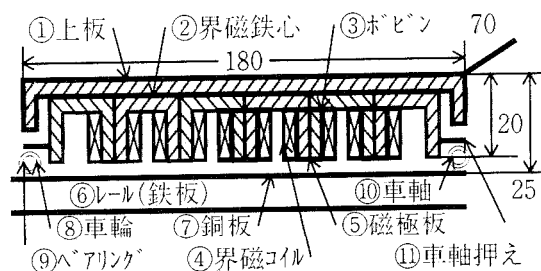


図5 構造概要 (事例Eモータ)

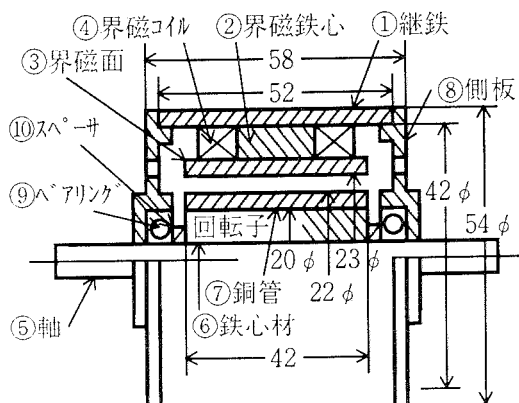


図6 構造概要 (事例Fモータ)

図1は事例Aモータ<sup>2)</sup>の構造と各部の名称を示す。事例Aモータは電源側の一次側と誘導側の二次側から構成される。電機子コイルがある一次側、鉄心と銅管で構成する二次側ともに可動子にも固定子にもなり得るが、本事例では一次側を可動子、二次側を固定子とした。一次側の可動子は電力が供給される二個の電機子コイルと磁路となる円筒外枠から構成される。

また、円筒外枠の両側に磁路となる側板を設け、電機子コイルを押えている。電機子コイルは事例Aモータの進行方向に対して、直角方向にボビンに巻線した軸対象構造になっている。二次側は磁束の帰路としての鉄心と一次側から誘起された誘導電流の回路となる銅管で構成される円柱状の複合導体である。電機子コイルの一個に移相コンデンサCを直列に接続して電源

の部分移相を行い、移動磁界を発生させている。

図2の事例Bモータは円筒外枠の内部にボビン巻きの絶縁した四個の電機子コイル（A相、B相各二個）と三個の中間リングを埋め込んでいるのが、前述の事例Aモータと異なる。

図3の事例Cモータは図1の事例Aモータより電機子コイルの巻数を増加させている。これに伴って、ボビン幅が大きくなっており、また、円筒外枠の中央には中間リングを組込んでいる。この事例Cモータの特徴は銅管と丸鉄材からなる構造のレールを両側端にあるベアリングのガイドで軸方向に滑らかに移動する。このガイドベアリングは全数六個で、片側に三個取付けている。

図4は事例Dセンサ<sup>3)</sup>の構造概要を示す。このセンサは円筒外枠の中に励磁コイル一個および検出コイル二個と中間リング二個を組込み、両端より側板で押えた構造になっている。励磁コイルおよび検出コイルは同じ仕様でベークライト材のボビンに円筒状にポリエステル銅線を巻いてある。

図5は事例Eモータ<sup>4)</sup>の構造概要を示す。この事例Eモータは車体と帯板上のレールから構成されている。可動子の車体は界磁コイル、界磁鉄心、磁極板、上板および車輪から成り、固定子のレールは鉄板とこれに張付けた銅板から成っている。上板はアルミニウム材を使用しており、界磁鉄心を固定する用途で磁路となっていない。車輪はベアリングの外輪にアルミニウムの円筒をはめ込んである。

図6の製作事例Fモータは電機子コイルがある電源側の固定子と誘導側の回転子から構成される。固定子は継鉄、界磁鉄心、界磁面と界磁コイルから構成され、四極になっている。回転子側は軸と鉄心材、銅管から構成し、表面導体型<sup>5)</sup>となっている。この回転子を両側から側板で支えている。なお、側板の軸受部にはベアリングを使用している。

### 3. 自作部品、材料

各製作事例での使用部品は素材の加工から始めるのを原則としており、ほとんどの部品を製作した。

以下、それぞれの使用部品の製作データを記す。この部品寸法 [mm] は概数を表すもので、はめ合いに関するものは現物合わせで加工した。なお、共通資材を除く、各部品名の頭部番号は図1～6構造概要の図中番号と対応している。

(1) 事例Aモータ用：①円筒外枠（1個、鉄材、外径35、

内径32、長36、中央に幅6磁路残）②側板（2個、鉄材、外径32、内径16、幅5）③ボビン（2個、ベークライト材、外径30、内径16、幅10、コイル断面6×8）④電機子コイル（2個、ポリエステル銅線、線外径0.15、1200回巻、97Ω）⑤鉄心（1本、鉄材、外径12、長900、下記⑥に圧入）⑥銅管（1本、銅材、内径12、外径15、長820）

(2) 事例Bモータ用：①円筒外枠（1個、鉄材、外径35、内径32、長65）②側板（2個、鉄材、外径32、内径16、幅5）③中間リング（3個、鉄材、外径32、内径16、幅5）④ボビン（4個、ベークライト材、外径30、内径16、外幅10、コイル断面6×8）⑤電機子コイル（4個、ポリエステル銅線、線外径0.15、1150回巻、92Ω/平均）⑥鉄心（1本、鉄材、外径12、長1130）⑦銅管（1本、銅材、内径12、外径15、1050）

(3) 事例Cモータ用：①円筒外枠（1個、鉄材、外径35、内径32、長70）②側板（2個、鉄材、外径32、内径16、幅5）③中間リング（1個、鉄材、外径32、内径16、幅4）④ボビン（2個、ベークライト材、外径30、内径19、幅28、コイル断面6×16）⑤電機子コイル（2個、ポリエステル銅線、線外径0.15、2500回巻、185Ω、192Ω）⑥鉄心（1本、鉄材、外径12、長1040）⑦銅管（1本、銅材、内径12、外径15、長1000）⑧ホルダー（6個、アルミ板、1.5厚、折曲加工）⑨ガイドベアリング（6個、SSR-1030R（外径10、軸径3、幅4）、M3ビス・ナット・ワッシャで内輪だけ固定）

(4) 事例Dセンサ用：①円筒外枠（1個、鉄材、外径35、内径32、長67）②側板（2個、鉄材、外径32、内径16、幅5）③中間リング（2個、鉄材、外径32、内径16、幅6）④ボビン（3個、ベークライト材、外径30、内径19、幅15、コイル断面6×10）⑤電機子（検出、励磁）コイル（3個、ポリエステル銅線、線外径0.15、1500回巻）⑥鉄心（1本、鉄材、外径12、長1100）⑦銅管（1本、銅材、内径12、外径15、長1000）

(5) 事例Eモータ用：①上板（1枚、アルミニウム材、200長、70幅、厚2）②界磁鉄心（6個、3.2厚鉄板、幅55、長50、22幅コの字折曲げ）③ボビン（5個、0.5厚絶縁ファイバ、外つば20×65、内穴52×7、幅9）④界磁コイル（5個、ポリエステル銅線、外径0.15、巻数1000回/個、133Ω平均/個）⑤磁極板（5個、3.2厚鉄板、幅10、長60）⑥レール（1枚、厚9鉄板、幅100、長1350）⑦銅板（1枚、厚2、幅52、長1000）⑧車輪（4個、アルミニウム材、外

径22、軸穴5、幅12、ベアリング穴11深5) ⑨ベアリング (4個、L-1150 (外径11、内径5、厚3) 上記⑧に圧入) ⑩車軸 (2本、鉄材、外径5、長74、両端M3タップ) ⑪車軸押え (2個、2厚アルミニウム材、幅20、長80、50幅コの字折曲げ)

(6) 事例Fモータ用: ①継鉄 (1個、丸鉄材加工、外径54、内径42、長52) ②界磁鉄心 (4個、鉄材加工円筒(外径42、内径25、長32) を軸方向に幅10平行切断) ③界磁面 (4個、外径25、内径23、長42を軸方向4分割) ④界磁コイル (4個、ポリエステル銅線、外径0.15、750回/個、81Ω平均/個、②③組立品に絶縁直巻) ⑤軸 (1本、外径5、長130) ⑥鉄心材 (1個、丸鉄材加工、外径20、長42、軸穴5) ⑦銅管 (1個、銅材加工、外径22、内径20、長42、上記⑥に圧入) ⑧側板 (2個、丸鉄材加工、外径54、軸穴5、厚10) ⑨ベアリング (2個、L-1150 (外径11、内径5、厚3)) ⑩スペーサ (2個、外径7、内径5、幅5)

(7) 共通資材: ①取付ネジ (適量、M3、M4、M5 (ネジ、ナット、平ワッシャ、スプリングワッシャ)) ②絶縁材料 (若干、マイラーフィルム、0.5厚赤ファイバー、テープ、黒ワニス) ③絶縁電線 (若干、細線 (0.15外径7本より等)) ④絶縁チューブ (若干、熱収縮、5φ、3φ) ⑤塗料 (若干、黒色、耐熱) ⑥グリース (若干)

#### 4. 製作品の実際

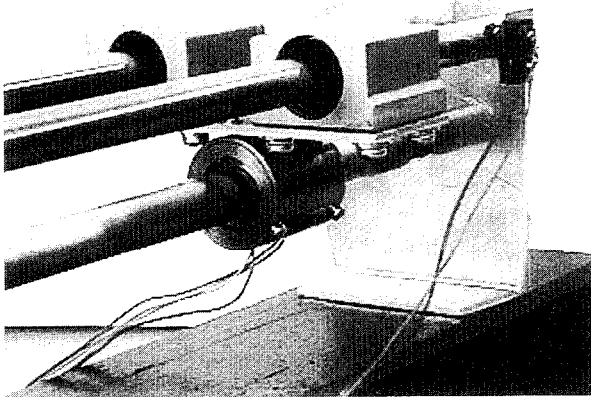


図7 外形写真 (事例Aモータ)

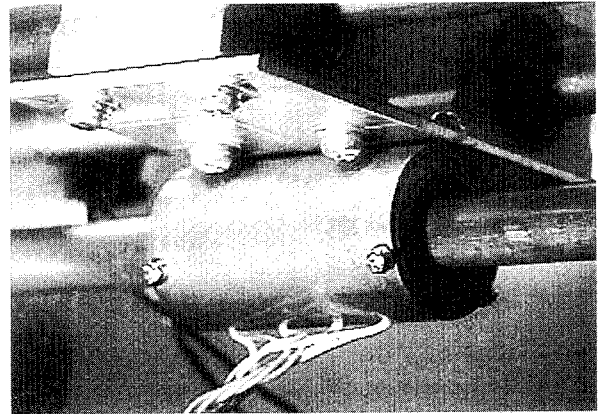


図8 外形写真 (事例Bモータ)

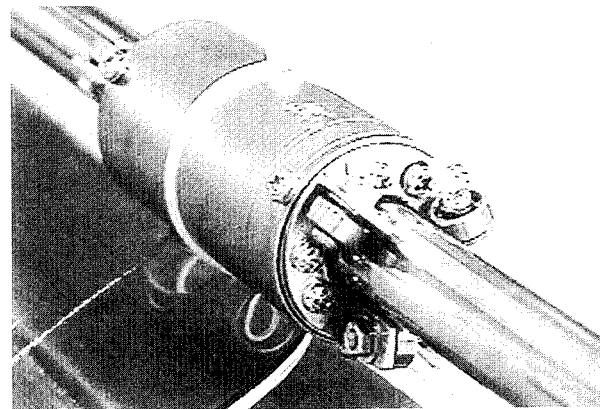


図9 外形写真 (事例Cモータ)

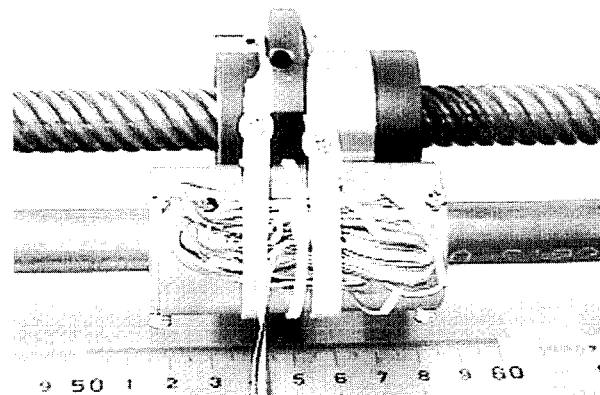


図10 外形写真 (事例Dセンサ)

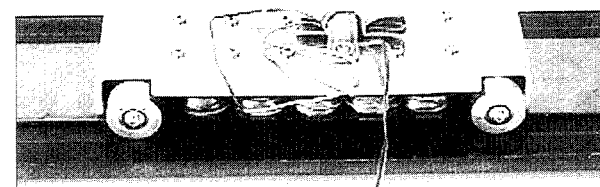


図11 外形写真 (事例Eモータ)

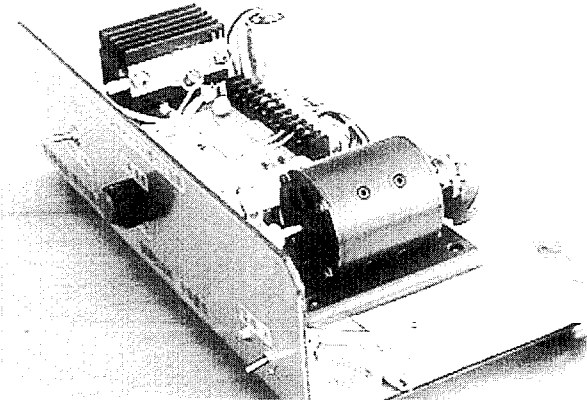
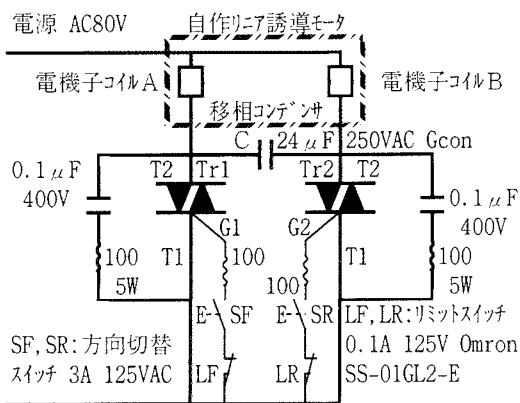


図12 外形写真(事例Fモータ)

図7~12に製作事例品の外形写真を示す。図7、8は上部に二個のリニアブッシュのガイドがあり、製作事例のモータは下部に懸垂されている。図9の外形写真は事例Cモータをベアリングガイドの取付け側から見ている。図10は事例Dセンサと速度計測実験での速度を発生させる送り装置を示したものである。図11は事例Eモータを走行レール上に置いた写真である。図12は事例Fモータの本体と実験制御回路の写真を示したもので、モータ軸の左右には放熱用の外扇(アルミニウム材加工、ボス(外径20、13幅)と羽根(外径50、1厚、8枚羽根)から構成)を設けてある。

### 5. 制御回路



Tr1, Tr2: トライアック 200V3A サンケン TM3B9-E

図13 制御回路(事例Aモータ)

図13は事例Aモータの駆動実験に使用した運転制御回路図である。事例Aモータの移動方向の変更は移相コンデンサCの接続切替えを行えばよい。これは、電機子コイルA、B側に接続されているトライアックのスイッチング動作でできる。すなわち、それぞれのトライアックA、Bの交互の開閉を行い、事例Aモータの

左、右方向の移動切替えを得ている。

この移動命令は押しボタンスイッチSF、SRの開閉で行える。また、リミットスイッチLF、LRは事例Aモータ実験装置の左右端に取付け、これから停止信号を得ている。

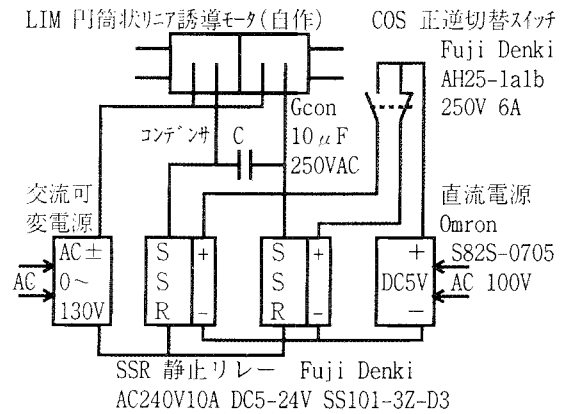


図14 制御回路(事例Cモータ)

図14に事例Cモータの運転制御回路を示す。これは静止リレーSSRの適用例で、事例モータの正・逆方向運転は交流可変変圧器から適当な電圧を与え、正逆切替スイッチCOSにより静止リレーSSRでコンデンサCの接続を替えて実現している。

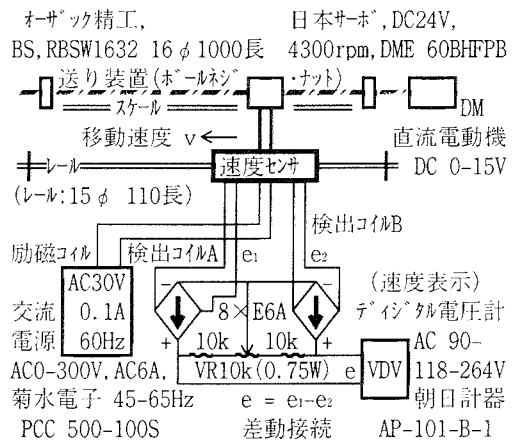


図15 実験回路(事例Dセンサ)

事例Dセンサの速度計測実験は図15に示した実験回路で行った。事例Dセンサに与える速度の変化は直流モータ駆動の送り装置で発生させている。図15の上部にあるスケールは直流モータの供給電圧に対する送り装置の移動距離を測定するもので、この値から速度 $v$ を算出するのに使用した。事例Dセンサの励磁コイルには交流を加えている。二個の検出コイルから得られた電圧 $e_1$ 、 $e_2$ は絶対値を得るためにそれぞれ整流を行い差

動接続とし、合成電圧  $e$  を得ている。この値  $e$  を直流デジタル電圧計で速度として表示している。

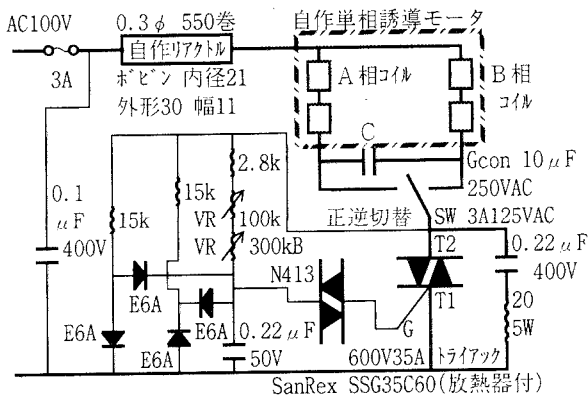


図 16 制御回路 (事例 F モータ)

図16は事例Fモータの制御実験に使用した制御回路図である。磁界の移相を発生させるコンデンサCの接続替えのスイッチングは図13の事例Aモータの制御回路と異なり、トライアック一個を使用した。なお、トライアックのスイッチング回路は種々のものが考えられているが、図16に示すもの<sup>16)</sup>で実験した。

## 6. 実験特性

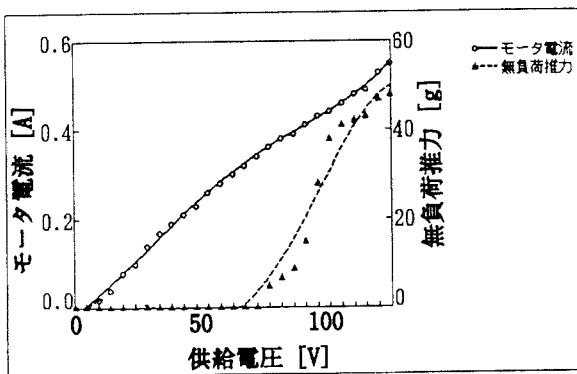


図 17 実験特性 (事例 C モータ)

図17の事例Cモータの特性は供給電圧を変化させたときのモータ電流および無負荷始動推力を示した。供給電圧を上昇して行くと、モータ電流はほぼ比例して増加するが、無負荷始動推力は供給電圧 75 [V] 付近から急峻に増加する立上りを示す。なお、事例A、Bモータも図17と似た実験特性を得ている。

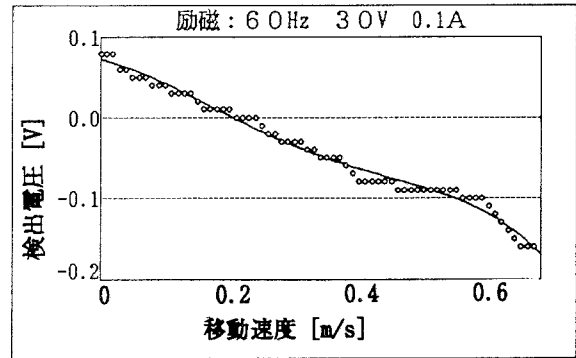


図 18 速度計測特性 (事例 D センサ)

図18に事例Dセンサの速度計測特性を示す。この計測の条件は事例Dセンサの励磁コイルに周波数60 [Hz]の交流30 [V]を与え、0.1 [A]の電流を流している。図18は速度センサが停止しているとき正の電圧が得られ、移動速度0.2 [m/s]付近で無電圧となり、速度が増加すると負電圧方向に増加する特性となった。これから検出電圧の値により事例Dセンサの移動速度が読みとれる。

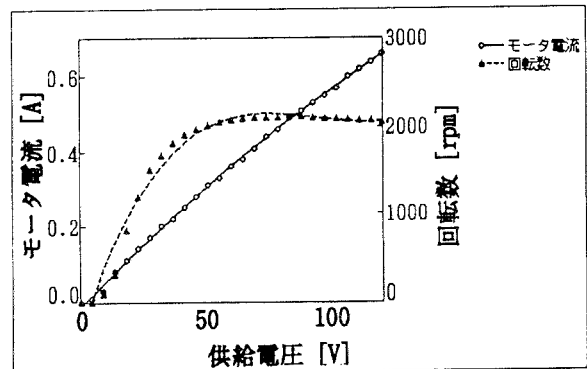


図 19 実験特性 (事例 F モータ)

図19に事例Fモータの実験特性を示す。この特性曲線は無負荷時の供給電圧に対するモータ電流およびモータの回転数を示したもので、電圧の増加につれ電流はほぼ直線状に増加している。また、回転数は増加するが電圧50 [V]付近から2000 [rpm]で飽和している。

## 7. その他

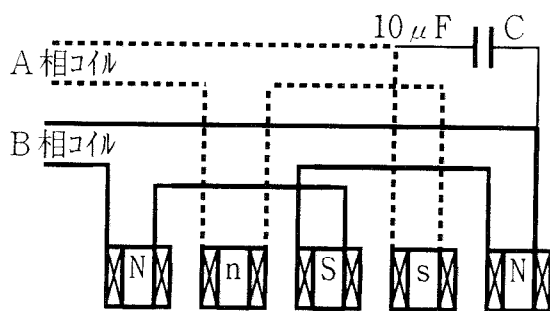


図20 内部接続 (事例Eモータ)

図20は事例Eモータの界磁コイルの内部接続図を示す。界磁コイルはA相の二コイルとB相の三コイルに分け、それぞれ直列接続にして二相結線としている。A相とB相とのコイル数の違いはリアクタンスの変化を与えたものである。磁界の移相は  $10 [\mu F]$  のコンデンサによって行っている。また、図20の内部接続図は図20の右側のN磁極を減じれば、事例Fモータにも適用できる。

## 8. 実践課題の考察

事例A、Bモータを製作し、この移動実験を行った。これから構造、推力の発生および推力が電流によって制御できることが分かった。電機子コイルの作成には手作りの巻線機を使用した。以外と規定数を整列に巻くのが大変であった。事例A、Bモータは移動実験を続けていると発熱があり、連続運転は5分位が限度であった。この事例では発熱を押え運転時間の延長が必要である。また、摩擦を軽減する目的のリニアプッシュ懸垂が負荷となっているのが実験から分かったので、この対策も必要である。

事例Cモータは事例A、Bモータの成果を継承し、改良点として、ガイドベアリングを両側端に取付け摩擦を少なくし、単体で軽く走行できるようにした。

また、電機子コイルの巻数は事例Aモータより増加させ、供給電圧に対するモータ電流の減少ができた。この改良により、事例Cモータは事例A、Bモータより快適な運転制御ができた。今後はカーテン開閉とかドア締め装置に装着しての応用運転をして行きたい。

事例Dセンサを製作し、移動実験からこの速度センサの特性が得られた。特性は十分に速度変化を表示し、この速度センサの有効性を示している。今後、実際のリニア誘導モータに取付、速度を検出し、リニア誘導モータのサーボ速度制御等に結び付けたい。

事例Eモータの製作と制御実験はうまくいった。

制御実験では予想していたリニアの動きが得られたが、走行レールが短かったので、すぐ車体がレール外となり、全速移動実験までには至らなかった。

今後、円形レール状のものを製作して、全速移動実験を行いたい。

事例Fモータの製作課題の目的は小型モータを部品から製作し、モータの構造およびモータ制御の仕組みを知ることであった。モータ本体の製作はうまくいき、このモータを制御する制御基板の製作まで至った。制御実験は正方向および逆方向回転の変更とこれらの速度制御ができた。事例Fモータの界磁鉄心および回転子の鉄心材は成層加工していないので、うず電流損による熱の発生が多かった。今後、発生熱の軽減に努めたい。ただし、現状は製作品に簡単な外扇を両側に取り付け、供給電圧  $50 [V]$  で連続運転している。

## III 実践教育結果

### 1. 考えるもの作りと実践課題6事例との対応

これまでに、卒業研究の教科でもの作り教育を前提とした課題を設定し、実践した内容について記述してきた。考えるもの作りをする前提のもとに実践し、記述してきた実践課題6事例がどのように卒業研究の課題として適当であるかを考察する。

#### (1) 一般の考えるもの作り

一般の「考えるもの作り」にはつぎの①～⑦のような項目が要求される。これは①関係する理論を考え、理解し、②この理論に基づき設計・製図を行い、③必要な材料の手配を行い、調達する。④実際に部品を製作、組立、⑤完成品にして試運転を行う。続いて、⑥機能上に問題があれば②以降にフィードバックして②以降の再作業を行い問題解決にあたり、⑦完全なものにする。最後に、⑧別な「もの作り」に応用、発展させて行く。これにより工業製品の優れた機能追求が継続的に行われる。

#### (2) 卒業研究での考えるもの作り

卒業研究の課題設定の面から「考えるもの作り」を見るならば、つぎのように考えられる。項目①、②は学科で学習した内容を「もの作り」の設計・製図に生かす。項目③は実際の「もの」と向き合う初期段階である。項目④、⑤は実技科目からの習得技術で実験装置を製作する。項目⑥、⑦は製作した実験装置の機能



を吟味する。項目⑧は形を変え、他の装置へ応用するもので、「考えるもの作り」の実践教育には不可欠である。このほかに、卒業研究だけの追加項目として、できれば⑨限定期間内に実験装置が完成し、一定の成果が得られること。また、⑩学生の研究意欲が保持、継続できる課題であることが考えられる。これらの関係をまとめたものを図21に示す。本報告の実践課題6事例は前記の項目①～⑩を網羅していると思われる。

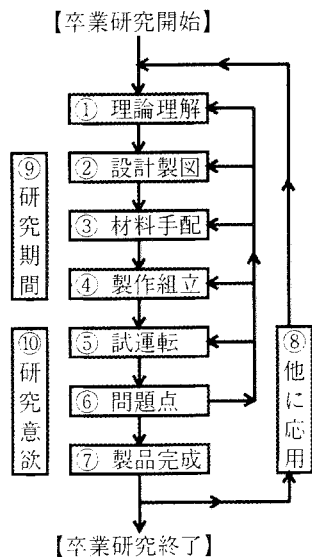


図21 卒業研究でのもの作りと要求項目

(3) 要求項目と実践課題6事例との適合

前述の項目①～⑩に記述した要求項目と実践課題6事例がどのように適合しているかを表1に示す。

表1の結果は実践を振り返り三段階に区分けしたもので、多分に筆者の主観が存在するが、卒業研究の状況をよく現すように配慮した。

表1 要求項目と実践課題6事例との適合度

	実践課題事例					
	A	B	C	D	E	F
	円筒状 2コイル	円筒状 4コイル	円筒状 改2コイル	速度 センサ	平板状	回転型
①理論理解	○	△	○	△	○	○
②設計製図	○	○	◎	○	○	◎
③材料手配	◎	◎	◎	○	◎	○
④製作組立	◎	◎	◎	◎	◎	◎
⑤試運転	○	○	◎	○	○	◎
⑥問題点	○	△	◎	△	○	◎
⑦製品完成	○	○	◎	○	○	◎
⑧他に応用	△	△	○	○	△	○
⑨研究期間	○	○	○	○	○	△
⑩研究意欲	◎	◎	◎	○	◎	◎
総合①～⑩	○	△	◎	△	○	○

◎：非常によく適合、○：よく適合、△：普通に適合

表1から項目④製作組立および項目⑩研究意欲は全実践課題例で適合の度合いが最もよいように思われた。

特に、項目④製作組立はもの作りに直接関係している部分である。総合的には実践課題事例Cの適合度合いが最もよい結果になった。この実践課題事例Cは実践課題事例AおよびBを改良するという課題で、手本が存在したのが理由の一つと考えられる。他の実践課題事例の場合は同一理論であるが、初めての取組みであった。

IV まとめ

この実践報告は実践課題6事例のそれぞれについて概要を述べた。これは同一理論でシリーズ的に行った卒業研究の内容である。これで、学科目で学習した理論に基づき設計し、実技教科目の学習を応用して部品を製作、装置を組立、試運転を経験できた。さらに問題点の解決に至り、最後に発展させることを考えた。つまり、実験レベルではあるが実践課題6例とも、考えるもの作りを行い、完成品を制御するという課題の目的を遂行できた。

考えるもの作りに必要な項目を述べ、実践課題6例との適合の度合いを考察した。この結果、新規に設けた課題よりも、改良を重ねる課題の方が好例となった。

最後に、本記述の卒業研究に真剣に取り組んでくれた六人の卒業生に感謝致します。現在、さらに発展させた卒業研究の改良課題を設定し、これに取り組んでいる。

【参考文献】

- (1) 竹内寿太郎・磯部直吉、電機設計大学講義、オーム社、1969年、P184
- (2) 竹田仰、パソコン計測・制御の実験と製作、工学社、1983年、P57-60
- (3) 山田一、リニアモータと応用技術、実教出版、1976年、P96-98
- (4) 藤田宏、電気機器、森北出版株式会社、1991年、P216-218
- (5) 見城尚志、小形モータの基礎とマイコン制御、総合電子出版社、1983年、P49-50
- (6) 中山昇、エレクトロニクス製作アイデア集、CQ出版社、1995、P175