

群 教 セ	G08 - 02
	平 18.236集

# 交流モータの動作原理が学べる 「くま取りモータ模型」教材の製作と活用

特別研修員 正田 悦朗 (群馬県立藤岡工業高等学校)

## 《研究の概要》

工業高校電子機械科3年において、交流モータの動作原理を理解しやすいように、変圧器を改良して、単相交流で使える「くま取りモータ模型」教材を製作した。生徒に興味・関心をもたせながら、条件を変えた回転確認実験を行ったり、位相のずれをオシロスコープで確認したりしたところ、単相交流によって回転磁界を発生させることがロータを回転させるという交流モータの動作原理を、実感をもって理解することができた。

### 1 交流モータの学習教材

私たちの身の周りを注意して見渡せば、いたるところでモータを使った機械や装置が見られる。このように現代社会に不可欠なモータについての学習は、工業高校の電子機械科の生徒には基本であり重要な内容である。その中でも、モータがどのように動くのかという原理は、生徒にしっかりと理解させたい。本校の生徒の実態として、目に見えない電気の性質は理解しにくいと、繰り返し実験などを取り入れながら教材等を工夫して教える必要がある。

モータのなかでも直流モータは、比較的動作原理を理解しやすく教材も多いが、交流モータは教材が少ない。電気や磁気は理解するのが難しいといわれる内容であるが、生徒の実態を考えると、なるべく専門用語や電気工学の数式を使わずに、モータの動作原理の分かる教材を製作し、学習に活用したい。

そこで、構造が簡単で身近かに利用されているくま取りモータの仕組みが見える教材を製作して、興味・関心をもたせながら、交流モータの動作原理を分かりやすく理解させたいと考えた。

### 2 交流モータの動作原理の理解

交流モータを動作させるには二相以上の交流を必要とするが、基本となるのは三相交流モータである。三相交流は工場などの施設でないと供給されていないので、三相交流ではなく、教室や一般家庭でも供給されている単相交流で使えることができる交流モータの模型を製作することを考え

た。そこで、変圧器(トランス)を改良して、構造が分かりやすかつかめる「くま取りモータ模型」教材を製作して学習に活用すれば、交流モータの回転原理が理解できると考えた。

### 3 「くま取りモータ模型」教材製作の意図

交流モータの動作原理を分かりやすく理解させるため、本教材を使った学習の基本的な組み立てを次のように考える。

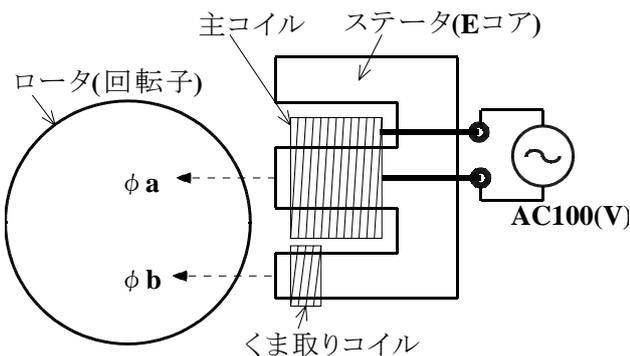
- ① 実際に回転する模型教材を使って授業を行い、興味・関心を高める。
- ② くま取りモータの結線を生徒に行わせることで実験回路を理解させる。
- ③ 回転するモータと回転しないモータの違いを比較し、回転させる力について考えさせる。
- ④ 位相のずれをオシロスコープで確認し、回転磁界とモータの回転との関係を理解させる。

これらのことを踏まえ、段階的に学習が進められるような、教材を製作したいと考えた。

### 4 「くま取りモータ模型」教材の動作原理

くま取りモータは、次ページ図1のように、単相交流モータの一種で主コイルのほかに「くま取りコイル」と呼ばれる補助コイルがステータ(鉄心)に巻かれているモータである。電磁誘導作用の一つに相互誘導という現象があるが、これは、互いに接近して置かれた二つのコイルの一方に電流を流して、その電流を変化させると、もう一方のコイルには電磁誘導による起電力が発生するというものである。

このモータは、二つのコイルの間にはたらく相互誘導を利用している。単相交流から回転磁界をつくり出しており、主コイルは、交流電源に直接つながっていて、周期的に変化する磁極をつくっている。くま取りコイルは、主コイルによって電磁石となるステータの一部に巻かれており、両端はつないで短絡させてあるだけである。このコイルには、主コイルによる周期的に変化する磁束の影響を受け、相互誘導による起電力が生じる。両端を短絡してあるコイルには、誘導電流が発生して流れることになる。この電流は、主コイルの電流に対して $\pi/2$ 以上遅れた位相で流れ、その結果として生じる磁極も $\pi/2$ 以上位相が遅れたものとなる。位相の遅れたもう1つの磁極ができることにより、主コイルのつくる磁極とくま取りコイルのつくる位相の遅れた磁極によってステータに回転磁界がつくり出される。(くま取りコイルから位相のずれを作り出してロータが回転する仕組)



(※ φ a と φ b は位相が $\pi/2$ 以上ずれている)

図1 「くま取りモータ模型」教材の動作原理図

## 5 「くま取りモータ模型」教材の製作

### (1) 変圧器 (トランス) の解体

「くま取りモータ模型」教材は図2のような変圧器 (トランス) を解体して製作した。



図2 トランス( 豊澄電源機器株製 )  
モデルHT165 50/60Hz共用  
電流5A、出力8・10・12・14・16V

トランスの積層鋼板は、図3のようにEコアとIコアが交互に重ね合わせてできている。

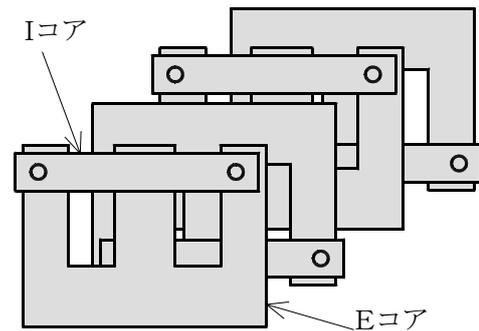


図3 EコアとIコアの重ね合わせの様子

図4のようにして、EコアとIコアを1枚ずつ全て取り外した。



図4 トランスの解体

コイル以外の部品は、図5に示す通りであり、本教材では、Eコアのみ同じ向きで重ねた。

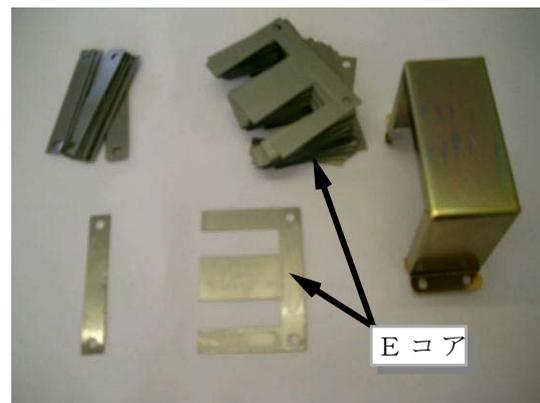


図5 トランスの各パーツ(コイル以外)

次ページ図6のように、積層したEコアの中心に巻線部分を取り付けた。Eコアとコイルがステータ部となる。

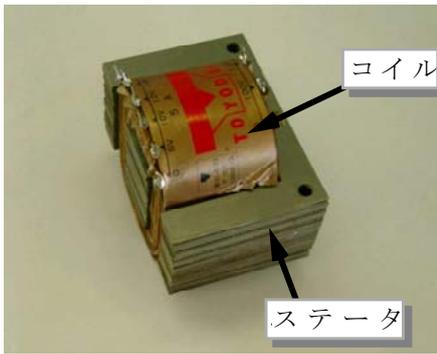


図6 ステータ部(Eコアにコイルを取り付けたもの)

(2) くま取りコイルの装着

図7のようにEコア積層部の一部に銅線を32回巻き、両端は短絡させる。交流電源を接続するとステータ部に回転磁界が発生する。

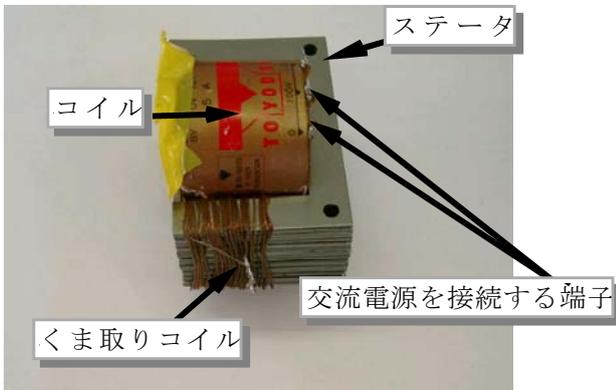


図7 くま取りコイルを取り付けたステータ部

(3) ロータ (回転子) 部の製作

ロータ部は図8のようにスチール缶とビデオヘッドを使って製作した。

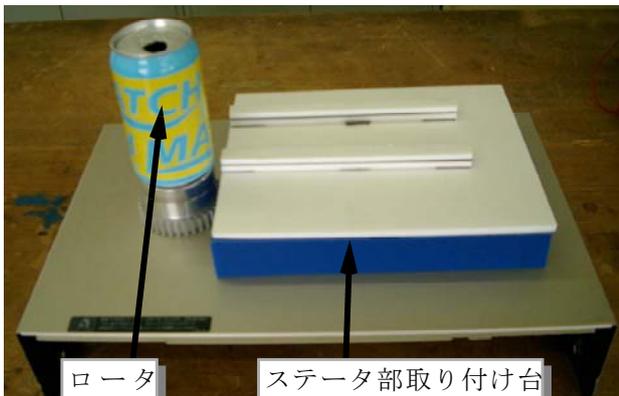


図8 ロータ部とステータ部取り付け台

図9のようにロータ部とステータ部取り付け台の上にステータ部をセットし、交流電源としてスライダック (単巻電圧調整器) を接続し、電圧が

測定できるようにするためデジタルマルチメータ (電圧計) も接続する。ステータとロータの距離を変えられるようにしてある。

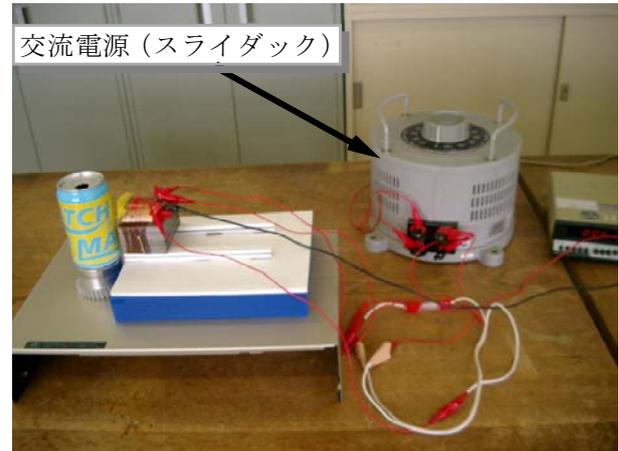


図9 「くま取りモータ模型」教材の全体

6 授業での活用

(1) 授業前アンケートによる生徒の実態把握

授業を受ける5名の生徒に対して、事前に次のようなアンケートを実施して実態を把握した。

ーアンケート内容と結果ー		
1	直流モータの整流子について	
	A よく知っている。	
	B 知っている。	1名
	C 知らない。(忘れた)	4名
2	直流モータのブラシについて	
	A よく知っている。	
	B 知っている。	1名
	C 知らない。(忘れた)	4名
3	直流モータの回転原理について	
	A よく知っている。	
	B 知っている。	
	<b>C 知らない。(忘れた)</b>	<b>5名</b>
4	フレミングの左手の法則について	
	A よく知っている。	
	B 知っている。	2名
	C 知らない。(忘れた)	3名
5	交流波形について	
	A よく知っている。	
	B 知っている。	2名
	C 知らない。(忘れた)	3名

すでに学習した内容であるが、アンケートの結果の通り、5名とも直流モータの動作原理を覚えていないので、導入学習として、直流モータの復習をしてから授業を行った。

(2) 授業実践

対象：電子機械科3年メカトロコース  
(5名)

教科：電子機械応用
単元：交流モータの原理と特性 (単相誘導電動機)
授業時数：2時間
実践期日：平成18年11月24(金)・27(月)

(3) 「くま取りモータ模型」教材を使った学習活動

ア 学習活動 (1時間目)

—— 学習のねらい ——

「くま取りモーター模型」のロータが回転する様子を確認し、興味・関心を高める。

回転確認実験として図10(a)→(b)→(c)のように、ロータにステータを近づけながら、スライダックの電圧を上げていく。

(a)ロータとステータの距離を10cm程度とする



(b)ロータとステータの距離を5cm程度とする



(c)ロータとステータの距離を2cm程度とする



図10 回転確認実験 (ロータとステータの距離と回転との関係を確認する)

(c)のとき、10Vくらいからロータの回転が始まり、その様子を観察した。その後、再度、生徒が自分で配線を行い、ステータを少しずつロータへ近づけて、回転の様子を観察した。そして、ロータに対してステータから何らかの力が働き、缶が回転することを確認した。

<生徒の様子>

缶が回りだしたときには、歓声が上がり、自分で結線をした後は、電圧を上げたり、ステータを近づけたり、離したりいろいろ試していた。

イ 学習活動 (1時間目、2時間目)

—— 学習のねらい ——

くま取りコイルの巻き数の差によって、ロータの動作がどのようになるかを観察し、回転させる力について考える。

比較実験 (ステータ部の条件を変えた回転確認実験) を行い、ロータが回転するための条件を考える。

(ア) くま取りコイルなしの場合

Eコアを巻き線部分に積層しただけのもの (前ページの図6) を使って、回転確認実験を行った結果、ロータは回転しないことを確認した。

(イ) くま取りコイル巻き数が16回の場合

図11のようにくま取りコイル巻き数が16回のステータ部を使って、学習活動①の回転確認実験を行った結果、ロータはかすかに動くが回転しないことを確認した。

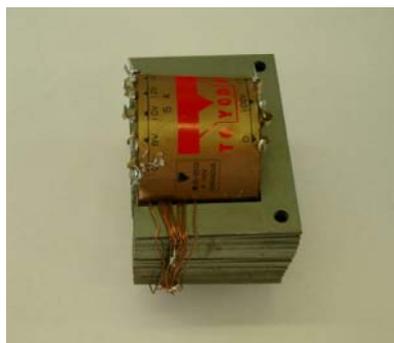


図11 くま取りコイル巻き数が16回のステータ部

(ウ) くま取りコイルが32回巻き付けてある場合

くま取りコイルが32回巻き付けてあるステータ部 (前ページの図7) で学習活動①の回転確認実験を行った結果、ロータは勢いよく回転することを確認した。

<生徒の様子>

くま取りコイルがついていない場合、巻き数が16回の場合、巻き数が32回の場合、各々で動作に差があることを確認し、ロータの回転は、くま取りコイルの巻き数に原因があることを知った。

また、ステータ部に電気を流すことによって、ロータが引きつけられることから磁界が影響していることに気付いた。さらに、誘導電流の説明をしたところ、ロータを回転させる力として、くま取りコイルが32回としっかり巻かれたステータ部には、ロータを回転させる磁界の働きが発生するのではないかと考えることができた。

ウ 学習活動（2時間目）

—— 学習のねらい ——

回転磁界とモータ（ロータ）の回転との関係を理解する。

ロータが回転しない場合と回転する場合の位相のずれ（主コイル部分のステータの位相と、くま取りコイル部分のステータの位相の差）をオシロスコープで観察する。

(ア) ロータが回転しない場合

図12のようにくま取りコイルがない、または、巻き数が少ない場合は、図13のように主コイル部分の位相と、くま取りコイル部分の位相が、同相であるか、または位相のずれが少ないことを確認した。

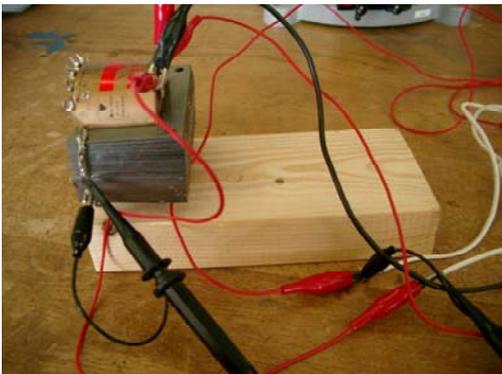


図12 くま取りコイルがない、または巻き数が少ないステータ部の回路

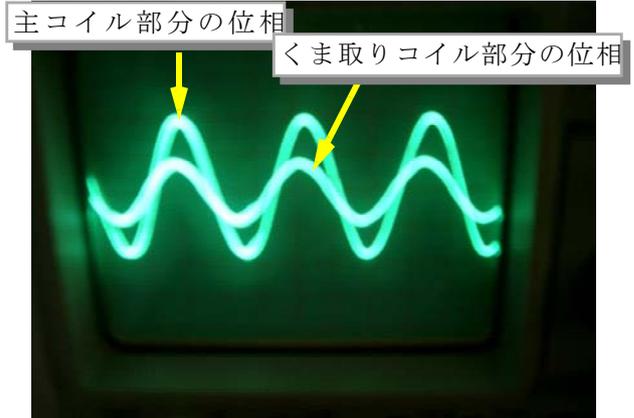


図13 オシロスコープの画像（位相のずれが少ない状態）

(イ) ロータが回転する場合

図14のようにくま取りコイル巻き数が32回の場合は、図15のように主コイル部分の位相とくま取りコイル部分の位相が大きく約 $\pi$ ずれていることを確認した。ロータを回転させるにはこのようにある程度大きく位相がずれている必要があり、すなわち、このような回転磁界の発生がロータを回転させ、交流モータの動作原理となっていることを理解した。

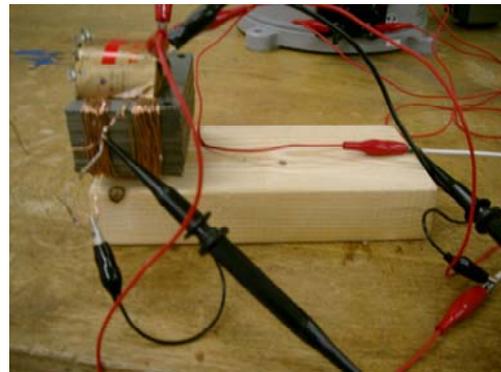


図14 くま取りコイル巻き数が32回のステータ部の回路

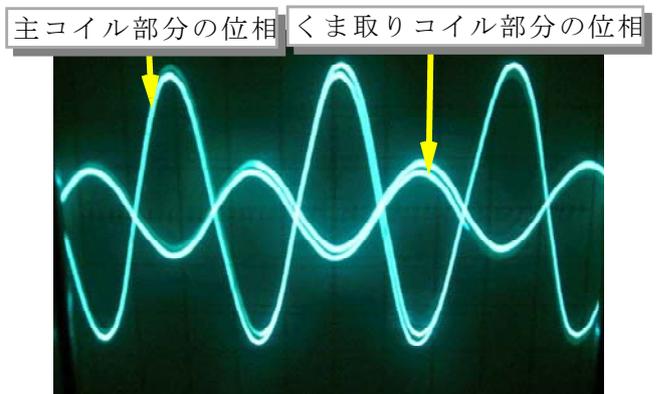


図15 オシロスコープの画像（位相のずれが大きい状態）

### <生徒の様子>

主コイル部分とくま取りコイル部分の位相の状態をオシロスコープで観察することで、位相のずれによってロータが回転するということに納得していた。



図16 学習活動の様子

## 7 考察

普段、教科書やテキスト主体の授業を行っているときの生徒の反応は乏しかったが、「くま取りモータ模型」教材を活用した授業では、生徒一人一人が、実験回路の結線を行い、積極的に取り組んでいた。また、授業終了後の休み時間等に、本教材を自由に使用して、生徒が、繰り返し回転実験を行い、自ら進んで復習する姿勢が見られた。この様子から、この教材を用いた学習は、生徒の興味・関心が高められたと考える。

また、ステータ部の条件が違う3種類で（くま取りコイルなし・くま取りコイル巻数16回・くま取りコイル巻数32回）で回転確認実験を行ったとき、生徒からは、「くま取りコイルの巻数が多くなると、よく回転をするんだな。」「でも、どの条件のときにもロータが引きつけられるから、ステータが電磁石の働きもしているんだ。」といった発言が聞かれた。このことから、生徒は、ロータの回転に、くま取りコイルの巻数や磁界の存在が関係していることに気付いたと考える。そして、ロータが回転する場合と回転しない場合についての、主コイル部分とくま取りコイル部分の位相の違いを、オシロスコープを使って観察した。このことによって位相のずれが発生している場合にロータが回転し、発生していない場合ロータが回転しないことを確認した。そして、定期考査では「交流モータの動作には、位相のずれによる回転磁界が必要である」ということを全員解答できていたので、生徒は回転磁界とモータの回転との関係を理解したと考える。

## 8 終わりに

「くま取りモータ模型」教材は、変圧器（トランス）を分解し、試作品を製作するところから始めた。EコアとIコアの分離など、時間がかかり、本教材の製作の難しさ、大変さを実感した。試作品を作っても、缶（ロータ）が動かなかったり、思ったおりに回転しなかつたりしたので、試行錯誤で実験を重ね、学習教材として使えるようになるまで改善を繰り返した。しかし、モータらしく缶（ロータ）が回転するようになってからは、回転確認実験、条件を変えた実験、オシロスコープでの位相の確認などは、スムーズにできた。実際の授業でも教科書やテキストだけの説明と違い、本教材を使った方が生徒の取組がよく、内容もよく理解できた。

（担当指導主事 宮内 光一）

### Web検索キーワード

【工業 教材開発 交流モータ くま取りモータ 動作原理 回転磁界】

### <参考文献>

谷腰 欣司 著

『図解 モーターのしくみ』（2001）

『小型モーターのしくみ』（2004）

内田 隆裕 著

『モーターがわかる本』（2001）

