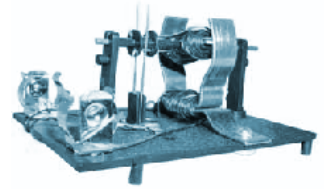




# 電動機のすべて



**TryEngineering - [www.tryengineering.org](http://www.tryengineering.org) 提供**  
このレッスンに対するご意見はこちらまでお寄せください。

---

## レッスンの焦点

電動機(電気モーター): その原理と日常の使用について。注意: このレッスン プランは電気および電子の概念に精通した教師の監督下における教室のみでの使用を目的としています。

---

## レッスンの概要:

生徒は電動機の基本原理と日常の使用について探究します。また安価な教材を使って教室での使用を目的とした電動機のモデルを作ります。その後「技師」のチームとしてモーターをドライバーに応用するための変更を決定します。

---

## 年齢

10-18 才。

---

## 目的

- ✦ 電動機の基本原理について学びます。
- ✦ 電動機の原理を日常の使用に応用します。
- ✦ 教室での使用を目的とした電動機のモデルを作ります。

---

## 習得内容

この学習で 10-14 才の生徒は以下についての理解を深めます。

- ✦ 電動機の原理について
- ✦ 磁気の原理について
- ✦ 電流の原理について

さらに生徒は電動機の原理を日常の使用に応用し、モーターの設計と操作に関する知識を広げます。

---

## 電動機:はじめに

以下は電動機についての基本的な教育上の原理です。

- ✦ 磁石は相互に引き寄せ合い、反発し合います。同じ電極は反発し合い、対極は引き寄せ合います。
- ✦ 電流は磁界を作ります。磁界の強さと方向は、電流の強さと方向に依存します。
- ✦ 電流の流れる金属線を鉄の棒に巻くだけで、オン・オフの切り替えができる磁石を作ることができます。また、磁極の強さと方向は、電流の強さと方向を変更することで簡単に制御できます。

---

## 電動機:はじめに(続き)

### 基本的なモーター原理の概要

#### ◆ 磁気的原理

磁気は引き寄せ、反発する自然力です。引力ではすべての物体が引き寄せられ影響の対象となりますが、磁気では一部の種類の材質のみが磁化して磁力が働き、また鉄やニッケルなどの金属などの一部の材質のみがこの影響を受けます。物体が磁化されると磁力が働き、これが磁石と呼ばれます。磁石の両端には北極と南極と呼ばれる磁極があります。同じ電極は反発し合い、対極は引き寄せ合います。つまり、北極は他の磁石の南極を引き寄せて北極に反発し、南極は他の磁石の北極を引き寄せて南極に反発します。地球は実際には大型の磁石であるため北極と南極の磁極を持ち、小型磁石の南極(磁気コンパスの針先など)は必ず北を指します。磁石の周りの磁力により、磁界が作られます。磁界は北極から南極に向かう力の線から構成されます。反対極を寄せ合うとその力の線は交わりませんが、同じ極を寄せ合うと力の線は相互を跳ね返します。

#### ◆ 電磁石

科学者は長い間、電気が引き寄せ反発する力は磁気と関係があるかどうかについて考えていました。1820年にデンマークの物理学者とハンズ クリスチャン・エルステッド氏は電流の流れる金属線により磁界が生じることを発見しました。実際のところ鉄のコアの周りに金属線を巻きつけて電流を流すと、電磁石と呼ばれる強い磁気効果が得られます。英国の科学者マイケル・ファラデー氏は磁界を金属線が移動すると、その金属線に電流が流れることを発見しました。これは誘導と呼ばれます。

### ◆ 磁気と電気の原理をモーターの設計に応用する

これらの発見が発電機と電動機の発明につながりました。発電機は、運動(蒸気エンジン、風力、その他により起こる)を電気に変えます。電動機(電気モーター)は電気を運動に戻します。これら2つの機械が現代の電力の基本です。

---

## レッスン内容

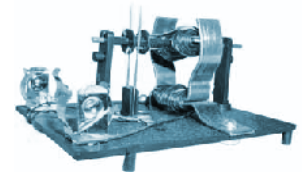
### 概略

- I. はじめに
- II. 基本的なモーター原理の概要
  - A. 磁気の基本原理について
  - B. 電磁石
  - C. 磁気と電気の原理をモーターの設計に応用する
- III. モーターを組み立てる
- IV. 実験
- V. 教室での指導のアイデア
- VI. 質問と解答
- VII. 教員によるフィードバック

---

## リソース/材料

- ✦ 教員用リソース文書(添付)
- ✦ 安価な教材の電動機キットが Science First 社 ([www.sciencefirst.com](http://www.sciencefirst.com)) から購入できます。添付されている製品説明書をご覧ください。
- ✦ キットに含まれていないリソース：紙やすり、セロテープ、はさみか金属を切断するためのペンチ、電池、小型ドライバー



---

## 教科課程枠組みとの調整

添付されている教科課程の調整用シートをご覧ください。

---

## インターネットでの参照資料(英語)

- ✦ TryEngineering ([www.tryengineering.org](http://www.tryengineering.org))
- ✦ IEEE Virtual Museum (IEEE 仮想美術館) ([www.ieee-virtual-museum.org](http://www.ieee-virtual-museum.org))
- ✦ International Technology Education Association Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology (国際技術教育学会による技術能力の基準 : 技術研究の教材) ([www.iteawww.org/TAA/PDFs/ListingofSTLContentStandards.pdf](http://www.iteawww.org/TAA/PDFs/ListingofSTLContentStandards.pdf))
- ✦ McREL Compendium of Standards and Benchmarks (基準と評価に関する McREL 概要) ([www.mcrel.org/standards-benchmarks](http://www.mcrel.org/standards-benchmarks)) 検索およびブラウズ可能な形式による K-12 教科課程対応教材基準に関する資料。
- ✦ National Science Education Standards (全米科学教育基準) ([www.nsta.org/standards](http://www.nsta.org/standards))
- ✦ Science First (教材の電動機キットの販売会社) ([www.sciencefirst.com](http://www.sciencefirst.com))

---

## 推奨文献(英語)

- ✦ 『The Usborne Book of Batteries & Magnets』 (ISBN: 074602083X)
- ✦ 『DK Eyewitness Series: Electricity』 (ISBN: 0751361321)
- ✦ 『Janice VanCleave's Physics for Every Kid : 101 Easy Experiments in Motion, Heat, Light, Machines, and Sound』 Janice VanCleave(著) 『John Wiley & Sons』 (ISBN: 0471525057)

---

## 任意の作文

- ✦ 家庭や学校で使うモーターの例を挙げてください。モーターが、その内蔵されている機械に与える影響についての短い作文(年齢に応じては段落)を書きます。例えばモーターの無い扇風機は風を起こすために他の方法で動かす必要があります。

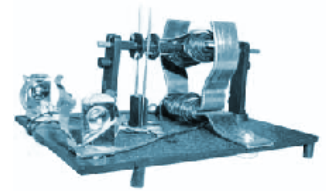
---

## 参考文献(英語)

IEEE の Florida's West Coast USA セクションにおける Ralph D. Painter、Douglas Gorham および他のボランティア著

URL: <http://ewh.ieee.org/r3/floridawc>

# 電動機:はじめに



教員用:

## 教科課程枠組みとの調整

注意: このシリーズにおけるすべてのレッスン プランは、全米研究評議会により設定された全米科学教育基準に準じ、科学教育者協会により推奨され、また該当する場合には国際技術教育学会による技術能力基準の目標と規準に準じるものです。

### ◆全米科学教育基準 学年 5-8 (年齢 10-14 才)

#### 教材基準 B: 物理学

この学習により、生徒全員は以下についての理解を習得します。

- ✦ 運動と力
- ✦ エネルギー伝達

#### 教材基準 F: 個人的および社会的な観点から見た科学

この学習により、生徒全員は以下を理解します。

- ✦ 危険要因と有益性
- ✦ 社会における科学技術

#### 教材基準 G: 科学の歴史と本質

この学習により、生徒全員は以下を理解します。

- ✦ 科学の歴史

### ◆全米科学教育基準 学年 9-12 (年齢 14-18 才)

#### 教材基準 B: 物理学

この学習により、生徒全員は以下を理解します。

- ✦ 運動と力
- ✦ エネルギーと物体の相互作用

#### 教材基準 E: 科学技術

この学習により、生徒全員は以下を習得します。

- ✦ 技術設計能力
- ✦ 科学技術についての理解

#### 教材基準 G: 科学の歴史と本質

この学習により、生徒全員は以下を理解します。

- ✦ 歴史的な観点

## ◆技術能力の基準 - 全年齢層

### 技術と社会

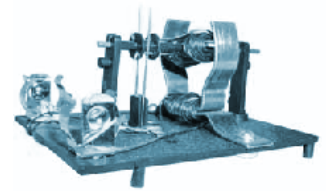
- ✦ 基準 7:生徒は技術の歴史に対する影響についての理解を養います。

### 設計

- ✦ 基準 10:生徒はトラブルシューティング、研究開発、発明と革新、および問題解決における実験の役割についての理解を養います。

### 技術社会

- ✦ 基準 16:生徒はエネルギーと電力技術についての理解を深め、これらを選び使用する能力を養います。



教員用:

教員用リソース

## モーターキットを組み立てる際のヒント

- ✦ 事前に界磁極を設置用ブラケットにセロテープで貼り付けて押さえることにより、界磁コイルの巻きつけは簡単に行えます。
- ✦ 2つの電機子をセロテープで付けることにより、簡単に巻くことができます。電機子の電極をテープで付けた後、シャフトを電極のパーツ間に挿入します。シャフト上の電機子の電極の位置は、その後電機子をベアリングのポストに置き、電機子の電極が界磁極と揃うまでシャフトに挿入して調整できます。
- ✦ 電機子コイルと交換子の間隔を保つための小型のプラスチックチューブは、次のようにサイズを変更できます。電機子コイルを巻いた後、一時的に交換子をシャフトに挿入します。電機子の電極が界磁極と並ぶようにベアリングのポストに置きます。交換子がブラシを支えるためのポストと揃うように、シャフトと揃えて挿入します。電機子巻線と交換子の間の空間に合うようにチューブを切断します。交換子をシャフトから外し、シャフトを通してチューブを電機子巻線にぴったりと付けます。今度は電機子巻線から鉛の配線を通し、交換子をシャフトに戻します。
- ✦ モーターキットを大量注文パッケージで購入した場合、個別のモーターキットを構成するためにパーツをより分ける必要があります。これらのパーツを事前に袋分けしておくこと、クラスでの時間が節約できます。

## キットに含まれていない材料

- ✦ 紙やすり。目の細かい紙やすり、または布やすり。
- ✦ セロテープ。必須ではありませんが、コイルを巻く間、電界と電機子の電極を合わせておくために便利です。
- ✦ はさみかワイヤー切断用ペンチ。
- ✦ 電池。提供されるクリップは単三電池用です。入念に組み立てられたモーターは新しい単三電池1つでも機能しますが、単三電池2つを一緒に使うと3ボルト電池が構成され、機能上の信頼性が高まります。不安定なモーターを起動するために6ボルトのランタン電池を用意するのも良い考えです。
- ✦ 小型のドライバー

### モーターキットを使って授業を行う際のヒント

モーターキットは教師と生徒の想像力のみを限界とした幅広い目的に使うことができます。以下の提案は考案のヒントとして提示されています。特定の学習体験において特定の生徒のグループがどのように反応するかは、教師が最も良く知るところです。モーターキットは、教師の机で組み立てて生徒の好奇心をかきたてる、またはクラスの後には研究作文やチームによるモーターの設計改善に使うなど、あらゆるレベルで使うことができます。作業手順書には、モーターキットを使って実行できる実験が一覧表示されています。

モーターキットは高校生を対象として、教室や実験室で電磁気力の実験を行う際に使うことができます。ある方法では、教師が生徒の前でモーターキットを1つ組み立てます。各生徒は作業手順書とモーターキットを渡され、自宅で組み立てます。1週間以内に機能するモーターを組み立てた生徒に合格の成績を与えます。生徒は親、兄弟、友人の援助を受けることができます。このプロジェクトは実際の体験に基づくため、生徒が受ける援助の度合いにかかわらず、ある程度の学習が必ず行われます。これは一般的に保護者により評価の高いプロジェクトです。また、各生徒にモーターがどのように機能するかについての作文を書かせることもできます。

練習すれば、このモーターキットは約40分以下で組み立てることができます。しかし生徒は初心者であるため、これよりもかなり長い時間を要します。生徒が教室でモーターを組み立てる場合は、プロジェクトを一部のみ行うことができます。例えば1日目は実験についての簡単な説明と界磁巻線の組み立て、2日目は電機子の巻線のみ、3日目は最終組み立てと完成したモーターの試運転を行います。

電動機の発明の歴史を調査することは、特に優秀な生徒にとって有益な復習です。インターネット調査ではエルステッド(Oersted)、ファラデー(Faraday)、ヘンリー(Henry)、ページ(Page)、テスラ(Tesla)などの名前が挙げられます。これらのデンマーク、英国、米国、ハンガリー出身の技師は、電動機の発明と開発に携わりました。しかし電動機の開発における重要な最終手順は、まったくの偶然から起こりました。ウィーンでの1873年の産業博覧会中に、アイドル状態の発電機が操作中の発電機に誤って接続されました。アイドル状態の発電機はモーターとして動き始めました。この効果は、対象の発電機を設計したグラム(Zenobe Theophile Gramme)氏により認識されました。

## 教員用：教員用リソース(続き)

ハンス クリスチャン・ アンデルセン(Hans Christian Andersen)氏とハンス クリスチャン・ エルステッド (Hans Christian Oersted)氏は名前以上のものを共有しました。両氏とも 19 世紀の全般にデンマークで暮らし、有名になりました。ハンス クリスチャン・ アンデルセン氏は「みにくいアヒルの子」や「マッチ売りの少女」などの童話作家として有名になりました。一方ハンス クリスチャン・ エルステッド氏は優れた科学者となりました。生徒のグループのための実験の実演中、エルステッド氏は近くのコンパスが、実験器具に接続されている金属線に流れる電流に影響されていることに気づきました。エルステッド氏はこの電流と磁性間の相互反応についての論文を 1820 年 7 月に発行しました。アンデルセン氏はエルステッド氏に始めて会った際にはわずか 14 才でした。序々にアンデルセン氏とエルステッド氏は親しい友人になりました。アンデルセン氏は最終的にエルステッド氏について「彼の家は私の早期の家となりました。彼の子供たちは幼いころに私と一緒に遊び、成長した今でも私に対して親しみを持っています。彼の家で私は最も長年にわたる永久の友人を見つけたのです。」と語っています。これらの事実を事前に生徒に伝えずに、両氏に関する調査と報告を提出するように指示し、いずれかの生徒がこの 2 人の有名人の関係を発見できるかを課題とします。

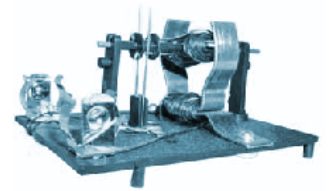
### この種類の電動機の応用

教材のモーターキットは直流または交流電源により操作できるため、「万能」モーターと呼ばれる例です。このタイプのモーターは、電機子巻線が界磁巻線と連続して接続されるため、直巻電動機とも呼ばれます。直巻電動機では負荷がゼロからフルに増加すると速度が大幅に上がるため、速度調整は良くありません。しかし直巻電動機は速度が落ちるとその回転力が上がり、超高速で機能するように設計することもできます。これらの特性によりモーターの設計者は大量の電力を比較的小さな容積に納めることができます。直巻電動機の一般的な応用には、以下があります。

- ✦ キッチン用ミキサー
- ✦ フードプロセッサ
- ✦ ドリル、丸型ソー、往復式ソー、ルーター、サンダー等の手動操作機器。
- ✦ 自動車のスターターモーター
- ✦ 電気ヘアドライヤー
- ✦ 回転式電気髭剃り器
- ✦ ディーゼル電気機関車、電車、地下鉄の電車用のトラクションモーター
- ✦ ゴルフカーとおよび電気自動車のモーター
- ✦ 電気車椅子機のモーター
- ✦ ロボットのモーター
- ✦ 掃除機

主に交流誘導モーターなどの他のタイプの電動機もあります。しかし、事実上すべての電動機が直巻電動機で示される電磁石間の引き寄せと反発の力に依存します。

# 電動機



教員用:

キットの概要 / 注文手順

## Science First 社の Toy Motor Kit(教材用モーターキット)

質問と注文:

電話で 800-799-8301(北米内)ご連絡いただくか、または [www.sciencefirst.com](http://www.sciencefirst.com) をご訪問ください。

- 実際に動くモーターを、ピザ一切れよりも安価に作ります
- 便利なクラス用パックでも購入可能
- 弊社の過去 40 年間におけるベストセラー
- スカウトのグループ、科学博覧会等
- コンピュータ生成の組み立て図付き手順書

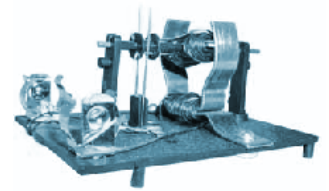
機能する直流モーターを組み立て、そのパーツについて詳しく知るために必要なのは、これ 1 つです。組み立てには電機子コイルと界磁コイルの巻線作業、スナップ式のパーツ付き交換子の組み立て、土台の穴へのブラシの設置、電池のクリップへのはめ込みが必要です。このキットは使い捨ての安物とは違い、10 才以上の子供達に重要な概念を教育する上で 40 年以上にわたり使われてきました。購入者には、弊社の早期からの顧客であるアイダホ州バーリーに所在するバーリー中学校の Del Brown 氏が含まれます。キットには、銅線コイル、部品用の穴があるプラスチックの土台、界磁極、電機子コア、ブラシ、ファスナすべて、8 つの実験に対するイラスト入りの組み立て手順(英語)が含まれます。単三電池 1 つが必要です。

Accent 社専売!このアイデアは我々の考えでなく、ケースウエスタンリザーブ大学の教授によるものです。弊社の教師にとって使いやすい Toy Motor 一括購入パックには 30~48 人の生徒(スペアを別途に含む)に十分なパーツが含まれています。手順書は価格を抑えるため 2 人の生徒が 1 枚を共有するように半分の数が含まれています。

**価格：**

(注意：最新の価格は Science First のウェブサイト [www.sciencefirst.com](http://www.sciencefirst.com) でご覧ください。)

コード	製品名	材料価格
10-135	Toy Motor Kit	1 組: \$4.95
10-136	Toy Motor Kit	12 組パック: \$55.00
10-137	Toy Motor Kit	36 組パック: \$789.95
10-138	Toy Motor Kit	48 組パック: \$139.95



## 生徒用リソース:

### 電動機の基本

#### 電動機の基本教育上原理

- ✦ 磁石は相互に引き寄せ合い、反発し合います。同じ電極は反発し合い、対極は引き寄せ合います。
- ✦ 電流は磁界を作ります。電界の強さと方向は、電流の強さと方向に依存します。
- ✦ 電流の流れる金属線を鉄の棒に巻くだけで、オン・オフの切り替えができる磁石を作ることができます。また、磁極の強さと方向は、電流の強さと方向を変更することで簡単に制御できます。

#### ◆ 磁気の原理

磁気は引き寄せ、反発する自然力です。引力ではすべての物体が引き寄せられ影響の対象となりますが、磁気では一部の種類の材質のみが磁化して磁力が働き、また鉄やニッケルなどの金属などの一部の材質のみがこの影響を受けます。物体が磁化されると磁力が働き、これが磁石と呼ばれます。磁石の両端には北極と南極と呼ばれる磁極があります。同じ電極は反発し合い、対極は引き寄せ合います。つまり、北極は他の磁石の南極を引き寄せて北極に反発し、南極は他の磁石の北極を引き寄せて南極をに反発します。地球は実際には大型の磁石であるため北極と南極の磁極を持ち、小型磁石の南極(磁気コンパスの針先など)は必ず北を指します。磁石の周りの磁力により、磁界が作られます。磁界は北極から南極に向かう力の線から構成されます。反対極を寄せ合うとその力の線は交わりませんが、同じ極を寄せ合うと力の線は相互を跳ね返します。

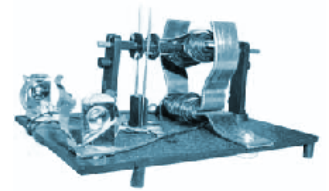
#### ◆ 電磁石

科学者は長い間、電気が引き寄せ反発する力は磁気と関係があるかどうかについて考えました。1820年にデンマークの物理学者ハンス クリスチャン・ エルステッド(Hans Christian Oersted)氏は電流の流れる金属線により磁界が生じることを発見しました。実際のところ鉄のコアの周りに金属線を巻きつけて電流を流すと、電磁石と呼ばれる強い磁気効果が得られます。英国の科学者マイケル・ フアラデー(Michael Faraday)氏は磁界を通して移動する金属線には電流が流れることを発見しました。これは誘導と呼ばれます。

#### ◆ 磁気と電気の原理をモーターの設計に応用する

これらの発見が発電機と電動機の発明につながりました。発電機は、運動(蒸気エンジン、風力、その他により起こる)を電気に変えます。電動機は電気を運動に戻します。これら2つの機械が現代の電力の基本です。

# 電動機



生徒用リソース:

## 電動機の歴史

大抵の人たちは電球や電話のように電動機を毎日見ることはない、と言います。その理由は電動機はこれらと異なり、多くの器具の中にある、簡単な構造を持つ機械です。モーターの目的は電気エネルギーを機械エネルギーに変えることです。これは電気を人間が使えるエネルギーに変換します。

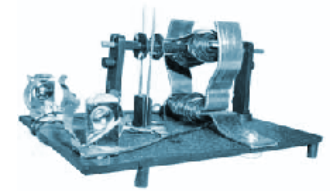
電動機は磁気を使い電流を操作します。モーターには交流(AC)と直流(DC)モーターがあります。これらの種類のモーターは基本的な電動機と同じパーツを使いますが、2種類の電流を使います。交流(AC)と直流(DC)に関する詳細情報は、発電のページをご覧ください

モーターは電磁石から始まります。1831年にマイケル・ファラデー(Michael Faraday)氏が初の電動機の製造に成功しました。ジョセフ・ヘンリー(Joseph Henry)氏はその当時モーターに関する業務に携わっていました。ヘンリー氏とファラデー氏は初の実験的電動機の開発に成功者として認められています。1837年にはチャールス・グラフトン・ページ(Charles Grafton Page)氏が電動機の改善に取り組み、独自のモデルを開発しました。1887年にニコラ・テスラ(Nikola Tesla)氏(「別の発明家」を参照)が交流(AC)モーターを開発しました。その時点までのその他のモーターはすべて直流を使っていました。現代では、交流モーターは直流モーターよりも使用が容易です。

今日、モーターはあらゆる場所で使われています。自動車や多くの家電製品がその例です。多くの人たちがモーターの仕組みを知らないにもかかわらず、電動機は大変便利な発明となりました。

(情報源: ThinkQuest ライブラリ: [www.thinkquest.org/library](http://www.thinkquest.org/library))

# 電動機



## 生徒用ワークシート:

### あなたは技師です!

#### ◆ 手順

教材のモーターキットを組み立てます。

#### ◆ 課題

あなたは「技師」のチームの一員として、組み立てたモーターを改善してドライヤーに安全に電力を送る課題を与えられました。チームで現在の設計について話し合い、モーターで行う3つの変更を提案しましょう。ドライヤーは水や濡れた髪の近くで使うことをお忘れなく。

#### ステップ 1:

##### 質問:

1. 新しいモーターの設計で変更した材料はありますか? その場合、これらの異なる材料を推奨する理由は何ですか?
2. 新しいモーターの設計で新しく追加したパーツはありますか? その場合、これらの追加を推奨した理由を説明してください。
3. モーターの大きさを変更しましたか? その場合、大きさの変更を推奨する理由は何ですか?
4. チームとして推奨した変更により、モーターの値段は上がると思いますか? これによりドライヤーの価格はどのように影響を受けますか?

#### ステップ 2:

あなたのチームの新しい設計をクラスで発表し、現在の製品を改善または応用するプロセスで学んだことを話し合いましょう。