解説書

発電コイル「ストンピカ」を用いた実験

(Ver. 1.1)

2021 年 4 月

電気学会社会連携委員会

この解説書について

この解説書は，電気学会社会連携委員会が提供している電気にかかわる実験セットを「安全に，正しく」利用していただくために作成されています。社会連携委員会ウェブページ（https://renkei.iee.jp/ ）の「動画を使おう」にある動画および本解説書をご参照の上，実験セットを教育現場で使ってみたいと思われた方は，「動画を使おう」の「お知らせ」（https://renkei.iee.jp/video）にある「実験セット申込書」でお申し込み下さい。

また，今後も利用者からお寄せいただく「声」を随時反映し，改訂版をウェブページにて公開します。変更履歴を最終ページに示してありますので，確認の上ご利用ください。

トランジスタ
デザインの
ヘアピン

名前：越野 エレカ（こしの えれか）
どこにでもいる普通の高校１年生の女子。
意味も分からずにデザインで買ったヘアピンのせいで電研部長に目をつけられ，そのまま電研に入部して「助手」に。
そこで実験や工作の楽しさを知る。

自作の
マグネット風
ネクタイピン

名前：真具音 光（まぐね ひかる）
電研部長を務める高校２年生の男子。
将来，自分はノーベル賞を取ると確信している優秀な変わり者。
形から入るタイプで常に白衣を着ているため，よく教師と間違えられる。
部員のことを「助手」と呼ぶ。

発電コイル「ストンピカ」を用いた実験の解説

電気学会社会連携委員会

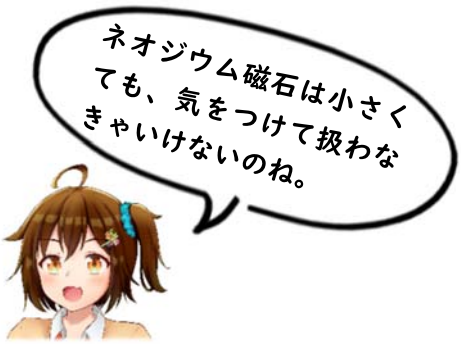
安全上のご注意：ストンピカを扱う前に必ずお読みください

ネオジム磁石はたいへん強い磁石です。その特性を生かしてさまざまな楽しい実験ができますが，強さゆえに安全に関する細心の注意が必要です。小さなネオジム磁石であっても，幼児が誤って飲み込んでしまうと重篤な事故になりかねません。ネットで次の事故事例をお読みください。

(1) 強力な磁石のマグネットボールで誤飲事故が発生 －幼児の消化管に穴があき，開腹手術により摘出－ 国民生活センター
（http://www.kokusen.go.jp/pdf/n-20180419_1.pdf ）

(2) 複数個の磁石の誤飲 日本小児科学会
（https://www.jpeds.or.jp/uploads/files/injuryalert/0057_example.pdf ）

また，ネットの YouTube で検索語を「ネオジム磁石 危険」として検索すると，いくつかの動画がヒットしますので，どれでも結構ですからご覧ください。



１．先生方・保護者の方々へのお願い

ストンピカはネオジム磁石を用います。ネオジム磁石は磁力が強いため，磁気カードを近づけるとデータが消えるおそれがあります。また，鉄製品に強力にくっつくため取り扱いには十分注意してください。

図１にストンピカの構成部品を示します。ガイド用パイプにアクリルパイプを用いることが望ましいですが，肉厚の薄い規格品がなかったためガラス管を使用しています。強い力がかかると割れますので注意して扱ってください。

図 1. ストンピカの構成部品

２．ストンピカについて

この教材は中学校 2 年の理科などで使われているものです。ある教材会社では発電原理実験器という名称で販売されていたり，「ふりふりくん」と呼ばれたりしています。

私たちが提供するものは原理的にこれと同じものですが，コイルの巻き数を多くし(1200ターン)，竹箸の先にネオジム磁石をくっつけるようにしているため，磁石を取りはずして極を変えることができます。また，コイルの上下を変えてガラス管を差し込むようにして実験の自由度を高めています。

そのため，ストンピカは図１に示したように「LED のついたコイル」「ネオジム磁石」「ナットのついた竹箸」「ガイド用ガラス管」の４つのパーツで構成しています。コイル両端には赤色と緑色の LED を電流の流れる方向が逆さまになるように接続しています。

３．ストンピカの実験

竹箸の一端に固定しているナットにネオジム磁石をくっつけます。磁石の底面に赤色のマーキングがあるのが N 極側です。そして LED のついたコイルの中心穴にガイド用ガラス管を挿入します。後は箸を持ってガラス管の中を落とすだけです。たいへん簡単にできる実験ですが，以下に示すように磁石の極性，落下させる位置（高さ），コイルの上下の反転などにより現象は変わります。**生徒主体で実験させ，結果とその理由を説明させ，気づきを促すことも大切です。**

図 2.　実験１のコイルの持ち方

【実験 1】

図 2 のように親指でコイルの上面を支え，中指はガラス管の下部をふさぐようにしてコイルを持ち，磁石を下部に付けた箸をストンと落としてみましょう。

赤色もしくは緑色の LED がピカっと点灯します。

つぎに箸につけた磁石の極を反対にして落としてみましょう。すると初めに点灯した LED とは違う色の LED が点灯します。コイルの上下を反転させても，点灯する LED は変わります。

落下し始めの位置が分かるようにガラス管にマーキング(1)を行い，磁石が落下する高さを変えながら LED の明るさを観察しましょう。低い位置から落下させると LED は点灯しませんが，高い位置から落とすと明るく点灯します。

これを赤色と緑色の LED で比べてみましょう。緑色の LED は赤色の LED より高い位

(1)ガイド用パイプにガラス管を使用していますので，油性ペンでマーキングしても消毒用アルコールで簡単に消すことができます。ポストイットの切れ端を貼り付けてもよいでしょう。

置から落とさないと光りません。

赤色 LED は 2 V 程度の電圧で光りますが，緑色 LED は 3 V 近い電圧が必要です。これは光の色とエネルギーが関係しているからです。

オシロスコープで測定した電圧信号を次のページに載せていますので参照ください。

【実験 2】

図 3 のように LED のついたコイルをガラス管の下部より数センチほど上の位置にして，コイルを指でつまんで持ち，落下する磁石がコイルを通りぬけて，手のひらで止まるようにしてみましょう。

赤色と緑色の両方の LED が点灯することが確認できます。磁石がコイルに近づいてくる時と離れていく時で発生する電圧の極が反対になり，電流の流れが変わるため，初めは一方が発光し，次に他方が発光します。一瞬の現象ですがよく見れば順序がわかります。

オシロスコープがあれば電圧波形を生徒に見せてあげてください。

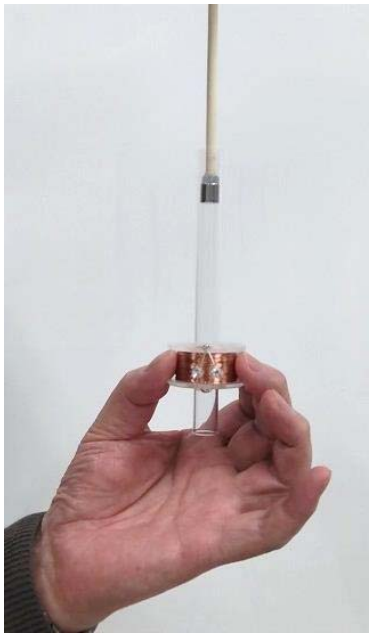
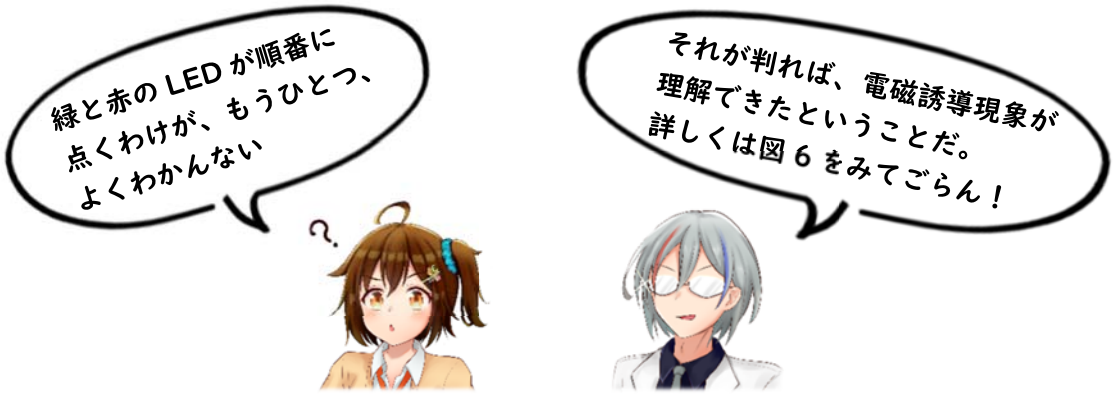


図 3.　実験 2 のコイルの持ち方



【コイルに生じる電圧波形】

図 4(A)は，LED を外して，コイルの両端に発生する電圧をオシロスコープで測定する回路図です。オシロスコープ付属の「プローブ」をコイルの両端に接続します。図 4(B)は測定した電圧波形です。横軸は時間軸で 1 秒間（1 目盛が 0.1 秒）の波形です。磁石がコイルに入って 3.5V のピーク電圧を示しました。磁石がコイルの中間位置でゼロとなります。コイルから出ようとするときにマイナス方向に 3.8V のピーク電圧を示しました。なぜ電圧が異なるのでしょうか。磁石が落下し始める位置で発生する電圧は変化し，コイルに入るときよりも出るときの方が加速度を得て速く落下しているために電圧は大きくなるのです。

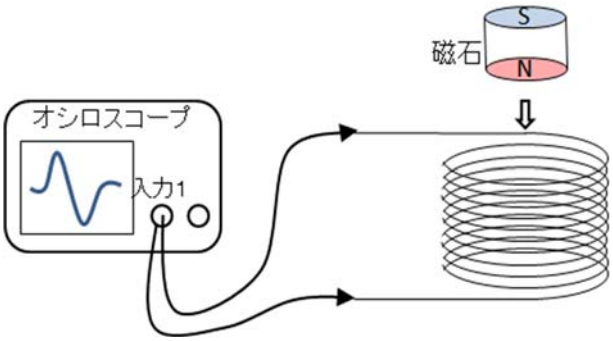


図 4(A)．　LED を外して電圧を測定する接続図

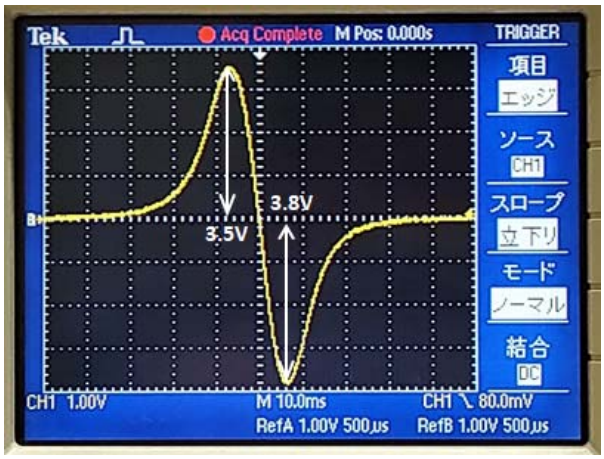


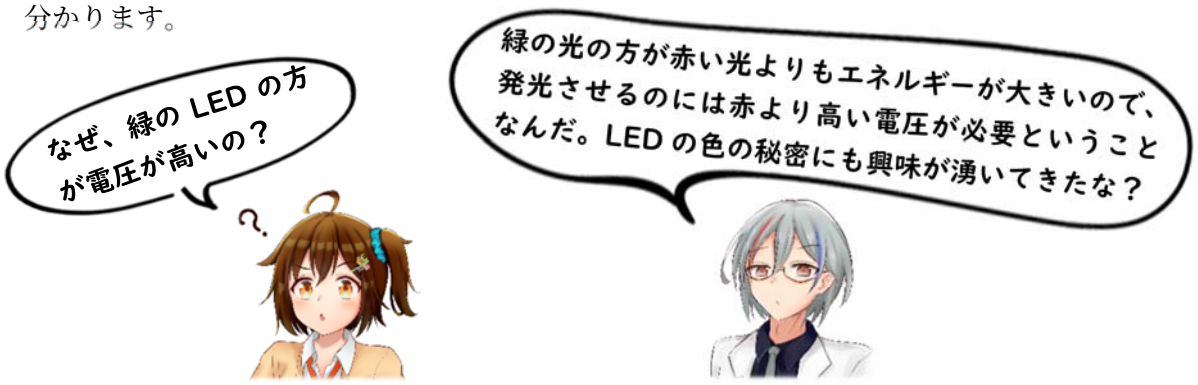
図 4(B). LED を外したときのオシロスコープの波形

つぎに，図 5(A)に示すように緑色と赤色の LED を付けて電圧波形を測定しましょう。最初に緑色の LED が点灯しその後に赤色 LED が点灯します。

図 4 のときと同じ高さから磁石を落下させました。電圧が 0V からプラスになり，反転してマイナスになり 0V に戻っています。その時間はほとんど変わりませんがピークの大きさが変わっています。時間が変わらないのはコイルを磁石が通過する時間が変わらないからです。電圧のピークが低くなったのはなぜでしょうか。

図 5(B)のオシロスコープの波形では，プラス側の 2.9V 付近でピークとなります。これは、緑色 LED に流れる電流が始めはわずかなのですが[2]，2.9V 付近を越すと電流がたくさん流れるようになり電圧が頭打ちになるためです。そして，磁石がコイルの中間地点を過ぎると反対方向の電圧が発生し赤色 LED に電流が流れます。赤色 LED では 2V 付近を越えると電流がたくさん流れるようになり 2.2V で頭打ちになります。

このことから緑色 LED が発光するためには赤色 LED より高い電圧が必要とすることが分かります。



[2] この段階で赤色 LED は逆向き接続なので電流は流れません。LED は Light Emitting Diode の頭文字をとったもので，電流が流れると発光するダイオードです。ダイオードは順方向には電流が流れますが，逆方向には流れません。順方向電流はあるレベルまではわずかしか流れませんが，そのレベルを越えると急激に流れやすくなります。LED は LED ランプとして家庭の省エネの切り札になっているだけでなく，さまざまなところで使われているすごい部品です。

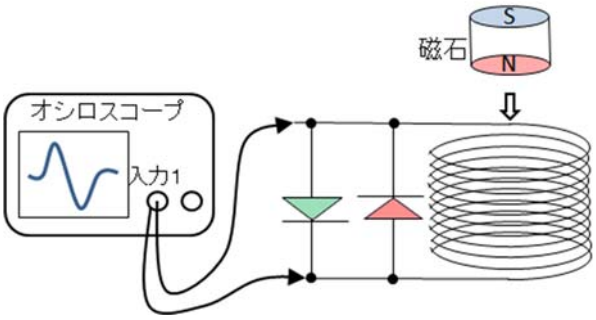


図 5(A)．　LED をつけて電圧を測定する接続図

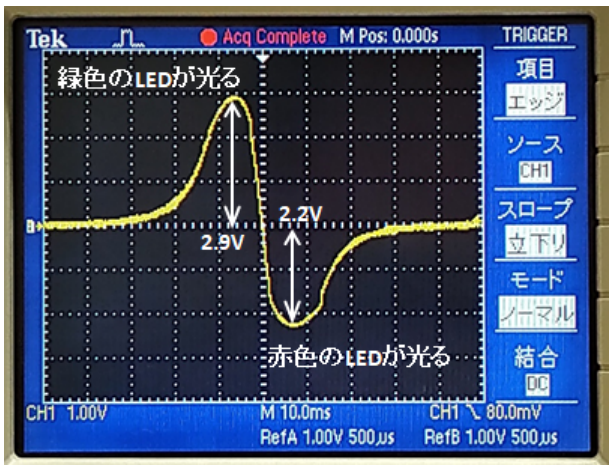
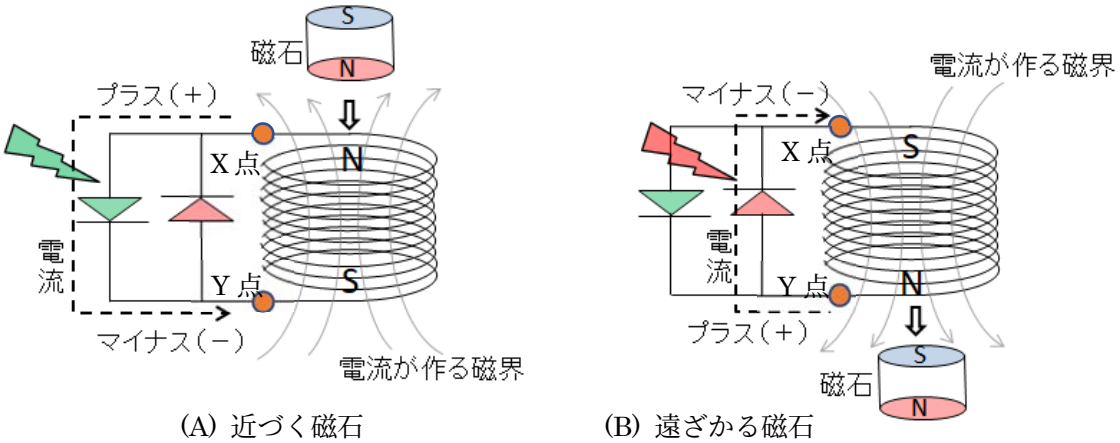


図 5(B)．LED をつけたときのオシロスコープの波形

【電気が発生するしくみ】

コイルに向かって磁石が落下してくると，磁界の変化によって誘導起電力[3]が、コイルの端子 X 点が Y 点より高くなるように発生し、電流が流れます（図 6(A)）。この電流は磁石の落下を妨げる方向の磁界(磁石の N 極と反発するためにコイルの上が N 極)を作ります。コイルの上側がプラス電圧となるため，緑色 LED に電流が流れてピカッと光るのです。磁石がコイルを抜けて反対側に落ちていくと逆方向の誘導起電力が生じ，先ほどと逆方向の電流が流れて、磁石が離れるのを妨げる方向の磁界（コイルの下が N 極で磁石の S 極を引きつける）を作ります（図 6(B)）。コイルの下側がプラス電圧となりますので、赤色 LED に電流が流れます。この原理は「ふわっと君」[4]と同じです。



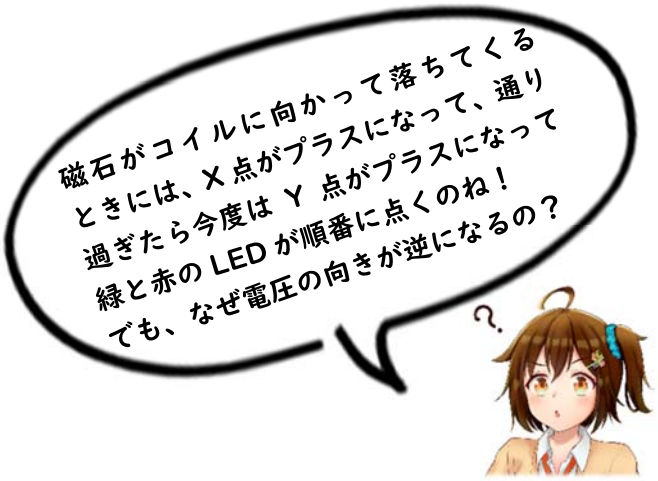
(A) 近づく磁石　　(B) 遠ざかる磁石

図 6.　電気が発生するしくみ

---

[3] 起電力は，英語で electromotive force と言います。起電力とは、**電**気を**起**こす**力**のことで，電力(electric power)とは関係ありません。起電力の大きさを単に電圧ということが多いです。

[4] 社会連携委員会が提供しているネオジム磁石を銅板の上に落とす実験キットの愛称です。



説明しよう。
誘導起電力が発生するのは、コイル部分の磁界が時間的に変化するからなんだ。磁石が落ちてくる時は磁石が近づいてくるのでコイル部分の磁界はだんだん強くなるし、コイルを通り過ぎた後は、磁界はだんだん弱くなる。だんだん強くなるか、逆にだんだん弱くなるかの違いで、起電力の向きも逆になるんだ。さらに言えば、この誘導起電力の大きさは、磁界がどのくらい速く変化するか、その大きさで決まるんだ。試しに手で磁石を出し入れしてごらん。ゆっくり動かしていると、誘導起電力は小さいのでLEDは点かなくて、速く動かすとLEDが点くことが判るよ。
ところで、コイルが作る磁界は磁石がコイルを通り過ぎる前も後も磁石が落ちるのを防ぐ向きになっているって，おもしろいよね。

参考

発光ダイオード（LED: Light Emitting Diode）の図記号は，本解説書では何色の LED が発光したかを表すために，強調した表現を用いていますが，正式な図記号は，JIS（日本工業規格）で右図のように定められています。（JIS C 0617-5: 2011 参照）

電気学会では，この実験キットを使った実験動画を作成し，
YouTube で公開していますので是非ご覧ください。

URL：https://renkei.iee.jp/video

解説書　発電コイル「ストンピカ」を用いた実験

	変更履歴
Ver.1.0	(2021.3.1) Ver.1.0 発行
Ver.1.1	(2021.4.15) キャラクターデザイン挿入,「この解説書について」の追記, 文言の微修正

（Ver.1.1）

電気学会社会連携委員会　(https://renkei.iee.jp)

本委員会は，電気工学・電気技術が社会的価値を創出するための，電気学会と社会との連携のあり方を初中等教育や教養教育を含む，一般の教育や学習の分野を中心に審議し，具現化することを目的としています。そのために知見の共有を図り，連携活動を展開する場を創出するとともに，その場を利用して，下部に設ける多様性を持ったワーキンググループの活動と学会内外の組織，個人との連携活動を展開，活性化します。

動画ワーキンググループ

主　査　新藤 孝敏
委　員　大来 雄二
委　員　金丸 公春
委　員　木村 軍司
委　員　久保 等（主執筆者，実験キット企画・製作）
委　員　鈴木 克己
委　員　中村 格
委　員　長谷川 有貴
委　員　服部 邦彦（実験キット企画・製作）
事務局　佐々木 敏男

（キャラクターイラストレーション：河伸 りう）

アドバイザーグループ

アドバイザー　今井 伸一
アドバイザー　岡部 洋一
アドバイザー　桂井 誠
アドバイザー　高田 達雄
アドバイザー　高橋 一弘

解説書 発電コイル「ストンピカ」を用いた実験 (Ver.1.1)

発行日　2021 年 4 月 15 日
編集者　一般社団法人 電気学会
　　社会連携委員会
発行者　一般社団法人 電気学会
　　〒102-0076　東京都千代田区五番町 6-2
　　電話 03-3221-7312　FAX 03-3221-3704
　　https://www.iee.jp

©2021 Japan by Denki-gakkai

この著作物は著作権法で保護されています。同法 30 条（私的使用のための複製），同法 35 条（学校その他の教育機関における複製等）に該当する場合は著作権者に断りなく利用することができますが，その他の用途でのご利用を希望される場合には，営利・非営利に関わらず，電気学会にご連絡ください。

《問い合わせ先》
一般社団法人電気学会　総務課　電話 03-3221-3710　e-mail kanri@iee.or.jp

この解説書の実験セットは、一般財団法人 関東電気保安協会の助成を得て企画・製作されました。