回路シールの
スケッチブック

LED、スイッチ、センサー
ジー・チー著

冊子中の作品の作者:

_____

Circuit Sticker Sketchbook Copyright © Jie Qi 2014,
Some Rights Reserved.

初版

この作品はクリエイティブ・コモンズ表示-非営利-ShareAlike 4.0国際ライセンスの下でライセンスされています：https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

発行：Sutajio Ko-Usagi PTE LTD
dba Studio Kosagi, in Singapore.
info@chibitronics.com

編集： Andrew “bunnie” Huang
レイアウト・デザイン： Jie Qi
翻訳： 谷内 正裕

第1刷
印刷： 中華人民共和国
ISBN 978-981-07-9367-8

もくじ

この冊子の使い方 5
部品と素材 7
1. **簡単な回路** 15
2. **並列回路** 29
3. **手作りスイッチ** 43
4. **スライド式点滅スイッチ** 57
5. **手作り圧力センサー** 71
誤り探し 85
参考資料 90

この冊子の使い方

回路シールのスケッチブックへようこそ！

この冊子では、紙の上に電子回路を作る方法を順を追って解説していきます。解説や見本に従って、紙面上に直接電子回路を作っていきましょう。

部品と素材では、キットに含まれる全てのパーツに慣れ親しみます。続く章では、それまでの章で学んだことを発展させながら、新しいアイデアを紹介していきます。各章ではまず**回路見本**にしたがって回路を作り、**お絵書き**をするページに移ります。電子回路を作る楽しみの半分は、光を使った物語を作ることです！**キミならどうする?**のページでは、自由な発想で電子回路を作り、物語を作ってみましょう。さらに**挑戦しよう!**のコーナーでは、学んだことを発展させられるアイデアを紹介します。

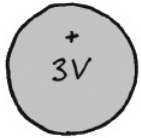
電子回路を作りながら疑問にぶつかったら、よくある質問を掲載した**誤り探し**の章を見てみましょう。もしそれでも解決しなければ、専用の掲示板に行くとヒントが見つかるかもしれません。 **chibitronics.com/community**

回路作りを楽しみましょう！

部品と素材

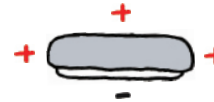
部品と素材

ボタン電池



表面（ + ）

裏面（ − ）



側面

電池は回路に電力を供給します。「＋」印がある表面と側面は正極（＋極）で、裏面は負極（ー極）です。導電性のある素材を電池に触れさせると、通電します。

***注意：** 電池は金属製のものから離し、ばらばらに保管しましょう。意図せず通電して電池が消耗してしまうかもしれません。*

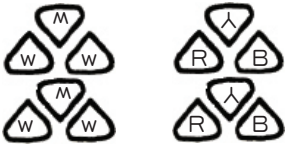
バインダークリップ

バインダークリップは電池を電子回路に固定するために使います。もちろん他のクリップを使うこともできます。電池ケースとして使えそうなものは **chibitronics.com** にも載せています。

LEDシール

　LEDは**発光ダイオード**の略で、電圧を加えると発光します。LEDシールは「＋」から「ー」に向けた矢印のような形をしています。平たく広めの金属部分は正極（＋）で、先がとがった形をしている金属部分が負極（ー）です。

　LEDシールは、導電性のある素材の上に貼り付けると、通電させることができます。また金属部分をハンダづけすると、よりしっかりと固定することもできます。さらにLEDシールを、導電性のある糸を使って布素材に縫いつけることもできます。LEDシールの金属部分にある小さな穴を手がかりに、針を通してみましょう。

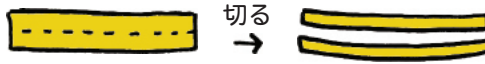


LEDシールは６枚綴りで１セットになっています。Wは白、Rは赤、Bは青、Yは黄色を示します。

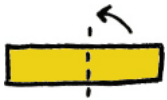
銅テープ

銅テープは銅でできているため、電気を良く通します。裏の粘着部分も、ある程度は電気を通すため、電線のようにつなぎ合わせることもできます。

銅テープは柔らかく、セロテープのように手で切ったり、折り曲げたり、裂いたりできます。幅が細いテープの方が使いやすいため、銅テープの幅を半分に切ると良いでしょう。



テープは、1本につながった状態が最も安定して電気を通します。そのため角を曲がるときは、切り取って貼り合わせるのではなく、テープを折り曲げると良いでしょう。



テープを手前に折って粘着面を上にします。

角を包み込むようにテープを追って曲げます。

角が平たくなるように整えたら完成です。

黒い導電性のあるプラスチックのシート

　黒い導電性のあるプラスチックのシートは、金属テープほどではありませんが、電気を通します。またシートを押したり引き伸ばしたりすると、通る電気の量が変化します。本冊子ではこの素材を、圧力センサーを作るために使います。

予備の両面粘着シート

　シールは何度も使うと、粘着力を失います。予備の両面粘着シートを使って再利用しましょう。このシートは、元のシールの粘着素材と同様の導電性がある素材です。

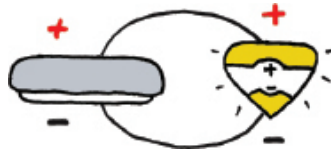
　古いシールを再利用するには、まずシールの裏の古い粘着部分を慎重にはがします。このとき、シール内部の回路を壊さないよう、シールを折り曲げないようにしましょう。

　両面粘着シートの片側の紙をはがし、シールに貼り付けます。最後に余った粘着部分を切りとると、回路シールはまた元通り使えるようになります。

1. 簡単な回路

1. 簡単な電子回路

さっそくLEDを光らせてみましょう！銅テープを使って電池とLEDをつなぎ合わせ、輪を作ります。回路を作るにはLEDシールの「＋」を電池の「＋」に、LEDシールの「ー」を電池の「ー」とつなぎます。このつながった輪によって**完全な回路**が完成します。

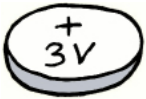


電子はつながった輪の中を循環します。この完全な回路によって、電子が電池からLEDを通り、また電池に戻ってきます。この電子の流れを**電流**と呼び、光を点灯させて輝かせることができます。

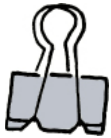
電子は怠け者で、常に最も抵抗が少ない進路に進みます。電子はLEDを点灯させるよりもできるだけ「ショートカット」しようとするため、うっかり「＋」と「ー」をつなぎ合わせてしまうと、LEDが点灯せず、 電池がすぐに消耗してしまいます。この状態を**ショートした回路**と呼びます。

使うもの:

x 1　LEDシール



x 1　3Vのボタン電池



x 1　バインダークリップ

導電性のある銅テープ

作り方:

1．次のページのグレーの線に合わせて、
銅テープを貼り付けます。

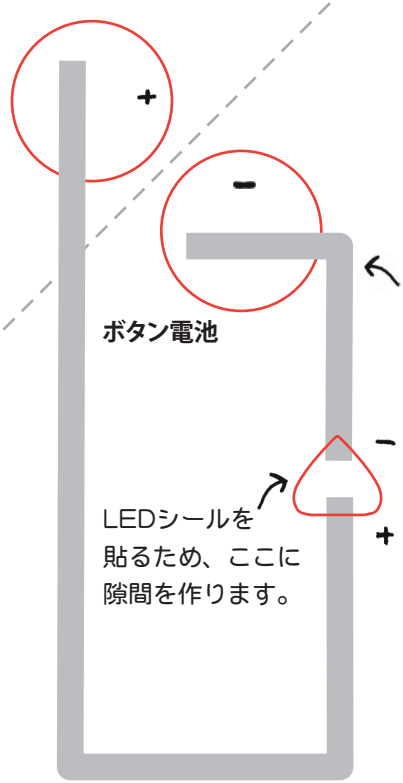
注意: *角を曲げるときにも、銅テープは切り離さずに、つなげたまま貼りつけていきましょう。テープ裏側の粘着部分は、表面の銅箔の部分ほど電気を通しません。*

2．紙の端の点線に沿って谷折りし、
ボタン電池の「＋」面を上に向けて、
「ー」が書かれた円の上に置きます。

3．紙の折り目にボタン電池を挟んで
バインダークリップで留めてみましょう。

4．LEDシールを右の形に合わせて、
銅テープの上に貼り付けます。
光が点灯します！

簡単な回路の例



つながった1本の銅
テープを使います。

LED
先に銅テープを貼りつ
け、その上にLEDシール
を貼りつけます。

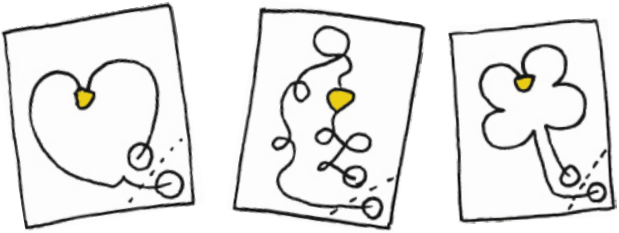
つながった1本の銅
テープを使います。

5. LEDを点灯させたまま、ページをめくってみましょう。
電球が光っています！この明かりは何を照らしているの
でしょうか。電球の周りに絵を描き、作品を完成させて
みましょう。

この光は何を照らしているのでしょうか？
絵を描いてみましょう。

キミならどうする?

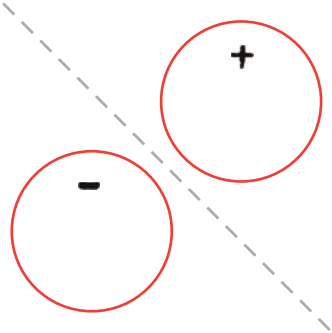
右側のページに、光が点灯する電子回路をもう一つ作ってみましょう。銅テープを自由に貼りながら、自由に線や図形を描いてみましょう。



銅テープが重なったり触れたりするとショートしてしまいます。気をつけましょう。

銅テープを接触することなく重ね合わせたい場合は、小さな紙を2本の銅テープの間に挟むと良いでしょう。

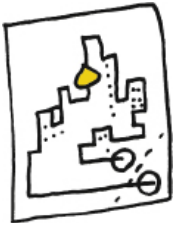
2本の銅テープをつなぎ合わせるには、片方の銅テープの上にもう片方の銅テープを強く押し付け、導電性のある粘着部分をしっかり貼りつけます。そのまま固定したい場合は、銅テープが重なった部分をハンダづけしても良いでしょう。



挑戦しよう!

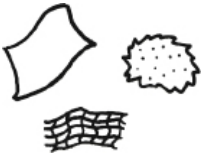
光のつけ方は十分に理解できましたか？次はこんなことも試してみましょう。

電子回路で絵を描いてみよう

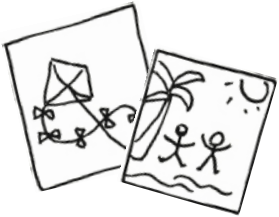


まず銅テープの回路で、絵の大枠を描きます。それからほかの文具や素材で飾り付けをして、絵を完成させましょう。

光の広がりを試してみよう



光の上にティッシュペーパーを置くとどうなるでしょう。また布生地ではどうでしょうか。写真でも試してみましょう。

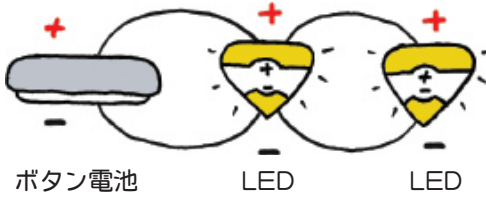


様々な素材を使ってLEDの光を拡散させてみて、どのように見えるか試してみましょう。

2. 並列回路

2. 並列回路

電子回路に、もっと多くの光を加えてみましょう！ 並列つなぎの回路を作ると、１つのボタン電池で複数の光を同時に光らせることができます。ここでは2枚のLEDシールそれぞれの「＋」側をボタン電池の「＋」と、「ー」側をボタン電池の「ー」とつないでみます。

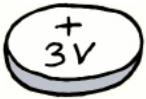


これで電気が流れる輪が２つできました。１つのボタン電池ですべてのLEDシールを光らせることができます。

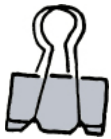
これはLEDが**並列**につながっている状態です。LEDシールは何個でもつけることができます。ただしたくさんつけるとLEDは全て少し暗めに光ります。

使うもの：

x 3　LEDシール



x 1　3Vのボタン電池



x 1　バインダークリップ

導電性のある銅テープ

作り方：

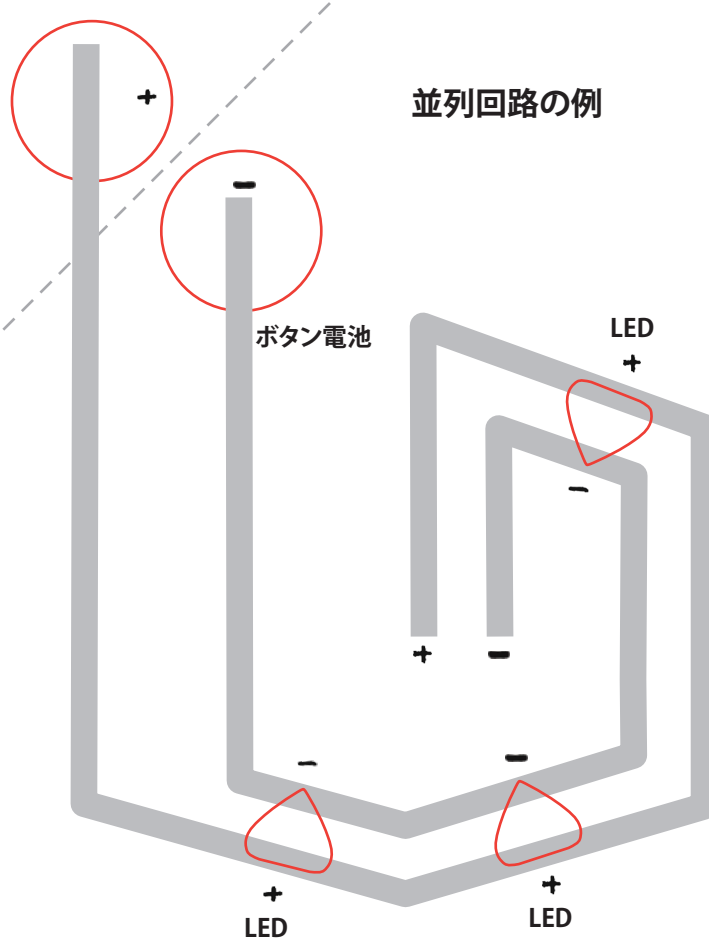
1．次のページのグレーの線に合わせて、銅テープを貼りつけ、LEDシール用の「線路」をつくります。この線路が通っている場所であれば、どこにでもLEDシールを貼りつけることができます。

2．紙の端の点線に沿って谷折りし、ボタン電池の「＋」面を上に向け、「ー」が書かれた円の上に置きます。

3．ボタン電池を紙の折り目に挟んでバインダークリップで留めてみましょう。

4．枠に合わせて、銅テープの線路にLEDシールを貼り付けていきます。好きな色を選んでみましょう。全ての光が点灯します！

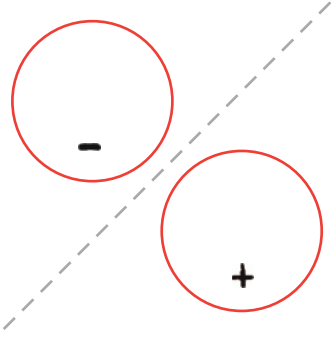
5．LEDシールの光をつけたまま、ページをめくってみましょう。星を輝かせることができました！もっとLEDシールを貼り付けて、星座を作ってみましょう。


並列回路の例
+
−
ボタン電池
LED
+
−
+
−
−
−
+
LED
+
LED

もっとLEDシールを加えて、
空にたくさん星を輝かせましょう。

キミならどうする？

　この白紙のページに、並列つなぎの回路をもう一つ作り、夜景を描いてみましょう。

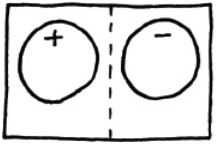


挑戦しよう!

次は紙から電子回路を飛び出させて、いろいろなものを輝かせてみましょう！

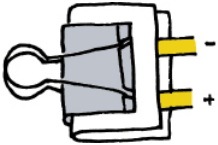
電池ケースを作ってみよう

1. 小さく切り取った紙を半分に折り、内側の両面にボタン電池の縁をなぞって枠を描きます。片方の円には「＋」、もう片方には「ー」を書きます。

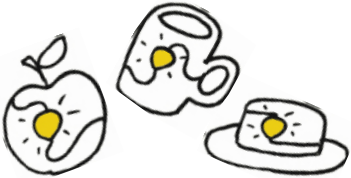


2. それぞれの円に銅テープを貼りつけて、電気の通り道を作ります。銅テープの反対側は、紙からはみ出させます。

3. バインダークリップで電池を固定すると、電池ケースの完成です。



回路で装飾してみよう



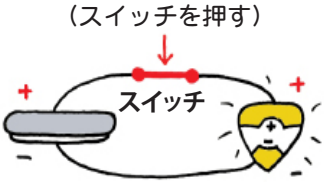
どんなものでもLED回路で装飾できます。ただし表面に金属があると、思いがけずショートしてしまうことがあります。気をつけましょう。

3. 手作りスイッチ

3. 手作りスイッチ

スイッチを使って光を操作できるようになると、押して遊べる作品が作れるようになります。回路の途中に作った隙間に、別の銅テープを重ねて接続したり切断したりすることで、入と切を切り替えられる**スイッチ**を作ります。

開いたスイッチ：
LEDは消灯



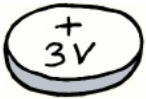
閉じたスイッチ：
LEDは点灯

スイッチが**閉じる**と、回路の輪が完成して電子が流れ、光が**点灯**します。スイッチが**開く**と、電子が通れる輪を見つけられず、流れることができないため、光が**消灯**します。

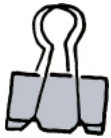
紙でボタンを押すとLEDが点灯する押しボタンスイッチを作って見ましょう。

必要なもの：

x 1　LEDシール



x 1　3Vのボタン電池



x 1　バインダークリップ

導電性のある銅テープ

作り方：

1．次のページのグレーの線に沿って
銅テープを貼り付けます。

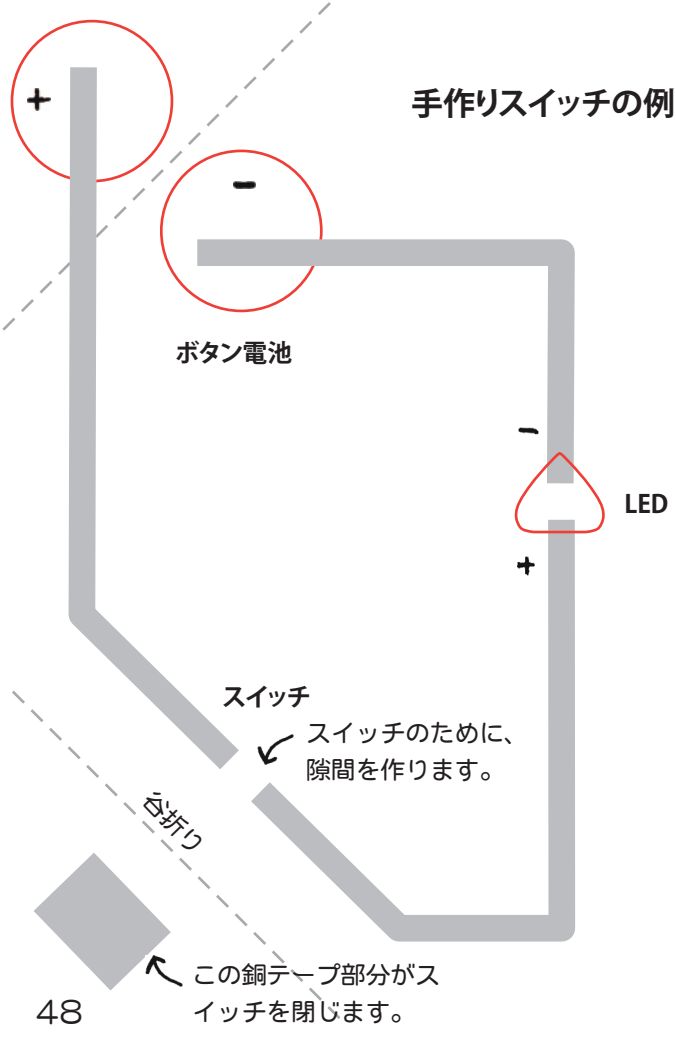
2．離れたグレーの部分にも、銅テープを
貼り付けます。これがスイッチを閉じる
役割を果たします。

3．ページ下端の点線に沿って谷折りすると、
隙間になった部分をつながります。
これでスイッチの完成です！

4．ページ上端の点線に沿ってページを折り、
電池をバインダークリップで固定します。
（詳細は過去の章を参照してください）

5．LEDシールを印に合わせて貼り付けます。
スイッチを押すと、LEDが輝きます。

6．ページをめくってみましょう。
「DO NOT PRESS!（押すな！）」ボタンを押すと
何が起きてしまうのでしょうか。
想像して描いてみましょう。

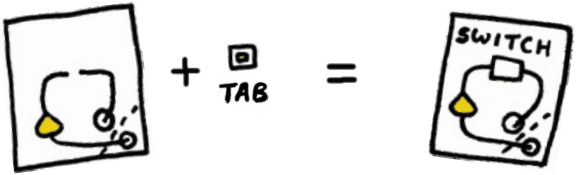

手作りスイッチの例
+
−
ボタン電池
−
LED
+
スイッチ
スイッチのために、
隙間を作ります。
谷折り
この銅テープ部分がス
イッチを閉じます。

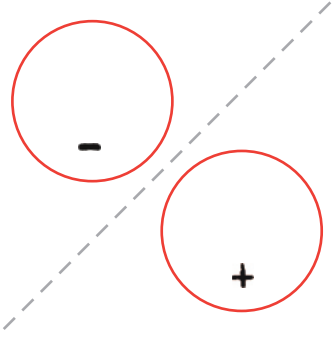
DO NOT
PRESS

ボタンを押すと何が起きてしまうのでしょう？
描いてみましょう。

キミならどうする?

　スイッチはページの端でなくても作ることができます。銅テープを裏に貼り付けた小さな紙を、 のりやセロテープでページの好きなところに貼りつけると、回路の隙間を閉じるスイッチになります。このページの真ん中あたりにスイッチを作ってみましょう。

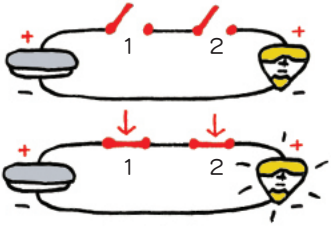




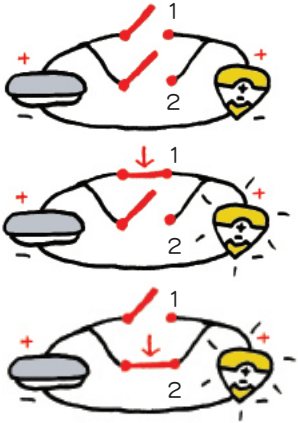
挑戦しよう!

１つの回路に複数のスイッチをつけると、より複雑な作品が作れます。この論理スイッチを使った物語を作ってみましょう。

論理スイッチ（論理積・論理和）



１つの輪に複数のスイッチをつけた場合（直列つなぎ）、全てのスイッチを同時に押さないと、光をつけることができません。これは 論理積と呼ばれ、スイッチ１とスイッチ2を**いっしょ**に押す必要があるため、「**AND**」と表記されます。



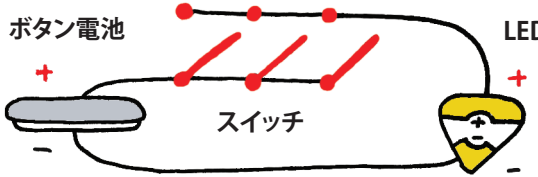
回路を複数に枝わけして、それぞれにスイッチをつける（並列つなぎ）こともできます。この回路では、いずれかのスイッチを押すと、回路を閉じることができます。これは、論理和と呼ばれ、スイッチ1とスイッチ2の**いずれか**を押す必要があるため、「**OR**」と表記されます。

4. 点滅するスライドスイッチ

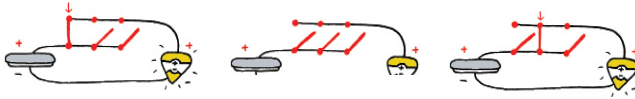
4. 点滅するスライドスイッチ

これまで、回路の隙間を開けたり閉じたりする、様々なスイッチを作ってきました。また組み合わせによる複雑なスイッチも作れるようになりました。

次に紹介する点滅するスライドスイッチは、長い隙間と、複数の回路を閉ざすためスイッチの組み合わせです。これは55ページの論理和の仕組みを使っています。



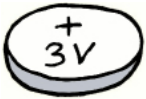
スイッチに沿って指を滑らせると、回路の隙間が開いたり閉じたりして、光が点灯したり消灯したりします。



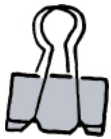
LED点灯　LED消灯　LED点灯

必要なもの：

x 1　LEDシール



x 1　3Vのボタン電池



x 1　バインダークリップ

導電性のある銅テープ

はさみ

作り方：

1. 次のページのグレーの線に沿って銅テープを貼り付けます。

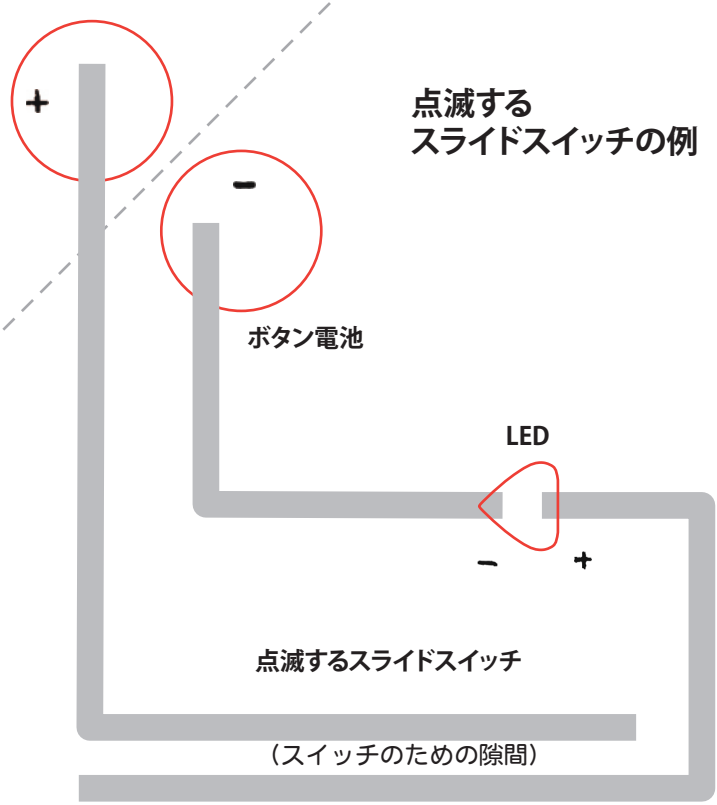
2. 印に従って、LEDシールを銅テープの上に貼り付けます。

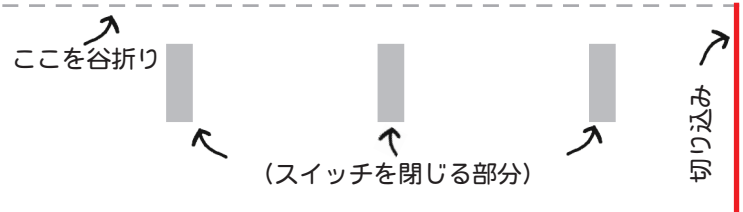
3. 電池ホルダーを作り、クリップでボタン電池を固定します。（詳細は過去の章を参照してください）

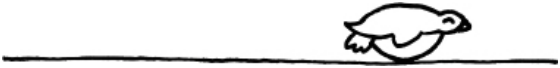
4. 赤い太線に沿って切り込みを入れます。

5. 点線を谷折りして、点滅スイッチを作ります。スイッチに沿って指で横になぞってみましょう。光が点滅します。

6. スイッチをつなげる場所を変えたり、付け加えたりして、点滅のパターンを変えてみましょう。


点滅する
スライドスイッチの例
+
−
ボタン電池
LED
−
+
点滅するスライドスイッチ
（スイッチのための隙間）

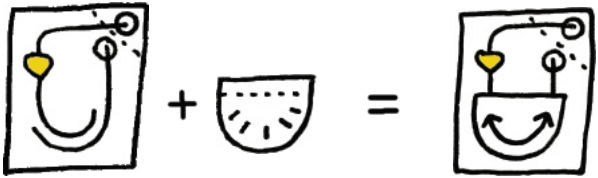

ここを谷折り
（スイッチを閉じる部分）
切り込み

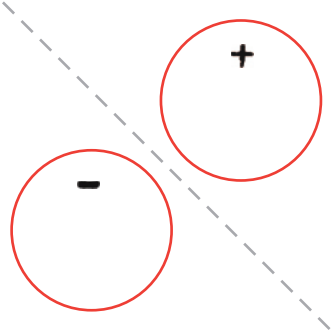


ペンギンがこのページに飛び込むと、何が
待ち受けているでしょうか。描いてみましょう。

キミならどうする?

点滅するスライドスイッチは、直線だけでなく、好きな形にすることもできます。どのような形でも隙間をつくり、スイッチを閉じる銅テープが貼られた紙を隙間の上にかぶせてのり付けすれば、スイッチになります。曲がったスイッチや円形のスイッチも作ってみましょう。





挑戦しよう!

光の配置や、つなぎ方を工夫すると、面白い効果を作ることができます。

光のアニメーション

回路を分岐し、それぞれにLEDをつけて、1つのスライドスイッチでつないでみましょう。

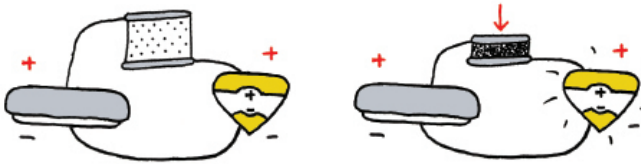
スイッチに沿って指で押し付けてスライドさせると、順番にLEDが点灯し、アニメーションを作ることができます。

5. 手作り圧力センサー

5. 手作り圧力センサー

圧力センサーを使うと、光を単に点灯したり消灯したりするだけでなく、少しずつ明るくしたり暗くしたりすることができます。同封されている黒い導電性のあるプラスチックは、圧力によって変化する**抵抗**が入っています。つまり、押す力によって電気の通りやすさが変わります。この素材を使って圧力センサーを作ることができます。

強く押せば押すほど、素材は電気をよく通し、光がより明るく輝きます。



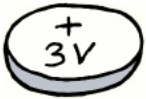
センサーが押されていない：
LEDは暗いまま

センサーが押された：
LEDは明るくなる

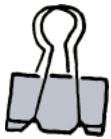
センサーを押していないときは、プラスチックの中の導電性のある粒が離れ離れになっています。そのため電子は流れにくく、光は暗くなります。センサーを押しつけると、粒が寄せ集められ、電子はより流れやすい道を通れるようになるため、光は明るくなります。

必要なもの：

x 1　LEDシール



x 1　3Vのボタン電池



x 1　バインダークリップ

導電性のある銅テープ

黒い導電性プラスチック

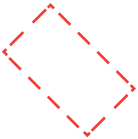
作り方：

1．次のページのグレーの線に沿って
銅テープを貼り付けます。

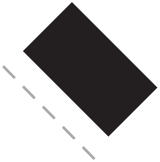
2．ページ上端の点線を谷折りし、電池を
バインダークリップで留めて固定します。

3．印に合わせてLEDシールを貼り、
ページ下端の点線に沿って折り曲げます。
LEDが点灯させるスイッチができました。

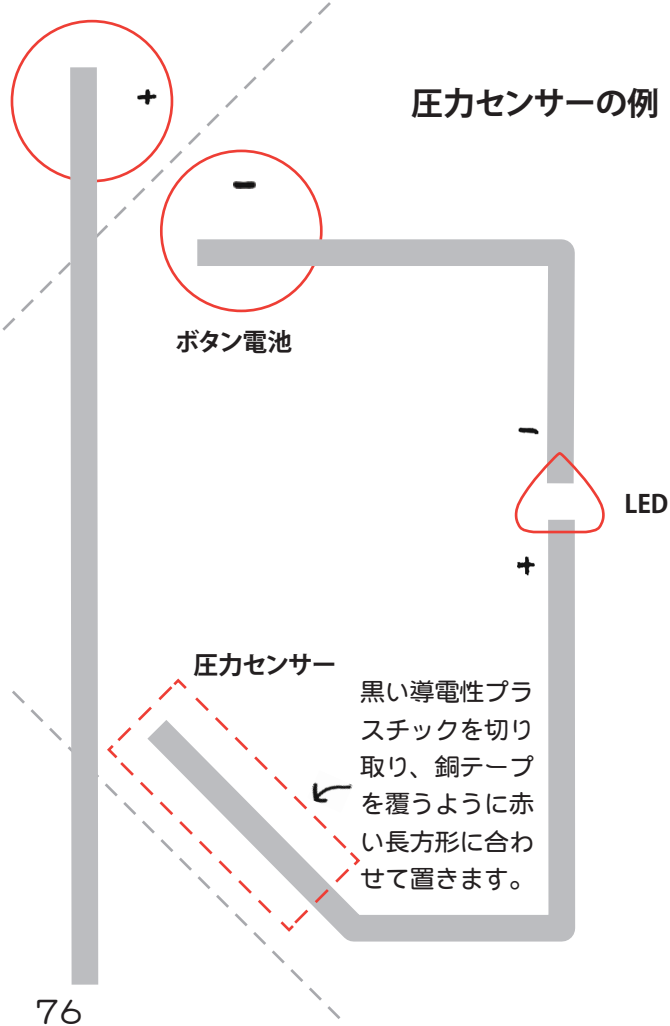
4．今作ったスイッチを開き、赤の点線の
長方形の形にあわせて、黒い導電性のある
プラスチックを切り取ります。



5．プラスチックを赤の点線の長方形に
合わせて置き、もう一度点線に沿って
折り曲げます。今度は強く押せば
押すほど光が強くなります。
圧力センサーができあがりました。



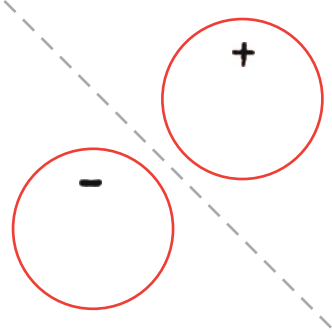
6．ページをめくってみましょう。ハートを押すと何かに
命が宿ります。これはいったい何でしょうか？


圧力センサーの例
+
−
ボタン電池
−
LED
+
圧力センサー
黒い導電性プラスチックを切り取り、銅テープを覆うように赤い長方形に合わせて置きます。

ハートを押すと何に命が宿るのでしょうか？
描いてみましょう。

キミならどうする？

　これまでに作ったどのスイッチも、銅テープに作った隙間と回路を閉じる接続部分の間に、黒い導電性のあるプラスチックを挟むだけで、圧力センサーにすることができます。このページのどこかに、小さく切った紙をのり付けしてスイッチにしてから、圧力センサーにしてみましょう。



挑戦しよう!

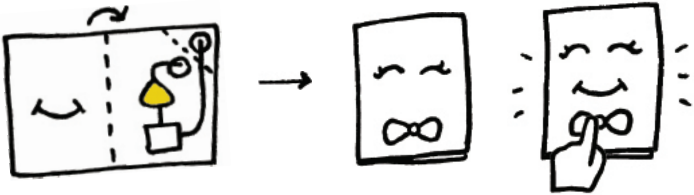
光を少しずつ明るくしたり、暗くしたりできると、様々な面白い作品が作れるようになります。試してみましょう。

曲げセンサーを作ってみよう

導電性のあるプラスチックを使って、曲げセンサーを作ることができます。長いスイッチを作り、その間にプラスチックを挟んでみましょう。センサーを曲げると、光がより明るく輝きます。

秘密のメッセージ

これまでとは反対側のページに絵を描いて、光にかぶせるように折り曲げてみましょう。普段はその絵は見えませんが、光が輝いているときだけ浮き上がります。光が明るくなればなるほど、描いた絵がはっきりと見えるようになります。



誤り探し

誤り探し

電気がつかないときは、どうするとよいでしょう？

すぐにあきらめてしまわずに、この誤り探しの章を参考にして、作った回路を見直しましょう。きっと思い通りに光を輝かせる方法が見つかるでしょう。

LEDシールの向きは正しいですか？

LEDシールを反対向きに貼り付けてしまうと、LEDは光りません。電池を裏返しにして電池ホルダーにつけてみると、回路の「＋」と「ー」が入れ替わり、逆向きに貼りつけられたLEDシールに合った接続になるため、簡単に確認できます。

LEDシールはしっかり貼り付いていますか？

LEDシールが、思ったよりもしっかりくっついていないことがあります。LEDシールの金属部分を押しつけ、LEDシールを銅テープにしっかりくっつけてみましょう。LEDシールを貼りつけるのは、平らで、しわのない銅テープの上が最適です。消しゴムでこすると、しわを伸ばすことができます。

ボタン電池は正しくつながっていますか？

ボタン電池が挟まれているところを押してみたり、バインダークリップを挟み直したりして、ボタン電池の両側が電池銅テープにしっかり触れているかを確認しましょう。

ボタン電池がショートしていませんか？

電池の「＋」側と「ー」側が、銅テープなどの金属によって直接つながってしまうと、光がつかないばかりか、電池が消耗してしまいます。電池の「＋」側からの銅テープと「ー」側からの銅テープが、うっかりつながっていないか、回路をたどりながら確認しましょう。

ボタン電池が消耗していませんか？

ボタン電池が消耗すると、回路が正しくても全く動かないことがあります。新しいボタン電池に交換してみましょう。

銅テープはしっかりつながっていますか？

2本の銅テープをつなぎ合わせて回路を作る場合、つなぎ合わさる部分を強めに押してみて、接続に問題ないかを確認しましょう。銅テープを重ねるときは、広い範囲が重なるようにすると、より安定して接続させることができます。

銅テープにひびが入っていませんか？

銅テープは何度も折り曲げると、ひびが入って切断してしまうことがあります。新しい銅テープで貼り直してみましょう。もしハンダこてが使えるのであれば、ひびが入った部分をハンダづけして回路を接続しなおすこともできます。

それでも解決しない場合は

こちらのサイトでは、他にも誤り探しの方法や、作品の例をたくさん紹介しています：

chibitronics.com

また、こちらの掲示板で質問を投稿してみてください：

chibitronics.com/community

参考資料

回路シールを使ってもっと作品を作ってみたくなったら、ここに紹介する発展した作品作りにも挑戦してみましょう。

エフェクト、センサー、マイクロコントローラシール

エフェクトやセンサー、自由にプログラムできるマイクロコントローラシールの使い方と作品例は、こちらからダウンロードできます：

CircuitStickers.com/templates

作品を見せあおう!

世界中の人に作品を見てもらったり、他の人が回路シールで作った作品を見てみたいと思いませんか？

ここで作った作品を投稿することができます：

circuitstickers.tumblr.com

著者について

ジー・チー(Jie Qi)はMITメディアラボの博士課程に在籍し、電子工作を美術や手芸と結びつける新しい素材や技術を追求しています。また独創的で愛着の持てる技術を作る楽しさを、多くの人に広める活動を行っています。

謝辞

まずこの回路シールを使った活動を試し、様々な視点から価値ある指摘をしてくださった、ワークショップの参加者のみなさんに感謝します。またこの活動を広げ、さらに教室や博物館の展示として使うために必要な素材を提供してくださった、NEXMAP、CV2、National Writing Project、Exploratorium Tinker Studioを運営する素晴らしい教育者のみなさんに深く感謝します。 この回路シールの設計、試作、製造、このキットや教材を研究室の外に普及させる活動はbunnie氏とAQSの支援がなければ実現しませんでした。最後に、この活動の最初の段階からここまで導いてくれた、Leah Buechley氏とHigh-Low Tech Groupに深く感謝します。

この活動は、全米科学財団、MIT、MITメディアラボによる研究費と支援によって実現しました。