

講師用

ロボット博士養成講座

ロボティクスプロフェッサーコース

リンクロボット③

(第5回/第6回テキスト)

必ず、生徒に授業日と自分の名前を記入させるようご指導をお願いいたします。

だい かい じゅ ぎょう び
第5回授業日 2024年 月 日

だい かい じゅ ぎょう び
第6回授業日 2024年 月 日

な まえ
名前



ロボット博士養成講座
ロボティクスプロフェッサーコース

2024年12月授業分

ロボット博士養成講座

ロボティクスプロフェッサーコース

リンクロボット③

第5回

リンクロボットをカシコクしよう

講師用

目 次

0. リンクロボットをカシコクしよう

- 0.0. 「リンクロボットをカシコクしよう」でやること
- 0.1. 必要なもの

1. 触角センサーの取り付けと調整

- 1.0. 触角センサーの取り付け
- 1.1. 触角センサーの動作確認
- 1.2. 触角センサーの形の調整

2. センサーで感じて動くカシコイロボット

- 2.0. カシコイロボットとは？
- 2.1. タッチセンサー
- 2.2. マイコンによるタッチセンサーの監視
- 2.3. ロボットを動かしてみよう

3. アルゴリズムとプログラム

- 3.0. アルゴリズム
- 3.1. プログラム

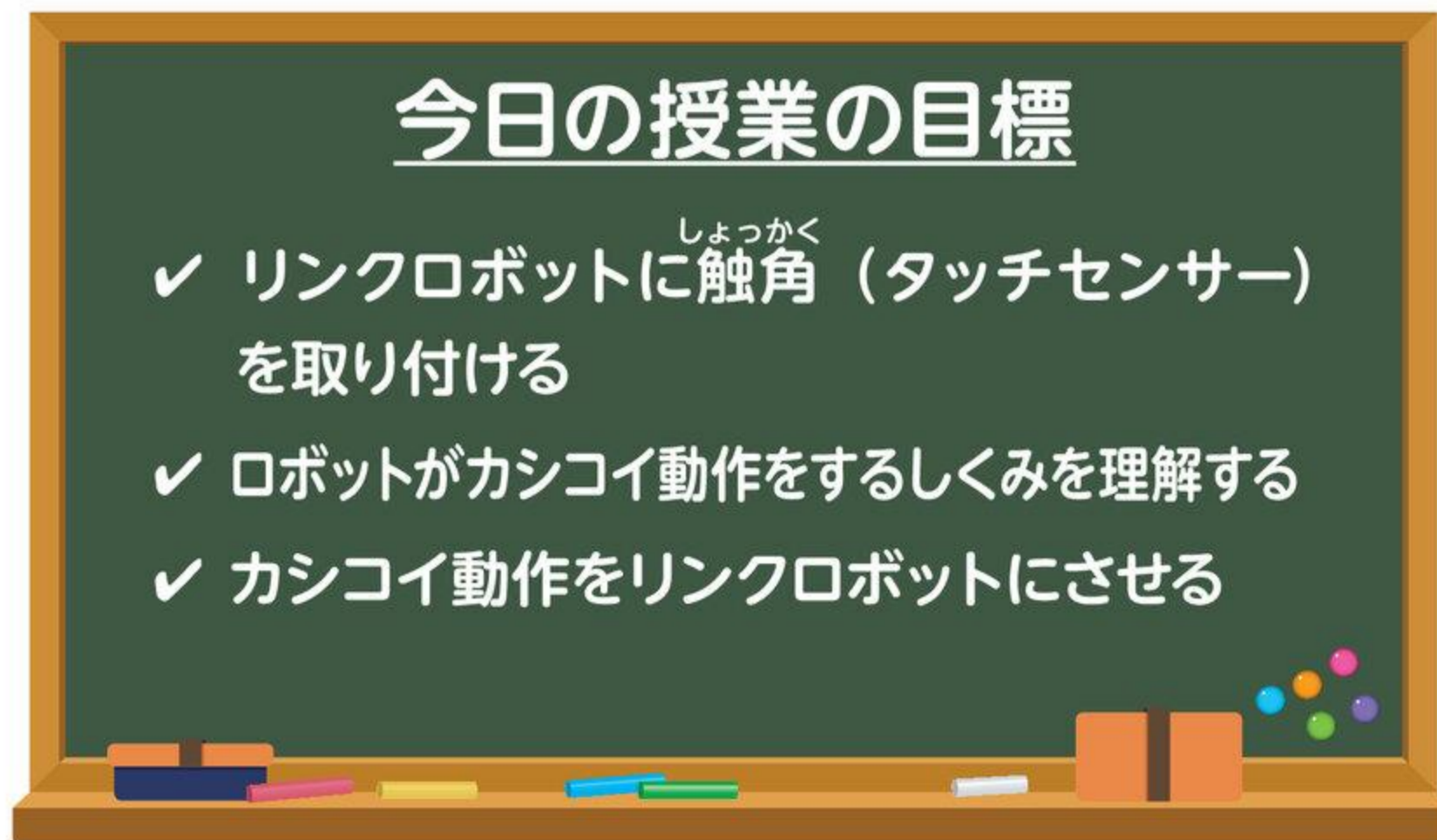
4. まとめ

- 授業開始にあたって
授業のはじめは、着席させ、大きな声であいさつしてから始めます。
- 今回の目標をパネルで用意するか、黒板に予め書いておきます。
(授業の目標を明確化することは大変重要なことですので、生徒によく理解させます)

目安時間は授業時間 120 分のうち、休憩 10 分程度を取ることを想定しています。
生徒の進捗状況により、休憩時間などを調整して授業を行ってください。

0. リンクロボットをカシコクしよう (目安 10 分)

0.0. 「リンクロボットをカシコクしよう」 でやること



今回は、自動で段差を避けるカシコイロボットをつくってみましょう。ロボットをカシコクするために、センサーを使います。タッチセンサーを触角のように用いて、段差を見つけたら、後退や方向転換をして、テーブルなどから落ちこまないロボットにしましょう。ロボットに限らず、機械がカシコイ動作を行うには、「もし、○○だったら、□□をする」という考え方が必要です。ぜひマスターしましょう。

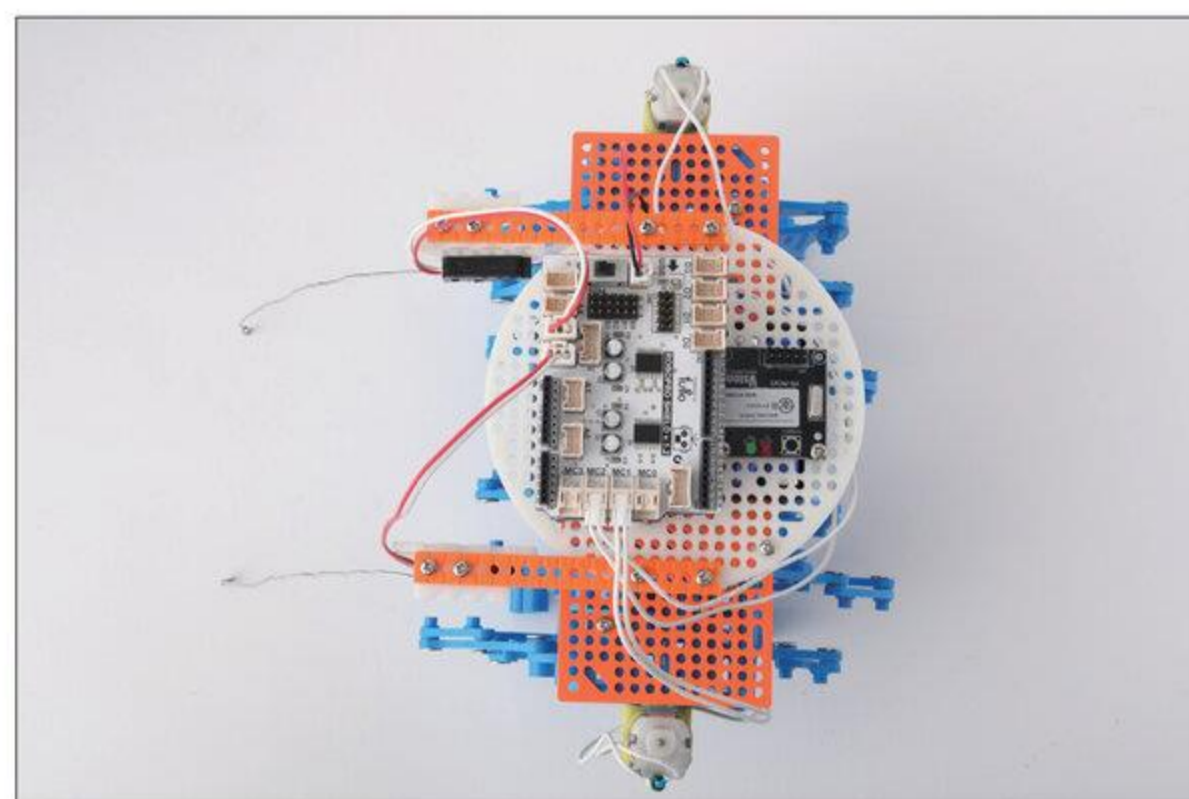
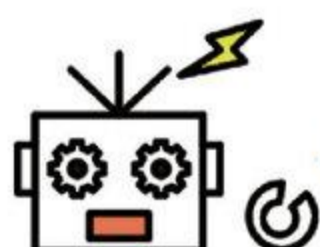


図0-0 触角センサーを取り付けたリンクロボット



もし君の瞳が涙で濡れたら、
僕が面白いダンスを踊って笑顔に変えろヨ!

0.1. 必要なもの

前回まで使っていたリンクロボット本体と、以下のパーツを準備しておきましょう。

ラジオペンチ 1	ドライバー 1	USBケーブル 1	タッチセンサー 2
			
100mmビニールチューブ 1	M2.6L8タッピングネジ (B) 4	センサー L字ステイ 2	200mm針金 2
			
M3ナット 8	M3L8ネジ 8	ユニバーサルバー 1	
			

図0-1 必要なもの

講

長さを測るための定規が必要となります。

1. 触^{しよっかく}角センサーの取り付けと調整 (目安 35分)

触^{しよっかく}角には、タッチセンサーを使います。タッチセンサーが使えるようになると、ロボットは移動するときに、段差やかべなどを「感じる」ことができ、よりカシコクになります。では、早速、触^{しよっかく}角センサーを組み立てて、リンクロボットに取り付けていきましょう！

1.0. 触^{しよっかく}角センサーの取り付け

<組み立て手順①>

まず、ラジオペンチを使って、200mm針金の両端^{はし}を折り曲げて、触^{しよっかく}角をつくります。片側を図1-0のように「？」形に折り曲げて、引っかかりにくくしましょう。タッチセンサーに取り付けるもう一方の根元側は、少し長め（15ミリ程度）に折りたたみます。これを2本つくります。



図1-0 200mm針金の折り方

<組み立て手順②>

次に、100mmビニールチューブを15～20mm程度の長さにカットします。こちらも2本用意しましょう。



図1-1 100mmビニールチューブのカット

講

針金パーツは、切断面が鋭利なことがありますので、取り扱いに気を付けるよう、生徒へ注意を促してください。

<組み立て手順③>

折り曲げた200mm針金を図1-2のように、100mmビニールチューブをカットしたものを使って、タッチセンサーに固定します。これを2セットつくります。

なお、^{しよっかく}触角の形を工夫するとより確実に段差などを検知できるようになりますが、それは後ほど行います。今は、形は気にせずに進めましょう。

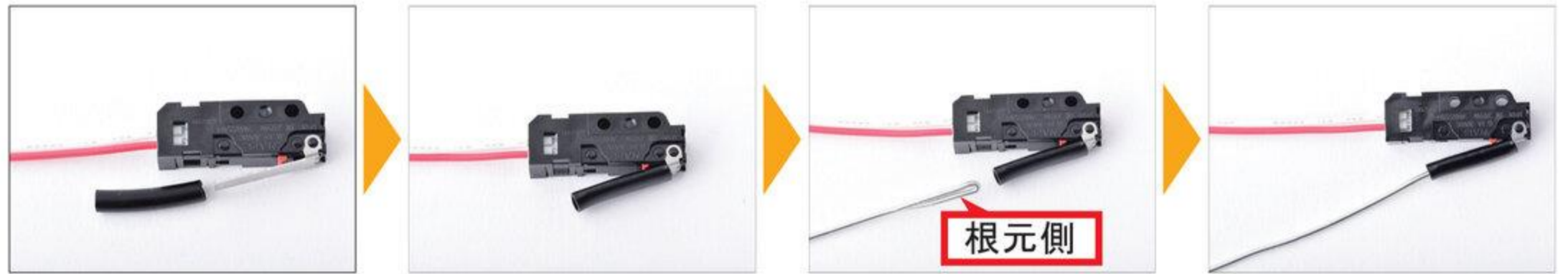


図1-2 ^{しよっかく}触角センサーの作成

<組み立て手順④>

続いて、2セットの^{しよっかく}触角センサーをリンクロボット本体の左右に取り付けます。

まずユニバーサルバーを真ん中から2つに割ります。そして割ったユニバーサルバーにセンサーL字ステイをM3L8 ネジ (×2) とM3ナット (×2) で組み付けます。さらに、センサーL字ステイにタッチセンサーをM2.6L8 タッピングネジ (B) (×2) で組み付けます。これを左右それぞれつくります。図を参考に組み立てましょう。なお、実際はタッチセンサーに針金がついていますが、図では見やすくするためにあえて外しています。

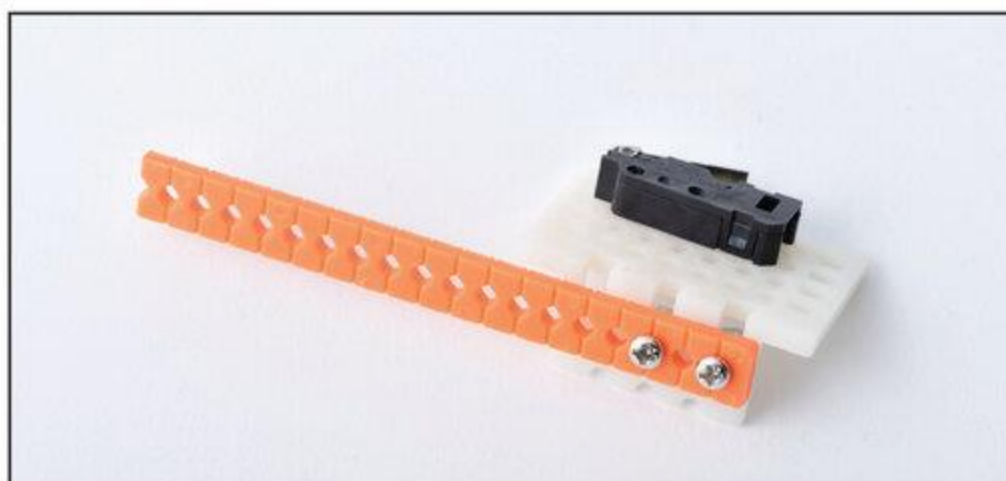
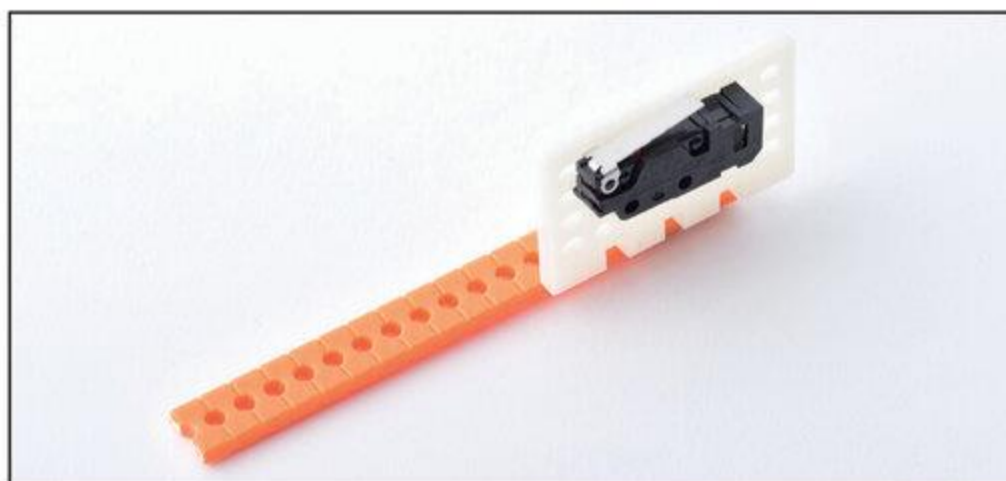
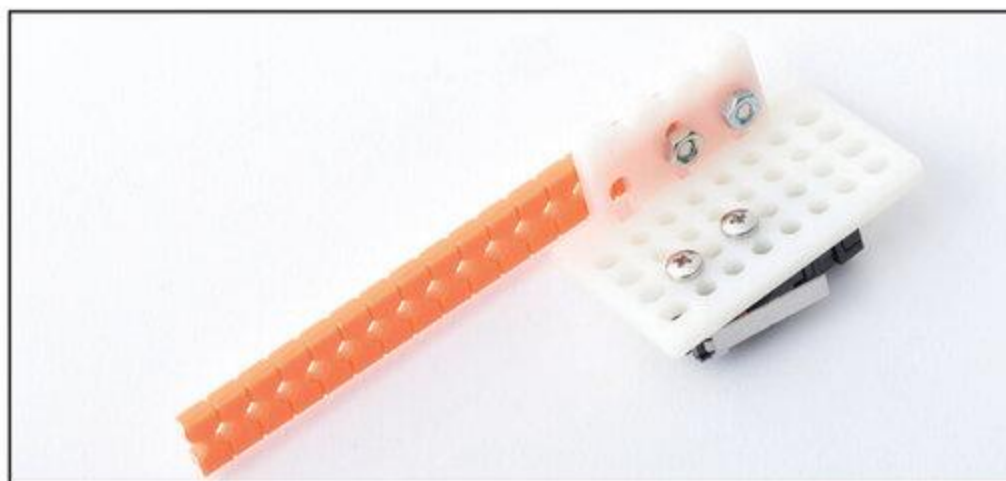


図1-3 ^{しよっかく}左触角

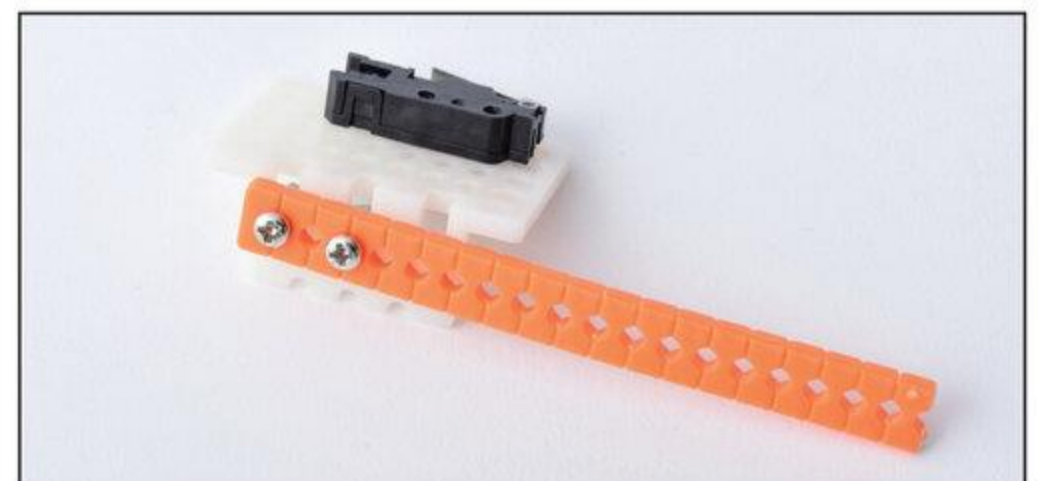
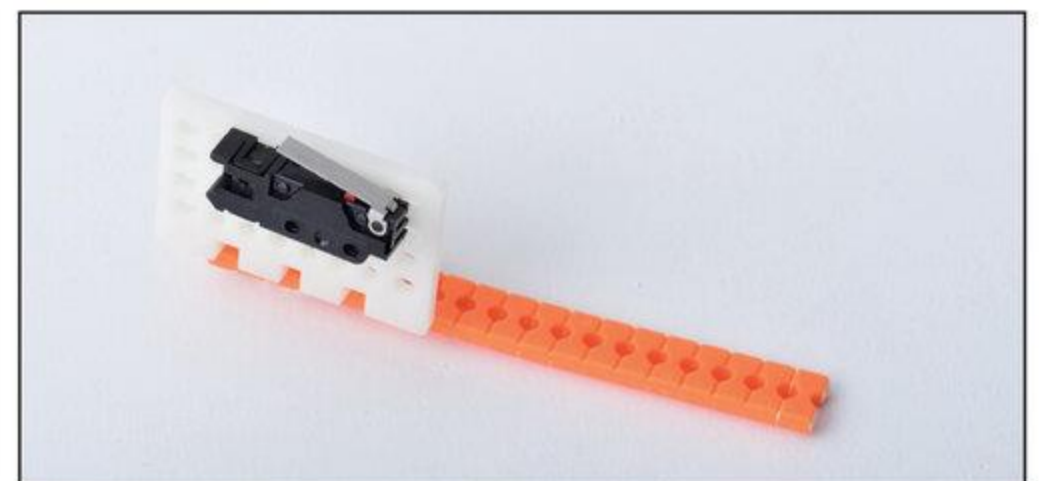
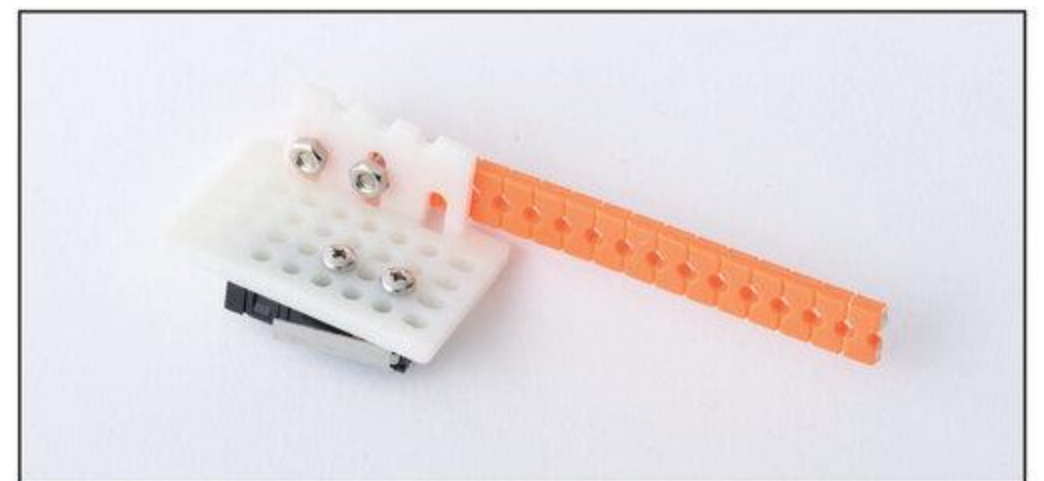


図1-4 ^{しよっかく}右触角

<組み立て手順⑤>

リンクロボット本体と各ユニバーサルバーはM3L8ネジ(×2)とM3ナット(×2)でそれぞれ組み付けます。ネジ位置は円形ボードの一番端の列の穴のうちの両端になります。なお、これまでとはリンクロボットの前後が逆になるので注意しましょう。

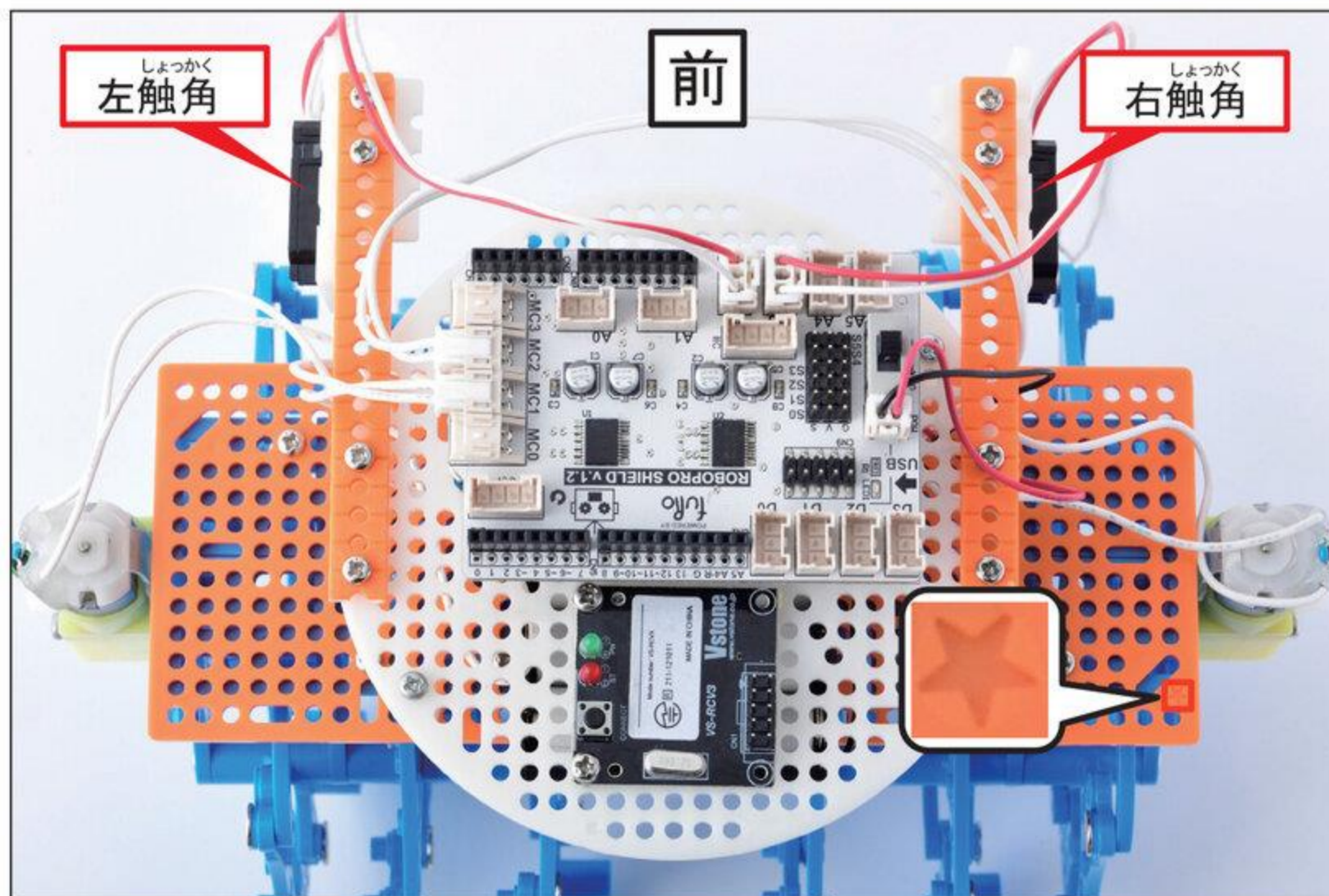


図1-5 リンクロボット本体への触角センサーの取り付け

<組み立て手順⑥>

図1-6のように、タッチセンサーのケーブルをロボプロシールドのコネクターに接続します。左触角を[A2]、右触角を[A3]に接続します。

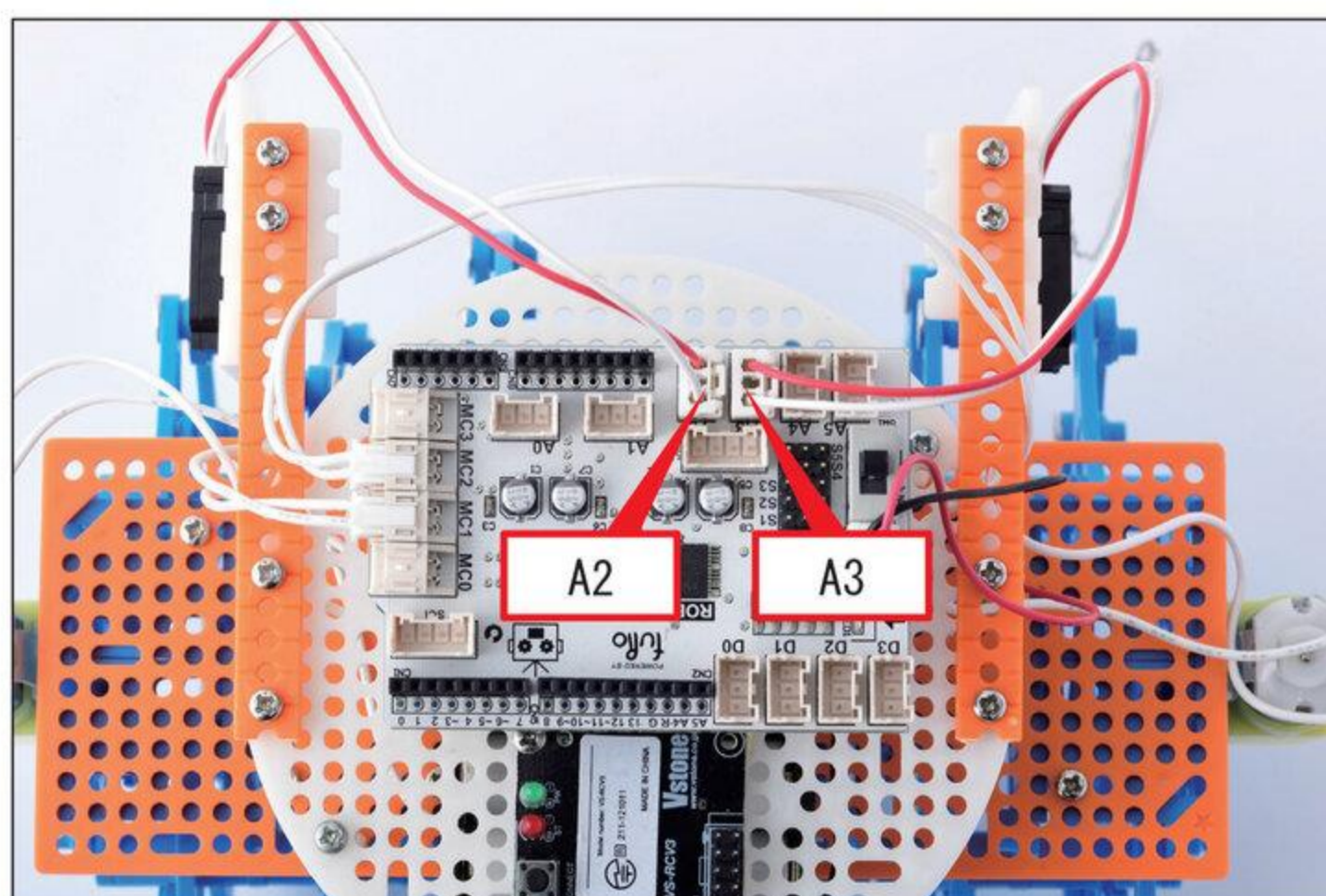


図1-6 ケーブルコネクターの接続

<組み立て手順⑦>

触角しよっかくの形を簡単に調整します。細かい調整は、後で実際のセンサーの反応を見ながらするので、ここでは図1-7と似た形にしておきましょう。

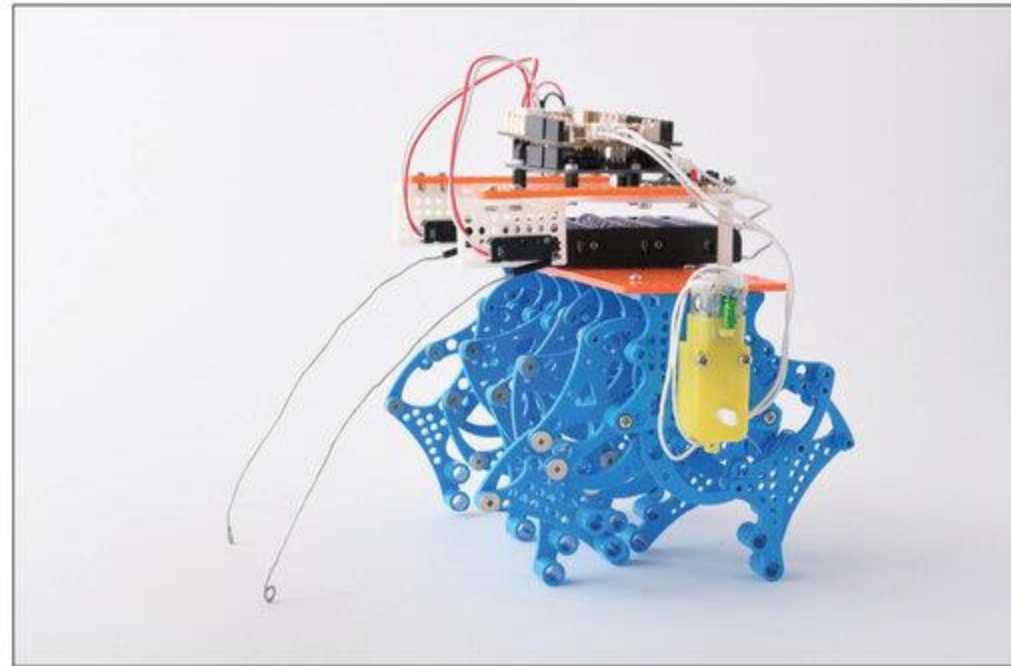


図1-7 触角しよっかくを取り付けたリンクロボット

1.1. 触角しよっかくセンサーの動作確認



取り付けた触角しよっかくセンサーの動作を確認しながら、段差を検知できるように形を調整していきます。まず、動作確認用のプログラムを書き込んでください。書き込みを終えたら、センサーの接続動作を確認します。



∞ プログラムの書き込み

RoboticsProfessorCourse1 > LinkRobot5 > LinkSensor

やってみよう!

プログラム「LinkSensor」を書き込んだロボットは、状況によって2種類の反応をするね！
どんなときにどんな反応をするのか、下の解答欄たうたに書き込んでみよう！

 左右の触角が両方押されている ときは  マイコンボードのLEDが点灯する。

 左右の触角が両方押されていない ときは  マイコンボードのLEDが消灯する。

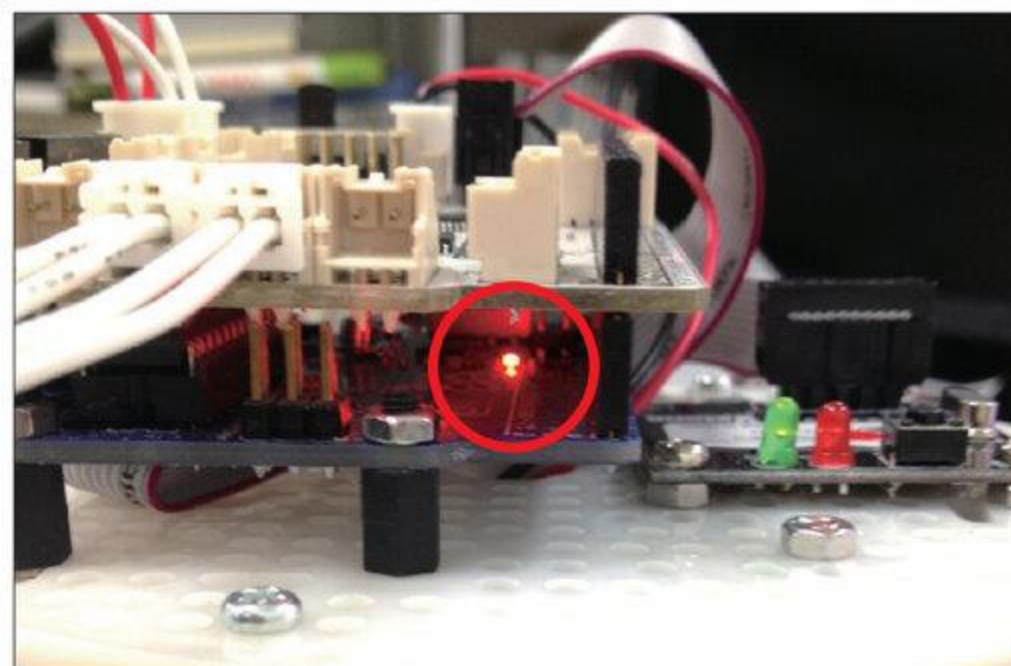


図1-8 センサーの状態により点灯するLED

1.2. 1.2.1 触^{しょっかく}角センサーの形の調整

次に、触^{しょっかく}角センサーの針金部分の形を調整して、段差やテーブルの端^{はし}を検知できるようにします。あとで細かく調整はしますが、ひとまず触^{しょっかく}角が机から外れたとき、先端^{せんたん}が机の面より少しだけ下に来るようにしておきましょう。



コラム ショベルカーのリンク機構

ショベルカーにもリンク機構が使われています。写真のものでは、のびたり縮^{ちぢ}んだりする油圧アクチュエータが4本あります。その伸縮^{しんしゆく}の動きが、回転ヒンジや4節リンク機構^{かい}を介してアームの先端^{せんたん}に伝えられ、位置や向きを自由^{あやつ}に操ることができるのです。伸縮^{しんしゆく}する4本の油圧アクチュエータと4節リンク機構はどこにあるでしょうか？ また、それらの動きによってショベルはどのような動きをするでしょうか？ 考えてみましょう。



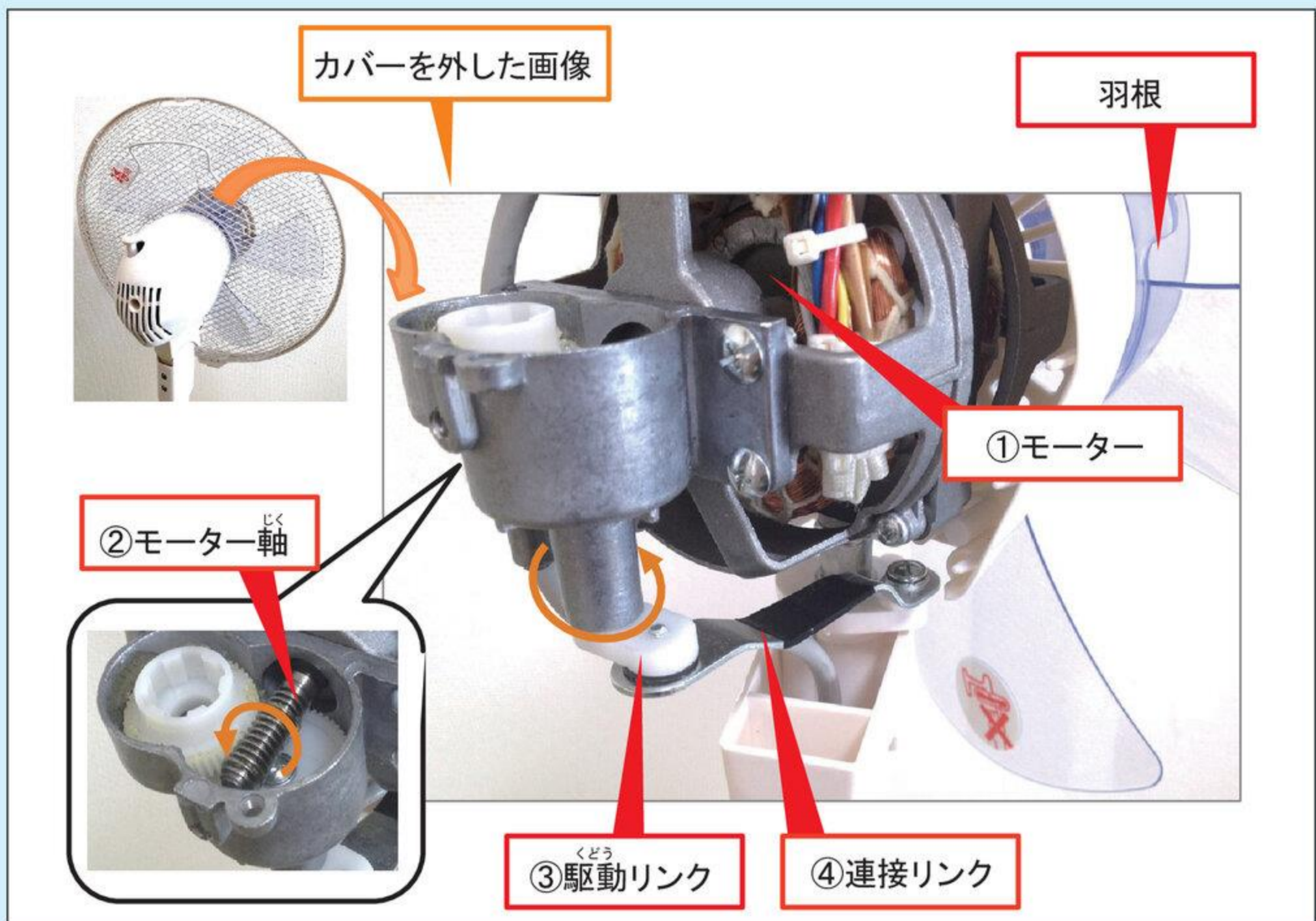
コラム 扇風機せんぶうきのヒミツ (リンク機構で首振り運動ふ)

夏になくはない扇風機せんぶうき。ここにも、リンク機構が使われています。そもそも扇風機せんぶうきは、たった1つのモーターで、「羽根を回す」「首振り」という2つの動きをつくり出しています。

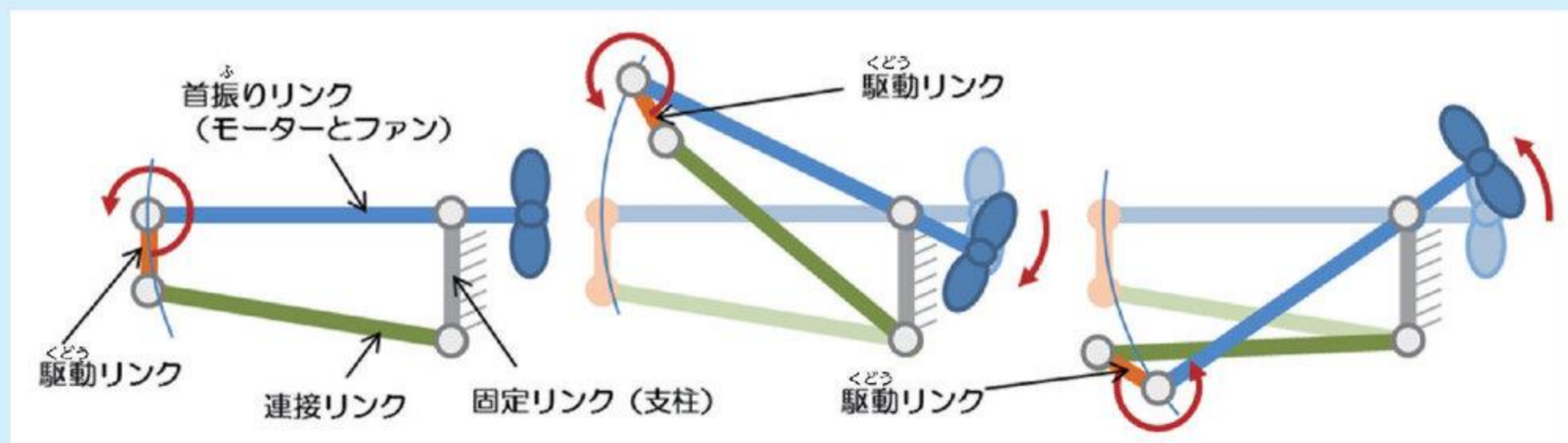
では、どのようなしくみになっているのでしょうか？

下の図を見てください。扇風機せんぶうきの後ろ側のカバーを外した図です。

羽根は「①モーター」に固定されていますが、その反対からも「②モーター軸じく」がのびています。その軸が歯車を介して、「③駆動リンクくどう」をグルグルと回します。さらに「④接続リンク」がそのグルグル回る動きを首振りの動きに変えています。ここにリンク機構が備わっています。



このリンク機構はこれまでに学習した4節リンクです。次の図にある通り、グルグルと回り続ける駆動リンクくどうの動きを、行ったり来たりふの首振りの動きに変えています。



2. センサーで感じて動くカシコイロボット (目安20分)

2.0. カシコイロボットとは？

では、ここで実際にカシコイロボットに進化させてみましょう。でもその前に、まずはカシコイロボットのしくみについて学んでいきましょう。そもそもどういうロボットが「カシコイ」といえるのでしょうか？

突然ですが、スタートアップ授業で勉強した「ロボットとは？」の話をおぼえていますか？

ロボットとは、「感じて」、「考えて」、「動く」、機械のことでした。もう少し詳しく説明すると、センサーで「感じて」、マイコン（コンピューター）で「考えて」、モーターなどで「動く」機械のことです。最低限これらができれば、カシコイロボットといえそうですね。では、今回のロボットではそれぞれの役割をどのパーツが担当しているのか確認していきましょう。

2.1. タッチセンサー

「感じて」の部分は、タッチセンサーが担当しています。タッチセンサーは、マイクロスイッチとも呼ばれ、スイッチ部の「押されている/押されていない」という状態によって「ON/OFF」が切りかわるセンサーです。とても軽い力で反応することが特徴で、種類も豊富なことから、ロボットのみならず、電化製品や組立工場に至るまで、いろいろなところで使われています。

表2-0 タッチセンサーの状態と反応

スイッチ部が押されている	電氣的につながっている（通電）	ON
スイッチ部が押されていない	電氣的に切れている（非通電）	OFF

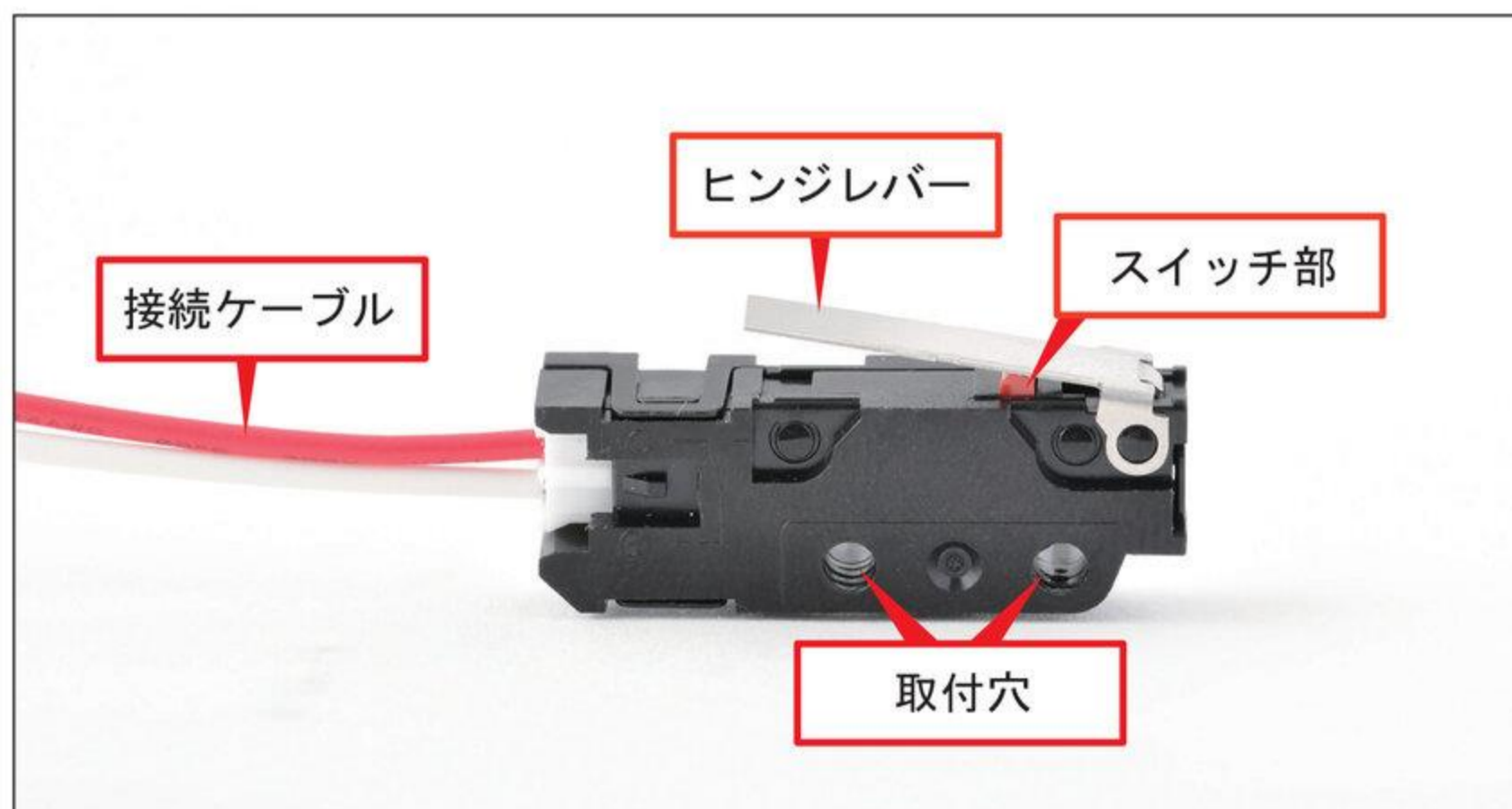


図2-0 タッチセンサーのしくみ

2.2. マイコンによるタッチセンサーの監視

では次の「考えて」は、どのパーツが担当しているのでしょうか？ これは、マイコンボードに取り付けられている「マイコン」という小型コンピューターです。今回のプログラムではLEDが反応しただけでしたが、実際のロボットではマイコンの判断を受けてモーターなどが「動く」という役割を担当しているわけです。

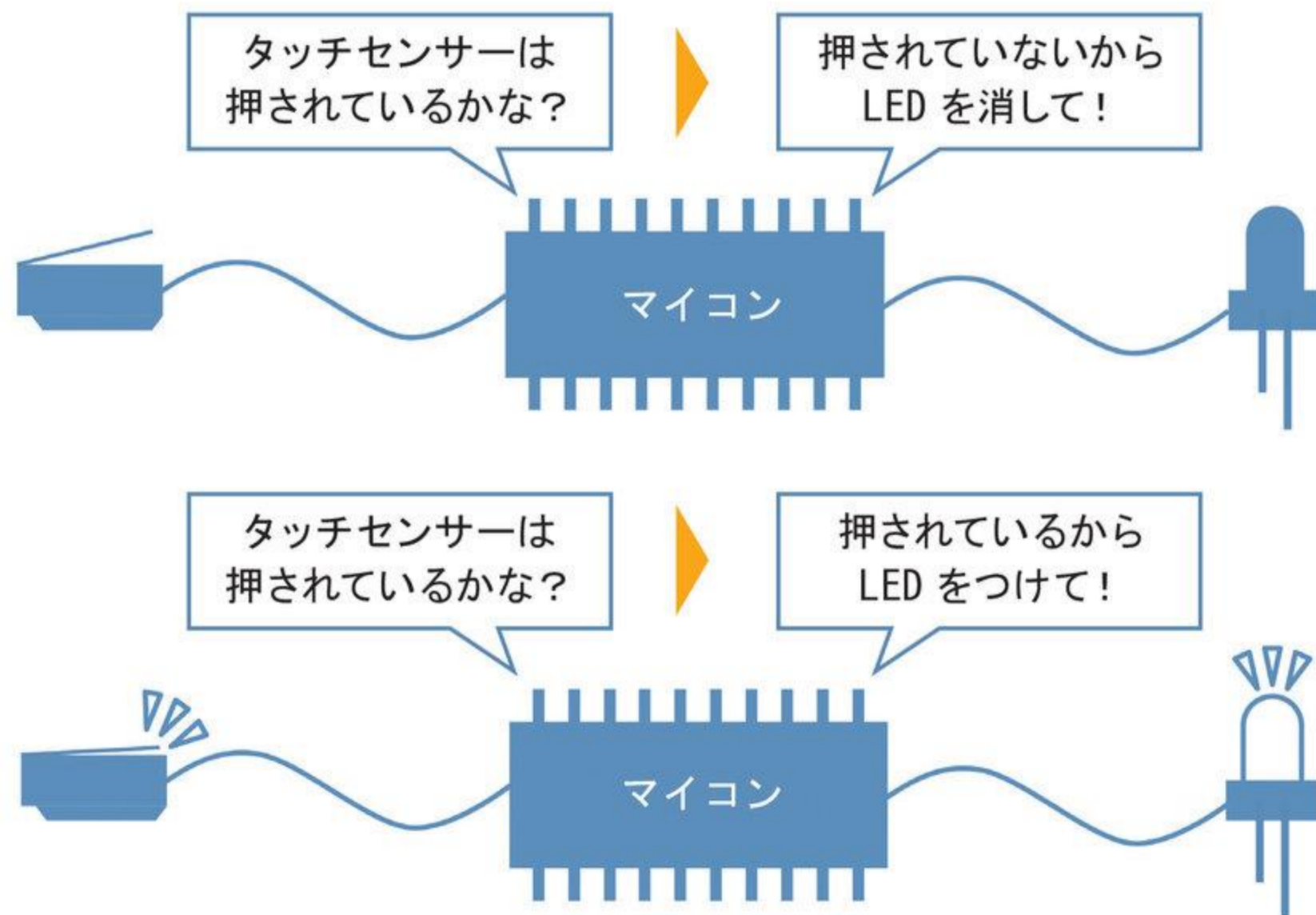


図2-1 動作確認プログラムにおけるマイコンの役割

2.3. ロボットを動かしてみよう

では、しくみがわかったところでいよいよ、センサーによって段差の有無に応じた動きができるロボットに進化させてみましょう。

以下のプログラムを書き込んで、テーブルの上で動かしてみましよう。

なお、タッチセンサーが押されている状態でプログラムを開始してください。また、動作のときは、テーブルから落ちないように、手で受けられるようにしておきましょう。

🌀 プログラムの書き込み

RoboticsProfessorCourse1 > LinkRobot5 > LinkRobotSensor

実行結果：実行後、タッチセンサーがどちらも押されている状態では前（触角側）に進んでいく。テーブルの端まで行くと、後退し始める。

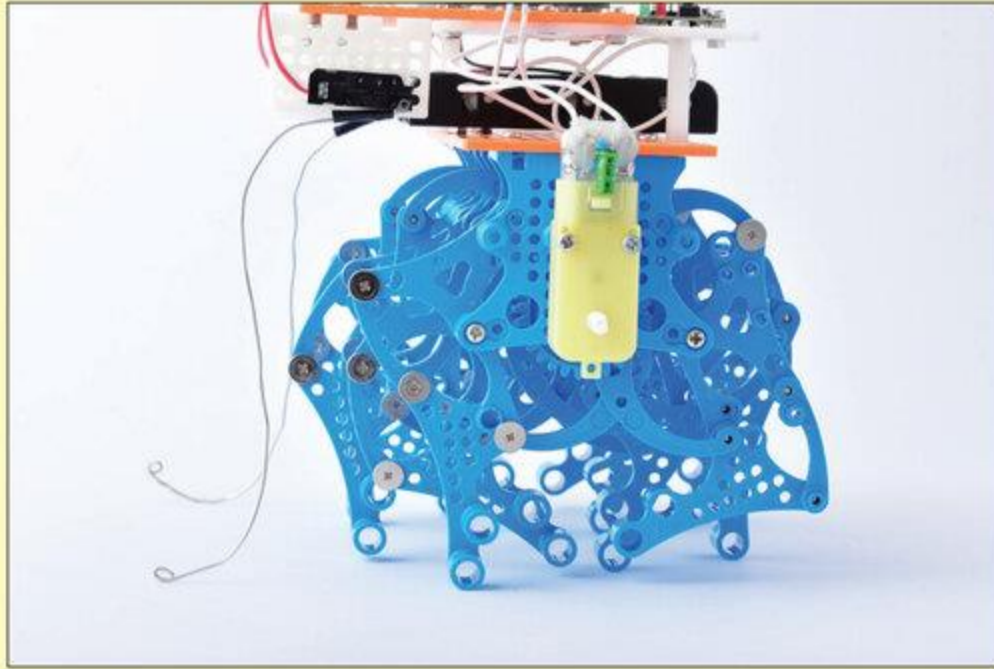
何か考えることのできる生き物のように見えませんか？



POINT

前後が反対の動きをするときは、[MC1] と [MC2] にさしているコネクターの位置を入れかえてみましょう。

また、前進している間にタッチセンサーが床から^{はな}離れてしまう場合は、以下の図のように針金の^{せんたん}先端を前方に向けてみてください。



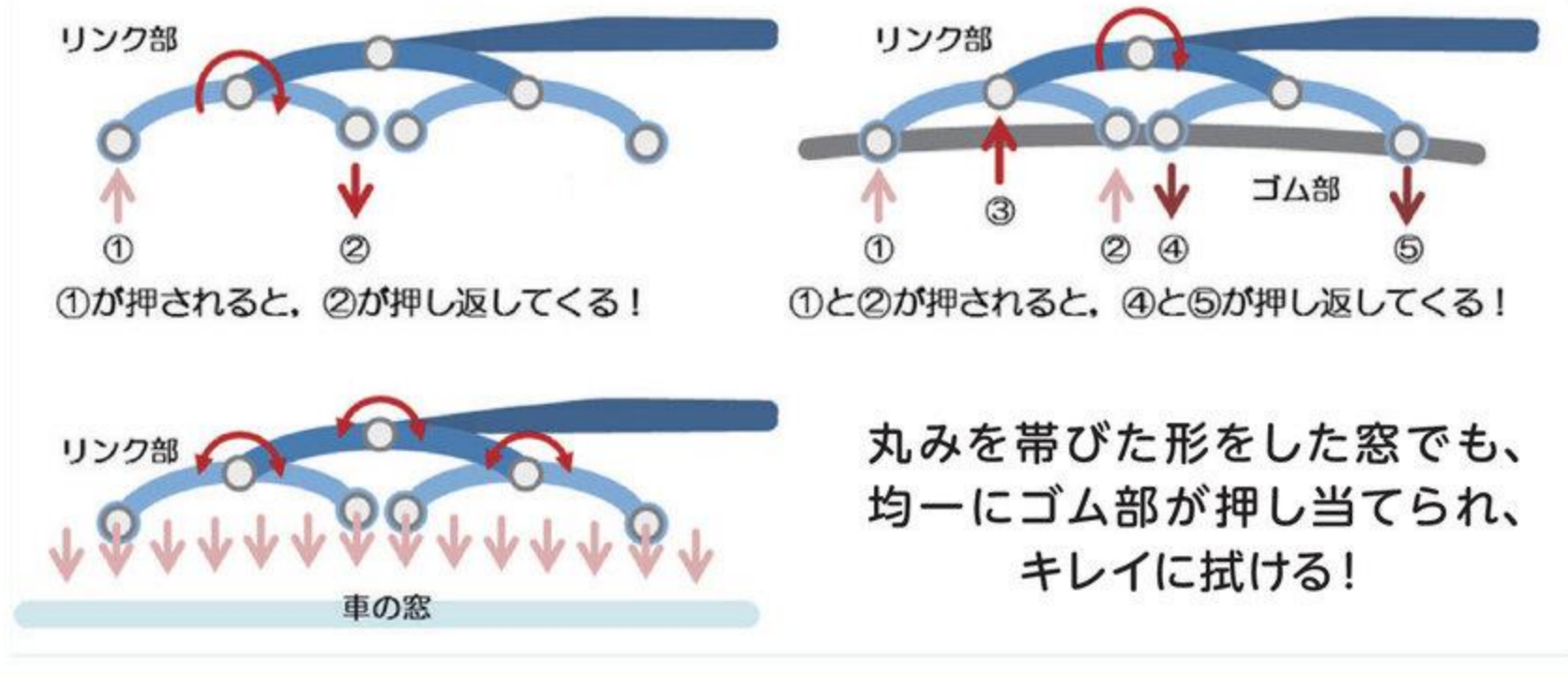
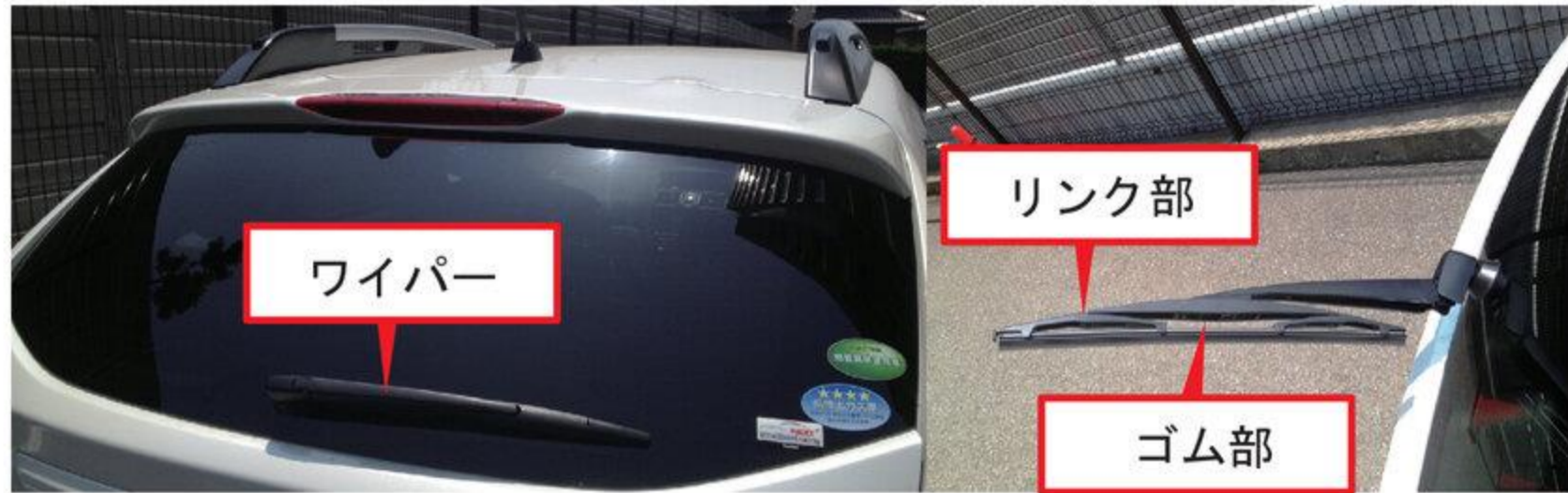
講

- ・テーブルの上で動いているときには、タッチセンサーが押されていて、テーブルの端に来たときには、タッチセンサーが押されていない状態になるよう針金を調整してください。
- ・机の端が段差になっていたり、表面がゴムなど摩擦が強いものだと、引っかかってしまったりして、うまくいかない場合があるのでご注意ください。

コラム ちょっと変わったリンク機構

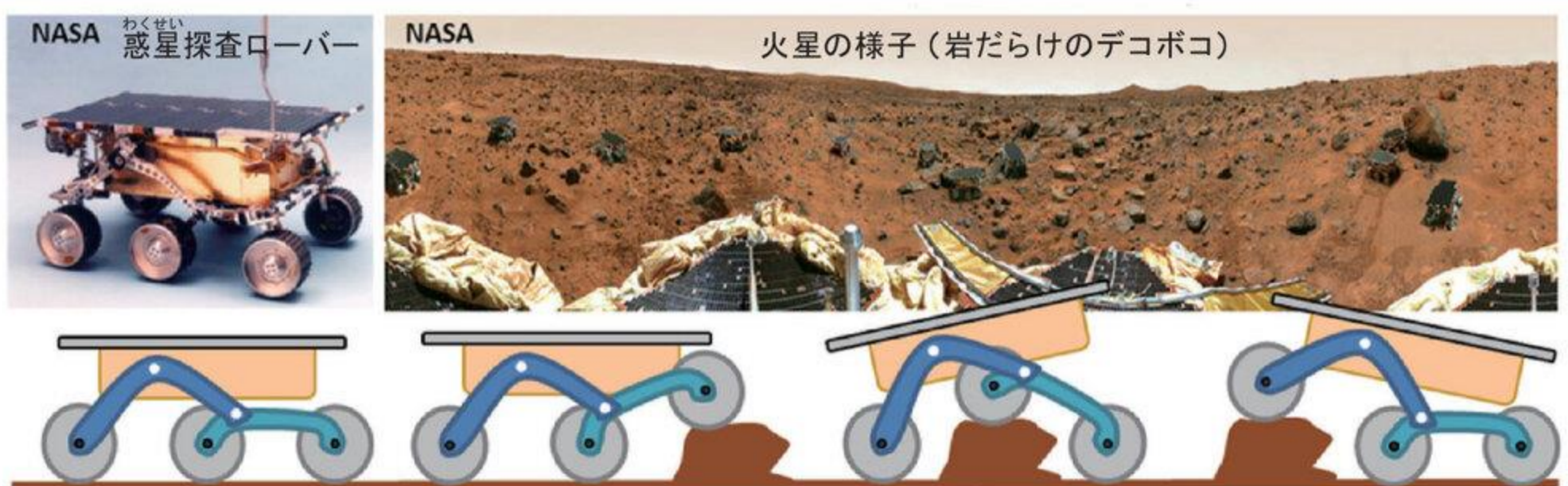
●車のワイパー

車のワイパーにも、たくみなリンク機構が備わっています。以下の右側の写真をよく見ると、2つに枝分かれしているリンクが、回転ヒンジを介して連なって、ゴム部を支えています。図のように、ある箇所が押されると、他の箇所が押し返してくるしくみです。車の窓は丸みを帯びた形をしています。このリンク機構のおかげで、ふきもらしなく、均一に水滴をぬぐえるようになるわけです。



●惑星探査ローバーなどのリンク機構

実は同じしくみが、惑星探査ローバーや、クローラ式（カタピラ式）の戦車やショベルカーにも使われています。図は、火星探査を行ったローバーの写真です。片側にある3つのタイヤが、車のワイパーと同じような枝分かれするリンクによってつながっています。このリンク機構によるはたらきで、図のような火星のデコボコ道であっても、地面をける力を適切に分散させることができ、タイヤが地面にはまったり引っかかったりなどせずに、安定して進むことができます。



あるタイヤが押し上げられると他のタイヤが押し下げられる。リンク機構のはたらきで、デコボコ道でも、安定して前に進みやすくなる！

3. アルゴリズムとプログラム (目安 35 分)

3.0. アルゴリズム

これまでに見てきたように、ロボットの頭脳にあたるマイコンは、書き込みが行われたプログラムを忠実に、また順番に、実行していきます。マイコンに行わせる一連の動作手順のことを「アルゴリズム」と呼びます。ロボットのカシコサの程度は、このアルゴリズムの内容によって決まります。

このアルゴリズムを自分自身で考えられるようになると、いろいろなカシコイロボットを考案できるようになります。

ここでは、この動作アルゴリズムの勉強をしましょう。

1) 「もし、○○だったら」ルール

アルゴリズムといっても、難しく考える必要はありません。今回は、もっとも基本となる「もし、○○だったら、□□をする」をマスターしましょう。



POINT

アルゴリズムの基本

もし、○○だったら、	→ □□をする。
そうでなかったら、	→ △△をする。

この考え方で、「感じて」、「考えて」、「動く」、いろいろなロボットが作れるようになります。

身の回りにある多くの家電製品も、実は、この「もし、○○だったら」ルール（英語で「if-then」ルールと呼ばれます）で動いています。例えば、エアコンの冷房運転もその1つです。温度センサーにて部屋の温度を確認して、エアコンの冷房運転のアルゴリズムを実行し続けます。



POINT

エアコン（冷房運転）のアルゴリズム

もし、設定温度より室温が高かったら、	→ 冷気を排出する。
そうでなかったら、	→ 送風を停止する。


これだけ簡単なルールで、夏の暑い日も部屋を快適にしてくれます。家電製品やロボット、人工知能と呼ばれるような高度な知性を発揮するコンピューターにおいても、「if-then」ルールはたくさん使われています。冷蔵庫内の温度や湯わかし器も、エアコンと同じです。

例：もし、お湯の温度が低かったら、	→ ヒーターで加熱する。
そうでなかったら、	→ 停止する（何もしない）。

やってみよう!

身の回りの「もし、〇〇だったら」ルールの例を考えてみよう。

もし、

そうでなかったら、

講

例については、自由に考えさせてください。答えが出ない場合は、「こうなったら、便利なのに」ということを答えさせてください。

2) フローチャート

先ほど書き込んだプログラム「LinkSensor」も、シンプルな「もし、〇〇だったら」ルールで動いていましたね。

このプログラムのアルゴリズムを、次のように図にしてみます。

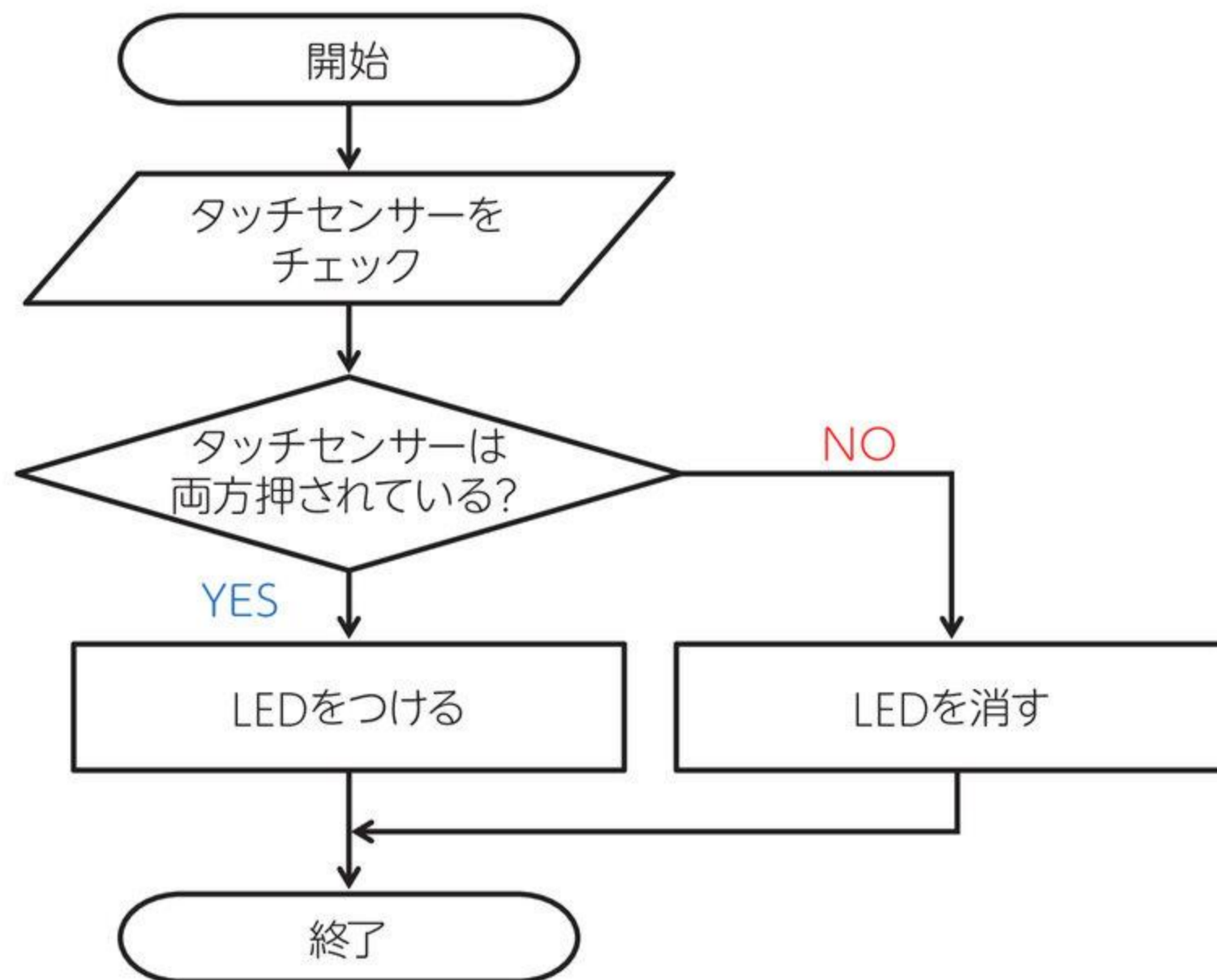


図3-0 プログラム「LinkSensor」のアルゴリズム

このように、アルゴリズムをいくつかのブロックで図にしたものを「フローチャート」といいます。

触^{しよっかく}角センサーを活用した「机から落ちないロボット」についてもフローチャートを考えてみましょう。

このロボットに必要な機能は、机の上では前進して、机から落ちそうになったら後退したあと少し向きを変える、というものです。

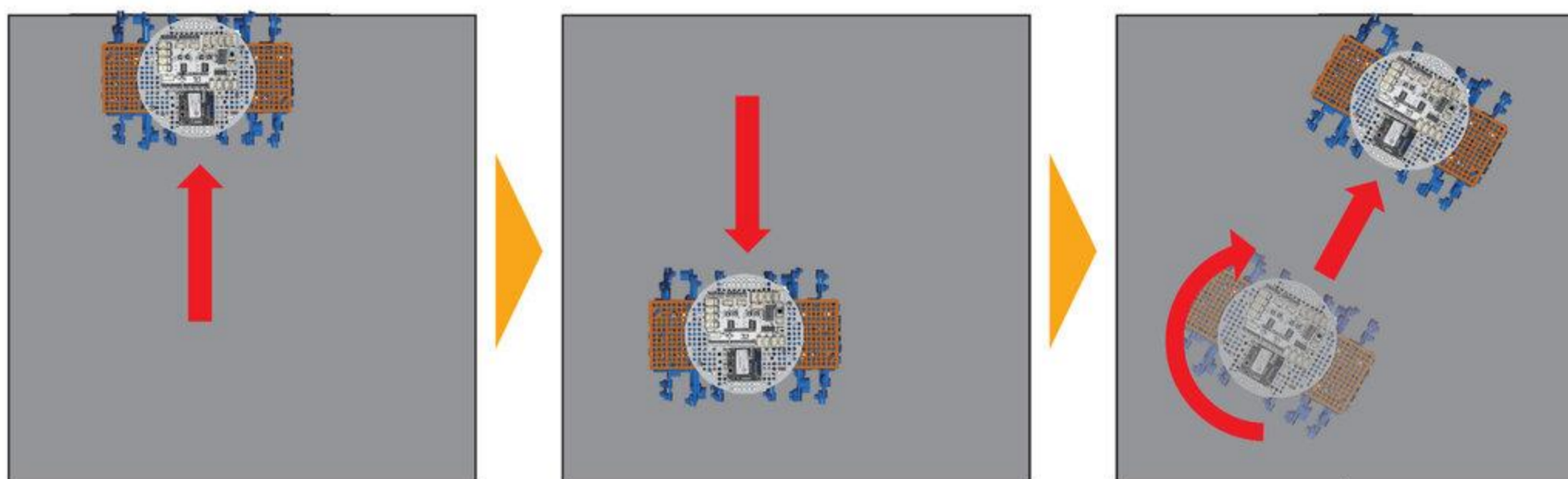
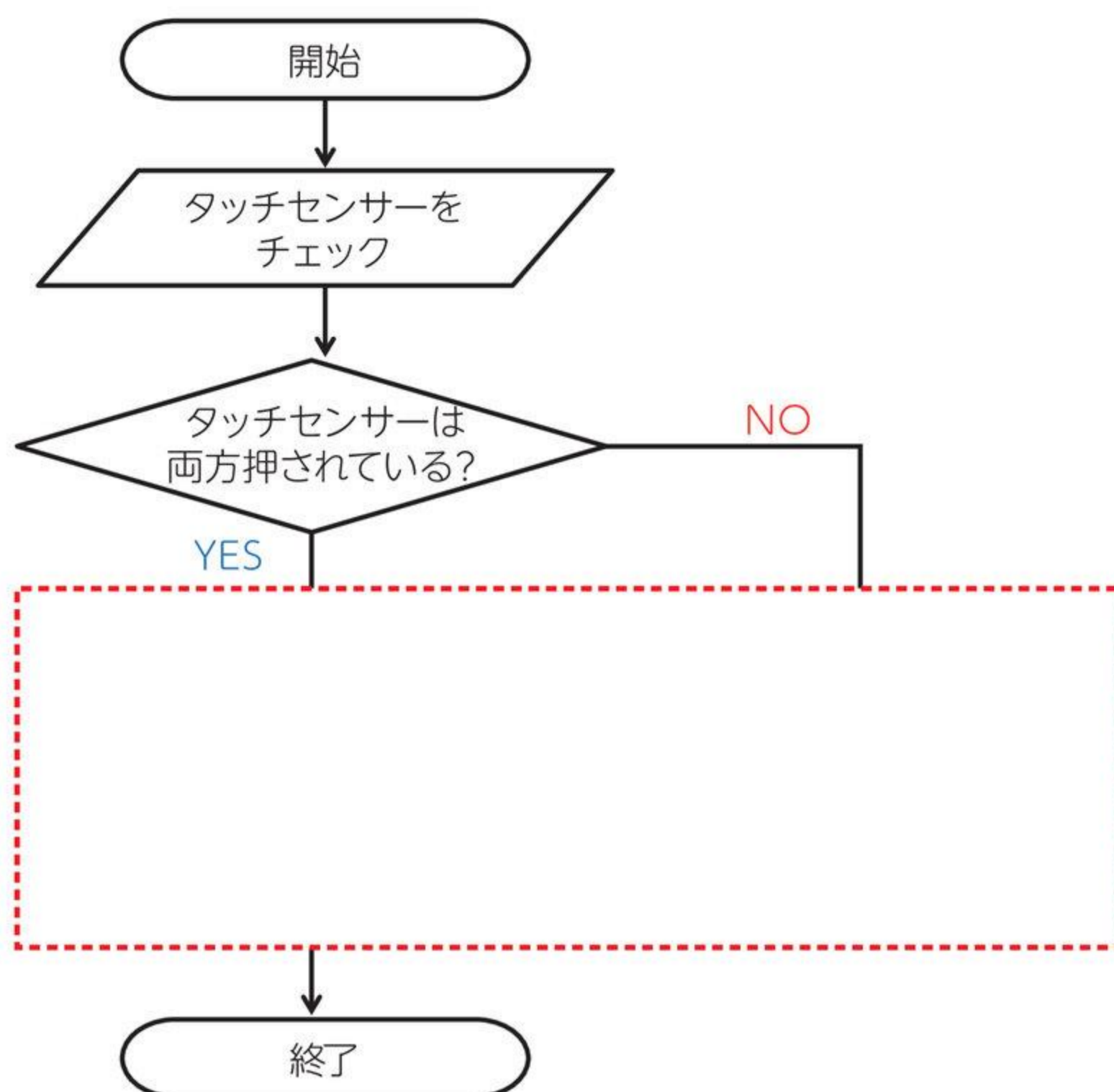


図3-1 机から落ちないロボット

こちら「LinkSensor」と同様、タッチセンサーを使うことに変わりはありません。ですから、フローチャートも先ほどのものと途中までは同じです。あとは、具体的にどのような動作をさせればよいか考えてみましょう。

やってみよう!

赤枠部分に必要な動作をかき足して、「机から落ちないロボット」のフローチャートを完成させよう!



💡 ヒント

長方形のブロックの中に動作の内容をかいて、前後のブロックと矢印でつなげよう! 複数の動作が必要なときは、一つずつ別々のブロックにかこう!

書けましたか？

解答例は次のようになります。先ほどの「LinkSensor」のフローチャートと比べてみましょう。

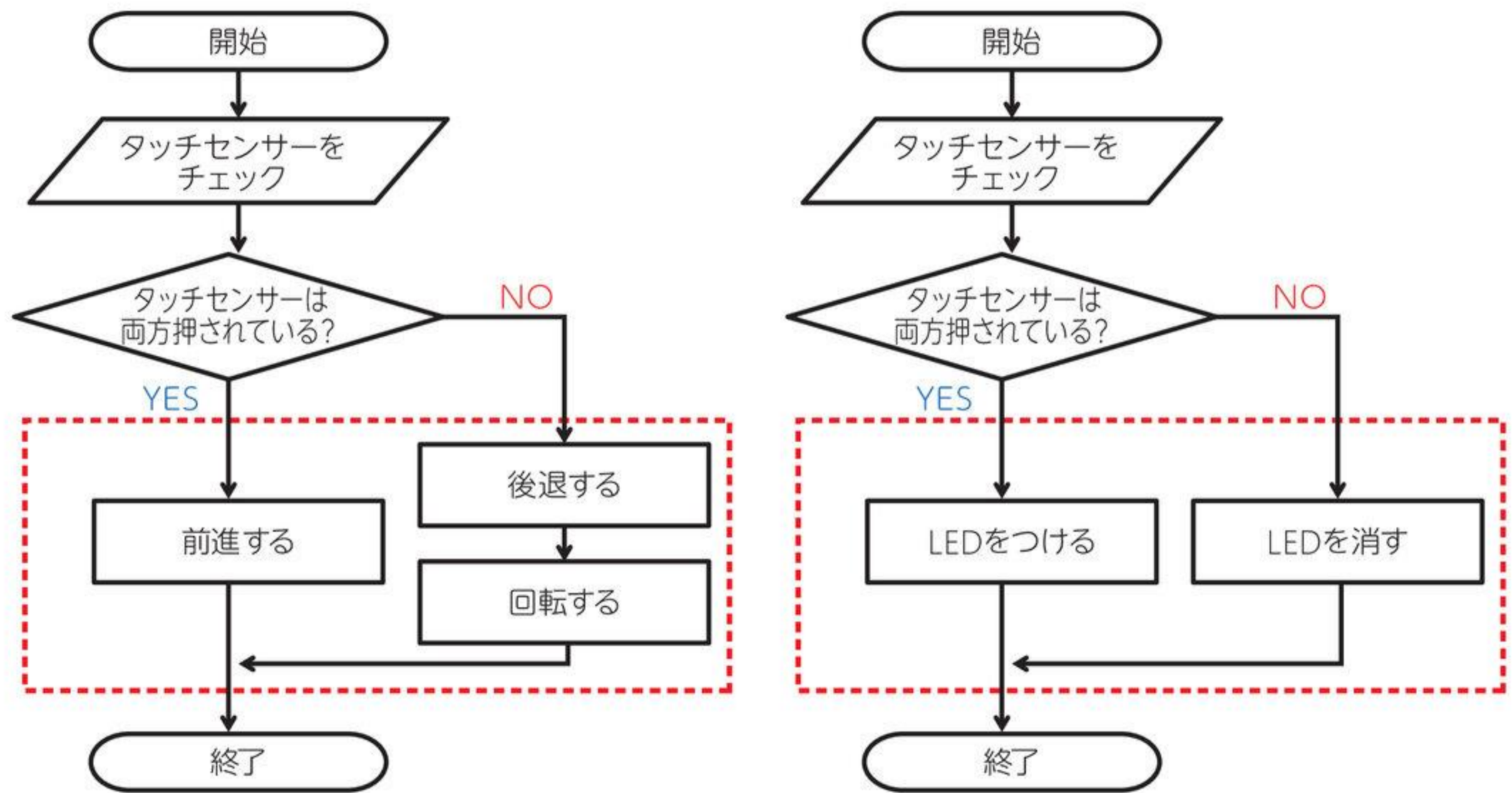


図3-2 「機から落ちないロボット」(左)と「LinkSensor」(右)のフローチャート

「機から落ちないロボット」とプログラム「LinkSensor」を比べたとき、動作が異なるのは赤枠の部分だけです。逆に言えば、赤枠以外の部分はほぼ同じプログラムのままでよいという事になりますね。

3.1. プログラム

では、フローチャートを見ながら「机から落ちないロボット」のプログラムを考えてみましょう。まずはプログラム「LinkSensor」をじっくり読んでみて、プログラムを考えるヒントにしましょう。

□ プログラム「LinkSensor」より^{ぼっすい}抜粋

```
void loop(){  
  //もし両方のセンサーが押されていれば  
  if (digitalRead(A2) == HIGH && digitalRead(A3) == HIGH){  
    digitalWrite(ledPin, HIGH); //LEDを点灯する  
  }  
  else{ //そうでないなら  
    digitalWrite(ledPin, LOW); //LEDを消灯する  
  }  
  delay(10); //10ミリ秒待つ  
}
```

ここが先ほどフローチャートで表した部分です。黄色の部分が特に大事な命令になるので、しっかり覚えていきましょう。

命 令：[if]

実行結果：もし、[条件] をみたすならば [実行内容] を行う

使 い 方：

```
if([条件]){  
  [実行内容]  
}
```

() の中にある `digitalRead(A2) == HIGH && digitalRead(A3) == HIGH` は「A2のセンサーが押されていて、なおかつA3のセンサーも押されている」という意味です。もしこの状況なら、`digitalWrite(ledPin, HIGH);`、つまり「LEDをつける」という命令を実行します。

後半には `else` とありますが、これは「もし `if` の条件が成り立たなかったら」という意味です。つまり、タッチセンサーが両方押されていないときの動作を決めています。

命令: `else`

実行結果: もし、`if` の `条件` をみたさないならば `実行内容` を行う

使い方:

```
else{  
  [実行内容]  
}
```

`実行内容` は `digitalWrite(ledPin, LOW);`、つまり「LEDを消す」という命令になっています。

このプログラムを、先ほどのフローチャートを参考にかきかえれば「机から落ちないロボット」のプログラムが作れますね!

ステップアップ

プログラム「LinkSensor」をフローチャート通りにかきかえ、「机から落ちないロボット」のプログラムを完成させよう!

💡 ヒント

今回のプログラムは左右のモーターに「mc1」「mc2」ではなく「mcl」「mcr」という名前をつけているから、動作の命令をかくときに注意しよう!

```
RPmotor mcl(MC1); // MC1に繋がっているモーターを指定する(左脚)  
RPmotor mcr(MC2); // MC2に繋がっているモーターを指定する(右脚)
```

講

解答例は以下のプログラムです。

RoboticsProfessorCourse1 > LinkRobot5 > LinkRobotSensor

チャレンジ課題

今つくったプログラムは、`A2` と `A3` の2つのセンサーが同時に押されていないと反応しなかったね。

プログラムと触^{しょっかく}角センサーの取り付け場所・角度を^{へんこう}変更して、「机から落ちない」以外の機能をつくってみよう！たとえば、かべにぶつかりそうになったら^{ほうこうてんかん}方向転換をしながら歩き回るようにできるかな？

逆に、かべから^{はな}離れないように動くロボットをつくるのも、お掃除ロボットみたいで面白いね！

 ヒント

たとえば、`A2` と `A3` のセンサーのうち、片方が押されただけで反応するようであれば、もっといろいろな動きのパターンが作れるね。これなら左や右にかべがあるときの動作なども作れるかもしれないよ。

もし、`A2` のセンサーが押されただけで反応するようにしたければ、if文を以下のようにしよう。

```
if (digitalRead(A2) == HIGH && digitalRead(A3) == HIGH)
```

```
if (digitalRead(A2) == HIGH)
```

動作の種類が増えて分かりづらいつ感じたら、いったんフローチャートをかいて整理してみるのも手だね。

ちなみに、分岐^{ぶんぎ}が3種類以上になるときは、`if(●●)`、`else if(▲▲)`、`else` という順番でかいてみよう！

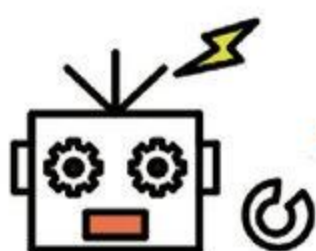
講

たとえば `A2` (左) センサーが押されたら右旋回、`A3` (右) センサーが押されたら左旋回、どちらも押されていないければ前進、とすれば障害物をよけつつ歩き回るロボットになります。また、`A3` センサーが押されている間は前進しそれ以外は右にカーブしていくような動きをつくれれば、右手を壁につけたまま壁沿いに歩くロボットにもなります。

「どんなとき、どんな動きをすればいいか？」という条件分岐を一から考える経験を多く積ませてあげることで、思考力がグンと伸びます。自由な発想で改造させてあげてください。

4. まとめ (目安 5 分)

今回の授業では、リンクロボットに触角^{しょっかく}センサーを取り付けて、少しカシコイロボットへと進化させました。機械がカシコサを持つためには、こうしたセンサーによる状況^{じょうきょう}の理解、つまり、「感じる」ということがまず必要となります。そして、感じた内容に応じて、適切な動作を選択^{せんたく}する「考える」（「もし、〇〇だったら」ルールなど）部分が、とても重要となります。ロボットに限らず、人の役に立つカシコイ機械の多くは、こうしたセンサーによって状態を検知して、コンピューターにより判断をして、実際にモーターなどを駆動^{くどう}することで、カシコイ機能を果たしています。よく覚えておきましょう！



次回は、これまでに勉強してつくったリンクロボットを使って、対戦ゲームをします。お楽しみに！！

講

- 以下の授業の目標を再確認します。
 - ・リンクロボットに触角（タッチセンサー）を取り付ける
 - ・ロボットがカシコイ動作をするしくみを理解する
 - ・カシコイ動作をリンクロボットにさせる
- 次回テーマは「天下一ロボット武道会」であることを告知します。

《次回必要なもの》

次回は今回使ったロボットの他に以下のパーツを持ってきてください。

なお、^{しよっかく}触角センサーは外しておきましょう。

ラジオペンチ	1	ドライバー	1	USBケーブル	1	コントローラー	1
							
タッチセンサー	2	M2.6L8タッピングネジ (B)	4	センサー L字ステイ	1	マトリクスLEDシールド	1
							
マトリクスLED	1	スピーカー	1	M3L8ネジ	4	ユニバーサルバー	1
							
M3ナット	4						
							

図4-0 次回必要なもの