

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②

(第3回/第4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3回授業日 2024年 月 日

だい かい じゅ ぎょう び
第4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11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②

第3回

リンクロボットをそうじゅう操縦しよう

講師用

目 次

0. リンクロボットを操縦しよう

0.0. 「リンクロボットを操縦しよう」でやること

0.1. 必要なもの

1. 4 節リンク

1.0. 4 節リンクをつくる

1.1. 4 節リンクの動き

2. リンクロボットの機構

2.0. リンクロボットの脚の動き

2.1. リンクロボットの特異点と設計のポイント

3. リンクロボットのリモコン化

3.0. 動作前の準備

3.1. リンクロボットを動かす

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。

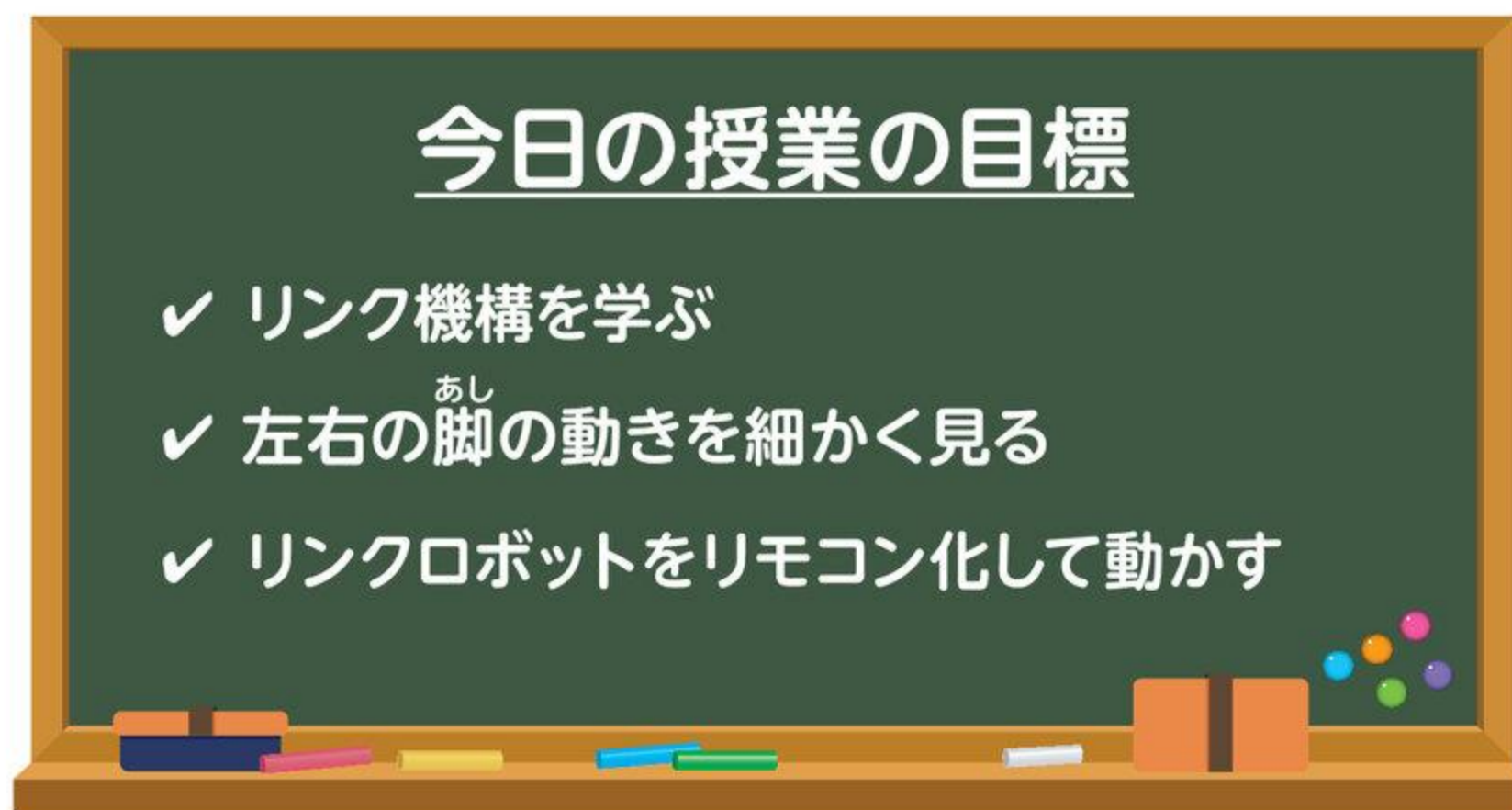
○ 今回の目標をパネルで用意するか、黒板に予め書いておきます。

(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^{そうじゅう}操縦しよう (目安5分)

0.0. 「リンクロボットを^{そうじゅう}操縦しよう」でやること



今回の授業では、リンクロボットの生き物のような^{あし}脚の動きについて学んでいきます。まずはリンク機構について学び、それぞれの脚がどのようなはたらきをしているのかについて観察していきましょう！

さらには、前回組み上げたリンクロボットをリモコン化して動かします！リンクロボットを^{そうじゅう}操縦しながら、その動きをよく観察して、ロボットの曲がり方や方向^{てんかん}転換の仕方について理解を深めましょう。

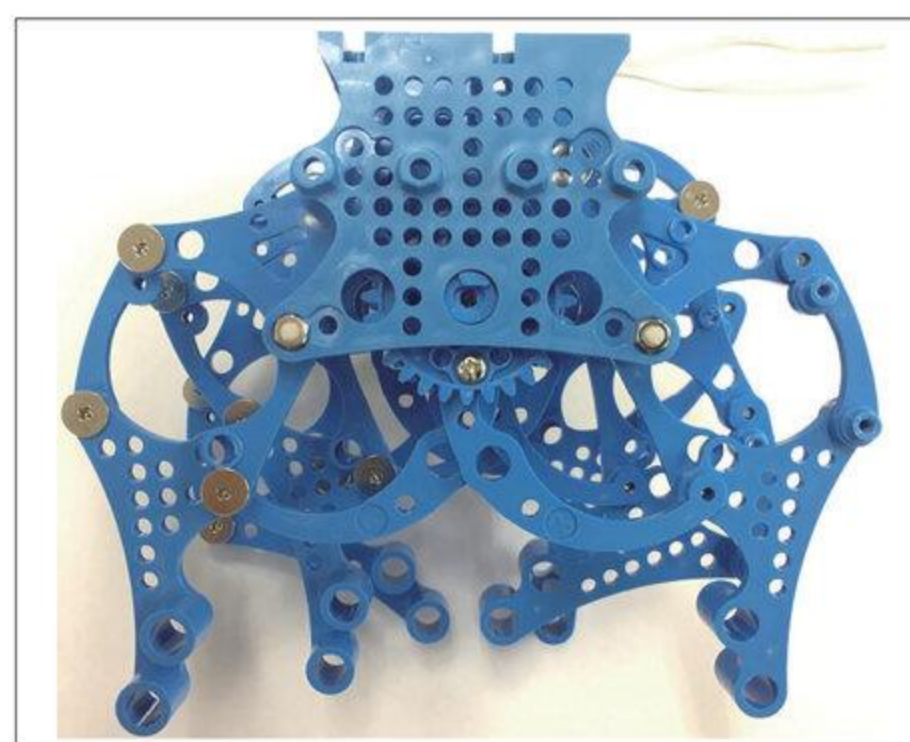
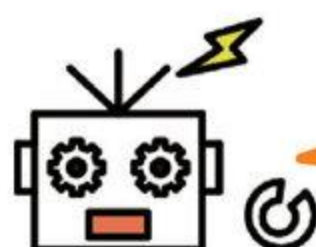


図0-0 リンクロボットの^{あし}脚



ようやくリンクロボットの^{そうじゅう}操縦だー！！
リンクロボよ、派手に舞え！！

0.1. 必要なもの

前回つくっ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。コントローラーは単4電池を3本使用します。あらかじめセットしておきましょう。

ラジオペンチ	1	ドライバー	1	レンチ	1	USBケーブル	1
							
コントローラー	1	センサーL字ステイ	1	ユニバーサルバー	2	M3ナット	4
							
M3L8ネジ	4						
							

図0-1 必要なもの

1. 4節リンク (目安 40分)

1.0. 4節リンクをつくる

はじめに、リンクロボットの脚に使われている4節リンクについてくわしく見ていきます。将来皆さんが、リンク機構を利用するロボットをつくれるようになるために、しっかりと学習しておきましょう。

まず、**図1-0**のようなリンク機構を考えます。

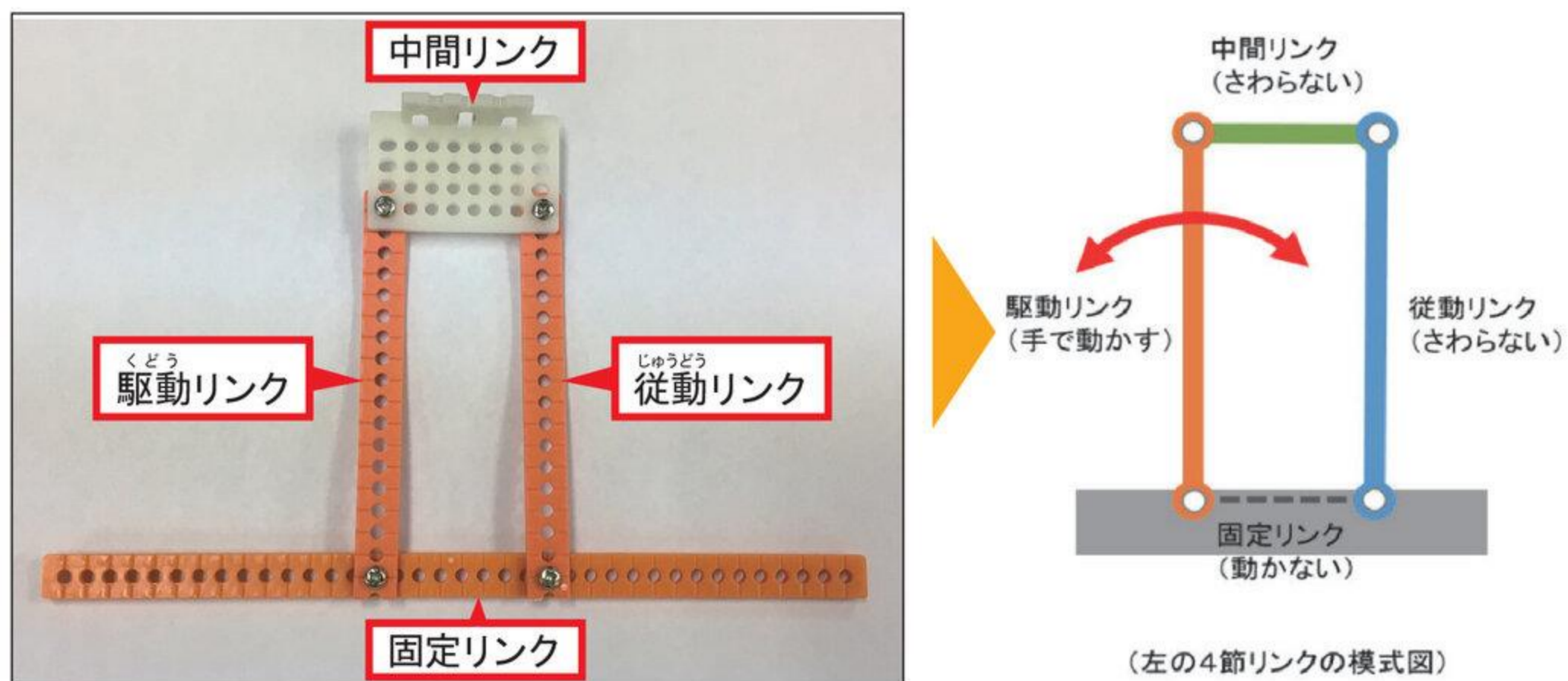


図1-0 4節リンクを構成する各リンクの名前

説明をわかりやすくするために、各リンクに名前を付けます。

モーターなどによって直接回転させるリンクを「**駆動リンク**」、モーターのつながれたリンクの動きによって間接的に動かされるリンクを「**従動リンク**」とよびます。さらに、固定されて動かないリンクを「**固定リンク**」、固定リンクと向かい合い、**駆動リンク**と**従動リンク**を結んでいるリンクを「**中間リンク**」とよびます。それでは、4節リンクのいくつかの例を見ていきましょう。

講

同じものをつくって確かめたい場合、使用するパーツは、センサーL字ステイ(×1)、M3L8ネジ(×4)、M3ナット(×4)、ユニバーサルバー(×2)です。ユニバーサルバーのうち1つは真ん中から半分に割って使用します。ネジはパーツを動かせる程度に加減して締めましょう。

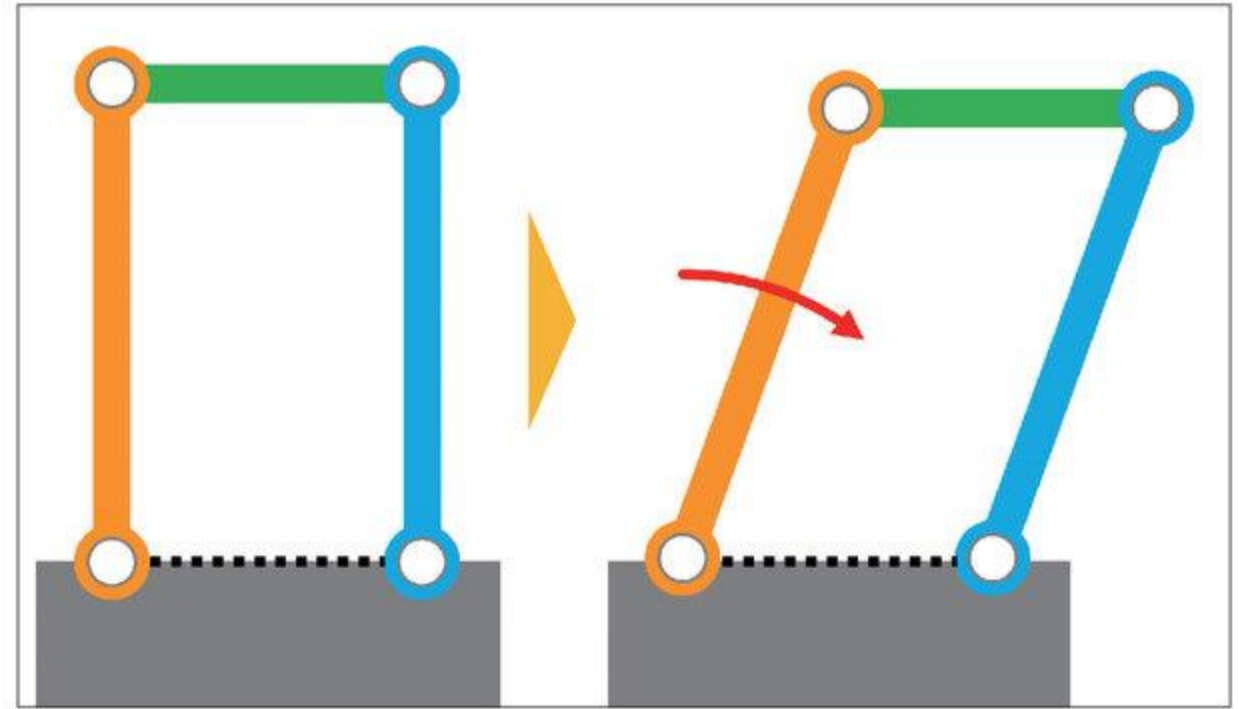
1.1. 4節リンクの動き

1) 各リンクの長さが「 $\text{駆動} = \text{従動} \cdot \text{固定} = \text{中間}$ 」の場合

この組み合わせでは向かい合う2組のリンクの長さがそれぞれ同じになっています。

やってみよう!

図のように、 駆動 リンクを時計回りに動かしたとき、 従動 リンクと中間リンクはそれぞれどうなるかな？



従動 リンク

結果： 駆動 リンクと同じ速さで時計回りに動く。

中間リンク

結果： 固定リンクと平行なまま移動する。

このように、向かい合う2組のリンクの長さがそれぞれ同じ4節リンクは、必ず平行四辺形が保たれながら動くことがわかんと思います。また、今の組み方ではリンク同士がぶつかってしまい一定の範囲でしか動かさせませんが、リンク同士がぶつからないようにつなぎ方を工夫すれば、グルグルと無限に回転できます。

2) 各リンクの長さが「 $\text{駆動} = \text{従動} \cdot \text{固定} > \text{中間}$ 」の場合

次に、図1-1のように 従動 リンクと固定リンクをつなぐジョイントの位置をかえて、固定リンクを長くしてみましょう。

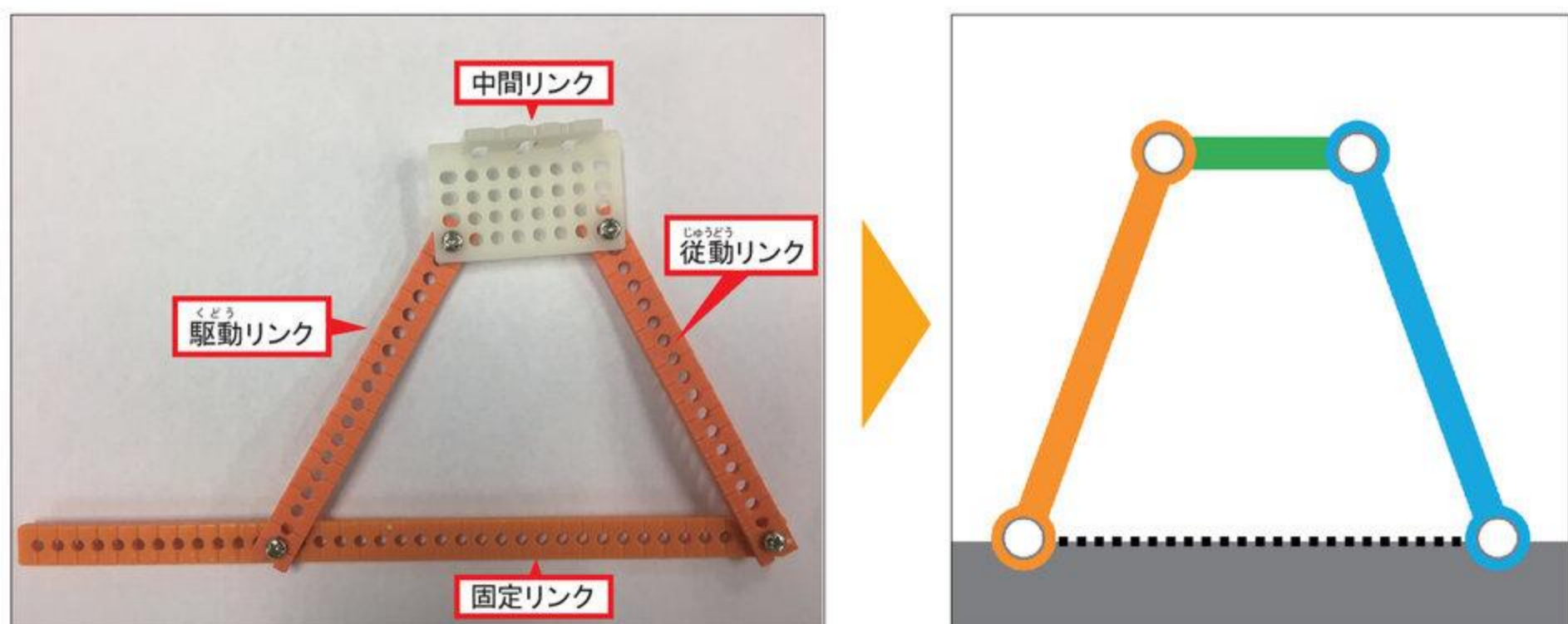


図1-1 固定リンクが長い場合

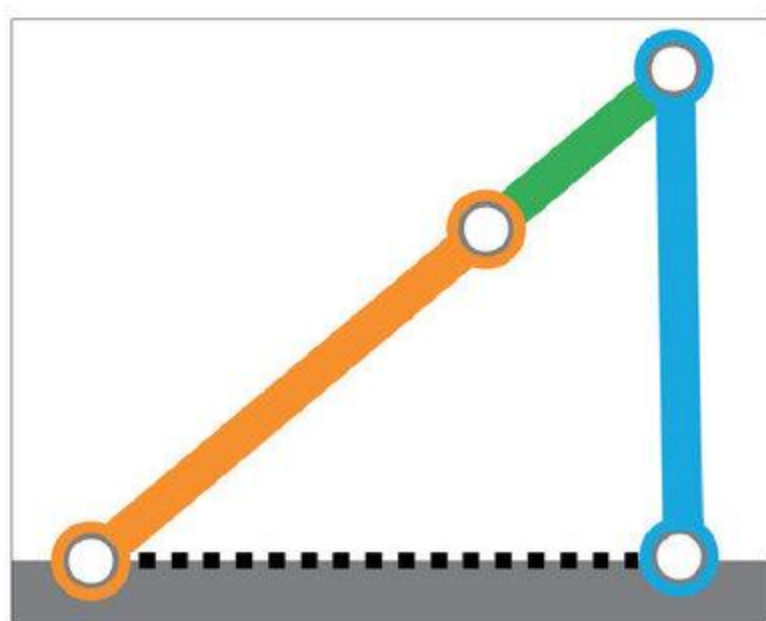
やってみよう!

1. 駆動リンクを時計回りに動かしたとき、従動リンクはどのように動くかな?



結果：  はじめは時計回りに動き、途中から反時計回りになる。

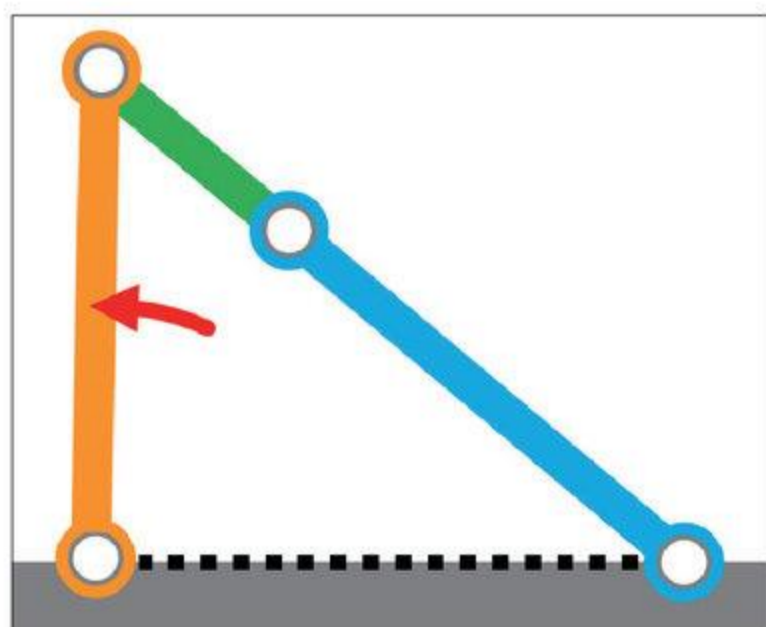
2. 駆動リンクを時計回りに回転させると、駆動リンクと中間リンクが一直線になる位置の前後では従動リンクの動きはどうなるかな?



 従動リンクの速度が遅くなる。

またこの位置で回転方向が反対になる。

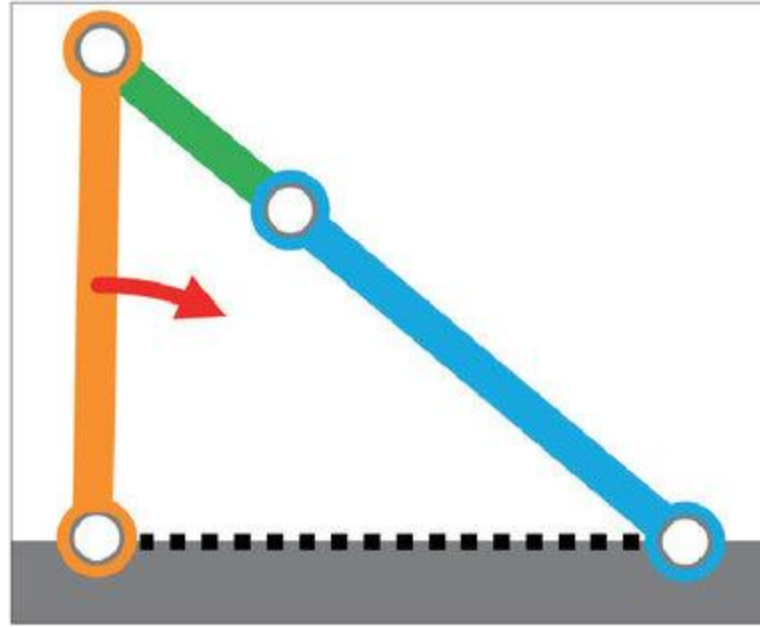
3. 駆動リンクを反時計回りに動かして、中間リンクと従動リンクが一直線になるとどうなるかな?



 中間リンクと従動リンクがつっぱって、

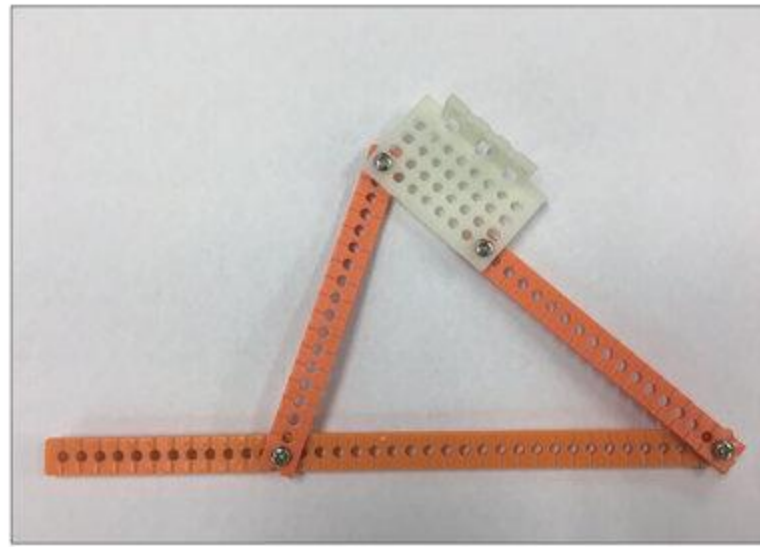
それ以上反時計回りに回転しなくなる。

4. 駆動リンクを反時計回りに動かして、中間リンクと従動リンクが一直線になった状態から、時計回りに回そうとするとどうなるかな？



中間リンクと従動リンクがつかえ棒のようになり、回しにくくなる／回せない。

5. 4の状態から駆動リンクを時計回りに動かしたとき、従動リンクはどちらに動くかな？



時計回りにも反時計回りにも動くことがある。

このように、駆動リンクと従動リンクの長さが同じで、固定リンクが中間リンクよりも長い4節リンクでは、駆動リンクを一方向に回しているときに従動リンクの回転方向が変わったり、中間リンクと従動リンクが一直線にのびきってしまうと、それ以上回転できなくなったりします。当然、駆動リンクをグルグルと無限に回転させることもできません。

また、最初に試したもの（各リンクの長さが「駆動＝従動・固定＝中間」の場合）のように中間リンクが固定リンクに対して常に水平に保たれることもありません。



豆知識

特異点とは

2つのリンクが直線上に並んでリンク機構の動きを制限してしまうような位置関係を「特異点」「死点」などとよびます。リンク機構を利用するロボットをつくる際には、基本的には、この特異点をさけるように設計します。駆動リンクを回転させるのに極端に力が必要だったり、その姿勢からどちら方向に回転するのかわからなかったりするという特徴は、モーターで駆動するときに望ましくないからです。リンク機構には、特別な姿勢があるということをおぼえておきましょう。

3) 各リンクの長さが「^{くどう}駆動 > ^{じゅうどう}従動・固定 > 中間」の場合

今度は、**図1-2**のように、^{じゅうどう}従動リンクの長さを^{くどう}駆動リンクより短くして4節リンクを考えてみましょう。

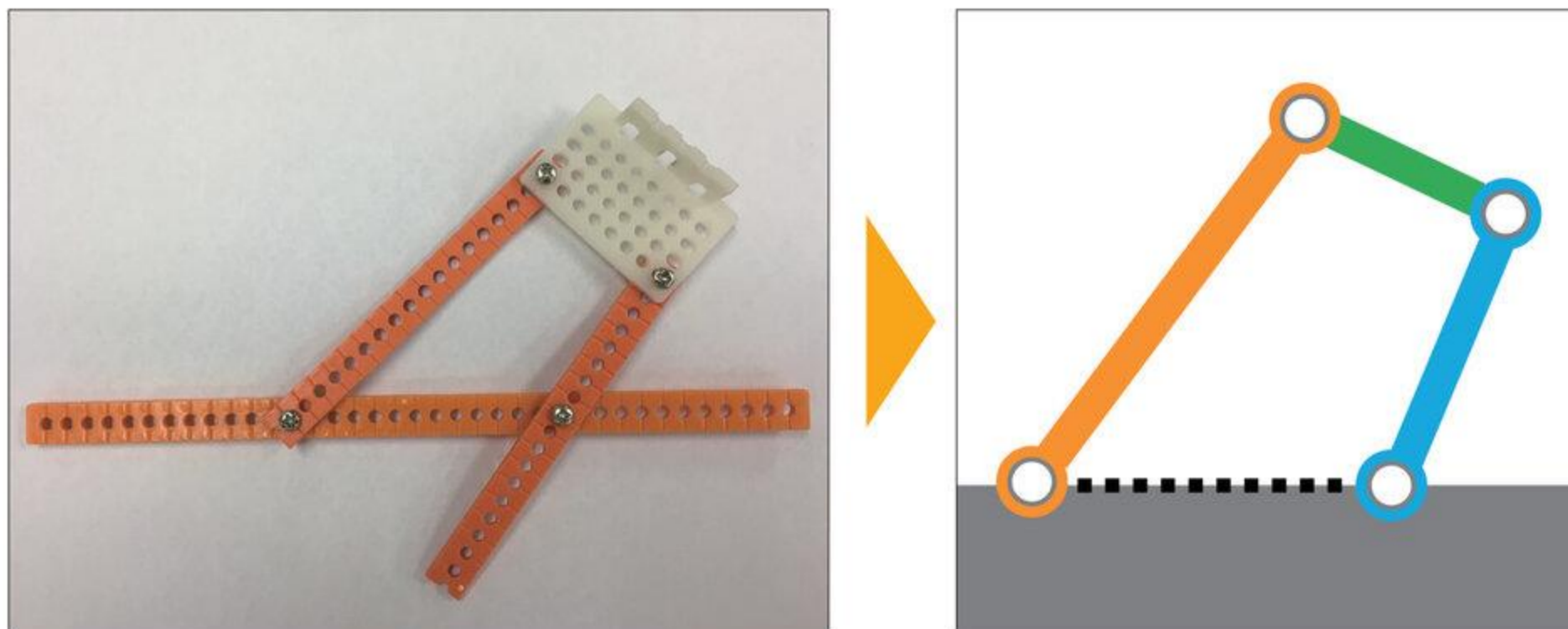


図1-2 ^{くどう}駆動リンク > ^{じゅうどう}従動リンク、固定リンク > 中間リンクの場合

チャレンジ課題

^{くどう}駆動リンクと^{じゅうどう}従動リンクの速度に注目して、^{じゅうどう}従動リンクの動き方の特徴をかき出してみよう！

 ^{くどう}駆動リンクよりも^{じゅうどう}従動リンクの方が速く回転する。

この4節リンクの動きは、ひとつ前の4節リンク（各リンクの長さが「^{くどう}駆動 = ^{じゅうどう}従動・固定 > 中間」の場合のもの）とよく似ていますが、^{くどう}駆動リンクを動かす速度に対する^{じゅうどう}従動リンクの速度がちがいます。

4) まとめ

4節リンクのそれぞれのリンクの長さを変えると、さまざまな動きになることがわかりました。また、^{くどう}駆動リンクを一定の速度で回しているとき、^{じゅうどう}従動リンクの速度は、その位置によって速くなったり、おそくなったりするということもわかりましたね。

2. リンクロボットの機構 (目安 25 分)

2.0. リンクロボットの^{あし}脚の動き

続いては、リンクロボットの^{あし}脚の動きを観察し、機構について理解を深めましょう。リンクロボットの^{あし}脚は図2-0と同じものが6つ組み合わさってできています。まずは、この1組のリンク機構の動きを理解することから始めます。

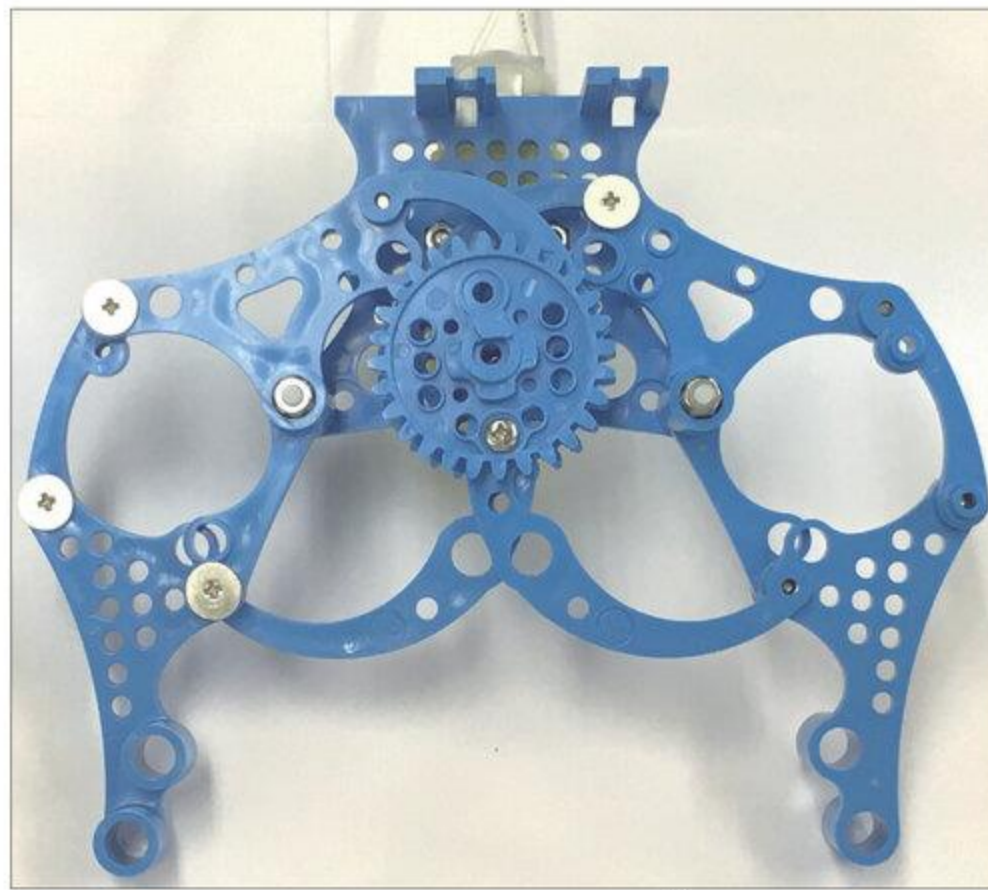
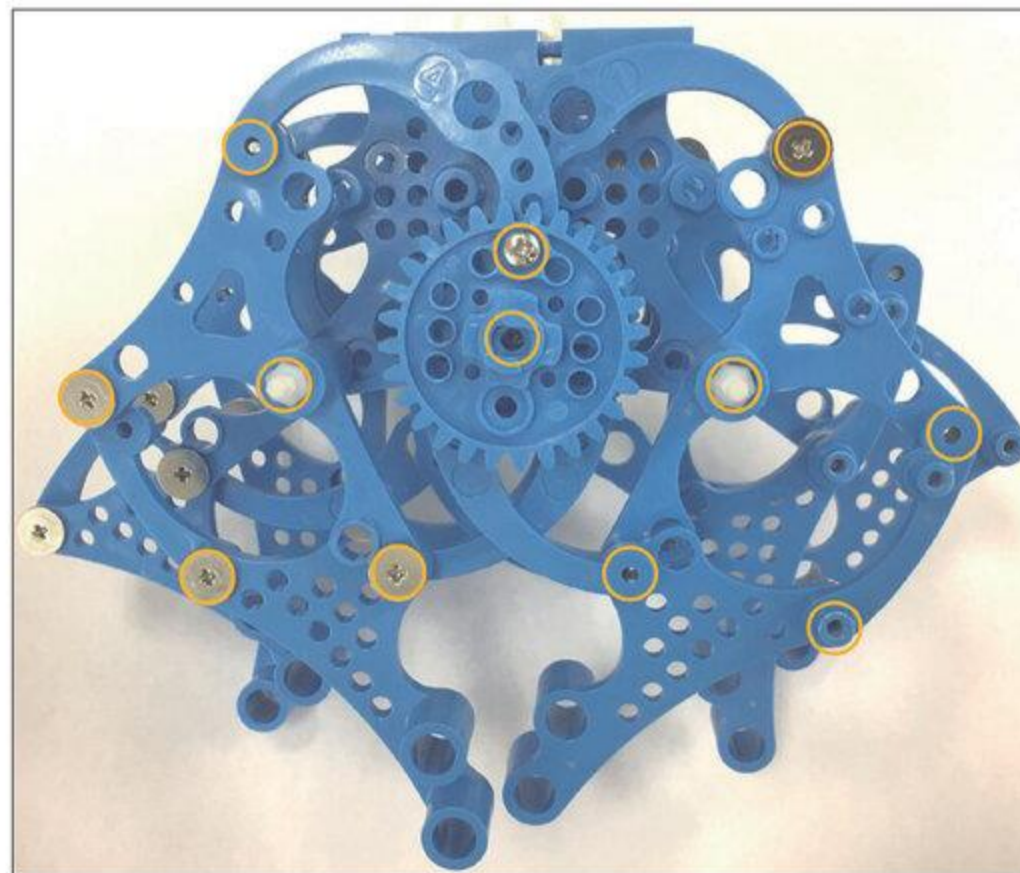


図2-0 リンクロボットの^{あし}脚 (1組)

やってみよう!

リンクロボットの^{あし}脚は4節リンクの組み合わせでできているよ。実物を観察して、1組の^{あし}脚の中にいくつの4節リンクがかくれているか、次の図にかき込んでみよう!
なお、オレンジ色の○印はジョイントの位置を示しているよ。



講

このパートでは、リンクロボットの片側の脚だけを外すか、講師用の片側の脚を使って授業を進めてください。
なお、解答は図 2-1 となります。

リンクロボットの脚^{あし}は、4節リンクの組み合わせでできていることがわかってきました。次に、リンクロボットの脚先^{あし}がどのような動きをするかについて見ていきます。リンクロボットの脚^{あし}を動かすとき、今は脚^{あし}の中央にあるハンドルを手で回して動かしている人もいるかもしれませんが、リンクロボットが歩くときには、この手の動きの代わりにモーターを使うことになりま
すよね。

やってみよう!

モーターが回ったとき、リンクロボットの脚先^{あし}がどのような動きをするか、観察してみよう。



POINT

このリンク機構では、脚^{あし}の表裏^{おもてうら}を返したときに、

① 円盤^{えんばん}の回転方向が逆になること

② リンク機構の動き全体が左右反転すること

をポイントに、2本の脚^{あし}で交互に地面をける動きをつくり出しているのです。

このように、リンクロボットの脚^{あし}の動きは一見するととても複雑^{ふくざつ}なものに見えますが、対称^{たいしょう}な動きの組み合わせでできていることがわかります。

2.1. リンクロボットの特異点と設計のポイント

続いては、4節リンクを回転させるのに極端に力が必要になったり、どちらの方向に回転するのかわからなかったりする「特異点」という厄介な姿勢についてです。今回つくったリンクロボットではどこが特異点にあたるのかを確認します。また、リンク機構を用いるロボットを設計するときの注意点や工夫なども学びましょう。さて、特異点を考える上では、固定、駆動、中間、従動といった各リンクの位置関係が重要でした。では、このリンクロボットの脚の特異点はどこでしょうか。

やってみよう!

リンクロボットの脚の特異点を確認しよう。どこが駆動リンクで、どこが従動リンクなのかを意識してみよう。また、図2-1や図2-2も参考にしてみよう。

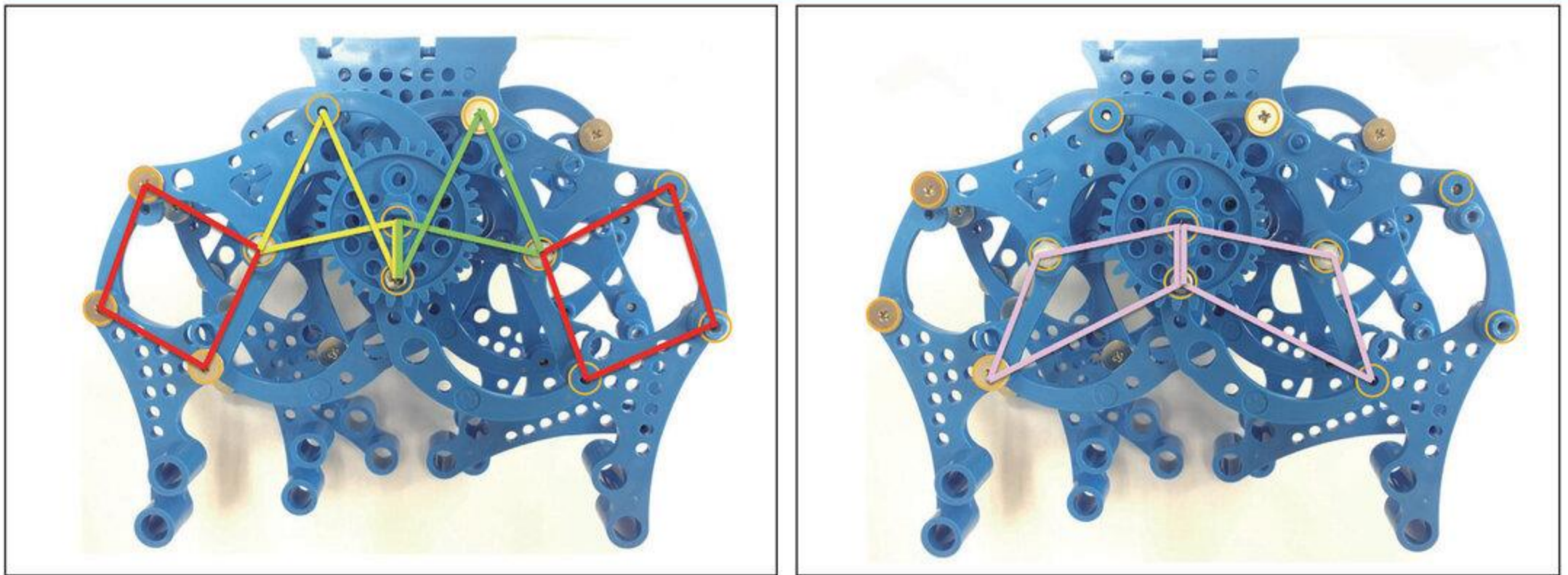


図2-1 4節リンクの観察

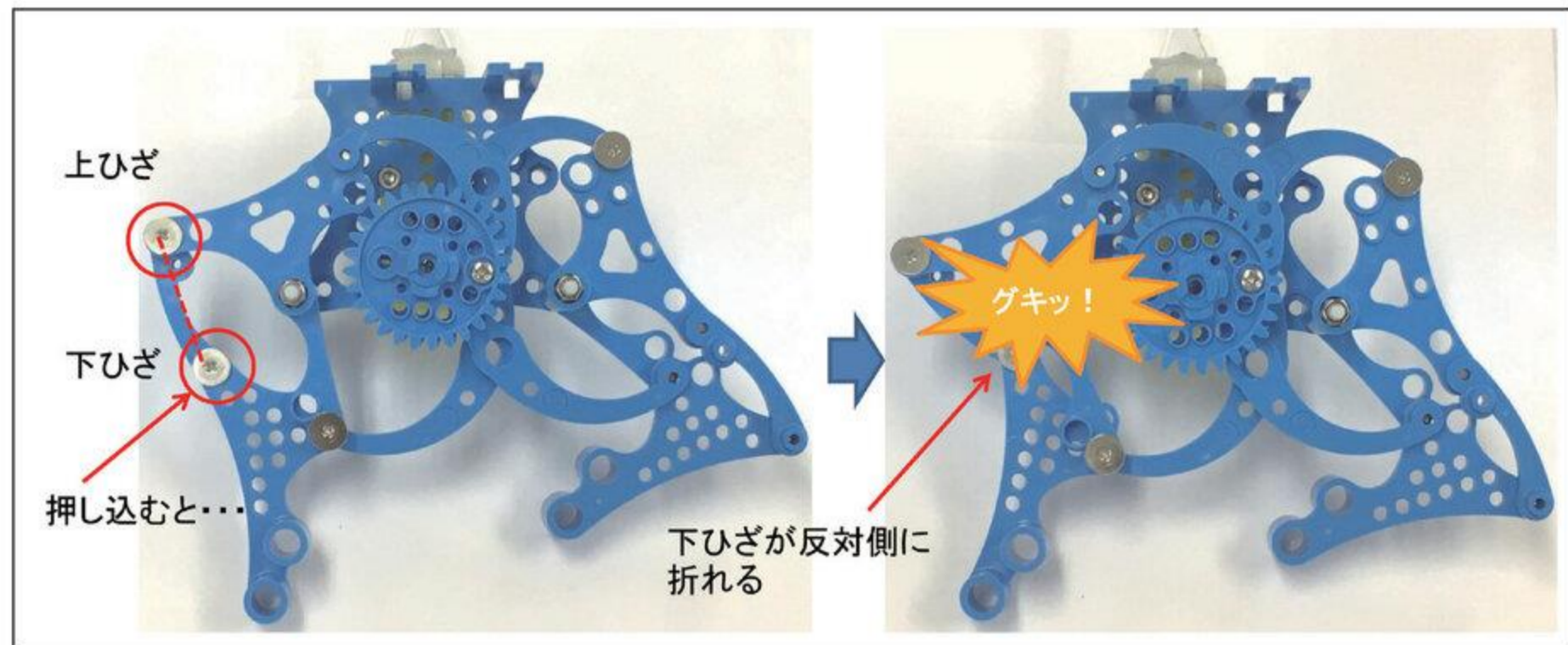


図2-2 リンクロボットの脚の特異点

講

図 2-2 の右側の図で「グキッ!」と折れ曲がっている部分が特異点になります。

では、リンクロボットを設計するうえでのポイントについて学びましょう。

やってみよう!

リンクロボットの脚を構成するリンクは微妙な曲線をえがいているね。実は、この曲線には意味があって、曲がっていないと困るものもあるんだ。図2-3の赤丸部分をリンクロボットの脚を実際に動かしながらよく観察して、その理由を考えてみよう!

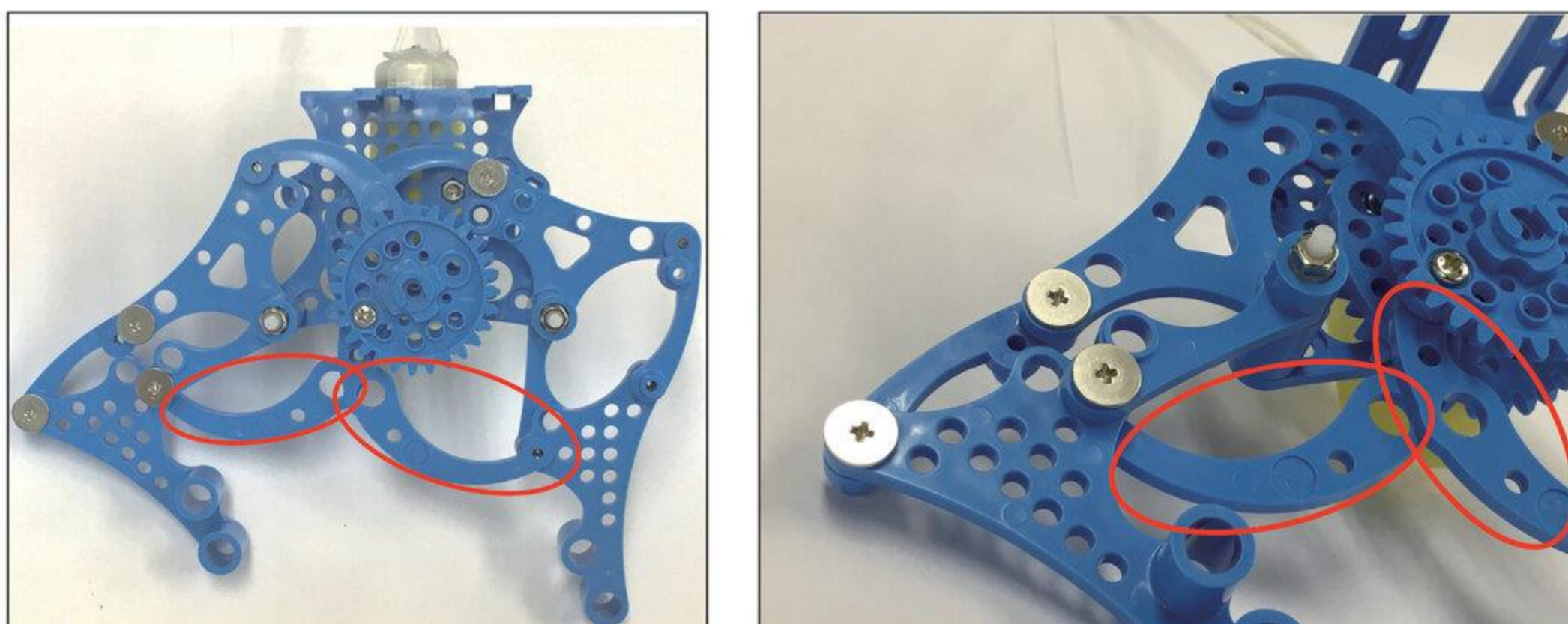


図2-3 曲がっているリンク

💡 ヒント

赤丸部分がまっすぐすぐだったらどうなるかを考えながら、脚を動かしてみよう!

講

解答は「まっすぐだとジョイント部分にぶつかって回転できなくなるリンクがあるから。」などといった内容になります。

4節リンクでは特異点でもないのにリンクやジョイント部分の軸がぶつかってしまって、リンクの動きが制限されることがありました。リンク機構を設計していると同じようなことが起こることがあります。このリンクロボットでも、リンク同士やジョイント部分、ロボットのボディなどがぶつからないように設計をしています。リンク機構から思い通りの動きを取り出したいときに重要なのは、リンクに配置されたジョイントの位置関係なのです!

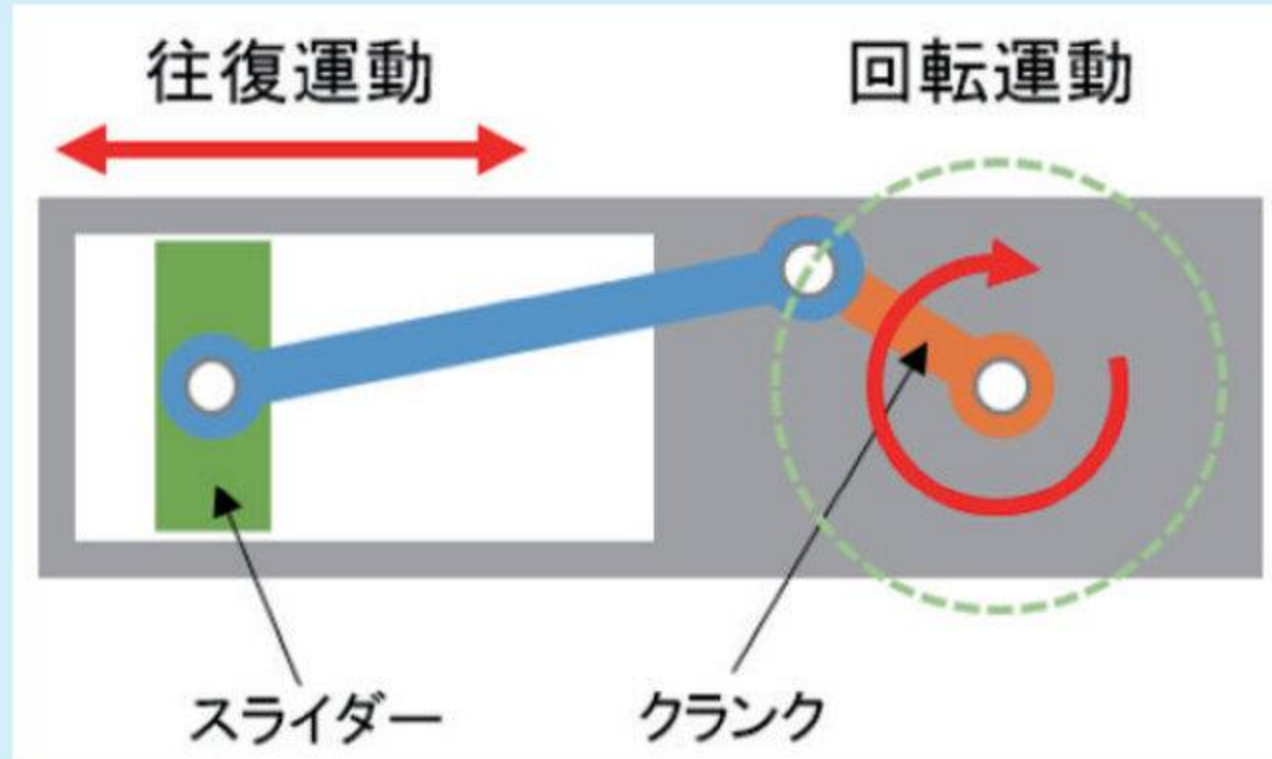
また、ロボットの設計においては、センサーやコンピューターやモーターなど数多くのパーツが搭載されるため、常にスペースの取り合いが起こります。そんなとき、リンクの形を工夫して、ほかの部品をおけるスペースを確保することもよくあります。



コラム スライダークランク機構

●スライダークランク機構とは？

リンク機構の中には、「スライダークランク機構」とよばれる代表的な機構があります。スライダークランク機構は、図のように往復運動を回転運動にかえたり、逆に回転運動を往復運動にかえたりすることができます。

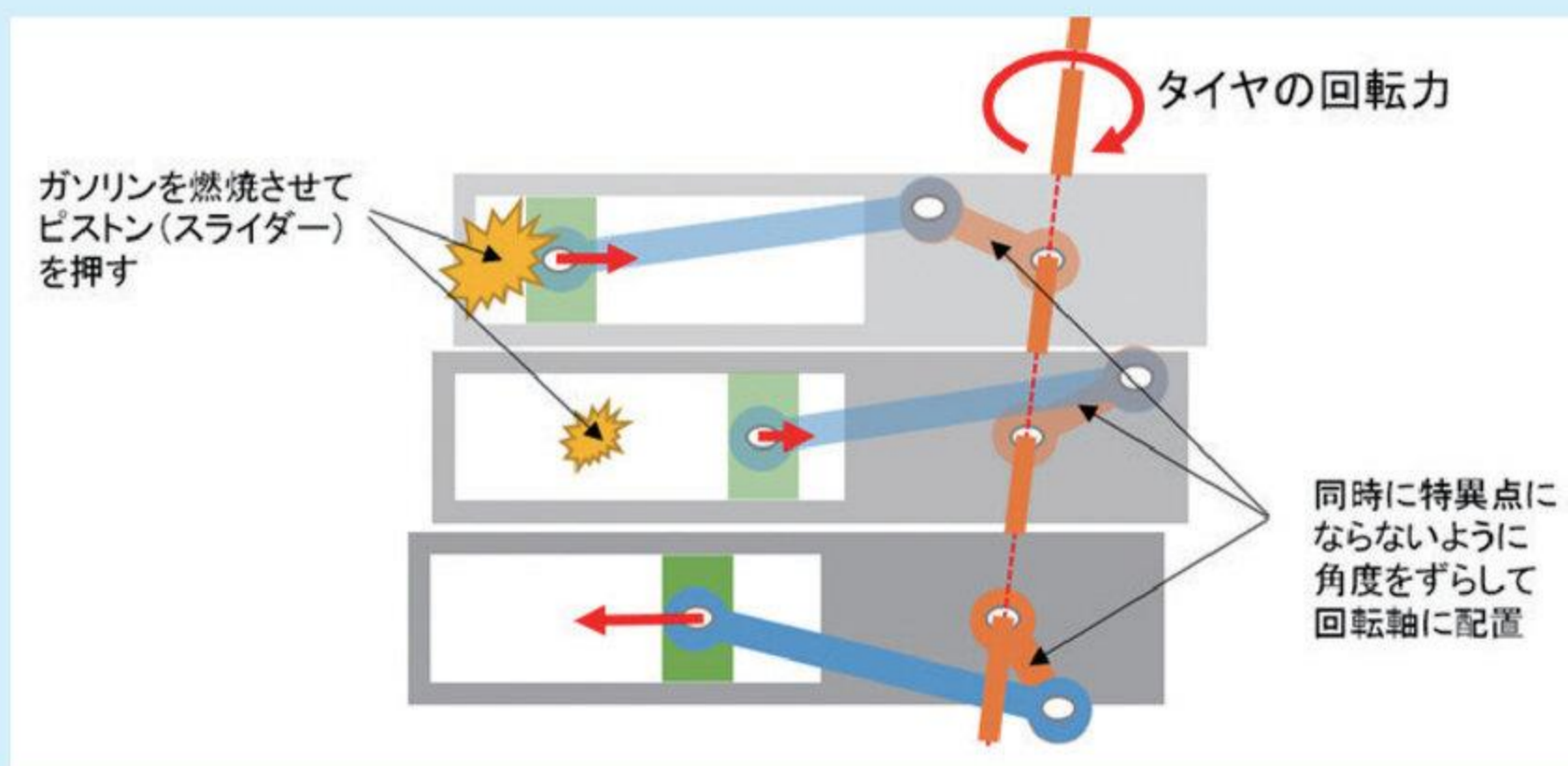


スライダークランク機構

●スライダークランク機構の実用例

蒸気機関車の車輪や自動車のエンジンなどにスライダークランク機構は使われています。蒸気機関車では、「蒸気の膨張する力（往復運動）」を「車輪の駆動力（回転運動）」に、エンジンでは、「ガソリンが燃焼してピストンを押す力（往復運動）」を「タイヤを回す力（回転運動）」に変換しているのです。

スライダークランク機構にも特異点が存在しています。スライダーが右端や左端にあるときは、リンクが一直線になり、スライダーを押す力がクランクに伝わりません。ですから、たとえば自動車のエンジンでは、特異点で運動が止まらないように、複数のスライダーリンク機構がタイミングをずらして力を伝えることができるように設計されていることもあります。



エンジン内部のスライダークランク機構の構造

3. リンクロボットのリモコン化 (目安 40 分)

3.0. 動作前の準備

リンクロボットの機構についておおまかに理解できたところで、いよいよ動かしてみましょう。まず、**図3-0**のようにロボプロシールドと無線受信モジュールが正しく接続されているか確認します。リボンケーブルのさす向きや位置のズレに注意しましょう。

なお、リボンケーブルのコネクタは、1ピン分縦や横にズれていてもささりますが、そのまま電源を入れてしまうと、回路がこわれてしまうことがあるので注意しましょう。

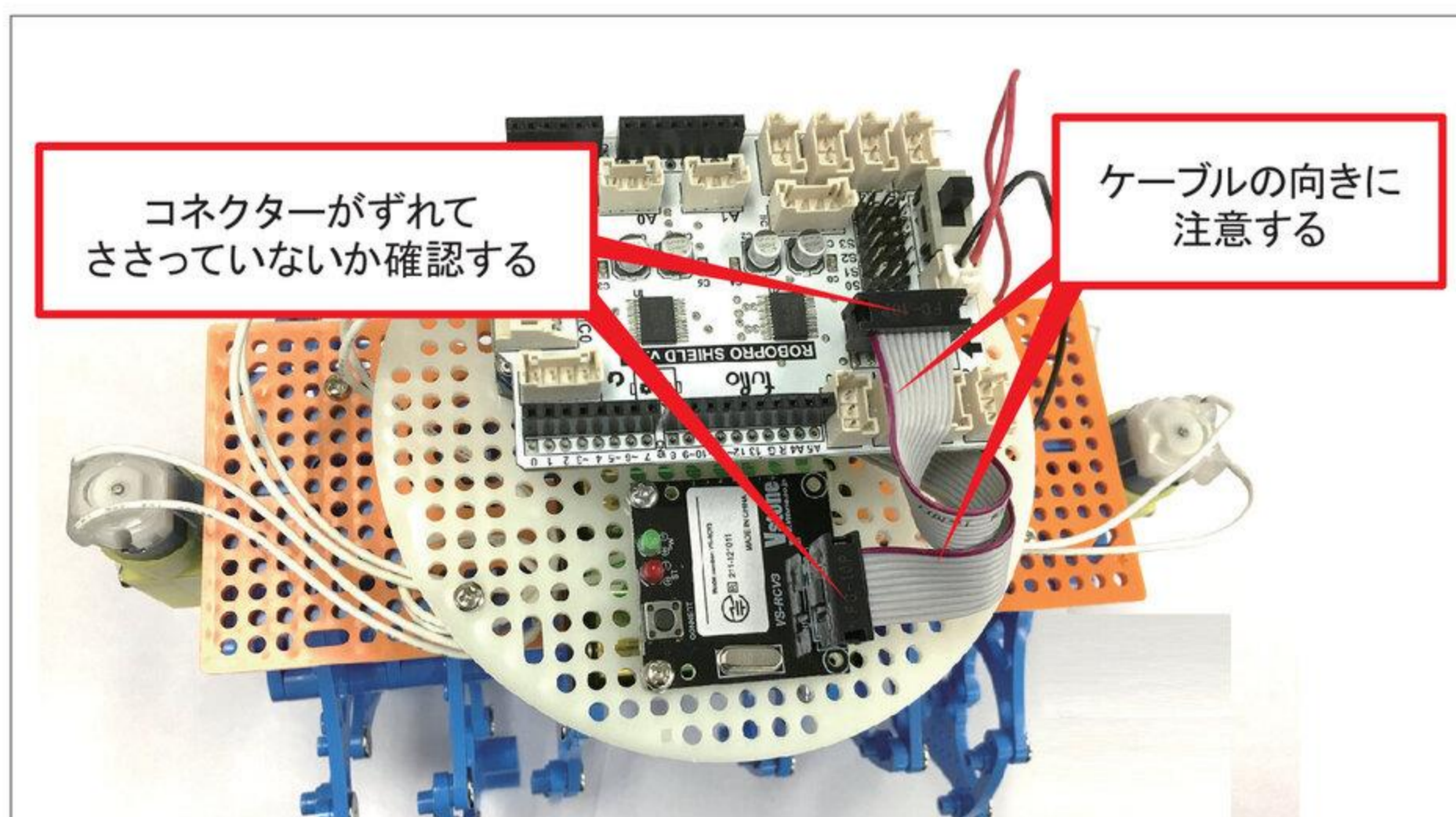


図3-0 リボンケーブルの接続

ケーブルの接続の確認を終えたら、ロボプロシールドの電源をON にしてください。ロボプロシールドの青色LEDが点灯し、無線受信モジュールの赤色LEDが点滅すればOKです。続いて「ペアリング」をします。ペアリングとは、コントローラーと無線受信モジュールを1組のペアに設定し、通信ができるように設定することです。



POINT

ペアリングのやり方

まず、無線受信モジュールの黒い「CONNECT」ボタンを押します。

次に、コントローラーの裏面の「POWER」をONにし、表面の「ANALOG」ボタンを押します。

- ・無線受信モジュールの赤色LEDが、点滅から点灯にかわる
 - ・コントローラーの緑色LEDと赤色LEDが、点滅から点灯にかわる
- 状態になれば、ペアリング成功です。

なお、コントローラーはしばらく放っておくと、自動的に接続が切れて、無線受信モジュールの赤色LEDが点滅にかわり、コントローラーのLEDは消灯します。その場合はコントローラーの「START」ボタンを押せば、再びペアリングの状態になります。

3.1. リンクロボットを動かす

では、リンクロボットをリモコン化して動かしましょう。以下のプログラムを実行してください。



プログラムの書き込み

RoboticsProfessorCourse1 > LinkRobot4 > LinkRemote

書き込みを終えたら、コントローラーの左右のアナログスティックを動かして、リンクロボットを^{そうじゆう}操縦してみましょう。

やってみよう！

2つのアナログスティックを操作して、リンクロボットを動かしてみよう！ アナログスティックの微妙な操作によって、スラローム走行やうず巻き走行ができるかチャレンジだ。慣れてきたら、次の操作を試してみよう！

1. 左右のモーターが正回転（前に進む方向に回転）している状態で、右のモーターを左のモーターよりも速く回転させると、リンクロボット本体はどのような動きをするかな？

結果： 左の方に曲がっていく。

2. 右のモーターが逆回転（後ろに進む方向に回転）、左のモーターが正回転している状態で、両方のモーターを同じ速度で回転させると、リンクロボット本体はどのような動きをするかな？

結果： 時計回りに回転する。

3. 右のモーターが正回転、左のモーターが止まっている状態では、リンクロボット本体はどのような動きをするかな？

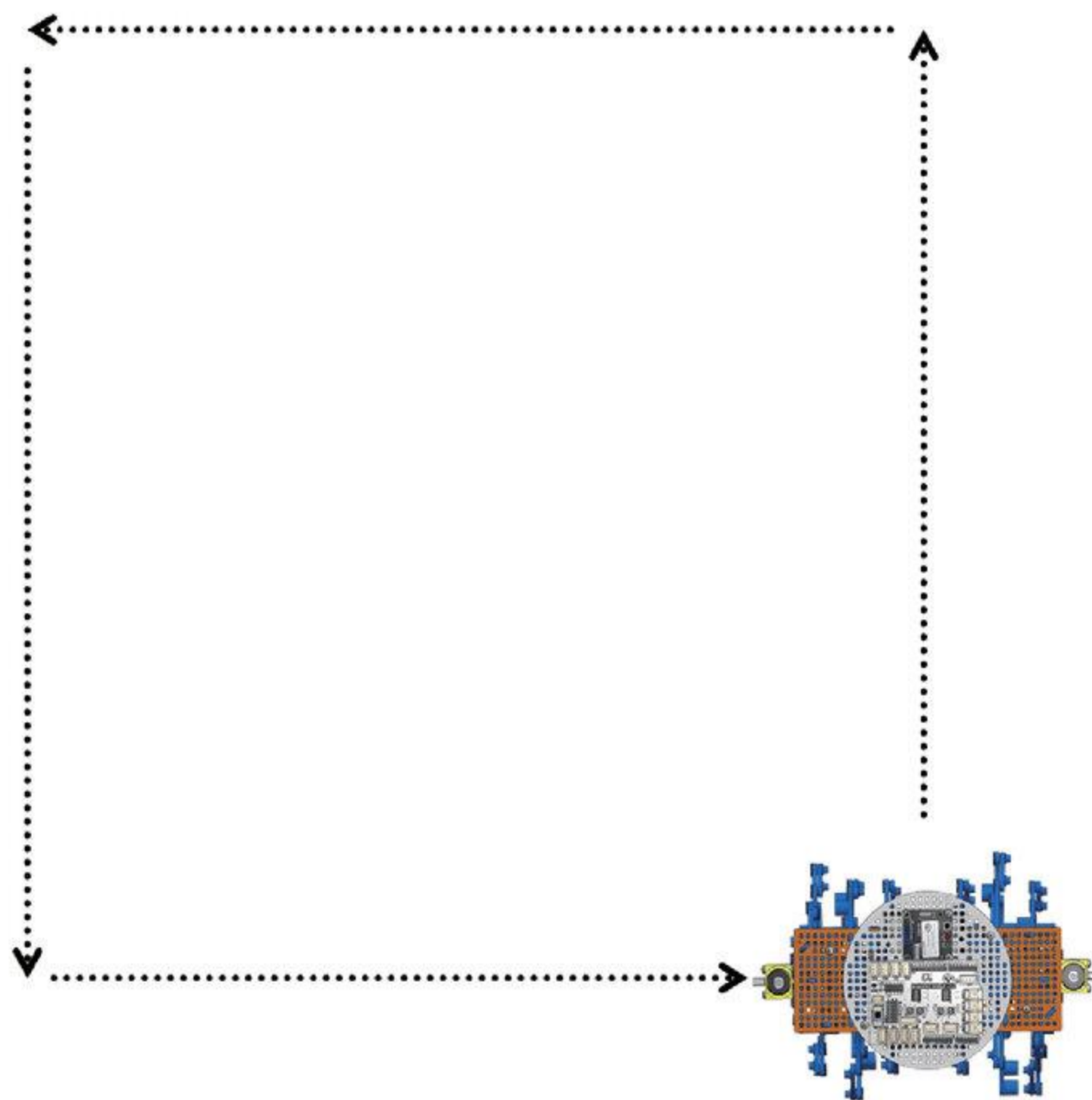
結果： 反時計回りに回転する。


やってみよう!

コントローラーのアナログスティックをうまく^{そうさ}操作して、リンクロボットに次のような動きをさせてみよう!

次回はこれをプログラム化して、自動で同じ動きをできるようにするから、左右のスティックをどのように倒していたかメモしておくといいよ!

1. 正方形をえがく

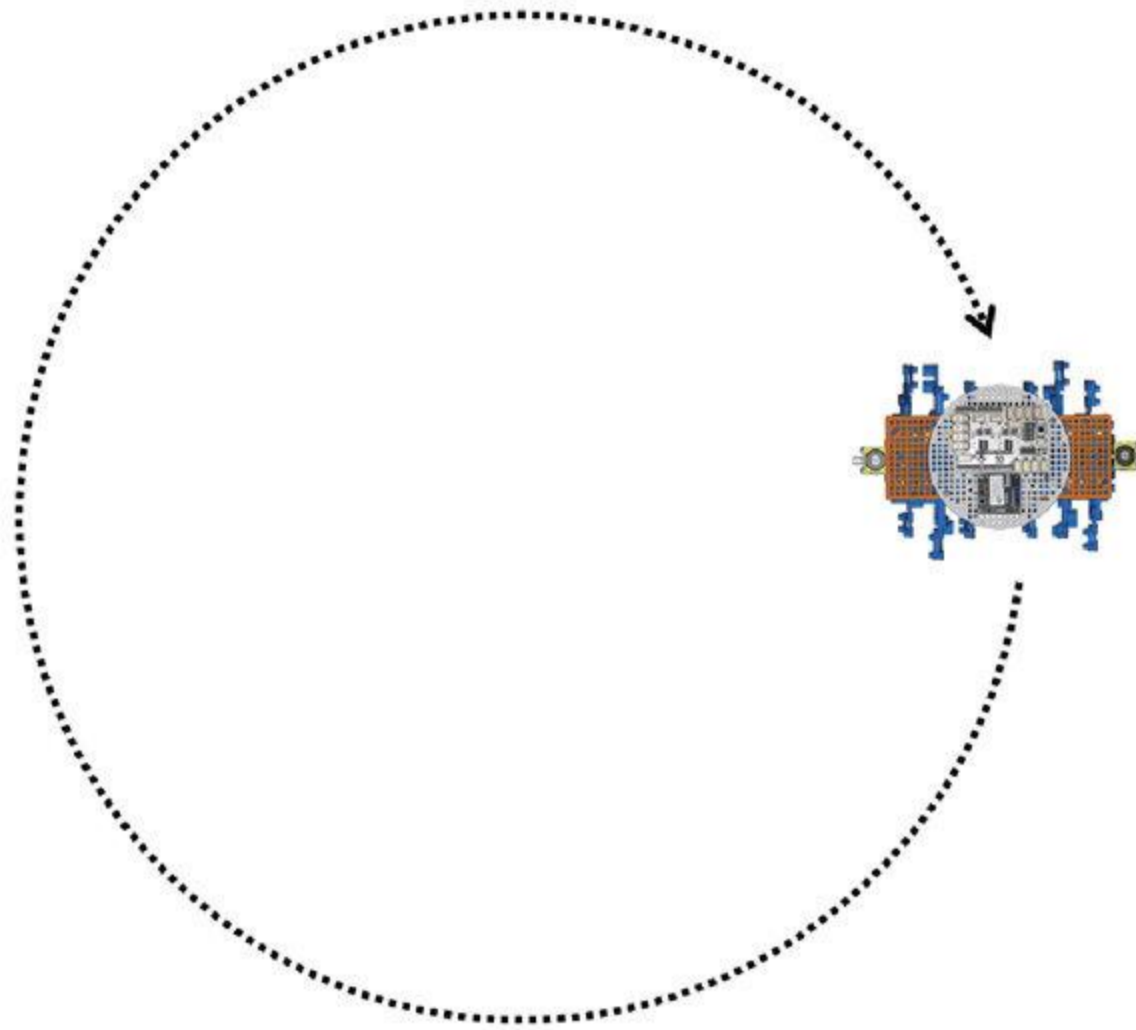



結果：  左右脚を同じ向き、同じ速さで動かして前進し、左右脚を逆向き、
同じ速さで動かして回転するのをくり返す。

講

片方の脚を停止させ、もう片方だけを動かすことでも回転できます。

2. 円をえがく (成功したらより大きな円、小さな円もえがいてみよう)




結果：  左右の脚を異なる速さで動かす。左右の脚の速さの差が小さくなるほど、えがく円は大きくなる。

講

左右脚の動く向きが逆であっても、その速さに差があれば小さな円をえがくように移動します。

3. スラローム走行

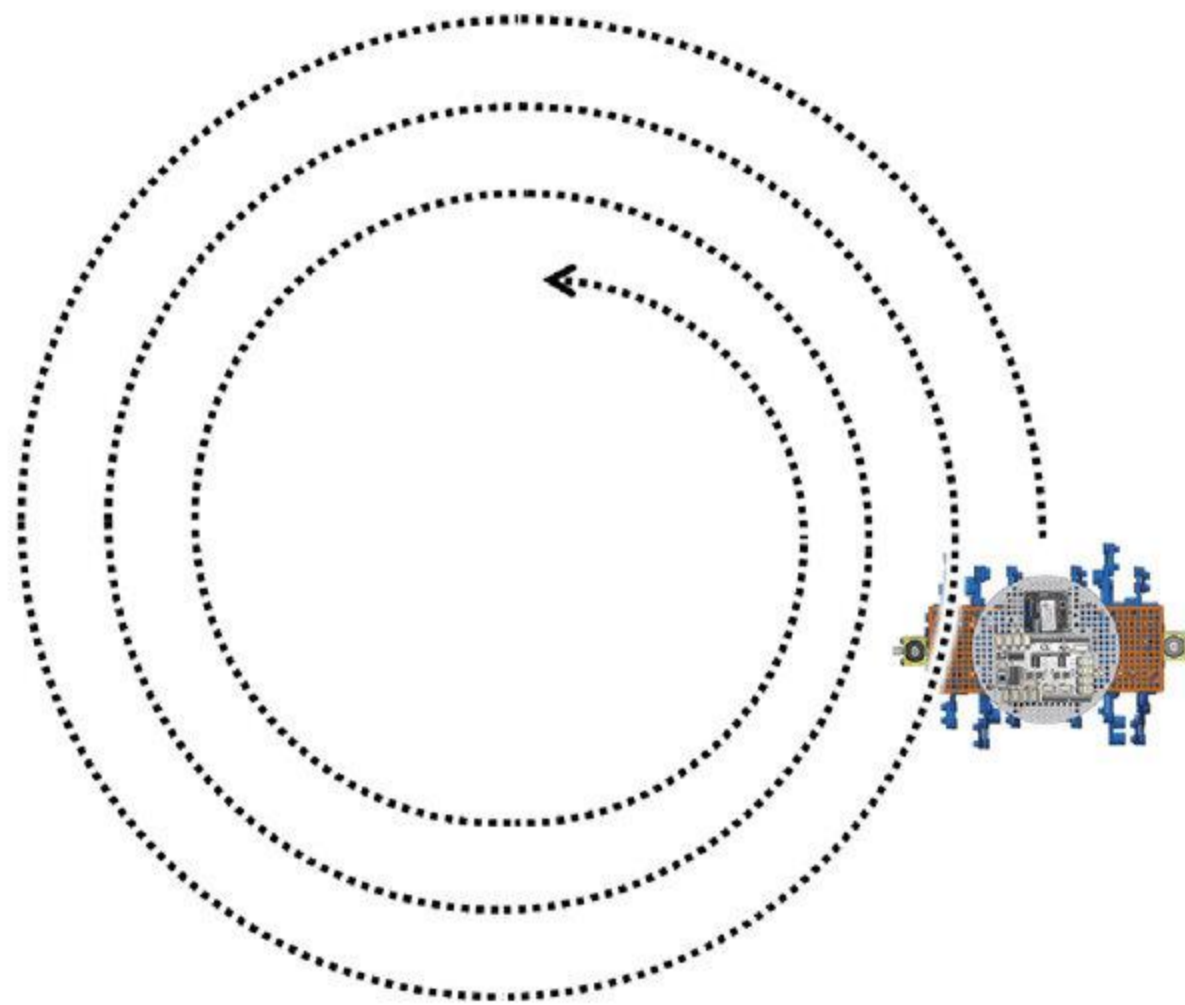


結果：  片方の脚を速く、もう片方を遅く同じ方向に動かし半周し、左右の脚の速さを入れかえてまた半周するのをくり返す。

講

実際に空き缶や消しゴムなどの障害物を置いて挑戦させても盛り上がります。

4. うずまき走行。



結果：  片方の脚は一定の速さのまま、もう片方の脚の動きをだんだん

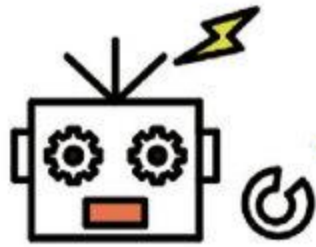
遅く / 速くしていく。

講

『だんだん遅く / 速くしていく』という動作をプログラムで再現するのが次回の重要学習ポイントとなります。なるべくこの部分が解答欄にかけるように誘導してあげてください。

4. まとめ (目安 5 分)

次回以降の授業では、リンクロボットを自動で動かすプログラムに挑戦します。リンク機構を使いこなして、目指せ！ロボットマスター！



ボクみたいに、自動で動くカシコイロボットにしよう！
エヘン!!

《次回必要なもの》

今回は、今回使ったリンクロボットと以下のパーツを持ってきましょう。

USBケーブル	1	コントローラー	1
			

図4-0 次回必要なもの

講

- 以下の理解度を確認します。
 - ・リンク機構を学ぶ
 - ・左右の脚の動きを細かく見る
 - ・リンクロボットをリモコン化して動かす
- 次回のテーマは「リンクロボットを自動で走行させよう」であることを告知します。