



ROBO DESIGNER
RDS-X01:Platform

Application book

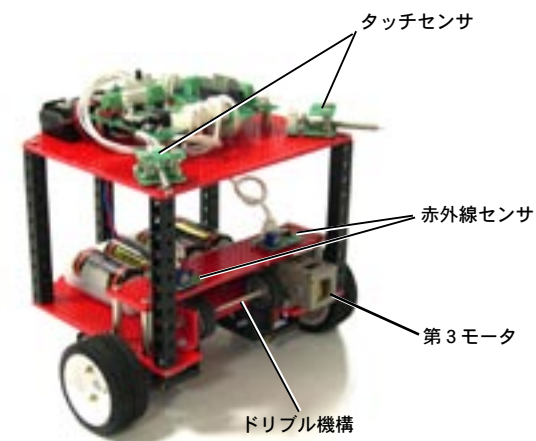
ロボカップジュニアサッカーチャレンジ用ロボット製作のヒント



ロボカップジュニアサッカーチャレンジ用ロボット製作のヒント

ロボカップジュニアでサッカーをするロボットにはどんな機能が必要でしょうか？
基本的な製作のポイントを機能ごとに解説します。

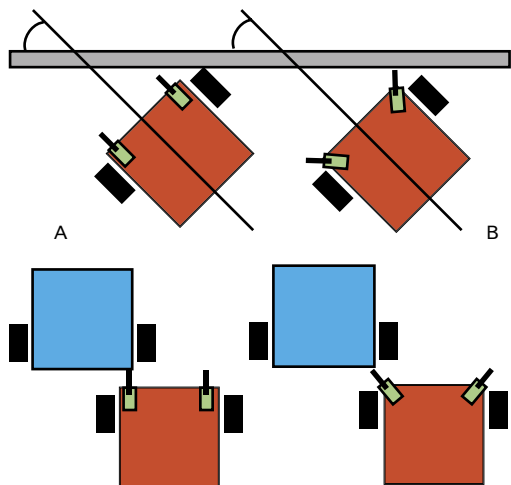
- ・タッチセンサで障害物をよける
- ・赤外線センサでボールを探す
- ・赤外線センサを使った位置の認識
- ・ボールをコントロールする機構
- ・シュート機構
- ・ボディの形



タッチセンサで障害物をよける

タッチセンサは昆虫の触覚や動物のヒゲのような働きをします。

RDS-X01 のタッチセンサはバネとビスが触れると ON になります。



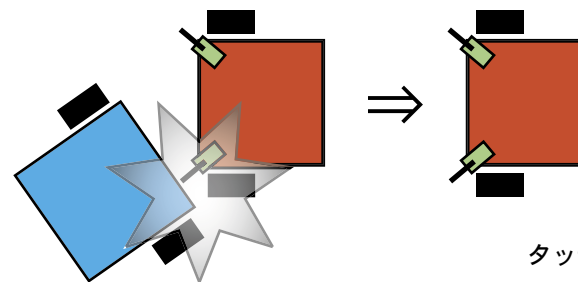
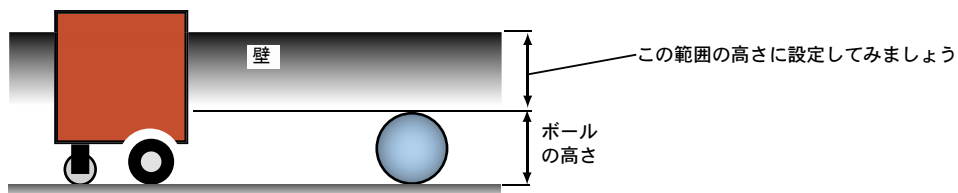
タッチセンサの取り付け方（方向）

タッチセンサはバネのあたり方によって曲がりやすい=反応しやすい方向があります。

たとえば左図の場合、センサの向きが B の方が、サッカーフィールドの壁やロボットを感知できる範囲が少し広くなります。タッチセンサの反応から障害物の回避動作までの時間が短ければ、それだけ速くボールを探す動作にもどれます。

タッチセンサの取り付け方（高さ）

ボールを障害物として、回避しないように、ボールに反応せず、壁や相手のロボットに反応する範囲に設定してみましょう。



タッチセンサが反応したら
～動きのプログラム

壁や他のロボットと衝突した場合、その障害物から離れて自由に動ける状態にもどらなければなりません。一番簡単なのは、タッチセンサが反応したら、一度うしろに下がって障害物からはなれることです。

プログラム例

タッチセンサが左右とも反応しなければ右に旋回してボールを探索します。

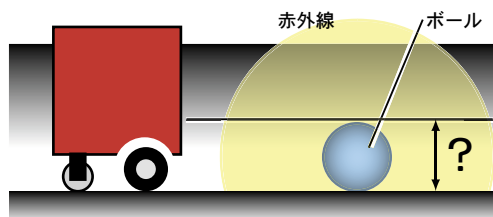
左のタッチセンサ (CN1) か右のタッチセンサ (CN2) が反応すると右モータ、左モータ両方を 3 秒間バックして障害物を回避します。



目的の動作を実現するのは、タッチセンサの取付位置の微妙な調整と最適なプログラムの組み合わせです。何度もテストしてみましょう。また、ここで解説した取り付け方や動作以外にもいろいろな解決方法が考えられるでしょう。慣れてきたら新しいアイデアに挑戦してみましょう。

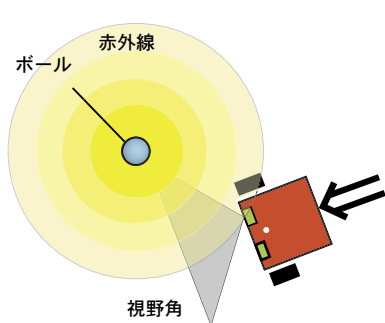
赤外線センサでボールを探す

赤外線センサは目のような働きをしません。人間なら、頭を動かしてボールを探せますが、頭にあたる部分やセンサのみを動かす機能がないロボットの場合、体全体を動かしてボールを探します。

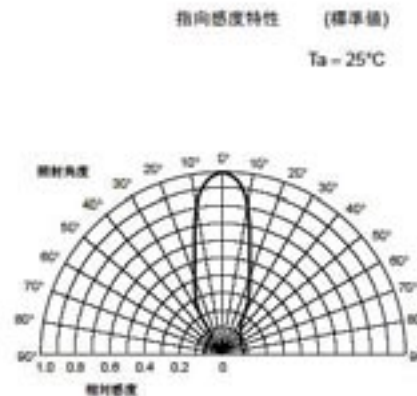


赤外線センサの取り付け方

ロボカップジュニア競技会で使われる赤外線発光ボールの赤外線到達距離は、ほぼ同心円状です。ボールの中心が一番遠い赤外線を見つけるこのできる高さです。



上からも見てみましょう。赤外線センサのフォトリンジスタ（光起電力素子）は、そのままでは視野角が広く、センサの視野角の端でボールの赤外線を感知すると、いつまでもボールに向かって進むことができません。



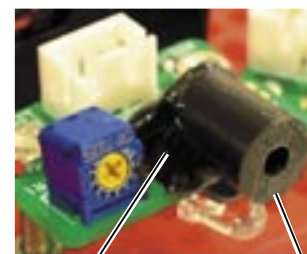
赤外線センサのカバー

このような場合は、素子に黒いパイプなどをかぶせ、指向性を強くします。

センサ素子の指向感度特性は左図のようになっています。この特性自体を変えることはできませんが、センサ前面に筒状の部品をつけることで狭い範囲だけが反応するようになります。人間の目でも筒を通して景色を見ると筒の前方以外が遮蔽され見えなくなるのと同じです。

パイプを付けると、水平方向、垂直方向にも制限を受けますので、ボールに対するセンサの位置が決まります。

パイプの長さや穴の大きさによって、赤外線に対する感度や指向性を変えることができます。カバーを取り付けたら、再度、感度の調整をしましょう。目的の赤外線源をピンポイントで感知することで、ロボットがボールを見つける性能は大幅に向上するでしょう。また、カバーには自然光からの外乱を減らす効果もあります。

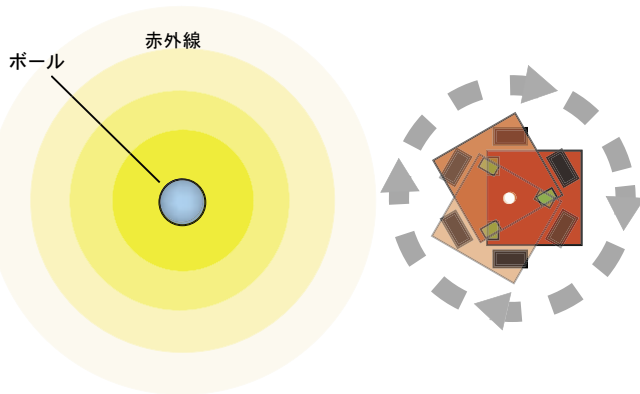
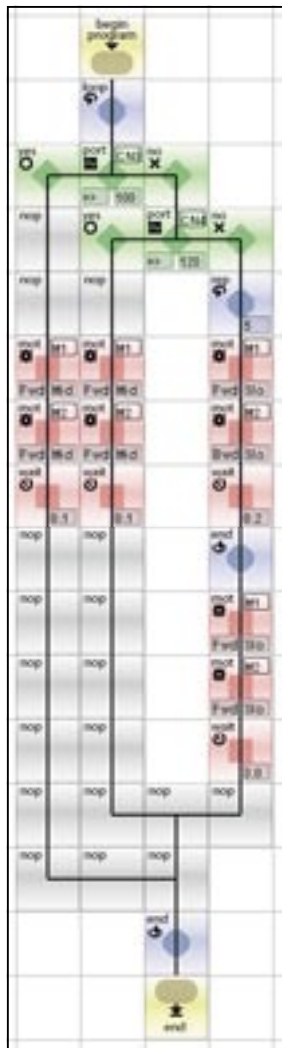


ホットボンド

黒いプラスチックのパイプを加工します。

ボールを探す動き

- ・右または、左旋回を続け、赤外線を感知したら前進。
 - ・左右に交互に体を振り、赤外線を感知したら前進。
- などが考えられます。このとき、旋回する速度が速すぎると、赤外線を感知できない場合があります。



プログラム例

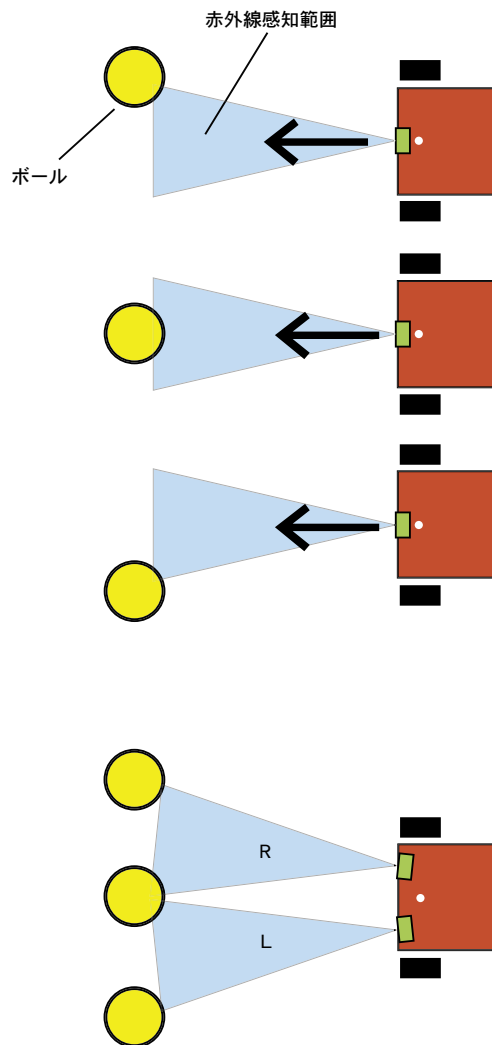
このプログラムでは、ボールを探す旋回動作を行い、ボールが見つからない場合、位置を移動してから、再度ボールを探します。ボールを発見したら前進します。

赤外線センサ(左・CN3)がボールを感知したら前進。
赤外線センサ(右・CN4)がボールを感知したら前進。
左右ともセンサが感知しなければ右旋回を5回繰り返して、3秒間前進して位置を変えます。

赤外線センサが2つあればロボットのどちら側にボールがあるかもわかります。例はどちらの場合でも単に前進するだけですが、もっとうまくボールを探す方法もあるかもしれません。目的の動作に近づけるためにいろいろ試してみましょう。

赤外線センサを2つ使用する

感知範囲の真ん中にボールがある場合、正面で捕らえることができます。しかし、もし感知範囲の端にボールがある場合、そのまま進んでもボールを正面で捉えることができません。ボールをコントロールできる確率は少ないといえます。



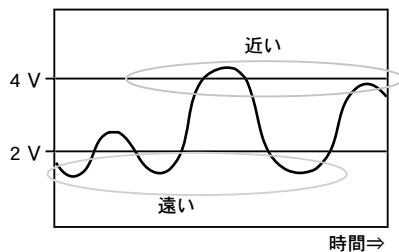
ボディの正面にボールをコントロールする仕組みを配置した場合、ロボットが確実にボールをとらえる必要があります。そのためにカバーを細くしてセンサの指向性を上げていくことも考えられますが、ボールを感知する範囲そのものが狭くなり、ボールを発見できるタイミングも少なくなってしまいます。

そこで、2つの赤外線センサを並べて使用することで、感知範囲が広くなると同時にボールに対するロボットの方向を決めやすくなります。たとえば右、左のセンサそれぞれどちらかが感知した場合は反応したセンサの方向に曲がるようにし、ボールが正面にくるように補正しながら前進します。

さらに、両方のセンサが反応した場合のみ前進する、といったプログラムが考えられます。この場合、左右の赤外線センサの取り付け角度の調整でボールに反応する距離などが変わってくるでしょう。



赤外線センサ出力電圧グラフ

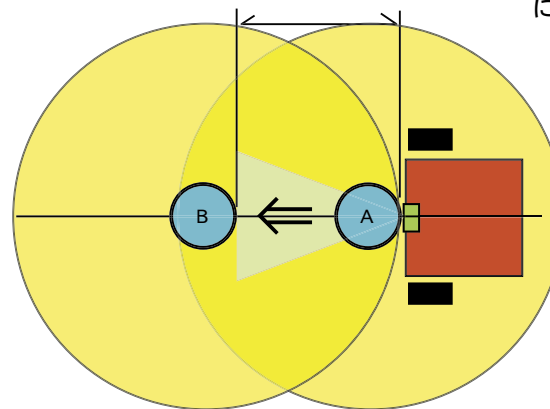
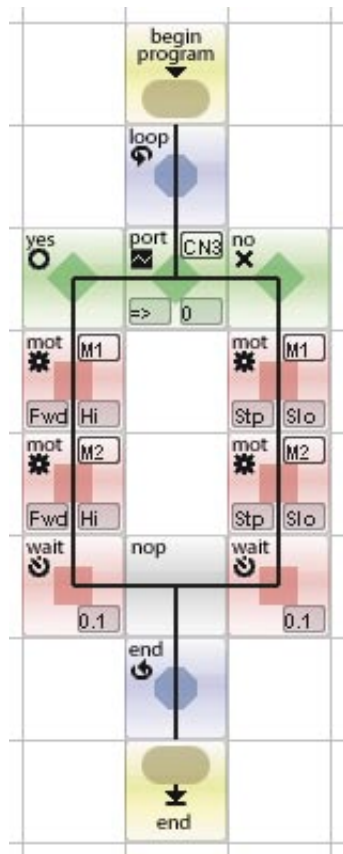


ボールを使った赤外線センサの調整方法
 アナログ赤外線センサの電圧出力は、赤外線発光ボールが近いほど電圧が上がリ、離れると電圧が下がります。電圧がある一定以上か以下かを判断してロボットは次の動きを決めます。この境目になる数値を「しきい値（閾値）」（プロパティの Value Numeric）といいます。しかし本当に適切な「しきい値」はいろいろな誤差のために計算だけでは設定できません。そこでアナログポートタイトルにおおまかな「しきい値」を入力してから、センサの感度調整ボリュームを調整し、目的の状態に設定します。

「しきい値」調整プログラム

アナログポートタイトルの Value Numeric を「100」、Operator Type を「=>」にセットします。アナログポートタイトルの条件分岐が「yes」のときは前進し、「no」のときはストップします。

調整プログラムをダウンロードし、赤外線センサの感度調整ボリュームを左に回し切って感度を最大にした状態でロボットを動作させると、自然光に反応して前進します。



感度調整ボリュームを少しずつ右に回して感度を下げ、モータが止まる位置に調整します。

ボールをセンサのすぐ前（下図 A）に置き、モータが動いて前進することを確認します。

ボールをセンサから徐々に離して、モータが止まることを確認します。ここまでの距離が、赤外線が強さが「しきい値」100 未満になるボールの位置の範囲です。

もう一度モータが動き出すところまでボールを近づけます（下図 B）。センサが反応したので、「しきい値」が 100 以上になったということです。

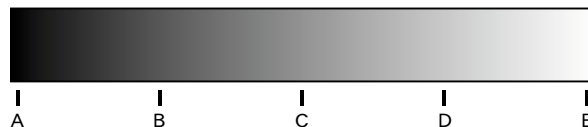
B の位置で目的の動作になっている場合は、「しきい値」を変更する必要はありません。反応する距離を近づける場合は「しきい値」を 100 よりも高く、遠くする場合は 100 よりも低く設定します。

「しきい値」100 は、センサ出力電圧の実測値が約 2 V 程度の状態になります。

赤外線センサを使った位置の認識

ロボカップジュニアのサッカー競技フィールドは、床面がグレースケール（黒から白へ少しずつ濃さを変えて印刷された紙）になっています。黒がもっとも赤外線を吸収し、黒の量が少なくなるほど赤外線の反射量が多くなります。黒色→灰色→白色へ向かうほど、赤外線センサから出力される電圧の値は大きくなります。この床面の明るさの変化を利用してロボットが今いる位置を認識させてみましょう。

グレースケール



赤外線センサに赤外線発光 LED を取り付けて、照射した赤外線の反射を拾うアクティブ方式にします。アクティブ化した赤外線センサをアナログポートで使用すると、センサの LED から照射した赤外線の反射量の変化を電圧の変化としてコントローラへ送ります。センサをロボットに下向きに取り付け、任意の位置の出力電圧を測定してみましょう（例えば図の A～E）。そして、この電圧をもとに「しきい（閾）値」を考えます。

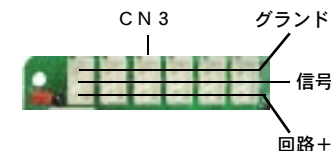
追加した赤外線発光 LED は横や上に赤外線が漏れないようにカバーをつけ、床向きにします。赤外線を他のロボットの赤外線センサが感知しないように工夫しましょう。

センサの出力電圧の測定

ポートの信号端子に赤いテスター棒、グランドに黒いテスター棒をあて、測定してみましょう。



各ポートの回路電圧及び信号電圧の測定



回路の電圧は約 5 V ボルトです。実際に測定すると電子部品、テスタなどの精度のばらつきから若干の誤差があり、5V 前後の数値になります。赤外線センサは電源として供給される回路電圧以上の電圧は出力しない設計ですので、赤外線の強さに応じて出力する電圧の変化の幅は、0 V～約 5 V の範囲になります。

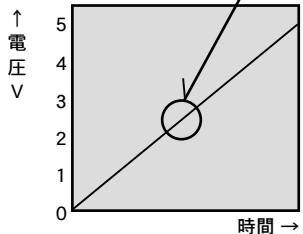
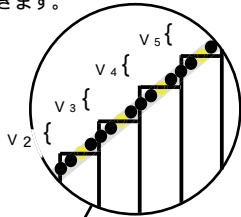
コントローラは、この電圧値の変化の幅を 0～255 の数値に置き換えて様々なプログラムの処理に使います。0 V は 0（光を感知していないときの電圧）
5 V は 255（明るさが飽和しているときの電圧）
になります。

このようなアナログからデジタルへの置き換えを AD 変換といいます。



アナログの電圧変化は、連続した「点」で表すことができます。

$$V_2 = V_3 = V_4 = V_5 = \frac{x}{255} V$$



「しきい値」の設定

図のグラフは黒い場所から白い場所へ一定のスピードで移動した場合の電圧の変化です。

この電圧変化をコントローラのポートにアナログ入力したとき、プログラムでは、0V～約5Vを255分割した段階として使いますから、図の黄色の点の部分の電圧値も「0～255段階の何段階めか」で判別します。

例えば、測定した電圧が3Vの場合、デジタル値(y)はいくつになるでしょうか？

$$y = \frac{3(V) \times 255}{5(V)} = 153$$

計算すると153となります。この値をプログラムで条件分岐に利用するとき、「しきい(閾)値」と言います。実際にはロボットのほんの少しの動きでセンサの出力は変化します。細かい値の変動にプログラムが影響されないようにするには、測定した値ぴったりよりも少し上か下で「しきい値」を設定することになるでしょう。たとえば値が153ならば150や160など少しの余裕をもたせます。

TiCollaでプログラムする場合は、フィールドを仮想的に適当な数のエリアに分割し、測定した電圧をそれぞれのエリアごとに平均することで、条件分岐を単純化すると考えやすいでしょう。

環境光とセンサ感度の関係

赤外線センサには感度調整用のボリュームがあります。赤外線センサ自身の感度設定とセンサの置かれる環境の光線状態の両方によって、出力電圧のグラフ全体が上下します。ですから、プログラムである「しきい値」を設定していても、ロボットを動かす場所が変わると適切な値ではなくなることがあります。そうした場合、プログラムで「しきい値」を再設定する以外にもセンサの感度調整用ボリュームを使って環境にあわせることもできます。しかし、両方を同時に調整して、最適な状態を見つけ出すのは難しいです。基本的にはボリュームを固定した状態で「しきい値」によって調整し、微調整をボリュームで行うのがよいでしょう。

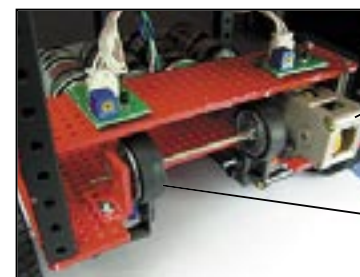
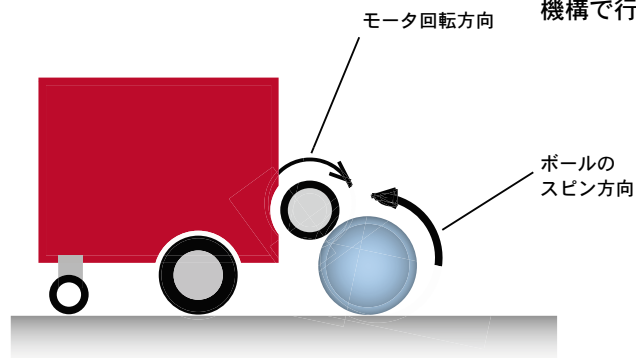
ボールをコントロールする機構

ボールをドリブルする機構

～ドリブラー

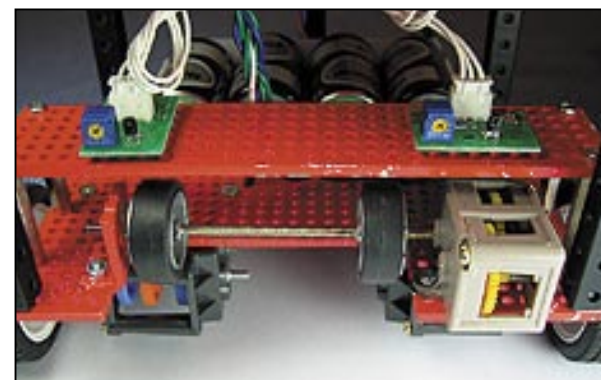
サッカーの醍醐味の一つには、ボールを自由に操って相手を抜いて行くドリブルの技があります。ロボットでサッカーをしようとする、これまではビリヤードのようにボールをただ突いて行くだけという方法が一般的でした。これはロボカップで研究をする研究者たちも同じ悩みを持っていました。そんな中、ロボカップの小型機リーグで、タイヤ部品の摩擦を使ってボールに強いバックスピンをかけることで、あたかもボールをドリブルするようにコントロールする方法が考案されて、またたく間に広がりました。この機構を〈ドリブラー〉と呼んでいます。ロボカップジュニアでも、専門家のアイデアを真似して自分たちが使えるパーツを使ってドリブラーを実現しています。

ドリブラーには、少なくとももう1つモータ（第3モータ）を使うことになります。モータの回転方向まで制御できると、ドリブルとシュートの両方を1つの機構で行うことができます。



第3モータ

タイヤ付ホイール2コを使ってボールに直接回転を与えます。





シュート機構

ボールをキックする機構

ロボットがボールを見つけたときに、前進してボールを前に押すだけでなく、人間が足できるように、ロボットでもキックすることができないでしょうか？

たとえば、足のかわりに棒がついたロータを作り、もうひとつのモータ（第3モータ）で回転させてボールをキックするように弾きます。

最近のロボカップの中型機リーグではレバーのような機構でボールを蹴り上げるロボットも現れています。

写真のロータはユニバーサルピラーとネジを切ってある棒材などを使って作ることができます。

モータ付きギアボックス、タイヤ付きホイールはホビーショップや玩具店などで、スン切り全ネジバー（全長にネジが切ってある金属の棒材）、ナイロンナット、ゴムチューブはホームセンターや電子パーツ店などで販売されています。その他にもいろいろな材料で工夫してみましょう。

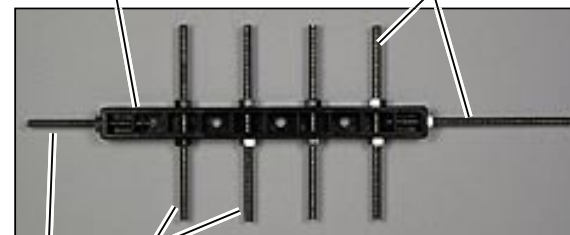
競技によって、ルール上の材料制限があります。必ず競技の公式ホームページ等でルールを確認して製作しましょう。

キック用ロータ

第3モータ

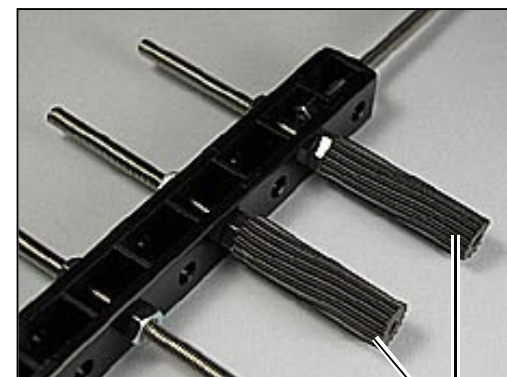
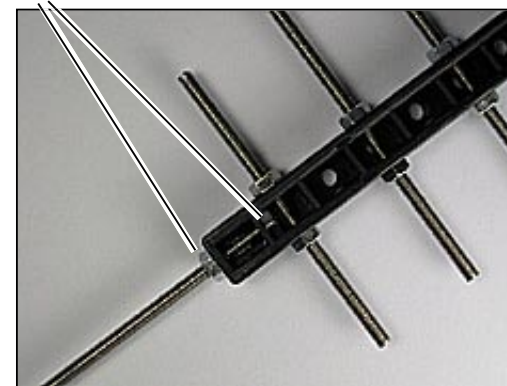


ユニバーサルピラー M3 スン切り全ネジバー

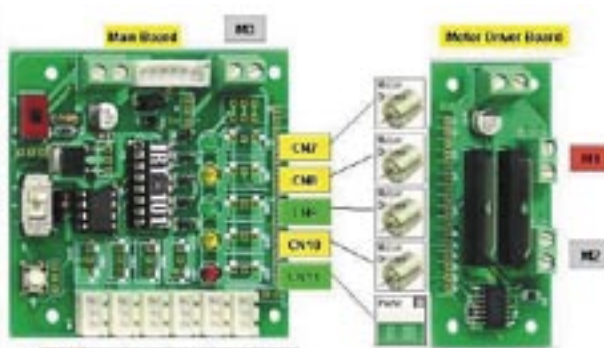


約 4 cm 各約 6 cm

ナットでゆるみなく締め付けます。ギアの出力軸に固定する部分は、ナイロンナットを使うとしっかり固定できます。



ボールを傷めないようゴムチューブなどを取り付けます。



第3モータの使い方
 ドリブルやキックする機構は第3モータで動かします。
 第3モータは回転のON/OFFのみを制御できます。
 ・モータの正反転コントロール
 ・モータの速度コントロールはできませんのでご注意ください。

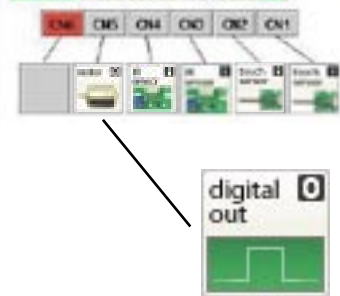
コントローラのジャンパー設定
 ジャンパーJ4のジャンパーソケットをA側にします。

ハードウェア設定
 TiCollaのハードウェア設定ウィンドウでポートCN5を第3モータ用に設定します。

CN5にデジタル出力タイルをドラッグ&ドロップすると、プロパティが表示されます。

プロパティのkindでUn-useをクリックしてMOTOR Outputを選択します。

第3モータ設定のアイコンが表示されます。



Key	Value
Name	CN5
Kind	Un-use
Direction	
Pullup	

Key	Value
Name	CN5
Kind	Un-use
Direction	Un-use
Pullup	Digital Output
	MOTOR Output
	Digital Input
	Touch Sensor



第3モータをプログラムで動かす
 第3モータを動作させるにはポート出力タイルを使用します。

Key	Value
Name	.PortControlTileCompo...
Kind	CN5-MOTOR Output
Output	Low

プログラムウィンドウ上で port タイルをクリックするとプロパティが表示されます。

Key	Value
Name	.PortControlTileCompo...
Kind	CN5-MOTOR Output
Output	Low
	Low
	High

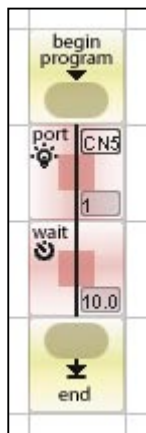
OutputのLowまたはHighを選択します。
 Low = 電流 OFF, High = 電流 ON になります。



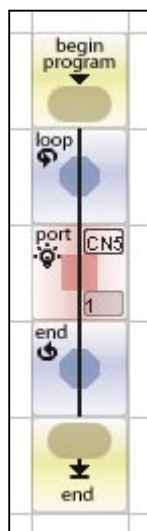
タイルには Low = 0, High = 1 で設定した状態が表示されます。

プログラム例

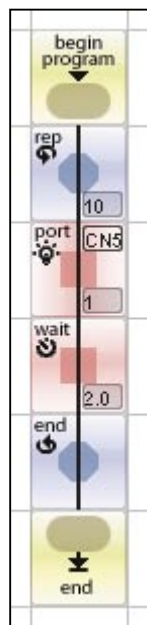
第3モータを10秒間まわします



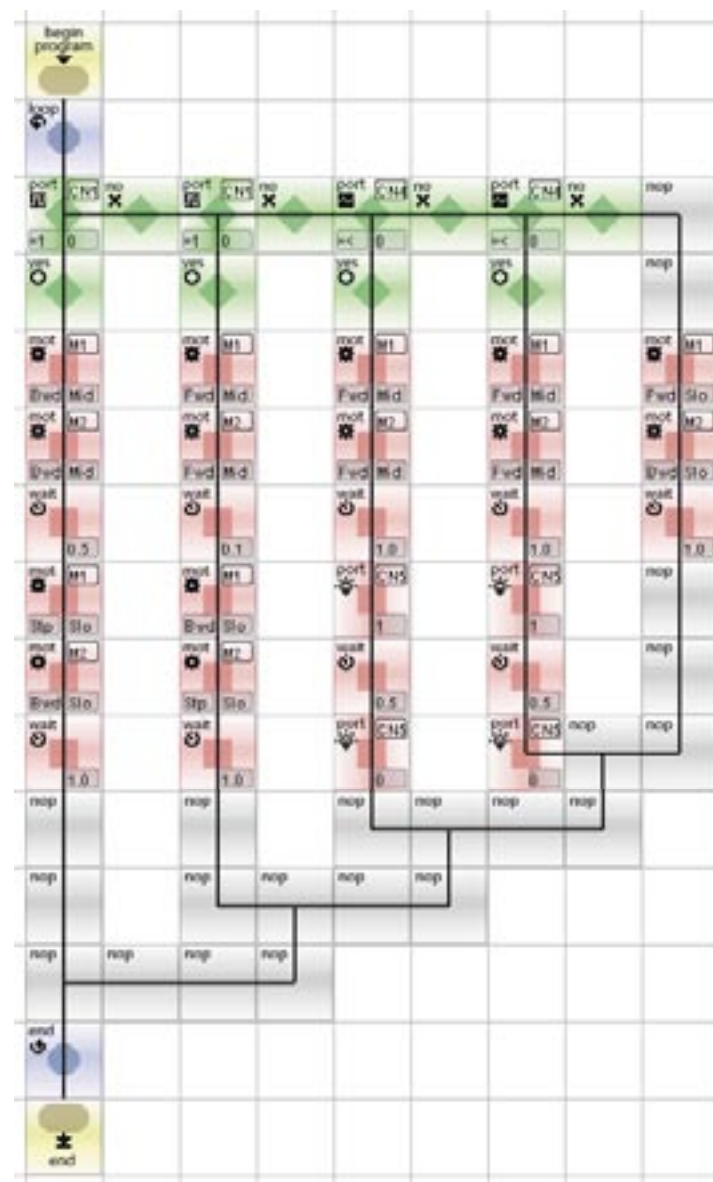
スイッチを切るまで回り続けます。



2秒間モータを回す動作を
10回繰り返します。



タッチセンサ、赤外線センサ、第3モータ(ドリブル)を組み合わせたプログラム

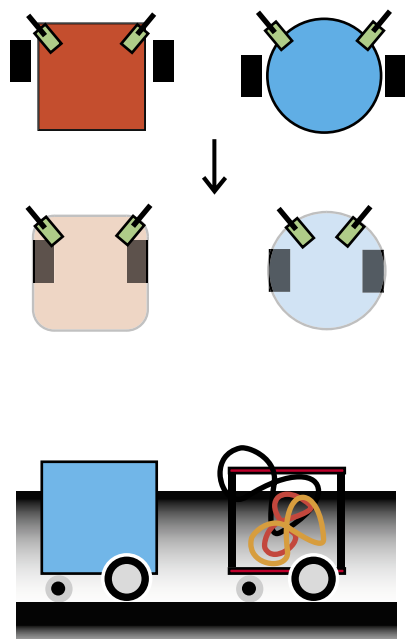




ボディの形

ロボットのボディの形状

人間のサッカーにボディチェックがあるのと同じように、ロボカップジュニアのサッカー競技会にもロボットの形状についての制限とチェックがあります。相手ロボットや壁などの障害物への衝突した時に、身動きができなくなるスタックの状態を起こしやすい形や処理は車検で修正を求められることがあります。スタックを避けるためには、ロボットのボディの形が重要になります。



たとえセンサによって障害物を回避する動作をプログラムしていたとしても、引っかかりやすい突起部などは他のロボットとからみあったりする原因となりがちです。障害物に引っかかる要素は、できるだけ少ない方がスタックする可能性が低くなるでしょう。

配線などが引っ掛からないようにボディを覆うことでスタックや、故障の可能性が少なくなるでしょう。

ロボット競技には出場できるロボットの大きさや重さ、使用できる材料、材質といったルール上の制限があります。必ずそれぞれの競技の公式ホームページなどで確認して下さい。

また、ルールの制限にかかわらず、フェアなロボットになるよう心がけましょう。



サポート情報

ジャパンロボテック カスタマーセンター

メール info@japan-robotech.com
電話 092-283-6270 (受付時間 AM10:00 ~ PM17:00)
ファックス 092-283-6271

第1版(1.00) 平成16年9月20日

発行

株式会社 JAPAN ROBOTECH

〒812-0025 福岡市博多区店屋町4番18号 冷泉ビル33号

R&D CENTER

〒812-0027 福岡市博多区下川端町3-1 リバレインビルB2 ロボスクエア内

<http://www.japan-robotech.com/>

本書の無断での複製/複写、転載を禁止します。

© JAPAN ROBOTECH LTD. All Rights Reserved.