

汎用箱型ゆるふわロボ 開発キット

組み立てガイド

GPRX-02C



製作：双葉数理技術



本資料に関して

このロボットはある程度組み立てられた状態で出荷されますが、追加での組み立てが必要です。本資料ではロボットの組み立ての方法や注意点などについて説明をしています

- 組み立てガイド【本体の仮組み手順】
- 組み立てガイド【サーボの組み込み手順】
- 組み立てガイド【注意点】
- 作例紹介
- パーツ活用ガイド
- パーツ購入ガイド

※ 本資料において説明に齟齬がないと思われる部分について、GPRX-01 の写真を流用している部分があります

なお、この開発キットでは、基本的に次の手順での組み立てをお勧めしています

1. 仮組み

胴体や頭部など、バラバラのパーツを組み合わせて、空の状態のロボットを組み上げます。空の状態のロボットを組み上げることで、ロボットの組み立て（分解）に慣れるのが目的です。

2. Raspberry Pi や M5 Atom のセットアップ

次に、Raspberry や M5 Atom などのセットアップを進めて下さい。具体的な手順は、利用したいハードウェアにより異なるため本資料では省略します。ブログ等でわかりやすく解説されている方も多いので、ぜひそちらを参照して下さい。本体に搭載する前に、セットアップを済ませておくのがお勧めです。

3. サーボモーターのセットアップ

サーボモーターをロボットに組み込む前に、サーボドライバーとの接続を行い、予めサーボモーターの動き等について確認して下さい（超重要！）。サーボホーンの角度調整なども、この段階で行います。

4. Raspberry Pi や M5 Atom、サーボドライバー等の組み込み

Raspberry Pi や M5 Atom、サーボドライバー等をロボットの筐体に組み込んで下さい。

5. サーボドライバーとサーボモーターの組み込み

最後に、サーボをロボットに組み込みます。組み込みたい場所のダミーサーボを本物と置き換えて下さい。

組み立てガイド

【本体の仮組み手順】

必要な工具等

基本的にはドライバーがあれば組み立てられますが、以下の道具があると便利です

- ラジオペンチ（奥まった場所にネジを差し込むときに便利）
- キリ（穴の大きさを微調整したりするときに使う）
- ヤスリ（穴の部分の凸凹をきれいにするときに便利）

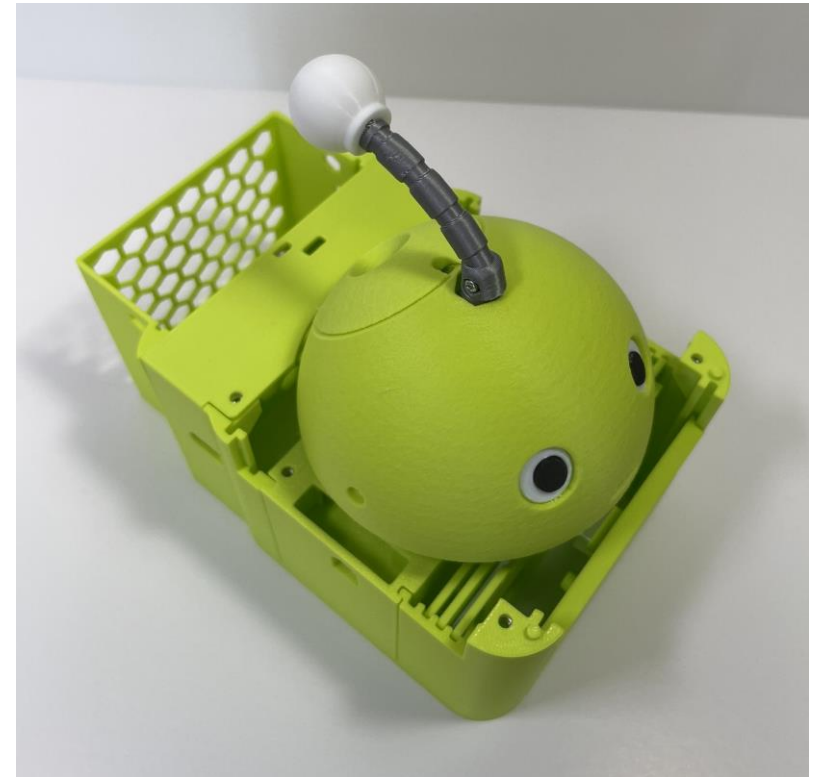
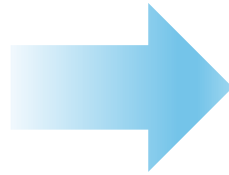
※ 付属の六角レンチは黒いネジを回すときに使います

R のついているものが便利！



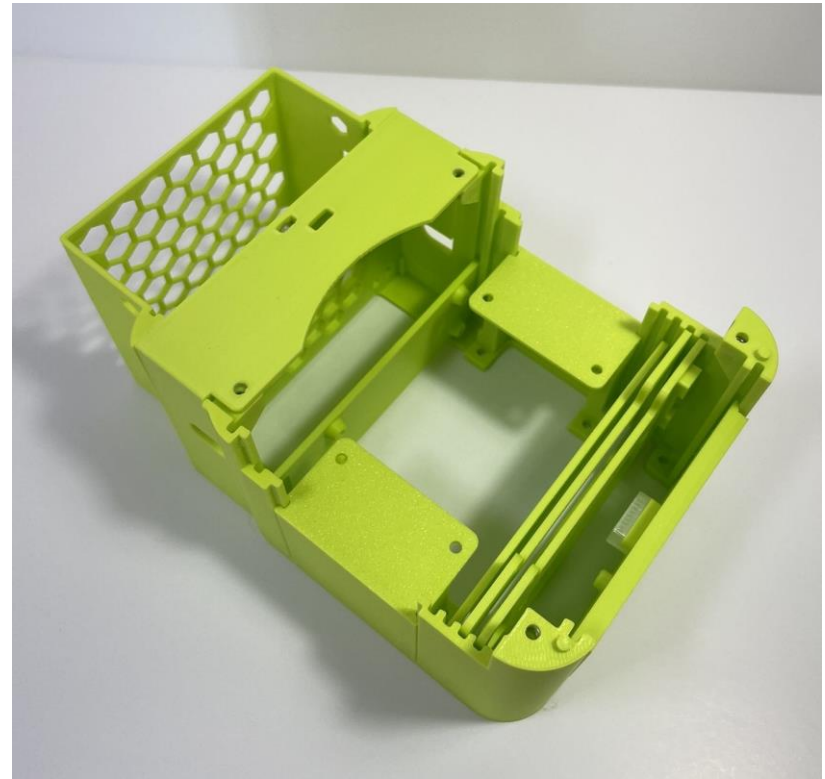
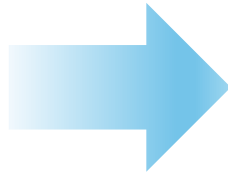
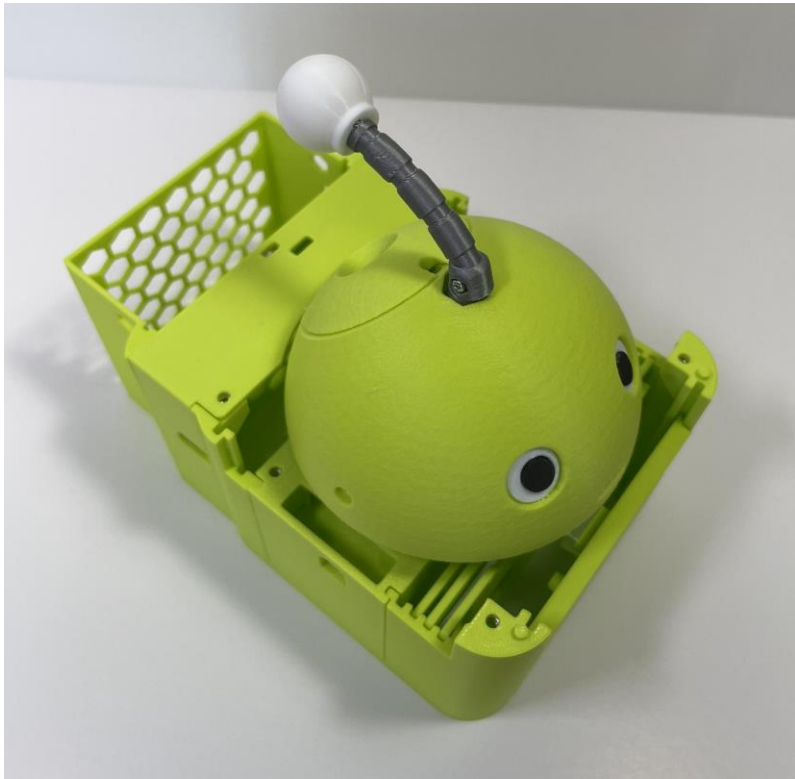
トップパネルの取り外し

まずは4本のネジを外して、トップパネルを外します



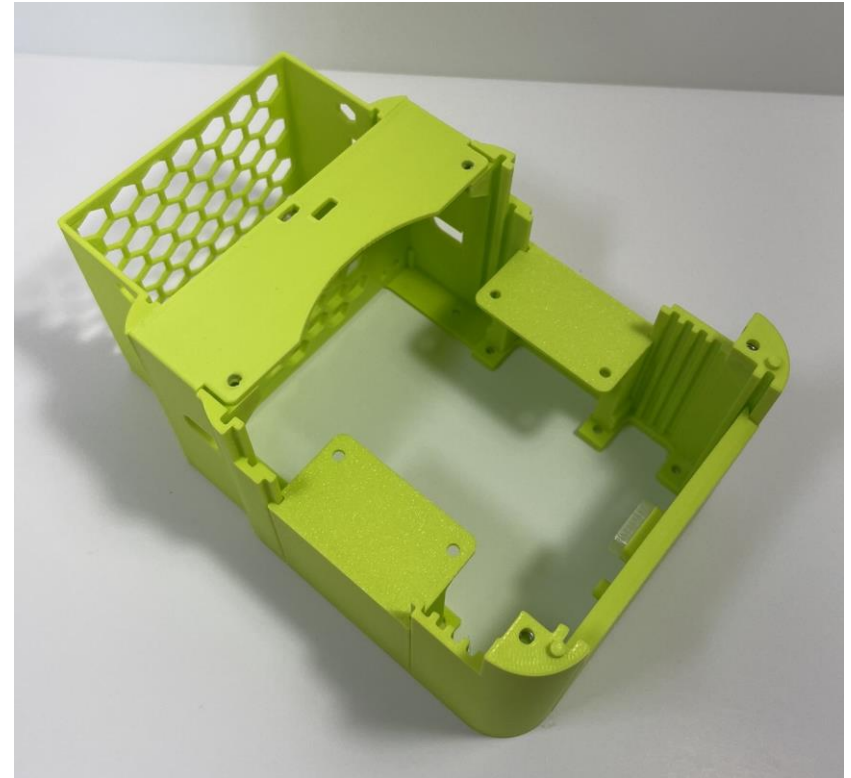
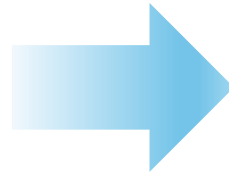
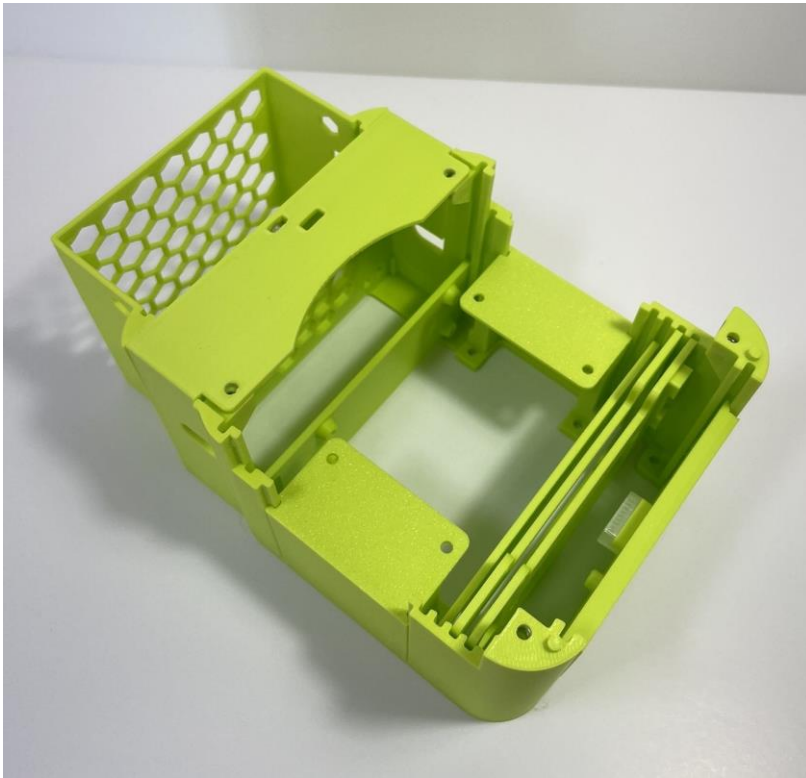
頭部と肩の部分の取り外し

肩の部分をつんで、ゆっくりと持ち上げ、頭部と肩を外します



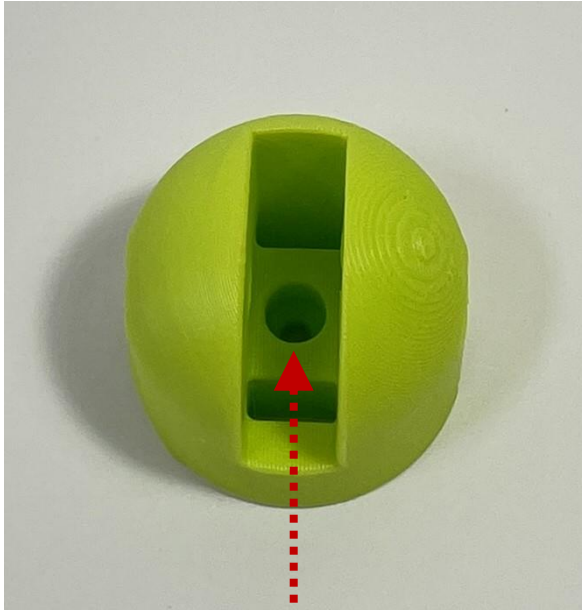
内部プレートの取り外し

輸送のために仮にはめ込んであったプレート群を一旦取り外しておきます

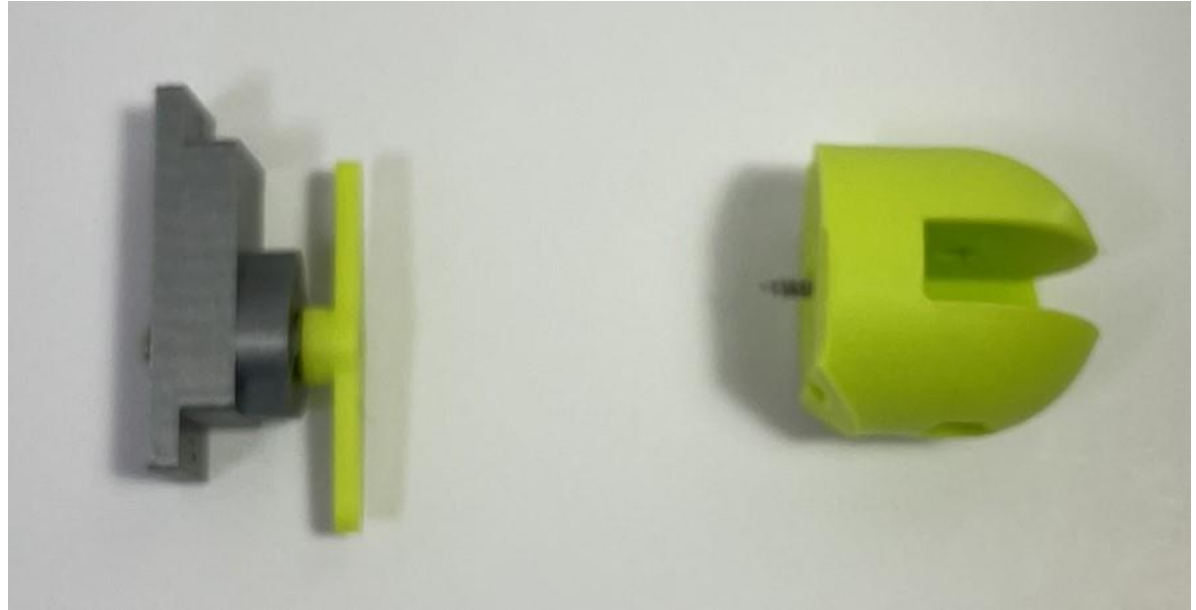


肩パーツの組み立て

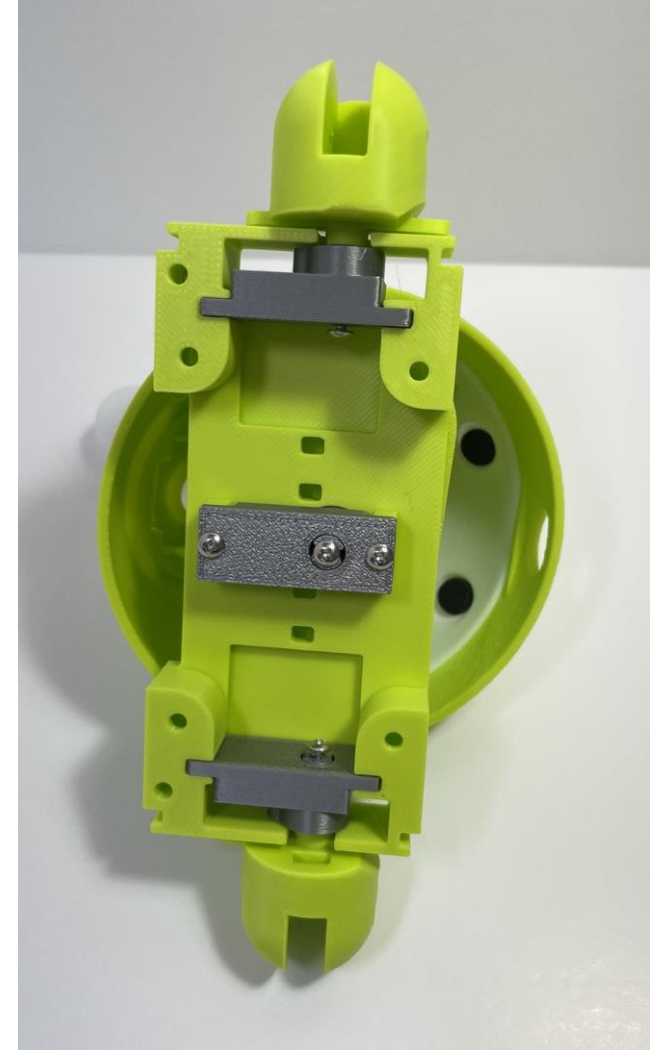
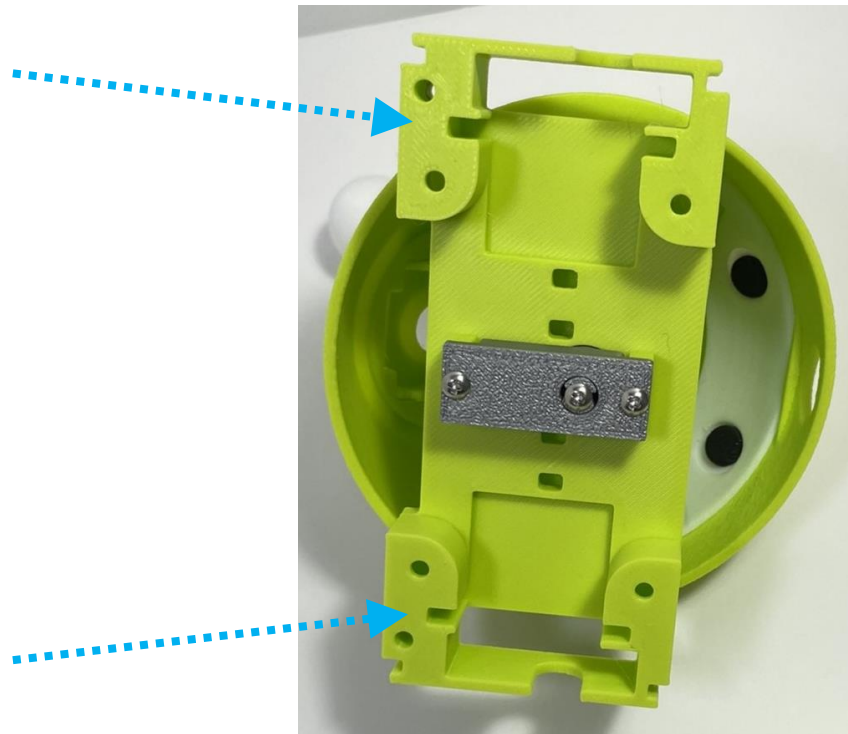
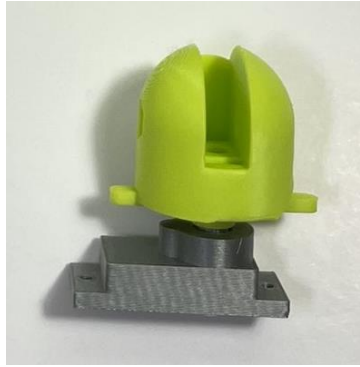
肩パーツの穴の部分にピンセット等でネジを置き、ドライバーを使ってサーボへ固定します



この穴の部分にネジを置く

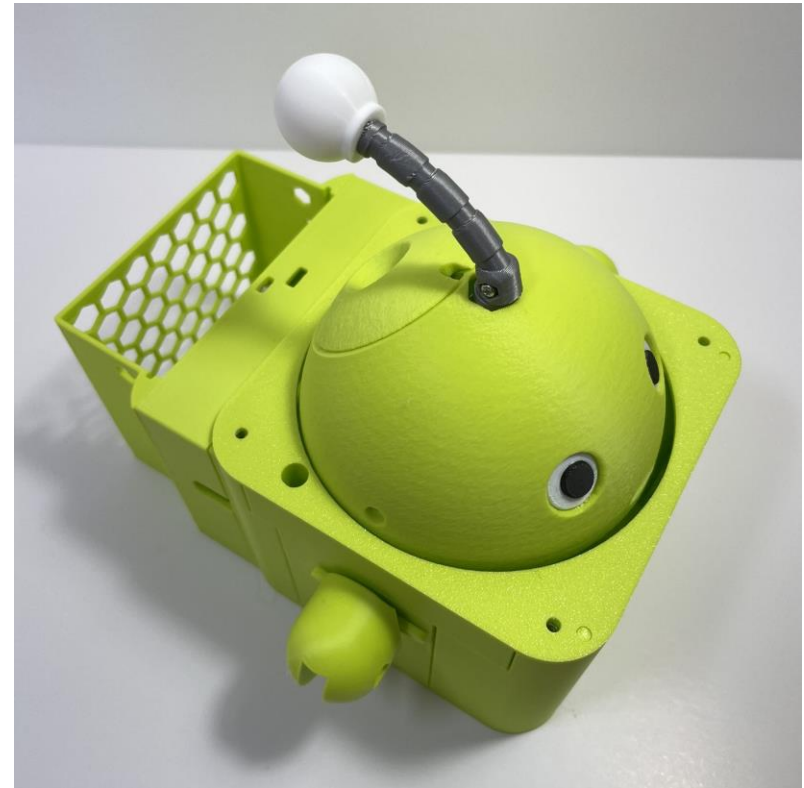
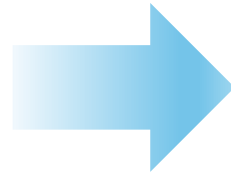
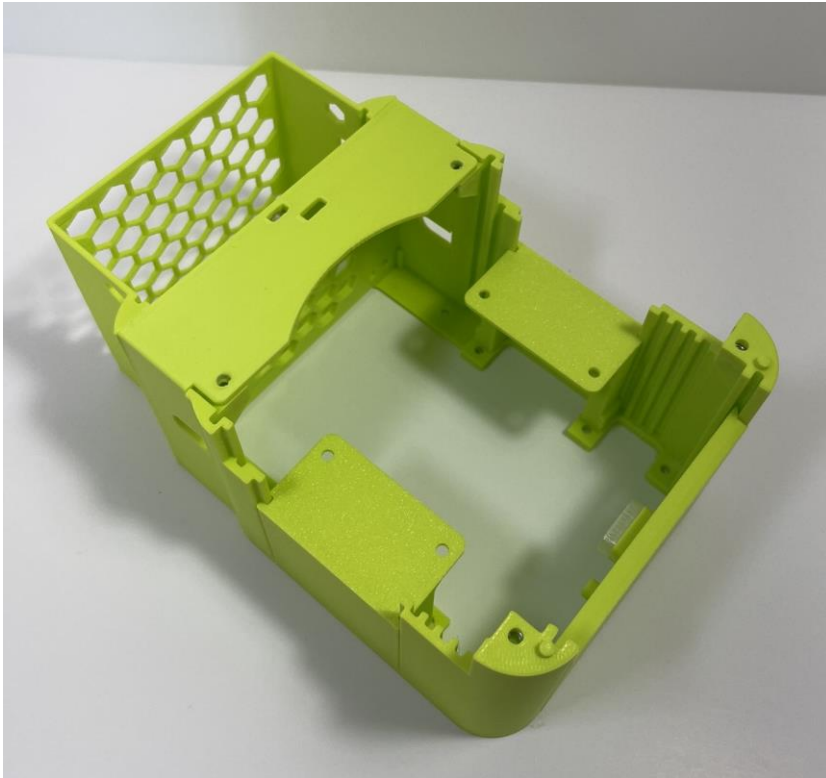


肩パーツのはめ込み



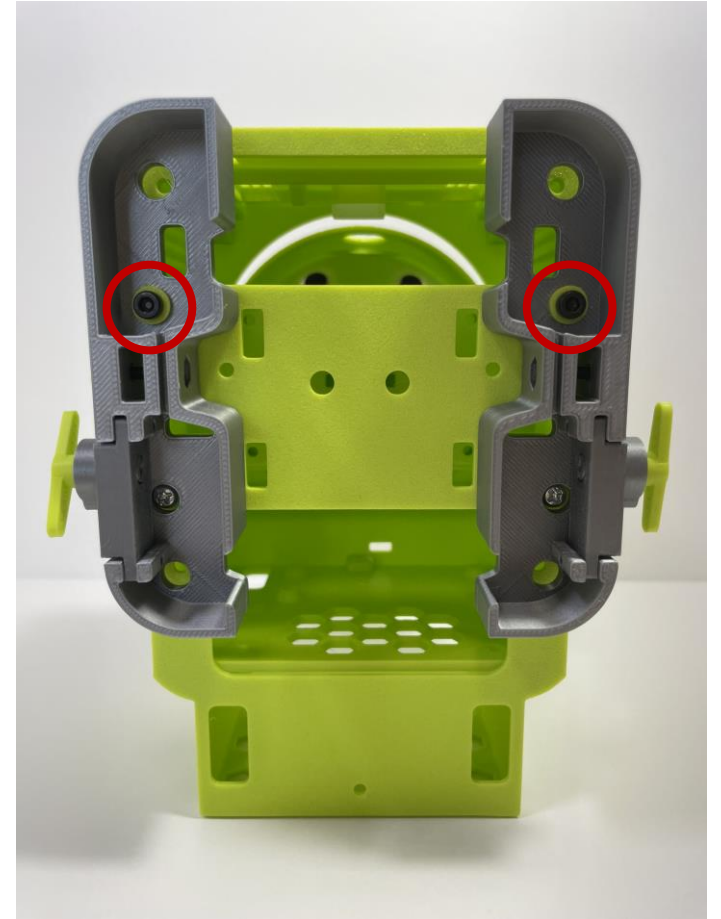
頭部と肩の取り付け

サーボが外れないように注意しながら、本体へはめ込み、トップパネルを再度取り付けます



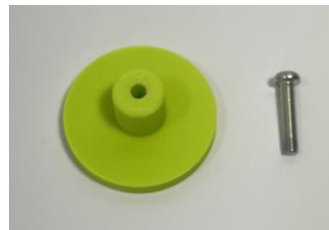
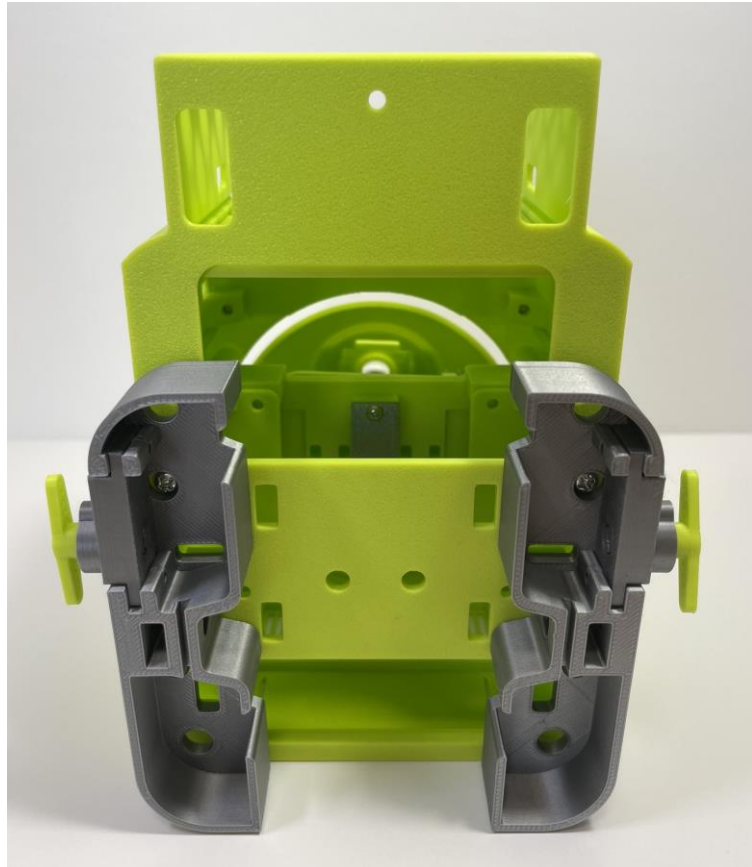
脚部の取り付け

黒いネジを使って、脚部パーツを固定します



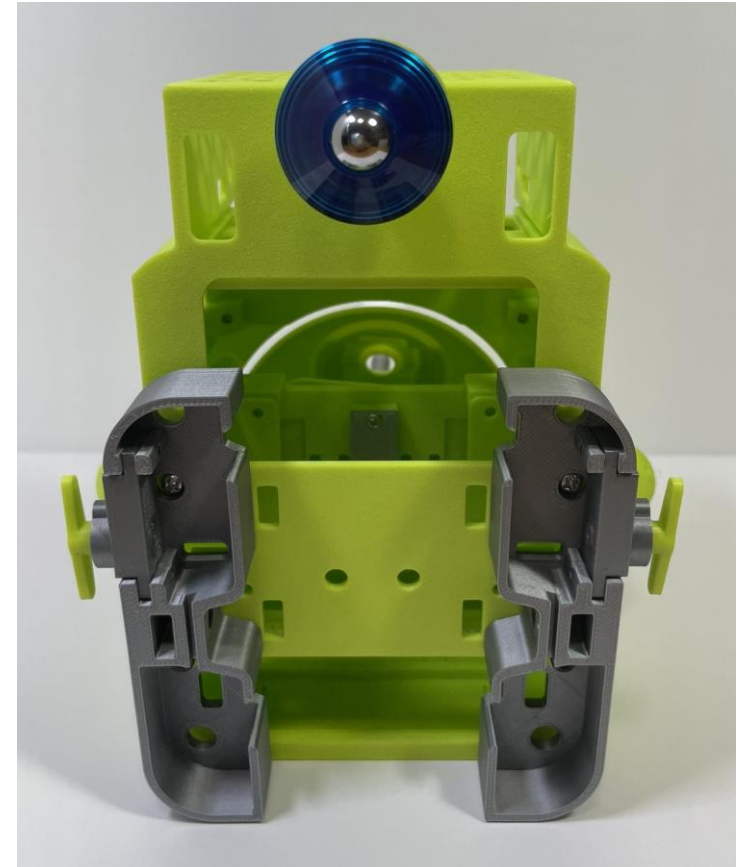
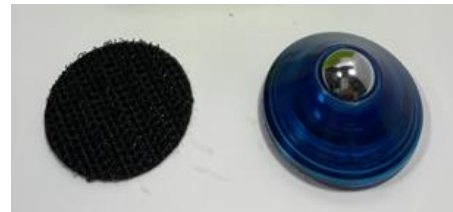
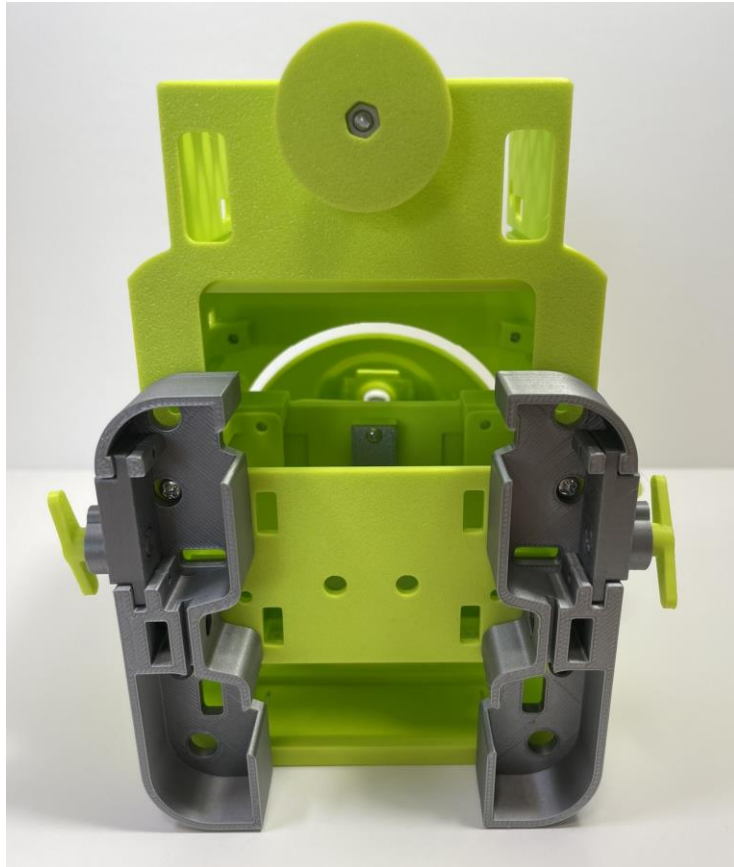
ボールキャスターの取り付け

まず、ボールキャスターの取り付け部品をネジ止めします



ボールキャスターの取り付け

付属のマジックテープを貼り付け、その後でボールキャスターを取り付けます



腕部の取り付け

黒いネジで腕部を固定します。ナットは裏側からドライバーの先端等で六角形の窪みへ押し込みます。



タイヤの取り付け（後回しでもOK）

付属のダミータイヤは、M2 のネジで簡単に止めることができます



ネジで固定

ダミータイヤには、ゴムが付いていないため、フローリング等の床ではとてもよく滑ります。固定して設置する見守りロボットなど主にタイヤを動かさない場合の仮のタイヤとして考えて下さい



輪ゴム等を巻き付けると、多少滑りにくくなりますが、外れやすいです。

あくまで仮のタイヤですので、走行用には FEETECH FS90R-W 等をご検討下さい。

タイヤの取り付け（後回しでもOK）

タイヤとしては、別途タミヤ製のタイヤパーツを購入して、取り付けることもできます



右は、タミヤ 楽しい工作シリーズ No.194 のピンスパイクタイヤを装着した例です。他にも、No.111 や No.145 が装着可能です

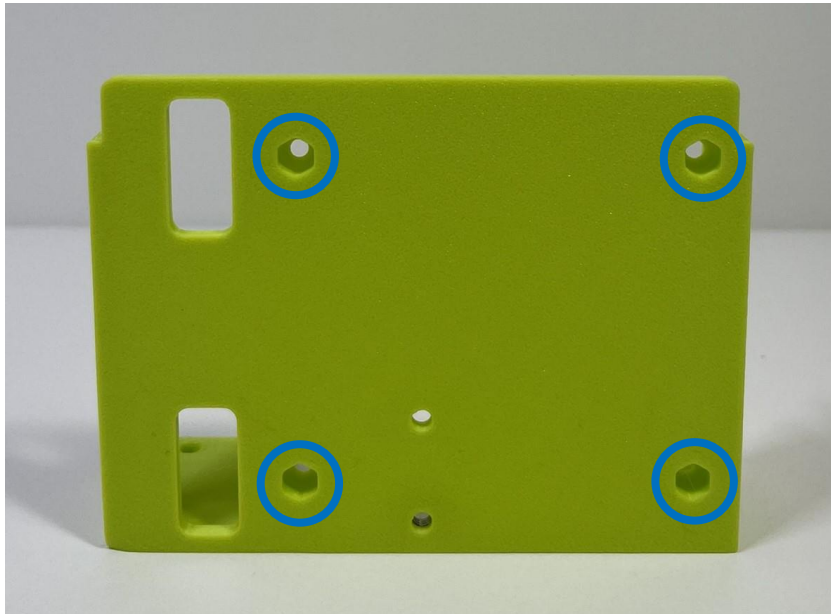
組み立てガイド

【 Raspberry Pi の取り付け 】

Raspberry Pi の取り付け

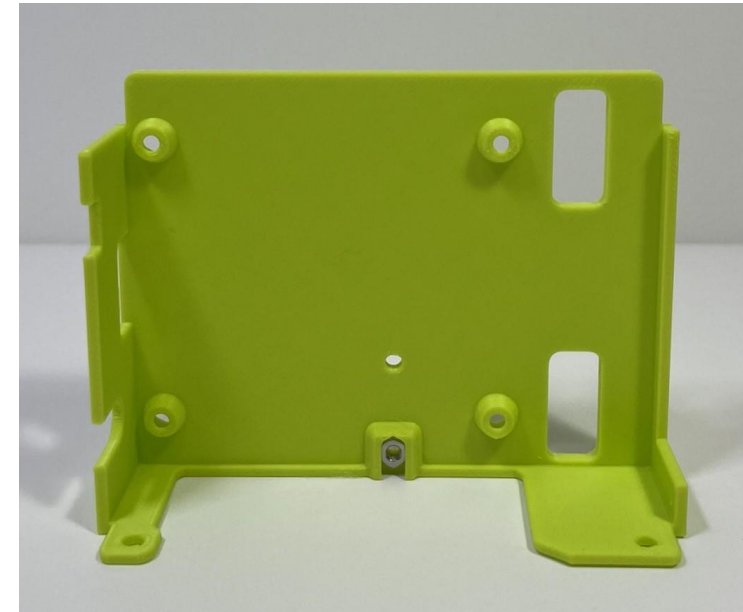
Raspberry Pi 5 などのフルサイズの Raspberry Pi は、Raspberry Pi 専用トレイに取り付けます

Raspberry Pi 専用トレイ【裏側】



六角形の窪みにナットを押し込み

Raspberry Pi 専用トレイ【表側】



反対側から Raspberry Pi をネジ止めします

Raspberry Pi の取り付け

トップパネルを外して、トレイを Raspberry Pi を搭載したトレイと交換して下さい



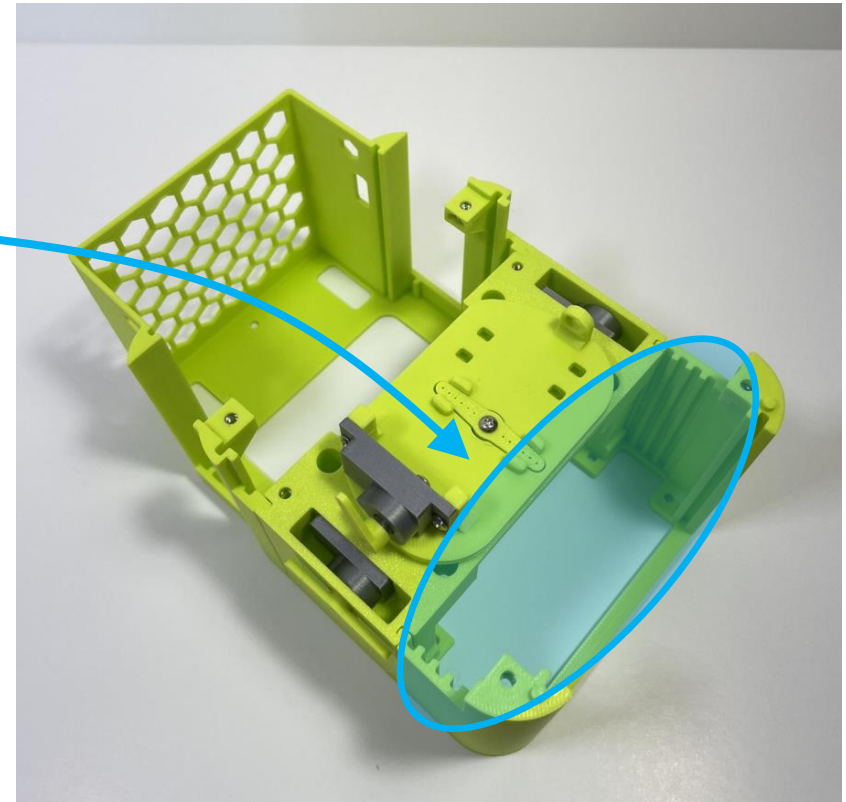
トレイを上引き抜く

Raspberry Pi Zero 等の取り付け

Raspberry Pi Zero の場合は、専用マウントに取り付け、筐体前方のスロットに差し込みます



Raspberry Pi をマウントに固定して
胴体の前面部分にスロットインします

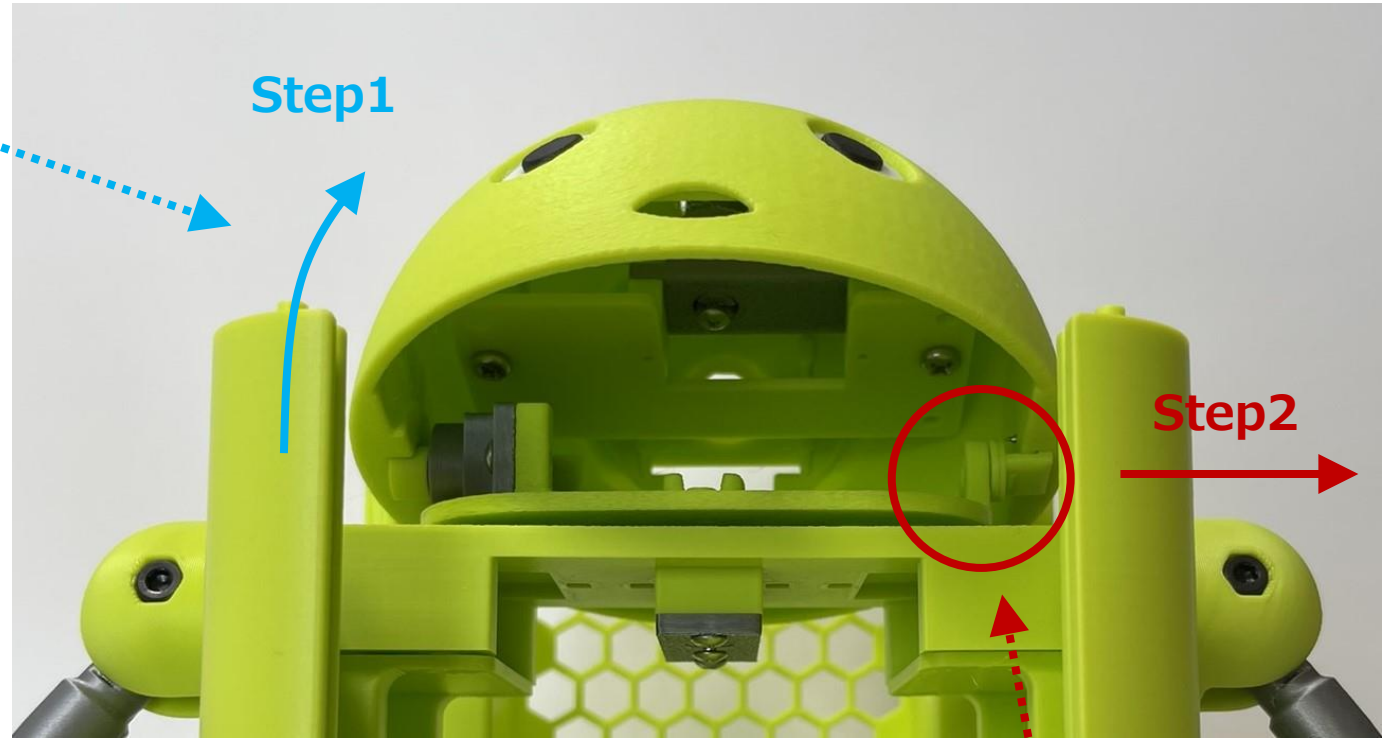


※ Raspberry Pi 3 model A+ の場合も同様に取り付けることができます（マウントの形が少し異なります）

頭部の取り外し

前面にラズパイを設置する場合には、一旦頭部を取り外す必要があります

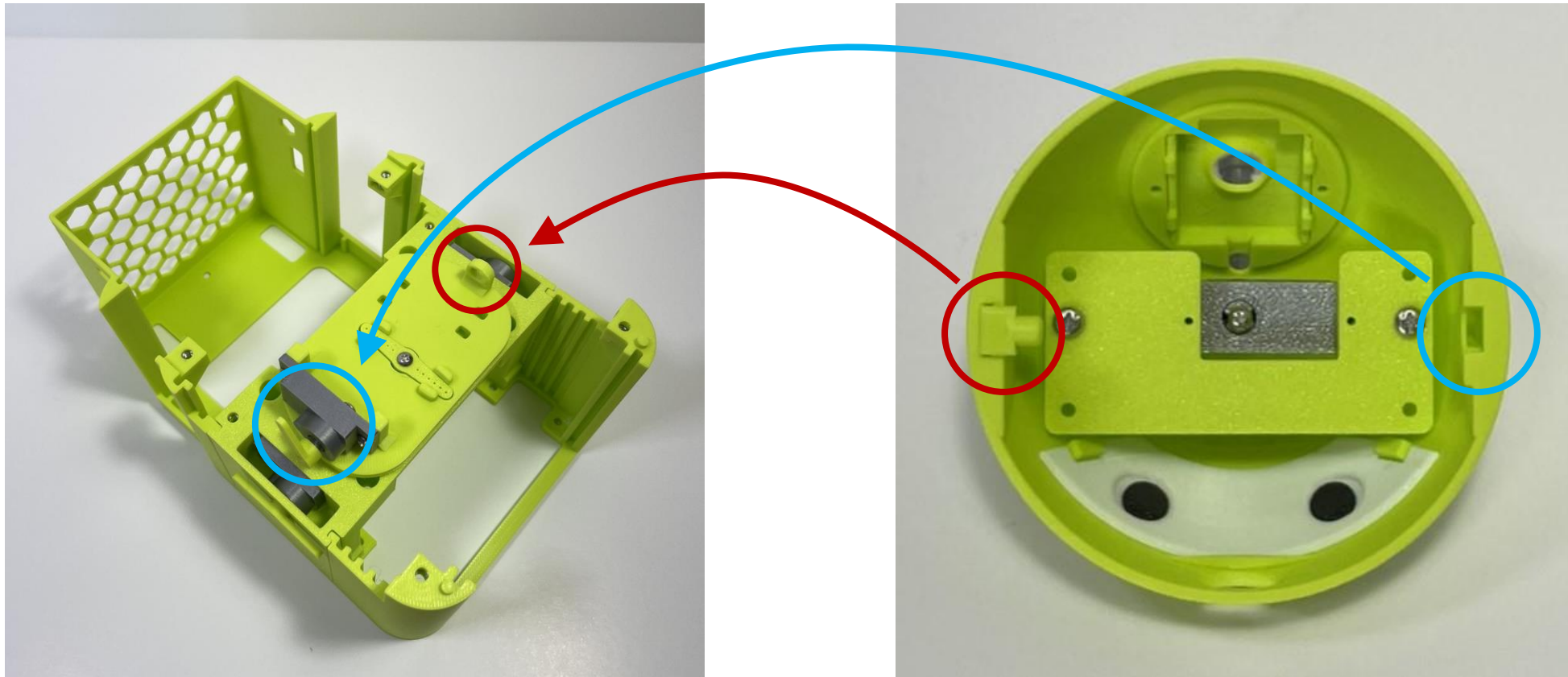
頭部のサーボホーンが差し込んである側をそっと上に持ち上げます



サーボホーンが抜けたら、頭部を横にスライドして軸を外します

頭部の取り付け

取り付ける際は、取り外しの逆の手順で回転軸をはめてから、サーボホーンを頭部に差し込みます



組み立てガイド

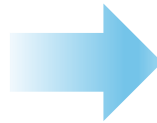
【多機能トレーの取り付け】

多機能トレー

Raspberry Pi 専用トレーの代わりに、多機能トレーを搭載することができます



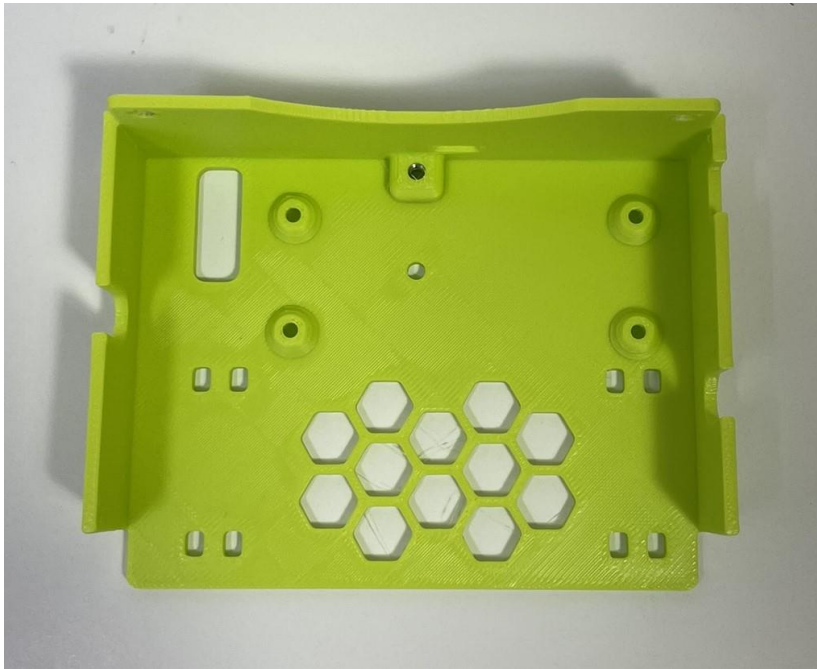
パーツ交換前



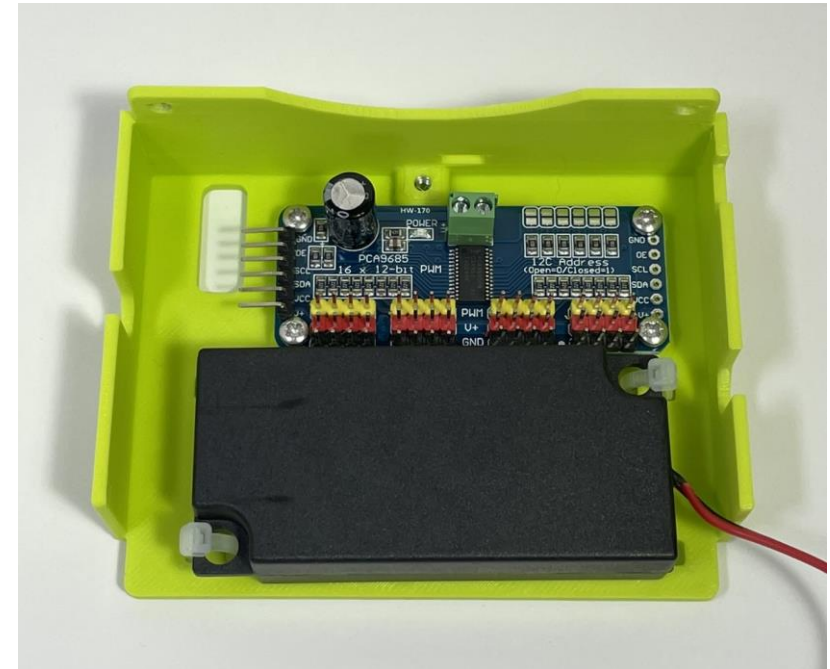
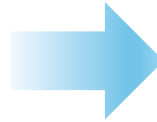
パーツ交換後

多機能トレイ

サーボドライバ（PCA9685）やスピーカー、M5系のセンサー等のパーツを搭載できます



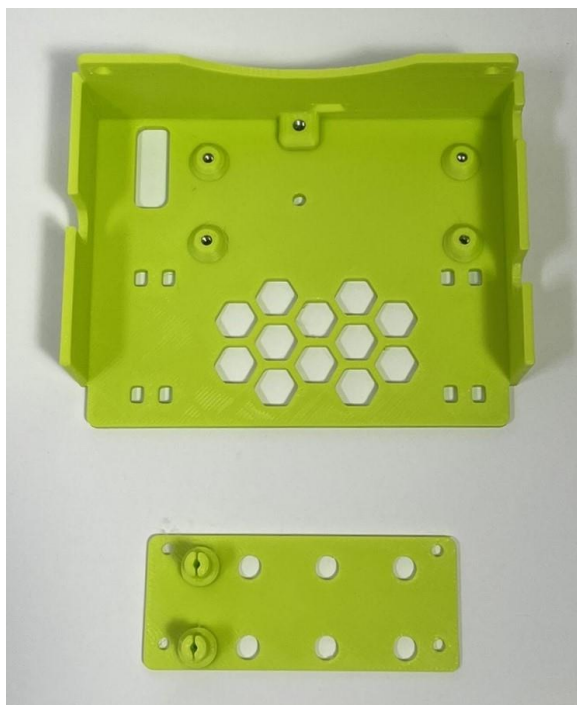
パーツ取り付け前



パーツ取り付け後

多機能トレイ

M5 系のパーツを装着するには、専用のマウントを取り付けます



マウント取り付け前



マウント取り付け後



M5系ユニット装着

組み立てガイド

【サーボの組み込み手順】

サーボの組み込み

基本的にはダミーサーボを本当のサーボに置き換えるだけですが、注意が必要なものが少しだけあります

- 頭部の仰角を変えるためのサーボ
- 頭部のトップセンサーを回転させるためのサーボ
- 脚部を伸縮させるためのサーボ（※）

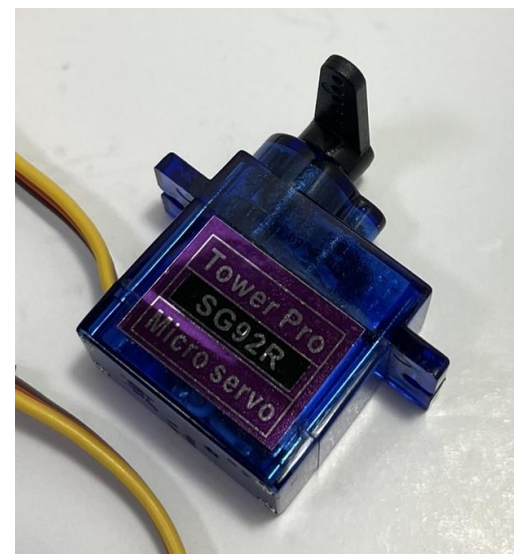
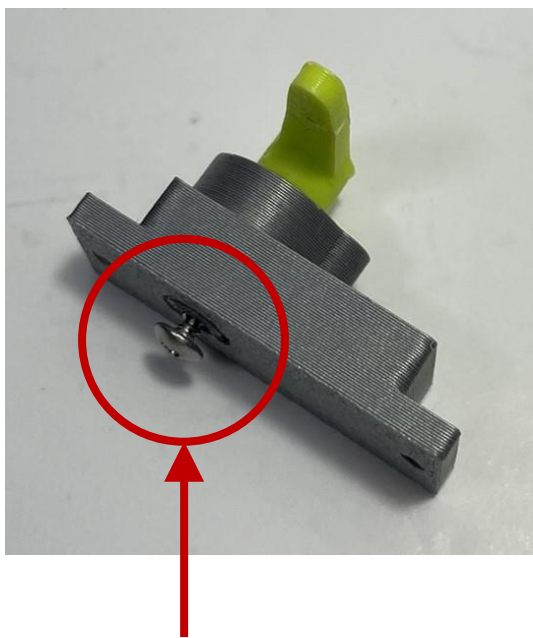
そこで、本章ではこれらのサーボモーターの取り付けに関して、補足の説明を行います

※ 脚部伸縮ユニットは、GPRX-02C 用にはオプションとして提供されています

ダミーサーボ

出荷時、ロボットにはダミーのサーボモーターが多数搭載されています。基本的には、自分が動かしたい場所のダミーサーボだけを本当のサーボモーターに置き換えるようにします。

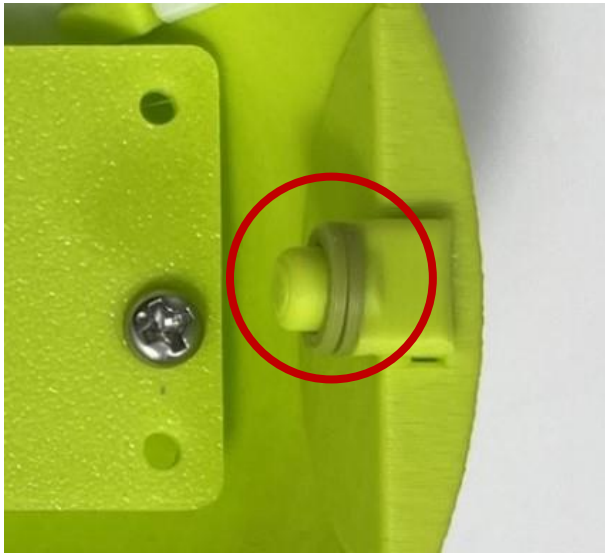
最初からあまり沢山動かそうとすると、配線が結構大変ですので、少しずつ置換していくのがお勧めです。



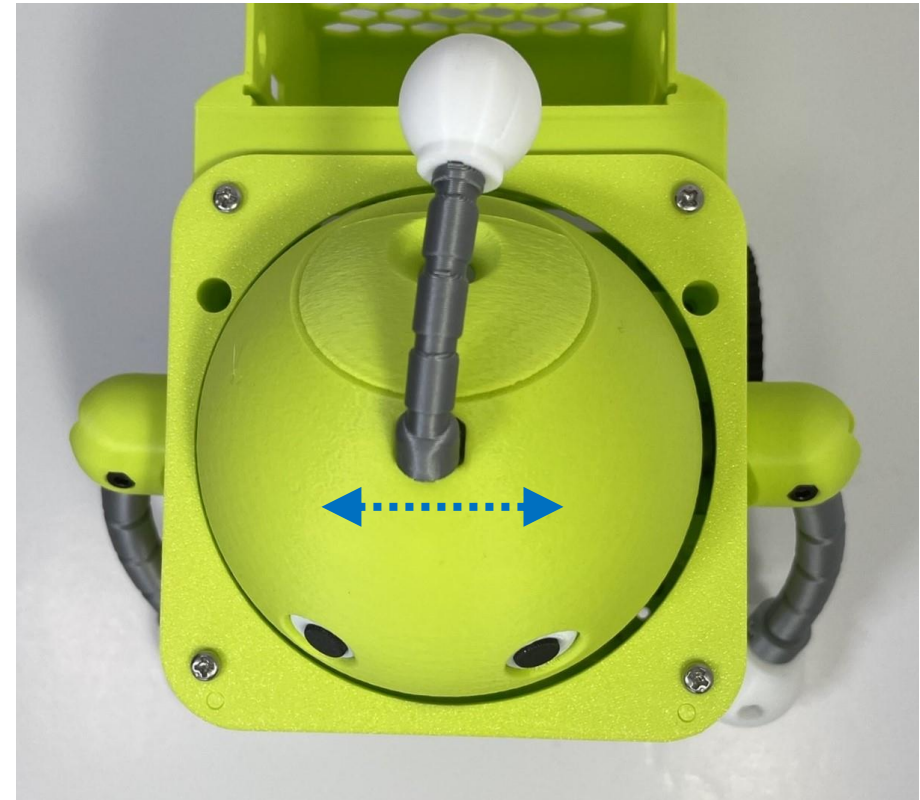
ダミーサーボの回転は、ここで硬さを調整できます（姿勢を固めに固定したいときは、ここを強めに締めます）

サーボの組み込み方【仰角調整用サーボ】

基本的にはダミーサーボを置き換えるだけですが、ワッシャーのようなパーツが必要になる場合があります



このパーツは、頭部の位置を左右に微調整するためのパーツです。必要ない場合もありますので適宜取り外して下さい。

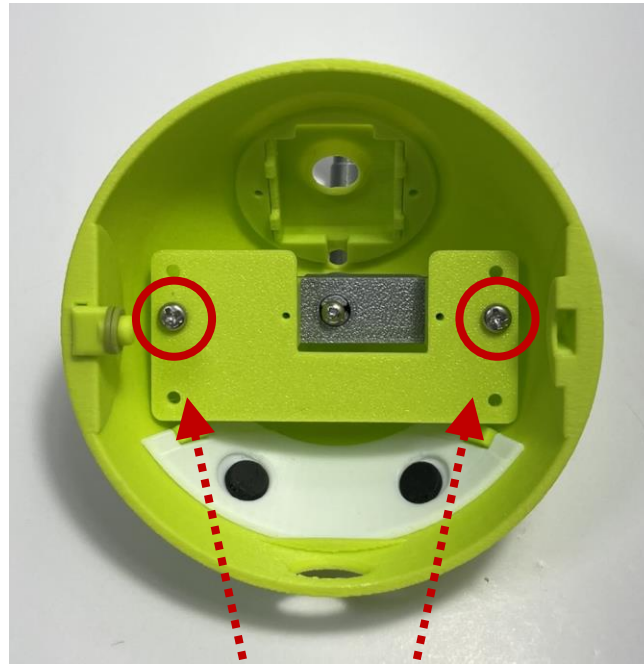


サーボの組み込み方【ヘッドトップセンサー用サーボ】

ダミーサーボを露出させるために、幾つかネジを外す必要があります（小さなネジはなくさないように！）



まずは、このネジを外して
飾り部品を外します



2本のネジを外します



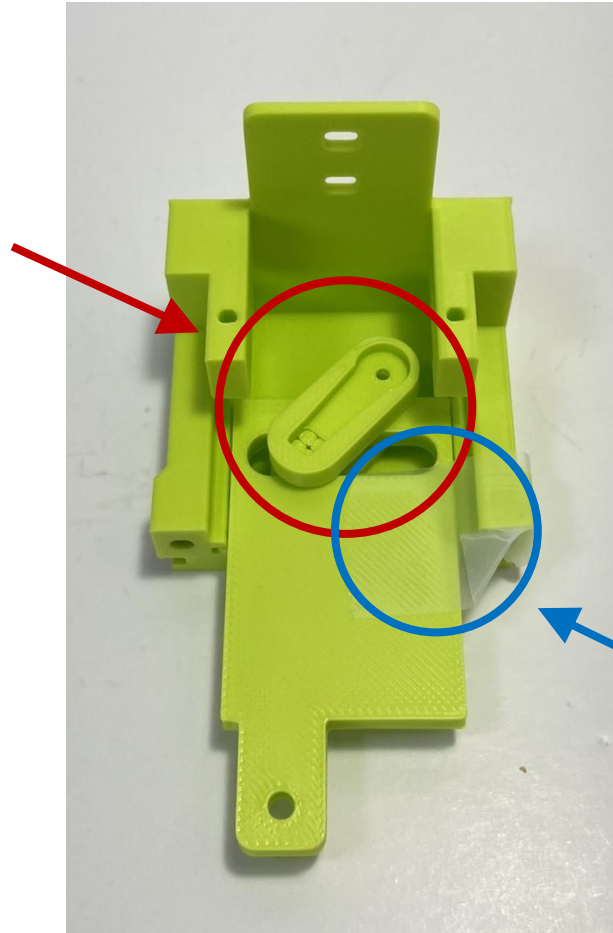
ダミーを置き換えます

サーボの組み込み時の注意点【脚部伸縮用サーボ】

脚部伸縮用サーボは角度を 45度くらいに固定してやると、取り付けやすくなります

ダミーサーボを外した後
このクランクのアームが
45度くらいになる位置
に仮止めする

この状態でサーボホーン
をはめ込むと、はめ込み
やすいです



脚部を伸縮させると、ロボットがバランスを崩し
やすいので、多少デリケートな制御が必要に
なります！

また、取り付けも多少難しいので、基本的には
工作慣れた方向けのオプションになります

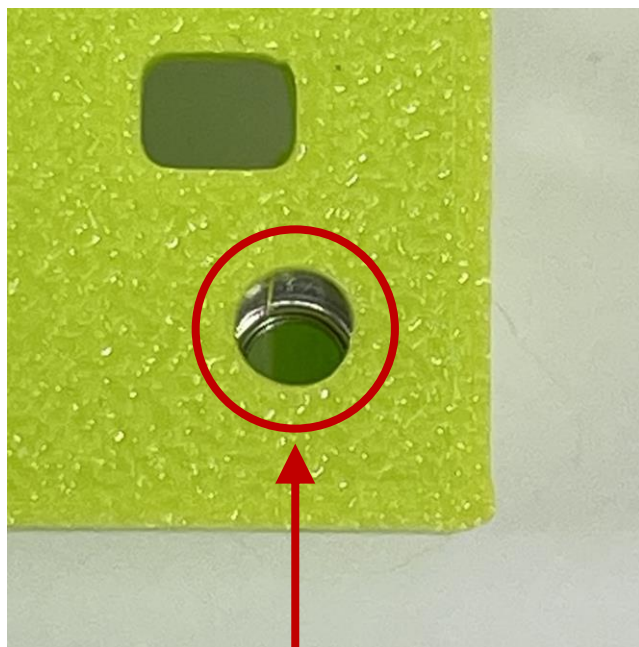
スコッチテープなどで仮止めして下さい

組み立てガイド

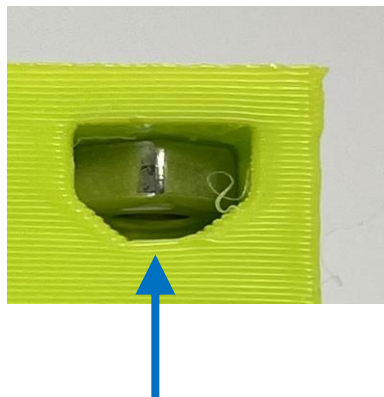
【注意点】

ネジが入りにくいとき

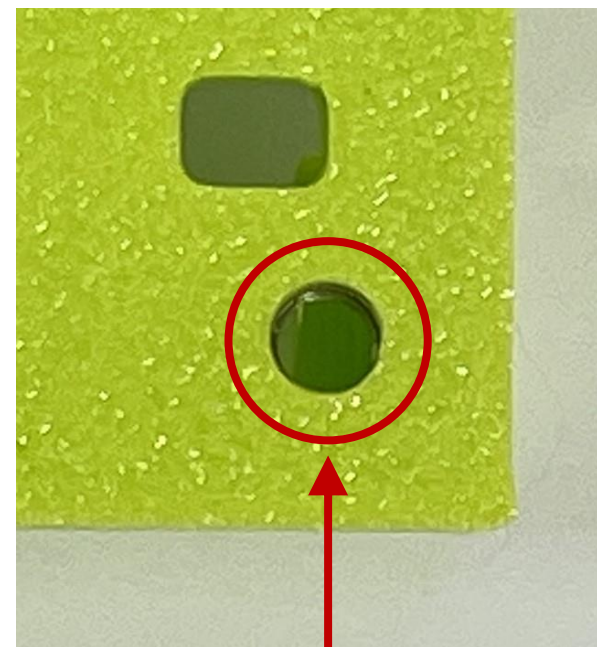
ナットの押し込みが不完全な場合に、ネジが入りにくい場合があります



ナットとパーツの穴がズレている



ドライバー等で横から
ナットを強く押し込む

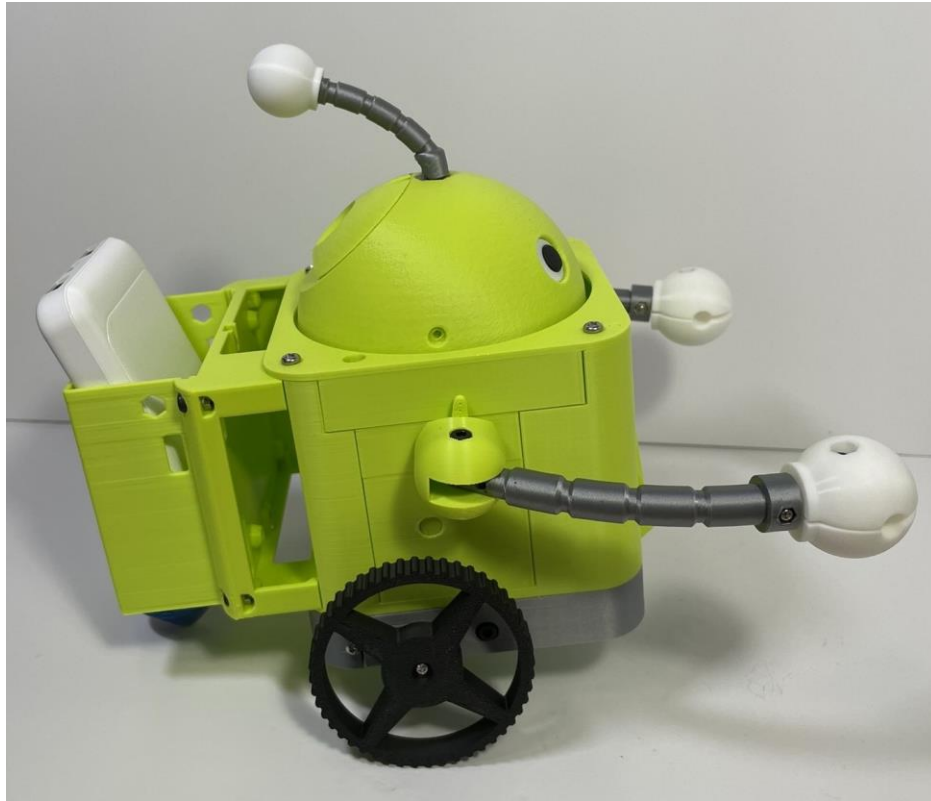


穴のズレがなくなる！

※ ドライバーに力を入れる際に、ドライバーが滑らないように十分注意して下さい（ケガしやすい…）

重量バランスの問題

このロボットは、基本的に重心が前方にあります。後ろに何も載せないと、前に倒れ込みます。



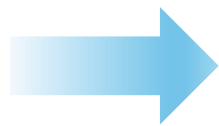
※ バッテリーを搭載しない場合は、使用済みの乾電池などを載せたりして、適宜バランスを取って下さい。

重量バランスの問題

但し、あまり長いバッテリーを載せると、転倒し易くなります



重心が上になり過ぎる！



短めのバッテリーで重心を低めに！

作例

作例：見守りロボ



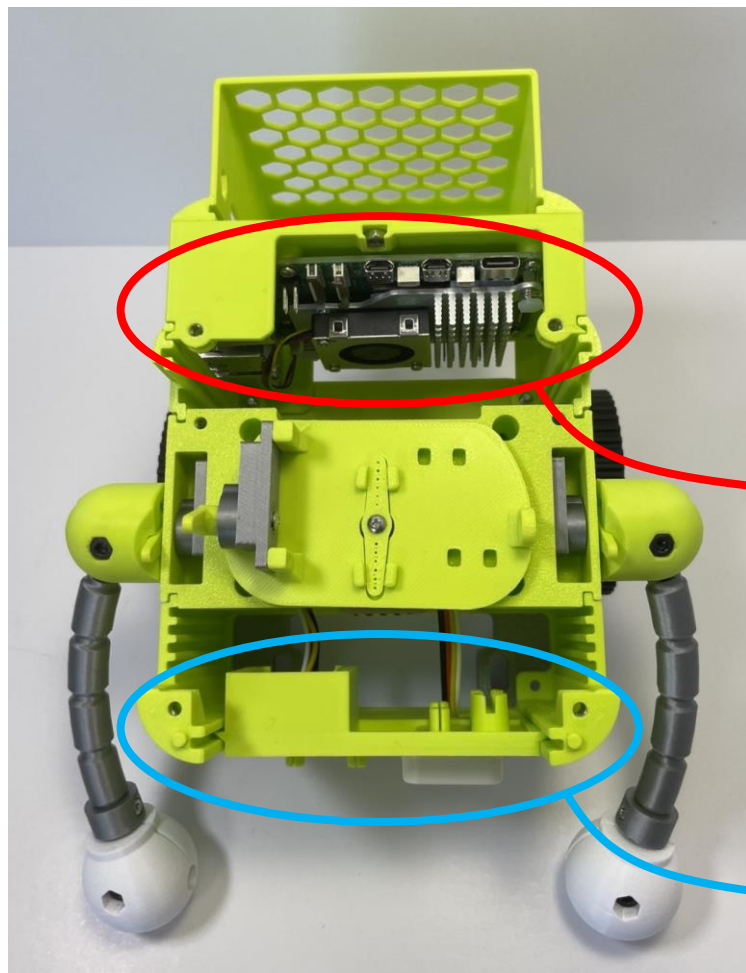
この作例では、本体に以下のパーツを装着しています

- Raspberry Pi 5
- Raspberry Pi Camera Module V3（バックカメラ）
- M5Stack Atom Matrix
- M5Stack 赤外線送受信ユニット [U002]

※ **上記パーツは開発キットには含まれていません**

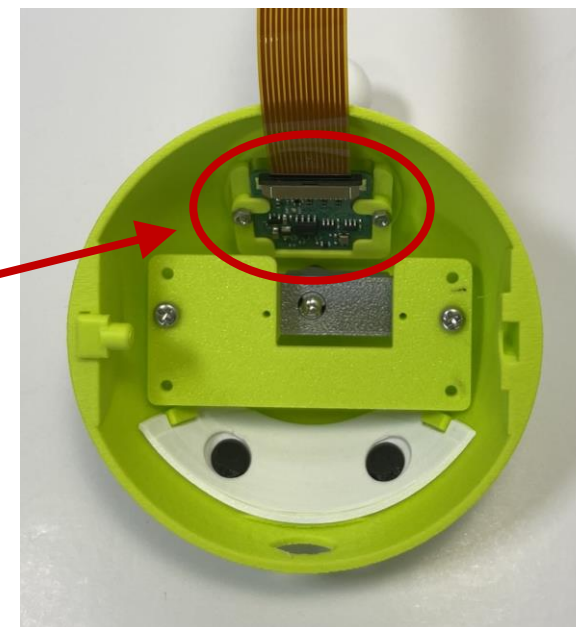
なお、赤外線送受信ユニットは、リモコンの操作状況を観測するために利用するイメージ（高齢者の見守り等）

内部写真



バックカメラとして Raspberry Pi
Camera Module V3 を搭載

Raspberry Pi 5 を搭載



M5 パネル【表側】



M5 パネル【裏側】

バックカメラとは？



高齢者を見守りするような場合に、「見守り」が「監視」になってしまわないように、カメラは後ろ向きに搭載できるようになっています。

高齢者が家族とテレビ電話等で通話したいときだけロボットを反対に向けてカメラを使うようなイメージです。

壁にかけているホワイトボードを写す…といった感じにすれば高齢者や子供などのパソコンやスマホの扱いになれていない人でも家族に伝言を送ったりすることができそうです

※ 広角のカメラの場合、カメラ窓の縁が写り込む可能性がありますので、ご注意下さい

作例：ラジコン（カメラ機能付き）

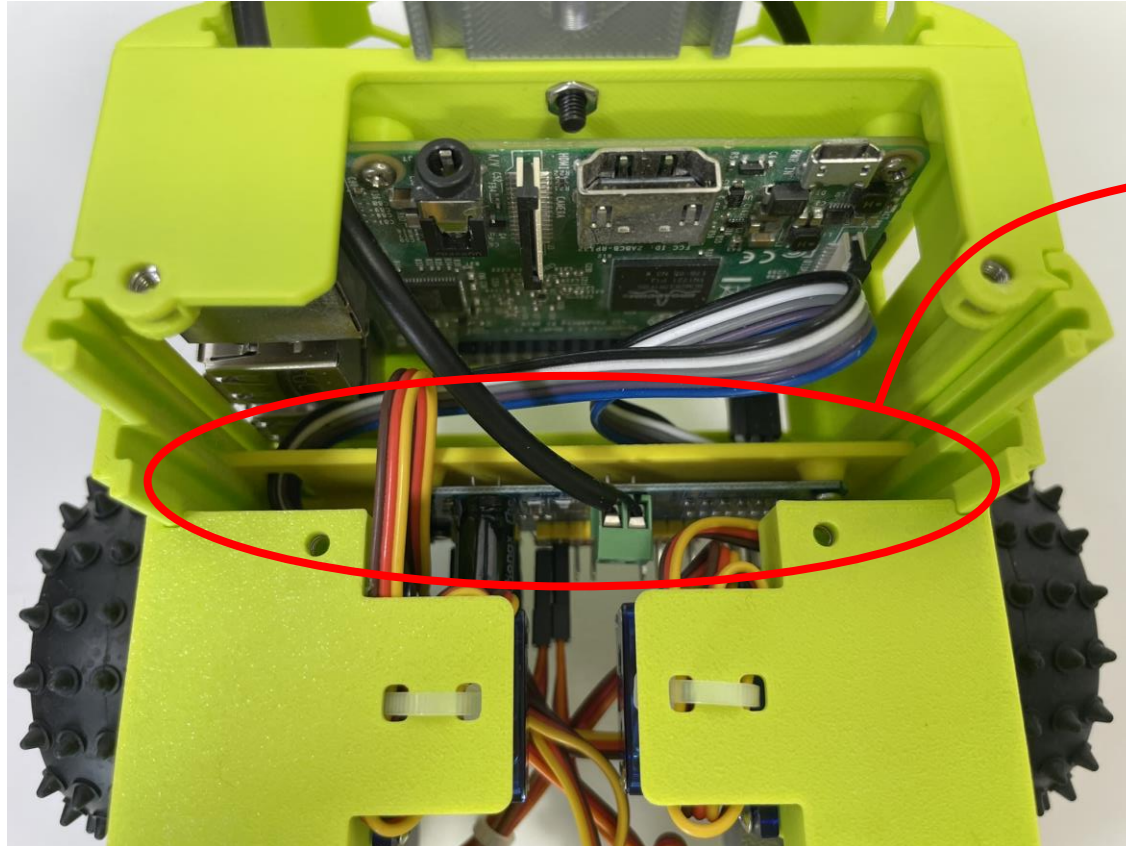


この作例では、本体に以下のパーツを装着しています

- Raspberry Pi 3 model B
- ロジクール Webカメラ C922n
- Tower Pro SG-92R (腕部)
- Tower Pro SG-90 (脚部伸縮用)
- FEETECH FS90R (脚部移動用)
- サーボモータードライバー (PCA9685)
- タミヤ 楽しい工作シリーズ ピンスパイクタイヤ (No.194)
- ダイソー モバイルバッテリー 5000mAh

※ 上記パーツは開発キットには含まれていません

内部写真



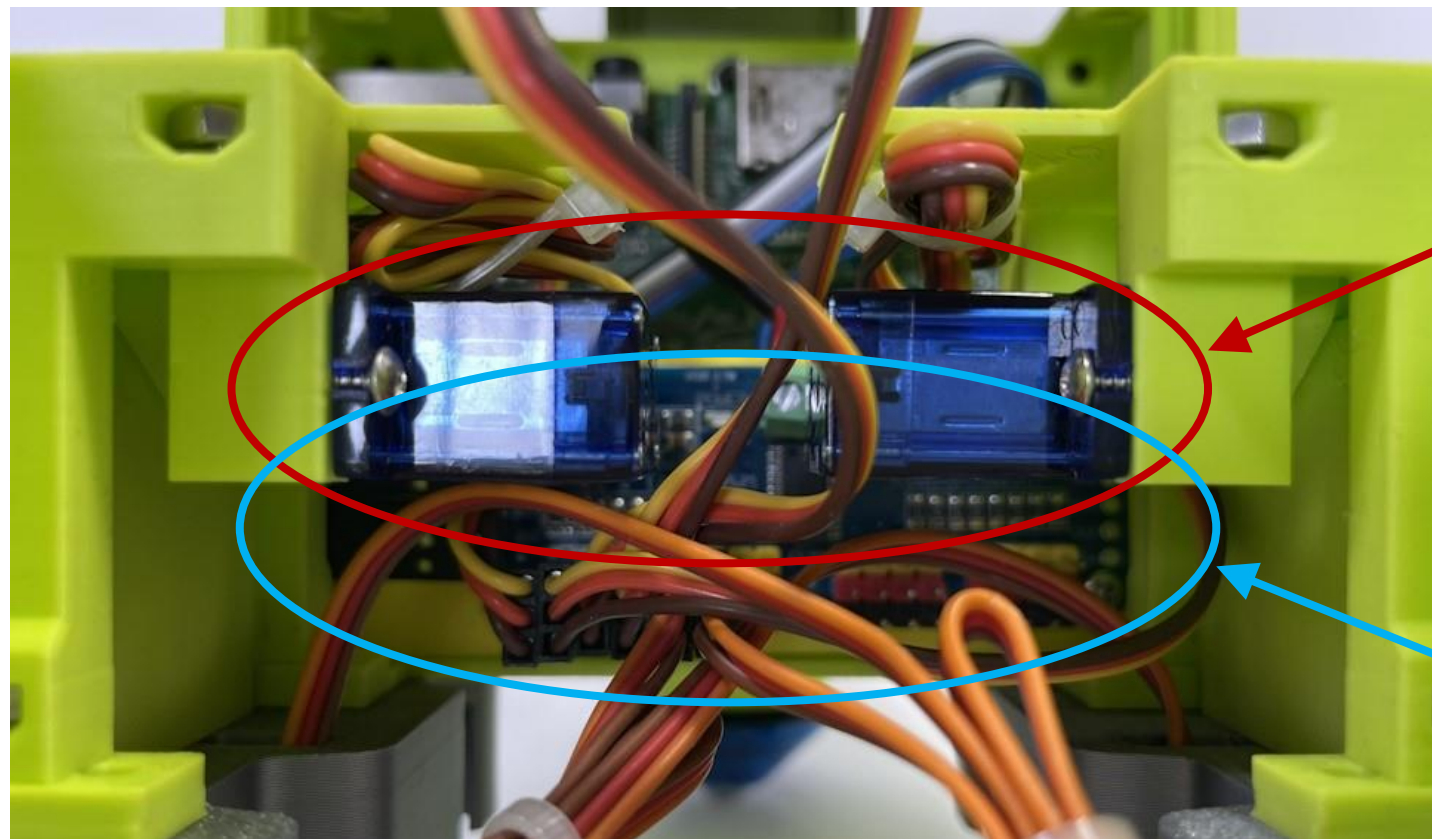
サーボモータードライバー（PCA9685）は
下のような専用マウントに取り付けて、搭載
することができます



この専用マウントは前方のスペースにも取り
付けすることができます

※ 上記写真は開発中の写真のため、最終的な製品とは
形状や色が若干異なります

内部写真



手前に見えているのが
脚部伸縮用のサーボ

奥の方に見えているのが
サーボモータードライバー

※ロボットの前方に空きがある場合には、サーボモータードライバーを前方のスペースに設置することもできます

作例：おしゃべりロボット

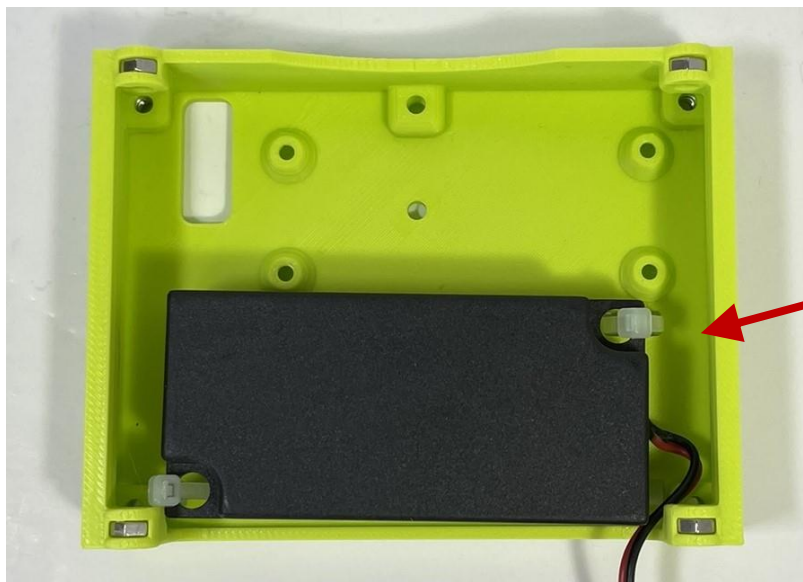
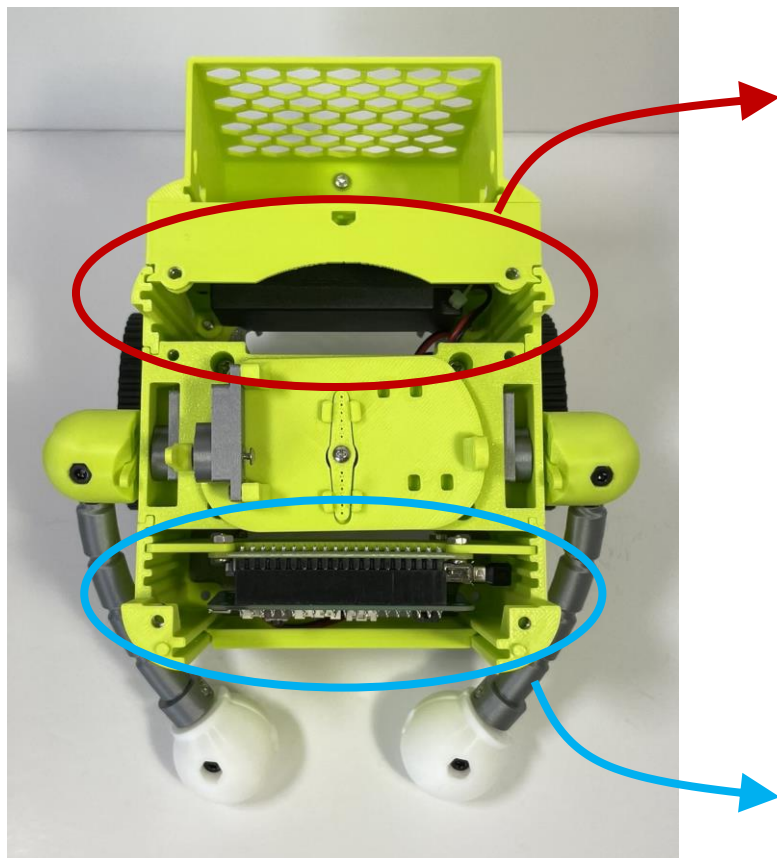


GPRX-01 に以下のパーツを装着

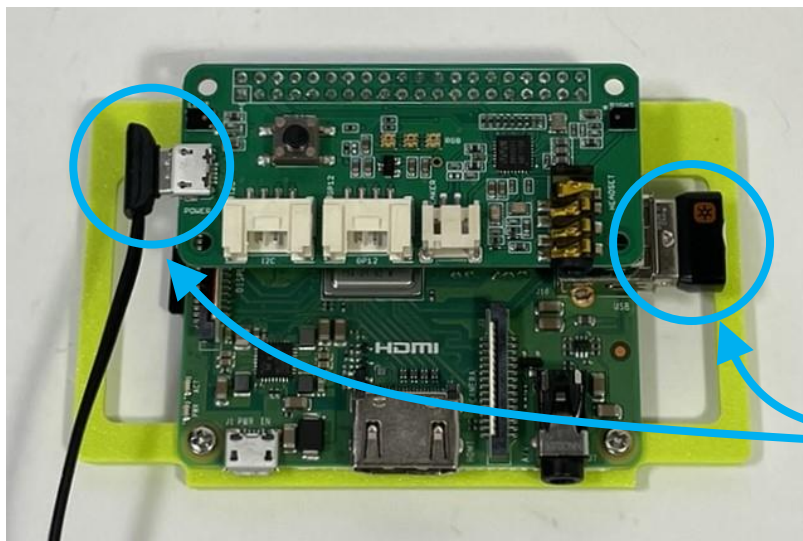
- Raspberry Pi 3 model A+
- Seeed ReSpeaker 2-Mic Pi HAT（マイクロフォンアレー）
- CTLICALVER マイクロスピーカー

※ 上記パーツは開発キットには含まれていません

内部写真

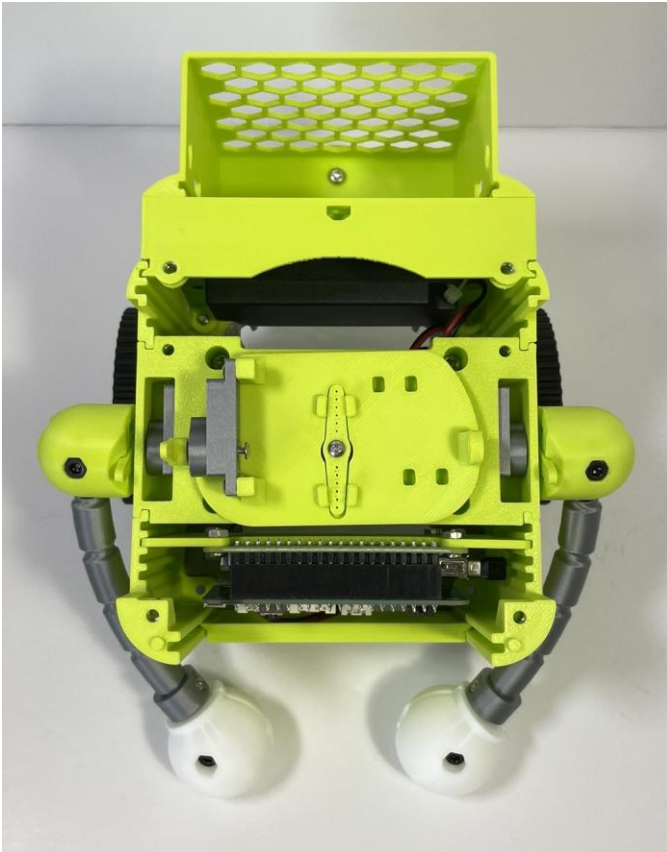


マイクロスピーカーを
結束バンドで固定



両サイドはスペースが
かなり狭いので注意！

スピーカーとマイクの組み込み



ReSpeaker 2-Mic Pi HAT を利用して、マイクとスピーカーをロボットの内部に搭載しています

<https://www.switch-science.com/products/3931>

スピーカーには、下のマイクロスピーカーを使用しています

<https://amzn.asia/d/3XHPUpG>

ReSpeaker Mic2 Pi Hat に電源供給が必要な場合は、スペースが狭いため、下のような少し特殊な USBケーブルを使う必要があるかもしれません

<https://amzn.asia/d/5z1v3Pp>

私のつまづきポイント - 電力の問題

作例は、私個人の経験に基づいたものであるため、Raspberry Pi を中心に構成したものが多いですが M5 Stack 等のマイコンをうまく使うことで、もう少しスマートに実装できる可能性もありそうです。

Raspberry Pi は、マイコンに比べると電力消費が多いため、バッテリーで駆動する際にはしばしば電力が問題となる可能性があります。3 番目の作例において、当方では ReSpeaker 2-Mic Pi HAT とサーボドライバー（PCA9685）を組み合わせて構成する予定でしたが、当方の所有するモバイルバッテリーでは電力不足のためか、サーボドライバーの動きがおかしくなったりすることがありました。

私のつまづきポイント - サーボの個数

最初はサーボの個数をあまり増やし過ぎない方がよいようです。一度、サーボの個数をかなり増やした作例を作ってみたのですが、サーボモーターの配線が筐体の内部を埋め尽くして、結構大変なことになりました。

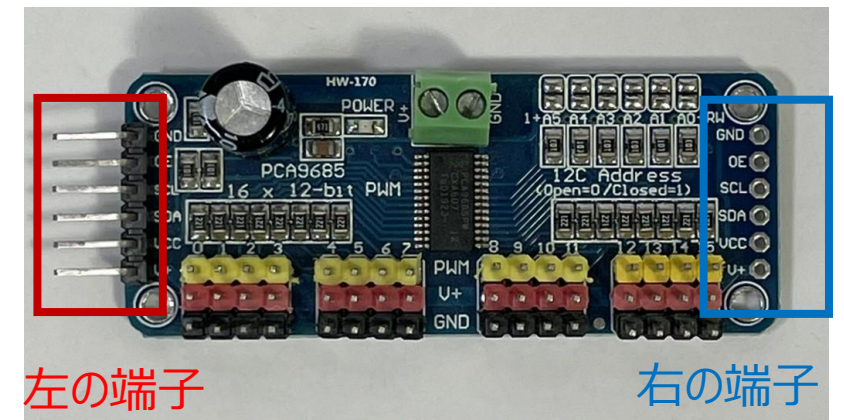
一応、筐体内部には、結束バンドでこうした配線を固定できる穴を用意してありますので、ある程度は整理することができるのですが、それでもかなりミチミチな感じになります。また、もともと頭のパーツはそれほど大きく動かせないパーツなのですが、サーボ等の配線でミチミチになると、更に稼働範囲が狭くなったりします。

スムーズな作業のためには、ロボットの用途や目的を明確にして、必要なサーボだけを搭載する…といったことが必要になってきそうです。

私のつまづきポイント - サーボドライバー

私はよく PCA9685 というチップを搭載したサーボドライバーを使うのですが、格安のものを使ったところ妙な現象に遭遇しました。ボードの左側の端子を使うとうまく動くのに、右側の端子を使うとうまく動かない…という現象です。最初はこの問題に気づかず、かなりの時間をこの問題に使ってしまいました…

また、似たような見た目の製品でも LED が使えたり、そうでなかったりすることがあります。特に、格安の製品を使う場合には、個体毎のテストを十分に行うことが重要になってきそうです。



パーツ活用ガイド

パーツ活用ガイド

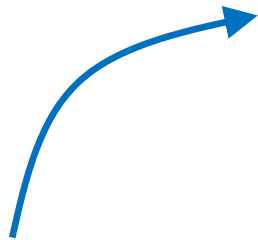
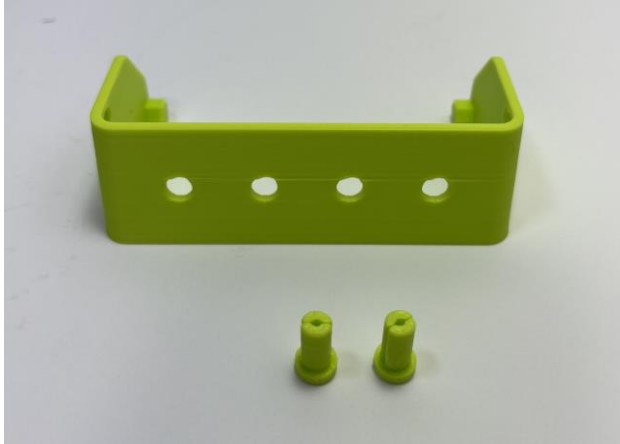
この章では、幾つかのオプションパーツについて解説を補足してゆきます

- バックセンサーマウント
- トップセンサーマウント
- ボトムプレート
- M5 パネル
- カメラパネル
- バックカメラ
- カメラマウント
- マルチファンクションケース
- スピーカーケース
- ミニブレッドボードマウント

※ 上記パーツを使わない…という場合にも、こちらの解説が役に立つ場面があると思われます。ぜひご一読下さい。

バックセンサーマウント（M5向け）

きついときは、穴の方か、軸の方を
少しヤスリで削って下さい

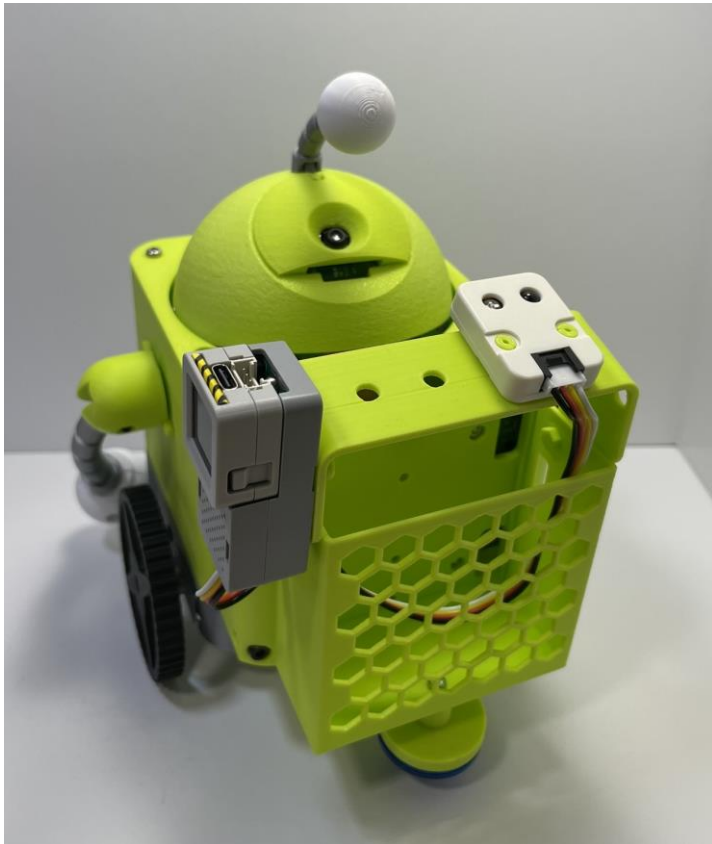


60度ほど角度を傾けて取り付けることも可能です
長めのバッテリーとの干渉を避けたい場合に！

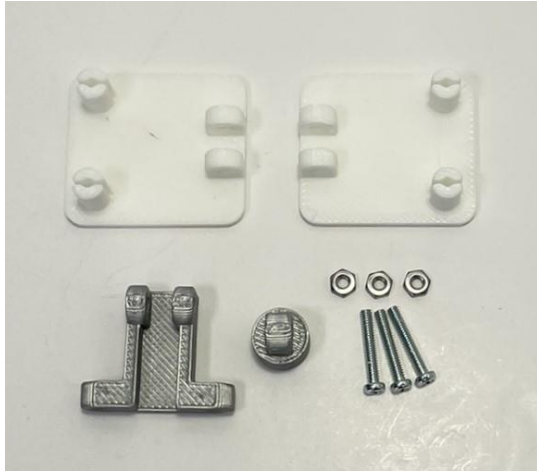


バックセンサーマウント（M5向け）

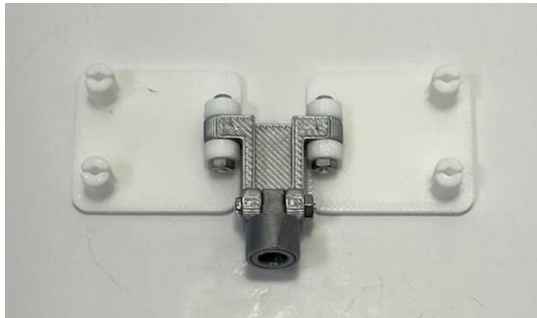
M5Stack の PortABC 拡張ベース等のパーツを使えば、Atom自体もマウントできます



トップセンサーマウント（M5 系センサーの場合）



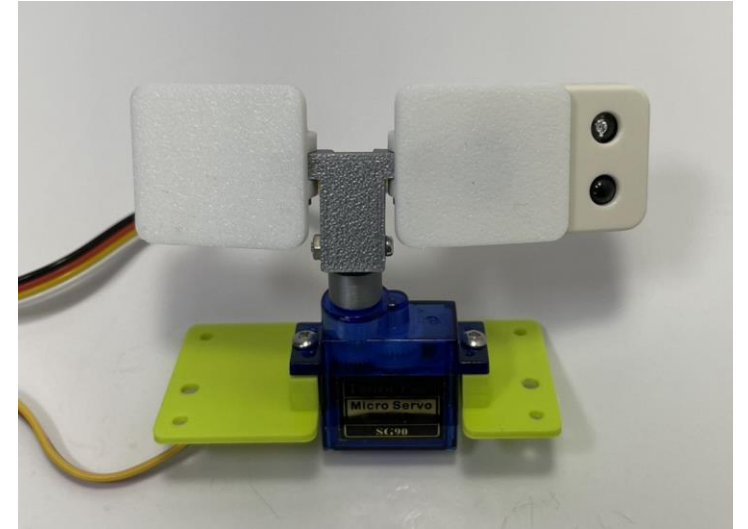
組み立て前



組み立て後

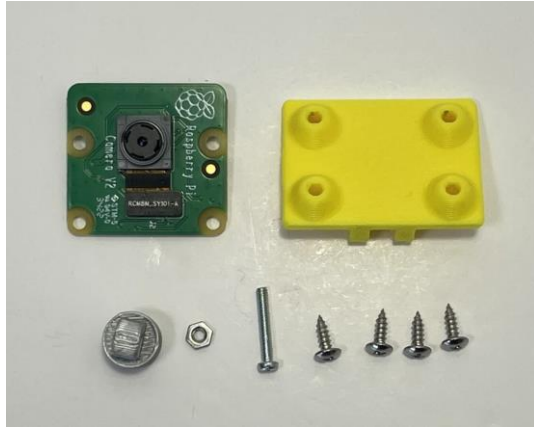


取り付け後



サーボとの接続

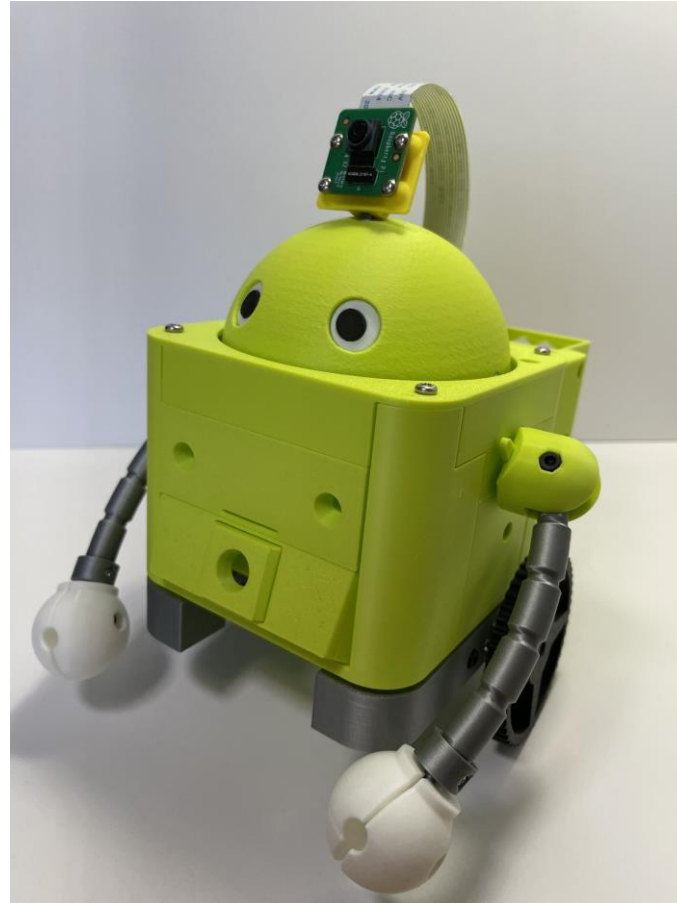
トップセンサーマウント (Raspberry Pi Camera Module の場合)



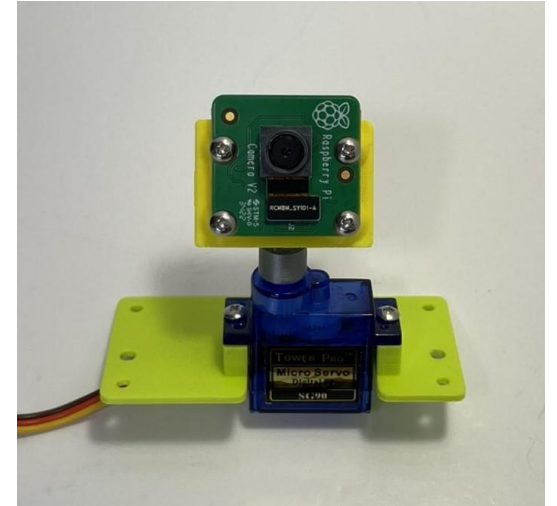
組み立て前



組み立て後



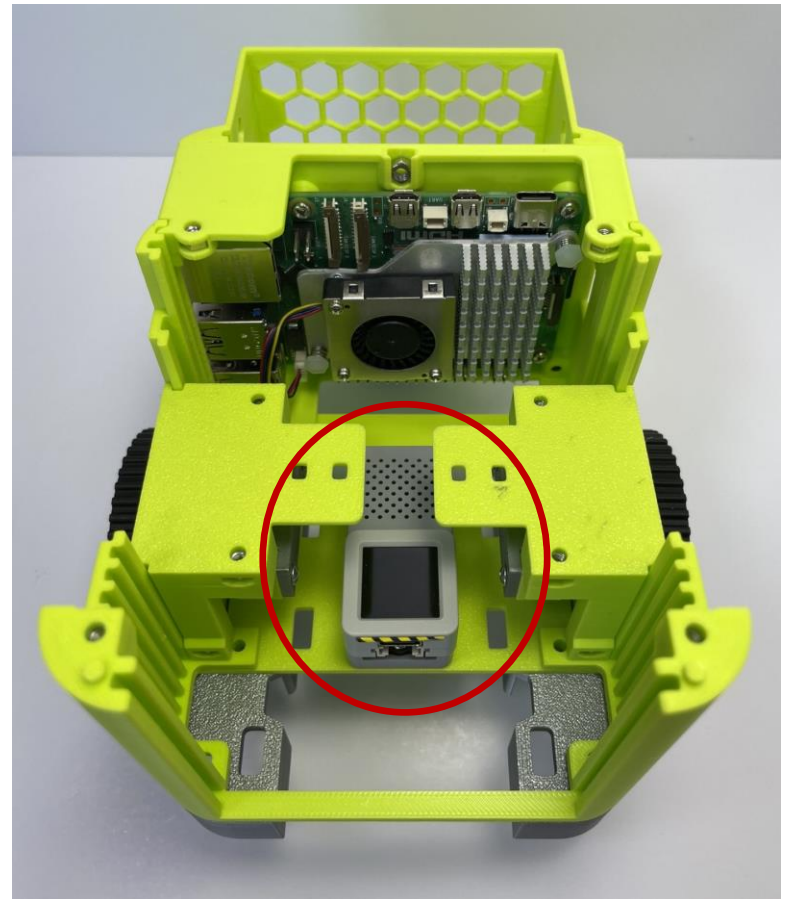
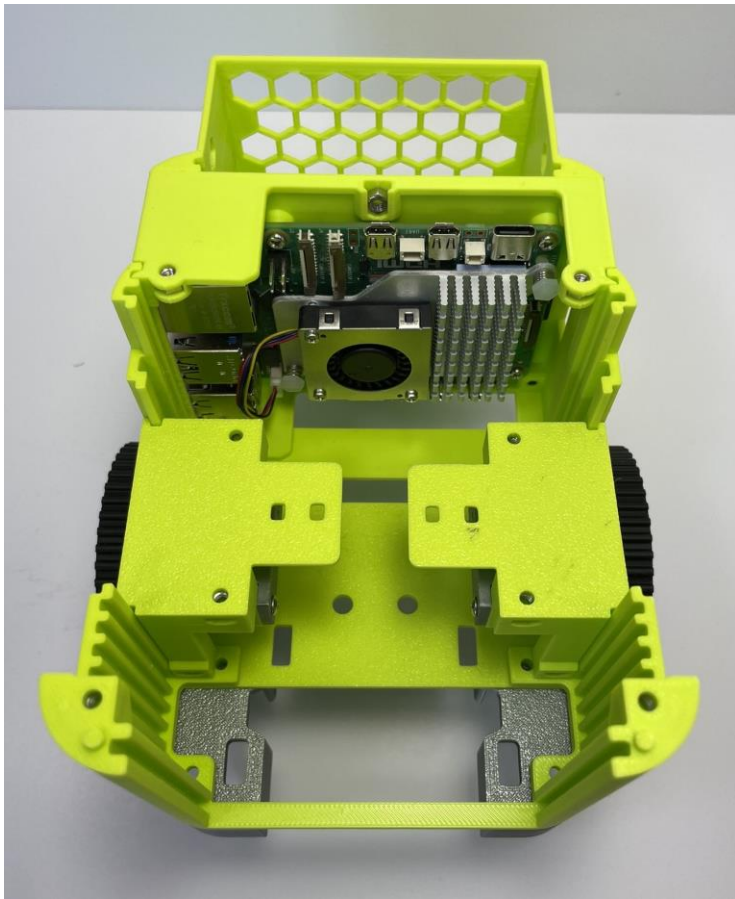
取り付け後



サーボとの接続

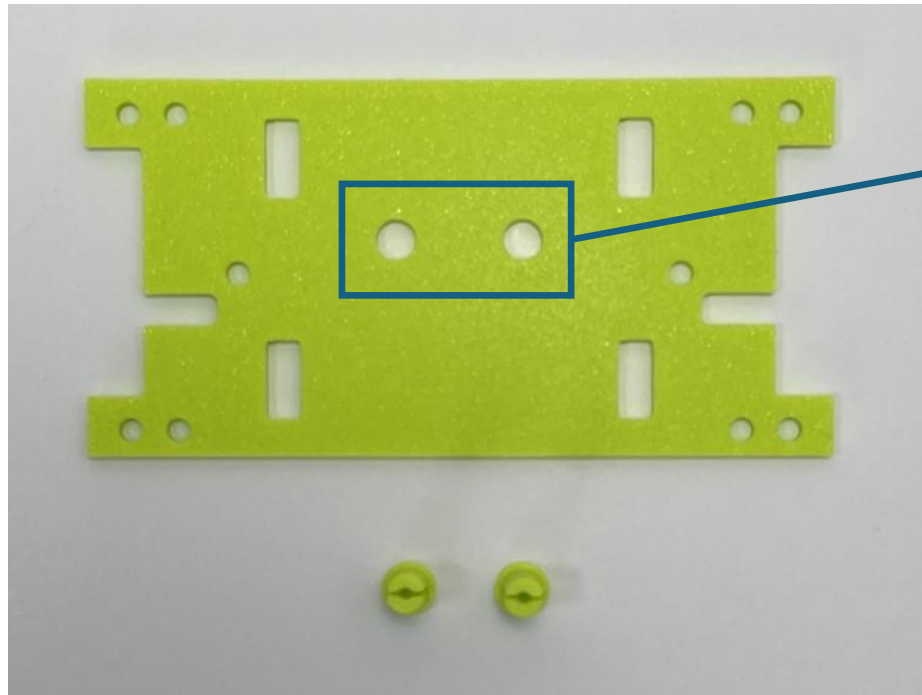
ボトムプレート

本体底面部（ボトムプレート）にマイコンやセンサー等を搭載することができる



ボトムプレート

本体底面部（ボトムプレート）にピンを差し込むことで、M5系のパーツを固定できます



ピンを差し込む

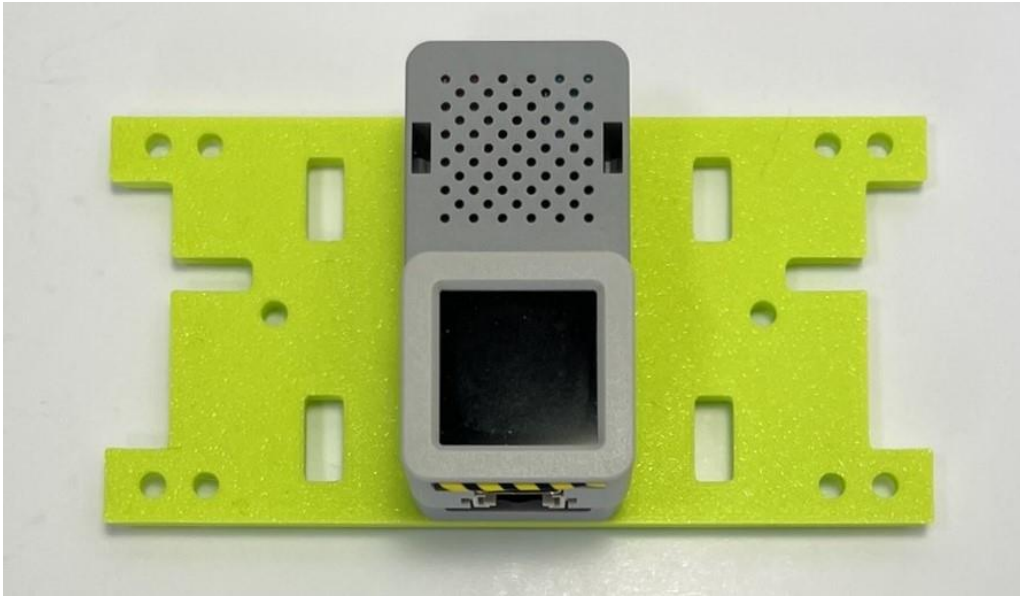


ネジを回し込む

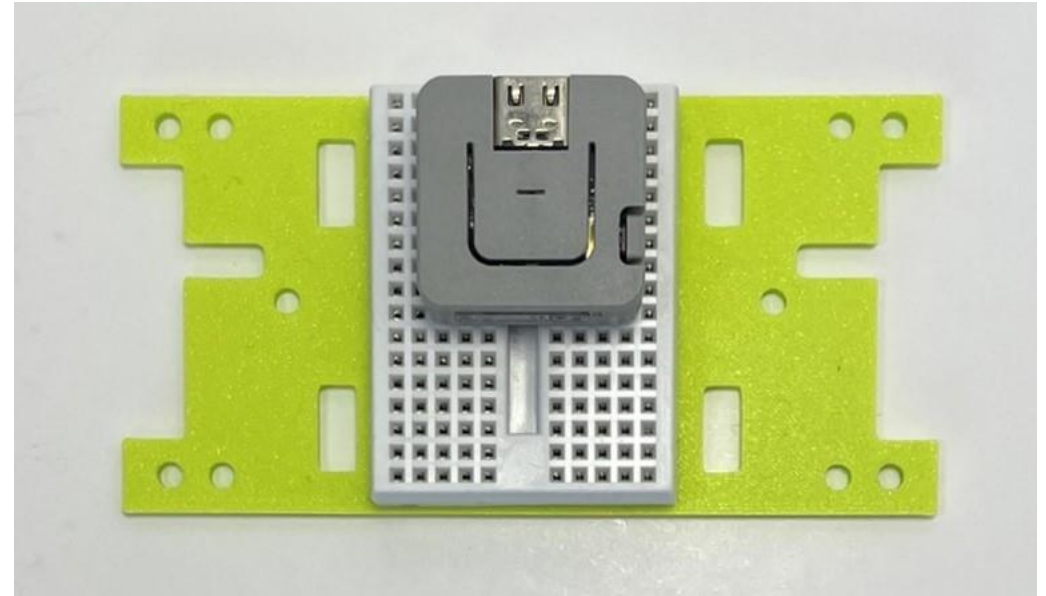
※ ネジを回し込むとピンの径が大きくなり、センサー等を固定できます。但し、穴がきつい場合に無理にネジを回し込むとセンサー等を破壊する可能性があります。キリ等で適宜穴の部分は広げて下さい！

ボトムプレート

ボトムプレートには、M5 系のパーツやブレッドボードを固定することができます



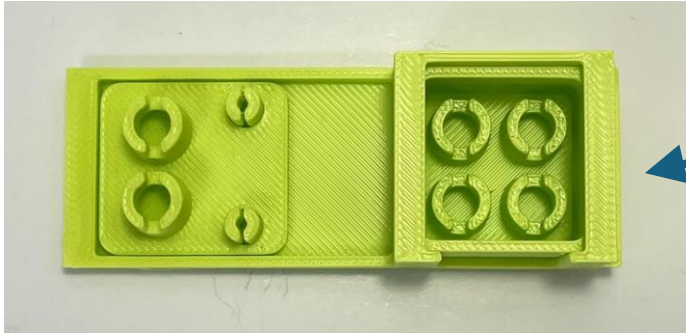
PortABC 拡張ベース & M5Stack AtomS3R



ミニブレッドボード（BB-601）& Atom Lite

※ ブレッドボードは一旦装着すると剥がすのが難しいです！無理に剥がすと壊れます！！

M5 パネル



出荷時はダミーの Atom と
センサーが搭載されています



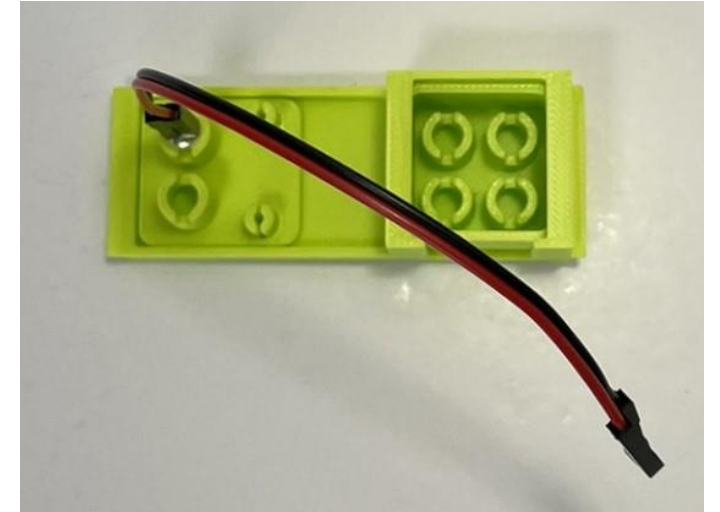
必要に応じて本物の Atom やセンサーを
購入 & 置換して下さい



M5 パネル【裏側】



M5 パネル【表側】



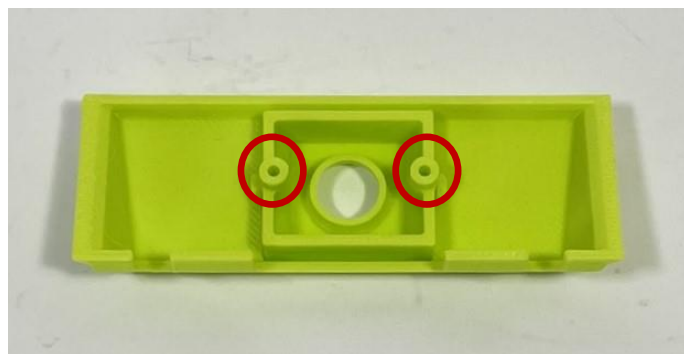
パーツの置換を行わず、代わりに
LED を搭載することもできます

※ 搭載するセンサーの大きさに注意して下さい！

カメラパネル



カメラ パネル【表側】



カメラ パネル【裏側】

このパネルを使うことで、Raspberry Pi の Camera Module をロボットの本体に内蔵させることができます。

カメラの仰角は微調整できますが、あまり大きく動かすことはできません。

また、カメラ部分は非常に小さな突起を頼りに、軽くはめ込まれているだけなので何度も動かしていると外れやすくなります。

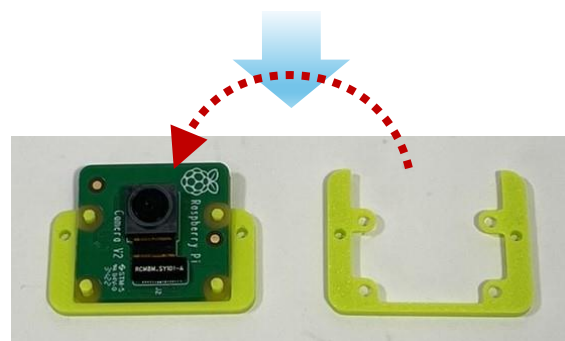
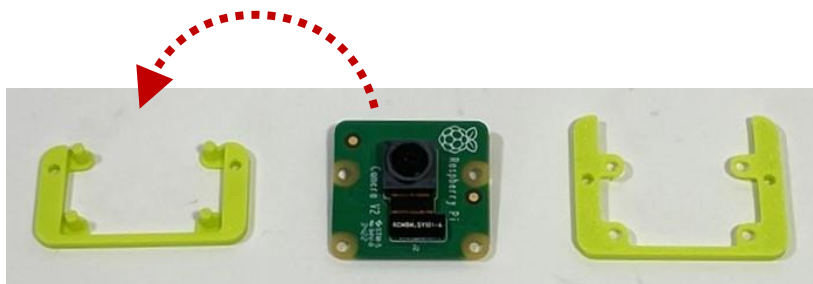
赤丸の部分で、Camera Module をネジ止めして下さい。



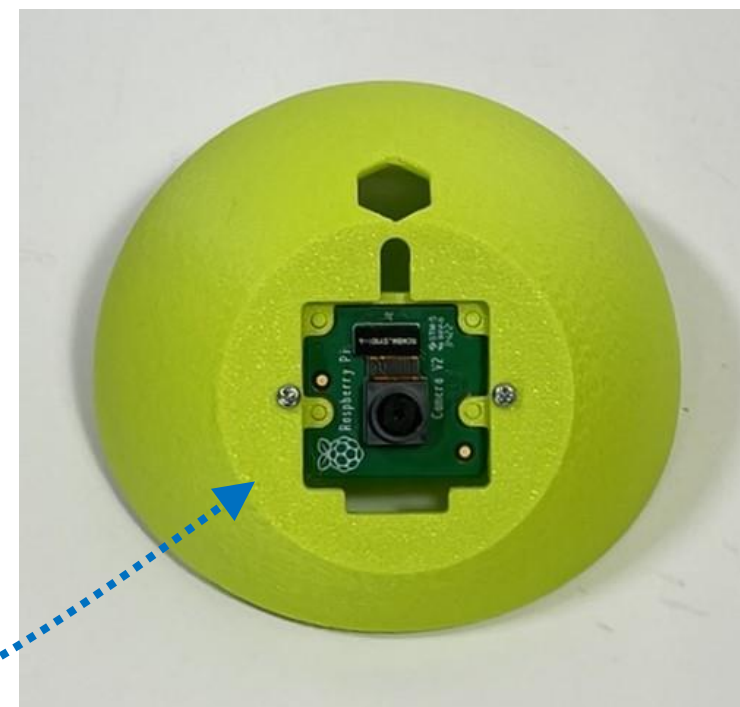
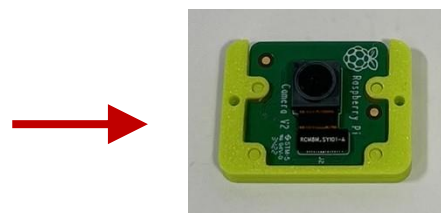
※ 広角のカメラの場合、カメラ窓の縁が写り込む可能性がありますので、ご注意ください

バックカメラ

ロボットの後頭部にカメラを搭載することができます。2つのパーツで挟んで、ネジ止めします。



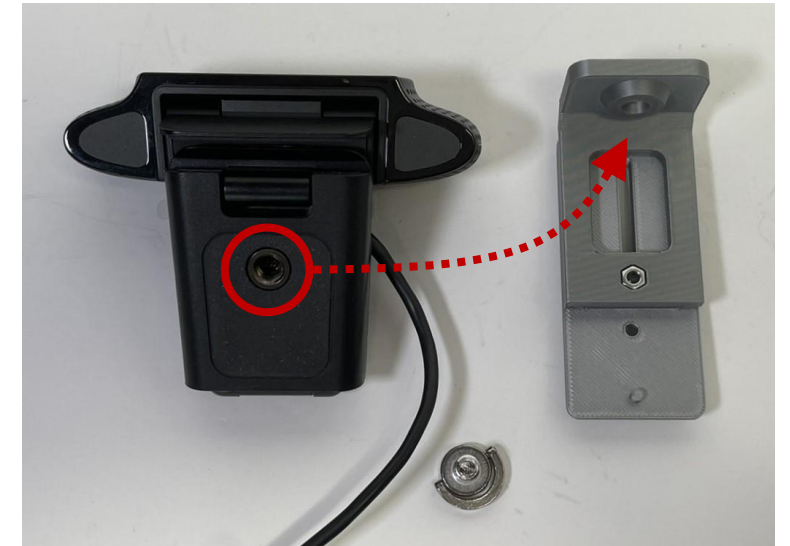
大きいパーツがより
外側に近づくように
取り付けます



内側から後頭部にネジ止めするようにします
最後に後頭部のハッチをパチンとはめ込んで下さい

カメラマウント

カメラマウントにより、バックパックの上部にウェブカメラを取り付けることができます



三脚用のネジ穴のあるカメラの場合は
カメラネジにより固定することができます

写真の製品はロジクール社の C922n
です

カメラマウント

三脚用のネジ穴がないカメラの場合は、結束バンドや粘着テープで固定してみてください



写真の製品はロジクール社の C270
です。

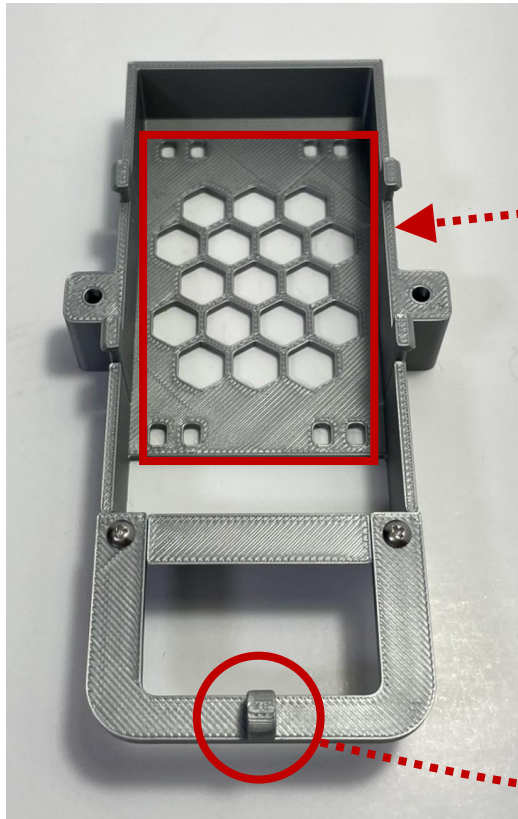
古い製品なので、性能自体は優れた
ものではないのですが、古いがゆえに
大抵の環境で認識してもらえます。

また、C922n よりも重量が軽いので
重心を低く保てます。

上の写真では結束バンドで固定

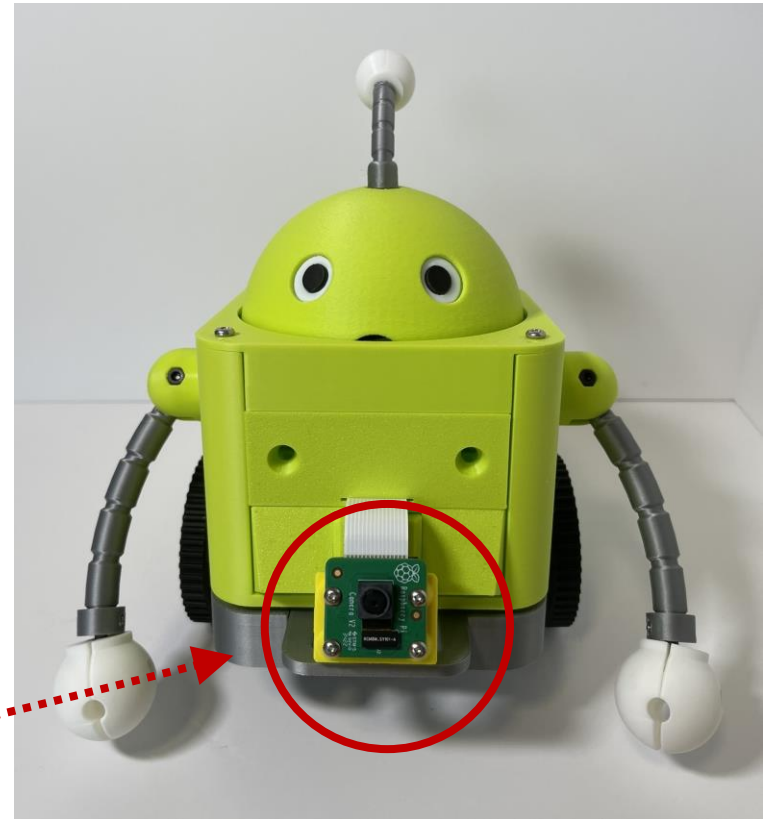
スピーカーケース

スピーカーをロボットに内蔵させる場合に使用して下さい。センサーマウントも付いています。



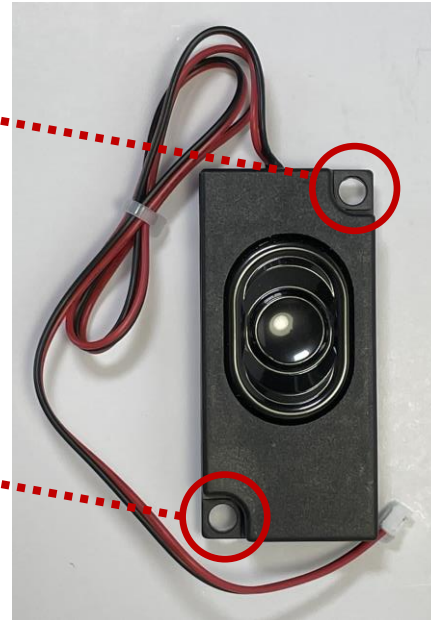
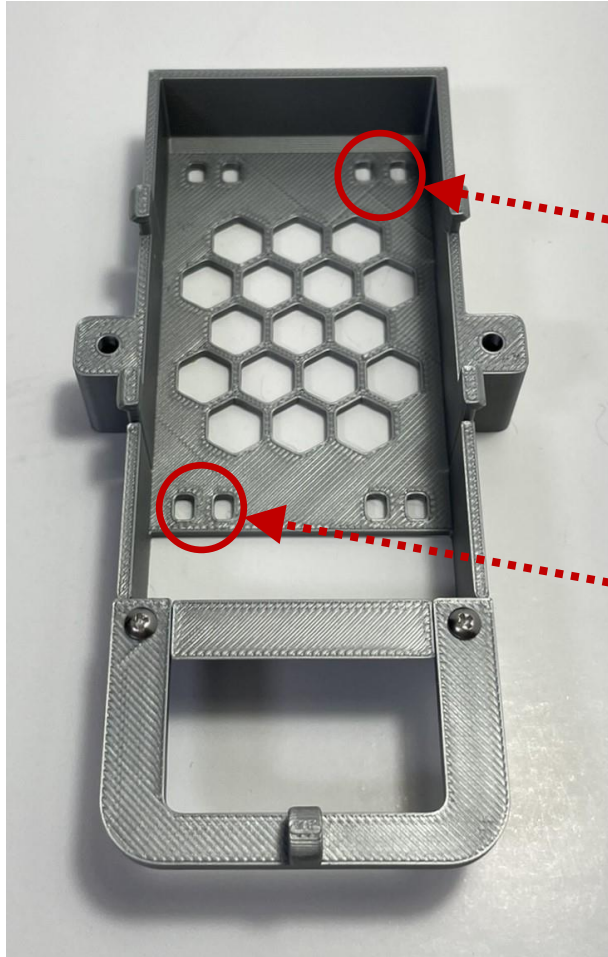
小型のスピーカーを
搭載できます

カメラや距離センサー
などを搭載できます



スピーカーケース

スピーカーには、結束バンドによる固定を採用しています

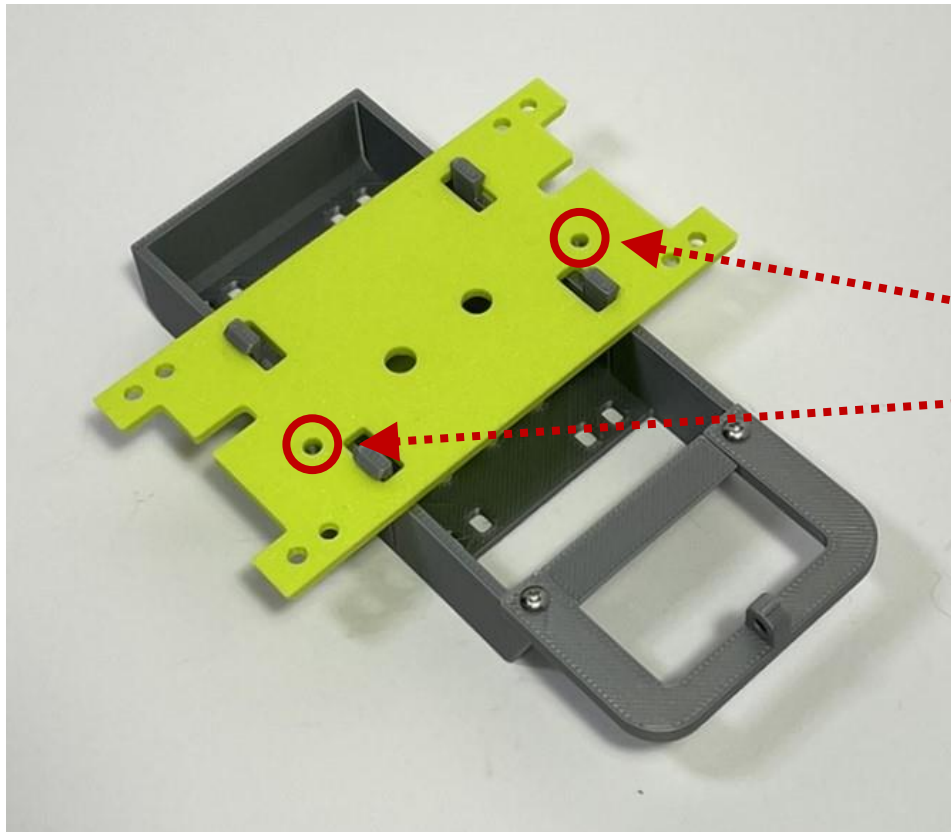


結束バンドにより固定しているため、製品の供給に問題があった場合でも似た大きさのスピーカーを搭載することが可能です

この写真のスピーカーのサイズは
70 x 30 x 15.6 mm です

スピーカーケース

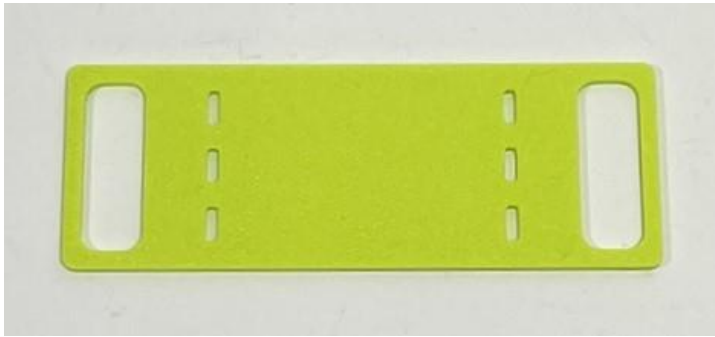
スピーカーケースは、ボトムパネルにフックをひっかけることで固定します



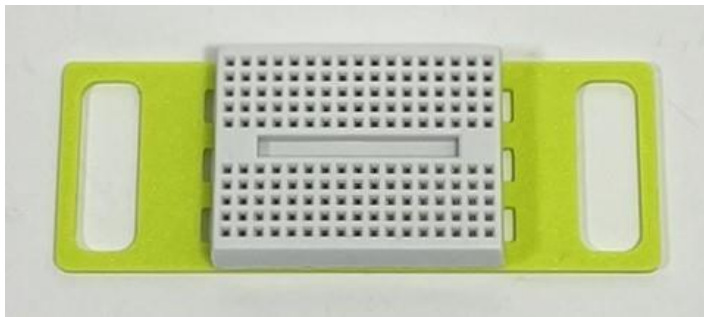
しっかり固定したい場合はネジ
を使って固定することもできます

ミニブレッドボード マウント

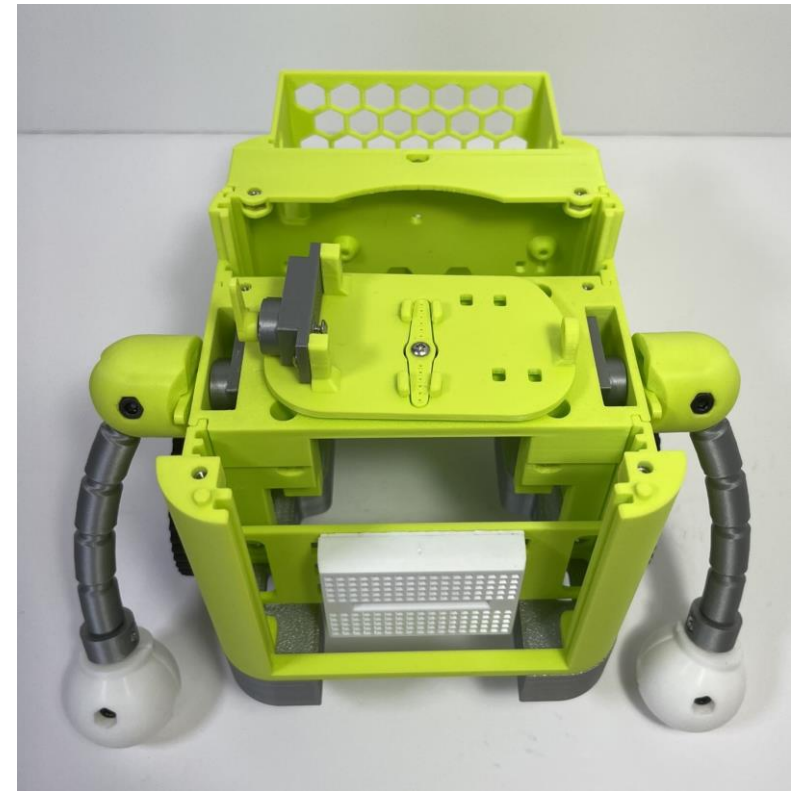
このパーツを利用することで、ミニブレッドボード（BB-601）を内部に固定することができます



ブレッドボードを貼り付ける



上から溝へ差し込む



パーツ購入ガイド

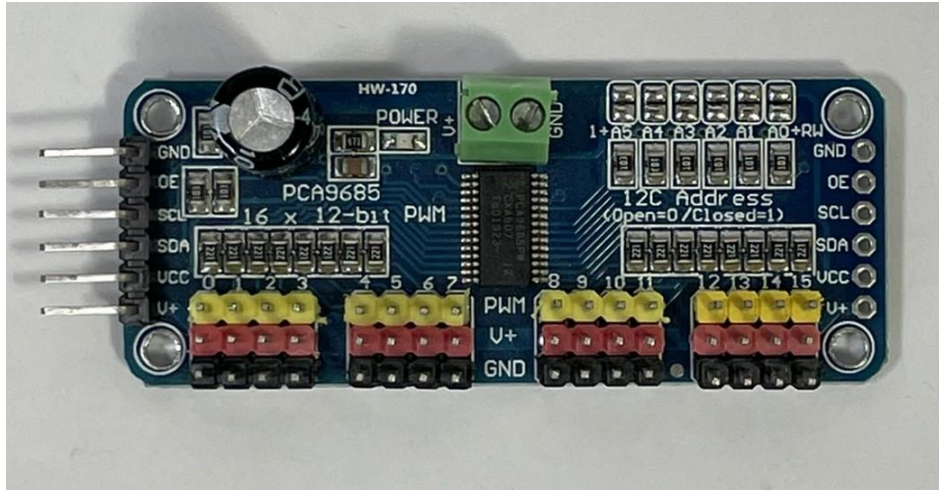
パーツ購入ガイド

ロボットの作例等で利用している便利なパーツを幾つかご紹介します

- サーボモータードライバー（PCA9685）
- Seeed Studio ReSpeaker 2-Mic Pi HAT（マイクロフォンアレー）
- CTLICALVER マイクロスピーカー
- USB電源ケーブル 5V DC電源供給ケーブル
- LED & コネクタ付きコード
- M5 Stack Atom & M5系パーツ

サーボドライバー（PCA9685）

PCA9685 を搭載したサーボモータードライバは、非常によく使われるハードウェアです



SG-90 / SG-92R 等のマイクロサーボだけでなく FS90R のような連続回転サーボも動かします。

半田ごて等の工具なしで、サーボモーターを接続することができます。

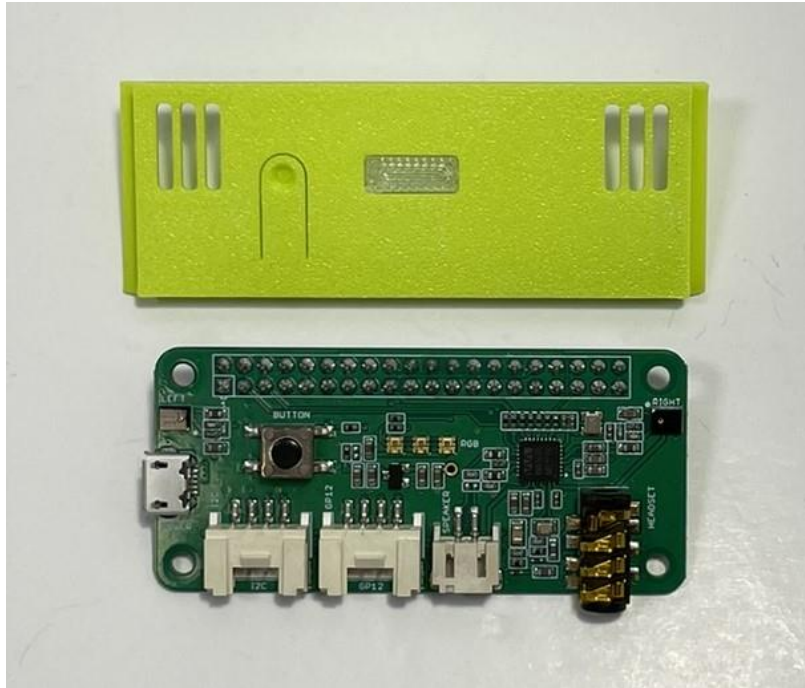
ネット上での情報も多く、Raspberry Pi との連携ではとても使い易いボードです。また、ボードが対応していれば LED 等も点灯させることができます。

但し、品質にはバラツキがあるので、ご注意下さい。

※ 安価な部品ですが、Amazon 等で購入される場合は品質に注意する必要があります

ReSpeaker 2-Mic Pi HAT (Seeed Studio)

ReSpeaker 2-Mic Pi HAT は、スマートスピーカー等の開発に利用される製品です



マイクやスピーカーをすっきりと搭載することができます。タクトスイッチや LED が搭載されており、ユーザーインターフェースとしても利用できます。Seeed Studio より提供されているコードのライセンス等については、GitHub をご確認ください。

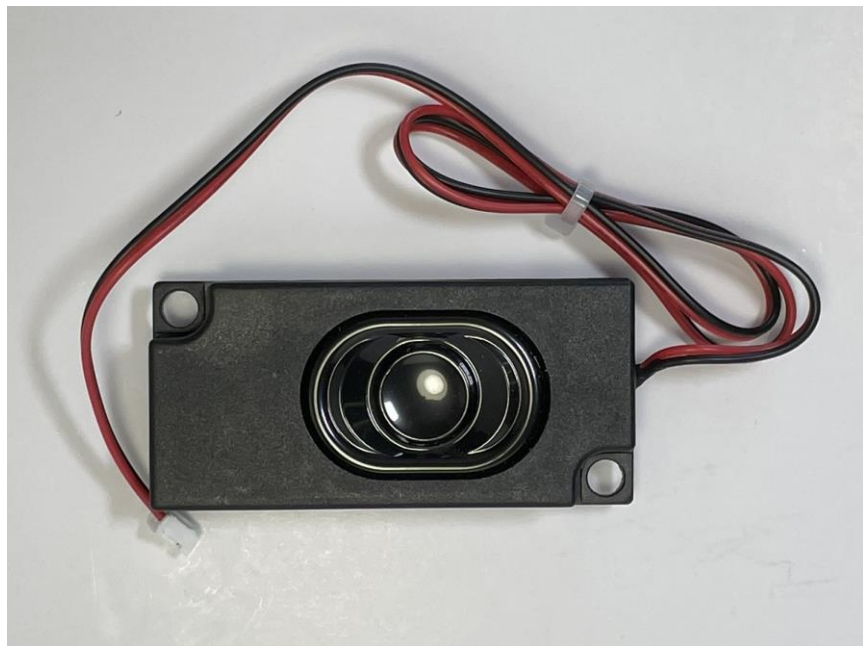
右の写真は、ReSpeaker 2-Mic Pi HAT と本製品に付属する専用のフロントパネルになります。

検証は、旧バージョンの ReSpeaker 2-Mic Pi HAT の方で行いましたが、最新の Raspberry Pi OS (Bookworm) との組み合わせではうまく動いておりません。これから購入される場合は、新しいバージョンの方の購入をお勧めします。

https://wiki.seeedstudio.com/respeaker_2_mics_pi_hat_raspberry_v2/

CTLICALVER マイクロスピーカー

本開発キットでは、こちらの製品を基準にスピーカースペースを設計しています



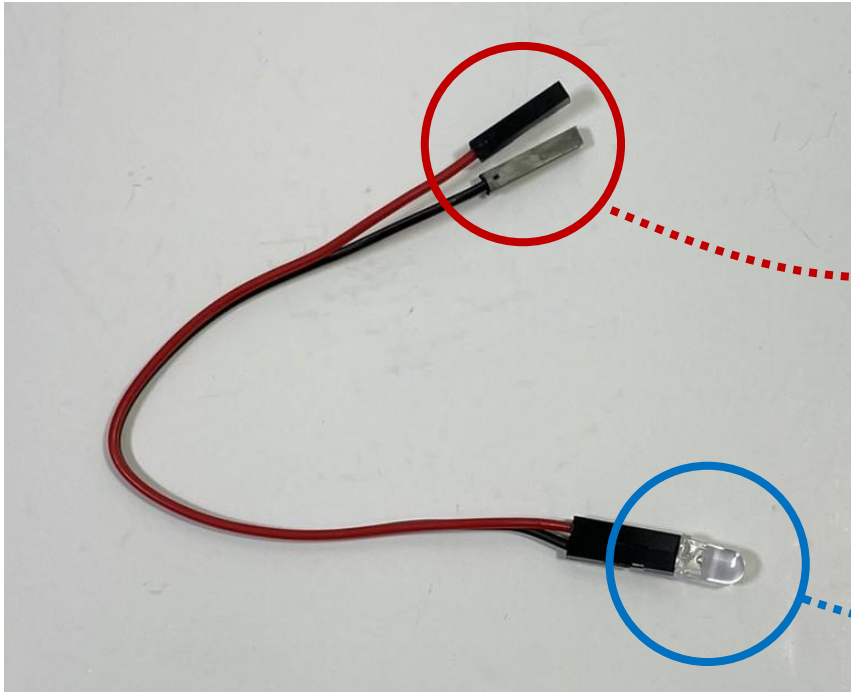
JST-2.0 端子により、ReSpeaker 2-Mic Pi HATと簡単に接続することができます。

このスピーカーは、ケースには結束バンドで固定するようにしているため、同じくらいの大きさのスピーカーであれば搭載できる可能性が高いです。

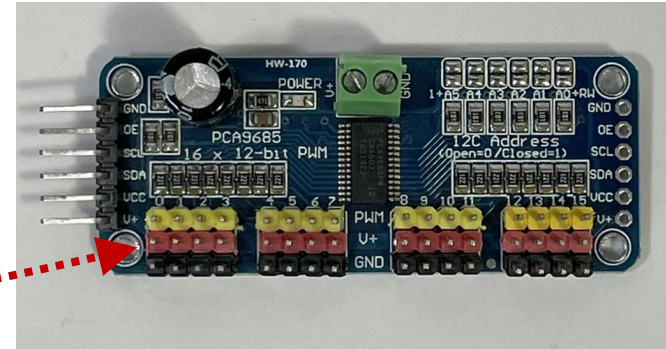
このスピーカーのサイズは 70 x 30 x 15.6mm です。

LED & コネクタ付きコード

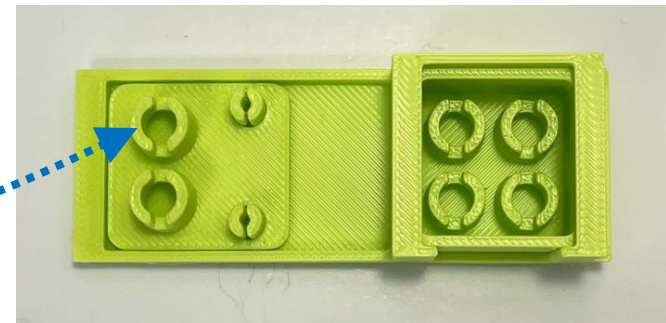
LED 点灯に対応したサーボドライバーを使うことで、簡単に LED の点灯を行うことができます



LED & コネクタ付きコード



サーボドライバー
(PCA9685)



M5 パネル

ロボットの状態やメッセージの通知などを示すインディケータなどとして利用することができます

USB電源ケーブル 5V DC電源供給ケーブル

本資料で紹介している作例では、モバイルバッテリーからサーボモータードライバーへ 5V の電源を供給する用途で利用しています



便利なケーブルですが、加工が必要ですので、電子工作にあまり自信のない方は使用を避けて下さい。

基本的に端子はむき出しになっていますので、ショート等には十分に注意して下さい。

M5 Stack Atom & M5系パーツ

本製品では、さまざまなスタイルで M5 Stack Atom や M5系パーツを搭載できるようにしています



M5系のパーツは非常にうまく規格化されているため、パーツの配線方法や搭載方法で悩むことなく、本質的な部分に集中できます。

作例では、Raspberry Pi を主に利用していますが、マイコンのみでも十分にロボを動かすことができます。

MQTT 等を利用することで、Raspberry Pi との通信を行うことも可能です。