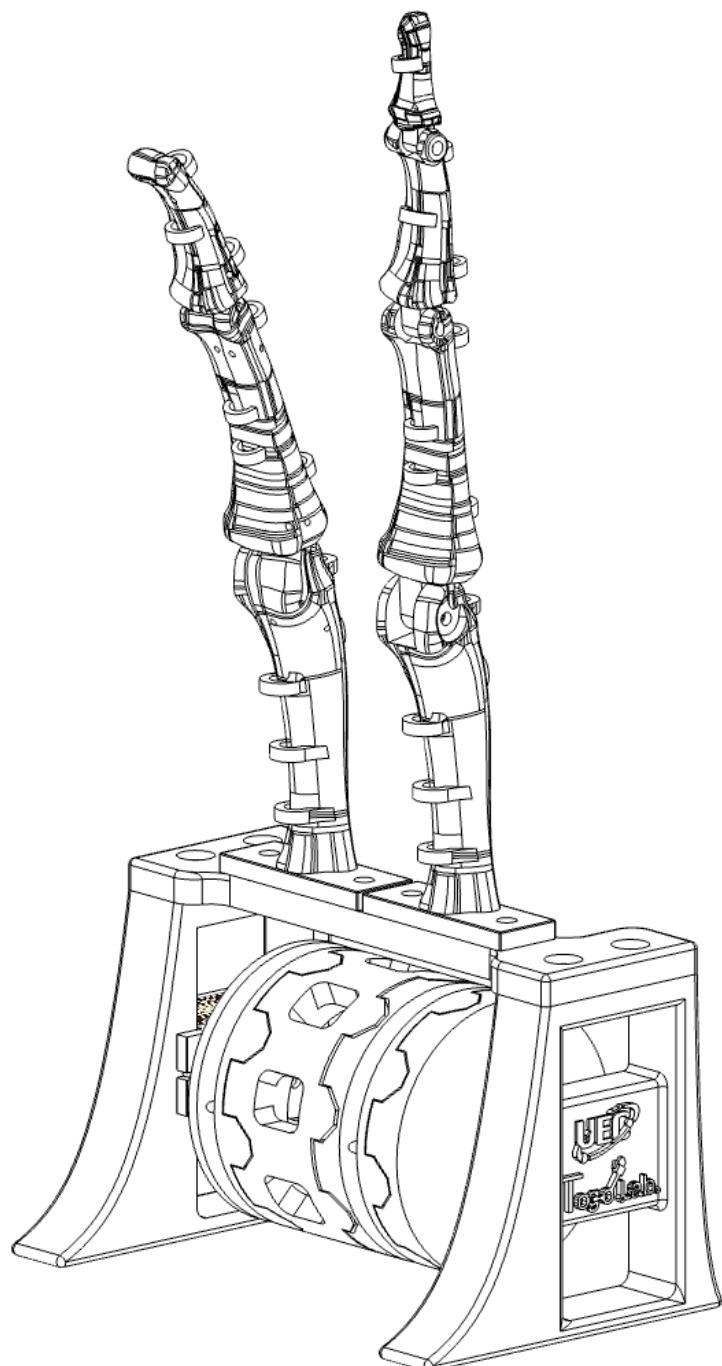


人体模倣中指ロボット 組み立てマニュアル



東郷研究室

Ver. 1.1

目次

・はじめに	1
・キットについて	
・内容物一覧	2
・(A) コントローラの詳細	3
・(B) サーボモータの詳細	4
・(C) 電池の詳細	5
・(D) 樹脂部品の詳細	6
・(E) 指部品他の詳細	9
・使用する工具について	13
・組み立て手順	
・コントローラの組み立て	14
・軸関節中指の組み立て	17
・ヒト関節中指の組み立て1	20
・鞄帯の固定方法	21
・ヒト関節中指の組み立て2	26
・ベースの組み立て	28
・調べてみよう！	39

はじめに

この人体模倣中指ロボットキットの組み立てに挑戦してくれて嬉しく思います。本キットの目的は、電気通信大学の東郷研究室で開発している様々な人体模倣ロボットの制作過程を、色々な人に体験してもらうことです。人体模倣ロボットは、ロボットの身体構造を限りなくヒトに近づけることで、ヒトが巧みな運動や器用な運動を行うことができるメカニズムを明らかにする「人間化ロボット学」の取組の一環で開発されています。

ロボット工学の観点から本キットを見ると「生物模倣」「腱駆動機構」「劣駆動機構」「滑り転がり関節」「関節粘弾性」などのキーワードで表される最先端の研究が取り入れられています。また伝統的なロボットの関節である軸回転関節の中指も並列に作成しますので、その違いを体感してみましょう。残念ながらロボットの基本的な構成要素であるセンサ、マイコンは省略されています。ロボットについて色々なことを調べ、あなたの手でさらに本キットを改造してみましょう。

解剖学の観点から本キットを見ると、あなたの手指構造をより詳しく知るためのきっかけになるでしょう。また本キットでは非常に多くの人体構造を省略しています。本キットの組み立てを通じて、さらに複雑な構造をしているあなたの手指に驚嘆することでしょう。

それでは初めての人からものづくり好きの人まで、本キットを通じてロボットや人体構造の様々な知識を体感し、楽しんでください。

電気通信大学

東郷 俊太

キットについて

内容物一覧



(A) コントローラ

(D) 樹脂部品

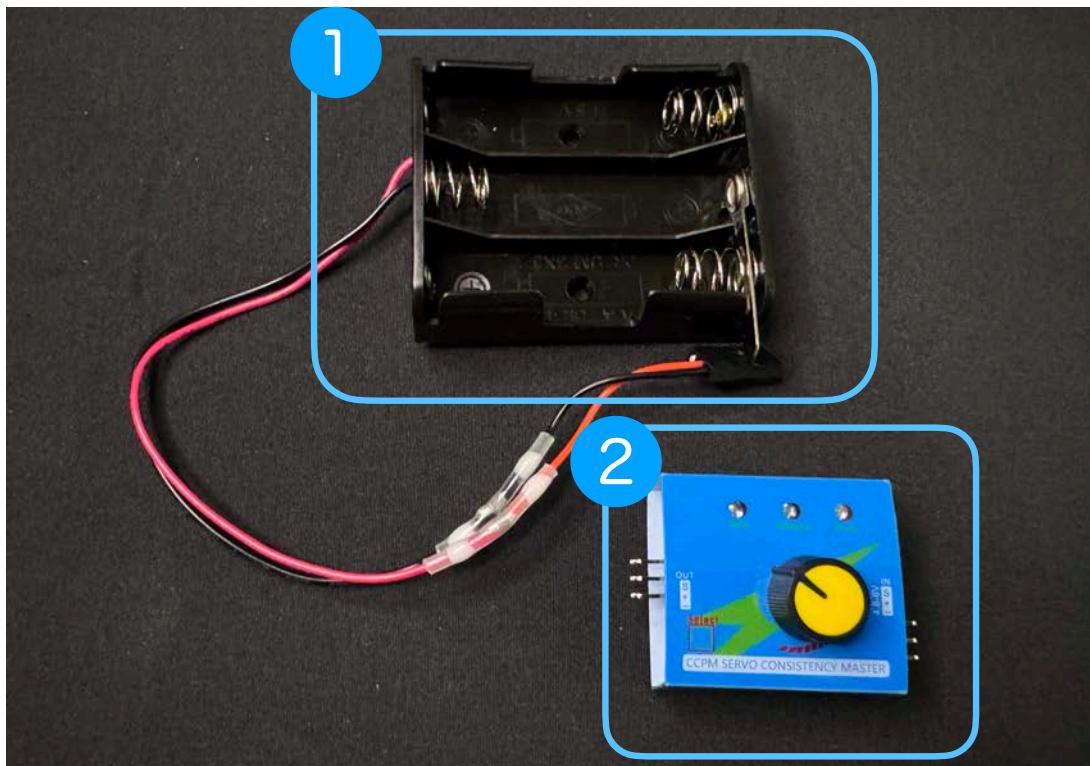
(B) サーボモータ

(E) 指部品他

(C) 電池

キットについて

(A) コントローラの詳細



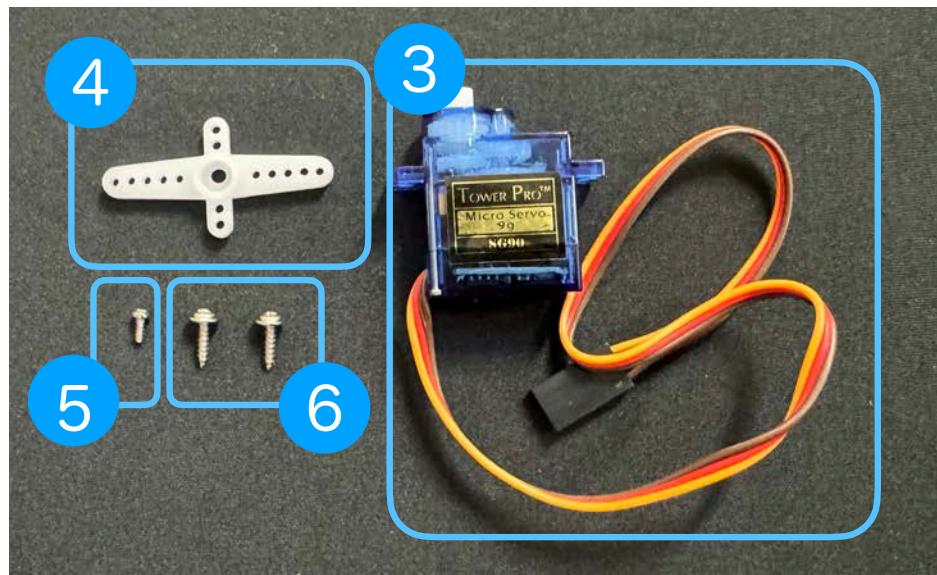
- ① 電池ボックス (秋月電子通商) [単3電池×3。スイッチ付]
 - + サーボケーブル (Amazon) [加工済]
 - + 熱収縮はんだコネクタ：2個 (Amazon) [加工済]
- ② コントローラ (Amazon) [サーボモータテスター]

()内は購入先

[]内は備考

キットについて

(B) サーボモータの詳細



- ③ サーボモータ SG90 (Amazon)
- ④ サーボホーン [③に付属]
- ⑤ ホーン固定用ネジ [③に付属]
- ⑥ サーボモータ固定用ネジ：2個 [③に付属]

()内は購入先
[]内は備考

キットについて

(C) 電池の詳細



⑦ アルカリ単3乾電池：3個 (Amazon)

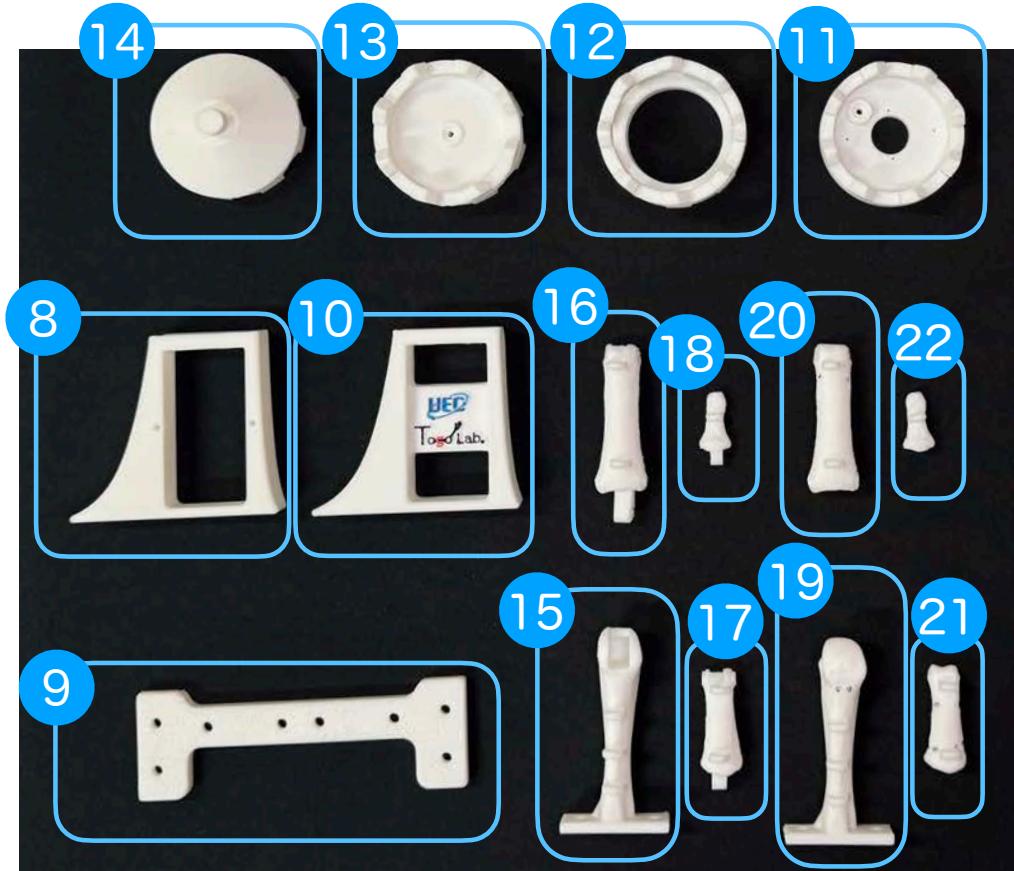
[単3乾電池1個で1.5Vなので3個直列に繋いで
4.5Vを作っている]

()内は購入先

[]内は備考

キットについて

(D) 樹脂部品の詳細



- | | | |
|-------------|----------|----------|
| ⑧ ベース左 | ⑬ プーリ 3 | ⑯ 未節骨(軸) |
| ⑨ ベース中 | ⑭ プーリ 4 | ⑰ 中手骨(ヒ) |
| ⑩ ベース右(着色済) | ⑮ 中手骨(軸) | ⑱ 基節骨(ヒ) |
| ⑪ プーリ 1 | ⑯ 基節骨(軸) | ⑲ 中節骨(ヒ) |
| ⑫ プーリ 2 | ⑰ 中節骨(軸) | ⑳ 末節骨(ヒ) |

骨のデータの出典：
BodyParts3D
© ライフサイエンス統合
データベースセンター
licensed under CC表示
継承2.1 日本

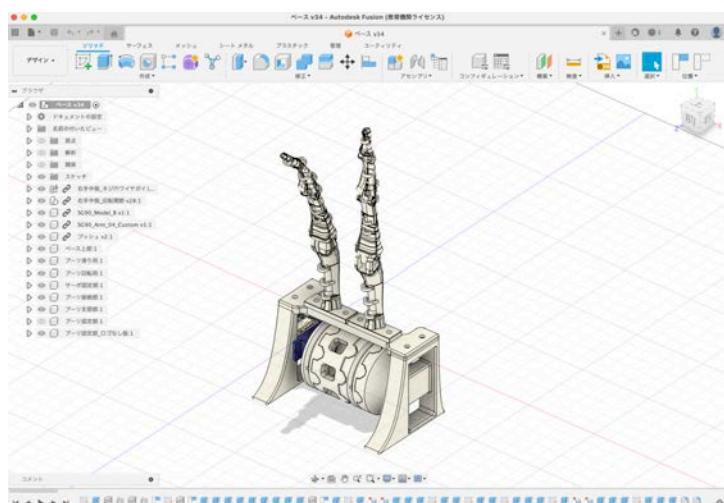
(軸) : 軸関節中指
(ヒ) : ヒト関節中指

キットについて

(D) 樹脂部品の詳細

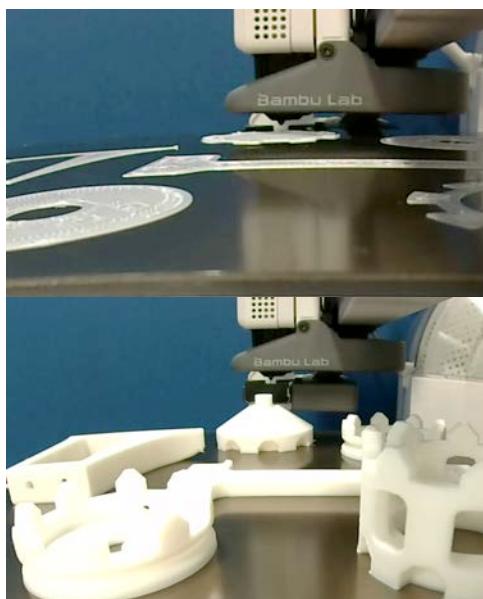
樹脂部品ができるまで

(1) 樹脂部品の設計



使用ソフト : AUTODESK Fusion
※教育機関の場合は無償で使えます

(2) 樹脂部品の造形



使用プリンタ : Bambu Lab A1mini
フィラメント : Bambu Lab PLA Basic
積層ピッチ : 0.2 mm
充填率 : 15%
インフィル : グリッド
造形時間 : 1 セット約 5時間
ノズル : 0.4mm
(⑩ベース右のみ0.2mmノズルで造形)

キットについて

樹脂部品ができるまで

(D) 樹脂部品の詳細

(3) 樹脂部品の後処理

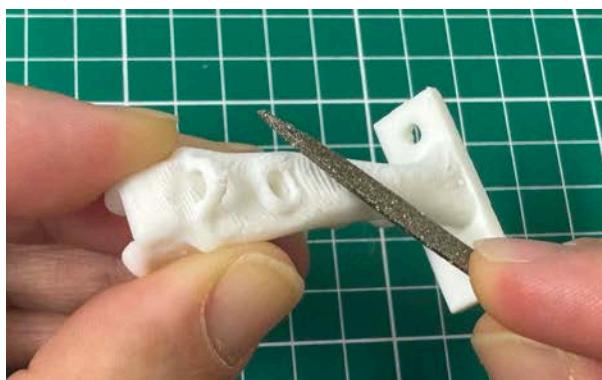
1 サポート材剥がし



2 ネジ穴の調整



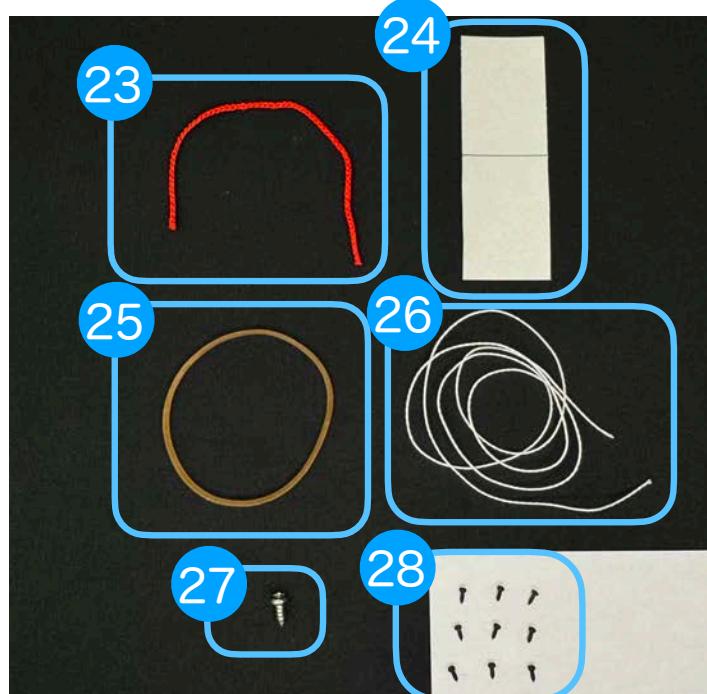
3 ヤスリがけ



※本キットの樹脂部品は
基本的な後処理済みです

キットについて

(E) 指部品他の詳細



ヒト関節
MP関節袋
の内容物

()内は購入先 []内は備考

②₃ 鞄帯 (約98 mm)

(Amazon) [8本編5号のPEワイヤ(釣り糸)を鎖編みして作成]

②₄ 関節包シート (20 × 610 mm)

(モノタロウ) [商品名:ワキフィルム]

②₅ 輪ゴム (モノタロウ) [折径60mm]

②₆ 筋ワイヤ (Amazon) [8本編5号のPEワイヤ(釣り糸)]

②₇ タッピングネジ (Amazon) [M2.5 × 6mm]

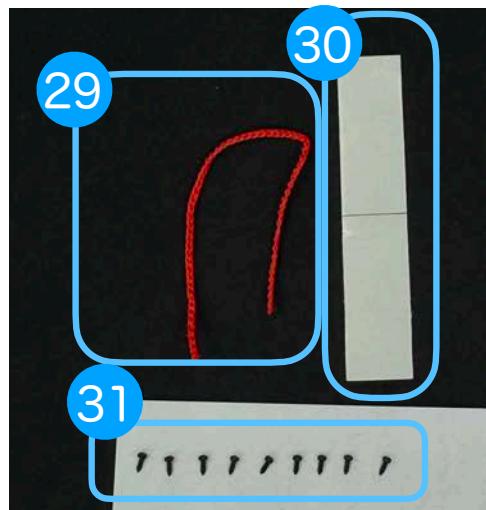
②₈ タッピングネジ

(AliExpress) [M1 × 3mm (直径 ×長さ)、8個+予備1個]

キットについて

(E) 指部品他の詳細

ヒト関節 PIP関節袋の内容物



②⁹ 鞄帯 (約94 mm)

(Amazon) [8本編5号のPEワイヤ(釣り糸)を鎖編みして作成]

⑩ 関節包シート (12 × 610 mm)

(モノタロウ) [商品名:ワキフィルム]

⑪ タッピングネジ

(AliExpress) [M1 × 3mm (直径 ×長さ)、8個+予備1個]

⑫ 鞄帯 (約78 mm)

(Amazon) [8本編5号のPEワイヤ(釣り糸)を鎖編みして作成]

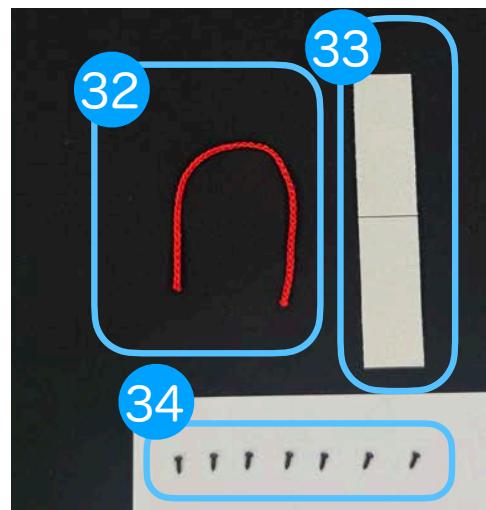
⑬ 関節包シート (12 × 610 mm)

(モノタロウ) [商品名:ワキフィルム]

⑭ タッピングネジ

(AliExpress) [M1 × 3mm (直径 ×長さ)、6個+予備1個]

ヒト関節 DIP関節袋の内容物

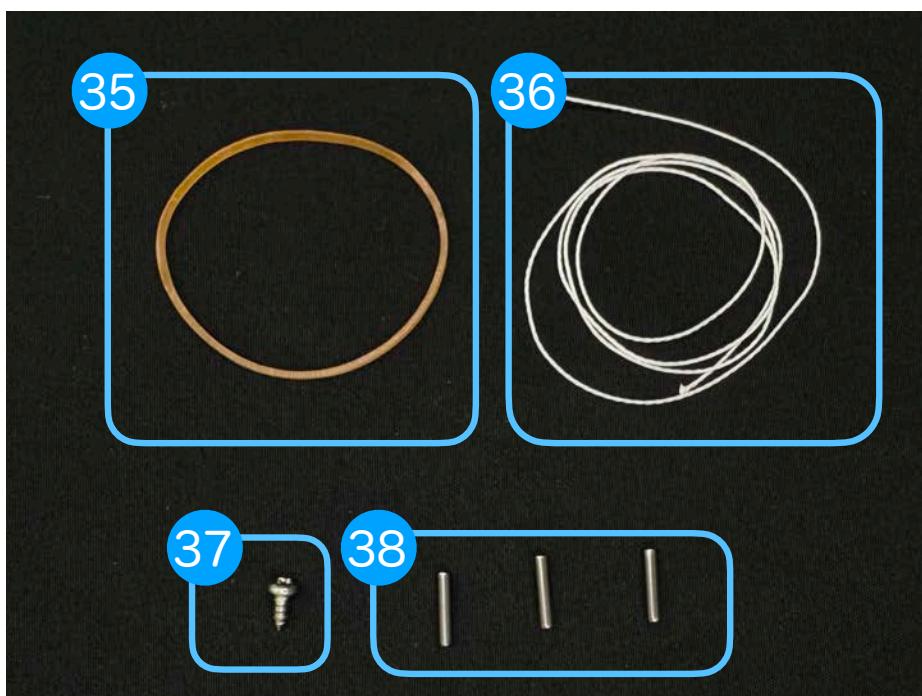


()内は購入先 []内は備考

キットについて

(E) 指部品他の詳細

軸関節袋の内容物



- ③⁵ 輪ゴム (モノタロウ) [折径60mm]
- ③⁶ 筋ワイヤ (Amazon) [8本編5号のPEワイヤ(釣り糸)]
- ③⁷ タッピングネジ (Amazon) [M2.5 × 6mm (直径 ×長さ)]
- ③⁸ シャフト (Amazon) [M2 × 10mm (直径 ×長さ), 3個]

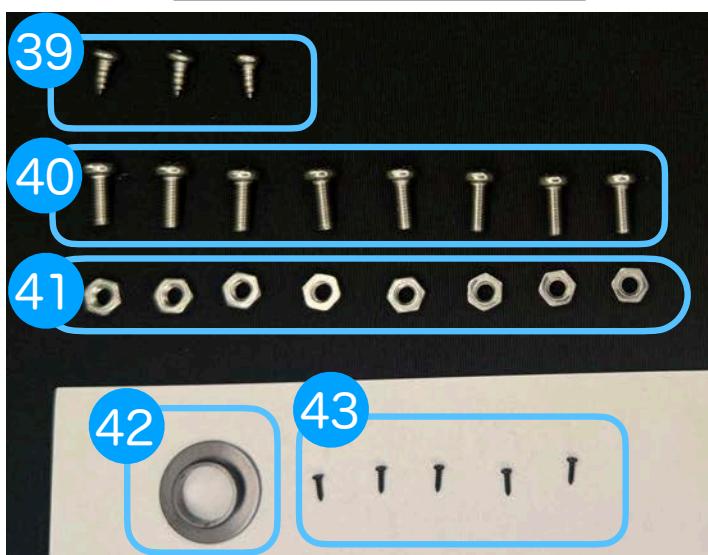
()内は購入先

[]内は備考

キットについて

(E) 指部品他の詳細

ベース袋の内容物



③⁹ タッピングネジ

(Amazon) [M2.5 × 6mm (直径 ×長さ)、2個+予備1個]

④⁰ ボルト (モノタロウ) [M3 × 8mm (直径 ×長さ)、8個]

④¹ ナット (モノタロウ) [M3、8個]

④² フランジブッシュ (モノタロウ) [80F-0803]

④³ タッピングネジ

(AliExpress) [M1 × 3.5mm (直径 ×長さ)、4個+予備1個]

()内は購入先

[]内は備考

使用する工具について

工具一覧



- | | |
|--------------|---------------|
| (a) はさみ | (g) ダイヤモンドやすり |
| (b) ミニラジオペンチ | (h) 布テープ |
| (c) ニッパー | (i) ピンクッション |
| (d) 精密ドライバー | (j) マグネットайзъ |
| (e) とじ針 | (k) ステンレストレー |
| (f) ピンセット鷲口 | (l) マグネットシート |
| | (m)カッターマット |

購入先 : (c) : AliExpress (i) : キャンドゥ
 (a)(e)(h)(j)(m) : モノタロウ その他 : ダイソー

組み立て手順

コントローラの組み立て

1

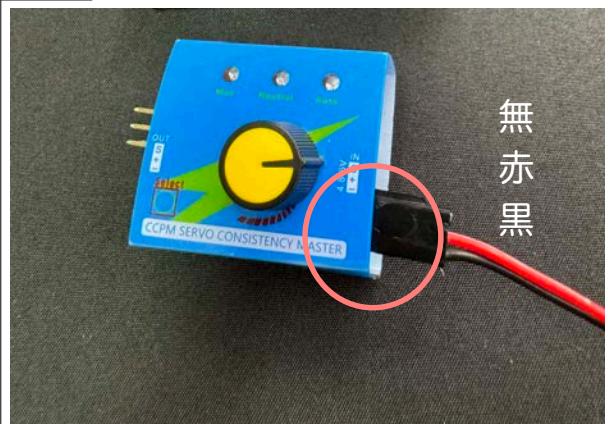
電池の挿入



- ①電池ボックスに
- ⑦電池をいれる

2

コネクタの接続

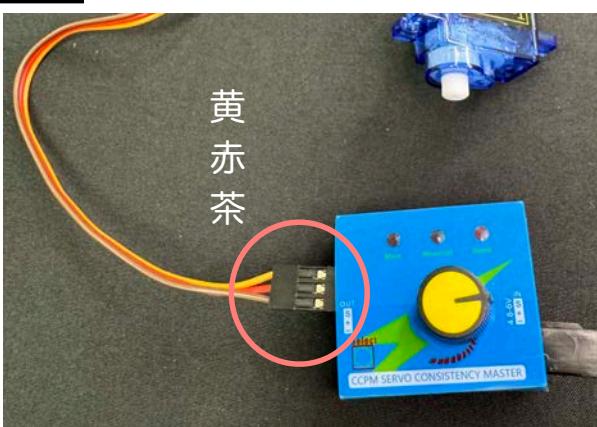


無
赤
黒

- ①のサーボケーブルを
- ②コントローラに繋ぐ

3

コネクタの接続

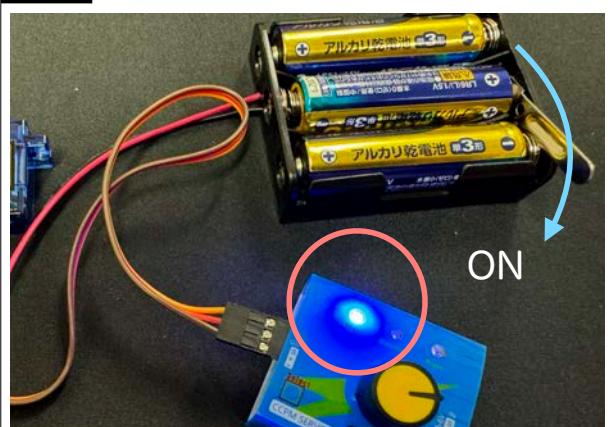


黄
赤
茶

- ③サーボモータを
- ②コントローラに繋ぐ

4

動作確認



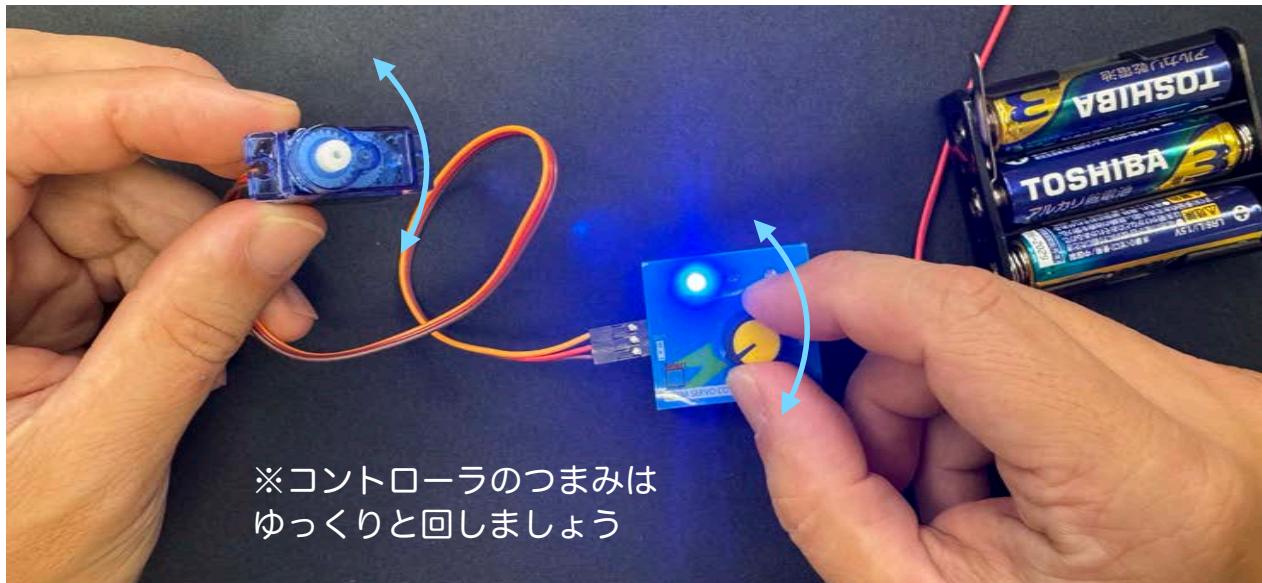
- スイッチを入れ
- LEDの点灯を確認

組み立て手順

コントローラの組み立て

5

動作確認



- ②コントローラのつまみを回すと
- ③サーボモータが回ることを確認する

!



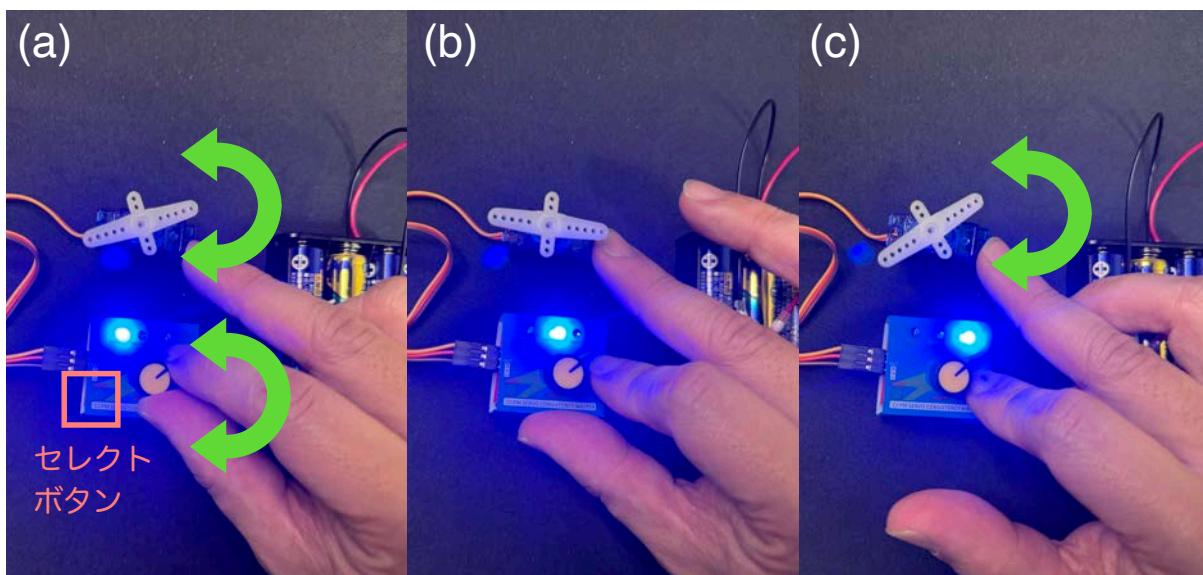
※ コントローラの製造ロットによって
つまみの取付方向が逆な場合がありますが
コントローラの動作には問題ありません

組み立て手順

コントローラの組み立て

6

動作モードの確認



セレクトボタンを押すと

- (a) ●○○ マニュアルモード（つまみを回すとモータも回る）
- (b) ○●○ ニュートラルモード（0度の角度でモータが止まる）
- (c) ○○● オートモード（自動で±最大角度を往復する）

の3種類のモードに変更できます。

押して挙動の違いを確かめてみよう。

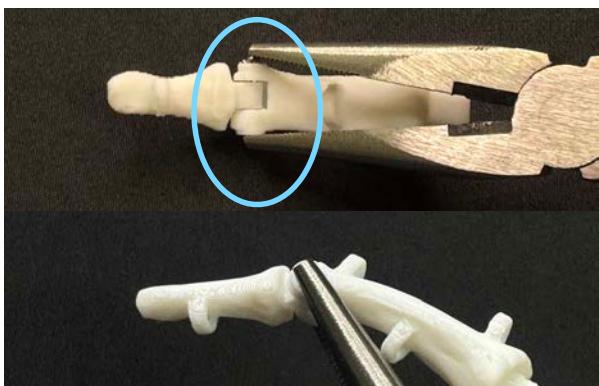
確認後はスイッチを切れます。

※ モータの動きが悪い時は電池を新品に変えてみましょう！

組み立て手順

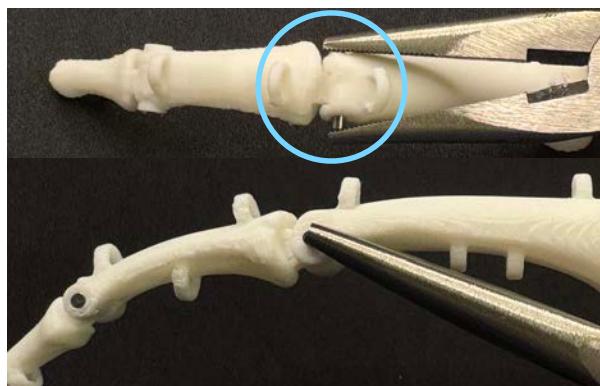
軸関節中指の組み立て

1 DIP関節の組み立て



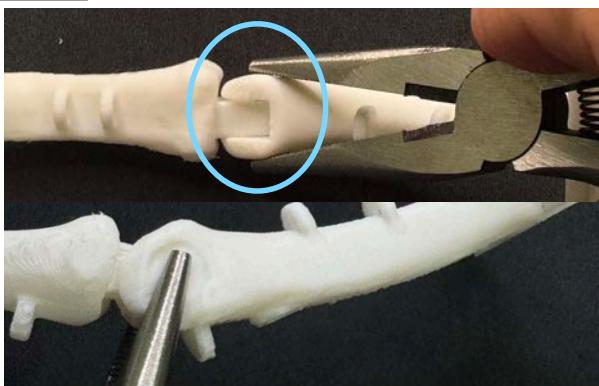
⑯末節骨(軸)と⑰中節骨(軸)でDIP関節を構成し⑮シャフトを挿す

2 PIP関節の組み立て



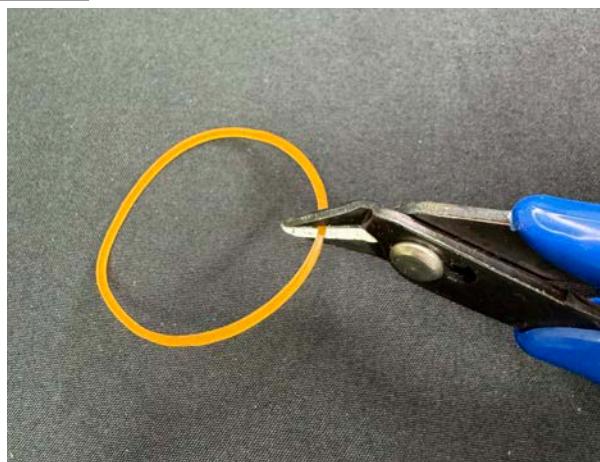
⑰中節骨(軸)と⑯基節骨(軸)でPIP関節を構成し⑮シャフトを挿す

3 MP関節の組み立て



⑯基節骨(軸)と⑮中手骨(軸)でMP関節を構成し⑮シャフトを挿す

4 指伸筋の組み立て



⑮輪ゴムを(c)ニッパーで切る

TIPS

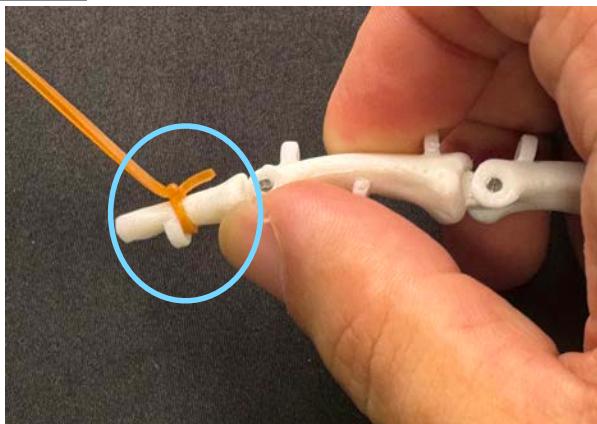
DIP関節：遠位指節間関節
PIP関節：近位指節間関節
MP関節：中手指節間関節

組み立て手順

軸関節中指の組み立て

5

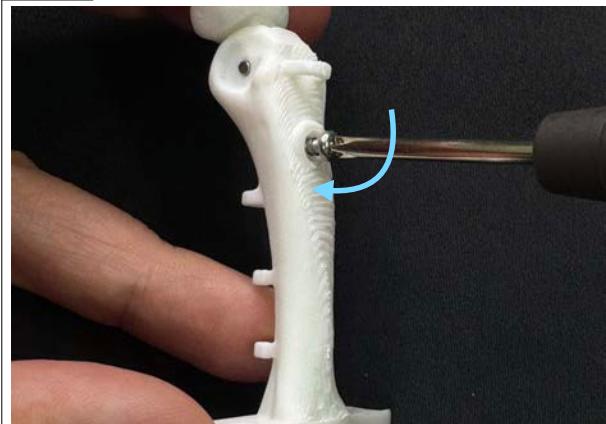
指伸筋の組み立て



⑯末節骨(軸)のくぼんだ部分に
切った⑮輪ゴムの端を結ぶ

6

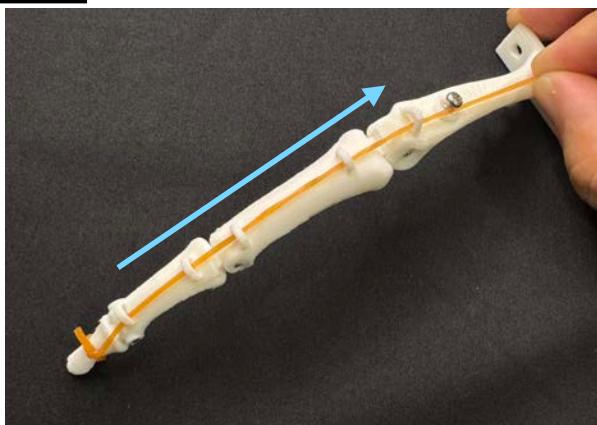
指伸筋の組み立て



⑯中手骨(軸)の背側の穴に
⑰タッピングネジを仮止めする

7

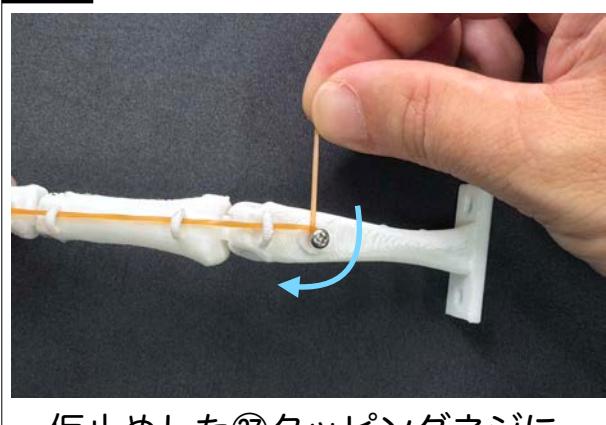
指伸筋の組み立て



⑮輪ゴムを背側の全ての輪に
通す

8

指伸筋の組み立て



仮止めした⑰タッピングネジに
⑮輪ゴムをネジをしめる方向に
1周ほど巻きつける

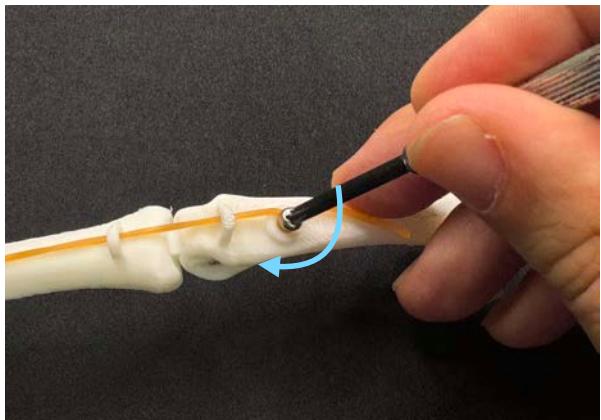
TIPS

巻きつける輪ゴムの
長さによって
指を伸ばす力が変わるよ

組み立て手順

軸関節中指の組み立て

9 指伸筋の組み立て



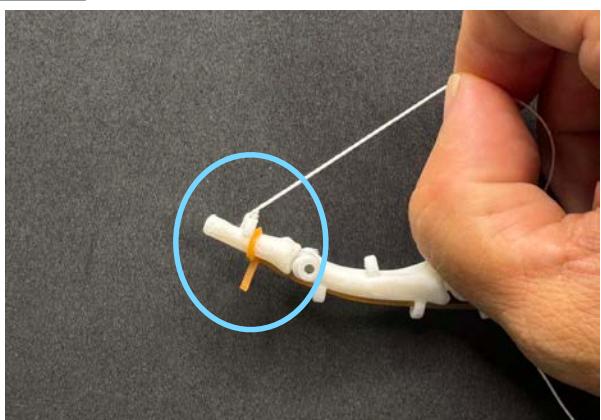
仮止めした⑦タッピングネジを
しめる

10 指伸筋の組み立て



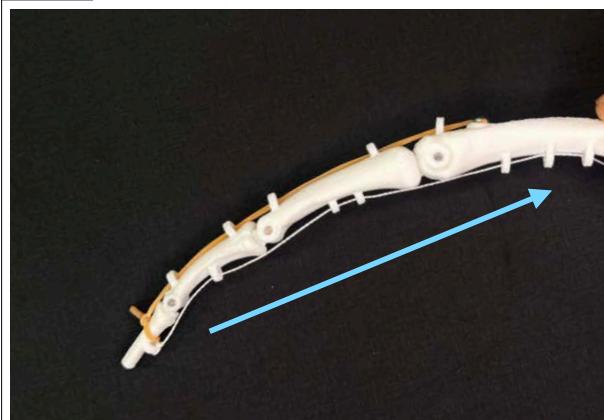
余分な⑤輪ゴムを切る

11 深指屈筋の組み立て



⑬末節骨(軸)の掌側の輪に
⑯筋ワイヤの端を結ぶ

12 深指屈筋の組み立て



⑯筋ワイヤを掌側の全ての
輪に通す

TIPS 筋ワイヤを手で引いて各関節が曲がることを確認しよう！こういう機構をワイヤ駆動機構や腱駆動機構と呼ぶよ

組み立て手順

ヒト関節中指の組み立て 1

1

DIP関節の組み立て



②末節骨(ヒ)と①中節骨(ヒ)で
DIP関節を構成し対応する③靭帯
を次ページを参考に取り付ける

2

PIP関節の組み立て



②中節骨(ヒ)と①基節骨(ヒ)で
PIP関節を構成し対応する④靭帯
を次ページを参考に取り付ける

3

MP関節の組み立て



①基節骨(ヒ)と⑨中手骨(ヒ)で
MP関節を構成し対応する⑤靭帯
を次ページを参考に取り付ける

4

関節包の組み立て(DIP)



⑩関節包シートを貼るために
シートの白い台紙を剥がす

組み立て手順

鞄帯の固定方法

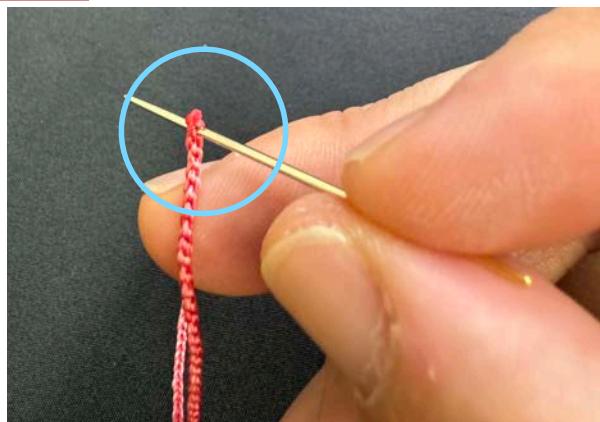
MP関節を例に

1 精密ドライバーの磁化



(d)精密ドライバーの磁力が弱い
時には(j)マグнетイザーに当てる

2 鞄帯へのネジの取り付け



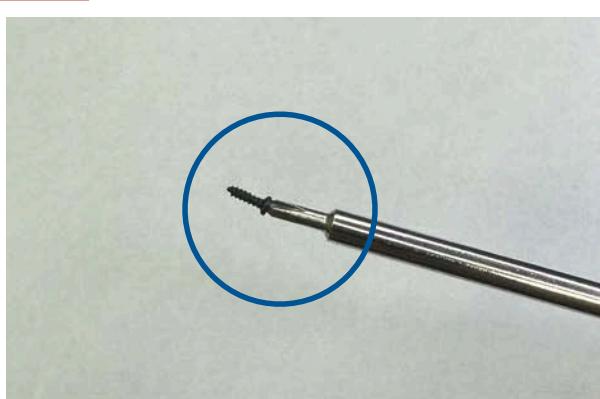
②鞄帯の端の鎖の隙間に
(e)とじ針を刺す

3 鞄帯へのネジの取り付け



(e)とじ針を引き抜き③鞄帯の
端に穴が空いたことを確認する

4 鞄帯へのネジの取り付け



(d)精密ドライバー(細い方)の
先端に⑧タッピングネジを
つける

TIPS

鞄帯の端はライターで炙って
端点処理をしているよ

組み立て手順

靭帯の固定方法

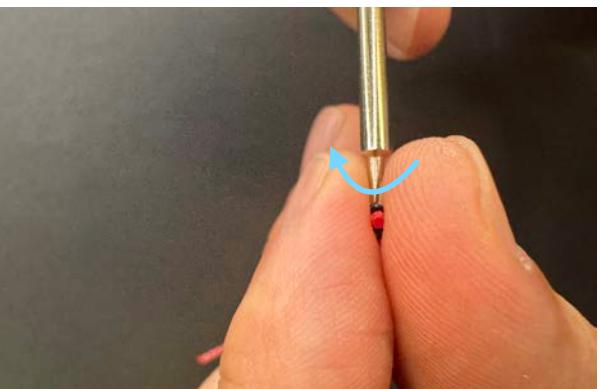
MP関節を例に

5 靭帯へのネジの取り付け



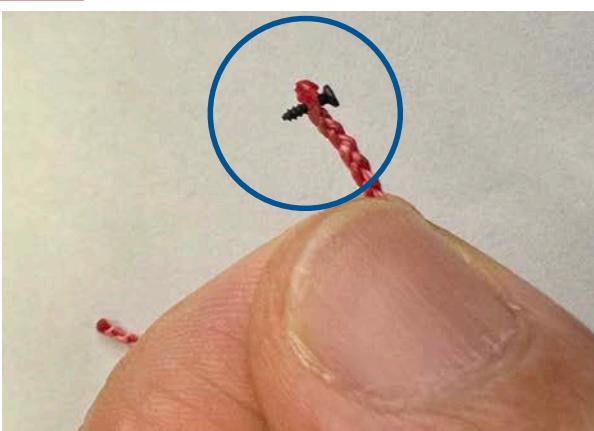
㉙タッピングネジを㉚靭帯の穴に差し込む（ドライバーを回しながらやると刺さりやすい）

6 靭帯へのネジの取り付け



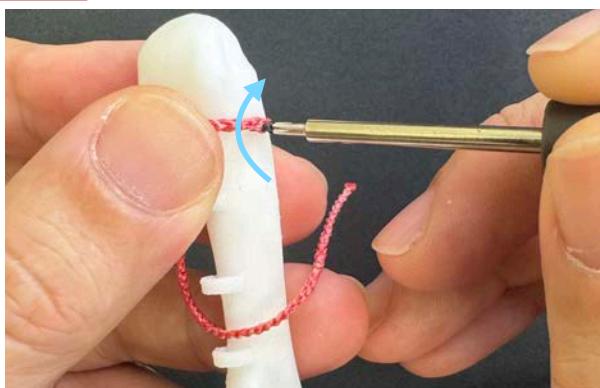
刺さった後は(㉛)精密ドライバーを指腹の間で回し㉙タッピングネジを㉚靭帯の奥まで刺す

7 靭帯へのネジの取り付け



㉚靭帯に㉙タッピングネジが刺さったことを確認する

8 指骨への靭帯の取り付け



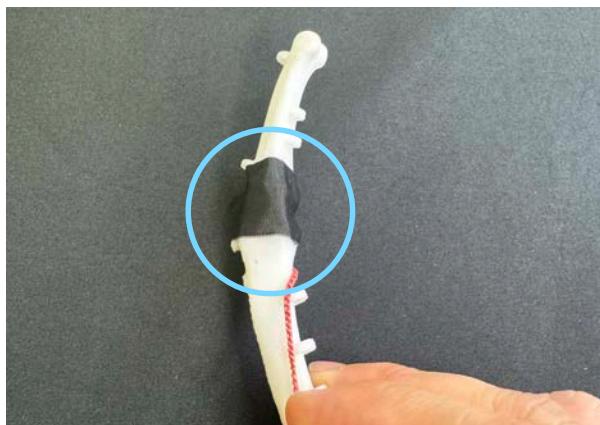
㉙タッピングネジを手順15～17を参考に取り付け番号(1)の箇所にネジどめする

組み立て手順

靭帯の固定方法

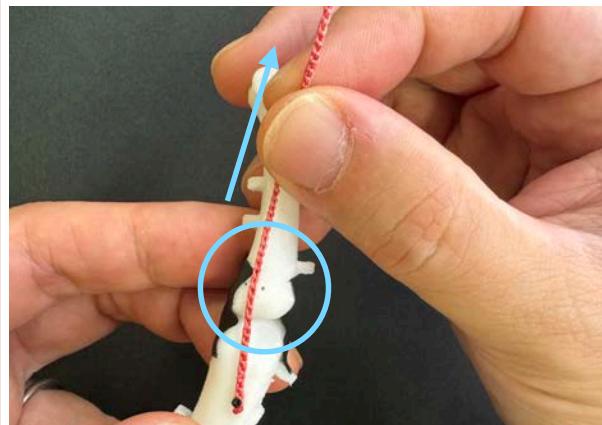
MP関節を例に

9 指骨への靭帯の取り付け



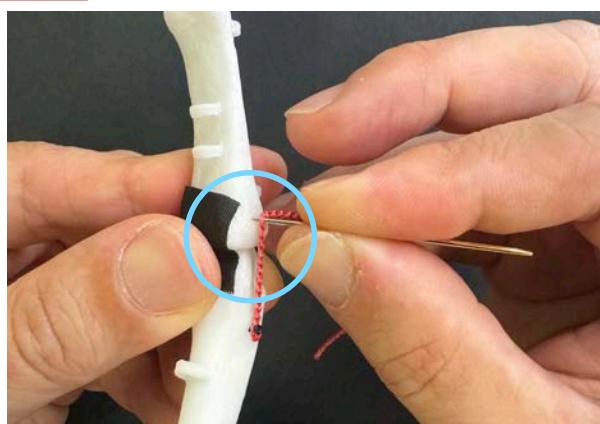
関節仮止め用の(h)布テープで
2つの骨を仮止めする

10 指骨への靭帯の取り付け



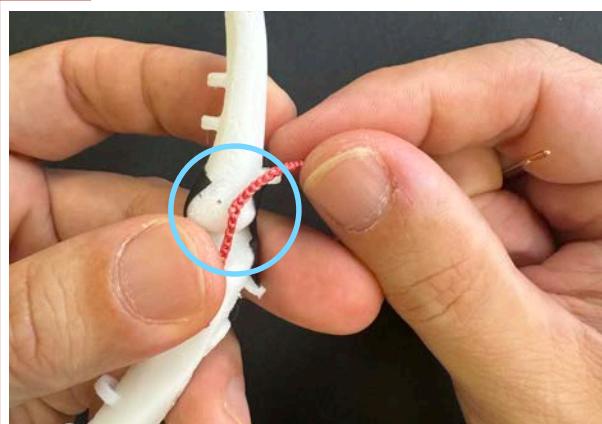
②③靭帯を引っ張り
次の取付番号の穴まで伸ばす

11 指骨への靭帯の取り付け



次の取り付け番号の穴に刺さる
よう②③靭帯に(e)とじ針を刺す

12 指骨への靭帯の取り付け



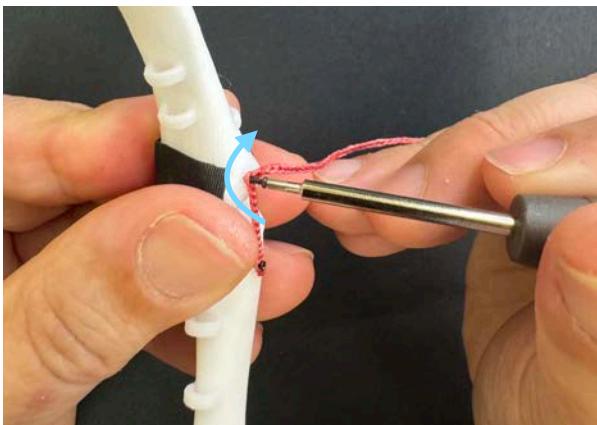
次の取り付け番号の穴の位置
に穴が空いたことを確認する

組み立て手順

靭帯の固定方法

MP関節を例に

13 指骨への靭帯の取り付け



- ②8 タッピングネジを使って
- ②3 靭帯と指骨をネジ止めする

14 指骨への靭帯の取り付け



- 手順10に戻り同様の方法で
- ②9 ③2 靭帯を指骨に順々に固定する

15

DIP関節の靭帯の取り付け番号

掌側



背側



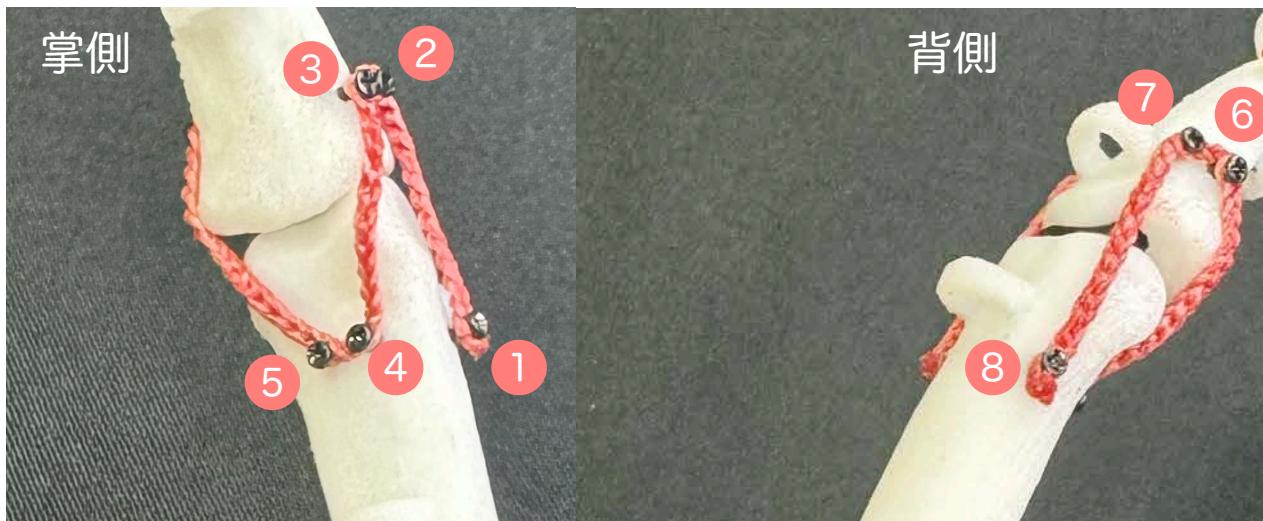
組み立て手順

靭帯の固定方法

MP関節を例に

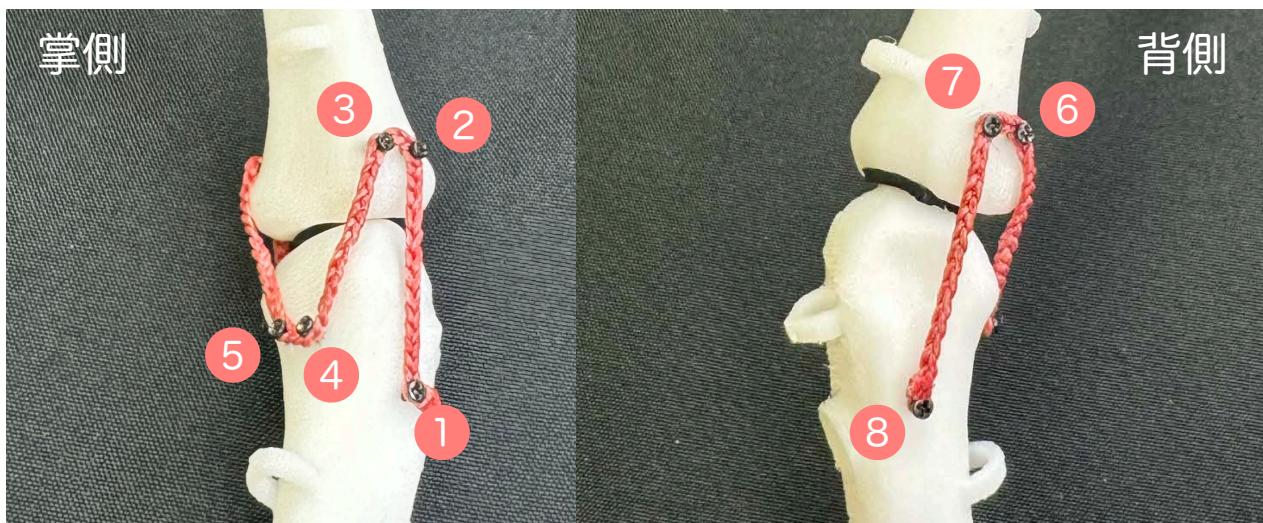
16

PIP関節の靭帯の取り付け番号



17

MP関節の靭帯の取り付け番号

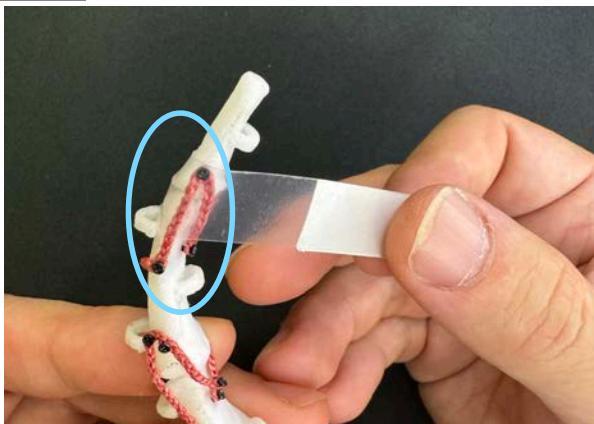


組み立て手順

ヒト関節中指の組み立て2

5

関節包の組み立て(DIP)



台紙を剥がした③関節包シートの
粘着面をDIP関節に貼る

6

関節包の組み立て(DIP)

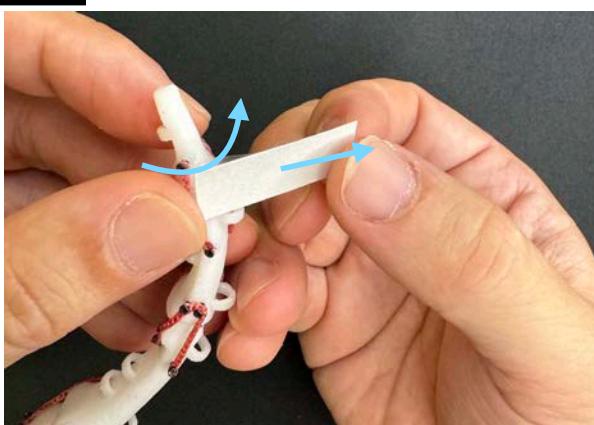


※裏面の台紙と
表面のフィルム
の計2枚を剥が
します

③関節包シートの端点から台紙と
反対側の透明フィルムを剥がす

7

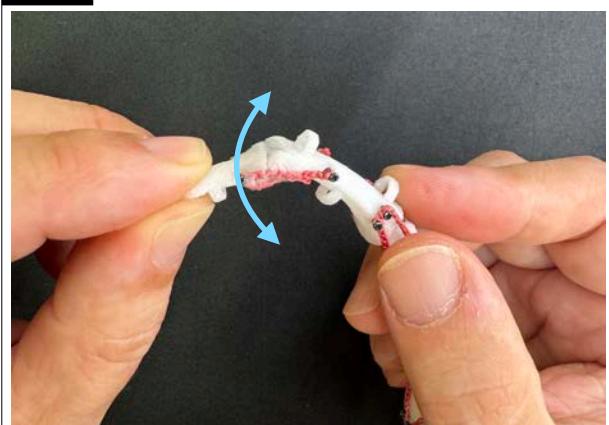
関節包の組み立て(DIP)



残りの台紙を剥がしながら③関節
包シートを関節に巻きつける

8

関節包の組み立て(DIP)



DIP関節を手動で何回か曲げ
伸ばしして粘着を弱くする

組み立て手順

ヒト関節中指の組み立て2

9 関節包の組み立て(PIP)



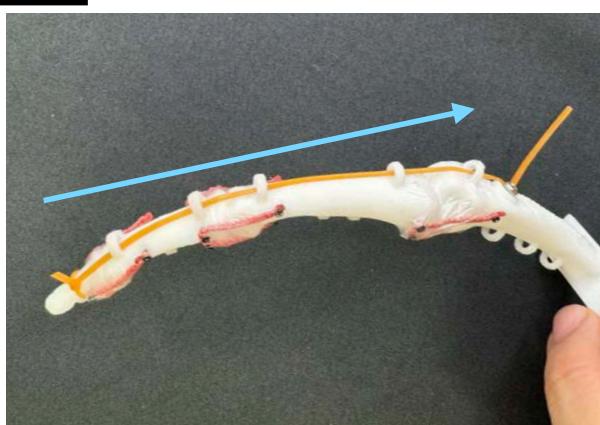
手順4に戻り同様にしてPIP関節にも⑩関節包シートを巻く

10 関節包の組み立て(MP)



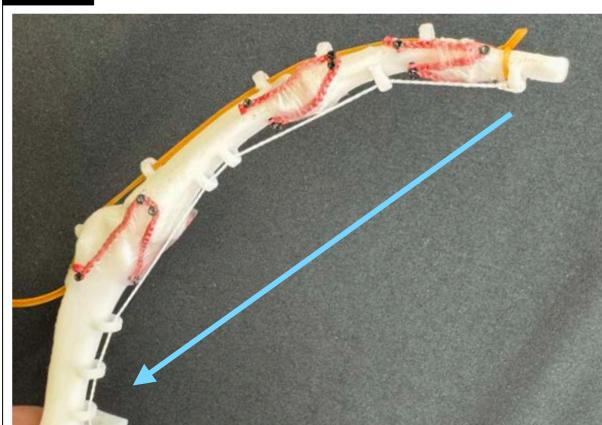
手順4に戻り同様にしてMP関節にも⑪関節包シートを巻く

11 指伸筋の組み立て



軸関節中指と同様に
⑫輪ゴムを取り付ける

12 深指屈筋の組み立て



軸関節中指と同様に
⑬筋ワイヤを取り付ける

TIPS 筋ワイヤを手で引いて各関節が曲がることを確認しよう！軸関節中指との違いがわかるかな？

組み立て手順

ベースの組み立て

1

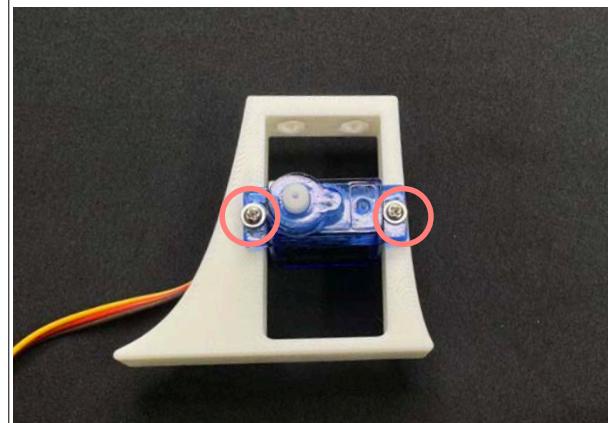
ブーリの組み立て



- ④タッピングネジを使って
⑪ブーリ1に④サーボホーン
を固定する

2

ベースの組み立て



- ⑤固定用ネジを用いて③サーボ
モータを⑧ベース左に固定する

3

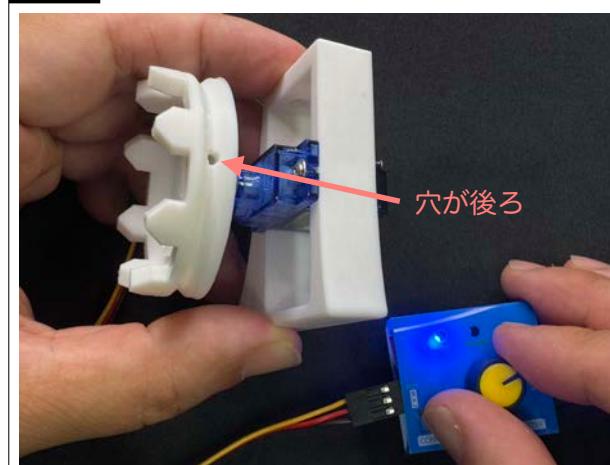
ブーリの組み立て



- コントローラで③サーボモータを時計回りの最大角度まで曲げて
④サーボホーンを取り付ける

4

ブーリの組み立て

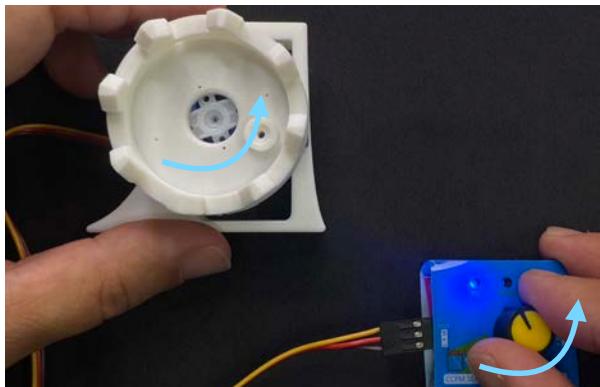


- 手順3を後ろから見た場合

組み立て手順

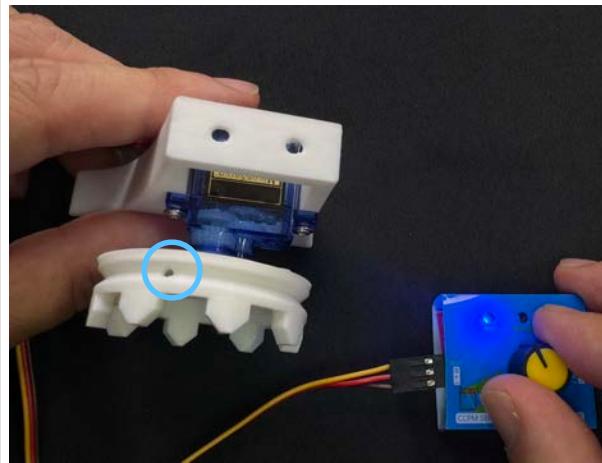
ベースの組み立て

5 プーリの組み立て



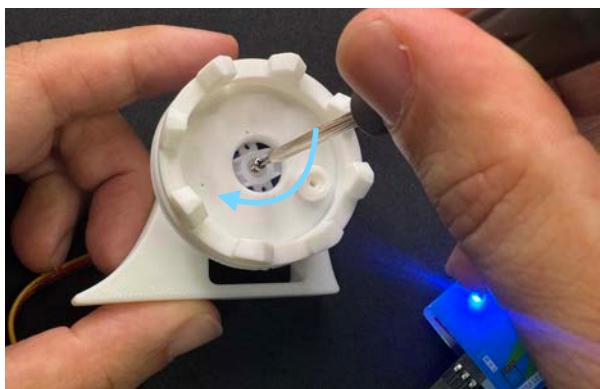
コントローラを反対側に回すと
③サーボモータも反時計回りに
回ることを確認する

6 プーリの組み立て



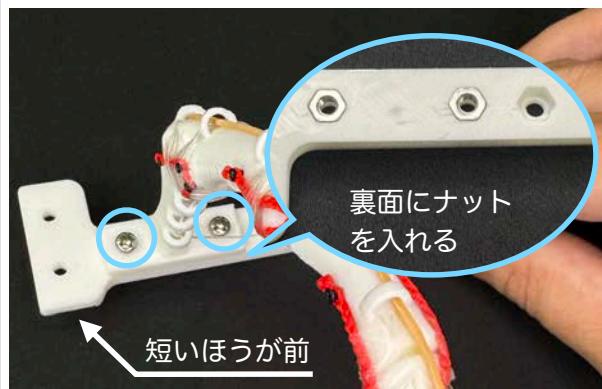
手順5を上から見た場合

7 プーリの組み立て



⑤ホーン固定用ネジを使って
④サーボホーンを③サーボモータ
に固定する

8 ベースの組み立て



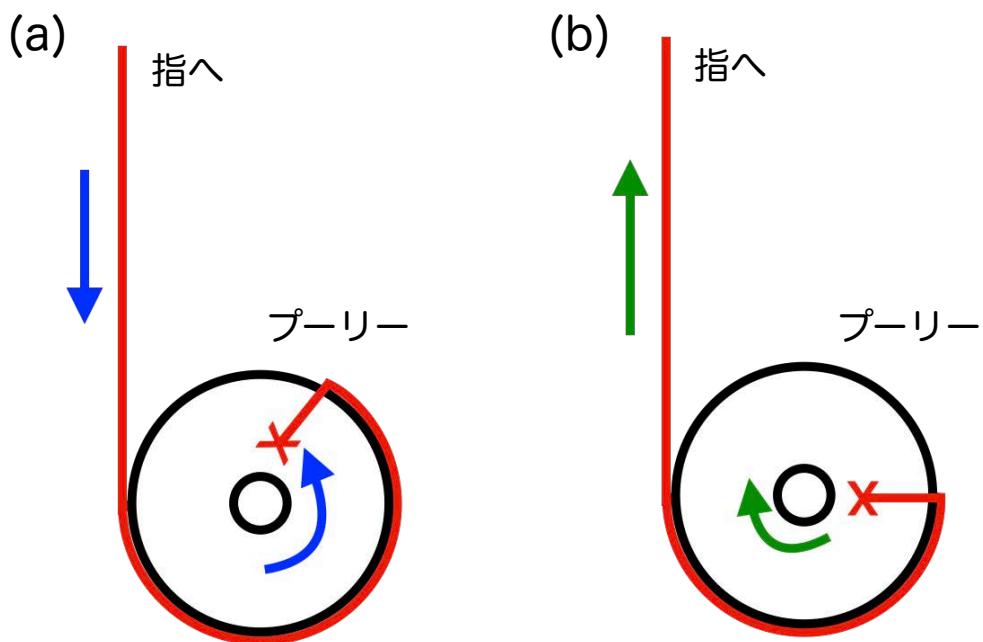
④④ボルトと④ナットを使って
ヒト関節中指を⑨ベース中に
固定する

組み立て手順

ベースの組み立て

!

ワイヤ牽引機構の仕組み



※ サーボモータを奥側にして横から見た図

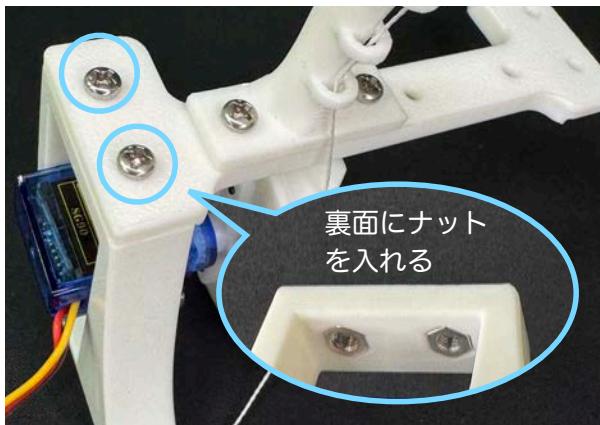
(a) サーボモータを反時計回りに回転させるとワイヤを巻き取ります。
巻き取られたワイヤは指につながっているので指を曲げます。

(b) サーボモータを時計回りに回転させるとワイヤが緩みます。
緩んだワイヤは輪ゴムによって伸ばされた指に引っ張られます。

組み立て手順

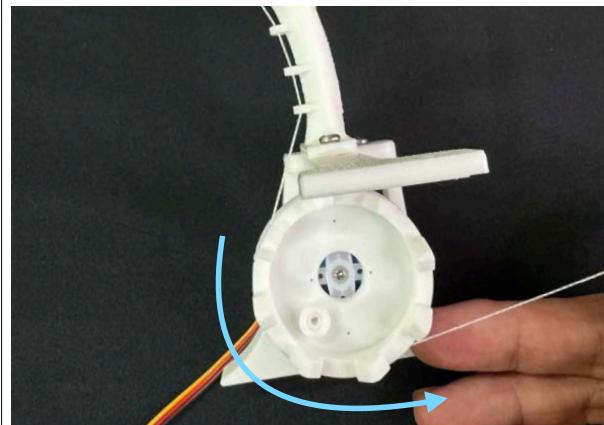
ベースの組み立て

9 ベースの組み立て



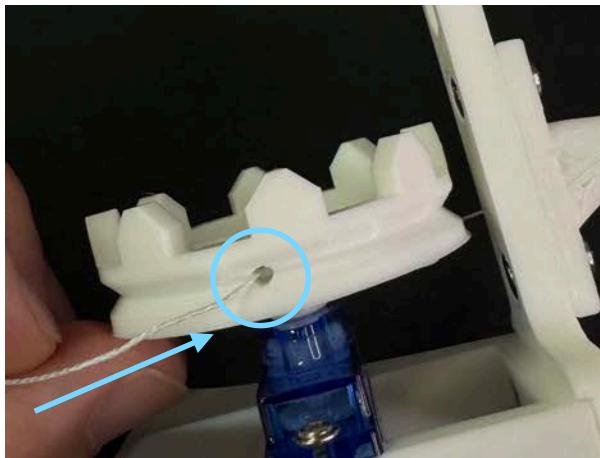
④⑩ボルトと⑪ナットを使って⑧
ベース左を⑨ベース中に固定する

10 プーリの組み立て



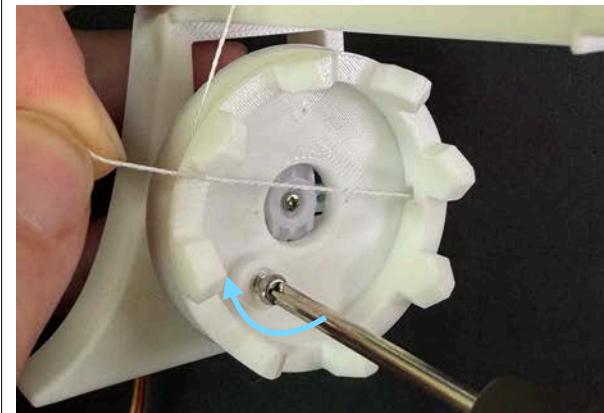
⑯筋ワイヤを⑪プーリ1に
半周巻きつける

11 プーリの組み立て



⑪プーリ1の穴に⑯筋ワイヤを通す

12 プーリの組み立て



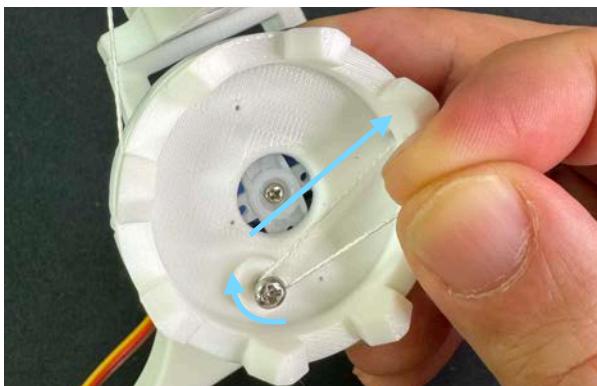
⑪プーリ1に⑯タッピングネジを
仮止めする

組み立て手順

ベースの組み立て

13

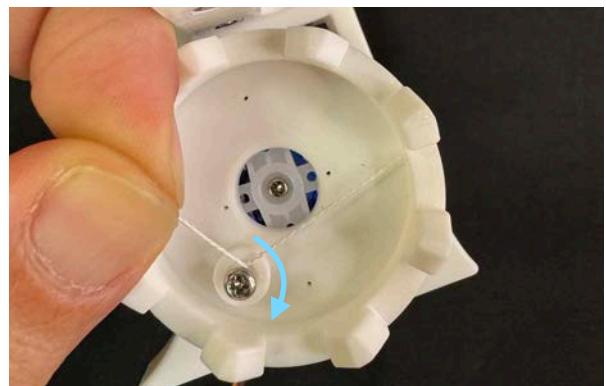
プーリの組み立て



⑪プーリ1を時計回りに最大に回した状態で指が曲がりだす直前まで
⑯筋ワイヤを引っ掛け引っ張る

14

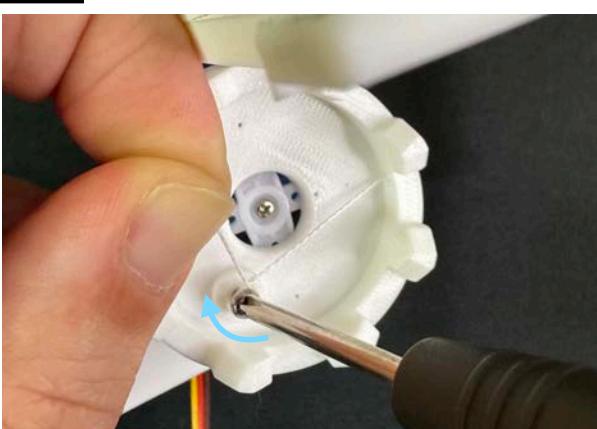
プーリの組み立て



仮止めした⑩タッピングネジに
⑯筋ワイヤをネジを回す方向に
2周ほど巻きつける

15

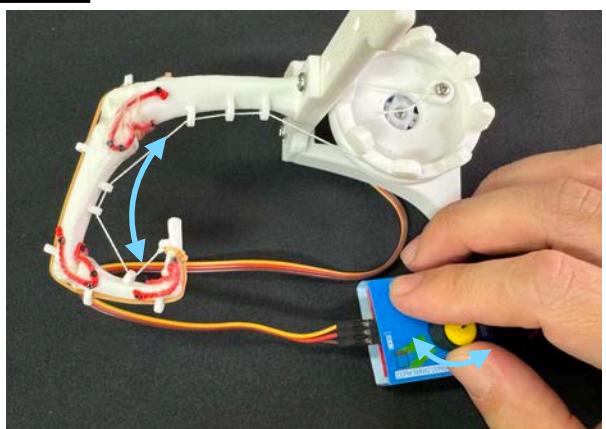
プーリの組み立て



仮止めした⑩タッピングネジを
ワイヤが抜けなくなるまで止める

16

動作確認



コントローラを回すと連動して
指も曲がることを確認する

TIPS

手順14のワイヤの張り具合で
指が曲がる範囲が変わるよ

組み立て手順

ベースの組み立て

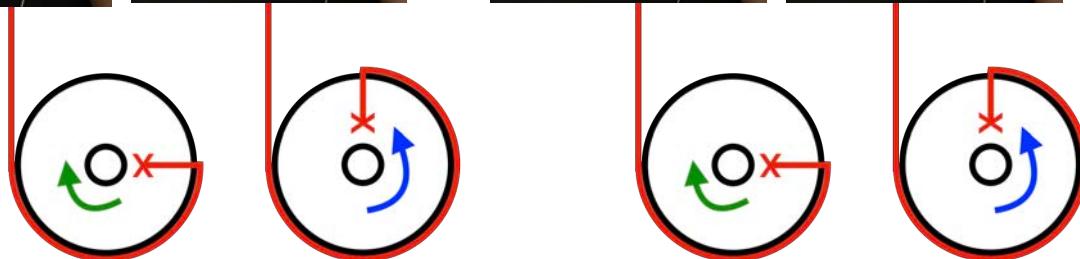
!

ワイヤの調節の仕方

(a)



(b)



(a) プーリが最大時計回り(左)の状態で指が伸び切った状態でワイヤを取り付けると、プーリが最大反時計回りの状態(右)で指の曲がりが浅くなってしまう。

(b) プーリが最大反時計回りの状態(右)で指が完全に曲がるように、プーリが最大時計回りの状態(左)で指が少し曲がった状態でワイヤを取り付ける。

TIPS

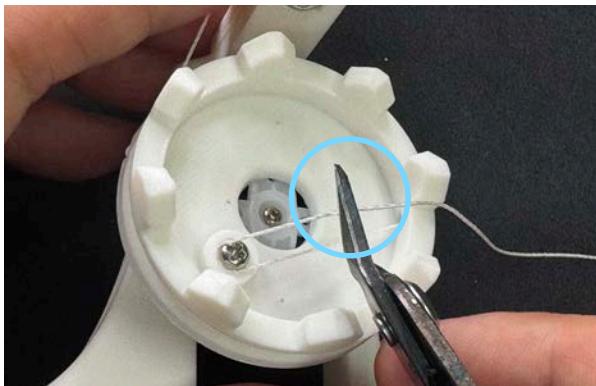
ワイヤの巻取り量を増やすために
巻取りプーリを大きくすると
牽引力は小さくなってしまうよ。

組み立て手順

ベースの組み立て

17

プーリの組み立て



余分な⑥筋ワイヤを(c)ニッパーで切る（調節して遊ぶ場合には切らずに残しておく）

18

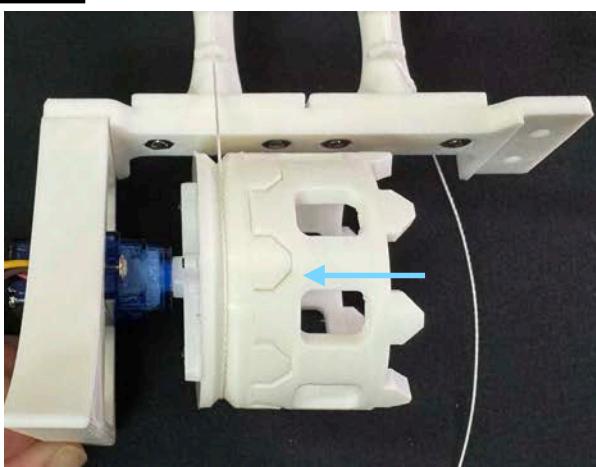
ベースの組み立て



手順8のように⑩ボルトと⑪ナットで回転关节中指を⑨ベース中に取り付ける

19

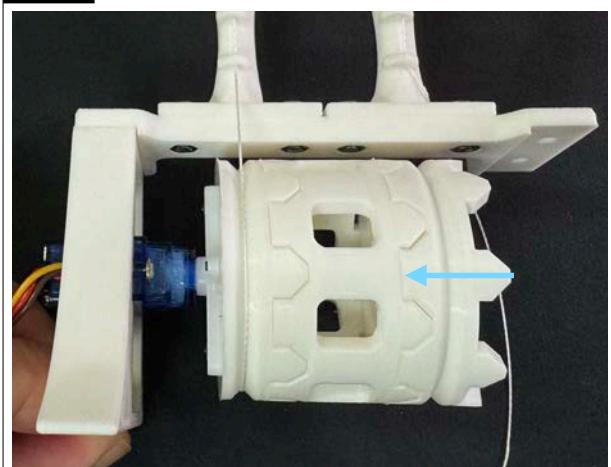
プーリの組み立て



⑫プーリ2を⑪プーリ1に差し込む

20

プーリの組み立て

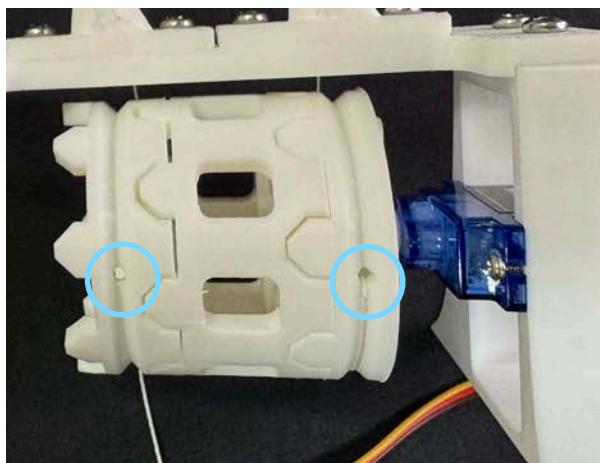


⑬プーリ3を⑫プーリ2に差し込む

組み立て手順

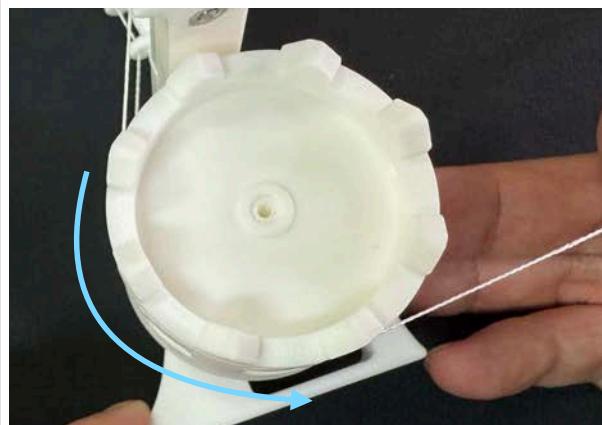
ベースの組み立て

21 プーリの組み立て



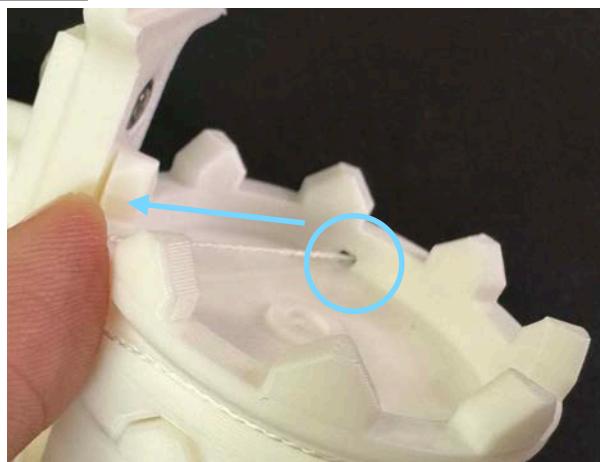
手順20を後ろから見た場合

22 プーリの組み立て



③筋ワイヤを⑬プーリ3に
半周巻きつける

23 プーリの組み立て



⑬プーリ3の穴に③筋ワイヤを通す

24 プーリの組み立て



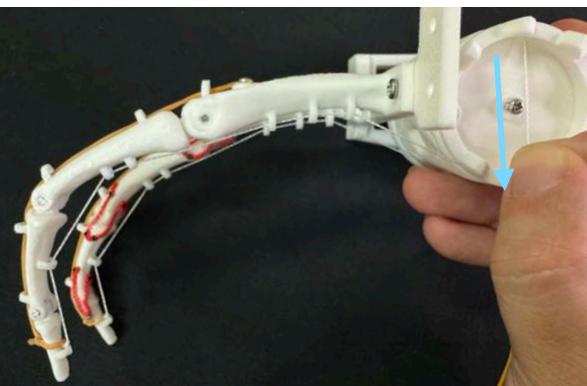
⑬プーリ3に⑨タッピングネジ
を仮止めする(⑬プーリ3を時計
回りに最大に回しておく)

組み立て手順

ベースの組み立て

25

プーリの組み立て



軸関節中指の関節の曲がり方が
ヒト関節中指と同程度になるまで
⑬筋ワイヤを引く

26

プーリの組み立て



仮止めした⑨タッピングネジに
⑯筋ワイヤをネジを回す方向に
2周ほど巻きつける

27

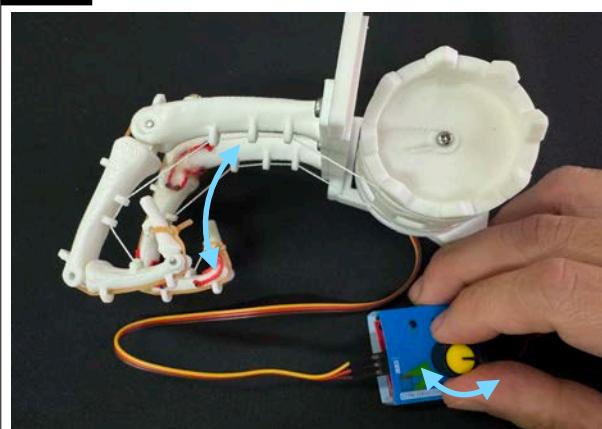
プーリの組み立て



仮止めした⑨タッピングネジを
ワイヤが抜けなくなるまで止める

28

動作確認



コントローラを回すと連動して
指も曲がることを確認する

TIPS

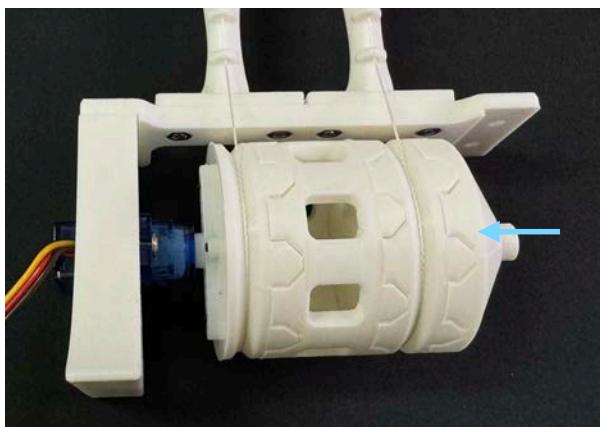
手順25で軸関節中指は直接関節を手
で曲げて調整しよう。このような
機構を劣駆動機構と呼ぶよ

組み立て手順

ベースの組み立て

29

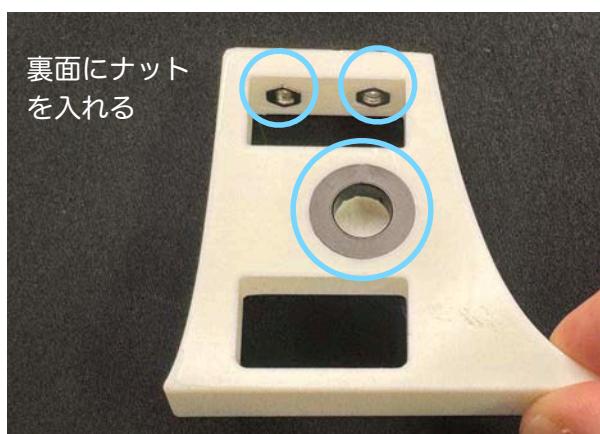
ブーリの組み立て



不要な⑩筋ワイヤを切り
⑬ブーリ3に⑭ブーリ4を差し込む

30

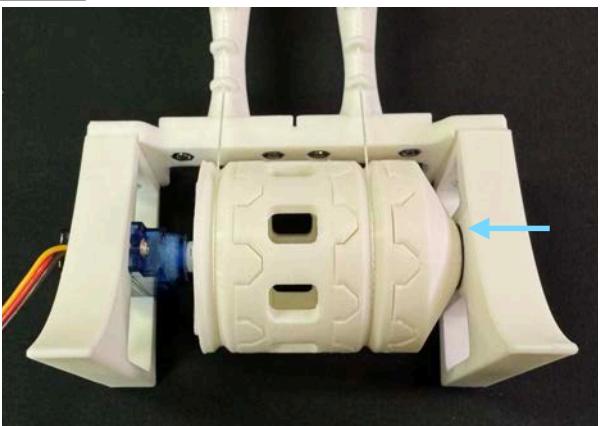
ベースの組み立て



④フランジブッシュと⑤ナット
を⑩ベース右に差し込む

31

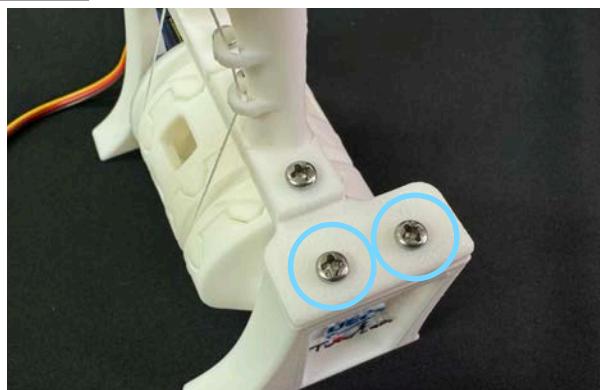
ベースの組み立て



②フランジブッシュを④ブーリ4
に取り付ける

32

ベースの組み立て



手順9を参考に④ボルトと⑤ナットを使って⑩ベース右を
⑨ベース中に取り付ける

TIPS ⑩ベース右のロゴは油性マジック
で塗っているよ

組み立て手順

ベースの組み立て

33

完成！



これで人体模倣中指ロボット完成です！お疲れ様でした

調べてみよう！

◆ ロボットについて

- ・モータの動きを制御するマイコンってなんだ？
- ・世界にはどんなセンサがあるかな？
- ・世界にはどんなロボットハンドがあるかな？

◆ ものづくりについて

- ・3Dプリンタ以外に樹脂部品を製造する方法は？
- ・世界にはどんな3Dプリンタがあるかな？
- ・世界にはどんなネジがあるかな？

◆ 人体について

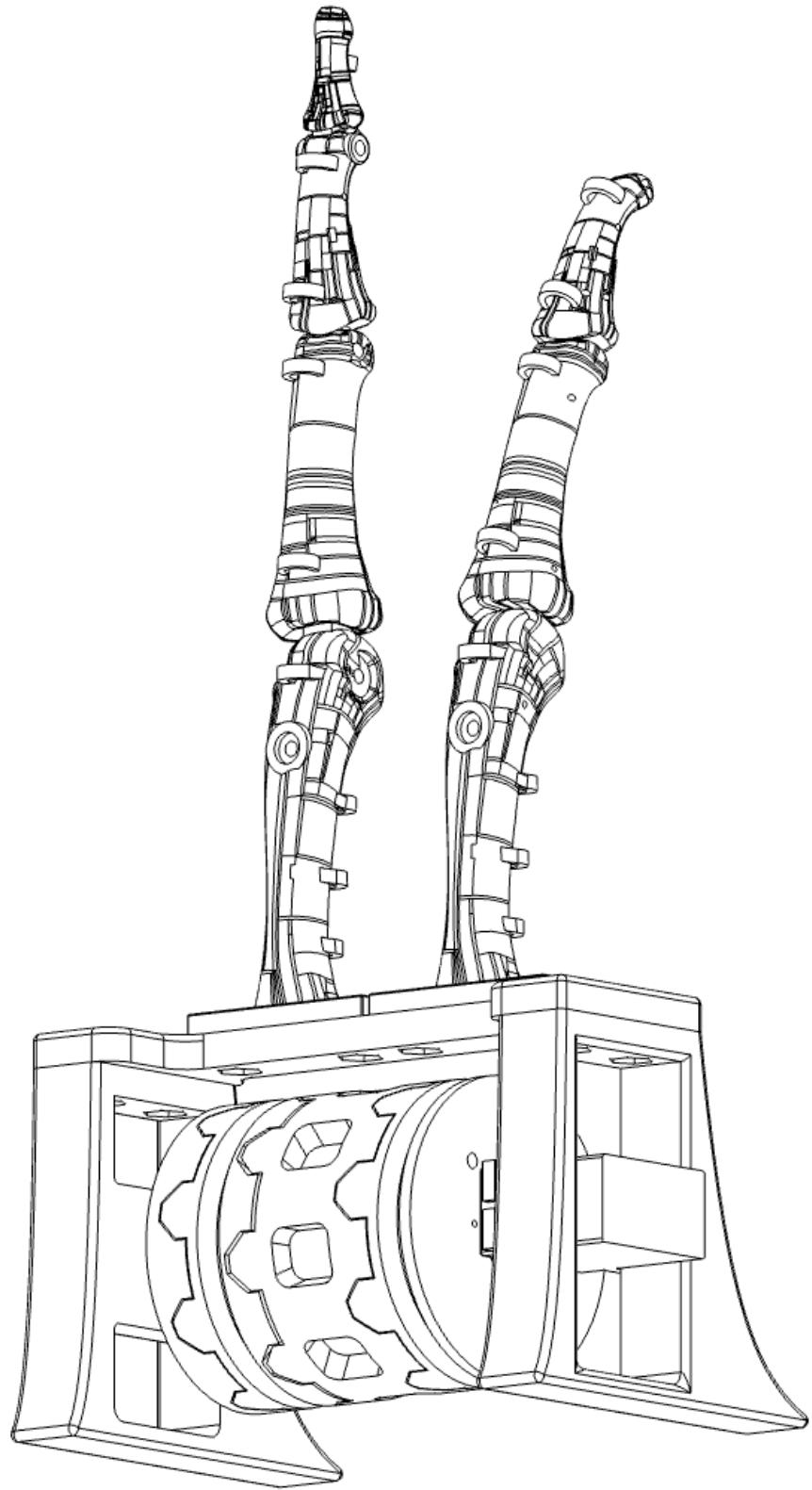
- ・全身の骨と筋肉の数は？
- ・本キットで省略されている人体構造は？
- ・他の身体部位の構造はどうなっているかな？

◆ 自由研究課題

- ・軸回転関節とすべり転がり関節の違いは？
- ・省略されている人体構造を再現するには？
- ・手全体を再現するには？
- ・楽な鞄帯の作り方は？（思いついたら教えてください）

◆ 改造してみよう！

- ・モータを変えてみる（MG90S 等）
- ・マイコンで動かしてみる（Arduino、Raspberry Pi 等）
- ・センサを足してみる（曲げセンサ、FSR 等）



人体模倣中指ロボット
組み立てマニュアル

最終更新日：2025.12.17

© 東郷研究室