

令和5年9月14日（木）

無動力システムを用いた 空気圧駆動義指

津山工業高等専門学校 総合理工学科
機械システム系 准教授
西川 弘太郎

西川 弘太郎 博士（工学）・技術士（機械部門）

専門分野： メカトロニクス・リアルタイム制御・機械設計

- 川崎重工業株式会社 研究設計職
- 津山工業高等専門学校 技術専門職員
- 同校 准教授

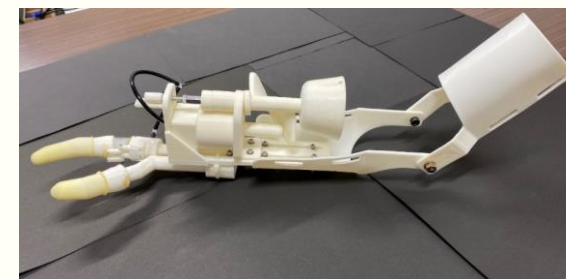
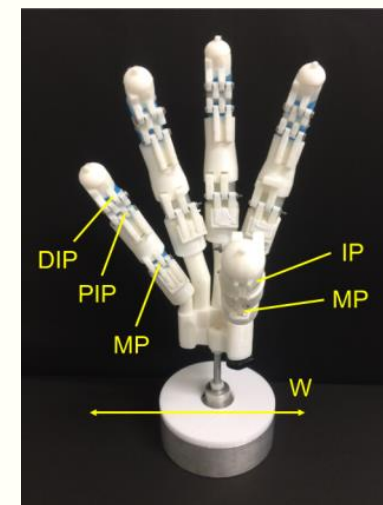
空気圧サーボを用いた人間支援型ロボットに関する研究

競争的研究費採択実績

- 2012年度科学研究費補助金（奨励研究）
- 2015年度科学研究費補助金（奨励研究）
- 2015年度油空圧機器技術振興財団研究助成金
- 2017年度科学研究費補助金（奨励研究）
- 2019-2022年度科学研究費補助金（若手研究）

産学連携研究実績

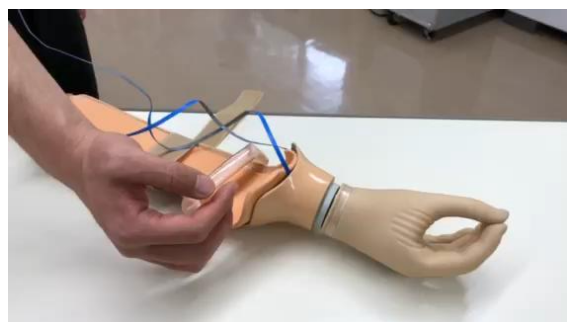
- 三菱ケミカル株式会社殿
- JA全農おかやま殿



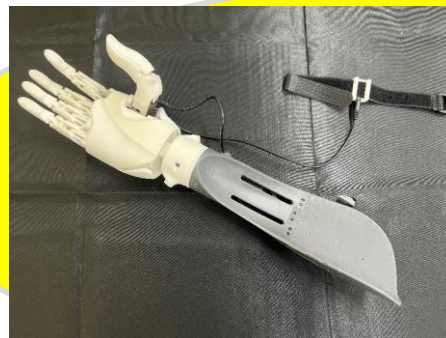
日本において
上肢切断者は約8.2万人

重い・高い

軽量・安価な筋電義手を提供するための
3Dプリンタを利用した義手開発プロジェクト



筋電義手



HACKBerry



Finch

3Dプリンタ筋電義手の問題点

- 電動のため構造が複雑・重量がありコストが高い
- 電気エネルギーが不可欠（バッテリーが必要であり，使用時間は制限）
- 電動アクチュエータでは，対象物の柔軟把持が困難



電気エネルギーを使用しない（無動力システム）空気圧駆動義手の提案

1. 出力/重量比が高い

DCサーボモータ: 83 [N/kg]



義手の軽量化

ベローズアクチュエータ
15700 [N/kg] at 100 [kPa]

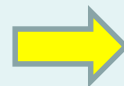


2. シンプルな構造



義手の低コスト化

3. バックドライバビリティに優れる



空気の圧縮性を利用し、剛性の低い
対象物の柔軟把持が可能

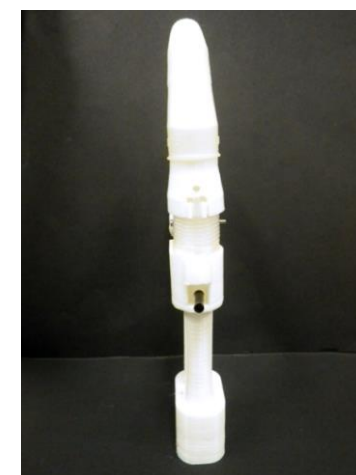
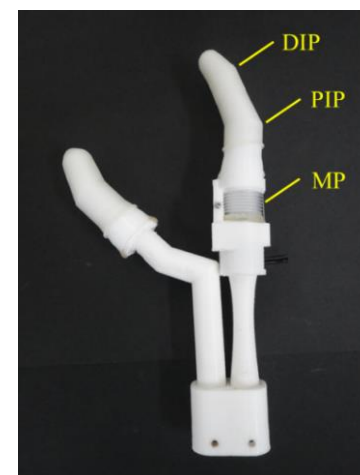
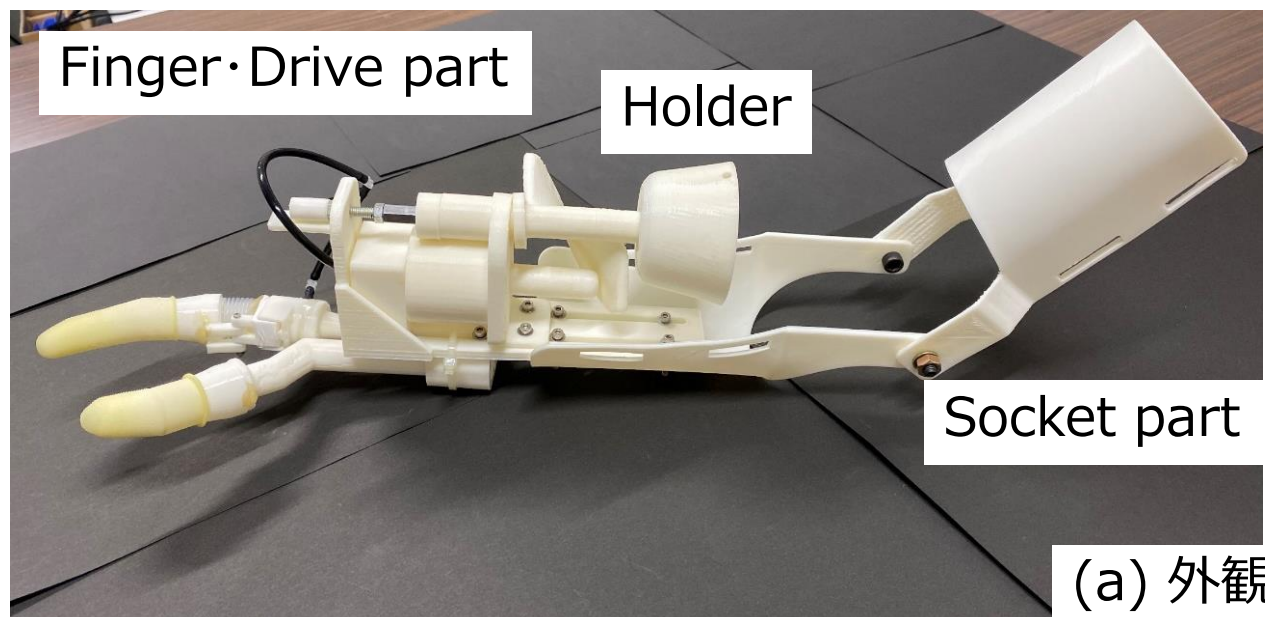
しかし、従来の空気圧システムでは・・・

- 多くの外部機器が必要（空気圧部品・電子部品・PC等）
- 外部機器を駆動するための、電気エネルギーが不可欠



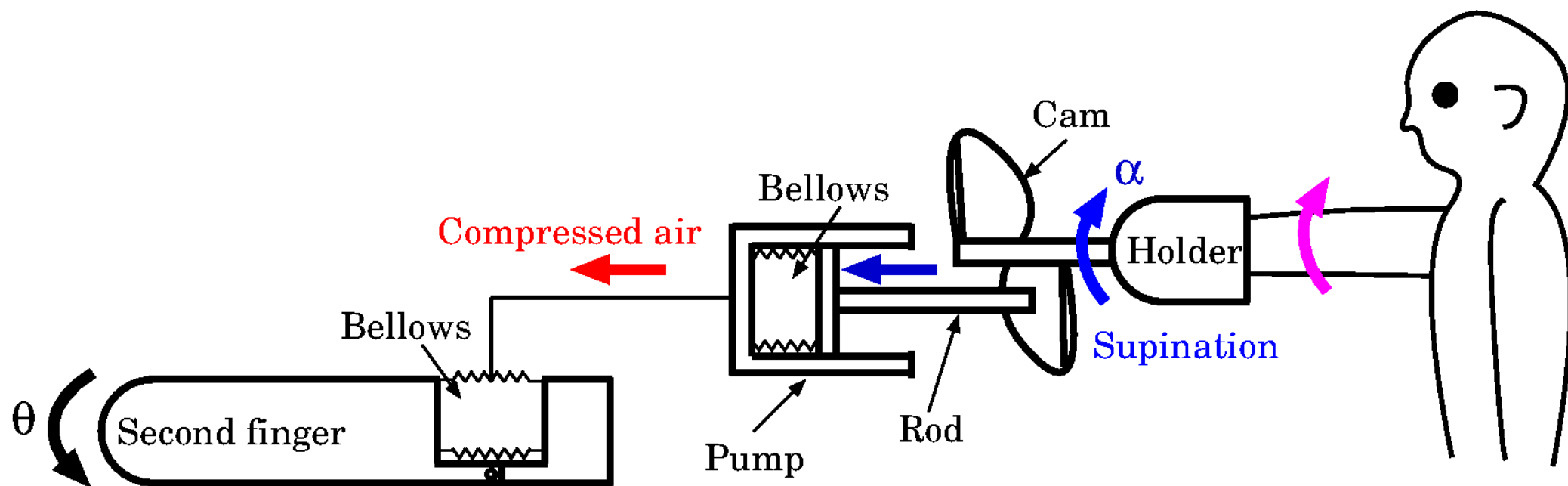
外部機器の例
(コンプレッサ)

重量増加・高コスト化の問題により空気圧駆動義手/義指の実用化はされていない

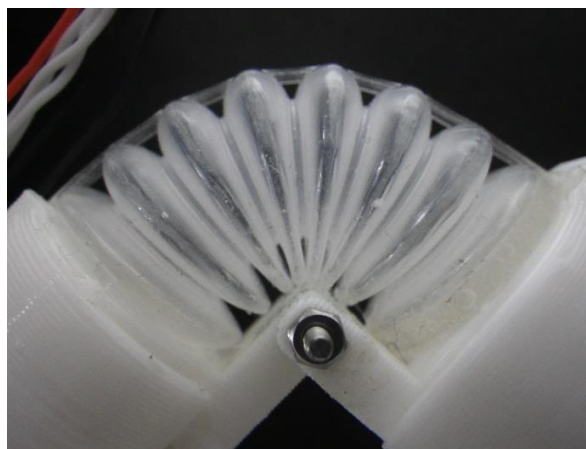
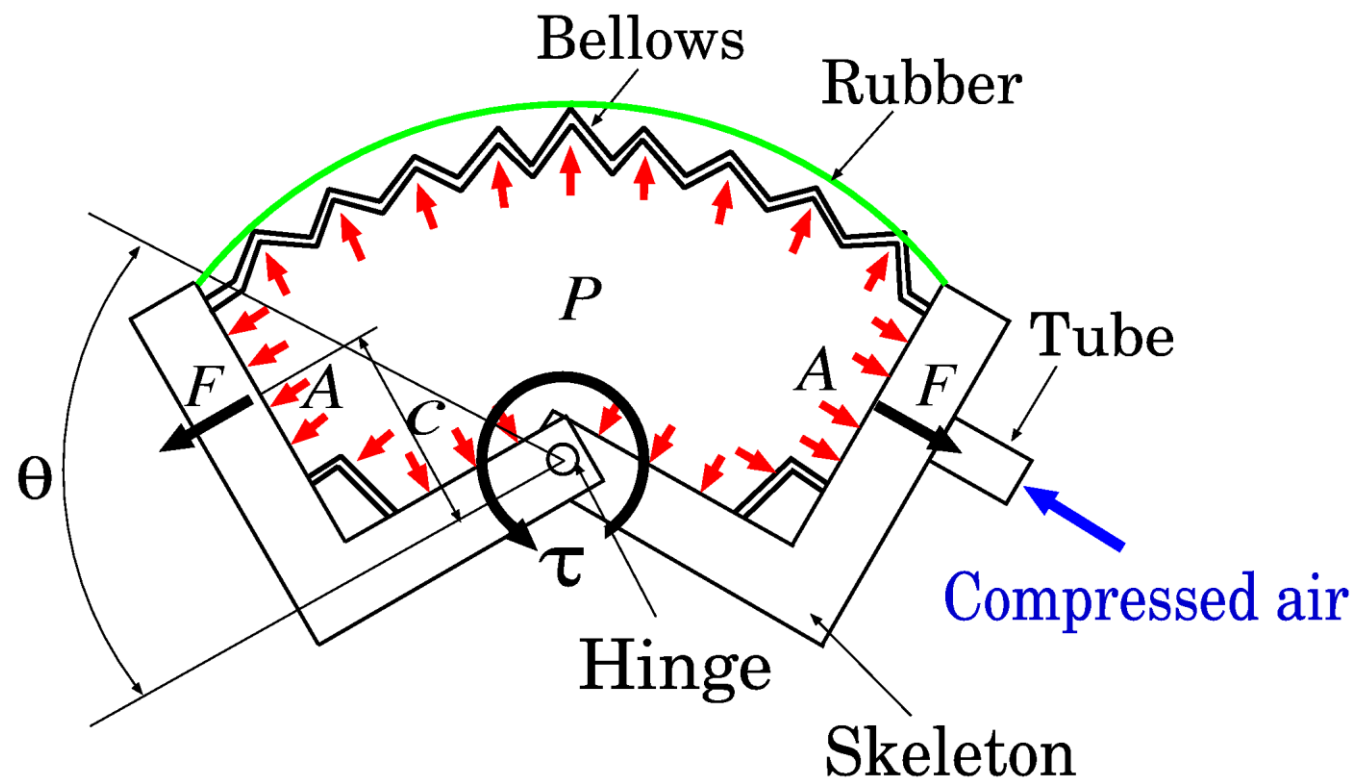


空気圧駆動義手（プロトタイプ）の仕様

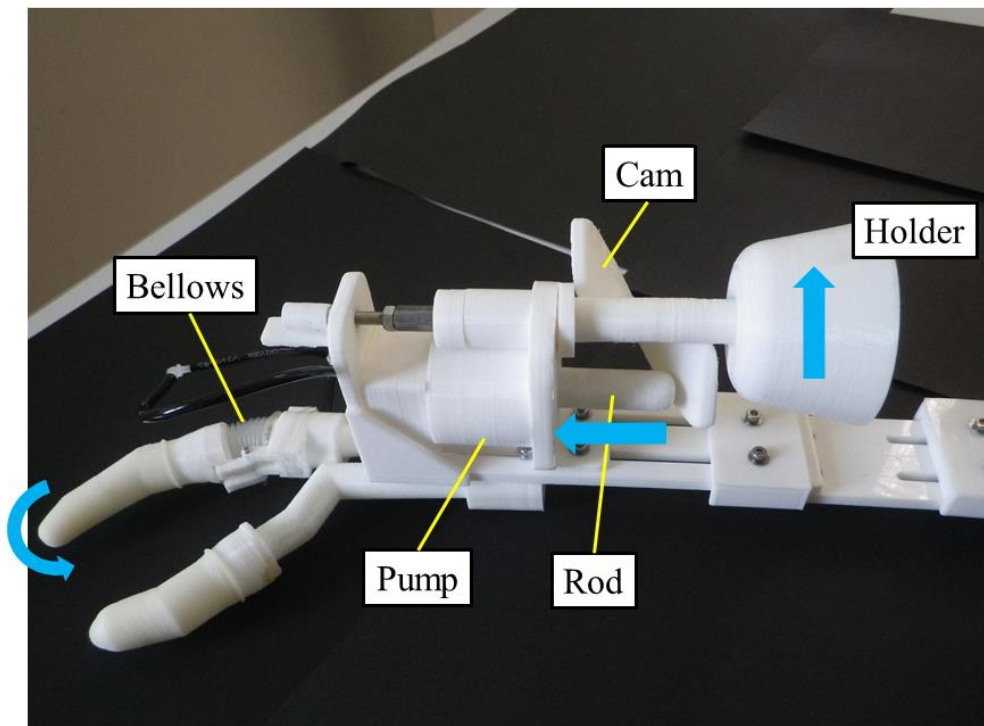
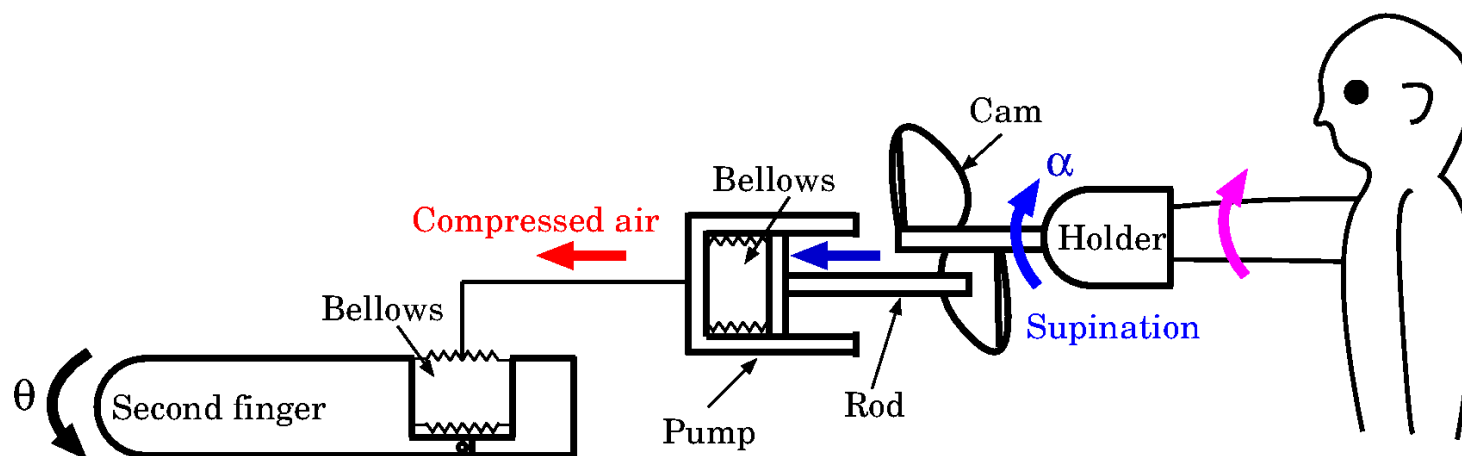
Weight	574 [g] (Finger part: 88 [g] Other part: 486 [g])
Maximum pressure	Approx. 80 [kPa]
Maximum angle of joint	Approx. 0.9 [rad]
Size	H 165.0 [mm] x W 100.5 [mm] x L 645.0 [mm]



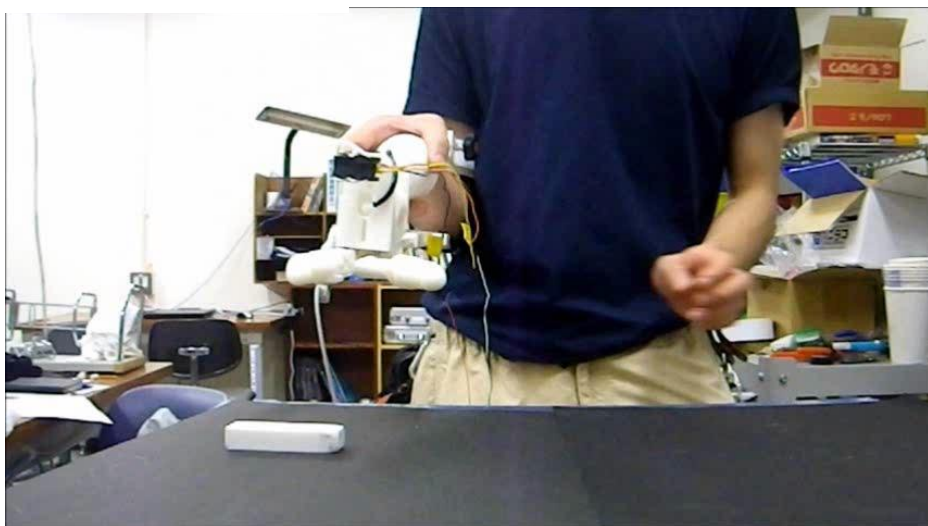
- 回外動作で圧縮空気を生成（電気エネルギー不要→無動力システム）
- 駆動源からアクチュエータを義手に組込んでいる（外部機器不要）
- 円筒リブカムがホルダーの回転運動を直線運動へ変換
- 単純な空気圧回路で信頼性が高い



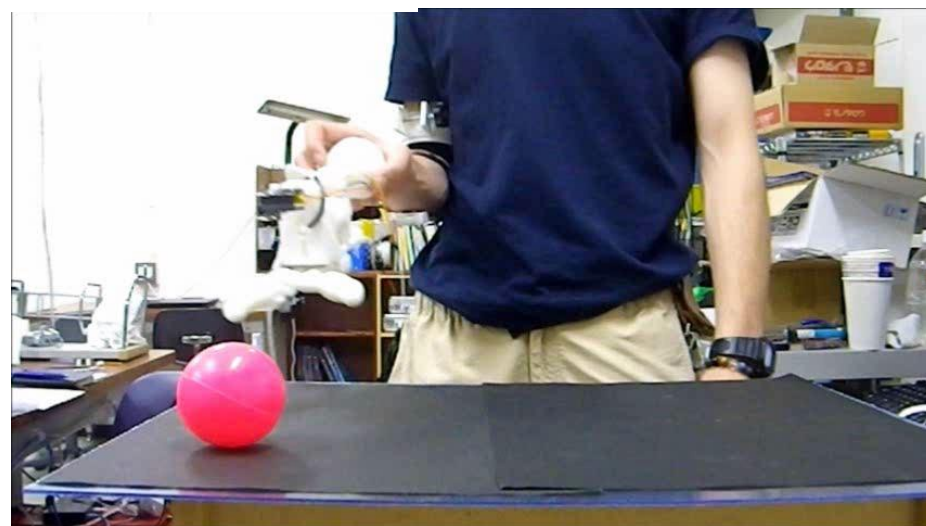
- ベローズは柔軟であり指の屈曲 / 伸展の適しているため、指関節に直接組込める
- 圧力印加時に長手方向のみ膨張するため、対象物との干渉がない



(a) 消しゴム



(b) ゴムボール



(c) 紙コップ



(d) ペットボトル



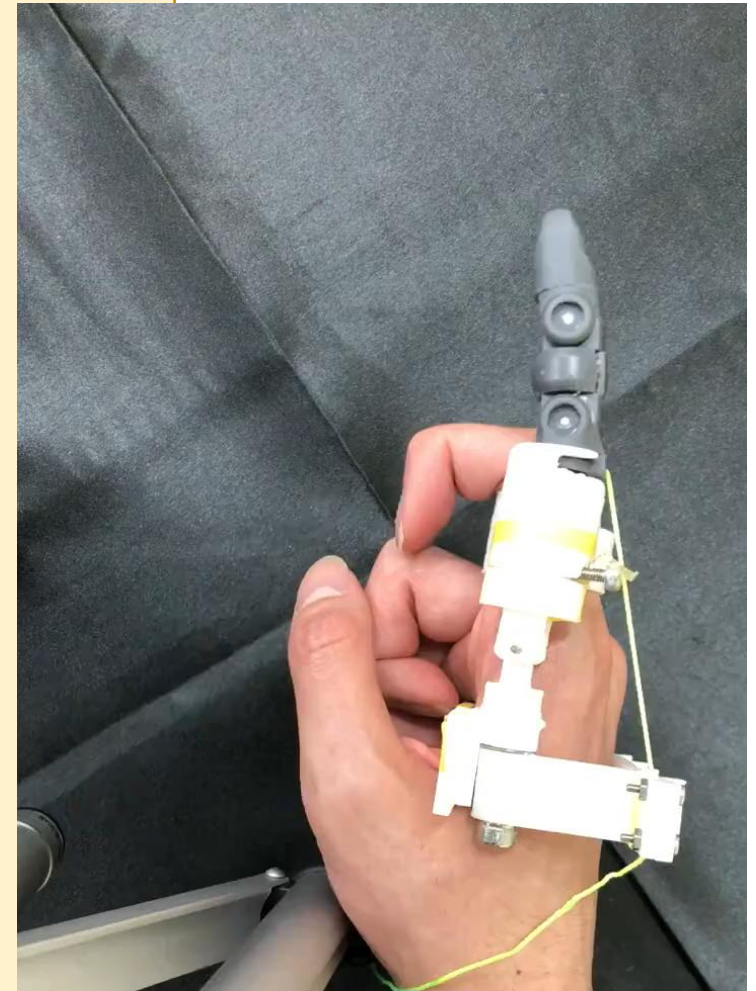
i-digits quantum



<https://www.p-supply.co.jp/ossur/catalog/i-digits/i-digits-quantum.html>

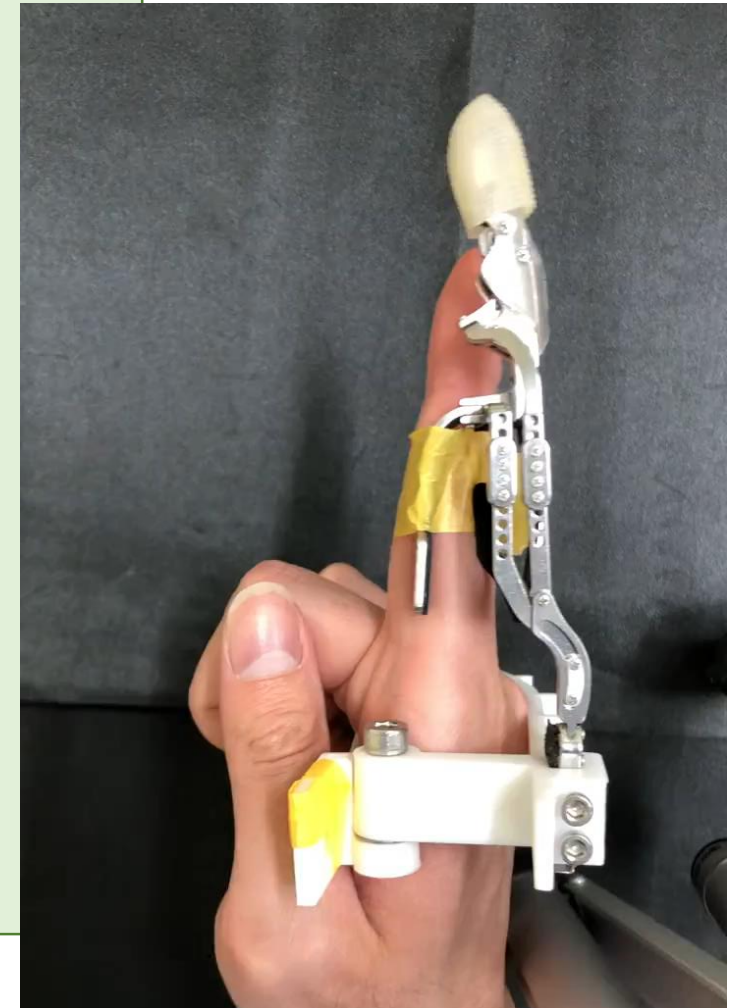
Knick-finger（3Dプリンタ義指）

- MP関節の屈曲動作によりワイヤーを引き、リンク関節を駆動させる
- 増速リンク機構により角速度が上昇する反面、トルクが低下する→把持力が小さい
- ワイヤーの引張長さによって2関節を駆動する→把持力が生じないバックドライブをするため、**把持できず対象物を落とす**
- **柔軟な把持が困難**

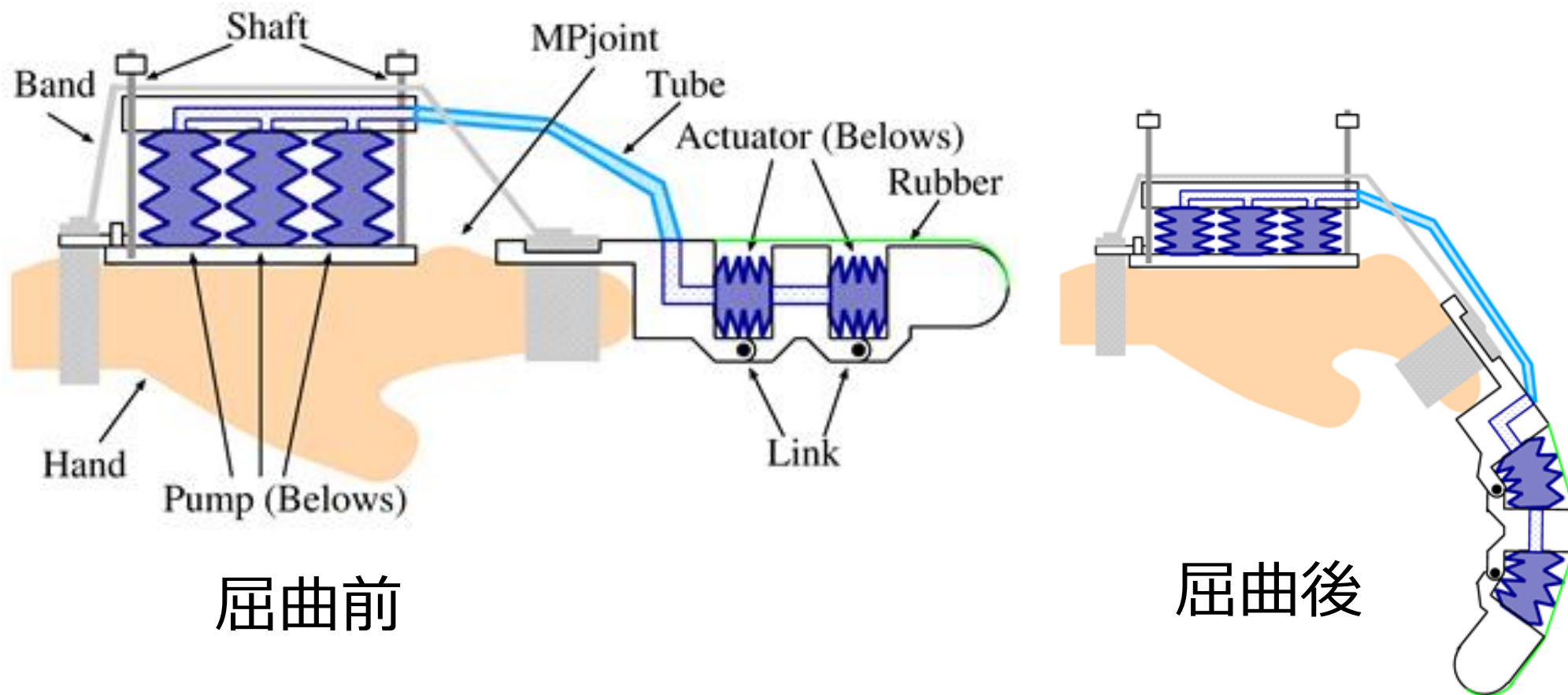


X-finger（金属義指）

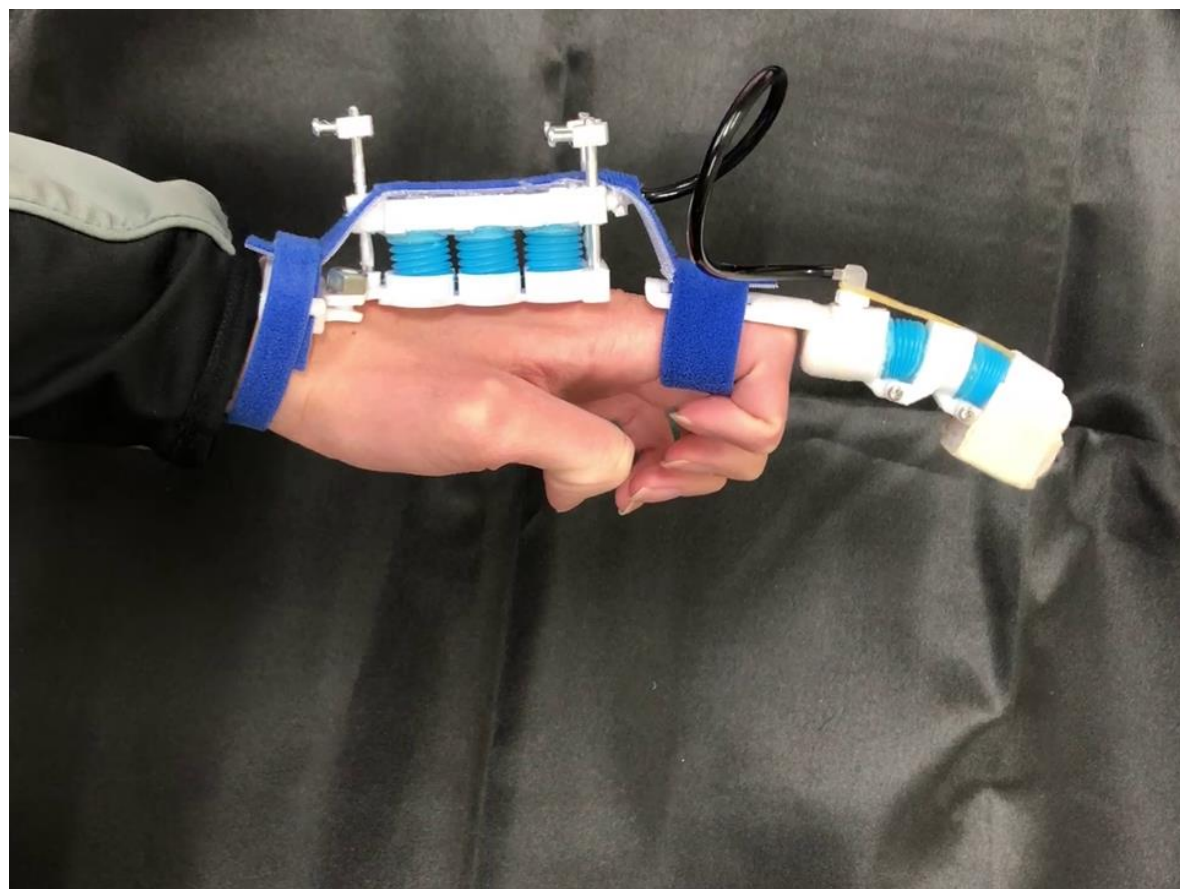
- MP関節の屈曲動作によりリンク関節を駆動させる
- 増速リンク機構のため、把持力が小さい
- 機構的なガタがリンク機構により増幅され、把持力が生じないバックドライブをする
- 柔軟な把持が困難



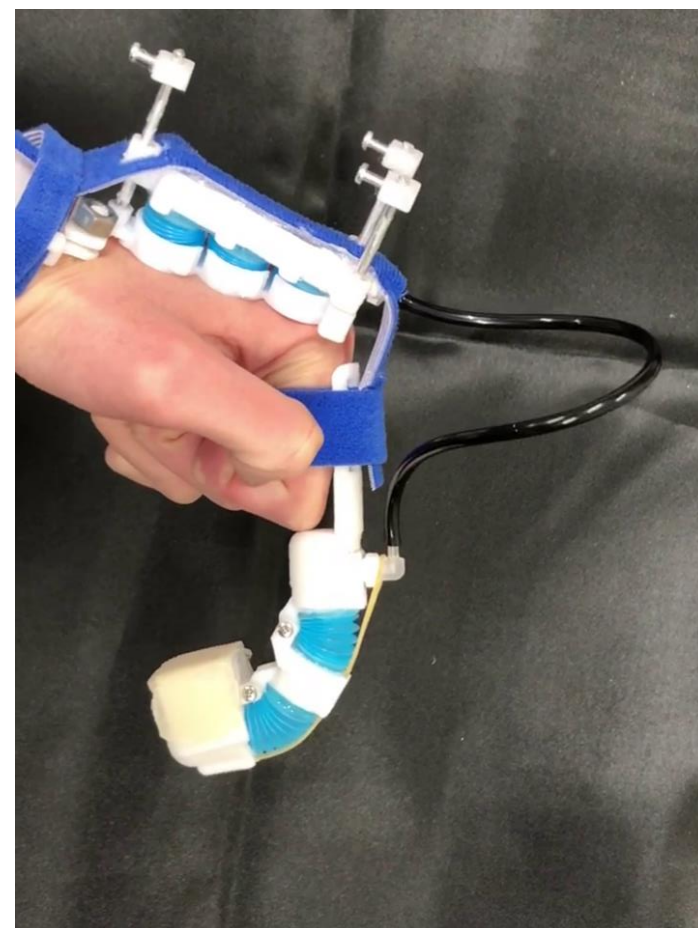
MP関節の屈曲動作によって圧縮空気を生成



空気圧の把持力が常時作用するため、対象物を落とさない
 空気圧のバックドライブにより、柔軟把持可能
 (幅広い対象物の把持も可能)

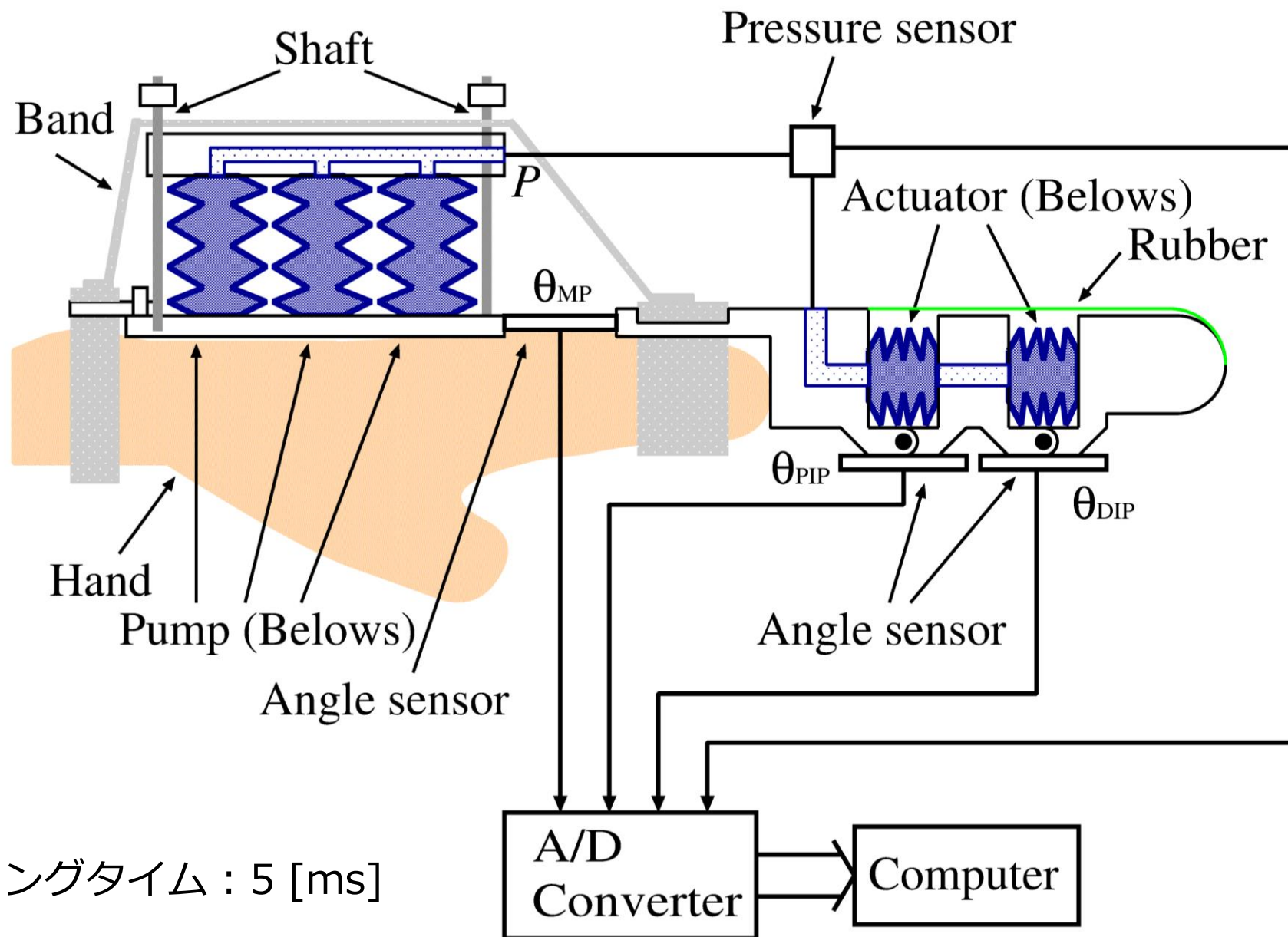


屈曲前

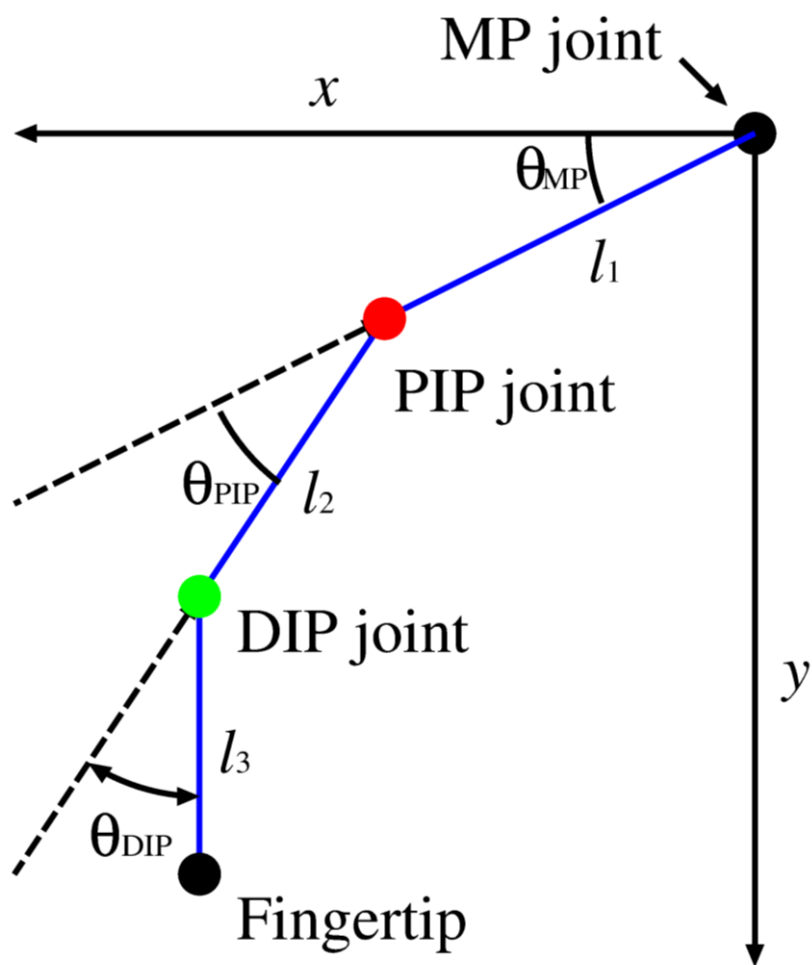


屈曲後

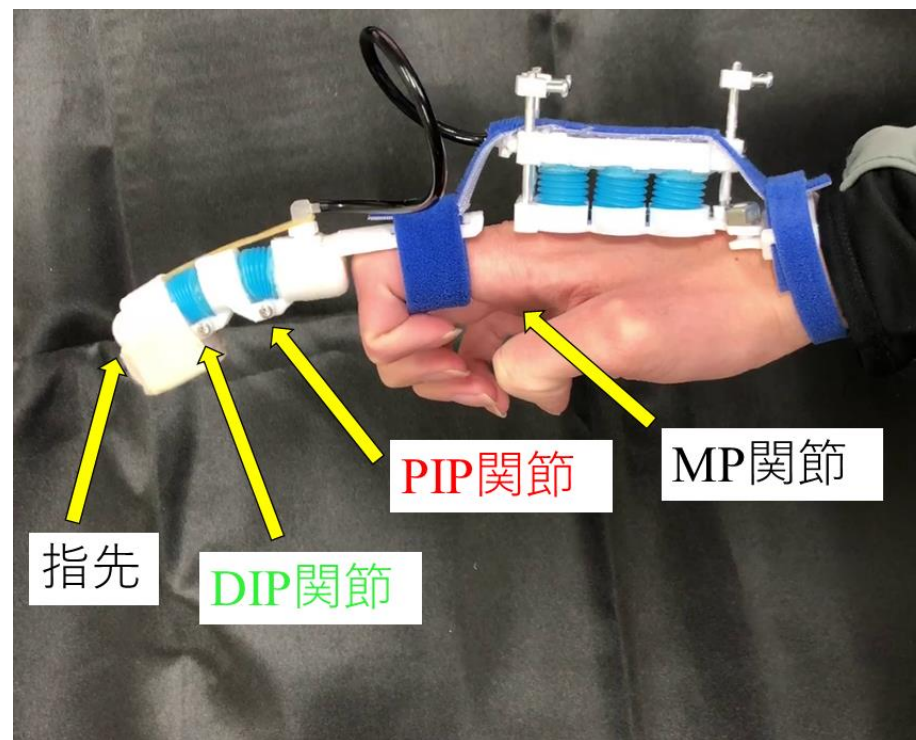
※制御性能評価のため、センサを取付ている（義指の動作には不要）



サンプリングタイム : 5 [ms]



$$\begin{aligned} l_1 &= 79 \text{ [mm]}, \\ l_2 &= 20 \text{ [mm]}, \\ l_3 &= 27 \text{ [mm]} \end{aligned}$$



PIP座標

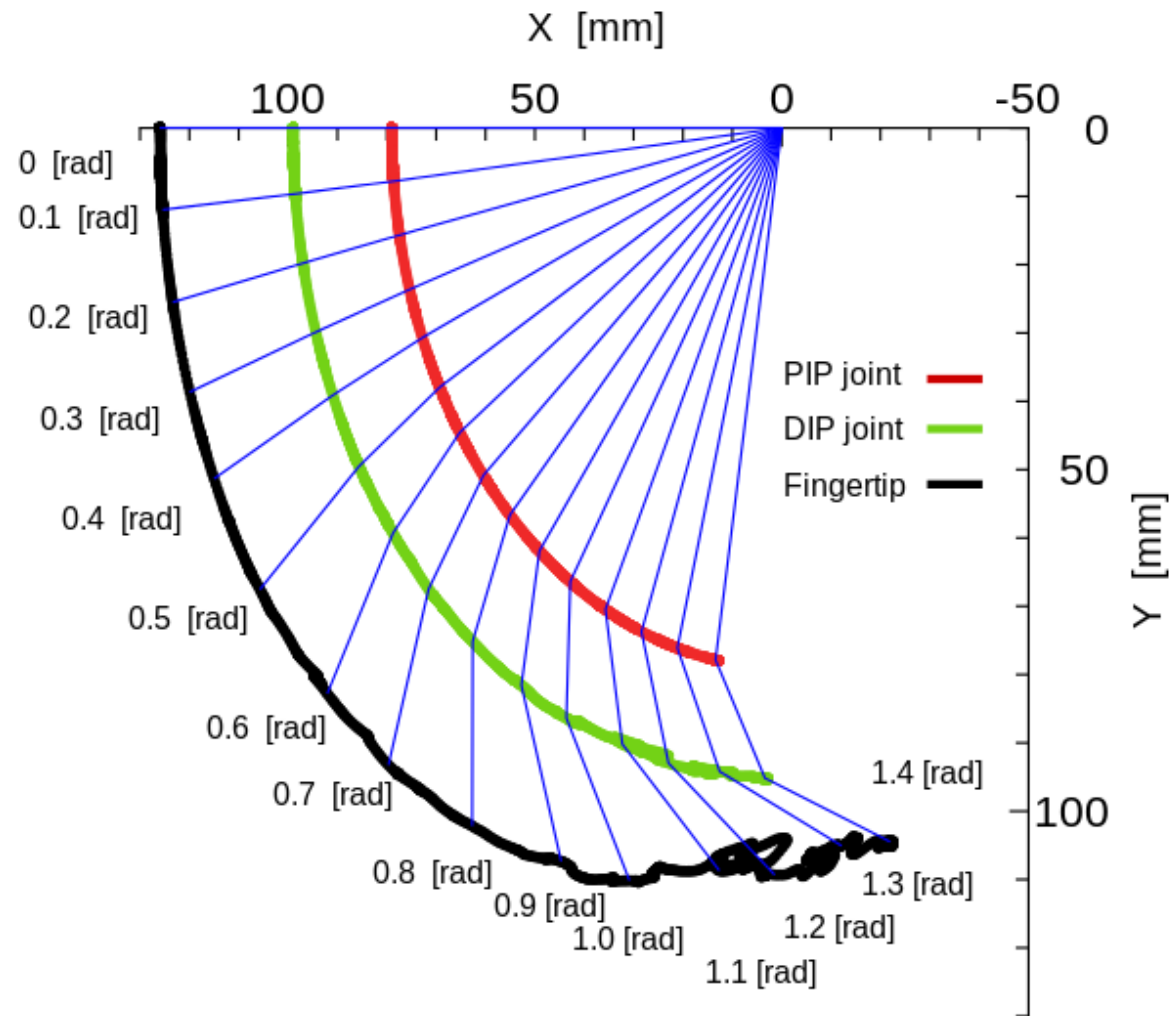
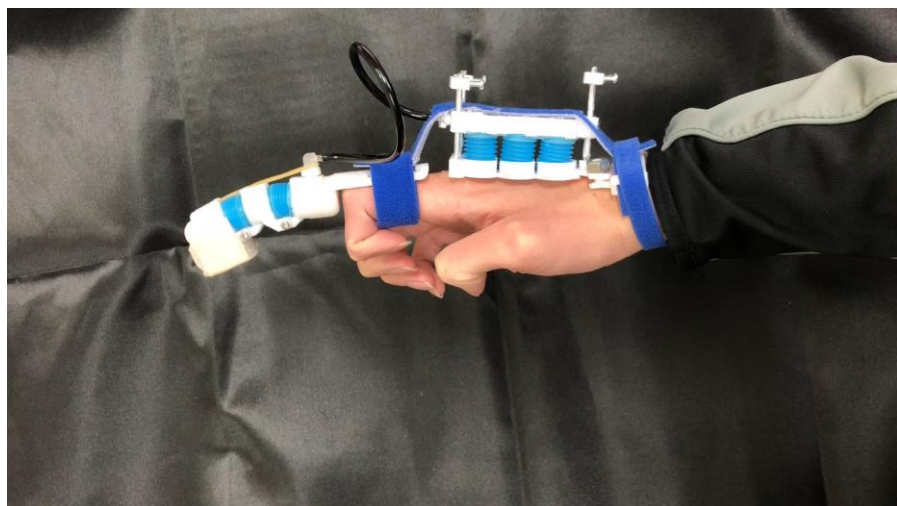
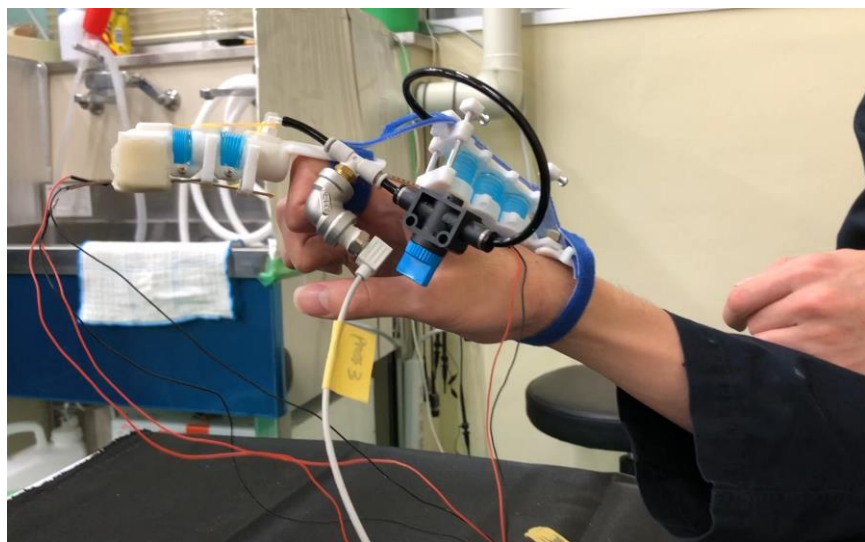
$$\begin{aligned} x_{\text{PIP}} &= l_1 \cos \theta_{\text{MP}} \\ y_{\text{PIP}} &= l_1 \sin \theta_{\text{MP}} \end{aligned}$$

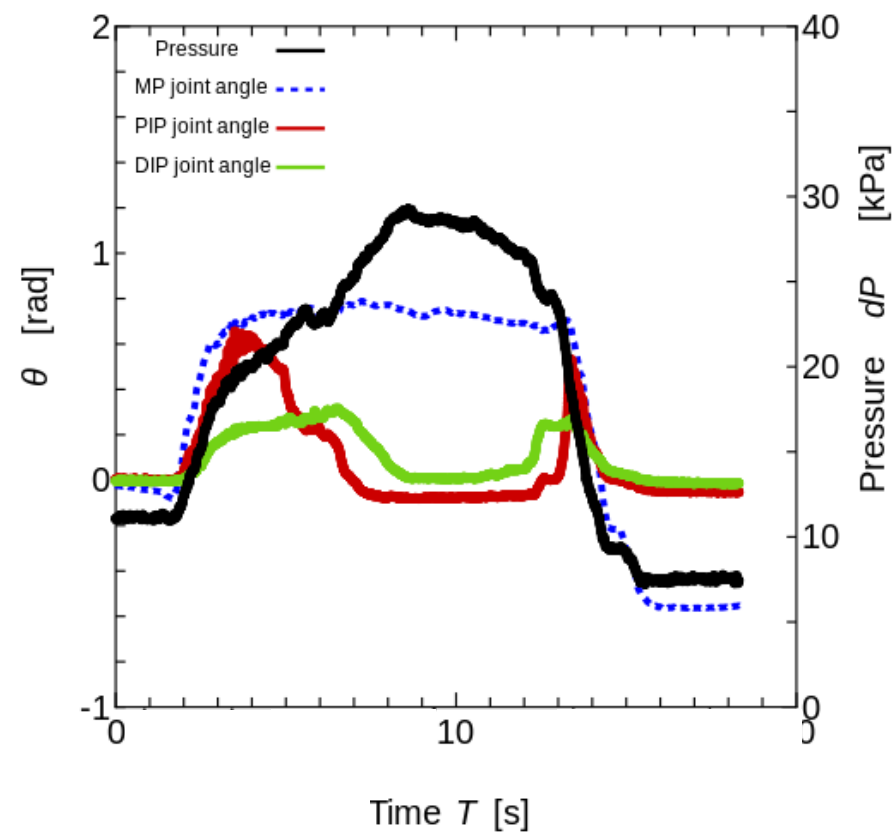
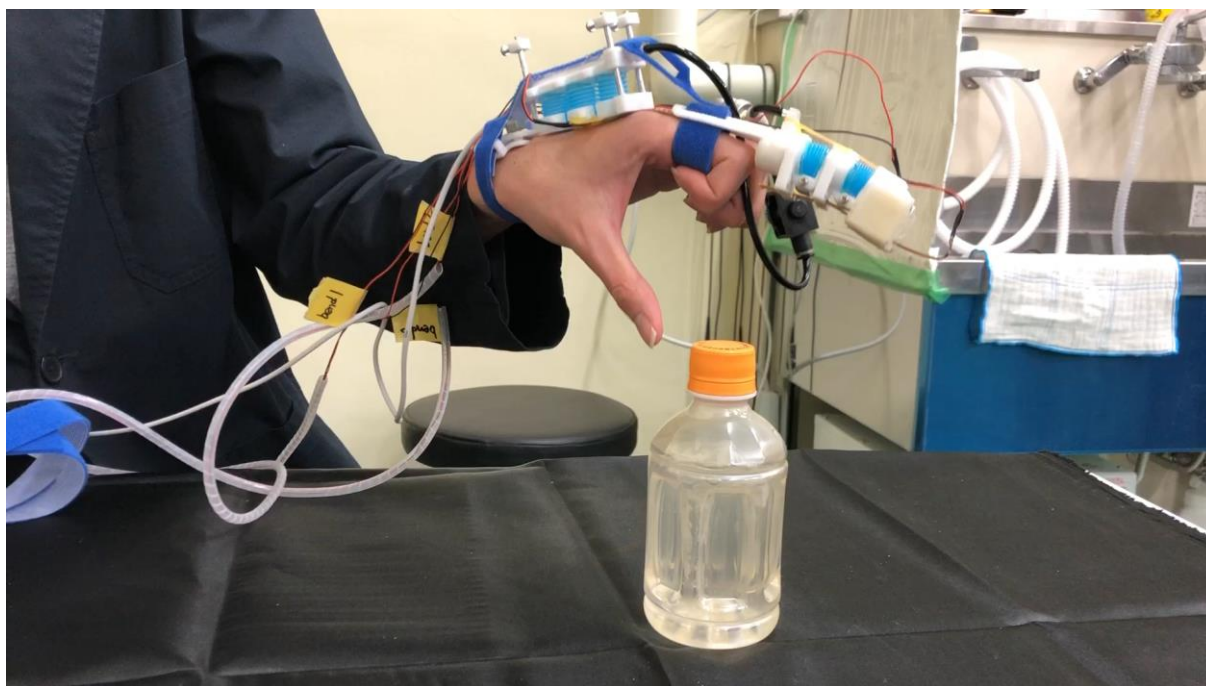
DIP座標

$$\begin{aligned} x_{\text{DIP}} &= x_{\text{PIP}} + l_2 \cos \theta_{\text{PIP}} \\ y_{\text{DIP}} &= y_{\text{PIP}} + l_2 \sin \theta_{\text{PIP}} \end{aligned}$$

指先座標

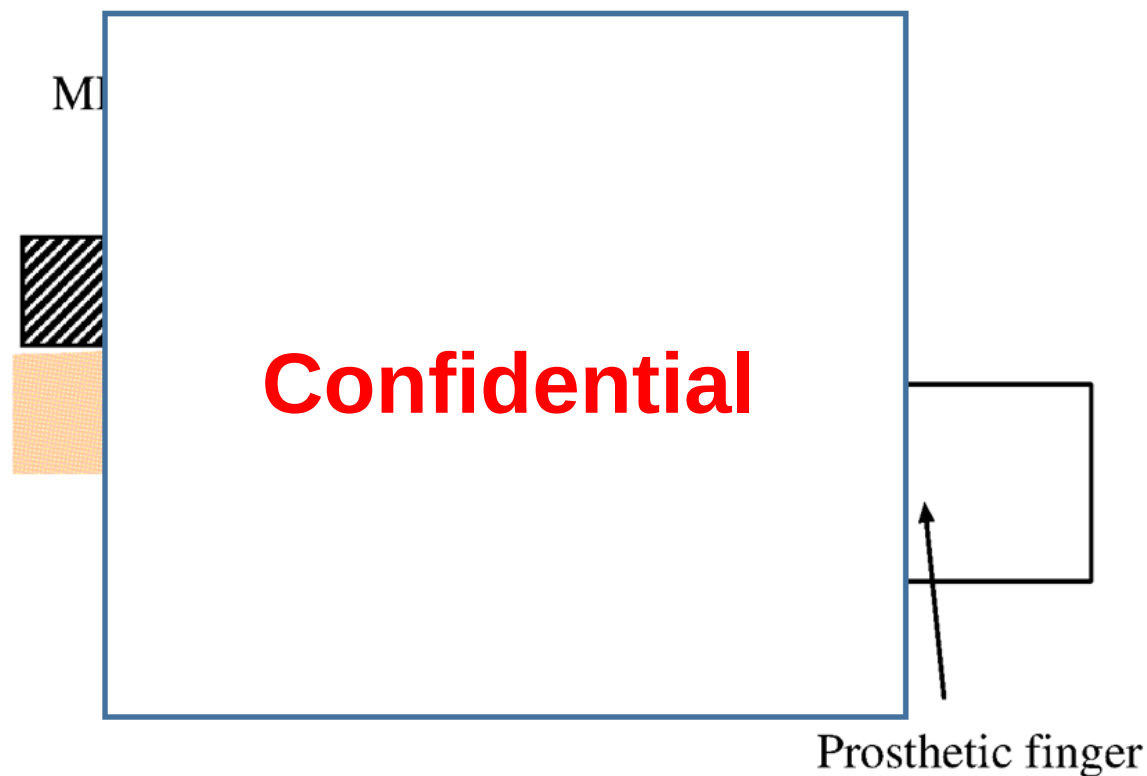
$$\begin{aligned} x_{\text{TIP}} &= x_{\text{DIP}} + l_3 \cos \theta_{\text{DIP}} \\ y_{\text{TIP}} &= y_{\text{DIP}} + l_3 \sin \theta_{\text{DIP}} \end{aligned}$$



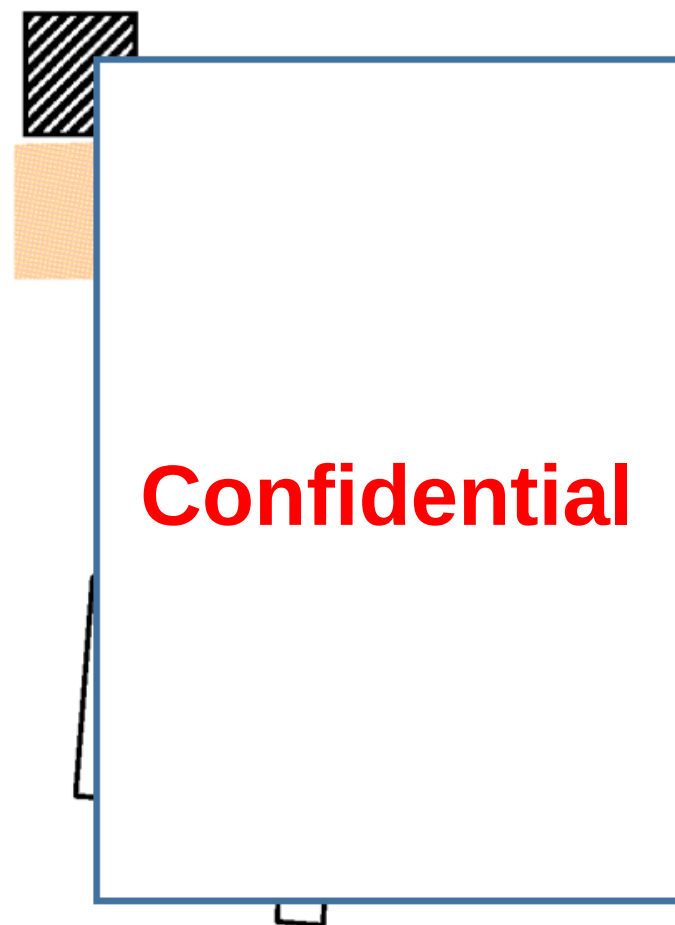


コンパクトなポンプ内蔵型も開発済

材質：PLA樹脂
総重量：49.0 [g]
指部の重量：21 [g]



屈曲前



屈曲後

- 従来の重量があり高価な義指にかわる軽量・安価な義指として期待される
- 作動流体を変更することにより、把持性能の変更が可能
- 脳梗塞やリウマチ等の疾患により手指が不自由なユーザ向けのフィンガ
- 複数のTypeの義指 / 人体拡張デバイス（健康者の危険作業等）を開発済

- 義指の基本的な制御性能や把持性能の実験結果から、従来技術のものよりも優れていることを確認済
- 実用化には、柔軟なベローズアクチュエータの開発、優れたデザイン性の検討が必要



ベローズアクチュエータ

共同研究・ライセンス化を希望

- ロボット（制御機器）を製造されている企業
- 医療・福祉分野への製品応用・事業展開を予定されている企業→共同開発・製品化
- 樹脂材料の開発経験（自動車部品・生活用品・玩具等）を有する企業→ベロローズアクチュエータの共同開発
- 射出成型金型の設計 / 製作経験を有する企業
- 自社ブランド製品を希望される企業

- 発明の名称 : フルードパワー義指, フルードパワー義指アセンブリ, フルードパワー義指用の指部, フルードパワー義手, 及び, 人体拡張デバイス
- 出願番号 : 特願2022-197380
- 出願人 : 独立行政法人国立高等専門学校機構
- 発明者 : 西川 弘太郎

独立行政法人国立高等専門学校機構

本部事務局 研究推進課

KRA（国立高専リサーチ・アドミニストレータ）

泉 俊次郎（いずみ しゅんじろう）

TEL: 042-668-5495

E-mail: KRA-contact@kosen-k.go.jp

