

自動解除できる 回転機構保持装置

山梨大学

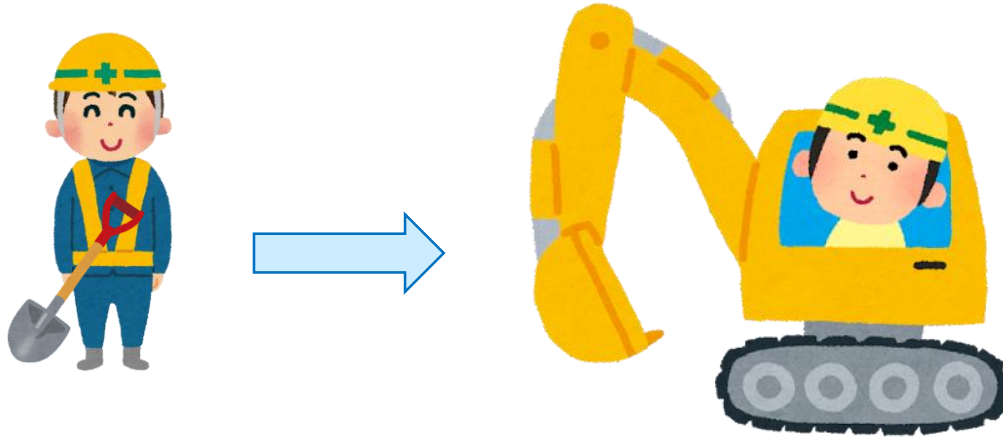
大学院総合研究部 工学域

機械工学系 メカトロニクス工学

准教授 牧野浩二

はじめに

機械やロボットなどを用いて人間が行う重労働を軽減させることは重要な課題



- ロボットが入れないような場所が多くある
- 人間の柔軟な判断が重要となる場面が多くある

➡ 介護作業、農作業、建築作業、積み込み作業など

装着型ロボットが望ましい



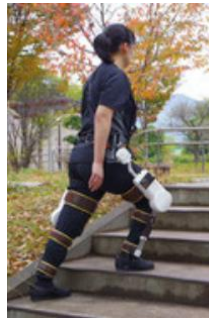
装着型ロボットの分類

パワーアシスト

重量物の持ち上げ・搬送

タイミングアシスト

リハビリテーション



高額になりがち

姿勢保持

農業の剪定作業

建築作業中の天井作業

長時間行うとつらい作業

関節を固定するだけ
なので安価にできる

今回対象とするロボット

対象作業例 (腕を上げ続けるタスク)



果樹(ブドウ)の栽培作業は常に腕を上げて作業する必要がある。

関節を固定できれば作業負荷が軽減できる

対象作業例 (姿勢を保持するタスク)



体位変換など介護作業では、腕を固定して体全体で押す作業がある。

関節を固定できれば作業負荷が軽減できる

求められる機能

関節固定時に完全固定しないことが重要



解除動作がない限りその関節が動かせなくなる状態

手足が固定された状態で、転倒などが起きた場合



使用者がけがをするリスク



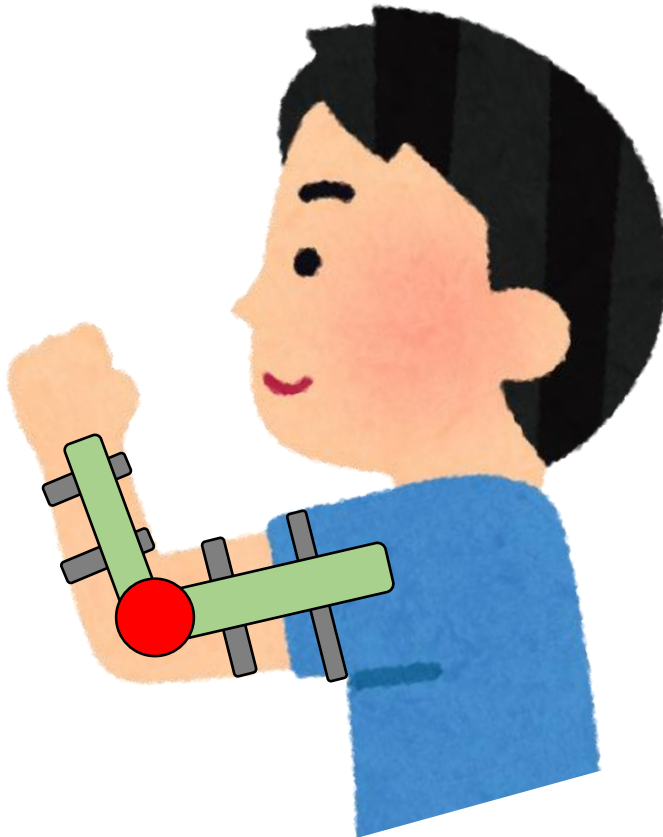
関節固定時に電気的な機構がないことが重要

センサなどで異常を検知して解除の場合には故障により動作不良が考えられる。

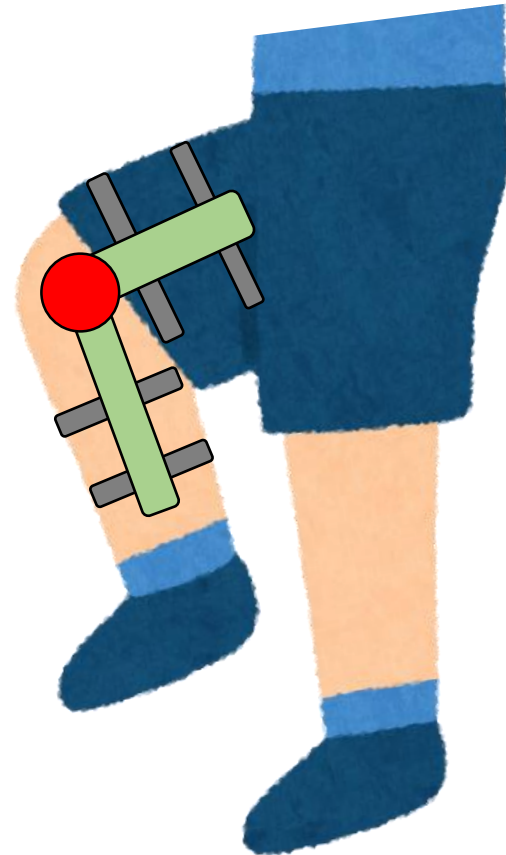
自動解除できる回転機構保持できる装置が必要

提案機構の取り付け

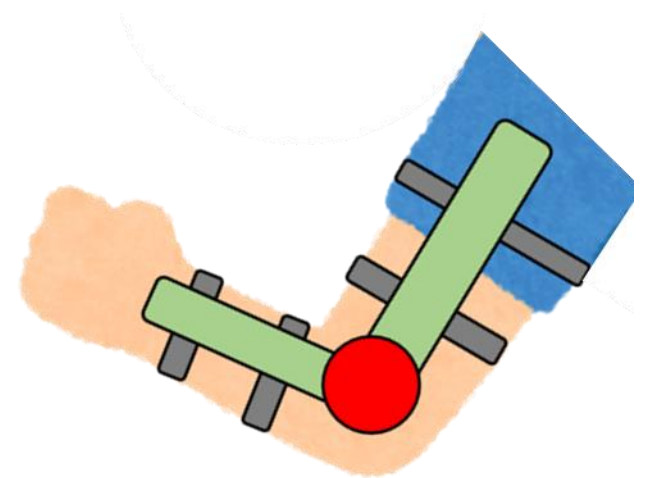
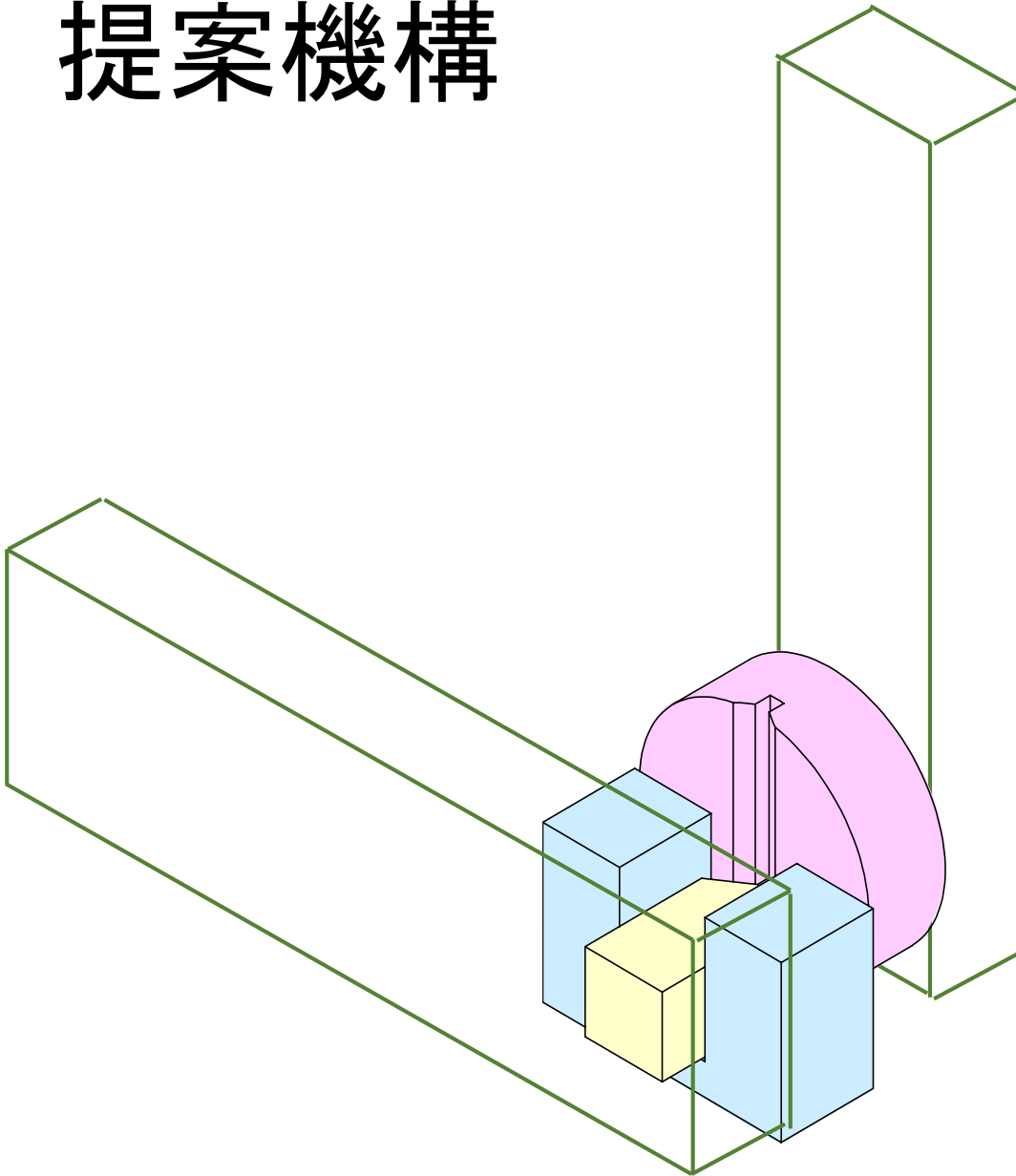
肘関節



膝関節

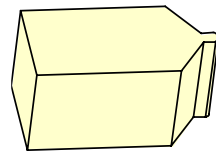
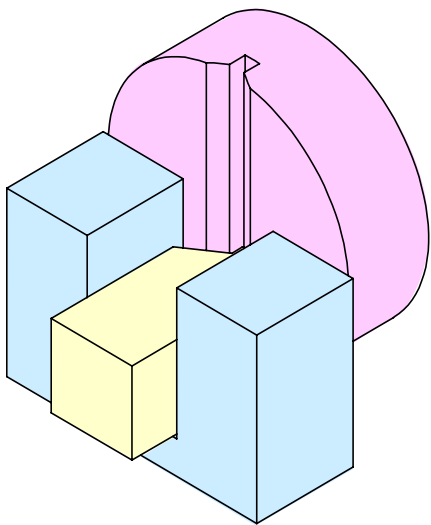


提案機構

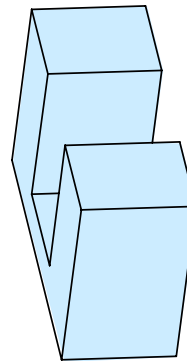


提案機構

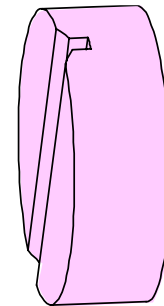
大きく3つのパーツからなる



ロックピース



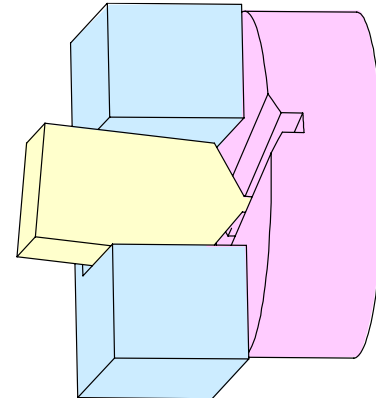
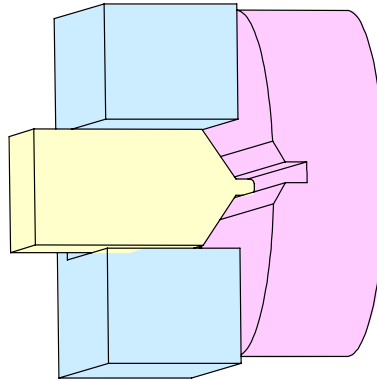
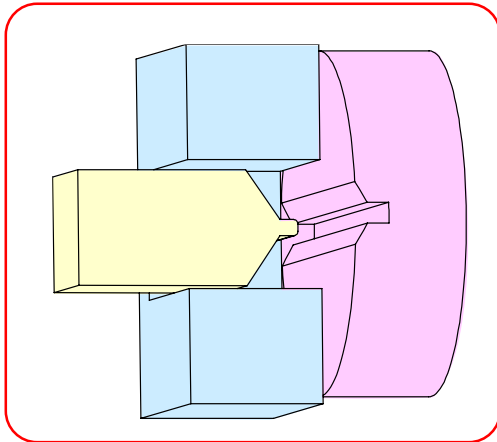
ガイドブロック



V溝付きディスク

提案機構の動作(1/4)

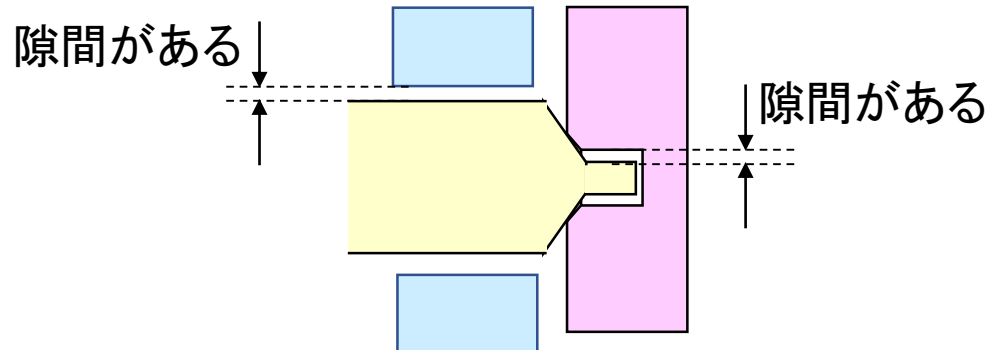
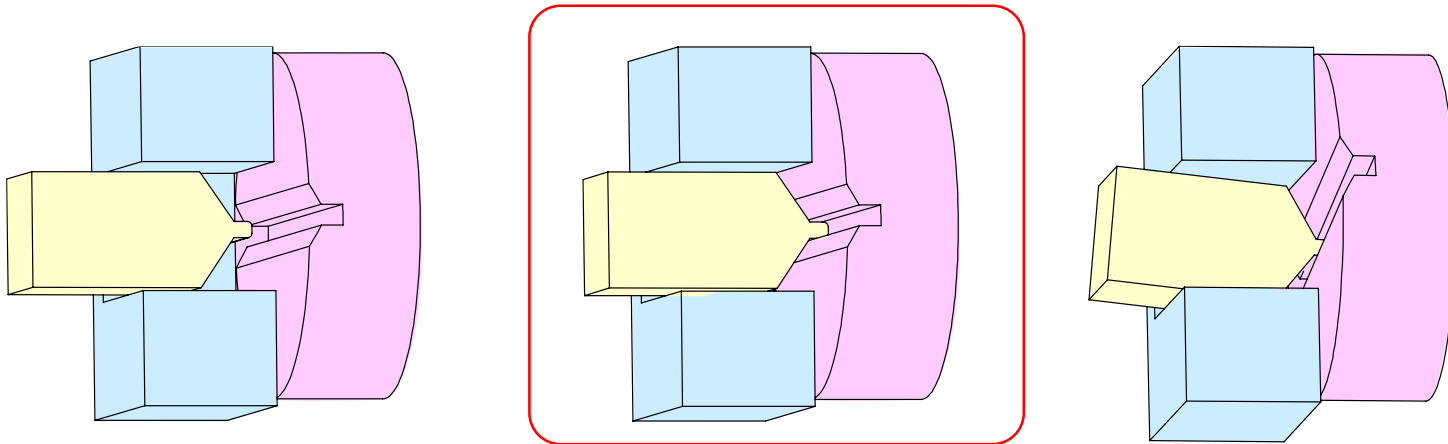
ガイドロック上に置かれたロックピースはV溝付きディスクに触れていない



V溝付きディスクは自由に回転できる

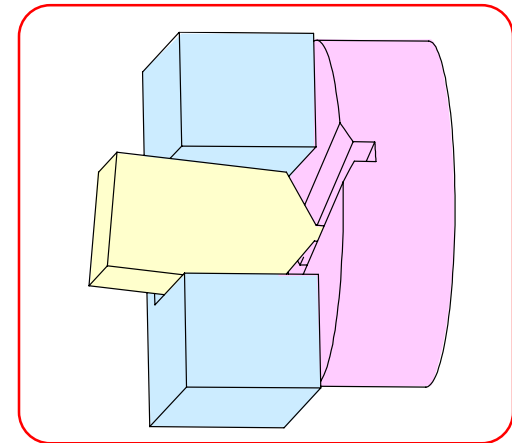
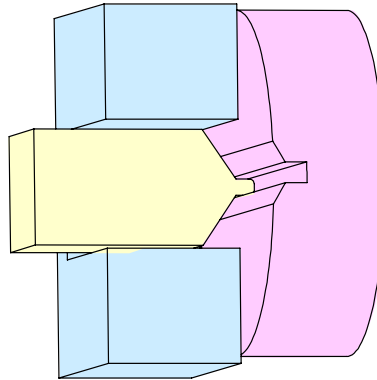
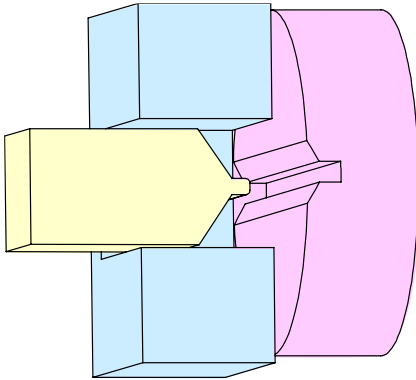
提案機構の動作(2/4)

ガイドロック上に置かれたロックピースを押し
付けてV溝に差し込む

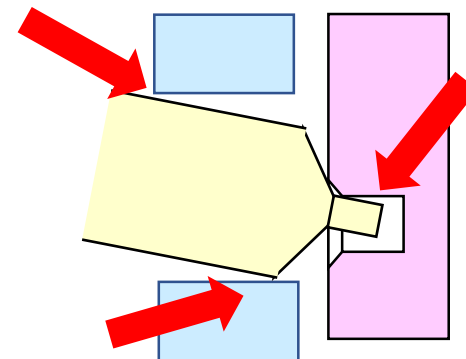


提案機構の動作(3/4)

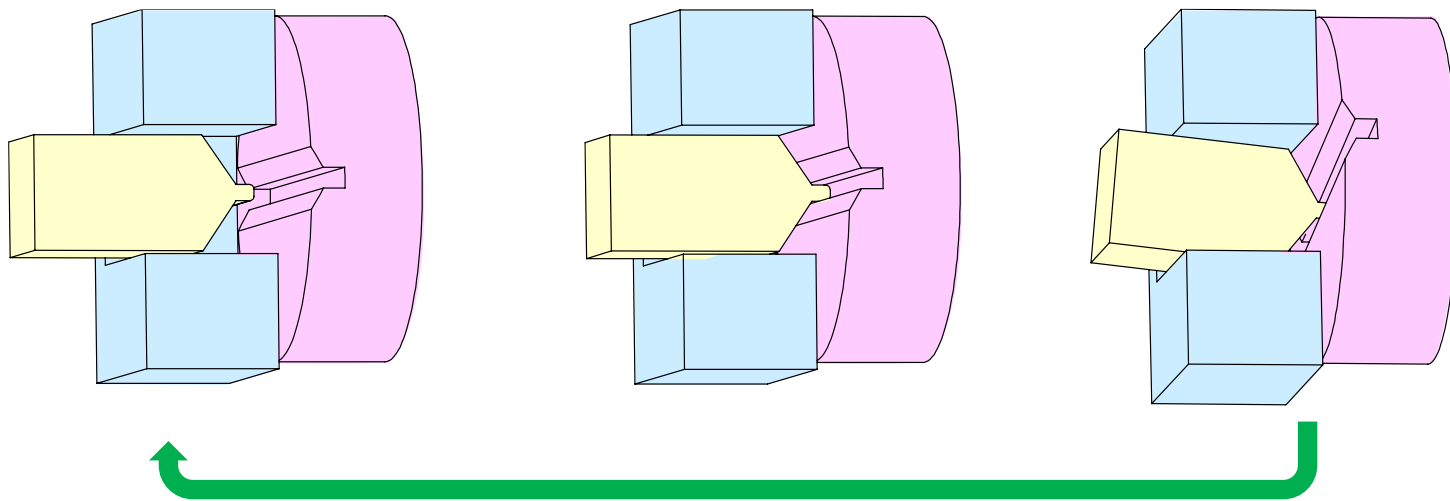
V溝付きディスクが少しだけ回転する。



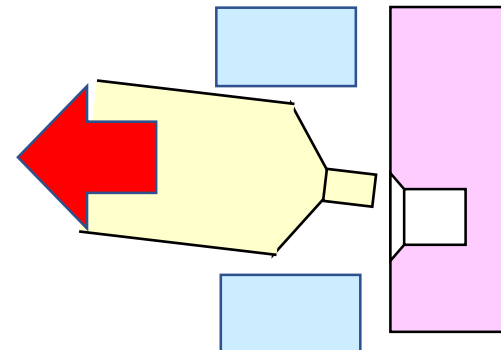
ロックピースが傾いて
ガイドブロックとV溝付きディスクにかむ



提案機構の動作(4/4)



トルクがかかると
ロックピースが後ろに
はじけるように外れる

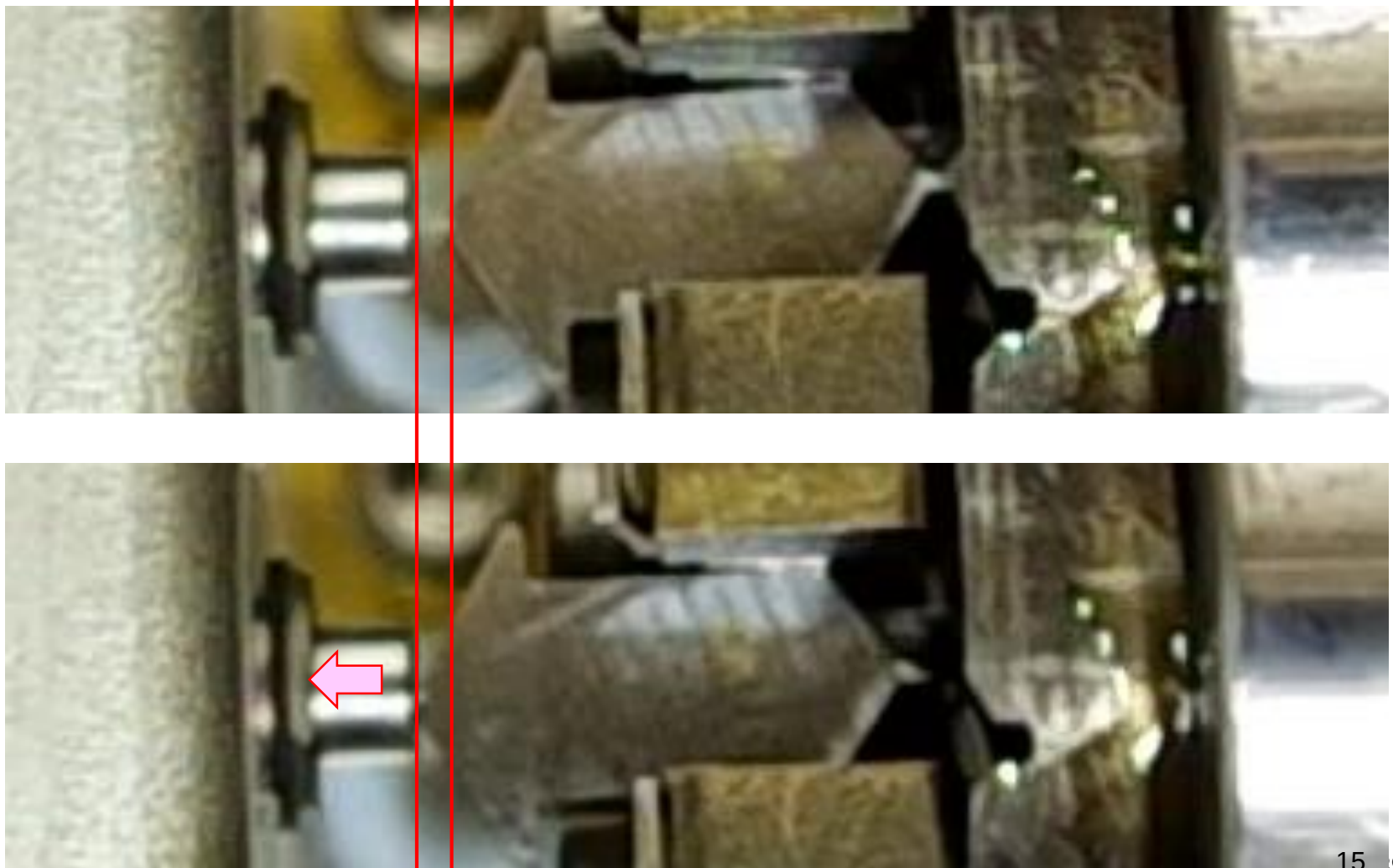


ロックが外れる

動画



動画



解放時の力

本機構を応用するには解放時の力をコントロールできることが重要

弱すぎる:

保持できない

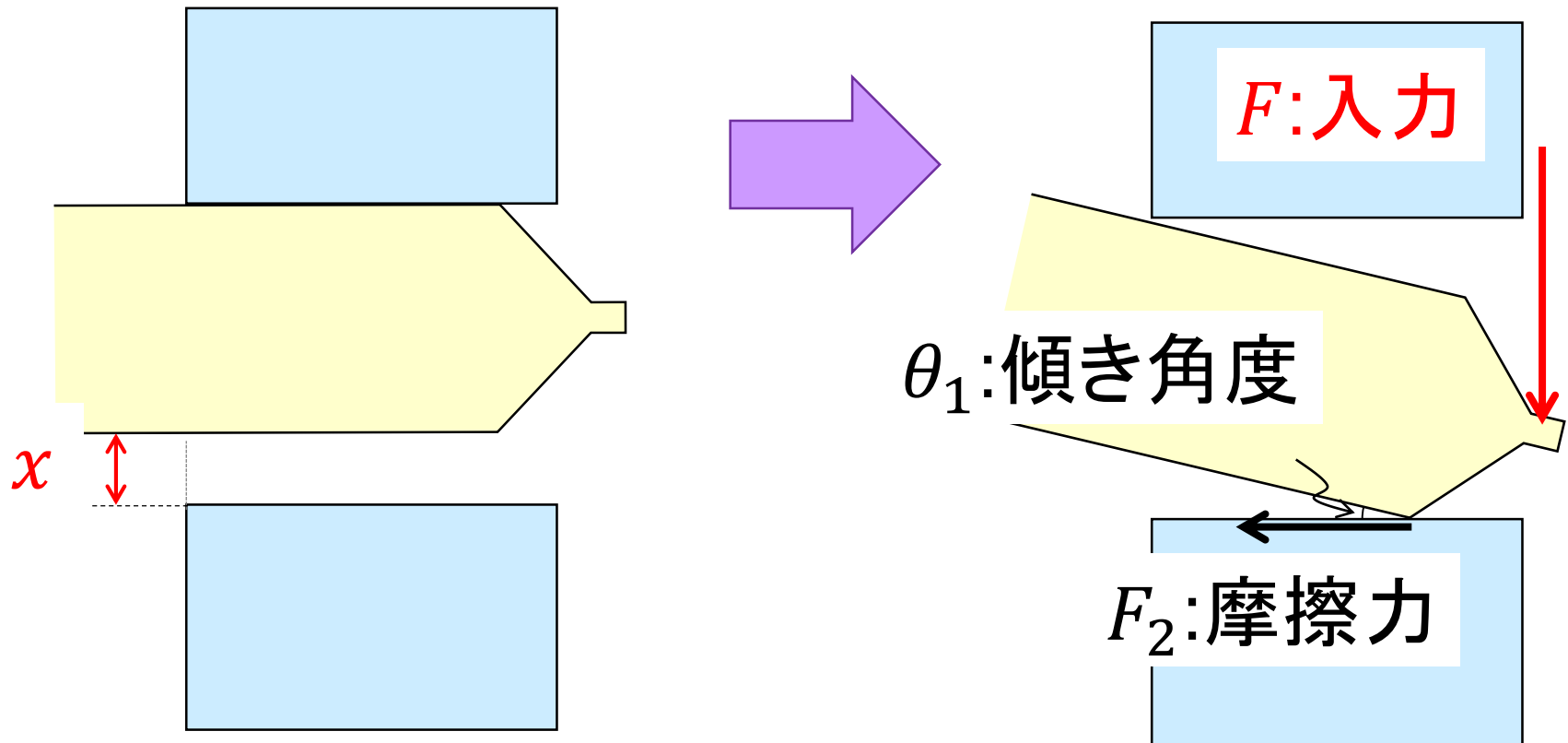
強すぎる:

解放のたびに力を必要とする

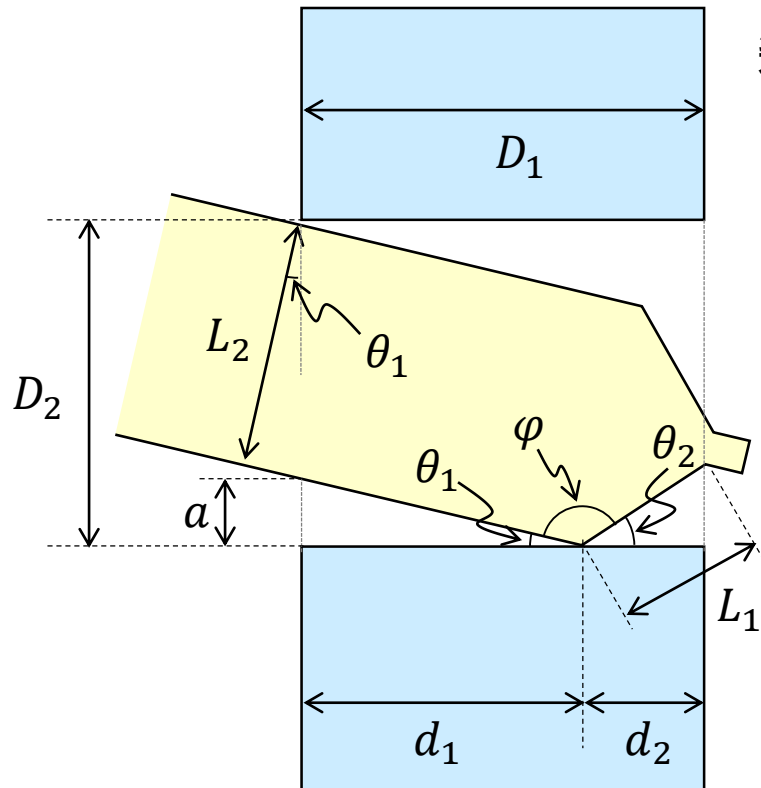
本提案機構

簡単な方法で設定変更できる

トルクとギャップの関係



ギャップと角度の関係



幾何学的な位置関係

$$\theta_1 + \theta_2 + \varphi = \pi$$

$$d_1 + d_2 = D_1$$

$$d_1 \tan \theta_1 = a$$

$$d_2 = L_1 \cos \theta_2$$

$$a + \frac{L_2}{\cos \theta_1} = D_2$$

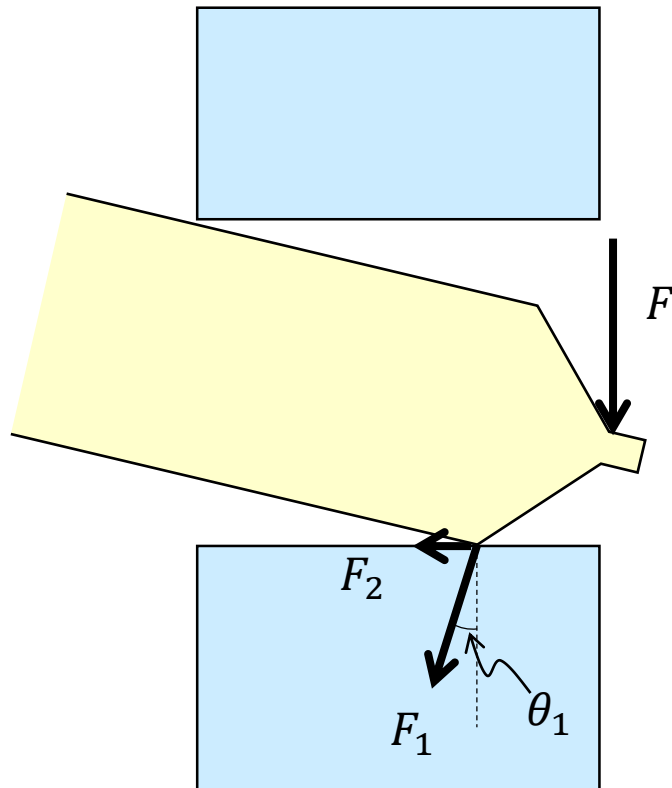
$$D_2 = x + L_2.$$

ギャップ(x)and 角度(θ_1)の関係

$$x = L_2 \left(\frac{1}{\cos \theta_1} - 1 \right) + \{ D_1 - L_1 \cos(\pi - \varphi - \theta_1) \} \tan \theta_1.$$

入力と角度の関係

入力と摩擦力の関係



$$F_1 = F \cos \theta_1$$

$$F_2 = F_1 \sin \theta_1$$

停止状態となる摩擦力と静止摩擦力の関係

$$F_{max} \geq F_2.$$

入力(F)と角度(θ_1)の関係

$$F \leq \frac{F_{max}}{\cos \theta_1 \sin \theta_1}.$$

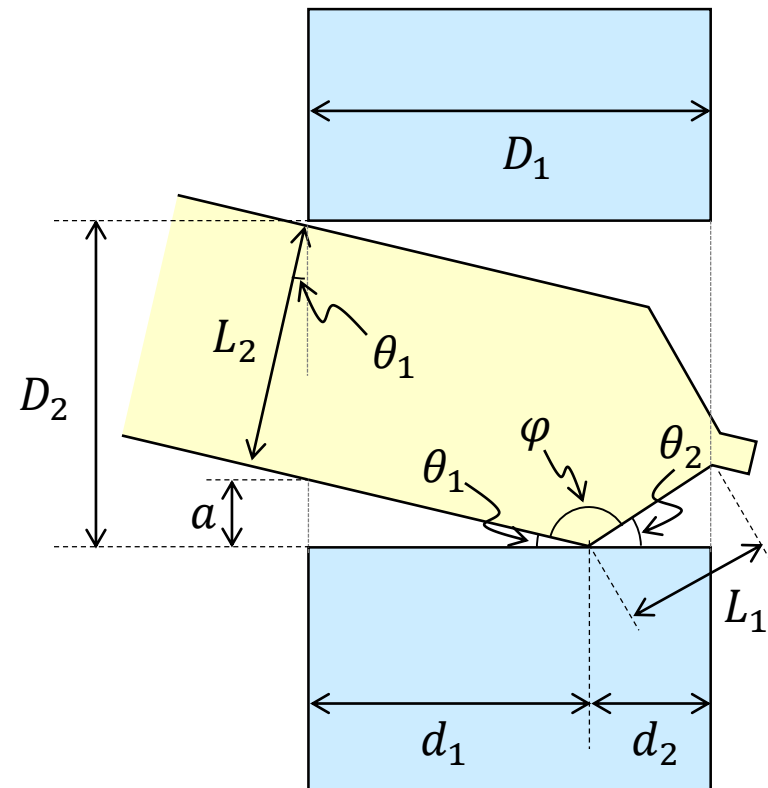
設計パラメータ(1/2)

ギャップと角度の関係

$$x = L_2 \left(\frac{1}{\cos \theta_1} - 1 \right) + \{D_1 - L_1 \cos(\pi - \varphi - \theta_1)\} \tan \theta_1.$$

角度と停止状態の関係

$$F \leq \frac{F_{max}}{\cos \theta_1 \sin \theta_1}.$$



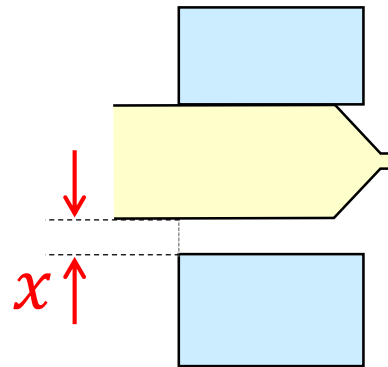
設計パラメータ(2/2)

ギャップと角度の関係

$$x = L_2 \left(\frac{1}{\cos \theta_1} - 1 \right) + \{D_1 - L_1 \cos(\pi - \varphi - \theta_1)\} \tan \theta_1.$$

角度と停止状態の関係

$$F \leq \frac{F_{max}}{\cos \theta_1 \sin \theta_1}.$$

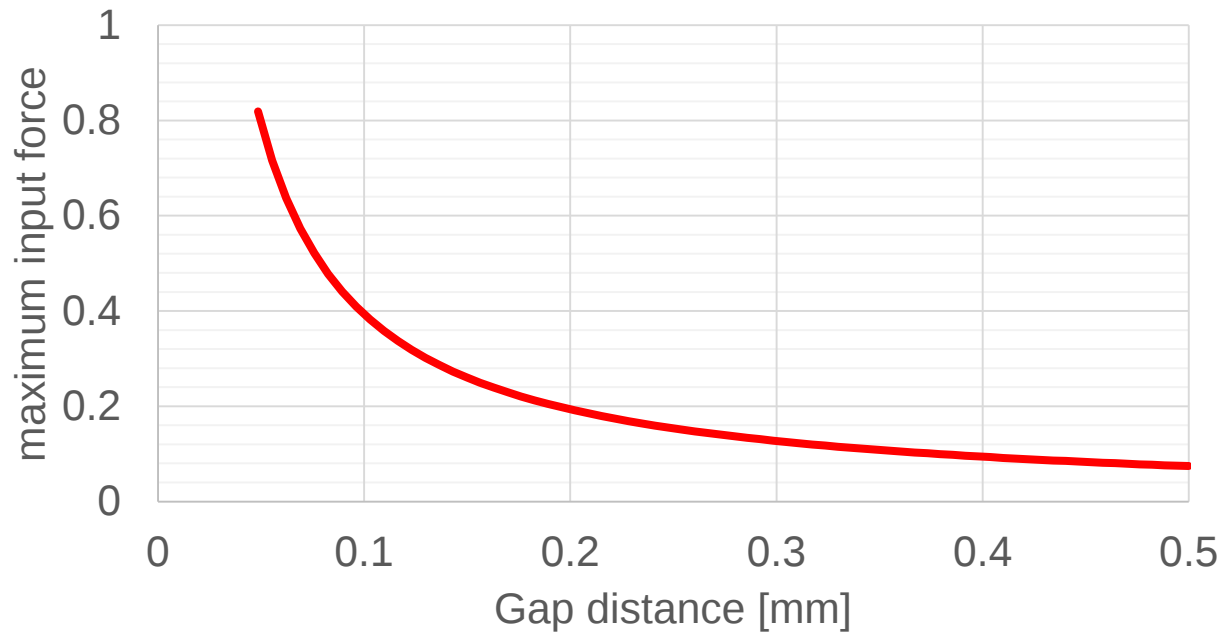


ギャップを変化させることで停止状態を変化させることができる。

⇒ 解析解を求めることは難しい。

シミュレーション

数値シミュレーションによる最大入力の変化

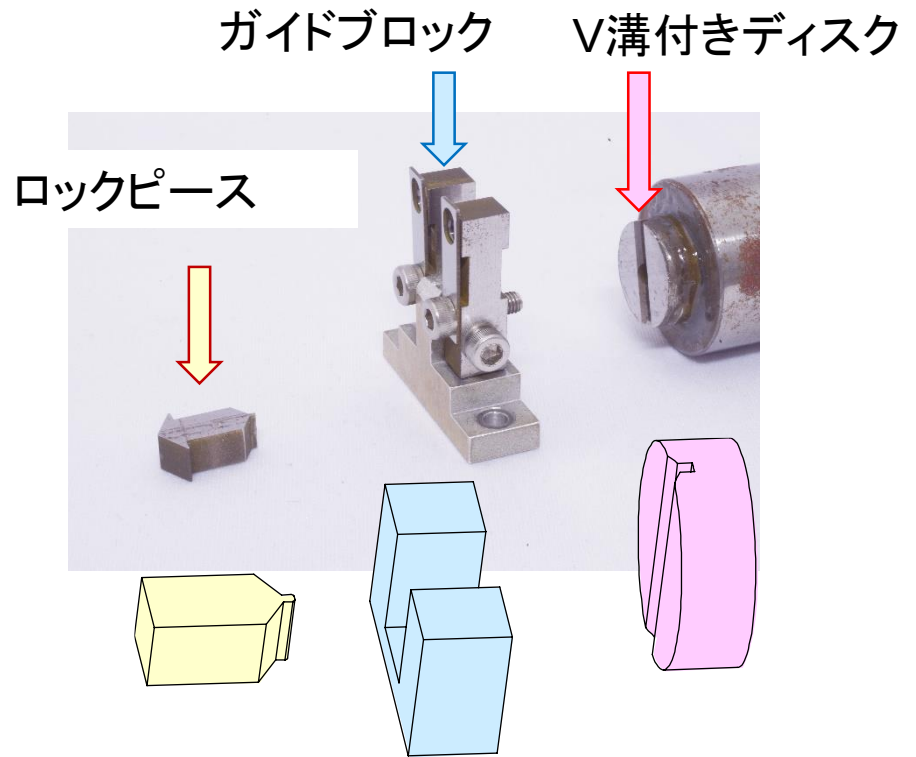
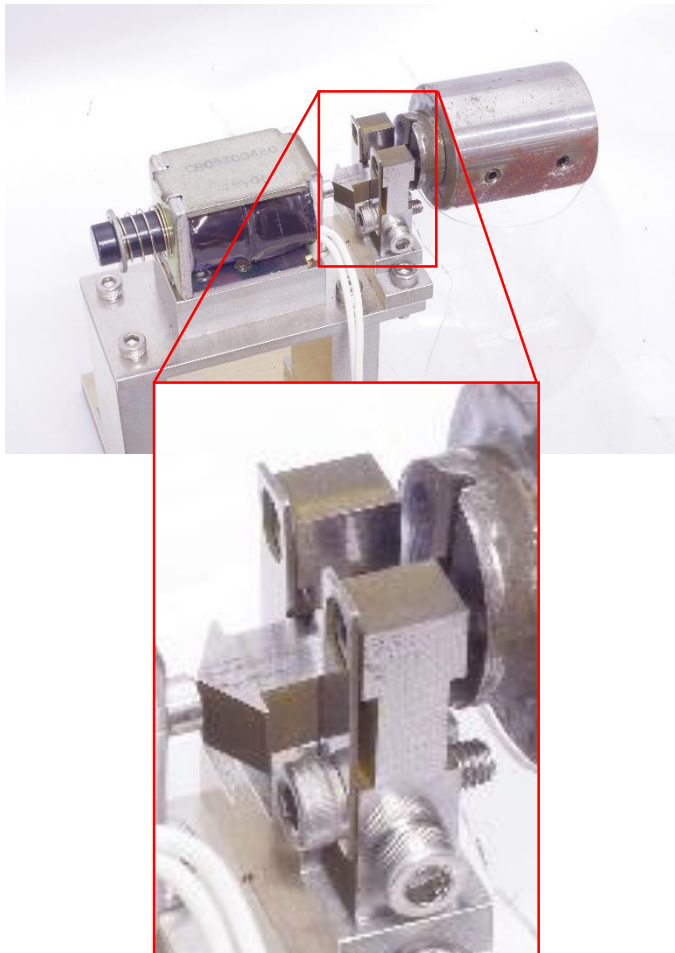


最大入力は静止摩擦力で正規化

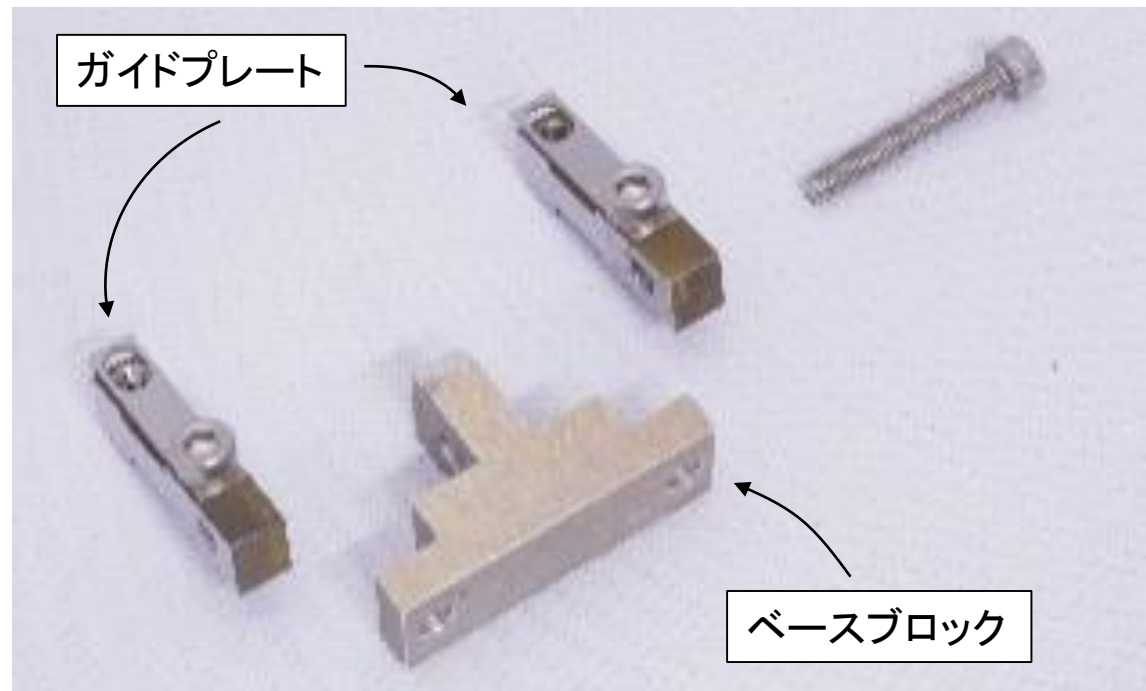
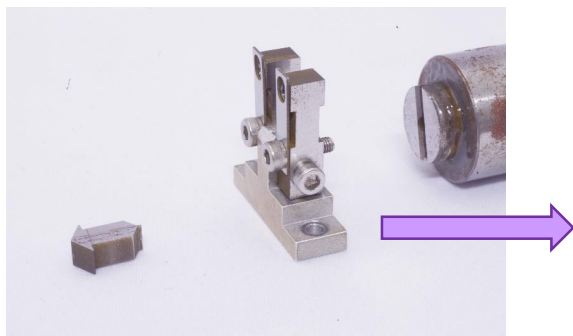
ほぼ反比例の関係があることが分かった。

実験

実機を用いた検証



ギャップの変更方法

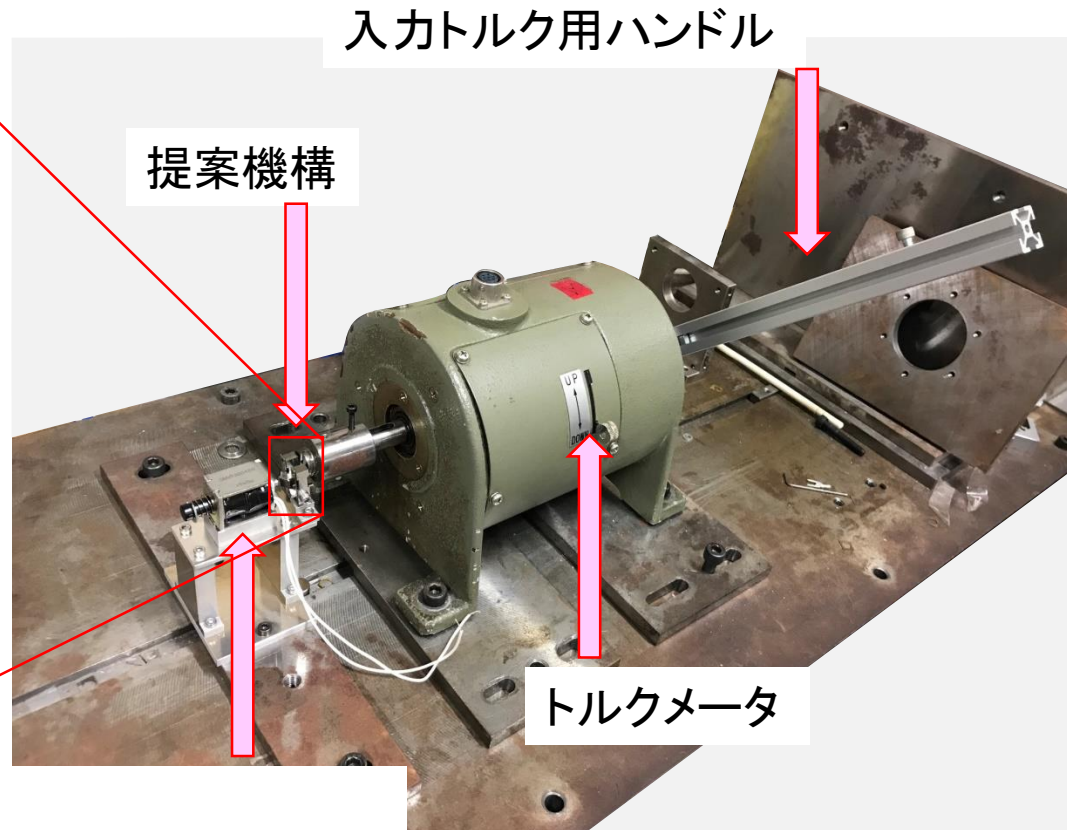


実験環境

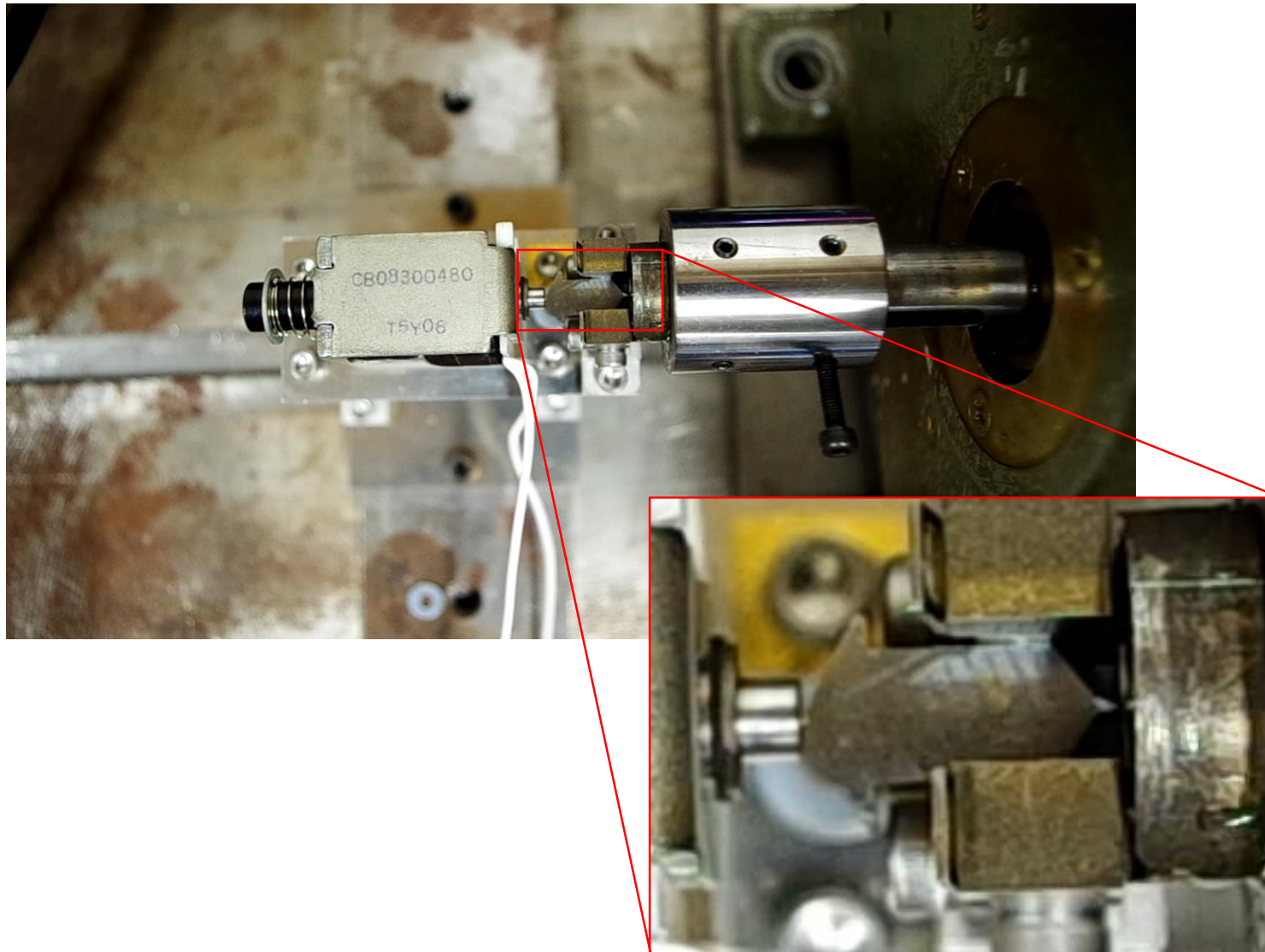
The measurement system is composed of four pieces.



ソレノイド
(ロックパーツを移動させるため)

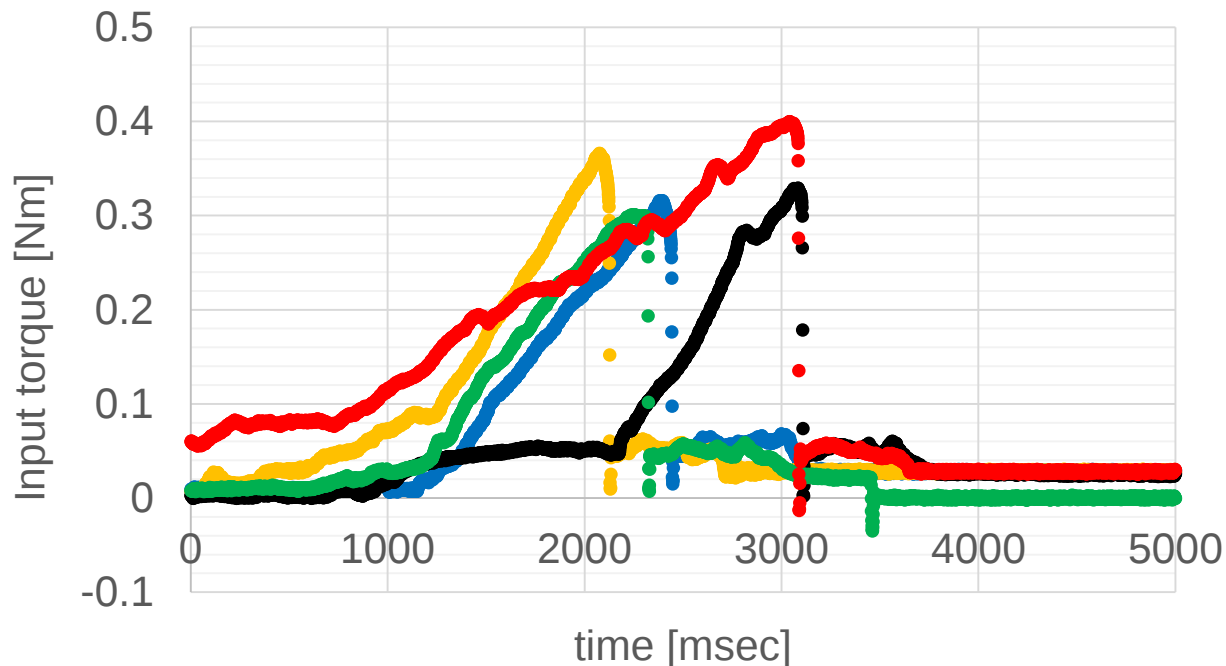


実験動画



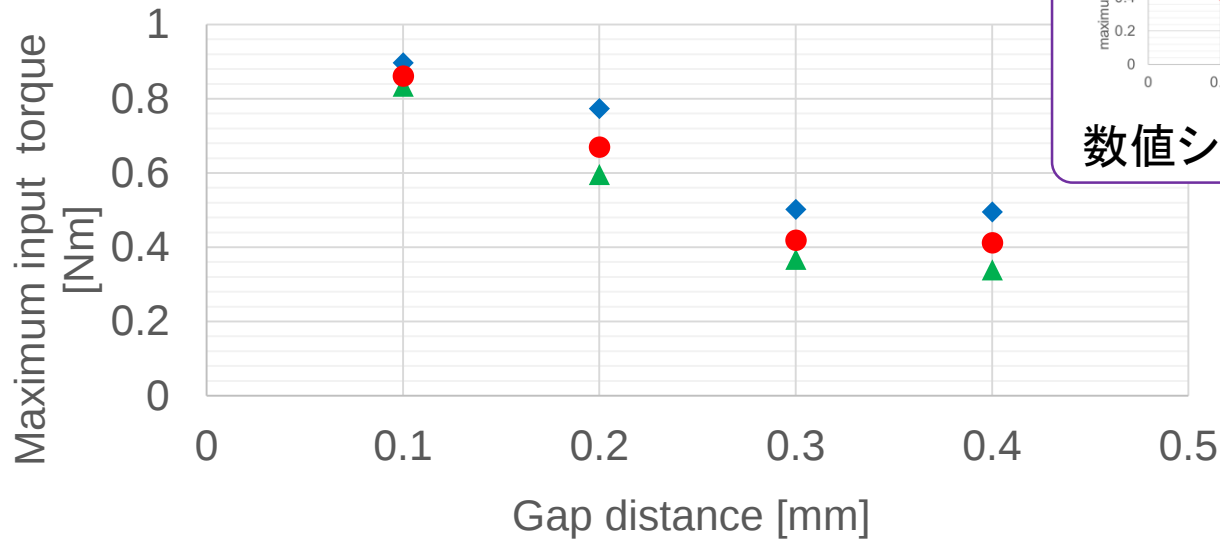
実験結果(1/2) 時間とトルクの関係

ギャップ 0.3 mm

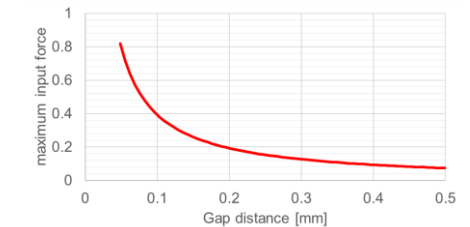


入力トルクが増大するにしたがって摩擦力が増大していることが確認できた。

実験結果(1/2) ギャップとトルクの関係



◆ Maximum value ▲ Minimum value ● Average value

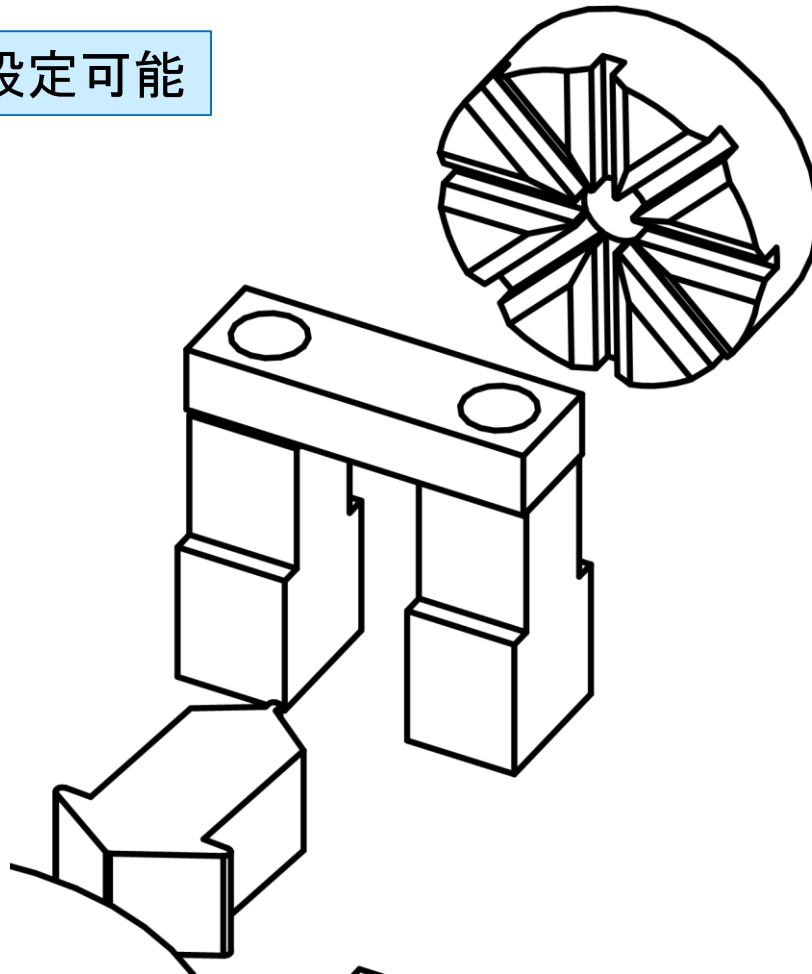


数値シミュレーション

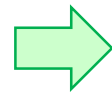
ギャップの大きさを変えることで開放トルクを設定できることが分かった。

応用例：角度の設定

溝を増やすことで角度設定可能

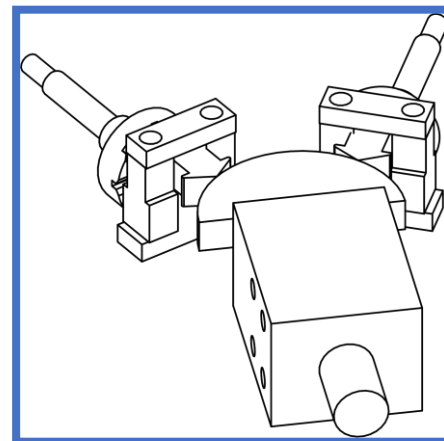
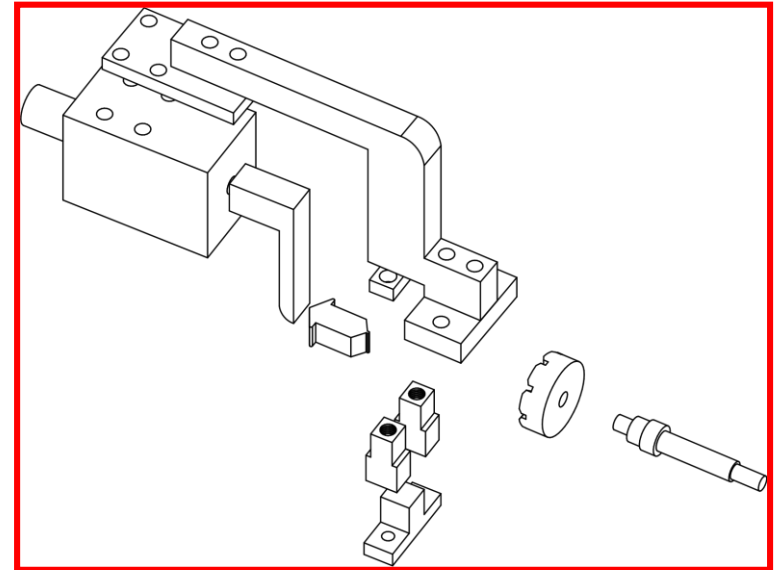
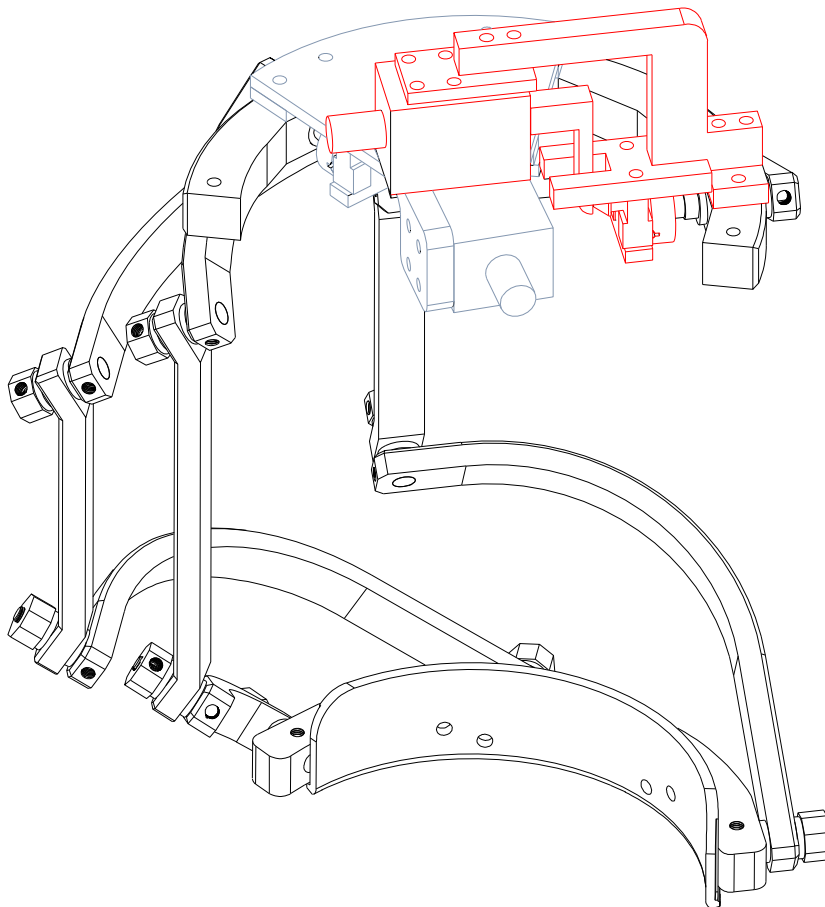


実装例



肩関節の保持にも使えることを確認中

実装例



実施例(1/2)



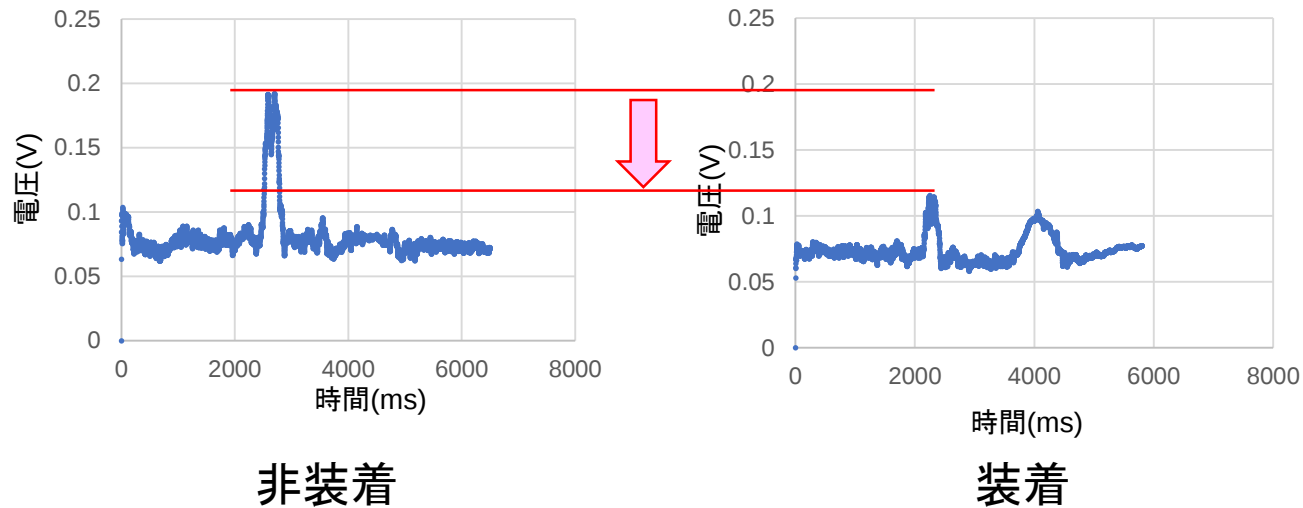
体位交換

実施例(2/2)



上体起こし

効果例



筋電位比較

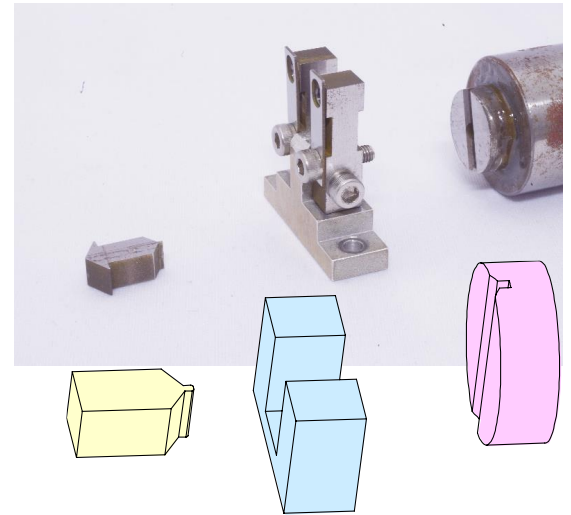
状態	1回目(V)	2回目(V)	3回目(V)	平均(V)	最大電圧に対する割合(%)
非装着	0.1631	0.1629	0.2254	0.1838	71%
装着	0.1920	0.1156	0.1120	0.1399	54%

まとめ

自動解除できる回転機構保持装置の原理とその効果を示した。

ギャップと開放トルクの関係を示した。
実験でその効果を確認した。

簡易機構を用いて自動開放することが
できることを示した。



本技術に関する知的財産権

発明の名称	パワーアシスト装置
発明者	牧野 浩二、寺田 英嗣
出願人	山梨大学
出願番号	特願2019-154099

実用化に向けた課題

解決点

- 簡易実証まで確認済み
- 筋電位測定による効果を確認済み
- 実装例による検証済み

未解決点

- ロックピースの動作
- ギャップの変更方法
- 自由位置での停止方法

企業様への期待

人体に装着型のロボットを検討されている企業様には有効な技術であると思われます。

機構が単純であるため、安価な機体の作成ができると考えています。

そのため、新規参入しやすい技術と考えています。

お問い合わせ先

山梨大学

研究推進・社会連携機構

URA・社会連携センター

TEL 055-220-8758

FAX 055-220-8757

e-mail renkei-as@yamanashi.ac.jp