

# 空気圧の介護への利用

神奈川工科大学  
ロボットメカトロニクス学科  
吉満俊拓

## 福祉機器の動力源に求められる要件

- 人体に直接作用するので、排気や汚染の危険性がないもの
- 人間特有の動作に対応できる、柔軟な動作が可能なもの
- コンパクトな機構で、保守作業が容易に行なえるもの

## 空気圧アクチュエータの特徴

- 圧縮空気を作動流体としているため、外部への漏れが人体に対して危険性はない
- 圧縮性を積極的に利用することで人間の動作に対応して柔軟な動きが可能である
- 小型, 軽量化しやすい

# 介護・福祉機器における 空気圧システム

## 1. モータ

減速機・クラッチ・ブレーキにより大トルクを発生すると動特性が劣り、剛性が高く動きが硬くなる。

## 2. 空気圧

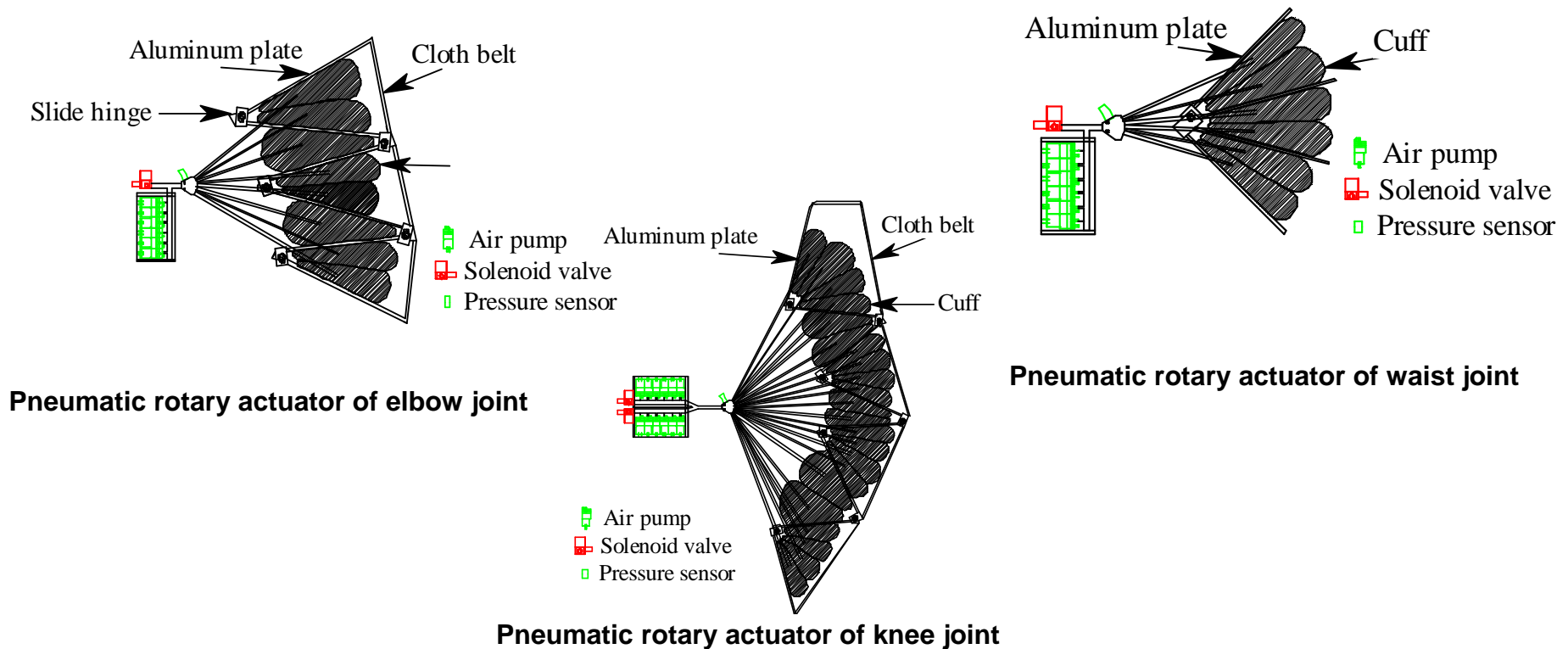
軽量で比較的大トルクを発生できる。剛性が低く柔軟である。また、排気を止めるだけで出力を保つので、安全性に優れる。

## 3. 油圧

小型で最も大きなトルクを発生できる。大重量で高剛性で動きが硬い。また、排気を止めるだけで出力を保つので、安全性に優れる。

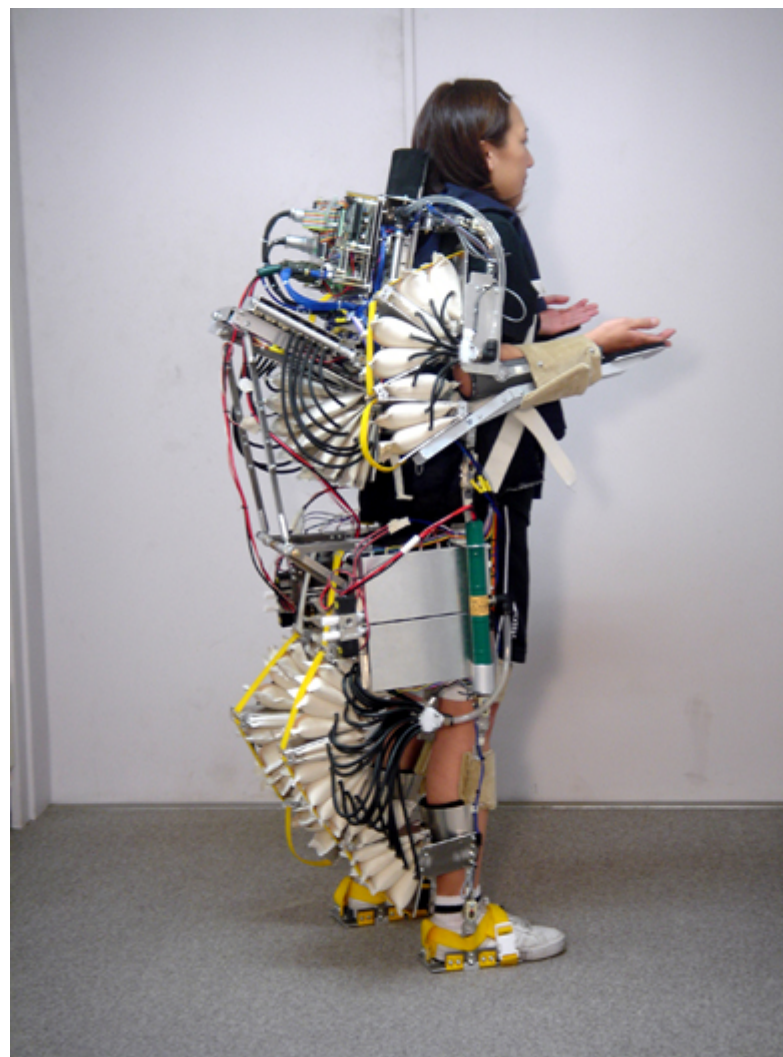
# ダイレクトドライブ・エアアクチュエータ

介護者が直接身に付けるパワーアシストスーツの完全ウェアラブル化を実現するために、マイクロエアポンプにより直接駆動される圧力カフを薄板に挟み込んだアクチュエータが開発されている。



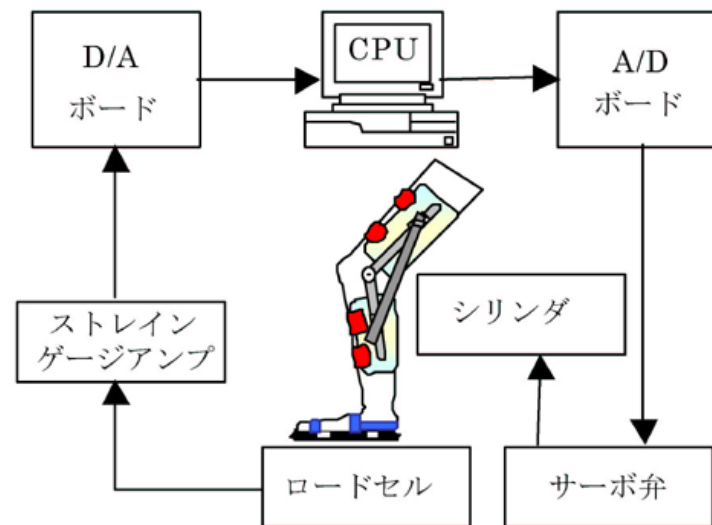
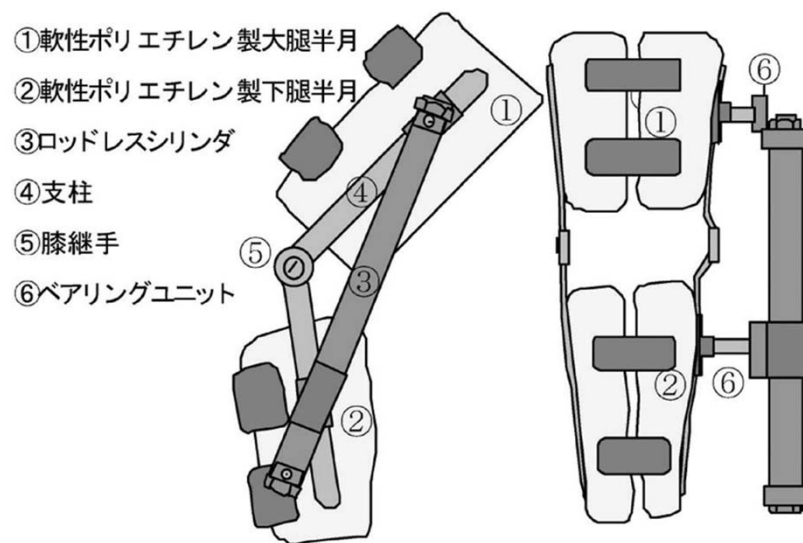
# パワーアシストスーツ(神奈川工科大学)

- パワーアシストスーツは空気圧を使用して抱き上げ動作をアシストするために開発された装置です。
- アクチュエータは外骨格の肘・腰・足の間接部分に取り付けられています。
- パワーアシストスーツは全体の半分の負荷を受け持ち、60Kgの人を持ち上げるときには30Kg分をスーツと人が負担しあいます。



# 空気圧アシストレッグ (明治大学)

足底に設置した圧力センサ信号により、歩行状態を把握しアクチュエータとして利用しているロッドレスシリンダに空気圧を供給し伸縮させる。シリンダは膝関節装具の側部に取り付けられており、シリンダの伸縮に伴い膝の屈曲・伸展を支援するシステムである。

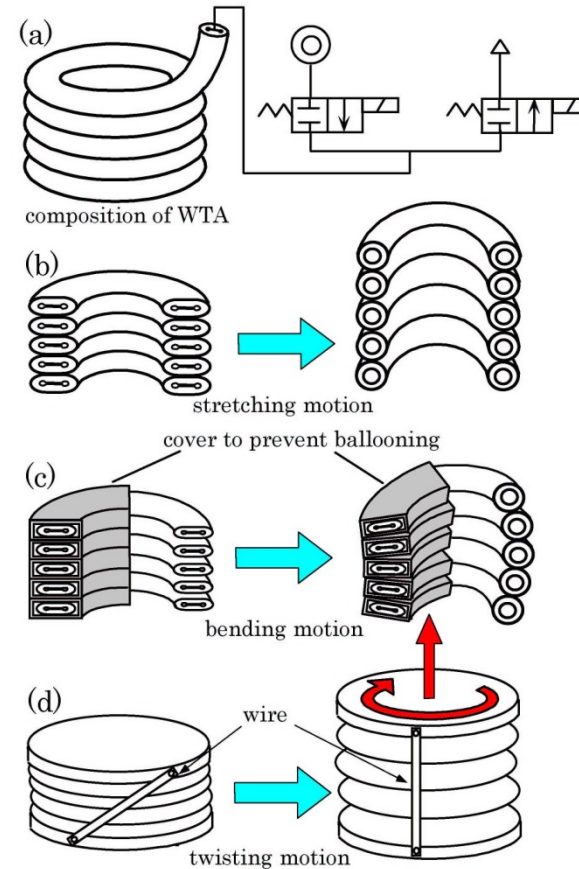


# 螺旋エアチューブパワーアシストハンド (東工大)

歩行支援を行えるウェアラブル・フルードパワーの開発を目標とし、扁平ウレタンチューブを利用したWound Tube Actuatorが開発され指関節や膝関節駆動に利用されようとしている。  
WTAは断面が予め潰れた螺旋状チューブの内部を空圧で加圧し、円形に変形することによって相隣り合うチューブと押し合う力を生成し、身体関節部を柔軟に駆動することが可能である。



Developed WTA for a finger on right and the wearable valve on left.

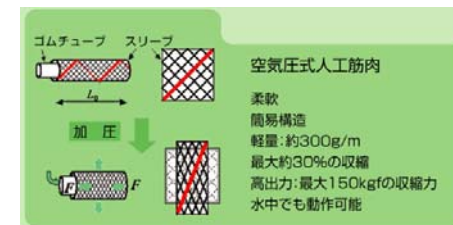




# エアマッスルスーツ(東京理科大)

アクチュエータとして安価・軽量で出力質量比が非常に大きいMcKibben型人工筋を用いた構造となっている。

人工筋を加圧することで人工筋が収縮し、人工筋両端が引っ張られることで、着用者の対応部位が動くという仕組みになっている。



# レスキュー用アシストスーツ (神奈川工科大)

不整地・傾斜地に対応し、作業者の身体的負荷の軽減・活動時間の延長と怪我防止を目的とした『下肢アシストスーツ』

1. 衝撃力緩和・疲労軽減
2. 大腿部・下肢の筋力アシスト

- 足関節の内反・外反動作を妨げない外骨格足関節機構の開発.
- 機構内の可変ダンパにより、減衰力を制御して足関節角速度を制限し、怪我・捻挫を予防.



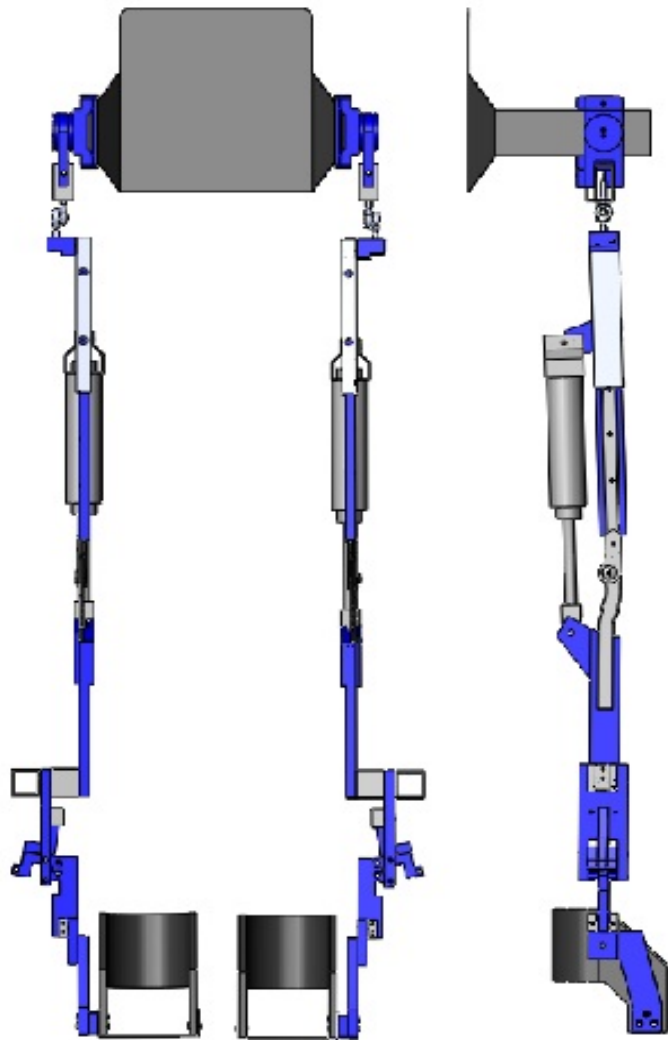
# レスキュー用アシストスーツの研究目的

1. 装備機器の軽量化
2. 斜面での下肢の負担軽減・怪我の防止
3. 長時間の活動

これらを実現させるため・・・

不整地・傾斜地に対応し、作業者の**身体的負荷の軽減**・**活動時間の延長**と**怪我防止**を目的とした『**下肢アシストスーツ**』を開発する

# レスキュー用アシストスーツ概要



1. スーツは4種類のパーツから構成

- ・腰パーツ
- ・大腿部フレーム
- ・足関節機構
- ・足底

2. 膝関節として1軸式関節を使用

3. 足関節に4節リンク機構を使用

4. 総重量: 約6.0kg

Assisting Suit for Rescue

## 望ましいパワーアシスト機器とは

### 援助者にとって

スイッチやボタンなどを押さなくても援助することができる

### 被援助者にとって

援助中に不安などを感じない自然な援助ができる

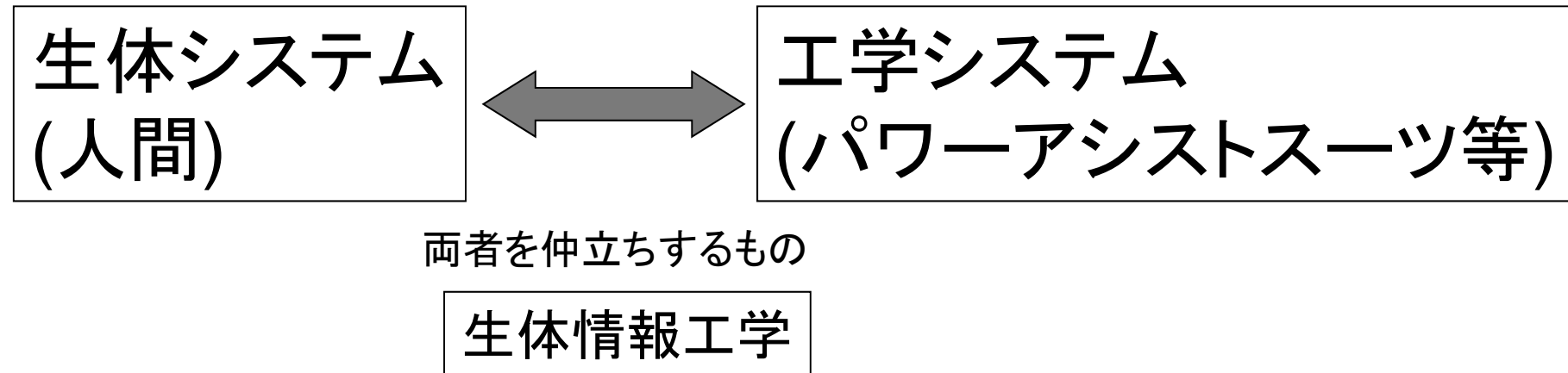
## やさしく援助するためには

日常行っているような細やかな動きを援助中も実現できるような介護機器が必要である。

⇒ 人がどのように動きたいのかを介護機器が自動的に感知してくれる。

⇒ 人が発している様々な信号を機械が受け取れる必要がある。

# 生体情報とは



生体情報工学とは 生体システムと工学システムを仲立ちするものである。  
生体システムとのかかわりあいとして、生体が有する種々の情報を計測し、解析することにより生体機能を解明することが重要である。

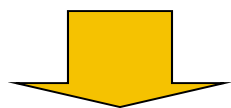
# 計測に用いられる生体情報の種類

- |      |                                |
|------|--------------------------------|
| 電気信号 | 脳波・心電・筋電<br>(生命活動にともなって発生する電気) |
| 機械信号 | 握力・背筋力・心音<br>(一般的な体力と呼ばれるもの)   |
| 化学信号 | 血糖値・酸素消費量<br>(運動量評価などに用いられるもの) |

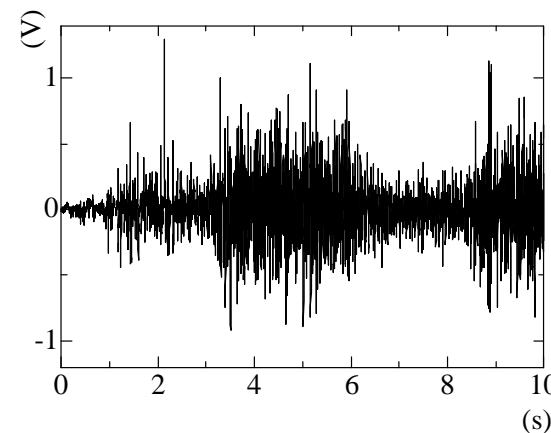


# 生体電気計測 (筋電位計測における問題点)

- 筋電位出力が微弱なためノイズの影響を受けやすい
- 周波数や位相が複雑に影響しあう



簡易な筋発揮力評価方法がない



筋電図

# 生体信号計測 運動計測

## 心音

マイクロホンや聴診器によって心臓から発生する音を測定する。

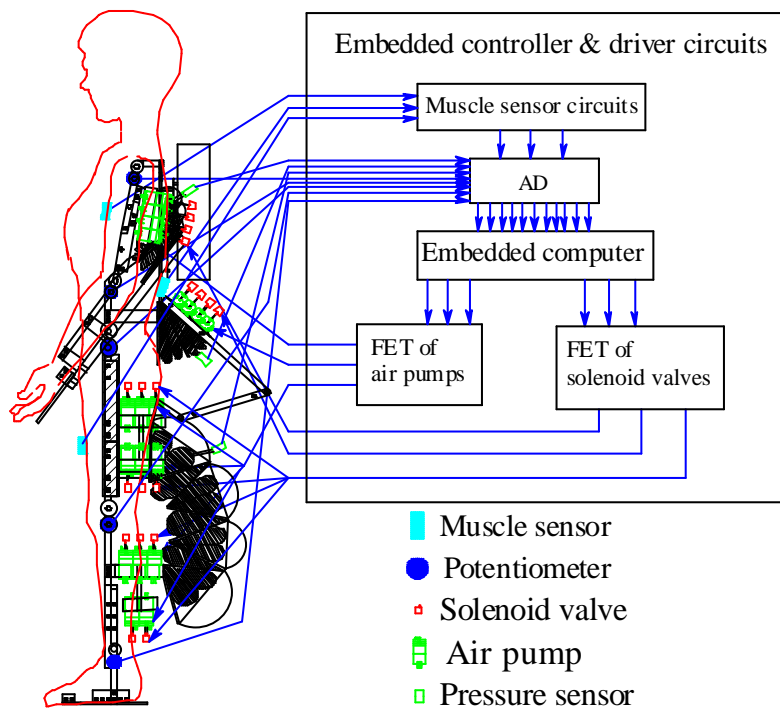
## 床反力の計測

歩行運動の解析や運動能力評価に用いられる

## 歩行運動解析

体にマーカを貼り付けてからだの動きを3次元的に測定する。

# パワーアシストスーツにおけるセンシング

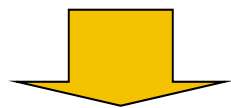


介護者の手、足、腰の各関節が必要としている力を検出するセンシングシステム

関節を駆動している筋肉が発揮している力を検出する。各関節角度の検出値と身体力学モデルに基づいて駆動筋の発揮力を計算し、この50%をアシスト力の基準とする。

## パワーアシストシステムにおけるセンシング

介護者の手、足、腰の微妙な動きを検出する  
センシングシステムが求められる



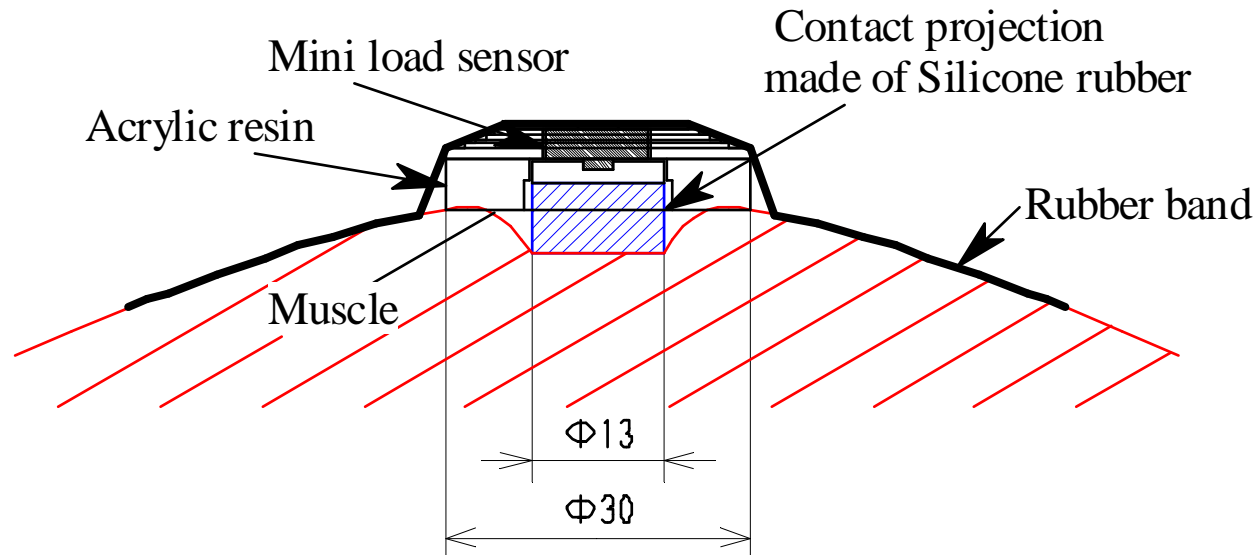
筋肉の硬さや筋電位により  
人の動きを知ることができるシステムの開発

## パワーアシストスーツのためのセンサ

- 筋電位を用いた簡易な筋肉発揮力評価法の開発
- 筋肉の発揮力に応じて筋肉が硬くなる性質を利用して、筋肉発揮力を検出する筋肉硬さセンサの開発

# 簡易な方法で筋肉の発揮力を求めるには (筋肉センサの場合)

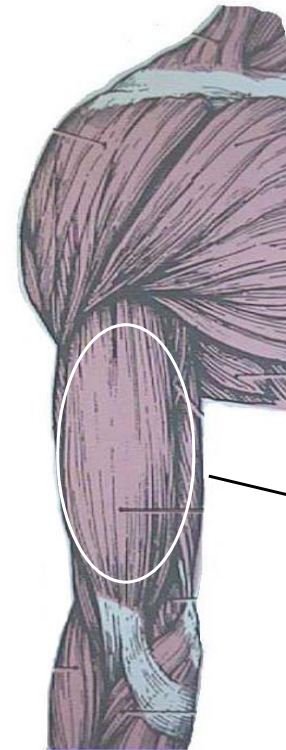
小型荷重センサの感圧面にアクリル製の土台を取り付け、その土台の上にシリコンの突起物を取り付けている。センサを囲いの中に入れ、囲いが皮膚に当たるように伸縮粘着テープで取り付け、突起物が筋肉の硬さ変化をより安定に検出できるように構造になっている。



## 簡易な方法で筋肉の発揮力を求めるには (筋電位の場合)

考慮しなければならない点

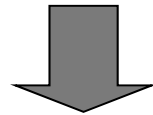
1. 貼り付ける場所  
周辺に他の筋肉が無く、皮膚表面から近い場所選ぶ必要がある。
2. 筋肉の動きに対する筋電位の出力  
ひじの動きと荷重の変化に対して良好な出力が必要である。



上腕二頭筋

# 筋電位の評価方法

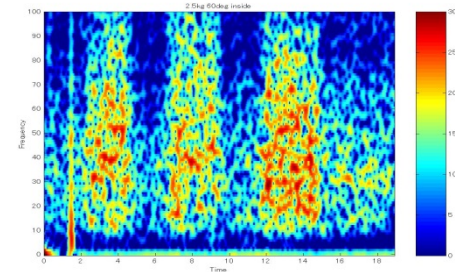
筋電位信号は色々な周波数や位相が混ざっているため、わかり易い形に変える必要がある。



標準的な評価方法

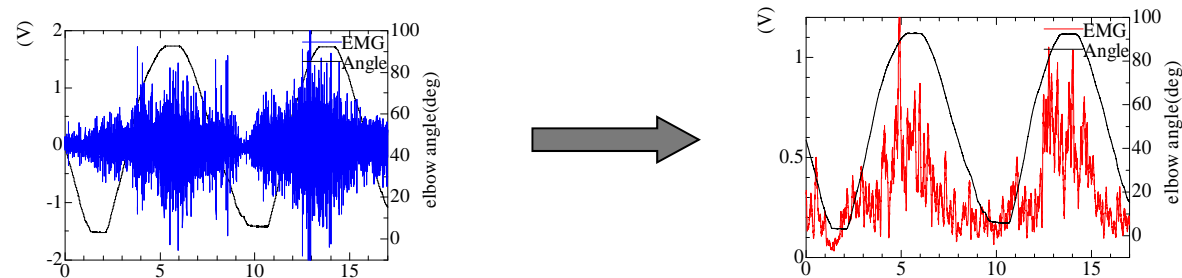
スペクトルグラム

2次元図で信号の強さを色で表す方法



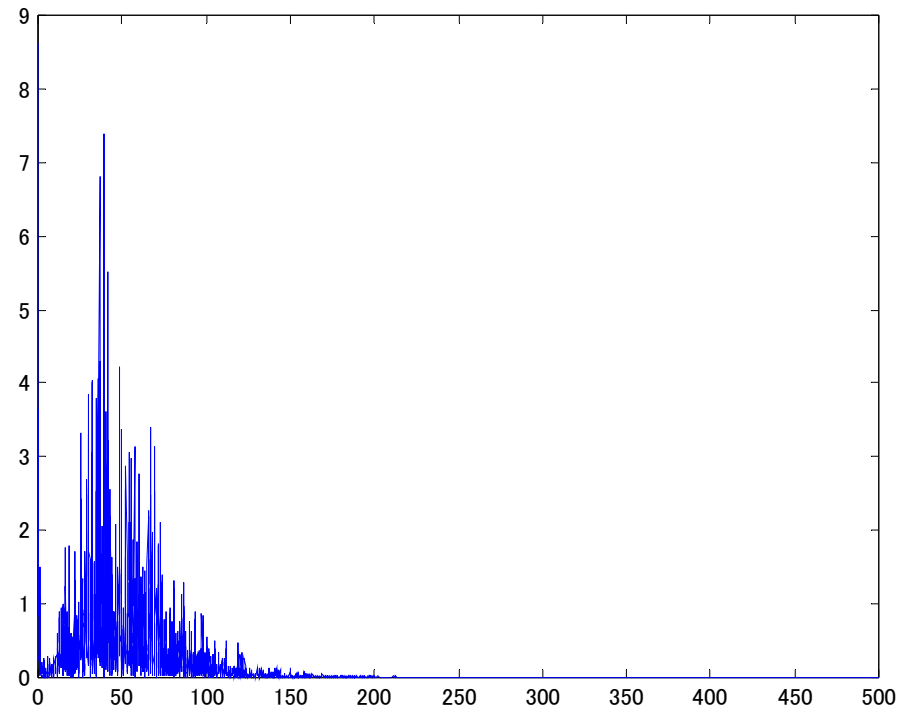
整流・平滑化

信号値の平均を取り大まかな変化を見やすくする方法



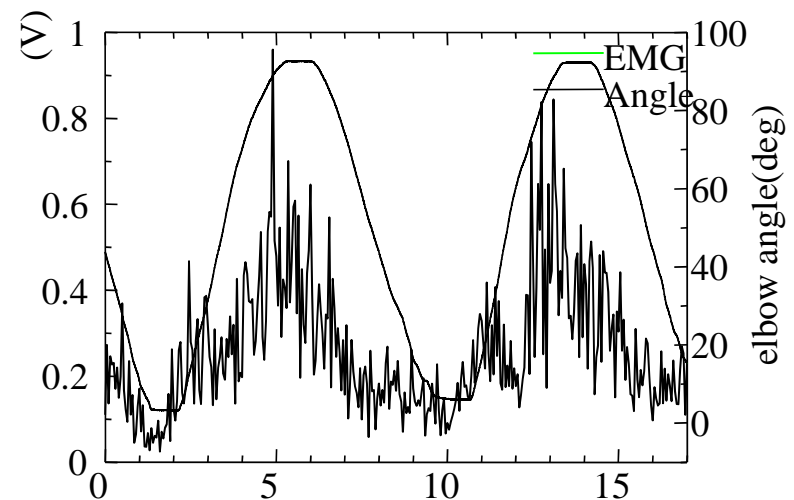
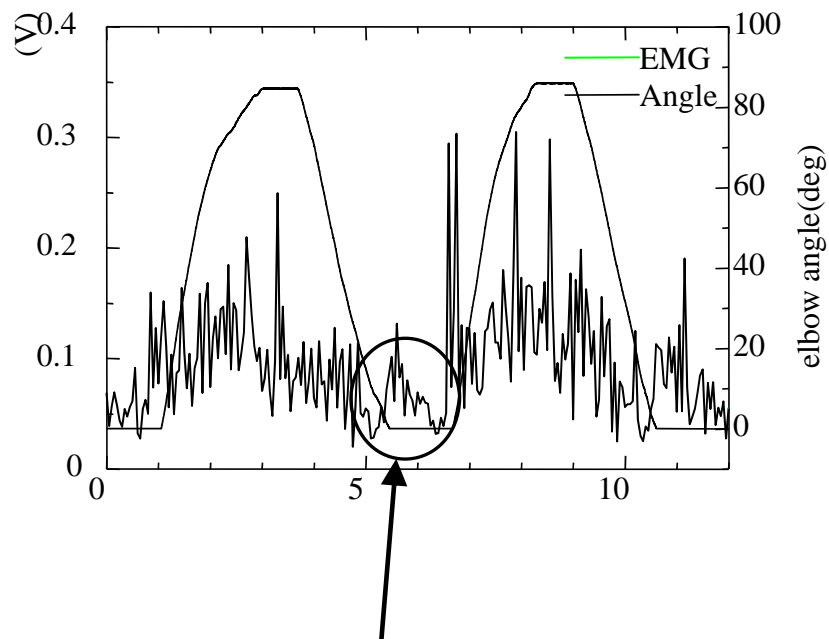


# 筋電位の周波数特性



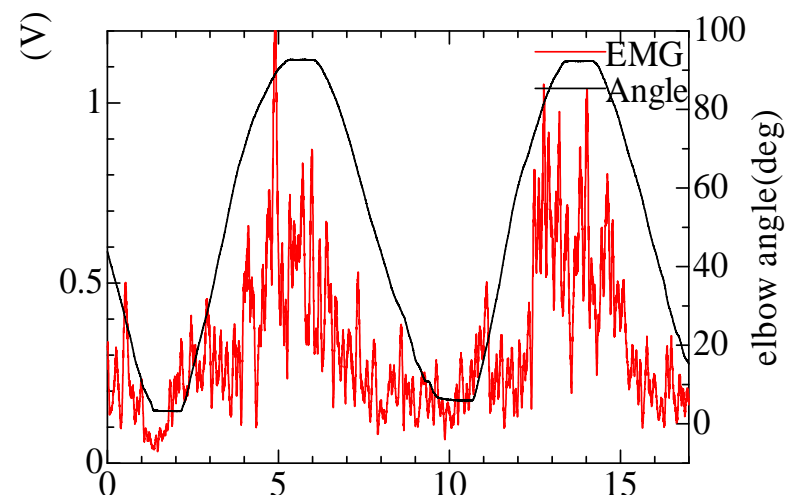
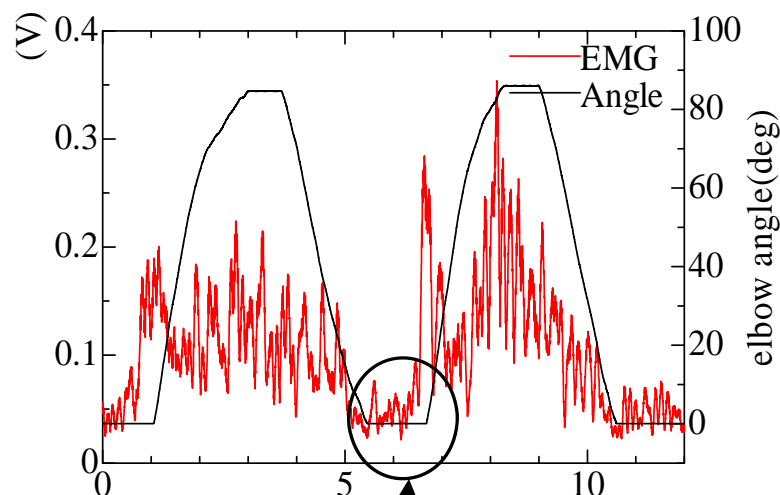
筋電位は0～200Hzの振幅を持つ信号である。この中から筋肉が力を出している時の信号のみを抜き出すことができれば、センサとして利用することができる。

# 等張性収縮実験(平滑化のみ)



肘角度と筋電位出力の比較がしやすいように全波整流平滑化を行った結果では、肘が動いていないときにも出力がある。

# 等張性収縮実験(フィルタ・平滑化处理)



筋肉が力を出していないときの信号を取り除くことで、整流平滑化を行うと、肘が動いていないときの出力がなくなっている。

帯域30-50Hzを抽出し、整流平滑化处理を行うと肘角度・荷重に対して相関関係を持ち、電極貼り付け位置の圧迫による外乱や、動作速度の違いによる出力の変化の影響を受けない良好な出力を得ることができる。

# おわりに

- 介護・福祉機器に求められる安全性と耐環境性および使用環境への安全性を保障する技術として、空気圧を用いたシステムは優れた特性を有する。
- 用途に最適な動きを実現するロータリー型、湾曲・屈曲型、浮上・移動型などの柔軟なアクチュエータが開発されている。

## 今後の課題

介護・福祉機器が使用される場所や条件を考慮すれば、高い出力／重量比、出力／体積比を生かすための高いエネルギー効率を持つ空気圧源の開発が求められる。