



# 運動データベースのための 力学モデルに基づく 時空間データ解析技術

辻 俊明(埼玉大学)



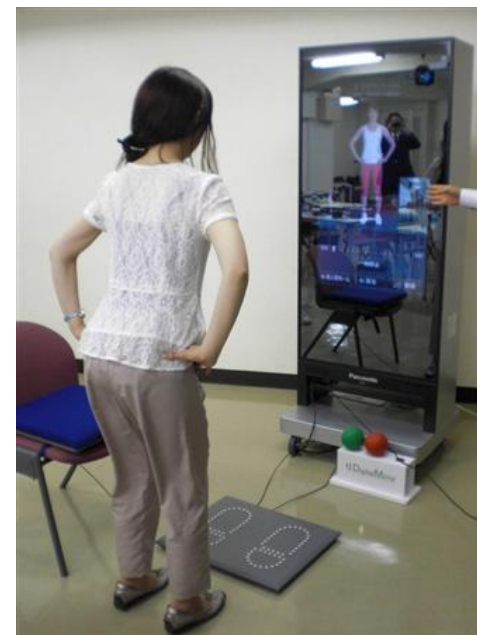
# 1. 背景



Locomat(Hokoma)



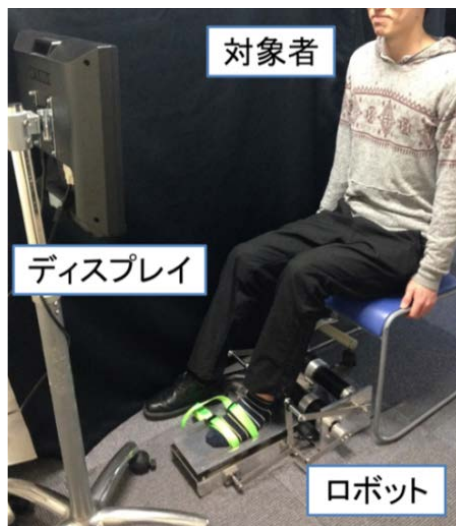
HAL(Cyberdyne)



デジタルミラー(Panasonic)

- ・ロボットで歩行を支援しながら訓練する装置が増加
- ・直接歩行を支援しない訓練機器も登場  
→ 依然事業化された例は多くない

# 1. 背景



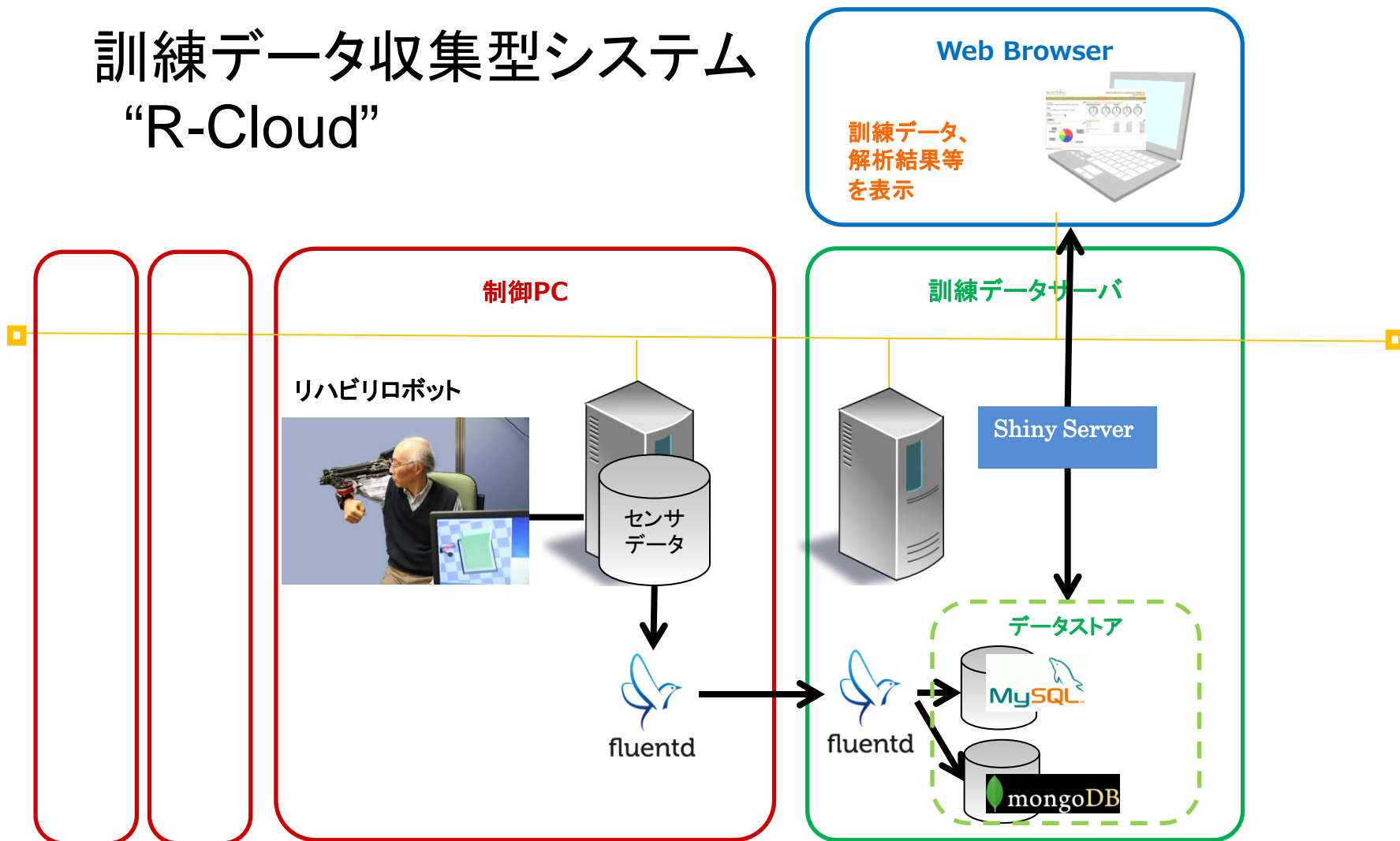
訓練機器にセンサとディスプレイを搭載し、  
訓練に役立つ様々な情報を提示

→ データの見える化で効果を高める機器の開発

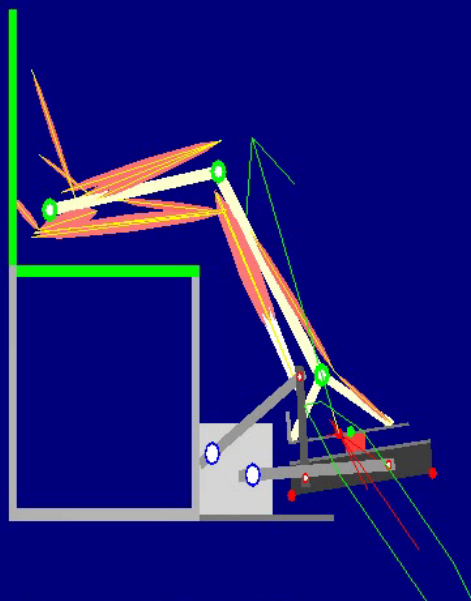
運動データベースの解析技術が基盤

# 1. 背景

## 訓練データ収集型システム “R-Cloud”



# 1. 背景



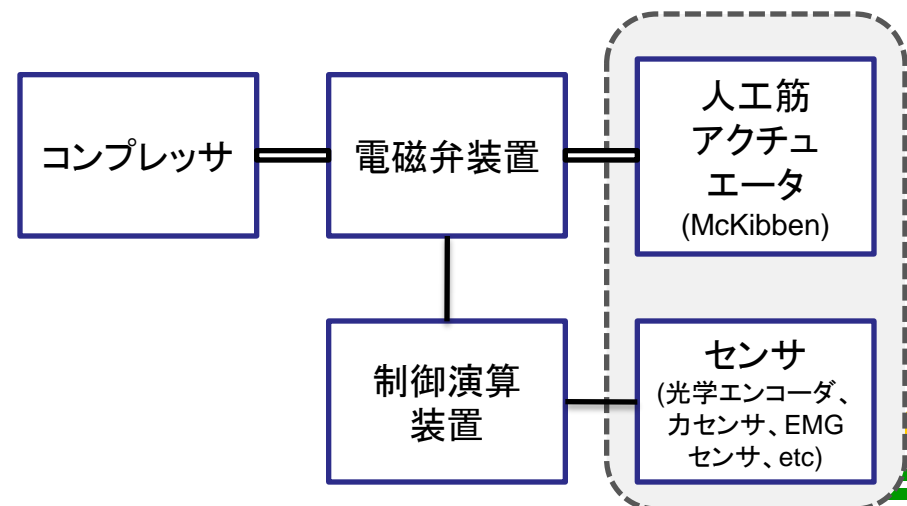
例えば筋力を推定する信号処理との組み合わせ  
→ 筋力分布の「見える化」

## 2. 上肢の筋力計測と可視化技術

- 運動療法のための上肢リハビリ支援ロボットの開発



Specification of devices	
Actuator	McKibben artificial muscle
Pressure controller	Electromagnetic valve
Air compressor	JUN AIR 0F302-4M
Angle sensor	SIKO MSK5000 0.005[mm] resolution
Force sensor	Wakoh Tech WDF-6A100-2-A

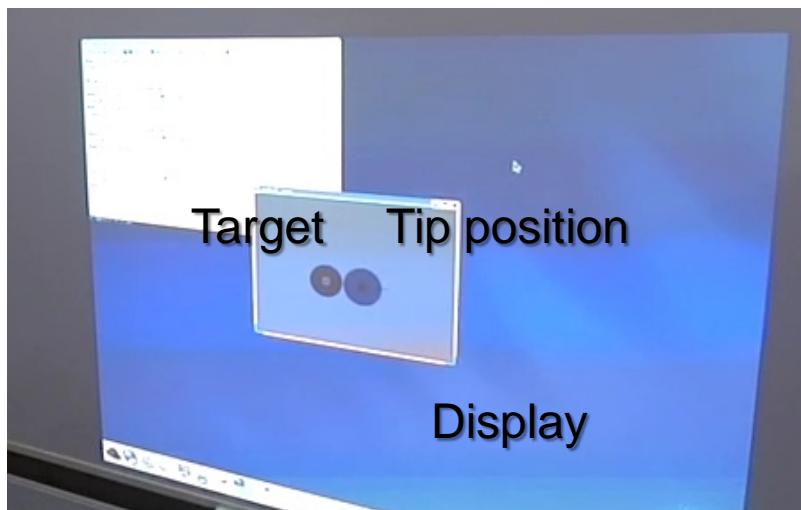
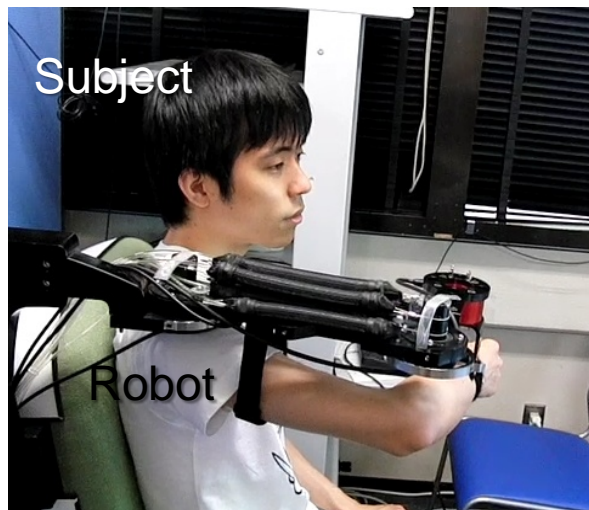


## 2. 上肢の筋力計測と可視化技術

患者の運動能力に合わせて異なる制御則をロボットに実装

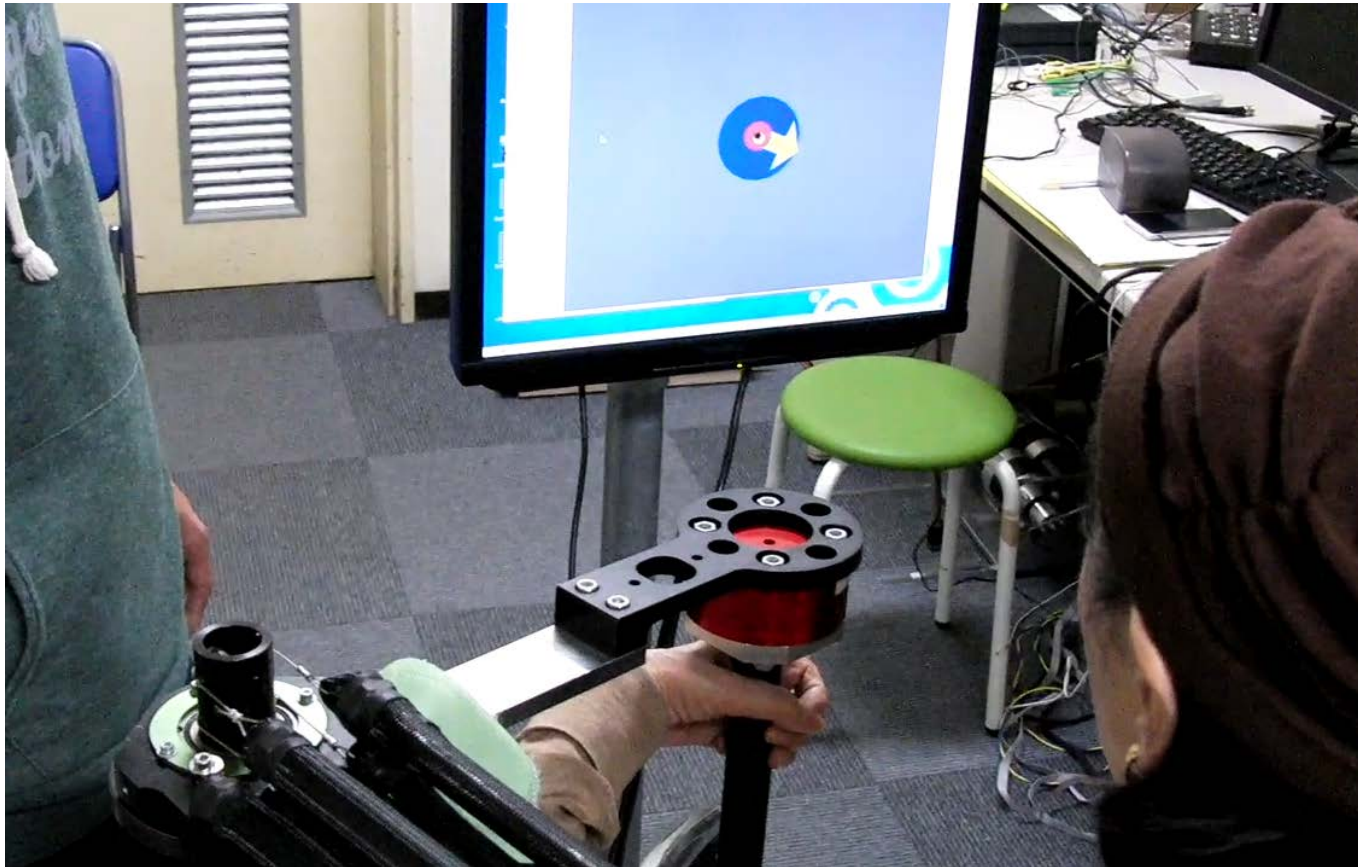


目標と手先の位置がCGで可視化されたトレーニング



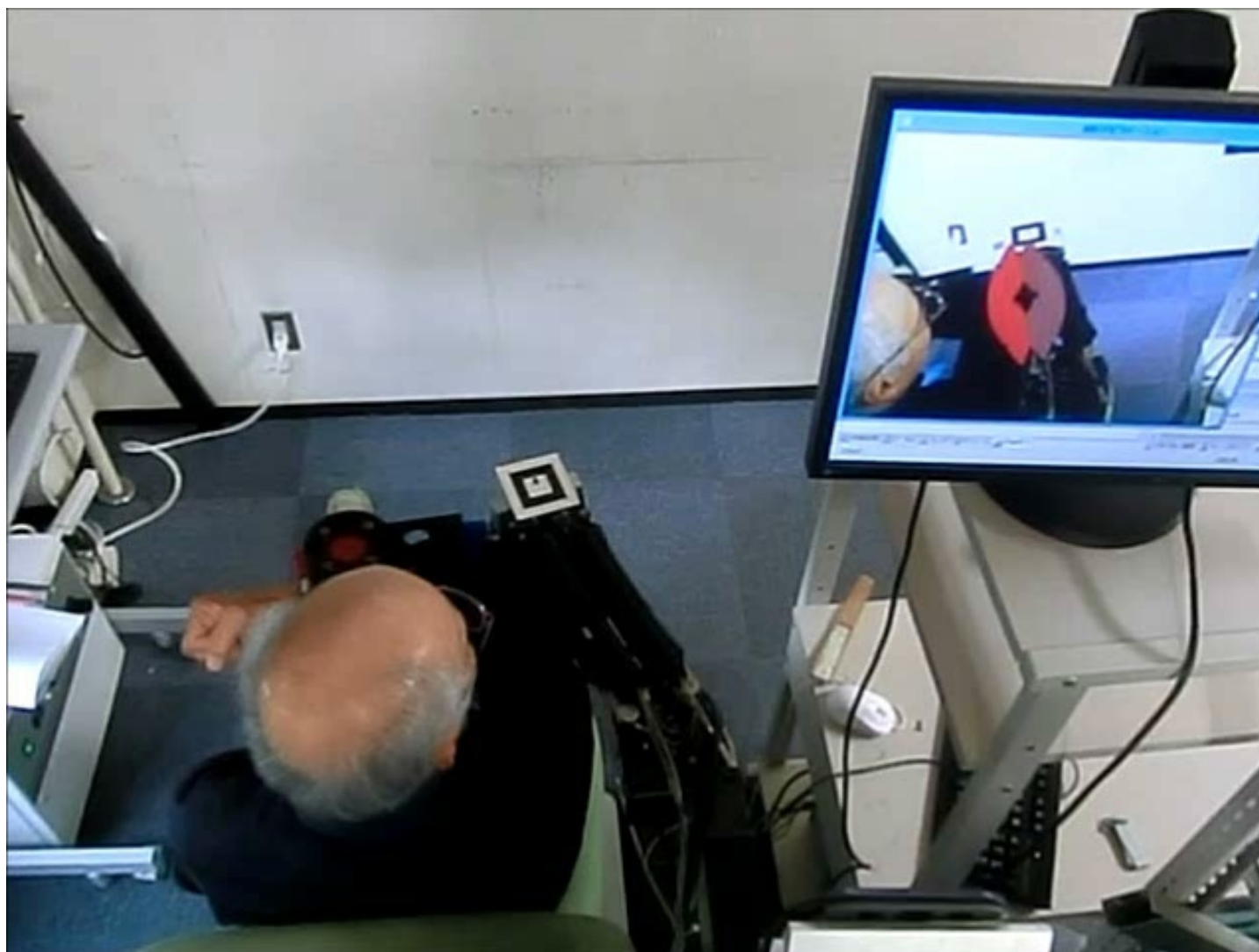
## 2. 上肢の筋力計測と可視化技術

片麻痺者の体性感覚  
の学習を促す訓練

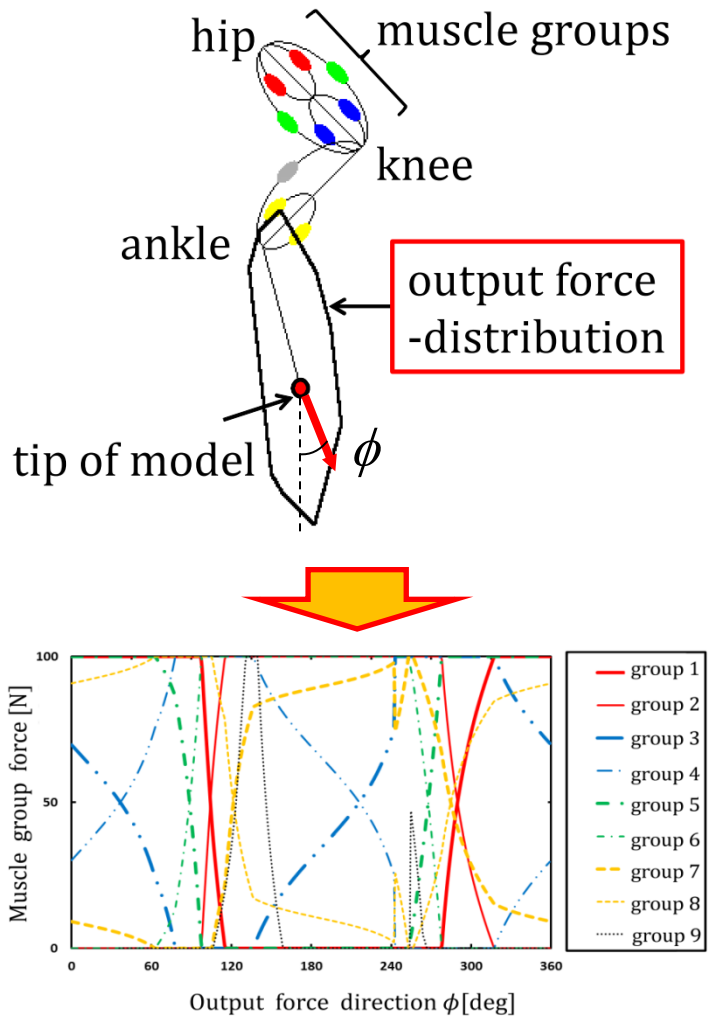




## 2. 上肢の筋力計測と可視化技術



## 2. 上肢の筋力計測と可視化技術



方向毎の筋の収縮力分布パターン  
Muscle activation patterns (MAP)

### 筋骨格モデルに基づく筋力分布の推定アルゴリズム

入力

姿勢 (関節角度)

先端の力

出力分布の計算

最大力

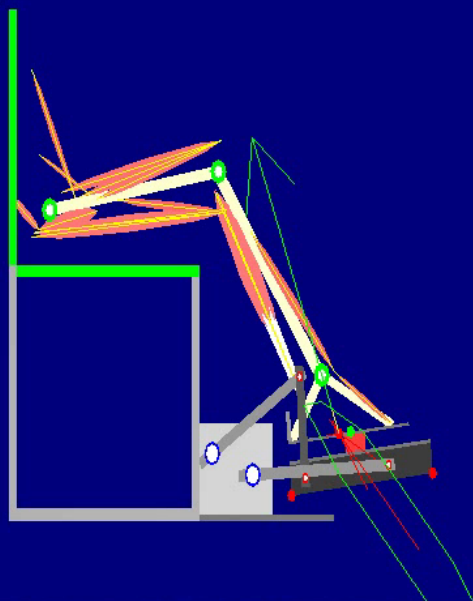
MAPの導出

出力比

出力

筋力分布の導出

## 2. 上肢の筋力計測と可視化技術



筋電位センサなどを使用せずに  
トレーニング時の下肢の筋力分布を「見える化」

# 3. 可動域測定

基準点からの変位を極座標系で導出し、 $5^\circ$  ごとの最大変位を記録

$$X(i) = [x(i), y(i)]^T,$$

ただし  $i = 0, 1, 2, \dots, T-1$

$$P(i) = [\phi(i), l(i)]^T$$

$$\phi(i) = \tan^{-1}(x(i)/y(i))$$

$$l(i) = \sqrt{x(i)^2 + y(i)^2}$$

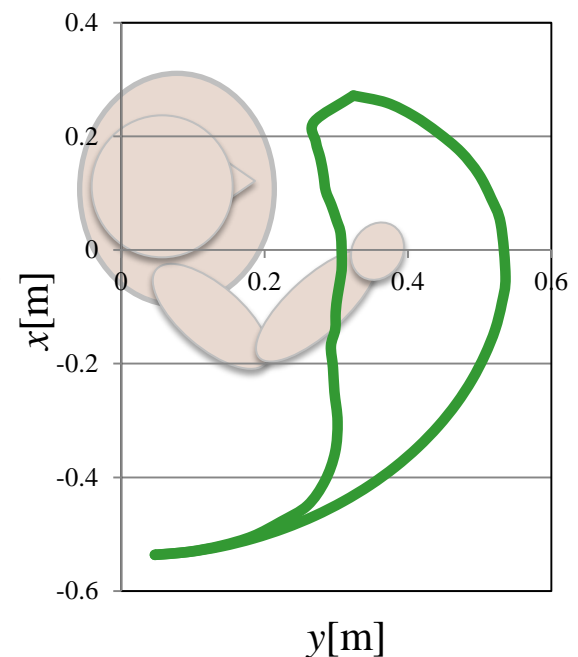
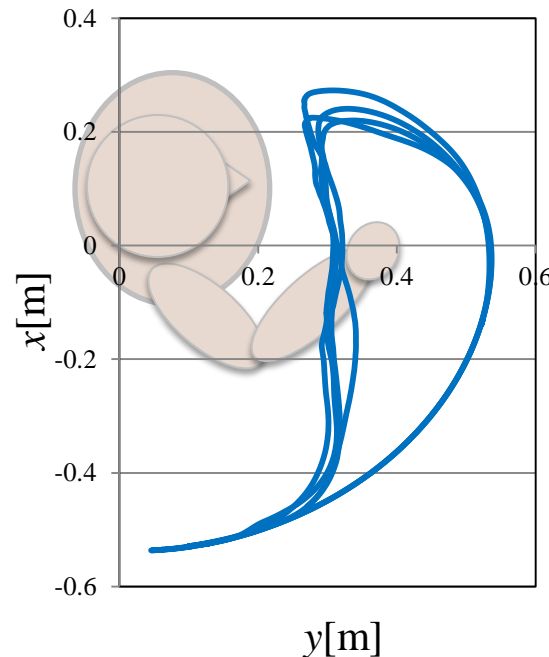
$x(i), y(i)$ :  $i$  番目のサンプルにおける手先位置

$T$ : サンプル数

関節可動域の空間分布を定量的に評価

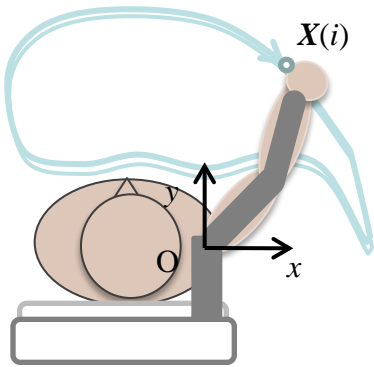
## 関節可動域測定の手順

- ・ ロボットアームを被験者の腕に装着
- ・ 被験者が可動域限界の1点まで手先を移動
- ・ 可動域の境界線上を辿るように手先を数周移動し、その位置情報を記録
- ・ 位置情報から可動域を計算しデータベース化

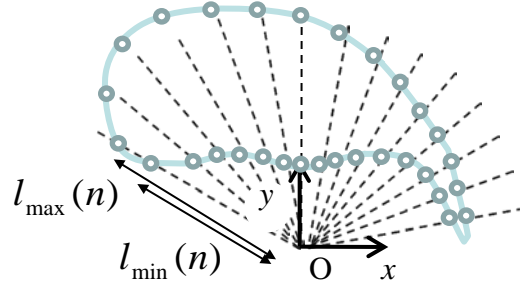


# 3. 可動域測定

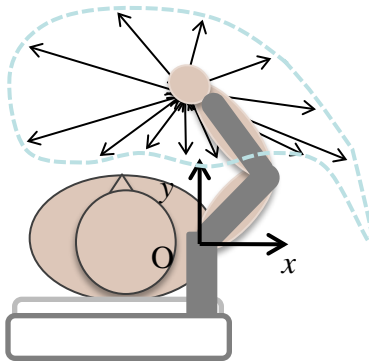
## 多次元関節可動域試験システムの開発



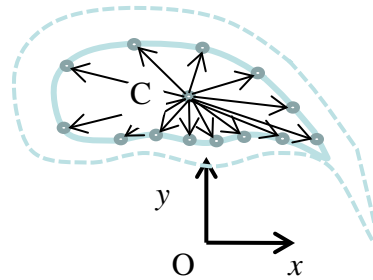
(a)



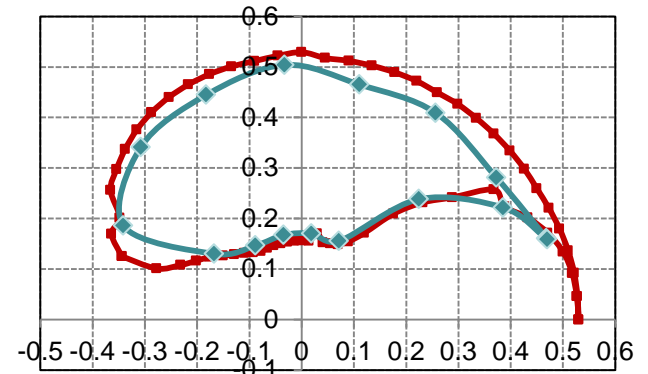
(b)



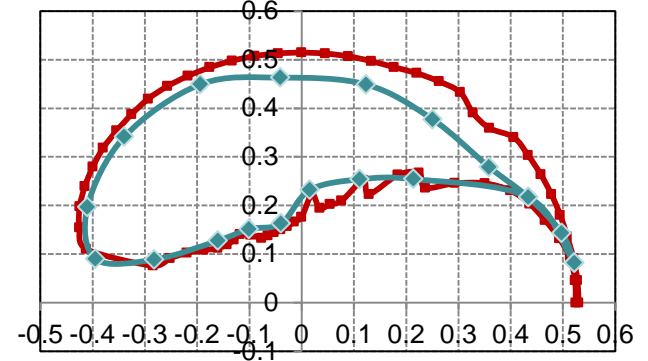
(c)



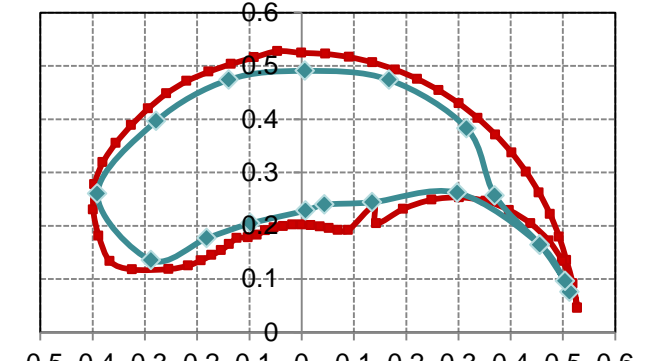
(d)



(a) a male in thirties



(b) a male in twenties

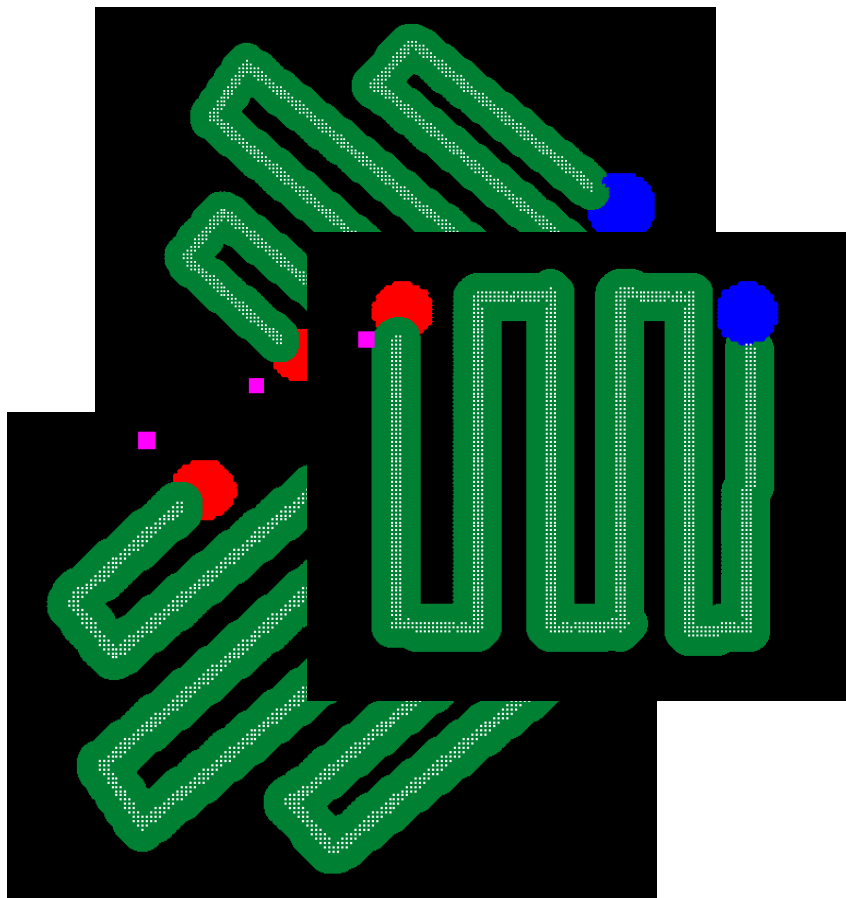


(c) a female in twenties

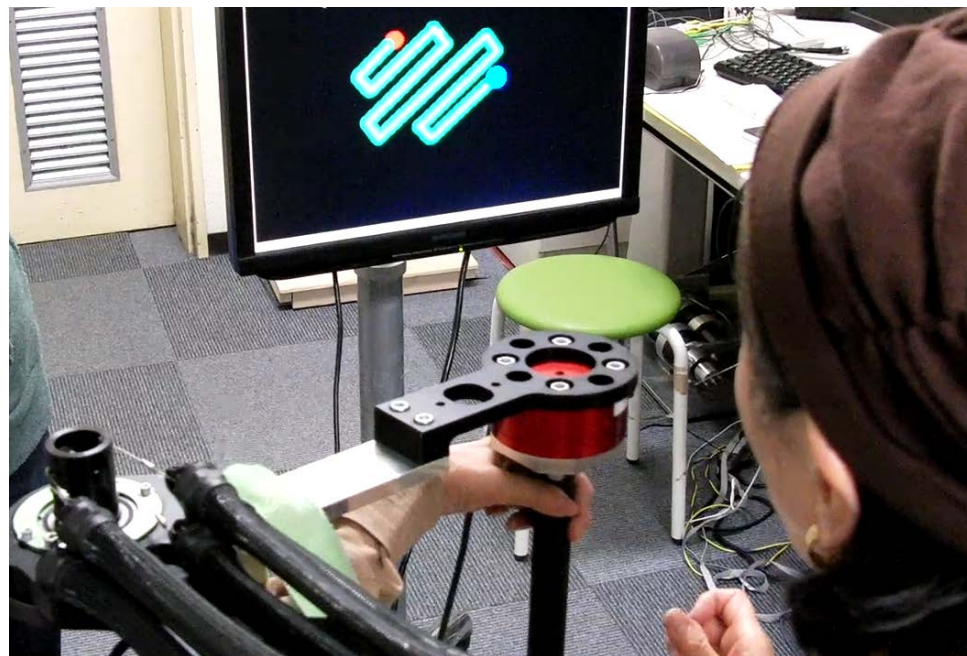
—■— active ROM  
—◆— 20N resistive ROM

可動域の詳細な分布を短時間で取得

### 3. 可動域測定

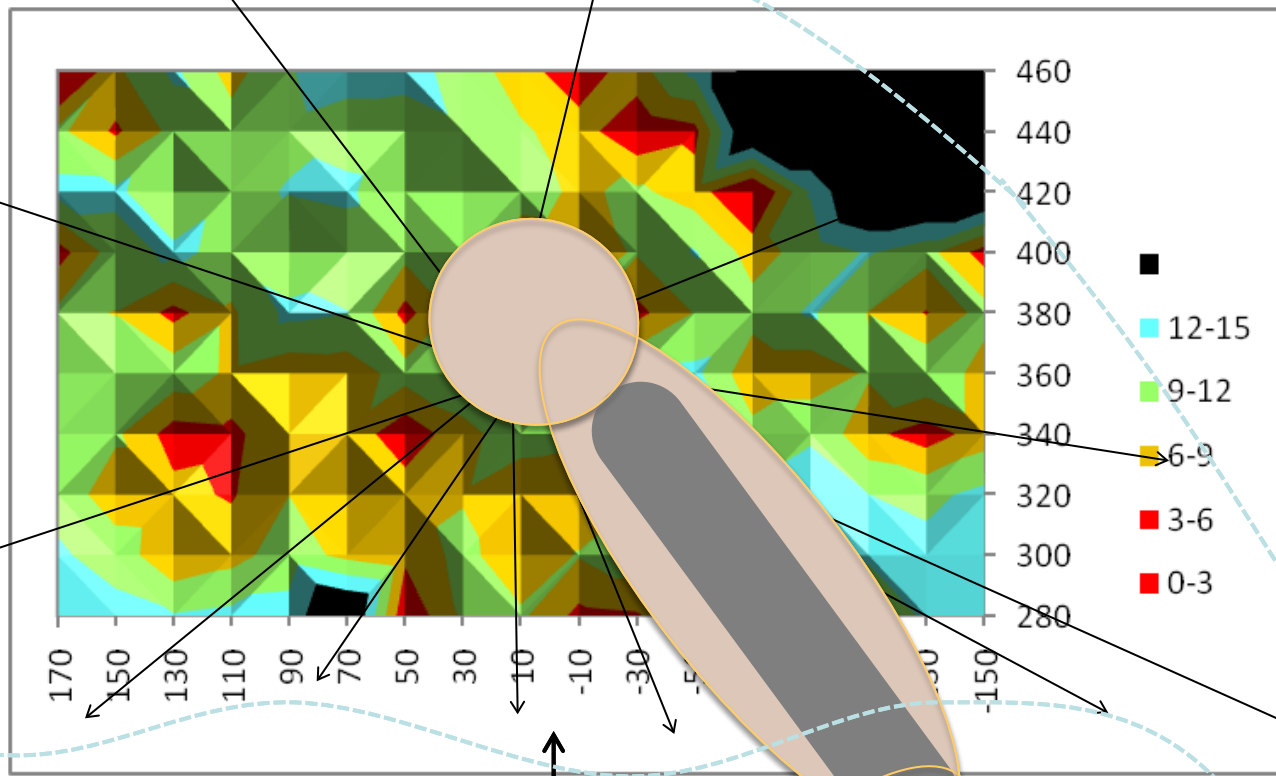


迷路を辿る評価トレーニングで  
上肢の運動機能を評価



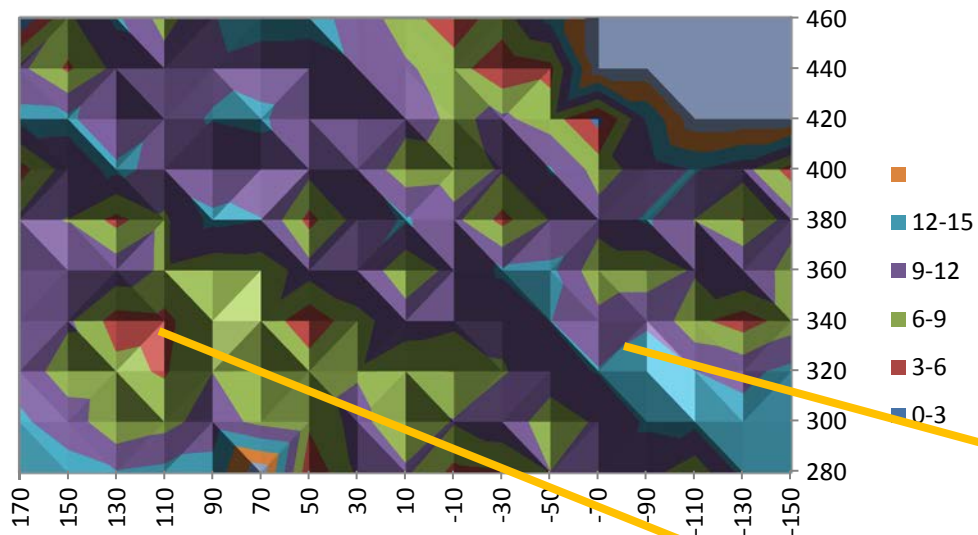
### 3. 可動域測定

展示会で収集した87名の  
の運動データを解析

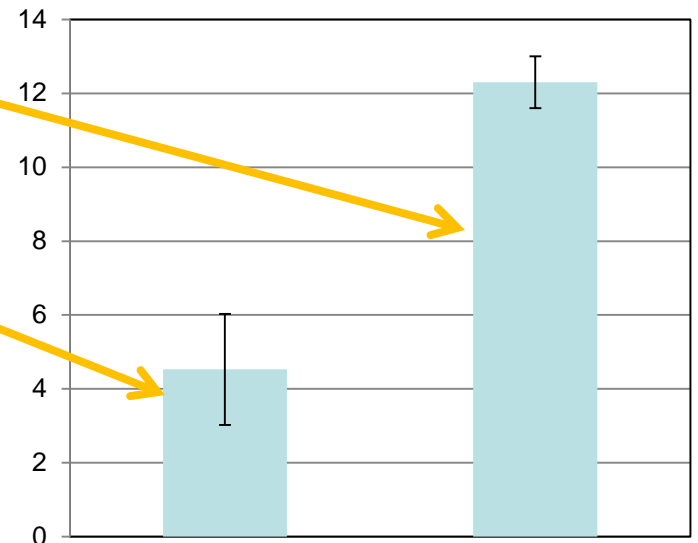


### 3. 可動域測定

87人



位置に依存して追従精度が大きく変化。条件を細分化しても有意差のある比較が可能



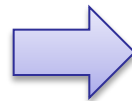


## 4. 前脛骨筋遠心性収縮トレーニング装置

# なぜ前脛骨筋の遠心性収縮か

### ◎踵接地の役割

◆立脚中期  
最も重心の位置が高い



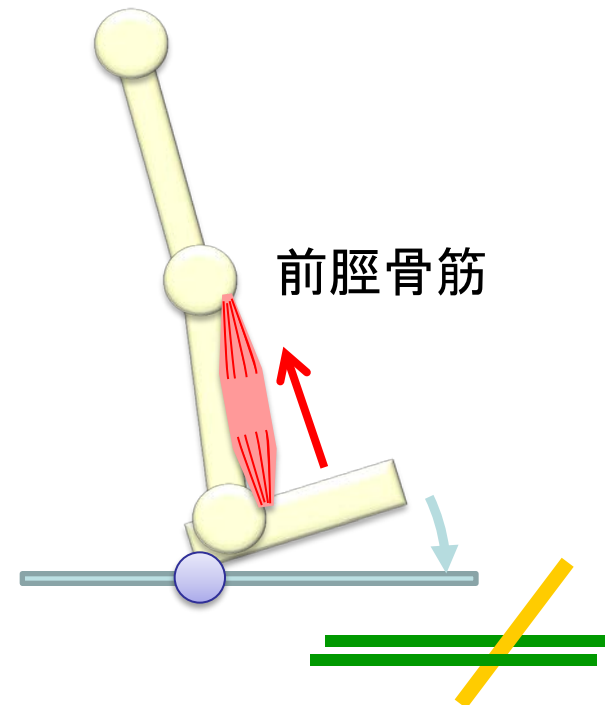
◆踵接地から全足底接地  
最も重心の位置が低い

高低差2cm

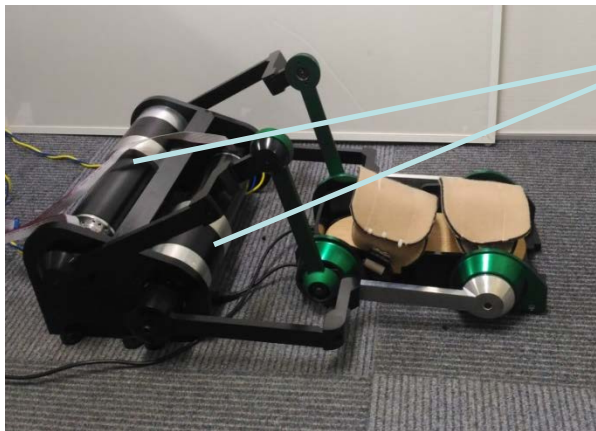
◇この時かかる荷重量  
体重の1.2~1.5倍

踵接地時に遠心性収縮を  
利用して衝撃を吸収

遠心性収縮： 主導筋を伸展しながら  
力を発揮する収縮



## 4. 前脛骨筋遠心性収縮トレーニング装置

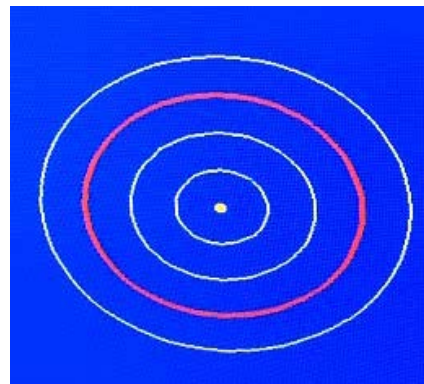


◎前後のモータトルクが  
リンクを介して足部に伝達

◎底背屈運動が可能

計測可能な情報

◎カセンサ  
フットプレートにかかる力



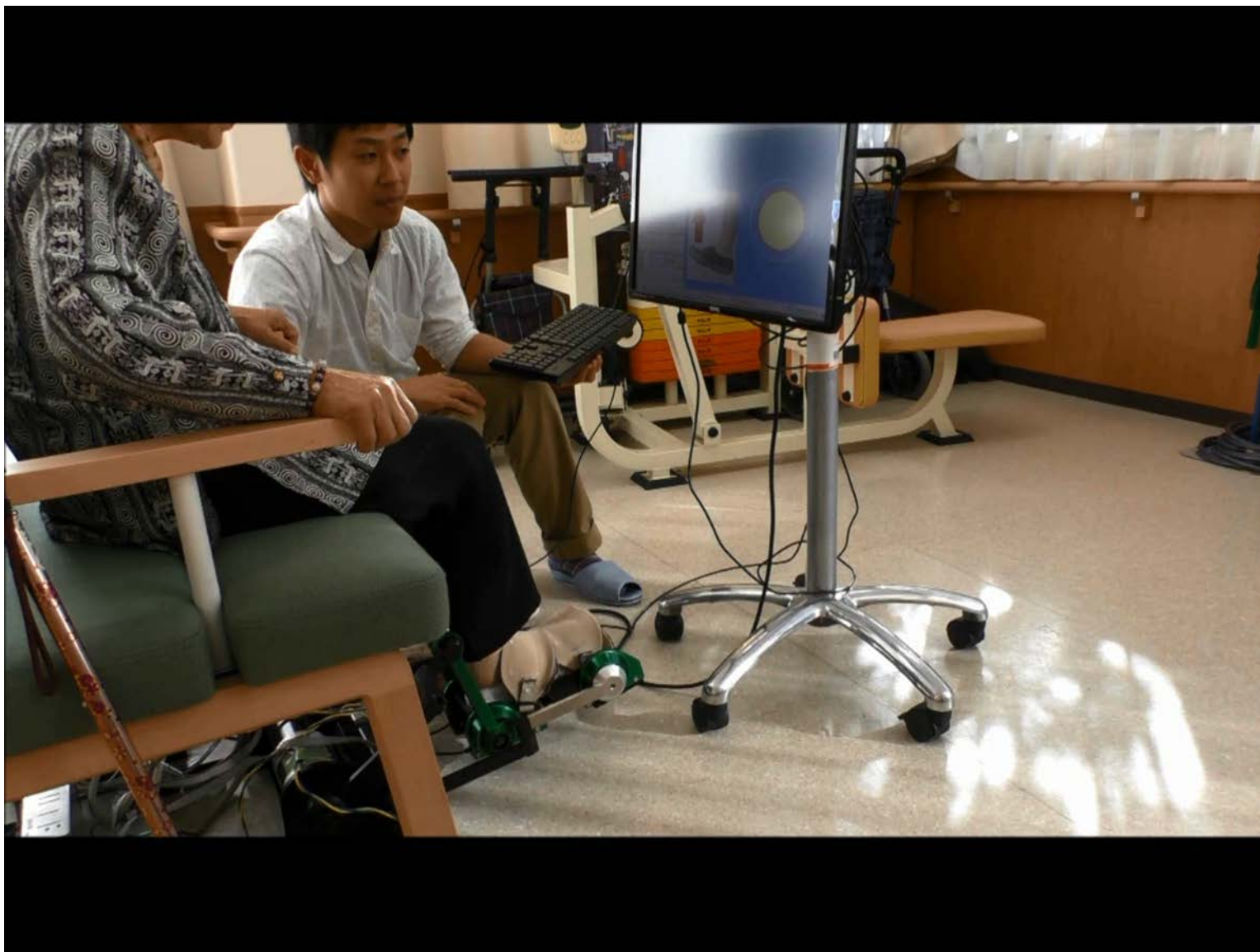
○ Target force

○ Applied force

ロボットが軌道を与え、負荷を利用者が調整



## 4. 前脛骨筋遠心性収縮トレーニング装置



ロボットが軌道を与え、負荷を利用者が調整

## 4. 前脛骨筋遠心性収縮トレーニング装置

### デイサービス施設での実験

被験者: 8名 要介護度・・・要支援~要介護度1

足関節に疾患がみられない利用者

期間: 1ヶ月

頻度: 火, 金曜の週2回 × 4週

回数: 8回 × 2セット × 両足

セット間の休憩は1分とする

負荷: 40N(被験者の状態に応じて調整)

## 4. 前脛骨筋遠心性収縮トレーニング装置

### 評価について:TUG

#### ◆機能的移動能力の評価

⇒下肢筋力、バランス、歩行能力、易転倒性と高い相関あり

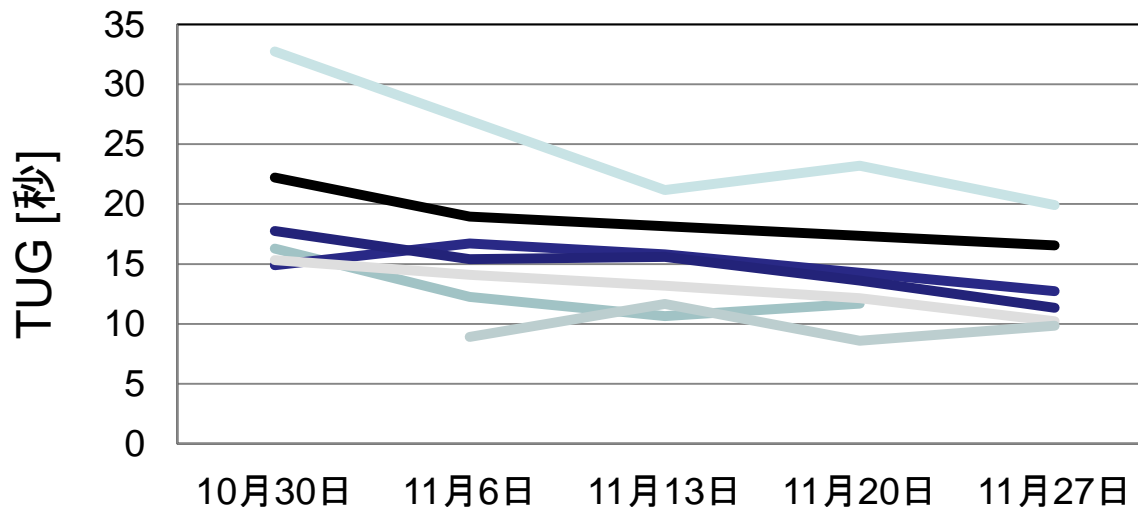
- ・信頼性・妥当性が高く臨床の場面でも多く用いられる

#### ◆内容

- ・椅子に着座した状態からスタート
- ・椅子から立ち上がり、3m先のコーンに向かって歩く
- ・コーンを回って再び椅子に座るまでの時間を計測

## 4. 前脛骨筋遠心性収縮トレーニング装置

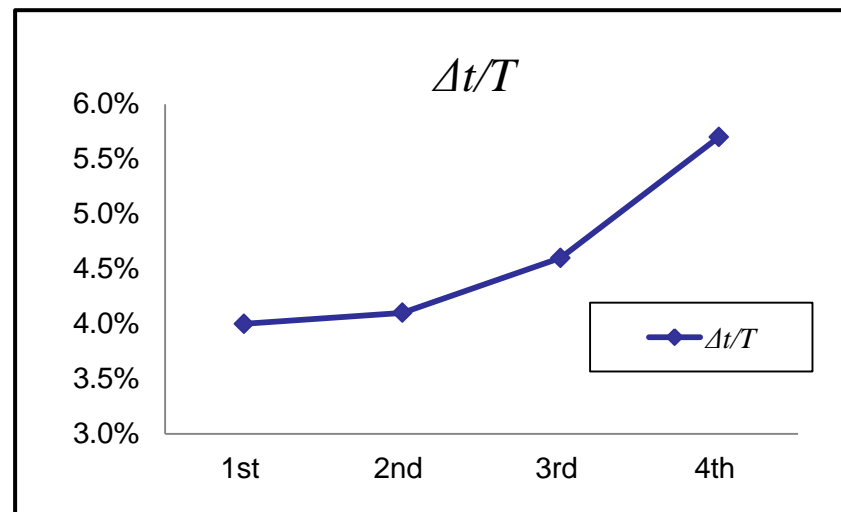
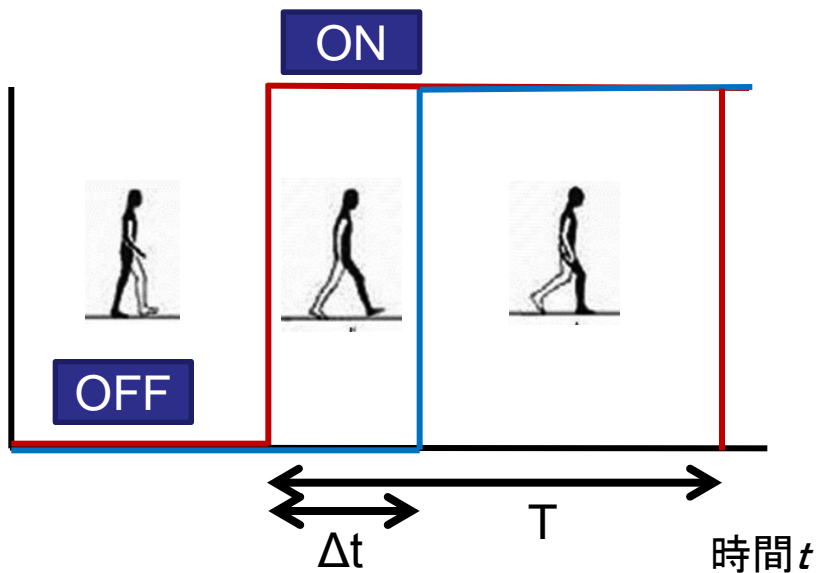
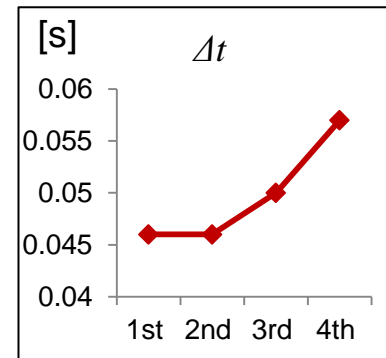
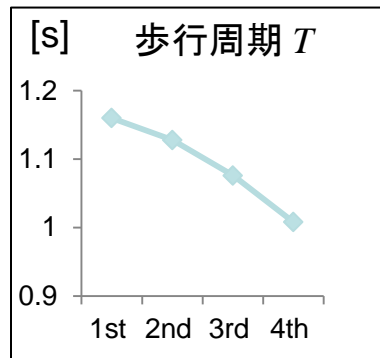
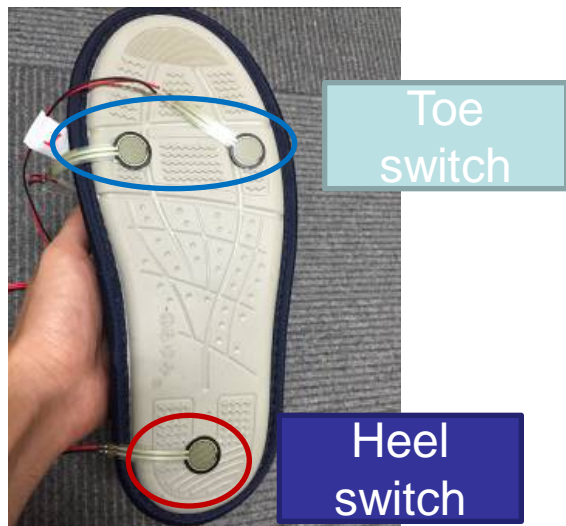
### 実験結果：TUG



◎6人中5人で向上 最大で39.2%



# 4. 前脛骨筋遠心性収縮トレーニング装置



※1名の被験者のデータを使用

## 5. まとめ

---

集められた運動療法のデータからトレーニングに資する情報を抽出し、新たな付加価値を生み出す技術を開発

- 空気圧人工筋駆動のリハビリ支援ロボットを開発。軽量、高バックドライバビリティ、低帯域
- 筋張力の推定と効果的リハビリテーションへの応用
- 患者の運動能力(筋力と可動範囲の多次元分布)を定量化するシステム
- 「見える化」に基づくトレーニングによって効果が高められることを臨床試験から確認

