



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)



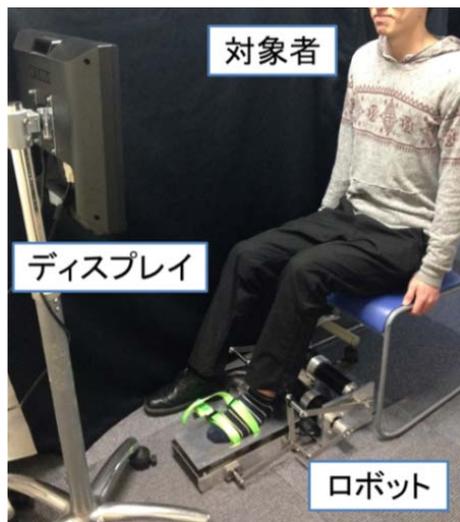
HAL(Cyberdyne)



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



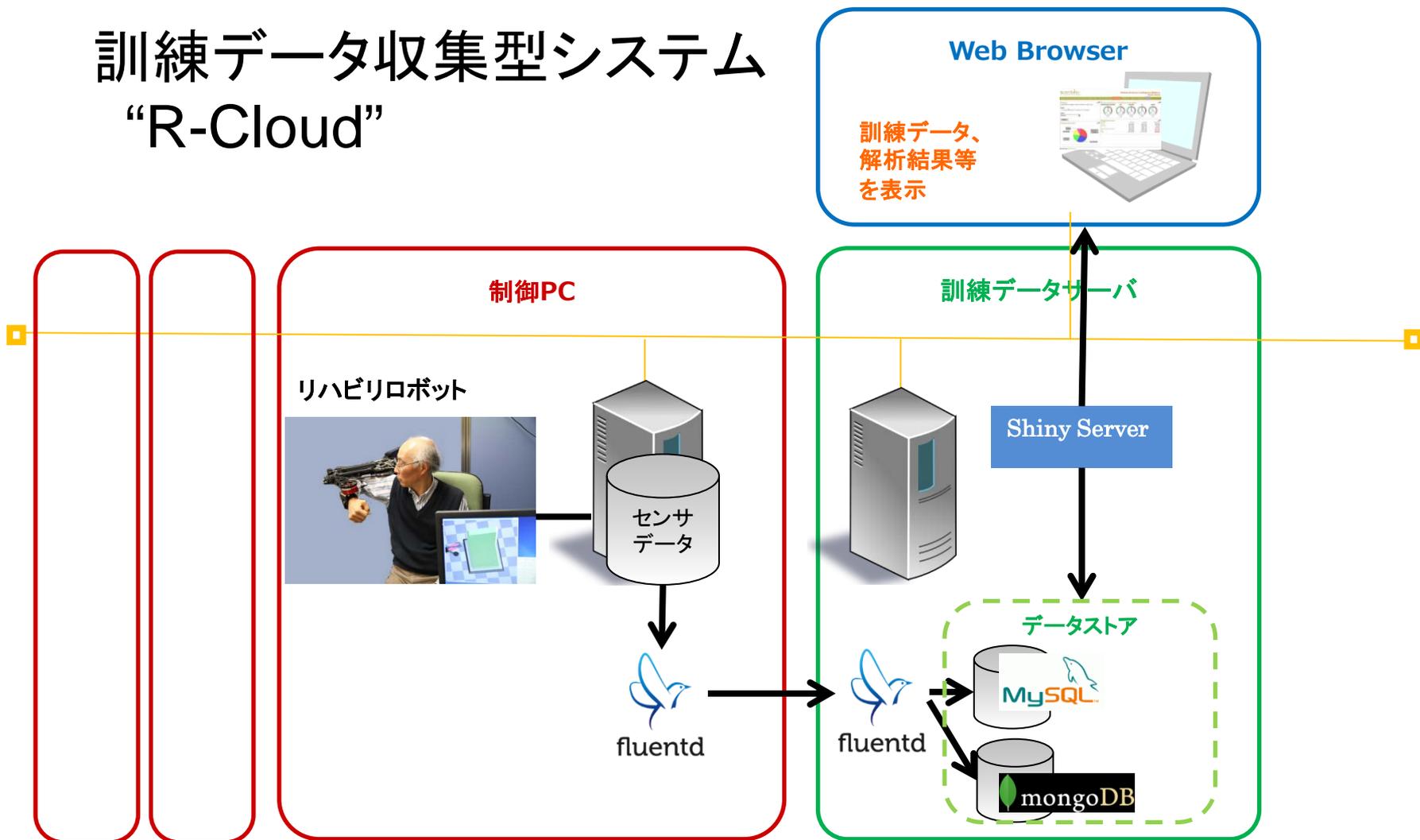
訓練機器にセンサとディスプレイを搭載し、
訓練に役立つ様々な情報を提示

→ **データの見える化で効果を高める** 機器の開発

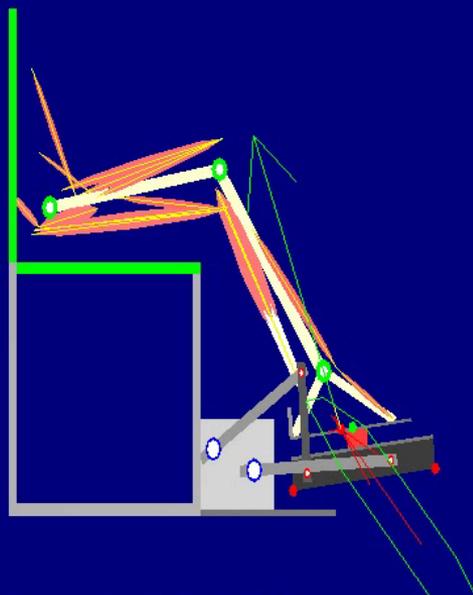
運動データベースの解析技術が基盤

1. 背景

訓練データ収集型システム “R-Cloud”



1. 背景



Bandicam
www.gomplayer.jp

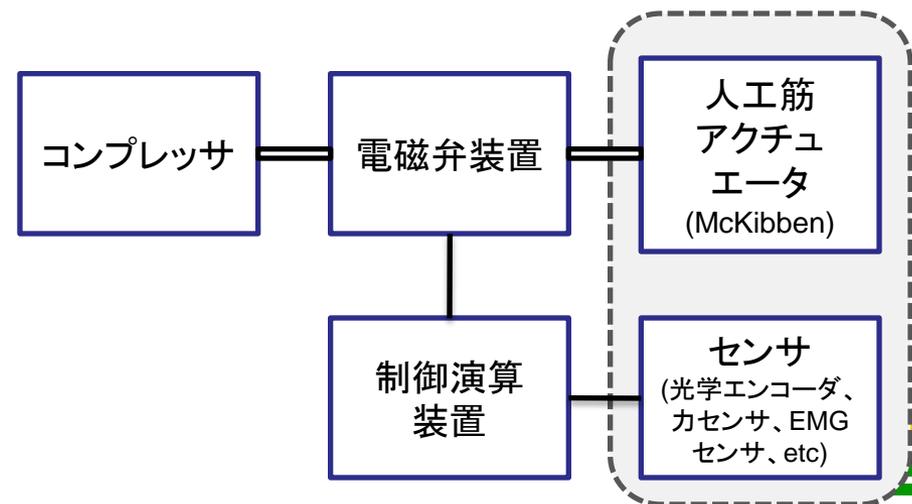
例えば筋力を推定する信号処理との組み合わせ
→ 筋力分布の「見える化」

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

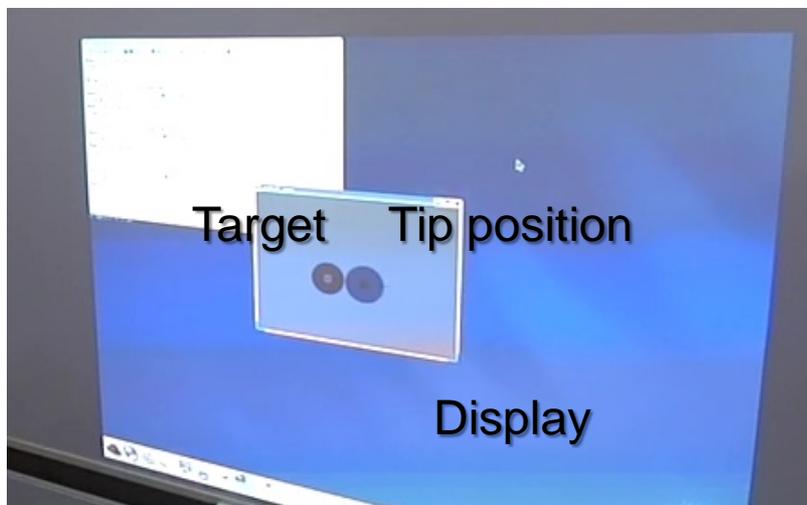
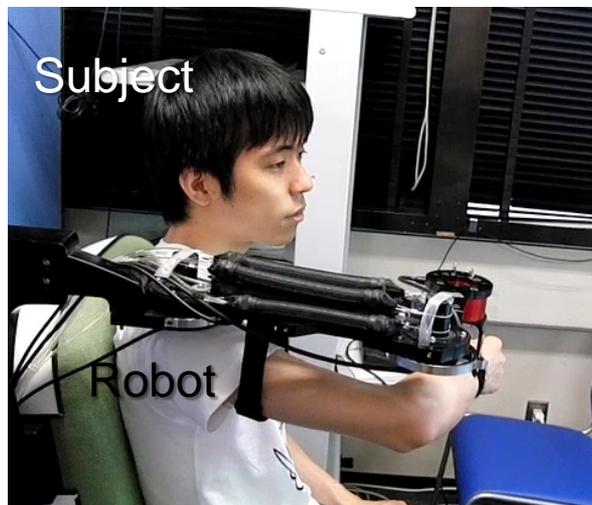


2. 上肢の筋力計測と可視化技術

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

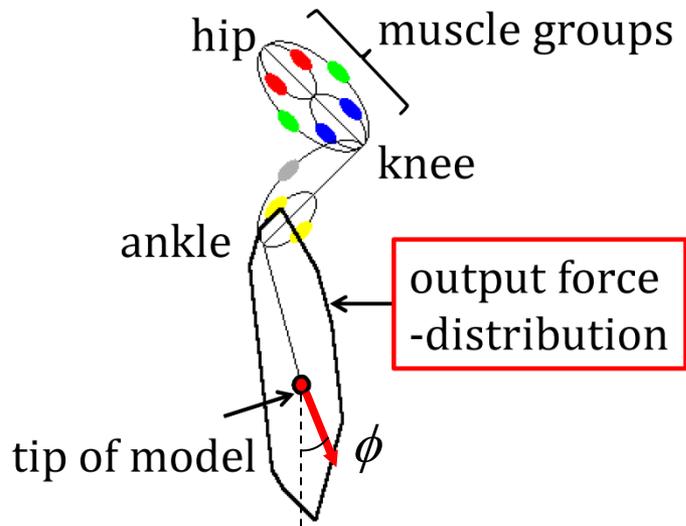
片麻痺者の体性感覚
の学習を促す訓練



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



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

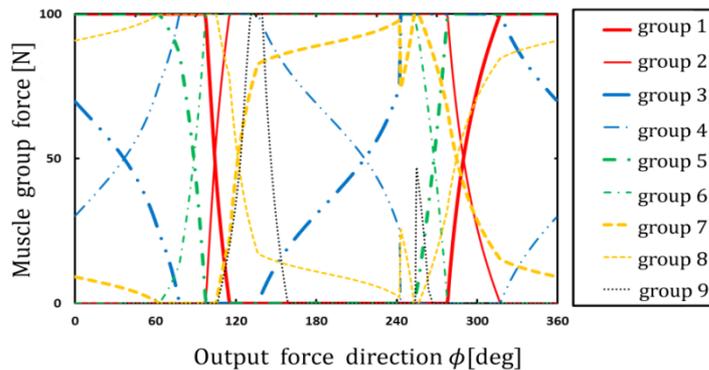
最大力

MAPの導出

出力比

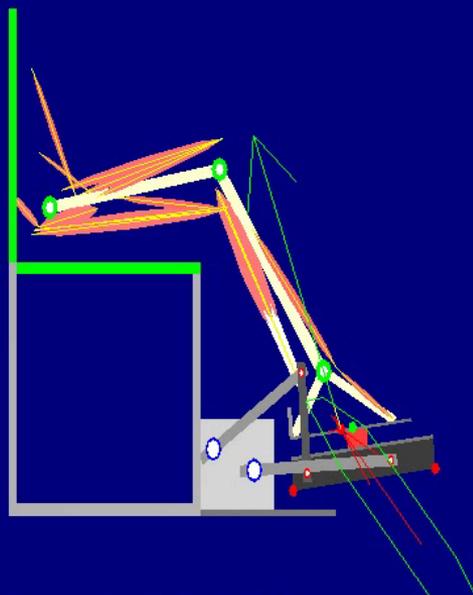
出力

筋力分布の導出



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

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° ごとの最大変位を記録

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

ただし $i = 0, 1, 2, \dots, T-1$

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

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

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

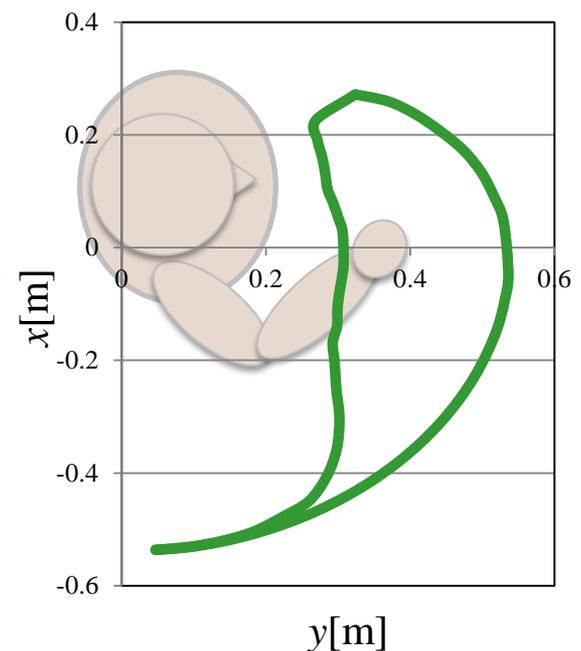
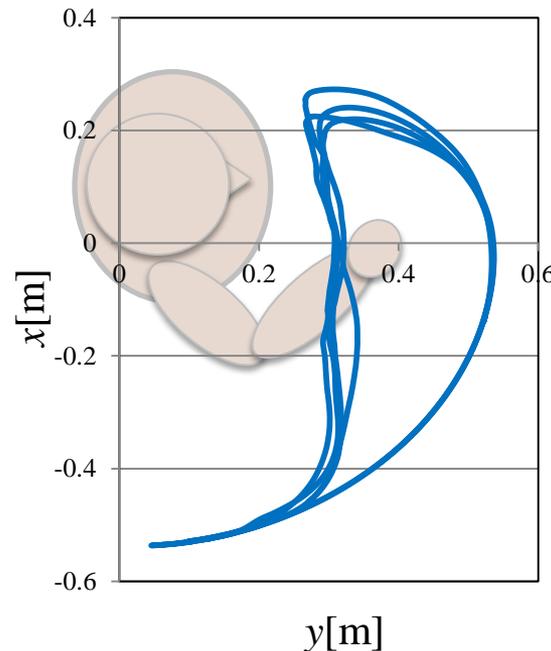
$x(i), y(i)$: i 番目のサンプルにおける手先位置

T : サンプル数

関節可動域の空間分布を定量的に評価

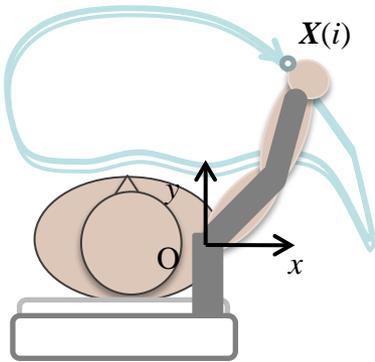
関節可動域測定の手順

- ・ 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

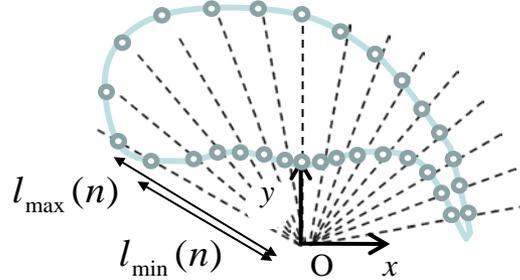


3. 可動域測定

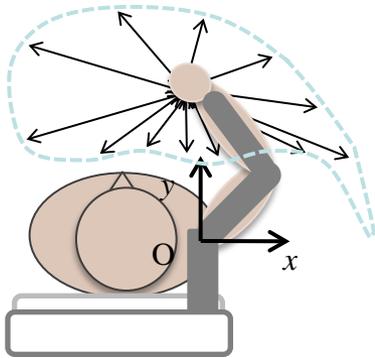
多次元関節可動域試験システムの開発



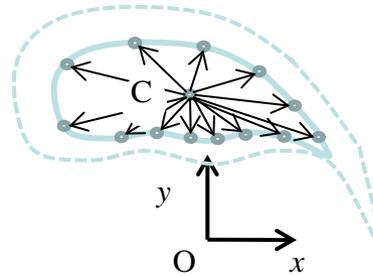
(a)



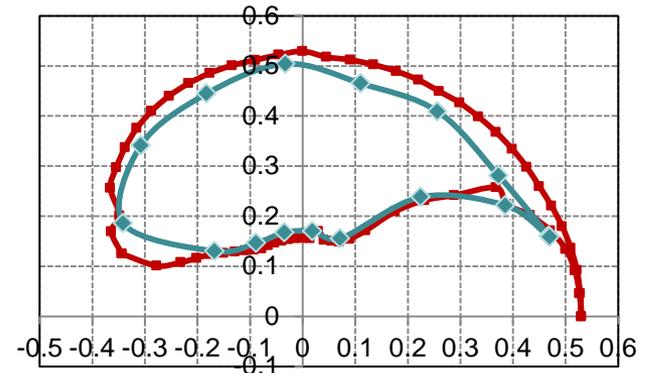
(b)



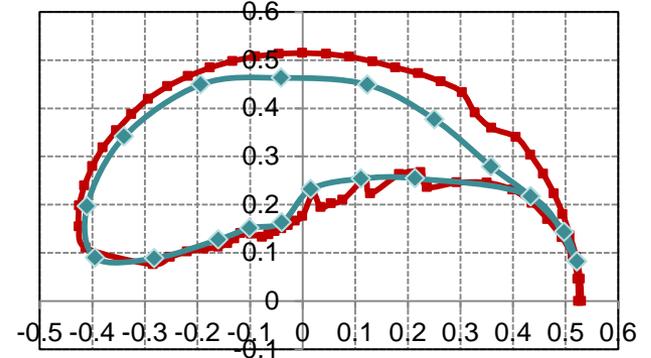
(c)



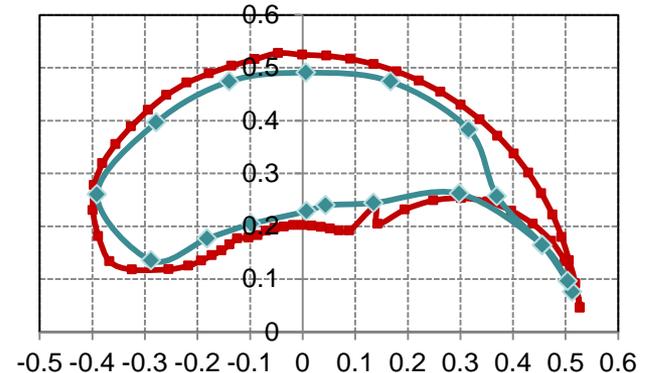
(d)



(a) a male in thirties



(b) a male in twenties

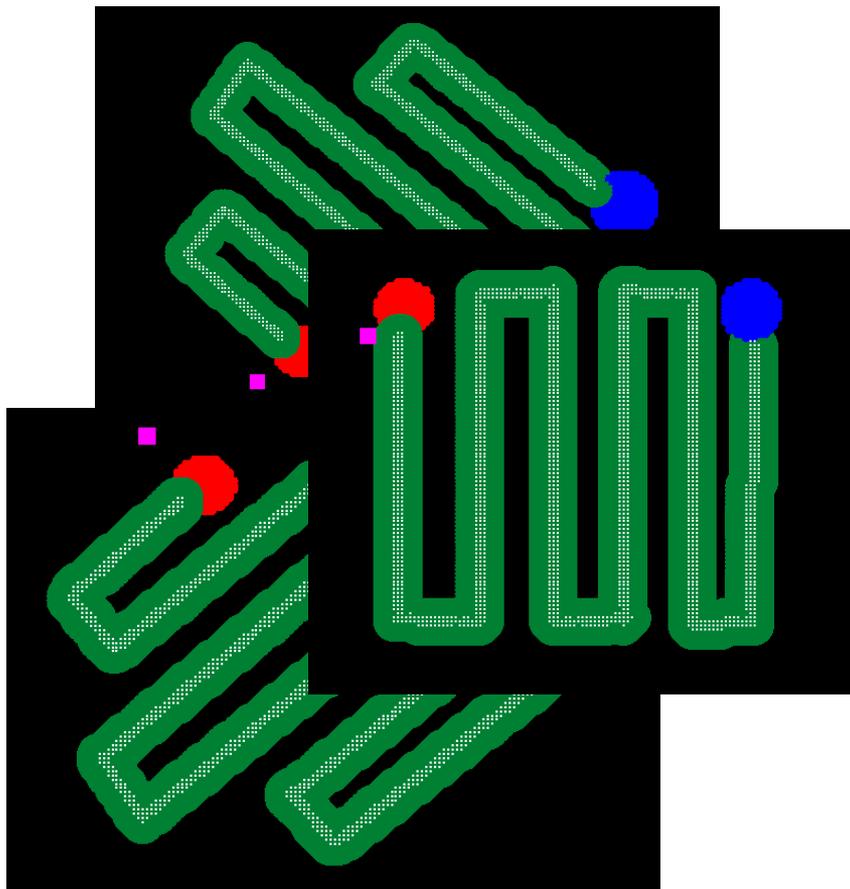


(c) a female in twenties

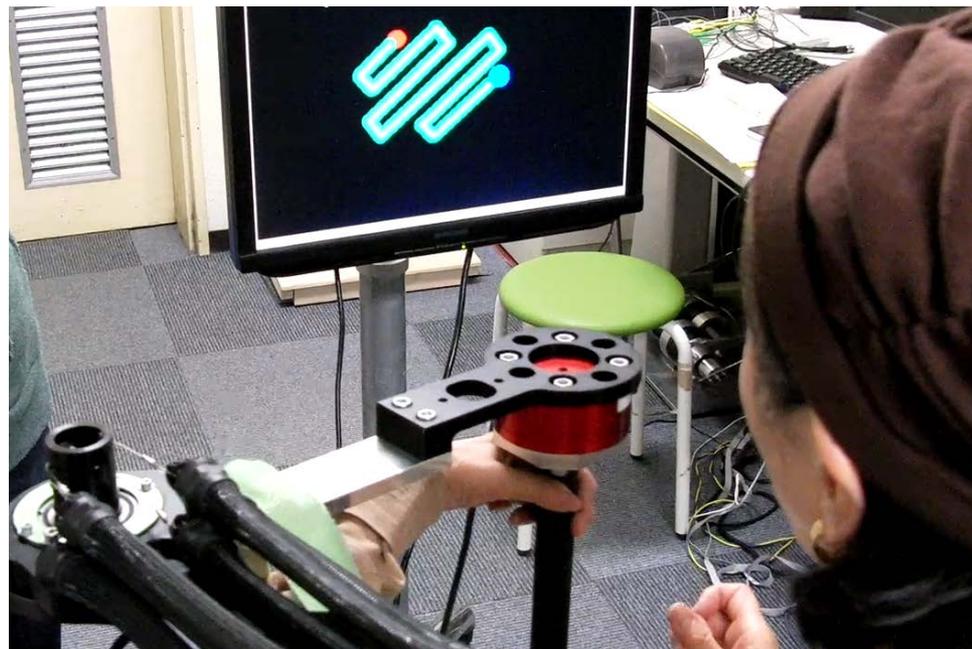
—■— active ROM
—◆— 20N resistive ROM

可動域の詳細な分布を短時間で取得

3. 可動域測定

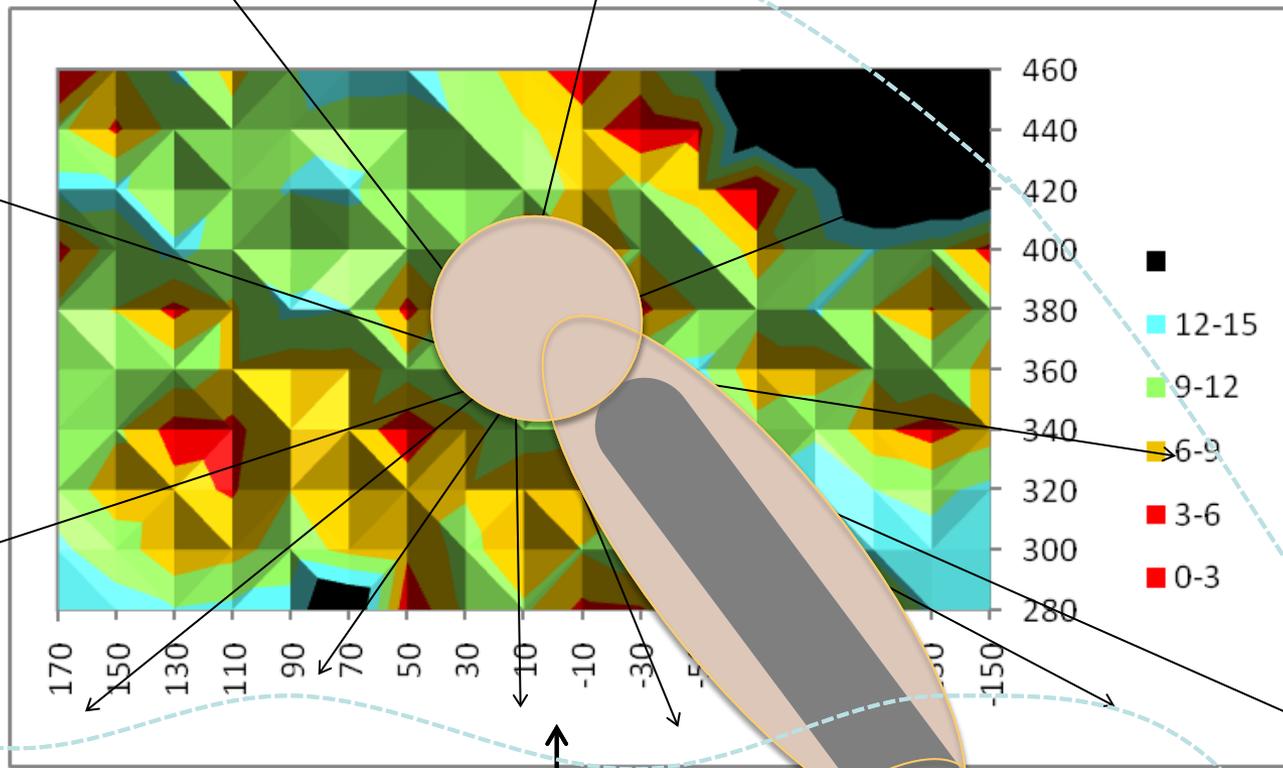


迷路を辿る評価トレーニングで
上肢の運動機能を評価



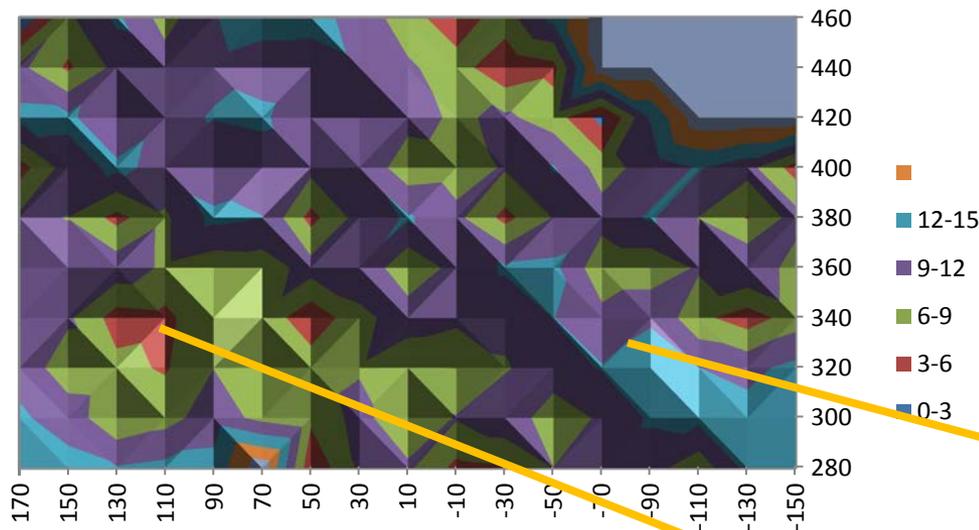
3. 可動域測定

展示会で収集した87名の
の運動データを解析

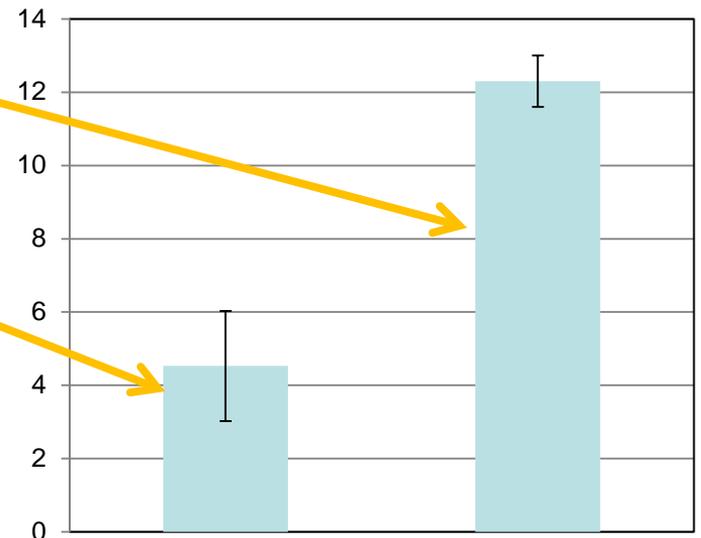


3. 可動域測定

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

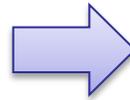


4. 前脛骨筋遠心性収縮トレーニング装置

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



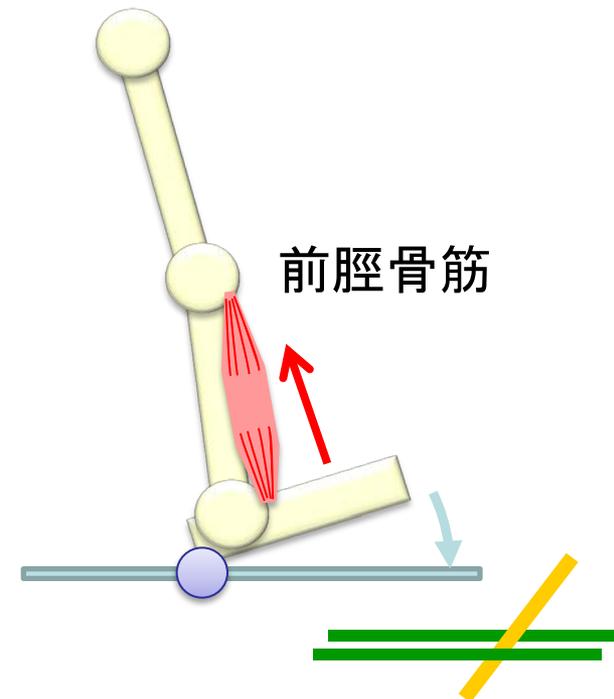
◆踵接地から全足底接地
最も重心の位置が低い

高低差2cm

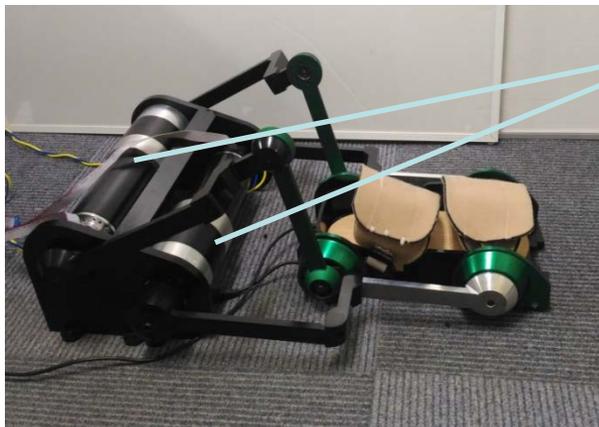
◇この時かかる荷重量
体重の1.2~1.5倍

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



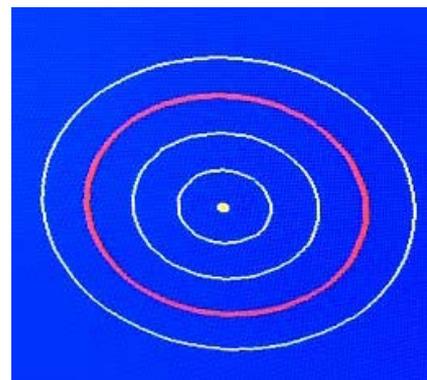
4. 前脛骨筋遠心性収縮トレーニング装置



- ◎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

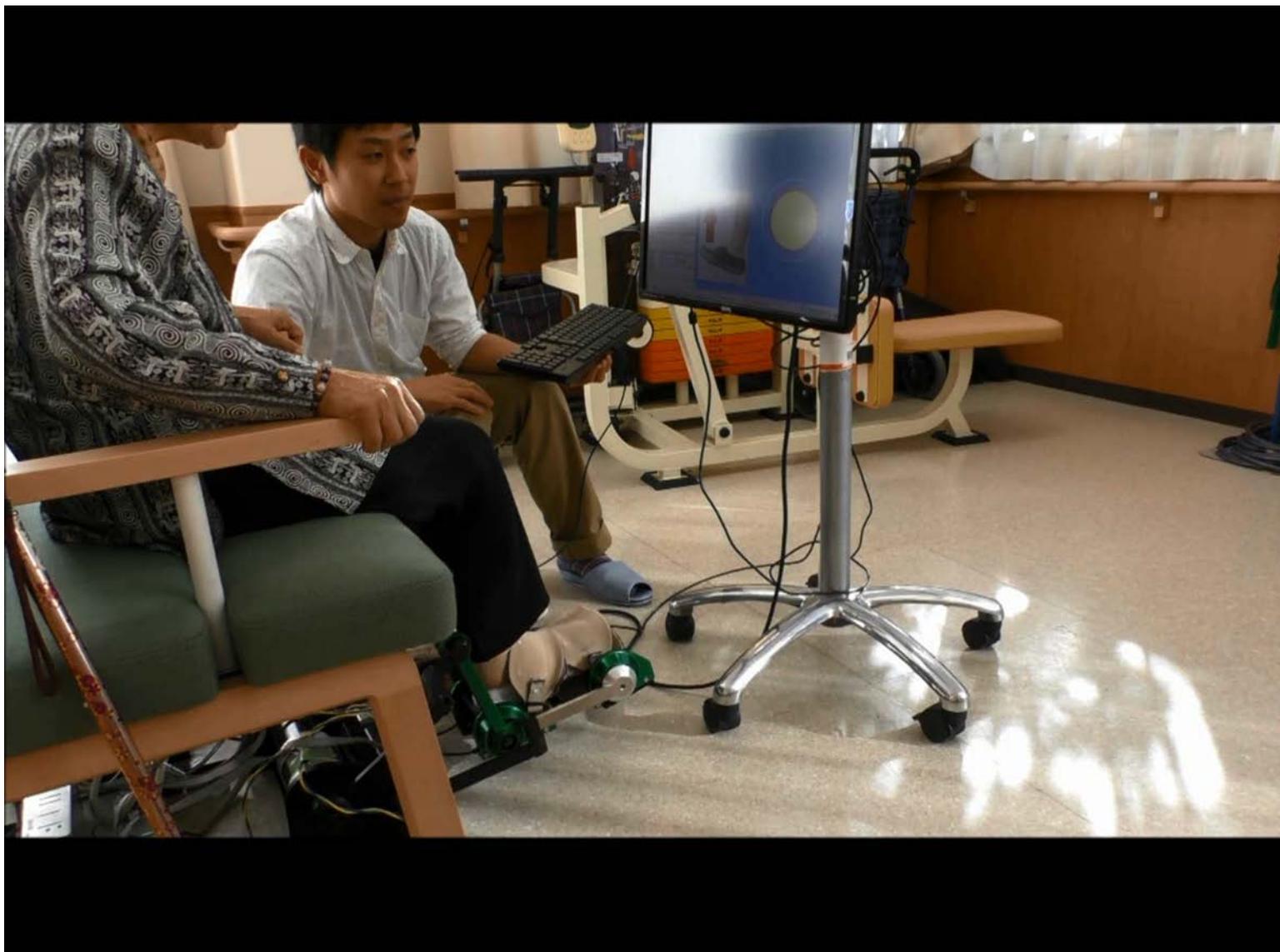


- Target force
- Applied force

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

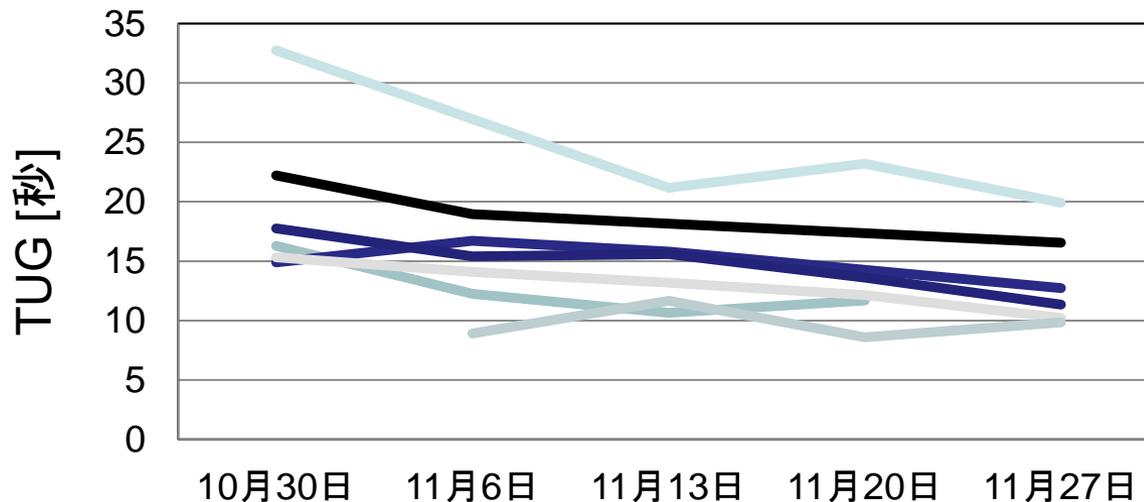
- ・信頼性・妥当性が高く臨床の場面でも多く用いられる

◆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

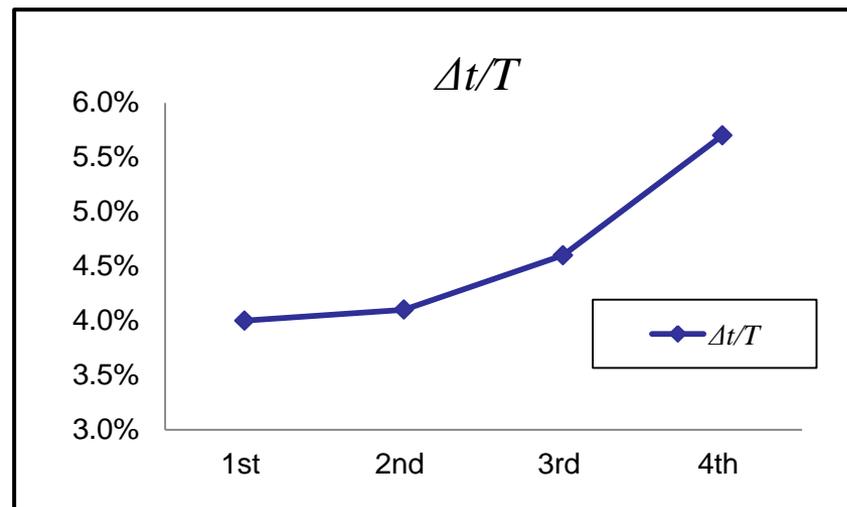
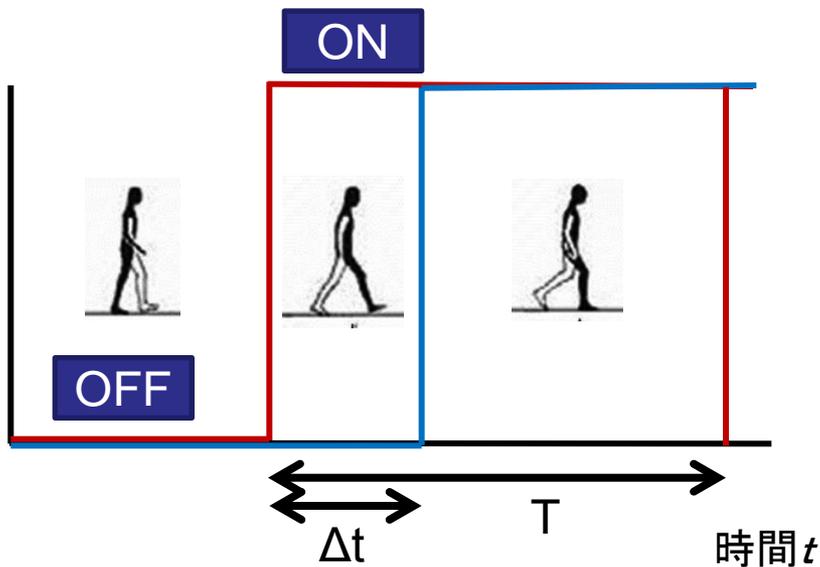
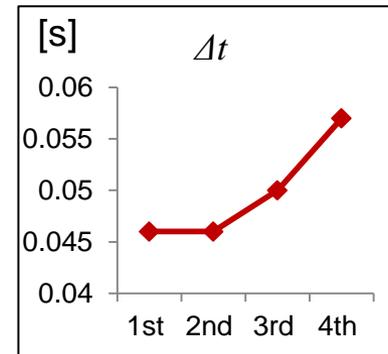
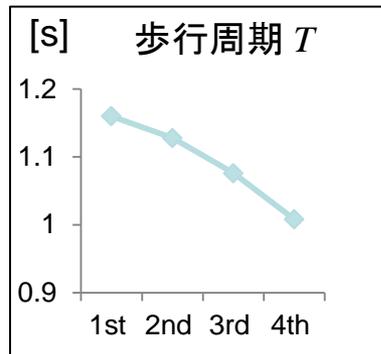
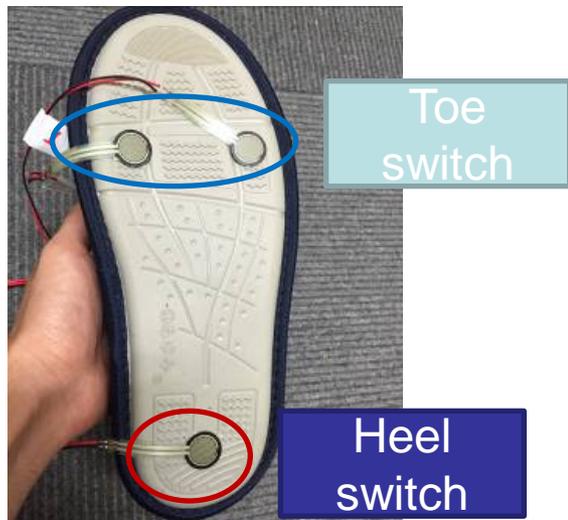
実験結果：TUG



◎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

