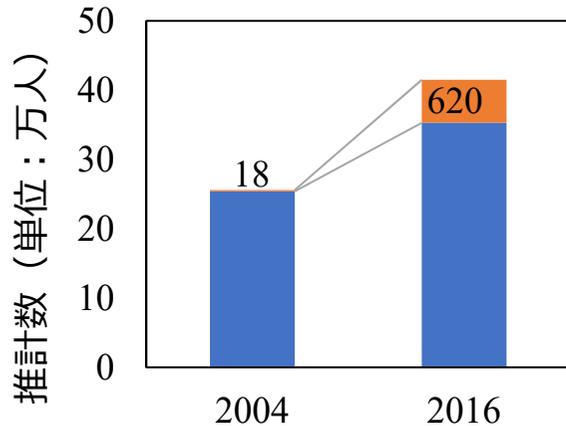

残存機能を活用した新たな立ち座り動作支援機器

苫小牧工業高等専門学校 創造工学科機械系

准教授 土谷圭央

2022/09/27(火)

■ 高齢化と急激な要支援者・要介護者の増加



- 要介護および要支援者数
- 高齢者数

- ・ 国内
65歳以上の高齢者：総人口割合：27.8% (3530万人) [1]
- ・ 高齢者人口増加に伴い、要介護および要支援者数も大幅増加
2016年時点で620万人にまで達している [2]

・ 超少子高齢化社会は、介護をする者に大きな負担
 ・ 過労や腰痛などの身体的な理由から
 介護職員の離職も多く認められ、介護職員不足の問題に拍車

■ 要介護者の増加防止のために

介護が必要となった主な原因 [1]

	要支援者	要介護者
1位	関節疾患	認知症
2位	高齢による衰弱	脳卒中
3位	骨折・転倒	高齢による衰弱

介護を要するようになるのは日常生活動作の能力が低下
 その多くが**立ち上がり動作と歩行に関連**

虚弱高齢者や軽度の
 要支援者の**立ち座り動作と歩行を同時に**支援
 ADL(Activities of Daily Living)能力の向上 → 要介護者の増加防止可能

[1] 厚生労働省: "平成28年 国民生活基礎調査の概況", www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/kyosa16/index.html, (2018/6/13)

[2] 厚生労働省: "介護保険事業状況報告月報(暫定版)", <http://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/osirase/jigyo/m16/1602.html>, (2018/6/13)

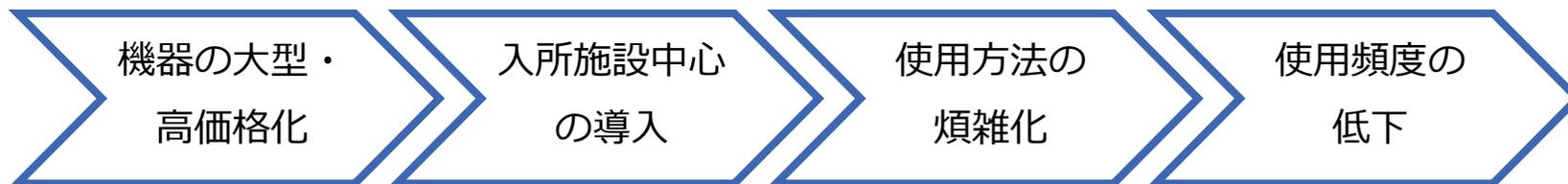


【目的】

1. 使用者の安全確保
2. 介助者の負担軽減

【結果】

1. 重厚かつ多機能、過剰支援
2. 使用者の残存機能に目が向いていない



杖型立ち座り動作支援機器

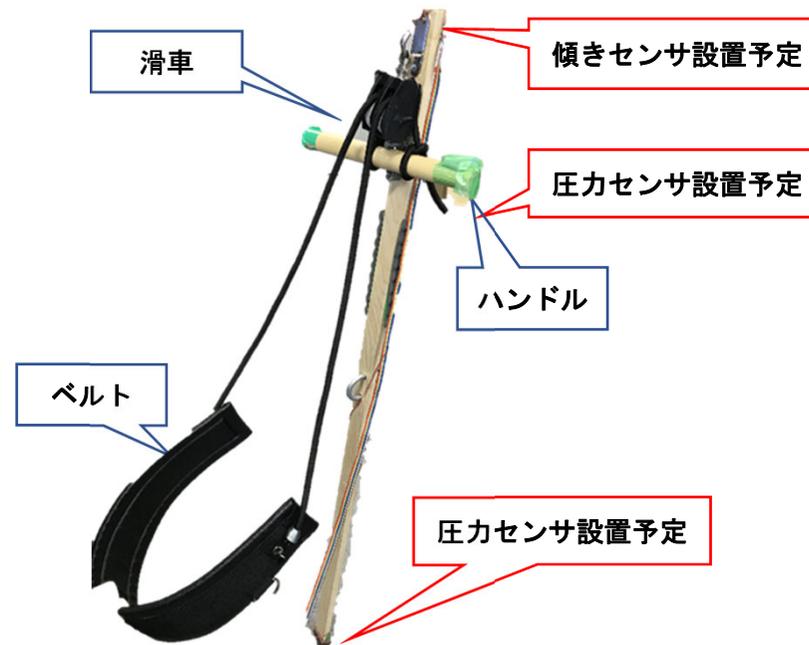
- ・ 自立支援のための立ち座り動作支援
- ・ 利用者の身体機能を計測し、必要な支援を与えるもの
 - ※ 身体機能計測結果から、必要な支援を効果を検証が可能となる

プロトタイプ設計におけるアイデア

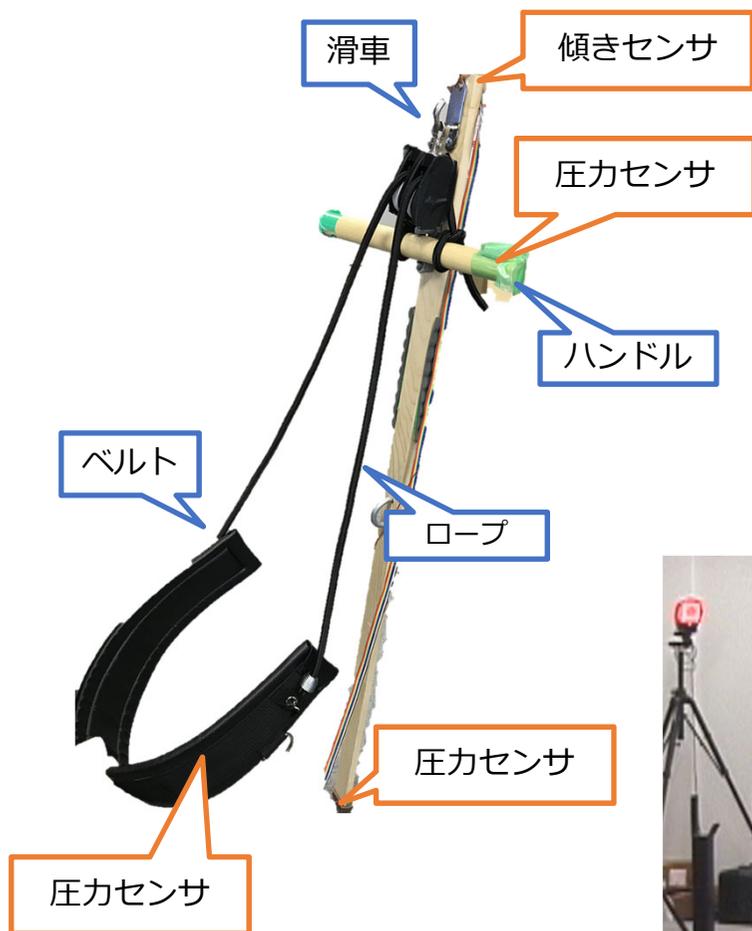
- ・ 残存能力の利用 → 杖を動かす手の力を利用
- ・ 力の作用する方向が上下方向 → ハンドルからベルトへ補助力を伝える
- ・ パッシブなメカニズム → 立ち座り時の動作に合わせた能動的な支援
- ・ センサで立ち座り認識 → 圧力センサの利用

目標

インテリジェントケイン利用時の動作及び、
センサデータの取得と解析により、効率的にアシスト可能な支援機とする



杖型立ち座り動作支援器（インテリジェントケイン）
のプロトタイプ



- ・杖を動かす手の力を利用
- ・力の作用する方向が上下方向であること
→ ハンドルからベルトへ補助力を伝える
- ・パッシブなメカニズム
→ 立ち座り時の動作に合わせた能動的な支援
- ・センサで立ち座り認識
→ 圧力センサの利用



“支援なし”
と
“インテリジェントケイン利用”
大腿四頭筋の筋電平均値の比較

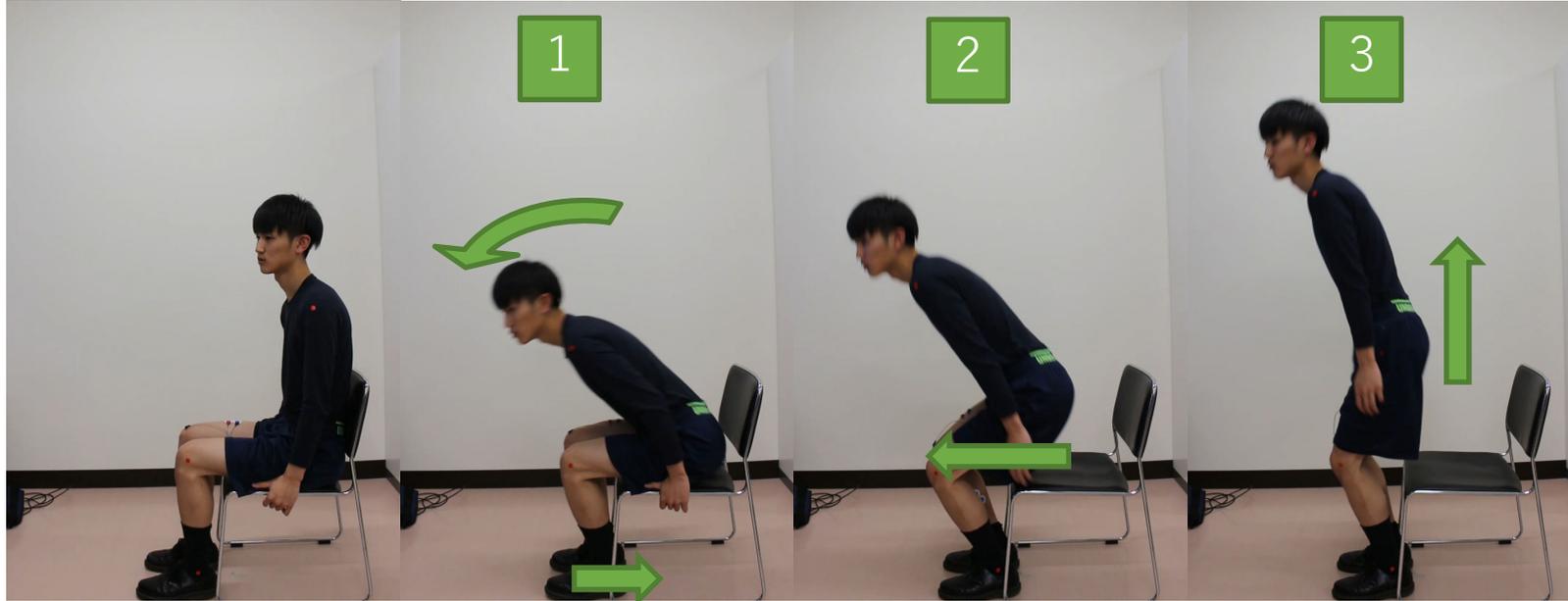
立ちあがり動作 29.0%補助
座り動動作 12.9%補助

ハンドル、ベルトの圧力センサから
“座っている” “立ち上がる”
“立っている” “座る”

4つの状態を検知可能

人間の立ち座り動作に合わせた受動的なメカニズムを考案する

■立ち上がり時の力の支援



1

体幹前傾，足を引く（臀部離床の準備）
→体幹前傾により臀部離床の力を充填

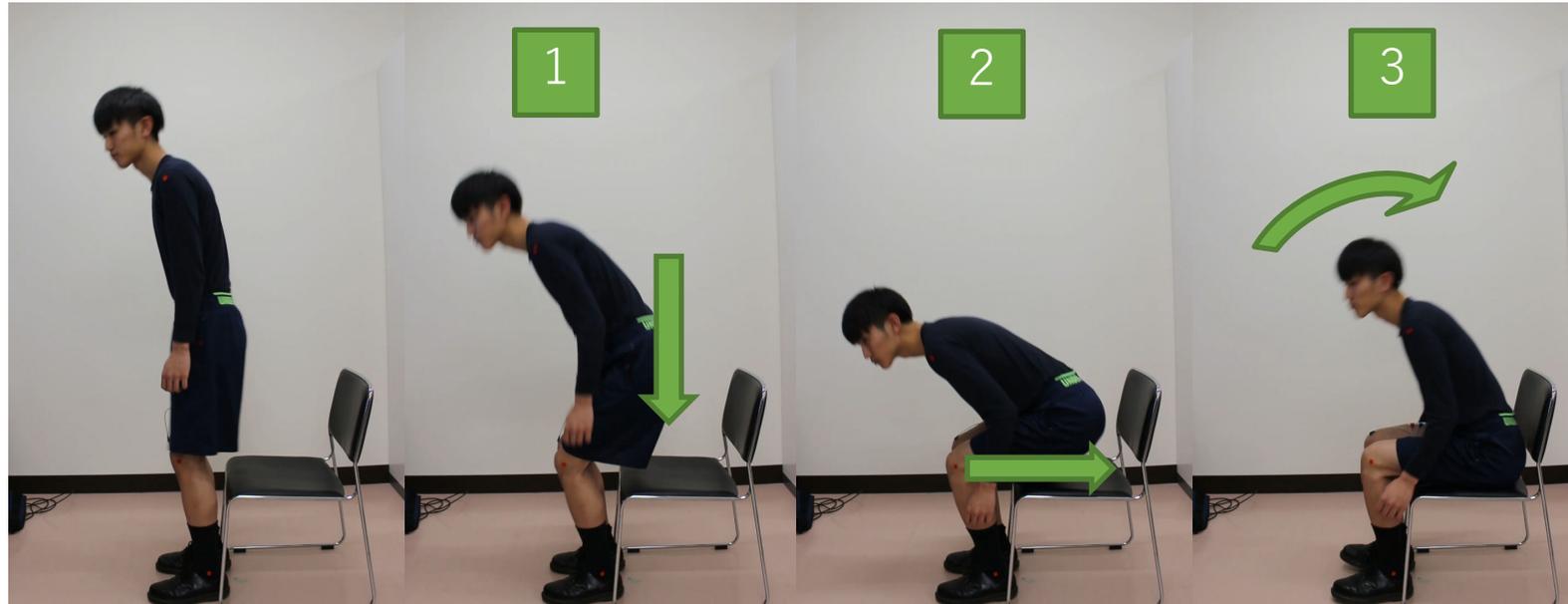
2

体幹前傾の推進力，膝関節の伸展
（臀部から足部への重心移動）
→立ち上がり初動と横の重心移動をアシスト

3

膝，股関節の伸展（重心を上昇）
→上方方向の重心移動をアシスト

人間の立ち座り動作に合わせた受動的なメカニズムを考案する



- 1 体幹前傾，膝関節屈曲（重心の下降）
→重心移動にブレーキをかける
- 2 膝関節屈曲（足部から臀部への重心移動）
→横の重心移動にブレーキ
- 3 股関節の伸展（動作完了）
→動作完了

立ち座り動作支援機

- ・ 歩行と立ち座りを同時に支援可能とし、持ち運び可能である杖型
- ・ 立ち座り支援用持ち手部を内部に組み込み
- ・ 脚部を伸縮式
- ・ 動滑車式を採用しストロークに対して多くのゴムの伸びを得られるシステム
- ・ 補助効果を高めるために下半身と腰を包むベルト



2019ver.



2020ver.

Opensim : オープンソースの筋骨格シミュレータ

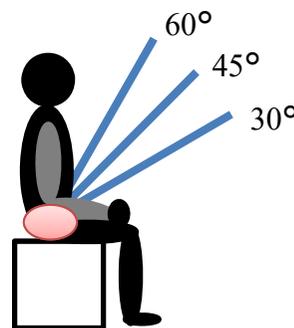
モデルに異なる角度で引張力を与えたとき、
立ち座り動作中の筋発揮力に及ぼす影響を調査

対象動作

- ・ 立ち上がり動作
- ・ 座り動作

アシスト力 : 50 N 一定

アシスト方向 : 30°, 45°, 60°



アシスト方向



実験状況

Opensimにおける解析方法

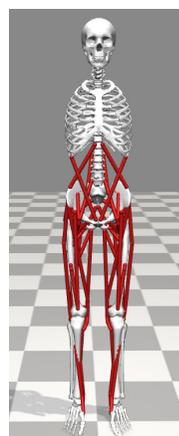
Inverse Kinematics (IK) で
マーカーデータからmot.ファイル作成



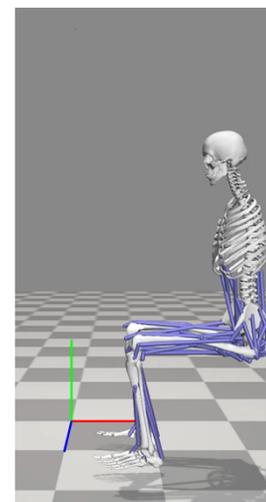
Residual Reduction Algorithms (RRA)
でモデルの各セグメントの質量調整



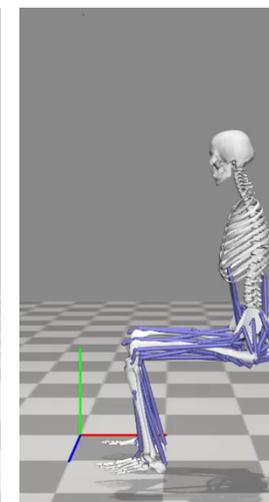
Static Optimazation (SO) で筋発揮力推定



Gait2354 :
23自由度, 54 筋

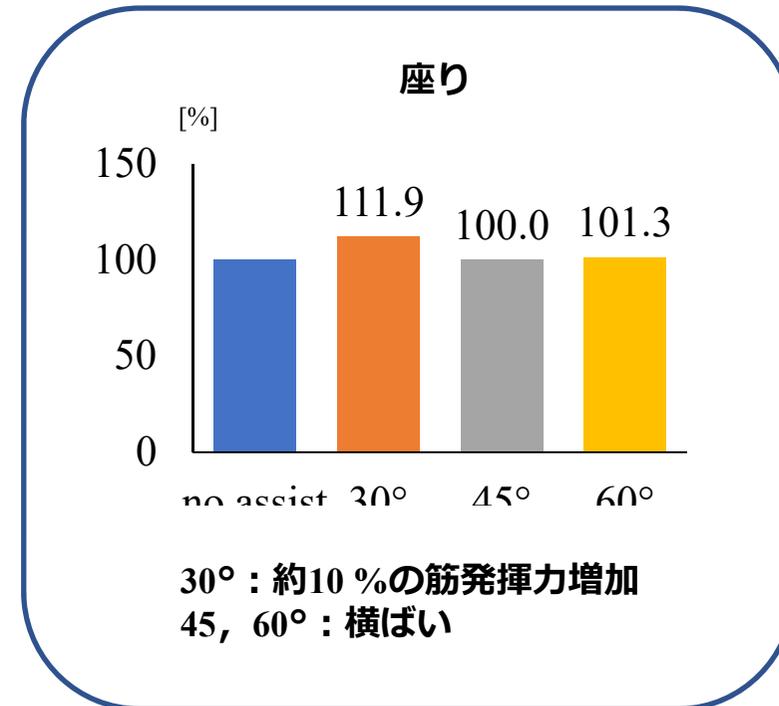
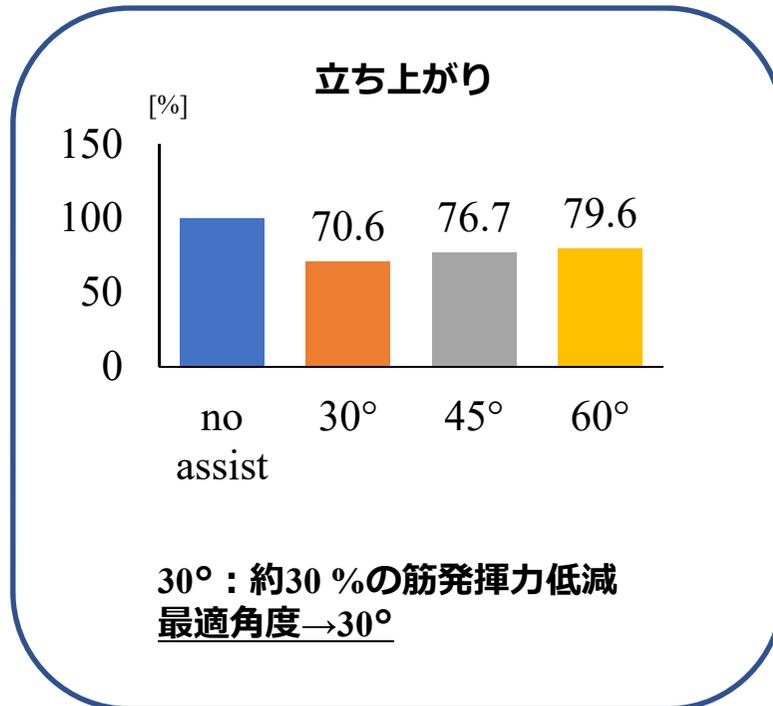


立ち上がり



座り

アシストなしの時の累計筋発揮力を100として表記



立ち上がり動作 : 重心の前方移動の補助として作用

座り動作 : 重心の後方移動を阻害する方向に作用？

実験内容

腰に、介護用ベルトを着用してもらい、
ひもで被験者の上体を引っ張る（引っ張る角度30,45度）
その状態で、立ち座り動作を行う

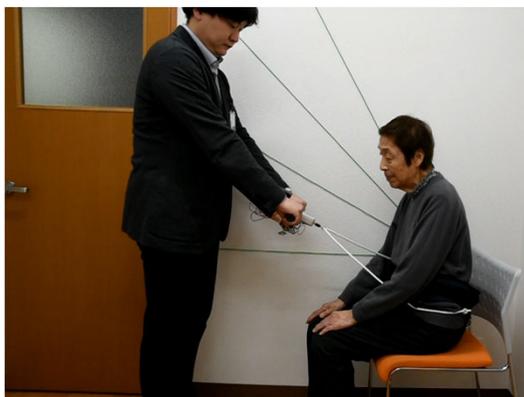
対象者

自力で立ち座り動作が行える高齢者(68-90歳) 15名
芳野ケアサポートの現場での協力者

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
身長[cm]	159	145	138	148	149	164	161	153	160	150	157	164	140	152.5	162
体重[kg]	50	46	53.2	49.2	56.7	54	68.8	42.4	55	67	75.9	64.7	56.3	59.2	56.6
年齢	90	77	82	78	82	81	76	79	89	79	68	83	89	81	86
性別	F	F	F	F	F	M	M	F	M	F	M	M	F	F	M

解析

- ・引っ張り角度によるアシスト力の違い
- ・必要となるアシスト力

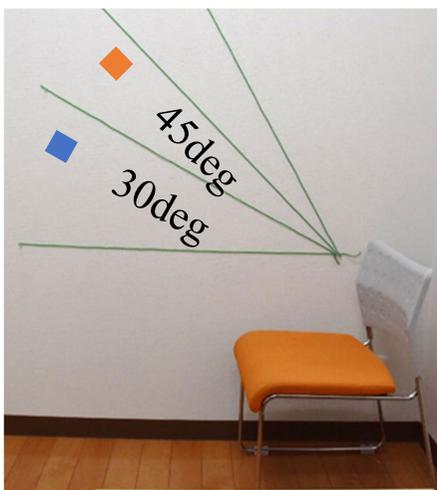


立ち上がり動作

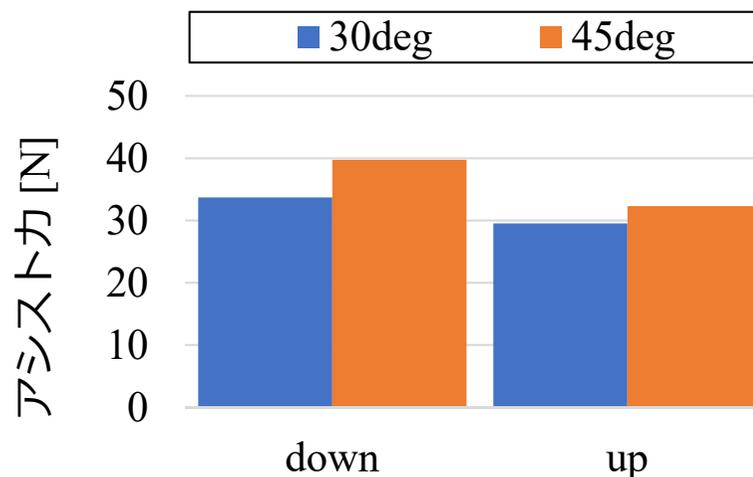


座り動作

引っ張り角度の選定

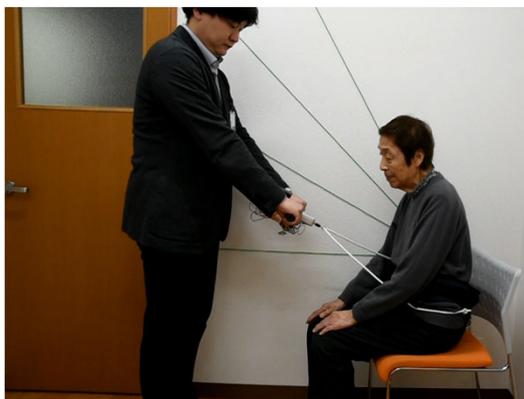


引っ張り角度

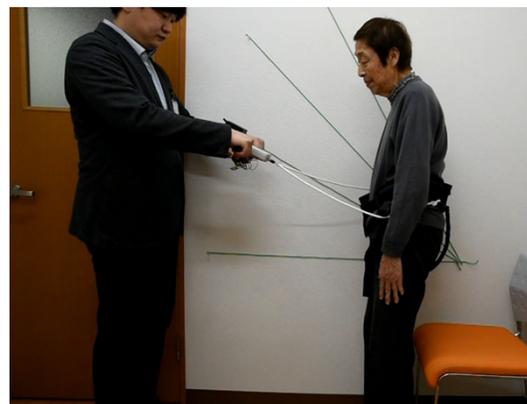


引っ張り角度によるアシスト力の違い

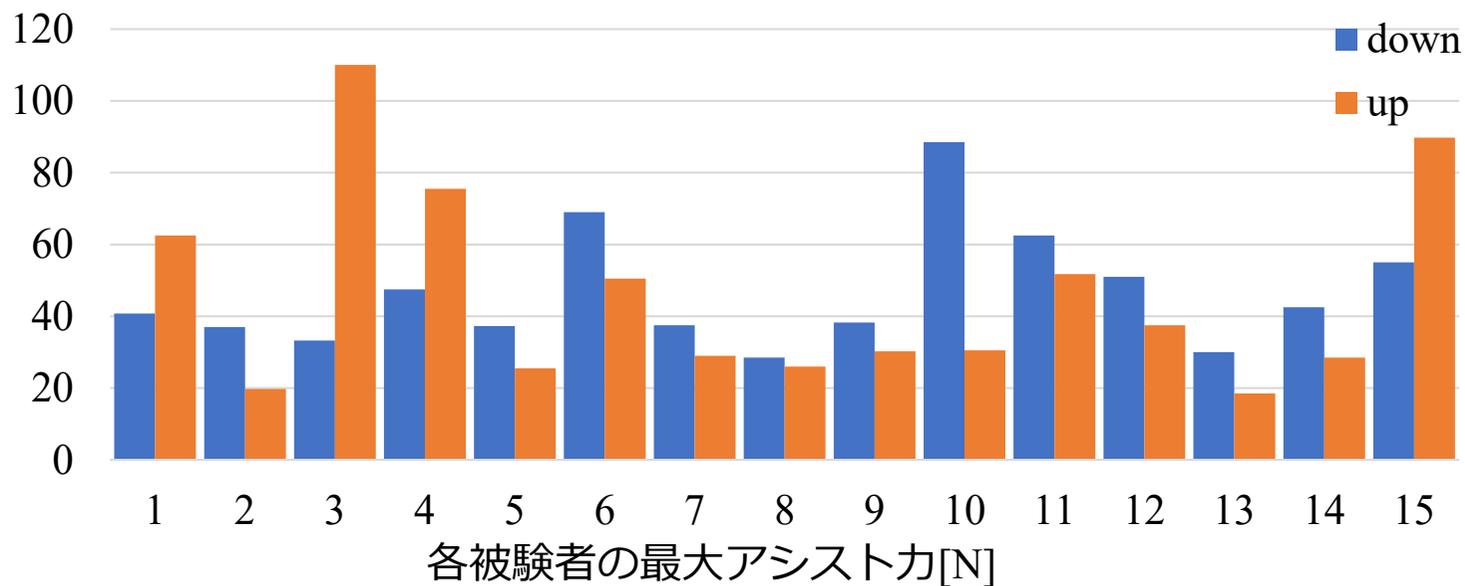
前方方向のアシストが良い
シミュレーション結果と同じ



立ち上がり動作



座り動作



張力 = 必要アシスト力 / 最大ストローク長
 最低 40N → 0.67N/cm
 最大 110N → 1.67N/cm

最大	立ち上がり	110.0N	座り	88.5N
平均	立ち上がり	30.4N	座り	36.4N

実験動作

立ち動作, 座り動作 各3回

計測パターン

- ・ 補助なし
- ・ 立ち座り動作支援機器

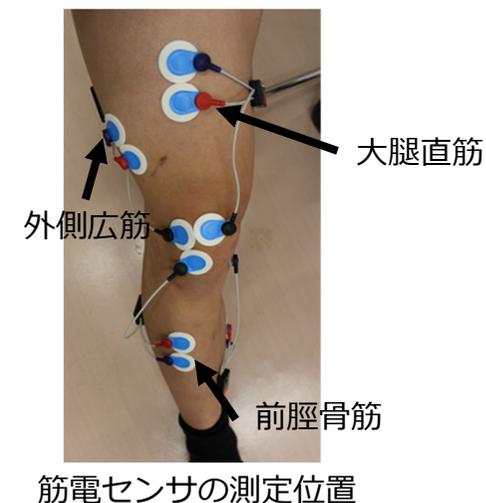
被験者

各男子学生 5名

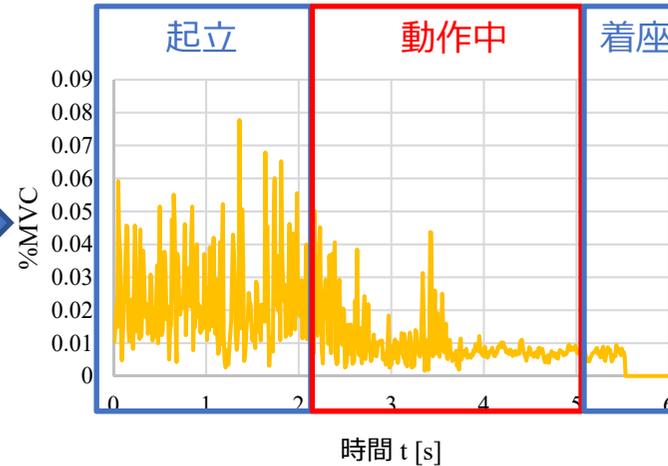
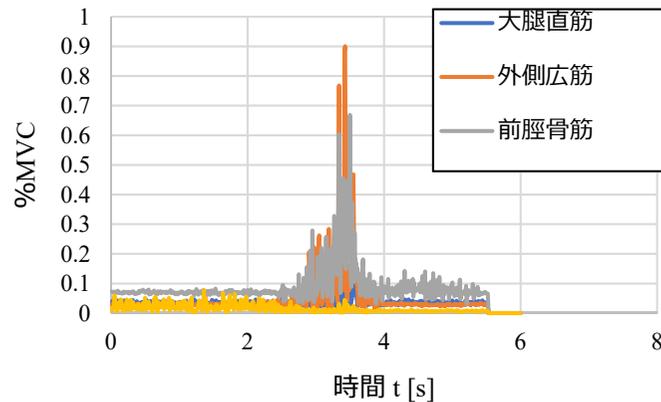


評価項目

- ・ 前脛骨筋, 大腿直筋, 外側広筋, ハムストリングスにおける筋発揮力[%MVC]を計測
- ・ 計測開始前に, 各筋肉の最大発揮力を計測し基準値とする
- ・ 動作時間における筋発揮力の平均値を用い, 補助なしの状態を100%として補助ありを評価



例) 座り動作 動作時間：2.2~5.0 s



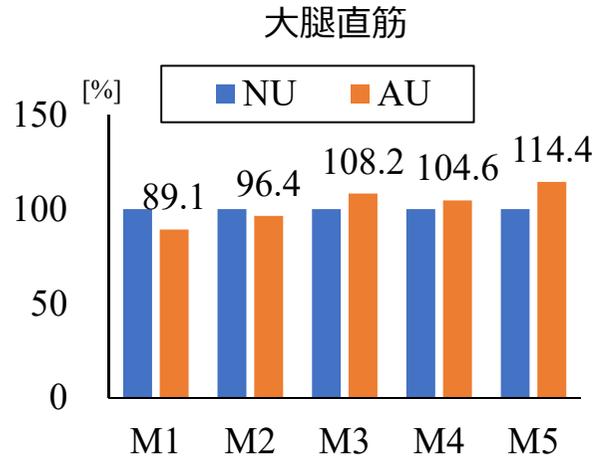
%MVC：被験者の最大筋発揮力に対する使用割合（簡単に言うと筋肉の使用率）

特徴として、動作中よりも起立状態の方が大きく筋力が発揮されている。
立ち座り動作においてハムストリングスが使用されていることには間違いはないが、
動作中の%MVCの値が、他の測定箇所3点と比較して、かなり小さい。
（最大筋発揮力に対して大きくても5%程度、他の筋肉は20~90%程度）

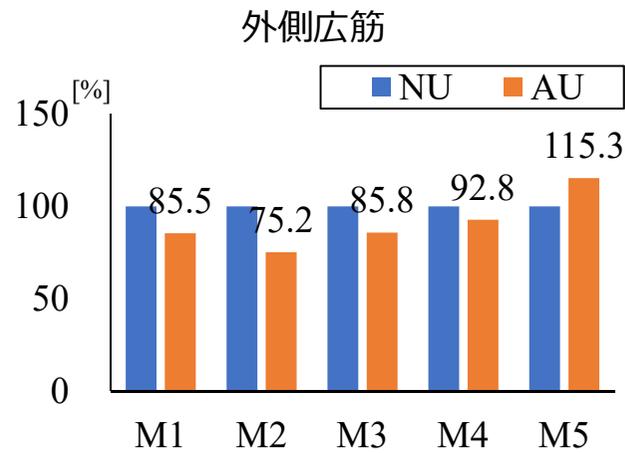
立ち座り動作におけるハムストリングスの評価の重要性は低い
➡以下の資料内でもハムストリングスの重要性は低いものとする

アシストなしの時の筋電累積値を100として表記

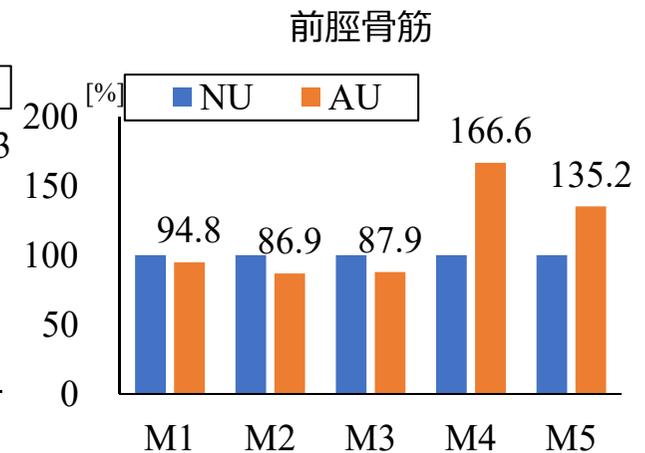
被験者数5名



有効：2名 無効：3名



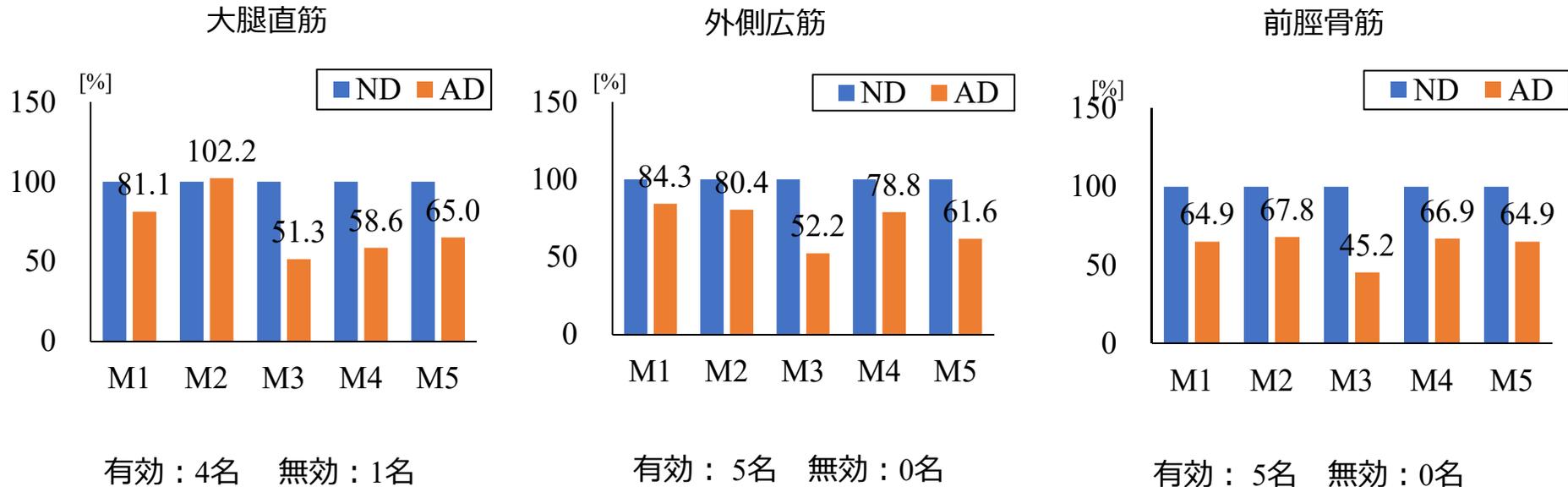
有効：4名 無効：1名



有効：3名 無効：2名

**支援機の操作を上手く行うことができず、
最適な軌道の重心移動ができなかったため
被験者 M2, 3 でいずれも有効であったことに対し、
他の被験者では効果のばらつきがある**

アシストなしの時の筋電累積値を100として表記



**下肢筋肉全体での効果でなし，今回の対象筋肉で効果ありのためか
被験者自身で力や方向の調整が可能であるため，支援機に体重を預け
やすかったことが影響か**

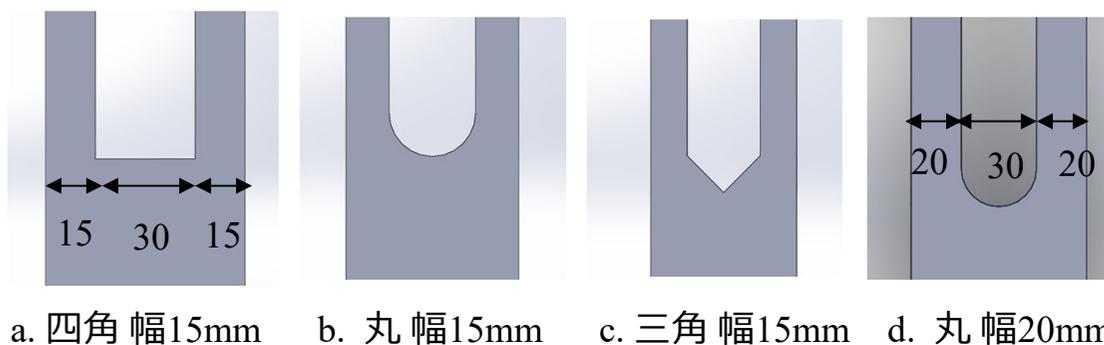
①使用者の選定

- ・立ち上がりに介助を要しないが、立ち上がり難さを感じている方を想定
※股関節屈曲・伸展力をハンドヘルドダイナモメーターにて計測し基準とする

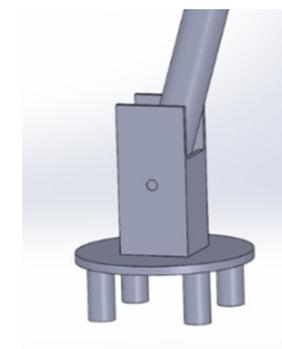
[N]	股屈曲力	股伸展力
右	20.1	18.8
左	18.0	17.1

②耐久性

- ・ベルト部の耐久性 : 利用者の体重を支えることが可能な強度
- ・杖としての耐久性 : 「CPSA0073 棒状つえ[2]」強度基準に則る
- ・支援機の耐久性 : 最大アシスト力110Nを地面と平行方向に加えた場合の有限要素法の解析結果



	幅15mm			幅20mm
	四角	丸	三角	丸
最大応力[MPa]	20.99	16.57	17.03	7.34
変形量[mm]	3.30	2.72	2.69	1.10

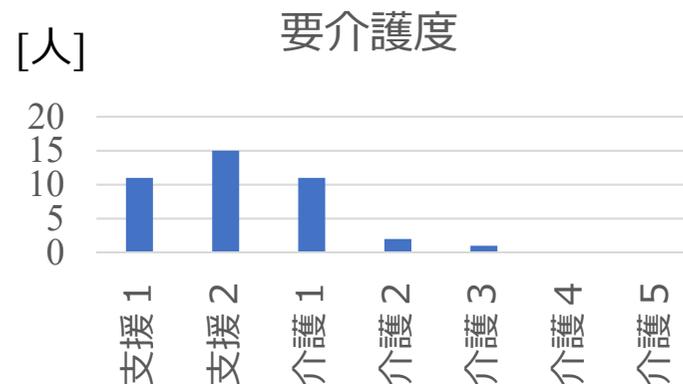


多点式脚部

[※] 棒状つえの認定基準及び基準確認方法 CPSA0073, (製品安全協会), 1996

介護保険サービスの現場における高齢者40名

機器使用対象者の選定条件を設定
4種類のデータから評価基準を設定する。



1. 立ち座り動作を動画撮影から4つに分類

- A：自立(介助なしで立ち座り可能)
 - B：物的介助(手すりや椅子肘置きを使えば立ち座り可能)
 - C：軽度介助(人からの軽い補助があれば立ち座り可能)
 - D：重度介助(人からの強い補助があれば立ち座り可能)
- Aを1点とし、Dを4点として分類する

2. Timed Up and Go Test(TUG-Test)

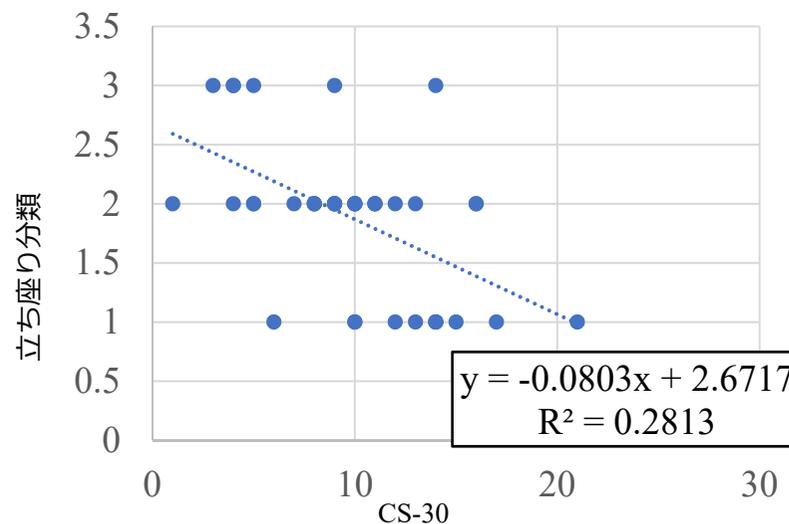
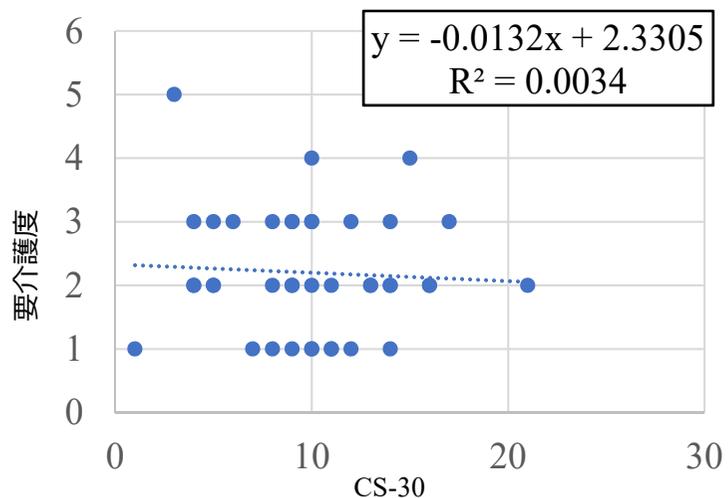
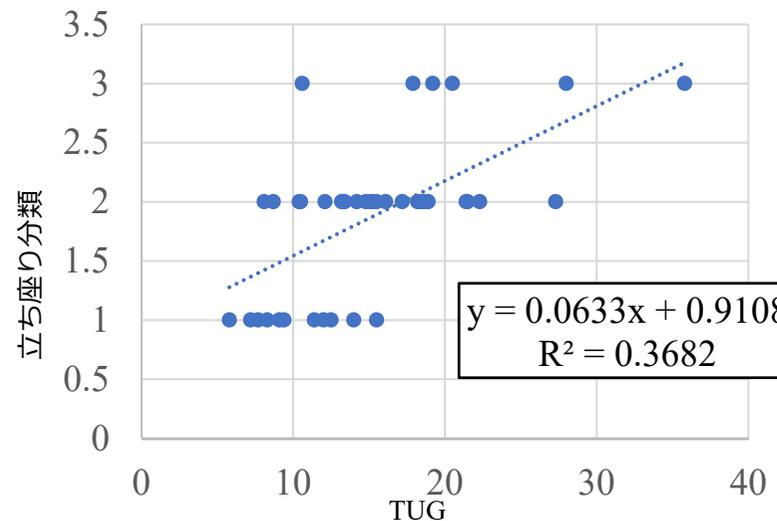
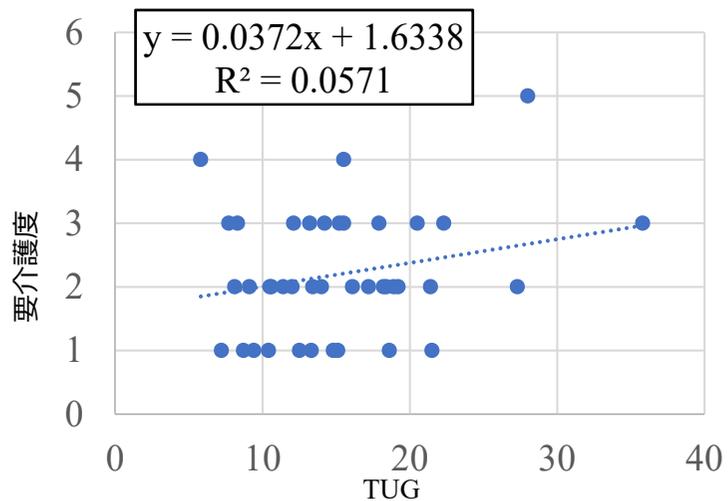
座った状態から立ち上がり3m先の目印まで歩き、
折り返して再び着座するまでの時間を計測する

3. CS-30

30秒間で何回立ち座り可能かを計る。回数により年代・性別毎に下肢筋力が優れている～劣っているの5段階に分類

4. 要介護度

介護保険法の介護分類で、要支援1・2、要介護1～5の7段階に分類
要支援1を1点とし、要介護5を7点として分類する



立ち座り分類は
TUG-TESTとCS-30に
相関があり

動画撮影からの立ち座り分類
を用いて支援機の利用を選定する

被験者情報

氏名	要介護度	立座分類
A	支援 2	B
B	介護 1	B
C	介護 2	B
D	支援 2	B
E	支援 2	B

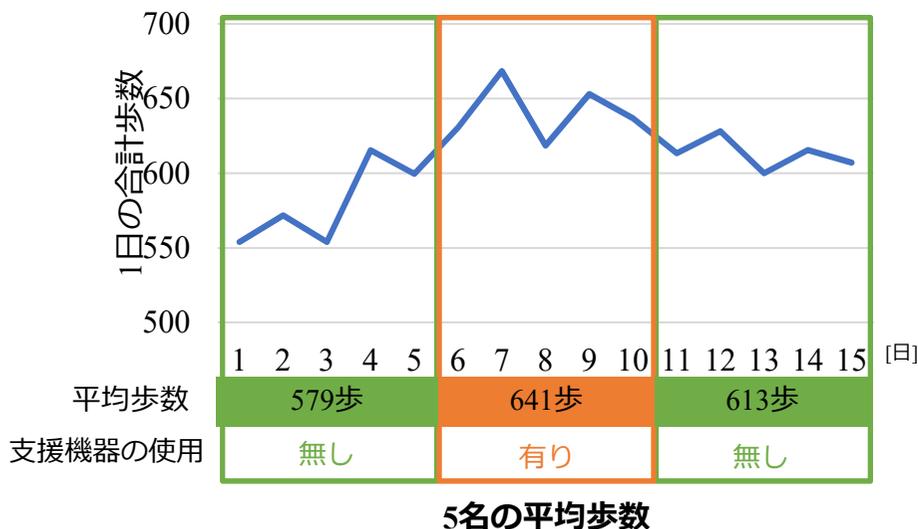
評価期間

- ・ 支援機を利用しないデイサービス利用日 5日間
- ・ 支援機を利用したデイサービス利用日 5日間
- ・ 支援機を利用後の支援機を利用しないデイサービス利用日 5日間

評価方法

- ・ 活動量を万歩計にて計測
- ・ 筋力計による膝伸展力，股屈曲力

支援機器の有無による日常生活の歩数変化



支援機器不使用時よりも、
使用時の方が1日の歩数が多い



支援機器を使うことで
立ち座りがしやすくなり、
1日の行動量が増加

日常生活における移動の増加により下肢の衰弱防止ができる

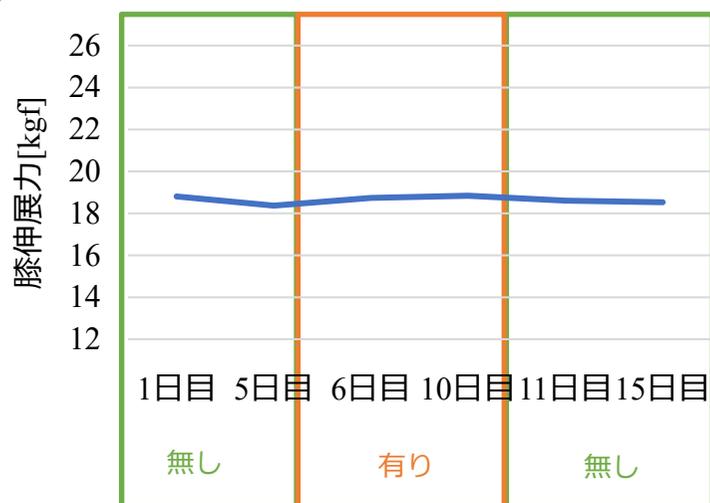
※ 支援機を利用後においても歩数の増加が見れた

立ち座り動作の中で、膝伸展力と股屈曲力は非常に重要

機器を使用することで立ち座り動作が楽になる

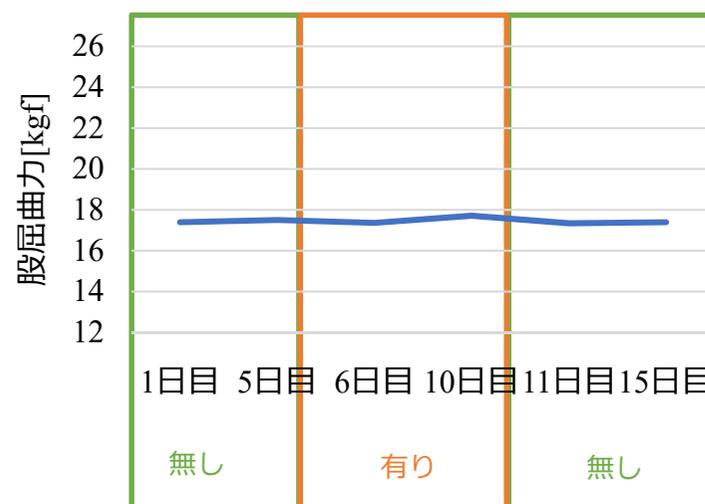
→ 筋肉の使用量が低下し、下肢の衰弱につながる

膝伸展力の推移 (5名分平均値)



支援機器の使用

股屈曲力の推移 (5名分平均値)

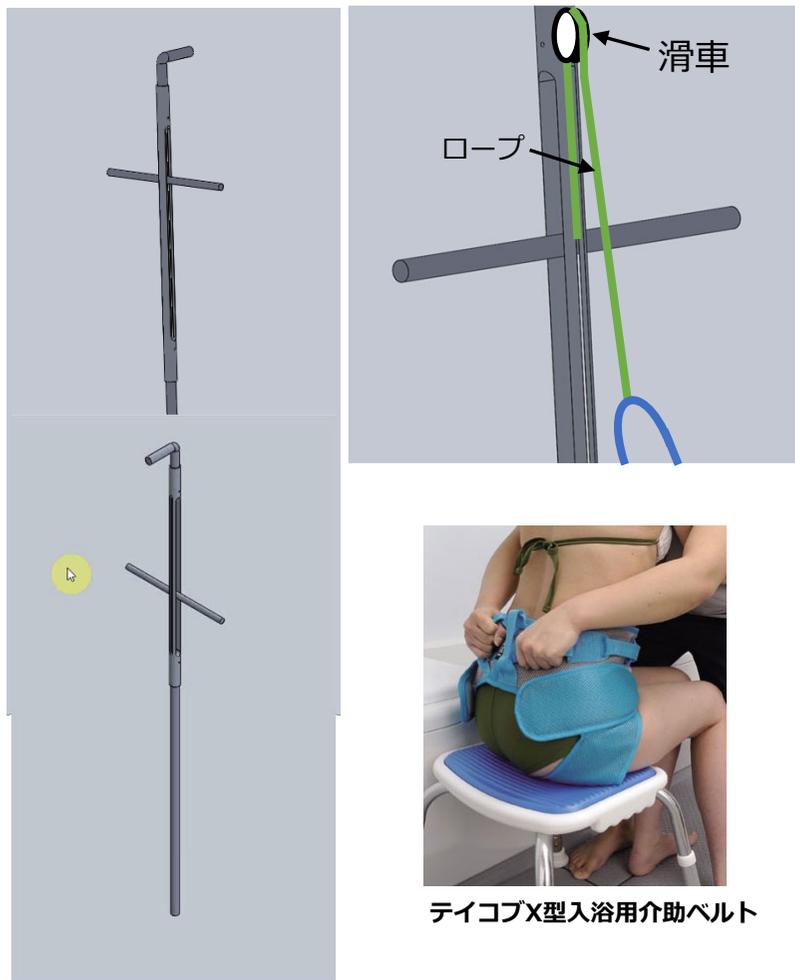


支援機器の使用

機器使用期間の前後で膝進展力および股屈曲力の衰弱は見られない

筋力を衰弱させることなく、
使用者の負担軽減と日常生活における運動量を増加させることができる

- **学生による有効性評価**
 - 下肢の筋力補助を行うことができる
- **立ち座り分類はTUG とCS-30 に相関があり、介護度に対しては相関が無し**
 - 動画撮影からの立ち座り分類を用いて支援機の利用を選定する必要がある
- **開発した支援機を用いて高齢者に対する有効性の検証**
 - 支援機器を使うことで立ち座りがしやすくなり、1日の行動量が増加
 - 機器使用期間の前後で膝進展力および股屈曲力の衰弱は見られない
 - 筋力を衰弱させることなく、使用者の負担軽減と日常生活における運動量を増加



支持機の小型化

- ・ 立ち座り時の持ち手部を本体に収納
- ・ 支援用のベルト部のロープを本体内部へ収納
- ・ 高さ調整のための伸縮式への改良

支持機のベルト部の改良

- ・ 立ち座り動作の補助効果を高めるために入浴用介助ベルトのような“下半身”と“腰”を包むベルトにする
- ・ ベルトを日常生活の補助となるように骨盤ベルトや歩行補助等の機構を加える

支持機の有効性検証

- ・ 短期期間の利用による有効性は見られたため、長期利用による身体への影響調査

共同開発

苫小牧工業高等専門学校 総務課・企画調査係

TEL 0144-67-8901

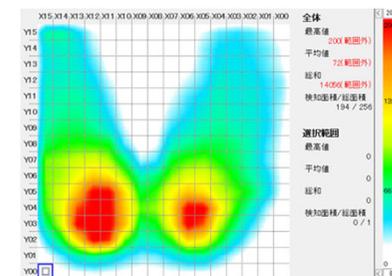
e-mail kikaku@tomakomai-ct.ac.jp

機械制御研究室設備

- 筋活動計(Pico・Cometa 10ch等)
- モーションキャプチャ
 - 慣性 : Perception Neuron Pro・NOITOM
 - 光学式 : CorTex・nac Image TECHNOLOGY 10台
- 脳波計(Altaire・8ch)
- NIRS (PockerNIRS Duo・DynaSense)
- 体圧分布センサ (SRソフトビジョン・住友理工)
- 3Dプリンタ5台 (積層4台・光硬化1台)



筋活動計



体圧分布センサ



PockerNIRS
Duo



高品質ウェアラブル脳波計測アルタイル

脳波計

人の動作を元にした工学アプローチによる技術開発