



令和4年2月25日

徳島県立中央テクノスクールセミナー

# パワーアシストスーツの開発について

徳島県立工業技術センター

電子・情報技術担当 麻植 雄樹



## 発表の内容

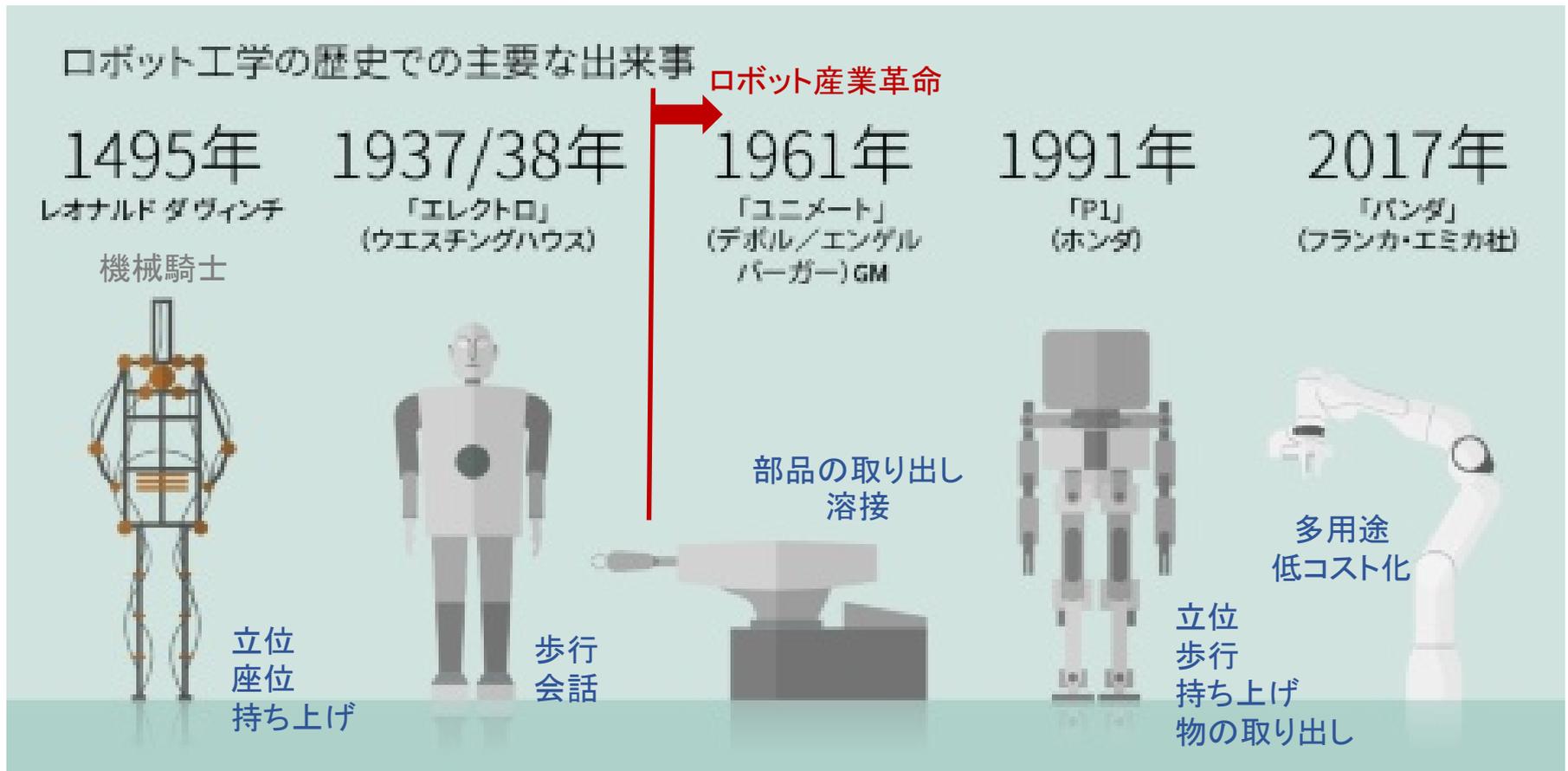
- ✓ ロボット技術の概要
  - ✓ ロボット技術の歴史
  - ✓ ロボット技術とは
  - ✓ ロボット技術が必要とされる社会的背景
  - ✓ 徳島県の取り組み
  
- ✓ 装着型パワーアシストスーツの開発
  - ✓ 背景・開発の必要性
  - ✓ パワーアシストスーツの原理・種類
  - ✓ 開発品について
  - ✓ 支援効果の評価方法
  - ✓ 支援効果の評価結果
  
- ✓ まとめ



# ロボット技術の概要



# ロボット技術の歴史



出典: ロボットの基礎知識

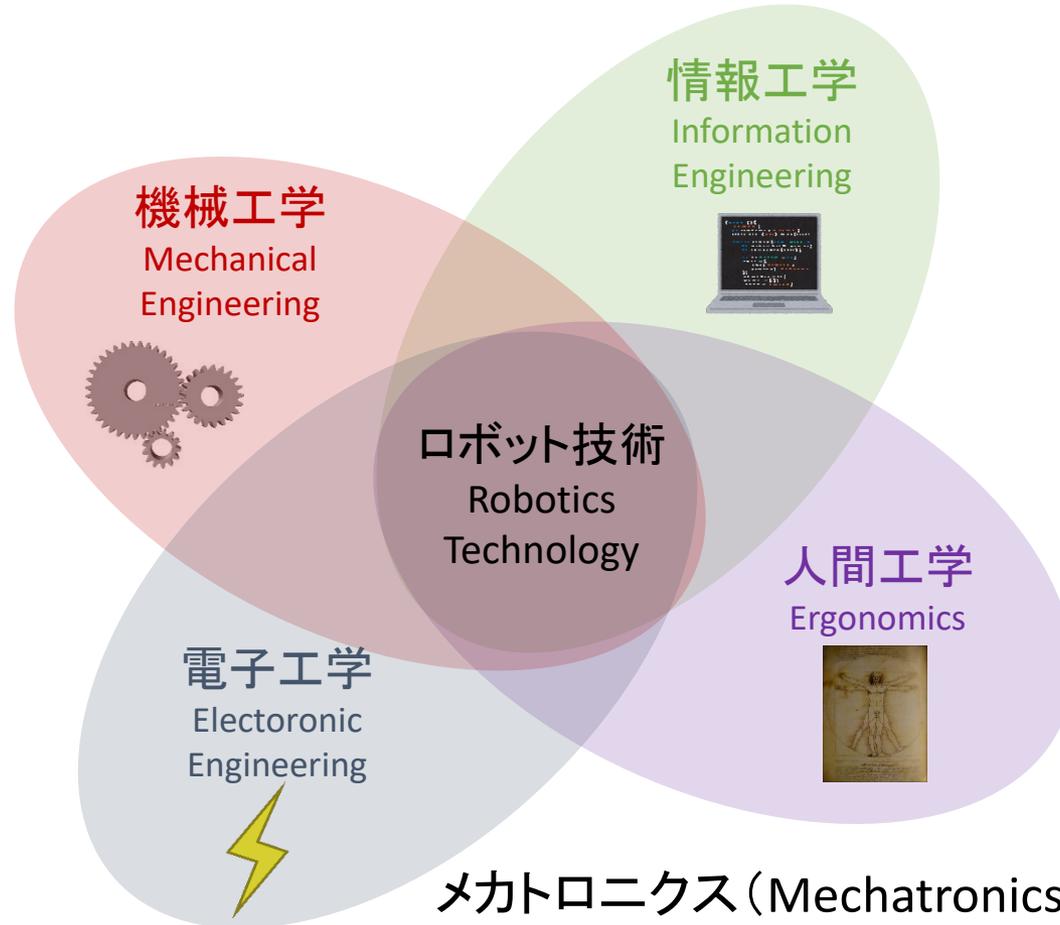
<https://www.infineon.com/cms/jp/discoveries/fundamentals-robotics/>

技術の進化に伴い、ロボットが高精度・低コスト化が顕著になってきている



# ロボット技術とは

ロボット技術は様々な技術の複合領域



メカトロニクス (Mechatronics) とも呼ばれる

関連する様々な分野の技術の習得が必要 (≡総合格闘技)



## 社会的背景

- ✓ 少子・高齢化に伴う諸課題の解決を図るため、国家戦略プロジェクトでロボット技術の研究開発が進められている

移乗介助機器  
(装着型)



移動支援  
機器



見守り支援  
機器



出典: 厚生労働省, ロボット技術の介護利用における重点支援分野



# 徳島県の取り組み

## 移乗介助 機器



## パワーアシスト スーツの開発

## 移動支援 機器



## 移動支援ロボット の評価

## 見守り支援 機器



## 見守りロボット の開発

## 徳島県においてもロボットの研究開発を実施

H.29年度 ロボット関連産業創出事業

H.30年度 AI・ロボット関連産業創出事業

R. 1年度 JKA公設工業試験研究所等が主体的に取り組む共同研究(企業との共同研究)



# 装着型パワーアシストスーツの開発



# 背景

高齢化の進行 ➡ 介護労働の需要が増大



作業者の身体負担が増大

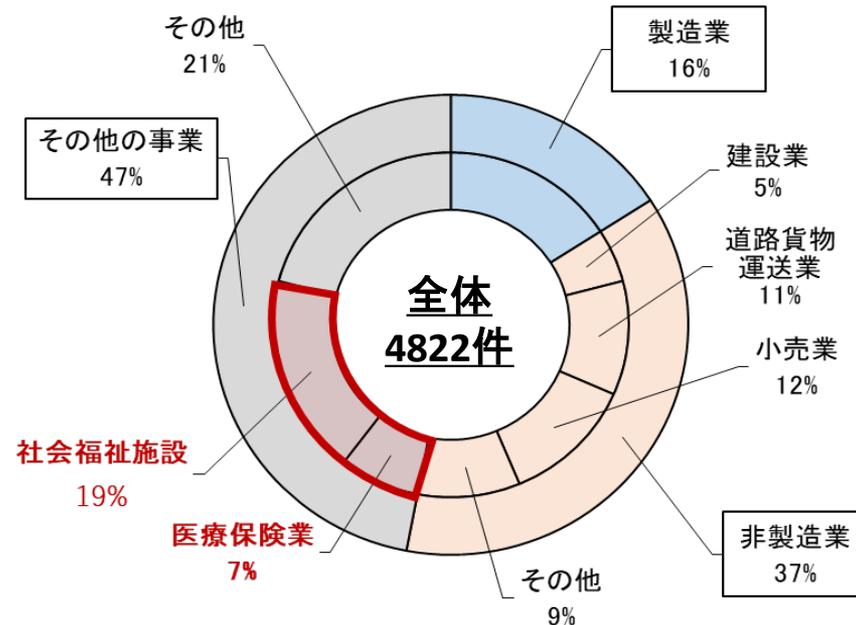


図1 業種別職業性腰痛の発生状況  
(休業4日以上発生)

出典：  
厚生労働省, "職場における腰痛予防対策指針"

様々な業種で職業性腰痛が深刻な課題となっている



# 開発の必要性

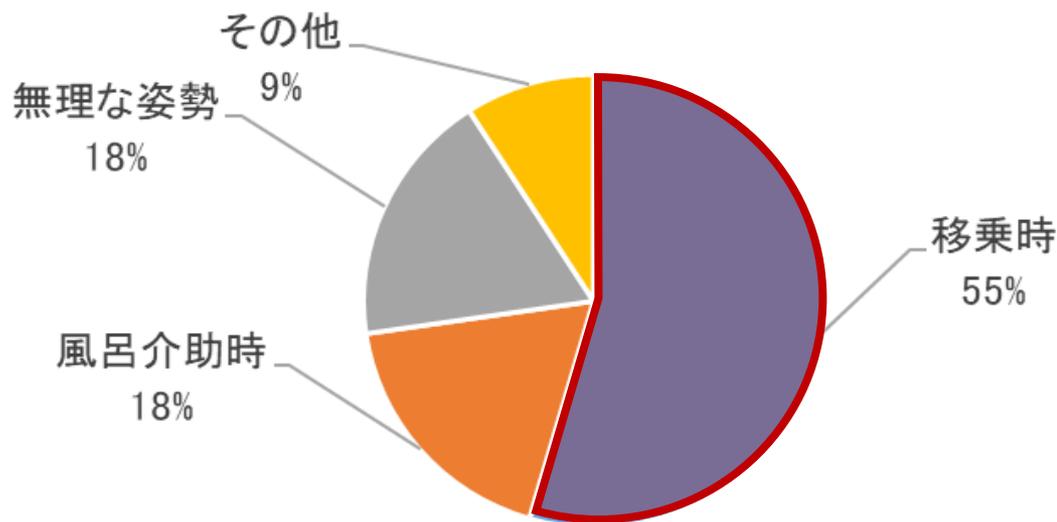


図2 腰痛発症の原因と考えられる動作

出典: 峯松亮, "介護職者の腰痛事情", JJOMT Vol. 52, No. 3, pp.166-169 2004

## 移乗介助



ベッド↔車椅子

**県内の介護施設の従事者より、装具の開発の要望があった**



**県内の企業と徳島発アシストスーツの共同開発**



# パワーアシストスーツとは

- ✓ 動力源を用いて人体の身体機能を補助する装着型の装置



世界初のアシストスーツ  
(GE社 Hardiman)

出典: GE社ホームページ

<https://www.ge.com/news/reports/do-you-even-lift-bro-hardiman-and-the-human-machine-interface>

## パワーアシストスーツの原理 (腰部の支援タイプ)



## 主な支援動作と支援部位

- ✓ 持ち上げ
- ✓ 中腰維持
- ✓ 歩行

今回の対象

腰部の支援

脚部の支援

医療・介護、物流、農業分野など  
様々な分野に適用が可能



## パワーアシストスーツの種類

✓ 様々な装着型パワーアシストスーツの開発が行われている

	(株) イノフィス	Cyberdyne(株)	和歌山大学	当センター 試作品
	マッスルスーツ®	HAL®	パワーアシストスーツ	
写真				
動力の種類	空気圧	モータ	モータ	DCモータ
動力数	2	2	2	1
スイッチ	呼気スイッチなど	筋電センサ(腰部)	床反力	手部スイッチ 筋電センサ(腕部)

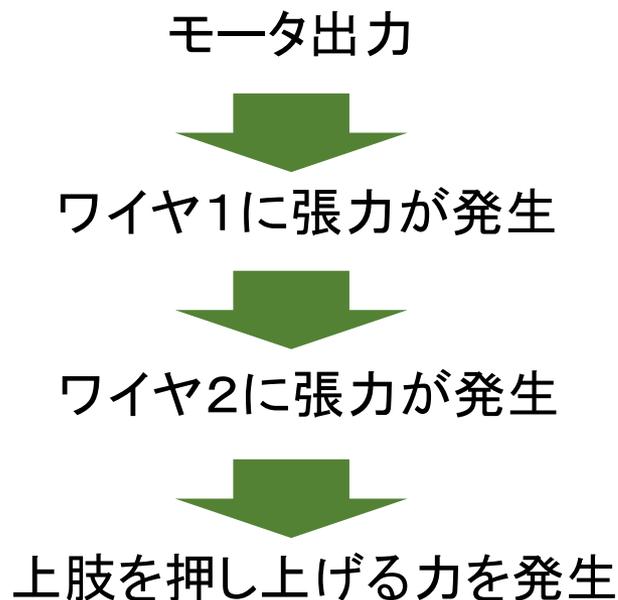
両腰関節に2台の動力を設置する方式が一般的

当センターの開発品は動力1台 ➡ 部品点数・コストの削減



## 開発したパワーアシストスーツ

- ✓ 1台のモーターでアシストを行う方式 (One-Motor方式) の装置の開発を行った



「腰部補助装置」  
(特開2020-151791)

- ✓ モータ最大トルク : 32 [N・m]
- ✓ 重量 : 5.7 [kg]

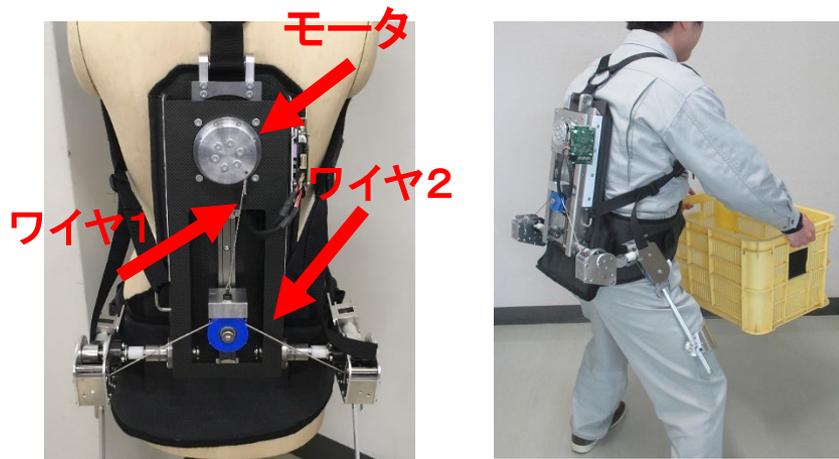


図3. 試作したアシストスーツ

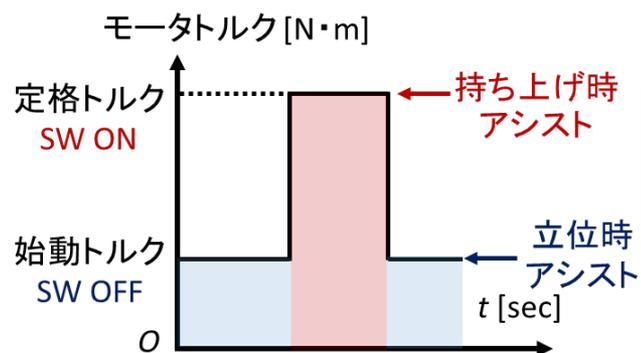


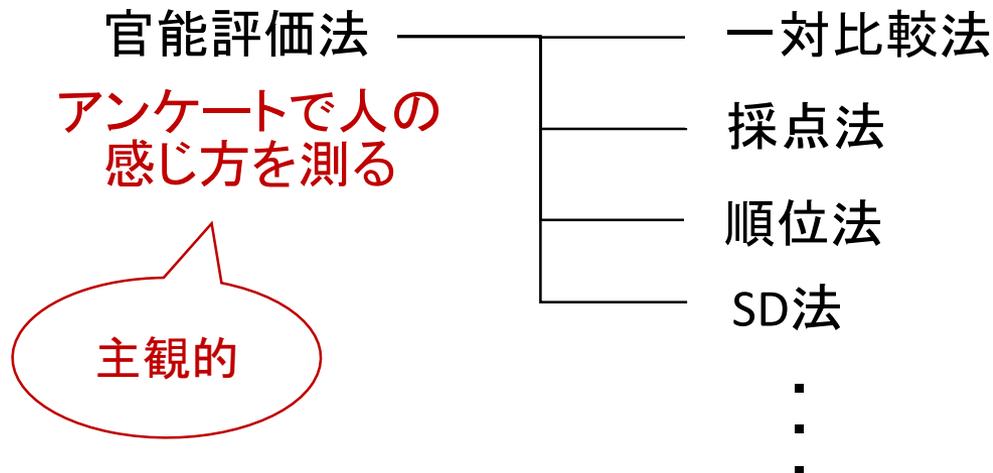
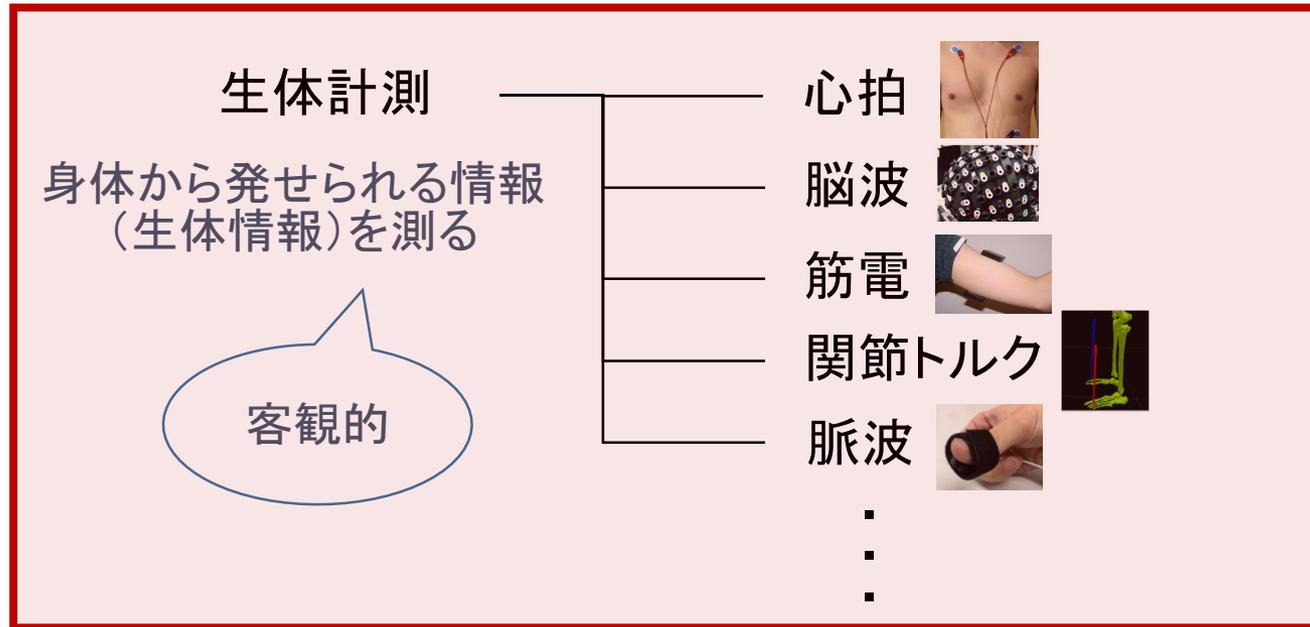
図4. アシスト制御方法



# 支援効果の評価



# 支援効果の評価方法



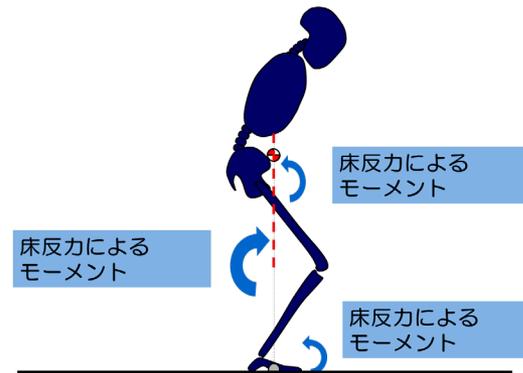
	非常に	やや	どちら でない	やや	非常に	
好きな						嫌いな
冷たい						熱い
硬い						柔らかい
きれいな						汚い
強い						弱い



# 支援効果の評価方法

## ① 関節トルク

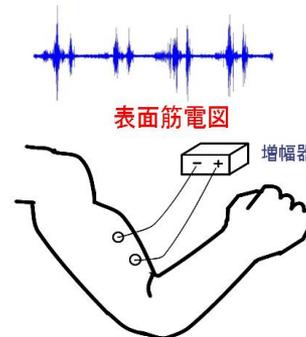
腰関節にかかるトルク(回転力)



出典: 山本他, 基礎バイオメカニクス, 医歯薬出版, 2015

## ② 表面筋電図

筋力を発揮する際に生じる電気信号を皮膚表面から計測



出典: 新潟大学 堀研究室  
<http://tfmbe.eng.niigata-u.ac.jp/emg.html>



# 計測・評価項目 ①

✓ 関節座標値と床反力の計測から得られた関節角度と腰関節トルクの評価を行う

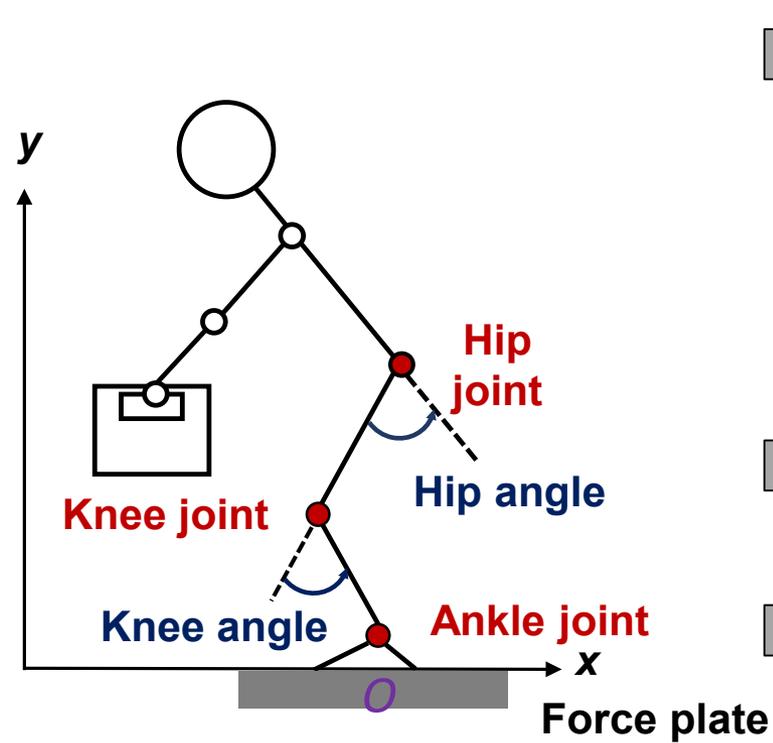
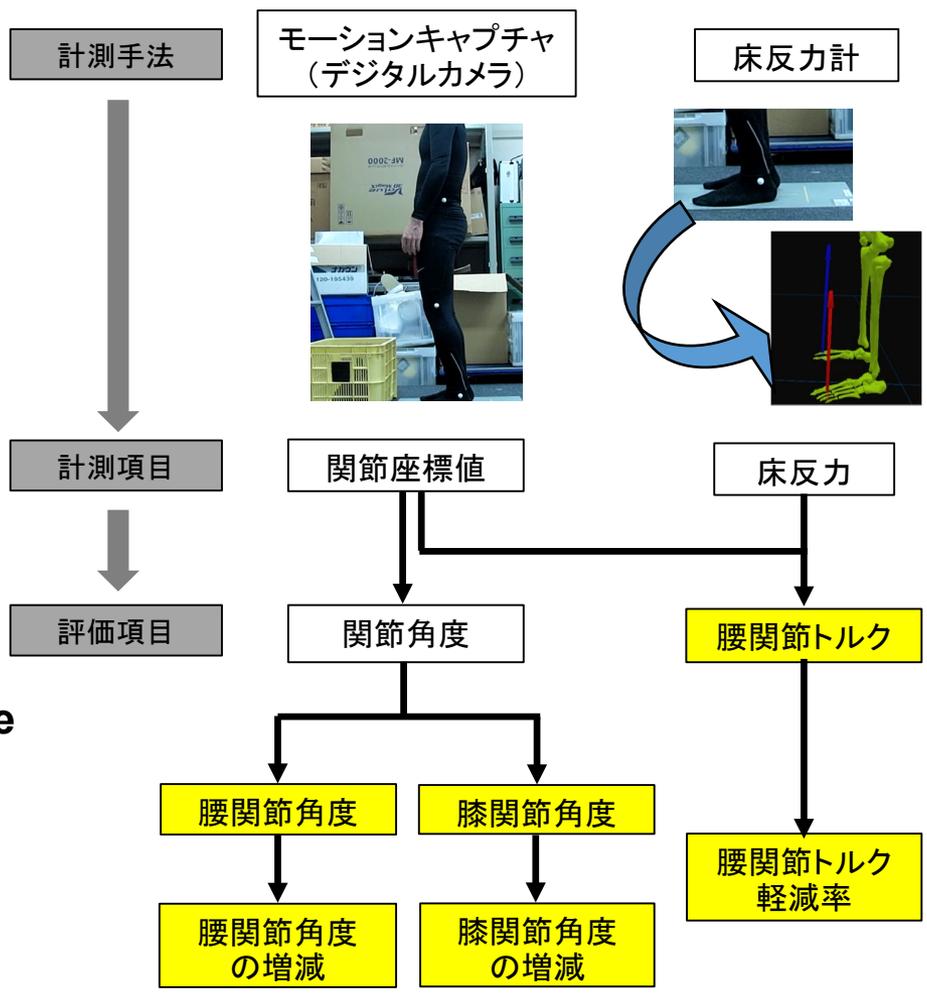


図5 関節角度の定義





## 計測・評価項目 ②

- ✓ 僧帽筋と脊柱起立筋の筋活動量を計測し、RMS相対値と軽減率の評価を行う

### 計測対象

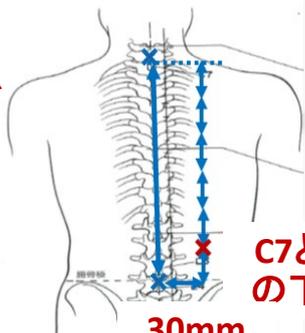
#### 被験筋(2ヶ所)

動作に寄与する筋肉を対象



C7と肩峰の midpoint

上部僧帽筋(右側)



C7と腸骨稜上端間の  
下から1/6の高さ

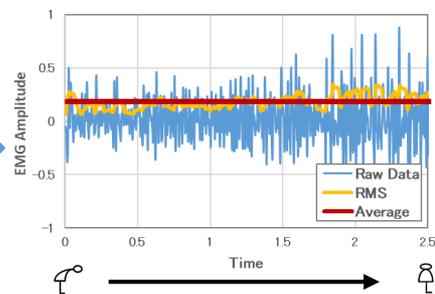
30mm

脊柱起立筋(右側)

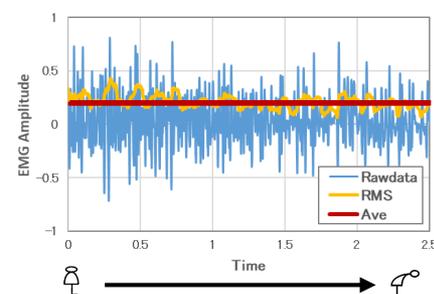
生データを  
記録

### 解析の対象区間

体幹伸展



体幹屈曲



未装着20kg条件の体幹伸展の区間の  
RMS値の平均値を100%として正規化

ワイヤレス筋電センサで生データを計測

サンプリング周波数 : 1000[Hz]

RMS値の計算周期: 50[msec.]

### 評価項目

- ✓ 相対RMS値
- ✓ 軽減率



## 実験条件

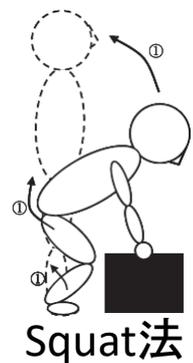
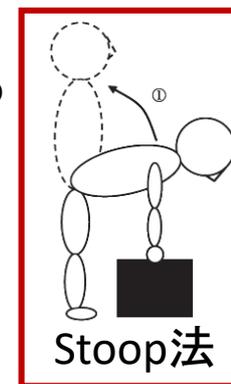
- ✓ タスク：重量物持ち上げ動作



- ✓ 実験水準：計9水準

実験要因	水準数	水準
装着条件	3	未装着, 装着アシストなし, 装着アシスト
重量物の質量	3	無負荷, 10kg, 15kg

- ✓ 持ち上げ高さ：被験者の身長比30%~50%
- ✓ 持ち上げ方法：Stoop法で極力、膝を曲げないようにする
- ✓ 実験参加者：健常な成人男性8名  
172.3 ± 5.3cm , 63.9 ± 6.8kg
- ✓ モータートルク：5 [N・m]

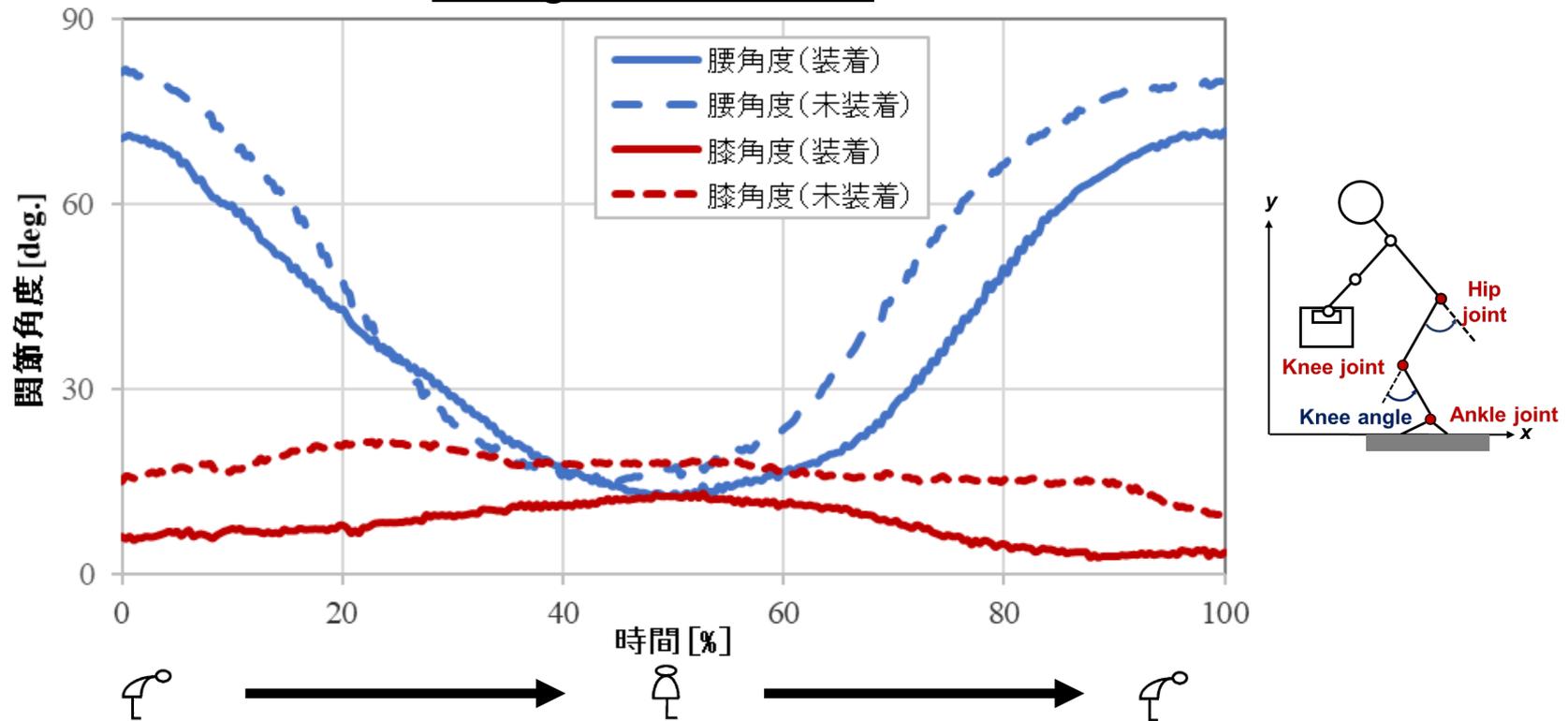




# 評価結果 ①—作業姿勢(関節角度)—

- ✓ 試作品の装着により、腰角度、膝角度が減少している
- ✓ 特に最大屈曲付近の腰角度が減少する

被験者(日本人成人男性98パーセンタイル)  
の15kgの持ち上げ動作





# 評価結果 ① 一腰関節トルク

- ✓ 試作品の装着により、腰関節トルクが減少している

被験者C(日本人成人男性98パーセンタイル)  
の15kgの持ち上げ動作

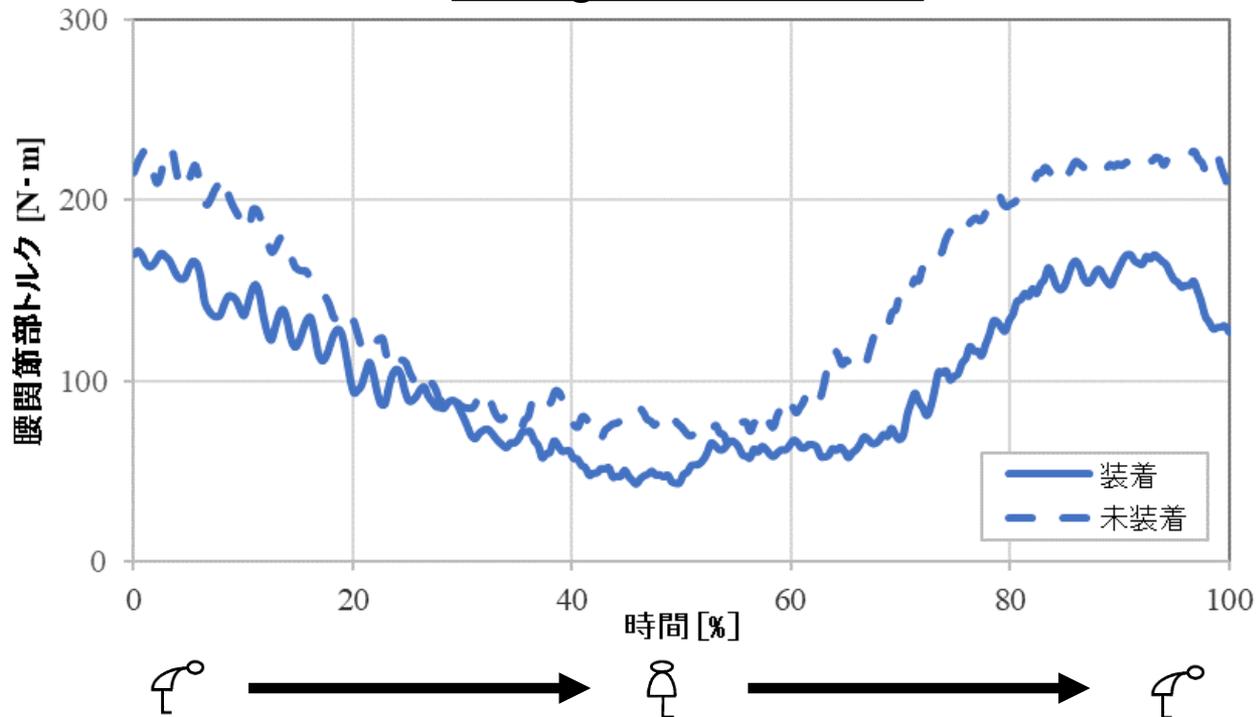


図7 腰関節トルクの変化



# 評価結果 ① 一関節角度の増減と腰関節トルク軽減率

- ✓ 試作品の装着により、未装着時に対して、腰角度及び膝角度が減少し、Stoop法の動作になりやすい傾向にあるが、腰関節トルクは軽減する

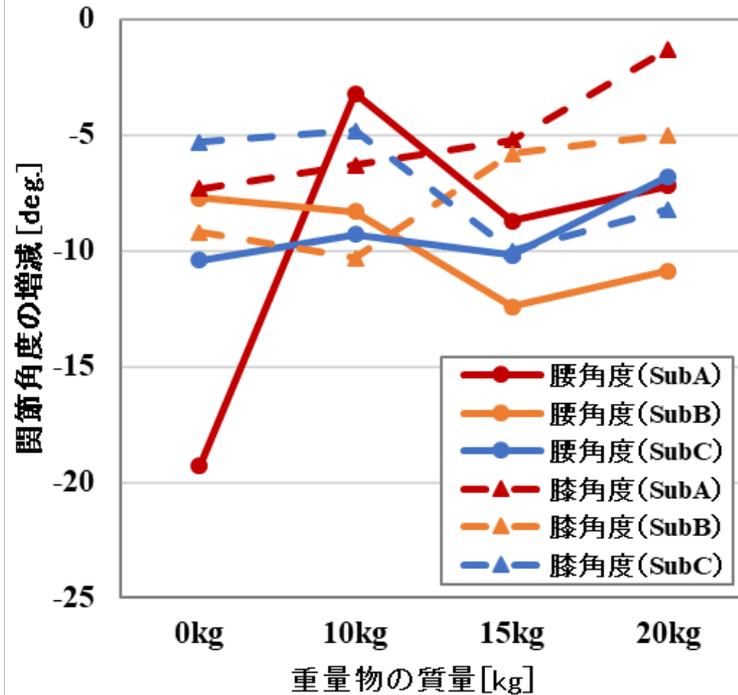


図8 最大体幹屈曲時の腰角度の増減

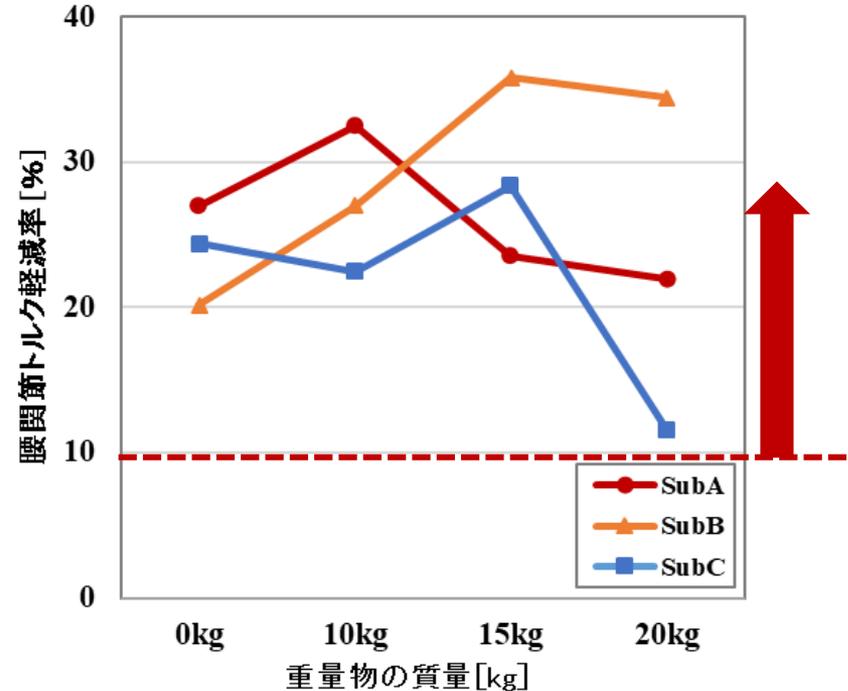


図9 腰関節トルク軽減率

トルク軽減率算出式

$$\eta_{\tau} [\%] = \frac{\bar{\tau}_0 - \bar{\tau}_s}{\bar{\tau}_0} \times 100$$

$$\bar{\tau} [N \cdot m] = \frac{1}{T} \int_0^T \tau(t) dt$$

$\tau_0 [N \cdot m]$  : 未装着時の腰関節トルク

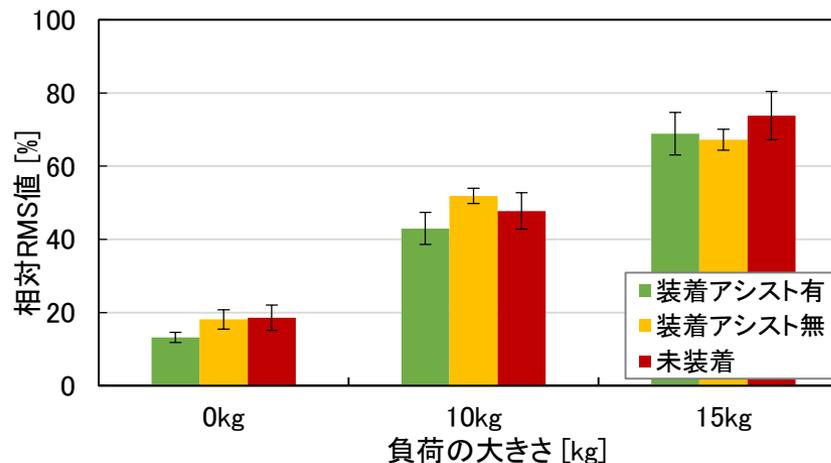
$\tau_s [N \cdot m]$  : 装着時の腰関節トルク

$T [sec]$  : 持ち上げ開始～終了までの時間



## 評価結果② 一僧帽筋の表面筋電図一

- ✓ 装着アシスト無と装着アシスト有は、未装着時に対して筋活動量は減少する傾向にあるが、全ての装着条件の間で統計学的有意差は認められなかった
- ➡ 装置の重さの肩部への負担により、アシスト力の付与時の軽減効果が顕著に現れなかったことが考えられる



上部僧帽筋(右側)

図10 体幹伸展の結果

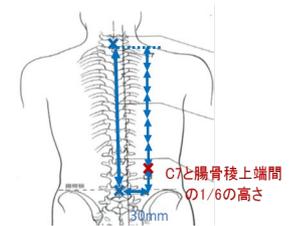


## 評価結果② 一脊柱起立筋の表面筋電図一

- ✓ 未装着と装着アシスト有の間、装着アシスト無と装着アシスト有の間では、全ての負荷において、有意差が認められた
- ✓ 未装着と装着アシスト無の間は、体幹伸展の15kgのみ有意差が認められた



装置の自重により、人体の重心の前方抑制の効果が働き、脊柱起立筋の筋活動量が代償されていることが考えられる



脊柱起立筋

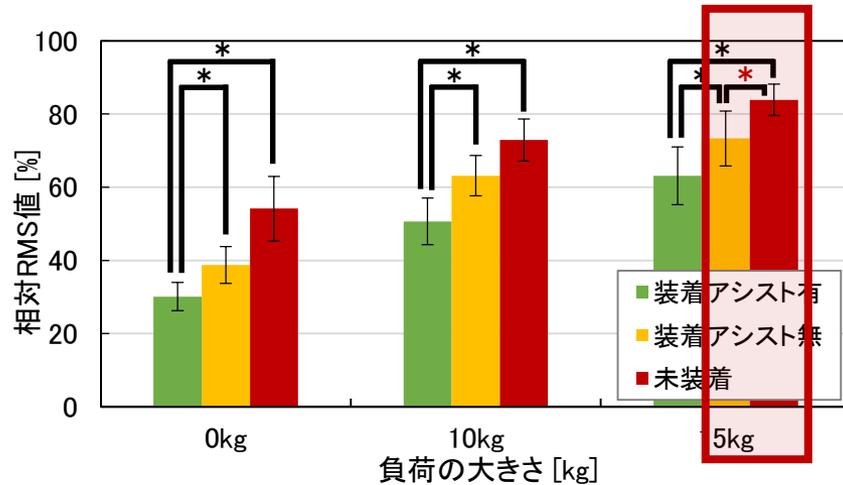


図10 体幹伸展時の結果

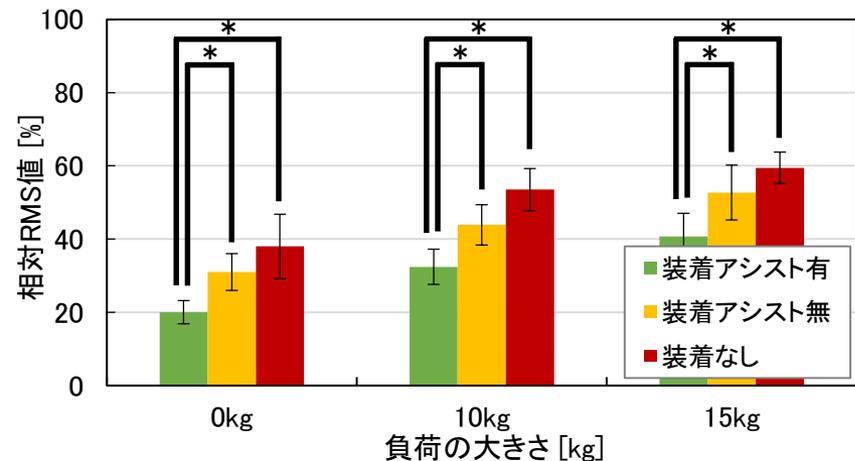


図11 体幹屈曲時の結果

\*: 有意確率 $p < 0.05$

## 評価結果② 一脊柱起立筋の筋活動量の軽減率

- ✓ 全ての負荷において、体幹屈曲時は体幹伸展時より、脊柱起立筋の軽減率が大きくなっている

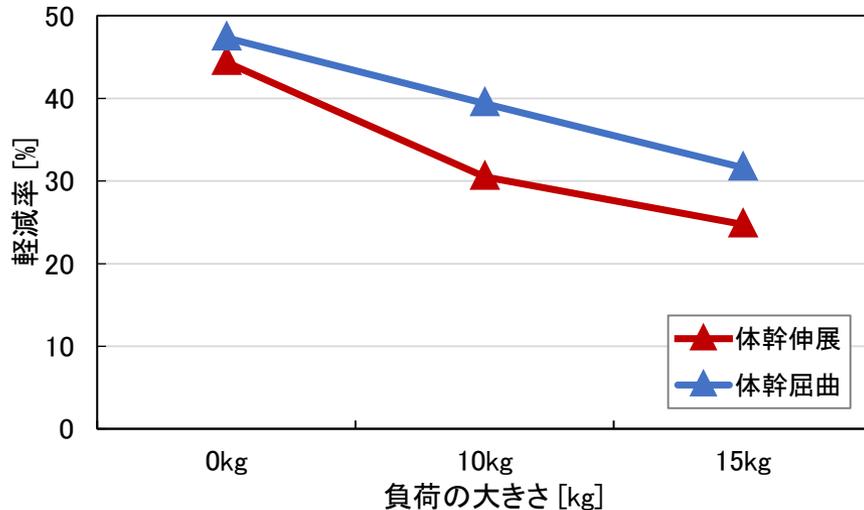


図12 脊柱起立筋の筋活動量軽減率

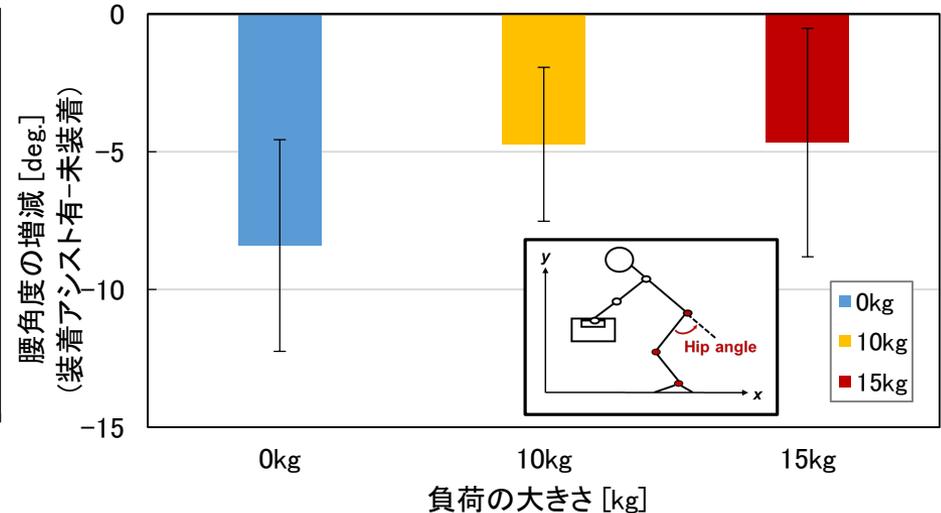


図13 腰部角度の増減

アシストスーツを装着することにより、体幹屈曲角度は増加する



屈曲弛緩現象 (Flexion-relaxation phenomenon) が促進され、  
屈曲時の脊柱起立筋の筋活動量の軽減率が大きくなっていると考えられる



## 評価結果のまとめ

パワーアシストスーツの装着することによる作業姿勢の変化と腰部負担の軽減効果(関節トルク、表面筋電図)について評価を行った



### 評価結果 ①: 作業姿勢と関節トルクの評価

作業姿勢は装置の装着により、未装着時に対してStoop法になりやすいが、腰部トルクは軽減し、腰部負担が軽減する

### 評価結果 ②: 表面筋電図を用いた評価

- ✓ 負荷によっては装置の自重が負荷に対してカウンターバランスのような効果になり筋活動量が減少する
- ✓ アシスト力を付与することで、脊柱起立筋の筋活動量は有意に減少する



## まとめ

### まとめ

- ✓ ロボット技術の概要
- ✓ 徳島県のロボットの研究開発の概要
- ✓ パワーアシストスーツ(One-moter方式)の開発
- ✓ 開発品の支援効果の評価(作業姿勢、関節トルク、表面筋電図)

### 今後の課題

- ✓ 県内企業による製品化・量産化体制の構築



# ご静聴ありがとうございました

本研究の一部は、公益財団法人JKAより助成を頂きました