

楽暮を実現する軽労化技術

機能拡張可能な簡易型軽労化軽労化[®]スーツ スマートスーツ[®]EX



「軽労化」は(株)スマートサポートの登録商標です。
(以下、®を省略します)

田中孝之

(株)スマートサポート la-classy.net

軽労化研究会 keiroka.org



楽暮 - La Classy -

自動化，増力化と軽労化

軽労化技術とは？

人がおこなう作業において**疲労**，**労力を軽減**する技術



Robot / Machine

無人



Powered Suit



Smart Suit



有人

自動化
Automation

人がいなくても
できるようにする

増力化
Enhancement

人ができないことを
できるようにする

軽労化
Fatigue Reduction

人ができることを
楽にできるようにする



新たな軽労化技術の概念

アシスト技術

単に楽になるだけで良いのか？

軽労化技術の課題

- 運動・感覚能力に応じたアシスト
- 可塑性・適応力に応じたアシスト

3Sアシストの提唱

- **Secure** **安全な**アシスト
- **Sustainable** **身体機能を維持**するアシスト
- **Subliminal** 感覚を鈍らせない、**さりげない**アシスト



<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

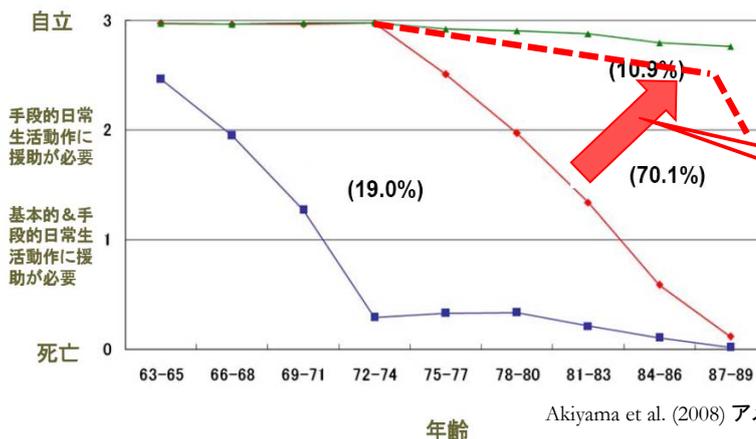
3

軽労化技術で支える軽労化社会

高齢者の
積極的な社会参加



いつまでも生きがいを持って働き、
生活できる軽労化社会を目指す。



人生の最後まで可能な
限り自立度を維持する
→ 軽労化社会のねらい

Akiyama et al. (2008) アメリカ老年学会年次大会より抜粋し改編



<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

4

腰痛と医療費

		疾病分類名	件数	日数	医療費
入院	男性	1303:脊椎障害(脊椎症を含む)	157,569	2,457,701	92,891,659,000
		1304:椎間板障害	54,855	661,669	24,754,413,360
		1305:頸腕症候群	811	11,825	237,276,110
		1306:腰痛症及び坐骨神経痛	17,511	232,484	4,970,850,810
	女性	1303:脊椎障害(脊椎症を含む)	171,102	3,007,368	89,957,334,280
		1304:椎間板障害	33,656	448,018	14,804,563,000
		1305:頸腕症候群	1,820	32,246	500,410,550
	小計	1306のみ	54,943	778,911	14,945,425,700
		1304+1306	143,454	1,888,598	54,504,402,060
	合計		474,756	7,397,738	238,091,082,000
入院なし	男性	1303:脊椎障害(脊椎症を含む)	7,417,108	27,928,451	93,251,334,140
		1304:椎間板障害	2,983,180	9,361,301	34,022,211,750
		1305:頸腕症候群	570,691	1,518,134	5,628,684,900
		1306:腰痛症及び坐骨神経痛	2,309,159	5,996,206	23,428,283,760
	女性	1303:脊椎障害(脊椎症を含む)	10,454,919	34,293,125	132,399,896,210
		1304:椎間板障害	3,182,808	9,794,726	36,874,257,830
		1305:頸腕症候群	1,308,302	3,166,400	12,275,743,930
	小計	1306のみ	5,928,556	14,769,905	60,123,665,870
		1304+1306	12,094,544	33,925,932	131,020,135,450
	合計		31,845,564	100,832,042	374,575,794,630

H23年度厚生労働省医療給付実態調査



<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

北海道発の軽労化技術



スマートスーツ 特許技術

柔らかく軽いストレッチ素材などの弾性体が発生する力を作業姿勢や動作から最適なアシスト・パワーに変換するセミアクティブ・アシスト・システムを実装した装着型の筋力補助装置です。使用者の身体に無理な力を加えず、動作を妨げたり制限しないため幅広い用途での応用が期待されています。

- ※ 日本学術振興会科学技術研究費(2006-2007)による成果、北海道開発局調査事業、デサントスポーツ科学などによる助成。
- ※ 消防庁長官賞、JSME北海道支部研究技術賞など受賞



スマートスーツ・ライト 特許技術

スマートスーツのコンセプトはそのままに、センサーとモータを取り外したエントリーモデル。作業の内容によってアシスト・パワーの調整を手動で行う事ができます。さらに腰を深く屈めるほどコルセットのように体幹を引き締め、安定化させる効果を得ることができます。

- ※ NEDO福祉用具実用化開発推進事業(2009~2010)に採択され、現在、介護・福祉用モデルを開発中。
- ※ 北海道福祉のまちづくり賞受賞

UDスコップ



除雪作業における上半身の過度な前屈や側屈方向負荷のアンバランスを低減することを目的に、S字状に大きく屈曲する柄形状を有するスコップです。筋負担、疲労を軽減する効果があります。

- ※ グッドデザイン賞受賞



<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

北海道発の軽労化技術

スマートスーツ



柔らかく軽いストレッチ素材などの弾性体が発生する力を作業姿勢や動作から最適なアシスト・パワーに変換するセミアクティブ・アシスト・システムを実装した装着型の筋力補助装置です。使用者の身体に無理な力を加えず、動作を妨げたり制限しないため幅広い用途での応用が期待されています。

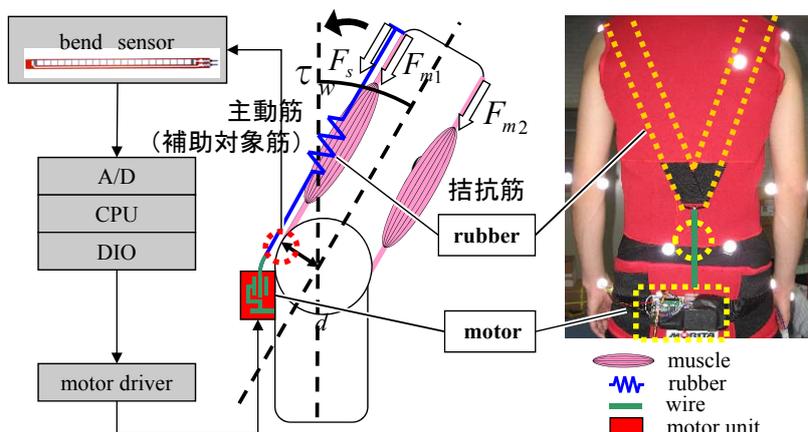


<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

7

セミアクティブアシスト機構



$$\tau_w = d(F_s + F_{m1} - F_{m2})$$

$$F_s = K(\delta_s + d\theta)$$

K : 弾性材バネ定数
 δ_s : ワイヤ巻き取り量=制御量



弾性材(補助力源) + モータ(補助力調整機構) =
セミアクティブアシスト機構

基本的にはパッシブなアシスト機構 (= サポータ)
 補助力を調整するためのアクティブな機構

2006年9月 特許出願
 2009年7月 特許化
 消防庁長官賞(奨励賞),
 JSME北海道支部技術賞など受賞



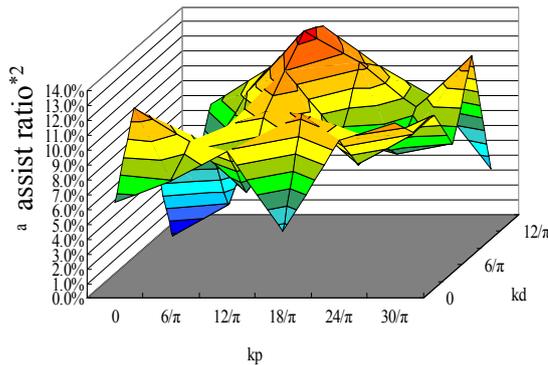
<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

8

モーションベースドアシスト技術

2008年10月 特許出願



調整したゲインでアシスト効果が最大

背筋の負担を最大40%軽減
腹筋への負荷を0%まで除去



<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

9

実フィールド試験用スマートスーツ



様々な農作業をアシスト



Smart Suit ver.11



<http://www.la-classy.net>



Smart Support Technology

10

スマートスーツのフィールド試験

2012年9月4～5日

北海道野付郡別海町 臼井牧場



- 立ち作業から、しゃがみこみまでの動作では、
脊柱起立筋は**最大30%負担軽減**された。
- 大腿四頭筋は**最大80%負担軽減**された。
- しゃがみこみや立ちあがる動作に対応できていない。

多様な農作業の各動作に分類して評価する必要性



<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

11

北海道発の軽労化技術

スマートスーツ・ライト

スマートスーツのコンセプトはそのままに、センサーとモータを取り外したエントリーモデル。作業の内容によってアシスト・パワーの調整を手動で行う事ができます。さらに腰を深く屈めるほどコルセットのように体幹を引き締め、安定化させる効果を得ることができます。

※ NEDO福祉用具実用化開発促進事業(2009～2010)に採択され、現在、介護・福祉用モデルを開発中。

※ 北海道福祉のまちづくり賞受賞



<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

12

スマートスーツ・ライト

Dual Back Support Technology



弾性材を補助力源として、同時に筋力補助と体幹安定化補助を実現



特許第4496398



<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

腰部疾患：腰痛症

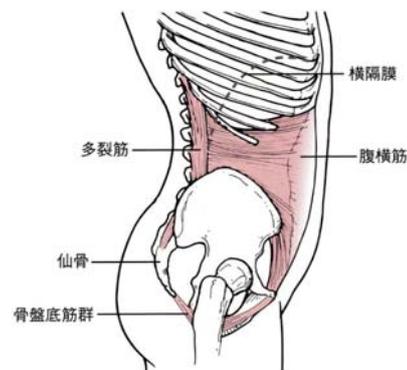
● 腰痛症

腰痛を呈する疾患の総称
うち9割がいわゆる腰痛症(慢性腰痛)*
生涯発生率50~80%
20~50代に多発

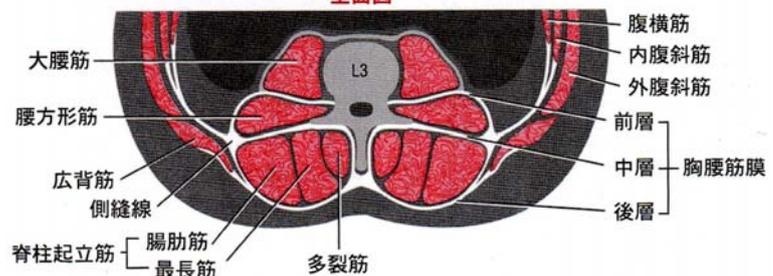
*器質的疾患, 神経学的脱落所見なし

● 腰痛症の主な原因

- 1) 姿勢性腰痛
- 2) 筋-筋膜性腰痛
筋疲労・損傷, 強緊張
- 3) 椎間板性腰痛
- 4) 椎間関節性腰痛
椎間内圧亢進



上面図



<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

腰部疾患：腰痛症

● 腰痛症

腰痛を呈する疾患の総称

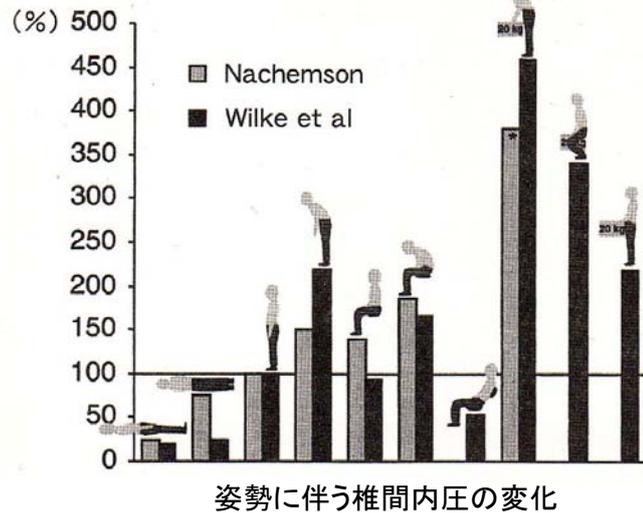
うち9割がいわゆる腰痛症(慢性腰痛) * 器質的疾患, 神経学的脱落所見なし

生涯発生率50~80%

20~50代に多発

● 腰痛症の主な原因

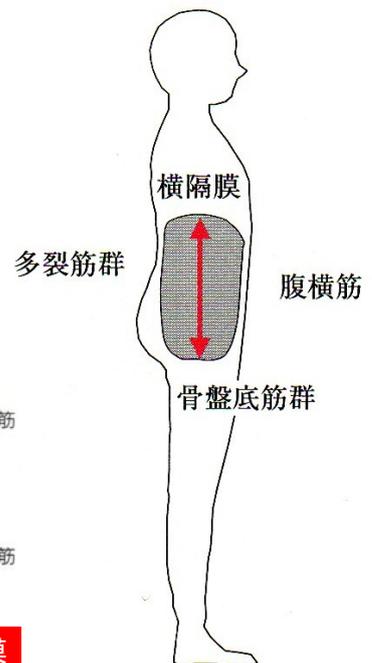
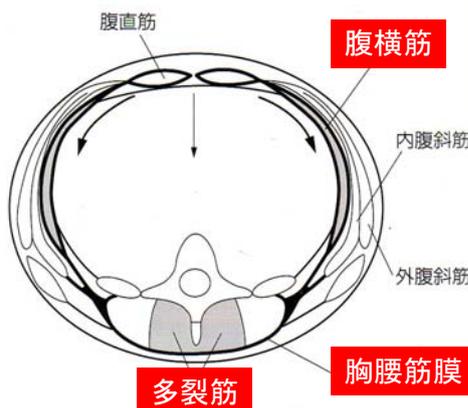
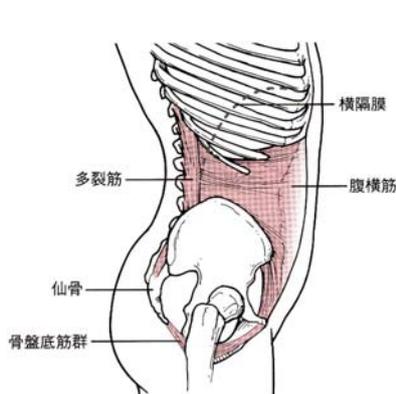
- 1) 姿勢性腰痛
- 2) 筋-筋膜性腰痛
筋疲労・損傷, 強緊張
- 3) 椎間板性腰痛
- 4) 椎間関節性腰痛
椎間内圧亢進



ローカル筋群による体幹安定化

- ローカル筋群は一つのユニットとして腰部骨盤帯の長軸方向への支持性(安定性)を高める
- 特に腹横筋, 多裂筋, 胸腰筋膜によりコルセットの役割をはたす

➔ コルセット効果+筋力補助



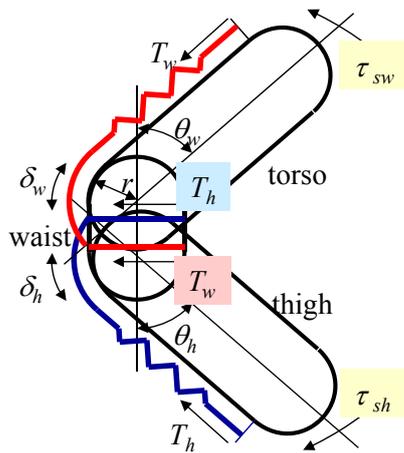
腰まわり締め付け力

腰まわり締め付け力(体幹安定化)

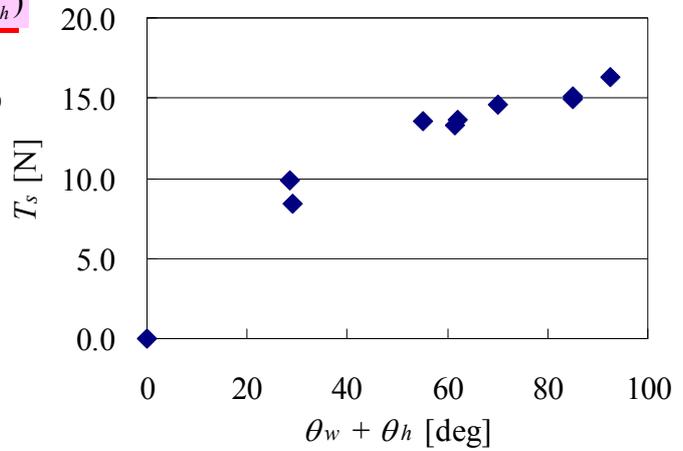
$$T_s = T_w + T_h = K(\delta_w + \delta_h) = Kr(\theta_w + \theta_h)$$

弾性特性を実測

関節角度と伸びの
関係を実測



腰屈曲と腰まわり締め付け力の関係
(20代成人男性被験者の例)



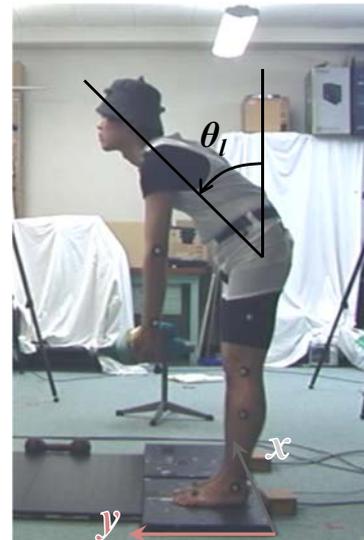
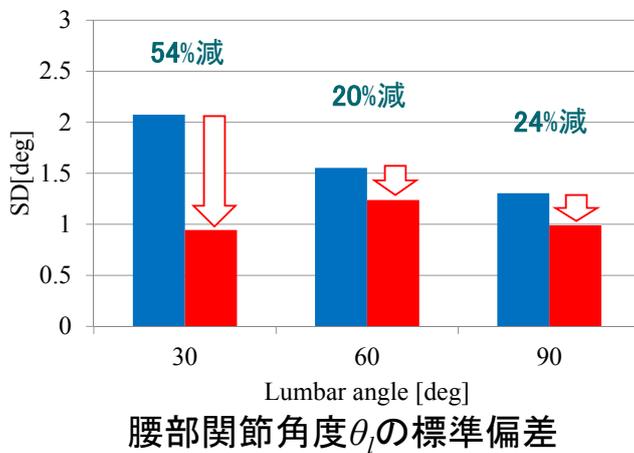
腰の屈曲に対して、ほぼ線形的に腰まわり締め付け力が増加

➡ 無理な姿勢ほど大きなコルセット効果



体幹安定性の向上

■ 締め付け力なし ■ 締め付け力あり



スマートスーツ・ライトの評価

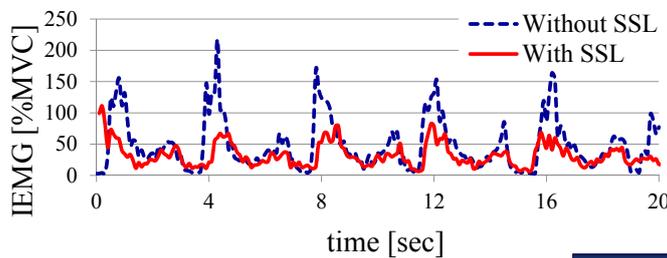
H21-22年度NEDO福祉用具実用化開発推進事業



補助効果検証用サンプル



北海道大学における効果検証実験



被験者	補助率[%]
男子学生A	30.5 ± 3.2
男子学生B	11.5 ± 6.9
介護職女性	31.1 ± 2.1
AVERAGE	24.7

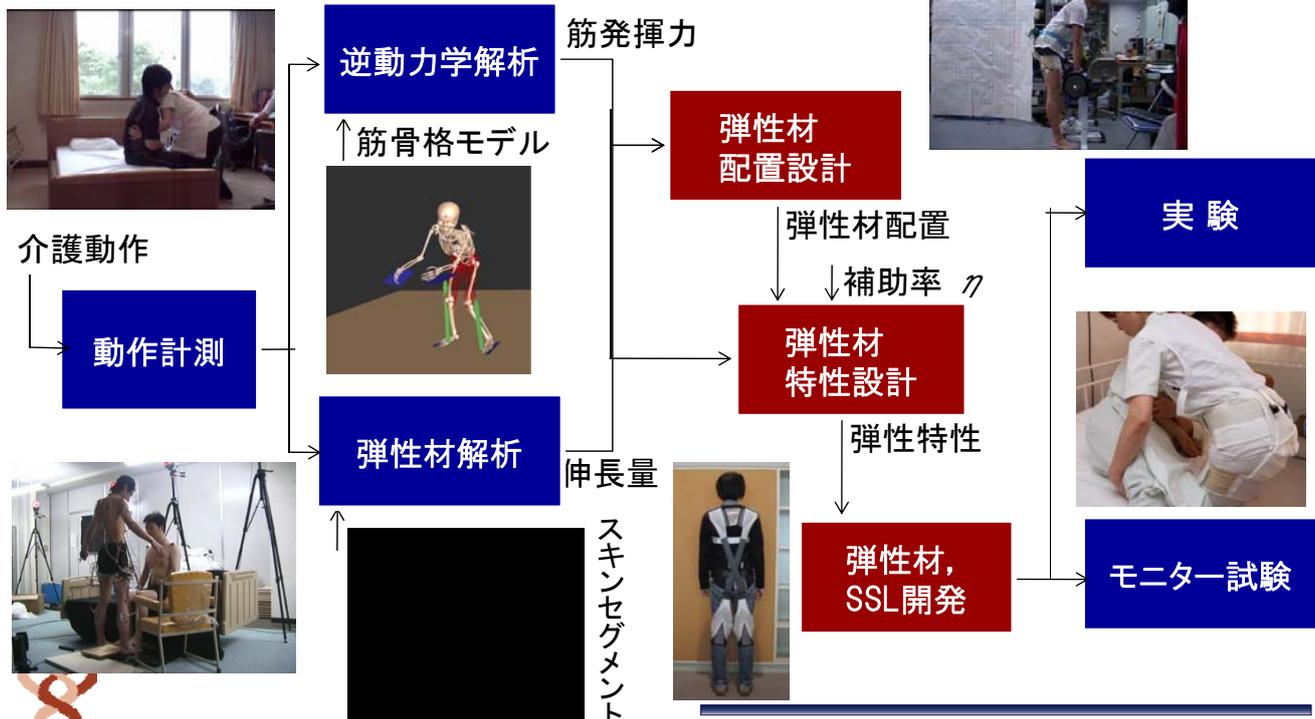


<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

スマートスーツ・ライト設計技術

H21-22年度NEDO福祉用具実用化開発推進事業



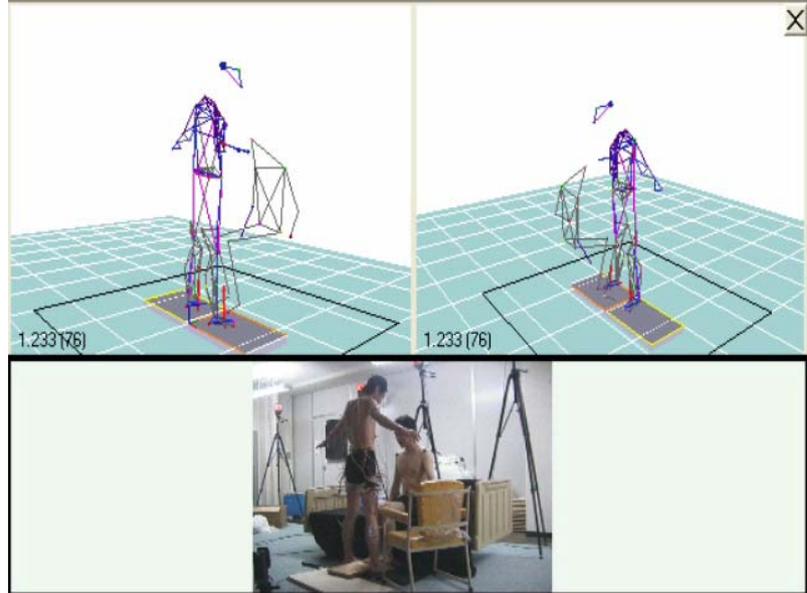
<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

介護動作の3次元動作計測と解析



MAC3Dシステム(カメラ15台)によるベッドからの移乗介助計測
Cortexによる動作解析



<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

SIMMによる逆動力学解析

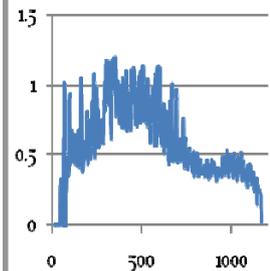
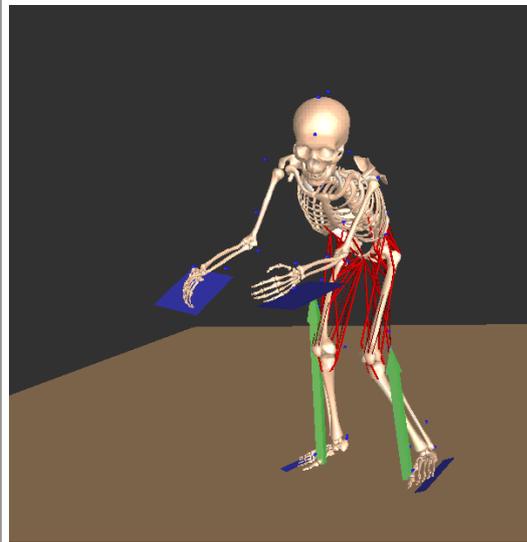


3次元計測

手先負荷
力センサにより計測

	左手	右手
体位変換	37	41
抱き起こし	190	370
移乗	78	78

筋骨格モデル
骨, 筋肉, 靭帯, 腱



筋発揮力
モーメントアーム

筋骨格モデルシミュレータ SIMM



<http://www.la-classy.net>

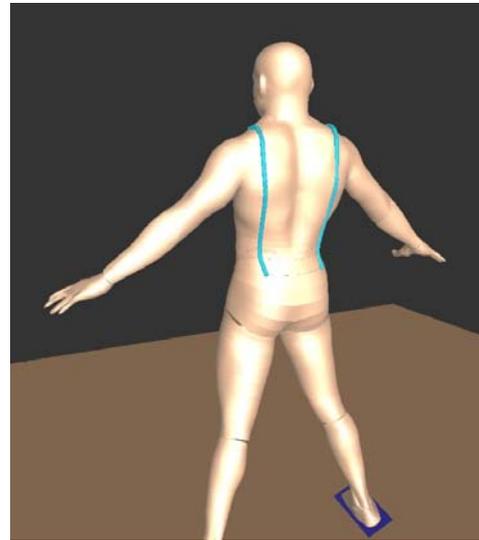
Smart Support Technology

体表面伸縮のモデル化



スキン セグメント・モデル

- 姿勢と体表面の変形をモデル化
- セグメント間の隙間＝体表面の伸び



姿勢変化 $\theta_l = [\theta_{lx} \ \theta_{ly} \ \theta_{lz}]^T$



弾性材伸長量 \propto 体表面伸び



弾性力 $T = k\delta$

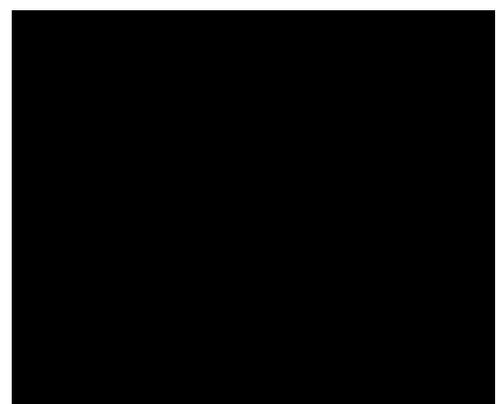
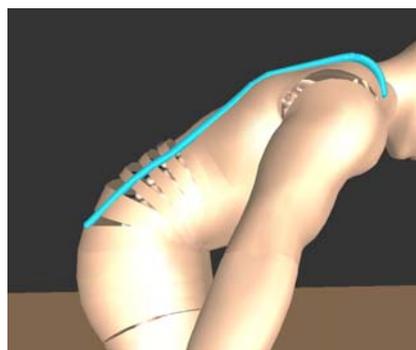
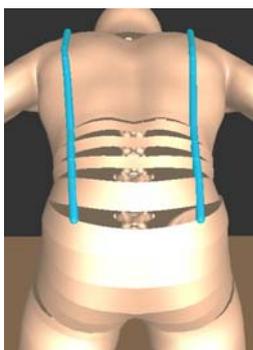


<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

23

弾性材の特性・配置の最適化

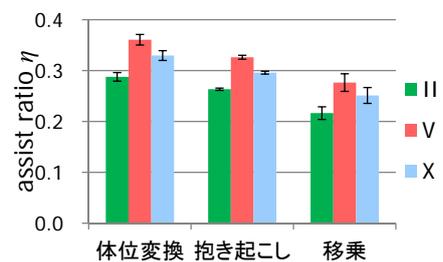
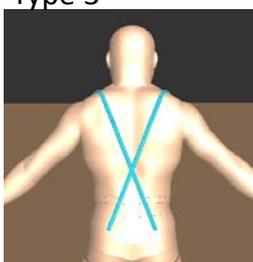
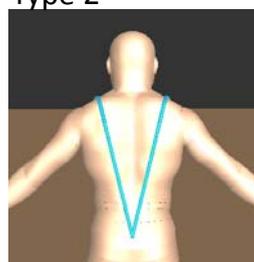
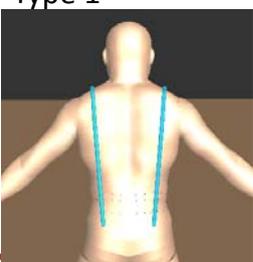


筋骨格モデルシミュレータへの皮膚セグメントの取り付け

Type 1

Type 2

Type 3



<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

24

スマートスーツ・ライトの評価

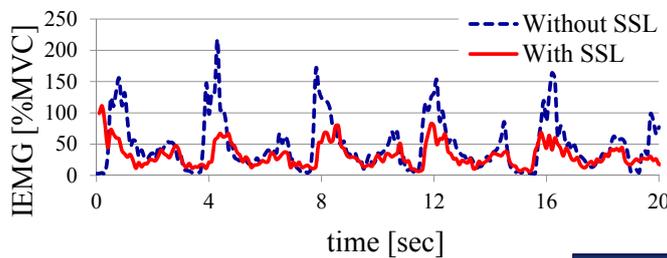
H21-22年度NEDO福祉用具実用化開発推進事業



補助効果検証用サンプル



北海道大学における効果検証実験



被験者	補助率[%]
男子学生A	30.5 ± 3.2
男子学生B	11.5 ± 6.9
介護職女性	31.1 ± 2.1
AVERAGE	24.7



<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

25

ヒューマノイドロボットによる評価

■対象動作
正前屈動作

■動作
位置制御により
SSLありとなしで
同じ動作を行う

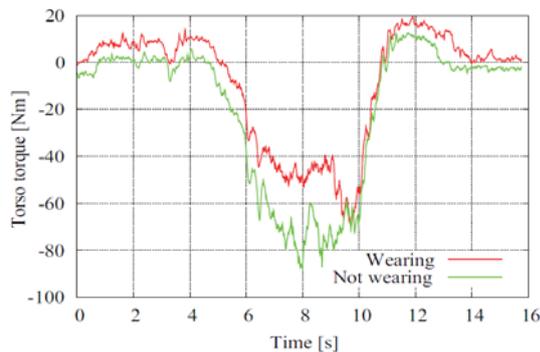


Fig. 11. Measured torso torque with and without Smart Suit.

【産総研開発】

HRP-4C 『未夢』

- 身長158cm
- 体重43kg(バッテリー含む)
- 特徴

腰3自由度, 首3自由度, 顔3自由度であり, モーションキャプチャーで計測した人間の動きを参考に人間に極めて近い動作を実現している。

TABLE I
MAXIMUM ABSOLUTE TORQUES DURING MOTION

		torso pitch	hip pitch	
			right	left
With Smart Suite	Mean	68.9	60.3	64.8
	Std. dev.	1.0	1.6	1.7
Free Motion	Mean	92.2	65.5	69.4
	Std. dev.	4.4	1.3	1.9

Unit: [Nm]

SSL着用によりトルクが23.3Nm減少(約25%)



<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

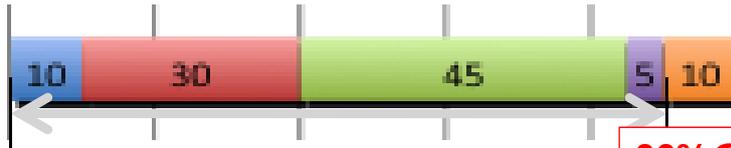
26

介護用スマートスーツ・ライト臨床試験

H21-22年度NEDO福祉用具実用化開発推進事業

介護作業時に着用し、アンケート調査。

- 病院(札幌市内, 内科・リハビリテーション科)
- 被験者:介護職 20名(女性19名, 男性1名)
- 腰部負担の減少効果(5段階評価)



90%の被験者に腰部負担軽減効果

- 勤務前後の疲労感増加量(感覚量)を単位時間あたりで比較

非着用時	着用時	疲労感減少率[%]
4.2	2.7	65.0

疲労感の増加が65%抑えられた

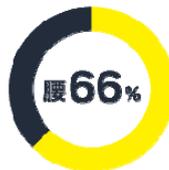


<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

27

介護用スマートスーツ・ライトの改良



介護作業により最も負担を感じる部位。



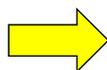
90%以上の方が、腰部の疲労軽減を実感。



体幹を引き締める効果

上体を引き上げる効果

暑さ, 蒸れ
擦れ, 圧迫感
着用の手間



素材の見直し
パッドデザインの見直し



<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

28

長期臨床試験

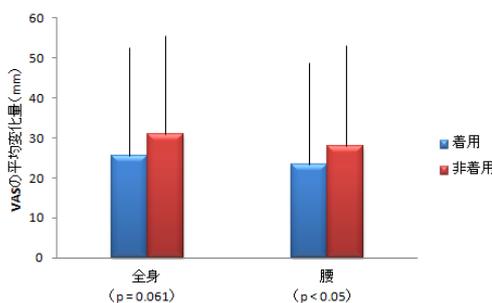
場所: 札幌市内特別養護老人ホーム
 期間: 4週間(着用2週間, 非着用2週間)
 被験者: 介護職30名(女性29, 男性1)



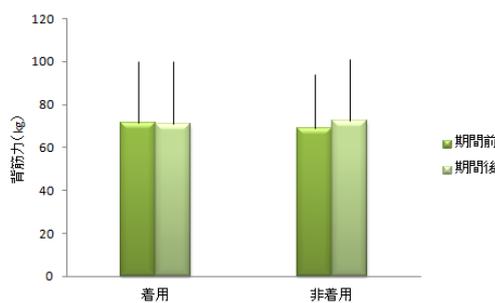
疲労感

全身 12.2%**軽減**(危険率6.1%)
腰部 13.6%**軽減**(危険率5%未満)

体力・筋力 変化なし



疲労感の変化



背筋力の変化



<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology

軽労化研究会

<http://keiroka.org/>

いつまでも生きがいを持って働き 楽しく暮らせる社会を目指して

さまざまな仕事の機械化、ロボット化が進む中、人だからできる仕事、人のぬくもりが必要な仕事は少なくありません。そのような仕事は、人々の生きがいとなり、日々の生活の糧となりますが、年齢とともに衰える体力で、離職せざるを得ない人が増えています。人の手による仕事の労力や、人の疲労を軽くし、いつまでも生きがいを持って働き、楽しく暮らせる社会を支える技術、これが「**軽労化技術**」です。

私たちは、誰もが安心して使える「軽労化技術」を研究・開発するだけでなく、「軽労化技術」によって労働意欲のある方の身体機能をサポートし、誰もが持続的に参画可能であるエイジフリーな「**軽労化社会システム**」の創造を目指します。



軽労化研究会 会長
 田中 孝之 (工学博士)
 株式会社スマートサポート
 技術顧問



<http://www.la-classy.net>

Smart Support Technology