

筋骨格系への負担を測定する ウェアラブルセンサ

大分大学 理工学部門
福永道彦

提案する新技術の概要

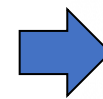
- ウェアラブルな装置で関節角度を測定する.
- ウェアラブルな装置で床反力を測定する.
- 関節角度と床反力をもとに、筋や関節にかかる負荷を計算する.
- 移動を伴う作業動作などについて、身体への負担の蓄積を定量的に評価できる.

本技術の特徴

- 身体負担の推定に必要な関節角度と床反力を、ウェアラブルな(小型な)装置で実現できること.
- 移動を伴う動作を想定していること.
- 単に測定だけでなく、身体負担の評価までを実施すること.

背景

- ・労働災害による腰痛の件数は1984年から2000年頃までに半減し、その後は維持の状況にある、しかし近年、保健衛生業において10年間で2.7倍という大幅増加がみられた。
- ・厚生労働省は2013年、19年ぶりに「職場における腰痛予防対策指針」を改定した。



背景

・看護労働者の腰痛

産業医学 *Jpn J Ind Health*, 1991; 33: 410-422

原著

看護婦の腰痛症発症にかかわる職業性 要因の疫学的研究

甲田 茂樹^{*1}, 久繁 哲徳^{*2}, 小河 孝則^{*1}, 車谷 典男^{*3}
出島 牧彦^{*3}, 宮北 隆志^{*4}, 小寺 良成^{*5}, 濱田 裕久^{*1}
中桐 伸五^{*6}, 青山 英康^{*1}

J. Lumbar Spine Disord.

日本腰痛会誌, 6 (1): 52-55, 2000

看護職員の腰痛アンケート調査からみた 腰痛の予防と対策

小久保安朗 前沢 靖久 古沢 修章
内田 研造 馬場 久敏

多施設共同研究による病棟勤務看護師の腰痛実態調査

藤村 宜史¹⁾, 武田 正則²⁾, 浅田 史成³⁾, 川瀬 真史⁴⁾
高野賢一郎⁵⁾, 澤田小夜子⁶⁾, 廣滋 恵一⁷⁾

¹⁾中国労災病院リハビリテーション科

²⁾吉備高原医療リハビリセンターリハビリテーション科

背景

・介護労働者の腰痛

高齢者介護施設における介護労働者の腰部負担

熊谷信二¹, 田井中秀嗣², 宮島啓子¹, 宮野直子¹,
小坂淳子³, 田淵武夫¹, 赤阪進¹, 小坂博¹,
吉田仁¹, 富岡公子¹, 織田肇¹

¹大阪府立公衆衛生研究所, ²大阪府立大学, ³大阪健康福祉短期大学



料

「労働安全衛生研究」, Vol. 1, No.3, pp.255-265, (2008)

介護者のための腰痛予防マニュアル —安全な移乗のために—†

岩切 幸^{*1} 外山 みどり^{*1} 高橋 正也^{*1} 木口 昌子^{*1} 平田 衛^{*1}
樋口 重和^{*2} 北原 照代^{*3} 埜田 和史^{*3} 久永 直見^{*4}

図2 電気角度計を装着したまま日常業務における一般介助, おむつ交換および入浴介助作業における腰椎の屈曲角度を連続的に測定した。一般介助と入浴介助の測定は, 周波数10 Hzで時間は30分間とした。あわせて両側傍脊柱筋の表面筋電図も測定した。

介護士の職業性腰痛の実態調査

伊藤 友一¹⁾ 武田 陽公²⁾

1) 腰痛の原因

ここでは, 介護者の腰痛の原因となる作業内容を示している。介助作業は, 要介護者を前かがみや中腰姿勢などで抱え上げたり支えたりする作業が多いため, 腰, 腕, 肩などに大きな負担となっている。なかでも移乗介助は, それらの動作や作業姿勢で行われることが多く, 腰痛などの筋骨格系障害を発症させる原因になっている。また, 介護者1人での移乗介助はもちろんのこと, 介護者2人での移乗介助においても腰部負担は大きく, 2人での介助でも問題は残る。

似たようなニーズへの対応

・看護師の身体負担チェック

人間看護学研究 3: 19-28 (2004)

16

論文

片麻痺模擬患者への 車椅子移乗援助に関する研究

—患者の安全・安楽・自立および
看護者の腰痛予防を考慮して—

伊丹君和¹⁾、藤田きみゑ²⁾、横井和美³⁾、久留島美紀子⁴⁾
森下妙子⁵⁾、豊田久美子⁶⁾、寄本 明⁷⁾、下野俊哉⁸⁾

¹⁾滋賀県立大学人間看護学部、²⁾滋賀県立大学国際教育センター、
³⁾医療法人石州会六日市病院

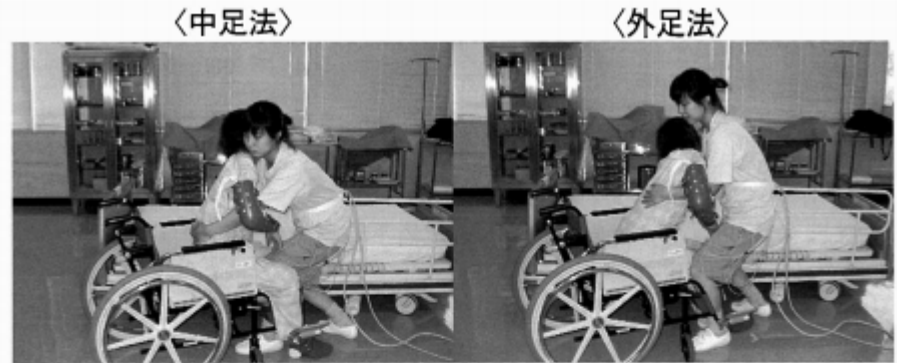


図1. 実験写真 (構えの状態)

抱き起こし動作に関する研究

—看護者の負担について—

○小野寺直樹 荒井博之 小川鑑一 池畑弘 (東京電機大学)
大久保祐子 (自治医科大学看護短期大学)

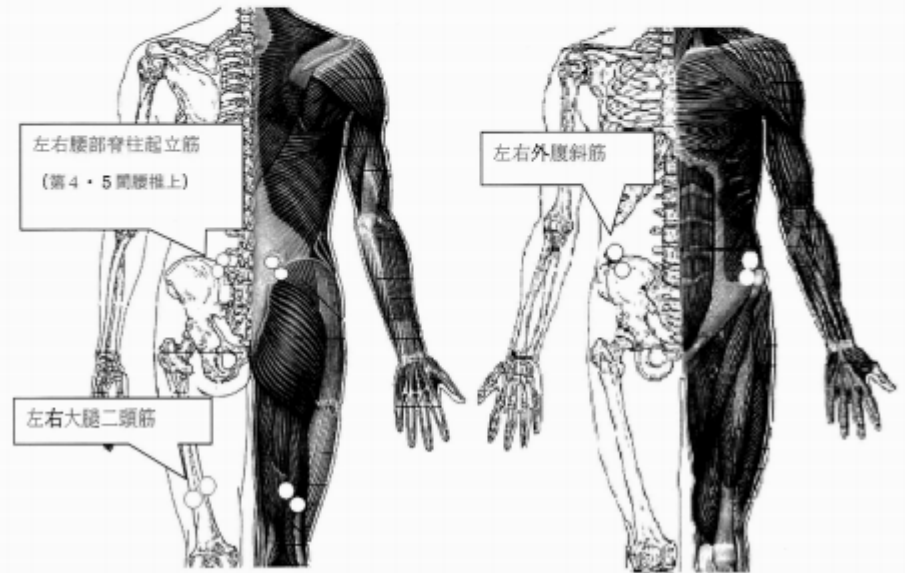


図2. 被験筋 (看護者) における電極添付部位

単一の動作に終始

似たようなニーズへの対応

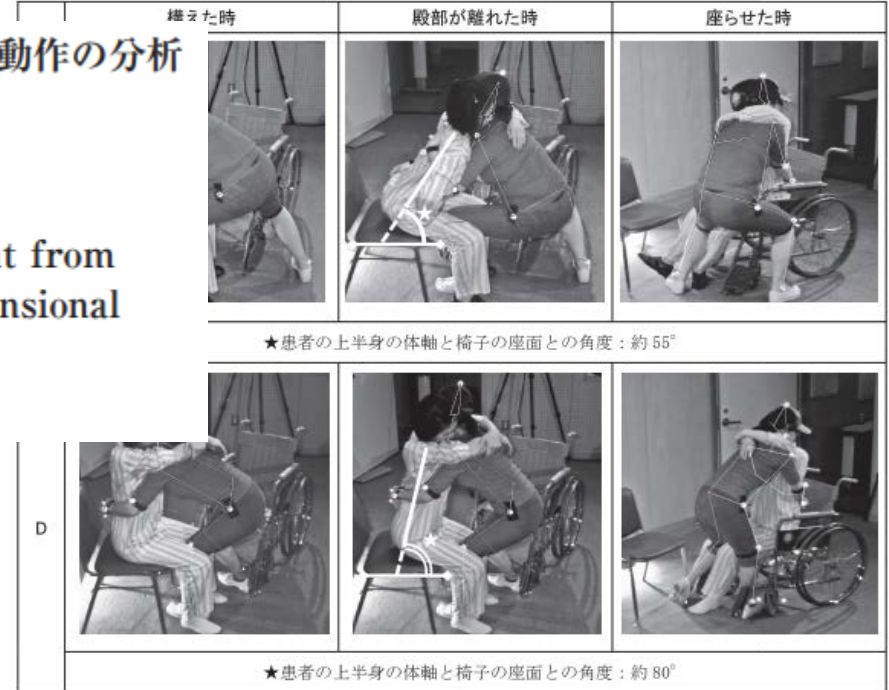
・看護師の身体負担チェック

三次元動作解析を用いた臨床看護師の車椅子移乗介助動作の分析

佐藤 美紀, 大津 廣子

An Analysis of Skills for Transferring a Patient from Bed to Wheelchair by Nurses using Three-dimensional Motion Analysis

Miki Sato, Hiroko Otsu



看護師は重心を低くしていたが、腰の高さは患者の腰より高く、かつ患者の方へ前傾した状態で患者を立ち上がらせていた。そのため患者が自分で立ち上がる姿勢を作ることはできておらず、患者の残存機能を活用できない状況であった。また、看護師の腰部負担が大きい姿勢となっていた。

単一の動作に終始

似たようなニーズへの対応

・看護師の身体負担チェック

報告

介助者負担軽減を目的とした寝返り介助ボードの
試作と有効性の検討

大塚 彰¹ 馬屋原 康高¹ 平井 秀雄¹
甲田 宗嗣¹ 伊藤 祥史¹ 富樫 誠二¹



Fig.3 寝返りボード「カンコロ君」



a. 挿入方法

b. 寝返り

Fig.4 カンコロ君の挿入手順と寝返り



Fig.1 紙屋らの方法



a

b

Fig.2 別法での寝返り

解決策・・・動作教育, 道具使用

本当にそうか？

- ・腰痛の原因は単一の動作か，負担の蓄積か

某製造工場における腰痛と作業姿勢及び生活習慣との関係

山本華代¹，神代雅晴¹，衛藤理砂²，藤井敦成³，赤築秀一郎⁴，鈴木秀樹¹

¹産業医科大学産業生態科学研究所人間工学教室，²東芝株式会社，³富士重工業株式会社，⁴ダイキン工業株式会社

強度の身体的負荷

~~長時間の静的作業姿勢
(拘束姿勢)~~

産業医学 16巻, Jap. J. Ind. Health, Vol. 16, 1974

原著

電気工事労働者の腰痛に関する衛生学的研究

第1編 腰痛の発症と経過に影響する要因について

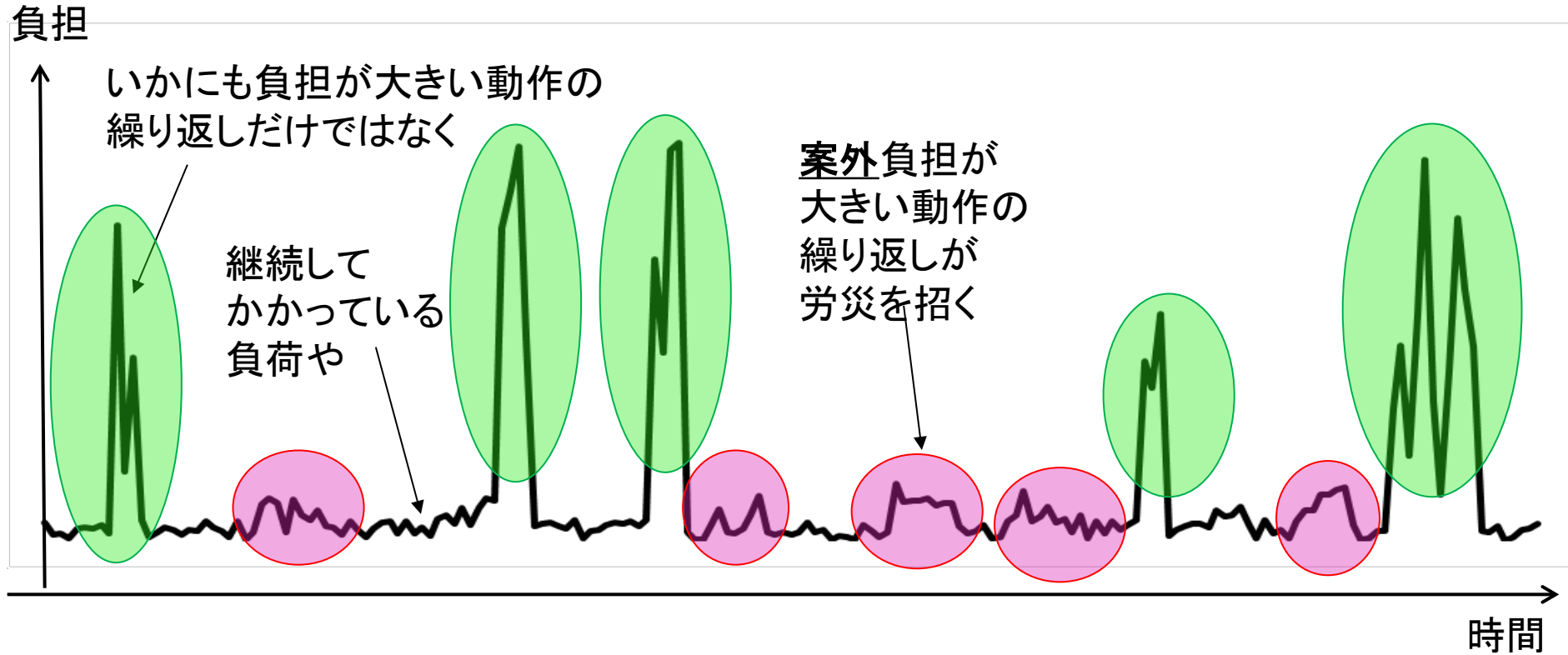
柳 楽 翼*

にわたって強要される重労働が主体となっているが、このような特異な作業形態によって、腰部を中心とした筋疲労が生じ、長期間にわたって蓄積することが、腰痛症多発の基盤を形成しているといえよう。

- ・単一の動作を見直すだけでは不十分
作業計画全体での負担の蓄積がポイント

本当にそうか？

- 腰痛の原因は単一の動作か，負担の蓄積か



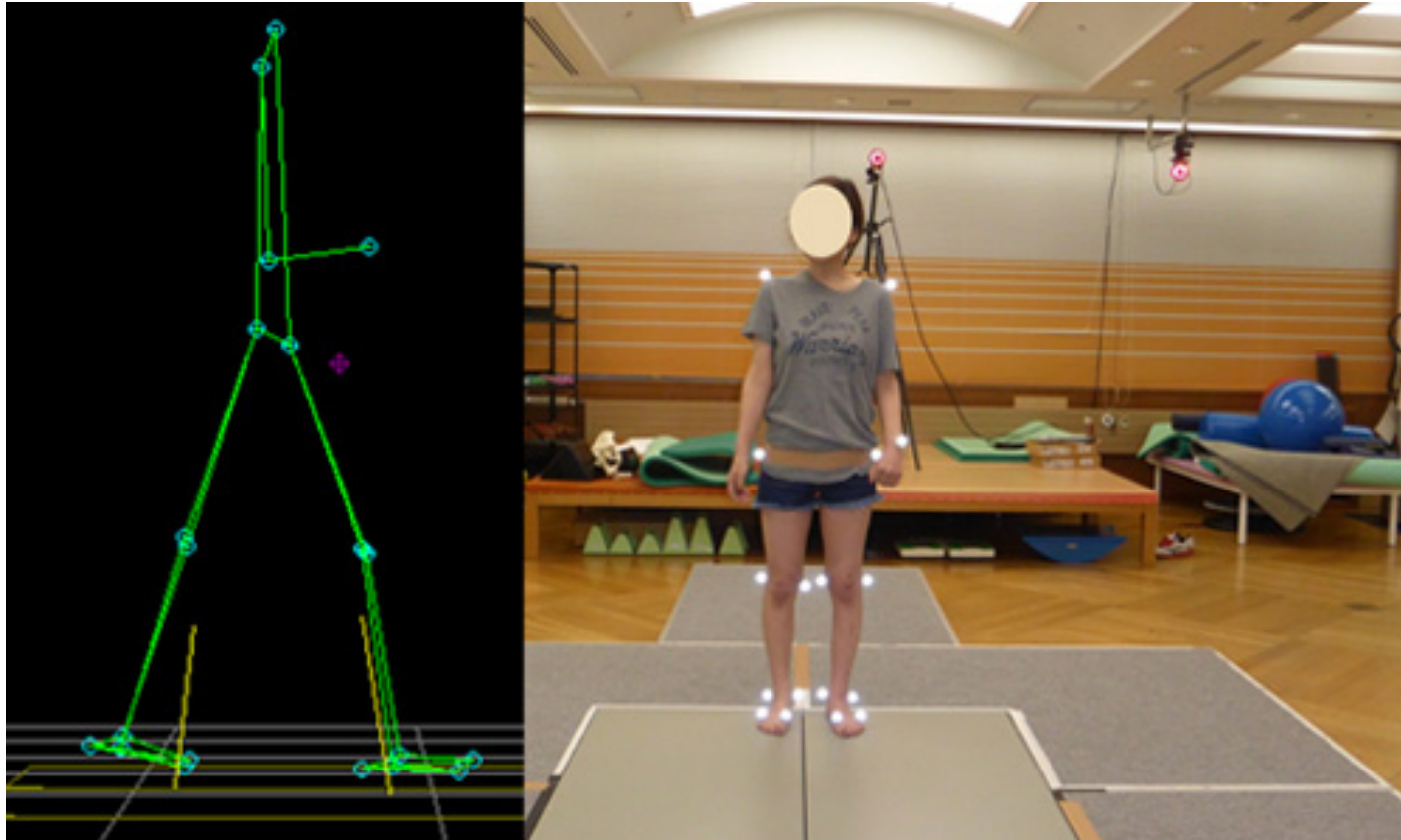
- 単一の動作を見直すだけでは不十分
作業計画全体として負担の蓄積を抑える

競合技術との比較

<動作測定について>

据え置き型，光学式のものが主流だが...

VICON 高精度だが高価，大掛かり

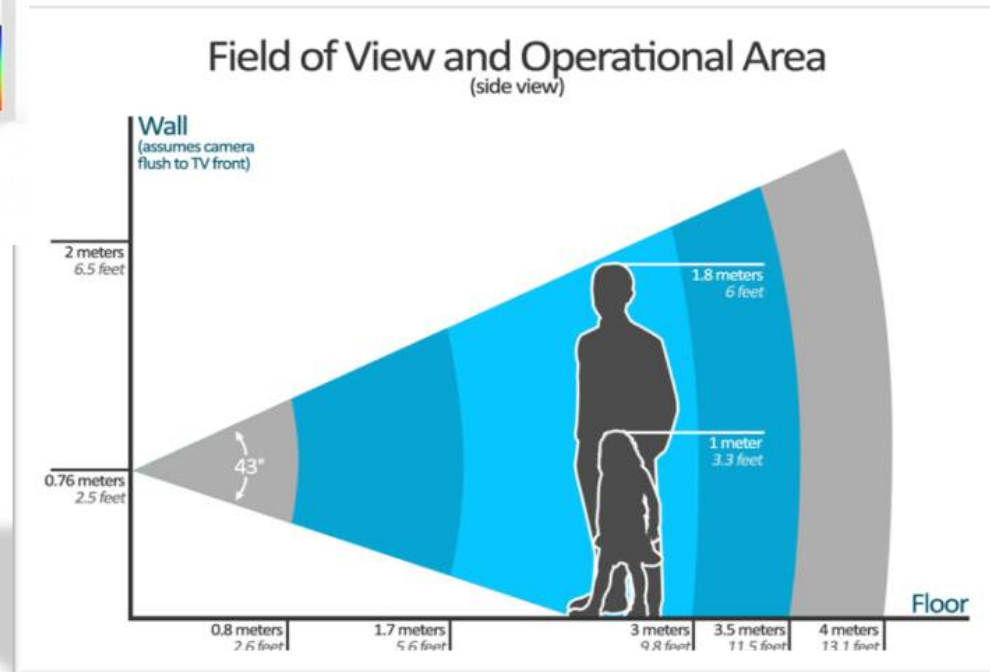


競合技術との比較

<動作測定について>

据え置き型，光学式のもの主流だが...

Kinect 安価だが測定範囲が狭い



競合技術との比較

<動作測定について>

ウェアラブル型は2005年くらいから？

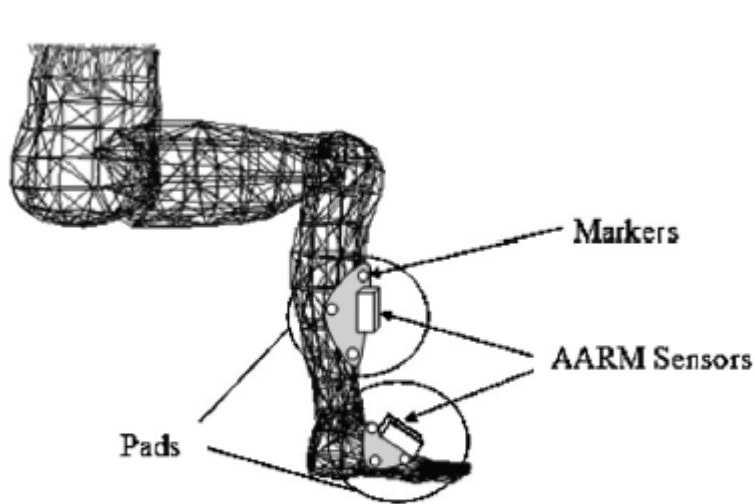


Fig. 3. Experimental set-up showing AARM sensor and Evert motion analysis marker placement for the evaluation of the proposed technique for joint angle measurement.



Journal of Biomechanics 40 (2007) 2604–2611

BIOMECH/

www.elsevier.com/locate/jl
www.JBiom

An inertial and magnetic sensor based technique for joint angle measurement

Karol J. O'Donovan^{a,*}, Roman Kamnik^b, Derek T. O'Keeffe^a, Gerard M. Lyons^a

^aBiomedical Electronics Laboratory, Department of Electronic and Computer Engineering, University of Limerick, Limerick, Ireland
^bLaboratory of Robotics and Biomedical Engineering, Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana, Ljubljana, Slovenija

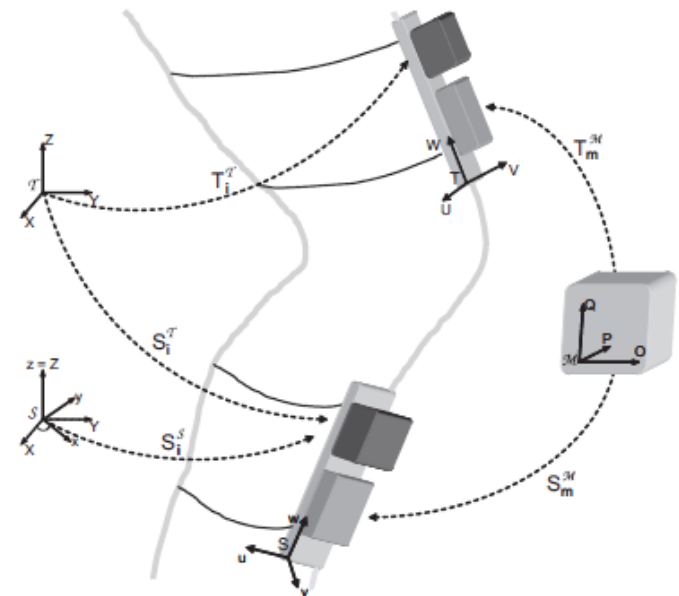


Fig. 2. Frames and orientations definition.

Ambulatory measurement of 3D knee joint angle

J. Favre^{a,*}, B.M. Jolles^b, R. Aissaoui^c, K. Aminian^a

^aEcole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Laboratory of Movement Analysis and Measurement (LMAM), Lausanne, Switzerland

^bCentre Hospitalier Universitaire Vaudois and University of Lausanne, Département de l'Appareil Locomoteur (DAL), Lausanne, Switzerland

^cEcole de Technologie Supérieure, Laboratoire de recherche en imagerie et orthopédie (LIO), Montreal, Canada

競合技術との比較

<動作測定について>

ウェアラブル型は2008年くらいから？

例：H-Gait 北海道大学



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Biomechanics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jbiomech
www.JBiomech.com



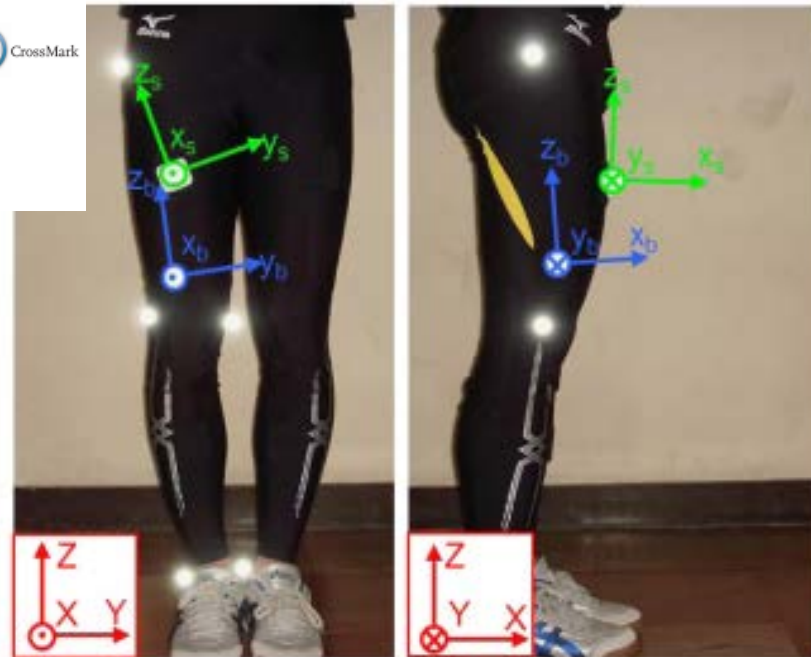
Gait characterization for osteoarthritis patients using wearable gait sensors (H-Gait systems)

Shigeru Tadano^{a,*}, Ryo Takeda^a, Keita Sasaki^b, Tadashi Fujisawa^b, Harukazu Tohyama^c

^a Division of Human Mechanical Systems and Design, Faculty of Engineering, Hokkaido University, Sapporo, Japan

^b Division of Human Mechanical Systems and Design, Graduate School of Engineering, Hokkaido University, Sapporo, Japan

^c Faculty of Health Sciences, Hokkaido University, Sapporo, Japan



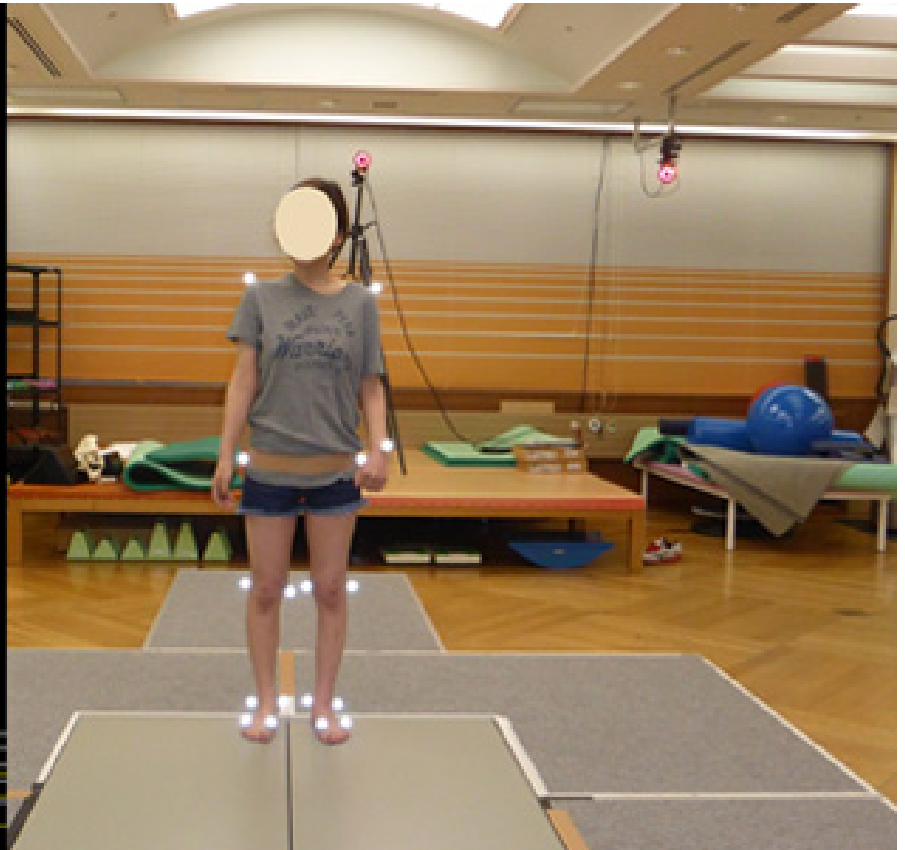
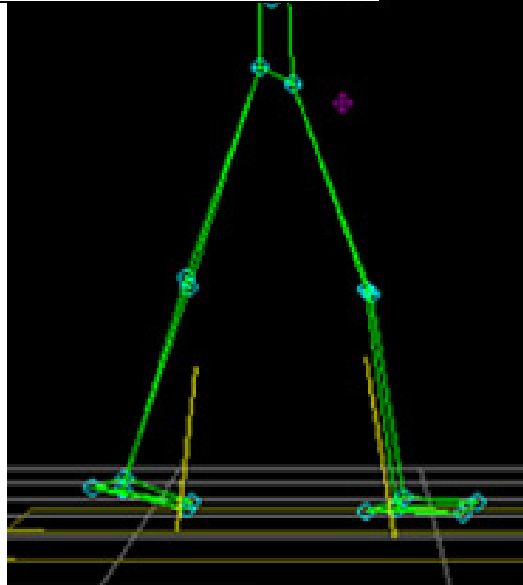
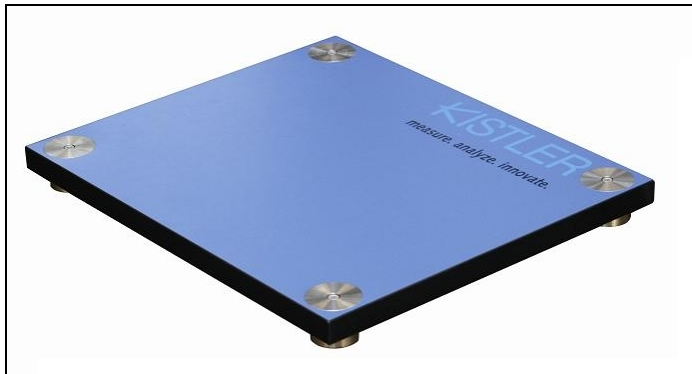
Frontal view

Side view

競合技術との比較

<外力測定について>

・従来型の床反力系



競合技術との比較

<外力測定について>

- ・小型床反力系を使う方法
- テック技販, 高知工科大学

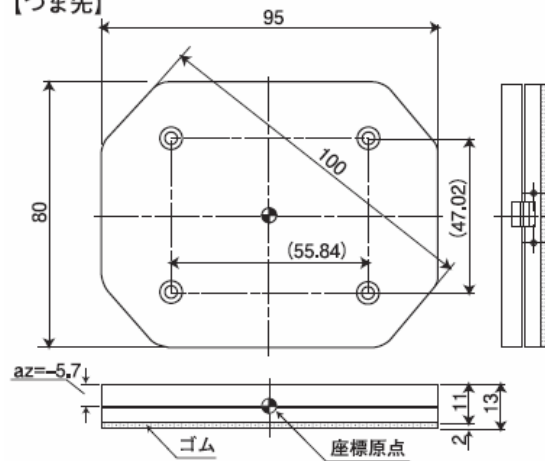
バイオメカニズム学会誌, Vol. 36, No. 4 (2012)

ショートペーパー

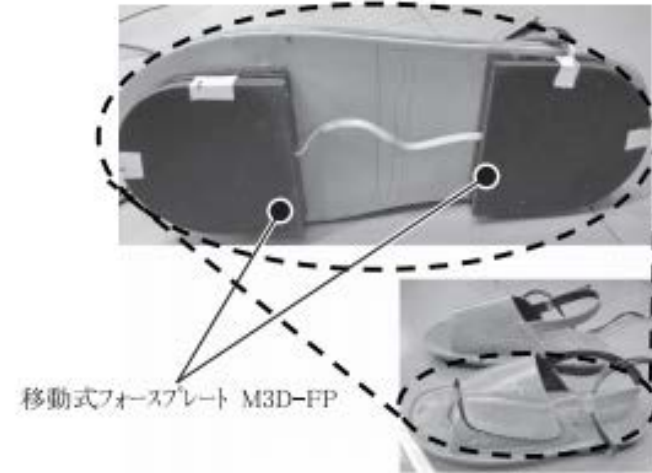
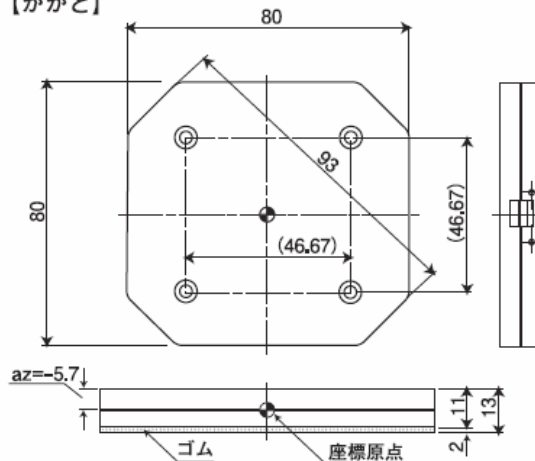
移動式フォースプレートの開発 -柔軟でウェアラブルな床反力センサー-

井上喜雄^{1†} 劉 涛¹ 足立 渡² 芝田京子¹ 塩島康造³ 辻内伸好²
¹高知工科大学 ²同志社大学 ³(株)テック技販

M3D-EL-FP 外観図
【つま先】

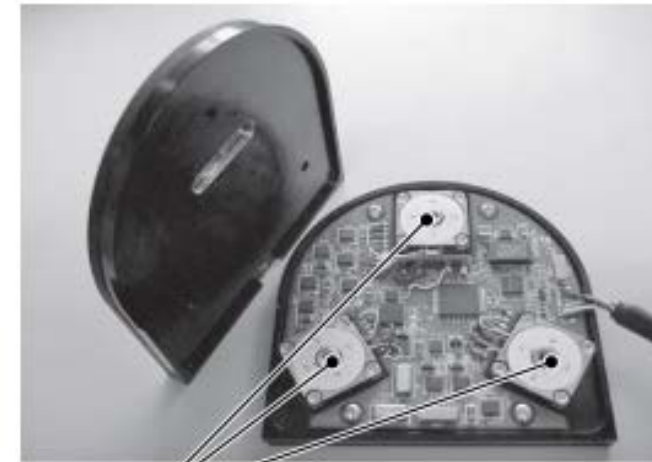


【かかと】



移動式フォースプレート M3D-FP

図1 履物と一体化したウェアラブル床反力センサ



3軸力センサ

図2 移動式フォースプレート M3D-FP の内部

競合技術との比較

<外力測定について>

・圧力センサを使う方法

神戸大学

生体医工学
49(1) : 245-249, 2011

研究速報

薄型フォースセンサの基本性能評価と
足底荷重計測への応用

中園 貢盛*・福田 博也*

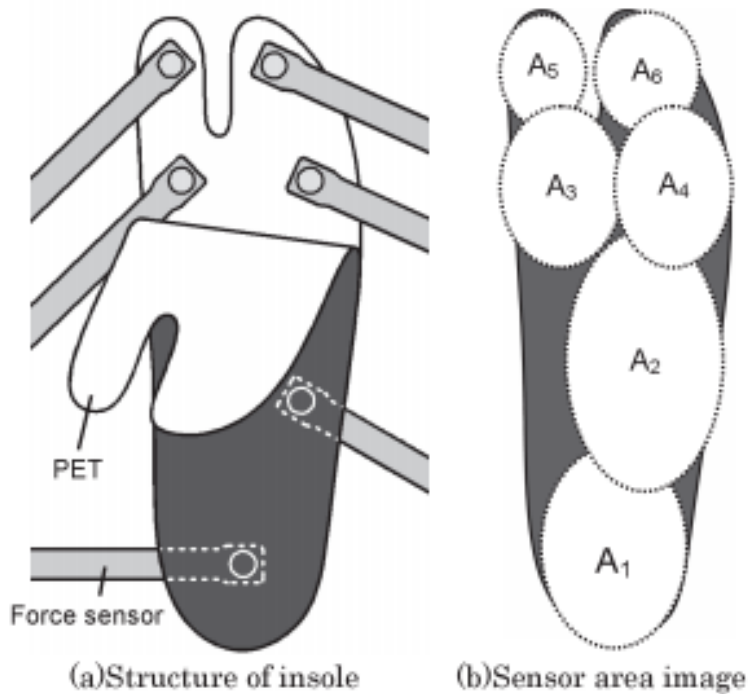


図7 足底荷重計測インソール

Fig. 7 Plantar pressure measurement insole.

競合技術との比較

<下肢内力の推定について>

Author(s)	Activity	Number of subjects	Mean weight (kg)	Knee angle (deg)	Mk (Nm)	Fcp (N)
Bresler & Frankel 1950	Level walking	4	71	20	60	840
Radcliffe 1962	Level walking	4	-	20	61	850
Morrison 1968	Level walking	1	-	-	35*	490
Boccardi et al. 1981	Level walking	1	65	-	60*	840
Winter 1980	Level walking	1(1)	-	-	45*	830
Winter 1983	Jogging	11	72	50	210	5000
Andriacchi et al. 1980	Ascending stairs	10	71	65	54	1500
Andriacchi et al. 1980	Descending stairs	10	71	60	147	4000
Lindahl et al. 1969	Isometric max	12	-	60	225	6100
Smidt 1973	Isometric max	26	82	60	120	3400
Wahrenberg et al. 1978	Kicking	6	76	100	180	5800
Kelley et al. 1978	Rising from chair	6(3)	-	90	110	3800
Schüldt et al. 1983	Rising from squat	9(5)	63	105	70	2500
Ericson et al. 1985b	Bicycling	6	71	29	79	880
Study I	Lifting	7	77	90	50	1600
Study II	Machine milking	10(4)	72	108	31	1100
Study III	Isometric max	10(4)	72	90	198	6900
Study V	Parallel squat	3	146**	120	455	14900
Study VI	Isokinetic knee ext	8	72	70	284	8300

* Knee flexion angle of 20 deg was used

** The body weight was simulated

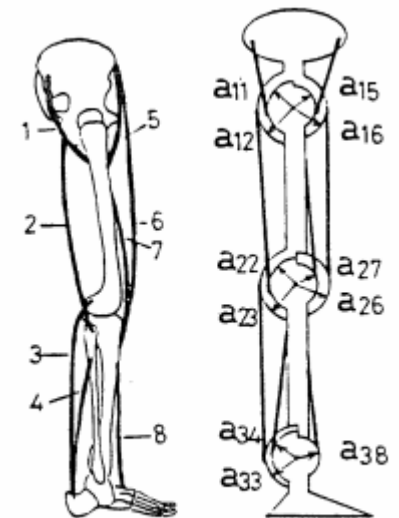
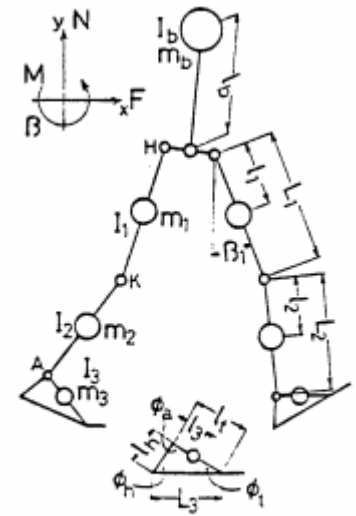


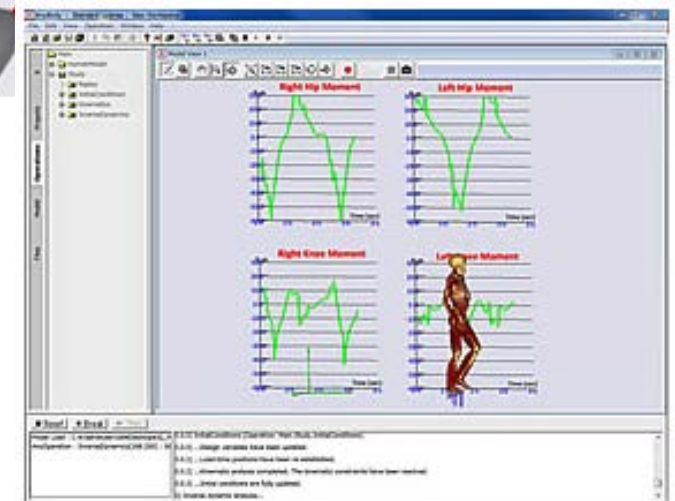
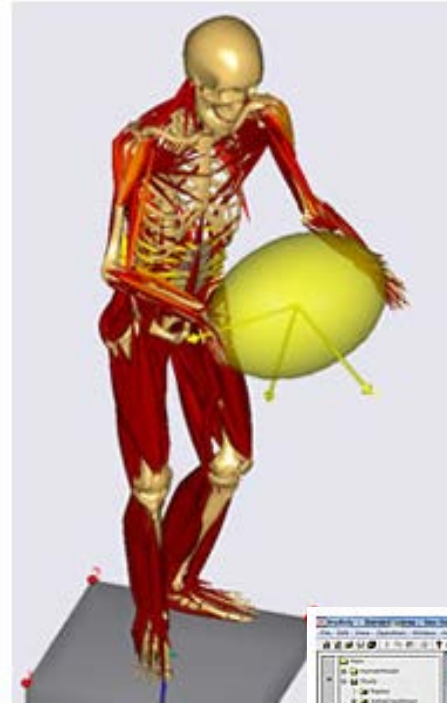
図4 筋骨格モデル

競合技術との比較

<下肢内力の推定について>

—筋骨格モデリングシミュレーション—

ANYBODY™



競合技術との比較

<下肢内力の推定について>

- ・ブラックボックスで使うのは危険だが、
中身は複雑，さまざまな仮定が入っている

Estimation of thigh-calf contact force during deep knee flexion, using both anthropometric and motion measurements

Michihiko FUKUNAGA*, Fumiya AYAKA*, Kuniyuki ITO* and Kentaro MORIMOTO*

* Department of Mechanical and Energy System Engineering, Faculty of Engineering, Oita University
700 Dannoharu, Oita, 870-1192, Japan
E-mail: fukunagam@oita-u.ac.jp

Thigh-calf contact: Does it affect the loading of the knee in the high-flexion range?

J. Zelle^{a,*}, M. Barink^a, M. De Waal Malefijt^a, N. Verdonschot^{a,b}

^a Orthopaedic Research Laboratory, Radboud University Nijmegen Medical Center, P.O. Box 9101, 6500 HB Nijmegen, The Netherlands

^b Laboratory for Biomechanical Engineering, University of Twente, Enschede, The Netherlands

Thigh-calf contact parameters for six high knee flexion postures: Onset, maximum angle, total force, contact area, and center of force

David C. Kingston, Stacey M. Acker*

Department of Kinesiology, University of Waterloo, 200 University Ave W, Waterloo, Ontario N2L 3G1, Canada

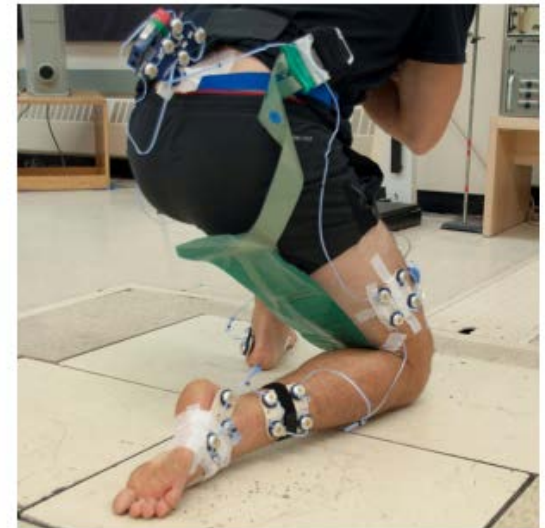
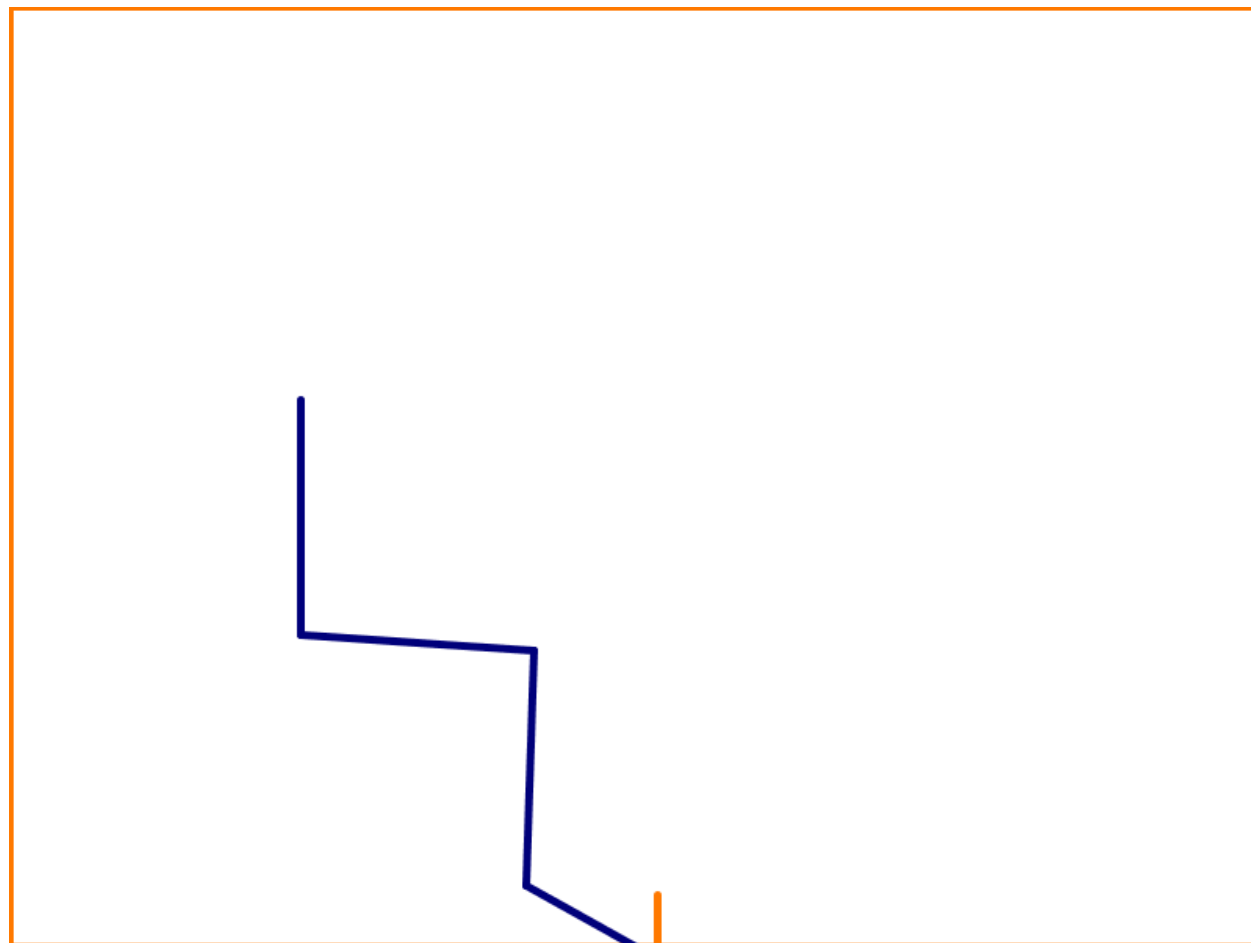


Fig. 1. Participant performing a transition to kneeling with the Tekscan (3005E) sensor attached to the posterior thigh and positioned so the edge closest to the knee joint entered the popliteal fossa upon flexion.



提案する技術シーズ

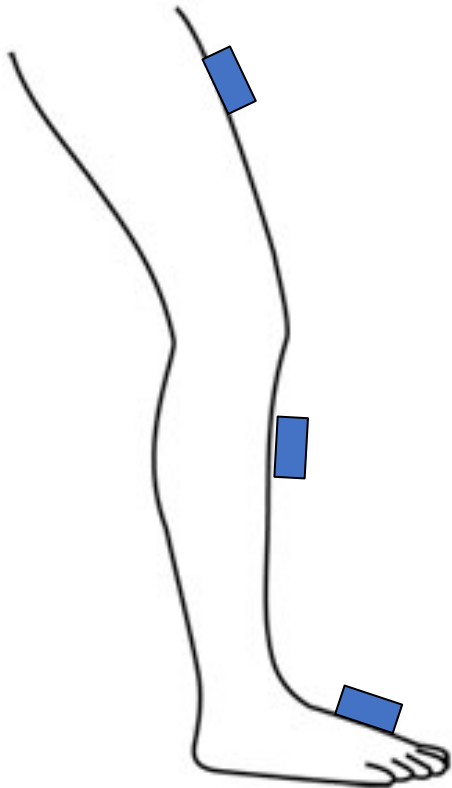
<例：椅子からの立ち上がり>



提案する技術シーズ

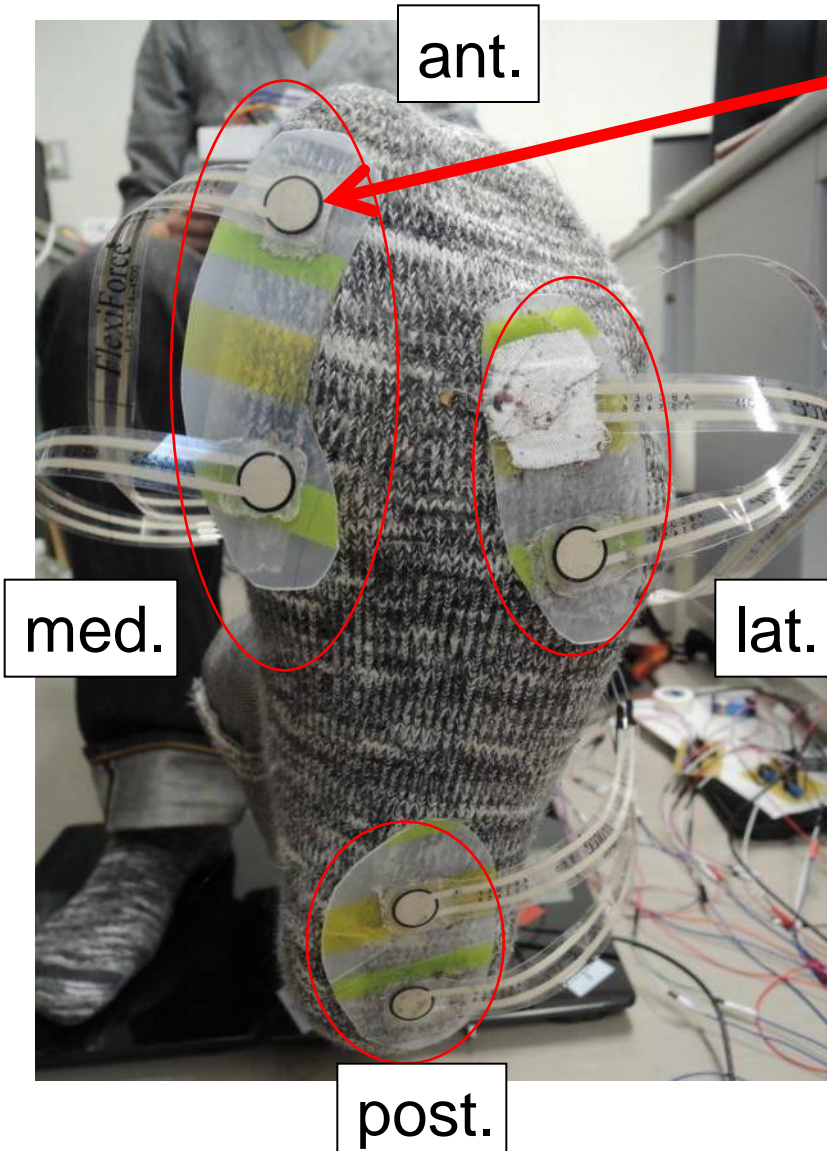
< 関節角度の測定 >

- ・例では, 足部・下腿部・大腿部に
加速度・角速度センサを設置した



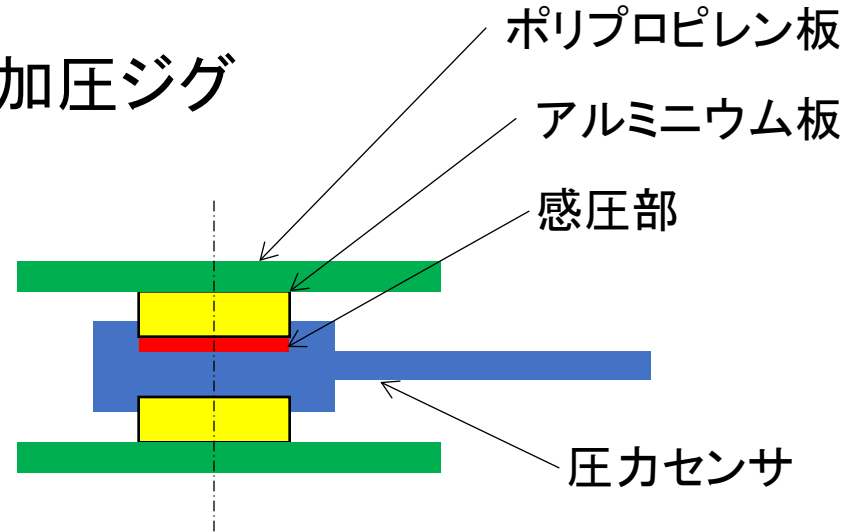
提案する技術シーズ

＜床反力の測定＞ 神戸大学式



圧力センサ

加圧ジグ



提案する技術シーズ

<身体負担の推定>

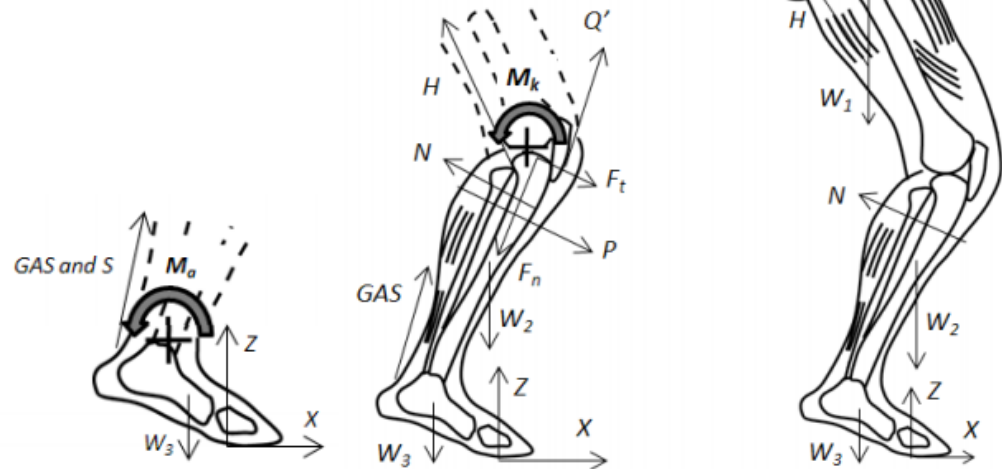
・負担の評価

「関節モーメント→筋力→関節負荷」の順に仮定が増える

$$Zc_z + Xc_x - W_3a_{W3} - (GAS + S)c_{GAS} = 0$$

$$-Zb_z + Xb_x + W_2b_{W2} + W_3b_{W3} - GASb_{GAS} + Q'b_{Q'} - Hb_H - Nb_N + Pb_P = 0$$

$$Za_z + Xa_x - W_1a_{W1} - W_2a_{W2} - W_3a_{W3} - GMa_{GM} - Ha_H + Ra_R - Na_N = 0$$



提案する新技術の概要

- ウェアラブルな装置で**二次元の**関節角度を測定する.
- ウェアラブルな装置で床反力の**鉛直成分**を測定する.
- 関節角度と床反力をもとに、筋や関節にかかる負荷を**単純モデルによって**計算する.
- 移動を伴う作業動作などについて、身体への負担の蓄積を定量的に評価できる**安価なシステム**.