

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 29 日現在

機関番号：82404

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25282181

研究課題名(和文) 車いす利用者を想定した支援機器等の開発・評価を目的とするダミーの研究

研究課題名(英文) Dummy Simulating a Wheelchair User for Evaluation of Assistive Products and Technology

研究代表者

中山 剛 (Nakayama, Tsuyoshi)

国立障害者リハビリテーションセンター(研究所)・研究所 障害工学研究部・研究室長

研究者番号：90370874

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は車いす利用者を想定した支援機器等の研究開発や評価に利用できるダミー作成である。障害者の特徴(動き、姿勢、形状)を模擬でき、長時間座位での排泄を支援するクッションや排泄用シャワーチェアの評価、生活空間の評価、車いすを漕ぐなどの動作を妨げないか否かの衣服のリアル装着シミュレーション、障害者の衣類の着脱の負荷など、支援機器等の研究開発や評価にある程度汎用性を持って利用が可能なセンサを組み込んだ従来にないダミーを作成した。また、作成したダミーを利用して衣服圧の計測や臀部の座骨結節部に掛かる荷重などを計測するとともに、クッション等の支援機器の評価を行った。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop some humanoid dummies which simulate wheelchair users such as persons with spinal cord injuries. The dummies are expected to evaluate assistive devices, e.g. seat cushions for tissue integrity, shower chairs, clothes and so forth. The dummies developed can imitate various kinds of movements, postures and shapes of wheelchair users. One of the developed dummies is equipped with several sensors, which can measure clothing pressures before and after armor deformation. Another dummy can measure compressive and shearing loads under the ischial tuberosities and the sacrum. Utilizing the developed dummies, compressive and shearing loads under the ischial tuberosities were measured when they sat on different kinds of seat cushions and toilet seats. As a result, it proved that the dummies are useful for evaluating assistive devices such as seat cushions and clothes.

研究分野：障害者支援工学

キーワード：生活支援技術 可変形状ダミー

## 1. 研究開始当初の背景

車いす利用者を想定した支援機器等の研究開発や評価を定量的に実施するための可変形状ダミーを製作する。

肢体障害を有した座位姿勢の者を想定した衣服製作や車いす、便座、排泄環境などの研究開発・評価に利用でき、支援機器などの研究開発・評価に使えるダミーは見あたらない。特に肩の動きや車いす・便座に接する臀部の変形が人に似たダミーは、従来のマネキン、衣服製作用ボディ（人台）、試着用ロボットマネキン、医療訓練用のマネキンで、支援機器の開発・評価に使える物が存在しない。また、座位姿勢の3次元形状データは、ダミー製作に使えるデータが見当たらない。脊髄損傷者の座位姿勢の形状データは、健常者よりさらに計測が困難であり、過去の研究（当センター）では臀部のデータを型取りし臀部のみを製作したモデルはあるが頸髄損傷者1例である。人の動きや形状変化も似せたダミーの研究のためには複数の座位姿勢の計測データが必要とされる。

衣服の製作用のボディとして、身障者用の可動式ボディ[見寺（神戸芸術工科大学）、小山（兵庫リハ）、他、大学紀要 2006]が、唯一と思われる。これは上肢・下肢がない立位姿勢である。衣服の試着のために形状が変わるFitBot ロボットマネキン[RobotCenter Ltd., Artur Abels and Maarja Kruusmaa, 2013]も上半身腕無しである。他には、全身を有するダミーとして医療訓練用や車の衝突実験用のダミー（米国製）がある。

たとえば、衣服を着せる通常のマネキンは、衣服着用時の見栄えが良くなるように体形がデフォルメされているものがほとんどであり、肩の位置は固定で立位姿勢が主である。座位姿勢が可能なマネキンでも姿勢が固定または限定されていて、着脱や車いす操作時の姿勢ができず、車いす利用者の姿勢再現が困難である。体形が実際の車いす利用者に似て、座位姿勢がとれて、肩の位置や動き、腕の動きが人間に近いダミーが必要である。

脊髄損傷者の排泄では、2時間から3時間、便座に座る人もおり、通常の便座では褥瘡になる危険性があり、クッションや排泄用シャワーチェアが求められている。現在販売されている排泄用シャワーチェアは介護用がほとんどで、自分で操作する自立走行排泄用シャワーチェアは存在しない。臀部の形状は人により異なるため、褥瘡リスクの高い人に開発の初期段階で毎回臨床評価することは負担や危険性の観点から倫理的に問題がある。また定量的な評価を得るには、ダミーとセンサシステムは有効な道具となりうる。

形状のみでなく、動作特性も含めて障害を模したダミーで、座位姿勢を取れるダミーの研究開発は、そのダミーの応用可能な範囲が広く、実世界人体シミュレーションプラットフォーム（図1）として有用で必要性が高いが、健常者と異なる部分を有するがためな

なか研究されてこなかった。今後、人口の高齢化や、障害を有する人の自立支援の必要性から、可変形状ダミーの研究開発はますます重要となっている。

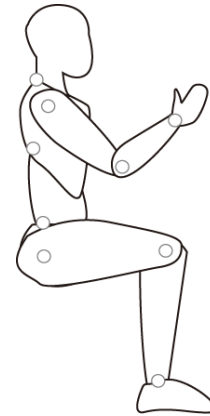


図1 四肢を有する座位姿勢可能な実世界人体シミュレーションプラットフォーム（特徴：上肢が人に近い動きを取れる、脊髄損傷者の体形表示、座面との接触で変形する臀部、支援機器等の研究開発や評価に利用できるダミー）

## 2. 研究の目的

車いす利用者を想定した支援機器等の研究開発や評価に利用できるダミーを試作する。障害者の特徴（動き、姿勢、形状）を模擬でき、長時間座位での排泄を支援するクッションや排泄用シャワーチェアの評価、生活空間の評価、車いすを漕ぐなどの動作を妨げないか否かの衣服のリアル装着シミュレーション、高齢障害者の衣類の着脱の負荷など、支援機器等の研究開発や評価にある程度汎用性を持って利用が可能なセンサを組み込んだ従来にないダミーを製作する。

## 3. 研究の方法

ダミー製作に必要な脊髄損傷者の体形形状データをハンディ3次元スキャナーと人の手採寸で収集する。姿勢と体型の変化に適応する外装変形機構の基本設計とダミー上肢帯部の試作を行う。座位姿勢に至る際の臀部の形状変化の仕方とその形状を計測し、外装変形機構の内部に弾性体を実装することで環境と柔軟に接触する臀部機構を開発する。下肢も同時に開発する。試作ダミーによる試験評価用の自立走行排泄用車いすによるトイレ環境評価とダミーの改良を行う。

なお、本研究は倫理審査委員会の承認のもと実験協力者に十分な説明を行った後、同意を得て行った。

## 4. 研究成果

以下に概要を記載する。詳細に関しては後述の発表論文等を参考のこと。

### (1) 脊髄損傷者の体形形状データの収集

ハンディ3次元スキャナーを利用して健

常者ならびに脊髄損傷者（頸髄損傷者を含む）の臀部がシートに接触していない状態での臀部形状と座位姿勢（シートに接触して変形した状態）の臀部形状の計測とデータ解析を行った。図2に臀部形状の計測結果の例を示す。また、健常者ならびに脊髄損傷者（頸髄損傷者を含む）における下腿長や座高など各種身体寸法データを手採寸で収集した。

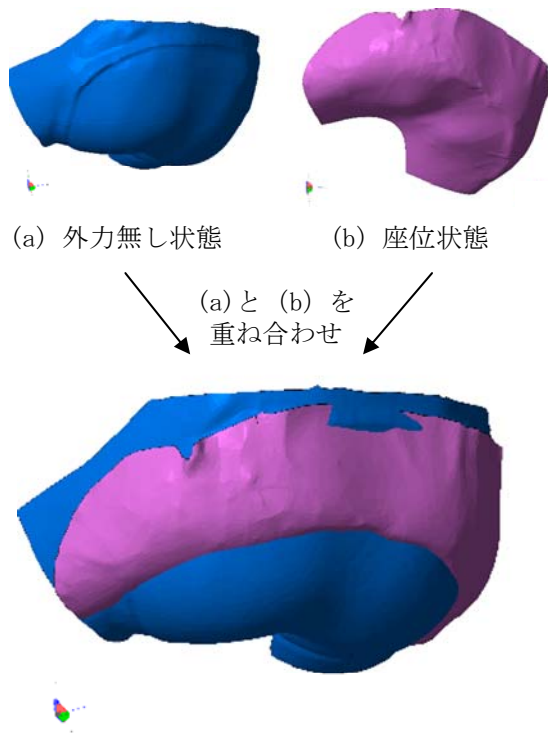


図2 臀部形状の計測結果の例（自重による接触圧によって臀部が変形していること、潰れている状況が一目瞭然）

(2) ダミー上半身の製作

得られたデータを元にして姿勢と体形の変化に適応する外装変形機構の基本設計を行い、ダミー上半身を製作した。車いす利用者の体形も模した形の変形が可能である。また、ダミー上半身には多数のウレタンフォームを被覆した光拡散方式の分布型触覚センサーシートを実装しており、衣服圧を計測できるようにしている。

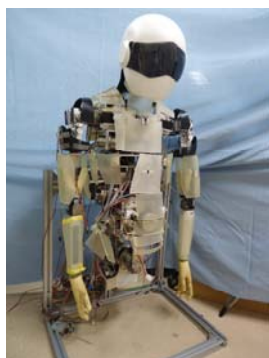


図3 ダミーロボットの上半身外観

(3) 車いす利用者の上肢運動の計測と解析ならびにダミー実機での上肢動作実現

被験者にモーションセンサ（YEI 3-Space Sensor）を身に纏うような状態で装着し、車いすを漕ぐ動作と衣服の更衣動作の際の動きを計測した（図4）。また、車いす利用者の車いす漕ぎ動作ならびに更衣動作の計測結果に基づく上肢運動をダミーにて実現した。



図4 モーションセンサと動作計測の様子

(4) ダミー下半身の製作と計測

臀部の機構の設計の検討を行い、弾性体を実装した臀部機構の基本設計と臀部ダミー製作を行った。臀部ダミーには骨盤と大腿骨が内包されている。また、両座骨結節の直下には3軸力センサが組み込まれており、両座骨結節の直下にかかる圧縮荷重とせん断荷重を計測することが可能となっている（図5）。各種クッション上ならびに便座上での臀部ダミーの座骨結節下の圧縮ならびにせん断荷重を計測して比較し、更に車いす使用者の実際の接触圧分布と比較した。また、座骨結節と仙骨に6軸力センサを取り付けた骨盤ダミーを製作した（図6）。また、試作した自立走行型の排泄車いすを対象にして、その座面上での接触圧分布の計測も実施した。

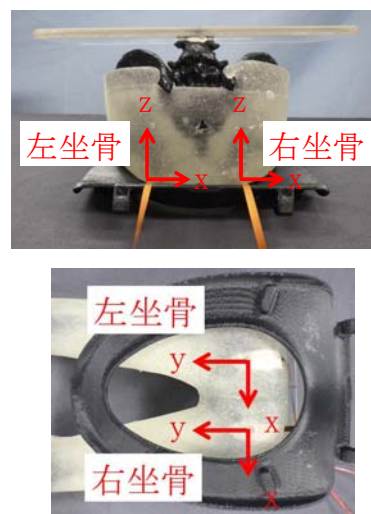


図5 内部に3軸力センサが組み込んだ臀部ダミー（便座上での座位状態を模擬している）



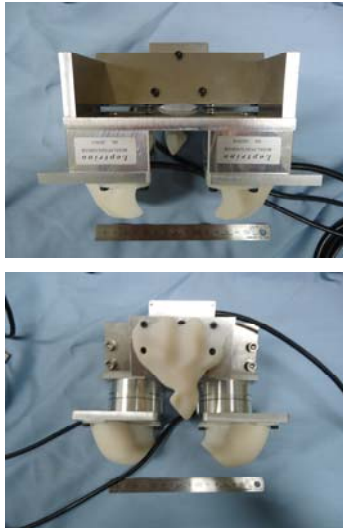


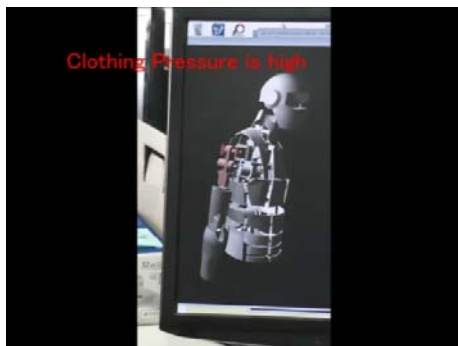
図6 6軸力センサを組み込んだ骨盤ダミー

(5) 衣服圧の計測

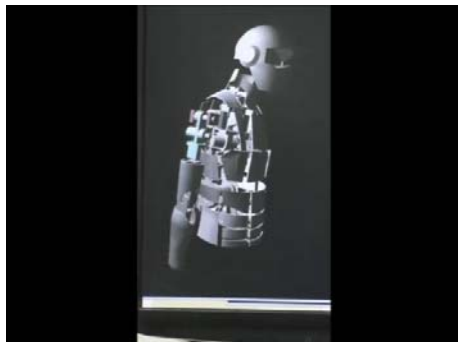
ダミーの前足の触覚センサシートを用いて衣服圧変化の状況を計測した(図7)。



(a) 衣服圧の計測風景



(b) 上腕に高い圧力がかかっている様子をパソコン上で可視化



(c) 上腕に低い圧力がかかっている様子をパソコン上で可視化

図7 ダミー表層の分布型触覚センサシートによる衣服圧変化の計測

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4件)

- ① Ogata, K., Kawamura, T., Ono, E., Nakayama, T., Matsuhira, N., Upper Body of Dummy Humanoid Robot with Exterior Deformation Mechanism for Evaluation of Assistive Products and Technologies, Journal of Robotics and Mechatronics, 2016, Vol. 28, No. 4, (in press). (査読有)
- ② 中山剛, 尾形邦裕, 小野栄一. 車いす利用者を想定した支援機器等の開発・評価を目的とするダミー研究の紹介, 月刊地域ケアリング, 北隆館. 2016, Vol. 18, no. 8, pp. 75-76. (査読無)
- ③ Ogata, K., Mita, T., Simizu, T., Yamasaki, N., Training Assist System of a Lower Limb Prosthetic Visualizing Floor-Reaction Forces Using a Color-Depth Sensing Camera, IEICE Transactions on Information and Systems E98.D(11), 1916-1922, 2015. Doi:10.1587/transinf.2015EDP7089 (査読有)
- ④ 中山剛, 尾形邦裕, 小野栄一. 車いす利用者を想定した支援機器等の開発・評価を目的とするダミー研究の紹介, 月刊地域ケアリング, 北隆館. 2015, Vol. 17, no. 12, pp. 48-49. (査読無)

[学会発表] (計 7件)

- ① 長谷川伸吾, 松日楽信人, 尾形邦裕, 小野栄一, 中山剛. 上肢帯機構を考慮したモデルによる日常生活動作の解析. 第16回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 名古屋, 2015-12-14/12-16. 予稿集, pp. 2060-2063.
- ② 金谷康平, 尾形邦裕, 中山剛, 小野栄一, 梅津光生. 褥瘡リスク評価に向けた荷重推定可能な骨盤モデルの試作. 第16回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 名古屋, 2015-12-14/12-16. 予稿集, pp. 2055-2059.
- ③ 三ツ本敦子, 高嶋孝倫, 尾形邦裕, 金谷康平, 中山剛, 田中瑞穂, 藤本浩志, 飛松好子, 小野栄一. 臀部ダミーを用いた褥瘡予防に関する研究. 第31回日本義肢装具学会学術大会, 横浜, 2015-11-7/11-8. 講演集, I-P2-13.
- ④ 尾形邦裕, 中山剛, 小野栄一, 辻俊明. 体幹部の多様な姿勢と腹部変形を模擬するダミーロボット. 第33回日本ロボット学会学術講演会, 東京, 2015-9-3/9-5. 予稿集 CD-ROM, 33rd, ROMBUNNO. 111-08.

- ⑤ 長谷川伸悟, 松日楽信人, 川村友也, 尾形邦裕, 小野栄一, 中山剛. 人の動作に基づく上肢機構を有するロボットアームの運動解析. ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015, 京都, 2015-5-17/5-19.
- ⑥ 川村友也, 松日楽信人, 尾形邦裕, 小野栄一, 中山剛. 車いす利用者の衣服評価を目的としたロボットアームの機構設計と動作生成. 第15回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 東京, 2014-12-14/12-17. 講演集, p. 1999-2003.
- ⑦ 尾形邦裕, 小野栄一, 中山剛, 川村友也, 松日楽信人, 田中隆. 福祉機器の客観的評価のための外装変形機構を有する人型ダミーロボット. 第32回日本ロボット学会学術講演会, 福岡, 2014-9-04/9-06. AC1H3-02. 【第30回日本ロボット学会研究奨励賞】受賞

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

- 出願状況(計 0件)  
○取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

- ① 福祉機器の客観的評価のための外装変形機構を有する人型ダミーロボット, 2015年度 研究所オープンハウス, <http://www.rehab.go.jp/ri/event/2015openhouse.html>
- ② 国リハコレクション2015, ダミー展示, <http://www.rehab.go.jp/ri/event/fashion/top.html>
- ③ 福祉機器の客観的評価のための外装変形機構を有する人型ダミーロボット, 研究所オープンハウス 2014, <http://www.rehab.go.jp/ri/event/2014openhouse.html>
- ④ 国リハコレクション2014, ダミー展示, [http://www.rehab.go.jp/ri/event/fashion/top\\_page-2014.html](http://www.rehab.go.jp/ri/event/fashion/top_page-2014.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

中山 剛 (NAKAYAMA, Tsuyoshi)  
国立障害者リハビリテーションセンター  
(研究所)・研究所障害工学研究部・研究室長  
研究者番号: 9 0 3 7 0 8 7 4

### (2) 研究分担者

尾形 邦裕 (OGATA, Kunihiro)  
埼玉大学・理工学研究科・非常勤研究員  
研究者番号: 4 0 6 4 1 4 3 6

小野 栄一 (ONO, Eiichi)  
国立障害者リハビリテーションセンター  
(研究所)・研究所・研究所長  
研究者番号: 8 0 3 5 6 7 3 2

### (3) 連携研究者

田中 靖紘 (TANAKA, Yasuhiro)  
国立障害者リハビリテーションセンター  
(研究所)・研究所障害工学研究部・流動研究員  
研究者番号: 8 0 5 6 8 1 1 3  
(平成27年度より研究協力者)

井上 美紀 (INOUE, Miki)  
国立障害者リハビリテーションセンター  
(研究所)・病院(併任)研究所・作業療法士長  
研究者番号: 1 0 6 2 7 3 9 2

道木 恭子 (DOKI, Kyoko)  
帝京平成大学・ヒューマンケア学部看護学科・講師  
研究者番号: 6 0 6 0 2 4 8 0

三ツ本 敦子 (MITSUMOTO, Atsuko)  
国立障害者リハビリテーションセンター  
(研究所)・研究所義肢装具技術研究部・義肢装具士  
研究者番号: 5 0 7 2 3 7 8 0  
(平成27年度より連携研究者)

花房 昭彦 (HANAFUSA, Akihiko)  
芝浦工業大学・システム理工学部・教授  
研究者番号: 1 0 5 4 7 8 3 9  
(平成27年度より連携研究者)

### (4) 研究協力者

飛松 好子 (TOBIMATSU, Yoshiko)  
高嶋 孝倫 (TAKASHIMA, Takamichi)  
新妻 淳子 (NIITSUMA, Junko)  
岩崎 洋 (IWASAKI, Yo)  
吉田 由美子 (YOSHIDA, Yumiko)  
山中 京子 (YAMANAKA, Kyoko)  
齊藤 文子 (SAITO, Fumiko)  
谷脇 路子 (TANIWAKI, Michiko)  
粕谷 陽子 (KASUYA, Yoko)  
田中 匡 (TANAKA, Tadashi)  
藤本 浩志 (FUJIMOTO, Hiroshi)  
田中 瑞穂 (TANAKA, Mizuho)  
梅津 光生 (UMEZU, Mitsuo)  
金谷 康平 (KANAYA, Kohei)  
松日楽 信人 (MATSUHIRA, Nobuto)  
川村 友也 (KAWAMURA, Tomoya)  
長谷川 伸悟 (HASEGAWA, Shingo)