

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H01765

研究課題名(和文) データ同化手法を用いた身体障害者の共創的衣服作製に関する研究

研究課題名(英文) Co-creative Garment Making for Physically Impaired Persons using Data assimilation

研究代表者

蔵田 武志 (Kurata, Takeshi)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・研究グループ長

研究者番号：20356934

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 31,400,000円

研究成果の概要(和文)：座位姿勢を対象としたバーチャル着装アプリを開発した。RGB-Dカメラを用いた非接触体形計測に基づく相同モデル化により体形データ収集とバーチャル試着体験を可能とした。脊髄損傷者の動作解析結果を基に着衣状態のロボットで残存身体機能と動きにくさの因果性を検討し、動作と衣服圧を計測するシステムを構築した。衣服着用快適性を日常生活下で計測するために、導電性糸による面圧センサで長時間記録可能な着用計測システムを製作し、肯定的感情の一つの笑いを計測データから抽出する手法を開発した。国リハコレクションの主催等、複数のイベントで情報発信した。身体障害者向け衣服作製関連情報548件の検索ポータルサイトを整備した。

研究成果の概要(英文)：The virtual fitting app which we developed enables not only virtual trial fitting in a seated position but also body data collection. A mobile RGB-D camera on a smartphone was utilized for measuring body shape without direct contact. The causalities of remaining body function and difficulty in movement were examined by our clothed dummy robot controlled on the analysis result of the motion of the spinal cord injured person. A system to measure human motion and clothing pressure were also constructed. To qualitatively evaluate comfortability of semi-tailored clothes under the daily living environment, we developed an e-textile bellyband interface, which can measure abdominal pressure unobtrusively in the long term, and a method of detecting laugh, which is considered positive emotion to prove comfortability. We held events to show our activities at NRCD etc. to the public. The portal site has been organized for providing information on garment making examples and materials.

研究分野：複合現実、サービス工学

キーワード：衣環境 身体障害者 データ同化

1. 研究開始当初の背景

(1) 身体障害者の就労や市民スポーツ等の社会参加促進、それに伴う QOL (Quality of Life: 生活の質) の向上や障害者のより一段の自立が国内外で求められている。そのためには、衣環境や衣生活の拡充による外出支援が欠かせないが、現状では機能性と意匠 (デザイン、ファッション) 性の双方に優れた障害者向け衣服は一般に高価で購入が難しく、TPO に応じて衣服を選ぶことが非常に困難である。この打開策の実践的な取り組みとして、身体の形状、着脱のし易さ、姿勢変化に関する機能性、健常者向け衣服と遜色のない意匠性、さらには衣服の作製や購買時の妥当な経済性の全てをバランスよく満たすような身体障害者向け衣服の作製方法論の構築が必要である。

2. 研究の目的

(1) 既存の体形計測・型紙 CAD データ、及び身体障害者が自宅や店舗で気軽に取得可能な体形や変形等の計測データから身体モデルを構築し、各種データ・モデルと着装シミュレーションを、データ同化手法を応用して統合し型紙設計を支援するための基盤技術を開発することを目的とする。

(2) 障害者向け衣服作製事例や各種オープンデータ、ポータルサイトを整備し、当該開発技術の開発、実証を共創的に進めることをその特色とする。

3. 研究の方法

(1) 身体障害者のための共創的衣服作製において、当事者をはじめとする身体障害者の衣服作製に関係する全ステークホルダーが活用し、情報を集約させるコアツールとして、バーチャル着装アプリの開発と衣服作製事例ポータルサイトの整備を行った。

(2) バーチャル着装アプリでは、機能性・意匠性に関するシミュレーションを行うことで効率的な衣服の機能性・意匠性検証を、多くの身体障害者や開発者に向けて提供する。このようなバーチャルな試作は直接的な経済的優位性があるほか、直接 E コマースと連携させることで、衣服の販売・購買活動支援等の間接的な経済的優位性も有することが期待される。バーチャル着装アプリに次のような機能・特徴を持たせた。

- ・座位姿勢 (車いす利用時) に対応したバーチャルな試着体験

- ・事前の標準体形への着装事例を活用した全自動で正確な着装シミュレーション

- ・一般的に流通するモバイルデバイスによる 3 次元身体計測と試着結果の 3 次元的可視化による確認

- ・3 次元計測結果のサーバ蓄積による体形データベースの構築

- ・実際のアパレル業界で活用されるデータ (CAD 等) を用いた衣服づくり支援

(3) バーチャル着装アプリの主機能は、詳

細な 3 次元計測による身体計測とそれに基づく物理的に正確なバーチャルな試着結果を提供することである。本アプリを使う主なユーザは、車いす利用する身体障害者および関係者であり、衣服作製やシミュレーション技術にはそれほど詳しくない一般のユーザである。そのため、ユーザに課すことのできる操作は、簡単なものに限定し、シミュレーションの技術的な詳細を意識させずに、結果を提供する必要がある。このような構成を実現するために、3 次元計測機能を有したモバイル端末によるクライアントと、着装シミュレーションを行うサーバ側から成るシステムを構成した。クライアント側の処理は Unity ゲームエンジンを用いてモバイル端末に実装された。サーバ側の処理は Windows サーバ上で実装された。

(4) 本バーチャル着装アプリを用いたバーチャル着装の処理 (図 1) には、事前準備処理と実行時処理とに分けられる。事前処理として、標準体勢 (立位) の人体 CG モデルに対して型紙データとして提供される衣服をバーチャル着装ツールにより事前に着せ付け処理を行っておく。本研究では、このような着せ付け事例を活用することで、実行時に計測された任意の体勢・体系の人体モデルに対しても、自動的に着装シミュレーションを適用できる特徴を持つ。

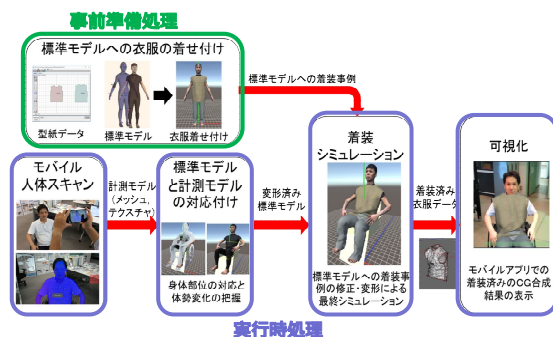


図1 バーチャル着装の処理の流れ

(5) ロボットは外装の一部を変形させ、車いす利用者の体形を模擬する機能を有している。そこで、様々な体形を模擬したロボットに衣服を着用させ、脊髄損傷者が日常的に行っている動作を実行し、外装部に取り付けた触覚センサによって衣服の着やすさの評価するための手法を検討した。

(6) 衣服着用快適性を日常生活下で計測することを目的に、導電性糸による面圧センサで長時間記録可能な着用計測システムの開発、肯定的感情の一つの笑いを計測データから抽出する手法の検討を行った。

(7) 障害当事者、医療職と連携し、障害に配慮すべき実用的な衣服について試作を通じ検討し、国リハコレクション等のイベントで、研究成果と関連情報も含めて、衣服の課題や現状について情報発信を行った。

4. 研究成果

- (1) パーチャル着装アプリを開発し、計測からシミュレーション、着装結果確認までの一連の機能が動作することを確認した。詳細を(2)~(5)で述べる。
- (2) 主に車いす利用者など座位の姿勢の計測を目的としたモバイル人体スキャンのために、RGB-D カメラを備えるモバイル端末 (Google Tango 等) を活用した非接触の人体計測機能を実装した。計測結果は3次元ポイントクラウドとして取得される。身体計測の精度の評価として、3次元計測における胸囲、座位時の腹周り、太ももの長さの正解値と計測値を比較した。おおよそ同一サイズに収まる程度の精度 (誤差: 1.8~3.7cm) が得られたが、着衣服の影響や姿勢の誤差の影響を含んでいると思われる。アプリの公開を通じて体形データを集め、統計的に身体計測精度を求めつつ、計測精度を高めていく必要がある。
- (3) 着装シミュレーションでは、同一のトポロジーや頂点数を持つ相同モデルを用いて、異なる体勢、体形のモデルであっても着せ付け結果を反映させることを可能とした。相同モデルとして用いた産総研の Dhaiba モデルと実写画像 (ポイントクラウド) との間での代表的なスケルトン部位の対応付けを対話的に行い、その対応関係に基づいてデータ同化的に計測結果に近似させた相同モデルを生成する。重力、摩擦力、布の素材特性等を考慮した厳密な着装シミュレーションは、デジタルファッション社製着せ付けエンジン (DSBody) をサーバ側の実装することで実現した。
- (4) サーバ側での着装シミュレーション結果はクライアント端末に送られる。Dhaiba モデルと衣服 CG とを同時に表示することで、様々な角度からの着装結果を確認可能とした。また、人体スキャン時のカメラ撮影位置も3次元計測の副産物として記録できることから、このカメラ位置姿勢を用いることで、人体計測時の実写映像に対して衣服 CG を重畳合成した拡張現実映像も提示できるようにした。
- (5) プロジェクトの連携企業を含む身体障害者向けの衣服開発を行う企業の協力により、型紙データの収集を進めた。図2は、協力企業により提供された型紙データを活用

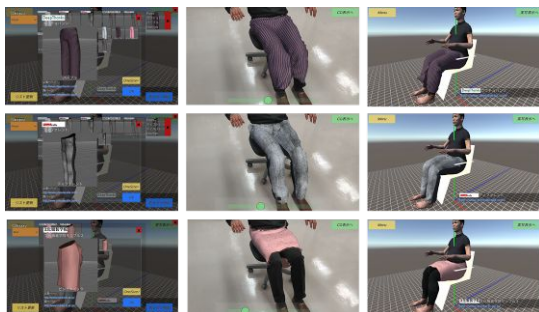


図2 収集した身体障害者用衣服型紙を用いた着装結果 (衣服選択モード、AR 重畳表示、フルCG 表示)

して描画した衣服と着装シミュレーション結果の一例である。座位の姿勢を想定して作成された型紙による衣服では、着座時にも臀部の衣服が釣り下がるようなことがなく、着座時の臀部をうまくカバーできていることが確認できた。

(6) 人のダミーとしてのロボットの動きと、その動きによって衣服から体にかかる圧力を測定するシステムを構築し、ロボットを用いた評価法の妥当性を検討した (図3)。体形、動作、衣服の設計情報、触覚センサの分布パターンを統計的に処理することで、体形に応じた動きやすさのデータベースを構築した。このデータベースを用いることで、体形に応じた衣服作製の指針が検討できると考えられる。

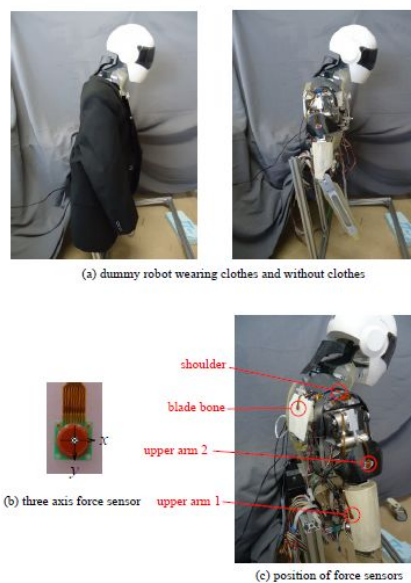


図3 カセンサを搭載したロボット

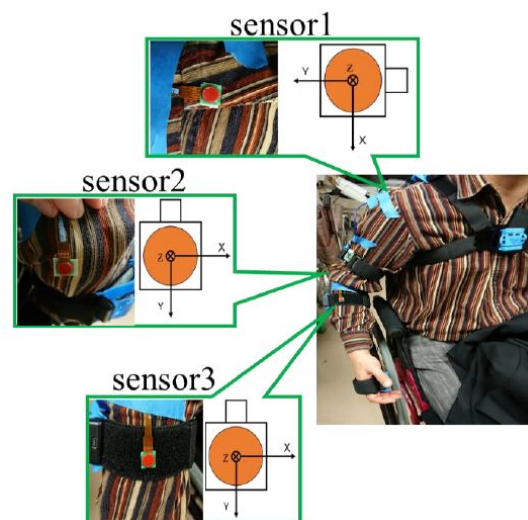


図4 カセンサと慣性モーキャップを付けた人

(7) 脊髄損傷者13名の関節可動域、徒手筋力、及び車いす漕ぎ動作を計測し統計処理することで、残存機能に基づくクラスターごと



図5 左:テキスタイルセンサ、右:腹巻型圧力計測システム



図6 Android 端末を用いたログシステム

の代表的な動作を生成した。

(8) 脊髄損傷者の代表的な動作を着衣状態のロボットに模倣させて、衣服による動きにくさを力センサにより定量化し、残存身体機能と動きにくさの因果性を検討した。

(9) カセンサとモーションキャプチャシステムを用いて、人の動作と衣服圧を計測するシステムも構築し、障害のない男性3名、車いす利用者の男性2名に対し、更衣動作の計測・解析を行った(図4)。

(10) ロボットによる実験及び人による実験の双方において、肩と比較して上腕での荷重が大きいたことが確認できた。衣服の着やすさや動きやすさにおいて、上腕の影響が大きいたことが示唆された。

(11) 圧力がかかると導電系間距離が変化し、静電容量が変化することを利用したテキスタイルセンサ(図5左)を用いて6×14点の圧力を計測できる腹巻型圧力計測システムを開発した(図5右)。

(12) 肯定的感情としての笑いを開発したシステムで検出可能かを検証した。笑いを誘発するシーンとして会話と動画鑑賞を設定し実験室環境でデータを計測したところ、笑い発生時に急激に圧力が低下する傾向が観察された。しかし、計測値や、その変化量は個人差が大きく、閾値による笑い検出は困難であった。そのため、圧力変化の特徴を用いて深層学習による笑い検出方法を検討することにした。

(13) 学習手法検討のため、図6のシステムで日常生活における笑い計測実験を行った。本実験では学習するパラメータは圧力値とAndroid 端末から計測する前後方向の傾きとした。また日常で笑いがおこる6シーンを設定、計測し、9 試行分を学習に用い、1 試行分を分類して学習手法を評価した。各シーンの20分間のデータから取り出した50次元のベクトルを1 サンプルとして学習を行った。ベクトルの中心が笑い区間に含まれていたものを正解、そうでないものを不正解とし

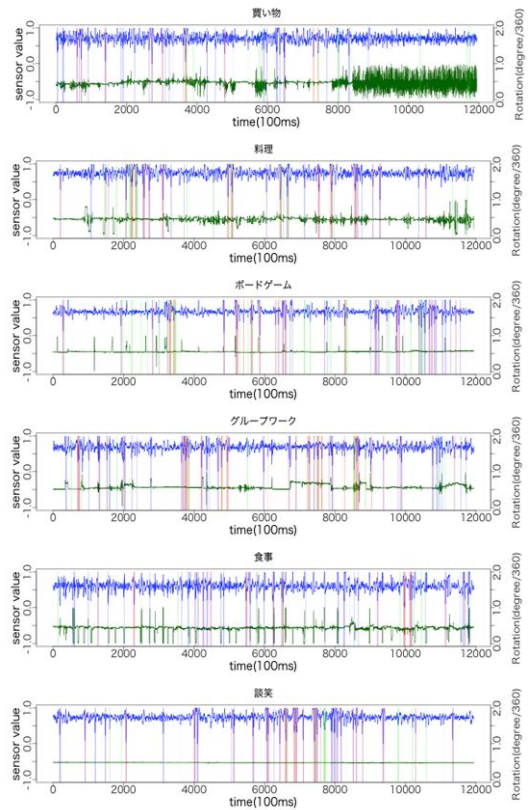


図7 シーンごとの笑い区間の検出結果

た。予備実験で1秒以下の短い笑いは検出が困難であったため、平均笑い時間の半分を満たさない笑いは不正解とした。また時間経過による圧力変動が見られたため、データを正規化して学習を行った。さらに日常生活のデータ中の不正解データには圧力値のバリエーションがあるため、不正解数を正解数の4倍とし学習したところ、分類精度は改善したが、誤検出が多く見られた。そのため学習データを恣意的に選択し再度学習し、不正解データの中で笑いを一部含むものは学習から除外した。また、正解データを1秒以上の笑い、かつ平均からの距離が大きい笑いとし、不正解データとの区別がつきやすいものだけを選択した学習が正解率91%、再現率70%で最も精度が高いことがわかりこの方法を採用した。

(14) 250回の笑いのうちの75%が、正解データを恣意的に選んだ学習の分類結果を用いて検出することができた。検出できなかった笑いは1秒以下の短いものや、圧力値の変化の少ないものが多数であったため、お腹がよく動く大きな笑いに対しては概ね検出できることがわかった。また食事中や歩行中など誤検出が多発する笑いシーンも確認された。分類結果の一例を図7に示す。青線が圧力値の推移、緑線が傾きの推移、緑の編みかけが笑い区間、青の編みかけが笑いとして分類された区間、赤の編みかけが笑い区間でかつ深層学習で笑いとして分類された区間を表す。

(15) 今後の課題としては、傾き情報の計測方法を改善、学習データの強化などにより誤検出を減らすことなどがあげられる。笑い検

出の精度を高めることで、笑いの量を快適性の定量的評価に活用が期待できる。

(16) 国リハコレクションを主催し、H27年、H28年、H29年に、研究代表者、研究分担者を含む、それぞれ、19、24、24の関係機関による出展協力があり、研究成果の普及や研究課題の根底にある社会的課題の周知に努めた。試作した排泄時、着脱、体形・姿勢に関する工夫がなされた作品出展のうち、車いす利用者用バスローブについては、出展を機に新たな当事者の協力者が現れ改良が継続されている。

(17) 身体障害者向け衣服作製に関係する情報を収集、一元管理、検索を可能とするポータルサイトを整備した。548件の情報を収集し、2年間で4万強のリクエスト数があった。本ポータルサイトでは、関連情報の検索のほか、バーチャル着装アプリの配布や、収集したデータを匿名化、オープンデータ化することが予定されており、研究成果をプロジェクト終了後も公開し活用できるようにした。

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 6件)

Ryosuke Ichikari, Masaki Onishi and Takeshi Kurata, Fitting Simulation Based on Mobile Body Scanning for Wheelchair Users, Journal on Technology & Persons with Disabilities, vol.6, pp.296-310, 2018

Kunihiro Ogata, Tomoya Kawamura, Eiichi Ono, Tsuyoshi Nakayama, and Nobuto Matsuhira, Upper Body of Dummy Humanoid Robot with Exterior Deformation Mechanism for Evaluation of Assistive Products and Technologies, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.28, pp.1-9, 2016.

Ayaka Shimasaki, Ryoko Ueoka, Laugh Log: E-textile Bellyband Interface for Laugh Logging, CHI 2017, pp. 2084-2089, 2017.05

Shingo Hasegawa, Nobuto Matsuhira, Kunihiro Ogata, Eiichi Ono, Tsuyoshi Nakayama, Motion Analysis of Wheelchair Considering the Pectoral Girdle Mechanism, SII2016, 2016.

尾形邦裕, 小野栄一, 中山剛, 人型ダミーロボットを用いた上肢運動による衣服評価法の検討, 第32回ライフサポート学会大会, pp.104-107, 2016.

尾形邦裕, 中山剛, 長谷川伸悟, 松日楽信人, 小野栄一, 脊髄損傷者の身体機能の分析と日常生活動作との因果性の解析, LIFE, 2017.

[学会発表](計 8件)

Ryosuke Ichikari, Masaki Onishi and Takeshi Kurata, Fitting Simulation Based on Mobile Body Scanning for Wheelchair Users, Assistive Technology Conference, 2018.

蔵田武志, 小野栄一, 障害に配慮された衣服に関して、第2回オリンピック・パラリンピック勉強会(経済産業省繊維課主催), 経済産業省(東京都・千代田区), 2015.10.29.

蔵田武志, 機能性・意匠性・経済性を同時達成する身体障害者向け衣服の共創的作製 - パラリンピックを視野に -, JIAM 2016 OSAKA 主催者特別企画セミナー, 一般社団法人日本縫製機械工業会(JASMA), 2016.

島崎郁花, 上岡玲子, Laugh Log - テキスタイルセンサを用いた腹巻き型笑いログシステムの提案 -, pp.213-218, 電子情報通信学会 MVE 研究会, 2018.03. (MVE 賞受賞)

島崎郁花, 上岡玲子, Laugh Log × Bloom: 腹巻き型笑いログシステムによる笑いの可視化の提案, pp.529-532, 第22回一般社団法人情報処理学会シンポジウム インタラクション 2018, 2018.03. (プレミアム発表)

二刈良介, 屋内測位と障害者支援に関するオープンイノベーション, 2018年度第1回ヒューマンロコモーション評価技術協議会, 2018.05.

島崎郁花, 西村太一, 上岡玲子, テキスタイルセンサを用いた腹巻き型笑いログシステムによる笑い検出の検討, 第22回日本バーチャルリアリティ学会大会, 1E3-04, 2017.09

島崎郁花, 上岡玲子, テキスタイルセンサを用いた腹巻き型笑いログシステムの検討, 第21回日本バーチャルリアリティ学会大会, 21B-02, 2016.09

[その他]

ホームページ等

身体障害者向け衣服作製事例ポータル, <http://seam.pj.aist.go.jp/kaken-a-clothes/search/>

国リハコレクション, <http://www.rehab.go.jp/ri/event/fashion/top.html>

新聞

2016年4月5日:近代縫製新聞 1面

2016年4月1日:日本ミシンタイムス 4面

2015年10月7, 8日:繊維新聞

2015年8月26日:繊維新聞 2面

2015年8月24日:繊維ニュース 1面

雑誌

"Co-creative Garment Making for

Physically Impaired Persons", The Fashion MACHINE NEWS, p.39, No. 684, August, 2016, JASMA
"Co-creative Garment Making for Physically Impaired Persons (Reported by Mr. Noriyasu Higuchi)", The Fashion MACHINE NEWS, p.9, No. 696, December, 2017, JASMA

アウトリーチ活動

国リハコレクション主催・出展, 2015, 2016, 2017年
文化服装学院文化祭出展, 2015, 2016, 2017年
日本橋高島屋マイサイズ・フェアイベント アッシュ&セラ プラチナエイジコレクショントークショーデモ展示, 2017年10月21, 28日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

蔵田 武志 (KURATA, Takeshi)
産業技術総合研究所・人間情報研究部門・研究グループ長
研究者番号: 20356934

(2) 研究分担者

上岡 玲子 (UEOKA, Ryoko)
九州大学・芸術工学研究院・准教授
研究者番号: 30401318

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: 80356732

(3) 連携研究者

大西 正輝 (ONISHI, Masaki)
産業技術総合研究所・人工知能研究センター・研究チーム長
研究者番号: 60391893

一刈 良介 (ICHIKARI, Ryosuke)
産業技術総合研究所・人間情報研究部門・産総研特別研究員
研究者番号: 70582667

筒井 澄栄 (TSUTSUI, Sumiei)
国立障害者リハビリテーションセンター (研究所)・研究所・研究室長
研究者番号: 20285969

(4) 研究協力者

伊藤 由美子 (ITO, Yumiko)
高見澤ふみ (TAKAMIZAWA, Fumi)
樋口敬恭 (HIGUCHI, Noriyasu)
吉井一成 (YOSHII, Kazunari)

服部貴子 (HATTORI, Takako)
中村好孝 (NAKAMURA, Yoshitaka)
森田修史 (MORITA, Nobufumi)
亀屋雅樹 (KAMEYA, Masaki)
島上祐樹 (SHIMAGAMI, Yuki)
宮本晃吉 (MIYAMOTO, Kokichi)