

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：84510

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350034

研究課題名(和文) 時間変化を考慮したエルゴノミクスデザインシステムの開発

研究課題名(英文) Development of the ergonomics design system which considered time change

研究代表者

平田 一郎 (Hirata, Ichiro)

兵庫県立工業技術センター・その他部局等・主任研究員

研究者番号：80470243

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、製品の使用状況を時間軸で検証し、製品デザインに反映する方法について検討した。時間的な変化を分析することにより、使用状況を反映した製品デザインの評価をすることが目的である。製品の把持力がリアルタイムに計測可能な圧力分布計測・可視化システムを開発した。この計測システムは、製品の持ちやすさ評価の際に用いるだけでなく、製品使用状況のモニタリングや筋骨格シミュレーションモデルとの連携による筋活動量の計算等に用いることが期待できる。例えば、産総研が開発しているDhaibaWorksやAnybody Technology社のソフトにデータを取り込み、筋活動シミュレーションへの応用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated the method of reflecting the use situation of the product on the time axis and reflecting it on the product design. By analyzing the temporal change, the object is to evaluate the product design reflecting the usage situation. We developed a pressure distribution measurement and visualization system that can measure the gripping force of the product in real time. This measurement system can be expected not only for evaluating the ease of holding of products, but also for use in monitoring the product use situation and calculating the muscle activity amount through cooperation with the musculoskeletal simulation model. In particular, with regard to cooperation with the musculoskeletal simulation model, pressure data is imported into 'Dhaiba Works' developed by Digital Human Research Group in AIST, and 'Anybody' develops muscle activity Application to simulation can be expected.

研究分野：プロダクトデザイン

キーワード：圧力分布 リアルタイム 可視化

1. 研究開始当初の背景

道具や調理器具など「手で操作する製品」の多くは、多様な持ち方や握り方を考慮してデザインする必要がある。そのためには、多様な持ち方や握り方を反映した「握りやすさ」の定量化が必要である。

このような背景のもと、製品を握った際の製品側に加わる圧力分布を把握できる計測システムを開発し、物体の把持方法と握りやすさの関係を検証した（図1）。圧力分布計測システムを用いて把持方法と手のサイズの関係の分析を行った結果、手指のサイズの違いにより、製品の把持方法が異なることがわかった。この圧力分布計測システムは、対象モデルに直径5ミリの感圧導電性ゴムを貼り付けることにより、圧力情報を数値化できるが、出力データが数値データであったため、分布結果を視覚的に把握することはできなかった。そこで、計測対象物を上下左右の四方向から表示し、全方向から圧力分布の結果が把握可能な画像表示システムを提案した。

一方、体の動きや衣類の締め付け具合を評価する方法として、超薄型柔軟膜センサを用いた伸縮計測システムを開発中で、これまでに上記センサで皮膚の伸縮が計測できることを確認した。この研究の中で、身体に関わる製品は、時間軸で検証する必要があることがわかった。例えば、鋸は引く時に力をいれ、押す時に力を抜くという操作プロセスで対象物を切るが、各操作プロセスで手の動作や指に加わる力が異なっている。

そこで本研究課題においては、これまでに提案した圧力分布計測システムに時間因子を取り入れるため、リアルタイムに変化状況が確認できる方法について検討した。

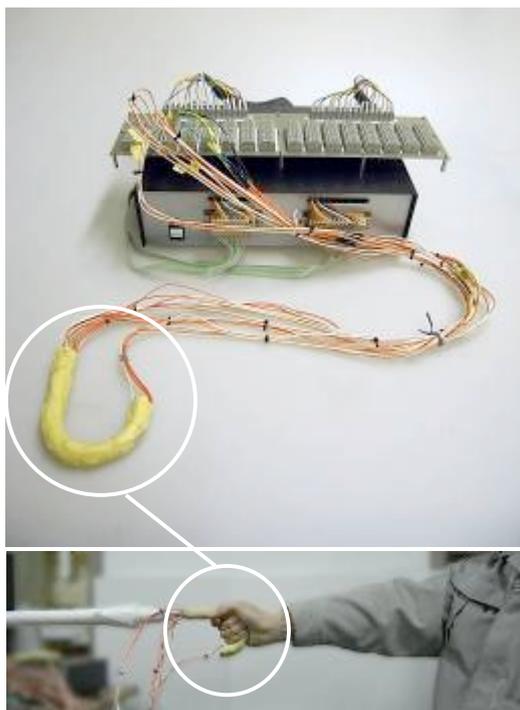


図1 過去に開発した圧力分布計測システム

2. 研究の目的

本研究の目的は、製品の使用状況を時間軸で検証し、製品デザインに反映することである。時間的な変化状況を分析することにより、使用状況を反映した製品デザインが可能となる。製品使用時の時間的な変化の分析方法として一般的な「表面筋電位計測」は、計測データを定量化して比較しやすい。しかし、実験中に計測部位を確認しながら変化状況を分析することは難しく、測定した後のデータ処理についても専門家でなければ理解が難しい。そこで、データ計測中もリアルタイムに変化状況を確認しやすい上、測定した結果も理解しやすく、デザイナーが分析結果を製品に反映しやすい計測方法と表示方法を目指して研究を実施した。

3. 研究の方法

下記の2項目について検討した。

(1) 時間軸を考慮した計測システムの開発

製品使用時の操作プロセスを時間軸で記録・分析することにより、分析結果を製品デザインに反映しやすい計測・可視化システムの開発を目指した。製品を把持した際の「製品にかかる圧力分布」を計測し、製品使用時の時間的な変化状況をリアルタイムに可視化する方法について検討した。圧力分布を計測するための方法としては、これまでの研究と同様に、対象物に感圧導電性ゴムを貼り付けた圧力センサを複数貼り付けて計測した。また、上記の計測システムは、製品改善のためのデータを蓄積することも想定して開発を進めた。実験室の環境で計測するだけでなく、日常生活の中でもデータの記録も行えるようにすることにより、容易に計測データを収集しやすい環境を整えることを想定して仕様を検討した（図2）。さらに、スマートフォンやタブレット等の一般的な汎用ツールを活用することにより、被験者と実験者の複数で計測するだけでなく、使用者が被験者と実験者の両者を担って計測することも可能となるように考慮した。開発した計測・可視化システムは、学会や展示会で発表することにより、様々な分野の技術者や研究者から意見を聞き、改善案も作成した。

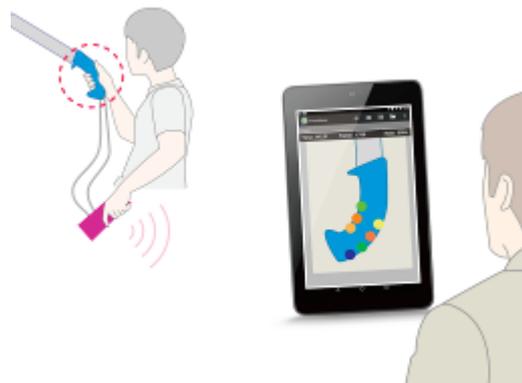


図2 計測シーンのイメージ

(2) 計測システム用の GUI デザイン

製品使用時の「製品にかかる圧力分布」の時間的な変化をビジュアル化し、分析や検証が行いやすい操作画面を目指してデザインした。操作画面の構築においては、これまでに研究した「GUI デザインパターン」を活用した画面設計手法等を活用し、直感的な GUI デザインを目指した。デザイン案を元の実験を行うことにより問題点を抽出し、改善案を開発した。

4. 研究成果

(1) 時間軸を考慮した計測システムの開発

開発した計測システムは、物体に加わる圧力を計測するための「圧力センシング部」と、計測した圧力分布を表示し記録する「表示・記録部」に分離した。圧力センシング部のデータは、表示・記録部に無線 (Bluetooth) 送信されるため、対象物から離れた場所での計測が可能である。本システムは、過去に開発した圧力分布計測システムで課題となっていた下記 3 点も克服することができた。

- 1) 計測周期が遅い (計測周期 1 ヘルツ)
- 2) リアルタイムで可視化ができない
- 3) 大きな筐体で、持ち運びが難しい

本研究では、最初に開発した計測システムを学会等でデモンストレーションし、外部の研究者や技術者から問題点や要望を聞き、それらをもとに改善モデルを開発した。

最初に開発した計測システムの構成を図 3 に示す。ハードウェアは、コネクタ基板を同時に 8 個接続可能な構成にした。コネクタ基板は、1 個あたり 8 チャンネルのセンサが接続可能である。そのため、最大 64 チャンネルのセンサと接続できるコントローラである。また、コネクタ基板 (最大 8 チャンネル) ごとに異なるセンサを取り付けることが可能となっている。例えば、8 チャンネルの圧力センサと 8 チャンネルの身長センサ、3 チャンネルの加速度センサを同時に計測することが可能である。サブ基板とコネクタ変換基板を分離することにより、新たにコネクタ変換基板を作成すると様々なコネクタ形状に対応することが可能となっている。

圧力センシングシステムとして、イナバゴム株式会社製の感圧センサ (イナストマー SF-LT 型) に対応したコネクタ (B2B-EH) 用に変換基板を作成した。測定周波数は、30Hz 及び 60Hz のモードに切り替えて測定可能である。また、接続したセンサデータは無線 (Bluetooth) でスマートフォンやタブレットに通信可能である。さらに、スマートフォン等に送られたログデータは csv 形式で保存されるため、計測後にスマートフォンから PC にデータを転送して解析が可能である。

計測システムを図 4 に示す。メイン基板 (縦 170mm, 横 80mm, 高さ 40mm) とコネクタ変換基板 (縦 85mm, 横 55mm, 高さ 25mm) とモバイルバッテリー、圧力センサで構成されている。

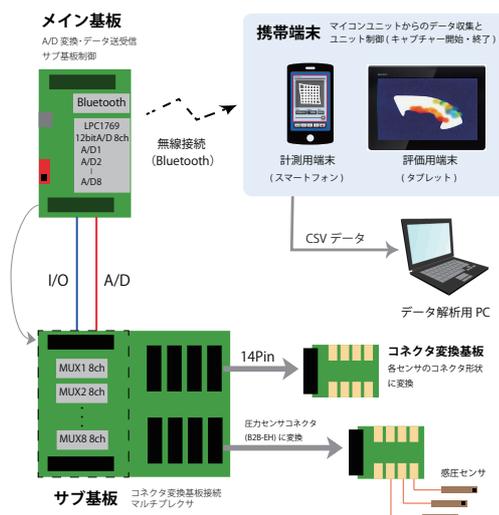


図3 センシングシステムの構成図



図4 センシングシステム

(2) 計測システム用の GUI デザイン

過去に開発した圧力分布計測システムは、対象物に応じて画像を差し替えることが難しく数値データによる表示方法に限定していた。しかし、数値変化だけでは圧力分布を確認することが難しくセンサの取り付け対象も様々で、今回の研究では製品だけでなく人体等にも適応範囲を広げることを想定している。そこで本研究で開発した表示・記録部では、新たな可視化方法を考案した。

本研究の提案方法は、タブレットやスマートフォンのカメラでセンサを貼り付ける対象物 (製品や人) を撮影し、撮影した画像の上から指で触れると触れた箇所がセンサの貼付位置として指定される。画像上にプロットされたセンサ位置に指定されたポイント箇所は紺色のドット表示となり、圧力が加わると力に応じて色が変化する仕様となっている (図 5)。この方法により、カメラで撮影可能なものは全てセンサを取り付けてモニタリングが可能となった上、可視化するためのセンサ位置の設定や修正が容易となった。

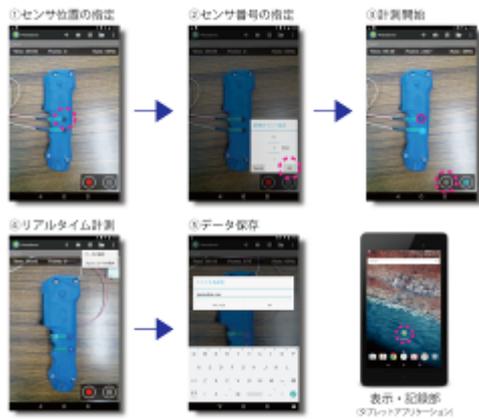


図5 計測システムのGUIデザイン

(3) 計測システムの改良

最初に開発した計測システム（以降、初期モデル）を学会や展示会で発表し、様々な分野の技術者や研究者からの意見をフィードバックして改善モデルを作成した（図6）。

初期モデルで問題となっていた下記4点を改善した。

- ・ 初期モデルではモバイルバッテリーを接続して給電していたが、改良モデルでは電池駆動に切り替え、電池をケース内に収納可能なデザインに変更した。
- ・ 初期モデルでは64チャンネルのセンサを接続可能としていたが、64チャンネルも同時に使用する機会が少ないことがわかり、改良モデルでは24チャンネル対応に変更し、ケースの小型化を図った。
- ・ 初期モデルでは、センサのレンジを変更するための「ツマミの位置」と「センサの接続口」とのマッピングが悪く、サイズも小さかったため、センサ接続口に対応したレイアウトに変更し、ツマミのサイズも修正した。
- ・ 初期モデルのGUIデザインは、対象物の撮影画像は1枚のみになっていたが、1枚の画像だけではセンサの貼り付け場所を全て確認することが難しいことがわかったため、2枚の画像を表示可能となるよう変更した。



図6 計測システムの改良モデル

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 1 件）

- ① 平田一郎, 鶴丸尚孝, 後藤泰徳, 汎用システムデザインプロセスの活用-溶接トーチハンドルの開発事例-, 日本デザイン学会, 特集号 22(1), pp.22-27, 2015

〔学会発表〕（計 13 件）

- ① Hirata Ichiro, A pressure distribution measurement system for product development, The 3rd International Conference on Ambient Intelligence and Ergonomics in Asia, 2017年8月27日, 京都女子大学, 京都府
- ② 平田一郎, 気づきを誘発する圧力分布可視化システム, 日本デザイン学会 第64回研究発表大会, 2017年7月1日(予定), 拓殖大学, 東京都
- ③ 平田一郎, 圧力分布測定システムを用いた大腿義足部ソケットの荷重支持性比較, 第12回日本感性工学会春季大会, 2017年3月29日, 上田安子服飾専門学校, 大阪府
- ④ 平田一郎, ポータブル型圧力分布可視化システム, 第20回一般社団法人情報処理学会シンポジウム(インタラクシオン2017), 2017年3月3日, 明治大学中野キャンパス, 東京都
- ⑤ 平田一郎, 製品評価のための圧力分布計測システム, 第28回電気学会電子・情報・システム部門大会, 2016年9月1日, 神戸大学工学部, 兵庫県
- ⑥ 平田一郎, リアルタイム圧力分布計測システムの開発, 第63回日本デザイン学会春季研究発表大会, 2016年7月2日, 長野大学上田キャンパス, 長野県
- ⑦ 平田一郎, 圧力センシングシステムを用いた製品開発の検討, 日本人間工学会第57回大会, 2016年6月25日, 三重県立看護大学, 三重県
- ⑧ 平田一郎, 製品開発のための圧力分布システム, 第11回日本感性工学会春季大会, 2016年3月27日, 神戸国際会議場, 兵庫県
- ⑨ 平田一郎, 製品モニタリングのためのセンシングシステム, 平成27年度日本人間工学会関西支部大会, 2015年12月5日, 大阪府立大学, 大阪府
- ⑩ 平田一郎, 製品開発のための圧力センシングシステム-製品使用時のモニタリング結果を反省した製品開発の取り組み-, 第62回日本デザイン学会春季研究発表大会, 2015年6月14日, 千葉大学西千葉キャンパス, 千葉県
- ⑪ 平田一郎, デザイン人間工学の実現に向けたセンシングシステムの開発, 日本人間工学会第56回大会, 2015年6月13日, 芝浦工業大学芝浦キャンパス, 東京都
- ⑫ 平田一郎, デザイン人間工学的アプロー

チによる溶接トーチハンドル形状の検討,
第 10 回日本感性工学会春季大会, 2015
年 3 月 28 日, 京都女子大学, 京都府

- ⑬ 平田一郎, 作業負担軽減を目指した溶接
トーチのデザイン, 第 61 回日本デザイン
学会春季研究発表大会, 2014 年 7 月 5
日, 福井工業大学, 福井県

[その他] (計 3 件)

- ① 平田一郎, 兵庫県立工業技術センターで
行っている研究発表事例の紹介, 第 9 回
サイエンスフェア in 兵庫, 2017 年 1 月
29 日, 理化学研究所, 兵庫県
- ② 平田一郎, イノベーションデザインワー
クショップ (招待講演), 2015 年 3 月
25 日, 北陸先端科学技術大学院大学, 石
川県
- ③ 平田一郎, ユーザビリティ評価に基づい
た製品開発の取り組み, 第 4 回デジタル
ヒューマン技術協議会 (招待講演), 2014
年 10 月 31 日, 産業技術総合研究所臨海
副都心センター, 東京都

6. 研究組織

(1) 研究代表者

平田 一郎 (HIRATA, Ichiro)
兵庫県立工業技術センター・生産技術部・
主任研究員
研究者番号: 8 0 4 7 0 2 4 3