

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：51601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04232

研究課題名（和文）製品使用時の人間の感じ方を計測するためのタグチメソッドに基づく技術開発

研究課題名（英文）Development of usability measurement methods for industrial products using the Taguchi method.

研究代表者

植 英規（UE, Hidenori）

福島工業高等専門学校・電気電子システム工学科・教授

研究者番号：90586851

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：製品を使用中に感じる使い心地を評価するため、生体情報から抽出した特徴量パターンをマハラノビス距離（MD）により定量化した。評価基準は作業前の2分程度の安静状態であり、作業中のMDが使い心地を表す。また、評価基準の構築は一連の測定の最初に行うことで、センサの装着状態による測定ばらつきを排除するとともに、個人ごとの分析が短時間で実施できるようにした。実製品を用いた検証において、本手法の分析結果は人間の感じた使い心地と一致する傾向を示した。なお、非接触センサとして映像情報から分析を行う手法の開発も行い、実験的検証により有効性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、製品評価のための一連の測定の中で、評価基準の構築と評価対象データの収集を行う分析プロセスを確立した。これを実現するためにマハラノビス・タグチ法（MT法）を採用し、比較的少数のデータの学習で分析ができるようになった。本研究において、事前に大量のデータでの機械学習が困難な課題に対する解決手法のひとつを提示したことは意義がある。また、個人の感じる使い心地は作業のしやすさという側面もある。本研究ではそれを経時的に定量化し、作業効率や作業安全性を高める設計につながる評価手法を示したことは社会的にも意義がある。

研究成果の概要（英文）：To evaluate the usability of products, the Mahalanobis' distance (MD) from the feature patterns extracted from the biometric information was calculated. The reference point for evaluation was a resting state for about 2 minutes before work. MD values expresses usability. The measurement for establishing the reference point was performed at the beginning of the usability evaluation, thereby eliminating the variation in the measurement due to contact state of sensors. This process allows analysis to be performed in a short period of time. In the verification using actual products, the analysis results of this method tended to match the interviews with the subjects. Also, a video information analyzing method was also developed and confirmed its effectiveness through experimental verification.

研究分野：品質工学

キーワード：使い心地 工業製品 特徴量分析 MT法 生体情報

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

工業製品の開発・設計において、製品の使い心地はユーザーの満足度に直結し、企業のブランドイメージにもつながる重要な評価指標である。しかしながら使い心地は人間の感覚によって決まる指標のため、客観的な数値による評価は難しく、これまでは官能評価などの主観に基づく感性評価が重要な評価方法であった。主観評価は、人間の鋭敏な感覚を評価に反映させることができる有効な手法である一方で、評価者が自身の感覚を適切に数値表現することは容易ではなく、多くの評価者による結果を統計分析することが必要である。そのため評価のために多くの時間やコストがかかる等の課題がある。個人ごとの使い心地を客観的に評価分析する手法は確立されていない。

### 2. 研究の目的

本研究では、製品使用時の生体情報から人間が感じる使い心地を経時的に数値化する評価技術の開発を行う。特に、製品の種類によらない使い心地評価技術の確立を目指し、製品自体の固有情報を用いない手法を開発する。

### 3. 研究の方法

生体情報に基づいて製品の使い心地を定量評価する技術を開発するために、以下の各項目についての研究を同時並行して実施した。また、各項目の研究を進めていく上で生じた課題についての検討を実施した。

#### (1) 生体情報の選定

基本方針として、複数の生体情報を収集して分析に用いる。これは、個人差や日間変動、測定ばらつき等が大きい生体情報から使い心地の差異をより検出しやすくするために、取り扱う情報を増やす等の目的がある。また、製品使用中のデータ収集を前提とするため、指先などに装着するセンサは選定の対象にしない。

#### (2) 特徴量の選定、分析手法の選定

経時的な分析を行うため、収集した生体情報の時系列データから窓関数により一定の時間幅を切り出し、そこから複数の特徴量を抽出する。窓関数は短時間ごとに時間スライドさせることで使い心地の推移を分析できるようにする。また、複数の特徴量は多次元パターンを構成するため、これを分析するための手法の選定も行う。ここでは少数データでの機械学習を想定した分析手法を想定する。

#### (3) 安定した評価基準の構築方法の確立

定量化を行うための「評価基準」を構築する方法を確立する。評価基準はモノサシの原点と目盛幅を定義することに相当する。生体情報は個人差や測定ばらつき等が大きいいため、基本方針として、予め多くの人間から膨大なデータを収集して機械学習を行うのではなく、使い心地評価の都度、個人ごとの評価基準を少数データから構築することを想定する。

#### (4) 実製品を用いた実験的検証の実施

開発した評価手法の検証や改善を行うために、実際の工業製品を選定して実験的検証を行う。データの収集は、実験内容について十分な説明をした実験協力者により行う。なお、実験にあたっては氏名や映像等の個人情報記録せず、実験への参加も任意とする。また、測定の実値を把握するために、実験終了後は実験協力者に対して選択式あるいは自由回答形式の聞き取り調査を行う。

### 4. 研究成果

本研究で構築した使い心地評価の流れを図1に示す。本手法はデータ収集フェーズと分析フェーズから成る。データ収集フェーズでは、評価基準を作るためのデータ収集と、実際の評価を行うためのデータ収集を一連の測定で行う。これによって、測定装置（センサ）の着脱に伴う測定ばらつきの影響を除去することができる。また、個人ごとの評価基準を評価の度に構築することにより、個人差や日間差の影響を除去することができる。

分析フェーズでは、収集した評価基準

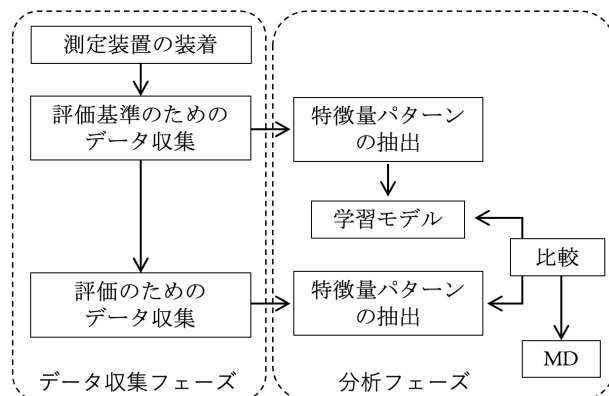


図1 使い心地評価の流れ

データから特徴量パターンを抽出し、これを用いて機械学習を行う。データ収集フェーズの中で短時間での評価基準用データ収集を行うため、機械学習には比較的少数のデータからでも分析が可能な MT 法 (Mahalanobis-Taguchi method) を採用した。MT 法によって評価基準からの差異をマハラノビス距離 (Mahalanobis' distance : MD) で数値化し、本研究ではこの MD の大きさが使い心地に相当すると考える。

#### (1) 生体情報の選定

脳波、心拍波形 (容積脈波)、脳血流についてそれぞれ実験的検討を行った。これらは前頭部や耳垂部の皮膚にセンサを接触させて生体情報を収集し、作業中の動作を阻害しない。また、研究を進める中で、データ収集中の頭部の動きによるセンサの位置ずれの影響が見られたため、非接触センシングの検討としてカメラで撮影した顔の動画像から画像処理によって特徴量パターンを抽出する検討も行なった (特徴抽出後、全ての映像情報は削除した)。それぞれの生体情報について特徴量の選定や実験的検証を行った結果、現時点で十分な検証が完了し、かつ良好な傾向を示したのは脳波と容積脈波による場合であった。ただし他の生体情報を用いた場合にも使い心地評価が行える可能性は示唆された。

#### (2) 特徴量の選定、分析手法の選定

選定した生体情報によって有効な特徴量は異なる。100Hz 以上でサンプリングする脳波や容積脈波では周波数特徴である短時間フーリエ変換のスペクトルを特徴量とした。データ収集中の瞬目 (まばたき) によるノイズ混入の影響も考慮し脳波では 2 秒間、心拍 2 回分が入るよう容積脈波では 3 秒間の幅のハミング窓で 1 秒ずつスライドさせながらデータを切り出し、スペクトルを抽出した。特徴量として採用する帯域は実験的に設定した。一方、10Hz 程度のサンプリングである脳血流は矩形窓によりデータを切り出した後、振幅方向に複数設定した標本線 (しきい値) と交差する回数で表される微分特性、標本線を超えた総時間で表される積分特性による特徴量を抽出した。その他、動画像における特徴量としては、各フレーム画像から抽出した顔のランドマーク間距離、顔内の複数箇所の色 (色相、彩度、明度) を特徴量とした。

機械学習には前述の通り MT 法を採用した。MT 法は単位空間と呼ばれる評価基準の特徴量パターンのみを学習し、そこからの差をマハラノビス距離 (MD) で数値化する。MT 法では群を構成するのは単位空間のみであり、これは同じ MD を用いる判別分析法とは異なる特徴である。MT 法を採用することで、学習のためのデータ収集は評価基準データのみで完了するため、短時間での分析が可能となった。

#### (3) 安定した評価基準の構築方法の確立

MT 法で機械学習するデータは MD の原点 (ゼロ点) となる。そこで使い心地の良し悪しの間接点として安静状態のデータを用いて評価基準を構築した。安静状態を作るための環境整備や視線等の誘導方法、評価者にさせる作業等を実験的に探索し、瞬目が実際の作業中と同程度になるような作業 (安静タスク) を実施することで分析精度の向上につながることを示した。

#### (4) 実製品を用いた実験的検証の実施

検証結果の一例を示す。具体的な製品としてコンピュータのマウスを選定して本手法の実験的検証を行った。実験協力者による検証結果の例を図 2 に示す。この実験は 1 種類のマウスをカーソルの移動速度を 3 段階に変え、画面上にランダムに提示される 3 種類の大きさのターゲットをクリックすることで実施した。同図縦軸は 1 分間マウス操作をしたときの 1 秒毎の MD の四分位範囲である。マウス速度「遅い」場合に MD が大きく、ターゲットの大きさによる違いは無いことが確認できる。また、安静時には MD が小さく、マウス速度が「標準」「速い」の場合の MD も安静時と同程度に小さくなった。これはマウス操作性についての実験協力者への聞き取り結果と一致した。

本実験では 5 名の実験協力者による検証を行い、図 2 と同様に本人への聞き取り結果と一致する傾向が得られた。実験協力者は全員、普段からマウス操作に慣れており、マウス操作自体に苦手意識はない。MD の大きさはマウスの速度設定の違いによる使い心地を反映したものであるといえる。

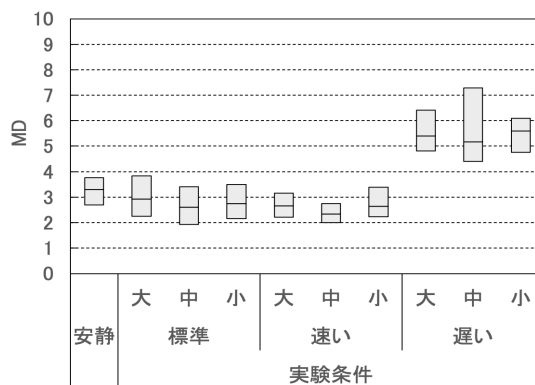


図 2 使い心地評価の結果例

上記(1)~(4)の成果より、本研究によって使い心地を MD の大きさによって評価する手法を開発することができた。特に、本手法では従来の官能評価では得られない使い心地の経時的な推移を 1 秒ごとに把握することができ、製品使用中の特定の操作に着目した使い心地評価も可能になった。今後は本手法を活用し、よりユーザー満足度の高い製品の開発設計を行うための設計手法の構築を行うことが必要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 植 英規, 渡邊 紫音	4. 巻 31
2. 論文標題 生体情報に基づく製品の使い心地評価 MT法によるコンピュータマウスの操作感の比較	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 品質工学	6. 最初と最後の頁 43-49
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 植 英規, 渡邊 紫音
2. 発表標題 生体情報に基づく製品の使い心地評価の試み
3. 学会等名 令和3年電気学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 植 英規, 齋藤 拓夢, 渡邊 紫音
2. 発表標題 生体情報を用いたストレス評価へのMTシステムの適用(3)
3. 学会等名 第29回品質工学研究発表大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤 拓夢, 渡邊 紫音, 植 英規
2. 発表標題 製品使用中に生じる感情変化の検出を目的とした生体情報の分析
3. 学会等名 電気学会東京支部茨城支所研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 植 英規, 真船 真幸
2. 発表標題 製品の使い心地評価を目的とした生体情報の分析
3. 学会等名 2022年度電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 植 英規, 佐藤 龍熙, 高木 智毅
2. 発表標題 顔の画像特徴に基づく映像視聴時の平常度評価
3. 学会等名 令和5年電気学会全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 植 英規, 佐藤 龍熙, 高木 智毅
2. 発表標題 MT法を用いた映像コンテンツ視聴中の顔画像分析
3. 学会等名 第31回品質工学研究発表大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------