

令和元年6月25日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K14285

研究課題名（和文）人と機械を感性でつなぐデータ指向型感性フィードバック制御システムの構築

研究課題名（英文）Construction of a data-oriented Kansei feedback control system that connects humans and machines with Kansei

研究代表者

山本 透 (Yamamoto, Toru)

広島大学・工学研究科・教授

研究者番号：10200825

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：内閣府の調査によれば、日本は、国内総生産が高いにも関わらず幸福度が低いとされている。したがって、人の感性を考慮し、心の豊かさが向上するように「物」が作られ、動作すべきだと考えられる。

本研究では、感性を動的に制御する「感性フィードバック制御法」を提案している。感性フィードバック制御の基本構造はカスケード制御系であり、内側、外側ループはそれぞれ、機器に関する制御ループ、人の感性に関する制御ループである。このとき、人の感性は、時変系や非線形系であると考えられ、そのモデル化は困難であるため、ここでは、データベース駆動型制御を導入することで、制御パラメータを入出力データから直接算出している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本は、国内総生産（GDP）が高いにも関わらず幸福度が低いとされている。そのため、GDPに関する「物の豊かさ」と、幸福度に関する「心の豊かさ」には大きなギャップが存在している。したがって、そのギャップを埋めるために、既に高度な「物」（自動車、油圧ショベル、福祉支援機器など）が、人の感性を考慮し、心の豊かさが向上するように動作すべきだと考えられる。このような背景において、本研究で取り上げている、感性を動的に制御する「感性フィードバック制御法」は、上述の社会的課題を解決する一つの糸口であり、今後重要視されるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In Japan, the level of happiness is considered low despite the Gross Domestic Product (GDP) being high, and a wide gap separates "material wealth" related to GDP and mental wealth such as Kansei related to the level of happiness. To fill this gap, materials should be controlled to enhance Kansei according to human feelings. However, it is difficult to obtain the Kansei model because of time-variant and nonlinear system. In this study, the design of a data-oriented cascade control system based on Kansei is proposed. In particular, a database-driven controller is designed for a human based on Kansei. The effectiveness of the proposed scheme is experimentally verified.

研究分野：制御工学

キーワード：感性フィードバック制御 データ指向型制御 ヒューマンインタフェース

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

内閣府の調査によれば、日本は、国内総生産 (GDP) が高いにも関わらず幸福度が低いとされている。そのため、GDP に関する「物の豊かさ」と、幸福度に関する「心の豊かさ」には大きなギャップが存在している (図 1)。したがって、「物」(自動車、油圧ショベル、福祉支援機器など) が、人の感性を考慮し、心の豊かさが向上するように動作すべき (制御されるべき) だと考えられる。

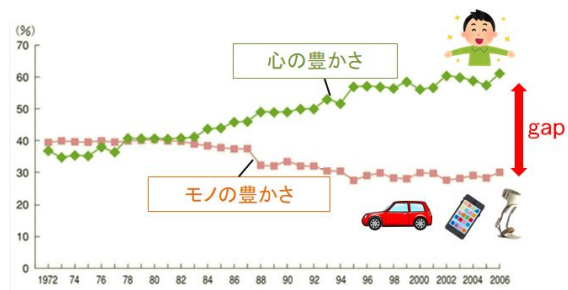


図 1 内閣府調査

このような背景において、「感性」の可視化技術については、社会実装を想定し、最近精力的に研究が進められている。しかしながら、感性に関するほとんどの研究は、製品のデザイン評価・設計など、時間的概念を伴わない『静的』なものを対象としており、著者らの知る限りでは、感性を『動的』に制御する研究は国内外では見当たらない。また、人の感性は、時変系や非線形系であると考えられるため、そのモデル化は困難である。

一方、制御対象の非線形性に対応可能な制御法として、データベース駆動型制御が提案されている。これらは、システムモデルを必要とせず、入出力データと制御パラメータが格納されたデータベースを用いて、システムの変化に対応して制御パラメータが適応的に算出される仕組みを有している。

2. 研究の目的

本研究では、図 2 に示すように感性を動的に制御する「感性フィードバック制御法」を提案することを目的としている。感性フィードバック制御の基本構造をカスケード制御系とすることで、人の感性が向上するように機械、装置を制御する仕組みを実現する。具体的には、カスケード構造の制御系において、内側、外側ループはそれぞれ、機器に関する制御ループ、人の感性に関わる制御ループとする。このとき、人の感性は、時変系や非線形系であると考えられ、そのモデル化は困難であるため、データベース駆動型制御を導入することで、制御パラメータをデータベースから直接算出することを考える。これにより、対象となる人が代わっても、その人にとって最適な快適度になるように、内側の制御ループが稼働する「データ指向型感性フィードバック制御系」を構築することを本研究の目的としている。

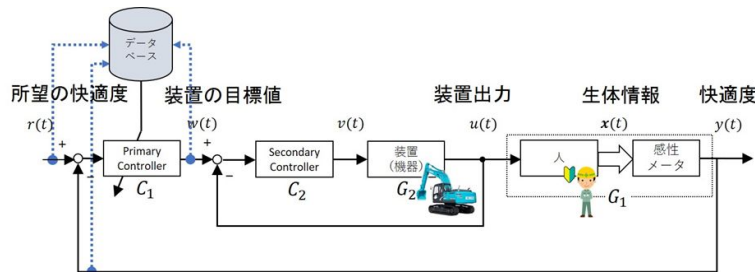


図 2 データ指向型感性フィードバック制御系のブロック線図

3. 研究の方法

「データ指向型感性フィードバック制御系」の構築について、平成 28 年度および平成 29 年度の 2 年に亘って理論構築を進める。その際、制御系の構成、データベース駆動型制御を導入するにあたって新たに発生する問題について考察を重ねる。一方、本学医学部に設置されている感性拠点の協力を得て、脳波計のデータに基づく感性メータを提供頂き、感性メータとデータベース駆動型制御との整合性についても考察する。平成 30 年度は、2 年間で構築したデータ指向型感性フィードバック制御法を、油圧ショベルシミュレータへ適用し有効性を検証する。

4. 研究成果

平成 28 年度と平成 29 年度の 2 年間では、感性フィードバック制御を実現するための制御系として、カスケード制御系の構築について考察を進めた。具体的には、内側のループが機械や装置を制御するループで、外側に人の感性を制御するループであり、外側ループはデータベースを備えている。このとき、対象となる人の感性が向上する方向に、内側ループ (機械や装置の制御ループ) への目標値を外側ループにあるデータベースが算出する仕組みを持たせる。この制御系の有効性については、片麻痺者用の短下肢装具を取り上げ、数値シミュレーションを通して検証した。具体的には、人の感性をウェバー・フェヒナーの法則に基づく想定したうえで、機器と感性に関するカスケード制御系を構築し、データベース駆動型制御により、制御パラメータを適応的に調整することで希望の感性 (快適度) が得られることを確認した。その際、本学医学部に設置されている感性拠点で開発された、感性メータによって快適度を計測した。

当初の研究計画では、3年目にあたる平成30年度に、実際の短下肢装具を用いて感性フィードバック制御の有効性を検証する予定で、平成28年度と平成29年度に上述の研究に並行して実験装置の構築を進めていた。その検証には、健常者を片麻痺患者として模擬的に再現し、実験を行うこととしていたが、実際には健常者と片麻痺患者の脳活動は異なるという専門家からの意見を頂いたことで、対象を健常者が扱う製品と考え、その一つとして油圧ショベルを取り上げ、感性フィードバック制御の有効性を検証するよう計画変更をした。

平成30年度では、油圧ショベルを対象として、図3、および図4に示すような数値シミュレータを構築し、感性フィードバック制御の有効性を検証した。図4に示すように、油圧ショベルのバケットを上下に移動させ、被験者の官能評価により、バケットの速度が遅い場合は「不快」に感じ、速い場合は「快」に感じるシミュレータとなっている。

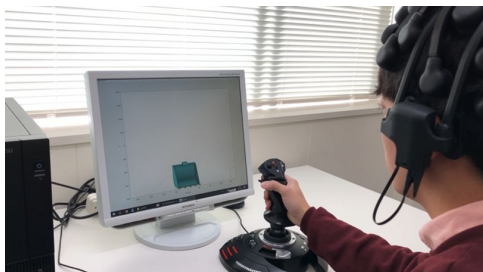


図3 油圧ショベルシミュレータの概要

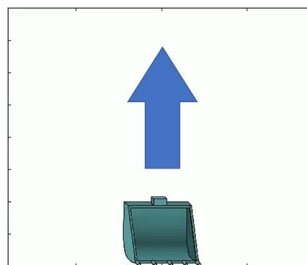


図4 シミュレータ画面の概要

本研究で考察したデータ指向型感性フィードバック制御による制御結果を図5に示す。図5において、 r は目標快適度であり、 y は感性メータの出力値（快適度）である。本研究では、実際の人の快適度 y が目標値 $r=1$ に追従することを旨とする。また、 u は油圧ショベルの出力速度であり、 v は機器への入力信号（例えばトルクなど）である。なお、添え字がゼロの変数 y_0 、 u_0 、 v_0 は、それぞれ従来のカスケード制御法を適用した制御結果である。従来の制御結果では機器の出力速度 u_0 が遅い応答を示しているため、操縦者にとっては不快を感じているため、その快適度 y_0 は目標値 r に追従していないことが分かる。

一方、提案法（データ指向型感性フィードバック制御法）では、機器出力速度 u が u_0 に比べて速い応答になっているため、それに対応して操縦者の快適度が向上し、快適度 y が目標値 r に最終的に追従していることが分かる。これにより、データ指向型感性フィードバック制御法の有効性が確認できる。

さらに、コベルコ建機株式会社のご協力を得て、実際の油圧ショベルでの予備実験を通して、データ指向型感性フィードバック制御法の社会実装の可能性についても議論することができた。今後も、同企業のご協力を得て、社会実装に向けて本研究を継続する予定である。

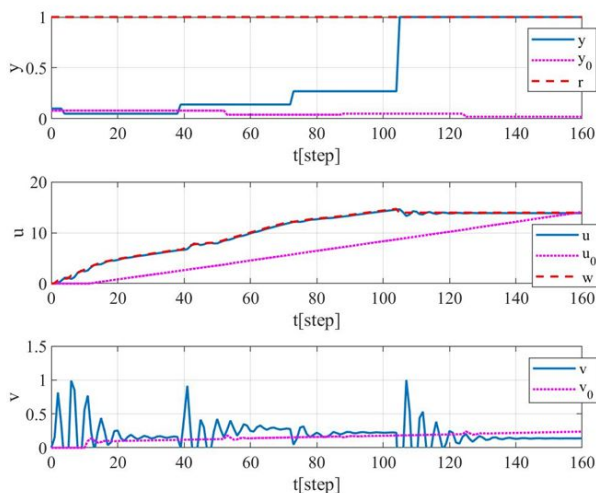


図5 データ指向感性フィードバック制御による制御結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

- (1) T.Kinoshita and T.Yamamoto : Design of a Data-Oriented Kansei Feedback System, Journal of Robotics, Networking and Artificial Life, Vol.4, No.1, pp.14-17 (2017) [査読あり]

〔学会発表〕(計 11 件)

- (1)池田, 木下, 山本, 町澤, 田中, 山崎: 油圧ショベルシミュレータを用いたデータベース駆動型感性フィードバック制御系の一設計, 計測自動制御学会 第6回制御部門マルチシンポジウム, 熊本 (2019)

- (2)山本:データ指向型 PID 制御系の設計と産業応用～PID パラメータチューニングの新機軸～, 計測自動制御学会 第 6 回制御部門マルチシンポジウム, 熊本 (2019)
- (3)木下, 池田, 山本, 町澤, 田中: 油圧シヨベルを対象としたデータベース駆動型感性フィードバック制御系の一設計, 第 27 回計測自動制御学会中国支部学術講演会, 広島 (2018)
- (4)木下, 池田, 山本, 町澤, 田中: 油圧シヨベルにおけるデータベース駆動型感性フィードバック制御系の一設計, 第 61 回自動制御連合講演会, 名古屋 (2018)
- (5)木下, 町澤, 山本: ランダムフォレストを用いた感性情報と脳波の相関解析に関する研究, 電気学会制御研究会, 岡山 (2018)
- (6)木下, 佐々木, 山本: カーネル密度推定に基づくデータベース駆動型制御系の一設計, 計測自動制御学会 第 5 回制御部門マルチシンポジウム, 東京 (2018)
- (7)T.Kinoshita and T.Yamamoto: Design and Experimental Evaluation of a Data-Oriented Cascade Control System, Proc. of SICE Annual Conference, Kanazawa (2017)
- (8)木下, 山本: 補講支援機器における感性フィードバック制御系の一設計, 第 61 回システム制御情報学会研究発表講演会, 京都 (2017)
- (9)木下, 満倉, 山本: 感性フィードバック制御系における感性情報処理に関する考察, 電気学会制御研究会, 沖縄 (2017)
- (10)木下, 山本: FRIT を用いたデータ指向型感性フィードバック制御系の一設計, 計測自動制御学会 第 4 回制御部門マルチシンポジウム, 岡山 (2017)
- (11)T.Kinoshita and T.Yamamoto: Design of a Data-Oriented Kansei Feedback System, Proc. of International Conference on Artificial Life and Robotics, Miyazaki (2017)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 4 件)

- (1) 名称: 感性フィードバック制御装置
 発明者: 山本 透, 木下拓矢
 権利者: 国立大学広島大学, コベルコ建機株式会社
 種類: 特許
 番号: 特願 2018-206633
 出願年: 2018 年
 国内外の別: 国内
- (2) 名称: Data-Oriented Feedback Controller and Data-Oriented Feedback Control Method
 発明者: Toru Yamamoto and Takayuki Kinoshita
 権利者: Hiroshima University
 種類: 特許
 番号: 15/690261
 出願年: 2017 年
 国内外の別: 外国
- (3) 名称: 制御装置
 発明者: 山本 透, 木下拓矢
 権利者: 国立大学広島大学
 種類: 特許
 番号: 特願 2017-123432
 出願年: 2017 年
 国内外の別: 国内
- (4) 名称: データ指向型フィードバック制御装置およびデータ指向型フィードバック制御方法
 発明者: 山本 透, 木下拓矢
 権利者: 国立大学広島大学
 種類: 特許
 番号: 特願 2016-168079
 出願年: 2016 年
 国内外の別: 国内

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究分担者

なし

(2)研究協力者

研究協力者氏名：木下 拓矢
ローマ字氏名：Kinoshita Takuya

研究協力者氏名：池田 啓昭
ローマ字氏名：Ikeda Hiroaki

研究協力者氏名：町澤 まろ
ローマ字氏名：Machizawa Maro

研究協力者氏名：田中 精一
ローマ字氏名：Tanaka Kiyokazu

研究協力者氏名：山崎 洋一郎
ローマ字氏名：Yamasaki Yoichiro

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。