

令和 2 年 5 月 18 日現在

機関番号：15401

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2018～2019

課題番号：18H05907・19K21079

研究課題名（和文）「感性を制御する」データベース駆動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 Database-Driven Kansei Feedback Control System that "Controls Kansei"

研究代表者

木下 拓矢 (Kinoshita, Takuya)

広島大学・工学研究科・助教

研究者番号：80825323

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000 円

研究成果の概要（和文）：カスケード制御系に基づき、脳波計に基づく「感性メータ」の出力値をフィードバックすることで、感性値が向上するように、油圧ショベルシミュレータのバケット速度を制御できることを確認した。このとき、実際の脳波計を装着し、21名の被験者に対して実験を行うことで、提案法の有効性を検証した。

また、油圧ショベルのような操作系に着目し、カスケード制御系から、慣性モーメントに基づく感性フィードバック制御法に拡張し、理論構築を行った。この制御法により、感性という曖昧な信号値を、慣性モーメントという物理的に明確なパラメータに関連させることが可能となる。この有効性については、数値シミュレーションにより検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、人の感性の可視化技術については、研究が行われているが、感性を制御する動的な研究は十分に進められていない。もし感性を動的に制御することができれば、自動車分野や建設分野など、機器が人のことを考え動作することで、ストレス・疲労が軽減され、生産性の向上が期待できる。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るため、そのモデル化は困難である。本研究では、人の感性のモデル化が不要な、データベースを核とした感性フィードバック制御法について研究を取り上げているが、人の感性に着目した動的な制御には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）：It was confirmed that the bucket speed of the hydraulic excavator simulator could be controlled so that the sensitivity value is improved by feeding back the output value of the "Kansei meter" by the electroencephalograph based on the cascade control system. The effectiveness of the proposed scheme was verified by wearing an actual electroencephalograph and conducting experiments on 21 subjects. Furthermore, focusing on an operating system such as a hydraulic excavator, we extended the theory from a cascade control system to a Kansei feedback control scheme based on the moment of inertia. This control scheme is possible to associate an ambiguous signal value called Kansei with a physically definite parameter called the moment of inertia.

研究分野：制御工学

キーワード：感性 データベース駆動型制御 慣性モーメント

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

内閣府の調べでは、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、そのギャップを埋めるために、既に高度な「物」(車、パワーショベル、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である。たとえば、パワーショベルを例にとれば、感性 (快、不快など) に応じて、応答性を適切に調整するなどである (熟練者は応答性を速く、非熟練者は遅くする)。これにより、操作に関するストレス・疲労が個々に応じて低減され、生産性の向上が期待できる。

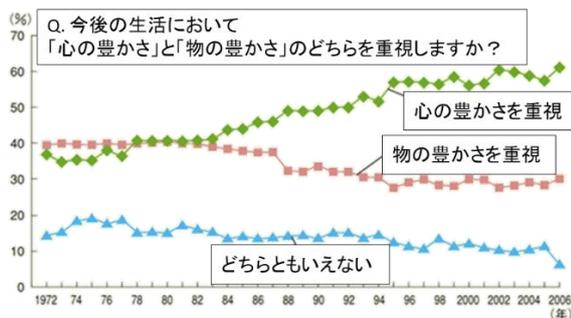


図 1. 「心の豊かさ」と「物の豊かさ」の推移

一方、「感性」の可視化技術については、社会実装を想定し、研究が行われているが、感性に関するほとんどの研究は、製品のデザイン評価・設計など静的な分野であり、申請者の知る限りでは、「感性」を「制御」する動的な研究は国内外では見当たらない。また、「感性」は、海外においても「Kansei」として使用され、日本人特有の概念といえる。このことから、感性に関する研究は日本が率先して行うべき分野であり、その研究価値は十分に高いといえる。

2. 研究の目的

提案する制御系の概要図を図 2 に示す。本稿で対象とする機器 G_2 は、「油圧ショベル」とし、油圧ショベルを操作する際の生体信号から「感性メータ」を用いて、油圧ショベル操作時の快適度 $y(t)$ を計測する。このとき、油圧ショベルの出力 $y(t)$ と目標値 $r(t)$ は速度とする。また、 J_{ref} は油圧ショベルを含めた閉ループ伝達関数の目標慣性モーメントであり、 J_h は人の脳内での慣性モーメントである。なお、 J_h は未知とする。また、 D は粘性抵抗であるが、 $1/D$ はシステムゲインとなるため、フルレバー操作時の速度は容易に計測可能であると仮定し、本稿では D は既知とする。本制御系では、快適度 $y(t)$ を向上させることが目的となるが、個々に適した油圧ショベルの目標速度 $r(t)$ を直接設定することは困難である。そこで、レバー入力 $\tau_h(t)$ と装置に関する慣性モーメント J_{ref} の関係から、個々に適した目標速度 $r(t)$ を自動生成する。本手法では快適度 y が向上するように、データベース駆動型アプローチに基づいて J_{ref} が調整することを目的とする。なお、本研究では、 $J_{ref} = J_h$ となったとき、実際の制御系の慣性モーメントと脳内での慣性モーメントが一致することから、最も快適であるとする。

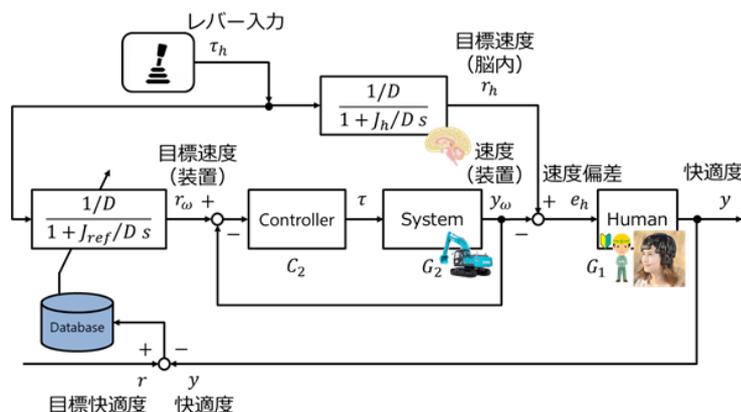


図 2. 提案制御系のブロック線図

3. 研究の方法

2018 年度では、カスケード制御系に基づき、脳波計に基づく「感性メータ」の出力値をフィードバックすることで、感性値が向上するように、油圧ショベルシミュレータのバケット速度を制御できることを確認する。このとき、実際の脳波計を装着し、複数の被験者に対して実験を行うことで、提案法の有効性を検証する。

2019 年度では、油圧ショベルのような操作系に着目し、カスケード制御系から、慣性モーメントに基づく感性フィードバック制御法に拡張し、理論構築を行う。この制御法により、感性という曖昧な信号値を、慣性モーメントという物理的に明確なパラメータに関連させることが可能となる。この有効性については、数値シミュレーションにより検証する。

4. 研究成果

本研究成果は図 3 に示すように、操縦者が脳波計を装着し、それにより計測された慣性値 $y(t)$ をフィードバックすることで、油圧ショベルのバケット目標速度を決定する。



図 3. 脳波計とシミュレータ

はじめに、カスケード制御系における手法の有効性を被験者 21 名に対して検証した。具体的には、初期制御パラメータは、バケット速度が比較的遅く算出されるようになっており、被験者の感性値 $y(t)$ は低く算出されることを確認した。その後、提案法により、データベースを核として制御パラメータを学習することで、全被験者 21 名において、感性値の向上が確認でき、カスケード制御系の有効性を検証することができた。

次に、カスケード制御系で構築された提案法を図 2 の慣性モーメントに基づく制御系へ拡張し、その有効性を数値シミュレーションを用いて検証した。図 2 からわかるように、レバーからの入力があるときのみ制御対象が動作する構造となっているため、人が装置を動作させるうえでの安全性の確保にもつながるといった特徴がある。本提案手法の有効性を図 4 に示す。図 4 から、出力 $y(t)$ は、目標快適度 $r(t)$ に追従していることが確認できる。このことは、機体速度 $y_\omega(t)$ が脳内の目標速度 $r_h(t)$ に追従していることから確認できる。このとき、レバー入力 $r_h(t)$ によって、脳内の慣性モーメント $J_h(t)$ は変化しているが、図 5 から、データベース駆動型制御により、適切に $J_{ref}(t)$ が推定されている。このことから、提案法を適用することにより、人の脳内の目標慣性モーメントを推定することが可能となることが示唆される。

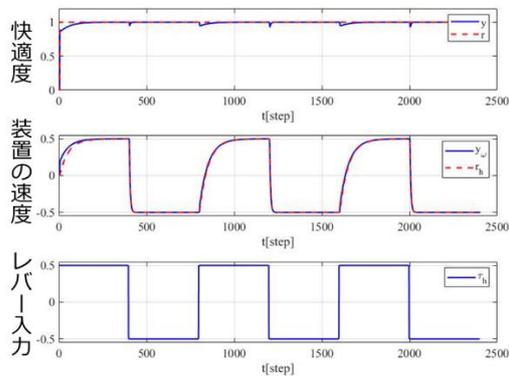


図 4. 提案制御系のブロック線図

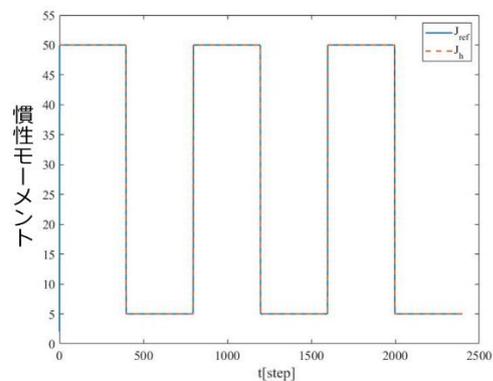


図 5. 提案制御系のブロック線図

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 T. Kinoshita, H. Ikeda, T. Yamamoto, M. Machizawa, K. Tanaka, and Y. Yamazaki	4. 巻 32
2. 論文標題 Design of a Database-Driven Kansei Feedback Control System using a Hydraulic Excavators Simulator	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 to appear.
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3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 木下拓矢, 池田啓昭, 山本透, 町澤まる, 田中精一
2. 発表標題 油圧ショ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
3. 学会等名 第61回自動制御連合講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木下拓矢, 池田啓昭, 山本透, 町澤まる, 田中精一
2. 発表標題 油圧ショ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
3. 学会等名 第27回計測自動制御学会中国支部 学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 池田啓昭, 木下拓矢, 山本透, 町澤まる, 田中精一
2. 発表標題 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
3. 学会等名 第6回制御部門マルチシンポジウム
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 フィードバック制御装置	発明者 木下, 山本	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-220130	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
研究協力者	山本 透 (Yamamoto Toru)		
研究協力者	池田 啓昭 (Ikeda Hiroaki)		
研究協力者	町澤 まろ (Machizawa Maro)		
研究協力者	田中 精一 (Tanaka Kiyokazu)		
研究協力者	山崎 洋一郎 (Yamazaki Yoichiro)		