

論文内容要旨（和文）

2022年度入学 大学院博士後期課程

バイオ工学専攻 バイオ化学分野

氏 名 池島 俊季



論 文 題 目 指型センサーによって得られた物理的パラメータによる触感推定モデルの構築

触感は、物質の購入意向や満足度を左右する重要な要素である。触感を適切に評価するには、触感語彙集が不可欠であり、従来は繊維や化粧品など、産業や物質ごとに異なる語彙集が作成されてきた。しかし、こうした個別の触感語彙集を用いると、他の物質との触感の比較ができず、異なる物質間での知見の共有や応用が困難になるという欠点がある。そこで、産業横断的に活用できる触感語彙集を構築することができれば、様々な産業で触感評価値を集積し、異なる物質の価値構造を比較することで、より優れた触感の設計が可能となる。また、シルクの手触りを再現したスキンケアクリームなど、他物質の特徴を取り入れた新しい製品の開発を通じて、触感設計の幅を広げることができる。

一方、触感語彙集を用いた評価には、被験者を招集して物質を触らせる手間とコストがかかるという課題がある。近年では、計測機器を用いて測定した物性値から触感評価値を推定する試みが進められている。そこで本研究では、新たな触感語彙集を作成するとともに、簡便な測定が可能な計測機器を用いて触感評価値を推定し、産業横断的に物質の触感設計を支援する枠組みを構築することを目指した。

本研究のアプローチとして、以下の4つのステップを実施した。

第一に、触感の定義、および各産業および各物質において作成されてきた触感語彙集の長所と短所を整理し、これまでの触感評価の変遷について記述した。さらに、各産業・物質における触感と物性の関係性、ならびに物性計測を用いた統計解析や触感推定の手法について、既存の物性計測機器の特性、推定技術の課題、制限事項を考察した。

第二に、32種類の物質を対象に273の触感語彙を収集し、これらを「感覚的触感」と「感情的触感」の2つの階層に分類した。それぞれの語彙について出現回数、幅広い物質に対する適合度、強度、類似度を評価し、最終的に31語を選定し、本研究による触感語彙集を確立したことを報告した。

第三に、開発した触感語彙集の評価値を、指型センサーであるBiotacおよびそれを活用した計測機器を用いて取得した物性評価値から推定することを試みた。物性計測には、圧力、振動、温度などの様々な物性項目をヒトの触動作を模した条件での計測が可能なToccare systemを用いた。推定には、10種類の機械学習アルゴリズムを用いて、決定係数が0.6以上となる触感の数を指標として検討した。10種類の機械学習アルゴリズムのうち、Bagging Regressorが最も多くの触感に対して決定係数の高い推定が可能であった。結果として、31語の触感語彙のうち、感覚的触感19語中14語、感情的触感12語中8語の合計22語について、決定係数0.6以上の推定モデルを構築した。特に、感覚的触感においては「湿潤感」や「硬軟感」を表す語彙の推定精度が高く、感情的触感においては「快・不快」や「嗜好」に関連する語彙の推定精度が

高い結果が得られたことを報告した。

最後に、以上の内容を総括し、本研究の新規性、独自性、および将来の展望について報告した。本研究は、従来では産業や物質ごとに作成されてきた触感語彙集に対し、様々な物質に適用可能な触感語彙集を新たに構築した。また、指型センサー及び触動作を模した計測機器を用いた物性評価値から触感評価値を推定する技術を開発することで、触感評価をより簡便かつ効率的に行うことを可能にした。これにより、幅広い物質における触感評価値の蓄積が可能となり、将来的には、様々な産業においてより精緻かつ迅速な触感設計を実現することが期待される。

論文内容要旨 (英文)

2022年度入学 大学院博士後期課程

バイオ工学専攻 バイオ化学分野

氏 名 池島 俊季



論文題目 Development of a Tactile Estimation Model Using Physical Parameters
Obtained from a Finger-Shaped Sensor.

Tactile perception significantly influences purchasing decisions and satisfaction. While industry-specific tactile vocabularies exist, they hinder cross-material comparisons and knowledge sharing. This study aims to create a cross-industry tactile vocabulary and establish a framework to support tactile design using measurement devices.

1. Analysis of Tactile Vocabularies and Measurement Techniques

We reviewed tactile vocabularies, exploring their strengths, weaknesses, and evolution. The relationship between tactile perceptions and physical properties was assessed, focusing on prediction of tactile perceptions by using physical properties of each material.

2. Development of a Tactile Vocabulary

A total of 273 descriptors for 32 materials were collected and categorized into "sensory" and "affective" tactile descriptors. After evaluating frequency, adaptability, intensity, and similarity, 31 descriptors were finalized.

3. Prediction Model Using Measurement Devices

Physical properties, including pressure, vibration, and temperature, were measured using the Toccare system under human-like conditions. Ten machine learning algorithms were evaluated, with Bagging Regressor achieving the highest accuracy. The model successfully predicted 22 of 31 descriptors (14 sensory, 8 affective) with an $R^2 \geq 0.6$. Notably, sensory descriptors like "moistness" and "hardness" and affective descriptors like "pleasantness" showed high accuracy.

4. Conclusion and Future Directions

This study developed a cross-industry tactile vocabulary and a framework for prediction tactile perceptions using physical measurements. These advancements simplify tactile evaluations, enable data accumulation across materials, and pave the way for precise, rapid tactile design in various industries.

Future work will refine the framework and expand its application to diverse materials and industries.

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

令和7年2月5日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 野々村 美宗

副査 湯浅 哲也

副査 川井 貴裕



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

論文申請者	バイオ工学専攻バイオ化学分野 氏名 池島 俊季		
論文題目	指型センサーによって得られた物理的パラメータによる触感推定モデルの構築		
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	令和7年1月22日～ 令和7年2月5日
論文公聴会	令和7年2月5日	場 所	工学部2号館2206教室
最終試験結果	合格	最終試験年月日	令和7年2月5日

学位論文の審査結果の要旨

触感は、さまざまな商品やシステムの満足度を左右する重要な要素である。本研究は、モノの触感を評価するための新しい触感語彙集を作成するとともに、簡便な測定が可能な計測機器を用いて触感評価値を推定し、産業横断的に物質の触感設計を支援する枠組みを構築することを目的として行われた。

その結果、32種類の物質を対象にした官能評価試験によって収集された262の触感語彙から、触感の「強度」と触感語彙としての「適合性」に基づいて31語が選定され、「感覚的触感」と「感情的触感」の2つの階層に分類された。次に、今回開発された触感語彙集の評価値を計測機器の物性評価値から推定するために、圧力、振動、温度などの様々な物性項目を一度の測定で計測可能なToccare systemを用いて得られたデータについて機械学習を行い、31語の触感語彙のうち、感覚的触感19語中14語、感情的触感12語中8語の合計22語について、決定係数0.6以上の推定モデルを構築することに成功した。特に、感覚的触感においては、「湿潤感」や「硬軟感」を表す語彙の推定精度が高く、感情的触感においては「快・不快」や「嗜好」に関連する語彙の推定精度が高い結果が得られた。

官能評価によって得られた感覚の「強度」と触感語彙としての「適合性」に基づいて選定された感覚語彙について機械学習を行った本研究の取り組みは、新規性・独自性が高く、今後、化粧品・繊維からロボット・バーチャルリアリティシステムまで様々な産業の分野で利用されることが期待される。また、本学位論文では自ら研究を計画・遂行するための専門的知識を基に研究背景・目的が正しく述べられ、構成は適切で体裁も整っており、記述が論理的で設定した研究テーマに沿った明確な結論が述べられていたため、合格と判断した。

研究内容に関する研究倫理又は利益相反に係る手続き

- 本論文は、研究倫理又は利益相反に係る手続きを要する研究内容を含んでいます。
内容：本研究に係る全ての官能評価試験はポーラ化成工業(株)の倫理委員会で承認を得たうえで実施された。
- 本論文は、研究倫理又は利益相反等に係る学内規則に基づく手続きは必要ありません。

最終試験の結果の要旨

最終試験は論文公聴会の終了後に、主査および副査2名によって行われた。学位論文の内容を中心として、それと関連する感性工学、認知科学、分析科学、統計学、データサイエンスおよび材料科学に関する質疑応答が行われ、いずれも適切な回答がなされたことから、博士の学位を授与するのに十分な知識と能力を有していると判断されたため、合格と判断した。