

論文名：把持動作シミュレーションに基づいた握り心地の定量的評価手法の開発（要約）

新潟大学大学院自然科学研究科

氏名 穂刈 一樹

---

（以下要約を記入する）

近年、製品の設計開発において、消費者の感性に働きかけ、購買意欲を促進するために、感性価値を付加した製品の開発が求められている。多様な感性の中で、握り心地は、ペットボトルを持つ時やドアを開ける時など、日常生活において頻繁に用いられる把持という動作に関連する感性であり、把持に伴う握り心地を評価し、その評価を基に握り心地を考慮した製品を設計することは、製品への感性価値の付加を実現するために非常に重要である。従来、製品の握り心地を評価するために、被験者実験による握り心地評価が一般的に行われてきた。しかし、従来の被験者実験による握り心地評価には、客観的に握り心地を評価することが困難であること、および被験者実験に要する時間とコストという 2 つの課題があった。そこで、これらの課題解決のため、生体力学パラメータを基にした客観的指標による握り心地評価手法の確立、そして、実験レスで握り心地を評価可能な手法の確立、を目的とした研究を行った。

本論文は全 7 章から構成されている。

第 1 章では、研究背景として、従来の握り心地評価における課題やその解決策に関連する従来の研究を総括し、本研究の背景と目的について述べた。

第 2 章では、接触面圧、あるいは手指の関節角度から握り心地を評価可能な回帰式を構築することを目的とし、異なる形状を有する 6 種類の把持物体を対象とした被験者実験について述べた。被験者実験により、6 種類の物体に対する握り心地評価、接触面圧分布データ、手指の関節角度データをそれぞれ取得した。そして、得られたデータを用いて、重回帰分析を行い、把持における接触面圧分布、あるいは手指の関節角度を基に、握り心地を評価可能な回帰式を取得した。結果として、本研究の実験条件下では、接触面圧分布が関節角度よりも握り心地を評価する上で適切なパラメータであることが示された。

第 3 章では、握り心地評価、接触面圧分布測定、把持動作計測を含む女性被験者による被験者実験について述べた。被験者実験では、6 種類の物体に対する女性被験者の握り心地評価、接触面圧分布データ、手指の関節角度データをそれぞれ取得した。得られた結果を第 2 章の男性被験者の結果と組み合わせ、統計学的に分析した。その結果、すべての把持物体において、男性と女性との間で握り心地評価の有意な差は確認されなかった。また、本研究の条件下では、握り心地評価と手部寸法の関連は示されなかった。一方で、接触面圧分布に関する分析を基に、把持における各指の寄与が異なる 2 つの把持タイプが確認された。加えて、関節角度についての分析を基に、11 の関節角度で把持物体間の有意差が確認され、把持物体の形状により、把持姿勢が異なることが示された。

第 4 章では、円柱の把持を対象とし、1 名の被験者の把持における接触面圧分布を再現するために、手部有限要素モデルと把持動作シミュレーション手法を開発した。構築した手部有限要素モデルを用いた把持動作シミュレーション手法は、実験から得られた示指の末節部、中指の基節部、母指における接触面圧分布を再現した。さらに、手部有限要素モデルを用いたパラメータスタディを行うことにより、接触面圧分布に及ぼす要因を明らかにした。その結果、長い手長、直径の小さい円柱、低いヤング率を有する円柱は、接触面圧を小さくする傾向が示された。

第 5 章では、コンピュータ上で握り心地を評価可能な握り心地評価手法を確立することを目的とし、第 4 章で示した手部有限要素モデルを基にした把持動作シミュレーション手法の構築方法について述べた。さらに、第 2 章で示した接触面圧分布を基にした回帰式による握り心地評価手法と構築した把持動作シミュレーション手法を組み合わせたシミュレーションによる握り心地評価手法を示し、その妥当性を検証した。その結果、シミュレーションの結果として得られた接触面圧を用いることにより、コンピュータ上で握り心地が評価可能であることが示された。さらに、握り心地向上を目的とした把持部形状最適化手法の提案を目的とし、把持動作シミュレーション手法とトポロジー最適化を組み合わせた把持部形状設計手法を提案した。結果として、把持部形状設計手法を用いることにより、握り心地の向上が期待される新たな候補形状を得ることができ、本手法が握り心地を考慮した製品の把持部の設計に有用である可能性が示された。

第 6 章では、個別別把持動作シミュレーション手法に基づいた握り心地評価指標の提案を目的とし、手部寸法の個体差を考慮した把持動作シミュレーション手法の構築について述べた。そして、構築した個別別把持動作シミュレーション手法の妥当性を検証した。その結果、異なる手部寸法を有する 3 種類のモデルを用いることにより、被験者の握り心地を十分な精度で評価可能であることが示された。また、個別別把持動作シミュレーション手法を用いることにより、様々な条件におけるシミュレーションを実施し、得られた接触面圧から握り心地評価のデータセットを作成した。そして、握り心地評価のデータセットを基に、簡便に握り心地を評価可能な握り心地評価指標を提案し、その有用性を検討した。その結果、手部寸法および母指の位置から握り心地を評価可能な回帰式を用いることにより、接触面圧分布を客観的指標として用いた上で、簡便に握り心地を評価できる可能性が示された。

第 7 章は、本論文の結論であり、本研究で得られた結果を総括した。