

報告番号	※ 甲 第 11052 号
------	---------------

主 論 文 の 要 旨

論文題目 Computational Methods for Combining Perception, Emotion, and Behavior in Haptic Invitation and Interaction (触察行動の誘引現象および触覚インタラクションにおける知覚, 感性, 行動を結ぶ計算手法)

氏 名 永野 光

論 文 内 容 の 要 旨

人は素材に触れることで素材の物理的な特性を知覚するとともに、素材に対する感性的な評価を行う。触察行動 (Haptic Interaction) の結果得られるこのような様々な印象はしばしば多階層・多次的に捉えられる。これらの次元構成を特定することは、触察対象に対する様々な印象を推定し、設計する技術に利用可能である。

触察行動は、日常生活の中でしばしば無意識的に誘引されることがある。このような触察行動の誘引現象 (Haptic Invitation) を理解し、触察行動と素材の特徴を結びつける方法論を構築することができれば、触察行動を誘引しやすい素材の特徴を推定することが可能となる。

以上のことから、本論文では、Haptic Interaction における人の知覚と感性を結ぶ多階層空間の構築手法を開発するとともに、Haptic Invitation における人の知覚と行動を結びつける計算手法の開発する。

本論文は6章で構成される。1章は序章である。2章では、素材や物体表面の物理的特性の知覚である材質感 (perceptual response) を表現する情報空間の基本構造を示す。3章では、物理的特性の知覚, 感性的な評価 (affective or emotional response), および嗜好的な判断 (preferential or hedonic response) の関係を表す多階層モデルの構築手法を開発する。4章では、素材や物体表面についつい触れてしまうという触察行動の誘引現象 (Haptic Invitation) を対象に、触察行動誘引の度合に影響する素材の物理量および材質感 (perceptual response) を特定する。5章では、誘引される触察行動 (behavioral response) と素材の材質感 (perceptual response) の確率的な関係を特定する。6章は終章である。各章の概要を以下に述べる。

2章では、材質感を表現する情報空間の特定を試みた多くの研究例を俯瞰することで、材質感空間を構成する次元の数とそれらの次元の特徴を見出す。また、知覚メカニズムの違いから、それぞれの次元の独立性、材質感空間を構成する基本構造としての妥当性を示す。調査の結果、材質感空間の統一的な構成として、マクロな粗さ感, ミクロな粗さ感, 硬軟感, 温冷感, 摩擦感の5種の次元を見出した。

3章では、階層構造を有する知覚空間の構築手法を開発する。手法によって、材質感、感性的な評価や嗜好的な判断を結ぶ多階層モデルの構築が可能になる。素材や物体表面の物理量と材質感の関係はこれまでも活発的に研究されており、階層モデルにおける材質感と感性的な評価や嗜好的な評価の関係を活用し、感性的な評価などの素材や物体表面の様々な側面に影響する物理量を推測することが可能になる。開発した構築手法は、因果関係の評価によるモデル構造の決定と、官能評価と構造方程式モデリングによる接続の強さの統計的な推定という2種のプロセスで構成される。開発した手法を用いた実験の結果、各層がそれぞれ材質感 (perceptual response), 感性的な評価 (affective response), および嗜好的な判断 (hedonic response) を表現する形容詞で構成された多階層モデルが構築され、手法の妥当性が示された。また、モデルと官能評価の適合度を算出した結果、高い適合度 (CFI: 0.93) を示すモデルが構築され、この結果からも手法の妥当性が示された。また、本手法では、構造を決定する閾値を変化させることで、構造に含まれる形容詞の数や因果関係の数、つまり構造の複雑性が変化する。このような手法の特徴を利用し、簡易に知覚空間を把握する目的には単純な構造のモデルを用い、製品開発や詳細な分析には複雑な構造のモデルを用いることができる。さらに、閾値の変化に伴ってモデルと官能評価の適合度も変化する。つまり、官能評価の結果への当てはまりの良さからもモデルの構造の決定は可能である。

4章では、日常生活で見かける素材について触れてみたいと感じ、ふと触れてしまうという触察行動の誘引現象に注目し、素材の視覚的な特徴および材質感と誘引の度合の関係を調査する。触察行動の誘引現象は、触察行動を誘引し易い商品パッケージや宣伝広告などに応用可能であるが、計測方法や設計方法などの工学的な利用方法は未だ確立されていない。本研究では、順位付けに基づき誘引の度合に測定した。また、官能評価および因子分析によって抽出される材質感、素材の視覚的な特徴、誘引の度合の関係を特定した。実験の結果、視覚的な特徴に関しては、素材の光沢や凹凸の影響が大きい一方、表面色はほとんど影響しないことが示された。材質感に関しては、dry, uneven, cold, simple 因子と特徴付けられた4種のうち、dry 因子および simple 因子の影響が大きい。また、視覚的特徴および材質感によって誘引の度合の68%および75%が表現された。以上のように、本手法を用いることで、触察行動誘引の度合の高い素材の特徴が推定可能である。

5章では、誘引される触れ方の違いに注目し、触れ方と材質感の関係を表す確率モデルを構築するとともに、誘引現象を説明する仮説を検証する。誘引現象を理解する上で、触れ方の違いを考慮しないことは難しいと考え、モデルによって明らかになる確率的な関係を仮説の検証に利用する。仮説は、「材質感の際立った素材は触察行動を誘引し易く、また、誘引される触察行動は際立った材質感によって決定される」である。官能評価によって素材の材質感を特徴量化するとともに、順位付けに基づき誘引の度合を算出し、また、誘引される触察行動を観察した。官能評価の結果より材質感の際立ちの度合を算出し、誘引の度合と比較したところ、際立ちの度合と誘引の度合には正の相関 (0.53) が見られ、材質感の際立った素材は触察行動を誘引し易いことが明らかとなった。また、触れ方と材質感の関係を表す確率モデルを構築した結果、材質感の違いによって、誘引し易い触察行動が異なることが示された。知覚メカニズムの観点から、誘引される触察行動は際立った材質感を知覚するに適した触れ方である。以上のように、仮説を支持する結果が得られた。また、

触れ方と材質感の関係を表す確率モデルによって、特定の触察行動を誘引する確率の高い素材の特徴の推定が可能となった。

6章では、結果をまとめるとともに、研究成果に関係する今後の展望を述べる。ロボット、IoT 技術の普及が進むこれからの社会システムにおいて、多種多様なセンサおよびセンシング技術が導入される。そして、それらの技術によって取得・収集される情報はモノづくりへの新たな展開を与える。それは多様性と複雑性を有するモノづくりである。モノに付加可能な価値は多種存在し、価値の重みは個人によって大きく異なるため、モノづくりは多様性を有し得る。さらに、限定された少数の目的変数への影響のみを考慮しては、他の多数の変数への影響を無視することになり、そのようなモノづくりは複雑性を失っている。本論文では、素材に対する多様な知覚量、感性量、行動量が密接に関わり合うことを示すとともに、それらの関係を設計・理解する手法を構築した。これらの成果は、多様性および複雑性をモノづくりに提供する。つまり、本論文で構築した方法論は、モノづくりにおいて多種多様な設計要素を包括的に取り扱うための技術基盤である。