

2022年 2月 25日

豊橋技術科学大学長 殿

情報・知能工学専攻
学位審査委員会
委員長 南 哲人

論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

| | | | | | |
|---|---|-----|-----------------------------|--------------|--|
| 学位申請者 | 大原 正和 | | 学籍番号 | 第 153315号 | |
| 申請学位 | 博士（工学） | 専攻名 | 大学院工学研究科博士後期課程 情報・知能工学専攻 | | |
| 博士学位 論文名 | Image cues for perceiving depth of transparent and reflective objects (光沢と透明物体の奥行き知覚に寄与する画像特徴量の解明) | | | | |
| 論文審査の 期間 | 2022年 1月 13日 ～ 2022年 2月 25日 | | | | |
| 公開審査会 の日 | 2022年 2月 24日 | | 最終試験の 実施日 | 2022年 2月 24日 | |
| 論文審査の 結果※ | 合格 | | 最終試験の 結果※ | 合格 | |
| 審査委員会(学位規程第6条) | | | | | |
| 学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。 | | | | | |
| 委員長 | 北崎 充晃 | | | | |
| 委員 | 松井 淑恵 | | | | |
| | 鯉田 孝和 | | | | |

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

本論文は、物体表面の反射と透明特性が形状の知覚へどのような影響を与えるかを心理実験によって調査し、求めた知覚特性が比較的単純な3次元画像統計量によって説明可能であることを示したものである。第1章では、物体の画像は物理的な構成要素である形状、表面光学特性、照明空間によって作られる一方で、ヒトの認識は画像からこれらの3要因へ分離抽出する計算過程であると定義する。ただし、その分離は不良設定問題であるため、常に正解が得られるとは限らないこととともに、ヒトはどのように推定を行っているのかを知ることが重要であると論じている。第2章では、球体を見たときの厚み知覚が素材の光学特性によって影響されること、特に光沢物体が分厚く、透明物体が薄く知覚されることを発見した。第3章では、透明物体には光沢があることを踏まえ、透明特性と光沢特性の強度比率を変えることで形状知覚がどのように変化するかを調査した。その結果、特定の光沢比（～5%）付近で形状知覚が大きく変動することを発見した。5%付近の反射強度は現実世界に存在する透明物体の反射強度と一致しており、ヒトが自然な透明物体の形状を正しく推定するように学習した結果を反映したものであると考察している。第4章では光沢による過大知覚、透明による過小知覚という実験結果を定量的に説明可能な画像統計量の調査を行った。様々な画像統計量の中で、局所二乗平均平方根コントラストの広域分散がきわめて正確にヒトの厚み知覚を説明することを示した。第5章では研究手法による制約を示すとともに一般性と応用性について論じ、第6章で総括した。

審査結果の要旨

物体表面での光学特性がもたらす質感知覚は、コンピューターグラフィックスの普及にともない急速に研究が進んでいる領域である。本論文が着目した光学特性とは光沢と透明であり、物体の光学特性として本質的なものである。多くの既存の質感研究では光沢特性がもたらす光沢感や透明特性がもたらす透明感そのものを対象とするのに対して、本論文ではこれらの光学特性が物体の形状知覚にどのような影響を与えるかに着目した点に特徴がある。本論文の主たる発見は、透明物体の厚み知覚が光沢物体や拡散面物体と比較して小さく見積もられることである（第2章）。これは光沢が厚み知覚を大きく見積もらせるという既知の効果とは対照的である。一般的な透明物体が透過光だけでなく表面反射を持つことから、厚み知覚の過大と過小は光沢を適当な比率で合成することでちょうど打ち消しあうことが予想される。実験の結果たしかに打ち消しあう強度比率があり、その比率はガラスや水といった日常的な透明物体の強度比率と一致していることが示された（第3章）。以上のデータに示された視覚特性は、どのような画像処理によって説明が可能なのか調査を行い、極めて良い相関を示した画像統計量として局所二乗平均平方根コントラストの広域分散を報告した（第4章）。この画像統計量は必ずしも光学過程として理論的に導出されるものではないが、大脳皮質初期における特徴抽出の計算過程として妥当なものであり、ヒトの視覚情報処理において用いられている可能性がある。また、比較的単純な統計量でヒトの厚み知覚が推定できるということは、工学的にも意義がある。本論文で調査した光学特性による形状知覚の変容は、化粧による顔の外観改善、塗装による工業製品の質感向上といった社会で重要な課題に直結しており、単純な画像統計量が外観補正時の指標として役立つ可能性があるからである。

質感と形状という物体認知の基本的な属性について強力で堅牢な知覚特性を発見したことは基礎視覚研究分野のみならず、産業界においても極めて大きなインパクトを持ち、学術的にも高い評価を得た。以上から本論文は博士(工学)の学位論文に相当するものと判定した。

(各要旨は1ページ以上可)