

平成 31 年 2 月 28 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

梅村 恭司



## 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	田村 秀希		学籍番号	第 123352 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	Distinguishing mirror from glass by the human visual system and its modelling (ヒト視覚系による鏡・ガラス材質の識別とそのモデリング)			
論文審査の期間	平成 31 年 1 月 17 日 ~ 平成 31 年 2 月 28 日			
公開審査会の日	平成 31 年 2 月 19 日	最終試験の実施日	平成 31 年 2 月 19 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	中内 茂樹		南 哲人	
		印		印
		印		印

※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

本論文は金属のように物体表面が鏡面反射する金属材質とガラスや氷のように光が透過・屈折する材質をヒトが如何に識別しているかという質感認知の問題に関して、心理物理実験と数理モデルによるアプローチに基づいて論じたものである。まず、第2章でヒトの鏡・ガラス材質識別パフォーマンスと相関が高くなるようにデザインした畳み込みニューラルネットワークモデルを提案している。画像の真のラベルとヒト知覚を切り離し“diagnostic image set”を評価に用いることで、ヒトと同じような振る舞いを見せるモデルへと近づけられることを報告している。第3章では、材質識別の際に視覚系が用いている静的手がかりとして、画像中の物体輪郭から重心までの軌跡上の輝度と彩度の分布を提案し、これらの手がかりを操作して材質の見えを変化させることに成功している。第4章では、刺激を静止画から動画に拡張し、材質識別の動的手がかりについて議論している。動画中の optic flow から得られる物体の回転方向と逆方向の動きの割合を新たな指標として提案し、物体の屈折率を媒介に、この指標が増加することで鏡面反射材質がより透過材質に知覚されることを明らかにしている。第5章、第6章では、鏡・ガラス材質に関わる錯視現象に着目し、視覚情報と知覚情報の関係について議論している。鏡・ガラス材質が持つ鏡面反射から知覚される輝きに着目し、第5章で glare illusion の明るさ感と輝き知覚の関係を議論するとともに、第6章では回転するガラス材質物体が鏡材質物体であるように、また回転方向も誤って知覚する、新たな錯視現象“rotating glass illusion”を発見し、その特性と材質の見え・物体形状・回転運動の関係を議論している。第7章で、本論文を総括し、今後の展望について述べている。

## 審査結果の要旨

我々は様々な変化する視環境条件において、視覚情報を用いて種々の材質を容易に識別することができる。こうした材質識別を可能にしている我々の質感認知は、一般物体認識と同様、その解明に向けて多くの研究がなされているが、未だ多くの点が不明である。なかでも、金属やガラスのような材質は、周囲の環境光が鏡面反射、または透過・屈折して我々の目に直接届くため、物体表面の見えは物体形状や環境光によって劇的に変化し、材質の識別に用いられている視覚的手がかりを同定することは極めて難しい。我々は日常生活においてガラスはガラスとして、金属は金属として認識することができ、それらを混同することはほとんどない。本論文は、ヒトがどのようにしてそれらを識別しているのかという問題に対して、心理物理実験と畳み込みニューラルネットワーク(CNN)等による数理的アプローチを駆使して論じている。

まず、深層学習によってガラスと金属を識別するCNNを構築している(第2章)。このとき、単に識別性能を向上させるだけでなく、ヒトが識別を間違えるケースに対してはCNNもヒトと同じような認識エラーを起こすように学習することに成功しており、深層学習を用いた視覚メカニズム理解の新しい手法を示している点は極めて重要である。また、どのような画像特徴を変化させれば質感が変化して感じられるかという問題設定から、ガラスと金属質感に関わる画像特徴を調べており(第3章)、物体中心からの距離に応じた輝度と彩度の変化の様子が質感の手がかりとして寄与していることを示している。これは質感識別のみならず、質感を編集する(material editing)技術の基盤となる重要な発見である。さらに、動きを付加することで、ガラスと金属を識別することがより容易となるという心理物理実験データを示すとともに、これらの材質を識別することに寄与する運動情報手がかりを突き止めている(第4章)。またその知見に基づいて回転するガラスと金属が異なる材質として、また異なる回転方向に知覚される新たな錯視現象を発見し、運動情報が質感認知に与える影響をよりインパクトのある形で示している点は、高く評価できる(第6章)。さらに、輝き感(glare)に関わる錯視現象を対象に、その成立要因と条件を定量的に示している(第5章)。以上、質感認知に関わる様々な手がかりを明らかにし、さらにはそれを応用した質感編集技術への足がかりを示したことは、基礎研究と応用研究を結びつける基盤となるものであり、高く評価できる。

以上により、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。