

令和 2年 2月 21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	鈴木 雄太		学籍番号	第 133337 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	Investigation of the neural mechanisms in illusory glare perception (主観的なグレア知覚形成の神経機序の解明)			
論文審査の期間	令和 2年 1月 16日 ~ 令和 2年 2月 20日			
公開審査会の日	令和 2年 2月 3日	最終試験の実施日	令和 2年 2月 3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	福村 直博		中内 茂樹	
		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

本論文は錯覚の明るさ感増強や輝き感を誘発するグレア錯視に関して、心理学的および生理学的手法を用いて、その神経メカニズムに関して論じたものである。第2章では、等輝度の異なる色を持つグレア錯視に対して、青グレア錯視が主観的に最も明るいと評価され、それと随伴して大きな瞳孔収縮が生じることを見出している。さらに、様々な色グレア錯視に関連する瞳孔収縮は、各個人の主観的な明るさ感と相関することを明らかにした。第3章では、青グレア錯視に対する大きな瞳孔収縮を生態学的に説明する仮説を検証するために、異なる虹彩色を持つ被験者に対してグレア刺激に対する瞳孔反応計測を行い、青グレアに見られる特異的な瞳孔収縮は、黒や茶といった暗い虹彩色の被験者のみで生ずることを示している。こうした異なる虹彩色における瞳孔反応は、例えば太陽光のような危険な高輝度光源への防御反応として視覚神経系に埋め込まれている可能性を示唆するものであり、網膜に投射する青色光をフィルタリングする黄斑色素の機能と同様、瞳孔収縮も均一な環境への適応のマーカーとしての役割を果たす可能性を示すものである。第4章では、グレア錯視の特徴的な心理的效果である輝き感が瞳孔収縮へ与える影響について議論している。グレア錯視に対する瞳孔収縮は、表面色の色知覚だけでは説明できず、「自己発光感」が明るさは異なる神経回路で瞳孔反応に寄与していることを示唆するデータを得ている。第5章では、視覚野における脳波の一つである定常状態視覚誘発電位 (SSVEP) を用いて低次視覚野におけるグレア錯視に対する応答を調査し、特に高輝度コントラスト条件下で抑制されることを明らかにしている。抑制された SSVEP 振幅は、大きな瞳孔収縮と相関しており、グレア錯視による瞳孔縮小が初期の視覚野応答を変調させる可能性を示唆している。第6章で得られた結果を総合的に考察し、本論文を総括している。

審査結果の要旨

輝度が中央部に向かって明るくなるようなグラデーション刺激で囲まれた場所は、物理的には等輝度であっても周りよりも明るく、条件によっては発光しているように感じられる。この現象はグレア錯視と呼ばれ、古くから絵画手法としても用いられているが、その背後にあるメカニズムは不明であった。本論文はグレア錯視に関連する視覚メカニズムについて心理物理実験と生理反応（瞳孔反応および脳波）を組み合わせたアプローチにより論じたものである。

瞳孔は眼への入射光量のみならず、主観的な明るさを反映して反応することが知られており、グレア錯視に対しても大きな縮瞳を示すことが知られているが、本論文ではさらに、その反応が色によって異なることを示した（第2章）。巧妙にデザインされた色が異なる等輝度グレア刺激に対する瞳孔反応と主観的な明るさを計測し、特に青グレアの場合に瞳孔反応も、また主観的な明るさもその効果が大きいことを発見した。本論文ではこの結果を青色特異性を生態学的な理由によって説明しようと試みている（第3章）。青空における太陽光のように、青色グレアが高輝度で危険な光源を生態学的に共起した結果として、目を防御するために瞳孔が特に大きな縮瞳を示すものとすれば、青色特異性は環境による太陽光量の違いによって異なる可能性がある。網膜にある黄斑色素も強い入射光から守るためにあると考えられており、その濃度は虹彩の色と相関する（暗い虹彩色を有する被験者は黄斑色素の濃度が高い）ことが知られている。こうした仮説を検証するため、様々な虹彩の色を持つ被験者を対象に色グレア刺激に対する瞳孔反応を計測した結果、緯度の高い地域に多い明るい虹彩色（青や淡褐色）の被験者には青色特異性が見られず、暗い黒や茶色の虹彩の被験者特有の現象であることを示し、極めて長期間の適応現象として青色グレアに対する特異性を説明できることを示し、視覚系の長期適応の存在を示唆するものである。さらに、グレア刺激の自己発光感（眩しさ）も瞳孔反応や脳波成分に影響を及ぼすことを示している（第4、5章）。

以上のように、色グレア錯視を手がかりとして、その背後にある明るさ知覚、自己発光感、さらには瞳孔反応の自己防衛的な性質を明らかにしたことは、視覚研究分野のみならず、眩しさといった主観量を予測・制御する人間情報学分野において極めて大きなインパクトを持つものであり、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。