

# 視覚・感性統合研究室

## 一設置の背景と目標・研究テーマと成果・将来展望 (第Ⅰ期～第Ⅱ期)一

篠森 敬三<sup>1,2</sup>

(受領日：2024年5月31日)

<sup>1</sup> 高知工科大学情報学群  
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

<sup>2</sup> 高知工科大学総合研究所  
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

E-mail: shinomori.keizo@kochi-tech.ac.jp

要約：対象となる処理の総合性や抽象性、心理的影響、多数の関連要因等のため、複雑な人間情報処理の理解は現時点では困難である。そこで人間への入力には視覚に、総合的出力は包括的かつ行動や反応により定義可能な感性応答に絞って研究に取り組むのが本「視覚・感性統合（重点）研究室」である。視覚情報に基づく感性評価の機序の解明を目標とする。

各種感性指標での評価を軸として、視覚情報処理と感性情報処理の研究統合を試みる。ここでは、感性応答をどう把握するかという点からはじまり、感性情報処理の機序をより直接的に検証する新手法の開発も必要である。デザイン評価などの課題において、関わりを持つ視覚要素処理過程を出力としての感性評価に結びつける作業の中から、入出力関係性を明確化してモデルを構築し、あわせて非侵襲的計測によって脳活動を把握する。

第Ⅰ期、第Ⅱ期の10年にわたる活動により、「意味語対応色導出法」や「双方向性の検証による階層化」などの新手法により研究を進展させてきた。本稿では従来手法との相違、本重点研究室の目標、研究室の体制や各研究テーマとその成果についてまとめ、今後の展望について述べる。

### 1. 緒言

本稿は、著者の所属する「視覚・感性統合重点研究室」の研究内容の紹介やその成果を報告するべく、研究室代表者として紀要論文にまとめたものである。この重点研究室は第Ⅰ期と第Ⅱ期に分かれており、第Ⅰ期については既に同じ高知工科大学紀要論文としてまとめている<sup>1)</sup>。そのため第Ⅰ期で既に終了した研究の説明等については、本著者の紀要論文<sup>1)</sup>と一部重複することになるが、本紀要論文として単独で文意が伝わるようにするためでありご

承願したい。

もともと著者は、大学院修士課程より今日に至るまで、人間の視覚を視覚心理物理学的手法で長年研究してきた。平成9年の開学時に本学に赴任して以来、所属組織が情報システム工学科から情報学群へと発展する間、人間情報処理系を担当する教員として、本学学群制度の特徴である専攻制度の中で主に「情報と人間専攻」、「情報とメディア専攻」に関わってきた。さらには、令和3年より情報学群長として情報学群の改編に関わり、令和5年から始まった新専攻である「脳情報・心理情報学専攻」に

所属することとなった。

開学時以来、その中で長年考えてきたのは、情報システムの中で、人間は入出力の基本であり、また情報システム利用の目的でもある点である。そのため人間に関わる視覚情報処理や視覚に基づく認知が極めて重要となる。他の新しい2専攻である「AI・コンピュータ科学専攻」、「サイバーリアリティー専攻」との関連においても、人間の認知や認識とAIとの関係性や、サイバーリアリティー空間における人間の視覚や視覚を通じた認知、さらにはAIに象徴される知的な世界における個人の位置付けが重要となる。

加えて考えるべきことは、本来、視覚情報は、視覚情報処理から高次脳内処理を経て、人間の反応としての応答や行動、感情等をもたらす点である。そのため、次章以降で述べる経緯から、視覚と感性を統合的に研究する必要性を感じてきた。そこで著者の研究室を発展的に再構築して、視覚と感性を統合的に研究する視覚・感性統合研究室として設置することとなった。あわせて2015年に5年を期間とする重点研究室支援制度が始まった際に、重点研究室として大学・総合研究所からの支援を受けられることになり、本学総合研究所にも併せて所属する「視覚・感性統合重点研究室」として発足することとなった。幸いなことに2020年からのさらなる5年の存続が認められ、第Ⅱ期として現在に至っている。本年度（令和6年度）は第Ⅱ期の最終年度であり、ここに報告書をまとめる。

## 2. いままでの視覚・感性研究手法

視覚・感性統合（重点）研究室設置の背景には、既存の視覚研究手法や感性研究手法を別個に用いた視覚研究や感性研究だけでは、研究の進展に限界があるのではと考えたところに始まる。そのため、ここではまず伝統的な視覚、感性の研究手法について説明し、その中から統合的な研究が必要であるとの考え方を述べる。なお本章の内容については、前述の理由で先行の紀要論文の内容を踏襲する<sup>1)</sup>。

### 2.1 伝統的な視覚研究手法<sup>1)</sup>

人間の視覚を研究する有力な手法として視覚心理物理学的手法があげられる。この手法では、まず人間への視覚入力を厳密な物理量とする。さらに人間の応答を心理則（Weber-Fechner 則）に基づいた心理応答関数（response function）や統計学に基づいた心理計測関数（psychometric function）に準拠しながら（見える、見えない等の2値化を含めた）

数値化を行う。これらにより、途中の視覚情報処理過程をブラックボックスとして取り扱うことにし、そこでの全体のシステムとしての処理を数式化（モデル化）して解明する現象論的な研究手法が可能になった<sup>2)</sup>。この手法は非侵襲的であることもあり、人間の視覚系に対する研究手法として19世紀末より広く用いられてきた。

この手法の有効性は、人間の知覚確率を心理計測関数として表現するところに準拠する。例えば、光がぎりぎり見えるときの視覚入力光の強度を閾値と定義する場合（感度は逆数となる）、少しでも光が強くなれば常に見ることが出来るし、弱くなれば全く見ることが出来ない。閾値はその間の強度となる。その様な場合、当然、光が見える、見えないという判断は、量子揺らぎや生体ノイズなどの影響を受けるため、光を見る度に変化することになる。そこで、測定では、微少に強度を増減させた5～10程度の固定強度を用いた多数回の計測を行うことになる。この時、ある固定された光強度で励起される視覚応答を、初期視覚野（primary visual cortex）に入力する1つの神経細胞の出力信号として単純化すると、入力光強度が一定でも、神経細胞出力信号は高くなる場合もあるし、低くなる場合もある。この神経細胞出力信号の頻度分布度数は平均値をピークとするガウス関数になるとの統計的仮定を用いると、横軸を光強度（実際は対数値）に、縦軸を知覚確率を取ったときの変化である心理計測関数は、無限小から各強度までの積分範囲を取ったガウス関数積分値として表現される<sup>2)</sup>。

また心理応答関数においても、2つの入力光刺激の強度を見分けることができる最小の刺激強度差（閾値）である最小可知差（just noticeable difference）の考え方と、最小可知差はその時の刺激強度に比例するというWeber 則から求められている。このWeber 則は、光受容体細胞の電気生理的応答が、全体的な光環境に合わせて出力信号を適応（gain control）させる光順応（明順応、暗順応）に根拠をおくと考えられている<sup>2)</sup>。

これらの仮定や根拠によって視覚心理物理学的手法は強力な研究手法となり得た一方、神経細胞や光受容細胞の応答に基盤をおくため、またそもそも心理応答は数値化された物理量との対応として捉えられるため、より高次の脳機能により処理される（単純な閾値ではない）視覚由来の応答に適用しても、その視覚情報処理を明らかにするには限界がある。そのための一つの方策として、視覚系の生理学的、解剖学的変化が生じている高齢者や、色覚特

性に差がある2色覚者（色覚異常者）においても実験を行い、若年一般色覚者との差分を検討する方法がある。この多様な観察者において計測する方法についても著者は過去精力的に研究を行ってきた。

より高次の脳機能による視覚情報処理を調べるもう一つの方法は、脳内でより高次の処理が行われている評価や判断の結果を応答とすることである。これは当然、視覚入力に対する全ての心理応答が含まれることになる。しかし、そもそも心理物理学が形成されたのは、捉えどころの無い一般的な心理応答（例えば物体印象を語るなど）に対しその一部でも定量化することが一つの目的であった。そのことを踏まえると、広く知見が得られている視覚情報処理と密接に関連付けることのできる心理応答を基盤とすることが望ましい。そのため人間の高度な判断や評価を必要とするものの、刺激入力を（実験としては）視覚的な入力に限定することのできる感性に焦点をあて、視覚入力と視覚応答・感性応答との関連性を捉えることが有効であると考えた。

## 2.2 伝統的な感性研究手法<sup>1)</sup>

感性をどのように定義するかについては未だに議論の余地があり、また感性という概念自体が日本の伝統的な物の見方に準拠するとの印象もあると、著者は考えている。この点については、感性工学会英文誌に最近出版された総括的な論文<sup>3)</sup>においても示されている。著者も所属する感性工学会においても、感性の英語表記を“KANSEI”としてそのまま表記しているものの、英文を通じての概念が伝わりにくいとの懸念から英文誌のタイトルでは“Affective Science”としている。あえて和訳すると「情動科学」いうことになる。英語の意味的には、あくまでも対象物が起こす人間の感覚や感情としての「情動」が中心に据えられており、人間中心の視座が感じられる。デカルト的な思想の発現とも言えるだろう。

一方で「感性」として我々が日本語で捉えるとき、対象物自体の持つ価値が中心であり、受け手がそれを理解できるかどうか、感動が与えられるかは副次的に扱われているようにも感じる。喩えれば、ある美術品を見たときに、それが人間に何の感動も与えないとすれば、それで終わりとなるか、あるいは観察者（観覧者）の修養が足りないとみるか、の差があるということだろうか。日本的な意味における感性を計測する場合には、物体の持つ（感性的）価値に主眼が置かれるため、情動による心理的バイアスはほとんどない、あるいは微少なものと見なさ

れる。実は、これは必ずしも自明ではないので、本研究室では後述のように共同研究の形で認知的な心理的バイアスに関する研究も行っている。

心理的バイアスが無視できるほど小さければ、各対象物に対して、形容詞などの意味語（semantic word）対を用いた評価が正確に行えることになる。これがセマンティック・ディファレンシャル法（semantic differential method; SD法）である<sup>3)</sup>。例えば「暖かい—冷たい」、「重い—軽い」、「美しい—醜い」等の意味語対を15～30種類用意し、各意味語の評定を「左が非常にあてはまる—左がややあてはまる—どちらでもない—右がややあてはまる—右が非常にあてはまる」のどれかとする（5段階法の場合）ことで、各対象物の特徴や相違を多数の対義語から明らかにする手法であり、感性研究では非常に良く用いられる。通常、評定結果に対して、因子分析（factor analysis）あるいは主成分分析（principal component analysis）や、階層的分類（hierarchical classification）を行うことにより、感性評価を主に決定する因子や上位および下位階層を明らかにすることで、感性評価の決定要因を明らかにしていく。

もう一つの非常に有力な感性評価の方法は、一対比較（paired comparison）を用いる一連の手法である。対象物A、B、Cの感性価値をそれぞれ正確に文章で記述することは非常に難しく、評論家や鑑定士の領域である。同様に、対象物それぞれの感性価値に（100点満点等の）得点を付けることも困難で、結果評点も不安定である。しかし、非常に簡単でありかつ安定しているのは、ある感性価値（例えばどちらが美しいか）あるいは自身にとっての価値（例えばどちらがより好ましいか）について一対（2つ）で比較し、左右のどちらがより適合するか、あるいはより良いかのみ回答する方法である。この一対比較は全ての対象物間の組み合わせで実施される。勝敗表から勝率を計算し、要素（対象物）が所属する全体集合における位置付けを、相対順位の方法で、ガウス分布の仮定のもとでZ値（z-score）として計算する。Z値による評価では、1標準偏差分優れている・劣っている対象物がそれぞれ+1と-1となる（ちなみにこのZ値を10倍して50を加えると受験でよく用いられる偏差値となる）。これを用いて、1対比較においてどれだけ優越しているかを（例えば）+9、7、5、3、1で評定して階層的に分析する方法（Analytic Hierarchy Process; 階層的意図決定手法あるいは階層分析法）でも用いられる。

ただしこれらの感性評価は各個人で大きく異なる場合がある。それが個人の相違に由来するもの

か、あるいはそもそもその感性評価意味語（SD法）あるいは評価基準（対比較法）があまり適切ではない等の計測由来の問題なのか、を切り分けることは一般に困難と考えられている。そのため、観察者数を多く取り平均化して観察者をたかだか2グループ程度（若年者と高齢者等）に分けることによって、それぞれのグループ内における測定値の標準偏差を減少させることにより計測における信頼性と再現性を見積もっている。

そのため、感性という非常に属人的な応答を測定しているにもかかわらず、観察者間で結果が汎化される問題、つまり個人差を考慮することが困難であるという問題が生じている。これを何らかの方法により解決したいというのが、本研究室設置の際の目標の一つであった。

### 3. 視覚・感性統合重点研究室の設置 —背景と目標および展開—

#### 3.1 設置の背景<sup>1)</sup>

視覚と感性の統合的な研究を行うための研究室を設置する背景の一つとして、その両者にまたがる脳内情報処理の複雑さが挙げられる。そこで、実際はそれほど単純ではないけれども、まずは視覚情報処理と感性情報処理をそれぞれボトムアップ的処理とトップダウン的処理に焦点を当て考える。

ボトムアップ（階層上昇）的処理としての視覚情報の処理は、視覚を通じた外部情報の取得、処理、反応の一連の流れとして捉えられる。広義では、視覚と同時に処理される聴覚や触覚などの多感覚による外部情報の取得も含まれることになる。網膜光受容体・神経回路からの信号から腹側経路（形、色等の物体認識の処理）と背側経路（奥行き、運動、座標等の物体状況の処理）によって処理が行われると考えられている<sup>4)</sup>。しかし、各視覚要素間の情報統合や両経路の情報統合、さらにはその後の処理過程は明らかではない。

トップダウン（俯瞰下降）的処理としての感性情報の処理においては、人は感性的な表現（審美的、快適性、価値の位置づけ、等）をどのように獲得するのか、さらにはそれをどのように表現するのか（言語処理等との関係性）の解明が課題となる。もちろん広義では、根源的で単純（primitive）な感情応答（affective response）も含まれることになるが、ここではそれを主な対象とはしない。感性情報の処理における感性表象と言語応答との複雑な関係については、言語処理としての（大脳の）ブローカ野への入出力、内側眼窩前頭皮質（mOFC）での感性表

象（審美的評価）の処理、大脳基底核における感情の処理、等がある程度明らかになっている。しかし、脳内部位はわかっても処理演算手順や論理式（アルゴリズム）は不明であるため、感性情報処理の機序を捉えるには至っていない。

加えて問題となるのは、視覚研究と感性研究のそれぞれの方向性において、多数の知見が蓄積されているにもかかわらず、それら2つの方向性を集約する動きが微弱なことである。単純な関係性の計測に留まるならば、脳内高次処理の機序に近づくことは困難と予想される。心理的な計測では脳内における情報処理機序の詳細を捉えることは不可能という制約があるため、脳内情報処理の機序を求めるといふ本来のあるべき方向性が見失われている面がある。何故、今まで視覚と感性の協調的な研究が進展してこなかったかを考えると、要因の1つに研究手法の問題が挙げられる。さらなる進展のためには、視覚・感性の統合的な研究を行うための新しい手法を構築しなければならない。

#### 3.2 設置の目的（第I期）<sup>1)</sup>

以上を踏まえると、統合研究のための手法の開発を行うとともに、知見を統合する観点からの各種計測に基づいて、視覚入力と視覚応答や感性応答との関連性を捉え、また観察者間の相違を明らかにする中で、俯瞰的・階層的に視覚応答、感性応答の脳内機序を解明することが必要である。これを、視覚・感性統合重点研究室の目的とした。またその展開の中で、視覚心理物理学と神経精神学的視座からの感性学への展開とその応用についても進展させていくことを企図した。

#### 3.3 具体的な目標（第I期）<sup>1)</sup>

第I期においては、具体的な目標として以下の4つの枠組みを想定した。

【目標1】ボトムアップとトップダウンの両方の方向性を連携・統合することを可能とする研究手法の導入と確立

##### （1-1）特殊・一般状態情報処理比較計測手法

特殊なケースと一般的なケースとの測定を両方実施し、それら結果の差分を利用して、応答や判断の主要因となる要因や変数を同定する手法により、機序の解明を目指す。初期処理過程、中間処理過程、高次処理過程における観察者間の相違の利用を図るものであり、2色覚者、高齢者、認知症患者、自閉症スペクトラム患者（若年者のADHD（注意欠如・多動性障害）等を含む）を対象とした計測を

表 1. 多様な観察者と視覚・感性情報処理過程

観察者	2色覚者	高齢者	認知症	自閉症
初期視覚処理過程	錐体種類の相違	解剖学的加齢変化	左に同じ	一般に変化無し
高次視覚処理過程	色覚処理の相違	長期順応効果	左に同じ	知覚過敏・変容等
高次感性処理過程	どの程度異なる？	因果律はほぼ不変	大きな変化を予想	大きな相違を予想

幅広く行うものである。多様な観察者における想定される視覚・感性処理過程の相違を表 1 に示す。

## 【目標 2】計測結果を網膜機序から脳内機序まで俯瞰的に統合する新しい計測・研究概念の構築

### (2-1) 感性物理学の構築

途中の過程をブラックボックス化し、刺激の物理量と知覚応答をその機序に基づいて直接関連付ける心理物理学的手法の概念を敷衍して、刺激の物理量と（高次脳機能に基づく応答であるものの）単純化した感性応答を直接関連付ける感性物理学的手法による研究概念の確立を目指す。

これは発足当時の目標であったが、現時点で考えると、感性評価自体が「感性を直接的に評価することはできず、行動や反応によって感性（評価）を推定するという概念（手法）で計測される」<sup>3)</sup>ことから、結果として、従来からの感性工学的手法による感性の定義の枠組みを発展させることは困難であった。つまり感性自体がブラックボックスであることは、現在の感性研究の進展からはやむを得ない必然であるので、途中の過程をブラックボックスとする必要が生じなかったことになる。

### (2-2) 認知症による感性変容の概念導入

認知症要因ごとに感性の変容を計測し、症例毎の要因によって異なる感性変容が生じる場合の要因と結果の関連付けから、その因果律を明らかにするという新しい概念を導入する。認知症の種類と影響の相違として、例えばアルツハイマー（Alzheimer's disease: AD）型認知症では記憶障害が顕著であるし、レビー小体症型認知症（dementia with Lewy bodies: DLB）では幻視、特に顔幻視（pareidolia）が主訴として挙げられる。従来ピック病（Pick's disease）と呼ばれた前頭側頭型認知症（frontotemporal dementia: FTD）では人格変化、意欲減退、判断力低下などの症状が見られ、前頭葉、側頭葉の行動抑制や認知機能の部位における神経細胞の脱落によると考えられている。各認知症によって影響を受ける脳内部位が

異なるため、脳部位の解剖学的変化と感性変容との関係性を調べることで、感性機序の脳内部位とその因果律を明らかにすることが可能となる。

現時点ではこの個別目標（2-2）は、現在の医学的な認知症判断のもとでは成立が非常に困難であることが判明している。つまり前段の概念は軽度認知症（MCI; mild cognitive impairment）の方であれば成立すると予想されるものの、現在の医学的判断では MCI の場合にその認知症要因を特定することは困難である。一方重度の方であれば感性処理機序が大きく変容しているのみならず、そもそも感性応答を表出することが困難なレベルの認知症であり、感性計測は不可能である。そのため、実際的にもこの目標（2-2）に対する実験は進展しなかった。

## 【目標 3】初期視覚情報処理から意識的選択・判断に関わる情報処理に至るまでの階層的情報処理の機序を解明

本研究室では、ボトムアップとトップダウンの両方の方向性の計測を同じ観察者に同時的に実施しながら、かつ計測対象を網膜特性から意識的選択や判断にまで幅広く取ることで、俯瞰的かつ階層的な情報処理を明らかにする。同一観察者での視覚実験結果と感性実験結果を比較することで、両者の因果律的な関係を調べる。

## 【目標 4】応用的見地から、得られた知見を活用して 2 色覚、高齢者、認知症、自閉症等の方への快適な情報・生活環境を構築するため、指針等を作成

特に目標 1、2 の手法や計測結果により、適正な情報・生活環境の構築を目指す。

目標 1 から 4 に至るまで、本研究室では既存の手法や概念に加えて学術的に新しい考え方を提唱する。そのため既存の科学研究費等における研究分野の枠組みを、専門領域的にも水準的にも逸脱することから、科研費申請等を引き続き実施する一方で、重点研究室として設置して活動することにより安定的に研究を行い、それらの統合的研究を可能とする。本研究室の活動による予想される成果は、上記目標の達成であり、意識研究の入り口としての価値など、その意義は計り知れない。

## 3.4 設置（継続）の目的（第 II 期）

第 II 期においては目的をより詳細化するべく、2 つの研究方向性を掲げた。①入出力関係単純化により刺激・課題に対する応答との関係性を求める方向性、および②被験者の感性的な判断を取得する心理

計測を用いる方向性とである。①を目指した関係単純化での計測より入出力関係が明らかとなる一方、脳内高次処理での機序への接近が困難となる懸念がある。②での心理計測としては、刺激の印象を多数の対意味表現単語で表現するセマンティック・ディファレンシャル (SD) 法等により計測するのが一般的である。しかし心理的計測だけでは仮説が併存し機序の解明はほぼ不可能である。この困難さに対応すべく、この①と②を包含する手法の開発を行うことを第Ⅱ期の主たる目的とした。

この目的に対応して、結果として第Ⅱ期開始前には、従来からの色の持つ印象を SD 法によって計測する従来手法の実験に加え、著者が今回の重点研究室活動の中で新しく開発した意味語に対してより適合する色を一对比較により選ぶ意味語対応色導出法により、ある意味語に対応する色を求める実験とを、同一被験者に行うことで、双方向での計測による二重のデータ取得が可能となっていた。この新手法を用いた双方向性検証により、方向性が異なる二重測定による双方向計測の結果における一致、不一致から、(色評価では) 安定した色と不安定な色、色との関係が安定した意味語と不安定な意味語とに分離することが可能となり、視覚刺激と感性応答の関係における階層性を明らかにできる。

### 3.5 具体的な目標 (第Ⅱ期)

第Ⅱ期の本重点研究室の第1の目標は、第Ⅰ期に続いて視覚刺激に対する感性応答を取り上げ、脳内階層的情報処理機序の解明を行うことである。以下の4つの個別目的を設定していた。

【目的1】上記双方向性検証・階層化手法とは数学的に等価でない新しい両方向性研究手法の導入と確立を行う。

【目的2】開発済みの双方向性検証手法および目的1で開発する新手法とを組み合わせることで次世代感性計測手法の確立を図る。

【目的3】解析のためのデータ蓄積の観点と応用的見地から、前項の統合・確立された新手法により様々な分野における感性計測を実施する。

【目的4】得られた知見を活用し2色覚、高齢者、認知症、相貌失認症、自閉症等の方への計測も実施する。

【目的1】に対応して、第1の目標として新しい双方向性研究手法の導入を行った。令和4年10月に申請した科研費申請(基盤研究B)では「意味語の階層性に着目した対象物体色デザイン印象の心

理・脳計測と印象予測の実現」として、従来からの色・意味語双方向性検証に加え、印象を表現する意味語を3階層と捉えた色介在型および意味語直接評価型の階層間意味語関係性導出法を新規に用い、印象表現構造に基づいた意味語間相互の対応関係を求める手法を考案した。より具体的には、意味語を、対象(例えば色)の直接表現である「明るさ」等の記述的第1階層の単語群、色の硬度や温度を表現する「暖かい」等の中間的第2階層の単語群、そして色の抽象的な意味を表現する「繊細な」等の抽象的な第3階層に分割して捉える。この異なる階層間の単語について、色や形状などを媒介にして相関度などの階層間での単語の関係性を求める色介在型の階層間意味語関係性導出法による計測と、単語を別階層の単語によって直接評価する意味語直接評価型の階層間意味語関係性導出法とを実施する。この手法により、一意印象評価法その他による意味語マッピングによる意味語空間を利用し、直接対象物体印象評価を行っていない意味語の適合強度をモデル推定することが可能となる。

この手法では、色介在型の関係性を導出することから、双方向性検証における方向の二重性(色→感性意味語と感性意味語→色)に加え、([階層A] ⇔ [階層B] の直接的経路に付加して) [階層A] ⇔ [色]、[色] ⇔ [階層B] という経路の二重性が組み込まれている。従来からの双方向性検証ではそれがもたらす一つの必然的な構造、すなわち感性応答と言語表現との関係性(リンク)(脳内機序では感性応答部位とブローカ野等の言語処理部位との間でのリンク、およびそれぞれの脳内部位での賦活間の因果律で表象される)への依存性については、これが安定しておりかつ同世代で日本人で本学学生間では被験者間の差が無視できることを(言語を用いた計測での必然として)暗黙的に仮定している。一方、新手法では、双方向性検証の原理と同じくこの経路二重性により、感性応答と言語表現との関係性自体も計測・検証可能となる。この経路二重性を階層間意味語関係性導出法で計測できることは、双方向性検証と同様に、感性計測に画期をもたらす可能性を有する。

ただしこの科研申請が残念ながら採択に至らなかったため、これら内容については、後述の研究【実験⑩】として進行させた。またこの内容を包含しながら令和5年度に行った科研費申請(基盤研究B)『2色覚(赤緑色覚異常)の若年・高齢者における茶色刺激の色知覚と色名・色印象応答』では、特に【目的4】である2色覚者と高齢者につい

て、この概念を拡張し高齢2色覚者という重複的な影響が生じていると考えられる被験者についての計測と重複効果に対する知見の獲得を追加的な目的としていた。結果的には、不採択課題中のA評価ではあったものの不採択となり引き続き【実験⑩】として実施することとなった。

第2の目標は非線形性への対応である。線形性を持つ“安定した”関係性を示す色や意味語の場合、モデルにより感性応答結果が予想可能である。一方、同じメカニズムを共有する処理が入出力方向を逆にすると不一致となる場合もあることは、処理過程の非線形性を示唆する。主成分分析や因子分析は、その要素間の関係構造（距離等）が（広義の）線形であることを前提仮定とするため、これらの解析手法だけでは本問題の解決は見通せない。感性メカニズムにおける非線形性処理の解明と非線形性を踏まえた拡張モデルの構築が必要となるけれども、非線形性のため解析的には解けない。この解決が第II期の本重点研究室の第2の主要テーマである。非線形対応の解析として、データ解析による要素の領域分類に基づいた分類化モデルを構築して解析する計画であった。

第3の目標は、深層学習ニューラルネットワーク（Deep-Learning Neural Network, DNN）を用いて最適な予想結果を求める方法による解析を行うことである。最初にDNNを用いて印象予想を行うにあたって、説明不可能問題への対処のためデータ順序入替等で生成した複数DNN間で局所フィルタ（DNNのセル）を比較し可換性を検証する。さらに、逆方向のデータ系列を同じDNNに収束させる方法は情報学的には確立されていないものの、双方向性のデータから異なるDNNとしての二重学習を行う。生成的敵対ネットワーク（GAN）や砂時計型NNを応用した順逆学習の利用が考えられた。安定印象語において逆方向DNNを同じ処理結果に集約させるという拘束条件を付加できる。最終的に新規データに対する適正化した予測DNNによる印象予想の精度検証を行う計画であった。

第2、第3目標に対応する【実験⑬系統】の内容は、第1目標で提案した新たな実験の結果解析と分析の観点から、令和5年度の科研費申請に包含されていたが、前述の通り採択されず【実験⑩】を実施することとなり、【実験⑬】の実施のための十分なデータが確保されていない状況である。

以上の3つの目標を受けた最終目標は、非線形性を取り込んだモデル構築の手法を確立することに

あった。主要数次元の説明変数を導出し入力変数—説明変数—出力の関係性を求めることで、印象情報処理の機序解明と脳内処理との関連付けを行う計画であった。

結果的には、目的1と目的2については目標1を含めて十分な成果が上がったが、コロナウイルス感染症の影響が大きかったため、目的3、4への展開は十分ではなかった。この影響で、目標2、3についてはデータ不足の関連から十分に実施することが出来なかった。

## 4. 研究室の体制

### 4.1 研究室内の人員配置

本重点研究室は萌芽研究センターとしての枠組みであり、総合研究所の一般的な研究センターの様にセンター独立の研究員枠や事務担当者枠を持っていない。そのため、情報学群所属の著者が単独で兼務する形で第I期をスタートし、基本的には著者と著者の研究室の学生・院生によって研究を進めた。

その中であっても、一般的な教員と同じ枠組みの中でポストドク研究員について大学の支援を受けている。初年度の平成27年度においては根岸一平博士が「助教（ポストドク研究員）」として研究に従事していた。平成28年度以降は、根岸博士の金沢工業大学情報フロンティア学部の講師就任に伴い、共同研究を継続し、「fMRIデータ解析システムの導入による視覚・感性統合重点研究室連携fMRIデータ解析・解析支援セクター形成」を実施し、第I期の研究（プロジェクトF）を続けた。さらに、第II期も含めて引き続き共同研究を進めた。現在、根岸博士は准教授に昇進されているが、本研究室の重要な成果である一連の共著論文業績を2020年<sup>23)</sup>、2021年<sup>26)</sup>および2023年<sup>33)</sup>に得ている。

平成30年度4月より、「助教（ポストドク研究員）」としてTanner DeLawyer博士が就任している。これによりプロジェクトIP（5.2節参照）がより高い水準で進展することとなった。当初DeLawyer助教との研究が想定された茶色の研究（プロジェクトAD4）についても、赤緑反対色経路の応答バランスの検討として第II期の実験⑦や実験⑯につながる形で展開している。令和3年度から本学のデータ&イノベーション学群講師に就任しているが、継続して共同研究を実施しており、明るさや色覚関連の重要な業績を2020年<sup>22)</sup>および2023年<sup>32)</sup>に得ている。

また平成29年～31年度まで、生涯心理・脳科学研究室の榎美知子客員准教授との共同研究の枠組

みから、八木彩乃博士が「客員研究員」として著者の視覚の加齢研究と関連して高齢者の認知系の研究に従事した。高齢者の認知に関わる業績を2023年<sup>35)</sup>に得ている。

第Ⅱ期では、深層学習ニューラルネットワークに関する研究の進展を図るため情報学群の吉田真一教授と松崎公紀教授に研究室のメンバーに入って頂いて必要なアドバイスを頂ける体制を構築した。

先の述べた様に、各研究プロジェクト(5、6章参照)においては、大学院生(博士後期課程院生、修士課程院生)や学部学生(卒業研究生)の参加による主導的な実験も多数行われているが、参加期間が短いこともあり、それぞれの研究プロジェクトの箇所記載する。

#### 4.2 国内外での共同研究の継続的実施

第Ⅰ期から第Ⅱ期にかけての国内外での共同研究について以下に述べる。

第Ⅰ期では、本重点研究室としての支援が開始された平成27年より、本研究室で博士号を取得した上海海事大学情報工学学院の宋淼准教授の研究グループと昆明理工大学情報工学・オートメーション学院の銭謙准教授の研究グループとの間で、顔知覚と視線による注意誘導の研究を行うため、本学研究倫理審査委員会に申請の上、5.2節にあるプロジェクトFAR、CEとして共同研究を開始した。宋淼准教授が主導するプロジェクトFAR(顔知覚)では、第Ⅰ期の期間にFAR1、FAR2として論文業績を2015年<sup>5)</sup>と2019年<sup>20)</sup>に得ている。また銭謙准教授が主導するプロジェクトCE(注意誘導)では、日本学生支援機構(JASSO)の平成28年度帰国外国人留学生短期研究制度によって平成29年1月10日から3月31日まで本研究室に滞在したこともあり、第Ⅰ期の期間にCEとして論文業績を2017年<sup>9)</sup>と2018年<sup>12)</sup>に得ている。平成30年度(2018年度)にはこの共同研究(プロジェクトCE)の成果について、平成29年度に出版した論文<sup>9)</sup>が日本心理学会論文賞を受賞した(平成30年9月)。プロジェクトCEは第Ⅱ期の実験⑥に展開され、論文業績を2017年<sup>24)</sup>と2018年<sup>28)</sup>に得ている。

北京理工大学の馬瑞青博士との色恒常性に関する共同研究(5.1節プロジェクトC2、5.2節プロジェクトC3参照)を第Ⅰ期において実施し、プロジェクトC2の論文(2016)<sup>6)</sup>が出版された。平成29年度からは、従前からの北京理工大学での共同研究に加えて、馬瑞青博士の移籍先である太原理工大学(プロジェクトC1、C3)との共同研究が成立

することにより、さらに研究が進展した。これによりプロジェクトC3の論文(2018、2019)<sup>17、19)</sup>が出版されている。これら色恒常性に関する研究は第Ⅰ期のプロジェクトCCF-ARに集約した後、第Ⅱ期の実験⑤系統に展開し、論文業績を2021年<sup>27)</sup>と2022年<sup>31)</sup>に得ている。

以前から加齢による色覚変化に関する共同研究を行ってきたカリフォルニア大学デイビス校のWerner(John S. Werner)教授との共同研究も進展し、加齢による色弁別の変化(5.1節プロジェクトVA)<sup>7)</sup>と視覚的インパルス応答(impulse response)(5.2節プロジェクトIR2)<sup>18)</sup>についての共同研究を実施した。さらに第Ⅱ期の実験⑤に展開し、総括的な論文<sup>34)</sup>を共同執筆し出版した。

#### 4.3 研究室の外部資金

本研究室の研究テーマの性格から、外部資金として日本学術振興会の科学研究費を獲得することが最も有力である。本研究室設置初年度の平成27年度までの科研費(B)[基盤研究B(一般)24300085、2012–2015年度、“2色覚者や高齢者における色知覚・色感性の相違検証と色補償呈示方法の開発”、研究代表者]があったものの、本研究室に対応した新奇性の高い研究テーマで申請したため、なかなか採択されず、ようやく平成30年度から4カ年の新しい科研費(B)[基盤研究B(一般)18H03323、2018–2021年度、“色・視覚要素から求めた意味語空間の双方向性検証による視覚一感性関係性の階層化”、研究代表者]が採択された。

その間、東京工業大学との共同研究[基盤研究A(一般)25245065、2013–2015年度、研究分担者]や高知大学医学部との共同研究[基盤研究C(一般)17K00206、2017–2019年度、研究分担者]などの研究費支援により研究を進めることが出来た。加えて独立行政法人日本学生支援機構(JASSO)より平成28年度帰国外国人留学生短期研究制度に採択され、平成29年1月10日より3月31日まで、博士後期課程中に在学して博士号を取得した昆明理工大学の銭謙(Qian Qian)准教授が本研究室へ滞在して研究活動を行うことに対する支援を受けた。

平成30年度初頭より科学研究費(基盤研究(B))が採択された為、各プロジェクトが大きく推進されただけでなく、研究室全体の研究活動を促進させることともなった。この科研費は第Ⅱ期の最初の2年間もカバーするものであり、第Ⅱ期当初の研究に対する支援ともなった。残念なことに、科研費プロジェクト4年間の後半となる令和2年からコロ



ナウイルス感染症の影響が顕著となり、被験者実験や共同研究の為に面談が著しく困難となった。そのため、必然的に、通常は繰越しが認められていない補助金である基盤研究 B であっても研究期間の延長が認められ、支援による研究活動は令和 4 年度まで延長されている。これによって大学からの科研奨励費が令和 5 年まで支給されたことから、実質的にこの科研費により令和 5 年度までの研究活動が支援されていたことになる。残念であるが、第 II 期の新しい科研費申請である令和 3 年、4 年、5 年の申請については、令和 3 年と令和 5 年の申請分については A 評価であったものの、いずれも不採択であった。この 2 回の A 評価不採択に対して大学より科研奨励費が支給されたため、不採択による資金的困難さは半分程度に抑えられ、重点研究室に対する大学からの支援を合わせて各プロジェクトの研究継続ができた。

#### 4.4 研究室の施設・設備および統合的研究に向けた研究装置の整備

本重点研究室では、萌芽研究センターとしての位置付けから、他の研究センターの様な、いわゆる大型共用設備やセンター専用の実験室についての整備は行っていない。従前からの著者研究室の施設や設備を使用している。ただし、研究スペースの不足から、部屋内でディスプレイ上での刺激呈示を行う簡単な計測を可能とした C 棟の（有料）レンタルオフィスを継続的に使用している。学内の教員室再編成に伴い、平成 30 年 8 月に部屋を移動して現在に至っている。

また重点研究室としての特別枠では無いものの脳コミュニケーションセンター所有の核磁気共鳴装置（MRI）の予約枠を確保しており、必要に応じて使用することが可能である。

第 I 期及び第 II 期において、研究強化のため特に以下の装置の導入を行って研究を実施した。①については②程の特異性は無いものの色覚研究を進める上で大きなアドバンテージがある。

##### 【①視覚刺激作成装置（ViSaGe, Cambridge Research Systems Inc. 社製）と CRT モニタ】

重点研究室となる以前に著者が使用していた装置であり、この視覚刺激作成装置はアナログ RGB 方式で RGB 各色 14bit のアナログ出力を行うことが出来るため、通常の RGB 各色 8bit の色出力に対して、64 倍（6bit 分）の色解像度を有する。そのためモニターの色域の範囲であれば人間の被験者相

手にどの様な詳細な色出力も可能である。また時間特性も 150Hz の時間解像度（1 フレームあたり 6.67msec）を有しており、インパルスレスポンス関数計測などについて人間の視覚系の限界まで短時間刺激呈示が可能となる。

色解像度の特性を生かすために、接続モニターは単にアナログ入力であるだけでなく、入力電圧に対して綺麗なガンマ関数型出力を示すことが必要であり、その為には LCD（液晶）モニターではなく、旧来の CRT（cathode-ray tube; いわゆるブラウン管）モニターである必要がある。

##### 【② ipRGC（メラノフシン）刺激のための非視覚性光刺激呈示装置の制作】

鹿児島大学の支援を受け、日本で 3 台目となる ipRGC 刺激装置の構築を手作りで進めた。博士後期課程（SSP）の万麗芳院生と松元明子技官（鹿児島大学大学院理工学研究技術部）の協力で、平成 28 年度末までにハードおよびソフトを完成させ、測光を完了して実験する計画として構築を進めた。しかしソフトウェアの複雑さのため、結果的に本装置の完成と実験開始は平成 30 年度になった。

##### 【③眼球運動・瞳孔径測定装置の導入と研究実施】

メラノフシン応答研究のための瞳孔径変化測定と、感性評価の一環としての眼球運動測定のため、（同一の）眼球運動測定装置を導入した。感性評価の研究テーマ 1 つを平成 28 年 6 月の日本色彩学会全国大会に投稿した（修士 1 年生が発表）。

##### 【④研究装置とデータの安全性確保】

本重点研究室で利用する装置の安全性と実験データの保全を目的として、無停電電源とデータバックアップ用データサーバを導入した。これは令和 4 年度に全て更新している。

##### 【⑤ fMRI データ解析ソフトウェアおよび WS の導入による解析セクターの構築】

平成 27 年度から 28 年度にかけて学長裁量費により「fMRI データ解析システム導入による視覚・感性統合重点研究室連携 fMRI データ解析・解析支援セクター形成」として fMRI 解析ソフトウェアの導入を行った。根岸一平講師と協働して、fMRI データ解析ソフトウェアおよびワークステーション（WS）を導入し、fMRI データ解析・解析支援セクターの構築を図った。平成 28 年度中に fMRI データ解析セクター部分の構築が終了した。以降、データ解析のノウハウ蓄積を図りながら、平成 29 年度にかけて暫時解析支援セクターを構築した。

##### 【⑥ 2 次元分光放射計の導入と研究実施】

さらに平成 28 年度末に学長裁量費により全学的

な共同研究機器として「2次元分光放射計の導入」  
として2次元分光放射計を導入した。2次元分光放射計の導入（平成29年2月中）により、一般の視環境（複雑背景）において任意の照明色を用いたシミュレーション計算と実験用背景刺激の作成が可能となった。この画像群と比較対照のための実験用単純刺激背景とを用いて、物体色が照明によらず一定であるという色恒常性・色順応とその限界について、物体運動と注意を制御して実験を行った。単純背景刺激による実験を万麗芳院生の博論テーマの一部として進行させ、さらに他のプロジェクトでの使用も行った。

#### 【⑦視覚刺激と身体回転運動（rotation）の相互作用プロジェクト用の回転体装置】

根岸一平准教授を中心とする研究プロジェクトのための身体回転装置の作成で、継続的に実施したものの、完成は令和元年度となった。ただし手作りでもあり安定運用が難しく、特に令和2年当初（令和元年度末）から新型コロナウイルス感染症の影響があり、根岸准教授の来学と実験実施が著しく困難となったため、学会発表ら論文発表に必要なデータを取るところまでには至っていない。根岸准教授の研究室（金沢工業大学）への移送を検討している。

### 5. 研究テーマとその成果（第I期）

本研究室は視覚と感性の統合的な研究を目的として設置されてはいるものの、統合研究としての基盤を考えると、視覚研究と感性研究のいずれもそれら分野の最先端に置く必要がある。そのため、継続的にそれぞれの研究も行っている。本研究室の趣旨をふまえ、それら研究テーマは厳密に区分けされるのでは無く、むしろ両分野に重なるように考えられている。本章では、本重点研究室において実施したテーマとその進展について述べる。

#### 5.1 重点研究室（第I期）の立ち上げ（平成27（2015）年度）

本研究室の立ち上げにあたっては、従前からの継続的な研究の取りまとめも行っている。

上海海事大学の宋焱講師（現：准教授）、および北京理工大学光電学院の馬瑞青博士研究員（現：太原理工大学准教授）<sup>6)</sup>が、本学に在籍していた時の研究をそれぞれ取りまとめて出版した。宋博士との研究（FAR1）<sup>5)</sup>および馬博士との研究（C2）のいずれも高水準の研究である。またカリフォルニア大学デイビス校メディカルセンター眼科学教室のWerner（John S. Werner）教授との国際共同研究（プ

ロジェクトVA）を取りまとめ出版した<sup>7)</sup>。

研究成果の社会への還元の見地からは、従来からの研究に基づき、1件の共同執筆<sup>8)</sup>と3件の招待講演（高知市医師会と日本自動車会議所主催等）を実施した。

企業と連携する応用的研究の見地からは、代表者が共同開発した色弱模擬眼鏡バリエーションや、高齢者向け介護用品の新色について、引き続き研究を行った。また国内の学会で日本語発表を行う事により合わせて研究成果の社会への還元を行った（両件とも平成28年6月の日本色彩学会全国大会で発表）。

#### 【C2.（継続部分は次節記載のCCF-ARに再編）：2色覚者における色恒常性（Color Constancy）】

赤、緑、青、黄色の照明下での色覚異常者（2色覚者、異常3色覚者）の色恒常性のメカニズムを調べた研究である。この時、赤と緑の照明は、ケンブリッジ色覚検査で測定された色弁別楕円体の長軸によって個別に定義している。そのため、特に2色覚者は照明色光の白色昼光（D65）から赤あるいは緑の変化を色変化として捉えることが出来ない。4人の2色覚者（1型2色覚者3名と2型2色覚者1名）、2人の異常3色覚者（2型異常3色覚者2名）、および5人の色覚正常者が参加した。ハプロスコピック視（左（右）眼でモニター画面左（右）の片側のみ見る）で、モニター上に呈示された白色昼光と照明色光の非対称照明下での色度計算された参照色パッチとテスト色パッチの間で、同時ペーパーマッチ（同じ紙から切り出されたと考えるようにマッチング）の色恒常性課題を行うよう被験者に依頼した。

マッチングの結果に対して、フォン・クリース型順応モデルを適用して、錐体反応を推定した。モデル適合を行ったところ、全ての照明下における全ての色覚異常の観察者について、特定のタイプの錐体欠失の単純な仮定でモデル化された、S錐体反応または青-黄反対色応答（S-M、S-L、またはS-(L+M)）におけるマッチング点での出力値は、フォン・クリース型順応モデルの計算値と一致していることが示された。また順応の程度は、色覚正常の観察者と同程度でした。この結果は、色覚異常の観察者の色恒常性は、明るさが一致する場合でも、フォン・クリース型順応効果を伴う単純化された青-黄反対色システムによって媒介されること、また、照明が青色照明などの強いS錐体刺激を生成する場合は、S錐体への錐体レベル順応によって媒介さ

れる可能性があることを示す。

#### **FAR1. 顔表情処理の2システムの表情の形態変化に対する感度の相違（次節 FAR も参照）**

ヒトの脳は顔面表情を知覚し解釈する高い能力を持つ。近年、単一では無く2種類の表情（処理）システム（機構）の存在が示唆されている。1つめのシステムは表情解釈の際に顔面同一性（顔パーツの配置構造が同じであることで実質は同一人物を意味）に依存する一方、もう1つのシステムは依存しない。同一性依存の表情システムでは顔が異なる父と母の表情を異なる神経単位で処理する。逆に、同一性独立の表情システムでは、家族や不慣れな人かどうかは関係なく、同じ神経単位で異なる人の表情を処理する。

この知見に基づき、顔表情に対するこれら2つのシステムの感度を調べた研究である。日常生活では、表情を様々に異なる顔形態（顔パーツそれぞれの形状が顔全体で作る形態）により表現する。例えば、口を開いて歯を見せると強い笑い（爆笑）の表現となり、単に眼の角をしわにすると弱い笑い（微笑）を表す。そこで、同じ表情分類（例えば笑い）の範囲内で表情の顔形態が変化する場合に、それぞれの表情システムにおける応答がどう変化するか、に焦点をあてて感度を調べた。顔面順応手法（注）を用い、「笑いー怒り」と「驚きー嫌悪」の表情ペアで表情に対する順応の効果（残効）を測定した。

結果は、表情における顔形態変化により、同一性依存システムでの表情への順応効果は大きく減少したのに対して、同一性独立システムでの順応効果はもともと小さく、かつ変化による減少はみられなかった。これは2つの表情システムの感度が異なること、同一性に依存する表情システムは表情の幾何学的な形態に感度が高いこと、その一方で同一性に独立な表情システムは表情が伝達する模式的な感情情報を記号化（コード化）しており幾何学的な形態変化に対してより安定（ロバスト）であること、を示す興味深い結果である<sup>5)</sup>。

（注）顔面順応手法：順応とは神経単位の広範な特性として周囲の環境・状況の変化に対応して神経応答を調整することである。長い時間微笑んでいる顔を見た後で、感情を表さない顔面を見ると負の表情（怒りや悲しみ）を知覚する。これが順応効果（例では表情残効）である。

**【VA.（第II期実験⑨系統）：正常および異常3色覚者のケンブリッジ色彩検査での色弁別閾値：眼光学**

**媒体（水晶体）密度の加齢変化モデルの適用】**

ケンブリッジ色彩検査（Cambridge Colour Test）で2色覚混同色線に沿った色弁別閾値の加齢変化を測定した研究である。この論文の主な焦点は、アノマロスコープ検査において正常なレイリー一致を持つ162人（16歳から88歳）であり、加齢による色弁別値の変化を計測した。合わせて、レイリー一致によって分類された異常3色覚者32人も検査した。全ての被験者は、網膜錐体前および網膜錐体後の異常を除外するためにスクリーニングされた。

ケンブリッジ色彩検査で測定された3つの混同色線方向色弁別ベクトルの閾値は、全て加齢に伴う増加を示した。1型2色覚（L錐体）混同色線と2型2色覚（M錐体）混同色線方向の色弁別ベクトル閾値は加齢とともに直線的に増加した。一方、3型2色覚（S錐体）混同色線方向のベクトル閾値は双線形モデルで説明された。分析とモデリングにより、ケンブリッジ色彩検査の公称色弁別ベクトル値は眼光学媒体（水晶体）密度の加齢変化によって増加することが示され、ケンブリッジ色彩検査色弁別ベクトルを修正する方法も実証された。このシフトにより修正すると、異なる年齢の被験者間の分類は影響を受けないことが判った。実用のため、計算された許容限界に基づいて、高齢の観察者とすべての年齢層に対する新しいベクトル閾値を提案した<sup>7)</sup>。

#### **5.2 重点研究室（第I期）の研究テーマとその成果（平成27（2015）～平成31（2019）年度）**

**【CE.（第II期実験⑥系統）：空間的視覚注意要因により誘導される注意位置（Cuing Effect）】**

宋焱准教授（上海海事大学）、銭謙准教授（昆明理工大学）との共同研究を実施しており、特に銭謙准教授との共同研究を、平成28年度帰国外国人留学生短期研究制度外国人研究者プログラム（JASSO、日本学生支援機構、平成29年1月11日から3月31日）の支援で本研究室に滞在中に実施（CE2）した（滞在期間平成29年1月11日～3月31日）。さらに平成29年1～3月に滞在中の銭謙准教授との共同研究成果（CE1）を取りまとめた。

**CE1. シンボル手がかり呈示での順序効果における空間配置の同一性学習の重要性**

左方向の矢印などの空間的な手がかりを呈示した後に、左右離れた場所のどちらか一方に出る目標刺激（\*マーク）を出来るだけ早く発見してボタンを押す（反応）課題を考える。目標刺激が矢印と同じ向きに出る時は素早く応答でき、逆方向では遅くなる。これが手がかり効果（cuing effect）である。

この時、前の回の矢印の向きと刺激の場所が、次の回の応答の速さに影響を与えるが、これを順序効果(sequence effect)と呼ぶ。ただし順序効果が起こる理由が、「戦略的調整判断(strategic adjustment account)」として矢印がどのくらいの確率で目標刺激を指しているかを理解し適切に対応するためなのか、あるいは「特徴結合仮説(feature-integration hypothesis)」として単に前回と同じ配置(矢印と刺激が同方向配置あるいは逆方向配置)に刺激が出る時に無意識的な前回の記憶を使って早くなるのか、は判っていないかった。

本研究の実験1では、矢印手がかりで手がかり正確性予想度変動をかけた。「特徴結合仮説」であれば手がかり正確性予想度(正しい矢印が多いか嘘の矢印が多いか)自体には影響されない筈であり、「戦略的調整判断」であれば、矢印と\*の方向予想度を変えれば、順序効果が変動する筈であった。その結果は、矢印手がかりによる順序効果自体はある(先行研究の確認)一方、予想度の変動の効果は無かったため「特徴結合仮説」を支持した。実験2では、対称文字手がかりと非対称文字手がかりで比較し、「特徴結合仮説」であれば、「d」などの非対称文字の方が「T」などの対称文字よりも空間的な特徴結合が楽になるので有利な筈であり、「戦略的調整判断」であれば、文字形状は何の影響もない筈であった。実験結果は、「d」と「b」の非対称文字手がかりでは順序効果があり、「T」、「X」の対称文字手がかりでは順序効果が見られず、「特徴結合仮説」を支持した。実験3では、漢字(右/左)で「概念的な方向」の効果を見た。「特徴結合仮説」であれば、漢字が類似しており(しかも右の口と左の工は左右対称)特徴結合は困難な筈であり、「戦略的調整判断」では左か右かの方向についての情報のみが大切なので、漢字をつかっても順序効果はそのまま残る筈であった。結果は、順序効果自体はある一方で、予想度の変動の効果は無いことから「戦略的調整判断」は不支持となった。この予想と矛盾する結果は、手がかりの左右非対称性が(単純な右側、左側の出っ張りがなくても)漢字の概念自体によってもたらされる、漢字の経験効果と考えられる。

今回の研究から、手がかり効果における順序効果は手がかり刺激と目標得刺激が同じ配置パターンかどうかという空間的な配置の同一性を無意識的に学習するためであることが判った。つまり順序効果は(意志による自発的なものではなく)暗示的に行われており、手がかりがどの程度正確かという「手がかり予想度」という明示的な知識には依存しない。

また、この暗示的な順序効果は、手がかりの低次(初期処理される)視覚特徴(対称形かどうか)に依存する。これらの点で「特徴結合仮説」を支持する。この時の記憶の利用のために「イベントファイル(event file)」が形成されるが、これは漢字(「左」「右」)利用の長い経験によっても形成される(あるいは形成が促進される)。そのため右や左など、長年使ってきた漢字でも順序効果が起こる。対称な手がかり(「T」、「X」)での順序効果が発揮されるためにはもっと長い時間差(SOA)が必要と考えられる(ので今回の結果では順序効果が生じていない)。スクリーン上の指示や緊急警告などを素早く伝える画面デザイン等への応用も期待される。

共同研究の成果について平成29年度出版された論文<sup>9)</sup>が、平成30年9月に日本心理学会論文賞を受賞した。

## CE2. シンボル手がかりにおける非自発的および自発的要素の順序効果に対する影響

注意の方向付けは、空間手がかりパラダイムにおいて、それ以前に呈示された手がかり(cueing)の状態によって影響を受ける。この順序効果の理由はよくわかっていない。そこでこの研究では、予測されたターゲットの位置を操作することで、矢印手がかりの非自発的および自発的要素を分離した。例えば、左矢印キューは、ターゲットが上の位置に現れる可能性が高いことを示している場合がある(形状から明らかな非自発の手がかりではなく意識的な判断を要する自発の手がかりとなる)。実験では、手がかり付き(ターゲットは矢印の方向に沿って現れる)、予測(ターゲットは矢印によって予測された位置に現れる)、および無関係(ターゲットは手がかりも予測もされていない他の2つの位置に現れる)の3つの試行タイプを繰り返したり、試行間で切り替えたりした。

実験結果は、手がかり付き試行の反応時間(reaction time)は、前回の手がかり付き試行の後に大幅に促進(早く)された。しかし、予測の試行では同じ効果は見られなかった。これは統計的に有意な順序効果は、矢印手がかりの非自発的要素でのみ誘発されることを示唆し、シンボル手がかりの順序効果に関する特徴統合仮説を支持する。

この共同研究の成果は論文<sup>12)</sup>として国際学術誌に掲載された。

## 【F1. (第II期実験⑧系統): 色覚と感性に関わる脳活動の計測(第1次研究)】

平成28年度においては、根岸講師との共同研究

として実施し、国内発表を行いながら、今までの実験と解析結果の論文化を進めた。平成29年度においては、根岸講師との共同研究として継続実施しており、「fMRIデータ解析ソフトウェアおよびWSの導入による解析セクターの構築」により追加の実験も含めてデータ解析を順調に終了した。今までの実験と解析の成果について国際会議の発表を行った。

以上の経緯で平成30年にデータ解析を既に終了したが、この研究の取りまとめや追加実験には時間を要し、第Ⅱ期の実験⑧へと継続させている。

### 【BIM3. (第Ⅱ期実験①系統)：感性表現語と色刺激の関係性に関する研究】

色をセマンティック・ディファレンシャル (SD) 法で、感性評価に用いられる形容詞を色の一対比較で、それぞれ計測して両方の結果を比較することで、視覚情報処理の一つである色覚応答と感性応答との関係性を抜本的に明らかにしようとする研究であり、修士課程に進学した小松保奈美学生の卒業研究テーマとして平成28年度に始めた。

平成29年度に継続実験も実施してデータ解析も終了した。国際会議で2回発表するとともに、国際学会誌に投稿し平成30年1月に受理された(平成30年4月出版)<sup>13)</sup>。平成30年度より採択された科学研究費(基盤B)の基礎となる研究でもあり、共同研究等、以降の更なる進展を企画した。

この研究を基盤として平成29年度に申請した科学研究費(基盤B(一般))が平成30年度当初に採択されたため次のプロジェクト[AD3]に発展的に移行した。

### 【AD3. (第Ⅱ期実験①系統)：色・視覚要素から求めた意味語空間の双方向性検証による視覚-感性関係性の階層化一】

上記プロジェクトBIM3を端緒としており、感性評価に用いられるSD法の形容詞対と色との相互的な対応関係の計測結果を基にしながら、fMRI計測とも組み合わせて感性評価に関する脳情報処理を明らかにする。さらに2色覚(色覚異常)や自閉症の被験者等の多様な被験者における計測によって、実験の詳細化を行うことで、視覚情報処理の一つである色覚応答と感性応答との階層的な関係性を明らかにしようとする研究計画である。科学研究費に申請し、科学研究費(基盤B(一般))として平成30年度当初に採択された。

平成30年度も小松保奈美院生(M2)が主担当として実施し、実験条件である選択可能な色を有彩色(一般的な色)から無彩色(白、灰、黒)に拡張す

るとともに、2色覚者の実験も終了した。小松院生の修士論文を作成する過程の中でデータの解析と知見の取り纏めを行うと共に、平成31年7月の国際会議で発表し、さらに国際学会誌に投稿して平成31年度内の採録を目指した(実際には令和2年度の出版)。

### 【C5. (継続部分は下記のCCF-ARに再編)：色恒常性(Color Constancy)と運動との関連性研究プロジェクト】

平成28年度に運動を伴う物体の色恒常性について、万麗芳(WAN Lifang)院生が実験を行った。

平成29年度も、運動を伴う物体の色恒常性について、万麗芳院生が継続的に実験と解析、モデル化を行った。成果を取りまとめて色覚基礎分野で最も権威のある2年に1度の国際会議(International Colour Vision Society)で発表を行い、Poster Awardを受賞した。色彩応用で最も権威がある4年に1度の国際会議(AIC)で発表し、さらに国際学会誌に投稿し受理された<sup>16)</sup>。

### 【C3. (継続部分は下記のCCF-ARに再編)：色恒常性(Color Constancy)とLED照明との関連性研究プロジェクト】

もう一つの色恒常性研究として、色恒常性における照明光を従来型の色光から複数LEDによる複合照明光に変更した場合の色恒常性について、太原理工大学・北京理工大学の馬瑞青講師(現：准教授)と共同で研究実施した。平成30年1月から中国政府からの研究費(National Natural Science Foundation of China for Young Scholars)による共同研究が開始され、著者も共同研究者としての研究を実施した。結果を学術誌に投稿し、受理された<sup>17)</sup>。

さらに、その際の刺激呈示時間と背景に存在する色の数の豊富さの影響を、カテゴリカルカラーの応答を取ることで調べた研究が国際学術雑誌に受理されている<sup>19)</sup>。

### 【CCF-AR. (第Ⅱ期実験⑤系統)：色恒常性機能と感性評価に基づく画像現実感との関係性の研究】

本研究室では、色覚機能としての色恒常性機序の解明を視覚の研究として行ってきた。先行研究も含めて既に、色恒常性は完全では無く限定的であることが明らかとなっている。一方、色恒常性が完全で無ければ、逆説的に照明の色への把握の精度が高まるとも考えられ、視野内の物体色への色覚的理解と環境全体や視野内物体への視覚空間の理解との間で、情報取得のバランスが維持されている可能性が考えられる。

そのため、従来型の色恒常性の研究に加えて、感

性評価に基づく環境の理解と画像における現実感との関係を調べることによって、色覚研究としての枠組みを超えて、視環境への感性的評価の変動が、物体の感性的評価へどのように影響するか、という視覚と感性の関係性についての研究へと拡張を図る。第Ⅱ期の実験⑤に繋げていく。

#### 【C1. (第Ⅱ期実験⑤【環境影響】)：色恒常性の機序研究プロジェクト】

さらに色恒常性の機序に関する研究について、第1段階の研究を論文にまとめたが、残念ながらそのままは受理されなかった。そのため現在論文を書き直している状況である。これは第Ⅱ期の実験⑤の【環境影響】の研究に展開していくが、結果としては第Ⅱ期でも受理されず、第Ⅱ期の実験⑦に展開していくことになる。

#### 【IP. (第Ⅱ期実験⑩系統)：非視覚性光刺激を用いた多様被験者の感性機序解明と感性誘導の実現】

名古屋市立大学(元鹿児島大学)の辻村誠一准教授とともに非視覚性光刺激呈示装置を開発して、非視覚性応答(ipRGC細胞)の感性への影響を解明する研究である。辻村研究室の支援を受けて適正な感性応答を誘導する視覚刺激作成法の開発と第1段階の基礎実験の準備が平成28年には一端終了しており、同年度末までに装置を完成させ、第1段階データの蓄積を行う予定で、より複雑な視覚・感性機序解明につなげる計画であった。ただし実際には、さらに準備期間が必要となった。

平成30年度よりDeLawyer助教とともに新しい考え方を導入して装置を改良した上で、データの取得を行った。平成31年2月末までに第1段階データの蓄積を行い、令和元年7月の国際会議での発表を行った。令和元年度中に論文を投稿するとともに、より複雑な視覚・感性機序解明につなげる計画であった。実際には、論文出版は第Ⅱ期当初の令和2年度となり、また今後の展開は第Ⅱ期の実験⑦への展開となった。

#### IR. 人間視覚系の刺激光変化に対する時間応答計測【IR2. (第Ⅱ期実験⑨系統)：増分および減分輝度刺激に対する輝度インパルス応答の加齢変化研究プロジェクト】

カリフォルニア大学デイビス校のWerner(John S. Werner)教授と国際共同研究として実施している従来からの加齢による視覚変化についての研究の一つである、人間の視覚系が刺激光の変化に対して

反応する際の時間を変数とする応答関数であるフラッシュ光(インパルス光)に対する応答(インパルス・レスポンス関数)についての研究である。

刺激を輝度の増分および減分に分けたときの応答を高年齢者と若年者を比較しながら計測した結果とそのデータ分析を行った。国際学会誌に投稿し、平成29年12月に受理通知を受けた<sup>18)</sup>。

#### 【A2. (第Ⅱ期実験⑨系統)：加齢や白内障手術に伴う色変化とその安定化過程】

加齢による通常の色変化と白内障手術直後の劇的な色変化について、日本白内障屈折矯正手術学会で招待講演を行った。また共同研究中の青島明子医師(浜松医科大学)のデータ解析を終了し、共著論文の作成を進めている。

#### 【AD4. (第Ⅱ期実験④系統)：茶色知覚に対する根源的な機序解明】

代表者は特殊な色の見えである「黒み」の研究について、博士論文以来先導的な研究を続けているが、それよりもさらに複雑な「茶色」の見えの生成機序について、その分野を博士論文としたDeLawyer助教とともに現在研究を行っている。

DeLawyer助教の考え方は、網膜や初期視覚野の神経回路網により機械的に茶色の見えが決まるという考え方であり、現在、博士在籍中に取得したデータを論文にまとめる中でモデルの整合性を検討しているところである。

その間、代表者は色覚メカニズムの特殊性を仮定してカリフォルニア大学デイビス校のJohn S. Werner教授と国際共同研究を行っている。装置は平成30年夏の訪問で完成し、実験データの取得を始めた。平成31年2月末までに第1段階データの蓄積を行っており、令和元年度中の会議発表と論文受理を予定していた。

しかし、コロナウイルス感染症の影響で令和元年度の実験が停滞したこと、追加実験を考慮しなければならない結果となったこともあり実験を令和2年度以降に順延することとして、第Ⅱ期の実験④に繋げることとなった。

#### 【FAR. 顔認識に関わる共同研究実施】

顔知覚は人間の視覚情報処理の中でも特殊と考えられている。その様な特殊な視覚情報処理がもたらす感性的反応は、社会的な役割も包含しながら、一般的な感性応答とは異なっている可能性が高く、特に注意を払う必要がある。そのため顔の与える感

性的反応についての一連の研究を宋森准教授（上海海事大学）、銭謙准教授（昆明理工大学）と共同で実施した。前節のプロジェクト FAR1 と、以下のプロジェクト FAR2 が終了している。

#### **FAR2. 女性の魅力度と表情形成の関係性**

社会的な意味もあり、また社会心理学的な影響により、顔における感情表出は全く無意識な自然の行為というわけではなく、抑制された感情や本人の意志によって制御されている可能性が考えられた。この検証の為、各顔モデルの感情表出顔において、中立顔からのシミュレートされた筋肉操作量による顔表情形成量を導出すると共に、女性顔の中立状態で評定された魅力度との関係性を検討した。その結果、顔魅力度評定の高い女性モデルでは、笑顔の表情形成量が低く、逆に怒りでは高かった。一方、魅力度の低い女性モデルでは、笑顔の形成量が高く、怒りでは低かった。これは顔魅力度に依存する社会心理学的な位置付けの相違が顔表情表出に影響を与えていることを示唆する結果であった。英文学会誌に平成 31 年 1 月に出版済みである<sup>20)</sup>。

#### **【K. 視覚や感性に関わる研究の継続的な実施】**

##### **M1. 灰色背景-高彩度色パネル刺激における色とパネル配置による誘目性の変化**

色の配置が感性評価に与える影響を調べる研究で、修士課程の中矢竜太院生が実験データと論文を取りまとめて国際・国内会議で発表した。平成 29 年度には色彩応用で最も権威がある 4 年に 1 度の国際会議で発表した。

##### **M2. 眼球運動測定による感性評価新手法の開発**

眼球運動測定装置を導入して眼球運動を測定し、感性評価のための新しい手法の構築を行う研究である。修士課程の中西冨院生の修論テーマとして進行させ、第 1 次実験は平成 28 年度中に既に国際・国内会議で発表し、第 2 次実験も平成 29 年度に国際会議にて発表し、第 2 次実験結果を同年度内に取りまとめて中西冨院生の修士論文とした。

##### **V.2 色覚（色覚異常の）色覚とカラーユニバーサルデザイン（Variantor）**

同テーマについて引き続き研究を行っており、カラーユニバーサルデザインのための印刷における照明光の影響について論文に纏めた<sup>10)</sup>。

平成 29 年度は招待講演を実施するとともに、学部卒業生の西村美月の卒業研究「2 色覚模擬におけるファッションイメージの印象-色弱模擬フィルタ着用による SD 法評価の変化-」の研究論文が感性工学会誌に受理された<sup>14)</sup>。

#### **R. 視覚刺激と身体回転運動の相互作用プロジェクト**

金沢工業大学の根岸一平講師（現：准教授）を中心とするプロジェクトのための身体回転装置の作成作業を継続中である。装置が平成 31 年 3 月に完成し、実験を令和元年度に実施する予定であったが、装置的な改良を要したのとコロナウイルス感染症の影響により、実験できないままとなっている。

#### **Auto. 視覚と交通安全（Automobile Safety）**

視覚と交通安全について啓発活動を行っている。その一環として、自動車会議所での研究会で招待講演を行うと共に、交通安全教育推進月刊誌「人と車」（全日本交通安全協会刊）への招待解説記事を連載として執筆を開始した。これは最終的には全 14 回にわたって継続され、平成 28 年度分は 4 回分である<sup>11)</sup>。

視覚と交通安全について啓発活動（雑誌連載）を平成 29 年度も引き続き行った<sup>15)</sup>。加えて、これら内容に対する高評価から視覚科学コンソーシアムで招待講演を行うとともに、交通安全国民運動中央大会分科会基調招待講演を平成 29 年 1 月 18 日に実施した。さらに学術的に詳細化した内容を同年 3 月に国際会議で発表した。

啓発活動の一環としての交通安全教育推進月刊誌「人と車」（全日本交通安全協会刊）への招待解説記事連載については、当初 1 年間として平成 29 年 7 月までの予定であったが、内容好評につき 1 年間の連載延長となり平成 30 年 7 月まで執筆予定となった。実際にはさらに延長され、平成 30 年 12 月までの 14 回分まで連載が続き、好評のうちに連載を終了した<sup>21)</sup>。さらに基礎的な視覚情報処理の知見から、どの程度自動車運転に関わる時間応答の加齢による変化を説明できるかについてのモデル研究を国際会議で発表した。

#### **【D. 認知症に関わる共同研究実施】**

##### **D2. レビー小体型認知症（Dementia）の神経基盤に着目した運転能力評価方法の確立**

応用的な研究として、認知症患者の視覚と運転能力との関係について、平成 29 年 4 月に高知大学医学部と共同で科研費を申請し採択された（高知大学上村直人講師代表で基盤 C（般））研究を共同で実施中である。基盤となる研究（以下のプロジェクト D1）について論文を作成中である。

##### **D1. 加齢や認知症による視覚刺激への時間応答速度変化とそれに伴う運動知覚の変容**

より強く視覚に焦点をあて、高齢者や認知症患者の視覚刺激に対する時間応答速度を計測して、運動

知覚の変化を明らかにする研究であり、高知大学医学部と連携して実施している。銭謙准教授（昆明理工大学）が本研究室に滞在する間（平成29年1～3月）に、新規実験用のPCやモニターを導入し新しい実験プログラムを完成させて実験を開始した。しかし、コロナウイルス感染症の影響もあり、現在実験が保留となっている。

## 6. 研究テーマとその成果（第Ⅱ期）

幸いなことに、本視覚・感性統合重点研究室は第Ⅱ期へとさらに5年間プロジェクトを継続することが認められた。第Ⅱ期の期間は令和2年度から令和6年度となる。以下の様に多数のプロジェクトがあるため、図1、図2に第Ⅱ期研究展開のタイムテーブルを示す。なお図には出版された論文以外に『学会発表4』等の項目と番号が記入されているが、本紀要の主旨に鑑み、論文以外の引用は行わない。

第Ⅱ期前半について、まず令和2年度は第Ⅱ期の初年度であり第Ⅰ期からの継続研究（実験⑩）を実施するとともに、まず実験データの蓄積を図ることを目的として目標1関連の計画実験①～⑥を進めた。さらに当初研究計画に組み込まれてはいない新規の実験⑦と、令和2年度に進展した第Ⅰ期からの継続的な研究である実験⑧を展開した。

第Ⅱ期の2年目にあたる令和3年度では、引き続き実験①～⑧を推進した。加えて2つの新規プロジェクト（実験⑨、⑩）を実施した。第2、3目標については、計画を再構築した（後述）。

第Ⅱ期の3年目にあたる令和4年度は、令和3年度からのプロジェクトを継承しながら、第1目標について後述の実験〔①B、③C ver.2、④、⑤、⑦B〕を計画・実施した（計画研究とその展開）。加えて令和3年度に開始した2つの新規プロジェクト（実験⑨、⑩）を引き続き実施した。第2、3目標については、令和4年10月申請の科研費研究計画の中で計画を再構築（後述の実験⑬）するとともに、機器の導入を行い実験⑭（追加研究）として立ち上げた。さらにⅠ期からの継続として実験⑮をまとめた。

第Ⅱ期後半で4年目にあたる令和5年度では、プロジェクトを継承しながら、第1目標について以下の実験〔①B、④B、⑤B、⑦B、⑪1〕を実施し、実験④Dを計画した（計画研究とその展開）。実験①、実験②と実験⑧Bについては、令和4年度計画においては、令和3年度申請した科研費申請（基盤研究B）の計画にあわせる形で改編を行う予定であったが、令和4年3月に不採択となった

（A評価での不採択）ため、今後の展開を令和4年10月に申請を行った科研費申請（基盤研究B）にあわせる形で実験①からの展開である実験⑪を中心に改編を行った。しかし、これについても不採択となったため令和5年度は実験⑪については実験⑪1として前半の実験を実施した。さらに実験⑪2への展開と（3.5節記載の）目的1-4を主軸とした実験④Dを中心に、第2、3目標のための実験⑬へ展開する形で科研費申請（基盤研究B）を行った。また実験⑤の拡張研究である実験⑤Bを実施し、実験⑤Cについても企画した。

さらに実験⑦としてメラノプシン細胞（ipRGC）関連で行っていた赤緑反対色応答に関する研究を、バランス点決定の機序を明らかにする実験⑯A、Bとして進展させ実験を行った。加えて令和3年度開始した加齢効果研究（実験⑨）を引き続き実施した。第2、3目標について、上記で述べた本年度申請の科研費研究計画の中に実験計画（後述の実験⑬系統）を含んでいる。機器の導入を行い実験⑭を計画・実施した。さらにメラノプシン細胞（ipRGC）の影響を調べる実験⑦を拡張した実験⑯A、⑯B（追加研究）を立ち上げて実施した。さらに、Ⅰ期からの継続ではあるが実験⑮として研究をまとめた。

第Ⅱ期の最終年度となる令和6年度は、実験①系統から展開した実験⑪1を引き続き実施し、国際会議発表から、論文投稿・出版へと続けていく。また第1目標に関連する実験③系統について実験③Dを実施していく。令和4～5年度から始めている色恒常性に関する実験⑤系統の実験⑤BとCについて国際会議発表と論文投稿・出版へと進めていく。また新規の色恒常性に関する実験である実験⑰、実験⑱についても並行的に国際会議発表と論文投稿・出版へと進めていく。注意誘導に関する研究（実験⑥系統）の進展は見通せないが出来るだけ実験を実施していく。第2、3目標のための実験⑬へ展開する形で科研費申請を行う予定である。また令和4年度から続く実験⑭については、その技術的発展を利用した実験⑰に展開しており、引き続き論文投稿・出版を目指していく。また令和5年度からの実験⑯A、Bについても、令和6年度での国際会議発表と論文投稿・出版へと進めていく。



期間	令和2年度 (2020年)		令和3年度 (2021年)		令和4年度 (2022年)		令和5年度 (2023年)		令和6年度 (2024年)	
	前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期
実験⑥ ipRGCの対 明るさ影響	実験⑥論 文22出版	感性への 展開休止								
実験⑦ 赤緑バラン ス点への ipRGC影響			実験⑦ に移行	実験⑦B に展開	学会 発表5	論文32 出版	赤緑バラン ス実験 ⑩へ移行			
実験① 双方向性 検証	実験① の論文 23出版	実験①Bに展開し実験 論文25出版 招待講演1			招待講 演2,3	実験①B の論文 33出版		招待講 演5		
実験⑪ 色や形の 印象表現 [階層間意味 語関係性]		実験⑪『色介在型・意味語直接評価型の 階層間意味語関係性導出法』へ拡張 (色⇒色+形状印象評価) 科研申請 (A評価不採択) 科研申請					実験⑪1 の準備 (不採択)	実験⑪1 実施	データ 解析・ 国際会 議発表	論文 投稿
実験② (絵画印象)	Covid-19のためSSP生, 来日できず。また全 体計画の中で内容見直し。 科研申請				科研不採 択で再編	科研申請	実験⑩優 先で保留 (不採択)	保留	保留	保留
実験③ 視覚印 象とコ ミュニ ケーシ ョン	A	実験③A ver.2 [CGアバターのニュース印象 への影響] 実験実施								
	B	実験③B [広告感性 評価] 学会発表1	論文は 不受理							
	C	実験③C [Webページ 画像変更の影響]	実験③C ver. 2[Webページコンテンツ変更時 の印象変化の双方向性検証]							
	D									実験③D[画像による Webサイト印象変化]
実験④ 茶色知覚 2色覚者の 茶色知覚	Covid19で 実験停滞	実験④Bへの展開	実験とデ ータ解析	学会 発表4	論文34 出版					
						実験構想	実験④D 科研申請	保留 (A評価不 採択)	保留	
実験⑤ メタマーと カテゴリカ ル色恒常性 環境影響	実験実施		論文27 出版	実験 実施	論文31 出版	論文36 出版 (重複)				
	データ解析				論文 作成	論文 不受理	対応検討	実験⑦優 先で保留	保留	保留
実験⑱ 複数照明 環境効果							実験⑱ 構想	実験⑱A 準備/実施	データ解 析・国際 会議発表	論文 投稿
実験⑤B 周辺色 同一条件				実験⑤Bの構築		実験⑤B 実験準備	実験実施 /データ 解析	データ解 析・国際 会議発表	論文 投稿	
実験⑤C 3D遠近法 の効果					実験⑤C の構築	実験⑤C 実験準備	実験実施 /データ 解析	データ解 析・国際 会議発表	論文 投稿	
実験⑤D 周辺色群 距離制御							実験⑤D の構築	実験⑤D 実験準備	実験⑤D 実験/ 解析	
実験⑱ 色コント ラストと 色恒常性							実験⑱ 構想	実験実施 /データ 解析	データ解 析・国際 会議発表	論文 投稿

図 1. 令和 2 年度から令和 5 年度の研究展開のタイムテーブル-1

期間	令和2年度 (2020年)		令和3年度 (2021年)		令和4年度 (2022年)		令和5年度 (2023年)		令和6年度 (2024年)		
	前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期	前期	後期	
実験⑥ 注意誘導	実験 実施	論文24 出版	実験 実施	論文28 出版	実験実施はCovid-19により停滞			実験/ 解析	論文37 出版	実験/解 析/論文 投稿	
実験⑧ 色・形状知 覚の脳処理	実験⑧A fMRI計測/ 心理物理実験/ データ解析		論文26 出版	実験⑧B から実験 ⑫へ展開							
実験⑫ 印象形成の 脳内処理	第1目標(脳計測)印象形成の脳内 処理計測【実験⑫1】と解析 【実験⑫2~8】			科研申請	再構築 (A評価 不採択)	科研申請	保留 (不採択)	保留	保留	保留	
実験⑨ 視覚加齢 変化				原稿 作成	論文30 出版	論文36 出版 (重複)					
実験⑩ 金属 表面色				実験と 計測 学 会発表3	論文29 出版						
実験⑬ 対象物色 デザイン 印象予測	第2目標:要素領域分類に基づく分 類化モデル構築/解析 [⑬1, 2] 第3目標:深層学習CNNによる最 適予想結果利用の解析 [⑬3~8]			科研 申請	再構築	科研 申請・ 実験⑭と のリンク	(不採択)	計画改編	新規科研 申請予定		
実験⑭ 織布感性 デザイン				研究構 想立案	研究 構想 詳細化	実験⑭A/B実施 ⑭A/B 論文投稿		論文修正作業	論文受 理予定		
実験⑰ 服ストラ イプ知覚						構想/実 験/解析	論文作成	論文 投稿			
実験⑮ 加齢と認知	ドイツにて追加実験実施			論文 作成	論文 投稿	論文35再 投稿中	論文35 出版				
実験⑯A 赤緑バラ ンスへの 輝度影響						研究 構想	実験 準備	実験⑯A 準備/ 実施	データ 解析	データ 解析	
実験⑯B 実3次元空 間での赤緑 バランス							実験⑯B 準備/ 実施	データ解 析・国際 会議発表	論文 投稿		

図 2. 令和2年度から令和5年度の研究展開のタイムテーブル-2

## 6.1 当初計画に組込済みの第Ⅰ期からの継続的計画研究の研究テーマとその成果（令和2（2020）～令和6（2024）年度）

### 【実験⑩：非視覚性光刺激を用いた多様被験者の感性機序解明と感性誘導の実現】

共同研究者のDeLawyer博士と鹿児島大学理工学研究科（現名古屋市立大学芸術工学部芸術工学科）辻村誠一准教授とともに非視覚性光刺激呈示装置を開発して、内因性光感受性網膜神経節細胞（Intrinsically photosensitive retinal ganglion cells: ipRGC）の寄与による「非視覚性信号による感性への影響」を解明する研究である。辻村研究室の支援を受けながら適正な感性応答を誘導する視覚刺激作成法の開発を目指し、第1段階の（感性応答ではなく視覚応答のみを誘導する）基礎実験の実施が終了した。

平成31年2月末までに第1段階データの蓄積を行い解析を行ったところ、非視覚性であるにもかかわらずipRGCには明るさへの寄与があり（これ自体は既知）、その明るさへの寄与量は、明るさ比較刺激間で刺激輝度・色相（刺激主波長）を変化させた時には小さい（尤度で約6%）一方、同一輝度・色相を用いた場合には寄与が3倍になる（尤度で約18%）との結果を得た。これは輝度や色相の差分信号がipRGCの（寄与）信号をマスクすることを示しており、世界初の発見であった。長らく視覚心理物理実験や色覚実験の結果にはipRGCの寄与が発見されなかった理由を合理的に説明するというインパクトの大きい知見でもあった。令和元年7月の国際会議で発表を行うとともに、国際学会誌に投稿して令和2年4月に出版された<sup>22)</sup>。

学術的には意義深い業績が得られた一方で、プロジェクトが企図していた「非視覚性応答の感性への影響」の視点から見ると、（第1段階実験として）視覚応答の誘導を行っても、上記の様に輝度や色相の差分信号が視覚応答におけるipRGCの（寄与）信号をマスクするため、結局ほとんどの刺激において視覚応答への誘導が起こらないことが判明した。このことから非視覚性信号による感性への影響は存在したとしても極めて小さく、視覚心理物理学的手法の様な極小変化検出を可能とする手法を、感性応答の計測には用いることが出来ない（原理的に手法が存在しない）ことから、ipRGCの影響検出は困難であると判断された。そのため、重点研究室の延長申請時での計画では、DeLawyer博士とともに新しい考え方を導入して装置を改良した上で、より複

雑な視覚・感性機序解明につなげる計画であったが、今後の継続については一旦休止することとなった。

### 【実験⑦：赤緑反対色信号バランスに対するS錐体信号寄与と茶色の見えおよび色恒常性への影響（令和3年度）】

共同研究者のDeLawyer講師との共同研究である。実験④の項で記載する通り、茶色の見えや色恒常性における照明光の情報の取得は、網膜や初期視覚野の神経回路網により機械的に決定されるという（DeLawyer講師の）仮説の下に、赤緑反対色信号の（赤でも緑でもない）バランス点は、赤緑には寄与していないS錐体信号からの影響をより受けるという仮説の検証を行う実験である。令和2年6月から7月にかけての研究室天井からの漏水の影響、令和3年1月のエアコンユニット交換工事、および新型コロナウイルス感染症防止対策のための被験者実験抑制の観点から、実験実施が遅延しているものの令和3年度中に一定数での被験者実験が終了して令和4年度の学会発表と論文を予定していた。

### 【実験⑦B：赤緑反対色信号バランスに対する非視覚性光刺激量変化の影響（令和4年度）】

ところが実験⑦での「赤緑反対色信号のバランス点はS錐体信号の影響を受ける」という仮説検証の中で、分光感度が近傍である内因性光感受性網膜神経節細胞（ipRGC）内部の要因視物質であるメラノプシンの影響を受けている可能性が生じた。当該網膜神経節細胞（RGC）は（他のRGCとは異なり）特に黄青反対色経路の黄色出力として抑制的なS錐体信号出力も扱っており、出力細胞的には同一である。つまりS錐体の影響とメラノプシンの影響は起因は異なるものの同一の細胞出力による影響となる。そのため、実験⑩で用いた4チャンネルプロジェクター装置を再度用いて赤緑反対色信号のバランス点に対する影響を測定した。周辺光の錐体活動を一定に保ちながらメラノプシン活性量を低（基準刺激量）レベルと高（基準刺激量の136%）レベルで変化させ、周辺光誘導効果でのメラノプシン依存性ipRGCの役割を調べた。この際、明刺激光または暗闇に対し完全順応状態にする場合の比較で桿体刺激量を制御した。被験者は、周囲と等輝度の2.5°中心刺激の赤/緑のバランスを知覚的中性点に調整した。その結果、周辺光のメラノプシン活性がより高い場合に、被験者は黄色のバランス点を有意に高いL/(L+M)比方向に設定しており、高メラノプシン周辺光が中央黄色刺激に緑を誘発していること

を示した。これは黄色中心光への緑の誘導を示す高輝度の周辺光効果と一致し、明るさ知覚でのメラノプシンの役割の証拠を提供するものである。令和4年度に学会発表を行い論文が受理された<sup>32)</sup>。

## 6.2 第II期当初計画に組込済みの計画研究の研究テーマとその成果（令和2（2020）～令和6（2024）年度）

### 【実験①：意味語空間の双方向性検証による視覚一感性関係性の階層化】の2色覚者実験

共同研究者の根岸准教授と実施した実験で、色における双方向性検証を一般色覚と2色覚の被験者で行う研究である。令和2年4月に出版された<sup>23)</sup>。

その成果は、2色覚者の場合、意味語を色を当てはめて評価する場合には2色覚者における色の見えの違いをそのまま反映して、評価単語の半数以上が単に色の明度（色の明るさ）のみで表現される結果となった。一方、色を単語で評価する通常の評価方法（SD法）の場合は、一般色覚者とはほぼ同じ結果が得られた。この様な双方向で異なる2色覚者と一般色覚者の比較結果は、意味語（評価語）に適合する色を選ぶ場合には2色覚者としての色の見えにより色選択を行う一方、色の印象を単語で評価する場合においては、色の見えよりむしろ色名とそれに連合する過去の経験によって2色覚者でも色の見えに依存しない色相環の概念が形成されているためであると考えられた。これは2色覚者の色の取り扱いについて長年の疑問に明確な解を与え、新たな知見を提供するものであり、この成果に関連して日本眼光学学会誌より招待総説論文を依頼を受けて作成・出版した<sup>25)</sup>。新聞記事等にも取り上げてもらうことが出来た。

### 【実験①B：双方向性検証を2色覚模擬刺激を用いて一般色覚者と2色覚者で実施】

さらに令和2年度後期より【実験①B】として、引き続き一般色覚と2色覚者の両方を被験者としながら、両者に対して通常の色相環を形成する色刺激に加えて2色覚者の見えを模擬し赤緑の見えが失われている変換色刺激（図3）を呈示して実験を行った。当初は令和3年3月までの論文作成と投稿を予定していたが、コロナウィルス感染症の影響で被験者実験が停滞し、共同研究者の根岸准教授との協議も遅延したため、令和4年度中の投稿と採択を目指した。

意味語に対して色を当てはめて評価する意味語対応色導出法での一対比較の結果は、色覚正常者および2型2色覚者の両者とも、通常色刺激に対す

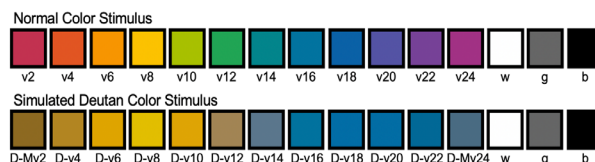


図3. 通常色刺激（上）と2型2色覚者の見えを模擬した色刺激（下）

る主成分分析負荷値での色分布は色票の元の色相環に近かった。一方、2色覚模擬刺激では、楕円上の分布ではあるが「白」のみが存在する73.7°（一般色覚者）と89.5°（2型2色覚者）もの広いギャップ（割当色票が存在しない領域）があった。主成分分析スコア値としての単語分布は、両被験者グループ間で類似したが、2型2色覚者の場合は短軸方向でかなり圧縮されていた。色を単語で評価する通常のSD法の評価では、主成分分析負荷値での単語分布では、被験者グループと刺激セットの間で（予測通り）統計的に有意な差は無かった。主成分分析スコア値としての色分布では、通常色刺激の色分布は色相環に似た楕円で近似できた一方、2色覚模擬色刺激では3次関数曲線（ひも状）形状で近似できる分布であった。

この結果は、2型2色覚者では両色刺激セット（図3）とも一次元に色相が変化する単調な一連の色群として知覚されていることを示唆する一方、2型2色覚者でも刺激セットの違いを認識し、一般色覚者と同様に各セットの色分布を再現する能力を有していた。実験・データ解析を終了して論文投稿を行い、論文が受理された<sup>33)</sup>。令和4年度に、2つの学会（日本色彩学会、日本画像学会画像感性研究会）より招待講演の依頼があり、またこの双方向性検証について日本眼光学学会論文誌にトピックスとして解説論文を掲載した<sup>36)</sup>。令和5年度には、視覚科学技術コンソーシアム（VSAT）で招待講演「2色覚者の色の見え」を行った。

### 【実験①系統】

実験①を色や形の印象表現構造として実験①へと展開した。実験①、①Bで行ってきた色・意味語双方向性検証に加え『印象を表現する意味語を3階層と捉えた色介在型および意味語直接評価型の階層間意味語関係性導出法』を新規に使い、印象表現構造に基づいた意味語間相互の対応関係を求めるものである。意味語を、対象（例えば色）の直接表現である「明るさ」等の記述的第1階層の単語群、硬度や温度を表現する「暖かい」等の中間的第2階層の単語群、そして抽象的な意味を表現する「繊細な」等の抽象的な第3階層に分割して捉える。こ

の異なる階層間の単語について、色などを媒介にして相関度などの階層間での単語の関係性を求める色介在型の階層間意味語関係性導出法による計測と、単語を別階層の単語によって直接評価する意味語直接評価型の階層間意味語関係性導出法とを実施する。第1段階として実験①1を計画した。

【実験①1A：色属性の言語表現である記述的第1階層印象意味語（明るい等）から色属性情報を予測するため意味語の評価強度得点と明度等属性の物理数値との非線形関係を導出】

【実験①1B：中間的第2階層の温度と硬度の印象意味語強度得点から軸直交性より色相の推定モデル式を導出】

【実験①1C：抽象的第3階層の意味語に対する色・意味語双方向性検証】

これら結果から色と意味語の関係安定性（異方向での位置変位）を、意味語空間内の非線形距離定義により定量化指標とすれば、意味語対応色導出法で求めた各色相の適合Z値とその色相対応の第1・2階層意味語強度から意味語間非線形性定量化関係式が求まる。これより

【実験①2：各刺激に対する異なる印象間での強度関係性を利用する色介在型階層間意味語関係性導出法により意味語の適合強度得点を予測】

へ展開する計画である。

上記の実験①については、令和3、4年度に申請した科研費申請の計画にあわせる形で改編を行う予定であったが不採択となった。そこで今後の展開について、令和4年度に申請を行った科研費申請にあわせる形で実験①を展開した実験①を計画して改編を行った。しかしこれも不採択となったため、令和5年度より実験①1（A～C）を実施した。現在データを取りまとめており、一部を卒業研究として令和5年度末に発表するとともに、国際会議（令和6年7月）にエントリーして発表し、年度内（令和6年11月頃）の論文投稿と受理を目指す（受理された場合、出版は2025年3月の予定）。

【実験②：色に対する感性評価結果と色デザイン画に対する感性評価結果のモデル分析と感性評価計算予測】

当初は令和2年10月に来日してSSP生として入学する予定であった侯騰璇（Hou Tengxuan）による実施を予定したが、新型コロナウイルス感染症（Covid-19）の影響で入学が令和3年4月に延期され、さらに感染症の社会状況が好転しなかったため、令和4年4月の来日となった。その間、一旦

このプロジェクトを保留として内容を検討したが、令和4年度の科研費申請に向けて全体計画を再編する中で、本プロジェクトを上記実験①系統など、他のプロジェクトに先駆けて実施することは困難であると判断した。そのために実施を後ろ倒しに変更して、実験①を優先して実施した。

【実験③：視覚コミュニケーションにおける感性情報処理メカニズムの解明】

コミュニケーションに用いる様々な視覚刺激に対する感性計測を行うことによって、感性情報処理を明らかにしようとする研究である。

【実験③A：CGアナウンサー伝達時ニュース内容感性評価変動】

⇒【実験③A ver.2：CGアバター利用動画情報伝達におけるアバター特徴の印象への影響】

当初計画の動画を使った報道という想定での卒業研究（実験③）を拡張し、一般ユーザーが匿名性やクリエイティブ性を重視する観点から、自らの実写ではなくあえて実写を基にしたCGアバターを使ったコミュニケーションを実施することを想定した修士研究（実験③A）へと拡張を行った。このため正確な伝達だけに留まらず、送信側が意図する印象伝達を企図することになり、CGアバターによる感性制御に関する研究課題に進展した。修士論文のテーマとして田中やえみ修士院生が実験を主導して、実験を行い、令和3年度内に修士論文としてまとめた。

【実験③B：広告における感性情報処理の研究】

コミュニケーションの一形態として広告を取り上げ、「飲料広告画像で重視される印象意味語の導出」に焦点をあてて、渡邊桃汰卒業研究生により令和元年度卒業研究として実施した研究である。広告の背景の影響については、広告内容と背景の一致（例えばビールであれば乾杯、乳酸菌飲料であれば牧場）が高い感性評価には重要であること、印象評価は対象物の種類（本件では飲料の種類）により異なる印象意味語（印象因子）により形成されることを明らかにした。渡邊学生が卒業後の令和3年3月の学会において査読セッションでの発表が受理されたが、刺激条件の設定が厳正ではないという査読意見で、査読セッションでの投稿論文は不受理となった。

【実験③C：仮想Webページに対する単語による印象評価における画像変更の影響】

⇒【実験③C ver.2：仮想Webページレイアウトと意味語による印象評価間での双方向性検証】

コミュニケーションの一形態として Web ページの印象を取り上げ、当初計画では短時間 (0.5 秒) での判定結果に準拠する計算論的美学 (computational aesthetics) の考え方に対して、Web ページのレイアウトは同じにした上で画像と文章のみを変更した時に、どのように印象評価が変化するかを調べる研究 (実験③C) として、卒業研究で実施された。同じレイアウトでも全く異なる印象となる結果が得られており、画像や文章に準拠して目標とする印象を形成した上で、その枠内でレイアウトを計算論的美学の手法で改善するという 2 段階の過程が必要であることを示唆する結果であった。

令和 3 年度からの森田吉貴院生の修士論文研究として進められた実験③C ver.2 では、Web ページのレイアウトを変化要素として、いくつかの印象を表現する抽象的意味語に対して最適なレイアウトを選ぶという双方向性検証の手法の導入に成功した。最終的な研究成果として、既存の Web ページ内のレイアウトを維持して画像と文章等のコンテンツを変更すると、(仮想) Web ページの印象はオリジナル Web ページの印象からレイアウトを参考にした Web ページの持つ印象方向へと変化する場合が多いことが分かった。これより、十分な評価時間で観察した場合でも、Web ページの SD 法による印象評価はレイアウトの影響を強く受けることが分かる。ただし、印象変化はそのコンテンツを有していたオリジナル Web ページの印象からの変化であることから、Web ページの印象はコンテンツによっても決定され、コンテンツの持つ印象とレイアウトの持つ印象の複合として全体印象が決定されると考えられる。従って、Web ページのレイアウトのみを独立的に改善することの意義は一定あるとの結論となった。

#### 【実験③D：Web サイトへ画像が与える印象変化】

上記実験③C により、Web ページの印象にレイアウトが影響を与えることが理解された一方で、画像や文章などのコンテンツの影響も強く受ける結果となった。実験③C では、コンテンツ同一化の手法を用いたため画像や文章はオリジナルと同等のものを利用した。そこで Web ページに掲載される写真について、画像 (写真) 撮像のパラメータ変更によって画像の印象を変化させた場合、Web サイトの印象全体にどのような変化が生じるかが次の課題となった。この影響を明らかにすることにより、逆に求める印象に対応した最適なパラメータを求めることが可能となる。時松亮慧卒業研究生の卒業研究として初期研究が進んでおり、当人の修士研究として

拡張テーマによる研究が予定されている。

#### 【実験④：黄色 - 茶色の色の見え変動がもたらす色印象変動】

⇒【実験④B：茶色の色の見えをもたらし刺激条件とその被験者間の相違】

著者は特殊な色の見えである「黒み」の研究について博士論文以来先導的な研究を続けているが、それよりもさらに複雑な「茶色」の見えの生成機序について、その分野を博士論文とした DeLawyer 講師とともに現在研究を行っている。DeLawyer 講師の考え方は、網膜や初期視覚野の神経回路網により機械的に茶色の見えが決まるという考え方であり、前述の【実験⑦や⑦B】へ展開している。

一方、著者は色覚メカニズムの特殊性を仮定してカリフォルニア大学デイビス校 (UCD) の Werner (John S. Werner) 教授と国際共同研究を行っている。装置は第 I 期である平成 30 年夏の UCD への訪問で完成しており、平成 31 年 2 月末までに第 1 段階データの蓄積を行っており、令和元年 7 月の国際会議で発表している。第 II 期が始まった令和 2 年度の間 UCD を訪問することができなかつたため保留状態となっていた。基本的な状況は令和 3 年度でも変更がなかった一方、令和 3 年度には色の見え変動による色印象変動から、茶色印象を与える刺激条件へと研究方向性を逆転させた (実験④B)。

白色周辺光が中心色光に誘導する茶色について、実験④B-1 では中心光の主波長および S 錐体刺激量定義の彩度を変化させた際の「最もよい茶色」を一対比較で選択させた。実験④B-2 では同じ刺激形状で今度は周囲の輝度を変化させた場合において選択させた。各刺激組み合わせにおける勝敗比から Z 値 (= 平均との差分 / 標準偏差) に変換した。結果に対する分散分析 (ANOVA) 結果は、被験者要因 (被験者間の相違) と刺激中心光の赤 / 緑強度 ( $a^*$  値) との交互作用において統計的有意を示した。一方で被験者要因と主波長あるいは S 錐体刺激量 [あるいは黄 / 青強度 ( $b^*$  値)] との交互作用は有意でなかった。茶色の見えをもたらしテスト刺激色条件として、被験者平均では CIE1976L\*a\*b\* 色空間で  $a^*$  値 (赤 / 緑) が 5 ~ 30 の範囲で  $b^*$  値 (黄 / 青) が 6 以上の領域 (高 Z 値分布) となった。被験者間の比較では、最良の茶色に必要な誘導黒み量が被験者により異なることから、茶色中の黄色と黒の強度バランスが被験者間で異なること、さらに中心刺激光により多くの黒み誘導を必要とする一部の被験者では、主波長と彩度の刺激条件は黒み誘導量を増やすためだけの意味しかなく重要な刺激条件で

ないことを示した。

令和4年度中の国際会議発表を行い、論文を作成し査読結果後の再投稿行ったところ令和5年1月24日に受理された<sup>34)</sup>。

【実験④D：高齢者、2色覚者、高齢2色覚者における茶色知覚、および黄色-茶色の色の見え変動がもたらす色印象変動】

被験者間の相違の観点から、本重点研究室の目的である【目的1-4：得られた知見を活用し2色覚、高齢者、認知症、相貌失認症、自閉症等の方への計測も実施】へ展開するべく、令和5年度に実施した科研費申請の主要部分として組み込んだものである。

具体的には、加齢による生理学的・解剖学的加齢変化を補償する色覚系神経回路網での長期的な順応調整（例えば青の見えを担うS錐体信号の増幅）の影響下にある高齢者において、茶色知覚がどう変化するか。また若年者とは異なる黄色-茶色の色の見え変動が生じるそのような高齢者において、茶色知覚の変化がどのような色印象変動をもたらすのか、あるいはもたらさないのか、を検証する中で茶色知覚や色印象の機序（メカニズム）を明らかにしようとするものである。最終的には、高齢2色覚者において加齢と2色覚の要因がどのように組み合わされているのか、という観点での実験検証を行って加齢、2色覚および加齢と2色覚における色補償の機序を明らかにしようとするものである。加えて、そのような被験者における茶色知覚における黄色-茶色の色の見え変動が、3色覚者との比較の中でどのように色印象に影響を与えているのか、についても調べる計画であった。

残念ながらこの科研は不採択（A評価不採択）であったため、令和6年度においては他のプロジェクトを実施することとして現在は実験実施は保留となっている。

【実験⑤：照明色変動が色の感性評価に与える影響】

照明光の色が変化しても物体（刺激）の色は同じに見える色恒常性現象に関する研究を、太原理工大学の馬 瑞青准教授と共同で進めてきた。色覚機能としての色恒常性機序の解明を行ってきており、先行研究も含めて既に色恒常性は完全では無く限定的であることが明らかとなっている。一方、色恒常性が完全で無ければ少し残ることになる照明色光の色の見えへの影響から、逆に照明の色の把握の精度が高まるとも考えられ、視野内の物体色への視覚的理解と、環境全体や視野内物体への視覚的理解との間で、情報取得のバランスが維持されている、あるいは

は最適化されているとも考えられる。

令和3年度には、この色恒常性の精度に関する問いに答える1つの手法として、メタマー[metamer、ある特定の照明条件では等色する条件等色(metamerism)状態にあるが分光反射率自体は異なる色の組]不一致の影響により、標準光源(白色昼光)の下で同じ1つの色が、色恒常性現象テスト用のある色光源の下で様々な色として知覚される可能性について検討した。CRTモニタ上で照明シミュレーションにより作成されたメタマー不一致状況(context)下の2次元色刺激に対して非対称色マッチングを行い、得られた色恒常性データを分析した。結果は、マンセル色票表面の色恒常性指数は、各色光源の下でのメタマー不一致指数とほとんど相関がないことを示した。また被験者のマッチング点は、不一致メタマー間の重心色度点ではなく、色光源の下での各色表面の標準的な分光反射率に近い反射率から生成された色度点であるところの(従来からの)完全な色恒常性に基づく理論上の点に近かった。これは被験者の色マッチングが、色票面のメタマー不一致の影響を受けないことを示している。色恒常性の効果が前述の様に限定的である事は、この実験においては、色推定の過剰な高精度によってメタマー不一致の影響を受ける事を回避する結果をもたらしていた<sup>27)</sup>。

令和4年度は、赤緑2色覚者と赤緑異常3色覚者におけるカテゴリカル色での色恒常性についての研究を行った。208枚のマンセル非光沢色票を基本12色に分類する課題を、D65白色昼光、相関色温度4200KのF光源、および相関色温度2700KのTL84光源の下で行った。結果を色恒常性指数で定量化したところ、正常3色覚者(0.87)と異常3色覚者(0.84)では有意差はなかった一方、2色覚者の恒常性指数(0.79)は有意に低かった。これは2色覚者の被験者内変動が大きかったことの影響によるものであった。ただその差は予想よりも小さく、赤緑2色覚者(および異常3色覚者)の昼光軌跡に沿った照明変化における強固な(robust)カテゴリー色恒常性を示した。これは色弁別メカニズムとは独立である錐体順応メカニズムの寄与によると考えられた。これは色覚障害者による色の分類は、太陽光や一般的な照明の下での日常生活においては、人工的な機器の補助がなくても妥当であることを示唆する<sup>31)</sup>。

これに並行して、従来型の色恒常性の研究に加えて、環境の理解を促進する研究を行ったところ、照明色が赤の場合は色恒常性が正確に働くが緑の場合

には不正確になっていることが判明した。これは照明経験の差であり、赤照明は夕焼け等の場合に見る機会があるためと考えられる。令和4年度に論文を完成させて投稿したものの、データ量の不足から強力な証拠とは見なされず論文は受理されなかった。今後の対応を検討中であるが、他の色恒常性の実験（特に下記の実験⑰）を優先することとした。なお照明色光下での色恒常性における色の見えと加齢による水晶体黄濁時の色の見えを総括的に説明した解説論文<sup>36)</sup>を出版した。

#### ⇒【実験⑰：複数照明光を有する環境での色恒常性】

色恒常性における様々な環境への理解と経験について基礎的な知見を積み上げるため、一般的な視環境として複数の光源により照らされる場合について考える。例えば一般的な部屋には、天井のランプ照明と窓からの日光や天窓がある。我々は常にその部屋の照明が暖かいか冷たいかという印象をシーン全体から受ける。実験室的な単一照明ではなく、複数の照明によるアンサンブルである場合、色恒常性がどの様に変化するか、促進されるのか減殺されるのか、などについて明らかにするのが目的である。研究実施は太原理工大学の馬瑞青准教授を中心として行っている。

#### ⇒⇒【実験⑰A：複数照明光アンサンブル環境での照明光推定における照明色の平均化】

上記実験⑰を考えるため、まずはヒトが照明光のセットから照明色としてどのように平均化された色を抽出するかについて調べる。類似したアイテムのセットから平均を抽出することは、サイズ、向き、色などの低レベルの単純な知覚タスクから高レベルの顔の感情まで、様々な知覚領域で実証されている。そこで被験者がマルチ照明アンサンブルの照明色の平均をどれだけ正確に認識できるかを調査する。

具体的な手法として、テスト刺激は2行×2列の色パッチ・マトリックス形式で呈示される。均質照明条件では4つの同一照明で照らされ、不均質照明条件では16 CIELUV  $\Delta E$  単位で分離された4つの異なる照明で照らされる。測色値から求めたテスト照明平均は基準照明から0、±2、±4、±6、±8、±10 単位離れていた。2 間隔強制選択タスク(2IFC)により、被験者はテスト照明のセットが基準照明よりも黄色がかっているかどうかをキー押し応答する。各照明条件で、明度/彩度が5/6の207のマンセル色票面からランダムに選択された64のカラーパッチ(8×8)で構成される刺激、マンセルN5/(灰色)背景に表示されたマンセル5/6色票で構成される刺激、およびほぼ白色の背景に表示された

様々なカラーパッチを含む自然シーン刺激、の3種類の刺激が使用された。

実験結果は、ほぼ白色の背景にカラーパッチがある刺激でのみ照明色平均が抽出されたことを示した。N5/(灰色)背景の有無によらず、マンセル色票で構成される他の2つの刺激では、被験者の求めた照明色平均は均質照明条件と不均質照明条件の間でほぼ同一でありD67から青みがかった方向への色シフトが見られた。この結果は、照明推定に非常に有利な条件下でのみ複数照明アンサンブルの照明色平均が抽出されることを示す。そうでない視環境の場合、視覚システムは短時間呈示では照明アンサンブルを正確に推定できず、色刺激のセットが呈する色の見えに基づいて複数照明の集約情報を抽出する傾向があることを示している。

実験は順調に進行し、データを取りまとめている段階である。令和6年3月上旬の発表エントリーを行って国際会議発表が採択されており、国際会議(令和6年7月)で学会発表するとともに、令和6年度(2024年10月頃)に論文を投稿して年度内の受理を目指す(受理された場合の出版は2025年3月の予定)。

上記実験⑰を進める一方で、引き続き色恒常性の機序を明らかにし、色恒常性の感性への寄与を明らかにするため、実験⑤を引き続き実施している。

#### 【実験⑤B：周辺色光が同一となる条件下で照明色変動が色知覚と色の感性評価に与える影響】

色恒常性の機序に関する研究を更に促進するため、太原理工大学で修士を取得し、本研究室に令和4年4月より来日・在籍しているSSP博士後期課程院生の侯騰璇(Hou Tengxuan)が実験⑤Bとして実施している。

通常の照明光変動に関する色恒常性実験では、テスト色刺激の周辺に配置された周辺背景色刺激の色(度)として、様々な色相(赤、緑など)をバランスよく持つ背景色刺激群を含めて、白色昼光(D65)下と色光(例えば赤光)下とで比較する。一方、この実験⑤Bの刺激では、D65下では特定の色方向(例えば赤)に偏っている色刺激群を用い、色光(例えば赤光)下ではD65の下で様々な色相に見える色刺激群を用いている。この手法では色刺激周辺の背景の灰色がD65の場合は灰色であり赤色光の場合は赤系灰色になる事以外では、周辺色刺激の色度が同じになる様に意図的に刺激色を設定している。そのため被験者がもし照明色光を認識して脳内計算を(一部でも)行っている場合には、色光の影響を最小化する色恒常性効果が観察されるため、



D65 と色光照明下において見た目の色が全く同じとなっても、推定される物体色の色名は異なる。これは（例えば）赤の見えが照明の赤色に由来することを認識（照明推定）して赤を引いた形で色票の色を捉えるためである。その一方で、周辺光からの直接的な効果である色コントラスト誘導や色順応によって色恒常性の一部として色の見えが変わっている部分では、それぞれの照明下における刺激の周辺色刺激の色の見えがほぼ同一であって照明光が色光に変わった影響が色の見えにおいては生じないことにより、異なる照明下であっても物体色の色名は同じになる可能性がある。その際に生じる色印象は、認識された色名に依存するのか、見た目の色に依存するか、という疑問に対する答えが得られるとともに、色印象形成の機序を明らかにする効果もあると期待した。

現時点の結果では予想通りの傾向が見られる。白色光と照明色光間で周辺色群の色の見え（色度）がほぼ同一である刺激条件の場合、周辺色群の周りの灰色背景部分において照明色光による見えを反映（例えば赤照明下では赤みがかかった灰色になる等）させても色恒常性は微弱となる。これは周辺色群が白色昼光下でのデザインと同等として捉えられており、照明色光による色変化として処理されていないことを示唆する。

実験は順調に進行してデータも取りまとめており、令和 6 年度に国際会議（令和 6 年 7 月）発表と論文投稿（2024 年 10 月頃）を行い、年度内の受理を目指す（受理の場合 2025 年 3 月出版予定）。

**【実験⑤ C：周辺光色が同一となる条件下での遠近法による 3 次元的空間知覚の効果】**

上記実験⑤ B の結果を受けて、実験⑤ B の様に実験画面に 2 次元的な刺激パターンとしてテスト刺激、周辺色群および背景を呈示する方法ではなく、灰色壁パネルを有する実験ブース内でテスト色票と周辺色票（色群）に対して色光照明が照射されているパターンを遠近法を用いて作成し、呈示そのものは 2 次元のディスプレイ画面であるが 3 次元的な空間知覚を与えたパターンによって同じ色恒常性の実験を行うことを計画した。

実験を侯 騰璇が実施し実験⑤ B とともに順調に進行してデータも取りまとめており、令和 6 年度（2024 年 10 月頃）の論文投稿と年度内受理を目指す（受理の場合 2025 年 3 月出版予定）。

**【実験⑤ D：周辺色刺激群とテスト刺激間の距離増大による色恒常性効果減少の検証】**

色恒常性の機序に関する研究を更に促進するた

め、太原理工大学の馬瑞青准教授の下で修士を取得し本研究室に令和 5 年 10 月より来日・在籍している SSP 博士後期課程院生の高 強（Qiang GAO）により実験⑤ D として実施している。

上記の実験⑤ B、C のように通常の照明光変動に関する色恒常性実験においては、テスト色刺激の周辺に配置された周辺背景や周辺色刺激は、その色恒常性に対する効果を最大化するためにテスト色刺激の近傍に配置される。色恒常性の機序を考えると、周辺色の色コントラストの効果、周辺色による錐体や処理神経経路の順応効果（von Kries 型順応など）および照明光の推定が主な機構として考えられる。上記実験⑤ B、C では周辺刺激色群設定によって照明光推定効果の色恒常性への寄与を困難にする条件での色恒常性計測実験となる。本実験⑤ D では、逆に色コントラストや色順応の効果の色恒常性への寄与を減殺するため、テスト色刺激と周辺刺激との距離を長くした間にある灰色背景も暗黒ギャップ（そのため照明色光変化による色変化が観察できない）に変えた刺激設定により色恒常性を計測するものである。現在実験準備を進めており、2024 年 10 月頃の実験開始を予定している。

⇒ **【実験⑧：局所コントラスト効果の関連から評価する色恒常性錯視】**

上記の実験⑤の概念としてあげた色恒常性に対する色コントラストの効果について、色恒常性錯視との関係性から寄与の強さを評価しようとする方向性が考えられた。そこで DeLawyer 講師が主導して色恒常性錯視を「局所コントラスト効果の観点から評価する」実験⑧を実施した。

有名な色恒常性錯視が Adelson（1995）のチェッカー・シャドウ錯視と Lotto（2003）のルービック・キューブ錯視（修正版）である。どちらも影がかかっているか、明るい光に照らされていると認識される領域中央に置かれる同一の茶色 / オレンジ色の刺激を使用する。刺激は影領域ではオレンジがかって見え、明るい領域では茶色に見える。これは 2 領域間で知覚される照明条件の違いによって引き起こされる色恒常性に起因する錯視を表しており、想定される色がカテゴリ的に異なる原因となると考えられている。Adelson 錯視では、均一灰色の隣接周辺色パターンが使用されるが、周辺灰色の正方形は明るい領域にあるか暗い領域にあるかに応じて、より明るくなったり暗くなったりする。ただし最も一般的な形式のルービック・キューブ錯視では、様々な色相の周辺色があり隣接する周辺色刺激の明るさは大きく異なる。これらの場合、単純な局所的コント

ラストだけから（照明光推定などの）より広い文脈から独立した錯覚をどの程度説明できるかをテストする。そのため、本研究では錯覚を実験用に一部簡略化した各種バージョンを作成して、局所的コントラストと知覚される照明条件の両方の寄与を評価した。

被験者は CRT モニターにより両錯覚の簡略化修正版を呈示された。この修正版では、主刺激から影、色、チェッカーボード・パターン自体などの要素が徐々に削除されており、空間的に離れたところにある 2° ディスク（輝度と赤 / 緑のバランスの両方を調整可能）を、それぞれの錯覚に存在するオレンジ色部分（暗い要素に囲まれている部分）にマッチさせるように求められた。全ての錯覚で同じ茶色 / オレンジ色を使用した。

結果は、ルービック・キューブの錯覚は効果の大部分が主に明るさコントラストであるローカルなコントラストにより説明できることが示された。影を除いたり、無彩色正方形を使用したり、単に均一な暗い周辺背景を使用したりした場合でも、効果は依然として現れた。チェッカー・シャドウ錯覚では、おそらく同一の周辺刺激が多数存在するため、全体的な影知覚により大きく左右された。そのため影の存在を示す情報を削除すると効果が大幅に減少した。これはルービック・キューブ錯視の大部分は局所コントラストで説明されるのに対し、チェッカー・シャドウ錯覚は主に知覚される照明（と影）により説明されることを示す。局所コントラスト効果が、知覚される照明とは無関係に色の見えに大きく影響することを示唆する結果である。ただし照明推定の考えられる機序メカニズムにおいては、局所コントラスト情報の使用が含まれている可能性もある。

実験を DeLawyer 講師が実施してデータも取りまとめており、令和 6 年度（2024 年 10 月頃）の論文投稿と年度内受理を目指す（受理の場合 2025 年 3 月出版予定）。

#### 【実験⑥：無意識下注意誘導による意識下感性評価変動】

##### ⇒研究第 1 段階【実験⑥ A：無意識下注意誘導による順序変動の機序説明】

共同研究者の銭謙准教授、宋淼准教授との研究である。左右のいずれかに主刺激が出た際のボタン押し反応速度は、中央に先行的に呈示される方向誘導刺激（左右いずれかの矢印や左右を凝視した目線を持つ顔刺激）により無意識的に誘導されることで、同側で速くなり（促進）、反対側で遅くなる（抑制）。この現象がキューイング効果である。キュー

イング効果には、その試行に至るまでの過去の試行における正しい（valid）誘導刺激と虚偽（invalid）誘導刺激の呈示順序によって、効果の大きさが変化するという順序（シーケンス）変動（sequential modulation）が生じる。

順序変動を生じるためには、中央の方向誘導刺激に左右矢印や d と b など非対称性の形状が必要であって、同じ左右方向への意味づけをいくら学習させても X と T など対称性刺激を用いると生じないという説明が、特徴結合（feature-integration）仮説である。順序変動が特徴結合だけで説明可能かどうかを、中央方向刺激を上下方向を含めた 4 方向に拡張して、正しくもなく虚偽でもない中立的刺激を含んだ実験を行ったところ、特徴結合仮説は支持されなかった。実験を終了し解析・論文作成を行い出版された<sup>24)</sup>。

この順序変動は競合課題と空間配向課題の両方で発見されており、前者は一致順序効果（CSE）と呼ばれ、後者は妥当性順序効果（VSE）と呼ばれる。2つの効果は一見同様の現象を示しているものの、それらの認知制御メカニズムの関係はまだ不明であった。そこで修正注意ネットワークテスト（ANT）を使用し、フランカー課題（周辺刺激が刺激効果を弱めるフランカー効果が生じる課題で、例として K 文字を選択する課題では [SSKSS] への選択は [KKKKK] より遅くなる（視覚刺激効果が低下する））と、矢印手がかり課題（キューイング効果が生じる課題）が単一のタスクに統合され、CSE と VSE 間の可能な相互作用のテストを可能とした。混同（交絡、confound）が最小化された刺激設計を使用したため、観察された順序効果は低レベルの刺激機能の機能統合または偶発的学習に起因するものではなかった。実験結果は、一致順序効果は前の試行の矢印キューが無効である場合にのみ重要であり、妥当性順序効果は前の試行のターゲット文字が妨害（distractor）文字と一致する場合にのみ重要であることを示した。調査結果より「（矢印キューによる）方向付け中の順序変動」と「（フランカー課題中の）注意ネットワークの実行制御」は互いに高度な相互作用があり、これらのネットワークでの順序効果は、複雑で多面的な適応制御メカニズムによる制御の可能性を示した<sup>28)</sup>。

この順序変動については、一連の研究を継続的に実施して（令和 2、3 年度を含めて）成果を論文化しているが、令和 4 から 5 年度前期については、中国におけるコロナウィルス感染症封じ込めの影響から実験実施がほとんどできなかったため、学会発

表や論文業績は得られていない。令和5年度後期から実験が再開されており、令和6年度5月に論文を投稿したところ、7月に受理され、8月1日にオンライン出版された<sup>37)</sup>。さらに次の継続実験も進行している。

#### 【実験⑧：色覚と感性に関わる脳活動の計測】

##### ⇒【実験⑧A：刺激の見えと脳活動計測による視覚の色・輝度信号の相互作用（第1次研究）】

本研究（第1次研究）は、心理物理学的研究から示唆されていた視覚シーンの色による輝度コントラスト知覚への影響について、fMRIによる脳画像解析においても輝度情報に対する色情報の影響の証拠を発見したものである。無彩色パターンの背景上に提示された色パッチの彩度に対する視覚野脳活動の依存性を機能的磁気共鳴画像法（fMRI）によって測定した結果は、色パッチが輝度情報による脳活動を抑制すること、加えて彩度の低い色パッチの方が高彩度の色パッチよりもより強い抑制が生じることを示した。一方、色パッチの代わりに灰色パッチが提示された場合には抑制が見られず、また被験者が均一黒背景上で色パッチのみを観察する時の脳活動計測では、色パッチだけでは異なる彩度間での脳活動に違いがないことを確認した。抑制効果が初期視覚野（V2およびV3）、腹側経路（hV4）および背側経路（V3A/B）で観察されたことから、色情報がV1の輝度情報に影響を与えていることが明らかとなった。さらに空間的輝度サイン波変調格子（グレーティング）上の輝度コントラストを弁別する能力を計測する心理物理学の実験を実施した結果も、同様に低彩度の色パッチが格子に付けられた場合、高彩度の色パッチまたは無彩色パッチが付けられた場合よりも弁別能力が悪化した。以上の結果から、fMRIによる脳計測と心理物理学の実験の両方の結果とも、高彩度よりも低彩度の色条件で色情報の輝度情報に対する抑制がより強くなる点で一致した。これは従来から直観的に理解されていた淡い色の写真では境界がぼやける（輝度のコントラストが弱い）現象を世界で初めて脳計測結果として示したものである。この効果により色の強さと輝度を作る境界の強さのバランスを取っていると考えられることから、合わせてこの現象のメカニズムについても明らかにした研究である。

根岸准教授との共同研究として長期間実施しており、実験・解析の成果をまとめて学術誌に令和3年2月に論文投稿し、6月に出版された<sup>26)</sup>。さまざまな記事に取り上げられるなどインパクトのある成果であった。この現象に関連して、眼科医において

行われるコントラスト感度検査においては通常、グレーティング、二重輪指標や感度チャート等の無彩色刺激が用いられている。そのため白内障等により色の見えの彩度が低下している患者の場合においては、日常知覚される輝度コントラストは、コントラスト感度検査結果からの予想よりも弱く感じられる場合もあることになる。この点の重要性から、日本眼光学学会誌編集委員会の依頼により学会誌「視覚の科学」においてこの論文の紹介をみずから行った。

##### ⇒【実験⑧B：刺激の見えと脳活動計測による刺激の色が作り出す感性と輝度信号が作り出す形状知覚の相互作用（第2次研究）】

この成果を踏まえ、第2次研究（実験⑧B）への移行を企図したが、コロナウイルス感染症の影響により、令和3～4年度にかけてfMRI実験を実施するための根岸准教授の来学と実験実施が困難であったため、第2次研究への移行は行えず実質休止状態となった。実験⑧Aの知見を含めたその後の検討から、実験⑧Bの規模が大きくなりすぎることが判明したため、より当初目標に直接的に合致する実験⑫を先行することとなった。

##### ⇒【実験⑫系統】

印象形成の脳内処理計測・解析として実験⑫へと展開する。

##### ⇒【実験⑫1：刺激観察のみ条件と印象評価付条件でのfMRIによる脳活動比較】

刺激観察のみ条件と印象評価付条件でのfMRIによる脳活動比較を行い、刺激の強度変動や相関調整と一意印象評価法など複数の印象評価手法により被験者の意識的判断度を変化させることで、意識的印象判断の寄与領域を特定する。脳内領域間因果律の導出、各印象意味語の印象の予測有意性と寄与ROIを判定する。印象応答時間を刺激親和性評価と比較して処理経路予想との非線形的相関性を検討することで、印象応答時間と各ROIのBOLD信号との時系列相関解析から、各ROIの寄与有意性と可能性な複数処理経路での有意性を判定する。さらに機能結合度と応答速度の相関解析から応答時間予測精度も検討する計画である。現在は実験準備を行っている状況であるが、実施には博士研究員を要するレベルであるため現在のところ保留となっている。

### 6.3 令和3年度に追加された新規の研究テーマとその成果（令和3（2021）～令和6（2024）年度）

#### 【実験⑨：加齢による視覚系メカニズムの変化】

カリフォルニア大学のWerner教授とは実験④の共同研究を実施していたが、それ以前においては継

続的に高齢者の視覚について加齢による視覚系変化の観点から共同研究を行ってきた。それらをふまえ、また著者（篠森）が2020年にipRGCについての論文<sup>22)</sup>をDeLawyer講師と出版したところ、ipRGCが強く影響を与えていると考えられている概日リズム（Circadian rhythm）についての学術誌特集号（Circadian visual neuroscience）の執筆依頼が来た。そこで、加齢分野の有力な研究者であるBarbur（John Barbur）教授（University of London）との3人で論文を作成することとなった。

この論文は、老化した人間の視覚系の光学的および神経的变化について、概日リズム生理に対する光媒介効果に影響を与える可能性のある要因の観点から再検討するものである。特に、各年齢において刺激光に対する意識的・無意識的な視覚反応の計測を行う際に理解しておくべき、初期段階視覚メカニズムの出生直後からの継続的に変化についてまとめたものである。令和3年度から取りかかっていたが令和4年度に出版された<sup>30)</sup>。

さらに令和5年度には、この業績に対する興味から産業技術総合研究所が編集集中の「人間インタラクション計測ハンドブック」の中の「2.5 人間機能の年齢による違い：[2.5.3 感覚機能の加齢変化（視覚機能の加齢変化）]」について執筆依頼があり令和4年11月末日に原稿を提出したところである。

#### 【実験⑩：分光反射率とCIELAB色度表現を用いた金属の表面色制御・構造解析支援】

令和3年度に、本学マテリアルデザインセンター長の山本哲也教授より「負に帯電した酸素（O<sup>-</sup>）イオンの生成と照射により銅表面を酸化させて酸化銅（Cu<sub>2</sub>O）の薄膜を生成させることが出来るが、照射時間と帯電圧を変化させると生成膜表面の色が極端に変化する。現在は色について赤だとか、オレンジだとか、シルバーだとかの極めて定性的な表現で報告されているが、これを定量化することが可能であろうか」との相談を受けた。

著者は色彩学が専門で「薄膜の色の見えは数色のインク印刷のような単純な減法混色ではなく、分光反射率の変化により異なる波長を持つ単波長光の増減が複雑に起こり、その結果として白色照明光へのメタメリズム（異なる分光反射がある照明条件で同じ色に見えること）や色変化などが生じて最終的に色の見えが決まるはずである」と回答した。山本教授から「可視域での分光分布は薄膜情報を示すはずである」との返答があったので、分光反射率計測による薄膜の構造解析と、酸素イオン照射による表面

色制御に向けた色の定量的表現（CIELAB1976の利用）を提案した。山本教授作成の各種酸化銅薄膜サンプルの計測と色定量表現を実施した。

結果は、短時間（10分）低電圧（15V）の場合でオレンジ系の色になるのに対し、長時間（30分）高電圧（45V）の場合にはより鮮やかな赤になる現象をCIELAB表色系で定量表現するとともに、赤になる原因は当初考えられていた長波長領域での反射率増大ではなく、むしろ長波長領域での反射率が減少する一方で510nmを中心として局所的に反射率が低下する事で緑成分が減少することで赤がより強調されるとともに、赤と緑から合成される黄色成分も低下するためであることを発見して波長帯から膜厚を計算推定した。

もともと負帯電酸素（O<sup>-</sup>）イオンの生成と照射による山本教授らの最先端技術は、金属や酸化物半導体を酸化して高度な機能性材料を実現するための効果的な方法であり、この技術とCuプレート基板を意図的に加熱しない技術により、Cu<sub>2</sub>O膜/Cu基板の急激な界面を備えたCu<sub>2</sub>O層を調整して、材料をさまざまな色にすることが可能であった。今回の成果は、事前に各作成条件でのサンプルのCu<sub>2</sub>O膜/Cu基板の光反射率と対象色を測定しておいてCIE1976L\*a\*b\*色空間の座標表示結果と比較することで、任意のCu<sub>2</sub>O膜/Cu基板の膜特性を調べることができることと、より簡便に目標とする色を作成することができるようになったことである。当初の意図通り表明色の定量的表現と分光反射率による構造解析支援に成功しており、他の薄膜等への展開も期待される。令和4年2月28日に論文が出版された<sup>29)</sup>。

#### 6.4 令和4年度開始が事前計画されていた新規研究の研究テーマとその成果（令和4（2022）～令和6（2024）年度）

##### 【実験⑬系統：対象物体色デザイン印象予測システム構築】

第2目標（非線形対応解析1）：データ解析による要素の領域分類に基づいた分類化モデルを構築して解析する、および第3目標（非線形対応解析2）：深層学習と畳み込みニューラルネットワーク（CNN）を用いて最適な予想結果を求める方法による解析を行う、については、より具体的なデータを取扱う実験⑬系統として第Ⅱ期の3年目（令和4年度）開始が計画されていた。個別実験については、それぞれを単独で完了するのではなく全体サイクルを何度か回しながら精度を向上させる予定で

あった。

令和3年度科研費申請の時より具体化していたが不採択となったため、令和4年度の科研費申請では、令和4年度当初開始の(下記記載の)実験⑭でDNN-GANの実施体制が構築される中での実施を企図していた。ただし残念ながら新型コロナウイルス感染症対策の問題で他の実験に多くの時間が費やされる中で、令和4年度科研費も不採択となった。研究費がやや不足していた面もあり、また抜本的な改良の上で再び科研費を申請する必要が考えられたことから、実質的には令和5年度の実施に必要なエフォートを割り当てることができなかった。また令和5年度の科研申請では研究テーマを色覚に絞ったこと、CNN解析の一般的な限界についての知見も一定蓄積されており、その範囲では良好な進展が見通せないことから、現在計画改編中状態にある。

#### 【実験⑭：感性評価を前提としたデザイン設計】

代表者の実施する視覚と感性の関係性についての研究は、日本国内では一部が既に類型化され一種の表現形式(イメージ・スケール)になっている。色に限らず様々な対象物の印象を、(機械的に)暖かい(warm)ー冷たい(cool)、ソフト(soft)ーハード(hard)の2軸平面上に配置して、座標が近い類似印象をカテゴリー化する(例えば、暖かくソフトであれば「プリティ」、冷たくハードであれば「モダン」なデザインとする)。国外には類似研究はほとんど存在しない状況もあり、視覚・感性統合重点研究室の活動について、繊維工学関係者から単なる繊維工学の枠を超えた被服(ファッション)印象への展開への要望が様々に寄せられることとなった。

より具体的には、最終的に獲得したいファッション印象を目標として最初に置き、それに向けて必要な色織布のデザインを糸選択、色や柄織り等を変数として自動設計し、かつその設計に基づいて色織布の生産前にユーザー(中間バイヤー、デザイナーや消費者)に予定デザインを呈示して確認や購買を依頼するデザイン提案システムが要望されている。繊維工学の枠組みで、もとより糸紡ぎ機や自動織機をCAD/CAM的に制御することが可能である。さらに近年、DNN(深層学習ニューラルネットワーク)利用の敵対的生成ネットワーク(Generative Adversarial Networks, GAN)技術の利用で、その色織布画像の(生産を伴わない)事前生成も可能となりつつある。その一方、色織布の生産パラメータ(糸の色や太さ等)とその色織布がもたらす印象と

の関係についての知見は不足しており、現状では実際に作って見るか、DNN-GANによる画像を見て、試行錯誤的に印象が予定されたものとなっているかを判定している状況である。そこで、実験⑭を新しい計画研究として令和4年度から立ち上げることにした。

【実験⑭ AB：織布デザイン支援のためのコンピュータビジョン基盤の色織布認識および再現システム(A)、および(抽象)意味語による個人嗜好分類(セマンティックセグメンテーション)に基づく個人のためのデザイン提案システム(B)の開発】

前述の背景からCSC(中国国家留学基金管理委员会)と本学とのCSC-KUT博士研究生奨学金(共同指導博士院生; Co-supervised Doctoral Study Student)に対し、江南大学繊維科学工学院からの応募があった。当該院生何文涛(HE Wentao)は、江南大学繊維科学工学部(College of Textile Science and Engineering)の修士・博士一貫大学院プログラムに属し、繊維学が専門である。機織機制御システムを含むAIを用いた効率的な織布生産システムの開発が所属する江南大学での研究テーマであり既に複数の関連論文を出版している。その一方、繊維学の発展のため、ユーザーの嗜好に合わせたユーザー個別スタイルへの対応として様々な色や織布デザインを作成可能とするような織布生産システムの構築を目標としており、本研究室の専門であるデザインへの感性的評価や個人嗜好の感性的分類などについて説明したところ高い関心を示し、本重点研究室へ出願したものである。

このプロジェクトがCSCに承認され、何文涛(He Wentao)が令和4年10月7日より本学に来学して研究を開始した。システム的な必要性から、本研究室において高速・大容量メモリGPUをもつワークステーションを導入(令和4年12月12日)し、DNN-GANシステムを構築して深層学習画像生成を開始した。早期に所定の結果が得られた。その一方で、視覚や感性の研究としての扱いよりも、織布からの洋服の画像再現性等が論文の査読にあたって重要であるため、現在帰国した何文涛が査読対応中である。令和6年度内の受理を予定している。  
⇒【実験⑰：刺激の見えと脳活動計測による視覚の色・輝度信号の相互作用(第1次研究)】

上記の実験⑭で開発されたCG上での洋服再現技術は、長年の知覚心理学上の疑問であった「縦縞を着ると(横縞よりも)痩せて見えるか」に答えるための実験を実施するに当たって強力なツールとなると考えた。特にCG人物に着せることで、単に机に

並べた洋服だけを見るのではなく身体に立体感が生じる点大きい。さらにCGであることから、先行研究のように実験協力者の体型に制限された離散的な刺激条件（ボディサイズ）とならないことも有利な点である。

そこでDeLawyer講師が主導して新しい視覚心理実験として、CGで作成した各種縦縞・横縞のストライプデザインの洋服を着用したときの体型に対する評価を、強度評価法よりも正確な測定手法である一対比較法を用いて測定した。対比として白や黒の無地Tシャツを着用した結果と比較した。結果は洋服のストライプの効果は限定的であり、痩せて見えるという観点からは無地の黒Tシャツに対する特段の優越性は観察されなかった。現在DeLawyer講師が論文作成中であり、令和6年度内の投稿を目標としている。

## 6.5 令和4年度に新しい進展がみられた研究や追加された新規の研究の研究テーマとその成果（令和4（2022）～令和6（2024）年度）

### 【実験⑮：加齢による認知メカニズムの変化】

第I期において令和元年度まで榊美知子客員准教授と共同で実施していた高齢者の不確実性に対する認知の変化について研究取りまとめを行った。

個人は一般的に否定的な情報を避けるが、最近の知見では不確実性解決のために自発的に否定的情報を調べることが証明されている。ただし情報の不確実性が、否定的、中立的、または肯定的であると予想される場合に、探査に同様の影響を与えるかどうか、また若年成人と同様に高齢者が不確実性を減らすために否定的な情報を求めるかどうか、は不明であった。

4つの実験（N=407）を実施した結果、情報が確実であるよりも不確実である場合に自分を否定的な情報にさらす可能性が高いことが示された。対照的に、情報が中立的または肯定的であると予想される場合では、その不確実性は個人の探索行動に大きな影響を与えなかった。また年配の成人でも若年成人でも同様に、不確実性が否定的な情報の探索を増加させることも明らかとなった。さらに肯定的または中立的な選択肢がある場合でも、若者と高齢者の両方で不確実性を減らすために否定的な情報を見ることを選択した。これら行動測定における異なる年齢間の類似性とは対照的に、同じ年配の成人は探求と好奇心についての感情に関するアンケートでは、若年成人と比較してスコアの低下を示した。これら結果は、情報の不確実性が否定的な情報の探索に選

択的促進効果をもたらすこと、そして情報探索に関連する性格特性の自己申告尺度が年齢に関連して減少するにもかかわらず、通常の老化はこの傾向を変えないことを示唆する。論文を査読後、再投稿中を行い令和5年4月に受理された<sup>35)</sup>。

### 【実験⑯系統】

実験⑦を赤緑反対色信号バランスの機序解明として実験⑯へと展開する。反対色応答過程の一つである赤緑反対色信号について、実験⑦ではメラノプシン細胞（ipRGC）の活動量の影響について調べてきたが、これを包括的な形に戻して赤緑反対色信号バランス決定の機序そのものの解明を行うものである。以下に述べる様々な手法を用いて赤緑反対色応答のバランスがどのように決定されるかを明らかにするものである。

### 【実験⑯A：赤緑反対色信号バランスに対する周辺輝度強度影響における網膜神経回路と脳処理の寄与の解明】

赤緑バランス点は、テスト光の周辺に強度の高い刺激光を呈示することで赤方向に変動する。もし赤緑反対色応答のバランス点（中性点）が網膜神経節細胞（網膜神経回路）の処理のみで決まっていれば、右眼にテスト光、左眼に周辺刺激光を呈示するハプロスコピック（haploscopic）視で刺激呈示を行った場合、左眼刺激による影響は右眼に転移せず周辺刺激光の輝度変動はバランス点に影響しない。一方、もし初期視覚野（V1）や高次視覚野（V3/V4h）の寄与があれば、左眼に周辺刺激光が呈示されていても微弱ながら右眼で計測するバランス点への影響が生じるはずである。

実験は順調に進行してデータも取りまとめており、令和7年度前期での論文投稿を目指す。

### 【実験⑯B：赤緑反対色信号バランスに対する周辺輝度強度影響における3次元呈示の影響（現実世界の物体を使用した明るい環境と暗い環境による赤/緑のバランス誘導）】

赤/緑のバランス変動は、黄色と茶色の範囲にある刺激の一側面として何十年も文献で観察されており、ルービックキューブ錯視などの印象的な錯視にも組み込まれている。赤/緑のバランス誘導効果に関するこれまでの研究は、主にスクリーンでの刺激呈示や、マクスウェル視光学系による刺激呈示に焦点を当ててきた。そして赤/緑のバランス変動が主に黄色/茶色の範囲の色に影響し、青色は最小限の影響しか示さないことを示してきた。しかし、これらの実験結果が現実世界の観察条件でどの程度反映

されるかは未解決である。例えば（色恒常性についての）ドレス錯視は、現実世界のオブジェクトを画像に置き換えると色恒常性が損なわれる可能性を示した。

現実世界は3次元であり、同一眼への呈示であっても、周辺高輝度刺激が同一面（3次元的な眼からの同一距離）に呈示されて同じ物体表面上の周辺刺激と見なされる場合と、立方体の異なる面（3次元的に異なる距離）に呈示されテスト刺激の周辺位置ではあるが同じ照明条件下にあるとは見なされない場合、とがあり得る。この場合、赤緑反対色応答において脳内高次処理が行われていれば、その寄与により同一面と異なる面とでは周辺輝度強度の影響が異なる事になる。一方、網膜神経回路網のみでバランス点が決定されれば、テスト光と周辺光の2次元的な距離のみが影響を与えるので面の所属は影響しないことになる。これにより実験⑩ Aとは異なる観点から脳処理の寄与の影響度合いを計測する。

周辺輝度強度変化による赤/緑バランス変動が、現実世界の照明条件下でどの程度残るかをテストするため、暗室で人工太陽光を使用し、黄色/茶色と明るい青/濃い青の紙で作られた均一色の4つの箱を個別に配置して上部と左側を照明照射し、右側を光源の影とした（ルービックキューブ錯視と同様の照明条件を作成）刺激を作成した。ボックスの周辺の背景表面は、非常に暗い黒または非常に明るい白とした。被験者はボックスの3側面と周辺背景、および人工太陽で照らされていないLCDモニターの小部分を観察し、赤と緑のバランスが箱と一致するようにモニター呈示のテスト色を調整した。

結果は、暗い周辺と明るい周辺の呈示刺激の間で、黄色/茶色の箱では、モニタ画面を使用した過去研究からの予測方向である明るい周囲背景はテストに緑がかった色を誘発という方向で赤/緑の小さなバランス変動変化が生じた。一方、青の箱でも同様に強い効果があったが、明るい周辺背景はテストに赤みがかかった色を誘発し、変動方向は逆であった。スクリーンを用いた先行実験では、明るい周辺背景と暗い周辺背景のどちらもほぼ同じ赤/緑のバランスを示す傾向で変化も微小であって、今回の青の箱での赤/緑のバランスの変化は、スクリーン上の刺激ではこれまで観察されていなかった。これら結果は、PCスクリーンで観察される周辺誘導効果と現実世界の物体を使用して観察される周辺誘導効果には基本的な相違があることを示唆する。

実験は順調に進行し、データも取りまとめており、受理済みの国際会議発表（2024年7月）を行い、

令和6年度内（2024年10月頃）に論文を投稿して受理を目指す（受理の場合2025年3月出版予定）。

## 7. 将来展望と結言

以上のように第I期、第II期と「視覚・感性統合重点研究室」はコンパクトでありながらも大きな成果を着実に挙げてきた。この視覚と感性を統合する方向性は、3章で述べた通り、より複雑な人間の脳内情報処理を調べるための一つの最適な方法として考えられたものである。そのため、今回得られた「意味語対応色導出法」、「双方向性の検証による階層化」や「色介在型および意味語直接評価型の階層間意味語関係性導出法」といった新規手法を用いながら、さらにいくつかの新しい手法を開発しながら、視覚と感性の関連性を明らかにする研究を進めてきた。

外部資金獲得が必須である場合に、得てして中二階的な研究テーマを設定することになりがちである。その意味で、大学からの支援の中心となった総合研究所における重点研究室制度については、学会の最先端を超える最先端であろうとするとときに、非常に有効な支援であった。斬新性と独自性との観点から見れば、3.3節、3.4節で述べた本研究室の先導的な研究の方向性については、必ずしも直ちに各外部研究費の審査員に広く受け入れられることにはならないと予想しており、実際にも科研審査員の理解を得られるまで、第I期の3年の時間を要しており第II期での科研費申請は採択されていない。特に「そんな計測や解析が可能であるのか」という視点から評価されるとすると、実際に研究を実施して結果を示すことが必要となるため継続して研究を行える環境が重要であった。本学の研究センターや萌芽研究センター（重点研究室）は、それぞれ5年毎に見直すこととなっており、本研究室も今年度（令和6年度）中に来年度以降の重点研究室としての継続について審査を受けることとなる。

研究の将来展望については、単に視覚と感性の関連性に留まらず、感性応答の機序そのものを明らかにする方向性も必要であると考え。感性については、企業の商品開発の枠組みの中で、感性工学の手法的な定義に基づいて応用的、実利的な側面を重視してデザイン上の問題解決を主眼とする考え方が実の所主流である<sup>3)</sup>。これは現状でのAI（人工知能）利用とも重なる「機序は不明で説明も不可能ではあるが、問題に対する解は示される」という観点と類似しているようにも感じる。感性の本質的な理解が必要なのは、感性応答は、脳内処理の階層性・順序

性を考えたとき、意識に上らない自動的な視覚情報処理に続く意識的な判断であるという特性が強く、またそのため逆説的に無意識的な処理や意識に上らない記憶や経験との相互作用も生じると考えるからである<sup>1)</sup>。つまり総合的な人間情報処理を理解するためには避けることの出来ない重要な応答の一つであると見なすことができよう。意識と無意識、記憶や経験とも関連する感性情報処理の基盤的な機序の理解は、一般的な行動や判断を理解する基本としても成立すると考えられるため、人間情報処理の理解そのものにつながる可能性もある。

そのためにも、引き続き、感性情報処理の機序を直接的に検証する新規手法を構築する必要がある。今後の進展と将来への展望を考えると、これは困難を伴うけれども正しい方向性であると確信している。

## 文献

- 1) 篠森敬三, “視覚・感性統合重点研究室一設置背景・研究テーマ・成果と展望一,” 高知工科大学紀要, Vol. 16, No. 1, pp. 1-17, 2019.
- 2) 内川恵二総編集, 篠森敬三編集, “視覚 I 視覚系の構造と初期機能 (講座「感覚・知覚の科学」),” 朝倉書店, 2007.
- 3) S. Schütte, A. M. Lokman, L. Marco-Almagro, S. Ishihara, H. Yanagisawa, T. Yamanaka, N. Valverde, S. Coleman, “Kansei for the Digital Era,” *International Journal of Affective Engineering*, Vol. 23, No. 1, pp. 1-18, 2024.
- 4) R. Snowden, P. Thompson and T. Troscianko, “Basic Vision -an introduction to visual perception-, Chap. 3,” Oxford University Press, 2006 (Rev. ver. 2012).
- 5) M. Song, K. Shinomori, Q. Qian, J. Yin and W. Zeng, “The change of expression configuration affects identity-dependent expression aftereffect but not identity-independent expression aftereffect,” *Frontiers in Psychology* (section: Emotion Science), Vol. 6, pp. 1-12 (Open Access), 2015.
- 6) R. Ma, K. Kawamoto and K. Shinomori, “Color constancy of color deficient observers under illuminant defined by individual color discrimination ellipsoid,” *Journal of the Optical Society of America, A*, Vol. 33, No. 3, pp. A283-A299, 2016.
- 7) K. Shinomori, A. Panorgias and J. S. Werner, “Discrimination thresholds of normal and anomalous trichromats: Model of senescent changes in ocular media density on the Cambridge Colour Test,” *Journal of the Optical Society of America, A*, Vol. 33, No. 3, pp. A65-A76, 2016.
- 8) 篠森敬三, “自動車技術ハンドブック 第3分冊「人間工学編」, 担当: 第3章基本運転タスク, 3-1 基本運転タスクに関わる人間特性, 3-1-3 視覚機能 (2) 網膜・視野, (3) 明暗順応 (p. 112-115, p. 115-117)” 自動車技術会編, 精興社 (東京), 2016.
- 9) Q. Qian, F. Wang, M. Song, Y. Feng and K. Shinomori, “Spatial correspondence learning is critical for the sequence effects of symbolic cueing,” *Japanese Psychological Research*, Vol. 59, No. 3, pp. 209-220, 2017.
- 10) 篠森敬三, 中内茂樹, “色弱模擬フィルタを用いた印刷におけるカラーユニバーサルデザインの推進 (特集「人に優しい印刷物」),” *日本印刷学会誌*, Vol. 53, No. 3, pp. 193-202, 2016.
- 11) 篠森敬三, “明暗・色彩と交通安全 (第1~4回), 交通安全教育推進月刊誌「人と車」,” *全日本交通安全協会刊*, Vol. 52, No. 8, 10, 12 and Vol. 53, No. 3, 2016-2017.
- 12) Q. Qian, F. Wang, M. Song, Y. Feng and K. Shinomori, “Sequence effects of the involuntary and the voluntary components of symbolic cueing,” *Attention, Perception and Psychophysics*, Vol. 80, No. 3, pp. 662-668, 2018.
- 13) K. Shinomori and H. Komatsu, “Semantic word impressions expressed by hue,” *Journal of the Optical Society of America, A*, Vol. 35, No. 4, pp. B55-B65, 2018.
- 14) 篠森敬三, 西村美月, “2色覚模擬におけるファッションイメージの印象一色弱模擬フィルタ着用によるSD法評価の変化一,” *日本感性工学会論文誌*, Vol. 17, No. 1, pp. 79-88, 2018.
- 15) 篠森敬三, “明暗・色彩と交通安全 (第5~9回), 交通安全教育推進月刊誌「人と車」,” *全日本交通安全協会刊*, Vol. 53, No. 5, 7, 9, 11 and Vol. 54, No. 1, 2017-2018.
- 16) L. Wan and K. Shinomori, “Possible influences on color constancy by motion of color targets and by attention controlled by gaze-state,” *Journal of the Optical Society of America, A*, Vol. 35, No. 4, pp. B 309-B 323, 2018.
- 17) R. Ma, N. Liao, P. Yan and K. Shinomori, “Categorical color constancy under RGB-LED light sources,” *Color Research and Application*, Vol. 43, No. 5, 655-674, 2018.
- 18) K. Shinomori, A. Panorgias and J. S. Werner, “Age-



- related changes in ON and OFF responses to luminance increments and decrements,” *Journal of the Optical Society of America, A*, Vol. 35, No. 4, B26-B34, 2018.
- 19) R. Ma, N. Liao, P. Yan and K. Shinomori, “Influences of lighting time course and background on categorical colour constancy with RGB-LED light sources,” *Color Research and Application*, Vol. 44, No. 8, pp. 694-708, 2019.
  - 20) M. Song, K. Shinomori and Q. Qian, “Perception and Expression Habits of Smiling and Angry Expressions Modulated by Facial Physical Attractiveness in Asian Female Persons,” *Japanese Psychological Research*, Vol. 61, No. 1, pp. 12-24, 2019.
  - 21) 篠森敬三, “明暗・色彩と交通安全 (第10～14回), 交通安全教育推進月刊誌「人と車」,” *全日本交通安全協会刊*, Vol. 54, No. 4, 6, 8, 10 and 12, 2018.
  - 22) T. DeLawyer, S. Tsujimura, and K. Shinomori, “Relative contributions of melanopsin to brightness discrimination when hue and luminance also vary,” *Journal of the Optical Society of America, A*, Vol. 37, No. 4, pp. A81-A88, 2020.
  - 23) K. Shinomori, H. Komatsu, and I. Negishi, “Bidirectional relationships between semantic words and hues in color vision normal- and deuteranopic observers,” *Journal of the Optical Society of America, A*, Vol. 37, No. 4, pp. A181-A201, 2020.
  - 24) Q. Qian, J. Pan, M. Song, Y. Feng, Y. Fu, K. Shinomori, “Feature integration is not the whole story of the sequence effects of symbolic cueing,” *Journal of Cognitive Psychology*, Vol. 32, No. 7, pp. 645-660, 2020.
  - 25) 篠森敬三, “高齢者や2色覚者の色覚 (招待総説特集「視覚心理物理学の最近の動向」),” *視覚の科学 (日本眼光学学会論文誌)*, Vol. 41, No. 4, pp. 56-65, 2020.
  - 26) I. Negishi, and K. Shinomori, “Suppression of Luminance Contrast Sensitivity by Weak Color Presentation,” *Frontiers in Neuroscience*, Vol. 15, Article number 668116, 2021.
  - 27) R. Ma, N. Liao, Y. Qiang, and K. Shinomori, “Effect of Metamer Mismatching on Color Constancy in Two-Dimensional Simulated Scenes,” *Acta Optica Sinica*, Vol. 41, No. 18: 1833001, pp. 1-8, 2021.
  - 28) Q. Qian, Y. Li, M. Song, Y. Feng, Y. Fu, and K. Shinomori, “Interactive modulations between congruency sequence effects and validity sequence effects,” *Psychological Research*, Vol. 85, 2021.
  - 29) 山本哲也, 篠森敬三, 牧野久雄, “金属酸化物薄膜の電気・光学特性制御と抗菌材料への応用,” *塗装工学*, 150, Vol. 57, No. 2, pp. 44-53, 2022.
  - 30) K. Shinomori, J. Barbur and J. S. Werner, “[Chapter 13] Aging of visual mechanisms,” *Progress in Brain Research*, Vol. 273 (Book series: in *Circadian and visual neuroscience* (eds. N. Santhi and M. Spitschan), pp. 257-273, 2022.
  - 31) R. Ma, Q. Gao, Y. Qiang, and K. Shinomori, “Robust categorical color constancy along daylight locus in red-green color deficiency,” *Optics Express*, Vol. 30, No. 11, pp. 18571-18588, 2022.
  - 32) T. DeLawyer, and K. Shinomori, “Melanopsin driven surround induction on red/green balance of yellow,” *Journal of the Optical Society of America, A*, Vol. 40, No. 3, pp. A40-A47, 2023.
  - 33) I. Negishi, and K. Shinomori, “Word and color impressions measured with normal and simulated deutan color stimulus sets in color vision normal and deuteranopic observers,” *Journal of the Optical Society of America, A*, Vol. 40, No. 3, pp. A65-A84, 2023.
  - 34) K. Shinomori, and J. S. Werner, “Observer variation in perception of brown with various chromatic centers and surround luminance,” *Journal of the Optical Society of America, A*, Vol. 40, No. 3, pp. A130-A138, 2023.
  - 35) A. Yagi, L. FiyzGibbon, K. Murayama, K. Shinomori, and M. Sakaki, “Uncertainty drive exploration of negative information across younger and older adults,” *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience (Special issue: in Uncertainty in Learning and Decision-Making)*, Vol. 23, pp. 955-972, 2023.
  - 36) 篠森敬三, “トピックス: 色の見え, 認識される色と色表現の関係性,” *視覚の科学 (日本眼光学学会論文誌)*, Vol. 43, No. 3, pp. 78-82, 2022.
  - 37) Q. Qian, J. Pan, M. Song, Y. Li, J. Yin, Y. Feng, Y. Fu and K. Shinomori, “Generalization of sequence effects from conflict to cueing tasks,” *Psychological Research*, Published online 01 August (2024). DOI:<https://doi.org/10.1007/s00426-024-02014-y>

# Vision and Affective Science Integrated Laboratory — Background, Purpose, Research Theme, Achievement and Future plan (from Phase I to Phase II) —

**Keizo Shinomori<sup>1,2</sup>**

(Received: May 31st, 2024)

<sup>1</sup> School of Informatics, Kochi University of Technology  
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782-8502, JAPAN

<sup>2</sup> Research Institute, Kochi University of Technology  
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782-8502, JAPAN

E-mail: shinomori.keizo@kochi-tech.ac.jp

**Abstract:** Currently, it is very difficult to understand the complexities of human information processing due to the comprehensiveness and abstract nature of target processing, psychological affects, and numerous other related factors. Therefore, in our ‘Vision and Affective Science Integrated (Focused) Laboratory’, we focus on visual stimulation as input and affective response (KANSEI) as a comprehensive output defined by behavior and responses. The goal is to understand the mechanisms of the relationship between visual input and affective responses.

We integrate research for visual information processing and affective information processing through the evaluation of objects using various affective indices. For this process, the establishment of a new method, which enables us to test a mechanism of affective information processing more directly, was required to begin obtaining the affective responses. With our work to analyze brain activities measured by non-invasive methods, we have clarified input-output relationships and constructed models that combine affective evaluation as output with elements of related visual processing. We expect to achieve a comprehensive elucidation of the mechanism of affective evaluation based on visual information on tasks such as design evaluation.

In 10 years of activities from Phase I to Phase II, we have developed new methods such as the ‘semantic-word-correspondent color derivation method’ and the ‘hierarchical structure based on bidirectional verification’. In this article, we describe the background, differences from previous approaches, purpose, structure of the laboratory, themes and achievements, and future of this laboratory.