

# 視覚・感性統合重点研究室 —設置背景・研究テーマ・成果と展望—

篠森 敬三<sup>1,2,\*</sup>

(受領日：2019年5月27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：より人間的で複雑な人間情報処理の理解は、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現時点では非常に困難である。そこで出力として感性に対象を絞り、各種感性指標での評価を軸として、まず入力としての視覚情報と感性情報処理の統合を試みる。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ことで、視覚情報に基づく感性評価の機序を解明する。

以上を目的とする視覚・感性統合重点研究室について、従来手法との相違やその目標、研究室の体制や各年度の研究テーマとその成果についてまとめた。代表的な研究である「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」についてその概要を説明し、今後の展望について述べる。

## 1. 緒言

本稿は、紀要本巻の特集テーマ「高知工科大学の重点研究」にあわせ、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総合論文としてまとめたものである。

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。

しかし本来、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。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・感性統合研究室が設置された。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。

## 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ないかと考えたところに始まる。そのためまず伝統的な視覚、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。

## 2.1 伝統的な視覚研究手法

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て、その処理を数式化（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>1)</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している。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、光を見る度に変化することになるため、測定では微妙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となる。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とになる。この神経細胞出力信号の分布度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>1)</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>1)</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で、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応答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生じる。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

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。著者の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」ということになる。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。例えば「暖かい—冷たい」、「重い—軽い」、「美しい—みにくい」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及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。また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ガウス分布の仮定からZ値（z-score）を計算する方法では、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。また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; 階層的意思決定手法あるいは階層

分析法）も用いられる<sup>2)</sup>。

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（一対比較法）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困難である。そのため、観察者数を多く取り、平均化することによって、観察者をただか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対応している。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—

#### 3.1 設置の背景と目的

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。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>3)</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。

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。

### 3.2 具体的な目標

具体的な目標として以下の4つの枠組みを想定して研究室が設置された。

【目標1】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

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

#### (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を確立を目指す。

#### (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<sup>4)</sup>。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。

【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、両方の方向性の計測を同じ観察者に同時に実施しながら、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・生活環境の構築するため、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。

## 4. 研究室の体制

### 4.1 研究室の人員配置

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、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たず、情報学群所属の著者が単独で兼務する形である。そのため基本的には著者と著者の研究室の学生・院生によって研究が進められている。

その中であっても、一般的な教員と同じ枠組みの中で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（ポスドク研究員）として研究に従事しており、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、共同研究を継続的に行っている。平成30年4月より、助教（ポスドク研究員）として Tanner DeLawyer 博士が就任しており、主に色覚に関わる研究に従事している。また平成29年度より生涯心理・脳科学研究室の榊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認知系の研究に従事している。

### 4.2 研究室の施設・設備

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。

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

を行い、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ている。これら導入により共同研究や新しい視覚刺激を用いた研究への扉が開かれた。

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。

### 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－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。

## 5. 研究テーマとその成果

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、感性研究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なく、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 平成 27 年度の研究テーマとその成果

平成 27 年度は、根岸一平博士が助教（ポスドク研究員）として研究組織に加わっていた。平成 27 年度の活動は以下の通りである。

### 5.1.1 視覚と感性の統合的研究に向けた第 I 期の研究計画策定

平成 27 年度は、本研究室の発足年度であり、視覚と感性の統合的な研究に向け、内外の研究者との間で具体的に共同研究を計画した。長期的視野に基づいて第 I 期（実験期間 2 年間程度）を策定し、平成 28 年度からの研究体制の構築を行った。

まず根岸助教の本学での研究の継続（9 月 11 日以降の年度内）を図ると共に、長期的研究継続を可能とするための安定的な所属先への移籍を企図した。合わせて「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」を策定し予算を申請した。

### 5.1.2 統合的研究に向けた研究装置の装備

高知工科大学の教育研究棟 C 棟に研究用の（有料）レンタルオフィスを確保するとともに、以下の装置の導入を行って研究を実施した。

【① ipRGC（メラノフシン）刺激装置の制作】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。

【② 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）。

【③ 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。

### 5.1.3 視覚や感性に関わる研究の継続的な実施

従来から代表者が行っている視覚や感性に焦点を当てた研究を継続的に実施すると共に、共同研究等を計画して倫理審査委員会への申請を行った。

【① 国際共同研究の実施】上海海事大学情報工学学院の宋森講師の研究グループ、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、研究倫理審査委員会に申請 2 件を行い受理された。承認以降、直ちに研究を開始した。

【② 本研究室での研究取り纏め】上海海事大学の宋講師<sup>5)</sup>、及び北京理工大学光電学院の馬瑞青博士研究員<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。特に宋講師との研究は高水準である。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ジョン・ワーナー教授との国際共同研究を取り纏め、出版した<sup>7)</sup>。

【③ 研究成果の社会への還元】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。

【④ 企業と連携する応用的研究】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）。

### 5.1.4 研究成果・発表

平成 27 年度は原著論文 3 件<sup>5,6,7)</sup>と共同執筆図書 1 件<sup>8)</sup>の出版、および招待講演 3 件、国際会議発表 6 件、国内会議発表 6 件、研究会発表 1 件、学内会議（ISFT2015）発表 1 件を行った。

## 5.2 平成 28 年度の研究テーマとその成果

平成 28 年度は、本研究室より移籍した金沢工業大学の根岸一平講師、及び日本学生支援機構（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昆明理工大学の銭謙准教授を学外協力者として研究を行った。平成 28 年度は以下の活動を行っている。

### 5.2.1 統合的研究に向けた研究装置の装備

平成 28 年度は本視覚・感性統合重点研究室の 2 年度目であり、視覚と感性の統合的な研究に向け、研究のための装置やソフトウェア等の導入を図り、研究を実施した。

【① 非視覚性光刺激（ipRGC）呈示装置の作成】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科技術部）の協力で、平成 28 年度末までにハード及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。

【② fMRI データ解析ソフトウェア及び WS の導入による解析セクターの構築】根岸一平講師と協働して、fMRI データ解析ソフトウェア及びワークス

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 (学長裁量経費による支援) 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する予定とした。

【③ 2次元分光放射計の導入と研究実施】全学共用機器としての2次元分光放射計の導入 (2月中、学長裁量経費による支援) 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う計画であった。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。

【④ 視覚刺激と身体回転運動 (rotation) の相互作用プロジェクト】根岸一平講師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。

### 5.2.2 統合的研究の継続的研究実施

#### CE. 自閉症と認知症を含む若年・高齢者での空間的視覚注意要因により誘導される注意位置 (Cuing Effect)

宋森講師 (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、本研究室滞在中に実施した (滞在期間平成 29 年 1 月 11 日 ~ 3 月 31 日)。若年観察者を対象とした基盤部分の研究について論文が出版された<sup>9)</sup>。当論文は後に平成 30 年度日本心理学会優秀論文賞を受賞することになる。

#### F1. 色覚と感性に関わる脳活動の計測 (第 1 次研究)

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。

#### 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。

#### 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った。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た。

#### B1. 感性表現語と色刺激の関係性に関する研究

色を 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研究であり、学士課程の小松保奈美学生の卒業研究テーマとして進行させた。平成 28 年度中に申込を行って平成 29 年 8 月の国際色彩学会で発表した。当研究は、その後順調に進展した (詳細は次年度 5.3.1 節プロジェクト B1M3 参照)。

### 5.2.3 視覚や感性に関わる研究の継続的な実施

#### 【① 研究の進展】

#### 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>。

#### 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>。

#### C5. 色恒常性 (Color Constancy) と運動との関連性研究プロジェクト

運動を伴う物体の色恒常性について、万麗芳院生が実験を行った。

【② 国際共同研究の実施】宋森講師、銭謙准教授との共同研究を上記プロジェクト CE として中国政府関連の研究費その他により実施した。また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 (次節プロジェクト C3 参照) を引き続き実施しており、論文を投稿した。さらにカリフォルニア大学デイビス校との視覚的インパルス応答 (impulse response) についての共同研究を実施した。

【③ 研究成果の社会への還元】代表者が副代表を務める視覚科学技術コンソーシアム (VSAT) を中心に、成果を特に企業や研究者に向けて報告した。また交通安全に関する啓発活動を行った。

【④ 企業と連携する応用的研究】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、国内の学会で日本語発表を行う事で、研究成果の社会への還元を行った。

#### 5.2.4 研究成果・発表

平成28年度は原著論文2件<sup>9,10)</sup>の出版、連載記事1件<sup>11)</sup>の掲載、および招待講演3件、国際会議発表4件、国内会議発表6件を行った。

#### 5.3 平成29年度の研究テーマとその成果

平成29年度は、前年度から継続である金沢工業大学の根岸一平講師、及び昆明理工大学の銭謙准教授に加えて、太原理工大学の馬瑞青講師を学外協力者として研究を行った。平成29年度は以下の活動を行っている。

##### 5.3.1 統合的研究の継続的研究実施

#### CE. 自閉症と認知症を含む若年・高齢者での空間的視覚注意要因により誘導される注意位置 (Cuing Effect)

宋森講師 (上海海事大学)、銭謙准教授 (昆明理工大学) との共同研究を引き続き実施した。注意の位置変動効果について、自発的な注意移動と無意識的な注意移動との差分に着目して継続した研究の成果が国際学術誌に掲載された<sup>12)</sup>。さらに平成29年1~3月に滞在した際の銭謙准教授との共同研究成果を取りまとめた。

#### F1. 色覚と感性に関わる脳活動の計測 (第1次研究)

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及び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。

#### 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について、平成29年3月修了の修士課程中矢竜太院生が修士論文としてまとめたものであり、平成29年度は、色彩応用最も権威がある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開発研究である。第1次実験は昨年度国際・国内会議に発表済みであり、第2次実験も終了して国際会議で発表を行った。第2次実験結果を年度内に取りまとめて中西院生の修士論文とした。

#### B1M3. 感性表現語と色刺激の関係性に関する研究

色をSD法で、感性評価に用いられる形容詞を色の対比較で、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る。修士課程の小松保奈美院生 (M1) の学部卒業研究テーマとして始めた。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月に受理通知を受けた<sup>13)</sup>。平成30年度より採択された科学研究費 (基盤B (一般)) の基礎となる研究でもあり、共同研究等、来年度以降の更なる進展を企画した。

#### IP. 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

鹿児島大学理工学研究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、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。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をほぼ終了した。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。

##### 5.3.2 視覚や感性に関わる研究の継続的な実施

###### 【① 研究の進展】

#### 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・発表を行っており、本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>。

#### 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 (雑誌連載) を引き続き行った<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1月18日に実施した。さらに学術的に詳細化した内容を3月に国際会議で発表した。

#### C5. 色恒常性 (Color Constancy) と運動との関連性研究プロジェクト

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. 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>。

### IR2. 増分及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

従来から行っている加齢による視覚変化についての研究の一つである、フラッシュ光 (インパルス光) に対する応答について、刺激を輝度の増分及び減分に分けたときの応答を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. 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。

#### 【② 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、高知大学医学部と共同で科研費を申請し採択された (高知大学上村講師代表で基盤 C (一般))。

【③ 国際・国内共同研究の実施】根岸一平講師との共同研究を継続し、「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」を継続実施している。また国際共同研究については従前からの昆明理工大学、上海海事大学、北京理工大学との共同研究に加えて、太原理工大学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。

【④ 研究成果の社会への還元】代表者が副代表を務める視覚科学技術コンソーシアムを中心に、成果を報告した。ま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 月まで連載は続いた。

### 5.3.3 研究成果・発表

平成 29 年度は原著論文が 6 件<sup>12, 13, 14, 16, 17, 18)</sup> 受理され、そのうち 1 件<sup>14)</sup> が出版された。連載記事 1 件<sup>15)</sup> が掲載され、招待講演 4 件、国際会議発表 8 件、学内会議 (ISFT2017) 発表 4 件を行った。国際会議 (International Colour Vision Society) 発表について Poster Award を授賞した (5.3.2 プロジェクト C5 参照)。

### 5.4 平成 30 年度から現在までの研究テーマとその成果

平成 30 年度は、4 月より研究室に助教 (ポスドク研究員) の Tanner DeLawyer 博士が加わり研究活動が大きく促進された。前年度から継続である金沢工業大学の根岸一平講師、昆明理工大学の銭謙准教授、太原理工大学の馬瑞青講師に加えて、上海海事大学の宋森講師を学外協力者とするとともに、生涯心理・脳科学研究室に所属する八木彩乃客員研究員を研究室外協力者として研究を行った。平成 30 年度から現在までに以下の活動を行っている。

#### 5.4.1 統合的研究の継続的研究実施

### CE. 自閉症と認知症を含む若年・高齢者での空間的視覚注意要因により誘導される注意位置 (Cuing Effect)

空間的視覚注意要因により誘導される注意の位置移動効果 (Cuing Effect) について、若年者対象として銭謙准教授 (昆明理工大学)、宋森講師 (上海海事大学) との共同研究を引き続き実施している。

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) の支援での滞在中に論文としてまとめた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。さらに、滞在中に行った実験を進展させるべく、現在次の実験パラダイムを検討しているところである。

### F1. 色覚と感性に関わる脳活動の計測 (第 1 次研究)

根岸講師との共同研究として継続しておりデータ解析を既に終了した。現在投稿準備中である。

### B1M3. 感性表現語と色刺激の関係性に関する研究

前年度までに最初の研究枠組みにおける継続実験も実施してデータ解析も終了した。前年度中、既に国際会議で 2 回発表するとともに、国際学会誌に

採録された（平成30年4月出版<sup>13)</sup>。この研究を基盤として前年度に申請した科学研究費（基盤B（一般））が本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. 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－**

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））として本年度当初に採択された。

平成30年度も小松院生（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、令和元年7月の国際会議で発表し、さらに国際学会誌に投稿して令和元年度内の採録を目指している。

#### **IP. 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一端終了していたが、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、現在データの取得を行っている。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が受理済みである。令和元年度中に、より複雑な視覚・感性機序解明につなげる計画であり、年度内の最初の出版を予定している。

#### **AD4. 茶色知覚に対する根源的な機序解明**

代表者は特殊な色見えである「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ジョン・ワーナー教授と国際共同研究を行っている。装置は夏の訪問で完成しており、実際に実験データの取得を行っている。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る。

#### **CCF-AR. 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、逆説的に照明の色把握の精度が高まることも考えられ、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。

#### **C5. 色恒常性と刺激運動の関連性研究プロジェクト**

運動を伴う物体の色恒常性についての研究について、昨年度からの研究活動により平成30年度国際学会誌に掲載された<sup>16)</sup>。

#### **C3. 色恒常性とLED照明の関連性研究プロジェクト**

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、太原理工大学の馬瑞青講師と共同で実施したものであり、国際学術雑誌に掲載された<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>。

#### **C1. 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だ受理されなかった。そのため現在論文を書き直している状況である。

## FAR. 顔に対する認識と感性応答

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実施する。現在最初の研究である FAR1 が終了している。

### FAR1. 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無く、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>。

### LP5 色の鮮やかさの強弱が着色されたモノの印象に与える影響

本研究室では、色の持つ印象について様々な研究を進めてきたところであるが、同じ色カテゴリーに属する色でも、色の持つ印象は特に彩度の影響を中心に大きく異なる。そのため、その様な色印象の相違が、その色に着色された物体の印象に対して、どの程度の相違を与えるのかどうかを調べる必要がある。そこで、あるモノや単語の印象に対して、着色された色の鮮やかさがどの程度影響を及ぼすのかについて調べる研究である。八木彩乃客員研究員、生涯心理・脳科学研究室の榊美知子客員准教授と研究室代表者である著者が参画して進めているところである。

## 5.4.2 視覚や感性に関わる研究の継続的な実施

### 【① 研究の進展】

#### 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引き続き行い、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。

## IR. 人間視覚系の刺激光変化に対する時間応答計測

人間の視覚系が刺激光の変化に対して応答する際の時間を変数とする応答関数であるインパルス・レスポンス関数の計測を、継続的にカリフォルニア大学デビス校のジョン・ワーナー教授と国際共同研究として実施している。さらに認知症の被験者の場合や運動刺激に対する応答に対する時間応答について銭謙准教授（昆明理工大学）や上村直人講師（高知大学医学部）と共同で研究を行っている。

### IR2. 増分・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

加齢による視覚変化についての研究として、インパルス光に対する応答について、刺激を輝度の増分及び減分に分けたときの応答を高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成果が国際学術雑誌に掲載された<sup>18)</sup>。

### A2. 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、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、共著論文の作成を引き続き進めている。

### R. 視覚刺激と身体回転運動の相互作用プロジェクト

根岸一平講師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作業であり、継続して実施されている。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。

### 【② 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動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動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（一般））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。

現在前半部分の論文を取りまとめており、令和元年度中の投稿と受理を目標としている。

【③ 国際・国内共同研究の実施】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、当該のプロジェクトAD3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。平成30年度中は小松院生が引き続き従事した。また同時期にDeLawyer助教が赴任してきたことにより、プロジェクトIP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、博士時代の研究を論文化しながら本学での研究を準備しているところである。これに加えて代表者はカリフォルニア大学デイビス校との国際共同研究として茶色の研究を別途推進している。

今迄の研究蓄積を包含しながら新規プロジェクトCCF-ARを立案して科学研究費（挑戦的研究（萌芽））に申請を行っているところである（採択の可否通知は令和元年6月）。また昨年度より引き続き交通安全に関わるプロジェクトAutoを実施した。

学内での共同研究については、生涯心理・脳科学客員研究室との共同研究として研究担当の榊美知子客員准教授と八木彩乃研究員の参画により、視覚と感性及び認知科学を包含する研究（プロジェクトLP5）を進めているところである。

平成28年4月以降、根岸一平講師との共同研究を継続し「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」を継続実施し、研究（プロジェクトF）を続けている。また高知大学医学部の上村講師との共同研究による認知症に関する研究（プロジェクトD1・D2）も順調に進展している。

国際共同研究については従前からのカリフォルニア大学デイビス校（プロジェクトAD4・IR2）、昆明理工大学（プロジェクトCE）、北京理工大学（プロジェクトC3）との共同研究に加えて、太原理工大学（プロジェクトC1・C3）、上海海事大学（プロジェクトCE）との共同研究が進んでおり、さらなる研究の進展が期待される。平成30年度は特に昆明理工大学、上海海事大学との共同研究（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が日本心理学会論文賞を受賞した（平成30年9月）。

【④ 研究成果の社会への還元】代表者が副代表を務める視覚科学技術コンソーシアムを中心に、成果を報告した。ま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、内容好評につき平成30年12月までの14回分連載が続いた<sup>21)</sup>。

#### 5.4.3 研究成果・発表

平成30年度は昨年度受理済みの論文5件<sup>12, 13, 16, 17, 18)</sup>が出版されるとともに、連載記事1件<sup>21)</sup>が掲載された。また平成31年4月に論文1件<sup>20)</sup>が出版されるとともに、令和元年5月に論文1件<sup>19)</sup>が受理された。平成30年度には国際会議発表5件を行った。さらに、令和元年度に国際会議発表5件（受理済み）と学内会議（ISFT2019）発表2件を行う予定である。

また特に重要な成果として、科学研究費の採択と日本心理学会論文賞受賞は、今迄の研究成果や研究計画を適正に評価して頂いた結果と考えている。

### 6. 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

本章では、本研究室の代表的な研究として、「意味語空間の双方向性検証」手法によって「視覚と感性の関係性を階層化」することが可能であることを色について示した研究について、出版済みの論文<sup>13)</sup>を元に概説する。プロジェクトB1M3とプロジェクトAD3に該当する。

#### 6.1 旧来の概念による色空間及び意味語空間

2章で述べた様な旧来の概念によって色に対する感性的評価を行う場合には、色（色票）をSD法により評価する。その時に用いた単語対（本事例では35形容詞対）それぞれにおける評価得点（ここでは-3~+3の7段階）を色別のデータとして、因子分析あるいは主成分分析を実施する。ここでは主成分分析を実施した。

図1は、主成分分析の結果得られた第1、第2主成分に対する各単語の負荷量を図示したものである。色を表現するために、意味単語がどのような構造を持っているかという意味語空間を表現している。なお本論文では相関係数を用いた単語数の削減はおこなっていない。図2は、図1で示された第1、第2主成分における各色の得点分布である。つまり単語群により表現された色空間を示す。

この従来手法では、単語間でのほぼ同じ意味を持っている等の関係性や、色間での類似性や反対色性等について表現することが出来る。その一方で、色に対する意味語表現の安定性や正確性は不明である。これは意味語一色の間での関係を検証できないからであり、旧来手法の限界であった。

#### 6.2 意味語空間の双方向性検証

そこで本研究室で開発された手法として、逆方向の評価も同じ被験者で行い、順・逆方向の結果を比

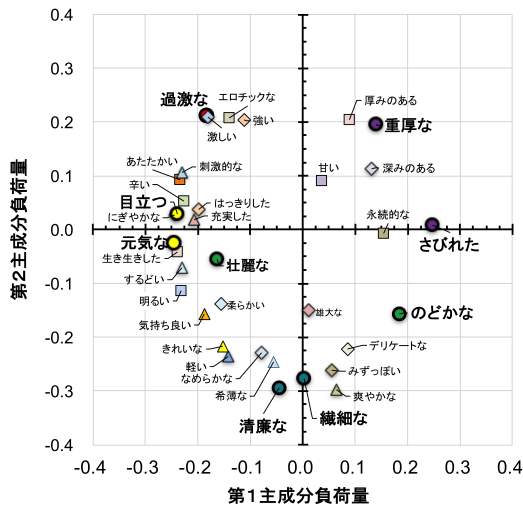


図1. SD 法結果の第1、第2主成分負荷量による意味語空間（大シンボルは主要9単語）

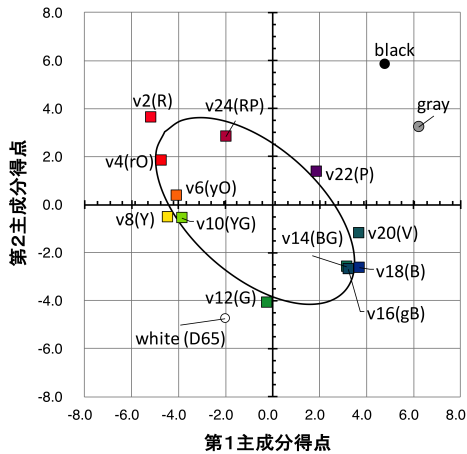


図2. 各色の第1、第2主成分得点分布

較する中で結果の対称性が成立しているかどうかを調べる「意味語空間の双方向性検証」を用いて計測を行った。

具体的には、用いた35単語の中の主要な9つの意味語をそれぞれ1語ずつ示し、一対比較法において任意の2色のペアを左右に示して、どちらの色がより意味語に適合するかを、被験者に選んでもらった。全ての色組合せにおいて実施した結果から、選択率（勝率）を50%が0になるように補正した補正選択率を各色票ごとに導出した。図3は、3つの意味語について、横軸に示した各色票での補正選択率を2倍の標準誤差（ほぼ95%信頼区間と合致）と共に示したものである。また青曲線は、最適近似を

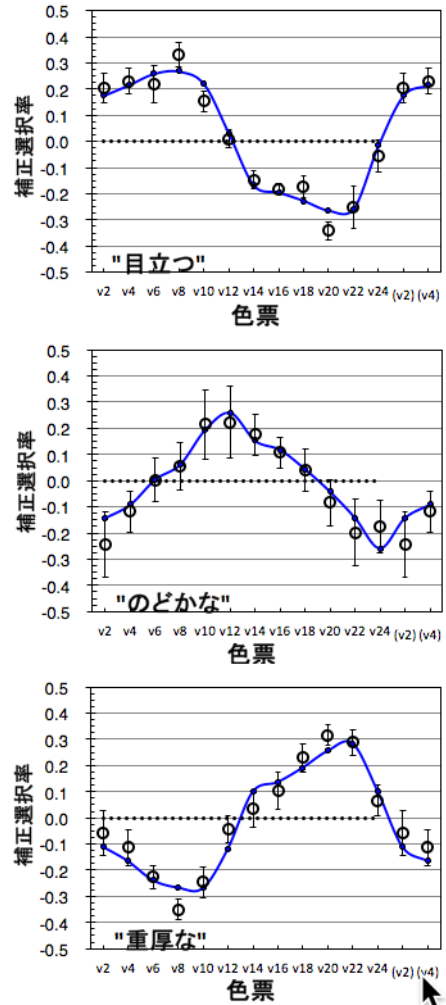


図3. 各意味語に対する色の補正選択率（青曲線は第1、第2主成分を用いた近似）

与える重み係数を用いた第1、第2主成分負荷量による近似である。なお下部の矢印で示した最後の2色は繰り返し表現（先頭の色票と同じ）である。なだらかな選択率の変化と良好な近似曲線は、被験者にとって、一対比較の中で意味語を色で表現することが安定的に可能であることを示している。

そこで、各意味語ごとの補正選択率に対して主成分分析を行った。図4は、主成分分析の結果得られた第1、第2主成分に対する各色票色の負荷量を図示したものである。意味語を表現するために、色がどのような構造を持っているかという色空間を表現している。図5は、図4で示された第1、第2主成分における各意味語の得点分布である。つまり色群により表現された意味語空間を示す。

この双方向からの計測を行う手法によって、色空間ごと、意味語空間ごとと比較することが可能と

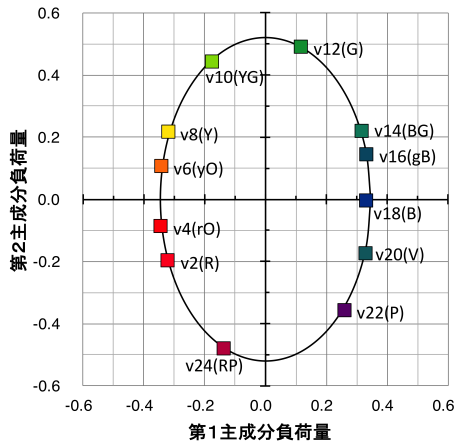


図4. 一対比較法結果の第1、第2主成分負荷量による色空間

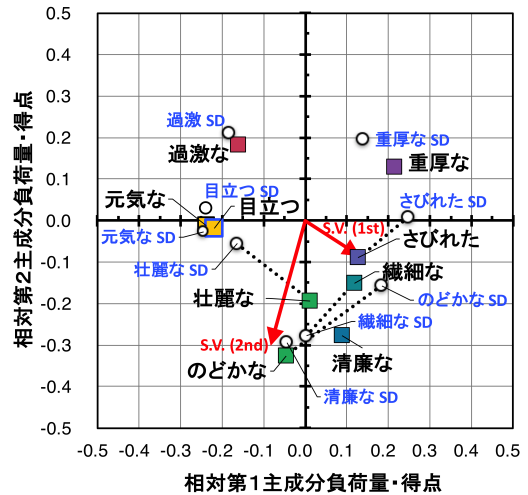


図6. スケールベクトルによる意味語空間比較

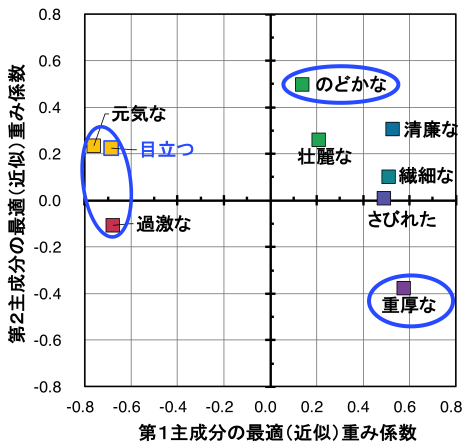


図5. 各意味語の第1、第2主成分得点分布

なった。図2と図4の比較では、最初の実験には中性色である白、灰、黒が入っているという相違があるものの全体として反対色を基本とする楕円で近似できる色空間を形成している。最初のSD法の結果では、おおむね長軸が赤—青方向、短軸が緑—紫方向を表現しているのに対し、一対比較の結果は、長軸と短軸が逆になっている。またSD法の結果(図2)では、黄色と黄緑、オレンジは同系統として扱われているが、意味語を表現するための図4では、色間の距離が適正に保たれているという違いがある。しかし、色空間全体としては色知覚を表現する色相環が適正に表現されている。

### 6.3 視覚—感性関係性の階層化

一方、意味語空間においては、図1と図5は大きく違って見える。そこで、図5の第1、第2軸をベ

クトル化し、ベクトル方向とスケールを最適化してからプロットした結果が図6である。用いたスケールベクトル(s.v.)を図中の赤矢印で示した。『過激な』、『元気な』、『目立つ』、『重厚な』では両測定の意味語空間座標はよく一致しており、これら意味語は色を表現するのに用いても、色により表現されても安定していることが示された。一方で、『壮麗な』、『さびれた』、『のどかな』、『織細な』については、座標が大きく変化しており、色を表現する場合と色により表現される場合とで意味語の持つ意味が変化することを示している。『清廉な』については、やや小さめの変化が見られた。

このことは、色と安定した関係を持つ意味語と不安定な関係を持つ意味語とに、意味語が分離されていることを示しており、意味語には関係性において階層があることを意味する。その一方、前述の通り色空間については中性色を除いてはそれほど歪んでおらず、色の方の階層性は希薄であることが明らかとなった。

以上のように「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」を色について行えるとともに、意味語空間における意味語の安定性を指標として、より視覚対象物(今回は色)と密接に関わる意味語を導出できる手法であることが示された。さらに、この結果より、今後、この手法を様々なことに応用することもまた可能であることが明らかとなった。



## 7. 将来展望と結言

以上のように「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と言えよう。この視覚と感性を統合する方向性は、2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「双方向性の検証による階層化」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て、視覚と感性の関連性を明確にする必要がある。

大学からの支援の中心となった重点研究室制度については、各研究室ごとに5年毎に見直すこととなっており、本研究室も本年度中に、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。このため、将来展望については、次期の枠組みと密接に関連する。3.3節で述べたように、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ということでもないと予想しており、実際にも審査員の理解を得られるまで、3年程度の時間を要している。特に、「そんなこと可能であるのか」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となる。現在の科学研究費のプロジェクトが令和3年(2021年)度まで継続するため、その間に現在の「双方向性の検証による階層化手法」をより進展させる必要がある。

加えて、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。何故なら、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られるため、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出来るからである。

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、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) 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.
- 2) 刀根薫, “ゲーム感覚意思決定法,” 日科技連出版社, 1986.
- 3) R. Snowden, P. Thompson and T. Troscianko, “Basic Vision —an introduction to visual perception—, Chap. 3,” Oxford University Press, 2006 (Rev. ver. 2012).
- 4) 上村直人, 池田学, “臨床医のための高齢者と認知症の自動車運転,” 中外医学社, 2018.
- 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,” pp. 112–115, pp. 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—色弱模擬フィルタ着用によるSD法評価の変化—,” *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. B309–B323, 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, pp. 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, pp. 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 (In printing), 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.



# Vision and Affective Science Integrated Research Focused Laboratory —Background, Development, Achievement and Future plan—

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

(Received: May 27th, 2019)

<sup>1</sup> School of Information, 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:** It is currently very difficult to understand human processing of complex information because of the comprehensiveness and abstract nature of the target process, psychological affects, and a number of other related factors. Therefore, as the first step, we are focusing on affective response, trying to integrate visual information processing and affective information processing through evaluation of objects using many kinds of affective indices. On tasks such as design evaluation, in our work to analyze brain activities measured by non-invasive methods, we have clarified input-output relationships and constructed models combining affective evaluation as the output with elements of related visual processing. We expect to accomplish a comprehensive elucidation of the mechanism of affective evaluation based on visual information.

The Vision and Affective Science Integrated Research Focused Laboratory (VASIR-FL) has been established for this purpose; the background, difference to previous approaches, structure of the laboratory, themes and achievements are described in this article. In addition, I have briefly explained the leading research in this laboratory, “the hierarchization of vision and affective response relationships by bi-directional verification of semantic word spaces obtained by color,” and our future plans.