

平成 30 年 6 月 20 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00197

研究課題名(和文)直観像と共感覚が共有する脳内情報処理機構

研究課題名(英文)Brain information processing shared in eidetic image and synesthesia

研究代表者

松岡 和生 (Matsuoka, Kazuo)

岩手大学・人文社会科学部・教授

研究者番号：50209508

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：直観像と共感覚の認知-脳機能に関する検討をすすめ、以下の成果を得た。1)直観像と共感覚の同時検出調査では、直観像保持者の約半数が共感覚を有しており、その共感覚には投射型が多いこと、両保持者はともに物体視覚思考型のイメージ能力の高さに特徴があることがわかった。2)脳機能画像研究では、直観像保持者の特異性を示す脳神経構造・機能に関する新しいデータを得た。3)視線計測・行動実験では、イメージ上で生じる平滑追跡眼球運動(smooth pursuit)が直観像保持者で確認されるなど、直観像の視覚特異性を示す新しいエビデンスをいくつか得た。以上から直観像と共感覚が共有する脳神経機構の仮説モデルを検討した。

研究成果の概要(英文)：The present research concerning eidetics and synesthesia yielded the following new findings. (1) The identification tests of eidetikers and synesthetes among Japanese collage students showed that the ratio of synesthetes within eidetikers was approximately 50%, synesthetes with eidetics were mostly localizer type, and eidetikers and synesthetes showed higher scores of imagination related questionnaires (VVIQ, OSIQ, CEQ). (2) Neuroimaging data (VBM and resting state fMRI) suggested that eidetikers had a specific brain structure and a functional connectivity network. In fNIRS studies, eidetikers showed stronger activation of occipital early visual areas during visualizing tasks. (3) In addition, eidetikers shows a perceptual peculiarity in imaging: that is 'eidetic smooth pursuit eye movement' occurring without real moving stimulus or a specific response to the task visualizing imaginary digit sequences. Based on these findings, a model of the related neurocognitive bases was proposed.

研究分野：認知心理学

キーワード：直観像 共感覚 脳機能画像法 fMRI NIRS smooth pursuit VBM 心的イメージ

1. 研究開始当初の背景

(1) 直観像と共感覚の研究背景

直観像(eidetic Imagery)とは、過去の視覚的な印象が外部空間の一定の位置に定位され、実際に対象を知覚しているように視察することができ、ときには細部にわたって明瞭に現れる心的イメージである。直観像はその現象的特徴から、残像とも、一般的な記憶イメージとも、病理性を伴う幻覚とも区別される特異なイメージとして分類される。直観像が正確な写真的記憶として現れることはまれに報告されるが、「写真的記憶＝直観像」という見方は必ずしも正しくない(Haber,1979)。むしろ直観像は、外部に定位されており見えという意味で、知覚的な特性を極めて強くもつ心的イメージ現象と位置づけるのが最も妥当と思われる。

一方、共感覚(Synesthesia)とは、音を聞くと色が見えたり、言葉に味を感じたり、数字に色が着くなど、ある感覚刺激が刺激されていない別の感覚を引き起こす現象である。多様なタイプの共感覚があるが、最もよく見られ研究が進んでいるのは、文字や数字を見ているときに色彩が体験される色字共感覚である。共感覚で生起する感覚映像が空間内に定位される投射型と空間定位のない連想型の存在は直観像との関連で興味深い。心理学分野では、Francis Galton(1883)以降、一世紀以上の古い研究史をもつが、近年、脳科学、神経科学の分野での研究も多く行われるようになり、脳機能イメージングを用いた神経基盤の解明も急速に進められている('The Oxford Handbook of Synesthesia' (2013))。

直観像や共感覚は、心的イメージ能力の個人差研究の枠組みにおいても注目される現象である。ここ10年間で心的イメージの脳内神経基盤の解明は大きな進展をみせているが、心的イメージ能力の個人差を生み出す脳内神経基盤についてはまだ不明な点が多く、重要な研究課題となっている。直観像保持者と共感覚者は、こうしたイメージ能力の個人差分布の極に位置する人々と想定され(Galton,1883)、その神経基盤の解明は、一般的なイメージの個人差研究にも大きく寄与すると思われる。

(2) 直観像と共感覚の脳内情報処理として推定される共通神経基盤

直観像と共感覚の関連性について指摘した研究はこれまでもいくつか存在する[eg. ルリヤ(1968); Glicksohn, et al., (1992,1999)]が、その神経基盤を組織的に検討した研究はまだ行われてはいない。両者を関連づける神経基盤に関して、Brang & Ramachandran (2010)は、強い直観像能力と投射型色字共感覚を同時にもつ被験者のケース研究で、直観像のような知覚的イメージ生起を可能にするような視覚神経路の強い逆投射と共感覚をもたらす感覚領域間のクロス活性は、発生過程での刈り込み不足による神経軸索結合の残存の多さという点で共通の神経基盤を

もっているのではないかと指摘する。この指摘は、直観像や共感覚の生起が特異な神経基盤との関連から説明できる可能性を示しており、本研究の基本的な研究の枠組みとなる。

(3) 本研究に至った経緯

我々は健常成人の中に直観像保持者を見出し、面接と実験によって継続的にデータを収集し、直観像の現象的特徴と保持者の特性について検討してきた。そこで明らかになってきたのは、直観像は知覚的な特性を強くもつ心的イメージ現象であり、その基本的特徴は像の知覚的鮮明性と視空間への外部定位感にあるということ。また直観像保持者が感覚経験や空想・想像経験に極めて強い没入傾向をもつ空想傾性者としての特徴を強くもつこと。脳波測定から直観像喚起時に後頭葉に振幅の大きい α 波活動が顕著に優勢になることを示す結果等を得た。こうした研究知見にもとづいて、基盤研究(C) (H.24-26)では、直観像という特異なイメージ経験を可能している脳内基盤研究に着手した。

ひとつの重要な転機は、この研究(H.24-26年)のなかで直観像に判定された者の多くが共感覚的な体験を報告するという発見であった。特に、典型的に強い直観像を有する者のほとんどが何らかの共感覚を保持していたことは大きな驚きであった。また投射型共感覚者の色彩像(photism)がどこに「見えるか」という空間定位のバリエーションは、直観像の空間定位の報告と極めて類似していることもわかってきた(cf. Cytowic & Eagleman, 2009)。こうした発見を契機に、我々は直観像と共感覚が共有する脳内情報処理機構の研究へと展開をはかることにした。

直観像や共感覚の経験の特異性を明らかにするには、賦活部位の同定だけでなく、VBM 脳構造解析や脳内神経ネットワークの機能結合解析の活用も必要と思われた。これらの手法は視覚神経系の強い逆投射と脳神経系のクロス配線をつなぐ神経発生的な仮説(Brand & Ramachandran, 2010)を検証する上でも有効と思われた。さらに、当該分野ではイメージが「見える」ことを客観的に示すデータが不可欠であるが、眼球運動の計測はそのための有効な指標になる。

2. 研究の目的

「直観像は一般の人が持つ視覚イメージより、より鮮明な視覚イメージにすぎないのか(量的相違)、それとも一般の視覚イメージとは異なるのか(質的相違)」また「直観像が共感覚と親和性をもつのは何故なのか」本研究ではこれらの問題に答えるための新しいエビデンスを提供する。計測指標には行動指標、眼球運動、fMRI および fNIRS を利用する。多角的なアプローチにより得られたデータに基づいて、直観像と共感覚に共通する脳内情報処理機構の仮説モデルを提案する。

3. 研究の方法

(1) 直観像保持者と共感覚者の同時検出と両者の認知特性の検討

①直観像保持者と色字・色聴共感覚者のスクリーニング

本研究では直観像所有者と共感覚者を見いだすために、大学生を中心に大規模サンプルを対象とするスクリーニング調査を実施した。具体的には、研究代表者が実施してきた標準的手法（質問紙と直観像検査による二段階選抜により直観像保持者を同定する。これは Haber (1969) をベースに我々が成人対象者用に開発・改善してきた方法である (Matsuoka et al. 1987 ; 松岡, 2001)。直観像保持者の判定基準は Haber (1969, 1978) に準拠する。また共感覚質問紙と色字及び色聴共感覚の標準的な実験室検査 (Eagelman, et al., 2007) 日本版も同時に実施した。

②直観像保持者と共感覚保持者の認知特性

1) イメージに関わる認知特性の検討: 直観像保持者と共感覚者の認知特性を検討するために、スクリーニング調査と同時に、視覚イメージ鮮明性 (VVIQ) (Marks, 1983; 菱谷, 2005)、空想傾性 (CEQ) (Merkelbach, 2001; 岡田・松岡・轟木, 2004)、物体・空間イメージ質問紙 (OSIQ) (2009)、日常イメージ体験質問紙 (寫田, 1999) から成るテストバッテリーを実施した。

(2) 脳機能イメージング技法による直観像保持者の脳内基盤の特異性に関する研究

①近赤外線分光法 (NIRS) を用いた検討

直観像は知覚的な特性を極めて強くもつ特異なイメージと考えられるため、直観像保持者の視覚イメージの喚起には、V1 及び腹側系視覚情報路に関連する視覚野の賦活が生じ易いことが予想された。この研究では、音声提示された数字列を外在的にイメージ視覚化した状態で順唱、逆唱させたときの直観像保持者群と統制群の後頭部視覚領の脳賦活パターンを近赤外線分光法 (NIRS) (島津製作所製 FOIRE3000) を用いて検討した。計測脳部位は後頭葉 (3×5, 22 チャンネル)、正中側最下部が Iz に位置するように調整した。測定後に 3 次元位置測定装置 FASTRAK (POLHEMUS) を使用して、各プローブの位置情報を取得した。

②核磁気共鳴画像法 (magnetic resonance imaging: MRI) を用いた直観像保持者の脳基盤の特異性に関する検討

この研究では、直観像保持者の脳構造の特徴を明らかにすることを目的とし、MRI 装置により、安静時の脳構造と脳活動のデータから、voxel-based morphometry (VBM) による灰白質の構造的特徴の解析と脳内ネットワークの機能的結合の解析を行い、直観像素質を持たない非保持者と比較した。実験参加者は、直観保持者 5 名、非保持者 14 名。撮像は北海道大学医歯学総合研究棟に設置の

3.0T の MRI 装置 (Siemens 製) を使用して行った。VBM 解析では T1 強調構造画像を取得、機能結合解析では、安静時の (開眼での注視点の観察を約 5 分間) BOLD 画像を取得。解析ソフトは、前者では SPM12、後者では CONN17 (functional connectivity toolbox) を使用した。いずれも MATLAB2016b 上で作動。

(3) 直観像の視知覚的特異性の実験的検証
認知行動レベルで、直観像の視覚的特異性を検証するため以下の 2 つの研究を行った。

① 認知行動指標による検証: 数字視覚化課題を用いた検討

音声呈示される数字列を外在的視覚化方略でイメージさせた状態で、音声呈示される probe 位置の数字を同定する課題 (Hishitani, 1990) を実施、直観像保持者群と非保持者統制群のパフォーマンスを比較し、直観像保持者の視覚認知の特異性について検討を試みた (Figure 1)。

直観像保持者の聴覚的に呈示された数字列のイメージが、実際に見ている場合と同じであるならば、反応時間のグラフは、prob 位置にかかわらずフラットに近くなり、その速度は統制群に比べて速いことが予想された。

② Imaginary Smooth Pursuit の眼球運動計測

smooth pursuit とは、ゆっくり動く小さな対象物の動きに合わせて視線を滑らかに動かす時に起こる眼球運動である。動く対象がないも関わらず生じることは通常はない。もし直観像が視知覚的な特異性をもつ、すなわち本当に「見えている」ならば、smooth に動く対象を見せて視覚イメージで再現させたときに smooth pursuit が出現するのではないかと考え、眼球運動を記録することにした。実運動視でしか生起しない眼球運動 smooth pursuit が、もし直観像保持者で生起するなら直観像の視覚的特異性を示す強いエビデンスとなる。眼球運動記録は近赤外光と角膜反射を用いた自作のアイトラッカー (サンプリング周波数は 200Hz) を使用した。下の結果予測の模式図のように、直前の動きをイメージ上で再現しても、実際の追尾対象の刺激が見えなければ Smooth Pursuit は生起しない (左図) が、直観像が「見える」なら、知覚時と同様に smooth pursuit が生起することが予想された。

4. 研究成果

(1) 大学生を対象とした直観像保持者と共感覚者の同時スクリーニング (大規模同時同定調査)

1) 直観像保持者と色字・色聴共感覚者のスクリーニング

今回までの調査で確認された直観像保持者 23 名と色字・色聴共感覚者 20 名と直観像も共感覚も保持しない統制群 121 名について、イメージ鮮明性、物体性 vs. 空間性イメージ選好性、空想傾性に関する質問紙調査に基づいて、直観像保持者と共感覚保持者に共通す

る認知特性について検討した。

調査結果は以下の通りである。

①2012-2014 年調査で直観像保持者と判定された11名と2015 年調査で直観像保持者として判定された12名、あわせて23名中12名(52.2%)が色字ないしは色聴共感覚保持者と判定された。前回の我々の調査(松岡・山口, 2015)とほぼ同じ結果が再確認された。

②色字・色聴共感覚を

もつ直観像保持者の場合その共感覚の多く(3分の2)が投射型の共感覚をもつことが確認された(**Table 1**)。

	Synesthetes with Eidetic (n = 12)	Synesthetes without Eidetic (n = 13)
Projector Type (n=11)	8	3
Associator Type (n=14)	4	10

$\chi^2=4.81$ p. 05

2) 直観像保持者と共感覚保持者のイメージ関連質問紙の尺度得点の分析から、直観像保持者と色字・色聴共感覚者は視覚心像の鮮明性と空想傾性が高いこと。また、直観像保持者と投射型共感覚者は、統制群に比べてイメージ表象能力が極めて高い。特に物体視覚思考傾向が高さに特徴があった。また、直観像と共感覚を同時に有する被験者のデータから、直観像および共感覚の色彩 photism が外部定位されるかどうかは、特に物体視覚思考の得点と強く関連することが示唆された。

(2) 脳機能イメージング技法による検討

1) 機能的磁気画像法 (fMRI) を用いた検討

① VBM による灰白質の容積の比較

神経細胞を多く含む灰白質の局所的な増加は、その増加した脳領域の機能が高められていることを反映する。そこで、直観像保持者の方が非保持者よりも灰白質の容積が大きい脳領域があるかどうかを、直観像保持者5名と非保持者14名の脳構造画像をMRIで撮像し、VBM (voxel based morphometry) という手法を用いて解析した。解析の結果は、直観像保持者は非保持者よりも右上後頭回 (superior occipital gyrus: SOG) の容積が大きいことを示すものであった (**Figure 4**)。この部位は網膜部位によらない高次の空間表現に関与することが指摘されていることから、この部位の容積の肥大は、目を動かしても像が外部空間の一定の位置にとどまっているという直観像の性質を反映していると考えられた。

②安静時 fMRI による機能的結合性の検討

直観像保持者と非保持者の間に神経ネットワーク (機能的結合性) の違いがあるかどうかを、直観像保持者5名と非保持者14名の安静時の脳活動を撮像し、特に右上後頭回と機能的に結合している脳領域を検討した。解析の結果、直観像保持者は、右上後頭回と後頭極、後頭皮質、舌状回、楔部、楔前部、

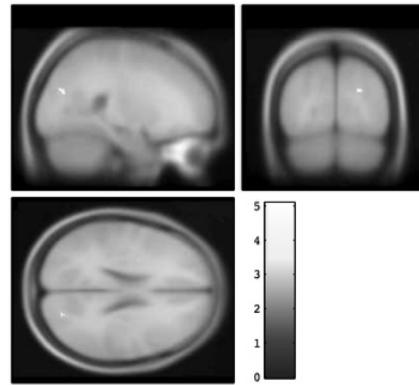


Figure 1 直観像保持者>非保持者

紡錘状回等の視覚野全体との機能的結合性が高く、一方で、右上後頭回と左の縁上回 (supramarginal gyrus: SMG) との間の機能的結合性は弱いことが示唆された (Figure 2)。前者の直観像保持者に認められた高次空間処理領域と視覚野全体の機能的結合性が高さは、“目に見える”という直観像の主観的印象を説明するかもしれない。また後者の言語処理に関与する左縁上回との非結合性は、視覚刺激を観察する際にその内容を言語的に符号化すると直観像が喚起されないという報告と整合する (Haber & Haber, 1964, *Percept Mot Skills*)。直観像は言語処理を介さずに喚起されることと関係すると思われた。

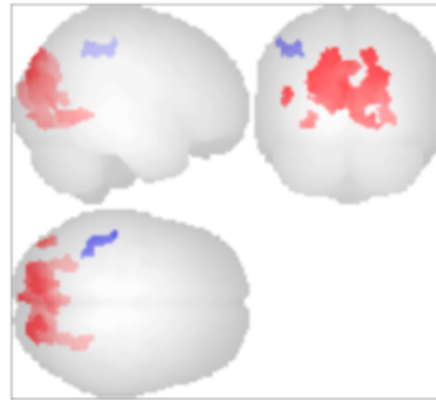


Figure 2 右上後頭回と機能的に結合する部位 [赤色部:直観像保持者>非保持者/青色部:非保持者>直観像保持者]

2) 近赤外線分光法 (NIRS) による計測実験

音声呈示された数字列を視覚化した状態で、順唱・逆唱させる課題をしているときの直観像保持者7名と非保持者9名の後頭葉視覚野の脳血流変化量を近赤外線分光法により計測した。解析ソフト NIRS-SPM の集団解析の分析結果を Figure 6 に示す。直観像保持者群では、眼前に投射した数字列のイメージを逆唱する課題において、特に後頭葉 V1 近傍でより強い賦活を示した。

ROI 分析: 後頭葉を上下2分割×左・中央・右3分割の6分割に分けて分析した。そ

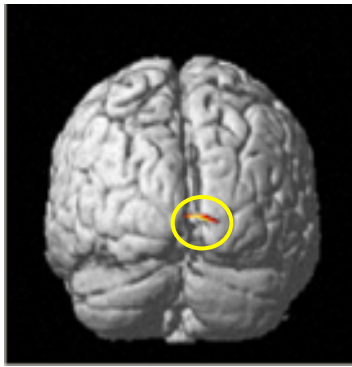


Figure 3 直観像保持者群における数字投射イメージ逆唱課題時の賦活部位 (NIRS-SPM の集団解析)

の結果、1)後頭葉左下と後頭葉中央下において、群(EI 群、統制群)と条件(順唱、逆唱)の間に有意な交互作用が認められた。2)このROIでは、EI 群は順唱条件より逆唱条件において賦活度が高く、逆唱条件において、統制群よりEI 群でより強い賦活を示した。つまり直観像保持者は、統制群より、直観像様の投射イメージ方略が使われる逆唱課題時において後頭葉の下部左および中央部でより強い賦活を示した。以上の結果から、外在化イメージ方略時の直観像所有者の脳活動は、初期視覚野左部および中央部の賦活を特徴とすることが示唆された。これらの結果は、fNIRSを用いた自発的な画像イメージの外部投射課題(自発的な直観像喚起)の際の直観像保持者の脳賦活部位の我々の結果(松岡他, 2013)と一致する。

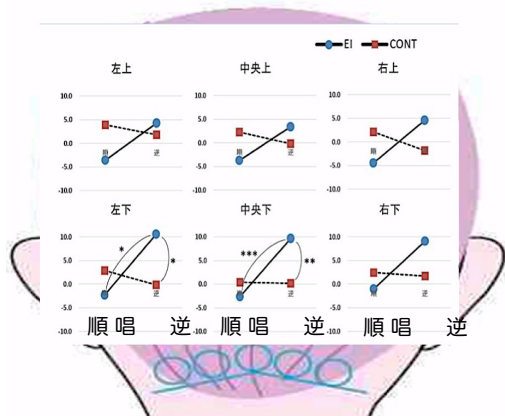


Figure 4 順唱・逆唱課題時の各ROIの血流変化量

(3) 直観像の視知覚的特性の検証

① 実験的行動指標による検証：数字視覚化課題、視覚記憶課題を用いた客観行動指標のデータを収集し、これらを指標とした直観像保持者と非保持者の識別可能性について検討した。その結果、統制群のRTはprobe位置に応じて増加するのに対し、直観像保持者群では反応時間が速く、その増加率は小さく、よりフラットに近い直線を示した(Fig. 7)。

この結果は、Hishitani(1990)のそろばん熟達者のデータと類似しており、直観像保持者が数字列をディスプレイ上に視覚化して数の同定判断を行うときに、数字列はより知覚像に近い状態で、同時並列的に処理されることを示していると思われた。また数字視覚化課題における数字列のprobe位置に基づく反応時間の増加関数の傾きによって、直観像保持者と非保持者を識別する判定テストとして使える可能性が示された(Fig. 9)。

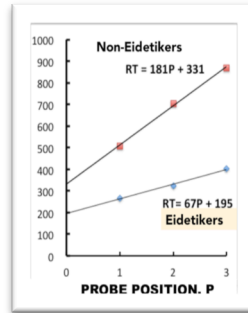


Figure 5

Figure 5 Reaction time of eidetic imagers and non-eidetic imagers from position 1st-3rd.

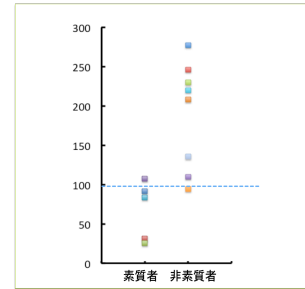


Figure 6

Figure 6 直線近似の傾き係数値の分布

② Imaginary Smooth Pursuit の眼球運動計測

我々は、本来、視覚刺激が無い限り生じないはずの平滑追跡眼球運動 (Imagery Smooth Pursuit Eye Movement) が観察される直観像保持者2名(1名は境界レベルの者)を確認した(Fig. 10 左)。

通常、追尾刺激がない条件ではサッカードが観察され(Fig. 10 右), smooth pursuit が観察されることはない。刺激の残像を追尾することにより smooth pursuit が生じることがあるが、今回の実験状況では、背景およびターゲットの刺激ディスクは random dot motionで提示されるため、残像が喚起されることはない。したがって、この条件下で smooth pursuit が観察されたことは、直観像の視知覚性を示す極めて特異なケースとして注目される。

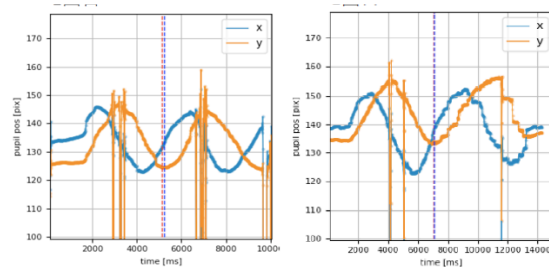


Figure 7 Smooth Pursuit の実験データ

[直観像保持者(右), 統制被験者(左)のデータ: 右半分は前半に提示される円周上を動く刺激を追尾, 左半分は運動刺激が消失後にブラック画面上に同じ動きをイメージで再現して目を動かしたとき: タテのノイズは瞬き]

(4) 直観像と共感覚が共有する認知-脳神経機構の考察

①直観像と共感覚の情報処理機構の共通基盤として「認知的な脱分化(cognitive de-differentiation)」(Glicksohn et al., 1999; Werner, 1948)(直観像は知覚とイメージの間, 共感覚は感覚モダリティ間)があると想定される。この認知的脱分化の神経生理学的基盤としては, Brang & Ramachandran (2010)が指摘する(a)発達途上の刈り込み不足の残存がクロスモダリティ(共感覚)だけでなく視覚系の高次-低次間(直観像)にも起こっている可能性, (b)初期感覚野への強い逆投射の可能性が, あると考えられる。

②直観像保持者も共感覚者もともに, イメージ能力の全般的な高さ(強い空想傾性(fantasy-proneness))を示すことは, いずれも逆投射, トップダウン処理の強さを示している。またそれを可能にしている脳状態・身体状態(たとえば, DMNの特異性)も推測される。

③fNIRSのデータでは, 直観像保持者がイメージ想起課題で初期視覚野の血流変化量が多く, この部位が賦活しやすいことが繰り返して確認された。これはイメージの感覚的な鮮明度に関わる物体視覚系の強い関与と関係すると思われる。一方で, MRIによる構造データは, 直観像保持者の空間定位の関与の重要性が読み取れた。機能結合データでは, この空間領野と初期視覚野の神経ネットワーク間の結合が示唆されている。

④これらを統合的に解釈すれば, 直観像および投射型色字共感覚のような空間投射されて, 文字通り見えるという視覚性クオリアをもつイメージ体験は, 初期視覚野の強い賦活と空間定位性の神経ネットワークの結合によってもたらされると解釈することが可能である。これは当初我々が想定した直観像の脳情報処理機構の仮説モデル(Matsuoka & Hatakeyama, 2011)を支持するものである。

⑤最後に, 我々の研究では, いくつかの測定上の障害から, 助成の研究期間内に, 直観像および共感覚者がV1および視覚系腹側系路に強い賦活をしめすことがfMRI研究によって明確に確認することができなかった。また, 共感覚と直観像を同時にもつ者と一方だけをそれぞれ保持する者の間で, 脳構造や脳機能データがどのように異なるかについては検討するには至らなかった。これらは今後の課題として残された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[論文](計1件)

Matsuoka, K. (2015). The relationship between eidetic imagery and synesthesia among Japanese college students. *International Journal of Psychology*, 51, 197-198. (査読無)

[学会発表](計8件)

①松岡和生(2017) 共感覚と直観像:少数者がもつ感覚的・認知的特性の研究-直観像所有者と共感覚者が共有する認知特性- 日本心理学会第81回大会公募シンポジウム

②名畑理津子(2017) 直観像保持者の脳構造/脳機能 日本心理学会第81回大会公募シンポジウム

③名畑理津子(2017) 直観像の生起メカニズムに関する研究:直観像保持者の特徴とは何か, 日本心理学会第81回大会小講演

④Matsuoka, K. (2016) The relationship between eidetic imagery and synesthesia among Japanese college students. The 31st International Congress of Psychology (PACIFICO Yokohama, Yokohama city, Japan)

⑤森川未歩子・松岡和生(2016) NIRSを用いた視覚刺激に伴うレチノトピックな脳活動の測定 第12回東北心理学会・北海道心理学会合同大会(コラッセ福島, 福島県)

⑥森川未歩子・松岡和生・山口浩(2016) NIRSを用いた数字列イメージ投射課題における後頭葉視覚野の脳血流動態の検討-eidetic imagerとnon-eidetic imagerの比較-, 日本イメージ心理学会第17回大会(岩手大学, 盛岡市), 大会発表論文集, 14-15.

⑦松岡和生・山口浩(2015) 直観像保持者の認知特性, 東北心理学会第69回大会(東北文化学園大学, 仙台市)

⑧松岡和生・山口浩・宮内哲(2015) 直観像の視覚認知特性-数字視覚化課題を用いた検討-, 日本イメージ心理学会第16回大会(西南学院大学, 福岡県福岡市), 大会発表論文集, 16-17.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松岡 和生 (MATSUOKA, Kazuo)

研究者番号: 50209508

(2) 研究分担者

宮内 哲 (MIYAUCHI, Satoshi)

研究者番号: 80190734

山口 浩 (Yamaguchi, Hiroshi)

研究者番号: 20174625

名畑理津子 (Nabata, Ritsuko)

研究者番号: 70800423

(3) 連携研究者

河地 庸介 (KAWACHI, Youshke)

研究者番号: 20565775

成烈 完 (SON, Yoruwan)

研究者番号: 30358816

小川 健二 (OGAWA, Kenji)

研究者番号: 50586021

(4) 研究協力者

プリマ オキ・ディツキ (PRIMA, OKY DICKY)

岩手県立大学准教授

今淵 貴志 (IMABUCHI, Takashi)

岩手県立大学大学院

森川 未歩子 (MORIKAWA, Mihoko)

岩手大学大学院