

機関番号：24301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20530663

研究課題名（和文）物体知覚と空間知覚の機能的差異の研究

研究課題名（英文）Different pathways between object perception and space perception.

研究代表者

高橋 成子 (TAKAHASHI SHIGEKO)

京都市立芸術大学・美術学部・教授

研究者番号：90216721

研究成果の概要（和文）：

物体知覚と空間知覚における知覚的文脈がどのような脳内機構によって処理されるのかについて検討を行なった。知覚的文脈処理においては、4つの処理系が同定された。視覚情報処理において常に働く機構は、低次文脈処理、および、注意コントロールを担っていると考えられる。これに対して、過去記憶と照合して物体知覚における連合的文脈処理を担う機構、物体奥行き文脈処理を行う機構、空間奥行き文脈処理を行う機構は、刺激状況によって動的に働く。

研究成果の概要（英文）：The present study examined the brain mechanisms for processing perceptual context in object and space perception. Four mechanisms were identified. One mechanism operates to process stimulus context of lower levels and attentional control. Another three mechanisms, subserving processing of associative context, processing of depth cues of object and processing of depth cues for space perception, operate dynamically depending on visual context.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：知覚心理学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：物体知覚、空間知覚、知覚的文脈、脳神経機構

## 1. 研究開始当初の背景

物体知覚と空間知覚の機能的違いについては、Trevor(1968)が左右分割脳サルの行動についての検討から、ambient system と focal system の2つの視覚経路を提唱し、Held(1970)は知覚順応実験から輪郭特異的と軌跡特異的な2つの視覚解析モードの存在を提唱した。その後、Ungerleider と Mishkin(1982)による腹側系による物体知覚過程と背側系による空間知覚過程の仮説に

基づいて、脳科学・心理学で多くの研究がなされてきた。この中で、Goodaleら(1998～)は一連の研究により、腹側系は物体認識、背側系は運動の視覚的制御と誘導に関係しており、腹側系は allocentric な枠組みで、背側系は egocentric な枠組みで視覚情報を伝達処理していると提唱した。物体知覚と空間知覚、および、腹側系と背側系の視覚伝達路が、行動と知覚に関係して機能的に違うということが提唱されている。一方で、その違いは、

物体及び空間場面における刺激構造の違いに密接に関わっている可能性があるが、この点については検討されていない。これを検討することによって、従来検討課題となっている物体知覚と空間知覚の内的表象過程について明らかにすることができる。また、物体知覚と空間知覚の機能的違いを明らかにする心理学的研究は、脳イメージングなどの新たな研究手法の展開にもつながり、重要である。

## 2. 研究の目的

物体知覚と空間知覚では、共にその3次元構造を奥行きとして知覚するが、生態学的意味が異なる。物体知覚は物体の認識と操作のためであるのに対して、空間知覚は定位と航行(navigation)のためである。このような生態学的意味の違いに対応して、“what”系と“where”系、あるいは、知覚と運動との関係で、腹側系と背側系の2つの視覚伝達路の議論が展開されてきた。他方、コンピュータビジョンの分野では、物体と空間場面では空間周波数成分の方向成分分布が体系的に異なっていることが注目されている。

本研究は、刺激構造の体系的差異が、2つの視覚伝達路による空間情報の処理、内的表象の違い、内的表現の準拠枠の違い、視覚的注意の配分構造の違いに関わっているという新たな仮説を立て、物体知覚と空間知覚の機能的違いについて、物体および空間の3次元構造の内的表象過程を、文脈統合過程に着目して実験心理学的に検討することによって明らかにする。さらに、文脈統合過程についての脳内処理機構についても検討する。

## 3. 研究の方法

本研究は、物体知覚と空間知覚の機能的違いについて、物体および空間の3次元構造の内的表象過程を実験心理学的に検討することによって明らかにするものである。具体的には、以下の項目について検討した。

1. イメージ構造の違いの検討
2. 文脈効果の違いの検討
3. 課題状況の効果の検討
4. 視覚情報処理過程の分岐、物体と空間の3次元構造の内的表象過程についてモデルの構築とその検証。

(1) 物体と空間の画像的イメージ構造の違いの検討。

物体知覚、空間知覚を引き起こす様々な画像の特徴を、統計学を基礎に解析し、イメージ構造の違いを明らかにした。イメージ構造の解析にあたっては、Tralba と Oliva (2002, 2003)による周波数大域特性の分析法を参考にすることでなく、視野の広がり特性、接合・交差手掛かりや絵画的奥行き手掛かりの

構造の統計学的解析を行なった。解析の対象は、従来のような物体・空間の写真だけでなく、絵画や彫刻における表現についても検討し、それによって、物体の3次元構造と空間の3次元構造のキーとなる刺激特徴を明らかにした。

これらの解析は、画像を取り込み、画像解析ソフトウェアによって解析を行なった。解析結果に基づき、物体知覚と空間知覚の文脈効果の違いを、心理物理的実験によって検討するための、刺激を制作した。

(2) 物体知覚と空間知覚における文脈効果の違いを、異なる知覚判断課題における心理物理実験によって検討。

閾値および閾上知覚判断によって、刺激の文脈の体系的変化に対応して、どのように奥行き知覚判断が変化するかを、実験的に明らかにした。これにより、アクションとは独立した知覚過程において、物体知覚と空間知覚において文脈統合過程がどのように異なるかを明らかにした。閾値判断における特性と閾上判断における特性を比較検討し、従来の研究で明らかにされている視覚系の階層構造における情報処理特性を参照することによって、物体知覚と空間知覚において文脈統合過程の階層構造、および、それらの処理を担当する脳内部位の推定を行なった。

(3) 課題状況の効果についての心理物理実験による検討。

物体知覚と空間知覚における奥行き知覚において、異なる判断課題における、反応の違いを解析した。結果に基づいて、外的刺激状況による視覚情報処理過程の分岐、物体と空間の3次元構造の内的表象過程についてモデルを構築した。

(4) 文脈処理過程の脳内機構についての、脳イメージング法による検討。

以上で行なった画像解析、心理学実験に基づいて、刺激の文脈の体系的変化に対応して、奥行き知覚判断が変化したときの脳活動を明らかにするための刺激を制作した。刺激統制は、色、接合・交差情報、絵画的奥行き手掛かり情報など、多次的に変化させ、整合あるいは自然場面に適合しているか、そうでないかを判断させた。これにより、物体知覚における刺激構造の文脈の統合過程と、空間知覚における刺激構造の文脈の統合過程について、その脳内機構を脳イメージング法によって、検討した。

以上の、文脈情報が動的に変化する時の脳活動結果に基づいて、外的刺激状況による視覚的文脈情報処理過程の分岐、物体と空間の3次元構造の内的表象過程について、従来の研究で得られている脳領野結合特性を参照しながら、脳内動的因果モデルを構築し、その妥当性を検討した。

#### 4. 研究成果

(1) 物体と空間の画像的イメージ構造の違いの検討を行なった。物体知覚、空間知覚を引き起こす様々な画像の特徴を、統計学を基礎に解析し、イメージ構造の違いを検討した。解析の対象として、従来のような物体・空間の写真だけでなく、絵画や彫刻における表現についても画像データを収集した。これによって、物体の3次元構造と空間の3次元構造のキーとなる刺激特徴を検討した。検討結果に含まれる刺激特徴の知覚的意味を明らかにするために、3次元物体知覚の文脈効果について、心理物理的実験および脳イメージング実験によって検討した。刺激の文脈の体系的変化に対応して、どのように奥行き知覚判断が変化するかを、実験的に明らかにするために、美術表現にも援用されている Stereo Kinetic Effect 現象に着目した。刺激統制は、空間周波数、視角範囲と写像の関係、刺激要素の幾何学的関係など、多次元的に制御した。その結果、物体の3次元構造の内的表象過程に関わる脳内部位を同定することができた。同定部位は、側頭の形態表象部位 (LO) および頭頂の奥行き表象部位であり、これらの部位が、物体の3次元表象に重要であることを明らかにした。

(2) 刺激文脈の体系的変化に対応して、どのように知覚体験が変化し、それがどのような脳活動として現れるかという観点から (1) で行なった脳イメージングの結果をさらに解析し、物体知覚と空間知覚において文脈統合過程がどのように異なるかを明らかにした。従来の研究で明らかにされている視覚系の階層構造における情報処理特性を参照することによって、物体知覚と空間知覚において文脈統合過程の階層構造、および、それらの処理を担当する脳内部位の推定をして神経機構モデルを構築した。

脳内処理機構のモデルは以下の通りである。知覚的文脈は、4つの過程で処理される。視覚系初期過程では、対比、輪郭線やジェネラルトの連続性などの文脈が処理され、腹側系において物体知覚として文脈処理がされる。また、背側系においては、3次元奥行き、空間的定位、運動系情報変換のための枠組み変換過程の文脈処理がされる。そして、前頭前野側頭部位において、場面としての知覚情報処理がされ、意味的文脈、先行経験による推定がされる。このように、知覚的文脈の処理は、階層的な過程を経ることによって達成されることを示した。モデルを基に、知覚的文脈の処理過程にもとづいて、美術作品における芸術的評価過程・芸術体験について、それを構成する心理過程、そして、心理過程の基盤となる脳機構について考察し、モデルを提案した。これにより、主観的で個人差が大きいと考えられてきた芸術体験についても、

脳機構の枠組みで捉えることができることを明らかにした。また、成果の応用として、美術教育が学力に対してもつ意義について脳機能の観点から検討した。

(3) 物体知覚と空間知覚についての心理実験結果、(2) で得られた文脈処理機構モデルをもとに、脳イメージングによる実験を行った。検証した文脈処理モデルは図1に示した。

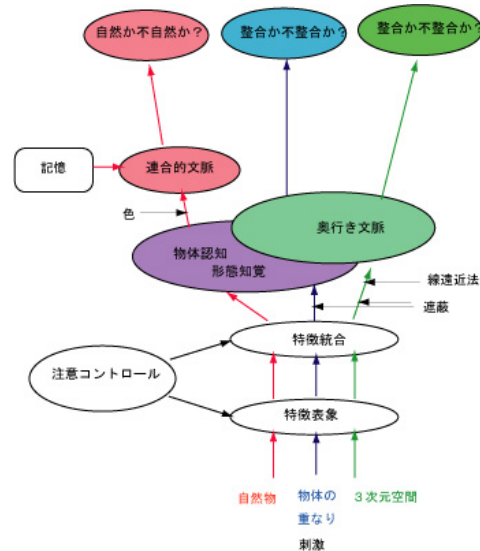


図1 知覚的文脈処理モデル

画像刺激提示に対して、自然物の色が自然か不自然か、形の重なりが整合か不整合か、線遠近法による奥行きが整合か不整合かという判断をさせた時の脳活動を脳イメージング法によって測定した結果について、動的因果モデル (Dynamic Causal Modeling, DCM) に基づいて解析した。測定された脳活動部位の同定結果と、従来の研究で明らかにされている視覚系の情報処理特性、解剖学的・電気生理学的に明らかにされている脳領野結合性を参照することによって、物体知覚と空間知覚において文脈統合過程の階層構造、および、それらの処理を担当する脳内部位の動的活動因果モデルを推定して神経機構モデルを構築し、その妥当性について検討した。

知覚的文脈処理においては、図2に示すように、4つの処理系が同定された。視覚系初期領野—頭頂葉領野—腹側・側頭領野で構成される機構は、視覚情報処理においては常に働き、低次文脈処理、および、注意コントロールを担っていると考えられる。自然物の色の判断では、下側側頭ならびに海馬周辺領野で構成される機構が、連合的文脈処理をにな

い、形の重なり判断では、下側側頭領野—下側頭頂葉領野—前頭前野側頭部領野が、形の文脈と重なり奥行き文脈処理をおこなっている。線遠近法による奥行き判断では、下側頭頂葉領野—前頭前野側頭部領野が、奥行き文脈処理をおこなっている。DCMによる解析によって、4つの処理系が、外部刺激状況、および、必要な文脈処理に応じて、ダイナミックに機能することが明らかになった。

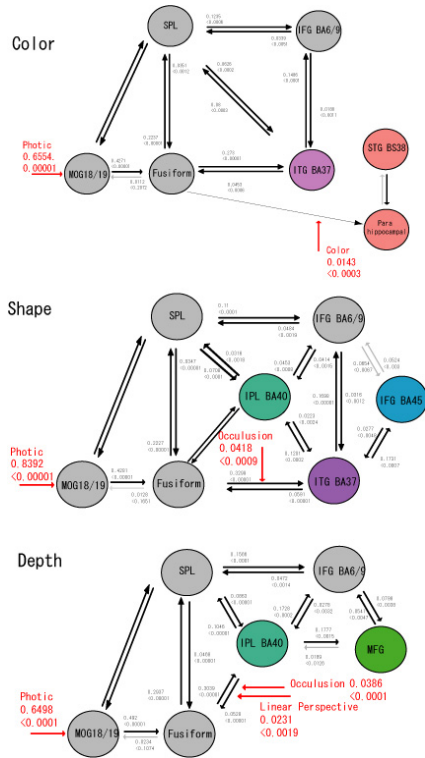


図2 DCMによる連合的文脈、物体遮蔽文脈、空間奥行き文脈についての処理機構の脳領域結合モデル

物体知覚と空間知覚の機能的差異については、低次刺激文脈処理や注意のコントロールにおいては共通機構で情報が処理され、物体知覚における過去記憶との照会といった連合的文脈処理、物体の重なりといった物体奥行き文脈、そして、空間奥行き文脈の処理は、それぞれ独立の機構によっておこなわれていることが明らかとなった。高次の文脈処理機構は、刺激状況や必要な判断課題状況によってダイナミックに機能することが明らかとなった。また、形の知覚に関する文脈情報処理、遮蔽に関する文脈情報処理に関わる脳領域は、物体知覚および空間知覚において共通に働いていることが明らかとなった。本研究で提案した視覚的文脈処理モデル、および、その脳内機構モデルは、従来の研究(KoechlinらBarら)を踏まえて、さらに、日常において様々な刺激状況の中で、必要な知覚的判断を行なっている時に、脳内ではどの

ような情報処理が行われているかについての動的側面に焦点を当てて、明らかにした。提示された脳領域の動的因果モデルは、視覚情報処理だけではなく、その他の情報処理についても示唆を与えるものである。

## 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)

[雑誌論文] (計6件)

- ① H Yamamoto, M Fukunaga, S Takahashi, H Mano, C Tanaka, M Umeda, Y Ejima, Inconsistency and uncertainty of the human visual area loci following surface-based registration: Probability and entropy maps. *Human Brain Mapping*, 査読有、印刷中
- ② 江島義道、高橋成子, 科学と芸術の相互作用による色彩観・色覚研究の展開、科学と芸術2010, 査読有, 2010, 印刷中.
- ③ 高橋成子, 学力と美術教育, 美, 査読無、180巻, 2009, 36-41.
- ④ 江島義道、高橋成子, 芸術的評価における脳機構, 科学と芸術2009, 査読有, 2009, 4-9.
- ⑤ 江島義道、高橋成子、大谷芳夫, 視覚的文脈効果の神経機構: 人間行動学の基礎として, *VISION*, 査読有、21巻、2009, 215-220.
- ⑥ T.Yamamoto, S.Takahashi, T. Hanakawa, S.Urayama, T.Aso, H.Fukuyama, Y.Ejima. Neural correlates of the stereokinetic effect revealed by functional magnetic resonance imaging. *Journal of Vision*, 査読有、Vol.8(10):14,2008,1-17.

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 成子 (TAKAHASHI SHIGEKO)

京都市立芸術大学・美術学部・教授

研究者番号: 90216721