

京都大学	博士(文学)	氏名	渡 邊 創 太
論文題目	外界認識の種比較研究 ー トップダウン／ボトムアップ処理の観点から ー		
(論文内容の要旨) 本論文は、基礎的外界認知の種差を明らかにするため、認知処理段階と次元の切り分けを並列しておこなう研究を実施し、単純な図形の認知におけるこの方策の有効性を示した。 本論文は、大きく4つの章から成る。ハトとヒトにおける外界認識能力の類似点と相違点について詳細な分析をおこなうため、認知を大きくトップダウン制御が有効に働く認知とボトムアップ処理中心の認知に分け(第一章)、前者を第二章で、後者を第三章において、実証的資料をもとに論じた。その後、これらの研究の結果を総合的に考察した(第四章)。 第一章では、基礎的外界認知に関する種比較研究の問題点を論じ、その解決方策として、認知処理段階と次元の切り分けを並列しておこなう方策を提示した。以下がその概要である。 我々が外界(物理的世界)を見ることで認識する世界(知覚世界)は、外界の忠実な模写ではない。両眼(種や状況によっては単眼・複眼)から伝達された視覚情報を、自身の視覚情報処理システムが瞬時に解析し計算することで、我々は外界を認識する。その際、情報の欠如を視覚情報処理システムによる解析と計算で補っているため、知覚世界と物理的世界とに生じるズレは不可避である。そのズレを端的に示す好例が錯視知覚である。錯視知覚は、我々の知覚世界の不完全性を意味するのではない。ヒトの知覚世界は、我々ヒトの生存・繁栄上有利であるように構築されていると考えられる。そしてそれはヒト以外の動物においても同じである。外界認知の種比較研究は、当該種の認知特性がその種の生態学的地位にいかに関係するのかを明らかにする。また、それをもとに、当該種それぞれが持つ視覚情報処理システムが持つ特性やシステムの神経科学的構造についての議論に対して行動の側面から知見を与え、また進化的妥当性(藤田、1991)の考察を可能にする。 一方で、外界認知に関する種比較研究には、確認された認知特性が認知処理におけるどの段階の特性を反映しているのが不明確であるという問題がある。認知処理段階が複数に分かれる可能性が提示されている以上、認知特性の種間比較をする際、たとえ同じ種であっても、得られた知見同士の安易な直接比較は時として情報の錯綜を招く恐れがある。またもう一点問題となるのが、対象次元の問題である。特定の対象種における特定の認知特性について研究する際、同じ認知について調査しても、その認知対象となる次元間で調査対象になる認知の様式が異なることがある(e. g. Grey &			

Spetch, 2006)。その認知の対象となるあらゆる次元について調査をすることはほぼ不可能であるとはいえず、一つの研究で得られた知見が他の次元にも適用可能とは限らないということは議論の際に念頭に置くべきであろうし、また種比較研究をおこなう場合は同一次元内での直接比較をおこなうべきである。

これらの問題点の解決方策として、認知処理段階および次元の区分をおこない、種比較研究は同一処理段階・同一次元内での直接比較により実施する、という方策が考えられる。全ての種の中で最も多く認知に関する知見が収集されている種はヒトであろうが、ヒトの認知研究においては、トップダウン／ボトムアップ処理という認知処理の二区分が提唱され、その概念を利用した数々の研究がなされている。網膜から視神経を介して脳に情報が送られることによって、外界の視覚情報認識は可能になる。このように末梢から中枢へ情報が伝達されることによる情報処理（ボトムアップ的情報処理）と既存の概念や理論といった記憶情報を用いた情報処理（トップダウン処理）との連携処理が、常時おこなわれていると考えられている(Norman & Bobrow, 1976)。

本研究は、ハトとヒトにおける外界認識能力の類似点と相違点について詳細な分析をするため、トップダウン／ボトムアップ処理の区分を導入して外界認知の種比較研究をおこなった。具体的には、単純図形に対する認知を大きく「トップダウン制御が有効に働く認知」と「ボトムアップ処理中心の認知」の2つに分けた。さらに、次元の区分をおこない同一次元内での直接比較をおこなうという方策を用いた。我々が認知する外界とは、通常、大量の情報量を持つ複雑な刺激群から構成される。しかし次元の切り分けをおこなうには、研究で用いる刺激は極力単純で情報量の小さいものが望ましいだろう。本研究は、基礎的外界認知の中でも最低限の情報量で構成された刺激群に対する基礎的認知の種間比較をおこなうことで、次元の切り分けをおこなう。具体的には、トップダウン制御が有効に働く認知研究では、対象刺激および周囲刺激の単純な2刺激のみから構成される刺激を用いる。またボトムアップ処理中心の認知においても、単色の線分群のみで構成される単純な錯視図形を用いる。

以上の手法を用いることによる本研究の目的は以下の通りである。

1. トップダウン制御が有効に働く認知のハト／ヒト間の種差について、大きさ／方位2次元それぞれにおける行動実験をおこない、考察する。
2. ボトムアップ処理中心の認知のハト／ヒト間の種差について、大きさ／方位2次元それぞれにおける行動実験をおこない、考察する。
3. ハト／ヒトにおけるトップダウン処理およびボトムアップ処理という両処理の特性の違いについて考察する。

第二章では、トップダウン制御が有効に働くと考えられる認知についての行動実験をおこない、それらの結果について議論した。

第一節ではまず、注意対象として決定済みの目標刺激に対する認知を「判断」と定義し、判断研究が、トップダウン制御が有効に働く認知として区分して問題ないこと

を述べた。その上で、判断に関する先行研究として、Kitayama, Duffy, Kawamura, & Larsen (2003) を紹介した。彼らは、大きさ次元で日本人が絶対判断よりも相対判断の精度がより高いことを示した。日本人の相対判断優位傾向は、大きさ次元特異的なものなのだろうか。これを調べるため第1節では Kitayama, et al. (2003) と同様の実験を方位次元でおこない (実験 T1)、日本人の判断傾向の次元間共通性について調べた。その結果、日本人では方位次元においても相対判断優位性が確認された。

ヒト (少なくとも日本人) では大きさ・長さという二つの次元間で相対判断優位性が確認されたが、この次元間共通性はハトでも確認できるのだろうか。これを調べるため、まず第2節で大きさ次元におけるハトの判断優位性について調べた。これまで多くの研究が蓄積している空間探索課題遂行の種比較研究は、トップダウン制御が有効に働く認知の研究であると位置づけることができるが、この手続きには、実験フィールド外の手がかりを使用できる場合がある、運動感覚手がかりが使えるなど複数の問題がある。これらの問題点を全て解決する方法として、Kitayama, Duffy, Kawamura, & Larsen (2003) がヒトを対象に用いた線と枠課題をもとにした刺激を用い、ハトにおける大きさ次元の判断傾向実験をおこなった (実験 T2)。その結果、特別な教示をしない状態でもハトは目標刺激の大きさを判断する際に周囲刺激の大きさの影響を受ける可能性が確認された。実験 T2 の結果は、ハトが自発的に相対判断をおこなう可能性を示唆するものであったが、ハトにおいて相対判断が絶対判断よりも優位であることを示唆するものではない。よって実験 T3 ではハトにおける相対判断優位性について調べた。相対判断と絶対判断をそれぞれ十分に訓練することで各判断の経験量を擬似的に統制した被験体を用いて、ハトにおける判断精度を両判断で比較したところ、ヒトと同じ相対判断優位性が確認された。では、ヒト (日本人) と同様に、ハトにおいても方位次元でも相対判断優位性が確認できるのだろうか。実験 T3 参加個体を対象に方位次元の判断傾向を調べたところ (実験 T4)、相対判断経験群と絶対判断経験群に傾向の差は見られず、また全体として相対判断優位傾向は見られなかった。

第3節では、運動次元の判断について議論した。他の次元における基礎的認知研究として、運動次元に関する研究が挙げられる。ヒトを対象とした研究はバイオロジカルモーションや相対運動 (ただし観察者に対する相対運動) 研究など多数存在する。一方でヒト以外の種を対象とした研究はほとんど存在しない。ヒトと同じ霊長目に分類されるニホンザルの乳児 (0 歳児) を対象に、Ushitani, Fujita, & Sato (2004) が用いた刺激を用いて運動の判断様式について調べたところ (実験 T5)、ニホンザル乳児において絶対判断優位性を支持するものであった。

第三章では、ボトムアップ処理中心の認知についての行動実験をおこないそれらの結果について議論した。具体的には、これまでおこなわれていなかったハトにおける方位次元の錯視研究として、ハトにおけるツェルナー錯視を中心に調べた。

第1節では、ハトにおけるツェルナー錯視を調べた。実験 B1 は、方位次元の錯視と

言われるツェルナー錯視図形をハトが錯視知覚するのかを調べた。結果は何らかの錯視知覚の可能性を示唆するものであったが、一方で新奇刺激を呈示することによる反応の精度の低下を反映したものにはすぎないという可能性を棄却できなかった。また実験 B2 では手続きを変更して実験 B1 の追試をおこなったが、実験者が意図しない局所的な手がかりを用いてハトが課題を解いた可能性が棄却できなかった。実験 B3 では、局所的な手がかりが利用できない手続きに変更して実験 B2 の追試をおこなった。その結果、ハトがツェルナー錯視図形に対しヒトと逆方向の錯視を知覚することを示唆する資料を得た。またそのハトにおいて逆ツェルナー錯視が知覚される理由として、同化効果による鋭角過小知覚が考えられると主張した。

第2節では、ヒトとニワトリにおけるツェルナー錯視知覚について調べた。実験 B3 の結果が、用いた刺激等やその視距離等に起因するものであるという可能性を棄却するため、実験 B4 では実験 B3 の追試をヒトでおこなった。その結果、ヒトでは典型的な「順」ツェルナー錯視知覚が確認された。すなわち実験 B3 の結果が、刺激等に起因するものであるという可能性は棄却された。実験 B3 の結果は、ハトという種に特異的なものであるのか、ハトで見られた逆ツェルナー錯視知覚は複数の種で共有される認知特性を反映するものであるのかを検討するため、実験 B3 の追試をニワトリでおこなった（実験 B5）。その結果、ハトと同じく逆ツェルナー錯視知覚が確認された。ハトとニワトリは鳥類の中でも系統的に近縁の種とは言えないため (Sibley, Ahlquist, & Monroe Jr., 1988 ; Watanabe, Nikaido, Tsuda, Kobayashi, Mindell, Cao, Okada, & Hasegawa, 2006)、この知覚傾向およびその背景にある認知特性は鳥類の多くで共有されている可能性が考えられる。

第3節では、実験 B3 で見られた逆ツェルナー錯視知覚は同化効果による鋭角過小知覚に起因するという仮説の検証をおこなった。実験 B6 ではハトを対象に2本の線分のみからなる刺激を用いて方位の弁別課題をおこなったが、鋭角過小視の証拠は確認できなかった。ハトが、実験者が予期しない局所的な手がかりを用いた可能性が考えられる。さらに実験 B7 で実験 B6 の追試をヒトで行なったところ、先行研究 (e. g. Over, Broerse, & Crassini, 1972; O'Toole & Wenderoth, 1977) と逆に、鋭角過小知覚が確認された。以上より、実験者が予期しない局所的な手がかりを用いることができる実験デザインおよび妨害刺激が目標刺激よりも大幅に長いという特殊な刺激の2つが、両実験に影響を与えた可能性が考えられる。以上の反省を踏まえて実験 B7 で刺激および手続きを変えて、ハトを対象に、実験 B6 の追試をおこなったところ、鋭角過小知覚を示唆する結果が得られた。この結果から、ハトにおける逆ツェルナー錯視の原因が鋭角過小視（傾きの差の過小視：同化効果）である可能性が示唆された。

第四章では、前3章のまとめと総合考察をおこなった。第1節では第一章のまとめをおこなった。第2節では第二章で得られた結果の考察をおこなった。実験 T 群および

Kitayama, Duffy, Kawamura, & Larsen (2003)、Duffy, Toriyama, Itakura, & Kitayama (2009) の結果から、判断様式の種差は小さく、生後の判断様式の発達の有り様には種普遍的な変動があるのではないかという仮説を立てた。すなわち、生後すぐは相対判断が不可能であり、発達とともに相対判断がまず獲得され、その後、環境によって絶対ないし相対判断優位性を持つに至るのではないかという仮説である。なお、方位次元に関しては、角度数値の比率の一致を相対一致とするか、三次元構造の観察上の一致を相対一致とするかについてより詳細な分析が必要であると主張した。第3節は第三章で得られた結果の考察をおこなった。実験B群より、同じ鳥類ではあるが系統的に遠縁であるハト、ニワトリにおいて、ヒトと逆の錯視知覚傾向が確認され、またその理由として対比・同化仮説（ヒトは対比効果の影響を受けるがハト・ニワトリは同化効果のみの影響を受けるとする説）が支持された。

第4節では、総合考察をおこなった。ボトムアップ処理中心の認知について調べた実験B群で顕著に見られた種差は、体や神経メカニズムなど生体の構造の違いに起因するのではないか。特にツェルナー錯視図形で種差が見られたことについては、頭部における眼球の位置という構造の違いを理由とする仮説が立てられる。一方、トップダウン処理が有効に働く認知について調べた実験T群からは、種差も次元による差も明確には確認できなかった。動物が視覚によって認知する外界は多数の物体で構成されているため、目標として決定された刺激の特性を分析する段階においては、周囲刺激と比較しての分析（相対判断）が種普遍的に必須の、前提として備わる情報処理であるからではないか。すなわち、ボトムアップ処理中心の認知として位置づけられる錯視は、その種が先天的に持つ体構造など種の要因に影響を受け、トップダウン制御が有効に働く認知として位置づけられる判断は、体構造などに依存せず現存する動物に広く共有される、適応に適した認知特性に影響を受けるという可能性が考えられる。

本研究はハトとヒトにおける外界認識能力を調べるため、基礎的外界認知をトップダウン制御が有効に働くもの（判断）とボトムアップ処理中心のもの（錯視知覚）に区分し、それぞれについて種比較をおこなった。その結果、判断では経験の要因を統制しても種差は確認できず、錯視知覚では種差が見られた。判断研究で種差が見られず錯視研究で種差が見られたことは、両種におけるトップダウン処理・ボトムアップ処理の認知特性の違いを反映する可能性が考えられる。すなわち、今後のハト／ヒト間の種比較認知研究をおこなう上でも本研究でおこなった両処理の二区分は無視できない。両種における両処理の認知特性の違いについて、今後さらなる検証が必要である。また本研究は、一貫して単純な図形刺激を用いることで、認知対象となる次元の切り分けをも可能にしたが、本研究がおこなったようなトップダウン／ボトムアップの両処理を考慮した単純図形に対する種比較研究は、動物の外界認識のしかたを考察する上で情報を整理し、再考を可能にする。基礎的認知の種比較研究をおこなう上で、本研究が用いた認知処理段階・次元を切り分けた分析は今後も有効であろうし、まだ

十分な知見が得られていないヒト以外の種における認知処理段階（およびそれぞれの段階の特性）についての考察も推し進めていくことが出来るだろう。

(論文審査の結果の要旨)

ヒトを含め視覚依存の動物は、環境内に置かれた多様な事物を視覚的に認識し、適切に応答することを常に求められている。しかしその認識対象が単独でそこに存在することはまれであり、ほとんどの場合には、多様な背景的事物の中で、標的となる事物を認識しなければならない。容易に消し去ることのできない背景的な情報は、ボトムアップ的に標的からの情報の処理に影響する。他方主体は、自身の記憶や知識などを利用して、トップダウン的に標的からの情報の処理に制約を掛けることもできる。主体の環境認識は、これら両者の交互作用で実現される。

ヒトを対象とした認知科学的研究では、これらの2つの効果は常に意識されてきた。例えば注意の研究では受動的（刺激駆動的）注意と能動的注意とが明確に区別され、それぞれの機能やその相互作用などがよく調べられている。しかしヒト以外の動物を対象とした研究では、これらは十分に意識されてこなかった。本論文は、2タイプの視覚情報処理を分離して種比較することから、比較的単純な図形に関する視認識の進化を実証的に捉えなおそうとした意欲作である。

論文は4章から構成される。第1章では、比較認知研究におけるトップダウン／ボトムアップ処理の切り分けの必要性和その意義が論じられる。また同時に大きさや長さ、角度といった刺激次元を分離して、処理特性の一般性と次元特異性を検討することの重要性が述べられる。これらから論者は、トップダウン／ボトムアップ×刺激次元×種、という3次元構造の組織的な比較研究が必要であることを強調する。こうした考えは、比較認知研究に携わるものなら誰しもがぼんやりとは意識していることであろう。しかし改めてそのように指摘されると、その重要性和、自身の意識の不十分さに気づかされる。この点で、本章は警句としての意義を備えた好論であった。

第2章は、「トップダウン制御が有効に働く認知の研究」と題されたもので、線分の長さを判断するときに、日本人は周囲の図形との相対的な大きさに注目するが、西洋人では周囲を無視して長さの絶対値により強く注目するという、近年発見された事実を材料に、角度次元ではどうなるか、またハトではどうなるか等を、5つの実験で検討している。従来の研究では、ハトは刺激の細部に注目する傾向が強いといわれてきたが、この課題では、どちらかといえば周囲と関連づけた相対的判断をすることが示された。非常に興味深い事実である。他の関連研究で、ヒト幼児は文化によらず相対的な判断をするので、これがヒト本来の行動傾向ではないかといわれている。相対的判断は多くの種に普遍的に見られる傾向なのかもしれないという。もちろんこれを実証するには多種を用いた検討が必要である。他方、角度次元の検討では、日本人は長さ同様に角度の相対値に着目し、ヒトにおいては、相対的判断は通次元的な性質を持つ行動傾向である可能性が示されたのに対し、ハトではそのような傾向は見られなかった。ややデータは錯綜しており、解釈は難しいが、相対的判断と絶対的判断に着目したこのような比較認知科学的研究は他にはなく、今後の展開が期待される。なおこの

章では付加的にニホンザル乳児の相対運動の知覚についても検討されている。結果は否定的であり、非常に興味深い、解釈は難しい。種々の事情で、この実験を深めることのできなかったのは残念であるが、致し方のないところである。

第3章では、「ボトムアップ処理を中心とする認知の研究」として、方向及び角度に関する錯視の比較研究がおこなわれている。本章の8実験はいずれも優れたもので、結果も非常に興味深い。とりわけ第3実験は、ハトがツェルナー錯視をヒトとはまったく逆に錯覚することを明快に示したもので、驚愕の新事実の発見といってよい。ツェルナー錯視は、平行な線分が、タイヤの跡のような短線分を多数付加することによって平行でないように見える強力な錯視である。例えば縦方向にカタカナの「ハ」の字を多数並べ、左のハネを通して縦線を1本引き、右のハネを通してもう1本縦線を引く。そうするとヒトの眼には平行な2本の縦線がVの字型に上に広がって見える。1組の非平行な線がどちらに向けて広がっているかを答えるようハトを訓練した後、上記のような図形を提示すると、ハトは逆に下が広がっていると答えたのである。第5実験ではニワトリもハトと同様の錯視を示した。同じ課題でヒトは典型的なヒト型の錯視を示すので、課題に問題があったわけではない。第8実験では、この原因が、ヒトとは逆に、ハトでは鋭角を過小視する傾向を持つことにあるのではないかという興味深い結果が示されている。

これらの結果をまとめ、第4章では、こうした比較的単純な図形の認識に関しては、トップダウン的処理の種差は小さく、むしろボトムアップ的な処理の種差が大きいのではないかと論者は示唆している。ボトムアップ的な処理は、当該種の感覚器官などのハードウェア的な制約で大枠が決められる。種が多様であれば、当然そこには多様な認識があるだろう。しかしトップダウン的な処理は、感覚入力から何を引き出してくるかを種が能動的に決定することを通じて生じる過程である。視覚依存動物であれば、その部分は意外に共通なのかもしれない。

本論に束ねられた13の実験は、いずれも興味深い成果を生んではおり、高く評価できる。しかしその数とは裏腹に、トップダウン処理・ボトムアップ処理という観点から開始された研究の入り口からまだいくらか進んではいないのも事実である。論の組み立てもまだまだ粗く、必ずしも読者を納得させるまでに止揚されてはいない。とはいえ、新たな研究の入り口を明示した点、またその奥行きを広さを示した点において、本論に論者の独自性を見ることができし、信じた道を一筋に歩んできた論者の努力は賞賛に値する。論者の研究の一層の発展に期待したい。

以上審査したところにより、本論文は博士（文学）の学位論文として価値あるものと認められる。2012年8月30日、調査委員3名が本論文とそれに関連したことがらについて口頭試問をおこなった結果、合格と認めた。