

身体運動情報処理についての比較認知科学研究

松野, 響 / MATSUNO, Toyomi

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

科学研究費助成事業 研究成果報告書

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

6

(発行年 / Year)

2017-06-02

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 2 日現在

機関番号：32675

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25870794

研究課題名(和文)身体運動情報処理についての比較認知科学研究

研究課題名(英文)A comparative cognitive study on visual body perception

研究代表者

松野 響(MATSUNO, Toyomi)

法政大学・経済学部・准教授

研究者番号：90588047

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：生物の身体情報はヒトにとってもヒト以外の種にとっても重要なコミュニケーションメディアであり、その知覚情報処理は我々の知覚システムにとって重要な意味をもつ。本研究では、ロコモーションや身体制約が異なる種間で、生物の身体およびその動きの情報の検出や解釈に関わる知覚特性を比較した。ヒト、ヒト以外の霊長類および鳥類を対象とした行動実験の結果、身体情報の知覚情報処理過程に共通性が見られる一方、時空間的な知覚的統合の程度や身体の生体力学的制約に対する感受性、生物運動パターンの違いに応じた反応特性に種間での相違も見られ、社会的視知覚に生物普遍的な側面と種固有性の両面があることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Body is an important medium of communication for both humans and nonhuman animals, and the exact perception of body postures and movements is an ecologically important function of our visual systems. In this study, I investigated whether the perceptual properties of body information are shared between species with different locomotion patterns and biomechanical constraints of body part movements. The results of behavioral experiments in primate and avian species revealed a shared configural body processing mechanism between humans and nonhuman animals and also species differences in properties of spatiotemporal integration of visual elements, sensitivities to biomechanical constraints, and behavioral response properties to different biological motion patterns.

研究分野：実験心理学

キーワード：比較認知 生物運動 身体知覚

1. 研究開始当初の背景

生物の視知覚は環境から個体の生存にとって有用な情報を取得するよう進化的にデザインされている。環境の中でも、とりわけ同種他個体や異種の身体運動の情報は、個体の生理的、社会的な問題解決場面において不可欠である。その重要性ゆえに、我々の視覚処理経路には、身体形態や生物運動情報の知覚のための特別な処理過程が備わっていると考えられてきた(e.g. Downing et al., 2001)。

近年、このようなヒト身体情報の社会的認識に関連して、三つの論点が注目を集めている。一点目は、身体情報の視覚認識の特殊性は豊富な視覚経験に依存するか否か、という議論である。顔を含む身体情報の社会的知覚処理過程の特殊性は、視覚経験量の豊富さのみによって説明できる(e.g. Gauthier et al., 1999)とする主張の一方で、生得的・進化的に備わった特別な機構の裏づけがあるとする説もある(e.g. Kanwisher, 2000)。二点目は、他者の身体情報の視覚認識において自己身体表象の関与はどの程度か、という議論である。ミラーニューロンシステムをはじめ行為と知覚には密接な結びつきがあると主張する種々の理論に呼応する形で、観察者自身の身体表象が身体情報の視覚認識特性に影響するという証拠が近年多数報告されている(e.g. Knoblich & Flach, 2001)。一方で、そのような他者身体認識における自己身体表象の役割は限定的である、とする報告もある(e.g. Vannuscorps & Caramazza, 2016)。三点目は、知覚された身体運動情報を基礎とする高次の社会的認識はヒトにおいて特化した能力であるか否か、という議論である。ジェスチャーを用いた身体コミュニケーションはヒト以外の多くの種で見られる一方で、自他の身体表象の統合が必要となる模倣能力がヒト以外の動物では限定的であり(e.g. Povinelli, 2000)、また他者身体によって示されたコミュ

ニケーション信号の読み取り能力にもヒトとヒト以外の種で質的・量的な差があることが報告されている(e.g. Herrmann et al., 2007)。

これらの議論のいずれにおいても、生後の視覚経験や身体環境の生物学的な制約が人と異なるヒト以外の動物種との系統比較研究の結果が大きな意義を持つ。しかし、身体情報の社会的視覚認識が、種間でどのように異なり、どのような進化・生物的制約をもつのかについては未だ十分には理解されていない。

2. 研究の目的

本研究では、ヒトとヒト以外の動物の社会的視覚認識を比較し、身体情報の社会的認識における種の普遍的側面と種の固有性を明らかにすることで、ヒトの視覚的なコミュニケーションを支える社会的視覚の系統発生を明らかにすることを目的とした。地上にて直立二足のロコモーションを取るヒトに対して、四足歩行で時に樹上生活を主とするヒト以外の霊長類や、翼をもち空を飛ぶ鳥類は、互いに異なる生活環境に特化した、異なる身体制約を有している。本研究では、そのようなヒト以外の動物による他者の身体情報の視覚認識がヒトとどのように異なっているのかを検討した。

他者身体の生物運動情報は、個々のパーツの局所的な運動パターンとそれら局所的な視覚情報を時空間的に統合した身体形状情報の階層構造をもつ視覚情報であり、そのような階層的な視覚情報の知覚統合処理過程を経て身体間の相互作用を促す社会的コミュニケーション信号が伝達される。本研究では、そのような身体情報の特性を踏まえ、ヒト以外の動物種を対象として、身体運動情報の知覚の基礎となる時空間統合的な視覚特性や視覚的運動の知覚特性、身体の可動制約に基づく身体形態の統合的知覚の特性、形態情報の低減した映像刺激からの生物運動

の検出、社会的コミュニケーション信号を含む生物運動に対する自己身体による反応特性について調べる。それらの試みから、ヒトの高度な知的特性の源泉であるともいわれる社会的認識能力の知覚的基盤を探ることを目的とした。

3. 研究の方法

(1). ヒト以外の動物を対象とした視覚弁別実験では、食物報酬をもちいた弁別課題の学習訓練をオペラントボックスをもちいておこなった。実験装置は、視覚刺激を呈示するためモニタ、実験参加個体の弁別反応の取得インターフェースとしてのモニタ前部のタッチスクリーンもしくはマイクロスイッチを取り付けた反応パネル、実験中に継続して呈示する白色雑音および反応へのフィードバック音を呈示するためのスピーカシステム、食物報酬を呈示するための自動給餌装置からなり、それらは全て PC によって制御された。ヒトを対象とした比較実験は、実験ブース内で、反応の入力装置としてキーボードやマウス、ゲームパッドをもちい、同一刺激を用いた同等の知覚課題をヒト実験参加者に与えることでおこなわれた。

(2). 異なる生物身体情報に対する行動反応を検討する実験においては、対呈示した視覚刺激に対する接近-回避反応および運動量を指標とした反応の分析をおこなった。実験ボックスの両側に液晶モニタが設置され、両モニタに同時もしくは交互に視覚刺激が呈示された。実験ボックスの正面から実験参加個体を動画で記録し、OpenCV ライブラリに含まれる物体位置の自動追跡アルゴリズムをもちいて、フレーム毎の個体の位置情報(記録画像上の重心位置)を分析した。

4. 研究成果

(1). 第一に、生物運動知覚の基礎となる、視覚的運動情報の知覚特性および時空間統合特性をヒトとヒト以外の動物で比較検討する視覚弁別実験をおこなった。運動する幾何刺激のパターンの違いによる知覚応答反応および運動刺激同士の相互作用の知覚特性をヒトとヒト以外の霊長類で比較したところ、視覚的運動パターンの違いに応じた知覚応答が種間で共通する一方、同時に知覚する視覚要素間の空間距離の増大による相互作用効果の低減はヒトで相対的に小さかった。また、光点刺激要素間の空間距離と呈示時間条件を操作しながら複数光点の変化の同期・非同期の視覚弁別課題における弁別成績をヒトとセキセイインコで比較した。実験の結果、セキセイインコはヒトに比べて高時間周波数、短時間インターバルでの光点呈示時の弁別成績が相対的に高い傾向がある一方、空間間隔の増大に対して弁別成績の低下がヒトに比べて顕著であった。これらの結果は、ヒトとヒト以外の種の間で時空間的な視覚情報の統合過程に質的もしくは量的な差異があることを示唆している。

(2). 第二に、異なる身体制約を有する2種間において、ロコモーションや身体運動の可動域にもとづく身体視覚上の制約が共有されているか否かを検討する視覚弁別実験をおこなった。身体運動の可動域を超えた変異を関節部に加えられた身体全体の刺激画像を用い、オマキザルとヒトの視覚弁別成績を比較した。両種ともに身体運動の可動域の制約に対して違反のない身体形状の視覚弁別においては先行研究で報告されている通り倒立効果が見られ、種間で共通した統合処理過程があることを支持する結果を得た。一方、オマキザルでは生体力学的制約の違反の有無により弁別成績に有意な差は見られなかったのに対し、ヒトでは、生体力学的制約に違反しない身体姿勢と違反のある身体姿勢

の視覚弁別が違反のない身体姿勢同士の弁別に比べて容易であった(図1)。この結果は、身体姿勢の生体力学的制約についての知覚過程に種固有性があることを示唆している。

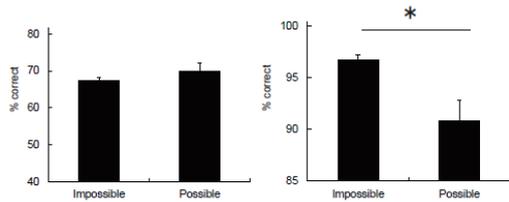


図1. 生体力学的に不可能な姿勢変化と可能な姿勢変化の検出に関するサル(左)およびヒト(右)の視覚弁別成績

また、顔画像と身体画像をもちいた視覚弁別実験をおこない、オマキザルにも顔情報と頭部以下の身体形状情報との個性の一致を認識できること(図2)、そのためには上半身と下半身の揃った身体全体の視覚画像が必要であることを示す結果を得た。同一の視覚刺激を用いて、刺激の被写体として使用されている個体を熟知しないヒト参加者を対象に統制実験をおこない、色や身体サイズ、等の局所的な画像情報を手がかりとした顔画像と身体画像のマッチングはできない事を示した。これらの結果は、ヒト以外の動物においても、局所的な画像特徴ではなく、身体パーツ間の統合処理にもとづいた個性の認識がなされていることを示唆している。

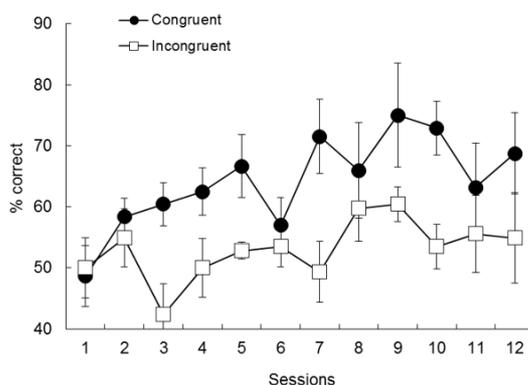


図2. 顔画像と身体画像の個性が一致(●)・不一致(□)条件下でのサルの視覚弁別成績

(3). 第三に、生物運動情報の視覚弁別に関する研究をおこなった。未加工の生物運動映像刺激で視覚弁別学習訓練をおこなったのち、動画像に対してフィルタ処理をおこなった生物運動刺激を用いて般化テストをおこない、セキセイインコによる生物運動刺激の知覚弁別においてどのような視覚情報が手がかりとなっているのかを検討した。実験ではブラー処理をおこなった生物運動刺激や、刺激画像のドット密度を制限するドットノイズによって自然画像を変調させた刺激、ピクセルの配置をランダム化した統制実験用の映像刺激、およびそれらの映像刺激から1フレームを抜き出した静止画刺激をもちいた。実験の結果、画像のフィルタ処理の程度が上がるにつれて弁別成績は低下したものの、学習された視覚弁別は比較的フィルタ処理に対して頑健であること、生物刺激の被写体と同種であるか異種であるかは視覚弁別成績に影響しないこと、弁別刺激が動画像であるかその中の1フレームを切り出した静止画像であるかは弁別成績に顕著な影響を及ぼさないことを示した(図3)。これらの結果は、同様の刺激を用いたヒトを対象とした実験の結果とは異なり、セキセイインコは生物運動刺激を視覚弁別する際に刺激に含まれる動的な視覚特徴に大きくは依存しないことを示唆している。

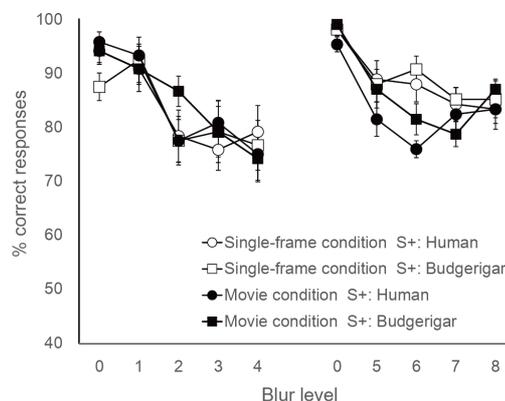


図3. セキセイインコによる異なる強度のブラー処理を施した静止(○)、運動(●)身体刺激の検出成績

(4). 第四に、異なる生物運動パターンに対するセキセイインコの行動反応を調べた。ヒトを対象とした先行研究(van Boxtel & Lu, 2012)において検出感度が異なることが示されている異なる相互作用意図を含んだ2パターンの生物運動刺激を呈示し、対象個体の刺激に対する近接や呈示時の対象個体自身の運動反応量を記録した。結果、静止画像呈示時に比べ動画刺激呈示時の運動反応が増大する傾向がみられたものの、刺激の運動パターンの違いによる反応の差異は見られなかった(図4)。また、異なる身体運動パターンを持つ脅威対象(天敵)・非脅威対象(非天敵)の生物運動刺激呈示時のセキセイインコの身体運動反応を調べた。生物運動刺激および2種類の統制刺激(静止画像・画素変化量の等しい動画像)を呈示した際の刺激への近接時間、運動反応を測定した。結果、脅威対象の生物運動に対する反応は統制刺激に対する反応と差異がなかった一方、対象個体と類似の運動パターン(はばたき)を含む非脅威対象の生物運動に対する運動反応量は増加する傾向が見られた。これらの結果は、生物運動の視知覚認識に種固有の視知覚特性、運動の制約が関与していることを示唆している。

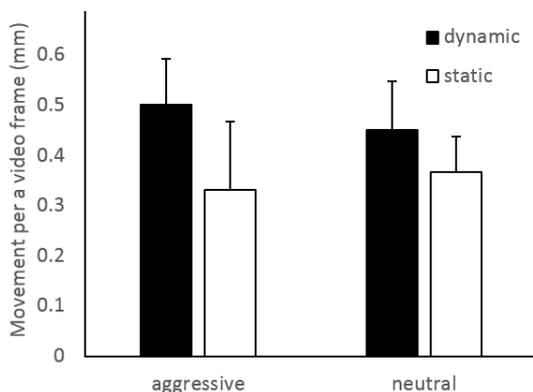


図4. セキセイインコによる異なる身体運動パターンの動画・静止画刺激に対する運動反応量

<引用文献>

Downing, P. E., Jiang, Y. H., Shuman, M., & Kanwisher, N. (2001). A cortical area

selective for visual processing of the human body. *Science*, 293, 2470-2473.

Gauthier, I. Tarr, M. J., Anderson, A. W., Skudlarski, P., & Gore, J. C.. (1999) Activation of the middle fusiform 'face area' increases with expertise in recognizing novel objects. *Nature Neuroscience*, 2, 568-573.

Herrmann, E., Call, J., Hernandez-Lloreda, M. V., Hare, B., & Tomasello, M. 2007 Humans have evolved specialized skills of social cognition: the cultural intelligence hypothesis. *Science*, 317, 1360-1366

Kanwisher, N. (2000) Domain specificity in face perception. *Nature Neuroscience*, 3, 759-763.

Knoblich, G. & Flach, R. (2001) Predicting the effects of actions: Interactions of perception and action. *Psychological Science*, 12, 467-472.

Povinelli, D. (2000) *Folk physics for apes*. New York: Oxford University Press

van Boxtel J. J. A. & Lu, H. (2012) Signature movements lead to efficient search for threatening actions. *Plos One*, e37085.

Vannuscorps G. & Caramazza, A. (2016) Typical action perception and interpretation without motor simulation. *PNAS*, 5, 86-91.

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 3 件)

Toyomi Matsuno, Masaki Tomonaga.

Causal capture effects in chimpanzees (*Pan troglodytes*), *Cognition*, 査読有, Vol. 158, 2017, pp. 153-164,

DOI: 10.1016/j.cognition.2016.10.023

松野響, セキセイインコによる生物運動

刺激の視覚弁別, *法政大学多摩研究報告*, 査読無, Vol. 31, 2016, pp. 21-36.

松野響, Arduino と 3D プリンタを利用

した比較認知研究用落下型自動給餌装置の開発, *法政大学多摩研究報告*, 査読無, Vol. 30, 2015, pp. 20-39.

〔学会発表〕(計 3 件)

松野響, 藤田和生, 視覚的運動がフサオマキザルの経過時間認識に及ぼす影響.

日本基礎心理学会第 34 回大会, 2015 年 11 月 28 日-29 日, 大阪樟蔭女子大学小阪キャンパス(大阪府東大阪市)

Toyomi Matsuno, Kazuo Fujita. Body identity recognition in capuchin monkeys (*Cebus apella*): a study using an association test, 75th Annual Meeting of the Japanese Society of Animal Psychology, September 10-12, 2015, Japan Women's University (Tokyo, Bunkyo-ku)

松野響, 藤田和生 (2014) フサオマキザル

とヒトにおける生体力学的に可能な身体姿勢と不可能な身体姿勢の視知覚弁別. 日本基礎心理学会第 33 回大会, 2014 年 12 月 6 日-7 日, 首都大学東京南大沢キャンパス(東京都八王子市)

6. 研究組織

(1)研究代表者

松野 響 (MATSUNO, Toyomi)
法政大学・経済学部・准教授
研究者番号: 90588047