

機関番号：14301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2010

課題番号：19300091

研究課題名（和文）表象形成の多様性、多重性、階層性—比較認知発達科学からのアプローチ—

研究課題名（英文）Diversity, Multiplicity, and Hierarchy of Mental Representations: Comparative-Cognitive-Developmental Perspective

研究代表者 友永 雅己 (TOMONAGA MASAKI)  
京都大学・霊長類研究所・准教授

研究者番号：70237139

研究成果の概要（和文）：チンパンジーと各種鯨類を対象に様々な表象形成過程について比較認知科学の観点から検討した。特に、チンパンジーにおける視線計測、行為における自己認識、鯨類における社会的注意、視覚的個体認識について明らかにした。

研究成果の概要（英文）：Various aspects of representational processes were investigated with chimpanzees and dolphins from the comparative-cognitive perspective. Especially, We investigated the cognitive processes in eye tracking in chimpanzees, sense of self-agency in chimpanzees, sensitivity to social attention in dolphins, and visual individual recognition in dolphins.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	5,400,000	1,620,000	7,020,000
2008年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
2009年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
総計	14,500,000	4,350,000	18,850,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・認知科学

キーワード：比較認知科学、表象形成、霊長類、鯨類

## 1. 研究開始当初の背景

われわれを取り巻く世界を、われわれはどのように切り分け、どのように認識しているのか。

この問いは、認知科学の根幹に関わる問題である。本計画ではこの問いに「比較認知発達科学」という観点から答えるために、「多様性 (Diversity)」、「多重性 (Multiplicity, Multilayered)」、「階層性 (Hierarchy)」をキーワードに検討を進めていきたい。すなわち、認知機能の根幹である「表象形成能力」について、多様な認知領域での表象形成過程を、「表象の多重性」と「表象の階層性」という観点から検討することとした。

さらに、比較対象についても、ヒトを含む各

種の霊長類と鯨類を対象に、比較対象の多様性と階層性に着目しつつ検討を進めた。

国外での研究を見ると、多様な種での認知研究はそれぞれの系統群で活発になされるようになってきている。しかしながら、国内では、やはり一部の霊長類や鳥類に比較認知研究が偏っている。さらに、国内外ともに、ひとつの研究チームが上記のような多様な系統群で一貫した比較研究を行っている事例は一部の例外を除いて皆無に近い。そのため、各動物種からの知見の比較が間接的なものに終始し、生産的な議論が阻まれている。このような現状に対する適切なブレークスルーをもたらすべく、本計画では、ヒトを含む霊長類(ヒト、チンパンジー、ニホンザル、

など)および鯨類(バンドウイルカ、カマイルカ、ベルーガなど)を対象として、異なる系統群から、近縁種間までを同一の研究チームが階層的に比較することを計画した。

## 2. 研究の目的

われわれが暮らす世界は、さまざまな形で分節可能である。物理的因果性に支配された世界、生態学的な「環境」としての世界、他の個体とのかかわりの中から創発する「社会的」な環境。これら多様な世界の中の事象について形成される表象には、領域固有の多様性と通領域的な共通性が並存しているはずである。そこで本計画では、表象形成の対象である「世界」を大きく「物理・生態学的な環境(非社会的環境)」と「社会的・心理学的環境」に分け、それぞれに複数の研究課題を設定して、多様な比較を進めていくことにした。

また、世界の多様な側面についての表象が持つ Dynamism を詳細に検討することも本計画の目的の一つだった。わたしたちの形成する心的表象は、従来考えられていたような瞬間瞬間を切り取った静止画像のような静的な側面だけではなく、過去や将来の状態をも内包したより動的なものである。このような表象の Dynamism を、より一般化して表象の「多重性(Multiplicity, Multilayered)」と呼ぼう。さまざまな事象についての心的表象には、色、形、場所などの静的な情報のみならず、時間、速度、変化といった動的情報までもが多重的、多層的に織り込まれているはずである。その多重性・多層性がどのように実現されているのか、そして、進化と発達という2つの生物学的な時間軸の中でどのように獲得されてきたのか、そしてそれはなぜか。本計画では、この問いに多様かつ階層的な比較を通して答えていきたい。

## 3. 研究の方法

具体的な研究テーマは大きく「静止/運動事象における『運動・変化』の表象」、「物理的事象の知覚」、「社会的事象の知覚」に分けて検討してきた。

(1) チンパンジーにおける自己行為の認識： 近年、ヒトの研究において自己認知を規定する重要な要因として視覚フィードバックと内受容感覚などの対応関係が指摘されるようになってきた。この問題は、身体的自己知覚における「自己作用感覚(sense of agency)の問題でもある。そこで、ヒトおよびチンパンジーを対象として、トラックボールシステムを用いた自己作用感覚に関する実験を実施する。

(2) 鯨類における視覚的他個体認識：

イルカなどの鯨類がヒトなどの他種の個体や同種他個体を視覚的にどのようにに區別

しているかについては全く分かっていない。そこで、まず、日常のトレーニング場面を応用して、ヒトトレーナーの識別に関する実験を行う。

(3) 鯨類における他者の注意状態の認知： 霊長類では他個体の注意状態の認知に関する比較研究が進んでいるが、イルカ類では皆無である。そこで、日常のトレーニング場面を用いて、イルカがトレーナーの注意の状態をどのように理解しているかについて検討する。

(4) チンパンジーにおける視線計測：

これまでヒト以外の霊長類では身体拘束下での視線計測研究が主流であった。したがって、チンパンジーなどの大型類人猿では視線計測はほぼ不可能であった。しかし、近年、ヒトを対象とした非拘束・非接触型の視線計測装置が開発された。この装置を用いて、非拘束下でのチンパンジーの視線計測を実施し、彼が様々な画像をどのようにに注視しているのかについて検討する。

## 4. 研究成果

(1) チンパンジーにおける自己行為の認識：

3個体のチンパンジーが実験に参加した。実験装置としてタッチパネル付きのモニターとトラックボールを実験室に設置した。彼らはまず、トラックボールを操作して画面上に提示されたカーソルを動かし、画面上の標的刺激に触れさせて消すという訓練を受けた。その後、画面上には自身が動かすカーソルとダミーのカーソルが提示される条件に移行した。この条件下では、試行の最後に選択フェーズに移行し、自分が操作していたカーソルに触れることが要求された(図1)。ここまでの訓練を受けたのち、ダミーカーソルの動きを、自分が以前に操作したカーソルの動きを再生する、という条件に変更してテストを行った。この条件では、「自分がこのカーソルを動かしている」という感覚、つまり、自

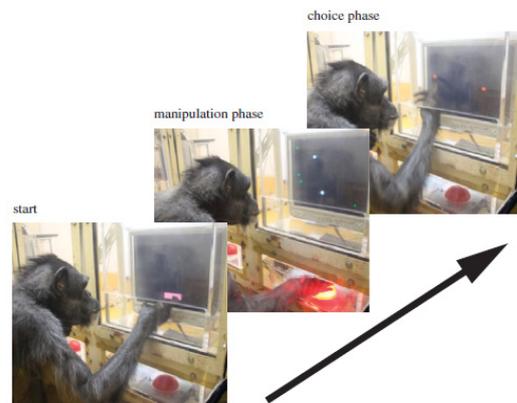


図1 トラックボール操作課題

己作用感覚がないと、自分のカーソルを正しく選択することはできない。

テストの結果、3個体とも、統計的に有意に高い確率で自分が操作していた方のカーソルを選択することができた。また、カーソルの動きとトラックボールの動きを完全に無関係にすると(オフライン条件)、チンパンジーの成績は有意に低下した。これらの結果から、チンパンジーにおいても、身体的自己認識の重要な構成要素である「自己作用感覚」が存在することを明確に示すことができ

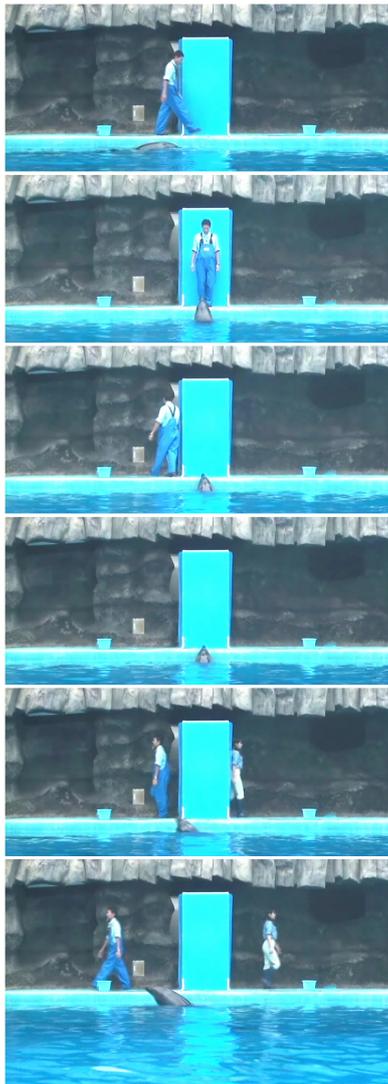


図2 個体識別実験  
(ついたてテスト)

た。さらに追加のテストにおいて、トラックボールの操作とカーソルの動きの間の時間的・空間的關係を操作したところ、0.3秒遅延の効果はほとんど見られなかったのに対し、空間關係が135°ずれると明確に成績が低下することなどが示され、身体的自己意識の時空間特性についての示唆が得られた。

#### (2) 鯨類における視覚的他個体認識：

名古屋港水族館のバンドウイルカ4個体を対象に、トレーナー(ヒト)の視覚的個体識別に関する実験を行った。課題は「ついたて課題」と呼ばれるもので、イルカはそれぞれのトレーナーの指示でついたての左右いずれかの場所へ移動し、そこでトレーナーのサインに従って演技を行い報酬を得る。トレーナーは、毎回ついたての背後に隠れる。そして、テスト試行ではトレーナーとダミーの人物が左右から同時に現れる。その際にイルカがどちらの人物に追従するかを記録した(図2)。実験の結果、4頭のイルカはこのテストにおいて平均89%という高い正答率を示した。この結果は、バンドウイルカが他種の個体を視覚的に識別できることを強く示唆している。

#### (3) 鯨類における他者の注意状態の認知：

バンドウイルカに対するトレーナーによる演技訓練の場面を利用してイルカがトレーナーの注意の状態をいかに認知しているかについて実験を行った。イルカにサインを出す際にイルカに対して顔と体の両方が0°、45°、90°、180°ずれている顔+体条件、体は正面で顔は0°~90°ずれている顔条件、そして逆に顔は正面で体がずれている体条件の3種類の条件下でイルカの反応を記録した(図3)。

実験の結果、顔+体条件と、体条件においてのみ、回転角度に応じた成績の低下が観察された。イルカにとってトレーナーの指示に従うかどうかの判断は、トレーナーがイルカの方を向いているかどうかではなく、サインによる指示が自分の方に向けられているかどうかによって規定されていることが明らかとなった。

#### (4) チンパンジーにおける視線計測：

非拘束・非接触型の視線計測装置(アイトラッカー)をチンパンジーに導入し、各種の実験を行った。まず、チンパンジーに様々な写真を呈示し、自由に注視している際の視線パターンを解析した。その結果、ヒトもチンパンジーも動物(ヒトやチンパンジーを含む)の顔に視線が集中することを明らかにした(図4)。ただし、その程度はやはりヒトの方が強いことも明らかとなった。また、ヒトは顔での視線の停留時間が長く、チンパンジーは固視点間の距離がヒトよりも大きかった。つまり、チンパンジーは短い停留時間で画面上をあちこちスキャンするということが明らかとなった)。また、ヒトまたはチンパンジーのモデルが左右いずれかの位置に注意を向けている画像を呈示したところ、ヒトでは、モデルの種に関係なく、モデルが見て



図3 イルカによるトレーナーの注意の状態の理解に関する実験  
 左上：ベースライン条件、右上：顔のみ正面(体は90°)  
 左下：顔と体の両方が90°、右下：からだのみが正面(顔は90°)

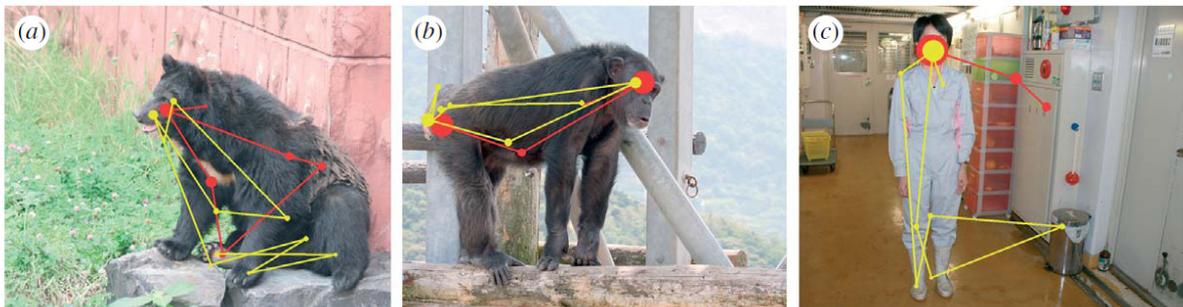


図4 各種写真に対する典型的な注視パターン。黄：チンパンジー、赤：ヒト

いる方にある物体に視線が向かうのに対し、チンパンジーでは、自種のモデルの注意の方向にのみ感受性が高いという結果となった。この結果は、共同注意や視線追従などの社会的認知の問題を考える上でも極めて興味深い結果であるといえる。

#### 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20件)

原著論文(全て査読有)

2010

- ① Hattori Y, Kano F, Tomonaga M (2010) Differential sensitivity to conspecific and allospecific social cues in chimpanzees (Pan troglodytes) and humans (Homo sapiens): A comparative eye-tracking study. Biology Letters -:doi:10.1098/rsbl.2010.0120.
- ② Kano F, Tomonaga M (2010) Attention to emotional scenes including whole-body expressions in chimpanzees (Pan troglodytes).

Journal of Comparative Psychology, 124, 287-294.

- ③ Kano F, Tomonaga M (2010) Face scanning in chimpanzees and humans: Continuity and discontinuity. Animal Behaviour 79:227-235.
- ④ Tomonaga M, Imura T (2010) Visual search for human gaze direction by a chimpanzee (Pan troglodytes). PLoS ONE 5(2):e9131, doi:10.1371/journal.pone.0009131.
- ⑤ Tomonaga M, & Imura, T. (2010). Pacman in the sky with shadows: The effect of cast shadows on the perceptual completion of occluded figures by chimpanzees and humans. Behavioral and Brain Functions, 6, 38. doi:10.1186/1744-9081-6-38
- ⑥ Tomonaga M, Uwano, Y., Ogura, S., & Saito, T. (2010). Bottlenose dolphins' (Tursiops truncatus) theory of mind as demonstrated by responses to their trainers' attentional states. International Journal of Comparative Psychology, 23, 386-400.

2009

- ⑦ Hayashi M, Sekine S, Tanaka M, Takeshita H (2009) Copying a model stack of colored blocks by chimpanzees and humans. *Interaction Studies* 10:130-149.
- ⑧ Hayashi M, Takeshita H (2009) Stacking of irregularly shaped blocks in chimpanzees (Pan troglodytes) and young humans (Homo sapiens). *Animal Cognition* 12:S49-S58.
- ⑨ Kano F, Tomonaga M (2009) How chimpanzees look at pictures: A comparative eye-tracking study. *Proceedings of the Royal Society Series B* 276:1949-1955.
- ⑩ Murai C, Tomonaga M (2009) Fear responses of Japanese monkeys to scale models. *Journal of Ethology* 27:1-10.
- ⑪ Tanaka M, Yamamoto, S. 2009. Token transfer between mother and offspring chimpanzees (Pan troglodytes): mother&#8211;offspring interaction in a competitive situation. *Animal Cognition* 12(S1): 19-26
- ⑫ Tomonaga M, Imura (2009) Faces capture the visuospatial attention of chimpanzees (Pan troglodytes): Evidence from a cueing experiment. *Frontiers in Zoology* 10(6):14, doi:10.1186/1742-9994-6-14.
- ⑬ Tomonaga M, Imura T (2009) Human gestures trigger different attentional shifts in chimpanzees (Pan troglodytes) and humans (Homo sapiens). *Animal Cognition* 12:S11-S18.
- 2008
- ⑭ Kano F, Tanaka M, Tomonaga M (2008) Enhanced recognition of emotional stimuli in the chimpanzee (Pan troglodytes). *Animal Cognition* 11(3):517-524.
- ⑮ Matsuno T, Tomonaga M (2008) Temporal characteristics of visibility in chimpanzees (Pan troglodytes) and humans (Homo sapiens) assessed using a visual masking paradigm. *Perception* 37:1258-1268.
- ⑯ Tomonaga M. (2008) Relative numerosity discrimination by chimpanzees (Pan troglodytes): Evidence for approximate numerical representations. *Animal Cognition* 11: 43-57.
- 2007
- ⑰ Tanaka M. (2007) Recognition of pictorial representations by chimpanzees (Pan

- troglodytes). *Animal Cognition* 10: 169-179.
- ⑱ Tanaka M. (2007) Development of visual preference of chimpanzees (Pan troglodytes) for photographs of primates: effect of social experience. *Primates* 48: 303-309.
- ⑲ Tomonaga M, Imura T, Mizuno Y, Tanaka M. (2007) Gravity bias in young and adult chimpanzees (Pan troglodytes): Tests with modified opaque-tubes task. *Developmental Science* 10: 410-420.
- ⑳ Tomonaga M. (2007) Is chimpanzee (Pan troglodytes) spatial attention reflexively triggered by the gaze cue? *Journal of Comparative Psychology* 121: 156-170.

[学会発表] (計 17 件)

2010

- ① Tanaka M, Yamashita N, Nagao M, Kamanaru H, Ito H, Yamamoto Y (2010) Social facilitation of learning of a computer-based task in captive group of mandrills (Mandrillus sphinx). The International Primatological Society XXIII Congress (2010/09, Kyoto).
- ② 田中正之 (2010) 飼育下霊長類 3 種におけるアラビア数系列の学習—京都市動物園における比較認知科学研究(2)—. 日本心理学会第 74 回大会 (2010 年 9 月, 大阪).
- ③ Tomonaga M, & Imura, T. (2010). Perception of triadic gaze in chimpanzees (Pan troglodytes) tested by the visual search task. XXIII Congress of the International Promatological Society, Kyoto 2010, September 12-18, 2010.

2009

- ④ 友永雅己, 伊村知子 (2009) チンパンジーにおける他者間の視線(triadic gaze)の知覚—視覚探索課題を用いて—. 日本発達心理学会第 20 回大会 (2009/03, 日本女子大学).
- ⑤ 林美里 (2009) おもちゃの操作を尺度としたチンパンジーとヒトの比較. 日本発達心理学会第 20 回大会自主企画ラウンドテーブル「対象操作にもとづく比較認知発達スケールの作成」 (2009/03, 東京).
- ⑥ 林美里, 竹下秀子 (2009) チンパンジーとヒトの積木の操作にみる認知発達. 日本動物心理学会第 69 回大会 (2009/09, 岐阜, 岐阜大学).
- ⑦ 友永雅己, 伊村知子 (2009) チンパンジーにおける顔の効率的探索. 日本動物心理学

- 会第 69 回大会 (2009/09, 岐阜市, 岐阜大学).
- ⑧友永雅己, 伊村知子 (2009) チンパンジーによるチンパンジーの形の検出(II). 日本心理学会第 73 回大会 (2009/08, 京都).

2008

- ⑨Tomonaga M, Imura T. (2008) Searching the object attended or ignored by the others: Efficient search for ignorance by the young chimpanzees (Pan troglodytes). XVIth International Conference on Infant Studies (ICIS2008) (2008/03, Vancouver, Canada).
- ⑩ Tomonaga M, Mizuno Y, Kano F (2008) Probing into the Emotional World of Chimpanzees (Pan troglodytes). XXII Congress of the International Promatological Society, Symposium "Facial expression in primates: Measurement, meaning and function" (2008/08, Edinburgh, Scotland).
- ⑪ Tanaka M. (2008) Experimental studies on reciprocal cooperation in chimpanzees. The 72th Annual Convention of the Japanese Psychological Association: Symposium "Reciprocity, cooperation and fairness: what is unique to human and why" (2008/09, Sapporo).
- ⑫友永雅己, 伊村知子 (2008) 視線手がかりはチンパンジー幼児の注意の定位を反射的に引き起こすか. 日本発達心理学会第 19 回大会 (2008/03, 大阪).
- ⑬友永雅己, 伊村知子 (2008) Chimp in the shadow—チンパンジーにとってチンパンジーのからだは見つけやすいか—. 第 24 回日本霊長類学会大会 (2008/07, 東京).
- ⑭友永雅己, 上野友香, 斉藤豊, 小倉仁, 二宮真奈美, 上原ゆい, 川上丞太, 日登弘, 内田至 (2008) バンドウイルカにおけるサインの理解—他者の注意の状態との関連で—. 日本動物心理学会第 68 回大会 (2008/09,

水戸).

2007

- ⑮田中正之 (2007) チンパンジーにおける視覚情報保持. 日本動物心理学会 (2007/10, 東京).
- ⑯田中正之 (2007) チンパンジーにおける食物カテゴリーの適用範囲(2)—カテゴリー形成におよぼす経験の効果—. 日本心理学会第 71 回大会 (2007/09, 東京).
- ⑰友永雅己 (2007) チンパンジーにおける社会的認知とその発達—顔の認知を題材として—. 日本基礎心理学会 2007 年度第 1 回フォーラム『系統発生的視点から見た知覚, 認知』 (2007/06, 東京).

[図書] (計 0 件)

[その他]

研究成果のプレスリリース

[http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/news\\_data/h/h1/news/6/2011/110519\\_1.htm](http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/news_data/h/h1/news/6/2011/110519_1.htm)

[http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/news\\_data/h/h1/news/6/2009/100324\\_1.htm](http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/news_data/h/h1/news/6/2009/100324_1.htm)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

友永雅己 (Tomonaga, Masaki)  
京都大学・霊長類研究所・准教授  
研究者番号: 70237139

### (2) 研究分担者

田中正之 (Tanaka, Masayuki)  
京都大学・野生動物研究センター・准教授  
研究者番号: 80280775

林美里 (Hayashi, Misato)  
京都大学・霊長類研究所・助教  
研究者番号: 50444493