

機関番号 : 13901

研究種目 : 基盤研究 (B)

研究期間 : 2007~2009

課題番号 : 19330159

研究課題名 (和文) ヒトおよび霊長類がおこなう対象・身体・空間のイメージ操作の進化的理解に関する研究

研究課題名 (英文) A comparative study on manipulations of body, object, and space images by human and nonhuman primates.

研究代表者

川合 伸幸 (KAWAI NOBUYUKI)

名古屋大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号 30335062

研究成果の概要 (和文) :

これまでにヒトが心的回転を行うことは知られているが、動物には未だにその証拠がない。心的回転は、イメージ操作の代表的なものであると考えられているが、この現象を、ニホンザルとチンパンジーの2種の霊長類とヒトで検討する。霊長類2種は、まず弁別訓練を行ってから、心的回転を検討し、異なる選択肢との象徴見本合わせを行う可能性を排除した。その結果、サルは心的現象といえる結果を示した。ヒトでは、身体刺激の回転される実験と、脳波を即する実験を行い、行動学的・生理心理学的知見を得た。

研究成果の概要 (英文) :

So far, enormous number of studies have observed mental rotation phenomenon by humans, however almost all studies by non-human animals have failed to observe animals' mental rotation, that is regarded as a reflection of mental image manipulation. The present study assessed mental rotation phenomena by Japanese monkeys, chimpanzees, and humans. We hypothesized that non-primates might have performed symbolic matching-to-sample in the previous mental rotation studies. Then, we trained various angles of canonical letters as S+ as opposed to those of mirror letters (or vice versa) before the mental rotation task of matching-to-sample. As the results, the monkeys showed a linear increase of reaction times as function of rotated angles of a sample stimulus. We have also obtained substantial data with human subject from mental rotation experiments of body image and by means of EEG.

交付決定額

(金額単位 : 円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2008年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2009年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
総計	13,000,000	3,900,000	16,900,000

研究分野 : 社会科学

科研費の分科・細目 : 心理学・実験心理学

キーワード : イメージ操作、霊長類、進化、身体、空間

1. 研究開始当初の背景

(1) ヒト以外の動物の心的回転現象

「ヒトが心的回転を行う」ことは自明であるが、比較研究から、これがヒトに固有な情報

処理である可能性が示唆されている。Holland & Delius (1982, *Science*)がヒトとハトを対象に調べたところ、ヒトでは「心的回転」が再現されたが、ハトの反応時間はヒトより大幅に早く、かつ回転角度によらずほぼ一定だった。その後、チンパンジー(藤田・松沢, 1990; Tomonaga, 1994)、アカゲザル(Kohler et al., 2005)、イルカ、アシカなどを対象に研究が行われたが、これまでのところ動物で明確な「心的回転」の証拠は得られていなかった。別の表現をすれば、動物は回転した図形であっても、成立した図形と同じ時間で認知することができる。そのことの説明として、ヒトが二足歩行により地上での2次元移動に適応したのに対し、トリ、霊長類、海棲哺乳類は3次元移動を行うため対象を回転しなくても認知できる、という生態学的な要因が挙げられてきた。

(2) ヒトの心的回転に関する問題

ヒトの心的回転では、180度回転された図形の反応時間をピークに、反応時間が回転角度に対応して直線的に増加する。しかし、ヒトの手を刺激とした心的回転の実験では、実際の自分の手が回転しない角度(右手では135度付近、左手では225度付近)にピークが移動したり、180度がピークである場合でもそれ0度から180度までと、180度から360度までの反応時間が非対称になることが知られて来た。

しかし、それがヒトの手の特有であるのかは問われたことがなかった。

(3) ヒトの心的回転は認知負荷を与える

心的回転課題は、顔写真は文字など、本来なら瞬時に誰か(何か)判断できるはずの対象を、判断するまでの時間を非常に遅らせる。この課題を用いることで、通常なら検出しにくい、表象の強さの違いを検出できる可能性も考えられる。

2. 研究の目的

(1) 動物は心的回転を示さないのか？

ヒトが行う心的回転現象は、図形の表象をその名の通り、心的イメージとして操作しなければ解けない。すなわち、ヒトだけが心的回転をするのは、二足歩行への適応ではなく、高次な認知機能を得た副産物である可能性もある。

これらのことを検討するために、ヒトと近縁な霊長類2種で心的現象が得られるか改めて検討した。動物が心的回転を行わないのは、回転された図形を1次元の刺激と捉えるの

ではなく、それぞれ別の刺激であり、成立した図形と回転した図形の象徴見本合わせを行っている可能性も考えられる。

そこで、まずさまざまな角度のアルファベットを正刺激、その鏡映文字を負刺激とした弁別学習を行わせ、異なる角度の刺激を1つの正刺激のカテゴリとさせることで、刺激に連続性を持たせた後に、見本合わせを用いた心的課題を行うことで、象徴見本合わせを行う可能性を極力排除することを目的とした。

(2) チンパンジーの研究

チンパンジーの心的回転に関する研究では、被験体が幼児期から長期の認知課題遂行の訓練を受けていた。本研究では、10歳を過ぎてから認知課題に取り組み始めた様々な年齢のチンパンジーで、心的回転にかかわる色・形の弁別能力やはめ板/指さしによる選択といった物の対象操作におけるイメージ操作能力についても課題遂行能力を調べることとした。心的回転に経験や年齢が及ぼす影響といったこれまでにない視点から検討することを目的とした。

(3) ヒト以外の身体では心的回転のピークは移動するか？

これまでに身体を刺激とした心的回転の実験では、基本的にヒトの身体パーツを用いていた。たとえば、ロボットやヒトに酷似したヒューマノイド、あるいはヒトとよく似た形をしている霊長類の手についても、自分の身体稼働域の制限にあわせて反応時間のピークの位置がずれるのかを検討する必要がある。そこで、ヒトの手、サルの手、手袋を用いて心的回転を検討することを目的とした。

(4) 二言語併用者による仮名の文字認識

二言語併用者(バイリンガル)の習得した外国語認識についての研究は数多く行われて来た。しかし、意味の認識過程を調べることが目的であるので、単語認知か文章理解の研究しか行われておらず、そもそも単純な文字(アルファベットや仮名)をどのように認識しているかを調べた研究は行われてこなかった。第二言語といえども、習得した言語であれば文字そのものを認識することは非常にたやすいからである。しかし、習得した言語の文字の表象は母語の文字に比べて弱い可能性がある。とくに日本語は、漢字という意味をもった文字と、仮名という音韻情報だけを扱う文字の両方が混在するという特徴があることに加え、仮名という日本語独自の

文字を有している。そのため、日本語学習者には欧州圏の人が他言語を学習する際には生じない新たな文字を習熟するという必要が生じる。そのため、日本語習得者の文字認識を調べる必要がある。そこで、心的回転課題を用いることで、文字認識に負荷をかけ、全体的に認識が困難となる状況を利用し、漢字をすでに習得しており、かつ日本語能力の高い中国人を日本人と比較することで、仮名と漢字の認識過程を、行動と脳波の2つの指標で調べることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) サルの心的回転実験

ニホンザル数頭を対象に、0度、45度、90度、135度、180度に傾いた文字(RとF)を正規の方向か鏡映にして提示した。サルによって、角度に関わらずいっぽうを選べば正答とした。5個体ではじめた実験であるが、途中で1個体が死亡し、その原因が出欠症と疑われたため、実験の実施が2ヶ月程度停止となった。そのため、研究期間を延長することにした。数ヶ月の訓練を経て、4頭がこれらの同時弁別課題を習得した。続いて、見本合わせ課題を行った。先の角度の見本刺激が提示され、正立した正規方向と鏡映方向の文字2つが同時に提示され、見本合わせと対応した文字を選ぶと正答とした。この手続きで、3日以上続けて85%以上の正答を示した個体の正反応の反応時間を分析対象とした。この結果、2個体が基準に達し分析対象となった。

(2) チンパンジーの同時弁別/対象操作実験

課題遂行経験のないチンパンジーで、ジョイスティックを用いたコンピューター課題および対面場面におけるはめ板課題を計20個体(12~39歳)に実施した。コンピューター課題では、刺激によらず定型的な反応に終始する傾向が強かった。そのため5個体(19~39歳)を対象にタッチパネルを利用した色と図形の同時弁別課題を訓練した。訓練に長期間を要したため、3日以上続けて90%以上の正答を示した個体について形の文字(RとF)を正規の方向か鏡映にして提示した。

また対象を操作する場面として、はめ板課題と指さし3選択課題を実施した。はめ板課題では、円形と四角形をはめる訓練を実施したのち、左右を反転してテストを実施した。指さし選択課題では、2選択で訓練した後、3選択でテストした。3

つの容器を提示し、いずれか1つへチンパンジーに見えるようにしながら食物を容器の下に隠した。隠す場所を変更して、チンパンジーが正しい場所を指さすことができるかテストした。

(3) 身体刺激を用いたヒトの心的回転実験

ヒトの手、サルの手、文字を刺激とした心的回転の実験を行った。さらに、ヒトの手、手袋、文字を刺激とした心的回転の実験も追加した。これらの実験により「サルの手をヒトの手のように認識した」現象が、刺激が自分の左右の手のいずれであるかを判断させたことによるのか、あるいはサルの手がヒトの手と類似した形状によるためなのかを健闘した。

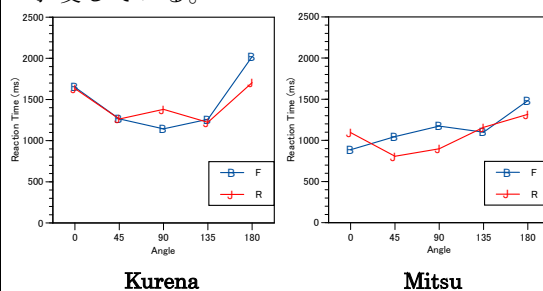
(4) ヒトの心的回転実験：行動と脳波実験

日本人と日本語能力が1級の中国人留学生を対象に、平仮名と漢字の心的回転を行動および脳波を用いて検討した。中国人はすでに漢字を習得しているため、日本人と同等の理解を示すが、仮名は、日本人ほど強い表象をもたないと予想した。

4. 研究成果

1) サルの実験：

サルで心的回転の実験を実施した結果、1個体が心的回転とみなせる回転角度にあわせた直線的な反応時間の増加を示した。しかし、もう1個体は90度の反応時間がもっとも早く、0度と180度の反応時間が遅いというU字型のパターンを示した。これら2個体の個体差の原因は不明であるが、少なくとも1個体が反応時間で直線的なパターンを示したことは、訓練の仕方によってはヒト以外の霊長類も心的回転現象をしめすことを示唆している。



2) チンパンジー実験：

色と図形の同時弁別課題では、正答率は年齢が上がるにつれて90.5%から58.5%へと減少する結果を得た。2個体を対象とした形の文字(RとF)の弁別課題では、両個体とも鏡像弁別課題を習得したが、補助試行を必要

とした。R とその鏡像を弁別することは困難で、全課題で共通の負刺激 (S) を訓練することで初めて R とその鏡像を 90% 以上の正答率で弁別することができた。F とその鏡像の弁別課題は 1 個体は補助なく習得したが、別の 1 個体が課題を習得するのに負刺激 S の補助を必要とした。

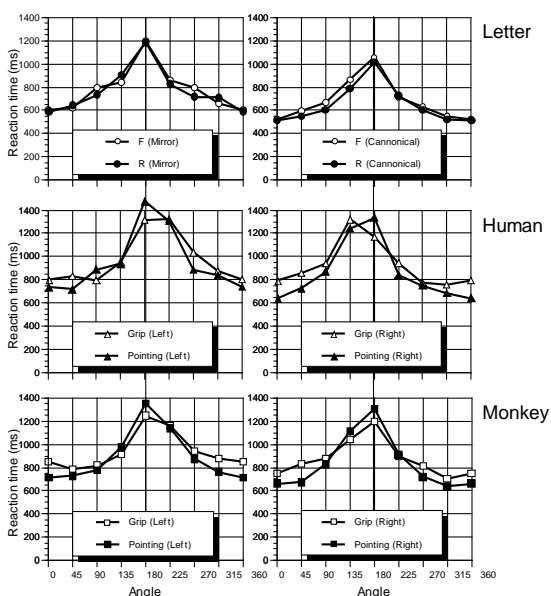
はめ板選択課題では、左右が変わるだけで調整が困難になり正答率が著しく低下した。指さし 3 選択課題では 13 個体の内、ほとんどの個体が食物の位置を正しく答えることができたが、2 個体は選択できなかった。



チンパンジーでは初期経験が認知課題遂行に影響を与えることが分かっており、一連の訓練において経験や年齢による影響が示唆された。

3) ヒトの実験：身体刺激を用いた研究

36 名のヒトを対象に、ヒトの手、サルの手、文字に対する心的回転の研究を実施した。その結果、従来の研究の通り、文字では 180 度を頂点とした反応速度の遅延が見られ、ヒトの手に対しては、実際の稼動範囲の制限に合わせて反応速度の頂点が移動することが確認された。また、サルの手に対しても、ヒトの手ほどではないが、反応速度の非対称性が確認された。すなわち、サルの手であっても、ヒトが判断する際には、自分の手であ



るかのようにして表象を操作することが示唆された。

しかし、手袋を刺激とした別の実験で、サルの手と同じようにピークは 180 度から移動しないが反応速度の非対称性が観察されたことから、ヒトの手ほどではないが、ヒトの手を連想させるサルの手や手袋も「手のイメージを回転」させたときと同じような効果が得られることがわかった。

4) ヒトの実験：身体刺激を用いた研究

日本人と日本語を習得した中国人で、仮名と漢字の心的回転現象を比較したところ、日本人は漢字よりも平仮名のほうが早く認識できたのに対し、中国人は平仮名の認識のほうが遅かった。

心的回転を敏感に反映するとされる頭頂中心部で、脳波を測定したところ、日本人と中国人はとも回転角度に合わせて脳波の振幅が大きくなった。しかし、日本人のほうが回転に対応した波形の出現が早く、日本人のほうが回転した文字を早く認識していることが示された。これは、漢字・平仮名の両方がランダムに提示される状況において、日本人のほうがそれらの文字に対する親近性が高かったこと、あるいは中国人の平仮名に対する認識の遅さを反映していると考えられる。

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 13 件)

- ① Shibasaki, M., & Kawai, N. (2011). A reversed work-ethic effect: Monkeys avoid stimuli associated with high-effort. *Japanese Psychological Research*, 53, 77-85, 査読あり.
- ② Morimura, N., Idani, G., & Matsuzawa, T. (2011). The first chimpanzee sanctuary in Japan: an attempt to care for the "surplus" of biomedical research. *American Journal of Primatology*, 73(3), 226-232, 査読あり.
- ③ Kawai, N. (2010). Toward a new study on associative learning in human fetuses: Fetal associative learning in primates. *Infant and Child Development*, 19, 55-59, 査読あり.
- ④ Morimura, N., Mori, Y. (2010).

- Effects of early rearing conditions on problem-solving skill in captive male chimpanzees (*Pan troglodytes*). *American Journal of Primatology* 72(7), 626-633, 査読あり.
- ⑤ Hirata, S., Morimura, N., & Houki, C. (2009). How to crack nuts: acquisition process in captive chimpanzees (*Pan troglodytes*) observing a model. *Animal Cognition*, 12, Supplement 1, 87-101, 査読あり.
- ⑥ Shibasaki, M., & Kawai, N. (2009). Rapid detection of snakes by Japanese monkeys (*Macaca fuscata*): An evolutionarily predisposed visual system. *Journal of Comparative Psychology*, 123(2), 131-135, 査読あり.
- ⑦ 柴崎全弘・川合伸幸(2008). 反応コスト及び時間が刺激の選好に及ぼす効果, 心理学研究, 79(3), 241-249, 査読あり.
- ⑧ 川合伸幸・久保(川合)南海子(2008). ヒトと動物の回顧的推論について, 認知科学, 15(3), 378-391, 査読あり.
- ⑨ Kawai, N. (2008). Crossmodal spatial attention shift produced by centrally presented gaze cues. *Japanese Psychological Research*, 50(2), 100-103, 査読あり.
- ⑩ 森村成樹・平田聡・倉島治・落合知美(2008). 国内飼育下チンパンジーの個体群管理と動物福祉, 霊長類研究, 24, 17-24, 査読あり.
- ⑪ 川合伸幸 (2007). 顔認識の熟達化に関する最近の研究の紹介, 認知科学, 14(2), 217-222, 査読なし.
- ⑫ Kubo-Kawai, N., & Kawai, N. (2007). Interference effects by spatial proximity and age-related declines in spatial memory by Japanese monkeys (*Macaca fuscata*): Deficits in the combined use of multiple spatial cues. *Journal of Comparative Psychology*, 121, 189-197, 査読あり.
- ⑬ Morimura, N. (2007). Note on effects of a daylong feeding enrichment program for chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Applied Animal Behaviour Science*, 10(6), 178 - 183, 査読あり.

[学会発表] (計5件)

- ① 森村成樹, 出生由来が大人雄チンパンジーの問題解決行動に及ぼす影響, 日本応用動物行動学会, 2009年3月28日, 神奈川県藤沢市(日本大学)
- ② 柴崎全弘・川合伸幸, ニホンザルにおける恐怖関連刺激の視覚探索2: グレー・スケール写真を用いた検討, 日本動物心理学会第68回大会, 2008年9月14日, 茨城県(常磐大学)
- ③ 川合伸幸・森村成樹・久保(川合)南海子, サルの手を自分の手のように知覚するか?: ヒトおよびサルの手の心的回転, 日本認知科学学会第25回大会, 2008年9月7日, 京都府(同志社大学)
- ④ Shibasaki, M. & Kawai, N. Quick detection of snakes by humans and Japanese monkeys: An evolutionary predisposed visual system. *Proceedings of Symposium of Comparative Cognitive Science 2008*, May 18th, Kyoto. Shiran-Kaikan
- ⑤ 柴崎全弘・川合伸幸, 恐怖関連刺激の視覚探索—ヘビ・クモははやく発見される—, 日本心理学会第71回大会, 2007年9月18日, 東京都(東洋大学)

[図書] (計4件)

- ① 川合伸幸 (2010). 大修館, 『「学び」の認知科学事典』佐伯胖(監修)・渡部信一(編), 「動物の学び」, Pp. 368-386.
- ② 川合伸幸 (2009). 共立出版, 『動物は何を考えているのか?: 学習と記憶の比較生物学』曾我部正博編, 第13章「知性の進化—学習と記憶の起源と進化」, Pp. 123-139.
- ③ 川合伸幸 (2008). 新曜社, 『キーワードコレクション 心理学フロンティア』子安増生・二宮克美編, 「比較認知科学」 「言語進化」, Pp. 34-37, 38-41.
- ④ 川合伸幸 (2007). 培風館, 『新版 現代心理学 Today's Psychology』八田武志編, 第5・7章, Pp. 48-64, 105-108.

[その他]

ホームページ等
<http://www.cog.human.nagoya-u.ac.jp/~kawai/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川合 伸幸 (KAWAI NOBUYUKI)
名古屋大学・情報科学研究科・准教授
研究者番号：30335062

(2) 研究分担者

森村 成樹 (MORIMURA NARUKI)
京都大学・野生動物研究センター・助教
研究者番号：90396226

(3) 連携研究者

()

研究者番号：