

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月15日現在

機関番号：32612

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700277

研究課題名（和文）再結合般化を支えるメカニズムの基礎的研究

研究課題名（英文）Experimental studies on the mechanisms of recombinative generalization

研究代表者

山崎 由美子（YAMAZAKI YUMIKO）

慶應義塾大学・社会学研究科・准教授

研究者番号：20399447

研究成果の概要（和文）：ヒトの言語運用にとって重要な機能である再結合般化の基礎的・段階的なメカニズムについて、実験的に検討した。弁別訓練と逆転学習を組み合わせた実験により、コモンマモセットにおいて、単語の組み合わせや文章構成の前提能力となる単一・複合要素の弁別が可能であること、その弁別は組み合わせたことのない要素へ般化すること、が示された。この知見を活用することにより、言語運用に困難がある場合や、損傷を受けた場合の習得法開発が期待できる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to clarify the underlying mechanisms for recombinative generalization which is one of the important functions to expand linguistic abilities in humans. The results indicated that the common marmosets were capable of discrimination of single and compound stimuli. Additionally, they were able to generalize to stimuli with novel combinations of the learned elements, which were thought to be prerequisites for flexible use of words and sentences. The obtained results could be used to develop the training methods to acquire the linguistic ability in individuals with language deficiencies.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

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：般化・推論・問題解決・比較認知神経科学

## 1. 研究開始当初の背景

（1）教えられたこと、訓練されたことを様々な場面に適用することは、一般に「応用」とよばれ、心理学では般化や転移と呼ばれてきた。通常、これらの現象は光の波長、音の周波数など、同じ次元軸上の複数の刺激間に生じるものであるが、異なる次元軸をまたい

で生じる般化（転移）がある。これは再結合般化 recombinative generalization と呼ばれる。例えば「赤いボール」と「青い帽子」を学んだ後、「赤い帽子」と「青いボール」が理解できることを指す。ヒトにおいては、再結合般化による異次元軸上の要素間の新たな組み合わせを、訓練なしに生み出すことが

できることが示されており、その代表例は言語使用の拡大に見られる。一方、ヒト以外の動物では、ヒトと同じような枠組みを使って再結合般化が確認された例はない。

(2)再結合般化という現象が言語獲得に大変重要な機能であることは明白であり、おもに言語訓練の文脈で多くが研究されてきている。しかし、再結合般化がマトリクスレーニングやそれに準じた手続きで見られたとしても、なぜこのような抽象的な操作が即座に別の要素に対しても適用されるのかは明らかではなかった。また、ヒト以外の動物で再結合般化を示した被験体は、その実験までかなりの量の類似した訓練を受けており、彼らがどのような認知的操作を基盤として成功したのかはわからなかった。

## 2. 研究の目的

本研究は、獲得したルールを新しい事例に適用する「応用」の基礎課程としての「再結合般化」という現象の基礎過程について実験的検証を行うことを目的とした。コモンマーモセットを対象とし、ヒトでは検出の難しい段階的な般化過程を詳細に分析し、般化の要件、及び般化に基づいた新たな学習の可能性を検証し、再結合般化の背後にあるメカニズムを明らかにすることを目的にした。

## 3. 研究の方法

再結合般化とは、「赤いボール」や「青い帽子」を言えるように学んだ後、形容詞と名詞を新たに組み合わせ、「赤い帽子」や「青いボール」と言えるようになることを指す。その前提として、これらの複合要素が個々の要素に分解可能であることを理解できなければならない。そこで、本研究では、単純な刺激弁別から、複合要素からなる刺激の弁別訓練を行い、複合刺激を構成する要素を必要に応じて分解、あるいは組み合わせることができるように訓練を行った。刺激要素として3要素(大きい/小さい、黒色/灰色、 / )が含まれた視覚刺激を作成した。弁別に必要な刺激次元は「大きさ」「色(明暗)」あるいは「形」であるが、複合刺激の中では、現在どちらの特徴が関連あるかは反応した結果からしか明らかにならなかった。まず、第一段階では、動物が刺激の中の大きさという次元に注意し、これを弁別し、かつ、別の刺激次元へと般化させることができるかどうかをテストした。次に第二段階では、訓練例を二つに増やした。訓練例の一方は第一段階の訓練と同じ刺激、もう一つはこの刺激と二要素については共通で、残りの一要素のみ異なるものを使った。このようにして、動物が個々の要素を弁別しつつ、関連するときには二つ以上の刺激特徴を複合して手がかりと

して使うということができかどうかを検討した。

## 4. 研究成果

初年度は、マーモセットにおいてタッチモニタを用いた装置を開発し、これへの反応を形成させ、逆転学習のプロトコルの確立を行った。装置への馴化後、被験体がモニタ上の視覚刺激に対して接触反応を行うようにシェイピングが行われた。その後、試行のスタート反応を行うと、円あるいは四角形で大きさの異なる2つの刺激が同時に提示され、一方の刺激への反応が強化され、もう一方への反応は強化されないという手続きで、正答率が90%以上となるまで訓練された。この基準を満たすと、次のセッションから正解となる刺激が逆転し、再び基準を満たすまで訓練が行われた。この逆転を繰り返すうちに、被験体は強化に関連する大きさの視覚刺激へと反応をシフトさせ、急速に正答率を上昇させることが示された(図1)。

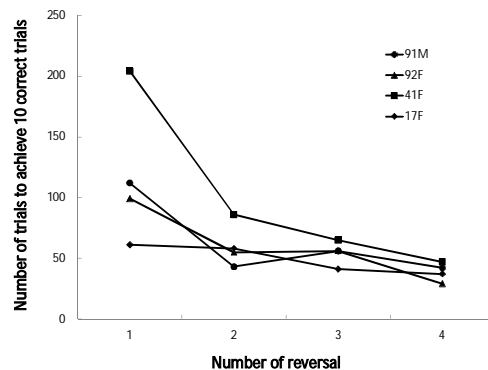


図1. 随伴性逆転後、10 試行正答するまでの合計試行回数。

テストでは、訓練で未使用の大きさの刺激が提示され、反応が訓練刺激の特定の大きさに制御されていたか、あるいは刺激対の相対的な大きさ(より大きい、より小さい)に制御されていたかが調べられた。その結果、被験体は相対的な大きさに従って反応していたことが示された。これにより、適切な訓練を行うことにより、コモンマーモセットは訓練で獲得された刺激の絶対的刺激次元のみならず、刺激の組み合わせに依存した特徴を抽出することが可能であることが証明された。これにより、刺激から構成要素を抽出させる再結合般化の検証にこの動物種を使用する妥当性が示された。

次年度は、2種の図形と2種の大きさを組み合わせ4刺激を作成し、その中の1対の刺激を用いて同時弁別訓練を行った。一方を強化刺激、他方を非強化刺激として高い正答率を示すまで訓練した後、両者の随伴性を繰り返し逆転させる訓練、逆転学習を行った。

この逆転学習への順応が速やかになった後、弁別刺激としての機能を獲得したのはどの刺激であったかをテストした。その結果、図形、大きさのどちらを制御刺激とするかには個体間で異なっていた。次に、複合刺激が複数の要素に分解可能なことを理解させる訓練を開始した。要素を大きさ、色、形の3次元が含まれた視覚刺激の可能な組み合わせを作り、そのうちの一部のみを用い、2対×2セット、合計4種類の刺激を用いて同時弁別訓練を行い、残りの刺激はテスト刺激として訓練せずに残しておいた。訓練習得後、テスト刺激への般化を検討した結果、組み合わせを変えて訓練することにより、はじめの弁別訓練時よりも多くの組み合わせ刺激への般化が示された。

これらの結果から、コモンマーモセットにおいて、段階的な弁別訓練を施すことにより、複合刺激の個別的制御と異次元刺激への般化という、再結合般化に必要な基礎的能力が示されることがわかった。本研究では、ヒト以外の動物の中でもマーモセットという霊長類を用いたため、げっ歯類などを用いた場合より、より直接的に確立された方法論をヒトへと応用することが期待できる。本研究で明らかになった再結合般化の基礎的・段階的メカニズムは、発達障害者/児の初歩的な言語機能獲得への応用のみならず、脳損傷や脳血管疾患などにより失われた認知機能の再獲得のための認知リハビリテーションプロトコルの開発においても有用と考えられる。

#### 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3件)

Yamazaki, Y., Echigo, C., Saiki, M., Inada, M., Watanabe, S., & Iriki, A. (2011). Tool-use learning by common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Experimental Brain Research*, 213, 63-71. 査読有

DOI: 10.1007/s00221-011-2778-9

Yamazaki, Y., Iriki, A., & Watanabe, S. (2011). Modulation of physical understanding by common marmosets (*Callithrix jacchus*). *Animal Cognition*, 14, 175-186. 査読有

DOI: 10.1007/s10071-010-0351-8

Ogawa, A., Yamazaki, Y., Ueno, K., Cheng, K., & Iriki, A. (2010). Inferential reasoning by exclusion recruits parietal and prefrontal cortices. *Neuroimage*, 52, 1603-1610. 査読有

<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimag>

e.2010.05.040

##### [学会発表](計5件)

山崎由美子, 齊木正門, 稲田正幸, 渡辺茂, 入来篤史 (2011). コモンマーモセット (*Callithrix jacchus*)による逆転学習と般化. 第34回日本神経科学大会 (横浜, 9月17日).

Yamazaki, Y., Watanabe, S., & Iriki, A. (2011). Common marmosets as an animal model of researches on biological foundations of human cognition. 2011 Annual meeting of Korean Association for Laboratory Animal Science (Muju, Korea, August 24-26).

Yamazaki, Y., Echigo, C., Saiki, M., Watanabe, S., & Iriki, A. (2010). Tool-use learning through a step-by-step protocol by common marmosets. Neuroscience 2010 (San Diego, USA, November 13-19).

山崎由美子, 越後千恵子, 齊木正門, 渡辺茂, 入来篤史 (2010). コモンマーモセット (*Callithrix jacchus*)による道具使用行動の獲得. 第33回日本神経科学大会 (神戸, 9月24日).

山崎由美子, 越後千恵子, 齊木正門, 稲田正幸, 渡辺茂, 入来篤史 (2010). コモンマーモセット (*Callithrix jacchus*)による道具使用行動の獲得と道具機能の理解. 日本動物心理学会第70回大会 (帝京大学, 東京, 8月27-29日).

##### [図書](計2件)

Iriki, A., Yamazaki, Y., & Sakura, O. (2010) Evolution of an intellectual mind in the primate brain. In M.L. Platt & A.A. Ghazanfar (Eds.), *Primate Neuroethology* (Chapter 30. pp. 615-631). NY: Oxford University Press.

山崎由美子 (2010). 刺激等価性が示すヒト認知機能の謎と可能性. 行動分析学研究アンソロジー (pp. 14-15). 東京, 星和書店.

##### [産業財産権]

出願状況 (計 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況 (計 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

山崎 由美子 (YAMAZAKI YUMIKO)  
慶應義塾大学・社会学研究科・准教授  
研究者番号：20399447

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：