

平成23年 5月 31日現在

機関番号： 82401
 研究種目： 基盤研究(B)
 研究期間： 2008～2010
 課題番号： 20300096
 研究課題名（和文）
 音列文脈相互分節化仮説の実験的検証
 研究課題名（英文） Experimental studies in the string-context mutual segmentation hypothesis of language emergence
 研究代表者
 岡ノ谷 一夫 (OKANOYA KAZUO)
 独立行政法人理化学研究所・生物言語研究チーム・チームリーダー
 研究者番号： 30211121

研究成果の概要（和文）：

本研究は、連続的な音の流れを規則にもとづいて切り分ける能力と、連続的な行動文脈(状況)を規則にもとづいて切り分ける能力とが相互に影響しあうことで、漠然とした状況がしだいに明瞭になり部分音列によりラベルづけされるという言語の起源を扱う相互分節化仮説に実験的検証を加えようとしたものである。音列の分節化と文脈の分節化について個別の研究を進め、海馬と前頭前野が文脈の、基底核と前頭前野が音列の分節化に関わるとの結果を得たが、相互分節化過程の解明には至らなかった。今後さらなる研究の展開が必要とされる。

研究成果の概要（英文）：

In this project we tried to give experimental supports for the string-context mutual segmentation hypothesis. This hypothesis assumes the ability to segment ongoing auditory stream and the ability to segment ongoing behavioural contexts would mutually influence each other to support the emergence of proto-language. We advanced independent experiments on the two processes and found that the string segmentation involves basal ganglia and prefrontal cortex while the context segmentation is dependent on hippocampus and prefrontal cortex. However, we were not able to clarify the mechanisms of mutual segmentation process. Further research is needed to clarify the process of mutual segmentation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	6,500,000	1,950,000	8,450,000
2009年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2010年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
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：大脳基底核、海馬、前頭前野、コミュニケーション、規則学習

1. 研究開始当初の背景

言語を可能にする下位機能として分節化に着目し、状況と音列が相互に分節化しあうことで、意味をもった<単語>が派生するという考えかたは、本研究ではじめて実験的な検討をうけることになる。このようなシナリオを描くことで、言語起源の生物学的研究として(a)音列の分節化能力、(b)状況の分節化能力、(c)音列と状況の相互分節化過程を研究対象とすることで、言語の生物学的基盤についてヒト以外の実験動物を用いて研究を進めてゆくことが可能になる。

ここでは、音列の分節化能力を解明するためのモデル動物として、歌を分節化して学習する鳴禽類であるジュウシマツを使う。また、状況の分節化に関わる脳過程を解明するためのモデル動物として、齧歯類の一種、デグーを使う。デグーは、視聴覚と嗅覚を均等に使うコミュニケーションを行い、複雑な社会生活を営むという点で、こうした研究に最適である。また、実験動物を用いた研究に加え、ヒトを対象とした心理生理実験を行い、動物で得られたデータを総合するための方向性を導く。

研究計画を提出した時点で、当研究室では、ヒトの音列分節化にともなう事象関連電位について若干の知見があった。また、ジュウシマツのオスヒナが複数の成鳥から歌の部分学ぶことについて定性的なデータを得つつあった。これらの発見を土台として、本研究が立案された。

2. 研究の目的

言語はヒト固有の認定機能だが、言語を可能にする下位の機能のいくつかは、ヒト以外の動物にもあるはずだ。これらの機能のうち、言語の獲得に本質的であり、かつ、生物学的な基盤について仮説を立てやすいものに、分節化能力がある。ここでは、分節化能力を「連続刺激や連続状況をなんらかの手がかりにもとづき細分しカテゴリー化する能力」と定義しておこう。すると、分節化された音列と状況との対応を学習することが、言語獲得の重要な部分となる。

本研究の目的は、実験動物を対象に音列と状況の分節化に対応する脳機構を探り、それらに対応する活動をヒトの脳の非侵襲的計測により発見すること、さらに、状況と音列が相互分節化され、部分音列が特定の意味を持つようになる過程、すなわち<単語>の生成過程に関わる脳機構を探ることにある。

音列と状況それぞれの分節化過程およびそれらの相互作用でどのような現象が起き、またそれがどのような脳機構によるのかを理解することで、言語の生物学的機嫌にせまることができると期待する。

3. 研究の方法

ヒトを対象とした音列分節化の研究

統計的分節化：統計的な性質を持った音列を被験者に聞かせ、その音列の心理学的な分節化の進行状況とその際の脳活動（機能的MRIで測定）との対応を測定する。

規則学習：3つの音節からなり単純な規則（A B BかA B A）を具現する音列を作成し、これを聞いている被験者の脳波を測定する。刺激自体は毎回変わるが、刺激音列が作る規則はA A BかA B Aである。A A Bに馴化した被験者にA B Aを聞かしたり、その反対を聞かしたりして、最後の音に対する事象関連電位を測定する。この結果と、心理実験による弁別テストの結果を対応させる。

鳥類を対象とした音列分節化と規則学習の研究

音列分節化：ジュウシマツのオスヒナは同種オスから歌を学習する。この際、複数の成鳥オスが周りにいることで、これらの歌を少しずつ学習することがわかっている。この現象を用い、歌の統計的性質とヒナが学んだ歌の分節化の様式を対応させて分析する。

規則学習：ジュウシマツの歌を構成する要素からA A BやA B A規則を作り、これらの弁別訓練を行う。ひとつの刺激対が学習できたら次の刺激対へと訓練を進め、訓練時間が短くなるか（学習セットを形成するかどうか）を検討する。

齧歯類を対象とした状況分節化の研究

デグーは社会性の高い齧歯類である。後ろ足で立ち上がり、前足で互いをつつきあうボクシングのような遊びを行い、毛繕いに対しては毛繕いで応えることが多い。このような、遊びの状況や毛繕いの状況が他の状況と間違えられることはない。デグーの海馬を損傷し、このような社会的な行動がどう変容するのかを検討する。

4. 研究成果

ヒトを対象とした音列分節化の研究

統計的分節化：初期には音列の統計的性質に被験者は気がつかない。このため、音列の分節化に試行錯誤をしていると考えられる。これを反映して、大脳基底核と前帯状皮質の活動が強い。音列の分節化が進んでくると、試行錯誤ではなく音の組み合わせの学習が進んでくるであろう。これを

反映して、運動前野やブロカ野などの活動が増加し、大脳基底核の活動が減少してくる。

規則学習：AABとABAという非常に単純な規則の学習であるが、提示ごとに実際の刺激の組み合わせが変化するので、被験者には難しい課題のようであった。正答率は60%程度であった。馴化した規則とは異なる規則の刺激が与えられた際には、前頭部に400ミリ秒潜時の陰性電位が観察された。この電位の発生機序を理解することで、規則学習について示唆を得ることができよう。

鳥類を対象とした音列分節化と規則学習の研究

音列分節化：ヒナたちは1-4羽の成鳥から歌の分節を学び、分節の切れ目はもとの歌の統計的遷移確率および無音区間の長さに対応を持つことがわかった。

規則学習：ジュウシマツはAABとABBの刺激対を学習することができたが、学習には毎回20セッション前後（1セッション100試行）が必要であった。実験のデザインから、ジュウシマツが音列の規則ではなく音刺激の音響的な特徴に注意を払った可能性が高く、これを調べるプローブ試行を行ったところ、まさにそのとおりであった。

齧歯類を対象とした状況分節化の研究

海馬損傷を受けたデグーは、親和的行動文脈でも攻撃的な応答をすることが多かった。海馬は一般に空間認知と関連するが、この研究により海馬のコミュニケーション機能が明白となった。

まとめと反省

音列と状況の相互分節化を直接に問う研究計画であったが、実際には音列分節化と状況分節化を分離して進めることとなった。相互作用を議論するために個々の分節化過程を掌握する必要があると考えたためである。単純なデザインで相互作用を検討するような実験を組むことができなかったことが残念である。引き続きこの課題を検討し続けようとする。

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 11 件)

①Kudo, N., Nonaka, Y., Mizuno, N., Mizuno, K., & Okanoya, K. (2011 inpress). On-line statistical segmentation of a non-speech auditory stream in neonates as demonstrated by event-related brain potentials. *Developmental Science*. 査読有

②Kikusui, T., Nakanishi, K., Nakagawa, R., Nagasawa, M., Mogi, K., & Okanoya, K.

(2011). Cross fostering experiments suggest that mice songs are innate. *PLoS One*, 6(3), e17721. 査読有

③Berwick, R. C., Okanoya, K., Beckers, G. J. L., & Bolhuis, J. J. (2011). Songs to syntax: the linguistics of birdsong. *Trends in Cognitive Sciences*, 15, 113-121. 査読有

④Uekita, T. & Okanoya, K. (2011). "Hippocampus lesions induced deficits in social and spatial recognition in *Octodon degus*." *Behavioural Brain Research*, 219, 302-309. 査読有

⑤Bolhuis, J. J., Okanoya, K., & Scharff, C. (2010). Twitter evolution: converging mechanisms in birdsong and human speech. *Nature Reviews Neuroscience*, 11, 747-759. 査読有

⑥Kato, Y., Kato, M., Hasegawa, T., & Okanoya, K. (2010). Song memory in female birds: neuronal activation suggests phonological coding. *Neuroreport*, 21, 404-409. 査読有

⑦Suge, R., & Okanoya, K. (2010). Perceptual chunking in the self-produced songs of Bengalese finches (*Lonchura striata* var. *domestica*) *Animal Cognition*, 13, 515-523. 査読有

⑧Takahasi, M., Yamada, H., & Okanoya, K. (2010). Statistical and prosodic cues for song segmentation learning by Bengalese Finches (*Lonchura striata* var. *domestica*). *Ethology*, 116, 481-489. 査読有

⑨Abla, D., & Okanoya, K. (2009). Visual statistical learning of shape sequences: An ERP study. *Neuroscience Research*, 64, 185-190. 査読有

⑩Kakishita, Y., Sasahara, K., Nishino, T., Takahasi, M., & Okanoya, K. (2009). Ethological data mining: an automata-based approach to extract behavioral units and rules. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 18, 446-471. 査読有

⑪Morisaka, T., Katahira, K., & Okanoya, K. (2009). Cognitive tactics of Bengalese finch (*Lonchura striata* var. *domestica*) for song discrimination in a go/no-go operant task. *Journal of Ethology*, 27, 11-18. 査読有

[学会発表] (計 13 件)

①Okanoya, K. (2011). Biological pre-adaptations for language emergence: a view from songbirds]、Global COE International Symposium: Future Trends in the Biology of Language、2011/3/9-10.

②Kato, Y., Kato, M., & Okanoya, K. (2010). Auditory processing of the element orders in self-produced songs by male Bengalese finches. Paper presented at the 第33回日本神経科学大会 (Neuro 2010)、2010/9/2-4.

③Abla, D., Asamizuya, T., Ueno, K.-i., Suzuki, C., Sun, P., Cheng, K. & Okanoya, K. (2010). Online Statistical Learning in the Cortico-Basal ganglia Network. Paper presented at the 16th Annual Meeting of Organization for Human Brain Mapping (HBM2010)、2010/6/6-10.

④ Okanoya, K. (2010). Behavioral factors

governing song complexity in Bengalese finches」、15th Biennial Meeting International Society for Comparative Psychology (ISCP2010)、2010/5/19-21.

⑤ Okanoya, K. (2010). String and context mutual segmentation as a biological basis for language emergence」、Workshop on "Birdsong and the evolution of speech", 8th International conference on the Evolution of Language (Evolang8)、2010/4/15.

⑥ Okanoya, K. (2010). Biological pre-adaptations for language emergence: what birdsongs can and can not tell us」、The 8th International conference on the Evolution of Language (Evolang8)、2010/4/14-17.

⑦ Nonaka, Y., Aucouturier, J.-J., Katahira, K., & Okanoya, K. (2010). *Developmental differentiation in infant cry: private and universal features reflect protolinguistic properties*. Paper presented at the Workshop on "Birdsong and the evolution of speech", 8th International conference on the Evolution of Language (Evolang8)、2010/4/13.

⑧ Suzuki, K., Yamazaki, Y., Inada, M., Iriki, A., & Okanoya, K. (2009). Mechanisms for producing arbitrary sequences in Bengalese finches (*Lonchura striata* var. *domestica*). Paper presented at the 31st International Ethological Conference (IEC2009)、2009/8/19-8/24.

⑨ Uekita, T., & Okanoya, K. (2009). The role of hippocampus in social communication of Octodon degu. Paper presented at the 36th International Congress of Physiological Science (IUPS2009)、2009/8/1.

⑩ Abla, D., & Okanoya, K. (2009). Visual statistical learning of shape sequences: An ERP study. Paper presented at the 15th Annual Meeting of Organization for Human Brain Mapping (HBM2008)、2009/6/18-23.

⑪ Okanoya, K. (2009). Song complexity in Bengalese finches: sexual selection, domestication and brain plasticity」、Berlin Behavioural Biology symposium 2009 (BBBS2009)、2009/4/30.

⑫ Abla, D., & Okanoya, K. (2009). Neural process of statistical sequence learning: ERP and NIRS studies. Paper presented at the ESF-JSPS Frontier Science Conference Series for Young Researchers, "Social Cognitive Neuroscience"、2009/2/26-3/5.

⑬ Uekita, T., & Okanoya, K. (2009). Brain mechanism of social communication in Octodon degu. Paper presented at the ESF-JSPS Frontier Science Conference Series for Young Researchers, "Social Cognitive Neuroscience"、2009/2/26-3/5.

〔図書〕 (計 3 件)

① 岡ノ谷一夫. (2010). さえずり言語起源論：岩波書店.

② 岡ノ谷一夫, & 石森愛彦. (2010). 言葉はなぜ生まれたのか：文藝春秋.

③ 岡ノ谷一夫. (2009). 言語の起源と進化 II : 脳・神経科学の立場から. In 池内正幸 (Ed.), シリーズ朝倉 (言語の可能性) 3 言語と進化・変化 (pp. 73-94): 朝倉書店.

〔その他〕

ホームページ

東京大学総合文化研究科

<http://bio.c.u-tokyo.ac.jp/laboratories/okanoya.html>

科学技術振興機構岡ノ谷情動情報プロジェクト

<http://okanoya.jst.go.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡ノ谷 一夫 (OKANOYA KAZUO)

独立行政法人理化学研究所・生物言語研究チーム・チームリーダー 30211121

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

アブラ・デリシャット (Abla Dilshat)

独立行政法人理化学研究所・生物言語研究チーム
研究員 00391847

上北朋子 (Uekita Tomoko)

独立行政法人理化学研究所・生物言語研究チーム
研究員 90435628

高橋美樹 (Takahasi Miki)

独立行政法人理化学研究所・生物言語研究チーム
研究員 90415216

加藤陽子 (Kato Yoko)

独立行政法人理化学研究所・生物言語研究チーム
研究員