

研究課題別評価

1 研究課題名:

音声分節化のしくみと発達

2 研究者氏名: 岡ノ谷 一夫

ポスドク研究員: アブラ・デリシャット (研究期間 H.14.1 ~ H.16.3)

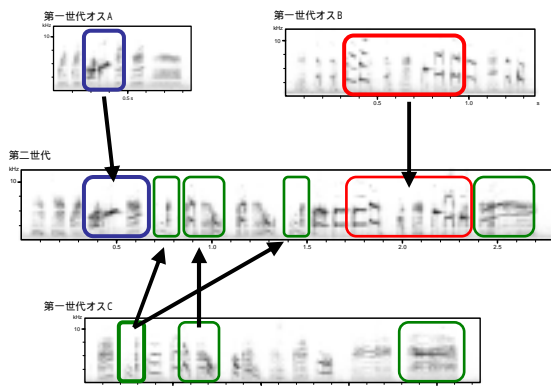
ホスドク研究員: 菅理 恵 (研究期間 H.14.1 ~ H.15.6)

3 研究の狙い:

言語は、音素から単語、単語から意味への2重の分節性を持つがゆえに極めて強力な思考とコミュニケーションの道具となった。言語の習得には、聴覚的に連続な刺激が分節化され、意味と対応を持つシンボルとなる必要がある。この過程はいかにして可能になるのだろうか。また、どのような神経機構が必要なのであろうか。時系列信号が分節化されるにあたり、2つの過程が考えられる。第1は入力信号自体の統計的性質にもとづき分節化が行われる過程、第2は入力情報にプロソディなどの補助的な分節化情報が付与され、それが助けとなり分節化が起こる過程である。補助的な分節化情報のひとつとして個体の内部状態をも含めれば、意味の獲得過程も第2の過程の一部であると考えられる。言語の分節化と意味の獲得は、この2つの過程の協調により成立するのであろう。本研究では、音声認識と産出における分節化を可能にする認知機構とその神経基盤について、成人・幼児を対象に、上記2つの過程を検出する実験を計画し、分節化過程で生ずる脳活動を計測する。平行して、コミュニケーション信号を分節化して学習する鳥類を対象に、ヒトで得られた脳活動に対応する神経活動を記録し、分節化に伴って生ずる神経回路の変化を解剖学的に解明する。また、ヒトと鳥の初期音声獲得過程を詳細に分析し、脳活動と音声信号の分節化の対応を調べる。以上のデータをもとに、時系列信号の分節化を可能にするモデルを構成して分節化の機構をシミュレートし、言語の生物学的基盤の理解をめざす。

4 研究成果:

A. トリにおける分節化の発達



大型のケージをつくり、10つがいのジュウシマツを継続飼育した。このような環境で育ったジュウシマツは、まわりの成鳥の歌を適宜切り貼りして、複雑な歌を構成することがわかった。ジュウシマツは歌学習の過程ですでにモデルとなる歌を分節化して知覚している証拠である。

B. トリにおける分節化に関連する脳過程

ジュウシマツの自己歌を編集し、10%周波数を上としたもの、10%長さを伸縮したものをつつて、これらをその歌をうたっていたトリ自身にきかせ、その際の大脳基底核の神経活動を記録した。10%周波数を低くした歌は、自己歌そのものより大きな反応を誘起した。この結果は、10%低くなった自己歌は、自己歌として認識されながら同時に誤差信号も誘起していたと解釈できる。大脳基底核では自己歌の系列を予測し、誤差信号を産出しているという仮説に矛盾しないデータである。

C. ヒトにおける分節化に対応する脳電位

12半音より3つの音を選び、これをひとまとまりの「単語」とする。これらの「単語」をランダムにつなぎあわせると、メリハリのない無調音楽のようなものができあがる。これを聞かせながら脳波を記録すると、「単語」の切れ目に相当する部位で特異的な事象関連電位があらわれることがわかった。この電位は、セッションの初期にはほとんど出ず、また、学習が完了してしまうとほとんどでない。実時間での分節化獲得率に対応する電位であることがわかった。この電位は、頭頂FCzからもっとも強く記録された。FCzでの活動は、帯状皮質からの誤差信号を反映している可能性がある。そうだとすると、ヒトとトリで、系列誤差を同様なやり方でコードしていることが示唆される。これを確定するため、現在、多チャンネル記録データから電源推定を行っているところである。

さらに、音声分節化可能な刺激とそうでない刺激を聞いたときの差を、光トポグラフィ装置で測定した。結果、分節化可能刺激を聞いた後でのみ、左前頭部、プロカ野周辺と考えられる部位で酸化ヘモグロビン濃度が増加していた。このことから、単純な音の分節化であっても、大脳言語野が関連していることがわかった。

D. ヒト新生児における分節化の証拠

音声分節化は生後どのくらいで獲得されるのだろうか。これを知るため、新生児から1歳児に至る乳幼児の脳波をはかり、成人で得られたような分節化に対応する脳波が得られるかどうかを検討した。驚くべきことに、新生児ですでにこれに対応する脳波がみられ、分節化の能力は生得的であることが示された。

5 自己評価:

A. 研究計画

言語のもっとも大切な基盤となる能力を「分節化」と位置づけることで、言語の起源の生物学を開くことができた。この点は高く評価できる。鳥の歌学習過程がヒトの言語獲得過程と類似していることを積極的に利用し、音声分節化のしくみと発達について、ヒトと鳥類で比較研究するという戦略をとった。この戦略は極めて生産的であり、今後さらに発展した研究が可能である。

B. 研究結果

1) ヒト 音声分節化の実時間獲得過程を反映する脳波を特定することができた。学習率に対応する脳波はこれまで記述されることがなかった。わたしたちの研究がはじめてこれを記述したのである。また、ヒト新生児の脳波測定技術を確認し、音声分節化能力が生後すぐ発現していることを突き止めた。これも世界的にみても最初の発見である。しかしこれらの結果はどちらも論文発表まで至っていない。

2) トリ トリの歌の分節化は、大脳基底核と大脳皮質対応部位とのループ構造により可能になることを電気生理学的に示した。また、大脳基底核でコードされている系列予測誤差信号を記録することができた。これらは、トリの歌にとどまらず時系列行動制御の基礎的データとして重要である。これらを含み、論文は部分的には発表した。また数本準備中のものがある。これらを正式に発表することが必要である。

3) トリとヒトの比較

トリ、ヒトそれぞれでは興味深いデータを得ることができたが、ヒトにおける分節化仮定をトリをモデルとして深く解明する、という目的については、ようやく始まろうとする段階である。トリの条件づけ技術や電気生理学などは確立していたにも関わらず、具体的にその実験を担当する人材が得られなかったことが理由のひとつだが、実験計画の大切な部分が手つかずであったのは反省しなければならない。

4) 研究の展開

この研究の過程で、言語起源の生物学的研究について深く考える機会をもった。その一部は、岩波「科学」2004年7月号の座談会として結実した。また、2004年の進化学会においても、言語起源のシンポジウムを開催することができた。分節化というとりかかりやすいテーマをえらび、言語起源の生物学を本格的に始動することができたのは、この研究のもっともおおきな成果であるとする。

5) ポスドク研究員

今回のさきがけ研究がスタートするまで、私の研究室は「小鳥の研究室」であった。さきがけ研究で小鳥とヒトを比較するテーマを設定し、ヒトの脳波測定の特任者を雇用できたことで、私の研究室は小鳥の研究室から言語起源の研究室へと脱皮することができた。アイデアはあっても個人の力では技術習得がおよばない場合がある。さきがけ研究のポストドク制度によって、あらたな技術を導入しながら研究を展開できたのはたいへん有意義なことであった。

6 研究総括の見解:

言語はコミュニケーションにおける最も有効なツールであり、その進化的起源と発達の学習は極めて重要な研究課題である。本研究はこの課題に対して音声の分節化が言語の発現につながるという独創的な作業仮説を提唱して、トリの鳴き声の分節化課程の脳内メカニズムを生理学的に明らかにすると共にヒトの音声分節化獲得過程を脳波で検出するなど大きな成果を挙げた。今後、更にヒトとトリの分節化過程の比較研究が進めば進化的言語の起源の研究にさらに大きく貢献するものと考えられる。

7 主な論文等:

A. 論文

- [1] Yamada, H., & Okanoya, K. (2003). Song syntax changes in Bengalese finches singing in a helium atmosphere. *Neuroreport*, 14, 1725-1729.
- [2] Mizuta, T., Yamada, H., Lin, R. S., Yodogawa, Y., & Okanoya, K. (2003). Sexing White-rumped Munias in Taiwan, using morphology, DNA and distance calls. *Ornithological Science*, 2, 97-102.
- [3] Okanoya, K. (2004). The Bengalese finch: a window on the behavioral neurobiology of bird song syntax. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1016, 724-735.
- [4] Nakamura, K. Z. & Okanoya, K. (2004). Neural correlates of song complexity in Bengalese finch high vocal center. *NeuroReport*, 15, 1359-1363.
- [5] Okanoya, K. (2004). Song syntax in Bengalese finches: proximate and ultimate analyses. *Advances in the Study of Behaviour*, 34, 297-346.
- [6] Okanoya, K. (2004). Functional and Structural Pre-adaptations to Language: Insight from comparative cognitive science into the study of language origin. *Japanese Psychological Research*, 46, 207-215.

B. 出版物

- [1] 岡ノ谷一夫 (2003). 小鳥の歌からヒトの言葉へ 岩波科学ライブラリー

C. 招待講演

- [1] Sexual selection of syntactical behavior and the origin of language, *The Evolution of Brain, Cognition and Social intelligence*, Sponsored by Behavioural Biology, Utrecht University. (October, 2004)
- [2] Neuroecology of song complexity in Bengalese finches, *International Conference on Bird and Environment*, Gurukula Kangri University, India. (November, 2004)

- [3] Biolinguistics: a biological inquiry into the origin of language, KIT International Symposium on Brain and Language. (December, 2004)
- [4] 「人間と収斂する鳥の進化：社会・音楽・そして言葉へ」, 「脳・心と教育」研究会シンポジウム、学生会館講堂. (December, 2004)

他に論文16、口頭発表71、出版11