

生物言語研究チーム

Laboratory for Biolinguistics

チームリーダー 岡ノ谷一夫
OKANOYA, Kazuo

言語は生物界で唯一ヒトのみが獲得した能力である。しかし言語はまた、ヒトがヒト以外の生物と共有するさまざまな認知機能に立脚している。言語は独立した特異な能力ではなく、既存の能力の特異な結合の仕方によって成立する。あらたな音声パターンを獲得する能力である「音声学習」、記号を特定のルールにもとづいて配列する能力である「形式文法」と、記号と意味と対応させる能力である「シンボル表象」とが複雑な相互作用を経て言語は創発したと考えられる。当研究チームでは、小鳥の歌を形式文法のモデルとして、齧歯類のコミュニケーション音をシンボル表象のモデルとして、前適応説にもとづいた研究を展開している。これらの成果を、ヒトの脳波や光トポグラフィなどから得られたデータと統合してモデルを構成し、言語がいかに創発したかを解明することが、当研究チームの目標である。本年度は、鳥類の歌制御系 cDNA ライブラリの作成、歌制御系の組合せ選択性の測定、成人および乳幼児での音声分節化の脳波測定等を行った。

1. 音声学習

(1) 音声学習の解剖学的基礎 (戸張 *1, 岡ノ谷)

あらたな音声パターンを獲得してコミュニケーションに用いる動物種は非常に少ない。これが可能なのは、鯨類のうち数種、鳥類のうち数千種、および霊長類の1種(ヒト)のみである。このうち鳥類と霊長類については、大脳運動野と延髄呼吸中枢とが直接連絡している種が音声学習を発現し、そうでない種がこれを発現しないことが分かっている。鳴禽類の一種ジュウシマツでは、オスは歌を学ぶがメスは学ばない。音声学習の雌雄差と解剖学的構造の対応をみるため、トレーシング実験を行った。結果、メスでもわずかながら大脳運動野と延髄呼吸中枢との間に投射が存在することが分かった。同様な研究を、活発な音声行動を示す齧歯類であるハダカデバネズミについても行っている。

(2) 音声学習の生得的制約 (高橋 *1, 池淵 *2, 岡ノ谷)

ジュウシマツはアジアに生息するコシジロキンパラを家禽化した亜種である。ジュウシマツの歌には複雑な周波数変調要素が多いが、コシジロキンパラではそうした要素はみられない。コシジロキンパラの受精卵をジュウシマツに育てさせ、また、この逆を行い、こうした要素が学習により伝播するかどうかを検討した。結果、ジュウシマツはコシジロキンパラの歌要素をすべて学習したが、コシジロキンパラはジュウシマツの歌要素の一部を学習できなかった。この結果は、250年の家禽化の歴史のなかで、ジュウシマツの歌制御システムになんらかの変異が生じたことを示唆する。

(3) 音声学習の起源 (相馬 *1, 岡ノ谷)

音声学習の起源を説明する1つの説として、生後初期の学習を要することによって、発声信号の形態がその時期の発達栄養状態を反映し、メスによる選択のための手がかりとして有効になったから、という考え方がある(発達栄養仮説)。これをジュウシマツについて検討するため、まず通常の生育条件(産卵数、ヒナの性比など)と歌の複雑さの指標との関連を調べた。結果、一部の変数の組み合わせに有

意な相関があり、歌の複雑さからのその個体の生育条件を推定できることが分かった。

2. 形式文法

(1) 形式文法の神経機構 (西川, Abba, 関 *1, 加藤(陽) *1, 岡ノ谷; 奥村 (BSI 動的認知行動研究チーム))

形式文法の神経機構について、鳥を用いた神経生理実験、ヒト成人および新生児を用いた脳波計測を行った。鳥については、ジュウシマツの高次歌制御神経核 HVC における歌要素の組合せ選択性に関する研究を行い、この部位の神経細胞は、単に自己歌に含まれる組合せのみならず、それ以外の組合せにも反応する場合があることが分かった。ヒトについては、遷移確率にもとづいて分節化できる刺激を用いて、分節化と対応した事象関連電位を発見することができた。

(2) 形式文法に関連した遺伝子 (加藤(真), 富澤, 岡ノ谷)

次項目にあるとおり、ジュウシマツとコシジロキンパラでは歌文法の形式が異なる。この差異を遺伝子レベルで検出するため、ジュウシマツの歌制御神経核を実体顕微鏡下で切り出し、それぞれの神経核で発現する遺伝子を検出するため、cDNA ライブラリの作成に着手した。

(3) 形式文法の生得性と学習性 (工藤 *1, 高橋 *1, 水野 *2, 岡ノ谷)

鳥とヒトについて、形式文法の基盤を明らかにしようとしている。

ジュウシマツは有限状態文法で記述できる歌をうたうが、その祖先種であるコシジロキンパラは線形な歌しかうたわない。両者の卵を入れ替えて飼育した結果、コシジロキンパラがジュウシマツの歌文法を学ぶことができないことが分かった。歌学習には生得的な制約があるのだ。

ヒトについては、前述(1)で用いた課題を用いて乳幼児の分節化能力を測定した。この電位は生後2日以内の新生児についても測定できたことから、統計的刺激的な分節化は

ヒトに普遍的な能力であり，これにもとづいた単語の切り出しが言語の獲得の初期段階となることが示唆された。これと平行して，乳幼児の泣き声の発達変化を記述することで，操作可能な文法形式がどう変化するかを調べるプロジェクトも進んでいる。

3. シンボル表象

(1) シンボル表象のコミュニケーション機能 (吉田 *¹, 時本 *¹, 岡ノ谷)

ハダカデバネズミは東アフリカの乾燥地帯の地下にトンネルを造って生息している。彼らは 17 種類以上の音声レパートリーを持ち，複雑なコミュニケーション行動を行っている。これらの鳴き声のうち，弱鳴きとよばれる音声についてその構造と機能を解析している。結果，弱鳴きはトンネル内で 2 個体がすれ違うとき頻繁に発せられ，順位が低い個体のほうがより頻繁に発する。さらに，2 個体は弱鳴きを交互に鳴く (ターンテイキング) ことが分かった。

(2) シンボル表象の獲得過程 (鈴木，時本 *¹, 岡ノ谷)

デゲーは，南アメリカの高原に住む社会性を持つ齧歯類である。デゲーもハダカデバネズミ同様，10 種類以上の音声レパートリーをもち，さらに求愛の歌もうたう。デゲーの音声が発達にとまないどのように使われるかを調べるため，この動物の飼育繁殖に着手し，いくつかの音声を記録した。

(3) シンボル表象の解剖学的基盤 (時本 *¹, 岡ノ谷; 入来 (BSI 象徴概念発達研究チーム))

デゲーやハダカデバネズミが用いる状況依存的な発声が，どのようなメカニズムで制御されているかを知るため，中脳水道灰白質や中脳下丘の刺激・記録実験を進めている。

4. 言語創発

(1) 文字列と状況の相互分節化仮説 (Merker *², 岡ノ谷)

小鳥の歌研究にもとづく新たな言語起源論を提唱した。その梗概は以下のとおり。言語は意味を持つ単語の積み重ねからできているのではなく，意味をもたない「歌」のような音声がさまざまな状況でうたわれることから始まった。状況どうしの共通部分と，歌どうしの共通部分が相互に分節化され切り出されるようになり，これが単語となった。

(2) 性淘汰による歌文法の複雑化モデル (池上 *², 岡ノ谷)

小鳥はオスがうたい，メスが歌にもとづいてオスの資質を判断し，つがい相手とするかどうかを検討する。メスの好みをモデルに組み込むことにより，歌の有限状態文法が進化することを示した。

(3) 0 可逆オートマトンによる歌文法の記述 (西野 *², 岡ノ谷)

ジュウシマツの歌文法を統計的によらず機械学習の手法にもとづいて抽出する方法を検討した。

*¹ 研修生，*² 所外研究協力者

Language is a unique competence that has evolved only in humans. But language also is dependent upon several cognitive faculties that are shared with non-human

animals. We assume that language is not a single faculty, but an emergent property of non-linear interactions among several sub-faculties. These include: 1) Vocal learning that enables experience dependent acquisition of new speech motor patterns, 2) Formal syntax that enables the arrangement of several behavioral tokens based on a set of rules and 3) Symbolic representations that enables arbitrary correspondences between behavioral tokens and situational meanings. We use birdsong as a model for formal syntax and rodent vocal communications as a model for symbolic representations. We also measure brain activities rising from linguistic behavior from human adults and infants. We then integrate these data on a model of language emergence. In this fiscal year we prepared cDNA libraries for song control systems, measured combinational activities of vocal control center in birds, and obtained evoked response measures related with auditory segmentation in humans.

Research Subjects

1. Syntactical control of birdsong
2. Auditory segmentation in human adults and infants
3. Semantic vocal communications in rodents
4. Theory and models of language emergence

Staff

Laboratory Head

Dr. Kazuo OKANOYA

Staff Scientists

Dr. Dilshat ABLA

Dr. Masaki KATO

Dr. Jun NISHIKAWA

Dr. Yumiko YAMAZAKI

Technical Staff

Ms. Chizuko SUZUKI

Ms. Iori TOMIZAWA

Assistants

Ms. Manami MISAKI

RIKEN/BSI Collaborators

Dr. Atsushi IRIKI (Lab. Sym. Cognit. Dev., BSI)

Dr. Tetsu OKUMURA (Lab. Behav. Dyn. Cognit., BSI)

Outside Collaborators

Dr. Maki IKEBUCHI (Kanazawa Inst. Technol.)

Dr. Takashi IKEGAMI (Univ. Tokyo)

Dr. Bjorn MERKER (Uppsala Univ. Sweden)

Dr. Katsumi MIZUNO (Chiba Children's Hosp.)

Dr. Tetsuro NISHINO (Univ. Electron. Commun.)

Trainees

Ms. Miki TAKAHASHI (Grad. Sch. Sci. Technol., Univ. Chiba)
Ms. Naoko TOKIMOTO (Grad. Sch. Sci. Technol., Univ. Chiba)
Ms. Noriko KUDO (Grad. Sch. Sci. Technol., Univ. Chiba)
Ms. Yasuko TOBARI (Grad. Sch. Sci. Technol., Univ. Chiba)
Ms. Masayo SOMA (Grad. Sch. Arts Sci., Univ. Tokyo)
Mr. Yoshimasa SEKI (Grad. Sch. Hum., Univ. Chiba)
Mr. Shigeto YOSHIDA (Grad. Sch. Hum., Univ. Chiba)
Ms. Yoko KATO (Grad. Sch. Hum., Univ. Chiba)

誌 上 発 表 Publications

[雑誌]

(総 説)

岡ノ谷一夫: “再帰と創発”, 科学 **74**, 896-897 (2004).

岡ノ谷一夫: “小鳥の歌文法”, 生体の科学 **55**, 508-509 (2004).

[単行本・Proc.]

(その他)

岡ノ谷一夫: “第 10 章 動物のコミュニケーション行動とことばの起源”, 認知科学への招待, 大津由紀雄, 波多野諠余夫 (編), 研究社, 東京, pp. 141-158 (2004).

口 頭 発 表 Oral Presentations

(国際会議等)

Okanoya K., Hihara S., Tokimoto N., Tobari Y., and Iriki A.: “Complex vocal behavior and cortical-medullar projection”, 1st Int. Workshop on Emergence and Evolution of Linguistic Communication, Kanazawa, May-June (2004).

Katahira K., Ablá D., Masuda S., and Okanoya K.: “Auditory feedback and mental representation of musical notes in fluent piano players”, 7th Int. Congr. of Neuroethology, (International Society of Neuroethology), Nyborg, Denmark, Aug. (2004).

Tobari Y. and Okanoya K.: “Sex differences in song control circuitry in Bengalese finches”, 7th Int. Congr. of Neuroethology, (International Society of Neuroethology), Nyborg, Denmark, Aug. (2004).

Takahashi M., Ikebuchi M., Yamada H., and Okanoya K.: “Temporal domain dynamics of the song development in Bengalese finches”, 7th Int. Congr. of Neuroethology, (International Society of Neuroethology), Nyborg, Denmark, Aug. (2004).

Ablá D. and Okanoya K.: “Neuro-behavioral correlates of on-going sequence learning”, 34th Ann. Meet. of Soc. for Neuroscience (Neuroscience 2004), San Diego, USA, Oct. (2004).

Ablá D., Kudo N., and Okanoya K.: “Brain potentials correlate with the degree of on-going sequence learning”, 2nd Int. Workshop on Man-Machine Symbiotic Systems, Kyoto, Nov. (2004).

Takahashi M., Ikebuchi M., Yamada H., and Okanoya K.: “Innate constraints in song learnability”, Int. Conf. on Bird and Environment, (Gurukula Kangri University), Haridwar, India, Nov. (2004).

Okanoya K.: “Neuroecology of song complexity in Bengalese finches”, Int. Conf. on Bird and Environment, (Gurukula Kangri University), Haridwar, India, Nov. (2004).

Nishikawa J. and Okanoya K.: “Fractal-like neural representation in the songbird forebrain”, 2004 Int. Symp. on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2004), (Research Society of Nonlinear Theory and its Applications, IEICE), Fukuoka, Nov.-Dec. (2004).

Okanoya K.: “Biolinguistics: a biological inquiry into the origin of language”, Kanazawa Institute of Technology Int. Symp. on Brain and Language 2004, Kanazawa, Dec. (2004).

(国内会議)

岡ノ谷一夫, 高橋美樹, 工藤紀子: “小鳥の歌とヒト発声のチャンキング”, 第 15 回発達心理学会, 東京, 3 月 (2004).

時本楠緒子, 岡ノ谷一夫: “齧歯目デグー (Octodon degu) の音声コミュニケーションレパートリー: 音響特性および発声文脈を用いた分類”, 日本音響学会聴覚研究会, 京田辺, 5 月 (2004).

奥村哲, 岡ノ谷一夫, 谷淳: “Neural mechanism of complex bird song in Bengalese finches; Input-output connections and neural activities in the Higher Vocal Center (HVC)”, 第 81 回日本生理学会大会, 札幌, 6 月 (2004).

増田清香, 片平健太郎, Ablá D., 岡ノ谷一夫: “音楽熟練者における聴覚表象の形成”, 第 9 回認知神経科学学会, 東京, 7 月 (2004).

田村純, 池淵万季, 岡ノ谷一夫: “キンカチョウの求愛時の発声相互作用”, 日本動物心理学会第 64 回大会, 大阪, 8 月 (2004).

高橋美樹, 池淵万季, 山田裕子, 岡ノ谷一夫: “ジュウシマツの歌発達過程における時間パラメータの変化”, 日本動物心理学会第 64 回大会, 大阪, 8 月 (2004).

加藤陽子, 岡ノ谷一夫: “ジュウシマツの高次発声中枢における自己歌と逆再生歌の反応差”, 日本動物心理学会第 64 回大会, 大阪, 8 月 (2004).

関義正, 小林耕太, 岡ノ谷一夫: “ジュウシマツの視覚弁別学習における歌制御系神経核破壊の影響”, 日本動物心理学会第 64 回大会, 大阪, 8 月 (2004).

時本楠緒子, 岡ノ谷一夫: “齧歯目デグー (Octodon degu) の音声コミュニケーションレパートリー: 音響特性および発声文脈を用いた分類”, 日本動物心理学会第 64 回大会, 大阪, 8 月 (2004).

奥村哲, 岡ノ谷一夫, 谷淳: “Input output connections and neural activities in the HVC of Bengalese finches”, 第 27 回日本神経科学大会・第 47 回日本神経化学学会大会合同大会 (Neuro2004), 大阪, 9 月 (2004).

Ablá D., 岡ノ谷一夫: “On-going sequence learning: evidence from event-related potentials study”, 第 27 回日本神経科学大会・第 47 回日本神経化学学会大会合同大会 (Neuro2004), 大阪, 9 月 (2004).

戸張靖子, 奥村哲, 谷淳, 岡ノ谷一夫: “ジュウシマツの脳歌産生システムの雌雄差”, 第 27 回日本神経科学大会・第 47 回日本神経化学会大会合同大会 (Neuro2004), 大阪, 9 月 (2004).

関義正, 岡ノ谷一夫: “歌鳥の社会行動誘発中枢における視覚応答の欠如”, 第 27 回日本神経科学大会・第 47 回日本神経化学会大会合同大会 (Neuro2004), 大阪, 9 月 (2004).

加藤陽子, 岡ノ谷一夫: “ジュウシマツの高次発声中枢における自己歌と逆再生歌の反応差”, 第 9 回聴覚研究フォーラム, 京田辺, 11 月 (2004).

時本楠緒子, 日原さやか, 入来篤史, 岡ノ谷一夫: “齧歯目デグーにおける発声行動の発達”, 第 9 回聴覚研究フォーラム, 京田辺, 11 月 (2004).

岡ノ谷一夫: “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, 東京, 12 月 (2004).

高橋美樹, 池渕万季, 山田裕子, 岡ノ谷一夫: “ジュウシマツの里子となったコシジロキンパラに“里帰り”が与える影響”, 日本動物行動学会第 23 回大会, 福岡, 12 月 (2004).

吉田重人, 小林耕太, 岡ノ谷一夫: “ハダカデバネズミの接触声は文脈に応じて変化する”, 日本動物行動学会第 23 回大会, 福岡, 12 月 (2004).

奥村哲, 岡ノ谷一夫, 谷淳: “トリ (ジュウシマツ) の歌文法中枢である HVC 核の神経接続と神経活動様式”, 脳と心のメカニズム第 5 回冬のワークショップ, (文科省特定領域研究 (C) 先端脳 (B02, B03 班), 理研他), 北海道留寿都村, 1 月 (2005).