

# 行動心理学入門

東京大学総合文化研究科  
理化学研究所  
脳科学総合研究センター

岡ノ谷 一夫

行動心理学で確立された技法と、  
それをどう行動学に生かしていくの  
か、という話をします。

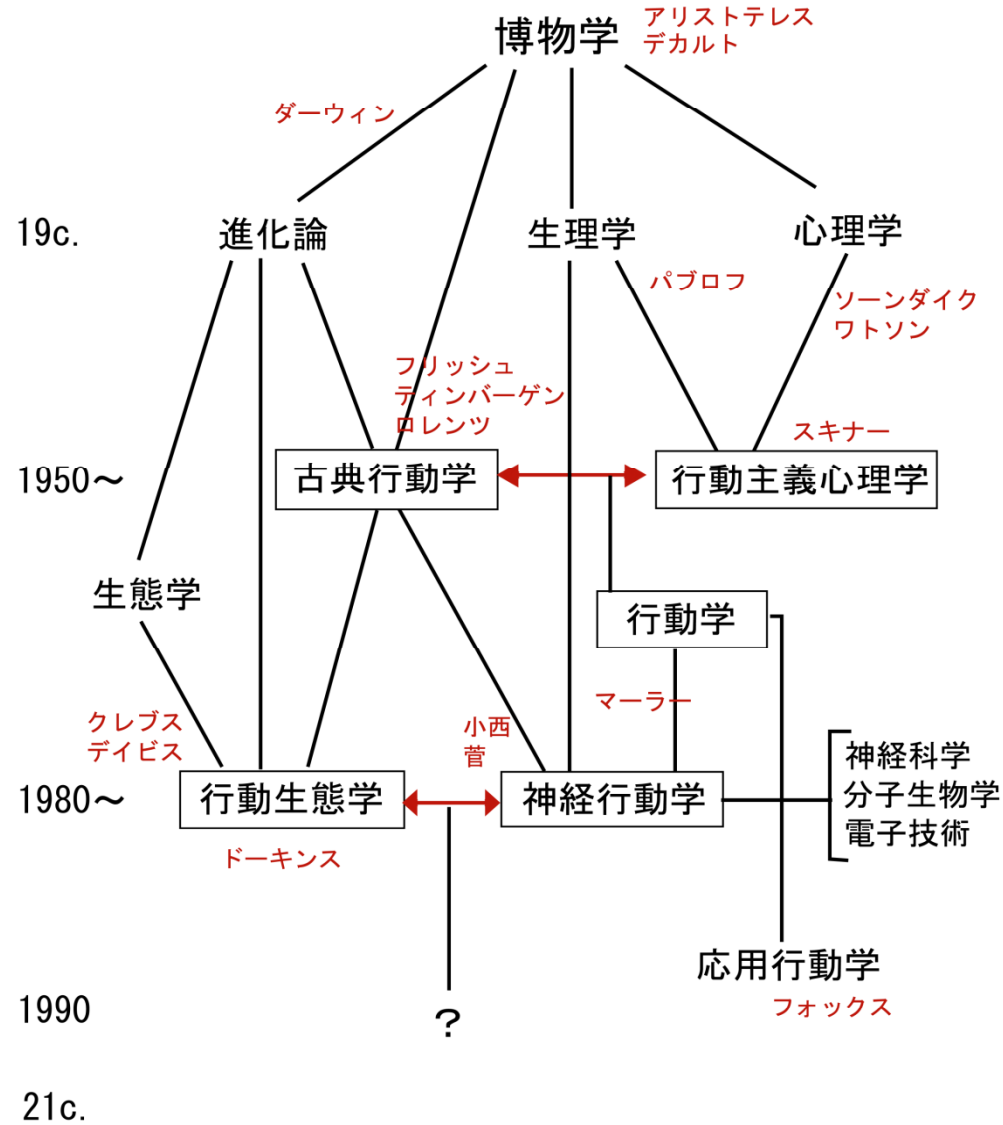
Star-nosed moleのKen Cataniaの  
お父さんは  
行動主義心理学者でした。

# ¼世紀も前のことですが



*UMCP psychology graduate student Kazuo Okanoya adjusts a speaker used to measure a canary's threshold of hearing in an anechoic chamber.*

# 行動学の系譜



# 何を問題にしたか

古典的行動学 = 本能  
行動主義心理学 = 学習

# 行動主義心理学と古典行動学

行動主義心理学



古典的行動学



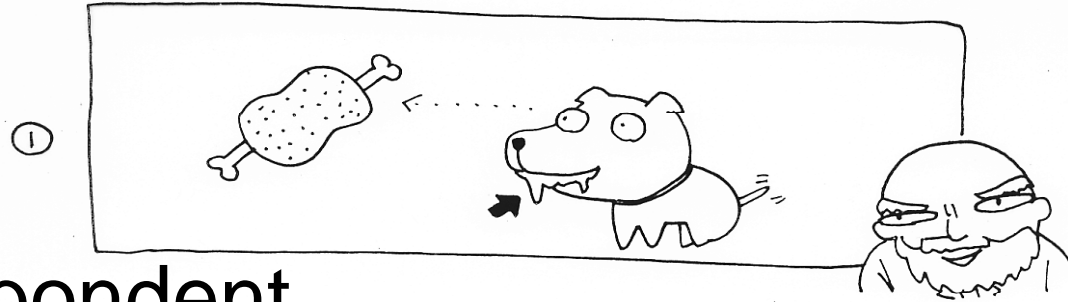
# 行動主義心理学の基礎概念



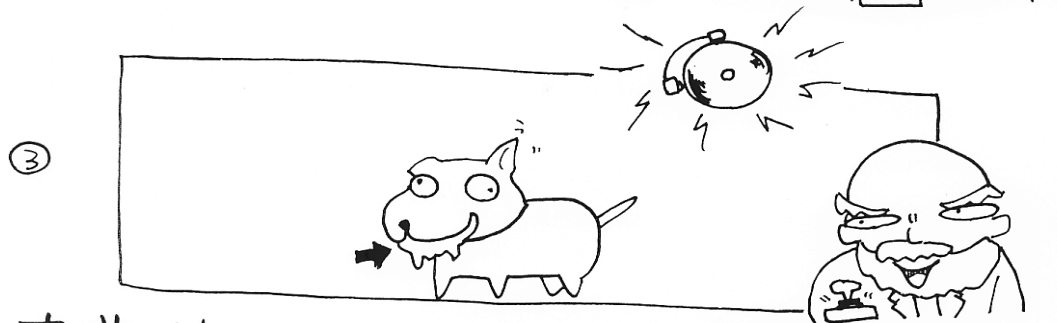
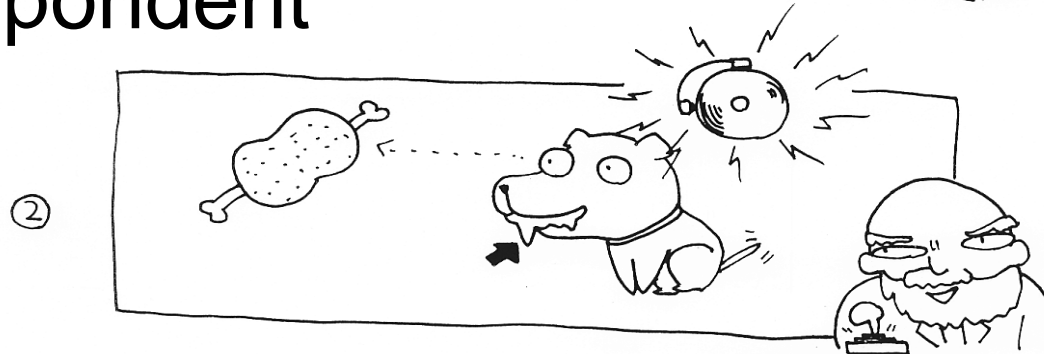
# 行動主義心理学のあゆみ

- A. ソーンダイク
  - 1. 問題箱と学習曲線
  - 2. 知能の比較研究
- B. パブロフ
  - 1. レスポンデント条件づけ
  - 2. 高次神経系と条件づけ過程
- C. スキナー
  - 1. オペラント条件づけの技法
  - 2. 強化のスケジュール
  - 3. 三項随伴性
- D. シーリングマン
  - 1. 行動の生物学的制約
  - 2. 心理学の行動主義からの解放

# レスポナント条件づけ



Respondent



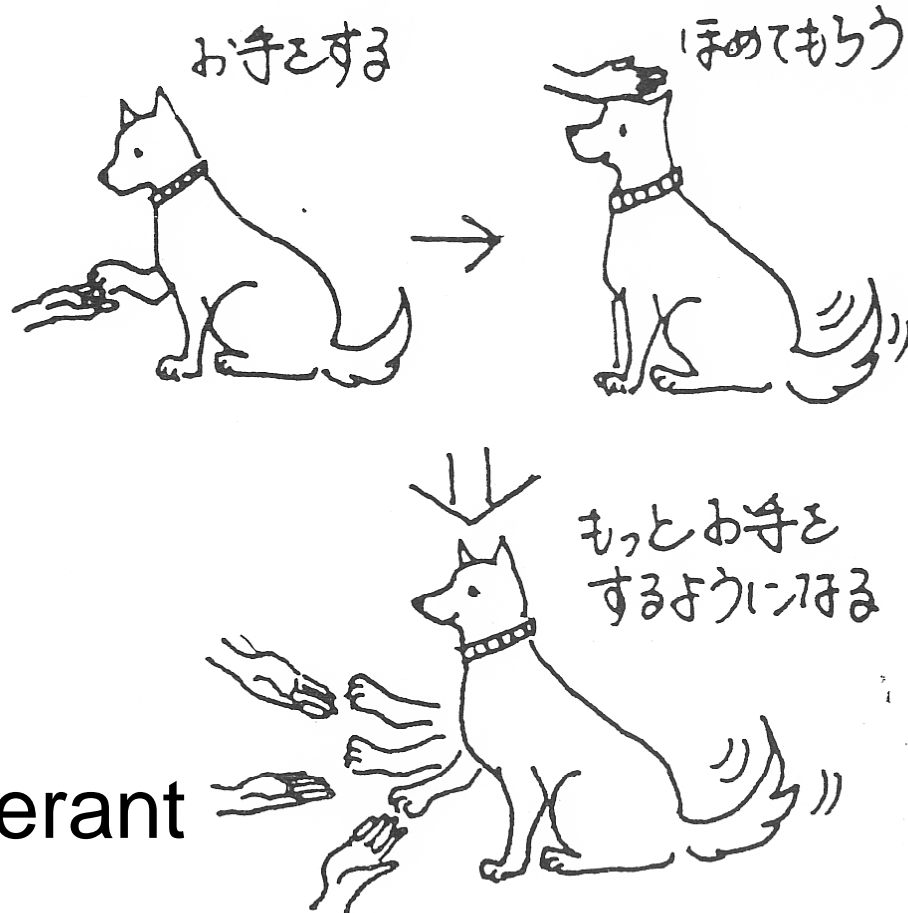
古典的  
(レスポナント)条件づけ

↑  
パブロフ

# レスポナデント条件づけ

- UCS 無条件刺激 肉のこと
- CS 条件刺激 ベルのこと
- UCR 無条件反応 肉で出る唾液のこと
- CR 条件反応 ベルで出る唾液のこと
  
- UCS→UCR (肉が出れば唾液がでる)
- UCS+CS → UCR(そのとき音を鳴らす)
- CS → CR(音だけで唾液が出る)
- ある刺激から他の刺激への置き換わり。刺激同志の連合(結びつき)

# オペラント条件づけ



動物の行動を環境への働きかけ(オペレーション)と考える。ある刺激のもと( $S^D$ )動物がある行動を自発すると( $R$ )、ある環境変化が起こる( $S^R$ )。これにより行動の自発頻度が変わることをオペラント条件づけという。

主人が手を出すこと( $S^D$ )で犬が「お手」をする( $R$ )と主人にほめてもらえる( $S^R$ )。このことで、もっとお手をするようになる(オペラント頻度の増加、条件付けの成立)。

# 3項随伴性

環境中の手がかり  
(弁別刺激)  $S^D$



行動の自発  
(オペラント)  $R$

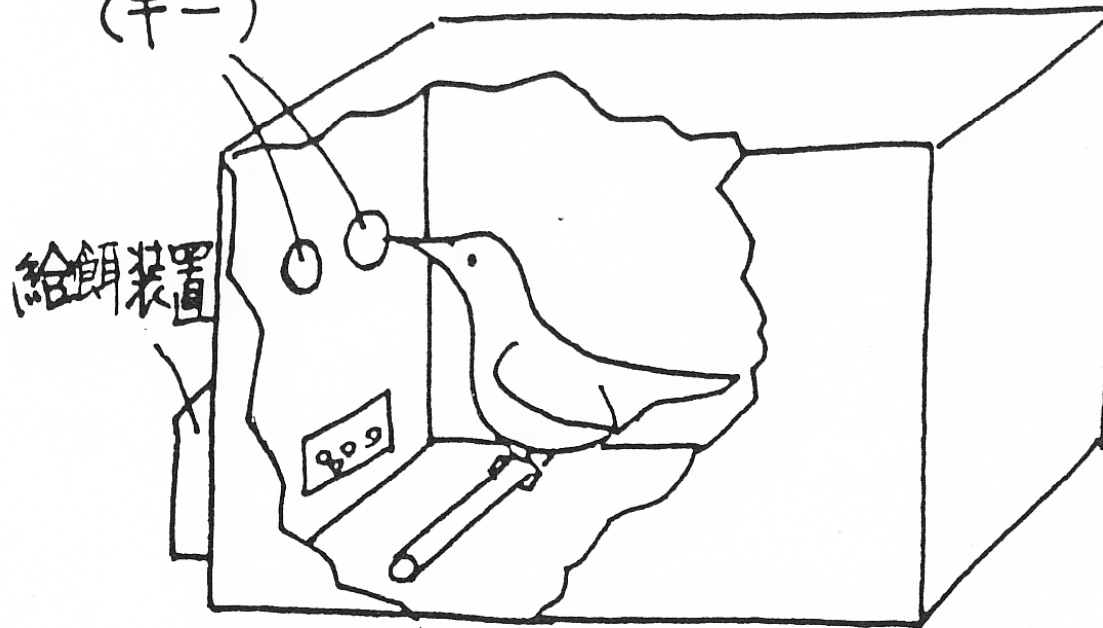


環境の変化  
(強化)  $S^R$

自発頻  
度の増  
大また  
は減少



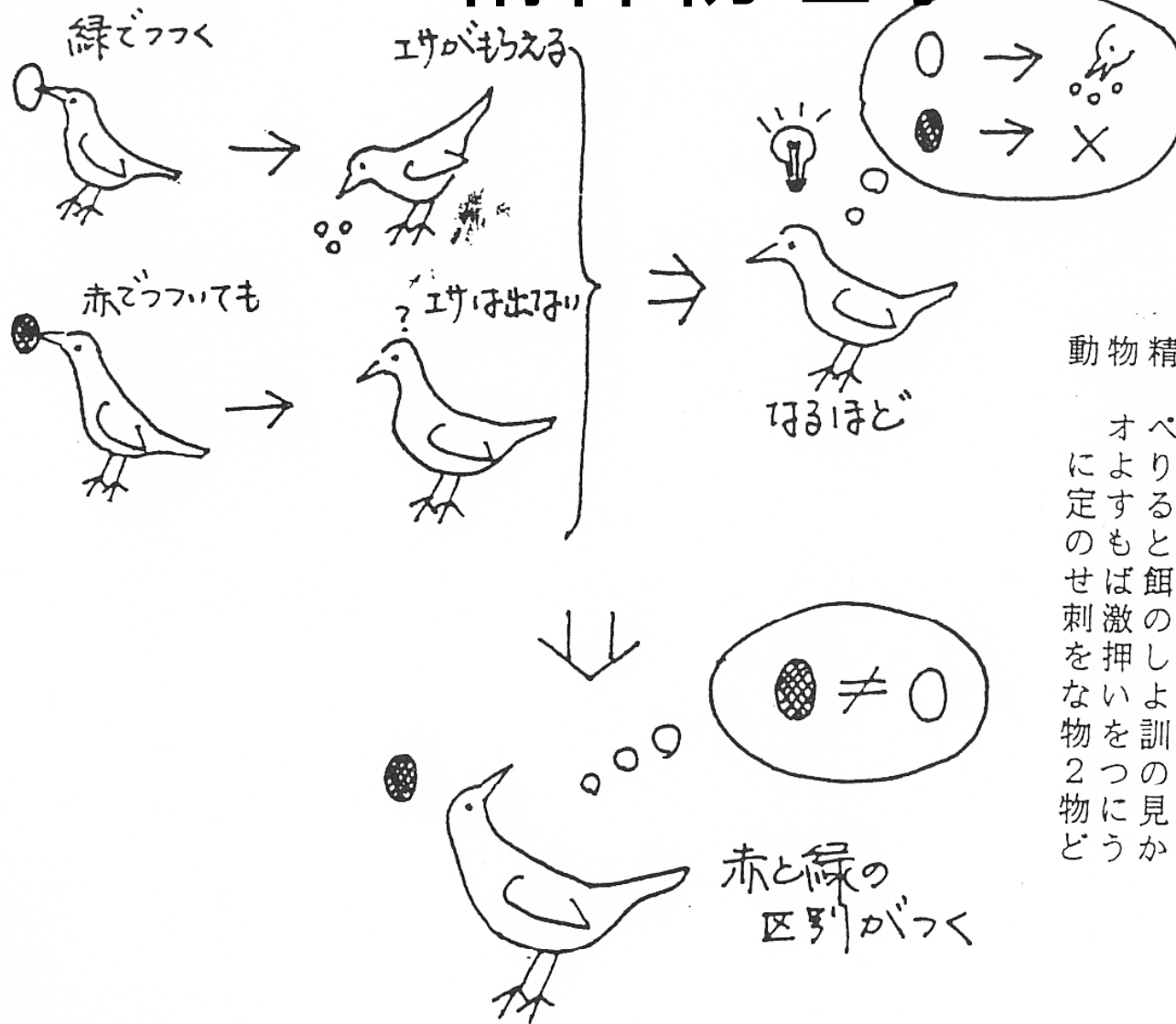
# オペラント装置



オペラント箱 (スキナー箱、チェインバー)

行動と環境との関係をできるだけ単純化し、オペラント条件づけの過程を実験的に分析するための仕組み。最低限、手がかりとなる刺激( $S^D$ )を提示する装置、環境への働きかけ( $R$ )を測定する装置(レバー、キーなど)と環境変化( $S^R$ ) (餌や電気ショックなど)をもたらす装置からなる。

# 精神物理学



## 動物精神物理学

オペラント条件づけにより動物の感覚を測定する方法。ある刺激のもとでスイッチを押せば餌がもらえ、他の刺激を押しても餌がもらえないような仕組みで動物を訓練すれば、その2つの刺激の違いが動物に見分けられるかどうかかわかる。

# 20歳の私が感動したこと

- 動物に質問をすることが出来る。
- 動物の内部状態を弁別刺激とすることができる。
- 動物の「こころ」がわかるかも知れない。
- 岡ノ谷の卒論「カナリアにおける同名異調メロディの弁別」(オペラント条件づけで、カナリアに短調と長調を聞き分けさせた)



# オペラント条件づけ

- 前提

- どのような行動でも、その頻度をあげる（または下げる）強化子がある。
- 行動と強化刺激の対応は恣意的である。ある行動について強化となる刺激は、他の行動についても強化となる。

- 特徴

- 強化は行動のあとすぐ起こる必要がある。
- 行動と強化の対が何度も生起しなければならない。

# 鷹の聴覚測定

- 国土交通省(百瀬さん)からの依頼。ダムを造るとき、鷹にどのくらい迷惑か知りたいので、聴覚データをとってほしいとのこと。
- じゃ、やりましょう。
- えさライトがつく
- その後2秒以内に音が出る・出ない
- 音が出たらえさのそばに飛んでいく
- 音が出なかったら2秒まって次の試行

# 鷹(岩見、山崎らによる)



# デグーの道具使用

- (入来さん)道具使用の脳内機構を調べたいが、サルではたいへんだからもっと小さな動物でできないか。
- じゃ、デグーでやりましょう。

- 強化子を手動で与える
  - 台に乗ったら強化
  - 熊手に触れたら強化
  - 熊手を動かしたら強化
  - 熊手をつかんだら強化
  - 熊手をひっぱったら強化
- 熊手の内側に強化子
- 熊手の横に強化子
- 熊手の外側に強化子



OPEN ACCESS Freely available online

PLoS one

## Tool-Use Training in a Species of Rodent: The Emergence of an Optimal Motor Strategy and Functional Understanding

Kazuo Okanoya<sup>1</sup>, Naoko Tokimoto<sup>1,2</sup>, Noriko Kumazawa<sup>2</sup>, Sayaka Hihara<sup>2</sup>, Atsushi Iriki<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Laboratory for Biolinguistics, Brain Science Institute, RIKEN, Saitama, Japan, <sup>2</sup> Laboratory for Symbolic Cognitive Development, Brain Science Institute, RIKEN, Saitama, Japan

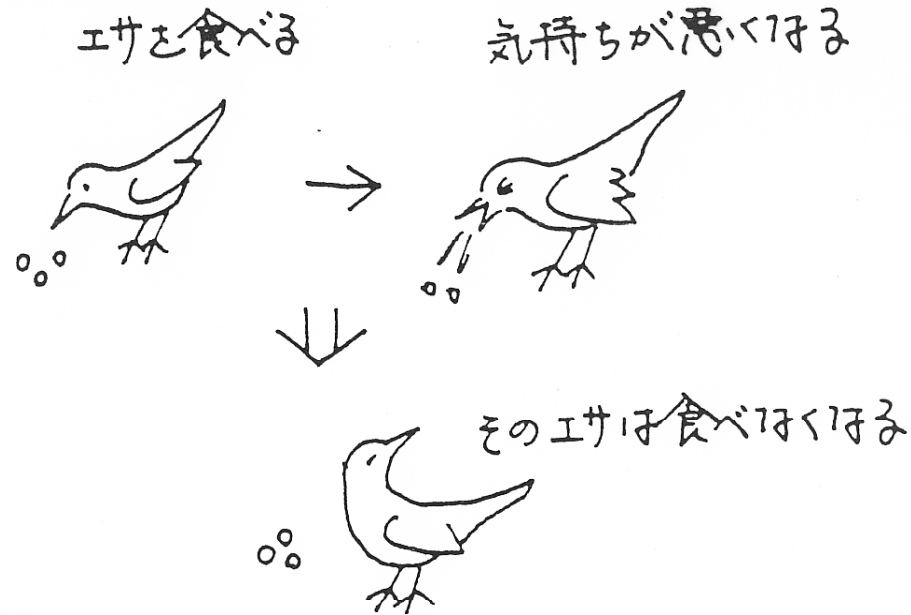
# デグーの道具使用(時本らによる)



古典的行動学 = 本能  
行動心理学 = 学習

しかし、それだけでは割り切れない  
現象がみつかった

# 食物嫌悪

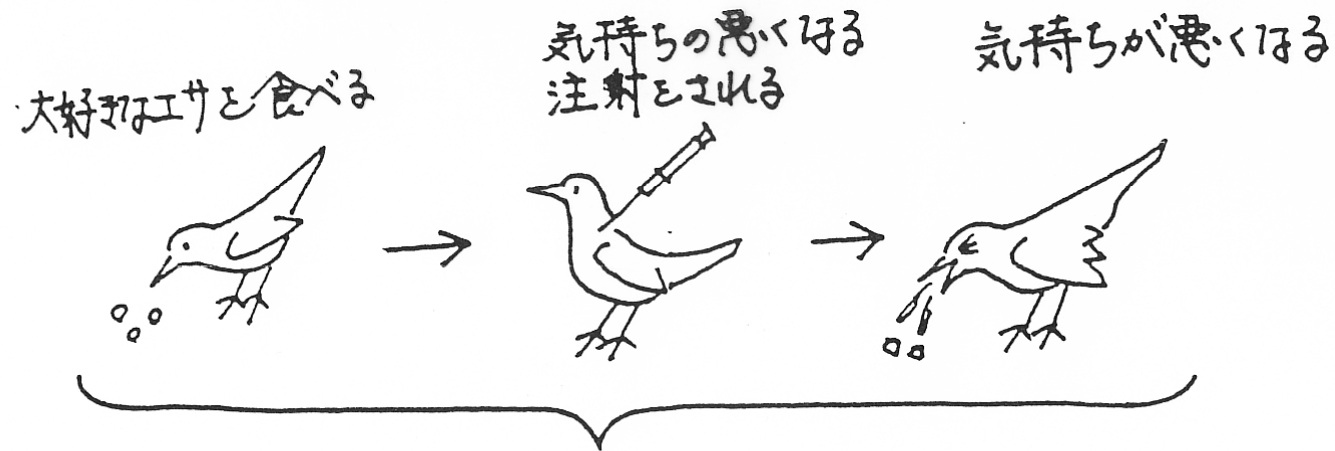


## 食物嫌悪

動物はある食物を摂取した後強度の不快感を感じるとその食物を摂取しなくなる。このとき、その食物の色、形、味だけでなく、その食物を食べた際のあらゆる環境刺激が不快感と結びついて学習される。

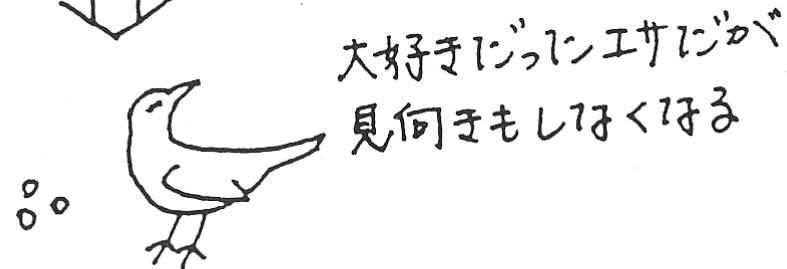
これがオペラント条件づけと異なる点は、行動（食べた）と状況変化（気持ちが悪くなった）との時間間隔が数時間に及んでも学習が成立すること、たった一度の経験で長期（しばしば一生）にわたる影響を及ぼすことである。

# 食物嫌悪学習



## 食物嫌悪学習実験

ある食物を摂取させ、その後、実験的に不快感を起させるため薬物（塩化リチウムなど）の投与やX線の照射を行う。この操作で、本来は嗜好の高い食物でも嫌いな食物にすることができる。





# オペラント条件づけ

- 前提

- どのような行動でも、その頻度をあげる（または下げる）強化子がある。
- 行動と強化刺激の対応は恣意的である。ある行動について強化となる刺激は、他の行動についても強化となる。

- 特徴

- 強化は行動のあとすぐ起こる必要がある。
- 行動と強化の対が何度も生起しなければならない。

# 行動の生物学的制約

ズアオアトリ

強化 反応	止まり木	キーつつき
歌	○	×
餌	×	○

# 学習には外的な強化が不要な場合も

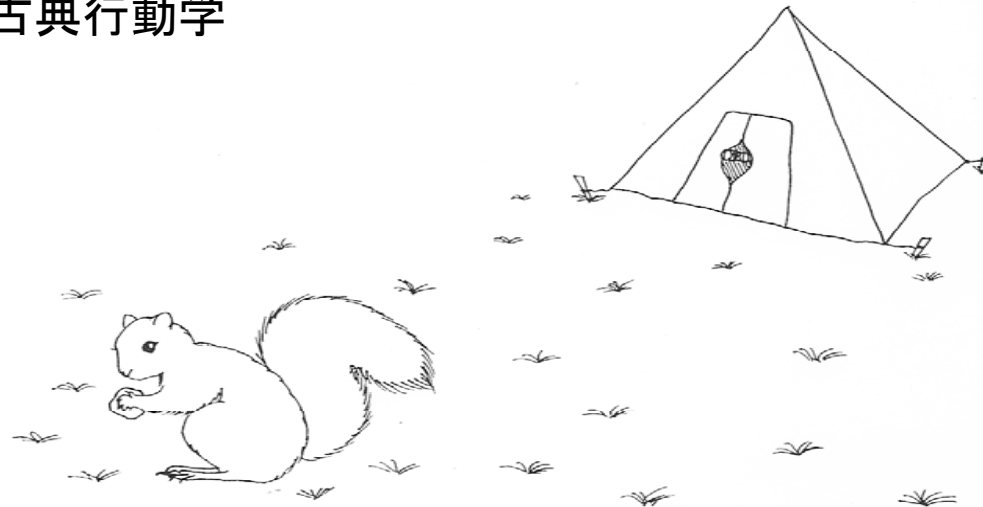
- 学ぶこと自体が楽しい
  - 刻印付け
  - 歌学習
  - まね
  - ヒト幼児のことばの学習
- 内発的動機づけ
  - 目標設定と達成
  - 自己評価

# 行動主義心理学と古典行動学

行動主義心理学



古典行動学



# 行動心理学の限界と有用性

- 行動と強化の対応は恣意的でないのは明らか。だから、生物学的妥当性が少ない研究になりがち。
- しかしそれを逆手にとって、感覚機能や意志決定過程など、生物学的に妥当な方法では測定しにくいものを測定できる。
- そのような例をいくつか紹介する。すべてジュウシマツの歌行動に関する研究である。

# ジュウシマツ用オペラント装置と キーつつきをするジュウシマツ



# 例1：小鳥の歌の聞き分けと 脳の左右差 (うまくいった例)

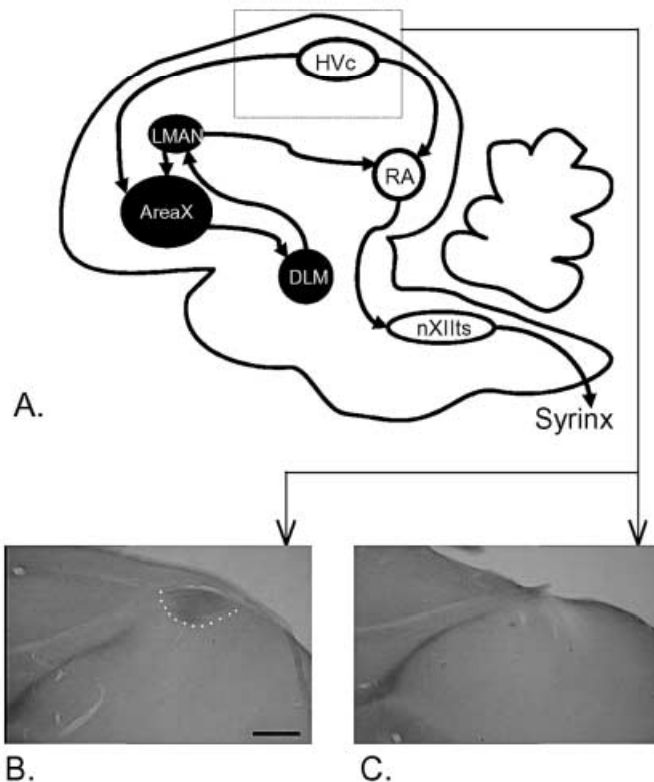
Anim Cogn (2001) 4:241–245  
DOI 10.1007/s10071-001-0120-9

ORIGINAL ARTICLE

Kazuo Okanoya · Maki Ikebuchi · Hiroyuki Uno  
Shigeru Watanabe

**Left-side dominance for song discrimination in Bengalese finches  
(*Lonchura striata* var. *domestica*)**

# 歌を司る神経回路

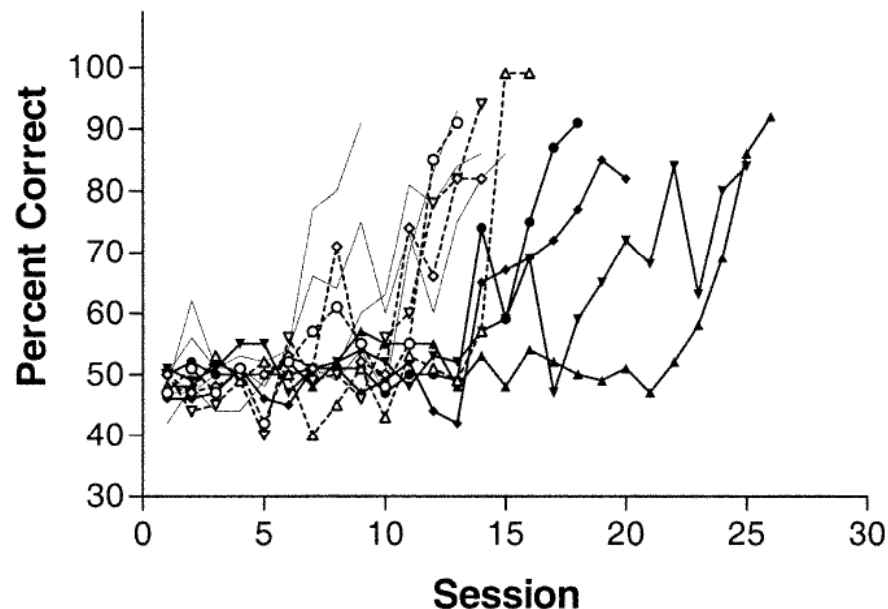
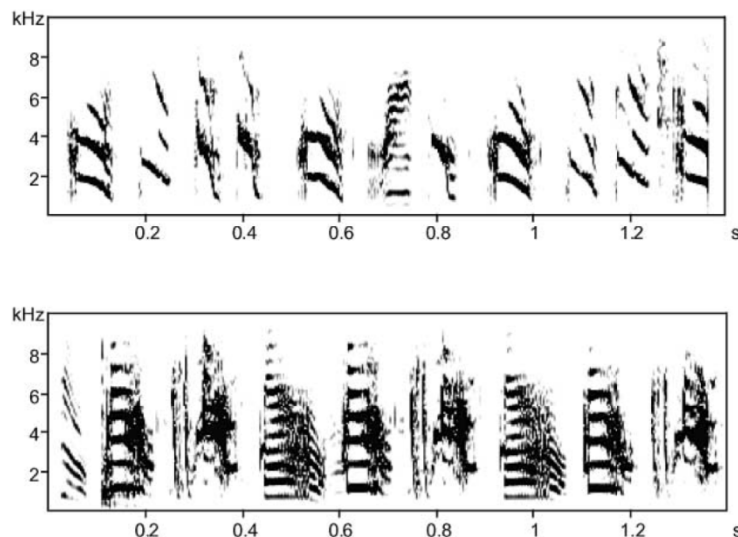


歌を司る神経回路の機能には左右差がある。左HVC損傷で歌がうたえなくなるが、右HVC損傷ではしばらくして歌がもとにもどる。歌を聞き分ける機能にも左右差があるだろうか。

仮説: 複雑な神経処理は、左右連絡のコストが高くなるので片側に寄る<sub>92</sub>



# 使った刺激と成績



ジュウシマツの歌とキンカチョウの歌をジュウシマツにオペラント弁別させた。左HVCを損傷した群は、右HVCを損傷した群および統制群に比べ、学習基準に達するまで有意に長い時間が必要であった。

# 例2：行動と報酬の非恣意性 (難しかった例)

# つつくオペラントと歌学習

キンカチョウ

キーつつき → 歌 ○

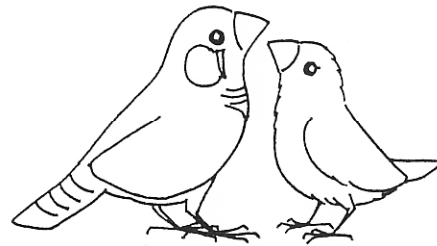
ジュウシマツ

キーつつき → 歌 ×

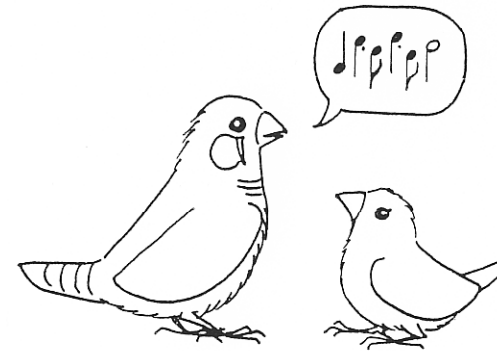
歌の強化力をキーつつき反応で定量化したいからこういうことをやる。

# 学習可能性の準備性

キンカチョウ



ヒナがつつくと



父親はうたう

ジュウシマツ

そんなことはない!

# 鳴くオペラントと発声の発達

セキセイインコ

DC → 餌 ○

ジュウシマツ

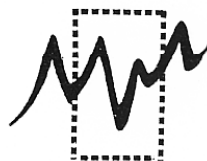
DC → 餌 ×

鳴き行動の神経機構を調べる実験系を作るのが目的

# 鳴くオペラントに関連する生得的制約

セキセイインコ

FBC



DC



ジュウシマツ

FBC



DC



# 教訓

発達過程や生態学的特性から  
そもそもの準備性に気がついておく  
必要がある。

# 例3：歌のチャンク構造の生成と知覚（うまくいった例）



Ethology

RESEARCH PAPER

## Statistical and Prosodic Cues for Song Segmentation Learning by Bengalese Finches (*Lonchura striata* var. *domestica*)

Miki Takahasi<sup>\*,†,‡</sup>, Hiroko Yamada<sup>\*,‡</sup> & Kazuo Okanoya<sup>\*,‡,§</sup>

\* Laboratory for Biolinguistics, RIKEN Brain Science Institute, 2-1 Hirosawa, Wako, Japan

† Japan Society for the Promotion of Science, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan

‡ Graduate School of Science and Technology, Chiba University, Inage-ku, Japan

§ PRESTO, Japan Science and Technology Agency, Kawaguchi, Saitama, Japan

Anim Cogn (2010) 13:515–523  
DOI 10.1007/s10071-009-0302-4

ORIGINAL PAPER

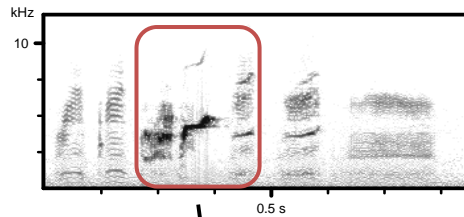
## Perceptual chunking in the self-produced songs of Bengalese finches (*Lonchura striata* var. *domestica*)

Rie Suge · Kazuo Okanoya

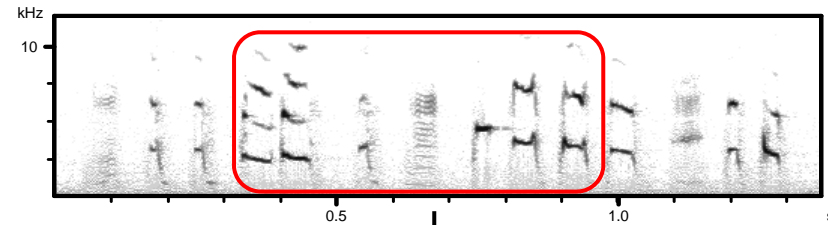


# 歌はチャンク単位で学ばれる

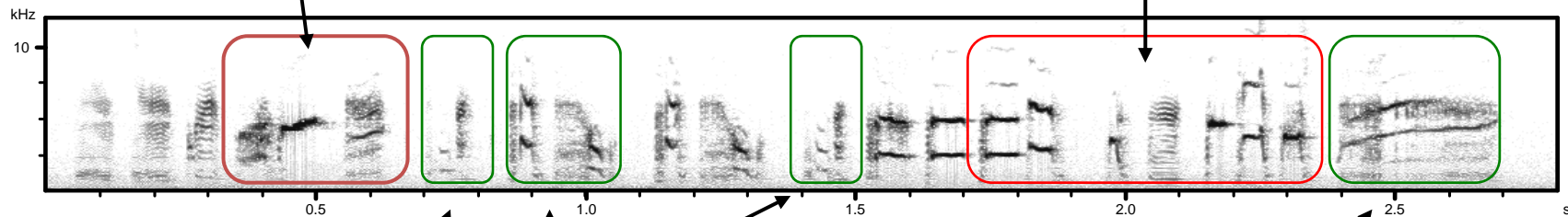
第一世代オスA



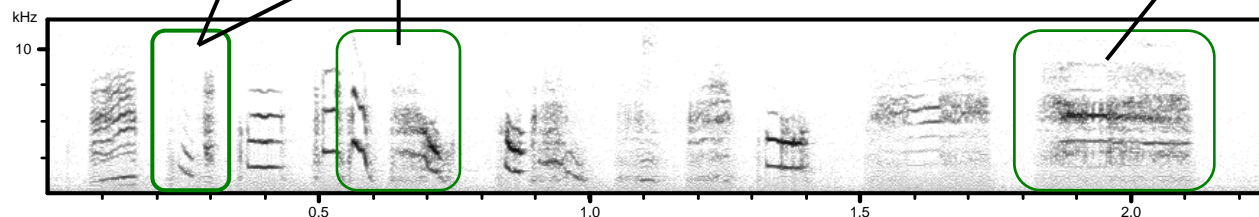
第一世代オスB



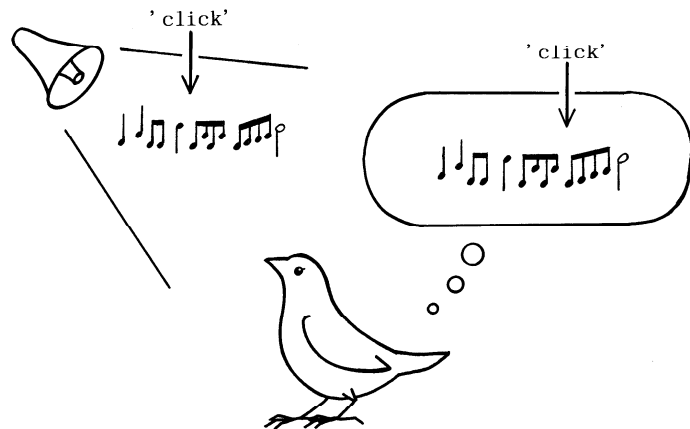
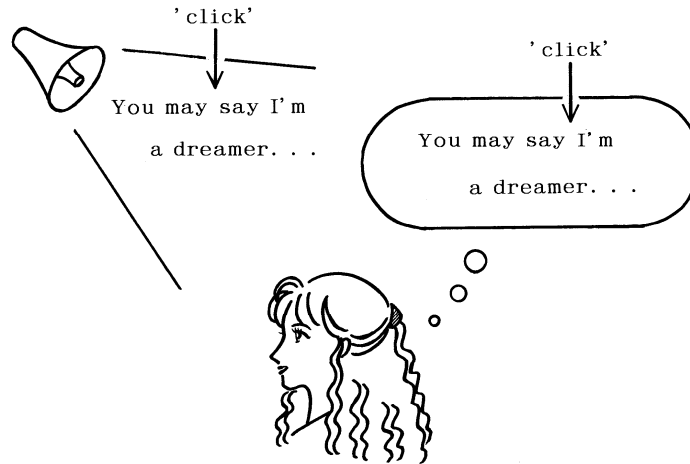
第二世代



第一世代オスC



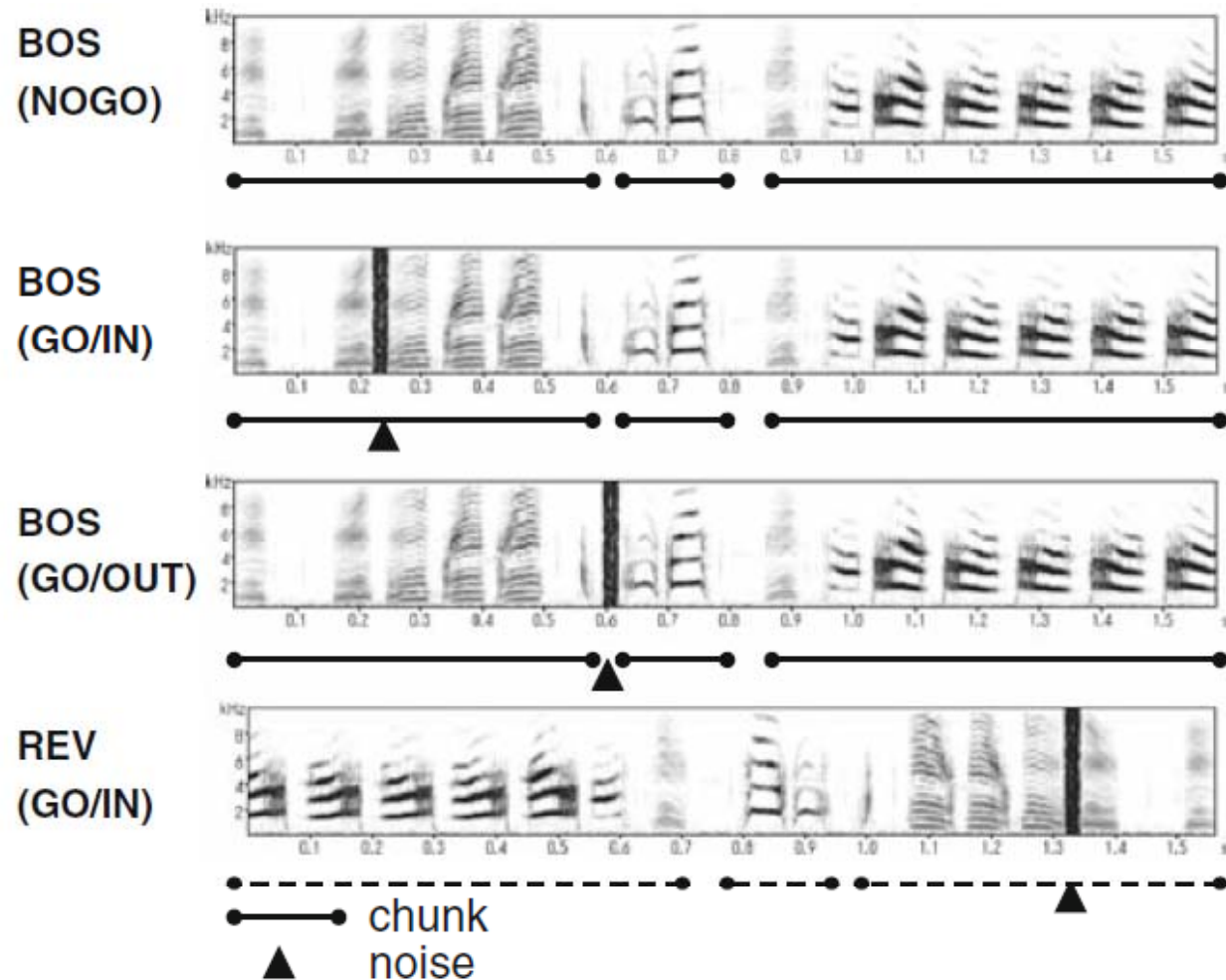
# では、歌はチャンク単位で知覚されるか？



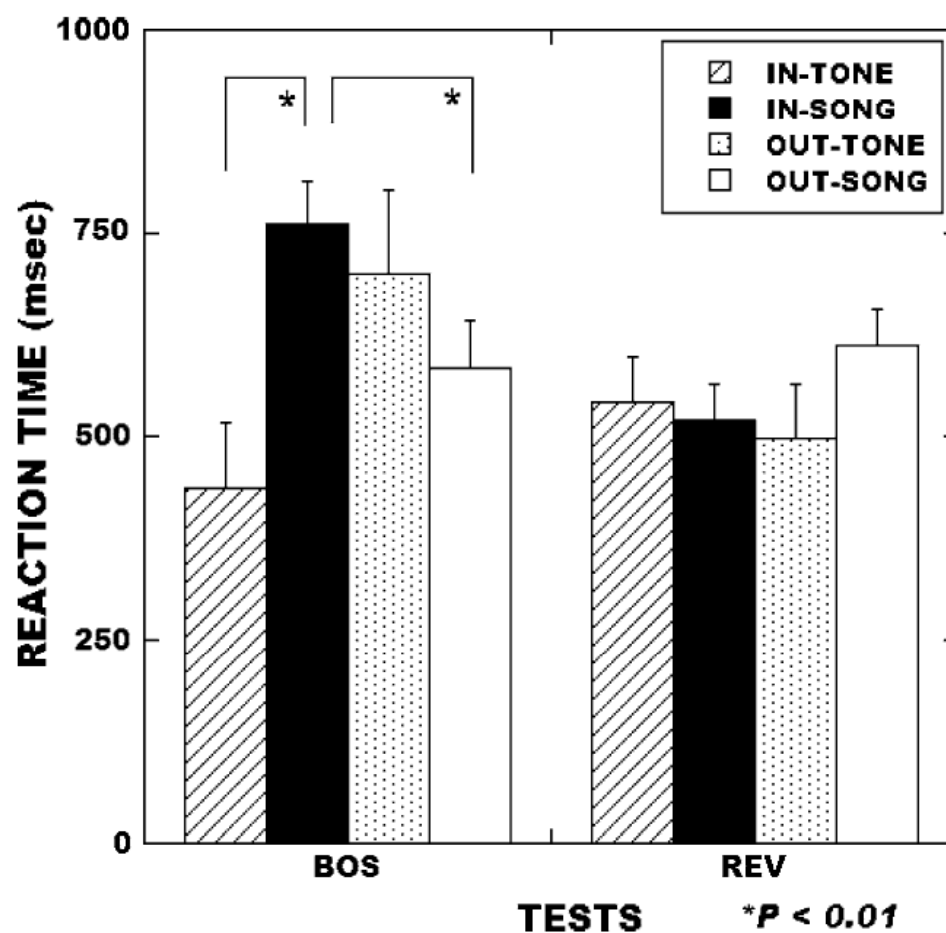
ある言語構造の中に挿入されたクリック音は、その言語構造の前か後ろに移動して知覚される。この場合、may と say の間のクリックはthat節の始めまで移動して知覚される。

同様に、あるチャンク構造に挿入されたクリックは、そのチャンクの前後に知覚されるのではないか。

クリックが鳴ったらすぐつつくように鳥をオペラント訓練し、背景で歌を再生する。



# 歌はチャンク単位で処理される

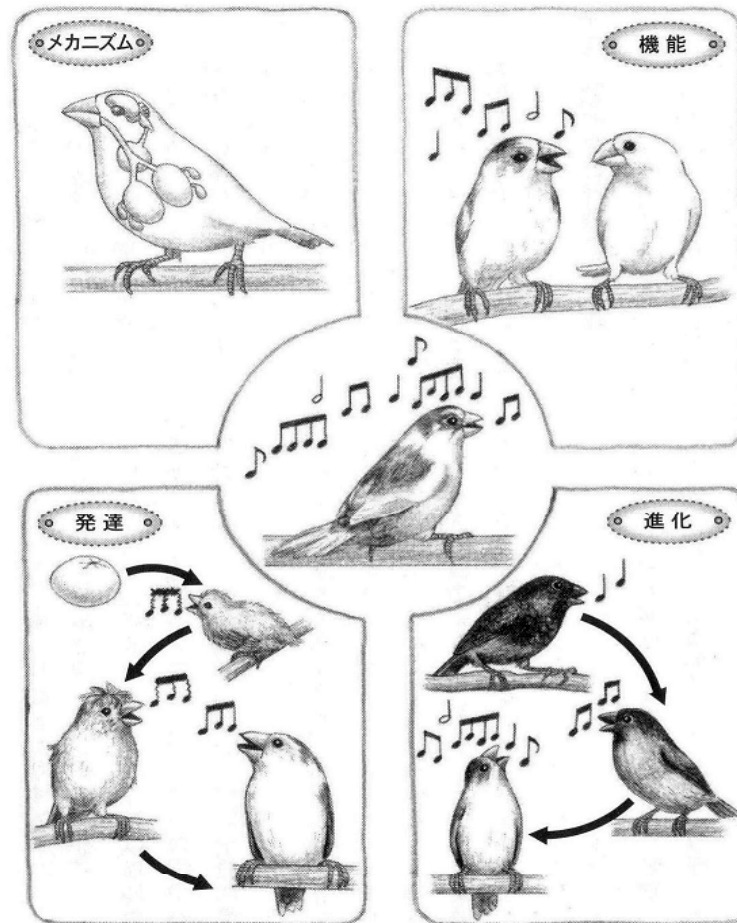


クリックがチャンク内  
のとき、検出時間が  
有意に延びる(黒と  
白)が、歌を逆再生  
するとこの効果は出  
ない。

というわけで  
行動心理学の技法は、



# 工夫次第でいろいろ使えますよ



# 心理学から 神経行動学、行動生態学へ

# 行動学におけるイデオロギ

技術の細分化とパッケージ化を許容せねば、統合的な行動学は難しい。しかし同時に、パッケージ化に安住してはいけなないし、パッケージの入出力は完全に理解すべきである。



# 行動学における同値性

ある差異を別の差異で説明する。  
説明される差異が、説明する差異より  
わかりやすいほうがよい。

脳という差異か > 神経行動学  
環境という差異か > 行動生態学

# コシジロキンパラ (white-backed munia) と ジュウシマツ (Bengalese finch)



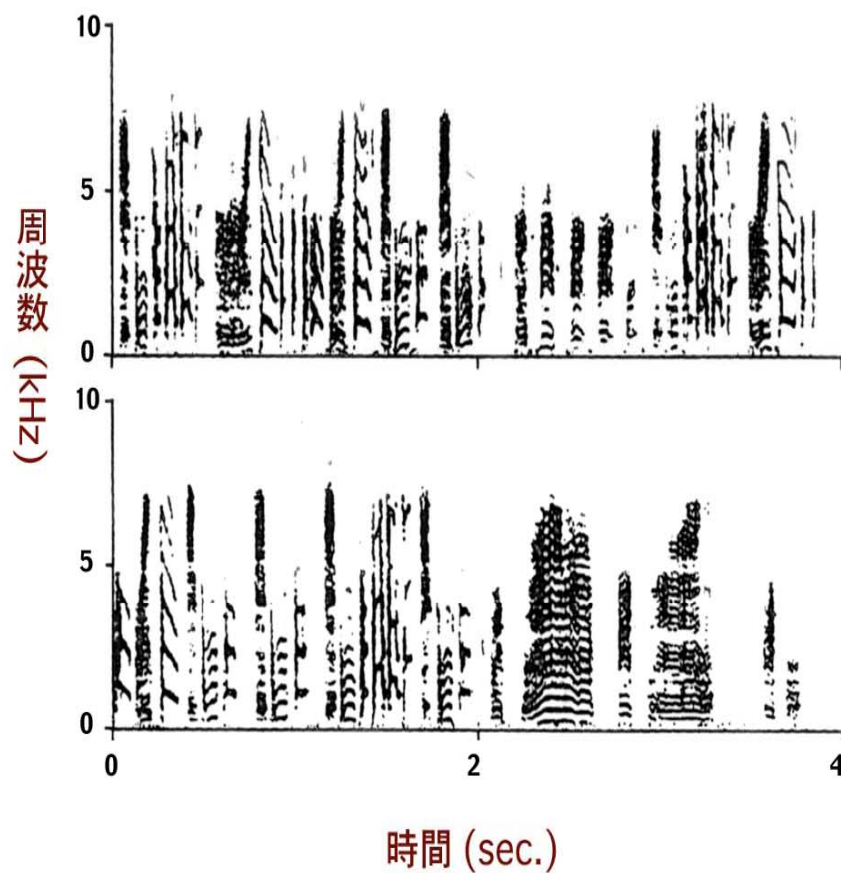
Photo: Maki Ikebuchi



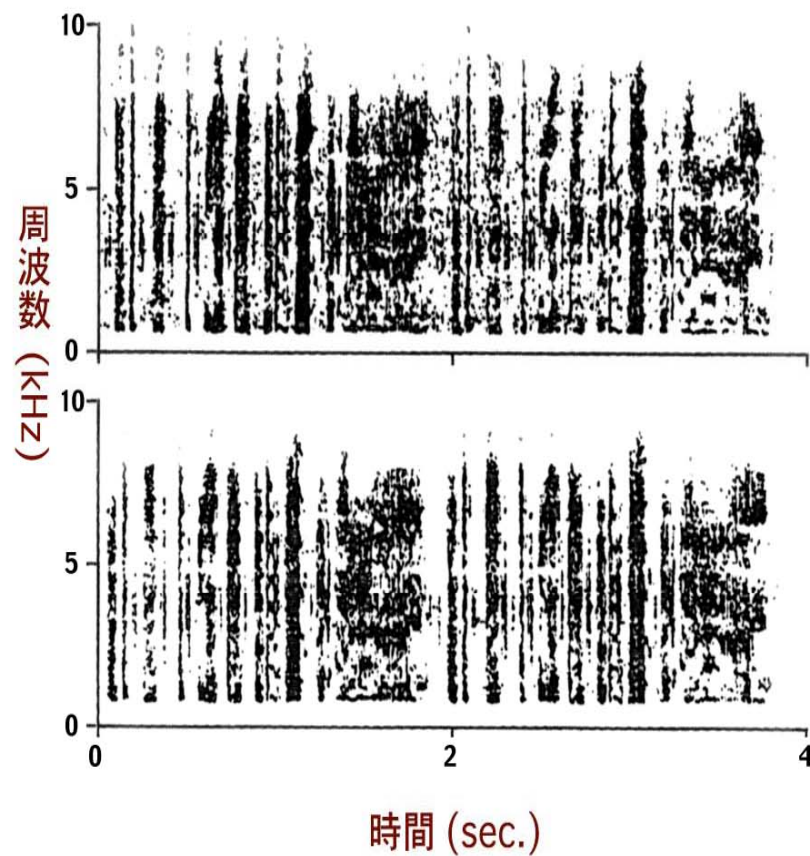
# ジュウシマツとコシジロキンパラの歌



ジュウシマツ

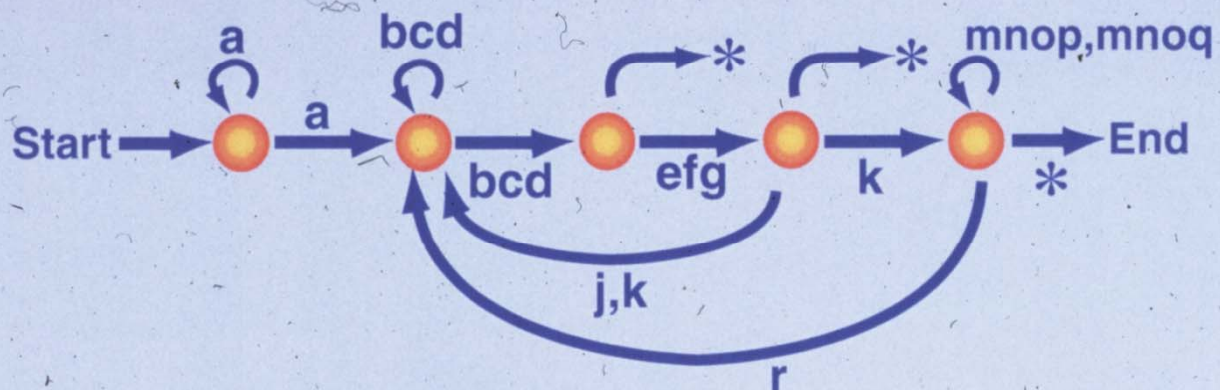


コシジロキンパラ

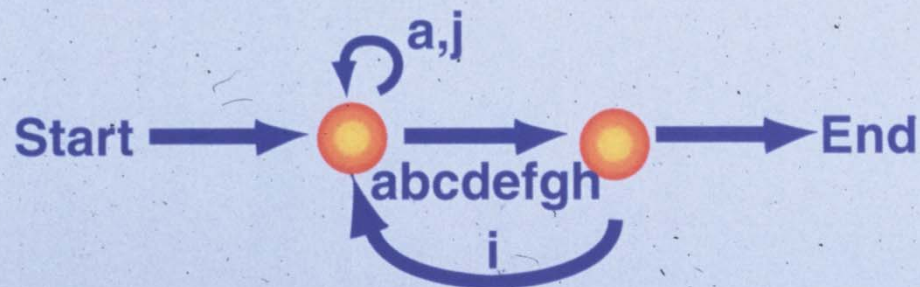


# 歌文法の比較

## Bengalese Finch



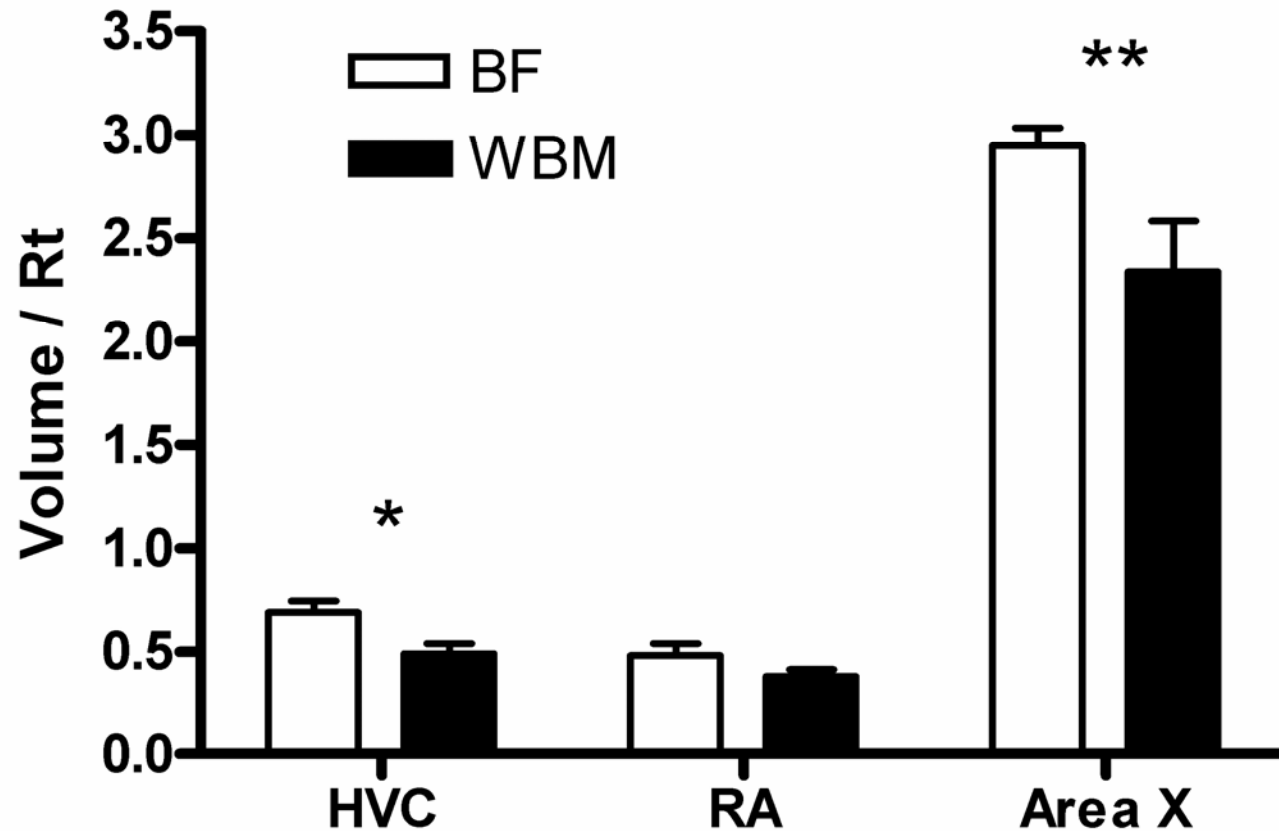
## White - Backed Munia



# ペットとなることで何が変わったか

- 歌で種認識をする必要がない
  - 親の歌をしっかりと学ぶ必要がない
- 複雑な歌をうたうことにコストがいらぬ
  - 捕食されることはない
  - 脳の発達に必要な栄養はいくらでも取れる
- もしメスに複雑な歌を好む性質があれば、ペット化されたジュウシマツの歌はどんどん複雑化するだろう。

# 脳の歌制御系の体積は、 ジュウシマツのほうが大きい



# 脳のグルタミン酸受容体は、 ジュウシマツに多い

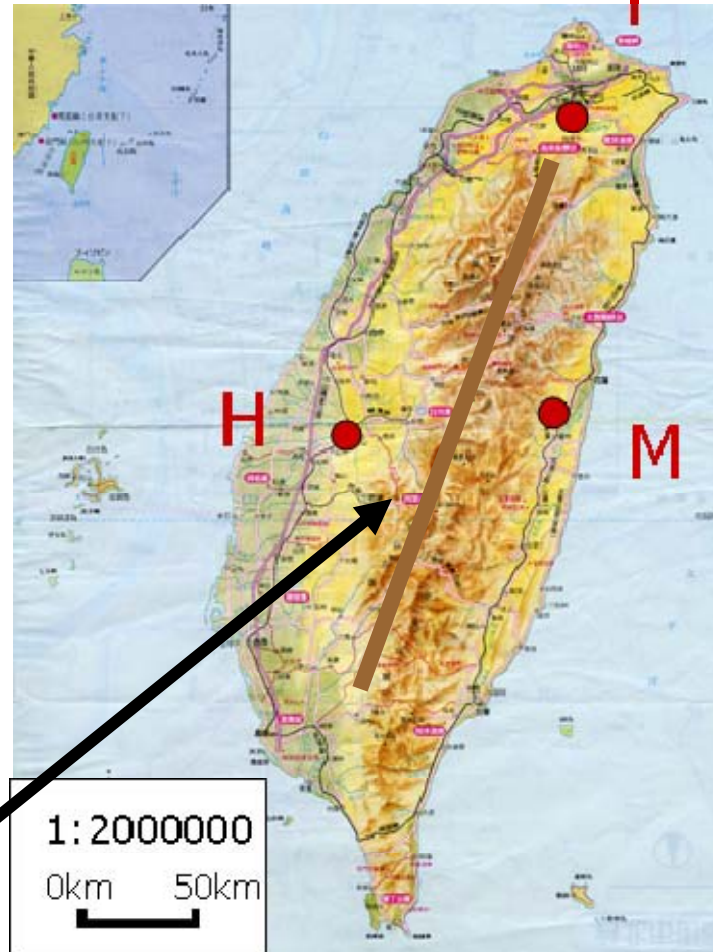
	NR2A	NR2B	GluR5	mGluR2
HVC	NS	B>M	NS	NS
RA	NS	NS	B>M	NS
AreaX	B>M	B>M	NS	NS
LMAN	NS	NS	NS	B>M

Wada, Takahasi, Jarvis,  
Okanoya (in prep.)

# 台湾での野外研究



H: Huben  
(Woods)



Mountain  
running South to  
North



T: Taipei  
(Suburban)



M: Mataian  
(Rice field)



# コシジロキンパラには 同所性の異種がいる



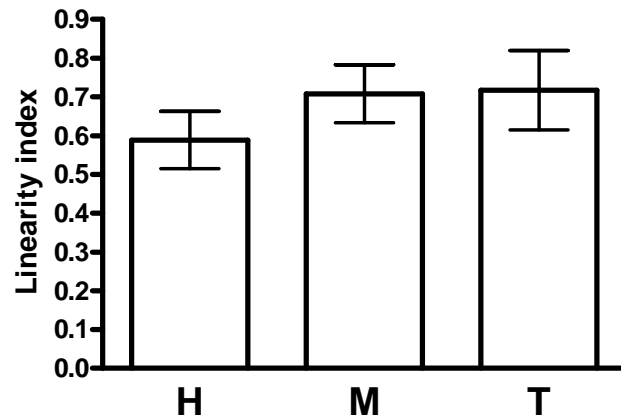
white-backed munia

Spotted munia

同所性の異種がいることで、種特有の歌をしっかりと学ぶことが重要になる(交雑を防ぐため)

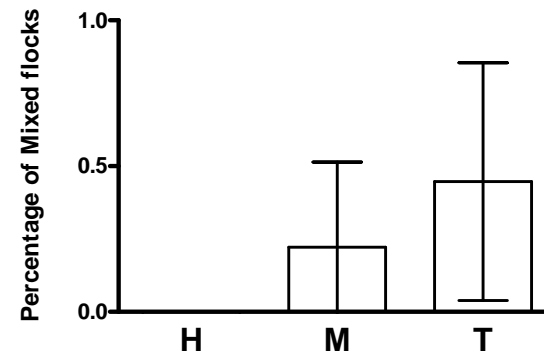
# 同所性異種が多いほどコシジロの歌 は単純になる(香川ら、改稿中)

## Song linearity



$H < M, T$

## Sympatric ratio



$H < M, T$

# 同所性異種の影響

- アミハラが多いとコシジロの歌は単純化する。
- 雑婚をさけるため、歌を単純にして種差を明瞭にしている？
- 家禽化は、同所性異種がまったく存在いないという特殊ケースであると考えられる。歌に種特異性を持たせる必要がないから、いくらでも複雑になれる。

種認識の必要性がなくなることで、歌の文法的複雑さが進化したのかも知れない。

## 1. 家禽化によりさまざまな制約がなくなる

種認識、社会的学習制約、捕食など、さまざまなコストがなくなることで、複雑な歌をうたうことが妨げられない。

## 2. 家禽化により性淘汰が進む

複雑な歌をうたうオスはメスに好まれ、制約がなくなったぶん歌はよりいっそう複雑になる。

種認識機構の退化による歌の文法性の進化

# 言語の進化国際学会 2012年3月、京都で！



## Birds move to center perch

Language evolution researchers have concentrated on apes and other primates because they are our closest relatives. But those animals can't match a key feature of human language: vocal learning, the amazing ability of young children to imitate the sounds of adults. Vocal learning does turn up in a handful of other species, including whales and possibly bats, but the masters of this talent are songbirds, parrots, and hummingbirds (*Science*, 31 January 2003, p. 646).

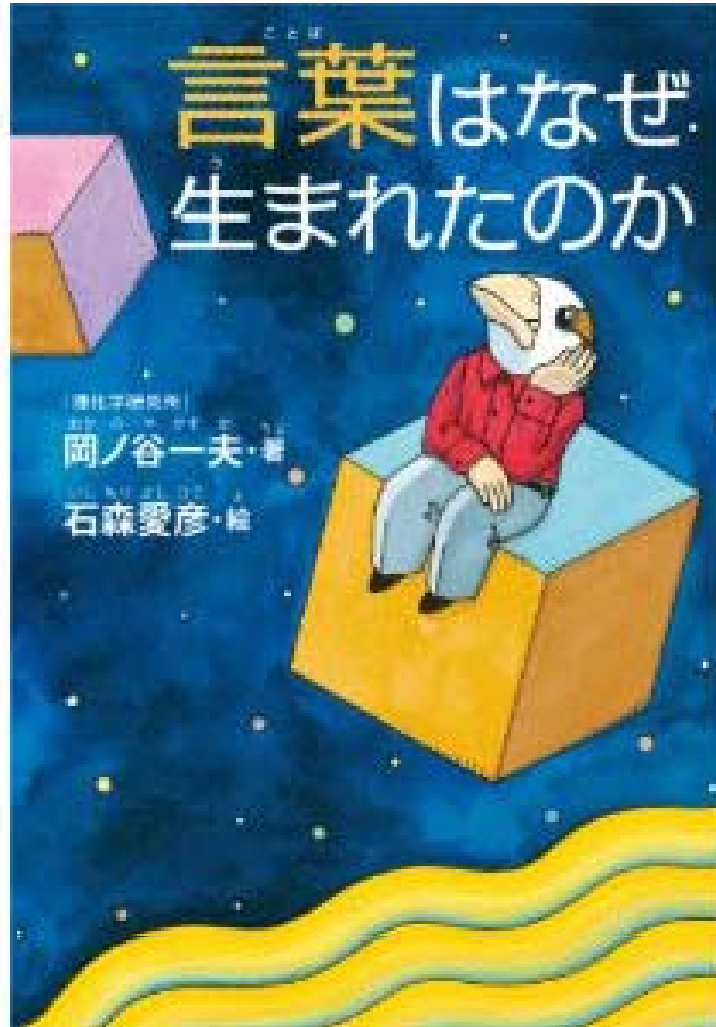
In his talk leading off a songbird workshop, biologist Johan Bolhuis of Utrecht University listed the numerous parallels between the way songbirds learn to sing and the way human infants learn to speak. Both must be exposed to adult "tutors"; juveniles of both species have a sensitive period for vocal learning; and both young birds and human infants "babble" (called "subsong" in birds) while learning to vocalize.

Over the past few years, Bolhuis and other researchers have traced vocal learning and song production to bird

humans are able to distinguish words that closely resemble each other. But Verena Ohms of the Institute of Biology Leiden in the Netherlands taught zebra finches to distinguish two very similar-sounding Dutch words, pecking a button after hearing the correct word of either *wit* (white) or *wet* (law), even when the words were spoken by a variety of human voices, both male and female.

Fitch says that these parallels suggest that language evolution researchers can learn a lot about human speech by studying our distantly related feathered friends. He points to recent work by animal behaviorist Constance Scharff of the Free University of Berlin and her co-workers, showing that *FOXP2*, a gene implicated in human speech, also plays an important role in bird-song learning. Fitch says that such molecules might have been recruited by natural selection to perform similar functions even in species that went their evolutionary ways long ago. Thus, despite their distance from humans, birds are now perched firmly on the Evolang agenda. Indeed, the next meeting, in Kyoto, Japan, in 2012, will be organized by bird-brain expert Okanoya and his colleagues. **-MICHAEL BALTER**

# 新刊案内



鳥、ハダカデバネズミ、デグー、テナガザルの研究からわかった！  
ジュウシマツの歌には文法があり、ハダカデバネズミは鳴き声で上下関係を確認。人間の「ことば」の誕生の謎を楽しみながら学べる本。  
文藝春秋より 1500円。

11月25日発売

「さえずり言語起源論  
新版 小鳥の歌からヒト  
の言葉へ」

岩波書店より 1200円  
4つのなぜをすべて扱っ  
て包括的な理解を進め  
ます。

# みなさま

