

**(社)日本ロボット学会 第66回ロボット工学セミナー**  
**「動物にみる賢さと巧みさ～新しいロボットへの道標～」**  
**開催レポート**

日時：2011年9月14日(水) 11:00～18:05

会場：東京大学 本郷キャンパス 工学部2号館 3階 32A1室(231講義室)

参加者数：15名

オーガナイザー：鍋島厚太(CYBERDYNE株式会社)

**概要：**

ロボットに限らずほとんどの機械は、動物の賢さと巧みさを観察し、記述し、再現することで実現されてきました。本セミナーでは、聴講者が様々な動物の賢さと巧みさについて理解を深め、得られた新しい知識を、新しいロボット創成へのインスピレーションを得ることが目的でした。本セミナーでは、「時間と空間の認知と利用」という側面から、様々な動物の生態と認知能力について明るい先生方にご講演頂きました。

**第1話「生体における発声制御と聴覚の関連:コウモリおよび小鳥をモデルとした研究」**

同志社大学の小林耕太先生に、前半は、鳴禽類(キンカチョウ、ジュウシマツ)の歌行動について、また後半は、キクガシラコウモリのエコーロケーション行動について、神経核とその機能的な接続関係という視点から、それぞれの聴覚フィードバック制御の仕組みをご講義頂きました。破壊実験、神経伝達物質導入実験の結果から、迂回して投射する系が、発声器官を直接制御する系を抑制する関係があることを解説頂きました。特にコウモリのエコーロケーションでは、コウモリが制御に適した形態や機能を持つということと、超音波の変調やインターバル、入出力特性の活用など、どのような特徴を具体的に利用しているかというお話があり、工学系の聴講者にも解りやすく、大変示唆に富む講義でした。



ご講義中の小林先生

セミナー風景

**第2話「イルカに見る感覚と知能の妙-水棲生活への適応」**

東海大学の村山司先生に、前半は、イルカの視覚と錯覚、聴覚の特徴と、エコーロケーションについて、また後半は、数の認識、鏡像認知、言葉の学習についてご講義頂きました。水中に適応した視覚と聴覚をイルカが備え

ていることは、普段陸上で生活しているヒトとして新鮮に感じました。イルカが視覚的記号による名付け、音声による名付け、声真似など言語の初期学習を行う能力を有していることを、実験設定を交えて分かりやすく解説して頂きました。講義では連携する水族館で行われた実際の実験風景を動画でお見せ頂き、イルカの賢さが非常に印象付けられました。第3話とも関係して、群れ社会を形成するためのイルカの知能が良く感じられた講義でした。



ご講義中の村山先生

### 第3話「霊長類の社会知性を考える」

理化学研究所の藤井直敬先生に、ニホンザル同士の物理的インタラクション中に生じる身体運動、視線の動き、全脳的な脳活動の計測についてご講義頂きました。藤井先生の幼少期の体験や、日常よく体験する感覚の話から、社会知性のイメージを与えて頂き、実験結果の考察として、下位の者の我慢・抑制によって初期的な社会ルールが形成されるのだというメッセージが明快に示されました。計測されたデータをインターネット上ですべて公開・共有し、脳科学のティコ・ブラーエになろうというプロジェクト NEUROTICHO (<http://neurotycho.org/>)の取り組みについてもご紹介されました。ロボットに社会知性は作りえるのか、非常に考えさせられる講義でした。NEUROTICHO のデータもまた、新しいインスピレーションの元になることが期待できます。



ご講義中の藤井先生

### 第4話「ヒトの聴覚による空間認知のメカニズム ～音源定位と視覚障害者の障害物知覚～」

産業技術総合研究所の関喜一先生に、ヒトが聴覚からどのように「音像」を構成するかについて、両耳間レベル差、両耳間時間(位相)差の周波数帯域による使い分けや、聴覚障害者の障害物認知に利用される聴覚的手掛かりについてご講義頂きました。音を巧みに利用して空間を認知する能力は、健常者でも獲得できるということに驚きを感じました。様々な音の特徴を手掛かりに空間を認識する人工システムについて大変示唆的な内容でした。得られた知見に基づいて、障害物知覚訓練用に音を合成した CD が実際にリハビリテーションに用いられているとのことで、科学・工学の成果が社会に還元されていることに大変勇気づけられる講義でした。(訓練用 CD の音声は関先生のホームページ (<http://staff.aist.go.jp/yoshikazu-seki/CD/index-j.html>)からダウンロード可能)



ご講義中の関先生

## まとめ

様々な動物の賢さや巧みさを、日常的に実感を持って研究していらっしゃる先生方のご講演に、聴講者が何かしら感じ取り、新しいロボットの創成のインスピレーションとなっていましたら幸いです。本セミナーが、新しい人工システムが生まれるきっかけとなり、また翻って動物を系統的に理解する手助けになれば、本セミナーは大成功と言えるでしょう。比較認知科学の俎上に上がるくらいのロボットが出来る日がいつか来ることを願っております。

ご講演頂きました講師の先生方、会場のご提供と運営・準備にご協力頂きました東京大学情報理工学系研究科國吉原田研究室の皆様、本セミナーにご参加頂きましたすべての方々に心より感謝いたします。

文責：鍋島厚太(CYBERDYNE 株式会社)



## 第66回 ロボット工学セミナー

# 動物に見る賢さと巧みさ ～新しいロボットへの道標～

日 時：2011年9月14日(水) 11:00～18:05

会 場：東京大学 本郷キャンパス 工学部2号館 3階 32A2室 (231講義室) (東京都文京区本郷7-3-1)

アクセス：<http://www.mech.t.u-tokyo.ac.jp/kikaiB/map.shtml>, [http://www.u-tokyo.ac.jp/campusmap/cam01\\_04\\_03\\_j.html](http://www.u-tokyo.ac.jp/campusmap/cam01_04_03_j.html)

[http://www.u-tokyo.ac.jp/campusmap/map01\\_02\\_j.html](http://www.u-tokyo.ac.jp/campusmap/map01_02_j.html)

「本郷三丁目駅」(丸ノ内線、大江戸線) 徒歩15分、「湯島駅」(千代田線) 徒歩10分、「東大前駅」(南北線) 徒歩12分

定 員：50名(定員になり次第締め切ります)

参加費：会員/協賛学会員 8,400円、学生(会員・非会員を問わず) 4,200円、会員外 12,600円(税込)

口 上：ロボットに限らずほとんどの機械は、動物の賢さと巧みさを観察し、記述し、再現することで実現されてきました。聴講者が動物の賢さと巧みさについて理解を深めることが、本セミナーの狙いです。本セミナーで得られた新しい知識は、きっと新しいロボット創成へのインスピレーションとなることでしょう。本セミナーでは、「時間と空間の認知と利用」という側面から、様々な動物の生態と認知能力について明るい先生方にご講演頂きます。

オーガナイザー：鍋島厚太 (CYBERDYNE (株))

WEBサイト：「日本ロボット学会主催・共催行事 最新情報」よりご確認ください。

<http://www.rsj.or.jp/events/index.html>

### 講演内容：

<開会挨拶・講師紹介> 11:00-11:05

### 第1話 生体における発声制御と聴覚の関連：

コウモリおよび小鳥をモデルとした研究

11:05-12:35 同志社大学 小林耕太

ヒト、コウモリおよび鳴禽類(Songbird)では正常な発声をおこなうために、自身の発した音声を聴きながら(聴覚フィードバック)発声制御することが不可欠である。これらの動物は共通して極めて精緻な時間周波数構造を持つ発声をおこない、聴覚を剥奪された場合には、この音響構造が維持できなくなる。その発声における重要性に比して聴覚フィードバックが発声を制御する、生理メカニズムについて、ヒトを含め、知見は極めて限定的である。

本講演では神経生理機構の研究が容易なコウモリ的一种キクガシラコウモリおよび鳴禽類の一種ジュウシマツを用いて、私たちがおこなってきた聴覚フィードバックによる発声の生体制御メカニズム研究について紹介したい。ジュウシマツの発声は複数の音素から構成され彼らはこの音素を様々な順番で組み合わせる歌をうたう。一方コウモリは超音波発声によるエコーロケーション(こだま定位)をおこなう。特にキクガシラコウモリはエコーの周波数を一定に保つよう実時間で聴覚フィードバック制御をおこなっている。解剖学的には両種で共通して、発声の運動パタンの生成は脳を起点とするネットワークによりなされ、聴覚フィードバック回路は運動パターン出力を修飾するように接続される。このフィードバック制御回路はジュウシマツでは脳内に存在し音素の順列制御に関与する。一方コウモリではフィードバック回路は脳幹部に存在し、発声の周波数と発声持続時間の制御に関与するとともに、これら2つのパラメータ(時間・周波数)は解剖学的に独立する回路で処理されることがわかった。これらの発声制御回路が音声知覚に関与する可能性についても考察したい。

<休憩(昼食)> 12:35-13:30

### 第2話 イルカに見る感覚と知能の妙-水棲生活への適応

13:30-14:30 東海大学 村山 司

イルカ類は高度に水棲生活に適応した哺乳類である。彼らは、水中を高速で泳ぐための物理的特性を体に秘め、水陸両用の眼と、光を効果的に利用できるように仕組まれた光覚機能を有し、そして「音感の動物」といわれるように、秀でた聴覚システムと超音波を駆使し「音で見る」能力を持つなど、水の中で巧みに生き抜いていくための優れた特性や能力を有している。そこで本講演ではイルカのそのような特性、とくに視覚と聴覚に見られる水中生活に適応した種々の能力とそのメカニズムを紹介する。

また、イルカは「賢い」と言われて久しい。巨大な脳を持ち、そこに存在する神経細胞のネットワークから、高

等な霊長類にも匹敵する知的能力があることが明らかにされつつある。そこでイルカの「賢さ」について実験的に検証した成果について、演者が行っている「イルカとヒトとの会話」の可能性の観点から紹介したい。

<休憩> 14:30-14:45

### 第3話 霊長類の社会知性を考える

14:45-16:15 理化学研究所 藤井直敬

これまでの神経科学で最も大きな問題は何でしょうか。それは、これまでの神経科学が、脳を単体で機能するシステムだと捉えていた事であるように思えます。しかし、脳を社会環境から切り離すことはできません。

わたしたちヒトは、他者を含むあらゆる環境条件において適応的に振る舞うことができるという知性を持っています。そのような他者の行動への適応を含む、社会適応的な行動選択のメカニズムを、これまでの神経科学では殆ど取り扱う事がありませんでした。その最大の理由は技術的な困難にあり

ました。複数の個体が相互作用を行うような現実的な実験環境での脳機能計測は大変困難で、そのような実験環境では行動課題の統制も非常に難しいからです。

しかし、現実環境における他者のもつ予測不確定性は、膨大な認知的負荷をわたしたちの脳に与えています。そのような、瞬間的環境文脈と他者との関係性に基づいて行動を決定する脳機能を社会的脳機能(ソーシャルブレイン)といい、その負荷に対する脳の進化的適応が、わたしたちの脳の知性の源だという考え方を社会脳仮説と言います。その考え方に拠るなら、ヒト知性の脳内メカニズムを解明するためには、個体間相互作用を許す、現実的社会空間を実験環境に導入する必要があります。

本講演では、そのようなソーシャルブレイン研究を、霊長類を用いて行うために必要な考え方や具体的な技術について議論します。

<休憩> 16:15-16:30

### 第4話 ヒトの聴覚による空間認知のメカニズム

～音源定位と視覚障害者の障害物知覚～

16:30-18:00 産業技術総合研究所 関 喜一

本講演では、ヒトの聴覚による空間認知のメカニズムについて概説する。聴覚には、音を発する物体の位置を知覚する“音源定位”の他に、音を発しない物体の存在を知覚する“障害物知覚”と呼ばれる能力もある。前者は日常の中で誰もが経験するが、後者は主に視覚障害者に積極的に利用されている。

音源定位は、水平面定位、正中面定位、距離知覚の3つのメカニズムにより3次元の位置を特定する。水平面定位は左右方向を特定するメカニズムであり、左右耳に音が到達する際の時間差および強度差を利用している。水平面定位は上下前後方向を特定するメカニズムであり、耳介などの形状によって決定される頭部伝達関数と呼ばれる周波数特性の方向による違いを利用している。距離知覚は距離を特定するメカニズムであり、距離減衰などを利用している。

障害物知覚は、物体によって音が反射したり遮音されたりすることを利用して、音を発しない物体を知覚する能力である。大きく分けて、環境音を利用する場合と、自発音(足音など)を利用する場合がある。メカニズムとしては、物体の接近によって反射音の遅延時間が短くなることにより起こる音像の変化や音色の変化を利用して、障害物知覚は学習によって獲得される能力であり、視覚障害者のリハビリテーションにおいても訓練が行われている。

<閉会挨拶> 18:00-18:05