S1C01

はじめに～脳機能研究の時代

○喜多村（津田） 祐里^{1,2}（¹ 阪大院・医学系・情報生理、² 通総研・関西支所・柳田グループ）

思い切って“脳高次機能とロボティクス”という突飛?なテーマを挙げてみた。「本来の生物物理分野を著しく逸脱しないことが条件…」とやや辛口の批評こそあれ、ビシヤリと門前払いにならないところが生物物理の寛大でノーブルな体質といえる。実はヒトで著しく発達している言語あるいは非言語によるコミュニケーション、意識、記憶などの認知機能がサイエンスの真面目な研究対象となっており、まださほど時間は経っていない。トレーサー技術の賜物であるPETやSPECTに続いて超伝導量子干渉素子(SQUID)による脳磁図(MEG)、高速エコープラナリイメーシング法が可能にした機能的磁気共鳴画像(fMRI)、さらに最近、注目を集める近赤外光計測(NIRS/I)など、非侵襲性に脳機能の賦活状態を検出する技術の開発によって躍進した。しかし、いかに複雑な脳機能も最終的にはニューロンの発火現象によって表現されるはずであり、その膨大かつ複雑な情報処理のしくみは多くの謎につつまれたままである。いわば産声をあげたばかりの脳機能研究はさまざまな分野によるinteractiveな取り組みが必要とも言われる。はじめから「脳を理解しようなんて!」と匙を投げないで、これまで抽象的に捉えがちであった「脳機能のしくみ」について、科学の力でその実体を少しずつ紐解いてみようという精神が大切であるかも知れない。この分野で、生物物理に託されるべき問題は山積していると見える。むしろ、「生物物理でこそ可能!」と言わしめる独創的アプローチはないものだろうか。

Y.T. Kitamura : Introductory remarks to the special symposium

S1C03

運動技能の神経機構

○彦坂 興秀（順天堂大・医）

我々の生活はさまざまな運動的スキル Motor skill に支えられている。さまざまな技能は、その神経機構を調べるために、サルとヒトを対象とした連続ボタン押し課題を開発し、新しい順序動作の学習過程と、すでに十分学習した順序動作の再現過程を調べた。その結果、少なくともふたつの独立したメカニズムが存在し、それらがひとつの順序動作を違う方法で学習し、表現することが示唆された。第一のメカニズムは、学習に使う身体部位とは無関係に、空間座標のなかでの位置変化として順序動作を表現する (Spatial mechanism)。第二のメカニズムは、学習に使った身体部位の筋や関節の状態変化として順序動作を表現する (Motor mechanism)。その神経機構を明らかにするために、サルでは、単一ニューロン活動の記録と局所神経活動の可逆的なブロックを用い、ヒトでは機能的MRIを用いて実験を行った結果、つぎのことが明らかになった。前補足運動野や外側前頭連合野などの大脳皮質前頭葉と大脳基底核の前方領域から成る神経回路は、主に Spatial mechanism として「正しい順序動作」を獲得するためにはたらく。しかしさらにくりかえし練習すると、大脳基底核の後方領域、小脳、そしておそらく大脳皮質運動野から成る神経回路が Motor mechanism としてはたらくことによって、学習に使った身体部位に固有の「すばやい順序動作」を獲得し、それを長期記憶として保持する。Spatial mechanism は注意を伴うのに対し、Motor mechanism は無意識的にはたらくために、大量の複雑な情報を並列的に処理することができる。たとえば、バイオリニストの超絶技巧のように。

O.Hikosaka : Neural mechanisms for motor skill

S1C02

物体認識を支える視覚脳機能

○藤田 一郎（阪大院・基礎工・生物工学）

「ものを見る」際、脳は膨大な情報処理を行なっている。視覚は、網膜像という二次元画像2枚から眼前の3次元世界を理解するという困難な計算処理過程である。物体の位置、見る角度と距離、照明条件、物体自身の形の変化などによる網膜像の変化に左右されずに、無数の物体のカテゴリ化や個々の物体の弁別を行わなくてはならない。網膜で捉えられた視空間局所の光の強度と波長の情報は、脳の中で様々な処理を受け、最終的には、上記の要請に役立つ形で、神経細胞の活動として表現されているはずである。視覚連合野TE野は、物体認識に必要な脳内経路の最終段階である。TE野が破壊されると、位置・運動の知覚は影響を受けずに、物体の識別と再認ができなくなる。TE細胞は、形、色、模様といった物体認識に有用な視覚でがかりに関する情報を処理伝達している。個々の細胞は、物体そのものではなく物体の図形特徴に反応する。とはいえ、その反応選択性は、線分・エッジ・平行縞に反応する初期視覚野の多くの細胞にくらべはるかに複雑であり、その形成メカニズムは、GABA-A受容体を介する抑制性相互作用が寄与していること以外は不明である。TE野の中で、似た図形に反応する細胞は、皮質表面に垂直方向に並び、柱状構造(コラム)を形成している。TE野には1000〜2000個のコラムが存在すると見積もられている。物体像は、コラムに表出されている限られた数の要素的図形特徴に分解されており、物体の特定は活動するコラムの組み合わせで表現されているとする仮説が提唱されている。TE野はさらに、形、色、模様という2次元特徴のみならず、奥行き知覚の手がかりである両眼視差も処理していることが近年判明した。形と両眼視差の情報の統合により、物体の3次元構造の復元がこの領域でなされている可能性がある。

I. Fujita : Neural mechanisms underlying object vision

S1C04

ロボカップにおける行動学習戦略

○浅田 稔（阪大院・工）

ロボカップは、1990年代初頭、講演者が中心となって、人工知能とロボティクスの新たな標準問題として提案し、1997年に第一回世界大会を開催以来、年々参加チームが増大し、一大国際研究プロジェクトとなっている。本講演では、ロボカップにおける複数ロボットの協調問題を中心に、技術動向並びに、今後の課題を探る。まず最初に、強化学習を規範とするロボットの講堂学習法がロボカップでどのように利用され、サッカープレーがどの程度まで可能かを議論する。協調行動の学習では、複数ロボットが互いに相手の行動を自身の行動との因果関係を推定しながら意思決定していく学習過程を紹介し、他者の状態推定問題が、他者の行動理解、意思理解、心を読む問題に発展していく可能性を検討する。行動学習では、ロボット内部の学習機構の設計と同時に、環境設定を工夫しないと、学習が進まない。ここでの環境設定は、学習を始める初期状態、与える呈示環境の順番、環境内の他者ロボットの行動、明示的な教師の介入など多岐に渡る。このような環境設計論と内部構造設計論が密に結合して初めて、知的で多様な行動が学習される。更に進化的手法では、環境の複雑さと獲得される行動の関係を、フォーメーションプレーを例に論じる。このほか、階層的自律的構築や戦略学習などを通じて、脳の高次機能とロボットの行動学習の関連を議論する。そして、今後の課題を列挙し、その対策を検討する。

M.Asada : Learning and evolutionary approach in RoboCup Initiative