

「脳を創る」

平成11年度採択研究代表者

銅谷 賢治

(株)国際電気通信基礎技術研究所 主任研究員)

「行動系のメタ学習と情動コミュニケーション機構の解明」

1. 研究実施の概要

新しい研究プロジェクトをスタートさせるにあたり、研究代表者と各グループメンバーの間に、基本コンセプトの理解と具体化に向けたディスカッションを行った。また、北大で初のチームミーティングを開催し、各グループのこれまでの研究経過、興味関心、専門技術、研究設備などの相互理解がすすみ、今後の共同研究の下地が作られた。また、各グループにおいては、研究計画の具体化、設備の購入と立ち上げ、人材の確保とトレーニングが順調に進んでいる。

2. 研究実施内容

(1) システム統合グループ

- ・ 行動系におけるメタ学習の重要性と、強化学習理論に基づく神経修飾物質系の機能モデルを、国際ワークショップで発表、英語book chapter、国内誌解説記事として投稿した。
- ・ 効率的なベイズ学習手法として注目されているvariationalベイズ法を、オンライン学習課題に適用可能な形で定式化し、ハイパーパラメタ制御と構造探索をオンラインで実現可能なことをシミュレーションにより確認した。
- ・ 神経修飾物質系のダイナミクスモデルのシミュレーションのため、計算機環境の立ち上げが順調に進んだ。学習エージェント実験のプロトタイプとして、ケペラロボットを購入した。

(2) 学習理論グループ

- ・ 階層ベイズ法による非線系力学系の再構成と予測：MCMC (Markov Chain Monte Carlo) 法を用いて、予測値とその不確かさを同時に計算する手法を開発し、カオスの時系列予測に適用した。これまでの階層ベイズ学習法における、2次近似の困難を解消する第一歩と考えられる。特許申請と学会発表を準備中である。
- ・ 階層ベイズ的オンライン学習と予測：学習データセットが逐次的に得られる場合の、階層ベイズ学習公式を導出した。数値実験を含め具体的検討は、これからきわめてChallengingな研究テーマと考えられる。

(3) 適応システムグループ

- ・ 統計的手法に基づく強化学習法：行動選択のランダムさというメタパラメータを、統計的に学習する新しい手法を提案し、2自由度の不安定力学系（鉄棒運動ロボット）の最適制御のシミュレーションで、その有効性を確認した。
- ・ マルチエージェント強化学習：他エージェントの行動の内部モデルを獲得し、その予測に基づき効率良く学習を行なう手法を提案し、捕獲行動課題のシミュレーションにおいてその有効性を確認した。

(4) 情動記憶グループ

- ・ 海馬スライス標本と光学的測定法を用いたゲート機構の検証と神経修飾物質メカニズムの解明：海馬歯状回の顆粒細胞層に記録電極を挿入し、嗅内皮質を電気刺激した際のシナプス電位及び集合活動電位を記録した。電気刺激間隔が1分以下になると、集合活動電位の振幅が減少する事を見いだした。
- ・ 視床下部－海馬シグナルゲート機構の全脳動物実験による実証：手術用セット、脳定位固定装置、電極マニピュレーター、データー解析用コンピュータなどの購入とセットアップを行った。
- ・ セロトニン7タイプ受容体過剰発現マウス作製：マウス作製のため、研究補助員の基本技術トレーニングを開始した。

(5) 学習修飾グループ

- ・ 前頭連合野の報酬依存的な行動制御・変換におけるドーパミンの役割：先行研究をふまえて「前頭連合野のドーパミンは報酬依存的な運動制御や行動変換に関与する」という仮説を立て、1頭のサルに報酬依存的記憶誘導サッケード課題を訓練した。12月から開始した訓練は順調に進み、すでにデータを取るための手術を実施し、4月からはデータ収集が可能である。

(6) 精神薬理グループ

- ・ うつ病を中心とした精神疾患におけるセロトニンの役割：うつ病患者におけるセロトニン受容体機能の異常、また選択的セロトニン再取り込み阻害薬（SSRI）による治療効果とセロトニン受容体活性の相関を、末梢血細胞を用いて検討した。さらに、セロトニン神経系の機能調節に関連した遺伝子特徴を明らかにするための基礎的検討を行っている。
- ・ 行動評価の時間スケールとセロトニン：異なる時間スケールでの行動評価を行う脳回路とそのセロトニンによる制御の可能性を探るため、脳内磁気刺激装置の導入とテスト、Functional MRI、MEGを用いた脳活動測定系の確立を行っている。今後、セロトニンがコストとメリットの評価の時間スケールを決めるという仮説を検証するために、有効な実験パラダイムを具体化していく。

3. 主な研究成果の発表（論文発表）

- K. Doya (2000) Metalearning, neuromodulation, and emotion. In G. Hatano et al. (Eds.), *Affective Minds*, Elsevier Science B.V.
- 銅谷賢治 (2000) 行動学習系のメタパラメタ制御と神経修飾物質. 数理科学、No. 444, pp. 19-24.
- 川人光男、銅谷賢治、春野雅彦 (2000) ヒト知性の計算神経科学（連載第1回）言語に迫るための条件. 科学、Vol. 70, No. 5, pp. 381-387.
- 川人光男、銅谷賢治、春野雅彦 (2000) ヒト知性の計算神経科学（連載第2回）小脳が獲得する内部モデル. 科学、Vol. 70, No. 7, pp. 598-606.
- 銅谷賢治、川人光男、春野雅彦 (2000) ヒト知性の計算神経科学（連載第3回）小脳、大脳基底核、大脳皮質の機能分化と統合. 科学、Vol. 70, No. 9