(株)国際電気通信基礎技術研究所
脳情報研究所 室長

銅谷　賢治

「 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 」

研究期間：平成１１年１１月１日～平成１７年３月３１日

１．研究実施の概要

本研究の目標は，人間や動物の柔軟な学習を可能にしている，脳の「メタ学習」の機構を理論的，実験的手法により解明し，その理解をより人間的なロボットやコンピュータの設計論に結びつけて行くことである．そのため，

i）学習系のメタパラメタ調節の理論と神経修飾物質系の機構

ii）課題や環境に適した内部表現の獲得における大脳皮質の機能

iii）メタ学習機構としてのコミュニケーションと進化の役割

という３つレベルでのメタ学習機構の解明に向け，

1）計算理論

2）動物実験

3）人の脳活動計測

4）ロボットによる機能統合

の４つのアプローチを組み合わせて研究を進めた．

特に大きな狙いは，これまで現象論的記述に終始していた人間や動物の情動メカニズムに関して，計算理論の立場からメスを入れ，神経修飾物質系のダイナミクスと，その個体と集団の行動における機能を解明することである．

各アプローチによる研究の概要は以下の通りである．

１）計算理論

学習エージェント（動物，人間，ロボットなど）が環境との相互作用の中で得られる報酬を最大化する行動を探索的に獲得するための枠組みである「強化学習」の理論をベースに，学習のメタパラメタの制御と，学習に必要な内部表現の獲得機構に関して研究を進めた．

メタパラメタ学習ではまず，学習速度，探索の逆温度，予測の時定数を高次レベルの制御出力とみなし，単純な強化学習の原理により最適化する階層学習方式を提案し，シミュレーションによりその有効性を確認した（Schweighofer 2003）．

もう一つのアプローチとして，まず環境のダイナミクスモデルを獲得し，それをもとに行動学習のメタパラメタ制御を行う方式を検討した．環境モデルの獲得のため，階層ベイズ推定を基礎に時系列予測（Nakada et al., 2005），混合主成分分析（Oba et al, 2003），確率遷移モデル（Ishii et al., 2002）の学習方式を提案した．さらに獲得した環境モデルをもとに環境の変化を検出し，学習速度等のメタパラメタを制御する方式を開発し，シミュレーションによりその有効性を確認した（Hirayama et al., 2004）．

さらに，単一のエージェントの中に複数の学習モジュールを仮定し，複雑な環境に対応する強化学習方式を検討した．複数モデルベース強化学習（Doya et al, 2002）

を定式化し，非定常，非線形制御への適用が可能なことを示した．さらに，異なるメタパラメタやアルゴリズムを持つ学習モジュールを複数用意し，そのうち一つが生成した行動エピソードから，他の全てのモジュールが「重要度サンプリング」により適切に学習を行う方式を開発し，ロボット実験によりその有効性を検証した（Uchibe and Doya, 2004)．

２）動物実験

動物実験では，ラットの海馬の記憶の制御機構と，サルの前頭前野におけるドーパミンとノルアドレナリンによる制御機構について研究を進めた．

これまでの海馬スライスの画像計測により，海馬の情報伝達にはCA2領域がゲートとして働くことが示唆され，また解剖学的研究により，海馬歯状回とCA2領域は，視床下部の上乳頭体核(SuM)から投射を受けることが知られている．そこで海馬の記憶形成が，SuMからの入力により制御されるという仮説を立て，その検証に向けた実験を行った．まず，ラットが未知のオープンフィールドに置かれるストレス下で，SuMと海馬の活動が亢進していることを，c-Fosタンパクの発現により明らかにした（Ito et al., 2003)．さらに，SuMの局所破壊により海馬の活動が減少する（Ito et al., 2004）という，仮説を支持するデータを得た．

さらに，記憶形成の分子レベルでの制御機構に迫るため，海馬でのゲート機構に関与すると考えら得るアデノシンA1受容体，シナプス形成に広く関わるとみられるドレブリンAタンパクの遺伝子改変マウスを作成し，その行動変化を確認した．

サルの前頭前野では，まずドーパミン，ノルアドレナリンの阻害薬の注入の行動課題への影響を調べ，ドーパミンD1レセプタ阻害により行動の切り替えが，ノルアドレナリンα2レセプタ阻害により注意課題が，それぞれ障害されることを示した（Iba and Sawaguchi, 2000)．

さらに，刺激と報酬との関係が随時変化する行動課題中の前頭前野のニューロン活動の記録により，これまで知られていた報酬予測的な活動だけではなく，報酬を得た時点でその前に取った行動や，その次の試行で取るべき行動に相関した活動を発見した(Tsujimoto, 2004)．この知見は，前頭前野におけるドーパミン系が過去の行動と報酬をもとに，次の行動を組み立てる上で重要な役割を持つことを示唆している．

３）人の脳活動計測

人間の脳活動計測では，短期と長期の報酬予測に関わる脳回路と，そのセロトニン系による制御機構を主要テーマに実験を行った．

まず，脳内には，行動の結果すぐに得られる短期の報酬予測に関わる部位と，時間遅れや複数のステップを経て得られる長期の報酬予測に関わる部位が存在するか，という問題に関して，いくつかの行動課題を考案し実験を行った．その中のひとつ，３

状態のマルコフ行動決定課題では，選択した行動がそのステップで得られる報酬だけでなく，以降のステップで得られる報酬も左右するような状況のもとでの脳活動を計測した．その結果，短期的な報酬予測では，これまで報告されていたような前頭眼窩野や大脳基底核に活動が見られたのに大使，長期的な報酬予測では背外側前頭前野，頭頂葉，小脳外側部，さらにセロトニン中枢である縫線核に有意な活動が見られた．さらに，強化学習モデルに基づくデータ解析により，線条体と島皮質において，腹側部は短期の，背側部は長期の報酬予測に関わるというマップ構造を発見した(Tanaka et al, 2004)．

さらに，セロトニンの前駆物質である必須アミノ酸のトリプトファンの食餌量により，間接的にセロトニン機能を操作する実験により，セロトニン機能減退時には線条体背側部の長期報酬予測に関わる脳活動が抑制され，セロトニン機能亢進時には線条体腹側部の短期報酬予測に関わる脳活動が抑制されるという結果を得た．

４）ロボット実験

動物や人にとって，食物や水，痛み，性行動など様々な報酬は，もとをただせば自己保存と自己複製という生物の基本的な要請を満たすよう進化して来たものと考えられる．そこで報酬系の設計原理の解明に向け，自己保存と自己複製という生物と同じ要請を持つロボット，「サイバーローデント」を開発し，学習と進化実験を行った．

サイバーローデントは，電池パックを捕獲し自己充電することにより自己保存を，他の個体と赤外線通信によりプログラムやパラメタを交換することによりソフト的な自己複製を行うことができる．このロボットとそのシミュレーターを用いて，まず最初は，バッテリーパックの捕獲や，他個体との交配などの基本行動の学習と進化の実験を行った．次に学習速度や行動選択の逆温度など，メタパラメタを進化させることにより，世代を追って学習機構が環境に応じ最適化されていくことを確認した．

さらに，各個体が補食行動と交配行動を，内蔵バッテリーレベルに応じて選択するという状況で，電池パックや他個体の視覚刺激に応じた報酬関数や，交配行動を始めるバッテリーのしきい値レベルなどを進化させ，自律適応的なロボットコロニーを実現した．

以上をまとめると，当初掲げた３つのレベルでのメタ学習機構のうち，i）メタパラメタ調節に関しては，新たなアルゴリズムの導出と，神経修飾物質のうち特にセロトニンの機能に関する新たな知見を得ることができた．ii）内部表現の獲得に関して，頭頂葉や前頭前野での課題依存的な活動が明らかになったが，その理論化はまだ今後の課題である．iii）個体間の相互作用として，進化の役割はロボット実験でも確認できたが，コミュニケーションの役割に関しては，まだ今後の課題である．

２．研究構想

前世紀末からの統計的学習理論の発展により，今や「学習する」機械やプログラムは珍しいものではなくなってきた．しかし，今日見られる学習システムのほとんどは，その構造やパラメタを，その開発者が経験的・試行錯誤的に設定することに依存しており，従ってその適用範囲はおのずと限られている．

われわれ人間や動物の脳が，多様かつ予期せぬ状況のもとで，極めて柔軟に学習適応が可能であるということは，脳には，単に個々の細胞や回路，領野ごとの学習だけでなく，それらの学習要素の大域的なパラメタと組合せを，環境の状態や行動の目的に応じて適応的に制御するシステムが存在することを示唆している．

システムの学習の特性を左右する構造やパラメタを，与えられた学習データに応じて，あるいはより一般的には環境との相互作用の過程において，適応的に設定しようという試みは，「ハイパーパラメタ制御」，「モデル選択」，「メタ学習」などのキーワードのもとに，理論的および実験的研究が活発化して来ている．

一方，脳における大域的な制御機構としては，脳幹から海馬，大脳皮質，基底核，小脳などに投射する神経修飾物質系が注目されている．その代表的なものとしては，中脳の黒質および腹側被蓋野のドーパミン細胞，青斑核のノルアドレナリン細胞，縫線核のセロトニン細胞，中隔・マイネルト核のアセチルコリン細胞が知られている．

本研究のねらいは，メタ学習の理論的研究と神経修飾物質系の実験的研究をもとに，脳の大域的な学習の制御メカニズムを解明することである．そこで，主要な４つの神経修飾物質系がそれぞれ，

ドーパミン： 報酬の期待

セロトニン： 短期と長期の結果の予測

ノルアドレナリン： 探索と最適化

アセチルコリン： 記憶の保持と更新

という行動系のメタパラメタの制御に関わっているという作業仮説を掲げ，これを実験と数理モデルにより検討する中で，その検証と具体化を図ることとした．

さらに広い意味でのメタ学習の研究は，

i）学習の大域的パラメタをいかに調整するか

ii）学習モジュールをいかに選択し組合せるか

iii）個体間の情報共有により学習がいかに促進されるか

という３つのレベルにおいて考えられるべきである．そのため，

1）計算理論

2）動物実験

3）人間の行動
4）ロボットによる機能統合
の４つのアプローチを有機的に組合せて研究を進めることとした．

その具現化のためにベストな研究チーム構成を模索した結果，以下の６グループで研究を進めることとした．

１）システム統合グループ（銅谷賢治　国際電気通信基礎技術研究所　室長）
目標：神経修飾物質の機能モデル
手法：脳活動計測，ロボット実験
２）学習理論グループ（松本隆　早稲田大学理工学部　教授）
目標：メタ学習アルゴリズムの開発
手法：ベイズ推定理論，シミュレーション
３）適応システムグループ（石井信　奈良先端科学技術大学院大学　教授）
目標：新たな強化学習アルゴリズムの開発
手法：強化学習理論，シミュレーション，脳活動計測
４）情動記憶グループ（関野祐子　群馬大学大学院医学系研究科　助教授）
目標：海馬の記憶制御機構の解明
手法：ラットの行動実験，海馬スライス画像計測，遺伝子改変マウス
５）学習修飾グループ（澤口俊之　北海道大学医学研究科　教授）
目標：前頭前野におけるドーパミン，ノルアドレナリンの役割の解明
手法：サルの神経活動記録，薬物注入
６）精神薬理グループ（山脇成人　広島大学大学院医歯薬学総合研究科　教授）
目標：セロトニンの短期と長期の報酬予測における役割
手法：脳活動計測，うつ病患者臨床研究

本研究の目標とする，脳における行動学習系のメタ制御機構の解明は，多面的な貢献が期待される．まず，神経修飾物質系の行動学習における機能と，その環境や他の個体との動的な相互作用の計算理論的解明は，これまで「コンピュータにはわからない」とされていた，人間の感情や個性，直感的思考，コミュニケーションにおける感性的，社会的要素のより深い理解につながる．これは，様々な行動，情動障害の治療，より良い教育や人間関係のあり方への指針を与える．

さらに，人間の脳のメタ学習機構の理解は，未知の環境に適応する真に自律的な学習ロボットの開発や，人間の感情を，単に表情や声色などの識別に留まらず，その自律行動系体の内部状態としての本質に迫る形で理解するコンピューターの設計への道を開く．

３．研究成果

３．１　神経修飾物質系モデルとロボット実験（システム統合グループ）

(1)研究内容及び成果

a) メタ学習と神経修飾物質系モデル

強化学習の４つの主要な大域変数が，ドーパミン，セロトニン，ノルアドレナリン，アセチルコリンという４つの主要な神経修飾物質系により表現され，脳の学習の進め方の学習，つまりメタ学習が行われているという仮説を，Neural Networks誌野の特集号，“Computational Models of Neuromodulation”のキーノート的論文として発表した（図１）(Doya, 2002, Neural Networks)．

さらにそのアイデアの具現化として，メタパラメタの設定を高次レベルの行動と捉えた階層強化学習モデルを定式化し，変化する環境への適応の可能性と，その脳内での実現の可能性を示した（図２）（Schweighofer and Doya, 2003, Neural Networks)．

また，ベイズ学習理論の脳科学への応用として，変分ベイズ法による脳磁気計(MEG)からの脳内電流源推定（Sato et al., 2004, Neuroimage)，Sequential Monte Carlo法による行動データからの学習系のパラメタ推定のアルゴリズム（Samejima et al, 2004, NIPS）を開発し，シミュレーションによりその有効性を確認した．

b) 目的指向的内部表現の獲得

追跡眼球運動の行動心理実験により，ヒトは視標の運動を等速直線運動に限らず予測できることを明らかにし，さらに脳活動計測により，MST野が視標運動の予測に関与することを示した．また，階層並列的な学習系において，報酬とダイナミクスの予測によるモジュール選択方式，重点サンプリング法により異なる自由度を持つ並列学習回路を複数学習させる方式を定式化し，非線形制御，ロボットのバッテリー捕獲課題等でその有効性を確認した（図３）(Uchibe and Doya, 2004, SAB, best paper award)．

c) ネズミ型ロボット群「サイバーロデント」の学習と進化実験

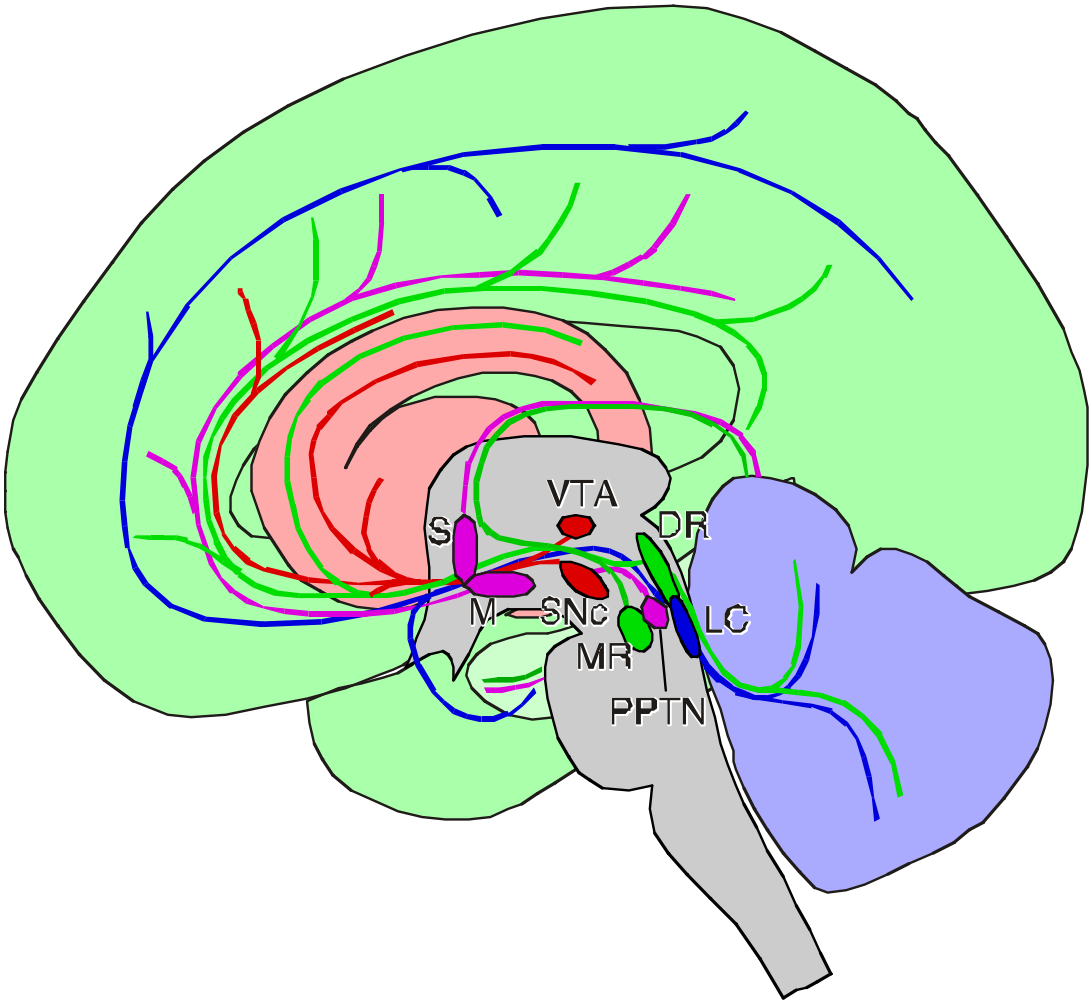
自己保存と自己複製の要請のもとでの報酬系の設計原理を探るためのロボット「サイバーローデント」を開発した（図４）．「エサ」となるバッテリーパックの探索，「遺伝子」となるプログラムの赤外通信によるコピーなどの行動学習と，報酬関数や学習のメタパラメタの進化を実現した（図５）．

(2)研究成果の今後期待される効果

長期と短期の報酬予測の脳内回路を同定できたことは，今後，衝動性を伴う精神障害の，fMRI等による診断と治療評価の可能性を開く．また，変分ベイズ法によるMEG信号源推定，SMCによる被験者のメタパラメタ推定の手法は，脳科学研究のみならず，臨床検査にも活用の可能性がある．

今回，セロトニン系が線条体の報酬予測の時間スケールを制御するという仮説を支持する結果が得られたが，これが線条体だけなのか，より一般に海馬や小脳を含めて，学習の時定数をセロトニンが制御するのか，今後の興味深いテーマである．セロトニン系機能の統一的な理解は，統合失調症，躁うつ病，自閉症など，セロトニンの関与が知られている様々な精神疾患の機序の理解と治療指針に役立つはずである．

自己保存と自己複製するロボットのプログラムは，今後の自律学習ロボットの基本オペレーティングシステムへと発展する可能性を持つ．



δ: Reward prediction: Dopamine

γ: Discount factor: Serotonin

β: Inv. temperature: Noradrenaline

α: Learning rate: Acetylcholine

図１：神経修飾物質系のメタ学習モデル．強化学習の主要な大域変数である「報酬予測誤差δ」「将来の報酬の割引率γ」「行動選択の逆温度β」「学習速度α」が，それぞれ，ドーパミン，セロトニン，ノルアドレナリン，アセチルコリンという，４つの主要な神経修飾物質系により表現されているという仮説を提示した (Doya, 2002, Neural Networks,).

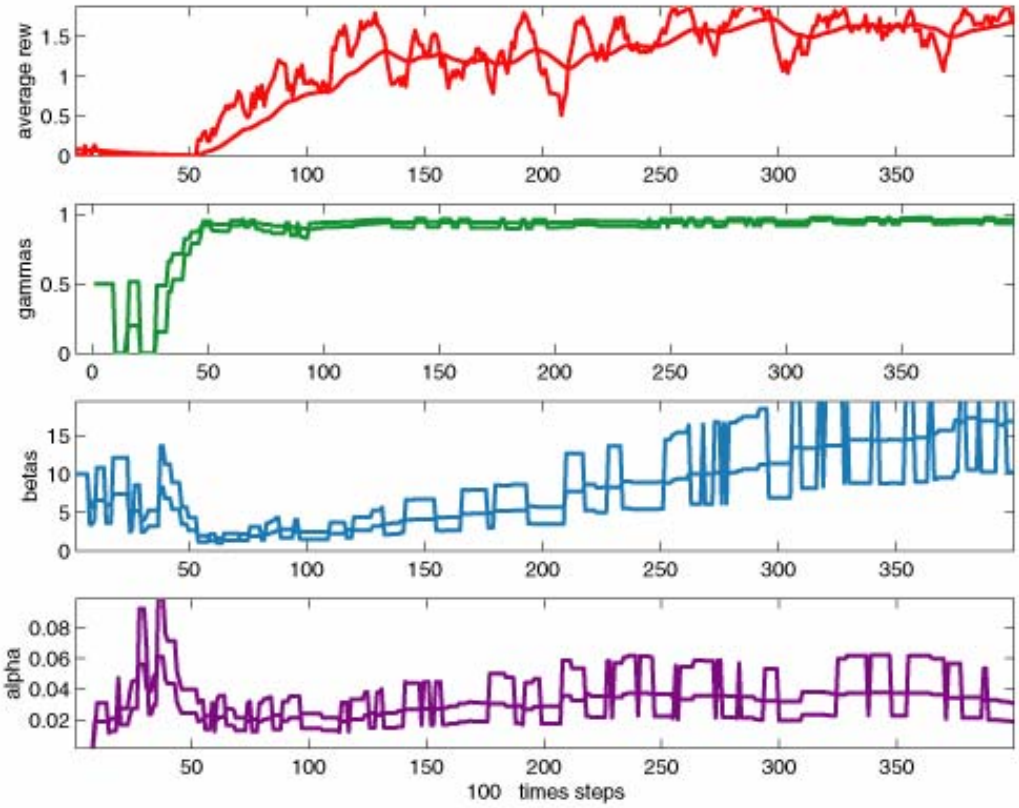


図２：強化学習メタパラメタの強化学習．強化学習のメタパラメタである，学習速度α，行動探索の逆温度β，報酬予測の割引率γを高次レベルの行動出力と捉え，その変化に応じた報酬変化をもとに，メタパラメタ設定を学習する．学習初期には学習速度は大きく，予測の時定数は短く設定され，学習がすすむにつれ逆温度が低く制御され，より確定的な行動が取られるようになる(Schweighfoer and Doya, 2003, Neural Networks)．

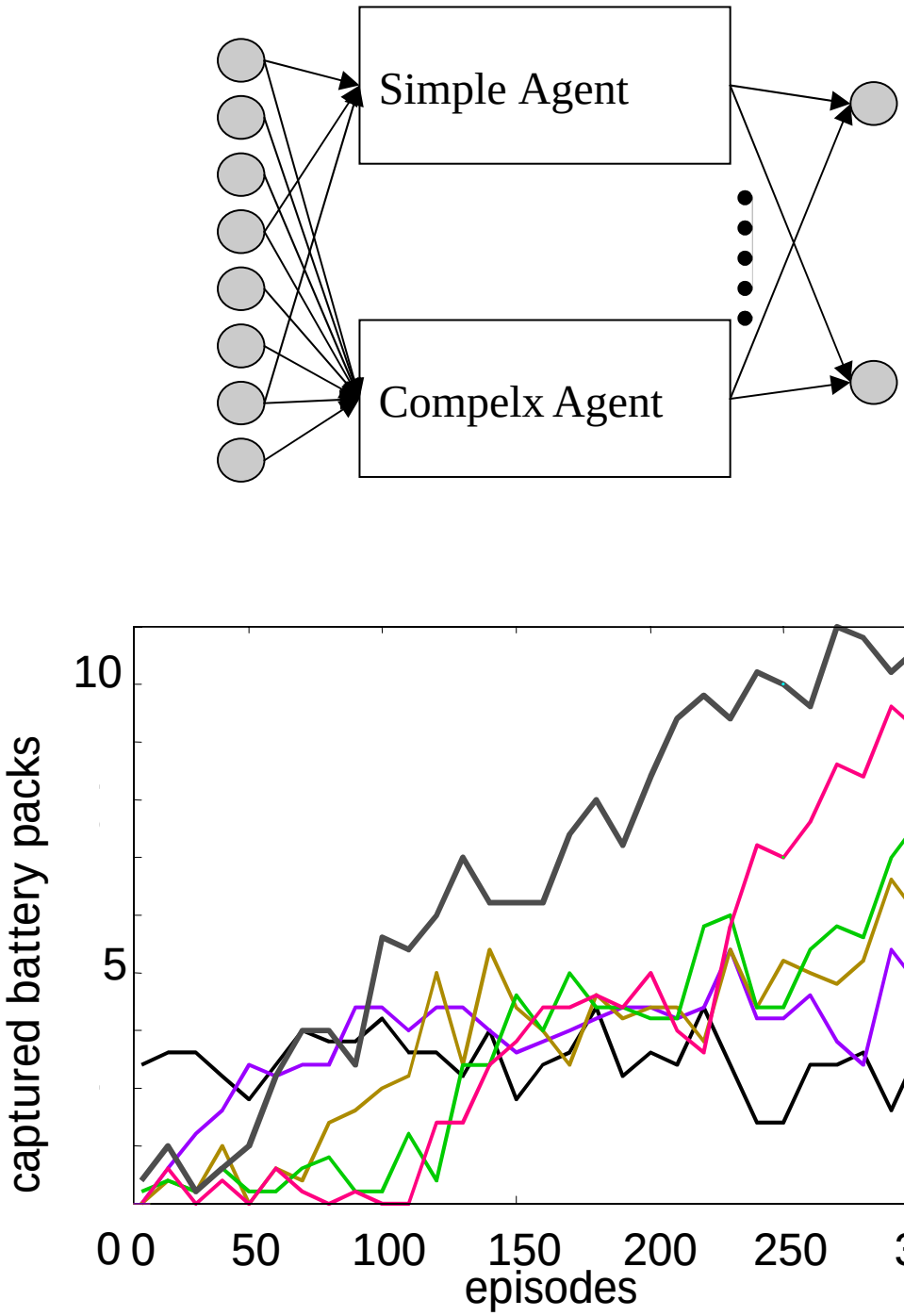


図３：センサ，アクチュエータを共有する複数の学習エージェントによる並列学習方式．個々の学習エージェントは，異なる内部表現と学習アルゴリズム，メタパラメタを持ちうる．個々のエピソードにおいてはどれか一つのエージェントが行動を生成するが，それ以外の全てのエージェントも，実際に行われた行動が，自分の行動則により取られる確率に応じて学習に重み付けをする「重要度サンプリング」を用いることにより，効率よく学習をおこなうことができる（Uchibe and Doya, 2004, SAB）．

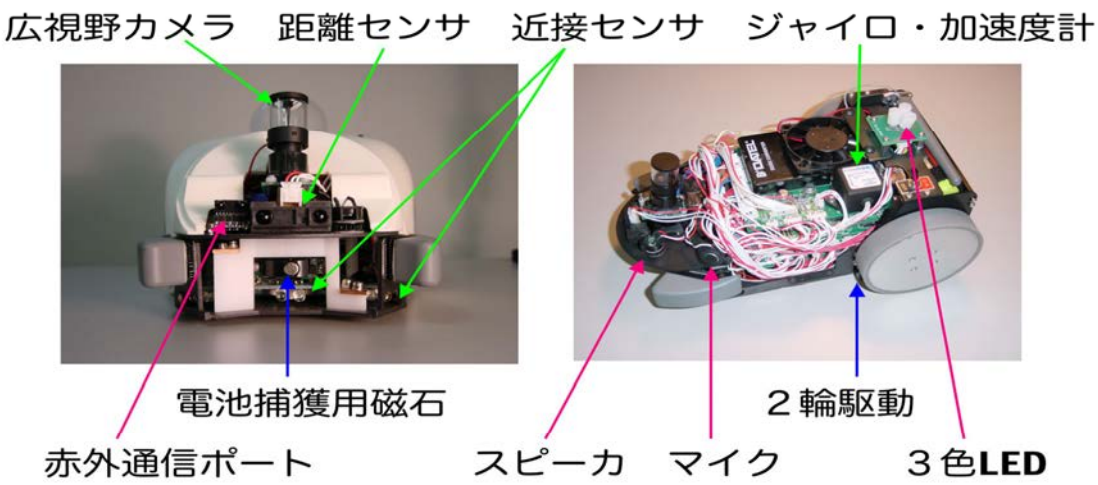


図４：サイバーローデントのハードウェア構成.

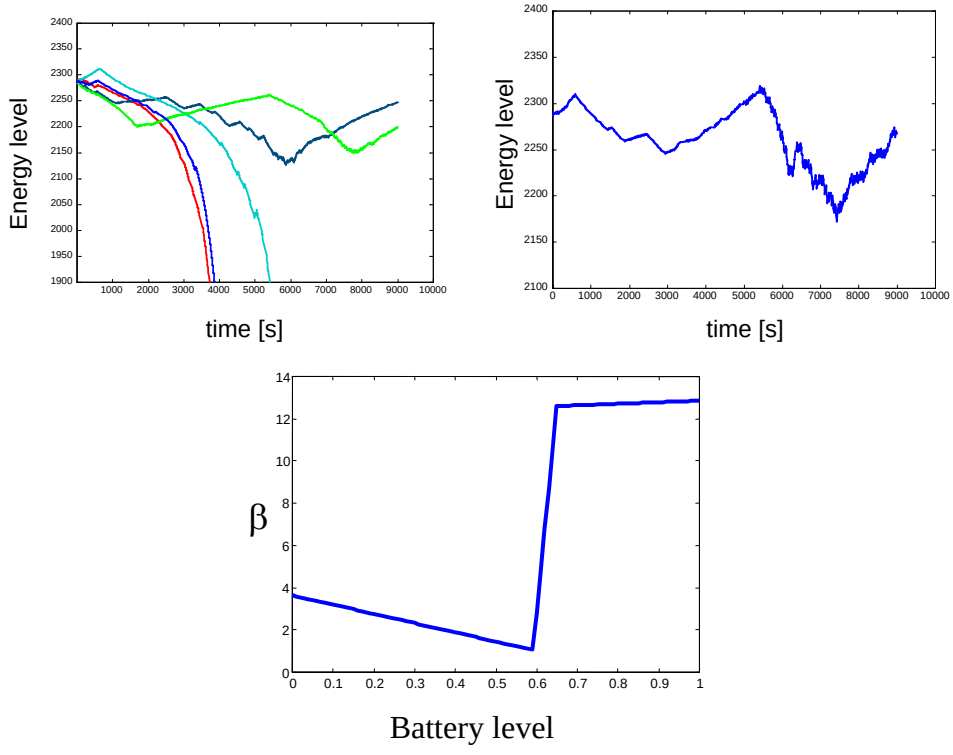


図５：バッテリー残量に応じた行動探索の逆温度の制御機構の進化．初期の世代では，バッテリーの密度と再生時間が変化する環境に適応できず死滅する個体もある．２０世代の選択と進化の後，バッテリー残量レベルに応じて適切に行動選択の逆温度を制御し，変化する環境のもとでの学習が可能になった.

３．２　ベイズ学習理論（学習理論グループ）

(1)研究内容及び成果

機械学習の視点から，強化学習におけるメタ学習アルゴリズムの構築を主としてベイズ的枠組みから接近し，以下の結果を得た.

a) 強化学習をoff policyモデルにより構築し「逐次周辺尤度」(Sequential Marginal Likelihood) を計算することにより「環境の変化を検出」した上，メタパラメータと付随するパラメータの適応的学習が可能である事を示した．問題の逐次性から，近年急激に活性化しつつある系列モンテカルロ (Sequential Monte Carlo) あるいは粒子フィルタ(particle filtering)による方法が有効である事が示された.

b) 並列モデルにより価値関数の経験分散最小メタ学習手法を提案しその有効性を具体例で示した.

c) 強化学習を含む広いクラスの問題に対してBayes的枠組で定式化した上Hamiltonian Monte Carloによるメタパラメータ学習を提案しその有効性を示した.

(2)研究成果の今後期待される効果

これらの成果を踏まえ，新原理としての「Sequential Monte Carlo based Reinforcement Learning」の確立と，Population Sequential Monte Carloアルゴリズムの構築が進行中である.

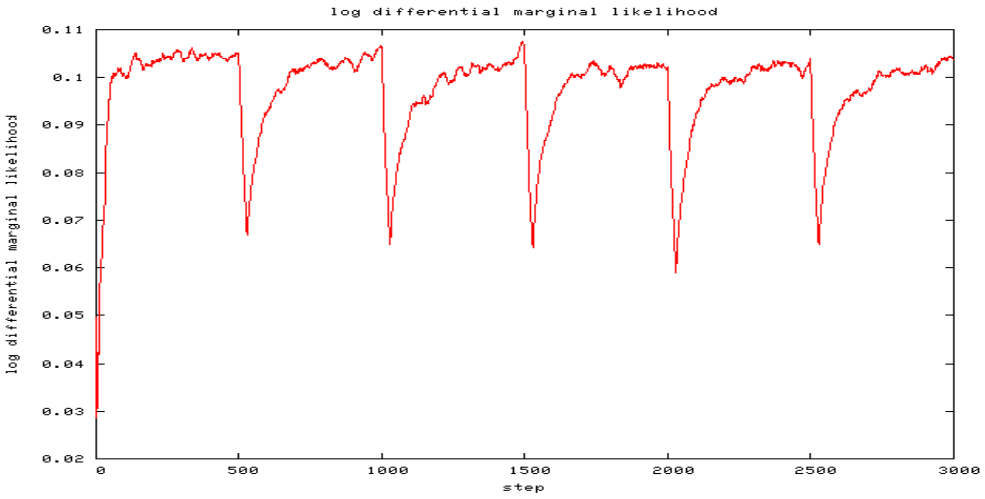


図６：強化学習モデルの周辺尤度の変化による環境の変化の検出．15種類の行動がそれぞれ異なる報酬期待値を持つ１５種類の行動から，最適なものを選ぶ“Multi-armed bandit”課題において，500単位時間ごとに報酬期待値がランダムに変化するという条件で学習を行った．オンライン推定された周辺尤度の変化により，環境の変化を検知し，それに応じて学習率などのメタパラメタの再設定を行うすることで，より効率よい学習が可能になった．

３．３　強化学習理論（適応システムグループ）

(1)研究内容及び成果

環境の変化，観測の不確実さなどに応じて，適切にメタパラメータの自律制御を行う強化学習の工学的アルゴリズムを開発し，不観測環境での制御問題，不安定系の自律制御などに適用した（Ishii et al., 2002, Neural Networks; Hirayama et al., 2004, Neural Networks)．さらに，そうした強化学習法の脳内実現のモデルを構築し，行動実験やイメージング研究などの手法により検証を行い，情動情報処理における．行動系メタパラメタ制御の意義を検討した．

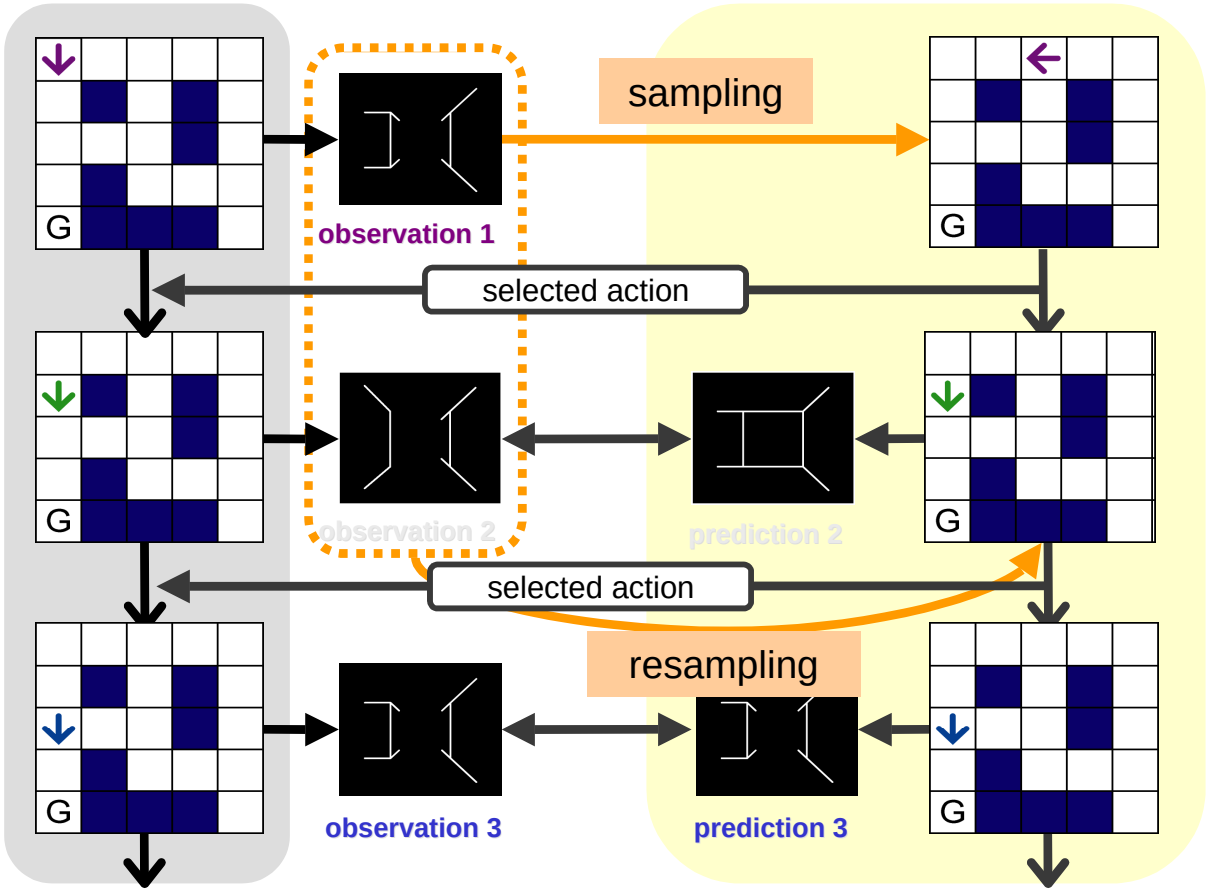
観測に不確実さがある場合に，環境のダイナミクスをベイズ推定しながら，探索と搾取の切替えを行うモデル同定型強化学習アルゴリズム，また，環境の変化のベイズ推定に基づき，学習係数を自律的に制御する学習法を開発した．

また，これら強化学習アルゴリズムで必要な脳内機能の局在モデルを提案し，その一部を検証するための機能的磁気共鳴図を用いたイメージング研究を行い，前部前頭前野および内側前頭前野が不観測状態の推定に関わるという知見を得た．

不観測変数が非常に多い場合には，平均化（平均場近似）を行うことで，効率の良い推定が可能となる．この方法を用いたマルチエージェント強化学習法を開発した．また，強化学習における方策を確率分布であるとして，そのパラメータを方策勾配法により決定する手法を，２足歩行運動の自律的獲得，実アクロボットの自律制御に応用し成功した．

(2)研究成果の今後期待される効果

導出したメタ学習アルゴリズムを応用することで，実世界で，現実的な時間内で強化学習を行うロボットの構築の可能性が開ける．



Region of activation	L/R	BA	Talairach coordinates *x*	*y*	*z*	*Z*-value
HCP entropy related						
medial frontal gyrus	L	10	-16	51	10	3.97
medial frontal gyrus	L	10	-11	51	19	3.34
superior frontal gyrus	R	10/9	14	50	23	3.87
superior frontal gyrus	R	9	28	48	27	3.46

図７：隠れ状態推定課題による脳活動計測．被験者は，近傍しか見えない廊下の線画から，建物内の自己位置を推定する．推定の不確かさを変数として，それに相関する脳活動を調べた結果，前頭前野の10野，9野に高い活動が見られた（Yoshida and Ishii, 2005, Neurocomputing）．

３．４　海馬の記憶制御（情動記憶グループ）

(1)研究内容及び成果

情動による記憶制御機構を明らかにする目的で，海馬における新規情報処理の神経回路メカニズムの研究，並びに，シナプス可塑性を担う機能分子の一つである樹状突起スパインのアクチン細胞骨格ドレブリンのシナプス形成における役割と神経活動による局在変化に関する研究を行った．

a) 海馬における新規情報処理の神経回路メカニズムの研究

海馬における記憶形成は，脳内アデノシンにより抑制性に制御され，また上乳頭体からの入力により促進的に制御されるとの仮説の検証実験を行った．

アデノシン受容体拮抗薬は，海馬スライスにおいてCA2領域の神経活動を増強しCA3－CA1の興奮伝播を誘発した．このことから，脳内アデノシンがCA2領域に他領域より強く作用し，海馬内興奮伝播を抑制性に制御していることが明らかとなった．

海馬CA2領域に神経投射している上乳頭体を破壊した場合，新規環境に置かれたラットの初期の探索行動が有意に増加し，毛繕いに費やす時間が有意に減少した．この行動変化は，場所情報の獲得能力の低下および，新規環境への順応に対する情動反応の低下を反映していると考えられた．

新規環境におかれたラットの上乳頭体核と海馬ではFosタンパク陽性神経細胞数はともに増加し，上乳頭体破壊により海馬cFosタンパク陽性細胞数は減少することから，上乳頭体核神経活動が海馬神経活動を促進していることが明らかとなった．

b) スパインのアクチン細胞骨格ドレブリンのシナプス形成における役割

シナプス形成時におけるフィロポディアからスパインへの変化は，まず神経特異的アクチン結合蛋白ドレブリンＡが軸索とフィロポディアの接触部に集積し，その後シナプス後部におけるアクチン細胞骨格系の再編成が起こり，その結果PSD蛋白群の集積が促進され，スパインが完成することがわかった．また，成熟したスパイン内のドレブリンはグルタミン酸刺激により樹状突起の幹側に移動し，スパイン形態が変化することがわかった．

ドレブリンＡの代わりにドレブリンＥを発現するように遺伝子操作されたマウスや，ドレブリンＡを過剰発現するマウスを作成し，情動性の記憶の変化を観察した．

(2)研究成果の今後期待される効果

海馬のゲート機構の理解は，健忘症やトラウマなど，記憶に関わる障害の克服につながる可能性がある．シナプスでのアデノシン，ドレブリンの働きの解明とその遺伝子操作は，学習に関わる障害の理解と治療につながる．

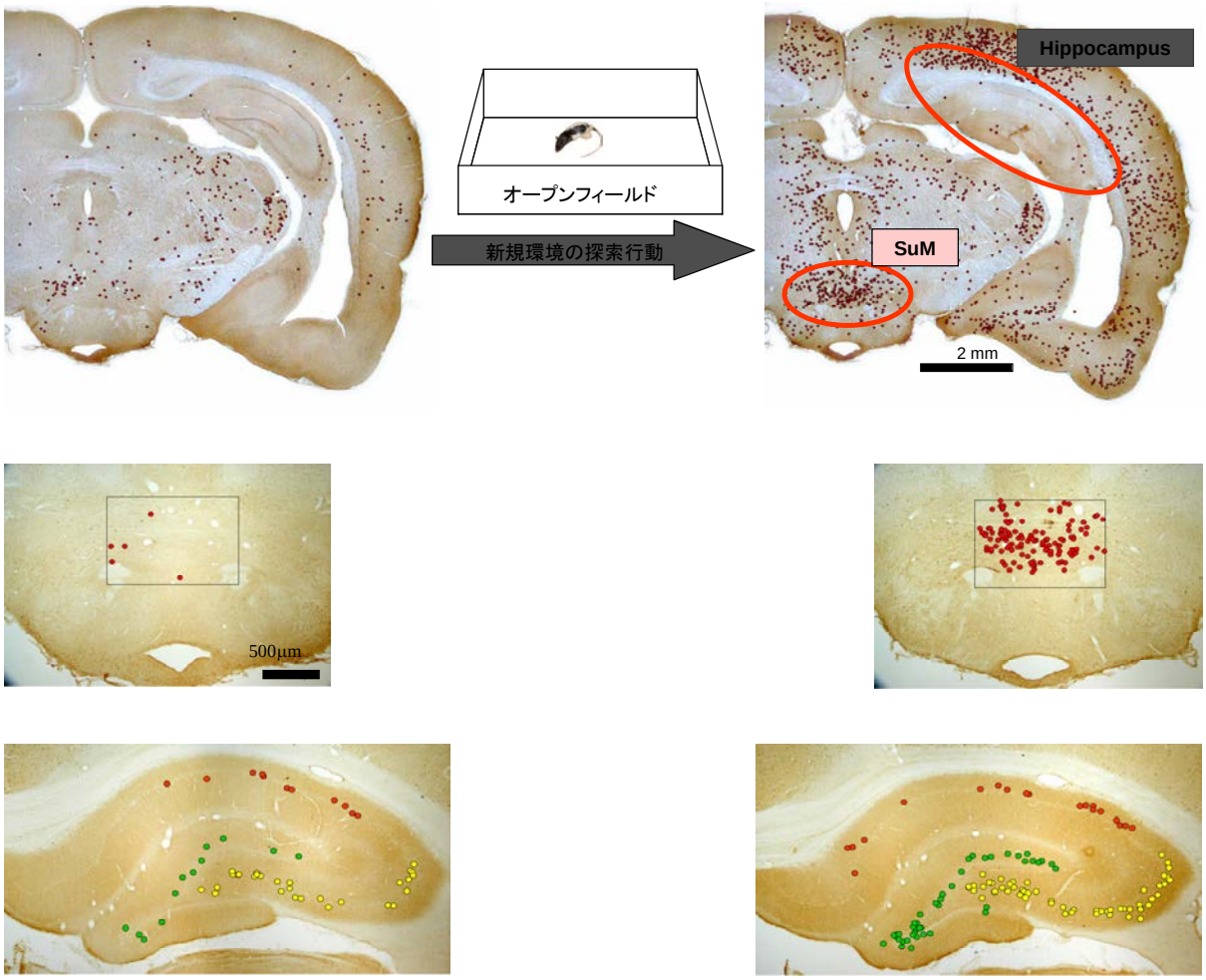


図８：上乳頭体核(SuM)による海馬の記憶制御．ラットをオープンフィールドに置くことにより，SuMと海馬の活動が上昇することを，Fosタンパクの発現により明らかにした．さらに，SuMの破壊により，オープンフィールドでの海馬の活動が減少していることが明らかになった（Ito, et al., 2004, Society for Neuroscience).

３．５　前頭前野の神経修飾機構（学習修飾グループ）

(1)研究内容及び成果

試行錯誤学習の基礎となると考えられる，環境の変化に応じた行動指針（ルール）の切り替えに関わる前頭前皮質ニューロン機構に焦点を当て，主にサル前頭前皮質における単一ニューロン活動記録法により研究を進めた．

a）報酬獲得時に見られる神経活動が，直前の行動とその種類に依存して活動を変えることを見出した．ルールの切り替えのためには，行動の結果，報酬を得られたかどうかが重要な情報となる．この報酬獲得と行為の統合は行動の評価に関わるのではないかと考えられる．

b）報酬期待が，行動決定に使用されるワーキングメモリのニューロン過程を増強することを見出した．以前から，ワーキングメモリ過程と報酬期待の関わりは示唆されてきたが，本研究は，報酬期待が行動を導くために用いられる感覚情報の保持過程に特に関与することを見出した．このことから，前頭前皮質は，報酬期待に基づいた行動指令の生成過程に関与すると考えられる．

c）報酬獲得時から次の試行の開始にかけての神経活動が，方略の切り替えに依存して変化することを見出した．このことから，前頭前皮質は変化する環境に応じて行動指針を変換し保持する過程に関わると考えられる．以上の一連の研究から，前頭前皮質は，自身の行動の結果を評価し，その評価に基づいて行動やルールを生成する過程に関与すると考えられる．

(2)研究成果の今後期待される効果

前頭前野ニューロンがドーパミンの修飾のもとで行動ルールの切り替えに関与するという知見は，固執傾向を生む精神疾患の理解につながる．

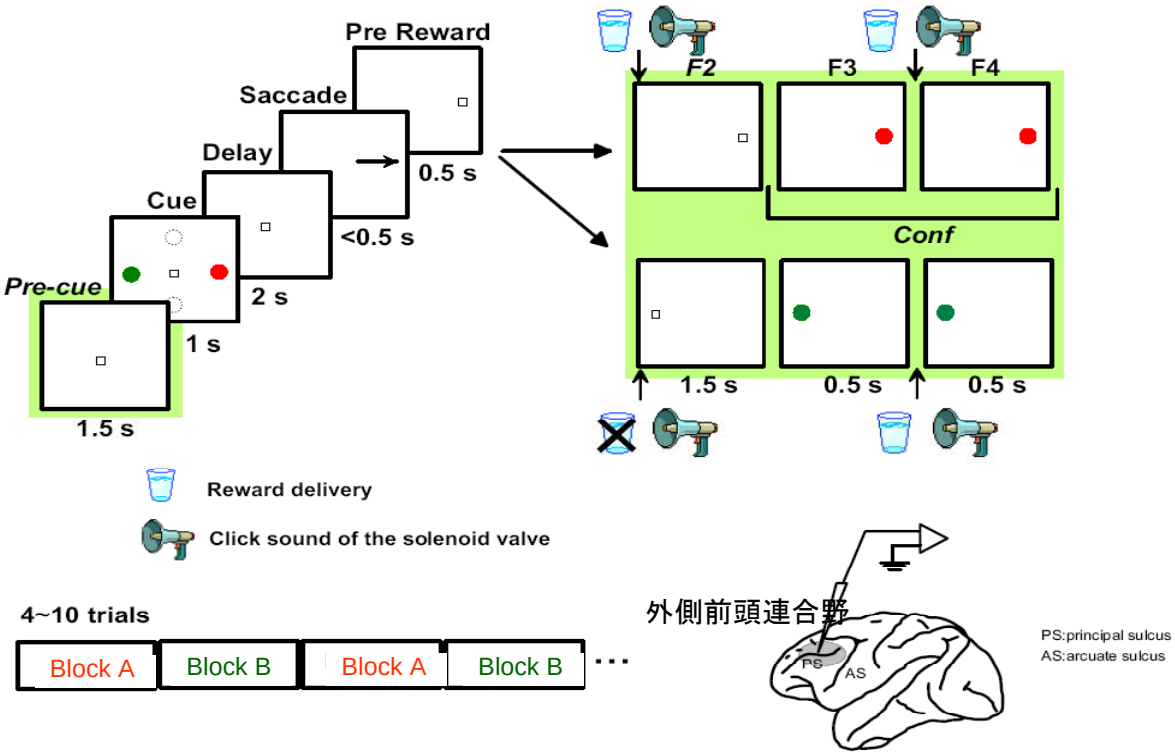


図９：セットシフト課題．サルは，ブロックAでは赤の，ブロックBでは緑のキューに向けたサッケード眼球運動により報酬を得る．ブロックA，Bは，4から10試行ごとに切り替わる．前頭前野では，現在の試行のキューの色や報酬の有無に応答するニューロンだけでなく，次のキューの提示前に，前回選択したキューの色や，次に選択すべきキューの色に対して選択的に発火するニューロンが見られた．これは，前頭前野が報酬経験をもとに次の行動の組み立てや切り替えに関与していることを示唆する（Tsujimoto and Sawaguchi, 2004, Cerebral Cortex）．さらに前頭前野へのドーパミンD1阻害剤の注入により，ブロック変化に応じた行動の切り替えに障害が見られることが明らかになった．

３．６　セロトニンと短期／長期の報酬予測（精神薬理グループ）

(1)研究内容及び成果

人間の学習，情動などの高次脳機能のメタ学習の制御に関与する神経修飾物質系の機能，特にセロトニン系が短期的コストと長期的メリットのバランスを決定するという仮説の検証に焦点をあて実験的な検討を行った．

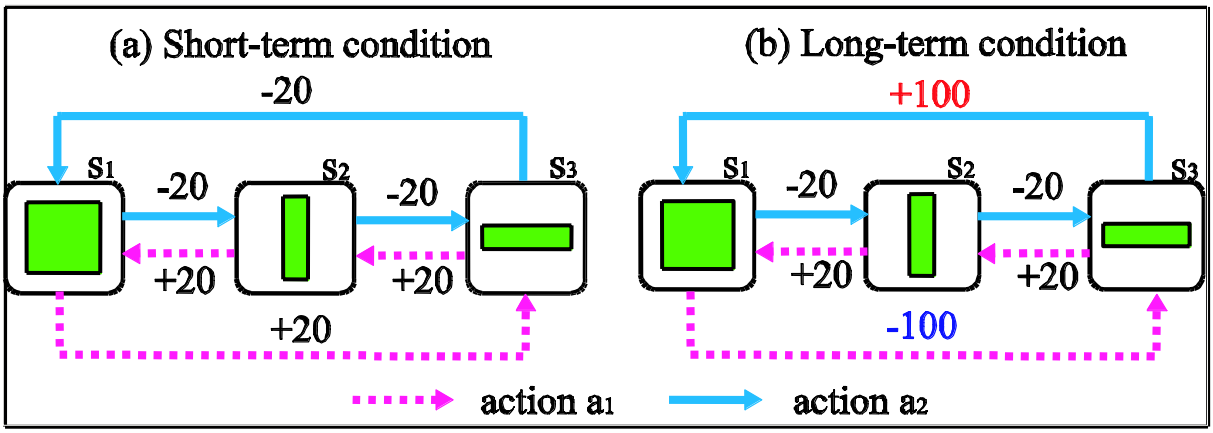
健常者およびうつ病患者を対象に将来の報酬予測に基づく意思決定課題やGo-NoGo課題遂行中の脳活動を機能的核磁気共鳴画像法(functional magnetic resonance imaging: fMRI)を用いて測定し，将来の報酬予測および反応抑制に関する脳機能を検討した．健常者において，将来の報酬予測は右前頭前野(右背外側前頭前野・右腹外側前頭前野)・帯状回前部・右頭頂葉・視床・基底核(淡蒼球)・左小脳を含むネットワークと関連していることが示された．また，反応抑制は右前頭前野・右頭頂葉と関連していることが示された．一方で，うつ病患者では，これらの機能に関連した脳領域の活動が低下していることが明らかとなった．

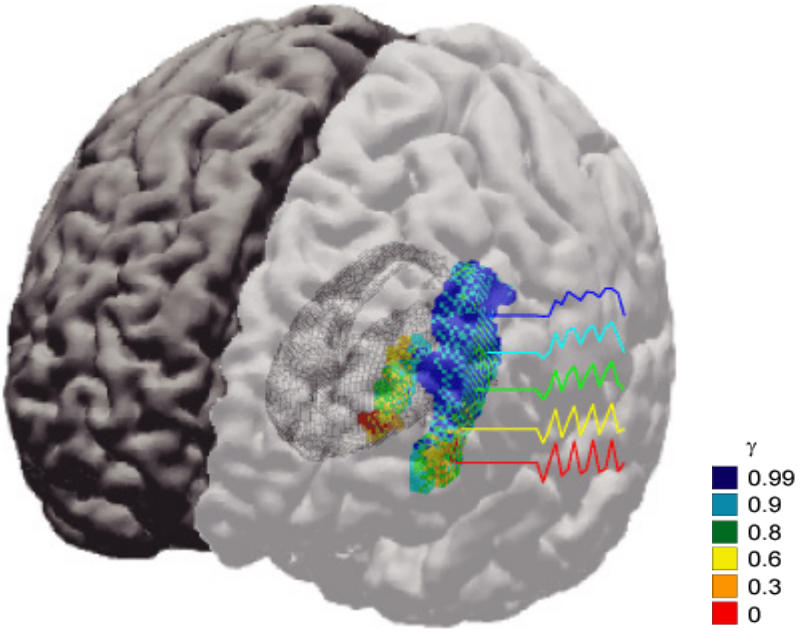
短期の報酬予測と長期の報酬予測がそれぞれ必要な「損して得取れ」行動学習課題を開発した（図１０）．通常のブロック比較の解析手法により，長期の報酬予測時には，頭頂葉，前頭前野，運動前野，線条体，小脳外側部，そして脳幹のセロトニン中枢である縫線核の活動が高まっていることが明らかになった．さらに，強化学習モデルを用いた解析により，前頭葉腹内側部，島皮質，線条体で，それぞれ腹側部はより短期の，背側部はより長期の報酬予測に関与することを明らかにした（Tanaka et al., 2004, Nature Neuroscience)．

さらにセロトニンの行動決定における役割を解明するために，セロトニンの前駆物質であるトリプトファンの摂取量を調節して脳内セロトニン活性を変化させ，それによる行動と脳活動の変化との関連を調べた．心理尺度であるProfile of Mood States (POMS)に関しては，トリプトファン欠乏条件は負荷条件と比べてPOMSの下位項目のうち倦怠感の得点が有意に高かった．このことから，中枢神経系セロトニン変化は気分に影響を与えていると考えられた．また，将来の報酬予測に基づく意志決定課題中の脳活動を検討した結果，トリプトファン欠乏条件においては，縫線核，手綱核の活動上昇がみられた．さらに，被験者の報酬予測を異なる時間スケールで推定し，それと相関する脳活動部位を調べた結果，線条体腹側部では，短い時間スケールでの報酬予測がトリプトファン欠乏時に亢進し，線条体背側部では，長い事件スケールでの報酬予測が，トリプトファン過剰時に亢進していることが明らかになった（図３）．

(2)研究成果の今後期待される効果

セロトニンが報酬予測の時間スケール制御に関与するという知見は，うつ病に限らず，様々な精神疾患の機序の理解と治療法の開発につながるものである．





(c)

図１０：「損して得取れ」課題による短期と長期の報酬予測の脳活動計測．(a)，(b)：短期，長期の報酬予測学習課題．fMRI中の被験者は，提示された図形に対して２つのボタンのひとつを押す．その選択により，そのステップでの報酬額だけでなく，次にどの図形が提示されるかが決定される．(c) 強化学習モデルにより，各被験者の報酬予測と予測誤差を推定し，それと相関する脳活動部位を調べた．その結果，線条体と島皮質に，より腹側側では短期の，より背側側では長期の報酬予測に関連するマップ構造が明らかになった（Tanaka et al., 2004, Nature Neuroscience）．

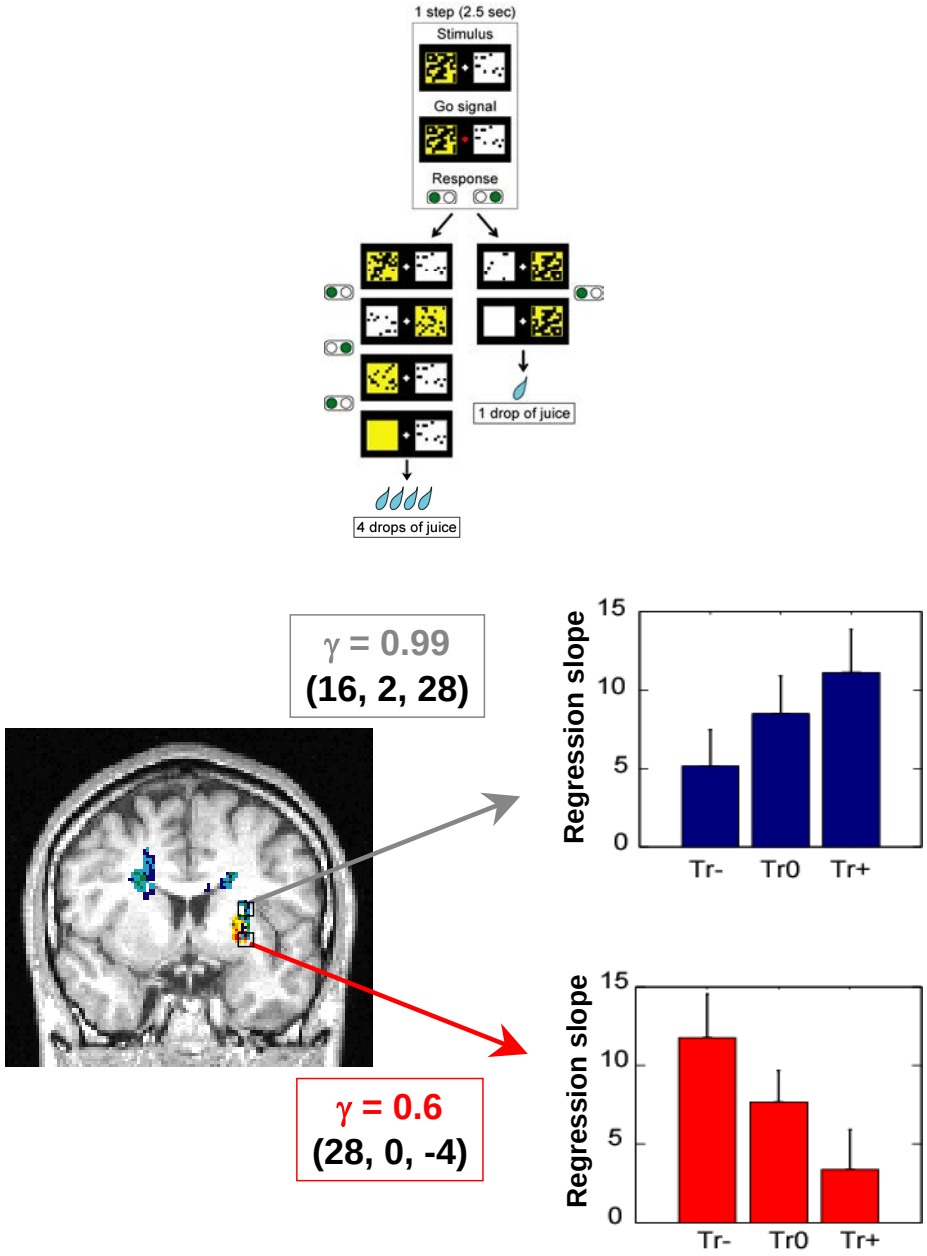
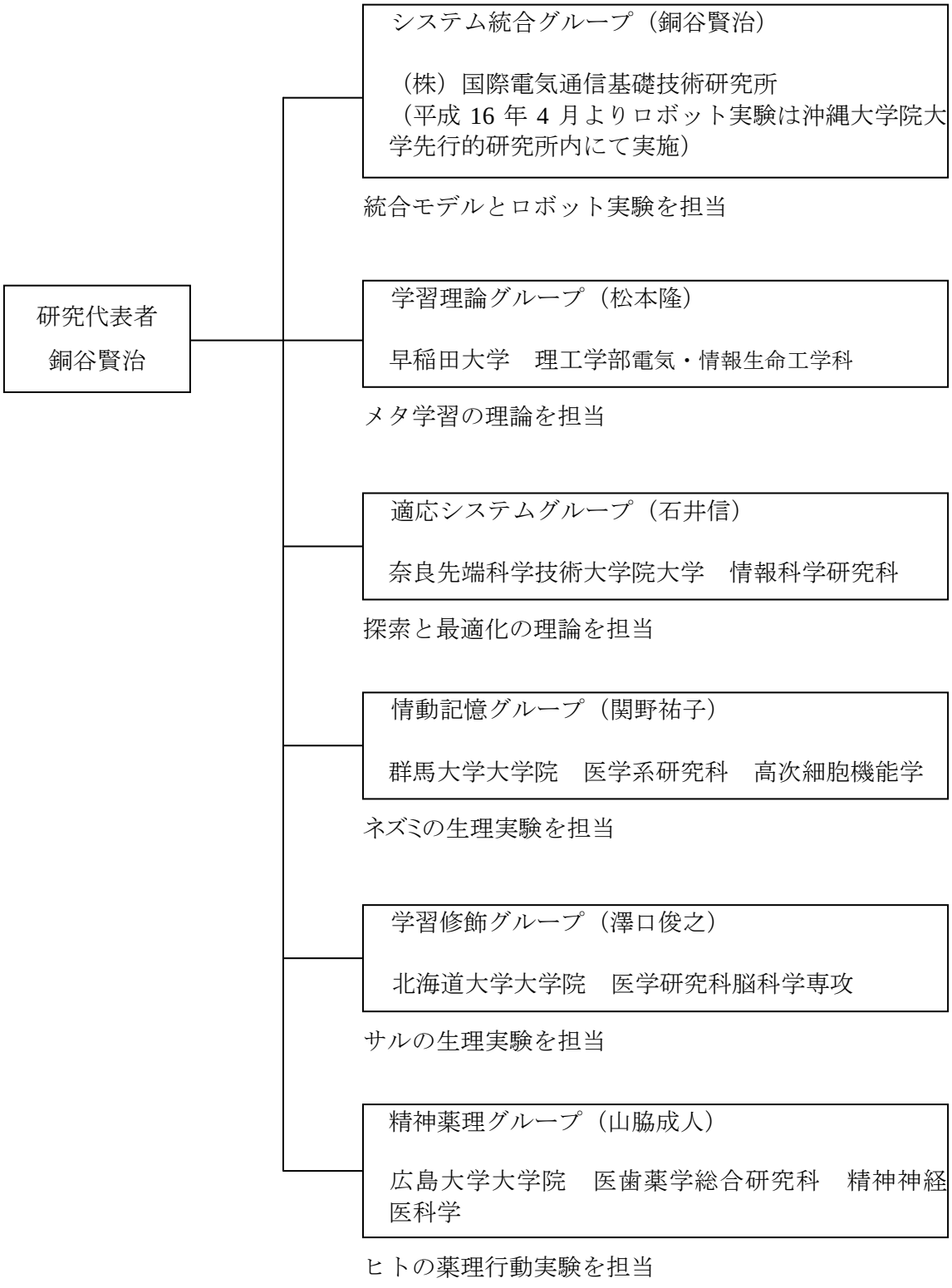


図１１：遅延報酬選択課題における報酬予測脳活動のセロトニンによる修飾．被験者は実験６時間前に，セロトニンの前駆物質であるトリプトファンが欠乏(Tr-)，通常(Tr0)，過剰(Tr+)のアミノ酸混合物を摂取した．行動課題は，多数のボタン押しステップの後に得られるアイソトニック飲料４滴と，小数のステップで得られる１滴のどちらかを，それぞれのキューを覆うモザイクの数に応じて選ぶというものである(Schweighofer et al., 2004, Society for Neuroscience)．課題実行時の脳活動を，異なる時間スケールでの報酬予測の時間波形により回帰分析した結果，線条体腹側部では短い時定数での報酬予測に相関する活動が見られ，これはトリプトファン欠乏下でより顕著であった．逆に線条体背側部ではより長い時定数での報酬予測に相関した活動が見られ，これはトリブトファン過剰下でより顕著であた（Tanaka et al, 2004, Society for Neuroscience).

４．研究実施体制

(1)体制


研究代表者
銅谷賢治
システム統合グループ（銅谷賢治）
（株）国際電気通信基礎技術研究所
（平成 16 年 4 月よりロボット実験は沖縄大学院大学先行的研究所内にて実施）
統合モデルとロボット実験を担当
学習理論グループ（松本隆）
早稲田大学　理工学部電気・情報生命工学科
メタ学習の理論を担当
適応システムグループ（石井信）
奈良先端科学技術大学院大学　情報科学研究科
探索と最適化の理論を担当
情動記憶グループ（関野祐子）
群馬大学大学院　医学系研究科　高次細胞機能学
ネズミの生理実験を担当
学習修飾グループ（澤口俊之）
北海道大学大学院　医学研究科脳科学専攻
サルの生理実験を担当
精神薬理グループ（山脇成人）
広島大学大学院　医歯薬学総合研究科　精神神経医科学
ヒトの薬理行動実験を担当

(2) メンバー表

①システム統合グループ（銅谷賢治）

氏名	所属	役職	担当する研究項目	参加時期
銅谷賢治	国際電気通信基礎技術研究所 沖縄大学院大学先行的研究	室長 代表研究者	全体統括	H11.1～
佐藤雅昭	国際電気通信基礎技術研究所	主幹研究員	メタ学習アルゴリズム	H11.11～
Gianni Di Caro	国際電気通信基礎技術研究所	CREST 研究員	学習エージェント	H13.1～H13.9
柴田智広	国際電気通信基礎技術研究所	CREST 研究員	目的志向的情報表現	H13.10～H15.3
Genci Capi	国際電気通信基礎技術研究所	CREST 研究員	学習エージェント	H14.4～H16.3
Nicolas Schweighofer	国際電気通信基礎技術研究所	CREST 研究員	神経修飾物質系モデル	H14.3～H16.11
鮫島和行	国際電気通信基礎技術研究所	研究員	大脳基底核回路モデル	H13.12～
内部英治	国際電気通信基礎技術研究所 沖縄大学院大学先行的研究	研究員	学習エージェント実験	H13.12～
Anders Eriksson	国際電気通信基礎技術研究所	研修研究員	学習エージェント実験	H14.6～H14.12, H15.10
Stefan Elfwing	国際電気通信基礎技術研究所 沖縄大学院大学先行的研究	研修研究員	学習エージェント実験	H14.6～H14.12, H15.7～
Michael Klein	国際電気通信基礎技術研究所	研修研究員	言語学習の脳機構	H16.3～
吉岡琢	国際電気通信基礎技術研究所	客員研究員	メタ学習アルゴリズム	H14.6～H14.12
星野力	国際電気通信基礎技術研究所	大学院生	目的志向的情報表現	H11.11～H13.3
松本有央	国際電気通信基礎技術研究所	大学院生	目的志向的情報表現	H11.11～H13.3
寺田和憲	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生 CREST 研究補助員	プログラム作成	H12.3～H12.9
古川哲也	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生	メタ学習アルゴリズム	H12.4～H14.3
内田圭	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生	学習エージェント実験	H12.12～H3.9
田中沙織	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生 CREST 研究補助員	神経修飾物質系モデル	H13.5～
杉本徳和	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生 CREST 研究補助員	強化学習と見まね学習	H13.9～
土居智和	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生	細胞内信号伝達系	H13.9～
Fredrik Bissmarck	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生	大脳基底核回路モデル	H15.4～
鈴山博史	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生	学習エージェント実験	H14.5～～16.3
松山和裕	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生	神経修飾物質系モデル	H14.5～H16.3
川脇大	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生	目的志向的情報表現	H14.10～
坂東誉司	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生 CREST 研究補助員	目的志向的情報表現	H14.5～
林卓治	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生	神経修飾物質系モデル	H15.5～
藤原祐介	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生	学習エージェント実験	H15.5～
森村哲郎	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生	学習エージェント実験	H15.10～
上岡拓未	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生	学習エージェント実験	H16.5～
孫野道征	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生	学習エージェント実験	H16.10～
片山直美	国際電気通信基礎技術研究所	CREST 研究補助員	研究代表者補助	H11.11～H13.11
中西美絵	国際電気通信基礎技術研究所	研究補助員	研究代表者補助	H13.10～H13.12
久保瑞江	国際電気通信基礎技術研究所	研究補助員	研究代表者補助	H13.12～H14.4
西岡友子	国際電気通信基礎技術研究所	研究補助員	研究代表者補助	H14.5～H15.3
松本真季	国際電気通信基礎技術研究所	研究補助員	研究補助	H13.10～H14.4

野中晶子	国際電気通信基礎技術研究所	研究補助員	研究補助	H14.4～
益岡あや	国際電気通信基礎技術研究所	研究補助員	研究補助	H15.4～H16.2

②学習理論グループ（松本隆）

氏名	所属	役職	担当する研究項目	参加時期
松本隆	早稲田大学理工学部	教授	メタ学習の理論と応用	H11.11
朝野正登	早稲田大学理工学部	大学院生 CREST 研究補助員	MCMC 法数値実験	H12.2～H12.3.
中田洋平	早稲田大学理工学部	大学院生 CREST 研究補助員	MCMC 法数値実験	H12.2～H12.3
榎本剛	早稲田大学理工学部	大学院生 CREST 研究補助員	MCMC 法数値実験	H12.4～H14.3
佐藤嘉寛	早稲田大学理工学部	大学院生 CREST 研究補助員	MCMC 法数値実験	H12.4～H14.3
畠澤泰成	早稲田大学理工学部	大学院生	強化学習ダイナミクス	H12.4～H14.3
高橋伸昌	早稲田大学理工学部	大学院生	強化学習の基本原理	H13.4～H15.3
栗原貴之	早稲田大学理工学部	大学院生	オンラインベイズ学習	H13.4～H15.3
用水邦明	早稲田大学理工学部	大学院生 CREST 研究補助員	オンラインベイズ学習	H13.4～H15.3
阿知波健	早稲田大学理工学部	大学院生	強化学習の基本原理	H14.4～H16.3
渡邊亮平	早稲田大学理工学部	大学院生	強化学習のロボット実験	H15.4～
田中昭雄	早稲田大学理工学部	大学院生	強化学習と Bayesian Belief Network	H15.4～
村松大吾	早稲田大学理工学部	大学院生	強化学習の HMM 的アプローチ	H15.4～
大家淳二	早稲田大学理工学部	大学院生	強化学習のロボットシミュレータへの適応	H16.4～
八木原晴水	早稲田大学理工学部	研究補助員	グループ事務	H11.2～H14.1
村岡ますみ	早稲田大学理工学部	研究補助員	グループ事務	H14.2～

③適応システムグループ（石井信）

氏名	所属	役職	担当する研究項目	参加時期
石井信	奈良先端科学技術大学院大学	教授	全体，強化学習法	H11.11～
柴田智広	奈良先端科学技術大学院大学	助教授	ベイズ学習法	H15.4～
作村勇一	奈良先端科学技術大学院大学	助手	探索と最適化の理論	H12.4～H15.3
前田新一	奈良先端科学技術大学院大学	助手	ベイズ学習法	H16.4～
新妻弘崇	奈良先端科学技術大学院大学	CREST 研究員	メタ学習アルゴリズム	H11.12～H13.6
雨森賢一	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生／研究員	数値実験	H11.11～H14.3
吉本潤一郎	奈良先端科学技術大学院大学	CREST 研究員	強化学習のメタ学習	H13.4～H16.3
吉本潤一郎	沖縄大学院大学先行的研究	研究員	強化学習のメタ学習	H16.4～
中村泰	奈良先端科学技術大学院大学	CREST 研究員	強化学習法	H16.4～
大羽成征	奈良先端科学技術大学院大学	研究員	ベイズ学習法	H15.4～H16.3
吉田和子	奈良先端科学技術大学院大学	研究員 CREST 研究補助員	認知実験	H13.4～
窪島智子	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生	強化学習と前頭前野	H14.4～H15.3
金子祐子	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生	プランニングの認知実験	H15.4～H16.3
平山淳一郎	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生	メタ学習の数理モデル	H15.4～H16.3
船越英史	奈良先端科学技術大学院大学	大学院生	プランニングの認知実験	H15.4～H16.3

④情動記憶グループ（関野祐子）

氏名	所属	役職	担当する研究項目	参加時期
関野祐子	群馬大学大学院医学系研究科	助教授	海馬の記憶神経回路の制御機構	H11.11～
白尾智明	群馬大学大学院医学系研究科	教授	遺伝子改変マウス作製	H11.11～
山崎博幸	群馬大学大学院医学系研究科	助手	遺伝子改変マウス作製	H15.4～
伊藤真	群馬大学大学院医学系研究科	CREST 研究員	海馬の電位記録と解析	H12.11～H16.3
伊藤真	沖縄科学技術大学院大学先行的研究事業	研究員	強化学習のメタ学習	H16.4～
桑原三千代	群馬大学医学部行動分析部門	研究補助員	グループ事務	H13.4～H17.2
坂場真紀	群馬大学医学部行動分析部門	研究補助員	マウスの飼育	H13.6～H14.3
伊藤光恵	群馬大学大学院医学系研究科	研究補助員	マウス行動解析，マウス genotyping	H13.7～
田中夏女	群馬大学大学院医学系研究科	研究補助員	マウスの導入遺伝子解析	H14.4～15.2
高橋伴子	群馬大学動物実験施設	研究補助員	マウスの飼育	H15.4～
宮崎郁	群馬大学医学部	研究補助員	マウス genotyping	H15.4～
原友香	群馬大学動物実験施設	研究補助員	マウスの飼育	H16.9～

⑤学習修飾グループ（澤口俊之）

氏名	所属	役職	担当する研究項目	参加時期
澤口俊之	北海道大学医学研究科	教授	前頭前皮質におけるドーパミンの役割	H11.11～
射場美智代	北海道大学医学研究科	助手	前頭前皮質における選択的注意過程の解明	H11.11～H14.3
吉田恵真	北海道大学医学研究科	CREST 研究補助員	実験動物の管理・世話	H12.2～H13.8
雨森賢一	北海道大学医学研究科	助手	前頭前皮質における感覚運動変換過程の解明	H14.4～
平田快洋	北海道大学医学研究科	大学院生	前頭前皮質機能コラムでのドーパミンの役割	H14.7～
桑島真里子	北海道大学医学研究科	大学院生	サル前頭連合野における視界のシフト制御（抑制）に関わるニューロン機構と神経伝達物質	H15.8～H16.3
辻本悟史	北海道大学医学研究科	大学院生	前頭前皮質における行動と報酬の連合過程	H14.7～H16.3
松田京子	北海道大学医学研究科	大学院生	サル前頭前皮質における文脈情報の処理メカニズムと神経伝達物質	H15.8～H16.3
雨森智子	北海道大学医学研究科	大学院生	前頭連合野における高次学習過程のニューロン機構とその分子機序（特にドーパミン）	H15.8～
鈴木真子	北海道大学医学研究科	研究補助員	グループ事務	H12.5～H16.10

⑥精神薬理グループ（山脇成人）

氏名	所属	役職	担当する研究項目	参加時期
山脇 成人	広島大学大学院医歯薬学総合研究科	教授	分子生物学, 脳機能測定	H11.11～
森信 繁	広島大学大学院医歯薬学総合研究科	助教授	分子生物学	H12.4～
岡本 泰昌	広島大学大学院医歯薬学総合研究科	講師	分子生物学, 脳機能測定	H11.11～
加賀谷有行	広島大学大学院医歯薬学総合研究科	講師	分子生物学	H11.1～H15.3
伊藤 勝陽	広島大学大学院放射線医学	教授	脳機能測定	H11.11～H16.3
横田 則夫	広島県立保健福祉大学	教授	脳機能測定	H11.11～H16.3
岡田 剛	広島大学大学院医歯薬学総合研究科	医員	脳機能測定	H13.1～H16.3
山下 英尚	広島大学大学院医歯薬学総合研究科	助手	データ取得・解析	H13.4～
白尾 直子	広島大学大学院医歯薬学総合研究科	大学院生	脳機能測定	H13.9～H16.3
旭 修司	広島大学大学院医歯薬学総合研究科	医員	データ取得・解析	H13.9～
世木田 幹	広島大学大学院医歯薬学総合研究科	医員	データ取得・解析	H13.9～
萬谷 智之	広島大学大学院医歯薬学総合研究科	大学院生	データ取得・解析	H15.1～
志々田一宏	広島大学大学院医歯薬学総合研究科	大学院生	脳機能測定	H15.7～H16.3
上田 一貴	広島大学大学院医歯薬学総合研究科	リサーチレジデント	データ取得・解析	H12.5～
恵南 恵子	広島大学大学院医歯薬学総合研究科	研究補助員	グループ事務	H12.5～

５．研究期間中の主な活動

(1)ワークショップ・シンポジウム等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
平成11年1月7日（木）～8日（金）	The 1st Metalearning, Neuromodulation and Emotion Team Meeting	北海道大学校内学術交流会館（北海道札幌市)	20人	研究チーム初の全体ミーティングであり，各メンバーのこれまでの研究テーマと内容，手法に関する互いの理解を深め，今後の研究の方向性について議論した. これをもとに，各グループ間の連携，共同研究の具体化をはかった.
平成12年8月24日（木）	第２回メタ学習と情動コミュニケーションチームミーティング	ATR(京都府相楽郡精華町)	35人	プロジェクトスタートから約９ヶ月の時点で，各グループの研究の立ち上がり状況と初期的な研究結果を報告し合い，今後の研究の方向性について議論した.
平成13年4月6日（水）～7日（金）	CREST Workshop on Metalearning and Neuromodulation	ATR(京都府相楽郡精華町)	84人	メタ学習の理論と脳の神経修飾機構の双方の先端的な研究者を集め，この分野の研究の活性化をはかるとともに，当研究チームの活動をアピールした.
平成14年1月8日(火)	チーム研究交流会	ルスツリゾート（北海道蛇田郡)	13人	チームの各グループ間での情報交換と，今後の研究方針打ち合わせなどを行った.
平成14年8月24日（土）	チームミーティング	アートランドホテル蓼科（長野県茅野市)	23人	進捗状況報告と，今後の研究方針打ち合わせなどを行った.
平成14年8月　24　日(土)～8 月26日(月)	「脳と心のメカニズム」ワークショップ共催	アートランドホテル蓼科（長野県茅野市)	150人	「知能発達のメカニズム」のテーマで，国内外の実験系・理論系の研究者を集め発表・討論を行った.
平成15年1月7日（火）	チームミーティング	ルスツリゾート（北海道蛇田郡)	8人	進捗状況報告と，今後の研究方針打ち合わせなどを行った.
平成15年1月8日（火）～　1月10日(金)	「脳と心のメカニズム」ワークショップ後援	ルスツリゾート（北海道蛇田郡)	100人	「自己意識とイミテーション」のテーマで，国内外の実験系・理論系の研究者を集め発表・討論を行った.
平成15年8月23日	チームミーティング	NASPA ニューオータニ（新潟県南魚沼郡湯沢町)	17 人	進捗状況報告・討議，今後の研究方針打ち合わせなどを行った.

平成15年8月 23 日(土)～8月25日(月)	「脳と心のメカニズム」ワークショップ共催	NASPAニューオータニ(新潟県南魚沼郡湯沢町)	150人	「意識と統括機能」のテーマで,国内外の実験系・理論系の研究者を集め発表・討論を行った.
平成16年1月7日(水)～ 1月9日(金)	「脳と心のメカニズム」ワークショップ後援	ルスツリゾート(北海道蛇田郡)	100人	「下頭頂葉機能の新視点」のテーマで,国内外の実験系・理論系の研究者を集め発表・討論を行った.
平成16年8月24日(火)～ 8月26日(木)	「脳と心のメカニズム」ワークショップ共催	NASPA ニューオータニ(新潟県南魚沼郡湯沢町)	150人	「意志決定:心の物質基盤」のテーマで,国内外の実験系・理論系の研究者を集め発表・討論を行った.
平成16年8月24日(火)～ 8月26日(木)	チームミーティング	NASPAニューオータニ(新潟県南魚沼郡湯沢町)	17人	進捗状況報告,招聘客員Dr. Matthew Rushworthを交えての研究討議,今後の研究方針打ち合わせなどを行った.
平成17年1月11日(火)～ 1月13日(木)	「脳と心のメカニズム」ワークショップ後援	ルスツリゾート(北海道蛇田郡)	100人	脳の理論と実験研究の協力体制を築き,日本の脳科学を推進するため,異なるプロジェクト間の研究交流を計った.

(2)招聘した研究者等

氏 名(所属,役職)	招聘の目的	滞在先	滞在期間
Kakade, Sham (Gatsby Computational Neuroscience Unit University College London, Research Student)	当プロジェクトの神経修飾物質系の計算理論モデル研究を具体化するにあたり,我々 の仮説と,Kadade 氏の知識と理論を摺り合わせる形で,新たなモデルの構築とその具 体化の作業を進めるため.	国際電気通信基礎技術研究所	平成13年3月28日～平成13年4月17日まで
Hasslemo, Michael (Boston University, Professor)	CREST Workshop on Metalearning and Neuromodulationでの講演	国際電気通信基礎技術研究所	平成13年4月5日～平成13年4月7日まで
Everitt, Barry J. (Cambridge University, Professor)	CREST Workshop on Metalearning and Neuromodulationでの講演	国際電気通信基礎技術研究所	平成13年4月5日～平成13年4月7日まで
Aston-Jones, Gary (University of Pennsylvania, Professor)	CREST Workshop on Metalearning and Neuromodulationでの講演	国際電気通信基礎技術研究所	平成13年4月5日～平成13年4月7日まで
Schultz, Wolfram (Institute of Physiology, University of Fribourg, Professor)	CREST Workshop on Metalearning and Neuromodulationでの講演	国際電気通信基礎技術研究所	平成13年4月5日～平成13年4月7日まで

Nicolas Schweighofer (Cerego Inc, Tokyo, Japan, Company Employee)	神経修飾物質のダイナミクスによるメタ学習モデルの骨格を作り，今後の共同研究の土台とした.	国際電気通信基礎技術研究所	平成14年3月1日～平成 14 年 6 月 19 日
青崎　敏彦（東京都老人総合研究所　神経回路動態研究グループ　グループリーダー)	当チームの重要研究課題である神経修飾物質系の相互作用のメカズニズムに関して深い知識を持つ青崎先生に，当チームミーティングでの議論に参加していただき，またそれに続く「脳と心のメカニズム」ワークショップでの講演をお願いした.	アートランドホテル蓼科	平成 14 年 8 月 24 日～平成14年8月 26 日
Krishna Prasad(University of Hyderabad, Master of Technology)	系列運動学習の脳内表現に関する脳活動計測実験を行った.	国際電気通信基礎技術研究所	平成 15 年 7 月 15 日～平成15年9月 29 日
Raju Bapi (Reader, Department of Computer and Information Sciences, University of Hyderabad)	系列運動学習の脳内表現に関する脳活動計測実験を行った.	国際電気通信基礎技術研究所	平成 15 年 8 月 17 日～平成15年9月 20 日
Anders Eriksson (Royal Institute of Technology, Stockholm, Master of Science in Computer Science)	Eriksson氏は2002年6月から12月まで当チームに所属し，サイバーローデントの学習と進化実験で大きな成果を上げ，IROS2003での講演に採録された．発表に先立ち，その準備と今後の展開　について議論するために招聘した.	国際電気通信基礎技術研究所	平成15年10月21日～平成15年11月1日
Matthew Rushworth (Department of Experimental Psychology, University of Oxford, University Research Lecturer)	脳と心のメカニズム第5回夏のワークショップ「意志決定：心の物質基盤」の会場を借りて開催するチームミーティングに参加・講演（25 日）いただき，チームメンバーとの意見交換，研究討議をしていただいた.	NASPA ニューオータニ	平成 16 年 8 月 22 日～平成 16 年 8 月 29 日
Nicolas Schweighofer (University of Southern California, Assistant Professor)	CREST 研究員として在籍中に行った，トリプトファン制御下での学習実験の結果を論文としてまとめるとともに新たな実験計画のため招聘した.	国際電気通信基礎技術研究所	H16.1.19～23 H16.2.12～24 H16.6.28～7.11 H16.7.26～8.5 H16.12.15　～ H17.1.7

６．主な研究成果物，発表等

(1)論文発表

・システム統合グループ（銅谷賢治）

Bapi, R. S., Doya, K. (2001). Multiple forward model architecture for sequence Processing. R. Sun and C. L. Giles (eds) Sequence Learning, Springer, 309-320.

Capi, G., Uchibe, E., Doya, K. (2003). Selection of neural architecture and the environment complexity. Dynamic Systems Approach for Embodiment and Sociality -- from Ecological Psychology to Robotics, 6, 311-317.

Capi, G., Doya, K. (2005). Evolution of neural architecture fitting environmental dynamics. Adaptive Behavior, 13.

Daniel M Wolpert, D. M., Doya, K., Kawato, M. (2003). A unifying computational framework for motor control and social interaction.. Philosophical Transactions of the Royal Society, 358, 593-602.

Doya, K. (2000). Metalearning, neuromodulation, and emotion. G. Hatanao, et al. (eds) Affective Minds, Elsevier Science, B.V., 101-104.

Doya, K. (2000). Complementary roles of basal ganglia and cerebellum in learning and motor control. Current Opinion in Neurobiology, 10(6), 732-739.

Doya, K., Kimura, H., Kawato, M. (2001). Neural mechanisms of learning and control. IEEE Control Systems Magazine, 21(4), 42-54.

Doya, K., Kimura, H., Miyamura, A. (2001). Motor control: Neural models and system theory. International Journal of Applied Mathematics and Computer Science, 11(1), 77-104.

Doya, K., Samejima, K., Katagiri, K., Kawato, M. (2002). Multiple model-based reinforcement learning. Neural Computation, 14(6).

Doya, K., Samejima, K., Katagiri, K., Kawato, M. (2002). Multiple model-based reinforcement learning. Neural Computation, 14(6), 1347-1369.

Doya, K. (2002). Metalearning and neuromodulation. Neural Networks, 15(4-6), 495-506.

Doya, K., Dayan,P, Hasselmo M. E. (2002). Computational models of neuromodulation. Neural Networks, 15(4-6), 475-477.

Haruno, M., Kuroda, T., Doya, K. , Toyama, K. , Kimura, M. , Samejima, K. , Imamizu, H. , Kawato, M. (2004). A neural correlate of reward-based behavioral learning in caudate nucleus: a functional magnetic resonance imaging study of a stochastic decision task. Journal of Neuroscience, 24(7), 1660-1665.

Kawawaki, D., Shibata, T., Goda, N., Doya, K., Kawato, M. (2004). Anterior and superior lateral occipito-temporal cortex responsible for target motion prediction during overt and covert visual pursuit. Society for neuroscience 34th annual meeting, 64.

Kuroda, S., Yamamoto, K., Miyamoto, H., Doya, K., Kawato, M. (2001). Statistical characteristics of climbing fiber spikes necessary for efficient cerebellar learning. Biological Cybernetics, 84(3), 183-192.

Morimoto, J., Doya, K. (2001). Robust reinforcement learning. V.Tresp et al.(eds.) Advances in Neural Information Processing Systems 13. MIT Press, 1061-1067.

Morimoto, J., Doya, K. (2001). Acquisition of stand-up behavior by a real robot using hierarchical reinforcement learning. Robotics and Autonomous Systems, 36, 37-51.

Nakahara, H., Doya, K., Hikosaka, O. (2001). Parallel cortico-basal ganglia mechanisms

for acquisition and execution of visuo-motor sequences - A computational approach. Journal of Cognitive Neuroscience, 13(5), 626-647.
Samejima, K., Doya, K., Kawato, M. (2003). Inter-module credit assignment in modular reinforcement learning. Neural Networks, 16(7), 985-994.
Sato, M. (2001). On-line model selection based on the variational Bayes. Neural Computation, 13(7), 1649-1681.
Schweighofer, N., Doya, K. (2003). Meta-learning of reinforcement learning. Neural Networks, 16(1), 5-9.
Schweighofer, N., Doya, K., Kuroda, S. (2004). Cerebellar aminergic neuromodulation: towards a functional understanding. Brain research reviews, 44, 103-116.
Schweighofer, N., Doya, K., Fukai, H. , Chiron, Jean V., Furukawa, T., Kawato, M. (2004). Chaos may enhance information transmission in the inferior olive. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 101(13), 4655-4660.
Tanaka, S., Doya, K., Okada, G., Ueda, K., Okamoto, Y., Yamawaki, S. (2004). Prediction of immediate and future rewards differentially recruits cortico-basal ganglia loops. Nature Neuroscience, 7(8), 887-893.
内部英治, 銅谷賢治 (2004). 複数報酬のもとでの階層強化学習. 日本ロボット学会誌, 22(1), 120-129.
川人光男, 銅谷賢治, 春野雅彦 (2000). ヒト知性の計算神経科学, 第１回：言語に迫るための条件. 科学, 70(5), 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, 第２回：小脳が獲得する内部モデル. 科学, 70(7), 598-606.
川人光男, 銅谷賢治, 春野雅彦 (2000). ヒト知性の計算神経科学, 第４回：多重順逆対モデル(モザイク) - その情報処理と可能性. 科学, 70(11), 1009-1017.
川人光男, 銅谷賢治, 春野雅彦 (2001). ヒト知性の計算神経科学, 第５回その２：モザイクの拡張とコミュニケーション. 科学, 71(6), 839-843.
川人光男, 銅谷賢治, 春野雅彦 (2001). ヒト知性の計算神経科学, 第６回：ヒト知性に計算理論はどこまで迫られるか. 科学, 71(18), 1617-1696.
川人光男, 銅谷賢治, 春野雅彦 (2002). ヒト知性の脳科学はどこまで可能か. 科学, 72(9), 878-918.
小池康晴, 銅谷賢治 (2001). マルチステップ状態予測を用いた強化学習によるドライバーモデル. 電子情報通信学会論文誌, J84-D-Ⅱ(2), 370-379.
佐藤雅昭, 吉岡琢, 梶原茂樹, 外山敬介 (2003). MEG 電源の階層ベイズ推定. 第 18 回日本生体磁気学会大会, 16(1), 148-149.
鮫島和行, 銅谷賢治 (2001). 強化学習と大脳基底核. バイオメカニズム学会誌, 25(4), 167-171.
鮫島和行, 銅谷賢治, 川人光男 (2001). 強化学習 MOSAIC : 予測性によるシンボル化と見まね学習. 日本ロボット学会誌, 19(5), 551-556.
鮫島和行, 銅谷賢治, 川人光男 (2001). モジュール競合による運動パターンのシンボル化と見まね学習. 電子情報通信学会論文誌, J85-D-II(1), 90-100.
鮫島和行, 片桐憲一, 銅谷賢治, 川人光男 (2001). 複数の予測モデルを用いた強化学習による非線形制御. 電子情報通信学会論文誌, J84-D-II (9), 2092-2106.
杉本徳和, 鮫島和行, 銅谷賢治, 川人光男 (2004). 複数の状態予測と報酬予測モデルによる強化学習と行動目標の推定. 電子情報通信学会論文誌, J87-D-Ⅱ(2), 683-694.
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, 38-6(444), 19-24.
銅谷賢治 (2000). ロボットと脳科学. 学術月報, 53(9), 24-28.
銅谷賢治, 川人光男, 春野雅彦 (2000). ヒト知性の計算神経科学, 第３回：小脳, 大脳基底核, 大脳皮質の機能分化と統合. 科学, 70(9), 740-749.
銅谷賢治 (2000). 学習のしかたを学習する- メタ学習と神経修飾物質- . ATR Journal, 41,

10-11.
銅谷賢治（2001）．系列運動の脳内表現と学習のアルゴリズム．乾敏郎，安西祐一郎編，認知科学の新展開第３巻「運動と言語」，岩波書店．29-52.
銅谷賢治，森本淳，鮫島和行（2001）．強化学習と最適制御．システム／情報／制御，45(4)，30-40.
銅谷賢治（2002）．強化学習とメタ学習の脳内機構- 大脳基底核と神経修飾物質系- ．日本神経回路学会誌，9(1)，36-40.
銅谷賢治（2002）．神経情報科学サマースクール 2002 概況．日本神経回路学会誌，9(4)，279-280.
銅谷賢治（2002）．強化学習の計算論．医学のあゆみ，202(3)，175-179.
銅谷賢治（2002）．行動学習系のメタパラメタ制御と神経修飾物質．別冊・数理科学「脳情報数理科学の発展」，31-36.
森本淳，銅谷賢治（2001）．階層型強化学習を用いた３リンク２関節ロボットによる起立運動の獲得．日本ロボット学会誌，19(5)，574-579.

・学習理論グループ(松本隆)

Nakada, Y, Matsumoto, T., Kurihara.T, Yosui.K (2005). Bayesian reconstructions and predictions of nonlinear dynamical systems via the hybrid Monte Carlo scheme . Signal Processing, 85(1), 129-145.
斎藤幹貴，榎本剛，松本隆（2002）．非線形ダイナミカルシステムの「モデル周辺ゆう度」重み付き再構成と予測 -- 階層ベイズ的アプローチ．システム制御情報学会論文誌，15(1)，10-16.
杉淳二朗，栗原貴之，松本隆（2003）．ダイナミカルシステムの階層ベイズ的最小埋め込み次元推定．情報処理学会論文誌，44(12)，3098-3111.
中田洋平，栗原貴之，用水邦明，和田健作，松本隆（2003）．ベイズ的非線形ダイナミカルシステムの再構成と予測：Hybrid Monte Carlo．電子情報通信学会論文誌，J86-D-Ⅱ(12)，1143-1155.
永井立紀，浜野英知，吉田倫己，相田能之，畠澤泰成，松本隆（2001）．Chaotic Masking における情報信号増幅作用について．電子情報通信学会論文誌，J84-A(2)，164-170.
松本隆（2001）．アトラクター，分岐，リミットサイクル．複雑系の事典，朝倉書店，3-5，346-350，407-409.
松本隆（2003）．「非線形ダイナミカルシステムの再構成と予測」．「統計科学のフロンティア６巻」，岩波書店.

・適応システムグループ(石井信)

Amemori, K., Ishii, S. (2001). Gaussian process approach to spiking neurons for inhomogeneous Poisson inputs. Neural Computation, 13(12), 2763-2797.
Hirayama, J., Yoshimoto, J., Ishii, S. (2004). Bayesian representation learning in the cortex regulated by acetylcholine. Neural Networks, 17(10):1391-400.
Ishii, S., Yoshida, W., Yoshimoto, J. (2002). Control of exploitation-exploration meta-parameter in reinforcement learning. Neural Networks, 15(4-6), 665-687.
Kurokawa, Y., Matoba, R., Takemasa, I., Nagano, H., Dono, K., Nakamori, S., Umeshima, K., Sakon, M., Ueno, N., Oba, S., Ishii, S., Kato, K., Monden, M. (2004). Molecular-based prediction of early recurrence in hepatocellular carcinoma. Journal of Hepatology, 41(2), 284-291.

Maeda, S., Song, W. Ishii, S. (2005). Nonlinear and noisy extension of independent component analysis: theory and its application to a pitch sensation model. Neural Computation (MIT Press), 17, 115-144.
Oba, S., Sato, M., Ishii, S. (2003). Variational Bayes method for mixture of principal component analyzers. Systems and Computers in Japan, 34(11), 55-56.
石井信, 佐藤雅昭 (2000). 統計的手法に基づく強化学習と制御ルールの獲得. 計測と制御, 39(12).
石井信 (2002). 強化学習と２足歩行学習. 別冊・数理科学, 118-124.
石井信 (2004). 制御理論・強化学習への展開. 数理科学, サイエンス社.
大羽成征, 石井信, 佐藤雅昭 (2002). 変分法的ベイズ推定による混合主成分分析. 電子情報通信学会論文誌, J85-D-II(6), 1055-1065.
中村泰, 佐藤雅昭, 石井信 (2004). 神経振動子ネットワークを用いたリズム運動に対する強化学習法. 電子情報通信学会論文誌, J87-D-Ⅱ(3), 893-902.
前田新一, 石井信 (2004). 学習による product code の設計. 電子情報通信学会論文誌 , J87-A(3), 382-390.
吉本潤一郎, 石井信, 佐藤雅昭 (2000). 連続力学システムの自動制御のためのオンライン EM 強化学習法. 電子情報通信学会論文誌, J83-D-II(3), 1024-1033.
吉本潤一郎, 石井信, 佐藤雅昭 (2003). 連続力学システムの自動制御のためのオンライン EM 強化学習法. システム制御情報学会論文誌, 16(5), 209-217.
吉本潤一郎, 石井信, 佐藤雅昭 (2003). 変分法的ベイズ推定法に基づく正規化ガウス関数ネットワークと階層的モデル選択法. 計測自動制御学会論文集, 39(5), 503-512.

・ 情動記憶グループ(関野祐子)

Beraudi, A., Traversa, U., Villani, L., Sekino, Y., Nagy, J.I., Poli, A. (2003). Distribution and expression of A1 adenosine receptors, adenosine deaminase and adenosine deaminase-binding protein (CD26) in goldfish brain. Neurochem Int., 42(6), 455-464.
Ferhat, L., Esclapez, M., Represa, A., Fattoum, A., Shirao, T., Ben-Ari, Y. (2003). Upregulation of acidic calponin during dendritic spine plasticity following pilocarpine-induced seizures. Hippocampus, 13(7), 845-858.
Ikeda, M., Sagara, M., Sekino, Y., Shirao, T., Honda, K., Yoshioka, T., Allen, C.N., Inoue, S. (2001). The sulphydryl reagent, N-ethylmaleimide, disrupts sleep and blocks A1 adenosine receptor-mediated inhibition of intracellular calcium signaling in the in vitro ventromedial preoptic nucleus. Neuroscience, 106(4), 733-743.
Kobayashi S., Shirao, T., Sasaki, T. (2001). Drebrin expression is increased in spinal motoneurons after axotomy. Neuroscience Letters, 311, 165-168.
Shirao, T., Sekino, Y. (2000). Clustering and anchoring mechanisms of molecular constituents of postsynaptic scaffolds in the spine. Neuroscience Research, 40, 1-7.
Takahashi, H., Sekino, Y., Tanaka, S., Mizui, T., Kishi, S., Shirao, T. (2003). Drebrin-dependent actin clustering in dendritic filopodia governs synaptic targeting of postsynaptic density-95 and dendritic spine morphogenesis. J. Neuroscience, 23(16), 6586-6595.
Tezuka, M, Oda, O., Shirao, T., Inoue, HK. (2004). Microglia/macrophage reactions and cell proliferation during the repair of spinal cord injuries in infant rats. Neurotrauma Res, 15.

Yamazaki H., Takahashi, H., Aoki, T., Shirao, T. (2001). Molecular cloning and dendritic localization of rat SH3P7. European Journal of Neuroscience, 14(6), 998-1008.
伊藤真, 三宅章吾, 沢田康次 (2001). ラットの空間探索課題における海馬- 大脳基底核モデル. 電子情報通信学会論文誌, J84-D-II(9), 2107-2120.
井上洋, 手塚美佳, 小田修, 西秀夫, 永関慶重, 小林聡, 白尾智明 (2003). 幼若脳の修復と脳室下領域 (SVZ) 細胞の役割：ラットを用いた免疫組織学的分析. 小児の脳神経, 28, 331-335.
関野祐子, 白尾智明 (2001). 海馬内興奮伝播のゲート機構. 神経研究の進歩, 45(2), 283.
関野祐子, 高橋秀人, 白尾智明 (2003). スパインアクチン細胞骨格は興奮生シナプス成熟を制御する. 蛋白質・核酸・酵素, 49, 270-275.

・ 学習修飾グループ(澤口俊之)

Iba, M., Sawaguchi, T. (2001). Pop-out independent target selection in the monkey dorsolateral prefrontal cortex. Neuroscience Research Supplement, 24(1), S135.
Kikuchi-Yorioka, Y., Sawaguchi, T. (2000). Parallel visuospatial and audiospatial working memory processes in the monkey dorsolateral prefrontal cortex. Nature Neuroscience, 3(11), 1075-1076.
Kikuchi-Yorioka, Y., Sawaguchi, T., Miyauchi. S. (2001). Prefrontal and temporal activation during an associative learning task as revealed by fMRI. Neuroscience Research Supplement, 24(1), S299.
Sawaguchi, T. (2000). The role of D1-dopamine receptors in working memory-guided movements mediated by frontal cortical areas. Parkinsonism & Related Disorders, 7, 9-19.
Sawaguchi, T., Iba, M. (2001). Prefrontal cortical representation of visuospatial working memory in monkeys examined by local inactivation with muscimol. Journal of Neurophysiology, 86(4), 2041-2053.
Sawaguchi, T. (2001). The effects of dopamine and its antagonists on directional delay-period activity of prefrontal neurons in monkeys during an oculomotor delayed-response task. Neuroscience Research, 41(2), 115-128.
Sawaguchi, T. (2001). Unmasking of silent "task-related" neuronal activity in the monkey prefrontal cortex by a GABA(A) antagonist. Neuroscience Research, 39(1), 123-131.
Tsujimoto, S., Sawaguchi, T. (2004). Properties of delay-period neuronal activity in the primate prefrontal cortex during memory- and sensory-guided saccade tasks. European Journal of Neuroscience, 19, 447-457.
Tsujimoto, S., Sawaguchi, T. (2004). Neuronal representation of response-outcome in the primate prefrontal cortex. Cerebral Cortex, 14, 47-55.
射場美智代, 澤口俊之 (2001). 前頭前皮質の選択的注意過程. 脳の科学, 23(6), 469-478.
澤口俊之 (2001). 「心の謎」の核心へ- 認知脳科学の成果と将来. DBC ダイヤモンドビジネスコンサルティング (vol. 140, pp.4-9), 140, 4-9.
澤口俊之, 南伸坊 (2000). 平然と車内で化粧する脳. 扶桑社.
澤口俊之 (2000). わがままな脳. 筑摩書房.
澤口俊之 (2000). 知性の脳構造：脳を超越して観察する脳. 西山賢一編, 生命の知恵・ビジネスの知恵, 丸善ライブラリー, 97-144.
澤口俊之 (2000). 前頭前野の動的オペレーティングシステム. 養老孟司編,脳と生命と心, 哲学書房, 152-191.

澤口俊之 (2000). 知性の脳構造：脳を超越して観察する脳. 別冊宝島編集部編, 脳力の鍛え方, 宝島社, 13-46.
澤口俊之 (2000). シンボル操作の脳研究：ニューロンレベルでの研究を中心にして. 認知科学, 7(3), 189-194 .
澤口俊之 (2000). 前頭前野のワーキングメモリ：動的オペレーティングシステム仮説. 神経研究の進歩, 44(6), 929-936.
澤口俊之 (2001). 心の解明：認知脳科学の現状と未来. 臨床精神医学, 30(1), 9-12.
澤口俊之 (2001). ワーキングメモリーと前頭連合野のドーパミン. BRAIN MEDICAL, 13(1), 71-78.
澤口俊之 (2001). 前頭連合野における情報統合と決断のニューロン機構- ワーキングメモリ過程と動的オペレーティングシステム仮説- . 丹治順・吉澤修治編, 脳の高次機能, 朝倉書店, 251-269.
澤口俊之 (2001). 意識 consciousness. 複雑系の事典編集委員会編, 複雑系の事典-適応複雑系のキーワード150-, 朝倉書店, 11-13.
澤口俊之 (2001). 前頭葉と認知. 脳と精神の医学, 12(1), 23-30.
澤口俊之 (2001). 前頭前野の自我の動的オペレーティングシステム. 数理科学, 39(8), 66-75.
澤口俊之 (2002). 自己意識と前頭連合野. Clinical Neuroscience , 20(4), 402-405.
澤口俊之 (2002). 心の研究はどこまで進んだか. 別冊日経サイエンス脳と心のミステリー, 137, 88-93.
辻本悟史, 澤口俊之 (2003). ワーキングメモリの神経機構. Annual Review 神経 2003, 316-325.

・精神薬理グループ(山脇成人)

Fukumoto,T., Morinobu, S., Okamoto,Y., Kagaya,A., Yamawaki,S. (2001). Chronic lithium treatment increases the expression of brain-derived neurotrophic factor in the rat brain.. Psychopharmacology, 158, 100-106.
Katagiri, H., Kagaya, A., Nakae, S., Morinobu, s., Yamawaki, S. (2001). Modulation of serotonin 2A receptor function in rats after repeated treatment with dexamethasone and L-type calcium channel antagonist nimodipine. Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry, 25(6), 1269-1281.
Kurata, K., Takebayashi,M., Kagaya, A., Morinobu, S., Yamawaki, S. (2001). Effect of β-estradiol on voltage-gated Ca2+ channels in rat hippocampal neurons: A comparison with dehydroepiandrosterone. European Journal of Pharmacology, 416(3), 203-212.
Miyoshi, I., Kagaya, A., Kohchi, C., Morinobu, s., Yamawaki, S. (2001). Characterization of 5-HT2A receptor desensitization and the effect of cycloheximide on it in C6 cells. Journal of Neural Transmission, 108(3), 249-260.
Okada, G., Okamoto, Y., Morinobu, S., Yamawaki, S., Yokota, N. (2003). Attenuated left prefrontal activation during a verbal fluency task in patients with depression. Neuropsychobiology, 47(1), 21-26.
Shirao, N., Okamoto, Y., Okada, G., Okamoto, Yu., Yamawaki, S. (2003). Temporomesial activation in young females associated with unpleasant words concerning body image. Neuropsychobiology, 48, 136-142.
Tamura, T., Morinobu, S., Okamoto, Y., Kagaya, A., Yamawaki, S. (2002). The effects of antidepressant drug treatments on activator protein-1 binding activity in the rat brain.. Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry,

26, 375-381.
Ueda, K., Okamoto, Y., Okada, G., Yamashita,H., Hori, T., Yamawaki, S. (2003). Brain activity during expectancy of emotional stimuli: An fMRI study. Neuroreport, 14(1), 51-55.
Yamashita,H., Fujikawa, T., Yanai, I., Yamawaki, S. (2002). Cognitive dysfunction in recovered depressive patients with silent cerebral infarction.. Neuropsychobiology, 45, 12-18.
Yamashita,H., Fujikawa, T., Yanai,I., Morinobu,S., Yamawaki,S. (2001). Clinical features and treatment response of patients with major depression and silent cerebral infarction.. Neuropsychobiology, 176-182.
Yamawaki, S., Kagaya, A., Okamoto, Y., Takebayashi, M., Saeki, T. (2001). Effects of antidepressants and lithium on intracellular calcium signaling.. Contemporary Neuropsychiatry , 257-262.
山脇成人, 岡本泰昌, 竹林実 (2000). 抑うつと新しい抗うつ薬. 臨床と研究, 77(6), 1135-1139.
山脇成人, 岡本泰昌 (2002). 強化学習と精神医学. 医学のあゆみ, 202(3), 33-36.

(2)口頭発表（内容が重複しているものは除く．国際学会発表を優先．）

・システム統合グループ（銅谷賢治）

Bapi, R. S., Graydon, F. X., Doya, K. (2000). Time course of learning of motor sequence representation. 30th Annual Meeting, Society for Neuroscience, 26, 707.

Bissmarck, F., Nakahara, H., Doya, K., Hikosaka, O. (2004). Learning and control of real-time procedural movement . 生理学研究所国際 COE シンポジウム, 136.

Bissmarck, F., Nakahara, H., Doya, K., Hikosaka, O. (2004). Responding to modalities with different latencies. Eighteenth annual conference on Neural Information Processing systems(NIPS2004), 85-86.

Capi, G., Doya, K. (2003). Evolving recurrent neural controllers for sequential tasks - A parallel implementation. Congress on evolutionary computation , 1, 514-519.

Doya, K. (1999). Metalearning, neuromodulation and emotion. The 13th Toyota Conference on Affective Minds, 46-47.

Doya, K. (2000). Specialization and collaboration of the cerebellum, the basal ganglia, and the cerebral cortex. Satellite Meeting on Computational Models, 10th Annual Meeting, Neural Control of Movement .

Doya, K. (2000). Possible roles of neuromodulators in the regulation of learning processes. 30th Annual Meeting, Society for Neuroscience, 26, 2103.

Doya, K. (2000). A possible role of serotonin in regulating the time scale of reward prediction. Serotonin: From the Molecule to the Clinic, 89.

Doya, K., Katagiri, K., Wolpert, D. M., Kawato, M. (2000). Recognition and imitation of movement paterns by a multiple predictor-controller architecture. Technical Report of IEICE, TL2000(11), 33-40.

Doya, K. (2001). Metalearning and Neuromodulation. CREST Workshop on Metalearning and Neuromodulation, 6.

Doya, K. (2001). Regulatory roles of serotonin and norepinephrine in reinforcement learning. 9th International Catecholamine Symposium, 36,S19-4.

Doya, K. (2001). Specialization of cerebellum, basal ganglia, and cerebral cortex in supervised, reinforcement, and unsupervised learning. Stockholm Workshop on Computational Neuroscience, 13.

Doya, K., Okada, G., Ueda, K., Okamoto, Y., Yamawaki, S. (2001). Prediction of short- and long-term reward: A functional MRI study with a Markov decision problem. 31st Annual Meeting, Society for Neuroscience.

Doya, K. (2002). Reinforcement learning of motor control. CAp 2002: Conference Francophone d'Apprentissage.

Doya, K. (2002). Neural mechanisms of reinforcement learning. Retours des Sciences Cognitives sur l'Apprentissage Automatique.

Doya, K. (2003). Reinforcement learning: Computational theory and neural implementation. Riken BSI Summer Program 2003, Lecture Course: "Nurturing the Brain".

Doya, K. (2003). A computational theory of neuromodulation . International Symposium "New Horizons in Molecular Sciences and Systems: An Integrated Approach".

Doya, K. (2004). Competition and cooperation of multiple learning modules . 生理学研究所 COE 国際シンポジウム, 94.

Doya, K. (2004). Metalearning and neuromodulation. 2004 Telluride Workshop on

Neuromorphic Engineering.
Doya, K. (2004). Cyber rodents: Exploration of adaptive mechanisms for self-preservation and self-reproduction. Neurorobotic models in Neuroscience and Neuroinformatics.
Doya, K. (2004). How the basal ganglia realize reinforcement learning. Tamagawa - COE International Symposium on Attention and Decision, 70.
Elfwing, S., Uchibe, E., Doya, K. (2003). An Evolutionary Approach to Automatic Construction of the Structure in Hierarchical Reinforcement Learning. Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO 2003), LNCS2723, 507-509.
Eriksson, A., Capi, G. , Doya, K. (2003). Evolution of meta-parameters in reinforcement learning algorithm. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2003), 412-417.
Genci, C., Eiji, U., Kenji, D. (2002). Selection of neural architecture and the environment complexity. The 3rd International Symposium on Human and Artificial Intelligence Systems: Dynamic Systems Approach for Embodiment and Sociality, 231-237.
Haruno, M., Kuroda, T., Doya, K., Toyama, K., Kimura, M., Samejima, K., Imamizu, H., Kawato, M. (2001). fMRI study of human brain activity during reinforcement learning. 31st Annual Meeting, Society for Neuroscience.
Kimura, H., Doya, K. (2000). Motor control: Neural models and system theory. 14th International Symposium on Mathematical Theory and Networks and Systems, 232.
Klein, M., Doya, K. (2004). How the brain expresses and understands intentions. 国際ワークショップ「社会脳の探求」, 8.
Klein, M., Kamp, H., Palm, G., Doya, K. (2004). Expressing and understanding desires in language games. Ninth International Conference on the Simulation and Synthesis of Living Systems (ALIFE9).
Klein, M., Doya, K. (2004). Learning to predict the effects of complex utterances. Ninth Neural Computation and Psychology Workshop, modelling language, cognition and action, 41.
Morimoto, J., Doya, K. (2000). Acquisition of stand-up behavior by a real robot using hierarchical reinforcement learning. 17th International Conference on Machine Learning, 1(1), 623-630.
Morimoto, J., Doya, K. (2000). Robust reinforcement learning. Neural Information Processing Systems 2000, 77.
Morimoto, J., Doya, K. (2000). Robust reinforcement learning. IEICE Neuro-Computing Workshop, NC2000-49, 59-66.
Samejima, K., Ueda, Y., Kimura, M., Doya, K., Schweighofer, N. (2000). Information coding of the striatal neurons during seqential movement. 30th Annual Meeting, Society for Neuroscience, 26, 681.
Samejima, K., Doya, K. , Ueda, Y., Kimura, M. (2003). Estimating internal variables and parameters of a learning agent by a particle filter. Seventeenth Annual Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2003), 126.
Samejima, K., Ueda, Y., Doya, K., Kimura, M. (2003). Activity of striate projection neurons encodes action-selective reward expectations. Society for Neuroscience 33rd Annual Meeting , 78.
Sato, M. (2000). On-line Bayesian Learning and Model Selection. 7th International Conference on Neural Information Processing, 1, 470-475.
Sato, M. (2000). Convergence of On-line EM Algorithm. 7th International Conference on Neural Information Processing, 1, 476-481.

Sato, M., Oba,S. (2002). Incremental Sparse Kernel Machine. ICANN 2002, 700-706.
Sato, M., Nakamura,Y., Ishii,S. (2002). Reinforcement Learning for Biped Locomotion. ICANN 2002, 777-782.
Sato, M., Yoshioka, T., Kajiwara, S., Toyama, K., Goda, N., Doya, K., Kawato, M. (2004). Hierarchical variational Bayesian method for MEG. BIOMAG2004, 609.
Sato, M., Yoshioka, T., Kajiwara, S., Toyama, K., Goda, N., Doya, K., Kawato, M. (2004). Hierarchical bayesian estimation for MEG inverse problem. NeuroImage, 23, 806-826.
Schweighofer, N., Doya, K. (2002). A biologically plausible computational model of meta-learning in reinforcement learning. 32nd Annual Meeting, Society for Neuroscience , 283.20.
Schweighofer, N. (2002). A brain-theory of motivation to learn. 脳と心のメカニズム第3回夏のワークショップ「知能発達のメカニズム」.
Schweighofer, N. (2003). Enhancing cerebellar learning with chaos and gaseous diffusion. システム情報科学スプリングスクール「神経系の情報処理と発達」.
Schweighofer,N., Tanaka, S., Asahi, S., Okamoto, Y., Doya, K., Yamawaki, S. (2004). An fMRI study of the delay discounting of reward after tryptophan depletion and loading. 1: decision-making. Society for neuroscience 34th annual meeting, 97.
Sugimoto, N, Doya, K., Kawato, M. (2004). Cooperation by estimating other's internal state. Ninth Neural Computation and Psychology Workshop, modelling language, cognition and action, 58.
Tanaka, S., Doya, K., Okada, G., Ueda, K., Okamoto, Y., Yamawaki, S. (2003). Prediction of Immediate and Future Rewards Differentially Recruits Cortico-Basal Ganglia Loops. Society for Neuroscience 33rd Annual Meeting , 58.
Tanaka, S., Doya, K., Okada, G., Ueda, Y., Okamoto, Y., Yamawaki, S. (2002). 長期と短期の報酬予測に伴う脳活動の fMRI 測定. 8th International Conference on Functional Mapping of the Human Brain, 1062.
Tanaka, S. , Doya, K., Okada, G. , Ueda, K. , Okamoto, Y., Yamawaki, S. (2003). Different cortico-basal ganglia loops specialize in reward prediction on different time scales. Seventeenth Annual Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2003), 111.
Tanaka, S. , Doya, K., Okada, G., Ueda, K. , Okamoto, Y. , Yamawaki, S. (2004). Parallel mechanisms of cortico-basal ganglia loops for decision-making by reward prediction at different time scales. 2nd International Symposium on Emergent Mechanisms of Communication in the Brain, 71.
Tanaka, S., Schweighofer,N., Asahi, S., Okamoto, Y., Yamawaki, S., Doya, K. (2004). An fMRI study of the delay discounting of reward after tryptophan depletion and loading. 2: reward expectation. Society for neuroscience 34th annual meeting, 98.
Ueda, Y., Samejima, S., Doya, K., Kimura, M. (2003). Reward value dependent striate neuron activity of monkey performing trial and error behavioral decision task. 第26回日本神経科学大会, 46(Suppl,1), S50.
Uchibe, E., Capi, G., Elfwing, S., Eriksson, A., Suzuyama, H, Doya, K. (2004). Cyber rodent project. Symposium: Towards Artificial Rodents.
Uchibe, E., Doya, K. (2004). Competitive-cooperative-concurrent reinforcement learning with importance sampling. The Eighth International Conference on the SIMULATION OF ADAPTIVE BEHAVIOR, 287-296.

Yoshioka, T., Sato, M., Kajiwara, S., Toyama, K., Goda, N., Doya, K., Kawato, M. (2004). An analysis of MEG data by hierarchical variational Bayesian method. BIOMAG2004, 611.
伊藤真，銅谷賢治，白尾智明，関野祐子（2004）．オープンフィールド探索時のラットにおける海馬 c-Fos 発現に対する上乳頭体核イボテン酸破壊の効果．第 81 回日本生理学会大会，172.
内部英治，銅谷賢治（2002）．複数報酬のもとでの階層強化学習．第 7 回ロボティクス・シンポジア．
川脇大，柴田智広，郷田直一，銅谷賢治，川人光男（2003）．ヒトの FEF 野および MST 野における円滑性追跡眼球運動の視標運動予測に関する fMRI 研究．第 18 回生体・生理工学シンポジウム，03Y007，97-98.
佐藤雅昭（2000）．オンラインベイズ学習によるモデル選択と動的環境への適応．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会，NC99-130，97-104.
佐藤雅昭，古川哲也（2002）．データに隠された構造を探る　-ベイズ学習法とその神経活動データ解析への応用-．平成１３年度 ATR 研究発表会．
佐藤雅昭，吉本潤一郎，石井信（2003）．変分ベイズ推定法に基づくオンラインシステム同定法と部分観測強化学習法．日本神経回路学会　第１３回全国大会，64-65.
佐藤雅昭（2004）．非侵襲脳活動計測（fMRI と MEG）情報の統合とその応用．第１９回　生体・生理工学シンポジウム BPES2004，25-28.
鮫島和行，銅谷賢治，川人光男（2000）．複数モデルベース強化学習におけるモジュール間の評価割り付け．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会，NC2000-49，51-58.
鮫島和行，銅谷賢治，川人光男（2000）．局所線形モデルに基づく状態分割を用いた階層強化学習．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会，NC99-115，173-180.
鮫島和行，上田康雅，銅谷賢治，木村實（2002）．行動選択に及ぼす動機付けと過去の行動の文脈/運動/報酬の履歴．第２５回　日本神経科学大会，(Ⅱ-F-247)221.
鮫島和行，銅谷賢治（2002）．Integrate-and-fire neuron model を用いた黒質ドーパミン細胞のＴＤ誤差計算モデル．日本神経回路学会第 12 回全国大会，p2-18，231-234.
鮫島和行，銅谷賢治，上田康雅，木村實（2003）．大脳基底核-強化学習モデルによる線条体神経細胞活動の記録と予測．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会，103(152)，11-16.
鮫島和行，上田康雄，銅谷賢治，木村實（2004）．大脳基底核線条体は行動ごとの報酬予測をコードする．脳と心のメカニズム第五回夏のワークショップ「意志決定：心の物質基盤」．
柴田智広，田端宏充，銅谷賢治，川人光男（2002）．視標の非周期運動ダイナミクスに対する人間の円滑性追跡眼球運動と学習．脳と心のメカニズム第 3 回夏のワークショップ「知能発達のメカニズム」．
杉本徳和，鮫島和行，銅谷賢治，川人光男（2002）．複数の状態予測と報酬予測モデルによる強化学習と行動目標の推定．日本神経回路学会第 12 回全国大会，p3-12，335-338.
杉本徳和，銅谷賢治，川人光男（2003）．教示者の行動目標を推定する見まね学習．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会，103(390)，61-66.
杉本徳和，鮫島和行，銅谷賢治，川人光男（2003）．ダイナミクスの線形性に基づいて状態空間を分割する階層型強化学習．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会，103(153)，25-30.
田口進也，田端宏充，柴田智広，銅谷賢治，川人光男（2001）．眼球運動における小脳の感覚運動変換．日本神経回路学会第１１回全国大会，229-230.
田中沙織，銅谷賢治（2002）．短期と長期の報酬予測に伴う脳活動の fMRI 測定と強化学習に基づく回帰解析．日本神経回路学会第 12 回全国大会，p1-3，57-60.
田中沙織，銅谷賢治，岡田剛，上田一貴，岡本泰昌，山脇成人（2003）．空間的情報を含

むマルコフ決定課題を用いた長期と短期の報酬予測に伴う脳活動の fMRI 測定. 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会, 103(92), 1-6.
田中沙織, Schweighofer,N., 旭修司, 岡本泰昌, 山脇成人, 銅谷賢治 (2004). セロトニンが線条体において報酬予測の時間スケールを制御する. 日本神経回路学会　第 14 回全国大会, 156-157.
田端宏充, 柴田智広, 田口進也, 銅谷賢治, 河野憲二, 川人光男 (2001). 円滑性追跡眼球運動の視標予測のための MST 野神経場モデル. 日本神経回路学会第１１回全国大会.
田端宏充, 柴田智広, 田口進也, 川人光男 (2002). 霊長類の滑らかな眼球運動の並列制御経路モデル . 日本神経回路学会第 12 回全国大会(JNNS とっとり).
銅谷賢治 (2000). 脳科学のためのロボット- 脳は創ってみないとわからない. 第 23 回日本神経科学大会・第 10 回日本神経回路学会大会合同大会, 291.
銅谷賢治 (2000). 内部モデル, 報酬予測と見まねの計算理論. 脳と心のメカニズムワークショップ.
銅谷賢治 (2001). Self-regulation of the reward prediction horizon in reinforcement learning. 脳と心のメカニズム第１回冬のワークショップ.
銅谷賢治 (2002). 自分で学習するロボットの「脳」と「心」. 世界脳週間：高校生と教師のための公開講座「脳と心の科学はおもしろい！」.
銅谷賢治 (2002). メタ学習の計算理論と脳内機構. CREST「脳を創る」第３回公開シンポジウム, 4-5, 29.
銅谷賢治 (2002). 計算神経科学における強化学習「神経修飾物質系のメタ学習仮説」. 人工知能学会第１６回全国大会, CD-ROM(2A1-4),
銅谷賢治 (2002). 系列運動の複数の座標系による表現：皮質- 基底核並列ループの役割. 第２５回日本神経科学会, 認知座標の変換過程シンポジウム, (S9-2)108.
銅谷賢治 (2002). ロボットの報酬系- 学習と進化を支えるメカニズム. 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会(SICE SSI-2002), 1-4.
銅谷賢治 (2002). 脳の学習の回路と物質のメカニズム. 計測自動制御学会関西支部シンポジウム, 15-18.
銅谷賢治 (2002). 神経情報科学における MATLAB. MATLAB ユーザ会, 3-12.
銅谷賢治 (2002). ロボットの歩行学習. 共同利用研究会　直立二足歩行の起源
銅谷賢治 (2002). Cyber rodent project. けいはんな社会的知能発生学研究会.
銅谷賢治 (2003). ロボットと脳の報酬系. JST ワークショップ「生命科学における制御 - サイバネティクスの新展開」.
銅谷賢治 (2003). 脳のモジュール構造とスキル学習. 日本工学アカデミー「ものづくりにおけるスキルとその技術化」作業部会.
銅谷賢治 (2003). メタ学習機構としての情動コミュニケーション. 科研費「動的インタラクションによるコミュニケー ション創発機構の構成と解明」ワークショップ.
銅谷賢治 (2004). 脳はなぜノイジーなのか？. JST 異分野研究者交流促進事業フォーラム, 57.
銅谷賢治 (2004). 強化学習の回路と物質のダイナミクス. 日本物理学会第 59 回年次大会, 59(3), 86.
銅谷賢治 (2004). 沖縄にかける夢：学習するロボットから生物と心の理解へ. 沖縄科学技術大学院大学県民フォーラム.
銅谷賢治 (2004). Parallel networks for reward prediction at different time scales. 脳と心のメカニズム第五回夏のワークショップ「意志決定：心の物質基盤」.
銅谷賢治 (2004). 強化学習の脳回路と物質メカニズム. 第 81 回日本生理学会大会, 63.
銅谷賢治 (2004). 報酬系のデザイン. 日本神経回路学会　第 14 回全国大会, 12-13.
銅谷賢治 (2004). 将来の報酬予測と他者の状態推定. 第 7 回情報学シンポジウム, 17-20.
中村泰, 佐藤雅昭, 石井信 (2002). 強化学習による 2 足歩行の獲得. 脳と心のメカニズム第 3 回夏のワークショップ「知能発達のメカニズム」.

林卓治，鮫島和行，銅谷賢治（2004）．強化学習における最適な割引率とは？．脳と心のメカニズム第五回夏のワークショップ「意志決定：心の物質基盤」．
坂東誉司，柴田智広，銅谷賢治，石井信（2003）．動的な再サンプリング法の切り替えによるロバスト視覚追跡．日本ロボット学会第２１回学術講演会，1K25.
古川哲也，上田修功，樋口さとみ，銅谷賢治，川人光男（2002）．拡張結合混合モデルを用いた脳活動解析．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会.
古川哲也，佐藤雅昭，銅谷賢治（2001）．変分ベイズ法を用いた相互情報量の推定．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会，101(94)，NC2001-4,19-24.
古川哲也，深井英和，ニコラ シュワイゴファー，佐藤雅昭，銅谷賢治，川人光男（2001）．下オリーブ核細胞モデルの相互情報量解析．日本神経回路学会第１１回全国大会.
星野力，銅谷賢治（2000）．生物における階層系列学習に関する考察．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会，NC99-108177-124.
松原崇充，森本淳，中西淳，佐藤雅昭，銅谷賢治（2004）．方策勾配法を用いた動的行動則の獲得：２足歩行運動への適用．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会，103(601)，53-58.
松本有央，岡田真人，銅谷賢治，菅生康子，山根茂，河野憲二（2001）．サル側頭葉顔細胞集団の混合正規分布解析によるクラスタリング．Neuro2001（第 24 回日本神経科学・第 44 回日本神経化学 合同大会），357.
松本有央，岡田真人，銅谷賢治，川人光男（2002）．局所回路間の振動位相変化による相互作用の制御．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会.
松山和裕，鮫島和行，銅谷賢治（2003）．淡蒼球内節／黒質網様部の強化学習による確率的行動選択．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会，103(490)，43-48.
森本淳，銅谷賢治（2000）．階層型強化学習を用いた実ロボットにおける起立運動の獲得．第５回ロボティクスシンポジア，397-402.
森本淳，銅谷賢治（2002）．強化学習を用いた状態観測器の構築．日本神経回路学会第 12 回全国大会.
森村哲郎，松山和裕，林卓治，鮫島和行，銅谷賢治（2004）．人の行動データの系列モンテカルロ法解析による意思決定モデルの検証．脳と心のメカニズム第五回夏のワークショップ「意志決定：心の物質基盤」．
吉岡琢，佐藤雅昭，梶原茂樹，外山敬介（2003）．ベイズ推定による MEG 電源推定．日本神経回路学会第１３回全国大会，120-121.
吉岡琢，佐藤雅昭，梶原茂樹，外山敬介（2004）．統計的基準による MEG 順モデル選択．第 5 回脳磁場ニューロイメージング大会，11.

・学習理論グループ(松本隆)

Kurihara.T, Nakada, Y., Yosui.K, Matsumoto, T. (2001). Bayesian on-line learning: A sequential Monte Carlo with importance resampling. Neural Networks for Signal Processing(NNSP2001).
Kurihara.T, Yosui.K, Matsumoto, T. (2001). A sequential Monte Carlo Bayesian on-line learning. The 9th International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communications Systems(ISPACS2001), 381-385.
Nakada, Y., Matsumoto, T. (2000). Nonlinear time series predictions via hierarchical Baysian MCMC: Predictive mean and error bar. 7th International Conference on Neural Information Processing, 1, 199-204.
Nakada, Y., Matsumoto, T. (2000). Bayesian MCMC nonlinear time series prediction: Predictive mean and error bar. 2000 IEEE International Workshop on Neural

Networks for Signal Processing, 155-164.
Nakada, Y., Sato, Y., Enomoto, T., Matsumoto, T. (2000). Bayesian Nonliner Time Senes Prediction via MCMC. Workshop on statistical-mechanical approach to intelligent information processing, 19.
Nakada, Y., Kurihara.T., Matsumoto, T. (2001). Baysian MCMC Nonlinear Time Series Prediction. IEEE Signal Processing Society International Conference on Acoustics,Speech, and Signal Processing 2001.
Nakajima, Y., Nakada Y., Satoh, Y., Matsumoto, T., Asano, M. (2000). Quadratic approximation vs. MCMC predictive mean computations and model comparisons for hierarchical Bayes approach with neural nets . 2000 IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems, 2(A8-4-3), 765-770.
Matsumoto, T. (2000). From data to nonlinear dynamical systems: A hierarchical Bayesian algorithm. International Symposium on Frontiers of Time Series Modeling: Nonparametric Approach to Knowledge Discovery, 193-203.
Matsumoto, T., Nakajima, Y., Sato, M., Sugi, J. , Hamagishi, H. (2001). Reconstructions and predictions of nonlinear dynamical systems: A hierarchical Bayesian approach. IEEE Transactions on Signal Processing, 49(9), .
Matsumoto, T. (2004). A Sequential Marginal Likelihood Online Change Detector: Sequential Monte Carlo Approach. The Second Workshop on Monte Carlo Methods.
Sato, M., Asano, M, Matsumoto, T. (2000). A hierarchical bayesian nonlinear time series prediction weighted by marginal likelihoods. 2000 IEEE International Workshop on Neural Networks for Signal Processing, 1, 115-124.
Souma T., Yosui, K., Matsumoto T. (2003). Bayesian reconstructions and predictions of nonlinear dynamical systems by Rao-Blackwellised sequential Monte Carlo. Practical Bayesian Statistics 5, Milton Keynes.
Souma T., Yosui, K., Kurihara, T., Matsumoto T. (2003). Reconstructions and predictions of nonlinear dynamical systems by Rao-Blackwellised sequential Monte Carlo. IEEE ICASSP2003(2003 International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing), Ⅱ, 777-780.
Yosui.K, Kurihara.T, Nakada, Y., Matsumoto, T. (2001). Baysian Nonlinear Time Series Prediction Via MCMC. 2001 IEEE-EURASIP Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing.
Yosui.K, Kurihara.T, Matsumoto, T. (2001). Automatical Learning of Hyperparameters via Sequential Monte Carlo. New Trends in Optimization and Computational Algorithms(NTOC2001), 121-122.
阿知波健, 大家淳二, 松本隆 (2003). 強化学習の並列モデルメタ学習による動的環境への適応. 電子情報通信学会 2004 年総合大会.
栗原貴之, 用水邦明, 松本隆 (2001). Sequential Monte Carlo による逐次学習. 早大複雑系シンポジウム.
栗原貴之, 相馬貴也, 松本隆 (2002). Sequential Monte Carlo を用いた On-line 学習におけるパラメータのグループ化の効果 . 日本神経回路学会第 12 回全国大会(JNNS とっとり).
斎藤幹貴 , 榎本剛, 松本隆 (2000). 階層ベイズ的ニューラルネットによる非線形時系列の重み付き予測. シンポジウム 複雑系：理論と新技術 -- 人文・社会科学, 工学, 自然科学の交流 --, 17.
杉淳二朗, 佐藤嘉寛, 松本隆 (2000). システムノイズを含むダイナミカルシステムの階層ベイズ的最小埋め込み次元推定. シンポジウム 複雑系：理論と新技術 － 人文・社会科学, 工学, 自然科学の交流 －, 17.
相馬貴也, 栗原貴之, 松本隆 (2002). Sequential Monte Carlo による Hyperparameter の

On-Line 学習. 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会.
高橋伸昌, 松本隆 (2002). Preliminary report of the on-line meta-parameter regulation in reinforcment learning. 脳と心のメカニズム第 3 回夏のワークショップ「知能発達のメカニズム」.
田中昭雄, 渡辺亮平, 中田洋平, 松本隆 (2005). Sequental Monte Carlo によるメタパラメータ調整および変化点検出. 脳と心のメカニズム　第４回夏のワークショップ「意識と統括機能」.
中田洋平, 松本隆 (2000). MCMC 非線形カオス的時系列予測：予測分布とエラーバーの評価. 第３回 情報論的学習理論ワークショップ 2000 Workshop on Information-Based Induction Sciences:IBIS2000, 141-146.
中田洋平, 栗原貴之, 用水邦明, 松本隆 (2001). On-Line Bayesian Meta-Learning: A Preliminary Report. CREST Workshop on Metalearning and Neuromodulation.
中田洋平, 栗原貴之, 用水邦明, 松本隆 (2001). Bayes 的 Online 学習 : Importance Resampling. Workshop on Information-Based Induction Science(IBIS2001).
中田洋平, 栗原貴之, 用水邦明, 松本隆 (2001). On-Line Monte Carlo 学習. 研究集会「力学系理論と複雑系の数理」.
松本隆 (2001). An engineering view toward meta-learning. CREST Workshop on Metalearning and Neuromodulation, 22.
松本隆 (2002). 非線形ダイナミカルシステムの再構成と予測 : ベイズ的アプローチ. 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会, 101(616), 15-22.
松本隆 (2004). 粒子フィルタ「逐次周辺尤度」による変化検出. 日本神経回路学会第 14 回全国大会.
用水邦明, 栗原貴之, 松本隆 (2001). ベイズ的オンライン学習におけるハイパーパラメータの学習とその効果. 日本神経回路学会第１１回全国大会(JNNS2001 奈良), 75-79.
用水邦明, 和田健作, 松本隆 (2002). Rao-Blackwellised Sequential Monte Carlo のニューラルネットワークへの適用 . 日本神経回路学会第 12 回全国大会(JNNS とっとり) .
用水邦明, 若原牧生, 松本隆 (2004). ＳＭＣの Information Driven パラメータダイナミクス. 日本神経回路学会第 14 回全国大会.
和田健作, 用水邦明, 松本隆 (2002). Rao-Blackwellised Sequential Monte Carlo によるニューラルネットの学習. 電子情報通信学会.
渡辺亮平, 松本隆 (2003). 強化学習における進化型メタ学習. 電子情報通信学会 2004 年総合大会.

・適応システムグループ(石井信)

Amemori, K., Ishii, S. (2000). Effect of the synaptic time constant on stochastic spiking neurons. 7th International Conference on Neural Information Processing, 1, 6-11.
Amemori, K., Ishii, S. (2001). A link between behavioral and physiological modelings of noradrenergic modulation. CREST Workshop on Metalearning and Neuromodulation , 32.
Amemori, K., Ishii, S. (2001). Gaussian process approach to stochastic spiking neurons with reset. International Conference on Artificial Neural Networks, 1, 358-365.
Amemori, K., Ishii, S. (2001). Resonance of a stochastic spiking neuron that mimics the Hodgkin-Huxley model. International Conference on Artificial Neural Networks, 1, 1069-1076.
Fujita, H., Matsuno, Y., Ishii, S. (2003). A reinforcement learning scheme for a

multi-agent card game. IEEE International Conference System Man & Cybernetics 2003.
Hirayama, J., Yoshimoto, J., Ishii, S. (2004). Cortical representation learning regulated by acetylcholine. Brain Inspired Cognitive systems 2004 (BICS2004).
Ishii, S. (2001). Control of exploration-exploitation balance in reinforcement learning. CREST Workshop on Metalearning and Neuromodulation , 16.
Ishii, S. (2001). Mixture-model inference and applications. International Symposium on New Trends in Optimization and Computational Algorithms.
Ishii, S. (2002). An auditory system for efficient coding of natural sounds.. IJCNN2002.
Kanemoto, K., Yoshimoto, J., Ishii, S. (2004). A probabilistic approach to identify environmental models of mobile robots. The Ninth International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 9th '04).
Nakamura,Y., Sato, M., Ishii,S. (2003). Reinforcement Learning for Biped Robot. 2nd International Symposium on Adaptive Motion of Animals and Machines (AMAM2003), 36.
Nagayuki, Y., Ishii, S., Doya, K. (2000). Multi-agent reinforcement learning: An approach based on the other agent's internal model. Fourth International Conference on Multi-Agent Systems, 215-221.
Nagayuki, Y., Ishii, S., Ito, M., Shimohara, K., Doya, K. (2000). A multi-agent reinforcement learning method with the estimation of the other agent's actions. Fifth International Symposium on Artifical Life and Robotics, 1, 255-259.
Niitsuma, H., Ishii, S. (2000). Learning minimax strategy by support vector machines. 7th International Conference on Neural Information Processing (ICONIP-2000), 2, 1432-1437.
Nishimura, M., Yoshimoto, J., Ishii, S. (2004). Acrobot control by learning the switching of multiple controllers. The Ninth International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 9th '04).
Ohba, S., Sato, M., Ishii, S. (2001). On-line learning methods for Gaussian processes. International Conference on Artificial Neural Networks, 1, 292-299.
Oba,S., Sato,M., Takemasa,I., Monden,M., Matsubara,K., Ishii,S. (2002). Missing value estimation using mixture of PCAs. ICANN 2002, 492-497.
Oba,S., Sato, M., Ishii, S. (2003). Prior hyperparameters in Bayesian PCA. International Conference of Artificial Neural Networks(ICANN2003; Istanbul) , 34(11), 55-56.
Oba,S., Sato, M., Ishii, S. (2003). Prior hyperparameters in Bayesian PCA. Joint 13th International Conference on Artificial Neural Networks and 10th International Conference On Neural Information Processing (ICANN/ICONIP2003), 271-279.
Sakumura, Y., Ishii, S. (2002). Neural differential coding hypothesis derived from membrane and synaptic properties. 脳と心のメカニズム 第２回冬のワークショップ.
Sakumura, Y, Ishii, S. (2002). The Differential Operation by Neural Assembly . "2002 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications (NOLTA 2002)".
Shibata, T., Suhara, Y., Oga, T., Ueki, Y., Mima, T., Ishii, S. (2004). Application of multivariate autoregressive modeling for analyzing the interaction between EEG and EMG in humans. ISBET2004.
Shibata, T., Tabata, H., Doya, K., Kawato, M. (2002). Human smooth pursuit of aperiodic target motion. 脳と心のメカニズム　第２回冬のワークショップ.
Tamakoshi, H., Ishii, S., Yoshida, W., Sato, M. (2001). Vowel synthesis by on-line

EM algorithm with IIR filter. International Joint Conference on Neural Networks, 1, 2821-2825.
Yoshida, W., Ishii, S. (2004). A model of reinforcement learning and effects of neuromodulation. NAIST-COE Symposium.
Yoshida, W., Ishii, S. (2003). A possible function of anterior prefrontal cortex in a model-based reinforcement learning: a computational model and an fMRI study. Twelfth Annual Computational Neuroscience Meeting (CNS).
Yoshida, W., Ishii, S. (2003). A model-based reinforcement learning: a computational model and an fMRI study. 11th European Symposium on Artificial Neural Networks (ESANN2003).
Yoshimoto, J., Ishii, S., Sato, M. (2001). Application of reinforcement learning based on on-line EM algorithm to balancing of acrobot. Systems and Computers in Japan, 32(5), 12-20.
Yoshimoto, J., Ishii, S., Sato, M. (2002). Hierarchical Model Selection for NGnet Based on Variational Bayes Method. International Conference on Artificial Neural Networks 2002 (ICANN 2002), 661-666.
Yoshimoto, J., Ishii, S., Sato, M. (2003). System identification based on on-line variational Bayes method and its application to reinforcement learning. Artificial Neural Networks and Neural Information Processing - ICANN/ICONIP 2003, 2714, 123-131.
Yoshimoto, J., Ishii, S., Sato, M. (2003). System identification based on on-line variational Bayes method and its application to reinforcement learning. Joint 13th International Conference on Artificial Neural Networks and 10th International Conference On Neural Information Processing (ICANN/ICONIP2003), 123-131.
Yoshioka, T., Ishii, S. (2001). Fast Gaussian process regression using representative data. International Joint Conference on Neural Networks, 1, 132-137.
雨森賢一, 石井信 (2000). 確率スパイキングニューロンモデルによる応答関数の変化. 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会, NC2000-24,1-8.
雨森賢一, 石井信 (2001). Hodgkin-Huxley 型確率スパイキングニューロンの確率過程 . 日本神経回路学会全国大会, 1(1), 246-247.
五十嵐康伸, 神保泰彦, 作村勇一, 石井信 (2003). テタヌス刺激による大脳皮質培養神経回路の符号化能力の向上. 日本神経回路学会第１３回全国大会.
石井信, 佐藤雅昭 (2000). 予測と推定の計算理論的基礎. 日本神経回路学会主催 神経情報科学サマースクール, 14-26.
石井信, 銅谷賢治 (2000). 強化学習におけるメタパラメータとエージェントの個性. 日本心理学会第 64 回大会ワークショップ.
石井信, 佐藤雅昭 (2001). オンライン変分法ベイズ学習による関数近似. 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会, NC2000-90, 37-44.
石井信 (2001). 強化学習におけるランダムさの自己調整. 神経情報科学サマースクール NISS2001, 1, 130-138.
石井信 (2002). 変分ベイズ法の応用. 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会.
石井信 (2003). 部分観測環境における意志決定と最適制御. 脳と心のメカニズム第 4 回夏のワークショップ.
石井信 (2003). 制御理論・強化学習への展開. 第 12 回人工知能助成研究成果発表講演会.
石井信, 大羽成征, 佐藤雅昭 (2003). ベイズ的主成分分析の事前分布ハイパラメータについて. 日本神経回路学会第１３回全国大会, 202-203.
石井信 (2003). ベイス的確率モデル推定に基づく遺伝子発現解析. 日本神経回路学会第１

３回全国大会.
大羽成征，石井信，佐藤雅昭（2000）．VB 法による混合主成分分析．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会，NC2000-25,9-16.
大羽成征，石井信，佐藤雅昭（2001）．ガウス過程法のオンライン学習． 電子情報通信学会技術研究報告.
大羽 成征，佐藤 雅昭，石井 信（2002）．混合主成分分析モデルによる欠測データ予測．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会.
作村勇一，今野紀雄，合原一幸（2001）．Hodgkin-Huxley ニューロンの 2 次 Markov モデル．神経情報科学サマースクール NISS2001.
作村勇一，石井信（2002）．神経修飾物質による伝達情報の制御．CREST「脳を創る」第３回公開シンポジウム.
清水仁，石井信（2003）．DNA マイクロアレイデータによるオペロン構造予測．日本神経回路学会第１３回全国大会.
須原優一，柴田智広，大賀辰秀，植木美乃，美馬達哉，石井信（2004）．自己回帰モデルを用いた脳波・筋電信号の相互作用解析と臨床応用．第４３回日本エム・イー学会.
田辺昭博，福永健次，大羽成征，石井信（2005）．混合 von Mises-Fisher 分布の変分ベイズ推定とその遺伝子発現データへの適用について．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会.
中村泰，佐藤雅昭，石井信（2003）．神経振動子ネットワークを用いた強化学習法による２足歩行運動の獲得．日本神経回路学会第１３回全国大会，74-75.
長行康男，石井信，伊藤実，下原勝憲，銅谷賢治（2000）．他エージェントの行動予測を利用したマルチエージェント強化学習法．2000 年電子情報通信学会総合大会，1，111.
新妻弘崇，石井信（2000）．サポートベクターマシンによる minimax 戦略の獲得．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会，NC2000-50,67-74.
西村政哉，吉本潤一郎，石井信（2003）．複数の制御器の系列学習法による非線形制御．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会.
久田正樹，作村勇一，石井信（2001）．シナプス小胞の放出確率による減衰シナプスモデル．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会，NC2000-136，63-70.
平山淳一郎，吉本潤一郎，石井信（2003）．神経修飾物質による皮質の学習制御：オンライン変分ベイズ法によるモデル化．日本神経回路学会第 13 回全国大会(JNNS 2003)．
藤田肇，石井信，松野陽一郎（2003）．マルチエージェントカードゲームの強化学習．日本神経回路学会第１３回全国大会.
平山淳一郎，前田新一，石井信（2005）．Bayesian noisy ICA for source switching environments．電子情報通信学会 ニューロコンピューティング研究会.
船越英史，吉田和子，石井信（2005）．階層ルールを用いる際のヒト行動選択モデルとイメージング研究．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会.
松野陽一郎，大羽成征，石井信（2000）．統計的手法による脳磁図データの解析．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会，NC2000-59,65-72.
松野陽一郎，山崎達也，松田潤，石井信（2001）．相手学習に基づくマルチエージェントゲームの強化学習．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会，NC2000-168,91-98．矢野真吾，新妻弘崇，石井信（2001）．巡回置換に基づくアナログニューラルネットワークによる二次割当問題の解法．電子情報通信学会非線形問題研究会（NLP)，NLP2000(165)，9-16.
行縄直人，吉本潤一郎，大羽成征，石井信（2003）．線形ダイナミカルモデルによる細胞周期制御系のシステム同定．日本神経回路学会第 13 回全国大会(JNNS 2003)．
行縄直人，大羽成征，石井信（2005）．二値分類器組み合わせの確率モデルに基づく多クラスパターン識別． 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会.
吉田和子，石井信（2001）．強化学習における exploration-exploitation 問題の制御．電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会，NC2001-28，41-48.

吉田和子, 石井信 (2002). 「強化学習における注意とその脳内メカニズム」. CREST「脳を創る」第３回公開シンポジウム.
吉田和子, 石井信 (2004). モデル同定強化学習の脳型情報処理モデルと fMRI 研究. 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会.
吉本潤一郎, 石井信, 佐藤雅昭 (2000). オンライン EM 強化学習法を用いた連続システムの自動制御. 電子情報通信学会人工知能と知識処理研究会, AI2000(5), 29-36.
吉本潤一郎, 石井信, 佐藤雅昭 (2002). 変分法的ベイズ推定法に基づく NGnet の階層的モデル選択法. 日本神経回路学会　第 12 回全国大会（JNNS2002 とっとり）, p1-10, 85-88.
吉本潤一郎, 石井信 (2003). マルコフ決定過程における最適方策の統計的推定法. 日本神経回路学会第 13 回全国大会(JNNS 2003).

・ 情動記憶グループ(関野祐子)

Ito, M., Miyake, S., Sawada, Y. (2001). Rat Navigation problems and Internal Coding. CREST Workship on Metalearning and Neuromodulation.
Ito, M., Samejima, K., Miyake, S., Sawada, Y. (2001). Reinforcement learning models of rat navigation tasks. 31st Society for Neuroscience.
Ito, M., Doya, K., Shirao, T., Sekino, Y. (2003). Spatial distribution of fos-positive neurons in the supramammillary nucleus and the hippocampus of rats placed in a novel environment. Society for Neuroscience 33rd Annual Meeting.
Ito, M., Doya, K., Shirao, T., Sekino, Y. (2003). The supramammillary nucleus modulates the neuronal activity in the amygdala of rats placed in a novel environment. Japanese Neural Network Society.
Ito, M., Doya, K., Shirao, T., Sekino, Y. (2004). Fos imaging reveals that the supramammillary nucleus enhances hippocampal activity of rats placed in a novel open field. Society for neuroscience 34th annual meeting, 96.
Kobayashi, C., Shirao, T. (2003). Establishment of drebrin A transgenic mice lines and their transgene expression alanysis. First COE International Symposium.
Kobayashi, C., Ito, M., Kobayashi S., Saji, M., Shirao, T., Sekino, Y. (2003). Abnormal shape of dendritic filopodia and spines induced by overexpression of drebrin A in cultured hippocampal neurons. Neuro2003.
Mizui, T., Takahashi, H., Koyama, H., Shirao, T. (2003). Abnormal shape of dendritic filopodia and spines induced by overexpression of drebrin A in cultured hippocampal neurons. Neuro2003.
Mizui, T., Shirao, T., Sekino, Y. (2003). Activation of glutamate receptors translocates drebrin from dendritic spines to the parent dendrite in hippocamal neurons. First COE International Symposium.
Mizui, T., Hanayama, k., Sekino, Y. (2003). Redistribution of drebrin, an actin-binding protein in dendritic spines, induced by activation of glutamate receptors in hippocamal neurons. Annual Meeting of the Japanese Society for Neurochemistry.
Sasagawa, Y., Kobayashi, C., Shirao, T., Sekino, Y. (2004). ドレブリンＡ過剰発現マウスの海馬スライスにおける長期増強. 第７７回日本薬理学会年会.
Sekino, Y. (2000). The mechanism of synaptic inhibition in the CA2 region of rat hippocampal slices studied by optical recording. Smith-Kettlewell Colloquia.
Sekino, Y., Shirao, T. (2001). Adenosine A1 receptor regulates the signal flow in rat hippocampus: Optical imaging analysis.. Keystone Symposia, Hippocampus: the

integration of molecular mechanisms and cognitive function (J6).

Sekino, Y., Zhang J., Shirao, T. (2001). Synergistic effect of forskolin and adenosine A1receptor antagonist on synaptic transmission in the rat hippocampal slices. 74th Annual Meeting of The Japanese Pharmacological Society, 814.

Sekino, Y. (2001). Adenosine A1 receptors regulate information acquisition in the hippocampus. CREST Workshop on Metalearning and Neuromodulation.

Shirao, T., Sekino, Y. (2001). Developmentally-regulated and activity-dependent translocation of drebrin within the neuron. Keystone Symposia, The Synapses (J6).

Sekino, Y. (2002). The activation of the CA2 neurons by an adenosine A1 receptor in rat hippocampal slices. Gordon Research Conference on Synaptic Transmission.

Sekino, Y., Shirao, T. (2002). Roles of adenosine A1 receptors in the hippocampal CA2 region on signal propagation from CA3 to CA1. INMED Conference 2002.

Sekino, Y., Shirao, T. (2002). Tonic activity of adenosine A1 receptors regulates the signal flow at the CA2 region in rat hippocampus: Optical recording analysis. The 28th NIPS International Symposium.

Sekino, Y., Zhang, J., Ito, M., Shirao, T. (2002). Regulation of neuronal activity and cAMP formation by endogenos adenosine in the CA2 region of rat hippocampal slices. 脳と心のメカニズム 第2回冬のワークショップ.

Sekino, Y., Ito, M., Kobayashi, C., Sasagawa, Y., Shirao, T. (2003). 新規環境探索行動における上乳頭体核と海馬の神経活動. 第80回日本生理学会大会, (2P244).

Sekino, Y., Shirao, T., Obata, K. (2003). Adenosine A1 Receptor Activity Regulates Signal Processing in the Hippocampus. IBRO.

Sekino, Y., Tanaka, S., Shirao, T. (2003). Drebrin is redistributed to the dendritic shafts with actin filaments by glutamate receptor activation . Neuro2003.

Sekino, Y., Mizui, T., Hanamura, K, Shirao, T. (2004). グルタミン酸により誘発されるドレブリンのスパインから樹状突起幹への移行：GFP 標識ドレブリンＡのタイムラプスレコーディングによる解析. 第７７回日本薬理学会年会.

Shirao, T., Sekino, Y. (2001). Metaplasticity and regulation of the spine-neck length in dentric. CREST Workshop on Metalearning and Neuromodulation.

Shirao, T. (2002). Inhibition of drebrin-A expression blocked the postsynaptic actin specialization in the dendritic filpodia. INMED Conference 2002.

Shirao, T. (2002). Changes of Actin-Drebrin Complex in Spine Formation and Synaptic Plasticity. 第25回日本神経科学大会, (S13-2) 111.

Shirao, T., Takahashi, H., Sekino, Y., Mizui, T., Tanaka, S. (2003). 樹状突起スパイン形成初期におけるドレブリンーアクチン複合体の出現. 第80回日本生理学会大会, (2D1542).

Shirao, T., Takahashi, H., Sekino, Y., Obata, K. (2003). Drebrin Clustering in Dendritic Filopodia is a First Essential Step of Dendritic Spine Morphogenesis. IBRO.

Shirao, T., Takahashi, H., Sekino, Y. (2003). Drebrin Clustering with Actin Filaments is an Essential Step of Dendritic Spine Morphogenesis. IBRO Presymposium.

Takahashi, H., Sekino, Y., Shirao, T. (2001). Reversible translocationof actin-binding protein drebrin by glutamate receptor activity in cultured hippocampal neurons. 31st Annual Meeting of Society for Neuroscience.

Takahashi, H., Sekino, Y., Shirao, T. (2001). Activity-dependent redistribution of actin-binding protein drebrin in synaptic plasticity in cultured hippocampal neurons. The 11th Neuro-pharmacology Conference.

Takahashi, H., Tanaka, S., Sekino, Y., Shirao, T. (2002). Two distinct developmental

states of dendritic filopodia based on the cluster formation of actin-binding protein drebrin. 32nd Annual Meeting, Society for Neuroscience.
Takahashi, H., Shirao, T. (2003). Functional roles of actin cytoskeleton in dendritic spine morphogenesis during development. Neuro2003.
Takahashi, H., Shirao, T. (2003). Cluster formation of drebrin in dendritic filopodia is an essential step for dendritic spine morphogenesis. COE International Symposium.
Tanaka, T., Sekino, Y., Shirao, T. (2001). Change of dendritic spine length induced by drebrin A knockdown using antisense oligonucleotied in vitro. 31st Annual Meeting of Society for Neuroscience.
Tanaka, T., Sekino, Y., Shirao, T. (2001). Morphological analysis of the dendritic spines induced by drebrin A knockdown using antisense oligonulceotides in the cultured cortical neurons. The 11th Neuro-pharmacology Conference.
Tanaka, S., Sekino, Y., Shirao, T. (2002). Suppression of drebrin A expression blockes a-actinin disappearance induced by glutamate in cortical neuronal cultures. 32nd Annual Meeting, Society for Neuroscience.
Yamazaki H., Kobayashi, C., Mizui, T., Shirao, T. (2003). Subcellular localization of Drap1, drebrin associated protein 1, in cultured hippocampal neurons. The 26th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society.
Yamazaki, H., Mizui, T., Shirao, T. (2003). Domain analysis of Drebrin-associated protein 1, Drap1. Annual Meeting of the Japanese Society for Neurochemistry.
Zhang J., Shirao T., Sekino Y. (2000). Regulation of the synaptic transmission through adenosine A1receptors and adenylyl cyclase in the CA2 region of rat hippocampus. 30th Annual Meeting, Society for Neuroscience, 26, 404.
Zhang J., Shirao, T., Sekino, Y. (2001). 海馬スライス標本における『forskolin と adenosineA1 受容体拮抗薬の相乗効果』に対する calucium channel 拮抗薬の効果. Neuro2001: 第 24 回日本神経化学・第 44 回日本神経化学合同大会, PE3-050.
伊藤真, 三宅章吾, 沢田康次 (2001). ラットの空間探索課題における強化学習モデル. 第 10 回　海馬と高次機能学会, 13.
伊藤真, 小林千穂, 白尾智明, 関野祐子 (2002). 上乳頭体核神経活動の海馬情報処理における役割. CREST「脳を創る」第３回公開シンポジウム.
伊藤真 (2002). 上乳頭体核破壊によるラット探索行動への影響. 第 49 回北関東医学会総会.
伊藤真 (2002). ラットのオペラント課題による強化学習モデル. ニューロコンピューティング研究会.
伊藤真. (2003). シータ波による脳内情報処理メカニズム. 神経情報科学サマースクール 2003.
伊藤真, 銅谷賢治, 白尾智明, 関野祐子 (2003). Fos 免疫染色による新規環境下ラットの海馬・上乳頭体核神経活動解析. 脳と心のメカニズム第 4 回夏のワークショップ「意識と統括機能」.
伊藤真, 銅谷賢治, 白尾智明, 関野祐子 (2003). 上乳頭体核による海馬神経活動の調節. 海馬と高次脳機能学会.
小林千穂, 山崎博幸, 小山洋, 白尾智明 (2002). GFP-ドレブリン A トランスジェニックマウスの作製とその解析. 第 25 回日本神経科学大会, (II-B-066)190.
白尾智明, 二木宏明 (2001). 情動と記憶. 第 78 回日本生理学会大会, 161.
白尾智明 (2004).「樹状突起スパインの形態形成」(シンポジウム神経細胞の形態制御の分子機構). 第７７回日本薬理学会年会.
関野祐子 (2000). 抑制性伝達物質による海場内興奮伝播のゲート制御機構.「高次脳機能のシステム的理解」第 4 回冬のワークショップ.

関野祐子（2000）. アデノシン A1 受容体を介した海馬内情報処理. CREST シンポジウム「脳を創る」文脈情報の生成と脳のダイナミクス.

関野祐子, 張捷, 加藤邦夫, 池田雅行, 小幡邦彦, 白尾智明（2000）. アデノシン A1 受容体による海馬 CA2 領域に特異的な興奮伝播制御. 第 23 回日本神経科学大会・第 10 回日本神経回路学会大会合同大会, (O-169)205.

関野祐子, 佐治眞理, 白尾智明（2001）. 海馬神経回路のゲート機構と上乳頭体核. 第 78 回日本生理学会大会, 161.

関野祐子（2001）. 海馬のリズム. Neuro2001:第 24 回神経科学・第 45 回神経化学合同大会, S31-4.

関野祐子（2001）. 海馬神経局所回路のアデノシンによる抑制機構-情動的神経活動はいかにして陳述記憶を促すか-. 第 59 回ニューロサイエンス談話会.

関野祐子（2001）.「膜電位感受性色素によるイメージング」:海馬における興奮伝播機構. 第１回生理学若手サマースクール　シンポジウム.

関野祐子（2003）. シナプス形成に関与する分子機構. 第 19 回　薬学講座.

関野祐子（2003）. 海馬神経回路と記憶形成. 神経情報科学サマースクール 2003.高橋秀人, 関野祐子, 白尾智明（2001）. 海馬神経細胞における樹状突起スパインの発生過程とドレブリンとファッシンの局在変化. 第 10 回　海馬と高次機能学会, 11.

高橋秀人, 関野祐子, 白尾智明（2001）. 海馬神経細胞におけるアクチン結合蛋白ドレブリンの活動依存的局在変化. Neuro2001:第 24 回日本神経科学, 第 44 回日本神経化学合同大会, PE3-047.

高橋秀人, 田中総一, 関野祐子, 白尾智明（2002）. 樹状突起フィロポディアからスパインへの発生過程におけるアクチン細胞骨格の再構成. 第 25 回日本神経科学大会, (II-B-067)191.

高橋秀人, 関野祐子, 水井利幸, 白尾智明（2003）. 海馬錐体細胞の発生過程での樹状突起フィロポディアからスパインへの変化におけるアクチン細胞骨格の役割. 海馬と高次脳機能学会.

田中総一, 関野祐子, 白尾智明（2001）. 樹状突起スパインの形態形成におけるドレブリン A 発現阻害の影響. Neuro2001:第 24 回日本神経科学, 第 44 回日本神経化学合同大会, PE3-40.

田中聡一, 関野祐子, 白尾智明（2002）. 培養大脳皮質神経細胞のドレブリン A 発現阻害はグルタミン酸刺激による樹状突起スパインαーアクチニンの局在変化を抑制する. 第２５回日本神経科学大会, (II-B-064)190.

張捷, 白尾智明, 関野祐子（2001）. 海馬 CA2 領域におけるアデノシン A1 受容体と adenylyl cyclase によるシナプス伝達の調節. 第 10 回海馬と高次機能学会, 9.

張捷, 白尾智明, 丸山友希夫, 関野祐子（2000）. 海馬 CA2 領域におけるフォルスコリンとアデノシン A1 受容体拮抗薬の相乗効果. 第 23 回日本神経科学大会・第 10 回日本神経回路学会大会合同大会, (P-609)255.

水井利幸, 関野祐子, 高橋秀人, 花村健次, 白尾智明（2003）. 培養海馬神経細胞の樹状突起スパインに集積した GFP 標識ドレブリンＡのグルタミン酸刺激による樹状突起内局在変化. 海馬と高次脳機能学会.

山崎博幸, 白尾智明（2002）. ドレブリン結合タンパク Drap1 の解析. 第 25 回日本神経科学大会, (II-B-065)190.

・ 学習修飾グループ(澤口俊之)

Hirata, Y., Sawaguchi, T. (2002). Enhancement of columnar activity induced by activation of D1-dopamine receptors in the monkey prefrontal cortex. 32nd Annual Meeting, Society for Neuroscience.

Iba, M., Sawaguchi. T. (2000). Local Injections of an alfa-2 noradrenergic antagonist into the dorsal prefrontal cortex induce specific deficits in visuospatial selective attention. 30th Annual Meeting, Society for Neuroscience, 26, 657.22.
Kikuchi-Yorioka, Y., Sawaguchi, T. (2000). The effect of local inactivation in the dorsolateral prefrontal cortex on visual and auditory working memory tasks. Society of Neuroscience , 26, 365.8.
Tsujimoto, S., Sawaguchi, T. (2002). Neuronal activity representing directional response-outcome in the primate prefrontal cortex . 32nd Annual Meeting, Society for Neuroscience.
Tsujimoto, S., Yamamoto, T, Kawaguchi, H., Koizumi, H., Sawaguchi, T. (2003). Functional maturation of the prefrontal cortex in preschool children measured by optical topography. Society for Neuroscience 33rd Annual Meeting.
射場美智代, 澤口俊之 (2000). 前頭前皮質の選択的注意は pop-out 効果に依存しない. 第 23 回日本神経科学大会・第 10 回日本神経回路学会大会合同大会, 24, P-135.
澤口俊之 (2000). 前頭連合野のオペレーティング・システムについて. 第 18 回日本生理心理学会学術大会.
澤口俊之 (2000). 心のメカニズムを解き明かす～脳科学と認知科学の最前線. 21 世紀夢の技術展「最先端科学フォーラム」.
澤口俊之 (2000). ワーキングメモリーと D1 レセプター. 第 41 回日本神経学会総会.
澤口俊之 (2000). 私は脳のどこにいるのか？. 第 20 回日本脳神経外科コングレス, 298.
澤口俊之, 射場美智代 (2001). 前頭前皮質の行動ルール切り替えへの関与. 第 24 回日本神経科学大会.
澤口俊之 (2001). 前頭連合野のオペレーティングシステム. 第 18 回日本認知科学会大会.
澤口俊之 (2001). 子どもの脳をいかに育むか. 第 13 回宮崎小児保健学会.
辻本悟史, 澤口俊之 (2002). サル前頭前皮質ニューロンによる反応結果の方向依存的再現. 第２５回日本神経科学会.
平田快洋, 澤口俊之 (2002). ドーパミン D1 受容体活性化によるサル前頭前皮質コラム活動の増強. 第２５回日本神経科学会.
依岡幸子, 澤口俊之 (2000). 機能的 MRI による視覚性連合記憶学習過程における脳活動の計測. 第 23 回日本神経科学大会・第 10 回日本神経回路学会大会合同大会, 24, 299.

・精神薬理グループ(山脇成人)

Okada, G., Okamoto, Y., Ueda, K. , Yamashita, H., Kagaya, A, Morinobu, S., Yamawaki, S., Doya, K. (2001). Localization of brain activity in prediction of future reward using fMRI and MEG. 31st Annual Meeting, Society for Neuroscience.

旭修司, 岡本泰昌, 山下英尚, 岡田剛, 上田一貴, 白尾直子, 世木田幹, 森信繁 (2002). Response inhibitionに関連した脳活動と衝動性との相関 － fMRIを用いた検討. 第18回広島脳血管障害研究会.

旭修司, 岡本泰昌, 岡田剛, 森信繁, 山脇成人 (2002). Response inhibitionに関連した脳活動と衝動性との相関 － fMRIを用いた検討. 第2回精神疾患と認知機能研究会.

旭修司, 岡本泰昌, 岡田剛, 森信繁, 山脇成人 (2003). 大うつ病患者における response inhibitionに関連した脳機能評価- fMRIを用いた検討- . 第99回日本精神神経学会.

岡田剛, 岡本泰昌, 上田一貴, 山下英尚, 森信繁, 山脇成人, 横田則夫 (2002). うつ病患者における言語流暢性課題遂行時の脳機能評価- fMRI による検討- . 第 24 回日本生物学的精神医学会.

岡田剛, 岡本泰昌, 上田一貴, 山下英尚, 森信繁, 山脇成人, 横田則夫, 銅谷賢治 (2002). 将来の報酬予測に基づく意思決定に関する脳機能画像研究. 第21回躁うつ病の薬理・生化学的研究懇話会.

白尾直子, 岡本泰昌, 森信繁, 山脇成人, 岡本百合, 大田垣洋子 (2002). 摂食障害患者と健常者における負の身体イメージ・負の情動に関連した単語と中性の単語の評価の検討. 第２６回日本心身医学会中国・四国地方会.

世木田幹, 岡本泰昌, 森信繁, 山脇成人 (2003). うつ病患者における急性ストレス負荷のMMNに対する影響. 第25回日本生物学的精神医学会.

(3)特許出願（国内　10件，海外　3件）

①国内

発　明　者：松本隆，中田洋平
発明の名称:「非線形時系列予測方法及び非線形時系列予測プログラムを記録した記録媒体」
出願番号：特願 2000-130267
出願日：2000.4.28
特許出願公開番号：特開 2001-312712
公開日：2001.11.9

発　明　者：白尾智明，関野祐子
発明の名称:ドレブリンA発現抑制作用を有するアンチセンスオリゴヌクレオチド
出願番号：特願 2001-107694
出願日：2001.4.5
ＪＳＴ整理番号：Ａ０９１Ｐ２０

発　明　者：白尾智明，佐治真理，関野祐子，小林利佳
発明の名称：ドレブリンＡ発現抑制動物神経細胞及び非ヒトモデル動物
出願番号：特願 2001-339652
出願日：2001.11.5
ＪＳＴ整理番号：Ａ０９１Ｐ２３

発　明　者：白尾智明，金明鎬，田中聡一
発明の名称：ｓ－ドレブリンＡ
出願番号：特願 2001-380662
出願日：2001.12.13
ＪＳＴ整理番号：Ａ０９１Ｐ２４
特許出願公開番号：特開 2003-180361

発　明　者：佐藤雅昭
発明の名称:脳内電流源推定方法，脳内電流源推定プログラムおよび脳内電流源推定装置
出願日：2001.12.28
出願番号：特願 2001-400519
ＪＳＴ整理番号：Ａ０９１Ｐ２７

発　明　者：佐藤雅昭
発明の名称:脳内電流源推定方法，脳内電流源推定プログラムおよび脳内電流源推定装置
出願番号：特願 2003.557403
出　願　日：2002.12.27
ＪＳＴ整理番号：Ａ０９2Ｐ４2

発　明　者：山崎博幸，関野祐子，白尾智明
発明の名称：樹状突起スパイン移行配列
出願番号：特願 2004-145707
出願日：2004.5.14

JST 整理番号：A091P58

発　明　者：白尾智明，児島伸彦，山崎博幸，関野祐子，花村健次
発明の名称：シナプス成熟障害モデル動物
出願番号：特願 2004-257060
出願日：2004.9.3
JST 整理番号：A091P59

発　明　者：吉本潤一郎，石井信
発明の名称：統計的推定法に基づくマルコフ決定過程の最適意思決定法
出　願　日：2004.9.7
JST 整理番号：A095P57

発　明　者：関野祐子，白尾智明，中田裕康，岡淳一郎，山崎博幸
発明の名称：アデノシン A1 受容体脳内過剰発現モデル動物
JST 整理番号：A091P60

②海外

発　明　者：佐藤雅昭
発明の名称：脳内電流源推定方法，脳内電流源推定プログラムおよび脳内電流源推定装置
PCT 出願番号：PCT/JP02/13739
出願日：2002.12.27
JST 整理番号：A092-08US［米国］
A092-08CA［カナダ］
A092-08EP(PCT)［英，独，フィンランド，スェーデン］
A092P42［日本］

発　明　者：佐藤雅昭
発明の名称：脳内電流源推定方法，脳内電流源推定プログラム，脳内電流源推定プログラムを記録した記録媒体および脳内電流源推定装置
出願番号：10/500369
出願日：2004.6.28
JST 整理番号：A092-08US［米国］

発　明　者：佐藤雅昭
発明の名称：脳内電流源推定方法，脳内電流源推定プログラム，脳内電流源推定プログラムを記録した記録媒体および脳内電流源推定装置
出願番号：出願 02793435.5
出願日：2004.7.26
特許出願公開番号：EP1468647A1
公開日：2004.10.20
JST 整理番号：A092-08EP(PCT)［英，独，フィンランド，スェーデン］

(4)新聞報道等

① 新聞報道

掲載紙：読売新聞

掲載日：2004年7月21日

趣旨：2004年7月4日発行の英国科学誌「Nature Neuroscience」オンライン版で“Prediction of Immediate and Future Rewards Differentially Recruits Cortico-Basal Ganglia Loops”が発表された.

②受賞

受賞者：銅谷賢治

受賞日：2003年9月9日

表彰元：日本神経回路学会

賞名：論文賞

受賞対象：Doya, K. (2002). Metalearning and neuromodulation. Neural Networks, 15(4-6), 495-506

受賞者：内部英治, 銅谷賢治

受賞日：2004年7月15日

表彰元：International Society for Adaptive Behavior

賞名：Best Phylosophical Paper Award

受賞対象：Uchibe, E., Doya, K. (2004). Competitive-cooperative-concurrent reinforcement learning with importance sampling. The Eighth International Conference on the SIMULATION OF ADAPTIVE BEHAVIOR, 287-296.

③その他

放送局：NHK

放送日：2004年7月5日

番組名：おはよう日本

趣旨：2004年7月4日発行の英国科学誌「Nature Neuroscience」オンライン版で“Prediction of Immediate and Future Rewards Differentially Recruits Cortico-Basal Ganglia Loops”が発表された.

プレス発表：「理性と衝動性のメカニズムの解明へ一歩」

(Nature Neuroscienceに掲載)

新聞：日刊工業，科学新聞など

ＴＶ：ＮＨＫ
掲載，放映：H16 年 7 月 5 日

(5)その他特記事項

Neural Networks誌特集号,“Computational Models of Neuromodulation”を，研究代表者が中心に，Peter Dayan (University College London)，Michael Hasselmo (Boston University)を共編者として企画した．Crest Workshop on Metal earngin and Neuromodulationの講演者を中心に，一般投稿を含め20編の論文を採録し，2002年6月に発行した．

７．結び

５年間は短かったというのが率直な感想である．神経修飾物質系の相互作用をメタ学習モデルとして記述するという夢はまだ完遂しておらず，今後の重要課題である．

セロトニンが報酬の時間スケールを制御するという，提案時点では全くの思いつきに過ぎなかった仮説が，広島大との共同研究の結果実証されつつあるのは大きな進歩である．またこのプロジェクトを通して，チーム内の理論系の大学院生が実験系の研究室にポスドクに行く等，脳の理論と実験の実質的な共同作業が進んだことも大きな進歩である．

CRESTの予算は他に比べて自由度が高く使いよいが,学生やポスドクのトレーニング目的には表向き使えないという点は残念である．本当に新しい仕事をしようとすれば，まず人から育てなければいけないし，５年という期間ではそれは十分可能である．我々のNature Neuroscienceの論文も，物理出身で脳活動計測は全くの素人であった田中沙織（奈良先端大ATR連携講座学生）を，SPM Course，生理研トレーニングコース等に送り込み鍛えることなしにはあり得なかった成果である．

研究費に研究の実際を無視した縛り入れば入るほど，予算使途の名目と実体の乖離が起こり，それが不正経理の温床となり，問題が表面化するたびにさらに制度に縛りが増える，という悪循環にはまらないよう，JSTにはがんばっていただきたいし，われわれ研究者の側も自覚を持って取り組みたい．

CREST Workshop on Metalearning and Neuromodulation. April 6-7, 2001. Keihanna Plaza, Kyoto, Japan.