

平成28年度 (2016年度) 新学術領域研究 (研究領域提案型) 領域計画書

平成27年11月 9日
3版

審査希望区分	複合領域		整理番号	複合044	
仮領域番号	27BFX		領域略称名	人工知能と脳科学	
応募領域名	人工知能と脳科学の対照と融合				
英訳名	Correspondence and Fusion of Artificial Intelligence and Brain Science				
領域代表者 氏名	(フリガナ)	ドウヤ ケンジ			
	(漢字等)	銅谷 賢治			
所属研究機関	沖縄科学技術大学院大学				
部 局	神経計算ユニット			職	教授
応募領域の 研究概要	<p>本領域の目的は、それぞれの研究の高度化のなかで乖離して行った人工知能研究と脳科学研究を結びつけ、両者の最新の知見の学び合いから新たな研究ターゲットを探り、そこから新たな学習アルゴリズムの開発や脳機構の解明を導くことである。感覚運動情報の背後にある構造を捉える表現学習、それらの変化を予測する内部モデル学習、さらに予測結果の評価による探索学習について、それぞれを確実に効率よく実現するアルゴリズムとその脳での実現を探るとともに、それらをつないだ全脳アーキテクチャにならった柔軟な人工知能システムの実現をめざす。具体的に「予測と知覚」、「運動と行動」、「認知と社会性」の各項目において、人工知能と脳科学の先端的な研究者の緊密な議論のもと、それぞれの専門分野の枠を超えた新たな問題設定とその解決に向けた共同作業を進める。また、融合分野の新たな人材育成と国際ネットワーク形成のための企画を推進する。</p>				
関連研究分野(細目)		(1)	(2)	(3)	
	細目番号	1204	2601		
	分野	情報学	複合領域		
	分科	人間情報学	脳科学		
	細目	知能情報学	基盤・社会脳科学		
キーワード	02機械学習	A17認知神経科学			
研究の対象	(1) 既存の学問分野の枠に収まらない新興・融合領域の創成を目指すもの。				

1 領域の目的等

(1) 目的

1) 研究の学術的背景

<着想の経緯>

近年、インターネットを中心としたいわゆるビッグデータと計算機技術の進歩により、機械学習による人工知能が様々な分野で実用化され、より幅広い分野への適用の期待が高まっている。特に 2012 年以降、画像認識において、ディープラーニングと呼ばれる脳の視覚野の階層的な処理機構を起源とする学習方式が非常に高い性能を示すことが明らかになり (Krizhevsky et al., 2012)、脳にならった学習方式の可能性に新たな注目が集まっている。

一方脳科学においても、機械学習の一種である強化学習のアルゴリズムがいかに脳で実現されているかという問いから、報酬の予測誤差をドーパミンニューロンが表現する (Schultz et al. 1997)、行動の選択肢の価値を線条体ニューロンが学習する (Samejima et al., 2005)、などの画期的な知見が得られている。またイメージングなどによる大量の実験データを解析する上でも、機械学習アルゴリズムの活用は必須のものとなりつつある。

これまで人工知能研究と脳研究は、「電子回路で知能を実現するには脳での実現法にこだわる必要はない」という視点と、「脳のような高度な知能の実現例があるのだから、それに学ばない手はない」という視点から、接近と乖離を繰り返してきた。1980 年代後半からの「コネクショニズム」の時代には、人工神経回路網の様々な工学応用が試みられたが、そこから芽生えた機械学習理論は、カーネル法やベイジアンネットといった形で、脳での実現とは離れた形で高度化して行った。しかし近年のディープラーニングの成果は再び両者の接近を促している。例えば「全脳アーキテクチャ勉強会」という草の根イベントは、学生や企業の研究者を含め毎回数百名の参加者を集めている。しかし一方で、人工知能といえばディープラーニングだといった短絡的な認識も広がりつつあり、人工知能の様々な手法の特性とその脳との関係を、学生や企業技術者を含め正しい理解を広めることが求められている。

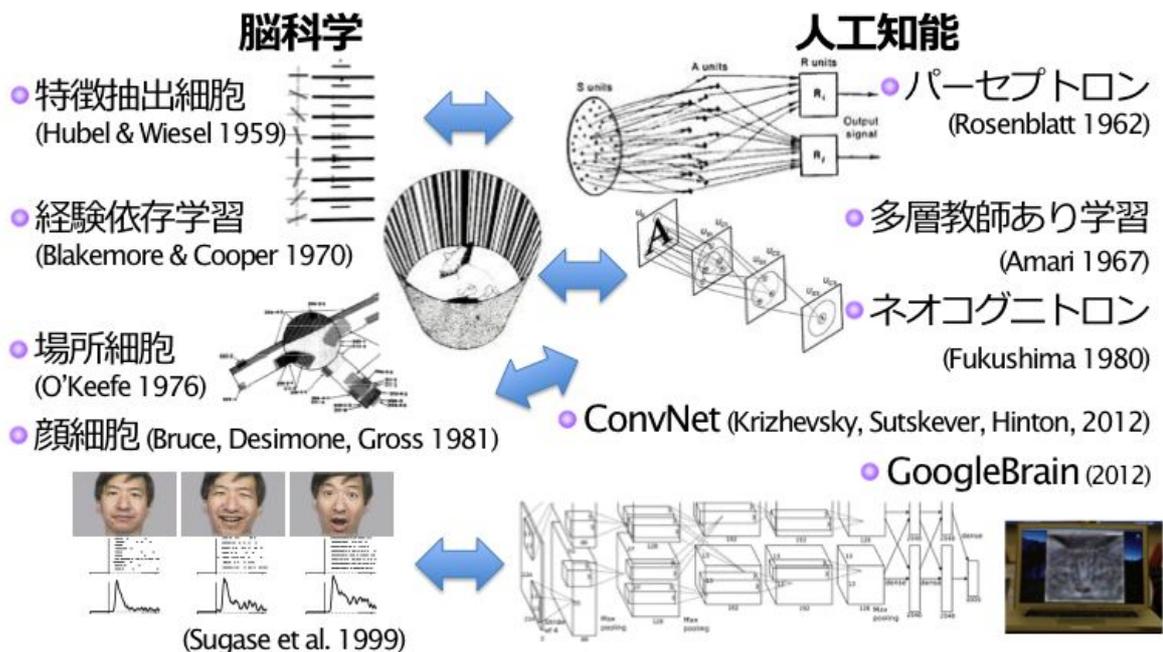


図 1 : 脳科学と人工知能の共進化

<関連するこれまでの研究>

脳の情報処理に関する研究では、世界をリードする先駆的な研究が日本からこれまで多く発信されている (図 1)。1970 年代の甘利俊一による統計神経力学の研究は、相互結合された神経細胞の集団が多安定性や振動現象、winner-take-all や line attractor など多様な振る舞いを示す条

件を明らかにし、今日の神経回路モデル研究の基礎を築いた。また甘利による多層神経回路網の学習アルゴリズム(Amari, 1967)は、1980年代の「コネクショニズム」のもとで普及した逆伝搬(back-propagation)学習アルゴリズムの先駆けとなるものである。1980年代には福島邦彦により、視覚野の階層構造と自己組織化学習機能にねざした「ネオコグニトロン」が開発され(Fukushima, 1980)、教師なしでの文字認識学習という当時としては目覚ましい成果をあげた。そこで提案されたコンボリューションとプーリングという手法は、今日の画像認識や音声認識システムの基本要素となっている。今日のディープラーニングの成功は、Googleなどによる目覚ましいデモンストレーションにより注目されているが、その根幹をなすコンボリューションネットワーク構造とバックプロパゲーション学習アルゴリズムは、30年以上前の日本発の研究を起源としたものである。

運動学習に関して、身体の内部モデルを小脳が学習し予測的な制御を可能にするという「内部モデル仮説」が、川人光男、Daniel Wolpertらにより提唱され(Wolpert et al., 1998)、その検証のための脳イメージングや生理学実験のなかで、シナプス可塑性のダイナミクスなど新たな神経科学的知見生み出された。

また、ドーパミンニューロンが報酬の予測誤差に応答するという Wolfram Schultz らによる発見は、Andrew Barto, Read Montagueら強化学習の理論研究者の関心を集め、その共同作業により大脳基底核ドーパミン系が強化学習を実現するという枠組みが生み出され(Schultz et al., 1997)、その検証と具体化のなかで、大脳基底核線条体ニューロンが行動の選択肢の価値の学習を行う(Samejita et al., 2005)、セロトニンが将来報酬の評価を制御する(Miyazaki et al., 2014)などの新たな知見が生まれた。またこれらをもとに、意思決定の脳科学、神経経済学など新たな融合領域が形成されてきた。

脳のこれらの学習機構に関して、領域代表者は大脳皮質の教師なし学習機構が多様な情報表現の形成を、小脳の教師あり学習機構が予測モデルの獲得を、大脳基底核の強化学習機構が行動や状況の評価と探索を実現するという理論的枠組みを提案している(図2; Doya, 1999)。しかしそれらの学習要素が行動や状況の必要に応じていかに組み合わせられ、脳の柔軟な行動制御と学習が実現されているのか、つまり全脳の動作アーキテクチャーの解明は、理論的にも実証的にも重要な課題として残っている。

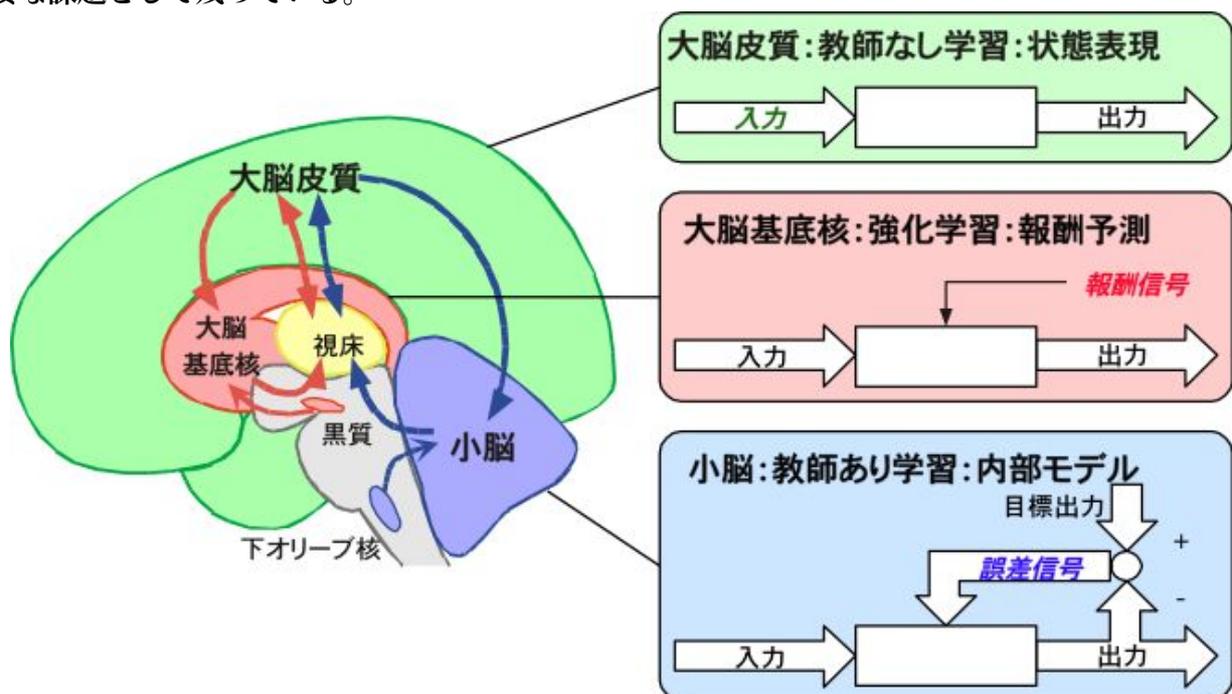


図2：大脳皮質、基底核、小脳の学習アルゴリズム(Doya, 1999)

2) 対象とする学問分野

本領域の目的は、それぞれの研究の高度化のなかで乖離して行った人工知能研究と脳科学研究を再び結びつけ、両者の最新の知見の学び合いから新たな研究ターゲットを探り、そこから新たな学習アルゴリズムの開発や脳機構の解明を導くことである。このため、理工系、生物系の融合領域としての審査区分を選択する。

本領域は平成 23～27 年度新学術領域研究「予測と意思決定」の成果を基盤としたものであるが、そのねらいは「①既存の学問分野の枠に収まらない新興・融合領域の創成を目指すもの」である。「予測と意思決定」領域では、大脳皮質の前頭前野が事物のカテゴリ化に基づく推移推論に関わる (Pan et al., 2014)、他者の行動と学習過程の予測するモデルが前頭前野の異なる部分で学習される (Suzuki et al., 2012) などの新たな知見が生まれ、行動の結果を予測する脳内モデルの大脳皮質神経回路での実体の解明が進められた (Funamizu et al., submitted)。

これらの成果をもとに、この新領域では意思決定のみに限らず、身体や環境、他者の特性を捉える表現学習、それらの変化を予測する内部モデル学習、さらに予測結果の評価にもとづく行動探索が、人工知能システムではどうすればより確実に効率よく行えるか、ヒトや動物の脳ではいかに実現されているのかを包括的なテーマとして、両分野で先端的な研究を行う研究者を集め、互いの知見を対照しあう中から、人工知能研究と脳科学の新たな展開をめざす。

計画研究にはそれぞれの分野で世界の先端を行く研究者、他に類を見ない独創的な着想と手法を持つ研究者を集め、国際活動支援班も活用し新たな研究パラダイムを日本から世界に発信することをめざす。

＜どのような革新的・創造的な学術研究の発展が期待されるのか＞

「脳に学んだ情報処理」や「計算理論に基づく脳研究」という発想のもと、関連する研究として紹介したとおりこれまでも多くの展開があった。本領域ではその可能性をより系統的に探索し、異分野の知見と手法の融合により急速な展開が可能な研究の推進とともに、長期的には全脳レベルでの学習アーキテクチャーの解明と、そのための学術基盤の形成と人材育成をめざす。

具体的には以下のサブテーマを設定し、人工知能と脳科学の先端的な研究者の緊密な議論のもと、それぞれの専門分野の枠を超えた新たな問題設定とその解決に向けた共同作業を進める。

A01: 知覚と予測

今日パターン認識において高い性能を取めているディープラーニングが、なぜ、どのような条件のもとで働いているかを情報理論的に明らかにするとともに、ディープラーニングにより得られた各層での情報表現をもとに、脳の各領域のニューロンの情報表現の理解をはかる。

大脳感覚皮質の神経回路は階層的なベイズ推定を実現するという仮説を、階層ベイズ推定の様々なアルゴリズムとの対照により検証する。

A02: 運動と行動

今日のロボット技術は進歩したとはいえ、人型ロボットの運動性能は3歳の子供にも劣るレベルであり、そこには何が欠けているのか、脳の運動学習機構との対照により明らかにする。特に、多自由度系で限られたデータから必要十分な内部モデルを学習する脳の仕組みの解明と、それに基づく人型ロボットの学習制御を実現する。

脳の感覚野の学習は外界からの情報に依存した教師なし学習として理解できるのに対して、運動野の学習は自発的に行う運動に必要な情報表現を創生する必要があり、その原理は未だ明らかでない。ベイズ推定と最適制御の双対性に着目し、感覚野によるベイズ推定の実現の理解をもとに運動野における制御原理を明らかにする。

A03: 認知と社会性

人間の認知機能はアナログ的な感覚運動情報をカテゴリ化、分節化することで実現されていると考えられるが、それを実現する理論モデルである二重分節解析に着目し、その脳での実現の可能性を探るとともに、人型ロボットでの見まね学習や意図の推定に適用をはかる。

人間の知的行動、特に社会行動では「脳内シミュレーション」や「心の理論」などが重要な役割を果たしており、その脳内局在は fMRI 実験などにより解明が進んでいるが、その神経回路レベルでの表現や学習原理を解明し、統合失調症や自閉症などの疾患の理解と、より自然な人型ロボットや知的エージェントのデザインにつなげる。

これら3項目での具体的なとりくみを通して、教師なし表現学習、教師あり内部モデル学習、強化学習による評価と探索など、それぞれの学習機構の高度化と脳での実現の解明を進めるとともに、それらを統合する形で、人間のような柔軟な行動やコミュニケーションが可能な人工知能の設計指針を明らかにすることをめざす。

参考文献（業績リストに含まれるものを除く）

- Amari S (1967). A theory of adaptive pattern classifiers. IEEE Transaction on Electronic Computers, EC-16, 299-307.
- Fukushima K (1980) Neocognitron: A self-organizing neural network model for a mechanism of pattern recognition unaffected by shift in position. Biological Cybernetics 36, 193-202.
- Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton GE (2012). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. NIPS 2012.
- Schultz W, Dayan P, Montague PR (1997). A Neural substrate of prediction and reward. Science, 275, 1593-1599.
- Wolpert DM, Miall RC, Kawato M (1998). Internal models in the cerebellum. Trends in Cognitive Sciences, 2, 338-347.

3) 本領域の重要性・発展性

今日、人工知能は半導体、インターネットに続く情報技術の次の主戦場とされ、そこで世界をリードできるかどうかは製造業やサービス業まで含めた国の全産業の浮沈を決めるとまで言われている。日本でも文科省、経産省、総務省などそれぞれ集中的な研究投資が計画されているが、例えば近年のディープラーニングの成功は、1980年代の福島らの先駆的な研究とその後のHintonらによる息の長い研究のなかで実現したものであり、突発的な集中投資がどこまで成果につながるかは明らかでない。特に人工知能研究では、確かな数学力とプログラミング技術、さらに柔軟な発想と構想力を持った若い研究者の活躍が成功の鍵であり、それには人材育成から取り組む必要がある。

また脳科学においても、米国のBRAINイニシアティブ、欧州のHuman Brain Projectに触発され、日本でもマーモセットの脳マップをテーマとした「革新脳」がスタートしたが、それらで得られる膨大なデータを脳の知覚と行動制御、学習機構の理解につなげるには、単に統計解析にとどまらず、知的機能を実現するために必要な計算機構を十分に理解してデータの背後にある構造を見抜く必要がある。それには工学、情報科学のセンスと経験を持つ研究者と脳研究者との深いレベルでの共同作業と、そのための人材育成が必要である。

そこで本領域では、

- 1) 人工知能と脳科学の知見と手法の照合により急速な進展が見込める研究の推進にとどまらず、より基礎的かつ革新的な
 - 2) 学習要素の全脳レベルでの統合機構の解明に向けた中長期的研究、さらにそれを実現するために必要な
 - 3) 人工知能と脳科学の融合領域を切り開く人材育成
- の3つのレベルで具体的な活動を展開する。

これらにより、人工知能と脳科学の融合科学を確立しその人材を育成することで、そこから人の意思決定や感情の特性にねざした人工知能技術の開発や、人の行動原理とその異常を理解する神経経済学、計算精神医学など新たな研究分野の発展に貢献することが期待できる。

4) 研究期間終了後に期待される成果等

人工知能と脳科学の融合により短期的に以下のような成果が期待できる：

- ・ ディープラーニングの各層での学習の有効性の評価にもとづく、学習パラメタの自動制御アルゴリズムの実用化
- ・ 多自由度系での高データ効率の学習によるしなやかな人型ロボット制御の実現
- ・ 二重分節解析により人の意図を推定するアプリケーションの開発

一方、より長期的・基礎的な研究テーマである、表現学習、予測モデル、評価と探索を組み合わせた全脳アーキテクチャの解明は、より柔軟な「汎用人工知能」の実現に向けたデザインと、認知のゆがみをともなう精神疾患の理解とその対処法の開発への貢献が期待できる。

さらに、人工知能と脳科学を融合するサマースクール、ハッカソンなどに若い人材を集め、新たな融合領域を切り開く人材を輩出することをめざす。

5) 過去の採択領域等からの発展性等（該当する研究領域のみ）

本領域の提案の基盤となった「予測と意思決定」領域では、脳内モデルに基づく予測的意思決定のメカニズムの解明を目標に、工学・情報科学の研究者と、脳科学の実験研究者を集め多角的な研究が展開され、多くのオリジナルな成果を生んだ。例えば、大脳皮質の前頭前野が事物のカテゴリ化に基づく推移推論に関わる (Pan et al., 2014)、他者の行動と学習過程の予測するモデルが前頭前野の異なる部分で学習される (Suzuki et al., 2012)、遅延報酬をめざす行動制御にセロトニンが関与する (Miyazaki et al., 2014) などの新たな知見が生まれ、行動の結果を予測する脳内モデルの大脳皮質神経回路での実体の解明が進められた (Funamizu et al., submitted)。中間評価では A 評価を受けている。

本領域は、意思決定にとどまらず、先端的な人工知能とそれに関連する脳科学の諸分野の研究者を新たに計画研究メンバーに加え、新たな形の融合研究をめざす。

(2) 準備状況等

本欄には、特に次の点について焦点を絞り具体的かつ明確に記述してください。

- ①今までに関連のテーマで過去に新学術領域研究（研究領域提案型）又は特定領域研究に応募したことがある場合は、その応募内容と審査コメントを含む審査結果、ならびにその後の主な変更点・進展について記述してください。
- ②学会活動、その他の方法による応募に至るまでの準備研究・事前調査の状況を記述してください。

領域代表者は、Neural Networks 誌 Co-editor-in-chief、International Neural Network Society フェロー、神経回路学会理事として、人工知能と脳科学をつなぐ分野で幅広い経験を持つとともに、神経情報科学サマースクール、Okinawa Computational Neuroscience Course を企画するなど、融合領域での人材育成に先導的な役割を果たして来た。また最近では、Initiative for Synthetic Study of Awareness (ISSA)サマースクールのコーディネイター、NPO 全脳アーキテクチャイニシアティブ顧問として、脳科学と人工知能の関心の高まりに応える活動を行っている。

計画研究代表者の約半数は新学術領域「予測と意思決定」のもとで、強化学習の理論をベースに脳における意思決定の機構の解明を実践して来ており、人工知能と脳科学の融合研究を主導するコアメンバーとして期待されている。

計画研究代表者はこれまでロボティクス、神経回路、神経科学の各学会などの場で問題意識を共有してきたメンバーであるが、本提案に向けブレインストーミングのための会合を持つなど、研究の方向性について幅広く議論を行ってきた。

(3) その他

本欄には、本領域の応募にあたって、上記「(1)目的」、「(2)準備状況等」に記載できなかった事項で、本領域の必要性等について記載すべき事項がある場合に、自由に記述してください。(最大1頁までに収まるようにしてください。)

該当なし

2 領域推進の計画・方法

(1) 領域推進の計画の概要

当該領域の推進に当たっての、

- 1) 基本的な研究戦略（研究項目を設ける場合にはその考え方を含む）
- 2) 領域における具体的な研究内容（研究項目を設ける場合には項目毎の研究内容を含む）
- 3) 各研究項目、各計画研究の必要性及び研究項目間、計画研究間での有機的連携を図るための具体的方法について概念図等を用いて示してください。また、平成 28 年度と平成 29 年度以降に分けて研究計画・方法を示してください。（2 頁以内、項目の区切り位置の変更可。）

概念図の記入要項

概念図は本欄の枠内で記載してください。

なお、概念図においては、研究項目間、計画研究間の関係を示し、領域として何をを目指すのかを明確に示してください。

1) 基本的な研究戦略

本領域の目的は、それぞれの研究の高度化のなかで乖離して行った人工知能研究と脳科学研究を再び結びつけ、両者の最新の知見の学び合いから新たな研究ターゲットを探り、そこから新たな学習アルゴリズムの開発や脳機構の解明を導くことである。

これを両バックグラウンドの研究者の具体的な共同作業のもとで実現するため、以下の研究項目を設定する。

A01: 知覚と予測：松尾豊、銅谷賢治、程・康(Kang Cheng)

A02: 運動と行動：森本淳、五味裕章、松本正幸、疋田貴俊

A03: 認知と社会性：谷口忠大、中原裕之、坂上雅道、高橋英彦

2) 領域における具体的な研究内容

A01: 知覚と予測

平成 28 年度：今日パターン認識において高い性能を取めているディープラーニングが、なぜ、どのような条件のもとで働いているかを情報理論的に明らかにするとともに、ディープラーニングにより得られた各層での情報表現をもとに、脳の各領野のニューロンの情報表現の理解をはかる。

平成 29 年度以降：大脳感覚皮質の神経回路は階層的なベイズ推定を実現するという仮説を、階層ベイズ推定の様々なアルゴリズムとの対照により検証する。

A02: 運動と行動

平成 28 年度：今日のロボット技術は進歩したとはいえ、人型ロボットの運動性能は 3 歳の子供にも劣るレベルであり、そこには何が欠けているのか、脳の運動学習機構との対照により明らかにする。特に、多自由度系で限られたデータから必要十分な内部モデルを学習する脳の仕組みの解明と、それに基づく人型ロボットの学習制御を実現する。

平成 29 年度以降：脳の感覚野の学習は外界からの情報に依存した教師なし学習として理解できるのに対して、運動野の学習は自発的に行う運動に必要な情報表現を創生する必要がある、その原理は未だ明らかでない。ベイズ推定と最適制御の双対性に着目し、感覚野によるベイズ推定の実現の理解をもとに運動野における制御原理を明らかにする。

A03: 認知と社会性

平成 28 年度：人間の認知機能はアナログ的な感覚運動情報をカテゴリ化、分節化することで実現されていると考えられるが、それを実現する理論モデルである二重分節解析に着目し、その脳での実現の可能性を探るとともに、人型ロボットでの見まね学習や意図の推定に適用をはかる。

平成 29 年度以降：人間の知的行動、特に社会行動では「脳内シミュレーション」や「心の理論」などが重要な役割を果たしており、その脳内局在は fMRI 実験などにより解明が進んでいるが、その神経回路レベルでの表現や学習原理を解明し、統合失調症や自閉症などの疾患の理解と、より自然な人型ロボットや知的エージェントのデザインにつなげる。

3) 各研究項目、各計画研究の必要性及び研究項目間、計画研究間での有機的連携を図るための具体的方法

人工知能と脳科学の融合という理念を具体的な成果に結びつけるためには、双方の研究者の深いレベルでの相互理解と共同作業が必要である。そこで、3つの研究項目ごとに双方のバックグラウンドを持つ研究者を配置し、緊密な連携をはかる。

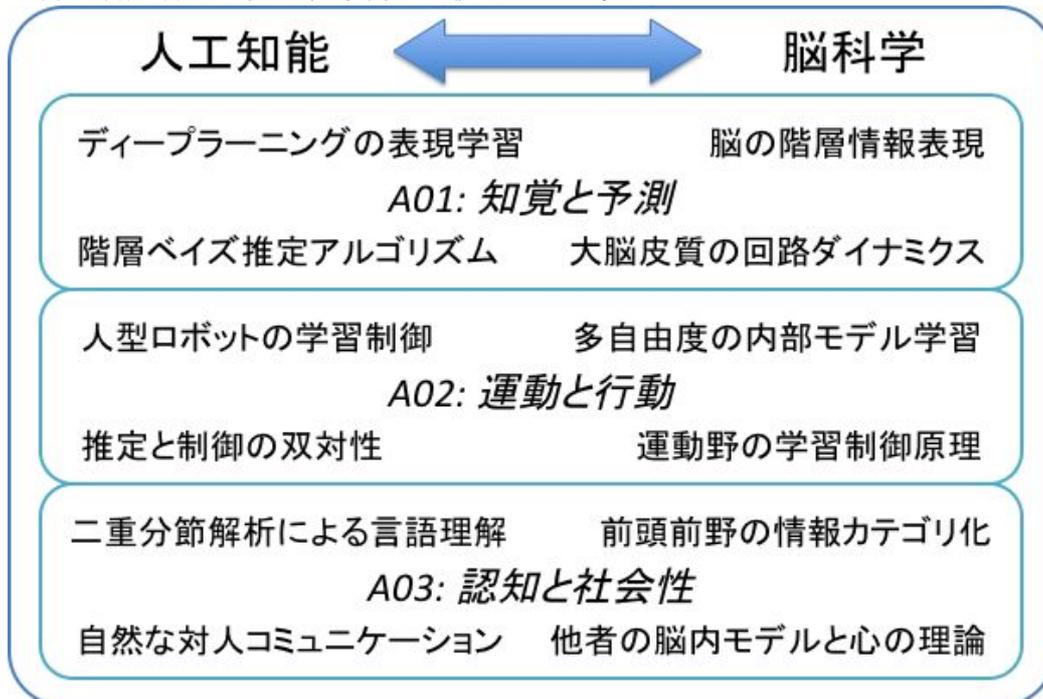


図3：各研究項目と主要課題

A01: 知覚と予測 (松尾、銅谷、程)

松尾は近年のディープラーニングの応用におけるトッププレーヤーであり、程 (Cheng) は将棋脳プロジェクトなどヒト脳画像計測のエキスパートである。銅谷は再帰型神経回路の学習アルゴリズムの先駆的な研究者であるとともに、近年は大脳新皮質が階層ベイズ推定を行うという仮説の検証をマウスの光学脳イメージング実験により進めている。このメンバーの連携により、階層型および再帰型の神経回路の学習メカニズムを解明するとともに、ヒトおよびマウスでの脳イメージングによりその脳内での実体を明らかにする。

A02: 運動と行動 (森本、五味、松本、疋田)

森本は人型ロボットの内部モデル学習とモデルベース制御で実績を持ち、五味は小脳の内部モデル学習の理論をもとにヒトの予測的な運動制御の実証的な研究を進めている。一方松本はサルを、疋田はマウスを用いて、大脳基底核ドーパミン系による階層的、並列的な行動制御と学習における役割の実験研究を進めている。このメンバーの連携により、小脳と大脳基底核を含む運動系脳回路の機構を明らかにし、そのロボット制御への応用をはかる。

A03: 認知と社会性 (谷口、坂上、中原、高橋)

谷口は二重分節解析というパラダイムで音声や系列運動の学習が可能であることを工学的に証明しており、坂上はサルの前頭前野のニューロンが視覚刺激のカテゴリ化とそれに基づく推移推論に関わることを示している。中原は他者の行動モデルと学習モデルが前頭前野の異なる部位に形成されていることをヒト脳イメージング実験により明らかにし、高橋は社会的状況に応じて柔軟に意思決定する能力の神経機構やその破綻としての精神疾患を研究している。このメンバーの連携により、カテゴリ化、分節化の脳機構を明らかにし、他者の意図の推定や予測が行える自律エージェントの実現をめざす。

(2) 領域のマネジメント体制 (3頁以内、項目の区切り位置の変更可。)

1) 領域代表者を中心とした領域推進に十分貢献できる研究者による有機的な連携体制

領域推進に十分貢献できる研究者により組織が構成されているかについて記述してください。また、必要に応じ、概念図を示してください。

概念図の記入要項

概念図は、必要に応じ本欄の枠内に記載してください。

なお、概念図においては、領域全体の組織図等を用いて、総括班、各研究組織の役割及び、活動内容等を明確に示してください。

2) 領域代表者の領域推進に当たってのビジョン及びマネジメント実績

複数の研究者をまとめ、領域推進に当たって研究組織の総合力を発揮するためには、研究とは別に、リーダーである領域代表者のマネジメント能力が求められます。

領域代表者が、どのような構想を持って円滑な組織運営をし、領域を推進するかについて、基本的な考え方を明らかにしてください。また、過去の異なる研究組織におけるマネジメント実績（新学術領域研究（研究領域提案型）や特定領域研究、他の研究費に係る研究組織における企画・運営、国際学会の企画・運営、各学会の運営、共同利用研究所等における研究計画・運営等）がある場合、それらについて示してください。

3) 総括班、各研究組織の役割及び活動内容等

・領域を推進するに当たっての総括班の運営方針、役割、研究組織の構成、個々の構成員の役割、活動内容等について基本となる考え方を説明してください。構成員については、構成員の氏名、専門分野及び研究代表者・研究分担者・連携研究者の別を記入してください。その際、どのように本領域の全体的な研究方針を策定し、各研究項目、各計画研究の企画調整等を行っていくのか明らかにしてください。

・総括班において、応募領域の研究支援活動（本領域内で共用するための設備・装置の購入・開発・運用、実験試料・資材の提供等）を効率的かつ効果的に行う場合には、その必要性、役割及び活動組織について併せて記述してください。

1) 領域代表者を中心とした領域推進に十分貢献できる研究者による有機的な連携体制

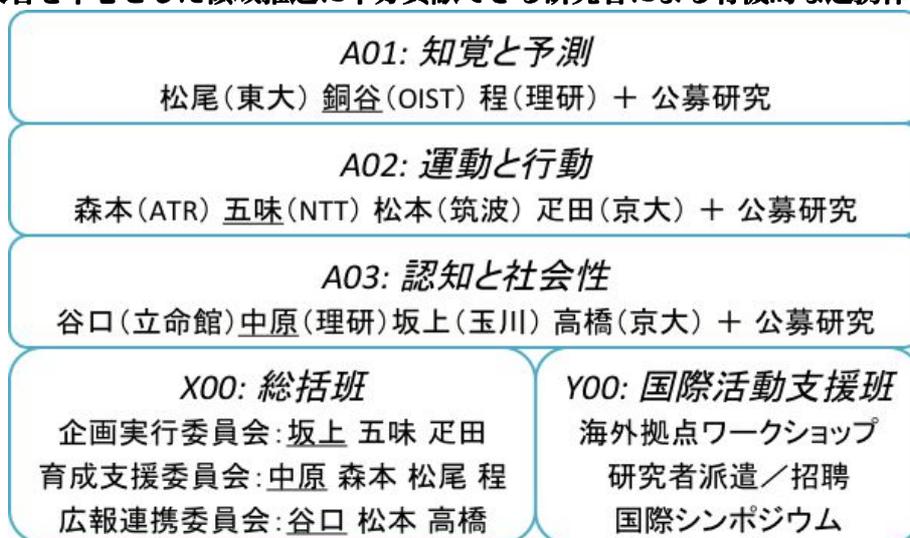


図4：領域の連携体制

A01：知覚と予測、A02：運動と行動、A03：認知と社会性の各研究項目において、人工知能と脳科学の接点での研究実績のある上図下線のメンバーをサブリーダーとして、連携と共同研究の推進をはかる。

総括班には、企画実行委員会、育成支援委員会、広報連携委員会を設置し、それぞれ上図下線のメンバーを委員長として活動を推進する。

国際活動支援班は、総括班と連携し以下の3つの事業を推進する。

- 1) 海外拠点との合同ワークショップの開催
- 2) 海外先進ラボとの間の研究者の派遣/招聘
- 3) 最終年の国際シンポジウムの開催

2) 領域代表者の領域推進に当たってのビジョン及びマネジメント実績

<ビジョン>

領域代表者は工学系の出身であり、強化学習のアルゴリズムの開発とそのロボットへの応用で先端的な研究を行って来た。工学で学位を取ってからは UCSD の生物学科にポスドクとして移り、現実の神経回路の制御と学習機構について経験を積んで来た。代表者の研究戦略は、「うまく動くシステムを作るには何が必要か」という計算理論からスタートするトップダウン的なアプローチと、「実際の脳の回路や物質はいかに働いているのか」というボトムアップ的なアプローチを統合したものである。

脳研究における新しいブレークスルーは、計算理論とアルゴリズム研究の最前線と、脳の計測と操作技術の最前線が交わるところから生まれる。また人工知能や機械学習の研究開発は、脳の認知行動機能に迫り追い越すことをめざして進展してきた。本領域の計画研究においても、人工知能の理論やアルゴリズムでトップを走るメンバーと、脳科学の実験技術でトップを走るメンバーの両者を引き込むことを狙い実現した。この機会を大きく生かし新領域の形成につなげていくため、各研究者につねに挑戦的な問いを投げかけ、単に従来の研究の延長や足し合わせではなく新たな発想でのアプローチによる共同研究をとともに考え、実現につなげていきたい。

<マネジメント実績>

領域代表者は、ATR 脳情報研究所の研究室長、沖縄科学技術大学院大学の先行研究の代表研究者、大学設立後は教授として独自の研究チームをリードする経験を持つだけでなく、大学の設立に向けた代表研究者会議議長(2004-2007)、大学設立後は初代の研究担当副学長(2011-2014)など、幅広いビジョンと組織運営能力が求められるポジションの実績を持つ。

大型研究プロジェクトとしては、JST CREST「脳を創る」領域の研究代表者(1999-2004)、新学術領域「予測と意思決定」の領域代表者(2011-2016)としての実績を持つ。

また、研究組織やコミュニティの活性化においても、日本神経回路学会副会長(1999-2002)、神経情報科学サマースクールディレクター(1999-2003)、Okinawa Computational Neuroscience Course (OCNC)オーガナイザー(2004-現在)、Initiative for Synthetic Study of Awareness (ISSA)サマースクールコオーガナイザー(2015)、脳と心のメカニズムワークショップ計画委員長(2005-2009)、日本神経科学学会大会プログラム委員長(2010)、日本神経回路学会大会長(2011)、Neural Network 誌共同編集長(2008-現在)など、豊かな着想と実行の責任を求められる職を経験し成果を上げている。

3) 総括班、各研究組織の役割及び活動内容等

総括班の役割は、領域内外の研究者の知識と情報の共有をはかり実のある共同研究を実現すること、融合領域の研究を担う若手の育成をはかること、そして生まれた研究成果を広く社会に広め応用につなげていくことである。そのため以下の組織構成で活動を展開する。

<組織構成>

研究代表者 銅谷賢治（機械学習・計算神経科学）全体統括

企画実行委員会

研究分担者 坂上雅道（脳科学）企画実行委員長

連携研究者 五味裕章（計算神経科学）

連携研究者 疋田貴俊（神経科学・精神医学）

育成支援委員会

研究分担者 中原裕之（数理脳科学）育成支援委員長

連携研究者 程・康（神経科学）

連携研究者 森本淳（機械学習・ロボティクス）

連携研究者 松本正幸（神経科学）

広報連携委員会

研究分担者 谷口忠大（人工知能・ロボティクス）広報連携委員長

連携研究者 松尾豊（人工知能）

連携研究者 高橋英彦（精神医学）

<活動内容>**1) 企画実行委員会**

年に2～3度の領域会議を開催し、計画研究、公募研究のメンバー間の知識共有をはかり、共同研究をうながす。

2) 育成支援委員会

人工知能と脳科学それぞれの先端的な知見とその融合研究を学ぶためのサマースクールやハッカソンを開催する。

3) 広報連携委員会

領域の研究活動と成果を幅広く広報するため、web サイトの立ち上げと更新、ニュースレターの発行、プレスリリース等を行う。また、人工知能と脳科学の融合に多くの国民や企業の関心を喚起するためのアウトリーチ活動を企画実行する。

以上の活動を統括するため総括班会議を随時開催し、各企画の構想の練り上げと進捗の把握をはかる。

(3) 領域推進の計画・方法の妥当性 ① (2頁以内、項目の区切り位置の変更可。)

- 1) 領域及び計画研究の具体的な達成目標
研究期間終了時の達成目標、学術上の意義・インパクトを含めてわかりやすく記述してください。
- 2) 1) を実現する具体的な計画・方法 (共同研究、若手を含む研究人材の育成、設備の共用化等の取組を含む)
本欄には、研究目的を達成するための具体的な研究計画・方法について、平成 28 年度の計画と平成 29 年度以降の計画に分けて、適宜文献を引用しつつ焦点を絞り、具体的かつ明確に記述してください。ここでは、研究が当初計画どおり進まない時の対応など、多方面からの検討状況を述べるとともに、異分野融合により、どのように研究を実施していくのかについても記述してください。
- 3) 国際的なネットワークの構築、国内外の優れた研究者との共同研究、海外の研究機関との連携、国内外への積極的な情報発信など、「国際活動支援班」の設置により考慮している場合はその取組を記述してください。なお、「国際活動支援班」を設置しない場合は、必要がない理由等を記述してください。

1) 領域及び計画研究の具体的な達成目標

本領域の目的は、それぞれの研究の高度化のなかで乖離して行った人工知能研究と脳科学研究を再び結びつけ、両者の最新の知見の学び合いから新たな研究ターゲットを探り、そこから新たな学習アルゴリズムの開発や脳機構の解明を導くことである。

人工知能と脳科学の融合により短期的に以下のような成果が期待できる：

- ・ ディープラーニングの各層での学習の有効性の評価にもとづく、学習パラメタの自動制御アルゴリズムの実用化
- ・ 多自由度系での高データ効率の学習によるしなやかな人型ロボット制御の実現
- ・ 二重分節解析により人の意図を推定するアプリケーションの開発

一方、より長期的・基礎的な目標は、教師なし階層表現学習、教師あり内部モデル学習、強化学習による評価と探索など、それぞれの学習アルゴリズムの高度化と脳での実現の解明を進めるとともに、それらを状況に応じて統合する原理を解明し、脳の学習アーキテクチャにならった汎用人工知能の設計指針を明らかにすることである。

これは、人間のような柔軟な行動やコミュニケーションが可能な人工知能の開発につながるるとともに、社会環境での人の意思決定機構の解明をめざす神経経済学、高度な学習機能の変調として精神疾患を捉える計算精神医学など、新たな研究分野の確立にも貢献する。

2) 1) を実現する具体的な計画・方法（共同研究、若手を含む研究人材の育成、設備の共用化等の取組を含む）

<平成28年度>

まず、人工知能、脳科学の照合と融合により短期的に達成可能な課題、長期的に取り組むべき課題について、領域会議を開催し改めて深く議論する。また、公募説明会を兼ねたキックオフシンポジウムを開催し、計画研究以外の研究者からも幅広く知見とアイデアを募る。

また、研究者間の密な共同作業により具体的な進展を実現するため、各項目ごとの分科会をネットミーティングなども活用しほぼ毎月開催する。

さらに国際的な拠点形成に向け、人工知能と脳科学の融合研究において先進的な海外の研究グループを招聘した合同ワークショップを開催し、国際的な共同研究の具体化をはかる。

領域内で取得するデータや開発するソフトウェアに関しては、相互連結や多サイトでの活用、検証が可能なように、共通フォーマットを策定する。

<平成29年度以降>

公募研究者を含めた領域会議を年2～3回開催し、単に各研究の進捗報告にとどまらず、各グループの成果や課題をもとに新たな共同研究のシーズ、ニーズを明らかにする。各項目ごとの分科会を継続して開催し、ここでは特に、各研究室の若手メンバーらの具体的な連携と共同作業を重視する。

国際合同ワークショップを毎年開催するとともに、最終年度には国際シンポジウムを開催し、人工知能と脳科学の融合研究のネットワークを確立する。

若手人材の育成に向け、人工知能と脳科学の知見とその融合の実例を学ぶためのサマースクールを、関連する新学術領域や学会との共同で開催する。また、特定のテーマに関してハッカソン（合宿形式でのチーム討論とプログラム開発）を開催し、脳型人工知能研究への若手の取り込みをはかる。またそこでの取り組みは、web や SNS など積極的に発信し、高校生から学部学生のレベルの若手にこの分野に飛び込むきっかけを作る。

3) 国際的なネットワークの構築、国内外の優れた研究者との共同研究、海外の研究機関との連携、国内外への積極的な情報発信などの取組

国際活動支援班を設置し、以下の取り組みを行う：

1) 人工知能と脳科学の融合研究の国際拠点との合同ワークショップを毎年開催し、国際的なネットワークを形成する。すでに以下の拠点との提携を検討している。

Intelligent Systems and Networks, Imperial College London (谷口)

Gatsby Computational Neuroscience Unit, University College London (中原)

Computation and Neural Systems, Caltech (坂上、高橋)

主に総括班企画実行委員が計画を担当する。

2) 上記拠点を含め人工知能と脳科学の融合領域で先進的な研究を行うラボとの間で、若手研究者を2～3ヶ月程度派遣あるいは招聘することで、新たな手法や知見を学ぶとともに、継続的な共同研究のベースを築く。

主に総括班育成支援委員が計画を担当する。

3) 最終年度に国際シンポジウムを開催し、それをもとに英文書籍や学術誌特集号を出版するなどにより領域の成果を世界的に発信するとともに、国際的なネットワークの継続的展開をはかる。

主に総括班広報連携委員が計画を担当する。

(3) 領域推進の計画・方法の妥当性 ③

5) 公募研究の役割

公募研究は、領域設定期間の1年目に平成29～30年度分、3年目に平成31～32年度分の公募を行います。

応募領域の推進に当たって、公募研究が本領域においてどのような位置付けにあり、領域全体としてどのような研究を期待するのかについて記述してください。また、何件程度の研究課題を必要とし、1研究課題当たりどの程度の研究経費が必要かを示すとともに、公募研究の金額を設定する際は、研究遂行が十分可能な研究経費を計上してください。計上の際は、次の最低基準のどちらかを上回るよう設定してください。

- ・1年目と3年目それぞれの採択目安件数が10件を上回ること
- ・公募研究にかかる経費の総額（平成29～32年度の合計）が領域全体の研究経費（5年総額）の10%を上回ること

本領域の計画研究には、人工知能と脳科学のそれぞれの分野のトップランナーであり、しかも融合的な研究に意欲を示す最強のメンバーを揃えた。しかし人工知能と脳科学のカバーすべきテーマは幅広く、計画研究11名の専門とするテーマ以外にも両者の対話と融合により新たなブレイクスルーが生まれうる分野はあり得るはずである。また、本領域のねらいはこのような融合研究に人工知能と脳科学両分野から新たな人材を呼び込み育てることにあり、そこでは公募研究が重要な役割を果たす。

本領域では、総予算の目安年間約3億円のうち、約9千万円を公募研究にあてる。比較的シニアな研究者がポスドクや研究補助員を雇用して展開する研究を念頭に年間約1千万円程度の研究を4～5件、比較的若い研究者向けに年間500万円を上限とした研究を8～10件程度採用する方針である。

公募にあたっては、計画研究とは異なる目標や着想による提案であることと、計画研究メンバーと有機的な連携が見込まれる研究内容を推奨する。

本提案の計画研究代表者には、呼びかけた研究者がすでに他の新学術領域に関与しているなどの経緯で、女性研究者は残念ながら含まれていない。公募においては、男女共同参画の視点を重視して宣伝などを積極的に進めたい。

3 研究経費の妥当性

(1) 研究期間との関連性を含めた研究経費の必要性

応募領域の研究内容及び研究体制等を踏まえ、応募する研究経費の必要性・妥当性について研究期間との関連性を含めて記述してください。なお、研究期間内の特定の年度に重点的に研究費を配分する場合又は、年間の応募研究経費の総額が、応募上限の目安である3億円を超える場合は、年度ごとに3億円を超える理由、その必要性・妥当性を記述してください。

なお、1年度目は計画研究（総括班及び国際活動支援班を含む）のみが研究等を開始することになりますのでご注意ください。

各計画研究の予算は、専任のポストドク研究者1名の人件費と、各研究手法に応じた物品費、さらに旅費などの経費を基本として配分する。

A01-3 程、A03-2 中原は fMRI 実験を主な手法とするため、MRI 装置の利用料を「その他」に、被験者謝金を人件費の項目に計上している。

初年度には、A02-1 森本、A02-2 五味のそれぞれのラボで、ヒトの動作を解析するためのモーションキャプチャシステムを導入する。また A01-2 銅谷、A02-4 疋田は、マウスの脳イメージングのための顕微鏡システムを導入する。

総括班では、融合領域でのサマースクールやハッカソンの開催のため、学生向けの国内旅費と講師のための海外旅費を計上している。また、領域事務局の人件費と、ニュースレター発行、web サイト運営のための経費を計上している。

国際活動支援班では、毎年2～3名の若手研究者を2～3ヶ月海外に派遣または招聘するための海外旅費を計上している。また、毎年開催予定の海外拠点との合同ワークショップは、国内開催として先方が来日旅費を負担し当領域が宿泊費と会場費を負担する形式と、その逆に連携先での開催として当領域が海外旅費を負担する形式の両者を想定している。また最終年度には、領域の成果報告も兼ねた国際シンポジウムを開催するため、講師の招聘のための海外旅費を計上している。