

領域略称名：こころの時間学
領域番号：4502

平成27年度科学研究費補助金「新学術領域研究
(研究領域提案型)」に係る中間評価報告書

「(研究領域名) こころの時間学 ―現在・過去・未来の起源
を求めて―」

(領域設定期間)

平成25年度～平成29年度

平成27年6月

領域代表者 (大阪大学・生命機能研究科・教授・北澤 茂)

目 次

研究領域全体に係る事項

1. 研究領域の目的及び概要	7
2. 研究の進展状況	9
3. 審査結果の所見において指摘を受けた事項への対応状況	12
4. 主な研究成果（発明及び特許を含む）	14
5. 研究成果の公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）	18
6. 研究組織（公募研究を含む）と各研究項目の連携状況	24
7. 若手研究者の育成に関する取組状況	26
8. 研究費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）	27
9. 総括班評価者による評価	28
10. 今後の研究領域の推進方策	31

研究組織

研究項目	課題番号 研究課題名	研究期間	代表者氏名	所属機関 部局 職	構成員数
X00	25119001 こころの時間学 ―現在・過去・未来の起源を求めて―	平成 25 年度 ～ 平成 29 年度	北澤 茂	大阪大学・生命機能研究科・教授	10
A01 計	25119002 時間順序を作り出す神経メカニズムの解明	平成 25 年度 ～ 平成 29 年度	北澤 茂	大阪大学・生命機能研究科・教授	6
A01 計	25119003 こころの時間長・同期・クロックを作り出す認知メカニズムの解明	平成 25 年度 ～ 平成 29 年度	村上 郁也	東京大学・人文社会系研究科・准教授	2
A02 計	25119004 記憶による時間創成メカニズムの探索	平成 25 年度 ～ 平成 29 年度	池谷 裕二	東京大学・薬学系研究科・教授	3
A03 計	25119005 計時と予測の神経機構の探究	平成 25 年度 ～ 平成 29 年度	田中 真樹	北海道大学・医学研究科・教授	2
A04 計	25119006 ヒトの時間認知機構の解明:健忘症例からの検討	平成 25 年度 ～ 平成 29 年度	河村 満	昭和大学・医学部・教授	1
B01 計	25119007 時間の言語化	平成 25 年度 ～ 平成 29 年度	大津 由紀雄	明海大学・外国語学部・教授	6
C01 計	25119008 類人猿の心的時間旅行	平成 25 年度 ～ 平成 29 年度	平田 聡	京都大学・野生動物研究センター・教授	4
計画研究 計 8 件					
A04 公	26119512 ヒト記憶における主観的時間の形成の基盤となる脳内機構とその障害機序の解明	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	月浦 崇	京都大学・人間・環境学研究科・准教授	1
A04 公	26119524 精神疾患と脳損傷からみた「心の未来性」に関	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	梅田 聡	慶應義塾大学・文学部・教授	2

	する認知神経メカニズムの解明				
A04 公	26119528 同期障害の神経心理学的検討	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	緑川 晶	中央大学・文学部・教授	1
A04 公	26119529 統合失調症における主観的「現在」の時間幅とその可塑性の検討	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	嶋田 総太郎	明治大学・理工学部・教授	4
B01 公	26119506 自己意識における時間性	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	信原 幸弘	東京大学・総合文化研究科・教授	3
B01 公	26119518 意思決定の言語・文化的影響:時間割引に関する検討	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	石井 敬子	神戸大学・人文学研究科・准教授	2
B01 公	26119520 現在・過去・未来の時制認識における可能性様相の働きの言語哲学的分析	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	青山 拓央	山口大学・時間学研究所・准教授	4
B01 公	26119523 言語操作による脳波計測実験を通じた事象時刻と基準時刻の脳内地図構築	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	時本 真吾	目白大学・外国語学部・教授	2
C01 公	26119513 未来を予期するところの進化:チンパンジー集団を対象としたトークン使用の社会実験	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	友永 雅己	京都大学・霊長類研究所・准教授	2
C01 公	26119514 過去と未来を想うところの発生	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	藤田 和生	京都大学・文学研究科・教授	2
C01 公	26119519 ラットとマウスを用いた時間認知の発達メカニズムに関する比較心理学的検討	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	坂田 省吾	広島大学・総合科学研究科・教授	1

C01 公	26119526 時間割引から探るこころの時間～異種間比較の枠組構築	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	酒井 裕	玉川大学・脳科学研究所・教授	1
D01 公	26119501 昆虫における時間感覚の神経機構の解明	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	小川 宏人	北海道大学・理学研究院・准教授	1
D01 公	26119503 長期報酬記憶を制御するフィードバック神経回路	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	谷本 拓	東北大学・生命科学研究科・教授	1
D01 公	26119504 脳内セロトニンが時間の体験に与える影響の解明	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	水挽 貴至	筑波大学・医学医療系・助教	2
D01 公	26119505 言語処理に基づくこころの時間の計数可視化インタフェースの開発	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	大武 美保子	千葉大学・工学研究科人工システム科学専攻・准教授	1
D01 公	26119507 記憶形成における過去、現在、未来の神経活動のダイナミクス	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	野村 洋	東京大学・薬学系研究科・助教	1
D01 公	26119508 知覚の時間的連続性を支える脳情報処理:新錯視を用いた心理物理学的分析	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	本吉 勇	東京大学・総合文化研究科・准教授	2
D01 公	26119509 時間差を緩衝する神経機構:後部帯状回の回路構築と時間弁別行動	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	岡ノ谷 一夫	東京大学・総合文化研究科・教授	2
D01 公	26119511 細胞集団活動の遷移による時間経過表現のモデル研究	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	山崎 匡	電気通信大学・情報理工学研究科・助教	1
D01 公	26119516 コミュニケーションの時間窓を決定する周期的脳活動	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	水原 啓暁	京都大学・情報学研究科・講師	2

D01 公	26119517 物語における時間情報に基づく視点取得メカニズム	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	米田 英嗣	京都大学・白眉センター・特定准教授	1
D01 公	26119521 こころの中の「いま、この瞬間」とらえる一主観的同時性を形成する脳の仕組みの探究	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	宮崎 真	静岡大学・情報学部・教授	8
D01 公	26119525 時間の実験美学:美と魅力が時間の感じ方に与える影響とその要因の解明	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	川畑 秀明	慶應義塾大学・文学部・准教授	1
D01 公	26119530 近未来行動を表現するセルアセンブリ逐次活動の形成メカニズム	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	藤澤 茂義	独立行政法人理化学研究所・脳科学総合研究センター・チームリーダー	1
D01 公	26119531 時間と空間の共感覚と脳内分子メカニズム	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	山田 真希子	国立研究開発法人放射線医学総合研究所・分子神経イメージング研究プログラム・サブリーダー	1
D01 公	26119532 睡眠中に過去を再構成させる「こころの過去」の神経基盤の解明	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	阿部 十也	東北大学・加齢医学研究所・助教	1
D01 公	26119533 物体視覚情報の時間的統合を支える神経メカニズムの解明	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	林 隆介	国立研究開発法人産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・主任研究員	1
D01 公	26119534 主観的同時性と時間順序を実現する神経基盤の解明	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	山本 慎也	国立研究開発法人産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門・主任研究員	1
D01 公	26119535 伝導遅延時差による身体上距離符号化仮説 - 時間が身体像をつくるメカニズム	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	羽倉 信宏	脳情報通信融合研究センター CiNet・研究員	1
D01 公	26119536 メンタルタイムトラベルの脳情報基盤の解明	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	神谷 之康	ATR 脳情報研究所・神経情報学研究室・室長	1

D01 公	26119502 記憶に時を刻む海馬新生ニューロン	平成 26 年度 ～ 平成 27 年度	大原 慎也	東北大学・生命科学研究科・助教	1
公募研究 計 32 件					

研究領域全体に係る事項

1. 研究領域の目的及び概要（2ページ程度）

研究領域の研究目的及び全体構想について、応募時に記述した内容を簡潔に記述してください。どのような点が「我が国の学術水準の向上・強化につながる研究領域」であるか、研究の学術的背景（応募領域の着想に至った経緯、応募時までの研究成果を進展させる場合にはその内容等）を中心に記述してください。

研究目的及び全体構想

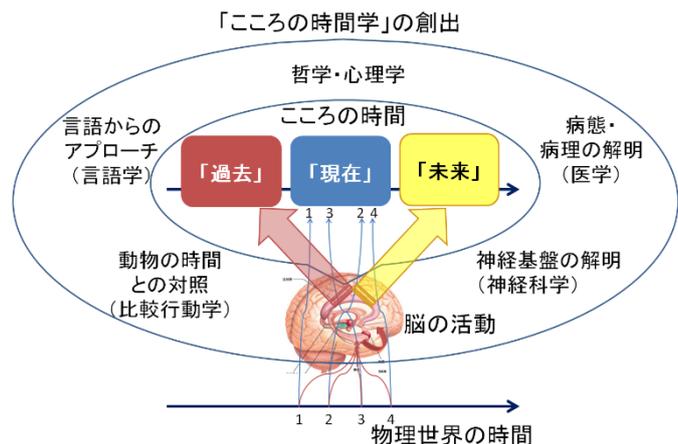
我々は、ヒトにおいて特に発達した現在・過去・未来にわたる時間の意識を「こころの時間」と名付ける。この時間の意識は、ヒトにおいて特に発達した高度な認知機能である。① 認知症の検査では、今日の日付を問う。今日が「いつ」であるのか、は人間生活の基本情報であるがヒト以外の動物には認識できない。② ほとんどの言語は、厳密な時制を持っている。われわれの意識が、過去と現在と未来に常に注目していることを示す明瞭な証拠である。③ 人は死、未来の終点、を恐れる。一方、ヒト以外の動物は、チンパンジーですら、絶望的な不具を負っても恐れを感じているようには見えないという。未来を思うところはヒトで特に発達したと考えられる。

ヒトが生きていく上に欠かすことができない「こころの時間」はどのようにして生み出されるのだろうか。代表者の北澤は10年余りに、What（対象が何か）とWhere（どこにあるか）の神経科学の進展を踏まえ、次のフロンティアはWhen＝時間の脳科学であると予感して、時間の研究に着手した。その後、主観的な時間順序の逆転や柔軟な調整などを発見した(Nat Neurosci 2001a, 2001b, 2006)。また、村上らは時間錯覚（Flash-lag 効果）の成因について定説を覆す発見をした(Nat Neurosci 1998)。しかし、これらの研究は、いずれも1秒程度の「現在」に属するものである。「こころの時間」の全貌を明らかにするには、「現在」が記憶として「過去」に定着される過程や、「現在」から「未来」を展望する過程も射程にいれねばならない。そこで、記憶の中核である海馬で目覚しい研究成果

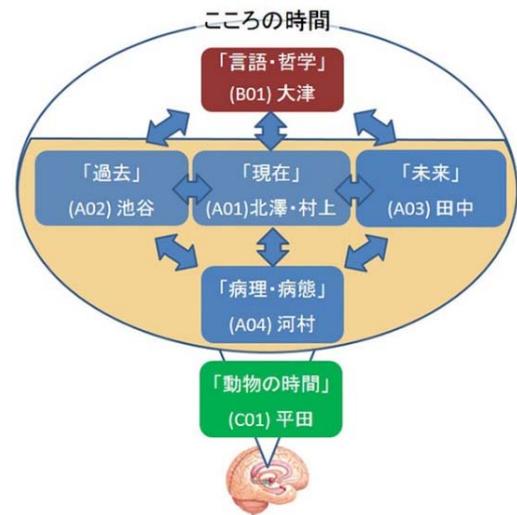
(Science 2004, 2011, 2012; Nat Med 2012; Nat Prot 2012) をあげている池谷と、時間認知に関する前頭前野、大脳基底核、小脳などでこころの時間の成り立ちを明らかにするための研究を強力に推進している田中 (Nat Neurosci 2006, Nature 2001) の協力を仰いで、4班で現在・過去・未来にわたるこころの時間の全領域をカバーすることを計画した。

一方、海馬を手術で失うと同時に、「過去」を生み出す力を失った症例に象徴されるように、脳の傷害と「失われた時間」の関係を調べれば、「現在」や「未来」の神経基盤にブレイクスルーがもたらされるに違いない。そこで、「地理感覚」の機能局在や「神経経済学」の領域で不動の業績を挙げた河村（2010年度日本神経学会榎林賞）に臨床神経心理学の立場からの参加を仰いだ。

しかし、これら生物系研究者のチームではまだ不十分である。一人の人間の中に統一して存在する「こころの時間」の成り立ちを解明するには、人間のこころを研究対象とする心理学、人間だけが持つ言語を研究対象とする言語学、古来人間の時間の意識に注目してきた哲学、等の幅広い人文・社会系の専門家との共同研究が必要である。そこで言語学・認知科学の泰斗、大津（前言語科学会会長・元認知科学会会長）の参加を仰いだ。さらに、気鋭の比較行動学者である平田(Curr Biol 2012, Nat Commun 2012) の参加を得て、動物間の比較を通じて「こころの時間」のヒト特有の側面を浮き彫りにすることを目論んでいる。以上の通り、本研究は、ヒトに特有な「こころの時間」がいかにして生み出されているのかを、人文社会・生物学を横断する学際的な研究を通じて明らかにすることを目的としている。



我々は、まず「こころの時間」の神経基盤の解明を目指す。「現在」を北澤・村上、「過去」を池谷、「未来」を田中が主に担当する。そして「こころの時間」の病態と治療に関する研究を推進する（河村）。さらに「こころの時間」に言語学と哲学の観点からアプローチする（大津）。時間の言語表現と神経システムの関係性を明らかにするとともに、言語の発達から「こころの時間」の発達過程に肉薄する。哲学の観点から時間の意識を神経活動に還元することの問題点と限界、さらにはその解決策について議論し、「こころの時間」に哲学的な基盤を与える。比較認知科学の観点からは、チンパンジーなどの類人猿を対象とした実験心理学的研究をおこなう（平田）。ヒトに近縁な霊長類種を対象とした比較研究を通じて、人間が他の動物と共有している側面、および人間に特有の側面を浮かび上がらせることができる。また、本研究の他のグループが用いるマウス・ラット・ニホンザルにおける「こころの時間」の萌芽についても共同で検討する。



人間特有の「こころの時間」の成り立ちを現在・過去・未来にわたって総合的に解明し、神経科学、医学、比較行動学、言語学、哲学にわたる学際的な「こころの時間学」の創出を目指す本研究領域は「言語学」や「比較行動学」や「神経科学」等の個別研究のモザイクではない。「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。研究項目間の有機的な相互作用を通じて生まれることが期待される成果を3点挙げる。

- 1) 「言語学」の時制の理論と「神経科学」「臨床神経心理学」の相互作用を通じて脳に「時間地図」を描く。もし発見されれば、1950年代に確立した、Penfieldの体性機能局在地図に匹敵する成果になるだろう。
- 2) 実験動物を使った最先端研究で開発される「こころの時間」の操作法を臨床応用につなげる。「過去」の記憶が定着しない認知症や「過去」に囚われてしまう心的外傷後ストレス障害 (PTSD)、「未来」への希望が喪失するうつ病などの症状改善に応用できるだろう。
- 3) 「比較行動学」と「心理学」「神経科学」「言語学」の融合で、時間認識の発生が明らかになる。「こころの時間」はヒトの特徴であるものの、他の認知機能と同様に、系統発生の結果として生じたはずである。本領域で対象とするげっ歯類、ニホンザルやチンパンジーとヒトを比較することで系統発生が、また発達過程を研究することでヒトの中での個体発生が明らかになる。

さらに本領域の成果を起点として、時間感覚の文化差や、各時代の時間意識の研究など社会学や歴史学、さらには文化人類学への波及も期待できる。

本研究領域は、「人文社会」系と「生物」系の研究者が一同に介して「こころの時間」の解明に取り組む世界初の試みである。また、本研究の成果は、高齢化が進み時間認知の障害に苦しむ患者が増えている日本でこそ、インパクトが大きいと考える。以上の期待される成果と波及効果の点から、本領域は、我が国の学術水準の向上・強化につながる研究領域であると考えている。

2. 研究の進展状況〔設定目的に照らし、研究項目又は計画研究ごとに整理する〕（3ページ程度）

研究期間内に何をどこまで明らかにしようとし、現在までにどこまで研究が進展しているのか記述してください。また、応募時に研究領域として設定した研究の対象に照らして、どのように発展したかについて研究項目又は計画研究ごとに記述してください。

計画研究項目 A01(北澤班) 物理学的な時間とは対照的に「こころの時間」の前後は入れ替わる。本研究の目的は、時間の逆転現象を手がかりとして、代表者らが提唱した「動き投影仮説」を神経生理学的に検証し時間順序を作り出す神経メカニズムを解明することである。具体的には、①サッケード直前の時間順序の逆転メカニズムと、②「動き投影仮説」が仮定する「空間」と「動き」の情報の統合過程を明らかにすることを目的とした。私たちはまず、本研究の前提となる「動き投影仮説」について、fMRI法を使って検証した成果を発表した(*Cerebral Cortex*, 2013)。次いで、①に関しては、サッケード直前に「動き」関連領域のニューロンの選好方向が逆転するという予想を検証した。「動き逆相関法」を改良して適用した結果、サル MST 野には、サッケードの開始に先行して反選好方向刺激に対する応答が真に増加する細胞がある一方、MT 野には少ないことが明らかになった（投稿準備中）。②に関しては、「空間」と「動き」の情報の統合に、覚醒したヒトの脳の電気活動の過半を占める α 波帯域の活動が関与しているかどうかの検証に取り組んだ。脳磁界活動を独立成分に分解することで、頭頂後頭溝周辺（空間情報領域）から上側頭溝周辺（動き情報領域）にまたがって分布する α 波成分の分離に成功し、この α 波成分の位相と順序判断の逆転に相関があることを見出した（投稿中）。並行して、この α 波成分の主たる信号源の位置（楔前部）に背景を基準とする空間座標系が存在することを fMRI 順応法を用いて示した(*Eur J Neurosci*, 2015)。さらに、臨床グループと共同研究を行い時間順序判断がパーキンソン病で障害されないこと、つまり大脳基底核は時間の順序の判断に決定的な寄与はしていないことを示した(*Plos One*, 2015)。また、山本慎也公募班員(D01)と共同研究を行い、ニホンザルでは腕交差に伴う時間順序判断の逆転が生じないことを明らかにした（投稿準備中）。A03（田中班）、B01（大津班）、C01（平田班）との共同研究も進めている。「動き投影仮説」の予想を支持するデータが積み重なると同時に、空間と時間の情報の統合には「楔前部」が重要な貢献をしているという予想外の発見・発展もあった。研究は概ね順調に進んでいる。

計画研究項目 A01(村上班) 本計画研究では、知覚実験や脳機能計測などを用いて、「主観的現在」の数秒以下の心的持続時間の長短はどこでどうやって決まっているのか、複数の時間軸の同期はどのようになされるのか、心的時間を刻むクロックはどのような心的プロセスに影響し、あるいは影響されるか、について解明する。現在までに、まず、心的持続時間が知覚順応や運動速度などによって変容する錯覚を複数研究対象とし、行動実験の実証データを蓄積し、刺激観察中の脳波も計測し、それらに基づいて時間変容錯覚が生じる神経回路モデルを提案しシミュレーション実験で実証するにいたっている。代表例として、高頻度点滅視覚刺激を観察すると持続時間が主観的に長く感じられる現象に、時間周波数特異性があり、線条体と大脳皮質連合野のネットワークの周波数引き込み現象でこれらを説明できることを示した。また、視覚モダリティと聴覚モダリティとで同一形式の観察が互いに逆方向の時間変容効果を生み出すこと、複数モダリティの同時刺激では時間の乖離が生じずに時間軸の協調が見られることがわかった。さらに、時間変化情報が注意プロセスや動眼プロセスに短潜時に影響する様子を実験で見出し、認知システムにおいて本来独立と思われていた複数プロセス間に高速な時間情報の連絡があること、本来長潜時に動作すると考えられていた系が短潜時の系と協調的相互作用をすることが見出されつつある。このように、当初に設定した研究対象に照らしてそのすべてにおいて着実に進捗している。経頭蓋刺激法および機能的磁気共鳴画像法の研究環境を整備し、行動実験で得られた知覚特性の神経相関を同定するためのプロジェクトを、複数研究テーマそれぞれについて並列的に進めているところである。「河村班」および「平田班」との領域研究者間の連携的研究交流により、人間の情報処理システムについて医学的・比較動物学的見地からの見直しが進められ、知覚認知を説明する可能な神経メカニズムについて絞り込みができたことは特筆に値する。そして、実証実験の成果である脳波周波数のニューロフィードバックで行動が変容するという事実を、持続時間表現のための脳波の周波数引き込みモデルに組み込んで発展的研究をする可能性が生まれるなど、研究班内の複数の研究成果を有機的につなげて次段階を目指す発展型研究が進行中である。

計画研究項目 A02 (池谷班) 時間は記憶に駆動される。H25-6 年度は記憶の定着に関与する神経プロセスに焦点をあて研究を行った。セル・アセンブリはニューロン同士の機能的な結合に基づいて随時形成される部分集団であり、脳における情報処理の基本単位であると考えられている。そうしたセル・アセンブリが織りなすシーケンスが最も同期的な形で出現するのが、海馬で観察される Sharp Wave(SW)である。私たちは Arc-dVenus トランスジェニックマウスとホールセルパッチクランプ法を組み合わせることにより、SW 発生時には、それまでの経験に関わったニューロンが優先的に選ばれて発火することを見出した(Nat Neurosci, 2014)。また SW 中にアクティブなニューロンにおいては、一過的なシナプス入力 of 興奮・抑制バランスが崩れていることを見出した。近年、in vivo において報酬系が活性化すると SW の頻度が上昇することが報告されており、私たちもこの事実を、報酬系刺激により SW を制御できることを通じて確認した(J Neurosci, 2014)。しかし、この現象の詳しいメカニズムは明らかにされていない。そこで in vitro の系を用いて、ドパミンを SW 発生中の海馬スライス標本に灌流適用したところ、SW の頻度が有意に上昇することを確認した(PLOS One, 2014)。なお、記憶の操作については現在、ヒスタミンに着目しながら、研究を進めているところであり、H27 年度中には論文として投稿できる見通し、研究は計画通りに概ね順調に進んでいる。

計画研究項目 A03 (田中班) 計時と予測の脳内メカニズムを主にサルを用いた生理学実験によって明らかにしようとしている。具体的には、①時間生成における大脳基底核および小脳の役割と②感覚予測の神経機構を調べるとともに、③皮質下変性疾患を対象にした検討を行っている。①時間生成については、3 種類の異なる時間経過を眼球運動で報告するようにサルを訓練し、小脳核と基底核（線条体）から運動準備活動を記録した。すべての時間長で双方に活動が見られたが脳部位によって時間経過が異なり、線条体は生成する時間長に対する相対的な時間経過を反映し、小脳核は運動タイミングの微調整を行っていると考えられた（投稿準備中）。②感覚予測については、欠落オドボール課題を用いてサルに繰り返し刺激のタイミングを予測させ、小脳核と運動性視床の神経活動を調べた。小脳核に関しては論文発表を行い、現在は小脳核ニューロンのもつ時間情報の生成機序を探るため、神経活動記録と微量の薬物投与を同時に行うとともに、電気刺激実験などを行っている。視床に関してもタイミング予測に関与すると考えられる神経活動を同定し、その詳細を調べている。また、動く物体の軌道予測を必要とする行動課題を新たに開発して行動解析を行った。③皮質下変性疾患での検討については、上記の欠落オドボール課題などで群間差を認めている。適応学習の観点を導入するため、北澤班と順序判断に関する共同研究を開始した。他の領域内連携としては、平田班と行動課題を共有して行動・脳波の比較解析をヒト・サル・チンパンジーで行う準備を進めている。

計画研究項目 A04 (河村班) 本邦社会における高齢化の現状の中で、多くの問題が指摘されている。たとえば、アルツハイマー病やパーキンソン病などの神経変性疾患が急激に増加している。アルツハイマー病の中核症状は、時と場所の見当識障害・健忘・遂行機能障害・失語などとされている。また運動症状を主症状とするパーキンソン病でも認知機能の低下が生じ、時間認知の障害も報告されている。場所認知障害の責任病巣がこの 20 年間の中で徐々に明らかにされてきた一方で、時間認知の責任病巣は明確でなく、その脳内機構も明らかにされていない。本研究では様々な疾患の病態機序背景を統合することで、ヒトの時間認知メカニズムの解明を目標としている。これまでアルツハイマー病、パーキンソン病、辺縁系脳炎の各疾患症例における (1) 時間推測・時間的順序の障害の検討、(2) 未来感を作り出す展望記憶の検討、(3) 時間意識と作話病態との関連の検討を行い、データの収集から論文掲載まで、それぞれ順調に成果を挙げている。その中には特筆すべき発見も含まれている。計画当初は記憶障害を中心に添えた研究を想定していたが、パーキンソン病における時間認知障害は、記憶というよりむしろクロックの問題であることが分かってきた。脳イメージングとの関連も見い出し、大変興味深い知見を発表できると期待している。これまでの臨床神経心理学の中では「こころの時間」はほとんど扱われてこなかったが、多岐にわたる疾患症例を検討している本研究の成果によって、そのメカニズムの一端が垣間見えてきた。

計画研究項目 B01 (大津班) 本計画研究では、「こころの時間学」の哲学的基盤を整備すると同時に、ヒトが時間を概念的に操作する手段としての言語知識が時間軸上でどのように発達し使用されるのかをできるだけ明示的な、一般理論の形で提示することを目的としている。一般的に時間概念は「過去、現在、未来」という三区分の整理に留まりがちだが、時間表現で利用されている時間概念はそれ以上に多様であることが明確になった。たとえば、時間表現では、発話時(Point of Speech)、事象時(Point of the Event)、参照時(Point of Reference)が利用され、その間の相互関係によって、時制や相の選択が行われる。時制と相の選択には個別言語間に一定の変異が許されており、こうした表現の広がりとその限界について掘りどころとなる言語資料を日本語、標準英語、アイルランド英語をはじめとする諸言語からの資料に求め、言語の個別性・多様性および普遍性の視点から言語資料の収集、事実の吟味、および、説明理論の構築を進めているところである。さらに、本研究計画では、狭義の意味論(semantics)にだけでなく、言語知識の運用に関する知識である語用論(pragmatics)にも重要視しており、語用論的視点が時間表現の解釈に重要な役割を果たしていることを明らかにした。これらの言語構造の知見に加えて、発達の視点からは、幼児を対象とした行動実験の結果にもとづき、時間表現の獲得と言語知識の構成について検討している。また、発話解釈能力の観点からは、時間表現の諸用法と他の言語表現の諸用法との並行関係について検討している。

言語・哲学班は「こころの時間学」プロジェクトにおける「人文科学」に基盤を置いた班として、その成果を他のメンバーと共有する方法に工夫を凝らしている。班員によるチュートリアルやこの分野の先導者の1人である William Snyder コネチカット大学教授（言語学、認知科学）による講演などを数回に亘り行っており、今年度も Stefan Kaufmann 教授、Magdalena Kaufmann 教授（いずれもコネチカット大学、言語学、認知科学）を招聘し、講演を行ってもらう予定である。このように、本班の研究成果はプロジェクトの他の班とも共有され、その上で、他班、ことに、神経科学関係の班との連携に向けた調整を行っており、今年度中には実験などに着手できる予定である。

計画研究項目 C01 (平田班) 設定した目的は、ヒトのこころの時間の独自性と進化的基盤を検討するために、チンパンジーやボノボといった類人猿を主な対象に、彼らのこころの時間の特性を調べることである。具体的には、応募時に、次の研究課題を実施することを掲げた。すなわち、1) エピソード様記憶、2) 未来計画、3) 時間の再現、4) 時間の順序判断、5) 時間の長さの知覚と事象タイミング予期、6) 物体運動や他者の動作の予期、7) 短期記憶である。エピソード様記憶については、公募班である藤田班との連携により、偶発的に生じた事象の記憶に関して、げっ歯類やネコやウマで実施する実験手続きと同一の手法を用いてチンパンジーとボノボで課題を実施しデータを収集中である。さらに、先述の実施予定課題6)とあわせて、アイトラッカーによる視線計測で、エピソード様記憶と動作の予期を組み合わせで検討する新たな実験手続きを考案し、チンパンジーとボノボが一度だけ目撃した偶発的な事象を長期記憶に保持してその記憶を次の動作や出来事の予期に用いていることを明らかにした。この新しい研究パラダイムにより、計画班の河村班(A04班)ならびに田中班(A03班)と連携して、脳機能障害の患者およびマカクザルを対象とした比較研究に着手した。未来計画に関しては、道具使用場面における将来の事態への備えを検討する行動観察をおこない、成果の一部を学会発表した。時間の再現と短期記憶については、熊本サンクチュアリで平成23年度に着手した国内初の飼育下ボノボ研究と連動し、ボノボならびにチンパンジーを対象としたタッチパネル課題として実施中である。時間の順序判断については計画班の北澤班(A01班)と議論をおこない課題の準備中である。時間の長さの知覚と事象タイミング予期について、計画班の田中班(A03班)と連携して、長さの異なる純音をオッドボール課題として提示した際のチンパンジーの事象関連電位の解析を共同でおこなっている。また、当初計画には入れていなかったが、公募班の酒井班と共同して、時間割引について調べる課題をチンパンジーとボノボで実施している。その他、チンパンジーの自己認識における時間遅延の影響、長期心理的ストレスに関するホルモン測定、野生ボノボの食物分配の観察研究、チンパンジーにおける順序と空間の異種感覚統合、ニホンザルにおける運動軌跡の認知についてそれぞれ成果を学会や論文にて発表した。

3. 審査結果の所見において指摘を受けた事項への対応状況（2 ページ程度）

審査結果の所見において指摘を受けた事項があった場合には、当該コメント及びそれへの対応策等を記述してください。

審査結果の所見において指摘を受けた事項は下記の通りである。

「研究組織は、実績のある多様な研究者で構成されているが、領域全体を横断する手法や仕組みが十分ではなく、計画研究間の連携・統合を促すための工夫が必要である。また、神経科学や哲学的・言語学的な研究成果をどのように連携させていくのかを明確にするとともに、心理学、哲学、言語学などの研究者については公募研究において補うことが望ましい。」

以下、所見を3点に分け、それぞれについての対応策とその効果を記述する。

①「領域全体を横断する手法や仕組みが十分ではなく、計画研究間の連携・統合を促すための工夫が必要である。」

[対応策]

一般的に学際的連携には、i) 問題意識の共有、ii) 問題設定や学術戦略の差異の容認、iii) 特有な専門用語の相互理解、iv) 緻密な人的交流、が必須となる。このため当領域では発足当初より、連携を促進する仕組みを作ってきた。たとえば、上記 i-iii) を解決するために、2015年2月1日の班会議において「哲学と神経科学の対話」と題し、文理双方から問題を提起し、全班員で大規模な議論および情報交換を行った。また上記 iv) を解決するために、2014年9月27日には「言語・哲学」班チュートリアル

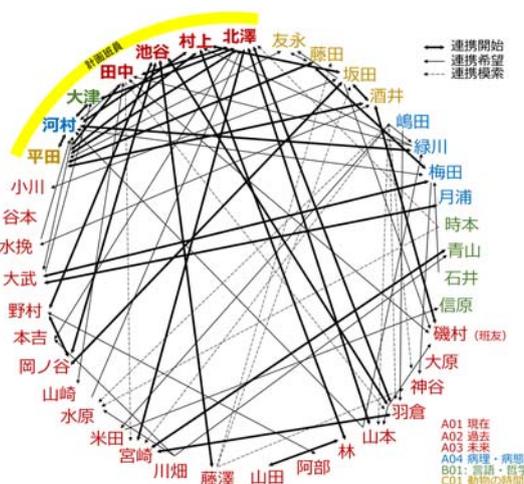
(会場：明海大学)、2014年11月29-30日には「動物」班チュートリアル(熊本サンクチュアリ)などの勉強会を開催し、班員間の交流を図った。総括班は企画のみならず金銭的支援も行った。

[効果]

こうした積極的な仕掛けを不断に継続した結果、現在、多くの連携研究が成立している。2015年6月時点での領域内連携の実体をダイアグラムにまとめた(上図)。太線で示したように、すでに連携研究が開始しているものが26件ある。また、細線で示したように、連携を希望している、もしくは連携の可能性を模索しているなど、連携研究の準備を進めているものが44件ある。これは班員一人あたり平均1.8件に相当し、班員のほぼ全メンバーが何らかの連携研究に携わっていることになる。とりわけ特筆すべき点は、異なる分野(同ダイアグラムでは領域を色分けしてある)の間で成立した学際的連携が進行中13件、準備中25件と、全連携研究の半数以上を占めることである。有機的な複合領域の融合が順調に進んでいることを象徴している。

学術論文や書籍などの具体的なアウトプットについては、既に、連携研究の成果として13報の学術論文が発表されていることが注目に値する(共著もしくは Acknowledgement に連携先の班員が明記された出版物に限ってカウントした)。内訳は、国際誌への掲載が11報、国内誌への掲載が2報であり、国内のみならず、海外へ発信が多いことも強調したい。なお、連携研究の学会発表については25件(うち6件は国際学会)、書籍の出版についても4報が決定済みである。

以上のように、着々と蓄積しつつある成果は、複合領域として発足した当新学術領域が、健全かつ順調に領域内連携を推進していることを如実に示している。後半に向けても、これまで同様の工夫を続け、さらに領域内の連携と統合を推進する。



②「神経科学や哲学的・言語学的な研究成果をどのように連携させていくのかを明確にすることが望ましい。」

[対応策] 1) 公募研究において神経科学や哲学的・言語学的な研究成果を統合する位置づけの研究課題の採択に努めるとともに、2) ①で述べた連携促進の取り組みを行った。具体的には、「言語・哲学」班チュートリアル（会場：明海大学、2014年9月27日）を開催し、神経科学者に対し哲学的・言語学的な研究成果の理解を深め議論する機会を作った。さらに2015年2月1日の班会議においては「哲学と神経科学の対話」と題した全班員参加の議論および情報交換を行い、それぞれの研究領域の考え方と研究成果に対する理解を深めた。

[効果] 1) 公募研究課題「言語操作による脳波計測実験を通じた事象時刻と基準時刻の脳内地図構築」（時本班）を採択した。言語学的な事象時刻と基準時刻の研究成果を言語操作に生かし、脳波計測実験を通じて神経科学的に事象時刻と基準時刻の脳内地図構築を解明することを目指した研究である。

2) 「言語・哲学」班チュートリアルや「哲学と神経科学の対話」を契機に、神経科学の研究班と哲学・言語学の研究班の間で数多くの連携が立ち上がり、進行中である。具体的な内容を3例挙げる。

大津班—北澤班 まったく同じ言語刺激で、コンテキストに応じて参照時(Point of Reference)が変わる刺激を言語学的な研究成果に基づいて準備して、参照時を表現する神経基盤を非侵襲脳活動計測法を用いて調べる研究が進行している。

大津班—山田班 時間の前後と空間の前後の関係を調べる山田班の研究課題に対し、大津班が言語学的な研究成果（時間に関しては、「前」が未来を表す場合と、過去を表す場合がある）を生かしたアドバイスを行った。

青山班—宮崎班 神経科学的データの解釈を深化させるために哲学的観点を導入し、神経科学的知見に基づく哲学的論考を拡張した。その結果、時間順序判断と同時性判断の差異/共通性に基づき、主観的"いま"の成り立ちに関する新解釈を構築することに成功した。この成果の一部は Matsuzaki SK, Kadota H, Aoyama T, Takeuchi S, Sekiguchi H, Kochiyama T, Miyazaki M., Int J Psychophysiol, 94:193, 2014.として発表された。

③「心理学、哲学、言語学などの研究者については公募研究において補うことが望ましい。」

[対応策] 公募研究課題で、心理学（2件）、哲学・言語学（3件）、計5件を採択して補った。

課題名と代表者（氏名、所属）は下記の通りである。

心理学（2課題）

1) 知覚の時間的連続性を支える脳情報処理：新錯視を用いた心理物理学的分析

本吉 勇 東京大学 大学院総合文化研究科

2) 時間の実験美学：美と魅力が時間の感じ方に与える影響とその要因の解明

川畑 秀明 慶應義塾大学 文学部

哲学・言語学（3課題）

3) 自己意識における時間性

信原 幸弘 東京大学 大学院総合文化研究科

4) 現在・過去・未来の時制認識における可能性様相の働きの言語哲学的分析

青山 拓央 山口大学 時間学研究所

5) 意思決定の言語・文化的影響：時間割引に関する検討

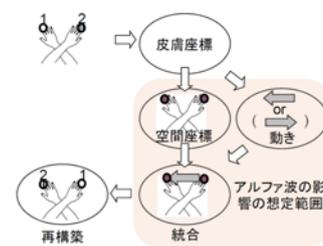
石井 敬子 神戸大学 大学院人文学研究科

4. 主な研究成果（発明及び特許を含む）[研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に整理する]

（3 ページ程度）

本研究課題（公募研究を含む）により得られた研究成果（発明及び特許を含む）について、新しいものから順に発表年次をさかのぼり、図表などを用いて研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に整理し、具体的に記述してください。なお、領域内の共同研究等による研究成果についてはその旨を記述してください。

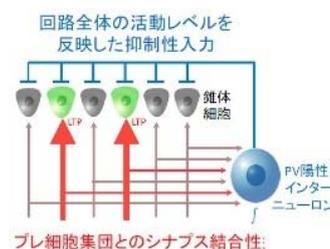
研究項目 A01:計画研究(北澤班) 2 信号の「空間位置」情報と、2 信号から作られる「動き」情報を統合して時間順序が構成されるという「動き投影仮説」を検証し、時間順序を作り出す神経機構の解明を進めた。1) 左右の手の交差に伴う時間順序判断の逆転から、動き投影仮説の提案にいたるまでの研究の流れを総説にまとめた(Scholarpedia J, 2015)。山本慎也公募班員(D01)との共同研究。2) 背景を基準とする空間座標系が右楔前部腹側に表現されていることを発見した(Eur J Neurosci, 2015)。楔前部から帯状回後部を含む領域が損傷すると、複数の対象を同時に認識できなくなるという時間認知の異常(同時失認, simultagnosia)が生じる。われわれが発見した右楔前部の領域は、私たちが意識する対象を背景を基準に統合して、「こころの現在」のスナップショットを提供している可能性がある。3) 時間長さ知覚に関与するとされる大脳基底核が時間順序判断には決定的な寄与をしないことを示した(Plos One, 2015)。大脳基底核は時間の長さの知覚には重要な貢献をしていることがよく知られている。これとは対照的に、時間の順序の判断には決定的な寄与をしていないのだろう。4) 時間順序判断の「動き投影仮説」を提案した(Cereb Cortex, 2013)。左右の手への刺激の時間順序判断で、頭頂葉、運動前野等の空間座標表現領域に加え、上側頭溝周辺の「動き」を表現する領域で活動が増加した。この結果から上述の「動き投影仮説」を提案した。



動き投影仮説

研究項目 A01:計画研究(村上班) 心的持続時間の長短の決定要因を探る実験として、フリッカ視覚刺激観察時の主観的持続時間の拡大効果が生じるために最適な時間周波数を同定し、さらに、線条体と連合野の周波数引き込み現象で知覚を説明できることをシミュレーションで実証した (Timing and Time Perception, in press)。また、実時間で MEG 後頭 α 波形に基づいたニューロフィードバックを視覚的に与えたところ、フィードバック訓練後の視覚成績に影響が及ぶことを発見した (NeuroImage 2015)。注意の実験では、探索画面と同時に背景に動的ノイズを呈示すると視覚的印付けが壊れることを見出し (Vision Res, in press)、また、ノイズ存在下での絶対閾から視覚的印付けに伴う注意の時間配分を算出した (Vision Res 2014)。さらに、知覚学習により生じる行動成績の変化の神経基盤である領野間的高速通信ネットワークにおいて、年齢群によっては神経束の再構成を伴うことが脳構造解析でわかり、脳内モジュール間の同期的計算がハードウェアの変更を伴うことが示唆され (Nat Commun 2014)、また加齢による機能解剖学的変化は神経束だけでなく、初期視覚野の面積の変化におよぶことも見出された (Neurobiol Aging 2015)。

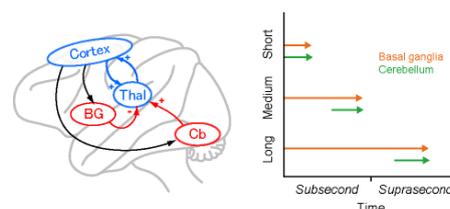
研究項目 A02:計画研究(池谷班) 記憶の定着に関与する神経プロセスに焦点を当てた。ニューロン同士の機能的結合に基づき随時形成され、脳内情報処理の基本単位と考えられるセルアセンブリが織りなすシーケンスが最も同期的な形で出現するのが、海馬に現れる Sharp Wave(SW)である。SW 発生中は、以前の経験や記憶に基づいて形成されたセルアセンブリが再び同期的に発火することで記憶が再生するとされるが、その神経回路基盤は不明であった。Arc-dVenus トランスジェニックマウスとホールセルパッチクランプ法を組み合わせ、過去経験に関わったニューロンが SW 発生時に優先的に発火すること、また SW 中にアクティブなニューロンにおいて、一過的なシナプス入力の興奮・抑制バランスが崩れていることを見出した (Nat Neurosci 2014)。SW の大きさに対し抑制性入力大きさは強い相関があり、興奮性入力大きさは相関が弱かった。またパルバルブミン陽性介在ニューロンの発火率は SW の大きさと線形関係にあった。SW の大きさに応じた均一なフィードフォワード抑制と、個々のニューロンの活性化履歴で決まる不均一な興奮性入力により形成さ



記憶の再生の仕組み。記憶に関わったニューロン(緑)は、LTPにより平均より大きな興奮性信号を受け、回路の活動水準を検知したパルバルブミン陽性介在ニューロンの送る抑制性信号に勝つ。LTPによる興奮性信号の増強が記憶の痕跡を形成する。

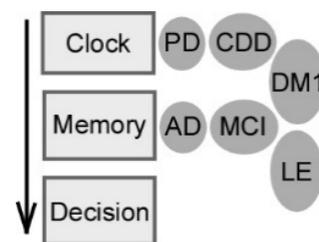
れるバランスが、記憶に関わったセルアセンブリの出現を運命づけていると提案した。次に、in vivo において報酬系が活性化すると SW の頻度が上昇するとされるが、この現象の詳しいメカニズムは明らかにされていないので、in vitro の系を用いてドパミンの海馬への適用が SW の頻度調節に与える影響を薬理的に検討した。生後 3-4 週齢の ICR マウスから急性切片を作成し、細胞外記録法により海馬 CA1 野錐体細胞層で生じる自発的な SW を観察した。ドパミンを SW 発生中の海馬スライス標本に灌流適用したところ、SW の頻度が上昇し、ドパミンの wash-out 後も持続する可塑性を呈した (PLOS One 2015)。この効果は D1/D5 アンタゴニスト SCH23390 によって阻害され、D2 アンタゴニスト sulpiride によっては阻害されず、D1/D5 アンタゴニスト SKF38393 を同様に灌流適用するとドパミンを適用した際と同様の頻度上昇が見られた。ドパミンは late-LTP を引き起こし、LTP は SW の発生に関わることが知られているが、上記の結果は、late-LTP では作用の速さが説明し難く、効果が washout 後も持続することから、ドパミンは D1/D5 受容体を介し late-LTP とは別の経路で SW の発生を調節すると推察される。

研究項目 A03:計画研究(田中班) 計時と感覚予測の神経機構を主にサルを用いて調べた。計時の神経機構に関しては、一定の時間経過を眼球運動で答えるように訓練したサルの小脳核と線条体から運動準備活動を記録し、双方が 0.3~2.2 秒までのいずれの時間長を報告する際にも関与すること、神経活動の時間経過が小脳と基底核で異なること、前者の不活化では数百ミリ秒、後者の不活化では 1 秒以上の時間生成に大きな変化が生じることなどを見出した。感覚予測に関しては、欠落オドボール課題を用いて小脳核と運動性視床のニューロン活動を解析した (J Neurosci, 2013)。また、動く物体の軌道予測を利用した行動課題を新たに開発してサルの行動解析を行った。



小脳と基底核の準備活動の出現タイミング

研究項目 A04:計画研究(河村班) 多岐にわたる神経疾患を横断的に検討する時間認知障害プロジェクトは、現在、アルツハイマー病(AD)、軽度認知障害(MCI)、辺縁系脳炎(LE)、小脳変性症(CDD)、パーキンソン病(PD)、筋ジストロフィー type 1(DM1)の患者を対象にしている。数秒から数分までの時間スケールを扱った時間認知課題と各疾患に対応した脳イメージングの関連を検討している。時間認知は clock、memory、decision の 3 段階に分けられ、段階的に処理が進行されるとするスカラー期待理論を適用し、病態機序を想定した。その結果、一言で時間認知障害といっても疾患によって背景メカニズムはかなり異なり、またある程度精査できることが分かった。例えば PD の時間認知障害では、時間幅の過小評価が memory 機能よりも clock 機能で説明でき、また線条体のドパミントランスポーターと関連していることを発見した。これに対し AD や MCI は clock 機能に問題がなく、memory 機能の異常に強く依存した時間認知障害であることが示唆された。さらには LE や DM1 のように、疾患によっては段階をまたいだ障害である可能性が示された。



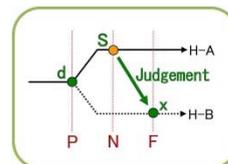
スカラー期待理論を適用した病態機序の想定

研究項目 A04:公募研究(梅田班) 心の未来性に関する認知神経メカニズムの解明に向けて、展望記憶とその障害について過去の研究を総説した(Brain Medical, 2014)。

研究項目 B01:計画研究(大津班) 時間表現を扱う言語知識の仕組みについて、内部構造の発達および他の認知システムとの関連において、個別言語事象の分析を通じて調べた。言語知識の視点から、個別言語に注目し、各言語独特の時間表現を検討し、その背後の言語構造を体系的に調べた。例えば、標準イギリス英語と異なる文法体系を持つアイルランド英語に固有のテンス・アスペクト形式である、習慣の do be V-ing と完了の be after V-ing について、その意味領域を明らかにしつつ、当該文法形式に対する言語話者の意識の相違を検討した。いずれもアイルランド英語固有の時間表現であるが、「アイルランドらしさ」と「正しさ」の意識を軸とした話者意識の違いが言語変化に及ぶときに働く条件と制約について分析した。発達の視点からは、「前に」「後に」によって導かれる副詞表現について、日本語を母語として獲得中の 3~4 歳の幼児を

対象に実験した。これらの表現を含んだ文は言及順(Order of Mention、OM)と生起順(Order of Events、OE)が合致する場合(「太郎は風呂に入ったあと、夕食を食べた」としない場合(「太郎は夕食を食べる前に、風呂に入った」)がある。いずれの場合も、日本語話者成人とほぼ同等の知識があったが、英語母語の幼児の先行研究で指摘された、OMをOEとして理解してしまう解釈方略の効果が日本語母語の幼児にも若干見られた。発話解釈能力の視点では、時間表現を理解する過程の一部に、代名詞など代用表現の解釈に用いる理解の過程との平行性があった。ゆえに、時間の心的概念の全てが言語化されてはいないこと、聞き手は話し手が用いた不完全な言語表現を手掛かりに(話し手が意図した)時間概念を解釈するが、そのメカニズムには代名詞を解釈する場合と共通の面が多いことが分かった。

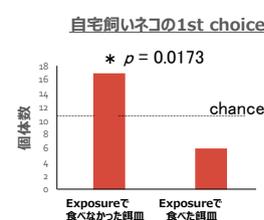
研究項目 B01:公募研究(青山班) 時間分岐的様相と自由意志・責任帰属との関係を多角的に論じ(Ann Jpn Assoc Phil Sci 2015)、その分析をB. Libetらの心理学実験にも適用した。また、D. ScotusからAristotleへの意味論上の回帰として、可能性の論理的様相に対する時間分岐的様相の先行性を主張し(哲学 2014)、S. Kripkeのde re様相に関する議論をWittgensteinの知識論に接合した。



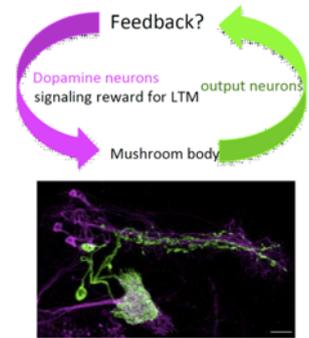
研究項目 C01:計画研究(平田班) チンパンジーとボノボが画像を見る際の視線をアイトラッカーによって解析した(PLoS ONE in press)。その結果、チンパンジーとボノボで画像を見る際の注視パターンに違いがあり、種によって「こころの世界」が異なること、および本研究ならびに関連した一連の結果から一貫して両種ではヒトに比較して眼球運動の停留時間が短くサカードが大きいことから、「こころの時間」の主観的進行速度が異なる可能性が示唆された。また、チンパンジーの心理的ストレスをホルモン測定によってモニターし、社会的な要因が3か月程度にわたって心理的ストレスとして残ることが示された(Gen Comp Endocr 2013)。野生ボノボに特徴的な観察事例として、個体間の食物分配行動が将来の見返りを期待した互惠的利他主義ではなく即時的な平和的關係によって成立していることが示された(Behav 2015)。チンパンジーの異種感覚統合に関する実験的研究では、順序を処理する際に、順序が前である事象は空間的に左に、後である事象は右にマッピングするという空間のアナロジーがあった(PLoS ONE 2014)。ニホンザルでは、動く影から物体の運動軌跡を知覚する能力があり、こうした知覚がマカクザルとヒトで共通であるとわかった(Dev Sci 2013)。

研究項目 C01:公募研究(坂田班) ラットとマウスを用いて数秒～数十秒のインターバルタイミングにおける発達メカニズムを比較心理学的に検討した。ラットではPI 30s スケジュールで長期間訓練すると、その反応ピークが非常に安定的に観察されることわかった。PI 30sからPI 20sへ、あるいはPI 30sからPI 40sへと強化設定時間を移行したときのピーク時間の変化から、新たな数理モデルを提案した(J Comp Neurosci, 2015)。また、時間情報処理に関連する脳部位の測定指標として、学習と関連して海馬から観察される海馬θ波も有効だとわかった(Behav Brain Res 2015)。

研究項目 C01:公募研究(藤田班) 「過去を想うところ」として、偶発的に記憶した過去体験の利用可能性を検討した。シリアンハムスターとデグーを対象に、4アーム迷路の各アームに同じ外見の餌箱を置き、2箇所だけにペレットを置き、うち1箇所でのみ採食させた。全てのアームを1度だけ訪問させた後、10分以上の遅延後に再訪問させた。偶発的記憶を取り出すならば、第1選択では先回ペレットはあったが食べられなかったアームに再訪問するはずだが、ペレットのあった2箇所では差はなく、偶発的記憶の利用は示されなかった。他方、ネコを対象に、4つの不透明の容器を利用して、2箇所のうち1箇所のみで採食を許容する条件でテストしたところ、再訪問時の容器の第1選択は、ネコカフェで飼育されているネコでは無作為で、自宅飼いのネコでは、食べられなかった容器を最初に選択する個体が有意に多く、偶発的記憶の利用が示された。



研究項目 D01:公募研究(谷本班) 報酬・罰などの情動を伴う刺激は連合記憶の形成を駆動する。この連合記憶は、ハエの脳内のキノコ体と呼ばれる部位で形成される。本研究では、全てのキノコ体接続神経を遺伝学的に標識したハエ系統ライブラリーを作出し、これを用いてキノコ体の網羅的神経地図を作成した(Aso et al. eLife 2014a)。さらに、これらの系統を用いて嗅覚、視覚連合学習におけるキノコ体の役割を検討することで、色と匂いという異なる感覚情報の記憶が、キノコ体の同一の神経回路で処理されることを見出し(Vogt et al. eLife. 2014; Aso et al. eLife 2014b)、脳機能の効率化メカニズムの一端を解明した。また、キノコ体に投射するドパミン神経細胞群の中に、短期・長期記憶を独立に誘導する細胞が存在し、甘みや栄養価という異なる報酬成分を伝えることを見出した。さらに、長期記憶形成を特異的に誘導する報酬系ドパミン神経細胞は、キノコ体の特定領域に局所的に入力することが明らかとなった(Yamagata et al. PNAS 2015)。今後は、キノコ体の該当部位から出力するグルタミン酸作動性の神経細胞が、前述したドパミン入力神経の樹状突起に投射して、フィードバック回路を形成するかどうかを調べる。

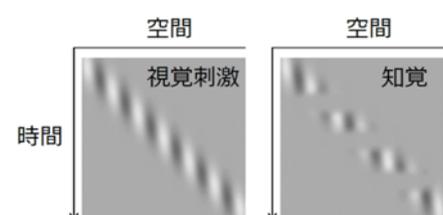


研究項目 D01:公募研究(野村班) 学習後に遅発的に生じる遺伝子発現が記憶の長期的な維持に寄与するメカニズムを明らかにした (J. Neurosci 2014)。文脈依存的な恐怖条件づけの後に、最初期遺伝子 Arc 発現の時系列を海馬で追ったところ、Arc がこれまで知られていた学習直後だけでなく、12 時間後にも上昇することが明らかになった。12 時間後の Arc 発現は、学習時に活性化したニューロンで選択的に誘導された。アンチセンスオリゴデオキシヌクレオチドを用いて、遅発的 Arc 発現を抑制したところ、1) 2 日後の記憶は保持される一方、7 日後の記憶は障害され、2) 樹状突起棘の刈込みと学習時に活性化したニューロン集団の再活性化も障害された。以上の結果は、遅発的 Arc 発現が樹状突起棘の刈込みやニューロン集団の安定的な活性化を通じて、記憶の長期的な安定化に寄与することを示唆する。



研究項目 D01:公募研究(川畑班) 絵画に感じる時間認知に関して、時間再生課題等を用いて、絵画に感じる美の程度と時間長さの関係を調べた。絵画鑑賞時の飽き効果に関しては、観賞の時間推移とともに評価値も鑑賞時間も低下する Museum Fatigue 効果を明らかにした。絵画に感じる美の脳刺激法による評価変化およびその時間的持ち越し効果に関して、前頭葉と頭頂葉に対する経頭蓋直流刺激が美的評価を変化させ、かつ電流効果がない翌日にも評価変化の持ち越しが明らかになった。魅力認知の意識過程の時間特性および恋人顔画像に対する知覚時間および意識過程の時間特性に関して、高速継時刺激提示や連続フラッシュ抑制提示の手法を用いて、個人にとって魅力のある顔が意識に長く止まるなどの注意の時間特性を明らかにし、魅力の潜在過程を明らかにした(Front Psychol, 2014)。多感覚情報間の提示時差の時間的再較正に関する研究では、歌唱表現の基礎として発話感覚と発話音声の遅延聴覚フィードバック情報の時差順応により生じる時間的較正効果について明らかにした(Exp Brain Res, 2014)。

研究項目 D01:公募研究(本吉班) 知覚における時間の連続性を支える脳情報処理の原理を明らかにするため、滑らかに移動する視覚刺激がとびとびに跳躍して見える「離散運動錯視」を新たに発見し、その諸特性を様々な心理物理学実験により解析した(Jpn J Psychon Sci, 2014)。解析の結果から、離散運動錯視は、高次の視覚処理過程において、移動中の刺激全体の現在位置の神経表現と、刺激内部の輝度運動が予測する位置の神経表現との乖離を解消するはたらきに起因するとの仮説を得た。しかし、錯覚的な跳躍の見かけの時間周期は刺激条件によらず約 4-5 Hz となることもわかった。離散運動錯視における知覚の離散化は位置表現の乖離を原因としつつも、その主観的な様相は脳内において一定周期で動作する、おそらく注意や知覚的気づきの時間分解能を決定づける神経機構と重なるメカニズムにより決定されると考えられる。



5. 研究成果の公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）（5 ページ程度）

本研究課題（公募研究を含む）により得られた研究成果の公表の状況（主な論文、書籍、ホームページ、主催シンポジウム等の状況）について具体的に記述してください。論文の場合、新しいものから順に発表年次をさかのぼり、研究項目ごとに計画研究・公募研究の順に記載し、研究代表者には二重下線、研究分担者には一重下線、連携研究者には点線の下線を付し、corresponding author には左に*印を付してください。また、一般向けのアウトリーチ活動を行った場合はその内容についても記述してください。また、別添の「(2) 発表論文」の融合研究論文として整理した論文については、冒頭に◎を付してください。

A01 「現在」

A01-1 北澤 茂：時間順序を作り出す神経メカニズムの解明

<論文>

- Uchimura, M., Nakano, T., Morito, Y., Ando, H. & *Kitazawa, S. (2015). Automatic representation of a visual stimulus relative to a background in the right precuneus. *European Journal of Neuroscience*. doi: 10.1111/ejn.12935. (査読有)
- ◎*Ohmae, S., Takahashi, T., Lu, X., Nishimori, Y., Kodaka, Y., Takashima, I. & *Kitazawa, S. (2015). Decoding the timing and target locations of saccadic eye movements from neuronal activity in macaque oculomotor areas. *Journal of Neural Engineering* 12, 036014. (査読有)
- ◎*Yamamoto, S. & Kitazawa, S. (2015). Tactile temporal order. *Scholarpedia Journal* 10, 8249. (査読有) [北澤班と山本班との共同研究]
- Suda, Y. & *Kitazawa, S. (2015). A model of face selection in viewing video stories. *Scientific Reports* 5:7666, 1-11. (査読有)
- Nishikawa, N., Shimo, Y., Wada, M., Hattori, N. & *Kitazawa, S. (2015) Effects of aging and idiopathic Parkinson's disease on tactile temporal order judgment. *PLoS One* 10, e0118331, 1-15. (査読有)
- Inoue, M., Uchimura, M., Karibe, A., O'Shea, J., Rossetti, Y. & *Kitazawa, S. (2015). Three timescales in prism adaptation. *Journal of Neurophysiology* 113, 328-338. (査読有)
- Takahashi, T., Kansaku, K., Wada, M., Shibuya, S. & *Kitazawa, S. (2013). Neural correlates of tactile temporal-order judgment in humans: an fMRI study. *Cerebral Cortex* 23, 1952-64. (査読有)

A01-2 村上 郁也：こころの時間長・同期・クロックを作り出す認知メカニズムの解明

<論文>

- ◎Hashimoto, Y. & *Yotsumoto, Y. (in press). Effect of temporal frequency spectra of flicker on time perception: behavioral testing and simulation using a striatal beat-frequency model. *Timing and Time Perception* (査読有)
- *Osugi, T. & Murakami, I. (in press). Onset of background dynamic noise attenuates preview benefit in inefficient visual search. *Vision Research*. (査読有)
- ◎Chang, L.H., Yotsumoto, Y., Salat D.H., Andersen G.J., Watanabe T. & *Sasaki, Y. (2015). Reduction in the retinotopic early visual cortex with normal aging and magnitude of perceptual learning. *Neurobiology of Aging*, 36(1), 315-322. (査読有)
- ◎*Okazaki, Y.O., *Horschig, J.M., Luther, L., Oostenveld, R., *Murakami, I. & *Jensen, O. (2015). Real-time MEG neurofeedback training of posterior alpha activity modulates subsequent visual detection performance. *NeuroImage*, 107, 323-332. (査読有)
- Yotsumoto, Y., Chang, L.H., Ni, R., Pierce, R., Andersen, G.J., Watanabe, T. & *Sasaki, Y. (2014). White matter in the older brain is more plastic than the younger brain. *Nature Communications*, 5:5504, 1-8. (査読有)
- *Osugi, T. & Murakami, I. (2014). Previewing distractors reduces efficiency of visual processing at previewed locations. *Vision Research*, 95, 51-60. (査読有)

A02 「過去」

A02 池谷 裕二：記憶による時間創成メカニズムの探索

<論文>

- Norimoto, H., *Ikegaya, Y. Visual cortical prosthesis with a geomagnetic compass restores spatial navigation in blind rats. *Curr. Biol.*, 21:1091-1095, 2015. (査読有)
- Iwasaki, S., Sakaguchi, T., *Ikegaya, Y. Brief fear preexposure facilitates subsequent fear conditioning. *Neurosci. Res.*, 95:66-73, 2015. (査読有)
- Nakayama, D., Iwata, H., Teshirogi, C., Ikegaya, Y., Matsuki, N. & *Nomura, H. (2015). Long-delayed expression of the immediate early gene *Arc/Arg3.1* refines neuronal circuits to perpetuate fear memory. *Journal of Neuroscience*, 5, 819-830. (査読有) [池谷班と野村班との共同研究]

- Nakayama, D., Baraki, Z., Onoue, K., Ikegaya, Y., Matsuki, N. & *Nomura, H. (2015). Frontal association cortex is engaged in stimulus integration during associative learning. *Current Biology*, 25, 117-123. (査読有) [池谷班と野村班との共同研究]
- Abe, R., Sakaguchi, T., Kitajo, K., Ishikawa, D., Matsumoto, N., Matsuki, N. & *Ikegaya, Y. (2014). Sound-induced modulation of hippocampal θ oscillations. *Neuroreport*, 25, 1368-1374. (査読有)
- ◎Okamoto, K., Ishikawa, T., Abe, R., Ishikawa, D., Kobayashi, C., Mizunuma, M., Norimoto, H., Matsuki, N. & *Ikegaya, Y. (2014). Ex vivo cultured neuronal networks emit in vivo-like spontaneous activity. *Journal of Physiological Sciences*, 64, 421-431. (査読有)
- Miyawaki, T., Norimoto, H., Ishikawa, T., Watanabe, Y., Matsuki, N. & *Ikegaya, Y. (2014). Dopamine receptor activation reorganizes neuronal ensembles during hippocampal sharp waves in vitro. *PLoS One*, 9:e104438, 1-13. (査読有)
- Nonaka, A., Toyoda, T., Miura, Y., Hitora-Imamura, N., Naka, M., Eguchi, M., Yamaguchi, S., Ikegaya, Y., Matsuki, N. & *Nomura, H. (2014). Synaptic plasticity associated with a memory engram in the basolateral amygdala. *Journal of Neuroscience*, 34, 9305-9309. (査読有)
- Abe, R., Sakaguchi, T., Matsumoto, N., Matsuki, N. & *Ikegaya, Y. (2014). Sound-induced hyperpolarization of hippocampal neurons. *Neuroreport*, 25, 1013-1017. (査読有)
- Onoue, K., Nakayama, D., Ikegaya, Y., Matsuki, N. & *Nomura, H. (2014). Fear extinction requires Arc/Arg3.1 expression in the basolateral amygdala. *Molecular Brain*, 7:30, 1-7. (査読有)
- ◎Ishikawa, D., Matsumoto, N., Sakaguchi, T., Matsuki, N. & *Ikegaya, Y. (2014). Operant conditioning of synaptic and spiking activity patterns in single hippocampal neurons. *Journal of Neuroscience*, 34, 5044-5053. (査読有)
- Mizunuma, M., Norimoto, H., Tao, K., Egawa, T., Hanaoka, K., Sakaguchi, T., Hioki, H., Kaneko, T., Yamaguchi, S., Nagano, T., Matsuki, N. & *Ikegaya, Y. (2014). Unbalanced excitability underlies offline reactivation of behaviorally activated neurons. *Nature Neuroscience* 17, 503-505. (査読有)

A03 「未来」

A03 田中 真樹 : 計時と予測の神経機構の探究

<論文>

- *Yoshida, A. & *Tanaka, M. (2015). Two types of neurons in the primate globus pallidus external segment play distinct roles in antisaccade generation. *Cerebral Cortex (Advanced online publication)* (査読有)
- ◎*Kunimatsu, J., Miyamoto, N., Ishikawa, M., Shirato, H. & *Tanaka, M. (2015) Application of radiosurgical techniques to produce a primate model of brain lesions. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 9, 67. (査読有)
- *Matsushima, A. & Tanaka, M. (2014). Different neuronal computations of spatial working memory for multiple locations within versus across visual hemifields. *Journal of Neuroscience* 34, 5621-5626. (査読有)
- ◎*Matsushima, A. & Tanaka, M. (2014). Differential neuronal representation of spatial attention dependent on relative target locations during multiple object tracking. *Journal of Neuroscience* 34, 9963-9969. (査読有)
- Matsushima A & *Tanaka M (2014) Manipulation of object choice by electrical microstimulation in macaque frontal eye fields. *Cerebral Cortex* 24: 1493-1501. (査読有)
- Ohmae, S., Uematsu, A. & *Tanaka, M. (2013). Temporally specific sensory signals for the detection of stimulus omission in the primate deep cerebellar nuclei. *Journal of Neuroscience* 33, 15432-15441. (査読有)

<書籍>

田中真樹 (2014) 時間情報処理における大脳小脳連関の役割. 廣川信隆 (編) 『ブレインサイエンス・レビュー2014』 (総ページ290), pp. 165-186, クバプロ, 東京.

A04 「病理・病態」

A04 河村 満 : ヒトの時間認知機構の解明:健忘症例からの検討

<論文>

- Mori, Y., Futamura, A., Murakami, H., Kohashi, K., Hirano, T. & *Kawamura, M. (2015). Increased detection of mild cognitive impairment with type 2 diabetes mellitus using the Japanese version of the Montreal Cognitive Assessment: A pilot study. *Neurology and Clinical Neuroscience* 3:89-93. (査読有)
- *Sugita, T., *Kanamaru, M., *Iizuka, M., *Sato, K., *Tsukada, S., *Kawamura, M., *Homma, I. & *Izumizaki, M. (2015). Breathing is affected by dopamine D2-like receptors in the basolateral amygdala. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 209, 23-27. (査読有)
- Imaizumi, S., Asai, T., Kanayama, N., Kawamura, M. & *Koyama, S. (2014). Agency over a phantom limb and electromyographic activity on the stump depend on visuomotor synchrony: a case study. *Frontiers in Human Neuroscience*. 8(545):1-8. (査読有)
- *Ishii, M., Yahara, M., Katoh, H., Kawamura, M. & Shimizu, S. (2014). Polymorphisms of nitric oxide synthase and

GTP cyclohydrolase I genes in Japanese patients with medication overuse headaches. *Neurology Asia*, 19(3):277-281. (査読有)

◎*Midorikawa, A., Itoi, C. & Kawamura, M. (2014). Detection of residual cognitive function through non-spontaneous eye movement in a patient with advanced frontotemporal dementia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(334), 1-5. (査読有) [河村班と緑川班との共同研究]

◎*Midorikawa, A. & Kawamura, M. (2014). The emergence of artistic ability following traumatic brain injury. *Neurocase*, 21, 90-94. (査読有) [河村班と緑川班との共同研究]

Murakami, H., Ichikawa, H., Sugimoto, A., Futamura, A., Shimizu, Y., Sugie, M., Miller, M. & *Kawamura, M. (2014). Perceiving "ghost" images: a unique case of visual allesthesia with hemianopsia in mitochondrial disease. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 10, 999-1002. (査読有)

*Ishii, M., Katoh, H., Takagi, M., Kawamura, M. & Shimizu, S. (2014). Influence of the Tohoku-Pacific Ocean Earthquake and Its Aftershocks on the Response to Prophylactic Therapy with Lomerizine in Patients with Migraine in Tokyo: A Retrospective Study. *European Neurology*, 71, 252-8. (査読有)

*Ishii, M., Katoh, H., Kurihara, T., Kawamura, M. & Shimizu, S. (2013). Characteristics of inconsistent responders to prophylaxis therapy with lomerizine in patients with migraine: A retrospective study in Japan. *Journal of the Neurological Sciences*, 335, 118-23. (査読有)

<書籍>

河村満 (企画編集). (2015) 『神経内科診療のギモン』 新興医学出版社 (総ページ 173).

公募研究 A04 : こころの時間の「病理・病態」

<論文>

*Umeda, S., Harrison, N. A., Gray, M. A., Mathias, C. J., & Critchley, H. D. (2015) Structural brain abnormalities in postural tachycardia syndrome: A VBM-DARTEL study. *Frontiers in Neuroscience*, 9:34, 1-8. (査読有)

*緑川晶 (2015) 認知症と芸術能力, *神経内科*, 82, 203-208 (査読無)

Tsuchida, K., Ueno, K. & *Shimada, S. (2015). Motor area activity for action-related and nonaction-related sounds in a three-dimensional sound field reproduction system. *NeuroReport*, 26, 291-295. (査読有)

*山口加代子・*小林宏高・緑川晶. (2014). 高次脳機能障害者に対する自己意識への介入を目指した「模擬会議プログラム」の試み. *総合リハビリテーション*, 42, 869-875. (査読有)

*Shimada, S., Suzuki, T., Yoda, N. & Hayashi, T. (2014). Relationship between sensitivity to visuotactile temporal discrepancy and the rubber hand illusion. *Neuroscience Research*, 85, 33-38. (査読有)

*嶋田総太郎 (2014) 「自己」の諸様相の隔たりと重なり, *心理学評論*, 57, 302-306. (査読有)

<書籍>

月浦崇 (印刷中) 記憶における脳損傷や加齢の影響. 榊原洋一・米田英嗣 (編) 『発達科学ハンドブック 8 巻 脳の発達科学』、新曜社.

嶋田総太郎 (2014) 身体的自己の生起メカニズム (第2章), 荻阪直行 (編) 『自己を知る脳・他者を理解する脳』 (総ページ 336), pp.41-71, 新曜社.

B01 「言語・哲学」

B01 大津 由紀雄 : 時間の言語化

<論文>

*大津由紀雄 (2015) ことばの認知科学. *Clinical Neuroscience* 33, 8. (査読無) (現在、初校段階)

*大津由紀雄 (2015) 言語発達の脳科学---背景と現状. 『児童心理学の進歩 2015年版』 275-279. (査読有)

*小町将之 (2015) 形式名詞「こと」が導く副詞的時間表現について. *Ars Linguistica* 21, 39-49 (査読有)

*小町将之・大津由紀雄 (2014) 「時間の言語化」における諸問題. *Brain Medical* 26(1), 39-44. (査読無)

*小町将之 (2014) 英語における知覚動詞補部の構造と句構造理論におけるラベル付けの問題. *Ars Linguistica* 20, 1-9. (査読有)

<書籍>

飯田隆 (2014) 論理学におけるモダリティ. 澤田治美 (編) 『ひつじ意味論講座 3 モダリティ I: 理論と方法』 (総ページ 296) pp. 25-42, ひつじ書房.

公募研究 B01 : 言語学・哲学から見た「こころの時間学」

<論文>

*Aoyama, T., Shimizu, S. & Yamada, Y. (2015). Free will and the divergence problem, *Annals of the Japan Association for Philosophy of Science*, 23, 1-18. (査読有) [青山班と宮崎班との共同研究]

<書籍>

中山康雄. (2014) 四次元主義の存在論と認識論 (第2部第1章), 松田毅 (編) 『部分と全体の哲学——歴史

と現在』(総ページ 301), pp.137-161, 春秋社.

C01 「動物の時間」

C01 平田 聡 : 類人猿の新的時間旅行

<論文>

*Kano, F., Hirata, S., & Call, J. (in press) Social attention in the two species of Pan: Bonobos make more eye contact than chimpanzees. PLoS ONE. (査読有)

*Yamamoto, S. (2015). Non-reciprocal but peaceful fruit sharing in the wild bonobos of Wamba. Behaviour, 152, 335-357. (査読有)

*Adachi, I. (2014) Spontaneous spatial mapping of learned sequence in chimpanzees: Evidence for a SNARC-like effect, PLoS ONE 9(3), e90373

*Fukushima, H., Hirata, S., Matsuda, G., Ueno, A., Fuwa, K., Sugama, K., Kusunoki, K., Hiraki, K., Tomonaga, M. & Hasegawa, T. (2013). Neural representation of face familiarity in an awake chimpanzee. PeerJ 1, e223, 1-15. (査読有)

<書籍>

平田聡 (2013) 『仲間とかかわる心の進化——チンパンジーの社会的知性』 岩波書店 (総ページ 128).

平田聡 (2014) 共感の進化. 梅田聡 (編) 『岩波講座 コミュニケーションの認知科学 2 共感』 (総ページ 256), pp. 53-77. 岩波書店.

公募研究 C01 : 「動物の時間」と「こころの時間」

<論文>

*Takaoka, A., Maeda, T., Hori, Y. & Fujita, K. (2015). Do dogs follow behavioral cues from an unreliable human? Animal Cognition, 18, 475-483. (査読有)

*Hasegawa, T. & Sakata, S. (2015). A model of multisecond timing behaviour under peak-interval procedures. Journal of Computational Neuroscience, 38, 301-313. (査読有)

Sakimoto, Y. & *Sakata, S. (2015). Change in hippocampal theta activity during behavioral inhibition for a stimulus having an overlapping element. Behavioural Brain Research, 282, 111-116. (査読有)

Yamaguchi, Y., Aihara, T. & *Sakai, Y. (2015). Immediate return preference emerged from a synaptic learning rule for return maximization. Neural Networks 62, 83-90 (査読有)

*Otaki, S., Watanabe, S. & Fujita, K. (2014). Differential motion processing between species facing Ternus-Pikler display: non-retinotopic humans versus retinotopic pigeons. Vision Research, 103, 32-40. (査読有)

Sakimoto, Y. & *Sakata, S. (2014). Hippocampal theta activity during behavioral inhibition for conflicting stimuli. Behavioural Brain Research, 275, 183-190. (査読有)

Saiki, A., Kimura, R., Samura, T., Fujiwara-Tsukamoto, Y., Sakai, Y., *Isomura, Y. (2014). Different modulation of common motor information in rat primary and secondary motor cortices. PLoS ONE 9, e98662, 1-13. (査読有)

<書籍>

Fujita, K., Nakamura, N., & Watanabe, S. (in press). Visual illusion in a comparative perspective. In: Shapiro, A. & Todorovic, D. (eds.), "The Oxford compendium of visual illusions" Oxford University Press.

藤田和生 (編著) 日本動物心理学会 (監修) (印刷中). 『動物たちは何を考えている? —動物心理学の挑戦—』 技術評論社.

藤田和生 (著) (2015). 『誤解だらけの“イヌの気持ち”』 (総ページ 187), 財界展望新社

D01 こころの時間の神経基盤とその応用 (計画研究 A01, A02, A03 に対応)

公募研究 D01 : 「こころの時間の神経基盤とその応用」

<論文>

*Ogawa, H. & Kajita, Y. (2015). Ca²⁺ imaging of cricket protocerebrum responses to air current stimulation. Neuroscience Letters 581, 282-286 (査読有)

*Yamagata, N., Ichinose, T., Aso, Y., Plaçais, P.Y., Friedrich, A.B., Sima, R., Preat, T., *Rubin, G.M. & *Tanimoto, H. (2015). Distinct dopamine neurons mediate reward signals for short- and long-term memories. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. 112(2): 578-83. (査読有)

Otuki, Y. & Otake, M. (2015). Application of Recent Episodic Memory Function for Preparing and Presenting Topics of Group Conversation Supported by Coimagination Method, Ambient Intelligence for Health and Cognitive Enhancement, AAAI Technical Report SS-15-01, 62-67. (査読無)

Onoda, K. & Otake, M. (2015). Estimation of Mental Time by Analysis of Tense During Conversation, Ambient Intelligence for Health and Cognitive Enhancement, AAAI Technical Report SS-15-01, 55-61, 2015. (査読無)

*大武美保子 (2015) 会話支援手法共想法の開発と介護施設における実践、認知症ケア事例ジャーナル、

7:4, 396–402. (査読有)

- *大武美保子 (2015) 認知症予防に役立つ ICT—防ぎ得る認知症にかからない社会に向けて—, 情報処理, 56:2, 145–151. (査読有)
- *Komeda, H., *Kosaka, H., Saito, D.N., Mano, Y., Fujii, T., Yanaka, H., Munesue, T., Ishitobi, M., Sato, M. & Okazawa, H. (2015). Autistic empathy toward autistic others. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10, 145-152. (査読有)
- *Komeda, H. (2015). Similarity hypothesis: Understanding of others with autism spectrum disorders by individuals with autism spectrum disorders. *Frontiers in Human Neuroscience*. 9:124, 1-7. (査読有)
- *Miyazaki, M. & *Higuchi, T. (2015). Tool-body assimilation in the brain. *Journal of Physical Fitness and Sports Medicine* 4(1), 31-41. (査読有)
- *Sasaki, K., Yamada, Y. & Miura, K. (2015). Post-determined emotion: motor action retrospectively modulates emotional valence of visual images. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282: 20140690. (査読有)
- *Yamada, Y., Kawabe, T. & Miyazaki, M. (2015). Awareness shaping or shaped by prediction and postdiction: Editorial. *Frontiers in Psychology* 6:166, 1-2. (査読有)
- *Yamada, Y. (2015). Gender and age differences in visual perception of pattern randomness. *Science Postprint* 1(2): e00041, 2015. (査読有)
- *藤澤茂義 (2015) "海馬における時間の表現" 生体の科学 66:3-6 (査読無)
- *Binetti, N., Hagura, N., Fadipe, C., Tomassini, A., Walsh, V., Bestmann, S. (2015). Binding space and time through action. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282, pii: 20150381. (査読有)
- Sutoh, C., Matsuzawa, D., Hirano, Y., Yamada, M., Nagaoka, S., Chakraborty, S., Ishii, D., Matsuda, S., Tomizawa, H., Ito, H., Tsuji, H., *Obata, T. & Shimizu, E. (2015). Transient contribution of left posterior parietal cortex to cognitive restructuring. *Scientific Reports* 5:9199, 1-6. (査読有)
- *Aso, Y., Sitaraman, D., Ichinose, T., Kaun, K., Vogt, K., Belliart-Guérin, G., Plaçais, P.Y., Robie, A., Yamagata, N., Schnaitmann, C., Rowell, W., Johnston, R., Ngo, T., Chen, N., Korff, W., Nitabach, M., Heberlein, U., Preat, T., Branson, K., Tanimoto, H. & *Rubin, G. (2014). Mushroom body output neurons encode valence and guide memory-based action selection in *Drosophila*. *eLife* 3:e04580, 1-42. (査読有)
- *Aso, Y., Hattori, D., Yu, Y., Johnston, R., Iyer, N., Ngo, T., Dionne, H., Abbott, L., Axel, R., Tanimoto, H. & Rubin, G. (2014). The neuronal architecture of the mushroom body provides a logic for associative learning. *eLife* 3:e04577, 1-47. (査読有)
- Vogt, K., Schnaitmann, C., Dylla, K., Knapek, S., Aso, Y., Rubin, G.M. & *Tanimoto, H. (2014). Shared mushroom body circuits operate visual and olfactory memories in *Drosophila*. *eLife*, 3:e02395, 1-22 (査読有)
- Galili, D.S., Dylla, K., Luedke, A., Szyszk, P., Friedlich, A.B., Wong, J.H., Ho, T.S. & *Tanimoto, H. (2014). Converging circuits for temperature and shock mediate aversive olfactory conditioning in *Drosophila*. *Current Biology* 24, 1712-22 (査読有)
- *Obata, H., *Sekiguchi, H., Ohtsuki, T. & Nakazawa, K. (2014). Posture-related modulation of cortical excitability in the tibialis anterior muscle in humans. *Brain Research* 1577, 29-35. (査読有)
- Wen, W. & *Kawabata, H. (2014). Why am I not photogenic? Differences in face memory for the self and others. *i-Perception*, 5(3), 176-187. (査読有)
- Yamamoto, K. & *Kawabata, H. (2014). Adaptation to delayed auditory feedback induces the temporal recalibration effect in both speech perception and production. *Experimental Brain Research*, 232, 3707-3718. (査読有)
- Nakamura, K. & *Kawabata, H. (2014). Attractive faces temporally modulate visual attention, *Frontiers in Psychology*, 5:620, 1-7. (査読有)
- *Takarada, Y., Mima, T., Abe, M., Nakatsuka, M. & Taira, M. (2014). Inhibition of the primary motor cortex can alter one's "sense of effort": effects of low-frequency rTMS. *Neuroscience Research* 89, 54-60. (査読有)
- Toda, K., *Yamane, S. & *Yamamoto, S. (2014). Measuring the actual timing of liquid-reward delivery using a thermistor. *Journal of Neuroscience Methods*, 229, 108-113 (査読有)
- *Hikosaka, O., Kim, H. F., Yasuda, M. & Yamamoto, S. (2014). Basal Ganglia Circuits for Reward Value-Guided Behavior. *Annual Review of Neuroscience*, 37, 289-306 (査読有)

<書籍>

Ogawa, H. & Miller, J. P. (2015). Cercal system. In: Jaeger D., Jung R. (eds.) "Encyclopedia of Computational Neuroscience" Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- 瀧本彩加, 山本真也 (2014) 霊長類の利他行動—協力社会を生み出すところの進化. 山岸俊男, 亀田達也 (編) 『岩波講座 コミュニケーションの認知科学 4 社会のなかの共存』 (総ページ 248), pp. 59-95. 岩波書店.
- 米田英嗣 (2015). 発達障害: 自閉症児者の高次認知機能. 北神慎司・林創 (編) 『心のしくみを考える: 認知心理学研究の深化と広がり』 (総ページ 168), pp. 95-105, ナカニシヤ出版
- 米田英嗣 (2014). 社会認知神経科学としての物語研究. 川崎恵里子 (編) 『文章理解の認知心理学 ことば・からだ・脳』 (総ページ 193), 誠信書房.

米田英嗣 (印刷中). 自閉症スペクトラム障害. 榊原洋一・米田英嗣 (編) 『発達科学ハンドブック 8 巻 脳の発達科学』.

主なホームページ

「こころの時間学」公式ホームページによる情報発信 http://mental_time.umin.jp

主な主催シンポジウム等およびマスメディア発表

脳と心のメカニズム 第15回冬のワークショップ「心の統合」ルスツリゾートホテル, 北海道、2015年1月7-9日 水原啓暁公募班員が登壇. Gyorgy Buzsaki 先生を招聘.

銅谷・北澤領域「予測と意思決定」「こころの時間学」合同公開シンポジウム. 池谷, 田中計画班代表が登壇. 東京医科歯科大学, 東京、2014年12月13日.

第32回日本神経治療学会総会 シンポジウム8「こころの時間学」から未来の神経治療へ, 座長: 北澤, 河村 演者: 月浦, 黒田, 山本. 東京ドームホテル, 東京、2014年11月22日.

脳と心のメカニズム第14回夏のワークショップ「分子とシステム」学術情報センター, 東京、2014年9月14日

“The science of mental time”. The 74th Annual Meeting of the Japanese society for Animal Psychology. Inuyama, July 21, 2014. (Organizer, Satoshi Hirata)

ナショナルジオグラフィック 「研究室」に行ってみたー京都大学野生動物研究センター熊本サンクチュアリ 霊長類学一文・川端裕人 (取材対応, 平田聡)

<http://nationalgeographic.jp/nng/article/20140730/409592/>

産経 WEST ウェブ記事 (ほか産経新聞紙面など) 過酷な医学実験から解放されたチンパンジー “終の棲家” 京都大熊本サンクチュアリ 「1人」と数えられる幸福ライフ (取材対応, 平田聡)

<http://www.sankei.com/west/news/150128/wst1501280004-n1.html>

「時間・自己・物語」研究会, 2014年9月15日, 2014年11月29日, 2015年1月10日、東京大学駒場キャンパス (企画、信原幸弘)

時間学セミナー、2014年6月20日, 2014年8月11日, 2015年3月20日~3月21日、慶應義塾大学日吉キャンパス、山口大学吉田キャンパス (企画、宮崎真、羽倉信宏、水原啓暁、青山拓央、山田祐樹)

BBC-Earth, 2015年2月21日, Takaoka, Maeda, Hori, & Fujita, K. (2015) について紹介.

<http://www.bbc.com/earth/story/20150220-dogs-know-if-youre-untrustworthy>

Symposium “The bidirectional influences between action and perception” in 7th Asian-South Pacific Association of Sport Psychology (ASPASP) International Congress. Tokyo, Japan, August 9, 2014. (共同: 宮崎真、羽倉信宏)

日本経済新聞朝刊科学面「ナゾ謎かがく」欄, 2015年3月1日 (取材対応, 北澤茂)

NHK, Eテレ「サイエンスZERO」, 2013年8月4日 (取材対応, 中野珠実, 北澤茂)

一般向けの主なアウトリーチ活動

北澤茂. 脳の働き—脳研究150年の成果と未来—, 吹田市地区公民館講座 (吹田), 2014年5月17日

村上郁也. 「錯覚するのも悪くない」武田シンポジウム2015、東京大学、2015年2月7日

池谷裕二. 「脳からみた記憶・学習」2015年03月12日小山台高等学校、2014年11月5日 東京女学館高等学校、2014年6月1日 ラ・サール学園. 「脳を知って、脳を活かす」2014年7月29日 山形県立酒田東高等学校、2014年6月27日 千葉県立国府台高等学校. 「脳はだまされているの？」2014年5月18日 静岡科学博物館くる. 「私の脳は何を感じているのか」2014年8月31日 第8回女子中高生のためのサイエンスフェスティバル.

平田聡. 「類人猿を通してヒトを知る」 熊本県立宇土高等学校・中学校スーパーサイエンスハイスクール特別授業, 2014年7月8日.

平田聡 「類人猿の知性を探る: 実験室からフィールドへ」 PWS 東京フォーラム. 日本科学未来館, 東京, 2014年10月4日.

平田聡 「チンパンジーとボノボ仲間とかかわる心の進化」 第4回ひと・健康・未来シンポジウム「サルに学ぶ, 人の不思議」. 日本モンキーセンター, 犬山, 2015年2月19日.

藤田和生. 「動物たちの感情を探る」 駿台予備校京大教授特別講演会. 駿台予備校, 2014年8月22日.

川畑秀明. 脳科学とクリエイティビティ —日本人のものづくり. Japan Creative トークセッション、東京、2014年10月25日.

6. 研究組織（公募研究を含む）と各研究項目の連携状況（2ページ程度）

領域内の計画研究及び公募研究を含んだ研究組織と領域において設定している各研究項目との関係を記述し、研究組織間の連携状況について組織図や図表などを用いて具体的かつ明確に記述してください。

当研究組織は異なる学問分野をまたぎ、学術領域を広くカバーしている。とくに脳科学、心理学、哲学、言語学という、理系と文系の垣根を超えた有機的な連携が可能であることが当領域の魅力である。

一般的に学際的連携には、i) 問題意識の共有、ii) 問題設定や学術戦略の差異の容認、iii) 特有な専門用語の相互理解、iv) 緻密な人的交流、が必須となる。このため当領域では発足当初より、連携を促進する仕組みを作ってきた。たとえば、上記 i-iii) を解決するために、2015年2月1日の班会議において「哲学と神経科学の対話」と題し、文理双方から問題を提起し、全班員で大規模な議論および情報交換を行った。また上記 iv) を解決するために、2014年9月27日には「言語・哲学」班チュートリアル（会場：明海大学）、2014年11月29-30日には「動物」班チュートリアル（熊本サンクチュアリ）などの勉強会を開催し、班員間の交流を図った。総括班は企画のみならず金銭的支援も行った。

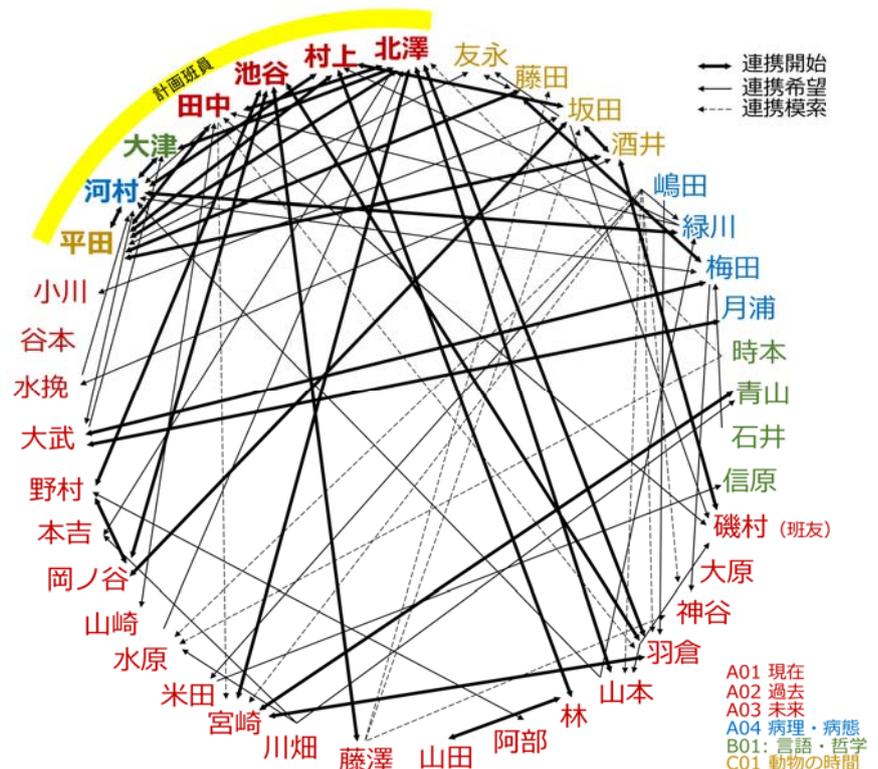
こうした積極的な仕掛けを不断に継続した結果、現在、多くの連携研究が成立している。2015年6月時点での領域内連携の実体をダイアグラムにまとめた（下図）。

太線で示したように、すでに連携研究が開始しているものが26件ある。また、細線で示したように、連携を希望している、もしくは連携の可能性を模索しているなど、連携研究の準備を進めているものが44件ある。これは班員一人あたり平均1.8件に相当し、班員のほぼ全メンバーが何らかの連携研究に携わっていることになる。とりわけ特筆すべき点は、異なる分野（同ダイアグラムでは領域を色分けしてある）の間で成立した学際的連携が進行中13件、準備中25件と、全連携研究の半数以上を占めることである。有機的な複合領域の融合が順調に進んでいることを象徴している。

学術論文や書籍などの具体的なアウトプットについては、公募班を含めた全メンバーが揃ってまだ1年3ヶ月であるため、現在、成果は増加中である。とはいえ既に、連携研究の成果として13報の学術論文が発表されていることは注目に値する（共著もしくは Acknowledgement に連携先の班員が明記された出版物に限ってカウントした）。内訳は、国際誌への掲載が11報、国内誌への掲載が2報であり、国内のみならず、海外へ発信が多いことも強調したい。なお、連携研究の学会発表については25件（うち6件は国際学会）、書籍の出版についても4報が決定済みである。

以上のように、着々と蓄積しつつある成果は、複合領域として発足した当新学術領域が、健全かつ順調に領域内連携を推進していることを如実に示している。後半に向けても、ますますの成果が発表されるものと期待される。

次ページに代表的な連携研究の実例を列挙する。



代表的な連携研究

北澤班－山本班

時間順序判断についてヒトとニホンザルの比較を行い、こころの時間の種間差の一端を明らかにすることを目的として測定装置を共同開発し、サルの行動学的なデータを取得した。その結果、サルでは腕交差に伴う逆転は生じないことが判明し、時間順序判断の神経メカニズムがニホンザルとヒトでは異なる可能性が示された。この共同研究の一部は Yamamoto S, Kitazawa D. Scholarpedia, 10:8249, 2015 の総説として実を結んだ。

池谷班－野村班

記憶の本質は連合性である。時間的に異なる時間に発生した事象を連結する脳部位として、マウスでの検討を通じて、前頭連合野を同定した。この成果は Nakayama D, Baraki Z, Onoue K, Ikegaya Y, Matsuki N, Nomura H. Curr Biol, 25:117–123, 2015 に発表された。

河村班－緑川班

脳損傷のメカニズムを追求するために、臨床神経学と実験心理学の連携を行った。脳損傷患者をリクルートして実験心理学的課題を行い、患者のデータを取得した。脳損傷患者における後天的絵画能力メカニズムの一端を解明した。この成果は Midorikawa A, Itoi C, Kawamura M. Front Neurosci, 8:334, 2014、および Midorikawa A, Kawamura M. Neurocase, 21:90-94, 2015 の2つの学術論文として発表された。

酒井班－磯村班

ラットの多領域にわたる神経活動記録の解析を通じて、時間に関わる情報処理の同定を行った。海馬で発生する鋭波リップルには、報酬摂取行動中に発生する標準的なものとは別に、報酬期待とその時間経過を反映するものも存在した。この成果の一部は Saiki A, Kimura R, Samura T, Fujiwara-Tsukamoto Y, Sakai Y, Isomura Y, PLOS One, 9:e98662, 2014 で発表された。

青山班－宮崎班

神経科学的データの解釈を深化させるために哲学的観点を導入し、神経科学的知見に基づく哲学的論考を拡張した。その結果、時間順序判断と同時性判断の差異/共通性にに基づき、主観的"いま"の成り立ちに関する新解釈を構築することに成功した。この成果の一部は Matsuzaki SK, Kadota H, Aoyama T, Takeuchi S, Sekiguchi H, Kochiyama T, Miyazaki M., Int J Psychophysiol, 94:193, 2014.として発表された。

梅田班－藤田班

展望記憶の比較心理・神経科学的アプローチにより、展望記憶の進化的な側面を明らかにするために、動物に対して展望記憶課題を実施し、その結果をヒトのデータと比較した。その結果、記憶の自発的想起のメカニズムを今までにない多角的な観点から明らかにすることができた。この成果は国際学会 The 17th world congress of psychophysiology. (Hiroshima, Sept 2014)において発表された。

村上班－坂田班

間隔時間知覚の弁別成績が知覚学習にともなって変化する様子を検証することにより、そのメカニズムを探究し、ヒトの行動実験を動物実験と関連づけて議論している。

田中班－平田班

ヒト、チンパンジー、サルでの脳波と行動を解析した。同調行動や予測性眼球運動の特性、事象関連電位の比較解析を行い、同調による相転移、予測に至る学習過程などについて調べている。

7. 若手研究者の育成に係る取組状況（1 ページ程度）

領域内の若手研究者の育成に係る取組状況について記述してください。

本領域では若手研究者の育成を目的に、①「こころの時間学」に関連したチュートリアル開催、②若手研究者を中心としたワークショップ等の共催と支援、③領域内の若手研究者（連携研究者、研究協力者など）の学会参加のための旅費支援などを総括班が中心となって進めてきた。以下にその概要を示す。

①若手や初学者を対象としたチュートリアル

- ・国内外の講師を招いて「言語・哲学」班チュートリアルを H26 年 9 月に明海大学で主催（約 39 万円）
- ・神経回路学会オースタムスクール「脳内時間」を共催し、代表を含む班員数名が講師として参加（約 4 万円）

②若手研究者を中心としたワークショップ等

- ・脳と心のメカニズムワークショップの共催（講演者招聘など、H25 年度約 50 万円、H26 年度約 103 万円）
- ・モーターコントロール研究会の共催（旅費支援、バス代など、H25 年度約 30 万円、H26 年度約 13 万円）
- ・時間学セミナー in 慶応「スポーツの認知神経科学—身体運動、知覚、そして時間」の共催
- ・時間学セミナー「時間と心をめぐる冒険」を山口大学時間学研究所と共催

③若手研究者の旅費等の支援

・Asia-Pacific Conference of Vision（APCV2014）、Conscious Experience of Time、国際心血管薬物療法学会（ISCP2015）、日本動物心理学会、時間学研究所セミナーなどに若手研究者が参加して成果発表を行うための旅費の支援（計 9 件、約 53 万円）

- ・領域内の動物班会合への若手研究者の参加支援（約 2 万円）

※旅費支援については、公募研究が始まった H26 年度中に領域内公募を 2 回行った。また、シンポジウムや研究会への支援については随時相談に応じており、とくに若手育成に関したものは積極的に採択している。

上記の総括班による取組に加え、領域内の各研究班においても計画・公募研究を通じて若手研究者の育成と支援が適切に行われており、一部についてはすでに成果を挙げている。以下にその例を示す。

④若手研究者の昇進、受賞

- ・教授就任（平田、池谷、嶋田、神谷）など、班員、研究分担者、連携研究者の昇任・昇格が 13 件
- ・塚原伸晃賞（池谷）、日本学術振興会賞（石井）、若手科学者賞（大武）など、班員自身の受賞 9 件
- ・若手科学者賞（北澤班・中野）をはじめ、連携研究者および研究協力者の学会賞などの受賞 28 件
- ・領域発足以来、班員の研究室から学振特別研究員に 20 名（PD:4 名、DC:16 名）が採用されている

⑤各研究班での若手研究者の採用・支援状況

- ・研究費を利用した特任教員、研究員の雇用 15 件、短期支援員、RA などの雇用 14 件
- ・若手研究者の講演招聘 17 件、研究代表者以外への旅費支援 118 件

なお、本領域の公募班員の約 3 割は 40 歳未満の若手研究者であり、公募研究に採択され、班会議をはじめとした本領域の活動に参加すること自体が若手研究者の育成に直接的につながっている。また、H26 年度に行った 2 回の領域会議には合計 147 名が参加しており、班員、アドバイザーのべ人数 82 名に対して多くの若手研究者が参加して活発な議論に加わった。なお、これまでに本領域から発表された論文 183 編（原著 127 編、総説 56 編）のうち、104 編（原著 88 編、総説 24 編）では 20-30 歳代の研究者が筆頭著者となっており、今後も若手研究者による多くの研究成果が生まれることが確実な状況となっている。このように、本領域の目的の一つである研究課題を通じた若手研究者の育成は、おおむね順調に進んでいる。

8. 研究費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）（1ページ程度）

領域研究を行う上で設備等（研究領域内で共有する設備・装置の購入・開発・運用・実験資料・資材の提供など）の活用状況や研究費の効果的使用について総括班研究課題の活動状況と併せて記述してください。

本領域では研究の性質上、設備の共有は必要ないため、共同購入した装置等はないが、総括班の研究費を領域連携の推進のために、以下のように効果的に執行している。項目ごとに列挙する。

1. 班会議開催費

- 2014年3月15-16日 会場：熊本 1,639,679円
- 2014年6月14-15日 会場：大阪 278,672円
- 2015年1月31-2月2日 会場：淡路島 2,098,178円

2. シンポジウムの開催

- 2013年9月15日 領域キックオフ公開シンポジウム 費用571,165円
- 2014年7月19-21日 第74回日本動物心理学会大会シンポジウム 費用826,930円

3. 学会イベントの共催

- 2013年8月30日 脳と心のメカニズム第14回夏のワークショップ 46,700円
- 2013年9月5-7日 第7回 Motor Control 研究会, 299,800円
- 2014年1月8-10日 脳と心のメカニズム第14回冬のワークショップ 457,071円
- 2014年8月7-9日 第8回 Motor Control 研究会, 62,180円
- 2014年8月11日 時間学セミナーin 慶應 0円
- 2014年9月14日 脳と心のメカニズム第15回夏のワークショップ 44,500円
- 2014年10月31-11月3日 日本神経回路学会オータムスクール ASCONE2014 38,860円
- 2014年11月20日 第32回日本神経治療学会総会 0円
- 2015年1月7-9日 脳と心のメカニズム第15回冬のワークショップ 985,770円
- 2015年3月20-21日 時間学セミナー『時間と心をめぐる冒険』51,900円*下記参照

4. 講師の招聘

- 2013年9月15日 領域キックオフ公開シンポジウム 下條信輔先生 (455,414円)
- 2014年7月19-21日 第74回日本動物心理学会大会 Michael Beran 先生 (479,160円)、梅田聡先生 (53,480円)、Josep Call 先生 (294,290円)
- 2014年7月28日 国際神経行動学会 Michael Platt 先生 (279,743円)
- 2015年1月7-9日 脳と心のメカニズム第15回冬のワークショップ Buzsaki 先生 (927,301円)

5. 若手研究者育成（10名：55万円）

- 2014年度若手研究者支援第一期(6月23-7月4日) 応募者数7名、採択7名 総額417,990円
- 2014年度若手研究者支援第二期(3月11-15日) 応募者数2名、採択2名 総額51,900円
- 2014年7月19-22日 Asia-Pacific Conference of Vision 山本慎也先生 84,220円

6. 班員間交流の旅費支援（2件：43万円）

- 2014年9月27日 「言語・哲学」班チュートリアル 会場：明海大学 390,079円
- 2014年11月29-30日 「動物」班会合 会場：熊本サンクチュアリ 43,980円

7. 広報費用（2013年度63万円、2014年度3万円）

- 「こころの時間学」学会告知チラシ500部ポスター100部 84,000円
- ホームページ作成&維持費 計577,003円

8. 共著・特集号の出版

- Brain and Nerve (110部 311,850円)
- Brain Medical (100部 198,720円)

9. 総括班評価者による評価（2ページ程度）

総括班評価者による評価体制や研究領域に対する評価コメントを記述してください。

入来 篤史 理化学研究所 脳科学総合研究センター シニア・チームリーダー

本プロジェクトは、本来主観的である「こころの時間」の諸相を科学的・客観的に解明しようという、一見すると無謀とも思えるテーマに挑戦している。時間は物理的パラメータではあるが、光や音と異なりエネルギーや物質などの対応する実体を検出する感覚器が存在せず、脳の様々な部位が複雑に絡み合っ処理される情報にもとづく構成概念と考えられるからである。また「時間」への問題意識やアプローチも学問分野ごとに異質であることも不安要因であった。しかしいざ蓋を開けてみると、当初の段階では未だ探索的な研究が多かったものの、一つ一つはそれぞれの分野で光る研究が見受けられる。例えば「現在」班では、動き投影仮説という情報処理メカニズムの新たな理論の提唱や、楔前部の新しい機能の発見など、斬新さが見受けられた。「過去」班では、主に時間と記憶を絡めた新規の研究が多く、海馬のニューロン選択性の知見やヒスタミンによる記憶の操作という独創性が光っていた。「未来」班では、計時と予測の脳内メカニズムに関する新たな発見があり、また時間割引という行動予測の研究に関心が持てた。「臨床」班では、時間認知障害をパーキンソン病やアルツハイマー病などの神経疾患メカニズムに適用しており、実臨床にかなう研究が見受けられた。「動物班」では、ヒト以外の霊長類の自己認識や道具使用から時間を捉え、時間認知の発生に関する観点から進化的基盤を検討していた。さらに「言語・哲学」班では、時間を概念的に操作する言語知識をどのように利用しているのかが検討され、また時間という切り口から自己の存在や自由意志の問題を捉え直そうとしていた。このように各分野を発展させる知見は見受けられたが、文理融合という新学術プロジェクトの趣旨から捉えると必ずしも充分とはいえない部分が残る。しかし2015年2月に開催された班会議では、哲学と神経科学の融合を目指した大議論があり、ここで問題意識の相違と共有を理解でき、また既に多くの共同研究が始まっており、問題の解消に強い意気込みを感じた。論文公表数などに関しては神経科学分野に依存することが多いと思われるが、哲学者がどれだけのアイデアを提示し、神経科学者がどれだけそれを消化、具現化し、また双方の循環体制をどのように構築できるかにこのプロジェクトの真価が問われるものと思われる。さらに、その成果が日本国内での活動に留まっていたのでは意味がない。本プロジェクトの成否は、今後さらに各分野が混合して異次元の成果を輩出し、それらを国際的コミュニティに如何に効果的に発信し、世界の多分野の学者と対等に相互に影響しあいつつ、我が国の学術を世界に広めるような関係が構築出来るかにかかっている。

下條 信輔 カリフォルニア工科大学 生物学講座 教授

「こころの時間学—現在・過去・未来の起源を求めて—」で見聞してきたこれまでの印象を先に述べておくと、次の三点において大きなメリットがあり、先行きの成果に期待が持てると感じた。(a) 時間のテーマに限らず、各分野で生産性と創造性の高い実績ある研究者を結集した、(b)(それにも関わらず)時間に直接絡むテーマに挑むことに、各メンバーが意欲的であり、また (c) 研究代表者や総括班の積極的なリードが、これまで見るところ奏功している。以下総括者評価コメントを、**1) 研究成果、2) 新学術領域複合領域として、3) 理系と文系の垣根を越えた連携**について、の3つの観点から行いたい。

1) 研究成果について：

このプロジェクトで期待される研究成果は、(1) 脳に「時間地図」を描く、(2) 「こころの時間」の臨床応用、(3) 時間認知の発生、の3点であり、これらはホームページ研究概要の最初のページにも提示されている。現段階の研究成果をみると、新奇学問領域であるにも関わらず、全体として良好な成果が上がっていると感じる。1) は実現可能、(2) も研究が進む可能性が高く、一方で (3) はまだ始まったばかりではあるが、未開拓で将来性があるテーマである。

(1) については研究期間中にも実現する可能性があると考え。すなわち、北澤班によって、これまで「休息状態ネットワーク」領域の一部と考えられていた楔前部が、背景を基にして複数の事象を統合している可能性が示された。またこの脳部位は河村班が道順認知（「地理」と「時間」を結びつける）領域として着目した脳梁膨大後域と接する頭頂葉内側部に位置する。脳梁膨大後域は池谷班研究対象としている海馬と密な連絡があり、「海馬」・「脳梁膨大後域」・「楔前部」の大脳内側後部領域のネットワークは複数の事象を時間軸と空間軸の中に位置づける役割、すなわち「現在」と「過去」を結びつける脳部位である可能性が高い。これらのデータを昨年のノーベル医学生理学賞研究（O'keefe ら）データなどと結び付け考察すること、さらに大脳内側前部領域（前脳眼窩部、時間的順序を担っている可能性が以前から指摘されている）との関連を考察することなどから、運動と感覚において Penfield らが示した体性機能局在地図を、「こころの時間」機能においても提唱できる可能性がある。今後企画されている「時間地図」解明に至る道筋を考え抜くミニワークショップなどでのさらなる成果を期待したい。

(2) については、この研究プロジェクトにパーキンソン病（PD）を対象とした2種類の研究がある。北澤班では、PDの時間順序判断の結果を検討し、河村班では、PDの時間産出・時間再現とドーパミントランスポーター-SPECTとの対比研究がなされ、大脳基底核と「こころの時間」との関連が検討されている。手法は確立しつつあるようなので、同様の手法を使い、対象疾患をうつ病、健常高齢者、さらにアスペルガー症候群などに拡大することによって「過去」に囚われてしまう、「未来」への希望を喪失するなどの病態の仕組みがわかり、これらの症状改善に応用できる可能性がある、と考える。今後企画されている、池谷班の報酬研究、ドーパミン・ヒスタミンに着目した記憶の操作法研究などとの融合が必要であり、成功のカギになるかもしれない。

(3) については、平田班が軸になっている。領域内で複数の有機的な結合が企画されており、今後の成果が楽しみであるがまだ成果は少ない。

(1)、(2)、(3)の上記状況を踏まえて今後の研究計画を練る必要があると考える。

2) 新学術領域複合領域として：

この研究プロジェクトは複合領域として提案されている。複合領域としての特徴を提示する必要があるが、現時点ではコミュニケーションや連携がうまく行っており、成果を求めるのはこれからとなろう。

この点については神経科学の研究班と哲学・言語学の研究班との融合・連携がポイントになり、総括班におかれた連携推進委員会の活動がこの点で重要である。連携開始・連携希望・連携模索の研究間の連携研究図の継時的変化を見ると（2015年2月の班会議で研究代表者が提示した）、昨年度急激に連携研究が増加したことがわかる。すなわち、公募班員の参加に加え、班会議や複数のチュートリアルなどを通して、連携推進委員会が十分に機能していることが示唆される。各班の連携研究がすでに26件開始され、連携によって生まれた学術論文も13報と多く、複合領域として発足した本学術領域研究が健全・順調に発展していることがわかる。

3) 理系と文系の垣根を越えた連携について：

この点が最も懸念され、審査結果の所見において指摘を受けた事項であった。しかし、かなりうまく対応できている。

2015年2月1日の班会議で、「哲学と神経科学の対話」と題し、文理双方から問題提起がなされ、大規模な議論と情報交換が行われ評価者もこれに参加した。本邦で、類似の目的のシンポジウムなどの企画は以前にもなかったわけではないが、この企画は特に充実した内容と感じた。たとえば、「時間は実在するか否か」という哲学上長く議論されてきた根源的事項についての議論から、新奇の認知症病態である前頭側頭葉萎縮症における「時間感覚の変化（毎日時刻表的生活を送る）」という実臨床的事項までが広汎に、様々な立場から活発に議論され、領域をまたぐ意見の交換があった。企画充実の理由の一つは、「こころ

の時間」というテーマが、むしろ哲学分野で長い歴史があり、繰り返された推敲・考察の蓄積がある点も大きいかも知れない。理系の提供する、最新手法による実験的事実に、文系が示す長い推敲から得られた事実が負けていないのである。思索から得られた深い見識を備えた文系熟年科学者に向かって、輝くような最新アイデアを持った若い理系研究者が対抗するという構図は、オリジナリティの高いイキの良い研究に繋がる。ポイントを絞ったテーマで、再度同様の企画を実現させることを奨励したい。もう一つは、北澤 茂代表を中心にこの研究に参加している班員のまとまりがよい、ことが企画充実の理由であろう。班会議やシンポジウムには、年長者も若手も自由に発言することができる、健全で温かい知的雰囲気があった。共同研究遂行のためには、研究者間の良好な関係が必須の事項である。この点は大きなメリットとして特筆できる。今後を期待する。

橋田 浩一 東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授

本課題は、人間で特に発達した時間の認知を「こころの時間」と名づけて、その成り立ちを「人文社会」と「生物」を横断した学際的な共同研究を通じて解明しようとする試みである。領域開始時には 1) 脳に時間地図を描き、2) 時間操作の方法を臨床応用につなげ、3) 時間の意識の進化を解明する、という魅力あふれる目標が掲げられた。

発足からおよそ 2 年を経た現時点の研究の進捗状況を点検すると、個々の研究課題においてはそれぞれ着実に研究が進展していると評価できよう。また、32 課題という多くの公募研究を採用した結果、班会議は参加者は 100 名規模となり、「新学術領域」の名にふさわしい熱気に包まれた。「哲学と神経科学の対話」と題した全班員参加の討論会では、哲学者の問題意識が神経科学者の興味と有機的に相互作用する様子を目の当たりにした。その他、分野の交流を図るための「言語・哲学」班チュートリアルや「動物」班チュートリアルの取り組みなどを不断に行った結果、すでに開始された連携研究が 26 件あり、13 報の学術論文が発表されていることは注目に値する。複合領域として発足した本領域が健全に育っている証である。

領域後半の運営にあたっては、冒頭に掲げた 3 目標をいかにして達成するかが問われる。この点に関しては、前半に行った領域全体を対象とする討論会やチュートリアルに加えて、それぞれの目標達成に絞った取り組みを行うことが重要であると考えられる。実際、本報告書にはそのような狙いをもった「ミニワークショップ」の開催が計画されており、研究の進展に即した臨機応変の運営であると評価できる。本領域には様々な分野と年代にわたり優れた研究者がバランスよく結集している。若手研究者の育成に関しても、旅費の支援制度を設けるなど配慮が見られる。前半で得られた個々の研究成果が有機的に組み合わさり、さらに発展して大きな成果を生み出すことが十分期待できる。

10. 今後の研究領域の推進方策（2ページ程度）

今後どのように領域研究を推進していく予定であるか、研究領域の推進方策について記述してください。また、領域研究を推進する上での問題点がある場合は、その問題点と今後の対応策についても記述してください。また、目標達成に向け、不足していると考えているスキルを有する研究者の公募研究での重点的な補充や国内外の研究者との連携による組織の強化についても記述してください。

「人文社会」系と「生物」系の研究者が一同に介して「こころの時間」の解明に取り組む世界初の試みとして7つの計画班で発足した本領域は、昨年度さらに32の公募班を迎えて「新学術領域」の名にふさわしい組織に発展した。本報告書に記載した通り、計画研究は過去2年にわたり当初の計画に沿った概ね順調な進展を示している。また、公募班の研究もまだ1年経過した時点ではあるが順調に発展している。実際、Nature Neuroscience, Nature Communications, Current Biology, PNAS, Journal of Neuroscience, Cerebral Cortex, 等の国際的な評価が高い journal に研究成果が次々と掲載されている。領域のホームページを見た海外の研究者から” Congratulations on this great research program!” 等の賛辞が届くなど、国際的な認知度も上昇している。また、領域の存続と発展に欠かせない若手研究者の育成に関しても、文部科学大臣表彰・若手科学者賞を初めとする若手研究者の受賞が30件を越えるなど順調な成果を挙げている。

当領域の魅力となっている脳科学、心理学、哲学、言語学という、理系と文系の垣根を超えた有機的な連携に関しても「哲学と神経科学の対話」や「言語・哲学」班チュートリアル、「動物」班チュートリアルを開催するなどの積極的な仕掛けを不断に継続した結果、すでに26件の連携研究が開始され、連携研究の成果として13報の学術論文が発表されている。

今後の研究領域の推進にあたっては、過去2年にわたり有効であった「融合チュートリアルの開催」等の基本方針を堅持しつつ、領域の勢いをさらに加速させるための方策を講じていく。

方策1 融合研究の実を挙げるために

当初の構想で、融合研究の成果として期待される成果を3点挙げた。それぞれについて、現在得られている要素的な各班の研究成果を概観し、それらを結びつけて実らせるための方策（テーマを限定したミニワークショップの開催、公募研究での研究者の重点的な補充、国内外の研究者との連携による組織の強化）について具体的に記述する。

1) 「言語学」の時制の理論と「神経科学」「臨床神経心理学」の相互作用を通じて脳に「時間地図」を描く。

北澤班（A01, 神経科学）はこれまで「休息状態ネットワーク」の一部とみなされてきた楔前部が、 α 波の信号源となって10 Hzの時を刻み、背景を基準にして複数の事象を統合している可能性を示した。

楔前部は、河村班（A04, 臨床神経心理学）が「地理」と「時間」を結びつける領域として注目してきた後部帯状回と結合がある。後部帯状回は池谷班（A02, 神経科学）が研究対象とする記憶の中核「海馬」と強く連絡している。大脳皮質内側のネットワークが「現在」と「過去」を結びつけて、複数の事象を時間軸と空間軸の中に位置付ける重要な役割を果たしていることは間違いないと思われる。大津班

（C01, 言語学）が研究している発話時、事象時、参照時に基づいた時制や相の選択理論を駆使した言語刺激を組み合わせることで、内側ネットワークの時間表現の解明に向けたブレイクスルーが生じるのではないか。これら計画研究4班と、「時間地図」に独自のアプローチをしている時本班、空間と時間の表現の関係を調べている山田班、滑らかに移動する視覚刺激が θ 波のリズムでとびとびに跳躍して見える「離散運動錯視」を新たに発見した本吉班、を加えた7班を中心に「時間地図」解明にいたる道筋を考え抜くミニワークショップを企画し、2015年度の前半に開催する。

2) 実験動物を使った最先端研究で開発される「こころの時間」の操作法を臨床応用につなげる。

池谷班 (A02) はすでに記憶定着に重要な役割を果たす海馬の Sharp Wave (SW) の頻度を報酬によって変えることにネズミで成功し、ドパミンが鍵となる伝達物質であることを示した。また、ヒスタミンに着目した記憶の操作法も開発している。これらの手法を臨床応用につなげるには、たとえばヒトでも SW の頻度を操作できることが効果的である。このような応用に向けた研究をヒトで行うために、池谷班 (A02)、河村班 (A04) と昭和大学病院を中心とする臨床グループとの連携を図る。また、報酬に基づいてヒト脳の機能構築を改善する手法は、文科省脳科学研究戦略推進プログラムの川人グループが開発して成果を挙げている。領域外の研究者との連携による組織の強化として川人グループとの連携の可能性も検討する。また、ヒトの海馬周辺の皮質電位計測を行っている脳外科医との連携、または公募研究での重点的な補充も検討する。

3) 「比較行動学」と「心理学」「神経科学」「言語学」の融合で、時間認識の発生が明らかになる。

平田班 (C01, 比較行動学) はすでに北澤班 (A01, 神経科学)、田中班 (A03, 神経科学)、河村班 (A04, 臨床神経心理学)、酒井班 (C01, 理論神経科学) との共同研究を開始している。池谷班(A02)はマウスに「いつ」の概念があるか否かを探究している。公募 C01 の友永班 (チンパンジーのこころの未来)、藤田班 (げっ歯類、ネコ等の過去と未来を想うこころ)、坂田班 (げっ歯類の時間認知の発達) も時間認識の発生に関する研究を行っている。また北澤班 (A01) と公募山本班 (D01) はヒトとニホンザルで、時間認識の一部が異なる可能性を示唆するデータを得ている。平田班を中心として、随時これらの研究者で集まり、時間認識の発生にテーマを絞ったミニワークショップを開催し、時間認識の発生について領域共通の結論を得る。

方策2 国際的なプレゼンスの向上のために

国際的なプレゼンスを向上させるには、優れた論文を出版することが必要条件であるが十分ではない。海外の研究者との face-to-face のコミュニケーションの重要性は強調してしすぎる事はない。

1) 2015年の9月には、海外から一線の研究者8名を招いて、「こころの時間学」国際シンポジウムを開催する。招待者の選定にあたっては、各計画研究の代表者がこれぞと思う研究者1名を選び抜いた。領域の研究成果を直接アピールし、海外の研究者とのコネクションを深めるまたとない機会となるだろう。

2) 2017年のアメリカ神経科学学会(Society for Neuroscience)に本領域のメンバーと国際シンポジウム招聘講師を中心とするシンポジウムを提案する (国外のグループとの連携)。採択されれば、領域の成果の visibility が向上する。

3) 2017年度末に最終成果の報告を兼ねて、再度国際シンポジウムを開催する。本シンポジウムの成果は、Springer等の海外の出版社から単行本として出版する。

方策3 若手のさらなる育成のために

1) 若手研究者の国際的な研究成果発表の機会を増やすために、2015年の国際シンポジウムに若手研究者のセッションを設定する。海外の一流研究者の前で、キャリアの初期に口頭で発表して励まされる経験はその後の研究のモチベーションを大いに高める貴重な体験となるだろう。

2) 若手研究者の研究成果発表の旅費支援プログラムを総括班予算で引き続き実施する。