

領域略称名：こころの時間学  
領域番号：4502

平成30年度科学研究費補助金「新学術領域研究  
(研究領域提案型)」に係る事後評価報告書

「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30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

1. 研究領域の目的及び概要	9
2. 研究領域の設定目的の達成度	11
3. 研究領域の研究推進時の問題点と当時の対応状況	14
4. 審査結果の所見及び中間評価の所見等で指摘を受けた事項への対応状況	15
5. 主な研究成果（発明及び特許を含む）	17
6. 研究成果の取りまとめ及び公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）	20
7. 研究組織（公募研究を含む。）と各研究項目の連携状況	25
8. 研究経費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む）	27
9. 当該学問分野及び関連学問分野への貢献度	31
10. 研究計画に参画した若手研究者の成長の状況	32
11. 総括班評価者による評価	33

**研究組織** (総：総括班, 支：国際活動支援班, 計：総括班及び国際活動支援班以外の計画研究, 公：公募研究)

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 総	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・客員教授	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
統括・支援・計画研究 計 7 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」に関する認知神経メカニズムの解明	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

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
A04 公	16H01497 時間認識における「基本 単位」一認知心理・神経 生理・臨床的手法による 総合的研究-	平成 28 年度～ 平成 29 年度	寺尾 安生	杏林大学・医学研究科・教授	4
A04 公	16H01503 時間見当識と記憶の相互 作用機構からみた作話症 状の脳内機序の解明	平成 28 年度～ 平成 29 年度	月浦 崇	京都大学・人間・環境学研究科・准教 授	3
A04 公	16H01512 強迫性障害における主観 的時間とその生物学的基 盤	平成 28 年度～ 平成 29 年度	酒井 雄希	国際電気通信基礎技術研究所・数理知 能研究室・研究員	4
A04 公	16H01514 精神疾患と自律神経疾患 からみた「心の未来性」 に関する認知神経機構の 統合的解明	平成 28 年度～ 平成 29 年度	梅田 聡	慶應義塾大学・文学部・教授	5
A04 公	16H01517 主観的現在に関する時間 障害の神経心理学的検討	平成 28 年度～ 平成 29 年度	緑川 晶	中央大学・文学部・教授	1
A04 公	16H01520 自閉症者の触覚過敏と触 覚に関する時間分解能向 上との関連性の検討	平成 28 年度～ 平成 29 年度	井手 正和	国立障害者リハビリテーションセン ター研究所・ 脳機能系障害研究部・研究員	2
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	平成 26 年度～ 平成 27 年度	青山 拓央	京都大学・人間・環境学研究科・准教 授	4

	の働きの言語哲学的分析				
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
B01 公	16H01502 (廃止) 時間がリズムに変わる瞬 間の脳内反応を捉える： 言語知覚との共通基盤	平成 28 年度	黒田 剛士	ヤマハ発動機株式会社	4
B01 公	16H01511 時間分岐表象における倫 理的・心理的価値付与の 分析	平成 28 年度～ 平成 29 年度	青山 拓央	京都大学・人間・環境学研究科・准教 授	3
B01 公	16H01513 言語実験によるヒト固有 の時間認知の神経科学的 考察：基準時刻と心的発 話時刻移動	平成 28 年度～ 平成 29 年度	時本 真吾	目白大学・外国語学部・教授	3
C01 公	26119513 未来を予期するころの 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
C01 公	16H01505 過去と未来を想うころ の発生	平成 28 年度～ 平成 29 年度	藤田 和生	京都大学・文学研究科・教授	2
C01 公	16H01509 赤ちゃんに「明日」はあ	平成 28 年度～ 平成 29 年度	中野 珠実	大阪大学・生命機能研究科・准教授	1

	るか？ 乳児期のメンタル・タイムトラベルの発達研究				
C01 公	16H01510 齧歯類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 28 年度～ 平成 29 年度	坂田 省吾	広島大学・総合科学研究科・教授	1
C01 公	16H01516 遅延条件づけから探るこころの時間～異種間比較の枠組構築	平成 28 年度～ 平成 29 年度	酒井 裕	玉川大学・脳科学研究所・教授	2
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」をとらえる—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	福島県立医科大学・脳疾患センター講師	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 (廃止) 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	ノルウェー工科大学・研究員	1
D01 公	26119527 (廃止) 行動タイミングを計る大 脳皮質-基底核マルチニ ューロン活動	平成 26 年度	磯村 宜和	玉川大学, 脳科学研究所, 教授	2
D01 公	16H01494 ヒト生活史の背景文脈を 構成する匂いが過去の時 間解釈を書き換えるーそ の脳基盤の解明	平成 28 年度～ 平成 29 年度	阿部 十也	福島県立医科大学・脳疾患センター 講師	1
D01 公	16H01495 時間を隔てた記憶の連合 を司る神経メカニズムの 解明	平成 28 年度～ 平成 29 年度	大原 慎也	ノルウェー工科大学・研究員	1
D01 公	16H01496 昆虫における時間認識機 構の探求	平成 28 年度～ 平成 29 年度	谷本 拓	東北大学・大学院生命科学研究科・教 授	1
D01 公	16H01498 10秒以上にわたる時間 の知覚と生成：後部帯状 回遅延カスケードモデル の実証	平成 28 年度～ 平成 29 年度	岡ノ谷 一夫	東京大学・大学院総合文化研究科・教 授	2
D01 公	16H01499 知覚的時空の積分的構造 に関する心理物理学的研究	平成 28 年度～ 平成 29 年度	本吉 勇	東京大学・大学院総合文化研究科・准 教授	1
D01 公	16H01500 過去と現在を結びつけ、 未来の行動を制御する神 経回路	平成 28 年度～ 平成 29 年度	野村 洋	北海道大学・大学院薬学研究院・講師	1
D01 公	16H01501 音の時間分析に必要な内 部時間指標の生成機構と 地図表現の解明	平成 28 年度～ 平成 29 年度	伊藤 哲史	金沢医科大学・医学部・准教授	4
D01 公	16H01506 「意識された時間」が環	平成 28 年度～ 平成 29 年度	齋木 潤	京都大学・人間・環境学研究科・教授	2



	境との相互作用に及ぼす影響：探索行動による検討				
D01 公	16H01507 物語における時間認識の身体・神経基盤	平成 28 年度～ 平成 29 年度	米田 英嗣	京都大学・白眉センター・特定准教授	2
D01 公	16H01508 時間の有限性の認知・神経基盤の検討	平成 28 年度～ 平成 29 年度	柳澤 邦昭	京都大学・こころの未来研究センター 特定助教	1
D01 公	16H01515 時間の実験美学：美と魅力の意識化過程と周期的脳波の半球間非対称性の検証	平成 28 年度～ 平成 29 年度	川畑 秀明	慶應義塾大学・文学部・准教授	1
D01 公	16H01518 過去の学習記憶を未来の適応行動に活かす神経機構	平成 28 年度～ 平成 29 年度	小川 正晃	京都大学・医学研究科・特定准教授	1
D01 公	16H01519 セルアセンブリ逐次活動による時間の認知と計測のメカニズムの解明	平成 28 年度～ 平成 29 年度	藤澤 茂義	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	16H01524 身体部位間の時間を同期させる神経機構：β脳活動による身体部位間クロック同期仮説	平成 28 年度～ 平成 29 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	16H01504（廃止） 依存患者における刹那的行動の神経基盤の理解と新規介入法の開発	平成 28 年度	高橋 英彦	京都大学・医学研究科・准教授	1
公募研究 計 61 件					

## 1. 研究領域の目的及び概要（2ページ以内）

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年余り前に、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、村上是時間錯覚（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

中枢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、時間認知に関係する前頭前野、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（前言語学会長・元認知学会長）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。

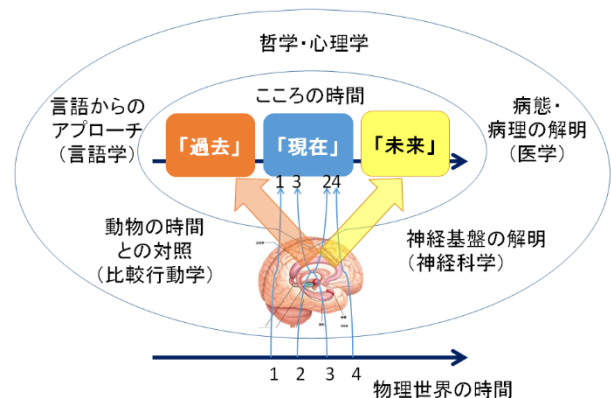


図1 対象とする学問分野

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进行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。

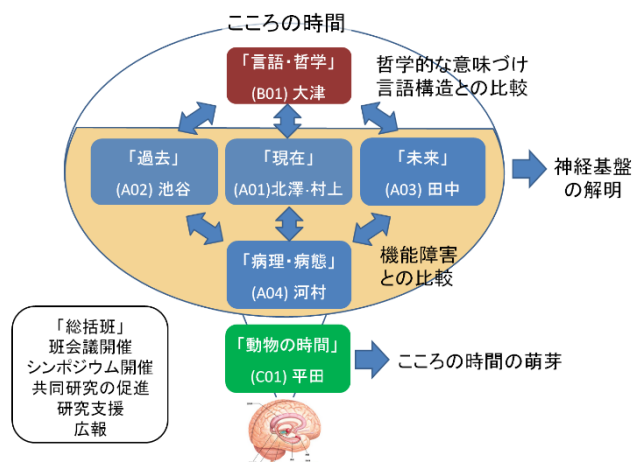


図2 領域の設計

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も、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られる。

## 2. 研究領域の設定目的の達成度（3 ページ以内）

研究期間内に何をどこまで明らかにしようとし、どの程度達成できたか、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の達成度合いについて、具体的に記述してください。必要に応じ、公募研究を含めた研究項目ごとの状況も記述してください。

「こころの時間学」領域では、ヒトで特に発達した過去—現在—未来にわたる時間の意識である「こころの時間」の成り立ちを、哲学・心理学、医学、神経科学、比較行動学、言語学にわた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5年間の研究を行ってきた(図1)。

計画研究の項目としては、手法に応じてA01-04(神経科学・心理学・臨床神経学)、B01(言語学・哲学)、C01(比較行動学)の3分野・6項目を設定した。A分野には研究対象に応じてA01(現在)、A02(過去)、A03(未来)、A04(病理・病態)の4項目を設定した(図2)。

これら6項目に配置した7計画班は、図3に示す年次計画に従って3個の目標

1. 時間地図を脳に描く
2. 開発されるこころの時間の操作の手法を臨床応用する
3. 時間認識の発生を明らかにする

を達成することを目指して5年間の研究を行ってきた。

「こころの時間学」領域における5年間の分野を越えた研究は Science (2), Neuron (2), Nat Neurosci (1), Nat Commun (5), PNAS (3), Plos Biol (2), eLife (8), Curr Biol (5), Cereb Cortex (8), J Neurosci (22) を始めとする多数の優れた論文を生み出した。その数は、英語査読付き論文 381 報に及び、所期の3大目標を達成する成果を挙げた。

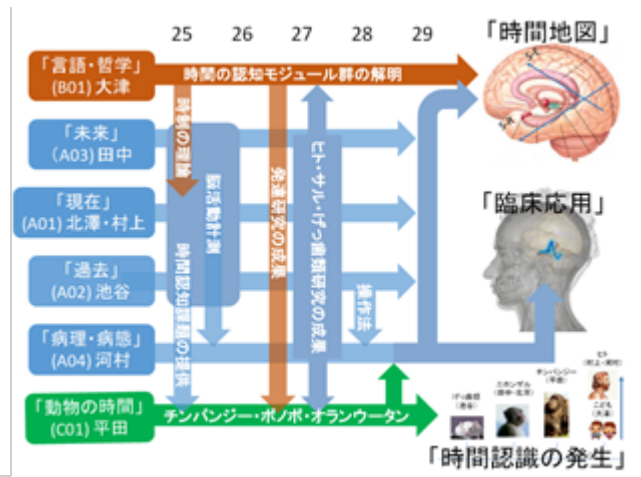


図3 研究計画と3つの達成目標

成果1. 大脳皮質内側面に「未来—現在—過去」の時間地図を描き出すことに成功した(図4)

1) 時制をパラメータにした言語刺激を用いて、未来(帯状回)—現在(楔前部)の時間軸を発見した(A01北澤班・B01 大津班の共同研究; Tang et al., 投稿準備中, 北澤 2017)。

言語・哲学班(B01 大津班)から得た哲学の知見によれば、「こころの時間」の本質は「過去—現在—未来」の区別(マクタガートのA系列)である。そこで、「今日カレーを食べる」のような「時の副詞+目的語+動詞」で構成される文を大津班が動詞の種類バランスをとって系統的に作成した。これらの文を受動的に聞いた時の脳活動を計測した後、一つ一つの文がA系列のどこに位置すると感じられるかを事後的に9点法で評価を依頼した。その結果、被験者間でA系列の感じ方はよく共有されていることが判明した。事後のA系列の評価に基づいて脳活動を解析した結果、「現在」(5点)と感じられる文を聞くと大脳内側面の楔前部が、「未来」と感じられる文(6—9点)を聞くとその前方に位置する後部帯状回領域が「過去」と感じられる文(1—4点)を聞いた

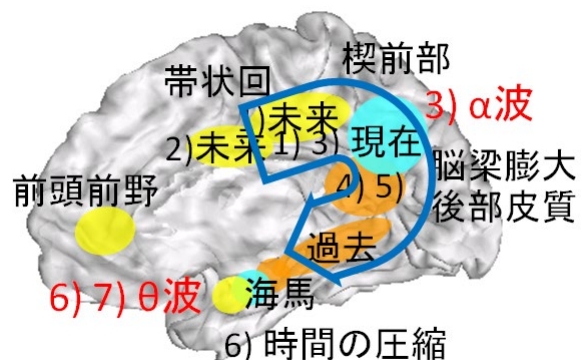


図4 大脳皮質内側面に時間地図を描いた

- 1) A01 北澤班+B01 大津班, 2) D01 米田班,
- 3) A01 北澤班, 4) D01 岡ノ谷班, 5) A04 河村班,
- 6) A02 池谷班+D01 藤澤班, 7) D01 小川班

時よりも有意に強く活動することが明らかになった(A01 北澤班・B01 大津班)。同様の刺激文を英語と中国語でも作成して、3言語×A系列の2元配置の分散分析を行ったところ、大脳皮質内側面はA系列(過去、現

在、未来)の主効果だけが有意となった。つまり、**大脳皮質内側面には未来(後部帯状回)ー現在(楔前部)の時間軸が存在し、言語に依存しないことが示唆された。**

2) A系列からさらに一歩進めて、言語の時制と相の標準理論に基づいた「参照時」からの時間経過を表現する領域が帯状回にあることを見出した(公募 D01 米田班; Komeda et al., 2016, 米田 2017)。例えば、言語刺激1で「有紀さんは大学の食堂にいて、慎也君は会社の食堂にいる」というコンテキストを設定した後、テスト刺激「1時間後、有紀さんは水を買に行き、慎也君は仕事に戻りました」を提示した。すると、テスト刺激の記述でコンテキストの設定から時間の経過があった試行では、帯状回の前方に有意な活動の上昇が検出された。つまり、**参照時から見た未来、は帯状回の前方に位置する可能性が示唆された。**

3) 楔前部に信号源を持つ $\alpha$ リズムが0.2秒程度の間を生じる2事象の時間順序決定に重要な貢献をしていることを発見した (A01 北澤班; Takahashi et al *J Neurosci* 2017)。

4) 脳梁膨大後部皮質には20秒に及ぶ時間のバッファがあることを発見した (公募 D01 岡ノ谷班; Nixima et al., 2017)。楔前部の脳梁膨大後部皮質は2つの信号の時間差を補償する機能を持つ可能性が示唆された。脳梁膨大後部皮質は楔前部と側頭葉内側面を結ぶ要衝に位置するため、時間情報の圧縮に関与している可能性もある。

5) 大脳内側部が時間地図と空間認知との統合に関連していることを臨床データから明らかにした(A04 河村班; Futamura et al., 2017, 河村 2017)。

6) 海馬には過去だけではなく、現在から近未来の情報が圧縮して表現されていることを明らかにした (A02 池谷班; Mizunuma et al., *Nat Neurosci* 2014; Norimoto et al., *Science* 2018; 公募 D01 藤澤班; Terada et al., *Neuron* 2017)。  
「こころの過去」の責任領域として、海馬に着目した。海馬が従来考えられていたように、単純に過去の情報を保管するだけでなく、(特に徐波睡眠中に)現在において過去の情報を圧縮再生し、この再生な神経回路の局所的な興奮抑制バランスの崩壊によって生じることを見いだした(Mizunuma et al. *Nat Neurosci* 2014)。さらに、圧縮再生することを通じて不要な情報を廃棄し、情報のSN比を高めるとともに、未来の情報の回路スペースを確保していることも発見した。すなわち海馬は過去を現在を通じて未来に投影する、時間的橋渡しの領域であるというビジョンを提示した(Norimoto et al., *Science*, 2018)。ラットが時系列に沿った出来事を経験するとき、過去・現在・未来の出来事の内容と順序の情報が海馬においてシータ波(7-11 Hz)という脳波のうえで圧縮して表現されていることを明らかにした (Terada et al., *Neuron* 2017)。

7) ラット海馬と前頭前野のシータ帯域協調が記憶に基づいた行動計画に重要であることを明らかにした。(公募 D01 小川班; Ishino et al., 2017)

以上、1)-7)の研究成果を総合すると、帯状回ー楔前部ー脳梁膨大後部皮質ー海馬を連絡する大脳皮質内側面に「未来ー現在ー過去」の時間地図が描き出されたことになる(図4)。つまり、**所期の第1の目標を予定通り達成した。**しかし、海馬には過去だけではなく現在・未来の情報も圧縮して表現されていることを考えると、時間地図が複数存在する可能性もある。**楔前部を中心とする $\alpha$ リズム支配領域の地図と、海馬ー前頭葉を中心とする $\theta$ リズム支配領域の地図の2種類が存在する可能性は今後検討するに値するだろう。**

8) 1秒以下と1秒以上の時間情報処理が異なる脳領域で行われていることを示し、しかしその脳領域のはたらかは、文脈依存的に変化しうることを報告した (A01 村上班; Murai & Yotsumoto, 2016)。  
時間長の時間地図に関する成果である。A系列の時間地図とは別に時間長の時間地図も脳には存在するものと思われる。両者の関係を明らかにすることは今後の研究課題として興味深い。



9) 眼窩前頭回の障害で自己の年齢認識機能が障害されることを示した (A04 河村班; Kuroda et al., 2015)。自己の現在の年齢を極めて若い年齢であると誤って認識する症例を複数検討することにより、責任領域が眼窩前頭回であることを突きとめ、Autobiographical age awareness disturbance syndrome (AAAD) というこころの時間障害についての新しい症候概念を確立した。

**成果 2. 実験動物研究で開発された「こころの時間」の操作法を臨床応用につなげた (図 5)**

1) ヒスタミン H3 受容体逆作動薬によって、失われた過去の記憶が回復することを発見した。げっ歯目で得られた薬効は、ヒト臨床試験でも再現された。(A03 池谷班と公募 D01 野村班の共同研究; 投稿中)。

マウスをまず環境中の 2 個の物体に馴化させる。一定期間が経過した後、2 個のうち 1 個を新奇な物体に置き換えてマウスを環境中に戻す。経過期間が十分に短いと、マウスは新奇物体の周囲に留まる傾向を示す。しかし、28 日が経過すると、新奇物体と馴



図 5 失われた記憶を回復する薬剤を発見 (A03 池谷班 + D01 野村班)

化済みの物体周辺の滞在時間に差がなくなる。この状態でヒスタミン H3 受容体逆作動 (チオペラミド) を投与すると、驚いたことに新奇物体への選好性が回復した。すなわち、消えた記憶が回復した。げっ歯目で得られた薬効は、ヒト臨床試験でも再現された。この成果は目標 2 を達成する成果である。

2) 海馬リップルの光遺伝学的クローズドループ抑制によって、記憶情報と容量を操作することが可能になった。(A02 池谷班; Norimoto et al., *Science*, 2018)。

**成果 3. エピソード様記憶の進化と発達を明らかにした (図 6)**

1) C01 平田班は、ビデオ画像を 24 時間隔てて 2 回視聴させるという新しい実験パラダイムを使って、類人猿にエピソード様記憶が存在することを突き止めた (Kano & Hirata *Curr Biol* 2015)。2 つのドアのいずれか一方からキングコングが侵入してヒトを叩くというビデオを準備して 1 回目の上映を行う。その 24 時間後に 2 回目の上映を行った時に、まだ侵入する前の時点で、1 回目の上映でキングコングが侵入した target door を見る時間が延長することが明らかになった。

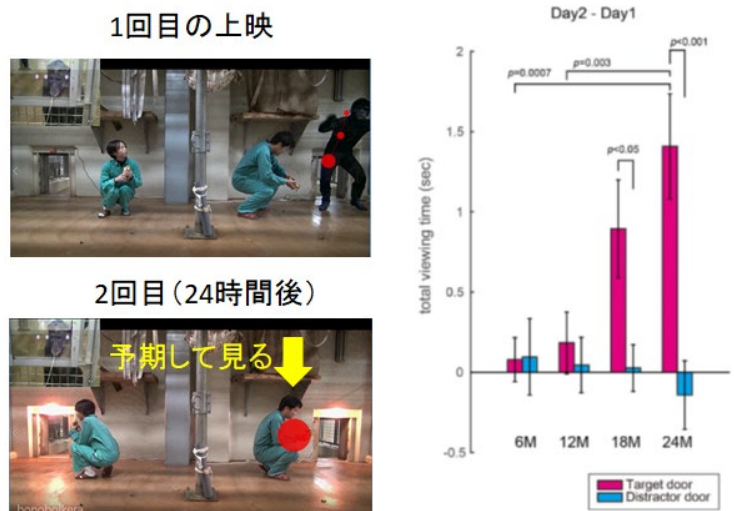


図 6 エピソード様記憶の進化と発達を解明 (C01 平田班 + 公募中野班)

2) 公募 C01 中野班はこの手法をヒト幼児に適用し、生後 18 か月から同課題に成功し、その後さらに発達していくことを示した (Nakano & Kitazawa, *Sci Rep* 2017)。つまり、

「心的時間旅行」の基礎となるエピソード様記憶の系統発生 (進化) と個体発生 (発達) を明らかにした。目標 3 を達成する成果である。

### 3. 研究領域の研究推進時の問題点と当時の対応状況（1 ページ以内）

研究推進時に問題が生じた場合には、その問題点とそれを解決するために講じた対応策等について具体的に記述してください。また、組織変更を行った場合は、変更による効果についても記述してください。

#### (1) 研究遂行上で生じた問題点等

本領域においては、研究の進展は概ね順調であった。中間評価でもその点を基本的に評価していただいた。ただ、神経科学の研究項目を現在（A01）、過去（A02）、未来（A03）に分けたため、未来から現在、現在から過去に至る時間の推移の研究が手薄になった。B01 言語・哲学班からこの点の指摘を受けて、B01 大津班と A01 北澤班、A01 村上班と A04 河村班等の連携研究においてできるだけこの問題を解決することを心掛けた。これらの連携が先に述べた 3 個の成果に結びついている。

#### (2) 過去に受けた中間評価の所見及びその対応状況等

先行領域は平成 28 年 2 月に公表された中間評価において下記の評価と所見を得た。

#### A（研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる）

##### 総合所見

本研究領域は、過去・現在・未来を区別して生きるというヒト特有の「こころの時間」の成り立ちを、神経科学、医学、心理学、比較認知科学、言語学、哲学の学際的共同研究を通じて明らかにすることを目標としている。過去、未来、現在の神経基盤の解明を目指す計画研究に、それらを俯瞰する言語・哲学、医学、比較認知科学の計画研究を配置する体制が敷かれ、研究は順調に推進されている。神経科学の領域を中心に多くの優れた成果が上がっており、更なる進展が期待される。今後は、生物学的アプローチと人文学的アプローチの融合によって、複合領域にふさわしい成果が上がることを期待する。

##### 評価に当たっての着目点ごとの所見

#### (a) 研究の進展状況

本研究領域は「こころの時間」を対象とするに当たって、研究対象を過去、未来、現在に分けた上で、各研究の連携を図るアプローチを採っている。このことによって各研究の立ち位置とゴールが明確になる効果を生み、脳の時間地図作製という壮大な目標に向かって着実に研究が進展している。

#### (b) 研究成果

「こころの時間」の神経基盤の解明を目指す本研究領域において、計画研究並びに公募研究から多くの優れた研究成果が上がっている。研究領域内の共同研究による成果も多く見られる。

#### (c) 研究組織

年 2 回のシンポジウムに加え、異分野間の対話を進めるためのチュートリアルを活発に行うなど、研究領域内での共同研究を促進する工夫がなされている。その成果として、多数の共同研究が進展中であり、すでに成果も上がってきている。多くの公募研究を採択し、そこから優れた成果が上がっていることも評価できる。

#### (d) 研究費の使用

問題はない。

#### (e) 今後の研究領域の推進方策

神経基盤の解明を目指す生物学的アプローチと、「こころの時間」の哲学的意味、言語構造を探る人文学的アプローチとの対話をさらに積極的に推進し、両者の共同研究による、複合領域研究にふさわしい研究成果が上がることを期待する。

#### (f) 各計画研究の継続に係る経費の適切性 問題はない。

以上の通り、概ね良好な評価であったが、人文学的アプローチと生物学的アプローチのさらなる融合を図って、複合領域にふさわしい成果を上げるように、という所見をいただいた。そこで、平成 28 年度に、領域内の連携研究を推進するための予算を総括班で準備して、領域内公募を行って 7 件を採用して一層の融合を図った。すでに紹介した大津班・北澤班、河村班・村上班の連携研究の成果はこのような中間評価に対する対応の結果としてさらに発展した。

#### 4. 審査結果の所見及び中間評価の所見等で指摘を受けた事項への対応状況（2ページ以内）

審査結果の所見及び中間評価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への対応状況>

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月時点ですでに連携研究が開始しているものが26件ある。また、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。

(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。

### <中間評価の所見等で指摘を受けた事項への対応状況>

2016年2月9日付の中間評価では「A」評価（研究領域の設定目的に照らして、期待どおりの進展が認められる）を得た。着目点ごとの所見は下記の通りである。対応を要する指摘はほぼなかった。

(a) **研究の進展状況** 本領域は「こころの時間」を対象とするに当たって、研究対象を過去、未来、現在に分けた上で、各研究の連携を図るアプローチを採っている。このことに依って各研究の立ち位置とゴールが明確になる効果を生み、脳の時間地図作製という壮大な目標に向かって着実に研究が進展している。

(b) **研究成果** 「こころの時間」の神経基盤の解明を目指す本研究領域に置いて、計画研究並びに公募研究から多くの優れた研究成果が上がっている。研究領域内の共同研究による成果も多く見られる。

(c) **研究組織** 年2回のシンポジウムに加え、異分野間の対話を進めるためのチュートリアルを活発に行うなど、研究慮域内での共同研究を促進する工夫がなされている。その成果として、多数の共同研究が進展中であり、すでに成果も上がってきている。多くの公募研究を採択し、そこから優れた成果が上がっていることも評価できる。

(d) **研究費の使用** 問題はない。

(e) **今後の研究領域の推進方策** 「神経基盤の解明を目指す生物学的アプローチと、「こころの時間」の哲学的意味、言語構造を探る人文学的アプローチとの対話をさらに積極的に推進し、両者の共同研究による、複合領域研究にふさわしい研究成果が上がることを期待する。」

[対応策] 年2回の領域会議に加え、異分野間の対話を進めるためのチュートリアルを行う等の領域内での共同研究を促進する工夫を継続・発展させた。連携研究の推進を支援する連携研究支援制度を総括班に設けて、領域内から公募を行い、2016年度は4件、2017年度は3件を採択し支援を行った。連携研究支援制度で支援した連携の一部は下記の通りである。

1) A04 河村班と公募 A04 緑川班（高機能自閉症における空間幅と時間幅の表出障害）

2) A01 北澤班と公募 B01 時本班（過去・未来の脳内での非対称性と、視点取得との交互作用）

3) A04 河村班と公募 A04 寺尾班（「時間的統合」の限界に関わる神経機構の検討）

4) A01 北澤班と B01 大津班（音声言語刺激を用いた時間地図の探索）等 計7件。

[効果] 「時間地図を脳に描く」等の所期の目標に沿った共同研究の成果が生み出された。英語査読付き論文 381報のうち、融合研究論文は 73 報を数えた。

## 5. 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 ページ以内）

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。記述に当たっては、本研究課題により得られたものに厳に限ることとします。

### 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

(1) 「現在」周辺の時間順序の神経基盤：①右手と左手に加えた刺激の順序を判断する課題で、手を交差すると0.1-0.2秒程度の時間差の刺激の時だけ順序判断が逆転する傾向を示す。この逆転の確率が、脳波のパワーの7割を占める10Hz帯域のリズム（ $\alpha$ 波）の位相に依存して変化することを発見した。さらに、独立成分分析を使うことで特に大脳皮質内側面の楔前部を信号源とする $\alpha$ 波成分だけが関与していることを示した (Takahashi & Kitazawa, *J Neurosci*, 2017)。② $\alpha$ 波の強い信号源である楔前部には、外部空間（背景）に固定された視覚座標系が表現されていることを示す機能画像データを得た (Uchimura et al., *Eur J Neurosci*, 2015)。眼前の空間は「現在」に属するから、「今」と「ここ」の両方が楔前部によって統合されている可能性も指摘できる (北澤, 2017)。

(2) 言語刺激を使った時間軸の探索：[B01 大津班との共同研究; 11 ページ成果 1 参照]

現在性、過去性、未来性、を喚起する短い文の朗読音声を刺激として用いて脳活動を解析した結果、楔前部に「現在」、その前方の帯状回に「未来」が位置する可能性を示した。大脳皮質内側面に楔前部を原点とするような時間軸の存在を示唆する成果である (Tang ら、投稿準備中)。

(3) 運動学習の誤差信号の時間窓：運動学習は制御信号を原因として生まれる誤差に基づいて制御信号を更新する過程である。運動直後0.1秒以内という短い期間に運動野（前頭葉）と頭頂葉5野に表現される誤差の信号が更新に寄与することを情報量解析と微小電気刺激法によって明らかにした (Inoue & Kitazawa, *Curr Biol*, in press; Inoue et al., *Neuron*, 2016)。

#### 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

(1) 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：運動錯視により主観的に動いて見える対象において時間伸長錯視が起きることを発見し (Aoki et al., 2016)、1秒前後の知覚時間の責任中枢が高次運動中枢と相互作用することがわかった。1秒以下と1秒以上の時間は、脳内の異なる処理を介する可能性があるが、時間順応実験により、視覚の時間順応には1秒の壁が存在せず、両時間領域にわたって共通の特性で生じることを示した (Shima et al, 2016)。また、fMRI 実験により、1秒の壁は文脈依存的に柔軟に変容すること、すなわち、1秒以下と1秒以上のどちらにも暴露される確率が高いかによって、同じ1秒という提示時間を処理する支配メカニズムが切り替わることを示した (Murai & Yotsumoto, 2016)。

(2) 複数の時間軸の同期はどのようになされるのか：領域内のA04 河村班「病理・病態」との連携研究として、脳梁無形成症例の時間知覚は、皮質下のコネクションを通して、むしろ反対半球からの干渉を受けることを示した (Okajima et al., 2017)。フリッカー刺激を観察すると時間伸長して感じられるが、ある程度距離が離れた静止刺激にまでこの効果が波及しうることが示された (Okajima & Yotsumoto, 2016)。フラッシュ刺激が運動対象に比べて時間的に遅れるフラッシュラグ効果と、フラッシュ刺激が運動対象に引きずられて位置がずれて見えるフラッシュドラグ効果を同時に測定し、時間遅れと位置ずれのメカニズムの従う各時間軸の間の因果的つながりを明らかにした (Murai & Murakami, 2016)。これらから、脳内に流れる複数の時間軸の間のつながりが解明された。

(3) 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：時間経過判断に及ぼす要因を調べ、感じられる持続時間と事象の時間的予測との乖離、および、事象終了時刻のオンライン予測が重要な要素であることを示した (Tanaka & Yotsumoto, 2017)。また、心的時間を刻むクロックの時間分解能に関連して視覚表現の更新頻度に関する新たな視覚現象を発見した (Osugi et al., 2016)。

### 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

(1) 過去の再生と記憶情報のリセット：[公募研究：藤澤茂義との共同研究]

海馬が学習に関わるが、神経細胞の数には限りがあるため、いずれ記憶情報で飽和する。海馬から発生する ripple 波が、睡眠中にシナプスの繋がり度合いを弱めることを突き止めた。これは睡眠直前に学習した情報をコードするニューロン群では生じなかったことから、ripple 波は過去の情報を確保しながら、不要なシナプスを弱めることで、未来に向けて記憶キャパシティを確保していることが示唆された (Norimoto et al., *Science*, 2018)。

(2) 他者の時間を共有する：[公募研究：藤澤茂義]

2匹のラットを自己ラットと他者ラットに分け、他者観察課題を学習させたところ、海馬において、自己の位置を認識する標準的な場所細胞に加え、他者の位置を認識する神経細胞が存在することを発見した。この結果は、私たちがどのように自己や他者の時間や空間の情報を認識しているかを解明する上で重要な知見となる (Danjo et

al., *Science*, 2018)。

### (3) 失われた過去を回復する：[公募研究：野村洋との共同研究]

記憶は時間とともに褪せる。これは記憶痕跡の神経細胞の活動レベルが低下することによって生じると考えられる。ヒスタミン H3 受容体を遮断することにより、嗅周皮質の神経回路の自発活動レベルを高めることで、確率共振現象が生じ、想起できなくなった記憶を蘇生させることが可能であることを示した(Nomura ら,投稿中)。

## A03 「未来」

### A03 田中 真樹：計時と予測の神経機構の探究

(1)計時に関する研究 ①大脳基底核と小脳の役割：時間生成課題を訓練したサルで、線条体と小脳歯状核の運動準備活動の時間経過を比較した。線条体ニューロンは計時期間中活動を持続させたが、小脳核ニューロンは時間生成の直前になって活動した (Ohmae ら, 2017)。一方、同一条件下での潜時のばらつきとの神経相関は線条体よりも小脳で先に出現したことから、試行ごとの潜時は小脳の活動によって微調整されると考えられる。また、線条体にドパミン受容体の拮抗薬を投与すると生成時間が短縮し

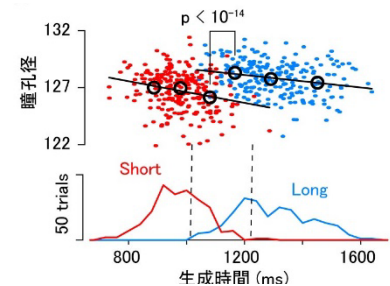


図7 瞳孔径と主観的な時間長の相関

(Kunimatsu & Tanaka, 2016)、線条体の局所場電位の低周波成分が計時の

構えと相関することを発見した。②時の流れの内観と生理指標：時間生成課題中のサルの瞳孔径を測定したところ、計時直前の瞳孔の大きさと生成される時間長が逆相関することを発見した (Suzuki ら, 2016, 図7)。瞳孔径の調節に青斑核ニューロンの活動が関与することが知られていることから、ノルアドレナリンの再取り込み阻害薬を全身投与したところ、生成時間に変化が認められた (Suzuki & Tanaka, 2017)。

(2)リズム知覚に関する研究 ①繰り返される刺激のタイミングを予測するように訓練したサルの小脳核と線条体から周期的な活動を示すニューロン群を発見した (Ohmae ら, 2013 ; Kameda ら, 準備中)。同様の欠落オドボール課題をヒトで行ったところ、約 4 Hz (250 ms) 以下では感覚情報の群化、それ以上ではタイミング予測の機構が刺激欠落の検出に関与することが示された (Ohmae & Tanaka, 2016)。②周期的な刺激への同期運動は音声学習をする種に特有であると考えられていたが、予測性眼球運動を報酬で強化することでサルに同期運動を行わせることに成功した (Takeya ら, 2017)。

## 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

(1) 自己の現在の年齢を極めて若い年齢であると誤って認識する症例を複数検討することにより、責任領域が眼窩前頭回であることを突きとめ、Autobiographical age awareness disturbance syndrome (AAAD) といふところの時間障害についての新しい症候概念を確立した (Kuroda et al., *BMC Neurol* 2015)。

(2) 大脳内側部が時間地図と空間認知との統合に関連していることを明らかにした (Futamura et al. *Neurol Clin Neurosci* 2018; 河村 2017)。

(3) 脳梁無形成症例を対象にして、こころの時間認知機能に大脳機能の偏在 (lateralization) があることを明らかにした (Okajima et al., *Brain Cogn* 2017)。[A01-2 村上班との共同研究]

(4) 嗅覚機能とこころの時間認知の関連、並びに、左後部眼窩前頭回と自伝的記憶との関連を明らかにした (Watanabe et al., *Front Psychol*, in press)。

(5) パーキンソン病では、指定された秒数 (例えば 60 秒) を数える際に、早く数えるために指定された秒数より短い時点 (例えば 50 秒) で数え終わること、さらに、この短縮傾向はドパミントランスポーターの量の減少とともに増悪することを明らかにした (Honma et al., *Neuropsychologia* 2017)。

## 公募研究 A04

(1) 月浦班：健忘症患者における作話症状の機序を検証し、作話症状が重度の健忘症患者では、作話症状が比較的軽度の健忘症患者や健常統制群と比較して、時間見当識、注意、言語性記憶の障害が有意に認められることを報告した (Shingaki et al., *J Clin Exp Neuropsychol* 2016)。

(2) 梅田班：予定や約束などのタイミングよい想起 (展望記憶) に、内受容感覚が関わるのが初めて示され、島皮質が未来の記憶想起に関与することが示唆された (Umeda et al., *Philos Trans R Soc B Biol Sci* 2016)。

## B01 「言語・哲学」

### B01 大津 由紀雄：時間の言語化

(1) 「時間」という概念の哲学的省察：時間にとって本質的なのは、出来事のあいだの前後関係 (B 系列) なのか、過去・現在・未来という区別 (A 系列) なのかという問題である。A 系列と B 系列の対立は、言語哲学においては、言語において時間がどう表現されているかという問題として現れ、こころの哲学においては、時間はどのように経験されるかという問題として現れる。このどちらの問題に取り組むためにも、言語学や脳科学や心理学といった科学からの知見は重要な役割を果たす。A01 北澤班らとの共同研究で得られた脳の時間地図案について、哲学・言語学的検討を行った (Iida, "Time, Brain and Language. A Philosophical Comment on Kitazawa's Hypothesis concerning the Neural Basis of A-series Time Concepts", 出版準備中)。

(2) **個体発生に関する理論的検討**：時制と相の形態統語表示の発達の様相を詳細に分析した。その結果、時間の言語化の多様性は、時制と相の解釈を律する普遍的な原理が母語となる言語に固有な特性と働き合って生じることを明らかにした (今西・大津, 2017)。

(3) **fMRI 実験による研究**：日本語・英語・中国語を対象に時間表現を含んだ文の脳内処理について fMRI を使って調査した。その結果、現在の陳述は過去や未来の陳述よりも楔前部を強く刺激することを明らかにすることができ、脳の時間地図作成作業を前進させた (Tang ら, 投稿準備中)。[A01-1 北澤班との共同研究]

#### 公募研究 B01

(1) 青山班：時間分岐の様相と自由意志・責任帰属との関係を多角的に論じ、その分析を B. Libet らの心理学実験にも適用した (*Ann Jpn Assoc Phil Sci* 2015)。

(2) 信原班：人間の時間経験の成立およびその特質を、意識的な時間経験を分析して、現象的時間の構造を解明するなど、5つの観点から分析した (信原幸弘編, 時間・自己・物語, 春秋社, 2017)。

#### C01 「動物の時間」と「こころの時間」

##### C01 平田 聡：類人猿の新的時間旅行

(1) 類人猿におけるエピソード様記憶を視線計測によって調べる新機軸の研究を考案し実施した。本研究では、偶発的に1度だけ目撃した映像の長期記憶を検証することを目的とした。本研究用に作成した動画をチンパンジー／ボノボに提示し、これを見ている間の視線を計測した。動画は自作のもので、偽類人猿が登場する印象的な出来事が含まれる。この動画を24時間の間隔において2回提示し、それぞれにおいて視線を計測した。提示した2種類の動画のそれぞれにおいて、鍵となる出来事が一度起こる。この動画を2回目に見た際には、鍵となる出来事が起こるより前に、それが起こる場所に視線が移動した (図6, 矢印)。このことは、チンパンジー／ボノボが1回目に見た映像の鍵となる出来事を記憶し、その記憶に基づいて、2回目に同じ動画を見た際にその出来事の生起を予測したことを示している。訓練や食物強化に依らず、ヒト以外の動物において偶発的に目撃した出来事の記憶を初めて示した研究成果と言える (Kano & Hirata, *Curr Biol*, 2015)。

(2) チンパンジーが遅延時間を挟んだ自己像を正しく自己と認識していることを示した (Hirata ら, *Roy Soc Open Sci* 2017)。以上 (1), (2) により、従来はヒトに特有と考えられていた心的時間旅行の能力の諸要素は進化においてヒトと類人猿の分岐以前にすでにある程度獲得されていることが示唆された。

#### 公募研究 C01

(1) 中野班：平田班が開発したエピソード様記憶を視線計測によって調べる手法を、発語前後の幼児 (6, 12, 18, 24 か月) に適用した。1回目の上映でキングコングが登場したドア (ターゲット) を、24時間後の2回目の上映では登場よりも前に長く見る傾向が18か月児から有意となった (図6, 棒グラフ)。また、24か月児では登場の10秒以上前からターゲットを見る時間が有意に延長していて、未来を予測する能力が18か月児よりもさらに発達することが明らかになった。エピソード様記憶の発達過程を発語前の幼児期から言語に頼らない方法で定量的に追跡した初の研究成果と言える (Nakano & Kitazawa, *Sci Rep*, 2017)。

(2) 藤田班：ハトがこれから行う課題の知識度に応じて適切なヒント希求を行えるかを検討した結果、ハトが近い未来に起きる事象に対する自身の知識度を判断し、行動を調節する可能性を示した (Iwasaki, Watanabe & Fujita, *Animal Cogn* 2018)。

(3) 坂田班：PI30秒スケジュールを遂行中のラットの脳波を測定して、線条体脳波パワーが時間経過に伴う変化とよく相関することを明らかにした (Hattori & Sakata, *Behav Proc* 2014)。

#### 公募研究 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)

(1) 谷本班：ショウジョウバエの長期報酬記憶を特異的に誘導するドーパミン細胞種は、連合記憶中枢であるキノコ体の特定領域に入力する。この領域からの出力神経がドーパミン入力神経に再び入力するというフィードバック回路に着目し、その詳細な機能解析を行った。本研究により、報酬情報がキノコ体のフィードバック回路によって保持され、記憶の長期安定化に重要な役割を担うことを明らかにした (Ichinose et al., *eLife*, 2015)。

(2) 野村班：恐怖記憶は暴露療法によって抑制した後でも、たびたび復元し、不安障害を再発させる引き金となる。内側前頭前野におけるドーパミン放出によって、シナプス伝達が減弱し、扁桃体の抑制が解除されることで恐怖が復元することを明らかにした (Hitoya-Imamura et al., *eLife* 2015)。

(3) 羽倉班：身体運動にかかる負荷は、負荷が時間的にゆっくりと知覚できない程度に増大すると、環境の情報処理の負荷として処理されてしまうことが明らかにした。これは「こころの時間」にとって知覚できる時間変化と、知覚できない時間変化が同質でないことを意味する (Hagura, Haggard & Diedrichsen, *eLife* 2017)。

(4) 本吉班：連続的に運動する視覚刺激が4-6Hzのリズムでとびとびに跳躍しているように知覚される錯覚を発見し、連続的に感じられる時間の流れの背後に周期的な情報処理が潜んでいることを明らかにした (Nakayama et al. *Sci Rep* 2018)。

(5) 川畑班：発話で生じる音声に遅延をかけてフィードバックしたところ、文章音読中の発話とその知覚に時間的再較正が生じた。その結果、音声と発話感覚の時差への同時性知覚が上昇し、発話の流暢性が増すことが明らかになった。吃音障害への訓練への応用が期待できる (Yamamoto & Kawabata, *Exp Brain Res* 2014)。

## 6. 研究成果の取りまとめ及び公表の状況（主な論文等一覧、ホームページ、公開発表等）（5ページ以内）

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。記述に当たっては、本研究課題により得られたものに厳に限ることとします。

- 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。
- 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。
- 補助条件に定められたとおり、本研究課題に係り交付を受けて行った研究の成果であることを表示したもの（論文等の場合は謝辞に課題番号を含め記載したもの）について記載したものについては、冒頭に▲を付してください（前項と重複する場合は、「◎▲・・・」と記載してください）。
- 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。

### 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

◎▲Inoue, M. & Kitazawa, S. Motor error in parietal area 5 and target error in area 7 drive distinctive adaptation in reaching. *Curr Biol* (in press). (査読有)

\*北澤茂. 時間順序を作り出す神経メカニズム. *Brain and Nerve* 69, 1203-1211 (2017). (査読無)

◎▲Takahashi, T. & Kitazawa, S. Modulation of illusory reversal in tactile temporal order by the phase of posterior alpha rhythm. *J Neurosci* 37, 5298-5308 (2017).

◎\*Nakano, T., Kitazawa, S. Development of long-term event memory in preverbal infants: an eye-tracking study, *Sci Reports*, 7, 44086, (2017) (査読有) [中野班と共著; 課題番号は中野班]

◎▲Inoue, M., Uchimura, M. & \*Kitazawa, S. Error signals in motor cortices drive adaptation in reaching. *Neuron* 90, 1114-1126 (2016). (査読有)

◎▲Uchimura, M., Nakano, T., Morito, Y., Ando, H. & \*Kitazawa, S. Automatic representation of a visual stimulus relative to a background in the right precuneus. *Eur J Neurosci* 42, 1651-1659 (2015). (査読有)

◎\*Ohmae, S., Takahashi, T., Lu, X., Nishimori, Y., Kodaka, Y., Takashima, I. & \*Kitazawa, S. Decoding the timing and target locations of saccadic eye movements from neuronal activity in macaque oculomotor areas. *J Neural Eng* 12, 036014 (2015). (査読有)

◎\*Yamamoto, S. & Kitazawa, S. Tactile temporal order. *Scholarpedia J* 10, 8249 (2015). (査読有)[山本班と共著]

◎▲Suda, Y. & \*Kitazawa, S. A model of face selection in viewing video stories. *Sci Rep* 5:7666, 1-11 (2015). (査読有)

◎▲Nishikawa, N., Shimo, Y., Wada, M., Hattori, N. & \*Kitazawa, S. Effects of aging and idiopathic Parkinson's disease on tactile temporal order judgment. *PLoS One* 10, e0118331, 1-15 (2015). (査読有)

◎▲Inoue, M., Uchimura, M., Karibe, A., O'Shea, J., Rossetti, Y. & \*Kitazawa, S. Three timescales in prism adaptation. *J Neurophysiol* 113, 328-338 (2015). (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

◎▲Saito, M., Miyamoto, K., Uchiyama, Y. & \*Murakami, I. Invisible light inside the natural blind spot alters brightness at a remote location. *Sci Rep*, 8:7540, (2018). (査読有)

◎▲Okajima, M., Futamura, A., Honma, M., Kawamura, M., and \*Yotsumoto, Y. Interhemispheric cortical connections and time perception: A case study with agencies of the corpus callosum. *Brain Cogn* 117, 12-16, (2017). (査読有) [A04 河村班との共同研究]

▲Tanaka, R. & \*Yotsumoto, Y. Passage of time judgments is relative to temporal expectation. *Front Psychol*, 8:187, (2017). (査読有)

▲Aoki, S., Kawano, A., Terao, M., & \*Murakami, I. Time dilation in a perceptually jittering dot pattern. *J Vis*, 16, 14:2, (2016). (査読有)

▲Shima, S., Murai, Y., Hashimoto, Y., & \*Yotsumoto, Y. Duration adaptation occurs across the sub- and supra-second systems. *Front Psychol*, 7:114, (2016). (査読有)

▲Murai, Y. & \*Yotsumoto, Y. Context-dependent neural modulations in the perception of duration. *Front Integr Neurosci*, 10:12, (2016). (査読有)

▲\*Murai, Y. & Murakami, I. The flash-lag effect and the flash-drag effect in the same display. *J Vis*, 16:31, (2016). (査読有)

▲Okajima, M. & \*Yotsumoto, Y. Flickering task-irrelevant distractors induce dilation of target duration depending upon cortical distance. *Sci Rep*, 6:32432, (2016). (査読有)

▲\*Osugi, T., Hayashi, D., & Murakami, I. Selection of new objects by onset capture and visual marking. *Vision Res*, 122, 21-33, (2016). (査読有)

◎▲Hashimoto, Y. & \*Yotsumoto, Y. Effect of temporal frequency spectra of flicker on time perception: behavioral testing and simulation using a striatal beat-frequency model. *Timing Time Percept*, 3, 201-222, (2015). (査読有)

◎▲Miyamoto, K., & \*Murakami, I. Pupillary light reflex to light inside the natural blind spot. *Sci Rep*, 5:11862, (2015). (査読有)

◎▲\*Okazaki, Y.O., \*Horschig, J.M., Luther, L., Oostenveld, R., \*Murakami, I. & \*Jensen, O. Real-time MEG neurofeedback training of posterior alpha activity modulates subsequent visual detection performance. *NeuroImage*, 107, 323-332, (2015).

(査読有)

▲Yotsumoto, Y., Chang, L.H., Ni, R., Pierce, R., Andersen, G.J., Watanabe, T. & \*Sasaki, Y. White matter in the older brain is more plastic than the younger brain. *Nat Commun*, 5:5504, 1-8, (2014). (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

◎▲Norimoto, H., Makino, K., Gao, M., Shikano, Y., Okamoto, K., Ishikawa, T., Sasaki, T., Hioki, H., \*Fujiwara, S., \*Ikegaya, Y. Hippocampal ripples down-regulate synapses. *Science*, 359:1524-1527, 2018. (査読有)

▲Danjo, T., Toyozumi, T., Fujiwara, S. (2018) Spatial representations of self and other in the hippocampus. *Science*. 359:213-218. (査読有)

▲Terada S, Sakurai Y, Nakahara H, Fujiwara S. (2017) Temporal and rate coding for discrete event sequences in the hippocampus. *Neuron*, 94:1248-1262 (査読有) [公募 D01 藤澤班と A02 池谷班の共同研究]

▲Funayama, K., Hagura, N., Ban, H., Ikegaya, Y. Functional organization of flash-induced V1 offline reactivation. *J. Neurosci.*, 36:11727-11738, 2016. (査読有)

◎▲Hitara-Imamura, N., Miura, Y., Teshirogi, C., Ikegaya, Y., Matsuki, N., \*Nomura, H. Prefrontal dopamine regulates fear reinstatement through the downregulation of extinction circuits. *eLife*, 4:e08274, 2015. (査読有) [野村班との共同研究]

▲Iwasaki, S., Sakaguchi, T., \*Ikegaya, Y. Brief fear preexposure facilitates subsequent fear conditioning. *Neurosci. Res.*, 95:66-73, 2015. (査読有)

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)

◎▲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. *J. Neurosci.*, 5, 819-830. (査読有)

◎▲Nakayama, D., Baraki, Z., Onoue, K., Ikegaya, Y., Matsuki, N. & \*Nomura, H. (2015). Frontal association cortex is engaged in stimulus integration during associative learning. *Curr. Biol.*, 25, 117-123. (査読有) [野村班との共同研究]

◎▲\*Nomura, H., Hara, K., Abe, R., (他 3 名), Matsuki, N., Ikegaya, Y. (2015) Memory formation and retrieval of neuronal silencing in the auditory cortex. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 112:9740-9744. (査読有) [野村班との共同研究]

Kitanishi, T., Ujita, S., Fallahnezhad, M., Kitanishi, N., Ikegaya, Y., \*Tashiro, A. (2015) Novelty-induced phase-locked firing to slow gamma oscillations in the hippocampus: requirement of synaptic plasticity. *Neuron*, 86:1265-1276, 2015. (査読有)

▲Funayama, K., Minamisawa, G., Matsumoto, N., Ban, H., Chan, A. W., Matsuki, N., Murphy, T. H., \*Ikegaya, Y. (2015) Neocortical rebound depolarization enhances visual perception. *PLOS Biol.*, 13:e100223. (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. *J. Neurosci.*, 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. *Nat. Neurosci.* 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

◎\*Takeya, R., Kameda, M., Patel, A.D. & \*Tanaka, M. (2017). Predictive and tempo-flexible synchronization to a visual metronome in monkeys. *Sci Rep* 7, 6127. (査読有)

\*Ohmae, S., Kunimatsu, J. & \*Tanaka, M. (2017). Cerebellar roles in self-timing for sub- and supra-second intervals. *J Neurosci* 37, 3511-3522. (査読有)

Suzuki, T.W. & \*Tanaka, M. (2017). Causal role of noradrenaline in the timing of internally-generated saccades in monkeys. *Neurosci* 366, 15-22. (査読有)

Uematsu, A., Ohmae, S. & \*Tanaka, M. (2017). Facilitation of temporal prediction by electrical stimulation to the primate cerebellar nuclei. *Neurosci* 346, 190-196. (査読有)

Suzuki, W.T., Kunimatsu, J. & \*Tanaka, M. (2016). Correlation between pupil size and subjective passage of time in non-human primates. *J Neurosci* 36, 11331-11337. (査読有)

\*Kunimatsu, J., Suzuki, T.W. & \*Tanaka, M. (2016). Implications of lateral cerebellum in proactive control of saccades. *J Neurosci* 36, 7066-7074. (査読有)

\*Kunimatsu, J. & \*Tanaka, M. (2016). Striatal dopamine modulates timing of self-initiated saccades. *Neurosci* 131-142. (査読有)

◎\*Ohmae, S. & \*Tanaka, M. (2016). Two different mechanisms for the detection of stimulus omission. *Sci Rep* 6, 20615. (査読有)

\*Yoshida, A. & \*Tanaka, M. (2016). Two types of neurons in the primate globus pallidus external segment play distinct roles in antisaccade generation. *Cereb Cortex* 26, 1187-1199. (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. *Front Systems Neurosci*, 9, 67. (査読有)

Matsushima A & \*Tanaka M. (2014). Manipulation of object choice by electrical microstimulation in macaque frontal eye fields. *Cereb 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. *J Neurosci* 33, 15432-15441. (査読有)



#### 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

- ◎▲Watanabe, K., \*Masaoka, Y., Kawamura, M., Yoshida, M., Koiwa, N., A., Yoshikawa, A., Kubota, S., Ida, M., Ono, K., & Izumizaki, M. Left posterior orbitofrontal cortex is associated with odor-induced autobiographical memory: an fMRI study. *Front Psychol*, (in press) (査読有)
- ▲\*Futamura, A., Honma, M., (他3名), Midorikawa, A., Miller, M. W., Kawamura, M., & Ono, K. Singular case of the driving instructor: Temporal and topographical disorientation. *Neurol Clin Neurosci* 6, 16-18.(2018) (査読有)
- 河村満, 「ナビゲーション」と「こころの時間」の脳内地図. *Brain & Nerve*, 69, 1291-1302, (2017) (査読無)
- ▲\*Honma, M., Masaoka, Y., Kuroda, T., Futamura, A., Shiromaru, A., Izumizaki, M., & \*Kawamura, M., Impairment of cross-modality of vision and olfaction in Parkinson's disease. *Neurology* 90, e977-e984, (2018). (査読有)
- ◎▲\*Honma, M., Murai, Y., Shima, S., Yotsumoto, Y., Kuroda, T., Futamura, A., Shiromaru, A., Murakami, I., & \*Kawamura, M. Spatial distortion related to time compression during spatiotemporal production in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 102, 61-69, (2017). [村上班との共同研究]
- ◎▲Okajima, M., Futamura, A., Honma, M., Kawamura, M., & \*Yotsumoto, Y. Interhemispheric cortical connections and time perception: a case study with agenesis of the corpus callosum. *Brain and Cognition*, 117, 12-16, (2017). [村上班との共同研究]
- ◎▲\*Honma, M., Kuroda, T., Futamura, A., Shiromaru, A. & \*Kawamura, M. Dysfunctional counting of mental time in Parkinson's disease. *Sci Rep* 6, 25421, (2016). (査読有)
- ▲\*Kuroda, T., Futamura, A., Sugimoto, A., Midorikawa, A., Honma, M., & \*Kawamura, M. Autobiographical age awareness disturbance syndrome in autoimmune limbic encephalitis: two case reports. *BMC Neurol* 15, 238, (2015).
- ◎▲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. *Front Hum Neurosci* 8(545):1-8. (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. *Front Hum Neurosci*, 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]

公募研究 A04 : こころの時間の「病理・病態」

- ◎▲Shingaki H., Park P., Ueda K., Murai T., Tsukiura T. Disturbance of time orientation, attention and verbal memory in amnesic patients with confabulation. *J Clin Exp Neuropsychol*, 38, 171-182. (2016). (査読有)
- ◎▲\*Umeda, S., Tochizawa, S., Shibata, M., Terasawa, Y. (2015) Prospective memory mediated by interoceptive accuracy: a psychophysiological approach. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 371: 20160005. (査読有)
- ▲Ismail, M.A.F. & \*Shimada, S. 'Robot' hand illusion under delayed visual feedback: Relationship between the senses of ownership and agency. *PLoS One* 11, e0159619, (2016). (査読有)

#### B01 「言語・哲学」

B01 大津 由紀雄 : 時間の言語化

今西典子、大津由紀雄 (2017)「時間表現の発達:時間の言語化にみられる普遍性と多様性の観点からの考察」*Brain and Nerve* 69, 1251-1271. (査読無)

今西典子 (2017)「時制の解釈と生涯効果 (Lifetime Effects)」高見健一他編『〈不思議〉に満ちたことばの世界』開拓社, 250-254. (査読無)

Yuji Nishiyama (2016) 'Complement-taking nouns', Taro Kageyama and Hideki Kishimoto (eds.) *Handbook of Japanese Lexicon and Word Formation* ((DeGruyter/Mouton,Boston/Berlin, 631-664. (査読無)

Takashi Iida (2013) Towards an Ontology of the Rainbow, *J Central China Normal University* 1(1), 37-55. (査読有)

\*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)

<書籍> 飯田隆 (2016)『規則と意味のパラドックス』筑摩書房 (総ページ246) .

嶋田珠巳 (2016)『英語という選択——アイルランドの今』岩波書店 (総ページ204) .

公募研究 B01 : 言語学・哲学から見た「こころの時間」

◎▲\*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> ◎信原幸弘編. 時間・自己・物語. 春秋社, (2017). (総ページ270)

#### C01 「動物の時間」と「こころの時間」

C01 平田 聡 : 類人猿の心的時間旅行

◎▲\*Yamanashi, Y., Teramoto, M., Morimura, N., Nogami, E., & Hirata, S. Social relationship and hair cortisol level in captive male chimpanzees (*Pan troglodytes*). *Primates*, 59: 145-152 (2018). (査読有)

▲\*Yamanashi, Y., Nogami, E., Teramoto, M., Morimura, N. & Hirata, S. Adult-adult social play in captive chimpanzees: Is it indicative of positive animal welfare? *Applied Animal Behaviour Science*, 199: 75-83 (2017). (査読有)

▲\*Hirata, S., Fuwa, K., & Myowa, M. Chimpanzees recognize their own delayed self-image. *Royal Society Open Science*,

- 4: 1-9 (2017). (査読有)
- ◎▲\*Yamanashi, Y., Teramoto, M., Morimura, N., Hirata, S., Inoue-Murayama, M., Idani, G. Effects of relocation and individual and environmental factors on the long-term stress levels in captive chimpanzees (*Pan troglodytes*): monitoring hair cortisol and behaviors. *PLoS ONE*, 11: e0160029 (2016). (査読有)
- ◎\*Arroyo, A., Hirata, S., Matsuzawa, T., de la Torre, I. Nut cracking tools used by captive chimpanzees (*Pan troglodytes*) and their comparison with early stone age percussive artefacts from Olduvai Gorge. *PLoS ONE* 11: e0166788 (2016). (査読有)
- ◎▲\*Yamanashi, Y., Teramoto, M., Morimura, N., Hirata, S., Suzuki, J., Hayashi, M., Kinoshita, K., Murayama, M., Idani, G. Analysis of hair cortisol levels in captive chimpanzees: Effect of various methods on cortisol stability and variability. *MethodsX*, 3: 110-117 (2016). (査読有)
- ◎▲Levé, M., Sueur, C., Petit, O., Matsuzawa, T., & \*Hirata, S. Social grooming network in captive chimpanzees: does the wild or captive origin of group members affect sociality?. *Primates*, 57: 73-82 (2016). (査読有)
- ▲\*Kano, F., Hirata, S. Great apes make anticipatory looks based on long-term memory of single events. *Curr Biol*, 25: 2513-2517 (2015). (査読有)

公募研究 C01 : 「動物の時間」と「こころの時間」

- ▲Iwasaki, S., Watanabe, S., & Fujita, K. (2018). Pigeons (*Columba livia*) know when they will need hints: prospective metacognition for reference memory? *Animal Cognition*, 21, 207-217. (査読有)
- Takagi, S., Fujita, K. (2017). Do capuchin monkeys (*Sapajus apella*) know the contents of memory traces? : a study of metamemory for compound stimuli. *Journal of Comparative Psychology*, 132, 88-96. (査読有)
- ◎▲\*Nakano T., Kitazawa S. Development of long-term event memory in preverbal infants: an eye-tracking study, *Sci Rep*, 7: 44086, (2017) (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. *Behav Brain Res*, 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)
- ◎Okada, K., Nishizawa, K., Fukabori, R., (他4名), Sakata, S., Matsushita, N. and \*Kobayashi, K. Enhanced flexibility of place discrimination learning by targeting striatal cholinergic interneurons. *Nat Commun*, 5:3778 (2014). (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)

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」

- ▲Ohara, S., Onodera, MP., (他 3 名), Iijima, T., Tsutsui, KI., \*Witter, M). Intrinsic projections of layer Vb neurons to layers Va, III and II in the lateral and medial entorhinal cortex of the rat. *Cell reports*, (in press) (査読有)
- ▲\*Nakayama, R., Motoyoshi, I. & Sato, T. Discretized Theta-Rhythm Perception Revealed by Moving Stimuli. *Scientific Reports*, 8:5682, (2018). (査読有)
- ▲Terada S, Sakurai Y, Nakahara H, Fujisawa S. (2017) Temporal and rate coding for discrete event sequences in the hippocampus. *Neuron*, 94:1248-1262 (査読有) [公募 D01 藤澤班と A02 池谷班の共同研究]
- ◎▲Nixima, K., Okanoya, K., Ichinohe, N., & \*Kurotani, T. Fast voltage-sensitive dye imaging of excitatory and inhibitory synaptic transmission in the rat granular retrosplenial cortex. *J Neurophysiol*, 118 (3), 1784-1799, (2017). (査読有)
- ▲\*Nakayama, R. & Motoyoshi, I. Sensitivity to acceleration in the human early visual system. *Front Psychol*, 8:925, 1-9, (2017). (査読有)
- ▲\*Kashiwakura, S. & Motoyoshi, I. Relative time compression for slow-motion stimuli through rapid recalibration. *Frontiers in Psychology*, 8:1195, 1-9, (2017). (査読有)
- ◎▲\*Ishino S, Takahashi S, \*Ogawa M., Sakurai Y. Hippocampal-prefrontal theta phase synchrony in planning of multi-step actions based on memory retrieval. *Eur J Neurosci*. 45(10):1313-1324, 2017. (査読有)
- ▲\*Hagura N., Haggard P, Diedrichsen J. Seeing the easy option; Action cost biases perceptual decision making. *eLife*, pii: e18422. (2017) (査読有)
- ▲Vogt K, Aso Y, Hige T, Knapek S, Ichinose T, Friedrich AB, Turner GC, \*Rubin GM, \*Tanimoto H. Direct neural pathways convey distinct visual information to Drosophila mushroom bodies. *eLife* 5:e14009 (2016). (査読有)
- ▲Thoma, V., Knapek, S., Arai, S., (他 5 名) & \*Tanimoto, H. Functional dissociation in sweet taste receptor neurons between and within taste organs of Drosophila. *Nat Commun* 7:10678 (2016). (査読有)
- ▲\*Nomura, H., Hara, K., (他 3 名), Sasaki, T., Matsuki, N. & Ikegaya, Y. Memory formation and retrieval of neuronal silencing in the auditory cortex. *Proc Natl Acad Sci U S A* 112, 9740-9744 (2015). (査読有) [池谷班との共同研究]
- ▲Hitara-Imamura, N., Miura, Y., Teshirogi, C., Ikegaya, Y., Matsuki, N. & \*Nomura, H. Prefrontal dopamine regulates fear reinstatement through the downregulation of extinction circuits. *eLife*, 4:e08274, (2015). (査読有) [池谷班との共同研究]
- ▲Nakayama, D., Baraki, Z., Onoue, K., Ikegaya, Y., Matsuki, N. & \*Nomura, H. Frontal association cortex is engaged in stimulus integration during associative learning. *Curr. Biol.*, 25:117-123, (2015). (査読有) [池谷班との共同研究]
- ▲Ichinose, T., Aso, Y., Yamagata, N., Abe, A., Rubin, GM. & \*Tanimoto, H. Reward signal in a recurrent circuit drives appetitive long-term memory formation. *eLife* 4: e10719 (2015). (査読有)



- ▲\*Yamagata N, Ichinose T, Aso Y, (他 3 名), Preat T, \*Rubin GM, \*Tanimoto H. Distinct dopamine neurons mediate reward signals for short- and long-term memories. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2015. 112(2): 578-83. (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. *Front Hum Neurosci*. 9:124, 1-7. (査読有)
- ◎\*Yamada, Y., Kawabe, T. & Miyazaki, M. (2015). Awareness shaping or shaped by prediction and postdiction: Editorial. *Front Psychol* 6:166, 1-2. (査読有)
- \*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)
- Yamamoto, K., & Kawabata, H. (2014). Adaptation to delayed auditory feedback induces the temporal recalibration effect in both speech perception and production. *Exp Brain Res*, 232, 3707-3718. (査読有)
- ▲\*Aso, Y., Sitaraman, D., Ichinose, T., Kaun, K., Vogt, K., Belliard-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., Szyszka, 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*. *Curr Biol* 24, 1712-22 (査読有)

ホームページ「こころの時間学」公式ホームページ [http://mental\\_time.umin.jp](http://mental_time.umin.jp)

#### 主な主催シンポジウム等

- 1 The 4<sup>th</sup> CiNet Conference, Neural oscillation and functional connectivity: from anatomy to perception. Feb 26-28, 2018, CiNet, Osaka, Japan.
- 2 Philosophy of mental time VI: the experience of time, Nihon Univ, Tokyo, Nov 25, 2017; V: time in language, Jan 28, 2017; IV: time, experience, and consciousness, Jan 31- Feb 1, 2016; III: the metaphysics of time, Sep 27, 2014; II: the contingency of concern, May 12, 2014; I: human existence in time, Jan 27, 2014. (B01 飯田班員主宰の国際ワークショップシリーズ。計 6 回開催した。文理の研究者が参加して、相互理解を深めた。)
- 3 The 2<sup>nd</sup> International Symposium on the Science of Mental Time. Nov 12-13, 2017, Nara Kasugano Forum, Nara.
- 4 Time in Tokyo: International Symposium on temporal perception and experience. Oct 11-12, 2017, Tokyo Univ, Tokyo. (欧米の類似プロジェクト Time Storm Project との共催シンポジウム)
- 5 The 1<sup>st</sup> International Symposium on the Science of Mental Time. Nov 12-13, 2015, Campus Innovation Center, Tokyo.
- 6 次世代脳プロジェクト 2017 年度冬のシンポジウム、東京、2017 年 12 月 20 日
- 7 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」北海道、2015 年 1 月 7-9 日
- 8 第 32 回日本神経治療学会総会「こころの時間学」から未来の神経治療へ、東京、2014 年 11 月 22 日
- 9 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)

#### 主なマスメディア発表 (計 42 件)

- 1 BS フジ「ガリレオ X」2018 年 2 月 11 日 (平田聡、狩野文浩)
- 2 NHK「ダーウィンが来た! 『謎の“変顔鳥” タチヨタカ』」2016 年 4 月 24 日放送 (藤田和生)
- 3 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)
- 4 BBC-Earth, 2015 年 2 月 21 日, Takaoka, Maeda, Hori, & Fujita, K. (2015) について紹介
- 5 NHK, E テレ「サイエンス ZERO」 2013 年 8 月 4 日 (中野珠実, 北澤茂)

#### 一般向けの主なアウトリーチ活動 (計 58 件)

- 1 池谷裕二. 特別講演「脳の現在と未来」東京大学創立 140 周年記念講演会および第 16 回 ホームカミングデー, 東京大学, 2017 年 10 月 21 日
- 2 梅田聡. “<ヒトの心を探る> 感情と記憶の脳内メカニズム” 国立市公民館講座, 2017 年 7 月 8 日, 10 月 21 日
- 3 村上郁也. 「錯覚の不思議に関する模擬講義」 昭和薬科大学附属高校の生徒, 東大本郷, 2017 年 8 月 22 日
- 4 平田聡. 特別講義「類人猿のこころーチンパンジーとボノボの研究から人間を知るー」, 丸の内キッズジャンボリー2017 (小中学生対象), 東京, 2017 年 8 月 16 日
- 5 山田真希子. 「ポジティブ錯覚の脳科学」 第 40 回日本神経科学大会の市民公開講座「脳科学の達人 2017」

## 7. 研究組織（公募研究を含む。）と各研究項目の連携状況（2 ページ以内）

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、総括班研究課題の活動状況も含め、どのように研究組織間の連携や計画研究と公募研究の調和を図ってきたか、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。

「こころの時間学」領域では、ヒトで特に発達した過去—現在—未来にわたる時間の意識である

「こころの時間」の成り立ちを、哲学・心理学、医学、神経科学、比較行動学、言語学にわた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5年間の研究を行ってきた(図1)。

計画研究の項目としては、手法に応じてA01-04(神経科学・心理学・臨床神経学)、B01(言語学・哲学)、C01(比較行動学)の3分野・6項目を設定した。A分野には研究対象に応じてA01(現在)、A02(過去)、A03(未来)、A04(病理・病態)の4項目を設定した(図2)。

これら6項目に配置した7計画班は、図3に示す年次計画に従って3個の目標

1. 時間地図を脳に描く
2. 開発されるこころの時間の操作の手法を臨床応用する
3. 時間認識の発生を明らかにする

を達成することを目指して5年間の研究を行ってきた。

公募班はこれら計画班の計画を補完する目的で、前期33班、後期28班、計61班を採択しその内訳は下記の通りである。

公募研究前期・後期

A04(病理・病態)4件・6件

B01(言語学・哲学)4件・3件

C01(比較行動学)4件・4件

D01(神経基盤)21件・15件

但し、項目D01は項目A01-A03に係る研究を統合した項目である。

このうち、前期・後期を通して参加した公募研究代表者は

A04(病理・病態)3名

B01(言語学・哲学)2名

C01(比較行動学)3名

D01(神経基盤)10名

である。これら18名の重複を省いた計画班代表者7名と、公募研究代表者43名、計50名の5年間の連携状況を図示したのが図7である。

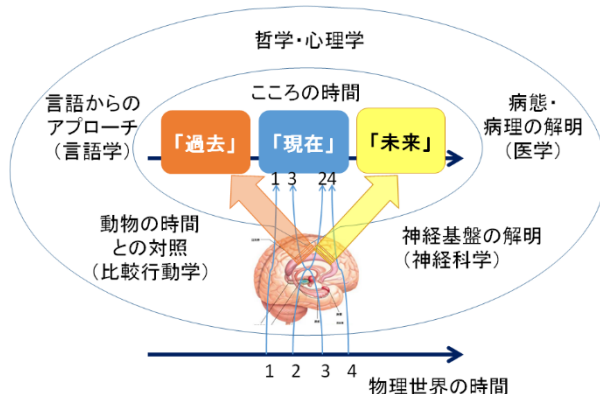


図1 対象とする学問分野（再掲）

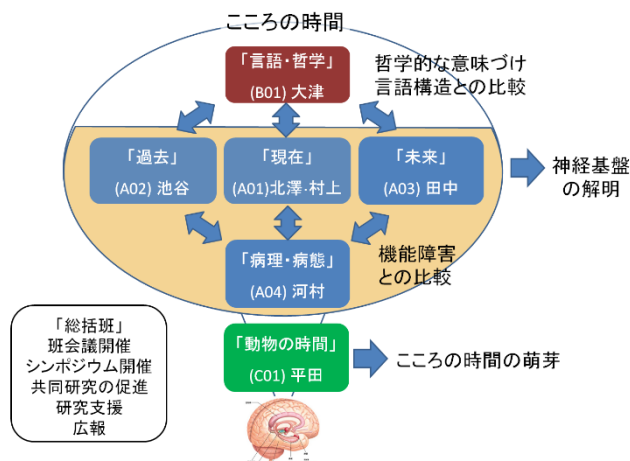


図2 研究項目の基本設計（再掲） た。

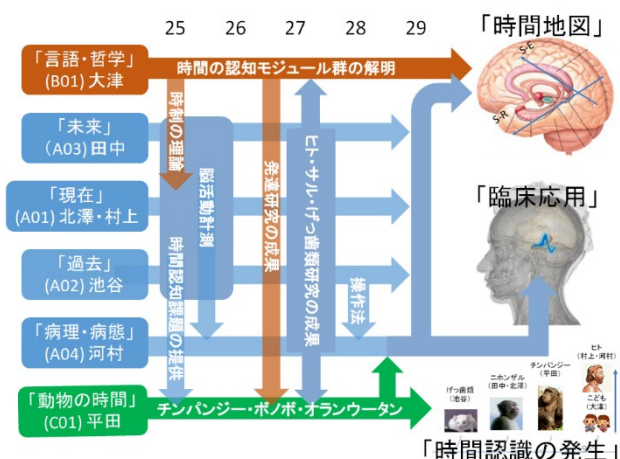


図3 研究計画の間の5年間の有機的連携とそこから生まれる3つの達成目標の関係（再掲）

実質的な研究を伴う連携が 38 件（太線）、コンサルテーション等の協力関係が 31 件（細い実線）、連携の模索が 12 件（点線）、計 81 件を数えた。1 班当たり平均およそ 4 件の連携が成立していたことになる。さらに、それら連携の過半数が異なる色で示された異なる分野の間で成立していることが注目になる。その結果として出版された 381 報の英語査読付き論文のうち、73 件の融合研究論文を数えることとなった。

代表的な連携研究の成果を例示する。

1) A01 北澤班（神経科学）－B01

大津班（哲学・言語学）

B01 大津班が準備した音声言語刺激を用いて、脳活動を計測して、大脳皮質内側

面に未来－現在の時間軸が存在することを示す成果を得た(成果 1：投稿準備中)。

2) A02 池谷班（神経科学）－D01 野村班（神経科学）

記憶を回復する薬剤（チオペラミド）を発見した（成果 2：投稿中）。

3) C01 平田班（比較行動学）－公募 C01 中野班（認知神経科学）

平田班が開発して類人猿に適用した手法を中野班がヒト幼児に適用して、ヒト幼児のエピソード様記憶が 18 か月で成立してさらにその後発達することを見出した（成果 3：Nakano & Kitazawa, *Sci Rep* 2017）。

4) A01 村上班（心理学）－A04 河村班（神経内科学）

「分離脳の患者の時間知覚は、皮質下のコネクションを通して、むしろ反対半球からの干渉を受ける」という Gazzaniga 以来の分離脳研究の常識を覆す発見がもたらされた（Okajima et al., *Brain Cogn*, 2017）。

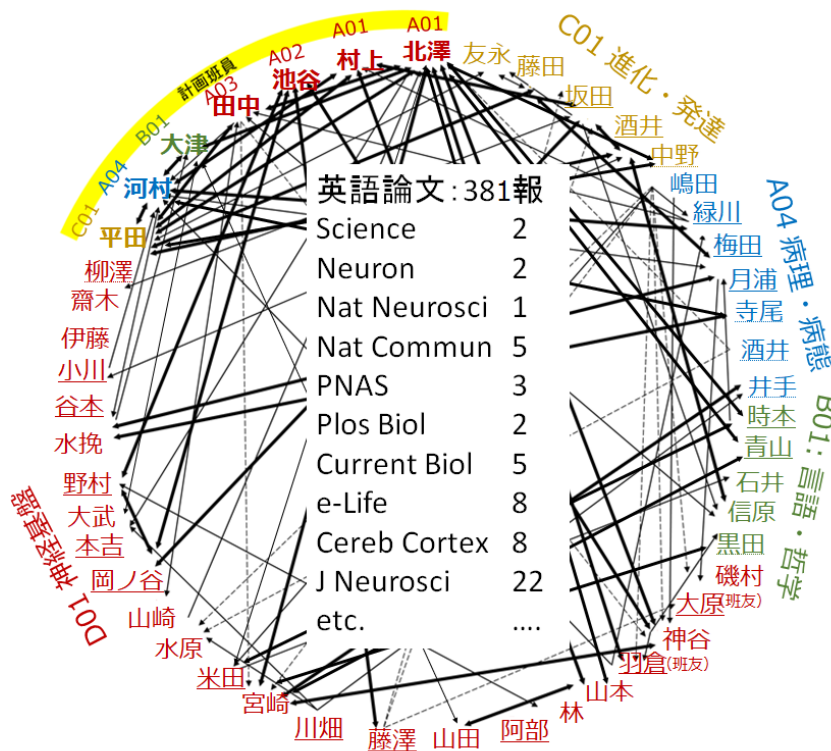


図 7 計画研究 7 班+公募研究 61 班の連携図  
太線（連携実現）、細線（協力）、点線（模索）

## 8. 研究経費の使用状況（設備の有効活用、研究費の効果的使用を含む。）（1ページ以内）

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記述してください（総括班における設備共用等への取組の状況を含む。）。

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

26年3月15-16日 会場：熊本 1,639,679円  
26年6月14-15日 会場：大阪 278,672円  
27年1月31-2月2日 会場：兵庫県 2,098,178円  
28年1月30-31日 会場：大阪 1,285,560円  
28年7月10-11日 会場：北海道 1,076,344円  
28年12月21日 会場：東京 623,711円  
29年1月29-30日 会場：沖縄 1,127,285円

### 2. シンポジウムの開催

25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  
26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  
27年9月11-12日 The First International Symposium on the Science of Mental Time 費用1,697,502円  
29年9月12-13日 The Second International Symposium on the Science of Mental Time 費用1,820,872円

### 3. 学会イベントの共催

25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  
25年9月5-7日 第7回Motor Control研究会, 299,800円  
26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  
26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  
26年10月31-11月3日 日本神経回路学会オースタムスクール ASCONE2014 38,860円  
27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  
27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  
28年10月10-11日 Time in Tokyo シンポジウム 331,483円  
29年12月20-22日 次世代脳プロジェクト冬のワークショップ 241,128円  
30年1月9-11日 脳と心のメカニズム第18回冬のワークショップ 79,680円  
30年2月26-28日 The 4<sup>th</sup> CiNet Conference 283,420円

### 4. 講師の招聘

25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）  
26年7月19-21日 第74回日本動物心理学会大会 3名（826,930円）  
26年7月28日 国際神経行動学会 Michael Platt先生（279,743円）  
27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）  
27年9月11-12日 The First International Symposium on the Science of Mental Time  
9名（2,994,724円）  
29年9月12-13日 The Second International Symposium on the Science of Mental Time  
5名（2,752,760円）

### 5. 若手研究者育成

26年度若手研究者支援第一期 7名 417,990円  
26年度若手研究者支援第二期 2名 51,900円  
26年7月19-22日 Asia-Pacific Conference of Vision 山本慎也先生 84,220円  
28年度若手研究者支援 5名 363,320円  
29年度若手研究者支援 4名 671,868円

### 6. 班員間交流の旅費支援

26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  
26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. 連携研究推進費

28年度（6班） 1,280,000円  
29年度（6班） 2,322,786円

### 8. 広報費用（25年度63万円、26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

### 9. 共著・特集号の出版

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

・研究費の使用状況（（１），（２），（３）を合わせて３ページ以内）

（１）主要な物品明細（計画研究において購入した主要な物品（設備・備品等。実績報告書の「主要な物品明細書」欄に記載したもの。）について、金額の大きい順に、枠内に収まる範囲で記載してください。）

年度	品名	仕様・性能等	数量	単価（円）	金額（円）	設置(使用)研究機関
25	サル用自走式自動飼育装置	SWM-RSBS-5-SB型	1	9,500,000	9,500,000	大阪大学
	EyeLink CL 急速眼球運動解析装置	SR Research 社製 ELM-BASE	1	4,410,000	4,410,000	北海道大学
	類人猿認知実験用プラットフォーム	YS-2013-EP1	1	3,722,250	3,722,250	京都大学
26	共焦点レーザー走査型顕微鏡アップグレード	FV1200	1	6,026,400	6,026,400	東京大学
	40-ch NuAmps	(有) アプライド オフィス	1	2,150,810	2,150,810	北海道大学
	学習実験用ターンテーブル	自動給餌器	4	518,400	2,073,600	京都大学
27	多チャンネル差動増幅器	A-M Systems 社製 16ch・Model3600	1	1,297,335	1,297,335	北海道大学
	光刺激用レーザー437nm	COME2-LB473/100	1	891,388	891,388	北海道大学
28	4ch マルチマイクロマニピュレータシステム	Sutter Instrument	1	5,832,000	5,832,000	東京大学
	HLK3 ボード for Windows7	HLK3 フィジオテック	1	758,160	758,160	大阪大学
29	TEMPO システム	Reflective Computing 社製	1	3,493,508	3,493,508	北海道大学
	実験ブース (防音室)	サイレントデザイン	1	932,040	932,040	北海道大学

(2) 計画研究における支出のうち、旅費、人件費・謝金、その他の主要なものについて、年度ごと、費目別に、金額の大きい順に使途、金額、研究上必要な理由等を具体的に記述してください。

【平成25年度】

・旅費

1. Neuroscience2013 (北米神経科学学会) にて成果報告 (東京⇄サンディエゴの交通費、宿泊費) 345,456 円 (A01-1 北澤班)
2. Neuroscience2013 (北米神経科学学会) にて成果報告 (北海道⇄サンディエゴの交通費、宿泊費) 297,063 円 (A03 田中班)
3. 研究代表者の研究打ち合わせ(熊本-京都往復2回、熊本-東京往復1回) 155,480 円 (C01 平田班)

・人件費・謝金

1. 博士研究員の雇用 10,689,405 円 研究協力者として研究遂行補助に必要なため (A01-2 村上班)
2. 技術補助員の雇用 (8 か月分) 903,735 円 (A03 田中班)
3. 特任助教の雇用 (6 か月分) 3,222,248 円 (A01-1 北澤班)

・その他

1. サル移送費 346,500 円 (A01-1 北澤班)
2. サル飼育流水洗浄装置改造作業(2 台) 266,700 円 (A03 田中班)
3. プラットフォーム用コンセント及びモニター設置費用 154,964 円 (C01 平田班)

【平成26年度】

・旅費

1. 京都大学霊長類研究所におけるデータ収集・研究打ち合わせ・成果発表(熊本-名古屋往復14回) 1,515,430 円 (C01 平田班)
2. Neuroscience2014 (北米神経科学学会) にて成果報告 (北海道⇄ワシントン DC の交通費・宿泊費、3 名分) 959,060 円 (A03 田中班)
3. 研究代表者の研究打ち合わせ(熊本-東京往復3回、熊本-大阪往復1回) 262,610 円 (C01 平田班)

・人件費・謝金

1. 特任助教の雇用 (12 か月分) 6,450,154 円 (A01-1 北澤班)
2. 博士研究員の雇用 3,958,737 円 研究協力者として研究遂行補助に必要なため (A01-2 村上班)
3. 技術補助員の雇用 (2 名、12 か月分) 2,653,205 円 (A03 田中班)
4. 特定助教雇用1名 1,247,402 円、当該プロジェクト遂行のための若手教員雇用 (C01 平田班)

・その他

1. MRI/MEG 使用料 1,260,000 円 (A01-1 北澤班)
2. 全学共同利用スペースにかかる施設使用料 960,000 円 並列稼働実験遂行の空間確保に必要なため (A01-2 村上班)
3. 論文の英文校閲 (6 件) 175,734 円 (A01-1 北澤班)

【平成27年度】

・旅費

1. 類人猿データ収集及び研究打ち合わせ (京都⇄熊本サンクチュアリの交通費・宿泊費、17 回) 1,054,600 円 (C01 平田班)
2. Janelia conference 出席および NIH, MIT 訪問 (北海道⇄ワシントン DC 外の交通費・宿泊費) 412,330 円 (A03 田中班)
3. 共同研究の打ち合わせ (米国から招聘1名) 368,980 円 (C01 平田班)

・人件費・謝金

1. 特任助教の雇用 (12 か月分) 6,198,817 円 (A01-1 北澤班)
2. 特定助教の雇用 (12 か月分) 4,819,190 円 (C01 平田班)
3. 学術研究員の雇用 (12 か月分) 3,181,132 円 (A03 田中班)
4. 博士研究員の雇用 (12 か月分) 3,100,237 円 研究協力者として研究遂行補助に必要なため (A01-2 村上班)

・その他

1. MRI/MEG 使用料 1,011,000 円 (A01-1 北澤班)
2. 全学共同利用スペースにかかる施設使用料 960,000 円 並列稼働実験遂行の空間確保に必要なため (A01-2 村上班)
3. アイトラッカー修理費 365,904 円 (C01 平田班)
4. 論文オンライン掲載料 212,023 円 (A03 田中班)

【平成28年度】

・旅費

1. 類人猿データ収集及び研究打ち合わせ（京都⇄熊本サンクチュアリの交通費・宿泊費 14回）  
986,090円（C01 平田班）
2. Neuroscience2016（北米神経科学学会）にて成果報告（北海道⇄サンディエゴの交通費・宿泊費 3名分）  
651,776円（A03 田中班）
3. 研究打ち合わせ及び成果発表（京都⇄米国の交通費・宿泊費 2名分）556,650円（C01 平田班）

・人件費・謝金

1. 特定助教の雇用（12か月分）4,830,768円（C01 平田班）
2. 特任助教の雇用（12か月分）4,038,580円（A01-1 北澤班）
3. 博士研究員の雇用（12か月分）2,749,197円 研究協力者として研究遂行補助に必要なため（A01-2 村上班）

・その他

1. MRI 実験施設利用負担金 1,206,400円（A01-2 村上班）
2. 医学部中棟5階動物室壁補修工事（北海道大学）318,600円（A03 田中班）
3. 論文掲載料 304,994円（A01-1 北澤班）

【平成29年度】

・旅費

1. 研究打ち合わせ及び情報収集のため米国から招聘（4名）1,311,940円（C01 平田班）
2. 類人猿データ収集及び研究打ち合わせ（京都⇄熊本サンクチュアリの交通費・宿泊費 13回）  
801,870円（C01 平田班）
3. コロンビアで成果発表（京都⇄コロンビアの交通費・宿泊費）388,550円（C01 平田班）

・人件費・謝金

1. 特定助教の雇用（3か月分、年度途中異動）807,002円（C01 平田班）
2. 技術補佐員の派遣料（12か月分）2,853,735円（A01-1 北澤班）
3. 博士研究員の雇用（12か月分）2,520,701円 研究協力者として研究遂行補助に必要なため（A01-2 村上班）

・その他

1. MRI/MEG 使用料 2,939,000円（A01-1 北澤班）
2. 論文掲載料（オープンアクセス）194,400円（A03 田中班）
3. 論文の英文校閲（2件）111,044円（A01-1 北澤班）

（3）最終年度（平成29年度）の研究費の繰越しを行った計画研究がある場合は、その内容を記述してください。

A01-2 村上班

平成30年1月、時間的運動反転の検出に関する本実験を行っていたところ、焦点的注意の移動に伴う検出成績と時間判断誤りの間に定量的関係があるという新たな知見の発見があった。研究遂行上この現象の本質を見極めることは不可欠であるため、再度事前準備・予備調査を行ったうえで時間的運動反転の検出に関する実験を新たな条件でやり直す必要が生じた。

繰越承認日：平成30年3月31日

繰越承認額：1,200,000円（内訳：直接経費1,200,000円・間接経費0円）

## 9. 当該学問分野及び関連学問分野への貢献度（1ページ以内）

研究領域の研究成果が、当該学問分野や関連分野に与えたインパクトや波及効果などについて記述してください。

「こころの時間学」領域では、ヒトで特に発達した過去—現在—未来にわたる時間の意識である「こころの時間」の成り立ちを、哲学・心理学、医学、神経科学、比較行動学、言語学にわた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5年間の研究を行ってきた(図1)。

### 1. 当該学問分野への貢献

#### 1) 充実した成果を出版した

「こころの時間学」領域における5年間の分野を越えた研究は Science (2), Neuron (2), Nat Neurosci (1), Nat Commun (5), PNAS (3), Plos Biol (2), eLife (8), Curr Biol (5), Cereb Cortex (8), J Neurosci (22)を始めとする多数の優れた論文を生み出した。その数は、英語査読付き論文 381 報におよび、融合研究論文は 73 報を数えた。この質と量を兼ね備えた出力は、当該学問分野に一定の貢献を果たしたと思われる。

#### 2) 欧米の類似プロジェクトの先駆けとなった

「こころの時間学」領域は、ヒトの時間の意識をテーマとする、世界初の学際研究プロジェクトだった。その後、欧米の時間研究プロジェクト(Time storm project など) が追随している。欧米に先んじてスタートを切り、多数の優れた論文を発信した本領域は、(i) 国際的優位性を有し、(ii) 国内外に例を見ない独創性と新規性を有した領域に成長したと考えている。2016年10月にはTime storm project と共同でTime in Tokyo と題する共同ワークショップを開催するなど、国際的なプレゼンスも出力に比例して向上している。

### 2. 関連学問分野への貢献

#### 1) 哲学・言語学が神経科学者の目を開いた

時間地図を脳に描くという目標1を目指した研究の過程では、神経科学者に対して哲学者・言語学者から大きな貢献があった。「時間が実在しない」という哲学の結論に戸惑いながらも、「こころを離れて存在しえない」という意味であることを理解した。「こころの背景に脳がある」とすれば「時間は脳の中にある」と言えるので神経科学の研究対象となり得るという保証を哲学から得ることができた。さらに、哲学のA系列（過去—現在—未来）という概念と、言語学の時制の概念に裏打ちされた言語刺激を使うことで、効率よく「時間軸」の発見にたどり着くことができた。「非実在」を対象とする神経科学が成立したことは、神経科学に大きなインパクトを与えたと言える。一方で、哲学や言語学に対する波及効果は脳の場所がわかるだけでは、限定的だった。今後さらに詳細な「時を生み出す仕組み」を解明することで、哲学や言語学に「恩返し」ができるに違いない。

#### 2) 動物実験の成果が医学に貢献した

目標2に関連して、池谷班と野村班は実験動物を使って記憶を回復する薬剤を発見した。この薬効がヒト臨床試験でも再現された。実験動物を対象とする神経科学が臨床医学に貢献したと言える。

#### 3) エピソード様記憶の研究は発達心理学にインパクトを与えた

平田班が開発した映像とアイトラッカーを使ったエピソード様記憶の研究パラダイムは、言語を獲得する前から後まで同じ方法で幼児のエピソード（様）記憶の発達過程を研究することを可能にした。領域内の有機的な連携によって、中野班が間髪を入れずに幼児に適用して、18か月でエピソード様記憶が成立することを明確に示した。言語と結びついた機能を、言語表出前から調べるパラダイムが確立したことは、今後の発達心理学に様々な波及効果を及ぼしていこう。



## 10. 研究計画に参画した若手研究者の成長の状況（1 ページ以内）

研究領域内での若手研究者育成の取組及び参画した若手研究者（※）の研究終了後の動向等を記述してください。

※研究代表者・研究分担者・連携研究者・研究協力者として参画した若手研究者を指します。

### (1) 若手研究者の昇進、受賞

- ・教授就任（嶋田）など、班員、研究分担者、連携研究者の昇任・昇格が 22 件
- ・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（中野）・学術振興会育志賞（村井）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 30 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

### (2) 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。なお、これまでに本領域から発表された論文 381 編のうち、過半数で 20-30 歳代の研究者が筆頭著者となっている。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が進んだ。

## 11. 総括班評価者による評価（2 ページ以内）

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

本領域は、本来主観的である『こころの時間』の諸相を自然科学的・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への挑戦だった。時間は物理的パラメータではあるが、光や音や力など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て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本複合領域研究に参画する多岐に亘る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、所期の3目標に向かって5年間の研究を進めるうちに、次第に人文科学系と自然科学系の学問分野の境界を越えた実質的な連携が生まれ、その結果として複合領域に相応しい重要な成果が数多く産み出された。各目標に掛かる特筆すべき成果の一部としては、例えば下記の諸点が列挙されよう。

第1の目標、『脳に時間地図を描く』については、言語学・哲学と神経科学の連携が新しい知見をもたらした。報告書でも引用されている時間論哲学者マクタガートは「時間は実在しない」と結論し、時間の科学的な研究は不可能であるかのように思われるが、同時に、あらゆる事象が自動的に「過去性」「現在性」「未来性」を帯びてわれわれの「心」に立ち現れると指摘している。本領域では、何ら課題を課すことなく、極めて単純な文を受動的に聞く際に立ち現れる「時間性」の違いだけを使って、大脳皮質の内側面に「現在性」や「未来性」に応じる領域が時間経過に沿って地図状に並ぶことを見出した。この研究のデザインには哲学が、言語刺激の作成には言語学が、データの解析には神経科学が、それぞれの長所を生かして糾合することで、重要な発見に結び付いたと言えよう。この結果だけをもって「時間地図を描いた」と主張することはできないが、報告書に列挙される他の多くの班の研究成果を総合すれば、大脳皮質内側面に時間地図を描いた、という主張が自然と受け入れられる。第2の目標、『実験動物で心の時間の操作法を開発して臨床応用する』も無謀と思える目標だった。しかし、実際にヒスタミンH3受容体逆作動薬チオペラミドの投与で失われた記憶が回復することをマウスで示した上に、ヒト臨床治験にまで進めたという成果は特筆に値する。これは、基礎神経科学と臨床医学の有機的連携の証左である。第3の目標、『こころの時間の発達と進化の解明』に関しては、比較行動学の新規研究パラダイムの創出により、「キングコングがヒトを叩く」という印象的なビデオと視線計測を組み合わせ、1日前に1度だけ見た映像を類人猿が記憶していること、即ちエピソード様記憶を持つ可能性を指摘した。また、同一パラダイムを発達心理学に適用することで、ヒトでは18か月齢でエピソード様記憶が成立することが示された。比較行動学と発達心理学の見事な連携成果である。

以上のように、異なる専門性を持った複数の班が連携することで、所期の3目標を十分に達成する成果を上げたことに加え、質と量の両面で評価すべき多くの論文を、期待と想定を越える水準で公表したことも高く評価される。これらの成果の国際的なプレゼンスについては、本領域が世界に先駆けて開始した2~3年後に、欧米で相次いで『こころの時間』をターゲットにした大型の研究プロジェクトが次々と後を追ってスタートしており、本領域は2016年にその一つであるTime Storm Projectから依頼を受けて、東京で共催ワークショップを実施した。豊富な論文発表と併せ、今後時間研究の国際的な主要拠点として世界を牽引していくポテンシャルを示したと言えよう。また、本領域の一連の活動を通して若手の涵養に務め、多くの優れた研究人材を育成し輩出した。これらを総合的に総括すれば、本領域の成果と異分野連携を出発点として拡大再生産が効果的に循環し、焦点の明確に絞られた独自の研究ニッチを切り開く、真の新学術領域として今後も発展を続けることが大いに期待される。

下條 信輔 カリフォルニア工科大学 生物・生物工学部 G. ボルティモア冠教授

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つの観点から行う。

### 1) 研究成果について：

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)時間認識の発生、の3点である。中間評価では、「(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だが、未開拓で将来性があるテーマ」に留まっていたが、その後の研究の進展によりいずれも「十分に実現された」と評価できる。

#### (1) 脳に「時間地図」を描く

哲学・言語学（大津班）と神経科学（北澤班）の連携によって、単純な文で自動的に喚起される「未来（・現在・過去）らしさ」を指標に脳活動を解析し、大脳皮質内側面の楔前部に「現在」、帯状回に「未来」を位置づけた。これまで「休息状態ネットワーク」の一部とされていた楔前部が、「今、ここ」の情報を統合し現在の意識を生み出している可能性が指摘された。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が対象としている海馬とも密な連絡があり、「海馬」・「脳梁膨大後域」・「楔前部」の大脳内側後部のネットワークが複数の事象を時間軸と空間軸の中に位置づける＝「現在」と「過去」を結びつける機能を持つ可能性を示した。またこの脳梁膨大後部皮質に、公募岡ノ谷班が2つの信号の時間差を20秒にわたって補償しうる神経回路を見出している。

他方海馬が過去だけではなく現在から近未来の情報も圧縮して表現している（A02 池谷班; Mizunuma et al., *Nat Neurosci* 2014; Norimoto et al., *Science* 2018; 公募 D01 藤澤班; Terada et al., *Neuron* 2017）ことと合わせ、時間地図は楔前部を中心とする「帯状回（未来）—楔前部（現在）—過去（脳梁膨大後部皮質から海馬）」に加えて、海馬を中心とする腹側内側面のネットワークにも表現されている可能性がある。公募小川班や藤澤班の研究

は、海馬系が $\theta$ リズムで過去—現在—未来を表現していることを示した。一方、北澤班は、楔前部が強力な $\alpha$ リズムの信号源であることと $\alpha$ リズムの時間制御機能を見出している。楔前部中心の $\alpha$ 系と、海馬中心の $\theta$ 系の2重表現が時間地図の実体ではないかという仮説提案も興味深い。このように各分野の協働が具体的な成果を挙げている。

## (2) 臨床応用につなげる

中間評価以降に池谷班と野村班によって「記憶を回復する薬剤」が発見され、臨床治験に進むという画期的な進展があった。この薬（チオペラミド）はすでにめまい治療薬として認可を受けており、実際に臨床応用される可能性がある。

(3) 時間認識の発生についても、平田班を中心に、類人猿も興味を持つ工夫された映像と眼球計測法を組み合わせ、類人猿にエピソード様記憶が成立することを示した (Kano & Hirata, *Current Biology*, 2015)。また公募中野班は2年という短期間の間に、平田班の手法をヒト幼児に応用してエピソード様記憶の成立は18か月齢頃であることを示すなど (Nakano & Kitazawa, *Sci. Rep.*, 2017)、エピソード様記憶の発達と進化を理解する鍵となる成果を挙げた。

## 2) 新学術領域複合領域として：

以上 (1) — (3) の成果は、(1) では哲学—言語学—神経科学、(2) では神経科学—医学、(3) では比較行動学—発達心理学—認知神経科学、の実質的な連携によって生み出されたものであり、新学術領域複合領域の精神をよく具現した。5年間の班会議や複数のチュートリアルなどを通して、延べ81件の連携が進行して、73件の融合研究論文が生産されたことから、新学術領域複合領域として成功したと言える。

## 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たが、可能な範囲でベストに近い実績を挙げた。例えば、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た。北澤 茂代表のリーダーシップのもと、年長者も若手も分野の垣根を越えて自由に発言することができる知的雰囲気を実現したことが、本領域の尻上がりの成果をもたらした。

## 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」と名付けて、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、脳に時間地図を描き、時間操作の方法を臨床応用につなげ、時間の意識の進化を解明する、というそれぞれに魅力あふれる大胆な目標が掲げられた。

時間はさまざまな既存の研究領域を越える多様な課題を孕んでおり、こうした目標設定は新学術領域にきわめてふさわしいと言える。特に、人間以外の動物が絶望的な不具を負っても恐れを感じていないのに対して、われわれ人間は将来の予想・希望に基づく幸福を感じ、ゆえに死を恐れると考えられる。したがって、この新学術領域は人間個有の本質に迫る試みであり、その成果はあらゆる人々にとって有用な知見をもたらすものと期待される。

5年間の研究の結果、上記3つの目標はいずれも評価者の想定を越えた水準で達成され、本領域は上記の期待に応えるための確実な歩みを進めたと考えられる。

脳に時間地図を描くという目標については、哲学・言語学と神経科学との連携により、日本語と英語と中国語において、簡単な文の発話を聞く際の脳活動の計測から、言語によらず、過去—現在—未来という時間経過が大脳皮質内の領域の空間配置と対応することを見出した。この実験デザインには哲学と言語学と神経科学の知見の統合が不可欠であり、この発見は既存領域間の協調がもたらした見事な成果である。無論これだけで脳の時間地図が完成したわけではないが、本領域においては他にも関連する成果が多数得られており、それらを合わせて時間の脳地図の全体像を想像することができる。これは、触覚や視覚の脳地図に関する既存の知見との融合による「意味」の解明を期待させる優れた研究と言えよう。

時間操作の方法を臨床応用につなげるという目標は、5年前にはあまりにも大胆すぎるように思われた。しかし、プロジェクトの後半になってチオペラミドの記憶回復効果が発見し、その効果をヒトの臨床治験においても確認したことは目覚ましい成果である。実際にその成果が臨床応用される見込みが大きいことも含め、きわめて高く評価できる。

時間の意識の進化を解明するという目標についても、「キングコングがヒトを叩く」という興味を引くシーンをビデオで見る際の視線計測という新たな実験パラダイムを考案し、これを類人猿に適用することで、ヒト以外の動物におけるエピソード様記憶の存在を初めて示した。さらに、その成果を公募班で応用することにより、ヒトでも生後18ヶ月ごろにエピソード様記憶が成立することを明らかにした点も、本領域が効果的に機能していることの証佐である。

新学術領域全体としては、特に第1および第3の目標の達成において領域内での連携が有効に機能している点は上述の通りである。さらに、本領域の発足後に海外でも関連する大型の研究プロジェクトが複数立ち上がっていることから、本領域は、心の時間の研究における世界的な潮流を創出した拠点と言えるだろう。また、59件もの公募研究を採用した結果、プロジェクト中期以降の班会議は参加者が100名を優に越える盛会となり、新学術領域らしい熱気に包まれた。また、分野の交流を図るためのチュートリアルやワークショップを継続的に行った結果として、多くの連携研究が行なわれ、多数の学術論文が発表されている。

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。時間の脳地図の場合のような異分野間の連携は、哲学や言語学や神経科学や比較行動学や発達心理学を融合して「意味」の成り立ちを解明するために今後ますます重要性を増すはずである。とりわけその中で重要な役割を持つと考えられる時間に着目した点で本領域の貢献は本質的である。