

領域略称名：交替劇
領域番号1201

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)」に係る事後評価報告書

「(研究領域名) ネアンデルタールとサピエンス交替劇の真相：
学習能力の進化に基づく実証的研究」

(領域設定期間)

平成22年度～平成26年度

平成27年6月

領域代表者(高知工科大学・総合研究所・教授・赤澤 威)

目 次

1. 研究領域の目的及び概要	5
2. 研究領域の設定目的の達成度	7
3. 研究領域の研究推進時の問題点と当時の対応状況	12
4. 審査結果の所見及び中間評価で指摘を受けた事項への対応状況	13
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）	21
7. 研究組織（公募研究を含む）と各研究項目の連携状況	28
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）	31
9. 当該学問分野及び関連学問分野への貢献度	35
10. 研究計画に参画した若手研究者の成長の状況	37
11. 総括班評価者による評価	38

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	22101001 ネアンデルタールとサピ エンス交替劇の真相：学 習能力の進化に基づく実 証的研究	平成 22 年度～ 平成 26 年度	赤澤 威	高知工科大学・名誉教授	14
A01 計	22101002 考古資料に基づく旧人・ 新人の学習行動の実証的 研究	平成 22 年度～ 平成 26 年度	西秋 良宏	東京大学・総合研究博物館・教授	8
A02 計	22101003 狩猟採集民の調査に基づ くヒトの学習行動の特性 の実証的研究	平成 22 年度～ 平成 26 年度	寺嶋 秀明	神戸学院大学・人文学部・教授	7
B01 計	22101004 ヒトの学習能力の進化モ デルの研究	平成 22 年度～ 平成 26 年度	青木 健一	東京大学・名誉教授	5
B02 計	22101005 旧人・新人時空間分布と 気候変動の関連性の分析	平成 22 年度～ 平成 26 年度	米田 穰	東京大学・総合研究博物館・教授	9
C01 計	22101006 3次元モデリング技術に 基づく化石頭蓋の高精度 復元	平成 22 年度～ 平成 26 年度	荻原 直道	慶応義塾大学・理工学部・准教授	3
C02 計	22101007 旧人・新人の学習行動に 関する脳機能マップの作 成	平成 22 年度～ 平成 26 年度	田邊 宏樹	名古屋大学・環境学研究科・教授	7
計画研究 計 7 件					
A01 公	23101501 北海道の旧石器時代石器 群における石器接合資料 分析をもとにした学習行 動の復元	平成 23 年度～ 平成 24 年度	高倉 純	北海道大学・文学研究科・助教	1
A01 公	23101504 投擲運動の学習プロセス の解明	平成 23 年度～ 平成 24 年度	日暮 泰男	近畿大学・医学部生理学教室・研究員	1

A01 公	25101706 ネアンデルタールとサピ エンスの骨格の形態差か ら探る飛び道具使用行動 の差異	平成 25 年度～ 平成 26 年度	日暮 泰男	近畿大学・医学部生理学教室・研究員	1
A02 公	23101502 狩猟採集民の身体とフィ ットネス:「遊び」と「食」 からみた子どもの環境適 応能	平成 23 年度～ 平成 24 年度	山内 太郎	北海道大学大学院・保健科学研究所・ 教授	1
A02 公	25101701 ネアンデルタールのライ フステージと栄養生態: サピエンスとの学習能力 差の基盤の解明	平成 25 年度～ 平成 26 年度	山内 太郎	北海道大学大学院・保健科学研究所・ 教授	1
B01 公	23101503 サピエンス固有の学習能 力の同定	平成 23 年度～ 平成 24 年度	高橋 伸幸	北海道大学・大学院人文研究科・准教 授	1
B01 公	23101505 地域交流が新文化を創発 するメカニズムの解明	平成 23 年度～ 平成 24 年度	堀内 史朗	明治大学・研究知財戦略機構・研究推 進員	1
B01 公	23101506 現生人類集団中に見られ る絶滅古人類起源ハプロ タイプより両者の混血と 交替劇を探る	平成 23 年度～ 平成 24 年度	嶋田 誠	藤田保健衛生大学・総合医科学研究 所・講師	1
B01 公	25101703 認知能力と学習について の進化モデルの構築	平成 25 年度～ 平成 26 年度	中丸 麻由子	東京工業大学・大学院社会理工学研究 科・准教授	1
B01 公	25101705 精神疾患から紐解く新人 と旧人の学習能力の違い	平成 25 年度～ 平成 26 年度	早川 敏之	九州大学・基幹教育院・准教授	1
B01 公	25101707 芸術の誕生と交替劇	平成 25 年度～ 平成 26 年度	堀内 史朗	山形大学・COC 推進室・准教授	1
B02 公	25101709 大気海洋大循環モデルと 陸域生態系モデルを用い た古植生分布再現とその 不確実性評価	平成 25 年度～ 平成 26 年度	大石 龍太	国立極地研究所・北極観測センター・ 特任研究員	1
C01 公	23101509 頭蓋形態から脳区分を推	平成 23 年度～ 平成 24 年度	小林 靖	防衛医科大学校・医学部・教授	1

	測するための指標の開発				
C01 公	25101711 頭蓋と脳形態の相関に関する研究：化石人類の脳区分推定に向けて	平成 25 年度～ 平成 26 年度	小林 靖	防衛医科大学校・医学部・教授	1
C02 公	23101507 模倣行為と動機づけの関連における神経基盤の解明	平成 23 年度～ 平成 24 年度	川道 拓東	生理学研究所・大脳皮質機能研究系・特任助教	1
C02 公	23101508 内発的報酬による社会・個体学習強化の神経基盤に関する研究	平成 23 年度～ 平成 24 年度	水野 敬	理化学研究所・分子イメージング科学研究センター・研究員	1
C02 公	25101702 飽きに対する対処戦力の神経基盤と創造性・学習能力との関連の解明	平成 25 年度～ 平成 26 年度	杉浦 元亮	東北大学・加齢医学研究所・准教授	1
C02 公	25101710 学習意欲と疲労耐性による強化学習の神経基盤研究	平成 25 年度～ 平成 26 年度	水野 敬	理化学研究所・ライフサイエンス技術基盤研究センター・基礎科学特別研究員	1
公募研究 計 18 件					

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。

■研究領域の目的

本領域の研究目的は、新人ホモ・サピエンス(以下、「新人」と称す)と旧人ネアンデルタール(以下、「旧人」)の交替劇(置換)の原因は、学習能力の違い、とりわけイノベーションを創出する個体学習能力の違いによって両社会の間に文化格差が生じたことが主因だったとする作業仮説(以下、「学習仮説」)を実証的に検証することである。

■学習仮説の概要

学習仮説を定義した根拠は、ヨーロッパ大陸で共存することになった旧人・新人の間で起こった交替劇のプロセスに関する考古学的証拠であった。盛衰を繰り返してきた旧人社会が、入植してきた新人の社会と共存した後、結局は消滅した。4-5万年である。共存期間中の両社会の盛衰のプロセスを考古学的証拠で比較すると、時代状況の変化に対して、基本的に伝統技術を堅持し生き抜く旧人社会と相次ぐ技術革新をもって生き抜く新人社会の対峙という構図となった。この文化進化の様相の違いは、両者の学習能力の違いで起こったのではないか、その違いによって生じた文化格差が、新人社会に隆盛と繁栄もたらす一方で、旧人社会を終焉に導くことになった。以上が学習仮説を定義するに至った根拠の概要であり、これまで誰も唱えたことのない作業仮説であった。

■研究領域の概要

学習仮説を実証的に検証するために必要な研究の種類内容を検討し、考古学、文化人類学、数理生物学、環境科学、化石工学、脳神経科学諸分野の異分野連携を基盤とする新研究領域を立案した。目的は、旧人と新人の学習戦略の様態を比較し、違いの種類内容を具体的に解明し、学習仮説を検証することであった。研究領域の全体構想の要点は以下の通りであった。

研究項目A：学習仮説を検証する実証的証拠の同定・記述・分析

- (1) 旧人と新人遺跡の時空分布を精査し、交替劇の経過を総合的に復元する(計画研究A01：考古学)。
- (2) 旧人・新人遺跡遺物の比較形態学的分析を通して、両者の学習行動の様態の違いを明らかにし、交替劇のプロセスや原因を考察する(A01：考古学)。
- (3) 現生狩猟採集民社会において、文化が学習・継承されるプロセス(社会学習)と新文化が創造される様態(個体学習)を精査し、旧人・新人学習行動の復元に資する基礎的データを集積分析する(A02：文化人類学)。

研究項目B：学習仮説の理論的根拠の解明

- (1) 旧人・新人の間でなぜ異なる学習能力が獲得されたのか、その進化要因を考察し、両者の学習能力差の形成過程を理論的に裏付ける(B01：数理生物学)。
- (2) 学習能力の違いが、なぜ文化の進化速度の相違などをもたらすのか、そのメカニズムを理論的に裏付ける(B01：数理生物学)。
- (3) 交替期の環境変化(時間的変動・空間的異質性)を精査・復元し、旧人・新人が異なる学習能力を獲得するに至った経緯の解明に資する基盤データを創出する(B02：環境科学)。

研究項目C：旧人・新人学習行動差の解剖学的証拠の同定・記述・分析

- (1) 学習能力の違いは、それを制御する両者の脳神経基盤の働きの違いに帰結する。そのためには化石として残らない旧人の脳を復元しなければならない。そのために、脳を収めていた容器(頭蓋)の高精度復元に取り組む(C01：化石工学)。
- (2) 復元化石頭蓋から、その中に存在した脳を計算論的に仮想復元し(以下、「化石脳」)、化石脳と新人頭蓋との比較解剖学的分析によって両者の形態差を同定・記述・分析する(C01・C02：化石工学・脳神経科学)。
- (3) 現代人の脳機能イメージング手法に基づいて現代人の社会学習・個体学習の脳機能地図を作成し、化石脳に写像し、その違いを古神経学的アプローチによって解析し、旧人・新人学習能力差を裏付ける解剖学的証拠を同定・記述・分析する(C02：脳神経科学)。

■研究領域の学術的意義

現代人起源論争に残された最大のトピックスのひとつとして考古学、人類学、遺伝学等関連分野で脚光を浴び続けている世界的な研究テーマに先例のない斬新な発想で取り組み、顕著なブレイクスルーを達成することになる。

- (1) 交替劇の原因を旧人と新人の学習能力の違いに主因を求める「学習仮説」を提唱し、人文科学、生物科学、理工科学諸分野の連携研究を基本とする独創的な研究領域のもとに実践した。この種のアプローチは交替劇研究において例がなく、交替劇論争に強いインパクトを与える。
- (2) 学習仮説は、交替劇の経緯を説明する競合説、疾病説、環境仮説、神経仮説、混血・交雑説、争い・闘争説などこれまで唱えられてきた既設仮説を根源にさかのぼって検証するベースとなる作業仮説である。これまた、世界的な交替劇論争にインパクトを与える。
- (3) ヨーロッパ中心に進められてきた交替劇研究を地球規模に拡大した。そのために構築した旧人・新人遺跡データベースNeanderDB(後述)は、交替劇に関する既設仮説を多面的に検証する実証データとなり、交替劇論争にインパクトを与え、新風を吹き込むことになる。

■わが国の学界に与えた学術的意義

わが国では、交替劇テーマはほとんど研究されてこなかった。理由は明らかで、日本列島には旧人が住み着いた証拠がなく、今のところ日本列島が交替劇の舞台になった事実が無いからである。しかし、本領域研究の着想、研究モデル、異分野連携研究のもとで開発された方法理論や分析解析技術は、わが国の文化史研究にとって顕著なブレイクスルーとなる。

- (1) 時代を問わなければ、文化進化、文化格差を背景とする交替劇が日本列島で繰り返されてきたことは明らかである。関連する考古学、人類学、文化人類学諸分野の研究にインパクトを与える。
- (2) 現生狩猟採集民を「学習」という視点から調査することによって、文化人類学のフィールド調査に新たな可能性を提示することになる。
- (3) 工学および脳神経科学連携研究のもとで開発された斬新な分析解析技術は、化石研究の新たな可能性を提起し、化石研究新分野の方法理論を開発することになる。
- (4) 日本隊が1960年代以降、中東西アジアのイスラエル、レバノン、シリアで調査したネアンデルタール遺跡調査の成果(化石・旧石器・記録類)を本領域研究の分析資料として活用することによって、これまでに蓄積されてきたわが国の海外調査の成果を再構築し再評価することになる。

2. 研究領域の設定目的の達成度（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、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、具体的に記載してください。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。

■領域全体

設定目的は二つであった。①作業仮説「学習仮説」を実証的に検証すること、②ヨーロッパデータで進められてきた交替劇研究を全地球規模に拡大展開すること。以上の研究を異分野連携研究で行った。設定目的の達成度まとめると以下の通りとなる。

- (1) A01・B02班連携研究によって、交替劇が起こった推定される全域(アフリカ、ユーラシア大陸)に分布する旧人・新人遺跡データベースNeanderDB(2015年1月31日現在：遺跡総数3216, 文化層情報7170, 年代値情報6235, 石器伝統情報1703, 文献情報827)が構築された(入力継続中)。当データベースの活用によって交替劇の経過を具体的証拠に依拠して検証するとともに、交替劇の経緯を、旧人・新人両者の学習行動や文化の進化速度などの視点から記述・分析し、学習仮説を実証的に検証できた。
- (2) データベースNeanderDBによって、ヨーロッパ大陸中心に進められてきた交替劇研究を全地球規模に拡大し、交替劇の経緯をより普遍的に論じることができた。また、A01・B02班は本データベースを活用した連携研究によって後述する数々の新知見を得た。
- (3) A02班はA01班と連携して現生狩猟採集民(つまり、新人)の学習行動の実態調査を実施し、文化的行動の習得・継承の基本となる模倣学習、創造性を生み出す主体的個体学習、それらを涵養する子ども遊び集団の役割の実態を確認し、旧人・新人の学習行動の特性を比較考察する上で有用な作業仮説(後述)を提起できた。
- (4) 学習仮説を検証するには、旧人と新人の間で異なる学習戦略が進化した要因、その能力差が文化の進化速度の違いをもたらすメカニズムを解明しなければならない。B01班は、A01・A02・B02班と連携して、各班が挙げる実証的データに依拠して数理モデル解析を実行し、学習仮説を裏付ける数々の作業仮説(後述)を提起した。
- (5) C01・C02班は連携して、旧人化石頭蓋の高精度復元、その中に収まっていたはずの化石脳を抽出する手法を開発し、化石脳の古神経学的分析のベースとなるヒトの脳学習機能マップ作成に取り組み、旧人・新人の学習能力差の解剖学的証拠を同定・記述することに世界ではじめて成功した。そして、小脳・頭頂葉・後頭葉において形態差が存在することを実証した。
- (6) 計算解剖学的手法による旧人のエンドキャストと脳の推定と復元は、これまで誰も成し得ておらず、極めて独創的な研究成果である。さらに、これまで脳機能イメージング研究に供された千人を超えるMRIデータを用いて新人(現代人)の平均脳形態を計算し、推定した旧人や同時代に生きた新人の脳形態との定量的比較をおこなった。以上の解析を計算解剖学・脳イメージングの同一の枠組みでおこなった研究は今まで皆無であり、神経科学と人類学の融合する「化石工学」という新分野の創出につながった。

■達成度を示す新知見

データベースNeanderDB分析結果から、ヨーロッパ大陸で起こった交替劇のプロセスについての通説に修正を迫る新知見が得られた。また、同地における交替劇のプロセスを説明する仮説が得られた。

- (1) ヨーロッパへの新人の入植はほぼ4万7000年前(従来の説よりもかなり古くなった)、それ以降共存することになった旧人・新人社会は、ほぼ7000年のあいだ対峙した後、ほぼ4万年前(従来の説よりもかなり古くなった)に旧人社会は消えていった。20万年前出現以来、盛衰を繰り返してきた旧人社会が、ついに回復できずに消えていった。引導渡したのは入植してきた新人だったことになる。
- (2) 共存期間7000年の間の旧人・新人社会の盛衰状況を比較すると、両社会の間で文化の進化速度が違うことが分かった。新人文化の進化速度が速くかつ多様に展開拡大した。文化進化が速ければそれだけ速く、より高い文化水準に到達することとなり、その違いで文化格差が拡大し、隆盛拡大する新人社会の勢いが旧人社会を圧倒し、終焉に導いたとする説明モデルが可能である。この説明モデルと学習能力との関係については以下の考察が可能である。
- (3) 共存社会の間に文化格差を引き起こした主因は文化進化のスピードの違いにあったことになる。その文化進化には二つの側面がある。まず、新文化の素材となるイノベーションである。言い替

えれば、イノベーションを創出する個体学習能力の存在である。しかし、それだけでは文化進化は起きない。イノベーションを共有し、それを社会化して行く社会学習の存在である。

- (4) 以上から、新人は個体学習・社会学習両学習能力に長けていたことを示唆する。旧人は社会学習能力には長けていたとすれば(前述した、彼らが伝統技術を堅持して生き抜いていたとする考古学的証拠に依拠する仮説)、学習能力の違いはイノベーション創出に係わる個体学習能力の違いがあったということになり、ヨーロッパの交替劇は基本的に、学習仮説で説明できることになる。
- (5) 同時に、新人行動が示唆するイノベーション能力が生得的に獲得されていたとする当初の設定目的については、修正が求められることになった。すなわち、新人の学習能力が移住拡散する先々で対峙することになった環境変動や社会構造等の社会環境のもとで開花することになったとする仮説が生まれたことである。

以下、上述した全体とりまとめのベースとなった各研究班の設定目的の達成度は以下の通りである。

■計画研究 A01

本班の目的は、考古学的証拠を抽出・分析し、旧人・新人の学習行動の違いを明らかにすること、そして、両者の交替劇のプロセスや原因を考察することにあった。そのため、関連遺跡のデータを収集し、彼らの学習の場であった遺跡の構造、学習の産物であった石器製作伝統の消長・分布パターンなどを解明し、両者の学習行動を再構築する研究に取り組んだ。また、旧人・新人交替劇の時間的、空間のプロセスを詳細に再構築し、学習仮説の実証的検証に取り組んだ。

考古資料に最も証拠をとどめる学習行動は、道具製作学習である。そこで、本計画研究では道具、特に石器製作行動に焦点をあて、以下の点を明らかにしようとした。(1)学習行動の事例分析：旧人・新人時代の遺跡における石器製作痕跡の分布・構造、製作伝統の通時的変化を分析し、両者の学習行動を物的証拠にもとづいて論じる。(2)文化伝統と環境のメタ解析：各地で蓄積された旧石器遺跡文献データを集成、分析し、石器製作伝統の消長、時空間分布のあり方、新伝統出現の契機など、文化の発現、伝達にかかわる証拠を旧人・新人間で比較する。そして、それらと自然環境の変異との関係を論じる。(3)学習法と伝統の関係：現代人を対象とした実験を実施し、学習法の違いが石器製作伝統の形成プロセスに与える影響を明らかにする。(4)「学習仮説」の検証と構築：以上の結果をもとに両者の学習行動の性状、差異を論じ、さらに、領域内諸班の成果をふまえて旧人・新人間で技術格差が生じたメカニズムを論じる。

結果として、(1)についてはシリアのデデリエ・ドゥアラ両遺跡、ウズベキスタンのアンギラク遺跡などの事例分析により、交替劇期の学習行動は旧人・新人間で類似していることを明らかにした。(2)については、前述した NeanderDB という大形データベースの作成に結実し(入力継続中)、その解析によって、新人が地理的拡散と移住先で経験した気候変動を契機に個体学習を加速化させたことが指摘できた。現代人の行動観察に基づく(3)の研究は、石器製作実験から民族考古学へと発展し、ヒトの生活史と学習行動の関係を示す仮説モデル作り成功した。(4)これらの成果と他班の成果を総合して「学習仮説」を検証した結果、一部修正すれば成り立ちうるとの見通しを得た。顕著な結論は以下の通りである。

新人がアフリカで革新的な行動を発達させた後、ヨーロッパに進出し旧人と交替したという通説を見直す成果を得た(Kadowaki, Omori, Nishiaki 2015)。この新説によれば、新人が旧人とは全く異なる革新的行動を発達させたのはヨーロッパ進出後であった可能性が高い。その契機となったのはヨーロッパという新環境への進出と、そこで経験した急激な気候変動(OIS3期)という二つの要因であったと考えられた。すなわち、イノベーションの創出による新技術の開発は入植先で起こったとする仮説である。本領域(B01班)が提案した学習能力の進化モデルを支持する結果である。

もう一つの成果は、脳機能の違いに基づく学習能力差が両者の交替劇につながったのではないかとする作業仮説、「学習仮説」を考古学的観点から検証した結果である。従来は生得的な学習能力差の獲得が主因とされてきたが、新人がもつ潜在的な能力の開花に大きく作用したのは、拡散にともなって移住先で経験した環境変動、歴史的に形成された社会環境の違いであった可能性を示した。

以上、本班の所期の設定目的は十分に達成し得た。

■計画研究 A02

本班の目的は、交替劇の時代の人間と生業面・ライフスタイルでの共通基盤を有する現生の狩猟採集民集団において、文化人類学的観点から子どもの学習行動とくに遊びを通じた日々の学習行動の実態を把握し、発達心理学的研究も加えて、新人の学習行動の特性を解明することを目指した。現地調査を行い実証的な手法によって狩猟採集民における学習行動の実態および学習能力の実態を把握し、それらのデータを基に進化的視点に立って、学習行動および能力の学際的・文理統合的な連携研究を行い、新人と旧人の相違点と類似点を実証的観点から解明した。

調査対象は、バカ・ピグミーとアカ・ピグミー、エフェ・ピグミーとムブティ・ピグミー、ブッシュマン、オーストラリア原住民、イヌイトである。調査は狩猟採集生活の全体を対象としたが、とくに子どもの学習行動の発達に注目し、身体発達と行動発達を生物学的・心理学的観点から調査した。また子どもをとりまく社会集団と学習行動との関係、とくに遊び集団における社会学習を文化人類学的観点から調査し、子どもの社会学習の実態把握につとめた。さらに思春期以降の学習行動の様態と創造的行為の創出について調査を行い、イノベーションに関わる行動を調査した。以上各種データを統合分析し、新人の個体学習と社会学習の実態を解明し、考古学等の実証的データと重ね合わせながら旧人とのあり得べき相違を解明した。

すなわち、現生の狩猟採集民の子どもでは長い「子ども期」があり、遊び集団などの共同活動に参加する中で、子ども自身の主体性を生かしたさまざまな社会学習を行うことが判明した。乳幼児の日常の遊びの中でも「ごっこ遊び」など創造性を生かした個体学習が頻繁に行われ、のちの革新的行動の基盤が培われていることが分かった。社会学習の多くは遊びや生業活動への参加によってなされる。「観察学習」と「模倣学習」がもっとも重要であり、言語使用の役割は小さい。ヒトの模倣学習では行為の意図のみならず所作全体の模倣によって累積的な文化継承を行い、それが、イノベーション能力の基盤を形成することになる。

結論として、現生人類では個体学習と社会学習は密接に関連している。個体学習によるイノベーションは社会学習のネットワークによって伝播・普及・定着し、一方、社会学習による知識・技能のレゴジトリは個体学習の推進の基盤であることが分かった。また、累積的文化継承は旧人や新人の特徴であるが、新人ではいったん習得した文化複合を客体化・要素化した上で、改めてメタレベルで再構築することができる。その能力は生物学的認知能力とともに社会・文化的制度を通して発現することが判明した。

以上、本班の所期の設定目的は十分に達成し得た。

■計画研究 B01

本班の目的は、旧人の絶滅および新人による置換(いわゆる交替劇)を両者の文化水準の違いによって説明することにあつた。社会が到達する文化水準は、文化進化のあり方に依存する。このため、本班では文化進化およびこれを支える学習戦略の進化に関する理論研究を行った。具体的には、(1)分布拡大が引き金となるイノベーション能力の向上、(2)累積的文化を支える学習スケジュール、(3)文化進化速度に及ぼす集団サイズとイノベーション率の効果、(4)集団サイズと文化水準の間のフィードバックなど、一部全く新しい問題に着手し、多くの成果を得た。また、旧人と新人の学習戦略の違いがあるならば、両者の認知に関わる遺伝子にも違いが認められるはずとの立場から、分子人類学的な研究も行った。以下は、重要な研究結果の概略である。

旧人および新人を特徴付ける学習戦略が進化する条件、さらに両者の文化進化がそれぞれの学習戦略に如何に依存していたかを数理モデルによって検討した。加えて、学習戦略が生得的に決定されているとの立場から、旧人と新人の認知に関わる遺伝子の同定に努めた。学習戦略の研究では、既存の進化モデルを厳密に発展させる(Nakahashi et al. 2012; Aoki and Feldman 2014)とともに、学習を生活史戦略として捉えた(学習スケジュールと命名)全く新しい進化モデルに着手した(Aoki et al. 2012; Lehmann et al. 2013; Wakano and Miura 2014)。文化進化の研究では、学習戦略が文化進化速度や文化多様性に及ぼす影響を厳密に解析し、先行研究の間違いを正すと同時に多くの新知見を示し(Aoki et al. 2011; Lehmann et al. 2011; Kobayashi and Aoki 2012)。とりわけ、旧人と新人の文化水準の違いによる種間競争モデルを構築する糸口を得た(Aoki 2015)。なお、認知に関わる遺伝子の研究では、公募研究の

早川敏之による Siglec と ST8SiaII の未発表知見があるが、着目した変異型は残念ながら旧人と新人の分岐前に出現している。以下、重要な研究結果を列記する。

- (1) 分布拡大によって異質な環境へ進出したとき、また分布拡大の前線で人口密度が低いため、個体学習能力の遺伝進化が起きる理論的根拠を検証した。
- (2) 学習を生活史戦略の一部として捉え、社会学習によって先ず既存文化を習得し、個体学習によってこれに改良を加えるという学習順序が文化の累積性を可能にし、それが遺伝進化する理論的根拠を検証した。
- (3) 文化進化速度は集団サイズよりもイノベーション率に依存する理論的根拠を検証した。文化進化速度および文化多様性が高いほど、集団の文化水準が速く向上すると考えられるので、「交替劇」において重要な概念である。
- (4) イノベーション能力の僅かな違いが、文化水準の大きな違いをもたらす理論的根拠を検証した。イノベーション率のある範囲内では、文化水準が高い大きな集団と文化水準が低い小さな集団がともに安定的に存在し、範囲を逸脱するとき、イノベーション率の僅かな変化が、文化水準の飛躍的な変化を引き起こすことを示した。

以上、本班が提起した理論的根拠は、他班の挙げる実証的証拠に依拠した数理モデル解析に基づいている。その理論的根拠を他班はそれぞれの分野において改めて検証する連携研究を繰り返し、学習仮説を総合的に検証した。結果として、学習仮説は基本的に立証された。以上、本班の所期の設定目的は十分に達成し得た。

■計画研究 B02

本班の目的は、旧人と新人の時代状況を明らかにするために、全球シミュレーションモデルをつかった古気候マップを作成し、旧人と新人の分布マップと比較することで、気候変動と交替劇のプロセスとの関係を定量的に分析解析するために欠かせない基盤データを構築することであった。とくに、新人の出アフリカにもなって異所的な環境に進出した結果、個体学習者の割合が増加し、考古学情報に記録される創造性が更新するという事象と、気候変動、旧人・新人の分布域変動との関連性に着目分析し、以下の研究結果を得た。

- (1) 考古学データについては、従来の前処理方法で測定された膨大なデータについて、適切な系統誤差を評価して補正する方法を開発し、文化変遷の鍵となる既発表遺跡年代を検証し、データベース NeanderDB の基礎データとなる新遺跡年代データを生成した。
- (2) 地球科学分野では、地球物理学では新たに淡水不可実験によって、簡易的に亜氷期環境の気候分布を復元するモデルを新たに構築し、急激な気候変動を繰り返した交替劇の時期にアフリカやイベリアに比べて中央ヨーロッパではその変動幅が極めて大きかったことを示した。また、これまでに報告された湖沼堆積物の花粉データからも同様の傾向が存在することを明らかにした。
- (3) 上記の年代補正法と新たに作成した古気候マップを用いて、旧人と新人の分布域を定量的に比較検討した。また、両者の適応能力の時間的変動を検証するために、新たに生態学ニッチモデルを構築し、両データを用いて実験を行った。その結果、新人のヨーロッパ入植第1波(50-45ka)、第2波(45-43ka)には、旧人の適応環境に変動はなく、新人のそれと類似していることが示された。プロトオーリナシアン文化に代表される第3波(43-40ka)段階で、旧人がより寒く、標高が高く、傾斜角が厳しい山岳地域に追いやられた様相が定量的データから明らかになった。すなわち、激しく高頻度な気候変動に対して、より急速に適応する能力を進化させることができた新人は、旧人よりニッチを奪い分布域を拡大させたと推定され、学習モデルが示唆する両者の個体学習能力の差異による説明と矛盾しない結果が得られた。

以上、本班の所期の設定目的は達成し得た。

■計画研究 C01

本班は、旧人・新人の学習能力差を、学習行動を司る神経基盤の形態差に基づいて比較解剖学的に検証するために、脳が収まっていた容器、すなわち化石頭蓋とその脳鋳型を精密に復元する手法を開発し、その中に収まっていたはずの脳(化石脳)の仮想復元を行うことを目的とした。具体的には、通常断片化状況で発見される化石頭蓋の組立や補完等を行う新しい高精度復元手法を開発し、旧人・新人の化石頭蓋および脳鋳型の正確な三次元形状モデルを生成した。この復元頭蓋モデルを C02 班に提供するとともに、協働作業をもってその中に存在したはずの化石脳の復元と詳細な形態学的分析を行い、

頭蓋と脳形態の進化プロセスを考察した。

具体的には、化石頭蓋骨の高精度復元を支援するシステム、すなわち、断片化した状態で発見される頭蓋破片の組立・歪み補正・欠損部分の補完を数理的に行う手法を開発し、旧人・新人の化石頭蓋骨(計7個体)を高精度かつ客観的に復元するフレームワークを構築した。同手法を、アムッド1号、ジブラルタル1号、シャペローサン1号の旧人頭蓋骨と、クロマニヨン1号、ムラディッチ1号、カフゼー9号、スフル5号の早期新人頭蓋骨の復元に応用し、化石頭蓋骨の数理的復元を完成させた。引き続き、頭蓋骨に収まっていたはずの脳(化石脳)の形を、脳と頭蓋の形態的相関に基づいて推定する方法を考案し、化石脳を数理的に仮想復元した。

そして、旧人、新人、現代人間の頭蓋形態差を、3次元数理形態学的手法を用いて分析し、旧人頭蓋骨は、現生人類のそれより前後に長く後頭部が突出し、左右に狭く、上下に低い傾向があること、また、現生人類では、特に小脳と頭頂葉に対応する部位が相対的に大きい傾向があることを明らかにした。小脳は内部モデルに基づく学習を、頭頂葉は、身体イメージの形成や、道具使用、空間認知、数学的知識、象徴の表象、対象の操作、他者視点などに関する機能を司る領域であり、学習能力と密接に関係する。以上より、旧人と新人の脳の間には、学習行動を司る神経基盤の形態差が存在することが示唆され、またこれら化石頭蓋骨の脳形態復元も可能となった。

以上、本班の所期の設定目的は十分に達成し得た。そして、これまでの化石研究に変わる方法理論および新たな分析解析技術を考案開発することによって「化石工学」ともいべき新分野を創出した。

■計画研究 C02

本班の目的は、学習仮説を、神経科学の観点から実証的に検証することであった。そのためにC01班と連携研究し、旧人および同時代に生きた新人の化石頭蓋をコンピュータ上で再構成し、そこから頭蓋骨内腔(エンドキャスト)や脳を推定・復元するプロジェクトを遂行した。さらに、復元できた旧人・新人の現代人のエンドキャストや脳を、現代人のCTおよびMRIデータから作成した頭蓋骨内腔や脳と比較する枠組みを作成し、計算解剖学によるアプローチから旧人・新人の脳形状の差異を検討した。

また、現代人を対象とした、学習行動に関係しそうな認知機能に関する脳機能マッピング研究を、実際の機能的MRIや脳波を用いた実験と類似の先行研究データを集めておこなうメタ解析の両面から遂行し、現代人の脳機能マップの作成を試みた。そして、旧人・新人の脳を用いた計算解剖学と現代人を対象にした脳機能イメージング研究の両者を組み合わせることにより、両者には学習能力の差があったのかどうかについて神経科学的の立場から検討をおこなった。基本的な研究は、(1)脳機能イメージング手法を用いた現代人脳の学習機能地図作成と、(2)計算解剖学に基づく旧人・新人の脳形態比較に基づく学習能力の比較、という2つの軸であった。

計算解剖学的手法による旧人のエンドキャストと脳(化石脳)の推定と復元は、これまで誰も成し得ておらず、極めて独創的な研究成果である。さらに、これまで脳機能イメージング研究に供された千人を超えるMRIデータを用いて新人(現代人)の平均脳形態を計算し、推定した旧人や同時代に生きた新人の脳形態との定量的比較をおこなった。最終的には、旧人3個体(アムッド、ジブラルタル、シャペローサン)、同時代に生きた新人4個体(クロマニヨン、ムラディッチ、カフゼー、スフル)、現代人1189個体(日本人512体・海外データベース677個体)を用いて解析を行い、旧人に比べ新人の方が小脳および頭頂葉が大きく、予想された前頭葉に関しては差がないという結果を得た。この傾向は同時代に生きた新人との比較でも見られ、特に小脳の大きさに差があった。逆に旧人は新人に比べ大きな後頭葉を持っていた。これを受け、現生人類のデータで認知機能と小脳容量の関係を調べたところ、多くの認知課題で正の相関が見られ、特に言語と注意に関して顕著であることも分かった。このような全ての解析を計算解剖学・脳イメージングの同一の枠組みでおこなった研究は今まで皆無であり、神経科学と人類学の融合という新たな方向性を示すものである。

以上、本班の所期の設定目的のすべてが達成されたわけではないが、世界的にはじめて取り組んだ化石を対象とする脳機能イメージング研究を飛躍的に発展させ、化石研究および脳イメージング研究について重要なブレイクスルーを達成した。

3. 研究領域の研究推進時の問題点と当時の対応状況（1ページ程度）

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。

■領域全体

研究推進時に生じた問題点の種類内容のひとつは、政治社会状況など予期しない突発的な事態による調査の遅滞、もう一つは研究手法上に起きた事態である。具体的な内容と対応状況については、それぞれの事例を以下に述べる。結論として、生じた問題はすべて解決され、研究推進上問題は起きなかった。

性質は異なるが、スタートとほぼ同時に大きな課題を抱えることになったことに触れておく。それは、ネアンデルタール人ゲノム解読の結果から明らかとなった「旧人・新人の混血・交雑」の証拠である。本領域研究を策定する時点では否定されていたテーマであった。ただ、本証拠によって学習仮説を定義し直す必要はなく、計画調書の内容に即して研究を進めた。しかし、本証拠自体きわめて重要重大な発見であり、交替劇の真相を究める上で欠かせないテーマであることはいうまでもない。

■計画研究 A01

研究は順調に進行し、当初計画していた研究種目のほとんど全てで成果をあげることができた。唯一、問題となったのは、2011年春を最後に、シリアでの野外調査が現地政治状況により不可能となったことである。そのため、デデリエ洞窟ですすめていた旧人生活面の空間解析が中断した。この点を補うため、1984年に東京大学が発掘し、詳細な記録類が残るドゥアラ洞窟の生活面について、旧人の学習行動の再構築という観点からの詳細解析を実施した。その結果、学習の空間構造について新知見を得た。また、2012年度からはウズベキスタンで同時代遺跡の調査を実施し、そこでも旧人生活面に関する新知見を得ることができた。これらの成果はいずれも国際誌に投稿中である。すなわち、シリア調査に由来した問題点は解消した。

■計画研究 A02

特になし。

■計画研究 B01

特になし。

■計画研究 B02

2011年3月の東日本大震災によって計画停電などが実施されたため、古気候シミュレーション実験の規模を縮小する必要が発生した。そこで淡水付加実験によって近似的に亜氷期を再現する新たな手法を考案し、比較的少ない計算機資源で効率よく古気候分布図を作成することに成功した。

■計画研究 C01

当初予定していたよりも、ネアンデルタール人、早期ホモ・サピエンスの化石頭蓋骨のCTデータの入手が困難であったが、ヨーロッパのネアンデルタール研究者へ直接赴き、より密接な研究協力体制を築くことで国際的ネットワークを強化した。その結果、復元の鍵を握る遺存の良い頭蓋化石のCTデータへのアクセスを実現することが可能となり、計画通りの研究成果を挙げることができた。

■計画研究 C02

プロジェクト前半の機能地図作成研究では、「創造性とそれを受容する社会」という切り口から、個体学習・社会学習に関与する神経基盤の同定を進めた。このような個々の実験は必須であるが、脳機能イメージング研究では少数の実験で結論を導き出すことが難しいことも事実である。この点を補うため、旧人と新人の間の学習能力に関連しそうな認知機能について、これらを司る脳部位のメタ解析（複数の先行研究を含めた機能部位の特定）をおこない、前者の研究をカバーした。

4. 審査結果の所見及び中間評価で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 >

■進捗状況全体に対するコメント

計画研究間の相互参照や分野横断的な連携が不十分で、領域全体としての統一的知見の獲得に至っていない。学習仮説の検証プロセスを明確にして、領域全体で共有し、各研究項目の研究内容が統合されていくことが望まれる。

対応策

指摘された上記の諸課題を解決するために実施した方策は大別二つである。一つは、6 計画研究メンバー(85名)一堂に会して、研究進捗状況を情報交換・相互評価を図る各種研究集会、もう一つは、学習仮説を総合的に検証するために実施する計画研究をまたぐ共同研究(連携研究)である。実施した内容は以下の通りである。

【研究集会】

研究集会は、研究大会として開催した年二回の全体会議および公開シンポジウム・講演会の大別二つである。

(1) 春秋年二回の研究大会は、2013年度以降、学習仮説の検証に有用かつ直結するテーマに関するシンポジウム形式主体の全体会議とした(個別専門研究の成果は原則として、ポスター発表とした)。各研究班の研究手法、研究成果の種類内容を共有し、摺り合わせ、相互乗り入れするために、メンバー一堂に会して研究進捗状況に即した情報交換と相互評価のための研究集会を定期的に行った。実施したシンポジウム(計16本)の内容については大会報告書(日・英)に収録し、連携研究を強化する基礎資料とした。以下に開催したテーマシンポジウムを例示する。

- ① A01・B01・C01連携シンポジウム「文化進化速度」：文化進化速度の定義、測定基準、旧人・新人の間の文化進化速度の違いを裏付ける実証データの種類の同定・記述・分析について
- ② A02・B01連携シンポジウム「ヒトにおける個体学習と社会学習の実態と問題点」：個体学習と社会学習の定義、両者の相互作用と文化進化との関係について
- ③ A01・C02連携シンポジウム「旧人・新人の創造性を考える」：旧人・新人社会の文化進化の間に認められる顕著な違いは、どのような時代状況、どのような条件のもとで起こったのか

(2) 同様の趣旨で総括班および計画研究主催の公開シンポジウム、公開講演会を開催した。2013年度以降開催したシンポジウム・講演会(計8本)はすべて学習仮説の検証に直結するテーマについて、各班の研究成果の相互乗り入れ状況を論じ、広く評価を仰ぐことを目的に実施した。結果として、各班の成果を設定目的に向けて有機的に結びつけることになった。実施したシンポジウム等の報告書、予稿集は刊行し情報交換、相互評価の材料となった。

(3) 以上研究集会の成果となる主要既刊図書は以下の通りである。その内容は連携研究の成果である。

西秋良宏(編)

2013『ホモ・サピエンスと旧人—旧石器考古学からみた交替劇』203pp. 東京：六一書房。

西秋良宏(編)

2014『ホモ・サピエンスと旧人 2—考古学からみた学習』185pp. 東京：六一書房。

西秋良宏(編)

2015『ホモ・サピエンスと旧人 3—ヒトと文化の交替劇』189pp. 東京：六一書房。

(4) 国際会議は、研究成果を国際舞台で評価を仰ぐこと、それをもって国際的動向との連携を促進し、領域研究の充実と強化を図る目的で開催した。2012 年度開催第 1 回会議参加者は各計画研究班が招へいた 6 カ国 12 名であったが、2014 年度開催第 2 回会議では海外参加者が 14 カ国 38 名に急増し、その大半は自発的に参加した考古学者であった(22 名)。本プロジェクトの活動が国際的に評価された証である。

第 1 回国際会議 (2012.11.18-24. 東京・学術総合センター) 主要既刊図書

Takeru Akazawa and Yochihiro Nishiaki (eds.)

2012 *RNMH2012: The First International Conference*. Abstracts publication of the First International Conference of the Replacement of Neanderthals by Modern Humans. November 18 - 24, 2012. Tokyo RNMH Project Series No. 002. 168 pp. Kochi: Kochi University of Technology.

Takeru Akazawa, Yoshihiro Nishiaki, and Kenichi Aoki (eds.)

2013 *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 1: Cultural Perspectives*. 277 pp.

Tokyo: Springer Japan. RNMH Springer Series (交替劇プロジェクト・シュプリンガーシリーズ 1)

- Takeru Akazawa, Naomichi Ogihara, Hiroki C. Tanabe, and Hideaki Terashima (eds.)
2014 *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 2: Cognitive and Physical Perspectives*.
243 pp. Tokyo: Springer Japan. RNMH Springer Series (交替劇プロジェクト・シュプリングシリーズ 2)
- Alex Mesoudi and Kenichi Aoki (eds.)
2015 *Learning Strategies and Cultural Evolution during the Palaeolithic*. Tokyo: Springer Japan. 169 pp.
RNMH Springer Series (交替劇プロジェクト・シュプリングシリーズ 3)
- Hideaki Terashima and Barry S. Hewlett (eds.)
n.d. *Social Learning and Innovation in Contemporary Hunter-Gatherers: Evolutionary and Ethnographic Perspectives*. Tokyo: Springer Japan. (交替劇プロジェクト・シュプリングシリーズ 4)
- 第2回国際会議 (2014.11.30-12.6. 北海道・伊達市文化センター) 既刊・刊行予定主要図書
- Takeru Akazawa and Yoshihiro Nishiaki (eds.)
2014 *RNMH2014: The Second International Conference*. Abstracts publication of the Second International Conference of the Replacement of Neanderthals by Modern Humans. November 30 – December 6, 2014. Date City Hokkaido. RNMH Project Series No. 003. 182 pp. Kochi: Kochi University of Technology.
- Emiliano Bruner, Naomichi Ogihara, and Hiroki C. Tanabe (eds.)
n.d. *Digital Endcasts: From Skulls to Brain*. Tokyo: Springer Japan.
- Yoshihiro Nishiaki and Olaf Jöris (eds.)
n.d. *Neanderthals and Modern Humans: Archaeology of their Learning*. Strategies. Tokyo: Springer Japan.
- Yoshihiro Nishiaki and Olaf Jöris (eds.)
n.d. *Neanderthals and Modern Humans: Population Dynamics and Cultural Evolution*. Tokyo: Springer Japan.
- Takeru Akazawa and Yoshihiro Nishiaki (eds.)
n.d. *Middle and Upper Palaeolithic Archaeology of West Asia and Beyond*. Tokyo: Springer Japan.

【連携研究】

連携研究として計画、実行したものは二種類となる。一つは、連携研究に欠かせない研究基盤情報の整備構築、もう一つは、具体的な計画研究横断型の連携研究である。

(1) 連携研究のための基盤整備

分野別に分散蓄積される関連データを機能的に結びつけるデータベースを構築し、分断情報・分断データを有機的に活用して連携研究を進められる研究環境の整備を行った。それ自体は連携研究ではないが、その基盤となる研究環境の構築につながった。作業は分野を横断する連携作業であった。その最たるものが、A01・B01班連携して取り組み完成した、前述した旧人・新人遺跡データベースNeanderDBである。それによって、領域全体の連携研究に有用な研究基盤が充実拡大した。本データベース自体、直接分析対象となり、前述したA01班、B01班の成果として紹介したさまざまな仮説モデルとして結実し、数々の論文(後述)が生まれた。

(2) 計画研究横断型連携研究

上記研究基盤の有効活用も視野に計画した連携研究で、学習仮説を実証的に検証するために実行したものである。以下は実施した連携研究の種類内容である。連携研究の成果は刊行済みのものは後述する(参照：6. 研究成果の取りまとめ及び公表の状況)。

- ① A01・A02班連携研究：学習行動を考古学的証拠から探るには、学習行動に伴っていつ、どこに、どのような種類内容の物的証拠が残るか、その経緯を科学的に検証する必要がある。そこで、現生狩猟採集民社会における学習行動と物証の関係を共同調査した。
- ② A01・B02班連携研究：両班が生成する旧人・新人遺跡データベースの統合化するために、文化編年を基軸とするA01班データベースと遺跡年代値に基づくB02班データベースの結合、石器伝統の継続年代、地理的分布パターンを実年代値で再評価し、文化変化の様態を明確化する試み、遺跡時空分布と環境変化との関連性を具体的に評価・記述するため有用な基盤データの共有化を共同で実施した。
- ③ A01・B01・B02班連携研究：B01班が学習仮説を理論的に裏付けるために実行する数理モデル実験には、目的に応じてさまざまなパラメタを推定する必要がある。そして、実証データに基づくパラメタによってモデル実験を設計し、理論仮説をより具体的に裏付けにえられる有用なパラメタを連携研究のもとに検討した。
- ④ A01・C02班連携研究：学習行動を制御する神経基盤を同定するためには、MRI機能測定の実験者に示す実験課題が必要である。それが実証データに基づく実験課題であれば、測定内容と結果をより詳細化できる。それに応える有用な課題実験モデルを連携して策定した。
- ⑤ C01・C02班連携研究：C01班が復元する化石頭蓋骨に収まっていたはずの脳の精密復元(つまり、化石脳の抽出)には、現代人について、頭蓋骨と脳のかたちの対応関係を厳密に定量化し、それを計算論的に化石形態に当てはめる厳密な手法の確立が必要となる。そのために、両班の視

点と技術を結集して、現代人の頭蓋骨内腔と脳表面のかたちの対応関係を医用画像から検討した。前述した新分野「化石工学」は両班の連携研究の成果である。

■ (a) 研究の進展状況に対するコメント

学習仮説を実証的かつ統合的に検証するためのプロセスが領域全体で十分に共有されておらず、各研究計画を超えて統合された議論が展開されるには至っていない。

対応策

上述した【研究集会】【連携研究】を実行することによって対応した。

■ (b) 研究成果に対するコメント

データベースの活用や個々の研究成果の相互参照によって、研究項目を横断した形で得られた知見を統合し、研究成果が発表されることが望まれる。

対応策

この件についても、上述した【研究集会】【連携研究】を実行することによって対応した。実際に挙げた連携研究の代表例を示す。

Kadowaki, S., T. Omori and Y. Nishiaki (2015) Variability in Early Ahmarian technology and its implications for the model of a Levantine origin of Protoaurignacian. *Journal of Human Evolution* 82:67–87.

西秋良宏(編)(2013)『ホモ・サピエンスと旧人—旧石器考古学からみた交替劇』203pp. 東京：六一書房.

西秋良宏(編)(2014)『ホモ・サピエンスと旧人 2—考古学からみた学習』185pp. 東京：六一書房.

西秋良宏(編)(2015)『ホモ・サピエンスと旧人 3—ヒトと文化の交替劇』189pp. 東京：六一書房.

Takeru Akazawa, Yoshihiro Nishiaki, and Kenichi Aoki (eds.) (2013) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 1: Cultural Perspectives*. 277 pp. Tokyo: Springer Japan. RNMH Springer Series (交替劇プロジェクト・シュプリンガーシリーズ 1)

Takeru Akazawa, Naomichi Ogihara, Hiroki C. Tanabe, and Hideaki Terashima (eds.) (2014) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 2: Cognitive and Physical Perspectives*. 243 pp. Tokyo: Springer Japan. RNMH Springer Series (交替劇プロジェクト・シュプリンガーシリーズ 2)

Alex Mesoudi and Kenichi Aoki (eds.) (2015) *Learning Strategies and Cultural Evolution during the Palaeolithic*. Tokyo: Springer Japan. 169 pp. RNMH Springer Series (交替劇プロジェクト・シュプリンガーシリーズ 3)

■ (c) 研究組織に対するコメント

研究項目A, B, C の間で研究成果の共有と、知見の統合に向けた一層の努力が必要である。

対応策

上述した【研究集会】【連携研究】を実行することによって対応した。

■ (e) 今後の研究領域の推進方策

学習仮説の従来の研究の中での位置付けや意義、議論の前提などを、各研究計画において改めて共有し、それぞれの研究内容や概念と合わせていくことが必要である。また、検証プロセスを明確にし、それを実証するとともに、他の仮説との比較検証をすることによって、領域全体の統合的な知見が得られることを期待したい。

対応策

上述した【研究集会】【連携研究】の内容を実行することによって対応した。

■ 公募招待研究との連携

公募研究は独立した個別研究と見なさず、領域研究、具体的には所属する計画研究の内容を充実強化する研究と位置づけた上で、連携研究を基本として進めた。研究目的の共有化と、分析手法の情報交換・相互理解・相互評価を絶やさないために所属班の諸活動のすべて、同時に、領域研究大会のすべてに参画し、研究進捗状況を公表発表し、評価を仰ぐ機会を定常化した。その活動は領域全体構想の達成に大きく貢献した。以下に公募招待研究者が行った連携研究論文を例示する。

Hagino, I and Yamauchi, T. (2014) Daily Physical Activity and Time-Space Using of Pygmy Hunter-Gatherers' Children in Southeast Cameroon. In: Akazawa, T., Ogihara, N. Tababe, H.C. and Terashima, H. (eds) (2014) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans, Volume 2: Cognitive and Physical Perspectives*, pp. 91-97. Springer Japan,

Horiuchi, S., S. Kubota (2013) The Effects of Cross-Boundary Rituals on Cultural Innovation. In: Akazawa, T., Y. Nishiaki, K. Aoki (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 1 Cultural Perspectives*,

pp.229-236. Springer Japan.

Kobayashi, Y., Matsui, T., Haizuka, Y., Ogihara, N., Hirai, N., Matsumura, G. (2014) Cerebral Sulci and Gyri Observed on Macaque Endocasts. In: Akazawa, T., Ogihara, N., Tanabe, H.C., Terashima, H. (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 2 Cognitive and Physical Perspectives*, pp.131-137. Springer Japan.

Kobayashi, Y., Matsui, T., Haizuka, Y., Ogihara, N., Hirai, N., Matsumura, G. (2014) The Coronal Suture as an Indicator of the Caudal Border of the Monkey Prefrontal Cortex. In: Akazawa, T., Ogihara, N., Tanabe, H.C., Terashima, H. (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 2 Cognitive and Physical Perspectives*, pp.139-143. Springer Japan.

Mizuno K (2014) Neural substrates associated with motivation to learn in modern humans. In Akazawa T, Ogihara N, Tanabe HC, Terashima (Eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 2: Cognitive and Physical Perspectives*, pp.233-236. Springer Japan.

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。

■ 計画研究 A01

2015 年

(1) シリア、ビシュリ遺跡群で入手した旧石器標本と NeanderDB の解析をもとに、新人の個体学習能力が開花したのは新環境への進出とそこで 4 万 6 千～4 万 2 千年前に経験した激しい気候変動の結果であった可能性を示した。それが革新的技術を生み、交替劇を決定づけたという仮説を示した (Kadowaki, Omori, and Nishiaki 2015)。 (2) ヒトの拡散や交替劇はどのような考古学的証拠を残すのか、旧人・新人が接触し社会学習した場合どのような文化変化が生じるのかを整理し、それらが地理的に多様性であった要因についてヒト、環境、学習の相互関係という点から論じた (西秋編 2015)。

2014 年

(1) シリアのドゥアラ洞窟、ウズベキスタンのアンギラク洞窟の分析をもとに、旧人の学習行動が新人と同様、空間的に構造化されていることを示した (Nishiaki and Akazawa 2014; Nishiaki et al. 2014; 投稿中)。 (2) 旧人・新人の学習行動について野外考古学、認知考古学、文化人類学、自然人類学、健康科学等のアプローチで得られている証拠をまとめ、行動比較の論点を示した。特に、学習行動は生得的な認知能力の違いだけでなく、身体的特徴、社会環境の違いによっても多大な変異をうむことを強調した (西秋編 2014)。

2013 年

(1) パプア・ニューギニアで得られた民族誌をもとに、贈与という社会行為とヒトの生活史を組み込んだ道具製作に関わる学習モデルを提示した。それをもとに、旧人・新人の学習行動を推察したところ、ネアンデルタール社会では人口・集団サイズの小さいため個体学習、社会学習とも促進されなかった可能性があることを指摘した (Nishiaki 2013)。 (2) 新人がアフリカから拡散し、ユーラシア各地の旧人と交替していくプロセスにつき、世界各地で判明している考古学的証拠を整理し交替劇研究の現状と問題点を示した (西秋編 2013)。

2012 年

(1) シリア、デデリエ洞窟の旧人石器群の年代の変異を解析し、石器製作技術が環境変動と居住スタイルに応じて変遷していること、そのパターンは新人遺跡の場合と同じモデルで説明できることを示した (Nishiaki et al. 2012)。 (2) 交替劇に関わる考古学的証拠を搭載したデータベース NeanderDB の理念や構造について述べ、途中経過を報告した (Kondo et al. 2012)。

2011 年

(1) シリア、デデリエ洞窟の中期旧石器時代出土石器群を分析し、従来指摘されていたレヴァント地方南部だけでなく、北部でも初期新人と旧人の接触がおこっていた可能性のあることを指摘した (Nishiaki et al. 2011a)。 (2) 同洞窟の終末期旧石器時代の生活面と出土石器群を分析し、学習行動が空間的に組織化されていることを論じた (Nishiaki et al. 2011b)。

■ 計画研究 A02

(1) 狩猟採集民の子どもへの養育・発達と学習行動の実態を世界各地の現地調査によって実証的に解明した。

(2) 狩猟採集民における思春期スパート・学習行動の発達・社会行動の拡大の実態を解明した。とくにこれまで否定されていたピグミー系狩猟採集民における思春期スパートの存在を初めて明瞭に示した。

(3) 狩猟採集民の乳幼児期～中期子ども期における想像力、創造性、象徴遊び、心の理論、認知的柔軟性、レジリエンス、共有志向性等の心的能力の発達を実証的研究により解明した。

- (4) 子どもにおける自発的な観察学習・参加学習・型学習等の重要な社会学習の特性を解明した。
- (5) 新人の学習において非言語的な相互行為として行われる教示行動の実態を解明した。
- (6) 心の理論（マインドリーディング）・メタ認知とメタ学習などの認知能力の発達ならびに自由と自立を育む社会的環境が狩猟採集民の子どもの学習行動を支えていることを解明した。
- (7) 自発的な観察学習・参加型学習・ヒト特有の型学習等の社会学習が、後の創造的行動の発達に大きく影響を与えることを解明した。
- (8) 狩猟採集民の文化創造における革新者と追随者との相互依存関係の重要性を実証的観点から解明した。
- (9) 新人では他人から学ぶのみならず、他人の制作物や自然物から直接学ぶ技術が発達していることを明らかにした。
- (10) 狩猟採集民の自然界への深い関心と自然界での学習行動が創造的行為と結びつく学習モデルを作成した。
- (11) 旧人と新人の成長速度曲線に基づくライフステージの相違と栄養生態・生存戦略の相違に基づく交替劇成立のモデルを作成した。
- (12) 新人における高次の学習能力として、いったん習得した文化複合を客体化して解体した後、新たな次元で再構築する能力を解明した。
- (13) 年度ごとの研究成果は各年度末に「交替劇 A02 班 研究報告書：狩猟採集民の調査に基づくヒトの学習行動の実証的研究」として刊行した。研究成果の総まとめとして、Springer 社から Replacement of Neanderthals by Modern Humans Series の 1 巻としての論文集 *Social Learning and Innovation in Contemporary Hunter-Gatherers: Evolutionary and Ethnographical Perspectives* を 2015 年中に刊行する（刊行契約済み）。

■ 計画研究 B01

- (1) 分布拡大が引き金となりイノベーション能力が向上する理論的根拠を明らかにした。一方、個体学習能力の向上は、過渡的なものであって分布拡大終了後に退化する場合もあることを明らかにした。
- (2) 学習を生活史戦略の一部として捉え、全く新しい遺伝子・文化の共進化モデルを記述した。すなわち、社会学習によって先ず既存文化を習得し、個体学習によってこれに改良を加えるという学習順序(SE 戦略と命名)が文化の累積性を可能にしているとの前提で、SE 戦略が遺伝進化する理論的根拠を明らかにした。
- (3) 文化進化速度は集団サイズよりもイノベーション率に依存すること、文化進化速度と文化多様性を数学的に予測するために文化 Moran モデルを記述した。そして、文化進化速度が高いほど、集団の文化水準が速く向上すると考えられるので、文化進化速度が「交替劇」において重要な概念であることを明らかにした。
- (4) イノベーション能力の僅かな違いが、文化水準の大きな違いをもたらすことを明らかにするため、集団のサイズと文化・技術水準の間にフィードバックを仮定したモデルを記述した。そして、イノベーション率のある範囲内では、文化水準が高い大きな集団と文化水準が低い小さな集団がともに安定的に存在しうることを示し、その範囲を逸脱するとき、イノベーション率の僅かな変化が、文化水準の飛躍的な変化を引き起こすことも示した。
- (5) 考古学的な証拠から、旧人と新人との認知に違いがあったとしても僅かなものであった（認知同等性）、とする考え方が「交替劇」開始後、支配的となっている。もとより、両者は近縁種であるから、イノベーション能力の大きな違いは予想されない。しかし、イノベーション能力の僅かな変化が、文化水準の飛躍的な変化の引き金となりうるので、両者の種間競争が文化水準の違いによって決定された可能性が支持されるとする理論的根拠を明らかにした。

■ 計画研究 B02

主な研究成果は以下の通りである。理化学年代の再評価について、これまでに測定された放射性炭素年代について、その正確性を測定試料の性質や前処理方法などから評価し、前処理方法によるずれの系統的補正法を独自に考案した。さらに、遺跡ごとにベイズ解析で較正年代を再検討し、中・後期旧石器の移行期伝統の年代を再評価した (A01 班との共同研究)。

上記方法を理化学年代データベースと石器製作伝統データベース (A01 班作製) に適用し、欧州において旧人文化の遺跡数減少が新人到来に先立っていること、旧人減少と新人拡散が必ずしも寒冷化イベ

ントと一致しないことを示した。

現代の詳細な気象データをシミュレーション結果と比較して、平均値との差分を外挿する方法で気候分布図の空間分解能を改善し、生態学ニッチモデルを旧人・新人分布域に応用可能となった。また、千年スケールの気候変動について、代表的な亜氷期と亜間氷期の気候分布を北大西洋への淡水付加実験によって作成したところ、アフリカに比べ欧州ではより強い寒冷化・乾燥化が示された。このことは、欧州で高い創造性を誇る後期旧石器文化が展開した考古学的状況が、学習仮説で説明できることを示唆する。

得られた古気候分布図と遺跡分布を、新人拡散第1波(5万-4万5000年前)、第2波(4万5000-4万3000年前)、第3波(4万3000-4万年前)で検討したところ、欧州では旧人と新人の生息環境は類似するが、新人第3波によって旧人がより寒く、標高が高く、傾斜角の厳しい環境に追いやられた様子が明らかになった。一方、第2波と第3波の間では新人生息環境に変化がなく、文化変化速度がニッチ競争で重要である可能性が考えられる。

■計画研究 C01

本研究では、化石頭蓋の高精度復元を支援するシステムの構築を行った。具体的には、断片化した状態で発見される頭蓋破片の組立・歪み補正・欠損部分の補完を数理的に行う手法を提案した。これら手法を Amud 1(アムッド1号)、Gibraltar 1(ジブラルタル1号)、La Chapelle-aux-Saints 1(シャペローサン1号)の旧人ネアンデルタール頭蓋骨と、Qafzeh 9(カフゼー9号)、Skhul 5(スフル5号)、Mladec 1(ムラディッチ1号)、Cro-Magnon 1(クロマニヨン1号)の早期新人頭蓋骨の工学的復元に応用し、復元に応用し、それら化石頭蓋骨の数理的復元を完成させた。

Amud 1号は、CT画像から頭蓋破片の再分離を行い、各破片の3次元形状モデルを構築した。そして、各破片の表面形状をベジェ曲面でモデル化することで隣接する破片の表面形状を予測し、最適化計算に基づいて隣接破片を数理的に組み上げた。ただし、Amud 1号の頭蓋底や等外内腔は大きく欠損・破損している。そこで、これら部位の遺存状況の良い Gibraltar 1号と La Chapelle 1号を、薄板スプライン関数を用いて変形させ補間した。Gibraltar 1号は、頭頂部に大きな欠損がある。このため上述の方法を用いて La Chapelle 1号を変形させ補間した。La Chapelle 1号は基本的には遺存状態が良好ではあるが、頭蓋底の復元に Gibraltar 1号を変形させた。早期新人についても基本的には同様の手法を適用し、各化石頭蓋骨の復元を完成させた。

復元した旧人ネアンデルタール人と現生人類の頭蓋骨形状を数理形態学的手法に基づいて比較すると、旧人の頭蓋骨は、現生人類のそれより前後に長く後頭部が突出し、左右に狭く、上下に低い傾向が見られた。また、現生人類では、特に小脳と頭頂葉に対応する部位が相対的に大きい傾向があることが明らかとなった。近年、こうした両者の頭蓋骨の形態差は、出生直後の成長パターンの差に起因して生じていることが示唆されている。出生後の脳の成長パターンの違いが、両者の命運を分ける学習能力・行動の差につながった可能性が考えられる。

また、C02班と共同で、化石脳の形態を頭蓋骨から復元する数理的手法を確立した。具体的には、現代人の頭蓋骨形態から復元した化石頭蓋骨形態への空間変形関数を、DARTELを用いて記述した。それを現代人脳形態に当てはめ同様の変換を行うことで、化石頭蓋骨に収まる脳形態を推定することが可能となった。

■計画研究 C02

計算解剖学的手法による旧人のエンドキャストと脳(化石脳)の推定と復元は、これまで誰も成し得ておらず、極めて独創的な研究成果である。それだけでなく、これまで脳機能イメージング研究に供された多くのMRIデータを使い、1000人を超えるMRIデータを用いて新人(現代人)の平均脳形態を計算し、推定した旧人の脳形態との定量的比較をおこなった。

最終的には、旧人3個体(Amud 1、Gibraltar 1、La Chapelle-aux-Saints 1)、同時代に生きた新人4個体(Qafzeh 9、Skhul 5、Mladec 1、Cro-Magnon 1)、現代人1189個体(日本人512体・海外のデータベースより677個体)を用い、脳形態の差に関する統計検定をおこなった。

その結果、旧人に比べ新人の方が小脳および頭頂葉が大きく、予想された前頭葉に関しては差がないことが見いだされた。この傾向は同時代に生きた新人との比較でも見られ、特に小脳の大きさに差があった。逆に旧人は新人に比べ大きな後頭葉を持っていた。

以上の結果を発展させるために、現生人類のデータで認知機能と小脳容量の関係を調べたところ、多くの認知課題で正の相関が見られ、特に言語と注意に関して顕著であった。さらに我々がおこなった機能的 MRI 実験およびメタ解析の結果も、多くの認知機能に小脳が関与していることを示していた。我々が重要であると考えた社会能力や創造性に関しても頭頂葉や小脳の関与が多く見られた。また小脳は「学習マシン」としても知られ、学習によって取得される内部モデルが小脳に蓄えられていると考えられている。これらの結果を総合すると、小脳の機能差が旧人と新人の交替劇に影響を及ぼしたことが示唆された。しかし同時に、その差は現代人の個体差内に収まるものであり、これが交替劇の主要因であるとも考えることも難しく、別の要因や複数の要因の複合的結果としての交替劇を想定する必要があることも示唆された。

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。

■領域全体

【出版書籍】

- (1) 交替劇プロジェクト研究大会報告書シリーズ(日・英文)(全10号)
- (2) 交替劇プロジェクト研究班報告書『交替劇』シリーズ(全18号)
- (3) 交替劇プロジェクト公開シンポジウム報告書
 - ◎西秋良宏(編)
2013『ホモ・サピエンスと旧人一旧石器考古学からみた交替劇』203pp. 東京：六一書房.
 - ◎西秋良宏(編)
2014『ホモ・サピエンスと旧人 2—考古学からみた学習』185pp. 東京：六一書房.
 - ◎西秋良宏(編)
2015『ホモ・サピエンスと旧人 3—ヒトと文化の交替劇』189pp. 東京：六一書房.
 - 門脇誠二(編)
2014『ホモ・サピエンスの起源とアフリカの石器時代—ムトングウエ遺跡の再評価』70pp. 名古屋：名古屋大学博物館.
- (4) 交替劇プロジェクト公開講演会報告書
 - 佐野勝宏(編)
2013『旧人・新人の種獵具と狩獵法』12pp. 仙台：東北大学.
 - ◎西秋良宏(編)
2013『ホモ・サピエンスと旧人 2—考古学からみた学習』30pp. 東京：東京大学総合研究博物館.
 - 門脇誠二(編)
2014『石器文化からさぐる新人・旧人交替劇の真相』5pp. 名古屋：名古屋大学博物館.
 - 赤澤 威、荻原直道(編)
2014『ネアンデルタール人の脳機能と学習行動を探る』8pp. 東京：高知工科大学.
 - ◎佐野勝宏(編)
2015『ネアンデルタール人の絶滅の謎に迫る』11pp. 東京：東京大学総合研究博物館.
- (5) RNMH Springer Series (交替劇プロジェクト・シュプリンガーシリーズ；出版確定分含む)
 - ◎Takeru Akazawa, Yoshihiro Nishiaki, and Kenichi Aoki (eds.)
2013 *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 1: Cultural Perspectives*. 277 pp. Tokyo: Springer Japan.
 - ◎Takeru Akazawa, Naomichi Ogihara, Hiroki C. Tanabe, and Hideaki Terashima (eds.)
2014 *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 2: Cognitive and Physical Perspectives*. 243 pp. Tokyo: Springer Japan.
 - ◎Alex Mesoudi and Kenichi Aoki (eds.)
2015 *Learning Strategies and Cultural Evolution during the Palaeolithic*. Tokyo: Springer Japan. 169 pp.
Hideaki Terashima and Barry S. Hewlett (eds.)
n.d. *Social Learning and Innovation in Contemporary Hunter-Gatherers: Evolutionary and Ethnographic Perspectives*. Tokyo: Springer Japan.
Emiliano Bruner, Naomichi Ogihara, and Hiroki C. Tanabe (eds.)
n.d. *Digital Endcasts: From Skulls to Brain*. Tokyo: Springer Japan.
Yoshihiro Nishiaki and Olaf Jöris (eds.)
n.d. *Neanderthals and Modern Humans: Archaeology of their Learning*. Strategies. Tokyo: Springer Japan.
Yoshihiro Nishiaki and Olaf Jöris (eds.)
n.d. *Neanderthals and Modern Humans: Population Dynamics and Cultural Evolution*. Tokyo: Springer Japan.
Takeru Akazawa and Yoshihiro Nishiaki (eds.)
n.d. *Middle and Upper Palaeolithic Archaeology of West Asia and Beyond*. Tokyo: Springer Japan.
Takeru Akazawa and Yoshihiro Nishiaki (eds.)
n.d. *Middle Palaeolithic of the Dederiyeh Cave, Syria*. Tokyo: Springer Japan.
Takeru Akazawa and Yoshihiro Nishiaki (eds.)
n.d. *Natufian Culture of the Dederiyeh Cave, Syria*. Tokyo: Springer Japan.

(6)RNMH Project Series

Takeru Akazawa (ed.)

2012 *RNMH Project 2010-2014*. RNMH Project Series No. 001. 137 pp. Kochi: Kochi University of Technology.

Takeru Akazawa and Yoshihiro Nishiaki (eds.)

2012 *RNMH2012: The First International Conference*. Abstracts publication of the First International Conference of the Replacement of Neanderthals by Modern Humans. November 18 - 24, 2012. Tokyo RNMH Project Series No. 002. 168 pp. Kochi: Kochi University of Technology.

Takeru Akazawa and Yoshihiro Nishiaki (eds.)

2014 *RNMH2014: The Second International Conference*. Abstracts publication of the Second International Conference of the Replacement of Neanderthals by Modern Humans. November 30 – December 6, 2014. Date City Hokkaido. RNMH Project Series No. 003. 182 pp. Kochi: Kochi University of Technology.

(7)RNMH International Workshop Abstracts Publication

Yoshihiro Nishiaki(ed.)

2013 *Neanderthals and Modern Humans: Archaeological Approaches to Their Learning Behaviors*. 36pp. Tokyo: The University Museum, The University of Tokyo.

【ホームページ】

交替劇プロジェクトウェブサイト (日・英・韓・中文)

<http://www.koutaigeki.org/>

【総括班主催研究集会】

(1)全体会議(公開研究大会)：年2回、計10回

(2)公開講演会：計2回

(3)公開講座：計5回

(4)国際会議：計2回(2012, 2014)

【放送大学特別講義】

『ネアンデルタール人滅亡—われわれあは何を学ぶべきか』2013年度から

『ネアンデルタール人なぜ滅びたのか—交替劇プロジェクトの探求』2015年度から

■計画研究 A01

【論文】

◎*Kadowaki, S., T. Omori and Y. Nishiaki (2015) Variability in Early Ahmariian technology and its implications for the model of a Levantine origin of Protoaurignacian. *Journal of Human Evolution* 82:67–87.

*Sano, K. and M. Oba (2014) Projectile experimentation for identifying hunting methods with replicas of Upper Palaeolithic weaponry from Japan. In: *International Conference on Use-Wear Analysis: Use-Wear 2012*, edited by J. Marreiros, N. Binch and J. Giabja, pp. 474-486. Cambridge: Cambridge Scholars Publishing.

*Nishiaki, Y. and T. Akazawa (2014) The Middle Palaeolithic of the Palmyra Basin, Syria – Intra-site spatial patterning at Douara Cave. *The XVII UISPP World Congress*, Burgos, 1-7 September, 2014; Abstract, p. 873.

*Nishiaki, Y., O. Aripdjanov and R. Suleimanov (2014) The late Middle Palaeolithic occupations at Anghilak Cave, southern Uzbekistan. *The 7th Annual Meeting of the Asian Palaeolithic Association Conference*, Gongju, Korea, November 12-16, 2014; Abstract, p. 83

*Nishiaki, Y. (2013) Gifting as a means of cultural transmission: The archaeological implications of bow-and-arrow technology in Papua New Guinea. In: *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans, Vol. 1: Cultural Perspectives*, edited by T. Akazawa, Y. Nishiaki and K. Aoki, pp. 173–185. New York: Springer.

*Nishiaki, Y., Y. Kanjo, S. Muhesen and T. Akazawa (2012) Temporal variability of Late Levantine Mousterian assemblages from Dederiyeh Cave, Syria. *Eurasian Prehistory* 9(1/2): 3-27.

【書籍】

◎*Kaifu, Y., M. Izuho, T. Goebel, H. Sato and A. Ono (eds.) (2014) *Emergence and Diversity of Modern Human Behavior in Paleolithic Asia*. College Station: Texas A&M University Press. 査読有

*Akazawa, T., Y. Nishiaki and K. Aoki (eds.) (2013) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans, Vol. 1: Cultural Perspectives*. New York: Springer. 査読有

【国際会議】

Nishiaki, Y. and T. Akazawa (2014) The Middle Palaeolithic of the Palmyra Basin, Syria – Intra-site spatial patterning at Douara Cave. *The XVII UISPP World Congress*, Burgos, 1-7 September, 2014.

Nishiaki, Y., Y. Kanjo, S. Muhesen and T. Akazawa (2014) The “Natufian” in northern Levant: The Late Epipalaeolithic of Dederiyeh Cave, Afrin Valley, northwest Syria. *The XVII UISPP World Congress*, Burgos, 1–7 September, 2014.

Nishiaki, Y. (2014) Recent progress in the archaeology of Palaeolithic caves in Japan. *The 32nd National Geoscience Congress and the 1st International Speleology Congress*, Geological Survey of Iran, Tehran and Hamedan, February 16-19, 2014.

Ono, A. (2014) Two patterns of obsidian exploitation in the Upper Palaeolithic of the Japanese Islands. Mikulov Anthropology Meeting, Mikulov, August 27-29, 2014.

Kadowaki, S. and Y. Nishiaki (2014) Middle Epipalaeolithic technological variability in the northern Levant: New data from the middle Euphrates. *The Society for American Archaeology 79th Annual Meeting*, Austin, April 26, 2014.

【主催シンポジウム】

『石器文化からさぐる新人・旧人交替劇の真相』（2014年3月15日、名古屋大学、参加者約180名）。

『*Neanderthals and Modern Humans: Archaeological Approaches to Their Learning Behaviors*』（The University of Tokyo, November 22-24, 2013, 参加者45名）

『ホモ・サピエンスと旧人2—考古学からみた学習』（2013年7月6-7日、東京大学、参加者約150名）

『旧人・新人の狩猟法と狩猟具』（2013年2月9-10日、東北大学、参加者約140名）

『ホモ・サピエンスと旧人—旧石器考古学からみた交替劇』（2012年6月16-17日、東京大学、参加者約200名）

■計画研究 A02

【論文】

- *Imamura, K. and Akiyama, H. (2015) How hunter-gatherer have learned to hunt: Transmission of hunting methods and techniques among the Central Kalahari San, *African Study Monographs*, Suppl. 50: 25-41 (査読)
- *Berl, R.E. and Hewlett, B.S. (2015) Cultural Variation in the Use of Overimitation by the Aka and Ngandu of the Congo Basin. *PLOS ONE*:1-20 (DOI: 10.1371/journal.pone.0120180) (査読)
- Takada, A. (2014) Mutual coordination of behaviors in human-chimpanzee interactions: A case study in a laboratory setting. *Revue de Primatologie*, 5:1-22. (査読)
- *Boden, G. and Takada, A. (2014) Kx'a Kinship Classifications: A diachronic perspective. *Research in Khoisan Studies*, 30:141-160. (査読)
- Takada, A. (2014) Surname and inter-ethnic relationships among the Ekoka !Xun. *Research in Khoisan Studies*, 30:223-240. (査読)
- Hagino, I., Sato H., Yamauchi, T.* (2014) The demographic characteristics and nutritional status for a hunter-gatherer society with social transitions in southeastern Cameroon. *African Study Monographs*, 47 Suppl., 45-57. (査読)
- Omura, K. (2014) The Two Faces of Tomorrow: Human Bio-sociocultural Diversity Expanded Through Space Development. Challenges of Space Anthropology. *JAXA Research and Development Memorandum (JAXA-RM-14-012E)*, pp. 5-32.
- *Yamauchi, T., Sato, H., Kawamura, K. (2014) Nutritional status and physical fitness of Pygmy hunter-gatherers living in the African rainforests. *African Study Monographs*, 47 Suppl., 25-34. (査読)
- Sato, H., Hayashi, K., Inai, H., Yamaguchi, R., Kawamura, K., Yamauchi, T.* (2014) A controlled foraging trip in a communal forest of southeastern Cameroon. *African Study Monographs*, 47, 5-24. (査読)
- Takada, A. (2014) Kinship and caregiving practices among the Ekoka !Xun. In A. Barnard, & G. Boden (Eds.), *Southern African Khoisan kinship systems. Research in Khoisan Studies Volume 30*. Cologne, Germany: Ruediger Koeppel Verlag Koeln, pp. 99-120. (査読)
- 今村 薫 (2014) 「カラハリ狩猟採集民の狩猟技術—人類進化における人と動物の根源的つながりを探って—」名古屋学院大学論集（人文・自然科学篇）51(1)：31-42.
- 高田 明 (2014) 「家族関係と子どもの発達：人類学のアプローチ」乳幼児医学・心理学研究, 23(1), 11-18. (招待論文)
- 高田 明 (2013) 「ナミビアにおける教育改革についての一考察：オバンボランドのクンをめぐる教育実践」アフリカ教育研究, 4, 19-34. (招待論文)

【書籍】

- Takada, A. (2015) *Narratives on San ethnicity: The cultural and ecological foundations of lifeworld among the !Xun of north-central Namibia*. Kyoto University Press & Trans Pacific Press.
- Imamura, K. (2015) Life history and sexual relationships among female Kalahari hunter-gatherers. In: J. Yamagiwa, A. Filippo, T. Furuichi (eds.) *Dispersing Primate Females, – Life history and social strategy in male-philopatric groups*, Springer, New York, pp185-212.
- Ando, J. (2014) Comparison Between Individual, Imitative and Instructed Learning. In: Akazawa, T., Ogiwara, N. Tababe, H.C. and Terashima, H. (eds) (2014) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans, Volume 2: Cognitive and Physical Perspectives*, Springer Japan, pp. 17-23.
- *Imamura, K. and R. Lekoko (2014) *A Sociological Study of Education in Botswana: Towards Lifeskills Development for People in Remote Area*. K.Imamura and R.Lekoko (eds), Research Institute, Nagoya Gakuin University.
- *Hagino, I. and Yamauchi, T. (2014) Daily Physical Activity and Time-Space Using of Pygmy Hunter-Gatherers' Children in Southeast Cameroon. In: Akazawa, T., Ogiwara, N. Tababe, H.C. and Terashima, H. (eds) (2014) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans, Volume 2: Cognitive and Physical Perspectives*, Springer Japan, pp. 91-97.
- Koyama, T. (2014) Cognitive Flexibility and Making Objects in Baka Pygmy Children. In: Akazawa, T., Ogiwara, N. Tababe, H.C. and Terashima, H. (eds) (2014) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans, Volume 2: Cognitive and Physical Perspectives*, Springer Japan, pp. 33-37.
- Omura, K. (2014) The ability to Objectify Conventional Styles of Problem-Solving: A Hypothesis on the Difference in Learning Ability Between Modern Humans and Neanderthals. In: Akazawa, T., Ogiwara, N. Tababe, H.C. and Terashima, H. (eds) (2014) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans, Volume 2: Cognitive and Physical Perspectives*, Springer Japan, pp. 25-31.
- Yamagami, E. (2014) The Demonstration of Resilience in the Drawings of Baka Pygmy Children. In: Akazawa, T., Ogiwara, N. Tababe, H.C. and Terashima, H. (eds) (2014) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans*,

Volume 2: *Cognitive and Physical Perspectives*, Springer Japan, pp. 39-48.

*Yamauchi T. and Hagino I. (2014) Estimation of the Period of Childhood and Child Growth Characteristics of Pygmy Hunter-Gatherers in Southeast Cameroon. In: Akazawa, T., Ogiwara, N. Tababe, H.C. and Terashima H. (eds) (2014) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans, Volume 2: Cognitive and Physical Perspectives*, Springer Japan, pp. 99-103.

【ホームページ】

『ネアンデルタールとサピエンス交替劇の真相 Research Team A02』

<http://www.koutaigeki-a02.org/site/index.html>

■計画研究 B01

【論文】

- *Kobayashi Y., Wakano JY., and Ohtsuki H (2015) A paradox of cumulative culture. *Journal of Theoretical Biology*, in press.
- Aoki K (2015) Modeling abrupt cultural regime shifts during the Palaeolithic and Stone Age. *Theoretical Population Biology* 100: 6-12.
- *Aoki K. and Feldman MW (2014) Evolution of learning strategies in temporally and spatially variable environments: a review of theory. *Theoretical Population Biology* 91: 3-19.
- *Kobayashi Y. and Ohtsuki H (2014) Evolution of social versus individual learning in a subdivided population revisited: comparative analysis of three coexistence mechanisms using the inclusive-fitness approach. *Theoretical Population Biology* 92: 78-87.
- *Nakahashi W. and Feldman MW (2014) Evolution of division of labor: emergence of different activities among group members. *Journal of Theoretical Biology* 348: 65-79.
- *Wakano JY. and Miura C (2014) Trade-off between learning and exploitation: the Pareto-optimal versus evolutionarily stable learning schedule in cumulative cultural evolution. *Theoretical Population Biology* 91: 37-43.
- Lehmann L. and *Wakano JY (2013) The handaxe and the microscope: individual and social learning in a multidimensional model of adaptation. *Evolution and Human Behavior* 34: 109-117.
- *Lehmann L., Wakano JY., and Aoki K (2013) On optimal learning schedules and the marginal value of cumulative cultural evolution. *Evolution* 67: 1435-1445.
- Nakahashi W (2013) Evolution of improvement and cumulative culture. *Theoretical Population Biology* 83: 30-38.
- 【書籍】
- *Aoki K. and Mesoudi A (2015) Introduction to “Learning strategies and cultural evolution during the Palaeolithic”. In Mesoudi A. and Aoki K (eds.) *Learning Strategies and Cultural Evolution during the Palaeolithic*. Springer Japan, Tokyo pp 1-8.
- Fogarty L., Wakano JY., Feldman MW. and *Aoki K (2015) Factors limiting the number of independent cultural traits that can be maintained in a population. In Mesoudi A. and Aoki K (eds.) *Learning Strategies and Cultural Evolution during the Palaeolithic*. Springer Japan, Tokyo pp 9-21.
- *Kobayashi Y., Kadowaki S. and Naganuma M (2015) A population-genetics based model for explaining apparent cultural continuity from the Middle to Upper Palaeolithic in Eurasia. In Mesoudi A. and Aoki K (eds.) *Learning Strategies and Cultural Evolution during the Palaeolithic*. Springer Japan, Tokyo pp 35-44.
- Nakahashi W (2015) The evolution of culturally transmitted teaching behavior. In Mesoudi A. and Aoki K (eds.) *Learning Strategies and Cultural Evolution during the Palaeolithic*. Springer Japan, Tokyo pp 23-33.
- Kimura R (2014) Interpretations of practical population genetics analyses of genome-wide SNP data on human demography. In Akazawa T., Ogiwara N., Tanabe HC. and Terashima H (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 2 Cognitive and Physical Perspectives*. Springer Japan, Tokyo pp 105-117.
- Aoki K (2013) Determinants of cultural evolutionary rates. In Akazawa T., Nishiaki Y. and Aoki K (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 1 Cultural Perspectives*. Springer Japan, Tokyo pp 199-210.
- Kobayashi Y (2013) A simulation study on the replacement of Neanderthals by modern humans in Europe: implications of climate change, cultural diversification, and the shape of the continent. In Akazawa T., Nishiaki Y. and Aoki K (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 1 Cultural Perspectives*. Springer Japan, Tokyo pp 237-243.
- Nakahashi W (2013) Cultural evolution and learning strategies in hominids. In Akazawa T., Nishiaki Y. and Aoki K (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 1 Cultural Perspectives*. Springer Japan, Tokyo pp 245-254.
- Nakahashi W (2013) A mathematical model of cultural interactions between modern and archaic humans. In Akazawa T., Nishiaki Y. and Aoki K (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 1 Cultural Perspectives*. Springer Japan, Tokyo pp 255-263.
- Wakano JY (2013) A perspective on evolutionary models of learning strategies. In Akazawa T., Nishiaki Y. and Aoki K (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 1 Cultural Perspectives*. Springer Japan, Tokyo pp 265-269.
- 青木健一 2014. 「先史文化の数理——ネアンデルタールからヒトへ」 三村昌泰編『現象数学の冒険』 明治大学出版会、 pp 71-94.
- 【主催シンポジウム】
- Workshop on the Evolutionary Theory of Learning*. November 28-30, 2011. Kanbaikan, Doshisha University, Kyoto

■計画研究 B02

【論文】

- *Obrochta S.P., Crowley T.J., Channell J.E.T., Hodell D.A., Baker P.A., Seki A., Yokoyama Y. (2014) Climate variability and ice-sheet dynamics during the last three glaciations. *Earth and Planetary Science Letters* 406:198-212. 査読有
- *Abe-Ouchi A., Saito F., Kawamura K., Raymo M.E., Okuno J.i., Takahashi K., Blatter H. (2013) Insolation-driven 100,000-year glacial cycles and hysteresis of ice-sheet volume. *Nature* 500:190+. 査読有
- *Kageyama M., Merkel U., Otto-Bliesner B., Prange M., Abe-Ouchi A., Lohmann G., Ohgaito R., Roche D.M., Singarayer J., Swingedouw D., Zhang X. (2013) Climatic impacts of fresh water hosing under Last Glacial Maximum conditions: a multi-model study. *Climate of the Past* 9:935-953. 査読有
- *O'Ishi R., Abe-Ouchi A. (2013) Influence of dynamic vegetation on climate change and terrestrial carbon storage in the Last Glacial Maximum. *Climate of the Past* 9:1571-1587. 査読有
- *Naito Y.I., Chikaraishi Y., Ohkouchi N., Yoneda M. (2013) Evaluation of carnivory in inland Jomon hunter-gatherers based on nitrogen isotopic compositions of individual amino acids in bone collagen. *Journal of Archaeological Science* 40:2913-2923. 査読有
- Lambert F., Kug J.S., Park R.J., Mahowald N., Winckler G., Abe-Ouchi A., O'Ishi R., Takemura T., Lee J.H. (2013) The role of mineral-dust aerosols in polar temperature amplification. *Nature Climate Change* 3:487-491. DOI: 10.1038/nclimate1785. 査読有

【主催シンポジウム】

- European Geoscience Union General Assembly 2014, Session *Always look on the bright side: Environmental constraints of early human expansions* 2014年5月2日 (ウィーン、オーストリア)
- 日本人類学会第66回大会シンポジウム「新人・旧人交替劇と気候変動」2013年11月3日、国立科学博物館筑波研究部 (茨城県つくば市)
- 日本惑星地球科学会連合大会・セッション「人類進化と気候変動」2013年5月21日、幕張メッセ (千葉県千葉市)
- A01/A02/B02 班合同研究会「旧人・新人の狩猟具と狩猟法」2013年2月9-10日、東北大学 (宮城県仙台市)

【招待講演】

- Abe-Ouchi, A., Chan, W.L., O'Ishi, R., Obrochta, S., Yokoyama, Y., Kondo, Y., Yoneda, M. Challenge of modelling the climate of the last glacial-interglacial cycle and millennial climate change as a background of evolution of Modern Human. European Geoscience Union General Assembly 2014, Session "Always look on the bright side: Environmental constraints of early human expansions. 2014年5月2日 (ウィーン、オーストリア) .

■計画研究 C01

【論文】

- Amano, H., Kikuchi, T., Morita, Y., Kondo, O., Suzuki, H., Ponce de Leon, M.S., Zollikofer, C.P.E., Bastir, M., Stringer, C., Ogihara, N.* (2015) Virtual Reconstruction of the Neanderthal Amud 1 Cranium, *American Journal of Physical Anthropology*, (in press),(査読有).
- ◎Ogihara, N. *, Amano, H., Kikuchi, T., Morita, Y., Hasegawa, K., Kochiyama, T., Tanabe, H.C. (2015) Towards digital reconstruction of fossil crania and brain morphology, *Anthropological Science*, Vol.123, pp 57-68, (査読有).
- Bruner, E*., de la Cuetara, JM, Masters, M., Amano, H., Ogihara, N. (2014) Functional craniology and brain evolution: from paleontology to biomedicine. *Frontiers in Neuroanatomy*, Vol.8, No.19, pp.1-15. (査読有).
- Michikawa, T*., Moriguchi, M., Suzuki, H. (2014) Feature-preserving outermost-surface polygonization from CT images. *Computer-Aided Design and Applications*, 11: 239-243, 2014. (査読有).
- Kikuchi, T., Ogihara, N.* (2013) Computerized assembly of neurocranial fragments based on surface extrapolation, *Anthropological Science*, Vol.121(2): 115-122. (査読有).
- T. Michikawa*, H. Suzuki (2010) Sparse Grid Distance Transforms. *Graphical Models* 72: 35-45,(査読有).
- Morita, Y., Ogihara, N. *, Kanai, T., Suzuki, H. (2013) Quantification of neurocranial shape variation using the shortest paths connecting pairs of anatomical landmarks, *American Journal of Physical Anthropology*, 151: 658-666.(査読有).

【書籍】

- ◎Kobayashi, Y., Matsui, T., Haizuka, Y., Ogihara, N., Hirai, N., Matsumura, G. (2014) Cerebral Sulci and Gyri Observed on Macaque Endocasts, In: Akazawa, T., Ogihara, N., Tanabe, H.C., Terashima, H. (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 2 Cognitive and Physical Perspectives*, Springer, pp.131-137.
- ◎Kobayashi, Y., Matsui, T., Haizuka, Y., Ogihara, N., Hirai, N., Matsumura, G. (2014) The Coronal Suture as an Indicator of the Caudal Border of the Monkey Prefrontal Cortex, In: Akazawa, T., Ogihara, N., Tanabe, H.C., Terashima, H. (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 2 Cognitive and Physical Perspectives*, Springer, pp.139-143.
- Ogihara, N., Morita, Y., Amano, H., Kondo, O., Suzuki, H., Nakatsukasa, M. (2014) Application of Sliding Landmark Method for Morphological Analysis of Modern Japanese Neurocranial Shape, In: Akazawa, T., Ogihara, N., Tanabe, H.C., Terashima, H. (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 2 Cognitive and Physical Perspectives*, Springer, pp.145-152.
- Morita, Y., Amano, H., Nakatsukasa, M., Kondo, O., Ogihara, N. (2014) A Geometric Morphometric Study of Neurocranial Shape Variations in the Crania of Modern Japanese, In: Akazawa, T., Ogihara, N., Tanabe, H.C.,

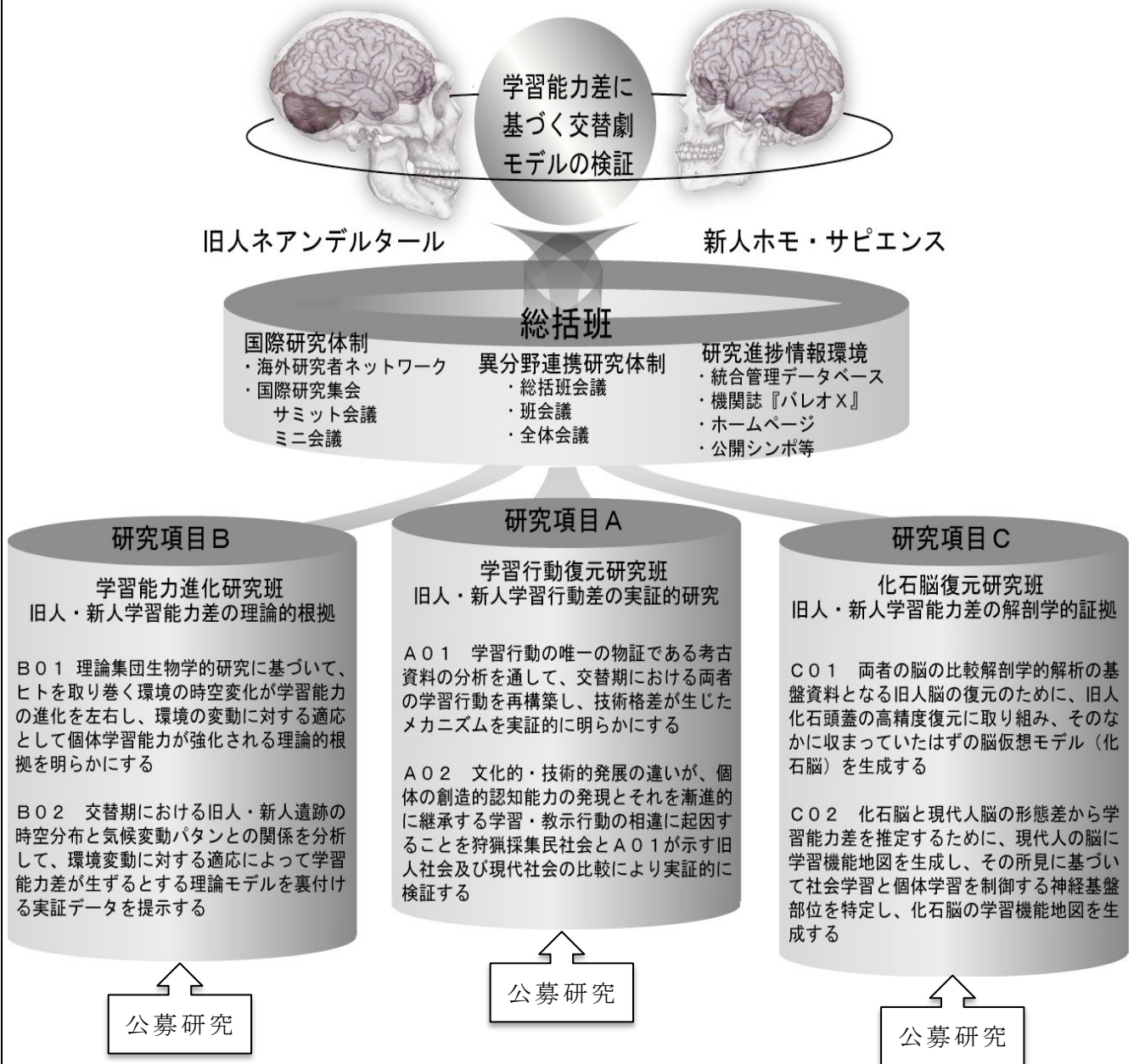
- Terashima, H. (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 2 Cognitive and Physical Perspectives*, Springer, pp.153-160.
- Amano, H., Morita, Y., Nagano, H., Kondo, O., Suzuki, H., Nakatsukasa, M., Ogihara, N. (2014) Statistical Interpolation of Missing Parts in Human Crania Using Regularized Multivariate Linear Regression Analysis, In: Akazawa, T., Ogihara, N., Tanabe, H.C., Terashima, H. (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 2 Cognitive and Physical Perspectives*, Springer, pp.161-169.
- Moriguchi, M., Suzuki, H., Michikawa, T., Ogihara, N., Kondo, O. (2014) Transferring Semi-Landmarks by Minimizing Bending Energy on Surfaces, In: Akazawa, T., Ogihara, N., Tanabe, H.C., Terashima, H. (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 2 Cognitive and Physical Perspectives*, Springer, pp.171-175.
- Suzuki, H., Hishida, H., Michikawa, T., Ohtake, Y., Oota, S., Ogihara, N., Kondo, O. (2014) CT Image Segmentation for Bone Structures Using Image-Based FEM, In: Akazawa, T., Ogihara, N., Tanabe, H.C., Terashima, H. (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 2 Cognitive and Physical Perspectives*, Springer, pp.177-182.
- Kondo, O., Kubo, D., Suzuki, H., Ogihara, N. (2014) Virtual Endocast of Qafzeh 9: A Preliminary Assessment of Right-Left Asymmetry, In: Akazawa, T., Ogihara, N., Tanabe, H.C., Terashima, H. (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 2 Cognitive and Physical Perspectives*, Springer, pp.183-190.
- ©Kochiyama, T., Tanabe, H.C., Ogihara, N. (2014) Reconstruction of the Brain from Skull Fossils Using Computational Anatomy, In: Akazawa, T., Ogihara, N., Tanabe, H.C., Terashima, H. (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 2 Cognitive and Physical Perspectives*, Springer, pp.191-200.
- ©Tanabe, H.C., Kochiyama, T., Ogihara, N., Sadato, N. (2014) Integrated Analytical Scheme for Comparing Neanderthal's Brain to Modern Human Brain Using Neuroimaging Techniques, In: Akazawa, T., Ogihara, N., Tanabe, H.C., Terashima, H. (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 2 Cognitive and Physical Perspectives*, Springer, pp.203-207.
- ©Kubo, D., Tanabe, H.C., Kondo, O., Ogihara, N., Yogi, A., Murayama, S., Ishida, H. (2014) Cerebellar Size Estimation from Endocranial Measurements: An Evaluation Based on MRI Data, In: Akazawa, T., Ogihara, N., Tanabe, H.C., Terashima, H. (eds.) *Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Vol. 2 Cognitive and Physical Perspectives*, Springer, pp.209-215.
- 【国際会議】
- Ogihara, N., Amano, H., Morita, Y., Kondo, O., Kubo, D., Suzuki, H., Michikawa, T., Moriguchi, M., Ishida, H., Nakatsukasa, M.: Endocasts of Neanderthals and early modern humans: virtual reconstruction and geometric morphometric analyses, The 2nd International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans: Testing Evolutionary Models of Learning (RNMH2014), Date, Hokkaido, Japan, (Dec 5, 2014)
- Kubo, D., Tanabe, H.C., Kondo, O., Amano, H., Yogi, A., Murayama, S., Ishida, H., Ogihara, N.: Estimating the cerebral and cerebellar volumes of Neanderthals and Middle and Upper Paleolithic Homo sapiens, The 2nd International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans: Testing Evolutionary Models of Learning (RNMH2014), Date, Hokkaido, Japan, (Dec 5, 2014)
- Tanabe, H.C., Kochiyama, T., Sadato, N., Ogihara, N.: Exploring the difference of brain anatomy and function between Neanderthals and Modern Humans: neuroanatomical and functional neuroimaging approach, The 2nd International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans: Testing Evolutionary Models of Learning (RNMH2014), Date, Hokkaido, Japan, (Dec 5, 2014)
- Hasegawa, K., Kochiyama, T., Tanabe, H.C., Ogihara, N.: Reconstruction of the brain from skull fossil using computational anatomy, The 2nd International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans: Testing Evolutionary Models of Learning (RNMH2014), Date, Hokkaido, Japan, (Dec 5, 2014)
- Michikawa, T., Moriguchi, M., Suzuki, H., Ogihara, N., Kondo, O., Kobayashi, Y.: Endocast surface reconstruction from CT images, The 2nd International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans: Testing Evolutionary Models of Learning (RNMH2014), Date, Hokkaido, Japan, (Dec 5, 2014)
- Moriguchi, M., Suzuki, H., Michikawa, T., Ogihara, N., Kondo, O.: Surface Deformation of Crania by Optimizing Rigidity, The 2nd International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans: Testing Evolutionary Models of Learning (RNMH2014), Date, Hokkaido, Japan, (Dec 5, 2014)
- Kondo, O., Kubo, D., Suzuki, H., Ogihara, N.: Reconstruction of Qafzeh 9 braincase and its endocast morphology, The 2nd International Conference on the Replacement of Neanderthals by Modern Humans: Testing Evolutionary Models of Learning (RNMH2014), Date, Hokkaido, Japan, (Dec 5, 2014)
- Kochiyama, T., Tanabe, H., Amano, H., Hasegawa, K., Ogihara, N.: Computational anatomy in neuro-archaeology -Reconstruction of the brain from skull fossil, The 37th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, Yokohama, Japan (Sep 12, 2014)
- Tanabe, H., Kochiyama, T., Amano, H., Hasegawa, K., Kondo, O., Ogihara, N.: Comparing shape of cranium between Neanderthal and modern humans using computational neuroanatomy, 20th Annual Meeting of the Organization for Human Brain Mapping, Hamburg, Germany, (June 8, 2014)
- Kubo, D., Kondo, O., Tanabe, H., Ogihara, N., Yogi, A., Murayama, S. and Ishida, H.: Estimating the cerebral and cerebellar volumes of Neanderthals and Middle Paleolithic modern humans. International Union of Anthropological and Ethnological Sciences Inter-Congress 2014, Makuhari, Japan (May 15, 2014)
- Takashi Michikawa and Hiromasa Suzuki, Controlling cavity structure for printing natural objects, 2015 IFAC Symposium on Information Control in Manufacturing (INCOM 2015)

【論文】

- ◎*Ogihara N, Amano H, Kikuchi T, Morita Y, Hasegawa K, Kochiyama T, Tanabe HC (2015) Towards digital reconstruction of fossil crania and brain morphology. *Anthropol Sci*, 123(1), 57-68. (査読有)
- Koike T, Tanabe HC, *Sadato N (2015) Hyperscanning neuroimaging technique to reveal the "two-in-one" system in social interactions. *Neurosci Res*, 90, 25-32. (査読有)
- Okamoto Y, Kitada R, Tanabe HC, Hayashi MJ, Kochiyama T, Munesue T, Ishitobi M, Saito DN, Yanaka HT, Omori M, Wada Y, Okazawa H, Sasaki AT, Morita T, Itakura S, Kosaka H, *Sadato N (2014) Attenuation of the contingency detection effect in the extrastriate body area in autism spectrum disorder. *Neurosci Res*, 87, 66-76. (査読有)
- Makita K, Yamazaki M, Tanabe HC, Koike T, Kochiyama T, Yokokawa H, Yoshida H, *Sadato N (2013) A functional magnetic resonance imaging study of foreign-language vocabulary learning enhanced by phonological rehearsal: the role of the right cerebellum and left fusiform gyrus. *Mind Brain Education*, 7(4), 213-224. (査読有)
- Morita T, Tanabe HC, Sasaki AT, Shimada K, Kakigi R, *Sadato N (2013) The anterior insular and anterior cingulate cortices in emotional processing for self-face recognition. *Soc Cogn Affect Neurosci*, nst011 (e-pub ahead of print). (査読有)
- Tanabe HC⁺, Kosaka H⁺, Saito DN, Koike T, Hayashi MJ, Izuma K, Komeda H, Ishitobi M, Omori M, Munesue T, Okazawa H, Wada Y, *Sadato N (2012) Hard to "tune in": neural mechanisms of live face-to-face interaction with high-functioning autistic spectrum disorder. *Front Hum Neurosci*, 6, Article 268, 1-15. ⁺equally contributed. (査読有)
- Sasaki AT, Kochiyama T, Sugiura M, Tanabe HC, *Sadato N (2012) Neural networks for action representation: a functional magnetic-resonance imaging and dynamic causal modeling study. *Front Hum Neurosci*, 6, Article 236, 1-17. (査読有)
- ## 【書籍】
- *Hoshino Y, Mitani K, Miura N, Tanabe HC, Nagai K (2014) "Motion analysis for stone-knapping of the skilled levallois technique", in Akazawa T, Ogihara N, Tanabe HC, Terashima (Eds.) "*Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 2: Cognitive and Physical Perspectives*" pp.79-90. Springer Tokyo. (査読有)
- ◎*Kochiyama T, Tanabe HC, Ogihara N (2014) "Reconstruction of the brain skull fossils using computational anatomy", in Akazawa T, Ogihara N, Tanabe HC, Terashima (Eds.) "*Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 2: Cognitive and Physical Perspectives*" pp.191-200. Springer Tokyo. (査読有)
- ◎*Tanabe HC, Kochiyama T, Ogihara N, Sadato N (2014) "Integrated analytical scheme for comparing the Neanderthal brain to modern human brain using neuroimaging techniques", in Akazawa T, Ogihara N, Tanabe HC, Terashima (Eds.) "*Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 2: Cognitive and Physical Perspectives*" pp.203-207. Springer Tokyo. (査読有)
- ◎*Kubo D, Tanabe HC, Kondo O, Ogihara N, Yogi A, Murayama S, Ishida H (2014) "Cerebellar size estimation from endocranial measurements: An evaluation based on MRI data", in Akazawa T, Ogihara N, Tanabe HC, Terashima (Eds.) "*Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 2: Cognitive and Physical Perspectives*" pp.209-215. Springer Tokyo. (査読有)
- *Miura N, Nagai K, Yamazaki M, Yoshida Y, Tanabe HC, Akazawa T, Sadato N (2014) "Brain activation related to the imitative learning of bodily actions observed during the construction of a Mousterian stone tool: A functional magnetic resonance imaging study", in Akazawa T, Ogihara N, Tanabe HC, Terashima (Eds.) "*Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 2: Cognitive and Physical Perspectives*" pp.221-232. Springer Tokyo. 査読有)
- *Kawamichi H, Yoshihara K, Sasaki AT, Sugawara SK, Tanabe HC, Shinohara R, Sugisawa Y, Tokutake K, Mochizuki Y, Anme T, Sadato N (2015) Perceiving active listening activates the reward system and improves the impression of relevant experiences. *Soc Neurosci*, 10, 16-26. (査読有)
- *Kawamichi H, Tanabe HC, Takahashi H, Sadato N (2012) Activation of the reward system during sympathetic concern is mediated by two types of empathy in a familiarity-dependent manner. *Soc Neurosci*, 8, 90-100. (査読有)
- *Mizuno K (2014) "Neural substrates associated with motivation to learn in modern humans." in Akazawa T, Ogihara N, Tanabe HC, Terashima (Eds.) "*Dynamics of Learning in Neanderthals and Modern Humans Volume 2: Cognitive and Physical Perspectives*" pp.233-236. Springer Japan.

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、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。



■全体構想

上図は、学習仮説を検証するために必要な研究の種類内容を検討し、策定した研究体制を示す。その主軸となる3本の研究項目についてそれぞれの研究目的と、研究項目の目的達成に取り組む計画研究についてそれぞれの研究の種類内容と目的の要点を示す。各計画研究と既設学問領域との関係は、A01考古学、A02文化人類学、B01数理生物学、B02環境科学、C01化石工学、C02脳神経科学である。二年次から公募研究（計18本）が加わり研究体制はより強化された。

そして本図は、本領域は、計画研究と公募研究の連携研究によって学習仮説を検証しようとする研究モデルであったことを示す。すなわち、学習仮説を各研究項目が設定する研究目的を達成し、その結果を有機的に結びつける連携研究によって達成するとする研究モデルである。さらに、各研究項目が設定する研究目的を計画研究の成果を結びつける連携研究によって達成するという前提条件があるとする研究モデルである。

連携研究の種類内容はさまざまだが、とりわけ重要な連携作業として取り組んだのが、「学習仮説」の検証プロセスの詳細を共有し、各計画研究が取り組む研究の視点・分析素材・分析手法を明確化する

ことであった。その内容を領域全体で共有し、各研究項目、各計画研究の成果を有機的に結合することであった。そのために行った連携作業が、総括班のもとで運営した、①異分野連携研究：総括班会議、連合班会議、全体研究大会、②研究基盤整備：データベース、ウェブサイト、公開シンポジウム、③国際研究：研究者ネットワーク、国際会議、である。

連携研究として計画、実行した共同研究は、連携研究に欠かせない研究基盤情報の整備、もう一つは、具体的な研究班横断型の連携研究である。分野別に分散蓄積される関連データを機能的に連結したデータベースを構築し、分断情報・分断データを有機的に活用して連携研究を進められる研究環境の整備を行った。研究項目横断型連携研究上記研究基盤の有効活用も視野に計画した連携研究で、学習仮説を実証的に検証するために実行したものである。

各計画研究が実施した連携研究は以下の通りである。

■計画研究 A01

毎年度 2 回開催の研究大会に加えて、合同の研究会、野外調査などを主催ないし共催し他の研究項目との連携を推進した。その結果、A02 とは共同の海外調査を実施し生活史と学習行動に関する民族考古学モデルを構築することができた。また、B01 とはヒト集団の接触・交替と社会学習のメカニズム、B02 とは旧人・新人遺跡の編年や環境変動と文化変化についての本格的な共同研究を実施できた。さらに、旧人・新人の脳機能差を探った C01、C02 両班の成果を考古学的な学習行動差の出現経緯と照らしあわせ、生得的な能力差と学習行動差の出現期が遅れることを明らかにし、その原因が学習仮説の修正につながることを明らかにした。

延べ三つの A01 関連公募研究については、いずれも本計画研究と密接なテーマを扱っていたため研究会等で意見交換を継続し、成果を編著書、A01 年度報告などに盛り込むなど共同活動した。

■計画研究 A02

A01 考古学班と連携して、現存する狩猟採集民の生業活動と社会組織や、資源調達や技術伝播に関わる地域間交流の実態と、それらに関連する考古学的証拠と付き合わせ、ヨーロッパの後期旧石器時代における先史狩猟採集民の生活様態と学習行動の復元を行った。

B01 集団生物学・数理生物学との連携研究では、理論モデルの作成に必要な生態学的及び人口学的パラメータを提供し、より蓋然性の高いモデルの実現に貢献した。また、個体学習と社会学習の関係についてより現実的なモデル化のための共同研究を行った。

C02 脳科学・古神経科学班との連携研究では、乳幼児期の子どもの言語発達や象徴行動などの発達の研究、ならびに創造性・レジリエンス・共有志向性などのヒト特有の心理的特性の発達について研究を進めた。

山内太郎北海道大学教授チーム（招待研究者）が行う生物人類学的観点からの狩猟採集民の調査と連携し、狩猟採集民における子どもの成長プロセスと生業活動への関与、学習の発達に関する共同研究を行い、旧人とは異なる新人の成長パターンと生存戦略を解明し、その進化的意味を探索した。

■計画研究 B01

領域全体会議・公開講演会・班会議などの席上で随時、また必要に応じて研究打合わせのための出張およびメールにより、他の研究項目と情報・意見の交換を行った。とりわけ、研究項目 A01 および A02 とは密に連携したが、その成果として共著論文 Horiuchi and Kubota(2013)、Kobayashi, Kadowaki, and Naganuma (2015) などがある。さらに、A01 とは双方主催の国際シンポジウム(B01 は 2011 年 11 月、A01 は 2013 年 11 月)に相互乗り入れし、講演を行った。また、分担者の若野友一郎は 2014 年夏、研究項目 A02 の海外調査に同行し、狩猟採集民の学習過程の実態を視察した(Wakano JY, Sugihara K, Terasima H, and Yamauchi T (2014) A preliminary report: do hunter-gatherers have illusions? MIMS Technical Report No. 45. 錯覚という認知の一側面に関する比較文化研究)。

■計画研究 B02

研究項目 B02 には研究代表者と 4 名の研究分担者、5 名のポスドク研究員に参画した。主な研究課題は、①交替劇年代の再評価による旧人・新人分布域の推定(米田・大森)、②シミュレーション実験による古気候マップ作成(阿部・陳)、③地球化学指標による欧州・アフリカの環境変動復元(横山・川幡・オブラクタ)、④地理情報システムによる旧人・新人分布環境の定量的評価(小口・近藤)、⑤地球科学情報データベースの構築(小口・宋)である。また公募研究として、古植生復元モデルを開発した(大石)。研究項目 A01 が構築した石器製作伝統データベースを年代学的な検討に応用することで、移行期文化の存続年代の見直しを共同で行った。

■計画研究 C01

化石頭蓋骨の形態からその脳を数理的に復元する研究については、C02 班と密接に連携して進めており、研究会をほぼ毎月のペースで開催し、共同で研究を推進して旧人・新人の脳形態の復元と詳細な形態分析を進めてきた。また頭蓋形態から脳区分を推定する手法を開発する公募研究班の小林とも班会議で議論を深め、共同で研究を進めてきた。A 班とは抽出された脳形態差と考古学的資料の関係について、B 班とは脳形態差と学習行動や古環境変動の関係について議論を行い、「学習仮説」の検証を目指してすべての班と連携して研究を進めた。

■計画研究 C02

他の研究班とは毎年度 2 回ずつ開かれる研究会や国際会議で積極的に交流を持つことにより連携を深めた。またこの研究会を契機に A01, A02 班とは合同研究会を行った。

C01 班とは、当初から連携を密にして化石脳復元研究に取り組んできたが、H25 年度からは二ヶ月に一度お互いの研究室を訪問し議論しながら、旧人と同時代に生きた新人のエンドキャストならびに脳の復元研究を精力的におこなった。

公募研究についても、水野とは実験計画の段階から密に連絡を取り、実際の機能的 MRI 実験は研究代表者が H24 年まで在籍した生理学研究所において行われた。川道・杉浦についても、頻りにメールなどを通じて密に連携し研究を行った。

■公募招待研究

連携作業を定常化して、目的の共有化と、分析手法の情報交換・相互理解・相互評価を絶やさないことである。招待研究者は、各研究項目の班員として所属班の諸活動のすべて、同時に、領域研究会のすべてに参画し、研究進捗状況を公表発表し、評価を仰ぐ機会を定常化しており、さらに、他班の研究集会にも随時、参加し、情報交換・相互理解に取り組んでいる。その活動は自らの研究の充実にとどまらず、領域全体構想の発展に大きく貢献した。

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。

■総括班

主要経費は、国内旅費（総括班メンバー、評価委員、研究集会講演者旅費）、海外旅費（国際会議招へい研究者旅費）、人件費（総括班事務・資料整理・入力作業研究補助者等雇用経費）、その他として、ウェブサイト（日・英・韓・中文）制作・保守委託経費、研究環境整備データベース制作委託経費、研究大会開催経費（会場費・講演者旅費・謝金経費・その他運営経費）、研究大会・公開シンポジウム・公開講演会・公開講座報告書印刷経費、交替劇プロジェクト・シュプリングーシリーズ購入費、および、研究成果報告書国内外研究機関・研究者送付経費である。いずれも、本領域の活動状況を統括し併せて、研究成果を学界・教育界・社会一般（海外含む）に向けてリアルタイムで周知するために不可欠な活動経費であった。

■計画研究 A01

最大の使用費目は旧人・新人遺跡データベース作成のための謝金である。膨大な文献収集、読み込み、入力作業に必須な費目となっている。これにより、国際的にも類例のない大形データベース「NeanderDB」が構築された。また、資料実見、野外調査による資料収集、国際会議出席、国際会議講演者招聘等に用いた旅費がこれに続く。設備備品は既設のものを有効利用したが研究補助者用にパソコン購入したほか、データベース用サーバ、書類を購入した。また、消耗品費目には石器製作実験用の石材購入費、その他には報告書制作費などが含まれる。いずれも、本計画研究遂行に不可欠な費目である。

■計画研究 A02

主要経費は調査・研究発表等に関する国内旅費（定例研究大会、定例班会議・研究会の他、各種研究連絡、他班との共同研究会等への参加）及び海外調査渡航旅費（調査渡航費・滞在費・現地謝金等）、国際会議参加出張旅費である。さらに国内で開催した国際シンポジウム、国際会議への外国人研究協力者の招聘旅費を支出した。旅費以外では現地調査に必要な機材購入（パソコン、カメラ、ビデオ等）、研究図書購入、研究報告書作成、英文校閲、HPの維持管理等に支出した。またPD1名を2010年10月～2013年3月の間雇用した。

■計画研究 B01

研究経費の主たる使途は、物品費、旅費、および人件費であった。物品費で購入したパソコンは、数理モデルの数値計算およびシミュレーションに不可欠であり、論文作成にも多用した。旅費は、国際会議・国際共同研究のための海外出張・海外招聘、国内学会・領域全体会議・公開講演会・班会議などに出席するために使用した。国際共同研究は、海外協力者の Marcus Feldman、Laurent Lehmann と行い、その成果としてセクション9に記した共著論文がある。人件費で雇用した研究協力者の活躍は、セクション5に記したとおりである。

■計画研究 B02

研究費は主に博士研究員（のべ5名）と技術補助員の謝金、理化学年代データベースを構築するために必要であったDBサーバ、webGISを構築するために必要であったGISサーバの購入、年代測定法評価に係る実験消耗品にあてた物品費、古気候シミュレーションに必要なスーパーコンピュータおよび動物遺存体分析に必要な分析器の使用料、学会発表および海外研究者招聘のための旅費に用いた。

■計画研究 C01

最大の使用費目は、4列マルチスライスCT装置に係わる経費である。本装置は多数の現代人頭蓋標本やキャストの高精細なボリュームデータ（立体データ）を計算機に取り込むために必要不可欠であった。また、CTによる形状計測の精度評価や、CTを用いることができない場所での形状計測のために必要な、接触型・非接触型形状計測装置を整備し、相互補完的に活用した。さらに画像処理ワークステーションや3次元形状処理用ソフトウェアを整備して研究の効率化を図った。その他、本研究課題を共同で遂行している博士研究員3名の雇用費、成果発表や情報収集のための旅費、消耗品などすべて本計画研究遂行に不可欠な費目である。以上のように、研究費は研究目的の達成に向けて極めて有効に活用された。

■計画研究 C02

使用額の大きな費目は、脳機能計測および解析に関わる物品（脳波計測装置、生体信号モニタ、MRI用非磁性ヘッドフォン、データ解析ソフト、解析用パソコン）、被験者謝金、ならびに研究員の雇用にかかる経費であった。我々は創造的社会における社会性能力についての実験をするため、機能的MRIならびに脳波計を用いた二個体同時計測システムの構築を行ったが、上記はその中核を成す物品で有り、研究には必要不可欠なものであった。これにより、世界に類を見ないシステムを完成することができ、社会性の脳機能イメージング研究において非常にユニークな研究を行うことが可能となった。その他の設備備品は既設のものを有効利用しているが、一部新規に解析用パソコンやソフトウェアを購入した。また、脳機能イメージング実験被験者に対して謝金。使用した研究費はいずれも本研究計画遂行に必要不可欠なものであった。

・研究費の使用状況

(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
22	東芝4列マルチスライスCT装置	Asteion/Premium4	1式	22,575,000	22,575,000	慶應義塾大学
	MRI同時計測用脳波計および脳波データ解析装置	MRIの撮像と同時計測が出来る64ch以上の脳波計とそのデータ解析装置。ノイズレベルが2μVpp以下、サンプリングレートが5KHz以上、電源方式がバッテリー駆動であること。	1	14,990,000	14,990,000	生理学研究所
	接触式三次元測定器	MicroScribe 6G2LX-SYS	1式	1,241,100	1,241,100	慶應義塾大学
	Apple Mac Pro	ZOM4	1式	975,524	975,524	同志社大学
	WIN Desk Top PC	MAS-XW56SM	1式	932,400	932,400	東京大学
23	デュアルMRI用エアチューブ方式聴覚刺激ヘッドフォンシステム	コバテル社製MRI聴覚提示装置 シーメンス社製Magnetom Verio 3Tに付属する32chヘッドコイルに対応した空気伝導型のヘッドフォンであること	1	4,882,500	4,882,500	生理学研究所
	ハンディ3Dスキャナー	MHTモデル	1式	2,997,750	2,997,750	慶應義塾大学
	生体信号取得システム	BrainAmp ExG 16ch	1	2,478,000	2,478,000	生理学研究所
	GPU Computing Machine	G-DEP MAS-XW36X	1式	680,400	680,400	琉球大学
	Macbook Pro	ZONM 15インチ・カスタマイズ	1台	599,196	599,196	同志社大学
24	二人同時計測用脳波計	Brain Amp DC 一台の装置でそれぞれ32chのデータが二人同時に計測出来ること	1	7,494,900	7,494,900	名古屋大学
	3Dプリンタ	Zプリン 250	1	3,444,000	3,444,000	東京大学
	バイオメディカルイメージ可視化分析ソフト	Analyze	1	1,470,000	1,470,000	慶應義塾大学
25	3Dプリンタシステム	uPrint SE Plus	1式	2,898,000	2,898,000	東京大学
	DC電気刺激装置	NeuroconnDC-Stim Lator Plus	1	1,890,000	1,890,000	名古屋大学
	MRI用反応計測装置	Current Design社製MRI内で手を使って種々の反応が計測出来ること	1	1,301,934	1,301,934	名古屋大学
26	MRIデータ解析ソフトBrain Voyager	Brain Innovation社製Brain Boyager QX	1	739,886	739,886	名古屋大学

(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。

22年度	
旅費	
3,079,000円	計画研究代表者・分担者の海外出張旅費：海外現地調査(カメルーン、ナミビア、オーストラリア、カナダ)への渡航旅費；海外共同研究者との共同研究のためにカナダ・ブリティッシュコロンビア大学出張、スイス国ヌーシャテル大学出張旅費、海外共同研究者の招聘旅費
2,140,036円	計画研究代表者・分担者・連携研究者・研究協力者・評価委員・招待研究者の国内旅費：定例研究大会・定例班会議・共同研究会・関連学会参加出張旅費
人件費・謝金	
13,162,143円	計画研究推進員として雇用したポスドク・博士研究員給与
3,092,530円	計画研究事務補佐員・研究補助者・専門知識提供者等雇用人件費
その他	
2,194,977円	旧人・新人関連遺跡遺物資料デジタル化：関連画像データ整理・入力・デジタル化委託経費
1,968,750円	旧人・新人関連遺跡遺物資料デジタル化：テキストデータ整理・入力・デジタル化委託経費
1,710,265円	印刷費：研究大会報告書・計画研究班報告書
1,260,750円	交替劇ウェブサイト制作経費：データ整理・入力・設計委託経費
23年度	
旅費	
2,179,000円	計画研究代表者・分担者の海外出張旅費：海外現地調査(カメルーン、ナミビア、オーストラリア、カナダ)への渡航旅費；海外共同研究者との共同研究のためスタンフォード大学出張旅費、海外共同研究者の招聘旅費
2,005,084円	計画研究代表者・分担者・連携研究者・研究協力者・評価委員・招待研究者の国内旅費：定例研究大会・定例班会議・共同研究会・関連学会参加出張旅費
人件費・謝金	
47,298,086円	計画研究推進員として雇用したポスドク・博士研究員給与
4,092,530円	計画研究事務補佐員・研究補助者・専門知識提供者等雇用人件費
その他	
1,984,500円	印刷費：研究大会報告書・計画研究班報告書
1,832,250円	安定同位体比質量分析計中古機運搬搬入設置作業一式：動物骨から古環境を復元する実験のために分析機器をリースした
1,756,499円	マルチスライス CT 装置保守経費：化石頭蓋三次元デジタルモデル仮想空間内構築
1,170,750円	交替劇ウェブサイト更新保守経費：データ整理・入力・保守委託経費
750,000円	交替劇ウェブサイト更新経費：韓文・中文版制作委託経費
24年度	
旅費	
2,707,615円	計画研究代表者・分担者の海外出張旅費：海外調査・国際会議・海外共同研究者との共同研究出張および同招へい招聘経費
1,446,058円	計画研究代表者・分担者・連携研究者・研究協力者・評価委員・招待研究者の国内旅費：定例研究大会・定例班会議・共同研究会・関連学会参加出張旅費
人件費・謝金	
39,996,450円	計画研究推進員として雇用したポスドク・博士研究員給与
3,000,530円	計画研究事務補佐員・研究補助者・専門知識提供者等雇用人件費
その他	
3,984,500円	印刷費：国際会議報告書・研究大会報告書・計画研究班報告書
2,449,142円	交替劇基礎資料データベース：基礎資料デジタル化スキニング作業委託経費
2,153,651円	マルチスライス CT 装置保守経費：化石頭蓋三次元デジタルモデル仮想空間内構築
1,260,750円	交替劇ウェブサイト更新保守経費：データ整理・入力・保守委託経費
25年度	
旅費	
5,091,909円	計画研究代表者・分担者の海外出張旅費：海外調査・国際会議・海外共同研究者との共同研究出張および同招へい招聘経費
2,105,084円	計画研究代表者・分担者・連携研究者・研究協力者・評価委員・招待研究者の国内旅費：定例研究大会・定例班会議・共同研究会・関連学会参加出張旅費
1,225,672円	ウズベキスタン調査旅費：中央アジアにおける旧人学習行動のデータ収集

人件費・謝金	
44,894,981 円	計画研究推進員として雇用したポスドク・博士研究員給与
3,500,530 円	計画研究事務補佐員・研究補助者・専門知識提供者等雇用人件費
その他	
2,437,000 円	日本列島交替劇データベース制作委託経費
1,876,751 円	マルチスライス CT 装置保守経費：化石頭蓋三次元デジタルモデル仮想空間内構築
1,510,265 円	印刷費：研究大会報告書・計画研究班報告書
1,000,750 円	交替劇ウェブサイト更新保守経費：データ整理・入力・保守委託経費
26年度	
旅費	
5,847,394 円	RNMH2014 開催経費：招聘外国人研究者および研究代表者・分担者・連携研究者・研究協力者・評価委員・招待研究者出張費
3,134,232 円	計画研究代表者・分担者・連携研究者・研究協力者・評価委員・招待研究者の国内旅費：定例研究大会・定例班会議・共同研究会・関連学会参加出張旅費
人件費・謝金	
31,132,530 円	計画研究推進員として雇用したポスドク・博士研究員給与
2,700,917 円	計画研究事務補佐員・研究補助者・専門知識提供者等雇用人件費
その他	
4,784,500 円	印刷費：国際会議報告書・研究大会報告書・計画研究班報告書
3,276,114 円	マルチスライス CT 装置保守運用経費：三次元デジタルモデル仮想復元・光造形創成
1,572,480 円	国際会議 RNMH2014 のプログラムとアブストラクト集の印刷製本費
1,203,000 円	ボツワナ調査報告書及び A02 班年次報告書印刷経費
1,160,750 円	交替劇ウェブサイト更新保守経費：データ整理・入力・保守委託経費
1,061,473 円	研究報告書英文校閲・印刷経費

(3) 最終年度（平成26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。

研究項目 B02

平成27年1月、調査予定であったオマーン国バート遺跡群について、調査許可申請の審議延長のため、予定していた同月の調査許可が得られないことが明らかとなった。本研究遂行上、現地遺跡群での調査は必要不可欠であるため、再度現地機関との日程調整を行ったところ、6月に現地調査を延期して実施することになった。

9. 当該学問分野及び関連学問分野への貢献度（1ページ程度）

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。

■領域全体

本領域研究推進に当たって特に留意したのが、本テーマに関する海外研究者の先行研究との連携であった。アジアの一角ではじまった本交替劇プロジェクトが、長大な研究の歴史と膨大な研究実績を誇る欧米研究者コミュニティの勢いに圧倒され、埋没することなく、世界的な交替劇論争にインパクトを与える研究として評価されるかどうかは、存在感ある研究成果の創出と併せてその発進力にかかっていた。その実効性を促進するために実施した方策の要点を示す。

プロジェクトの進捗を関連研究者コミュニティの周知するために、定例研究大会報告書を日・英文で刊行配布(計 10 冊)した。さらに同趣旨で、研究成果を網羅的にリアルタイムで発信する日・英・韓・中文のウェブサイト構築運用した。

以上の効あって、2013 年度に、シュプリンガー社の新シリーズとして、**Replacement of Neanderthals by Modern Humans(RNMH Series)** をスタートすることができた。そして、本領域の研究成果を世界的な研究者コミュニティで継続的に評価を仰ぐ国際的な舞台が生まれた。その効果はすでに現れており、同シリーズ第 1 巻の eBook の Chapter ダウンロード数計 5,225(2015 年 6 月 11 日現在)との報告を受けている(Springer BookPerformanceReport2014)。すなわち、欧米関連学界で非常に感心が高くかつ読者数の多い交替劇論争において、本プロジェクトの存在感が高まり、インパクトを与えている証左であると推察する。

また、2012 年に国際会議を開催した際の海外からの参加者は領域各班が招へいした 6 ヶ国 12 名にすぎなかったのに対し、2014 年の会議では海外参加者が 14 ヶ国 38 名に急増した。しかも、その半分以上は自発的に参加した考古学者であった(22 名)。この発展は本研究の一連の活動がきわめて高い関心をよんだ証である。

また、国際誌 *Human Evolution* の編集長から、我々のプロジェクトでもって特集号を刊行して欲しいとの依頼があり、連携研究の成果を国際舞台で評価を仰ぐ機会になるものであり、実現に向けて作業中である。

■計画研究 A01

関連分野への波及としては、詳細な遺跡情報を搭載したデータベースが今後、多方面に活用されていくに違いないことがあげられる。西ユーラシアでは遺跡数や遺跡分布の詳細な年代別変遷が示せるようになったことから、人類生態学の分野での活用が既に始まっている。また、集団遺伝学におけるモデル形成にも寄与した。それらの実例が、異分野へのさらなる波及をうながすと推察される。

■計画研究 A02

文化人類学と発達心理学とはもとより人間集団における学習の問題を取り扱ってきたが、「進化」という観点から考えることはなかった。文化人類学ではその揺籃期における進化主義人類学の衰退以来、「進化」について語ることはほとんどなく、人類学として同じ人間を対象にしながらも、形質人類学や生物人類学などの分野との間は大きな断絶が生じていた。発達心理学ではもっぱら個体の心理的発達を取り扱い、「進化」の視点はやはり欠けていた。一方、20 世紀半ば以降勃興した霊長類学や認知心理学などの分野では「進化」をベースにした研究が蓄積され、人類進化の手がかりを提供してきたが、文化人類学や発達心理学ではその受け皿が欠如していた。今回、当「交替劇」プロジェクトにおいて、国内および海外の文化人類学および発達心理学の研究者たちが霊長類学、教育学、認知心理学など他のさまざまな学問領域と「学習の進化」をめぐる文理の枠を超えて共同研究を展開した。結果として、現在の人類集団においても生活のあらゆるところで重要な働きをなしている「学習」についてこれまでになく広大な時空において研究を展開することができ、真に新しい研究領域の創出に貢献しえたと考える。

■計画研究 C01

本研究で構築した化石頭蓋骨の高精度復元手法を応用して、新人と旧人との間の交替劇を議論する上で

重要な化石頭蓋骨の詳細な復元が可能となった。特に Amud1 号の復元は世界的にも初の試みである。またその復元結果に基づいて、その中に収まる脳形態を推定する手法を確立し、現生人類は、特に小脳と頭頂葉に対応する部位が相対的に大きい傾向があることを明らかにした。これは、旧人・新人の学習能力差があったことを化石証拠から支持する成果であり、当該学問分野及び関連学問分野への貢献は極めて大きい。

■計画研究 C02

計算解剖学の手法はこれまで脳機能イメージング研究で発展してきたものであるが、この手法が古人類学、特に化石頭蓋データにも応用できることを示したことは、今後の古人類学に新たな方向性を示すものとして大きく貢献したと考える。この方法論は今回用いた旧人・新人の比較のみならず、他の霊長類間の比較や、縄文人と弥生人の比較など、適用範囲が広く、さらに脳だけでなくあらゆる生体部位について適応可能である。異分野融合によるこのような方法論の構築は、今後の人類学・神経科学双方にとって大きな意味を持つと考えられる。

また、C02 班の班員が主に所属する認知神経科学分野についても、特に社会神経科学領域に二個体同時計測による社会性の研究という新しい切り口を示すことが出来たのは、この分野に対する大きな貢献である。「社会性」やコミュニケーション能力をどのように伸ばすかは、実社会の要請もある現在非常に重要な検討事項となっているが、従来のイメージング手法では漏れていた重要なファクターをこの方法により救い出せる可能性がある。相互作用中の脳活動計測は最近注目されつつあるが、我々はその先陣を切ってシステムを構築し、その成果を日本から発信できたことは、大きな意味を持つと思われる。

10. 研究計画に参画した若手研究者の成長の状況（1ページ程度）

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。

■計画研究 A01

助成期間中、若手研究者を博士研究員として6名、技術補佐員1名を雇用した。このうち6名が現在では専任のポジションを得ている（准教授2、講師1、助教2、研究員1）。これは本計画研究が、彼らの育成に大きく貢献したと証左と考える。また、研究遂行にあたって主催した野外調査、公開シンポジウムなどには常に大学院生らの参加をうながし、共同研究に貢献させるとともに最先端の研究にふれる機会を提供した。

■計画研究 A02

文化人類学と発達心理学とはもとより人間集団における学習の問題を取り扱ってきたが、「進化」という観点から考えることはなかった。文化人類学ではその揺籃期における進化主義人類学の衰退以来、「進化」について語ることはほとんどなく、人類学として同じ人間を対象にしながらも、形質人類学や生物人類学などの分野との間は大きな断絶が生じていた。発達心理学ではもっぱら個体の心理的発達を取り扱い、「進化」の視点はやはり欠けていた。一方、20世紀半ば以降勃興した霊長類学や認知心理学などの分野では「進化」をベースにした研究が蓄積され、人類進化の手がかりを提供してきたが、文化人類学や発達心理学ではその受け皿が欠如していた。今回、当「交替劇」プロジェクトにおいて、国内および海外の文化人類学および発達心理学の研究者たちが霊長類学、教育学、認知心理学など他のさまざまな学問領域と「学習の進化」をめぐって文理の枠を超えて共同研究を展開した。結果として、現在の人類集団においても生活のあらゆるところで重要な働きをなしている「学習」についてこれまでになく広大な時空において研究を展開することができ、真に新しい研究領域の創出に貢献しえたと考える。

■計画研究 B01

研究協力者（博士研究員）は延べ四名、中橋渉（平成22～24年度）、小林豊（平成22～25年度）、山口今日子（平成25、26年度）、および大泉嶺（平成26年度）である。雇用期間が長い中橋渉と小林豊の場合、単著・共著論文がセクション9に記したとおり多数ある。小林豊は平成26年4月1日付けで、高知工科大学マネジメント学部にて准教授として異動した（26年度は分担者）。山口今日子は、連合王国 Liverpool John Moores University の専任講師(lecturer)に内定した。

■計画研究 B02

ポスドク研究員として研究に参画した近藤は、2014年度から総合地球環境学研究所の准教授として採用されたが、研究分担者として継続してプロジェクトに貢献した。また国際学会（欧州地球科学連合大会2013、2014、国際第四紀学会2015）、国内学会（日本地球科学連合大会2012、2013、2014）にてセッションを主催し、若手研究者の発表と外部評価を推進した。

■計画研究 C01

本計画には、延べ3名の若手研究者が博士研究員として参加したが、現在は3名とも大学教員として活躍している。新学術領域研究における学際的共同研究の経験が、若手研究者の成長に大きく寄与した結果であると考えている。

■計画研究 C02

まず研究代表者が生理学研究所助教から名古屋大学准教授に異動でき、平成27年4月に教授に昇進した。このプロジェクトでは合計特任助教1名、博士研究員2名、修士課程修了者1名を雇用したが、この4名はそれぞれ大学の正規職の准教授、研究所の特任助教、大学の研究助手の職や博士課程進学（給付）を得て現在働いており、研究者として着実に歩んでいる。さらに、この研究に携わった大学院生は合計すると10名を越えているが、そのほとんどの者が大学や研究所のポスドクならびに研究員として我々の研究分野で仕事に就いている。このように、この研究に参画した若手研究者はみな着実に成果を残し、次のステップに進むこと

11. 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。

木村 賛（東京大学）

本研究は異分野連携研究体制と国際研究体制を構築して行われた。とくに研究期間後半においては、実験・観察・理論研究の相互討論と情報統合システムの構築とがすすみ、相互連携による新たな展開が見られた。構成研究者は多国籍にわたり、さらに2度にわたって開かれた国際会議には海外から多数の参加者を見た。

新たに提出された大きな成果として、まずネアンデルタール人仮想脳の復元が挙げられる。破損のある頭蓋骨しか残存しない化石から頭蓋腔の高精度復元を行い、これに現代人の脳機能研究の手法を駆使して定量的復元脳を推定できた。この結果現生人類はネアンデルタール人と比べ前頭葉ではなく小脳が発達していることが明確となった。形態的に小脳が大きいことは本研究班内の研究も含めこれまで指摘されていたが、さらに脳機能と結びつけた学習行動の自動化との関連を示唆する興味深い議論がなされた。

第2に交替劇当該時期と地域における古気候の推定とそれに伴う植生・環境地図の作成が行われた。最新の理論による高速度計算により、人類集団の活動の場がこれまでにない精度で明らかとなった。

第3に高精度遺跡年代地図の作成と遺跡文献精査とにより、ヨーロッパにおける中期旧石器終焉と後期旧石器伝播の過程とを検討した。年代測定は近年国際的に急激な精度の更新がなされてきており、この情報により文化年代存続の場所と時期とを示唆し、ひいてはこれらを用いた人類集団の消長を論ずるものである。この他に学習様式の研究として、現生狩猟採集民生活の場と遺跡における旧石器作製時とでの実証的解明が進み、それらの実証に基づく理論化が深化した。

新しい考えの開発も多数すすめられた。例としては、ユーラシア大陸西部(ヨーロッパ)だけでなく中・東部における旧人新人の交替劇についての手掛かりを収集し始めている。また後期旧石器時代の特徴とされるものは交替劇後に現れることが多く、人類集団のちがいによるものか人口や環境などの時代変化によるものかの精査が必要なことが指摘された。学習に関わる人口動態と社会環境の重要性が明らかとなってきた。

このように本研究は交替劇の重要要因として学習の違いに注目し、5年という短期間のうちに大きな成果を収め、さらに新たな展望を示して将来へつなげるものとなった。

内堀基光（放送大学）

2011年度から2015年度にかけて遂行された新学術領域研究『ネアンデルタールとホモ・サピエンス交替劇の真相』は、その副題を「学習能力の進化に基づく実証的研究」としている。したがって本領域研究の到達点を評価するためには、①「交替」に関わる実証面での調査研究と、②「学習能力の進化」に関わる仮説検証の2面から接近することが必要である。

①に関して何よりも注目すべきは、本研究の遂行時5年間は世界的に、ネアンデルタールとホモ・サピエンス、およびそれに前後する人類種に関わる古人類学上の画期的発見と新たな分析の進展が見られた時間であったということである。その最も顕著な例がネアンデルタール由来のDNAがアフリカの外の現代人集団に確認されことであり、それはアルタイ南端のデニソヴァ人に関わる発見と相まって、今日のホモ・サピエンスの位置づけに革命的な変更を要求するものであったと言えよう。すくなくともホモ・サピエンスの人口的増大との関連でネアンデルタールの完全な「絶滅」論を展開するわけにはいなくなったわけである。このことは「交替劇」のイメージと矛盾するものではある。だが本研究の推進時に合わせるかのようにしてこうした新事実が確認されてきたということは、逆説的ではあるが、本研究が世界的な研究の先端と切り結ぶ時宜を得た出発点に基礎を置いていたことを証している。本研究の国際集会、班研究集会等のなかで、これらの新事実が遅滞なく考察に取り入れてられていったことは、本研究の水準に対して国際的な評価を高めるものとなる。

②に関する「交替劇」の実態検証としては旧石器技術の変遷とその担い手との関係、その理論的検討

としては変遷を惹起した能力の差異が問題になるが、考古学班は前者に関しては緻密かつ広範なデータに基づき、ネアンデルタールとホモ・サピエンスの間での技術的連続性を実証した。この成果は上記①にも直接関係することとして特筆すべきものと評価されよう。学習能力の理論的検討としては、検証課題としての学習能力の差異に関してはむしろ消極的な議論が進んだかに見えるが、議論の過程は重要な示唆に富んでおり、能力の差異を前提にすることから技術革新を産む人口学的条件の理論的検討への進展、文化生態的ニッチェのモデル化など、将来にわたって適用可能な多くの理論が提出された。またネアンデルタールとホモ・サピエンスの脳機能の差異についても、従来注目されてこなかった小脳の差異についての発見がなされたことの意味は大きく、ここから新たな検討課題が出てくる可能性がある。

総じて、本研究が現生人類の由来について新たな問題の広がりをも喚起したことは重要であり、時代的にもさらに遡り、出アフリカ以前の初期ホモ・サピエンスの研究への期待感をもたらすものであったという意味でも、高く評価したい。

古市剛史（京都大学霊長類研究所）

ネアンデルタールとサピエンスの交替劇の原因を学習能力・学習行動の進化に求めた本プロジェクトは、過去のデータの精密な検証や様々な新たな発見により、サピエンスの登場→高い認知能力→高度な道具使用→サピエンスによる入れ替わりという従来描かれていた交替劇の単純な図式が成り立たないことを示し、今後検討を進めるべき新たな課題への入り口を開いたという点で高く評価できる。

本プロジェクトの最も大きな成果は、放射性炭素による年代推定の補正にもとづく考古資料の年代の見直しを独自の手法を用いてさらに緻密かつ包括的に進展させ、各地における人口の増減や使用されていた道具の種類なども含めて、いつどこで何が起こったのかということの高い精度で描き上げたという点にある。また、花粉資料などに関する最新の情報にもとづく全地球的シミュレーションにより、そのときの両種の生息環境がどのようなものであったのかということについても、精緻な推定を行っている。ひとつの研究チームによってこれら多岐にわたる事象についての統一的な情報をもたらされるというのはきわめてまれであり、ヨーロッパを中心として進められてきた交替劇の研究に大きな一石を投じるのは間違いない。

もうひとつの大きな成果は、ネアンデルタールの脳の外形の復元によってもたらされた。ホモ・サピエンスは大きな前頭葉をもち、それによる高い思考能力で道具の進歩が可能となってネアンデルタールとの入れ替わりに成功したというのが従来想像されていたことであった。しかし、最新のテクノロジーを駆使した復元により、サピエンスで大きくなったのは前頭葉ではなく頭頂部と脳下部の小脳の部分であることが明らかにされた。近年の研究では、小脳は運動をつかさどるだけではなく、学習された様々な行動パターンを記憶して反応を効率化させる、コンピュータのバッファメモリーのような機能を有していることが分かってきており。この部分が大きくなったということは、サピエンスで進化したのは高度な認知能力ではなく、学習の効率化であったという可能性を示している。このような学習の質の変化に関する新たな考え方は、イノベーションがどのように拡散・定着しうるかという問題についての数理モデルや生態人類学の研究の成果とともに、サピエンスによる交替劇の真相に全く新しい視点をもたらすものである。

本研究の5年間は、デニソワ人にはじまる様々な旧人の発見や、古人骨からのDNAの解析によるネアンデルタールとサピエンスの混血の実態の解明などが相次ぎ、この分野の研究にとっては激動の時代だったといえる。本研究が交替劇の真相に答えを出したとはいえないが、今後この研究が新たな知識の土俵の上で大きな発展を遂げ、交替劇の真相の解明につながっていくことを期待したい。