

**The 7th Conference**

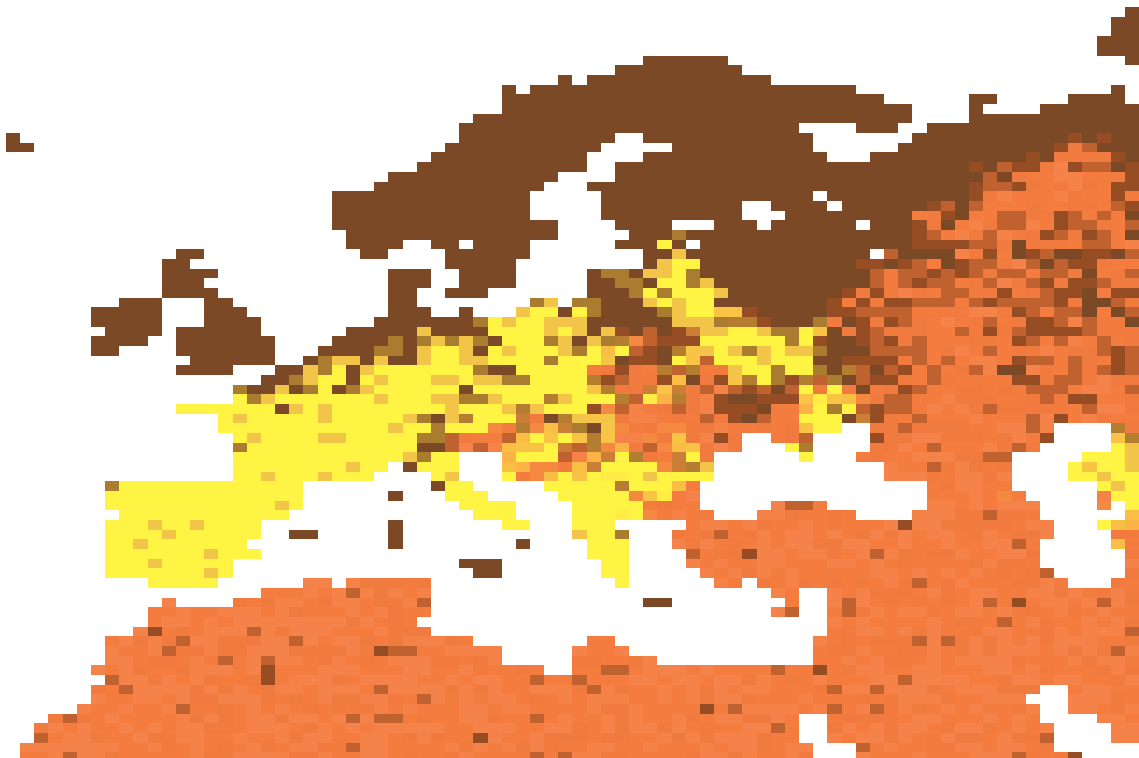
**on**

# **Replacement of Neanderthals by Modern Humans: Testing Evolutionary Models of Learning**

**May 11-12, 2013**

**The University of Tokyo, Bunkyo, Tokyo**

**Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas 2010-2014**



**Kenichi Aoki (Ed.)**

**April 30, 2013**

第7回研究大会

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

2013年5月11日（土）～12日（日）

東京大学 理学部2号館 講堂

科学研究費補助金「新学術領域研究」2010-2014

青木健一（編）

2013. 4. 30

編集

青木健一

明治大学 研究知財戦略機構

〒164-8525 東京都中野区中野4-21-1

電話：03-5343-8381

発行

文部科学省・科学研究費補助金「新学術領域研究」2010-2014

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」

領域番号 1201

印刷

株式会社ブレインズネットワーク

〒162-0801 東京都新宿区山吹町347番地

電話：03-3267-8711

All communications pertaining to this Conference and Publication should be addressed to the Koutaigeki Project Office below:

Tokyo Satellite Campus

Kochi University of Technology

CIC Tokyo, Room 302

3-3-6 Shibaura, Minatoku, Tokyo 108-0023, Japan

Telephone: 03-5440-9039

URL: <http://www.cictokyo.jp/>

Email: [Akazawa.takeru@kochi-tech.ac.jp](mailto:Akazawa.takeru@kochi-tech.ac.jp)

© Koutaigeki Project, 2013

領域ホームページ (Project Homepage)

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

## 目次 CONTENTS

---

研究大会プログラム Conference Program	ii
講演・誌上発表 要旨 Abstracts of Talks/Summaries of Research Plans	
特別講演 Keynote Lecture	1
シンポジウム 1 Symposium 1	5
シンポジウム 2 Symposium 2	21
研究項目 A 0 1 Research Team A01	35
研究項目 A 0 2 Research Team A02	43
研究項目 B 0 1 Research Team B01	55
研究項目 B 0 2 Research Team B02	65
研究項目 C 0 1 Research Team C01	79
研究項目 C 0 2 Research Team C02	89

第7回研究大会プログラム  
CONFERENCE PROGRAM

---

第1日：平成25年5月11日（土）

May 11, 2013 Saturday

- 09：50－10：00      開会の辞  
赤澤威（高知工科大学）  
**Opening remarks**  
Takeru Akazawa (Kochi University of Technology)
- 10：00－11：15      特別講演  
ネアンデルタールと解剖学的現代人  
木村賛（東京大学） (1)  
**Neanderthals and anatomically modern humans**  
Tasuku Kimura (The University of Tokyo)
- 11：15－11：30      休息 **Intermission**
- 11：30－13：00      招待研究計画 **Proposals by invited researchers**
- 11：30－12：00      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：2013年度の研究計画  
日暮泰男（大阪大学） (41)  
**Reconstruction of hunting behavior with projectile  
weapons in Neanderthals and early modern humans  
based on differences in skeletal morphology: annual  
research plan 2013-14**  
Yasuo Higurashi (Osaka University)
- 12：00－12：30      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  
山内太郎（北海道大学） (52)  
**Life history and nutritional ecology of the Neanderthals**  
Taro Yamauchi (Hokkaido University)

- 12 : 30–13 : 00 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  
大石龍太 (国立極地研究所)、阿部彩子 (東京大学)、Wing-Le Chan (東京大学) (76)  
**Reconstruction of paleo-vegetation distribution and evaluation of its uncertainty by using an atmosphere ocean coupled general circulation model and a dynamic global vegetation model**  
Ryota Ohishi (National Institute of Polar Research)  
Ayako Abe, Wing-Le Chan (The University of Tokyo)
- 13 : 00–14 : 15 昼食 Lunch
- 14 : 15–17 : 30 シンポジウム1 「ヒトの学習能力・社会能力の多様性について考える」  
**Symposium 1 “On the diversity of learning and social abilities in humans”**
- 14 : 15–14 : 45 神経的および精神的特徴に関連する遺伝子の遺伝的多様性  
木村亮介 (琉球大学) (10)  
**The genetic diversity in genes associated with neural and mental characteristics**  
Ryosuke Kimura (University of the Ryukyus)
- 14 : 45–15 : 15 狩猟採集民サンの社会における共有性と技術  
今村薫 (名古屋学院大学) (11)  
**The sharing system and acquiring technology in San hunter-gatherer society**  
Kaoru Imamura (Nagoya Gakuin University)
- 15 : 15–15 : 45 精神疾患の多様性とその分子背景について  
岩本和也 (東京大学) (14)  
**Molecular genetics and epigenetics of major psychiatric diseases**  
Kazuya Iwamoto (The University of Tokyo)
- 15 : 45–16 : 00 休息 Intermission

- 16 : 00–16 : 30      社会性の進化と記憶能力  
中丸麻由子 (東京工業大学) (16)  
**Evolution of cooperation and memory**  
Mayuko Nakamaru (Tokyo Institute of Technology)
- 16 : 30–17 : 00      心理学・認知神経科学からみたヒトの学習能力・  
社会能力の多様性  
田邊宏樹 (名古屋大学) (18)  
**Diversity of learning abilities in modern humans:  
Psychological and cognitive neuroscientific perspectives**  
Hiroki Tanabe (Nagoya University)
- 17 : 00–17 : 30      総合討論  
座長 : 木村亮介  
**General discussion**  
Chair: Ryosuke Kimura
- 18 : 00–20 : 00      懇親会 (山上会館地階)  
**Get together and buffet** (Sanjo Hall, basement floor)

第2日：平成25年5月12日（日）

May 12, 2013 Sunday

10：00—12：45 招待研究計画 **Proposals by invited researchers**

10：00—10：30 累積性を持つ文化に対する学習能力の進化  
大槻久（総合研究大学院大学） (60)

**Evolution of learning abilities of cumulative culture**

Hisashi Ohtsuki (Graduate University of Advanced Studies)

10：30—11：00 精神疾患から紐解く新人と旧人の学習能力の違い  
早川敏之（京都大学） (61)

**Schizophrenia and the evolution of learning ability  
of population**

Toshiyuki Hayakawa (Kyoto University)

11：00—11：30 ヒトを含む霊長類の脳と頭蓋の関係 - 研究計画  
小林靖、松井利康（防衛医科大学） (86)

**Relationship between the brain and the skull in primates  
including human – Research plan**

Yasushi Kobayashi, Toshiyasu Matsui  
(National Defense Medical College)

11：30—11：45 休息 **Intermission**

11：45—12：15 飽きに対する対処戦略の神経基盤と創造性・  
学習能力との関連の解明  
杉浦元亮（東北大学） (96)

**Neural correlates of boredom and boredom-coping  
strategies; possible relationship with creativity and  
learning ability**

Motoaki Sugiura (Tohoku University)

12：15—12：45 学習意欲と疲労耐性による強化学習の  
神経基盤研究戦略  
水野敬（理科学研究所、大阪市立大学） (98)

**Study strategy for the neural bases associated with  
motivation to learn and fatigue resistance**

Kei Mizuno (RIKEN, Osaka City University)

12：45—14：00 昼食 **Lunch**



14 : 00–17 : 15 シンポジウム2 「ヨーロッパにおける交替劇の解明に向けて」  
**Symposium 2 “Towards a clarification of the process of  
*Homo sapiens*’ dispersals into Europe”**

14 : 00–14 : 30 ヨーロッパにおける交替劇研究の課題と展望  
佐野勝宏 (東京大学) (24)

**Problems and prospects of the studies on RNMH  
in Europe**

Katsuhiro Sano (The University of Tokyo)

14 : 30–15 : 00 レヴァントの旧石器文化からさぐるヨーロッパへの  
新人拡散

門脇誠二 (名古屋大学) (26)

**Dispersals of early *Homo sapiens* into Europe:  
A view from the Levantine Upper Palaeolithic**

Seiji Kadowaki (Nagoya University)

15 : 00–15 : 30 ヨーロッパにおける初期ホモ・サピエンスの形質  
と交雑問題

久保大輔 (東京大学) (29)

**Morphological traits of early *Homo sapiens* in Europe  
and the issue of admixture: a review**

Daisuke Kubo (The University of Tokyo)

15 : 30–15 : 45 休息 **Intermission**

15 : 45–16 : 15 ヨーロッパ後期旧石器インダストリーにおける  
理化学年代の再整理

大森貴之、佐野勝宏 (東京大学) (30)

**Reconsidering radiometric chronology of the European  
Paleolithic industries**

Takayuki Omori, Katsuhiro Sano (The University of Tokyo)

16 : 15–16 : 45 新人のヨーロッパ拡散のシミュレーション

小林豊 (明治大学) (32)

**Simulating the spread of modern humans into Europe**

Yutaka Kobayashi (Meiji University)

16 : 45–17 : 15 総合討論

座長：門脇誠二、佐野勝宏

**General discussion**

Chairs: Seiji Kadowaki, Katsuhiro Sano

---

発表要旨  
ABSTRACT

特別講演  
Keynote Lecture

---

特別講演

*Keynote Lecture*

## ネアンデルタール人と解剖学的現代人

木村 賛  
東京大学

交替劇プロジェクトは、我々の先祖である解剖学的現代人 *Anatomically Modern Humans* (AMH) が旧人の一つであるネアンデルタール人と置き換わった過程が学習能力の違いによるものであるとの仮説を提出し、その検討研究を続けています。その、ネアンデルタール人とはどのような人類でしょうか。本報告は、ネアンデルタール人を主に生物学的な面から簡潔に紹介しようとするものです。

日本列島にはネアンデルタール人はみつかりません。しかし、西アジア地域においては、すでに半世紀以上にわたる日本隊によるネアンデルタール人調査研究の歴史があります。ネアンデルタール人は地理的には西アジアばかりでなく、ヨーロッパ、中央アジア、南シベリアへかけて、時間的には 40 万年ほど前から 3 万 5 千年前にわたって分布していました。そのうち、大部分のネアンデルタール人がヨーロッパで出土しており、最盛期のこれらを典型的ネアンデルタール人 *Classic Neanderthals* とよびます。典型的ネアンデルタール人は、現代人とも、同時期にほかの地域（アフリカ、東アジアなど）にいたネアンデルタール人以外の旧人とも、より古い時代の人類（たとえばエレクトス原人 *Homo erectus*）とも、それぞれ異なる形態的な特徴をいくつか持っています。ネアンデルタール人の先祖は、より古い旧人であるヨーロッパのハイデルベルグ人 *Homo heidelbergensis* と考えられています。われわれ現生人の直接の先祖である解剖学的現代人の初めは、およそ 20 万年前にアフリカにおいて出現しました。旧人と現代人がどのような系統関係にあったのかについては、さまざまな仮説がたてられています。とくに広い分布域を持ち、多数の化石資料があるネアンデルタール人が、どのように解剖学的現代人と置き換わったかについては、激しい議論がつづいています。この二十年ほどは解剖学的現代人の起源をアフリカ単一に置き、ネアンデルタール人も含めたユーラシア大陸の旧人は現生人の形成に寄与しなかったとする「アフリカ起源説 *African origin model*」が主流の考え方でした。これに対して「多地域進化説 *Multiregional evolution model*」では、アフリカ以外の旧人からの遺伝的連続性を主張します。アフリカ起源説は、最古の解剖学的現代人がアフリカに由来することと、ミトコンドリア DNA 遺伝学の発展とにより受け入れられてきました。ところが最近、化石人骨の核 DNA 解析によって、現生人にネアンデルタール人の遺伝子の一部が入っているとの説が示され、アフリカ「単一」の起源が疑われるようになりました。解剖学的現代人の最初の起源はアフリカであっても、各地域にいた旧人の遺伝子流入も含んで現生人が形成されたとする「同化説 *Assimilation model*」も考えられています。

## Neanderthals and Anatomically Modern Humans

Tasuku Kimura

The University of Tokyo

The object of the RNMH Project is to interpret the replacement of Neanderthals by modern humans from the working hypothesis that the replacement occurred as a result of the difference in learning capacity between two human groups. Who are the Neanderthals? In the current presentation, the Neanderthals are briefly reviewed mainly from a biological viewpoint.

No Neanderthals have been discovered in the Japanese Archipelago. In West Asia, however, researches on Neanderthals have been conducted by Japanese scholars for more than half a century. Not only in West Asia, Neanderthals were distributed geographically in Europe, Central Asia, and even South Siberia, and chronologically from around 400,000 years to 35,000 years ago. Most Neanderthals have been discovered in Europe, and they were called the 'Classic Neanderthals' in the peak period. Many morphological characteristics of Classic Neanderthals are distinguishable in comparison with those of the modern humans, those of the archaic humans outside of the Neanderthal distribution, mainly in Africa and East Asia, and those of much more archaic humans such as *Homo erectus*. The ancestor of the Neanderthals is considered to be *Homo heidelbergensis* in Europe. The direct fossil ancestors of extant humans are called the Anatomically Modern Humans (AMH), the first of which appeared around 200,000 years ago in Africa. There are many hypotheses on the phylogenetic relationships between the archaic and modern humans. Specifically, why and how the Neanderthals, who had a large distribution area and are represented by a large number of fossil remains, were replaced by the AMHs is being hotly debated. For the last few decades, modern human origin was mainly explained by the "African origin" model in which the AMHs appeared only in Africa and radiated to Eurasia, becoming the present-day humans with no contribution from archaic humans outside Africa, including the Neanderthals. The opposing hypothesis was the "multiregional evolution" model which supported the contributions of archaic humans outside Africa to modern humans. The African origin model was based on fossil evidence for the earliest appearance of AMHs in Africa, and on the mitochondrial DNA analyses of ancient and extant humans. The recent analysis of the ancient nuclear DNA, however, has led to the suggestion that the gene flow occurred from Neanderthals into the ancestors of non-African present-day humans. The "assimilation" model is now being reconsidered. The model accepts the gene flow from archaic humans in several regions of Afro-Eurasia into the AMHs after their origin in Africa.

### 【プロフィール】

1964年、東京大学西アジア洪積世人類遺跡調査学術調査員として、イスラエル・アムッド洞窟発掘へ参加。1967年、レバノン・シリア旧石器遺跡総合調査へ参加。1984年、シリア・ドウアラ洞窟発掘へ参加。東京大学、帝京大学、京都大学、石川県立看護大学を歴任。東京大学総合研究博物館終身学芸員、理学博士、東京大学名誉教授、石川県立看護大学名誉教授、交替劇総括班外部評価委員。分担執筆：Eds. Suzuki H, Takai F “The Amud Man and His Cave Site” Univ. Tokyo, 1970. Revised Ed. Therapeia, Tokyo, 1999; Eds. Suzuki H, Kobori I “Report of the reconnaissance survey on Palaeolithic sites in Lebanon and Syria” Univ. Museum, Univ. Tokyo Bulletin, No.1, 1970; Eds. Akazawa T, Sakaguchi Y “Paleolithic Site of Douara Cave and Paleogeography of Palmyra Basin in Syria, Pt. IV” Univ. Tokyo Press, 1987; Eds. Akazawa T, Aoki K, Kimura T “The Evolution and Dispersal of Modern Humans in Asia” Hokusensha, Tokyo, 1992.

---

発表要旨  
ABSTRACTS

シンポジウム 1  
Symposium 1

---

シンポジウム 1  
「ヒトの学習能力・社会能力の多様性について考える」

**Symposium 1**  
*On the diversity of learning and social abilities in humans*

## シンポジウム1 「ヒトの学習能力・社会能力の多様性について考える」

### オーガナイザー

木村亮介（B01、琉球大学）

### 趣旨

「交替劇」プロジェクトでは、1) ネアンデルタール人とサピエンスの間に学習行動および能力に違いが存在し、2) それが文化進化の速度に違いを生み、3) 最終的に両者の命運を分けたとする作業仮説のもと、様々な研究が進められている。しかしながら、種間の学習行動／能力の違いがあったとするならば具体的にはどのような違いなのかでさえ明確ではなく、検証しなければならないことは多い。さらに、サピエンス特有の学習行動／能力が進化した分岐点はどこにあったのかということも重要な課題として残されている。

蓄積的な文化には、社会学習と個体学習の双方が重要であることは言うまでもない。ただし、集団中に両方の戦略が存在する状態が進化的に安定であるとは限らず、条件が整わなければ蓄積的な文化も実現されない。これまでの理論研究では、時間的あるいは空間的環境変動によって既存の知識・技術が使い物にならなくなるような状況において、リスクを伴った個体学習戦略とフリーライダーとしての社会学習戦略が共存することが示されている。つまり、新機軸の発見を余儀なくされた状況でイノベーション行動がなされ、その能力が進化するということを表している。では、ヒトは安定な環境ではイノベーション行動を止めてしまうだろうか。

もし、安定な環境においてハイリスク・ハイリターンのイノベーション行動を起こすとしたら、どのような状況が考えられるだろうか。そのためには、恐らくセイフティネットとしての共同体および食物分配システムが重要な役割を果たすであろう。ハイリスク・ハイリターンであるはずの行動が、共同体によってローリスク・ハイリターンになる。ただし、健全なイノベーション行動が持続するためには共同体間の競争を想定する必要があるかもしれない。このようなシナリオを考えたとき、ヒト特有の学習行動／能力が進化した分岐点は、「社会的保障のある強固な共同体の形成」ということになる。また、ヒトの社会性は、社会学習能力を支える上で重要になるだけでなく、共同体の形成を通じてヒト特有のイノベーション行動の進化とも間接的に結びついている可能性が考えられる。

本シンポジウムではヒトの学習能力の多様性だけでなく社会能力の多様性についても知見を整理しつつ、それらの多様性が生じた過程をイノベーション行動や共同体の進化と関連付けながら議論したい。

## 話題提供

木村亮介（B01、琉球大学）

「神経的および精神的特徴に関連する遺伝子の遺伝的多様性」

今村薫（A02、名古屋学院大学）

「狩猟採集民サンの社会における共有性と技術」

岩本和也（東京大学）

「精神疾患の多様性とその分子背景について」

中丸麻由子（B01 招待研究者、東京工業大学）

「社会性の進化と記憶能力」

田邊 宏樹（C02、名古屋大学）

「心理学・認知神経科学からみたヒトの学習能力・社会能力の多様性」



## **Symposium 1 “On the diversity of the learning and social abilities in humans”**

### **Organizer**

Ryosuke Kimura (B01, University of the Ryukyus)

### **Objectives**

In the RNMH project, many researches are proceeding based on a working hypothesis that 1) the differences in learning behavior and ability between Neanderthals and modern humans existed, 2) then yielded the difference in the rates of cultural evolution, and 3) decided the fates of these species. However, it is still uncertain what the differences are. In addition, it remains to be solved what the turning point for the behavior and ability specific to modern humans is.

It is needless to say that both social learning and individual learning are important for cumulative culture. However, the two learning strategies are not always coexist at an evolutionary stable state. Theoretical studies to date have indicated that individual learners paying costs/risks and social learners behaving as free-riders coexist in situations where existing knowledge and technologies become useless because of temporal or special changes of environments. If according to this scenario, can it be true that modern humans quit innovative activities under a stable environment?

To challenge high-risk/high-return innovative activities under a stable environment, the presence of community and food sharing probably take an important role as a safety net. In such a case, intergroup competition may be required to maintain such innovative activities. When we consider this scenario, the formation of steady community having a social security may be the turning point for the behaviors and abilities specific to modern humans. Furthermore, it is possible that the sociality of modern humans is involved in the evolution of individual learning behaviors/abilities through the formation of community, as well as social learning behaviors/abilities.

In this symposium, five speakers will outline the knowledge of the diversities of learning and social abilities in modern humans and will explore the processes by which these diversities arose, connecting it with the evolutions of innovative activities and of community.

## **Speakers**

Ryosuke Kimura (B01, University of the Ryukyus)

“The genetic diversity in genes associated with neural and mental characteristics”

Kaoru Imamura (A02, Nagoya Gakuin University)

“The sharing system and acquiring technology in San hunter-gatherer society”

Kazuya Iwamoto (The University of Tokyo)

“Molecular genetics and epigenetics of major psychiatric diseases”

Mayuko Nakamaru (B01 Invited Researcher, Tokyo Institute of Technology)

“Evolution of cooperation and memory”

Hiroki Tanabe (C02, Nagoya University)

“Diversity of learning abilities in modern humans: Psychological and cognitive neuroscientific perspectives”

## 神経的および精神的特徴に関連する遺伝子の遺伝的多様性

木村 亮介 (B01)

琉球大学 大学院医学研究科

ヒトはどのようにして文化や技術を発展させてきただろうか。蓄積的な技術の発達は、少数のイノベーターとその他大勢のフォロワーによって成し遂げられるのは世の常であろう。先史ホモ・サピエンスにおける文化や技術の発達も、そのようであったかもしれない。つまり、ホモ・サピエンスとネアンデルタールに学習能力の違いがあったとしても、ホモ・サピエンスの全ての個体が同様に優れた創造力をもっている必要はない。むしろ、ホモ・サピエンスにおいては多人数による社会の発達とともに、様々な学習戦略や社会戦略が共存し、行動や能力に関与する遺伝的変異は頻度依存型の平衡選択を受けてきた可能性がある。本研究では、近年の分子生物学実験およびゲノムワイド関連解析で明らかとなってきた神経的および精神的特徴に関連する遺伝子について遺伝的多様性を調べることで、ヒトの学習能力および社会能力の進化過程を解き明かす。

## **The genetic diversity in genes associated with neural and mental characteristics**

Ryosuke Kimura (B01)

Graduate School of Medicine, University of the Ryukyus

It would be usual that cumulative developments of technologies are achieved by a few innovators and many other followers. Therefore, cultural and technological developments in prehistoric humans may have also been in that way. Even if a difference in the learning ability between Neanderthals and modern humans is hypothesized, it is not needed to assume that all of modern humans have acquired the same innovative ability. It would be possible that different learning and social strategies have coexisted under the evolution of large society in modern humans and that genetic variations associated with behaviors and abilities have been diversified by frequency-dependent balancing selections. Recently, genes associated with neural and mental characteristics have gradually been identified by genome-wide association studies and molecular biological experiments. In this study, I will unravel the evolutionary process of the learning and social abilities in modern humans by investigating the genetic diversity of such genes.

## 狩猟採集民サンの社会における共有性と技術

今村 薫 (A02)

名古屋学院大学

カラハリ狩猟採集民サンは、狩りで得た獲物の肉を徹底的に分配することで知られている。シェアリングは物質的な次元だけでなく、社会的レベルでもおこなわれおり、「行動や行為」も共有することが彼らにとって重要である。

物質レベルにおけるシェアリングは、食物分配や、道具の貸し借りにおいてみられる。シェアするといっても、常に所有者は明確に決まっており、誰から誰へ物質が移動したかということが意識され、記憶されることで、将来にわたって社会関係が維持される。

また彼らは、ヒーリング・ダンス（治療のためのダンス）や儀礼に参加することで行為を共有している。さらに、狩猟や採集に複数の人間で行くことも活動を共有することである。獲物の解体、皮なめし、敷物などの皮細工作り（これらは男性がおこなう）や小屋作り（女性がおこなう）において、協同作業や手伝いがみられる。

技術の伝達や学習は、このような「活動を共有する」場においておこなわれる。彼らはたとえば皮の敷物をしばしば複数の人々で完成させる。このような行為を彼らは「作ってやる」を意味する「ツァワマー」という言葉で表現する。所有者が頼まなくても人々が集まって完成品を作ってやる。また、所有者がどのような敷物を作りたいかという希望もほとんど考慮されることがない。このような協同作業において、人々は技術を学んでいく。必ずしも「師」が「弟子」に教えるという垂直的な形ではない。

また、彼らが協同作業をおこなうときは、専門化した分業がおこなわれるわけではない。たとえば、建材を切り出すときの協同作業において、「斧」「ナタ」を担当する人が決まるのではなく、数分ごとに、斧で木を伐り出す人とナタで枝を下す人が交替する。

このような「入れ替え可能」な専門化していない協同作業によって、安定した技術の伝達がおこなわれると考えられる。

一方、狩猟においては、技術の中の「入れ替え不可能」な面が全面に出てくる。彼らは、狩猟具である弓矢、槍は、ほとんど貸し借りしない。これは、弓矢や槍は、ハンターが自分の身体に合わせて作るため、他人の作った狩猟具では狩りができないからである。狩りがうまいハンターは、狩猟具を作るのがうまいのかもしれない。しかし、彼が他人の狩猟具を作ってやるということは、ほとんどない。

セントラル・カラハリ・サンの狩猟方法は、この50年の間に、弓矢猟⇒槍猟⇒犬槍猟⇒騎馬猟とめまぐるしく変わった。また、矢尻の素材も骨、角から鉄製（石はカラハリ砂漠では貴重品である）へと、矢尻の形も「返し」のないものからあるものへと変化した。これらの変化は、彼ら自身によるイノベーションによるものではなく他の集団からの影響によるものと考えられる。このように次々と新技術を獲得できたのは、

彼らが個々の猟法を学ぶだけでなく、「動物を狩る」という文脈において「猟法の学び方」を知っていたから、つまり「学び方を学んでいたから」なのではないだろうか。

## **The sharing system and acquiring technology in San hunter-gatherer society**

Kaoru Imamura (A02)

Nagoya Gakuin University

The San, hunter-gatherers in the Kalahari Desert of southern Africa, are known for thoroughly distributing among themselves any meat acquired by hunting. They share things not only at a material level but also in the social dimension. It is important for them to share actions and behaviors.

Sharing at a material level is seen in food distribution and in the lending and borrowing of tools. Although they share food and tools, there is still a recognized owner. People are always conscious of who gives what to whom and remember it. They maintain social relationships through a psychological sense of indebtedness.

They share behavior by participating in healing dances and rituals. They go hunting or gathering together, sharing these activities. They co-operate and help each other in slaughtering, tanning and sewing skin rugs (which are all done by the men), and also in building huts (done by the women).

The transfer of technology and learning occurs in this setting of shared behavior and activity. For example they will make a skin rug co-operatively. The owner does not ask people to help but they join in freely to cut and sew skin. They do not even take into account the owner's intention. They make one rug together. They learn techniques in such a situation. This type of leaning is not hierarchical, from master to student.

When they do co-operative work, they do not specialize in particular tasks. If there are three types of work needed to complete a procedure - a, b, and c - they do not take only one role. They often switch tasks from a to b after a few minutes. Even if one person does not finish a task, another person will take over his work and can continue to do the former person's work. So they work co-operatively, yet their part in the work is replaceable. Their co-operative contributions work towards completion in a general way. They develop their skills by participating in this kind of co-operation.

On the other hand, the techniques and roles involved in hunting are often non-replaceable. They do not use another hunter's bow and arrow or spear because these tools are made to fit just the owner's body. A good hunter knows how to hunt game, and also he might be good at making hunting tools.

However, we cannot tell hunting skills from hunting tools in San society. Over the past 50

years they have adopted changing hunting techniques, from using a bow and arrow to using spears with hunting dogs or spears while horse riding. Also the arrowhead materials and shape have changed: from bone and horn to iron, from simple shapes to those with barbs. They have been able to acquire new technology quickly not only because they learned each technique but also because they have learned how to learn.

## 精神疾患の多様性とその分子背景について

岩本和也

東京大学 大学院医学系研究科 分子精神医学講座

主要な精神疾患である気分障害や統合失調症の罹患者は多彩な精神症状を示す。統合失調症では、陽性症状である幻覚・幻聴・妄想、陰性症状である感情の平板化、これらに加え認知機能の障害が認められる。また、気分障害である双極性障害ではエネルギーに満ち溢れる躁状態とうつ状態が交互にあらわれる。興味深いことにこれらの疾患では明瞭な遺伝的負因が認められ、発症頻度は時代や社会を問わず、それぞれ約1%とほぼ一定に保たれていると考えられている。精神疾患関連遺伝子を同定しその特徴を明らかにすることで、疾患だけでなく人間の精神機能とその多様性についての理解も飛躍的に進むと考えられる。

しかしながら、過去20年以上に渡って原因遺伝子の研究が精力的に行われてきたが、精神疾患の遺伝子・分子的背景の大部分は明らかにされていない。現在では、極小さな影響力を持つ非常に多数の遺伝子多型が発症に関与しているという仮説や、大きな影響力を持つが、集団での頻度が非常に稀な遺伝子変異に関与しているという仮説などが提唱されている。これらに加え、個体内外の環境要因によってゲノム上の化学修飾状態が変化するエピジェネティクスという現象が知られており、一卵性双生児の研究などから精神疾患の病因・病態への関与が示唆されている。本会では、精神疾患の多彩な精神症状とそれを生み出す多様なゲノムメカニズムについて、現在までに得られている知見を概説すると共に我々の研究成果について紹介する。

## **Molecular genetics and epigenetics of major psychiatric diseases**

Kazuya Iwamoto

Department of Molecular Psychiatry, Graduate School of Medicine, the University of Tokyo

Schizophrenia and bipolar disorder are severe psychiatric diseases, each affecting approximately 1% of the population. Patients with schizophrenia suffer from three categories of symptoms: positive symptoms such as auditory hallucinations and paranoia, negative symptoms such as anhedonia and social withdrawal, and cognitive impairment. Those with bipolar disorder manifest repeated cycles of manic and depressive state. From the epidemiological studies, it is clear that genetic components have critical roles in the pathophysiology of these psychiatric diseases. Therefore, to identify the disease-relevant genes will be helpful to understand the disease and the molecular basis of human mind. Here I introduce the current status of genetics and epigenetics of psychiatric diseases and discuss molecular basis of psychiatric symptoms and its variability.



## 社会性の進化と記憶能力

中丸麻由子（B O 1 招待研究者）

東京工業大学 大学院社会理工学研究科

我々の社会は協力行動が基盤となっている。例えば共同で狩りや農耕を行い、現代社会の会社等の複雑な組織も小さなグループ内の共同作業やグループ間の協力がベースとなり成り立っている。しかし、協力するには時間コスト・費用コストなど様々なコストがかかるため、全員が協力しなくてもグループを運営する事が出来るのであれば、協力しない人も存在し、フリーライダー問題が生じてしまう。

このようなフリーライダー問題を解決するための糸口を探るため、社会科学や自然科学分野によって協力行動に関する研究が行われている。進化生態学では、社会性昆虫等を例にして相手の適応度を上げるために自らの適応度を下げる行動である利他行動の進化条件を探っている。そして、進化ゲーム理論を用いた人間における協力行動の進化に関する研究が行われている。経済学において発展したゲーム理論では、合理的なプレーヤー、つまり非常に賢いプレーヤーでは協力が均衡にならず、合理性を緩めた上で研究が進められている。一方進化ゲームでは、ゲーム理論での合理性の仮定する「賢い」プレーヤーとはほど遠いプレーヤーを仮定した上で、協力の進化条件を探っている。その条件とは、血縁淘汰、グループ淘汰、直接互惠性、間接互惠性、ネットワーク互惠性、罰行動である。

つまり、賢いプレーヤーを仮定しなくても、協力の進化をある程度は説明が出来るのである。例えばネットワーク互惠性では、ネットワーク上で隣接し合うプレーヤーが社会的相互作用を行うと、協力は進化するという。一方、間接互惠性では噂やゴシップによって相手の過去の行動を知っている、つまり言語能力や記憶力の高いプレーヤーを仮定している。

人間には高度な認知能力が備わっていると言われていたが、これらの進化基盤と協力行動といった社会性の進化の関係性はあまり明らかではない。そこで招待研究では、認知能力の中でも記憶能力に着目する。なぜならば、記憶がなければそもそも文化進化は生じないのである。また、長期記憶能力は進化的にメリットがありそうだが、よく考えてみると進化的に有利であるとも言いがたいのである。まずは議論の単純化のために言語能力は仮定せず、短期記憶・長期記憶と社会学習・個体学習の関係性について進化シミュレーションによって検証した上で、長期記憶と学習、社会性の進化との関係も検証していく。また、記憶と学習、発達を基に、教育の進化を論じることで、社会性の教育という観点からの道徳の進化にも繋げたい。

## **Evolution of cooperation and memory**

Mayuko Nakamaru (B01 Invited Researcher)

Tokyo Institute of Technology

Our society is based on cooperation within and/or between groups. The evolution of cooperation is an interdisciplinary study such as social sciences and natural sciences.

Evolutionary game theory can successfully explain the evolution of cooperation, following the mechanism such as kin selection, group selection, direct reciprocity, indirect reciprocity, network reciprocity and punishment, not assuming "smart" players. On the other hand, rational players fail to maintain cooperation in game theory.

In reality, our human being has complicated and sophisticated cognitive abilities: memory, language, theory of mind and meta-cognition, and these abilities would influence the evolution of sociality, and vice versa.

In the project, I will clarify the relationship between sociality and cognitive abilities unique to human. Especially, I will focus on the effect of long- or short-term memories on the evolution of learning or/and sociality by means of evolutionary simulations. It is because (1) without memory, cultural evolution would not have occurred, and (2) we have long-term memory, however it is costly and less evolutionary advantage over short-term memory from the viewpoint of social learning. Introducing developmental stages in a life cycle, I will discuss the evolution of teaching and, as a consequence, the evolution of morality from viewpoint of teaching sociality.

## 心理学・認知神経科学からみたヒトの学習能力・社会能力の多様性

田邊 宏樹 (C02)

名古屋大学 大学院環境学研究科 心理学講座

私達は同じものを見てもその認知の仕方・速さ・正確さがそれぞれ違う。細かい変化にすぐ気づく人もいればそのような変化には全く気づかない人もいる。対象の細部にこだわる人もいれば全体に目を向ける人もいる。文書を読むのがとてつもなく速い人、他人の心を読むのが上手い人、さまざまである。このような認知の個人差は知覚から記憶・言語、そして社会性までさまざまなレベルで見られる。本シンポジウムでは、心理学・認知神経科学からみたヒトの学習能力・社会能力の多様性について概観し、次にイノベーションを引き起こすための創造的能力と強固な共同体形成のための社会性能力について、我々の実験結果を交えながら話題を提供する。

今年度の研究計画としては、昨年引き続き革新的社会の形成と維持の観点から創造性能力の神経基盤とそれを支える社会性の神経基盤についての機能的MRI実験をおこなう。また個々の実験では埋められない部分をメタアナリシス研究によって補い、旧人と新人の運命を分けた能力（脳機能）の絞り込みとそれらに関わる脳部位について引き続き検討する。さらにここで候補にされた脳部位が旧人と新人の間で差があるのかの検討を、C01・C02班協同で作成している解析プラットフォームにのせ検討を始める。

### 参考文献

箱田裕司（編）（2011）「現代の認知心理学7 認知の個人差」北大路書房

## **Diversity of learning abilities in modern humans: Psychological and cognitive neuroscientific perspectives**

Hiroki C. Tanabe (C02)

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Even if we look at the same thing, method/speed/accuracy of the recognition differs in each individual. Some person notices a small change whereas the other person is less concerned about it. Some person pays more attention to the whole while the other person is particular about the target details. Some person read a document very quickly, and some other person is good at reading other's mind. Individual differences in cognition are observed on various levels from perception, memory, language, and sociality. In this symposium, I overview the diversity of the learning abilities in modern humans from psychological and cognitive neuroscientific view. Then, I introduce topics regarding the brain functions those induce creativity and social ability which develops and sustains an innovative community. I also touch our recent results of the neuroimaging studies.

As for a research program in the current fiscal year, we continue to conduct functional MRI experiments to elucidate neural substrates of creative ability and social ability from the viewpoint of the formation and the maintenance of an innovative society. On a parallel to these experiments, we try to narrow down the brain functions those divide the fate of *Homo sapiens* from that of *Homo neanderthalensis*, and conduct a meta-analysis of the neuroimaging studies regarding to those functions. In addition, we start to examine whether those elucidated brain regions are corresponded to the difference of brain morphology between *Homo sapiens* and *Homo neanderthalensis*, using integrated analysis scheme which is developed by collaboration between C02 and C01.



---

発表要旨  
ABSTRACTS

シンポジウム 2  
Symposium 2

---

シンポジウム 2  
「ヨーロッパにおける交替劇の解明に向けて」

**Symposium 2**  
*Towards a clarification of the process of Homo sapiens'  
dispersals into Europe*

## シンポジウム2「ヨーロッパにおける交替劇の解明に向けて」

### オーガナイザー

門脇誠二（A01、名古屋大学）

佐野勝宏（A01、東京大学）

### 趣旨

ホモ・サピエンスがアフリカから拡散し、ネアンデルタールと交替（あるいは同化・吸収）したならば、その主要な舞台はヨーロッパである。このプロセスが進行した時期に直接関わる考古記録や遺跡年代、および人骨形質のデータに基づいて、石器文化の編年やその担い手の問題、当時のネアンデルタール人とホモ・サピエンスの行動の違い、そしてホモ・サピエンスとネアンデルタールの交雑の問題についてレビューを行う。また、これらのデータと照らし合わせながら、ホモ・サピエンスによるアフリカからヨーロッパへの拡散シミュレーションについて議論する。

### 話題提供

佐野勝宏（A01、東京大学）

「ヨーロッパにおける交替劇研究の課題と展望」

門脇誠二（A01、名古屋大学）

「レヴァントの旧石器文化からさぐるヨーロッパへの新人拡散」

久保大輔（C01、東京大学）

「ヨーロッパにおける初期ホモ・サピエンスの形質と交雑問題」

大森貴之（B02、東京大学）、佐野勝宏（A01、東京大学）

「ヨーロッパ後期旧石器インダストリーにおける理化学年代の再整理」

小林豊（B01、明治大学）

「新人のヨーロッパ拡散のシミュレーション」

## **Symposium 2 “Towards a clarification of the process of *Homo sapiens*’ dispersals into Europe”**

### **Organizers**

Seiji Kadowaki (A01, Nagoya University)

Katsuhiro Sano (A01, The University of Tokyo)

### **Objectives**

Europe was a central place where the dispersal of *Homo sapiens* from Africa led to the replacement (or acculturation) of Neanderthals. Presentations of this symposium examine archaeological data, their radiometric dates, and physical traits of human fossils directly related to this significant event in order to provide updated reviews of current debates on the chronology of lithic industries, their associations with *Homo sapiens* or Neanderthals, behavioral differences between the two human groups, as well as their hybridization. On the basis of these data, we also discuss a simulation model of *Homo sapiens*’ dispersal into Europe.

### **Speakers**

Katsuhiro Sano (A01, The University of Tokyo)

“Problems and prospects of the studies on RNMH in Europe”

Seiji Kadowaki (A01, Nagoya University)

“Dispersals of early *Homo sapiens* into Europe: A view from the Levantine Upper Palaeolithic”

Daisuke Kubo (C01, The University of Tokyo)

“Morphological traits of early *Homo sapiens* in Europe and the issue of admixture: a review”

Takayuki Omori (B02, The University of Tokyo),

Katsuhiro Sano (A01, The University of Tokyo)

“Reconsidering radiometric chronology of the European Paleolithic industries”

Yutaka Kobayashi (B01, Meiji University)

“Simulating the spread of modern humans into Europe”



## ヨーロッパにおける交替劇研究の課題と展望

佐野勝宏

東京大学 総合研究博物館

これまで A01 班が進めてきたデータベース作成により、新人は約 20 万年前の出現からパッケージ的な現代人的行動を持ち、ネアンデルタールは 20 万年間以上停滞的であり続けたとするシナリオは、受け入れられないことが明白となってきた。むしろ、アフリカの新人遺跡で象徴品や磨製骨角器が増え始める MIS5a から MIS3 前半、ヨーロッパではネアンデルタールが地域的多様性を強くし、MIS3 前半には「現代人的行動」とされる行動の一部を見せ始める。そして、ちょうどその少し後、新人がヨーロッパに拡散してくる。

新人のヨーロッパ拡散は、考古学的に識別可能な単位として 2 つに分けることができる。第一波は、レヴァントに起源を持つエミラン系考古文化の拡散で、ヨーロッパではバルカン半島から中央ヨーロッパに見られるバチョキリアンとボフニチアンがこの文化系統に属する。その頃、中央・東ヨーロッパには、ネアンデルタール文化とされるセレッティアンが分布する。同時期かその少し後の 45-42 kyr cal BP に、南西ヨーロッパではシャテルペロニアン、イタリア半島にはウルツィアンが出現する。シャテルペロニアンはネアンデルタール、ウルツィアンは新人化石と共伴するが、両証拠とも研究者間での評価は別れる。

第二波は、レヴァントの前期アフマリアン起源の小石刃文化で、ヨーロッパではプロト・オーリナシアンと呼ばれる。その存続期間はおよそ 42-40 kyr cal BP と考えられ、この頃ネアンデルタールが残した可能性を持つ遺跡の数は急速に減少し、40 kyr cal BP 頃には、ヨーロッパにおいて交替劇が完了した可能性が高い。

発表では、第一波と第二波の拡散プロセスを示し、両時期におけるネアンデルタールと新人文化間での質的相違について検討する。その上で、第一波と第二波の拡散が交替劇に与えた影響に関して多角的証拠から考察し、交替劇を導いた可能性のあるいくつかの要素を示す。

## Problems and prospects of the studies on RNMH in Europe

Katsuhiro Sano

The University Museum, the University of Tokyo

Evaluation of archaeological sites relating to Neanderthals and modern humans by using Neander DB indicates that the hypothesis that anatomically modern humans have already obtained a package of “behavioural modernity” when they emerged in Africa at c. 200 ka and, on the contrary, European Neanderthal cultures have been stable and unchanged for over 200,000 years is not acceptable. *Homo sapiens* began to produce symbolic objects and organic artefacts more frequently between MIS 5a and early MIS 3 in Africa; at the same time, archaeological cultures remained by Neanderthals in Europe show higher geographical diversity. Finally, European Neanderthals also began to manufacture symbolic and organic artefacts around early MIS 3, which slightly predates the dispersal of *Homo sapiens* into Europe.

The dispersal of modern humans into Europe can be divided to two phases. Bachokirian and Bohunician between the Balkan Peninsula and Central Europe would indicate the first dispersal originating from Emiran in the Levant. Simultaneously, Szeletian sites probably belonging to Neanderthals were distributed over Central and Eastern Europe. The emergence of Chatelperronian in south-western Europe and of Uluzzian in the Italian Peninsula coincides with or slightly postdates these transitional industries. Although there are evidences for showing the associations of Chatelperronian with Neanderthal fossils and of an Uluzzian site with molars of *Homo sapiens*, the validity of the associations is still disputed.

The Proto-Aurignacian appeared between c. 42-40 kyr cal BP spread over the Mediterranean region and the geographical distribution would reflect the second dispersal of modern humans deriving from Early Ahmarian in the Levant. The number of the sites relating to Neanderthals dramatically decreases at this phase and the replacement of Neanderthals by modern humans (RNMH) in Europe has probably completed by 40 kyr cal BP.

This paper shows processes of the first and second dispersals of modern humans and considers qualitative differences of the cultures between Neanderthals and *Homo sapiens*. Then, I discuss influences on RNMH by the first and second dispersals based on multidisciplinary aspects and indicate factors which could lead to RNMH.

## レヴァントの旧石器文化からさぐるヨーロッパへの新人拡散

門脇誠二

名古屋大学 博物館

出アフリカしたホモ・サピエンスが西アジアを通過してヨーロッパへ拡散したという仮説の考古学的証拠が石器文化とその年代値である。特に、ヨーロッパと西アジアのあいだで類似した石器技術が認められ、その年代値が西アジアでより古い場合、西アジアの集団がヨーロッパへ拡散した証拠として考えられている。例えば、東ヨーロッパのバチョキリアンやボフニチアンはルヴァロワ方式を変化させた特殊な技術に基づく石刃製作が特徴的であるが、それと類似した技術がレヴァントのエミランに認められると10年以上前から指摘されている。また、その後に見えるヨーロッパのプロト・オーリナシアンは、単設打面石核から剥離される先細りの細石刃の縁辺を若干加工して尖頭器を製作する技術が特徴的で、それとレヴァントのアハマリアンの類似性が指摘されている。

この発表では、「交替劇プロジェクト」の一環として作成したレヴァントの旧石器文化編年に基づいて、上記の旧石器文化の技術的・年代的対応関係について再検討する。その結果として、バチョキリアンやボフニチアンとエミランの技術的・年代的近似およびそれがホモ・サピエンスの拡散を示す可能性については同意するが、プロト・オーリナシアンとアハマリアンの対応関係については、以下の点に留意する必要がある。

1. アハマリアンに含まれる石器群は、プロト・オーリナシアンよりも多様な石器技術を示す。特に、クサール・アキル第2期グループと細石刃卓越グループを区別することができ、後者がプロト・オーリナシアンにより類似する。
2. 細石刃卓越グループの石器群はレヴァントの広い地域に分布し、クサール・アキルでは、第2期グループよりも上層から出土する。
3. クサール・アキル第2期グループはエミランからの連続的技術変化として現れることが層位的に確認できる一方、細石刃卓越グループの出現はより急激にみえる。
4. クサール・アキル第2期は、年代的・技術的にエミランと細石刃卓越グループの間に位置すると考えられるため、その理化学年代がプロト・オーリナシアンよりも先行することは文化編年の矛盾ではなく、プロト・オーリナシアンの技術がレヴァントで先行して出現し始めたことを示すかもしれない。

もし最後の点が、ヨーロッパにおけるプロト・オーリナシアンの発生において、レヴァントからの集団移動あるいは技術拡散があったことを示す証拠となりうるならば、上部旧石器初頭におけるレヴァントからヨーロッパへのホモ・サピエンスの拡散はエミランの後、アハマリアンの時期にもあったと考えられる。そして、それぞれの拡散に伴った技術や行動がヨーロッパにおけるホモ・サピエンスの拡散と旧人との交替あるいは吸収において果たした役割は異なった可能性がある。

## **Dispersals of early *Homo sapiens* into Europe: A view from the Levantine Upper Palaeolithic**

Seiji Kadowaki

Nagoya University Museum, Nagoya University

Lithic industries and their dates can provide archaeological evidence for the hypothesis of the dispersal of early *Homo sapiens* into Europe through the Levant after their original exodus out of Africa. Researchers have often argued for the population movement from west Asia to Europe when they detect 1) the similarity in lithic technology between the two regions and 2) a chronological cline of such inter-regional lithic technology from west Asia to Europe. For example, it has been more than a decade since some researchers pointed out technological similarity between the Emiran in the Levant and the Bachokirian/Bohunician (BB) in eastern Europe. These industries are characterized by the blade production based on the adapted Levallois methods. More recently, some European prehistorians suggested technological and chronological correlation between the Proto-Aurignacian (PA) in Europe and the Ahmarian in the Levant as both of these industries represent the oldest lithic industries with abundant pointed bladelets in each of the regions.

This presentation re-examines technological and chronological correlations between the above lithic industries. As a result, I agree with existing views on the technological and chronological proximity between the Emiran and BB and its interpretation as evidence for the dispersal of *Homo sapiens* from the Levant to Europe. In contrast, the correlation between the PA and the Ahmarian may be more complicated but can be clarified by keeping the following points in mind.

**1:** Lithic assemblages affiliated with the Ahmarian show greater technological variations than those of the PA. Within the Ahmarian, I propose to distinguish between a technology represented by Ksar Akil Phase 2 (KA2) and that by bladelet-dominant assemblages. The latter group shows greater resemblance to the PA. **2:** The bladelet dominant assemblages are distributed widely in the Levant and occur stratigraphically above KA2 at Ksar Akil. **3:** The KA2 technology appeared as a gradual technological change from the Emiran, whereas the bladelet-dominant assemblages show technological break from the preceding technology. **4:** Because the KA2 technology may intervene the Emiran and the bladelet-dominant assemblages technologically and chronologically, its chronological precedence to the PA cause no culture-historical inconsistency and may indicate that the PA related technology emerged earlier in the Levant.

If we regard the last point as evidence for the population dispersal or technological diffusion from the Levant in the emergence of the PA in Europe, the dispersal of *Homo sapiens* from the Levant to Europe may have occurred during the early Ahmarian period in addition to the Emiran

phase. Such multiple dispersals were accompanied with different technology and behaviors that may have had different roles in the colonization of Europe by *Homo sapiens*.

## ヨーロッパにおける初期ホモ・サピエンスの形質と交雑問題

久保 大輔

東京大学 大学院理学系研究科

ネアンデルタールとホモ・サピエンスの交雑の直接的証拠を化石記録に見出そうとする試みはこれまで継続的に行われてきた。一部の研究者は、ヨーロッパの初期ホモ・サピエンスの骨形態や歯牙形態にネアンデルタールとの類似点が見られることを指摘し、これを交雑の結果と解釈するのが妥当であると主張している。とりわけ議論の争点となっている標本は、放射性炭素年代で約3万年前後、またはより古い Peștera cu Oase、Cioclovina、Mladeč といった中央ヨーロッパのホモ・サピエンスの化石資料、およびグラベティアン期に帰属するポルトガル Lagar Velho 洞窟から出土した小児骨である。本発表ではまず現生霊長類の事例を参照しながら交雑が形質に及ぼすいくつかの効果を紹介する。次に、一部の研究者が交雑の結果と見なしている形態学的特徴について概観し、批判者による研究事例やその他比較データを参照しながら、問題の形質が交雑の証拠として説得力を持つかどうか考察する。加えて、現時点ではまだ問題の化石資料に適用されていないが、今後の議論の進展をもたらすと思われる新しい形態測定学的アプローチや解剖学的知見を紹介する。

### **Morphological traits of early *Homo sapiens* in Europe and the issue of admixture: a review**

Daisuke Kubo

Graduate School of Science, the University of Tokyo

Some researchers have claimed that some morphological traits observed in European early modern human remains can be parsimoniously explained by admixture with the indigenous Neanderthals. Most controversial fossil materials are those from some central European sites including Peștera cu Oase, Cioclovina, and Mladeč, which were dated to about 30 ka radiocarbon years ago or older, and an Gravettian-associated child from Abrigo do Lagar Velho, Portugal. In this review, I firstly note the effects of admixture on phenotype with reference to previous studies on what hybrids of extant primates look like. Next, I outline the morphological features of the above specimens claimed as the direct evidence of admixture, and then evaluate the relevance with reference to some studies by the opponents and the other comparative studies. Besides, I note some recent studies on geometric morphometrics and new anatomical knowledge which would allow us better understanding of the phenotypes of the European early modern humans in the future.

## ヨーロッパ後期旧石器インダストリーにおける理化学年代の再整理

大森貴之、佐野勝宏

東京大学 総合研究博物館

本発表では、理化学年代の再整理を通して、ヨーロッパ後期旧石器インダストリーの開始・終末年代および存続期間における新たな統計的年代モデルを提示する。

近年、理化学年代測定に対する技術革新が急速に進み、新たな分析手法確立とともに旧石器編年についてもその年代が日々更新されているが、新規年代が発表される毎に既存の年代観との不整合も大きな問題となっている。

特に、中期旧石器から後期旧石器にかけての移行期文化に注目する本研究では、石器インダストリーごとに報告年代をまとめると解析対象となる年代データが極めて限定化されてしまう。そこで、本件では分析手法や前処理法など方法論の異なったデータをそれぞれ補正あるいは不確定さの重み付けを行い、すべての年代を統計モデルへ応用する。

例えば、骨試料の放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) 年代測定の新たな前処理法として限外濾過法が評価されているが、本手法の方法論的な検証研究論文からデータを収集し、限外濾過未処理年代と処理年代の関係性について調べると、対数関数的な分散傾向を概観することができる。これを限外濾過未処理年代の補正関数として適用することで、前処理によるデータの年代差を相殺した年代値を得られることが期待される。この他にも、加速器質量分析と  $\beta$  線計測法による測定技術の違いや、 $^{14}\text{C}$  年代算出のための補正の有無などについて、年代データへそれぞれ重み付けすることで、これまで議論に用いらなかった年代値も含めた後期旧石器インダストリーの年代観について検証したい。

また、 $^{14}\text{C}$  年代を暦年代に読み替えるために利用する暦年較正データセットを、既存の IntCal09 (Reimer et al. 2009) から 2012 年に発表された水月湖データセット (Bronk Ramsey et al. 2012) へ先駆けて変更することで、これまで 50000 年前までの暦年代しか報告できなかった適用時期の制約を数千年古く遡って解析し、より多くの年代データを利用した統計的年代モデルを求める。

この発表では、以上の理化学年代年代における再整理を通して、既存の移行期文化開始・終末年代および存続期間の解釈がどのように変化するかを議論したい。

### 参考文献

Reimer, P. J., L. B. M. G., Bard, E., A. B., Beck, J. W., Blackwell, P. G., et al. (2009). Intcal09 and Marine09 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0-50,000 Years Cal Bp. *Radiocarbon*, 51(4), 1111–1150.

Bronk Ramsey, C., Staff, R. A., Bryant, C. L., Brock, F., Kitagawa, H., van der Plicht, J., et al. (2012). A complete terrestrial radiocarbon record for 11.2 to 52.8 kyr B.P. *Science*, 338(6105), 370–374.

## Reconsidering radiometric chronology of the European Paleolithic industries

Takayuki Omori, Katsuhiko Sano

The University Museum, the University of Tokyo

In this paper, we reviewed the statistical age model of European Paleolithic industries through the correction of radiometric dates, and simulated the boundary ages and durations.

In recent years, technological innovation for radiometric dating has progressed rapidly, and the Paleolithic chronology is also daily updated in synchronism with the establishment of a new analytical approach. However, it often happens that an inconsistency between new result and reported radiometric data becomes a big problem.

Though we focus on the transition industries between Middle to Upper Paleolithic here, the number of radiometric data of each industry is limited. In order to use all of the reported dates for the simulation, we attempted to correct the data, which are dated by different methodologies or pretreatments.

For example, Ultrafiltration method, which is a one of new pretreatment for radiocarbon dating of bone sample, has attracted attention, and the pretreated date is highlighted in Paleolithic chronology as a true age. Examined the relationship of the filtered age and unfiltered age from methodological validation studies, the distribution shows logarithmic trend. Using this trend as correction function of the unfiltered age, the offset correction of the ultrafiltration was attempted. The differences of the measurement technics or the age correction of the raw data were corrected by the weighting of uncertainty.

Added to the corrections, radiocarbon calibration curve to be used for the translation from  $^{14}\text{C}$  age to calendar date was changed to IntCal09 (Reimer et al. 2009) to Suigetsu data set (Bronk ramsey et al. 2012). Thought calibration limit of Intcal09 is up to 50000 years before, using Suigetsu data set, the calibration limit can be extended until 528000 years before.

In this presentation, through the corrections in radiometric age, we would like to discuss how to use reported data and interpret the modeled Paleolithic chronology.

### References

- Reimer, P. J., L. B. M. G., Bard, E., A. B., Beck, J. W., Blackwell, P. G., et al. (2009). Intcal09 and Marine09 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0-50,000 Years Cal Bp. *Radiocarbon*, 51(4), 1111–1150.
- Bronk Ramsey, C., Staff, R. A., Bryant, C. L., Brock, F., Kitagawa, H., van der Plicht, J., et al. (2012). A complete terrestrial radiocarbon record for 11.2 to 52.8 kyr B.P. *Science*, 338(6105), 370–374.



## 新人のヨーロッパ拡散のシミュレーション

小林 豊

明治大学 研究・知財戦略機構

なぜネアンデルタール・サピエンスの交替劇は起きたのか。これは人類考古学における最大の謎である。気候変動の重要性を主張する研究者もいれば、競争排除の役割を強調する研究者もいる。本研究では、これら双方と関連する以下のような一連の仮説を提唱する。(1) サピエンスが約4万年前にヨーロッパに拡散できたのは、平原で生きていく術を身に着けたからである。(2) 人類種の中でサピエンスだけがこれを成し遂げたのは、突出したイノベーション能力のおかげである。(3) 気候変動が原因となって、文化進化速度および文化多様性が爆発的に増加した。(4) ネアンデルタールがイベリア半島で例外的に長く存続したのは、半島が氷河期における樹木のリフュージになっていたからである。(5) ネアンデルタールがその他の地域で急速に消失したのは、サピエンスの定着によって温暖期におけるネアンデルタールの再拡散が妨げられてしまったからである。シミュレーションによって、上記の(1)-(5)全ての仮説と矛盾のない形で交替劇が起こり得ることを示す。

現段階では、シミュレーションには多くの不自然な仮定や解決すべき問題点が含まれている。今後どのようにモデルを改良し、発展させていくべきかについて、全体会議を通して活発に議論できれば幸いである。

### **Simulating the spread of modern humans into Europe**

Yutaka Kobayashi

Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties,  
Meiji University

The cause of the replacement of Neanderthals by modern humans is one of the biggest mysteries in human paleontology. Some stresses importance of climate change and others the role of competitive exclusion. In the present study, the following set of hypotheses, which involves both of them, is proposed: (1) Modern humans spread into Europe 40k years ago because they acquired techniques to live in treeless environments. (2) Among hominids only modern humans accomplished this because of distinct innovative abilities. (3) Climate change caused drastic increase of the rate of cultural evolution and cultural diversity. (4) Neanderthals survived in the Iberian Peninsula exceptionally long because the peninsula was a glacial refuge for trees. (5) Neanderthals rapidly disappeared in places other than the peninsula because modern humans inhibited their re-expansion in warm periods. A simulation model is

constructed to show that the replacement possibly occurred in a way consistent with all the above hypotheses (1)-(5).

The present simulation model still includes many unrealistic assumptions and unsolved problems. I hope to have an active debate about possible improvements and extensions in the meeting.



---

研究進捗・計画要旨  
ABSTRACTS

研究項目 A 0 1  
Research Team A01

---

研究項目 A 0 1  
「考古資料に基づく旧人・新人の学習行動の実証的研究」

**Research Team A01**  
*Archaeological Research of the Learning Behaviors of the  
Neanderthals and Early Modern Humans*

## ネアンデルタール人石器群の技術的型式的変異

西秋良宏

東京大学 総合研究博物館

これまで、A01 班では (1)遺跡・石器文化情報を搭載したデータベースに基づく社会学習・個体学習の継続・発現パタンの研究、(2)特定遺跡における学習行動の痕跡、石器製作技術の年代的变化の精査、そして(3)実験考古学、民族考古学的手法を用いた現代人の学習パターン解析、をすすめてきた。筆者は、班員のかかわるそれらの研究を総括すると同時に、それぞれにおいて自らのデータを用いた研究を実施してきた。

本年度の自らの研究としては、特に(2)に重点を置く。既にシリアのデデリエ洞窟やドゥアラ洞窟などを対象として旧人の石器製作に関する原データの分析をおこなってきた。このうち、デデリエ洞窟は長期にわたる石器製作痕跡が層位的に得られているため、旧人の石器文化の時間的変異を調べるのに適している。すなわち、彼らの石器製作伝統の安定性、変革の契機等について具体的に調べうる。デデリエのネアンデルタール人化石出土層にともなう石器群の年代的变化を新人の場合と比較し、旧人の道具製作と学習の関係について特徴を整理したい。

### **Diachronic variability of the Middle Palaeolithic lithic industries**

Yoshihiro Nishiaki

The University Museum, the University of Tokyo

Research project A01 has been involved in a range of investigative menus that may lead to an understanding of prehistoric learning behaviors and their possible relationship to the replacement of Neanderthals by modern humans. This year, we will synthesize the results of the case studies thus far conducted at Palaeolithic sites in the Levant. The diachronic change of the Levantine Mousterian assemblages at Dederiyeh Cave, Syria will receive particular emphasis. Given that Neanderthal fossils have been recovered with them from stratified contexts, the lithic data from Dederiyeh Cave helps define in detail the nature of the Neanderthal tool-manufacturing tradition. In other words, the Dederiyeh data provide an excellent opportunity to investigate how the Neanderthal tool tradition persisted or changed in a long perspective and to interpret why such persistence or change occurred. A comparison with Upper Palaeolithic traditions will be drawn in order to characterize the cultural evolutionary patterns of the Neanderthals.

## ロシア平原およびその周辺地域における旧石器遺跡の時空間分布

加藤博文、長沼正樹

北海道大学 アイヌ・先住民研究センター

我々が担当するユーラシア北部を対象とした A01 班の旧石器データベース (Neander DB) 構築では、今年度はロシア平原およびその周辺地域に所在する旧石器遺跡について集中的に実施する予定である。この地域は、地形上はロシア平原に加えてクリミア半島、カルパチアおよびコーカサス山脈の周辺に相当している。

先行研究によると、ロシア平原中央部のコスチョンキ遺跡群では、複数の遺跡と文化層において約 4 万年前の IUP や EUP の人工物と年代測定値が報告されている。サピエンスがこの地に初めて侵入した直後を反映している。クリミア半島は中期旧石器時代に帰属する遺跡が密集し、ネアンデルタール人骨の出土例も多い地域である。黒海に突き出す地形からサピエンスの拡散を受けて退避を余儀なくされたネアンデルタールのレフュージアとなっていた可能性があり、3 万年前台の新しい年代のネアンデルタールの文化 (中期旧石器) が報告されている。カルパチア山脈周辺は、バルカン半島あるいは黒海北岸を通してサピエンスがヨーロッパに侵入するルートに相当する地域である。またコーカサス山脈周辺は、北麓の旧石器文化はクリミア半島と共通する一方で、南麓では西アジアと共通することから旧石器時代の文化の境界であった可能性が高い。

今後、これらの地域の考古学情報を精査することで、すでに昨年度までに進めてきたシベリアや中央アジア地域と、A01 班の他の分担・担当者が進めてきた西ヨーロッパや西アジアと、統合的に理解することが可能になるであろう。

## **The spatial and temporal patterns of Paleolithic sites in the Russian plain and surrounding areas**

Kato Hirofumi, Naganuma Masaki

Center for Ainu & Indigenous Studies, Hokkaido University

Our research planning of this year is the intensive collecting and inputting to the DB of A01 group (Neander DB) about archaeological information of Paleolithic sites that are located in the Russian plain and surrounding regions. These areas include Russian plain, Crimea peninsula, Carpathian and the Caucasus mountains.

According to the preceding researches, the Initial or/and Early Upper Paleolithic assemblages had been reported from several archaeological sites and their cultural layers with radiometric dating at the Kostenki group in the central part of the Russian plain. They reflect the first activity by *Homo sapiens* populations immediately after their invasion on this territory. In the Crimea, there are many Middle Paleolithic sites as well as fossil remains of Neanderthals. It is possible that this peninsula was one of the "Refugia" for Neanderthals who had been pursued by Modern populations because of its geological feature, and the late Neanderthal culture (Middle Paleolithic) had been dated until 30ka BP. Carpathian Mountains and its foothills included several invading routes to Western Europe from Eastern regions. The Caucasus seems to be a cultural boundary during the Paleolithic age.

Through the examination of these regions it will be possible to combine the archaeological information from Siberia and Central Asia region which we had been worked by last year and from Western Europe and Western Asia which had been investigated by coworkers of A01 group.

## 交替劇関連遺跡・石器製作伝統データベースの今後

近藤康久<sup>(1)(2)</sup>

1 東京工業大学 大学院情報理工学研究科

2 日本学術振興会

計画研究 A01 の交替劇関連遺跡・石器製作伝統データベース「Neander DB 2.0」には 2013 年 4 月 9 日現在、遺跡情報 2,072 件、遺跡内の文化層情報 4,514 件、年代測定値情報 5,441 件、石器製作伝統情報 161 件、文献情報 644 件が収録されている。収録対象地域はアフリカ、ヨーロッパ、アジア、オセアニアの大部分を網羅した。

2013 年 3 月に考古学コンピューティングの国際会議 CAA 2013 でこのデータベース構築プロジェクトについて報告したところ (Kondo et al. 2013)、同業他プロジェクトの研究者からデータの早期公開に大きな期待が寄せられた。交替劇プロジェクトも残り 2 年を切り、終了時点でのデータ取りまとめ・成果発表および終了後のデータ公開方法を検討すべき時期となった。以下、データベースのシステムとコンテンツの今後の取り扱いについて、私案を述べる。

Neander DB 2.0 は、文献テーブルと遺跡・文化層・年代測定値・石器製作伝統という考古情報のテーブル群から構成されており、現在は A01 データベース班メンバーのみが閲覧・編集の権限を有している。コンテンツのうち文献情報については国立情報学研究所の junii2 フォーマットに準拠しており、文献リストとしてならば早期に公開が可能である。同様の文献データベースをもつ総括班および研究計画 B02

(PaleoGeo) とのデータ共有・交換も実現したい。考古情報に関しては班内でのデータ検証および研究を経てからの公開となるが、たとえば遺跡の経緯度情報や参考文献のように、早期に公開してもさしつかえない情報も含まれる。そのため、公開できる情報と現時点では公開できない情報を切り分けて、公開できる情報から随時公開していくことが望ましい。いざ公開となれば、その対象は班内・プロジェクト内にとどまらず、広く一般公開するのがよい。その際、WebGIS と連携させて、遺跡地図の閲覧サービスや地理空間データのダウンロードサービスといった WMS (Web Map Service) を提供したい。プロジェクト終了後をみすえたシステムの長期的運用には、オープンソースの地理情報システムおよびデータベースシステムの利用が望ましいが、それには高度な技術が必要であるため、中長期的な技術仕様の趨勢を見極めた上で、適切な運用システムを構築したいと考えている。

## Future development of the RNMH lithic industry database

Yasuhisa Kondo<sup>(1)(2)</sup>

1 Department of Computer Science, Tokyo Institute of Technology, Japan

2 Japan Society for the Promotion of Science



As of April 9, 2013, the RNMH lithic industry database *Neander DB 2.0* has recorded a total of 161 lithic industries from 4,514 cultural layers and 5,441 radiometric dates of 2,072 sites. These data were compiled from a total of 644 literature sources. The study area has already covered most part of Africa, Asia, Europe, and Oceania.

A progress of our database project was recently presented at the international conference of Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (Kondo et al. 2013), where a several number of foreign colleagues showed their great interest in this database. Now that we have less than two years to finalise the RNMH project, it is time to plan how we integrate and publicize the data and disclosure of the database after the project. This paper presents my ideas for the future development of the system and contents of the *Neander DB 2.0*.

The *Neander DB 2.0* comprises a table of bibliographic references and tables of archaeological information such as sites, cultural layers, radiometric dates, and lithic industries. At the moment, only the database team members have access to browse and edit records in the database. The metadata format of bibliographic information is based on *junii2* of the National Institute of Informatics (NII) and already amenable to data sharing and exchange. It is also highly possible to share data with the bibliographic databases hosted by the Steering Committee and the Research team B02 of the RNMH project. Most of the archaeological data need the quality check and further research by the team members before publication, although the database also contains a certain amount of the information that can be published soon, such as geocoordinates and references of the sites. Therefore, we could realize partial publication of the database in near future by focusing on the data that are already organized and leaving those that require further validation. The data should be published not only for the team/project members but also for the general public. I also suggest to provide a Web Map Service (WMS) such as the browse of archaeological maps and the download of geospatial data, with the help of WebGIS. It is preferable to apply open source Geographical Information Systems (GIS) and Database Management Systems (DBMS) for long-term operation of the database, although the implementation and maintenance of open source architecture generally requires a deep knowledge and high skill in system engineering. Therefore, we must carefully consider the future trend of the related computer technology to design an appropriate data publishing system.

#### Reference

Kondo, Y., S. Kadowaki, K. Sano, M. Naganuma, K. Nagai, K. Shimogama, H. Kato, A. Ono, Y. Nishiaki. 2013. Recent progress of the 'Replacement of Neanderthals by Modern Humans' lithic industry database. Paper presented at CAA 2013, held at University Club of Western Australia, Perth, Australia, March 25-28, 2013.

## 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： 2013 年度の研究計画

日暮泰男

大阪大学 大学院人間科学研究科

約4万5千年前から3万5千年前までの間に、旧人ネアンデルタールに取って替わり新人サピエンスがヨーロッパに拡散した。この旧人と新人の交替劇にいたる過程について、狩猟具の差異にもとづく仮説が提示されている。この仮説では、サピエンスは投槍器や弓矢といった複合的な飛び道具を使用しはじめたことによって、そうした技術をもたない旧人にたいして従来の狩猟対象獣の捕食効率や狩猟対象獣の幅において優位にたったことが交替劇の要因として重要視される。本研究プロジェクトでは、この仮説の検証をふくめ、飛び道具使用行動から交替劇について考察することを目的とする。

研究目的を達成するために、機能形態学的ならびに生体力学的方法論をもちいて、次の5つの点を明らかにする。

- (1) 各種の飛び道具（手投げの槍、投槍器、弓矢など）の長所
- (2) サピエンスの投擲中の身体運動
- (3) 投擲能力に影響する身体的要因
- (4) ネアンデルタールとサピエンスの骨格の形態差
- (5) ネアンデルタールと初期のサピエンスの投擲能力

今回は2013年度の研究計画を詳細に発表する。

## **Reconstruction of hunting behavior with projectile weapons in Neanderthals and early modern humans based on differences in skeletal morphology: annual research plan 2013-14**

Yasuo Higurashi

Graduate School of Human Sciences, Osaka University

Between about 45,000 and 35,000 years ago, Neanderthals in Europe were replaced by anatomically modern humans. Various explanations have been offered for processes leading to the replacement of Neanderthals by modern humans (RNMH). One argument has posited that modern humans developed complex projectile weapons, such as the spear thrower and dart and the bow and arrow, before the RNMH, and that these innovative technologies improved hunting efficiency and broadened the range of prey species availability. To test this proposed explanation, this research project examines the RNMH in terms of hunting behavior with projectile weapons.

Based on functional morphology and biomechanics, this project quantitatively investigates the following variables potentially related to the RNMH: 1) the respective advantages of using the hand-cast spear, spear thrower and dart, and bow and arrow in hunting; 2) body movement during spear throwing; 3) skeletal features influencing throwing ability in modern humans; 4) differences in the skeletal morphologies of Neanderthals and modern humans; and 5) spear-throwing ability in Neanderthals and early modern humans.

Here I present the annual research plan for the year 2013-14 in detail.

---

研究進捗・計画要旨  
ABSTRACTS

研究項目 A 0 2  
Research Team A02

---

研究項目 A 0 2  
「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」

**Research Team A02**  
*A Study of Human Learning Behavior Based on Fieldwork  
among Hunter-Gatherers*

## 学習と教育の進化に関する生態人類学的研究

寺嶋秀明  
神戸学院大学

今年度の研究課題として以下の項目を設定している。

1. ネアンデルタールからサピエンス的学習・教育への移行モデルの考察  
昨年度までの研究に基づき、ヒトにおける学習・教育の進化について図1のように

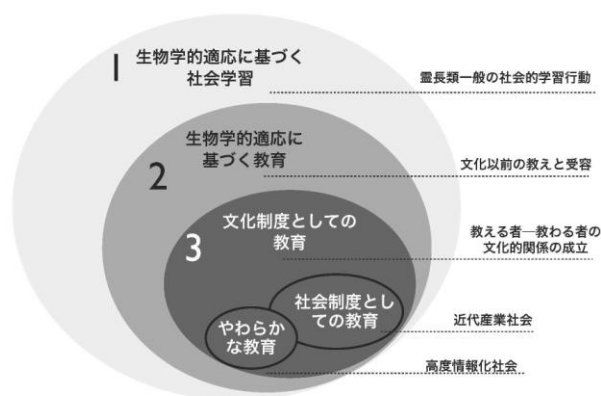


図1. 学習・教育の進化モデル

3段階モデル——(1)生物学的適応に基づく社会学習, (2) 生物学的適応に基づく教育 [ナチュラル・ペダゴジー], (3) 文化制度としての教育——を作成した(『交替劇 A02 班研究報告集3』)。ここでは現代社会に特徴的な「社会制度としての教育」ならびに「やわらかな教育」は、教育の新たな進化段階ではなく、それぞれ近代化以降の産業社会およびこれからの高度情報化社会に適応した「文化制度としての教育」内部でのヴァリエーションと位置づけている。

今年度は各段階における学習・教育の内容について、実証的データを吟味しながら、より精密な理論的検討を加えていきたい。とくに第2段階の生物学的適応に基づく教育から第3段階の文化制度としての教育への移行については、サピエンス的学習・教育(すなわち、脱ネアンデルタールレベルの学習・教育)の誕生の大きな一歩として捉え、現生狩猟採集民の実証的データや考古学的証拠さらに認知科学の成果に依拠しながら、さまざまな観点から考察をおこなう。

2. ネアンデルタールとサピエンスの生業システムに関する生態的モデルの考察  
交替劇の真相の解明には、ネアンデルタールとサピエンスそれぞれの生業システムの実態解明が不可欠である。これまで石器やその他の遺物などからネアンデルタールについては、強い肉食傾向が推測され、また、サピエンスについては魚や小動物など多

様な食料資源への依存が指摘されている。現生狩猟採集民の生態学的データと照合しながら、両者のそのような生態モデルの妥当性を検証する。同時に、それぞれの生業システムの特徴が両者の学習行動におよぼしたと思われる影響について考察をおこなう。

### 3. 芸術・儀礼・シンボリズムの役割と学習・教育の関わりについての考察

後期旧石器時代のサピエンスの特筆すべき行動の一つとして洞窟絵画の制作や装飾品の制作、埋葬などの儀礼の発展がある。洞窟絵画の制作動機や方法は依然として深い謎に包まれているが、試みとして生態系の中にそれらの象徴的活動を位置づけ、その役割について考察する。同時に、それらの文化要素と学習・教育との関係について検討を進める。

## **A research in ecological anthropology for learning and education in Neanderthals and *Homo sapiens***

Hideaki Terashima

Kobe Gakuin University

Next items are the research targets for this year.

### **I. A research on the evolution of teaching in *Homo sapiens* and the origin of teaching**

From the research conducted in this NMRH Project, I have proposed the three-step evolutionary model of learning and education in human beings (Terashima 2013). In brief, most basic step is a social learning based on biological adaptation, which is almost common with the social learning of other animals. The second step is the education based on biological adaptation, which includes “natural pedagogy” (Csibra and Gergely 2006). The third step is the education as cultural institution. Two substeps, education as a social institution and soft education, are included in this education as cultural institution. Those two categories are considered not to be evolutionary steps but an adaptation to specific social environments. The former is for the society based industrial production which developed from 19th century, and the latter for the present highly global information society. This year I will investigate more into the mode of learning and education on the second and third steps. Particularly I will go into detail of the transition from the education based on hereditary to the education carried out as a cultural institution.

## II. An ecological research on the subsistence system of Neanderthals and *Homo sapiens*

It is indispensable to understand the difference of subsistence system of Neanderthals and *Homo sapiens* to understand the reasons of the Replacement of Neanderthals by modern humans. It is pointed out that the Neanderthals had a strong preference for meat eating. On the other hand *Homo sapiens* looked for various food resources such as fish and small animals such as rabbits. Drawing on the contemporary hunter-gatherer data, such a difference of subsistence will be investigated, and at the same time, the relation of subsistence activities with the learning and teaching system will be considered.

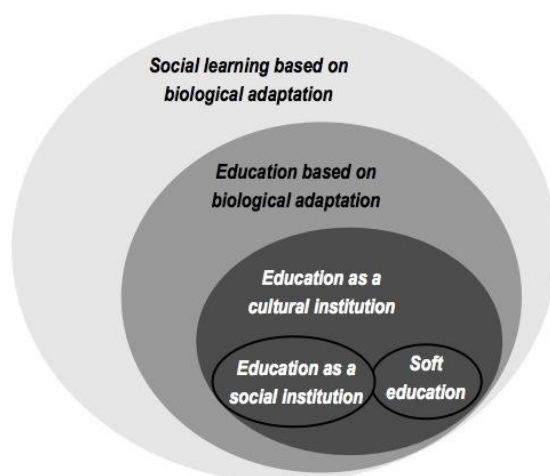


Fig. 1 Evolutionary steps of learning and education in human beings

## III. The relationship between symbolic development of *Homo sapiens* and their learning and teaching

One of the most outstanding features of *Homo sapiens* after the RNMH is the remarkable development of activities based on symbolic ability, such as rock paintings, ritual ceremonies, production of ornamental objects. Although the motivations and purposes of rock paintings are still unsolved mysteries, it seems plausible to think that such symbolic activities may have important relations with learning and teaching. I will try to put such symbolic activities into their ecological system and reconsider their roles from ecological point of view. Then I am going to give more consideration to the relations between the culturally symbolic elements and learning and teaching activities among hunter-gatherers.

## 子どもの道具使用の発達と他者理解—物の表象と行為の表象の観点から—

小山 正

神戸学院大学 人文学部

近年の発達心理学においては、道具使用の発達が注目されている。子どもの道具使用には認知発達が反映され、言語発達との関連も指摘されている (Spelke, 2009)。Spelke は、人間発達における道具使用に注目し、関連する乳児期からの認知システムを指摘している。それらは、1) 生命を持たない材料となる対象とそれらの動き、2) 意図を持つ行為主と彼らの行為にある目的、3) 環境における移動できる場所とその幾何学的関係、4) 物や出来事のセットと順序づけやその数的関係、5) 子どもと相互交渉する社会的パートナー、である。Spelke は、これらはヒトに普遍的で、それを基礎にわれわれの認知能力のその後の発達がみられるとして、「コア認識システム」と呼び、特にそれには表象の発達が関係していると考えている。また、Spelke (2009) は、人の発達は物の表象とも関係し、物の表象と行為の表象が人間発達においては重要であったとしている。一方、McCormack, Hoerl, & Butterfill (2011) らは、道具使用の獲得において、社会的学習とともに未分化な行動的ルーティンに注目している。

筆者は、これまで本交替劇プロジェクトで、人の日常生活での重要な要素として子どもの認知的柔軟性について指摘し検討してきた。物の表象の発達は、認知的柔軟性や道具使用に関連し、物の表象の発達基盤には他者理解があると考えるが、道具使用の発達と認知的柔軟性や他者理解の発達との関連性はまだ明らかにされていない。そこで本年度は、その点に注目し、表象発達の観点から子どもの認知的柔軟性や他者理解・他者認識の発達と道具使用との関連性を明らかにしていく。



## **Children's tool use development and understanding of others: From the view point of object representation and representation of actions**

Tadashi Koyama

Faculty of Science and Humanities, Kobe Gakuin University

Recently the development of tool use is one of the main focuses in developmental psychology. Cognitive development is reflected in tool use. And it is said that our imagining of tool objects and their functions activated the secondary language area of the brain (Spelke, 2009). She also focused on tool use in human development. She points out that there are at least five cognitive systems in human young infants: 1) inanimate material objects and their motions, 2) intentional agents and their goal directed actions, 3) places in navigable environment and their geometric relations to one another, 4) sets of objects or events and their numerical relationships of ordering and arithmetic, and 5) social partners who engage with the infant in reciprocal interactions (Spelke, 2009). She says those systems are universal across our species. She claims that those are "core knowledge system". Cognitive abilities unique to us are built on the core knowledge system, and pointed as a human way of representing object. Human toddlers begin to integrate information about objects and actions. According to Spelke (2009), the productive integration of object representation and representation of action is important for human development. McCormack, Hoerl, & Butterfill (2011) pay attention to the tool use acquired through the undifferentiated behaviorally routinized repeated practice and social learning.

I think that these things would develop in parallel with the development in understanding of others. I already pointed out that cognitive flexibility was a key competency in daily life for the RNMH Project. This year I will speculate on children's tool use development, the development of cognitive flexibility and understanding of others from the view point of object representation and representation of actions.

## バカピグミーの子どもたちの協調的創造活動 - コラージュ制作と描画から

山上榮子  
神戸学院大学

### 目的

2010年に始まった当プロジェクトにおいて、筆者は狩猟採集民バカピグミーの子どもたちを対象にして、学習力の基礎となる創造性とレジリエンスを検討した。方法としては、心理学的表現技法であるコラージュ、描画、ハンドテスト（投映法のひとつ）の刺激課題に、どう対応していき、どんな結果を出したかを見るものである。この課題遂行過程と産出物の検討の対象は、あくまで個々の子どもたちであった。そこで本年は、子どもたちどうしの関わり方や傍らにいる成人がどう干渉するかなどの協調的創造活動に焦点を当てて検討したい。「1 + 1 = 2以上の成果があらわれる」を仮説にして、課題達成に向けて集団がどう動いていくかを検討する。

### 個別活動についての研究結果

#### 1)課題遂行過程から

- \* 拒否や回避はなく、新奇素材への関心と探索、そして取り組み、完成に至った。
- \* 自分が扱いやすいように、状況を換える積極性と視点の転換が見られた。
- \* 多数の子どもは自分に無理のない道具の選択をし、2名の少年は果敢に複数の道具に挑戦して芸術的な描画を完成させ、天才（inventorに等価）の在り様を示した。

#### 2)産出物から

- \* 対人関係への強い関心と協調的コミュニケーションの重視。
- \* 子どもたちの興味関心、想像力は大きく、自らの文化と異文化の両方にオープンであり、取り入れたいという積極的動機づけが見られた。
- \* 産出物は極端な抑制や暴発がなくバランスがとれた表現であり、「拡散と集約」という創造性の要素が包含された。

以上、新奇状況に立たされても取り組もうとする積極性と、自分にとってあまりに困難な課題の場合は回避するという柔軟なコーピング行動をしており、このレジリエンスが、個々の子どもの学習行動を支えているのではないかと考えられた。

### 参加協力予定者と手続き

2013年夏、カメルーンに住むバカピグミーの子どもたち20~30名にアート制作協力をお願いする。具体的には、数名のグループ毎に、「食事風景」「好きな家や環境」などのタイトルを与えてグループでのコラージュ制作や描画に取り組んでもらう。

## **The cooperative creative activity of Baka-pygmy children : Through the group collage-making and drawing**

Eiko Yamagami

Kobe Gakuin University

### Purpose

In this project, I have been examining the creativity and resilience, the base of learning ability, through the psychological expressive techniques such as collage, drawing and the Hand Test for Baka-pygmy children. The focus, especially, was on the individual children in terms of the task process and products. Instead, this year I would like to explore the cooperative creative activity of the children, in which they interact each other or/and adults intervene in them. The hypothesis “one plus one can be more than two” will be discussed, observing the group activity.

### The outcomes of individual activity

#### 1) Creative process

\*Without rejection and avoidance, they accomplished the task, taking great interest and exploring the new materials.

\*They changed the situation intensively with a different viewpoint in order to perform their task easier.

\*Most children preferred to use a simple tool, while two ingenious boys tried to use complex ones to accomplish their artistic works.

#### 2) Creative products

\*Great interest in interpersonal relationships and respect for cooperative communication.

\*The children’s interest and imagination were remarkable, and they were open to the different culture as well as their own.

\* Their creative products had a good balance without any restraint and explosion, involving “diffusion and integration” as important elements of creativity.

### Participants and Procedure

Several small groups with Baka-pygmy children in Cameroon will be expected to participate in the art activities. Each group will be asked to make collage and to draw together with titles of “The meal scenery” and “The favorite house and environment” and so on.

## 2013 年度研究計画：サンの道探索実践における協調的な行為の相互調整

高田 明

京都大学 大学院アジア・アフリカ地域研究研究科

行為理論 (action theory) は、行為が行われる時点での環境の構造と関連づけて言語の使用法を分析する (Goodwin 2000). 道探索実践 (wayfinding practices) は、行為理論を発展させていくために非常に有望な研究領域である. これまで私は、南部アフリカの狩猟採集民として知られるサンのサブ・グループであるグイ、ガナ、クンを対象として、その膨大な環境知識の構造的な側面を明らかにしてきた. その知識のシステムは、サンの道探索に関わる技術の背景となっている. さらに彼らの会話を分析することによって、彼らがさまざまな日常的活動の実践を通して、そのナビゲーションの偉業を達成していることがわかる. これらの知見に基づいて今年度は、経験豊富なハンターが、相互行為においてある行為を行う際、さまざまな記号論的な資源（とくに姿勢、身ぶり、文法に注目する）を用いて、相互行為の参与者にどのように方向を指示しているのかを明らかにする. これによって、協調的な相互調整がどのように実践されているのかについて分析を行う. 相互行為におけるこうした協調的な相互調整は、本プロジェクトで議論されている社会的学習の基礎にもなっていると考えられる.

### **Research proposal in 2013(fiscal year): Cooperative mutual-coordination in the wayfinding practices among the G|ui/G|ana**

Akira Takada

The Graduate School of Asian and African Area Studies, Kyoto University

Wayfinding practices constitute a promising research domain for the development of action theory, which analyzes language use in conjunction with the structure of the environment at the point of action (Goodwin 2000). Thus far, the author has clarified the structural aspects of the immense environmental knowledge of G|ui, G|ana, and !Xun, three subgroups of the San, "hunter-gatherers" of southern Africa. This knowledge system constitutes the background for San wayfinding skills. Moreover, analysis of their conversations shows that their various daily activities are the means by which they achieve their feats of navigation. Based on these findings, in this fiscal year, I will investigate how an experienced hunter displays directional markers by deploying various semiotic resources, particularly postures, gestures, and grammar, to the participants of interaction at the point of action. Thereby I will analyze the practices of cooperative mutual-coordination, which arguably forms the basis of the social learning discussed in the replacement project, too.

## 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

山内太郎

北海道大学 大学院保健科学研究所

本研究は H23-24 に実施された第 1 期招待研究の継続・発展を企図する研究である。現代に生きる狩猟採集民のライフステージ（成長発育段階）と栄養生態に関するフィールド調査を基に仮説を構築し、化石資料とシミュレーションによって「学習能力」の基盤となるネアンデルタールの生理・生態・成長を検証することを目的とする。

主な研究項目を 3 点挙げる。

### 1. ネアンデルタールのライフステージ：

身長に関して思春期スパートの有無、その程度を検討し、子ども期（離乳からスパート開始時まで）の長さを推定することにより、ネアンデルタールの成長パターンを再現する。

### 2. ネアンデルタールの寒冷適応：

ネアンデルタールが居住していた環境（外気温）などのデータを勘案し、基礎代謝量を推定する。また、基礎代謝量は筋肉量に比例するため、ネアンデルタールの筋肉量を推定し、寒冷適応の要因を解明する。

### 3. ネアンデルタールの栄養生態

エネルギー摂取量、消費量、ロコモーション（歩行効率）：狩猟採集民の狩猟活動のエネルギーコスト、狩猟活動に従事する時間をベースとしてネアンデルタールのエネルギー必要量を推定する。

上記の研究項目と並行して、平成 25 年度は第 1 期招待研究で取り組んできたピグミー系狩猟採集民（BAKA）の子どもを対象として継続調査を行う。とくに、狩猟採集民の子どもの「成長」、「エネルギー代謝」、「行動」に焦点をあてる。

## **Life history and nutritional ecology of the Neanderthals**

Taro Yamauchi

Graduate School / Faculty of Health Sciences, Hokkaido University.

Following a previous study, which was an invited research, carried out in the FY 2011–2012, we have continued to conduct field researches on hunter-gatherer populations such as the African Pygmies, Australian Aborigines, and Alaskan Inuit.

This study aims to create hypotheses on the physiology, ecology, and growth pattern of the Neanderthals using findings from field researches on modern hunter-gatherers, fossil materials, and computer simulation.

### Research Topics

#### 1. Life history of the Neanderthals

- Infer the existence of the adolescent growth spurt and estimate its characteristics.
- Estimate the length of childhood (i.e., from weaning to the onset of growth spurt).

#### 2. Metabolic adaptation to the cold environment

- Estimate the basal metabolic rate.
- Calculate the lean body mass.

#### 3. Nutritional ecology of the Neanderthals

- Estimate the daily energy budget (intake vs. expenditure).
- Deduce energy requirements for the Neanderthals on the basis of the energy expenditure on hunting and gathering activities and the time spent in these activities.



---

研究進捗・計画要旨  
ABSTRACTS

研究項目 B 0 1  
Research Team B01

---

研究項目 B 0 1  
「ヒトの学習能力の進化モデルの研究」

**Research Team A01**  
*Research on Evolutionary Models of Human Learning Abilities*



## 学習戦略進化および文化進化速度に関する理論的研究

青木健一

明治大学 研究知財戦略機構

1. 一対多伝達が文化進化速度に及ぼす効果について、Aoki et al. (2011, *Theor Popul Biol* 79) のモデルを模範者が複数いる場合に拡張して研究する。一対多伝達がある場合の集団サイズの効果にも注目する。海外共同研究者・Lehmann と昨年12月に始めた共同研究であるが、今年度中に完成させる。
2. 教示が進化する条件を理論的に解明するため、Aoki and Feldman (1987, *Proc Natl Acad Sci USA* 84) のモデルを拡張して研究する。教示者は非教示者に比べて、有用な文化要素を効率的に伝達できるが、損失を被ると仮定する。また、環境変化の効果は、情報劣化として取り入れる (Aoki and Feldman 2013, *Theor Popul Biol* 印刷中)。海外共同研究者・Feldman と今年7月より共同研究を始める予定である。
3. 文化の発展的進化と逆行的進化がそれぞれ起きる条件を理論的に解明する。一つの方法は、Henrich (2004, *Am Antiquity* 69) のモデルを一般化することであるが (例えば Kobayashi and Aoki 2012, *Theor Popul Biol* 82)、さらに良い方法を模索する。

## **Theoretical studies on learning strategy evolution and cultural evolutionary rate**

Kenichi Aoki

Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties,  
Meiji University

1. The effect of one-to-many transmission on the cultural evolutionary rate will be investigated by generalizing the model of Aoki et al. (2011, *Theor Popul Biol* 79) to allow multiple exemplars. The effect of population size will also be considered. This project was initiated last December in collaboration with Laurent Lehmann and will be completed this fiscal year.
2. Conditions for the evolution of teaching will be investigated by generalizing the model of Aoki and Feldman (1987, *Proc Natl Acad Sci USA* 84). Teachers as opposed to non-teachers are assumed to more efficiently transmit a useful cultural trait but to suffer a cost. Environmental change is incorporated as information decay (Aoki and Feldman 2013, *Theor Popul Biol*, in press). This project will be initiated in July of this year in collaboration with Marc Feldman.
3. Conditions supportive of progressive and regressive cultural evolution will be investigated. This problem can be addressed by a generalization of the model of Henrich (2004, *Am Antiquity* 69) (e.g. Kobayashi and Aoki 2012, *Theor Popul Biol* 82), but an attempt will be made to find a better approach.

## 学習と活用のトレードオフ：蓄積的文化進化におけるパレート最適な学習スケジュールと、進化的に安定な学習スケジュール

若野友一郎

明治大学 先端数理科学インスティテュート

文化の継承は社会学習によって、文化の発展(改善)は個体学習によって実現される。蓄積的文化進化のためには、個体の生涯において社会学習と個体学習がこの順番で行われる必要がある。しかしながら、そのような学習スケジュールが個体の適応度を最大化するとは限らない。そこで、安定環境下における2ステージ型生活史戦略のモデルにおいて、個体の人生時間の最適配分を研究した。数理的解析の結果、もし学習と学習結果の活用との間にトレードオフが存在し、活用に割く時間が学習には使えないと仮定すると、個体の適応度を最大化するような学習スケジュールは、蓄積的文化進化を実現しにくいことが明らかとなった。蓄積的文化進化によって支えられる高い文化レベルは、各個体が利己的に振舞うというゲーム理論の仮定のもとでは、崩壊することが予測される。すなわち、学習に割く時間を減らして、活用・繁殖に割く時間を増やそうという誘惑から逃れられない。本研究は、現世人類で見られたような急速な蓄積的文化進化が実現するためには、群淘汰や環境変動、あるいは活用と学習を同時に行える能力などの要因が必要であることを示唆しており、これらの要因がサピエンスとネアンデルタールの文化の違い、ひいては交替劇を引き起こした可能性がある。これらの研究成果を踏まえ、H25年度の研究計画としては、上に述べたような要因を具体的に数理モデルに組みこむことにより、蓄積的文化進化が遺伝子の進化によって引き起こされるメカニズムを解明する計画である。

## **Trade-off between learning and exploitation: the Pareto-optimal versus evolutionarily stable learning schedule in cumulative cultural evolution**

Joe Yuichiro Wakano

Meiji Institute for Advanced Study of Mathematical Sciences, Meiji University

Inheritance of culture is realized by social learning and improvement is realized by individual learning. To realize cumulative cultural evolution, social and individual learning should be performed in this order in one's life. However, it is not clear whether such learning schedule evolves as the maximization of individual fitness. Here we study optimal allocation of life time to learning and exploitation in a two-stage life history model under constant environment. We show that the learning schedule by which high cultural level is achieved through cumulative cultural evolution is difficult to evolve as a result of the maximization of individual fitness, if there exists trade-off between the time spent in learning and the time spent in exploiting the knowledge that has been learned in earlier stages of one's life. Collapse of fully developed culture is predicted by a game-theoretical analysis where individuals behave selfishly, e.g., less learning and more exploiting. The present study suggests that some factors like group selection, the ability of learning-while-working, or environmental fluctuation might be important for rapid and cumulative cultural evolution observed in humans. Based on these achievements, in the year of 2013, I plan to propose and analyze a model incorporating the above-mentioned factors and to study a mechanism by which cumulative cultural evolution is triggered by genetic evolution.

## 累積性を持つ文化に対する学習能力の進化

大槻 久

総合研究大学院大学 先端科学研究科

文化進化の特徴の一つに累積性が挙げられる。石器一つをとっても、その形状や製法はある日突然発見されたものではなく、長い年月に渡る改変に次ぐ改変を経て得られるものであり、模倣を通じた社会学習と、試行錯誤を通じた個体の学習の蓄積物であると言って良い。

もし個体学習と社会学習の能力の間にトレードオフを想定するならば、社会学習に長けた個体が高度な累積的文化を確実に模倣によって手に入れられるのに対し、個体学習に長けた個体は毎世代それを自らの力で獲得せねばならない。したがって、文化の累積性を考慮した場合には、個体学習者は既存のモデルが仮定するよりも大きな学習コストを支払っていると考えられる。文化的表現型を一次元整数値で表した表現型モデルを用いて、文化進化速度、ならびに個体学習者と社会学習者の進化ダイナミクスに関して得られた予備的結果を発表するとともに、今後の二年間の研究計画について話す。

### **Evolution of learning abilities of cumulative culture**

Hisashi Ohtsuki

School of Advanced Sciences, the Graduate University for Advanced Studies

One of the characteristics of cultural evolution is its cumulative nature. Speaking of stone tools as an example, its shape and recipe are the results of continuous modifications over years, which can never be obtained in a single day. In other words, they embody the accumulation of social learning through imitation and individual learning through trial and error.

If one assumes a trade-off between abilities in individual and social learning, social learners can easily obtain high-level cultural knowledge through imitation whereas individual learners have to find its counterpart by themselves. Taking into account the cumulative nature of culture, therefore, the latter must pay much more cost than previously assumed in existing models. Through a one-dimensional phenotype space model, where an integer represents a cultural phenotype, I talk about some preliminary results on the speed of cultural evolution and evolutionary dynamics of individual and social learners, as well as my research plan for these two years.

## 精神疾患から紐解く新人と旧人の学習能力の違い

早川敏之

京都大学 霊長類研究所

世代を越えて文化や文明を伝えていくホモ・サピエンスには、コミュニケーションによる集団社会での学習が重要である。そして、集団社会での学習に関わると考えられる精神疾患に、他者とのコミュニケーションに障害が生じる統合失調症があげられる。この統合失調症のリスク回避に役立つと見られる分子に、**Siglec-11**がある。

**Siglec-11**は、細胞表面糖鎖末端に位置する単糖であるシアル酸を認識する受容体であり、ヒト特異的に脳ミクログリアでの発現を獲得し、神経保護機能をもつ。**Siglec-11**のヒト特異的な脳での発現獲得は、約100万年前、**Siglec-11**遺伝子に脳での発現を獲得する変異が生じたためとみられ、この脳発現変異の出現は、サピエンス（新人）とネアンデルタール人（旧人）の分岐（約90万年前）の直前である。このことは、脳での発現は新人でのみ固定し、新人のみ統合失調症的な状態を克服し集団としての学習能力を発達させ、この新人と旧人の集団としての学習能力の違いが、それら人類の交替劇の一因となった可能性を提起する。

そこで、世界規模のヒト集団サンプルにて**Siglec-11**遺伝子のハプロタイプを解析し、脳発現獲得における自然選択の効果を調べ、新人の集団でのみ脳発現変異が固定していることを検証する。本研究は、新人と旧人との交替劇の要因が、集団としての学習能力の違いであったことを、分子レベルで明らかにするものである。

## Schizophrenia and the evolution of learning ability of population

Toshiyuki Hayakawa

Primate Research Institute, Kyoto University

Learning through social communication is essential for the transmission of culture and civilization in modern human populations. Schizophrenia is one of the mental disorders, and people suffering from schizophrenia have trouble in social communication. It is therefore considered that learning through social communication is disrupted by the onset of schizophrenia.

Sialic acids are a family of nine-carbon sugars that are found at the terminal end of glycan chains on cell surface. Siglec-11 is a sialic-acid receptor that gained expression on brain microglia uniquely in the human lineage, and shows a neuroprotective function in brain immunity. It has been suggested that Siglec-11 is involved in the risk for schizophrenia. A mutation that conferred the brain expression of Siglec-11 occurred about 1 million years ago just before the divergence between modern humans and Neanderthals. It is therefore possible that the mutation conferring the brain expression of Siglec-11 was fixed only in modern human populations and enhanced the learning ability of population uniquely in the lineage of modern human. The difference in learning ability of population between modern humans and Neanderthals might be one of the factors that caused the replacement of Neanderthals by modern humans.

To test this hypothesis, natural selection at the *SIGLEC11* loci in the lineage of modern human will be examined by the population genetics analysis of haplotypes.

## 脳神経を介して遺伝的基盤と認知・行動を結びつける

山口今日子

琉球大学 大学院医学研究科

ヒトとネアンデルタールの交替劇に学習能力や社会性がどのように関与したかを検証するために、遺伝的データを用いたアプローチは有用であろう。昨年度は、現代人のゲノムワイド関連解析のデータベースを用いて、特に学習能力や社会性に関係すると考えられる脳神経の形質や精神疾患と関連のある SNP を選出した。一例として、Paired-like homeobox 2b (PHOX2B) という自律神経発生やモノアミンの合成に関わる遺伝子の調節領域の SNP は、扁桃体の反応と関連することが知られる (Ousdal et al. 2012)。扁桃体は表情の読み取りに関与すると言われているが、その容量が社会ネットワークサイズと相関することも示されている (Bickart et al. 2011)。二つの結果を合わせると、PHOX2B の遺伝子型から社会ネットワークのサイズを推測できるかもしれない。このように、次々と報告される GWAS と脳科学の結果を結びつけることが必要である。

そこで、2013 年度の研究計画としては、まずヒトの認知や行動の遺伝的基盤の最新の見解を得ることを目的に、脳神経科学で分かっている認知・行動の神経基盤と、GWAS を含む遺伝学研究で示されている脳・神経系の遺伝基盤とを、脳・神経をハブに見直すことから始める。また、ネアンデルタール DNA の研究から、ヒトの系統で正の淘汰を受けた可能性のあるゲノム領域が示されている (Green et al. 2010)。このゲノム領域の中には機能が分かっていないものもあったが、2010 年以降のゲノムワイド関連解析で明らかになったものがあるか精査する。さらに、新たに公開されたネアンデルタール DNA 配列データも併せて、デニソワ/ネアンデルタールゲノムとヒトゲノムを比較し、認知や行動の遺伝子の違いを検討することにより、両者の交替劇を考証する。



## **Connecting genetic data with cognition and behavior**

Kyoko Yamaguchi

Graduate School of Medicine, University of the Ryukyus

Genetic data would be a useful tool to test the involvement of learning and social ability in the replacement of Neanderthals by modern humans. Last year, the author selected single nucleotide polymorphisms (SNPs) that are associated with the traits of brain, nerve, and mental disorders using a database of genome-wide association studies (GWAS), because these traits are possibly related to learning ability or sociality. An example is an association of the amygdala reactivity with a SNP in a regulatory region of the Paired-like homeobox 2b (PHOX2B), a gene necessary for the development of autonomic nervous system or synthesis of monoamines (Ousdal et al. 2012). The amygdala is implicated in cognition of facial expressions, and is demonstrated to have an association with social network size in modern societies (Bickart et al. 2011). These results from different studies may allow us to estimate social network size based on the genotype of PHOX2B for an individual or a species. Thus, it is necessary to connect a growing number of reports of GWAS and neuroscience.

For the fiscal year of 2013, I start with reviewing the neural basis of cognition and behavior in the studies of brain-neuroscience, and the genetic basis of brain and nervous system in the studies of genetics and molecular science, with brain and nervous system as a hub, in order to grasp the most recent view of the genetic basis of cognition and behavior. Then, using the results, I will examine the function of the genomic regions that were possibly selected in the lineage of modern humans, including the regions suggested in the study of Neanderthal DNA (Green et al. 2010). Furthermore, I will investigate the replacement of Neanderthals by modern humans, by comparing the genes related to cognition or social behavior between Denisova/Neanderthal and modern human genomes, using newly publicized sequence data of Neanderthal DNA.

---

研究進捗・計画要旨  
ABSTRACTS

研究項目 B 0 2  
Research Team B02

---

研究項目 B 0 2  
「旧人・新人時空分布と気候変動の関連性の分析」

**Research Team B02**  
*Reconstructing the Distribution of Neanderthals and Modern  
Humans in Time and Space in Relation to Past Climate Change*

## 研究項目 B02 : 旧人・新人時空間分布と気候変動の関係性の分析

米田 穰<sup>(1)</sup>、阿部彩子<sup>(2)</sup>、小口高<sup>(3)</sup>、川幡徳高<sup>(2)</sup>、横山祐典<sup>(2)</sup>

(1) 東京大学 総合研究博物館

(2) 東京大学 大気海洋研究所

(3) 東京大学 空間情報研究センター

本研究では、更新世後期におこった急激な気候寒冷化の繰り返しが、新人と旧人の認知能力に与えた影響について実証的なデータを提示することを目的とする。そのためには、気候に関する時間的変化のみならず、空間的な分布についても情報が必要になる。前者については、氷床コアや石筈などから詳細なデータを得ることが可能となり、全球レベルでの変動が明らかになりつつある。しかし、新人と旧人が経験した気候変動の「違い」を明らかにするためには、気候の空間的な分布の変化と、旧人・新人の分布域の変化の関係性を明らかにする必要がある。

本研究では、気候変動の時空間的変動を復元するために、大気・海洋結合モデルを用いたシミュレーションを用いて、全球の気候分布図を作成する。限られた計算機資源を最大限に活用するために、グリーンランド沖に淡水を附加するホーシング実験を行い、その差分をもとに、寒冷化イベントの影響を加味する新たな方法を考案している。今年度は、気候条件から推定される植生の変化を定量的に推定し、実際に得られている湖沼堆積物コアの花粉データによる方法論の評価を実施し、よりモデルの諸条件についての検討を進める計画である。

旧人・新人の分布についても時空間変動を復元することが必要なため、放射性炭素を中心とした理化学年代データベースを構築している。これまでに報告された理化学年代には信頼性が極めて低いものも含まれており、データの品質を評価して、より正確な分布推定法を新たに構築しているところである。データが比較的まとまっており、石器文化変遷のモデルが提案されているレヴァント地方を対象として、方法論、素材、誤差の大きさなどを用いたシンプルなモデルでも文化変遷の様子をより明確に示すことが可能であることが明らかになった。今年度は、データ精査をヨーロッパについて実施し、ヨーロッパでの旧石器文化変遷の再評価を実施する計画である。特にある時点での空間的な分布域を確率分布として評価する方法を新たに開発する。また、研究項目 A01 と協力して東ユーラシアの理化学年代についてデータベースの構築を実施する。

上記で得られた気候分布図と旧人・新人分布を比較し、両者の気候変動に対する挙動の相違を客観的に抽出するために、生態学ニッチモデルを応用したシステムを構築している。およそ3万年前と4万年前の寒冷化イベント（HE3とHE4）について、予備的な古気候分布図を利用して、遺跡立地地点の気候条件を評価したところ、新人ではより寒冷的な冬にも耐えられるという変化が顕著であることが示された。ただ、寒冷化イベント前後の変化は顕著ではなかった。これは、各遺跡における年代データの誤

差範囲が気候変動の速度よりも大きいことに起因しており、気候変動の影響が顕著ではない可能性があることが示された。この問題を解決するためには、年代データの時間解像度を改善するための方法論的な検討が必要であり、本年度はこの問題を解決することも重要な課題である。

## **Reconstructing the distribution of Neanderthals and modern humans in time and space in relation to past climate change**

Minoru Yoneda<sup>(1)</sup>, Ayako Abe-Ouchi<sup>(2)</sup>, Takashi Oguchi<sup>(3)</sup>, Hodaka Kawahata<sup>(2)</sup>, and Yusuke Yokoyama<sup>(2)</sup>

(1) The University Museum, the University of Tokyo

(2) Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

(3) Center for Spatial Information Science, the University of Tokyo

In this project B02, we are trying to evaluate the learning hypothesis in relation to the different effects of climate change on both archaic and modern humans. For testing the hypothesis, we have to investigate the temporal change of both paleoclimate and human distributions. Although detailed information of past climate change is available from ice cores, stalagmite and so on, spatial distribution of climate is also essential in extract the difference of climatic impact on both archaic and modern humans.

For making a series of paleoclimate maps, one of authors (A. Abe-Ouchi) and her colleagues have improved their coupled ocean-atmosphere model to reconstruct drastic cooling event such as Heinrich Events. At the same time, distribution of human species was estimated by building a database of geochronological data, such as radiocarbon ages. When we compare the reconstructed paleoclimate and probability of human occupation, we can extract the feasible climate for both humans at a specific point of time. Preliminary comparison between 30ka and 40 ka using an Ecological-Niche model, MaxEnt with improvement, the clear difference in tolerance to winter temperature was observed only modern human. However, short-period comparison between before and during cooling event did not show clear difference. This probably caused by the large uncertainty of chronological data. We have to develop new methodology to solve this problem.

## MIROC 気候モデルによる更新世後期の気候シミュレーション：モデル結果の概要およびプロキシデータとの比較

陳永利<sup>1</sup>、阿部彩子<sup>1,2</sup>、大石龍太<sup>1,3</sup>、高橋邦生<sup>2</sup>

1. 東京大学 大気海洋研究所
2. 海洋研究開発機構
3. 国立極地研究所

更新世後期は温暖な最終間氷期（約 13 万年前）から現代を含む完新世（約 1 万 2 千年前）まで続いた時代であり、その大部分は氷期であった。この時代に、現生人類が世界中に拡散し、ネアンデルタール人をはじめとした他種のヒト属が絶滅したと考えられている。

過去及び将来の気候を理解するために、さまざまな気候モデルが用いられてきたが、本研究では MIROC (Model for Interdisciplinary Research on Climate) を用い、更新世後期を対して、タイムスライス実験を行った。異なる格子解像度とモデル構成を生かし、中解像度大気モデル、中解像度大気海洋結合モデル、高解像度大気モデルという三つのモデル設定を適宜用いたが、本発表では 1 万 5 千年前のタイムスライス実験に注目して、それぞれのモデル設定での結果を比較し、気候の一般的な特徴を議論する。

気候モデルにはプロセスの簡素化やパラメタリゼーションが含まれているので、結果は現実とは完全には一致しない。将来の気候変動予測の信頼性を評価するために比較する観測データは存在しないが、過去の気候再現結果を古環境プロキシデータ（代用記録品）と比較すれば、モデルの推定値の信頼性を判断できる。氷床コアや花粉、サンゴ、湖沼堆積物などのプロキシデータが集積されデータベース化されており、特に洞穴の石筍から得られる同位体データは、古モンスーンのパターンについての有用な手掛かりとなる。本研究では、モデル結果とプロキシデータから推定された気温・降水を比較しモデルの再現性を確認し、高解像度化によってその再現性がどのように改善されるかを調べた。

## **Modeling the climate of the Late Pleistocene with MIROC: A general overview of results and comparisons with proxy-derived data**

Wing-Le Chan<sup>1</sup>, Ayako Abe-Ouchi<sup>1,2</sup>, Ryouta O'ishi<sup>1,3</sup> and Kunio Takahashi<sup>2</sup>

1. AORI, the University of Tokyo, Kashiwa

2. JAMSTEC, Yokohama

3. NIPR, Tachikawa

The Late Pleistocene was a period which lasted from the Eemian interglacial period, about 130,000 years ago, to the start of the warm Holocene, about 11,700 years ago. Much of the Late Pleistocene was characterized by glaciation. It was also a period which saw modern humans spread throughout the world and other species of the same genus, like the Neanderthals, become extinct.

Climate models of various complexities have been used to understand both past and future climates. In our present study, we have used three variants of MIROC (The Model for Interdisciplinary Research on Climate), a global climate model, for time slice experiments within the Late Pleistocene: two mid-resolution models (an atmosphere model and a coupled atmosphere-ocean model) and a high-resolution atmosphere model. We discuss the general features of the modeled climate for a 15ka time slice.

Climate models are not capable of simulating climates perfectly since they include simplifying assumptions and parameterizations. As it is not possible to verify the reliability of simulations of future climate changes with observational data, comparing simulations of past climates against proxy-derived data provides a valuable tool to evaluate the models and investigate the degree of confidence in model estimates. A wide variety of proxy data exists, including ice cores, pollen grains, corals and lake sediments. Speleothems, mineral deposits formed inside limestone caves, contain several useful climate records like carbon and oxygen isotopes and can provide clues to temperature and precipitation, and hence paleomonsoon changes, over long periods of time. We compare our climate model results with some available proxy data to investigate where simulations show good agreement and how higher model resolution can offer further improvements.

## アラビア半島南東部における後期更新世以降の地形発達史と人類遺跡

小口 高<sup>(1)</sup>・近藤康久<sup>(2)(3)</sup>

- 1 東京大学 空間情報科学研究センター
- 2 東京工業大学 大学院情報理工学研究科
- 3 日本学術振興会

第四紀の地形発達は、居住や生活に適する土地の形成や破壊を含むため、人類の活動を規定してきた。地形発達は、人類の活動を規定するもう一つの自然的要因である気候とも密接に関連する。たとえば乾湿の変化は、地表における流水の挙動と、その結果生じる侵食や堆積の様式を変える。このため、表層地質と関連した地形の形成史から古気候を推定できる。このような地形、人類、気候の関係を後期更新世の中東について検討することは、旧人と新人の交替劇と密接に関連する重要な課題である。ただし現在の中東でこの種の研究を行う際には、各国の治安の状況を考慮する必要がある。紛争が多発している場所での地形調査は、そこが学術的に重要であっても、実施が困難である。

上記の点を考慮し、後期更新世の人類史を考える際に重要であり、かつ政情が安定している中東の一地域において地形発達と考古遺跡に関する研究を行うことを計画し、2013年2月にオマーン内陸部のイブリ県アル＝アリド (Al-Arid) 地区において予備調査を実施した。調査区域はワディ・アル＝カビール (Wadi al-Kabir; 以下 WKB) とワディ・アル＝フワイバ (Wadi al-Khuwaybah) という2つの西流する大規模なワディ (涸れ川) に挟まれた盆地である。調査区の北縁を画するハウラート・アル＝アリド (Hawrat al-Arid) 山の南麓には明瞭な崖錐斜面があり、その一部が侵食により開析されている。残存する元の斜面の上には中期旧石器が分布することから、斜面の侵食は MIS 5 以降に起こったと推定される。また、WKB 東側のワディ・マクニヤート (Wadi Maqniyat) 付近では、現在の河川規模とは対応しない広大な東流する網状流の地形がみられ、過去に WKB による河川争奪が発生したことを示唆する。このような変化を含む地形発達史は、後期更新世～完新世の人類活動や遺跡・遺物の分布に影響を与えたと推定される。そこで、高解像度のデジタル標高モデル (DEM) を用いて調査地の地形を解析した上で、2014年初頭に地形学、考古学、および堆積学の研究者による現地調査を実施し、地形発達と遺跡・遺物分布との関係を詳しく明らかにする予定である。



## **Late Quaternary landform development and archaeological ruins in the south-eastern Arabian Peninsula**

Takashi Oguchi<sup>1</sup> and Yasuhisa Kondo<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Center for Spatial Information Science, the University of Tokyo

<sup>2</sup> Department of Computer Science, Tokyo Institute of Technology

<sup>3</sup> Japan Society for the Promotion of Science

Quaternary landform development has been controlling human activities because it includes the creation and destruction of land suitable for settlement and activities. Landform development is closely related to climate, another important physical factor affecting human activities. For example, changes in wetness alter fluvial processes and the mode of resultant erosion and deposition. This permits the estimation of paleoclimate from the study of landforms and surficial geology. For the study on the replacement of Neanderthals by modern humans, the relationship among Late Pleistocene landform formation, human activities, and climate in the Middle East is essential. For such a research, attention has to be paid to the current safety of each country, because visiting a place with disputes should be avoided.

Considering the above points, we decided to investigate an area in the Middle East which is important in terms of Late Pleistocene human history and is under a stable political condition. We conducted a preliminary survey in the Al-Arid region, Ibri Province, inland of Oman in February 2013. The study area is a basin between two large wadi systems: Wadi al-Kabir (WKB) and Wadi al-Khuwaybah. At the southern foot of Mt. Hawrat al-Arid, along the northern edge of the study area, partially dissected talus slopes are distributed. Lithic artefacts of the Middle Paleolithic are found on the non-dissected slope units, indicating that the dissection took place during or after MIS 5. Along Wadi Maqniyat, located to the east of WKB, a broad alluvial plain with braided channels inclining to the east occurs, indicating the past stream piracy by WKB. Landform development in the study area including the above noted changes probably affected human activities since the Late Pleistocene and in turn the distribution of archaeological ruins and artefacts. We plan to investigate the detailed relationship between landform development and the distribution of ruins and artefacts, through the analysis of a high-resolution digital elevation model (DEM) and a field survey by a team of geomorphologists, archaeologists and sedimentologists in early 2014.

## 古環境 WebGIS の公開

近藤康久<sup>(1)(2)</sup>・宋 苑瑞<sup>(3)</sup>・小口 高<sup>(3)</sup>

1 東京工業大学 大学院情報理工学研究科

2 日本学術振興会

3 東京大学 空間情報科学研究センター

筆者らは2010年8月より更新世の水文・表層環境・海洋・生物・気候・年代測定に関する論文情報の WebGIS データベース「PaleoGeo」の構築を進めてきた（小口・近藤 2011, 小口他 2012a, 2012b, 宋他 2013）。2013年3月末までに、当該分野の主要国際学術誌 13 誌に掲載された 7,940 件の文献情報を収録した。交替劇プロジェクトの研究期間が残り 2 年となり、PaleoGeo の今後の活用方策について検討を進めている。

PaleoGeo は第一義的には文献データベースであり、関係する分野の研究者に公開して広く活用してもらうことが望まれる。対象とする研究者は 4 種類に区分できる。第一の対象は研究班（B02 班）のメンバーであり、PaleoGeo を基盤として各自の文献リストを共有することにより、円滑な共同研究を実現したい。第二の対象は交替劇他班のメンバーであり、総括班のシステムを通じて情報共有を図りたい。第三の対象は世界の同業他プロジェクトの研究者であり、これについては連携・データ交換の方法を模索するため、本年 11 月にドイツ・ROCEEH プロジェクトのデータベース担当者と会談する予定である。第四の対象は上記以外の研究者・市民であり、プロジェクト終了時点までに PaleoGeo の一般公開を果たしたいと考えている。そのためには、恒久的に運用できる Web サーバの設置と著作権の処理を行う必要があり、これが今年度以降の課題である。

### 参考文献（日本語）

小口 高・近藤康久（2011）「インターネット GIS を用いた人類進化と気候変動に関する情報の発信」日本地球惑星科学連合 2011 年大会要旨集。

<http://www2.jpгу.org/meeting/2011/yokou/BPT025-06.pdf>.

小口 高・近藤康久・高屋康彦・河端瑞貴（2012a）「古環境の文献から得た情報を地図化するための WebGIS」日本地球惑星科学連合 2012 年大会要旨集。

<http://www2.jpгу.org/meeting/2012/session/PDF/B-PT24/BPT24-P02.pdf>.

小口 高・近藤康久・高屋康彦・河端瑞貴（2012b）「古環境 WebGIS の更新」荻原直道編『科学研究費補助金（新学術領域研究）「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」第 5 回研究大会』p. 69.

宋 苑瑞・小口 高・近藤康久（2013）「古環境 WebGIS の更新と改善」米田 穰編『科学研究費補助金（新学術領域研究）「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」第 6 回研究大会』pp. 133-134.

## Publication of the PaleoGeo WebGIS

Yasuhisa Kondo<sup>(1)(2)</sup>, Wonsuh Song<sup>(3)</sup>, Takashi Oguchi<sup>(3)</sup>

1 Department of Computer Science, Tokyo Institute of Technology

2 Japan Society for the Promotion of Science

3 Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo

Since August 2010, we have been compiling the PaleoGeo WebGIS database concerning research articles dealing with hydrology, earth surface, biology, oceanology, climatology, chronology in the Pleistocene (Oguchi and Kondo 2011; Oguchi et al. 2012; Song et al. 2012). As of March 31, 2013, 7,940 articles were compiled from 13 major international journals of the above-mentioned fields of research. We have two more years before the end of the RNMH project, and we are considering the future development of the PaleoGeo. The ultimate goal of the PaleoGeo is to serve as a public literature database for researchers of the related fields. The targets are classified into four. The primary target is the members of the research group B02 of the RNMH project, who can share their bibliographic collection through the PaleoGeo to realize more effective collaborations. The secondary target is the other members of the RNMH project, who can share information through the system hosted by the steering committee. The third target is researchers of relevant projects in the world. We plan to meet the database managers of the ROCEEH project, Germany, in November 2013 for a possible collaboration to exchange data. The fourth target is anyone who likes to use the PaleoGeo. We plan to make the PaleoGeo available to public by the end of the RNMH project. For these purposes, we need to set up a WebGIS server for semi-permanent operation and solve some copyright issues.

### References (English)

- Oguchi, Takashi, Yasuhisa Kondo (2011) GIS applications for an interdisciplinary project: Replacement of Neanderthals by Modern Humans. Poster presented at UGI Regional Geographic Conference held at Santiago, Chile, 14-18 November 2011.
- Oguchi, Takashi, Yasuhisa Kondo, Yasuhiro Takaya, Mizuki Kawabata (2012) WebGIS for mapping information from paleoenvironmental literature. Poster presented at 32nd International Geographical Congress, held at Cologne, Germany, 26-30 August 2012.
- Song, Wonsuh, Yasuhisa Kondo, Takashi Oguchi (2012) PaleoGeo: A WebGIS for distributing information from paleoenvironmental literature. In: Takeru Akazawa and Yoshihiro Nishiaki (eds.) *RNMH 2012 The First International Conference: Replacement of Neanderthals by Modern Humans: Testing Evolutionary Models of Learning*, pp. 149-150.

## **New constraints on European ice sheet behavior and implications for Levant climate and human migration**

Stephen P. Obrochta, Yusuke Yokoyama, Hodaka Kawahata

Paleoclimate records generated over the past 15 years often have incompatible time scales outside of the range of radiocarbon dating due to significant revisions in the Greenland ice core chronologies that are often used to assign ages to marine and lacustrine sediments. Therefore, during the past fiscal year, we developed a function that updates GISP2-based chronologies to the newer, NGRIP GICC05 age scale, using the original author's own age tie points (Obrochta et al., *in revision*).

From this year we hope to obtain the needed pollen data from the Levant region to begin quantitative analysis, using the above-mentioned function to prepare the data by creating consistent age models for the different sediment cores from which the pollen records have been generated. We also intend to reanalyze existing syntheses (e.g., Blome et al., 2012, Africa) using our function to first align the disparate age models. We will further obtain new data to better constrain the waxing and waning of the Scandinavian Ice Sheet, which would have had a direct impact on Levant climate, as well as the migration of modern humans and Neanderthals within Europe during the last glaciation. These data will be collected from the Baltic Sea region during IODP Exp. 347.

### References

- Blome, M.W., Cohen, A.S., Tryon, C.A., Brooks, A.S., and Russell, J., 2012. The environmental context for the origins of modern human diversity: A synthesis of regional variability in African climate 150,000–30,000 years ago. *Journal of Human Evolution* 62(5) 563–592.
- Obrochta, S.P., Yokoyama, Y., Morén, J., and Crowley, T.J., *in revision*, Updating GISP2-based sediment core age models to the extended GICC05 chronology, *Quaternary Geology*.

## 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

大石龍太<sup>1,2</sup>、阿部彩子<sup>2,3</sup>、Wing-Le Chan<sup>2</sup>

1 国立極地研究所

2 東京大学 大気海洋研究所

3 海洋研究開発機構

ネアンデルタールと現生人類の交替が起きた 20 万～3 万年までのうち、最終氷期の後期にあたる 6 万～3 万年前は、ダンシュガード・オシュガーサイクルと呼ばれる数千年スケールでの気候変動が頻発した時代でもあった。この時期のネアンデルタールと現生人類の遺跡の分布は、当時の古植物相および古動物相と相関があることが示唆されている。この結果は、当時の変動する気候のもとで実現した植生分布と対応した動物種を、食料資源として適切な方法で狩ることが可能だったかどうかという点で、ネアンデルタールと現生人類の環境適応能力の差異を反映していると考えられる。従って、ネアンデルタールと現生人類の交替時期を通して、動物相、植物相、気候の変化を面的に時系列に沿って再現・推定することが、交替劇を解明するためには重要な課題となる。一方で、過去における動物の分布を正しく推定するには、当時の植生分布状況、気候変動に由来する環境の変化を定量化する必要があるが、それらは直接的には特定地点の湖底や海底の堆積物等から得られた花粉の構成比率や、酸素同位体比などの古環境指標から情報を得ており、堆積物等の発掘だけでこれらの古環境情報に面的な広がりを持たせるのは非常に困難である。

そこで、本研究では大気大循環モデルによる古気候再現実験結果と、植生分布を再現可能な全球動態植生モデルを用いることで、アフリカ北部～地中海沿岸～ヨーロッパにかけての植物相変動の面的な再現を 6 万～3 万年前を対象として試みることを目的とする。むろん、数値シミュレーションは完全ではなく、常に結果には誤差が含まれ、また結果を意味のあるものとして適用可能な限界も存在するため、手法それ自体のもつ不確実性・信頼性評価も同時に行う必要がある。したがって、本研究では同時に、数値シミュレーションで再現された古植生分布を堆積物発掘等で得られた古環境指標と比較し、数値的に再現された結果がどの程度信頼できるのかも、同時に検討する。

## **Reconstruction of paleo-vegetation distribution and evaluation of its uncertainty by using an atmosphere ocean coupled general circulation model and a dynamic global vegetation model**

Ryouta O'ishi<sup>1,2</sup>, Ayako Abe-Ouchi<sup>2,3</sup> and Wing-Le Chan<sup>2</sup>

1. National Institute of Polar Research
2. Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo
3. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

The replacement of Neanderthals by Modern Humans has been considered to have occurred during 60,000-30,000 BP, which is also characterized by millennial scale climate change known as the Dansgaard–Oeschger events. The distribution of Neanderthals and Modern Humans during this period suggests correlation with that of paleo-vegetation and animals. This relation reflects the difference between the adaptabilities of Neanderthals and Modern Humans to environmental changes by way of their ability to hunt animals as food resources. Hence, it is important for the RNMH project to predict distribution of fauna, flora and climate change during this period. When estimating fauna distribution of the past, it is necessary to evaluate the changes in flora and thus changes in climate of the past. This can be directly achieved by examining data from sediment proxies, e.g. pollen records and isotopes. However, the availability of such proxies to reproduce the distribution of flora and climate changes is limited.

In the present study, we try to reconstruct the vegetation distribution across North Africa, the Mediterranean and Europe during 60,000-30,000 BP from the results of a paleo-climate reconstruction by using a general circulation model as input for a dynamical global vegetation model. It is also necessary to evaluate the uncertainty/reliability of the methodology and results since the model results include unavoidable errors and limitations. We also compare our results with paleo-record data and evaluate their reliability and limitations when contributing to the goals of the RNMH project.



---

研究進捗・計画要旨  
ABSTRACTS

研究項目C01  
Research Team C01

---

研究項目C01  
「3次元モデリング技術に基づく化石頭蓋の高精度復元」

**Research Team C01**  
*Reconstruction of Fossil Crania Based on Three-Dimensional  
Surface Modeling Techniques*



## ネアンデルタール化石頭蓋骨の復元と化石脳形態の推定

荻原直道

慶應義塾大学 理工学部機械工学科

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ている。

前年までに、断片化石の組立、頭蓋形態データベースに基づく欠損部分の補間、歪み補正、を行うシステムは一通り完成させた。それらを Amud 1 号に適用し、復元頭蓋とその化石脳のプロトタイプを完成させている。本年は、この予備的な結果を詳細に評価し、そのフィードバックを基に必要なソフトウェアの改良を行う。またこれらソフトウェアの各要素機能とデータベースを統合して、全体的な復元システムを構築する。そして、Amud 1 号以外の頭蓋化石にも本システムを適用し、頭蓋骨の復元を行う。

復元システムの評価のために、本研究では、データベース内の頭蓋標本のいくつかを仮想的に分断・欠損・変形させた頭蓋の仮想変形化石断片モデルを生成する。そしてこの原形が既知である断片モデルを本システムに基づいて逆変換する、つまり復元することを通して手法の検証とプログラムの改良を繰り返し、実化石の精密復元に耐えうるシステムを完成させる。

また、C02 班と共同で、化石脳の形態を頭蓋骨からより詳細に復元する手法を確立する。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記述し、それに基づいて脳形態の推定を行う。

## **Digital reconstruction of Neanderthal fossil crania and estimation of fossil brain morphology**

Naomichi Ogihara

Department of Mechanical Engineering, Keio University

The goal of our group is to examine the possible differences in learning ability between Neanderthals and early modern humans in terms of the brain anatomy. To achieve this goal, original antemortem appearance of fossil crania that enclose the brains of the Neanderthals and early modern humans must be correctly restored. However, during fossilization, crania are often fractured, fragmented, and deformed due to compaction and diagenesis. Furthermore, all the component fragments of fossil crania are rarely recovered. To restore the brain morphology of fossil crania, it is therefore necessary to correctly assemble the fragments, eliminate distortions, and compensate for missing parts.

So far, we have proposed basic strategies for assembly of cranial fragments, elimination of taphonomic deformation and compensation of missing cranial portions, and generated a prototype of the digital reconstruction of Amud 1. This year, we thoroughly evaluate the proposed reconstruction methodologies and the reconstructed prototype to improve our strategies and hence the final outcome of the fossil reconstruction. We also work to integrate the reference database of human cranium which we have created to the reconstruction process. We then start to reconstruct fossil cranium other than Amud 1.

We also develop a method to mathematically estimate brain morphology of the Neanderthal crania, in collaboration with Group C02. We derive spatial deformation functions from modern human crania to the reconstructed fossil cranium, and use them to deform human brains to estimate brain morphology of the fossil cranium. The spatial deformation function will be described by a thin-plate spline function or a DARTEL function for landmark-based or volume-based transformation, respectively.

## 頭蓋形状のモデリングに関する研究

鈴木宏正<sup>(1)</sup>、道川隆士<sup>(1)</sup>、森口昌樹<sup>(2)</sup>

(1) 東京大学 先端科学技術研究センター

(2) 中央大学 理工学部

本研究では、以下の二つのテーマについて研究を行う予定である。

### ○頭蓋形状データベースのための準標識点設定

コンピュータの中で化石頭蓋骨を復元するためには、欠損部分の補完や、また頭蓋破片の接続が必要となる。そのような作業を、頭蓋形状のデータベースを参照して行うことができれば、正確な復元にとって有益である。データベースは、頭蓋形状を表す解剖学的な標識点の集合で扱うのが一般的であるが、数が限定されているため、頭蓋形状をモデル化する上では十分でない。本研究では、標識点から多数の準標識点を設定する方法について研究する。図1は、標識点と準標識点との関係を示したものである。

### ○脳鋳型の自動抽出

もう一つは、CT 画像からの脳鋳型モデルの抽出手法の確立である。脳鋳型は、脳形状の変形の制御に重要な役割を果たす一方、その抽出は手作業で行われている。頭蓋は、複雑な構造を持っているため、作成には膨大な時間を要し、データベース化におけるボトルネックとなっている。本研究では、CT 画像における脳の位置を幾何学的な特徴から自動的に推定することで脳鋳型部を抽出する手法の開発を行う。

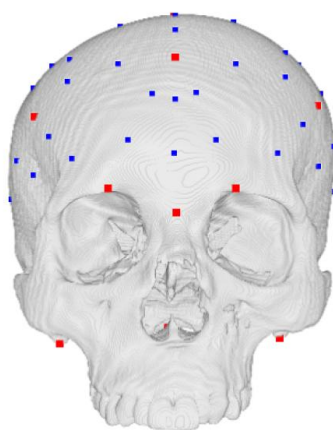


図1 標識点(赤)と準標識点(青)(頭蓋及び標識点のデータは慶應義塾大学荻原直道氏提供)

## Shape modeling for fossil crania

H. Suzuki<sup>(1)</sup>, T. Michikawa<sup>(1)</sup>, M. Moriguchi<sup>(2)</sup>

(1) RCAST, the University of Tokyo

(2) Faculty of Science and Engineering, Chuo University

In this study following two research topics will be studied.

- Semi-landmark generation for reconstruction of cranial fossils

For reconstructing fossil crania in a computer, various modeling operations are needed, for instance, to fill up the missing portions and to connect the broken pieces. Use of a reference database of crania is desirable for conducting correct reconstruction. In such a database the shape of a cranium is represented by a set of landmarks with anatomical characteristics sampled on the cranium. However the number of these landmarks is insufficient for representing the shape. In this study we aim at developing a method to generate a sufficiently large number of semi-landmarks from the landmarks. Figure 1 shows such landmarks and semi-landmarks.

- Automatic extraction of endocast models from CT images

We also develop a method for extracting endocast models from CT images. Although endocast models play an important role in deformation of brain shapes, their extraction is still manual. Since crania involve complex structure, the manual task is time-consuming and a bottleneck in database process. In this research, we develop an automatic method for finding endocast part in CT images by estimating a brain part using geometric features.

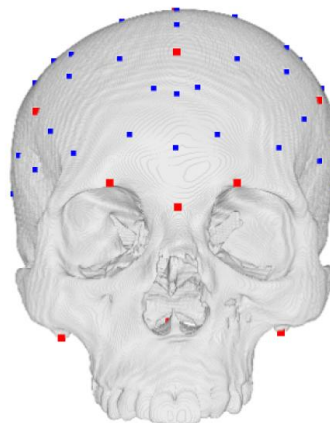


Figure 1: landmarks and semi-landmarks on a cranium (landmarks, courtesy of Dr. Naomichi Ogihara, Keio University).

## 化石頭蓋の左右非対称性評価と小脳 - 大脳容積比

近藤修、久保大輔

東京大学 大学院理学系研究科

現代人的行動の神経基盤は大脳および小脳の諸領域に関連づけられる。たとえば現代人とネアンデルタール人とはワーキングメモリに差があるという指摘があるが、ワーキングメモリは大脳の前頭部頭頂部との関連が強い。また現代人的行動の不可欠の要素として言語がある。言語機能はブローカ野やウェルニッケ野といった大脳領域が重要な役割を果たしていることがかねてより知られており、その領域の左右差が注目されてきた。さらに近年では小脳も言語機能と関わっていることが指摘されている。したがって現代人的行動の神経基盤の進化は、脳全体のサイズ増大だけでなく、局所領域の左右差や大脳と小脳の比例的でない容積変化をもたらした可能性がある。

左右差については、化石化過程におけるひずみを含むものとして、左右非対称性の評価を試みてきた。今年度はカフゼー9号を含むいくつかの化石頭蓋と現代人について同様の比較を行い、ひずみ評価と同時にブローカ野やウェルニッケ野に関連する部位の左右差の評価を試みる。

小脳 - 大脳容積比について、昨年度は現代人のMRIデータを用いて、後頭蓋窩（頭蓋腔の一部で小脳の大半を収めている領域）と小脳容積との相関関係を調べ、化石の頭蓋腔から小脳容積を推定するための手法を開発した。本年度は同じMRIデータを用いて、大脳容積、脳全体の容積、頭蓋腔全体の容積の計測を行い、化石頭蓋腔から大脳容積や大脳・小脳の容積比を推定する手法を開発する。またいくつかのネアンデルタール人およびレヴァントの早期解剖学的現代人のエンドキャストをCTと樹脂・粘土造形を併用して復元し、大脳と小脳の容積または容積比が完新世の現代人と異なるかどうかを明らかにする予定である。

## **Assessment of right-left asymmetry and cerebellum-cerebrum volume ratio for fossil hominids**

Osamu Kondo, Daisuke Kubo  
Graduate School of Science, the University of Tokyo

Neural bases underlying behavioral modernity, such as enhanced working memory and language competence, are presumably associated with various parts of cerebral and cerebellar regions. For instance, working memory is likely associated with the frontal and parietal cerebral regions. Associations between cerebral regions named Broca's and Wernicke's areas and language are well known, and right-left asymmetry of the regions have been intriguing many researchers. In addition, it has recently been pointed that cerebellar regions also contribute to the language competence. These leads to a possible hypothesis that the evolution of neural bases underlying behavioral modernity may have caused not only whole brain size increase but also asymmetries of local areas and unproportional volumetric changes of cerebrum and cerebellum.

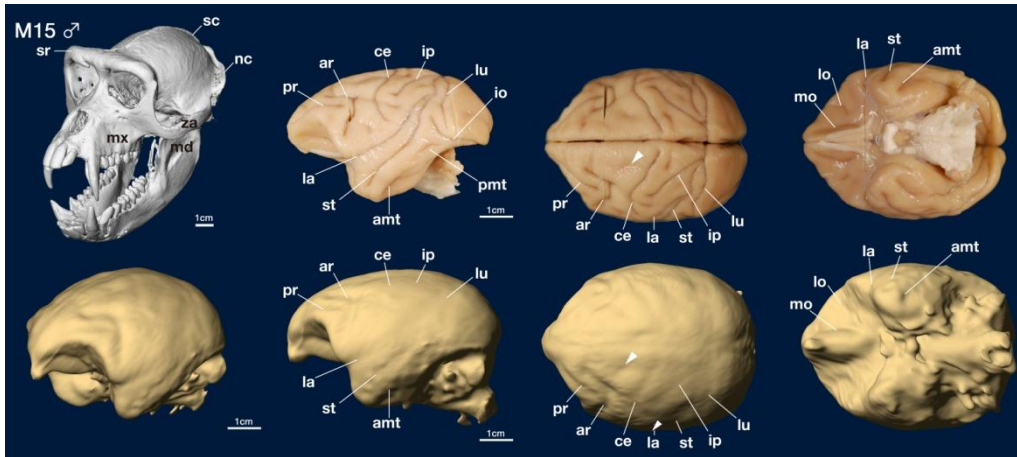
As for assessment of asymmetry, we considered it as taphonomic distortions included and compared the degree of asymmetry among that of a fossil hominid (Qafzeh 9) and those of modern humans. In FY2013, we plan to extend it to the regional brain areas such as Broca's cap regions.

As for cerebral-cerebellar volume ratio, we devised a method of cerebellar size estimation from fossil skulls in FY2012, by using MRI images of the modern humans, in which the cerebellar volume is highly correlated with that of posterior cranial fossa (PCF) so that the former can be estimated from the latter. In FY2013, we plan to devise methods to estimate the cerebral volume and cerebral-cerebellar volume ratio by assessing the correlations among volumes of the cerebrum, cerebellum, the whole brain, the whole endocranial cavity, and the PCF. In addition, we plan to reconstruct the endocranial cavity of some Neanderthal and Skhul/Qafzeh crania with use of CT, 3D-printer, and modeling clay, and then examine the differences between these fossil examples and Holocene modern humans in the absolute terms or ratios of the cerebrum and cerebellum.

## ヒトを含む霊長類の脳と頭蓋の関係 - 研究計画

小林 靖、松井利康  
防衛医科大学校

われわれは過去2年間の研究でカニクイザルにおいて、1)頭蓋内面の圧痕と脳溝・脳回との間に明瞭な対応関係が見られること(下図)、2)冠状縫合の位置が脳の弓状溝下脚(中心前溝下部)の位置とよく相関していることを明らかにした。これらの所見は、頭蓋の形態に基づいて脳の主要な皮質領野区分を推測することを可能にする。2013年以降の2年間では、下記の研究により、ネアンデルタールをはじめとする化石人類の皮質区分の範囲を推定することを目指す。



### 研究1 頭蓋内面の圧痕と脳溝・脳回との関係

カニクイザルのホルマリン浸漬標本の解析をさらに進め、CT計測によって生成した仮想的エンドキャストと脳とを比較して、個々の頭蓋内面の圧痕と脳溝・脳回との対応関係を確認するだけでなく、脳溝の走行に関する個体差がどの程度頭蓋内面から推測できるかを明らかにする。

また、他の霊長類に対象を拡大し、カニクイザルで見られた対応関係が広く他の真猿類や類人猿で認められるかを解析する。

### 研究2 冠状縫合と中心前溝との位置関係

カニクイザルのホルマリン浸漬標本において解析をさらに進めるほか、ヒトの解剖学実習体と医療画像を用いてヒトにおける冠状縫合と中心前溝の位置関係の検討を行う。圧痕と脳溝・脳回の関係が明瞭な種においては、骨格標本においても縫合と脳溝の位置関係が解析可能である。そのため、他の霊長類の骨格標本も研究対象に加える予定である。

研究1と2の両方の解析において、ヒト以外の霊長類のデータを拡充するため、チューリヒ大学のZollikofer教授らと共同で、チンパンジーをはじめとした類人猿とカニクイザル等の真猿類のCTおよびMRIデータを解析する。

## **Relationship between the brain and the skull in primates including human – Research plan**

Yasushi Kobayashi and Toshiyasu Matsui  
National Defense Medical College

In the past two years of research on the cynomolgus monkeys (*Macaca fascicularis*), we have determined 1) the marked correspondence between the intracranial impressions and cerebral sulci and gyri, and 2) the close correlation between the locations of the coronal suture and the inferior limb of the arcuate sulcus (the inferior portion of the precentral sulcus). These findings indicate the possibility that we can infer the extent of major cortical subdivisions of the brain based on the cranial morphology. In the next two years, we are aiming at inferring the cortical subdivisions of the fossil hominids including Neanderthals by carrying out the following projects.

### Project 1: Relationship between the intracranial impressions and cerebral sulci and gyri

We are going to further analyze the relationship using formalin fixed heads of cynomolgus monkeys. We will scan the specimens and compare the virtual endocasts reconstructed from CT data and the brains dissected out from the heads. We will not only confirm the so far revealed relationship between the impressions and the cerebral convolutions, but also determine how far we can determine individual differences of sulcal patterns using skulls.

We will also extend the analysis to other primate species to confirm the relationship observed in cynomolgus monkeys.

### Project 2: Correlation between the locations of the coronal suture and precentral sulcus

As in project 1, we further analyze the correlation between the coronal suture and the arcuate sulcus using fixed monkey heads, human cadavers for anatomy, and imaging data obtained from clinical cases. We also analyze skull specimens in the primate species that exhibit clear relationships between the intracranial impressions and sulci.

For both projects, we are planning a collaborative study with Professor Zollikofer at the University of Zurich to evaluate our findings using CT and MRI data obtained in a number of primates including anthropoids.





研究項目C02  
「旧人・新人の学習行動に関する脳機能マップの作成」

**Research Team C02**  
*Functional Mapping of Learning Activities in Archaic  
and Modern Human Brains*

## 計算論的解剖学を利用した化石脳頭蓋骨から脳実質の再構成

河内山隆紀<sup>(1)</sup>、田邊宏樹<sup>(2)</sup>、荻原直道<sup>(3)</sup>

(1) 京都大学霊長類研究所白眉プロジェクト

(2) 名古屋大学大学院環境学研究科

(3) 慶應義塾大学理工学部機械工学科

本研究グループは、旧人の化石脳の形態解析結果と現代人の脳機能地図とを統合し、その違いから旧人・新人の学習能力差を検討している。この目的を達成するために、我々は現代人脳機能地図を旧人の化石脳へ写像する手法の開発している。その基本的なプロトコールは、(1) 化石脳の CT 画像から得られる頭蓋形状を MRI 画像から得られる現代人の頭蓋形状へ変形する。(2) 推定された変形場を用いて、現代人の MRI 画像から得られた脳実質を逆変換することで旧人の脳実質を得る同様に学習能力差を描出する。さらに fMRI 実験のメタ解析結果から得られた現代人脳機能地図を旧人の仮想脳表面上に再現することもできる。

昨年度は、頭蓋形状マッチングによる脳実質再構成の手法（仮名：brain extrapolation through skull shape matching; BETSSM）を C01 プロジェクトより提供を受けた復元化石脳頭蓋 CT 画像に適用して、現代人の脳から旧人の脳を復元することを試みた。図 1 は、現代人の頭部形状・頭蓋・脳（上）と頭蓋形状マッチングにより現代人から作成した旧人の頭部形状・頭蓋・脳（下）である。今年度は、C01 プロジェクトとの密接な連携のもと、複数個体を用いた復元脳の作成や現代人と旧人との比較解析に取り組む予定である。また本手法の前提である脳と頭蓋との対応関係を評価するために、MRI データベースを用いた検証解析を行う予定である。

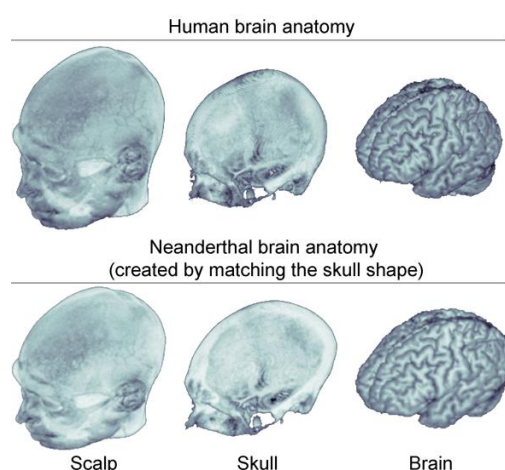


図 1. 現代人の頭部形状・頭蓋・脳（上）と頭蓋形状マッチングにより現代人から作成した旧人の頭部形状・頭蓋・脳（下）

## **Reconstruction of the brain from skull fossil using computational anatomy**

Takanori Kochiyama<sup>(1)</sup>, Hiroki C. Tanabe<sup>(2)</sup>, Naomichi Ogihara<sup>(3)</sup>

(1) Primate Research Institute, Kyoto University

(2) Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

(3) Department of Mechanical Engineering, Keio University

We investigate the presumed differences in learning abilities between Neandertals and modern humans by combining the evidence from the morphological analysis of fossil brains and the functional brain mapping of modern human's brain functions. To this end, we need to establish the method for extrapolating human brain function to Neanderthal's one with taking into account of the anatomical difference between them. The protocol of the analysis is as follows: First, the skull image reconstructed from the CT image of a fossil brain is spatially transformed to match the modern human skull image segmented from MRI. Using the deformation field of this transformation, the modern human cerebral cortex is inversely deformed to construct the virtual Neanderthal cortex. The same procedure is applied to results of meta-analyses associated with leaning-related functions to display a virtual brain activation on the virtual Neanderthal brain.

In last year, we applied the method of the brain extrapolation through skull shape matching (tentatively-named as BETSSM) to a reconstructed fossil skull provided by Project C01 and successfully created the virtual Neanderthal brain from the modern human brain. Fig. 1 shows the rendering of a modern human scalp, skull and brain (upper column). Using BETSSM procedure, we created the virtual Neanderthal scalp, skull and brain (lower column) from the modern human data presented in the upper column.

This year, closely collaborating with Project C01, we will apply BETSSM procedure to several reconstructed fossil skulls and many modern human brains from large MRI databases. This approach allows us to create the unbiased average Neanderthal brain. We will also examine shape differences between Neanderthal and modern human skull. Finally, to validate the reliability of BETSSM procedure and our assumption on the correspondence between skull shape and brain configuration, we will assess the accuracy of BETSSM in comparison with the usual brain matching procedure using a large MRI database.

## ヒトの社会行動における遊びと創造性の神経基盤

三浦直樹<sup>(1)</sup>、田邊宏樹<sup>(2)</sup>、定藤規弘<sup>(3)</sup>

(1) 東北工業大学 工学部

(2) 名古屋大学大学院 環境学研究科

(3) 生理学研究所 心理生理学研究部門

本研究では、ヒトに特有の遊び行動と内発的報酬の神経基盤の関係を解明し、現代人が持つ創造性を明らかにする事を目的とする。ヒトにとっての「遊び」は、生業と無関係な行動であっても、行動自体に面白さ、すなわち内発的報酬を感じる事で成立する事が指摘されている。そしてゲームの点数のような生命維持には無価値な事象に対しても、自ら価値を想像し内発的報酬として感じる神経基盤がヒトに特有の遊び行動を創出していると予測される。従って現代人が行っている創造的な行動は、生命維持とは無関係な行動に対しても「遊び」として内発的報酬を感じる事が出来る神経基盤によって支えられていると仮説をおく事が出来る。

この神経基盤を調べるために、昨年度後半より、ある行動が「遊び」として成立するための必要条件を実験的に規定し、条件に応じて報酬に関与する神経基盤の活動がどのように変化するかについて機能的MRIを用いて計測を行った。18名の被験者が実験に参加し、ストップウォッチを指定時間になるべく近い時間で停止させる遊びを模擬した課題を遂行している際の脳活動を測定した。データ解析の結果、ゴールへの到達度が分かる即時フィードバックがある条件において、内発的報酬に関与する大脳基底核に有意な活動が認められた。この事より、ヒトは行動から得られる情報そのものが無価値だとしても、その情報に自ら意味付けを行い、情報を獲得する事に対して報酬を創出する事が分かった。

本研究計画においては、個人内の遊びと内発的報酬の関係を対象として実験を行ったが、今後はより詳細なデータの解析を行うとともに、他者との社会的相互作用を考慮した遊びのメカニズムを対象とし、研究を行う予定である。

## **Relationship between neural mechanism for of intrinsic reward and a human's playing behavior with social characteristics**

Naoki Miura <sup>(1)</sup>, Hiroki Tanabe <sup>(2)</sup>, Norihiro Sadato <sup>(3)</sup>

(1) Faculty of Engineering, Tohoku Institute of Technology

(2) Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

(3) Division of Cerebral Integration, National Institute for Physiological Sciences

In this study, we investigate a relationship a neural mechanism for of intrinsic reward which arises by a play indigenous to human. Play is materialized by enjoying various kind of behavior itself, even if its behavior is unrelated to essential activity for living. It is expected that playing behavior is realized by generating intrinsic reward also to something without extrinsic value. Therefore, it is hypothesized that play is closely related to human intelligence, and the human reward system generate intrinsic reward when that kind of play is experienced regardless of influence of their own life.

For this purpose, we investigate a neural basis of intrinsic reward which arises by a play indigenous to human, as a fundamental study to clarify a relationship between the cognitive mechanism which delights a play itself and creativity using fMRI. The fMRI experiment was conducted from the second half in the last fiscal year, and eighteen healthy volunteers were participated. As a result, the existence of real-time feedback showed significant activation on bilateral ventral striatum. This result may support our hypothesis, the human reward system generate intrinsic reward when the play is experienced without extrinsic reward. More detailed data-analysis will be conducted in this year, and neural mechanism of for of intrinsic reward which arises by a play with social interaction for other individual will be also conducted.

## 石器製作過程での身体動作の特徴から検証する行動計画と学習報酬系の関連性について

星野孝総<sup>(1)</sup>、三谷慶太<sup>(2)</sup>、三浦直樹<sup>(3)</sup>、田邊宏樹<sup>(4)</sup>、長井謙治<sup>(5)</sup>

(1) 高知工科大学 システム工学群

(2) 高知工科大学

(3) 東北工業大学 工学部

(4) 名古屋大学大学院 環境学研究科

(5) 東北芸術工科大学

本研究では、熟練被験者による反復ルヴァロア技法の身体動作データを計測し解析を行った。その結果、旧人と新人がそれぞれ用いていた動作の行動計画と、石器製作に費やすプロセス時間や報酬の質に大きな差がある事が示唆された。また技法の異なるルヴァロア技法及び、反復ルヴァロア技法の習得初心者と熟練者にも行動計画に差異があり、行動計画を実現する認知機能が新人の学習能力と大きく関係する事が推測される。このような行動計画能力を支えている認知機能は、現在自分がおかれている状況を評価し、その状況下で行う行動の結果得られる反応を予測する、いわゆる将来を予見する能力であると考えられる。この能力は、前頭前野の一部である前頭極や前頭前野背外側部が司るとされている脳機能や、報酬系の神経機能と深く関与していると考えられ、石器製作技術とともに進化してきた新人のもつ創造性の一つの発現の形であると推測される。

現代人の脳は毎日何千もの小さな予測を行っている。認知機能を調べるために、A01班等で議論されている現代人的行動から抽出される複数事象の加算的处理を要する行動計画と、旧人的行動でも観察される単純な原因—結果モデルで説明可能な行動計画をモデル化した実験課題により、新人が有すると考えられる特異的な将来を予見する能力の神経基盤を、機能的MRIを用いた脳機能計測実験により明らかにする。それと同時並行して、上記の新人特異的な行動計画能力を保有している我々現代人において、目的達成までの時間を考慮した具体的な行動計画が学習によりどのように洗練されていくか評価するために、これまでに行ってきたモーションキャプチャを用いた石器製作動作解析実験をさらに発展させ、学習過程において変化する身体動作データと発話に基づく思考データの分析を行う。

以上の神経基盤と行動の二側面から将来を予見する能力を明らかにする事により、旧人・新人間の能力差の検証するための重要な知見の一つを提示出来ると予測される。

## **The relevance of the learning reward system and the action plan to be verified from the characteristic body motion in the stone-tool making process**

Yukinobu Hoshino<sup>(1)</sup>, Keita Mitani<sup>(2)</sup>, Naoki Miura<sup>(3)</sup>, Hiroki Tanabe<sup>(4)</sup>, Kenji Nagai<sup>(5)</sup>

(1) School of Systems Engineering, Kochi University of Technology

(2) Kochi University of Technology

(3) Faculty of Engineering, Tohoku Institute of Technology

(4) Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

(5) Tohoku University of Art & Design

In this study, we measured and analyzed 3D motion data of the recurrent Levallois method. This subject has expert skill. These results were suggested that Neanderthal's and modern human's method of constructing a Mousterian stone-tool have some difference in an action plan, a process time and a reward quality. About the action planning, expert persons and beginners have some difference matters. Also, the Levallois method and the recurrent Levallois method have some difference matters too. Therefore, we estimate that cognitive function to achieve the action plan related learning ability of modern humans.

Modern people's brain is making thousands of tiny predictions every day. The cognitive function supports such as the action plan ability. The ability armed modern humans. They can assess a present situation of own-self. Also they can predict a reaction from an action result in that situation. In fact, we think that it is the ability of future prediction and action planning. Therefore, we estimate modern humans and these abilities. These abilities have evolved with constructing a Mousterian stone-tool. Also, these abilities are one of the modern human's creativity. In addition, we think that these abilities relate the brain function of the frontal pole and the dorsolateral prefrontal cortex, neuronal function of reward system. We probe the cognitive function by the brain function measurement experiment using the fMRI. About the experimental task, we will design the task that is modeled two types action plans. First action plan is necessary to additive processing of multi event. This processing is extracted from modern human's action. Second action plan could be explained by simple model of cause and effect. This model is observed from Neanderthal's action. We would advance the experiment of 3D motion analysis that constructed a Mousterian stone-tool. And, we analyze the body motion data and the intellection data. Because, we should assess the to refined action plan by learning process. This action plan is accounted time to the accomplishing objective by Modern people with the action plan ability.

In conclusion, we would adduce one of the important knowledge for verification of ability. This ability would be difference between Neanderthal and modern human. Therefore, we trace ability of future prediction from their neural basis and action.



## 飽きに対する対処戦略の神経基盤と創造性・学習能力との関連の解明

杉浦元亮

東北大学 加齢医学研究所

飽きは繰り返される刺激や作業に、行為・状況の意義を見出せなくなったときに感じる特有の負の感情である。飽き感情への対処には、外的環境を変えようと試みる外向き戦略と、自身の精神状態を制御しようとする内向き戦略があり、いずれも精神的健康や生産性に関連があると考えられる。飽きという感情やこれに対する対処戦略は、ホモ・サピエンスの学習能力や創造性を説明する精神活動の有力候補である。技術革新や文化の発展の一部は、人間の飽き感情への対処の結果であろう。本研究では健常成人被験者を対象に機能的MRIを用いた脳マッピング研究を行い、飽き感情とこれに対する対処戦略の神経基盤を明らかにし、創造性・学習能力との関連の解明を試みる。

実験では健常大学生を対象に以下の課題を行わせる。被験者はMRI中で静止画の鑑賞と、鑑賞中の飽き感情評価を繰り返す。鑑賞フェーズには2つのモードがあり被験者はそれを意識している：変更可能モードでは続く評価フェーズで最高点を付けると次の試行で新しい画像が提示され、変更不能モードではその可能性がない。提示フェーズにおける飽きに対する脳の反応は、対応フェーズでの評価値と相関すると考えられる。評価フェーズで最高点を付ける直前の鑑賞フェーズにおける脳活動は飽き感情への対処戦略を反映すると考えられ、外向き戦略と内向き戦略の神経基盤は、それぞれ変更可能モードと変更不能モードで高い脳活動を示すと期待される。平成25年度には、この実験課題の準備と機能的MRI計測を行う。

## **Neural correlates of boredom and boredom-coping strategies; possible relationship with creativity and learning ability**

Motoaki Sugiura

Institute of Development, Aging and Cancer, Tohoku University

Boredom is a negative emotion that is characterized by the lack of meaning one feels from repeated exposure to the same stimulus or one's behavioral actions. Coping strategies for boredom may be classified into outward, in which one tries to change the external environment, and inward, in which one tries to control one's own mental state; both strategies are likely to be related to daily mental health and productivity. Bored feeling and coping strategies for it are candidate cognitive processes that may explain the learning ability and creativity of *Homo sapiens*. Technological innovation and cultural development may be in part the result of coping against the bored feeling in humans. In this brain mapping study using a functional MRI, we investigate the neural basis of bored feeling and coping strategies for it, and attempt to reveal its relationship with human creativity and learning ability.

In the experiment, healthy university students perform the following tasks. In the MRI scanner, each subject repeats a trial composed of viewing a picture and evaluating the degree to which one felt bored on seeing that picture. There are two modes in the viewing phase and the subject is aware of them: in 'changeable' mode, selecting the highest score for the bored feeling in the subsequent evaluation phase will result in the presentation of a new picture in the subsequent trial, and in the 'unchangeable' mode, there is no such possibility. We assume that neural correlates of bored feeling should exhibit correlation between the degree of neural activity during viewing phase and the degree of bored feeling. We assume that activation during the viewing phase before the subjects selected the highest score reflects the coping strategy for the bored feeling; the neural substrates of the outward and inward coping strategies should show higher activation in changeable and unchangeable modes, respectively. In FY2013, we prepare the task and perform functional MRI measurement.

## 学習意欲と疲労耐性による強化学習の神経基盤研究戦略

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 健康・病態科学研究チーム  
大阪市立大学 大学院医学研究科 疲労医学講座

現生人類を対象とした神経心理学的手法に基づく社会学習と個体学習の脳局在と、化石脳復元によるその脳領域の形態差の比較検討により、旧人と新人の学習能力差を立証できると考えられる。当該領域研究（RNMH プロジェクト）は、社会学習において模倣学習の神経基盤、個体学習において学習制御（強化学習）の神経基盤をターゲットとしている。さらに、個体学習において、学習の強化因子として社会報酬（他者からの承認・賞賛）を挙げ、その効果を検証するモデルを提案している。本研究では、さらに、他の学習の強化因子として、学習行動に直結する学習意欲と疲労耐性を挙げ、学習意欲と疲労耐性による強化学習の神経基盤について機能的磁気共鳴画像法（fMRI）を用いて明らかにすることを目的とする。これまでの研究から、学習意欲関連脳部位が線条体にあることを明らかにした。また、学習意欲と表裏一体の関係にある疲労は、線条体の活性低下を引き起こすこともみえてきた。さらに、内側前頭前野は意欲や疲労感などの感情制御に関わる脳部位であることもわかってきた。今後は、これらの関心脳領域の形態的個人差、つまり、灰白質体積量や白質連合線維束と、脳活性度や学習到達度との関連性を明らかにし、学習意欲と疲労耐性を修飾系とした学習能力と脳形態情報に接点をもたせ、RNMH プロジェクトへのフィードバックにより研究課題達成を目指す。

## **Study strategy for the neural bases associated with motivation to learn and fatigue resistance**

Kei Mizuno

Pathophysiological and Health Science Team, RIKEN Center for Life Science Technologies  
Department of Medical Science on Fatigue, Osaka City University Graduate School of  
Medicine

The difference of learning abilities is thought to be demonstrated by elucidating the brain regions involved in social and individual learning of the modern humans using neuropsychological methods and comparing the differences of brain regions between them based on the reconstruction of fossil of ancient human brain. The study project of RNMH is focusing on the neural bases of imitative learning in social learning and of learning control (enforced learning) in individual learning. In addition, in individual learning, social rewards, such as acceptance and acclaim from the significant others, are setting as a reinforcement factor for learning, and a verification model of the effects of social rewards on learning are suggesting. In my study, I set motivation to learn and fatigue resistance as another reinforcement factors for learning. The aim of the present study is to clarify the neural bases associated with the enforced learning affected by motivation to learn and fatigue resistance using functional magnetic resonance imaging (fMRI). My previous studies revealed: the brain region involved in motivation to learn is the striatum; fatigue, which is inextricably linked to motivation to learn, induces the decrease in striatal activation; and the medial prefrontal cortex is related to emotional control such as motivation and fatigue sensation. During the RNMH project from 2013 to 2015, I focus on the individual differences in brain morphology of the modern humans, and investigate the relationships among learning performance, activations of these regions of interest and their structures which are gray-matter volumes and the association fiber bundle of white matter. In addition, both morphological and functional comparisons of these regions between modern and ancient humans would be expected to help elucidate differences in learning abilities between them.