

**The 8th Conference**

**on**

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

December 21~23, 2013

Inamori Zaidan Kinenkan, Kyoto University

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



Hideaki Terashima (ed.)

December 14, 2013

#### 編集

寺嶋 秀明  
神戸学院大学・人文学部  
651-2181 神戸市西区伊川谷町有瀬518  
TEL: 078-974-1551 (代表)  
FAX: 078-976-7296  
E-Mail: [terasima@human.kobegakuin.ac.jp](mailto:terasima@human.kobegakuin.ac.jp)

#### 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

協和印刷株式会社  
615-0052 京都市右京区西院清水町13  
TEL: 075-312-4010

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

Tokyo Satellite Campus  
Kochi University of Technology  
CIC Tokyo 302, 3-3-6 Shibaura, Minato-ku, Tokyo 108-0023, Japan  
TEL: 03-5440-9093  
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/>

第8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12月21日（土）～23日（月）

京都大学・稲盛財団記念館（京都市左京区吉田下阿達町46）

科学研究費補助金「新学術領域研究」2010～2014

寺嶋 秀明（編）

2013.12.14





## 目次 / CONTENTS

研究大会プログラム /Conference Program .....	ii
発表要旨 / Abstracts	
特別講演	
Keynote Lectures .....	1
シンポジウム 1	
Symposium 1 .....	7
シンポジウム 2	
Symposium 2 .....	19
シンポジウム 3	
Symposium 3 .....	31
研究進捗報告要旨 / Abstracts	
総括班	
Steering Committee .....	43
研究項目A01	
Research Team A01 .....	47
研究項目A02	
Research Team A02 .....	59
研究項目B01	
Research Team B01 .....	69
研究項目B02	
Research Team B02 .....	81
研究項目C01	
Research Team C01 .....	97
研究項目C02	
Research Team C02 .....	109
ポスター発表要旨	
Poster Session .....	121

## 第8回研究大会プログラム

### CONFERENCE PROGRAM

---

第1日：2013年12月21日 (土)

Saturday, December 21, 2013

#### 13:00~13:10 開会の辞 / Opening Remarks

赤澤 威 (高知工科大学)

Takeru Akazawa (Kochi University of Technology)

#### 13:10~15:20 特別講演 / Keynote Lectures

13:10~14:10

言語以前のコミュニケーションと社会性の進化

山極 寿一 (京都大学)

(2)

Hominid communications and social evolution before emergence of language: Hints from a comparison with communications among great apes

Juichi Yamagiwa (Kyoto University)

14:20~15:20

技術を学習するとは—ルヴァロア技法論は現代のモノ作り研究にいかなる示唆をあたえるのか

後藤 明 (南山大学)

(4)

What does “leaning technology” mean?: How does the analysis of Levallois technique have implications to the ethnographic study of technology?

Goto, Akira (Nanzan University)

15:20~15:40

#### 休憩 / Coffee Break

15:40~18:40

#### シンポジウム 1 / SYMPOSIUM 1

##### 交替劇と芸術

オーガナイザー：窪田 幸子 (神戸大学)

(8)

##### Art and the Replacement of Neanderthals by Modern Humans

Organizer: Sachiko Kubota (Kobe University)

15:40~16:10

なぜアボリジニの芸術はわれわれの心を打つのか? 交替劇の文脈から

窪田 幸子 (神戸大学)

(10)

Why Australian Aboriginal Arts are so impressive for us?: A consideration on artistic expression of *Homo sapiens*

Sachiko Kubota (Kobe University)

16:10~16:40	<p>美術の起源：ショーヴェ洞窟壁画をめぐって 小川 勝 (鳴門教育大学) (12)</p> <p>Origin of Art: Parietal Art from Chauvet Masaru Ogawa (Naruto University of Education)</p>
16:40~17:10	<p>「芸術」はどのような状況で生まれるのか—考古学的検討— 松本 直子 (岡山大学) (14)</p> <p>How art was born: An archaeological examination Naoko Matsumoto (Okayama University)</p>
17:10~17:40	<p>アートワークにおける学習諸相 —バカピグミーの子どもたちの共同描画と コラージュから— 山上 榮子 (神戸学院大学) (16)</p> <p>The learning in art works: Through the collaborative collage-making and drawing of Baka Pygmy children Eiko Yamagami (Kobe Gakuin University)</p>
17:40~18:00	<b>休憩 / <i>Coffee Break</i></b>
18:00~18:40	<p><b>コメント &amp; 討論</b> 早木 仁成 (神戸学院大学) 窪田 幸子 (神戸大学)</p> <p><b>Comments and Discussions</b> Hitoshige Hayaki (Kobe Gakuin University) Sachiko Kubota (Kobe University)</p>
19:00~21:00	<p><b>懇親会</b> <b><i>Welcome Party</i></b></p>

---

第2日：2013年12月22日 (日)

Sunday, December 22, 2013

9:00~12:00                      シンポジウム2 / SYMPOSIUM 2

**メタ学習のメカニズム：創造性の進化史的基盤**

オーガナイザー：大村 敬一 (大阪大学) (20)

**Mechanism of meta-learning: The evolutionary basis of creativity**

Keiichi Omura (Osaka University)

9:00~9:30                      メタ学習と創造性の能力を育む「からかい」：カナダ・イヌイトの子ども  
の学習過程にみる身構えの習得  
大村 敬一 (大阪大学) (22)

Ability of objectification as the basis for meta-learning and creativity: Teasing as the  
device for training children in Canadian Inuit society  
Keiichi Omura (Osaka University)

9:30~10:00                      Baka Pygmyの子どもの象徴遊びにみるメタ表象能力の発達  
小山 正 (神戸学院大学) (24)

Development of the capacity for metarepresentation and symbolic play in Baka  
Pygmy children  
Tadashi Koyama (Kobe Gakuin University)

10:00~10:30                      考古資料から見たメタ学習  
高倉 純 (北海道大学) (26)

Metalearning process: An archaeological perspective  
Jun Takakura (Hokkaido University)

10:30~11:00                      メタ認知の神経基盤  
田邊 宏樹 (名古屋大学) (28)

Neural basis of metacognition  
Hiroki C. Tanabe (Nagoya University)

11:00~11:20                      **休憩 / Coffee Break**

11:20~12:00                      **コメント & 討論**

松本 直子 (岡山大学)

大村 敬一 (大阪大学)

**Comments and Discussions**

Naoko Matsumoto (Okayama University)

Keiichi Omura (Osaka University)

12:00~13:30                      **昼食 / Lunch Break**

**12:45~13:30**

**ポスター発表 / Poster Session**

- P1 A01班とB02班の共同研究による「交替劇」進行期の生態文化ニッチモデリング  
近藤 康久 (東京工業大学)・佐野 勝宏・門脇 誠二・長沼 正樹・大森 貴之・米田 穰・  
西秋 良宏 (122)  
Eco-cultural niche modelling for the replacement of Neanderthals by modern humans based on  
a collaboration of the archaeology and palaeoenvironment teams  
Yasuhisa Kondo (Tokyo Institute of Technology), Katsuhiro Sano, Seiji Kadowaki, Masaki  
Naganuma, Takayuki Omori, Minoru Yoneda, Yoshihiro Nishiaki
- P2 始良火山の噴火と文化進化：日本列島中央部の例  
仲田 大人 (青山学院大学) (126)  
The Aira caldera eruption and cultural evolution in the palaeolithic of central Japan  
Hiroto Nakata (Aoyama Gakuin University)
- P3 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) (128)  
Connecting genetic data with cognition and behavior  
Kyoko Yamaguchi (University of the Ryukyus)
- P4 記憶と累積的文化  
中丸 麻由子 (東京工業大学) (130)  
Memory and cumulative culture  
Mayuko Nakamaru (Tokyo Institute of Technology)
- P5 CT画像からの脳鋳型ポリゴン抽出手法  
道川 隆士 (東京大学)・鈴木 宏正・森口 昌樹・荻原 直道 (132)  
Endocast surface extraction from CT images  
Takashi Michikawa (The University of Tokyo), Hiromasa Suzuki, Masaki Moriguchi,  
Naomichi Ogihara

**13:30~17:30**

**研究進捗報告 (招待研究/口頭発表)**

**Progress Reports (Invited Researchers)**

- 13:30~14:00 投槍器を用いた槍投げにおける投射角と運動エネルギーの伝達  
日暮 泰男 (大阪大学) (56)  
The release angle and kinetic energy transfer in spear throwing with a spear thrower  
Yasuo Higurashi (Osaka University)
- 14:00~14:30 交替劇における芸術の進化と現代における芸術の機能  
堀内 史朗 (山形大学) (76)  
Evolution and functions of art strategy in the Replacement and the present  
Shiro Horiuchi (Yamagata University)

14:30~15:00	ヒト特異的な脳での Siglec ペア型受容体の出現と学習能力の進化 早川 敏之 (九州大学) (78) Emergence of Siglec paired receptors in the human brain and the evolution of learning ability of population in the human lineage Toshiyuki Hayakawa (Kyushu University)
15:00~15:30	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か性評価 大石 龍太 (国立極地研究所)・阿部 彩子・Wing-Le Chan (94) 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 (National Institute of Polar Research), Ayako Abe-Ouchi, Wing-Le Chan
15:30~16:00	<b>休憩 / Coffee Break</b>
16:00~16:30	霊長類の頭蓋内面の圧痕から見る脳表面形態 小林 靖(防衛医科大学校), 松井 利康, 荻原 直道 (106) Brain surface morphology inferred by intracranial impressions in primates Yasushi Kobayashi (National Defense Medical College), Toshiyasu Matsui, Naomichi Ogihara
16:30~17:00	学習意欲と疲労に関する神経基盤と脳形態についての検討 水野 敬 (理化学研究所) (116) Investigations of neural and anatomical bases of motivation to learn and fatigue Kei Mizuno (RIKEN)
17:00~17:30	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) (118) Neural correlates of coping strategy for boredom and its relationship with creativity and learning ability Motoaki Sugiura (Tohoku University)
17:30~18:00	<b>一般研究進捗報告 (口頭発表)</b> <b>Progress Report (Oral Presentation)</b>
17:30~18:00	RNMH-iii: 交替劇プロジェクトにおける研究情報統合事業 近藤 康久 (東京工業大学)・丸川 雄三・小口 高・赤澤 威 (44) RNMH-iii: The Replacement of Neanderthals by Modern Humans initiative to integrate information Yasuhisa Kondo (Tokyo Institute of Technology), Yuzo Marukawa, Takashi Oguchi, Takeru Akazawa

---

第3日：2013年12月23日 (月)

Monday, December 23, 2013

9:00~12:00                      シンポジウム3 / SYMPOSIUM 3

ライフヒストリーから見た学習能力・学習行動の進化—身体と心の成長・発達

オーガナイザー：山内 太郎 (北海道大学) (32)

Evolution of learning capacity and learned behaviors of modern humans from the perspective of life history

Organiser: Taro Yamauchi (Hokkaido University)

9:00~9:30                      ヒトの体と脳の成長：人類進化の視座から  
山内 太郎 (北海道大学) (34)

Comparative and evolutionary perspectives on human body and brain growth  
Taro Yamauchi (Hokkaido University)

9:30~10:00                      ヒトの生活史における最適な学習スケジュール  
若野 友一郎 (明治大学) (36)

Optimal learning schedule in human life history  
Joe Yuichiro Wakano (Meiji University)

10:00~10:30                      ヒトの心の発達と教育の進化的基盤?胎児期からたどる  
明和 政子 (京都大学) (38)

Developmental and evolutionary foundation of the human mind: New perspectives  
on human cognitive development from the prenatal period  
Masako Myowa-Yamakoshi (Kyoto University)

10:30~11:00                      なぜネアンデルタールの脳はサピエンスより大きかったのか? 頭囲の成長速  
度と社会認知能力の遺伝的関連から?  
安藤 寿康 (慶應義塾大学) (40)

Why did the Neanderthals have larger brains than *Homo sapiens*? Relationship  
between growth in head circumference and socio-cognitive abilities  
Juko Ando (Keio University)

11:00~11:20                      休憩 / *Coffee Break*

11:20~12:00                      コメント & 討論

高田 明 (京都大学)

山内 太郎 (北海道大学)

Comments and Discussions

Akira Takada (Kyoto University)

Taro Yamauchi (Hokkaido University)

12:00~12:30                      総合討論 / General Discussion

---

発表要旨  
ABSTRACTS

特別講演  
KEYNOTE LECTURES

---

特別講演

KEYNOTE LECTURES



## 言語以前のコミュニケーションと社会性の進化

山極 寿一

京都大学大学院 理学研究科

現在、地球上に暮らす人間はすべて言語を用いて暮らしている。どんなに親密な間柄であっても、どんなに疎遠な関係であっても、人間は共存するために言葉を用いる。人間を定義するために言語の有無は不可欠のように見える。しかし、言語の出現は人間の進化史の中で決して古い出来事ではない。わずか数万年前の、現代人が登場した後の時代という説もあれば、30 万年前以降のネアンデルタール人の時代という説もある。いずれも人類の脳の大きさは現代人並みかそれ以上になっていたはずであるから、言語の出現は脳の肥大化とは無関係である。では言語以前の数百万年に及ぶ時代を、人類はいったいどんなコミュニケーションを用いて暮らしていたのだろうか。そして、それはどのようにして脳の増大に結びついていたのだろうか。そこに私は、人間に特有な家族という不思議な社会単位の創造が潜んでいると考えている。またその進化のプロセスは、言語をもたないゴリラやチンパンジーなど人間に近縁な類人猿のコミュニケーションと社会性を比較することによって明らかにすることができると思う。

仲間の行為を見てその気持ちを感じる共感能力はサルにもあることが証明されているが、自己を認知する能力はヒト科の類人猿（ゴリラやチンパンジー）と人類に特有である。ではこれらの能力が組み合わさってどんな社会交渉が生まれるのだろうか。それは、ゴリラやチンパンジーの対面交渉や食物をめぐる社会交渉に現れる。類人猿は仲間との競合が高まる状況で、サルのように仲間との優劣関係や親和関係を利用してそれを解消しようとはせず、逆に状況を利用して新たな関係を作ろうとする。相手をじっと見つめる行為はサルで威嚇を意味し、優位な個体の特権となるが、類人猿では多様な意味を持ち優劣を反映しない。食物はいったん所有しても、分配を要求されて手放すことがあるし、他の社会的な行為と交換されることもある。さらに類人猿には自分の仲間との知識や能力の違いを理解し、それをもたない仲間を助けようとする行為が知られている。

類人猿のこういった能力を、人類の祖先は熱帯林を出ることによって高める必要に迫られたはずである。食物が豊富で安全な樹上生活を保証してくれた熱帯林と違って、草原は食物の不足、強力な捕食者という二つの課題を人類に与えた。それを乗り越えるために人類の祖先は食物の採集には分散し、捕食者には集合するという、相反する解決策を講じなければならなかった。それは直立二足歩行と多産という類人猿にはない特徴を人類に発達させた。その後、人類の祖先は数回の食物革命を経て脳を大きくする道を歩んだ。脳が社会脳として進化したのであれば、それは集団サイズの上昇に伴う社会的複雑さと並行して増加したと考えられる。その変化を支えたのは言葉ではなく、身振りや音による全体的、音楽的なコミュニケーションだったであろう。そして、その発達を促したのは大脳化の過程で起こった成長期の延長と早期の離乳にともなう、共同育児の必要性だったと私は考えている。育児の共同が、食の革命によって社会的な時間を多く作れるようになった人類の祖先に、音楽的コミュニケーションと共感に基づく広範な協力関係を生み出したのである。

## **Hominid communications and social evolution before emergence of language: Hints from a comparison with communications among great apes**

Juichi Yamagiwa

Graduate School of Science, Kyoto University

We, human beings, usually use language for communications. We use it even among relatives and among close friends, who know each other very well. Language seems to be the best definition for discrimination of humans from other animals. However, emergence of language is a recent invention in the evolutionary history of hominids. Our ancestors acquired it long after establishment of encephalization. Which factors, other than language, promoted encephalization of our ancestors for millions of years. Social brain hypothesis predicts positive correlations between group size and the ratio of new cortex in brain size. Increased social complexity may have promoted encephalization of both human and non-human primates. Therefore, a comparison of social complexity with great apes may provide us important hints for considering evolution of communicative abilities which led encephalization in human lineage.

The ability of empathy is found non-human primates, but the ability of self-recognition is only found hominidae including great apes. These cognitive differences are reflected in social interactions among adults. For example, cercopithecus monkeys do not form face-to-face interactions, because prolonged gaze implies a threat to others. Only dominant individuals stare at the subordinate individuals during conflicts. By contrast, chimpanzees and gorillas frequently stare at each other even in the situation of increased conflicts. Food transfer is rare among adult non-human primates, while it occasionally occurs in great apes. Even dominant possessors tolerate subordinate beggars to take food in their mouths or hands. Chimpanzees and gorillas well use their cognitive abilities in these interactions.

Our ancestors may have faced two major problems when they extended their habitats into arid areas after differentiation from the common ancestors with Pan. One was shortage of nutritious foods, and our ancestors promoted bipedalism as its solution. Another was increased risk of terrestrial predators, and our ancestors may have increased fecundity to complement increased mortality of immatures. The following revolution of feeding strategy may have increased the capacity of social complexity and encephalization. Communal breeding may have formed the origin of human family, which increased the ability of empathy and sympathy. Holistic communication or musilanguage may have promoted such social interactions and cognitive abilities of our ancestors before emergence of language.

技術を学習するとは—ルヴァロア技法論は現代のモノ作り研究にいかなる示唆をあたえるのか

後藤 明

南山大学 人文学部 人類学研究所

A. ルロア＝グーランが先鞭を付け FTAT (Francophone Tradition of Anthropology of Techniques) で発達したシェーン・オペラトワール論は近年様々な素材の分析に用いられてきたがその理論的中軸には打製石器製作の分析方法があった。本講演では民族学あるいは文化人類学者がどのようにこの分析概念を現代的脈絡で製塩、水車、土器、木工、鍛冶、機織りなど多様な対象に適応しながら視野の拡大を計ってきたかを論じたい。

そしてルヴァロア技法を代表とする打製石器製作、とくに剥離過程の分析方法が現代のものづくり論を比較する共通の枠組みを探すとすれば、技術やその習得に関して何らかの抽象化が行われなくてはならない (例 技術性の概念)。つまり技術を何らかのシステムとしてとらえた上で、システム間の比較が必要となる。そのための有効な方法がシェーン・オペラトワールであり、この方法を使うことによって M. モースやルロワ＝グーランが論じた技術性 (technicité) の概念に接近できるのである。さらにこの脈絡でウイン (Wynn) とクーリッジ (Coolidge) がシュランガー (Schlanger) によるルヴァロア技法の分析をケラー (Keller) 夫妻が現代の鍛冶屋の分析に使った概念、アンブレラプラン (umbrella plan) や構成ないし布置(constellation)で捉えようとした論文が導きの糸となる ("How Levallois reduction is similar to, and not similar to, playing chess," 2010)。さらに類人猿・旧石器および民族資料を横断して分析したハイデル (Haidle) のコグニグラム (cognigram) の方法にも言及して時空を越えた技術の比較について論じたい。

このように共通点と相違点を議論したあと、技術の垂直および水平移転、あるいは学習や伝播についてシェーン・オペラトワール論に基づいた土器研究 (e.g. Gosselain 1998, 2008; Gelber 2001; Dietler and Herbich 1998, etc.), さらにニューギニアの石斧作り (e.g. Stout 2005, 2010) や現代の職人論 (e.g. Marchand 2007, 2008, 2010) などの研究に言及しながら論じたい。そして最後に何を習得すればそれは学習といえるのかという問いかけをする。このような検討を経てはじめて、旧人と新人の間に学習能力の差があるか否かを議論できるであろう。

**What does “leaning technology” mean?: How does the analysis of Levallois technique have implications to the ethnographic study of technology?**

Goto, Akira

Anthropological Institute, Nanzan University

The chaîne opératoire theory was pioneered by A. Leroi-Gourhan in his analysis of technological evolution of the Palaeolithic, and this theory has been developed in FTAT (Francophone Tradition of Anthropology of Techniques), being applied to diverse subjects. Although main discussants of this theory, such as Pelegrin, Karlin and so on, belong to the Palaeolithic studies, there are many ethnographers and anthropologists who have enlarged the scope of this theory by applying it to a variety of subjects, such as, salt making, water wheel, pottery, wood working, blacksmith, weaving, and so on (e.g. Cresswell, Lemonnier, Balfet, to mention a few).

If we intend to find a common framework to discuss technology of the Palaeolithic (e.g. reduction process of Levallois technique) and modern technology (more precisely “techniques” in FTAT), some kind of abstraction concerning technology (e.g. technicité) is necessary. In other words, we have to grasp technology as a system and make comparison between technological systems. The chaîne opératoire is the very method serving this purpose, and employing this method enables us to approach the concept of technicité proposed by M. Mauss and Leroi-Gourhan.

In this context, the paper by Wynn and Coolidge (“How Levallois reduction is similar to, and not similar to, playing chess,” 2010) is a guideline: they re-evaluate the analysis of Levallois technique (Schlanger 1993, 1996) by examining the concepts of umbrella plan and constellations that the Kellers have applied to the analysis of tool use and cognition of modern blacksmiths. In addition to this paper, I would examine the usefulness of “cognigram” that Haidle has proposed in her insightful analysis of tool use by Great Apes, and early as well as modern humans (Haidle 2010a, 2010b, Lombard and Haidle 2012).

After examining the similarities and differences of Palaeolithic and modern technologies, I will discuss the vertical and horizontal technological transmissions (Stark et al. 2008). In particular, I will overview the study of learning and diffusion process of technology on the basis of pottery (Gosselain 1998, 2008; Gelbert 2001; Dietler and Herbich 1998, etc.), stone axe (Stout 2002, 2005, 2011) and contemporary apprenticeship (Marchad 2007, 2008, 2010).

Finally I will address a fundamental question: in what sense, we are able to say “technology is learned”?; or, if we are to be prepared for saying so, what should be learned? I argue that, only after disclosing these problems, we are entitled to discuss how the leaning ability of modern humans equals or exceeds that of Neanderthal.



シンポジウム 1

交替劇と芸術

SYMPOSIUM 1

**Art and the Replacement of Neanderthals by Modern  
Humans**

発表者: Speakers

窪田 幸子（神戸大学）: Sachiko Kubota (Kobe University)

小川 勝（鳴門教育大学）: Masaru Ogawa (Naruto University of Education)

松本 直子（岡山大学）: Naoko Matsumoto (Okayama University)

山上 榮子（神戸学院大学）: Eiko Yamagami (Kobe Gakuin University)

コメンテーター: Commentator

早木 仁成（神戸学院大学）: Hitoshige Hayaki (Kobe Gakuin University)

## シンポジウム 1 「交替劇と芸術」

オーガナイザー：窪田 幸子（A02）

ネアンデルタールとホモ・サピエンスの交替劇について考えるうえで、「芸術」の重要性は大きい。よく知られているように、中期旧石器時代に活躍したネアンデルタールは芸術を創造せず、簡素な石器を使い、ホモサピエンスに比べて無計画な狩猟を行っていた。中期旧石器時代から後期旧石器時代に至る移行期（4万5000年前から3万5000年前）は、少なくともいくつかの地域でホモ・サピエンスとネアンデルタール両者が共存していた時期であり、かつ洞窟芸術と動産芸術の出現という、芸術が現れた重要な時期でもある。ルイス＝ウィリアムスによれば、この時期に「意識」の進化がおこり、それが芸術の発生と結びついているという。この時期には、芸術を含む「ひとまとめのパッケージ・セット」が出現するのである。彼は、意識の進化という問題にも踏み込んで芸術の出現を論じている。こうした問題意識に触発されて、より広い形で芸術について考えよう。芸術、またはイメージの表出にいたる重要な要因として、彼は、意識変容状態や、夢見を論じている。芸術と心という問題について、心理学や考古学などの分野からは、どのようなことが論じられるのだろうか。

現代の狩猟採集民族であるオーストラリアのアボリジニやアフリカのブッシュマンは岩壁画を描く。それはトーテミズムや祖先につながる彼らの死生観、宇宙感の表現といえる。現代の文脈では、それらは芸術として扱われるものになっているのだが、これらの芸術が我々にインパクトを持つのはなぜなのだろうか。現代の狩猟採集民が岩壁画や絵画を描くときに、彼らの中ではどのようなことが起きているのだろうか。

こうした議論から、進化の道筋で、我々はいかにして現在の我々になり、そのなかでいかにして芸術を創造するようになったのかという大きな問題を論じてみたい。

**SYMPOSIUM 1 " Art and the Replacement of Neanderthals by Modern Humans"**



## なぜアボリジニの芸術はわれわれの心を打つのか—交替劇の文脈から—

窪田 幸子 (A02)

神戸大学大学院 国際文化学研究科

このプロジェクトに参加して以来、「芸術」の出現という問題から、交替劇を考えてみたいと考えていた。現在の理解では、ネアンデルタール人は、芸術を創造しないとされているという。ネアンデルタールとホモサピエンスが共存した時期、4万5000年前から3万5000年前は、洞窟芸術と動産芸術の出現という「芸術」が現れた重要な時期である。これは芸術を含む「ひとまとめのパッケージ・セット」として出現したとされる。イメージを絵として描くことを可能とする意識状態は、どのようなものと考えられるのだろうか。そして、現代人を調査する人類学者は、ここにどのような貢献ができるのだろうか。

狩猟採集民族であるオーストラリアのアボリジニは、古くから広い地域で岩壁画を描いてきた。それはトーテミズムや神話に現れる精霊につながる彼らの世界感が表現されているといわれる。岩壁画だけでなく同様の表現は身体装飾や砂絵、儀礼用の彫刻などに施されてきた。アボリジニの「ドリーミング」と呼ばれる創世神話では、様々な姿の精霊が現れ、大地を旅し、現在の景観と生物を生み出していったのだとされている。その旅が歌や踊りで表現され、それらを象徴する絵画が岩壁や地面や身体に刻まれてきたのである。

オーストラリア政府はアボリジニの自律を目ざして、1970年代から工芸品産業を推進してきた。その結果、現在では多様なアボリジニの美術工芸品がうみだされるようになり、大きな産業となるとともに、現代絵画としても高い評価を得るようになった。産業化の当初は、もともと北部地域で使われてきた、樹皮に岩絵具で描かれる「樹皮画」が代表的な製品で、プリミティブアートとしてみられていた。それが、中央砂漠地域で、キャンバスにアクリル絵の具で描くアクリル点描画の新しいスタイルがうみだされ、広く生産されるようになり、人気をあつめた。これらは、見かけはモダンアートのようであり、1980年代後半になると、国内外で次第に高い評価を得るようになった。しかし、そこに描かれているのは、表現は異なるが樹皮画と同様、彼らの創世神話のなかで活躍する精霊たち旅の道筋であった。1990年代以降になると、アボリジニアートの表現はさらに変化する。点描の表現が多様化し、抽象文様をはなれ、ミニマリズム的な表現などがあらわれ、ファインアートとして高い評価を受けることになっている。

先住民や少数者の人々の経済的自立のためのアートを使うことは世界各地で広く行われている。しかし、その中でオーストラリアのアボリジニのアートは大成功をおさめているといってよい。この成功はなぜ起きたのだろうか。これらの芸術が我々にインパクトを持つのはなぜなのだろうかを考えることから、芸術制作の背景を考えてみたい。現代の狩猟採集民の絵画制作の背景になにがあるのか。そして彼らが絵画を描くとき、彼らの心の中ではどのようなことが起きているのだろうか。

## **Why Australian Aboriginal Arts are so impressive for us?: A consideration on artistic expression of *Homo sapiens***

Sachiko Kubota (A02)

Graduate School of Intercultural Studies, Kobe University

Since I started to take part in this project, I wanted to consider the replacement of Neanderthal by *Homo sapiens* from the perspective of the emergence of art. It is commonly known that the Neanderthal did not produce art. And the period between 45,000 BP to 35,000 BP when the Neanderthal and *Homo sapiens* co-existed in Europe, is the very important. Because it is when the arts including cave paintings emerged. What kind of mental stage in *Homo sapiens* urged to paint the imaged objects? And as an anthropologist who study modern Aboriginal people, what can I contribute to such a question?

Australian Aboriginal people have been living as hunters and gatherers in Australian continent for more than 50,000 years, they have been producing many rock paintings in various sites. Most of them are about their mythological spiritual beings and its creation stories. In the 'Dreaming' which is Aboriginal mythological world view, ancestral spiritual beings are believed to travel across the land in Dream time producing human beings, animals, plants and various landmarks, and giving rituals and customs to the people. Modern Aboriginal people still dance, sing and paint these travels of ancestral spiritual beings.

Australian government since 1970s started to promote Aboriginal arts and crafts as a source of economic income for them. As a result of it, Aboriginal arts & crafts have become a big industry by 1990s. They now internationally acclaim high popularity and appreciation. In the beginning when the government started to promote the industry, the bark paintings from the north were the main products and they were mainly seen as ethnographic materials or primitive art. But in 1970s when the new form of paintings of dot paintings using acrylic paints and canvas, emerged in the central desert. It gradually became famous and attracted art lovers both domestic and worlds-wide. Those works appear as 'modern-art' at a glance, but they contain stories of travels and landscape of ancestral spiritual beings. In 1990s on, the styles of Aboriginal arts diversified and became freely developed. Some are like the paintings of minimalism and others look as if action paintings. Thus they are getting high appreciation as fine arts and are highly sought after by gallery owners and art collectors.

It is very common worldly attempts to enhance arts & crafts to indigenous people to give them possible economical means. But Aboriginal art is probably the most successful case so far. What is the background of the success? Why are the Aboriginal arts have such strong impact on us? I will try to consider the background of their art production and what is happening in the mind of modern hunter and gatherers who are involved in art production in 21<sup>st</sup> century.

## 美術の起源：ショーヴェ洞窟壁画をめぐって

小川 勝（招待発表者）

鳴門教育大学

1994 年にフランス南部で発見されたショーヴェの洞窟壁画は、使用された顔料の直接的年代測定法により、約 3 万 2 千年年前に制作されたことが明らかになっている。しかも、きわめて質の高い表現を達成している。現在発見されている限り最も古い美術が、きわめて優れた芸術作品である、という事実をどのように考えればいいのだろうか。一般的な意見として、人類は 10 万年以上前に美術制作をはじめ、その痕跡がまだ見つかっていないだけで、単純な表現が、徐々に複雑化して、3 万 2 千年前の豊かな結実に到達した、という考え方があ。常識的ともいえ、納得しやすいが、しかし、証拠がない仮説をそのまま受け入れることはできない。

今回の発表で指摘しようとするのは、ショーヴェの洞窟壁画における表現方法の多様性である。対象を把握して、表現しようとするとき、ほとんどの場合は輪郭線を用いるが、ショーヴェにおいては、ドットの集積でボリュームを表そうとする。そのような方法意識をどのように理解すればいいのだろうか。他にも、現在に至るまで類例を見いだせない多様な技法が多く見られ、これは、まだ平面に輪郭線で対象を描写するシステムが確立していないからこそその造形現象であると、発表者は考えている。つまり、ショーヴェ以前に、人類は美術表現をしたことがなく、一種のビッグバンとして表現行為が始まり、その時点で様々な手法が試みられ、その後、輪郭線による対象把握が最も効果的な手法として採用されたといえるのではないか。

この仮説は、美術の起源に関するものであり、ネアンデルタールとホモ・サピエンスの交替劇についての議論ではないが、美術を始めたのが 3 万 2 千年前のクロマニヨン人であり、その後現在に至るまで、人間は絶えることなく美術を実践してきている。その意味を考えることで、ホモ・サピエンスとは何者なのかという根本的疑問に対する解答も得られるだろう。

## **Origin of art: Parietal art from Chauvet**

Masaru Ogawa (Invited Speaker)

Naruto University of Education

Parietal art from Chauvet in Southern France, discovered in 1994, has been dated about 32,000 BP by AMS direct dating method with carbon pigments. Its artistic quality is extraordinarily high in such a remote age. The oldest art was the most splendid works with presently confirmed testimonies, it is true, and how do we estimate this artistic fact. With general explanation, Man invented art over 100,000 years ago with simple lines, and for proximately 70,000 years, made evolution to more complicated forms such as Chauvet examples. With a first glance, this story is acceptable for evolutionary mind, but we must revise this speculation without any testimony.

In this presentation, we would like to point out the diversity of expressing methods for Chauvet. One uses contour lines to grasp and depict objects, hence at Chauvet, they expressed volume of objects with accumulation of dots. How can we evaluate such a methodical attitude? For other animal figures, they adopted diverse ways of representation that have not been found in any other examples up to present days. Such a diversity for artistic phenomenon would have derived from the fact that they had not established their depicting system for objects with contour lines in flat space, we consider. That is, before Chauvet, Man did never make art, and 32,000 years ago so-called Big-Bang of art happened, then the first artists had tried several methods to make art, and posteriorly the followers focused only to contour lines for its effectiveness of grasping objects.

Our hypothesis is dedicated to art origin, not for change from Neanderthal to *Homo sapiens*. But, you should know that the very Cro-Magnon man did begin art around 32,000 years ago, and Human has continued to make art without any interruption to present time. Discussing this problem, we might get an answer to our fundamental question, what is *Homo sapiens*.

## 「芸術」はどのような状況で生まれるのかー考古学的検討ー

松本 直子 (A01)

岡山大学大学院 社会文化科学研究科

ネアンデルタールとサピエンスの交替劇との関連で「芸術」について考える場合には、それをいかに定義するかが重要である。Morris-Kay (2009) による包括的な定義によると、芸術には①身体や他の自然物・人工物、平滑な面への彩色、②パターン（象徴的意図の有無は問わず）、③自然に生じた形態の部分的改変、④二次元ないし三次元のイメージを新規に作り出すこと、の4種が含まれる。これまでに確認されている考古学的証拠によれば、①から③までは5万年前より古い資料が散見されるが、④が登場するのは4万年前以降で、ホモ・サピエンスの手によるものと推定されている。美しいものを快いと感じる能力には深い進化的基盤があり、美的に好ましいものを作り出す能力は、本来機能的な道具作りの能力と密接に結びついている。それがサピエンスに至って特殊な発展をみせるのはなぜかという問題については、個人的認知能力と社会的状況の双方からの検討が必要である。

芸術的創造性の潜在力については、現生人類においてもかなりの個人差があり、ネアンデルタールや旧石器時代のサピエンスにおいても、芸術を生み出す能力や性向には集団内にかなりの個人差があったと考えられる。芸術的 innovator としての能力をもった個体と、それを評価して学習する learner としての能力を持った個体の双方が揃わなければ、文化として考古学的に確認できるような芸術活動は生じない。ネアンデルタールとサピエンスに関する芸術的資料の差異は、こうした性向をもつ個体の頻度やその能力の程度として理解されるかもしれない。

また、考古学的証拠から、芸術的活動の活発さは時期や地域によって大きな偏りがあることも確実であり、ヨーロッパ旧石器時代の洞穴絵画が描かれる時期・地域もかなり限定されている。縄文時代の日本列島においても、土偶などの象徴的遺物の出土は東日本に集中しており、その消長には波があることから、芸術の生成には社会的な要因も深く関わっていることが分かる。

## How art was born: An archaeological examination

Naoko Matsumoto (A01)

Graduate School of Humanities and Social Sciences, Okayama University

Morris-Kay's inclusive definition of art encompasses: (i) the use of colour, applied to the body, natural or created 3D object or a flat surface; (ii) pattern, whether or not made with symbolic intent; (iii) the modification of naturally occurring forms; (iv) the de-novo creation of 2D or 3D images. Based on the currently available archaeological evidence, evidence belonging to the category (iv) appears only after 40,000 years ago and have been attributed to the hand of *Homo sapiens* while those belong to (i) to (iii) can be recognized sporadically prior to 50,000 years ago. Our cognitive ability to find certain object or image aesthetically pleasing has deep evolutionary roots and our ability to produce 'beautiful' objects is closely related to the development of tool-making technology. In order to understand why archaeological evidence of art seems to show dramatic development after 40,000 by *Homo sapiens* needs examinations from both viewpoints of individual cognitive ability and social situation.

Modern humans show considerable individual difference in artistic creativity. It is natural to assume that the ability or tendency to produce art was also variable among ancient populations including Neanderthals and Palaeolithic *Homo sapiens*. Artistic activity as archaeologically recognizable requires individuals with an ability of artistic creativity and those with an ability to appreciate and imitate the art. Difference between Neanderthals and *Homo sapiens* may be understood in terms of the frequency and/or the extent of the cognitive ability.

Archaeological data indicate that artistic activities don't evenly distribute in our history but particularly concentrate in certain areas and times. Examination of the cases of the Palaeolithic cave art and ritualistic artefacts in the Jomon period Japanese Archipelago may provide us with insights on the nature of social factors related to the creation of art.

## アートワークにおける学習諸相—バカピグミーの子どもたちの共同描画と コラージュから—

山上 榮子

神戸学院大学 人文学部

**目的** この3年間の調査研究で、狩猟採集民バカピグミーの個々の子どもたちのアートワークから、新奇素材への関心と探索、自らの文化と異文化の両方にオープンな積極性、極端な抑制や暴発のない「拡散と集約」を包含する表現、困難状況での視点の転換など、創造性とレジリエンスを見た。また、約50名の参加者のうち1名は、天才（inventor に等価）とも言える芸術的表現であった。本シンポジウムでは、共同行為としてのアートワークに注目し、課題であると同時に遊びであるアートの意味と、そこでみられた学習諸相を検討した。

**アート表現の意味** アート表現はイメージの外在化であり、表象のひとつである。心のどの層が関与するかについては、Frued（1915）や Jung（1964）の無意識論、機能と効用については Kris（1952）の「自我のための退行」と Winnicott（1971）の「潜在的空間と移行対象」、神経基盤については Zeki（1999）の「視覚脳」などを参照して検討する。

**参加協力者と手続き** カメルーンに住むバカピグミーの子どもたちのグループに、描画課題（昨日食べた物、本人、いっしょに食べた人）と、コラージュ課題（家に欲しい物）を実施。

**結果 <描画>** 概ね教示に沿うが、自分の欲求や関心に基づいて描き、観衆のひやかしにも動じずマイペース。「野生動物」は男子に、「調理プロセス」は12歳以上の女子に出現。ジェンダーによる道具の違い。共食対象に「自分の妻や夫」。年長者やスキルフルな子どもの模倣と同調。

**<コラージュ>** 観衆のアート素材をめぐるおしゃべりと制作者へのひやかしや介入。多い切片数、「重ね貼り」「はみだし」に見られる積極的で大胆な自己表出。「くりぬき」に見られる主体的な自我の顕在化と2年前の体験の学習効果。表現内容のテーマが決まる男子と、「友好的な人」を含む多様な内容の女子。

**考察** 子どもたちにとって、新奇場面がアフォードンスになり得たのは、アートの「移行対象」性と、グループ、ギャラリー、集落などが入れ子的に「抱える環境」として機能した故であろう。とりわけ、ワーク参加者と観衆が一体となって、素材写真を眺めており、「視覚脳」の能動性から見ると、刺激的な異文化を十分学習していたと考えられる。基本的には個の資質と欲求を中心軸とし、さらに共同行為におけるさりげない協力が「習得と専有」（Bahtin,1981）という学習の側面を推進させ、「持続」と「変革」がうまく調和しているように考えられた。

## **The learning in art works: Through the collaborative collage-making and drawing of Baka Pygmy children**

Eiko Yamagami (A02)

Faculty of Humanities and Sciences, Kobe Gakuin University

**Objects:** Certain learning aspects were observed and discussed through art works with Baka-Pygmy children, hunter-gatherers, with the exploration of art expression.

**Art Expression:** Art expression is the externalization of images and also one kind of representation. In this symposium it is discussed by referring to unconsciousness as posited by Freud (1915) and Jung (1964) in terms of mind structure, “regression in the service of ego” by Kris (1952) and “potential space and transitional object” by Winnicott (1971) in terms of function and effectiveness, and “eyesight brain” by Zeki (1999) in terms of the neurological base.

**Participants and Procedure:** Small groups of children in Cameroon were asked to draw and make collages.

**Results: <Drawing>** The children drew based on their own desire and interest while listening the direction and being teased by onlookers. Imitation and conformity to the older people or skillful boy revealed.

**<Collage>** The onlookers chatted about photos, teased and intervened with the participants. There was intensive and courageous expression, and also a learning effect from previous experiences. There were distinct themes by the boys and variety with “friendly people” by the girls.

**Discussion:** The children’s art works with the new materials can be termed affordance due to the characteristics of art as “transitional object” and to the group function of “holding environment”; feeling secure with onlookers and bands. In particular, the participants and onlookers, were interested to look at the photos together as they learned about an exciting different culture from the standpoint of intensiveness of “eyesight brain”. Moreover, the learning aspects, “mastery and appropriation” (Bahtin, 1981) were found in the collaborative actions of art works. Basically, individual resources and desires were respected as the central pillar of the work; it seemed to be harmonious with their casual cooperation and with the relationship between conservation and innovation.





シンポジウム 2

メタ学習のメカニズム—創造性の進化史的基盤

SYMPOSIUM 2

**Mechanisms of Metalearning: Evolutionary foundation of  
creativity**

発表者: Speakers

大村 敬一（大阪大学）: Keiichi Omura (Osaka University)  
小山 正（神戸学院大学）: Tadashi Koyama (Kobe Gakuin University)  
高倉 純（北海道大学）: Jun Takakura (Hokkaido University)  
田邊 宏樹（名古屋大学）: Hiroki Tanabe (Nagoya University)

コメンテータ: Commentator

松本 直子（岡山大学） Naoko Matsumoto (Okayama University)

## シンポジウム2「メタ学習のメカニズム：創造性の進化史的基盤」

オーガナイザー：大村敬一（A02）

ベイトソンの学習進化モデルに基づいてトマセロの「累進的な文化進化」仮説を精密化することで、ネアンデルタールと現生人類の学習の違いについて、次のような仮説を立てることができる。

ネアンデルタールは文化進化のツメ歯車のツメにあたる文化学習を獲得したが、その文化学習に基づいて創造的な変革と発明を行うために必要なメタ学習の能力を獲得することなく、そのメタ学習の能力を学習Ⅱに基づいて獲得した現生人類だけが文化進化のツメ歯車を十全に稼働させることができた。その結果として、ネアンデルタールは文化学習によって獲得した技能とその産物に新たな革新と発明を加えることなく、文化的に継承される技能を数十万にわたって忠実に継承することになった。他方で、現生人類は学習Ⅱに基づいた学習Ⅲの能力を獲得することで文化進化のツメ歯車を十全に稼働し、文化的に継承される認知技能とその産物に次々と改良を加えることで、生物進化史的には短い時間で人類に特有な認知技能とその産物を発達させてきたのである。

この仮説が正しいとするならば、トマセロの仮説に従って、ネアンデルタールは文化学習に必要な能力、同種他個体を自己と同じ精神生活をもつ者として理解し、その行動の背後に意図を読みとる能力を獲得していたと考えることができる。この意味で、ネアンデルタールは「心の理論」を現生人類と共有していたと推定することができるだろう。しかし、他方で、ベイトソンの学習進化モデルに従えば、ネアンデルタールは文化進化のツメ歯車の駆動力であるメタ学習を支える能力、すなわち、文化学習によって身に染みついてしまったコンテクストを理解する慣習的な方法を客体化するとともに、慣習化した問題解決の様式を客体化して操作し、発明や改良を行う創造性の能力に欠けていたと推定することができるだろう。この意味で、現生人類とネアンデルタールの学習能力の違いは、自己の身に染みついた世界理解のあり方と慣習的な問題解決の様式を客体化して操作し、発明や改良を行う創造性の能力にあると言える。

それでは、この創造的なメタ学習、すなわち、すでに学習したことを対象化して意図的に操作し、発明や変革を行うことを学習するメタ学習は、どのような認知能力に基づいているのだろうか。その能力は生物学的に獲得されるのか、それとも社会的に育成されるのか。あるいは、生物学的に獲得された能力と社会的に育成される能力が複雑に絡み合って実現するのか。そして、そのいずれであるにせよ、その認知能力はどのようなメカニズムになっているのだろうか。

このシンポジウムでは、①現生人類の学習に関するフィールド調査と心理学的考察、②考古学による進化史の検討、③脳神経科学による生物学的な認知メカニズムという三つのアプローチから、このメタ学習について考え、メタ学習に関する問題を検討することから、ネアンデルタールの学習能力について探りを入れる。

## **SYMPOSIUM 2 "Mechanism of meta-learning: The evolutionary basis of creativity"**

Keiichi Omura (A02)

Modifying the hypothesis of 'cumulative cultural evolution' proposed by Tomasello according to the Bateson's model regarding the evolution of learning, we can build up the following hypothesis about the difference in learning ability between Neanderthals and modern humans:

If there is any one difference in learning ability between Neanderthals and modern humans, it is the ability of meta-learning (corresponding to Learning III in Bateson's model), which is the foundation of 'individual or collaborative creation;' that is, the driving force of cumulative cultural evolution. Thus, Neanderthals most likely acquired the ability of cultural Learning (corresponding to Learning II in Bateson's model), which enabled them to preserve their styles of problem-solving. On the other hand, it might be supposed that they lacked the ability of meta-learning, that is, the ability to make creative modifications to preserved styles of problem-solving, with the result that they might not be able to fully operate cumulative cultural evolution and thus were conservative in their techniques of stone-crafting. In this sense, Neanderthals might have acquired but perhaps were strictly bound by their cultures.

If this hypothesis is accepted, it might be safely inferred from Tomasello's model that Neanderthals acquired the ability to understand conspecifics as beings that have intentional and mental lives like their own, because Tomasello pointed out that the ability of cultural learning is based on the ability to understand the intentions behind the behaviors of others. In this sense, Neanderthals might be considered to share the ability of 'theory of mind' with modern humans. On the other hand, it could be safely inferred from Bateson's model that only modern humans acquired the creative ability to objectify, manipulate, and change what is already learned via cultural learning on the basis of a 'theory of mind,' because Bateson pointed out that meta-learning is based on the ability to objectify, manipulate, and change the existing styles of problem-solving, which are learned as unexamined premises through cultural learning.

In short, the most important species-unique ability of modern humans might be the creative ability to objectify, manipulate, and change the relationships between their own culture as unexamined styles of problem-solving and their surrounding environments. Modern humans acquired this creative ability so that they could fully operate cumulative cultural evolution and thus develop their species-unique cognitive skills and products.

Then, what cognitive abilities are needed for this creative ability of meta-learning unique to modern human? Is this ability biologically acquired or socially nurtured? Is it socially learned on the biological basis? What mechanism, whether biological or social, enables modern humans to practice their creative meta-learning so that they could fully operate cumulative cultural evolution?

In this symposium, in order to consider the difference in learning ability between Neanderthals and modern humans, we will approach these problems from three angles: 1) ethnographic and psychological considerations of the learning process of modern humans; 2) archaeological consideration of the evolutionary history of modern humans, especially focusing on the evolutionary process of tool industries; 3) neuroscientific consideration of the cognitive mechanism of modern humans.

## メタ学習と創造性の能力を育む「からかい」：カナダ・イヌイトの子どもの学習過程にみる身構えの習得

大村敬一（A02）

大阪大学大学院 言語文化研究科

どんな現生人類もそれぞれの社会に生まれ落ち、それぞれの文化を学習するところからすべての学習をはじめ。この意味で、現生人類の場合、社会学習があらゆる学習の基礎になっている。そうした社会学習のなかでも、トマセロが指摘しているように、文化的に継承されてきたもののやり方が他者の行為の模倣や他者からの教示、他者との共同作業を通して学習される文化学習は、現生人類の学習について考えるうえで重要である。かつて過去に発明されたやり方が後戻りすることなく断続的に改良されつづけてゆく「漸進効果」が生じ、過去の発明に次々と改良が施されてゆくことで、生物学的な進化とは較べものにならないスピードで行動とその産物が進化してゆく累積的な文化進化が生じることこそ、現生人類に特有な文化的継承のあり方であり、その累積的な文化進化の要となるのが、過去に発明されたやり方が着実に継承されることを保障する文化学習だからである。

しかし、文化学習が現生人類の累積的な文化進化の要になっていることに間違いはないとしても、文化学習を通して継承されるべき発明と改良が行われねば、累積的な文化進化は可能にはならない。すでに別稿（大村 2013）で明らかにしたように、その発明と改良を可能にする能力が、自己の身に染みついた世界理解のあり方と慣習的な問題解決の様式を客体化して操作する能力である。したがって、現生人類に特有な文化的継承である累積的な文化進化が可能になるためには、（１）トマセロが文化学習に必要な能力としてあげる「心の理論」の能力、すなわち、同種他個体を自らと同じ精神生活をおくる者として認識してその行動の背後にある意図を読み取る能力に加えて、（２）自己の身に染みついた世界理解のあり方と慣習的な問題解決の様式を客体化して操作する能力が必要であることになる。それでは、現生人類の社会において、累積的な文化進化を可能にするこの二つの能力を現生人類はどのようにして身につけているのだろうか。

この発表では、この問題を通して現生人類の学習能力の進化史的基盤について考察するために、イヌイトの子どもたちの学習過程、なかでもイヌイト大人たちが教育目的で行う子どものからかいについて検討し、そのからかいが教育の装置として働くメカニズムを解明する。そのために本稿ではまず、イヌイトの大人の子どものからかいの事例をいくつか検討し、そうしたからかいが子どもたちに学習の前提となる身構えを身につけさせる装置となっていることを示す。からかいは子どもたちに、注意深く観察して自ら考えて判断し、自らすすんで学習してゆくための基礎となる身構えを身につけさせる装置となっているのである。そして最後に、トマセロの言う「累積的な文化進化」が十全に発揮されるために必要とされるのは、「心の理論」に基づく文化学習の能力だけではなく、その文化学習で身につけた文化を状況に応じて客体化して操作する能力であることを示し、その能力の基礎となっている客体化の能力が現生人類とネアンデルタールの社会性のあり方に起因するのではないかとする仮説を提示する。

大村敬一 2013 「創造性と客体化の能力を育む「からかい」：カナダ・イヌイトの子どもの学習過程にみる身構えの習得」『狩猟採集民の調査に基づくヒトの学習行動の実証的研究』交代劇A02班研究報告書No.3（寺嶋秀明編）神戸学院大学人文学部，pp. 15-36。

## **Ability of objectification as the basis for meta-learning and creativity: Teasing as the device for training children in Canadian Inuit society**

Keiichi Omura

Graduate School of Language and Culture, Osaka University

Any human individual is born into each society and begins its lifelong learning process with social learning of each culture. In this sense, social learning of cultures can be said to be the base for any kinds of learning for *Homo sapiens*. Above all, as pointed out by Tomasello (1999), ‘cultural learning,’ (‘imitative learning,’ ‘instructed learning’ and ‘collaborative learning’) which is one of the forms of social learning but is unique to modern humans, plays the most important role in the learning process of modern humans. This is because cultural learning is essential to modern humans’ species-unique modes of cultural transmission, that is, ‘cumulative cultural evolution.’ This unique mode enables them to develop the cognitive skills necessary to invent and maintain complex tool-use industries and technologies, complex forms of symbolic communication and representation, and complex social organizations and institutions. All of these developments only occurred in the last 250,000 years, which is a very short time evolutionarily speaking.

However, although cultural learning, which functions as the ratchet of cumulative cultural evolution, is the most important basis for the evolution, it is not enough for its full development. Creative inventions or modifications, which function as the driving force of the evolution, are necessary for its full development. Therefore, as I pointed out (Omura 2013), the following two abilities are essential to cumulative cultural evolution: 1) the ability of ‘theory of mind,’ which, as Tomasello pointed out, is the basis for cultural learning, that is, the ability to understand the intentions behind the behaviors of others and to understand conspecifics as beings that have intentional and mental lives like one’s own; 2) the ability to objectify what is already learned via cultural learning on the basis of a theory of mind. Then how do modern humans learn these two abilities?

The purpose of this presentation is to examine the learning process of Inuit children, especially focusing on Inuit adults’ teasing children for educational purposes, in order to understand the learning process of these two abilities and thereby consider the evolutionary basis of the learning ability of modern humans. Firstly, I will present some examples of the Inuit adults’ teasing children in order to understand its characteristics. Then, I will situate it in the socio-cultural backgrounds of the learning process of Inuit children and show that the teasing functions as the device for education of the art of patience, which is the emotional basis for observation learning and creative invention. Finally, based on the results of these analyses, I will propose the hypothesis that the most important ability required for full achievement of ‘cumulative cultural learning’ is the ability to objectify and manipulate the relationships between oneself and the environment, which might distinguish modern humans from Neanderthals.

## Baka Pygmy の子どもの象徴遊びにみるメタ表象能力の発達

小山 正 (A02)

神戸学院大学 人文学部

ヒトの文化学習は極めて強力であり、ヒトの子どもの文化学習を可能とする能力として、他者を意図や態度をもった主体として理解し、同一化し、その態度や文化を自らのものとするを Tomasello (1999) は指摘した。ネアンデルタール人は、他者理解や心の理論につながることを示す傷ついた家族を癒し、死体を守るというような共感的理解を示したと Wynn & Coolidge (2011) は述べている。今日の発達心理学では、生後 9 か月頃が注目され、他者の心理的態度を区別したうえで統合する子どもの能力へとつながるものがみられるとしている (Hobson, 1993)。そこには、心的表象能力が必要とされる。その点について、Leslie (1987) は、他者や自分の心的表象を表象する能力をメタ表象 (metarepresentation) としてとらえた。メタ表象とは、1 次的表象 (primary representation) を超えたより高次の表象であり、2 次的表象ともいわれ、その発達を Leslie (1987) は、生後 18 か月から 24 か月の子どものふり遊びにみた。心的表象の基礎的な進化的ポイントは、外界の諸側面を正確に、忠実に、ありのままに表象しなければならない 1 次的表象であり、外界との関係における直接的な意味である (Leslie, 1987)。子どものふり遊びの過程において、Leslie (1987) は、1 次的表象を協応化し、対象の真の特性を「切り離すこと (decoupling)」に着目している。この「切り離し」は、まさに象徴機能の発達ともいえるし、「経験のコピー」に切り離しのプロセスが働き、それらが統合され、現実世界とつながれる (anchor) プロセスは、子どものメタ表象能力の発達において注目されるものである。

筆者は、狩猟採集生活の中で育つ Baka Pygmy の子どもの象徴遊びやその過程でみられる認知的柔軟性について検討してきた。ここでは、face to face の場面での人形 (人のレプリカ) を用いたふりやみたての場面を通して、Baka Pygmy の子どものメタ表象能力の発達について検討した結果を報告する。協力者は、2011 年より訪れているカメルーン東部州ロミエ周辺の 4 集落の 3 歳から 7 歳の子ども 30 例である。調査は、2012 年 8 月に実施した。方法は、筆者の一連の調査の過程で、レプリカとしての人形、おもちゃのカップとスプーン、皿、ポット、積木を提示し、それらの材料での子どもの自発的な行為を観察し、その様子を VTR に収め、分析した。その結果、食事という行為や、養育行動の経験のコピーと考えられる行為から McCune (2008) のいうふりの行為が先行する内的な意図に基づく階層的なふりであり、切り離しが働いた物のみたてが含まれた行為への移行が 3 歳から 5 歳にかけてみられた。子どもたちは提示される対象の特性を確認しながらも、それらを統合し、経験のコピーを脱文脈化された状況で使用し、より高次の表象化を行っていると考えられた。このようなふり遊びにみられる表象能力 (メタ表象能力) は、日常生活においては他児との間で共有されるとともに彼らの文化学習の基礎的能力として注目される。

## **Development of the capacity for metarepresentation and symbolic play in Baka Pygmy children**

Tadashi Koyama (A02)

Faculty of Humanities and Sciences, Kobe Gakuin University

Tomasello (1999) pointed that human cultural learning processes were especially powerful. And they are supported the uniquely human adaptation that is “understanding others as intentional beings like the self.” Wynn & Coolidge (2011) pointed out that “Neanderthals cared for injured their family member and protected corpses.” That might be empathic acts to others and required development of Theory of Mind. Leslie (1987) proposed that the capacity for metarepresentation was required to employ Theory of Mind. According to Leslie (1987), metarepresentation is a higher capacity based on the primary representations that has direct semantic relation with world. And it is decoupled copies of representation for reconstruction. Children have to decouple the primary representations and the copy of their experiences for the development metarepresentation. These processes are observed in child’s pretense play. Decoupling is an important process in forming metarepresentation. And the process of anchoring to the real world is also required.

The author investigated the representational play and cognitive flexibility in Baka Pygmy children in the East Cameroon. About representational play, I set out the face to face situation that a child could extend his or her symbolic play with props which were blocks and replicas for the children; a doll (a replica of infant), a toy teapot, a toy saucer, toy cups. I conducted the study from 14th to 18th August, 2012. The participants in the study were 30 Baka Pygmy children (14 girls and 16 boys) aged from 3 to 7 years old. I recorded their acts by VTR and analyzed those VTR. As results, hierarchical pretend requiring object substitution (that was metarepresentational) was observed from 3 year old to 5year old Baka Pygmy children. Hierarchical pretend play includes child’s internal designation or plan (McCune, 2008). It was thought that they decoupled the copy of their daily experiences and integrated expressions in their plays returning to the information on the properties of props in decontextualized condition. This capacity observed in pretend plays in Baka Pygmy children is raised with other children in their daily life and would enhance their cultural learning.



## 考古資料から見たメタ学習

高倉 純 (A01)

北海道大学大学院 文学研究科

大村敬一 (2012, 2013) が提起する仮説によれば、現生人類とネアンデルタール人との間の学習能力差、とくに創造性にかかわるそれには、「メタ学習」の能力差が関係しているという。この仮説を考古学的に検証するには、大村のいう「メタ学習」が、どのような特徴をもつ学習行動に表れ、それが人類の残した物質資料にどのように反映されるのかを考えていかなければならない。論理階型のレベルが異なる学習プロセスが遂行されるという点に着目するならば、「メタ学習」のプロセスには「再帰性」(Corballis, 2011) の観点からアプローチすることが可能と予測される。本発表では、第一に、「再帰性」やダン・スペルベル (Sperber, 1994) の言う「メタ表象モジュール」を含め、「メタ学習」に関連する諸概念の関係を整理したうえで、第二に、「再帰性」の問題を手がかりとして、「メタ学習」のプロセスを考古学的に議論する可能性を論じていきたい。

### 引用文献

- Corballis, M.C. 2011 *The Recursive Mind: The Origin of Human Language, Thought, and Civilization*. Princeton and Oxford: Princeton University Press.
- 大村敬一 2012 「パッケージ学習進化仮説—文化人類学からみる現生人類とネアンデルタールの交替劇—」 寺嶋秀明編『狩猟採集民の調査に基づくヒトの学習行動の実証的研究：交替劇 A-02 班研究報告書 2』23-40 頁，神戸学院大学人文学部
- 大村敬一 2013 「創造性と客体化の能力を育む『からかい』—カナダ・イヌイトの子どもの学習過程にみる身構えの習得—」 寺嶋秀明編『狩猟採集民の調査に基づくヒトの学習行動の実証的研究：交替劇 A-02 班研究報告書 3』15-36 頁，神戸学院大学人文学部
- Sperber, D. 1994 The modularity of thought and the epidemiology of representations. In *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*, edited by Hirschfeld, L.A., Gelman, S.A., 39-67. Cambridge: Cambridge University Press.

## **Metalearning process: An archaeological perspective**

Jun Takakura (A01)

Graduate School of Letters, Hokkaido University

Keiichi Ohmura's hypothesis (2012, 2013) concerning the learning abilities of Neanderthals and modern humans suggests that the metalearning process provides an essential role to understand a difference of their learning abilities. To test this hypothesis archaeologically, it is necessary to consider what learning behaviors observed in the archaeological record can represent the past metalearning process. The metalearning process is a special learning process, however, a second-order one, so to speak. Thus "recursion", recently discussed by Michael Corballis (2011), may be probably linked to the metalearning process, and provide an imperative way to address it archaeologically. In this presentation, I have two aims. The first is to present a review of some concepts relevant to the metalearning process, including "metarepresentational module" (Sperber, 1994) and "recursion". My second aim is to discuss a probability of archaeological approach for addressing the metalearning process.

## メタ認知の神経基盤

田邊 宏樹（C O 2）

名古屋大学大学院 環境学研究科心理学講座

学習の重要な側面の1つに熟達があるが、それには二種類あることが知られている。1つは定型的熟達 (routine expertise) で、型にはまった認知や行動が迅速に出来るようになることである。定石通りに素早く正確に数学の問題が解けることなどがその例である。一方、適応的熟達 (adaptive expertise) は、型どおりの方法を再現できるだけでなく、新しい方法をも柔軟に取り入れることが出来る熟達のことである。これにはメタ認知能力（自己の知覚・情動・記憶・思考などの認知活動を客観的にとらえ評価した上で制御する能力）が必要であると言われている。これまでの心理学的研究から、メタ認知には知識的側面と制御的側面の2つに大きく分かれること、この能力の発達には社会的相互作用が重要な役割を果たしていることが示されている。また神経科学的研究からは、前頭連合野がメタ認知、特にメタ認知制御に重要であることが明らかとなっている。このシンポジウムでは、メタ認知を支える神経基盤について、特にメタ認知制御に焦点を当て、我々のこれまでの研究結果を交えながら議論する。

### 参考文献

三宮真智子（編）（2008）「メタ認知 学習力を支える高次認知機能」北大路書房

## **Neural basis of metacognition**

Hiroki C. Tanabe (C02)

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

As one of the important factors in learning is expertise, it is known that there are two kinds of them. One is ‘routine expertise’, that is coming to be able to perform conventional cognition and action quickly. There is an example that a mathematical problem is solved quickly and correctly using standard tactics. In contrast, ‘adaptive expertise’ is to be able not only to reproduce the standard way but also to take in a new method flexibly, and seems to require metacognitive ability (i.e. cognition about cognition; awareness or analysis of one’s own learning or thinking processes). The previous psychological researches have demonstrated that it has two aspects: metacognitive knowledge and metacognitive regulation. In addition, social interaction plays a significant role to the development of this ability. The neurological and neuroscientific researches have shown that the function of the prefrontal cortex is important for this ability, especially metacognitive control. In this symposium, I introduce and discuss the neural basis of metacognition. I also touch our recent results of the neuroimaging studies.



シンポジウム 3

ライフヒストリーから見た学習能力・学習行動の進化  
—身体と心の成長・発達—

SYMPOSIUM 3

**Evolution of learning capacity and learned behaviors of  
modern humans from the perspective of life history**

発表者：Speakers

山内 太郎（北海道大学）：Taro Yamauchi (Hokkaido University)

若野 友一郎（明治大学）：Yuichiro Wakano (Meiji University)

明和 政子（京都大学）：Masako Myowa (Kyoto University)

安藤 寿康（慶應大学）：Juko Ando (Keio University)

コメンテーター：Commentator

高田 明（京都大学）：Akira Takada (Kyoto University)

### シンポジウム3 「ライフヒストリーから見た学習能力・学習行動の進化—身体と心の成長・発達」

オーガナイザー： 山内 太郎（A02招待研究者）

ヒト（現生人類，サピエンス）は霊長類の中でユニークな成長パターンを持つ。すなわち，長い子ども期と思春期スパートと呼ばれる短期間に急激に体を大きくする時期である。長い子ども期は，体の成長速度を押さえて脳の成長を促すためと考えられている。実際に体の成長に比べて脳の成長は早く，7歳～10歳で完成（重量において）する。そして脳の成長が終わってから，遅れを取り戻すかのように急激に短期間で体を大きく成長させる。

ヒトのユニークな身体成長パターンは，同時に認知能力，行動そして心の発達と連動しており，ヒト特有の学習能力・学習行動の基盤となっていると考えられる。本シンポジウムは，ネアンデルタールとサピエンスの交替劇の主要因として学習能力・学習行動の差異があったとする「学習仮説」の検証にむけて，身体の成長，心の発達，ライフヒストリー，教示行動，学習行動の側面から霊長類，ネアンデルタール，ヒト（サピエンス）を比較検討する。ネアンデルタールの成長パターンはサピエンスとは異なっており，ライフヒストリー（生活史）の違いが認知能力，心の発達さらには学習能力・学習行動の差異を生み出したという仮説を提示し，検証可能性について追求する。

### **Symposium 3 "Evolution of learning capacity and learned behaviors of modern humans from the perspective of life history"**

Organizer: Taro Yamauchi (A02 Invited Researcher)

Among primates, modern humans (*Homo sapiens*) have a unique growth pattern: a prolonged period of childhood and a rapid growth spurt in adolescence. It is considered that the long childhood period evolved in order to promote brain growth and development by depressing body growth rate. In reality, brain growth is much faster than body growth and it completes at the ages of 7–10 (in weight). Once brain growth is complete, a rapid body growth (the so-called adolescent growth spurt) occurs to bring the body to adult size.

The unique growth pattern of humans coincides with the development of cognitive ability, behavior, and mind, and we consider the human growth pattern to be the foundation of learning capacity and learned behaviors.

This symposium discusses the growth and development of body and mind, life history, and teaching and learning behaviors to explore a “learning hypothesis” that claims that differences in learning capacity and learned behaviors between *Homo sapiens* and the Neanderthals is a major factor involved in the replacement of the two populations in the process of human evolution. We would like to propose the hypothesis that differences in life history between *Homo sapiens* and the Neanderthals caused differences in cognitive ability and development of mind and, finally, differences in learning capacity and learned behaviors between the two populations.



## ヒトの体と脳の成長：人類進化の視座から

山内 太郎 （A O 2 招待研究者）  
北海道大学 大学院保健科学研究院

ヒトのライフヒストリー（生活史）は身体の成長段階によって、乳児期（infancy, I）、子ども期（childhood, C）、学童期（juvenile, J）、思春期（adolescence, A）、成人（mature adults, M）の 5 つのステージに分類することができる。これは歯の萌出、第二次性徴の発現、認知能力の発達など生物学的なイベント、さらには行動パターンや心の発達におけるイベントにもよく対応する。

現生の哺乳類と霊長類との比較よりライフヒストリー（生活史）の進化を考えると、哺乳類は乳児期（I）から成人（M）になるのに対して、霊長類では乳児期（I）と成人（M）の間に学童期（J）が加わり、さらにヒトでは乳児期（I）と学童期（J）の間に子ども期（C）、学童期（J）と成人の間（M）に思春期（A）が加わったと考えられる（Bogin 1996）。すなわち、ヒトのライフヒストリーの特徴は子ども期（C）と思春期（A）にあるといえる。

哺乳類： I            →            M  
霊長類： I        →    J        →    M  
ヒト   ： I → C → J → A → M

子ども期（C）は離乳が始まる頃（約 3 歳）から脳の成長（重量）が終わる頃（約 7 歳）までであり、現代の日本においては幼稚園の時期にほぼ相当する。子どもの学習を考えた場合において重要な時期である。一方、思春期（A）は社会的成熟、性的成熟が起こる時期である。思春期スパートと呼ばれる急激な体の成長が起こる。年齢でみると第二次性徴の発現が早い女子は約 10 歳から、男子は約 12 歳から成人までである。

本発表では、子ども期と思春期に着目して、ネアンデルタールのライフヒストリーについて考えられるシナリオを提示して「学習仮説」の検証への道筋を考えていく。

## **Comparative and evolutionary perspectives on human body and brain growth**

Taro Yamauchi (A02 Invited Researcher)

Graduate School, Faculty of Health Sciences, Hokkaido University

The stages of human life history after birth are as follows: infancy, childhood, juvenile, adolescence, and adulthood. When we consider the growth rate (e.g., height [cm/year]) that takes place during each of these stages, changes in growth rate are clearly associated with each stage of development. Each stage also may be defined by characteristics of dentition, changes related to methods of feeding, physical and mental competencies, and maturation of the reproductive system and sexual behavior.

When we use the same criteria to describe and define the stages of the life cycle for nonhuman mammals and the human species, we know that the majority of mammals progress from infancy to adulthood seamlessly, without any intervening stages. In contrast, highly social mammals and primates postpone adulthood by inserting a period of juvenile (defined as pre-pubertal individuals who are no longer dependent on their mothers for survival) growth and behavior between infancy and adulthood.

Humans have evolved a childhood stage of development, placed between the infant and juvenile stages, and an adolescence stage between the juvenile and adult stages. Therefore, the childhood and the adolescence stages are characteristics unique to humans. In this presentation, I will propose some possible scenarios about the life history of the Neanderthals to find a way to verify the “learning hypothesis” that the Neanderthal-*Homo sapiens* replacement was the result of the difference in learning capacity between archaic and modern humans.

## ヒトの生活史における最適な学習スケジュール

若野 友一郎 (B01)

明治大学 総合数理学部

文化の継承は社会学習によって、文化の改良発展は個体学習によって、それぞれ達成される。文化が世代を超えて蓄積的に進化するためには、各個体の生活史において、社会学習と個体学習がこの順に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ような自然選択の結果として実現するかは明らかではない。本研究では、生活史の中での時間配分を、学習と活用のどちらかに投資するようなモデルを提案し、そのモデルにおける最適な学習スケジュールを解析した。ここで活用とは、学習で得た知識を活用して食料の収集などを行う行動を意味する。学習と活用はトレードオフの関係にあり、学習を行っている間は活用は行えず、その逆もまた真であると仮定する。この仮定の下では、蓄積的な文化進化によって最終的に高い文化レベルを集団にもたらしような学習スケジュールが存在するにも関わらず、そのような学習スケジュールは進化的に安定ではなく、各個体が適応度の最大化を目指す状況では実現しないことが明らかとなった。進化的に安定な学習スケジュールは、社会学習をまったく行わず、代わりに活用に多くの時間を割くような非文化的な戦略となる。この結果は、蓄積的な文化進化が遺伝子の進化によって実現するためには、群淘汰、活用しながら学習する能力、環境変動などのなんらかのメカニズムが別に必要となることを示唆している。

学習は脳の発達に支えられている。よって学習スケジュールを考えるためには、「生活史の中でいつ脳を発達させるか」を考える必要がある。そのため、ヒトの成長戦略における、脳成長と体成長への投資配分比率の最適スケジュールの研究を開始した。ヒトは他の哺乳類とは異なり、複雑な成長パターンを示すことが知られている。このことは出生後の脳の成長と、それによって得られる学習能力が、適応度に大きな影響を持つことと関連していると考えられる。本シンポジウムにおいて、このモデル研究の今後の発展のあり方などを議論したい。

## **Optimal learning schedule in human life history**

Joe Yuichiro Wakano (B01)

Meiji University, School of Interdisciplinary Mathematical Sciences

Inheritance of culture is achieved by social learning and improvement is achieved 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 a learning schedule can evolve by 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 unlikely to evolve as a result of the maximization of individual fitness, if there exists a 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. The present study suggests that such factors as group selection, the ability of learning-while-working (“on the job training”), or environmental fluctuation might be important in the realization of rapid and cumulative cultural evolution that is observed in humans.

Learning is supported by the development of brain. Thus, in order to study optimal learning schedule, we have to consider when in life history one should develop brain. I have recently launched the study of the optimal schedule of the ratios of the investments in brain growth and body growth in human life history. Unlike other mammals, human shows a complex growth pattern. This might be related to the fact that the growth of brain after birth and the resulting enhanced learning abilities have large impacts on individual fitness. I wish to discuss in the symposium on the direction of this research.

## ヒトの心の発達と教育の進化的基盤—胎児期からたどる

明和 政子（招待発表者）

京都大学大学院 教育学研究科・科学技術振興機構

形態的な特徴と同様、目には見えない心のはたらきも進化的淘汰の産物である。私は、「比較認知発達科学（Comparative Cognitive Developmental Science, CCDS）」という新たなアプローチから、ヒトの心のはたらきの独自性（what）とその進化史的背景（why）を明らかにしようとしてきた。ヒトとヒトにもっとも近縁な現生種であるチンパンジーの認知機能を実証的に比較すること、さらに「発達」の視点（how and when）も組み入れることで、ヒトの心のはたらきを多面的に捉える。これが本アプローチの特徴である。

ヒトの心のはたらきは、生後置かれる社会、環境との関係において方向づけられる。環境による影響を大人ほどはまだ受けていない乳児の心、とくに生まれて間もない乳児や出生前の胎児を対象とした研究は、ヒトの認知能力の原初的形態、それらが生後の経験（学習）とどのように絡み合って発達するのかを明らかにするうえで有効である。胎児研究の進展に伴い、ヒトの胎内での感覚運動学習の可能性、および出生前後の発達の連続性が見出されつつある。私たちの研究グループは、ヒトの胎児が自己受容感覚に基づく身体表象を獲得していること（Myowa-Yamakoshi & Takeshita, 2006）、模倣の原初形態ともよべる共鳴動作が胎児期にすでに確認できることなどを示してきた。胎児期の脳の成長を調べた研究によると、ヒトもチンパンジーも胎齢 20 週頃までは右肩上がりの直線的な発達速度を示す。しかし、以降はチンパンジーでは発達速度が低下するが、ヒトでは妊娠後期、およそ胎齢 30 週すぎまで加速の一途をたどるという（Sakai et al, 2012）。胎内での感覚運動経験とそれを基盤とする認知機能の発達という点では、両種は胎児期からすでに異なる道すじをたどり始めている可能性がある。

生後 9 ヶ月を迎える頃、ヒトの社会的認知機能は劇的な変化を遂げる。乳児は、見知らぬ物に出くわすと母親と物とを交互に見比べる（社会的参照）。自分の興味ある物や出来事を指差して他者の関心を自分の関心に引き寄せる（共同注意）。こうした他者の視点を通して環境にかかわる特性は、チンパンジーでは確認されていない。興味深いことに、ヒトの環境で養育されたチンパンジーでは、社会的参照や共同注意が逸話的ではあるがみられたという（Tomasello et al., 1993）。ヒト特有の認知機能を発達させるのは、他者からの積極的な足場作り、「教育（active teaching）」を特徴とする養育環境である。野生・飼育下を問わず、チンパンジーの養育環境では、ヒトの養育者がおこなうような積極的教育はみられない（Matsuzawa, 2006）。ヒト特有の養育環境は、ヒト特有の高度な心のはたらきの上に成り立っている。私たちは「個」とであると同時に、ヒトらしい心のはたらきを発達させる「環境」として進化してきた存在だといえる。

## **Developmental and evolutionary foundation of the human mind: New perspectives on human cognitive development from the prenatal period**

Masako Myowa-Yamakoshi (Invited Speaker)

Kyoto University, Japan Science and Technology Agency

The human mind is a product of evolution. How have we evolved our unique minds? What has caused the differences between humans and non-human primates? Our research teams have taken evolutionary and developmental approaches to address these questions by engaging in ‘Comparative Cognitive Developmental Science (CCDS)’: Comparing the development of cognition in humans and non-human primates from their prenatal periods. The CCDS approach has enabled us to identify the emergence and development of human intelligence and its evolutionary foundations, as well as the biological variables behind the characteristics of the human mind that are both shared with non-human primates and uniquely human.

To date, only a few studies have examined the relative effects of genetic predispositions and environmental influences on the development of cognitive skills. In this talk, I will introduce two key approaches to addressing this issue. The first approach is to study ontogeny of cognition from the very early stages of life, including the prenatal period. The second is to identify key experiences that may play a critical role in the development of human cognition.

Investigating early stages of development may help elucidate the primitive roots of species-specific predispositions, while minimizing the influence of experience and the environment. Through the first approach, we have found that there is a clear continuity in human sensorimotor development from prenatal to postnatal life. Human fetuses have gained some knowledge of their own bodies by distinguishing themselves from other entities in the womb (sensorimotor learning). Moreover, our recent data indicate differences in fetal behavioral patterns between humans and chimpanzee in acquiring knowledge about their own bodies. A recent study has also suggested that human fetuses show an accelerated increase in brain volume after 22 weeks of gestation, which is not the case with chimpanzee fetuses (Sakai et al. 2012), which might be related to uniquely human sensorimotor learning from the perinatal period.

The second approach has identified an essential factor that leads human infants into their remarkable cognitive transition (“nine-month revolution”). It is the uniquely human environment that includes active teaching and molding (Matsuzawa 2006). Furthermore, human infants are often “compelled” by adults to participate in triadic communicative activities in ways that chimpanzee infants are not (Myowa-Yamakoshi 2010). Therefore, it is plausible that human environments may have the ability to modify the emergence of key social cognitive skills in non-human primates as well. This has been demonstrated with chimpanzees and Japanese monkeys (e.g., Tomasello et al. 1993; Kumasiro et al. 2003). Further studies are warranted to address the differential effects of rearing environments and life histories on the subsequent development of cognition in the social domain.

## なぜネアンデルタールの脳はサピエンスより大きかったのか？ 一頭囲の成長速度と社会認知能力の遺伝的関連からー

安藤 寿康 (A02)

慶應義塾大学 文学部

ネアンデルタールがサピエンスよりも大きな脳をもっていたことは、交替劇の学習仮説を考える上でパラドシカルな問題を提起する。なぜ学習をつかさどる脳の大きさにネアンデルタールに劣るサピエンスが、進化的には有利な種として交替劇で勝利したのか。

ヒトの自閉症児がしばしば巨頭であるという報告がある。しかも出生時から頭囲が大きいのではなく、生後 1 年の頭囲の成長速度が健常児よりも速い (Courchesne & Pierce, 2005 など)。これは脳の成長の初期過程で、脳神経細胞の適切な刈り込みがなされず機能不全が生じたためと考えられている。

ここで自閉症の認知能力の特徴である社会認知能力 (共同注意、模倣、指さしなどの能力) の高低と頭囲の成長速度との関連が遺伝的制御によるのか環境の影響によるのかどうかを、乳児期の双生児の縦断データを用いて検討したところ、速い頭囲の成長をもたらす遺伝要因は社会認知能力を低める方向に関わるのに対し、速い頭囲の成長をもたらす環境要因は社会認知能力を高める方向に関わることが示された (Fujisawa et al., 2012)。また同じ双生児の体位の成長に関する遺伝分析によると、頭囲の成長をつかさどる遺伝要因は、身長・体重・胸囲の成長に関わる遺伝要因とは異なることも示されている (Ando et al., 2006)。

これらの結果から類推されるのは、巨頭であったネアンデルタールもまた、こんにちの健常なサピエンスと比較して社会認知能力の点で差異があり、ある意味でヒトの自閉症児に類似した学習様式、すなわち観察可能な他者の行動の模倣(エミュレーション)による社会学習と、行為の反復に没頭する個体学習を行っており、対照的に他者の意図や思考の推察、すなわち「心の理論」に依拠したイミテーションや教育のような社会学習は不得意であったのではないかということである。ネアンデルタールのこの「速すぎる」脳の成長は、体位の成長と同期して、子ども期を短く済ませ、早く自立した成人の狩猟採集者に達しさせたのかもしれない。また前頭前野が相対的に未発達であることは、ワーキングメモリ、とりわけその実行機能が、サピエンスほど発達していなかったことも推察される。

併せて、こんにちの狩猟採集社会の人々が、西欧社会に生きる人々と比して、慣習化・制度化された教育を持たず、また (西欧文化的な意味で) 形式的・抽象的思考をあまり行っていないかのように見える事実との関連性についても考察したい。

## **Why did the Neanderthals have larger brains than *Homo sapiens*?: Relationship between growth in head circumference and socio-cognitive abilities**

Juko Ando (A02)

Faculty of Letters, Keio University

The fact that the Neanderthals had larger brains than sapiens raises a paradoxical issue against the learning hypothesis for evolutionary replacement of the former by the latter. Why did sapiens who was inferior in brain size exceed the Neanderthals as an evolutionally superior species?

There are evidences indicating that some children with autism tend to be macrocephalus (having large brain). It is not that they have large head circumference (HC) from birth, but that their growth rate of HC in the first year of life is faster than normal (e.g. Courchesne & Pierce, 2005). This seems to be because brain nerves are not cut off properly in the early stage of development which leads to malfunction or over-function of brain.

We investigated whether HC growth and (poor) socio-cognitive abilities (e.g. joint attention, imitation, pointing, etc.), which characterize cognition and behavior of autistic children, are mediated by genes or environment by longitudinal study of infant twins. The results showed that genetic influences on HC growth and those on socio-cognitive abilities were negatively associated, whereas environmental influences on HC growth were positively associated with influences on socio-cognitive abilities (Fujisawa et al., 2012). We also showed that a genetic factor regulating HC growth is different from genetic factors of height, weight and chest circumference (Ando et al., 2006).

These results suggest that macrocephalus Neanderthals had also different socio-cognitive abilities compared to normal Sapiens which might be similar to human people with autism whose learning abilities are based upon social learning by emulation of others' observable behavior as well as individual learning by involving in repetitive motions. It is also suggested that they were not so good at imitative learning by "Theory of Mind", an ability to infer intentions and thoughts of others and learning by teaching. This hypothetic overgrowth of HC with possible rapid growth of their body sizes as well in the Neanderthals might make their juvenile period shortened to become independent adults as hunter-gatherers much faster than sapiens. Relatively poorer development of prefrontal cortex of the Neanderthals also suggests their undeveloped working memory capacity, especial its executive function.

Relationship between those speculations and observations of current hunter-gatherer people who have no customary and institutionalized education and seemingly no formal and abstract thought (in western cultural sense) will be discussed.





---

研究進捗要旨  
ABSTRACTS

総括班  
STEERING COMMITTEE

---

総括班

Steering Committee

## RNMH-iii: 交替劇プロジェクトにおける研究情報統合事業

近藤 康久<sup>1,2</sup>・丸川 雄三<sup>3</sup>・小口 高<sup>4</sup>・赤澤 威<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 東京工業大学 大学院情報理工学研究科

<sup>2</sup> 日本学術振興会

<sup>3</sup> 国立民族学博物館 先端人類科学研究部

<sup>4</sup> 東京大学 空間情報科学研究センター

<sup>5</sup> 高知工科大学 総合研究所

研究期間の終了まで残すところ 15 か月となった交替劇プロジェクトでは、計画研究班の垣根を越えた共同研究が進んできている。総括班では、異分野連携による共同研究を支援し、研究成果を国内外の関係者に向けて（広く）永続的に（長く）公開するために、研究情報統合事業（RNMH-iii: Replacement of Neanderthals by Modern Humans initiative to integrate information）を推進している。以下にその経緯と現状を述べる。

総括班ではこれまで「旧人・新人交替劇」関係文献のデータベースをインターネットに公開し、運用してきた。また、プロジェクト刊行物の PDF や既発表論文・著書リストもウェブサイト（<http://www.koutaigeki.org/>）にて公開している。これらの情報を文献データベースに統合し、さらに A01 班の遺跡データベース（Neander DB）や B02 班の古環境文献 WebGIS（PaleoGeo）をはじめ、各班・班員のもつ文献情報も同じデータベースに集約することによって、プロジェクト全体で研究情報を共有し、外部からも検索・閲覧できるようにする。

今般、データベースサーバを東京大学空間情報科学研究センターに移設するにあたり、上記の目的に沿うように、文献データベースに改良を加えた。改良後のデータベースでは、書籍に付与される ISBN（International Standard Book Number）や論文に付与される doi（digital object identifier）をインターネット上の情報識別子すなわち IRI（international resource identifier, URI ともいう）として用い、個別の文献情報に対応する図書館や出版社の論文サイトを参照できるようにした（図 1）。文献データベースは <http://www.koutaigeki.org/rdb> において公開されている。

RNMH-iii 情報統合事業は、単なる情報の集約にとどまらず、「交替劇」にかかわる共通の知識基盤と研究コミュニティの醸成を究極の目標とする。今後、班員各位には文献情報の提供などをお願いすることになる。この場を借りて、各位の支援と協力を呼びかけたい。

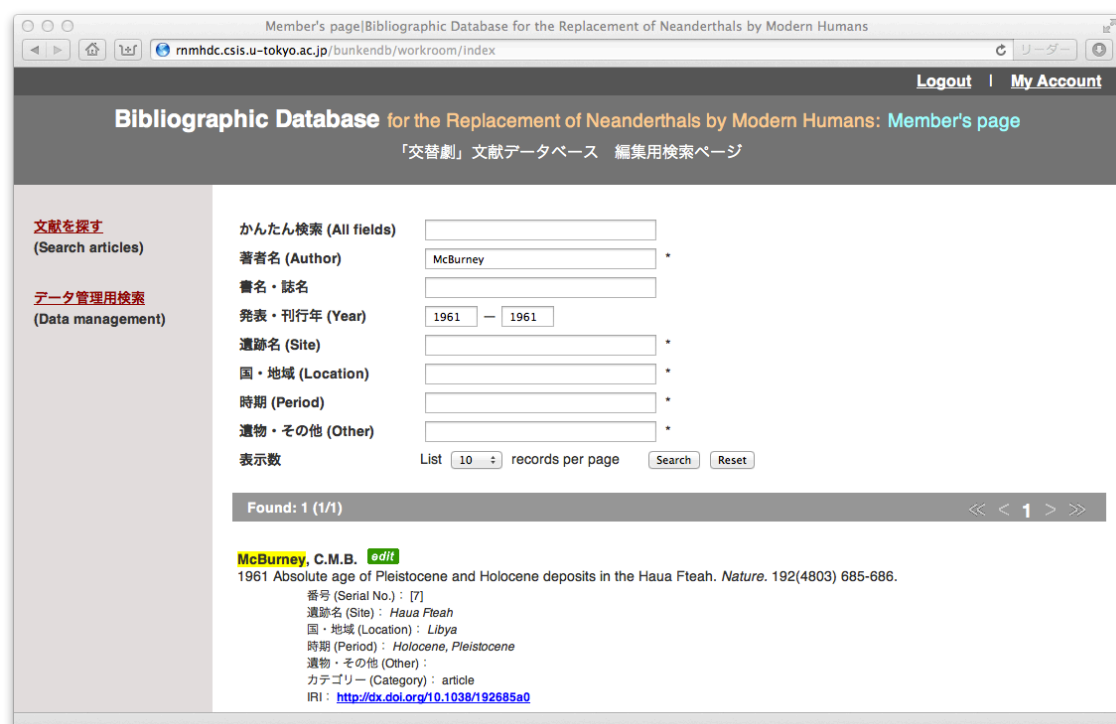


図 1 改修後の総括班文献データベース（班員専用詳細検索画面）

Fig. 1: New interface of the RNMH bibliographic database (member's search page)

### **RNMH-iii: The Replacement of Neanderthals by Modern Humans initiative to integrate information**

Yasuhisa Kondo <sup>1,2</sup>, Yuzo Marukawa <sup>3</sup>, Takashi Oguchi <sup>4</sup> and Takeru Akazawa <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Department of Computer Science, Tokyo Institute of Technology

<sup>2</sup> Japan Society for the Promotion of Science

<sup>3</sup> Department of Advanced Studies in Anthropology, National Museum of Ethnology

<sup>4</sup> Center for Spatial Information Studies, The University of Tokyo

<sup>5</sup> Kochi University of Technology

A number of interdisciplinary subprojects are ongoing in the Replacement of Neanderthals by Modern Humans (RNMH) project, which will be concluded in fifteen months. In order to facilitate interdisciplinary research and publications, the steering committee is developing a shared and sustainable information infrastructure. This paper presents the motivations and current status of this initiative to integrate information (RNMH-iii).

The steering committee has developed a bibliographic database for RNMH studies and has published it online. PDF documents and lists of the project's publications are also disclosed at the project's website (<http://www.koutaigeki.org/>). The RNMH-iii will integrate these records into the above-mentioned database. Furthermore, the archaeological database (Neander DB) of the research team A01 (archaeology), the WebGIS for the research information on the palaeoenvironmental sciences (PaleoGeo), and other bibliographic information of project members will also be aggregated into the same database. These integrations allow project members and other people interested in RNMH studies to retrieve and browse the research information.

The database server was moved to the Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo, in August 2013, when the bibliographic database was also upgraded. In the new version, international resource identifier (IRI, or former URI) such as ISBN (International Standard Book Number) and doi (digital object identifier) indicates the original resource in a digital library or publisher's website (Figure 1 [See the previous page]). The database is available at <http://www.koutaigeki.org/rdb>.

The final goal of the RNMH-iii is to develop a shared knowledge base and research community for RNMH studies. Project members will be asked to provide bibliographic information. Members' cooperation is essential for the successful and sustainable development of the RNMH-iii.

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**

## 考古学資料にもとづく旧人・新人学習行動の実証的研究

西秋 良宏

東京大学 総合研究博物館

考古学班 A01 の研究は、前年度と同じく、遺跡データベース (NeanderDB) 分析に基づく旧人・新人の学習パタンの検討、特定遺跡における学習行動のケーススタディ、実験考古学や民族考古学の手法を用いた現代人の学習パターン解析、といった三つの分野において進んだ。

データベース分析は、旧人新人交替期の考古学的証拠解析に力点を置いてすすめた。すなわち、アフリカからユーラシアへの新人拡散期において、(1) 新人の所産とされる石器群が拡散した経路、年代を定めること、(2) さらにそれらと各地の在地の石器群との間にどのような相互作用、交替が生じたか、を検討した。(1) は交替劇のプロセスを明示する研究である。これについての大きな成果は、西アジア、ヨーロッパにおける新人石器群の出現年代、進出環境がかなり絞り込めたことである (門脇, 近藤, 本書)。一方、(2) の研究は旧人・新人の学習行動の違いを比較することに直接、資する。興味ぶかい論点は、特に北ユーラシア地域で「移行期」とよばれる石器群が頻出している点である。北ユーラシアの中期旧石器時代にはネアンデルタール人、デニソワ人など複数の人類集団がいたことが判明しており (加藤, 本書), 「移行期」石器群の担い手が誰であったかによって学習行動の解釈も左右される。

またケーススタディにおいては、デデリエ洞窟のネアンデルタール人石器群の年代的変化の検討に成果があった (西秋)。変化のパターンは古気候、食性、動物相変化ときわめてよく合致した。それは、ネアンデルタール人が生活形態、技術を適応させたことを物語る。また、技術変化は現生狩猟採集民の行動パターンに合致するものであることも判明した。最後に、現代人の学習パターン解析にあっては、昨年度に実施したカメルーンにおける民族考古学的調査のデータ解析が進んだ (石井ほか, 本書)。その成果は既に論文をまとめたパプアニューギニア狩猟採集民の学習行動と比較しうだけでなく、考古学的データの解釈にも活用しうる。

**An archaeological study of the learning behaviors of Neanderthals and modern humans:  
Report on fiscal year 2013**

Yoshihiro Nishiaki

The University Museum, The University of Tokyo

As of 2012, the main activities of the team A01 during the fiscal year 2013 consist of three types of archaeological research relating to various facets of the learning behaviors of Neanderthals and modern humans as well as the replacement of these two groups of populations.

First, analyses using the database of archaeological records from the Middle and Upper Paleolithic in Afro-Eurasia were conducted with a particular emphasis on clarifying the time-space contexts of lithic assemblages at the interface period. Remarkable progress was made on defining the timing of emergence of the earliest Upper Paleolithic assemblages in regions of West Asia and Europe and their distribution across different environments (Kadowaki, Kondo, this volume). On the other hand, a literature survey of related sites in Northern Eurasia showed a different picture of the replacement and/or transition due to the spread of different indigenous industries that were probably made by multiple populations (Kato, this volume).

Second, the stratified Mousterian lithic assemblages from Dederiyeh Cave, Syria, were analyzed in relation to the reconstructed environmental changes (Nishiaki). Analysis of the available records revealed a correlation between the variability in lithic technology, settlement patterns, subsistence, and changes in the local and regional environments, providing an example of how Neanderthals responded to their changing environment through cultural strategies. The analysis also showed that Neanderthal behavioral changes identified at Dederiyeh can be interpreted using models developed from studies of modern hunter-gatherers.

The third type of research concerns an analysis of ethnoarchaeological data that facilitates interpretation of the learning behaviors of prehistoric hunter-gatherers. Field data collected among a hunter-gatherer society in eastern Cameroon in 2012 was analyzed. The learning processes involved in spear manufacturing technology (Ishii, this volume) and the function of hearths for daily activities were set up as the focus of analysis.



## シベリアにおけるシビリチャーハ・インダストリーの設定と旧人集団

加藤 博文

北海道大学 アイヌ・先住民研究センター

本年度は、研究支援員である長沼正樹が主に隣接地域である中国北部の遺跡データの収集と DB への入力を図った。北大チームとしては、シベリア地域での新たな研究成果や遺跡データの精査を進めた。以下、今年度の注目される研究動向の一部を成果報告の一部として紹介する。

シベリアにおける中期旧石器インダストリーは、大きく 3 つの地域的分布が知られている。すなわち、ウラル山脈地域、アルタイ山地からエニセイ川流域、東シベリア南部である。中でもアルタイ山地においては、28 万年前を遡るインダストリーが確認されており、10 万年前から 4 万年前の年代の石器群は、山地アルタイに所在する 9 つの洞窟遺跡と 10 カ所にのぼる開地遺跡から得られた 60 枚の約 10 万年前から 4 万年前にわたる層位的な文化層が確認されている。

しかしながら、洞窟遺跡を含めて大半の中期旧石器には、化石人骨は伴っておらず、これらシベリア地域の中期旧石器インダストリーの担い手集団について、ネアンデルタール集団であるのか、ホモ・サピエンスであるのかを確定することは困難であった。またデニソワ洞窟において出土確認されたデニソワ人については、化石人骨の出土した層位の石器群の多様性と数値年代のばらつきからデニソワ人と共伴する石器群を明確に確定することに課題を残している。

このような状況において注目されるのは、2007 年以降に整理されてきたオクラドニコフ洞窟とチャグリスカヤ洞窟出土の石器群と人類化石である。オクラドニコフ洞窟からは、ネアンデルタールと同定された人類化石とともに典型的なムステリアン石器群が出土することで注目されてきた。しかしながら、類似の石器群が確認されないために他の中期旧石器との対比が困難な状態にあった。2007 年にチャグリスカヤ洞窟においてこのオクラドニコフ洞窟出土の石器群と類似した石器群が確認されたことにより、山地アルタイ地域に一つのまとまりをもつ石器群として認定されるにいたった。オクラドニコフ洞窟とチャグリスカヤ洞窟で確認された石器群は、求心状剥離の円盤型石核から斜軸状の剥片を主として剥離する剥片剥離技術を基盤としている。石器群は、多様なスクレーパー、鋸歯縁石器、デジェット、バイフェイス、ルヴァロワポイントで構成されている。年代的には 4.5 万年前から 4 万前の年代が想定されている。このオクラドニコフ洞窟とチャグリスカヤ洞窟出土の石器群は、シビリチャーハ・インダストリーと命名され、他の山地アルタイの中期旧石器とは系統を別にするものとして位置づけられている。

シビリチャーハ・インダストリーの確認と設定は、ユーラシア地域の中期旧石器の移動拡散に複数の流れが存在することを再確認することとなった。これによって東ヨーロッパや黒海沿岸地域からウラル山脈へ波及する拡散ルートと、中央アジアから山地アルタイへ広がる拡散ルートの存在が推定される。さらに北西中国からモンゴル高原、東シベリア南部の中期旧石器の拡散ルートがあり、これらユーラシアにおける中期旧石器の系統と拡散ルートの追求が今後の課題となる。近年蓄積されつつある化石人骨の同位体分析や動物遺存体の分析からの食性や生活環境の復元を組み合わせた研究成果を検証していく必要がある。

## **The Sibiryachikha industry and Neanderthals in Altai**

KATO Hirofumi

Center for Ainu & Indigenous Studies, Hokkaido University

The main achievements of our team research in 2013 is the investigation of sites date in Northern China and the confirmation of site date in Northern Eurasia. The investigation of site dates from Northern China is mainly conducted by Dr. Naganuma, who is a research associate in Hokkaido University. In this report, I would like to show some of current progress of Middle Paleolithic studies in Siberia.

The Middle Paleolithic industries in Siberia have been found in the three main areas: the Ural mountain, Mountain Altai and Southern part of East Siberia. Southern parts of Siberia, especially, the Altai are the best-investigated area in Siberia. In the Altai, as a result of 30 years of studies, in nine cave sites as well as ten open-air sites, the chronological interval from 100 to 30 ka BP well represented.

At Denisova Cave, the earliest artefacts presumably attributable to the Late Acheulian period of the early Middle Paleolithic were found in stratum 22 radiocarbon dated to  $282\pm 56$  ka by RTL dating method. Strata 20 to 12 are Middle Paleolithic and strata 11 and 9 belong to the Upper Paleolithic. The earliest strata 22 and 21 with artefacts demonstrating the Levallois technique are dated to 280–150 ka. On the basis of presence of these variations, Middle Paleolithic industries in the Altai have been classified into two major industries: industries with predominantly Mousterian technology and industries with distinct Levallois tools.

The lithic complex from Okladnikov cave is quite unique, in considering the Middle to Upper Paleolithic transition in the Altai. A distinct feature of the industry from Okladnikov Cave differs principally from all other Middle Paleolithic assemblages of the Altai: it looks more Mousteroid and contains a large number of convergent scrapers of the *déjeté* type. The time range of the lithic complex falls within the range of c.45–40 ka. By that time, the Karakol and Kara-Bom variants of the early Upper Paleolithic culture had already formed in the Altai, whereas the Okladnikov industry was dominated by Mousteroid artefacts with a minor proportion of Upper Paleolithic tools.

In 2007, S.V. Markin discovered the Chagyrskaya Cave in southwestern Altai. Excavations continued in 2008 and 2009. The Chagyrskaya lithic assemblage is analogous to the Okladnikov industry both in primary reduction strategy and typological characteristics. For a long time, it was hard to find an explanation for the phenomenon of the Okladnikov Paleolithic complex. Whereas the Upper Paleolithic culture had already formed over a large part of the Altai territory, synchronous Okladnikov and Chagyrskaya complexes possessed a Mousteroid character. This industry was entirely different in terms of technology and typology as “Sibiryachikha” industry. The Sibiryachikha industry represented by two sites were clearly associated with a small group of Neanderthals who migrated from Central Asia.

In Siberia, several fossil remains have been found, especially from the Altai caves. As a result, it is now clear that Neanderthals, Denisovans and modern human once occupied the region. Ancient DNA from Denisovans suggests that their home range once stretched far beyond the Altai, into eastern and southeast Asia. A consideration of the Middle to Upper Paleolithic transition in Siberia, indicates a more complex aspects.

We have to consider the timing of human migration and its geographical routes in Eurasia. Also it is important that reconstruct human environments around Neanderthals and Modern human in Eurasia based on isotopic analysis and faunal remains.

## 西アジアにおける中部旧石器時代末から上部旧石器時代前半への考古文化の変遷の再検討

門脇 誠二

名古屋大学 博物館

ホモ・サピエンスの拡散とネアンデルタールの交替・吸収の要因が両者の学習行動の違いに求められるかどうかを検討するため、この「交替劇」が起こったと目される約5～3.5万年前の西アジアにおける考古記録の精査を行った。この時期は、中部旧石器時代末から上部旧石器時代前半に相当し、西アジアでは2つの石器製作伝統（エミランと前期アハマリアン）の出現過程や多様性、ヨーロッパの石器伝統との関連について、これまで様々な研究者が議論してきた。特に、これらの石器伝統が西アジアからヨーロッパへ伝播したという従来の解釈が妥当ならば、この時期に西アジアで技術革新をもたらした学習行動やその要因は何かという興味深い問題を提起する。

この問題に対し、本研究は石器伝統という単位よりも詳しく、各石器群の剥片剥離技術（特に剥片形態と剥離方向）に着目し、その時空変異を調べた。その基準として、これまで構築してきた遺跡データベース（Neander DB）を活用して遺跡層序やC14年代値を参考にすると共に、筆者らがかつて行った遺跡調査（Wadi Kharar 16R, 北シリア）の成果も重要な証拠の1つとして用いた。その結果として、以下の所見を得た。

エミランとしばしば一括される石器伝統は、ボーカー・タクチト1～2層に代表されるグループとクサル・アキル第1期に代表されるグループに区別される。両者は地域差と指摘されることが多いが、時期差を含む可能性も高い。したがって、ウチュアズリ岩陰やクサル・アキル岩陰の若い年代値（44-41kya cal. BP）やビーズ、骨器製作は、後者（より新しい時期？）のエミランに相当することに注意が必要である。それに対し、ヨーロッパのボフニチアンやバチョキリアンの石器伝統の起源と解釈されることのある石器群は、前者（より古い時期？）のエミランに相当する。

前期アハマリアンと呼ばれる石器群には、少なくともクサル・アキル第2期と乾燥地帯アハマリアンの2つのグループが剥片剥離技術の点から区別される。この違いはこれまで地域差と解釈されてきたが、時期差を含む可能性も高い。また、ヨーロッパのプロト・オーリナシアンと技術が類似するのは乾燥地帯アハマリアンの方であり、クサル・アキル第2期の技術がプロト・オーリナシアンの起源と解釈することは難しい。乾燥地帯アハマリアンのC14年代値の多くはAMS以前の測定値であり、今後の年代値増加が必要である。

まとめとして、上部旧石器時代前半期の西アジアの行動記録は、石器伝統ごとに一様ではなく、時間的空間的により多様である可能性が高い。したがって、その出現過程やヨーロッパの考古記録との比較のためには、より細かなスケールでの比較も必要であろう。その方法として、当時の考古記録の大部分を占める石器の製作技術が有効な手段となり得る。

## **Re-examination of archaeological records during the terminal Middle Palaeolithic and the early Upper Palaeolithic in west Asia: A view of lithic technological variability**

Seiji Kadowaki

University Museum, Nagoya University

Current genetic, fossil and archaeological records collectively suggest that *Homo sapiens* dispersed into Eurasia during ca. 50-35kya cal. BP, ultimately resulting in the demise or assimilation of local archaic hominins. To examine whether any difference in learning behavior between *Homo sapiens* and archaic hominins contributed to this anthropological processes, we focused on archaeological records in west Asia during this period, which corresponds to the terminal Middle Palaeolithic to early Upper Palaeolithic. More specifically, we examined two lithic industries, i.e., the Emiran and the Early Ahmarian, which many researchers investigated regarding their origins, variability, and relevance to lithic industries in Europe. Some researchers suggest that these west Asian archaeological cultures diffused into Europe accompanying the dispersal of *Homo sapiens*. If this interpretation is valid, it raises an interesting question of how such technological/cultural innovations emerged in west Asia with implications to learning behaviors and their surrounding physical/social environments. To examine this issue, we analyzed temporal and spatial variability of core reduction methods (particularly, blank morphology and flaking direction) of lithic assemblages, expecting these variables are suitable for more detailed study of human behavioral diversity than conventional units of lithic industries. As a basis of temporal and spatial comparisons, we used published data on stratigraphic sequences and radiocarbon dates compiled in our archaeological database (Neander DB), as well as the results of our fieldwork at an Upper Palaeolithic site of Wadi Kharar 16R, northern Syria. As a result, the following observations were obtained.

The Emiran industry includes two techno-typologically distinct groups: one represented by Boker Tachtit Levels 1-2, and the other represented by the Ksar Akil Phase 1. Although these two groups are often interpreted as regional variations, we argue that they also involve chronological differences. It should be noted that relatively young dates (44-41kya cal. BP) and the production of beads and bone tools at Üçağızlı and Ksar Akil are associated with the latter group (a later phase?) of the Emiran, while those interpreted as origins of the Bohunician and Bachokirian in Europe correspond to the former group (an older phase?) of the Emiran.

The Early Ahmarian involves, at least, two techno-typologically different groups: one represented by the Ksar Akil Phase 2 and the other called “the Ahmarian of the marginal zone”. Although they are usually interpreted as representing regional variability, they may also represent chronological differences. Anyway, it is important to note their technological differences if one regards the Ahmarian as the origin of the Proto-Aurignacian in Europe. It is the Ahmarian of the marginal zone, instead of the Ksar Akil Phase 2, that resembles the Proto-Aurignacian in Europe. To clarify this problem, we need to increase radiocarbon dates for the Ahmarian of the marginal zone because most of them were measured before the AMS method.

In summary, behavioral records of the early Upper Palaeolithic in west Asia are likely to include greater variability than that represented by conventional units of lithic industries, i.e., the Emiran and the Early Ahmarian. Thus, it is necessary to employ more detailed scales for their examination and comparison with the European records. For this purpose, we focused on lithic production technology and examined its temporal and spatial patterns in greater details.

## 日本列島ホモ・サピエンスの文化進化

仲田 大人

青山学院大学 文学部

学習仮説では新人ホモ・サピエンスの考古文化は旧人ネアンデルタールのそれにくらべて変化の質や速さが違うといわれる。このモデルを日本列島の石器文化をつかって検討した。日本では旧人類の存在もその石器文化もよく知られていない。したがって問題を新人の側にかぎって、変化の質と速さについて考察した。以下は、日本列島中央部のナイフ形石器という代表的な狩猟具の作り方を通覧した見解である。

結果として、狩猟具作りに三つの画期が見いだせた。はじめは 35ka 頃である。小口型石核から周縁型石核での石器素材作りに変わる。それにともなってナイフ形石器の種類も増える。つぎが 29～25ka であり、始良火山の噴火と AT テフラ（始良丹沢火山灰）の降下で大きく変わる。とくに西南日本からの石器文化の影響が色濃い時期といえる。最後は 25ka 以降。ナイフ形石器とともに石槍（槍先形石器）が作られはじめる。これら三つの画期のなかでナイフ形石器作りにとって大きな変革になったのは AT の降下である。この間の変化は前者で 3000 年間、後者で 5000 年間とゆるやかである。しかし AT 降灰後の変化は違う。29ka 頃に西南日本の石器文化が入ってきてからはそれを模した石器型式が作られたり、ナイフ形石器にも従来にない型式が出てきたりする。それらの石器インダストリーは層位年代の違いをもつことがわかっており、これ以降 22ka まで、1000 年から 2000 年ほどのサイクルでナイフ形石器作りは変わっていく。そして石槍というあらたな狩猟具が考案され、ついには狩猟具そのものを変えることになる。

ナイフ形石器を軸に文化変化をみていくと、始良火山の噴火と AT 火山灰の降下によって、ナイフ形石器作りが変わりはじめる状況がみられる。AT 降下以前にくらべて製作法の変化のサイクルが短くなり、ついにはあらたな狩猟具を開発するようになるわけである。これまでも AT 降灰が石器文化に与えた影響について何度か論じられてきた。その場合、AT をはさんでその前後の石器群系統が断絶したか継続していたかに注目があつまっていたが、文化進化という観点からみると、火山噴火という自然災害をきっかけとして列島中央部の石器文化は変化の速度を強めて、狩猟具の質的な転換をうながしたということができる。日本列島の場合、悪化した環境変化への対策とともに、異なる集団との接触によって現代人の文化的な創発が起きたと考えられる。

## **The cultural evolution of Homo sapiens in the Japanese archipelago**

Hiroto NAKATA

College of Literature, Aoyama Gakuin University

It is said that the archaeological culture of the Homo sapiens is different from that of the Neanderthals in terms of the nature of its culture and its cultural process. I examined this model by the archaeological evidence from Japan. Archaeological evidence about the extinct human fossil and their archaeological industry is unclear in Japan. So, I focused to examine the nature of culture and change of evolutionary rate associated with the Homo sapiens. I described such issue with the point of view from the way of making knife shaped tool that is one of the typical hunting weapon in Japanese Palaeolithic.

I define the following three epochs; First epoch is, at 38-35ka. The core reduction system changed narrow-faced core to rotated blade core, increasing the various types of knife shaped tool. Second, at 29-25ka. Stone tool assemblage underwent some change caused by the eruption and the ash fall. Especially, the Kou type industry originated from western part of Japan diffused through the northeast. Third, after 25ka. The projectile point production started as well as knife shaped tool production. The most important phase in these three epochs is the Aira eruption. The change of stone tool industry was very slowly prior to the eruption. Each span is expected to be approximately 3000-5000 years. After erupted the Aira caldera, the situation changed completely. When the Kou industry expanded from western part of Japan around 29ka, the indigenous lithic industry contained a variety of Kou industry based on wide flake technology and created new tool inventory. It has been found that the dating of these improved industries were different from each other. Hereafter until 22ka, the production of knife shaped tool has temporal change for 1000 to 2000 years. Many of them show tendencies toward point production. Finally, typical tool type has taken over leaf point from knife shaped tool.

Taking a closer look at the cultural change from the view of the Knife shaped tool, it seems that eruption and AT (Aira-Tn) ash fall has caused the change of tool production. The technological change rate is more quickly than before the AT ash fall. The new tool type such as projectile point was finally developed. The effect of the eruption has been discussed in many times so far. In that case, the researchers has been mainly argued whether the regional lithic industry was continued or discontinued. In terms of cultural evolution, it can be said that the eruption made the evolutionary rate of lithic industry fast and caused improvement of the stone tool assemblage. The reason may be the fact that the cultural innovation caused the response to cooling weather and the interaction of human population.

## 投槍器を用いた槍投げにおける投射角と運動エネルギーの伝達

日暮 泰男（招待研究者）

大阪大学大学院 人間科学研究科

投槍器は槍の効果的な投射を可能にする道具である。棒状または板状の細長いシャフトの末端部に突起またはくぼみがついており、それらによって槍の末端から槍に推進力があたえられる。投槍器は先史時代から狩猟具として用いられてきた。投槍器の出現がネアンデルタールとサピエンスの交替劇に先行するかどうかは不確かであるものの、投槍器を使用しはじめたことによって初期サピエンスは旧来の狩猟対象獣の捕獲効率を向上させ、狩猟対象獣の幅を広げたはずである。手による直接の投射にたいする投槍器の優位性として複数の点が提示されてきたが、その中には十分な定量的証拠を欠いているものもある。本研究の目的は、投槍器の長所を定量的に明らかにすることであった。今回は投射角と運動エネルギーの伝達効率との関係性を検討した。被験者が槍の水平投射と斜方投射をおこなっている時の、槍の運動と被験者の身体運動を加速度センサとビデオ式モーションキャプチャを用いて分析した。本研究によって定量的にしめされた投槍器の性質が現実の狩猟場面でどのように機能するのかを考察する。本研究は招待研究「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」の一環としておこなわれた。

## **The release angle and kinetic energy transfer in spear throwing with a spear thrower**

Yasuo Higurashi (Invited Researcher)

Graduate School of Human Sciences, Osaka University

The spear thrower is a tool that increases the effectiveness of spear throwing. It consists of a shaft with a hook or socket at the end that propels the tail of the spear. Spear throwers have been used for hunting since prehistory. Although it is uncertain whether the emergence of this tool preceded the replacement of Neanderthals by modern human, the use of spear throwers improved hunting efficiency and broadened the range of prey species. Advantages over the hand-cast spear have been claimed, but some of these arguments are based on qualitative observations. This study quantified the advantages of the spear thrower, investigating the relationship between the release angle and kinetic energy transfer. Subjects threw a spear horizontally or obliquely with or without a spear thrower. Javelin and body movements during throwing were analyzed using an accelerometer and a video-based motion-capture system. How the characteristics of the spear thrower shown in this study work in a real hunting situation are discussed. This study is a part of the project “Reconstruction of Hunting Behavior with Projectile Weapons in Neanderthals and Early Modern Humans Based on Differences in Skeletal Morphology”.





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**

## 社会性の進化と学習能力の進化

寺嶋 秀明

神戸学院大学 人文学部

今年度の研究課題として、①ネアンデルタールの学習からサピエンス的学習・教育への移行モデルの考察、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、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を挙げた。これらの考察を通してネアンデルタールからサピエンスへの学習行動の変化を把握することが目的である。しかし、実際にネアンデルタールの行動を観察することは不可能であるが、現生の狩猟採集民の学習行動とヒトにもっとも近縁な霊長類であるチンパンジーの学習行動を徹底的に比較検討し、チンパンジーとヒトとの相違のスペクトルを把握する。そして考古学や認知科学などによる実証的証拠や理論を取り入れ、そのスペクトル上にネアンデルタールの学習行動を位置づけることができると考える。

動物の学習行動はさまざまな社会的コンテキストの影響を受けるので、それらを的確に把握する必要がある。ヒトとチンパンジーの社会行動を比較すると、とくに両者の社会性（「他者とともに生きるための認知と技能」）には大きな乖離があることがわかる。サピエンスでは、相互認知、コミュニケーション、共同性と寛容性、シェアリング、贈物交換、協働行為、共住、共食、共同育児など、他者とともに生きるための多くの相互行動が発達し、独自の生態適応体系と社会組織が形づくられている。

社会性の発達と学習行動の間には、学習の動機、機会、方法、効果などの諸点において密接な関係がある。共同行為への参加はそれ自体が主体的な学習動機と機会を与える。また、教示はヒト特有の学習行動であるが、その基本的な条件は自己と他者における「教える意図」と「教わる意図」の相互認識である。共同性の絆なしには教示は成立しない。サピエンスでは、日常生活を形成する社会性が学習行動を強くサポートしている。チンパンジーでは学習行動はあるものの、サピエンスのような社会性・共同性を基盤とする学習は低調であり、教示は無きに等しい。問題は、ネアンデルタールではどのような社会性がどの程度存在し、彼らの学習行動を支えていたかであるが、現在のところ積極的なシェアリング行動や共同活動、他集団との交流などの痕跡ははっきりしない。

ヒトは社会性を人間社会の出来事のみに限定せず、ヒトと自然界、そして自然界の事物同士の間にも見いだす能力をもつ。民族生物学的な研究によれば、現生狩猟採集民では野生の動植物に関して実際の必要以上の詳細な観察や行動の意味付けがおこなわれ、さまざまな物語が生み出されている。自然界の事物にも社会性を認めるような想像力と抽象能力の発達によってシンボリックな思考が発生し、人類初の芸術作品とされる後期旧石器時代の野生動物を主題材とする洞窟壁画の作成などに結びついた。そしてシンボリックな思考の発達は、メタ学習のような一段高度な思考世界も切り開くところになったと考えられる。

## **Sociality and learning ability: An evolutionary perspective**

Hideaki Terashima

Faculty of Humanities and Sciences, Kobe Gakuin University

The main research theme for this year is to make clear the difference of learning performance between Neanderthals and *Homo sapiens* through wide and thorough comparisons of the bio-ecological, social and cognitive systems and their connection to learning capacity.

However, since it is impossible to observe directly the Neanderthal's behavior, we first investigate the difference of the learning capacity of modern humans and non-human primates, in particular chimpanzees, and try to locate the Neanderthals on the spectrum of learning capacity from non-human primates to *Homo sapiens* drawing on substantial and theoretical evidences from archaeology and cognitive sciences.

Modern humans show very strong sociality as skills to live together with co-species. Among *Homo sapiens*, many kinds of interaction develop such as mutual cognition, communication, solidarity, sharing and generosity, exchange of gifts, collaboration, cohabitation, collective eating, cooperative childcare, and so on. All of these amicable and intimate interactions contribute to make human bio-ecological system and social organizations such adaptive to various ecological and social environments.

The development of sociality is closely related to the enhancement of learning behavior in terms of motivations, opportunities, methods, and effects. Participation in communal activities provides motivations and opportunities for social learning. Mutual cognition of learning and teaching intention is indispensable for cultural education, a kind of unique learning process for humans. Without the bond of trust, there would be no way for effective teaching. Although chimpanzees have various learning behaviors, they practice less learning in social and communal settings, and the least in teaching relationship. For Neanderthals the evidences of their sociality and cooperative behavior would inform us about their learning capacity, but there are scarce evidence on sharing, communal activities, and transactions between persons and different groups.

Human beings are also good at finding social relationship not only among humans, but also between humans and natural world, and even between natural phenomena. Ethno-biological studies show contemporary hunter-gatherers' meticulous observation on natural world that sometimes goes far beyond the knowledge in modern sciences. Based on such intensive and extensive observation many stories featured with various metaphorical meanings are produced and narrated. The ability of imagination that creates social bonds between natural things has contributed much to the birth of symbolism and might have led to rock paintings of marvelous pictures of wild animals in the late palaeolithic caves. The development of symbolic and abstract thought might thus have set a higher step in learning capacity, i.e. meta-cognition and meta-learning in modern humans.

## 「自然を読み取る」技術の学習

今村 薫

名古屋学院大学 経済学部

ネアンデルタールの狩猟活動は、大型哺乳類を中心に行われてきたと報告されている。一方、サピエンスの狩猟道具は、明らかに多様な食料獲得を示しており、サピエンスにおいて、環境や食料資を包括した自然を認識する能力が発達していたことがわかる。すなわち、「自然を読み取る」技術の革新が、新人に至って飛躍的に起こったと想像される。

カラハリ狩猟採集民サンの子どもが、「自然を読み取る」技術をどのようにして磨いていくか、その過程を明らかにするため、今年度は、サンの狩猟方法、技術の全体像を把握することを目標にした。

ボツワナ共和国ハンシー県ニューカデにおいて、狩猟採集民サンを対象に、9月の約3週間現地調査を実施した。狩猟技術について、彼らが伝統的な生活を送ってきた過去の狩猟方法の聞き取り、また、現在の狩猟方法の観察を集中的に行った。サンといえばキリン、エランド、ゲムスボックなどの大型哺乳類を獲物とした弓矢猟や槍猟に注目されがちだが、今回は多彩な罝猟についての資料を集めた。その結果、以下のことが明らかになった。

1. 多用な罝猟の実態がわかった。罝猟では、これまで報告されてきたように、ステーションボック、ブッシュダイカーなどの中型哺乳類が中心であるが、さらに、ハーテビースト、ゲムスボック、クドゥ、スプリングボックなどの大型哺乳類を狙った罝もあること、ダチョウ、カンムリショウノガン、クロエリノガンなどの大型、中型鳥類対象の罝もあることが確認できた。これらの罝を仕掛けるために、動物の習性を細かく読んでいることがわかった。
2. 罝以外でも、足跡や砂、草の状態の観察によって、巣穴に入っているミツアナグマ、スプリングヘアーなどを捕獲する。
3. 罝猟や犬猟を女性も行っていた。女性は、日々の採集の途中に罝を仕掛けたり犬を連れて狩猟したりした。とくに、罝猟のためのロープは女性が主に製作していたことから、女性が罝猟に重要な役割を分担していたことがわかる。
4. 少年たちは、遊びの一環として、小鳥の罝、中型鳥類の罝、マングースなどの小型哺乳類の罝を仕掛けることがわかった。これらの狩猟遊びは現在もおこなわれており、このような体験を通して『自然の読み方』を学ぶことがわかった。

以上、サンの狩猟方法が多種多様であること、狩猟を行う者は成人男性だけでなく、成人女性、また少年たちも行ってきたことが明らかになった。とくに少年は、4～5歳のころから年長の少年たちから『自然の読み取り方』を学んでいく。女性が狩猟を盛んに行うようになるのは、結婚後のことのようなのであるが、少女時代に成人女性と採集、狩猟のブッシュでの活動を行うことによって、彼女たちも狩猟方法を学んでいったようである。

動物に関心を持ち深く観察してその心を読むというようなヒトに独特の傾向がヒトの進化と深く絡んでいる（シップマン、2013 など）のではないかと考えられる。自然を読み取ることが、自然との交信であり、自然とのコミュニケーションであるとするならば、模倣や心の理論の理解、擬人化の問題などとも関係する重要な問題をはらんでいるように思われる。

文献 パット・シップマン 『アニマル・コネクション—人間を進化させたもの』河合信和訳、同成社、2013年。

## **Learning process on the skills of reading nature**

Kaoru Imamura

Faculty of Economics, Nagoya Gakuin University

The foraging strategy of the Neanderthals is supposed to have centered around large mammals. On the other hand, the tool manufacturing industry of early modern humans have shown a clear trend to the diversification of food items, which shows the development of cognitive capacity on their environment and food resources, i.e., nature. The innovation of the skills of ‘reading nature’ might have occurred in modern humans. To understand the characteristics of learning the skills of reading nature, this study focuses on learning process of hunting skills among children of the San, hunter-gatherers in the Kalahari desert of southern Africa.

San are well-known as large game hunters shooting with a bow and arrow, and/or a spear. However, they get meat animals, not only large but also middle and small size animals and birds, by various methods, especially by snares. Traps provide a stable supply of animal meat. I collected information about traps. The results are:

- 1) They have many kinds of traps for large game such as gemsbok and kudu, middle size mammals such as duiker and steenbok, small mammal such as mongoose and ground squirrel, middle and large size birds such as ostrich, kori bustard and korhaan, and small birds.
- 2) Not only men but also women use snares especially for middle and large sized birds.
- 3) Boys play with trapping small animals.

Focusing on boys hunting, they use snares for small animals and middle size birds, a toy bow and arrow for birds and lizards, a slingshot for small animals, birds and lizards, and traps with waylay for catching small birds. On the other side, girls learn how to set snares for birds when they go gathering with women. To get technique for traps children must know the behavior of animal and which vegetables animal eat. They learn ‘skills of reading nature’ by hunting.

## 遊びの脳科学

亀井 伸孝

愛知県立大学

遊び行動が人類と動物の両方において広く見られる現象であるとすれば、進化のプロセスで獲得された行動であると考えることが可能であり、また、その行動を脳科学の側面から分析、理解することも重要となるであろう。近年の脳科学においては、遊び行動のカテゴリーと脳の特定部位の関係についての議論がなされている（例えば、いくつかの種の哺乳類における社会的遊びの頻度と小脳の大きさの間の正の相関など）。また、ある種の神経伝達物質と受容体が、特定の遊びのカテゴリーと関連しているとの指摘もある（たとえば、 $\mu$  オピオイド受容体と社会的遊びの関係など）（中川, 2012）。文化人類学および社会学の観点における、人類の多様な遊びに見られる普遍性と文化的固有性の理論は、「遊びの脳科学」の理論によってさらに補強される可能性がある（カイヨワ, 1990; 亀井編, 2009）。遊びの定義をめぐるのは、「これは遊びである」とのメタ・コミュニケーションによって標識されたあらゆる行動を遊びと見なす研究の立場も存在するが、それらもまた、脳科学の観点で検証される現象であるであろう（ベイトソン, 1986）。「遊び心」が、人類における文化の革新と創造性の要因のひとつであると期待するならば、また、とりわけネアンデルタール人とヒトが異なる歴史をたどったことの要因と考えるのであれば、「遊びの脳科学」ならびにおそらくその背景をなすであろう「遊びの遺伝学」は、人類進化を明らかにする上で欠かせない研究分野となると考えられる。

カイヨワ, ロジェ. 1958=1990. 多田道太郎・塚崎幹夫訳『遊びと人間』東京: 講談社.

亀井伸孝編. 2009.『遊びの人類学ことはじめ: フィールドで出会った〈子ども〉たち』京都: 昭和堂.

中川敦子. 2012. 「脳と遊び」 岩田誠・河村満編『脳とアート: 感覚と表現の脳科学』東京: 医学書院. 197-210.

ベイトソン, グレゴリー. 1972=1986. 佐伯泰樹・佐藤良明・高橋和久訳『精神の生態学』東京: 思索社.

## Brain science on play

KAMEI Nobutaka

Aichi Prefectural University

If play activities are phenomena that are widely observed both among humans and animals, it is possible to regard them as behaviors acquired in the process of evolution. It is also important to analyze and understand play behaviors in the aspect of brain science. Recent brain science argues the relationships between categories of play behaviors and particular parts of the brain (for example, the positive correlation between the frequency of social play and the size of the cerebellum among several species of mammals). Also, it is pointed out that some neurotransmitters and receptors are related with particular categories of play (for example, the relationship between the  $\mu$ -opioid receptor and the social play) (Nakagawa, 2012). The theory of universality and cultural particularity found among diverse play of humans in the viewpoint of cultural anthropology and sociology can be reinforced with the theory of “brain science on play” (Caillois, 1957; Kamei ed., 2009). There exist researches that define play as any behaviors that are marked by meta-communication of “this is play” (Bateson, 1972). These phenomena also can be examined in the viewpoint of brain science. If we expect playful mind as one of the factors of cultural innovation and creativity among the humans, especially as the factor of the different history of *H. neanderthalensis* and *H. sapiens*, “brain science on play,” perhaps with the “genetics on play” as its background, will become indispensable area of research for the investigation of human evolution.

Bateson, Gregory. 1972. Steps to an ecology of mind: Collected essays in anthropology, psychiatry, evolution, and epistemology. San Francisco: Chandler Pub. Co.

Caillois, Roger. 1957. Les jeux et les hommes. Paris: Gallimard.

Kamei, Nobutaka ed. 2009. Introduction to the anthropology of play: Encounters with “children” in the fields. Kyoto: Showado.

Nakagawa, Atsuko. 2012. Brain and play. In: Iwata, Makoto & Mitsuru Kawamura (eds.), *Brain and arts*. Tokyo: Igaku Shoin. 197-210.



## 儀礼的治療，道探索実践，知識・技術の伝達

高田 明

京都大学大学院 アジア・アフリカ地域研究研究科

2013 年度は，これまでの調査で得られた資料に基づいて以下の研究を進めた．

1. グイ／ガナは隣接するサンの2つのグループで，ボツワナの社会構造においては周辺に追いやられてきた．彼らの間では宗教的な礼拝や儀礼はあまり認められないが，儀礼的な要素を持つ予防的・治療的行為はしばしば行われる．そのよい例の1つに，カラハリから伝わったと見られ，異常出産に対して実施されるケバマ治療がある(Imamura 2010)．ボツワナでは，異常出産はしばしばその両親に胸の病気をもたらすと考えられてきた．これを防ぐために，グイ／ガナは出産を象徴的にやり直すケバマ治療を行う．1997 年，ボツワナ政府はグイ／ガナの大半をその伝統的な居住域の外に再定住させた．すると，新しい定住地でケバマ治療が広く行われるようになった．この文脈では，ケバマ治療は単なる異常出産に対する治療行為ではなく，新しい定住地で生じていた社会関係の幅広い混乱にも対処する手段として広く行われるようになったと考えられる．さらに，ケバマの治療実践は，現金収入へのアクセスの増加や治療医の住居との地理的な近接性といったさまざまな人口学的・社会経済的な条件に影響されていた．したがって，今回のケバマ治療の流行は出産を象徴的にやり直すことを通じて，再定住にまつわる社会的な不安感に対処しようとした試みだとみることができる．ケバマ治療が拡散した経緯やそのパターンは，狩猟採集民と農耕牧畜民の間で知識や技能が伝達されていく際の仕組みを考えるうえで貴重な示唆を与えてくれる．

2. この研究では狩猟採集民，とくにグイ／ガナの環境についての知識と土地の関係について考察する．グイ／ガナは，ボツワナ政府の開発計画が定住地での居住を奨励し，その生活様式に大きなインパクトを与えてきたにもかかわらず，カラハリ砂漠の中央部で長年遊動生活を営んできた．彼らの空間認識は，環境のさまざまなスケールの特徴をとらえた多様な民族知識によって彩られている．こうした民族知識は，現在では中央カラハリ動物保護区によって囲われている広大な生活域を自在に移動し，野生の動植物を得ることを可能にしてきた．彼らはブッシュを移動するとき，ときどき環境に印をつける．たとえば，動物を追跡するハンターは，後続するものに動物と彼の動きを伝えるために地面に小枝などを残しておくことがある．しかし，そうした環境への働きかけは，基本的に単純で実際的な記号にとどまっており，神聖な意味を表そうとするシステムティックな改変はほとんど見られない．これは彼らが，自然の全体をとらえそれをコントロールすることよりも，その正確な感覚を環境の複雑な時間的・空間的な構造に調律することを志向するからである．グイ／ガナにとって，ノー（「土地」と訳される）は，さまざまな文化的な意味が立ち上がる特定の場所を指す．そうした文化的な意味は，自然環境に埋めこまれた社会的相互行為を展開することによって，絶え間なく構築され続ける．

## **Ritualistic treatments, way-finding practices, and transmission of knowledge and skills**

Akira Takada

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

In fiscal year 2013, I promoted the following works based on the research data collected so far.

(1) The G|ui and G||ana, two neighboring groups of San, have been marginalized within the regionalized social structure of Botswana. Although they perform relatively few religious services or ceremonies, they do engage in various preventive and curative treatments that have a number of ritualistic aspects. One remarkable example is the chebama treatment, which originated among the neighboring Kgalagadi people and is used as a treatment for abnormal delivery (Imamura 2010). Abnormal birth is thought to lead to chest disease in the parents and child after birth. To avoid this, based on their folk pathology, they engage in the chebama treatment, which symbolically reiterates birth. In 1997, the Botswana government relocated most of the G|ui and the G||ana to outside their traditional living area. The chebama treatment became widely practiced in the new settlement. In this context, the chebama treatment should be understood not simply as a treatment for abnormal delivery but also as a means of addressing broader discords in social relationships that have arisen in the new settlements. Moreover, the practices were influenced by a number of demographic and socioeconomic conditions, such as increased access to cash income and greater geographic proximity to the medicine man. The chebama treatment, through which people symbolically re-enact birth, is thus an attempt to contend with the social anxiety associated with resettlement. The pattern of diffusion of this treatment suggests the mechanism of cultural transmission of knowledge and skills between hunter-gatherers and agro-pastoralists.

(2) In this study I will discuss about relationship between environmental knowledge and land among hunter-gatherers, particularly the G|ui and G||ana of the Central Kalahari. The G|ui and G||ana have lived in the central part of the Kalahari Desert, although Botswana's development program has encouraged them to live in permanent settlements and has had a major impact on their lifestyle. Their spatial cognition is complemented by a multi-scaled integration of folk knowledge that enables them to acquire ample bush food by moving frequently and flexibly within their immense living area, now encompassed by the Central Kalahari Game Reserve. When they move through the bushveld, they sometimes mark the environment. For instance, a hunter tracking an animal may leave twigs on the ground to communicate the direction of his movement to his followers. However, these modifications to surroundings are limited primarily to simple, practical signs and rarely reach the systematic articulation of sacred significance. This is because they are oriented to attuning their acute senses to the complicated spatiotemporal structure of their surroundings rather than to trying to control nature through grasping its entirety. For the G|ui and G||ana, n!oo (translated as "land") refers to a particular place in which a variety of cultural meanings operate. The cultural meanings are continuously constructed via unfolding social interactions embedded in the natural environment.



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 B01**

**Research on Evolutionary Models of Human Learning**

**Abilities**

## 親による利他的教示の進化モデル

青木健一<sup>1</sup>・若野友一郎<sup>2</sup>・マーカス・フェルドマン<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 明治大学 研究知財戦略機構

<sup>2</sup> 明治大学 総合数理学部

<sup>3</sup> スタンフォード大学 生物学科

動物のみならずヒトにおいても、教示を如何に定義し同定するかは、難しい問題である。Caro and Hauser (1992) は、次のような場合に教示が成立するという。つまり、有用な知識・技術を有する個体が、無知な個体に接したとき、犠牲を伴った行動の変更により、この無知な個体による知識・技術の習得を促進させるときである。教示を支えている心理過程は、系統間で異なるであろう。だが、この機能的な定義は、教示の進化を理論的に検討する上で有用な枠組みを与えてくれる。

さて、動物を対象とした実証的な研究で教示と推定された例の多くが、親から子への教示である。従って、教示が進化する最も重要な場面は、親と子の相互作用にあると考えられる。我々は、（一部の？）人類において教示を出現させた淘汰の様相に、特に関心がある。考古遺跡から発見される石器接合資料などの空間分布は、ネアンデルタールに教示がなかった証拠とも解釈できる。もし、チンパンジー系統から分岐した後に人類で進化したならば（チンパンジーでは教示は極めて稀である）、狩猟採集の生活史の中で進化したことになる。現生の狩猟採集民では、社会学習の経路が成長に伴って垂直伝達から斜行・水平伝達への依存に変わるらしい。斜行・水平伝達は、非血縁者間でも起こり得るので、教示の進化に不利な条件となることが予想される。

現在進行中の我々の理論的研究から、以下の予測が得られている。1. 有用な知識・技術が教示なしでも集団中に維持される場合の方が、教示は進化し易い。2. 斜行伝達は（予想に反し）教示の侵入条件を変えないが、水平伝達はこれを厳しくする。3. 環境変化は教示の進化を難しくする。

## **Modeling the evolution of parental altruistic teaching**

Kenichi Aoki <sup>1</sup>, Joe Yuichiro Wakano <sup>2</sup>, Marcus W. Feldman <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties, Meiji University

<sup>2</sup> School of Interdisciplinary Mathematical Sciences, Meiji University

<sup>3</sup> Department of Biology, Stanford University

There is currently a vigorous debate on how to define and identify teaching in nonhuman animals, and indeed also in humans. In its barest essentials, the operational definition of teaching due to Caro and Hauser (1992) entails that a knowledgeable individual (the “teacher”) alters its behavior in the presence of a naïve individual (the “pupil”), suffering a cost to do so, and thereby promotes social learning of beneficial knowledge or skill by that naïve individual. The psychological mechanisms that support teaching, given that it occurs, are likely to differ across the taxonomic orders. Nevertheless, this operational definition provides a useful framework for modeling the evolution of teaching.

Empirical surveys of teaching in nonhuman animals suggest that in a significant fraction of the possible examples parents teach their offspring. Hence, the parent-child relationship is arguably the most important setting in which the evolution of teaching occurs. We are particularly interested in the balance of selective forces that resulted in the emergence of teaching in (some?) hominids. The spatial distributions of refitted lithic materials from archaeological sites may suggest that teaching occurred in modern humans but not in Neanderthals. If teaching evolved in hominids after the separation from the chimpanzee lineage—teaching is at best extremely rare in chimpanzees—then it evolved in the context of a hunter-gatherer life history. Anthropological research on present-day hunter-gatherers suggests a developmental change in social learning from a reliance on vertical transmission to oblique and/or horizontal transmission, which can occur between non-kin and is thus expected to disfavor the evolution of teaching.

Our theoretical work in progress shows the following. 1. Teaching is more likely to evolve if the beneficial knowledge or skill can be maintained in the population in the absence of teaching. 2. Oblique transmission occurring after vertical transmission does not change the conditions for teaching to invade. However, horizontal transmission results in more stringent conditions. 3. Environmental change makes it more difficult for teaching to evolve.

## 協力社会の形成はリスクの高いイノベーション行動を救済し、急速な文化進化をもたらす —共同体主導学習進化仮説の提案—

木村 亮介<sup>1</sup>, 中橋 渉<sup>2</sup>

<sup>1</sup>琉球大学大学院 医学研究科,

<sup>2</sup>総合研究大学院大学 先導科学研究科

文化を進化させるためにはイノベーションが必須である。しかしながら、模倣戦略の存在下においては、リスクを伴うイノベーション行動は淘汰されてしまい、文化は進化しないことが理論研究において指摘されている。本研究では、コンピュータシミュレーションを用いて、得られた資源を共有・分配する協力社会においては、イノベーション行動者が一定の割合で存在することができ、文化進化が加速することを示す。さらに、協力する人数が多いほど、文化進化速度は速くなることが示唆された。このような結果から、ネアンデルタール人を含む絶滅した旧人とホモ・サピエンスの運命を分けた要因を、協力社会の大きさに求めることができるかもしれない。本研究は、大きな共同体の形成がイノベーション行動の進化を主導したという仮説を提案する。

## **Formation of cooperative societies rescues risk-taking innovators and leads to rapid cultural evolution**

Ryosuke Kimura<sup>1</sup> and Wataru Nakahashi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Medicine, University of the Ryukyus

<sup>2</sup> School of Advanced Sciences, Graduate University for Advanced Studies

Human culture is highly developed, which is the most important cause of our great success as a species. To develop culture, innovation is essential. However, theoretical studies have pointed out that, in the presence of imitation (social learning) strategy, risk-taking innovation behaviors do not survive and thus cultural evolution is not promoted. Therefore, some model will be required to break such a paradox. In this study, we suggested using computer simulations that, in a resource-sharing society, risk-taking innovators can survive in the population and drive cultural evolution. In addition, the simulations demonstrated that, when the number of individuals in each sharing group is large, the proportion of innovators and the rate of cultural evolution in the total population increase. These results indicate the possibility that formation of cooperative societies, rescuing risk-taking innovators, was associated with evolution of the human learning strategy and ability. It has been suggested that the Neanderthals had cooperative societies. Therefore, the size of sharing groups may be one of the factors that sealed the fates of two species, Neanderthals and Homo sapiens.



## 外傷が旧人文化に及ぼした影響の推定

中橋 渉

総合研究大学院大学 先端科学研究科

多くの場合、文化技術の学習には身体の熟練が必須である。また、高度な文化技術ほど難しく、より熟練が必要である。そのため、重篤な外傷を負うと高度な文化技術を保持できなくなる。これは学習能力と異なり、旧人化石の負傷痕のデータを用いて、旧人文化に及ぼした影響を定量的に推定可能である。まず、文化技術として、旧人には無く新人になってから現れたと考えられている、飛び道具を用いた小動物の狩猟に関わる一連の文化技術を想定する。このような高度な文化はかなりの熟練を要するため、運動機能や視力などに大きく影響するような外傷を負った場合、いずれかの技術ができなくなり、それによってその技術体系が無意味になり、失われる。また、身体の完成した成人個体でなければ習得できず、その場合にも手本を示してくれる相手と密接に長期間コミュニケーションすることが必須である。ある文化が集団に維持されるためには、熟練者が死ぬか負傷するかしてその文化が1人分失われる前に、その個体が非負傷の未熟練者1人以上に文化を伝達できなければならない。負傷率が高い場合、熟練者が負傷する可能性と文化を伝えようとした相手が既に負傷している可能性の両方が上がるため、文化は集団に維持されにくくなる。外傷によって技術を失うことがなければ、成人期に1人以上に文化を伝えられるなら文化は維持されるが、これがあると、もっと多くの個体に文化を伝えられなければならない。旧人化石データから、死亡時点で高度な文化技術を失うような外傷を負っていた旧人個体の割合は0.5-0.6であると推定された。これを数理モデルに代入した結果、成人期に少なくとも5人以上に文化を伝達できる社会でないと高度な文化技術は旧人集団に維持されなかったと分かった。学習が困難であったり、軽い負傷でも失われたりするような、より高度な文化技術なら、さらに多くの相手が必要である。旧人社会は10人程度のバンドで構成された父系社会であったと言われているが、もしそれが正しいなら、成人期に5人以上に高度な文化技術を伝えるのは決してたやすくはない。すなわち、たとえ旧人が現代人と変わらない学習能力を持っていたとしても、飛び道具による狩猟のような高度な文化技術は、負傷頻度が高く密接な交流相手が少ない社会のせいで、旧人集団に維持できなかったと考えられる。

## **Estimation of the effect of traumatic injuries on Neanderthal culture**

Wataru Nakahashi

School of Advanced Sciences, Graduate University for Advanced Studies

In many cases, we have to train our body to master cultural skills. More advanced cultural skills are generally more difficult to master and demand more training. Therefore, if an individual suffers a serious traumatic injury on a body part that associates with an advanced cultural skill, thereafter he/she may not hold the skill. Different from learning abilities, we can quantitatively estimate its effect on Neanderthal culture by using fossil data. We consider a difficult advanced cultural skill, for example, small animal hunting by complex projectile weapons, which may have been absent in Neanderthal society and may have first appeared in modern human society. Since it demands highly trained body motions, when an individual suffers a serious traumatic injury that reduces body function or eyesight, he/she cannot hold some of necessary techniques and therefore the skill becomes meaningless and lost. Moreover, only matured adults can learn the skill by close and long communication with a teacher individual who can demonstrate the skill. To maintain a skill in a population, before a skilled individual injures or dies to lose the skill, he/she must transmit the skill more than one pre-skilled non-injured individual. When injury rate is high, two possibility increase, possibility of injury of a skilled individual and possibility that a learner already injured, so that it becomes difficult to maintain the skill in the population. If loss of skill by injury never occurs, the skill can be maintained in the population provided each individual communicates with more than one learner, but when it occurs, more number of learners is necessary. From Neanderthal fossil data, I estimated that the frequency of individuals who suffered serious injury that inhibited holding the advanced skill at their death is around 0.5-0.6. Including this value into a mathematical model, I estimated that communicating more than five individuals during adulthood is necessary for maintaining the advanced cultural skill in Neanderthal society. If the skill is more difficult or lost by less serious injuries, the necessary number of individuals increases. It is argued that Neanderthals had patrilocal mating behavior and their social units consisted of around ten individuals. If the argument is correct, it may have been difficult to transmit the advanced cultural skill to more than five individuals during adulthood. In conclusion, even if Neanderthals had the same learning abilities as present-day humans, it was difficult for them to maintain advanced cultural skills that were as difficult as the skill of small animal hunting by complex projectile weapons because of high injury rate and small number of communicable individuals in Neanderthal society.

## 交替劇における芸術の進化と現代における芸術の機能

堀内 史朗

山形大学 COC 推進室

旧人と新人の違いの一つとして、芸術遺跡の有無を挙げることができる。なぜ新人は、洞窟壁画やビーナス像などの芸術作品を残したのか。芸術に没頭することによってどのような意義があったのか。こうした論点について、考古学者の間でも明快な結論は得られていない。本研究では、新人は芸術作品を造ることで、遠距離の他集団との交易が可能になり、普段の生活では得られない資源を獲得できた、つまり芸術が遠距離交流にプラスに働いた、と考える。

では、どのような環境条件の下で、そのような芸術行動を人々はするようになるのか。そのことを明らかにするために、エージェントベースモデルの計算機実験をおこなった。一次元の空間に分布するエージェントは、各自が持っている有限の時間を、そこで得られる資源を獲得すること（生業戦略）と、芸術作品を作り出す行動（芸術戦略）に振り分ける。エージェントの利得は、生業戦略によって得た資源と、他エージェントとの交易によって得た資源の合計によって決定される。芸術戦略に多くの時間を投資すれば、より離れた他エージェントとの交易に成功して相手から余剰資源を得られる。ただし他エージェントとの交易によって得た資源の価値は、そのエージェントとの距離が離れるほど下がる。以上のような仮定のもとに実験をおこなった結果、他エージェントから得る資源の価値が中程度の場合に、一部のエージェントが芸術に特化した。彼らが仲介人となることで、エージェント全体としての獲得資源量が最大になることがわかった。環境があるていど安定な場面においてこそ、芸術が開花したことが推察される。

では、現代社会において芸術にはどのような機能があるのか。同じ新人がおこなった／おこなう芸術戦略には、なにか共通する機能があるはずである。そのことを明らかにするために、九州東部の神楽保存会を対象にしておこなった郵送質問紙調査回収データの分析をおこなった。回収した神楽保存会のデータを、①舞手・客数ともに減少している保存会、②舞手・客数どちらかが増加しており、地元住民が客の主体となっている保存会、③舞手・客数どちらかが増加しており、外部からの観光客が多く含まれる保存会に区分して、それぞれの対比をおこなった。③の、外部の視線にじぶんたちの神楽を晒している保存会では、芸能が芸術へと転化していると想定した。ロジスティック回帰分析をおこなった結果、①と比べて②の保存会では、舞手が神楽を楽しみと思う反面、住民間の親交が減少しているという傾向があった。①と比べて③の保存会では、舞手が地域の伝統を勉強する機会が減少している反面、外部との交流に満足を感じ、神楽を楽しみと思い、かつ若者が神楽を通じて地元で定住する傾向があった。過疎が深刻化している日本の中山間地において、外部を巻き込んだコミュニティが若者の定住をもたらすという現代的な機能を、芸術が果たしていることが示唆される。

## **Evolution and functions of art strategy in the Replacement and the present**

Shiro Horiuchi

Yamagata University, COC Promotion Office

The art heritages tell us the difference between Homo sapiens and Neanderthals. The former engaged in arts, whereas the latter did not. Archaeologists are still discussing why the former created rock arts or the statue of Venus and which functions the arts had in time of the Replacement. This study assumes that Homo sapiens, owing to their arts, could have exchanged various resources with distant groups otherwise impossible. In other words, art enabled long-distance trade, which was also characteristic of the Homo sapiens absent in the Neanderthals.

In order to clarify the environmental conditions in which individuals likely engage in arts, the study runs an agent based model simulation. In the model, multiple agents inhabit in one-dimensional space. The agents allocate their time either to life strategy or art strategy. As they use more time in life strategy, they gain more resources there. As they use more time in art strategy, they more likely succeed in exchanging resources with other agents of distant areas. As the distance between agents involved in exchange is longer, the value of resources is smaller for the focal agents. The simulations show that if the value of resources of distant areas is valued intermediate, a few agents specialize in art strategy, so that all agents in sum gain great resources owing to the artists as coordinators. The results suggest that art strategy likely evolves in the environmental conditions where disturbances are not so frequent.

In order to clarify which functions arts have in the contemporary rural areas of Japan, this study analyzes the data of questionnaire surveys on kagura groups in the Eastern area of Kyushu. It divided the kagura groups into three, (1) the groups where the number of both dancers and audience have decreased, (2) the groups where the number of either dancers or audience has increased and the audience mainly composes of the residents, (3) the groups where the number of either dancers or audience has increased and the audience includes more than a few tourists. This study assumes the groups (3) perform arts, since the groups exhibit their kagura to outsiders. Comparing with the groups (1), in the groups (2) the dancers find their kagura as more fun, but less friendship among the residents. Comparing with groups (1), in the groups (3) the dancers less likely study their local tradition but find their kagura more fun, their friendly relation with outsiders, and settlement of young residents into their area. This study hence suggests that in mountainous areas where depopulations are serious problems, arts contribute to the local communities open to outsiders and cause young residents' involvement into the communities.

## ヒト特異的な脳での Siglec ペア型受容体の出現と学習能力の進化

早川 敏之

九州大学 基幹教育院

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。この統合失調症に関わると見られる分子に、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、サピエンス（新人）とネアンデルタール人（旧人）の分岐の直前であり、神経保護による統合失調症のリスク回避が、新人や旧人の集団としての学習能力に関与している可能性がある。

Siglec-11 の進化を詳細に調べたところ、Siglec-11 は、Siglec-11 と同じ脳ミクログリアのシアル酸受容体である Siglec-16 とペアを組み、細胞機能を微調整するペア型受容体として働いていることがわかった。このため、Siglec-16 も Siglec-11 と同様、統合失調症に関わっていると見られる。本発表では、Siglec-11/Siglec-16 ペア型受容体のヒト脳ミクログリアでの出現と統合失調症との関係から、ヒト系統での集団としての学習能力の進化について考察する。

## **Emergence of Siglec paired receptors in the human brain and the evolution of learning ability of population in the human lineage**

Toshiyuki Hayakawa

Faculty of Arts and Science, Kyushu 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 schizophrenia. A mutation that conferred the brain expression of Siglec-11 occurred about one million years ago. It is therefore possible that the neuroprotective function of Siglec-11 reduced the risk of schizophrenia and enhanced the learning ability of population in the later stage of human evolution.

Further analysis of Siglec-11 revealed that Siglec-11 functions as paired receptors with Siglec-16 on human brain microglia. Interestingly, Siglec-16 gained brain expression uniquely in the human lineage as well as Siglec-11. Siglec-11/Siglec-16 paired receptors contribute to the fine-tuning of immune responses of human brain microglia, and seem to be involved in schizophrenia. I will discuss about the role of Siglec-11/Siglec-16 paired receptors in the evolution of learning ability of population in the human lineage.



研究項目 B02

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**



## 旧人・新人時空間分布と気候変動の関連性の分析

米田 穰<sup>1</sup>・阿部 彩子<sup>2</sup>・横山 祐典<sup>2</sup>・川幡 穂高<sup>2</sup>・小口 高<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学 総合博物館

<sup>2</sup> 東京大学 大気海洋研究所

<sup>3</sup> 東京大学 空間情報研究センター

研究項目 B02「旧人・新人時空間分布と気候変動の関連性の分析」では、考古学・人類学情報と、地球物理学および地球化学の情報を統合することで、旧人の絶滅と新人の拡散に関する時代状況の復元、とくに気候変動との関連を明らかにするために、共同研究を推進している。本研究では、次の3つのアプローチから、上記目的を達成する計画である。(1) これまでに報告書や学術雑誌に報告された理化学年代を系統的にデータベース化し、地理情報システム (GIS) の解析手法を用いることで、旧人と新人の分布範囲の定量的推定を実施すること、(2) 地球物理学分野で開発された気候予測モデルを応用して、旧人新人交替劇の鍵となる時代の古気候分布図を作成し、両者の分布変化との関連性を抽出すること。また、鍵となる地域の古環境変動を、詳細な地球化学プロキシから抽出し、人間活動の時間変動と比較検討すること、そして(3) 古気候情報と旧人新人分布域から、両者が適応することができた生態学的ニッチの時間変動を定量的に記述して、旧人と新人の行動の進化を、気候変動によってもたらされた学習能力の進化として解釈できるか、を検証する。

(1) の年代学的アプローチについては、既報の年代情報を集成した、Neandertal DB を構築し、解析に必要な年代データを適宜抽出することが可能な環境を構築している。今年度は、東アジアを中心に年代 DB の拡充をはかる計画であったが、研究項目 A01 が構築する遺跡データベースの成果から、東アジアにおける旧人・新人の時空間分布の復元には、考古学的な情報が極めて不足していると判断し、よりデータの充実している西アジアおよびヨーロッパの理化学年代データの高精度化に特化して今年度は作業をすすめた。ヨーロッパでの交替劇については、限外ろ過を用いた骨の前処理や、湿式酸化法および段階加熱法を用いた木炭の前処理、さらに貝殻などの新たな素材を用いた年代測定値が相次いで報告されており、旧人の絶滅年代と新人の進出について各地で精査が開始されている状況である。しかし、より信頼性が高いと考えられる、新しい前処理方法を実践した遺跡は、鍵となる遺跡に限られており、西アジアから欧州にかけての旧人・新人の時空間分布を復元するにはとうてい至っていない。そこで、これまでに報告されている従来法による年代を補正し、適切な系統誤差を加えることで、新しい前処理方法による年代と同列に扱うための方法論を検討した。これによって、より正確に旧人・新人の時空間分布を推定することが可能となる。

研究分担者の阿部と招待研究者の大石を中心とした地球物理学チームでは、氷床の影響を加味した大気・海洋結合モデルを開発し、これまでのモデルでは説明することができなかった、10 万年サイクルの氷期・間氷期サイクルのメカニズムを明らかにすることに成功した。このモデルは比較的低解像度の全球モデルであるため、大陸スケールの高解像度モ

デルに拡張するための手法開発を行った。具体的には、現代の気候データをもとに相対的な変動をメッシュ内に応用することで、中緯度で 100~200km であった解像度を数十 km にまで改善可能である。さらに、限られた計算資源からできるだけ多くの妥当な気候分布図を作成するために、代表的な急激な寒冷イベントである 12ka のヤンガードリアス寒冷期について詳細な研究を行い、北太平洋への淡水付加（ホーシング）によって、ダンスガード・オシュガーサイクルや、ハインリッヒ・イベントなど、ミレニアムスケールの急激な寒冷・温暖化サイクルを再現できることを確認した。それをもとに、ヨーロッパにおける交替劇で注目されるハインリッヒ・イベント 4 に着目し、寒冷期と温暖期の高精度気候分布図を作成中である。

上記 2 つの分布図、すなわち考古学・人類学に基づく旧人・新人の時空間分布図とシミュレーション実験にもとづく古気候分布図を比較して、両者の関係性を抽出するための GIS 手法も並行して開発している。そのもととなるのが、すでに旧人絶滅に関する研究で用いられている生態ニッチモデルである。これは、生態学で開発された、特定の種の分布可能範囲を気候条件や地理条件から推定する方法であり。今年度は主に生態学分野で広く応用されはじめている最大エントロピーモデルに基づく解析ソフト、MaxEnt を用いて研究を行った。上記の高解像度気候分布図を応用できる状況でなかったため、すでに公表されている 20ka の最終氷期最盛期（LGM）のデータを寒冷期のモデルデータとして、また 6ka のデータを温暖期のモデルデータとして、両者を比較検討することでヨーロッパにおける中期旧石器から後期旧石器への移行期文化に着目して解析を実施した。移行期文化については、その担い手が新人なのか、あるいは新人の文化の影響を受けた旧人なのか、議論があるところであるが、いくつかの移行期文化については、気候変動が大きい地域に適応しているという興味深い結果が得られている。この予備的な結果、新人の適応能力の高さ、とくに新しい環境への適応にすぐれるという性質によるものだとすると、学習能力の相違と関連している可能性があり注目される。本研究については、今年度中に新たに作成された 40ka の古気候分布図を用いて再解析する予定である。

また、グリーンランド氷床や鍾乳洞の石筍などに記録されている地球規模の気候変動についても、約 20 万年前の MIS6 の寒冷期について、より正確な年代に補正する方法を考案した。この成果をもとに来年度は新人の登場に関係する MIS6 で経験した気候変動と、交替劇に直接的に関連する MIS3 の寒冷化について、地域的な変動についての検討を実施し、旧人と新人の学習能力の相違の背景となった可能性がある気候変動の地理的多様性について検討する。また、研究項目 A01 で蓄積された世界各地の石器製作伝統の経時変化と、各地の古環境変動を対比するための、古環境 GIS を一般に公開し、共同研究を活発化させ、最終年度の議論に望む計画である。

## **Reconstructing the distribution of Neanderthal and Modern Human in time and space in relation to past climate change**

Minoru YONEDA<sup>1</sup>, Ayako ABE-OUCHI<sup>2</sup>, Yusuke YOKOYAMA<sup>2</sup>, Hodaka KAWAHATA<sup>2</sup>, and Takashi OGUCHI<sup>3</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, the collaboration between anthropology, archaeology, geophysics, geochemistry, and geographical information science is conducting. Especially, the novel estimation of archaic and modern human distribution and the paleoclimate map will our basic information to understand the back ground of difference in cognitive evolution of archaic human, such as Neanderthals, and modern human, i.e. Homo sapiens. However, both distribution maps of human species and climate including vegetation are still challenging and we are developing new methods in this project for this goal. Our research group B02 are now involved in the following three projects; (1) new estimation of human occupational regions based on corrected chronological information, (2) development of high spatial resolution map of past climate based on a atmospheric-oceanic combining global model, and (3) GIS model extracting the relationships between human species distribution and paleoclimate, based on ecological niche models.

Our recent progress is including all aspects of project such as chronological approach, geophysical model approach and ecological niche model development. A novel method for correcting radiocarbon ages reported in previous studies is developed and applied for the dispersal of transitional industries from the Middle to Late Paleolithic of Europa. This method revived old data with possible contamination which can be only removed by new preparation techniques, such as ultrafiltration for bone, wet oxidation and step combustion for charcoal, resulted in the more reasonable chronology and distribution maps of transitional Paleolithic industries with higher time resolution. For the paleoclimate maps, a new approach referring the spatial availability of modern climate is applied for the results of paleoclimate simulation for comparing the archaeological information and climate change. In general, this approach is able to make a map with spatial resolution of several ten kilometers which is reasonable for archaeological discussions. Then, the application of ecological niche model becomes crucial to combine both distribution maps of human occupation and paleoclimate. In this fiscal year, an ecological niche model based on the maximum entropy model was examined by using MaxEnt software. The comparison of published paleoclimate data between a warmer phase at 6 ka and a cooler phase at 20 ka suggested the possible effect of the intensity of cooling, which may affect on the dispersal of modern human with new stone industries into Europe. This tentative finding will be investigated more intensively using new reliable paleoclimate data at 40 ka reported by our colleague in the next coming fiscal year.



## Climate Linkages During the Last and Penultimate Glaciations

Stephen P. Obrochta and Yusuke Yokoyama

Atmosphere and Ocean Research Institute , The University of Tokyo

Climate was relatively unstable during the last glaciation, Marine Isotope Stages (MIS) 2-4, with global variations linked to reorganizations in North Atlantic thermohaline circulation. Instability appears to have been particularly related to surging of the North American Laurentide Ice Sheet (LIS) through the Hudson Strait (HS) (Hemming, 2004), producing a distinctive sedimentary record of dolomite-rich ice-rafted debris (IRD) (Heinrich, 1988) that was deposited in the North Atlantic Ocean during cold Greenland stadials. Known as Heinrich Events, the largest of these (H1, H2, H4, and H5) consistently occurred during the coldest of a series of progressively cooler Greenland stadials (i.e., a "Bond Cycle"; Bond et al., 1992; Broecker et al., 1992). Sediment provenance and distribution patterns indicate that the HS was the source for the icebergs, and extremely high sediment accumulation rates and detectable sea level increase at far-field locations further indicate a measurably large mass loss of up to 15 m sle during each Heinrich Event (Yokoyama et al., 2000, 2001).

Consistent with early modeling results (Manabe and Stouffer, 1988), such a large amount of freshwater would have greatly affected North Atlantic hydrography (Bond et al., 1992), decreasing North Atlantic deepwater (NADW) production, reducing northward heat flow, and warming the Southern Hemisphere (Crowley, 1992). Antarctic ice core  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta\text{D}$  indicate that the balance of heat shifted towards the Southern Hemisphere (Blunier and Brook, 2001) While resulting North Atlantic surface circulation changes may have been complicated (e.g., Naafs et al., 2013), southward displacement of circulation belts, most likely due to cooling and sea ice expansion (e.g., Denton et al., 2010), is indicated by globally altered precipitation patterns with Antarctic upwelling and  $\text{CO}_2$  ventilation (e.g., Obrochta et al., 2013 and references therein).

Observational data contributing to our understanding of abrupt climate change is primarily limited to this most recent glaciation, mainly due to the shallow depths below seafloor of last-glacial sedimentary sequences, facilitating recovery with traditional coring devices. There are relatively few paleoceanographic records from earlier ice ages, and the available data indicate significant differences between the last and penultimate glaciation (MIS 6). Though a similar series of events likely occurred during MIS 6, data from the mid North Atlantic point towards solar insolation as having been the primary forcing. Increased deposition of volcanic glass derived from Iceland (IG) reflects sea ice expansion at times of high precession (low insolation). Concurrent with sea ice expansion are weak Asian monsoon and Antarctic warming events on both orbital- and suborbital-scales. Though climate records from Africa spanning the penultimate glaciation are relatively sparse, given the climate relationships of the last glaciation (e.g., Obrochta et al., 2013), the correspondence between North Atlantic, Asian, and Antarctic records indicates that climate

changes in Africa were likely similar as during the last glaciation but with overall few abrupt changes.

- Blunier, T and Brook, EJ 2001. Timing of Millennial-Scale Climate Change in Antarctica and Greenland During the Last Glacial Period. *Science* 291(5501) 109–112.
- Bond, GC et al. 1992. Evidence for massive discharges of icebergs into the North-Atlantic Ocean during the Last Glacial Period. *Nature* 360(6401) 245–249.
- Broecker, W et al. 1992. Origin of the northern Atlantic's Heinrich events. *Climate Dynamics* 6(3) 265–273.
- Crowley, TJ 1992. North Atlantic Deep Water cools the Southern Hemisphere. *Paleoceanography* 7(4) 489–497.
- Heinrich, H 1988. Origin and consequences of cyclic ice rafting in the Northeast Atlantic Ocean during the past 130,000 years. *Quaternary Research* 29(2) 142–152.
- Hemming, SR 2004. Heinrich events: Massive late Pleistocene detritus layers of the North Atlantic and their global climate imprint. *Reviews of Geophysics* 42(1).
- Manabe, S and Stouffer, RJ 1988. Two stable equilibria of a coupled ocean-atmosphere model. *Journal of Climate* 1(9) 844–866.
- Naafs, BDA et al. 2013. Warming of surface waters in the mid-latitude North Atlantic during Heinrich events. *Paleoceanography* 28(1) 153–163.
- Obrochta, SP et al. 2013. Conversion of GISP2-based sediment core age models to the GICC05 extended chronology. *Quaternary Geochronology*, in press.
- Yokoyama, Y et al. 2000. Last ice age millennial scale climate changes recorded in Huon Peninsula Corals. *Radiocarbon* 42(3) 383–401.
- Yokoyama, Y et al. 2001. Coupled climate and sea-level changes deduced from Huon Peninsula coral terraces of the last ice age. *Earth and Planetary Science Letters* 193(3-4) 579–587.

## PaleoGeo (WebGIS) の特徴と改善案

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

<sup>1</sup> 東京大学 空間情報科学研究センター

<sup>2</sup> 東京工業大学 大学院情報理工学研究科

<sup>3</sup> 日本学術振興会

演者らは旧人・新人時空分布と気候変動の関連性を明らかにするための古環境情報のデータベースを構築している。特に更新世の水文・表層環境・海洋・生物・気候・年代測定に関する論文の調査地域の緯度経度情報をはじめとする文献情報を集めてきた。集まった情報はインターネット上の公開型 GIS (WebGIS) である PaleoGeo に公開している

(<http://neangis.csis.u-tokyo.ac.jp/paleogeo/>)。現在、13 種類の学術誌から古環境に関する 3000 本以上の文献から 7500 点を超える調査値データを掲載している。PaleoGEO の最大の特徴である地図表示システムでは、インターネットの地図上で一目で調査地が分かるため、データをより簡単に検索することが可能である。しかし、年々増える膨大な研究論文をいかに網羅するのかは、今最も大きな課題である。現段階での入力データが多く（文献のタイトル、著者、調査国、地域名、調査地の緯度・経度、掲載雑誌名、掲載年度、ページ、DOI、キーワード、テーマ、年代など）データベース化に時間がかかっている。近年の文献検索システムの発達で状況も変化しているため、このシステムの特徴をさらに活かし、入力データを簡便化（調査地の位置、年代情報、論文タイトルと DOI のみを入力）し、より多くの文献を網羅することを検討している。

## **Characteristic of the PaleoGeo (WebGIS) and its improvement**

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

We have been compiling the PaleoGeo, WebGIS (Web-based Geographical Information System) database, for reconstructing the distribution of Neanderthals and modern humans in time and space in relation to past climate change. For example, we have been collecting research articles dealing with hydrology, earth surface processes, biology, oceanology, climatology, chronology in the Pleistocene. information about over 7500 study sites are compiled from 13 major international journals of the above-mentioned fields of research. The data we have collected are accessible via the internet (<http://neangis.csis.u-tokyo.ac.jp/paleogeo/>). The strongest point of our system is to show the locations of the investigated sites on maps using the WebGIS. However, the number of the paleoenvironmental studies is growing rapidly and we have to effectively cover them as many as possible. We plan to simplify the input data (latitude, longitude, title and DOI only) to include more publications. Currently there are more items to input, i.e., title, author, country name, site name, latitude, longitude, journal title, issue, volume, page, DOI, keywords, theme, subtheme, and age.



## 更新世後期の気候シミュレーション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>

<sup>1</sup> 東京大学 大気海洋研究所

<sup>2</sup> 海洋研究開発機構

<sup>3</sup> 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）から温暖な完新世の開始時（約 1 万 2 千年前）まで続いた寒冷な時代であり、北米、北欧、シベリア西部に氷床が存在していたことが特徴である。この時代に、現生人類が世界中に拡散したが、全ての他種のヒトのみならず多様な巨大動物類も絶滅したと考えられており、気候変動がこの大量絶滅の原因の一つとして挙げられている。

本研究では MIROC (Model for Interdisciplinary Research on Climate) 気候モデルを用い、更新世後期を対象として、タイムスライス実験を行った。寒冷期である亜氷期の気候を調べるために、ローレントайд氷床からの融解水を放出する淡水流入実験を行った。また、モデル結果の信頼性を判断するために、古環境プロキシデータ（代用記録品）との比較を行った。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公開されており、特に洞穴の石筍から得られる酸素同位体データは、過去のモンスーンの変化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・降水などを比較し、モデルにおける亜氷期と亜間氷期の間の気候変動の再現性を調べた。

## **Modeling the climate of the Late Pleistocene and comparison of simulations 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>

<sup>1</sup> AORI, The University of Tokyo, Kashiwa

<sup>2</sup> JAMSTEC, Yokohama

<sup>3</sup> NIPR, Tachikawa

The Late Pleistocene lasted from the Eemian interglacial phase, about 130,000 years ago, to about 11,700 years ago which saw the start of the warm Holocene. The Late Pleistocene was characterized by repeated glaciation across much of North America, northern Europe and western Siberia. During this period, modern humans began to spread throughout the world. All other human species in addition to many forms of megafauna also became extinct. Climate change is often cited as one theory explaining some of these extinctions.

We employed a global climate model, MIROC (The Model for Interdisciplinary Research on Climate), for time slice experiments within the Late Pleistocene which saw fluctuations from cold stadials to relatively milder conditions. To capture the climatic characteristics of the stadials, meltwater discharge from Laurentide ice sheets was simulated by freshwater forcing over the North Atlantic Ocean. Comparisons of climate simulations with proxy-derived data can help us to evaluate the reliability of models. Proxy data are derived from a variety of sources, 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 paleo-monsoonal changes, over long periods of time. We compared our climate model results with proxy data to investigate where simulations showed good agreement in terms of climate changes between stadials and interstadials.

## 高確度年代推定に向けた放射性炭素年代補正の取り組み

大森貴之・米田穰

東京大学 総合研究博物館

現代人拡散の時空分布を議論するためには、正確な時間情報が必要不可欠である。これまで、我々は、信頼性に問題のある放射性炭素（以下、 $^{14}\text{C}$ ）年代をどのように正確度化するかについて検証を重ねてきた。前回の全体会議では、分析手法による系統誤差を評価し、 $^{14}\text{C}$ 年代の持つ確度を補正する試みと得られた補正年代から導かれる仮説について紹介した（大森・佐野 2013）。

本手法をよりロバストな補正方法として確立するためには、論理的な補正関数の導出を示し、手法の有用性を検証する必要があった。そこで、 $^{14}\text{C}$ 年代のシミュレーションとプロットデータの二次元カーネル密度処理を利用した補正関数の導出手法を開発した。得られた補正関数を用いることで、例えば、過去に報告された  $^{14}\text{C}$ 年代から **ca 3.6 kyr BP** と推定されるカステルチャーヴィタ遺跡のカンパニアンイグニンブライト（CI）層（ $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代測定で **ca 3.9 kyr** と年代付けされる火山灰層）を、補正することで **ca. 3.9 kyr BP**（中央値；68.2%の確率では、4.0 – 3.7 kyr BP）と整合する。このように補正  $^{14}\text{C}$ 年代で推定した遺跡年代の多くは、他の年代測定結果と良く整合する傾向が確認された。

今後は、本補正法を用いて、現代人拡散に関連する石器インダストリーを広域的に対象とし、年代値の整理を本格的に行っていく予定である。

## **Approach of radiocarbon correction for high accuracy date estimation**

Takayuki OMORI, Minoru YONEDA

The University Museum, The University of Tokyo

In order to discuss dispersal of modern human from a viewpoint of time-space distribution, accurate radiometric dates are required. We have examined about how to raise the accuracy of radiocarbon ages that have problem with the reliability, so far. In the 7<sup>th</sup> meeting of RNMH, we presented the correction method using age differences in sample preparations, and introduced the provisional hypothesis about the distributions of European lithic industries with the corrected radiocarbon dates (Omori and Sano 2013).

However, the correction method had some problems in a derivation process. In order to establish the robust correction method, it was necessary to present a logical derivation process for the correction function and to show the usefulness of this method. We improved the correction function using the simulation of  $^{14}\text{C}$  measurements and the Kernel density estimator of the plot data. Using the published problematic data and the obtained correction function, for example, the date of Campanian ignimbrite at the Castelcivita archaeological site can be estimated at ca 3.9 kyr BP (Median; 4.0-3.7 kyr BP (68.2% Probability)). The estimated date is good agreement with  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  date. The consistency between corrected dates and results of other dating have methods has also appeared in other many sites.

In the next year, we will move forward with a rearrangement of the date for lithic industries related to the dispersal of Modern human.

## 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>

<sup>1</sup> 国立極地研究所

<sup>2</sup> 東京大学 大気海洋研究所

<sup>3</sup> 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。

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た。大気大循環モデルは大量の計算機資源を必要とするため、通常は低解像度で行う。しかし、低解像度では人類学の研究資料としては不十分である。そこで本研究では、手法として差分法を用いた高解像度化を行い、大気大循環モデルの再現する古気候情報を反映しつつ、比較的高解像度で植生分布を得ることができた。しかし、技術的には古植生分布の再現は可能になったものの、現時点では地質学的証拠から得られている当時の古植生情報とどのように比較できるかを判断できていない。今後は、植生モデルの入力に用いる古気候実験が適切であるかどうか、また、植生モデルの出力結果をどのように地質学証拠と比較し、意味のある結果として提供することが可能かを検討してゆく。

## **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>

<sup>1</sup> National Institute of Polar Research

<sup>2</sup> Atmosphere and Ocean Research Institute, the University of Tokyo

<sup>3</sup> 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 tried 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. GCMs consume huge amounts of computational resources and so experiments are usually run using lower resolution models whose grid sizes are not sufficiently small for anthropological studies. In this study, we developed an “anomaly procedure” in order to incorporate features from both a high-resolution model and paleoclimate information. As a result of this new method, we successfully obtained a high-resolution vegetation distribution for a specific period of the past. However, it is not yet clear how these results can be validated against paleovegetation records. We need further discussions on how the appropriate paleoclimate can be reproduced by the GCM and how the vegetation model results can make a robust contribution toward the RNMH project.



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・天野 英輝・森田 祐介

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。本年は、ネアンデルタール頭蓋骨 Amud 1 号、Gibraltar 1 号、La Chapelle-aux-Saints 1 号と、早期ホモ・サピエンス Cro-Magnon 1 号の化石頭蓋骨の復元を試みた。

Amud 1 号は、CT 画像から頭蓋破片の再分離を行い、各破片の 3 次元形状モデルを構築した。そして、各破片の表面形状をベジエ曲面でモデル化することで隣接する破片の表面形状を予測し、最適化計算に基づいて隣接破片を数理的に組み上げた。ただし、Amud 1 号の頭蓋底は大きく欠損している。そこで、頭蓋底の遺存状況の良い Gibraltar 1 号を Amud 1 号に薄板スプライン関数を用いて変形させ、頭蓋底を補間した。Gibraltar 1 号は、頭頂部に大きな欠損がある。本研究ではその欠損部分の補間を統計学的手法に基づいて行った。具体的には、頭蓋形状データベースに基づいて、欠損部分の特徴点座標を従属変数、それ以外の座標を独立変数として多変量回帰式を求め、欠損のある標本に適用することで欠損部位の座標を推定した。この推定した欠損部の特徴点座標を利用して、薄板スプライン関数によりリファレンス形状を変形させることで、欠損部分の補間を行った。La Chapelle-aux-Saints 1 号は基本的には遺存状態が良好ではあるが、頭蓋底の復元に Gibraltar 1 号を変形させた。Cro-Magnon 1 号は残りがほぼ完全なため、補間を行わなかった。これら再組み立て結果に対して、同じ手法を用いて現代日本人の頭蓋骨を変形させ、各化石頭蓋骨の復元を完成させた。

また、現代ヨーロッパ人頭蓋骨 CT データを頭蓋形状データベースに追加し、現代日本人・ヨーロッパ人エンドキャストの形態変異を、幾何学的形態測定学を用いて解析した。現代日本人の頭蓋骨標本の CT 撮像を行い、エンドキャストの 3 次元形状モデルを構築し、解剖学的標識点を取得した。さらに、エンドキャストの正中矢状輪郭、前頭蓋窩前縁、横洞溝下縁をベジエ曲線で近似し、その等分点も解剖学的特徴点として定義した。これら解剖学的特徴点と等分点を結ぶ最短経路を求め、その等分点を準標識点と定義することで、エンドキャストのような形態的特徴点が乏しい部位にも特徴点を配置した。このように配置した計 171 の特徴点座標に基づいて、現代人エンドキャスト形状の変異傾向を抽出した。

さらに、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数理的手法を一通り確立した。具体的には、現代人の頭蓋骨形態から復元した化石頭蓋骨形態への空間変形関数を、3 次元離散コサイン関数を基底関数とした非線形写像を用いて記述し、それを現代人脳形態に当てはめ同様の変換を行うことで、化石頭蓋骨に収まる脳形態を実際に推定し、その予備的結果を呈示した。今後解剖学的拘束を追加することで、復元脳形態の信頼性を高めて行く予定である。

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

Naomichi Ogiwara, Hideki Amano, Yusuke Morita

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. This year, we worked on the virtual reconstructions of three Neanderthal crania, Amud 1, Gibraltar 1, and Chapelle-aux-Saints 1 and one early Homo sapiens cranium, Cro-Magnon 1.

We also analyzed the morphological variability of the endocranial shape among the modern Japanese population using landmark-based geometric morphometrics. On the endocranial surface, anatomical landmarks were digitized. Equally-spaced points along the anterior boundary of the anterior cranial fossa and the inferior border of the groove for transverse sinus were also defined as landmarks. We define sliding semi-landmarks on the entire endocranial surface based on the shortest paths connecting pairs of anatomical landmarks and equally-spaced points along the midsagittal curve. Therefore, the variability in endocranial shape was examined based on a total of 171 anatomical and sliding semi-landmarks. Our results demonstrated that the most noticeable shape variance observed in the modern Japanese endocranial shape is the brachycephalic/ dolichocephalic tendency. It is also noted that the parietal region tends to be lowered as the endocranial shape is longer.

Furthermore, we developed a method to mathematically estimate brain morphology of the Neanderthal crania in collaboration with Group C02. We derive a non-linear spatial mapping function from a template modern human cranium to each of the fossil crania using a three-dimensional discrete cosine function, and this function was used to deform the template human brain to estimate the fossil brain morphology. Although our attempt is still preliminary and some methodological limitations certainly apply, the proposed computational approach may serve as an effective tool to aid estimating brain morphology of the fossil crania.

## ネアンデルタールと中部旧石器時代ホモ・サピエンスの脳・小脳容積推定-予備的研究

久保 大輔・近藤 修

東京大学大学院 理学研究科

ネアンデルタールなど化石人類と我々現代人の認知能力差を頭蓋腔形態より類推する 1 方法として、脳・小脳容積比の比較を試みている。

まず、現代人の頭部 MRI 画像データ(n=32)を対象に、頭蓋腔上部の容積と脳容積の関係、および後頭蓋窩の容積と小脳容積の関係を調べることによって、ネアンデルタールや初期のホモ・サピエンスの脳・小脳容積を推定する手法を開発した。このとき、MRI 画像計測に付随する系統誤差を除去するため、同一被験者(n=3)について、頭部 CT データから計測した値と頭部 MRI データから計測した値を比較し補正係数を算出し、それを使って推定式導出用に計測された頭蓋腔上部容積及び後頭蓋窩容積の値を補正した。計測の結果、頭蓋腔の計測値(頭蓋腔上部容積と後頭蓋窩容積)は、脳・小脳容積に対する推定指標として有用であることが明らかとなった。

続いて、今回開発した推定方法をネアンデルタール 3 標本、レバント出土の中部旧石器時代のホモ・サピエンス 2 標本に適用したところ、ネアンデルタールについては先行研究同様、現代人よりも相対的に小さい小脳容積を持っていたという結果が得られた。一方、中部旧石器時代ホモ・サピエンスは現代人と同様の脳・小脳容積比を示した。これらの結果は、中部旧石器時代のホモ・サピエンスは既に現代の我々と遜色ない認知機能を有しており、ネアンデルタールはそうではなかったことを示唆する。しかし、サンプル数が少ないことや化石の欠損部位の復元に改善の余地があるため、上記の結果はあくまでも予備的なものである。今後さらに欠損部位復元の正確さを向上させるとともに化石資料数を増やす必要がある。

## **Estimating the cerebral and cerebellar volumes of Neanderthals and Middle Paleolithic modern humans: A preliminary study**

Daisuke KUBO, Osamu KONDO

Graduate School of Science, The University of Tokyo

We compare the cerebro-cerebellar volume ratio as a plausible way to infer the difference in cognitive ability between fossil hominids such as Neanderthals and that of modern humans.

First, we devised a new method to estimate the cerebral and cerebellar volumes of Neanderthals and early modern humans, which was derived from the volumetric relationships between endocranial subregions (i.e. supratentorial and posterior cranial fossa regions) and brain components (i.e. cerebrum and cerebellum) based on MRI data of living human subjects ( $n=32$ ). To validate the accuracy of MRI measurements, the volumes of endocranial portions were calibrated by coefficient factors derived from paired comparison between the CT and MRI measurements of the same individuals ( $n=3$ ). We found that the volumes of endocranial subregions are useful estimators for the cerebral/cerebellar volumes.

We then applied our estimation method to the Neanderthal ( $n=3$ ) and the Middle Paleolithic modern humans from Levant ( $n=2$ ). The results were partly consistent with previous reports that the Neanderthals have relatively smaller cerebella compared to the living human sample. On the other hand, we also found that the earlier Levantine specimens are comparable to the living human sample in their relative cerebellar volumes. These results indicate that the Middle Paleolithic modern humans already have had cognitive functions comparable to present-day humans while the Neanderthals have not. However, the result is preliminary because the sample number is small and the reconstruction of missing/damaged portions of the fossil crania is far from the best. Refinement of the reconstruction and measurement of additional fossil specimens are necessary.

## 頭蓋の形態解析における測地距離に基づいた準標識点の転写手法に関する研究

鈴木 宏正<sup>1</sup>・三浦 史寛<sup>1</sup>・道川 隆士<sup>1</sup>・森口 昌樹<sup>2</sup>・荻原 直道<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学 先端科学技術研究センター

<sup>2</sup> 中央大学 理工学部情報工学科

<sup>3</sup> 慶應義塾大学 理工学部機械工学科

頭蓋骨形状のデータベース化を行う上で、頭蓋骨形状全体のデータをもつだけでなく、頭蓋骨上に標識点（ランドマーク）を設定し、それを用いた各種の形態解析を行うことは有用である。しかし、頭蓋上には、標識点を設定できるだけの明確な形状特徴がない部分が多く、標識点の配置が疎になってしまう。これに対して、標識点間を補間して多数の準標識点（セミランドマーク）を設定することが必要となる。

本研究では、準標識点をすべての標識点からの距離をもとに配置する手法を検討している。図1のように、ソースモデル  $S$  上に標識点  $s_i$  と準標識点  $s_j$  を配置し、標識点  $t_i$  だけが配置されたターゲット上で準標識点  $t_j$  の位置を決める問題を考える。準標識点を、標識点までの距離をもとに配置する方法を検討している。

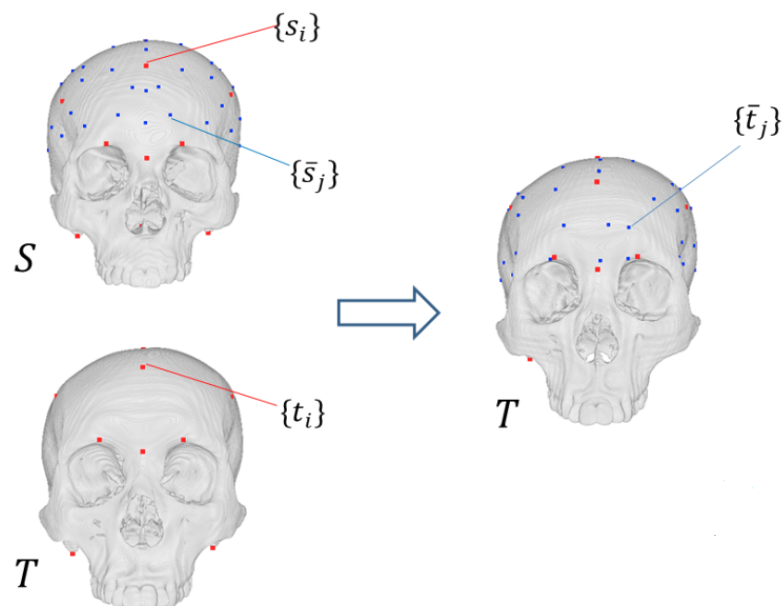


図1. 準標識点の転写問題（赤：標識点，青：準標識点）

Fig.1. Mapping problem of semi-landmarks (Red: landmarks and Blue: Semi-landmarks)

## **A geodesic-based semi-landmark transfer method for shape analysis of crania**

Hiromasa Suzuki<sup>1</sup>, Fumihiro Miura<sup>1</sup>, Takashi Michikawa<sup>1</sup>, Masaki Moriguchi<sup>2</sup> and Naomichi Ogiwara<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo

<sup>2</sup> Department of Information Engineering, Chuo University

<sup>3</sup> Department of Mechanical Engineering, Keio University

In morphological analysis of cranium, landmarks are used which are placed at feature points of a cranium. They must be stored in database as fundamental description of the crania with association to their whole shape data. On the cranium, there are regions without salient features where few landmarks are placed. It is usually necessary to add some number of semi-landmarks to such regions. Their locations are often computed interpolating the positions of the landmarks.

In this study, we investigate such interpolation methods for placing semi-landmarks. Our problem setting is shown in Figure 1 [See the previous page]. Given a template model  $S$  with the landmarks  $\{s_i\}$  and semi-landmarks  $sj$  and a target model  $T$ , with only its landmarks  $\{t_i\}$ , obtain the positions of the semi-landmarks  $\{\hat{t}_j\}$  on  $T$  corresponding to those on  $S$ . We are investigating a method based on distances of the semi-landmarks to the landmarks.

## 曲面変形の曲げエネルギー最小化による頭蓋間の対応点計算

森口 昌樹<sup>1</sup>・鈴木 宏正<sup>2</sup>・道川 隆士<sup>2</sup>・荻原 直道<sup>3</sup>・近藤 修<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 中央大学 理工学部情報工学科

<sup>2</sup> 東京大学 先端科学技術研究センター

<sup>3</sup> 慶應義塾大学 理工学部機械工学科

<sup>4</sup> 東京大学大学院 理学系研究科生物科学専攻

複数の頭蓋間の対応点関係を構築することは、化石頭蓋の解析において重要な問題で、欠損部分の推定などに応用される。本研究では、標識点が与えられた二つの頭蓋の間の対応点を計算する、という問題を取り扱う。一つの頭蓋をもう一つの頭蓋へ移す変換に対して、“変換の滑らかさ”を表す曲げエネルギーというスカラー量が定義される。標識点は標識点に移すという制約のもとで、この曲げエネルギーを最小化する変換を計算する。そして、この変換を利用すると、変換元の頭蓋上の点から変換先の頭蓋上の点への対応を構築することができる。この制約付き最小化問題は非線形最適化なので、大域的最適解を計算することは難しいが、

線形最適化を反復的に行うことで局所的最適解を計算することができる。この制約付き最小化問題を解いて、粗い対応を構築することができた。今後は、この制約付き最小化問題のよりよい解を計算して、より密な対応を構築していく予定である。

## **Constructing correspondences between two crania by minimizing bending energy of surface deformation**

Masaki Moriguchi<sup>1</sup>, Hiromasa Suzuki<sup>2</sup>, Takashi Michikawa<sup>2</sup>, Naomichi Ogihara<sup>3</sup>, Osamu Kondo<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Department of Information and System Engineering, Chuo University

<sup>2</sup> RCAST, The University of Tokyo

<sup>3</sup> Department of Mechanical Engineering, Keio University

<sup>4</sup> Department of Biological Sciences, The University of Tokyo

Construction of correspondences between multiple crania is an important problem in the analysis of fossil crania. In this research, we consider the problem of constructing correspondences between two crania both having landmarks. The bending energy is defined for transformations from one cranium to the other. This energy measures the “smoothness” of the transformation. By minimizing the bending energy under the constraint that each landmark is transformed to the corresponding landmark, we obtain “smooth” transformation between the crania. This transformation gives the correspondences between the points on the two crania and we succeeded in computing coarse correspondences using this method. We plan to compute denser correspondences by obtaining better solutions of the constrained minimization problem.



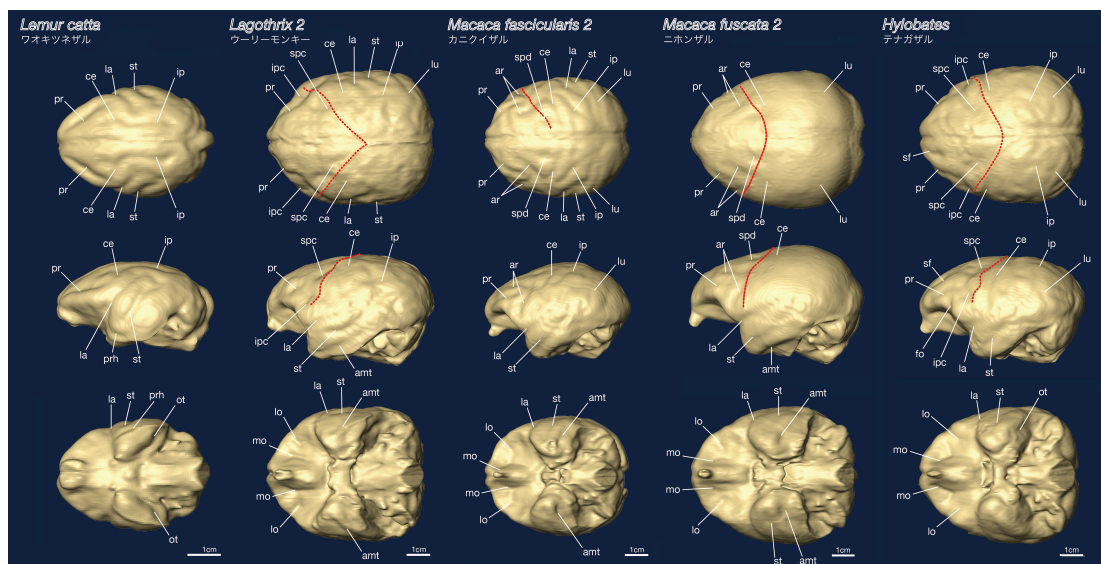
## 霊長類の頭蓋内面の圧痕から見る脳表面形態

小林 靖<sup>1</sup>・松井 利康<sup>1</sup>・荻原 直道<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 防衛医科大学校

<sup>2</sup> 慶応義塾大学

われわれはこれまでカニクイザルの灌流固定標本による研究で、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、2)冠状縫合の位置が脳の弓状溝下脚の位置とよく相関していることを報告した。そこで本研究ではカニクイザルを含む霊長類の乾燥頭蓋標本 16 例を CT スキャンし、仮想的エンドキャストを作成して、頭蓋内面の圧痕と脳溝・脳回との対応、冠状縫合との位置関係について解析した。



代表的なエンドキャスト。赤色の破線は冠状縫合の位置を表す。

### 1 エンドキャストに見られる圧痕と脳溝・脳回との関係

ワオキツネザル、ホエザル、シルバールトン、ウーリーモンキー、ドックモンキー、ベニガオザル、カニクイザル、ニホンザル、テナガザルにおいて、大脳外側面と眼窩面の主要な脳溝の位置が特定できた。ただしニホンザルの頭頂葉や側頭葉後部では脳溝に対応する圧痕が不明瞭であった。チンパンジーには頭蓋内面に凹凸が認められるものの、外側溝や上側頭溝を除いて脳溝との対応は特定できなかった。

### 2 冠状縫合と中心前溝との位置関係

解析した多くの種でエンドキャストを用いて冠状縫合の位置を特定できた。ただし、ワオキツネザル、シルバールトンの一部、ならびにカニクイザルの一部においては不明であった。冠状縫合を同定できた例の多くで、その下部が弓状溝下脚（中心前溝下部）のすぐ後方に位置していた。エンドキャストの圧痕からは脳溝の中心線を明確にすることが困難なため、位置関係の定量的解析にはさらなる方法論の検討が必要である。

## Brain surface morphology inferred by intracranial impressions in primates

Yasushi Kobayashi<sup>1</sup>, Toshiyasu Matsui<sup>1</sup> and Naomichi Ogiwara<sup>2</sup>

<sup>1</sup> National Defense Medical College

<sup>2</sup> Keio University

In the previous study, we demonstrated 1) the marked correspondence between intracranial impressions and cerebral sulci and gyri, and 2) the close relationship between the locations of the coronal suture and the inferior limb of the arcuate sulcus. These findings prompted us to evaluate them in other primate species. In the present study, we scanned 16 dry skulls using a CT scanner, and reconstructed virtual endocasts to examine the correspondence between intracranial impressions and cerebral sulci and gyri, as well as the spatial relationship between the coronal suture and cerebral sulci.

### 1: Correspondence of intracranial impressions to cerebral sulci and gyri

We identified the location of major sulci on the dorsal and orbital aspects of the brain in *Lemur*, *Alouatta*, *Lagothrix*, *Presbytis*, *Pygathrix*, *Macaca arctoides*, *Macaca fascicularis*, and *Hylobates*. In *Macaca fuscata*, impressions were particularly obscure in the parietal and posterior temporal regions. In *Pan troglodytes*, we observed a number of impressions on the endocasts, although the correspondence to the cerebral sulci was not clear except for the lateral and superior temporal sulci.

### 2: Relationship between the locations of the coronal suture and the arcuate sulcus

In many skulls examined, we determined the location of the coronal suture on the endocasts (red dotted line in the Figure [see the previous page]). In the *Lemur*, and some of the *Presbytis* and *Macaca fascicularis*, the suture was not identified due to the complete ossification of the bones. In the other skulls, the coronal suture was located slightly posterior to the inferior limb of the arcuate sulcus (inferior portion of the precentral sulcus). For the quantitative analysis of the spatial relationship between the coronal suture and the arcuate sulcus, we need further methodological development, since unambiguous determination of the central line of the cerebral sulcus is often difficult due to the shallowness of the impressions on endocasts.



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**

## ヒト特有の遊びの神経基盤とそれを駆動する知的能力との関係

三浦 直樹<sup>1</sup>・田邊 宏樹<sup>2</sup>・定藤 規弘<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東北工業大学 工学部

<sup>2</sup> 名古屋大学大学院 環境学研究科

<sup>3</sup> 生理学研究所 心理生理学研究部門

ヒト特有の遊びの神経基盤を明らかにするために、昨年12月から本年8月にかけて機能的MRIを用いた脳機能計測実験を行った。実験においては、遊びを内発的な報酬を追求するための自発的な行動と定義し、行動が遊びとして成立するために必要な条件を、自分の行動に手応えが得られる感覚（自己効力感条件）と行動目標に対する差分情報のフィードバック（フィードバック条件）が揃う事と仮説をおいた。これらの条件の有無を操作した実験課題を用意し、各課題に取り組んでいる際の脳活動変化を比較する事により行動と内発的報酬との関係について解析を行った。

実験結果より、報酬の情報処理と密接に関与する脳領域である腹側線条体を含む大脳基底核および腹側被蓋野と運動情報の処理に関与する小脳とにおいて、自己効力感条件とフィードバック条件とが揃っている実験課題遂行時に特異的に活動が増強される事が観察された。実験課題自体は外因的な報酬とは無関係であるため、この結果は2つの条件が揃う事により、行動を遂行する事自体に内発的な報酬が発生するようになる事を示していると考えられ、ヒトが遊びを楽しむメカニズムを明らかにできたと考えられる。

一方で、このような遊びが一般的な行動として形成されるために必要な能力としては、本研究で明らかにした行動に内発的報酬を発生させるメカニズムだけではなく、自らが未経験の段階から他者の遊び行動を見て遊びの楽しさに気づく事の出来る社会的な能力や、遊びを発明する事そのものを駆動する創造力が必要になる事が推測される。従って遊びを創る事の出来る知的能力が新人特有の能力の一つの表現系なのではないかと考えられる。

## **Neural mechanism of human's playing and relation with the mental faculties to drive play**

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

<sup>1</sup> Faculty of Engineering, Tohoku Institute of Technology

<sup>2</sup> Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

<sup>3</sup> Division of Cerebral Integration, National Institute for Physiological Sciences

In order to clarify the neural mechanism of human's playing, we examined neuroimaging study using functional magnetic resonance imaging. In this study, we defined human's play as voluntary behavior to pursue an intrinsic reward, and we hypothesized that a self-efficacy in a behavior and a feedback about a difference with the goal of behavior are required to materialize the behavior as play. We controlled those two components on the experimental tasks and a brain activity during performing each experimental task.

As a result, specific brain activation was observed in the basal ganglia including ventral striatum and also ventral tegmental area, which were closely related reward processing, and cerebellar vermis which was related motion control processing during performing the experimental task with both factors of self-efficacy and feedback about a difference with the goal. Since, the experimental task was unrelated with any extrinsic rewards, it is considered that the reward occurs endogenously from the behavior itself when the behavior provide both of two factors.

When the mental faculties required for human specific play is taken into consideration, it is expected that to require not only the neural mechanism to generate intrinsic reward for specific behavior itself, but also the social cognitive ability to perceive the pleasure of other's behavior and creativity to invent a novel playing behavior. That ability may be one of the representations of specific cognitive ability for modern human.

## 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>

<sup>1</sup> 国際電気通信基礎技術研究所 脳情報通信総合研究所, ATR-Promotions 脳活動イメージングセンタ

<sup>2</sup> 名古屋大学大学院 環境学研究科

<sup>3</sup> 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。これまでの C01 班と C02 班の共同研究によって、復元化石脳頭蓋 CT 画像と現代人の MRI 頭蓋推定画像をマッチングすることによって、現代人の脳から旧人の脳を外挿することに成功した。しかしながら、頭蓋形態情報だけでは、当然ではあるが、頭蓋腔内の構造の位置決めをすることはできないため、皮質内側面や脳深部などに不自然な構造が出現する場合があった。これを防ぐためには頭蓋腔内の変形場 (deformation field) や特徴的な構造 (landmark point) に対する何らかの拘束条件を設定することが必要である。本研究ではその基礎研究として、頭蓋に加えて脳内の特徴点が利用できる場合に外挿の精度が向上することを現代人の脳で検討した。被験者 1 の頭蓋に脳幹の参照マーカ一点 (橋下部に 6mm sphere) を加えた。被験者 2 の頭蓋では (1) 相同位置にマーカあり, (2) なし, (3) (4) 誤った位置のマーカを加えた。両者の頭蓋データを用いて頭蓋マッチングによる脳の外挿を行った。その結果, (1) 相同部位にマーカを加えた場合に、脳幹・小脳領域の位置精度が向上した。今後は、現代人の脳から旧人間で比較可能な特徴点の検討を行う予定である。

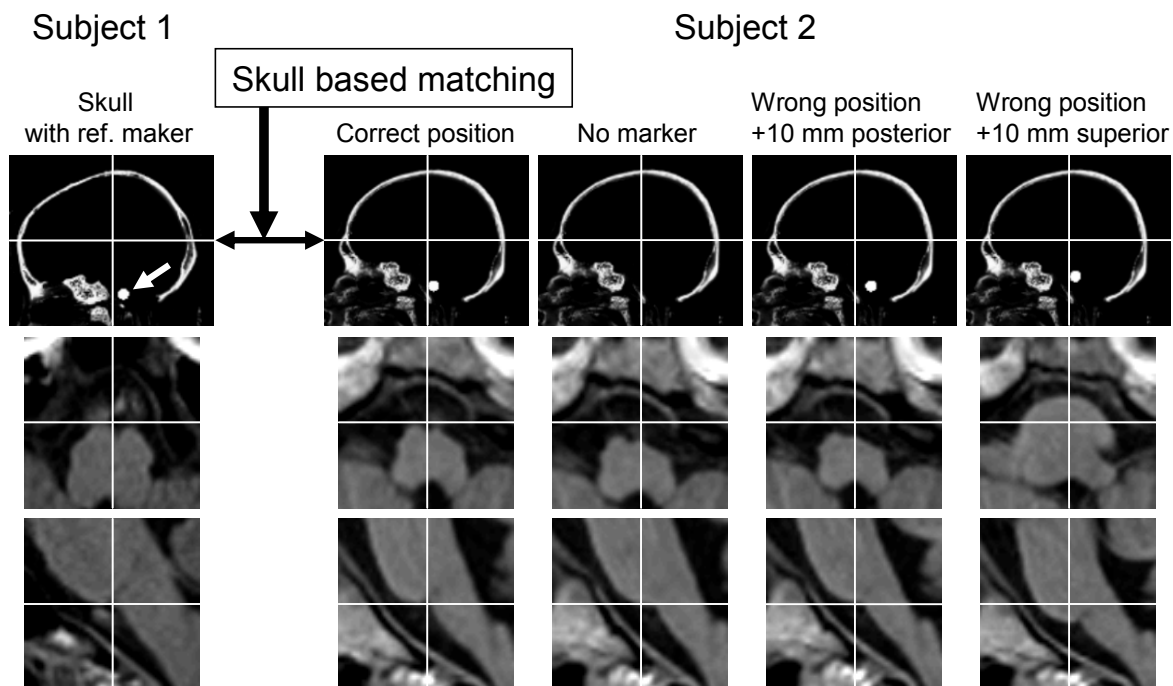


Figure. Results of the brain extrapolation through skull shape matching with the reference landmark.

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

Takanori Kochiyama<sup>1,2</sup>, Hiroki C. Tanabe<sup>3</sup>, Naomichi Ogihara<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Brain Information Communication Research Laboratory Group, Advanced Telecommunications Research Institute International

<sup>2</sup> Brain Activity Imaging Center, ATR-Promotions

<sup>3</sup> Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

<sup>4</sup> Department of Mechanical Engineering, Keio University

We investigate the presumed differences in learning abilities between Neanderthals 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. Under the collaboration with C01 and C02 group, we successfully created the virtual Neanderthal brain from the modern human brain using the method of the brain extrapolation through skull shape matching (tentatively-named as BETSSM) between Neanderthals and modern humans. However, the complete lack of information in cranial cavity resulted in the abnormal spatial transformation over the medial parts of brain and deep brain structures. To avoid this problem, we need to establish the constraints to the deformation field or landmark points in cranial cavity. In this report, as the first step in this direction, we assessed the improvements of the skull based brain extrapolation when we used a landmark point on the deep brain structure (e.g. brain stem). First, we added the reference landmark sphere of 6 mm radius positioned directly under the pons to the subject 1 skull image. For subject 2, we made the following four skull images to evaluate the effects of this additional landmark point: (1) Skull image with the reference landmark sphere located on the homologous position with subject 1, (2) No marker, (3) and (4) The landmark sphere with the wrong position. Then we applied the method of the brain extrapolation through skull shape matching to these skulls of subject 2 and constructed the virtual subject 1 brain from subject 2 brain. As a result, using the skull with the correct reference marker improved the accuracy of the spatial transformation. In further study, we will determine appropriate homologous landmark points, structures and anatomical constraints in between Neanderthals and modern humans.



## 反復ルヴァロワ方式の身体動作データ解析による生産性の検証

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>

<sup>1</sup> 高知工科大学 システム工学群

<sup>2</sup> 高知工科大学

<sup>3</sup> 東北工業大学 工学部

<sup>4</sup> 名古屋大学 大学院環境学研究科

<sup>5</sup> 東北芸術工科大学

本研究では、反復ルヴァロワ方式の熟練者による剥離行動時の身体動作データを計測し解析を行った。計測実験は一日で二回行われた(実験 1・実験 2)。実験 1 では約 30 分間、実験 2 では約 70 分間かけて一つの石核から剥片石器が取りきれぬまで石器製作を行った。また実験 2 の際、被験者は手に怪我を負った為一時中断を挟んだ。本報告では、石器製作の生産性についての解析結果を述べる。

反復ルヴァロワ方式による剥片剥離を行う場合、複数のルヴァロワ剥片の連続剥離が計画される (Onuma et al. 1998)。このことから石器製作の生産性、すなわち長時間持続的な生産が可能であるかを検証した。まず実験 1 と実験 2 において、剥片剥離時におけるハンマーストーンの最高速度の平均に有意差があるかを見ることで、最高速度が持続して一定であるかを検証した。検証結果より実験 1 と実験 2 の平均には有意差があり、実験 2 の平均速度が約 0.84[m/s]低く、実験 1 からおよそ 25[%]の低下が確認された。すなわち熟練被験者による剥離時の腕・ハンマーストーンの振り下ろし速度は、一定の速度を維持出来ていないということになる。

次に、被験者が実験 1 と実験 2 で剥離した剥片数から、生産効率の検証を行った。具体的には、各実験時間と実験中に剥離された剥片数から、剥片一個当りにかかった時間を実験 1 と実験 2 で比較した。比較結果より、実験 2 の生産効率は実験 1 より 4[%]程度の低下に留まる結果となった。

以上の検証より、最高速度の平均は長時間の実験により 25[%]の低下が見られたが、生産効率はわずか 4[%]の低下に留まっている。このことから、ハンマーストーンの最高速度は生産性への依存度は低く、また反復ルヴァロワ方式による石器製作において長時間持続的な生産が可能であるということが分かった。今回の実験から、反復ルヴァロワ方式を用いた熟練被験者は腕の振りの速度ではなく、複雑なテクニックを用いて生産性の高い石器製作を行っていたと考えられる。そしてこのテクニックこそが「社会学習」によって学んだものではなく、「個体学習」によって自ら得た技術だと我々は考えている。

今後は、熟練被験者が得ていると考えるテクニックがどのような技術であるかという事を、身体動作データを更に解析することで追求していく。

## Reference

Onuma K, Nishiaki Y, Suzuki M (1998) Technology of knapped Stone, KUBAPRO

## **Productivity verification by 3D motion data analysis of recurrent Levallois method**

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>

<sup>1</sup> School of Systems Engineering, Kochi University of Technology

<sup>2</sup> Kochi University of Technology

<sup>3</sup> Faculty of Engineering, Tohoku Institute of Technology

<sup>4</sup> Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

<sup>5</sup> Tohoku University of Art & Design

In this study, we measured and analyzed 3D motion data of a subject with expertise of the recurrent Levallois method. Analysis experiment was conducted two times (Exp.1, Exp.2) in one day. The skilled subject was taking the flakes until the core stone becomes small. Exp.1 took about 30 minutes and Exp.2 took about 70 minutes. In Exp.2, the experiment was suspended because cutoff an injury to the hand. In this report, we discuss new analysis results of the productivity of the stone-tool production.

In the case of recurrent Levallois method, continuous flaking process of some Levallois flakes is planned by the knapper, when the knapper watched a target core stone (Onuma et al. 1998). Therefore, we verified whether subject was able to perform constantly over a long period of time. We analyzed the maximum hammer speed. The average of max speed in Exp.1 and Exp.2 were verified presence of significant difference. As a result, Exp.1 average speed and Exp.2 average speed have a significant difference. The average speed of Exp.2 was 0.84[m/s] slower than Exp.1, and 25[%] slower than Exp.1. The subject was not able to maintain a stable speed of knapped arm and hammer stone when flaking.

Next, the stone-tool productivity was verified using the number of flakes that were chipped away in Exp.1 and Exp.2. Specifically, we measured productivity using the flaking time per one flake from the experiment time and the number of flakes. Using this data, productivity was compared between Exp.1 data and Exp.2 data. Comparing the results, productivity of Exp.2 was 4[%] lower than Exp.1.

From the above results, the top speed average of Exp.2 decreased 25[%] over Exp.1, but productivity of Exp.2 decreased only 4[%] over Exp.1. Therefore, two conclusions were made. First, the hammer-stone's top speed and stone-tool productivity have a low dependence. Second, the knapper is able to produce stone-tools continually using recurrent Levallois method over a long period of time. From the experiment results, it was found that the skilled subjects did not control the speed of the arm swing arm to increase productivity, therefore we concluded that the subject was able to increase productivity of stone-tool production using a complicated technique. This technique may have been acquired by an individual learning process, not a social learning process.

Further research of the subject's knapping technique will be performed by additional 3D motion data analysis.

## 学習意欲と疲労に関する神経基盤と脳形態についての検討

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の立証が期待できる。当該領域研究（RNMH プロジェクト）は、研究開始当初、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。そこで、今回は、これら学習意欲と疲労の関心脳領域の形態的個人差、つまり、学習意欲や疲労と灰白質体積量の関連性について検討した結果を報告する。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。

## **Investigations of neural and anatomical bases of motivation to learn and fatigue**

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 expected 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. For the first of study, 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 the present 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). Our previous studies revealed that 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. In this conference, I report the individual differences in modern human's brain morphology, gray-matter volumes in region of interests related to motivation to learn and fatigue. 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.

## 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よって、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。この飽き感情への対処戦略として、我々は外的状況あるいは内的状況（自分の精神状態）を変える行動を取る。飽き感情やこういった飽き対処戦略は、ホモ・サピエンスの創造性や学習能力を説明する精神活動の有力候補と考えられる。本研究では健常成人被験者を対象に機能的MRI（fMRI）を用いた脳マッピング研究を行い、飽き感情と飽き対処戦略の神経基盤を明らかにした。46名の健常大学生被験者を対象とし、MRI中で写真や絵画などの視覚刺激を鑑賞する課題（4秒間）と、その刺激に対する飽き感情の程度を4段階評価する課題（1秒間）を交互に繰り返させた。評価課題で被験者が1～3を選んだ場合は続く鑑賞課題で同じ画像を提示し、4を選択した場合は50%の確率で新しい画像を提示した。鑑賞課題における飽き感情に対する脳の反応は評価課題における評価値と相関すると仮定した。ある視覚刺激に対して最初に4と評価した直前の鑑賞課題では外的状況（刺激）を変更する戦略の影響が、2回目以降の4評価では内的状況の変更（飽きに耐える）戦略の影響が優位と仮定した。飽き感情に対する脳の反応は右上前頭溝、中前頭回、両側下頭頂小葉、楔前部に同定された。飽き対処戦略に関する脳活動が外的状況の変更と内的状況変更と共通して上前頭回内側、前帯状皮質、右前頭極、後帯状皮質に同定され、外的状況の変更戦略特異的に左頭頂間溝、内的状況の変更戦略特異的に両側中側頭回が同定された。飽き感情に対する脳反応が見られた下頭頂小葉・背外側前頭前野は注意・作業記憶への関与が知られており、飽き感情とこれら実行機能との関連性が示唆された。飽き対処戦略で共通に活動した内側前頭前野・前帯状皮質・右前頭極・後帯状皮質は将来の出来事のシミュレーションに関わることが知られている。外的状況の変更戦略特異的に活動した左頭頂間溝は視空間運動制御へ、内的状況の変更戦略特異的に活動した中側頭回は意味表象への関与が知られている。変更戦略の外的・内的に関わらず、飽き対処戦略に将来の出来事のシミュレーションと類似の処理が関与することは、飽き感情への対処自体が、ホモ・サピエンスの創造性や学習能力を説明する上で重要である可能性を示唆する。

## **Neural correlates of coping strategy for boredom and its relationship with creativity and learning ability**

Motoaki Sugiura

Institute of Development, Aging and Cancer, Tohoku University

Boredom is a negative feeling, which is felt when we lose meaning in an act or situation, during repeated presentation of a stimulus or performance of a task. Our behavior when bored is a coping strategy to change such an external or internal situation (i.e., our own mental state). The feeling of boredom and boredom-coping strategies are candidate cognitive processes that explain the creativity and learning ability of *Homo sapiens*. In this functional MRI (fMRI) study, we investigate the neural correlates of boredom and boredom-coping strategies using 46 healthy subjects. In the MRI scanner, the subjects alternately performed an Appreciation task, in which they viewed a visual stimulus, such as a photo or picture (4s), and an Evaluation task, in which the subjects rated the degree of boredom, using four-grade scaling. When the subject selected 1, 2, or 3, in an Evaluation task, the same stimulus was presented in the subsequent Appreciation task. When the subject selected 4, the subject could see a new stimulus at the probability of 50%. During the Appreciation task, neural response related to boredom was assumed to be correlated with the score of the degree of boredom in the subsequent Evaluation task. In the Appreciation task preceding the first and second or later selections of 4 for a certain stimulus, we assumed the neural responses were affected by the strategies of changing the external situation (i.e., stimulus) and internal situation. The neural response for boredom was identified in the right superior frontal sulcus, middle frontal gyrus, bilateral inferior parietal lobules, and precuneus, which are involved in attention and working memory. Neural activity related to boredom-coping strategies, irrespective of the situation change (i.e., internal or external) was identified in the medial prefrontal cortex (mPFC), anterior cingulate cortex (ACC), right frontal pole (FP), and posterior cingulate cortex (PCC), which have been suggested to play a role in simulation of future events. The neural response specific to the change strategy of external and internal situations were identified in the left intraparietal sulcus, which has been implicated in the visuospatial motor control, and in the bilateral middle temporal gyri (MTG), which in semantic representation, respectively. The fact that prospective event simulation is involved in boredom coping, irrespective of strategy, suggests the potential importance of boredom coping *per se* in the explanation of the creativity and learning ability of *Homo sapiens*.



---

発表要旨  
**ABSTRACTS**

---

ポスター  
**Posters**

ポスター発表

**POSTER PRESENTATIONS**



## A01 班と B02 班の共同研究による「交替劇」進行期の生態文化ニッチモデリング

近藤 康久(A01)<sup>1,2</sup>・佐野 勝宏(A01)<sup>3</sup>・門脇 誠二(A01)<sup>4</sup>・長沼 正樹(A01)<sup>5</sup>・大森 貴之(A01)<sup>3</sup>・米田 穰(B02)<sup>3</sup>・西秋 良宏(A01)<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京工業大学 大学院情報理工学研究科

<sup>2</sup> 日本学術振興会

<sup>3</sup> 東京大学 総合研究博物館

<sup>4</sup> 名古屋大学 博物館

<sup>5</sup> 北海道大学 アイヌ・先住民研究センター

生態文化ニッチモデリング (eco-cultural niche modelling) は、既知の考古遺跡の位置と気温・降水量・標高等の古環境情報に基づいて、未知領域における人類のニッチ（生態的）を空間的に推定する手法である。交替劇プロジェクトでは、A01 班と B02 班の共同研究により、考古学・年代学・気候学のいずれからみても科学的に信頼のおけるデータセットを用いて計算実験をおこなうことができるようになった。本発表では、共同研究の成果第一弾として、旧人・新人交替劇の進行期のうち 50～46 ka 頃の遺跡群に焦点をあて、各石器製作伝統集団の生態文化ニッチを推定した結果を報告する。

計算実験にあたっては、ヨーロッパ・レヴァント（西経 15 度～東経 45 度，北緯 30 度～60 度）と，ユーラシア全域（西経 20 度～東経 160 度，赤道～北極）を解析領域に設定した。前者の空間分解能は 1 分，後者は 5 分である。遺跡のデータに関しては，A01 班のデータベース *Neander DB* から，当該時期に相当する後期ムステリアン，シャテルペロニアン，ツェレティアン，ウルツィアン，エミラン系（エミラン，カラ・ボム遺跡，バチョキリアン，ボフニチアンを一括）という 5 つの石器製作伝統のいずれかをもつ遺跡を抽出した。古環境のデータに関しては，まず ETOPO-1 デジタル標高モデルから海拔-130m 以上のピクセルを抽出して陸域モデルを作成し，傾斜角と傾斜方向を求めた。古気候のモデルは B02 班で計算中なので，MIS 3 の気候に相対的に近い 6 ka（完新世温暖期）の年降水量・年平均気温・7 月平均気温・1 月平均気温（MIROC 3.2 準拠）で代用した。また，気候の長期的変動幅を考慮するために，21 ka（最終氷期最盛期）と 0 ka の気候値（MIROC 3.2.2 準拠）の差分も入力変数に組み入れた。生態文化ニッチは最大エントロピー法（MaxEnt）に基づいて計算した。その結果，いずれの石器製作伝統集団においても，1 月気温の長期変動幅がモデルへの寄与率の上位にランクインすることと，エミラン系とウルツィアンは，ムステリアン・シャテルペロニアン・ツェレティアンよりも 1 月気温の長期変動幅が相対的に大きい場所にニッチを占める傾向にあることが分かった。また，ヨーロッパとレヴァントからカラ・ボム遺跡のあるアルタイ地方にかけて回廊をなす生態文化ニッチを推定できた（図 1）。

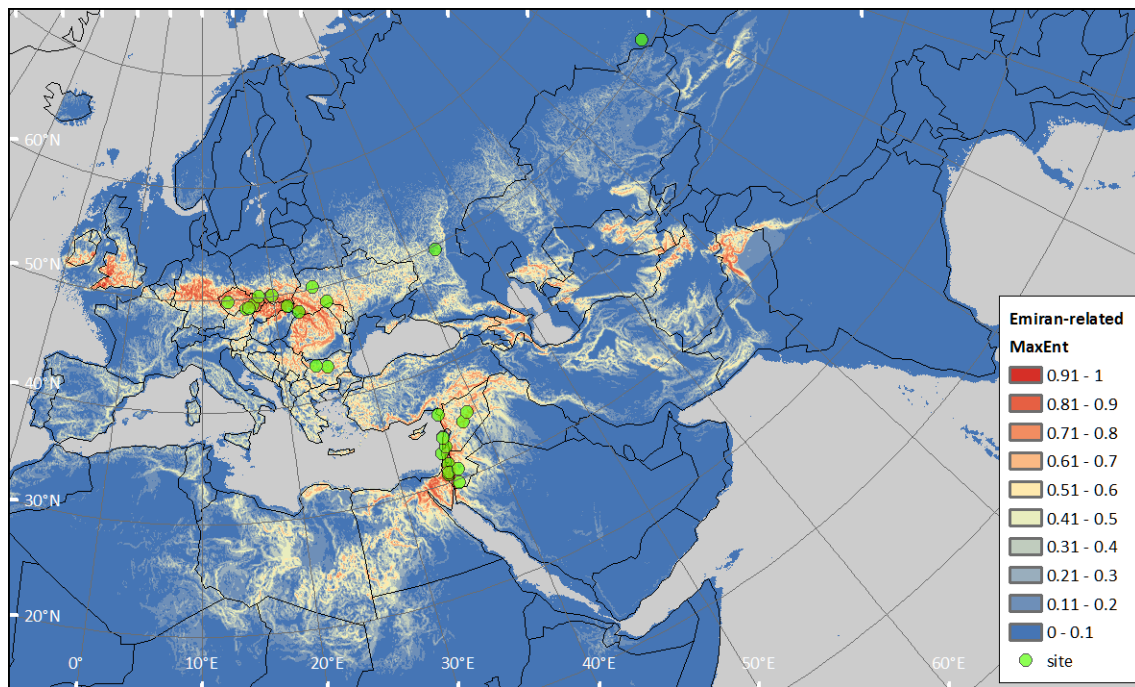


図 1. エミラン系石器製作伝統集団の生態文化ニッチ

Fig. 1. Eco-cultural niche of the Emiran lithic industry group

## **Eco-cultural niche modelling for the replacement of Neanderthals by modern humans based on a collaboration of the archaeology and palaeoenvironment teams**

Yasuhisa Kondo <sup>1,2</sup> (A01), Katsuhiko Sano <sup>3</sup> (A01), Seiji Kadowaki <sup>4</sup> (A01), Masaki Naganuma <sup>5</sup> (A01), Takayuki Omori <sup>3</sup> (A01), Minoru Yoneda <sup>3</sup> (B02), Yoshihiro Nishiaki <sup>3</sup> (A01)

<sup>1</sup> Department of Computer Science, Tokyo Institute of Technology

<sup>2</sup> Japan Society for the Promotion of Science

<sup>3</sup> The University Museum, The University of Tokyo

<sup>4</sup> Nagoya University Museum

<sup>5</sup> Center for Ainu and Indigenous Studies, Hokkaido University

Eco-cultural niche modelling (ECNM) is a computer-based method to extrapolate past human niche based on the location of known archaeological sites and palaeoenvironmental factors such as temperature, precipitation and elevation. In the Replacement of Neanderthals by Modern Humans (RNMH) project, the collaboration between the research teams A01 (archaeology) and B02 (palaeoenvironment) made it possible to run calculation experiments of ECNM using the dataset that is scientifically competent in terms of archaeology, geochronology and climatology. This paper presents the preliminary results of ECNM at ca. 50–46 ka within the time period during which the RNMH are presumed to have taken place.

The study area (20°W to 160°E, 0° to 90°N) covered the most parts of Europe and Asia. Archaeological sites were classified into five lithic industry groups—(1) the Late Mousterian, (2) the Châtelperronian, (3) the Szeletian, (4) the Uluzzian, and (5) Emiran-related industries, including the Emiran, Kara Bom, the Bachokirian, and the Bohunician. Regarding the palaeoenvironmental data, ETOPO-1 was used for digital elevation model. Temperature and precipitation were temporarily approximated by the 6 ka climate model of MIROC 3.2. Long-term climatic variability was indexed for each topographic cell by the difference between values at 21 ka (relevant to Last Glacial Maximum) and 0 ka (present days) of the MIROC 3.2.2. The maximum entropy model was applied for calculating the niche probability. All output models show that the long-term variability in the coldest month temperature significantly contributes to the model. The model for Eurasia indicated possible niche corridors between Europe, the Levant and the Altai (where Kara Bom is located) for the Emiran-related industries (Figure 1 [See the previous page]).



## 始良火山の噴火と文化進化：日本列島中央部の例

仲田 大人 (A01)

青山学院大学 文学部

始良カルデラの噴火は日本列島の過去 30,000 年間においてもっとも大きな火山活動の一つに数えられる。この噴火がおきたのは 26,000～29,000 年前とされている。ちょうど海洋酸素同位体ステージ 3 と 2 の境のころである。このとき噴出したテフラは AT(始良丹沢火山灰)と呼ばれ、その噴出規模は給源から 1200 km 以上にもおよび、日本海一帯に降り積もった。火山噴火によって、本州一帯は寒冷環境に見舞われたと考えられている。

日本列島後期旧石器時代のナイフ形石器文化期ではこの AT の噴火を境として、前半期(38-29ka)と後半期(29-21ka)とに分けることができる。前半期の石器群にはナイフ形石器、台形石器、刃部磨製石斧などが含まれる。この時期のナイフ形石器の製作法はおもに細身の石刃から作られることが大きな特徴である。こういった傾向は前半期をつうじておよそ 8000 年間つづいた。それが後半期になると、石器群は型式学的にも技術的にも重要な変化をむかえる。石器組成の面では、ナイフ形石器の形態的な多様性が目立ち、おもに石核を多方向から叩いて作る寸詰まりの剥片製のものがふえてくる。また、幾何形細石器や尖頭器などの新型式もあらわれる。この時期の石器インダストリーの変化も相対的に早く、だいたい 1000～2000 年程度で起こった。

始良火山の噴火が考古記録にどういった影響をおよぼしたか、その点にかんする議論がいまだつづいている。多くの研究者たちは火山噴火の影響で石器インダストリーは断絶したかあるいは継続したか、そこに注目している。しかしながら、AT の噴出は旧石器の人々が彼らの石器づくりを転換させるほどの大きなインパクトを与えたわけではない。それよりむしろ、この噴火を契機として人々は比較的早いスピードで文化を変えていった。この噴火は人々に劇的な生活変化をもたらし、MIS3 から 2 という時期にあわせて文化進化をうながした。とくに、ナイフ形石器から尖頭器や細石器へと技術革新が起こったことは重要である。そうした変化が起きたことで考古学的にはさまざまな石器文化が識別できる。このような前半期から後半期への変化は、始良火山の噴火と関連しておきた文化進化の結果を示していると考えられる。

## **The Aira caldera eruption and cultural evolution in the palaeolithic of central Japan**

Hiroto NAKATA (A01)

College of Literature, Aoyama Gakuin University

The eruption of Aira caldera in Kyusyu, southern part of Japan, was one of the largest volcanic event of all volcanic events which happened in the past thirty thousand years in Japan. The eruption can be dated to 26-29ka, within the boundary of MIS3 to 2. The tephra called the AT (Aira-Tanzawa ash) expanded more than 1200 km from the volcanic origin and spread over the sea of Japan. The AT caused cold weather all around the mainland of Japan.

The AT impact occurred in the sequence of Knife blade industries in the upper Palaeolithic and influenced industries from the early upper Palaeolithic (38-29ka) to the later upper Palaeolithic (29-21ka). The assemblage in the early upper Palaeolithic contain the tool type such as Knife blade, trapeze and edge ground axe. The production of Knife blade is characterized by blade technology produced relatively narrow and elongated blade. The situation has barely changed for more than 8000 years. In the late upper Palaeolithic the typological and technological change is evident. The assemblage is dominated by knife shaped tool produced by multi-directional core, geometric microlithic on flake and new tool types such as point. Each industry in the late upper Palaeolithic indicates a relatively rapid change for almost 1000 or 2000 years.

The AT eruption which had influence to archaeological record is still a matter of debate. Many researcher considers that there is no direct evidence as to the discontinuity of lithic industries. However, the eruption was not so serious phenomena as human population which drastically changed their stone tool making. The relatively rapid changes of lithic industry in late upper Palaeolithic indicate the cultural evolution caused by the response to the eruption. I consider that the eruption had a dramatic impact on human population and promoted cultural change in the transition from MIS3 to MIS2. It is suggested that the eruption provided the marked technological innovation, such as leaf point production and microlithic production. Therefore we can define the regionally-distinct industries in the late upper Palaeolithic. The shift from the early to the late upper Palaeolithic can be described by the cultural evolution related to the eruption.

## 遺伝的基盤と認知・行動を結びつける

山口 今日子 (B01)

琉球大学大学院 医学研究科

学習能力や社会性がヒトとネアンデルタールの交替劇にどのように関与したかを検証するために、現代人ゲノムのデータベースを用いた解析を試みた。まず、現代人のゲノムワイド関連解析のデータベース、“A Catalog of Genome-Wide Association Studies”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、合計 171 個と関連のある一塩基多型 (SNP) を選出した。

表現型のうちアスペルガー症候群は、理系思考と関係することや、現代アフリカ人集団のゲノムデータから、コイサンとそれ以外で関連多型 (rs1322784, DISC1) の頻度が大きく異なることが分かっており (Schlebusch et al., 2012), ヒト集団の学習能力と関連する形質としてまず着目した。しかし、アスペルガー症候群や自閉症の GWAS は数が乏しく、SNP と疾患の関連も弱いことから、従来の候補遺伝子アプローチによる研究も精査する必要性がでてきた。

他には、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 が扁桃体の反応と関連していた (Ousdal et al. 2012)。扁桃体の容量は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)。このことから、PHOX2B の遺伝子型から個人主義か集団主義か等の性向を推測できるかもしれない。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には、自閉症と関連がある CADPS2 が含まれる (Green et al. 2010)。この遺伝子の SNP (rs2429582) は MRI 画像の全ボクセルとの GWAS で外側側頭葉 (lateral temporal lobe) の構造と関連があった (Stein et al., 2010)。このように、遺伝基盤、脳・神経、認知・行動の結びつきを示すデータも得られた。

以上のような解析結果を利用して、自閉傾向などの性格に関する質問紙や、協力ゲームなどの結果と関連解析を今後行うための、候補遺伝子・多型を選出する。

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

Kyoko Yamaguchi (B01)

Graduate School of Medicine, University of the Ryukyus

Public databases on modern human genome would be a useful tool to test the involvement of learning and social ability in the replacement of Neanderthals by modern humans. First, the author selected single nucleotide polymorphisms (SNPs) that showed significant associations with any of 171 traits of brain, nerve, and mental disorders that are possibly related to learning ability or sociality, using a database of genome-wide association studies (GWAS), “A Catalog of Genome-Wide Association Studies”.

Among the traits/disorders, Asperger syndrome was focused first because of its relationship with logical thinking, a significant aspect of human learning ability. Also, the polymorphism (rs1322784, DISC1) that is associated with Asperger syndrome is known to have diverged allele frequencies between Khoisan and non-Khoisan according to the recent study on the modern African genome (Schlebusch et al., 2012). Thus, examining genetic basis of Asperger syndrome or Autism spectrum would help us understand human specific learning ability, yet only a few GWASs has been conducted. Therefore, other studies by candidate-gene approach have to be examined as well.

The present analysis also found connections between genetic basis, brain/nerve, and cognition/behavior. 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 demonstrated to have an association with social network size in modern societies (Bickart et al. 2011). These results would allow us to estimate the level of individualism or collectivism based on the PHOX2B genotype.

Based on the results of analysis described above, candidate genes and SNPs were selected for an association study with the result of questionnaires on personality including Autism spectrum and games measuring cooperative behavior.



## 記憶と累積的文化

中丸 麻由子 (B O 1 招待研究者)

東工大 社理工

学習と記憶は認知心理学の一大研究分野である。最近では脳神経科学において脳と記憶の関係も徐々に明らかになり、分子生物学の発展の御陰で記憶の遺伝子レベルでの機構も解明されつつある。また認知症等の解明や予防のような医学とも関係しており、大きな研究トピックである。

一方、学習の進化や文化進化の研究は理論的研究および実証・実験研究は学際的分野である。社会学習あるいは個体学習した文化は記憶する必要がある。例えば、学習してすぐに忘れてしまっただけでは学習した社会規範を社会的相互作用の状況や技術革新をする際に全く活用が出来ない。また、一度記憶しても時間の経過とともに想起が出来なければ、何も意味を持たない。また、学習内容のレベルを向上させるにも記憶しておくことが前提である。つまり、文化レベルを上昇（文化の累積性）にも記憶は重要であり、その結果、生存率や繁殖率の向上に寄与する事もあるだろう。しかし、文化進化や学習の進化の研究においてモデルの単純化のためもあり、また学習と記憶が非可分であることもあり、記憶に着目した研究は行われていなかった。また、記憶のコストが学習コストに比べて非常に高いときは、記憶しておくより忘却と学習を繰り返したほうがコスト的に安いかもしれない。しかし、人などの生物では高次の記憶能力を発達させている。

いったいそれはなぜであろうか。おそらく1つの要因としては記憶をする事で文化レベルを発展させる事が出来るという累積的文化による適応的なメリットがあると考えられるだろう。このように考えると、記憶というテーマで研究をする事で文化・学習の進化研究への寄与があるだろう。

以上の事を踏まえ、文化の累積進化や学習の進化に重要な記憶に関して、モデルでは記憶の固定、記憶の保持と想起を仮定する。そして、学習コストと記憶コストが文化の累積性に及ぼす影響、つまり、コストを払ってでも文化を累積させ、文化レベルを上げるように記憶能力が進化する事がメリットとなる条件について整理し、この結果を基にタスマニア効果についても議論する。

## **Memory and cumulative culture**

Mayuko Nakamaru (B01 Invited Researcher)

Tokyo Institute of Technology

Evolution of learning is one of interesting research topics from the viewpoint of evolution and social sciences. The cognitive abilities are required to learn cultural traits. Take memory for instance. After we learn new cultural traits, we have to consolidate them. After keeping them in storage, memories should be retrieved. Otherwise, we can neither utilize the traits to improve our fitness or social lives, nor develop our cultural traits. However, many theoretical studies implicitly assume that humans are equipped with cognitive abilities to learn and utilize cultural traits perfectly because of simplifying the assumptions for mathematical models.

We have to pay costs for having and utilizing cognitive abilities from the viewpoint of evolution. We have not known which cost is higher, memory or learning. If the memory cost is higher than the learning cost, it may be more efficient to forget the learned traits and learn them repeatedly than to keep them in storage according to the cost-benefit analysis.

There may be some possible hypotheses to explain why human have the high cognitive ability of memory. I propose the cumulative cultural hypothesis: to develop cultural traits, it is necessary for us to have the high ability of memory even though it is costly. In this talk, to verify my hypothesis, I make a simple mathematical model of learning and memory, which assumes consolidation, storage and retrieval. Then we investigate how memory costs and a learning cost influence the evolution of cumulative culture. Then we discuss the Tasmanian effect based on my research outcomes.

## CT 画像からの脳鑄型ポリゴン抽出手法

道川 隆士<sup>1</sup> (C01)・鈴木 宏正<sup>1</sup> (C01)・森口 昌樹<sup>2</sup> (C01)・荻原 直道<sup>3</sup> (C01)

<sup>1</sup> 東京大学 先端科学技術研究センター

<sup>2</sup> 中央大学 理工学部情報工学科

<sup>3</sup> 慶應義塾大学 理工学部機械工学科

脳鑄型は、化石頭蓋の失われた脳形状を推定するための重要な手がかりである。本研究では、CT スキャナで計測した頭蓋形状から、脳鑄型形状をポリゴンモデルとして抽出することを目指す。CT 画像からのポリゴン化手法の一般的な手法である **Marching Cubes** 法は、脳鑄型のみならず頭蓋全体をポリゴン化してしまう。そのため、脳鑄型形状のみを部分的に抽出するためにユーザによる煩雑なマニュアル操作を必要とする。

本研究では、頭蓋の CT 画像から脳鑄型部を領域分けすることによって、脳鑄型ポリゴンを効率的に抽出する手法を提案する。提案手法は、脳鑄型部の領域分けと、領域分け結果を用いたポリゴン化に分けられる。前半では、**Watershed** 法に基づく 3 次元画像の領域分け手法を用いて CT 画像に存在する背景ボクセルを領域分けする。このとき、脳鑄型が頭蓋内で最大の空間であるという仮定を用いることで、脳鑄型に相当する領域を自動的に選択できる。後半では領域分け結果画像に含まれるセルのみをポリゴン化することで、脳鑄型ポリゴンモデルを生成する。

図 1 に脳鑄型ポリゴンモデルを抽出した結果を示す。提案手法で必要なパラメータは、等値面のしきい値のみであり、脳鑄型のポリゴン形状をほぼ自動的に計算できるだけでなく、**Marching Cubes** 法と同等の精度で計算できる。

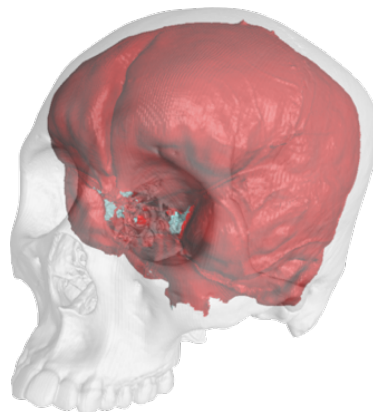


図 1 提案手法による脳鑄型ポリゴンモデル抽出結果(赤)

Fig. 1. Endocast polygonal model extraction (red) by our method

## Endocast surface extraction from CT images

Takashi Michikawa<sup>1</sup>(C01), Hiromasa Suzuki<sup>1</sup>(C01), Masaki Moriguchi<sup>2</sup>(C01) and Naomichi Ogiwara<sup>3</sup>(C01)

<sup>1</sup> Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo

<sup>2</sup> Department of Information Engineering, Chuo University

<sup>3</sup> Department of Mechanical Engineering, Keio University

Endocast is an important clue for estimating brain shapes from the fossil crania. The goal of this research is to extract an endocast polygonal model from CT images of the crania. The main difficulty in this problem is to selectively extract a polygonal surface representing the endocast excluding the other part of the crania. Because the Marching Cubes method -- a common method for extracting isosurfaces of CT images -- polygonizes the whole crania, users are required to perform tedious manual operations for selective extraction of endocast models.

We propose an efficient method for extracting an endocast polygonal model by segmentation of the endocast region from CT images of the crania. Our method consists of two steps: endocast segmentation and partial polygonization with the segmentation results. In the first step, segmentation of background voxels is computed with a Watershed-based segmentation method. Endocast region can then be extracted automatically based on an assumption that an endocast is the largest empty space in the crania. In the second step, we compute endocast polygonal model by partial polygonization with the segmentation results. We use the segmentation images as mask images and polygonize cells connected to the masked voxels in order to extract only endocast polygonal surface.

Figure 1 [See the previous page] shows a result by our method. Our method is almost automatic and needs little user intervention. Additionally, it achieves sub-voxel accuracy, because our polygonization is based on the Marching Cubes method.