

ネアンデルタールと現代人の頭蓋内鑄型の形状比較

豊田浩士* 定藤規弘** 赤澤 威***

*,** 自然科学研究機構 生理学研究所
〒444-8585 愛知県岡崎市明大寺町西郷中38
E-mail: *toyoda@nips.ac.jp、**sadata@nips.ac.jp

*** 高知工科大学 総合研究所
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185
E-mail: ***akazawa.takeru@kochi-tech.ac.jp

要約: ネアンデルタールと現代人との間の脳形態の相違を推定するには、両者の頭蓋骨内腔の形状を比較する方法によるほかない。まず、ネアンデルタール、アムッド1号化石の頭蓋内腔の形状を、すでに再構成された化石頭蓋の X 線 CT データ上で画像処理法を用いて仮想的に形成した。ついで、36名の現代人 MRI データから頭蓋内領域を調べ、統計的に標準化された現代人の仮想エンドキャスト(頭蓋内鑄型)を作成した。現代人のエンドキャストの形状における多様性を考慮して、これら仮想エンドキャストの形状を比較した。それらエンドキャストの局所的形状差は、3次元表面マップとして統計的に評価した。ネアンデルタールの頭蓋内鑄型は現代人のそれに比して前後に長く、特に後頭部の後方突出が顕著であった。前頭部は現代人と比べて高さが低く、幅が狭小であった。一方両側前頭葉外側下部(Broca's cap region)は、現代人以上に突出している部位として検出された。以上の結果から、前頭前野の脳構造の相違が示唆されたが、局所の構造をさらに検討していく必要がある。

1. はじめに

ネアンデルタールは、現代人につながる系統から約 60 万年前に分岐し、ヨーロッパや西アジアにおいて独自の進化を遂げた化石人類である。およそ 30 万年前に登場し、約 3 万 5 千年前までに絶滅においやられたとされる(1)。その一方で、アフリカ起源の新人(ホモ・サピエンス)が 5-6 万年前に急速に分布を拡大し、ネアンデルタールにとって代わって現代に至る繁栄を築き上げる。このネアンデルタールから新人への「人類交替劇」の要因を明確に説明するような定説はいまだないが、その要因の一つに想定されるものが、ネアンデルタールと新人との間の能力差である。知的能力の差は、厳しい条件下でお互いに競合する種間の生存競争に有利・不利に作用する可能性がある。

人類学的証拠から、ネアンデルタールは、初期の新人とほぼ同等の文化レベルを有していたとされており(2)、我々現代人と比してもそう遠くはない存在であったと考えられる。しかし、その一方で、ネアンデルタールが中期石器時代にどまっていたのに対して、新人クロマニオンは約 5 万年前に中期から後期石器時代への移行を遂げており、このような石器遺物といった考古学的証拠は、ネアンデルタールと新人の間の技

術格差を裏付ける両者間の能力的な差を想定する根拠と考えられている。

こうしたネアンデルタールと新人との間に推測される能力差は、彼らの脳機能の差に起因する、と仮定することは不自然ではない。両者の能力差が脳機能の差に起因とする場合、化石人類学的手法として考えられるのが、頭蓋骨の化石による脳形態の推定である。人類の化石に限らず、脳そのものは化石としては残らないため、頭蓋骨内腔の形状、すなわち“頭蓋内鑄型(Intracranial endocast)”が、“脳の化石”として唯一の手がかりとなる。

ネアンデルタールと新人の高い近似性は、化石頭蓋の形態研究からも示されている。頭蓋内容積の計測から脳容量の大きさが推定されており、ネアンデルタールの脳は、新人すなわち現生人類の脳とほぼ同等か、むしろネアンデルタールの方が大きいとされている(3)。化石人類でも比較的初期の猿人や原人の脳との比較であれば、彼らの頭蓋内容積が新人のものに比して明らかに小さいことのみを根拠に、彼らとの脳機能の差を説明可能かもしれない。しかし、ネアンデルタールの場合は、脳の大きさを調べるだけでは不十分である。

ネアンデルタールと新人の化石頭蓋の形態上の相違点に関しては、定説として確立された多数の知見がある(4)。しかし、ネアンデルタールと新人の頭蓋の形態差は、形状差に関する定性的な記述が主体であり、さらには、顔面頭蓋や頭蓋冠の外観上の特徴差についての記述がほとんどである。内側の内板の表面の形状、すなわち、Endocast(鋳型モデル)表面の形状差を定量的に検討した例は少なく(5)、それも2点間の距離計測といった形状の一部を抽出し計測したものにとどまる。ネアンデルタールと新人の脳の状態差は外観から予測されるほどは顕著ではなく、印象や定性的な比較だけでは不十分なほどに小さいという可能性も考えられる。両者に決定的な差異があるとすれば、その検出には、両者間に認められる局所形状の差が、現代人の頭蓋形状の多様性の範囲内なのか、それを越えた差なのかを判別する必要がある。すなわち、Endocast表面の形状差を画像計測に基づく定量的な手法で統計的に比較検討する必要がある。

今回、我々は、西アジアレバント地方で発掘されたネアンデルタール化石人類(Amud-1号)のEndocastを、頭蓋CT画像データを基に推定し、これを複数の現代人の頭部MR画像データから計算した頭蓋内腔表面の標準画像データと統計的に比較することで、両者の脳形態の相違を推定し、その結果を検討した。

2. 資料と方法

2.1 ネアンデルタール化石頭蓋CT画像データ

ネアンデルタールの化石頭蓋の資料としては、1961年に東京大学西アジア調査団により発掘されたAmud-1号人骨を用いた(3)。化石頭蓋の形状についての情報は、3次元の画像データとして提供を受けた。これは実際に骨片から手作業にて復元・再構成された化石の頭蓋骨部を、X線コンピュータ断層撮影(CT)によりデジタル画像データ化したものである(5)。撮像条件などの詳細は文献(5)を参照されたい。図1に化石頭蓋のCTデータを3次元画像として表示したものを示す。

化石頭蓋の欠損部分は、復元の際に、一部は石膏あるいは漆喰により補填されているが、頭蓋底部の大きな欠損部はそのままになっている。頭蓋骨の欠損部を推定することは、頭蓋内腔を正確に同定し、脳の形状を推定するため不可欠である。しかしながら、参考になる完全標本が稀少である化石頭蓋の場合には欠損部の推定は一般に困難である。今回の解析においては、補填されていない化石頭蓋の欠損部分はそのままにし、保存・推定されている部分を現代人のものと比較した。

2.2 解剖学的ランドマークを基準にした標準座標系

図1の化石頭蓋のCTデータは、現代人のMRI画像との比較のため、外耳道孔とNasion、Bregma、Inionといった解剖学的ランドマークにより決定される直交座標系に標準化されたものである。まず画像上でNasion、Inion、Bregmaの3点を同定し、それらを通る平面を、正中矢状面(y-z平面とした)と決めた。次いで、両側の外耳道孔を結ぶ直線と正中矢状面との交点を座標系の原点とした。y軸は、原点とNasionを結ぶ直線をy軸とし、それと正中矢状面との両者に直交するようにx軸を決めた。残るz軸は、x、y両座標軸に直交するように自ずと決まる。

2.3 ネアンデルタール化石頭蓋内Endocast表面抽出

解析対象のAmud-1号に関しては、頭蓋内Endocast標本も製作され(6)、我々はそのレプリカの提供も受けているが、今回は上記のオリジナルCT画像から画像処理によりEndocastを推定した。画像データからEndocastを推定する方法は既に報告もあるが(5、7)、処理の自動化の観点から、我々独自の新たな解析法を提案することにした。

具体的には、頭蓋内腔に点光源を想定し、その光源により照らし出される面を内腔面と定めた。光が直線的に四方八方に進み、最初に衝突する骨壁の画素でさえぎられるが、その画素が頭蓋内板の表面となる。頭蓋内Endocastの形状が凸凹形と仮定できる部位にて適用可能な方法である。Amud-1においてはその大部分が欠損しているが、頭蓋底部のような複雑な起伏のある部分においては、さらに工夫が必要となるだろう。頭蓋欠損部から頭蓋外へ出た光線の射線軸上に、眼窩上隆起、頬骨弓、上顎骨などの骨構造があると、それらも誤って認識されてしまう。これらは連続性の有無や存在範囲の限定により削除した。前頭洞の部分など外板はあるが内板のみ欠損している箇所も同様に対処した。

2.4 現代人の核磁気共鳴画像(MRI)データ

現代人の頭蓋および脳の情報は、若年健常人を対象としたMRI画像データを用いた。ネアンデルタール化石人類の寿命は現代人のそれと比べて短かったとされ、今回は、20歳前後の男・女の合計36名のボランティアを被験者とし、当施設のMRI装置を用いて新たにデータ収集を行った。他施設で収集された画像データベースのデータを利用するなどの方法も考えられたが、一般の頭部MRIの場合、脳の形態情報をターゲットにした撮像になる。我々の調査の目的は、む

しる、頭蓋内腔の形状と脳の関係にあり、その目的に合わせて臨床に用いられている通常のスキャン方法を調整する必要があった。

MR 画像により頭蓋内 Endocast を抽出するための撮像法としては、頭蓋内板と硬膜の境界を明瞭に画像化する必要があり、3 次元収集の T1 強調画像にて高空間分解能の撮像法を選択する必要がある。我々は、Siemens 製の 3 テスラの頭部専用 MRI スキャナを用いて、3 次元の撮像を行った。この場合、緻密骨である内板はほぼ無信号に近く、硬膜はやや高信号に、脳脊髄液は低信号に描出される。画素サイズは、0.8mm 立方に統一し、頭部全体が含まれるよう matrix サイズは 240x256x256 とした。

2.5 現代人の MR 画像を基にした頭蓋内マスク画像の抽出

現代人の標準 Endocast 表面のデータを得るための準備として、上述の若年健常人男女 36 名の頭部 MR 画像データから、Endocast 表面のデータを抽出した。まず各個体の MR 画像を組織別に領域分割 (segmentation) し、今回の主目的である頭蓋骨内板と硬膜の境界を Endocast 表面と同定した。次いで、外耳道孔と Nasion、Bragma、Lambda、Inion といった解剖学的ランドマークを画像上で同定し、これらを基準点として、個々人の頭部画像における直角座標系を設定した。MRI 撮像時に決定された収集座標系から、化石頭蓋との比較のための標準座標系への座標変換のためであるが、上述の化石頭蓋に用いた方法との統一をはかった。上述の MRI の組織領域分割の画像を基に、頭蓋内腔を 1、それ以外を 0 とする、頭蓋内マスク画像を各個体の頭蓋において作成した。

2.6 現代人の統計的標準 Endocast

上述の方法で定めた標準座標系において、現代人の各個体の MR 画像より求めた Endocast を集積し、標準 Endocast を作成した。ネアンデルタール化石頭蓋 Endocast との形状比較に際し比較の対象となる、いわば仮想 Endocast と呼ぶべき 3 次元画像データである。現代人の頭蓋・脳の形状も、個体差・多様性を有す。個体の頭蓋内マスク画像を単純加算平均すると、累積相対度数(percentile)マップができる。この 3 次元画像データの画素値は、その画素のある位置が頭蓋内腔である確率を表す。すなわち、Percentile 地が 100%の位置では、36 人全員において、Endocast 内腔であることを意味する。0%と 100%の間の Percentile 値を示す幅を持った領域は、Endocast の輪郭形状の多様性を意味する。Percentile 値が 50%の境界面は、統

計的には中央値であり標準 Endocast 表面と見なすことができる。

2.7 化石頭蓋 Endocast 表面と、現代人の標準 Endocast との統計的比較

化石頭蓋の Endocast 表面の全画素毎に、その位置が標準的な現代人の頭蓋表面に比して、外へ膨隆しているか、内へ陥凹しているかを、現代人の Endocast 表面の局所的多様性も考慮して統計的に評価し、結果は 3 次元の統計マップとして得た。すなわち、化石頭蓋 Endocast 表面各点の凹凸起伏を、現代人の標準 Endocast の統計マップと比して、どのような位置関係にあるのかを、その位置の現代人の統計的 Endocast マップの Percentile 値が示してくれる、という訳である。比較の結果は、化石頭蓋の Endocast 表面画素値をその位置の現代人の Endocast マップの Percentile 値で置き換えた統計的表面マップとして表現した。

3. 結果

3.1 ネアンデルタール化石頭蓋内 Endocast 表面

図 2 に、上述(2.3)の方法で作成した Amud-1 の化石頭蓋内 Endocast を示す。文献(1)では、再構成時に人為的に補填された部分を除去した Endocast 表面が掲げられており、我々のものとは作成方法が異なる点に注意されたい。表示には文献(1)と同様の表面レンダリングを用いた。

左側面が右側面に比べて保存状態が良いことは、中硬膜動脈や横静脈洞の圧痕の描出の程度差としても伺い知ることができる。輪郭の所々に毛羽立ったような細かな所見が見られるが、内板の亀裂部などに生じるものである。

3.2 現代人の標準 Endocast 表面

36 名の現代人の MR 画像を基にした標準 Endocast を Percentile 表現で表したのが、図 3 である。Endocast 内外境界部のグレー・スケール部分は、現代人の Endocast 表面形状の多様性を示す。基準点を外耳道孔にしているためもあるが、分散の程度は、頭蓋底部、両側頭部において比較的小さく、後頭部、前頭-頭頂部において比較的大きい。

3.3 ネアンデルタールと現代人の統計的 Endocast 比較

図 3 には、Amud-1 の頭蓋も重ね合わせて表示したが、これにより、ネアンデルタールの Endocast 表面の形状を、現代人の標準 Endocast との直接比較とすることができる。この結果を、Amud-1 の Endocast 表

面上に統計マップとして表示したものが図 4 である。現代人の標準的 Endocast との相対的な凹凸起伏の程度が、白黒の濃淡で表現されている。白色はネアンデルタールの Endocast 表面が現代人のそれよりも外へ突出していると判定された箇所であり、逆に黒色は内に陥凹していると判定された箇所である。

Amud-1 の化石頭蓋内 Endocast は、現代人のそれに比して前後径が大きく、特に後頭部の後方突出は現代人の変異の範囲を超えた。ネアンデルタールの Endocast の前頭部は全体的に幅・高さともに現代人の標準的 Endocast よりも小さく、従来定性的に推定されている所見と違わない結果を示した。ただし、前頭の狭小部位の大部分は現代人の多様性の範囲内でもあった。

その中でも特に、側頭筋の締め付けによると考えられる前側頭部の幅狭小化が明瞭に示された。前頭部が全体的に現代人に比べて狭小化していると評価された中で、前頭極付近、および、両側前頭葉外側下部 (Broca's cap region) は、逆に現代人以上に突出している部位として検出された。Broca's cap 領域は、下方やや外側への突出として検出された。

4. 考察

4.1 ネアンデルタールの Endocast の形状に関して

ネアンデルタール Amud-1 の Endocast の形状は、同一スケールで比較した現代人の標準 Endocast との比較において、前後に長く、高さが低く、前方の幅が狭いという所見が得られた。これらは、これまでの観察・記述と矛盾しない結果である。その解釈としては、頭蓋冠(膜性骨化)に対して、顔面頭蓋、頭蓋底(軟骨内骨化)の発達の程度が強く、その結果、幅広で高さの低い形状の頭蓋冠が形成されたものと考えられる。この点からは前側方の左右幅の狭小化は例外的であるが、これは部位的に考えても、現代人よりもより発達していたとされる側頭筋による両側からの締め付けによるものと推定される。Amud-1 の前頭部が全体的に現代人に比べて左右幅、高さともに狭小化していると評価された中で、両側前頭葉外側下部の通称 Broca's cap と称される部位は、現代人の対応部分に比して、局所的に突出している箇所として検出された点は特筆すべき点の一つである。化石人類におけるこの局所的な膨隆部位は、ネアンデルタール以前の *Homo habilis*, *Homo erectus* の Endocast においてすでに認められ(8,9)、原始言語の使用に関する可能性も示唆されている。しかしながら、この膨隆部が、その名の由来通り、運動言語野として知られる Broca 言語野

にそのまま相当する部位なのかどうかの判断には慎重を要す。この部位は前頭蓋窩に埋まり込むように下方に突出する位置にあり、現代人においては下前頭回(Inferior frontal lobe(IFG))の Broca 野(左半球 Brodmann 44、45 野)よりも下方の Brodmann 47 野の外側部(IFG pars orbitalis)付近に近いようである。あるいは局所的な膨隆が目立つということは、その周辺の構造の相対的な痩せを示すと解することも可能であり、現代人の下前頭回の構造とは異なる未発達な部分を含む可能性もある。また今回は両側性に局所の膨隆が検出されており、右側の同部の解釈も同様に必要となるが、これも同様に現代人の脳との対応付けは難しい。さらに同部局所を詳細に調査検討する余地がある。

Amud-1 の前頭極付近はやや前方への突出傾向を示した。ネアンデルタールの頭蓋の外観がラグビーボールに例えられるように前後に長く、また前・後頭極付近がやや尖って突出していることを示す所見かもしれない。ただし、後頭部の突出の程度は顕著ではなく、また、この部位は前頭洞の内板の欠損も見られる部位であり、重要視すべき所見ではないのかもしれない。

Amud-1 の Endocast は、文献的にも人類最大のサイズとされ、前頭葉も現代人の範囲内とみなせ、現代人に匹敵する認知機能を有していたのではないかと推測されている(8)。しかし、脳の進化には、量的な増大に加えて、構造的な進化の側面もあることを考慮すると、この推測内容は検討を要する。Amud-1 は非常に大きな体格で体重も標準以上であったと推測される(10)。今回の現代人との比較においては体重による脳重の補正に相当する全体のサイズ補正は行っていないが、体重比換算の頭蓋全体のサイズ補正を施した上で形状を比較するべきである、という考えも成り立つ。その場合、今回の Amud-1 の検討において、前頭部の幅が狭小で、高さの低いと検出された部位は、よりその程度を強めることになる。その場合、現代人と同等の前頭葉機能を想定することはより困難となる。ネアンデルタールと新人の脳形態のわずかな差を検出しようとする、頭蓋標本の復元およびその形態解析には高い精度が要求されることになる。そのことから、画像データを基に解析を進める場合にも、オリジナル標本を撮像したものをを用いることで化石の局所の保存状態や劣化程度も窺い知ることができるため、結果の解釈評価において非常に有用であるという点を付記したい。また、化石頭蓋のコンピュータ上での仮想復元(5)の今後の発展による成果にも期待したい。

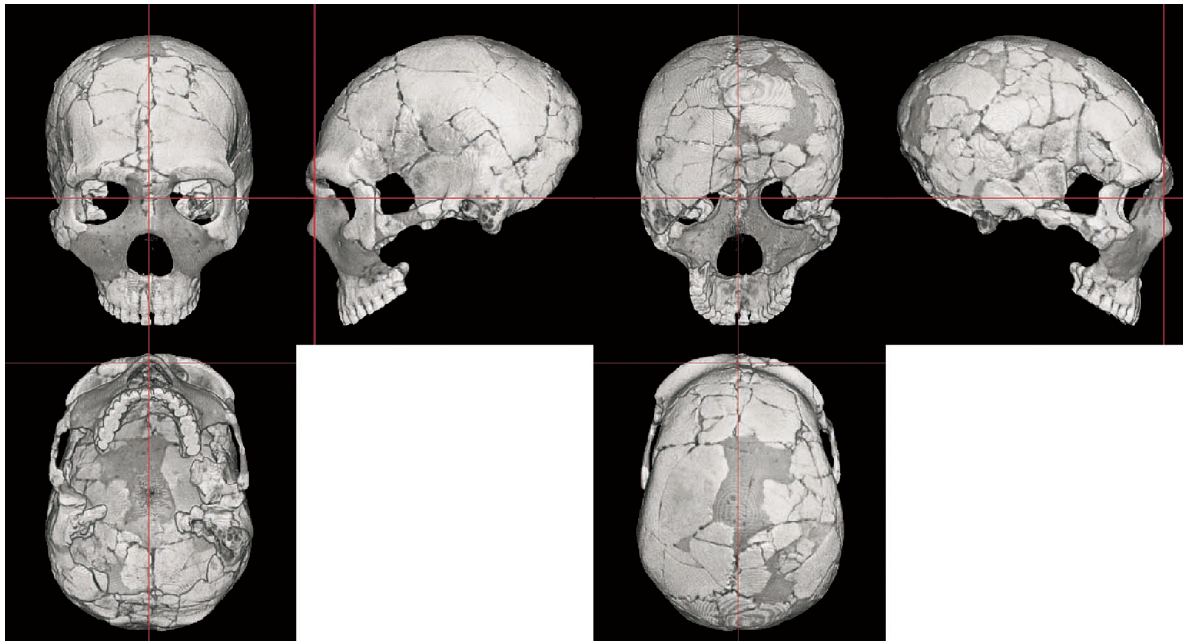


図 1. Amud-1 の頭蓋 CT データの 3 次元表示。表面画素の CT 値の差を利用して、化石骨として保存されていた部分と再構成時に補填された部分とを明瞭化した。頭蓋左側の保存状態が相対的に良好である。

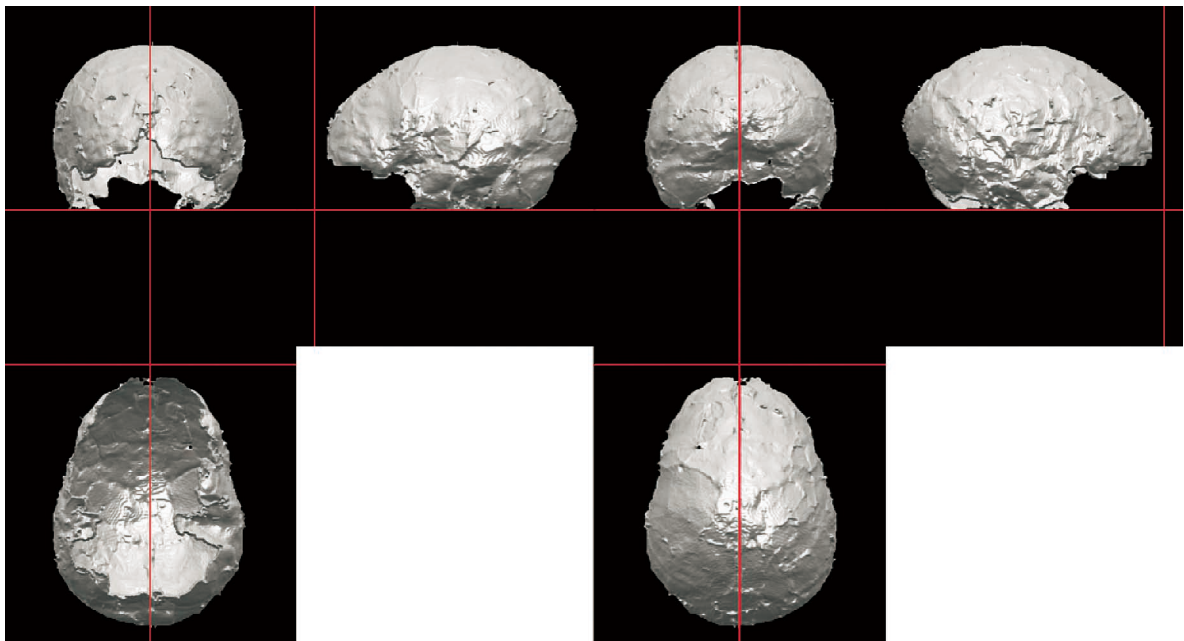


図 2. Amud-1 の仮想頭蓋内 Endocast 表面。CT データから画像処理により抽出した。頭蓋底部の欠損が大きい。中硬膜動脈溝、横静脈洞溝、Broca's cap が左側優位に描出されている。

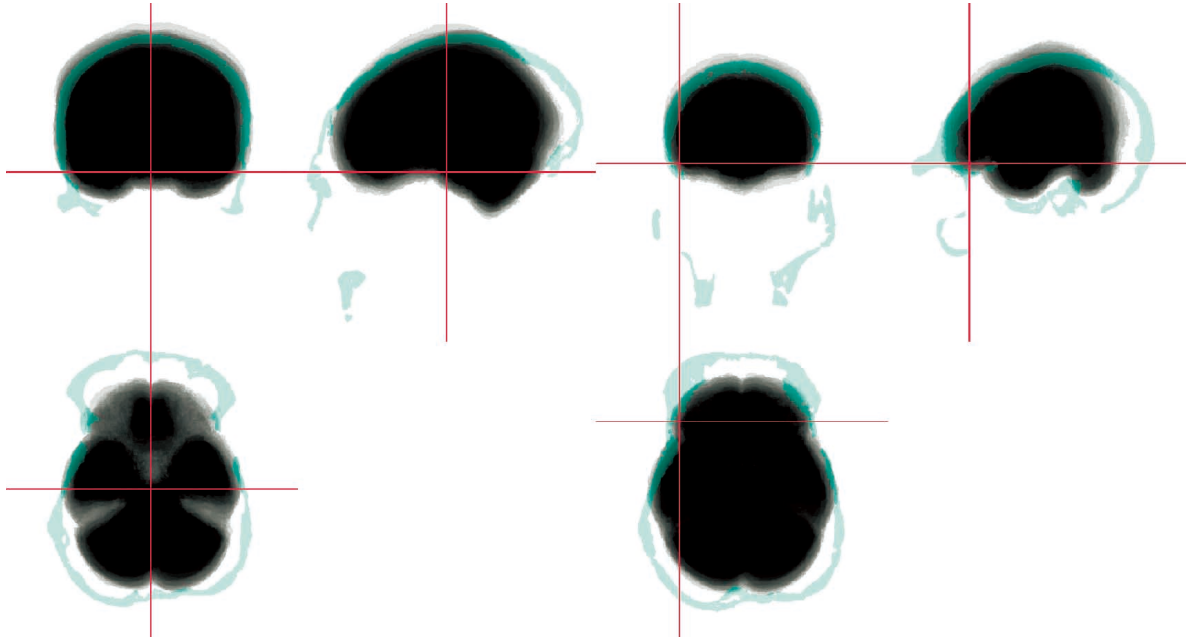


図 3 . 現代人の仮想 Endocast 画像。現代人 36 人の MRI 画像データから抽出した。表面のグレー・スケール部分が、輪郭の多様性を示す。Amud-1 の頭蓋を重ねて表示した(水色)。

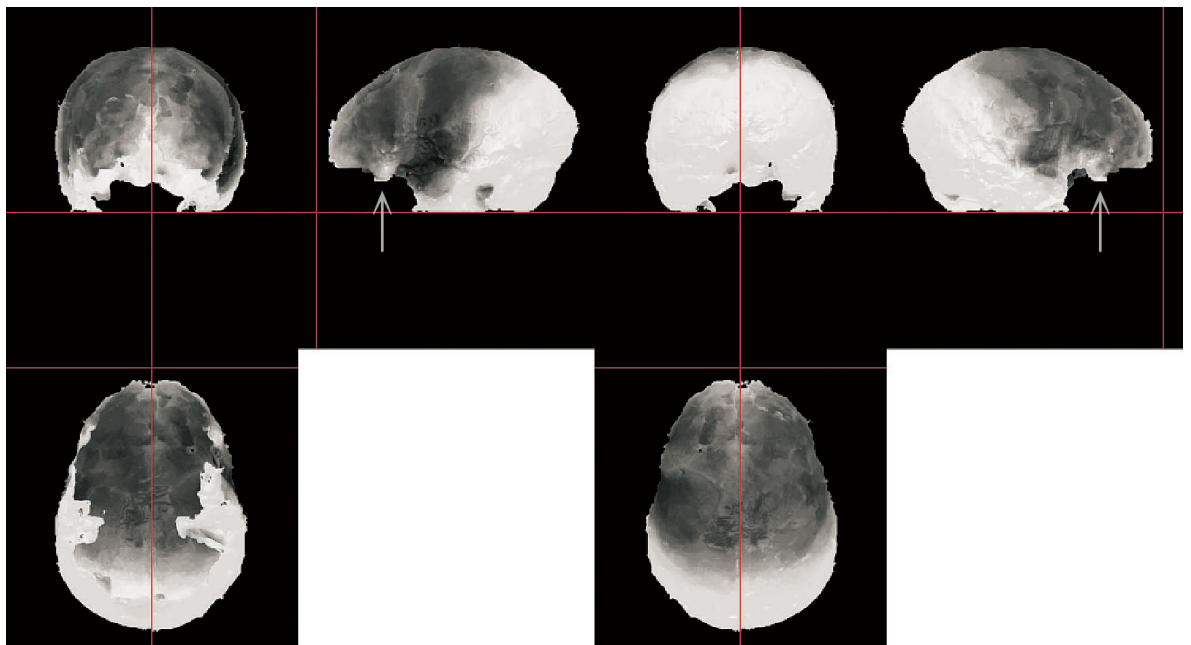


図 4 . ネアンデルタールの仮想 Endocast を現代人のものと比較した結果。Amud-1 の Endocast 表面に統計画像としてマップした。白・黒は、それぞれネアンデルタールの Endocast の相対的大・小に相当する。濃淡はその程度を示す。ネアンデルタールの Endocast は、全体として後頭部は大、前頭部は小の傾向を明瞭に示す中で、両側 Broca's cap 領域の局所的な突出を認める。

4.2 統計画像を用いた種間比較

従来、形状計測の方法としては、頭蓋内腔などの領域の容積や、解剖学的な特徴点2点間距離などを計測する方法が一般的である(8)。これら従来の方法は、たとえ多数の特徴点を定め、それらの計測を全て行ったとしても、それは形状全体の情報の一部を取り出してきたに過ぎない。一部の特定の特徴のみを計測することで、特徴の一部に偏った評価を下してしまう可能性もある。その点で、画像のまま評価する本研究で示した方法は、以上のバイアスを避け、全体を均等に評価し得る点に優位性がある。

本来、統計的比較は、ネアンデルタールと現代人の2群間比較のような手法を用いることが好ましいのだが、化石人類の頭蓋標本で、形状評価に利用できるものとなると限られる。今回は、化石頭蓋1資料と多数の現代人の比較であったが、複数のネアンデルタール化石人類データに基づく、より一般的な統計比較解析がこれからの課題であり、それが、より確実な結論を導きだすためにも、今後取り組むべき重要な課題の一つと考えられる。

また比較結果の解釈に影響する事項として、現代人の人種差による頭蓋形状の多様性も考慮すべきかもしれないが、これも今後の課題の一つである。

4.3 現生種の脳形態研究にMR画像を用いる利点

非侵襲的に生体情報の収集が可能であり、健常人を対象とした撮像を行うことができるのが利点である。被曝という侵襲性のあるX線CTでは同様には行かない。若年健常人の生体のデータとしてそのまま評価可能である。組織の死後変化、年齢のずれ、病気の有無などの因子を最初から除外できる。また、今回は全員が右利きの20歳前後の個体に限定したが、このように目的に応じて条件を絞りつつもサンプル数を増やすことも比較的容易である。また、MR画像は軟部組織のコントラストが高く、撮像パラメータにより信号コントラストをある程度まで調整できるので、組織の領域分割といった画像解析の観点からも有用性は高い。他方、画像全体の信号の不均一性や、骨の情報に乏しいことなどがCTに対する欠点と言える。

4.4 脳形態研究の限界と脳機能局在研究の意義

ネアンデルタールと新人の考古資料の違いに代表される人類学的な相違点を説明するにあたり、化石頭蓋内Endocastから得られる見解には限界がある。しかし、それは仮にMRIを用いて生きたネアンデルタールの脳を撮像し、そのより詳細な形態情報が得られたとしても、レベルの差こそあれ同質の限界といえる。行動データの

違いを脳機能から説明するには脳機能局在の研究が不可欠である。すなわち現代人の脳における形態と機能の連携的な研究(例えば機能的MRIなど)成果を外挿してネアンデルタールの脳機能推定を行う必要がある。

本研究で提案した、ネアンデルタール・新人間の脳形態の相違を統計画像的に表現する手法の意義は、今後の現代人の脳機能局在研究との関連付けの点からも重要と考えられる。

5. 結語

ネアンデルタール Amud-1 の化石頭蓋復元標本のX線CT画像データを用いて、その頭蓋内Endocast表面の形状を推定し、それを、MR画像を基に作成した現代人の標準的Endocastと3次元画像レベルでの比較検討を行った。

ネアンデルタールのEndocastは現代人の標準と比べて、前後に長く、特に後頭部の突出が顕著であった。また、前頭部の幅が狭小で、高さも低く、特に側頭筋による締め付けと考えられる前側頭部の幅の狭小が認められた。前頭極付近の軽度突出、および両側Broca's cap領域の突出が検出された。前頭前野の構造が現代人とネアンデルタールでは異なる可能性が示唆されたが、この証明には、さらに同部局所の詳細な検討を行う必要がある。

本研究で提示した現代人の頭蓋MR画像データを利用した統計画像的手法は、Amud-1の頭蓋との比較にかかわらず、一般に広く適用可能である。さらに調査対象を広げ、「ネアンデルタール・新人交替劇」の要因となり得るような知見の発見に寄与していきたいと考える。

謝辞

Amud-1の頭蓋CTデータは、東京大学大学院理学研究科の近藤修博士より使用契約を交わした上で提供を受けた。ここに感謝申し上げる。

本稿は日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(S))「西アジア死海地溝帯におけるネアンデルタールと現生人類交代劇の総合理解」(課題番号:17102002 研究代表者・赤澤威)、および私立大学学術研究高度化推進事業・学術フロンティア推進事業「博物資源工学に基づく脳と知の共進化に関する実証的研究(研究代表者・赤澤威)」による成果の一部である。

引用文献

- (1) Klein, R.G. *The human career*. 2nd ed., University of Chicago Press, Chicago, 1999.

- (2) 青木健一. 「人類進化における論争 模倣の意義と起源」『生物の科学 遺伝』別冊 No. 20, pp. 23-29, 2007.
- (3) Suzuki, H. and Takai, F. .*The Amud Man and his Cave Site*, The Univ. Tokyo Press, 1970.
- (4) 近藤修. 「ネアンデルタールの誕生と消滅」『生物の科学 遺伝』別冊 No. 20, pp. 93-97, 2007.
- (5) 近藤修, 福本敬, 藤森智之, 菱田寛之, 鈴木宏正, 赤澤威. 「化石人類の脳: ネアンデルタール人と早期現代型新人の頭蓋エンドキャスト復元」『高知工科大学紀要』第 4 巻第 1 号, pp. 13-22, March, 2007.
- (6) Ogawa, T., Kamiya, T., Sakai, S. and Hosokawa, H., Some observations on the endocranial cast of the Amud man. In Suzuki, H. and Takai, F. eds.*The Amud Man and his Cave Site*, The Univ. Tokyo Press, Tokyo, pp. 407-420, 1970.
- (7) Shoenenmann, P.T., Gee, J., Avants, B., Holloway, R.L., Monge, J. and Lewis, J. Validation of plaster endocast morphology through 3D CT image analysis. *Am. J. Phys. Anthropol.*, vol. 132, pp.183-192, 2007.
- (8) Holloway, R.L., Broadfield, D.C. and Yuan, M.S., *The Human Fossil Record. vol. 3. Brain Endocasts – The Paleoneurological Evidence*, Wiley-Liss, New Jersey, 2004.
- (9) Broadfield, D.C., Holloway, R.L., Mowbray, K., Silvers, A., Yuan, M.S. and Marquez, S. Endocast of Sambungmacan 3 (Sm 3): a new *Homo erectus* from Indonesia,. *Anat. Rec.*, vol. 262, pp.369-379, 2001.
- (10) Carroll, S. B., Genetics and the making of *Homo sapiens*. Vol. 422, pp. 849-857, April, 2003.

Comparing Neanderthal endocasts with those of modern humans

Hiroshi Toyoda^{*}, Norihiro Sadato^{**} and Takeru Akazawa^{***}

^{*}, ^{**}National Institutes of Natural Sciences, of Physiological Sciences,
National Institute for Physiological Sciences, Okazaki, Japan;
E-mail: ^{*}toyoda@nips.ac.jp, ^{**}sadato@nips.ac.jp

^{***}Research Institute, Kochi University of Technology
Tosayamada, Kami-city, Kochi 782-8502 JAPAN
E-mail: akazawa.takeru@kochi-tech.ac.jp

Abstract: The difference in brain morphology between Neanderthal and modern human can only be estimated by comparing the endocranial shapes between them. The endocranial shapes of the fossil of Amud 1 Neanderthal were modeled virtually using image analysis techniques on X-ray computer tomography data of the previously reconstructed fossil cranium. We also investigated the endocranial regions from 36 living modern human MRI data to generate a statistically standardized virtual endocast of modern humans. These virtual endocast shapes were compared to each other in consideration of the variation in endocast shapes of modern humans. Local differences in endocast shapes between them were evaluated statistically as a three-dimensional surface map. The endocast of Amud-1 was longer than that of modern human. The occipital portion of the fossil endocast showed prominent posterior protrusion, while its anterior portion was lower and narrower. The bilateral Broca's cap regions of the fossil endocast were more protuberant than that of modern humans. The results suggest the morphological differences in prefrontal brain regions. However, further examination of the local structures should be necessary.