

解 説

パソコン点描ソフトによる骨の実測図の作製法

犬塚則久

東京大学大学院医学系研究科

A drawing method of bone figures on a dot-drawing soft of personal computer

Norihisa Inuzuka

Department of Cell Biology and Anatomy, Graduate School of Medicine, University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-Ku, Tokyo 113-0033, Japan (inuzuka@m.u-tokyo.ac.jp)

はじめに

化石の論文や単行書には図が欠かせない。とくに形態のもつ意味が重要な肉眼レベルの研究では文章で記載するよりも図の方がすばやく正しい情報を伝えられる。ある古生物学の教科書（井尻, 1972）によると、「記載や分類の仕事では図版や挿入図の意義がひとしお大きい」「写真に頼りすぎて、挿入図を軽視する傾向がもしあれば、それは大きな間違いであろう」とされている。さいわい筆者の描いたデスマスチルスの頭骨図はMazin and Buffrénil (2001) に引用されたことがある。また、最近複数の日本古生物学会員から骨の点描図の描き方を尋ねられた。もとより筆者のやり方は秘技でもなく、手順を踏めば誰にでも描けるはずのものなので、本誌に紹介することにした。

じつは以前にも『化石の研究法』（化石研究会編, 2000）のための原稿用に本稿の執筆を試みたことがあったが、頁数が足りないこと、もともとPC扱いの苦手な筆者が30年ほど前に学生からソフトの使い方の手ほどきを受けたこと、現在ではその機種もソフトも入手困難なことからあきらめた経緯がある。もっか入手できる機種によって同じ作業を試みている段階である。以前と同様の作業ができる後継機種やソフトが必ずどこかにはあるので、PCに詳しい方にそれらを探索、紹介いただきたくてあえて執筆するしだいである。

下図の作製法

用具

ここで紹介する方法は図の陰影をあらわす点描をコンピュータで表わすものである。それ以前は下図の上にトレース紙を重ねてロットリングで1つずつ点を打っていたのできわめて時間がかかった。PCソフトを使えば濃淡

の陰影を一瞬で点描に変換してくれる。ただし仕上げにコンピュータを使うとはいえ、スキャナにのせる前の下図は自分の手で描かなくてはならない。これは一般的な作図法と共通の点が多く類書もたくさんある。しかしこれまでの経験から筆者独自の工夫を加えた点もあるので、以前著した「Parallel line methodによる化石の描法」（犬塚, 1990）と重複する点もふくめて紹介する。

使用する紙は白紙なら何でもよいが、筆者は厚手のトレーシングペーパーを使っている。紙の厚さは1平方メートルあたりの重さで表現され、75~85 g/m²を勧める。これは鉛筆描きを消しゴムで修正する時に何度でもやり直しがきくからである。

判型は対象とする化石にもよるが、もっぱら大型哺乳類の束柱類の骨や長鼻類の臼歯を相手にしてきた筆者はふだんA3判を使い、これにおさまらない寛骨や長骨と、骨の産状図、多数の椎骨を脊柱1図にまとめた時にかぎって長尺のロール紙を使っている。不必要に大判紙に複数の図を入れるのは避けるべきである。さもないとスキャナに取りこむ時にたいへん苦勞することになる。逆に臼歯1点のみの6面図など小さくて十分という時にはA3判を半切してA4判としている。

大きい骨や長い骨を描くためにロール紙を切断するが、骨の大きさに対して上下左右に少なくとも10 cmの余白は残しておきたい。大判の完成図を保存するさいに丸めて格納するが、辺縁部はどうしてもすれて傷むのである。

雑誌の判型はA4判が多いので、論文の付図を投稿するさいの原図としてはその5割増程度の大きさが適当とされている。しかし、原図のもとになる下図を原寸大で描いているのは利点が2つあるからである。実測図を描くのに拡縮するのは輪郭をとるだけでも実物大で描くよりも何倍も労力を要し、誤差が大きくなりがちなことである。今ひとつは、トレース紙で実大に描いた図どうしても重ねるだけで大きさや形の異同が容易に比較できるこ

と、新たな化石標本を同定するにも便利なことである。

化石の輪郭線を引く前に正確な大きさを投影するために計測器具を用いる。長さ20 cm程度までならふつうのノギス、それ以上大きい骨や歯の場合はマルチン式人体計測器の身長計を利用する。身長計はふだん4分して格納してあり、つなぐと2メートルまで測れる。骨に厚みがあるときには30 cmほど腕を伸ばせる身長計や10 cmほど伸ばせるオフセットノギスが便利である。

下図を描くにはシャープペンシルと鉛筆を併用している。シャープペンシルはステッドラー社製の製図用のものが便利である。これは犬塚(1990)にも書いたとおり、カリフォルニア大学パークリー校古生物博物館専属のイラストレータから教わったものである。トレース紙は堅くてすぐに芯が丸くなるので、容易に芯先を研ぐことができる専用の削り器が重宝する。薄い2Hは輪郭や下書きをするのに使い、濃いBかHBで必要な線をなぞる。影をつけるには鉛筆を使い、黒の色鉛筆と芯ペンシルを陰影の強さによって使い分ける。芯ペンシルというのは鉛筆全体が太い芯からなるもので、削った時に先端の円錐部分の斜面全体で着色できる優れものである。美術用品店で購入できる擦筆は鉛筆線の跡をぼかしたり、薄い影を広く伸ばしたりするのに有効である。消しゴムのかすを払うのには羽箒があるとよい。筆者は三四郎池で拾ったカラスの初列風切羽で間に合わせている。

実測図の描き方

初めに紙の上に化石をおいて描く面を設定する。6面図の場合は互いに直交する前後上下内外となるよう、すわりが悪い場合は小さな楔形の木片やスチロール片を差し込んで、作業中にぐらつかないように安定させる。

身長計やノギスを用いて最大長と最大幅を測り、その部位に2Hで印をつける。骨に厚みがある場合は骨の最も突出した部位が紙面から離れているので、ふつうのノギスの5 cmほどの腕では届かない。オフセットノギスや身長計が役立つ。束柱類でいえば胸骨のように扁平で輪郭が単純な場合には、最大幅などの印をつけずに直接輪郭をなぞればよい。逆に骨が厚く、複雑になるほど印をつける箇所を増やす。上腕骨や大腿骨では近位と遠位の最大幅のほか中ほどの最小幅もとっておく。椎骨の場合には椎体の最大幅や最大前後長、前後の関節突起の左右の最大幅や高さ、棘突起の前後長や高さ、横突起の前後幅や厚さなど目印になりそうな部位を極力抑えておいた方が輪郭線を引く時に誤差が生まれにくい。

骨の実測図はいわゆるスケッチとは異なり、無限遠からみた投影図である。写真は1点からの投射図なので、スケッチに近い。同じ理由でカメラルシダという投射器は使えない。扁平な骨では違いがないが、厚みが出るほど違いがめだつ。この違いは化石研究会編(2000)に記してある。

実測図の輪郭をとるには片目をつぶり、真下の骨の輪郭の延長上にたえず鉛筆の先がくるように顔と手を骨の輪郭にそって同時に動かしていく。途中で計測点の印が多くあるほどずれが修正しやすい。右利きの人は骨の右側の輪郭線はなぞりやすいが、反対側では骨がじゃまになる。作業台の周囲が空いている場合は体を向こう側に移せばよいが、それができない時は左手を使うとよい。初めは難しくてもしだいに慣れて巧くできるようになる。左利きの人が右手も使えるのと同じことである。ちなみにつぶる片目は決して途中で変えないこと。

輪郭線で囲まれた中にその化石の特徴となる各種の線が観察される。写真では線の性質にかかわらず見えるままに記録される。図の場合は要点を強調し、それ以外を省略できる。たとえば骨の本来の表面にある筋が付着していた粗線や粗面はめだたない場合も見分けがつくように描く。二次的にできた割れ目やひび、継ぎ目、欠損部を修復した部位などはその標本と同定できる程度でよい。また写真では影になりがちな奥のほうも手を抜かずに描くこと。

輪郭線を引いたら標本を真横にずらし、たえず両者を見比べながら周囲から中に向かって内部の線を引いていく。描こうとしている面が傾いている時には線が長くなりがちである。投影図なので実際の長さより短い線分がよいのだ。うまくいかない時には骨の真上から観察や計測して線を引き直すことである。

2Hで輪郭線と内部の下書き線が完成したら、計測点の目印や修正前の下書き線など不要なもの一切を消しゴムで消し去る。それからBやHBに持ちかえて必要な線だけをなぞる。この濃い線は消しゴムで消してもなかなか汚れが落ちにくく、スキャナで取りこむさいに必要なものと誤認される。輪郭線は途切れや重複がなく、しかも太さが一定であることが望ましい。大きな図になると芯の摩耗が激しくて引いているうちにどんどん線幅が増すので、こまめに削るよう心がけたい。輪郭線の太さが変わるか一定かという点も絵やスケッチと図とは異なる。絵の輪郭線は太さの違いで奥行や立体感が出せるが、実測図の輪郭線は一定の幅にしないと、たとえば骨の厚さが変わらないのに変わったように見えるなど誤認の元になる。

絵も図も3次元のものを2次元に表現する技術である。一般に線描だけで表現される漫画でも立体感が感じられるものとそうでないものがある。なぜ線描だけで立体を感じられるのかをプロの漫画家に尋ねたことがある。それはデッサン力の差だとのことだった。つまり、輪郭線を正確に取ることは立体感を表現するためにも重要で、デッサンが狂っていると影をつけても無意味ということになる。

輪郭を中心にした線画に陰影をつけるのは立体感を表現する技法のひとつである。これにはぼかしや平行線法

(犬塚, 1990) などさまざまなやり方があるが、ここではおもに点描法にかかわる点を述べる。

影のつけ方には一般的なルールがある。それは光源が左上から当たるものとの前提である。ヒトの目はそういう環境に慣れているので、初めてのものをみてもそのように解釈しがちなのだ。これは凹凸のある何かの写真を上下反転すると凹凸が逆になって見えるなどの例で知られている。具体的にはサイコロのような形に影をつける時には、上面を明るく、左面を次に、右面を最も暗くすることである。さらに面が平面の時には一様に影をつける。面に凹凸がある時には球状のものに光が当たったように、左上を最も明るく右下を最も暗くする。

もう一つのルールは手前にあるほど明るく、奥に行くほど暗くすることである。辺縁部は湾曲していて徐々に後側に回りこむ場合とスパッと断ち切れている場合とがある。この点は縁からの距離によってグラデーションをつけるか否かで表現できる。実際の化石の形状は複雑だが、これらのルールの大小の組合せである。実際には光源を左上において、目を細めることで化石の色の濃淡ではなくおよその明度を測ることができる。

初めに最も暗い割れ目や穴のある部位を最も色の濃い黒鉛筆で塗りつぶす。力を入れて何度もこする必要はない。元の色が濃いのでスキャナに取りこむ時に相対的に最も暗いと認識してもらえば十分である。次に芯ペンの腹を使って広範囲に影をつける。塗る面は鉛筆の太さよりも広いので平行な曲線をずらしながらたくさん引いていく。この時には骨の面の傾斜や湾曲の程度が部位ごとによって変わっていくので、その部位に応じて曲線の傾きや曲がる程度を変えていく。同じ濃さの鉛筆だが濃淡は線の密度で表わせる。暗い所ほど線の間隔を狭くし、明るくなるほど広くする。この点は平行線法と同様である。細かい箇所では鉛筆を立てて先の方だけを使う。このためあまり先を尖らせるにはおよばない。

影の強い暗い部分から塗っていき、最も明るい部分は白く残した方が立体感をだせる。全体に陰影の線を引き終えたら、擦筆を使って鉛筆の陰影線をぼかして濃淡の階調を滑らかにする。全体に暗くて所々明るい部分がある場合には擦筆でこすった暗調の一部だけを消すという消しゴムで「描く」やり方もある。

骨が破損したり、その後修復したりして元の面が描けない部分も白く残り、明るい部分との区別がなくなってしまう。これを避けるために、筆者は破損部に等間隔の斜線を引くことにしている。

最後に図の右下隅に標本の動物種名、骨の名称、左右、順位番号、描いた面を必ず記入しておく。描いた当初は当然すべてを記憶しているが、たとえば同じ東柱目でも別属の骨の図が多数蓄積すると動物名が紛らわしくなる。椎骨や肋骨、指骨なら順位番号、腓骨や手骨、足骨なら左右判別が難しい。ほぼすべての図を実物大で描くので

縮尺は不要に思えるかもしれない。しかし、スキャナに取りこむ時には、A4判の原図作製のために骨の大きさに応じて縮小率を変えるので、実大の下図にもスケールを入れておく方がよい。

パソコンによる作図

PCの機種とソフト

ここではこれまで長年使ってきた何台かのパソコンやスキャナ、プリンタの機種とソフトを紹介する。新品はとうとう「絶版」だが、なかには中古市場で見つかるものもあるかもしれない。また、機器の一部は機能や容量の限界、あるいは故障して後継機に交替したものもある。一部を交代するとハードもソフトも相性が悪くて作業に手間どる。最後に、現在入手可能な機種やソフトによる同じ作業の試行も紹介する。

パソコンはすべてMacで、最初のClassic IIは画像処理には容量が少なすぎてLC630に交替した。ついでCentris 650をへてiBookにデータを移す。このiBookはOS Xバージョン10.2.8でOS9を動かせる最後の機種だそうである。デスクトップからノート型に小型化したのが、容量は増えて画像処理能力は上がった。そしてPowerMac G4である。

スキャナはB4判が一度にとれるヒューレット・パッカー社のスキャンジェット IIcをLC630にSCSI接続して使用した。本機のデータをフロッピーに記録し、USBディスクドライブでiBookに移している。コニカミノルタのマジカラ1690MFはコピー、スキャン、ファックスもできる多機能プリンタである。iBookからは直にプリントできないためデータをG4に移している。

以下、作業手順にそって使用ソフトとその用法をのべる。

スキャンニング

原図画像の取り込みにはフラットベッドスキャナで反射光を用いる。原図は紙の長片がスキャナの縁と平行ないしは垂直になるように置く。原図がトレース紙なので背景を完全な白紙にするためにケント紙などをのせる。スキャナの上蓋に白い裏当てがあっても、汚れていたり、裏地のスポンジが劣化したりしていると、背景が綺麗に抜けないことがあるためである。鉛筆による陰影画を細粒の点画に変換する場合には8ビット(256階調)のグレースケールで、断面図のような線画の場合はモノクロでスキャンする。スキャンする際の明度とコントラストは、プレビュー画面を参考にして、余白が完全に白く抜けるように、また同時に骨の輪郭線の内部につけた陰影ができるだけ再現されるように決める。暗めの画質のときはコントラストは強く、明るめの画質ならコントラストは弱めがよい。鉛筆の濃淡しだいで仕上がりの調子が

違うので、プリントアウトしたもののトーンがなるべくそろるように調節する。

筆者は以上の作業をヒューレット・パッカー製スキャンソフト Desk Scan II を Mac OS 9 搭載の Apple Centris 650 にインストールして用いたので、その具体的手順を下に示す。陰影画のばあい画質タイプは Black and White Halftone を選ぶ。プレビュー画面で必要な部分が収まるように枠を決めて「Zoom」で拡大し、明度「Brightness」と硬さ「Contrast」を決める。いずれもデフォルト値は125で、0から250まで変えられ、値が大きいくほど明るく硬くなる。経験的には、明度は100～125、硬さは200～180あたりが適当であることが多い。一方、線画のばあいの画質タイプは「Black and White Drawing」を選び、明度は80前後がよい。

下図の大きさは実大の骨の大きさによって異なるので原図がA4判に楽に収まるように縮小率を決める。元の骨が大きくて1回にスキャンしきれない時には部分的に重なるように複数回にわけて行う。もちろんこの時には明度、コントラスト、縮小率の値を変えてはならない。さもないと重なるべき点の数が違ってしまい、でき上がった図に濃淡の差ができる。また位置をずらしてスキャンする時にも部分図同士の角度は変えてはならない。縁に平行か直角においた最初の図から1°でも傾くとあとで輪郭線がうまくつながらない。保存名は同じ骨でも向き異なるものや複数に分割した図、断面図など多数あるので紛らわしくないように決めてからスキャンする。

作画

DeskPaint を立ち上げ、スキャンして保存しておいた図を開く。周囲の余白部分に残る黒い点をすべて消しゴムツールで消し去る。初めは画像を1/4ほどに縮小して粗く消し、50%、100%、200%と徐々に拡大していく。なお消しゴムの大きさと形は正方形から縦か横の線まで狭くしていき、輪郭線ギリギリまで仕上げる。逆に輪郭線のうちで、拡大すると途切れるほど細くて薄い箇所は適当な太さのペンツールで補筆する。ちなみに画像内部の濃淡は消しゴムとペンで修正するのはきわめて手間がかかり、明度や硬度を再調節してスキャンし直したほうが早い。

紙の大きさや形の都合で90°か180°回転させてスキャンした図はDeskPaintの画面上で必要な向きに戻す。まずFileからPage Layoutを選び(ショートカットはコマンドY)、WidthとHeightの数値のうち大きい方の値に揃えて画面を正方形にする。画面左上のツールボックスの中から右上にある破線の長方形を選び、回転させたい画像を囲む。余白が小さければSelect All(コマンドA)でもよい。するとツールボックスの内容が変わり、回転や反射など希望の変形が可能になる。このうち右か左90°の回転を選べばよい。画像の向きが確定したら、先ほどの

Page Layout画面で余白を削る。このさい削りすぎないために初めのWidthとHeightの数値のうち小さい方の値を覚えておくとよい。

次にAldus FreeHandを開く。版下とする原図の向きを縦位置か横位置かに決める。「ファイル」の中から「割り付け」を選び、DeskPaintに保存したファイルから目的の図を選んで台紙のうえに割り付ける。一度にスキャンできずに分割した図はこの画面上でつなぐ。メニューバーの「画面表示」から「スケール」の400%前後を選び、2図の接続部を拡大したうえで、選択した図を平行移動しながら「エレメント」の「アレンジ」から「前面へ」(コマンドF)「背面へ」(コマンドB)を交互に変えて輪郭線がうまくつながる位置を探す。このとき「画面表示」の「グリッドへの吸着」や「ガイドへの吸着」のチェックを外しておくこと。さもないと任意の位置に止まらない。複数の部分図の相互の位置関係がきまったら全ての図を選択したうえで「エレメント」から「グループ」を選んで元の1つの図にまとめて保存する。

同様に同じ骨の各向きから描いた図を1枚の紙面にバランスよく割りつける。骨の種類によって前後、内外、上下など異なる向きの4枚から6枚ないしそれ以上の図で1枚の原図とする。この1枚の紙面の中の図の濃淡や硬さがまちまちなのは望ましくない。DeskPaintやAldus FreeHandには取り込んだ図の明度や硬度を変える機能がないので、その場合は濃すぎたり薄すぎたりする図だけをもう一度スキャンし直さなくてはならない。

このAldus FreeHandのデータがそのままプリントできる機種の場合は、紙面に割りつけた1つの骨の各面図の向きと骨の各部位の名称を記入して完成である。そうでない場合はAldus FreeHandの画面で「編集」から「データ書き出し」を選ぶとepsフォーマットで保存される。このファイルをAdobe Photoshopで開く。Adobe Photoshopはこうして取りこんだ図の明度や硬度をあとから変えられる点で便利である。

Photoshopのメニューの「イメージ」から「モード」を選び、そのうちの「グレースケール」にしてカラー情報を破棄しておく。つぎに「色調補正」のうちの「自動レベル補正」や「自動コントラスト」を選んで明度や硬度を適当な調子に整える。「自動」で物足りない時は「明るさ・コントラスト」を選び、「プレビュー」にチェックをいれたまま明るさなどの数値を変える。このとき「明るさ」の値を下げすぎると図のまわりの本来白地の所まで暗くなる。画面上にある複数の図の明度や硬度がまちまちな場合は問題の図だけをツールボックス左上の枠で囲んでから「レベル補正」や「トーンカーブ」で調節する。これらでは明度を下げても地まで暗くなる心配はない。

全体が望ましいトーンに揃ったら「イメージ」の「モード」を「モノクロ2階調」に変える。ディスプレイに表示される画像はじっさいにプリントアウトしたものとは

かなり調子が異なるので、この段階で一度試し刷りをするとよい。また、後日変更したくなる場合もあるので、グレースケールモードの図も保存しておくといよい。

画像が完成したら原図の目的によって計測線や断面線、骨の部位名称、各図の向きを記入する。古い機種ではAldus FreeHandで行ったこの作業はAdobe Illustratorでできる。

新機種による試み

コニカミノルタのマジカラー 1690MFのスキヤナ機能でどこまで上記のような作業が再現できるかを試みた。まずDock内のカメラ形のアイコンで「イメージキャプチャ」を立ち上げる。「スキヤナ」の名称を使用機種にして、「自動処理」を「プレビュー」としたまま「スキヤン」を押す。スキヤナ設定画面上で原稿サイズを確かめ、スキヤンタイプはグレーとし、スケールを何%にするかを

決め、必要な範囲を囲んでズームする(図1)。「プレスキヤン」を押すと必要な範囲が全体に表示される。「回転」で望みの向きに変える。スキヤンモードを「マニュアル」とすると明るさ・コントラスト、レベルなどについて画面を見ながら調節できる(図2)。「スキヤン」を押すと設定画面が消えて「プレビュー」画面上で拡張子にtiffがついた画像が現われる(図3)。この図を別名で保存し、そのアイコンをDockのPhotoshopに重ねて開く。

こうしてスキヤンした図をPhotoshopで処理できる画像とすることができたので、この画面上で先にDeskPaintで行った作業ができる。まず画像の向きが逆さまや横倒しの際には「イメージ」から「キャンパスの回転」を開き、希望の角度や回転を選択すれば画像をキャンバスごと回転してくれる。この点は画面の形を変えなくてはならないDeskPaintより簡単である。ただし、Photoshopは写真加工用のソフトなので、DeskPaintよりもはるかに精度が高く、スキヤンした鉛筆画も元のまままだ点描には変換していない。

そこでまず「イメージ」の「モード」が「RGBカラー」となっている場合はカラー情報を破棄して「グレースケール」とする(図4)。ここで先に行ったのと同様、消しゴムツールによる余白上のはみ出しや汚れの消去と薄い輪郭線の補筆もできる。消しゴムの形や大きさも様々に変えられ、その直径は2500ピクセルまでの中から選べる(図5)。また明るさ・コントラストの調整ができる。

グレースケールの図で濃淡やコントラストが決まったら、「イメージ」の「モード」から「モノクロ2階調」を選ぶ。その設定画面で解像度の出力を150~200 pixel/inch程度とする。使う種類は「50%を基準に2階調に分ける」ではなく「誤差拡散法(ディザ)」を選ぶ。これにより鉛

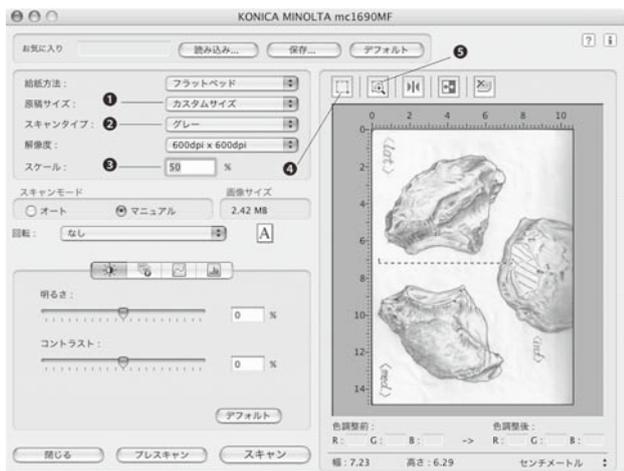


図1. イメージキャプチャ2.1.0によるスキヤナ設定画面。①原稿サイズ、②スキヤンタイプ、③スケールを何%にするか、④画像のスキヤン範囲を決めて⑤ズームする。

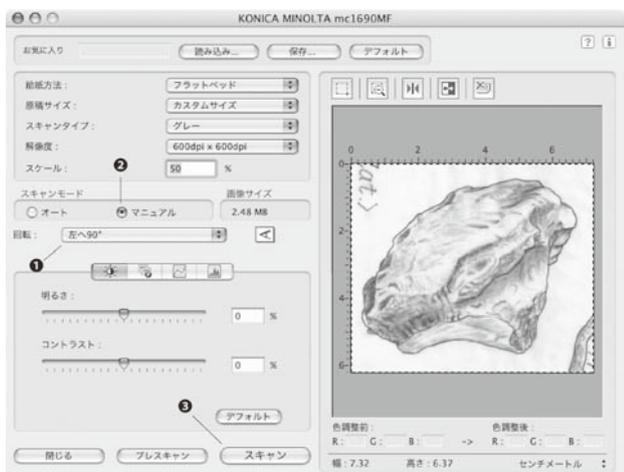


図2. イメージキャプチャ2.1.0上で画像の①向きを直し、②明るさとコントラストを決めて③スキヤンする。



図3. tiff.フォーマットの画像をAcrobat Reader5.0で開いたもの。



図4. Adobe Photoshop 7.0上でカラー情報を破棄して「グレースケール」とする。

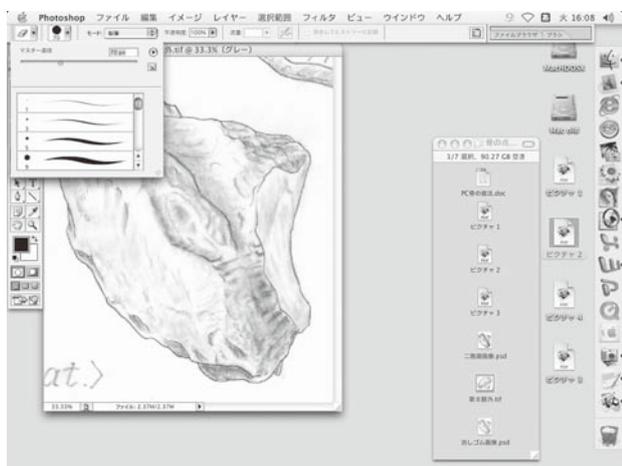


図5. Adobe Photoshop 7.0の消しゴムツールで余白の不要物を除去。

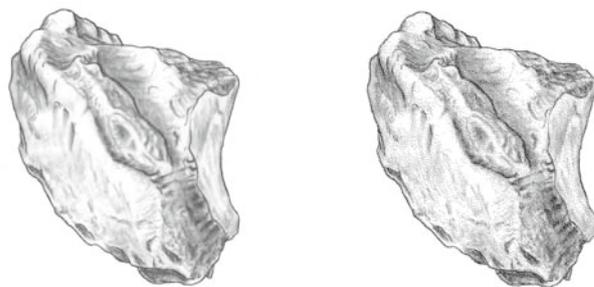


図6. Adobe Photoshop 7.0上でグレースケール画像（左）を2階調画像（右）に変換したもの。

筆のタッチが点描に変わる（図6）。ただしこのやり方は白地に余分な点が生じるので再び消しゴムツールを使わなければならない。もう少し効率化が図れそうな気がしている。

本稿の付図の印刷法についてご教示いただいた足寄動物化石博物館の澤村 寛館長と安藤達郎氏，ならびにパソコンの用法の記述の仕方をご教示いただいた本誌編集委員長の生形貴男氏に厚くお礼申し上げます。

文献

- 井尻正二, 1972. 古生物学汎論下巻. 372p., 築地書館, 東京.
 犬塚則久, 1990. Parallel line methodによる化石の描法. 化石研究会誌, **23**, 24-25.
 化石研究会編, 2000. 化石の研究法. 388p., 共立出版, 東京.
 Mazin, J. and Buffrénil, V., eds., 2001. *Secondary Adaptation of Tetrapods to Life in Water. Proceedings of the International Meeting Poitiers, 1996.* 367p., Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.

(2010年8月18日受付, 2010年10月29日受理)

