

解説

椎骨化石の型取り技法について

松本 幸英

林原生物化学研究所, 古生物学研究センター

Molding method for vertebral fossils

Yukihide Matsumoto

Center for Paleobiological Research, Hayashibara Biochemical Laboratories, 1-2-3 Shimoishii, Okayama 700-0907, Japan (y-mts@hayashibaramuseum.jp)

はじめに

化石脊椎動物のレプリカ製作において頭を悩ます課題の1つに椎骨の複製がある。椎骨は多くの突起を持ち形が複雑なため型取りが難しい。椎骨には頸椎、胸椎（胸椎、腰椎）、仙椎、尾椎があり、それぞれ異なった形を持つ。椎骨のうち、比較的多く見られ特に型取りが難しいのは、椎体、棘突起、関節突起、横突起が十字に配列したものである。このような十字構造の椎骨では、板状の突起や椎体の表面の反りがオーバーハングとなったり、突起や椎体の面同士が重なってオーバーハングとなったりするなど、特徴的なオーバーハングが見られ、これらが型取りを難しくしている。

椎骨の型取り技法については、これまで詳しく紹介されたことはないが、国内外の標本業者や博物館などで実際に行われている状況を見ると、椎骨の形に関係なく単純に前後、或いは左右半分ずつ型取りする技法（two piece mold (Clarke, 1938)）が一般的である。しかし、単純に半分にする技法はオーバーハングなど標本の形を考慮しないので、印象剤の伸縮だけでオーバーハングを処理することになる。そのため型取りする標本を印象剤の伸縮の限界を越えない microvertebrate fossils (Waters and Savage, 1971) とされるものに近いサイズに限定しないと、型を外すとき(脱型時)に型が抜けなくなって、化石・レプリカ・型の破損を招く。また、この技法では型が奥深くなるので、型にレプリカ剤を積層する成型作業も難しくなり気泡ができるなどして思うようなレプリカが得られにくい。

その他の方法では、オーバーハングがなくなるまで型を小さく分割して数の多い型で型取りする技法（piece mold (Clarke, 1938); multipiece flexible mold (Goodwin and Chaney, 1994)）が十字構造の椎骨に使われていることがある。この技法では型が奥深くないので成型作業が容易になる。しかし、数の多い型は、構造が複雑になり、作業も複雑で細かくなるので、型取りする化石のサイズが大型脊椎動物（恐竜）などの比較的大きい場合に適用が

限られる。その上、型の数が多くなることで型がゆがみ、複製が不正確になりやすく、型取りの作業時間も材料費も増えてしまうという欠点がある。

以上のように、椎骨の型取りには、椎骨の形に関係なく同じ技法が使われていたり、上記の2つの技法の適用外サイズの標本、つまり大勢を占める標準サイズの脊椎動物の標本を安全に型取りする技法がなかったり、また上記の2つの技法においても、幾つかの問題点があったりというのが現状である。

そこで著者は、椎骨をより安全にそしてより容易に型取りできるようにするため、椎骨の形に応じた型取り技法を検討した。そして今回手始めに、椎骨の代表的な形の1つで、最も型取りが難しい十字構造に的を絞り、どのサイズの標本にも使え、型の数が少なく単純で、脱型や成型が容易な型取り技法を考案した。

まず、型の数が多くなると中・小型標本への適用が技術的に難しくなるので、型の数を2つにした。そして、十字構造を2つの型で型取りすることで生じる避けられないオーバーハングを、まず2つの型の分割方法により、そして次に詰め物（プラグ）の使用により処理して、標本に負担が少なく成型も容易な技法にした。

以下にこの技法を例を使って紹介する。

十字構造の型取り技法

型の種類と構成部品

本技法による型は表と裏の2つの型で構成されるので、multipiece flexible mold (Goodwin and Chaney, 1994) のうちの two piece mold に分類されるものである。また、2つの型はそれぞれ、ゴム型、プラグ、支持型の部品で構成される。ゴム型は化石の印象を型取りするゴム状の印象剤（シリコンゴム）で、プラグはオーバーハングを埋める詰め物、支持型は柔軟なゴム型とプラグを固定する硬い支えである（松本・橋本, 2007）。

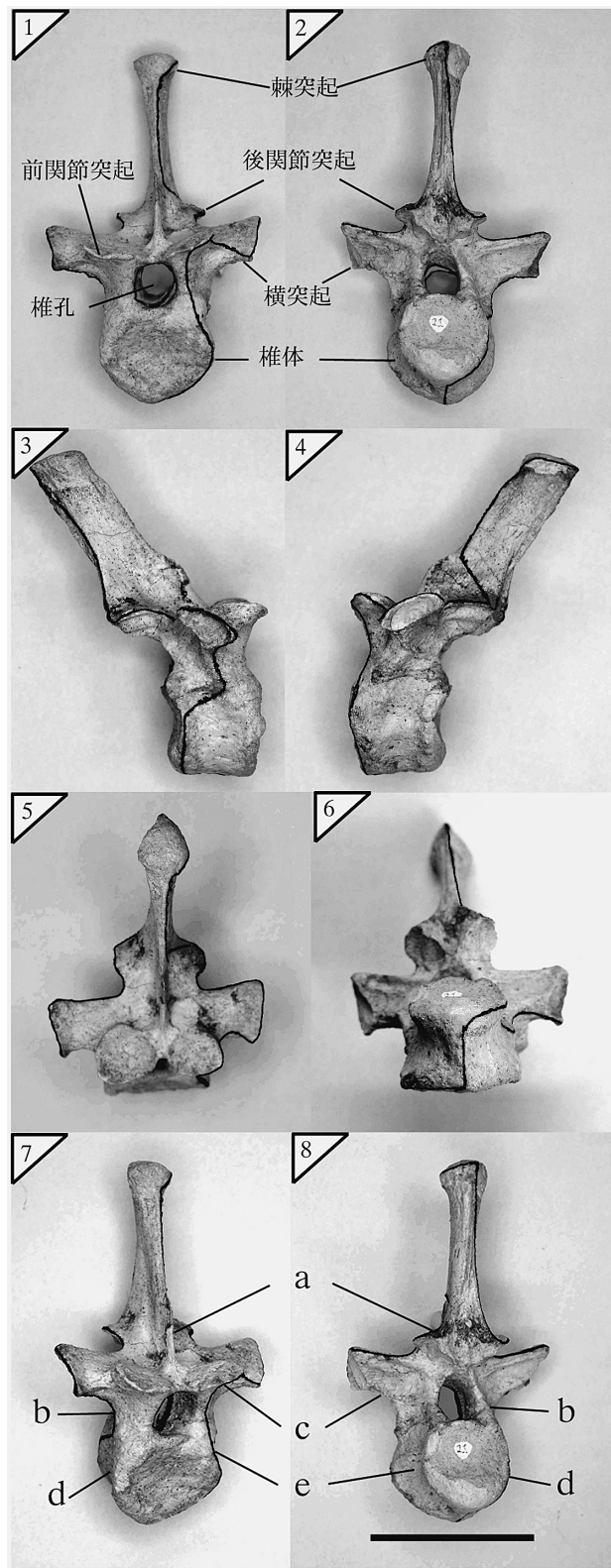


図1. プロトケラトプス第11胸椎の表面を2つに分ける分割線。1. 前面, 2. 後面, 3. 右側面, 4. 左側面, 5. 背側面, 6. 腹側面, 7および8. 椎骨表面を2分するために1の位置からおおよそ135°方向に傾けられたときの面(7)とその反対側の面(8)。a～eはオーバーハング。スケールバーは5 cm。黒線は分割線を示す。

型取りに使用した椎骨標本

本技法の型取り例に使用したのは、植物食恐竜の *Protoceratops andrewsi* の第11胸椎である。サイズは約11 cmで、椎体、棘突起、関節突起、横突起が十字に配列している(図1)。この十字構造のため、突起や椎体の面同士が重なってオーバーハングとなったり(a. 棘突起の左面と左後関節突起上面との間, b. 右横突起下面と椎体右側面との間, c. 左前関節突起下面と左横突起上面との間)、板状の突起や椎体の表面の反りがオーバーハングとなったりするなど(d. 椎体右側面, e. 椎体左側面)、本標本には特徴的なオーバーハングが見られる。オーバーハングは見る角度によってできたりできなかったりするが、ここに記載したオーバーハングは、本技法にかかわるものであるので特に取り上げた。

分割線の設定

まず最初に、標本の表面を2つに分けて、その境を分割線とする。分割線は seam line (Rennie, 1969), parting line (Miller, 1971), part line (Cartmill and Hylander, 1973), flash line (Smith and Latimer, 1989) と表現されているものである。本標本の表面を2つに分けるには、標本を平面上に置き(図1-1)、その状態から対角線方向、図1-7では約135度方向に傾け、そのときに手前に向いた表側の面と残りの裏側の面(図1-8)に分ける。その際、板状の突起や椎体が重なってできたオーバーハング(a. 棘突起の左面と左後関節突起上面との間, b. 右横突起下面と椎体右側面との間, c. 左前関節突起下面と左横突起上面との間)では表側から見ても裏側から見ても影になって見えない部分ができるが、その部分を表裏のどちらかに分ける。本標本ではオーバーハングaを表にオーバーハングbとcを裏に割り振った。この場合はどちらに割り振っても技術的に問題はない。ただし、椎孔の内面(内表面)は表裏面が等しくなるように割り振る。

以上のようにして標本の内外の表面を2つに分けると、その境界線が自動的に分割線(外表面と内表面の2つの閉じた線)となる(図1-1～6)。このとき、分割線はほぼ標本の輪郭に等しくなっている(図1-7, 8)。

分割面の設定

標本の分割線が決まったら、次は分割面(仲谷・久家, 1984)を設定する。この面は型ができあがったとき、2つの型の合わせしろとなる。標本の裏面に粘土で埋めて、分割線から側方に広がった粘土の面を作る。その際この面がオーバーハングしないように末広がりに整形する。更にこの粘土面に2つの型の合わせを作るために溝やツメを刻印する(図2-1)。ワセリンなどで離型処理を行い、シリコンゴムとガーゼを積層してゴム型を作る。ゴム型と支持型の合わせとしてゴム型表面にシリコンゴムのツメ(仲谷・久家, 1984)を付ける(図2-2)。

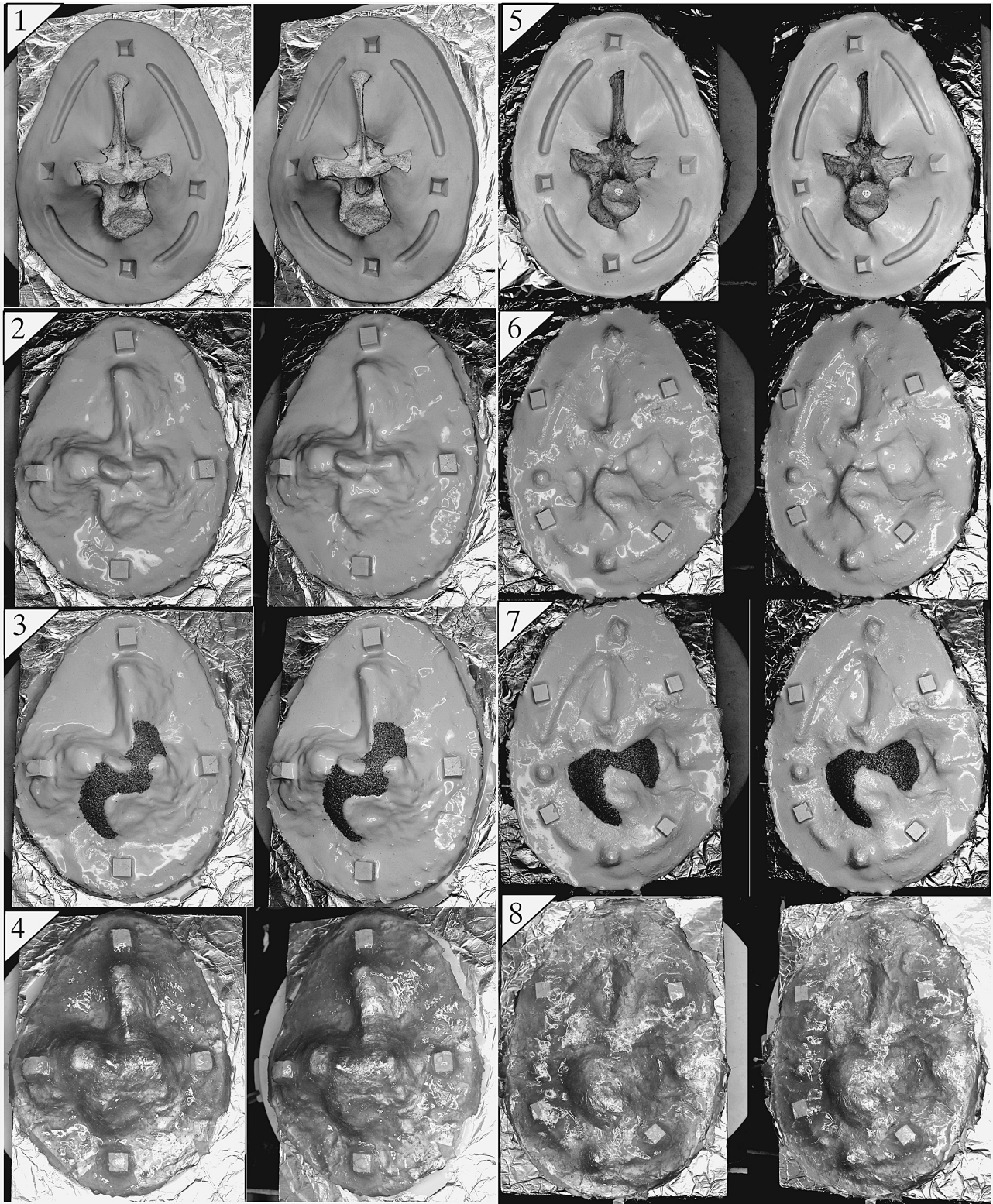


図2. 型取り工程 (ステレオ写真). 1. 油粘土による分割面の作成 (1つ目の型取り面), 2. 1つ目のゴム型の作成, 3. 1つ目のゴム型外面のプラグ処理, 4. 1つ目の支持型の作成, 5. 2つ目の型取り面, 6. 2つ目のゴム型の作成, 7. 2つ目のゴム型外面のプラグ処理, 8. 2つ目の支持型の作成.

プラグによるオーバーハングの処理

できあがったゴム型の外面には、大きなオーバーハングとして棘突起の左面と左後関節突起上面との間にあるオーバーハング a と椎体右側面の反りでできたオーバーハング d が残っているので（わずかに椎孔にも）、そのまま硬い支持型を設置すると支持型が外れなくなる。それを避けるため、支持型を作る前にゴム型外面の離型処理をしてこれらのオーバーハングをプラグで埋める（図 2-3）。このプラグはシリコンゴムとパーミキュライト（ひる石）の混合物である。

本標本は比較的小さいので、シリコンゴムの積層により標本表面のわずかな反りやへこみなどの小さなオーバーハングは埋められてなくなってしまう。しかし、大きな標本では、相対的にシリコンゴムの厚さが小さくなりより多くのオーバーハングが埋められず残ることになるので、この段階で全てのオーバーハングをプラグで埋めておく。

このプラグ処理が終わったら、離型処理して、不飽和ポリエステル樹脂と補強材の硝子マットで支持型を作る（図 2-4）。支持型の硬化後、裏返して裏面を埋めた全ての粘土を取り去る（図 2-5）。裏面の離型処理後にシリコン積層してツメを取り付けて 2 つ目のゴム型を作る（図 2-6）。2 つ目のゴム型には裏面に割り振られたオーバーハング b と c と椎体左側面のオーバーハング e が残っているので（わずかに椎孔にも）、離型処理後にプラグで埋めて全てのオーバーハングを処理する（図 2-7）。離型処理後、支持型を作成して型取りが終了する（図 2-8）。

できあがった型の構造と成型

できあがった型は、型取りした印象面が奥まっておらず全体的に開放された型となっている（図 3-1, 2）。ただし、表側からも裏側からも見えないオーバーハングした部分の型は、表面か裏面のどちらの型で型取りしても必ず奥まった部分になる。特に棘突起の前縁の下部を型取りしたゴム型は狭く深い溝になっている（図 3-1）。しかし、本技法による型は全体的に開放されて奥まった部分が少ないので、このような一見奥まった部分も隣接した部分が開くことで簡単に広がって展開しやすくなっている。そのため、脱型時の化石への負担は少なく、極めて壊れやすい標本であるにもかかわらず、全く破損はなかった。成型の際にも、同様の理由で、レプリカ剤を塗布しやすく、そのため気泡などができにくくなって成型に失敗することが少ない（図 3-3）。脱型もレプリカに負担が少ないのでレプリカが壊れるというようなこともまずない。

使用した型取り材料

離型処理には、パラロイド B-72（アセトン溶液で使用）、錫箔（厚さ 7 μm ）、そしてワセリンを使用している。3 つともを使用すると確実な離型処理ができる。ゴム型には、主剤シラスコン R T V 8600、硬化剤キャタリスト（東レダウコーニング株式会社）、補強材にガーゼを使用してい

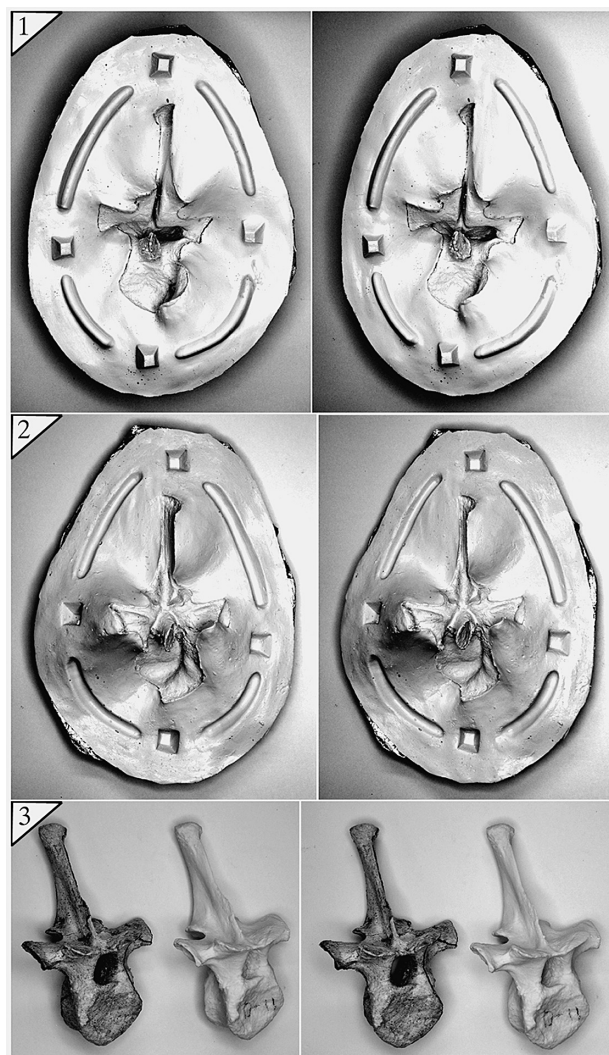


図 3. 完成した型とレプリカ（ステレオ写真）。1. 1 つ目の型の印象面、2. 2 つ目の型の印象面、3. 実物化石（左）とレプリカ（右）。

る。プラグには、パーミキュライト A-1（ひる石、旭工業株式会社）とシリコンゴム（シラスコン R T V 8600）を使用している。支持型には、主剤として不飽和ポリエステル樹脂リゴラック（昭和高分子株式会社）、硬化触媒としてパーメック N（日本油脂株式会社）、強度強化材としてガラスマットを使用している。増粘するために副資材のアエロジル（日本アエロジル株式会社）も使用している（松本・橋本，2007）。

おわりに

椎骨にはどれ 1 つとして同じ形のものはない。けれども、類似した形のものであれば、基本的には同じ技法で型取りができる。本技法においてもそれは同じで、横突起がより背側に突き出して十字とは言いづらい構造の椎骨でも、これまで問題なく型取りできている。また、標本のサイズにも左右されることなく、数 cm から約 75cm までのサイズの型取りに成功している。

本技法は、頭で理解することがなかなか難しい。けれども、1 度でもこの技法を試してみると、想像するほどには難しくないことがわかる。作業量も少なく、材料費も少ない利点もあり、是非試していただきたい。

謝辞

本解説は東京学芸大学の佐藤たまき氏の査読により改善された。査読者ならびに化石編集委員長の西 弘嗣氏をはじめとする編集者の方々に深く感謝する。

文献

Cartmill, M. and Hylander, W. L., 1973. On the production, marketing and utilization of the Wenner-Gren casts. *Yearbook of Physical Anthropology*, **17**, 219-232.
Clarke, C. D., 1938. *Molding and Casting*. 300p., The Standard

Arts Press, Butler, Maryland.
Goodwin, M. B. and Chaney, D. S., 1994. Molding, casting, and painting: techniques and materials. In Leiggi, P. & May, P., eds., *Vertebrate Paleontological Techniques*, 1, 235-271. Cambridge University Press, New York.
松本幸英・橋本 龍, 2007. 空洞を持つ化石の新しい型取り技法 - 植物食恐竜プロトケラトプスの頭蓋を例に -. 化石, (81), 79-85.
Miller, R. M., 1971. Making plaster molds from original wax sculptures. In Miller, G. B. ed., *Figure Sculpture in Wax and Plaster*, 122-151. Dover Publications, Inc., New York.
仲谷英夫・久家直之, 1984. 大型化石の模型製作法について - 穂別町産長頸竜化石の経験から. 穂別町立博物館研究報告, (1), 41-46.
Rennie, G. S. III., 1969. Reproduction of a skeleton. *Discovery*, **5**, 17-22.
Smith, J. A. and Latimer, B. M., 1989. A method for making three-dimensional reproductions of bones and fossils. *Kirtlandia*, **44**, 3-16.
Waters, B. T., and Savage, D. E., 1971. Making duplicates of small vertebrate fossils for teaching and for research collections. *Curator*, **14**, 123-132.

