

解 説

仮組みシステムと型紙を使ったレプリカ骨格組み上げ技法

松本幸英

(株)林原生物化学研究所, 古生物学研究センター

A mounting method using a mock-up system and templates

Yukihide Matsumoto

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

はじめに

化石脊椎動物の全身骨格の復元方法にはこれまでに様々なものが紹介されてきた (Gilmore, 1905; Gilpin, 1959; Besson, 1963; Barthel, 1966; Erickson, 1966; Madsen, 1973; Majumdar, 1974; Burke *et al.*, 1983; Carpenter *et al.*, 1994; Lindsay *et al.*, 1996; 化石研究会, 2000). いずれの技法においても, 最初に行うことは, 復元したい骨格姿勢やそれを支える支持体の大枠を決めることである. 組み上げの歴史がまだ浅い初期には, この大枠を決めただけで骨格の組み上げが行われることが多かった. このような組み上げ方法では, 復元姿勢の解剖学的な可否が確かめられていないので, 実際に組み上げる時に関節が外れたり, 骨が干渉したりして正しく関節できないという事態を招きやすくなる. そのため, 最近は組み上げる骨格をあらかじめ仮組み (temporary mount, mock-up) して解剖学的な検証を行い, 姿勢の詳細を決定しておくことが重要な準備作業として位置づけられるようになってきた (Carpenter *et al.*, 1994).

しかし, 仮組みをして復元姿勢を細かく決めてもまだ改善されないことがある. それは仮組みされた骨格からどのように支持体を導くのかという問題である. 導き方が分からなければ, 事前に仮組みして細かく決めた姿勢が, 組み上げる段になって技術者の技術レベルで様々に変えられてしまうことになる.

これに対してこれまで正中面上に組まれた脊柱の外観からその中を通る支持体を導く方法が知られている. 例えば, 実物化石に基づく精密な脊柱側面図を実物大に引き伸ばしてそこから支持体を導く方法がある (仲谷, 1984). また, 脊柱を砂山やその他の仮組み装置により平面的に仮組みして (Carpenter *et al.*, 1994; 化石研究会, 2000), その脊柱の側面に直接合わせて支持体を作製したり, 脊柱の側面写真や計測値から支持体の形を写し取ったりする方法が現場ではよく行われている.

しかし, 立体的に仮組みされた脊柱や四肢の場合, 正中面上の平面的な仮組みの場合と同じ手法は使えない. まず, 平面図・写真・計測値から立体的な支持体を得ようとする, 立体的な骨格の平面図化の難しさ, そして平面図からの支持体立体加工の難しさが問題となる. そして, 骨格の外表面に直接合わせて作製した立体的な支持体は, 仮組み姿勢を再現しない. これは立体姿勢の骨格の表面に骨の長軸に沿って引いた線と骨格内部に引いた線の長さや形が同じにならないからである.

また, 内部を通る支持体を外観から導き出すことを難しくする骨の特徴が多く, 骨格に認められる. それは部位ごとに異なる骨の厚みと骨表面の顕著なくぼみや湾曲である. 骨の厚みが接合部分の強化のために部分的に大きかったり, 骨表面のくぼみや湾曲が顕著であったりすると, 外観からは骨格の内外径が分からないので骨格内部を通る支持体の形を決められないのである. この問題は恐竜の上腕骨や脛骨の近位骨幹や気嚢システムが発達する恐竜の脊柱に顕著で, 見積もった太さの支持体が収まらないことがある (Gilpin, 1959).

そこで著者は, これらの問題を一度に解決する方法として, 様々な種類の型紙を用いる方法を考案した. 骨格仮組み用支持システム (松本, 2006) により仮組みされた骨格の内外部から直接型紙を写し取り, 型紙に合わせて支持体を作製する方法である. この方法を使うことにより, 特別な才能や技術がなくてもこれまでよりも容易に支持体の形を導き, より容易に支持体を作製することができる. その結果, 解剖学的・古生物学的な検証を行い決定した仮組み姿勢をより忠実にそしてより容易に復元姿勢に反映させることができるようになった. 以下に, 植物食恐竜プロトケラトプス全身骨格の組み上げの実例を挙げて, この技法について紹介する.

組み上げ方法

使用した骨格標本

組み上げた骨格標本の原標本は1993年にモンゴル中央ゴビで林原自然科学博物館－モンゴル科学アカデミー古生物学共同調査隊により発掘された植物食恐竜 *Protoceratops andrewsi* の全身骨格（林原自然科学博物館標本番号 HMNS Accession Number 94-3-2, 全長1.8m）である（Matsumoto *et al.*, 2000）. 原標本は剖出・修復後、松本・橋本（2007）、松本（2008, 2009）による型取り技法を用いて複製された（Matsumoto *et al.*, 2010）.

姿勢の決定

最初に、復元する骨格姿勢の大枠を決め、次にそれに従って骨格を仮組みして詳細に姿勢を決定した。生き埋めにされたと考えられる原標本は頭を高く掲げ、四つ這いのしゃがんだ姿勢で産出したので、その姿勢から立ち上がった瞬間の姿勢に復元することにした。そして、複製された全身骨格を、姿勢が自在に変えられる骨格仮組

み用支持システム（松本, 2006）で仮組みし（図1-1）、関節したプロトケラトプス骨格の観察に基づく姿勢復元（松本, 1997; Matsumoto, 2000）を参考に、解剖学的な検討を行って姿勢を細かく決定した。脊柱は正中面上に平面的に、四肢は立体的に復元されることになった。姿勢が決定したら、骨格を写真撮影し、各部位の計測を行い、写真に計測値を記録した。これらの計測結果は支持体に骨格を組み上げる本組みの際の姿勢の確認に使用するものである。なお、骨格仮組み用支持システムは骨格の支え方も自在に変えられるので、仮組みの際、初めから型紙を作りやすい支え方しておく、姿勢が決定次第型紙の作製に入ることができる。

支持体の大枠の設計

骨格姿勢が決まったら、それを支える支持体の構造全体の大枠を決定した。著者は金工作業の専門家ではなく作業環境も整っていなかったため、ホームセンターなどで購入できる機器で支持体を作製することにした。そのため、できる限り溶接や溶断などの作業が少なくなるよ



図1. 骨格仮組み用支持システムによる全身骨格の仮組みと型紙作製の準備の様子。(1) 仮組みによる姿勢検討中のプロトケラトプス全身骨格。(2) 中空で2つ割りになったFRP製の四肢骨。関節部位には支持体を通る穴が設けられている。

うに支持体の組み立てをボルト締めで行うことにした。脊柱や四肢には太い一つながりの支持体を通し、その他の小さな骨は細く短いピアノ線や鉄製の丸鋼を刺して固定することにした。下顎は上顎からつるすことにした。そして、骨格全体は四肢と頭部を支える支持体を下へ伸ばして台と連結させて支えることにした。また、支持体には骨格を支えるための仕組みだけでなく、支持体を骨格内に装着する時に骨を分断しなくても済むような仕組みも備えさせた。そのために、支持体の方を骨格の部位ごとに分断し、組み立て式の支持体構造にすることにした。

型紙と支持体の作製

支持体の設計に従い、骨格の部位ごとにその内外部から型紙を作り、更にその型紙から支持体を作った。まず、組み上げに使用するFRP製全身骨格のうち支持体の中を通る大きな骨については、全て中空で2つ割りにし、関節部位には支持体を通る穴を設けた(図1-2)。これにより骨の中を通る支持体の型紙を作る環境が整えられる。

型紙の作り方は、仮組みされた2つ割りの骨のうち、仮組み用支持システム本体に接触していない側の半面を取り外し、仮組み姿勢のまま残りの半面上に型紙の材料を直接合わせて加工する方法である。これは、内部装着型の支持体(internal armature)を作る方法であるが、骨格の外表面の型紙を作れば、外部装着型の支持体(external armature)が作製できる。

型紙は“紙”と表現されているが、様々な形を写し取るために使用されるものなので、紙のように平面的なものあれば、丸鋼やパイプなどを使用した立体的なものまである。そのために、型紙の材料は様々で、仮組み骨格から支持体の形を写し取る時には形が自由に変えられ、型紙として使用する時には形を維持できる材料であれば何でもよい。これまで著者が使用してきた型紙の材料には、アルミ線、鉄製の丸鋼、アクリル棒、アクリルパイプ、アクリル板、厚紙、紙などがある。他にもエポキシパテや不飽和ポリエステル樹脂なども使うことができる。パテや樹脂を使用する場合は型紙の幅や厚みが自在に変えられるので、骨の中の空間が狭い時には、その空間の最大サイズを写し取ることができ、装着可能な支持体の太さや形状を決めるのに役立つ。また、骨格標本が小さく軽い場合には、型紙をそのまま支持体として使用することも可能である。

実際にどの材料を使うかは、骨格の大きさや材料の重さ・硬さにも左右されるので、それぞれの条件に合ったものを選ぶ。特に立体構造の型紙は細いものほど支持体作製を正確に行えるので、できるだけ細いものがよいが、細すぎると自重で形を維持できなくなるので、大きさや硬さなど最適なものを選ぶ必要がある。

本骨格には、アルミ線、鉄製の丸鋼、厚紙、紙、アク

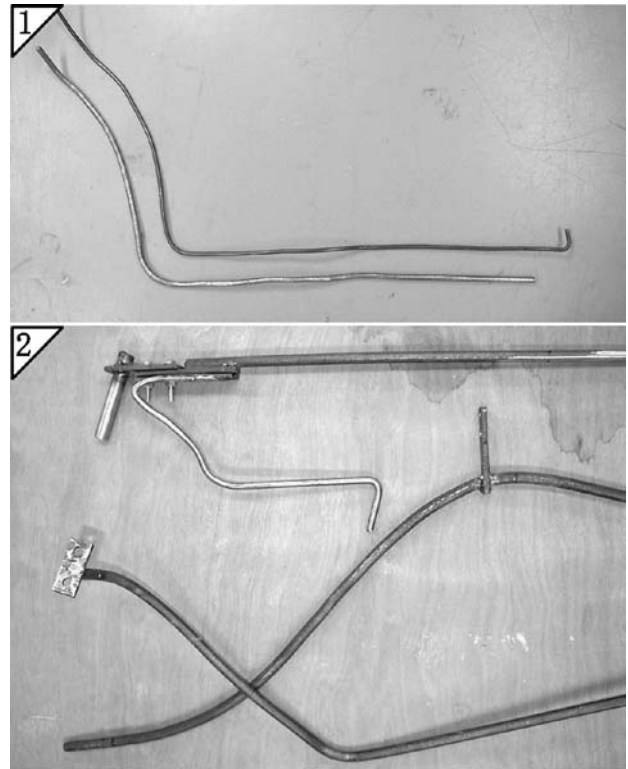


図2. 2種類の型紙と完成した3つの支持体。(1) 右前脚の2種類の立体型紙。上は4mm径のアルミ線を使用した型紙で、手で形を自在に変えることができる。下は6mm径の鉄製の丸鋼の型紙で、アルミ線の型紙から作られた。(2) 型紙から作られた3つの支持体。上は頭部を支えるための支持体。中央は頸椎から胸椎を貫く支持体。下は右後脚の支持体。

リル板を型紙の材料に使った。図2-1は右前脚の2種類の立体型紙である。上の型紙は園芸用の4mm径のアルミ線を使ったもので、仮組みされた右前脚の肩甲骨、上腕骨、尺骨の半面上に合わせて作製されている。アルミ線は骨の半面上に合わせる際に、その場で手を使って自在に形を変えて合わせられるので、仮組みされた骨格姿勢を乱しにくい。更にアルミ線は軽く自重でたわみにくい点で型紙作製に最適である。このアルミ線の型紙をそのまま支持体作製の型紙として使用するが、すぐに使用しない場合は、保管中の変形による事故を避けるため、更にアルミ線の型紙から6mm径の鉄製丸鋼の型紙(図2-1の下)を作っておいてもよい。こうしておくと再度骨格を組み上げる際にも使え、作業時間を短縮できる利点がある。

型紙ができたら支持体の作製を行った。本骨格の場合、支持体に使用する材料には、主要な支持体に鉄製の丸鋼と鋼板を、支持体同士の連結部位に鉄製の平鋼と鉄パイプを使用した。丸鋼の場合、ワイヤーカッターや電動高速切断機を使って必要な長さに切断し、万力(ベンチバイス)や鉄筋曲台に固定して、鉄筋曲ハンドルやハンマーを使って加工した。その際、丸鋼を型紙に合わせて曲げ

るべき方向や程度を確かめながら行った。型紙は加工中の支持体にその場で合わせられるので、より正確により容易に支持体の加工ができる。

型紙に合わせて支持体が作製できたら、今度は仮組みされた骨格に支持体を仮装着して不具合があるかどうかを確かめる。もし、問題があれば調整を行う。支持体は型紙に合わせて作られているが、型紙よりも太いことが多いので、骨格内に収まらない場合がある。それを確かめるために仮組みした骨格内に支持体を装着してみることが必要になる。もし、支持体が太すぎて骨格内に収まらない場合は、収まる太さになるまで支持体の加工を行う。本骨格の場合、支持体に使用した丸鋼9mm径と丸鋼6mm径が、それらが装着される上腕骨の近位骨幹部と遠位尾椎の椎体のサイズよりも大きかったため、骨格内部に収まる太さになるまで削られた。

図2-2は型紙から作られた3つの支持体である。上の支持体は頭部を支えるためのもので、先端に頭蓋骨と連結する鉄パイプ(13.8mm径)があり、下に下顎骨を下げるフック(丸鋼6mm径)が伸びている。中央の支持体は頸椎から胴椎を貫き支えるためのもの(丸鋼9mm径)で、右上の溶接された平鋼(16mm幅)は肩帯そして前脚につながる連結部位である。下の支持体は右後脚を貫き支えるためのもの(丸鋼9mm径)で、左端には仙骨の支持体と連結する平鋼(19mm幅)が溶接されている。上と中央の2つは平面的な支持体で下は立体的な支持体である。

図3は仙骨の支持体を作るための2段階の型紙とそれらから作製された支持体である。図3-1の下は厚紙を使った型紙で、この次に作るアクリル製型紙(図3-1の上)の側面の輪郭を決めるための型紙である。2つ割りの仙骨内部に合わせて作製された。厚紙はハサミを使って容易に加工でき失敗しても作り直しに手間がかからないので、仙骨内に収まる形を直ちに得ることができる。しかし、実際に支持体を使用する鋼板(4.5mm厚)は厚紙よりも厚く、厚紙の型紙から側面の輪郭を写し取っただけでは仙骨内に収まるかどうかは分からないので、更に厚紙の型紙からアクリル板(5mm厚)を加工して正確な型紙を作製した。アクリル板は鉄と比べて削りやすく仙骨内の装着に邪魔になる部分を容易に削り落として型紙を作ることができる。その上、紙のように曲がらないので、完全な型紙になる。また、アクリル板はヒートガンなどで加熱すると柔らかくなるので、必要な形に変形させてその形を水などで冷却固定することもできる。以上のように2段階の型紙を使用しているのは、厚紙の型紙を使わずに最初からアクリル板のみで型紙を作製することや鋼板を切り出すのは失敗のリスクが高い上、作業のスピードも効率も悪くなるからである。

図3-2はアクリル製型紙から作製した仙骨の支持体(中央)である。電動ノコギリで鋼板から切り出され、ベン

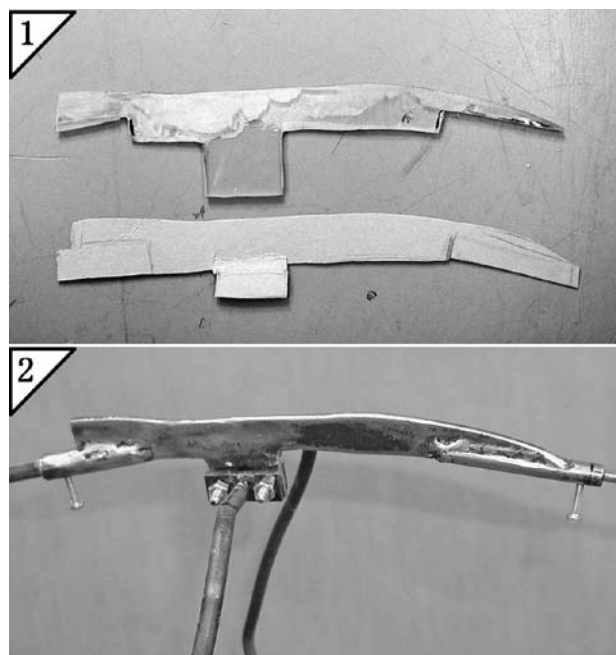


図3. 仙骨の2段階の型紙と支持体。(1) 下は厚紙による型紙で、上は厚紙の型紙から作られたアクリル製型紙である。(2) アクリル製型紙から作製した仙骨の支持体(中央)。

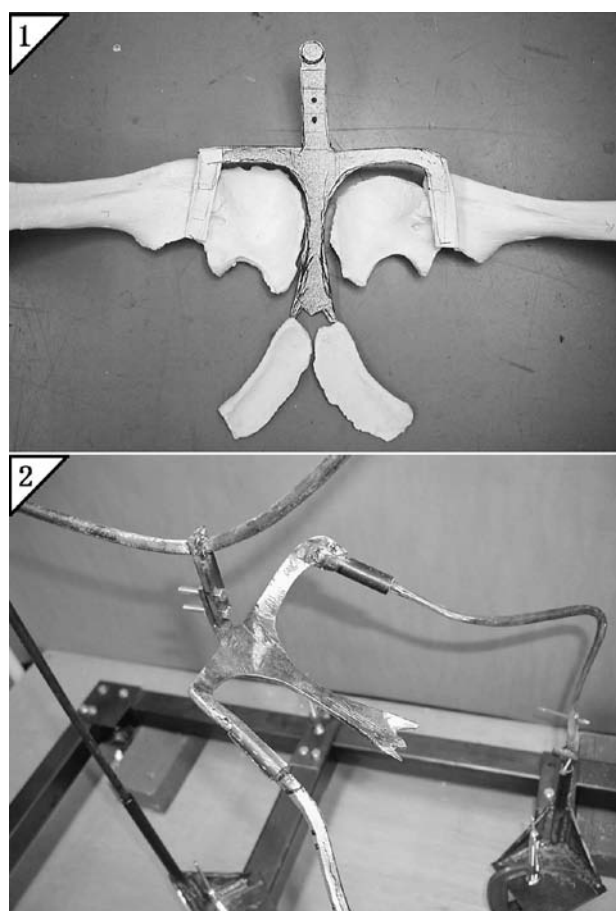


図4. 肩帯の型紙と支持体。(1) 厚紙による肩帯の型紙(中央)。中央の左右に肩甲烏口骨、中央下に左右の胸骨がある。(2) 厚紙の型紙から作った肩帯の支持体(中央)。

チグライNDER（角の荒削り）、ディスクグライNDER（面の荒削り）、ベルトサンダー（仕上げ削り）などで表面の研削が行われている。左端に胸椎の支持体（丸鋼9mm径）に連結する鉄パイプ（13.8mm径）と右端に尾椎の支持体（丸鋼6mm径）に連結する鉄パイプ（10.5mm径）が溶接されている。それぞれの鉄パイプにはネジ切りがされ、六角穴付止めネジ（4mm径×6mm長）で隣の支持体（丸鋼）と連結固定するようになっている。中央下には左右の後脚の支持体との連結部位があり、5Mボルト&ナットにより連結固定される。

図4-1は肩帯を支える支持体作製の厚紙の型紙（中央）である。仮組みした骨格に紙を押し付け肩帯の骨の輪郭を写し取り、それに骨格の計測結果を合成して作図した紙の展開図を厚紙に貼り付けたものである。上に伸びた枝の先端の円は脊柱の支持体（図2-2中央）の断面を示している。その下の2つの黒丸は肩帯と脊柱の2つの支持体をボルトで連結固定する穴の位置を示している。左右の枝は左右の肩甲骨口骨を貫き肩関節に出て、前脚の支持体と連結する構造を示している。中央下の枝の先端には左右の胸骨が連結する。図4-2はこの型紙から作っ

た肩帯の支持体（中央、鋼板4.5mm厚）である。電動ノコギリで鋼板から切り出され、ベンチグライNDER、ディスクグライNDER、ベルトサンダーなどで表面を研削され、金床の上に置いてハンマーで叩いて湾曲させてある。左右の枝の先端には鉄パイプ（13.8mm径）が溶接され、これらに左右の前脚の支持体（丸鋼9mm径）が連結する。この支持体は左右の肩甲骨口骨を貫き支える点で内部装着型であると共に左右の胸骨を外から支える点で外部装着型でもある。このように本骨格を支える支持体は、主に内部装着型であるが外部装着型も使われた混合型である。このことは、他の組上げ骨格でも同様であることが多い。

完成した支持体

図5は完成した支持体である（700mm幅×1800mm長）。支持体の台部分には50mm角の鉄パイプと鋼板（4.5mm厚）を使用し、卓上ボール盤で穴開けしてM8ボルト&ナットで連結させた。また、40mm径キャスターを4つ取り付け移動しやすいようにした。骨格全体を支える5つの主要な支持体（丸鋼9mm径）は、台の上に伸

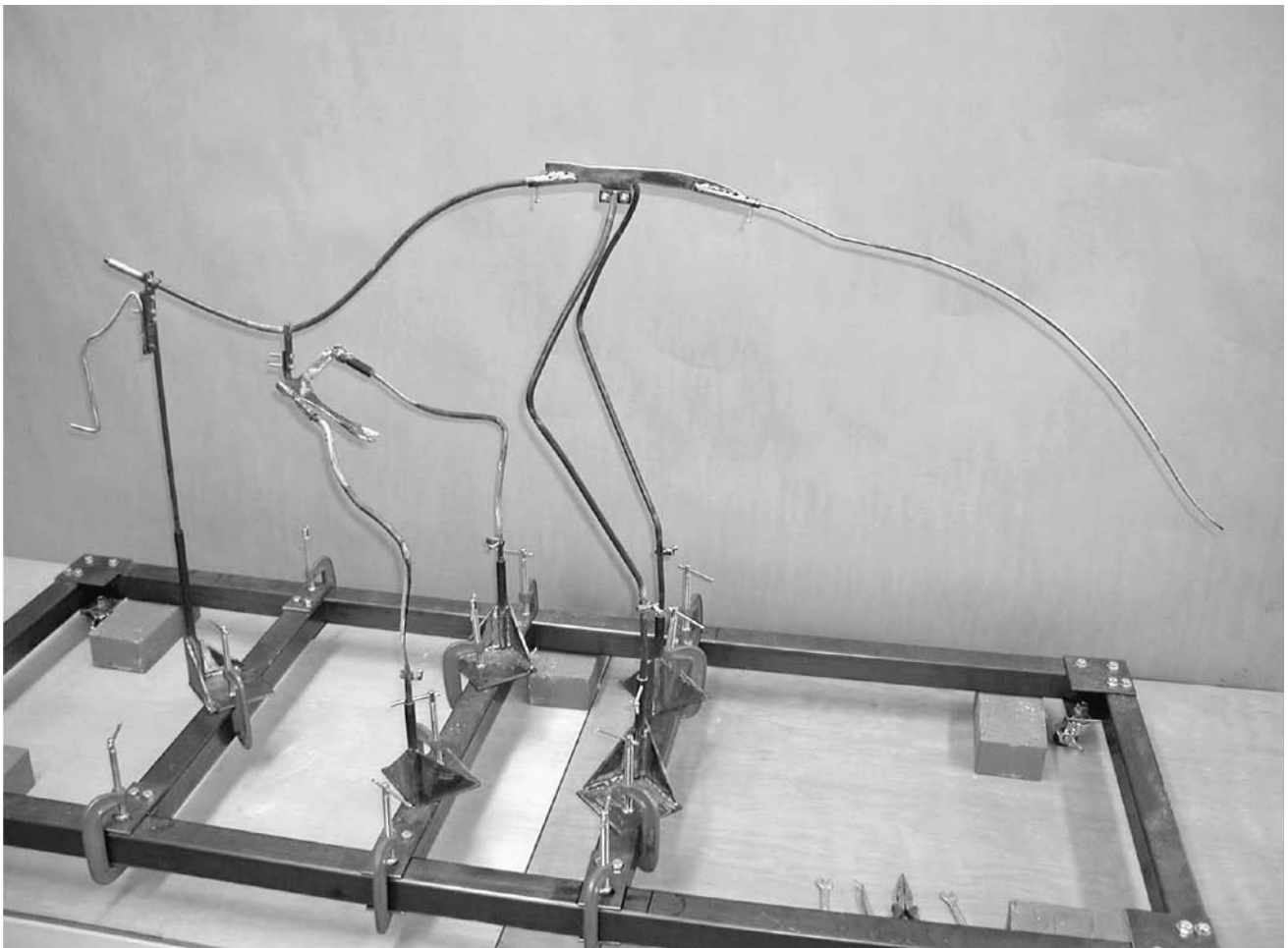


図5. 完成した支持体。支持体は骨格の主要な骨を直接固定する。また、支持体は骨格の構造ごとに着脱できるようになっている。

びた鉄パイプ（13.8mm径）に差し込まれ、鉄パイプに取り付けた六角穴付止めネジ（4mm径×6mm長）で固定される。更に四肢を通る4つの支持体には、前後の足部と連結するための短い鉄パイプ（10.5mm径）が溶接されている。この鉄パイプに足部から突き出た丸鋼（6mm径）を差し込み、鉄パイプに取り付けた六角穴付止めネジで固定する仕組みになっている。また、最初に行った支持体の設計通りに、支持体全体は骨格の部位ごとに分断され、各部位をボルト締めで連結させて組み立てる仕組みになっている。

本組み

支持体ができたら、FRP製骨格の本組み（permanent mount）作業に入り、骨格組み上げを完成させる。骨格の固定に入る前に、最終的な骨格姿勢の確認を行った。完成した支持体に全身骨格を仮組みし、各骨の位置を計測して、最初に仮組みして細かく決めた姿勢の計測結果と照らし合わせた。もし、必要があれば調整を行う。そして問題がなければ、油性マジックで各骨の取り付け位置の目安を支持体に記して固定作業に備える。

骨格の接着固定は、脊柱、腰帯、胸郭、後脚、肩帯、前脚、頭部の順にパテ状の不飽和ポリエステル樹脂を使って行った。支持体にひとつひとつの骨を固定する際には、固定する骨に関節する隣の骨を仮組みして、関節の間に

軟骨の代わりの詰め物をするなどして目指す姿勢にして骨の最終固定を行った。これは骨の取り付け位置のわずかなずれや傾きの違いによって関節位置が不自然になったり骨格のバランスが崩れてしまったりすることを避けるためである。特に、脊柱は椎間板部分を余白としてあけながら整然とした椎骨の並びを再現しなければならないので、スポンジシートをC字形に切り抜き、椎間板の代わりの詰め物として使用した（仲谷, 1984）。スポンジは椎骨と支持体の接着が終了した後に取り外した。

骨格全体を支える主要な支持体に直接固定されない腰帯、肋骨、血道弓、橈骨、腓骨、足部骨格などはそれぞれの関節部位に短く切ったピアノ線や丸鋼（6mm径）を刺して不飽和ポリエステル樹脂で接着させた。下顎は上下の顎関節面に取り付けたピアノ線のハンガーとフックで上顎と連結し、更に左右の下顎骨の舌側面に取り付けたハンガーを頭部の支持体から伸びたフックに掛けてつり下げられた。

どの作業工程においても骨格全体のバランスを見ながら行うことが大切である。また、各作業を行う時には前後の作業を含めて十分にシミュレーションをしておくことと失敗を防ぐことができる。逆に安易に進めると容易に失敗することになり、結果不自然な姿勢に組み上がることになる。図6は骨格の本組みが終了し完成したプロトケラトプス全身骨格である。骨格仮組み用支持システムに

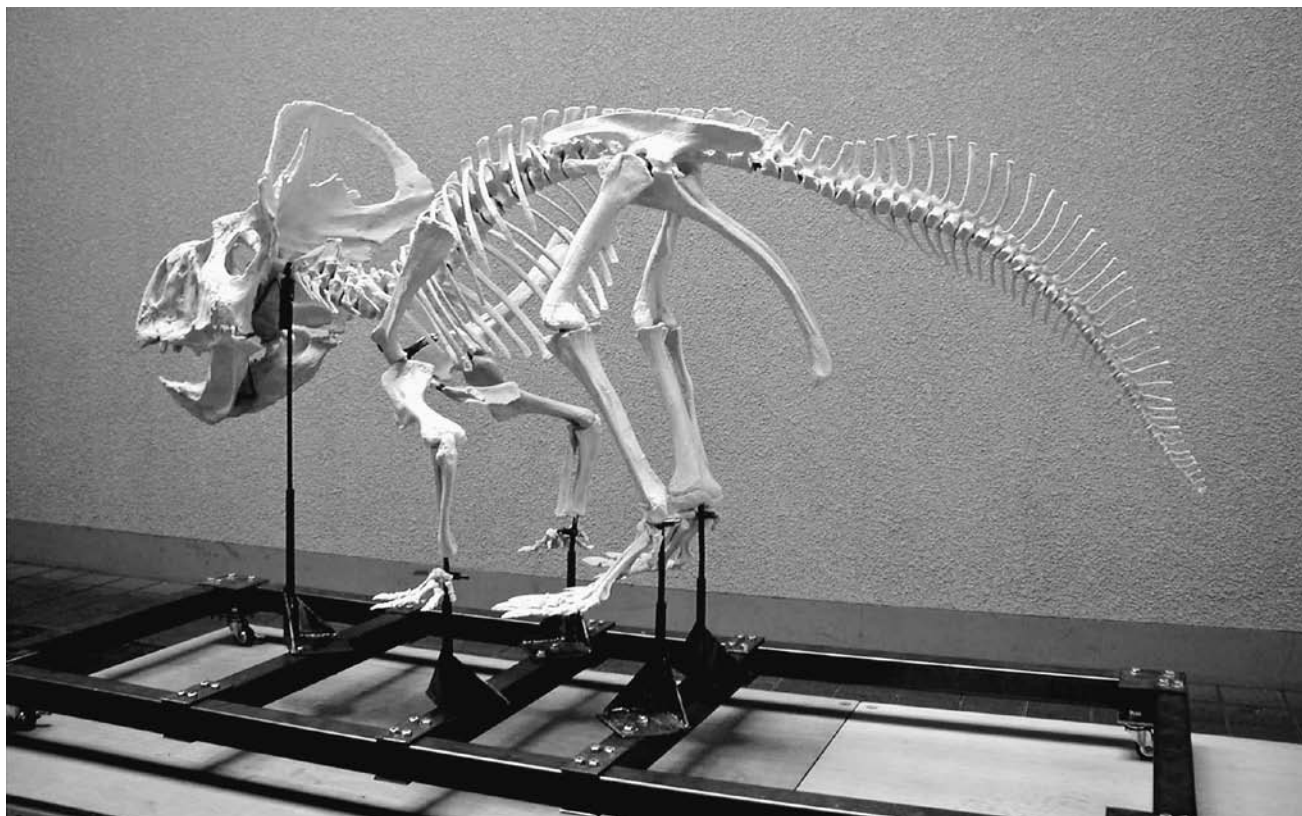


図6. 全ての骨が支持体に固定され本組みが完成したプロトケラトプス全身骨格（2002年作製）。

仮組みして細かく決定した姿勢と同様の姿勢に組み上げられた。

使用した材料

- (1) 型紙材料：アルミ線4mm径，丸鋼6mm径，アクリル板5mm厚，厚紙，紙，糊。
- (2) 支持体材料：鉄パイプ13.8mm径，鉄パイプ10.5mm径，丸鋼9mm径，丸鋼6mm径，M5×20mm～15mm長ボルト&ナット，鋼板4.5mm厚，ピアノ線1～3mm径，平鋼22mm幅×4.5mm厚，平鋼16mm幅×4.5mm厚，六角穴付止めネジ4mm径×6mm長，軟鋼用溶接棒1.6mm～2mm径（低電圧用）。
- (3) 支持体の台の材料：M8×65mm長ボルト&ナット，40mm径キャスター，50mm角パイプ（600mm長5本，1800mm長2本），鋼板4.5mm厚。
- (4) 複製の材料：主剤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），樹脂硬化触媒パーメックN（日本油脂株式会社），増粘材アエロジル（日本アエロジル株式会社），粉絵具（株式会社サクラクレパス），焼石膏。

使用した機械工具・物品

小型アーク溶接機（商品名イクラアーク），溶接マスク，皮手袋，ハンマー，センターポンチ，タガネ，ワイヤーブラシ，電動ベンチグラインダー，電動ディスクグラインダー，電動ベルトサンダー，卓上ボール盤，金属用ドリル，ボール盤用バイス，電動金工用ノコギリ（商品名ジグソー），タップ&ドリルセット，ヘキサレンチ，鉄筋曲ハンドル（オーエッチ工業株式会社製），鉄筋曲台（オーエッチ工業株式会社製），スパナ，モンキーレンチ，六角レンチ，電動高速切断機，ワイヤーカッター，C形クランプ，万力（ベンチバイス），輪ゴム，クリップ，ラジオペンチ，プライヤー，ヒートガン，カッターナイフ，ハサミ，油性マジック，鉛筆，デザインカラーワイヤー，スポンジシート，骨格仮組み用支持システム。

機具の基本知識と安全対策

骨格組み上げ作業に使用した機械工具などは，上述した通りホームセンターなどに市販されているものばかりであるので，誰にでも気軽に購入できるものである。しかし，これらを正しくそして安全に使用するためには，機械工具そのものはもちろんそれらを使用する作業全体の知識や安全予防対策が必要である。そのために各地域の労働基準協会では，特別教育や技能講習などを行っているので，これを利用するとよい。骨格組み上げに関係するものには，アーク溶接特別教育，自由研削といし特別教育，粉じん作業特別教育などがある。その他，ガス溶接技能講習，有機溶剤作業主任者技能講習なども組み上げ作業に関連しているものとして挙げられる（労働省

安全衛生部安全課，1995a，1995b，1999a，1999b）。

本技法の特徴のまとめ

- (1) 骨格仮組み用支持システムで仮組みされた骨格姿勢を型紙によって骨格復元に反映させる方法である。
- (2) 型紙は仮組み骨格の姿勢を写し取り支持体に写す。
- (3) 型紙材料は様々で，仮組み骨格から支持体の形を写し取る時には形を自由に変えられ，型紙として使用する時には形を維持できる材料であれば何でもよい。
- (4) 型紙は骨格内部の形を写し取り支持体に形を写すまでの工程で必要に応じて複数作られることがある。
- (5) 型紙を使うことで支持体作りが正確にそして効率的になり，失敗も少なくなる。
- (6) 型紙は立体構造も写し取れるので，四肢などの立体的な仮組み姿勢から支持体の形を写し取れる。
- (7) 立体型紙は立体的な支持体の作製を正確にそして容易にする。
- (8) 型紙は仮組み姿勢をより正確に写し取るので，技術者の技能レベルに左右されることなく，解剖学的・古生物学的に検証された仮組み姿勢を再現できる。
- (9) 型紙を写し取る位置を変えることで，内部装着型支持体（internal armature）だけでなく外部装着型支持体（external armature）も作製できる。

本技法の意義と骨格復元の目標

近縁種が現存しない古脊椎動物の骨格復元は少なくとも解剖学的・古生物学的根拠に基づくべきで，それができてようやく，展示目的など復元の趣旨に沿った姿勢を考えるべきである。故に，それらを技術的な未熟さによって変更し多様な復元がなされることは好ましくない。

これに対し，本技法は技術者の技術や能力に左右されることなく，意図した姿勢をそのまま復元することができる。行き先の不明な復元を最小限にとどめることができる。例えば，骨格仮組み用支持システムのように自在に姿勢を変えて検証できる仮組み装置がなくても，仮組み姿勢のまま型紙が作製できる仮組み装置であれば，本技法と同様の効果を得ることができるので，骨格を復元する際には是非参考にしていきたい。

解剖学的に矛盾がなく今にも動き出しそうな復元骨格の整然とした骨の並びは自然の美しさや巧みさを感じさせてくれる。その上，生息環境やタフォノミーなど様々な面から検証が行われた骨格復元であれば，単に並んで立っている骨格標本でなく，それらの内容を骨格姿勢に反映したり，解説したりすることもできる。そんな骨格復元を目指したい。

謝辞

神奈川県立生命の星・地球博物館の樽 創氏には様々な骨格標本の支持体の計測をさせていただいた。そして、神奈川県の中馬工房の中馬洪治氏には骨格組み上げを行っているアトリエを見せていただき大変参考になった。また、本解説で紹介したプロトケラトプス全身骨格を作製するための材料は株式会社林原自然科学博物館から提供された。最後に本解説は北九州市立自然史・歴史博物館の大橋智之氏に査読していただいた。以上の方々ならびに関係者に深く感謝する。

引用文献

- Barthel, K. W., 1966. Mounting a skeleton of *Smilodon californicus* Bovard. *Curator*, **9**, 119–124.
- Besson, L. C., 1963. A technique for mounting skeletons with fiberglass. *Curator*, **6**, 231–239.
- Burke, A. C., Anderson, M., Weld, A. and Gaffney, E. S., 1983. The reconstruction and casting of a large extinct turtle, *Meiolania*. *Curator*, **26**, 5–25.
- Carpenter, K., Madsen, J. H. and Lewis, A., 1994. Mounting of fossil vertebrate skeletons. In Leiggi, P. and May, P., eds., *Vertebrate Paleontological Techniques*, Vol. 1, 285–322. Cambridge University Press, New York.
- Erickson, B. R., 1966. Mounted skeleton of *Triceratops prorsus* in the Science Museum. *Scientific Publications of the Science Museum*, **1**, 1–16.
- Gilmore, C. W., 1905. The mounted skeleton of *Triceratops prorsus*. *Proceedings of the United States National Museum*, **29**, 433–435.
- Gilpin, C. W., 1959. A free-standing mount of *Gorgosaurus*. *Curator*, **2**, 162–168.
- 化石研究会, 2000. 化石の研究法. 388p., 共立出版.
- Lindsay, W., Larkin, N. and Smith, N., 1996. Displaying dinosaurs at the natural history museum, London. *Curator*, **39**, 262–279.
- Madsen, J. H., 1973. On skinning a dinosaur. *Curator*, **16**, 225–266.
- Majumdar, P. K., 1974. A free-standing mount of an Indian Rhynchosaur. *Curator*, **17**, 50–55.
- 松本幸英, 1997. 関節したプロトケラトプス骨格の観察に基づく姿勢の復元. 日本地質学会第104年学術大会講演要旨, 350.
- Matsumoto, Y., 2000. A reconstruction of the stance of *Protoceratops* based on the observation of the articulated skeletons. *Hayashibara Museum of Natural Sciences Research Bulletin*, **1**, 134.
- 松本幸英, 2006. 化石脊椎動物の骨格仮組み用支持システムの紹介. 化石, (80), 41–46.
- 松本幸英, 2008. 椎骨化石の型取り技法について. 化石, (83), 59–63.
- 松本幸英, 2009. 椎骨化石の型取り技法について (2). 化石, (85), 63–68.
- 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.
- Matsumoto, Y., Hashimoto, R. and Sonoda, T., 2000. Report of preparation works for Mongolian specimens in HMNS from March 1994 to December 1998. *Hayashibara Museum of Natural Sciences Research Bulletin*, **1**, 113–127.
- Matsumoto, Y., Hashimoto, R., Sonoda, T., Fujiyama, Y., Mifune, B., Kawahara, Y. and Saneyoshi, M., 2010. Report of the preparation works for Mongolian specimens in Hayashibara Museum of Natural Sciences: 1999–2008. *Hayashibara Museum of Natural Sciences Research Bulletin*, **3**, 167–185.
- 仲谷英夫, 1984. 穂別町クビナガリュウ (長頸類) の復元. 穂別町立博物館研究報告, (1), 37–40.
- 労働省安全衛生部安全課, 1995a. アーク溶接等作業の安全. 150p., 中央労働災害防止協会, 東京.
- 労働省安全衛生部安全課, 1995b. 新版有機溶剤作業主任者テキスト. 399p., 中央労働災害防止協会, 東京.
- 労働省安全衛生部安全課, 1999a. 改訂グラインダ安全必携. 206p., 中央労働災害防止協会, 東京.
- 労働省安全衛生部安全課, 1999b. ガス溶接・溶断作業の安全. 167p., 中央労働災害防止協会, 東京.

(2011年6月28日受付, 2011年8月24日受理)

