

目 的

高校「理科 I」における「進化」は実験や観察を実施することが困難であった。そのため生徒は受け身の学習になりがちとなる。モデル作製をさせることにより「進化」に対して積極的な興味を引き起こさせる。また、製作したモデルを利用して具体的な「進化現象」を実感させる。

概 要

ウマの進化は、四指馬から三指馬を経て一指馬になったことが判っている。それぞれの進化段階を代表する 4 種の化石馬（エオヒップス・メソヒップス・メリキップス・エクウス）の足モデルを作製する。ここで作るモデルは、同一縮尺であり、化石馬の投影図（正面および側面）をもとに図面をおこした。また、骨の融合は破線で示し、判りやすくしてある。完成したモデルを相互に比較することで、立体的な構造変化を理解できる。また、進化論の説明の材料として多面的に利用できる。

学習指導方法・教具の製作方法

1. ウマの進化（足の変化を中心に）

ウマの歴史は、新生代暁新世にいた草食獣の踝節目（コンディスラ）に始まる。この中のある種が有蹄類の根幹動物となる。いわゆる「暁の馬（アケボノウマ）」エオヒップスは始新世に出現する。エオヒップスは正式学名をヒラコテリウムというのだが、一般にはエオヒップスを使うことが多い。

・化石馬を含め、ウマの分類と出現時期をまとめると次のようになる。

ウマ科

ヒラコテリウム亜科

属：ヒラコテリウム 始新世初期

オロヒップス 始新世中期

エビヒップス 始新世後期

アンキテリウム亜科

属：メソヒップス 漸新世中期および後期

ミオヒップス " "

パラヒップス 中新世初期～後期

アーケオヒップス " "

アンキテリウム " "

ヒポヒップス

中新世初期～鮮新世初期

メガヒップス

鮮新世初期

エクウス亜科

属：メリキップス

中新世中期～後期

ヒッパリオン

鮮新世初期～後期

スティロヒッパリオン

鮮新世および更新世

ネオヒッパリオン

鮮新世初期～後期

ナンニップス

" "

カリップス

鮮新世初期

ブリオヒップス

鮮新世初期～中期

ヒッピディオン

更新世

オノヒッピディウム

"

バラヒッパリオン

"

エクウス

鮮新世後期～現代

・化石は北アメリカを中心にヨーロッパ・アジア・アフリカから発見され、系統的研究がなされている。

この中から足の構造がよく判っているものをまとめたのが図 1 である。ウマの足は単純に定向進化説で説明されるものではない。それは単に速く走るために大型化し、指の数が減少していったのではなく、小型のエオヒップス（体高 25～50 cm：種により差がある。）はそれなりに環境に適応して生活しており、十分速く走れた。エクウスは、体高がエオヒップスの 4 倍近くになっているため、体重は 64 倍になっている。エオヒップスと同じように走るためには身体の各部の大きさの比率を変え、走るための機構を変え、より強く効率の高いものにしなければならない。犬の足のように足の裏に肉趾がついていたものがショックアブソーバーのばね機構のある足へと単一の構造体として進化してきたと考えるべきである。三指馬の両側の二本指は全く働かなかったのではなく、これも柔らかい地面におけるショックアブソーバーになっていたものであると考えられている。

また、歯の変化から食性が柔らかい葉から硬い草に変化していったことが判っている。

2. ウマの足モデル

本モデルはウマの左前肢をもとにしている。図 2 に左前肢を示す。ヒトの手首より先をモデル化したものであり、計算上ではエクウスの体高を 100 cm とした場合、実物大となる。写真 1、2 が完成モデル、左からエオヒップス、メソヒップス、メリキップス、エクウスの順になっている。

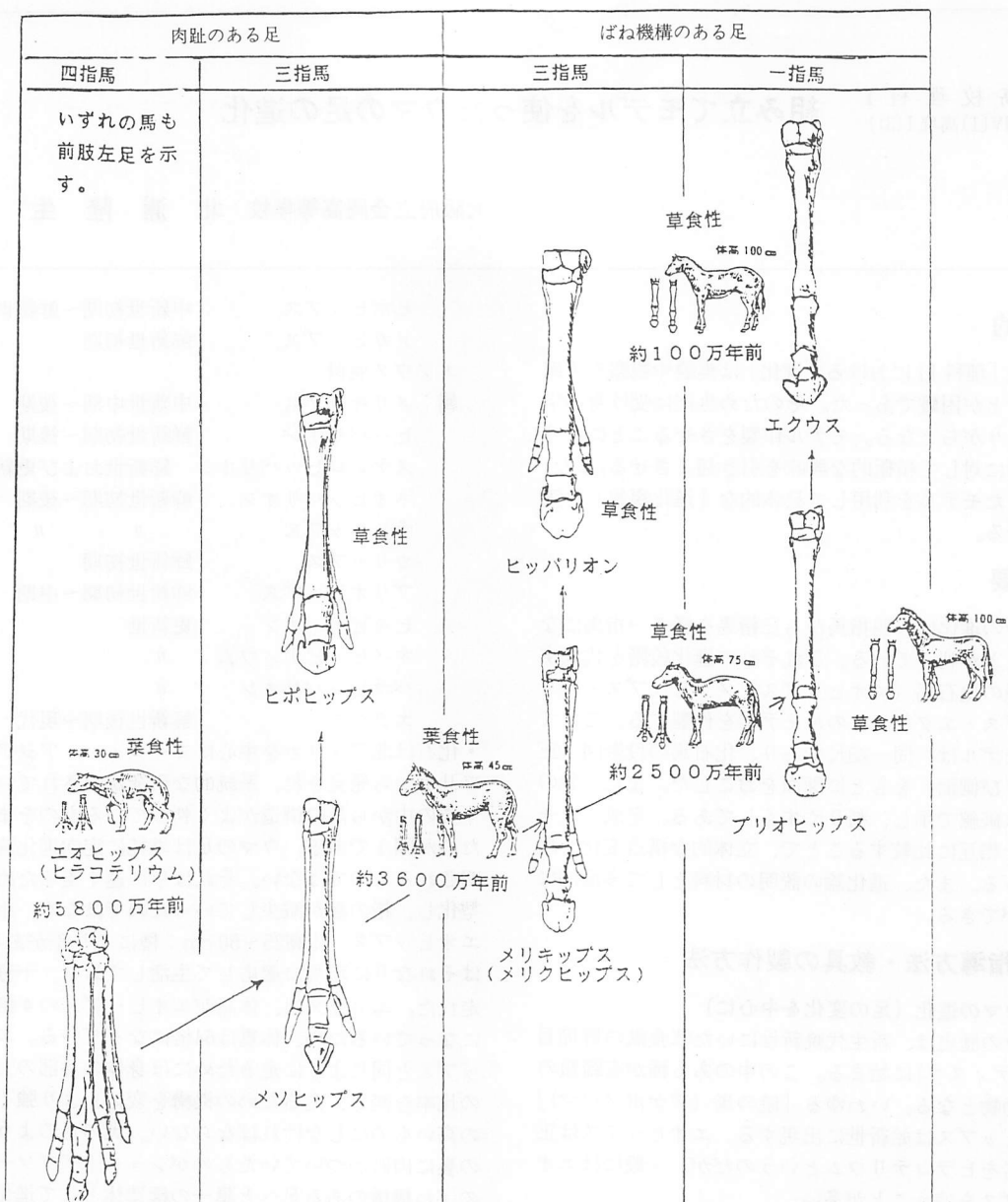


図1

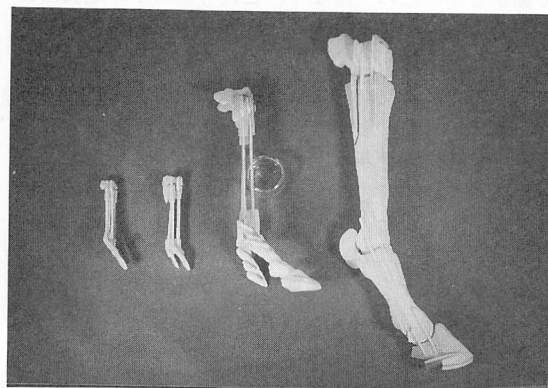


写真1 側面図

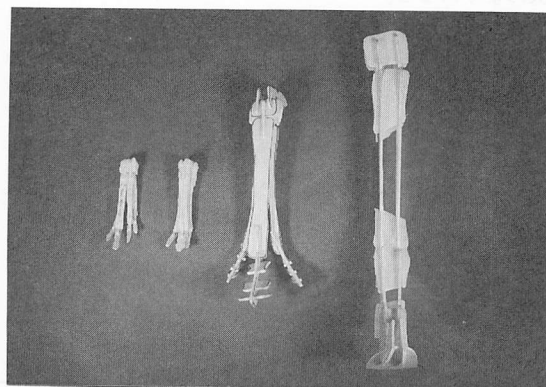


写真2 正面図

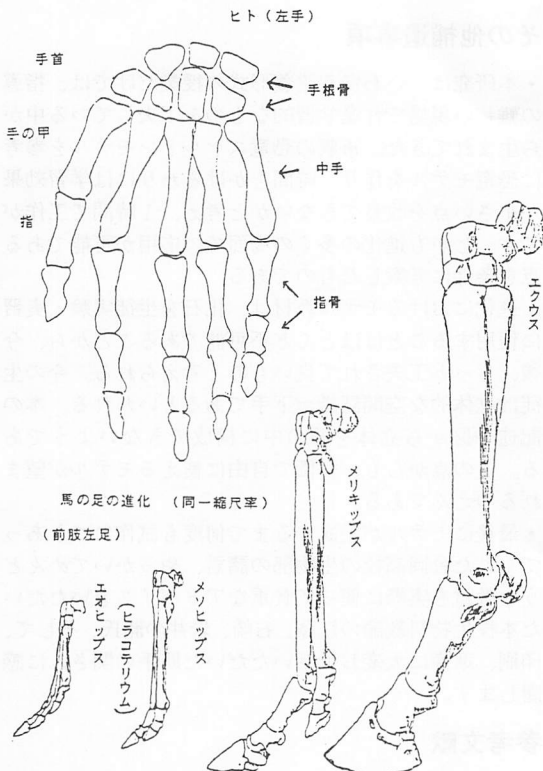


図2

3. 準備

・材料はスチレンボード（1枚約90円）を使用する。この材料は加工が簡単で、しかもモデルが壊れない程度の強度を持っている。また、ホットナイフ（電熱線を使った工具）を使うと曲線もきれいに切れる。また、謄写版、シルクスクリーンを用いれば、直接ボードに設計図（図3、4、5）をプリントできる。

・本校では謄写版を使ってスチレンボードに直接図面を印刷して利用しているが、インクの乾きがありよくない点は改良の余地がある。このため、図面上の数字が消えることがあるので、パーツに直接数字を入れていない。しかし、印刷方法の改良ができればパーツに直接数字を入れる方が便利である。印刷したボードを写真3に示す。

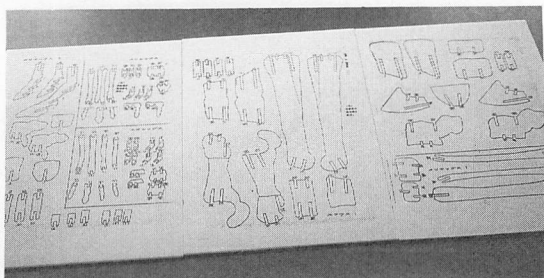


写真3

4. 製作

生徒は4人1班でパーツを印刷されたボード3枚1組をもらい、カッターナイフ、ハサミ等でパーツを切りぬき、設計図上に並べていく。部品がすべてできた段階で、発泡スチロール用または、水性の接着剤を使って同じ番号どうしを組み合わせにくっつけていく。

切りまちがえたり、部品をなくしたりした時のために余白は残させておくほうが良い。写真4、5が製作風景。約1時間で完成する。

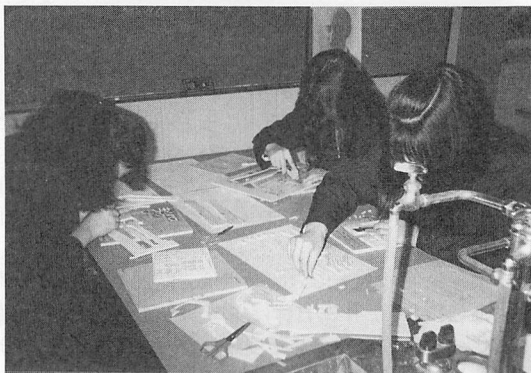


写真4



写真5

5. 授業計画

・進化について基本的な事柄を学習した後、作業学習に入る方が理解を深められるようだ。

(例) 進化の基本について 講義1～2時間

作業実習

※1時間

※1時間で完成できないグループについては宿題とする。

進化についてモデルを使ったまとめ 1時間

・また、本校では次のような課題を生徒に与えてグループ学習をしている。

〈課題〉

- (1) このウマの足のモデルは、ヒトの前肢のどの部分にあたるものか。
- (2) 最初に消失した指はヒトでいうとどの指か。
- (3) 四指馬エオヒッパースから三指馬メソヒッパースへ変わった時、融合した指はどれとどれか（融合線

に注目)。

- (4) 三指馬メリキップスから一指馬エクウスへ変わった時、二本の指はどうなったか。
- (5) ウマの足の変化はどれくらいの期間でおこったか。
- (6) 4つのモデルを比較して、この系統化石にはどのような進化の傾向が見られるか。
- (7) ウマの進化を次の進化説に基づいて説明せよ。
(ア) 用不用説 (イ) 自然選択説

このテーマをグループで討議し、レポートとして各自が提出する形にしている。

実践効果

1. 生徒はモデル製作、さらにモデルを使った学習に興味を持って取り組んでいた。ただし、一部に工作をしただけであると感じた生徒もいた。この点は展開をもう少し工夫する必要があると思われる。
2. 実際に使った上での問題点は、時間の確保がまずあげられる。作業自体は1時間ですむのだが、「進化」をあつかうのが年度末になると、十分な展開ができないことがある。また、本校では12クラス580名あまりが一度に模型を提出すると、その保管や後始末もやっかいになる。
3. モデルは十分使用にたえるものである。これを使って進化の授業が実感できる点が最も大きな効果といえる。

その他補遺事項

・本研究は、いわゆる講義形式の授業だけでは、指導の難しい現場で作業学習的なものを工夫している中から生まれてきた。市販の恐竜スケルトンモデルを参考に恐竜モデルを作り、時間をかけるわりには学習効果が小さい点を改良できないかと考え、1時間で工作ができ、しかも進化の多くの場面での応用が可能である点を条件に考案したものである。

・進化におけるモデル教材は、化石を生徒実験・実習に使用することはほとんど不可能であることから、今後、もっと工夫されて良いものと考えられる。今の生徒は立体的な空間認識が下手であるといわれる。本の記述や図から立体を頭の中に構成できないようである。この点からも、安価で自由に使えるモデルが望まれるゆえんである。

・最後にモデルが完成するまで何度も試作につきあってくれた金岡高校の生物部の諸君、やっかいでめんどろな教材を実際に使って貴重なアドバイスをいただいた本校生物科教諭の江藤、石崎、岩井の諸氏、そして、印刷、準備に大変お世話いただいた助手の関さんに感謝します。

参考文献

- 1) 馬と進化 G.G. シンプソン著、長谷川善和監修、原田俊治訳、どうぶつ社
- 2) 新版 脊椎動物の進化 E.H. コルバート著、田隅本生訳、築地書館

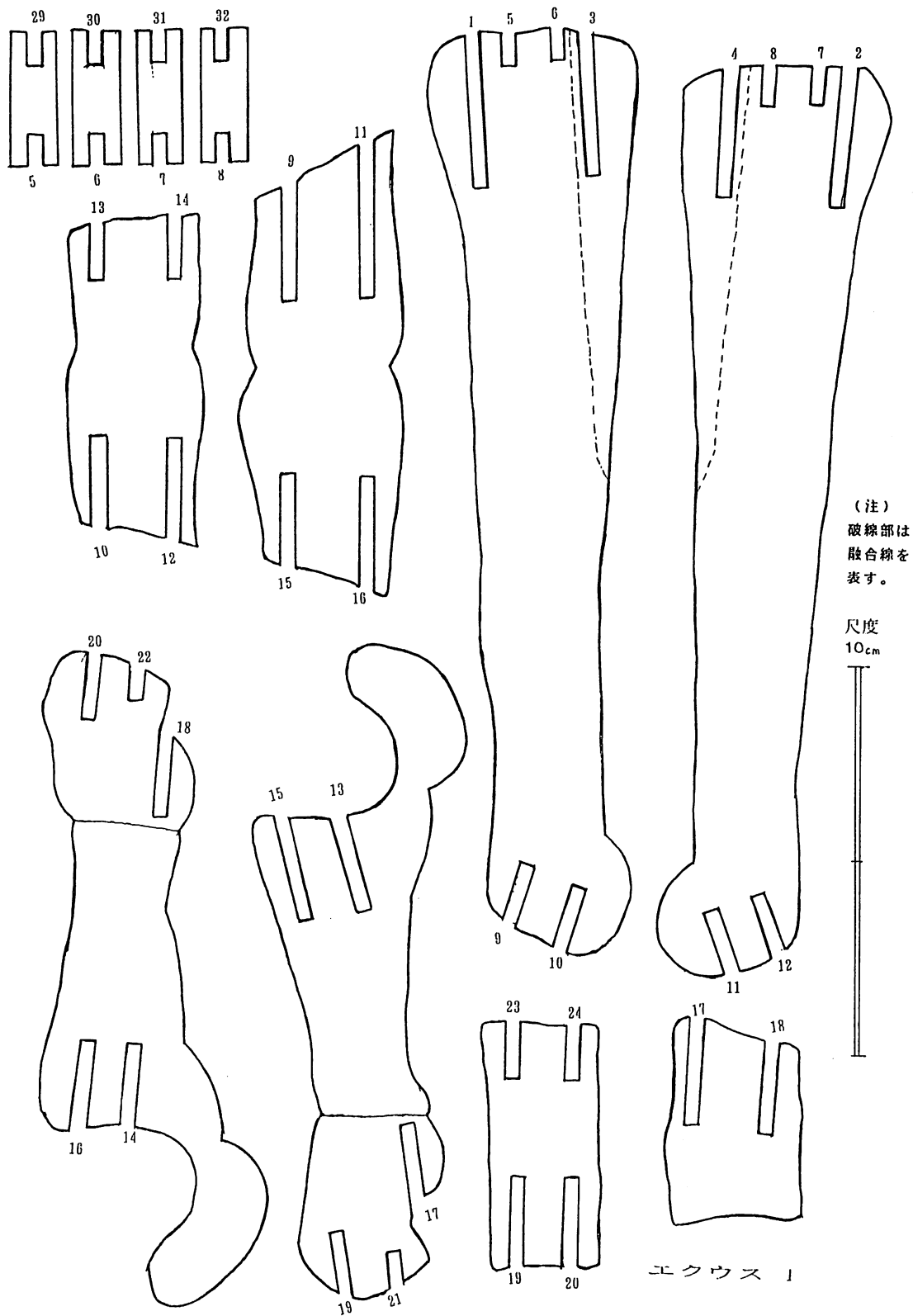


図3 (設計図1) エクス I

設計図1、2、3は尺度が10 cm になるまで拡大コピーしてご使用ください。

エクウス II

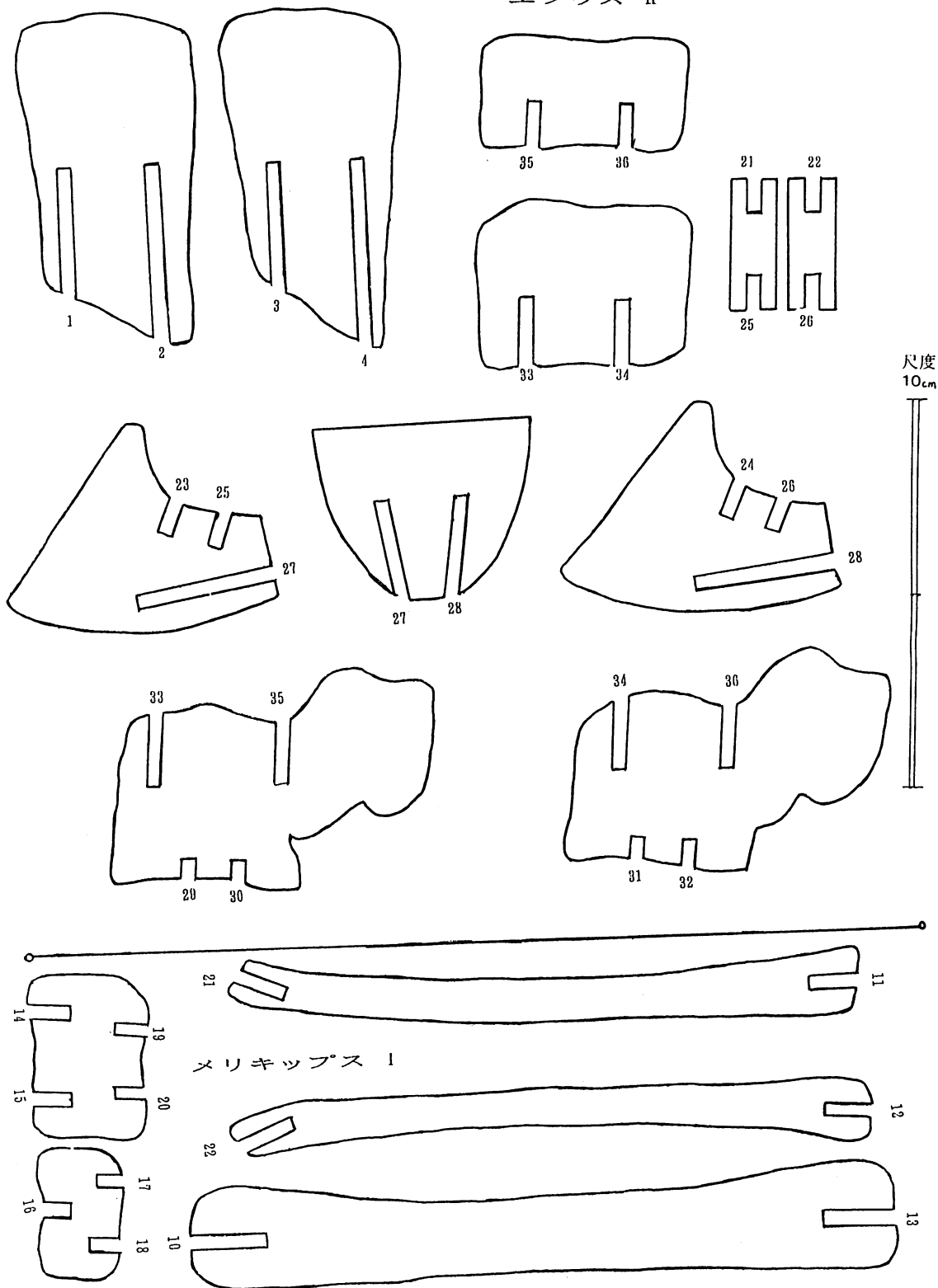
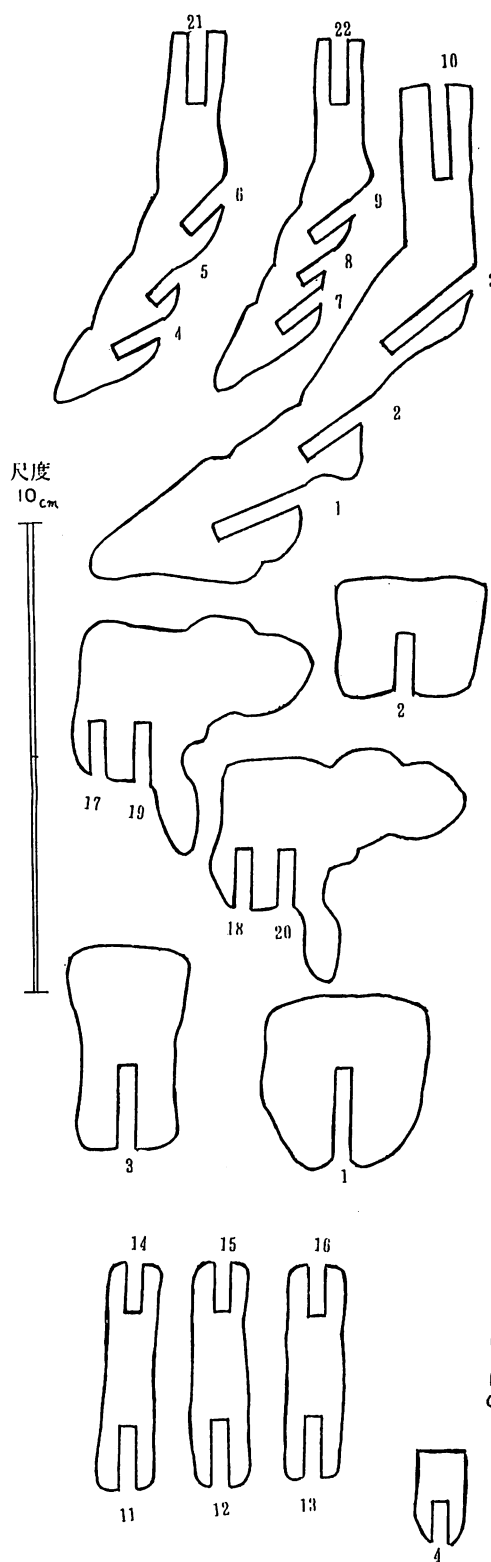
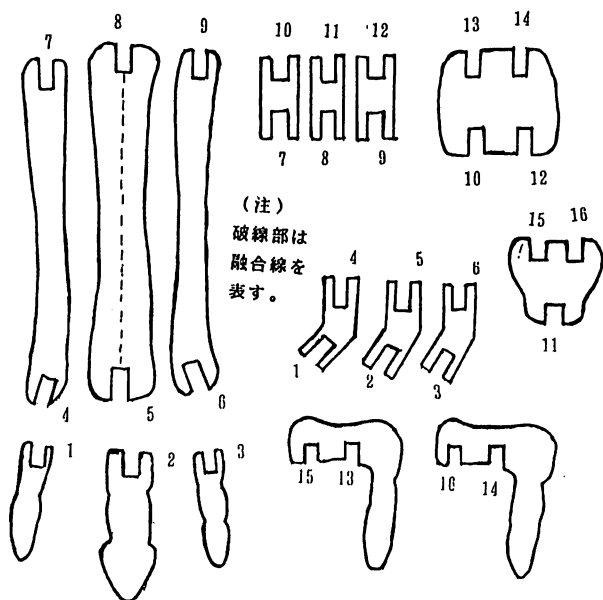


図4(設計図2) エクウスII. メリキップスI

メリキップス II



メソヒップス



エオヒップス

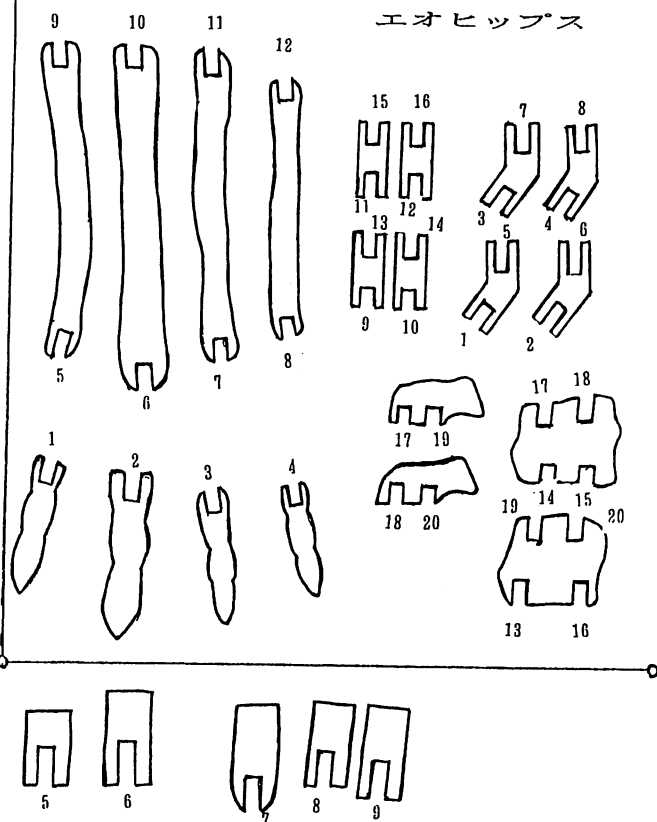


図5 (設計図3) メリキップスII, メソヒップス, エオヒップス