

短 報

三重県の下部中新統一志層群より保存の良いハクジラ類前肢化石の産出

木村敏之¹・楓 達也²

¹群馬県立自然史博物館: 〒370-2345 群馬県富岡市上黒岩1674-1

(kimura@gmnh.pref.gunma.jp)

²〒509-6251 岐阜県瑞浪市日吉町3394-3

要旨: 三重県津市に分布する一志層群大井累層よりクジラ類化石が産出した。標本は橈骨・尺骨・手根骨・中手骨・指骨・肋骨からなる。本標本は前肢を構成する各骨がほぼ生体時の相対的な位置関係を保った状態で保存されており、きわめて保存がよい。本標本は5指をもち、第三中手骨は第二・手根骨および第四・五手根骨と同程度に接している。このことからハクジラ類であると考えられる。

キーワード: ハクジラ類, 前期中新世, 一志層群, 前肢, 手根骨, 中手骨

A well preserved odontocete forelimb from the lower Miocene Ichishi Formation, Mie Prefecture, Japan

KIMURA Toshiyuki¹ and KAEDE Tatsuya²

¹Gunma Museum of Natural History: 1674-1 Kamikuroiwa, Tomioka, Gunma 370-2345, Japan

(kimura@gmnh.pref.gunma.jp)

²3394-3Hiyoshi-cho, Mizunami, Gifu 509-6251, Japan

Abstract: An isolated odontocete forelimb skeleton is described from the lower Miocene Oi Formation (Ichishi Group: planktonic foraminiferal zone N7) of Tsu, Mie Prefecture, Japan. The specimen consists of radius, ulna, carpal, metacarpal and phalangeal bones, and ribs. The carpal and metacarpal bones are nearly complete and preserved in situ. Since the specimen has five digital rays and the third metacarpal bone widely contacts proximally both the unciform bone, and second and third carpal bones, we identify the specimen as *Odontoceti*, fam. et gen. et sp. indet.

Key Words: *Odontoceti*, early Miocene, Ichishi Formation, forelimb bones, carpal bones, metacarpal bones

はじめに

三重県の津市周辺に分布する一志層群は古くから軟体動物化石をはじめとして豊富な化石の産出が知られてきた(小川, 1919; 滝本, 1935; Shibata, 1970, 1978; 糸魚川・柴田, 1973 など)。クジラ類化石についても長谷川ほか(1988)はマッコウクジラ類, ケントリオドン類, *Eurhinodelphis* sp. の産出を報告している。またこれら以外にもいくらかのクジラ類化石の産出が知られているが、いずれも記載されていない。

今回報告する標本は著者の一人、楓が2014年に三重県津市美里町穴倉の穴倉川において転石として発見した標本である。発見当時、そのごく近隣で護岸工事が行われており、その工事に由来した転石であると推定される。転石の発見された地点には一志層群大井累層三ヶ野凝灰岩シルト

岩砂岩部層が広く分布しており、その岩相は本標本がふくまれるノジュールの岩相と酷似している。これらのことから本標本は一志層群大井累層三ヶ野凝灰岩シルト岩砂岩部層より産出したと判断した。なお三ヶ野凝灰岩シルト岩砂岩部層の年代は浮遊性有孔虫化石によりBlow (1969)のN.7に対比されている(Yoshida, 1991)。

本標本は前肢を構成する各骨が生体時の相対的な位置関係を保った状態で保存されており、きわめて保存の良い標本である。本論文ではこの標本の記載および系統的な位置付けを目的とする。

標本の記載

標本: 左前肢(橈骨, 尺骨, 手根骨, 中手骨および指骨)および肋骨断片。本標本は瑞浪市化石博物館に収蔵されて

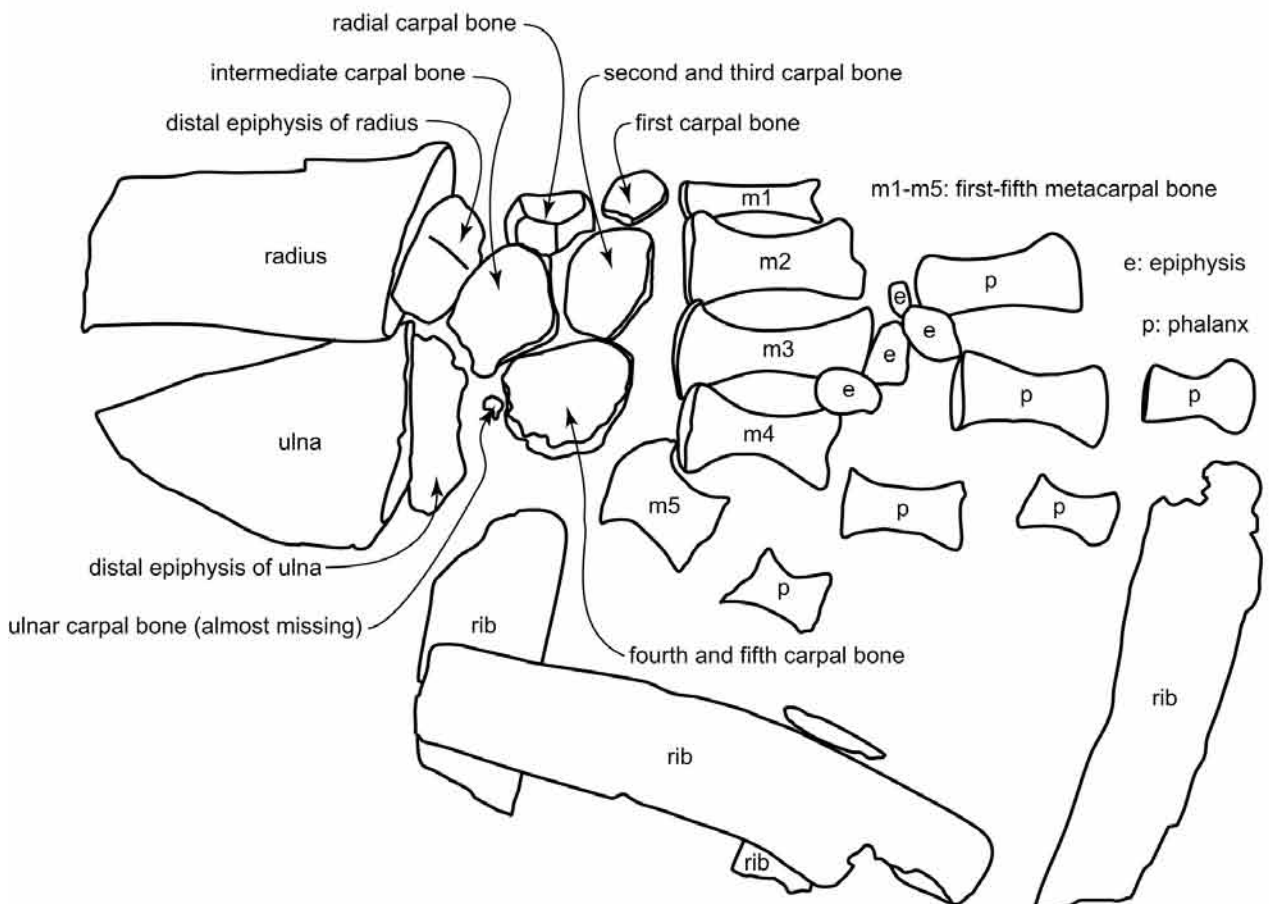
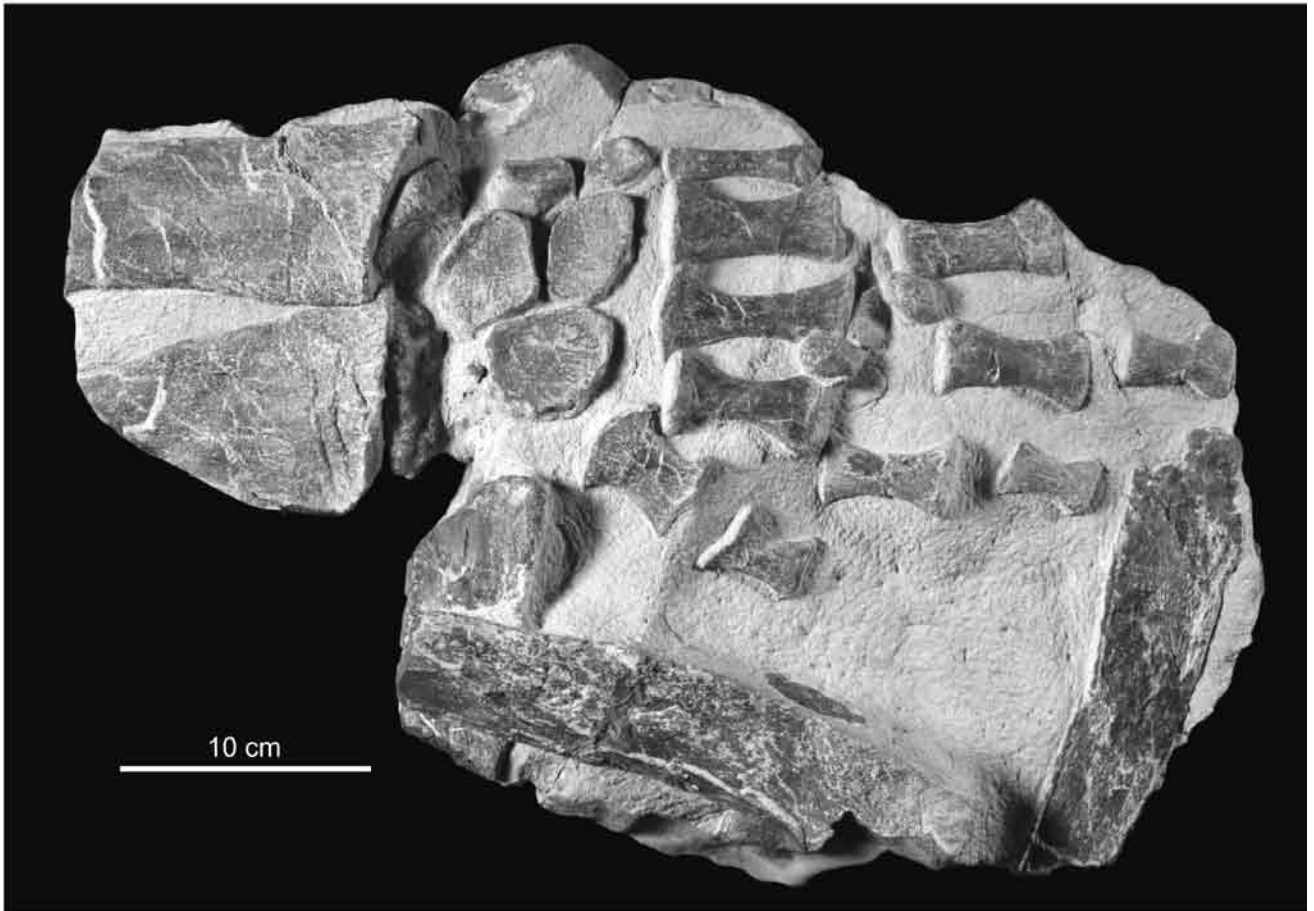


図1. 一志層群産ハクジラ類化石 (MFM53701). 左前肢の内側観 (掌側観).

いる (MFM53701)。

産出地：三重県津市美里町穴倉 (北緯 34° 44' 20.47" 東経 136° 24' 2.1")。

産出層及び年代：一志層群大井累層三ヶ野凝灰岩シルト岩砂岩部層、前期中新世 (N.7) (Yoshida, 1991; 吉田ほか, 1995)

発見者：楓達也

発見日：2014年5月3日

本標本は比較的大型のクジラ類で、左前肢の一部からなる。産状では内側面 (掌側面) が露出しており、各骨はほぼ生体時と同じ相対的な位置関係を保って保存されている (図 1)。

橈骨は遠心端付近のみが保存されている。橈骨の前縁はほぼ直線的であるが、後縁は僅かに湾曲している。橈骨の骨端は分離し、本来の位置から露出面に傾いて保存されている。そのため骨端と手根骨との関節面を観察する事ができ、橈側手根骨及び中間手根骨と関節するそれぞれの面の間には稜が発達していることが確認される。尺骨も橈骨同様に遠心部が保存されており、骨端は分離している。尺骨の後縁は破損しているため、本来の形状を確認することは出来ない。橈骨・尺骨の骨端がいずれも分離していることから、本標本は未成熟個体であると判断される (Ogden et al., 1981; Calzada and Aguilar, 1996; Calzada et al., 1997; DiGiancamillo et al., 1998; Galatius et al., 2006)。

手根骨は近位列と遠位列のおおむね2列の配列をなす。近位列は橈側手根骨、中間手根骨、尺側手根骨からなる。ただし、尺側手根骨は破損のためごく一部が保存されるに過ぎない。橈側手根骨は小さく、近心は橈骨と接し、遠心は第一手根骨と接する。また尺側では中間手根骨及び第二・三手根骨と接する。中間手根骨は近心で橈骨及び尺骨と接するが橈骨と接する面の方が大きい。遠心では第二・三手根骨と接する。尺側手根骨は前述の様に、ごく一部を除き欠損するが、保存される他の骨の位置関係に基づいて大きさは中間手根骨、第二・三手根骨、第四・五手根骨よりも小さく、尺骨・中間手根骨・第四・五手根骨と接していたと推定される。

手根骨の遠位列は第一手根骨、第二・第三手根骨、第四・五手根骨からなる。第一手根骨は小さく、遠心では第一中手骨と接する。第二・三手根骨は近心で橈側手根骨・中間手根骨と接し、遠心では第二中手骨・第三中手骨と接する。第四・五手根骨は手根骨の中では最も大きく、橈側では中間手根骨・第二・三手根骨と接する。第四・五手根骨が中間手根骨と接する面は大きく、尺側手根骨が中間手根骨と接する面よりも広いと推定される。

指列は5指で構成される。中手骨はいずれも両端の幅が広く、第一中手骨はほぼ棒状であるが、それ以外は鼓型の外形をなす。中手骨の長さは第三中手骨が最も長く、それに続いて第二中手骨、第一中手骨、第四中手骨、第五中手骨の順に短くなる。

第一中手骨は第一手根骨と、第二中手骨は第二・三手根骨と接する。第三中手骨は第二・三手根骨及び第四・五手根骨の両方とほぼ同じ程度に接する。また第四中手骨及び第五中手骨はいずれも第四・五手根骨と接する。本標本では尺側手根骨の大部分を欠損しているため、第五中手骨と尺側手根骨が接していたかどうかは不明である。

指骨は第二指に1点、第三指に2点、第四指に2点、第五指に1点が保存されている。いずれも外形は両端が幅広くなる鼓型である。また中手骨あるいは指骨の分離した骨端が4点確認される。

これら以外に肋骨が4点確認されるが、いずれも断片的である。

議論

一般にクジラ類の手根骨は各骨個別の特徴に乏しく、現生標本であっても分離した状態ではその同定はほぼ不可能と云ってよい (Cooper et al., 2007)。またこのことは中手骨や指骨についても同様である。そのため化石標本でこれらの骨の配列について情報を得ることができる標本は非常に希である。本標本では手根骨、中手骨、そして遠心側の一部を欠損するものの指骨が、生体時の相対的な位置関係を保った状態で保存されており、非常に貴重な標本であると言える。

本標本の中手骨は扁平で、第一中手骨を除き、両端が広がった鼓状の外形で比較的幅広いことからムカシクジラ類とは明らかに異なる。また本標本は5指をもち、4指からなる一部のヒゲクジラ類とは明瞭に区別される。

また本標本の手根骨はおおむね遠位・近位の二列の配列を示している。現生アカボウクジラ類の手根骨は遠位列の各手根骨と近位列の各手根骨が1対1に対応してほぼ同一軸上に直線的に配列し、遠位列と近位列が明瞭にわかれている (図 2M-N)。これに対し本標本では例えば第二・三手根骨は近心で橈側手根骨及び中間手根骨と接するなど、遠位列の手根骨と近位列の手根骨が1対1に対応して同一軸上に配列することはない (図 2O)。また本標本では例えば第四・五手根骨は橈側で中間手根骨および第二・三手根骨の両方とほぼ同じ程度に接するように、アカボウクジラ類のような明瞭な遠位列と近位列に分離した配列を示さな

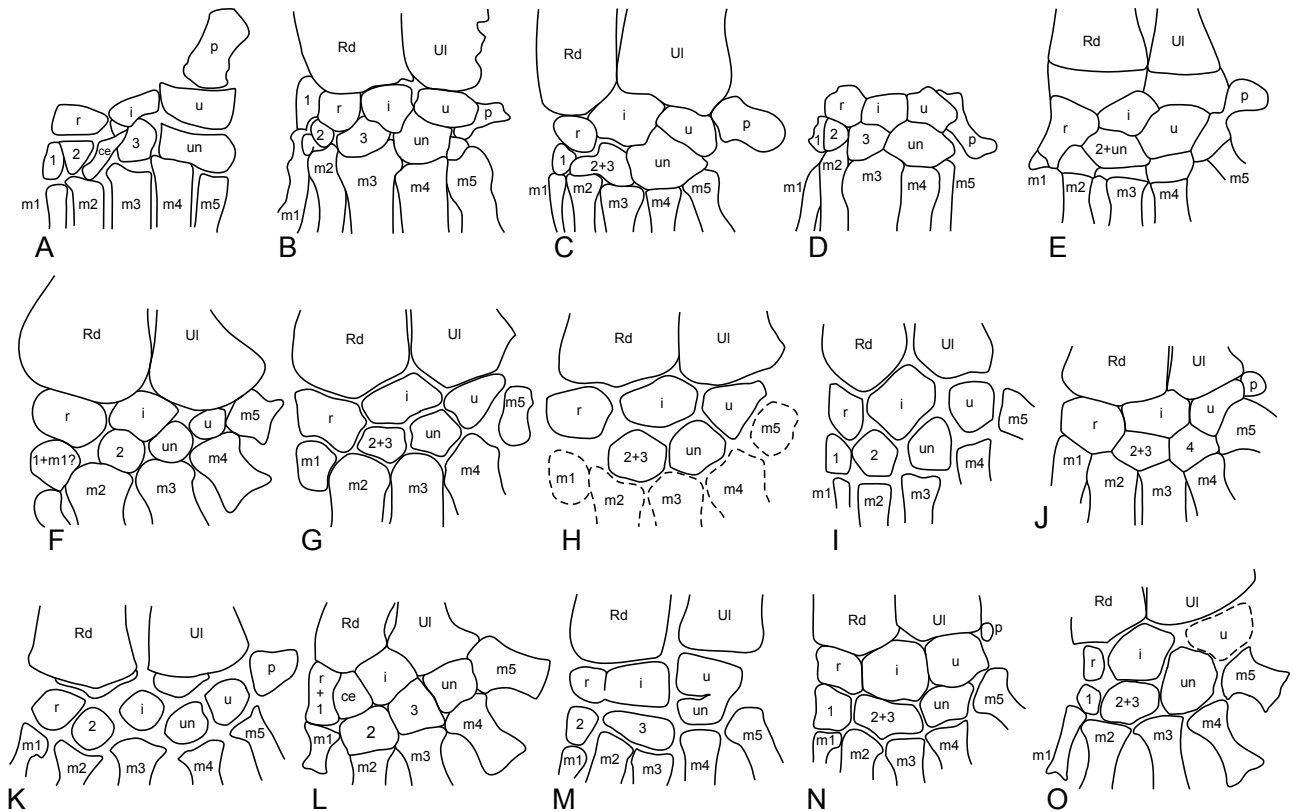


図2. クジラ類における手根骨・中手骨の配列パターンの模式図（いずれも左の外側観）。各図のスケールは任意。いずれの模式図及び各骨の同定も下記の括弧内の文献を参考に行った。

A, *Ambulocetus natans* (Thewissen et al., 1996; Cooper et al., 2007); B, *Maiacetus inuus* (Gingerich et al., 2009); C, *Dorudon atrox* (Uhen, 2004); D, *Rodhocetus balochistanensis* (Gingerich et al., 2001); E, *Balaena mysticetus* (Struthers, 1895); F, *Globicephala melas* (Flower, 1885); G, *Delphinus delphis* (Howell, 1930; Colbert, 1944); H, *Incacetes bloggii* (Colbert, 1944); I, *Kentriodon fuchsii* (Kazár et al., 2004); J, *Neophocaena phocaenoides* (Allen, 1923); K, *Physeter macrocephalus* (Flower, 1868; Cooper et al., 2007); L, *Platanista gangetica* (Turner 1910, 1912; Pilleri and Gihir, 1976a; Gihir et al., 1982); M, *Berardius bairdii* (Flower, 1872); N, *Mesoplodon* sp. (Colbert, 1944); O, 一志層群産ハクジラ類(MFM53701). 略号: ce, 中心手根骨 (central carpal bone); i, 中間手根骨 (intermediate carpal bone, lunate bone); m1-m5, 第一～第五中手骨 (first-fifth metacarpal bones); p, 副手根 (accessory carpal bone, pisiform bone); r, 橈側手根骨 (radial carpal bone, scaphoid bone); Rd, 橈骨 (radius); u, 尺側手根骨 (ulnar carpal bone, cuneiform bone); Ul, 尺骨 (ulna); un, 第四・五手根骨 (fourth and fifth carpal bones, unciform bone); 1, 第一手根骨 (first carpal bone, trapezium bone); 2, 第二手根骨 (second carpal bone, trapezoid bone); 3, 第三手根骨 (third carpal bone, magnum bone); 4, 第四手根骨 (fourth carpal bone, hamate bone); 5, 第五手根骨 (fifth carpal bone). なお「+」はそれぞれの要素の癒合を示す。破線は推定。

い。手根骨の配列が明瞭に保存されたアカボウクジラ類の化石標本についての情報が無いため十分な比較を行うことはできないが、上述のように少なくとも本標本は現生のアカボウクジラ類とは明瞭に異なる配列を持つことから区別される。なお Colbert (1944) ではアカボウクジラ類に見られるこのような手根骨の配列はクジラ類において派生的な形質であることを指摘している。

本標本では第一手根骨がみられるが、現生の大半のクジラ類では第一手根骨は第一中手骨と癒合して、単一の骨要素としては存在しない (図2; Flower, 1885; Cooper et al., 2007)。一方、アカボウクジラ類の *Mesoplodon* sp. (Colbert, 1944) や *Berardius bairdii* では単一の骨要素として保持している【ただし Flower (1872) は図版 (Pl.28-fig.10) においてこの骨を第一手根骨ではなく、第二手根骨としている一方で、本文中 (p.231) では第一手根骨の可能性を示唆しつつ、第一中手骨である可能性も指摘している】。また

Globicephala melas について Flower (1885:301-302) は遠心列の最も橈側の手根骨について第一手根骨と第一中手骨が癒合した骨の可能性を指摘しているが、その形態は一般的な第一中手骨のような細長い形態ではない。一方 Kazár et al. (2004) はケントリドン科の *Kentriodon fuchsii* でも独立した骨要素として第一手根骨を認識している (図2I)。またムカシクジラ類でも第一手根骨はみられる (図2A-D; Thewissen et al., 1996; Gingerich et al., 2001; Uhen, 2004; Cooper et al., 2007; Gingerich et al., 2009)。現生種の第一手根骨の同定あるいは第一手根骨の有無については議論の余地があるが、いずれにしてもムカシクジラ類では第一手根骨が広く見られることから、第一手根骨の保持は祖先的な形質であると判断される。このことから本標本にみられる形質は祖先的な形質であると考えられる。

次に本標本では、第三中手骨は近心で第二・三手根骨及び第四・五手根骨の両方とほぼ同じ程度に接している。

これに対しムカシクジラ類である *Dorudon atrox* (バシロサウルス科: Uhen, 2004; Cooper et al., 2007), *Ambulocetus natans* (アンプロケタス科: Thewissen et al., 1996; Cooper et al., 2007), *Maiacetus inuus* (プロトケタス科: Gingerich et al., 2009) では、第三中手骨は種によって接する手根骨に違いがあるが2つの手根骨と同程度に接することはない(例えば *D. atrox* ではわずかに第四・五手根骨と接するものの第二手根骨と接する部分がきわめて広い)。ただしムカシクジラ類では *Rodhocetus balochistanensis* (プロトケタス科) においてのみ、本標本同様に2つの手根骨と同じ程度に接している(図 2D; Gingerich et al., 2001)。また5指からなる現生ヒゲクジラ類でも第三中手骨が2つの手根骨と同程度に接することは無い(*Balaena mysticetus* および *Eubalaena glacialis*: 図 2E; Struthers, 1895; Howell, 1930; Cooper et al. 2007:fig2)。

一方、ハクジラ類に注目すると、現生マイルカ下目のハクジラ類の多くでは本標本と同様の形態が見られる(図 2F, G, J; Flower, 1867; Howell, 1930)。またこのことはマイルカ下目の化石種である *Incacetus broggii*, *Atocetus iniquus* でも同様である(図 2H; Colbert, 1944; Muizon 1988)。ただし *Kentriodon fuschsii* ではこのような配列を示さず、第三中手骨はほぼ第四・五手根骨に接し、第二手根骨とはごくわずかに接するに過ぎない(図 2I; Kazár et al., 2004)。

それ以外のハクジラ類では現生マッコウクジラ *Physeter macrocephalus* (図 2K; Flower, 1868) や祖先的なカワイルカ上科と考えられる *Prosqualodon davidis* (Flynn, 1948:plate 1-figure 6) でも本標本と同様に第三中手骨が2つの手根骨と接する形態を確認することができる。ただしカワイルカ上科の現生種であるガンジスカワイルカ *Platanista gangetica* ではこのような形態は確認されない(図 2L; Anderson, 1878; Tuner 1910, 1912; Pilleri and Gihir, 1976; Gihir et al., 1982)。

D. atrox が含まれるバシロサウルス科は新鯨類に最も近縁であることがこれまで多くの研究で示唆されている(例えば McGowen et al., 2014 など)。第三中手骨が近心でほぼ単一手根骨と接するという形質は、プロトケタス科の *R. balochistanensis* は例外として、バシロサウルス科をふくむ幅広いムカシクジラ類において観察されることから、少なくとも新鯨類において祖先的な形質であると考えられる。これに対して本標本では派生的な形質が獲得されており、この形質の獲得はハクジラ類において散見されるため本標本はハクジラ類であると考えるのが妥当である。またハクジラ類に対してヒゲクジラ類では手根骨の骨化のタイミ

ングが遅いことが知られている(Flower, 1885; Mellor et al., 2009; Cooper et al., 2007)。これに対し本標本は未成熟個体であると考えられるが、各手根骨の骨化は発達しており軟骨組織に埋もれた状態ではない。したがってこのことも本標本がハクジラ類であることの傍証となる。

ただし上述の議論で根拠の一つとした第三中手骨が2つの手根骨と同程度に接するという形質がプロトケタス科の *R. balochistanensis* でも観察されることは、少なくともクジラ類の複数の系統において独立に同様の形態が獲得されたことを示唆している。また前述の様に一般にクジラ類の手根骨・中手骨・指骨は個別の骨の特徴に乏しく、各骨の配列について情報を得ることのできる化石標本は非常に希である。このことからクジラ類では手根骨の多様な配列や手根骨・中手骨・指骨において各骨の形態に多様性がみられるものの、クジラ類においてこれらの形質分布を十分に議論できるほどの情報は蓄積されていない。また化石だけではなく現生種も含め例えば同一種内での個体変異等についての情報なども不明な点が多く残されている。したがってこれ以上の本標本の詳細な系統的な位置付けは困難である。そこでここでは本標本の系統的な位置付けについてハクジラ垂目とするにとどめる。今後の保存良好な化石標本に基づいた情報の蓄積によって本標本の系統的な位置付けも明らかとなるであろう。

謝辞

本研究を進めるにあたり瑞浪市化石博物館の柄澤宏明博士、安藤祐介博士にはご便宜を図っていただいた。Museum Victoria の Erich M. G. Fitzgerald 博士には英文要旨の校閲を行っていただくとともに標本についての有益なコメントを頂いた。早稲田大学の村上瑞季博士には査読者として有益なご意見をいただいた。記して御礼申し上げます。

引用文献

- Allen, G. M. (1923): The black finless porpoise, *Meomeris*. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College*, 65:233-256.
- Anderson, J. (1878): Anatomical and zoological researches; Comprising an account of the zoological results of the two expeditions to western Yunnan in 1868 and 1875 and a monograph of the two genera, *Platanista* and *Orcella*. 2 Vols. Bernard Quaritch, London, 985pp.
- Blow, W. H. (1969): Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. *Proceedings of the First International Conference on Planktonic Microfossils*, 1:199-422.
- Calzada, N., and Aguilar, A. (1996): Flipper development in the Mediterranean striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*). *The Anatomical Record*, 245:708-714.
- Calzada, N., Aguilar, A., Grau, E., and Lockyer, C. (1997): Patterns of growth and physical maturity in the western Mediterranean striped dolphin, *Stenella coeruleoalba* (Cetacea: Odontoceti). *Canadian Journal of Zoology*, 75:632-637.

- Colbert, E. H. (1944): A new fossil whale from the Miocene of Peru. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 83:195-216.
- Cooper, L. N., Berta, A., Dawson, S. D., and Reidenberg, J. S. (2007): Evolution of hyperphalangy and digit reduction in the cetacean manus. *The Anatomical Record*, 290:654-672.
- DiGiancamillo, M., Rattegni, G., Podestà, M., Cagnolaro, L., Cozzi, B., and Leonardi, L. (1998): Postnatal ossification of the thoracic limb in striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) (Meyen, 1833) from the Mediterranean Sea. *Canadian Journal of Zoology*, 7:1286-1293.
- Flower, W. H. (1867): Description of the skeleton of *Inia geoffrensis* and of the skull of *Pontoporia blainvillei*, with remarks on the systematic position of these animals in the order Cetacea. *Transactions of the Zoological Society of London*, 6:87-116.
- Flower, W. H. (1868): On the osteology of the cachalot or sperm whale (*Physeter macrocephalus*). *Transactions of the Zoological Society of London*, 6:309-372.
- Flower, W. H. (1872): On the recent ziphioid whales, with a description of the skeleton of *Berardius arnouxii*. *Transactions of the Zoological Society of London*, 8:203-234.
- Flower, W. H. (1885): An introduction to the osteology of the Mammalia 3rd edition. Macmillan and Co., London, 382 pp.
- Flynn, T. (1948): Description of *Prosqualodon davidi* Flynn, a fossil cetacean from Tasmania. *Transactions of the Zoological Society of London*, 26:153-196.
- Galatius, A., Andersen, M.-B. E. R., Haugan, B., Langhoff, H. E., and Jespersen, Å. (2006): Timing of epiphyseal development in the flipper skeleton of the harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) as an indicator of paedomorphosis. *Acta Zoologica*, 87:77-82.
- Gahr, M., Kraus, C., and Pilleri, G. (1982): The manus of *Pseudorca crassidens* (Owen): a study of variability. *Investigations on Cetacea*, 13:101-124.
- Gingerich, P. D., Haq, M. u., Zalmout, L. S., Khan, I. H., and Malkani, M. S. (2001): Origin of whales from early Artiodactyls: Hands and feet of Eocene Protocetidae from Pakistan. *Science*, 293:2239-2242.
- Gingerich, P. D., ul-Haq, M., Koenigswald, W. v., Sanders, W. J., Smith, B. H., and Zalmout, I. S. (2009): New protocetid whale from the Middle Eocene of Pakistan: Birth on land, precocial development, and sexual dimorphism. *PlosOne*, 4(2):e4366.
- 長谷川善和・岡崎美彦・久家直之・甲能直樹 (1988): 哺乳動物化石による富草・瑞浪・一志層群の対比について. 日本産海生哺乳類化石の研究 文部省科学研究補助金 (昭和 62 年度) 総合研究報告書, :15-17.
- Howell, B. A. (1930): Aquatic mammals; their adaptations to life the water. Charles C Thomas, Baltimore, Maryland, 338 pp.
- 糸魚川淳二・柴田 博 (1973): 古環境の変遷と対比—瀬戸内区中新統の場合—. 地質学論集, (8):125-133.
- Kazár, E., Vremir, M., and Codrea, V. (2004): Dolphin remains (Cetacea: Odontoceti) from the middle Miocene of Cluj-Napoca, Romania. *Acta Palaeontologica Romaniaae*, 4:179-189.
- McGowen, M. R., Gatesy, J., and Wildman, D. E. (2014): Molecular evolution tracks macroevolutionary transitions in Cetacea. *Trends in Ecology & Evolution*, 29:336-346.
- Mellor, L., Cooper, L. N., Torre, J., and Brownell, R. L. (2009): Paedomorphic Ossification in Porpoises with an Emphasis on the Vaquita (*Phocoena sinus*). *Aquatic Mammals*, 35:193-202.
- Muizon, C. d. (1988): Les vertébrés fossiles de la Formation Pisco (Pérou). Troisième partie: Les Odontocètes (Cetacea, Mammalia) du Miocène. *Éditions Recherche sur les Civilisations*, (78)1-244.
- 小川琢治 (1919): 伊勢の第三紀層に就いて. 島津標本時報, (6):1-6.
- Ogden, J. A., Conlogue, G. J., and Rhodin, A. G. J. (1981): Roentgenographic indicators of skeletal maturity in marine mammals (Cetacea). *Skeletal Radiology*, 7:119-123.
- Pilleri, G., and Gahr, M. (1976): The function and osteology of the manus of *Platanista gangetica* and *Platanista indi*. *Investigations on Cetacea*, 7:109-118.
- Shibata, H. (1970): Molluscan faunas of the First Setouchi Series, Southwest Japan, Part 1. Fauna of the Ichishi Group. *Journal of Earth Science, Nagoya University*, 18:27-84.
- Shibata, H. (1978): Molluscan paleoecology of the Miocene First Setouchi Series in the eastern part of the Setouchi Geologic Province, Japan. *Bulletin of Mizunami Fossil Museum*, (5):23-110.
- Struthers, J. (1895): Carpus of the Greenland Right-Whale (*Balaena mysticetus*) and of Fin-Whales. *Journal of Anatomy and Physiology*, 29:145-187.
- 滝本 清 (1935): 三重県一志郡地方の新生界. 地球, 23:6-18.
- Thewissen, J. G., Madar, S., and Hussain, S. T. (1996): *Ambulocetus natans*, an Eocene cetacean (Mammalia) from Pakistan. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 191:1-86.
- Turner, W. (1910): The Morphology of the Manus in *Platanista gangetica*, the Dolphin of the Ganges. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*, 30:508-514.
- Turner, W. M. (1912): The marine mammals of the anatomical museum of the University of Edinburgh. Macmillan and Co., London, 207 pp.
- Uhen, M. D. (2004): Form, function and anatomy of *Dorudon atrox* (Mammalia, Cetacea): An archaeocete from the Middle to Late Eocene of Egypt. *University of Michigan Papers on Paleontology*, (34):1-222.
- Yoshida, F. (1991): Planktonic Foraminifera from the Ichishi, Fujiwara, and Morozaki Groups in the Eastern Setouchi Geologic Province, Central Japan. *Bulletin of Mizunami Fossil Museum*, 18:19-31.
- 吉田史郎・高橋裕平・西岡芳晴 (1995): 津西部の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 136p.