

歌登から新たに発見された上腕骨と 3D モデルを使った *Desmostylus* の体サイズ推定

新村龍也¹, 澤村寛¹, 安藤達郎¹, 高畠孝宗²

1. 足寄動物化石博物館 (staff@ashoromuseum.com),
2. オホーツクミュージアムえさし

Abstract In 2019, a *Desmostylus* humerus (Omagari 14 specimen, OME19-0216) was found in the Middle Miocene Tachikaraushinai Formation at Omagari, Esashi-cho, Hokkaido. This is the third specimen of *Desmostylus* humeri discovered in Esashi-cho. Of the three humeri, the smallest is part of a whole-body skeleton (GSJ F07745), which is known to be in the p4-m1 stages. The largest (OME-U-0170) is assumed to be in the m3 stage. The newly found humerus is intermediate in size between these two. In this study, we used a 3D model to estimate the total body volume and the body mass from these three humeri, as well as describing the newly found humerus. As the result, the weight of the largest specimen was estimated at 3 tons, and this humerus was estimated at 1.2 tons, suggesting a m2 stage as in the Keton specimen.

キーワード：デスモスチルス, 右上腕骨, 体サイズ

はじめに

北海道枝幸郡枝幸町歌登に分布する中新統タチカラウシナイ層からは部分的な骨格化石を含めた *Desmostylus* の標本が多数知られている (犬塚ほか 2012, 鶴野ほか 2016, 犬塚ほか 2016)。そのほとんどが断片的であるが、全身骨格 (歌登第 1 標本、標本番号 GSJ F07743) や頭部骨格 (歌登第 3 標本、標本番号 GSJ F07745) など、保存状態が良い重要な標本も含まれている。これらの標本は枝幸町内の産地によって、歌登標本、上徳志別標本、大曲標本と呼ばれている (犬塚ほか 2012)。この 3 地域は同層準であると推定されており、その年代は $13.8 \pm 0.9\text{Ma}$ - $13.7 \pm 0.7\text{Ma}$

とされる (柴田ほか 1981, 犬塚ほか 2012)。2019 年に新たに上腕骨 (大曲第 14 標本、標本番号 OME19-0216、以下、本標本) が発見され、大曲の追加標本となり、オホーツクミュージアムえさしに収蔵されている。

タチカラウシナイ層から産出している *Desmostylus* 化石のうち、全身骨格 (歌登第 1 標本) と頭部骨格 (歌登第 3 標本) は下顎第 4 小臼歯と下顎第 1 大臼歯を使用中の個体であり (犬塚 1988, 犬塚 2009, Uno & Kimura 2004)、大型の *Desmostylus* の上腕骨 (歌登第 8 標本、標本番号 OME-U-0170) は第 3 大臼歯を使用中の個体のものとされる (犬塚 2016)。東柱目の大



Figure 1 The right humerus (Omagari14specimen, OME19-0216) from Utanobori district, Japan. A:cranial view, B:caudal view, C:medial view, D:lateral view, E:proximal view, F:distal view

臼歯は水平交換であるため (Matsumoto 1918)、使用している臼歯の種類による成長段階の推定が行われてきた (たとえば甲能 2000, Santos et al . 2016)。本標本は下顎第 4 小白歯と下顎第 1 大臼歯を使用中の全身骨格 (歌登第 1 標本) の上腕骨と第 3 大臼歯を使用中とされる歌登第 8 標本) の上腕骨のちょうど中間の大きさである。

Desmostylus の体サイズについては、全身骨格が発見されている歌登第 1 標本と気屯標本、そして大型の上腕骨である歌登第 8 標本で推定されており、それぞれ 290kg、1283kg、3521kg とされている (Inuzuka1996, 犬塚ほか 2016)。そこで本研究では、①新たに発見された上腕骨を記載し、②この上腕骨がどの程度の体サイズの個体に由来するか推定し、さらに③各成長段階の *Desmostylus* の生体を 3D モデルで復元して、その体積に基づいた体重の推定を行った。

本文中の標本番号に用いられている機関の略称は以下のとおりである。GSJ F (産業技術総合研究所地質調査総合センター Geological Survey of Japan, Fossil)、OME (オホーツクミュージアム

えさし Okhotsk Museum Esashi)、UHR (北海道大学総合博物館 University of Hokkaido Museum Registration)、NSM (国立科学博物館 Natural History Museum)。

なお、化石のフォトグラメトリーによる 3D モデルの構築は Metashape pro (Agisoft 社) を用い、3D モデルの編集や体積の計算は ZBrush (Maxon Computer 社) を用いた。

記載

右上腕骨標本 (大曲第 14 標本, 標本番号 OME19-0216) Figure 1

本標本は近位部の骨頭部分を欠いているが、骨幹と遠位端はその関節面を含めて保存され、表面には多くのひび割れが存在しているが、主要な特徴は観察可能である。本標本は上腕骨稜が鈎突窩まで伸びていること、骨幹がまっすぐであることから東柱目である (犬塚 2016, Matsui 2017)。また、本標本が産出した地域 (枝幸町歌登) の中新統からは、臼歯やそれを伴う骨格化石が 7 標本記載・報告されており (犬塚 1988-1

個体, 秋山・熊野 1973-1 個体, 木村ほか 1978-2 個体, 木村 1980-1 個体, Uno & Kimura 2004-1 個体, 鶴野ほか 2016-1 個体)、そのすべてが *Desmostylus* 属であることから本標本を *Desmostylus* 属に同定した。

本標本は近位の 1/3 を欠き、内外方向にやや扁平に変形しているものの、遠位はその形をほぼとどめている。近位から見ると、断面の長軸は遠位の滑車軸に対して 25°時計回りにねじれている。歌登第 8 標本に見られる浅い V 字の結節間溝やよく発達する小結節の稜とされるものは観察できない。遠位から見た上腕骨顆は横長の滑車状で、中央が前後に強くくぼむ。滑車の後内側に内側上顆が突出するが、滑車の回転軸よりも遠位後方に位置し、基部を残して破損している。外側上顆は破損しており観察できない。三角筋粗面は骨軸に対して 10°外側上方から内側下方に斜交する。この三角筋粗面から遠位に続く稜として上腕骨稜が存在し鈎突窩まで伸びる。上腕筋溝は骨体近位外側面から遠位の前面にかけてらせん状にねじれる滑らかな面となっている。

上腕骨顆は、外側から見ると骨体長軸に対して 55°で前方に突出する。遠位から見ると滑車部中央に向かって径が減少する。滑車部の内側端は径 79mm、外側端は 57mm、中央部は 38mm である。

肘頭窩は縦長で亜三角形の陥凹であり、内側面は平坦である。外側面が深く陥凹しているが、周囲の骨表面の状態から堆積後の変形である可能性もある。鈎突窩は長径 72mm、上内側から下外側に長い楕円形で、骨軸に対して 50°で傾斜する。鈎突窩は肘頭窩よりも広くて浅い。滑車上孔は鈎突窩の外側より、肘頭窩の中央に貫通するが、周辺にクラックが多く、破損による可能性もある。

計測部位は犬塚 (2009) の第 21 図に基づいて、Table 1 に示した。

年齢および体サイズ推定

体骨格の個々の骨だけからその化石動物の年齢や体サイズを推定するのは困難であり、推定するためには多数の頭蓋骨を伴う全身骨格が必要である。しかし *Desmostylus* の頭蓋骨を伴う全身骨格

Table 1 Measurements of humerus of the Omagari 14 specimen. The measuring points are referred to Fig. 21 in Inuzuka (2009). +: less than true value.

	(mm)
	Omagari 14 specimen
	OME19-0216
Maximum length of the humerus	-
Cranio-caudal diameter of proximal end	-
Width of proximal end	-
Cranio-caudal diameter of head	-
Width of humeral head	-
Height of greater tubercle	-
Minimum width of shaft	45
Cranio-caudal diameter of shaft in the middle	89
Maximum width of distal end	113
Width of trochlea at distal end	97
Width of olecranon fossa	52
Maximum height of trochlea	64
Cranio-caudal diameter of medial condyle	89
Cranio-caudal diameter of lateral condyle	79
Width of supratrochlear foramen	-
Height of supratrochlear foramen	-

は下顎第 4 小白歯と下顎第 1 大白歯を使用中の歌登第 1 標本 (GSJ F07743) と少なくとも下顎第 2 大白歯 (第 2 大白歯より近心が欠損しているため存在していたのか判断できない) を使用中の気屯標本 (UHR18466) しかない。第 3 大白歯を使用中の個体に関しては頭蓋骨を伴う全身骨格は発見されていないが、第 2 大白歯と第 3 大白歯を使用中の保存状態の良い下顎骨 (三十線標本、標本番号 UHR32380) が報告されている (Chiba et al. 2015)。なお、三十線標本については、cf. *Vanderhoofius* とされているが、*Vanderhoofius* 属は *Desmostylus* 属の新参同物異名の可能性が多く、論文によって指摘されていることから (例えば Inuzuka 1994, 甲能 2000, Santos et al. 2016)、

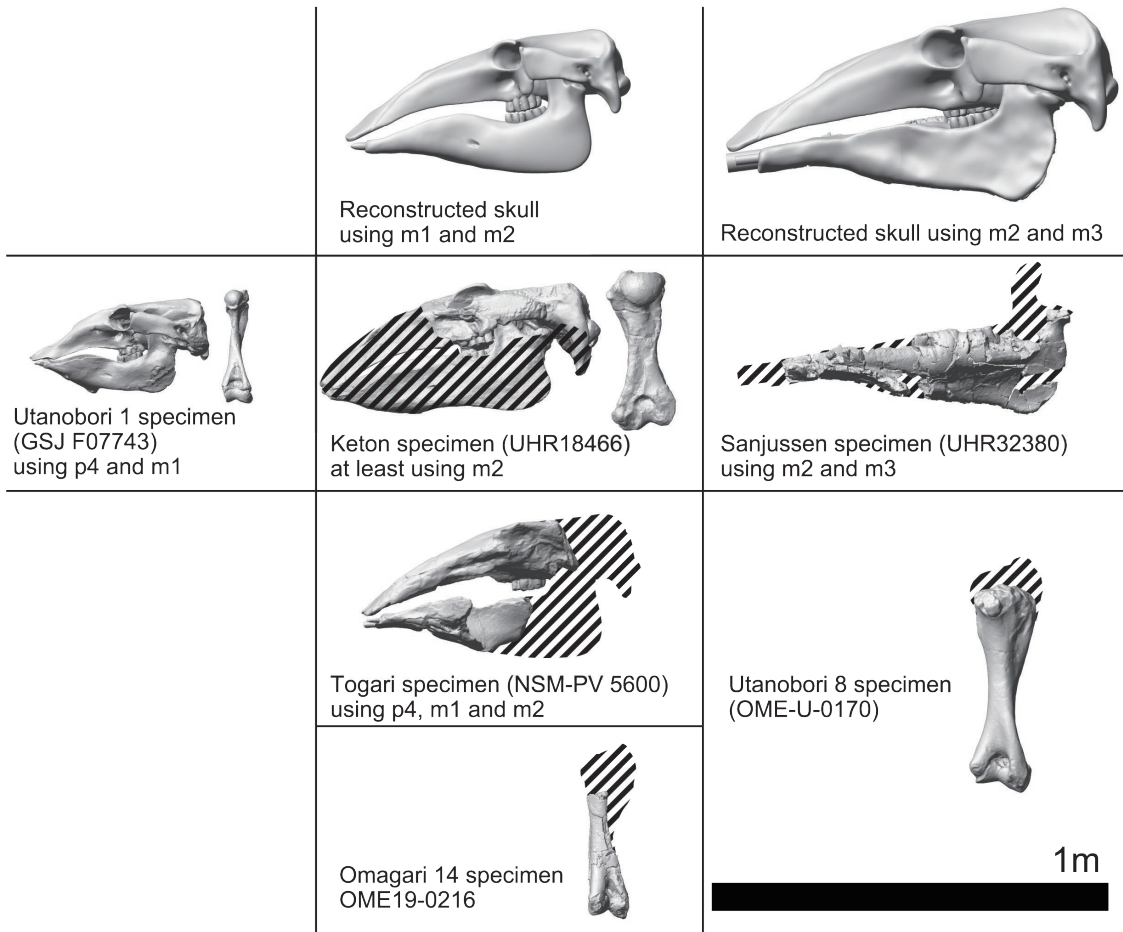


Figure 2 Size comparison of skulls, mandibles, and humeri.

本研究では *Desmostylus* 属として扱った。

本研究では、歌登第 1 標本（下顎第 4 小白歯と下顎第 1 大白歯を使用中）、気屯標本（少なくとも下顎第 2 大白歯を使用中）、三十線標本（下顎第 2 大白歯と下顎第 3 大白歯を使用中）からそれぞれの成長段階の基底頭蓋長（犬塚 1988）を復元し、本標本や歌登第 8 標本がどの大白歯を使用している段階の個体のものであるかを推定した。さらにそれぞれの大白歯から判明する成長段階の個体の体サイズを 3D モデルにした後に体積を計算した。

まず、下顎第 4 小白歯と下顎第 1 大白歯を使用中の歌登第 1 標本の、保存の良い右上腕骨の長さは 287mm、基底頭蓋長は 427mmあることから、基底頭蓋長と上腕骨長の比は 1.49 である。下顎

第 2 大白歯を使用中の気屯標本は、吻部が破損しており、正確な基底頭蓋長は分からない。そこで同じ *Desmostylus* 属で、下顎第 4 小白歯と下顎第 1 大白歯、第 2 大白歯を使用中の戸狩標本 (NSM-PV 5600) を用いて欠損部位を復元し基底頭蓋長を推定すると 708mmとなる。気屯標本は、保存の良い左上腕骨の長さは 408mmであることから、基底頭蓋長と上腕骨長の比は 1.74 である。下顎第 3 大白歯を使用中の標本については、下顎骨のみからなる三十線標本を使用し、気屯標本と戸狩標本を基に復元した頭蓋骨から基底頭蓋長 972mmと推定した。

本標本 (OME19-0216) は近位端が破損しているが、歌登第 1 標本や気屯標本を参考に復元すると、上腕骨長は 437mmとなり気屯標本とほぼ

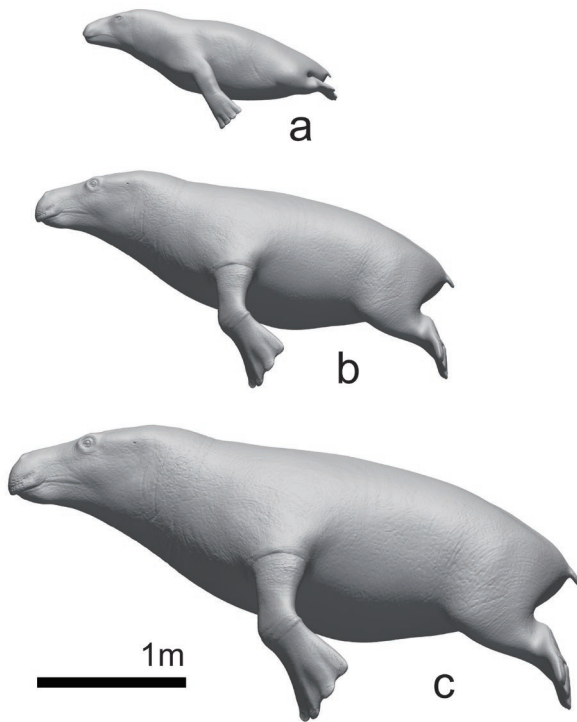


Figure 3 Reconstructed body size of each ontogenetic stages.

A: Utanobori I specimen (GSJ F07743) using p4 and m1, **B:** Keton specimen (UHR18466) at least using m2, **C:** Sanjussen specimen (UHR32380) using m2 and m3.

同程度の体サイズであったと思われる。歌登第8標本(OME-U-0170)は上腕骨頭が癒合していないため近位部を欠くが、歌登第1標本や気屯標本の上腕骨に基づいて長さを推定すると580mmとなる。歌登第1標本は若い個体であるため、成獣の比(1.74)を用いて歌登第8標本から基底頭蓋長を推定すると1009mmとなる。この値は、三十線標本をベースに復元した基底頭蓋長(972mm)の長さに近く、ほぼ同程度の体サイズであったと思われる(Figure 2)。三十線標本は下顎第2大白歯と下顎第3大白歯を使用中の個体であり、歌登第8標本は第3大白歯を使用している個体の上腕骨(犬塚ほか2016)として矛盾しない。しかし上腕骨骨頭が癒合しておらず、まだ成長の余地がうかがえる。Santos et al. (2016)は、

白歯がすべて抜けた後も長く生存していた大型の*Desmostylus*の下顎骨を報告している。このことから*Desmostylus*属の最大サイズは今回推定した以上の大きさになることが予想される。

本研究では、新村・松井(2019)で制作した*Desmostylus*の生体の復元3Dモデルを基に歌登第1標本と気屯標本の体積を求め、さらに生体の比重を1000kg/m³として体重を計算した。その結果、歌登第1標本は0.222m³(222kg)、本標本とほぼ同程度の体サイズの気屯標本は1.198m³(1198kg)という値を得た。三十線標本の推定される基底頭蓋長は気屯標本の1.37倍であり、気屯標本の推定体重とこの比から、三十線標本は3.080m³(3080kg)となる。生体復元の体積は復元された脂肪や筋肉の量で大きく変化するが、本研究の歌登第1標本と気屯標本の推定体重は、Inuzuka(1996)や犬塚(2016)による歌登第1標本290kg、気屯標本1283kg、歌登第8標本3521kgに近い値となった(Figure 3)。*Desmostylus*属には雌雄での体サイズ差はなかったと仮定すれば、歌登地域から大きさの異なる上腕骨が発見されていることから、幼獣から老獣にかけての*Desmostylus*属の個体が存在していた可能性が示唆される。

文献

- 秋山雅彦・熊野純男, 1973, 「北海道歌登町上徳志別産デスモスチルス」『地質学雑誌』79: 871-786.
- 犬塚則久, 1988, 「北海道歌登町産*Desmostylus*の骨格Ⅰ. 頭蓋」『地調月報』39: 139-190.
- 犬塚則久, 2009, 「北海道歌登産*Desmostylus*の骨格Ⅱ. 体骨」『地質調査研究報告』60: 257-379.
- 犬塚則久・兼子尚知・高島孝宗, 2016 「北海道歌登産*Desmostylus*の骨格Ⅲ. 歌登第8標本の再記載と第1標本頭蓋形態の再考」『地質調査研究報告』67: 167-181.
- 鶴野光・兼子尚知・高島孝宗, 2016, 「北海道枝幸町歌登産*Desmostylus*の記載: 歌登第2～第7標本の記載」『地質調査研究報告』67: 137-

- 165.
- 木村方一・秋山雅彦・熊野純男, 1978, 「北海道歌登町上徳志別産デスモスチルスの臼歯の追加標本」『地質学雑誌』 84: 621-623.
- 木村方一, 1980, 「北海道歌登町上徳志別産デスモスチルスの第 5 標本と北海道産デスモスチルスについて」『化石研究会誌』 13: 15-19.
- 甲能直樹, 2000, 「*Desmostylus japonicus* Tokunaga and Iwasaki, 1914: 完模式標本 (NSM-PV 5600) 研究の 100 年」『足寄動物化石博物館紀要』 1: 137-151.
- 柴田賢・山口昇一・石田正夫・根本隆文, 1981, 「北海道歌登町産 *Desmostylus* 包含層の地質年代」『地調月報』 32: 545-549.
- 新村龍也・松井久美子, 2019, 「3DCG による束柱類の生体復元」『化石』 106: 1-2.
- Chiba K, Fiorillo A. R, Jacobs L. L, Kimura Y, Kobayashi Y, Kohno N, Nishida Y, Polcyn, M. J, Tanaka K, 2015 「A new desmostylian mammal from Unalaska (USA) and the robust Sanjussen jaw from Hokkaido (Japan), with comments on feeding in derived desmostylids」『Historical Biology』 28: 289-303.
- Inuzuka N, Domning D. P, Ray C. E, 1994, 「Summary of taxa and morphological adaptations of the Desmostyilia」『The Island Arc』 3 : 522-537.
- Inuzuka N, 1996, 「Body sizes and mass estimates of desmostylians (Mammals)」『Jour. Geol. Soc. Japan』 102 : 816-819.
- Matsui K, 2017, 「How can we reliably identify a taxon based on humeral morphology? Comparative morphology of desmostylian humeri」『PeerJ』 5:e4011; DOI 10.7717/peerj.4011.
- Matsumoto H, 1918, 「A contribution to the morphology, palaeobiology and systematic of *Desmostylus*」『Science reports of the Tohoku Imperial University. 2nd series, Geology』 3 : 61-74.
- Santos G-P, Parham, J. F, Beatty B. L, 2016, 「New data on the ontogeny and senescence of *Desmostylus* (Desmostyilia, Mammalia)」『Journal of Vertebrate Paleontology』 36:e1078344.
- Uno H, Kimura M, 2004, 「Reinterpretation of some cranial structures of *Desmostylus hesperus* (Mammalia: Desmostyilia): a new specimen from the Middle Miocene Tachikaraushinai Formation, Hokkaido, Japan」『Paleontological Research』 8: 1-10