

[原著]

瀬戸内海産異常形成ナウマンゾウ臼歯の CT による再検討

高橋啓一*・馬場理香**・北川博道***・渡辺克典****・伊藤 謙*****

Reexamination by computer tomography of an abnormal molar of *Palaeoloxodon naumanni* from the Seto Inland Sea, Japan

TAKAHASHI, Keiichi*, BABA, Rika**, KITAGAWA, Hiromichi***, WATANABE, Katsunori**** and ITO, Ken*****

Abstract

A specimen that was originally described as a pathological molar of “*Elephas namadicus naumanni*” (= *Palaeoloxodon naumanni*) by Makiyama (1938) was found in the Museum of Osaka University. According to Makiyama’s (1938) description, the molar was described as pathological because the proximal part of the third molar appeared fused to the second molar.

In this study, the internal structure of the molar was examined using three-dimensional data obtained by cone-beam CT at the Central Research Laboratory, Hitachi Ltd and Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute. Observations of the sequence of the “lamellae” show that the proximal part of the third molar is fused to the central part of the second molar, supporting the description of Makiyama (1938).

Key words: abnormal molar, *Palaeoloxodon naumanni*, computer tomography

1. はじめに

本標本は、Makiyama (1938) によって、*Elephas namadicus naumanni* の一標本として記載されたものである。当時、横山は日本産のナウマンゾウを大陸のナルバダゾウ *E. namadicus* の亜種と考えており、広歯冠型のものを *E. n. namadi*、狭歯冠型のものを *E. n. naumanni* とした。本標本はそうした中で、瀬戸内海から発見された *Elephas namadicus naumanni* の一標本として記載されたが、臼歯の近心部が正常な形態では

なかったことから、横山は外部形態の観察に基づいて第3大臼歯の近心舌側部に第2大臼歯が癒合した病理的な例として扱った。

この標本については、著者の一人の高橋も「日本の長鼻類化石」(築地書館)の中で、Makiyama (1938) に倣ってナウマンゾウの病理標本の一例としてとりあげた(高橋, 1991)。しかし、高橋が執筆時に見たものは、京都大学所蔵の石膏レプリカ標本であり、実物標本についてはその保管場所を把握していな

2015年1月6日受付, 2015年5月3日受理

* 〒525-0001 滋賀県草津市下物町1091番地 滋賀県立琵琶湖博物館

Lake Biwa Museum, Kusatsu, Shiga 525-0001, Japan

** 〒185-0014 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280 日立製作所中央研究所

Central Research Laboratory, Hitachi, Ltd., 1-280, Higashi-Koigakubo, Kokubunji, Tokyo 185-8601, Japan

*** 〒369-1305 埼玉県秩父郡長瀬町長瀬1417-1 埼玉県立自然の博物館

Saitama Museum of Natural History, 1417-1 Nagatoro, Nagatoro-machi, Chichibu-gun, Saitama 369-1305, Japan

**** 〒596-0072 大阪府岸和田市堺町6-5 きしわだ自然資料館

Natural History Museum, Kishiwada City, 6-5, Sakai-machi, Kishiwada, Osaka 596-0072, Japan

***** 〒607-8412 京都府京都市山科区御陵四丁野町1 京都薬科大学

Kyoto Pharmaceutical University, Misasagi-Shichonochou 1, Yamashinaku, Kyoto 607-8412, Kyoto, Japan

かった。

最近になって、この臼歯の実物標本が大阪大学総合学術博物館の地学資料の中から発見された。これは、当時、同博物館の研究支援推進員であった伊藤 謙から依頼を受けたきしわだ自然資料館専門員の渡辺克典が、博物館所蔵のゾウ化石標本の同定をしている中で発見したもので、伊藤と共に高橋の元に持ち込んだ。

高橋は、別の共同研究でX線CT装置を使ったゾウ臼歯化石の研究を行っていたことから、その共同研究者である日立製作所中央研究所の馬場理香と埼玉県立自然の博物館の北川博道とともに、研究所の実験用コーンビームCT装置ならびに東京都立産業技術研究センターの工業用コーンビームCT装置を使って、臼歯の内部構造を観察し、Makiyama (1938) の記載を確認することを試みた。その結果、この標本は、Makiyama (1938) が報告したように、第3大臼歯の近心部に第2大臼歯が癒合したものであることを再確認できたことから、ここに報告する次第である。本報告は、ゾウ臼歯化石にX線CT技術を活用した一例であり、今後の古生物学的研究においてさらなるX線CT技術の活用を期待するところである。

2. 記載

(1) 標本

ナウマンゾウ *Palaeoloxodon naumanni* (Makiyama)

大阪大学総合学術博物館所蔵

標本番号 MOUF10003 (図1)

臼歯は、側面より見ると舟形をしており、下顎臼歯であることがわかる。また咬合面あるいは歯根側からみた湾曲によって、右臼歯であることがわかる。頬側から見たときの咬板数が19枚あり、近心の癒合部を除いても15枚以上あること、咬合面から見たときに遠心部が細くなる形態は、少なくともこの標本の主要な部分が第3大臼歯であることを示している。

表1. 計測値.

計測項目	計測値	備考
1. 咬板数	-	
2. 使用咬板数	-	
3. 歯冠長	287mm	計測位置図で示した場所
4. 最大歯冠長	338mm	計測位置図で示した場所
5. 咀嚼面長	228mm	計測位置図で示した場所
6. 歯冠高	142mm	計測位置図で示した場所
7. 最大歯冠高	142mm	計測位置図で示した場所
8. 歯冠幅	78mm	計測位置図で示した場所
9. 咀嚼面幅	70mm	計測位置図で示した場所
10. エナメル厚	2.1-2.5mm	
11. 咬板傾度	頬側 6 舌側 5	歯冠の中央部あたりで計測

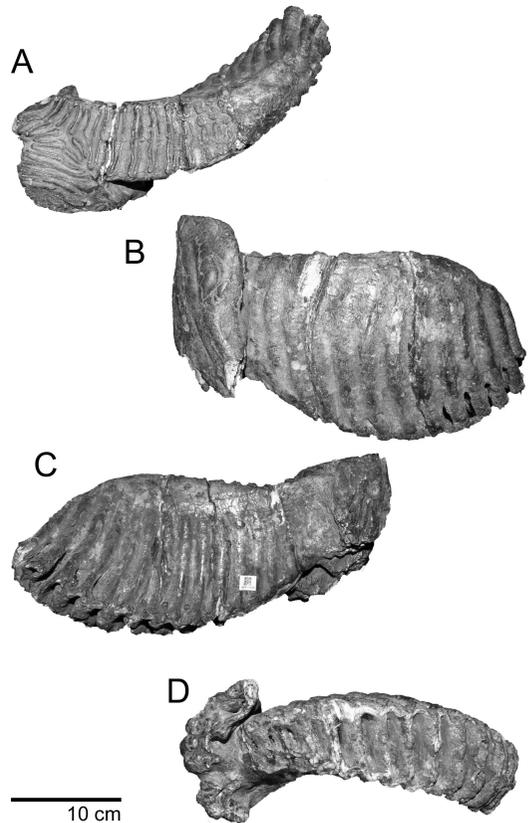


図1 ナウマンゾウ *Palaeoloxodon naumanni* (Makiyama). 大阪大学総合学術博物館所蔵 標本番号 MOUF10003
A. 咬合面, B. 舌側面, C. 頬側面, D. 歯根面

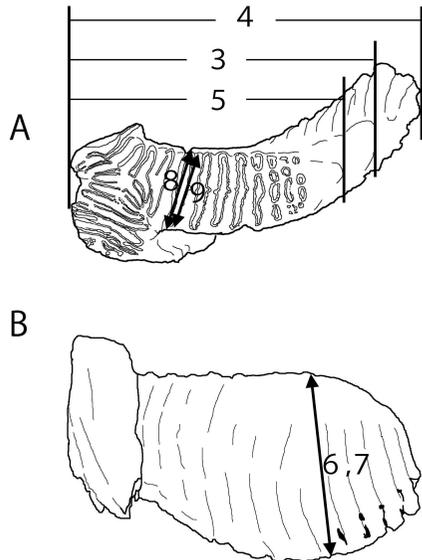


図2 計測位置.
番号は、表1の番号と同じ。

臼歯の近心部では、第3大臼歯の近-遠心軸に直交するように舌側に向かって咬板が並ぶ。その配列は、舌側にいくほどより密である。一方、近心頬側部は、第3大臼歯の最近心部のようにも見えるが、咬合面におけるエナメル輪の形態は、むしろ第3大臼歯の遠心方向が近心方向のようにも見え、近心舌側に突出する咬板に連続しているとも見える。

臼歯の遠心部は未咬耗の咬板が6枚（最遠心の副咬板も含めて）存在する。遠心から近心に向かって数えて、15枚目の咬板までは正常な形態をしているが、その1枚近心よりの咬板は「へ」の字形、さらにその近心は三葉形のエナメル輪である。三葉形のエナメル輪より近心部には、2枚のエナメル輪が見られる。これとは別に、近心舌側に突き出た部分では、三葉形のエナメル輪より舌側に6枚の咬板が見られる。

歯根側からみると、この近心舌側に突き出た部分において、その最も舌側部で歯根が2つ並んでみられ

る。このような形態は、臼歯の近心部でみられる形態であり、舌側に突き出た部分の先端部は、臼歯の近心部であると見なすことができる。

計測値は、表1に、また計測位置は図2に示す。

(2) 観察方法

内部構造の観察には、日立製作所中央研究所の実験用コンビームX線CT装置と、より強いX線出力を持つ東京都立産業技術研究センターの高エネルギーX線CT装置（東芝ITコントロールシステム社製TOSCANER-34500FD）を用いた。

日立製作所中央研究所の装置は、X線を照射するX線管、試料を設置する回転台、試料を通過したX線を受ける面検出器、面検出器で得られたデータを処理する演算装置から構成されている（図3）。この装置のX線ビームは円錐状に放出されるコンビームであり、X線管の前面に設置したコリメータで面検出器

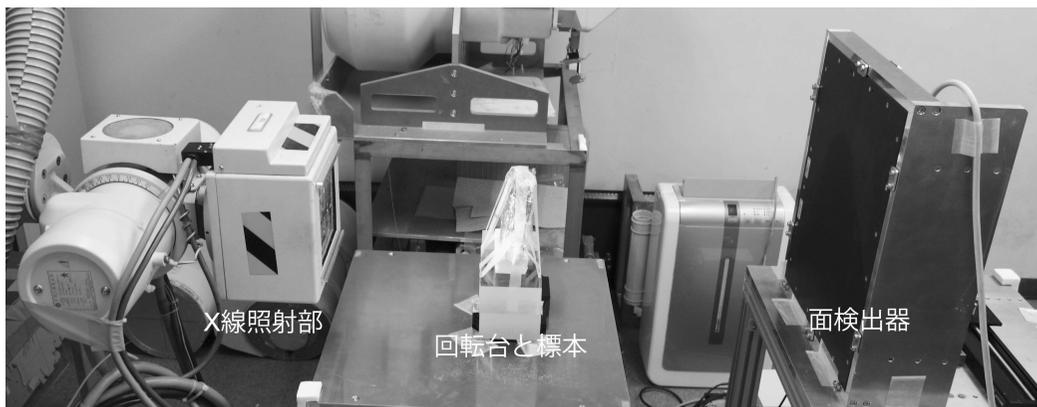


図3 観察に用いた日立製作所中央研究所のCT装置。左側にX線の照射部、中央部に回転台（標本が設置してある）、右側に面検出器がある。データを処理する演算装置は、ここには写っていない。

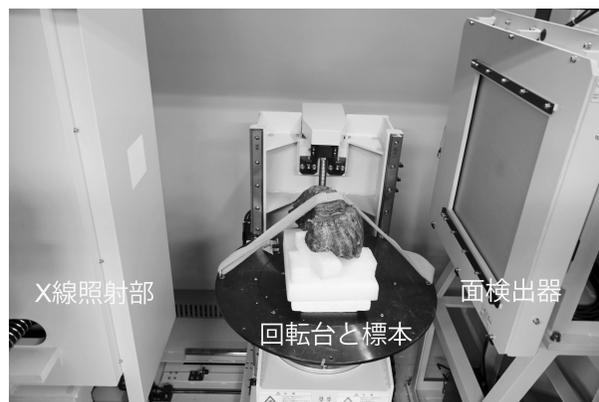


図4 東京都立産業技術研究センターのCT装置。装置の構造は、日立製作所中央研究所のものと基本的に同様で、左側にX線の照射部、中央部に回転台（標本が設置してある）、右側に面検出器がある。

の形状に合わせて角錐状に成形して照射される。

標本撮影時の条件は、X線管電圧120kV、電流0.8 mA、照射時間30msで、0.5°おきに50回ずつX線を照射し360°のデータを収集した。また、検出器には768×1024画素のフラットパネルディテクタを使用し、512×512×512画素の再構成画像を得た。最終的に得られた再構成画像の精度は0.4mmであった。

一方、東京都立産業技術研究センターの機器も基本的には日立製作所中央研究所の装置と同様のコンビームX線を使い、同様の機構で構成されているが、こちらの装置の方がより高エネルギーのX線で撮影できる点に特徴がある(図4)。撮影時の条件は、X線管電圧430kV、電流1.6mA、0.36°おきに5回ずつX線を照射し360°のデータを収集した。X線のビームハードニングに起因して発生する画像のアーチファクトを低減し画質を良くするために、4mm厚の銅製のX線フィルタを使用した。検出器には2048×2048画素のフラットパネルディテクタを使用しており、1024×1024×1024画素の再構成画像を得た。最終的に得られた再構成画像の精度は0.4mmである。

(3) 結果

CT装置を使用して得られた画像は、図5ならびに図6に示した。図5は標本の水平断面画像である。歯根側のG~Iの画像の観察から、本標本が2つの臼歯から構成されていることが確認できる。また、F~Hの画像では、第3大臼歯の近心部が咬合面で三葉形になったエナメル輪のあたりまで伸びていることが観察できる。それより近心では、咬合面近くで頬側から舌側に向かって、別の臼歯が逆S字形に曲がって第3大臼歯に癒合していることが観察できる。

図6では、近心から遠心に向かっての前頭断面像を示している。Aの断面では標本の近心側がひとつの臼歯であることを裏付けるように咬板の断面が整然と並んでいる様子が観察できる。

3. 考察

本標本は、前述したようにMakiyama (1938)によって、第3大臼歯の近心部に第2大臼歯が癒合した標本として記載された。これは、外部形態から判断されたものであったが、今回のCT装置による観察においても、その判断が正しいことが裏付けられた。第2大臼歯は、CT画像で確認すると咬板が10枚観察できる。歯根側のCT画像と歯根の形からは、舌側端が最近心部であると見なすことができるが、この標本では、本来の遠心部が第3大臼歯の近心部に位置することから、近心部より先に遠心部が咬耗され、その一部は消失していると考えられる。

標本の近心部が第2大臼歯であるとする、第3大臼歯の咬板数は最遠心の副咬板も含めて15枚ないしは16枚目まで確認することができる。ナウマンゾウの咬板数については、高橋(1991)でまとめられており、それによれば18~20枚とされている。例外的に23枚のもの(中島ほか, 2004)も報告されているが、一般的に考えると、本標本では2~4枚程度が第2大臼歯との癒合の際に不明瞭となったと考えられる。

一方、第3大臼歯に接して、その近心にある臼歯は、第2大臼歯と見なすのが自然である(図7)。CT画像で観察した第2大臼歯の咬板数は、10枚である。高橋(1991)の報告では、第2大臼歯の咬板数は、14枚(最遠心の副咬板も含めて)であると報告されていることから、この標本の場合は本来の遠心部の4枚程度がすでに咬耗しつくされたと考えられる。

また、連続したCT画像の観察からは、第2大臼歯の歯胚中央部に第3大臼歯の歯胚の近心部が癒合することで、第2大臼歯が正常な萌出をせず近心部が舌側やや遠心方向に、遠心部が頬側近心に伸びたことで、第2大臼歯の変形と遠心からの咬耗が生じたと考えられる。

このような、臼歯の異常形態については、マンモスゾウで度々報告されている(Vereschagin, 1960; Garutt, 1977; Niven and Wojtal, 2002; Maschenko and shpansky, 2005; Maschenko *et al.*, 2008; Kirillova, 2009)。Kirillova (2009)では、マンモスゾウの臼歯にみられる異常の原因として、歯胚初期の段階での病的なもの、局所的な部位における病的なもの、臼歯の使用時における機能異常などをあげている。今回の観察した臼歯に見られる異常は、ふたつの臼歯が癒合している状態から判断して、歯胚初期の段階で起こったものと考えられる。

謝辞

標本を調査するにあたっては、大阪大学総合学術博物館および同館研究支援推進員の西岡佑一郎氏にご協力いただいた。また、東京都立産業技術研究センターでの撮影時には、同開発本部開発二部バイオ応用技術グループ研究員の外立貴宏氏に機器を操作していただき、鮮明なCT画像を得ることができた。ここに礼申し上げる。

文献

- Garutt, V. E. (1977) Elephant dentition in ontogeny and phylogeny. *Trudy Zoologicheskogo Instituta AN SSSR.*, 73, 3-35. (Russian)
- Kirillova, I. V. (2009) Unusual tooth pathology in mammoth (*Mammuthus primigenius*) from

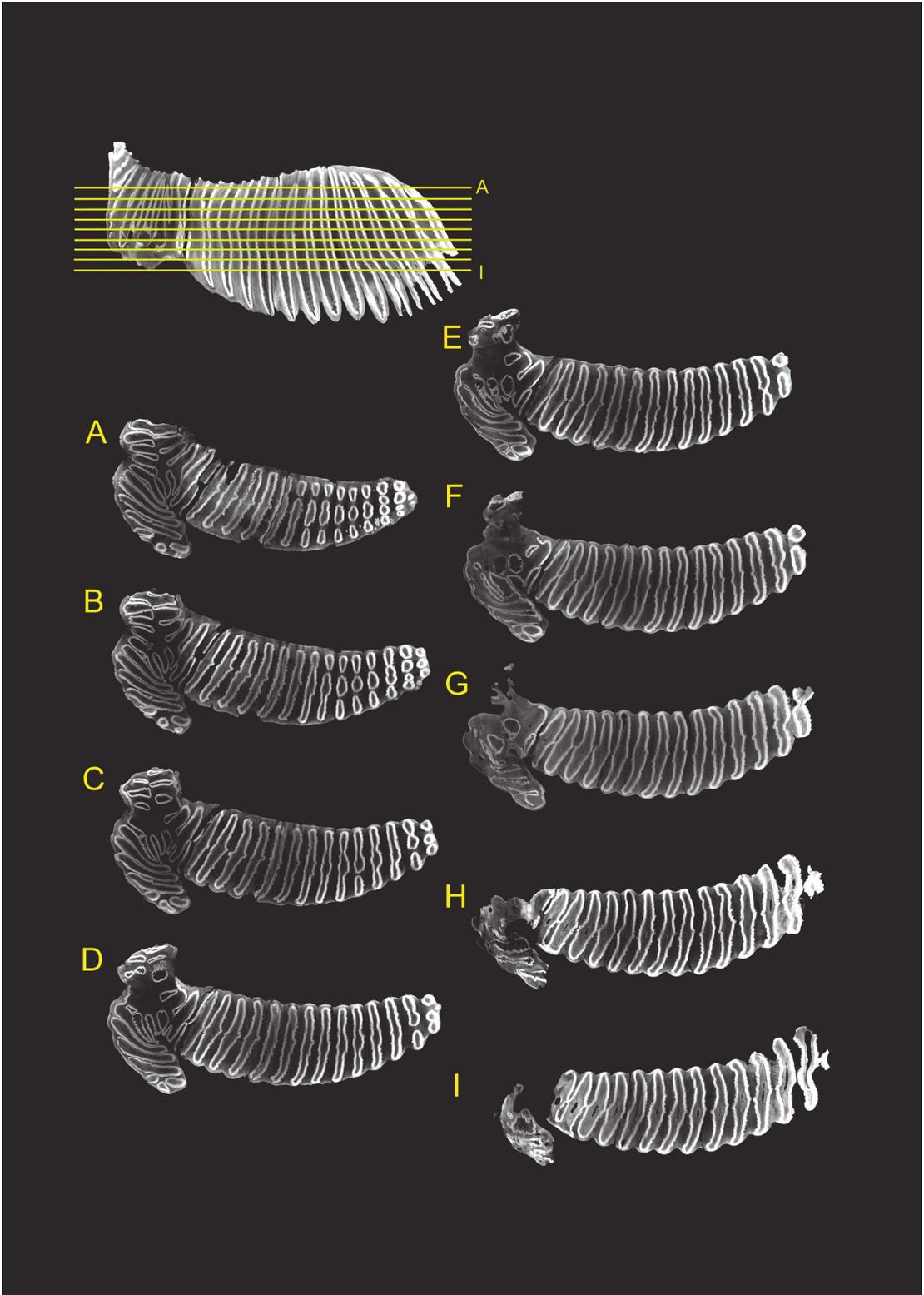


図5 臼歯のCT画像（水平断面像）。
AからIにいくほどより歯根側の断面となる。左上に断面位置を示す。

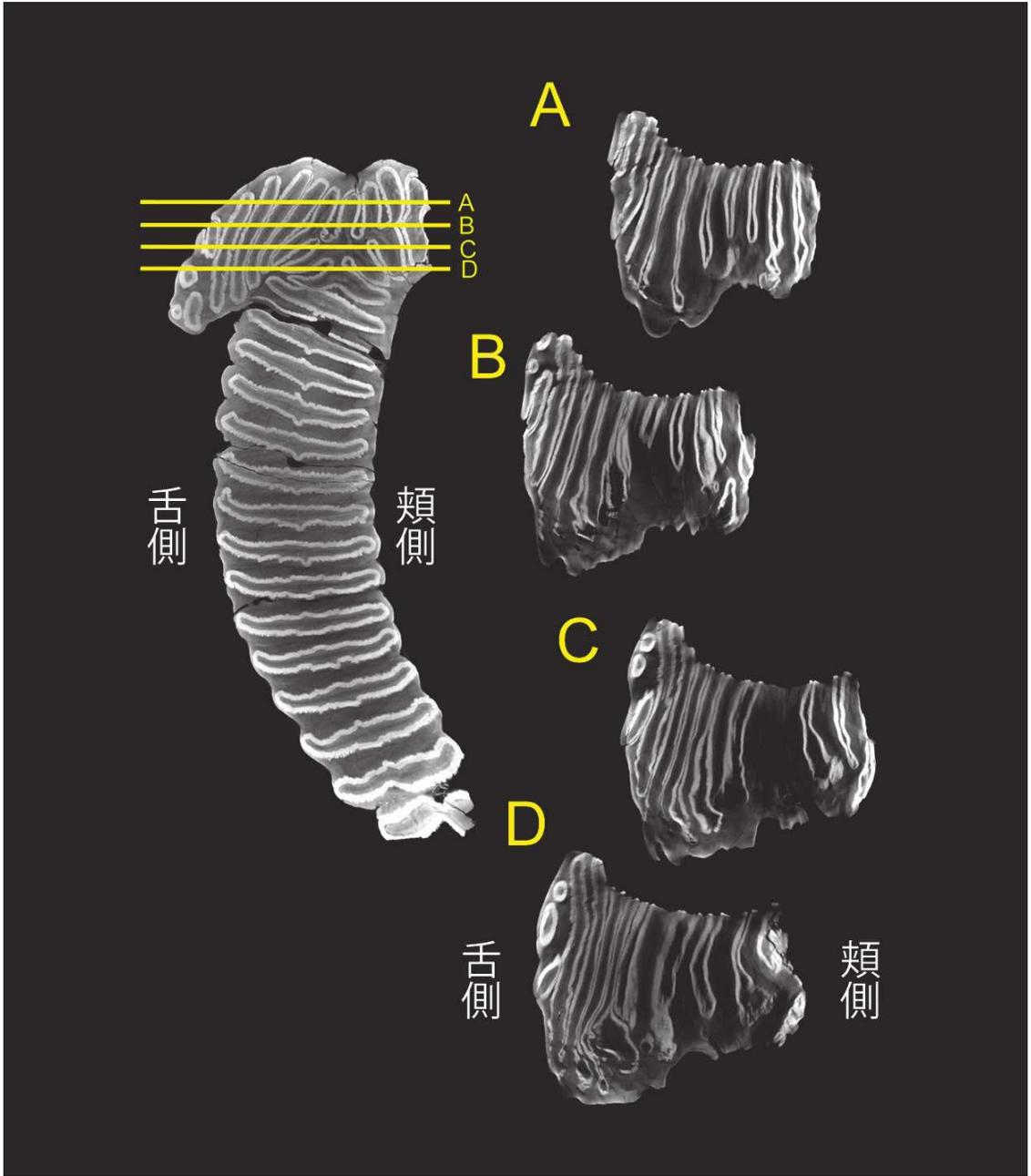


図6 臼歯近心部のCT画像（前頭断面像）。
AからDにいくほどより標本の遠心部となる。左側に断面位置を示す。

- Uakutia. *Russian Journal of Theriology*, **8**, 29-36.
- Makiyama, J.(1938) Japonic Proboscidea. *Memoirs of the College of Science, Kyoto Imperial University, Ser. B*, **14**, 1-59.
- Maschenko, E. N., Kondaurov, A. A. and Sher, A. V. (2008) New data of the aberrant dentition of woolly mammoth (*Mammuthus primigenius*). *Sixth Meeting of the European Association of Vertebrate Palaeontologists*, 66-68.
- Maschenko, E. N. and Shpansky, A. V.(2005) Avnormal dental morphology in the mammoth *Mammuthus primigenius* Bulumenbach, 1977. *Paleontological Journal*, **39**, 93-100.
- 中島 礼・伊藤光弘・兼子尚知・樽 創・利光誠一・中澤 努・磯部一洋 (2004) つくば市花室川の最上部更新統から産出した *Palaeoloxodon naumanni* (Makiyama) (ナウマンゾウ) の臼歯化石. 第四紀研究, **43**, 225-230.
- Niven, L. and Wojtal, P.(2002) Cement furrows in the dentition of *Mammuthus primigenius* and the question of their etiology. *Acta Zoologica Cracoviensia*, **45**, 307-319.
- 高橋啓一 (1991) 2臼歯. 亀井節夫 (編著), 日本の長鼻類化石. Ⅲナウマンゾウの古生物学, 122-131頁, 築地書館, 東京.
- Vereschagin, N. K.(1960) Dental diseases in Yakutian mammoths (Paleontological data). *Byulleten' Komissii po Izucheniu Chetvertichnogo Perioda*, **24**, 109-111.(in Russian)

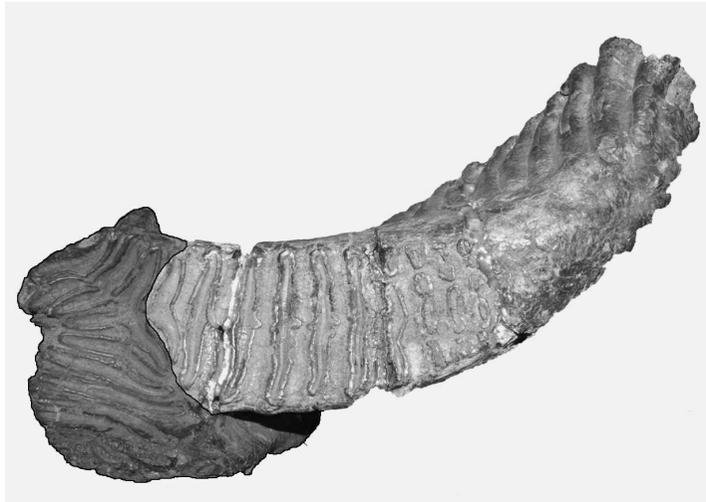


図7 第2大臼歯（半透明に黒くした部分）と第3大臼歯の癒合状態。