

象牙とマンモス牙

—— 識別マニュアル ——



環 境 省

はじめに

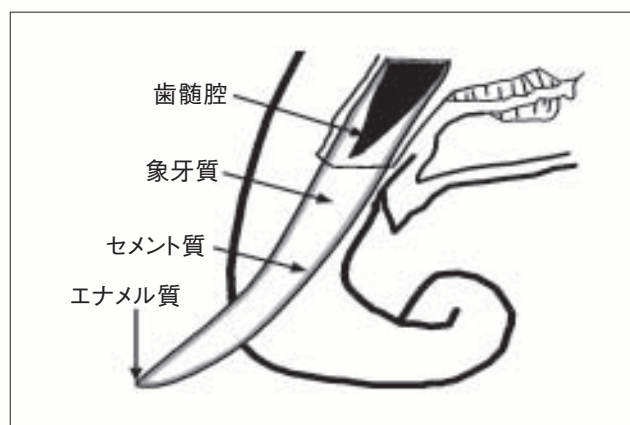
象牙は、アフリカゾウ (*Loxodonta africana*) やアジアゾウ (*Elephas maximus*) の上顎にある一対の切歯が長く伸びたものです。その化学的成分は他の哺乳類の歯や牙と同じですが、一生成長し続けるという特徴を持っています。また、象牙は、優れた材質と優美な色調等により古くから彫刻工芸材料として使用されてきました。近年ではゾウの保全を目的として、ワシントン条約（絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引に関する条約）や種の保存法（絶滅のおそれのある野生動植物の種の保存に関する法律）による象牙の取引規制が厳しく行われています。

一方、象牙と材質的に類似し、同条約の規制を受けないマンモス (*Mammuthus primigenius*) の牙は、象牙の代替品として輸入され、加工・販売されています。加工品になると、象牙とマンモスの牙との識別は外見上非常に難しく、象牙の製品をマンモスの牙由来と偽って販売するケースもあります。

このマニュアルでは、象牙とマンモス牙の識別について、特殊な設備・装置を使わず、製品を傷つけることなく、比較的短時間で簡単に行うことができる方法を主に紹介します。

象牙の形態学的特徴

ゾウおよびマンモスは長鼻目に分類され、両種ともに歯の基本的な構造である歯髄腔、象牙質、セメント質、エナメル質を持っています¹⁾。歯髄腔は神経や血管、象牙質を形成する象牙芽細胞などで満たされています。象牙質は象牙の大部分を占め、印章や根付などの象牙製品の材料として使用されます。セメント質は象牙質の外周を覆うように存在しますが、牙の先の方では摩耗しています。また、エナメル質は牙の先端に存在しますが、加齢と共に摩耗して消えてしまいます。



アフリカゾウの牙

象牙は、ゾウの上顎の切歯が伸びたもので、アフリカゾウの雌雄両方とアジアゾウの雄が持っています。アフリカゾウの雄の牙には3m以上（重量100kg以上）に達するものもあります²⁾。



マンモスの牙

数万年前に絶滅したマンモスは、4mにもなる牙を持つものもいました。また、牙の形状が大きく湾曲していることも特徴です。シベリアの永久凍土などから発掘され、牙の表面は全体的にくすんだ褐色に見えます。

象牙工芸の歴史は、国内では奈良時代（8世紀）より始まっていたと伝えられています。その後、茶道具、根付等の優れた工芸品が造られ、海外でも高い評価を得てきました。また、材料となる象牙はゾウの生息地等により硬さに違いがあり、その特徴を生かして様々な製品が作られています。

現在では、ゾウの保全を目的として、加工製品を含む全ての象牙の流通は厳しく管理されています*。一方、マンモスの牙はワシントン条約等の規制の対象となっておらず、ロシア等から輸入され、象牙の代替として印章や根付等の製品に加工されることもあります。

象牙の加工製品



根付



装身具



印章



撥



棗（なつめ）



置物

マンモス牙の加工製品

象牙製品と外見上ほとんど区別が付きません



根付



印章



置物

* 種の保存法に基づき、象牙製品等を扱う事業者は、経済産業大臣および環境大臣に事業の届出を行い、取引台帳の記載・保存が義務付けられます。

象牙の類似品には、動物の歯牙や骨等を用いた製品、プラスチックや磁器製品等を用いた代用品があります。ここでは、ゾウやマンモスの牙と類似品との識別、および象牙とマンモス牙との識別について、形態学的特徴による方法を説明します。実際の測定方法は、5頁を参照してください。

1 紫外線による蛍光特性

ゾウやカバなどの動物の歯牙や骨に紫外線を当てると、アパタイトという成分によって青色の蛍光を發しますが、代用品ではこの蛍光特性がみられません。この特性により、動物の歯牙や骨と代用品とを識別することができます³⁾。

マンモスの牙にはビビアンナイト(藍鉄鉱)という磷酸塩鉱物が含まれている場合があり、濃青色や緑青色

に見えることがあります。特に長波紫外線を当てるとその部分が紫色に際立って見えます。しかし、象牙ではビビアンナイトによる発色は見られません¹⁾。

長波紫外線の光源としては、宝石の蛍光検査に使用されるブラックライト等があります。

※注意:ビビアンナイトの観察では、照射角度、周囲の明るさ、検体の部位などの条件により、蛍光色が観察されない場合があるため、現場での象牙製品の識別には工夫が必要です。

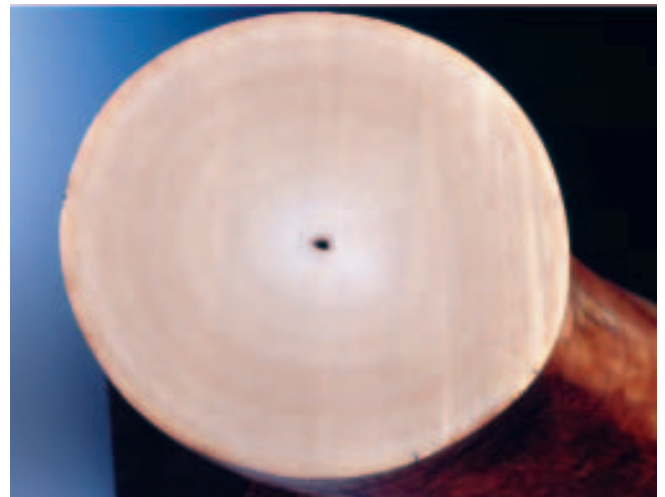
2 菱形模様の観察

象牙の横断面には、細い線が交叉した長鼻目特有の菱形模様 (Schreger pattern) が観察されます。この菱形模様の有無を確認することで、長鼻目の牙とその他の動物の牙等と区別することができます⁴⁾。

また、菱形模様の各交点の交叉角度(以下シュレーゲル角 (Schreger angle) という)は種によって異なり、象牙とマンモス牙の識別に使うことができます³⁾⁵⁾⁶⁾。

なお、長鼻目の牙には菱形模様の他に年輪状の模様も観察されますが、識別には用いません。

※注意:検体が着色されていたり、小さい場合は、菱形模様を確認しにくいことがあります。



アフリカゾウの牙の断面写真

菱形模様は、象牙質の外側(セメント質付近)では顕著に見られ、内側(歯髄腔付近)では見えにくい。

様々な象牙製品に見られる菱形模様



印章の上部



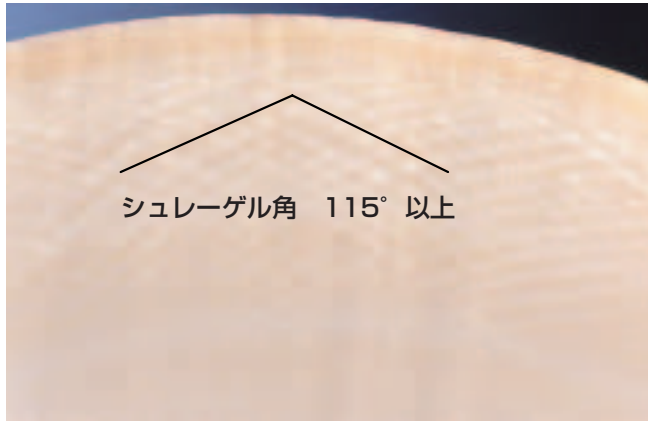
褒の蓋の部分



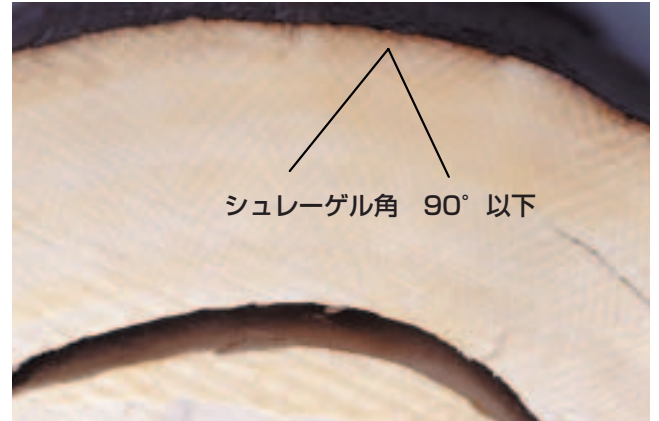
根付の底部

■ 菱形模様の交叉角度の違い

菱形模様は象牙やマンモス牙の横断面で観察できますが、縦断面では観察できません。菱形模様のシュレーゲル角は、牙の内側（写真の下方）に向かって開いている角（凹角：Concave Angle）と牙の外側（写真の上方）に向かって開いている角（凸角：Convex Angle）の2種類があります。



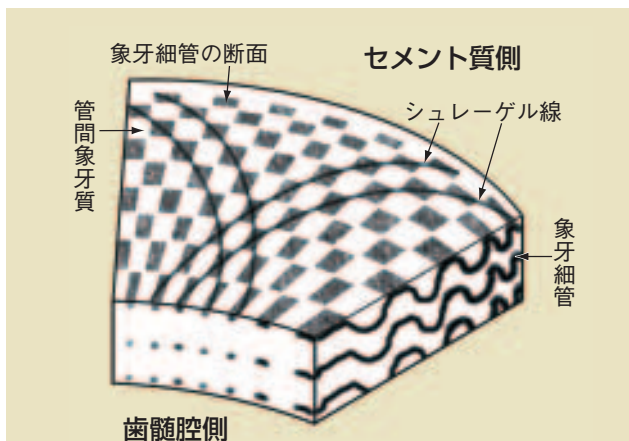
象牙のシュレーゲル角は鈍角を示します



マンモス牙のシュレーゲル角は鋭角を示します

菱形模様はなぜ観察されるか？

識別の決め手となる菱形模様が観察される理由は、次のように説明されています。象牙やマンモス牙を切断すると、象牙質の横断面には細い線のようなものが見られます。発見者（Bernhard Schreger）の名前からシュレーゲル線（Schreger lines）と呼ばれるこの細い線は、象牙質を構成する無数の細かい管（象牙細管）の切断面が繋がって線状に見える現象です。象牙細管は内側の歯髄腔から波を描きながら放射状に外側のセメント質に向かって配列しており、さらに各々の象牙細管の波がずれて並んでいるため、横断面ではシュレーゲル線は右回りと左回りの弧状の曲線に見えます。それらのシュレーゲル線が交叉して見えることにより、菱形模様が観察されます。また、シュレーゲル線は、隣接する象牙細管の切断面の距離（波と波の間の距離）が短いほど大きくカーブして見えます⁷⁾。

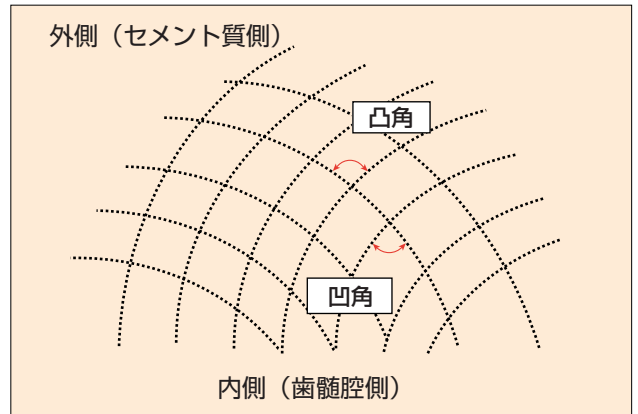


アフリカゾウの牙の断面模式図

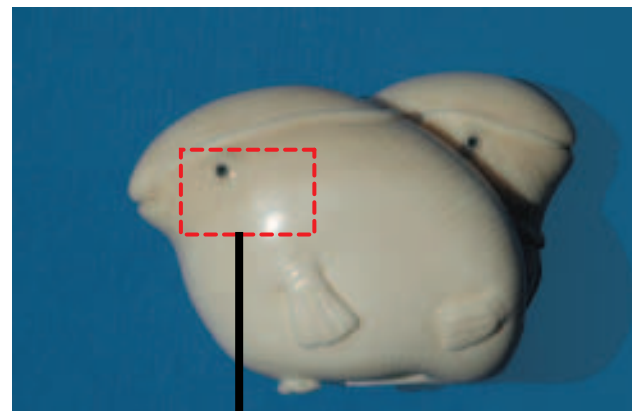
上面は象牙細管の断面（黒色部分）と管間象牙質の断面（白色部分）を示している。側面は象牙細管が波を描きながら外側（セメント質側）に向かう様子を示している。上面の実線は、隣接する象牙細管が繋がって線（シュレーゲル線）を描く様子を示している。シュレーゲル線は外側に向かうほど大きな曲線を描き、シュレーゲル角は内側（歯髄腔側）で狭く、外側ほど広くなる。

1 シュレーゲル線は、牙の内側（歯髄腔側）から外側（セメント質側）に向かう弧状の曲線に見えます。測定に用いる角度は、内側に開いている角（凹角）と外側に開いている角（凸角）です。

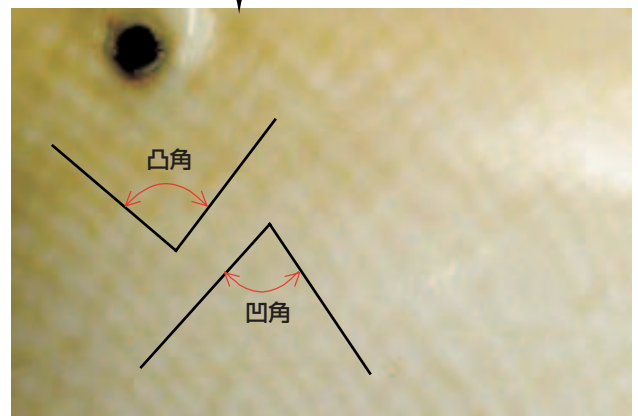
準備する道具 ・カメラ（デジタルカメラ）
 ・定規、分度器
 ・ルーペ（10倍ほど）
 ※分度器の付いたルーペを使用すると、より簡単に測定できます。



2 検体のうち、菱形模様が明瞭に観察される部位を撮影します。撮影にはマクロ機能が付いたデジタルカメラで接写することが望ましい。



3 撮影した写真をコピー機やパソコン等で拡大します。写真上で凹角と凸角の両方に印を付け、角度を測定します。角度測定には分度器を使用し、可能であれば両方の角度をそれぞれ5ヵ所ほど測定します。



4 測定したそれぞれの角度の平均値を算出し、それらの角度が 90° 以下ならマンモス、 115° 以上なら象牙の可能性が高いこととなります（写真の検体はマンモス牙の根付です）。

※注意

- 個体や牙の部位によっては、シュレーゲル角（凹角と凸角）が $90^\circ \sim 115^\circ$ の間を示すものもあるので、あくまでも指標値として扱うことが望ましい。
- 菱形模様は牙の外側（セメント質側）ほど明瞭に観察され、内側（歯髄腔側）の原料から作られた製品では判定が難しくなります。また、象牙の内側（歯髄腔）に近いシュレーゲル角は、マンモス牙の外側（セメント質）に近いシュレーゲル角に似ていることも指摘されています⁷⁾。

その他の識別方法

紫外線蛍光特性やシュレーゲル角の測定による識別が難しい場合は、下記の検査を研究機関に依頼することをお勧めします。

● 放射性炭素年代測定法（研究機関：名古屋大学年代測定総合研究センター）

動植物の死後、時間の経過とともに放射性炭素濃度が減少することを利用して、年代を測定する方法。

● DNA分析（研究機関：九州大学大学院比較社会文化研究院）

DNAの塩基配列の相違による識別方法⁸⁾。分析には検体の一部を削り取る必要がある。

● 蛍光X線分析（研究機関：九州大学大学院比較社会文化研究院）

X線の照射により、検体に含まれる微量な元素の種類を判別する方法。象牙に比べマンモス牙は、ナトリウム(Na)、マグネシウム(Mg)、カリウム(K)の含有率が若干低いことから、それらの識別が可能になる。

● 安定同位体比分析（研究機関：九州大学大学院比較社会文化研究院）

象牙コラーゲンの炭素と窒素の安定同位体比は、食物として摂取した植物の同位対比（乾燥地の草本と森林樹木とに大別される）に反映することから、その割合を測定することにより識別する。

● フーリエ変換ラマン分光分析

検体に特定の波長の光を当てるとその光は散乱されるが、その散乱光を測定することで、検体に含まれる化学構造等の違いを識別する方法⁹⁾。

引用文献およびその他の参考資料

- 1) Espinoza, E.O. and Mann, M.J. 1999 reprinted. Identification guide for ivory and ivory substitutes. World Wildlife Fund Publication.
URL : <http://www.cites.org/eng/resources/pub/E-Ivory-guide.pdf>
 - 2) Nowak, R.M. 1999. Walker's Mammals of the World. Sixth edition. Volume 2. The Johns Hopkins University Press.
 - 3) 石橋浩, 森尾広志, 瀧嘉寿, 水城勝美. 1998. 形態学的手法による象牙の鑑別 関税中央分析所報、37号.
URL : http://www1.customs.go.jp/ccl/rprt/docs_j/r_37_06_j.pdf
 - 4) 石黒昌孝, 関川義明, 武藤五生. 1989. 象牙の鑑別 関税中央分析所報、29号.
URL : http://www1.customs.go.jp/ccl/rprt/docs_j/r_29_04_j.pdf
 - 5) Trpani, J. and C. Fisher. 2003. Discriminating Proboscidean taxa using features of the Schreger pattern in tusk dentin. Journal of Archaeological Science 30:429-438.
URL : <http://www.firstcirclezek.com/jas2003.pdf>
 - 6) Espinoza, E.O. and Mann, M.J. 1993. The history and signification of the Schreger pattern in proboscidean ivory characterization. Journal of the American Institute Conservation 32:241-248.
URL : <http://aic.stanford.edu/jaic/articles/jaic32-03-003.html>
 - 7) Palombo, M.R. and P. Villa. 2001. Schreger lines as support in the Elephantinae identification. The world of Elephants - International Congress.
URL : http://www.cq.rm.cnr.it/elephants2001/pdf/656_660.pdf
 - 8) Debruyne, R., Barriel, V. and Tassy, P. 2003. Mitochondrial cytochrome b of the Lyakhov mammoth (Proboscidea, Mammalia): new data and phylogenetic analyses of Elephantidae. Mol. Phylogenet. Evol. 26(3):421-34.
 - 9) Howell, G. M. Edwards., Dennis, W.F., Jacci, M.H. and Emma, E.L. 1998. Fourier transform-ramamn spectroscopy of ivory: A non-destructive diagnostic technique. Studies in Conservation 43:9-16.
- The National Fish and Wildlife Forensics Laboratory, U.S. Fish and Wildlife Service. Identification of Ivory and Ivory Substitutes.
URL : <http://www.lab.fws.gov/IVORY/contents.html>

【連絡先一覧】

環境省

- 環境省 自然環境局 野生生物課 〒100-8975 東京都千代田区霞ヶ関 1-2-2
HP : <http://www.env.go.jp/nature/index.html> TEL 03-5521-8282 FAX 03-3581-7090
- 北海道地方環境事務所 〒060-0808 北海道札幌市北区北8条西2丁目 札幌第1合同庁舎3階
TEL 011-299-1950 FAX 011-736-1234
- ・ 釧路自然環境事務所 〒085-8639 北海道釧路市幸町 10-3 釧路地方合同庁舎4階
TEL 0154-32-7500 FAX 0154-32-7575
- 東北地方環境事務所 〒980-0014 宮城県仙台市青葉区本町 3-2-23 仙台第二合同庁舎6F
TEL 022-722-2870 FAX 022-722-2872
- 関東地方環境事務所 〒330-6018 埼玉県さいたま市中央区新都心11-2 明治安田生命さいたま新都ビル18F
TEL 048-600-0516 FAX 048-600-0517
- 中部地方環境事務所 〒460-0001 名古屋市中区三の丸2-5-2
TEL 052-955-2130 FAX 052-951-8889
- ・ 長野自然環境事務所 〒380-0846 長野県長野市旭町 1108 長野第一合同庁舎
TEL 026-231-6570 FAX 026-235-1226
- 近畿地方環境事務所 〒540-6591 大阪府大阪市中央区大手前1-7-31 大阪マーチャンダイズマート(OMM)ビル8F
TEL 06-4792-0700 FAX 06-4790-2800
- 中国四国地方環境事務所 〒700-0984 岡山県岡山市桑田町18-28 明治安田生命山桑田町ビル1, 4F
TEL 086-223-1577 FAX 086-224-2081
- 九州地方環境事務所 〒862-0913 熊本県熊本市尾ノ上1-6-22
TEL 096-214-0311 FAX 096-214-0354
- ・ 那覇自然環境事務所 〒900-0027 沖縄県那覇市山下町5-21 沖縄通関社ビル4F
TEL 098-858-5824 FAX 098-858-5825

経済産業省

- 経済産業省 製造産業局 紙業生活文化用品課
TEL 03-3501-1089 FAX : 03-3501-6793 HP : http://www.meti.go.jp/policy/paper_consumer_goods/
- 経済産業省 貿易経済協力局 貿易管理部 貿易審査課
TEL 03-3501-1659 FAX : 03-3501-0997 HP : <http://www.meti.go.jp/policy/boekikanri/>

財務省 関税局 業務課

TEL 03-3581-3041 FAX : 03-5251-2125 HP : <http://www.customs.go.jp/>

警察庁 生活安全局 生活環境課

TEL 03-3581-0141 FAX : 03-3581-9335 HP : <http://www.npa.go.jp/>

発行

環境省自然環境局野生生物課
〒100-8975 東京都千代田区霞ヶ関1-2-2
発行日 : 2006年3月

編集・制作

(財)自然環境研究センター
〒110-8676 東京都台東区下谷3-10-10

写真協力

石井信夫、国立科学博物館、(有)芳文堂、(有)岡田象牙製作所
東京象牙美術工芸協同組合、(財)自然環境研究センター