

第9回麻布大学学術展示 「動物の目：視る器官を学ぶ」展の記録

A record of the exhibition “Animal eyes: learning about the organ of sight”

高槻 成紀¹, 印牧 信行², 宇根 有美³

¹麻布大学・獣医学部・動物応用科学科, ²麻布大学・動物病院, ³麻布大学・獣医学部・獣医学科

Seiki Takatsuki¹, Nobuyuki Kanemaki², Yumi Une³

¹ School of Veterinary Medicine, Azabu University, ² Veterinarian Teaching Hospital, Azabu University,

³ School of Veterinary Medicine, Azabu University

Abstract: Animal eyes as the organ of sight were exhibited in terms of zoology as well as treatments of eye diseases. The structure of eyes was explained using comparison with cameras. Relative size of eyes of different mammals and birds and the significance of it was explained with specimens. The degree of overlap of two eyes of different animals was shown. Dr. N. Kanemaki's insights into the management of eye diseases were introduced.

Key words: animal eyes, cataract, eyeground, field of vision, structure of eyes, relative size of eyes

要旨: 視覚を司る器官である眼を動物学的視点から解説するとともに、おもに白内障について臨床的立場から説明する展示をおこなった。展示タイトルとしては学外者にもなじみやすいように「目」を用いた。眼の構造をカメラと比較して説明した。視野と、その機能を視界の広さの違う動物を対比させることで解説した。頭部の大きさに対する眼球の大きさの違いとその生物学的意義を解説した。眼疾病について解説した。展示物としてはウシの眼の液浸標本、数種の哺乳類、鳥類の頭骨、それらのアクリル板を設置して立体視の範囲をわかりやすく示した展示物、眼底カメラなどを示した。

2012年2月15日から4月30日まで表記の展示をおこなったので記録しておく。

経緯など: 2012年1月25日に印牧、高槻、宇根が集まって展示の趣旨を検討し、動物の眼についての基本を学ぶこと、眼の機能を標本を用いて説明すること、臨床現場における獣医師の体験を伝えることを軸にした展示をすることとした。これを受けて展示内容についての原稿を印牧が担当し、高槻が展示について丸茂一美（株式会社マルモ）と打ち合わせることとした。全体の基調となる色をやや濃いめの山吹色とすることにした（図1）。また高槻がポスターのデザインをし

た（付図1）。

展示: 展示は趣意（資料1）に続けて4つのコーナーで構成した（図2）。それぞれのコーナーのパネル内容は以下の通りである。

眼（カメラ眼）の構造

眼は眼球、視神経、付属器から構成される。眼球を構成する角膜、瞳孔、水晶体などの構造は光学的役割を果たす。網膜において光は神経信号に符号化される。視神経は網膜からの神経情報を脳へ伝達する。毛様体および脈絡膜¹は血管膜（ブドウ膜）といい、眼内に



図1 展示のレイアウト設計



図2 展示場のようす

栄養を送る血管である。付属器のうち、第三眼瞼（瞬膜）、は眼球を保護し、外眼筋は眼球運動に寄与する。

眼球とカメラの構造は以下の3点でよく似ている。

- 1) 外からの光の量を虹彩で調整する。(カメラの絞り)
- 2) 水晶体が光を屈折して集光する。(カメラのレンズ)
- 3) 網膜に結像する。(フィルムあるいはデジカメの CCD)

ただし少し説明が必要である。眼球のレンズは水晶

体だけではなく、角膜にも機能がある。その役割となる眼屈折はヒトの場合、水晶体：角膜 = 1 : 2 である。またフィルムあるいはデジタルカメラの CCD の感光部は光受容部表面だが、眼球の網膜は光の入射方向に対して背向性になっており、このような網膜を反転網膜²という。

このコーナーにはイヌの眼球模型（図 3A）と子牛の眼球液浸標本（図 3B）を展示した。

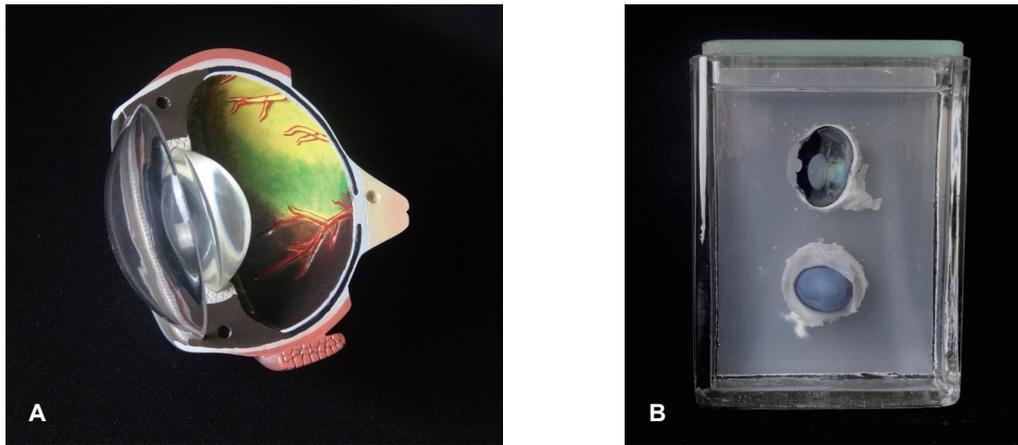


図3 A：イヌの眼球模型とB：子牛の眼球液浸標本

- 1 夜行性動物の脈絡膜には輝板もしくはタペタム (Tapetum lucidum)、光輝壁紙がある。この構造は光を反射して網膜の光感受性を高める役割を持つ。この組織はイヌやネコなどの肉食獣では高電子密度の細胞質を持つ細胞成分からなる細胞性タペタム (Tapetum cellulosum) を、有蹄類では線維束からなる線維性タペタム (Tapetum fibrosum) を形成する。
- 2 反転網膜は光の受容細胞である視細胞が光の来る方向に向かって逆向きに配列している網膜のことである。これに対して、無脊椎動物 (たとえば頭足動物) の網膜は、視細胞が光の来る方向に向かって配列している。脊椎動物は反転網膜である。そのために盲点が存在することになった。ヒトをはじめとする脊椎動物の網膜が反転網膜であるかの理由は不明だが、光の毒性もしくは熱障害を防ぐために進化してきたと推論する学者もいる。

視野

動物は捕食者であれ非捕食者であれ、標的の方向と距離の把握を必要とする。標的情報を得られる範囲が視野¹である。視野は動物種によって異なり、単眼視野と両眼視野がある。単眼視野は片眼で周囲のようすを見渡すための視野範囲、両眼視野は両眼で見ることが出来る範囲である。両眼視野は両眼の視差を利用することで立体視が可能になり、距離情報がより正確になる。通常、動物の視野は水平面上での範囲を角度で表現される。たとえば、ネコは両眼視野が120°、単眼視野が左右それぞれ80°、視角が80°である。

一眼球における視野中心が「視軸」である。ヒトの場合、視軸は水晶体中心と中心とを結ぶ線である。中心窩は高精細な視覚能に寄与する部位で、硬骨魚類、カメレオン、トカゲ (昼行性)、ヘビ (昼行性)、鳥

類²にもあるが、哺乳類で中心窩をもつのは真猿亜目の霊長類だけである。通常の哺乳類では中心窩を欠くため、代わりに標的が最もはっきり見える方向である眼の光学軸³が機能する。

このコーナーには視野の広い動物の代表としてフタコブラクダ (図4A)、眼が顔の前面にあり立体視が可能なチンパンジー (図4B)、その中間であるオオカミ (図4C) の頭骨に視野を示す扇形の半透明パネルを添えた展示物を置いた。

- 1 視野は眼を動かさずに把握する空間認知のことで、2次元認知と3次元認知に分けて理解される。2次元認知は1) 体の向きに対応した標的方位の認知と、2) 標的の範囲を把握する角度の認知で示される。また、3次元認知は1) 両眼で見る時の両眼視差による奥行き認知と、2) 身体の心理的理解を含む標的の大きさ認知で示される。ヒトにだけ自覚的に検査する視野計があり、視野全体を定量的に測定するゴールドマン視野計 (動的量的視野測定法、球面視野計法) と視野内の一点に視標をおいて測定していくハンフリー視野計 (静的量的視野計測法) の2種類の方法がある。
- 2 鳥類の中心窩は4つのタイプに分かれる。
 - 1) 中心窩がない。家禽でみられる。
 - 2) 中心窩が1つある。フクロウ
 - 3) 側頭窩が1つある。ほとんどの鳥
 - 4) 中心窩と側頭窩という高精細な視覚能の部位が2つある。高速に標的を捉える機能がある。ツバメ、タカ、ハチドリ、アジサシ、モズ、カワセミなどでみられる。
- 3 眼の光学軸は、眼球全体を屈折器とした光軸で、通常、角膜と水晶体の中心を通る線を示す。

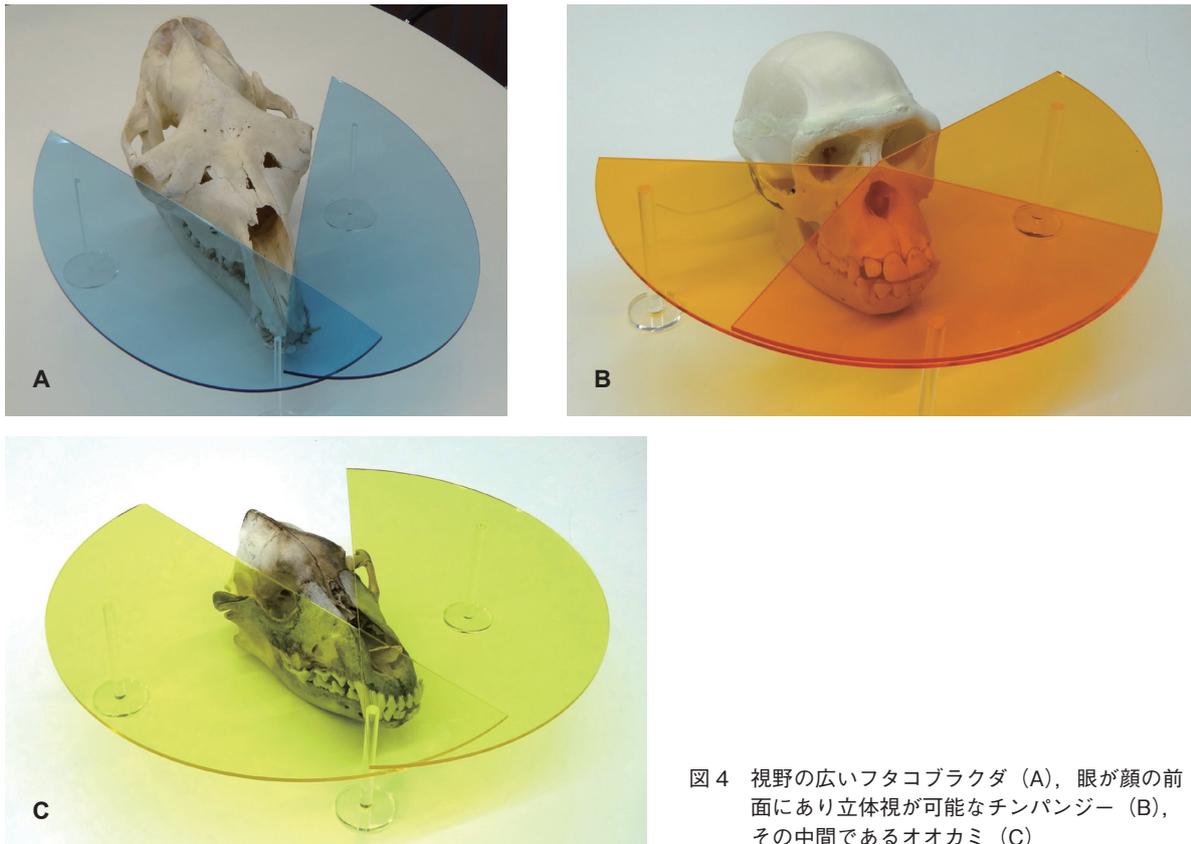


図4 視野の広いフタコブラクダ (A), 眼が顔の前面にあり立体視が可能なチンパンジー (B), その中間であるオオカミ (C)

眼球のサイズと位置

眼球サイズは動物種で異なる。この状況は頭蓋骨における大きさを観察することでより明らかになる。

頭骨の大きさに対して眼球が大きい動物は夜行性動物によくみられる。大きな眼は夜間の薄明かりを十分網膜に取り入れることができるからである。

眼窩が頭骨の前面（顔の前）に位置するのはネコ、サルなどにみられる。こういう眼は両眼視もしくは立体視により、距離や奥行きを正確把握できる。ネコなどは獲物を捕まえるのに長けているが、これは両眼視により獲物との距離や奥行きを正確に認識できるからである。またサルは樹上生活をするため、枝までの距離を正確に把握する必要があるため両眼視が有利である。

眼窩が頭蓋骨側方（顔の横）に位置する動物は、被捕食動物（獲物）でみられる。こういう眼球はより体の後ろまで視野をカバーできるから、採食中に側方やさらには後方までも捕食動物を発見、監視することができる。

このコーナーには大きい眼の代表としてシロフクロウ（図5A）、チーター（図5B）、カリフォルニアアシ

カ（図5C）、小さい眼の代表としてコアラ（図5D）、ハンドウイルカ（図5E）、マレーヤマアラシ（図5F）を展示した。

眼疾患

眼疾患には外傷をはじめ、発生過程の異常でみられる発生異常（場合により奇形）、発育異常、加齢に伴う老年性疾患などがある。また紫外線や放射線などの物理的障害や栄養障害によっても眼疾患が発生し、遺伝病もある。

眼奇形では欠損があげられる。ネコの眼瞼欠損は上眼瞼外側3分の1の欠損を示す。発生過程で異常を示すもので、眼瞼の欠損部位は至る所の眼瞼部位で発生するものではない。

白内障は水晶体の混濁を示す疾患で、その原因には先天性、若年性、発育性、加齢性（老年性）、遺伝性、栄養性などがある。イヌの白内障は家庭犬でよく遭遇し、飼主の治療期待が大きい疾患の一つである。飼主はそれまで目を見ながら意思疎通をしていたのに、白内障になってそれができなくなったために、なんとかして治してほしいと強く期待することが多い。

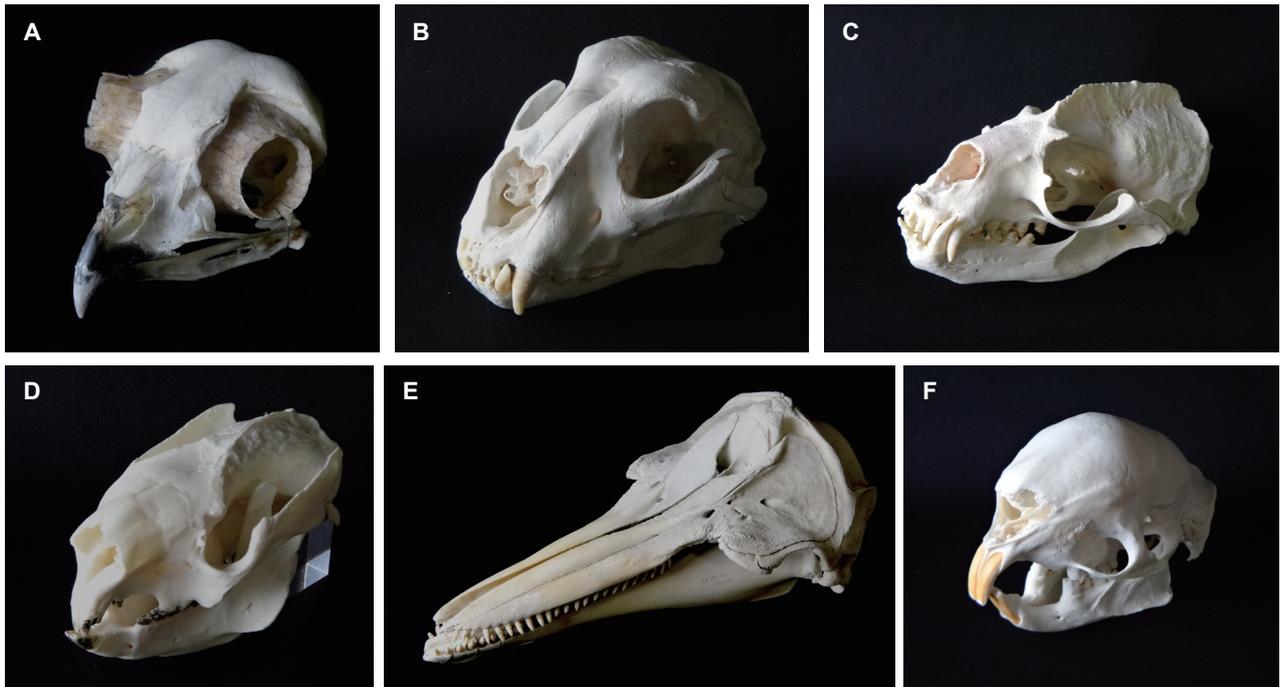


図5 大きい眼, A: シロフクロウ, B: チーター, C: カリフォルニアアシカ,
小さい眼, D: コアラ, E: ハンドウイルカ, F: マレーヤマアラシ



図6 イヌの白内障治療に威力を発揮した
手持ち式眼底カメラ RC-2 (興和株式会社)

網膜変性は外見上、正常でありながら視覚障害を示す眼疾患である。イヌの網膜変性は遺伝性原因で発症する場合があります、補助犬¹の眼検査では留意しなければならない疾患の一つである。

このコーナーにはイヌの白内障治療に画期的な威力を発揮した、手持ち式眼底カメラ RC-2 (興和株式会社) を展示した (図6)。

¹ 補助犬とは「身体障害者補助犬」の意味で、盲導犬、介助犬及び聴導犬をいう。

眼疾病を治療して 印牧信行

私は眼科学を研究するとともにイヌ、ネコの眼疾病の治療をしてきました。眼疾病は生死に直結する疾病ではなく、動物と飼い主の生活に支障をきたすものです。我々ヒトがそうであるように、イヌもネコもさまざまな感覚のうち視覚に対する依存度がたいへん大きい動物です。そうであるからこそ、眼疾病を罹患した動物は大きな衝撃を受け、精神的にも動揺します。しかし、動物はどこがどう痛いかを伝えることはもちろんできませんし、異常のある眼を掻くなどしてさらに悪化させます。子供が具合悪くなって泣きわめくのと同様です。動物を飼ったことのある人ならわかりますが、動物とは心の交流が生まれ、家族のように愛情を抱きます。その意志疎通にも眼は大きな役割を果たしています。そのため、眼疾病になったイヌやネコが苦しむのを見るのは飼い主にとってはいたたまれないことで、なんとしても治してやりたいと思います。治療の経験を通じて獣医師として、イヌやネコにとって視力のもつ意味の大きさを理解し、的確な診断をして適切な看護をすること、そして飼い主にいたずらに動揺することなく、疾病の内容を理解してもらい、治癒の可能性を模索することが重要であると考えようになりました。ある意味では獣医師と飼い主との格闘ともいえます。この展示を通じて動物の眼について、またその治療について理解を深めて頂ければ幸いです。

