

氏名	にしむら ひろゆき 西村 裕之
本籍（国籍）	神奈川県
学位の種類	博士（獣医学）
学位記番号	獣博第7号
学位授与年月日	令和4年9月26日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当 課程博士
研究科及び専攻	獣医学研究科 共同獣医学専攻
学位論文題目	Comparative anatomical study of retinal ganglion cell topography in predatory birds （猛禽類における視神経節細胞の分布に関する比較解剖学的研究）
学位審査委員	主査 准教授 中牟田 信明 副査 教授 木崎 景一郎 副査 教授 永岡 謙太郎 副査 准教授 金田 正弘 副査 教授 山本 欣郎

論文の内容の要旨

脊椎動物の眼球は系統発生ならびに進化過程の制約を受け、生息環境と生活様式に特異的に適応しており、眼球構造の違いは生態的・行動的な要因と関連づけて解釈できると考えられている。特に、視覚器官の特性と重要性は視神経節細胞によって明らかにできることが知られており、視神経節細胞の網膜上における高密度分布領域は、個別の視野について高分解能を提供する領域であることが知られている。鳥類は総じて視覚に優れているが、視神経節細胞の局在分布への生態の影響については未だ不明である。鳥類では、眼球の形態が多様であり、平坦型 (flat type)、球状型 (globose type)、管状型 (tubular type) に大別されている。猛禽類はワシタカ類とフクロウ類に分類されるが、各々球状型眼球と管状型眼球を持つ。ワシタカ類とフクロウ類は、鳥類の中でも特に視覚に優れている種であり、それらの眼球の解剖学的特徴は生態の影響を強く反映していると考えられる。本論文では、鳥類の眼球形態における生態への適応の一端を明らかにするために、管状型眼球を有するフクロウ2種と球状型眼球を有する猛禽類1種の眼球において、肉眼解剖学的特徴と視神経節細胞の形態および分布について検索した。

第一章では、フクロウ2種 (コミズク *Asio flammeus*; オオコノハズク *Otus semitorques*) の眼球について検索し、管状型眼球の形態と網膜特性を調べた。コミズクは川辺の草原などの開けた場所に生息し薄明薄暮性、オオコノハズクは森林に生息し夜行性の行動様式を示す。肉眼的観察では、眼球を摘出した後に、眼球の角膜径 C と軸長 A を測定した。組織学的検索では、網膜のホルマウント標本にニッスル染色を施し、視神経節細胞の形態と数ならびに分布を観察して網膜全体の分布密度図を作成した。視神経節細胞は細胞の大きさや染色性ならびに分布数に違いが見られたため、細胞の大きさをもとに暫定的に小型・中型・大型に分け、それらの数と網膜上の分布についても調べた。肉眼的観察では、角膜径 C と軸長 A はオオコノハズクで大きく、視覚感度と解像度ともにコミミ

ズクよりも優れ、明視野と暗視野両方に適応していると考えられる。一方、夜行性の種で大きいとされる C:A は薄明薄暮性のコミミズクで大きく、C:A の指標はコミミズクとオオコノハズク間の比較においては行動特性を反映しないと考えられた。視神経節細胞の数、密度はともにオオコノハズクが大きいことが確認された。両種における視神経節細胞の高密度分布領域は、コミミズクにおいては水平視覚線条 (visual streak) として観察され、オオコノハズクでは楕円型の垂直分布領域として確認された。水平視覚線条は開かれた視野で獲物を発見し捕獲するというコミミズクの捕食行動に適していると考えられる。一方、オオコノハズクで見られた垂直に分布する高密度領域は、森林などの視界が遮られた空間に適していると考えられる。視神経節細胞の大きさ毎の数は、両種において中型の細胞が最も数が多く大型細胞が少ないという結果であった。また、これらの細胞の分布には局在性が認められた。これらの結果を併せて考えると、大きさの異なるこれらの細胞はそれぞれ異なる機能を持っているのではないかと推察される。

第二章では、オオタカの網膜において第一章と同様の方法を用いて、球状型眼球における視神経節細胞の局在分布と生態との関係について調べた。オオタカの視神経節細胞の分布では、水平視覚線条が認められたが、これは開けた場所での捕食行動を取るオオタカの生態に適した構造であると考えられる。水平視覚線条上の特に細胞分布密度が高い領域に、中心窩および側頭窩が認められた。中心窩の辺縁では視神経節細胞が複数の層に密集し、中心に向かって放射状に配列しているゆがんだ細胞像が観察された。これに比べて、側頭窩の辺縁では細胞の密集度、放射状の配列、細胞像のゆがみともに穏やかであった。中心窩と側頭窩のこれらの構造ならびに網膜上の配置は、遠距離にある獲物を発見、追跡して捕獲するというオオタカの捕食行動に関係していると考えられる。オオタカの視神経節細胞の大部分は小型の細胞で構成されているが、網膜背側部、鼻部ならびに側頭部に少数の大型の多形角細胞の分布が目立って観察された。これらの部位には下方視野が投影されるため、それらの細胞は上空から獲物を観察するというオオタカの習性に関係しているのではないかと推察される。

以上の結果から、管状型眼球を有するコミミズクとオオコノハズクおよび球状型眼球を有するオオタカの眼球では、各種が有する生息環境、行動時間や捕食行動などの特性を反映していることが明らかとなった。すなわち、ワシタカ類とフクロウ類における眼球の肉眼解剖学的特徴および視神経節細胞の分布特性は、各種の持つ生態の影響を強く反映していると考えられた。

論文審査の結果の要旨

鳥類の眼球は形態が多様であり、平坦型 (flat type)、球状型 (globose type)、管状型 (tubular type) に大別されている。球状型と管状型は猛禽類で認められる眼球形態で、それぞれワシタカ類とフクロウ類に認められる。本研究では、猛禽類の眼球形態がどのように生態へ適応するか不明であることに注目し、ワシタカ類、フクロウ類の肉眼解剖学的特徴と、神経節細胞の形態および分布について検討した。

第一章では、管状型の眼球形態を示すフクロウ 2 種 (コミミズク *Asio flammeus*; オオコノハズク *Otus semitorques*) の眼球を材料として検索を行った。肉眼的観察では、開けた場所に生息し、薄明薄暮性のコミミズクよりも森林に生息し夜行性を示すオオコノハズクで角膜径 C と軸長 A が大きく、視覚感度と解像度ともにコミミズクよりもオオコノハズクで優れており、明視野と暗視野両方に適応していると考えられている。また、視神経節細胞の数、密度はと

もにオオコノハズクが大きいことを確認するとともに、コミミズクにおいては視神経節細胞の高密度分布領域が水平視覚線条(visual streak)として観察され、オオコノハズクでは楕円型の垂直分布領域として認められることを示した。これらの分布は開けた場所で水平に視野を移動させるコミミズクと森林で垂直に視野を移動させるオオコノハズクの生息場所が反映されていると考察した。さらに、視神経節細胞の大きさを三種に分けた際に、両種ともに中型の細胞が最も多いことを示した。以上の結果は、管状型眼球において、生態や生息環境を反映した形態学的適応が認められることを明らかにした。

第二章では、球状型眼球を示すオオタカの眼球の形態学的特徴を検索した。オオタカの視神経節細胞の分布では水平視覚線状が認められ、さらに水平視覚線条上の特に細胞分布密度が高い領域に、中心窩および側頭窩を認めた。これらは開けた場所で遠距離にある獲物を発見するというオオタカの捕食行動に適した構造であると考察した。また、オオタカの視神経節細胞の大部分は小型の細胞で構成されているが、網膜背側部、鼻部ならびに側頭部に少数の大型の多形角細胞の分布が目立って観察され、それらの細胞は上空から獲物を観察するというオオタカの習性に関係しているのではないかと推察した。以上の結果から、球状型眼球においても、生態を反映する形態学的適応を認めた。

以上の様に、本研究ではこれまで明らかでなかった球状型眼球、管状型眼球の種が有する行動様式や生態への形態学的適応の一端を示したもので、鳥類眼球の多様性の理解のために有用な情報になることが期待できる。

以上について、審査委員全員一致で本論文が岩手大学大学院獣医学研究科共同獣医学専攻の学位論文として十分価値があると認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

1. 著者名 Nishimira, H., Nakamuta, N., Yamamoto, Y.
発行年 2023
題目 Adaptive features of the eye to the ecological habit of the Short-eared Owl *Asio flammeus* and Japanese-scops Owl *Otus semitorques*
学術雑誌名 Ornithological Science
(巻・号・頁) in press