

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 29 日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2014

課題番号：23658232

研究課題名(和文)鳥類の雌雄判別における t e t r a c h r o m a c y の有用性に関する研究

研究課題名(英文)Studiesy on potential UV cue for sex discrimination in tetrachromatic birds

研究代表者

葉原 芳昭 (Habara, Yoshiaki)

北海道大学・(連合)獣医学研究科・教授

研究者番号：30142813

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：モモイロペリカンとハイイロペリカンの胸部、キングペンギンとコウテイペンギンの耳部と頸部・上胸部に他の部位と比較して紫外線を吸収する紫外線低反射羽毛領域が種を超えて存在することが紫外線カメラ撮影と分光測光で明らかとなった。この領域はロペリカン両種では黄色の、ペンギン両種では橙色の羽毛領域とほぼ一致していた。モモイロペリカンでは、この紫外線低反射領域は、成長に伴って現れることが推定された。この「紫外線模様」は性成熟もしくは繁殖可能性を示すサインとして機能している可能性があるが、雌雄判別への関与は少なくともこの4種の鳥類ではないと結論された。一方、カラスでは判別に関わっている可能性がある。

研究成果の概要(英文)：Low UV reflection regions were found in thorax of white pelicans (*Pelecanus onocrotalus*) and Dalmatian pelicans (*Pelecanus crispus*) and in auris, cervix and upper thorax of King penguins (*Aptenodytes patagonicus*) and Emperor penguins (*Aptenodytes forstern*), which were detect with a UV camera and by spectrophotometry. The region in pelicans were concordant with yellow plumage zone and the regions in penguins were corresponded with orange plumage zones. In white pelicans, the low UV reflective region appeared with age, indicating that these specific regions would function as signs to show the degree of maturation and/or reproductive ability but are unlikely to be recognized as visual cues to show sex, at least, in the four species examined in this year but, in crows, there is still a possibility to function as signs of sex difference.

研究分野：生理学

キーワード：四色視 紫外線 ハシブトガラス ハシボソガラス モモイロペリカン ハイイロペリカン キングペンギン コウテイペンギン

1. 研究開始当初の背景

鳥類の視覚は、ほ乳類が三色視 (trichromatic) であるのにたいして紫外視を含む四色視 (tetrachromatic) であることから、私たちヒトが認識できない“色”構成によって世界を認識していると考えられている。鳥類には、私たちヒトでも雌雄の差が明瞭に判別可能な種がいる一方で、私たち三色視のヒトには視覚で識別できない種も多い。ペンギンやカラスがその代表例である。それらの種で、番い形成時に、互いに雌雄を判別する手段として、視覚がどの程度重要な役割を果たしているのかが興味ある点である。特に紫外線を含んだ情報処理について探りたいというのが当初の背景である。

2. 研究の目的

上記の課題を解く鍵として鳥類の紫外視に着目し、羽毛を含む体部における紫外光反射・吸収の全体像、その部位スペクトルの詳細な測定結果を遺伝子雌雄判別と照らし合わせて検証しようとした。

3. 研究の方法

鳥類は第4番目のオプシン/錐体細胞を持っており、可視波長は紫外領域にまで広がっている。私たちヒトは紫外線を認識できないオプシンを持っていないため、認識することはできないので、鳥類の紫外視を再現するために特殊な機器が必要となる。本研究では紫外線に感受性のあるカメラを独自に作製して撮影するとともに、分光反射スペクトルを測定・記録して紫外線領域の情報の判別を行った。検討対象は全国各地で飼育されている幾種かの生体、および保存されている剥製標本である。撮影した紫外線画像をグレースケール化し、目的とする領域の輝度を得てリファランス部位に対してノーマライズすることでその部位の紫外線反射特性を検討した。分光反射スペクトルの紫外領域と可視領域、もしくは測定全波長領域の数値から明度と彩度を算出し比較検討した。

4. 研究成果

紫外線カメラ撮影画像の解析：北海道大学北方生物圏フィールド科学センター植物園に保管されているハシブトガラスとハシボソガラスの剥製標本を暗黒下、人工照明のみで紫外線画像を撮影した。グレースケール化した後、疑似カラーを貼り付け(図1)部位差、雌雄差、種差を検討したところ、本法では雌雄差は両種とも認められなかったが、部位差と種差が認められた。部位差については、翼の頭側の輝度が尾側より高かった。この部位は構造色を呈する部位であることから、微小構造に起因して紫外線がより強く反射されていると推測される。種差については、雌において背部と胸部の輝度がハシボソガラスで、雄においては翼頭側の輝度がハシブトガラスで高かった。しかし、測定条件と精度

の問題も無視し得ないため、より詳細な検討を以下の分光測光で行った。

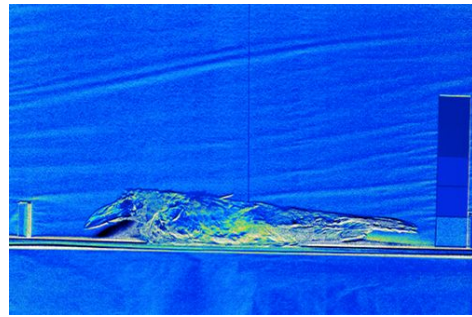


図1 紫外線写真から得たハシブトガラスの紫外線反射の部位差の一例 疑似カラー化し、warm-color が反射立の高い部位を示す。

分光測光法による反射率の解析：300nm から700nmの範囲の反射率を両種の9部位で測定し、全波長と紫外波長の明度と彩度を算出し解析した。

まず明度については、部位差がの結果とほぼ一致して認められ、種と雌雄に関係なく雨覆およびでは解析できなかった尾羽の背側で全波長・紫外波長とも反射率が大きかった。さらに本法では雌雄差と種差があることが示唆された。まず、雌雄差については初列風切羽、咽頭部、胸部の全波長反射率がハシブトガラス雌で同種雄よりも高く、紫外領域反射率もハシブトガラス雌で雄よりも高かった。これはハシブトガラスでは雌の方が雄より明るいことを示している(図2, 3)。

彩度については、全波長でみると次列風切羽が最も大きかった。紫外領域では逆に次列風切と尾羽腹側で小さい傾向が認められた。雌雄差を検討したところ、全波長では認められなかったが、紫外領域に限ると雨覆がハシブトガラスの雄で雌よりも高かった。種差については、全波長ではやはり差が認められなかったが、紫外線領域では雨覆、背部、咽頭のいずれの部位でもハシボソガラス雄の方がハシブトガラス雄よりも大きかった。雌では次列風切の彩度がハシブトガラスでハシボソガラスより大きかった(図4, 5)。

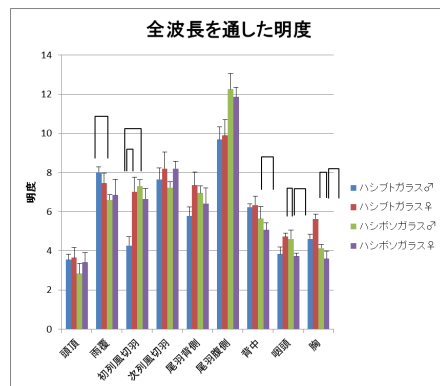


図2 全波長領域明度の部位・雌雄・種差

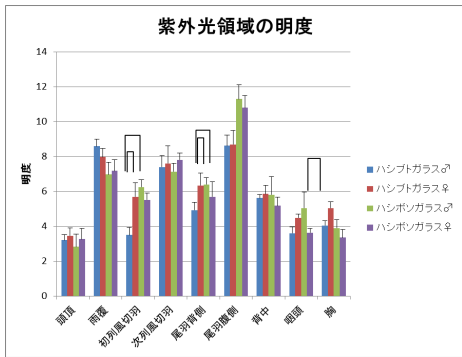


図3 紫外波長領域明度の部位・雌雄・種差

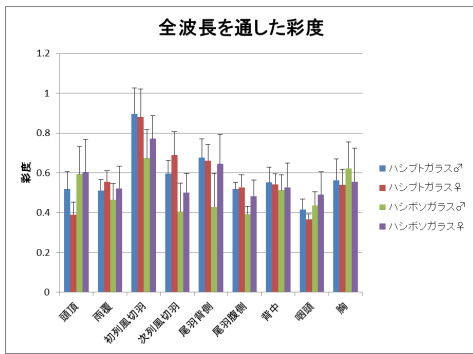


図4 全波長領域彩度の部位・雌雄・種差

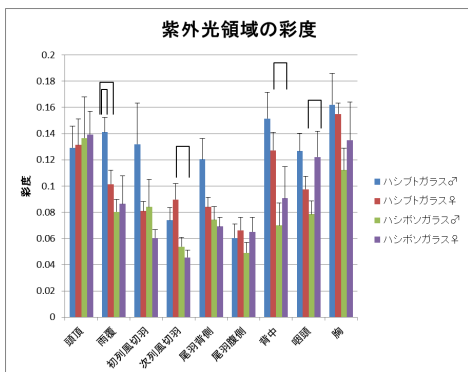


図5 紫外波長領域彩度の部位・雌雄・種差

以上の結果から、種内における雌雄差と種間の差に加えて部位差のあることが明らかとなり、私たちの目にはほとんど黒一色に見えるカラスでも四色視の鳥類の視覚では多彩な「色」として見えていると思われる。

紫外線低反射部位を持った鳥類：カラスに続き、他の鳥類種についても前法を用いて検討した結果、モモイロペリカンの胸部に局限して他の部位よりも紫外線を吸収する領域が存在することが紫外線画像から明らかとなった。この紫外線低反射部位は近似種のハイロペリカンでも認められ、さらにキングペンギンとコウテイペンギンの耳部と上胸部にもあることがわかった。この部位はペリカンでは黄色の羽毛領域、ペンギンでは橙色の羽毛領域とほぼ一致しており、それらの色素に起因する紫外線吸収ではないかと現在予想している。さらに、興味あることに、この紫外線低反射領域は、成長とともに現れて

くるようで、亜成鳥では認められないか、極めて薄く観察される。その個体でも1年後、2年後には明瞭に現れることを2個体で確認できた。このことから、紫外線低反射領域の出現は、その個体の成熟もしくは性成熟のサインとして機能しており、他の個体に繁殖可能な時期を表しているのかもしれない(図6)。この点については他の鳥類も含めて今後知見を積み上げていきたい。

なお、現在論文発表を準備中である。

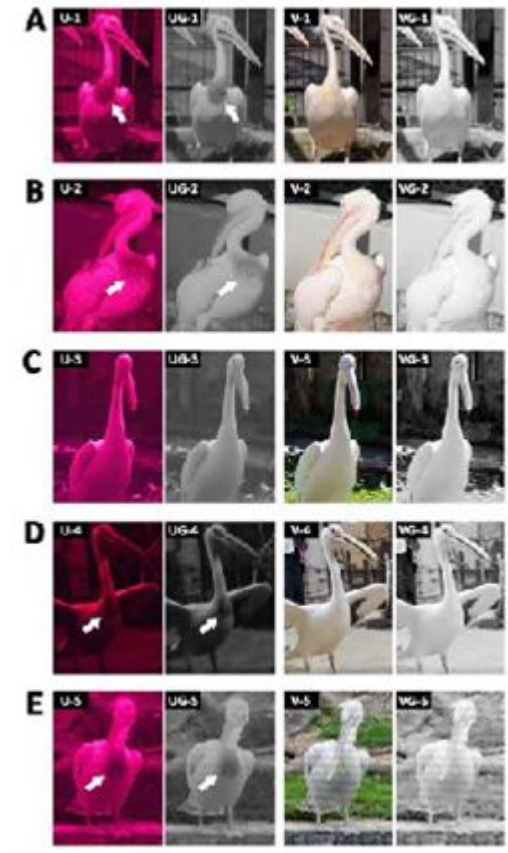


図6 紫外線写真をもとに解析したモモイロペリカンとハイロペリカンの胸部に認められた紫外線低反射領域の代表例(矢印) A:雌モモイロペリカン、B:雄モモイロペリカン、C:雌未成熟モモイロペリカン、D:1年前は認められなかったが、1年後に認められた紫外線低反射領域、E:ハイロペリカン U:紫外線画像(未処理) UG:紫外線画像をグレイスケール化した画像、V:可視画像(未処理) VG:可視画像をグレイスケール化下画像

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 3 件)

中村友美、矢野沙織、坂本健太郎、葉原芳昭。近紫外光におけるヒトの可視領域の個人差に関する研究。第155会日本獣医学会学術集会(2013年3月28日)東京大学駒場キャ

ンパス・東京都

近藤圭祐、矢野沙織、坂本健太郎、葉原芳昭。四色視動物の視覚：デジタルカメラを用いたハシブトガラス・ハシボソガラス（*Corvus macrorhynchos*・*Corvus corone*）の体色に関する研究。第155回日本獣医学会学術集会（2013年3月28日）東京大学駒場キャンパス・東京都

Habara, Y. How do tetrachromats view the world? The first report: verification of photographic condition. 第153回日本獣医学会学術集会（2012年3月27日）大宮ソニックシティ・さいたま市

〔図書〕（計 0件）

〔産業財産権〕

出願状況（計 0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

葉原 芳昭 (HABARA, Yoshiaki)
北海道大学・大学院獣医学研究科・教授
研究者番号：30142813

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

坂本 健太郎 (SAKAMOTO, Kentaro)
北海道大学・大学院獣医学研究科・講師
研究者番号：80374627