

紫外線カメラが開かす虫や鳥が見ている世界

The world as seen by insects and birds, as revealed by ultraviolet cameras

浅間 茂

NPO 法人・自然観察大学学長

e-mail: s.asama@d8.dion.ne.jp

Shigeru Asama

Chiba Ecosystem Research Institute /

NPO Nature Observation University

受付: 6月12日, 受理: 7月21日

抄録: 私たちヒトを含むほ乳類は、紫外線が見えない。ほ乳類以外の眼の発達した動物は紫外線が見える。ほ乳類の祖先は恐竜の時代に出現し、捕食を恐れて森の中にひっそり隠れ、夜に活動した。そのために紫外線を見る能力を失ったのである。他の動物たちは、どんな世界を見て、紫外線をどんな風に利用しているのか。紫外線を見るために、カメラを改造し、あらゆる動植物の紫外線写真を撮り始めた。そこにはワクワクドキドキする驚くべき世界が広がっていた。科学の土台は、誰も知らない事を知る・発見する喜びである。真っ黒なカラスは、紫外線写真では模様があり、カラス同士が個体識別している。国蝶のオオムラサキは紫外線を反射して雌を惹きつけている。食虫植物のウツボカズラの捕虫嚢は、紫外線反射で虫を誘っている。そんな新しい発見の事例を紹介しながら、虫や鳥が見ている紫外線の世界を観察・研究している。

キーワード: 紫外線写真, カラス, オオムラサキ, ウツボカズラ

Abstract: Humans and other mammals cannot see ultraviolet rays. Animals other than mammals with highly developed eyes can see ultraviolet rays. The ancestors of mammals appeared during the age of dinosaurs and lived quietly in forests, hiding from predators and being active at night. As a result, they lost the ability to see ultraviolet rays. How do other animals see the world and utilize ultraviolet rays? To see ultraviolet rays, we modified cameras and began taking photographs of various animals and plants. There, we discovered an exciting and surprising world. The foundation of science is the joy of learning and discovering things that no one knows. Black crows, which appear completely black to the human eye, have patterns that are visible in ultraviolet photographs, enabling them to identify one another. The national butterfly of Japan, the Japanese emperor (*Sasakia charonda*), reflects ultraviolet rays to attract females. The insect-catching pouches of the tropical pitcher plant reflect ultraviolet rays to lure insects. While introducing such new discoveries, we observe and study the ultraviolet world seen by insects and birds.

Keywords: ultraviolet photography, crow, Japanese emperor (*Sasakia charonda*), tropical pitcher plant

1. はじめに

私たちヒトが見ている可視光線は波長の短い青から、長い赤までの380nm～780nmの範囲である。より波長が短ければ紫外線、長ければ赤外線になる。動物によって見える範囲は異なる。ほ乳類以外は紫外線を見る事ができる。360nmまでは良く見え、さらに短くなるとだんだん見えなくなる。私のカメラは360nmの紫外線を透過するフィルターを使っている。紫外線写真で暗くなるのは紫外線を吸収し、明るくなるのは紫外線を反射し紫外色が強く見えることを意味する。カメラのCCD

やCMOSのイメージセンサーにより、紫外線感知能力は異なる。またそのセンサー前には、赤外線カットや紫外線カットフィルターがある。普通のガラスでできているレンズは、紫外線を通さない。そのために紫外線カメラとして改造するには、いろいろな工夫が必要である。紫外線カメラで撮影すると、それは紫外色だけの写真となる。でも実際には、その紫外色はどんな色をしているのか分からない。しかしそれから得る情報は、紫外色が見える動物の世界に一歩近づく事になる。何故色が分からないかということ、私たちは脳で視覚情報を見ている

からである。

2. 有害な紫外線を防ぐ

シミや皮膚ガンを引き起こすといわれている紫外線。その紫外線を防ぐために日焼け止めクリームを塗るが、その日焼け止めクリームは紫外線を吸収して、体の内部に紫外線が入る事を防いでいる(図1, 2)。吸収された紫外線は、赤外線つまり熱として、外に放出される。黒い傘と白い傘どちらが、紫外線防御に役立つかという、黒い傘である。黒い傘は紫外線を吸収して熱に変える。白い傘は反射するが、中に紫外線が透過して入り込んでくる。だから、低緯度地域に黒人が、高緯度地域に白人が生活している。黒人の黒いメラニン色素が紫外線を吸収してくれるからである。動物分布も同じで、ツキノワグマは黒く、ホッキョクグマは白い。しかし、ホッキョクグマの皮膚は真っ黒である。紫外線防御のためである。シラサギの仲間、ダイサギ、チュウサギ、コサギなどは白色であるが、皮膚の裏は真っ黒である。いずれもメラニン色素で紫外線を吸収し、体の内部に入るのを防いでいる。



図1 日焼け止めクリーム(可視光画像)



図2 紫外線を吸収する日焼け止めクリーム(UV画像)

3. 人間に対しての紫外線の役割

紫外線は悪いばかりではない。紫外線はビタミンDを皮膚で合成する。ビタミンDはカルシウムの吸収を促進し、骨の健康に役立っている。私たちが走ったり跳んだりできるのは、紫外線のおかげである。北欧に住んでいる人は、そのため適度な日光浴をする。

リンゴは真っ赤になり、おいしそうになる。この赤くなるのは紫外線から身を守るために赤い色素をつくり、赤くなる。高山植物の花がきれいな色をしているのは、高山は紫外線が強いため、紫外線防御のために、色素をつくりあでやかな色になる。私たちにとって紫外線は害ばかりでなく、骨の健康や免疫力を高めるだけでなく、生活に潤いをもたらしてくれている。

4. 植物と紫外線

4.1. 花のネクターガイド

長い歴史の中で植物は、食われるばかりでなく花粉運搬に昆虫や鳥を利用するようになった。私たちにとって一色の花に見えても、蜜のある中心部は紫外線を吸収するために、昆虫や鳥には違う色に見え、蜜の在処を容易に知ることができる。ここに蜜があるよ、と教えてくれるネクターガイドである(図3, 4)。ツツジはチョウによって受粉されるが、チョウの口吻の入り口は一枚の花弁の上の方であり、その部分が紫外線を吸収している。似た様な黄色の花を咲かすヘビイチゴの仲間であるヘビイチゴやオヘビイチゴ、ヤブヘビイチゴなどは、紫外線写真で見ると吸収部の部分の模様が異なるために、容易に違いが分かる。黄色の花は、花弁の黄色の部分が強く反射し、蜜の在処を示すネクターガイドは強く吸収するため、コントラストがはっきりしているものが多い。このように花の中には、ネクターガイドを持っているものが多く見られる。



図3 菜の花(可視光画像)

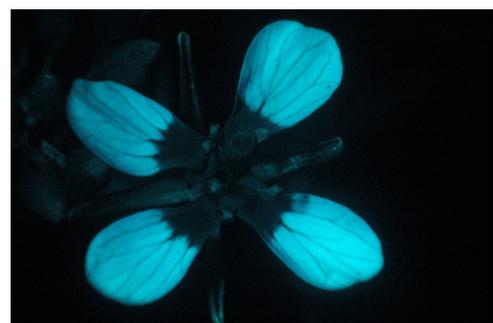


図4 菜の花のネクターガイド(UV画像)

4.2. 紫外線が強い所に咲く花

高山・水辺・熱帯では紫外線が強いために、花の紫外線写真を撮ると、多くの花は花卉全体がいずれも紫外線を強く吸収する。花は植物にとって大事な生殖場所である。紫外線の被害を防ぐために、色素物質によって紫外線を吸収している。サボテンの花や水辺に咲くスイレン、ハスの花は紫外線を吸収することで、遺伝子破壊を防いでいる（図5, 6）。



図5 スイレンの花（可視光画像）



図6 スイレンの花は紫外線を強く吸収（UV画像）

4.3. ウツボカズラの捕虫囊の紫外線利用

ボルネオに見られるウツボカズラの捕虫囊の紫外線写真を撮影した結果、面白い結果が得られた。ウツボカズラは痩せた土地に生える植物であり、捕虫囊の入り口の先端で蜜を分泌し、虫を誘い込み、滑り落とす。捕虫囊の内部の消化液で消化し、栄養を得ている植物である。いろいろなウツボカズラを撮影したところ、多くのウツボカズラの捕虫囊の内部は、強く紫外線を反射した（図7, 8）。蜜だけでなく、紫外線反射でも虫を誘引しているのだろう。しかし大型の捕虫囊は紫外線反射が見られなかった。これらは、蜜を多量に分泌し、ツパイや鳥などを引き寄せ、その糞を栄養源としているためと思われる。



図7 ウツボカズラの捕虫囊（可視光画像）

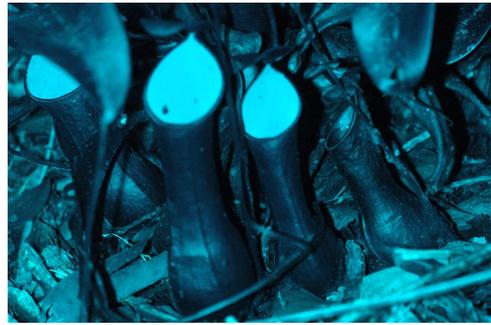


図8 紫外線を強く反射するウツボカズラの捕虫囊（UV画像）

筆者は2024年3月にボルネオのクバ国立公園を訪れた。そこに生息する世界で2番目に小さなカエルの幼生は、ウツボカズラの捕虫囊の中で育つという。おそらくこの捕虫囊内の消化液の働きは弱く、カエルとの共生関係にあるのだろう。もしそうなら発育を早めようと、捕虫囊は温度を高めるために紫外線を吸収するかも知れないと、予想した。撮影すると強く紫外線を吸収する。中のオタマジャクシは紫外線防御のための色素をつくる必要が無いために白っぽい。熱帯といっても気温は27度から31度の間である。温度を高くすることで、より多くの排出物を得ていると推定される。

5. 動物と紫外線

5.1. 個体識別

カラスは真っ黒であるが紫外線写真を撮ると、模様が見える。鳥の9割は紫外線反射で、雌雄を見分けているという。紫外線反射が強いのは雄だと思われたが、確認のため我孫子市立鳥の博物館の標本を借用した。カラスの雌雄は屋外では見分けられない。ハシブトガラスの雌雄の標本の紫外線撮影の結果、模様は雌雄の違いではなく、個体によってそれぞれ異なることが判明した（図9, 10）。カラスは個体識別を紫外線の視覚を通じて行っている。ただそれだけでなく、鳴き声や歩き方などの違いを総合して判断しているのだろう。このような紫外線反射が異なるのは、羽根の構造色によるものと思われる。



図9 ハシブトガラス (可視光画像)



図10 模様が見えたハシブトガラス (UV 画像)

ニセズメダイが紫外線で仲間の顔を見分けるという論文がオーストラリアで報告された。ニセネッタイスズメダイは、浅い珊瑚礁の海に群れて生活している小型の魚である。似たような生活をしているネッタイスズメダイを、紫外線を通す水槽の中で、魚が泳いでいる状態で、紫外線撮影を試みた。可視光線では分からなかった斑紋が、紫外線写真で浮かび上がった。それぞれ斑紋模様が個体によって異なっている。ネッタイスズメダイは、この斑紋で個体識別し、社会生活をしている。

5.2. 雌雄の識別

モンシロチョウは、雌雄で紫外線反射が異なる事が知られている。雄は紫外線を吸収し、雌は強く反射する。モンシロチョウ同士は一目瞭然で雌雄を判別している(図11, 12) (1)。何故このように異なるのか。電子顕微鏡で鱗粉の微細構造を調べた結果、雄は格子状の窓の中に粒子状のものが詰まっているが、雌には見られなかった。この粒子状のものが紫外線を吸収するのだろう。16年前から紫外線の写真を撮り始めているが、雌の紫外線反射で変化が見られる。始めた頃は、雌は全て強く紫外線を反射していたが、年々あまり紫外線を反射しない雌が増えてきた。モンシロ

チョウは元々ヨーロッパ原産で、ヨーロッパの雌は紫外線をあまり反射しない。昔、日本に渡ってきたものは、紫外線を吸収する粒子状のものを完全に失った雌であり、その雌が日本に広く分布するようになったのだろう。最近ヨーロッパから、モンシロチョウが再び入り込んで来ていると思われる。強く反射する雌がモテると思われるが、写真(図12)で示したように、あまり反射しない雌とも交尾している。紫外線反射が強い雌は、鳥に襲われる確率が高い。雌の紫外線反射の異なる雌の割合は、今後どう変化していくのだろうか。私たちが見えない紫外線の世界で、モンシロチョウの世界は大きく変化している。



図11 下の雌は強く紫外線を反射



図12 あまり反射しない雌

5.3. 求愛に利用

紫外線が見える目の良い動物、特に鳥や昆虫は紫外色を求愛の際に利用している。日本の国蝶であるオオムラサキは大型で美しいチョウである。雄の翅は青紫色をしていて、派手な色彩である(図13)。紫外線写真で撮影すると、その青紫色の部分は、強く紫外線を反射する(図14)。この青紫色は構造色による発色であり、波長が連続している紫外線部分も反射していると思われる。チョウの目はあまり良くないが、この強い紫外色は、雌を惹きつけるのに役立っていると思われる。雌の翅はあまり紫外線を反射しない。



図 13 オオムラサキの雄（可視光画像）



図 14 強く紫外線を反射（UV 画像）

5.4. 捕食者からの逃避

トカゲの尾は青色をしている。あの青色は強く紫外線を反射する。鳥やヘビなどの捕食者に襲われたとき、自切により尾が切り離され、尾はくねくねと動き回る。捕食者は、紫外線反射が強い尾に目がいき、その隙にトカゲは逃げ延びることができる。そのため、大洋に浮かぶ島では、どんな捕食者がいるかによって、紫外線反射が異なるという (2)。捕食者がいない島では、エネルギーを使って紫外線反射する構造を、わざわざつくる必要はないからである。

クモは網の中心部近くに隠れ帯を付けるものがあるが、その役割は諸説がある。はっきりしているのはカタハリウズグモの隠れ帯である。お腹が空いているときはウズ状の、お腹がいっぱいの時は、直線状の隠れ帯を付けるという (3)。渦状の隠れ帯の場合は糸の張力が増し、それでクモは小さな餌でも反応する。直線の場合は張力が弱まり、大型の餌にしか反応しないという。紫外線写真でクモの網を撮影すると、蜘蛛の隠れ帯は全て強く紫外線を反射する。ナガコガネグモの隠れ帯の紫外線写真をクモのいる裏側から撮影すると、可視光線ではクモの姿がはっきり見えるが、紫外線写真では姿が隠れ帯の紫外色で隠れて、見えなくなる (図 15, 16)。まさに隠れ帯は隠れるのに役立っている。また、ナガコガネグモは危険が迫ると、網を揺さぶる習性がある。このことは紫外線反射の強い隠れ帯が大きく揺れる事で、捕食者を驚

かす効果が大いと思われる。



図 15 ナガコガネグモを後から撮影

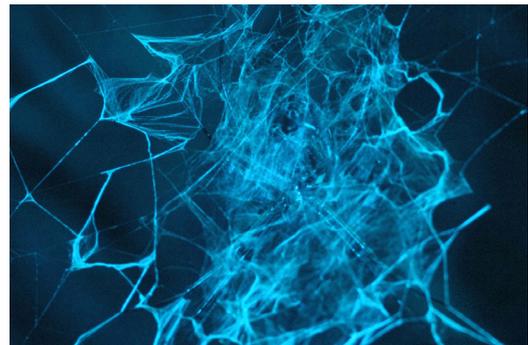


図 16 紫外線写真ではナガコガネグモ姿が見えない

5.5. 温度調節

アカエリトリバネハは温度を高めるために、翅に紫外線を吸収する仕組みを持っている事は、よく知られている (4)。マレーシアの国蝶であり、ボルネオでは低地からキナバル山の登山口 (1,500m) まで分布している。紫外線写真で撮影すると、翅が強く吸収していることがわかった。熱帯のチョウなのに、なぜ紫外線を吸収し温度を高くするのだろうか、と、長らく疑問を持っていた。2025年1月に、チョウの産地として知られるマレー半島のキャメロン高原に出かけた。キャメロンハイランドは高原で涼しく、朝は21度で昼は25度前後である。朝では、アカエリトリバネアゲハは動かず、葉陰の枝に止まっている。触るとそのまま死んだようにポトリと地面に落ちてしまう。太陽が出て温度が上がり始めると翅をバタバタと動かし、温度を上げている。そして24度くらいになると飛び始める。低温には弱いチョウである。そのため、できるだけ紫外線を吸収し、温度を高くしているのであろう。同じ黒色でもキシタアゲハとアカエリトリバネアゲハを並べて見ると、紫外線吸収の違いが明らかである。アカエリトリバネアゲハの紫外線吸収は極めて強い。

シオカラトンボは塩を吹いた様に青白い色彩であり、ほぼ100%近く紫外線を反射する。雌はムギワラトンボ

とも言われ、麦わら色をしている。雄は水辺に縄張りを持ち、常に日差しの強い所にいる。そのために紫外線だけでなく、体温の上昇を防ぐ必要もある。白い傘は紫外線を反射もするが、透過も見られる。しかし、シオカラトンボの雄は紫外線を、ほとんど反射する(図 17, 18)。体のワックス成分で反射しているが、この成分と同じような、日焼け止めクリームができないか、研究されている。その結果、今販売されている紫外線を吸収するクリームに比べて、ほぼ完全に反射するクリームができれば、体が熱くなることはないであろう。

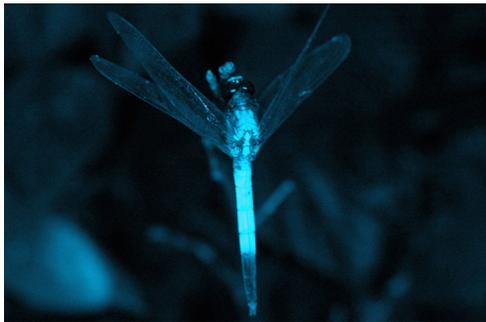


図 17 シオカラトンボの雄 (UV 画像)



図 18 強く紫外線を反射 (可視光画像)

6. まとめ

カワセミの青色は色素でなく、微細構造による構造色によるものである。あの構造色は紫外線を反射するのだろうかという疑問を持ち調べたが、論文は皆無であった。それでは紫外線が写るカメラをつくらうと思い、試行錯誤で取り組んでつくった紫外線カメラで、あらゆる動植物を取り始めた。それらをまとめたものが、「虫や鳥が見ている世界—紫外線が開かす生存戦略」(中公新書)である。その内容の一部と、新しい知見を含めて講演内容とし、また論文をまとめた。前述のカワセミの背中の青色は紫外線を反射し、胸の黄褐色は吸収した。青色はオオムラサキと同様に構造色によって連続した青と紫外線を発色する。この青色の羽の裏は灰色で、自然界は無駄なエネルギーを使わない事が分かる。胸は紫外線を吸収しているので、メラニン色素による発色であると分かる。紫外線カメラを通して、ウツボカズラの紫外線反射や紫外色のカラスの斑紋、ナガコガネグモの隠れ帯の役割など多くの新しい発見があった。どうしてだろうという疑問を常に持ち、今後とも丁寧に自然の観察・研究を続けていくつもりである。

引用文献

1. Obara Y, Hidaka T (1968) Recognition of the female by the male, on the basis of ultra-violet reflection, in the white cabbage butterfly, *Pieris rapae crucivora* Boisduval. *Japan Proc. Acad.*, **44**, 829-832
2. 栗山武夫 (2012) オカダトカゲの色彩パターンの進化 — 捕食者に対応した地理的変異. *日本生態学会誌*, **62**, 329-338
3. 渡部 健 (2002) カタハリウズグモの網構造の可塑性とその機能について. *Acta Arachnologica*, **51** (1), 73-78
4. Han Z (2012) Light trapping structures in wing scales of butterfly *Trogonoptera brookiana*. *Nanoscale*, **4** (9), 2769-2984