

筑波大学

朝永振一郎記念

第18回「科学の芽」賞 応募用紙

受付番号 : SJ0275

応募部門 : 中学生部門

応募区分 : 個人応募

題名 : ミドリシジミ類のオスの翅の色味・輝きの役目

学校名 : 福島県 福島大学立附属中学校

学年 : 2年生

代表者名 : 守谷 史佳

※ 個人情報保護のため、入力された項目から抜粋して出力しています。

ミドリシジミ類のオスの翅の色味・輝きの役目

福島大学附属中学校 2年 守谷史佳

研究背景・目的

○去年の研究で明らかにしたこと・検証に不足があったこと

去年の研究では、ミドリシジミ類のオスの翅の角度別の見え方を観察した結果(図1)、頭を上にも60度傾けた時(頭の方から60度傾けた状態)に最も色が濃く見えた(図2)。そして晴れの日と曇りの日では、曇りの日の方が翅の色が濃く見えることを確認した(図3)。また、野外観察を行い、ミドリシジミ類のオスが翅を広げて占有行動をしたり(以下、これを単に「占有行動をする」と言う)、卍巴飛翔をしたりする様子を確認した(図4)。これらの結果から、占有行動や卍巴飛翔をしている際に、翅の色味や輝きを見ることにより、オス同士が互いの存在を確認していると考えた。しかし、ミドリシジミ類のオスの翅の輝きが実際に役立っているのかを実証するには至らなかった。また、そもそもミドリシジミ類が人間と同じような色覚で他のミドリシジミ類の翅を見ているのかは分からなかった。

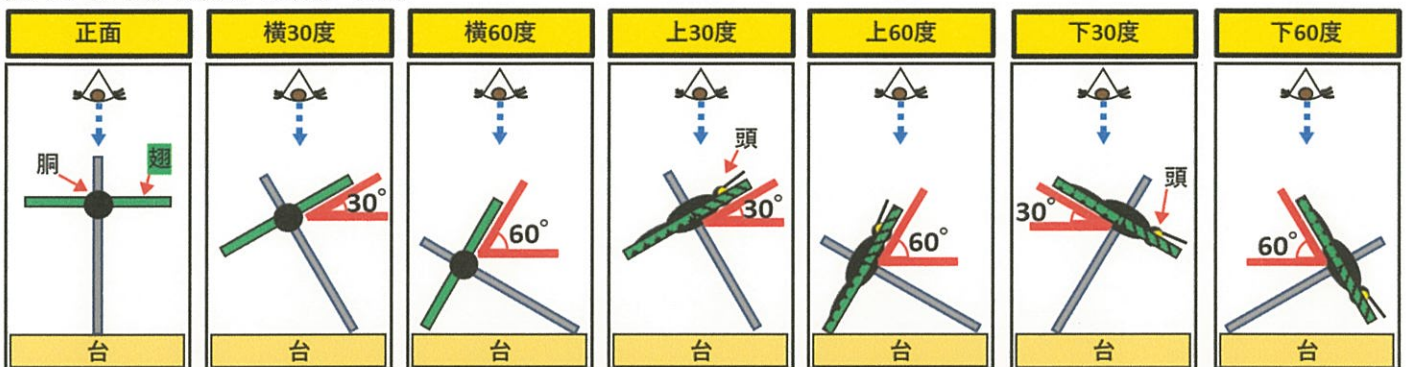


図1 去年の研究で行ったミドリシジミ類のオスの翅の角度別の観察の模式図。
*頭を上にも60度傾けた時(頭の方から60度傾けた状態)は右から3番目の図の状態である。去年の研究より。



図2 去年の研究で行ったミドリシジミ類のオスの翅の角度別の観察。
*左が上60度から、中央が下60度から、右が横60度から見た状態。
去年の研究より。

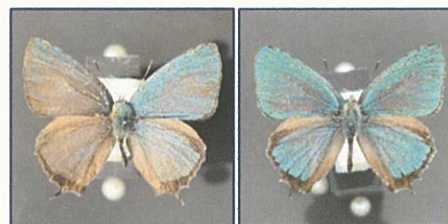


図3 去年の研究で行ったミドリシジミ類のオスの翅の天気別の観察。
*左が晴れの日、右が曇りの日に見た状態。
去年の研究より。



図4 ミドリシジミ類のオスが占有行動をする様子。
*去年の研究より。

○ミドリシジミ類の色覚について

昆虫の体色の由来として、体表に分布する物質による「色素色」と、体表に当たる光の干渉・回折・散乱などによる「構造色」の2つの仕組みがあげられ、そのうち構造色は体表のクチクラや鱗粉の微細構造による(後藤・上遠野, 2019)。蝶類においては、構造色を呈する鱗粉の表面の細かい筋の上に、さらに細かい柵のような構造(図5)があることによって、輝く着色を出している(中瀬, 2017)。田中ら(2010)では、2種のミドリシジミ類のオスに見られる構造色が、翅の上層鱗によって形成されることが示されている。

一方で、色をどのように見ているのか、すなわち「色覚」については、江口・木下(1999)では、「色の違いを、明るさではなく、波長の違いとして識別できる能力」であり、その波長をどのような色と認識するかは問題ではないとされている。ここで、光は波長によって異なる色感覚を与え、一般的に人間では紫(380-430 nm)、青(430-490 nm)、緑(490-550 nm)、黄(550-590 nm)、橙(590-640 nm)、赤(640-770 nm)として認識されると定義される(図6, 東邦大学のHPより)。人間の可視光の下限は360~400nmで、上限は760~830nmである(國友ほか, 2017)。蝶類では、例えばアゲハチョウが紫外・紫・青・緑・赤の5つの色受容細胞を持つことが報告されている(Arikawaら, 1987)。蝶類全体で考えると、その色覚は、例えば翅が赤いベニシジミも翅の青いルリシジミ・ヤマトシジミとともに紫外と紫の付近から紫外域にピークを持つように、グループの影響が強く、色覚が翅の色と必ずしも関係しているわけではないということが示唆されている(今福, 2023)。つまり、対象とする種がどのような色を感じているかということ踏まえて研究する必要があると考えた。

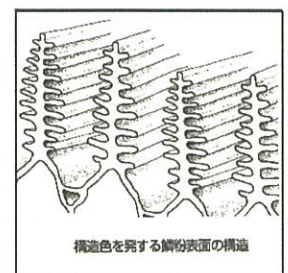


図5 構造色を作り出す鱗粉の模式図。
*白水(2006)より引用。

Imafuku(2013)は、ミドリシジミ類4種の分光感度を電気生理学的手法によって測定している。その結果、図7のように、青色に分光感度のピークがあることが示されている。この4種の分光感度の傾向が、可視光線の短波長の付近にピークがあるというシジミチョウ一般の分光感度のパターンと一致しているという点で、ミドリシジミ類全般の分光感度についてもこの傾向が当てはまりそうである。

この研究では、これらのミドリシジミ類の分光反射についても測定されており、図8のように、紫外から紫にかけての範囲と、緑から黄にかけての範囲にそれぞれピークがあることが示されている。これら4種以外のミドリシジミ類の種についても同様の分光反射の傾向があることが示されており(今福, 2023)、ミドリシジミ類全体として翅の色と色覚との間に強い相関は認められないと考えられる。

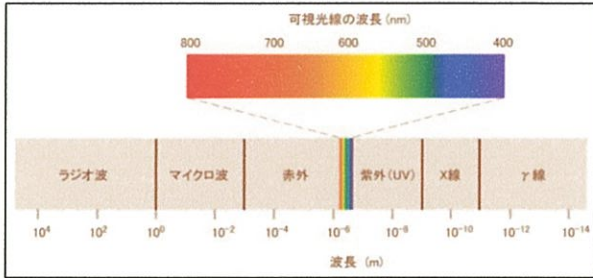


図6 様々な波長の電磁波における可視光線。
* 東邦大学のHPより引用。

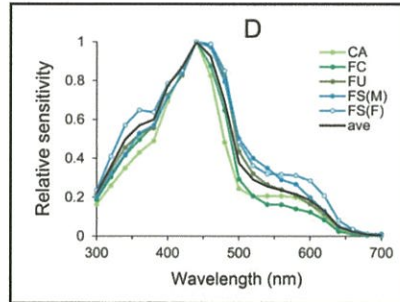


図7 ミドリシジミ類4種の分光感度曲線。
* Imafuku(2013)より引用、一部改変。

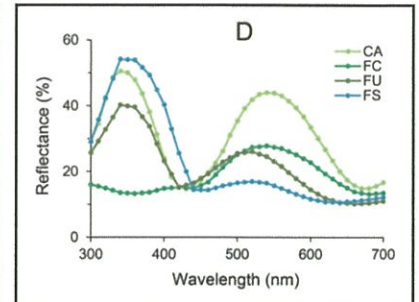


図8 ミドリシジミ類4種の分光反射。
* Imafuku(2013)より引用、一部改変。

○可視領域における研究の可能性

ただし、図7のように、ミドリシジミ類の分光感度は紫外および可視領域にも広く認められる。そのため、人間の可視領域において色味を分析することも、日照や種の違いといった観察条件ごとに比較するにあたっては有効であると考えられる。つまり、翅の色味を分析すると同時に、ミドリシジミ類の実際の行動を観察することで、翅の色味や輝きが果たす役割を検証できると考えられる。











○今年研究したいと思ったこと

今年の研究では、ミドリシジミ類のオスが行う占有行動や尻尾飛翔といった活動において、オスの翅の特殊な色味や輝きが有効に役立てられているのかを検証しようと考えた。今年はより定量的な分析・具体的な検証を行い、去年考えたことが実際に成り立つのかを確かめてみることにした。

検証するにあたり、曇りの日と晴れの日との間での比較が必要であると考えた。行動の野外観察と翅の色味の分析とで得られた結果をそれぞれ比較する。

研究対象として、オオミドリシジミ属の3種(エゾミドリシジミ、ハヤシミドリシジミ、ジョウザンミドリシジミ)とメスアカミドリシジミ属の2種(アイノミドリシジミ、メスアカミドリシジミ)の計5種を選定した。ミドリシジミ類の仲間は互いに形態の似ている種が多く、表1を基に同定を行った。

表1 ミドリシジミ類5種の雌雄の翅の特徴と主な同定箇所。

	エゾミドリシジミ	ハヤシミドリシジミ	ジョウザンミドリシジミ	アイノミドリシジミ	メスアカミドリシジミ
オスの翅表	 <ul style="list-style-type: none"> ・青みを帯びた金緑色。 ・後翅に黒縁が太い。 ・前翅の外縁が直線的。 ・尾状突起は太く短い。 	 <ul style="list-style-type: none"> ・やや青みを帯びた金緑色。 ・後翅の黒縁が太い。 ・前翅の外縁は丸みがある。 ・尾状突起はやや長い。 	 <ul style="list-style-type: none"> ・青みを帯びた金緑色。 ・後ろ翅の黒縁が太い。 ・前翅の外縁はやや直線的。 ・尾状突起はやや長い。 	 <ul style="list-style-type: none"> ・黄色味を帯びた金緑色。 ・尾状突起は細く長い。 	 <ul style="list-style-type: none"> ・黄色味を帯びた金緑色。 ・尾状突起は太く短い。
オスの翅裏	 <ul style="list-style-type: none"> ・前後翅の中室端条は不明瞭。 ・後翅の赤斑は上下で発達し、ほぼ連続。 ・後翅の中央白条は太く、縁取りはやや明瞭。 	 <ul style="list-style-type: none"> ・前後翅の中室端条は消失。 ・後翅の赤斑の連続性には個体差がある。 ・後翅の中央白条は太く、縁取りは不明瞭。 	 <ul style="list-style-type: none"> ・前後翅の中室端条はやや不明瞭。 ・後翅の赤斑をアーチ状に欠く。 ・後翅の中央白条は細く、縁取りは明瞭。 	 <ul style="list-style-type: none"> ・全体的に暗褐色。 ・前後翅の中室端条はやや不明瞭。 ・後翅の中央白条は細く、短条の延長線と交差。 	 <ul style="list-style-type: none"> ・全体的に暗灰色。 ・前後翅の中室端条は明瞭。 ・後翅の中央白条は太く、短条の延長線と交差。

* 同定箇所は、「増補改訂版 フィールドガイド 日本のチョウ」(日本チョウ類保全協会, 2019)を参考にした。

本研究は、以下の研究(1)、(2)の段階からなる。

(1) ミドリシジミ類のオスの行動を観察し、同定・記録をする

(2) 曇りの条件と晴れの条件との間での行動、翅の色味や輝きの共通点・相違点を調べる

研究(1): ミドリシジミ類のオスの行動を観察し、同定・記録をする

〈概要〉

本研究では、ミドリシジミ類の生息地において、オスの行動を計3日間にわたって野外観察した。得られた結果を基に、晴れの日と曇りの日との間で行動を比較した。また、調査中は一部の個体を捕獲し、同定を行い、種の構成比についても調べた。

〈方法〉

現地調査は、福島県耶麻郡猪苗代町磐根の落葉広葉樹林帯で行った。当地は磐梯山の南麓に位置し(図12)、ミズナラやカシワの群落が発達している。標高約735mの森林を通る林道において、ミドリシジミ類5種のオスを観察した。

調査は、2023年6月24日、7月1日、7月2日の3日間で行った。午前と午後に分けて、調査した日の天気、日差しの強さ、気温を記録し、ミドリシジミ類のオスがどのような行動をしているのかを詳細に観察した。6月24日は午前と午後、7月1日も午前と午後、7月2日は午前のみ調査を行った。約200mの区間の林道に沿った範囲を、2人または5人で歩いて調査した。行動の観察は、目視や写真の撮影によって行った。また、飛翔中の同定は困難であるため、可能な限り多くの個体を捕獲し、同定を行い、記録し、各種の個体数の組成比を考えた。

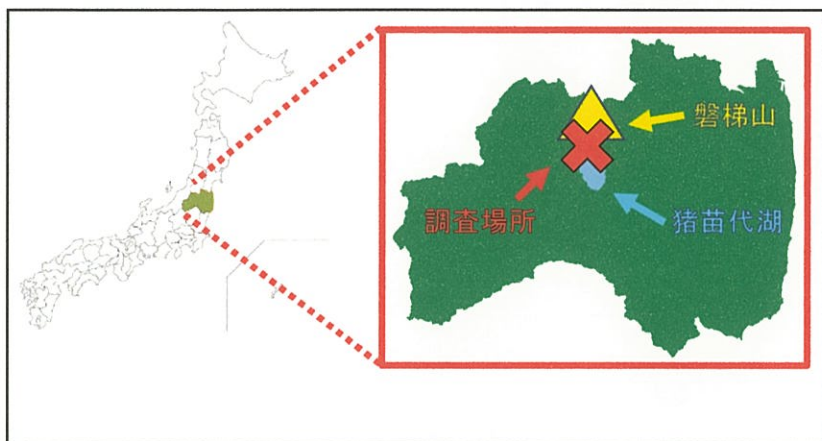


図12 調査場所の位置。

* 地図は <https://www.sozai-library.com/sozai/2191> および <https://illustimage.com/?id=1654> より引用。

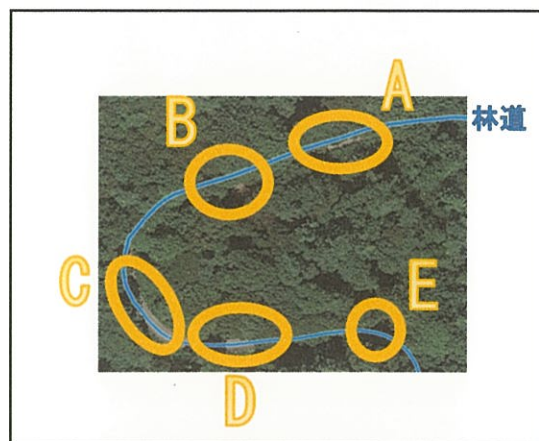


図13 調査場所における詳細な観察ポイント。AからEまでの5つの観察ポイントを設定した。

* 画像はGoogle Earthより。

〈結果〉

各調査時の天候は、6月24日の午前中は雨上がりで曇っていて、日光は差し込んでいなかった。午後は晴れ間があった。7月1日の午前中は小雨が降り、霧が濃くかかっていた。午後の最初は晴れていたが、次第に曇っていき、調査を終了する時には雨が降り出してきた。7月2日の午前中は7時30分頃から晴れ間が始め、その後は日光が十分に差し込むようになった。

曇りの日と晴れの日のどちらにも共通していることとして、葉や木の枝の先端に止まって占有行動や卍巴飛翔を行っていたことを確認できた。翅を開いて占有行動をしている際、ミドリシジミ類のオスは特定の方向を向いているわけではなく、空間的に開けている方向を向いている様子を観察した。また、卍巴飛翔している2頭のオスをまとめて捕獲する機会が5、6回あったが、いずれの場合も同じ種の個体であった。卍巴飛翔している間は、常にお互いを見ることのできる態勢であり、他のオスを追跡する時は相手を真後ろから見ている態勢であった。

各調査において、ミドリシジミ類のオスが一齐に群飛し始めて活動が活発になるピークの時間帯があり、数10分から2時間程度続いた。このように活動が活発な時間帯では、林道沿いのギャップにおいては、5分おきほどで、特に活発な時間と、それほど活発ではない時間が交互に繰り返されていた。特に活発な時間には、占有行動をして翅を広げている個体がす



図15 卍巴飛翔している2頭のオス。
7月1日の午前。



図16 1頭のオス(右)が接近してきたために葉から飛び立ったオス(左)。7月1日の午前。

ぐに飛び立つことが多かった一方で、それほど活発でない時には、数分間同じ葉に止まったままの個体も観察された。

記録した個体（表2）は、7月1日はオオミドリシジミ属の仲間が多かった（図24、25）。一方で、7月2日はアイノミドリシジミが大半を占めていた（図26）。3日間の調査を通して、最も多く記録した種はアイノミドリシジミであり、59頭であった。次いでエゾミドリシジミの30頭と、ハマシミドリシジミの29頭が多かった



図17 卍巴飛翔している2頭のオス。お互いを見ている態勢である。7月1日の午前。



図18 卍巴飛翔している2頭のオス。遠くからでも翅表の輝きを確認できる。7月1日の午前。



図19 サクラの葉に止まって占有行動をするオオミドリシジミ属の1種のオス。7月1日の午前。



図20 翅を全開にして占有行動をするオオミドリシジミ属の1種のオス。7月1日の午前。



図21 翅を半開にして占有行動をするオス。7月2日の午前。



図22 図21のオスが体温調節のために向きを変えた様子。7月2日の午前。



図23 図21のオスが体温調節のために翅を閉じた様子。7月2日の午前。

表2 野外観察での天気、各測定値、各種の採集個体数。

	6/24 午前	6/24 午後	7/1 午前	7/1 午後	7/2 午前	合計
調査時刻	8:25~9:50	13:00~14:00	7:30~10:30	12:45~15:30	6:30~10:00	
天気	曇り	晴れ	雨のち曇り	晴れのち曇り	晴れ	
日差しの強さ[ルクス]	1290~1300	1600~1900	976~1002	3094~494	1938~101000	
気温[°C]	24~26	24~26	21	23	18~21	
エゾミドリシジミ	0	2	1	26	1	30
ハマシミドリシジミ	0	1	13	10	5	29
メスアカミドリシジミ	0	3	1	9	0	13
アイノミドリシジミ	0	0	20	1	38	59
ジョウザンミドリシジミ	0	2	12	4	5	23
合計	0	8	47	50	49	154

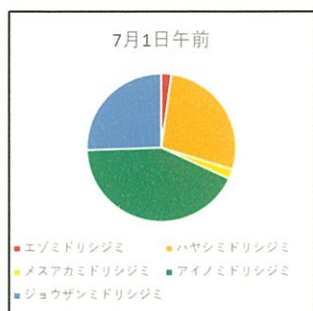


図24 7月1日午前の個体数の組成。



図25 7月1日午後の個体数の組成。

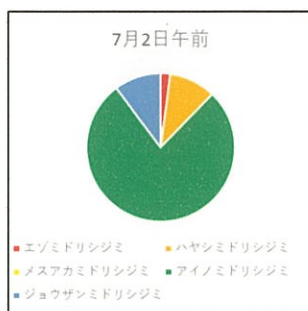


図26 7月2日午前の個体数の組成。

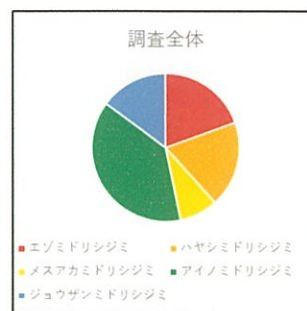


図27 3日間の調査全体での個体数の組成。

〈考察〉

一般に、ミドリシジミ類のオスの活動時間帯は種によってある程度決まっており、観察時の天候や気温、地形や樹木の高さなどの条件にも影響を受ける(日本チョウ類保全協会, 2019)。今回の調査では、エゾミドリシジミのように曇りの日の方が個体数の多い種もいれば、アイノミドリシジミのように晴れの日の方が個体数の多い種もいた。本研究の調査は、ほぼ同じような時期・気温の条件において、午前と午後のそれぞれについてほぼ同じ時間帯において調査を行ったため、ミドリシジミ類のオスには、種によって好みの天候(日差しの強さ)があると考えられる。そのため、好みの天候の下で有利に活動する必要があるため、それぞれの種のオスの翅は、天気によって輝きやすさが異なる可能性がある。

今回の調査では、ミドリシジミ類のオスの活発な占有行動が観察された。観察している間、木々の高所から地面の近くに降りてきた卍巴飛翔をしている2個体を横から見た場合、翅に輝きが見られた。葉や枝先に止まって翅を広げている時も、翅の輝きをはっきりと認識できた。このように、ミドリシジミ類のオスの翅は自然状態において極めて目立つものであった。さらに、ミドリシジミ類のオスの飛翔は非常に敏速であり、他のオスを追跡している時も、卍巴飛翔している時も、葉の上で翅を広げて占有行動している時も、常に他のオスのいる方向を見ている態勢であった。これらのことから、ミドリシジミ類のオスは、占有行動をしている間お互いの存在を効率的に認識するために、翅の輝き(光沢)を利用している可能性が非常に高いと言える。

加えて、去年の研究より、ミドリシジミ類のオスの翅は、頭側から見るほど輝きが強く見えることが明らかになっている。また、今回の調査において、翅を開いて占有行動をしている際、ミドリシジミ類のオスは特定の方向を向いているわけではなく、空間的に開けている方向を向いている様子が観察された。したがって、ミドリシジミ類のオスは、縄張りを張った際に自らの存在を他のオスに知らしめるために、前から見るほど輝きが強くなるという翅の特徴を活用している可能性が高い。

研究(2): 曇りの条件と晴れの条件との間での行動、翅の色味や輝きの共通点・相違点を調べる

〈概要〉

研究(1)で得られたミドリシジミ類の行動に関する知見と、研究(2)で新たに調べた翅の色味や輝きに関する特徴を基に、曇りの日と晴れの日との間において、行動、翅の色味や輝きの共通点・相違点を検証した。

〈方法〉

○行動の比較

研究(1)での調査結果を、曇りの日と晴れの日で比較する。

○翅の色味や輝きの比較

屋外において、ミドリシジミ類5種の標本を、各種5頭ずつ用意し、同一平面上に並べ、頭を上にして60度傾けた状態で撮影した(図28-30)。この状態で撮影した理由は、去年の研究で、頭を上にして60度傾けた時(頭の方から60度傾けた状態)に最も色が濃く見え、翅の色味を詳細に分析するのに適しているからである。さらに、ミドリシジミ類のオスが翅を広げて占有行動をする際に、他のオスはこの角度から占有行動をするオスを見るため、ミドリシジミ類のオスに翅がどう見えているのかを検討するのも都合がいいからである。撮影は2023年8月7日に全てを行った。撮影した写真の色を、デジタルデータのまま「色調べ」というアプリケーションを使って分析し、RGB値を測定した。これを左翅の上翅4か所と下翅3か所において行った(図31のように①から⑦までの位置を設定した)。得られたRGB値を基に、「色判定」というアプリケーションによってその色を再現し(図32)、出力した色を模式図にプロットした。この処理を、各種について曇りの条件と晴れの条件それぞれで行った。

ここで、RGBとは、色が赤(Red)・緑(Green)・青(Blue)の3要素から構成されるとするものである。本研究で測定したRGB値とは、色の3要素のそれぞれの強弱を数値化したものである。各要素は0から255までの256段階で表記され、値が大きいほどその要素が強いということを表している。例えば、赤色の原色であれば、「R=255, G=0, B=0」と表される。また、純白であれば、加法混色であることより、R, G, B全ての値が255となる。

本研究でRGBに着目した理由は、次の2つである。第一に、RGB値を測定することで、色味を定量的に分析・再現することが可能であるからである。第二に、色味を赤・緑・青の3要素に分けるということは、ミドリシジミ類の色覚を考慮することができるからである。冒頭の「背景・概要」でも述べたように、ミドリシジミ類の色覚は青色付近にピークがあることが明らかにされている。つまり、RGB値のうちB(青)の値にのみ着目すれば、ミドリシジミ類にとって見えやすいのか見えにくいかの判断ができると考えられる。

翅の分析の対象となった個体は、ミドリシジミ類5種の各種5個体ずつであるため、計25個体あった。曇りの日と晴れの日それぞれにおいて、各個体について翅の7か所の位置でRGB値を測定したため、測定箇所は総計350か所であった。各種について、曇りの日と晴れの日それぞれにおいて、5個体のRGB値の平均値(以下、「平均RGB値」と言う)を①から⑦までそれぞれ算出した。この平均RGB値を利用して、翅の色味を分析した。



図 28 標本を 60 度傾けて撮影している様子。



図 29 標本の撮影の概念図。

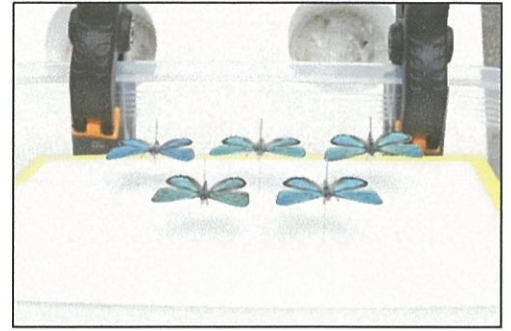


図 30 撮影した標本の写真。このような写真を個々の個体ごとに分割(トリミング)して、RGB 値を測定した。これは曇りの条件でのエゾミドリシジミ。

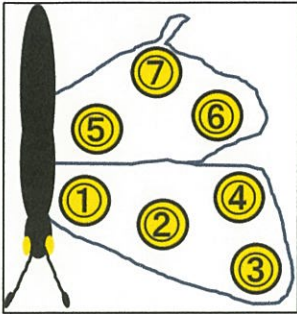


図 31 翅の上に設定した 7 つの測定位置。



図 32 「色判定」を用いた色の出力。平均 RGB 値を入力するだけで、自動的に色が出力される。これは曇りの条件でのエゾミドリシジミの①の位置の色を出力した様子。

〈結果〉

○行動の比較

【共通点】

- ・ 卍巴飛翔などの活発な占有行動は決まった時間に行っていた。
- ・ 占有行動をして翅を広げている時に頭を向けている向きは、空間的に開けた方向で一律であった。
- ・ 5分おきぐらいに、活動の特に活発な時間とそれほど活発ではない時間が交互に繰り返されていた。
- ・ 活動しているミドリシジミ類全体の個体数に、天気によって大きな違いは見られなかった。

【相違点】

- ・ 晴れの日の方がややゆったりと飛んでいた。一方で、曇りの日は高速で飛翔していた。ただし、追跡するなどして 5, 6 頭が群飛している際は、曇りの日でも晴れの日でも、高速で飛翔していた。
- ・ 天気によって種ごとの活動の活発さに違いがあった。
- ・ 曇りの日の方が低い場所で占有行動をしていた。
- ・ 曇りの日では、葉や枝に止まると、すぐに翅を全開にしていた(図 33)。この場合、前翅も後翅も全体が見える姿勢であった。一方で、晴れの日では、翅を半開にしたりほぼ閉じたりした姿勢で葉や枝に止まっていることが多かった(図 34)。翅を全開にする様子も時折見られたものの、曇りの日に比べると翅を全開にしている時間は短かった。晴れの日には体の向きを変えて体温調節もしていた。



図 33 曇りの日に翅を広げて占有行動をしている様子。翅を全開にしてる。(7月1日午前)



図 34 晴れの日翅を広げて占有行動をしている様子。翅をやや開いている。(7月2日午前)

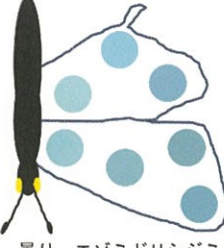


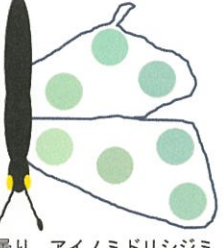

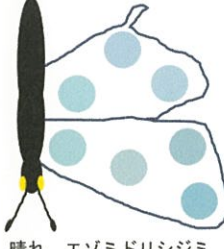
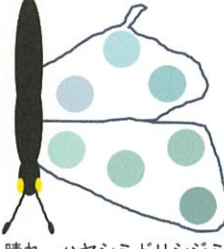
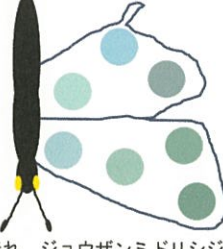
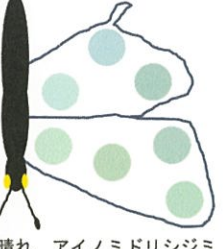

○翅の色味と輝きの比較

翅の屋外撮影時の日差しの強さは、曇りの時で 1100~1600 ルクス、晴れの時で 10200~11000 ルクスとなった。算出した平均 RGB 値を基に出力した色をプロットした模式図は、表 3 のようになった。

また、平均 RGB 値を基にして作成したグラフが図 35, 36 である。図 35 は、ミドリシジミ類が最もよく感受している青(RGB 値のうち、B)の要素のみに着目し、曇りの条件と晴れの条件のそれぞれについて、翅上の位置ごとの B の値をまとめたものである。一方、図 36 は、曇りの条件と晴れの条件のそれぞれについて、各種の①から⑦までの値の平均値を算出し、R・G・B それぞれについて表示したグラフである。

また、図 35 での曇りの条件と晴れの条件との間の値の差分を示した図 37 を作成した。

表 3 平均 RGB 値によって再現した色の模式図。

	エゾミドリシジミ	ハヤシミドリシジミ	ジョウザンミドリシジミ	アイノミドリシジミ	メスアカミドリシジミ
曇り	 曇り エゾミドリシジミ	 曇り ハヤシミドリシジミ	 曇り ジョウザンミドリシジミ	 曇り アイノミドリシジミ	 曇り メスアカミドリシジミ
晴れ	 晴れ エゾミドリシジミ	 晴れ ハヤシミドリシジミ	 晴れ ジョウザンミドリシジミ	 晴れ アイノミドリシジミ	 晴れ メスアカミドリシジミ

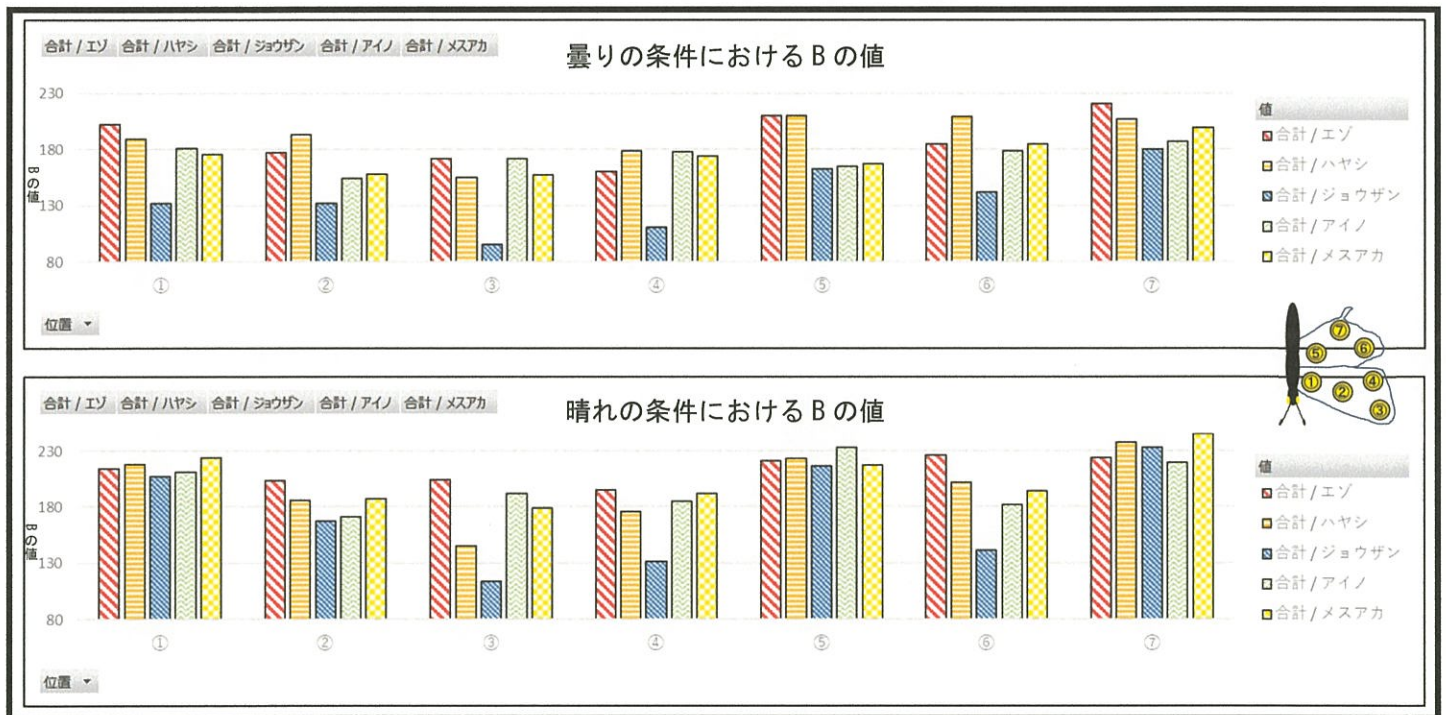


図 35 曇りの条件と晴れの条件における、位置ごとに表示した B の値。

【共通点】

- それぞれの種に特有の緑みや青みを強く確認できた。
- ジョウザンミドリシジミの青み(RGB 値のうち、B の値の強弱)は、他の種に比べて弱かった。逆に、エゾミドリシジミとハヤシミドリシジミは、他の種に比べて青みが強かった(図 35)。
- R, G, B の全ての値において、ジョウザンミドリシジミが最小の値をとっていた(図 36)。

【相違点】

- ミドリシジミ類のオスの翅は、曇りの日の方が色は濃く見えた。晴れの日の中ミドリシジミ類のオスの翅は、輝きが強く、色味が白に近く見えた。
- R, G, B いずれの値も、晴れの日の方が全体的に高かった(図 36)。

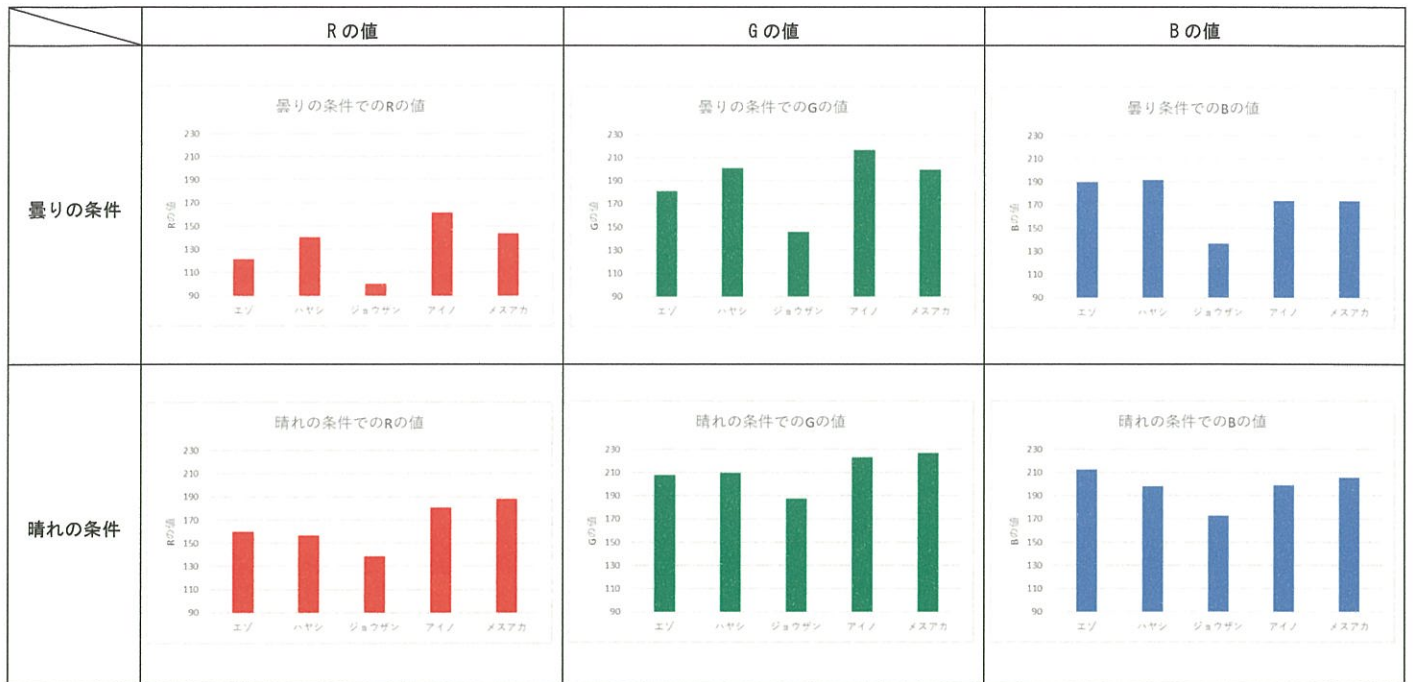


図 36 曇りの条件と晴れの条件における各種の①から⑦までの RGB 値の平均値。

〈考察〉

曇りの日でも晴れの日でも、各種に固有の青みの強弱などの翅の色味の特徴は変わらなかった。このことが、天候(日光の量)によらずにミドリシジミ類のオスが互いの種を認識することに役立っていると考えられる。研究(1)により、種によって活動する時間帯が少しずつ異なることは明らかであるが、これは活動時間がぶつからず他の種と争わなくて済むようにするための「時間的棲み分け」(日本チョウ類保全協会, 2019)であると考えられる。このように、ミドリシジミ類のオスたちにとって、互いの種を的確に見分けることは、同種のオスのみと縄張り争いを繰り広げ、他の種とはそれを避けるために重要であると考えられる。実際、研究(1)において、卍巴飛翔をしていたのは全ての場合で同種のオスであった。

一方、晴れの日の方が輝きは強く、曇りの日と比較して、翅の緑や青の色が薄く見えた。ただしこれは単純に晴れの日の方が日光の量が多く、過剰な光が翅の表面でそのまま反射されているだけであると考えられる。

さらに、例えば曇りの日の方が低い場所で活動していたなど、研究(1)で確認した天気による活動場所の違いは、単に小雨を避けるためだけの違いだったと思われる。なぜなら、天気に関わらず、卍巴飛翔などの活発な占有活動を決まった時間に行っていたことなどを確認しており、ミドリシジミ類のオスたちが繰り広げる縄張り争いの様式には天気によって差がなかったからである。また、蝶類は一般的に晴れた日の昼間に最も活発に活動し、雨や曇りの日に飛び回することは少なく(養老ほか, 2011)、特に雨の降る時に空中を飛び交うことは稀である。実際、調査中に目撃した各種蝶類は、ほとんど飛ばないか、地面の近くを飛翔しているだけであった。ミドリシジミ類のオスも例外ではなく、曇りの日の方が低い場所で占有行動をしていたという観察結果は、単に雨の当たりにくい場所に活動場所を限定していただけであると解釈するのが妥当であると考えた。

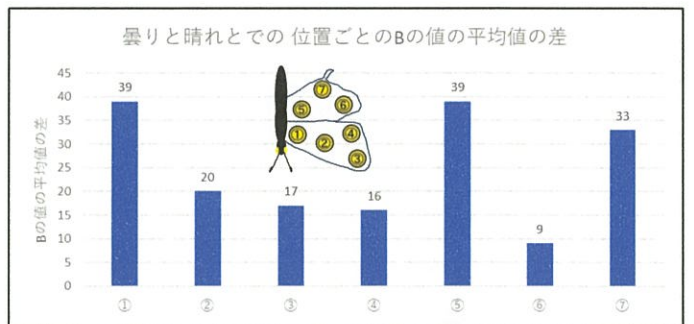


図 37 曇りと晴れとの間の、位置ごとのBの値の平均値の差。
* 図 37 を作成した際には、図 35 を基に、まず曇りの条件と晴れの条件のそれぞれにおいて、位置ごとに5種の値の平均値を求めた。次いで、それぞれの位置について、晴れの条件での値から曇りの条件での値を引き、差分を求めた。

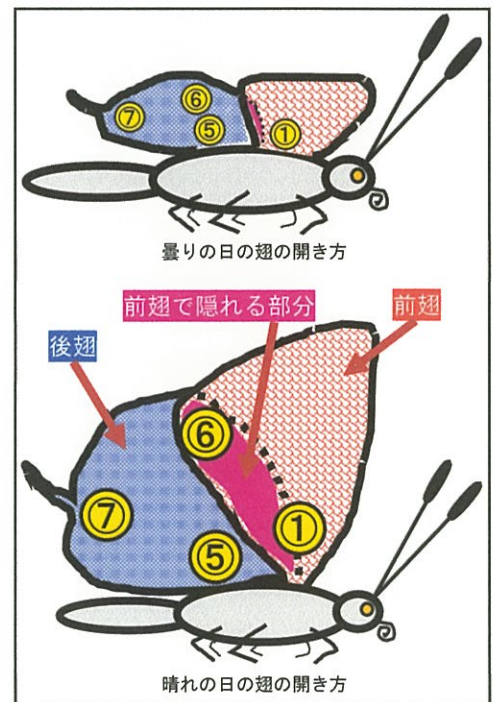


図 38 曇りの日、晴れの日の翅の開き方の模式図。
* 晴れの日の図において、⑥は後翅上にあるため、前翅に隠されている。
* 図示したのは左の翅のみである。

また、観察した全てのミドリシジミ類の種について、前翅の基部近くの位置①と後翅の内縁近くの位置⑤、⑦において、曇りの条件と比べた時の、晴れの条件での B(青)の値の増加量が最大であった。一方、後翅の前縁近くの位置⑥において、晴れの条件での B の値の増加量が最小であった。ミドリシジミ類は青い色を最もよく見ているため、位置①、⑤、⑦の付近は、曇りの日に比べて、晴れの日の方がよく見えているということになる。逆に、位置⑥の翅は、曇りの日と晴れの日で見え方がほぼ変化しないと言える。図 38 のように、位置①、⑤、⑦というのは、オスが翅を半開にする時に、胴体の近くであるために反対側の翅に遮られて、外部から見えにくくなる位置である。一方で、位置⑥というのは、翅を半開にする時に、前翅に完全に隠されてしまう位置である。これらのことから、ミドリシジミ類のオスは、晴れの日において、翅を半開にした際に見えにくくなる位置における翅の視認性を曇りの日より強め、一方で翅を半開にした時に完全に見えなくなる位置における翅の視認性を曇りの日と同等にしている。結果として、翅全体では、曇りの条件と晴れの条件との間で、他のオスに対する自身の存在感を同じレベルに揃えている。このような天気による翅の見え方の違いは、晴れの日であっても、他のオスに対して曇りの日と同様のレベルで認識されようとするミドリシジミ類の工夫であると解釈することができる。

なお、曇りの日と晴れの日で翅の広げ方に違いが生じている理由は、日光浴と関係があると考えられる。蝶類は一般に、体温を活動しやすい 30~37°C 付近まで上昇させるため、太陽の輻射熱を利用し、翅の開き方や日光を受ける翅の面積を変化させて調節する(福田ほか, 1982)。つまり、曇りの日の方が日光は少ないため、なるべく翅の全体に日光を当てて体温を保持するために、翅を全開にして占有行動を行っていると考えられる。逆に、日光の多い晴れの日には、日光の当たる翅の部分を少なくし体温調節を図るために、翅を半開にして占有行動を行っていると考えられる。

結論(課題)

研究を通して、ミドリシジミ類のオスの翅の特殊な色味・輝きは、占有行動や卍巴飛翔をしている間に、互いの存在を効率的に認識するために役立っていると考えられる。

去年の研究で、前から見るほど輝きが強くなるという翅の特徴が明らかになっていた。今年の研究によって、縄張りを張った際に自らの存在を他のオスに知らしめるために、前から見るほど輝きが強くなるという翅の特徴を活用している可能性が非常に高いということが示された。

また、今年の研究では、翅の色味を RGB によって定量的に分析することにより、肉眼では判別できない色味の特徴を明らかにすることができた。この結果により、種ごとのオスの翅の色味の違いが、オスが互いの種を認識し、同種のオスのみと縄張り争いを繰り広げ、他の種とはそれを避けるために役立っていると考えられる。

さらに、今年の研究では、次の発見があった。ミドリシジミ類のオスは、晴れの日において、翅を半開にした際に見えにくくなる位置における翅の視認性を曇りの日より強め、一方で翅を半開にした時に完全に見えなくなる位置における翅の視認性を曇りの日と同等にしている。結果として、翅全体では、曇りの条件と晴れの条件との間で、他のオスに対する自身の存在感を同じレベルに揃えている。このような天気による翅の見え方の違いは、第一に、晴れの日であっても、他のオスに対して曇りの日と同様のレベルで認識されようとするミドリシジミ類の工夫であると解釈することができる。ミドリシジミ類の発生期間は 1 年のうち 1, 2 か月であり(日本チョウ類保全協会, 2019)、オスが活発に活動できるのはそのうち数週間程度の限られた期間である。この短い期間に活発な占有行動を繰り広げ、雌を効率的に探し出す必要がある。さらに、ミドリシジミ類の発生時期は梅雨の時期と重なっているため、曇天や雨天が少なくない。ミドリシジミ類のオスは、天気に関わらずに活発な占有行動を行うために、曇りの日であっても晴れの日であっても同様のレベルで他のオスから認識される必要がある。第二に、占有行動、体温調節という 2 つの生態学的要素を両立させる重要な手段であると解釈することができる。先に述べたように、ミドリシジミ類のオスにとって、活発に占有行動を行うことは、種の存続にとって非常に重要な行為である。同時に、ミドリシジミ類が生物である以上、体温調節も欠かすことができない。これらの生態学的要素をどちらも満たすために、ミドリシジミ類のオスは、体温調節をするために翅の開き方を変化させたとしても、翅全体では曇りの条件と晴れの条件との間で、他のオスに対する自身の存在感を同じレベルに揃えることができる翅を有していると考えられる。

以上のように、ミドリシジミ類のオスは、その特殊な翅を自身の生命、ひいては自身の種を存続させるために、いくつかの方法で役立っていると考えられる。

参考文献

江口英輔・木下充代 (1999) 昆虫の行動と色覚反応. 植物防疫, 53(6): 1-4.

岐阜聖徳学園大学 教育学部 上川研究室 ヤマトタマムシ.

<http://www.ha.shotoku.ac.jp/~kawa/KYO/SEIBUTSU/DOUBUTSU/09kochu/tama/tama/index.html>

後藤哲雄・上遠野富士夫 (2019) 農学基礎シリーズ 応用昆虫学の基礎. 205pp., 農山漁村文化協会(東京).

- 長谷川大 (2020) 日本のゼフィルス. 176pp., むし社(東京).
- 福田晴夫・浜栄一・葛谷健・高橋昭・高橋真弓・田中蕃・田中洋・若林守男・渡辺康之 (1982) 原色日本蝶類生態図鑑(I). 277pp., 保育社(大阪).
- 池内晶彦・伊藤元己・箸本春樹・道上達男 (2018) キャンベル生物学 原書 11 版. 1643pp., 丸善出版(東京).
- 今福道夫 (2023) チョウの翅は、なぜ美しいか その謎を追いかけて. 203pp., 化学同人(京都).
- 猪又敏男 (2001) 原色蝶類検索図鑑. 223pp., 北隆館(東京).
- 駒井古実・吉安裕・那須義次・斉藤寿久 (2011) 日本の鱗翅類 系統と多様性. 1305pp., 東海大学出版会(神奈川県).
- 國友正和ほか (2017) 改訂版 総合物理 2 -波・電気と磁気・原子-. 342pp., 数研出版(東京).
- 中瀬悠太 (2017) かがやく昆虫のひみつ. 63pp., ポプラ社(東京).
- 日本チョウ類保全協会 (2019) フィールドガイド 増補改訂版 日本のチョウ. 343pp., 誠文堂新光社(東京).
- 白水隆 (2006) 日本産蝶類標準図鑑. 336pp., 学習研究社(東京).
- 田中源吾・高橋克之・小池智 (2010) ミドリシジミ亜科 2 種の上層鱗に見られる構造色について. 群馬県立自然史博物館研究報告, (14) : 51-57.
- 東邦大学 理学部 生物分子科学科 可視光線 (visible light).
https://www.tohu.ac.jp/sci/biomol/glossary/chem/visible_light.html
- 渡辺浩 (2017) 新・福島県の蝶. 161pp., 自刊.
- 養老孟司・奥本大三郎・池田清彦 (2011) ぼくらの昆虫採集. 335pp., デコ(東京).
- Arikawa K., Inokuma K., Eguchi E. (1987) Pentachromatic visual system in a butterfly. *Naturwissenschaften*, 74 : 297-298.
- Imafuku M. (2013) Sexual differences in spectral sensitivity and wing colouration of 13 species of Japanese Thecline butterflies (Lepidoptera : Lycaenidae). *Eur J Entomol*, 110 : 435-442.
- 株式会社 DMZ カラーコード変換ツール. <https://tech-unlimited.com/color.html>