

樹林 - 池沼複合生態系の生物指標となる均翅亜目昆虫の行動解析

Behavioral ecology of Coenagrionoidea (Zygoptera: Platycnemididae, Lestidae) as a biological index for forest-marsh complex ecosystems

代表研究者	三重大学教育学部助教授 Assoc. Prof., Dept. of Biol., Faculty of Education, Mie Univ. Mamoru WATANABE	渡 辺 守
協同研究者	私立清真学園高等学校教諭 Teacher, Seishin-Gakuen High School Naoyuki OHSAWA	大 沢 尚 之
	神奈川県立橋本高等学校教諭 Teacher, Hashimoto High School Masao TAGUCHI	田 口 正 男

Diurnal change in flight behaviour of the emerald damselfly, *Lestes sponsa*, was studied throughout their lifetime in Urabandai, Fukushima Pref., Japan. Before beginning of the observation on the flight behaviour, all of the damselflies found were captured in a net, and marked individually on their hind wings with a felt pen. It was easy to read such marks individually with little practice during the investigation. The degree of worn wing condition and the colour of the abdomen were recorded in order to obtain information on ageing. Marked adults were continuously followed for as long as possible throughout the day: from the onset of the flight activity in the morning to the time of roosting in the evening, monitoring the time they spent on various flight activities. The identities of single individual perching, flying, fighting with conspecifics, preying upon small insects, etc., in the forest floor were recorded by direct observations. The length and the height of each flight were also recorded. Time spent flying was divided into two types of behaviour: cruising flight and returning flight. The former was the moving flight between perching points. The latter was that a damselfly flew around and landed at the same perching point previously taking off. It was subdivided into two: patrolling flight and dashing flight which included the feeding and the interference.

Both males and females of immature stages stayed in the forest floor. They perched mainly at the stem of *Sasa paniculata*, which was a dominant in the forest floor of the study plot. Mature females did not show any diurnal pattern on the number of cruising flights. However, the mature males increased the number of cruising flights in the morning after 6:00 and then maintained rather constantly high frequency, relating to the reproductive behaviour. The length of each cruising flight was short in the morning and increased in the afternoon in both sexes.

Both immature and mature males increased the number of returning flights in the morning and decreased in the afternoon, while those females did not show any tendency in the whole day. In the immature stages, a little interference was observed. In the mature stages, on the other hand, male-male interference showed a diurnal rhythm, in accordance with that of the reproductive behaviour. The proportion of the feeding flights in the returning flights of mature males decreased to noon and increased in the afternoon. The distance of patrolling flights in mature males increased in the morning and decreased in the afternoon.

In the forest floor of the study plot, one male per 10 m² perched in the morning, while 0.1 females per 10 m² did. The lone male density nearby the pond maintained during the day at 1.5/10 m², while no lone female was observed. Along the shoreline of emergent vegetation, tandems were appeared from the forest. The density of tandem increased toward noon (0.7/10 m²), and decreased. Based on these results, lifetime flight behaviour was discussed in relation to the mating

研究目的

均翅亜目の中のイトトンボ類は、池沼から羽化した後、成熟するまで付近の樹林内で生活する。このうち、モノサシトンボ科やアオイトトンボ科、ヤマイトトンボ科に属する多くの種は、成熟しても産卵時以外は樹林内にそのまま留まる傾向をもっているため、とくに「樹林性イトトンボ類」と呼ばれている。彼らは羽化後性的に成熟するまでの期間が長く、平均寿命が1ヶ月以上にわたる種も少なくない。したがって、これらの種の分布は池沼の周囲に樹林が保たれている地域——これまで人為の影響が比較的小さかった地域——に限られ、一部の種が水田-雑木林環境系に進出しているにすぎなかった。

近年、森林は広範囲に伐採され、水田に隣接する雑木林も荒廃の道をたどっている。さらに、池沼はさまざまな廃水で汚濁されてきた。このような水界の環境影響評価は一部の水生生物のみを指標生物とする直接的な狭義の評価しかなされていない。池沼に影響を与える周囲の状況は考慮にいれられなかったのである。そこで、本研究では冷温帯から暖温帯に生息する樹林性イトトンボ類の行動や繁殖戦略を解析することにより、池沼-樹林という複合生態系を定量的に把握することを目的とした。この結果は、人間が環境に与えるインパクトを定量的に評価することにつながると考えられる。

なお、本研究は人間主体の立場で自然環境を把握するための環境教育の教材研究およびモデルプラン作りをも目的としている。調査方法からも分かるように、高校程度の数学の知識を持ち、少しの訓練を受けさえすれば、誰でもそれほど費用をかけずに偏りのない信頼に足るデータを得られるからである。したがって、本研究により様々な地域での昆虫類を主体とした環境評価およびその比較検討が可能になるといえよう。

研究経過

1. 調査対象昆虫と調査地域

1986年までの調査の結果、1987年における主たる調査対象昆虫をアオイトトンボとオオアオイトトンボに限定した。主調査地域はこの2種が同所的に生息する福島県耶麻郡北塩原村裏磐梯地区である。また、静岡県桶ヶ谷沼や長野県白馬村地区と津市近郊千里ヶ丘を予備調査地域として用意した。なお、比較のためにアマゴイルリトンボやモノサシトンボ、カワトンボ類、シオヤトンボ、シオカラトンボ、オオシオカラトンボの調査も同時に行なっている。ただし、本稿では主としてアオイトトンボの調査結果について触れる。

主調査地点である裏磐梯地区・落葉松池は周囲がおよそ200m、水深は深いところで3mほどあり、水面のほぼ40%がヒルムシロやジュンサイなどの浮葉植物によって覆われていた。水際の植生はセリ科やカヤツリグサ科の植物が密生する部分と、ヨシの群落が形成されている部分に分けることができる。前者には、飛翔季節になるとアオイトトンボの連結態が産卵のために多数飛来するのが見られる。

本調査地点は池とそれを取り囲むカラマツの樹林(面積約5000m²)からなり、西に2.7km²の湖(曾原湖)、他は裸地や畑と隣接している隔離された生息地である。高木層はカラマツが占め、亜高木層と低木層にはサワグルミがわずかに出現するだけであった。このため樹冠部は開放的で直射日光が林床まで届き、林内全体が比較的明るい。草本層はチシマザザが優占し、ヤマブドウやトリアシショウマなどが散在していた。

なお、本池を含めて裏磐梯地区にはきわめて多数の無名の池沼が存在している。地図上に大きさや形が明記されていても通称すら定まっていない池沼が少なくない。調査をするには不都合である。そこで我々は五色沼自然教室の富田国男氏とともに、これまで調査対象としてきたすべての池

沼に命名していった。「落葉松池」や「人形の池」はその類の池沼で、既に渡辺・大沢(1983)で位置を、大沢・渡辺(1984, 1985, 1986)でトンボ相や植生環境を記載している。しかるに星(1987)は「落葉松池」と推定される池に『星沼』と名付けてトンボ相のリストを提出した。この行為は先取権の侵害ばかりでなく、後人の混乱を引き起こす愚挙と批判されるべきである。

2. 標識再捕獲調査

調査地点に出現した各個体に標識を施すことは、その地域に存在する個体群の密度や加入数、生存率などを推定できるだけでなく、個体の行動観察を行なう際に、被観察個体の属性があらかじめ記載されているという点において重要である。それぞれの行動の質や量は観察された各個体の属性に依存するからである。したがって、本調査のような場合は、標識再捕獲調査を行動観察調査の前日までに行なって個体の標識率をできるだけ上昇させる必要があった。

標識再捕獲調査は、4~5人で約30分間、調査地点内をできるだけ網羅するように歩いて巡回し、発見した個体を捕虫網によってすべて捕獲することから始まる。この後、捕獲個体を調査地点の中心に集め、二酸化炭素で適宜麻酔を行ないながら、それぞれの個体の性と成熟段階を判定し、腹長や後翅長を測定した。成熟段階の判定には体色や腹部の硬さ、胸部や腹部への白粉の付着量、翅の汚損状況などを用いて7段階(前繁殖期をT, I, II, Pの4段階、繁殖期をM, MM, MMMの3段階)に分けた。測定を終えた個体は、個体識別番号を後翅に油性のフェルトペンで施し、放逐した。なお、既に標識の付してある個体を捕獲した場合は、個体識別番号と性、成熟段階を再度記録した後、ただちに放逐している。

放逐した個体の多くは、5分間ほど静止していたが、やがて通常の羽ばたきを行なって放逐場所から離れていった。夕刻に放逐を行なった時には樹冠部へ上がっていく個体も多かった。翅などが損傷して飛行が困難となった個体はすべて死亡とみなし、三角紙に入れて室内へ持ち帰った。したがって、放逐個体のすべては標識の操作による飛

翔行動への影響がなかったと考えられる。事実、調査期間中、標識個体の繁殖行動への参加が普通に観察され、また飛行行動にも顕著な異常は見られていない。

3. 個体の行動観察調査

行動観察は、ある任意の1個体を選び、その行動に影響を及ぼさないようにしながら可能な限り追跡し、その間に示した行動をノートへ詳細に記録していく方法である。本研究では、個体の示す行動のうち特に飛行行動に焦点を当て、その種類とそれに対応する時間、距離、高さを中心に記録した。

飛行行動は大きく移動飛行と回帰飛行の二つに分けられる。前者は以前の止まり場所を放棄し新たな止まり場所へと移動する飛行を、後者は再び元の止まり場所に戻る飛行をさす。後者はさらに三つ(捕食飛行と干渉飛行、巡回飛行)に分けられる。すなわち、捕食飛行とは餌を捕らえようと試みた飛行をさし、ここでは捕食の成功と失敗の両者を含めた。微小な双翅目昆虫などを攻撃した場合、成功したのか失敗したのか不明確な場合が多かったからである。干渉飛行とは、同種他個体や、自分と同等かそれ以上の大きさの動物に対して何らかの干渉を行なった飛行をさす。大抵の場合、この飛行は同種の雄同志または雌雄の2個体間でみられた。前者の場合、翅を打ち付けあったりする激しい闘争が行なわれ、最初に他個体に対し攻撃的な飛行を行なった個体(大抵は止まっていた個体)がほとんど常に勝者となっている。一方、雌雄間での干渉飛行は、体を打ち合う闘争にはならず、2~3秒間両者が向き合う対峙飛行を行ない、両者共その場を立ち去るのが普通である。巡回飛行とは特別な行動は示さずに再び元へ戻ってくる飛行とした。観察者にとって意味不明に行なわれた飛行のすべてもこれに入る。

行動観察中に繁殖行動を行なった場合は、移精に要した時間や交尾回数、交尾時間を、産卵行動を行なった場合は産卵回数や時間も記録した。

各調査日において連続して5分間以上観察できた個体の行動を解析した。

4. 分布調査

アオイトトンボとオオアオイトトンボの樹林内の止まり場所の分布状況の日周期的な変化を調べるためには、それを記すための詳しい地図が必要である。そこで、三角測量を行なって、高木層の樹木なども記した縮尺 1/300 の正確な地図を事前に作製した。作製した地図には周辺の植生状況についても簡単に記載しておいた。一方、調査地点には、作製した地図と対応させた樹木などに印を施しておいた。

調査は、あらかじめ定めておいたコースを約 30 分かけて歩き、目撃した個体の静止位置と性、成熟段階などを地図上へ正確に記録した。この時、個体に標識があった場合にはその番号を読み取っている。また、各個体の静止位置の地表からの高さも併せて記録した。なお、この調査においては、調査者の林内への立ち入りによる止まり場所の攪乱が次の回の分布調査に影響しないように、1 時間半ないし 2 時間毎に行なった。

なお、以下の結果においては、紙面の制約により、それぞれの解析データの検定結果や標準誤差などを一部省略した。これらの詳細は公表される論文を参照されたい。

研究成果

1. 各調査地点における推定個体数

標識再捕獲調査の資料からアオイトトンボの個体数を推定したところ、裏磐梯地区・落葉松池における前繁殖期の雄の日あたり推定個体数は、約 900 頭と推定された。一方、雌の推定個体数は雄の約半数である。雌雄の性比は普通 1 対 1 であり、本調査地点のような状況——未熟個体の生活場所が羽化場所に隣接している——におけるこのような実効性比の片寄り、前繁殖期の雌雄の行動に差異のあることを示唆している。雄の日あたり推定滞在率は 0.96、雌では 0.41 と計算された。性比を 1 対 1 と仮定した場合、本調査地点におけるアオイトトンボの個体群密度は約 1800 頭の水準にあったと考えられる。

繁殖期における雄の推定個体数は約 400 頭と推定された。推定個体数は前繁殖期と比べて半減している。前繁殖期にかけての移出入が平衡状態

を保っていたと仮定すると、この減少はもっぱら死亡によるものと考えられた。なお、繁殖期における両性の推定日あたり滞在率は雄で 0.79、雌で 0.05 となり、雄に比べ雌の移動・分散力が繁殖期にはさらに強くなっていることが示唆された。繁殖期における本調査地点での実効性比はおよそ 20 対 1 と計算された。

裏磐梯地区の二つの調査地点のアオイトトンボの前繁殖期における推定個体数は、雌雄の比が 1 対 1 と仮定するなら、落葉松池ではおよそ 600~1000 頭、人形の池ではおよそ 20~40 頭と推定された。一方、白馬地区のミズナラ林では 800 頭前後、二次林の調査地点でおよそ 400 頭で、両調査地点では雌雄の推定個体数の間に大きな差はなかった。この期間、両性の推定滞在率にも有意差はなかったことから（雄：0.767；雌：0.661）、アオイトトンボはアオイトトンボと比べると前繁殖期の雌雄間に顕著な行動的差異のないことが示唆される。また、繁殖期の推定個体数は、アオイトトンボのように減少せず、この間の彼らの死亡率は小さかったといえよう。さらに、両性で推定日あたり滞在率に大きな違いはなく（雄：0.911；雌：0.940）、前繁殖期と繁殖期の実効性比は、両調査地点ともほぼ 1 対 1 であることが分かった。

2. 前繁殖期のアオイトトンボの飛翔行動

前繁殖期におけるアオイトトンボの移動飛翔を 5 分間当たりの回数で表すと、雄では 1 日を通して有意な日周期的変化は認められなかった（0.32 回）。一方、雌は雄に比べ午前中やや高い頻度で移動飛翔を行っていた。

1 回の飛翔当たり移動する距離は雌雄とも午前中は 37 cm 前後であったが、夕方に増加する傾向が見られた。17 時を過ぎると、雄では 1 回当たり 1 m を超える移動飛翔も希ではなくなり、灌木の中へ入って休息した。

雄の 5 分間当たりの回帰飛翔の回数は、夜間の休息場所（灌木内）より林床の止まり場所へ飛来する時間帯（9 時頃）を除くと、午前中増加し、夕方にかけて減少している（図 1）。13 時に最高 0.40 回飛翔を行っていた。一方、雌では雄のよ

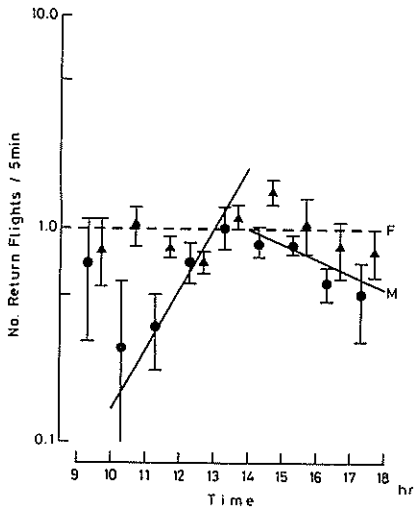


図1. 前繁殖期のアオイトトンボの5分間当たりの回帰飛行の回数(±S.E.). 丸は雄, 三角は雌を, 実線は, それぞれの時間帯における雄の回数の上昇・下降傾向(10時~13時: $r^2=0.97$, $t=7.405$, $0.025>P>0.010$; 14時から17時: $r^2=0.85$, $t=-3.03$, $0.1>P>0.05$)を示し, 破線は1日を通した雌の飛行回数(0.98±0.08回)を表す.

うに顕著な日周期的な変化は認められなかったが, 1日を通した平均は0.98回となり, 雄よりも頻繁に回帰飛行を行っていたことが分かる。

回帰飛行には巡回飛行と捕食飛行, 干渉飛行が含まれる。雄の場合, 午前中の回帰飛行はすべて巡回飛行であった(図2)。しかし, 昼頃には捕食飛行がかなりの割合を占めた。また, 午後から同種個体同士の干渉が時折見られている。この時の干渉の相手はすべて雄であり, 雌との干渉飛行は, 観察個体に関しては認められなかった。

雌の回帰飛行の中では, 終日, 捕食飛行が高い割合を占めていた。また干渉飛行は午前中に片寄って見られている。雌の場合, 干渉相手はいつも雄であり, 雌同士による干渉飛行はこの観察期間には見られなかった。しかし, 両性とも, 干渉飛行の回帰飛行の中に占める割合は低かった。

回帰飛行の内でも干渉飛行による飛行距離は, 相手個体の飛行方向や速度, 相手個体を認知するまでの距離とその間の障害物(植物の茎など)に依存するため変化が大きかった。また, その飛行

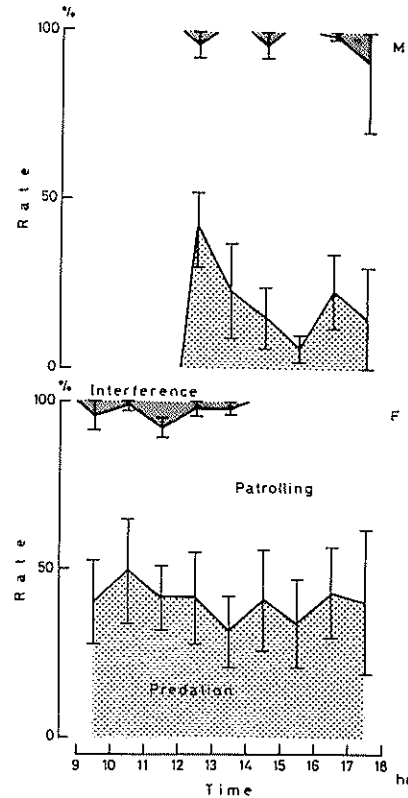


図2. 前繁殖期のアオイトトンボの回帰飛行中で各飛行行動(巡回飛行, 捕食飛行, 干渉飛行)が占める回数の割合(±S.E.). 上段が雄, 下段が雌について表してある.

は他の飛行と比べて比較的速度が大きかったので, 飛行の軌跡を正確に記載できなかった。一方, 巡回飛行と捕食飛行の場合は飛行速度が比較的小さいので飛行の軌跡を正確に把握することができる。前者では円から楕円を描き, 後者ではほぼ直線上を往復する飛行が多かった。しかし, ここでは飛行経路にかかわりなく, 止まり場所からの最遠点までの到達距離(片道)を飛行距離として解析する。

雄の捕食飛行と巡回飛行の距離に日周期的な変化は認められなかった。雌の捕食飛行は9時から14時にかけては15 cmまで飛んでいたが, 15時以降には21 cm飛ぶようになった。これに対し, 彼女らが巡回飛行で飛ぶ距離は1日を通して有意な変化をみせず11 cmで, 有意な差があった。

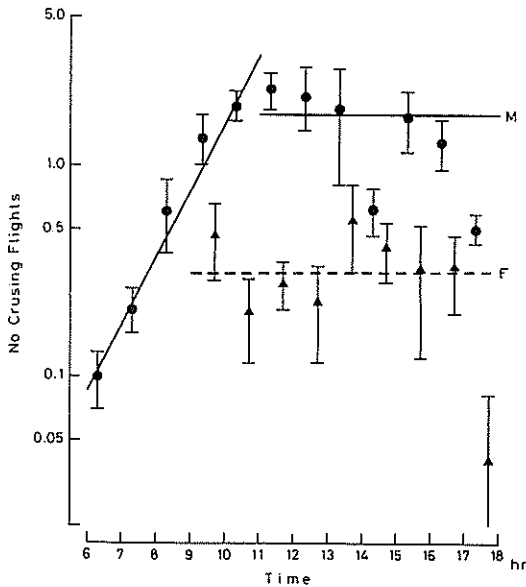


図3. 前繁殖期のアオイトトンボの5分間当たりの移動飛行の回数(±S.E.). 丸は雄, 三角は雌. 6時から10時の実線は雄の平均飛行回数の増加傾向 ($r^2=0.98$, $t=11.04$, $0.010 > P > 0.005$) を, 11時から17時の実線はこの時間帯における雄の平均飛行回数 (1.72 ± 0.36 回) を示す. 破線は1日を通した雌の回数 (0.31 ± 0.05 回) を表す.

3. アオイトトンボの繁殖期における飛行行動
 繁殖期の雄の5分間当たりの移動飛行の回数は午前中有意に増加する傾向を示した(図3)。しかし午後になると一定となり, 平均して1.71回行っている。一方, 雌では雄のような日周期的な変化は示さず, 終日, 5分間当たり0.31回行っていた。早朝, 雄は1回当たり33 cm 移動したが, 9時から11時になると76 cm と倍以上の距離を1回の飛行で飛んだ。その後, 12時から14時になるとやや下がり(50 cm), 夕刻の15時から17時の時間帯には, ほぼ早朝と変わりのない32 cm しか飛ばなくなってしまった。

これに対し雌では, 9時から14時までの各時刻で1回当たりの移動飛行によって飛ぶ平均距離の間に有意な差はなく, 42 cm 飛んだものの, 夕方の15時から16時には82 cm も飛ぶようになった。

雄の回帰飛行の5分間当たりの回数は, 朝から

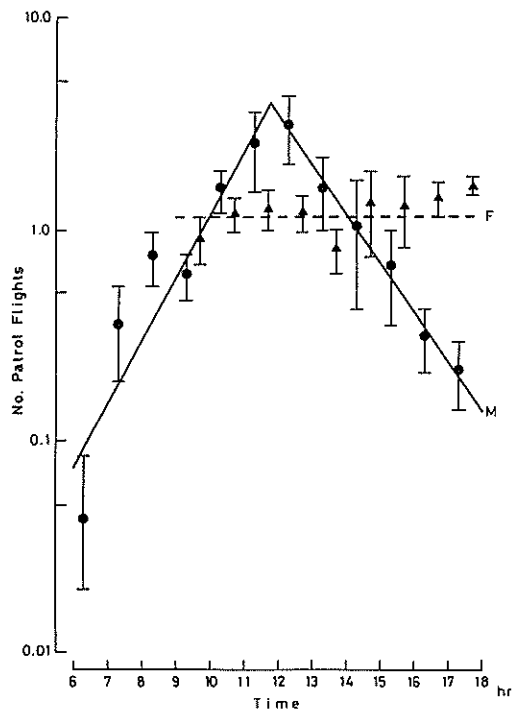


図4. 繁殖期のアオイトトンボの5分間当たりの回帰飛行の回数(±S.E.). 丸は雄, 三角は雌. 実線はそれぞれの時間帯における雄の飛行回数の上昇と下降傾向(6時~11時: $r^2=0.85$, $t=4.720$, $0.01 > P > 0.005$; 12時から17時: $r^2=0.99$, $t=-22.378$, $P < 0.001$) を示し, 破線は1日を通した雌の回数 (0.31 ± 0.05) を表す.

12時頃まで増加し(3.17回), その後, 夕方にかけて減少した(図4)。これに対し, 雌では全く日周期的な変化を示さなかった(平均1.19回)。

雄の回帰飛行中, 同種個体間での干渉による飛行が占める割合が10時から12時の間で非常に高くなっていた(図5)。この時間帯は, 各個体が移動飛行を最も頻繁に最も長距離行なう時間帯と一致している。すなわち, 移動飛行の活性が高まったために個体間での衝突の頻度が上昇し, 干渉飛行が増加したものと考えられる。したがって, 干渉飛行は結果的にこの時間帯での回帰飛行の頻度を増加させたといえよう。ここで彼らの移動飛行の活性化があったのは, 個体内で性的衝動が高まったためと考えられる。この時間帯での移動飛行距離の延長の目的は雌の探索にあった。ま

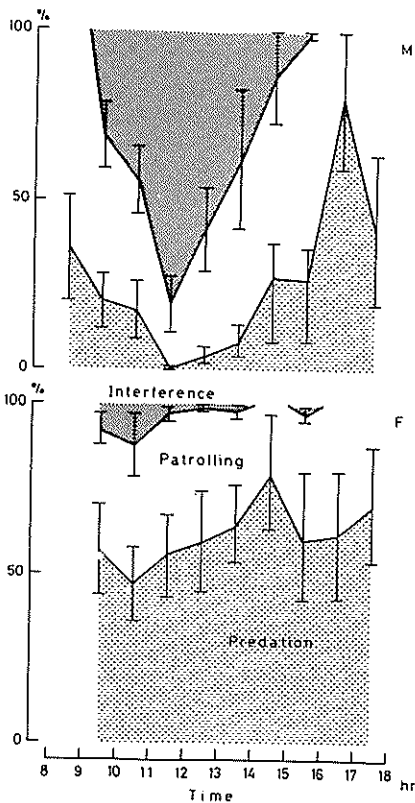


図5. 繁殖期のアオイトトンボの回帰飛行中で各飛行行動(巡回飛行, 捕食飛行, 干渉飛行)が占める回数の割合(±S.E.). 上段が雄, 下段が雌について表してある.

た, 早朝を除くと, 彼らは干渉飛行を行なわない時には, 捕食に専念していたことがわかる.

雌では, 終日回帰飛行の大部分を捕食飛行が占めていた(図5). また, 雄との干渉飛行の高い時間帯は, 雄から交尾・産卵への参加を求められる時間帯(10時から11時頃)とよく一致していた.

捕食飛行の距離は午前中から午後にかけて短くなったが(図6), 巡回飛行の飛行距離は, 早朝から増加し始め11時に最も長くなり, その後しだいに短くなっていった. また同種個体間の干渉による飛行距離の平均値は, 干渉飛行がはじまった9時台が最も長く, その後この飛行が見えなくなるまでしだいに短くなっていった.

雌の捕食飛行の平均飛行距離は, 9時から13

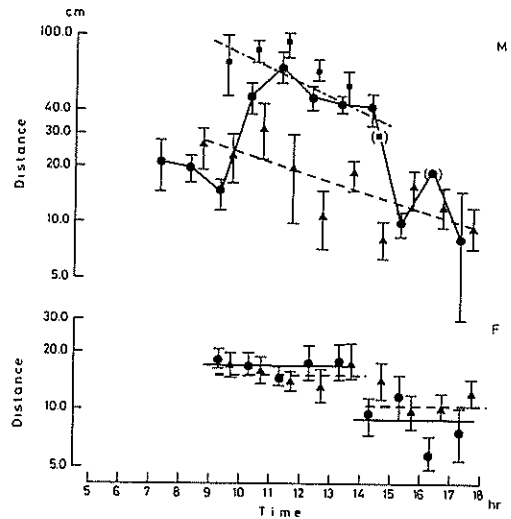


図6. 繁殖期のアオイトトンボの巡回飛行と捕食飛行の飛行距離(±S.E.). 上段が雄, 下段が雌. 丸が巡回飛行, 三角が捕食飛行, 四角が干渉飛行を示し, 実線は雌の各時間帯における巡回飛行の平均距離(9時~13時: 17.34 ± 1.0 cm; 14時~17時: 8.0 ± 1.1 cm)を示している. 雄で破線は捕食飛行の距離の減少傾向($r^2=0.60$, $t=-3.468$, $0.01 > P > 0.005$)を, 雌ではそれぞれの時間帯での平均飛行距離(9時~14時: 15.6 ± 0.8 cm; 15時~17時: 10.6 ± 0.4 cm)を示している. 1点破線は干渉飛行の距離の減少傾向($r^2=0.52$, $t=-1.817$, $0.2 > P > 0.1$)を示す.

時の間の16 cmから夕刻の11 cmまで減少した. 同様な傾向は巡回飛行でもみられ, 9時から14時まで平均して1回当たり17 cm飛行していたのが, この後8 cmしか飛ばなくなったのである. この二つの飛行行動の日周期性より, 15時以降の時間帯では雌の飛行活性は低くなってしまった. したがって, 夕刻に雌で見られた長距離の移動飛行は, 灌木内へ帰って行く目的で行なったものといえる. なお, 前述したように雌における干渉飛行は雄に交尾・産卵への参加を求められるという形で起こり, 観察中のほとんどの雌は要求を受け入れ, 雄とともに連結態を形成し, 池沼へ向かって飛行して行ったので, ここでいう雌の干渉飛行とは, 雄と連結態を形成するまでの飛行をさす. しかし, 連結態は雌に発見された雌がいったん逃げ込んだ灌木などの中で形成されることが多

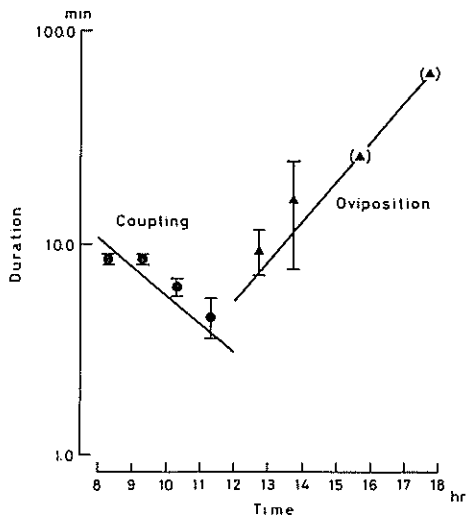


図7. アオイトンボの交尾時間と産卵継続時間(±S.E.). 丸は交尾時間, 三角は産卵継続時間を示している. 実線は交尾時間の減少傾向($r^2=0.25$, $t=2.826$, $0.01 > P > 0.025$)と産卵継続時間の延長傾向($r^2=0.41$, $t=2.870$, $0.01 > P > 0.025$)を表している.

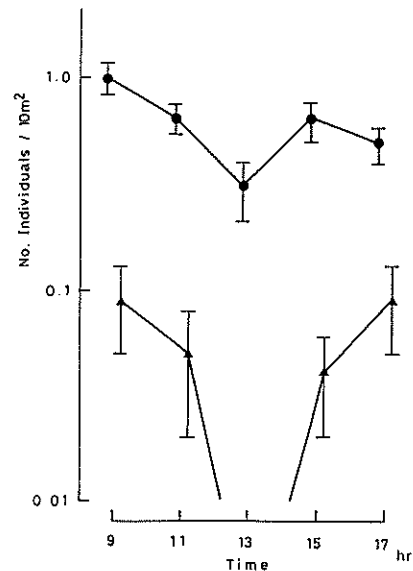


図8. 1987年8月9日に裏磐梯地区・落葉松池の調査地点の樹林内で観察した10m²当たりのアオイトンボの個体数. 丸が雄, 三角が雌を表す.

く, その飛翔距離の判定は行なえなかった. なお, 午後に観察した雌は繁殖行動に参加しなかったか, 参加後再び林内へ戻ってきた個体である.

4. アオイトンボの繁殖行動

アオイトンボの繁殖行動は, 他の均翅亜目昆虫と同様に, 雄が雌の前胸部を腹部の尾部付属器によってはさみ, 連結態を形成することから始まる. この後, 雄はすみやかに腹部第二腹節から副生殖器へと精子を移す移精を10秒程で行なう. 次いで腹部を内側へ湾曲させ副生殖器と雌の腹端を接合させ, 交尾を開始する. 各時間帯で観察した彼らの交尾時間を図7に示す. 交尾行動は午前中にしか観察できなかった. また1回当たりの交尾時間は, 正午に近づくにつれて短くなっている. 交尾後, 雌雄は連結態のまま落葉松池へと飛翔していった.

池へ飛来した連結帯は, 産卵基質を求めさらに数度の移動飛翔を行なった. 彼らは, 水辺のアシヤセリ科などの草本植物を産卵基質として選択し, これに到達した連結態は順次産卵を開始した. 産卵様式は植物組織内産卵であり, 雌雄は連

結態のまま産卵を行なった. なお, 潜水産卵はしなかった.

池の周辺には雄の単独個体が姿をみせていたが, 午後になると産卵中の連結態は, このような雄による干渉をほとんど受けなかった. したがって, 連結態は産卵に専念でき, 産卵継続時間は夕方に向け有意な増加傾向を示している. 一方, 連結態は水辺で特定の草本植物を産卵基質として選択したため, 特定の産卵基質に集中することが多かった. このため, 産卵場所における連結態の密度が高くなる13時頃には, 産卵場所を少しずつ変える移動飛翔の回数が増加した. なお, 連結態の移動飛翔の距離は非常に長く, 観察中見失ってしまうことが多かったので, 飛翔距離の判定が不明確な場合が多かった.

5. 裏磐梯地区・落葉松池の調査地点における止まり場所の分布

アオイトンボの樹林内における個体数は, 朝から13時にかけて雌雄共に減少し, 午後再び増加した(図8). 特に雌は13時台に林内でほとんど発見されていない. それまでに林内で連結態が形

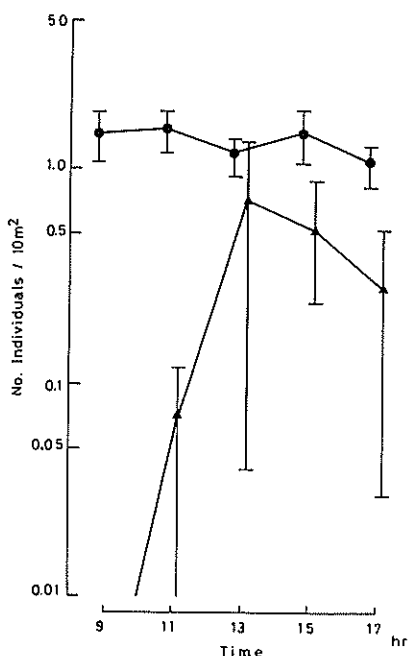


図9. 1987年8月9日に裏磐梯地区・落葉松池の調査地点の林縁部で観察した10m²当たりのアオイトトンボの個体数。丸が雄、三角が連結態を表す。

成され、池へ産卵のために出ていったためである。それに伴って林縁部に出現した連結態の数は13時台に最も多くなっていた(図9)。しかし、そこに出現した雄の個体数は1日中変わらなかった。

まとめ

1. 前繁殖期の飛行行動

前繁殖期のアオイトトンボの飛行行動で、最も顕著に雌雄間で差異が見られたのは捕食飛行であった。すなわち、雄の捕食飛行の活性は概して低く午後になってから見られるようになったのに対し、雌では終日活性が高く、その飛行距離は夕方になるにつれて延長していたのである。雌の捕食活動の活発さは結果として、雌の5分間当たりの回帰飛行の回数を雄の2倍ほどに高めた。雌で終日捕食活動が高い理由のひとつに、前繁殖期の雌には成熟卵をできるだけ多く繁殖期までに形成しなければならない必要性が考えられる。アオイトトンボは成熟段階でPの頃から既に成熟卵を

保持しているからである。これに対し、オオアオイトトンボでは、雌の捕食飛行の回数がやや高かったものの雌雄間にほとんど違いはなかった。すなわち、アオイトトンボで雌雄に飛行行動の差異が生じる傾向が強かったのである。オオアオイトトンボはMの成熟段階になってからしか体内に成熟卵が見られない。したがって、アオイトトンボの雌はオオアオイトトンボに比べると、より短期間により早く成熟卵を形成せねばならないので、捕食活動の活性より高められたと考えられる。

2. 繁殖期の飛行行動

本研究におけるアオイトトンボの雄の飛行行動は、性的活性が高まる10時から11時の時間帯には移動飛行を最も頻繁に、そして最も長距離行なっていた。したがって、彼らの繁殖期における雌の探索行動の形態は「探雌型」になると考えられる。しかし、彼らは、性的活性の最も高い時間帯には、巡回飛行も最も頻繁に、そして最も長距離行なっていた。雄が行なうこの巡回飛行を、他の蜻蛉目昆虫の「なわばり」型の雄が示すような雌探索のための巡回飛行に対応させれば、彼らは単に移動飛行のみに頼って雌を探索していただけでなく、一時的に「なわばり」を保持し、そのための巡回飛行も行なっていたと考えられる。したがって、アオイトトンボの雄は単に「探雌型」の交尾戦略をとっているのではなく、1日の内に「なわばり型」と「探雌型」の二つの「混合型」の交尾戦略を採っているということが示唆された。

アオイトトンボの雌雄間における飛行行動の差異は、両性の樹林内における分布状況に反映していた。すなわち、落葉松池での分布調査で、雌雄には出現個体数に大きな差異が生じていた。一方、オオアオイトトンボでは、繁殖期でさえも、分布の違いが見られないことから、この種では繁殖期にも雌雄で飛行行動は似ていたと推測される。

本研究は日産科学振興財団からの研究助成を受けて行なわれたものである。ここに同財団選考委員および推薦していただいた日本生態学会に心より感謝します。野外調査でご協力いただいた富田

國男, 松波英治, 足立泰代, 鈴木京子, 水谷由佳里, 東 敬義, 上田裕美, 小菅真司, 谷口三津夫, 荒川博子, 佐藤祥子, 田辺浩一, 藤堂文彦, 正木靖弘, 福井幸久, 安藤信哉, 朝野由美子, 小瀬古忍, 森田成子, 正地保行, 塩田育子, 渡辺貴司, 吉川規明, 松原健司, 小林 正, 蛭名武雄, 前田真一, 野村俊治, 石井克己, 平野 剛, 関口 豊, 三上 実, 新谷浩一郎の諸氏と神奈川県立橋本高等学校生物科学研究部・部員, また調査に際して宿泊の便宜をはかっていただいた小椋 隆氏に感謝します。

口頭発表

- 1) 渡辺 守, 大沢尚之, 田口正男, 松波英治: 樹林-池沼複合生態系における均翅亜目の日周期活動. 第6回日本動物行動学会大会 (1987. 10. 名古屋).

論文発表

- 1) 渡辺 守, 大沢尚之: アマゴイルリトンボの生活. *インセクトリウム*, 25: 296-300 (1988).

- 2) 田口正男: 高校生物部が参加する短期の合同学術調査. 神奈川県高等学校教科研究会理科部会会報, 32: 1-4 (1988).
- 3) Watanabe, M. and T. Higashi: 印刷中. Sexual difference of lifetime movement in adults of the Japanese skimmer, *Orthetrum japonicum japonicum* (Odonata: Libellulidae), in a forest-paddy field complex ecosystem. *Ecol. Res.*, 4 (1989).
- 4) Watanabe, M. and E. Matsunami: 投稿中. A lek-like system in the emerald damselfly, *Lestes sponsa* (Odonata: Lestidae) with special reference to the diurnal changes in flight activity on mate-finding tactics.
- 5) Watanabe, M., M. Taguchi, N. Ohsawa and E. Matsunami: 投稿中. Switching of mate-finding flights in the emerald damselfly, *Lestes sponsa* (Odonata: Lestidae) on a forest floor vegetation.
- 6) Watanabe, M., E. Matsunami and Y. Mizutani: 投稿準備中. Oviposition behaviour of the emerald damselfly, *Lestes temporalis* (Odonata: Lestidae) in relation to vapour.