

## 台湾ボタル *Luciola cerata* Olivierの発光パターンと コミュニケーション・システム

大場信義\*・楊平世\*\*

Flash patterns and communication system of the Taiwanese firefly,  
*Luciola cerata* Olivier

OHBA Nobuyoshi\*・YANG Ping-Shin\*\*

キーワード：ホタル, ホタル科, 台湾ボタル, 発光コミュニケーション, 台湾  
Key words: firefly, Lampyridae, *Luciola cerata*, flash communication, Taiwan

台湾ボタル *Luciola cerata* は体長約8mm, 上翅は黒色, 前胸背は橙黄色であり, 複眼が大きく, 日本のヒメボタルに似ている。本種は台湾全土に普通に見られ, 群飛してフラッシュ光をつ。しかし, 本種の発光パターンとコミュニケーション・システムについての研究はこれまで全くなされていなかった。我々は, 台湾の5生息地における各集団の雄の飛翔発光パターンと3生息地において, 雌雄間の発光コミュニケーションを映像記録後, コンピュータによる波形解析を行った。その結果, 本種は雄が発光後, 約0.24秒遅れて雌が応答発光した。雌の発光は雄と異なり, 瞬きを伴う波形である。外部形態, 発光パターンは日本のヒメボタルに似ており, 発光コミュニケーションは基本的にHPシステムに分類された。

The Taiwanese firefly, *Luciola cerata* is approximately 8mm in body length. Its pronotum is yellowish orange, the elytra are black, and the compound eyes are large. This species is abundant in Taiwan, but its flash communication has till now not been studied at all. The flashes of the flying male were recorded by video camera with photomultiplier tube in five habitats, and male-female flash interactions were recorded in two habitats. Flash patterns of male and female were analyzed by computer system. As a result, the male flash interval was found to be 0.6-0.8 seconds long and the female response to the male flashes lasted about 0.24 seconds. The female flash is a blinking light and quite unlike that of the male. The flash communication system was classified as fundamentally an HP system. Morphology and flash patterns of this species resemble those of the Japanese firefly, *Hotaria parvula*.

### はじめに

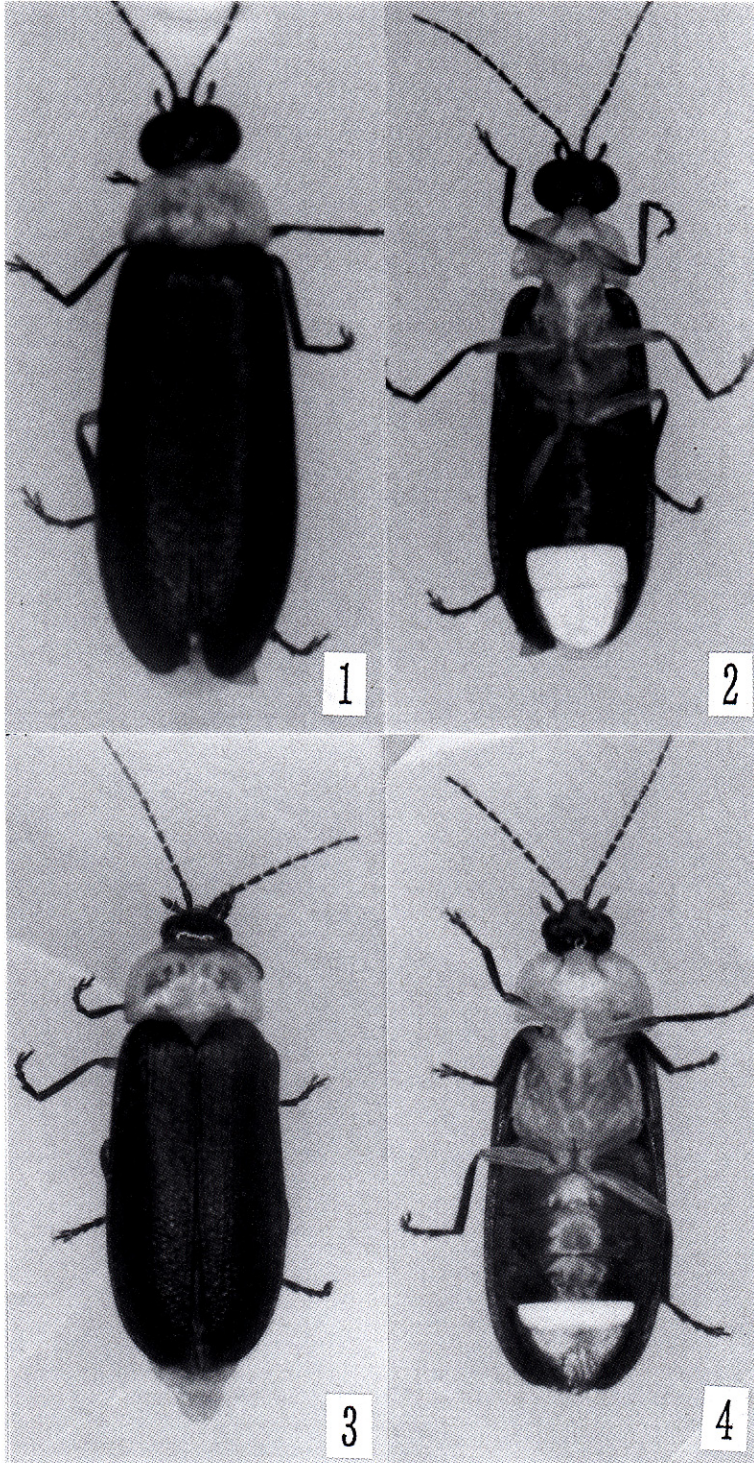
台湾全土に普通にみられる台湾ボタル *Luciola cerata* は体長約8mm, 上翅は黒色, 前胸背は橙黄色であり, 複眼が大きい(第1図)(楊,1997;陳,1999)。本種の雄は, 群飛してフラッシュ光を放つが, 雌は草の茎にとまって, 瞬きを伴う光を放ち, 雄とは異なる発光パターンである。本種に発光パターンが似ている種として, 日本のヒメボタル(Ohba,

1983a,1984; 大場,1975,1978,1980,1981,1986, 2000; Suzuki *et al*, 1993), ツシマヒメボタル(中根, 1970; Ohba,1985), ヤエヤマボタル(Ohba, 1983; 大場, 1979; 大場・後藤, 1989), クロイワボタル(Ohba, 1983b), 韓国のパパリボタル(土居, 1932)などのほかに, 北アメリカにも *Photinus* や *Photuris* 属ホタル(Lloyd, 1966,1971)の一部が知られている。特に北アメリカの2属のホタルは種ごとに固有な応答発光のタイミングを有している。

\* 横須賀市自然・人文博物館 Yokosuka City Museum, Yokosuka, 238-0016.

\*\* 台湾大学植物病虫害学系昆虫保育研究室 National Taiwan University, Taipei, 10764, Taiwan.

原稿受付 2002年9月30日, 横須賀市博物館業績563号.

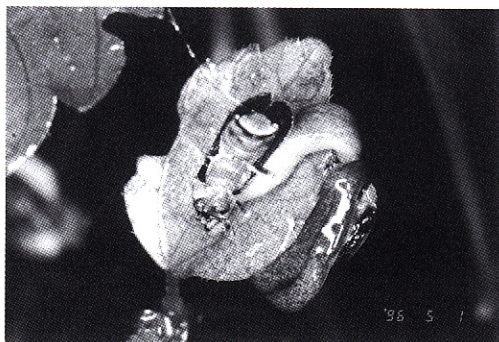


第1図 タイワンボタル *Luciola cerata*.

1. 雄の背面, 2. 雄の腹面, 3. 雌の背面, 4. 雌の腹面.

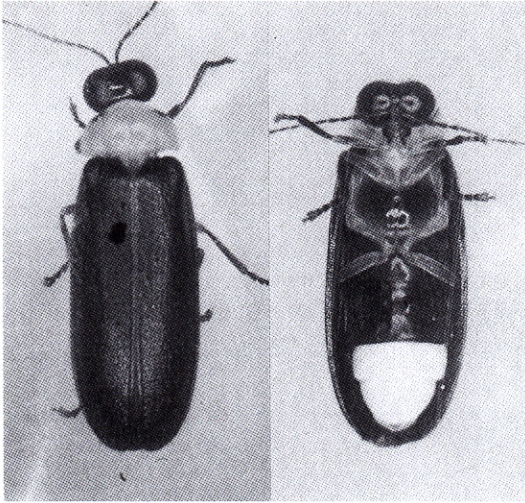


第2図 台湾ボタルの生息環境。 1. 基隆, 2. 烏来, 3. 東勢林場, 4,5. 阿里山, 6. 花蓮.

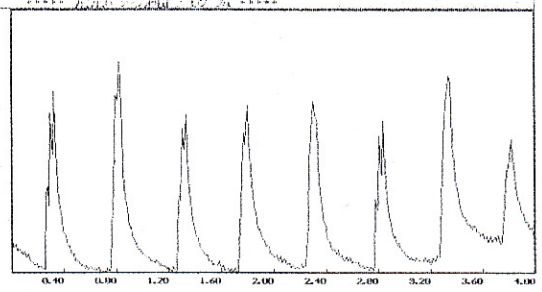


第3図 ヒルの1種に捕食される台湾ボタル.

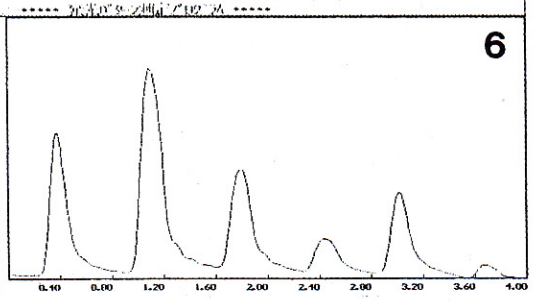
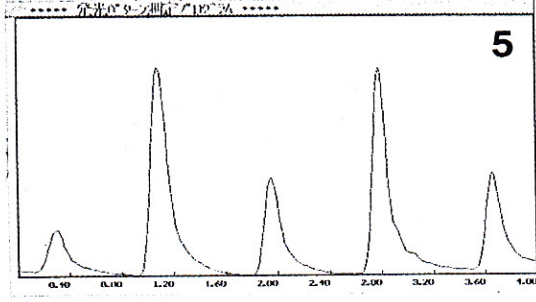
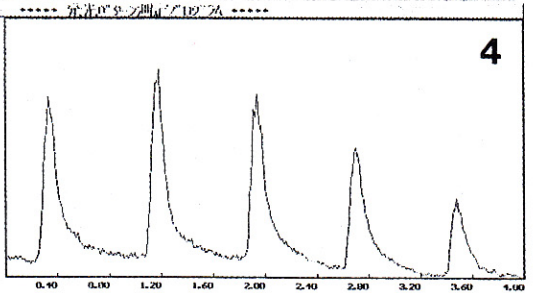
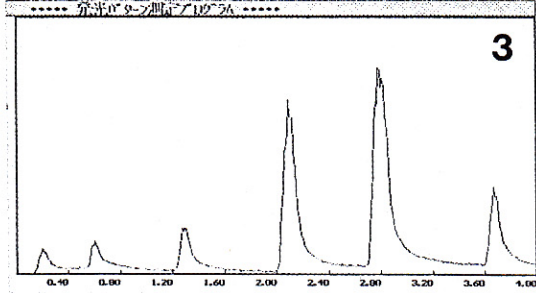
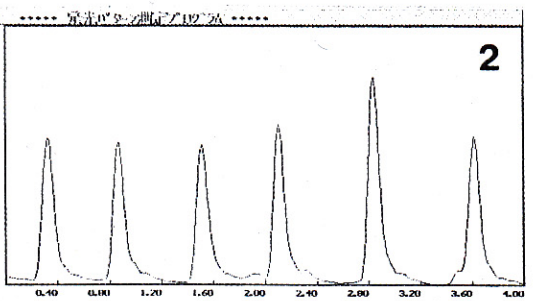
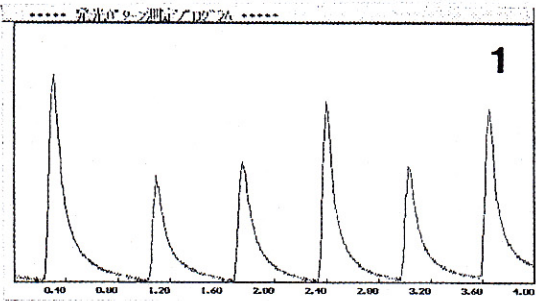
しかし、台湾の台湾ボタルの発光パターンとコミュニケーション・システムについての研究はこれまで全くなされておらず、その実態は不明であった。我々は、台湾の嘉義県阿里山中腹（標高約1000m）、花蓮県花蓮、台中県東勢林場、北部の台北県烏来および低地にある基隆県基隆において、各集団のサイズと雄の探雌飛翔発光パターンを比較すると共に、阿里山の集団について、雌雄間の発光コミュニケーションを映像記録後（大場，1985）、コンピュータによる波形解析（牧野ほか，1994）を行った。その結果、台湾各地の本種の発光パターン、若干の生態的知見、および阿里山の集団のコミュ



第4図 カギボタル *Luciola kagiana*,  
雄の背面(左)と腹面(右).



第5図 カギボタル雄の飛翔発光パターン。  
1目盛:0.4秒。



第6図 タイワンボタルの雄の飛翔発光パターン。1目盛:0.4秒。1.基隆, 2.烏来, 3.東勢林場, 4.阿里山, 5-6.花蓮。

コミュニケーション・システムを明らかにすることができ、類似した日本のヒメボタルとも比較したので報告する。

### 各地の生息地概要

#### 基隆県基隆 (第2図1)

台湾北部に位置しており、生息地は平地にある。なだらかな山林に歩道があり、それに沿って約幅1mの流れがある。このために湿潤な環境が維持されており、シダ類が林床に生えている。

#### 台北県烏来 (第2図2)

背後に原生林が広がり、2本の幅約80cm、水深約10cmの小水系が合流する地点。流れはゆるやかで、平坦な地形であり、草地であるが、草丈は低く、草刈などの管理がなされている。水路の側には幅約2mの散策路が造られている。クワズイモの1種、オオタニワタリの1種、ヤシの1種などが生えており、クジャクが放飼されていた。水路にはカワニナの1種が生息している。

#### 彰化県東和村東勢林場 (第2図3)

緩斜面の山林。幅約3mの散策道がつくられ草刈などの管理がなされている。林床植物が繁茂しており、昔ながらの多様な植生が保全されている。

#### 嘉義県阿里山の中腹 (第2図4,5)

標高約1000mの斜面の山林。林床は低木が生えるが、一部は地表が見え、その周辺にはシダ類などが生える。周辺にはウメ、クワ、クリなども移植されており、クワズイモの1種、オオバコの1種などが生え、地表には腐植土が堆積しており、コケ類が生えて湿気を保持している。

#### 花蓮県花蓮 (第2図6)

平坦な自然公園内の散策道周辺。道沿いには丈の低い草が生えており、道路両側の奥には森林が広がる。散策道と水系が接するところがあり、そこは湿潤である。

### 観察および解析結果

#### 各地集団の生息状況

##### 基隆県基隆 国立海洋大学裏山

1996年4月30日18:30-19:00 気温21-25°C。一望100個体飛翔発光。飛翔高度は約1m。山林を通る幅約1mの散策道沿いに出現し、生息密度は高い。飛翔個体は雄であり、雌は茎や葉にとまって発光していた。雄成虫は葉上でヒルの1種に捕食されながらも発光していた。この発光に誘引

されて、別個体もヒルの粘液に絡まって発光していた(第3図)。雄成虫はクモ類によく捕食された。台北県烏来雲仙

1997年5月8日における時刻と照度、気温との関係を資料1に示した。2本の小水系が合流する地点の平坦な地に密度高く生息した。

18:35 照度1.38 lx, 気温 21.6°C 発光開始した。18:37 飛翔開始し、発光開始時は黄昏時であり、周辺環境を肉眼で観察可能であった。19:00には照度が急激に低下するとともに、草地から湧き上がるように個体数が急増し、地上約50cmでゆっくりと飛翔発光した(第2図2)。雌は葉や茎にとまって、やや瞬きを伴う光を放っていたが、発見できた個体数は少なかった。雄はその後、次第に飛翔高度を上げて、広範囲を飛翔移動し、21:00には元の草地に吸い込まれるように戻って、飛翔発光活動をほとんど停止した。

##### 彰化県東和村東勢林場

1997年5月5日18:50 0.04 lx, 19.8°C 発光開始した。19:30-20:00飛翔発光が観察されたが、個体数は少なかった。23:00ほとんど飛翔発光活動を停止した。同地には外部形態が酷似し、前胸背が淡赤色であるカギボタル *Luciola kagiana* (第4図) が生息するが、発光パターンが明瞭に異なり、発光間隔が約0.5秒で瞬きを伴う早い明滅光(第5図, 第1表)を放つ。この種は台湾ボタルに比較すると、生息個体数が大変少なかった。

1996年5月の調査では、同地において密度高く、多数の飛翔発光個体が観察された。

##### 嘉義県阿里山の中腹 (若蘭山荘付近)

1997年5月における時刻と照度、気温との関係を資料に示した。

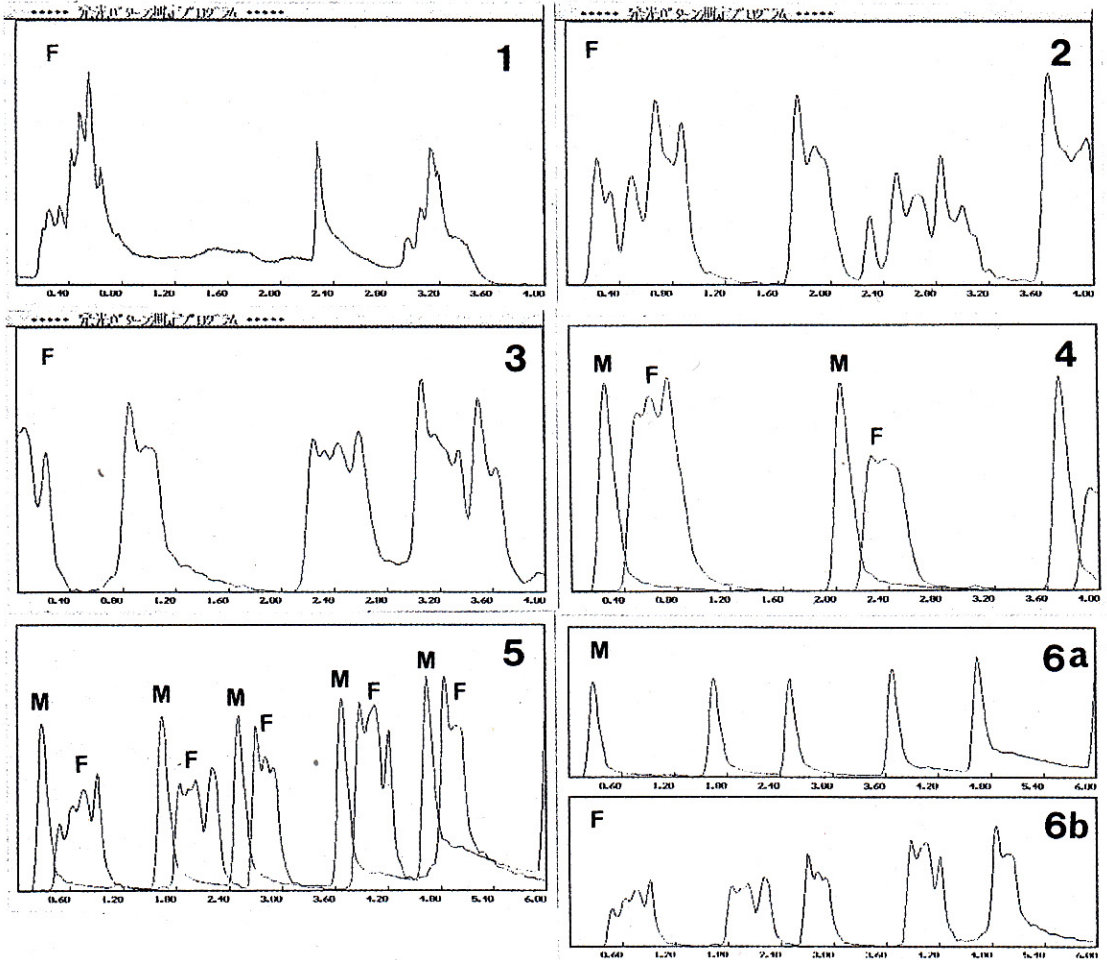
1997年5月11日の観察では、18:41 照度0.29 lx 気温20.2°Cで発光開始した。18:58には個体数が増えて、20:30 気温19.5°Cにはほぼ活動を終えた。出現個体は多く密度が高かった。雄は地上約1mを飛翔発光し(第2図4)、雌は茎にとまって、発光した。飛翔中の雄は雌の発光を発見すると、接近して近く葉にとまり、発光コミュニケーションが開始された。

##### 花蓮県花蓮

1997年5月における時刻と照度、気温との関係を資料1に示した。

20:45 気温24.6°C 地温24.7°C。

雄は公園内の道路両側の草地沿いに地上約60cm



第7図 台湾各地における台湾ボタルの発光パターン。

1-4. 1目盛：0.4秒，5-6. 1目盛：0.6秒。M:雄，F:雌。

1.基隆の雌発光，2.烏来の雌の誘惑発光，3.阿里山の雌の誘惑発光，4-6.阿里山の雄と雌の発光コミュニケーション。6a:雄の発光，6b:雌の応答発光。

を飛翔発光し，道路を横切る個体も見られた(第2図6)。道路に接する水辺周辺には個体密度が高かった。生息密度は偏在するものの，公園内広域で見られた。同地には *Lamprigera yunnanensis* の幼虫が発光していた。

#### 各地集団の発光パターン

##### 基隆県基隆の集団

1996年4月30日に行った発光パターンの観察と解析結果は第1表に示した。

飛翔発光する雄の発光間隔は安定しているときには0.73-0.80秒，平均値は0.75秒 ( $s = 0.03$ ) であ

った(第6図1)。その他の測定値では変動が大きく，0.35-0.85秒であった。一方，雌は0.86-1.85秒であり，平均値1.36秒 ( $s = 0.70$ ) で大きな変動幅が認められた。雄の発光持続時間は短くフラッシュ光であり，立ち上げの速いパルス光であった(第3図1)。雌の誘惑発光パターンは複雑な波形で発光持続時間が長く，不規則な間隔であった(第4図1)。

##### 台北県烏来

1997年5月8日19:50から20:35に観察を行った結果を第1表に示す。

飛翔発光する雄の発光間隔は0.67-0.73秒，平均

第1表 タイワンボタルの発光パターンの測定値, FRDIT, 雌の応答発光の遅れ時間(秒), \* カギボタル

観察地	性別	観察月日	時刻	発光間隔 (秒)	0.85	0.70	0.72	0.61	0.49	0.48	0.85	0.48	最小値(秒)	平均値(秒)	標準偏差
基隆	♂	19960430											0.64	0.14	
基隆	♂	19960430											0.75	0.03	
基隆	♂	19960430											0.93	0.09	
基隆	♂	19960430											0.62	0.05	
基隆	♂	19960430											0.35	0.05	
基隆	♀	19960430											1.36	0.70	
基隆	♂	19960430											0.70	0.08	
烏来	♂	19970508	20:35										0.69	0.02	
烏来	♂	19970508	20:20										0.67	0.09	
烏来	♂	19970508	19:53										0.74	0.04	
烏来	♀	19970508	20:09										1.74		
烏来	♂	19970508	20:00										0.53		
烏来	♂	19970508	20:35										0.67	0.04	
東勢林場	♂	19970509	19:52										0.69	0.15	
東勢林場	♂*	19970509	20:10										0.51	0.02	
東勢林場	♂*	19970509	20:10										0.51	0.02	
阿里山	♂	19970511	20:04										0.79	0.03	
阿里山	♂	19970511	21:20										1.17	0.12	
阿里山	♀	19970511	21:14										1.03	0.27	
阿里山	♂	19970511	21:16										1.13	0.23	
阿里山	♀	19970511	21:16										1.11	0.23	
阿里山	FRDIT	19970511	21:16										0.21	0.01	
阿里山	♂	1997511	21:16										0.22	0.22	
阿里山	♀	19970511	21:16										1.18	0.28	
阿里山	♀	19970511	21:16										1.06	0.28	
阿里山	♂	19970511	21:16										0.57	0.79	
阿里山	♀	19970511	21:16										1.06	0.24	
阿里山	♀	19970511	21:16										0.94	0.09	
阿里山	FRDIT	19970511	21:16										0.24	0.03	
阿里山	♂	19970511											1.74	0.08	
阿里山	FRDIT	19970511											0.25	0.01	
花蓮	♂	19970512											0.69	0.06	
花蓮	♂	19970517											0.85	0.03	

値は0.69秒 ( $s = 0.02$ )であった。この他の観察例では0.43-0.77秒、平均値は0.53-0.74秒の幅があった。雌の誘惑発光の発光間隔は不規則で、雄に比べて間延びし、1.54-1.93秒であり、平均値は1.74秒であった。雄の波形は基隆の集団の雄と同様であった(第6図2)。雌の誘惑発光の波形は発光持続時間が長く、そのなかに大小のピークを多数含んだ特異なパターンであった(第4図2)。

#### 台中県東和村東勢林場

1997年5月9日19:52から20:10に観察を行った結果を第1表に示す。

飛翔発光する雄の発光間隔は0.71-0.83秒、平均値は0.69秒 ( $s = 0.15$ )であった。

飛翔発光する台湾ボタルの雄に混ざって発光パターンが明らかに異なるカギボタルの雄(第4図)が見られた。外部形態は酷似するが、前胸背板が淡赤色であることで区別できる。このボタルの雄の発光パターンは第5図に示した通り、発光間隔が短く、0.48-0.54秒、平均値は0.51秒 ( $s = 0.02$ )であり規則的であった。また、ひとつの発光ピークは約0.2秒間隔で強弱を繰り返す波形であった。この発光パターンは肉眼で観察すると、瞬きを伴う光に見え、カギボタルの雄の発光とは明らかに異なり容易に区別できた。

#### 嘉義県阿里山の中腹(標高約1000m)の集団

1997年5月11日20:04から21:16に観察した結果を第1表に示す。

雄の発光パターン：安定して飛翔する雄の発光間隔は0.77-0.84秒であり、平均値は0.79秒 ( $s = 0.03$ )であった(第6図3)。雌に接近してとまった雄の発光間隔は0.84-1.8秒であり、飛翔時よりも間延びして、非常に不規則となった。

雌の誘惑発光：雌は葉や茎にとまり、誘惑発光を繰り返していた。この発光間隔は不規則であり、0.22-1.42秒であった。誘惑発光のパターンは(第7図1-3)に示すように、発光持続時間が長く、複雑に強弱を繰り返す非常に特異な波形であった。

#### 花蓮県花蓮の集団

雄の飛翔発光時における発光間隔は0.6-0.89秒であった。第1表に示したとおり平均値では0.69-0.85秒であった(第6図4)。

1997年5月14日、花蓮における観察時の気温・地温は以下の通りであった。

20:45 気温 24.6°C 地温 24.7°C  
21:20 23.4°C

#### 雌の誘惑発光

##### 基隆の集団

1回の発光に7個以上のショルダーピークが認められる瞬きを伴う波形であった(第7図1)。

##### 烏来の集団

1回の発光に2~5個のショルダーピークが含まれる不定形の波形であった(第7図2)。

#### 発光コミュニケーション

##### 嘉義県阿里山(標高約1000m)の集団

1997年5月11日 20:04から21:16に観察した結果を第1表に示す。

日没後に雄は林床の草地で発光を開始し、次第に飛翔発光した。雄は飛翔発光しながら、誘惑発光する雌を探した。探雌する雄は地上約1mを飛翔し、雌を発見した雄は雌から約10cmの距離にとまり、相互に発光を繰り返した。飛翔中の雄の発光間隔は比較的一定していたが、雌に接近してとまった雄の発光間隔は不規則であった。しかし、雄が発光した直後に雌は雄の発光に対して、0.21-0.25秒の遅れ時間をもって応答発光した。雄の発光間隔が長くなると、雌は雄の発光間隔に合わせて長くした。雄と雌の発光コミュニケーションが進むと、雄と雌の発光間隔はほぼ同調した(第1表、第7図4-6)。

## 考 察

#### 生息環境

低地から標高約1000mの高地まで、生息するが、その生息地のほとんどが、林床の草地であり、湿潤である点で共通する。本種がよく飛翔する生息環境は下草を適宜、刈り込まれているか、もしくは部分的に草の繁茂がまばらとなっていて、地面が見え隠れしている。このような環境は上空を飛翔する雄にとって雌の発光シグナルを発見しやすいと考えられる。同一の生息地において、草刈などの管理がなされなくなり、下草が一面に被い茂ると、探雌飛翔する雄は雌の誘惑発光シグナルを発見しにくくなり、雄は飛翔発光せずに草地のなかに入り込み、探雌すると考えられる。この状況はヒメボタルで確認されている(大場, 1987; 大場ほか, 1988)。生息地の気温は20~25°Cであったが、気温の影響が認められる。

#### 生息状況

各生息地における台湾ボタルの発光行動は



ほぼ同様であり、日本のヒメボタルのそれに似ている(大場, 1975, 1978, 1980; Ohba, 1983a)。飛翔個体は雄であり、雌は茎や葉にとまって発光する。飛翔開始時刻は18:30~18:50であり、飛翔開始時の照度は1.38~0.04lxであり、測定値の変動が大きい。照度測定地点と、台湾ボタルの発光開始位置にずれがあるためと考えられる。測定位置と台湾ボタルの位置が最も近い測定例として0.04 lxが得られており、ほぼ発光開始時の照度を示していると考えられる。

台湾ボタルに発光行動が似ているヒメボタル *Hotaria paruvula* (大場, 2000) は発光開始時の照度が、ヤエヤマボタル(大場, 1989) やクロイワボタル(Ohba, 1983, 1983b) とほぼ同様である。これらの種はいずれも雌の下翅が退化もしくは退化傾向にあり、発光色も似ており、ヒメボタルでは580 nmの発光色であることが確認されている(Eguchi *et al.*, 1984)。このような発光色のボタル類は薄暮活動型であるとされる(Lall *et al.*, 1980)。

台湾ボタルの雄は時間経過とともに高く飛翔し、地上約50cmに達して最盛となり、以後、地上2mの高さでより広範囲に飛翔発光した後に、次第に草地に吸い込まれるように飛翔の高さが低くなり、約1時間で飛翔発光活動を終える。このような飛翔発光活動はヒメボタルと同様であり(大場, 1978; Ohba, 1980, 2000)、この点においても両種は類似している。

#### 発光パターン

**飛翔時の雄:** 安定時には0.6~0.8秒間隔でほぼ規則的に発光し、さらにその波形には発光間隔がきわめて短いショルダーピークが認められ、ヒメボタルの発光パターンに酷似している(Ohba, 1980, 1983a; 大場, 1986; 大場ほか, 1995)。発光間隔の変動は気温・刺激などの外部的要因のほかに、本種の固有な行動に起因していると考えられる。発光間隔の変動はショルダーピークを立ち上げたり、消したりすることによって制御していると考えられる。

**歩行時の雄:** 発光間隔は不規則となるが、波形は変わらない。歩行時には、発光間隔が間延びするが、雌に接近すると次第に間隔を短縮する。

#### 雌の誘惑発光

雌は腹部が肥大しているために、葉や茎にとまって、特有な誘惑発光シグナルを飛翔する雄に向

けて、0.9-1.7秒間隔で不規則に放つ。この発光シグナルは日本のヒメボタル雌とは明らかに異なり(Ohba, 1980; 大場, 2000)、ヒメボタルの雌の発光は最大ピークが明瞭であり、雄への応答発光がタイミングよくできる波形であるが、台湾ボタルでは最大ピークが不明瞭な波形であるために、応答発光のタイミングはヒメボタルに比較して、厳密なものになりにくいと考えられる。

#### 発光コミュニケーション

本種の発光コミュニケーションは第8図に要約される。探雌に成功した雄は雌と至近距離にとまり、不規則な間隔で発光すると、雌は約0.24秒の一定の遅れ時間をもって雄に応答発光する。雄は雌の応答発光が得られると交尾行動が解発されるが、応答発光が得られない場合には飛び去る。このことから、雌の応答発光の遅れ時間が、雌雄が相互に認知する上で重要な役割を担っていると考えられる。

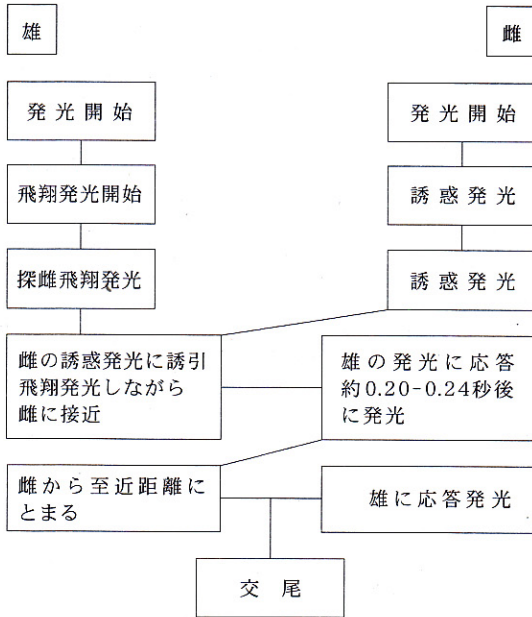
同所的に生息する酷似したカギボタルは未だ雌の習性などが観察されてないために、発光パターンが異なるものの、種間の競合をいかに回避しているのかは今後の課題である。

#### ヒメボタルとの比較

雄の外部形態は酷似するが、前胸背の色彩斑紋パターンに相違があり、区別できる。また、雌の発光器の形態は発光パターンは類似しているが、ヒメボタルでは同種であるが外部形態が大型と小型、雄の発光間隔が0.5秒と0.8秒の2生態型の存在が明らかにされている(Ohba, 1983a; 大場, 2000; Suzuki *et al.*, 1993)。本種においても0.6-0.8秒の幅が認められるものの、これに対応して外部形態の変異はあまり認められない。今後、さらに多くの集団について研究して、本種にもヒメボタルに見られる生態型が存在するののか否か明らかにしたい。

雌の応答発光の遅れ時間は台湾ボタルは約0.24秒であるのに対し、ヒメボタルでは約0.3秒とやや長い(Ohba, 1980, 1983a; 大場, 2000)。応答発光のタイミングが種ごとに固有であるが、こうした応答発光システムがいかに進化してきたのかを考察するには、類似した種のコミュニケーション・システムを比較検討することが重要であり、今後さらに類似種(Ohba, 1983b, 1985; 大場, 1989; 大

場ほか, 1971; 土居, 1998) や類似したコミュニケーション・システムを有する北アメリカの *Photuris* や *Photinus* 属ホタル (Lloyd, 1966, 1971) との比較研究が必要とされる。



第8図 タイワンボタルの配偶行動。

### 謝 辞

この研究を進めるにあたり、情報を提供頂くほか、現地調査で多大なご協力を頂いた次の各位に対し、心から感謝する。国立台湾大学植物病虫害系の朱耀沂、王重雄、李春霖の各博士および鄭明倫および頼郁雯氏。烏山自然保育公園の林鈞修氏は著者の一人の大場が台湾滞在中、常に懇切丁寧な全面的な調査の便宜を図って下さった。陳燦榮、陳財發、陳高阿利の各氏は調査に同行されて、様々な協力を頂いた。台湾特有生物保育中心の林春基、何健銘、廖光正の各氏・東勢林場、若蘭山荘の各位は施設利用と調査の便宜を与えて下さった。大場詔子氏は野外調査や記録整理に協力された。

### 引用文献

Eguchi E., Nemoto A., Meyer-Rochow V. B. and Ohba N. 1984. A comparative study of spectral sensitivity curves in the three diurnal and eight

nocturnal species of Japanese fireflies. *J. Insect Physiol.*, **30** (8): 607-612.

- 陳燦榮 1999. 台湾螢火蟲生態導覽. 191ページ. 日野影像出版社.
- 栗林 慧 1998. 金螢 (監修: 大場信義). 40ページ. 哲多町教育委員会.
- 土居寛暢 1932. 朝鮮産螢ノ一新種パバリボタルニ就テ. 朝鮮博物学会雑誌, (14): 3-6.
- Lall A., Seliger H., Biggley W. and Lloyd J. 1980. Ecology of color of firefly bioluminescence. *Science*, **210**: 560-562.
- Lloyd J.E. 1966. Studies on the flash communication system in *Photinus* fireflies. *Misc. Pub. Mus. Zool., Univ. Mich.*, (130): 1-95.
- Lloyd J. E. 1971. Bioluminescent communication in insects. *Annual Review of Entomology*, **16**: 97-112.
- 牧野 徹・鈴木浩文・大場信義 1994. パーソナルコンピュータによるホタル発光パターン解析. 横須賀市博研報 (自然), (42): 27-56
- 松田正勝・大場信義 1991. 日本産ホタル類の頭部形態. 横須賀市博研報 (自然), (39): 7-29.
- 松村松年 1928. 面白き蟲界の教材: 59-70. 東京堂書店.
- 中根猛彦 1970. 対馬に産する螢群の甲虫について. 国立科学博専報, (3): 285-288.
- 大場信義 1975. ヒメボタル *Hotaria parvula* の生活史. 横須賀市博研報, (21): 5-8.
- 大場信義 1978. ヒメボタルの生活. インセクタリアム, **15** (6): 32-36.
- 大場信義 1979. 数種の日本産ホタル類の発光パターンと習性. 横須賀市博研報 (自然), (26): 21-30, pls.6-7.
- 大場信義 1981. ホタルの発光交信システム—ヒメボタルを中心として—. 動雑, **90** (4): 702.
- 大場信義 1985. 発光シグナルの記録とその解析法. 植物防疫, **39** (9): 46-51.
- 大場信義 1986. ホタルのコミュニケーション. -17 生物の適応戦略と社会構造-. 241ページ. 東海大学出版会.
- 大場信義 1987. ヒメボタル *Hotaria parvula* の誘引シグナル. 横須賀市博研報 (自然), (34): 17-23.
- 大場信義 2000. ヒメボタルの2生態型の発光パターンと発光コミュニケーション. 横須賀市博研報 (自然), (47): 1-22.

- 大場信義・後藤好正・相内幹浩・渡辺政人 1988.  
ヒメボタルの探雌行動. 横須賀市博研報 (自然),  
(35): 15-22.
- 大場信義・鈴木浩文・山崎柄根 1995. コンピュー  
タ解析法による日本産ホタルの発光パターン.  
横須賀市博研報 (自然), (43): 17-24.
- 大場信義・後藤好正 1989. ヤエヤマボタルの形態  
と習性. 横須賀市博研報 (自然), (37): 1-8.
- 大場信義 1999. ヒメボタルの1生態型の発光コミ  
ュニケーション. 日本昆虫学会第59回大会講演  
要旨: 102
- Ohba N. 1980. Mating behavior of a Japanese  
*Hotaria* firefly(Coleoptera : Lampyridae). *Sci.*  
*Rept. Yokosuka City Mus.*,(27) : 13-18.
- Ohba N. 1983a. Studies on the communication  
system of Japanese fireflies. *Sci. Rept. Yokosuka*  
*City Mus.*,(30) : 1-62, pls.1-6.
- Ohba N. 1983b. Flash communication in *Luciola*  
*kuroiwae* (Coleoptera:Lampyridae). *Sci. Rept.*  
*Yokosuka City Mus.*,(33) : 13-17.
- Suzuki H.,Sato Y.,Fujiyama S. and Ohba N. 1993.  
Genetic differentiation between ecological two  
types of the Japanese firefly, *Hotaria parvula* :  
An electrophoretic analysis of allozymes. *Zool.*  
*Sci.*,10(4) : 697-703.
- 楊平世 1997. 火金姑. 82ページ, 中華民国自然生態  
保育協会.

資料1	タイワンボタルの発光開始時刻・生息地の気温・照度。	17:35	33.3	21.2	
		17:40	43.0		
		17:45	40.0		
4/30	基隆 国立台湾海洋大学裏山 <i>L. cerata</i>	17:47	35.4		
18:30-19:00	21-25°C 一望約100個体。ヒル・クモの1種がホタルを捕食。8mmほどの陸貝。	17:50	32.0	21.0	
		17:55	24.5	20.9	
5/3	彰化県東勢林場 <i>L. cerata</i> , 多い。	17:56	22.5	20.7	
19:30-20:00	23:00 ほとんどいない。	18:00	20.5	20.6	
5/6	台中県和平郷自由村	18:05	16.6	20.6	
5/8	烏来 雲仙 晴無風	18:08	12.2	20.6	
18:07	照度24 lx 気温21.2°C	18:10	10.2	20.6	蚊が急減
18:10	20.4 22.1	18:11	8.10	20.5	
川合流点		18:12	7.77	20.6	
18:18	12.0 21.8	18:17	7.49	20.5	
18:20	10.2	18:20	6.8		
18:22	8.77	18:25	3.7	20.5	
18:24	8.07	18:27	2.73	20.4	
18:27	5.32	18:30	2.33	20.3	
18:30	4.11	18:31	1.92	20.2	
18:31	3.2 21.6	18:32	1.65	20.2	
18:34	2.01	18:33	1.30	20.2	
18:35	1.38 発光開始 木の下暗い	18:35	1.09	20.3	
18:36	0.82 2exs 草むらで発光	18:36	0.9	20.2	
18:37	飛翔開始	18:37	0.73	20.2	
18:38	0.7 4-5exs 草むらで発光	18:40	0.55	20.2	
18:40	0.38 21.5	18:44	0.44	20.2	
18:43	0.22 15-16exs草むらで発光 ヒメボタルに似た発光	18:41	0.29	20.2	1個体発光
		18:42	0.22	20.2	
18:45	0.1	18:45	0.11	20.2	1個体飛翔開始
18:47	0.05 21.3	18:47	0.05	20.2	5個体発光
18:50	0.02	18:53	0.02	20.2	15個体発光
		20:30	19.5		ほぼ活動おさまる。
5/9	台中県東勢鎮勢林街 東勢林場				
18:50	0.04 19.8 1個体飛翔開始	5/14	花蓮県 花蓮		
18:52	0.02	20:45	気温 24.6°C		
18:55	0.01 19.6°C ヒメボタルと同様な発光	21:20	23.4		
19:29	3-4個体発光				
5/11	阿里山若蘭山荘 標高約1000m。				
17:05	57 21.5°C				
17:10	90 21.0				
17:20	41 21.5 蚊出現				
17:22	32.5				
17:25	27.5				