

# ヒメボタル成虫の発光活動とその定量的観察

小西哲郎

中部大学 工学部 共通教育科

## 概要

本稿ではヒメボタル成虫の発光活動、特に個体間のコミュニケーションと相関に関係すると思われる発光活動を紹介します。特に、発光しているヒメボタルの数が数分から数十分の時間スケールで大きく変動していることを述べる。そして、こうした発光活動の特徴の理解をめざしてデジタルカメラによる静止画撮影と画像処理により発光活動を定量的に観察する方法について述べる。

## Flashing activity of fireflies *Luciola parvula* and their quantitative observation

Tetsuro Konishi

Science and Technology Section, General Education Division,  
College of Engineering, Chubu University  
e-mail address : tkonishi@isc.chubu.ac.jp

## Abstract

Flashing activities of fireflies are considered to play important role in their communication. *Luciola parvula* shows interesting flashing activities. In particular the flashing activity varies greatly for intervals of minutes or several tens of minutes. In order to understand the activity and its mechanism we develop a method for systematically and quantitatively observe the flashing activity.

---

## 1 はじめに

### 1.1 ヒメボタルとは

ヒメボタル (*Luciola parvula*) とは、本州、四国、九州の各地にみられる陸生のホタルである。東海地方にも多くの生息地があるが、なかでも名古屋市内の2箇所、相生山緑地（天白区）と名古屋城外堀はよく知られている。

成虫はオスメスとも発光し、発光により交信して繁殖行動を行う。発光パターンは継続時間の短いフラッシュ状の点滅をほぼ規則的に繰り返すものである。

ヒメボタルの生態の大きな特徴は、メス成虫が飛べないことである。メス成虫は一見オスと類似の形状をしているが、飛翔するための後羽が退化してい



図1: ヒメボタル成虫



図 2: 相生山緑地（名古屋市天白区）でのヒメボタル（長時間撮影）

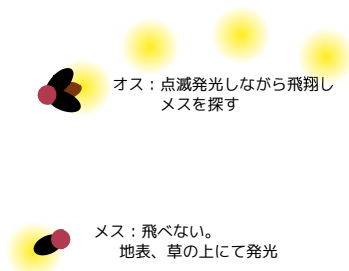


図 3: ヒメボタル成虫のメスとオスの発光と通信

るため飛ぶことができない。このためメスの移動距離、行動範囲には大きな制約がつくことになる。これはヒメボタルの分布と保護を考える上で重要な要素である。

## 1.2 ヒメボタル成虫の発光と繁殖行動

ヒメボタルのメスとオスの発光の様子を図 3 に示す。メスは前述のように飛翔できないため、地表や葉の上にて点滅発光し、オスにアピールする。オスは飛翔しながら点滅発光し、発光しているメスを探す。オスが発光しているメスに接近し、相互に光による信号をやり取りした後、交尾に至る。これがヒメボタル成虫メスオス間の光による交信と繁殖行動である。

## 1.3 ヒメボタル成虫の発光と行動の不思議

ところで、ヒメボタル成虫の発光を夜間に野外で観察していると、上記のメスオス交信の他にもいくつか興味深い行動が見られる

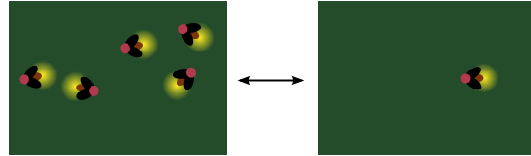


図 4: 発光数の時間変動

### 1.3.1 発光数の時間変動

まず、光っているホタルの数が、数分から数十分のスケールで時間的に大きく変動するように思われる。「ホタルのコミュニケーション」（大場信義著）にも、

飛翔発光活動はやや周期的に起こり、1 個体が発光を開始すると他の個体も発光する傾向にある。この周期が1 個体の飛翔発光時間にほぼ一致する（後略）

と記載がある [2]。こうした時間変動は、メスオスの光による通信以外に、オスが他のオスの発光を見て自身の発光開始/終了をコントロールしている可能性を示唆している。

### 1.3.2 その他の興味深い行動

オスが点滅発光しながらメスを探すと紹介したが、このとき、オスが2匹もしくは数匹のグループで連れ立って行動している様に見えることがある。また、メスの近くにオスが飛んできてもメスが発光しないことが何度かあった。まるで「好みでない」オスがやってきた際に自身の存在を隠すかのようなのである。

### 1.3.3 行動と相関

これらの目視観察は、ヒメボタル成虫が、直接は繁殖行動につながらない場合であっても、他の個体の発光を検知して自身の発光や行動を変えている可能性を示唆している。このように、ヒメボタル成虫の発光行動には興味深い点がいくつかある。これらはメス=オス間の、直接繁殖行動につながる発光に加え、一部はオス=オス間、メス=メス間交信であるところも興味深い。

## 1.4 定量的観察の必要性

ところがこうした話は過去の研究を含めても、著者の知る限りでは目視観察の記録か、もしくは映像

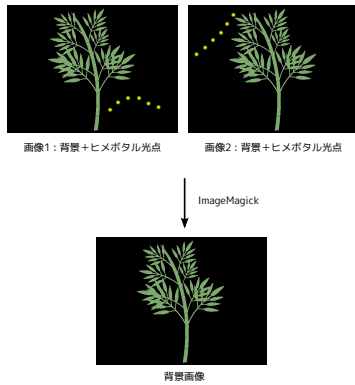


図 5: 背景画像の作成

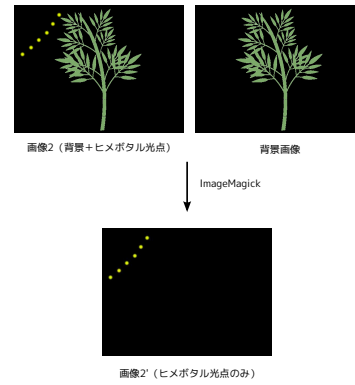


図 6: ヒメボタル光点のみの画像の作成

サンプルであり、実際にヒメボタルがどのように行動しているのかが客観的にはわかりにくい。<sup>1</sup>

これがもしも、発光を定量的記録することが出来れば、すなわち、観察結果を客観的な数値データとして残すことが可能になれば、上記に記したような相関を持っているような発光行動が、実際に相関があるのか、あるいは見かけ上のものなのかが評価可能になり、ホタル類の研究に新たな一面を開くことが可能になるのではないだろうか。

### 1.5 問題設定

こうした背景のもと、筆者は、デジタルカメラを使用してヒメボタルの発光を定量的に記録することを考案した。

まずは最も簡単だと思われる発光数の時間変動を取り扱う。目標は下記の通り：

- ヒメボタル発光の定量的記録方法を開発
- 発光数の時間変動を定量的に記録
- 可能であれば、この発光数変動が実際にヒメボタル間の相関によるものなのか、あるいはランダムなものなのかの結果であるのかを考察する

## 2 定量的観察方法

### 2.1 観察方法のあらまし

観察とデータ処理の流れは次のようになる：

- (1) データ取得（撮影）：デジタル一眼カメラを用いて、ヒメボタル生息地（野外）にてヒメボタル成虫の発光を静止画で連続撮影

<sup>1</sup>ホタル 1 個体の観察であれば、その発光強度の時間依存性を記録したものや、発光スペクトルを測定したものなどが多々ある。

- (2) 画像処理：撮影した静止画から、ソフトウェア ImageMagick により、ヒメボタルの光点と背景を分離し、光点だけの画像を作成 (図 5 および 図 6)

- (3) 画像から数値データへ変換：(2) で作成した個々の画像の中の、ヒメボタル発光の光点の数をソフトウェア ImageJ で一括して計測。一方で、画像ファイルの exif データから撮影時刻を一括して取得。これらを組み合わせて、光点数の時系列データが得られる。発光は時間的にほぼ周期的なので、光点数は発光しているヒメボタルの個体数に比例していると考えられる。

## 3 結果：観察記録

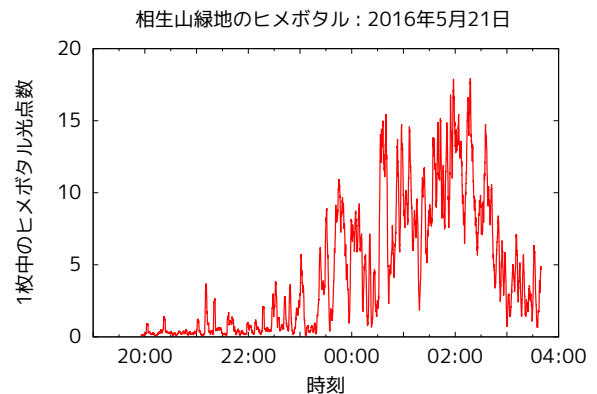


図 7: 相生山緑地での 2016 年 5 月 21 日夜におけるヒメボタル発光の時間変動 (32 枚ずつの移動平均)

観測日	2016 年 5 月 21 日
撮影開始時刻と終了時刻	19:54 ~ 翌朝 03:40
観察地	相生山緑地 (名古屋市天白区)
カメラ	CANON EOS Kiss X4
レンズ	Sigma 15mm F2.8 対角線魚眼
感度	ISO 800
1 枚あたりの露出時間	3.2 秒
絞り	F2.8

表 1: 図 7 のデータ

前節で述べた観察方法を用いての、相生山緑地における観察結果を図7に示す。横軸は時刻、縦軸は画像1枚に写っているヒメボタル発光の光点数である。撮影に用いた機材などの設定データは表1のとおりである。発光活動開始から終了までのほぼ全体が時系列として捉えられた。

こうして、ヒメボタルの発光を定量的に数値化して記録するという当初目標の1番目は達成された。それを踏まえて図7を見ると、2つの顕著な特徴に気づく。

ひとつは、活動にいくつかの時間スケールがあるという事である。特に、発光活動開始から数時間の発光活動の後に発光終了までの大きな流れの中で、数十分程度の時間で発光数が激しく変動していることがわかる。この変動こそ、これまで観察者の間では共通の認識となっており、当初目標で検出を試みた、発光数の時間変動であると考えられる。

もうひとつは、発光は撮影開始時である20時から始まっているが、発光活動が活発化するのは夜中の23時過ぎ以降であり、その後変動を繰り返しながら夜明けまで発光活動が続く、という事である。これは、この生息地のヒメボタルが「深夜型」であると言われてきたことの明確な記録である。

ここで比較のために同様の観測をヒメボタルの近縁種であるヤエヤマボタルに対して行ったものを図8に示す。撮影に用いた機材などの設定データは表2のとおりである。<sup>2</sup>ヤエヤマボタルもヒメボタル同様、継続時間の短いフラッシュ型の点滅発光を行う。発光数の時系列を見ると、日没直後、まだ夕暮れの明るさの残る時間から発光活動を開始し、多少のゆらぎを伴いながら、40分程度で発光活動が終了しているのがわかる。

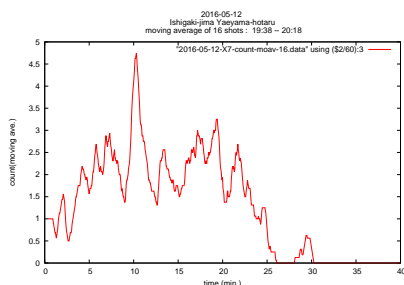


図8: 石垣島での2016年5月12日夜におけるヤエヤマボタル発光数の時間変動(16枚ずつの移動平均)

<sup>2</sup>なお、画像から個体数検出は手動(目視)で行った。発光間隔がヒメボタルより短かったため。

観測日	2016年5月12日
撮影開始時刻と終了時刻	19:38 ~ 20:18
観察地	石垣島
カメラ	CANON EOS Kiss X7
レンズ	CANON EF-S 24mm F2.8
感度	ISO 1600
1枚あたりの露出時間	2.5秒
絞り	F2.8

表2: 図8のデータ

## 4 まとめと展望

デジタルカメラによる静止画連続撮影と画像処理により、ヒメボタル成虫の発光活動を定量的に、すなわち、数値化してデータとして記録する方法を初めて開発した。この方法を用いて野外調査を行い、ヒメボタル発光活動が数分から数十分程度の時間スケールで大きく変動する様子を初めて目視によらずに機械的に数値データとして記録することができた。また、相生山緑地のヒメボタルの発光活動が「深夜型」であることも、8時間近くにおよぶ連続観察により初めて機械的に数値データとして記録することができた。

今後はこの手法を用いてホタル間の行動の相関を解析することが考えられる。また、自動計測システムを設計することも考えられる。

本論で紹介したホタル類の系統的観察手法がホタル類および昆虫のコミュニケーションの理解の一助となれば幸いである。

## 5 謝辞

本研究の一部は、2016年度中部大学工学部 学部長研究支援経費の支援を受けています。ここに謝意を表します。中部大学 応用生物学部 大場裕一様、上野薫様、名古屋大学 情報科学研究科 時田恵一郎様には、様々な知見をご教示いただいたことを感謝いたします。石垣島 エコツアーりんばな 内藤明様には、ヤエヤマボタルなどの観察ガイドをしていただきましたことを感謝いたします。「相生山緑地を守る会」の皆様には、毎年現地で貴重なお話を聞かせて頂き、また、生息地保護をしていただいていますことを感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 大場信義. ホタル点滅の不思議 - 地球の奇跡. 特別展示解説書7. 横須賀市自然・人文博物館, 2004.
- [2] 大場信義. ホタルのコミュニケーション. 東海大学出版会, 1986.