

## ギフチョウ (*Luehdorfia japonica*) の産卵環境選択

尾関雅章<sup>1</sup>・須賀 丈<sup>1</sup>・浜田 崇<sup>2</sup>・岸元良輔<sup>1</sup>

ギフチョウの産卵環境選択についてロジスティック回帰分析を用いて検討した。生息地の食草、植生、光、および地形環境から、ギフチョウの産卵の有無を予測するロジスティック回帰モデルを構築し、AICによるモデル選択を行った。同一調査地の2005年と2006年の調査結果を用いて解析した結果、いずれも食草密度、林床の光環境、林縁からの距離を独立変数として用いるモデルが適合度の高いモデルとして選択された。この結果は、ギフチョウの生息する森林の林床管理が、ギフチョウの産卵にとって好適な環境の維持に寄与していることを示唆する。

キーワード：ギフチョウ、産卵環境、食草密度、開空度、ロジスティック回帰分析

### 1. はじめに

ギフチョウ *Luehdorfia japonica* Leech (アゲハチョウ科) は、本州の固有種で、主に山地帯落葉広葉樹林に生息する。成虫は、早春にのみ出現し、落葉広葉樹林の林床に生育するカンアオイ類に産卵するほか、カタクリ *Erythronium japonicum* Decne. 等の春植物を蜜源として利用している。しかし、近年、二次林の管理・利用が衰退したことから、植生遷移による林床の鬱閉や生息地の消失などにより、ギフチョウは各地で減少しつつあるとされ、環境省のレッドデータブック<sup>1)</sup>では絶滅危惧Ⅱ類、長野県のレッドデータブック<sup>2)</sup>では準絶滅危惧にリストされている。

このギフチョウ生息地の保全には、林床の下刈りや上層木の間伐などの森林管理が必要であるとされているが<sup>3)</sup>、森林管理によるギフチョウ生息地保全の効果について、実証的な研究は乏しい。そこで、筆者らは、ギフチョウ生息地の保全手法に関する基礎情報を得るため、1997年からギフチョウ生息地で、林床の下刈りの実施とあわせてギフチョウの産卵状況や食草、植生環境の経年変化などについて追跡調査を行ってきた<sup>4)</sup>。

ここでは、これまでの調査から、ギフチョウの生息環境特性の把握の一環として、ギフチョウが産卵場所として選択する林床環境について、ロジスティック回帰分析を用いて検討した結果を報告する。

### 2. 材料と方法

#### 2.1 産卵および環境調査

調査地は、長野県白馬村のミズナラ *Quercus crispula* Blume を主体とする落葉広葉樹二次林(標高約800m)で、林縁から林内にかけて設けられた調査区(60m×30m、長辺が林縁に接する)を用いた。この調査区内では、林縁に沿って幅20mごとに、低木および草本層の刈り取り(以下、下刈り)が異なる頻度(処理区0:無処理, 処理区1:1回/4年, 処理区2:毎年)で、1997年から行われている。下刈りは原則として秋期に実施しており、秋期の積雪状況によっては翌年の春期(融雪直後)に実施している。これまで処理区1では、1997年(秋期)、2001年(秋期)、2006年(春期)に下刈りを行った。

この調査区内を5m×5m区画(24区画/処理区)に分割し、全区画について、ギフチョウの産卵の有無と、産卵に影響すると考えられる食草密度、林床の光環境および植生環境、地形環境の調査を行った。調査は、ギフチョウの産卵期に該当する5月下旬から6月初旬に毎年1回実施しており、本稿の解析では、2005年5月31日～6月1日と2006年5月30日～31日に行った2ヶ年の調査結果を用いた。

食草密度には、調査地でのギフチョウの食草であるミヤマアオイ *Asarum fauriei* Franch. var. *nakaianum*

1 長野県環境保全研究所 自然環境部 〒381-0075 長野市北郷 2054-120

2 長野県環境保全研究所 循環型社会部

Ohwiの全葉数を計数して用いた。

林床光環境には、全天に占める空域の面積比を指示開空度を用いることとし、地上高50cmで撮影したデジタル全天空画像から算出した。開空度の算出は、画像処理ソフトLIA for Win32ver. 0.376  $\beta^{5)}$ によった。各区画5地点の平均値を代表値として用いた。全天空写真の撮影は、2005年・2006年ともギフチョウ産卵調査と同時期に実施した。

植生環境としては、低木層以上の樹木密度を指示するため、胸高直径1cm以上の樹木について毎木調査(幹計数, 樹高計測, 生育位置測量)を行った。樹高が5m未満のものを低木, 5~10mを亜高木, 10m以上を高木とした。調査区内には明瞭なギャップはなく, 森林の階層構造に顕著な差異はみられなかった。また, 林床にはクマイザサ *Sasa senanensis* (Franch. et Sav.) Rehder がみられたが, 特定の処理区で卓越することはなかった。草本層の植被率と高さは, 下刈りによって減少する傾向を示し, 毎年下刈りを行っている処理区2では, 2005年の植被率が29%, 高さが0.3mであった(6区画の平均値)。

地形環境には, 各区画の中心点の比高(m)から, 起伏量を算出して用いた。各区画の中心点の比高は, 毎木調査時の測量結果から, 空間情報の補完手法の一つであるクリギング法<sup>6)</sup>により推定した。起伏量は, 各区画および上下左右に接する区画内の比高の最大値と最低値の差とした。

## 2.2 分析

ギフチョウの産卵環境選択について, ロジスティック回帰分析を用いて検討した。ロジスティック回帰分析は, 従属変数が2値変数の場合に用いられる回帰分析の手法で(予測値が0~1の間の値をとる), 生態学的現象では生物分布の予測などに用いられる<sup>7)</sup>。ここでは, 5m×5mの区画内のギフチョウの産卵の有無(1もしくは0)を従属変数とし, 同区画内の環境情報から, 食草の葉密度, 林縁からの距離, 上層木(亜高木層と高木層)の幹密度(以下, 高木密度), 低木の幹密度(以下, 低木密度), 開空度, 起伏量を独立変数に用いた。なお, ギフチョウは食草のない区画には産卵しないことが自明であるため, 食草の分布しない区画については解析対象から除外した(各年1区画, 計2区画)。

また, 調査区周辺では, 産卵時におけるギフチョウの飛来ルートに, 処理区0・1・2の配列に沿った特定の方向性は観察されないことから, 処理区の

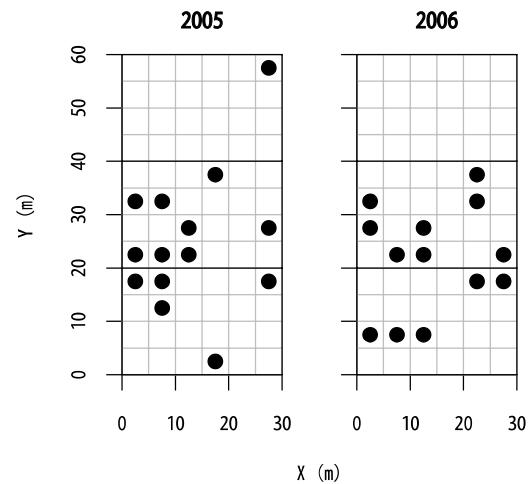


図1 調査区内でギフチョウの産卵が確認された区画(●)(左図:2005年,右図:2006年)。図の左縁が林縁に接する。実線で囲まれた上段が処理区0,中段が処理区2,下段が処理区1。

配置と飛来方向性に起因する産卵確率の系統誤差は少ないものと判断した。

これらの変数から, 多重ロジスティック回帰モデルを構築し, ステップワイズ法(変数増減法)により適合度の高い独立変数の組み合わせからなるモデルを選択した。モデル選択の規準は, 統計モデルの選択規準として広く用いられている赤池の情報量規準(Akaike Information Criterion: AIC)<sup>8)</sup>に拠り, AICが最小のモデルを最終モデルとした。

これらの統計解析には, R-2.4.0 for Windows<sup>9)</sup>を用いた。

## 3. 結果および考察

### 3.1 産卵状況

調査区では, 2005年に14区画, 2006年に13区画からギフチョウの産卵が確認された(図1)。

処理別では, 4年ごとに下刈りを行っている処理区1で2005年に5区画, 2006年に5区画, 毎年下刈りを行っている処理区2で2005年に8区画, 2006年に8区画から産卵が確認された。下刈りを行っていない処理区0では, 2005年に1区画で産卵が確認されたが, 2006年にはいずれの区画でも産卵が確認されなかった。なお, ギフチョウの産卵では, 10個前後の卵が塊状に食草に産み付けられることが知られている<sup>10)</sup>。調査区では, 2005年には計22個(処理区0:1個, 処理区1:6個, 処理区2:15個), 2006年には計14個(処理区0:0個,

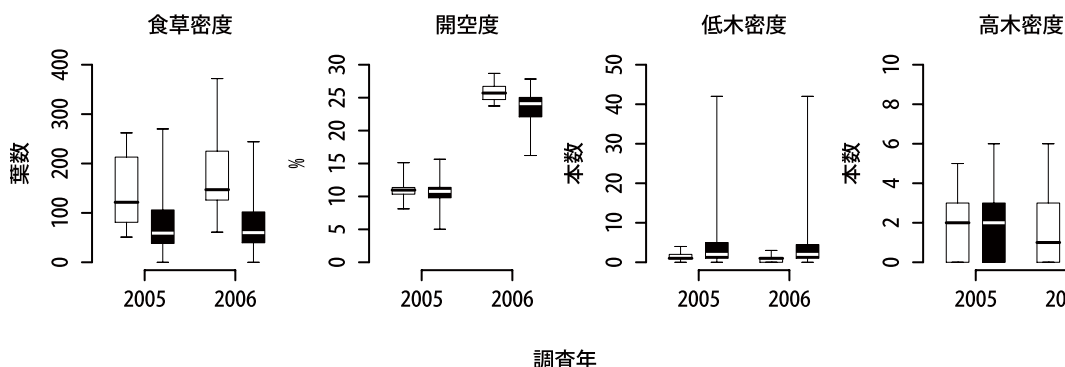


図2 ギフチョウの産卵が確認された区画（白矩形）と確認されなかった区画（黒矩形）の食草密度、開空度、低木密度、高木密度（高木層および亜高木層）の分布。  
 矩形中の太黒・白線は中央値（第2四分位）、矩形の上端と下端は第1四分位、第3四分位、誤差棒の上端と下端は最大値と最小値を示す。

処理区 1:6 個, 処理区 2:8 個) の卵塊が確認された。卵塊あたりの卵数は、2 年間の平均で約 9.6 個であった。

また、2005 年と 2006 年に産卵された区画のなかで、約半数の 6 区画では両年とも産卵が確認された。このことは、ギフチョウの産卵場所が、特定の環境下で、選択的に生じている可能性を示唆するものと考えられる。

### 3.2 環境分布

図 2 に、産卵の確認された区画と確認されなかった区画の環境情報の分布を示した。開空度が、2005 年に比べて 2006 年が高いのは、撮影時の樹木の展葉状況の違いによるもので、2006 年の撮影時には展葉が 2005 年に比べて進んでおらず、調査区を通して開空度が高い値を示したものと考えられる。

産卵の有無による環境の差異を確認すると、食草密度は、2005 年と 2006 年とも産卵された区画で高かった ( $P < 0.001$ , Wilcoxon 検定 (以下同))。開空度は、2005 年は差が認められなかったが、2006 年は産卵された区画で高かった ( $P < 0.05$ )。低木密度は、両年とも産卵された区画で低かった ( $P < 0.05$ )。高木密度については、両年とも差は認められなかった。また、図 2 に示していないが、地形環境 (起伏量) についても、産卵の有無による差は認められなかった。

調査区の下刈りは低木層の樹木と草本植生を対象に行っており、図 2 の低木密度や開空度 (2006 年)

の差異は、産卵頻度が低かった処理区 0 (対照区) の植生環境を強く反映したものと考えられる。

### 3.3 産卵環境選択

食草密度、林縁からの距離、高木密度、低木密度、開空度、起伏量を独立変数に用いたロジスティック回帰分析では、AIC による変数選択の結果、2005 年は食草の葉密度、林縁からの距離、低木密度、2006 年は食草の葉密度、林縁からの距離、開空度が最終モデルの変数として選択された (表 1)。すなわち、ギフチョウが産卵する確率は、2005 年の調査結果から、食草密度が高く、林縁に近く、低木密度が低い場所で高く、2006 年の調査結果から、食草密度が高く、林縁に近く、開空度が高い場所が高いことが示された。また、食草密度は両年とも 1% 水準で有意、林縁からの距離は 5% 水準で有意 (2005 年)、開空度は 1% 水準で有意 (2006 年) で、産卵確率と関連の強い変数であることが示された。

得られたロジスティック回帰モデルに実データをあてはめ、cut-off 値を 0.5 として (産卵確率が 0.5 より大きい場合に 1 (産卵する)、0.5 以下の場合に 0 (産卵しない))、モデルの予測率を確認すると、2005 年のモデルでは実際に産卵された 14 区画中の 7 区画 (50%) を、2006 年のモデルでは、同 13 区画中の 8 区画 (62%) を予測することができた。

この結果から、ギフチョウが、食草密度が高く、また林縁付近を選択してより産卵する傾向にあること、また、植生管理により低木の疎な場所もしくは開空度の高い明るい林床を選択する傾向にあるこ

表1 ロジスティック回帰分析でAICを用いて選択された最終モデル.

変数	2005年				2006年			
	偏回帰係数	標準誤差	P	オッズ比	偏回帰係数	標準誤差	P	オッズ比
定数 (切片)	-0.50	0.945	0.596	0.61	-33.09	11.270	0.003**	0.00
林縁からの距離	-0.15	0.059	0.013*	0.86	-0.14	0.071	0.053	0.87
食草密度	2.15	0.704	0.002**	8.55	3.07	1.061	0.004**	21.57
低木密度	-0.48	0.247	0.054	0.62				
開空度					1.21	0.431	0.005**	3.35

食草密度の1増分は、食草葉数100枚とした。\*:  $P < 0.05$ , \*\*:  $P < 0.01$ .

とが示唆された。ギフチョウのメスは地上付近を低く飛び、食草や他の植物に着地して葉を前脚でさわすることを繰り返し、食草への着地が多くなった場所で産卵をはじめるとされる<sup>10)</sup>。今回の分析結果は、こうしたギフチョウの産卵行動特性から、林床の下刈りにより、地上付近の低木や草本の鬱閉が妨げられ、食草の多い場所にギフチョウがたどりつきやすい空間が作りだされたことによって、産卵確率が高められた結果生じたものと考えられる。

#### 4. おわりに

今回の分析により、ギフチョウが、食草密度が高く、林縁に近く、林床開空度が高い（もしくは低木密度が低い）場所を産卵場所として選択する傾向があることが示された。このことは、ギフチョウ生息地の保全において、林床植物や低木の繁茂を妨げる下刈りなどの森林管理の必要性を実証する結果となった。また、この結果は、薪炭林としての利用など、二次林の利用や林床管理が、ギフチョウの産卵にとって好適な環境の維持に寄与してきたことを示唆すると考えられる。

調査地周辺では、1990年代以降、ギフチョウの食草や蜜源植物の生育地が、土地造成等により減少していることが報告されている<sup>11)</sup>。こうしたギフチョウ生息地の直接的な減少・消失に加え、森林利用・管理の停止された二次林の植生変化により、ギフチョウの産卵および生息環境としての適性の低下がより広範囲で進行していることも危惧される。

そのため、調査地周辺でのギフチョウの生息環境の保全を考える上で、今後は、食草密度にかかわるミヤマアオイの生育環境および生態特性のほか、食草、蜜源植物を含む林床植生と森林管理の関係にもより注目していく必要がある。

#### 謝 辞

本報告にあたり、白馬村役場ならびに長野県姫川砂防事務所にも多大なご協力をいただいた。また、長野県環境保全研究所友の会の皆様、長野県北安曇地方事務所および長野県環境保全研究所の関係者には現地調査にご協力をいただいた。ここに記して感謝申し上げます。

#### 文 献

- 1) 環境省 (編) (2006) 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物—レッドデータブック—5 昆虫類. 自然環境研究センター, 東京.
- 2) 長野県 (編) (2004) 長野県版レッドデータブック—長野県の絶滅のおそれのある野生生物—動物編. 長野.
- 3) 石井実 (1993) 里山の生態学. 「里山の自然を守る」(石井実・植田邦彦・重松俊則編), pp. 25-67. 築地書館, 東京.
- 4) 須賀丈・尾関雅章・浜田崇・岸元良輔 (2001) 白馬村におけるギフチョウ生息地の保全: 下層植生の刈り取りによる産卵密度への効果. 長野県自然保護研究所紀要, 4 (別冊3): 29-43.
- 5) 山本一清 (2003) LIA for Win32 (LIA32) ver. 0.376  $\beta$  1. URL <http://www.agr.nagoyau.ac.jp/>
- 6) Cressie, N.A.C. (1990) The origin of Kriging. *Mathematical Geology*, 22: 239-252.
- 7) 前河正昭・堀田昌伸・滝沢和彦・細野哲夫 (2002) フクロウの潜在的な生息域の推定と簡易 Gap 分析—長野市内の事例—. 長野県自然保護研究所紀要, 5 (別冊): 77-87.
- 8) Akaike, H. (1973) Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: Petrov B.N. and Csaki F. (Eds) 2nd International Symposium

- onInformation Theory. Akademiai Kiado, Budapest, pp. 267-281.
- 9) R. Development Core Team (2006) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-070, URL <http://www.R-project.org>.
- 10) 椿宜高 (2000) ギフチョウは卵塊サイズを調節するか. 「蝶の自然史—行動と生態の進化学—」(大崎直太編著), pp. 61-75. 北海道大学図書刊行会, 札幌.
- 11) 藤原直子・尾関雅章・前河正昭 (2004) 長野県白馬村におけるカタクリ, カンアオイ類の生育立地特性とその変化. 第51回日本生態学会大会講演要旨集, p. 158.

### Oviposition habitat selection of the endemic butterfly *Luehdorfia japonica* in central Japan.

Masaaki OZEKI<sup>1</sup>, Takeshi SUKA<sup>1</sup>, Takashi HAMADA<sup>2</sup>, and Ryosuke KISHIMOTO<sup>1</sup>

1 Nagano Environmental Conservation Research Institute, Natural Environment Division, 2054-120 Kitago, Nagano 381-0075, Japan.

2 Nagano Environmental Conservation Research Institute, Recycling Society Division.

#### Abstract

*Luehdorfia japonica* (Papilionidae), an endemic butterfly to Honshu, Japan, oviposits on leaves of *Asarum* (Aristolochiaceae) mainly in deciduous forest floor, and is threatened due to habitat change through vegetation succession currently. We investigated oviposition habitat selection of *Luehdorfia japonica* in a deciduous forest of Nagano Prefecture proceeding with weeding and brushing experiment, to assess the effect of woods floor management on the species habitat conservation. We developed logistic regression model to estimate the egg-laying probability based on data from survey in 2005 and 2006. *Asarum fauriei* density, distance from forest edge, and sky openness or shrub density were selected as explanatory variables to predict whether oviposition occurs or not. This model suggests that traditional forest use and the woods floor management had contributed to the maintenance of a suitable environment for the egg laying of *Luehdorfia japonica*.

**Key words:** *Luehdorfia japonica*, oviposition, *Asarum fauriei*, sky openness, logistic regression analysis