

ヤドリギとホザキヤドリギの空間分布と出現頻度

—長野県全域から松本低地へのスケーリング解析—

大利洋平¹・山本雅道²・早坂祥彦²・佐藤利幸²

¹ ホクト産業キノコ総合研究所

² 信州大学理学部生物科学科 進化生物学講座

Spatial distribution pattern and frequency of *Viscum album* L. and *Hyphery tanakae* Hosok. -Scaling analysis from Nagano Prefecture to Matsumoto lowland-

Yohei Ohtoshi¹, Masamichi Yamamoto², Akihiko Hayasaka² and Toshiyuki Sato²

¹ Hokuto Product Company, Mushroom Research Institute, Nagano 381-0015

² Biological Science, Faculty of Science, Shinshu University, Matsumoto 390-8620

Key words: Frequency, From Nagano to Matsumoto, Host preference, *Hyphery tanakae*, Parasitic plants, Scaling analysis, Spatial distribution, *Viscum album*

出現頻度、長野県から松本低地へ、宿主依存性、ホザキヤドリギ、寄生植物、スケーリング解析、空間分布、ヤドリギ

1. はじめに

松本市の山裾や岡谷市諏訪湖畔にある社寺林のケヤキの大木にはヤドリギやホザキヤドリギが見られる。晩秋や初冬に小鳥が梢を飛び交い実をついばむ。孤立した樹林では見られるが森林では見かけない。その理由はなぜであろうか。ヤドリギやホザキヤドリギの寄生は残された孤立樹林の緑を保ち鳥の訪れを促すなど、人為攪乱環境における野生生物多様性を保つうえで要素の一つと考えてみた。熱帯地域（とりわけ中標高）における植物（生物）多様性を創出し維持する要素として着生や寄生関係が重要と言われる（Benzing, 1990; Luttge, 1989）。日本においても地球共生系プロジェクトとして共生や寄生についての事例が蓄積してきた（大串編, 1992; 山村ら, 1995）。これらをふまえ本研究では樹林の空間構造、鳥類の移動、寄生・着生植物の配置、宿主樹種依存性、植物生活史の季節特性など、4つ以上の要素が創出する複雑系生態現象の類型（パターン）の記載を企画した。これらの記載を基にスケール依存的な相互関係の成立過程（プロセス）の解明を目指している。その第一歩として①ヤドリギ類2種の空間配置（水平と垂直）と共存率、②宿主樹種依存性に関する定量比較を試み、これら2種の分布特性の定まる要因を2-3考察したい。具体的には〈A〉対象範囲（スケール）に応じた水平分布と垂直分布、〈B〉寄生宿主樹種、〈C〉寄生数の頻度について事例報告を試みた。



写真1. 生長したヤドリギの成熟個体。

2. 材料と方法

ヤドリギ科は熱帯から温帯にかけて広く分布し、約8属450種からなる。日本には2属2種があり、長野県内には1属1種がある。常緑低木で落葉広葉樹の幹や枝に寄生する（写真1-2）。ホザキヤドリギはマツグミ科に属する半寄生植物である。熱帯を中心に温帯まで分布する。約27属940種からなる日本には3属4種がある。そのうち長野県内には2属2種が知られる。落葉低木で落葉広葉樹の枝や幹に寄生する（写真3-5）（長野県植物誌編纂委員会、1997）。



(乗鞍高原、97.10.10)

写真2. シラカバの樹冠深部に寄生するヤドリギ。

松本市を中心に長野県低地のヤドリギとホザキヤドリギの分布を調査し、調査範囲のスケールに応じた分布型の数量解析をおこなった。調査対象範囲として6つのスケールを想定し、調査地点は国土地理院1/50000地勢図の4分割(1/2の縮小)を繰り返すことで方形区を定めた。長野県全域では基本単位を1/50000地勢図の16分割(経度15分/4、緯度10分/4;一辺約5.6km)とすると区画数は611となる。長野県全域から松本低地に向けて4分割を2-7回(6段階)繰り返すと、その基本単位は1/50000地勢図のそれぞれ16、64、256、1024、4096、16384分割となる。その方形区のわずかでも通過できた区画を調査地点と見なした。調査は自動車、バイクまたは徒歩で行った。ヤドリギまたはホザキヤドリギの確認できた地点数を確認地点数とする2元データで示した。

観察しながら移動した経路を図1から図6の(各左)に示した。ヤドリギを黒丸、ホザキヤドリギを白丸で示した。その移動経路の含まれる方形区を調査区画として斜線で示し、それぞれの調査区画が400を越えるまで調査を繰り返した(実際には401-614、表1参照)。調査期間は1997年3月から1998年5月の14ヶ月である。

写真5. ヤドリギ・ホザキヤドリギの共存するケヤキの樹冠。ヤドリギは深部にホザキヤドリギは浅部によく見られる。

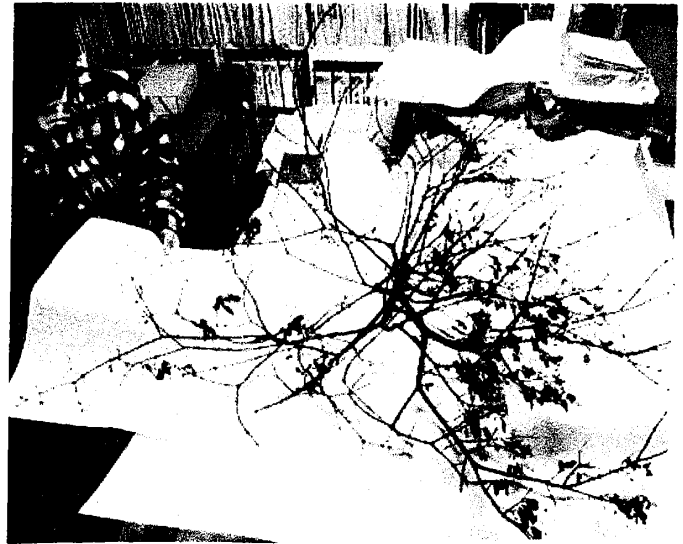


写真3. 生長したホザキヤドリギの成熟個体の分枝様式。



写真4. 多数のホザキヤドリギが寄生するケヤキの樹冠。



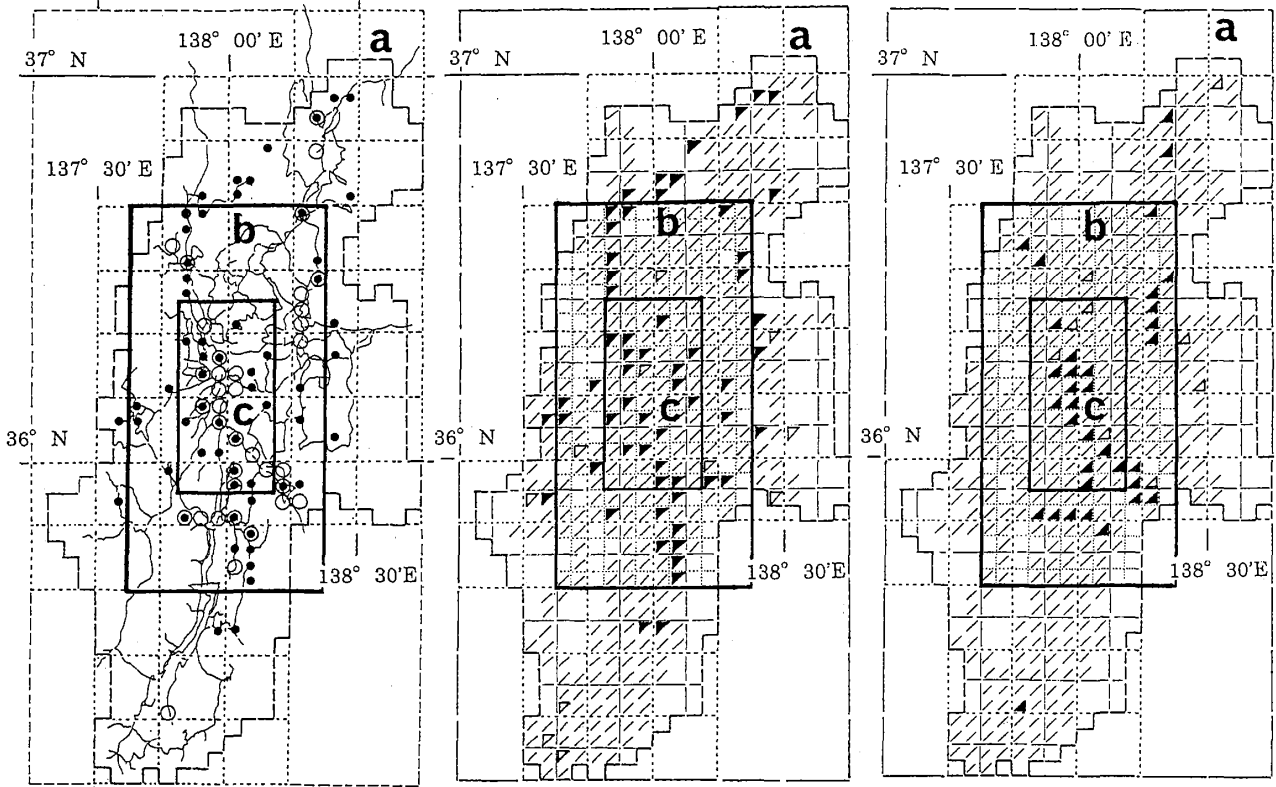


図1.長野県全域 (a) における調査経路 (左) とヤドリギ (中)・ホザキヤドリギ (右) の確認区画。黒丸ひとつが複数の確認地点を示す場合がある。斜線は調査区画。黒三角は確認区画。白三角は既報告 (長野県植物誌、1997 による)。

空間分布における出現頻度は確認区画数の調査区画数の百分率 (%) で示した。また確認区画を取り囲む周長を積算し、それを確認区画数で割ることにより分布パターンを調べた。網目状を交互にランダム分布するときは 4 に近づき、一様に連続分布するときは 0.125 に近づく (ここでは 24×48 区画: $(24 + 48) \times 2 / 24 \times 48$)。確認区画には複数宿主樹種が含まれるのが普通である。

3. 結果

< A > 水平分布と垂直分布

長野県全域から松本盆地へかけての調査行程図および調査地点図を 6 つの対象範囲 (スケール) に応じて示した (図 1 から図 6、各左)。これらに対応づけてヤドリギとホザキヤドリギの空間分布を示した (図 1 から図 6、各中と右)。長野県全域 (a) では調査のかたよりも若干あるが、中央部を中心に広く分布することがわかる。ヤドリギはやや北に、ホザキヤドリギはやや中央にかたよる (図 1、中と右)。長野県中央部 (b) では開けた道路にそってヤドリギが広く分布する。ホザキヤドリギはやや東にかたよって分布する (図

2、中と右)。松本盆地スケール (c) においてヤドリギは全域にひろがり、ホザキヤドリギは中央に集中分布する (図 3、中と右)。松本周辺 (d) ではヤドリギもホザキヤドリギも類似し、北部と東部に隔離分布する (図 4、中と右)。松本市スケール (e) では両種とも北東部に分布がかたより、ヤドリギの分布がやや集中する (図 5、中と右)。松本市中央 (f) ではホザキヤドリギのほうが全域に散在分布する (図 6、中と右)。これらをもとに対象範囲 (a-f) のスケールに応じた確認地点数を表 1 にまとめた。確認地点数の調査地点数に対する百分率を出現頻度として算出した。また重なった確認地点を共存地点として示した。

これらに基づきスケールに応じた出現頻度 (下図) および総周長/確認区画数 (上図) の変化をスケーリング軌跡として図 7 に示した。いずれの種も広域から狭い範囲へのスケールに応じて出現頻度は減少する。ヤドリギの出現頻度の減少がやや急であり、CとDの間で出現頻度の逆転が確認できる。

多くの寄生が確認できた宿主樹種の 5 種をとりあげ、標高に応じた確認本数の分布を表 3 にまとめた。ヤドリギは標高 100 - 1600 m に広く分布することがわかる。

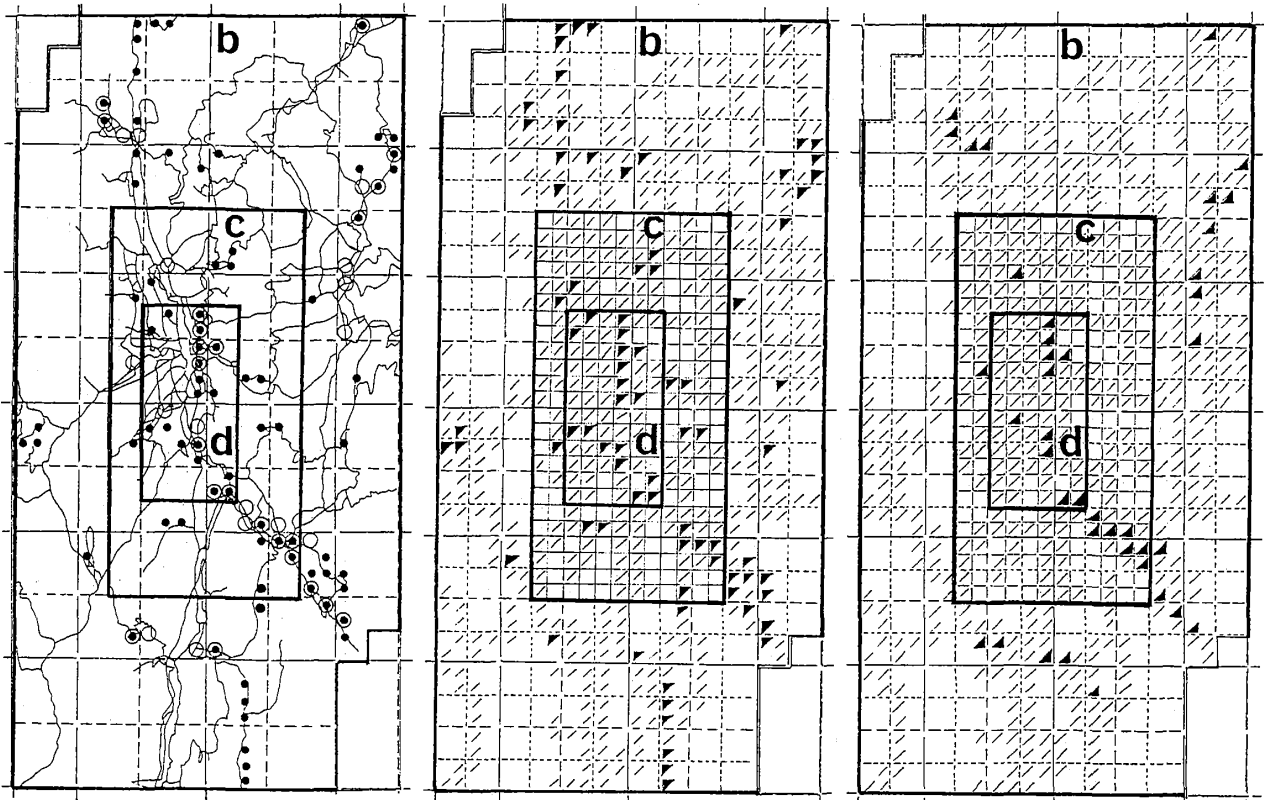


図2.長野県中央部 (b) における調査経路 (左) とヤドリギ (中)・ホザキヤドリギ (右) の確認区画。黒丸ひとつが複数の確認地点を示す場合がある。斜線は調査区画。黒三角は確認区画。

表1. スケールを異にした調査範囲数と調査数

地域名称	長野県全域	長野県中央	松本盆地	松本周辺	松本市	松本中央
地域記号	A	B	C	D	E	F
範囲<約 km x km>	120x240	60x120	30x60	15x30	7.5x15	3.75x7.5
区画数	611	1100	1152	1152	1152	1152
調査区画数	401	555	545	565	614	546
<ヤドリギ>						
確認地点数	60(11)	82	44	27	19	13
比率(%)	15.1	14.77	8.07	4.78	3.09	2.38
周囲長	188	242	132	90	70	46
周囲長/確認数	3.13	2.98	3.00	3.33	3.68	3.54
<ホザキヤドリギ>						
確認地点数	35(9)	40	37	36	33	19
比率(%)	10.97	7.21	6.79	6.37	5.37	3.48
周囲長	101	122	98	118	110	70
周囲長/確認数	2.89	3.05	2.65	3.28	3.33	3.68
<両種共存>						
確認地点数	15(5)	23	23	17	15	5
比率(%)	4.99	4.14	4.22	3.01	2.44	0.92
周囲長	58	76	67	60	52	20
周囲長/確認数	3.87	3.30	2.91	3.53	3.47	4.00

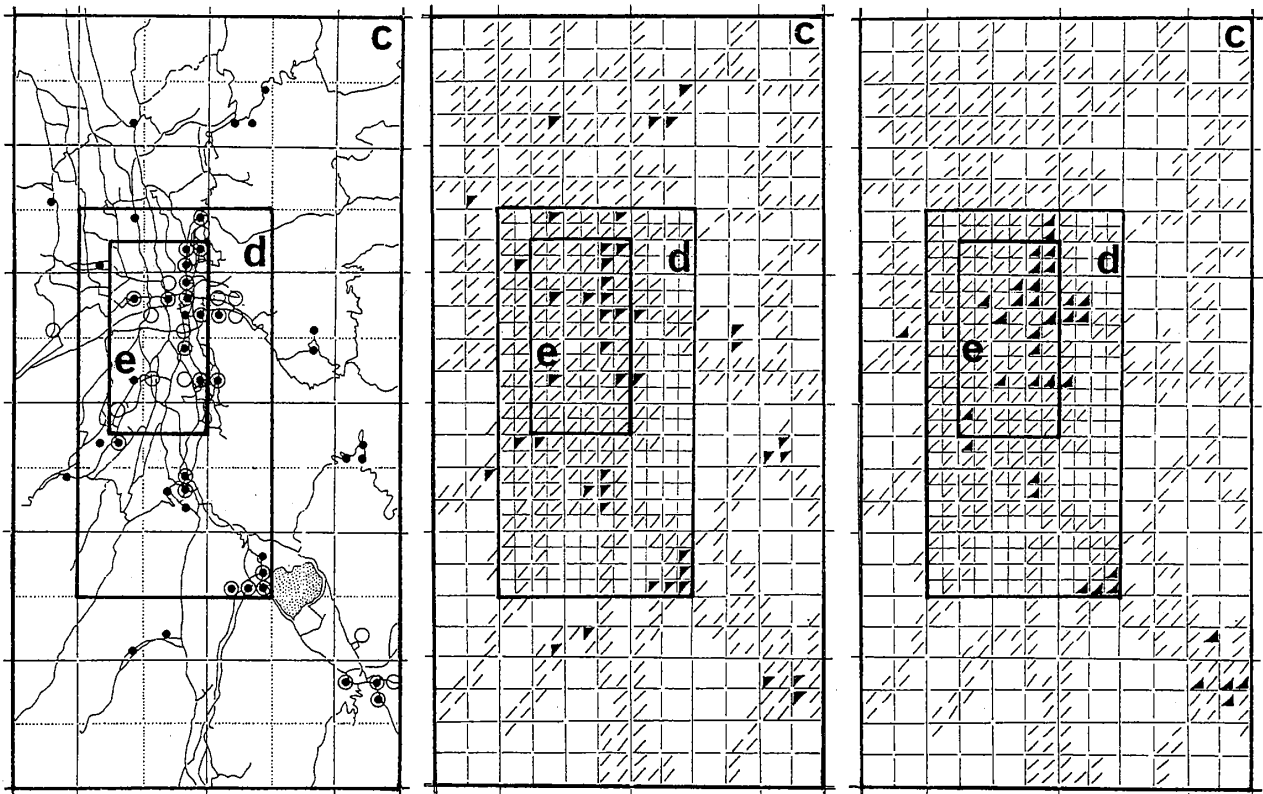


図3.松本盆地(c)における調査経路(左)とヤドリギ(中)・ホザキヤドリギ(右)の確認区画。黒丸ひとつが複数の確認地点を示す場合がある。斜線は調査区画。黒三角は確認区画。

一方ホザキヤドリギは300 - 1100 mの範囲で確認された。ヤドリギは寄生宿主として100 - 1000 mではケヤキ、500 - 1100 mではコナラ、500-1600mではクリ、800 - 1400 mではクヌギ、そして800 - 1600 mではシラカバを利用している。一方ホザキヤドリギは、300 - 900 mではケヤキ、400 - 900 mではコナラ、500 - 900 mではクヌギ、そして400-1100mではコナラを利用している。単位標高あたりの確認数はヤドリギで $192 / (1600 - 100) = 0.128$ 、ホザキヤドリギでは $174 / (1100 - 300) = 0.218$ と算出可能である。ホザキヤドリギのほうが狭い標高範囲に約2倍の密度で寄生宿主樹木が見られることになる。

< B > 寄生宿主樹種

さてヤドリギとホザキヤドリギはどんな宿主樹種に寄生するのであろうか。これまでに寄生が確認できた樹種と本数をまとめたものが表2である。ヤドリギまたはホザキヤドリギのいずれかを寄生させている樹種は21種(371本)である。ケヤキ・シラカバ・コナラ・クリ・クヌギで総数の84.1%を占める。ヤドリギとホザキヤドリギが寄生していた樹木はそれぞれ235本と193本である。両種を寄生させている樹木は57本であるから、これまで確認できた寄生宿

主は371本となる。これらからヤドリギとホザキヤドリギの共存率は $(2 \times 57 / (35 + 193)) \times 100$ から28.0%と算出される。共存が認められるのは殆ど(86%)が低地にあるケヤキである。ヤドリギの寄生する樹種は20種である。ケヤキ・シラカバ・コナラ・クリで約79.6%をしめる。ホザキヤドリギの寄生する樹種は12種であり、ケヤキ・コナラ・クヌギで87.6%を占める。

< C > 寄生数の頻度

では個別の宿主樹木における寄生数はどうであろうか。寄生が確認できた樹木のうち約8割について、ヤドリギとホザキヤドリギの寄生個体数を調べた。寄生の確認できた樹木は371本である。そのうちヤドリギが確認できた樹木は235本で、そのうち196本については寄生個体数を数えた。ホザキヤドリギが確認できた樹木は193本であり、そのうち148本の宿主樹木について寄生個体数を数えた。両種を寄生させている樹木は57本であり、そのうちヤドリギは24本、ホザキヤドリギは35本の宿主樹木ごとの個体数を測定できた。表3に示した5種の宿主樹種のうち、ケヤキとコナラについて個別樹木における寄生数を表4に示した。ケヤキ一本に寄生するヤドリギ個体数は

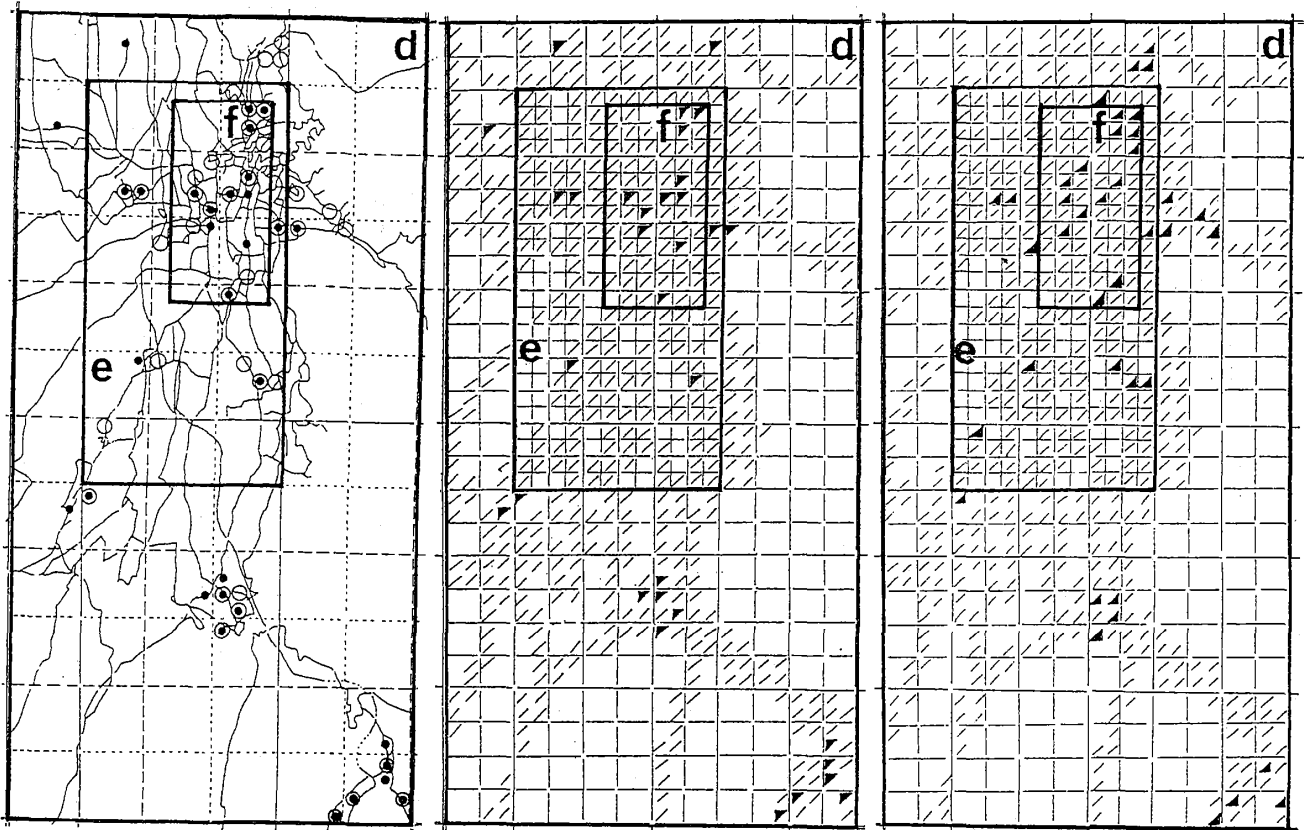


図4.松本市周辺部（d）における調査経路（左）とヤドリギ（中）・ホザキヤドリギ（右）の確認区画。黒丸ひとつが複数の確認地点を示す場合がある。斜線は調査区画。黒三角は確認区画。

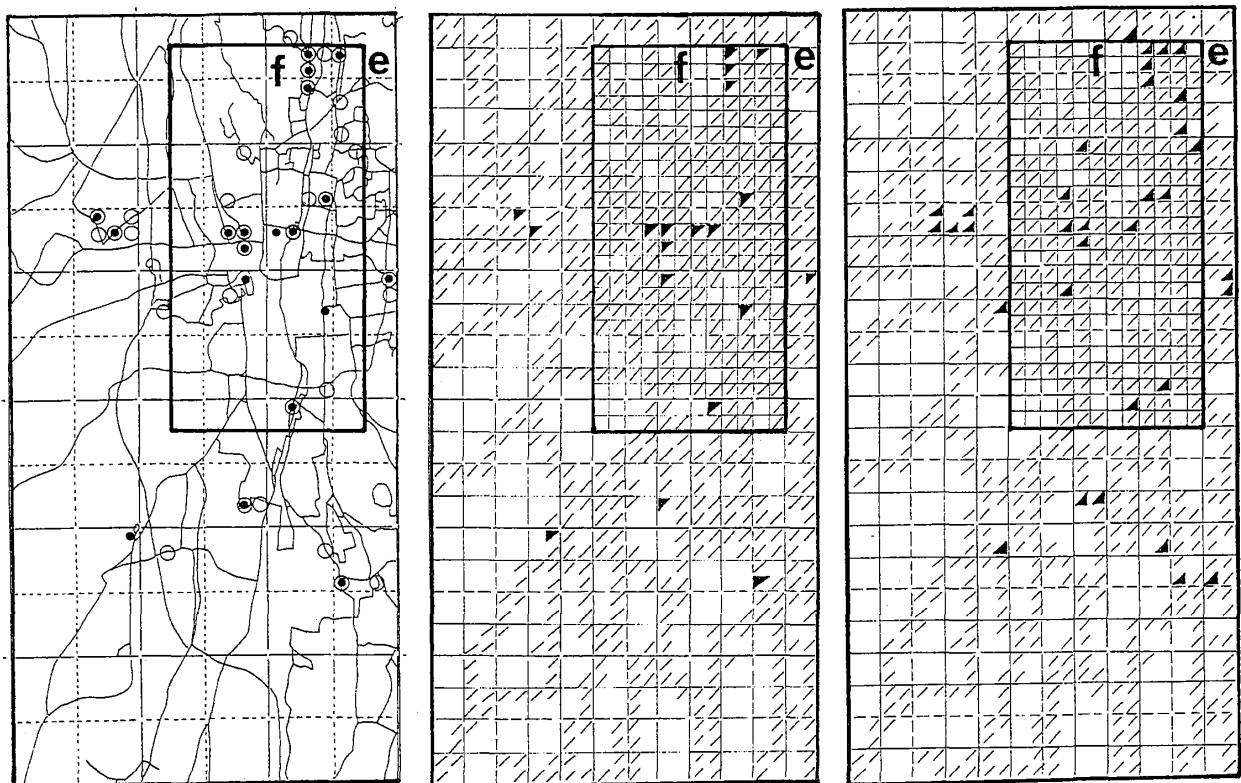


図5.松本市（e）における調査経路（左）とヤドリギ（中）・ホザキヤドリギ（右）の確認区画。黒丸ひとつが複数の確認地点を示す場合がある。斜線は調査区画。黒三角は確認区画。

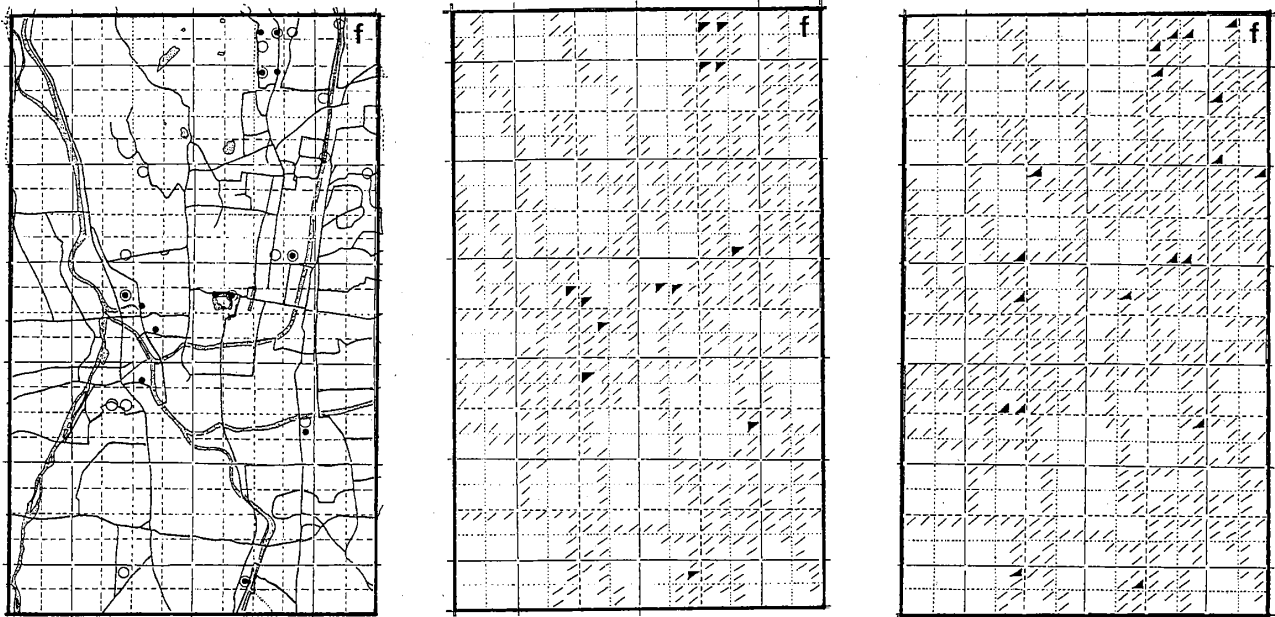


図6.松本市 (f) における調査経路 (左) とヤドリギ (中)・ホザキヤドリギ (右) の確認区画。黒丸ひとつが複数の確認地点を示す場合がある。斜線は調査区画。黒三角は確認区画。

表2. ヤドリギとホザキヤドリギの寄生する宿主樹木の確認数

寄生宿主樹種	ヤドリギ	ホザキヤドリギ	共存	確認樹木総数 (%)
1.ケヤキ	109 (46.4)	146 (75.6)	49 (86.0)	206 (55.5)
2.シラカバ	31 (13.2)	1 (0.5)	0 (0.0)	32 (8.6)
3.コナラ	23 (9.8)	10 (5.2)	3 (5.3)	30 (8.1)
4.ク	24 (10.2)	2 (1.0)	0 (0.0)	26 (7.0)
5.クヌギ	5 (2.1)	13 (6.7)	0 (0.0)	18 (4.9)
6.ハンノキ	8 (3.4)	4 (2.1)	1 (1.8)	11 (3.0)
7.ミズナラ	9 (3.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	9 (2.4)
8.サクラ	5 (2.1)	4 (2.1)	1 (1.8)	8 (2.2)
9.ハルニレ	1 (0.4)	4 (2.1)	0 (0.0)	5 (1.3)
10.シナノキ	0 (0.0)	5 (2.6)	0 (0.0)	5 (1.3)
11.ダケカバ	4 (1.7)	1 (0.5)	1 (1.8)	4 (1.1)
12.ナシ	2 (0.9)	1 (0.5)	0 (0.0)	3 (0.8)
13.ウメ	2 (0.9)	2 (1.0)	2 (3.5)	2 (0.5)
14.ヤナギ	2 (0.9)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (0.5)
15.エノキ	2 (0.9)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (0.5)
16.スミ	2 (0.9)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (0.5)
17.コリンゴ	1 (0.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.3)
18.クマシタ	1 (0.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.3)
19.カンクメルミ	1 (0.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.3)
20.サワシバ	1 (0.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.3)
20.トロ	1 (0.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.3)
21.ホブアラ	1 (0.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.3)
計	235 (100.0)	193 (100.0)	57 (100.0)	371 (100.0)

表 3. 標高に応じたヤドリギとホザキヤドリギのおもな寄生宿主樹木の確認数

標高 (m)	0		200		400		600		800		1000		1200		1400		1600		計 (本)
		100	300	500	700	900	1100	1300	1500										
<ヤドリギ>																			
1.ケキ	0	1	2	5	0	20	13	41	7	20	0	0	0	0	0	0	0	0	109
2.シカバ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8	2	3	15	2		31
3.コナラ	0	0	0	0	0	0	2	0	10	5	6	0	0	0	0	0	0		23
4.ク	0	0	0	0	0	0	3	4	3	0	9	1	1	2	0	1			24
5.クスギ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0		5
小計	0	1	2	5	0	20	18	45	21	25	15	9	3	9	15	3			192
<ホザキヤドリギ>																			
1.ケキ	0	0	0	4	40	41	48	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0		146
2.シカバ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		1
3.コナラ	0	0	0	0	1	1	0	2	3	2	1	0	0	0	0	0	0		10
4.ク	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		2
5.クスギ	0	0	0	0	0	2	8	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0		15
小計	0	0	0	4	41	44	56	15	11	3	1	0	0	0	0	0	0		174
計	0	1	2	9	41	64	74	60	32	28	16	9	3	9	15	3			366

5.3±4.3 であり、ホザキヤドリギ個体数は 11.3±9.4 である。また両種の寄生するケヤキのみについて平均寄生数をみるとヤドリギで 5.7±4.4、ホザキヤドリギで 12.5±9.9 である。いずれもホザキヤドリギがヤドリギの 2 倍ほどの寄生個体数である。コナラでは 7.6 倍もの違いがあるが調査樹木が少ないので参考資料にとどまる。

4. 議論

空間分布のスケール解析からは水平分布特性が定量比較できる。すでにシダ植物については北海道のいくつかの地点からの解析を試みた。また、昨年松本市周辺でのシダ組成を日本からのスケール解析を行った。これらの研究により、ある地域のシダ植物相の特性をスケールに応じて定量比較し、ある狭い地点の植物相を広い地域から位置づけ、特徴を量的に示し紹介することを紹介した。北海道では東北海道（釧路湿原・ベカンベウシ湿原）のシダ植物相が北海道や北日本の特異性を示した（佐藤、1995；佐藤・長谷、1992）。また松本周辺では北日本と東日本要素が 70% を占めることが示された（佐藤ら、1997）。さらに狭い共存（北海道中央高地）に産するウサギシダ属の頻度分布を日本・東ユーラシア・北半球・地球へとスケール解析したところ北東ユーラシアのスケールで両種の頻度に逆転が示され、両種の生育場所を分化させる地

理的スケールが数千 km であることが示唆された（Sato and Takahashi, 1996）。本研究でとり扱ったヤドリギとホザキヤドリギの空間分布では、10km x 20km 程度（c と d の間）で両種の出現頻度の入れ替わりがみられ、両種の空間分布を分化させるスケールが量的に示された。一本の樹木に寄生する個体数でもホザキヤドリギはヤドリギの少なくとも 2 倍の開きがある。標高および空間分布でも限られた地域に集中分布するホザキヤドリギであるが個体数においてはヤドリギに劣ってはいないことがわかる。帰化植物にみられるように一般的には、侵入の初期段階では限られた新天地で個体数を増加させる戦略が知られる。それらは成長が早く種子数も多いことがあげられる（Harper, 1977）。ここでは資料を示さないが、ケヤキの樹冠のより表面にホザキヤドリギが見られることが傍証として得られている（大利、1998）。ヤドリギに比べるとホザキヤドリギのほうが強光をうけ成長（生活環）がよりはやく、より細い枝でも寄生できる可能性が高い。常緑性であるヤドリギの光合成特性として弱光型であり、水ストレス後にも能力を回復できることが調べられている（大野、1987）。ヤドリギ科の鳥による種子散布に関する多くの研究があり、そのなかで枝の太さと止まり木の関係も示されている（Devkota, 1966; Ladley, 1995; Reid, 1989; 1991）。より大型の鳥がより太い止まり木を選択し種子が胃に

長く残留すると仮定した場合、樹冠深部のヤドリギのほうがりより広い範囲への種子分散も可能となる。

寄生や着生は宿主との永い地史での相互関係から成立したと仮定すると、宿主樹種の選択幅がヤドリギのほうがり 20 種と多く（ホザキヤドリギは 12 種）標高分布も幅広いことから、長野県における分布はヤドリギのほうがりホザキヤドリギより古いと考える。低地の市街地に残るケヤキだけに着目すると、胸高直径の大きい個体ほどヤドリギ個体数も多い傾向がある。鳥類の訪れるチャンスも時間スケールに依存するのかも知れない。山岳域のシラカバへの寄生は必ずしもそうとは言えないようである。確認できる地点では集中的に小型のシラカバにも確認できる。一方、今回の調査では針葉樹（スギ・ヒノキ・アカマツ・カラマツ）への寄生は全く確認出来なかった。木々の密度の高い広葉樹の山地での発見も少なかった。

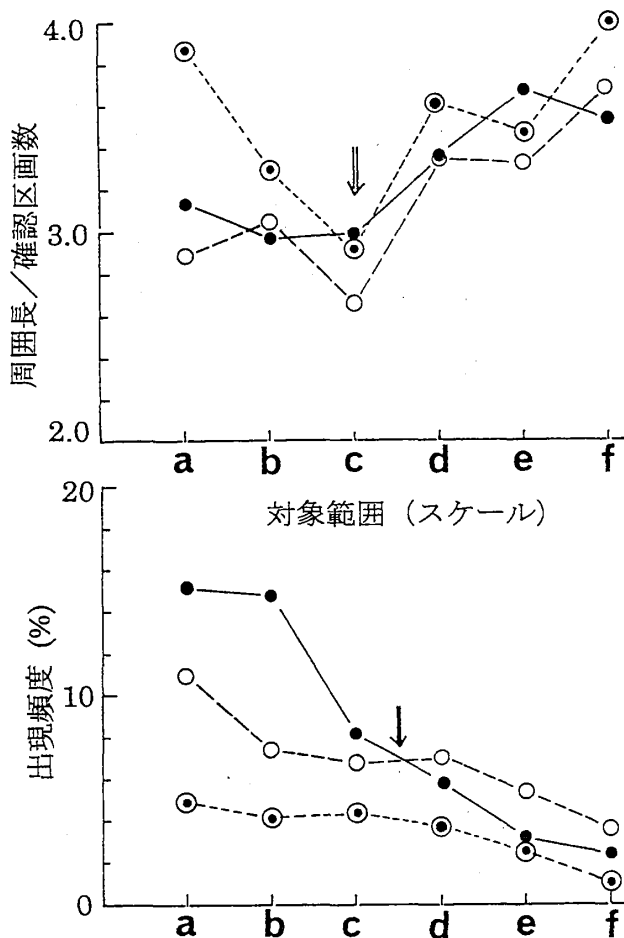


図 7. 調査対象範囲に対応した出現頻度と分布パターン

下図：出現頻度のスケール軌跡。

上図：分布様式（周長／区画数）のスケール軌跡。

表 4. ケヤキとコナラ個別樹木あたりのヤドリギとホザキヤドリギの寄生数。

<宿主樹種>平均±偏差（最小・最大）調査数			
<ケヤキ>			
ヤドリギ	5.27±4.28	(1-29)	n=78
ホザキヤドリギ	11.34±9.36	(1-58)	n=108
<コナラ>			
ヤドリギ	2.77±2.33	(1-16)	n=22
ホザキヤドリギ	21.10±22.92	(1-86)	n=10
<両種が共存するケヤキにおける共存個体数>			
ヤドリギ	5.46±4.44	(1-28)	n=24
ホザキヤドリギ	12.49±9.87	(1-58)	n=35

本事例報告では、多くの空間配置の図表を提出した。これはさらなる発見の追加記入を期待するからでもある。今回は長野県から松本低地に向けてズームアップを試みたが、同じ手法を用いるとどこへでもこのスケールリング解析ができることも理解して頂ければ幸いである。長野県の植物誌研究は日本で有数な充実段階をむかえている（長野県植物研究会、1997）。一方でダム建設ははじめ多くの人為破壊もそれ以上に進展（充実？）してきた。環境指標としての植物の調査はこれからは継続すべきは言うまでもない。こうしたホザキヤドリギの分布拡大やヤドリギが確認しやすくなった事実は、一方で樹林と森林の急速の減少を物語る鏡ともいえるかも知れない。

5. まとめ

長野県全域から松本盆地にむかいヤドリギとホザキヤドリギの分布特性がどのように変化するかを定量解析した。調査対象範囲を次第に狭め、出現頻度・分布類型の変化の軌跡（スケールリング解析）を示した。出現頻度の逆転が 10 km x 20 km 範囲でみられ、広域ではヤドリギが、狭い範囲ではホザキヤドリギが高頻度で確認された。いずれの種も 20 km x 40 km 範囲で最も集中分布する。両種とも寄生宿主として比較的大きなケヤキを利用し、寄生確認樹木数のうち 55.5% を占める。寄生樹木の分布する標高は 600-800m（主にケヤキ）と 1200-1500m（主にシラカバ）である。長野県全域ではヤドリギが高頻度で散在分布し、松本市低地ではホザキヤドリギが高頻度で集中分布する傾向がある。樹木あたりの寄生数はホザキヤドリギ（11-12）がヤドリギ（5-6）の約 2 倍である。宿主樹種としてヤドリギは 20 種、ホザキヤドリギは 12 種

を利用する。ヤドリギは水平・垂直とも広く分布し、樹冠の深部に寄生する。ホザキヤドリギは低地に集中分布し、樹冠の浅い明るい部位に寄生する。夏緑と常緑性、種子生産などの生活史特性が鳥の行動との総合関係から空間分布特性に違いが生ずると考えられる。

6. 文献

- Benzing, D.H. (1990) Vascular epiphytes. General biology and related biota. Cambridge Univ. Press, Cambridge 354pp.
- Devkota, M.P. 1996 Nistletoes in the Kathmandu valley, Nepal altitudinal distribution, host trees, pollinators, and seed dispersers. *Acta Phytotax. Geobot.* 47: 213-219.
- Harper, J.L. (1977) Population biology of plants. London, Academic Press
- Ladley, J. J. (1995) Explosive New Zealand Mistletoe. *Nature* 378: 766.
- Luttge, U. (1989) Vascular plants as epiphytes. -Evolution and ecophysiology-. *Ecological Studies* 76, Springer-Verlag, Berlin 270pp.
- 大串隆之 (1992) さまざまな共生 -生物種間の多様な相互作用- シリーズ地球共生系 2 (川那部浩哉 監修) 平凡社、東京、230pp.
- 大和洋平 (1998) 長野県下におけるヤドリギの分布特性と宿主依存性。信州大学理学部 生物学科 卒業論文。信州大学、松本
- 大野 聡 (1987) ヤドリギの生活特性の生理生態学的研究。茨城大学理学部生物学科 修士論文。茨城大学、水戸
- Reid, N. 1989 Dispersal of mistletoe by honeyeaters and flowerpeckers: components of seed dispersal quality. *Ecology* 70: 137-45.
- Reid, N. 1991 Coevolution of mistletoes and frugivorous birds? *Australian Journal of Ecology* 16: 457-469.
- 佐藤利幸 (1995) スケーリング解析による北海道3地域からのシダ植物の多様性。平成4-6年度文部省特定研究成果報告書(北海道大学)。小林大二編、札幌、239-255.
- 佐藤利幸・長谷 昭 (1992) スケーリング解析によるシダ植物の共存様式の定量比較 -函館を中心とした渡島半島南部の場合-。生物教材 27:1-12.
- 佐藤利幸・白鳥桂子・柴田 治・藤山静雄 (1997) 松本市山麓のシダ植物相の定量解析 -日本列島からみた植物地理要素- (予報) 信州大学環境科学年報 19: 73-82.
- Sato, T. and Takahashi, H. (1996) A quantitative comparison of distribution patterns in two gymnocarpoid ferns from local to global scaling. *Acta Phytotax. Geobot.* 47: 31-40.
- 山村則男・早川洋一・藤島政博 (1995) 寄生から共生へ -昨日の敵は今日の友- 共生の生態学 6 平凡社 東京 230pp.