

狭小林地に生息するエゾモモンガの生態と
保全に関する研究

2008

岩手大学大学院
連合農学研究科
生物環境科学専攻
(帯広畜産大学)

浅利裕伸

目次

序論	・・・1
第1章 狭小林地における巣の利用	・・・6
第2章 夜間の活動性および巣から活動場所までの距離の関係	・・・16
第3章 狭小林地におけるエゾモモンガの行動圏	・・・27
第4章 エゾモモンガの滑空能力	・・・38
第5章 分断された森林への対策とその評価	・・・48
第6章 総合考察	・・・61
要約	・・・67
Summary	72
謝辞	78
引用文献	79

序 論

エゾモモンガの研究史

日本に生息する滑空性哺乳類のうち、エゾモモンガ (*Pteromys volans orii*) は北海道にのみ生息し、山地から低地まで広く分布する (藤巻, 1963)。しかし、本種は完全な夜行性であることによって生態的な調査が困難であり、環境省のレッドデータ (2002) に含まれないことや害獣または益獣としても扱われないことから、これまでの報告はわずかなものに限られている。

エゾモモンガの生態は概略的に柳川 (1999) によって示されており、巢の利用や採食物、繁殖などに関して広く示されているが、生態や社会に関して詳細な研究は少ない。完全な夜行性であるエゾモモンガの日周期活動は、飼育下 (柳川ほか, 1991) と野外 (山口・柳川, 1995; 増田, 2003a) において調べられ、本種の活動時間のほとんどが採食であり、活動パターンが季節によって異なることが示されている。採食物は樹木に依存しており、柳川 (1999) と門崎 (2001) および浅利ほか (印刷中) によって採食樹木と部位が報告されているが、地域の植生に反映して異なる可能性もあると述べられている。巢もまた樹木に依存しており、樹洞を利用することが知られているが (中野ほか, 1991; 村木・柳川, 2006)、一方で巣箱も好んで利用すると言われている (柳川, 1994; 増田, 2003b)。巣箱は休息の他に繁殖にも利用され (柳川, 1994)、増田 (2003b) は巣箱内にビデオカメラを設置することによって幼獣の行動も観察している。また、エゾモモンガの社会学的な研究は、母と仔の音声コミュ

ニケーションに限られている（竹田津・柳川，1995）。

日本に生息する大型の滑空性哺乳類であるムササビ（*Petaurista leucogenys*）は、これまでに分布や食性、行動に関する研究が行なわれているが（例えば、安藤・白石，1983；岡崎ほか，1996；Kawamichi, 1997），ムササビと比べてエゾモモンガは小型であることから野外での観察が困難である。そのため、初期の研究は飼育下で行なわれることがほとんどであり（藤巻，1963；柳川ほか，1991），その後はエゾモモンガが巣箱をよく利用することから，その利用率や巣箱を用いた捕獲が行なわれてきている（柳川，1994）。巣箱による捕獲が容易になったことと小型の発信機が利用可能になったことにより，近年では野外においてエゾモモンガの生態がさらに理解される可能性が高まっている。完全な森林性であるエゾモモンガの生息環境は悪化していると考えられており（柳川，1999），今後の個体群の減少を防ぐためにも本種の生態を十分に理解していくことが重要である。

本研究の背景

日本に生息する陸生哺乳類のほとんどは森林を生息環境の一部とし，食物資源や巣資源を植物から得ることも多く，森林性哺乳類の生息と植物の存在は深くかかわっているといえる。そのため，このように関連したハビタットの消失は，個体群サイズ（Bender et al., 1998）と種の絶滅（Fahrig, 1997）に対してもっとも影響が大きいと考えられている。ハビタットの消失に加えて，ハビタットの分断化も地域個体群の生存や移動に関して影響を与えると考えられ

ており、キタリス (*Sciurus vulgaris*) の生息は、近接する林地までの距離と移動に利用可能なコリドーの存在 (Van Apeldoorn et al., 1994) や分断地の面積 (Verboom and Van Apeldoorn, 1990; Rodríguez and Andrén, 1999) によって影響を受け、個体密度は選好されたハビタットの割合によって影響を受ける (Delin and Andrén, 1999). また、ニホンリス (*S. lis*) も林地のサイズと選好ハビタットがその生息に影響することに加え、道路によってその分散が妨げられている (Kataoka and Tamura, 2005). さらに、Schneider (2001) は、ノルウェーレミング (*Lemmus lemmus*) の個体群がハビタット面積の減少と分断化の両方によって影響を受けると示した. しかし、分断化による影響は、その種の移動能力によって異なると考えられている (Nupp and Swihart, 2000).

樹上性哺乳類が生息する環境は、その種の食性や巣、樹上への依存度の高さによって異なると報告されており (Laurance, 1990), オーストラリアに生息する6種の樹上性哺乳類においても違いがみられる (Laurance and Laurance, 1999). また、アメリカインディアナ州で行なわれた3種の樹上性リス類に対する研究において、それらの移動能力は種によって異なった (Goheen et al., 2003). このような樹上性哺乳類のうち、特に滑空性哺乳類は捕食者回避とエネルギーコストの削減のために樹木間を滑空移動することから (Goldingay, 2000), 樹上への依存度がより高いと考えられる. さらに、滑空は積極的な飛翔移動と異なり、樹木の存在だけではなく樹木の高さや樹木間の距離などによって制限される. Nupp and Swihart (2000) は、アメリカモモンガ (*Glaucomys*

volans) の分布が、連続した森林と隣接する 4.6ha 以上の林地に限られていると報告し、Woodworth et al. (2000) は、500m 以上離れて孤立した林地にはアメリカモモンガが生息しないことを示している。また、フィンランドにおいては、成熟したトウヒ林や広葉樹といった最適なハビタットの減少にともなって、タイリクモモンガ (*Pteromys volans*) の個体群が減少している (Hokkanen et al., 1982)。このことから、滑空性哺乳類における高い森林への依存度と移動能力の制限がうかがえる。滑空性哺乳類は、森林の分断化や分断化にともなう森林面積の縮小に対して脆弱であるが、このような問題を扱った研究はわずかである (Nupp and Swihart, 2000; Selonen et al., 2001; Selonen and Hanski, 2004)。

北海道十勝平野において、エゾモモンガは農耕地や市街地の緑地にも生息しており、防風林は本種にとってコリドーとして役立つにもかかわらず減少している (辻ほか, 2004)。そのため、エゾモモンガが生息する緑地は防風林の減少による孤立化が進んでいる (柳川, 1999)。同様に、帯広市では 1984 年から 2001 年にかけて樹林面積が 0.6% 増加しているにもかかわらず、緑地の連続性が欠けているため、動物のための移動経路の不足が懸念されている (帯広市, 2003)。連続性の欠如または減少によって、エゾモモンガが利用可能な資源は分断された狭小の森林内で制限されていると考えられるが、そのような生息地において十分な生態の情報はない。さらに、エゾモモンガの地域個体群の維持においては、森林の分断化に対する保全策を示すことが重要であると考えられる。

本研究では、第 1 章から第 3 章まで狭小林地に生息するエゾモモンガの生態の基礎研究、第 4 章および第 5 章で保全対策に向けた応用研究を示す。第 1 章および第 2 章において、狭小林地に生息するエゾモモンガによる巢の利用形態と夜間の活動を記述し、第 3 章では狭小林地に生息するエゾモモンガの行動圏を明らかにする。さらに、第 4 章ではエゾモモンガが長距離移動に用いる滑空移動の能力を評価し、第 5 章で分断を回避するための対策とそのモニタリングについて取り扱う。

第 1 章 狭小林地における巣の利用

はじめに

巣資源は休息場所や繁殖場所だけでなく、捕食者からのシェルターとしての役割も果たす重要な資源である。滑空性哺乳類のいくつかの種についても巣の利用に関して報告されており（タイリクモモンガ：Airapetyants and Fokin, 2003；オオアメリカモモンガ, *Glaucomys sabrinus*：Carey et al., 1997；アメリカモモンガ：Loeb, 1993），それらは樹洞の利用がほとんどである。そのため、樹洞はこれらの種にとって主要な巣タイプの一つと考えられる。一方、タイリクモモンガでは樹洞の他に樹上巣と巣箱の利用も確認されている（Hanski et al., 2000）。さらに、アメリカモモンガも巣箱（Brady et al., 2000）や樹上巣（Carey et al., 1997）を利用する。エゾモモンガにおいても、他の報告と同様に樹洞および巣箱の利用が示されていることから（中野ほか, 1991；柳川, 1994；村木・柳川, 2006），これらは本種にとっても重要な巣資源と考えられる。多くの森林性の動物によって利用されている樹洞は、開発行為によって伐採されることがあり、その保全対策も行なわれてきている（柳川・村木, 2005）。しかし、資源を保全するにあたっては、エゾモモンガによる巣の利用状況を明らかにする必要があるにもかかわらず、その詳細な情報は無い。したがって、本研究では、巣資源が制限されていると考えられる狭小な森林において、そこに生息する個体による巣の利用状況を明らかにすることを目的とした。

調査地と方法

北海道帯広市の帯広畜産大学に隣接する 2 つの狭小林地 A および B (N42° 52′, E143° 10′; 図 1-1) で調査を行なった。A と B の面積はそれぞれ 2.1ha と 3.1ha であり、平均樹高は 17.5m と 19.1m であった。これらの林地は道路もしくは裸地によって他の林地とは離れているが、エゾモモンガの滑空能力（浅利・柳川, 2004）と防風林の存在のために他の林地との往来は可能となっている（辻ほか, 2004; 浅利・柳川, 2006）。林地 A の植生はチョウセンゴヨウ (*Pinus koraiensis*) やシラカンバ (*Betula platyphylla* var. *japonica*) およびオニグルミ (*Juglans mandshurica* var. *sieboldiana*) からなる針広混交林であり、林地 B はアカエゾマツ (*Picea glehnii*) やチョウセンゴヨウ、カシワ (*Quercus dentata*) などからなる針広混交林である。それぞれの林地にはエゾモモンガにとって利用可能な樹洞を有する樹木 (A には 9 本, B には 6 本) が確認されており、それらの樹洞はキツツキ類もしくは枝抜けによって形成されたものである。また小鳥用の巣箱 (A には 10 個, B には 8 個) が 2~4m の高さに設置されている。さらに、エゾリス (*Sciurus vulgaris orientis*) によって作られた樹上巣が存在する。

林地 A および B において、架設されている巣箱内もしくは樹洞内で休息する個体を確認し、2005 年 4 月~2006 年 1 月に捕獲した。巣箱内で休息する個体は日中に巣箱ごと確保し、樹洞では日没前に樹洞用トラップを設置して出巢する個体を捕獲した。捕獲した個体は、性別、齢および体重を記録し、個体識別用にナンバリングされたイヤータグ（夏目製作所, KN-295）を装着した。

さらに、幼獣以外の個体について首輪式の発信機 (Holohil Systems Ltd., BD-2C; 1.7g) を装着した。日中に利用する巣は八木アンテナと受信機 (八重洲社, FT-290mk II) を用いて接近法で特定した。

結 果

春から秋の非積雪期 (捕獲: 2005 年 4 月~9 月, 追跡: 2005 年 4 月~11 月, 月平均気温: $2.8\sim 20.0^{\circ}\text{C}$) に発信機を装着した個体は 5 個体 (No. 1~5) であり, 冬の積雪期 (捕獲: 2006 年 1 月, 追跡: 2006 年 1 月~3 月, 月平均気温: $-1.6\sim -7.7^{\circ}\text{C}$) には 3 個体 (No. 6~8) であった (表 1-1)。発信機の重量比は体重 (平均 \pm SD, 非積雪期: $103.6\pm 13.5\text{g}$; 積雪期: 107.3 ± 11.0) の 1.4~2.0% の範囲であった。追跡日数は, 発信機の脱落などによって 32 日~80 日 (51.0 ± 17.4 日) と個体によって異なった (表 1-1)。

利用された巣の個数 (2~8 巣; 5.0 ± 2.3 巣) は個体によって有意な差がみられず (Kruskal-Wallis test, $p > 0.05$), 追跡日数の長さと利用された巣の個数には有意な相関はなかった (Spearman's rank correlation coefficient, $p > 0.05$)。一個体が非積雪期に利用した巣の数は 4~8 巣 (6.0 ± 2.3 巣), 積雪期に追跡された 3 個体では 2 巣もしくは 4 巣の利用であった (3.3 ± 1.2 巣) (表 1-1)。利用された巣は樹洞, 巣箱および樹上巣の 3 タイプであり, 樹洞が利用された樹種はシラカンバ, カシワおよびカラマツ (*Larix leptolepis*) であった。

利用された 3 タイプの巣 (樹洞, 巣箱, 樹上巣) は, それぞれの巣タイプ

の利用個数において個体間で有意差がなかった（全ての巣タイプについて；Kruskal-Wallis test, $p > 0.05$ ）。非積雪期にはどの個体も巣箱を利用し、これに続いて樹洞（5 個体中 4 個体）、樹上巣（5 個体中 3 個体）が多く利用された（表 1-1）。各個体は同じタイプの巣を複数個利用することがあり、樹洞は最大 6 巣（No. 2）、巣箱は最大 4 巣（No. 3）、樹上巣は最大 3 巣（No. 3）が記録された。一方、積雪期には全ての個体が樹洞と樹上巣を利用し、巣箱の利用は 2 個体（No. 6 と No. 8）のみであった（表 1-1）。No. 6 と No. 8 でみられた 2 つの樹洞巣の利用をのぞくと他の全てのタイプは 1 巣ずつの利用であり、積雪期は非積雪期と比べて各巣タイプの利用数は少なく、非積雪期における巣タイプの利用数の方が多様であった。

それぞれの巣タイプにおける利用日数の割合は、非積雪期の 2 個体（No. 2 と No. 4）と積雪期の 1 個体（No. 7）で樹洞の値が高く、巣箱は非積雪期の 2 個体（No. 1 と No. 5）、樹上巣は非積雪期の 1 個体（No. 3）と積雪期の 2 個体（No. 6 と No. 8）が高かった（図 1-2, 図 1-3）。特に、樹洞の利用（No. 2 と No. 7）と巣箱の利用（No. 1 と No. 5）についてはそれぞれ 2 個体が 80% 以上であった。全体的に、非積雪期には樹洞と巣箱の利用割合が高く、積雪期には樹洞と樹上巣の利用割合が高い傾向があった。

考 察

本調査地でのエゾモモンガによる巣の利用数は追跡期間の長さにかかわらず、2~8 巣であった。フィンランドのタイリクモモンガは一個体あたり 2~

14 巣を利用することが知られており (Hanski et al., 2000), アメリカ合衆国北西部のオオアメリカモモンガにおいても 2~12 巣の利用が報告されている (Carey et al., 1997). これらのことから, 複数の巣を必要とすることはモモンガ類の一般的な傾向と考えられ, 本研究の調査地のように狭小な生息地では巣の絶対数によって生息数が制限を受けている可能性がある.

Hanski et al. (2000) は, タイリクモモンガが利用した 221 巣のうち 61% が樹洞であり, 36% が樹上巣, 残りの 3% が巣箱であることを示した. 同様に発信機を用いて追跡した今回の結果でもほとんどの個体が樹洞を利用したが, 非積雪期には巣箱, 積雪期には樹上巣が複数個利用された (表 1-1). 春から秋の非積雪期は冬の積雪期に比べてエゾモモンガによる巣箱の利用率が増加しており, 巣箱利用の要因が気温と関係することが示唆されている (柳川, 1994). 気温の上昇は外部寄生虫の活動も活発にすると考えられ, これを回避するためにいくつかの巣を移動する必要がある (Meyer et al., 2005). 非積雪期と同様に積雪期には全てのタイプの巣が利用されたが, 巣の個数は 2~4 巣と少なく長期的な利用は樹洞もしくは樹上巣であった. 冬季の気温低下と餌資源の減少はエゾモモンガの活動を減少させ, 巣内での滞在時間が増加する (柳川ほか, 1991; 山口・柳川, 1995). そのため, 積雪期には巣内の保温性が高い特定の樹洞を選択すると予想され, このような条件が備わった巣は限られることから利用する巣の数も減少するであろう. 一方, 樹上巣は外気にさらされているため樹洞に比べて保温性が低いと考えられる. オオアメリカモモンガは, 適した樹洞が不足し, エネルギー損失の少ない気温条件となる場合に樹上巣を

利用すると考えられているが (Carey et al., 1997), 本研究では積雪期における樹上巢の利用割合が高かった。また, ニホンリスでは冬季における樹上巢の選択性に気温が関係すると示唆されている (Nishigaki and Kawamichi, 2006)。したがって, 本調査地に生息するエゾモモンガは好適な樹洞資源が不足し, それを補うために非積雪期には巣箱を利用したが, 積雪期には巣箱に比べて高い位置で日射を受け, より暖かい樹上巢を利用したと考えられる。

表 1-1 追跡された個体と巣の利用個数

No.	性別	体重(g)	捕獲月	期間	追跡日数	利用個数	利用タイプ		
							樹洞	巣箱	樹上巢
1	雄	116.3	2005年4月	非積雪期	51	4	1	2	1
2	雄	121.7	2005年5月	非積雪期	46	8	6	1	1
3	雌	104.3	2005年8月	非積雪期	80	7	0	4	3
4	雄	84.7	2005年9月	非積雪期	74	8	5	3	0
5	雌	90.8	2005年9月	非積雪期	47	3	1	2	0
6	雌	111.4	2006年1月	積雪期	34	4	2	1	1
7	雄	94.8	2006年1月	積雪期	44	2	1	0	1
8	雌	115.6	2006年1月	積雪期	32	4	2	1	1



図 1-1 調査地とした狭小森林(A および B)の位置図

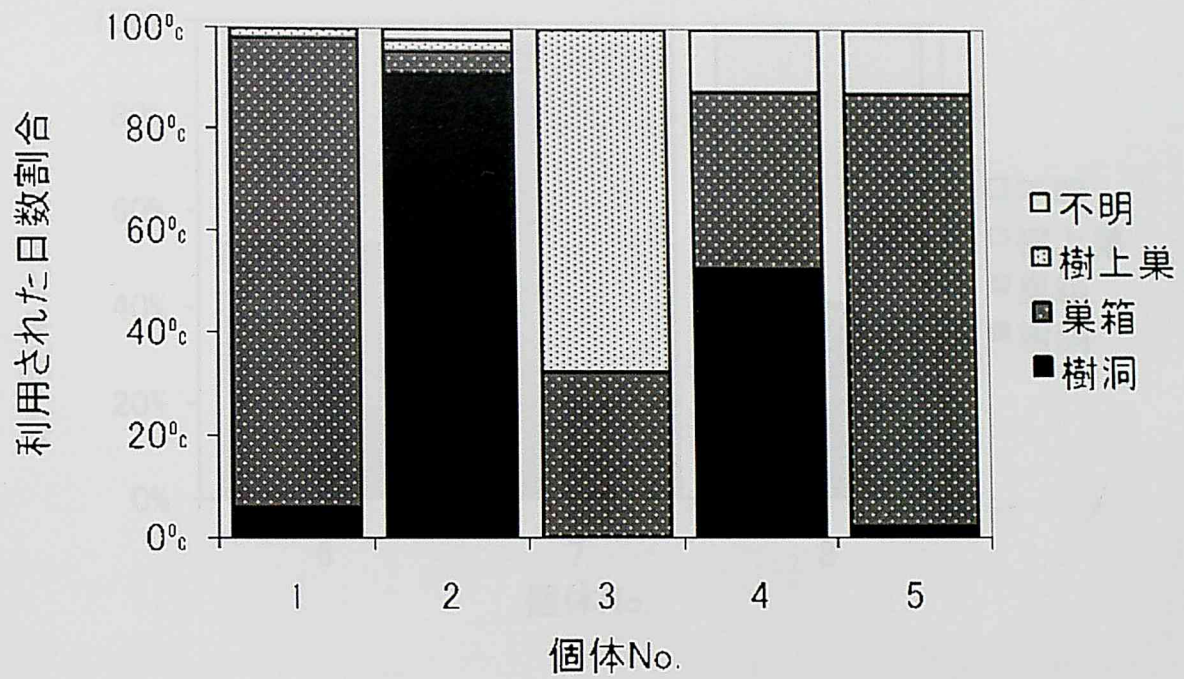


図 1-2 非積雪期における各個体による巣の利用日数

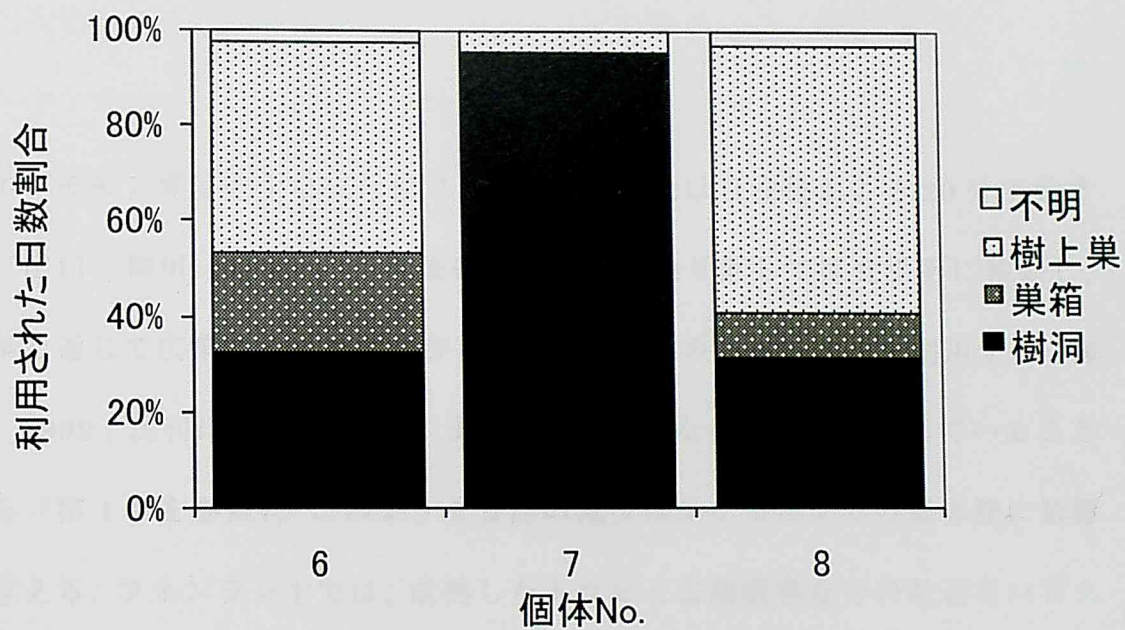


図 1-3 積雪期における各個体による巣の利用日数

第2章 夜間の活動性および巣から活動場所までの距離の関係

はじめに

エゾモモンガは完全な夜行性であり、その活動は日没後およそ20分で始まる（山口・柳川，1995）。出巢後は滑空移動を繰り返して採食場所に移動し、一年を通じて広葉樹と針葉樹の芽、葉や種子などの多様な食物を利用する（柳川，1999；浅利ほか，印刷中）。また、樹洞を主な巣として利用していることから（第1章を参照）、このような資源の減少はエゾモモンガの個体群に影響を与える。フィンランドでは、成熟したトウヒと広葉樹林などの最適なハビタットが減ることによって、タイリクモモンガの個体群が減少すると報告されている（Hokkanen et al., 1982）。また、Carey et al. (1997) は、オオアメリカモモンガが資源の近くにある巣を利用することで、分散した資源を獲得するコストを軽減する可能性を示唆した。しかし、近年の道路建設や宅地化にともなった森林伐採によって森林面積は減少し、エゾモモンガが利用可能な巣資源および食物資源は乏しくなる。そのため、エゾモモンガは巣の近くで十分な資源を得ることが困難となると推測されるが、これまでに移動距離に関する情報はない。そこで、本研究では分断された狭小林地において、夜間の移動距離を用いて活動性を評価するとともに、巣から夜間の活動場所までの距離を明らかにすることを目的とした。

調査地と方法

北海道帯広市の帯広畜産大学に隣接する 2 つの林地 A および B (図 2-1) で調査を行なった。それぞれの林地には小鳥用の巣箱 (A には 10 個, B には 8 個) が 2~4m の高さに設置されている。林地 A の植生はチョウセンゴヨウやシラカンバおよびオニグルミからなる針広混交林であり, 林地 B はアカエゾマツやチョウセンゴヨウ, カシワなどからなる針広混交林である。

林地 A および B において, 架設されている巣箱内もしくは樹洞内で休息する個体を確認し, 2005 年 4 月~9 月 (春~秋) と 2006 年 1 月~3 月 (冬) に捕獲した。巣箱内で休息する個体は日中に巣箱ごと確保し, 樹洞では日没前に樹洞用トラップを設置して出巢する個体を捕獲した。捕獲した個体は, 性別, 齢および体重を記録し, 個体識別用にナンバリングされたイヤータグを装着した。さらに, 幼獣以外の個体について首輪式の発信機 (1.7g) を装着した (表 2-1)。日中に利用する巣と夜間の活動場所は, 八木アンテナと受信機を用いて接近法で特定し, GPS (GERMIN 社, GPS76) で記録した。巣から活動場所までの距離は, GIS (ESRI 社, ArcGIS 9.2) を用いて計測した。

結 果

1. 夜間の活動性

日没から日の出までの活動中に, 30 分間隔で連続的に追跡を行なった雄 3 個体 (No. 1, 2, 4) と雌 1 個体 (No. 3) を用いて夜間の活動性を評価した (表 2-2)。平均移動距離 (54.0m) が最長であった雄 (No. 2) は最大移動距離

(369m) も最長であったが, No. 1 の雄は最短の平均移動距離 (23.9m) であり, 雌はそれらの間の値 (36.3m) となった. しかし, 雌の 30 分間の最大移動距離は 90m とすべての個体の中で最短であった (表 3). すべての個体は, 30 分以上にわたって同じ樹木に滞在し, 採食または休息したため 0m の移動距離を示すことがあった.

エゾモモンガの夜間の活動性を評価するために, 日没後 (19:00–21:59), 深夜 (22:00–00:59), 日の出前 (01:00–3:59) の 3 つの時間帯に分け, 移動距離を比較した. 平均移動距離は日没後に最長となり (58.6m), 日の出前 (38.2m), 深夜 (22.7m) の順で長かった (図 2–2). 日没後から日の出までの 3 つの時間帯の間に有意な差があり (Kruskal-Wallis test, $p < 0.0001$), 日の出前の移動距離は深夜より長かったが, 有意差は日没後と深夜の間にのみみられ, 日没後に長かった (post-hoc test, $p < 0.05$).

2. 移動距離の季節変化

深夜においてエゾモモンガの活動性は低く, 巣に戻り休息する個体も観察されたことからこの時間帯を除き, 巣から活動場所までの移動距離は日没後と日の出前の活動時間帯におけるデータを用いた. 春～秋に追跡された 5 個体から 164 例, 冬に追跡された 3 個体から 57 例の移動データが得られた.

春～秋において, 雄 (平均 \pm SD; 103.8 ± 72.8 m) は有意に雌 (68.8 ± 37.2 m) より長距離を移動した (Mann-Whitney U test, $p < 0.001$, 表 2–3). また, 冬の巣から活動場所までの距離も雄 (165.7 ± 102.5 m) が雌 (83.2 ± 68.3 m)

より有意に長かった ($p < 0.0001$). さらに, 雄と雌のどちらも春～秋より冬において巣から遠くまで移動したが, 有意な差は雄だけにみられた ($p < 0.05$).

考 察

1. 夜間の活動性

移動距離を 30 分間隔で算出することによって, エゾモモンガは深夜より日没後と日の出前の時間帯においてより活動的であることが示された. 深夜の休息をともなった 2 つの活動時間帯をもつパターンは, 野外での日周期活動が調査されたエゾモモンガ (山口・柳川, 1995) やムササビ (安藤・今泉, 1982) においても記載されている. しかし, 今回の結果では, エゾモモンガの深夜と日の出前の移動距離においては有意差がなかった. ムササビ (安藤・今泉, 1982; 船越・白石, 1985) やエゾモモンガ (柳川ほか, 1991) では, 他の時間帯に比べて日の出前に活発な採食活動が観察されており, この活発な採食で得られた食物が日中の長い休息時間で消化されと考えられている. エゾモモンガでみられた日の出前の短い移動距離は, 同じ樹木で長時間の採食を続けていたためと考えられる.

2. 移動距離の季節変化

春～秋および冬のどちらにおいても, エゾモモンガの雄は雌よりも巣から活動場所までより長距離を移動した. フィンランドのタイリクモモンガでも同様に, 雄の移動距離が長いことが報告されている (Hanski et al., 2000). いく

つかの滑空性の種の雄は雌より大きな行動圏をもち（タイリクモモンガ：Hanski et al., 2000；オオアメリカモモンガ：Martin and Anthony, 1999；アメリカモモンガ：Fridell and Litvaitis, 1991），エゾモモンガの雄の行動圏についても複数の雌の行動圏を含むことが知られている（辻ほか，2004）。したがって，複数の雌を獲得する行動圏を維持するために，エゾモモンガの雄は巣から遠くの活動場所まで移動したと考えられる。

山口・柳川（1995）はエゾモモンガの活動性が冬季に低下すると示しており，Hanski（1998）も寒い季節には活動性が低くなるためにタイリクモモンガの移動距離が短くなると報告した。これらのことから，冬にはエゾモモンガが巣の近くで活動すると予測したが，逆に巣から活動場所までの距離は春～秋に比べて冬に長くなった。本調査地のような狭小な森林では，エゾモモンガが利用可能な資源の分布とその量が制限されており，この資源を利用するためにエゾモモンガは遠くまで移動しなければならない。特に，冬季のエゾモモンガの採食物はいくつかの樹種に限られていることから（門崎，2001；浅利ほか，印刷中），冬には春～秋より少ない食物資源を利用するためにより遠くまで移動したと考えられる。さらに，狭小林地では冬の低温に対して適した巣（樹洞や樹上巣）についてもその数が制限されていると示唆されている（第 1 章参照）。したがって，エゾモモンガは冬には制限され分散している食物資源と少ない巣資源を利用し，豊富な資源が利用可能であった春～秋に比べて，冬の活動場所は巣から遠く離れたと考えられる。しかし，雌の活動場所までの距離については，冬に長くなったにもかかわらず，2つの季節間で有意差がなかった。

雄が食物と繁殖相手の両方を必要としていることに比べて、雌は主に食物資源を重要としている (Selonen et al., 2001; Selonen and Hanski, 2003). また, Selonen and Hanski (2003) と柳川 (1999) は、雌が授乳のために頻繁に巣と採食場所を往復することを報告した. さらに、雌のオオアメリカモモンガは繁殖期に適した巣を探索することが示唆されている (Carey et al., 1997). したがって、雌が繁殖に適し、食物に近いような巣を年間を通じて優占的に選択したことによって、移動距離に季節変化がみられなかったのかもしれない.

表 2—1 追跡された 2 つの狭小森林の個体の性別と体重

季節	No.	性別	体重(g)
春—秋	1	雄	116.3
	2	雄	121.7
	3	雌	104.3
	4	雄	84.7
	5	雌	90.8
冬	6	雌	111.4
	7	雄	94.8
	8	雌	115.6

表 2-2 追跡個体による 30 分ごとの移動距離

No.	性別	移動距離 (m)			
		Mean	SD	Min	Max
1	雄	23.9	27.4	0	158
2	雄	54.0	66.9	0	369
3	雌	36.3	25.8	0	90
4	雄	46.3	39.3	0	150

表 2-3 巣から活動場所までの平均移動距離(平均±SD)

性別	春-秋	冬
雄	103.8 ± 72.8m	165.7 ± 102.5m
雌	68.8 ± 37.2m	83.2 ± 68.3m

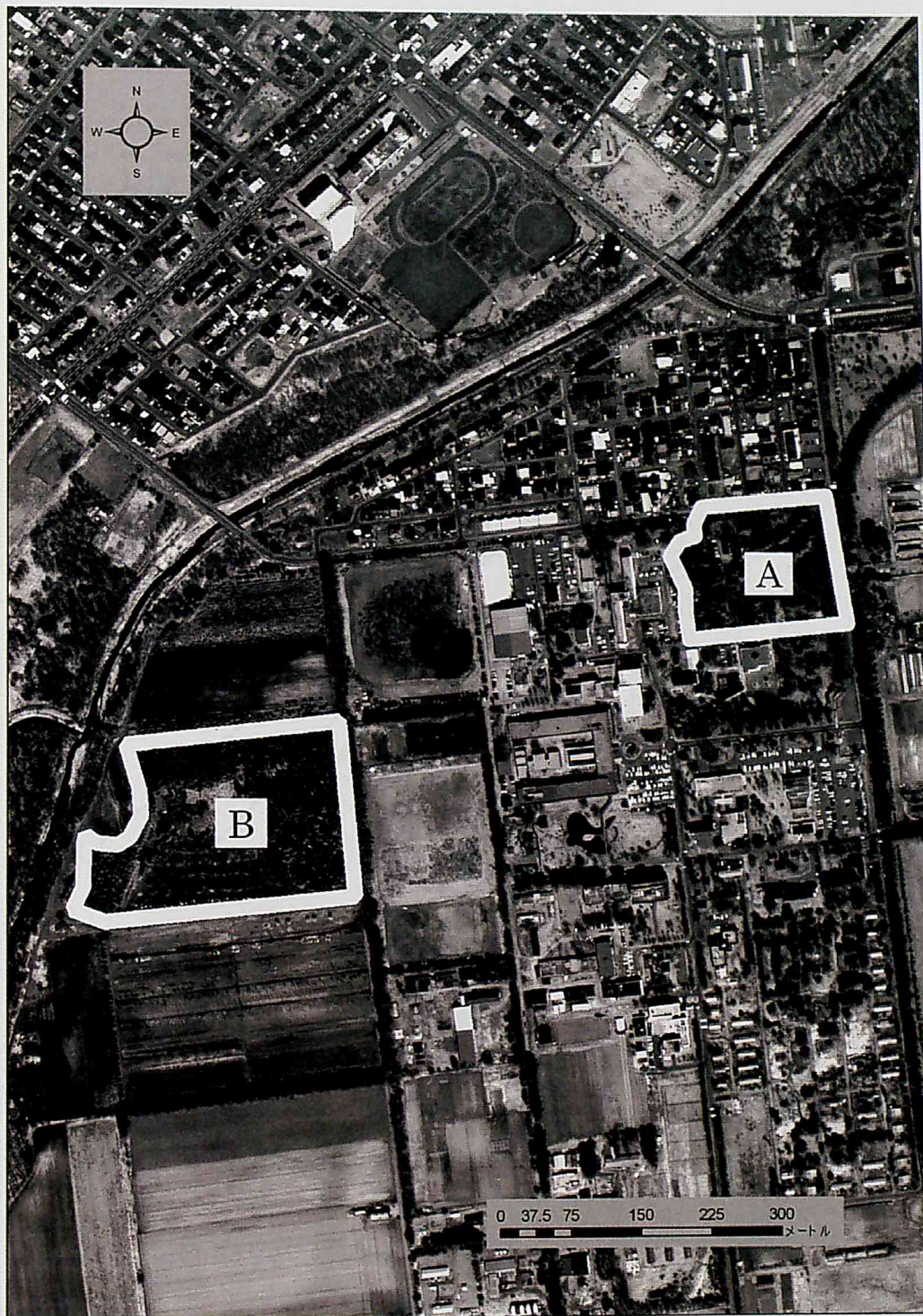


図 2-1 調査地とした狭小林地 (A および B) の位置図

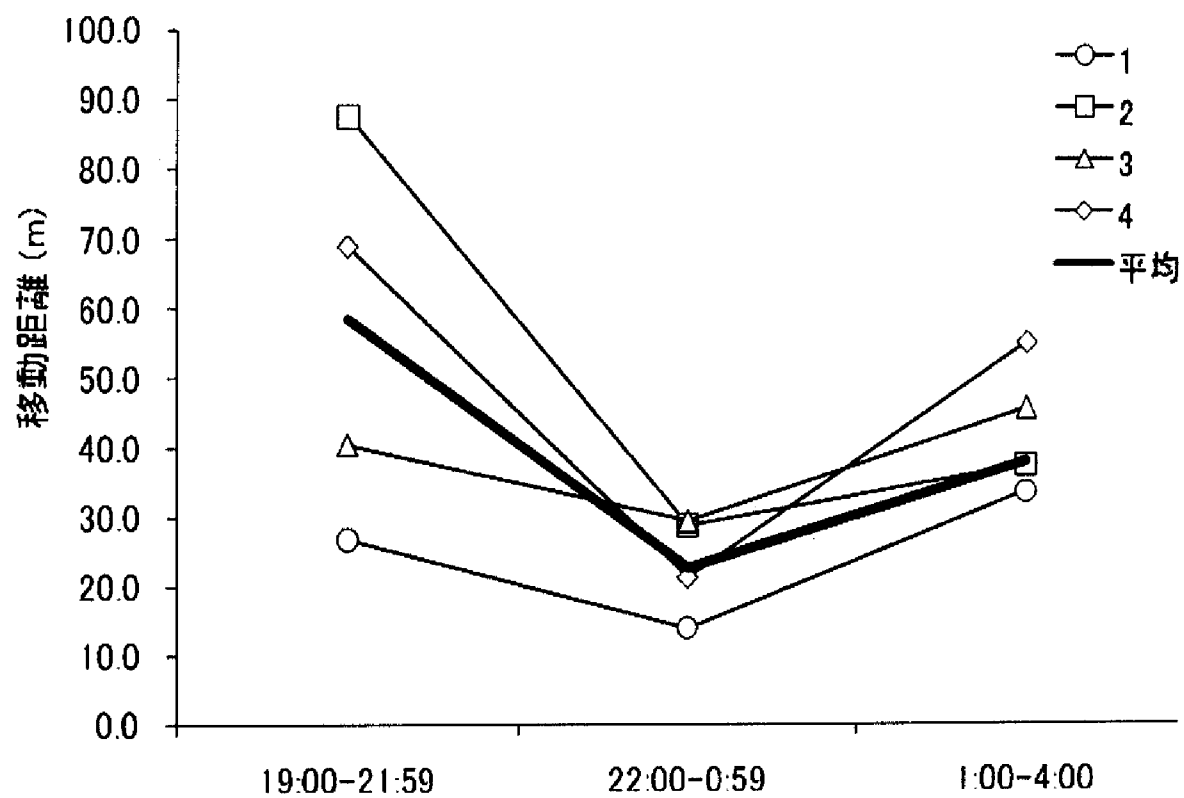


図 2-2 夜間における時間帯別の 30 分間の移動距離

第3章 狭小林地におけるエゾモモンガの行動圏

はじめに

滑空性哺乳類のほとんどの種は、滑空移動のため、および採食物として樹木を利用することから (Goldingay, 2000), その生息には森林が重要である。生息環境の評価を行なうにあたっては、その種の行動圏を特定することが第一段階として行なわれるべきであり、保護区の設定などの保全対策においてはこの情報を得ることが不可欠である (尾崎・工藤, 2002)。これまでに、小型の滑空性哺乳類の行動圏は、オプトフクロモモンガ (*Petaurus norfolcensis*: Van der Ree and Bennett, 2003), タイリクモモンガ (Hanski, 1998; Hanski et al., 2000), アメリカモモンガ (Bendel and Gates, 1987; Holloway and Malcolm, 2007), オオアメリカモモンガ (Martin and Anthony, 1999; Holloway and Malcolm, 2007) において研究が行なわれ、その多くが広大な森林に生息する個体群を対象としている。

しかし、樹木の伐採によって森林が改変および縮小化されると、採食可能な樹木資源量が制限されることから、そこに生息する個体群は資源の不足を補う必要があるだろう。行動圏面積は生息地の生産性によって影響を受けると考えられていることから (Harestad and Bunnell, 1979; Swihart et al., 1988), 森林が分断され狭小化した森林に生息するエゾモモンガは、資源の獲得のために生息する森林の外にまで行動圏を拡大すると推測される。しかし、エゾモモンガの行動圏自体がこれまでにほとんど調べられていないことに加えて、分断化

された狭小森林に生息するエゾモモンガの受ける影響は評価されていない。そこで、本研究では狭小な林地に生息するエゾモモンガの行動圏面積と行動圏の重複、生息する林地以外の利用状況を明らかにすることを目的とした。

調査地と方法

北海道帯広市に位置する 3 つの狭小林地 (A, B, C) で調査を行なった ($N42^{\circ}52'$, $E143^{\circ}10' \sim 11'$: 図 3-1)。林地 A と B の面積はそれぞれ 2.1ha と 3.1ha であり、林地 C はやや大きく 13ha であった。これらの林地は道路もしくは裸地によって他の林地と離れているが、滑空移動と防風林の存在によって他の林地との往来は可能となっている (浅利・柳川, 2006)。林地 A の植生はチョウセンゴヨウやシラカンバおよびオニグルミからなる針広混交林であり、林地 B はアカエゾマツやチョウセンゴヨウ、カシワなどからなる針広混交林である。また、林地 C の植生はシラカンバやカシワが優占する落葉広葉樹林であるが、カラマツやトドマツ (*Abies sachalinensis*) などの針葉樹も混交している。

林地 A および B において、架設されている巣箱内もしくは樹洞内で休息する個体を確認し、2005 年 4 月～9 月に捕獲した。また、林地 C においては、2006 年 6 月～8 月および 2007 年 5 月に樹洞から捕獲を行なった。巣箱内で休息する個体は日中に巣箱ごと確保し、樹洞では日没前に樹洞用トラップを設置して出巢する個体を捕獲した。捕獲した個体は、性別、齢および体重を記録し、個体識別用にナンバリングされたイヤータグを装着した。さらに、幼獣以

外の個体について首輪式の発信機（1.7g）を装着した。夜間の活動場所は、八木アンテナと受信機を用いて接近法で特定し、GPSで記録した。

エゾモモンガの活動性は、深夜の休息をとまって日没後および日の出前数時間に活発になる傾向が知られている（山口・柳川，1995；浅利・柳川，2006）。そのため、自己相関の影響を考慮して（尾崎・工藤，2002），活動場所の特定は一日に1ポイント（日没後または日の出前）または2ポイント（日没後および日の出前）とした。各個体について特定された活動ポイントを用いて、100%最外郭法による行動圏（100%MCP）と50%コアエリアの面積をGIS（ESRI社，ArcGIS9.2）の拡張機能であるHome Range Toolによって算出した。さらに、行動圏面積には裸地や住宅地など、エゾモモンガが利用できない部分の面積も含まれることから（浅利・柳川，2007），それらの利用不能地を除いた面積も算出した。

結 果

林地A、BおよびCにおいて雄4個体と雌5個体を26～80日間追跡した。利用不能地を含んだ100%MCPの面積（平均±SD）は、雄が 6.95 ± 6.43 ha（3.47ha, 3.65ha, 4.10ha, 16.59ha）であり、雌が 1.77 ± 0.50 ha（0.99ha, 1.15ha, 1.24ha, 1.80ha, 3.68ha）であった（表3-1）。雄の1個体（No. 1）は他の林地に移動することによって大きな行動圏面積をもち、これより小さな行動圏をもつ雄の3個体（No. 2, No. 3, No. 6）はギャップを横断することによって防風林や孤立木を利用したが、遠くの林地までは移動しなかった（図

3-2). 雌の No. 5 は、広い利用不能地 (1.8ha) を除いても他の雌 (No. 4, No. 7, No. 8, No. 9) より行動圏面積が大きかったが、雄の行動圏面積の範囲内に含まれた。また、大きな行動圏面積をもつ雄個体 (No.1) の利用不能地の面積も 11.8ha と大きかった。利用不能地を除いた 100%MCP の面積は、雄が 2.98 ± 1.33 ha (各個体: 1.86ha, 2.12ha, 3.14ha, 4.79ha), 雌が 1.28 ± 0.40 ha (各個体: 0.99ha, 0.99ha, 1.08ha, 1.40ha, 1.93ha) となった。50%コアエリアのほとんどが生息する林地とその周辺のみを含み、利用不能地を除いた面積は雄が 0.62 ± 0.19 ha (0.43ha, 0.58ha, 0.59ha, 0.89ha), 雌が 0.25 ± 0.21 ha (0.06ha, 0.12ha, 0.15ha, 0.35ha, 0.56ha) となった (表 3-1)。雄は 100%MCP と 50%コアエリアの両方において雌より大きな面積をもつ傾向がみられた。また、雄の 100%MCP は他の雄や複数の雌の行動圏と重複し、雌間の 100%MCP にも重複がみられたが (図 3-2), 50%コアエリアでみると雌間の重複は一部に限られた (図 3-3)。

利用不能地の面積は 100%MCP において林地 A と B の個体で大きく、林地 C の個体では 0ha~0.5ha とわずかであった。また、林地 C において林縁の近くで活動した 3 個体 (No. 6, No. 7, No. 8) と異なり、No. 9 の雌だけは利用不能地を行動圏面積に含まず、林内でのみ活動を行なった (図 3-2)。さらに、雌の 50%コアエリア面積について、林地 C の 3 個体 (0.06ha, 0.12ha, 0.15ha) は林地 B の 2 個体 (0.35ha, 0.56ha) より小さかった (表 3-1)。

考 察

本研究におけるエゾモモンガの雄 ($2.98 \pm 1.15\text{ha}$) と雌 ($1.28 \pm 1.17\text{ha}$) の行動圏は、辻ほか (2004) の結果 (雄: 2.15ha , 雌: 1.08ha) と類似した。エゾモモンガの行動圏面積は、小型のモモンガ類であるタイリクモモンガ (雄: 57.8ha , 雌: 7.5ha ; Selonon et al., 2001), アメリカモモンガ (雄: 5.25ha , 雌: 5.02ha ; Holloway and Malcolm, 2007), オオアメリカモモンガ (雄: 14.58ha , 雌: 5.65ha ; Holloway and Malcolm, 2007) より小さかった。海外における研究は、連続的な森林に生息する個体群を対象とし、それらの個体が広く森林を利用する。一方、本調査地における分断化かつ狭小化された環境では、エゾモモンガの主要な活動 (50%コアエリア) が生息する林地の周辺に限られており (図 3-3), 多くの資源がその中で利用可能であることを示すかもしれない。また、エゾモモンガは季節によって採食物を変化させており (浅利ほか, 印刷中), 短い追跡期間中に特定の場所に限られた植物を依存的に利用するために、小さな行動圏になったのかもしれない。

ナヤリトリス (*Sciurus nayaritensis chiricahuae*; Pasch and Koprowski, 2006) やフィンランドのタイリクモモンガ (Selonon et al., 2001) では、雌同士の行動圏が排他的になることが知られている。一方、キタリスでは食物資源の不足によって雌のコアエリアが拡大し、雌間の行動圏が重複すると報告されている (Wauters et al., 2005)。本研究において、エゾモモンガの雌間では、100%MCP において大きな重複がみられたが、50%コアエリアにおいては部分的な重複に限られた。このことは、エゾモモンガの雌同士が特定の資源または

地域を一時的に共有するが、活動の活発なエリアでは排他的な関係にあることを示しているだろう。

本調査地において、ほとんどの個体が防風林の利用や滑空移動によって林地外へ頻繁に移動することで、その行動圏内に利用不能地を多く含んでいた。特に、林地 A と林地 B では林地面積が小さく、林地外で活動する頻度が高まることによって 100%MCP がより大きくなるようであった。しかし、林地 C の No. 9 の雌は活動を林内のみにすることで利用不能地を含まなかった。一方、同じ林地 C に生息する他の 3 個体 (No. 6, No. 7, No. 8) では、林縁での活動が多くみられた。そのため、行動圏に利用不能地を含む量は、生息する林地外で活動する頻度とともに活動場所の選択性 (林内と林縁) によって決定されるかもしれない。また、より小さい林地面積をもつ林地 B の雌の 50% コアエリアは林地 C の雌より大きかった。これまでに、食物資源が制限されている場所では個体の行動圏が拡大すると考えられており (Taulman and Smith, 2004; Pasch and Koprowski, 2006)、さらに Selonon et al. (2001) は、タイリクモモンガの雄の行動圏が雌の個体数によって変化し、雌は食物資源の量と分布に影響を受けると示唆している。したがって、エゾモモンガにおいても、雌は狭小林地内で制限された食物資源を補うために、ギャップを横断して行動圏を拡大したと考えられる。

生息地内の資源が減少した場合に、雄は行動圏を拡大し、雌は行動圏の拡大または排他的な行動圏を減らす可能性がある (Wauters et al., 2005)。エゾモモンガの雄の広い行動圏は複数の雌の行動圏と重複しており、このことによっ

て雄の高い繁殖の可能性がもたらされると考えられる (Fridell and Litvaitis, 1991; Ribble and Stanley, 1998; Pierro et al., 2007). また, 雌は食物資源を十分に得るために雄と同様に行動圏を拡大する必要があるだろう. 本研究において, No.1 の雄は防風林などの中継木を利用することによって他の林地へ移動し, その林地内部で活動することによって大きな行動圏をもった. この個体は長距離を移動して行動圏を拡大することによって, 他の個体より多くの資源を獲得しただろう. しかし, エゾモモンガが防風林のような特定かつ開けた空間にある移動経路を利用することによって, フクロウなどの鳥類の捕食リスクが高まるかもしれないこと (浅利・柳川, 2006) に加えて, 長距離の移動はエネルギーコストも増加させる. このような移動による高いリスクを軽減させる必要があることから, エゾモモンガが移動可能な森林の連続性を維持することが重要である.

表 3-1 エゾモモンガの行動圏面積とコアエリア

No.	地点	性別	面積 (ha)	
			100%MCP *	50%コアエリア *
1	林地A	雄	16.59	0.94
			4.79	0.58
2	林地A	雄	3.47	0.69
			1.86	0.43
3	林地B	雄	4.10	0.59
			2.12	0.59
4	林地B	雌	1.80	0.39
			1.40	0.35
5	林地B	雌	3.68	0.60
			1.93	0.56
6	林地C	雄	3.65	1.06
			3.14	0.89
7	林地C	雌	1.15	0.14
			0.99	0.12
8	林地C	雌	1.24	0.06
			1.08	0.06
9	林地C	雌	0.99	0.15
			0.99	0.15

* 上段: 利用不能地を含む, 下段: 利用不能地を除く



図 3-1 調査地とした 3 つの狭小林地 (A, B, C)



図 3-2 それぞれの林地における各個体の 100%MCP

(左) 林地 A と B : 水色の二重線は No.1, 実線は No.2, 破線は No.3,
黄色の実線は No.4, 破線は No.5 の個体を示す

(右) 林地 C : 緑色の実線は No.6, 橙色の実線は No.7, 二重線は No.8,
破線は No.9 の個体を示す

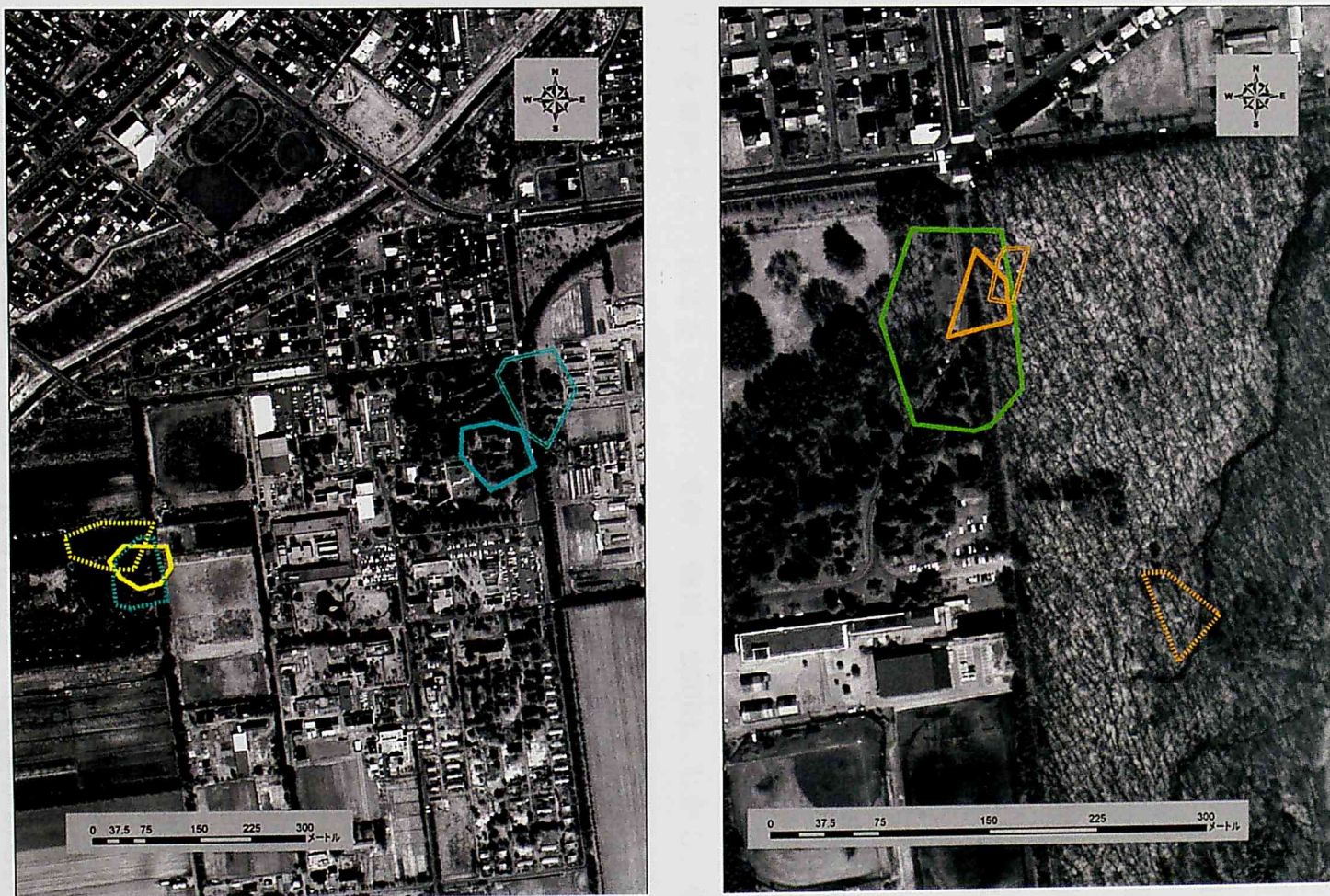


図 3-3 それぞれの林地における各個体の 50%コアエリア

(左) 林地 A と B：水色の二重線は No.1，実線は No.2，破線は No.3，
黄色の実線は No.4，破線は No.5 の個体を示す

(右) 林地 C：緑色の実線は No.6，橙色の実線は No.7，二重線は No.8，
破線は No.9 の個体を示す

第4章 エゾモモンガの滑空能力

はじめに

ほとんどの滑空性哺乳類は地上を歩行移動することがなく、長距離の移動において滑空を用いる (Goldingay, 2000). 滑空移動によって、移動コストと捕食リスクが軽減されるが (Goldingay, 2000), その能力には限界があるため広いオープンエリアを渡ることは困難である. 完全な樹上性哺乳類であるエゾモモンガの生息地の森林は、近年の道路建設や宅地化によって縮小、分断化している. 縮小した森林ではエゾモモンガによって利用可能な資源量が減少し、その資源の獲得のために滑空移動や防風林を利用することによってオープンエリアを横断しなければならない (浅利・柳川, 2006). しかし、他の滑空性哺乳類と同様に、森林が完全に分断されることによって林間の移動に対して大きな影響を受ける. そこで、森林の分断化のエゾモモンガに対する影響を軽減するための対策が行なわれるようになってきたが (柳川ほか, 2004), より効率的な保全対策のためには、詳細な生態的情報が必須である.

これまでに、滑空能力に関してはいくつかの種で研究が行なわれているが (Ando and Shiraishi, 1993; Jackson, 1999; Vernes, 2001), エゾモモンガについては調べられていない. 広い分断地を横断する滑空移動には、強風や捕食者といった高いリスクが危惧される. そのため、確実に滑空可能な条件を明らかにすることによって、これを保全対策に役立てる必要がある. そこで、野外での観察によってエゾモモンガの滑空能力の評価を試みた.

調査地と方法

北海道帯広市にある 8 ヶ所の森林を調査地とした ($N42^{\circ} 51' \sim 53'$, $E143^{\circ} 9' \sim 11'$). それぞれの森林は宅地や牧草地に接しており, 地形は平坦である. 植生は, シラカンバ, ハンノキ (*Alnus japonica*), カシワのような広葉樹とトドマツやカラマツといった針葉樹から構成される. 調査地の面積は 1.7ha \sim 3.1ha であり, 樹高は 11.5m \sim 19.1m, 樹木密度は 116.7 本/ha \sim 908.3 本/ha である. また, 中層の枝と下層の灌木は密集していないことから, エゾモモンガの滑空を妨げないと思われた.

樹高 2 \sim 5m に巣箱を架設し, 12 月 \sim 2 月を除いた 2003 年 7 月 \sim 2005 年 6 月の日中に月 2 回以上の頻度で 64 個の巣箱を見回った. 巣箱内で休息している個体を捕獲し, すべての個体の性別, 体重, 繁殖状態および齢を記録した. さらに, 個体識別のためにナンバリングしたイヤータグを装着した. 記録した個体は巣箱に戻し, 日没前に捕獲地点に巣箱を再架設した. ディスターブを避けるために, 可能な限りライトを用いずに観察を行ない, 霧や雨の日は観察を行なわなかった.

出巣後の滑空行動を観察し, 地上から滑空開始点までの高さ, 滑空終了点までの高さ, 滑空開始の樹木から滑空終了の樹木までの滑空距離をレーザー距離計 (Opti-Logic 社) によって 0.1m まで計測した (図 4-1). また, 滑空開始の高さから滑空終了の高さを差し引いて滑空落差を算出し (Vernes, 2001), 滑空距離を滑空落差で割ることによって滑空比を算出した. Ando and Shiraishi (1993) を参考に, 滑空距離と滑空比を今回の滑空能力の指標とし

て用いた。

結 果

巣箱を用いて 69 個体（雄 35, 雌 34）が捕獲され, 幼獣を除いた 31 例（雄 18, 雌 13）の滑空を観察した。観察されたほとんどの滑空行動は, 出巢後にみられた一回目のものであったが, 9 例は二回目以降の滑空であった。地形が平坦であることと, エゾモモンガの滑空が直線的に行なわれたことから, 計測は容易であった。体重について雌（平均 \pm SD, 132.18 ± 28.67 g）は雄（ 110.20 ± 10.79 g）より有意に重かったが（ t -test, $p < 0.01$), 滑空のすべてのパラメーターについて雌雄間で有意差はなかった（ $p > 0.05$; 表 4-1）。そのため, 雌雄のデータを一括して扱った。さらに, 体重は滑空距離または滑空比と相関がなかった（Pearson's correlation coefficient, $p > 0.05$ ）。

平均滑空距離は 18.90m（範囲：4.30～49.40m）, 平均滑空比は 1.7（0.48～3.31）であったが, どちらの範囲も広がった（表 4-2）。そのため, もっとも頻繁に森林内で利用される滑空能力を明らかにするために, 滑空距離を 4 クラスと滑空比を 6 クラスにそれぞれ分けた。もっとも頻繁にみられた滑空距離は 10～20m（17 例）であり, その他のクラスはほとんど記録されなかった（図 4-2）。また, 滑空比は 1.0～1.5 のクラス（10 例）においてもっとも頻繁に記録され, 3.0 以上（1 例）の滑空比を除いて他のクラスではそれぞれ 5 例であった（図 4-3）。さらに, 滑空距離と滑空比の間には有意な正の相関がみられた（ $r = 0.63$, $p < 0.0001$ ）。

考 察

エゾモモンガでは、滑空能力の指標として用いた滑空距離と滑空比について有意な雌雄差がなく、最大滑空距離がおおよそ 50m、最大滑空比が 3.3 と高い値を示した。しかし、頻繁に観察された滑空距離は 10～20m、滑空比は 1.0～1.5 であった。

平均滑空距離および平均滑空比は、エゾモモンガと同程度の体重であるオオアメリカモモンガ（平均滑空距離：14.2～19.0m、平均滑空比：1.98；Vernes, 2001）と類似した。また、Jackson（1999）は、エゾモモンガとほぼ同じ体サイズのフクロモモンガ（*Petaurus breviceps*）の滑空を観察し、類似した結果（平均滑空距離：20.42m）を記録している。一方、エゾモモンガより小型の種であるアメリカモモンガは平均 1.53 の滑空比をもち（Scheibe and Robins, 1998）、大型の滑空種であるムササビでは 1～3 の滑空比であると知られている（Ando and Shiraishi, 1993）。小型の種は低い滑空比で移動しているようにみえるが、われわれの結果では体重が異なる個体間で有意な差がなかったことから、エゾモモンガの滑空能力は体重によって影響を受けていないと考えられる。

エゾモモンガの滑空距離（4.30～49.40m）および滑空比（0.48～3.31）の範囲は広く、どちらの最大値も他の滑空種（オオアメリカモモンガ：Vernes, 2001；フクロモモンガ：Jackson, 1999；ムササビ：Ando and Shiraishi, 1993）と同等もしくはそれ以上に高い傾向があった。そのため、エゾモモンガは他の滑空種と同様に高い滑空能力をもつと考えられる。滑空比は滑空距離と正の相

関がみられたことから、この高い滑空能力は広く分断された林縁のような場所で記録されるだろう。しかし、エゾモモンガの滑空距離には限界があるため、中継木がないような分断された森林間を移動することは困難となる。

エゾモモンガの最大滑空距離はおよそ 50m、最大滑空比は 3.3 であったが、もっとも多くの観察は滑空距離 20m、滑空比 3.0 までに含まれた。さらに、この中でも 10~20m の滑空距離と 1.0~1.5 の滑空比の分類クラスにおいて滑空が頻繁に記録された。エゾモモンガは比較的高い滑空能力をもつにもかかわらず、通常は短い滑空を行っていた。ムササビもまた頻繁に低い滑空能力を用いて移動し、これが身体的および技術的に安全な能力で移動している結果であると示唆されている (Ando and Shiraishi, 1993)。同様に、エゾモモンガも技術的に安全な能力で滑空していると考えられる。さらに、風は滑空に影響を与えるとされ (Ando and Shiraishi, 1993; Vernes, 2001)、夜行性であるフクロウ (*Strix uralensis*) はエゾモモンガの捕食者となっていることから (米田ほか, 1979; 二村ほか, 2001)、滑空によって広いギャップを横断する場合には、強風や鳥類捕食者のような高いリスクも回避していると考えられる。したがって、森林が開発などによって分断化される場合には、成獣のエゾモモンガが移動可能な距離である 1.0 より小さな森林分断比 (= 森林間の距離 / 林縁の樹高) に抑えるべきであろう。

表 4-1 雄と雌の滑空能力および体重

	雄 (n = 18)				雌 (n = 13)				<i>p</i>
	Mean	<i>SD</i>	Min	Max	Mean	<i>SD</i>	Min	Max	
滑空開始の高さ(m)	15.71	4.32	8.50	23.80	13.45	5.44	5.60	24.00	ns
滑空終了の高さ(m)	3.78	2.29	1.00	8.60	2.67	1.67	0.80	6.70	ns
滑空落差(m)	11.92	3.97	6.70	18.60	10.78	5.49	3.80	22.20	ns
滑空距離(m)	20.62	11.82	4.30	49.40	16.52	9.45	5.70	39.00	ns
滑空比	1.70	0.75	0.61	3.31	1.69	0.75	0.48	2.97	ns
体重(g)	110.20	10.79	91.30	123.30	132.18	28.67	73.70	161.40	< 0.01

表 4-2 すべての滑空から得られた計測の平均値と範囲

	全滑空 (n = 31)			
	Mean	<i>SD</i>	Min	Max
滑空開始の高さ(m)	14.76	4.87	5.60	24.00
滑空終了の高さ(m)	3.32	2.10	0.80	8.60
滑空落差(m)	11.44	4.62	3.80	22.20
滑空距離(m)	18.90	3.97	4.30	49.40
滑空比	1.70	0.74	0.48	3.31

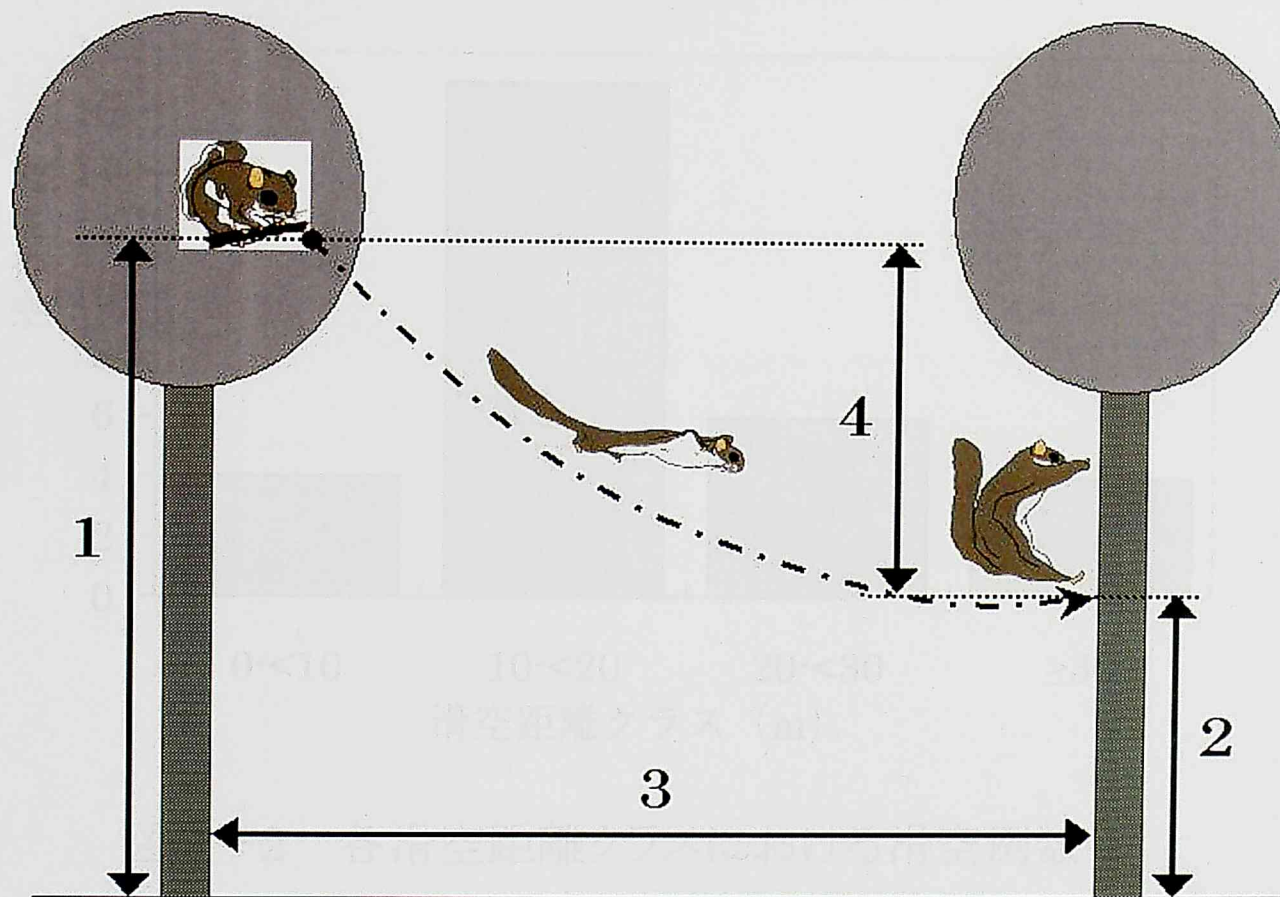


図 4-1 滑空経路の模式図と計測箇所

1) 滑空開始の高さ, 2) 滑空終了の高さ, 3) 滑空距離, 4) 滑空落差を示す

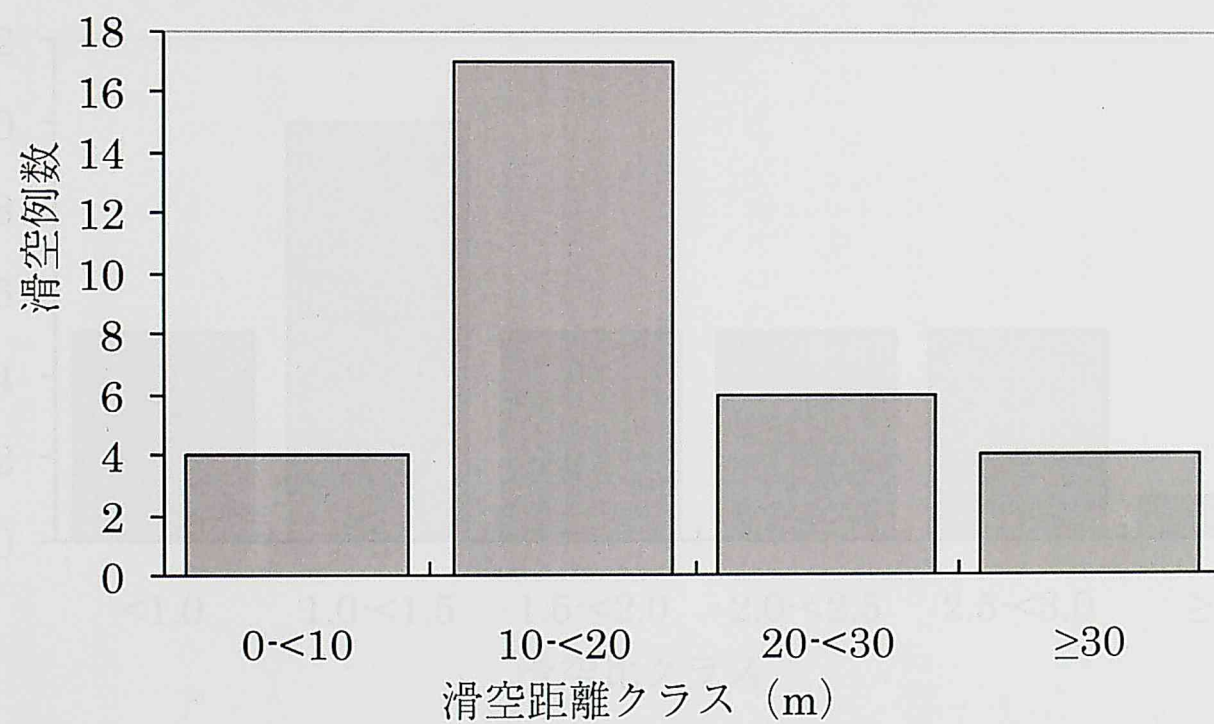


図 4-2 各滑空距離クラスにおける滑空例数

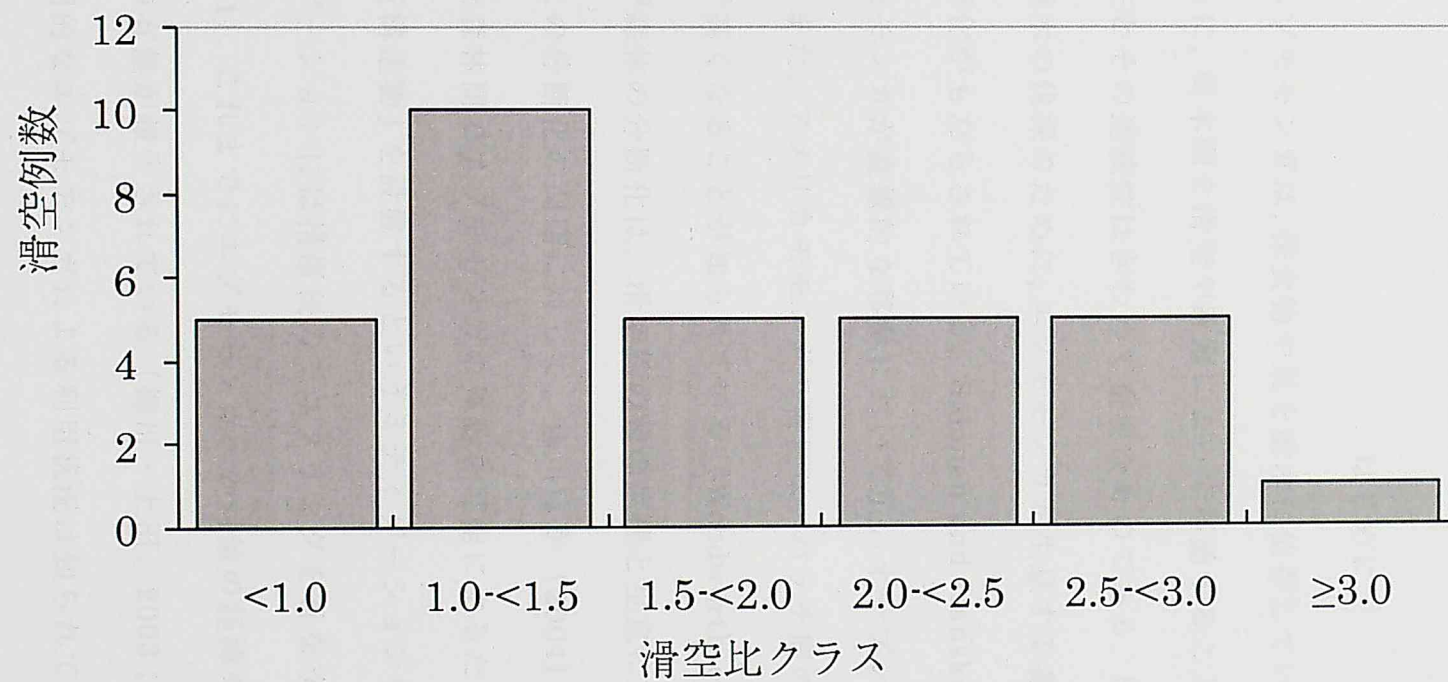


図 4-3 各滑空比クラスにおける滑空例数

第5章 分断された森林への対策とその評価

はじめに

エゾモモンガは、採食物や巣を樹木に依存している完全な樹上性の種である。さらに、樹木間を滑空や跳躍によって移動することから、本種にとって森林の存在とその連続性はきわめて重要なものである。しかし、道路の建設などによる樹木の伐採のために、エゾモモンガが生息する森林面積の縮小化と生息地の分断化がもたらされている。Selonen and Hanski (2004) は、若齢のタイリクモモンガが直線的な移動において広いオープンエリアを避けることを示した。また、アメリカモモンガの密度は、パッチ間の距離が 500m 未満となる場所で高くなることが知られている (Woodworth et al., 2000)。樹木の伐採および森林の分断化は、滑空性の種の生態と生息に対して強く影響を与える。

この分断化の問題に対して、柳川ほか (2004) は、道路建設により分断された森林間でエゾモモンガの移動を可能にするための構造物「モモンガ用道路横断構造物」を設置するというミティゲーションを行なった。このようなミティゲーションには措置後のモニタリングを行なう必要があるとされ (亀山, 2001), これまでにエゾモモンガへの対策の経緯や自動撮影カメラを用いた利用の有無が報告されている (柳川・上田, 2003; 柳川ほか, 2004)。しかし、長期的なエゾモモンガによる利用状況は知られていなかったことから、2 年間の連続的なモニタリング結果を用いて構造物利用の季節変化と経年変化について明らかにした。

モモンガ用道路横断構造物

道路によって森林が分断された地点に、道路の上を滑空によって移動可能にするための「モモンガ横断用支柱」、道路の下を歩行または跳躍によって移動可能にするための「モモンガ用渡し棒」、近接する林地からこれら2つの構造物までエゾモモンガを導くための「モモンガ誘致用足場」が設置された。

1. モモンガ横断用支柱

構造物は、高さ 16m（道路から 10m 高）の金属製の支柱であり、幅 19m の道路をエゾモモンガが横断するために道路両側（支柱間の距離：21.2m）に設置されている（図 5-1）。支柱の高さは、Thorington and Heaney（1981）を参考にエゾモモンガがおおよそ滑空比 3 で滑空すると想定して設置された。エゾモモンガが登ることと滑空後の着地を考慮して、支柱の周囲には長さ 175～199cm のカラマツ材が貼り付けられている。また、エゾモモンガが滑空する際の飛び出し用として、カラマツ材の横棒（直径 15cm、長さ 60cm）が最上部に取り付けられている。

2. モモンガ用渡し棒

カラマツ材で作られたモモンガ用渡し棒は、歩行もしくは跳躍によって分断された林間を移動可能にするものであり、道路下の門型カルバートの壁面に高さ 3m の位置に設置されている（図 5-2）。このカルバートの高さは 4.3m、長さは 10.0m である。エゾモモンガと同様に、樹上性のエゾリスなども利用できるようになっている。

3. モモンガ誘致用足場

モモンガ横断用支柱およびモモンガ用渡し棒のそれぞれと林の連続性を保つことによって、エゾモモンガを構造物へ誘導することを目的として設置されている。高さ 3m で複数のカラマツ材（直径 15cm，長さ 4.0m）を連続的に設置し、近接の樹木と構造物をつないでいる（図 5-3）。

方 法

上記のモモンガ用道路横断構造物のうち、直接的に道路を横断するための構造物であるモモンガ横断用支柱とモモンガ用渡し棒についてモニタリングを行なった。

モモンガ横断用支柱の利用は、2003 年 6 月～12 月に暗視カメラとタイムラプスビデオを用いてモニタリングを行なった。モモンガ横断用支柱からおおよそ 30m 離れた位置で、構造物と道路が一度に撮影可能な高さに暗視カメラを設置し、赤外線投光機によって撮影範囲内を照射した。日没前から日の出前にかけて録画と目視観察を併用して利用個体を記録した。

また、モモンガ用渡し棒のモニタリングは、2003 年 5 月～2005 年 4 月に赤外線センサー内蔵の自動撮影カメラ（麻里府商事，Field Note）を構造物に直接取り付けを行なった。自動撮影カメラの見回りはおおよそ 1 ヶ月に 1～2 回の頻度で行ない、フィルムの残り枚数が 5 枚程度またはこれ以下である場合に交換した。回収したフィルムを現像し、動物が写っているものと写っていないものに分け、撮影された種名、日時および移動の方向を記録した。種の判別が

困難なものや人物が撮影されたものは無効撮影とした。また、昆虫類なども無効撮影として扱った。

結 果

赤外線投光機を用いた暗視カメラの映像は滑空する個体を確認できるほどの明るさが不足しており、モモンガ横断用支柱の利用は確認されなかった。そこで、エゾモモンガが横断用支柱を用いて滑空可能であることを確認するために、2004 年 8 月 24 日に構造物に隣接する森林で捕獲した個体を巣箱に入れ、試験的に支柱の近くに架設することによって放獣した。この個体は支柱を登り、カラマツ材の継ぎ目で何度か止まったのちに最上部まで移動した。その後、支柱の最上部の横棒を用いて滑空し、道路を越えて向かいの林に移動した。

モモンガ用渡し棒に設置した自動撮影カメラでは 2 年間で 500 枚が撮影され、このうちエゾモモンガの撮影枚数は 156 枚であった（表 5-1）。その他の哺乳類では、エゾリス（*Sciurus vulgaris orientis*）が 1 枚、クマネズミ属（*Rattus* sp.）が 2 枚であり、鳥類ではハクセキレイ（*Motacilla alba*）が 5 枚、シジュウカラ（*Parus major*）が 2 枚、ゴジュウカラ（*Sitta europaea*）が 3 枚であった（表 5-1）。また、残りの 331 枚は、人物や昆虫などによる無効撮影であった。エゾモモンガによる利用は、モニタリング開始から 2 ヶ月後の 2003 年 7 月からみられ始め、ギャロップによる両方向への移動が確認された（図 5-4）。渡し棒の利用はほぼ一年を通じて確認された。もっとも多い利用は 3 月～5 月と 8 月～11 月であった一方、2 月と 6～7 月の利用がもっ

とも少なくなり、12月にのみ利用が確認されなかった。(図5-5)。また、モニタリング1年目(2003年5月～2004年4月)は5月～12月の8ヶ月間で15枚が撮影されたのみであり、その翌年の春(3月～4月)に23枚が撮影されたことで計38枚の撮影となった。さらに、2年目(2004年5月～2005年4月)には月によって撮影枚数に増減はあるものの、118枚と撮影枚数が増加した。

考 察

モモンガ横断用支柱は、これまでに自動撮影カメラによって利用の可能性が示唆されているが(柳川ほか, 2004)、滑空まで至る利用は記録されていなかった。今回、赤外線投光機を活用したにもかかわらず、暗視カメラによる個体の確認はできなかった。これは、広い空間を調査地とし、さらにエゾモモンガのような夜行性かつ小型の滑空種には、暗視カメラを用いて行なうモニタリングが適していないことを示している。しかし、試験的な一例ではあったが、捕獲個体が支柱の最上部から滑空可能であった。そのため、エゾモモンガがこの支柱を用いて道路を横断する滑空が可能であることが確かめられた。また、滑空を開始した支柱から滑空を終了した樹木までの距離は22m以上であり、支柱最上部からおおよそ路面の高さまで落下した。そのため、道路を横断したエゾモモンガの落差はおよそ10mとなり、滑空比は2.2以上を示した。この滑空能力は、エゾモモンガの最大滑空比と比べて十分に余裕をもった滑空であるが、安全な滑空を行なうためにはより低い滑空比(第4章参照; 1.0～1.5)で横断

可能な構造物であるべきだろう。

モモンガ用渡し棒は、2年間を通じた撮影枚数が非常に多く、十分な利用が確認された。また、エゾモモンガや他のリス類はギャロップによる移動が一般的であることから（安藤・白石，1991；柳川・上田，2003），モモンガ用渡し棒に用いられたカラマツ材がエゾモモンガの移動にとって十分な太さであったと思われる。モモンガ用渡し棒では、カラマツ材にとまるいくつかの鳥類も撮影されたが、これらはカラマツ材を移動のために利用していないだろう。

厳冬期となる12月～2月には渡し棒の利用が少なく、このことはエゾモモンガが冬季の気温低下や食物資源の不足によって活動を低下させたため（柳川ほか，1991；山口・柳川，1995）と考えられる。また、この時期の活動のほとんどが採食であり、ハンノキやカンバ属の冬芽や花穂が利用される（柳川，1999）。これらの樹種は構造物が設置された森林には少なく、河畔林に比較的豊富であることから、川沿いに個体が移動した可能性もある。一方、6月～7月は、エゾモモンガの幼獣の分散期と2度目の交尾期にあたることから（柳川，1999），利用が増加すると考えられたにもかかわらず、その利用は減少した。この理由は生態的に明らかにすることができなかったが、5月と6月にエゾモモンガの捕食者であるフクロウが周辺で目撃されたことから、捕食による利用個体数の減少または渡し棒の利用が回避された可能性もある。利用が多くみられた3月～5月および8月～11月は、それぞれ1度目および2度目の授乳期を含んでいる。授乳期には雌が巣と採食場所を何度も往復することから（柳川，1999），構造物周辺の森林に生息する雌が頻繁に利用したために撮影

枚数が増加したと考えられる。

モニタリング 1 年目に比べて 2 年目にモモンガ用渡し棒の利用が増加した。
これは、2 年目になってこの渡し棒の利用可能性が周辺に生息する個体によって十分に認識されたためであろう。最初の利用が確認されたのはモニタリング開始 2 ヶ月後であったが、エゾモモンガが十分に渡し棒を認識するためには、少なくとも 2 年の期間が必要であることが明らかになった。

表 5-1 自動撮影カメラによって撮影された動物種と枚数

動物名	学名	撮影枚数
エゾモモンガ	<i>Pteromys volans orii</i>	156
エゾリス	<i>Sciurus vulgaris orientis</i>	1
クマネズミ属	<i>Rattus</i> sp.	2
ハクセキレイ	<i>Motacilla alba</i>	5
シジュウカラ	<i>Parus major</i>	2
ゴジュウカラ	<i>Sitta europaea</i>	3
無効撮影		331



図 5-1 道路両側に設置されたモモンガ横断用支柱



図 5-2 カルバート内に設置されたモモンガ用渡し棒



図 5-3 横断用の構造物と林を結ぶモモンガ誘致用足場



図 5-4 モモンガ用渡し棒を跳躍によって利用するエゾモモンガ
(左の個体は南から北方向, 右の個体は北から南方向へ移動)

図 5-5 各月および各年の撮影枚数の変動

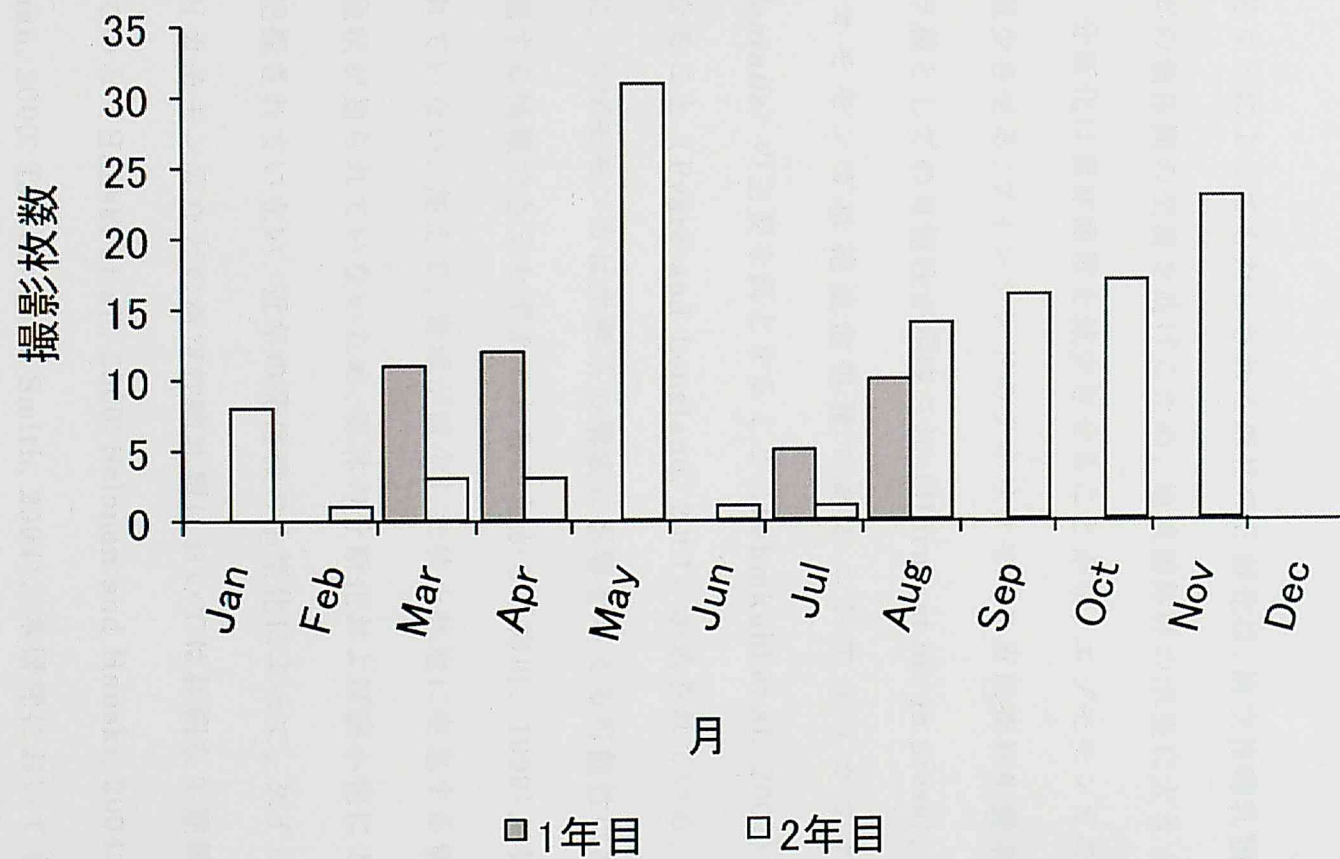


図 5-5 各月および各年の撮影枚数の変動

第6章 総合考察

開発などによってもたらされる森林の分断化は、滑空性哺乳類であるエゾモモンガの個体間の交流を妨げるため、地域個体群の消失に大きくかかわる。さらに、分断化は森林面積を減少させることから、エゾモモンガの利用可能な資源も減少させる。フィンランドのタイリクモモンガは森林生態系におけるアンブレラ種としての可能性が示唆され (Hurme et al., in press), また、オオアメリカモモンガは絶滅危惧種であるニシアメリカフクロウ (*Strix occidentalis*) の主要な餌となること (Lehmkuhl et al., 2007) と菌類の分散種となること (Pyare and Longland, 2001) が示されている。これらの種と同様に、エゾモモンガは生態系の構成に影響を与える可能性はあるが、その生態に関する情報でさえわずかであることから (柳川, 1999), 本種の重要性は示されていない。加えて、資源が減少した狭小林地に生息する個体についてもその現状が知られていないため、森林の分断化および狭小化による生態的な影響も把握されていない。近年の発信機の小型化によって、タイリクモモンガやアメリカモモンガなどの滑空性哺乳類においては詳細な生態調査が行なわれてきている (Hanski et al., 2000; Selonen and Hanski, 2004; Taulman and Seaman, 2000; Taulman and Smith, 2004)。本研究においても小型発信機を活用して狭小林地に生息するエゾモモンガ個体群の生態 (巣の利用, 活動性, 移動, 行動圏) を明らかにし、森林の分断化および狭小化の影響について考察して、分断化解消策の評価を示した。

狭小林地に生息するエゾモモンガは林地内に存在する樹洞、巣箱、樹上巣を1個体あたり2～8巣を利用し、利用数は海外のモモンガ類(Carey et al., 1997; Hanski et al., 2000)よりわずかに少ないことから、林地内の制限された巣の個数がエゾモモンガによる利用可能数と生息数に影響することが示唆された。また、これらの巣タイプの利用割合は季節によって異なり、夏季には樹洞と巣箱の複数利用が特徴的にみられ、冬季には特定の樹洞と樹上巣の利用が確認された。複数の巣タイプの利用は、これまでのタイリクモモンガの研究でも確認されているが、樹洞以外の利用は少ないことが知られている(Hanski et al., 2000)。一方で、アメリカモモンガでは適した樹洞数が制限された場合に巣箱の利用が高まる(Gilmore and Gates, 1985)。そのため、季節的な利用の変化を考慮すると、狭小林地に生息する個体群を維持するためには多様なタイプの巣資源が豊富に存在する必要がある。さらに、本研究においてエゾモモンガの雌のコアエリアは他の雌と排他的な関係をもつことから、豊富な巣資源が森林内に分散配置していることも重要であろう。特に、樹洞は通年にわたって主要な巣資源であるが、冬季には保温性に優れた樹洞を利用すると考えられるため、これらを十分な数で保存かつ維持していくべきである。

このことは、巣から夜間の移動距離を算出することによっても重要であることが示唆された。冬季にはエゾモモンガの活動性が低下すると報告されているにもかかわらず(山口・柳川, 1995)、夏季に比べて移動距離が長くなったため、移動距離の増加が冬季の食物資源の減少と低温に適した巣の制限によると考えられた。そのため、冬季の低温に適した樹洞と採食可能な資源について、

その存在量と配置はエゾモモンガの夜間の活動に大きな影響を与えているだろう。

本研究において、雄と雌の行動圏の関係（雄の行動圏面積が雌より大きいこと、雄の行動圏が複数の雌の行動圏を含むこと）は雄による繁殖相手の獲得と関係することが示唆され、辻ほか（2004）の結果を支持した。しかし、排他的と考えられていた雌同士の関係は 100%MCP においてみられず、狭小林地での資源の共有が考えられた。エゾモモンガの行動圏はタイリクモモンガ（Selonen et al., 2001）やアメリカモモンガ（Holloway and Malcolm, 2007）の研究と比べて小さかったが、狭小林地のほとんどの個体は生息地の外に移動することによって行動圏を拡大し、必要な資源を獲得していると考えられた。しかし、利用不能地となるオープンエリアを経由して生息地外の林地などへ移動することは、資源を獲得するための移動のエネルギーコストと捕食リスクも増やすかもしれない。

森林の分断化にともなって狭小となった林地に生息する個体群は、その制限された資源量を補うために他の林地に移動しなければならない。この移動可能性が高まることは、地域個体群の交流をもたらすと考えられる。分断化はその生息地内のハビタットの質の低下をもたらすが、コリドーや残存するハビタットの配置によってはハビタット損失の問題を軽減する可能性があるとする（Harrison and Bruna, 1999）。しかし、完全な樹上性のエゾモモンガは、自発的な飛翔ではなく、飛行距離に制限のある滑空によって長距離を移動するため、その移動能力には限界がある。そのため、他の林地の資源を活用するため

には、伐採による分断地が本種の移動能力に見合う範囲内でなくてはならない。エゾモモンガは、長距離（最大滑空距離：50m，最大滑空比：3.3）を移動可能な高い滑空能力を潜在的にもっているにもかかわらず、技術的なリスクと捕食者リスクを回避するために低い能力（滑空距離 10～20m，滑空比 1.0～1.5）を通常用いていると考えられた。特に、本研究の対象個体は成獣に限られており、分散移動する亜成獣（Selonen and Hanski, 2004）については滑空移動の技術的なリスクがさらに高まるだろう。したがって、地域個体群を維持していくためには、安全な滑空能力の範囲内に森林の分断化を最小限に抑えるべきである。

しかし、樹木の伐採が広範囲に及び、エゾモモンガの滑空能力を超える森林の分断化が生じる場合には、移動経路を創出する必要がある。さらに、その移動経路は実際に利用可能であるか評価されるべきであることから、エゾモモンガが生息する森林の分断箇所に滑空横断用の支柱と歩行移動用の渡し棒を設置し、モニタリングを行なった。これらの構造物を用いて、エゾモモンガの滑空による横断は実験的な野外観察のみで確認されたが、渡し棒を跳躍で両方向へ移動する結果は頻繁に示された。しかし、エゾモモンガが構造物を認識するまでの期間が 1 年以上必要とすることに加え、季節的な利用数の増減がみられたことから、構造物の有効性を明らかにするためには、通年かつ長期的なモニタリングが不可欠であるといえる。また、エゾモモンガが一定の移動経路を利用することで、捕食者による強い圧力が加わることも考えられる。そのため、鳥類捕食者の回避としてテグスの利用などニホンリスで用いられている対策

(塚原ほか, 1999) も検討する必要がある。

エゾモモンガが要求する資源は樹木に依存しており, これを利用するための移動コストと捕食リスクを軽減するため本種は滑空を用いて移動している。しかし, 滑空移動が可能な距離は限られており, 滑空能力を超える森林の分断化は資源の獲得と個体群の交流を不安定にさせる。オオアメリカモモンガについても, 生息地間を分散移動することが地域個体群の維持に重要であるとされる (Smith and Person, 2007)。本研究によって, 狭小化した林地の資源量とその分布の制限が, エゾモモンガの生態に影響を与えることが明らかになった。エゾモモンガは季節によって休息場所 (第 1 章参照) や食性 (浅利ほか, 印刷中) が変化するため, 生息地内の利用可能量が減少することは直接的に地域個体群の減少をもたらすだろう。生息する林地内に十分な資源量が確保できない場合に, エゾモモンガは他の林地へ移動して資源要求を満たすと考えられたが, 分断地の拡大はこの移動を妨げる。分断化による影響は, 適切な移動経路の創出を行なうことによって軽減できると考えられるが, 限定された経路ではエゾモモンガへの捕食圧が高まるといったリスクも増加すると予測される。したがって, エゾモモンガが生息する森林の分断化を最小限に抑えることで森林面積の縮小化を防ぎ, 採食可能な資源および巣資源について質と量をともに保全していくべきである。また, 防風林や河畔林および孤立木はエゾモモンガの移動にとって重要な経路であることから, メタ個体群の維持のために今後も保たれていくべきであり, エゾモモンガの捕食者回避 (トウヒなどの常緑針葉樹) や採食活動 (シラカンバなどの広葉樹) を考慮した複数樹種を選定することで

利用が高まると考えられる。エゾモモンガの休息および繁殖に必要な樹洞は、森林性の他種にとっても重要な巣資源となっていることや（安藤，2004；柳川・村木，2005），エゾモモンガの移動経路として重要と考えられる防風林が多様な種によって利用され（Yahner, 1983），生物多様性の保持に役立つ（León and Harvey, 2006）など，本種の生息地および移動経路を保全することは多種の生物に対しても大きな影響を与えるだろう。

本研究は，小型の滑空性哺乳類であるエゾモモンガの詳細な生態を明らかにした。特に資源が限られた狭小林地における本種の生態を示すことによって，森林の分断化と森林面積の縮小から受ける影響を見出した。さらに，森林の分断化による移動の制限を解消する対策とそのモニタリングは，エゾモモンガの地域個体群を保全するために有効であり，今後の森林伐採にかかわる開発での保全対策に役立つだろう。

要 約

第1章 狭小林地における巣の利用

狭小林地に生息する 8 個体のエゾモモンガによる巣の利用を 2005 年 4 月～2006 年 3 月に調査した。それぞれの個体は、非積雪期と積雪期にわたって 3 タイプ（樹洞、巣箱、樹上巢）の巣を 2～8 個利用した。エゾモモンガは複数の巣を必要とすると考えられたが、狭小な生息地では巣の絶対数が少ないことによって、エゾモモンガの個体数は制限を受けている可能性があった。非積雪期には巣の利用数が多く、樹洞と巣箱の利用割合が高かったが、積雪期には巣の利用数が少なく、樹洞と樹上巢の利用割合が高かった。非積雪期での巣箱の高い利用率は、気温の上昇と外部寄生虫の増加に関係していると思われた。また、積雪期における樹上巢の利用は狭小林地での樹洞資源が少ないことに起因していると考えられ、特定の樹洞の利用は樹洞内の保温性に関係しているかもしれないと推測された。

第2章 夜間の活動性および巣から活動場所までの距離の関係

狭小林地に生息する個体の日中の巣と夜間の活動場所を接近法によって特定した。夜間の活動性を 30 分間隔の移動距離からみると、日没後（平均 58.6m）と日の出前（38.2m）には深夜（22.7m）より長距離を移動したことから、エゾモモンガは深夜の休息をともなった 2 つの活動時間帯をもつと考えられ、さらに日の出前の活動時間帯には活発な長時間の採食が行なわれていると示

唆された。春～秋（雄：103.8m，雌：68.8m）と冬（雄：165.7m，雌：83.2m）のどちらにおいても，雄は複数の雌を獲得するための大きな行動圏を維持するために，雌よりも巣から活動場所まで長距離を移動したと考えられた。また，雄は春～秋より冬において長距離を移動した。これは，狭小林地での少ない巢資源を利用したことに加え，冬には制限され分散している食物資源を利用したためと考えられた。一方，雌は繁殖に適し，食物に近いような巣を年間を通じて優占的に選択したことによって，季節間に違いがみられなかったのだろう。

第3章 狭小林地におけるエゾモモンガの行動圏

狭小林地において，2005年4月～9月，2006年6月～8月および2007年5月にエゾモモンガ9個体に発信機を装着し，100%MCPと50%コアエリアを算出した。狭小林地において，エゾモモンガの平均100%MCPの面積（SD）は雄が2.98ha（1.33ha），雌が1.28ha（0.40ha）であり，平均50%コアエリアは雄が0.62ha（0.19ha），雌が0.25ha（0.21ha）であった。本調査地において，雌同士の100%MCPには重複がみられたことから資源の共有が示唆されたが，50%コアエリアでは排他的な関係を示した。林内を活動の中心とした1個体を除いて，すべての個体は林地外へ頻繁に移動することでその行動圏内に利用不能地を多く含んでおり，利用不能地の量は生息地外への移動頻度とともに活動場所の選択性（林内または林縁）によって決定されるかもしれない。林地外まで移動して得られた雄の大きな行動圏は複数の雌の行動圏と重複しており，このことによって雄が繁殖の可能性を高められるだろう。また，雌も

食物資源を十分に得るために行動圏を拡大する必要がある。狭小林地に生息するエゾモモンガは、利用不能地を含むことで大きな行動圏を維持したが、特定の移動経路は鳥類による捕食圧の増加にもつながる可能性があるため、森林の連続性を保つことが重要である。

第4章 エゾモモンガの滑空能力

エゾモモンガを 8 ヶ所の森林から捕獲し、各個体の体重を計測後に野外での滑空行動を観察した。滑空距離と滑空比を滑空能力の指標として、2003 年 7 月～2005 年 6 月に記録された 31 例の滑空を解析した。エゾモモンガの滑空能力は性別と体重によって影響を受けず、平均滑空距離は 18.9m、平均滑空比は 1.7 であった。エゾモモンガの最大滑空距離 (49.4m) と最大滑空比 (3.3) の値は高かったが、もっとも多くの観察は滑空距離 10～20m と滑空比 1.0～1.5 の分類クラスに含まれた。そのため、エゾモモンガは強風や鳥類捕食者のような高いリスクを回避するために、身体的および技術的に安全な能力で滑空移動していると考えられた。滑空比は滑空距離と正の相関がみられたことから、広い分断は高い滑空能力を引き出すと考えられるが、その滑空距離には限界がある。したがって、森林が分断化される場合には、成獣のエゾモモンガが移動可能な距離である 1.0 より小さな森林分断比 (= 森林間の距離 / 林縁の樹高) に抑えるべきであろう。

第5章 分断された森林への対策とその評価

道路によって分断化された森林においてエゾモモンガの移動経路を創出するミティゲーションが行なわれ、滑空移動のために設置されたモモンガ横断用支柱と歩行移動のために設置されたモモンガ用渡し棒についてエゾモモンガの利用状況を2003年5月から2005年4月にモニタリングした。モモンガ横断用支柱は暗視カメラによって利用が確認できなかったが、試験的に放獣したエゾモモンガが構造物から滑空したことによって十分に利用可能であることが示された。また、モモンガ用渡し棒の利用は自動撮影カメラによって記録され、ギャロップを用いた移動が頻繁に撮影されたため、設置されたカラマツ材がエゾモモンガの移動にとって十分な太さであったと思われる。利用数は、エゾモモンガの活動が低下する厳冬期に減少し、授乳期に増加する季節変化がみられた。また、モニタリング1年目（撮影枚数：38枚）に比べて2年目（118枚）で増加したことから、エゾモモンガが十分にモモンガ用渡し棒を認識するためには、少なくとも2年の期間が必要であることが明らかになった。

第6章 総合考察

狭小林地に生息するエゾモモンガは不足した資源を補うために他の林地へ移動するが、その滑空能力を超える森林の分断化は資源の獲得と個体群の交流を不安定にさせる。そのため、適切な移動経路を創出することによってこの問題を解消する必要があるだろう。しかし、特定の移動経路は捕食圧を高める可能性もあることから、森林の分断化を最小限に抑え、移動経路となる防風林や

河畔林を保つ必要があると考えられた。また、狭小化した林地において、エゾモモンガは利用可能な資源の量と分布によってその生態に影響を受けると考えられたことから、生息地内では採食可能な資源と巣資源について質と量とともに保全していくべきである。本研究によって、狭小林地に生息するエゾモモンガの生態と資源の制限によって受ける影響が明らかになった。さらに、森林の分断化による移動の制限を解消する対策とそのモニタリングは、エゾモモンガの地域個体群を保全するために役立つと考えられる。

Summary

1) Daily nest site use by the Siberian flying squirrel in small woods

The nest types in small woods used by eight flying squirrels (*Pteromys volans orii*) were studied from April 2005 to March 2006. Each flying squirrel used 2 to 8 nest-sites of three types (cavity, nest box, drey) throughout the year. The Siberian flying squirrel normally requires several nest-sites. This flying squirrel population appears to have been adversely affected by lack of nest resources, since the study area is fragmented and small. Flying squirrels used more nest-sites during snow-free seasons than snowy seasons. Higher preferences during non-snowy seasons were shown for cavities and nest boxes; and during snowy seasons, for cavities and dreys. It may be that the preference for nest boxes during snow-free seasons is related to higher temperatures and ectoparasites, and that the use of dreys and certain cavities during the snowy season is due to the shortage of cavity resources and their heat-insulating qualities.

2) Nocturnal activity and the distance moved from nest to sites of nocturnal activity

The nest sites during daytime and sites of nocturnal activity of the Siberian flying squirrel were located from April 2005 to March 2006 in small woods. Records of distances traveled per 30 min showed the flying squirrel to have two peaks of night activity, since the distances traveled 'just after sunset' (mean: 58.6 m) and 'just before sunrise' (38.2 m) were longer than those 'late at night' (22.7 m). It appears that they forage actively before sunrise. Between the nest and the sites of nocturnal activity, males moved significantly greater distances than females in spring to autumn (males: 103.8 m, females: 68.8 m) and in winter (males: 165.7 m, females: 83.2 m), since male home ranges tend to incorporate several female home ranges. It appears that males move longer distances in winter due to the low numbers of available food trees and nest resources. The reason that distances traveled by females in winter were not significantly greater than in spring to autumn, however, appears to be that females gravitate all year towards nests that are more suitable for breeding and which are close to food.

3) Home ranges of the Siberian flying squirrel in small woods

Sizes of 100% minimum convex polygon (MCP) and 50% core area were estimated for nine Siberian flying squirrels which were radio-tagged from April to September 2005, June to August 2006 and in May 2007. In small woods, the 100% MCP areas of males and females of the Siberian flying squirrel were 2.98 ha and 1.28 ha, respectively. Mean 50% core areas of males and females were 0.62 ha and 0.25 ha, respectively. These results suggest that females shared their food resources, due to their 100% MCPs overlapping, while their 50% core area showed exclusive relationships among females. All flying squirrels except one individual, which used only the woods interior, had non-usable areas within their home range separated by gaps that required traversing. The extent of non-available areas may be determined by frequency traversed to outside areas and selection of active points (interior or edge of woods). Male reproductive success is enhanced by having a large home range which overlaps several female home ranges. The Siberian flying squirrel, if it inhabits small woods, may suffer high predatory pressure on densely traveled paths, since they have large home ranges which include areas that are not usable for acquiring food resources or breeding mates.

4) Gliding ability of the Siberian flying squirrel

Gliding locomotion of Siberian flying squirrels whose weights had been recorded in advance was observed in eight forests. The horizontal distance and glide ratio obtained from 31 glides were employed from July 2003 to June 2005 as indicators of the squirrels' gliding ability. The gliding ability of the Siberian flying squirrel was not affected by weight or sex. Mean horizontal distance and glide ratio were 18.9 m and 1.7, respectively. Although maximum values were 49.4 m (horizontal distance) and 3.3 (glide ratio), most of the horizontal distances were in the 10-20 m range and glide ratios in the 1.0-1.5 range. It appears that flying squirrels prefer to travel shorter distances with a low glide ratio to minimize psychological and technical difficulties, and to avoid clear dangers such as strong winds and avian predators. The horizontal glide distance of the flying squirrel is limited, although the positive correlation between gliding ratio and horizontal distance suggests an ability to cross large open areas. Forest gaps should therefore not exceed the distance traversable with a glide ratio of 1.0 (distance between forests / tree height at the forest edge) by adult flying squirrels.

5) The measures to help the Siberian flying squirrel traverse in fragmented forests

The use by Siberian flying squirrels of two types of 'conservation bridge' were assessed from May 2003 to April 2005. They allow squirrels to traverse gaps caused by road construction. One consisted of two poles erected on opposite sides of a road to allow crossing by gliding. The use by flying squirrels was not able to observe, but its feasibility was confirmed in a trial using a captured and released squirrel. The other bridge was a Japanese larch log installed at the reinforced wall within a culvert. Large numbers of crossings were recorded via this corridor using a sensor-triggered camera, showing that the installed larch log is wide enough for gallop locomotion by the Siberian flying squirrel. The crossings via this corridor showed seasonal changes, decreasing in midwinter due to low activity and increased during nursing periods. There were more crossings in the second year of monitoring (number of photos: 118 shots) than in the first year (38 shots). It appears that it takes two years for Siberian flying squirrels to adapt to using this form of conservation bridge.

6) Discussion

Forest fragmentation leading to clearings that exceed squirrels' gliding ability threaten their access to resources and limits their connections among populations, although Siberian flying squirrels in small woods may compensate for insufficient resources by visiting other habitats. The isolation problem can be solved by construction of effective travel paths, although these may invite high predatory pressure if too densely traveled. It appears that minimization of forest fragmentation and the preservation of windbreaks and strips along riverbanks are essential for maintaining flying squirrel populations. Available food and nest resources should be also preserved within the habitats of flying squirrels, since in small woods their survival appears to be primarily affected by the volume and distribution of resources. This study shows that the Siberian flying squirrel inhabiting small woods is particularly adversely affected by limited resources, and that solutions to this problem, such as constructing 'conservation bridges' and taking measures to prevent forest fragmentation, are the most effective means of conserving Siberian flying squirrel populations.

謝 辞

本研究を行なうにあたって、主指導教官の柳川 久准教授には終始ご指導いただいた。心から感謝の意を表する。論文を取りまとめるにあたり、副指導教官の押田龍夫准教授ならびに青井俊樹教授にもご指導いただいた。また、帯広畜産大学野生動物管理学研究室の大学院生諸氏には調査にご協力いただき、中野智紘氏にはエゾモモンガの滑空のイラストを描いていただいた。厚くお礼申し上げます。

引用文献

- Airapetyants, A. E. and Fokin, I. M. 2003. Biology of European flying squirrel *Pteromys volans* L. (Rodentia: Pteromyidae) in the north-west of Russia. Russian Journal of Theriology, 2: 105-113.
- 安藤元一. 2004. 樹洞は誰のもの. (佐野 明・水野昌彦・繁田真由美, 編: 樹洞シンポジウム報告集 樹洞は誰のもの?) pp. 1-4. 樹洞シンポジウム実行委員会, 三重.
- 安藤元一・今泉吉晴. 1982. 狭小生息地におけるムササビの環境利用. 哺乳動物学雑誌, 9: 70-81.
- 安藤元一・白石 哲. 1983. ムササビの巣と造巢行動. 九大農学芸誌, 38: 59-69.
- 安藤元一・白石 哲. 1991. ムササビ *Petaurista leucogenys* の滑空適応と四足歩行. 哺乳類科学, 30: 167-181.
- Ando, M. and Shiraishi, S. 1993. Gliding flight in the Japanese giant flying squirrel *Petaurista leucogenys*. Journal of Mammalogical Society of Japan, 18: 19-32.
- 浅利裕伸・柳川 久. 2004. エゾモモンガ (*Pteromys volans orii*) の滑空能力. 日本哺乳類学会 2004 年度大会講演要旨集: 101.
- 浅利裕伸・柳川 久. 2006. 道路などで分断された森林に生息するエゾモモンガの移動. 「野生生物と交通」研究発表会講演論文集, 5: 57-64.
- 浅利裕伸・柳川 久. 2007. 異なる森林サイズに生息するエゾモモンガの行

動圈．野生生物保護学会 13 回大会講演要旨集：94．

浅利裕伸・山口裕司・柳川 久．印刷中．野外観察によって確認されたエゾモモンガの採食物．森林野生動物研究会誌．

Bendel, P. R. and Gates, J. E. 1987. Home range and microhabitat partitioning of the southern flying squirrel (*Glaucomys volans*). Journal of Mammalogy, 68: 243-255.

Bender, D. J., Contreras, T. A. and Fahrig, A. 1998. Habitat loss and population decline: a meta-analysis of the patch size effect. Ecology, 79: 517-533.

Brady, M. J., Risch, T. S. and Dobson, F. S. 2000. Availability of nest sites does not limit population size of southern flying squirrels. Canadian Journal of Zoology, 78: 1144-1149.

Carey, A. B., Wilson, T. M., Maguire, C. C. and Biswell, B. L. 1997. Dens of northern flying squirrels in the Pacific Northwest. Journal of Wildlife Management, 61: 684-699.

Delin, A. E. and Andrén, H. 1999. Effects of habitat fragmentation on Eurasian red squirrel (*Sciurus vulgaris*) in a forest landscape. Landscape Ecology, 14: 67-72.

Fahrig, L. 1997. Relative effects of habitat loss and fragmentation on population extinction. Journal of Wildlife Management, 61: 603-610.

Fridell, R. A. and Litvaitis, J. A. 1991. Influence of resource distribution

- and abundance on home-range characteristics of southern flying squirrels. *Canadian Journal of Zoology*, 69: 2589-2593.
- 藤巻裕蔵. 1963. エゾモモンガの飼育観察. 哺乳動物学雑誌, 2: 42-45.
- 船越公威・白石 哲. 1985. ムササビの採食活動. 哺乳動物学雑誌, 10: 149-158.
- Gilmore, R. M. and Gates, J. E. 1985. Habitat use by the southern flying squirrel at a hemlock-northern hardwood ecotone. *Journal of Wildlife Management*, 49: 703-710.
- Goheen, J. R., Swihart, R. K., Gehring, T. M. and Miller, M. S. 2003. Forces structuring tree squirrels in landscapes fragmented by agriculture: species differences in perceptions of forest connectivity and carrying capacity. *Oikos*, 102: 95-103.
- Goldingay, R. L. 2000. Gliding mammals of the world: diversity and ecological requirements. In (R. Goldingay and J. Scheibe eds.) *Biology of Gliding Mammals*. pp. 9-44. Filander Verlag, Fürth.
- Hanski, I. K. 1998. Home range and habitat use in the declining flying squirrel *Pteromys volans* in managed forests. *Wildlife Biology*, 4: 33-46.
- Hanski, I. K., Steven, P. C., Ihalempiä, P. and Selonen, V. 2000. Home-range size, movements, and nest-site use in the Siberian flying squirrel, *Pteromys volans*. *Journal of Mammalogy*, 81: 798-809.
- Harestad, A. S. and Bunnell, F. L. 1979. Home range and body weight-a reevaluation. *Ecology*, 60: 389-402.

- Harrison, S. and Bruna, E. 1999. Habitat fragmentation and large-scale conservation: what do we know for sure? *Ecography*, 22: 225-232.
- Hokkanen, H., Törmälä, T. and Vuorinen, H. 1982. Decline of flying squirrel *Pteromys volans* L. populations in Finland. *Biological Conservation*, 23: 273-284.
- Holloway, G. L. and Malcolm, J. R. 2007. Northern and southern flying squirrel use of space within home ranges in central Ontario. *Forest Ecology and Management*, 242: 747-755.
- Hurme, E., Mönkkönen, M., Sippola, A.-L., Ylinen, H. and Penttinen, M. Role of the Siberian flying squirrel as an umbrella species for biodiversity in northern boreal forests. *Ecological indicators*, (in press).
- Jackson, S. M. 1999. Glide angle in the genus *Petaurus* and a review of gliding in mammals. *Mammal Review*, 30: 9-30.
- 門崎允昭. 2001. エゾモモンガ *Pteromys volans* の痕跡. 森林野生動物研究会誌, 27: 27-33.
- 亀山 章. 2001. 自然環境アセスメントの特徴. (森本幸裕・亀山 章, 編: ミティゲーションー自然環境の保全・復元技術ー) pp. 2-10. ソフトサイエンス社, 東京.
- 環境省. 2002. 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物ーレッドデータブックーI 哺乳類, 175pp.
- Kataoka, T. and Tamura, N. 2005. Effects of habitat fragmentation on the

- presence of Japanese squirrels, *Sciurus lis*, in suburban forests. Mammal Study, 30 : 131-137.
- Kawamichi, T. 1997. Seasonal changes in the diet of Japanese giant flying squirrels in relation to reproduction. Journal of Mammalogy, 78 : 204-212.
- Laurance, S. G. and Laurance, W. F. 1999. Tropical wildlife corridors: use of linear rainforest remnants by arboreal mammals. Biological Conservation, 91: 231-239.
- Laurance, W. F. 1990. Comparative responses of five arboreal marsupials to tropical forest fragmentation. Journal of Mammalogy, 71: 641-653.
- Lehmkuhl, J. F., Kennedy, M., Ford, E. D., Singleton, P. H., Gaines, W. L. and Lind, R. L. 2007. Seeing the forest for the fuel: integrating ecological values and fuels management. Forest Ecological and Management, 246: 73-80.
- León, M. C. and Harvey, C. A. 2006. Live fences and landscape connectivity in a neotropical agricultural landscape. Agroforestry Systems, 68: 15-26.
- Loeb, S. C. 1993. Use and selection of red-cockaded woodpecker cavities by southern flying squirrels. Journal of Wildlife Management, 57: 329-335. 63: 291-297.
- Martin, K. J. and Anthony, R. G. 1999. Movement of northern flying

- squirrels in different-aged forest stands of western Oregon. *Journal of Wildlife Management*, 63: 291-297.
- 増田 泰. 2003a. エゾモモンガ (*Pteromys volans orii*) の日周活動. 知床博物館研究報告, 24: 53-58.
- 増田 泰. 2003b. エゾモモンガ (*Pteromys volans orii*) による巣箱利用. 知床博物館研究報告, 24: 59-62.
- Meyer, M. D., Kelt, D. A. and North, M. P. 2005. Nest trees of northern flying squirrels in the Sierra Nevada. *Journal of Mammalogy*, 86: 275-280.
- 村木尚子・柳川 久. 2006. 帯広市における鳥獣類による樹洞利用の季節変化. 樹木医学研究, 10: 69-71.
- 中野 繁・日野輝明・夏目俊二・林田光祐・稲葉芳和・奥田篤志. 1991. 冬季におけるエゾモモンガ *Pteromys volans orii* の営巣木の特徴と巣穴の構造. 北海道大学農学部演習林研究報告, 48: 183-190.
- 二村一男・阿部信行・佐藤光則. 2001. 標茶町内のエゾフクロウの生息と食性. 標茶町郷土館報告, 13: 39-44.
- Nishigaki, M. and Kawamichi, T. 2006. Nest-site selection by Japanese squirrels *Sciurus lis*. *International Tree Squirrel and Flying Squirrel Colloquia Abstracts*, pp. 75.
- Nupp, T. E. and Swihart, R. K. 2000. Landscape-level correlates of small-mammal assemblages in forest fragments of farmland. *Journal of*

- Mammalogy, 81: 512-526.
- 帯広市. 2003. 緑の基本計画. 139pp.
- 岡崎弘幸・今西 誠・重昆達也. 1996. 東京都におけるムササビ *Petaurista leucogenys* の分布. 東京都高尾自然科学博物館研究報告, 17: 1-24.
- 尾崎研一・工藤琢磨. 2002. 行動圏: その推定法, 及び観察点間の自己相関の影響. 日本生態学会誌, 52: 233-242.
- Pasch, B. and Koprowski, J. L. 2006. Sex differences in space use of Chiricahua fox squirrels. Journal of Mammalogy, 87: 380-386.
- Pierro, E. D., Molinari, A., Tosi, G. and Wauters, L. A. 2007. Exclusive core areas and intrasexual territoriality in Eurasian red squirrels (*Sciurus vulgaris*) revealed by incremental cluster polygon analysis. Ecological Research [online]. [cited 5 December 2007]. Available from World Wide Web: <http://www.springerlink.com/content/668020mv84pkk721/fulltext.pdf>.
- Pyare, S. and Longland, W. S. 2001. Patterns of ectomycorrhizal-fungi consumption by small mammals in remnant old-growth forests of the Sierra Nevada. Journal of Mammalogy, 82: 681-689.
- Ribble, D. O. and Stanley, S. 1998. Home ranges and social organization of syntopic *Peromyscus boylii* and *P. truei*. Journal of Mammalogy, 79: 932-941.
- Rodríguez, A. and Andrén, H. 1999. A comparison of Eurasian red squirrel

- distribution in different fragmented landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 36: 649-662.
- Scheibe, J. S. and Robins, J. H. 1998. Morphological and performance attributes of gliding mammals. In (M. A. Steel, J. F. Merritt), and D. A. Zegers eds.) *Ecology and evolutionary biology of tree squirrels*. pp. 131-144. Virginia Museum of Natural History, Virginia.
- Schneider, M. F. 2001. Habitat loss, fragmentation and predator impact: spatial implications for prey conservation. *Journal of Applied Ecology*, 38: 720-735.
- Selonen, V. and Hanski, I. K. 2003. Movement of the flying squirrel *Pteromys volans* in corridors and in matrix habitat. *Ecography*, 26: 641-651.
- Selonen, V. and Hanski, I. K. 2004. Young flying squirrels (*Pteromys volans*) dispersing in fragmented forests. *Behavioral Ecology*, 15: 564-571.
- Selonen, V., Hanski, I. K. and Stevens, P. C. 2001. Space use of the Siberian flying squirrel *Pteromys volans* in fragmented forest landscapes. *Ecography*, 24: 588-600.
- Smith, W. P. and Person, D. K. 2007. Estimated persistence of northern flying squirrel populations in temperate rain forest fragments of Southeast Alaska. *Biological Conservation*, 37: 626-636.

Swihart, R. K., Slade, N. A. and Bergstrom, B. J. 1988. Relating body size to the rate of home range use in mammals. *Ecology*, 69: 393-399.

竹田津こるり・柳川 久. 1995. エゾモモンガ母子の音声コミュニケーション. *森林保護*, 247: 22-24.

Taulman, J. F. and Seaman, D. E. 2000. Assessing southern flying squirrel, *Glaucomys volans*, habitat selection with kernel home range estimation and GIS. *Canadian Field-Naturalist*, 114: 591-600.

Taulman, J. F. and Smith, K. G. 2004. Home range and habitat selection of southern flying squirrels in fragmented forests. *Mammalian Biology*, 69: 11-27.

Thorington, R. W. Jr. and Heaney, L. R. 1981. Body proportion and gliding adaptations of flying squirrels (Petauristinae). *Journal of Mammalogy*, 62: 101-104.

辻 修・柳川 久・宗岡寿美・土谷富士夫. 2004. GIS を用いたエゾモモンガの生息エリアの推定. *農業土木学会誌*, 72: 37-40.

塚原成樹・小松裕幸・岩橋基行・中村健二. 1999. 大規模住宅地開発におけるニホンリスに着目したエコロードの取組み. *土木学会第 54 回年次学術講演会講演概要集*, 188-189.

Van Apeldoorn, R. C., Celada, C. and Nieuwenhuizen, W. 1994. Distribution and dynamics of the red squirrel (*Sciurus vulgaris*) in a landscape with fragmented habitat. *Landscape Ecology*, 9: 227-235.

- Van der Ree, R. and Bennett, A. F. 2003. Home range of the squirrel glider (*Petaurus norfolcensis*) in a network of remnant linear habitat. *Journal of Zoology London*, 259: 327-336.
- Verboom, B. and Van Apeldoorn, R. 1990. Effects of habitat fragmentation on the red squirrel, *Sciurus vulgaris* L. *Landscape Ecology*, 4: 171-176.
- Vernes, K. 2001. Gliding performance of the northern flying squirrels (*Glaucomys sabrinus*) in mature mixed forest of eastern Canada. *Journal of Mammalogy*, 82: 1026-1033.
- Wauters, L. A., Bertolino, S., Adamo, M., van Dongen, S., Tosi, G. 2005. Food shortage disrupts social organization: the case of red squirrels in conifer forests. *Evolutionary Ecology*, 19: 375-404.
- Woodworth, C. J., Bollinger, E. K. and Nelson, T. A. 2000. The effects of forest fragment size, isolation, and microhabitat variables on nest box use by southern flying squirrels (*Glaucomys volans*) in Southern Illinois. In (R. Goldingay and J. Scheibe eds.) *Biology of Gliding Mammals*. pp. 135-147. Filander Verlag, Fürth.
- Yahner, R. H. 1983. Small mammals in farmstead shelterbelts: habitat correlates of seasonal abundance and community structure. *Journal of Wildlife Management*, 47: 74-84.
- 山口裕司・柳川 久. 1995. 野外におけるエゾモモンガ *Pteromys volans orii* の日周期活動. 哺乳類科学, 34: 139-149.

- 柳川 久. 1994. 小鳥用巣箱を用いたエゾモモンガの野外研究. 森林保護, 241: 20-22.
- 柳川 久. 1999. エゾモモンガの生態 (ビデオ発表) —北海道十勝平野における一年間の記録—. 哺乳類科学, 39: 181-183.
- 柳川 久・村木尚子. 2005. 野生動物にとっての樹洞の有用性とその保全例. 「野生生物と交通」研究発表会講演論文集, 4: 61-66.
- 柳川 久・上田理恵. 2003. 北海道におけるエコブリッジ (樹上性動物用ブリッジ) の現状と課題. 「野生生物と交通」研究発表会講演論文集, 2: 45-52.
- 柳川 久・田中雅宏・井上 剛・谷口明里. 1991. 飼育下におけるエゾモモンガ *Pteromys volans orii* の日周期活動. 哺乳類科学, 30: 157-165.
- 柳川 久・浅利裕伸・岸田久美子・木村誠一・北清竜也. 2004. 北海道帯広市のモモンガ用道路横断構造物とそのモニタリング. 「野生生物と交通」研究発表会講演論文集, 3: 13-18.
- 米田政明・阿部 永・中尾弘志. 1979. 耕地防風林におけるエゾフクロウの冬期間の食性. 山階鳥類研究所研究報告, 11: 49-53.