

論文 (Original article)

都市近郊造林地における人工的ギャップ形成が哺乳類の活動に与える影響

林典子^{1)*}、井上大成¹⁾

要旨

都市近郊において、造林地の管理状態によって、哺乳類の活動にどのような変化がみられるのかを明らかにするために、下層密度が異なる造林地および人工的にギャップを作成した地点に自動撮影カメラを設置し、けもの道として利用する哺乳類相の違いを定量評価した。下層密度が高い林分の方が、低い林分よりもけもの道として利用する在来哺乳類種の多様度は高かった。しかし、ハクビシン、アライグマ、イエネコなど外来生物においても、下層植生密度が高い地点を多く利用する傾向が見られた。また、人工ギャップを形成した時、下層が繁茂している林分では、ギャップを作成することによって、哺乳類の利用総数は周辺に比べて減少する傾向がみられたが、多様度はギャップの方が高い傾向が見られた。また、タヌキ、アナグマ、ハクビシンはギャップを通過する頻度がコントロールに比べて有意に低かったが、イノシシ、アカネズミでは有意な傾向は認められず、ノウサギではギャップの利用頻度がやや高かった。都市近郊造林地の下層植生を管理したり、小規模な人工ギャップを作成することによって、哺乳類の種ごとの行動に異なる影響が及ぶことが明らかになった。

キーワード：自動撮影カメラ、哺乳類相、下層植生、人工ギャップ、都市近郊造林地

1. はじめに

戦後の拡大造林によって全国各地で増加した人工林がその後放置され、木材生産の場としてのみならず、多面的な機能が低下しているため、その再生が急務であることはしばしば指摘されている(林野庁 2013)。森林がもつ多面的機能の一つとして、生物多様性の保全は 1990 年代から森林管理の目的の一つとして掲げられるようになってきた(藤森 1997)。しかし、人工林の環境は一般的には生物多様性に欠け、哺乳類の生息の場として価値が低いと考えられている(村上 1996)。一方で、人工林と言っても、管理や立地によって、植生環境は多様となりうることも明らかになってきた(星野 1999; 長池 2002; 五十嵐ら 2014)。したがって、天然生の森林だけではなく、人工林も哺乳類の生息場所となる可能性があり、どのような人工林が各種哺乳類の生息環境として必要かを考える必要がある。これまで人工林を哺乳類の生息場所として評価した研究は極めて少ないが(石井・河原 2006, 川村ら 2014)、現在大きな面積を占める人工林を哺乳類の保全の場として管理していくために、そうした知見が必要である。

都市近郊の森林は特に天然林の割合は低く、東京都の多摩西部では人工林率は 6 割に及んでいる(東京都産業労働局 2013)。また、そのほとんどが昭和 30 年代に植林されたものであり、林齢構成は偏っているうえ、間伐などの手入れがされず、下層植生は乏しい(東京都産業労働局 2013)。都市近郊林では、最近

20 年間にタヌキ *Nyctereutes procyonoides*、アナグマ *Meles anakuma*、イノシシ *Sus scrofa* などが分布を広げている一方で、キツネ *Vulpes vulpes*、ノウサギ *Lepus brachyurus*、ムササビ *Petaurista leucogenys*、ニホンリス *Sciurus lis* などが退行していることが報告されている(曾根・土方 1992, Kataoka and Tamura 2005, 岡崎 2010, 八王子市 2014)。都市近郊における近年の環境変化に対して種によって反応が異なることは、それぞれの種が選好する環境が異なることを意味している(園田・倉本 2008)。しかし、都市近郊の造林地に生息する哺乳類が、森林管理による環境変化にどのような反応を示すのか定量評価した試みはほとんどない。

一般的に、野生動物が生息する条件として、下層の植生環境は重要な要因であると考えられている。たとえば都市近郊林に多いタヌキでは、テレメトリー調査で個体追跡をした結果、日中潜む場所として下層が繁茂したヤブを利用するため、生息条件として下層を残すことが必要であるとされている(園田 2008, 金子ら 2008)。哺乳類の生息には、繁殖、休息、採食、移動といった多様な用途に適した場が必要であり、それぞれに必要な植生環境は必ずしも同じではない。このうち活動時間に哺乳類が利用するけもの道として、どの程度下層植生が重要な要因であるか、明確になってはいない。本研究では、下層植生の密度が異なるけもの道で、利用する動物相に違いがあるかどうかを比較した。

原稿受付：平成 26 年 4 月 11 日 原稿受理：平成 26 年 9 月 8 日

1) 森林総合研究所多摩森林科学園

* 森林総合研究所多摩森林科学園 〒193-0843 東京都八王子市廿里町 1833-81

また、スギやヒノキが密植され、森林内に光が不足している造林地も多い。こうした針葉樹人工林において、小規模の人工的なギャップを作ることによって林床植生の多様性を復元し、そこに生息する動物相を豊かにすることによって、本来の自然生態系に倣った環境を作り上げることができると考えられている（長池 2002, 清和 2010）。小規模なギャップを作成することによって、植物の多様性が増すことが報告されているが（服部ら 2004, 山川ら 2009）、動物相への影響はほとんど調査されていない。行動範囲が広い哺乳類については、小規模な伐採が生息に影響する可能性は低い、行動への影響は予想される。本研究では、小規模な人工ギャップを作成した場合、各種の哺乳類の利用頻度がどのように変化するか、短期的な影響を評価した。

以上より、都市近郊林で実施可能な小規模の管理が、各種哺乳類の活動にどのような影響を与える可能性があるかを明らかにする。

2. 調査地と方法

調査は東京都八王子市にある多摩森林科学園の試験林（36°38'37-39°04'N, 139°16'04-16°51'E, 標高 183~287m）において行った。試験林の一部にはモミ *Abies firma* やスダジイ *Castanopsis sieboldii* などが優占する自然林が残っているが、大部分は、スギ *Cryptomeria japonica* やヒノキ *Chamaecyparis obtusa* など針葉樹および各種広葉樹の人工林であり、多様な樹種の林分がモザイク状に混在している（勝木ら 2010）。人工林の多くは 1921

年に当地が皇室林野局林業試験場になってから、植栽試験林として造成されたものである。当初、植栽試験林では間伐や下刈りなどの管理が行われていたようだが、現在では二次林に誘導するため、意図的に管理を行わない状況である。そのため、下層の繁茂状況は上層あるいは中層の樹種や本数密度などの影響を受け、林分によって異なる。

本研究では、スギあるいはヒノキの植栽林分を対象とし、すでに利用されているけもの道に自動撮影カメラを設置した（Fig. 1）。Fig. 1 の地点 1 はモミやスダジイが優占する自然林の中に、ヒノキが植栽されている林分が混在し、南側で住宅地と隣接している。地点 2 はサクラ保存林として一般公開されているエリアに、スギあるいはヒノキの植栽林分が混在している。北側で住宅地と隣接している。地点 3 は多様な樹種の植栽試験林に囲まれたヒノキ林分である。住宅には接していない。それぞれの地点は 400m から 500m ほど離れているが、森林は連続しており、中型哺乳類にとっては日常的に移動する範囲である（Sacki et al. 2007, 金子 2002 など）。

哺乳類によるけもの道利用頻度と下層植生の密度との関わりを調べるために、地点 1 から 3 のそれぞれにおいて、下層の密度が低い a、下層密度が中程度の b、下層密度が高い c の 3 カ所ずつ、合計 9 カ所に調査区を設定した。2012 年 4 月に、9 カ所で、それぞれ任意に 5 カ所ずつ 1m × 1m のプロットをとり、その範囲内に生育する下層木本の本数密度を数えた。草本につ



Fig. 1. Location of the study plots set in Tama Forest Science Garden

いては、哺乳類の行動に影響するサイズと考えられなかったため、対象から外した。また、けもの道利用に関わる植生以外の要因として、餌となる土壤動物の現存量の違いが考えられる。そこで各調査地において、2012年9月3日と4日および2013年8月26日と27日に土壤動物量調査を行った。各調査プロットに25cm×25cmの枠を任意に3カ所置き、それぞれ深さ10cmまでの土壌を採取してビニール袋に入れて持ち帰った。土壌をバットに移し、目視によって概ね体長1mm以上の大型土壤動物を取り出し、分類群ごとに個体数を数え、総重量を湿重で測定した。さらに、食肉類の餌となる可能性がある鳥類については、哺乳類調査のために設置した自動撮影カメラに撮影された鳥類の撮影頻度を比較した。

2012年3月から2013年2月にかけて、9カ所に自動撮影カメラ（麻里府商事製 Fieldnote II または Fieldnote Duo）（以下カメラとする）を設置した。カメラはけもの道に向けて設置したが、餌による誘引は行わず、また特定の動物の巣穴近くではない場所とした。調査努力量はいずれのカメラにおいても毎月3週間とし、撮影された動物の種類と枚数をカウントした。撮影された映像の中で、30分以内に同種個体が出現した場合は同一個体とみなした（O'Brien et al. 2003, 園田・倉本 2008）。撮影枚数を地点ごと、下層密度ごとに集計し、哺乳類の種ごとに差が認められるかどうか χ^2 検定によって調べた。さらに、多様度を評価する指標として、各哺乳類種の撮影頻度を用いて、Simpson の単純度指数 λ を求めた。

$\lambda = \sum n_i (n_i - 1) / (N(N-1))$ ただし、 N は各地点における哺乳類の総撮影頻度、 n_i は i 番目の種の撮影頻度とした。

9カ所の調査地点のうち、現状の植生環境を配慮して人工ギャップを作成できると判断された地点 1a、2b、2c、3a、3c の5カ所において、2013年2月に、林分内に人工ギャップを作成した。10m×10mの範囲に生育する樹高8m以上の上層木および、アオキ *Aucuba japonica*、ササ類を除去した。伐採された木は、ギャップ周囲にまとめて残置した。2013年5月から2014年1月まで、5カ所のギャップと周囲の無処理域（コントロールとする）に見られるけもの道にカメラをそれぞれ1台ずつ、合計10台設置した。コントロールのカメラはギャップの端から、約10–20mの距離に位置した。カメラは毎月3週間ずつおき、撮影された動物の種類と枚数をカウントした。ギャップとコントロールで撮影頻度に有意差があるかどうか、哺乳類の種ごとに χ^2 検定を行った。また、多様度を評価する指標として、各哺乳類種の撮影頻度を用いて、Simpson の単純度指数 λ を求めた。

$\lambda = \sum n_i (n_i - 1) / (N(N-1))$ ただし、 N は各地点における哺乳類の総撮影頻度、 n_i は i 番目の種の撮影頻度とした。

3. 結果

調査プロットの下層繁茂状況を調査した結果を Table 1 にまとめた。1m²あたりの平均本数は下層密度が低い地点では0から1本、下層密度が中程度の地点では2から4本、下層密度が高い地点では6から10本で、地点1、2、3で同様な値を示した。全地点でもっとも多かった樹種はアオキで地点1では全体の48%、地点2では40%、地点3では48%を占めた。次に多かったのは地点1と2ではアラカシ *Quercus glauca*、地点3ではアズマネザサ *Pleioblastus chino* であった。このほか、ヒサカキ *Eurya japonica*、サカキ *Cleyera japonica*、シロダモ *Neolitsea sericea*、ヤブツバキ *Camellia japonica*、シラカシ *Quercus myrsinifolia* などが出現した。このうち、地点1a、2b、2c、3a、3cにおいて、2014年2月にギャップを作成したため、以降ギャップ内のアオキ、アズマネザサは除去された。

2012年に行なった土壤動物調査で採集された総重量は6250cm³あたり0.05から1.10gまで22倍の差があった (Table 1)。アリ、シロアリ類を除いて、もっとも個体数が多かったのは、ムカデ・ヤスデ類、次いでミミズ類、双翅目幼虫、甲虫幼虫の順であった。下層植生の密度と土壤動物量との間に有意な関連は認められなかった ($r=0.22$, $t=0.60$, $P=0.71$)。すなわち、地点1では下層密度が高いプロットで土壤動物が多かったが、地点2および地点3では下層密度が中程度のプロットで土壤動物が多かった。ただし、いずれの地点でも下層密度が低いプロットで土壤動物量が相対的に少ない結果になった。また、コントロールとギャップで土壤動物量を比較すると、コントロールに比べてギャップで少ないという地点と、逆にギャップで多いという地点が混在し、全区域での土壤動物量はギャップとコントロールで有意な差は認められなかった ($t=0.85$, $P=0.21$) (Table 1)。

2012年3月から2013年2月における鳥類の撮影頻度は地点間で最少3回から最多12回であった (Table 1)。撮影された鳥類で多かった種は、地点1ではシロハラ *Turdus pallidus*、トラツグミ *Zoothera dauma*、地点2ではコジュケイ *Bambusicola thoracicus*、地点3ではヤマドリ *Syrnaticus soemmerringii* であった。また、下層植生の密度が低い地点では鳥類の撮影頻度は少なく、中ではカケス *Garrulus glandarius* が最も多かった。下層密度が中程度の地点ではシロハラ、ヤマドリが多かった。下層密度が高い地点ではコジュケイが最も多かった。2013年5月から2014年1月にかけて、ギャップで撮影された鳥類は極めて少なかったが、コントロールでは地点によって0から32枚と幅があった。多かったのはキジバト、コジュケイ、ヒヨドリの3種で、全体の83%を占めた。しかし、自動撮影の反応速度より早く行動する特に小型の鳥類は、撮影されにくい傾向があるため、本手法では必ずしもすべての現存鳥類を評価できているわけではない。

Table 1. Summary of environments and number of pictures taken in each study plot

2012Mar. - 2013Feb.		1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Understory density (No./1m ²)		1.0±1.0	3.0±0.7	6.8±2.1	0.8±0.8	2.8±0.5	8.6±1.5	0.8±0.8	3.8±1.3	9.2±1.8
Soil invertebrate (g/6250cm ³)		0.27±0.18	0.33±0.33	1.09±0.67	0.05±0.06	0.33±0.20	0.10±0.06	0.11±0.05	0.44±0.24	0.14±0.11
Avian photos										
Total No.		3	9	5	7	7	12	6	8	9
<i>Gorsachius gotsagi</i>		0	0	0	2	0	1	0	0	0
<i>Scolopax rusticola</i>		0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Bambusicola thoracicus</i>		0	0	0	0	0	7	0	0	0
<i>Symaticus soemmerringii</i>		0	0	0	0	1	0	1	4	2
<i>Streptopelia orientalis</i>		1	0	1	1	0	1	0	0	0
<i>Hypsipetes anauensis</i>		2	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>Zoothera dauma</i>		0	3	1	0	1	0	0	0	0
<i>Turdus chrysolaus</i>		0	1	0	2	0	0	0	0	2
<i>Turdus pallidus</i>		0	3	2	0	2	1	0	1	0
<i>Horornis diphone</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Parus varius</i>		0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Emberiza variabilis</i>		0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Garrulus glandarius</i>		0	0	0	1	0	0	2	0	0
<i>Garrulus canorus</i>		0	0	0	0	0	0	1	1	1
unknown		0	2	1	1	1	1	2	0	1
Mammal photos										
Total No.		42	14	13	45	21	93	34	52	41
<i>Chiroptera</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Apodemus speciosus</i>		2	1	3	2	1	6	0	1	0
<i>Lepus brachyurus</i>		0	1	0	0	0	0	5	1	0
<i>Vulpes vulpes</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nyctereutes procyonoides</i>		7	7	2	19	3	16	9	20	7
<i>Procyon lotor</i>		1	0	0	0	2	5	0	1	10
<i>Felis catus</i>		1	0	2	2	1	9	4	2	2
<i>Martes melampus</i>		2	2	1	2	0	0	0	1	1
<i>Meles anakuma</i>		10	2	1	1	1	5	0	3	6
<i>Paguma larvata</i>		4	1	0	6	6	30	4	5	2
<i>Cervus nippon</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sus scrofa</i>		15	0	3	13	7	16	9	17	8
unknown		0	0	1	0	0	6	0	1	4
2013Apr. - 2014Jan.		1a-gap	1a-control	2c-gap	2c-control	3a-gap	3a-control	3c-gap	3c-control	
Soil invertebrate (g/6250cm ³)		0.31±0.35	0.04±0.02	0.02±0.09	0.16±0.09	0.10±0.09	0.04±0.03	0.15±0.06	1.93±2.80	
Avian photos										
Total No.		1	0	2	2	2	32	2	5	6
<i>Bambusicola thoracicus</i>		0	0	0	0	0	6	0	2	3
<i>Strix uralensis</i>		1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Streptopelia orientalis</i>		0	0	0	1	0	13	0	0	0
<i>Hypsipetes anauensis</i>		0	0	0	0	0	11	0	0	0
<i>Tarsiger cyanurus</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Zoothera dauma</i>		0	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Turdus pallidus</i>		0	0	0	0	0	0	1	3	0
<i>Corvus corone</i>		0	0	0	0	2	0	0	0	0
unknown		0	0	0	0	0	1	1	0	2
Mammal photos										
Total No.		9	28	43	145	46	40	32	55	
<i>Chiroptera</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Apodemus speciosus</i>		1	2	9	3	5	4	0	10	
<i>Lepus brachyurus</i>		0	0	0	1	10	4	0	0	
<i>Vulpes vulpes</i>		0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nyctereutes procyonoides</i>		1	2	14	52	0	13	10	9	
<i>Procyon lotor</i>		0	0	1	1	6	0	3	24	
<i>Felis catus</i>		0	0	1	34	0	0	2	0	
<i>Martes melampus</i>		2	1	1	1	0	1	0	0	
<i>Meles anakuma</i>		3	16	10	24	5	3	6	5	
<i>Paguma larvata</i>		1	4	1	12	1	2	0	1	
<i>Cervus nippon</i>		0	0	0	0	0	3	1	0	
<i>Sus scrofa</i>		1	3	6	15	18	9	6	6	
unknown		0	0	1	2	1	1	4	0	

2012年3月から2013年2月に設置した9カ所のカメラでは、合計355枚哺乳類が撮影された。このうち、97%にあたる341枚について、哺乳類の種類が判別された。撮影枚数はカメラ設置箇所によって差があり、最少は地点1cで13枚、最多は地点2cで93枚であった。地点1で多く撮影された種は、イノシシ、タヌキ、アナグマで、この3種が全体の69%を占めた。地点2ではハクビシン *Paguma larvata*、タヌキ、アナグマの順に多く、この3種が全体の76%を占めた。地点3でもイノシシとタヌキが多く、ハクビシンとアライグマ *Procyon lotor* が同数で3位となった。ハクビシンについては、撮影頻度が地点間で有意に異なり、地点2で多い傾向がみられた ($\chi^2=19.11$, $P<0.01$)。それ以外の種については、地点間での撮影頻度の違いは有意ではなかった。

下層の状態ごとに撮影された種の頻度を比べてみると (Fig. 2)、ハクビシン、アライグマ、イエネコ *Felis catus*、アカネズミ *Apodemus speciosus* において、下層密度が高い地点での撮影頻度が高い傾向があり、イノシシ、タヌキ、アナグマ、テン *Martes melampus* では下層密度による違いは明確ではなかった。ノウサギ、キツネは下層密度が低い地点で撮影された。総撮影頻度が高かったイノシシ、タヌキ、アナグマ、ハクビシン、イエネコ、アライグマの6種について検定を行っ

たところ、アライグマ ($\chi^2=8.59$, $P<0.05$) とハクビシン ($\chi^2=5.70$, $P=0.05$) で下層密度の高い地点で撮影頻度が有意に高かった。餌として土壌動物を多く利用するイノシシ、アナグマ、タヌキについて土壌動物量と撮影頻度との関係を解析したが、いずれの種においても有意な関係は認められなかった (イノシシ: $r=0.43$, $t=-1.27$, $P=0.25$, アナグマ: $r=0.21$, $t=-0.58$, $P=0.58$, タヌキ: $r=0.47$, $t=-1.40$, $P=0.20$)。

下層の3段階で多様度指数を比較すると、全哺乳類種を対象とした場合、下層が少ないaではSimpsonの $\lambda=0.200$ 、中程度のbでは $\lambda=0.220$ 、高密度のcでは $\lambda=0.158$ となり、下層密度が高い環境でやや多様度が上がる傾向はあったものの顕著な差は認められなかった。しかし、アライグマ、ハクビシン、イエネコなどの外来生物を除いた多様度指数は、aでは $\lambda=0.993$ 、bでは $\lambda=0.322$ 、cでは $\lambda=0.272$ であり、下層が疎な環境では多様度が著しく下がる傾向があった。

2013年5月から2014年1月に設置した10台のカメラで、合計447枚哺乳類が撮影された。このうち、98%にあたる438枚について、哺乳類の種類が判別された。総撮影枚数は1aギャップ内で最少9枚から、2cコントロールで最多145枚と大きな差が認められた。総撮影枚数は1a、2c、3cでは、ギャップによって開

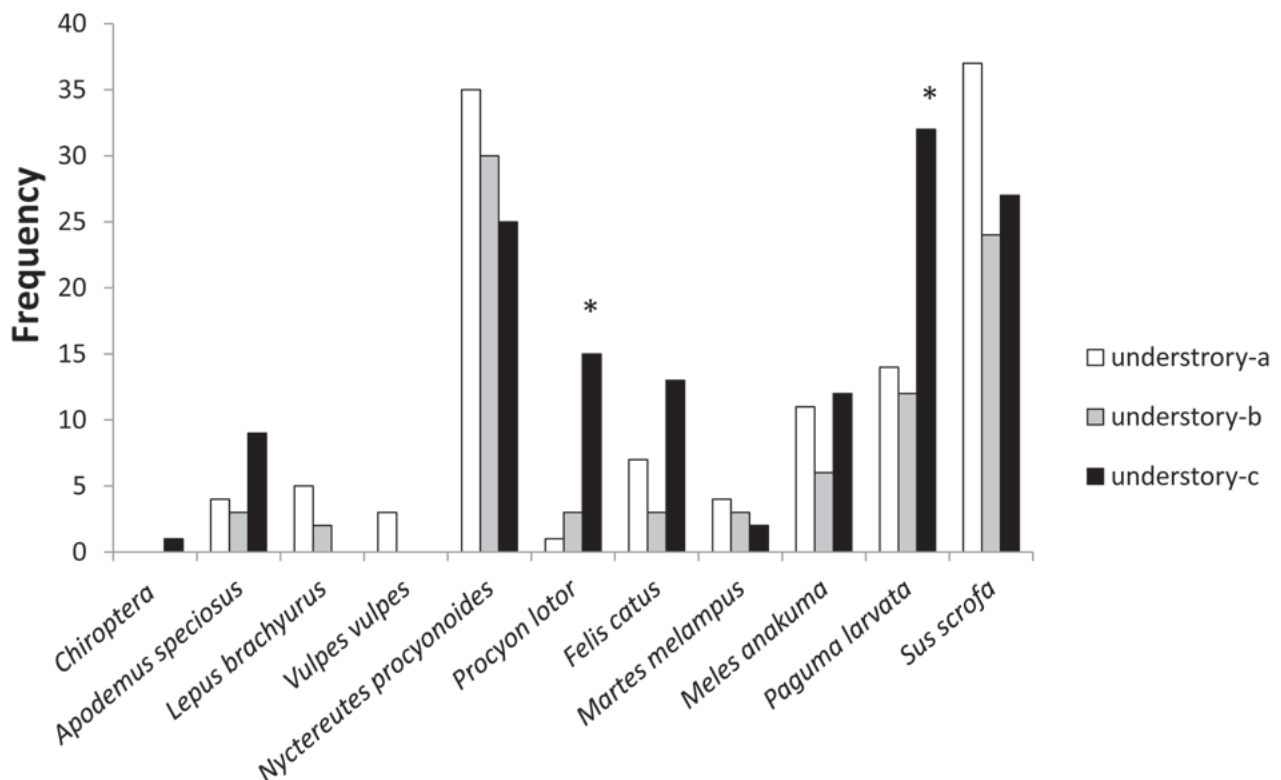


Fig. 2. Comparison of the number of pictures for 11 mammal species taken in different understory density (understory a=low, b=medium, c=high) *: $P<0.05$, **: $P<0.01$

けた環境でコントロールよりも撮影頻度が有意に減少する傾向が見られた (Table 1) (1a: $\chi^2=5.16$, $P<0.05$; 2c: $\chi^2=29.7$, $P<0.01$; 3c: $\chi^2=4.54$, $P<0.05$)。しかし、ギャップ地点において常に少ないというわけではなく、2b および 3a 地点では差が見られなかった (Table 1)。

種類ごとに解析してみると、タヌキ、アライグマ、アナグマ、ハクビシン、イエネコにおいて、ギャップよりもコントロールでの撮影総数が多い傾向があり、このうちタヌキ ($\chi^2=12.08$, $P<0.01$)、アナグマ ($\chi^2=4.78$, $P<0.05$)、ハクビシン ($\chi^2=7.08$, $P<0.01$)、イエネコ ($\chi^2=16.38$, $P<0.01$) において、差が有意であった (Fig.3)。イノシシ、アカネズミは、ギャップとコントロールで撮影枚数に有意差は認められなかった。また、撮影頻度が少ないため検定ができなかったが、ノウサギではギャップでより多く撮影される傾向があった。土壤動物を多く利用するイノシシ、アナグマ、タヌキにおいて、土壤動物量と撮影頻度との関係を解析したが、いずれの種においても有意な関係は見られなかった (イノシシ: $r=0.04$, $t=-0.12$, $P=0.91$, アナグマ: $r=0.12$, $t=-0.35$, $P=0.74$, タヌキ: $r=0.02$, $t=-0.05$, $P=0.96$)。

多様性指数は全哺乳類種を対象とした場合、ギャップ内で Simpson の $\lambda=0.153$ 、コントロールで $\lambda=0.163$ で大きな差は認められなかったが、アライグマ、ハクビシン、イエネコを除くと、ギャップで $\lambda=0.195$ 、コントロールで $\lambda=0.268$ となり、ギャップでやや多様性が高い傾向が見られた。

ギャップ形成後の時間経過による撮影枚数を見ると、ギャップもコントロールもおおむね同様の季節変化を示した (Fig.4)。すなわち、5月から7月まで少なめで、8月に最低値をとり、その後急増して10月に撮影総数が最大となった。しかし、12月に向けて急に減少した。ギャップを作成した2月以降、次第に哺乳類の利用が増加するといった一方向の傾向ではないことが明らかになった。こうした季節変化は撮影頻度が高いイノシシ、タヌキ、アナグマの活動量が大きく反映された結果であり、その状況はギャップでもコントロールでも違いは無かった。

4. 考察

本研究において、けもの道では下層植生の密度が高い方が利用する在来哺乳類種の多様性は上がることが明らかになった。従来から、林床が暗く下層植生が乏しい造林地では生物多様性が低いことが指摘されているが (村井・樋口 1988、石井・河原 2006)、けもの道の利用頻度についても、そうした環境は利用されにくいことが明らかになった。しかし一方で、キツネやノウサギなど、下層密度が低い方が多く撮影される種も存在した。したがって、下層環境として多様な状態を混在させることで多くの哺乳類種が利用しやすい環境を効率的に配置できると考えられる。

本研究では下層密度の違いによって土壤動物の現存量には有意な違いが見られなかった。また、土壤動物を主に餌として利用するイノシシ、アナグマ、タヌキにおいて、土壤動物量と利用頻度に明らかな関係は認められなかったため、これらの種では土壤動物を採食するためにけもの道の環境を選んでいるという可能性は低かったと考えられる。しかし、他の研究では人工林の間伐区の方が間伐遅れ区よりもリター層が多く、土壤動物の個体数、種数も多いという結果になっている (高橋ら 2010)。けもの道を利用する哺乳類が、土壤動物の採食場所として林床環境を選択しているかどうか、今後、より多くの場所で調査をする必要がある。

アライグマ、ハクビシン、イエネコといった都市近郊に多い外来哺乳類も、下層植生が繁茂したけもの道で利用頻度が高い傾向があった。本調査地で行なった自動撮影調査では、下層密度が高い地点で鳥類の撮影頻度は高かった。動きが速い鳥類を自動撮影カメラで全て把握できているわけではないが、相対的には下層が繁茂している地点により多くの鳥類が現存する可能性がある。本調査地以外でも一般的に、下層の密度が高い環境で鳥類の生息個体数や種数が多いことが知られている (一ノ瀬・加藤 1996, Maeda 1998)。待ち伏せ型の外来生物にとって、下層植生が密生した環境は、捕食行動を行う場所として頻繁に利用されている可能性がある。都市近郊の林で下層の繁茂をどの程度許容するかは、外来生物対策との兼ね合いで検討する必要があると考えられる。

密植され林床が暗くなった造林地では、間伐やギャップ作成によって、多様性を高める試みも数多く試験されている (服部ら 2004, 山川ら 2009, Taki et al. 2010)。本研究では、小規模伐採によって上層が開けたギャップではコントロールに比べて、哺乳類がけもの道を利用する頻度は減少する場合があることが示された。特に、下層密度が高い環境で小規模ギャップを作った場合、周囲のけもの道からギャップに出てくる頻度は大きく減少した。高槻・奥津 (2010) は、長野県において森林管理作業の行われている地点と、それが行われていない地点で自動撮影カメラに撮影された哺乳類を比較すると、管理されず下層が繁茂した森林地点でより多くの哺乳類が撮影されたとしており、本研究結果と状況は類似している。ただし、本研究において、小規模ギャップ作成への反応はどの種でも一樣と言うわけではなく、タヌキ、アナグマ、イエネコ、ハクビシンで、ギャップ作成後には撮影頻度が大きく減少した。しかし、イノシシ、アライグマ、テン、ノウサギ、アカネズミでは、影響が明確ではなかった。ノウサギではむしろ、小規模ギャップでの撮影頻度が高い傾向が見られた。林縁で草本類を餌とするノウサギにとって、ギャップによって餌場ができたためと考えられる (矢竹ら 2003)。山梨県都留市で行なった自動撮影カメラ調査によると、本研究と同様、草刈りによってノウ

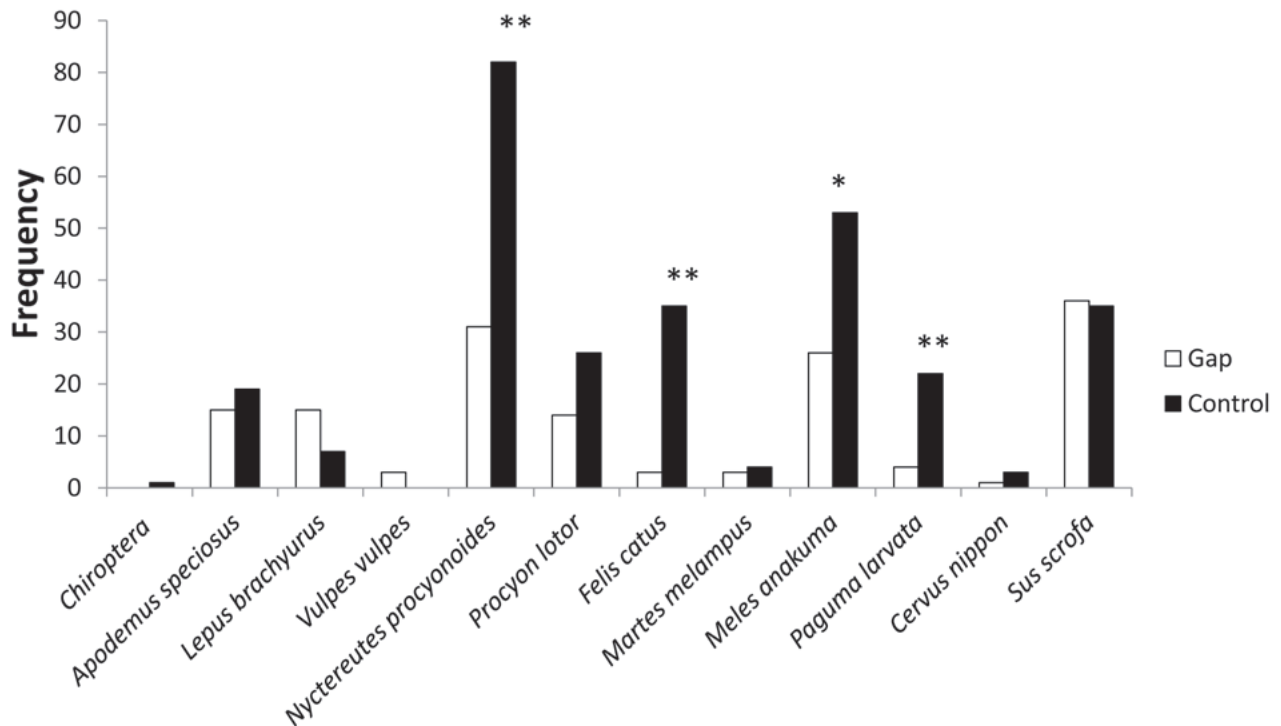


Fig. 3. Comparison of the number of pictures for 12 mammal species taken in the gap and the control *; $P < 0.05$, **; $P < 0.01$

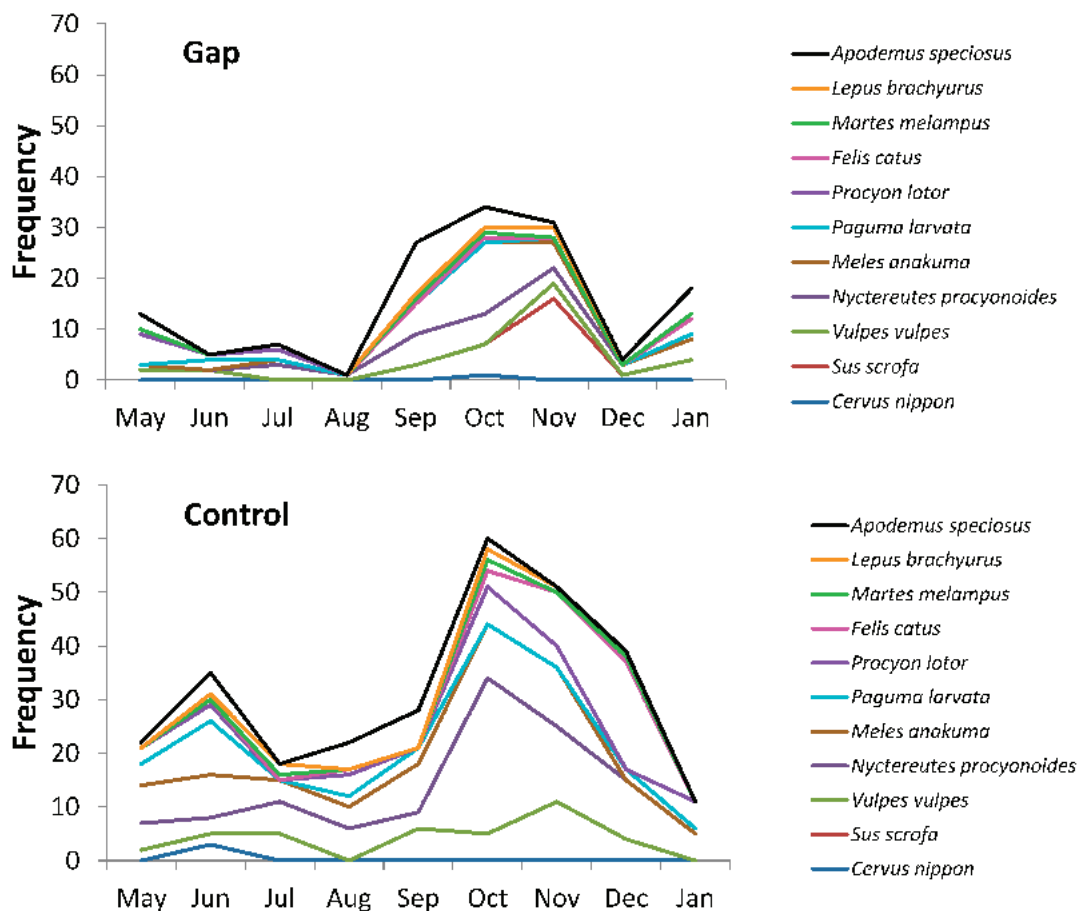


Fig. 4. Seasonal change in the number of pictures for 11 mammal species in the gap and the control

サギの撮影件数が増えた（北垣ら 2011）。全国的に新たな造林地が減少し、個体数が減少傾向にあるノウサギにとって（山田 2000）、小規模ギャップは短期間に適地が創出できる保全手法と言えるかもしれない。

全哺乳類で見ると撮影総数は、コントロールよりもギャップで少なかったが、多様性指数はやや高い傾向があった。長枝 (2008) は秋田県の広葉樹林内で、約 2m × 約 250m のベルト状の刈り払いをした場合、周囲に比べてタヌキ、ツキノワグマ *Ursus thibetanus*、ノウサギでは撮影数が増加するが、テンやネズミ類では撮影数が減ることを報告している。秋田県ではノウサギについて本研究と同様の傾向が見られたが、タヌキやテンでは逆の結果になった。地域やギャップの規模・形状によって各種の哺乳類の反応は異なることも予想されるため、今後多様な条件で調査する必要がある。

本研究ではギャップ作成から 1 年未満の短期的な反応しか追跡できていない。現状では、伐採された影響で下層がほとんど無い状況であり、調査期間内では時間とともに利用する哺乳類が増えるという傾向は見られなかった。季節変化としては、秋にイノシシ、タヌキ、アナグマといった優占種の活動量が増加する傾向が、ギャップでもコントロールでも同様に見られた。今後ギャップでの更新が進む中で、哺乳類の利用頻度が変わることが予想される。小規模ギャップの利用状況が長期的にどのように変化するかは、今後の課題である。

一方、自動撮影装置では樹上を利用するテンやハクビシンの利用頻度を過小評価していた可能性もある。また、ムササビ、ニホンリスなどの樹上性動物への影響は評価しきれていない。小規模ギャップを作成したことによる樹上性動物への影響は今後の課題である。

本調査から、下層の密度や上層木を除去することによって、哺乳類の利用頻度に影響する可能性が示唆された。しかし、本研究で行なった管理は小規模な面積であるため、各種哺乳類の生息個体数に直接影響するものではない。今後、こうした管理を行うことで、生物多様性保全や獣害対策に効果を発揮するかどうか確かめるために、その管理規模や継続年数も検討しなくてはならない。ただ、比較的小規模で人間生活との関わりが多い都市近郊林の人工林において、下層密度を多様にすることや人工的にギャップを作成するなどの小規模な管理によって、外来生物の温床とならない環境を作り、減少傾向にある種の生息環境を増やすことが可能となるかもしれない。

謝辞

本研究を行なうに当たり、試験林の植生管理を行っていただいた多摩森林科学園業務課、土壌動物調査を手伝っていただいた法政大学生命科学部生命機能学科の加藤雅俊、佐久間健、日本大学生物資源科学部森林資源科学科の黒川貴基、石橋宏康、山中朔生の諸氏に感謝申し上げます。

引用文献

- 藤森隆郎 (1997) 生物多様性の保全と森林管理の視点。林業技術 667, 8-12.
- 八王子市 (2014) 八王子市の生物相 3. 哺乳類。新八王子市（自然編）, 304-337.
- 服部 保・石田弘明・橋本佳延・南山典子・田村和也・浅見佳世 (2004) 照葉樹林成熟相とギャップ相の種組成および種多様性の比較。日本生態学会誌, 54, 11-24.
- 星野知大 (1999) スギ人工林の施業方法の違いが林床植生と土壌に与える影響について。国土館大学地理学報告 8, 17-26.
- 一ノ瀬友博・加藤和弘 (1996) 武蔵野台地および狭山丘陵の樹林地における鳥類の分布と植生の種組成の関係について。ランドスケープ研究, 62, 577-580.
- 五十嵐哲也・牧野俊一・田中 浩・正木 隆 (2014) 植物の多様性の観点から人工林施業を考える—日本型「近自然施業」の可能性—。森林総合研究所研究報告, 13, 29-42.
- 石井徹尚・河原輝彦 (2006) 造林地における林相の境界からの距離とアカネズミ・ヒメネズミの種構成変化。東京農業大学集報 51, 8-13.
- 金子賢太郎・丸山将吾・永野 治 (2008) 国営昭和記念公園周辺に生息するタヌキの生息地利用について。ランドスケープ研究, 71, 859-864.
- 金子弥生 (2002) 日の出町のアナグマの行動圏の内部構造。日本生態学会誌, 52, 243-252.
- Kataoka, T. and Tamura, N (2005) Effects of habitat fragmentation on the presence of Japanese squirrels, *Sciurus lis*, in the suburban forests. Mammal Study, 30, 131-137.
- 勝木俊雄・大中みちる・別所康次・岩本宏二郎・石井幸夫・島田和則 (2010) 森林総合研究所多摩森林科学園の野生植物。森林総合研究所研究報告, 9, 207-225.
- 川村芙友美・有本 勲・小池伸介・山崎晃司・森 貴久 (2014) 人工林におけるツキノワグマの潜在的な食物資源量に施業方法、林齢、樹種、シカ密度が与える影響。日本森林学会誌 96, 93-99.
- 北垣憲仁・西 教生・渡辺通人 (2011) 都留市湧水群地域における「里山環境」の総合評価に関する研究—3. 十日市場地域における 2008～2010 年の哺乳類調査結果について—。都留文科大学研究紀要, 73, 113-133.
- Maeda, T. (1998) Preference of birds for undergrowth in a Tokyo suburban deciduous forest. Biosphere Conservation, 1, 119-128.
- 村井英紀・樋口広芳 (1988) 森林性鳥類の多様性に影響する諸要因。Strix 7, 83-100.
- 村上興正 (1996) 第 39 回シンポジウム 1「哺乳類のハ

- ビタットとしての森林管理」の企画とまとめ．哺乳類科学, 36, 67-69.
- 長枝昭彦 (2008) 緑の回廊におけるほ乳類・鳥類の利用を向上させる方法．秋田県森林技術研究報告, 18, 41-50.
- 長池卓男 (2002) 森林管理が植物種多様性に及ぼす影響．日本生態学会誌, 52, 35-54.
- O'Brien, T. G., Kinnaird, M. F. and Wibisono, H. T. (2003) Crouching tiger, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation* 6, 131-139.
- 岡崎弘幸 (2010) 東京都におけるムササビの分布最前線の変遷．中央大学教育研究, 23, 47-60.
- 林野庁 (2013) 平成 25 年度森林・林業白書. 203pp.
- Saeki, M., Johnson, P. and Macdonald, D.W. (2007) Movements and habitat selection of raccoon dog in a mosaic landscape. *Journal of Mammalogy*, 88, 1098-1111.
- 清和研二 (2010) 広葉樹林化に科学的根拠はあるのか? —温帯林の種多様性維持メカニズムに照らして—. *森林科学*, 59, 3-8.
- 曾根晃一・土方康次 (1992) 都市近郊林の野生鳥獣をめぐる諸問題．*森林科学*, 4, 27-33.
- 園田陽一 (2008) 里山林とタヌキ—里山における藪の意味とは—. *山林*, 1485, 44-47.
- 園田陽一・倉本 宣 (2008) 多摩丘陵および関東山地における非飛翔性哺乳類の種組成に対する森林の孤立化の影響．*応用生態工学* 11, 41-49.
- 高橋洋子・竹中千里・吉田智弘 (2010) ヒノキ人工林において間伐施業が土壌動物の群集構成と個体数密度に与える影響—三重県度会郡大紀町における事例—. *日本森林学会誌* 92, 167-170.
- 高槻成紀・奥津憲人 (2010) アファンの森における哺乳類の自動撮影記録．*麻布大学雑誌*, 21/22, 1-8.
- Taki, H., Inoue, T., Tanaka, H., Makihara, H. Sueyoshi, M., Isono, M. and Okabe K. (2010) Responses of community structure, diversity and abundance of understory plants and insect assemblages to thinning in plantations. *Forest Ecology and Management* 259, 607-613.
- 東京都産業労働局 (2013) 東京の森林・林業 (平成 25 年版). 200pp.
- 山川博美・伊藤 哲・作田耕太郎・溝上展也・中尾登志雄 (2009) 針葉樹人工林の小面積皆伐による異齡林施業が下層植生の種多様性およびその構造に及ぼす影響．*日本森林学会誌*, 91, 277-284.
- 山田文雄 (2000) 厳しい生存の掟—ノウサギ—. *里山を考える 101 のヒント*. 社団法人 日本林業技術協会, 106-107.
- 矢竹一穂・梨本 真・松木吏弓・竹内 亨・阿部聖哉・島野光司・白木彩子・石井 孝 (2003) 秋田駒ヶ岳山麓における糞粒法と INTGEP 法によるノウサギの生息密度の推定．*哺乳類科学*, 43, 99-111.

Mammal activities in suburban plantation forests affected by making artificial gaps

Noriko HAYASHI^{1)*} and Takenari INOUE¹⁾

Abstract

Suburban plantation forests often lost the object of timber production and were left without forestry managements. These plantations have a possibility to produce important habitats for wildlife. We set automatic cameras on animal trails and compared the frequency of mammals trespassed on the trail with different undergrowth densities. The diversity of native species was larger in dense undergrowth trails than sparse undergrowth trails. Also in invasive species, such as raccoons, palm civets, and feral cats, trails with dense undergrowth were used more often. When artificial small gaps were made in plantations, the frequency of raccoon dogs, badgers and palm civets decreased but that of rabbits increased in the gaps. By conducting small-scaled managements and making habitat diversities, we may produce appropriate habitats for declining mammal species in suburban plantation forests.

Key words : automatic camera, mammal, undergrowth, artificial gap, suburban forests

Received 11 April 2014, Accepted 8 September 2014

1) Tama Forest Science Garden, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

* Tama Forest Science Garden, FFPRI, 1833-81 Todor, Hachioji, Tokyo, 193-0843 JAPAN; e-mail: haya@ffpri.affrc.go.jp