

原著論文

都市化が筑波山周辺域の中・大型哺乳類に与える影響

岩澤 遥¹・斎藤 昌幸²・佐伯 いく代^{3,*}

¹ 筑波大学生物学類

² 山形大学農学部

³ 筑波大学生命環境系

Effects of urbanisation on medium-sized and large mammals in the lowlands around Mt. Tsukuba

Haruka Iwasawa¹, Masayuki U. Saito² and Ikuyo Saeki^{3,*}

¹ Department of Biology, University of Tsukuba

² Faculty of Agriculture, Yamagata University

³ Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba

要旨：近年、世界的に都市化が進行しており、野生生物の分布や行動に様々な影響を与えている。野生生物の中でも特に哺乳類は、体サイズが大きく、食物網の中でも上位に位置するものが多いため、他の生物群に与える影響が大きい。さらに、農林業被害や感染症リスクといった、人間生活と関わりの深い問題も指摘されている。そのような中、茨城県つくば市付近には、筑波山周辺にある連続した森林と、市街地内の孤立林のどちらも存在しており、都市化と哺乳類の関係を調べる上で適した環境が広がっている。そこで本研究では、筑波山麓から都市化の進む平野部にかけて、カメラトラップ調査を実施し、哺乳類の生息状況にどのような違いがみられるかを明らかにすることを目的とした。2019年7月～11月に、筑波山麓からつくば市街を含む平野部に向け、24ヶ所に自動撮影カメラ（以下カメラ）を設置した。設置地点は森林内とし、カメラの検出範囲が一定となるよう下層植生の少ない類似した環境を選定した。撮影データは約1ヶ月ごとに回収し、種ごとに撮影回数をまとめた。さらに、各調査地点を森林の連続性（連続林・孤立林）、近隣の交通量、植生タイプ（自然林・混交林・人工林）で分類し、撮影頻度との関係を分析した。カメラの平均作動日数は81日で、合計525回、10種の哺乳類が撮影された。うちイノシシ、ニホンアナグマ、ニホンテン、ニホンリスはほぼ連続林のみで撮影された。一方、タヌキ、ニホンノウサギ、ハクビシンは連続林・孤立林のどちらでも多く撮影され、特定外来生物であるアライグマは孤立林での撮影頻度の方が高かった。交通量に関しては、幹線道路に近く騒音の大きな地点ほどイノシシやニホンアナグマの撮影頻度が低下したが、タヌキやアライグマはそのような場所でも高い頻度で記録された。植生タイプについては、自然林や混交林での撮影頻度が高くなることを予測したが、アライグマのように人工林での撮影頻度のほうが高い種もみられた。広域に出現したタヌキ、ニホンノウサギ、ハクビシンの3種について、日周活動との関係を調べたところ、タヌキは森林の連続性、交通量、植生タイプなどが異なると、撮影時刻の分布に統計的に有意な差がみられた。以上の結果から、都市化は哺乳類の分布、多様性、活動時間などに影響を与えるが、応答のパターンは種によって異なり、都市域の森林であっても生息できる種と、そうでない種があることが示された。

キーワード：カメラトラップ、景観、交通、森林分断化、日周活動

Abstract: Urbanisation is ongoing worldwide and has various effects on wildlife. The changes in mammal communities caused by urbanisation are important for biodiversity conservation because mammals are large, consume large amounts of energy, and tend to occupy higher positions in trophic webs than other species classes. Furthermore, in urban and rural landscapes,

* 〒 305-8571 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学森林生態環境学研究室

Laboratory of Silviculture and Nature Conservation, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8571, Japan

e-mail: saeki.ikuyo.ge@u.tsukuba.ac.jp 2020年11月9日受付、2021年3月9日受理、2021年8月31日早期公開 (J-STAGE)

conflicts between mammals and humans, such as damage to agricultural crops or road kills, are increasing. The city of Tsukuba in Ibaraki Prefecture, Japan, is undergoing rapid urbanisation. Tsukuba is characterised by a large continuous forest around Mt. Tsukuba and highly fragmented forests in urban areas. This ecological setting allows us to examine the effects of urbanisation on mammal communities at a relatively small spatial scale. With this advantage, we used camera trap surveys to investigate the variation in mammal species composition, diversity, and diel activity from the foothills of Mt. Tsukuba to urbanised lowland areas. From July to November 2019, we conducted camera trap monitoring at 24 forest sites. At each site, a camera was set in a place with relatively little groundcover vegetation to maximise the consistency of detection rates. Camera data were collected monthly and the captured 15-second-long videos were analysed. The 24 sites were classified by forest continuity (continuous or fragmented), amount of vehicular traffic (high, medium, or low), and vegetation type (natural, semi-natural, or artificial). The relationships between these factors and the number of records per species were examined using a generalised linear model (GLM). The number of camera trap days per site averaged 81 and 525 video files of 10 mammal species were obtained. Wild boar (*Sus scrofa*), Japanese badger (*Meles meles*), Japanese marten (*Martes melampus*), and Japanese squirrel (*Sciurus lis*) were recorded mainly in continuous forests. Raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides*), Japanese hare (*Lepus brachyurus*), and masked palm civet (*Paguma larvata*) were recorded in both fragmented and continuous forests. The common raccoon (*Procyon lotor*), an introduced species, was recorded only in fragmented forests. The GLM analyses revealed that forest continuity had significant positive effects on the number of records of wild boar and masked palm civet. The amount of vehicular traffic had significant negative effects on the number of records of wild boar and Japanese marten, but positive effects on those of raccoon dogs and common raccoons. Before the study, we expected that the presence of natural and semi-natural forests would have positive effects on the abundances of all mammals, but the common raccoon was captured significantly more frequently in artificial forests than in natural or semi-natural forests. Species accumulation curve analysis demonstrated that forest fragmentation markedly reduced native species richness. The diel activity patterns of raccoon dogs differed significantly with differences in forest continuity, amount of vehicular traffic, and vegetation type, whereas those of Japanese hare and masked palm civet did not. In summary, urbanisation strongly influenced species composition, diversity, and diel activity, but the response patterns varied considerably among species.

Keywords: camera trap, diel activity, forest fragmentation, traffic, wildlife

はじめに

近年、世界的に都市化が進行しており、野生生物の分布や行動に様々な影響を与えている (McKinney 2002; Fischer et al. 2012; Gaynor et al. 2018)。我が国においても、都市化は徐々に進んでおり、例えば人口集中地区 (DID: Densely Inhabited District) の面積は、1980年には約 10015 km²であったものが2015年には約 12786 km²に増加している (総務省 2020)。都市化は一般に、生息地の分断・縮小や野生生物への人為的な影響の増大をもたらすため、分布域の縮小 (小原 1982)、個体群の減少 (池田 1997)、繁殖成功率の低下 (Soga and Koike 2013)などを引き起こす要因の一つである。中でも哺乳類は、体サイズが大きく個体あたりに必要とされる資源量が多いことから、食物網の中でも上位に位置するものが多い。そのため、都市化による個体数の変化は、捕食-被食関係を結んでいる他の生物群に大きな影響を与える可能性がある。さらに、農林業被害や感染症リスク、交通事故

発生による車両や人への損害リスクといった、人間生活と関わりの深い問題も指摘されている (Bradley and Altizer 2007; Coffin 2007; 江成 2019)。日本では、多摩や房総半島において都市化と哺乳類との関係について調べた研究事例 (園田・倉本 2008; Saito and Koike 2013, 2015)があるが、土地利用の変化や外来種の分布拡大が進む中、多様な地域景観において出現頻度などを含む定量的データを取得していくことが求められる。

茨城県つくば市には、筑波山麓付近にある連続した森林と、筑波大学周辺にみられるような市街地内の孤立林のどちらも存在しており、都市化と哺乳類の関係を調べる上で適したフィールドである。また、ツキノワグマ *Ursus thibetanus*、ニホンジカ *Cervus nippon*、ニホンザル *Macaca fuscata*などが分布していない独特の哺乳類相をもつことが知られている (竹内ほか 2015; Yasuda 2004)。つくば市は1970年代より筑波研究学園都市として開発が進められ、研究学園建設計画の閣議了解後 (1965年)、50年間で、人口が約7.9万人から22.7万人に増加

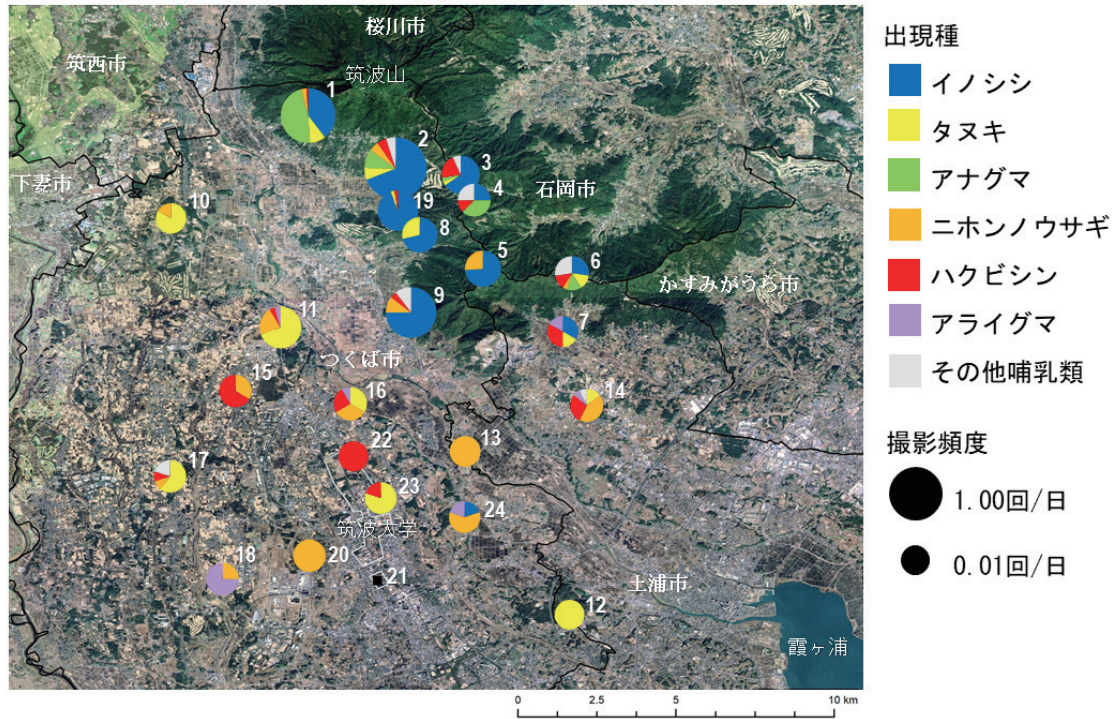


図1. 茨城県筑波山周辺域における中・大型哺乳類の出現状況。円グラフの大きさは各地点における撮影頻度に比例して表示されている。数字は付録1に示した調査地点番号を示す。調査地点21は、調査期間中に哺乳類が一度も撮影されなかった。

Fig. 1. Occurrences of mid-sized and large mammals in the lowlands around Mt. Tsukuba, Ibaraki Prefecture. The size of the pie corresponds to the camera trapping rate at each site. The number beside the pie is the ID number of the study site; sites are listed in Appendix 1. No mammals were recorded at site 21.

した(つくば市 2018)。こうした変化は、地域の哺乳類群集に少なからず影響を与えていると考えられるが、広域を対象に統一した手法で調査された記録がないため、現状把握および今後の保全・管理に必要な情報が乏しい。そこで本研究では、筑波山麓から都市化の進む平野部にかけて、カメラトラップ調査を実施し、哺乳類の分布、種の多様性、および活動時間にどのような違いがみられるかを明らかにすることを目的とした。

哺乳類と都市化との関係性について、多摩を対象とした先行研究では、森林面積や土地利用被覆の割合の違いによって種の分布が変化することが報告されている(園田・倉本 2008; Saito and Koike 2013)。これらの研究では、面積の大きな森林の広がる地域にはイノシシ *Sus scrofa* やニホンアナグマ *Meles anakuma* が分布し、開発の進んだ地域ではタヌキ *Nyctereutes procyonoides* やハクビシン *Paguma larvata* が多く生息する傾向がみられた。Saito and Koike (2015) は、多摩と房総半島の事例から、都市域でも生息可能な哺乳類の特性として産子数の多いこ

とや雑食性であることをあげている。しかし、都市化の進捗には地域差があり、土地利用、とりわけ森林面積の大小以外にも、様々な要因によって哺乳類の分布や行動に変化が生じる可能性がある。そこで本研究では、都市化が哺乳類に与える影響を分析する上で、(1) 森林の連続性、(2) 交通量、(3) 植生タイプの3つに着目することとした。森林の連続性は、哺乳類のすみかとなる森林が、地域景観の中で大面積で広がっているか、島状に小面積で存在するかを示すものである。森林の分断化は、哺乳類に対しハビタットの減少(Pfeifer et al. 2017; Tilman et al. 2017)、移動の制限(Mader 1984; McGregor et al. 2008)、メソプレデターリリース(上位の捕食者が欠落することで、そのエサ資源となっていた中位捕食者が増加する現象; Crooks and Soulé 1999; Fischer et al. 2012)などを起こすことが指摘されている。本研究では、筑波山周辺域のように、比較的小さな空間スケール(おおよそ 200 km²)の範囲(図1)において、森林が連続するエリアと市街地内に点在するエリアとが隣接する場

表 1. 調査地点の交通量の区分方法。

Table 1. Classification of traffic abundance.

交通量区分	状況
1	近隣（調査地点からおおむね 50 m 以内）に道路が存在しないか、またはあっても車両の通過が極めて稀である。調査地点において、車両の音は全く聞こえないか、聞こえたとしても非常に小さな音で、耳をすましていないと気づかない。
2	近隣に道路があり、時折、車両が通過する。通過時に車両の音が明瞭に聞こえる。
3	近隣に道路があり、車両がほぼ連続的に通過している。通過時に車両の音が明瞭に聞こえる。

合、どのような変化がみられるのかを調べた。交通量は、近隣地域の道路の有無、車両の通過量および騒音の度合いなどをとに 3 区分に指標化した（表 1）。野生動物は道路に対し、物理的特性、排気ガスと騒音、車両の走行の 3 つの要因を通じて回避行動をとるとされている（Jaeger et al. 2005）。これらの要因は都市化が進行するにつれ大きくなるため、哺乳類の生息状況と何らかの可能性があることが予測される。植生タイプについては、調査地点の森林の樹種構成を自然林、混交林、人工林の 3 区分に分類して解析した。筑波山周辺域では薪炭林として利用された後放棄され、落葉・常緑広葉樹が優占するようになった自然林や、これらに比べ森林構造が比較的単純なスギ *Cryptomeria japonica* (L.f.) D. Don・ヒノキ *Chamaecyparis obtusa* (Siebold et Zucc.) Endl. の人工林、および人工林の管理放棄によって広葉樹と植栽樹が混在する混交林がモザイク状に分布する。こうした森林特性の違いは、都市化傾度と比例するとは限らないが、人為的攪乱の指標となることから調査事項に含めることとした。

方 法

調査地の概要

調査は、茨城県つくば市と、その東側にある石岡市および土浦市を含む地域において実施した（図 1）。調査対象とした地域は、緯度 36°4'35.15"N - 36°13'4.08"N、経度 140°2'46.46"E - 140°9'53.60"E の付近に広がり、標高は 18 m から 384 m である。この地域の北部には、筑波山（最高標高地点 877 m）が位置しており、その裾野から霞ヶ浦にかけての平野部は、森林や農地、市街地などが分布する。年平均気温は 13.8℃で、年平均降水量は 1282.9 mm である（気象庁 2019）。主な森林植生は、シラカシ *Quercus myrsinifolia* Blume・スダジイ *Castanopsis sieboldii* (Makino) Hatus. ex T. Yamaz. et Mashiba などの生

育する暖温帯常緑広葉樹林、クヌギ *Quercus acutissima* Carruth.・コナラ *Quercus serrata* Murray などの落葉樹を主体とする二次林、スギ・ヒノキが植栽された人工林などとなっている（中村・清水 1989）。

調査方法

2019 年 7 月から 11 月に、筑波山麓からつくば市街を含む平野部にかけ、24 ヶ所に自動撮影カメラ（HGC SG-007, Shenzhen, Siyuan Digital Technology；以下カメラ）を設置した（図 1）。これらの調査地は、森林の連続性、交通量、植生タイプの組み合わせができるだけ多様になるよう、また調査地間の標高差が大きくなりすぎないように概ね標高 0 ~ 400 m の範囲で選んだ。水郷筑波国定公園や国有林内、および NPO 等の管理する保護地域内でのカメラ設置については、それぞれ管理者である茨城県、林野庁茨城森林管理署、および関係団体の許可を得て行った。カメラの設置地点は上層に高木がまとまって生育する森林内とし、センサーの検出範囲ができるだけ一定となるよう、下層植生の少ない類似した環境を選定した。カメラは地上から約 1.5 m の高さになるよう樹木の幹に固定し、樹の根元から 3 m 先の地表を狙って俯角を統一した。撮影は 15 秒間のビデオモードで行い、撮影後は 30 秒の休止時間を設けた。撮影された動画は約 1 ヶ月ごとに回収し、種ごとに撮影回数をまとめた。さらに、各調査地点を森林の連続性、交通量、植生タイプで分類し、撮影頻度との関係を分析した。森林の連続性は、調査地を連続林と孤立林の 2 タイプに分けて分析した。連続林とした森林は、調査地 24 カ所中 10 地点であり、これらは筑波山麓に広がる森林地域内に分布する（図 1：地点 1 ~ 9 および地点 19）。一方、孤立林とした森林は、つくば市街を中心に島状に点在し、平均面積は約 0.11 km² (0.02 ~ 0.36 km², SD = 0.08 km²) である。交通量に関しては、カメラ設置地点から半径 100 m 以内の道路の有無、設置地点での騒音の大きさ、および日中の車両

の走行状況を勘案し、3区分に分けて評価した(表1)。交通が哺乳類に与える要因については、行動圏と道路との距離、車線数や道路幅など道路構造、騒音、車の走行量などが考えられる。本研究では、これらのうち特に道路の有無と日中の騒音および走行量に着目して区分することとした。騒音と走行量については、2名の調査者がカメラの設置地点に曜日や時間帯を変えて少なくとも5回訪問し、評価を行った。植生タイプについては、調査地点に選んだ森林の特徴を、自然林(シラカシ、コナラ、その他常緑・落葉広葉樹が優占する森林)、人工林(植栽されたスギ・ヒノキが優占する森林)、および両者がまざる混交林の3つのタイプに区分した。植生タイプの判定は、カメラをおいた地点を中心に半径50m程度の円状のエリアを踏査し、もっとも代表的な区分を選択した。

統計解析

カメラトラップ調査では、体サイズの大きな種ほど検出力が高くなる傾向があるため(Tobler et al. 2008)、ネズミ類などの小動物の記録がしづらい。そのことから、本研究では基本的に中・大型哺乳類のデータの解析を主眼に置いた。調査で得られた動画データは、調査地点ごとにまとめ、撮影日時と撮影された種を表形式のデータにまとめた(付録1)。カメラトラップ調査では、まれに一部の個体がカメラ周辺を徘徊し、短い時間帯に多数の撮影データが集中してしまうことがある。これを避けるため、一定時間内に同じ種が撮影された場合には、そのデータを解析から除外することが提案されている(O'Brien et al. 2003; Yasuda 2004)。本研究では、同じ種がその後20分以内に連続で撮影された場合には、その動画をデータから除外することとした。このデータセットを用い、出現種と、都市化の要因との関係を調べるため、一般化線形モデル(generalized linear model (GLM))を用いて解析を実施した。この解析では、応答変数を出現種の撮影回数とし、説明変数に各調査地の森林の連続性(連続林・孤立林)、交通量(表1の区分に沿い3段階で評価)、植生タイプ(自然林、混交林、人工林)を含めた。また、カメラの稼働日数の対数値をオフセット項としてモデルに含め、撮影期間の違いによる撮影数の偏りを補正した。モデルの誤差分布はポアソン分布、リンク関数はlogを用いた。GLMによる解析は、撮影回数の多かったイノシシ、タヌキ、ニホンアナグマ、ニホンノウサギ*Lepus brachyurus*、ハクビシン、アライグマ*Procyon lotor*の6種を対象とした。これらの解析は

R.3.6.2 (R Core Team 2019)を用いて実施し、MASS (Ripley et al. 2020) および MuMIN パッケージ (Bartoń 2020) を利用して、AICの最も低いモデル(ベストモデル)およびAICの値がベストモデルから2未満であるモデルを選択した。説明変数間の相関を、ポリコリック相関係数を用いて計算したところ、連続性と交通量の相関係数は0.58、連続性と植生タイプは0.20、交通量と植生タイプは-0.10となり、解析に不適とされる強い相関関係はみられなかった。

次に、各地点の哺乳類の出現種数と調査地点の都市化の状況との関係を解析するため、X軸にカメラの調査地点数、Y軸に総当たり方による出現種数の平均値をとった種数累積曲線(Species Accumulation Curve)を作成した(Ahumada et al. 2011)。この曲線は、上述した森林の連続性、交通量、植生タイプの区分ごとに作成し、それぞれの要因が出現種数に与える影響を比較した。本解析は、RパッケージのBiodiversityR (Kindt 2020)を用いて実施した。

さらに、都市化が哺乳類の活動時間に与える影響を調べるため、調査地域に広く出現したタヌキ、ニホンノウサギ、ハクビシンについて、撮影時刻と調査地点の特徴との関係性を分析した。まず、ビデオデータごとに対象種が撮影された時刻を表形式でまとめ、それらを24時間を1周とする円周データに変換した後、森林の連続性、交通量、植生タイプの区分ごとに撮影時刻の分布を比較した。差の比較には、Watson-Wheeler検定(Wheeler and Watson 1964)を用い、統計的有意性を精査した($\alpha=0.05$)。

結果

カメラの平均稼働日数は81日(最小42日~最大110日、標準偏差19.1日)で、合計525回動物が撮影された(付録1;付録2)。稼働日数の違いは、カメラの電池切れや誤作動などによるものだが、台風による河川の氾濫や森林伐採により、途中で調査を終了した地点が2か所あった(調査地点13および17:図1)。撮影された哺乳類は、撮影頻度が高かった順に、イノシシ、タヌキ、ニホンアナグマ、ニホンノウサギ、ハクビシン、アライグマ、ネコ*Felis catus*、ホンドテン*Martes melampus melampus*、ニホンリス*Sciurus lis*、ホンドギツネ*Vulpes vulpes japonica*の10種であった。このうちアライグマは特定外来生物に指定されている。

森林の連続性による哺乳類の出現状況を比較したところ、イノシシ、ニホンアナグマ、ニホンテン、ニホンリ

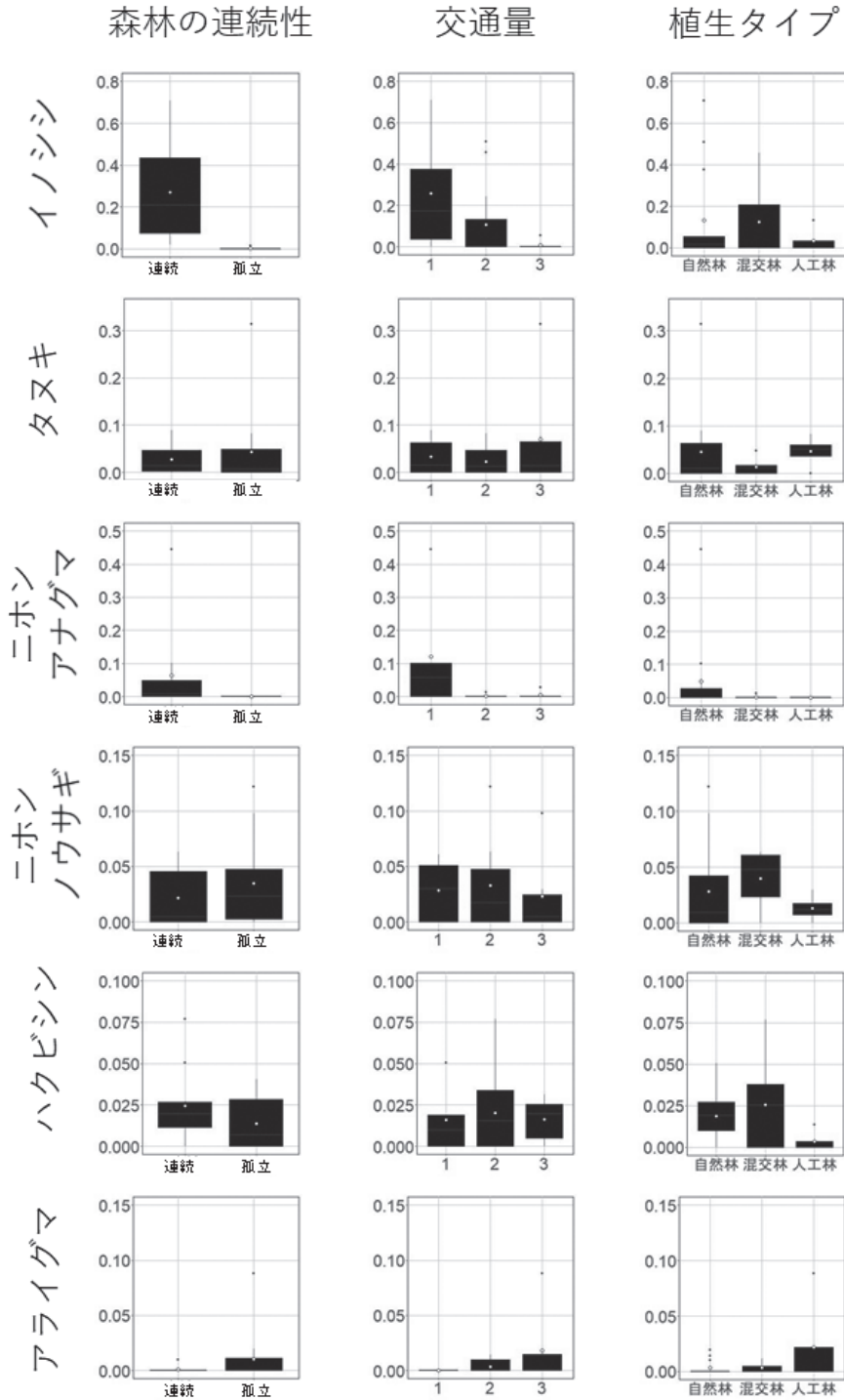


図2. 撮影回数が多かった中・大型哺乳類6種の撮影頻度と森林の連続性、交通量、および植生タイプとの関係を示す箱ひげ図。縦軸は、1日あたりの撮影回数を、また○印は平均値を示す。交通量のカテゴリーは1がもっとも少なく3がもっとも多い。詳細は表1を参照のこと。

Fig. 2. Box plots of the relationships between the camera trapping rate and forest continuity, traffic abundance, and vegetation type for six species of mid-sized and large mammals that were frequently recorded in this study. The y-axis indicates the number of trapping records per day and white circles show the average. Categories 1 and 3 were the lowest and highest categories of traffic abundance, respectively. See Table 1 for details.

都市化が哺乳類に与える影響

表 2. 一般化線形モデルを用いた中・大型哺乳類の撮影回数と調査地の特性との関係性の解析結果。撮影頻度の高かった種の撮影回数を応答変数とし、AIC が最小であったモデルおよび ΔAIC が 2 以内であったモデルの係数を示す。植生タイプは、自然林、混交林、人工林の 3 タイプをカテゴリカルデータとして扱い、混交林に対する自然林および人工林の係数を示した。アスタリスク (*) は Wald 検定による p 値が 0.05 を下回った係数を示す。

Table 2. List of best-fit models for predicting the number of camera trap records with forest continuity, traffic abundance, and vegetation type as explanatory variables. The analyses were performed with a generalised linear model (GLM). The table shows the models with the lowest Akaike information criterion values, whose difference was within two. Vegetation type was categorised as natural forest, mixed forest, or plantation, and the coefficients of natural and plantation forests against mixed forest are shown in the table. An asterisk (*) indicates a p-value < 0.5 based on the Wald test.

対象種	切片	森林の連続性	交通量	植生タイプ		AIC	変数を削除したときの AIC の変化量
				自然林	人工林		
イノシシ	-1.468	5.395*	-0.475*	-0.054	-0.687*	753.2	連続性 1037.5 交通量 80.9 植生タイプ 17.1
	0.159			1.034*	1.151*	632.5	連続性 NA 交通量 NA 植生タイプ 42.2
タヌキ	0.227	-0.163		1.038*	1.119*	632.8	連続性 -0.3 交通量 NA 植生タイプ 41.3
	0.030		0.075	0.999*	1.110*	633.8	連続性 NA 交通量 -1.3 植生タイプ 34.6
ニホンアナグマ	-17.130	18.605	-1.802*	3.243*	-13.835	424.4	連続性 60.0 交通量 209.1 植生タイプ 159.9
ニホンノウサギ	1.976	-0.526*	-0.334*	-0.312*	-0.875*	492.9	連続性 10.6 交通量 6.5 植生タイプ 11.6
ハクビシン	-0.365	0.721*	0.444*	-0.601*	-2.285*	318.2	連続性 15.2 交通量 8.9 植生タイプ 35.5
	-5.311	-0.910	2.344*	-2.208*	0.278	162.8	連続性 1.8 交通量 56.9 植生タイプ 35.5
アライグマ			2.550*	-2.274*	0.344	164.6	連続性 NA 交通量 76.2 植生タイプ 79.3
	-6.000						

スはほぼ連続林のみで撮影された (図 2: 付録 1)。一方、タヌキ、ニホンノウサギ、ハクビシンは連続林・孤立林のどちらでも多く撮影され、アライグマは孤立林での撮影回数の方が多かった。交通量に関しては、全体として、幹線道路に近く騒音の大きな地点ほど撮影回数が低下したが、アライグマのように交通量の多い区分で高くなる種もみられた。植生タイプについても、種によって傾向が異なっており、イノシシ、ニホンノウサギ、ハクビシンなどは混交林での撮影回数が多かった。

撮影回数の多かった 6 種類の哺乳類 (イノシシ、タヌキ、ニホンアナグマ、ニホンノウサギ、ハクビシン、アライグマ) について、撮影頻度と、各地点の特徴との関係を GLM で解析したところ、森林の連続性、交通量、

植生タイプの 3 つの要因は、各種のベストモデルにおいて頻繁に選択された (表 2)。しかし、それぞれの要因の係数の符号や組み合わせは、種によって大きく異なっていた。連続性については、イノシシ、ハクビシンの撮影回数に対して正の効果が検出され、ニホンノウサギに対しては負の効果が検出された。交通量に関しては、イノシシ、ニホンアナグマ、ニホンノウサギの撮影回数に負の効果が検出され、ハクビシンおよびアライグマに対しては正の効果がみられた。植生タイプについては、イノシシ、ニホンノウサギ、ハクビシンの撮影回数に対し、混交林が正の効果を示した。ベストモデルに選択された説明変数の相対的な重要性を評価するため、選択された変数を一つずつ取り除いた場合の AIC の変化を計算し

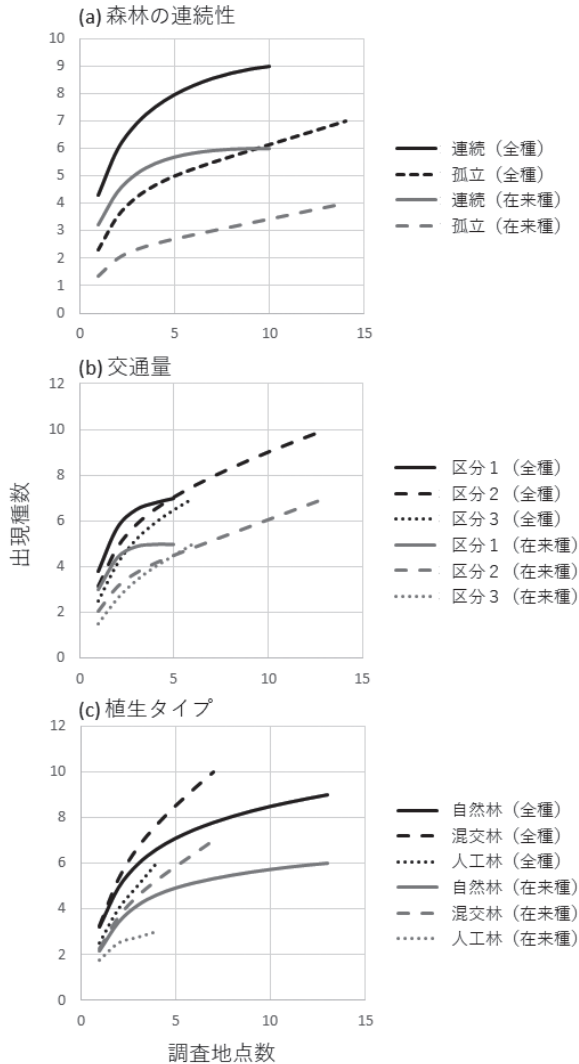


図3. 茨城県筑波山周辺域における中・大型哺乳類の出現種数と調査地点数との関係。上から (a) 森林の連続性、(b) 交通量、(c) 植生タイプによる比較を示す。交通量の区分については表1を参照のこと。

Fig. 3. Species accumulation curves for estimates of species richness of mid-sized and large mammals with the number of camera trap sites in the lowlands around Mt. Tsukuba, Ibaraki Prefecture: (a) forest continuity; (b) traffic abundance; and (c) vegetation type. See Table 1 for the method of classifying traffic abundance.

た。イノシシは、森林の連続性をとりのぞいたときのAICの変化がもっとも大きかったが、ニホンノウサギのように、どの説明変数をとりのぞいてもAICの変化量がほぼ同じで、3つの要因の全てが重要と考えられるものもあった。

記録された哺乳類の種の多様性と、都市化に関する要因との関係性を解析したところ、連続林のほうが孤立林

よりも高い多様性を示した(図3)。この傾向は、アライグマ、ハクビシン、ネコを除いた在来種の場合でも同様であった。交通量については、3つの区分の差が小さく明瞭な傾向はみられなかった。植生タイプについては、差は小さいものの、混交林が最も多様性が高く、自然林、人工林という順で低くなる傾向がみられた。この順序は在来種のためのデータセットでも同様であった。

出現した種のうち、調査地域全体にわたって広く分布していたタヌキ、ニホンノウサギ、およびハクビシンについて、撮影時刻と調査地点の特徴との関係性を分析したところ、タヌキは、森林の連続性、交通量、植生タイプの全てにおいて、撮影時刻の分布密度との間に統計的に有意な関係が見出された($p < 0.05$; 表3)。撮影時刻のヒストグラム(図4)をみると、記録された時間帯の幅は類似しているが、ピークの位置が異なっていることがわかる。一方、ニホンノウサギは、区分間の撮影時刻の分布密度に統計的な有意差は検出されなかった(表3)。しかし、人為的な影響の強い区分において、撮影時刻の平均値がより深夜から明け方になる傾向がみられた(図4)。ハクビシンは、全体を通じて区分間の撮影時刻の差が小さく(表3)、撮影時刻のグラフの形状も3種の中でもっともばらつきが小さかった(図4)。

考 察

本研究では、全体で10種の哺乳類を記録したが、森林の特性と生息状況との関係性は種によって大きく異なり、都市域の森林であっても生息できる種とそうでない種があることが示された。連続した森林で撮影頻度の高かった種は、イノシシ、ニホンアナグマ、ニホンテン、ニホンリスであった(図1; 図2; 表1; 付録1)。これらは、森林の分断化に脆弱で、森林が面的に消失した場合、最初に生息密度が低下する種群と考えられる。一方、市街地内の孤立林でも撮影されたタヌキ、ニホンノウサギ、ハクビシン、アライグマは、森林の断片化に比較的耐性がある哺乳類と考えられた。これらの結果は、先行研究(園田・倉本 2008; Saito and Koike 2013, 2015)とも一致している。筑波山周辺域は、ツキノワグマ、ニホンジカ、ニホンザルの分布しない哺乳類相をもつが、森林の分断化に対する応答はそれぞれの種のもつ内在的な生態特性によってある程度決まっており、他の地域についても一定の予測が可能であると考えられる。

森林の連続性に加え、交通量と植生タイプも哺乳類の生息状況に影響を与えることが示唆された(図2; 表1)。

都市化が哺乳類に与える影響

表3. 森林の連続性、交通量、および植生タイプの違いとタヌキ、ニホンノウサギ、ハクビシンの撮影時刻との関係の比較。

Table 3. Results of Watson–Wheeler tests to examine relationships between diel activity and site characteristics (forest continuity, traffic abundance, and vegetation type) for racoon dog, Japanese hare, and masked palm civet.

種	比較項目	Watson – Wheeler 検定 (Wheeler and Watson 1964) による結果		
		W	df	p-value
タヌキ	森林の連続性 (連続林 vs. 孤立林)	8.2	2	0.017
	交通量 (区分 1 vs. 区分 2 vs. 区分 3)	15.8	4	0.003
	植生タイプ (自然林 vs. 混交林 vs. 人工林)	12.8	4	0.012
ニホンノウサギ	森林の連続性 (連続林 vs. 孤立林)	1.8	2	0.416
	交通量 (区分 1 vs. 区分 2 vs. 区分 3)	0.6	4	0.962
	植生タイプ (自然林 vs. 混交林 vs. 人工林)	8.6	4	0.072
ハクビシン	森林の連続性 (連続林 vs. 孤立林)	0.1	2	0.935
	交通量 (区分 1 vs. 区分 2 vs. 区分 3)	0.8	4	0.944
	植生タイプ (自然林 vs. 混交林 vs. 人工林)	3.3	4	0.503

イノシシ、ニホンアナグマ、ニホンノウサギは、交通量が多い地点ほど撮影頻度が低下する傾向がみられた。これらの種は道路の物理的構造や騒音、車両の走行などを避けている可能性が考えられる。一方、タヌキ、アライグマ、ハクビシンは交通量の多い地点でも撮影頻度が高く、相対的に交通の影響を受けにくい種であると推測される。例えば筑波大学キャンパス内の調査地点の一つ (No. 23, 図 1) は、夜間でも車両の走行の絶えない幹線道路に面した場所だが、タヌキのつがいやヘッドライトの光や騒音を全く気にすることなくエサを探している行動が記録された (付録 2)。車両に対する警戒感の薄さは、もともと備わっている性質か、慣れや学習によるものかは、本研究の結果のみからはわからないが、都市域に生息できる生物の条件として重要な性質の一つと考えられる。なお、人の利用圧に対する野生動物の忌避行動の度合いは種によって大きく異なることが報告されている (Patten and Burger 2018)。しかし、都市化による環境の変化は、人の存在だけではなく、交通や土地利用の変化など複合的な要因が絡むため、応答の違いを生み出すメカニズムの解明にはより詳細な調査が必要と考えられる。植生タイプについては、当初、エサ資源の多様性や隠れ家となる低木・草本層の存在などからどの種も自然林や混交林での撮影頻度が人工林よりも高くなることを予測した。しかしタヌキとアライグマは人工林での撮影頻度が高く、必ずしも自然性の高い樹林が選好されているわけではないことが示された。タヌキの食性は生息地の環境によって異なり、果実、昆虫、哺乳類、鳥類、人為的残飯など多様な食べ物を利用することができる (高

槻 2017; 飯島ほか 2018)。アライグマもまた幅広い食性をもつことが知られており (池田 2000)、多様な果実を供給する自然性の高い生息環境への要求度は比較的小さいものと推測される。一方、イノシシは、草本、灌木などの下層植生の繁茂した場所を休息場所として好む傾向にあり、針葉樹の人工林はエサ資源も乏しいことから忌避されることが知られている (小寺ほか 2001)。またニホンノウサギは草食性で、特に植生の繁茂する季節にエサとなる草本量の多い場所で密度が高くなるとの報告がある (阿部ほか 2005)。そのため、人工林中の暗く草本の生えない環境ではエサ資源が得られにくく、撮影頻度が低下したかもしれない。

種数累積曲線を比較した結果、哺乳類の出現種数は、森林の連続性が大きくなるほど高まると考えられた (図 3)。この傾向は、在来種のみを対象とした場合であっても同様であった。このことは、都市化が進行すると種組成が貧弱になり、特に森林の分断化に敏感な在来種が欠落していくことを示唆している。Saito and Koike (2013) は、都市域と森林域との種の構成を比較した場合、互いが異なる種組成をもつのではなく、森林域の種組成の一部が都市域でみられる入れ子構造があることを論じているが、筑波山周辺域の哺乳類群集においても同様の現象が生じていることがわかった。また全体として、都市域の森林ほどカメラトラップによる哺乳類の撮影頻度が低下する傾向がみられ (図 1)、都市化は哺乳類の生息量そのものを制限すると考えられた。一方、交通量と植生タイプについては、曲線間の差がわずかであったり、途中で交差したりするなどして、明瞭な傾向はみられな

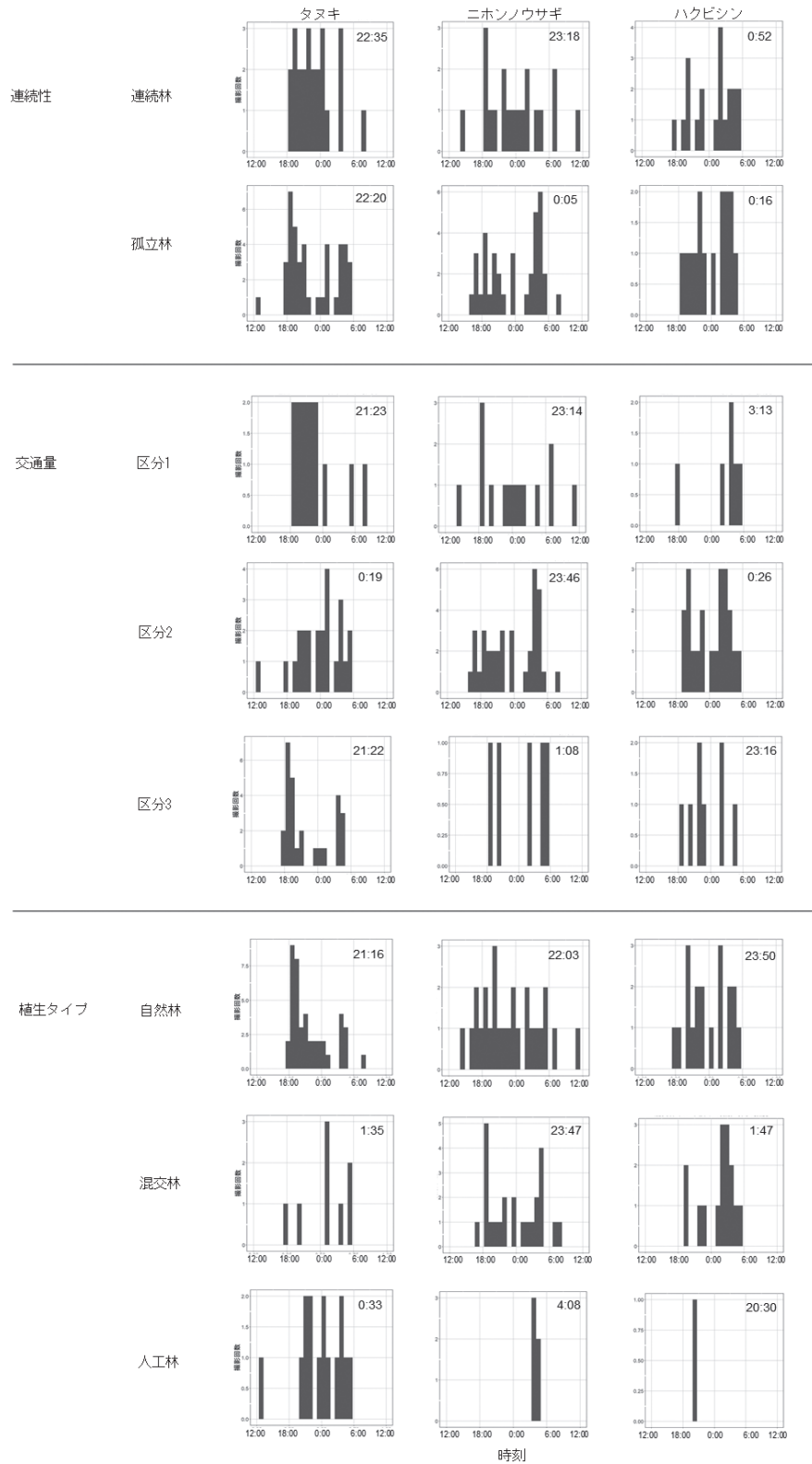


図 4. タヌキ、ニホンノウサギ、およびハクビシンの撮影時刻の分布と森林の連続性、交通量、および植生タイプとの関係。各図の右上の値は撮影時刻の平均値を示す。

Fig. 4. Comparisons of the diel activity patterns of raccoon dog, Japanese hare, and masked palm civet by forest continuity, traffic abundance, and vegetation type. The numbers above to the right are the average camera trapping time.

った。今回の調査では、区分ごとの地点数にやや偏りがあったため、今後はサンプル数を増やすなどして検証を行う必要がある。

本調査で出現した10種の哺乳類のうち、都市域かどうかにかかわらず広く分布が確認されたタヌキ、ニホンノウサギ、ハクビシンの3種については、撮影時刻の分布を比較した。タヌキの撮影時刻は全体として18:00から翌朝6:00ごろまでの時間帯に集中しており、この傾向は先行研究(Ikeda et al. 2016)と一致していたが、森林の連続性、交通量、植生タイプごとに分けて比較すると、全てにおいて統計的に有意な差が検出された(表3)。本種の撮影時刻のヒストグラムの形状を比較したところ、都市化や人為の影響に対する一方向的な傾向は認められなかったが(図4)、ピークの位置や数が明瞭に異なっており、各地点の環境の違いに対して活動時間を柔軟に変えながら生息している可能性がある。ニホンノウサギは、区分間での撮影時刻の分布に統計的な差は検出されなかったが(表3)、撮影時刻の平均値が人為的な環境ほど深夜から明け方に移行していた(図4)。哺乳類の活動時間は、世界的に夜間にシフトしているとの指摘がある(Gaynor et al. 2018)。都市化が進行すると、日中の喧騒や人間との遭遇を避けるために、活動時間帯をより深夜に移行する個体が出てくることも予測される。タヌキやニホンノウサギとは対照的に、ハクビシンはヒストグラムの形状の違いが小さく、ほとんどの区分において撮影時刻のピークが深夜0時の前と後にある二山型を示した。本種は、都市化や人間活動にともなう環境の変化に対して、活動時刻をあまり変えることなく生息することができるのかもしれない。今回の調査では、調査期間や撮影記録数が比較的限られていたため、結果の検証にはさらなる調査が必要であるが、都市化による環境の改変に頑健で行動パターンを変化させなくても生息し続けられる種と、行動パターンを柔軟に変更させることで生息し続けられる種がいるかという問題は、都市化に対する哺乳類の応答を推測する上で重要と考えられる。

本研究は、筑波山周辺では初めてとなる広域カメラトラップ調査であり、森林の連続性、交通量、植生タイプによって哺乳類の種組成や行動時間に違いがみられることが明らかとなった。得られたデータは、今後、哺乳類相の変化をモニタリングしていく上での基礎情報としても活用できる。例えば、茨城県北部ではニホンジカが確認されており(竹内ほか 2019)、分布拡大が懸念されている。またアライグマは、茨城県では2007年以降に目撃や捕獲事例が急増し、防除活動が進められている(茨

城県 2016)。本種の動向については、個人や団体が任意に設置した捕獲ワナによる情報が主であったため、ワナがほとんど設置されなかった筑波山周辺の連続林での状況は不明であったが、本研究の調査地とした筑波山麓の低地林での撮影回数はゼロであった(図1)。また都市域での生息範囲は、つくば市内のアライグマの捕獲記録(茨城県提供)とほぼ一致している(付録3)。ただし、多摩や房総半島の事例では、より森林面積の多い地域でアライグマの生息数が多くなる傾向が報告されている(Saito and Koike 2013)。今後、アライグマが筑波山付近の連続林で増加する可能性も十分に考えられ、注意が必要である。本調査は、初夏から秋にかけての数か月間、スナップショット的に筑波山周辺域の中・大型哺乳類の分布状況を把握したものであるが、このような調査を継続的に行っていくことで、本地域の野生動物管理に活かしていくことが期待される。筑波山周辺域では、都市域の内部や辺縁部にモザイク状に水田や畑地が分布する地域が存在する。出現種の中にはイノシシやハクビシンなど農作物を嗜好する種が出現していた。これらの種群の生息状況と周辺の農地の分布との関係性などについても、より細かな空間スケールで明らかにしていくことがのぞまれる。

謝 辞

本研究を実施するにあたり、大変多くの方にご協力をいただきました。宍塚自然と歴史の会、つくば環境フォーラム、金田台の生態系を守る会、茨城県、林野庁茨城県森林管理署のみなさまには、カメラの設置にご配慮をいただきありがとうございました。筑波大学上條隆志博士、和田洋博士、門脇正司博士、森林生態環境学(育林・自然保護学)研究室のみなさまには研究内容について貴重なアドバイスと励ましをいただきました。2名の匿名査読者の方には大変有益なコメントをいただきました。ここに記して感謝申し上げます。

引用文献

- 阿部 聖哉, 梨本 真, 矢竹 一穂, 松木 吏弓, 石井 孝 (2005) 秋田駒ヶ岳のイヌワシ行動圏におけるノウサギの生息密度と森林植生との関係. 日本森林学会誌, 87:117-123. <https://doi.org/10.4005/jjfs.87.117>
- Ahumada JA, Silva CEF, Gajapersad K, Hallam C, Hurtado J, Martin E, McWilliam A, Mugerwa B, O'Brien T, Rovero F, Sheil D, Spironello WR, Winarni N,

- Andelman SJ (2011) Community structure and diversity of tropical forest mammals: Data from a global camera trap network. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 366:2703-2711. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0115>
- Barton K (2020) “Package ‘MuMIn’” <https://cran.r-project.org/web/packages/MuMIn/MuMIn.pdf>, 2020年9月28日確認
- Bradley CA, Altizer S (2007) Urbanization and the ecology of wildlife diseases. *Trends in Ecology and Evolution*, 22:95-102. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.11.001>
- Coffin AW (2007) From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, 15:396-406. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006>
- Crooks KR, Soulé ME (1999) Mesopredator release and avifaunal extinctions in a fragmented system. *Nature*, 400:563-566. <https://doi.org/10.1038/23028>
- 江成 広斗 (2019) 農村・都市へ進出する野生動物. (小池伸介, 山浦 悠一, 滝 久智 編) 森林と野生動物, 157-181. 共立出版, 東京
- Fischer JD, Cleeton SH, Lyons TP, Miller JR (2012) Urbanization and the predation paradox: The role of trophic dynamics in structuring vertebrate communities. *BioScience*, 62:809-818. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.9.6>
- Gaynor KM, Hojnowski CE, Carter NH, Brashares JS (2018) The influence of human disturbance on wildlife nocturnality. *Science*, 360:1232-1235. [10.1126/science.aar7121](https://doi.org/10.1126/science.aar7121)
- 茨城県 (2016) 第2次茨城県アライグマ防除実施計画. <https://www.pref.ibaraki.jp/seikatsukankyo/kansei/chojyuhogo/documents/araiguma-boujo-20160418p5.pdf>, 2020年9月28日確認
- 飯島 昌弘, 斎藤 昌幸, 白井 亮久 (2018) 武蔵学園に生息するタヌキの外食率を探る - 東京都区部の狭い孤立林内の二つのため糞から出現した種子と人工物に注目して -. 武蔵高等学校中学校紀要, 3:57-80
- 池田 啓 (1997) 哺乳類の将来 - 保全生物学の視点から. (土肥 昭夫, 岩本 俊孝, 三浦 慎悟, 池田 啓 編) 哺乳類の生態学, 192-230. 東京大学出版会, 東京
- 池田 透 (2000) 移入アライグマの管理に向けて. 保全生態学研究, 5:159-170
- Ikeda T, Uchida K, Matsuura Y, Takahashi H, Yoshida T, Kaji K, Koizumi I (2016) Seasonal and diel activity patterns of eight sympatric mammals in Northern Japan revealed by an intensive camera-trap survey. *PLoS ONE*, 11:e0163602. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163602>
- Jaeger JAG, Bowman J, Brennan J, Fahrig L, Bert D, Bouchard J, Charbonneau N, Frank K, Gruber B, von Toschanowitz KT (2005) Predicting when animal populations are at risk from roads: An interactive model of road avoidance behavior. *Ecological Modelling*, 185:329-348. [10.1016/j.ecolmodel.2004.12.015](https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.12.015)
- Kindt R (2020) Package “BiodiversityR” <https://cran.r-project.org/web/packages/BiodiversityR/BiodiversityR.pdf>, 2020年9月28日確認
- 気象庁 (2019) 過去の気象データ検索. <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, 2020年9月28日確認
- 小寺 祐二, 神崎 伸夫, 金子 雄司, 常田 邦彦 (2001) 島根県石見地方におけるニホンイノシシの環境選択. *野生生物保護*, 6:119-129. https://doi.org/10.20798/wildlifeconsjp.6.2_119
- Mader HJ (1984) Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biological Conservation*, 29:81-96. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(84\)90015-6](https://doi.org/10.1016/0006-3207(84)90015-6)
- McGregor RL, Bender DJ, Fahrig L (2008) Do small mammals avoid roads because of the traffic? *Journal of Applied Ecology*, 45:117-123. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01403.x>
- McKinney ML (2002) Urbanization, biodiversity, and conservation: The impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. *BioScience*, 52:883-890. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0883:UBAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0883:UBAC]2.0.CO;2)
- 中村 徹, 清水 正子 (1989) 筑波研究学園都市の植生の変遷. 筑波大学演習林報告, 5:1-9
- 小原 秀雄 (1982) 東京の哺乳類. (沼田 真, 小原 秀雄 編) 東京の生物史. 65-73. 共立, 東京
- O’Brien TG, Kinnaird MF, Wibisono HT (2003) Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation*, 6:131-139. <https://doi.org/10.1017/S1367943003003172>
- Patten MA, Burger JC (2018) Reserves as double-edged sword: Avoidance behavior in an urban-adjacent wildland. *Biological Conservation*, 218:233-239. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.12.033>
- Pfeifer M, Lefebvre V, Peres CA, Banks-Leite C, Wearn OR, Marsh CJ, Butchart SHM, Arroyo-Rodriguez V, Barlow J, Cerezo A, Cisneros L, D’Cruze N, Faria D, Hadley A, Harris SM, Klingbeil BT, Kormann U, Lens L, Medina-Rangel GF, Morante-Filho JC, Olivier P, Peters SL, Pidgeon A, Ribeiro DB, Scherber C, Schneider-Maunoury L, Struebig M, Urbina-Cardona N, Watling JI, Willig MR, Wood EM, Ewers RM (2017) Creation of forest edges has a global impact on forest vertebrates. *Nature*, 551:187-191. <https://doi.org/10.1038/nature24457>
- R Core Team (2019) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna
- Ripley B, Venables B, Bates DM, Hornik K, Gebhardt A, Firth D (2020) “Package ‘MASS’” <https://cran.r-project.org/web/packages/MASS/MASS.pdf>, 2020年9月28日確認
- Saito M, Koike F (2013) Distribution of wild mammal

assemblages along an urban-rural-forest landscape gradient in warm-temperate East Asia. *PLoS ONE*, 8:e65464. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065464>

Saito MU, Koike F (2015) Trait-dependent changes in assemblages of mid-sized and large mammals along an Asian urban gradient. *Acta Oecologica*, 67:34-39. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2015.06.002>

Soga M, Koike S (2013) Large forest patches promote breeding success of a terrestrial mammal in urban landscapes. *PLoS ONE*, 8:e51802. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051802>

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. <https://doi.org/10.3825/ece.11.41>

総務省 (2020) e-STAT 政府統計の総合窓口. <https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0000010201>, 2020年12月21日確認

高槻 成紀 (2017) 東京西部にある津田塾大学小平キャンパスにすむタヌキの食性. *人と自然*, 28:1-9. https://doi.org/10.24713/hitotoshizen.28.0_1

竹内 正彦, 藤本 竜輔, 森島 和也, 安井 さち子, 山崎 晃司 (2015) 茨城県産野生哺乳類目録. 茨城県自然博物館研究報告, 18:71-82

竹内 正彦, 中村 大輔, 藤本 竜輔, 山崎 晃司, 後藤 優介 (2019) 茨城県大子町八溝山地域におけるニホンジカの確認. 茨城県自然博物館研究報告, 22:17-23

Tilman D, Clark M, Williams DR, Kimmel K, Polasky S, Packer C (2017) Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. *Nature*, 546:73-81. <https://doi.org/10.1038/nature22900>

Tobler MW, Carrillo-Percastegui SE, Leite Pitman R, Mares R (2008) An evaluation of camera traps for inventorying large- and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation*, 11:169-178. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2008.00169.x>

Powell, G. (2017) Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. *Nature*, 546:73-81. <https://doi.org/10.1038/nature22900>

つくば市 (2018) つくば市立地適正化計画概要版. https://www.city.tsukuba.lg.jp/_res/projects/default_project/_page/_001/002/140/summary.pdf, 2020年9月28日確認

Wheeler S, Watson GS (1964) A distribution-free two-sample test on a circle. *Biometrika*, 51:256-257

Yasuda M (2004) Monitoring diversity and abundance of mammals with camera traps: A case study on Mount Tsukuba, central Japan. *Mammal Study*, 29:37-46. <https://doi.org/10.3106/mammalstudy.29.37>

付 録

付録1. 筑波山周辺域におけるカメラトラップ調査で記録された中・大型哺乳類および鳥類の撮影頻度。1回の撮影後、20分以内に撮影されたデータは削除され

ている。

Appendix 1. Camera trapping rates of mid-sized and large mammals recorded by a camera trap survey in the lowland area around Mt. Tsukuba, Ibaraki Prefecture. If the same species was recorded twice or more within 20 minutes at a given site, only the first record was counted.

付録2. 筑波山周辺域におけるカメラトラップ調査で記録された中・大型哺乳類の撮影動画ファイル。

Appendix 2. Videos of mid-sized and large mammals recorded in a camera trap survey in the lowlands around Mt. Tsukuba, Ibaraki Prefecture.

- (1)イノシシ (調査地点1) <https://youtu.be/HQuR5GEIwwo>
- (2)タヌキ (調査地点23) https://youtu.be/2bDQgtEHN_o
- (3)アナグマ (調査地点2) <https://youtu.be/xkwfNsIrodg>
- (4)ニホンノウサギ (調査地点20) <https://youtu.be/Kv9SWv1S8K0>
- (5)ハクビシン (調査地点19) <https://youtu.be/z1gvV-V3SKk>
- (6)アライグマ (調査地点18) <https://youtu.be/f1pf7JHInIA>
- (7)ネコ (調査地点9) <https://youtu.be/tW35guqolqk>
- (8)ホンドテン (調査地点6) <https://youtu.be/cAk-6bqIqnU>
- (9)ニホンリス (調査地点2) <https://youtu.be/YQasPMKmOGs>
- (10)ホンドギツネ (調査地点14) <https://youtu.be/dD66xE3oAll>

付録3. つくば市におけるアライグマの捕獲地点と本研究においてアライグマがされた地点との地理的關係。つくば市による年ごとのアライグマの捕獲箇所データは茨城県より提供されたものを使用した。

Appendix 3. Geographic locations where exotic common raccoons were captured and recorded by a camera trap in this study. The annual data of locations where common raccoons were captured in Tsukuba were provided by the Ibaraki Prefecture Government.

リンクが示されていない付録は本文のオンラインサイトに掲載。

<https://doi.org/10.18960/hozen.2040>