

氏 名 高畑 優

学位(専攻分野) 博士(理学)

学位記番号 総研大甲第 2513 号

学位授与の日付 2024 年 3 月 22 日

学位授与の要件 先導科学研究科 生命共生体進化学専攻
学位規則第6条第1項該当

学位論文題目 Human and wildlife in the Anthropocene: The
multidimensional approach to urban ecology in Eurasian red
squirrels

論文審査委員 主 査 本郷 一美
統合進化科学コース 准教授
寺井 洋平
統合進化科学コース 准教授
沓掛 展之
統合進化科学コース 教授
坂本 信介
宮崎大学 農学部 教授

博士論文の要旨

氏 名：高畑 優

論文題目：Human and wildlife in the Anthropocene: The multidimensional approach to urban ecology in Eurasian red squirrels

In this Anthropocene, human activities negatively affect ecosystems. Urbanization, one of the features in the Anthropocene, has reduced natural habitats for wildlife, provided anthropogenic disturbance, and consequently induced the loss of biodiversity. At the same time, urban environments work as alternative habitats for wildlife by providing anthropogenic resources such as food and refugia. Actually, numerous species altered their behavioral and ecological traits to live in urban environments. As those modifications were well investigated in these few decades, it was found that factors facilitating their urban lives are species and region-specific. To understand urban adaptation of wildlife and conduct evidence-based conservation in urban environments, urban ecology should be conducted in various species and regions. However, studies of urban ecology are biased, with studies in specific taxa and Western countries being predominantly accumulated. Here we compared behavior, life history patterns (diet, body weight, reproductive output), and population genetic structure of Eurasian red squirrels *Sciurus vulgaris* in urban and rural areas in Obihiro area, Hokkaido, Japan.

In chapter 2, I investigated the composition and seasonality of diets in urban and rural squirrels. Squirrels strongly rely on tree seeds (e.g., walnuts and pine nuts) which bear only in fall. So, it is predicted that rural squirrels would have the seasonal difference of seed use. On the other hand, urban squirrels would mitigate the seasonal difference of seed use due to the supplemental feeding from citizens. To test these ideas, I conducted behavioral observation and stable isotope analysis for comparing the diet between urban and rural squirrels. As a consequence of dietary change, I compared body weight between urban and rural squirrels. I found that urban squirrels had a higher intake of tree seed than that of rural ones throughout the year. Also, I found that urban females increased more weight in the spring than rural ones. These results suggest that urban squirrels utilizing SF changed their diet composition and increased body mass (but only in females). Since heavy body weight in females is usually associated with reproductive success, urban females might have better reproductive condition than that of rural ones.

In chapter 3, I compared female reproductive conditions between urban and rural squirrels and tested whether the increase in female body mass in urban areas resulted in high reproductive success. We investigated six proxies for their reproductive condition: (1) rates of pregnant females, (2) the age of initial pregnancy, (3) the maximum age of reproduction, (4) birth date, (5) the number of weaned litters, and (6) whether females attended multiple breeding. I found that the urban population had a higher rate of pregnancy and an earlier breeding season than rural populations.

Urban females had earlier initial pregnancy (one year old) and longer maximum age of reproduction (five years old) than rural females (two and four years old respectively). Although the number of weaned young did not differ between rural and urban females, urban females attended multiple breeding more frequently than rural females. My results suggest that urban squirrels have better reproductive conditions than rural ones, which possibly due to the advantages from SF. Overall, those suggest that squirrels seemed to obtain benefits from living in urban areas.

Finally, in chapter 4, I investigated the population genetic structure of squirrels in the Obihiro area. The squirrels in Obihiro city have been settled in large residential lots with a high risk of vehicle collisions for about 30 years, raising a possibility that the urban population would be genetically isolated from nearby rural populations and may have rapidly decreased genetic diversity. In this study, I analyzed the population genetic structure, genetic distance, and nucleotide diversity by using genome-wide SNPs extracted by MIG-seq. I used 12 populations with different degrees of urbanization, which were divided into “urban”, “border”, and “rural” areas. Principal component analysis and ADMIXTURE showed that the urban and rural populations formed distinct clusters with an intermediate of the urban and rural boundary populations. The genetic distances (F_{st}) between urban and other populations were higher than the other pairs. In addition, the nucleotide diversities (π) were lower in urban populations than in the other populations, suggesting limited gene flow between urban and other populations possibly due to urbanization. The difference in the genetic characteristics of urban squirrel populations in this short period (i.e., 30 years) demonstrates the strong impact of urbanization.

Overall, my thesis found that urban lives had both positive (diet, body weight, and female’s reproductive success) and negative (population genetic structure) impacts for squirrels. Urban environments would be suitable habitat at the individual level and in the short timescale, but not at the population level and in the long timescale. My thesis suggested that urban ecology of wildlife should be conducted not only for multi-species and regions, but also for multidimension of animal ecology and at multi-levels from individuals to populations.

博士論文審査結果

Name in Full
氏名 高畑 優

Title
論文題目 Human and wildlife in the Anthropocene: The multidimensional approach to urban ecology in Eurasian red squirrels

申請者（高畑優氏）は、北海道帯広地域に生息するキタリスを対象に、都市と郊外に生息する個体の生態や生活史を多角的に比較し、博士論文にまとめた。

第一章では、本博士論文の背景が解説されている。人新世と呼ばれる現在において、人間活動が動物に様々な影響を与えていること、都市に生息する野生動物がその行動生態を変容させていることが確認されている。野生動物が都市部に進出し定着する際には、そのパターンに種差や地域差がみられる。このために動物の都市生態に関する一般則を見出すことは難しく、その結果、様々な地域において多様な種を対象とした研究が必要とされることが説明された。

第二章では、都市と郊外に生息するキタリスの食性が比較されている。行動観察と安定同位体を用いた食性分析により、都市に生息する個体は、郊外に生息する個体と比較して、食性の季節変化が乏しいこと、また堅果が食物に占める割合が通年で安定していることが明らかにされた。個体の体重を測定した結果、その季節変化の度合いは、オスでは都市と郊外の間には差がなかったが、メスでは都市で郊外よりも大きかった。この食性や体重の違いは、通年実施されている餌付けによるものと考えられ、都市での生息が個体のコンディションに好影響を与えていることを示している。本研究成果は *Journal of Mammalogy* 誌に掲載された (Takahata et al. 2023)。

第三章では、第二章で見出された食性、体重の違いから、都市部のメスの繁殖状況が郊外のメスよりも良好である可能性を検証した。メスの繁殖状況を継続的に観察した結果、郊外のメスと比較して、都市部のメスは繁殖開始時期が早く、複数回の繁殖をより頻繁に行っていることが明らかになった。これらの結果は都市部に生息するメスの繁殖成功が上昇している可能性を示している。

第四章では、都市と郊外における個体群の遺伝構造の違いが分析されている。人間の影響の度合いが異なる 12 集団を対象に、MIG-seq によってゲノムワイドな一塩基多型 (SNPs) を分析した結果、都市と郊外の個体群は遺伝的に分化をしており、境界部はその中間的な特徴を持っていた。遺伝的分化の指標である F_{ST} は、都市の個体群間において、郊外における個体群間よりも大きかった。さらに、都市部の遺伝的多様性は郊外よりも低かった。これらの点は、第二、三章で報告された都市に生息する利点とは反対に、都市に生息することが個体群の長期的存続に不利に働くという、保全上、重要な知見を明らかにした。

第五章では総合考察が行われ、第二章から第四章までの三つの研究から、キタリスにおける都市生態が多角的に議論された。個体が都市に生息することの利点と欠点が列挙され、

複数の形質を包括的に見ることの重要性が解説された。また、今後の都市生態学において、多様な生物種を多様な地域にて研究することの重要性が述べられた。

本博士論文は、キタリスの都市生態学に関する新規な発見が多く含まれており、欧州で行われた同種を対象にした先行研究と比較してもオリジナリティーの高い結果と結論が含まれている。また、本博士論文は、今後の都市生態学において多様な地域や種を対象にした研究、多角的な研究アプローチが重要であることを提唱する意欲的なものである。これらの点から、学術的価値が極めて高いと評価した。以上の理由により、審査委員会は、本論文が学位の授与に値すると判断した。