

都市域における指標生物の移動と緑地の生態ネットワークの分断に関する研究

Habitat Fragmentation for Raccoon Dog Caused by Land Use of Transportation in Urban Ecological Networks

後藤 忍* 盛岡 通** 藤田 壮***

Shinobu GOTO*, Tohru MORIOKA** and Tsuyoshi FUJITA***

ABSTRACT: Habitat fragmentation caused by land use of transportation in urban ecological networks is discussed in this paper. A model that describes the potential of movement probability for selected species was developed and ecological network characteristics were estimated from the conceptual model of network structure in favor of that species. The authors selected raccoon dog *Nyctereutes procyonoides viverrinus* as an ecological network indicator, analyzed the distribution data in Ikeda and Kawachinagano city, Osaka prefecture. The results from the case study indicate the followings: 1) the potential of movement probability was not so significant factor for the distribution data compared with urban land use around the casualty points, 2) a large number of recorded raccoon dogs mainly died from traffic accidents at the intersection of the main motorways that run across the network between the woodland patches, 3) the construction of ecological corridor at these intersections is able to reduce the casualties maximally 40 percent. These results contribute to develop the planning concept and system for the effective ecological networks.

KEYWORDS: Ecological Networks, Habitat Fragmentation, Landscape Planning, Raccoon Dog

1. 研究の背景と目的

開発による動植物の生息地の分断化・孤立化を防ぎ、生態系の水平的なつながりを回復させて生物多様性の保全を図る計画概念は「生態（系）ネットワーク, ecological network」と呼ばれ、生物の持続可能性や多様性を高めるための核となる概念として注目され、それを実現するための計画や政策がドイツ・オランダなど欧州を中心として実現されている（Jongman(1995)¹, 日置(1999)²）。わが国でも近年は、生息地として確保すべき面積や生息地間の距離など定量的な基準を提示する研究がなされてきているが（例えば守山(1991)³, 加藤・一ノ瀬(1993)⁴, 小菅ら(1997)⁵）、モデルを用いた生態ネットワーク特性の評価や生態的回廊の設置による効果の推定など、都市域の緑地計画に対する指針を提示している研究例はまだ少ない。

筆者らは、生態ネットワークの構造モデルを設定し、指標種の生息・移動特性に基づく定量的な基準によって郊外開発地の緑地分布における生態ネットワーク特性を評価するシステムを提示したが⁶、指標種の分布情報や分散を表すモデルを用いた生態ネットワーク特性の分析は課題として残された。以上から本研究は、都市域における指標種の移動を表すモデルを構築するとともに、分布情報を分析して各地点での移動要因を明らかにすることにより、都市レベルでの生態ネットワークの形成指針を導くことを目的とする。

2. 研究の枠組み

2. 1 研究のフロー

本研究の全体の枠組みと分析のフローを図1に示す。対象地域の環境情報と指標種の生態情報を用いて、

* 大阪大学大学院環境工学専攻 Ph.D. Candidate, Dept. of Environmental Eng., Osaka Univ.

** 大阪大学大学院教授 工学研究科環境工学専攻 Professor, Dept. of Environmental Eng., Osaka Univ.

***大阪大学大学院助教授 工学研究科環境工学専攻 Associate Professor, Dept. of Environmental Eng., Osaka Univ.

大きく次の3つの視点から分析を行う。1)指標種の分布特性を明らかにして、2)生態ネットワークと緑地間の移動の阻害要因との関係进行分析し、3)土地利用変化のケースを設定して、生態ネットワーク特性の変化を評価する。すなわち、第一に指標種の分布地点での移動の起こりやすさを表すモデルを構築するとともに、各分布地点の周辺土地利用割合を算出して、回収地点の生態的・環境的特徴を明らかにする。第二に、分析①では十分に評価できない緑地の生態ネットワーク特性について、指標種の分散距離を設定してネットワークされた緑地を描出する

とともに、それらの緑地間を幹線道路が横断している場合の指標種の移動に対する影響を推定する。第三に、将来の緑地政策における指針を導くために、土地利用の変化について開発が進む場合と緑地が保全される場合でケースを設定し、各ケースでの生態ネットワーク特性の変化を評価する。このうち、本研究では分析①および②について論じる。なお、分析③については別報⁷で論じる予定であるので参照されたい。

2.2 指標種としてのホンドタヌキ

本研究では、都市域における緑地の生態ネットワークを評価する上で指標となる種としてホンドタヌキ *Nyctereutes procyonoides viverrinus* (以下タヌキ)を選定した。指標種の選定については盛岡ら(1998)⁸の論文を参照されたい。タヌキの生息基準について、行動圏に関する文献整理(今泉(1994)⁹、福江(1991)⁹など)により、樹林地パッチ(地形図での広葉・針葉樹林)の規模に応じて表1のように設定した。タヌキの分布に関する情報については、交通事故等によって死亡し自治体に回収された地点の分布データを用いた。その理由として、タヌキの移動を示す都市スケールでの情報であること、周辺の土地利用やライフスタイルとの相関が確認されていること^{10,11,12}、などがあげられる。一方、デメリットとしては、安全に移動する個体は把握できないこと、人の目に触れにくい場所でのデータがないこと、などがあげられ、利用の際に留意する必要がある。

タヌキの環境選択に関する先行研究では、対象地をメッシュに区切って樹林地の割合(樹林地率)を求め、それを説明変数としてメッシュ内の生息数を説明するという方法が用いられている。それらの分析例^{10,13,14}について表2示す。野島(1987)¹³では、樹林地率20%以上でほとんどで生息が確認されている他、山本ら(1995)¹⁰でも樹林地率が10%以上で生息率は100%となっており、樹林地率と生息数に相関があることが確認されている。また、本研究と同様に回収個体を扱った山本らの分析では、樹林地率が低いメッシュで事故率が高くなる傾向にあることも報告されており、非樹林地性の土地利用の

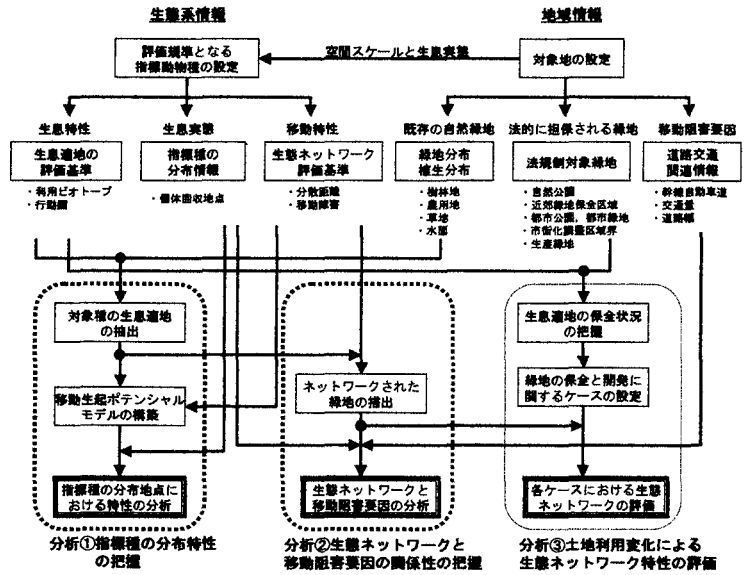


図1 研究のフロー

表1 タヌキの生息環境

樹林地	生息地の機能
大パッチ (30ha以上)	安定した地域個体群の生息が可能
中パッチ (3~30ha)	一時的な生息や繁殖が可能
小パッチ (3ha未満)	採餌場や踏み石・トポとして利用可能

表2 メッシュを用いたタヌキの生息と樹林地率に関する研究例

研究家名	調査フィールド	メッシュ	調査方法	樹林地率との関係
山本ら(1995)	川崎市	1.5×2.0km	過去の回収個体調査、目撃情報など	10%以上 : 100%生息 5~10% : 76.9%生息 5%未満 : 17.3%生息
野島(1987)	東京都、神奈川県	5.7×4.7km	聞き取り、アンケート	20%以上の区画ではほとんどで生息 20%未満でも45.1%で生息
池田・小野(1980)	日本全国 (第2回自然環境保全基礎調査)	1.0×1.0km	聞き取り、アンケート	40~70%で最も多い 70~100%、10~40%ではほとんど見られず 10%未満では忌避

割合が事故率に影響を与えることが示唆されている。

これらの研究ではメッシュの大きさは数 km の幅で設定されている。行政資料との整合性などの理由からこのサイズが用いられているが、1 メッシュが数 km² の大きさでは、平均の行動圏が約 30ha とされるタヌキの移動を分析するのは適当でない。そのこともあってか、これらの先行研究では移動を表すモデルを扱った分析は行われていない。そこで本研究は、メッシュではなく個々の地点ごとに土地利用割合を算出して分析を行う。

2.3 対象地の概要

分析対象地は、事前の電話調査およびアンケートで適地と判断した、大阪府下の池田市および河内長野市を選定した。調査内容については後藤ら(1998)¹²を参照されたい。池田市は、回収個体データの保存分が最も多かった市であり、河内長野市は大阪府下で一年当たりの回収数が最も多かった市である。両市の諸元を表 3、回収地点の分布を図 2、3 に示す。池田市は人口集中地区が市域の 50% を占める市であり、市街地部分にはほとんど緑地は残されていない。タヌキの生息地としては五月山公園とそれに連なる樹林地が保全されており、回収地点はそれらの樹林地の近くにある幹線道路沿いに多く分布している。一方、河内長野市は樹林地が 70% 近くを占める土地利用であり、面積は池田市の約 5 倍である。人口集中地区の面積は池田市と同程度である。市街地にはパッチ状に残された樹林地が点在しており、回収地点もその樹林地の近くに分布している。分析に用いるタヌキの個体回収地点のデータは、池田市が平成 6～9 年分 55 件のうち場所が特定できた 38 件 (70%)、河内長野市は平成 10 年分 78 件中 32 件 (41%) である。

3. 移動を表現するモデルの構築

3.1 分析の視点

野生生物の交通事故は、1) 環境、2) 生物、3) 交通の 3 つに大別される要素の相互作用の結果であるとされる¹⁶。同様に、個体回収地点の分布も、1) 移動の起こりやすさの要因、2) 生物の生態特性の要因、3) 死亡率を高める要因、の 3 つによって決まるものと考えられる。これらの要素の中で計画的にコントロールできるのは 1) と 3) であり、本研究ではこの二つの視点から回収地点の分析を行う。1) については、生息地となる緑地からの移動の起こりやすさを表現するモデルを構築し、各地点における「移

表 3 池田・河内長野両市の諸元

	池田市	河内長野市
面積(ha)	2211	10961
人口(人)	104292	117082
人口密度(人/ha)	47.2	10.7
土地利用(ha) DID	1100(50%)	1130(10%)
都市公園	196.09(9%)	95.55(1%)
農地	152.55(7%)	295.6(3%)
民有林	555(25%)	7328(67%)
土地利用データ	樹林地・農地・水田・草地: 1/10000地形図 水面: Mapinfoデータ	樹林地・農地・水田・草地: 1/25000地形図 水面: Mapinfoデータ
タヌキ回収個体数	平成6～9年分 55件	平成10年分 78件
有効プロット数	38(70%)	32(41%)

* 面積等のデータは1996年時点

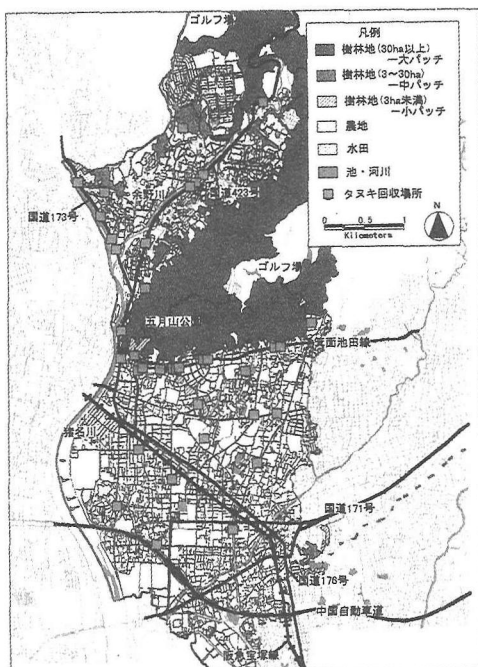


図 2 池田市でのタヌキ個体回収地点の分布

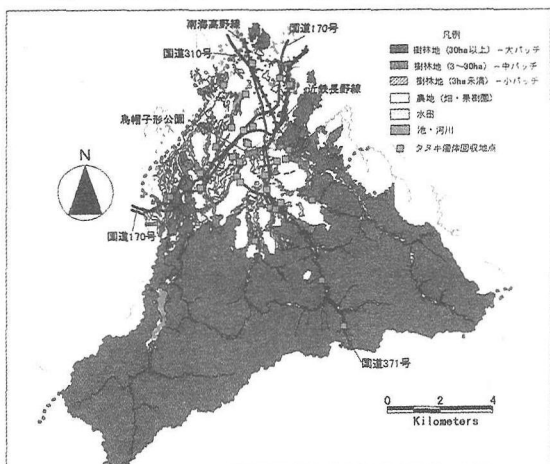


図 3 河内長野市でのタヌキ個体回収地点の分布

動生起ポテンシャル」として算出する。3)に相当するものとしては、2. 2で述べたように回収地点の「周辺土地利用割合」を指標として取り上げる。樹林地などの自然的土地利用の割合が少なく、道路や施設用地などの人工的土地利用割合が多くなるほど、その場所を移動するタヌキの死亡率が高くなると考えられるからである。

3. 2 移動に関するモデルの整理

移動の起こりやすさを表現するモデルの構築にあたり、先行研究で用いられているモデルの整理を行う。保全生態学などの分野で用いられている、生物の生息空間に関する地理情報と生息情報を用いたモデル分析の中で、特に移動と分散のモデル化に注目して整理したのが表4である。この表から得られる知見として、次の点があげられる。

- 1)パッチからの移動個体の生起頻度を表す式として、Possingham and Davies(1995)¹⁷や Hanski and Thomas(1994)¹⁸, Hanski(1994)¹⁹のモデルで指数関数が使われており、生起頻度の距離減衰を表す式として妥当であると考えられる。
- 2)Hanski and Thomas で仮定されている、移入・移出がパッチの大きさや個体群のサイズに無関係であるとする点は、パッチの大きさにばらつきがあるときは成立しないとされており、本研究の対象地のようにパッチのサイズに幅がある場合には、移入・移出はパッチの大きさに関係があると仮定することができる。

3)Possingham and Davies の ALEX は、

主としてほ乳類を対象としたモデル構造であるため、本研究で扱うタヌキを指標種としたモデル構築に反映できると考えられる。

4)時間変数を入れて絶滅予測を行うことが望ましいが、本研究のように十分な時系列データがない場合は困難である。

これらの知見は、次節でのモデル構築において反映させる。

表4 先行研究における生物の移動を表すモデル例

モデル種類	研究者/モデル名	モデルの特徴	移動に関するモデル式	用いられている変数例	適用動物種
人口学的シミュレーションモデル Demographic simulation model	Lamberson, R. McKelvey, R. and Barry R.(1992)	・分析された樹林地での、フクロウの絶滅予測モデル ・フクロウのライフステージを設定して、時系列分析を行う	分散成功率 $p = 1 - \{1 - Q(p)/R(p)\}^n$ $Q(p)$: 利用可能なパッチ数 $R(p)$: 全体のパッチ数	・分散個体生存率 ・生息地/パッチ数 ・占有パッチ数 ・ペア形成成功率 ・雄/雌数 ・ペア数 ・幼鳥数	フクロウの一種 <i>Strix occidentalis caurina</i> * 北大西洋の古い樹林地に生息するフクロウ
空間構造化モデル Spatially structured population model	Possingham, H. P. and Davies, I. (1995), /ALEX (analysis of likelihood extinction)	・主に哺乳類を対象としてつくられたメタ個体群の持続性評価のための汎用ソフトウェア ・生息地の複雑な空間構造や特性を取り入れることが可能 ・性が一つで年齢構成は3段階 ・遺伝的構成の変化は含まない	移住成功率 $a \cdot \exp(-d/m)$ a : 目的パッチをとらえる確率 d : パッチ間の距離 m : 予想される移住平均距離	・パッチの位置 ・パッチの面積 ・生息環境の状態変数 ・拡散(隣接パッチ) ・移住(長距離移動)	ミミナガバンディークト <i>Macrotis lagotis</i> * オーストラリアの有袋類。絶滅が心配される種。
空間明示モデル Spatially Explicit Model	Hanski, I. and Thomas, C.D. (1994)	・メタ個体群を支えるパッチの評価や、パッチの消失、サイズの機軸の影響を調べるモデル ・パッチの大きさと配置を仮定したモデル ・移入、移出はパッチの大きさ、個体群サイズに対し独立したものと仮定	パッチ i から j への移動 $D_{ij} = c N_{ij} \exp(-\mu d_{ij}) \times \frac{\exp(-\epsilon d_{ij})}{\sum \exp(-\epsilon d_{ij})}$ N_{ij} : パッチサイズ d_{ij} : パッチ間の距離 μ, ϵ : 定数	・地帯個体群成長 ・個体増加率 ・密度効果 ・環境容量 ・移住に関するもの ・個体の移住割合 ・移動距離 ・分散における死亡率 ・移住成功率 ・絶滅に関するもの ・人口学的ゆらぎ ・環境の確率的変動	チョウ属3種 <i>Molothra cinerea</i> <i>Hesperia comma</i> <i>Pieris argus</i> * 生息地の分断に影響を受けやすい種
	Hanski, I.(1994)	・必要とする情報が少ない。 ・パッチ占有モデル ・パッチの大きさや空間的な位置、各パッチに対象生物が存在するか、移動能力などの程度か、といったデータだけでメタ個体群の存続を予測	移住個体数 M_i $M_i = \beta \sum_j p_{ij} \exp(-\alpha d_{ij}) A_j$ d_{ij} : パッチ間の最短距離 A_i : パッチ面積 β : 1 或 0 α, β : 定数	・パッチの大きさ ・空間的な位置 ・各パッチでの存在 ・移動能力	チョウ属3種 <i>Molothra cinerea</i> <i>Hesperia comma</i> <i>Scotinotus orion</i> * 生息地の分断に影響を受けやすい種

3. 3 移動の起こりやすさを表すモデル

前節でのモデルの整理、および回収地点の分布状況に基づき、タヌキの移動の起こりやすさを表現するモデルを構築する。回収地点の特徴の一つとして、生息地である緑地から離れるほど数が少なくなることが明らかになっており¹⁵、この距離減衰を表現するものとして指数関数を採用し、次の3つのステージからなるモデルの構造を仮定する(図4)。

(1) 生息数ポテンシャルモデル

各パッチに生息するタヌキの最大生息数を推定するモデルである。パッチからの移動発生個体の基礎となる数を算出すモデルであり、次式で表現されるものとする。

$$N_i = n A_i R \tag{1}$$

ただし、 N_i : 最大生息可能数、 n : 1行動圏あたりの生息数、 A_i : パッチ i の面積、 R : 最小の行動圏面積である。

(2) 移動個体発生モデル

生息地からの移動個体の発生量を表すモデルである。(1)式で求めた生息数ポテンシャルに、生息地の形状に基づく放出性を乗じることで求まるものとする。形状による放出性 E_i は、パッチ辺縁部の割合が大きいほどパッチからの発生個体が多くなると考えられることから、複雑性を表す次式で表現する。

$$E_i = l_i / 2 \pi r_i \text{ または } l_i / A_i \quad (2)$$

ここで、 l_i はパッチの周長、 r_i はパッチと同面積の円の半径である。通常、形状の複雑さを表す変数としては l_i / A_i が用いられるが、ここでは無次元の係数である前者を採用する。

これに移動個体が起こる割合 p を乗じることで移動個体数 M_i をあらわすことができる。すなわち、

$$M_i = p E_i N_i \quad (3)$$

と表現される。

(3) 移動生起ポテンシャルモデル

タヌキの各回収地点での移動の起こりやすさを表現するモデルであり、前述したように指数関数を用いて表現する。すなわち、移動の生起ポテンシャル P_i は、次式により表現されるものとする。

$$P_i = M_i \exp[-x/m] \quad (4)$$

ここで、 x ：パッチの外縁からの距離、 m ：移動の平均距離である。個体回収地点データでは、個々の地点から最短の距離にあるパッチの外縁までの距離を x として分析を行う。

3. 4 各地点での周辺土地利用割合

各回収地点の環境的特徴を表す指標として、各地点の周辺100m内の土地利用割合を算出する。100mという数値は、タヌキの行動圏として最小のレベルである3haの円の半径に相当する距離であり、タヌキの行動が影響を受ける土地利用の範囲を表現するのに適当な大きさと考えて設定した。土地利用の種類は、地形図から入力した「樹林地」「農用地」とMapinfoデータの「水面」、およびそれら以外の土地利用である「道路・施設用地」の4つであり、それぞれの100m内に占める比率を求める。

移動生起ポテンシャルを求めるのに用いる変数と、回収地点周辺の土地利用の概念図を示したのが図5となる。この図のように、各回収地点における生息地からの移動の起こりやすさと、地点周辺における樹林地率や道路・施設用地率との関係を分析する。

4. 池田市および河内長野市でのケーススタディ

4. 1 移動生起ポテンシャルの推定

以上の枠組みを用いて、対象地における各回収地点の移動生起ポテンシャルと周辺土地利用割合の算出を行った。

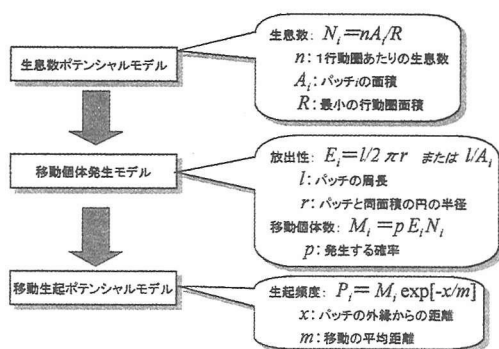


図4 移動を表すモデルの構造

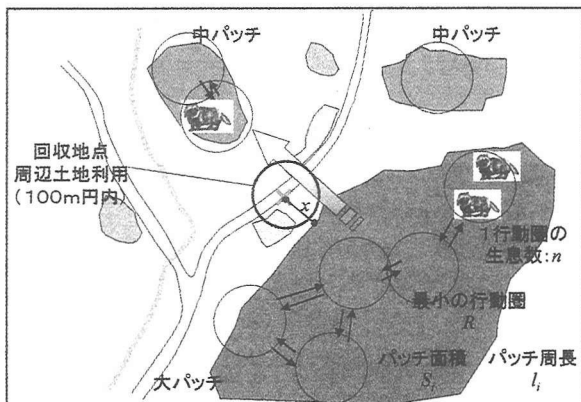


図5 移動生起ポテンシャルと周辺土地利用の概念図

移動生起ポテンシャルの推定では、式中の p , R , n の3つの数について、先行研究をもとにあらかじめ次のように数値を設定して算出した。

$$\begin{cases} p=0.1 & (\text{Lamkester(1991)}^{20} \text{のモデルでの割合と同値}) \\ R=3\text{ha} & (\text{今泉(1994)}^8, \text{横浜市(1993)}^{21} \text{などを参考に最小の行動圏と設定}) \\ n=2 & (\text{Ikeda(1985)}^{22} \text{での密度を参照して設定}) \end{cases}$$

また、 m については各分布地点から最短の距離にある中または大パッチまでの平均距離を用いることとし、算出した結果、池田市では350m、河内長野市では220mであった。

これらの設定から、GIS上で各変数の値を測定し、各回収地点の移動生起ポテンシャルを求めた。池田市および河内長野市でのポテンシャルの大きさを地図上に表現したのがそれぞれ図6、図7になる。池田市では、五月山の南側の回収地点で比較的高いポテンシャルが高くなっている他、西側の国道423号線沿いも、樹林地から離れているわりには高くなっている。一方、河内長野市では、南部にある大パッチの周辺や市街地の周囲に残された樹林地の近くでポテンシャルが高くなっている。市街地部分では、環境ふれあい公園である烏帽子形公園へと続く斜面樹林地との間を371号線バイパスが通るところなどは比較的高くなっている。

これら移動生起ポテンシャルの度数分布を表すと図8のようになる。両市ともにポテンシャルが小さいほど件数が多くなっている。このことは、回収地点の特徴として生息地側からの移動の起こりやすさだけではなく、やはり死亡率を高める要因が強く影響していることを表していると考えられる。

4.2 周辺土地利用割合との関係

回収地点の周辺100m内の土地利用割合を算出し、平均値を表したのが図9である。図から明らかにように、土地利用の構成は池田市・河内長野市ともにほぼ同じであった。両市とも道路・施設用地率の割合が80%近くを占めており、回収地点が道路等の人間活動が活発な場所に分布していることが分かる。また、その他では樹林地率が最も高くなっており、生息地や餌場、移動路としての樹林地が回収地点の周囲にあることが読みとれる。

道路・施設用地率をタヌキの死亡率を高める要因として捉え、移動生起ポテンシャルとの関係を散布図で表現したのが図10である。両市とも移動生起ポテンシャルが低く、道路・施設用地率の高いところに回収地点が多く分布し、ポテンシャルが大きくなるにつれて道路・施設用地率が小さくなる



図6 池田市での移動生起ポテンシャルの分布

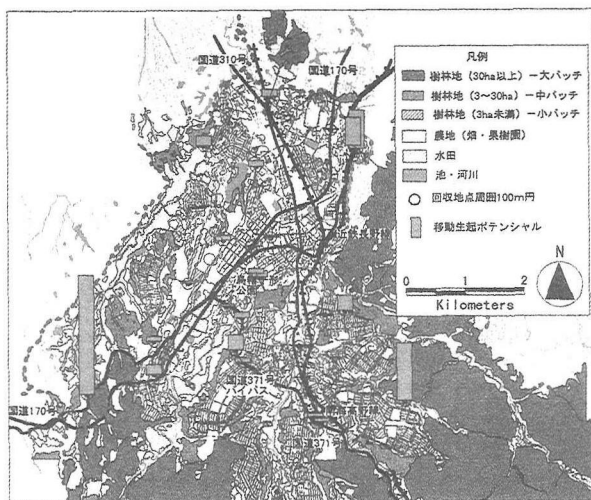


図7 河内長野市での移動生起ポテンシャルの分布 (市街地部分)

る傾向を示した。これは、ポテンシャルが高ければ道路・施設用地率が少なくても事故等が起こり、逆にポテンシャルが低くても道路・施設用地率が高ければ同様に事故等が増えることを示していると考えられる。この傾向は池田市で顕著であり、直線近似では 5% 有意であった。一方、河内長野市では移動生起ポテンシャルが低く道路・施設用地率が高いところに集中しており、池田市ほどの傾向は見られなかった。このことは、池田市では大パッチの緑地から市街地へしみ出す形で回収地点が分布しているが、河内長野市では大パッチの周囲よりは市街地部に点在する中パッチの周囲に回収地点が多く分布していることを表すものと考えられる。

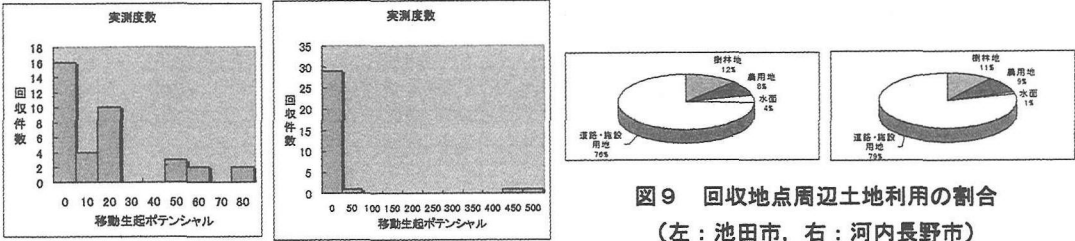


図 8 移動生起ポテンシャルの度数分布
(左：池田市，右：河内長野市)

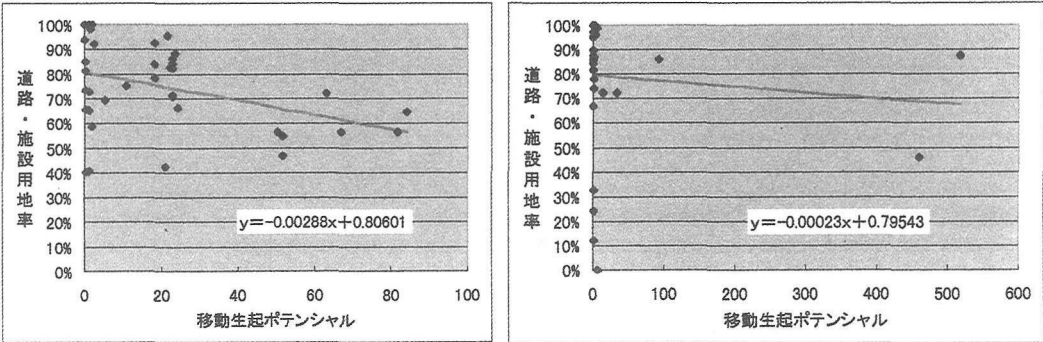


図 10 移動生起ポテンシャルと道路・施設用地率の関係（左：池田市，右：河内長野市）

5. 道路交通による生態ネットワークの分断

5. 1 分析の目的と方法

本章では、緑地のネットワークと道路交通によるその分断に注目して、回収数との関係を分析する。個体回収地点と施設・道路用地率との相関が高いと判断された前章での結果を踏まえ、タヌキの分散距離内で隣接する緑地間のネットワークを描出するとともに、道路交通関連情報を用いて回収数が多い場所の特徴を明らかにする。このことにより、生態的回廊などの施策を実行すべき地点を特定することも可能になる。

5. 2 分析方法

分析は次の手順で行う。

(1) ネットワークの描出

盛岡ら(1998)⁶および Linehan et al(1995)²³を参考にし、タヌキの分散距離を設定してネットワークされている大/中パッチを描出する。分散距離については、谷地森²⁴の長野県入笠山でのデータ（分散距離 312m～9856m）を参考として、最小値とほぼ同値の 300m と設定した。300m 内に小パッチが介在する場合も、踏み石(stopping stone)によるネットワークとして描出する（図 11）。

(2) ネットワークされた緑地間での回収地点の帰属

ネットワークされた緑地間に回収地点が分布している場合、両緑地の中心点を結ぶ軸と各回収地点のなす

角が鋭角でないものをその緑地間の移動個体と仮定して、数をカウントする。また、緑地間のネットワークの強さを表す指標として、Linehan et al²³ での空間的相互作用を表すモデルを参考にし、重力モデルを基礎とする次式により緑地間の空間的相互作用を算出する。

$$G_{ij} = (A_i/R) \times (A_j/R) / D_{ij}^2 \tag{5}$$

ただし、 G_{ij} :パッチ*i*とパッチ*j*間の空間的相互作用、 A_i :パッチ*i*の面積、 A_j :パッチ*j*の面積、 R :最小の行動圏面積、 D_{ij} :パッチ*i*と*j*の中心間の距離である。

(3) 道路交通特性との関係性の分析

ネットワークされた緑地の中心点を結ぶ軸に対し、主要幹線道路が横断している場所を抽出する。その道路の特性を表す指標として道路交通量および道路幅を取りあげ、(2) で求めた回収数および緑地の空間的相互作用とあわせて、緑地間ごとに整理する。

5. 3 分析結果

タヌキの分散距離内でネットワークされた緑地と、主要道路における交通量を表したのが図 12, 13 である。池田市では、緑地のパッチが少なくそれらのネットワークを分断している道路は存在していない。緑地間の相互作用範囲内に回収地点が分布しているのは緑地 No.2 と 5 の間だけであり、ここには主要道路は位置していない。このように、池田市では緑地のネットワークの分断を直接の要因とする回収個体の発生は少なく、緑地から市街地へしみ出す形で移動してきた個体の事故などによるものが多いと考えられる。一方、河内長野市では、緑地間の中心軸を幹線道路が横断するとともに、タヌキの回収地点が分布している緑地間は A~F の 11 カ所で、計 18 の個体がそれらの緑地間の相互作用範囲内に分布していた。これらの場所について、緑地間の空間的相互作用、回収数、および道路幅と交通量 (C, F はデータなし) を整理したのが表 5 である。回収数が最大の地点は B と G で 4 件であったが、これらの緑地間を横断する幹線道路は交通量が 15000 台/半日以上と最も多くなっており、タヌキが緑地間を移動する上で事故の起こりやすい構造になっていることが明らかとなった。一方、空間的相互作用の大きさと回収数の間には明確な関係性はみられなかった。この表から、

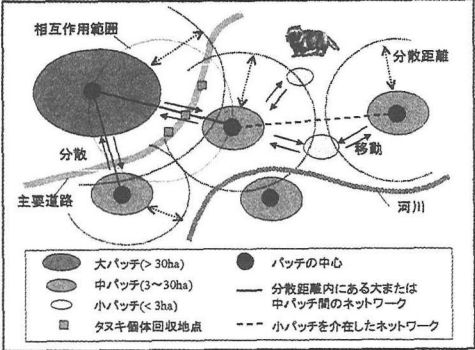


図 11 ネットワーク抽出の概念図

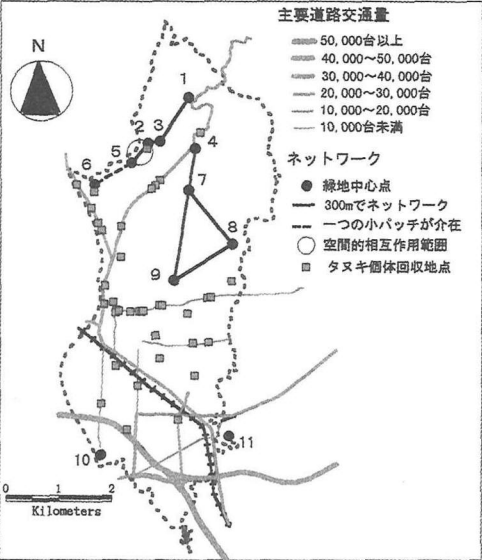


図 12 池田市での生態ネットワークと交通量

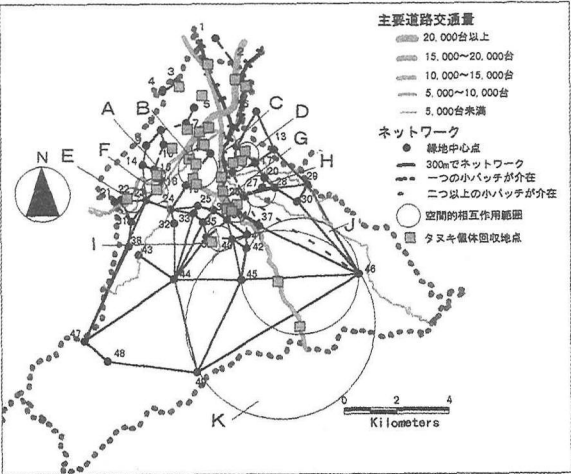


図 13 河内長野市での生態ネットワークと交通量

道路交通側の特性に基づいて緑地間にタヌキが移動できる生態的回廊を設置した場合に期待される回収数削減効果も推定できる。例えば、1)交通量 10000 台以上、2)道路幅 10m 以上、のそれぞれの条件で生態的回廊を緑地間に整備した場合、1)で約 31% (B,G,J,K の 10 件)、2)の場合で約 38% (B,D,E,G,I の 12 件)の削減効果が期待できる。これは、今回場所を特定できなかった地点を含む全件数 (78 件) に対しては、それぞれ 13%、16%に相当する。

表 5 河内長野市における各緑地間の特性

	空間的相互作用	交通量(台/半日)	道路幅(m)	回収数
A	19.4	9096	7	1
B	8.1	16408	15	4
C	3.9	—	7	1
D	20.6	3129	10	2
E	41.3	9096	7	1
F	48.5	—	20	1
G	1.5	16408	15	4
H	16.2	230	5	1
I	128.7	1847	10	1
J	6629.1	10218	7	1
K	10087.8	10218	7	1

6. 本研究のまとめ

本研究では、都市域における緑地の生態ネットワーク特性を評価するため、指標種としてホンダタヌキを選定し、大阪府池田市および河内長野市でのタヌキ個体回収地点のデータをもとに移動の起こりやすさを表すモデルを構築して、分布特性を分析した。その結果、1)回収地点では移動生起ポテンシャルは必ずしも高くなく、施設・道路用地率が高くなっていること、2)移動生起ポテンシャルが大きくなるにつれて道路・施設用地率が小さくなる傾向にあること、などの点が明らかになった。また、生態ネットワークの概念モデルを用いて道路交通情報との関係を分析した結果、3)河内長野市では池田市より分散距離内にある緑地間を幹線道路が横断している場所が多く、このことが回収数の増加につながっていると考えられること、4)それらの緑地間に生態的回廊を整備した場合、最大で 30~40%の削減効果が期待できること、などの点が導かれた。回収件数は緑地の空間的相互作用とはあまり相関がなかったことから、相互作用の大きさに関わらず、分散距離内にある緑地間を幹線道路が横断している場所では、動物の道路への進入を防ぐとともに安全に移動できるような通路(ボックスカルバート等)を設置するなどの配慮が必要であると言える。このように、本研究で提示したモデルにより、それぞれの対象地における生態ネットワークの特性を評価できる可能性が示された。

なお、今後の課題としては、1)ネットワークの状態によるメタ個体群の持続性を評価できるようなモデルを構築すること、2)土地利用変化シナリオを設定して生態ネットワーク計画の効果を予測すること、などがあげられる。

参考文献

- Jongman, R.H.G., Nature conservation planning in Europe: developing ecological networks, *Landscape and Urban Planning*, 32(3), 169-183, 1995
- 日置佳之, オランダの生態系ネットワーク, 日本造園学会編「ランドスケープエコロジー」, 技報堂出版, 211-237, 1999
- 守山弘, 東京近郊の原風景と生物相保全機能, *環境情報科学*, 20-2, 27-31, 1991
- 加藤和弘・一ノ瀬友博, 動物群集保全を意図した環境評価の視点, *環境情報科学*, 22(4), 62-71, 1993
- 小菅敏裕・大西博文・小根山裕之, 道路を含めたピオトープネットワーク計画の策定手法に関する研究, 土木計画学研究・講演集 No.20(1), 383-386, 1997
- 盛岡通・藤田壮・後藤忍・角谷晃, 郊外開発地における生態ネットワーク特性の評価システムに関する研究, 土木学会環境システム研究, Vol.26, 13-20, 1998
- 後藤忍・盛岡通・藤田壮, 都市域における指標生物の生息特性による緑地の生態学的連続性の評価, 第13回環境情報科学論文投稿中, 1999
- 今泉忠明, 狐狸学入門, 講談社, 1994
- 堀江祐子, 金沢大学構内におけるホンダタヌキの行動圏利用パターンと Parental care, 平成3年度金沢大学修士論文, 1991
- 山本祐治・木下あけみ・東本博之, 川崎市におけるホンダタヌキ *Nyctereutes procyonoides viverrinus* の分布と環境選択, 川崎市青少年科学館紀要(6), 83-88, 1995
- 多摩丘陵野外博物館たぬき実行委員会, いまどきの町たぬき, 芳栄印刷, 20-23, 1995
- 木下あけみ・山本祐治, 川崎市域のホンダタヌキ調査(II), 川崎市青少年科学館紀要(4), 45-50, 1993
- 野島宏一, 東京都及び神奈川県川崎市の都市部におけるホンダタヌキ(*Nyctereutes procyonoides viverrinus*)の環境選択, 東京農工大学卒業論文, 1987
- 池田啓・小野勇一, キツネ・タヌキ・アナグマの分布, 第2回自然環境保全基礎調査動物分布調査報告(哺乳類), (財)日本野生生物研究センター, 121-158, 1980
- 後藤忍・盛岡通・藤田壮, 市街地における生態ネットワーク特性の評価システムに関する調査研究, 土木学会環境システム研究, Vol.26, 605-610, 1998
- 大森司紀之・井部真理子・増田泰, 野生動物の交通事故対策-エコロード事始め, 北海道大学図書刊行会, 1998
- Possingham, H.P. and Davies, L., ALEX: A model for the viability analysis of spatially structured populations, *Biol. Cons.*, 73, 143-150, 1995
- Hanski, I. and Thomas, C.D., Metapopulation dynamics and conservation: a spatially explicit model applied to butterflies, *Biological Conservation* 68, 167-180, 1994
- Hanski, I., A practical model of metapopulation dynamics, *Journal of Animal Ecology* 63, 151-162, 1994
- Lankster, K. et al., Management perspectives for populations of the Eurasian badger (*meles meles*) in a fragmented landscape, *Journal of Applied Ecology* 28, 561-573, 1991
- 横浜市, ヨコハマ・エコアップマニュアル, 横浜市, 1993
- Hiroshi Ikeda, Regime Alimentaire et Domaine Vital du Chien Viverrin au Japon, *Rev. Ecol.*, vol.40, 1985
- Linehan, J. et al., Greenway planning: developing ecological network approach, *Landscape and Urban Planning*, 33, 179-193, 1995
- 谷地森秀二, 野生ホンダタヌキにおける家族関係の推定と家族を構成する個体群の行動変化, 日本大学博士論文