

<研究課題>

高速道路における衝突事故防止のための野生動物の侵入要因解明と防止対策

代表研究者 中部大学応用生物学部環境生物科学科 教授 南 基泰
 共同研究者 中部大学応用生物学部環境生物科学科 准教授 上野 薫

【まとめ】

ロードキル頻度の高い雄の1-2歳タヌキが高速道路施設へ侵入する目的は寝床である落葉広葉樹林から餌場となっている耕作地への横断と高速道路法面での採食であった。ロードキル防止のためには体格に合わせた侵入防止柵設置、法面緑化には植物性餌資源となる堅果を結実せず、動物性餌資源となる土壌生物の生息地となる腐葉土層を形成しない針葉樹もしくは草本を選定するか、もしくは法面をビニール被覆する防止策が有効と結論した。

1. 研究の目的

研究目的の概要：NEXCO 中日本（株）管轄内の中央自動車道、東海環状自動車道及び東海北陸自動車道（以降、研究対象路線）において高速道路における野生動物衝突事故（以降、ロードキル）状況解析と防止策を立案する。先ずロードキル注意喚起のためのロードキル発生箇所予測マップを作成する。さらにロードキル多発野生動物種（タヌキ、アライグマ、ハクビシン、アナグマなど）の高速道路への侵入目的・方法及び侵入誘因となっている餌資源を解析し、野生動物種の誘因源を排除した盛り土法面整備法や侵入防止柵について検討する。

1-1. GISを用いたロードキル発生箇所予測マップ作成

高速道路周辺部の景観構造（植生、建家など）・土地利用状況とロードキル発生状況との因果関係を分析し、最もロードキル発生が多いタヌキについてのロードキル発生箇所予測マップを作成する。

1-2. カメラトラップ法による行動特性解析

高速道路及びその周辺施設に侵入する野生動物種を同定し、侵入経路・方法、侵入目的及び環境嗜好性を明らかにする。

1-3. ロードキル個体の雌雄・齢の判別

DNA 情報を駆使して最もロードキル発生の多いタヌキの性別及び年齢を DNA 情

報から鑑定する。

1-4. DNA 情報を駆使した野生動物誘因となる餌資源推定

ロードキル個体（タヌキ、アライグマ、ハクビシン、アナグマ）の胃内容物について DNA 情報を駆使して、主な誘因源となっている盛り土法面の餌資源を推定する。

2. 研究方法と経過

2-1. GIS を用いたロードキル発生箇所予測マップ作成

研究方法：NEXCO より分与された中央自動車道全区間（平成15年4月から平成28年3月までの16,508件）及び東海環状自動車道全区間（平成16年4月より平成28年3月までの3,016件）のロードキル処理記録（処理日時、野生動物種、ロードキル発生箇所）と発生箇所周辺環境（植生、土地利用状況、施設等）をGIS（地理情報システム）で以下の図1のように重ね合わせし、ロードキル多発箇所周辺部に特有の土地利用状況（植生を含む）を抽出する。

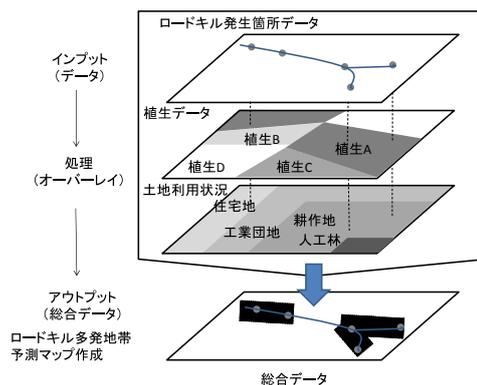


図1：GISでロードキル多発箇所とその周辺環境を重ね合わせ略図

研究経過：東海環状自動車道的美濃関JCTから豊田東JCT間のロードキル多発箇所と周辺土地利用状況（植生を含む）についてGISを用いてマッピングした（図2）。

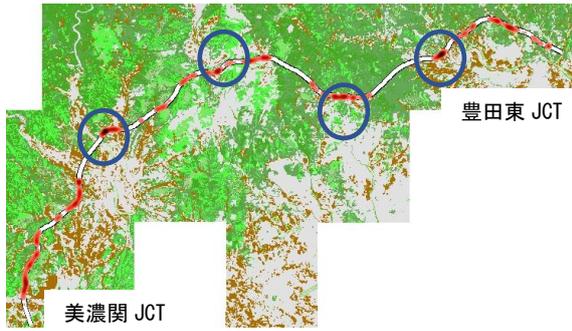


図 2：東海環状自動車道的美濃関 JCT から豊田東 JCT 間のロードキル多発箇所と周辺土地利用状況（植生を含む）

図 2 の赤区間がロードキル発生箇所、特に黒区間（図 2 中の○箇所）が最も多発した区間であった。また、土地利用状況については濃緑（落葉広葉樹）、黄緑（針葉樹）、茶色（耕作地）、灰色（市街地）とした。この結果から、ロードキル多発区間（地図 2：黒色区間○箇所）は、落葉広葉樹が多く、特に区間の片方が耕作地や市街地であった。この傾向は、東海環状自動車道だけでなく、中央自動車道においても同様の傾向となった。

2-2. カメラトラップ法による行動特性解析

研究方法：NEXCO より分与された調査対象路線のロードキル処理記録をもとに、ロードキル発生頻度が高い中央自動車道（4ヶ所）、東海環状自動車道（15ヶ所）及び東海北陸自動車道（1ヶ所）を選定し、動物撮影用自動撮影カメラを設置した。画像データから高速道路及びその周辺施設に侵入する野生動物種の侵入経路・方法、侵入目的及び環境嗜好性を解析した。

研究経過：高速道路法面で生息が確認できた野生動物種は9種1属であった。その内、撮影頻度が最も高かったのは、ホンドギツネで、次いでハクビシン、イエネコ、タヌキ、アライグマ、ニホンザル、アナグマ、ニホンノウサギ、ニホンカモシカ、イタチ属の順となった。特に、ホンドギツネは最も撮影頻度が高いにも関わらず、ロードキル発生の報告はほとんどない。このことから、高速道路法面の出現頻度とロードキル発生頻度には因果関係はなく、ロードキルされるのは各野生動物種の特徴（タヌキなどはヘッドライトを受けると静止する性格がある）と考えられた。また、ホンドギツネに関しては、鳥をくわえて盛り土法面を移動する様子（写真 1）、捕獲した野写



真 1：鳥を咥えて高速道路法面を移動するホンドギツネ

生ネズミ類を隠したりする様子が撮影されたことから、盛り土法面が採食地となっていて、近傍で営巣し子育てをしていることが明らかとなった。

2-3. ロードキル個体の雌雄・齢の判別

研究方法：2016年2月から2017年9月に回収されたタヌキのロードキル個体37頭の筋肉片より全DNAを抽出し、PCR法を用いてミトコンドリアDNAのCOI遺伝子領域を増幅し、DNA配列情報を用いて野生動物種同定を行なった。また、雌雄識別のために性染色体上のZFX/ZFY遺伝子を増幅させ、制限酵素ScaIで処理し、PCR産物の切断状況によって雌雄を判別した。さらに解剖時に摘出した犬歯については、ホルマリン固定、ギ酸による脱灰の後、パラフィン包埋を行い、スライスして、ヘマトキシリン、エオジンにて染色を行った。セメント質年輪を顕微鏡観察し、ロードキル個体の年齢を推定した。

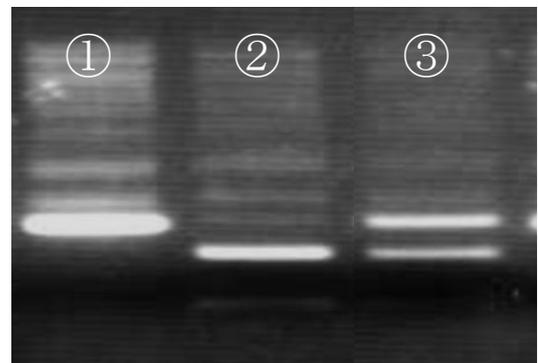


写真 2：ZFX/ZFY 遺伝子による雌雄識別

①：PCR 産物，②：雄，③：雌

研究経過：PCR 法によって増幅された ZFX/ZFY 遺伝子を制限酵素 ScaI で処理し、

切断状況によって雌雄判別を行なった結果、写真 2 のように制限酵素処理前の ZFX/ZFY 遺伝子の PCR 産物(①)は一本のバンドだが、PCR 産物を制限酵素で処理すると雄の場合には PCR 産物よりもサイズの小さい一本のバンド(②)、雌の場合には異なるサイズの二本のバンド(③)が検出されるので、雌雄の区別が可能となった。そこで、回収されたタヌキの雌雄判別を行なった結果、雄 26 頭、雌 11 頭となった。

犬歯のセメント質年輪からロードキル個体の年齢を推定した結果、セメント質年輪数からタヌキの年齢を推定することができた。ロードキルされたタヌキのほとんどの年輪(写真 3 の←)は、一つだったことから、ロードキル頻度の高いタヌキの年齢は 1-2 歳であることが明らかとなった。



写真 3：タヌキ犬歯のセメント質年輪
写真中の←が年輪。

2-4 DNA 情報を駆使した野生動物誘因となる餌資源推定

研究方法：ロードキル個体(タヌキ、アライグマ、ハクビシン、アナグマ)の胃内容物を摘出し、目視観察によって餌資源を鑑定した。鑑定後、最も多くの量を採取することができたアナグマの胃内容物については全 DNA を抽出した。植物性餌資源推定には葉緑体 DNA の trnLP6loop 領域(増幅サイズ：10-143 bp)について次世代シーケンサー(ペアエンドシーケンス法)を用いて DNA 配列を決定し、Claident を用いて DNA バーコーディング法で、植物性餌資源を推定した。

研究経過：目視観察による各ロードキル個体の餌資源推定結果を以下の表 1 に示した。目視観察よりカキ種子、ブルーベリーやドッグフードが確認できたことから、ロードキルされる直前に耕作地において栽培されている農作物や市街地で採

食していたことが明らかとなった。しかし、目視観察では完全に消化されて原型を留めていない餌資源の推定は不可能だった。

表 1：目視観察された植物性餌資源

動物種 (頭数)	植物性	動物性	人工物
タヌキ (6)	葉(種不明)、果実皮(種不明)、カキ種子	小動物(種不明)	ドッグフード、ビニール片
アライグマ (3)	カキ種子	ミミズ、骨(種不明)	-
ハクビシン (2)	カキ種子、ブルーベリー、葉(種不明)	昆虫(種不明)	-
アナグマ (1)	-	ミミズ	-

そこで、最も大量に胃内容物が採取できたアナグマについて次世代シーケンサーによる DNA バーコーディング法による植物性餌資源推定を行った。その結果、31 科 16 属 3 種の植物種が検出された。その内、OUT 数が 1000 以上のものを餌資源候補植物とした結果を以下の表 2 に示した。次世代シーケンサーを用いた DNA バーコーディング法によって推定された植物性餌資源は、いずれも高速道路路面の緑化に用いられている樹種であって、特に堅果をつけるブナ科植物が餌資源として利用されていることが明らかとなった。

表 2：次世代シーケンスによって推定されたアナグマの植物性餌資源候補

科レベル	属レベル	種レベル
キンポウゲ科、 タデ科、ノウゼ ンカズラ科、ブ ナ科、マメ科、 ムクロジ科	カエデ属(ム クロジ科)、 スイバ属(タ デ科)	クリ(ブナ 科)、クロガネ モチ(モチノ キ科)、ナンテ ン(メギ科)

3. 研究の成果

3-1 GIS を用いたロードキル発生箇所予測 マップ作成

ロードキル多発区域は、片方が落葉広葉樹で、もう片方が耕作地もしくは市街地であったことから、高速道路施設への侵入目的は寝床である落葉広葉樹から餌場とな

っている耕作地・市街地への横断であることが明らかとなった。また、ロードキル発生箇所と周辺土地利用状況をまとめたロードキルマップは、ロードキル注意喚起のためのロードキル発生箇所予測マップとして使用できることが期待できた。

3-2 カメラトラップ法による行動特性解析

高速道路法面での活動頻度とロードキルに遭遇する頻度に因果関係はなく、ロードキルに遭遇する頻度は野生動物種の特性であることが明らかとなった。また、高速道路法面は広大な緑地帯であるため、餌場や身を隠すことができることから、各野生動物種の生息地としての適性が高いことが明らかとなった。そのため、法面緑地の際には餌資源となる落葉広葉樹植栽や身を隠すことのできる灌木類の植栽を避ける必要があると考えられた。特に、ロードキル発生頻度の高いタヌキの生息地適性を下げるためには、タヌキの餌となる土壌生物の生息地となる腐葉土層の発達を避け、堅果類を実らせる落葉広葉樹林の植栽を行なわなければならないと考えられた。

3-3 ロードキル個体の雌雄・年齢の判別

最もロードキルが多発するタヌキの雌雄・年齢を判別した結果、生後2年目までの雄が最もロードキルされることが明らかとなった。これまでタヌキのロードキル防止のためのフェンス登攀実験は成獣で行われてきたが、今後は生後2年未満の雄を実験に供試する方が適していることが明らかとなった。

3-4 DNA情報を駆使した野生動物誘因となる餌資源推定

タヌキは夜行性であることから、昼間は高速道路近傍の落葉広葉樹林内に潜み、夜間に高速道路反対側の耕作地・市街地において採食することを目的に高速道路を横断するものと考えられた。また、他のロードキル個体の胃内容物から判断して、高速道路法面は餌場として機能していることが示唆された。このことから、高速道路法面を野生動物種の生息地適性を下げるためには、落葉広葉樹等の餌資源となる樹種を選定することを避け、針葉樹や草地とするか、もしくは一部で施工されているような法面全体をビニール被覆する必要があると考えられた。

4. 今後の課題

4-1 GISを用いたロードキル発生箇所予測マップ作成

本研究期間内では、東海環状自動車道全線、中央自動車道（小牧-中津川）のロードキルマップを作成することができた。今後は、中央自動車道及び東海北陸自動車道高速道路全線についてのロードキルマップを作成していく予定である。また、より詳細なロードキル注意喚起のために季節別、天気別のロードキルマップ作成の必要性もあると考えられた。

1-2 カメラトラップ法による行動特性解析

高速道路法面への侵入目的や侵入方法をより詳細に検討するために、今後は静止画だけでなく、ムービー撮影による行動解析の必要性があると考えられた。

1-3 ロードキル個体の雌雄・年齢の判別

DNA情報を駆使して最もロードキル発生が多いタヌキの性別及び年齢については、本研究では2016年2月から2017年9月に回収されたロードキル個体37頭のみで解析サンプル数が少なかった。今後、継続してNEXCO中日本（株）よりタヌキのロードキル個体の分与を受け、雌雄・年齢の判別を実施していく必要がある。

1-4 DNA情報を駆使した野生動物誘因となる餌資源推定

本研究において次世代シーケンサーを用いることによって目視観察よりも精度の高い餌資源識別が短時間で可能となった。しかし、本研究では餌資源を推定できたのが、アナグマのみであったことから、今後はロードキル発生頻度が最も高いタヌキについても、雌雄別、季節別の餌資源推定を行い、より詳細な餌資源の推定を行う必要があると考えられた。

5. 研究成果の公表方法

研究成果については、道路生態研究会にて口頭発表予定（2018年6月、東京）。口頭発表以降は、順次学会誌「野生生物と社会」（野生生物と社会学会）に投稿予定。また、一般向けの公表としては、中部大フェア（2018年8月予定）でパネル展示予定。

以上