

エゾシカの生態からみた事故発生地点の周辺環境と事故発生条件*

Determining Causal Factors in Deer-Vehicle Collisions by Examining Deer Ecology *

野呂美紗子**・原文宏***・萩原亨****

By Misako NORO**・Fumihito HARA***・Toru HAGIWARA****

1. 研究の目的

本研究では、エゾシカと車両との衝突事故における事故発生条件の分析を試みた。分析には、国道の道路管理者が道路維持作業時に回収したエゾシカの死体数をエゾシカ事故の件数として用いた。

分析にあたり、エゾシカの生態（行動パターン）に着目した。着目した理由は、エゾシカが一年間に行動パターンを変えること、季節的な移動を行うこと、事故地点の環境を把握するためには動物の行動を考慮した事故分析が必要であると考えたためである。一年をエゾシカの行動パターンによって5つの時期に分類した。各事故発生時期における周辺環境の分析を行うため、GIS（地理情報システム）によって道路周辺環境を抽出し、事故発生条件の把握を試みた。

2. エゾシカの一年

エゾシカの一年間における行動パターンについて、図-1に示す。

エゾシカは季節的に生息場所を大きく変化させながら生息している。夏の生息地で出産・育児し、秋に繁殖期を迎えた後、越冬地へと向かう。その移動距離は長いもので100km以上になる²⁾。北海道東部地域でのエゾシカの季節移動に関する既存研究²⁾では、越冬地からの出発は、3月上旬から4月下旬にかけて発生しており、夏の生息地への到着は4月上旬から5月中旬にかけて発生していたと報告している。

エゾシカの出産期は5月下旬～6月である³⁾。出産期には、雌は普段生活している場所を離れて林の中に入り、出産する。夏にエサをたくさん食べたエゾシカは、秋には繁殖期（交尾期）に入る。

繁殖期のピークは10月下旬にあり、雄は興奮し、警戒心が薄れる³⁾。強い雄が数頭から十数頭の雌を保持し、ハーレムを形成する。その後、秋の移動期に入り、北海道東部地域のエゾシカの季節移動に関する研究では、夏の生息地から冬の越冬地への出発は10月上旬から1月下旬と、かなり幅を持った期間に開始し、越冬地への到着は11月上旬から2月上旬にかけて発生していたと報告されている²⁾。

北海道東部では、大規模な越冬地として、白糠丘陵や阿寒などが知られている³⁾。越冬に適した環境は、針葉樹林の中のような雪が少なく、風も弱い場所である。越冬期には、大規模な越冬地だと1,000頭近いエゾシカが特定の場所に集まって生活する。

以上のようなエゾシカの生態を考慮し、行動パターンから5つの時期「春の移動期」、「夏の出産・育児期」、「繁殖期」、「秋の移動期」、「越冬期」に分類した。

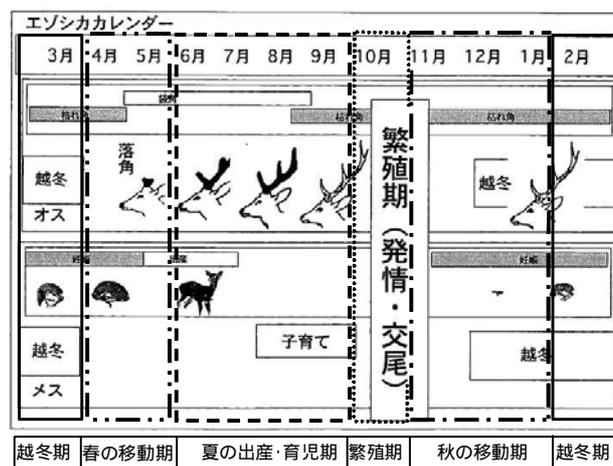


図-1 一年間のエゾシカの行動パターンと事故発生時期 (1より作成)

3. 目的変数と説明変数

(1) 目的変数

エゾシカ事故の発生状況を表す資料として、国土交通省北海道開発局所有の動物死体回収記録を用いた。動物死体回収記録は、国道の維持管理作業時に回収した動

*キーワード：野生動物、ロードキル、事故分析

**正員、農修、(社)北海道開発技術センター研究員

***正員、工博、(社)北海道開発技術センター理事

****正員、工博、北海道大学大学院工学研究科

(北海道札幌市中央区南1条東2丁目11番地、

TEL011-271-3022、FAX011-271-5366)

物の記録を集約したデータ（ロードキルデータ）である。回収した国道名、位置（キロポストで 100m 単位まで）、動物名、回収月が記載されている。ロードキルデータに掲載されている位置の 100m 単位を四捨五入し、1km ごとに集約した。対象とした期間は、一定の書式でデータが記録され始めた 1995 年 4 月から 2007 年 3 月までの 12 年間である。

対象エリアは、エゾシカが古くから定着して生息している地域のひとつである北海道東部の十勝支庁の国道とした。DRM（デジタル道路マップ）の国道上に、1km ごとのキロポストを作成し、1km ごとに集約した 12 年間分のロードキルデータを結合し、分析に用いた。解析の基本単位はキロポストごとのエゾシカ事故件数である。全部で 703 地点のキロポストとなった。ただし、高規格道路帯広尾自動車道は、立入防止柵で囲まれていることから対象外とした。

エゾシカの行動パターンを考慮し、「春の移動期（4～5月）」、「夏の出産育児期（6～9月）」、「繁殖期（10月）」、「秋の移動期（11～1月）」、「越冬期（2～3月）」の事故発生時期を 5 つの時期に分類した。1995 年度からの 12 年間における各事故発生時期でのエゾシカ事故件数と発生地点数は、春の移動期：324 件で 145 地点、夏の出産育児期：438 件で 190 地点、繁殖期：260 件で 153 地点、秋の移動期：220 件で 146 地点、越冬期：38 件で 33 地点、合計 1,287 件、331 地点である。ただし、ロードキルデータのうち、発生位置および発生月の把握が可能なデータのみを対象としている。月当りの件数を図-2 に示す。「春の移動期」と「繁殖期」に多い様子がわかる。

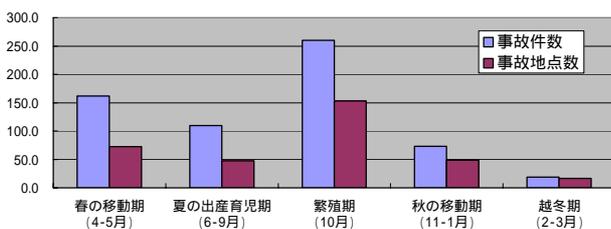


図-2 各事故発生時期での事故件数と地点数(月単位)

(2) 説明変数

事故発生条件を把握するために、積雪深、標高、植生（カラマツ林、広葉樹林、針葉樹林、草地環境、農地、市街地、開放水域）、河川からの距離、交通量を環境要因として説明変数に用いた（表-1）。使用した GIS のソフトウェアは、ArcView9.2（ESRI 社）である。

GIS 上で、各キロポスト点から半径 500m、1000m、2000m のバッファ（以下、500mBF、1000mBF、2000mBF とする）を作成し、バッファ内に含まれる説明変数を抽出した。バッファとはある地点からの一定距離圏を指す。

積雪深、標高は、それぞれメッシュ気候値 2000、50mDEM データを用いた。標高は 50m ごとの標高、積雪深は、1km メッシュごとの最深積雪について、バッファ内での平均値を算出し、平均積雪深（cm）、平均標高（m）として用いた。最深積雪は、過去 30 年間（1971 年～2000 年）の平年値であり、対象地域での相対的な積雪深の地理的分布を示している。

植生には、自然環境情報 GIS（第 2-5 回植生調査）を用いた。自然環境情報 GIS データの植生区分をカラマツ林、広葉樹林、針葉樹林、草地環境、農地、市街地、開放水域、その他に区分し、各植生区分のバッファ内での面積を集計し、説明変数に用いた。

河川データには、数値地図 25000（空間データ基盤）を用いた。GIS を用いて、キロポストから最も近接している河川との距離を算出し、各キロポストでの河川からの距離として説明変数に用いた。

交通量には、平成 17 年度交通量センサスのデータを用いた。交通量センサスはある一定区間での交通量を示しており、キロポストを含むセンサス区間での平日 24 時間交通量を、キロポストでの代表的な交通量として抽出した。

4. 分析

表-1 に示した説明変数がエゾシカ事故に与える定量的な影響を事故発生時期別に明らかにするため、ポアソン回帰モデルを適用した。

表-1 説明変数データ一覧

変数	単位	内容	資料年度	使用データ
1 平均積雪深	cm	バッファに含まれる最深積雪の平均値	1971年～2000年度	メッシュ気候値2000
2 平均標高	m	バッファに含まれる50mDEMの平均値	(2001年度刊行)	50mメッシュ標高
3 カラマツ林	m ²	バッファ内に含まれる面積	1979年～1998年度	自然環境情報GIS
4 広葉樹林	m ²	バッファ内に含まれる面積	1979年～1998年度	自然環境情報GIS
5 針葉樹林	m ²	バッファ内に含まれる面積	1979年～1998年度	自然環境情報GIS
6 草地環境	m ²	バッファ内に含まれる面積	1979年～1998年度	自然環境情報GIS
7 農地	m ²	バッファ内に含まれる面積	1979年～1998年度	自然環境情報GIS
8 市街地	m ²	バッファ内に含まれる面積	1979年～1998年度	自然環境情報GIS
9 開放水域	m ²	バッファ内に含まれる面積	1979年～1998年度	自然環境情報GIS
10 河川からの距離	m	キロポストから再近接の河川までの距離	(2002年度刊行)	数値地図25000(空間データ基盤)
11 交通量	台	キロポストを含むセンサス区間での平日24時間交通量	2005年度	平成17年度交通量センサス
12 エゾシカロードキルデー	件/km	1kmごとの事故地点	1995年～2004年度	北海道開発局所有資料

目的変数は各キロポストでのエゾシカ事故件数、説明変数は表-1 に示すとおりであり、バッファごとに解析を行った。ポアソン回帰モデルの確率密度関数は 式のように定義される。

$$f(n_i|X_i) = \frac{\lambda_i^{n_i}}{n_i!} \exp(-\lambda_i)$$

ここで $n_i=0, 1, 2, \dots, i$ 番目のメッシュにおけるエゾシカ事故件数

i 番目のメッシュにおけるエゾシカ事故件数の期待値 λ_i は 式で表わされる。

$$\lambda_i = e^{(\beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_m X_{im})}$$

ここで、 X_i は説明変数、 $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$ はパラメータ

目的変数の対数尤度が最大となるよう未知パラメータを決定する。本研究では JMP6.0 (SAS JAPAN、2007) を使ってパラメータを推定した。

分析にあたり、各説明変数を正規化した。平均積雪深については、積雪による影響がないと考えられる「夏の出産育児期」と「繁殖期」の分析での変数からは除外した。河川からの距離、交通量に関しては、キロポストでの値であり、バッファサイズの変化による数値の変化はなく、同じ値をバッファごとの分析に用いている。

表 2~6 に、ポアソン回帰モデルの結果を示す。

全ての事故発生時期において、エゾシカ事故モデルは有意であった。「春の移動期」には、バッファサイズにほぼ関係なく、平均積雪深、広葉樹林、針葉樹林、草地環境、開放水域が有意に事故増加に影響しており、河川からの距離がマイナスに影響していた。また、500mBF において平均標高、市街地が事故増加に、交通量がマイナスに影響していた。カラマツ林は 2000mBF において有意な値となった。

表-2 「春の移動期」のエゾシカ事故モデルと推定値

説明変数	春移動期のエゾシカ事故		
	500mBF	1000mBF	2000mBF
平均積雪深	0.2542 **	0.2560 **	0.2424 **
平均標高	0.2173 **	0.1358	0.0953
カラマツ林	0.2764	0.3578	0.3582 *
広葉樹林	0.7239 **	0.7549 *	0.7142 **
針葉樹林	0.7760 ***	1.0508 **	1.1925 ***
草地環境	0.3914 **	0.4744 ***	0.4961 ***
農地	0.6600	0.7693	0.6912
市街地	0.4481 **	0.3325	0.2655
開放水域	0.2336 *	0.3724 *	0.4289 ***
河川からの距離	-0.4721 ***	-0.4483 ***	-0.4361 ***
交通量(平日24H)	-0.5258 **	-0.3374	-0.1904
対数尤度関数	346.273	343.161	351.021
制限付き対数尤度	526.055	529.555	565.614
²	0.342	0.352	0.379

*** : 0.1%有意 ** : 1%有意 * : 5%有意

$$\rho^2 = 1 - \frac{\text{対数尤度関数}}{\text{制限付き対数尤度}}$$

表-3 「夏の出産育児期」のエゾシカ事故モデルと推定値

説明変数	夏出産育児期のエゾシカ事故		
	500mBF	1000mBF	2000mBF
平均積雪深	-	-	-
平均標高	0.2052 **	0.1931 **	0.1921 **
カラマツ林	0.2919 *	0.3732	0.3567 *
広葉樹林	0.7240 ***	0.8061 **	0.7780 ***
針葉樹林	0.7875 ***	1.0509 **	1.1151 ***
草地環境	0.3340 **	0.4033 **	0.4127 ***
農地	0.5652	0.7515	0.6441
市街地	0.0782	-0.2606	-0.2582
開放水域	0.1715	0.3330 *	0.3626 ***
河川からの距離	-0.0508	-0.0340	0.0021
交通量(平日24H)	-0.4034 **	-0.2383	-0.1491
対数尤度関数	347.493	352.472	367.154
制限付き対数尤度	490.947	506.956	538.554
²	0.292	0.305	0.318

表-4 「繁殖期」のエゾシカ事故モデルと推定値

説明変数	繁殖期のエゾシカ事故		
	500mBF	1000mBF	2000mBF
平均積雪深	-	-	-
平均標高	0.1197	0.0549	0.0301
カラマツ林	0.2720	0.4566 *	0.4246 *
広葉樹林	0.6423 **	0.9014 **	0.7186 *
針葉樹林	0.6154 **	1.0982 **	1.0729 **
草地環境	0.2787 *	0.4277 **	0.4194 **
農地	0.4559	0.8949	0.6270
市街地	0.2470	0.1984	-0.0224
開放水域	0.1385	0.3139	0.3235 *
河川からの距離	-0.0805	-0.0502	-0.0385
交通量(平日24H)	-0.3930 *	-0.2215	-0.1433
対数尤度関数	291.707	293.794	304.516
制限付き対数尤度	346.681	354.605	372.100
²	0.159	0.171	0.182

表-5 「秋の移動期」のエゾシカ事故モデルと推定値

説明変数	秋移動期のエゾシカ事故		
	500mBF	1000mBF	2000mBF
平均積雪深	0.2452 *	0.2749 **	0.3406 ***
平均標高	-0.5843 ***	-0.6030 ***	-0.6332 ***
カラマツ林	0.5760 ***	0.4647 *	0.4722 **
広葉樹林	0.8749 ***	0.7396 *	0.7697 **
針葉樹林	1.0034 ***	0.8856 **	0.9584 **
草地環境	0.4347 **	0.2009	0.1804
農地	0.8995 *	0.4381	0.3089
市街地	-0.0721	-0.7607	-0.5288
開放水域	0.0227	0.0916	0.1991
河川からの距離	-0.2236 *	-0.1995 *	-0.2177 *
交通量(平日24H)	-0.1399	0.0211	0.1544
対数尤度関数	303.093	315.177	329.481
制限付き対数尤度	352.928	375.717	397.825
²	0.141	0.161	0.172

表-6 「越冬期」のエゾシカ事故モデルと推定値

説明変数	越冬期のエゾシカ事故		
	500mBF	1000mBF	2000mBF
平均積雪深	0.1161	0.0749	0.1043
平均標高	-0.3171	-0.4189	-0.5421 *
カラマツ林	0.5418 *	0.6692	0.7393 *
広葉樹林	0.6915	1.0198	1.1321
針葉樹林	0.7500	1.3127	1.7283 *
草地環境	0.0458	0.2267	0.4040
農地	0.3719	0.8340	1.0355
市街地	-0.3585	0.1494	0.3718
開放水域	0.2707	0.3734	0.4319
河川からの距離	-0.2678	-0.1601	-0.1106
交通量(平日24H)	-0.2875	-0.2008	-0.2066
対数尤度関数	138.463	129.800	119.382
制限付き対数尤度	156.464	146.418	134.924
²	0.115	0.113	0.115

「夏の出産育児期」には、バッファサイズに関係なく平均標高、広葉樹林、針葉樹林、草地環境が有意に事故増加に影響していた。また、カラマツ林は 500mBF、2000mBF にて、開放水域は 1000mBF、2000mBF にて有意であり、交通量は 500mBF にてマイナスに影響していた。

「繁殖期」には、広葉樹林、針葉樹林、草地環境がバッファサイズに関係なく有意に事故増加に影響していた。また、カラマツ林は 1000mBF、2000mBF にて、開放水域は 2000mBF にて有意であり、交通量は 500mBF にてマイナスに影響していた。

「秋の移動期」には、バッファに関係なく、平均積雪深、カラマツ林、広葉樹林、針葉樹林が事故増加に有意に影響しており、平均標高と河川からの距離がマイナスに影響していた。また、草地環境、農地が 500mBF にて有意に影響していた。

「越冬期」には、バッファに関係なく影響している変数はなく、カラマツ林が 500mBF、2000mBF にて、針葉樹林が 2000mBF にて有意に事故増加に影響し、平均標高がマイナスに影響していた。

6. 考察

各事故発生時期において、エゾシカ事故モデルを求めた。事故発生時期によって有意な変数が変化していたことは、事故発生時期によって事故発生に影響している要因が異なっていることを示唆している。モデルのあてはまりを示す²の値をみると、春の移動期が最もあてはまりがよく、越冬期が最もあてはまりがよくなかった。

河川からの距離は、春および秋の移動期にのみ、有意な変数となった。エゾシカは移動の際、川に沿って、あるいは林内を移動することが知られており、河川からの距離とともに、広葉樹林、針葉樹林が有意に影響していたことは、エゾシカが季節移動中の林あるいは河川と道路が交差する地点で事故が発生している事を示唆しているものと考えられる。

平均積雪深は、「越冬期」には有意ではなく、「春の移動期」と「秋の移動期」に事故増加に有意であった。エゾシカの越冬地の多くは積雪深 100cm 未満の地域であることがわかっており⁸⁾、各バッファ内での平均積雪深はほぼ 100cm 未満であったことから、少なくとも今回の対象路線では積雪深が直接的に影響しているわけではなく、他の変数との間接的な影響である可能性が高いと考えられる。

「夏の出産育児期」の事故は、高標高でカバーとなる広葉樹林や針葉樹林とえさ場となる草地環境を道路周辺に有し、交通量の少ない地点で事故が発生しやすい傾向にあることがわかる。出産育児期には、あまり人の目に

触れない環境である林内で出産し、周辺の環境を利用して育児を行うことから、山間地域での道路で事故が発生しやすいと考えられる。

「繁殖期」では、カラマツ林、広葉樹林、針葉樹林などの森林環境と、草地環境が多い環境で事故が発生しやすい傾向が示されていた。草地環境や森林環境で繁殖行動に違いがあることが知られており³⁾、このような環境を利用している際に事故に遭っていると考えられる。

「秋の移動期」には、広葉樹林、針葉樹林の他に、カラマツ林が有意に影響しており、500mBF、つまり、道路付近に草地環境、あるいは農地があり、低標高地域で事故が発生しやすい傾向を示した。夏に高標高に滞在していたエゾシカが、「秋の移動期」に低標高に移動する行動を裏付ける傾向を示しているといえる。「秋の移動期」には、低標高の農耕地帯で、森林や河川が付近にある場所が事故の発生しやすい条件といえる。

「越冬期」以外の全ての事故発生時期において、広葉樹林と針葉樹林は有意な値となった。推定値の値も高い値を示し、有意ではなかったが、「越冬期」の推定値も高い値を示した。このことは通年を通して、道路沿いに森林環境があることがエゾシカ事故の発生を高めることを示唆していると考えられる。エゾシカは、林縁環境を好む生物である⁴⁾ことから、道路周辺の森林と、道路と森林との間の林縁環境を好んで、道路沿いに滞在していると考えられる。現段階では、道路周辺レベルの植生まで把握できていないことから、具体的な説明は今後の課題の一つといえる。

今後は、分析の結果明らかになった事故発生時期別の発生条件について、より詳細に分析を進めるとともに、各事故発生条件で効果的な事故対策の検討や、他の地域での汎用性についても検討を進めていく予定である。

7. 謝辞

本研究にあたり、動物死体回収記録および交通量等の道路関連のデータを提供して頂いた国土交通省北海道開発局に対し、厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 斜里町立知床博物館、「鹿DEER」知床博物館第18回特別展、1996.
- 2) 北海道環境科学研究センター自然環境部、『エゾシカテレメトリー調査報告書』、北海道環境科学研究センター、pp54、2004.
- 3) 斜里町立知床博物館編、『知床の哺乳類』、北海道新聞社、北海道、pp230、2000.
- 4) 梶光一・宮木雅美・宇野裕之、『エゾシカの保全と管理』、北海道大学出版会、北海道、pp247、2006.