

石川県南加賀地域におけるニホンジカの越冬環境評価

小川 弘司¹ 柳井 清治²

要 旨

日本海側多雪地の石川県南加賀地域において、狩猟者からの生息確認地点情報をもとにニホンジカの越冬環境を調べ、Maxentによる越冬地の推定を試みた。越冬環境は、標高400m未満の南向き斜面、傾斜20度以上の丘陵・山地のスギ植林地がニホンジカにとっての好適な環境となった。Maxentによる推定生息地も、これらの条件に合致する範囲が示され、積雪量が多い内陸山間地では、河川沿いが好適な越冬地として示された。河川沿いの越冬地は、狩猟者の行動の行きやすさというバイアスが反映されている面もある。越冬環境要因として重要な積雪について、Maxentからは、多積雪年は越冬場所が密で範囲が限定され、逆に寡雪年は越冬場所の密度も疎で範囲が広がる可能性が示された。

キーワード：ニホンジカ、越冬環境、Maxent、積雪、南加賀、スギ植林地

1. はじめに

ニホンジカ (*Cervus nippon*, 以下、シカ) の国内での個体数は減少傾向にあるとされているが(環境省, 2022), 北陸地方においてはシカの生息分布域の急速な拡大が指摘されており(環境省, 2015), 石川県においてもその個体数の増加と生息域の拡大、それに伴う農林業被害や生態系への影響が懸念されている(石川県, 2022)。現在、石川県内においては、加賀地域の丘陵・山地を中心に白山麓そして能登地域にまで生息が確認されており(石川県, 2022), 白山の高山域(南竜ヶ馬場(2070m)周辺、室堂(2450m)周辺)においても目撃が確認されている。

このため、個体数の増加及び生息域の拡大を抑制することが必要であるが、石川県内においてはシカの生息場に関する知見が少ないので現状である。狩猟期間は、通常11月15日～2月15日とされ(石川県では農林業被害の軽減等を目的にイノシシ及びシカの狩猟期間は11月1日～3月31日)、いわゆる冬季期間にあたり、この冬季にシカが利用する生息場が明らかになれば、効率的な捕獲に有効と考える。

冬季のシカの生態については、梶(1981)や三浦(1974)、丸山(1981)らが関東地方や北海道東部の調査から、積雪が冬季のシカの行動域を制限する重要な環境要因であり、積雪量の増加に伴い、季節的移動をして越冬地を形成することを報告した。常田ら(1981)は、本州のシカの冬季における行動制限は、積雪深50cm以上の日が50日以上であると述べ

ている。このように冬季のシカの生息環境として、積雪量は重要である。

シカは、石川県内の縄文時代の遺跡から骨や角が出土されるなど(石川県教育委員会文化財保護課, 1974)、もともとは石川県内に広く生息し、それが狩猟等により明治末～昭和初期において絶滅したものとされている(松田・熊野, 1965; 北国新聞社編集局, 1973; 石川県, 1977; 矢ヶ崎, 2003など)。かつては、冬の積雪期に富山方面から雪の少ない能登半島への移動(ワタリと呼ばれる)が伝承され(矢ヶ崎, 1992・2003), 「鹿渡島」といったシカにまつわる地名が能登半島には残る。しかし、2012年以降続けてシカが捕獲され2020年度には161頭が捕獲されるまでになっている(石川県, 2022)。

先述のとおり、雪に弱いとされるシカであるが、近年になって急速に個体数を回復している背景には、冬季の暖冬傾向によることも考えられる。一方で、最大積雪深が2mを越す地域において、シカが目撃・捕獲が確認されている(小川・稲田, 2020)。石川県のような日本海沿岸の多雪地域において、シカがどのような環境によって生息しているか、シカの冬季の生息地いわゆる越冬地やその環境等に関する知見を積み重ねていくことは重要であると考えられる。

本稿では、狩猟者からの聞き取り調査をもとに、2018年冬季から2020年冬季の3冬季間のシカの越冬場所の情報を得るとともに、これらの地点情報と地形・積雪・植生などの自然環境情報からシカの越冬地域の生息環境を明らかにするとともに、モデルを用いてシカの潜在的な越冬場所と積雪量の違いによるその年変化の推定を試みた。

¹ 石川県立大学 生物資源環境学部 環境科学科 客員研究員

² 石川県立大学 名誉教授

2. 調査対象地域と調査方法

(1) 調査対象地域

調査対象地域は、石川県の金沢市、野々市市、白山市、川北町、能美市、小松市、加賀市の6市1町である(図1)。加賀地域の北部地域(内灘町、かほく市、津幡町)を除く地域で、この範囲を南加賀地域と呼称する。石川県(2022)によれば、当地域は石川県内において、シカの子撃記録が集中している。

当地域の地形を標高、斜面方位、斜面傾斜で概観すると、標高は100m未満の地域が31.0%を占め、以後高度差100mごとに10%未満の割合となり、標高700m~1000mで12.8%、1000m以上2000m未満で14.6%、2000m以上の地域はわずか1.1%となる(表1(a))。次に斜面方位は北東~北~北西にかけての北向き斜面の割合が18.4%に対して、南東~南~南西向き斜面が53.3%と南向き斜面の割合が半数を占める(表1(b))。最後に斜面傾斜は10度未満が27.9%あるのに対して、20度以上の斜面が58.0%を占め、そのうち30度以上の斜面が27.3%となっている(表1(c))。

本地域の地形は標高100m未満の平地が、海岸線に沿って広がり、そこから内陸に従って標高100m~400m程度の丘陵・山地が帯状に続き、さらに標高1500m程度の山地帯、そして南東部の白山(標高2702m)を代表とする標高2000m以上の高山域へとつながっている(図1)。ただし、山間地の河川沿いは、谷底平野や河岸段丘が広がり、山間地の中でも傾斜の緩い平坦地が広がる。

土地利用は(表1(d))、落葉広葉樹林が55.6%と半数以上を占め、次いで針葉樹林が14.3%で、両者を合わせて70%程度となる。落葉広葉樹林は標高の低い所ではコナラ林などの2次林が多く、標高

1000m以上の地域にはブナ自然林の割合が高い(石川県, 1999)。また、針葉樹林はスギの植林地といった人工林の割合が高い。当地域においてはこれら2タイプの樹林に代表されるように、森林の割合が高いという特徴がある。これに対して、市街地・耕作地が26.4%と平地や河川沿いに広がりを見せている。

積雪量については、対象地域内の3地点での気象庁の最大積雪深の観測結果をみると(表2)、金沢では平年値が32cmに対して、2018年冬季が87cmと多く、逆に2019年冬季は7cm、2020年冬季は3cm

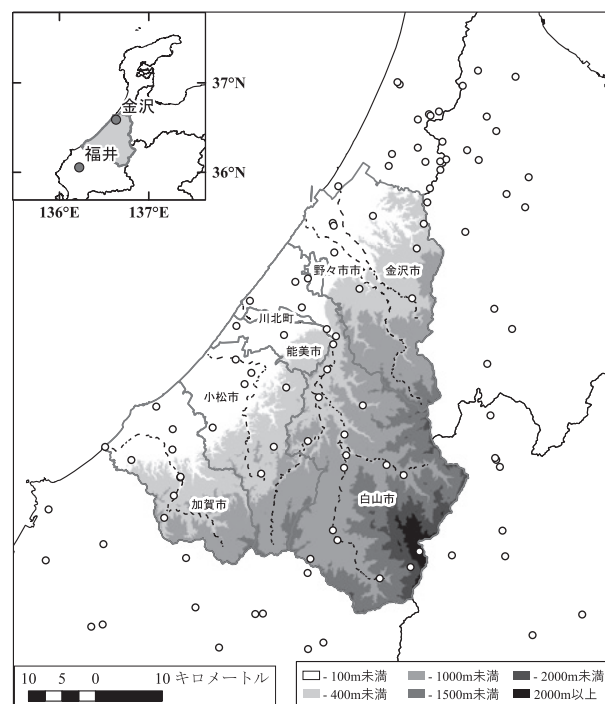


図1 調査対象地域

注：○は積雪深分布図作成のために使用した積雪観測地点を示す。点線は主要河川。

表1 調査対象地域の地形と土地利用

(a)		(b)		(c)		(d)		
標高	%	斜面方位	%	斜面傾斜	%	土地利用	面積 (km ²)	%
100m未満	31.0	北	2.4	10度未満	27.9	草地	41.1	2.0
100m以上200m未満	9.8	北東	6.8	10度以上15度未満	5.5	針葉樹林	288.1	14.3
200m以上300m未満	7.6	東	12.0	15度以上20度未満	8.4	落葉広葉樹林	1118.4	55.6
300m以上400m未満	6.8	南東	15.4	20度以上25度未満	12.9	市街地・耕作地	530.4	26.4
400m以上500m未満	6.2	南	18.9	25度以上30度未満	17.8	その他	33.6	1.7
500m以上600m未満	5.2	南西	19.0	30度以上	27.3	計	2011.6	100.0
600m以上700m未満	5.0	西	16.4	計 (%)	100.0			
700m以上1000m未満	12.8	北西	9.2	平均 (度)	20			
1000m以上2000m未満	14.6	計 (%)	100.0					
2000m以上	1.1	平均 (度)	186					
計 (%)	100.0							
平均 (m)	480							

注：(a)・(b)・(c)は表3の1から、100mメッシュ単位の各データを作成し、割合に換算した。(d)は、表3の2から土地利用を区分し、面積・割合を算出した。

表2 2018年冬季～2020年冬季の最大積雪深

最大積雪深 (cm)	2018年	2019年	2020年	平年値
金沢 (標高6m)	87	7	3	32
加賀菅谷 (標高83m)	197	32	11	11
白山河内 (標高136m)	194	27	21	80

資料：気象庁地上・地域気象観測。平年値は1991～2020年の期間。加賀菅谷は2022年11月に加賀中津原に移設。

と極端に少ない年であった。加賀菅谷（現在加賀中津原）や白山河内も同様な傾向を示し、対象とした3か年は、積雪量の変化の大きな年だった。金沢地方気象台によると2018年冬季は「大雪」（金沢地方気象台，2018），2019年冬季・2020年冬季は「降雪量がかなり少ない年」とされている（金沢地方気象台，2019；2020）。本地域全般の積雪量については、標高に準じて海岸部から内陸の南東部山間地にかけて増加する傾向にあり、南東部山間地は全国有数の豪雪地帯となっている（石川県，1999）。

(2) 調査方法

1) 生息確認地点情報

生息確認地点情報は、狩猟者からの聞き取り調査から得た。狩猟者の選出は、狩猟者が石川県へ報告している出猟カレンダー調査に基づき、シカの捕獲・目撃情報を多く有する狩猟者に対しておこなった。また、情報が特定の市町・地域に片寄らないよう地域性も考慮して選出した。これは、特定の空間範囲に生息情報が集中したデータを分布推定に用いてしまうと、その場所の環境条件が特に好適な環境のように評価されるのを（石濱，2017）さけるためである。調査は、2018年秋から2021年冬にかけて、のべ34名の方におこない、2018年冬季（2017年12月～2018年3月）、2019年冬季（2018年11月～2019年3月）、2020年冬季（2019年11月～2020年2月）の3冬季間の地点情報を得た。聞き取り者の年齢は60代、70代の方が多数を占め、性別はすべて男性、銃歴が20年以上のベテラン狩猟者が多かった。

聞き取り内容は、捕獲・目撃地点情報を得たほか、捕獲・目撃月日、個体数、オス・メス、土地利用や積雪状況を聞き取りした。また、シカの冬季のすみかとなる場所の積雪、地形や植生、食性等の生態に関することも聞き取りした。この聞き取り調査の2018年冬季および2019年冬季の結果は、小川・稲田（2020）にてすでに報告している。本稿ではこの狩猟者からの捕獲・目撃地点情報をシカの冬季の生息確認地点情報として扱う。

2) 自然環境情報

自然環境情報は、地形については国土交通省国土

表3 生息確認地点情報との関係を見た自然環境情報及びMaxent解析に用いた環境変数のデータ源

No.	発行元	データ	形式
1	国土交通省 国土地理院	基盤地図情報DEM10B	10mメッシュ
2	環境省 生物多様性センター	自然環境保全基礎調査 第6回・第7回 植生調査植生図 (縮尺1/25,000)	ポリゴン
3	国土交通省 国土政策局	道路データ、河川データ	ライン

地理院の基盤地図情報 DEM10B の 10m メッシュ情報から作成した 100m メッシュ単位の標高・斜面方位・斜面傾斜、植生は環境省自然環境保全基礎調査第6回・第7回植生調査の縮尺 1/25,000 植生図データを使用した（表3）。

また、積雪はシカにとって重要な環境要因であることから、各年の最大積雪深分布図を作成することとした。これは、対象地域およびその周辺地域で積雪観測を実施している機関、国土交通省・石川県・富山県・福井県・市町村・電源開発の関係機関に問い合わせをおこなって得られた情報と、公開されている気象庁の地上・地域観測地点の最大積雪深、加えて石川県立大学が白山山頂部の標高 2450m で実施している積雪深の推定値（藤原，2016）も使用し、計 98 地点の最大積雪深のデータを用いて（図1）、GIS（ESRI社 ArcMap および ArcGIS pro 使用）の内挿法（Natural Neighbor）によって、100mメッシュ単位の各年の最大積雪深分布図を作成した。

これらの自然環境情報とシカの冬季生息確認地点情報とを GIS 上で重ね合わせることで、各地点の標高、斜面方位、斜面傾斜、植生、最大積雪深を求めた。標高は m 単位、斜面方位は方位角を 8 方位（45 度間隔）、植生は表3の2の植生中区分による分類、斜面傾斜は傾斜角度、最大積雪深は cm 単位で整理した。なお、これらの自然環境情報は、Maxent 解析の環境変数としても使用した。

3) Maxent解析

シカの越冬地域推定のために Maxent（Phillips, et al., 2006）による解析をおこなった。Maxent は在情報のみから最大エントロピー原理（maximum entropy approach）により生息適地を予測することができ、今回のようなシカの生息確認地点情報からの予測には適したモデルである。2 (2) 1) で得られた生息確認地点情報と環境変数から越冬適地を推定した。環境変数は狩猟者から得た冬季のシカの生態情報（小川・稲田，2020）や永田ら（2006）がエゾジカやシカの生息適地モデルに使用した変数などを参考に選び、100m メッシュ単位で対象地域の範囲で整備した。

・環境変数候補：100mメッシュ単位

①標高(m), ②斜面方位(度), ③斜面傾斜(度), ④最大積雪深(cm), ⑤落葉広葉樹林率(面積, %), ⑥針葉樹林率(面積, %), ⑦草地率(面積, %), ⑧市街地・耕作地率(面積, %), ⑨その他(含む常緑広葉樹林)率(面積, %), ⑩スギ植林地からの距離×平均傾斜(無次元), ⑪スギ植林地からの距離(m), ⑫河川からの距離(m), ⑬道路からの距離(m), ⑭市街地・耕作地からの距離(m)

①~⑭の作成はGIS上でおこない, ①~④は, 2(2)2で説明した情報を, ⑤~⑨, ⑪, ⑭については表3の2をもとに, ⑩は表3の2および③をもとに, ⑫・⑬については表3の3をもとにそれぞれ作成した。④については, 3か年冬季の平均を使用した。⑩のスギ植林地は表3の2の分類では, スギ・ヒノキ・サワラ植林となるが石川県においては, ほぼスギ植林地と考え, スギ植林地として扱う。

Maxentのモデルフォーマットは, 生息地確率をより強力に検出するcloglog変換を使用し(Phillips et al., 2017), モデル評価はサンプルサイズが小さな場合に用いられるbootstrap法で検証した。また, 調査バイアス効果を減らすため(Young et al., 2011; 大野ら, 2018), Remove duplicate presence recordsはオンにして実行させた。環境変数候補は, 変数間の相関係数が高い場合(0.7以上)はどちらかを除去し, Maxentのジャックナイフ検定の結果から重要度の低い変数を除去しながら, AUC(Area Under the Curve)が最大となる変数の組み合わせを最適モデルとした。また, 感度と特異度が最大となる値を生息地確率の閾値とした(Liu et al., 2013; 田辺・皆川, 2016; 岡久ら, 2019など)。

3. 結果

(1) 生息確認地点情報

狩猟者からの聞き取り調査の結果, 得られたシカの生息確認地点情報は, 2018年冬季が34地点, 2019年冬季が46地点, 2020年冬季の24地点の計104地点であり, 調査対象地域外のものも含まれる。このうち1地点は石川県白山自然保護センターから情報を得た。

これら情報のうち, 越冬初期には定着せずに移動する個体が多いこと, 3月には融雪が進むため越冬条件とは異なることが考えられるため, 越冬地域の環境条件の解析には, 1月・2月の調査対象地域内の生息情報だけに絞ることとした結果, 2018年冬季29地点, 2019年冬季18地点, 2020年冬季11地点の合計58地点をシカの冬季における生息確認地点情報とした(表4, 図2)。なお, 以後の議論において

表4 ニホンジカの冬季(1, 2月)の生息確認地点情報

No.	日付	タイプ	個体内訳	数	地形的位置
1	2018/1/5	目撃	不明	単独	谷筋
2	2018/1/5	捕獲	オス1	単独	平坦地
3	2018/1/7	捕獲	オス1	単独	平坦地
4	2018/1/14	目撃	オス1	単独	谷筋
5	2018/1/15	捕獲/目撃	オス2メス1/オスメス10	グループ	平坦地
6	2018/1/15	捕獲	オス3	グループ	平坦地
7	2018/1/21	目撃	オス1	単独	その他
8	2018/1/21	捕獲/目撃	オス1/メス2	グループ	その他
9	2018/1/28	捕獲	メス1	単独	谷筋
10	2018/2/3	捕獲	オス1	単独	谷筋
11	2018/2/4	捕獲	オス1	単独	その他
12	2018/2/10	捕獲/目撃	オス1/オス3	グループ	その他
13	2018/2/10	捕獲	オス1	単独	谷筋
14	2018/2/10	捕獲/目撃	オス1/メス1	グループ	谷筋
15	2018/2/11	捕獲/目撃	オス3/メス2	グループ	その他
16	2018/2/14	捕獲	オス1	単独	谷筋
17	2018/2/15	目撃	オス1	単独	河川
18	2018/2/17	目撃	オス1	単独	河川
19	2018/2/18	捕獲	♂2	グループ	尾根筋
20	2018/2/19	捕獲	オス1	単独	谷筋
21	2018/2/19	捕獲	オス1	単独	河川
22	2018/2/19	目撃	オス1	単独	河川
23	2018/2/19	目撃	オス3	グループ	河川
24	2018/2/21	捕獲	オス7メス1不明2	グループ	平坦地
25	2018/2/24	捕獲	オス1	単独	河川
26	2018/2/25	目撃	オス4	グループ	谷筋
27	2018/2/26	目撃	オス2メス1	グループ	谷筋
28	2018/2/26	目撃	オス1	単独	尾根筋
29	2018/2/28	捕獲	オス1	単独	その他
30	2019/1/5	目撃	オス3	グループ	尾根筋
31	2019/1/6	目撃	オス2	グループ	谷筋
32	2019/1/13	捕獲	オス1	単独	谷筋
33	2019/1/17	捕獲	オス1	単独	谷筋
34	2019/1/24	捕獲	オス1	単独	その他
35	2019/1/25	目撃	オス1	単独	谷筋
36	2019/1/27	目撃	オス1	単独	その他
37	2019/1/27	目撃	オス1	単独	尾根筋
38	2019/1/30	目撃	オス1	単独	その他
39	2019/2/2	目撃	オス1	単独	平坦地
40	2019/2/5	目撃	不明5	グループ	谷筋
41	2019/2/7	捕獲/目撃	オス1/オスメス10	グループ	その他
42	2019/2/7	目撃	オス2-3	グループ	尾根筋
43	2019/2/8	目撃	不明7	グループ	河川
44	2019/2/10	目撃	メス1	単独	平坦地
45	2019/2/10	目撃	メス1	単独	尾根筋
46	2019/2/11	捕獲/目撃	オス1/不明6	グループ	河川
47	2019/2/24	捕獲	オス1	単独	平坦地
48	2020/1/8	目撃	メス3	グループ	谷筋
49	2020/1/10	目撃	メス2	グループ	平坦地
50	2020/1/19	目撃	不明3	グループ	その他
51	2020/1/19	目撃	不明1	単独	谷筋
52	2020/1/19	目撃	オス3	グループ	谷筋
53	2020/1/24	目撃	メス3	グループ	平坦地
54	2020/2/11	目撃	オス1	単独	谷筋
55	2020/2/11	目撃	オス2	グループ	谷筋
56	2020/2/23	目撃	不明3	グループ	尾根筋
57	2020/2/25	捕獲	メス1	単独	谷筋
58	2020/2/25	捕獲	メス1	単独	谷筋

は各年とも「冬季」を省略する。分布は, 金沢市から加賀市につらなる丘陵・山地を主に, 白山市の山間地に分布していた。

捕獲・目撃の内訳は, 捕獲が20地点, 捕獲及び目撃が7地点, 目撃が31地点であった。その数は, 単独が33地点, グループは25地点であり, 単独の場合はオスの割合が高かった。

生息確認地点の地形的な位置は, 谷筋が22地点,

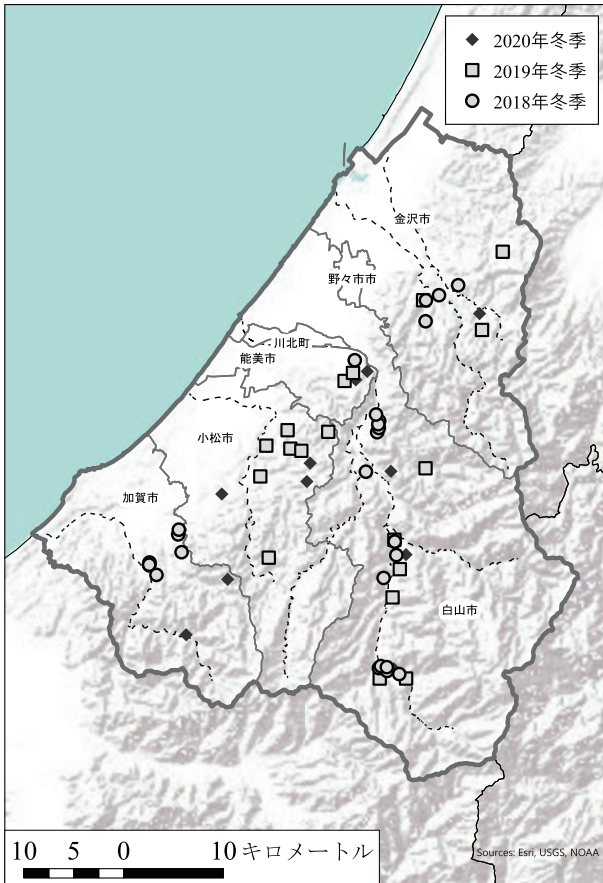


図2 ニホンジカの生息確認地点情報

注：点線は主要河川。

尾根筋が7地点、平坦地が10地点、河川が8地点、その他が11地点となり、谷筋が一番多かった。ここで河川としたのは、河川の河床・河原を意味し、その他としたのは、手取川のように河岸段丘や谷底平野を有する本地域内の主要河川沿いの平坦地の山裾での情報である。

(2) 生息確認地点情報と自然環境情報との関係

1) 標高との関係

各生息確認地点の標高を3か年冬季にわけ、100m間隔で集計した割合を図3に示す。2018年・2019年は100m以上200m未満を中心に、2020年は100m以上300m未満を中心に分布していた。高標高域へは2019年は600m未満までだが、2018年・2020年は700m以上まで生息確認地点が見られた。全体の平均標高は294.8mで、70%以上が標高400m未満に分布していた。調査対象地域全域での400m未満の割合は55.2%なので(表1(a)), 標高400m未満地域の割合が高いことになる。ただし100m未満への割合は低い。平均標高が一番高かったのは2020年で、最高標高地点も同年の818mであった。

2) 斜面方位との関係

各地点の斜面方位を3か年冬季にわけて集計した

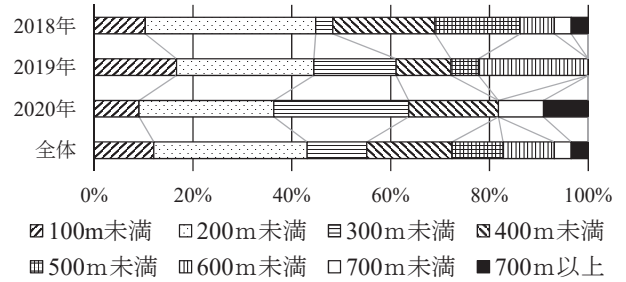


図3 生息確認地点情報と標高との関係

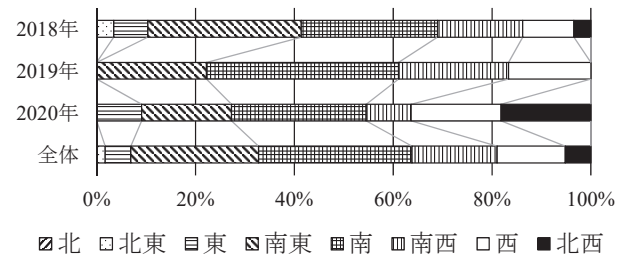


図4 生息確認地点情報と斜面方位との関係

注：北を示す地点はなし。

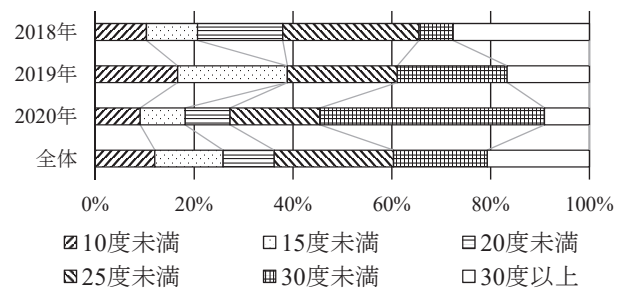


図5 生息確認地点情報と斜面傾斜との関係

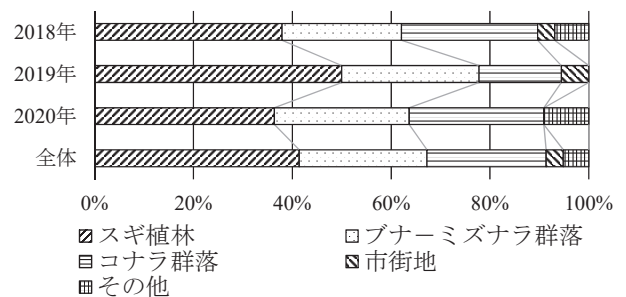


図6 生息確認地点情報と植生との関係

割合を図4に示す。2018年の最大の方位は南東、2019年・2020年のそれは南を示し、おおむね3か年冬季とも、南東-南-南西となっていた。これらの方位が占める割合は、3か年合計で74.1%を占めていた。これに対して、北東-北-北西の方位はほとんど見られなかった。調査対象地域全域の南東-南-南西の合計割合が53.3%なので(表1(b)), 南向き斜面が良く利用されていたといえる。

3) 斜面傾斜との関係

各地点の斜面傾斜を3か年冬季にわけ、5度間隔で示した割合を図5に示す。2018年の最大頻度は20度以上25度未満と30度以上で、2020年の最大頻度は25度以上30度未満であるが、2019年は15度以上20度未満が地点数0でそれ以外の範囲に3地点ないし4地点が含まれており、ばらついていた。このように年ごとの違いがみられたが、3か年の合計で見ると20度以上の急傾斜の地点割合が63.8%と高かった。調査対象地域全域での20度以上の傾斜も58.0%であり(表1(c))、急傾斜の斜面地を利用していることが示された。

4) 植生との関係

各地点の植生を3か年冬季にわけて集計した割合を図6に示す。スギ・ヒノキ・サワラ植林(以後スギ植林)の割合がどの冬季も一番高く3か年平均でも41.4%を占めた。続いてブナ・ミズナラ群落、コナラ群落で、3植生の合計数は2018年が29地点中26地点、2019年が18地点中17地点、2020年が11地点中10点となっており、この3植生に集中していた。3植生以外は、2018年がモウソウチク林、ミズキ群落、市街地が各1地点、2019年が市街地で1地点、2020年が水田雑草群落で1地点となっていた。対象地域全域で見ると(表1(d))、スギ植林は針葉

樹林、ブナ・ミズナラ群落・コナラ群落は落葉広葉樹林に属することになるが、この割合と比較すると、割合が14.3%でしかない針葉樹林に属するスギ植林への誘因度が高いことがわかる。

5) 最大積雪深との関係

各地点の最大積雪深を3か年冬季にわけ、25cm間隔で年ごとに集計した割合を図7に示す。最大積雪深は各年の観測データをもとにしており(図1)、それらの観測地点の平均は、2018年が183cm、2019年が46cm、2020年が28cmで、金沢地方気象台の2018年の「大雪」、2019年・2020年の「降雪量がかなり少ない年」と一致する。

この年ごとの積雪の違いを反映して、生息確認地点の最大積雪深は大きく変わった。2018年の最大積雪深は125cm以上の分布となり、最大積雪深が200cm以上の地点が16地点で全体の55%を占めた。これに対して、2019年の最大積雪深は最大が125cm以上150cm未満の範囲にあり、50cm未満が12地点で全体の66.7%を占めた。さらに2020年は75cm以上100cm未満が最大で1地点がある以外、残りは50cm未満であった。

(3) Maxent解析

最終的に選択した環境変数は、斜面方位、斜面傾

表5 Maxent解析による環境要因の寄与率と重要度

環境変数	Percent contribution (%)	Permutation importance (%)
スギ植林地からの距離	40.8	36.7
針葉樹林率	19.3	1.8
市街地・耕作地からの距離	17.0	22.0
斜面方位	9.5	14.2
落葉広葉樹林率	5.3	7.2
最大積雪深	4.8	12.0
斜面傾斜	3.3	6.1

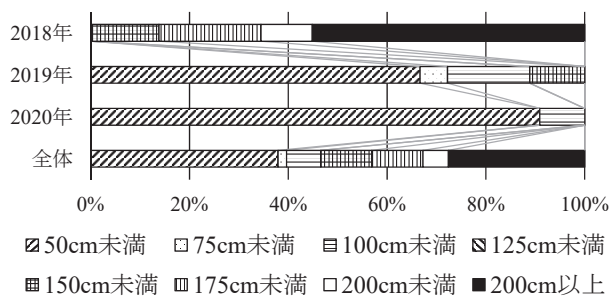


図7 生息確認地点情報と最大積雪深との関係

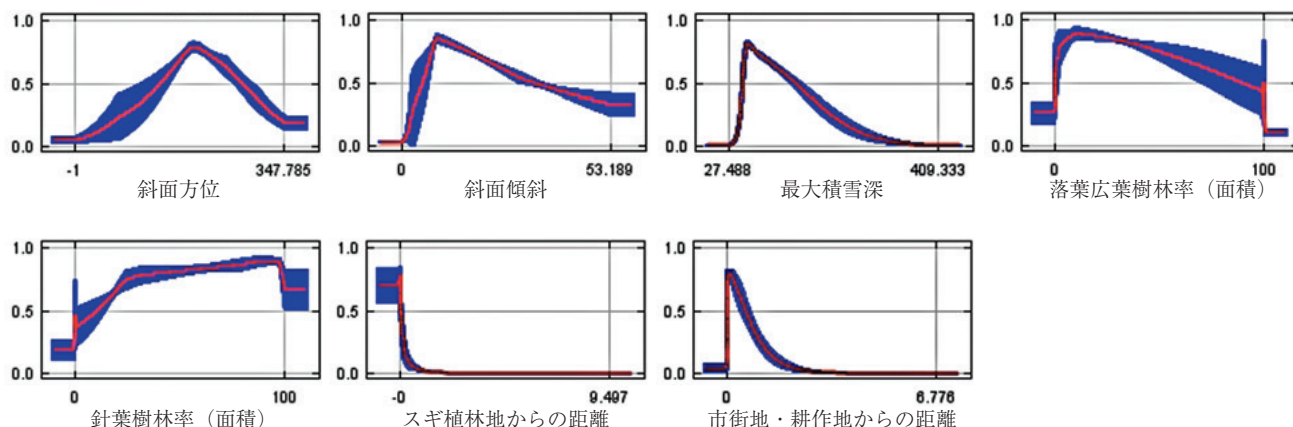


図8 環境変数の応答曲線

斜, 最大積雪深, 落葉広葉樹林率, 針葉樹林率, スギ植林地からの距離, 市街地・耕作地からの距離の7つとなった。これらの変数と生息確認地点情報から推定した生息地確率を図9に示す。本モデルの精度を示すAUCは0.927となった。高精度を示す0.9以上を上回ったため (Pearce and Ferrier, 2000 など), 精度としてはかなり高くなった。閾値は0.374で, 図9上では色が濃くなるほど生息地確率が高くなることを示している。越冬地として示された地域は金沢市から加賀市にかけての丘陵・山地のほか, より内陸の山間地では河川沿いの谷あいにも分布する傾向となった。

環境変数ごとの寄与率, 重要度を示す Percent contribution, Permutation importanceの値は(表5), スギ植林地からの距離がいずれの値も40%程度の高い割合を示し, 次いで針葉樹林率, 市街地・耕作地からの距離の寄与率が20%近くを占めた。重要度は市街地・耕作地からの距離, 斜面方位そして最大積雪深がいずれも10%以上を占めた。落葉広葉樹林率と斜面傾斜の割合はいずれの値も10%未満であった。

また, 各環境変数の値の変化と適合度 (suitable condition) を示した応答曲線を見ると(図8), 寄与率・重要度の高いスギ植林地からの距離は, 距離が近いほど適合していることを示し, 市街地・耕作地からの距離も同じ傾向にあった。針葉樹林率は, 総じて高い割合となりかつ面積率は高い方が良く, 落葉広葉樹林率はその逆の傾向を示した。斜面方位, 斜面傾斜および最大積雪深は単峰型曲線となり, 斜面方位は南向き, 斜面傾斜は緩傾斜, 最大積雪深は積雪深が少ない所でピークを示した。

4. 考察

(1) ニホンジカの越冬環境の特徴

シカの越冬環境の特徴について, 3か年冬季の生息確認地点情報と自然環境情報との関係を主にMaxentの解析結果と比較しながらみていく。地形は平均標高が294.8mで標高400m未満に70%以上, 斜面方位は南東-南-南西方向に74.1%, そして斜面傾斜は年ごとの違いがあるが, 傾斜20度以上の急な斜面での割合が63.8%あったことなどがわかった。Maxentの適合度の結果と比較すると(図8), 斜面方位は同じ方向を示したが, 傾斜は緩傾斜の方が適地とされた。急傾斜地の中でも休息場や寝間などには平坦地を選んでいるのではないかと推察される。

植生はスギ植林, コナラ群落, ブナ-ミズナラ群落で大部分を占め, なかでもスギ植林への誘因が高かった。Maxentでもスギ植林地からの距離の貢献度が高く示され, 針葉樹林率の寄与度も高かった

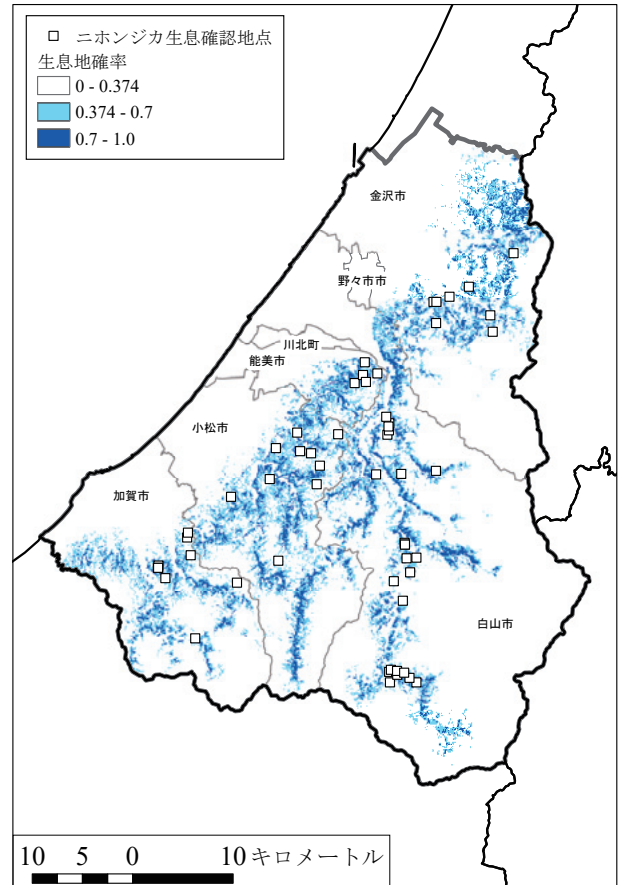


図9 Maxentモデルによるニホンジカの越冬地の推定

(表5)。適合度についても, スギ植林地からの距離が近いほどよいとなった。なお, 針葉樹林の中でスギ植林の割合を調べると84.0%を占めており, スギ植林が寄与しているといえる。

最大積雪深は, 年ごとに大きく違い, 大雪だった2018年は, 積雪深200cm以上の地点が多いのに対して, 2019年・2020年は50cm未満での確認が多いという全く逆の結果となった。聞き取り調査からは後者2か年は, 積雪が全くない場所での確認事例も多かった。よってこの2か年は, 雪の影響が非常に少なかった年であり, この2か年の雪の少なさが, Maxentでの寄与率と重要度を低くしたと考えられる。ただし, 適合度において積雪は少ない方がよく, 雪に弱いとされるシカの一面を示している。

変動の大きかった積雪を除いて考えると, 標高400m未満の南向き斜面で, 傾斜20度以上の丘陵・山地のスギ植林地がシカにとっての好適な環境であると導きだされる。

聞き取り調査からもスギ植林地が冬季のシカの休憩場所や寝間として利用されているという結果を得ている。スギ林内は, 冬季にも枝葉があるために降雪が一定の割合で遮断され(小倉ら, 2013; 川田ら, 2019), 林内は林外に比べ積雪が少ない。さらに樹

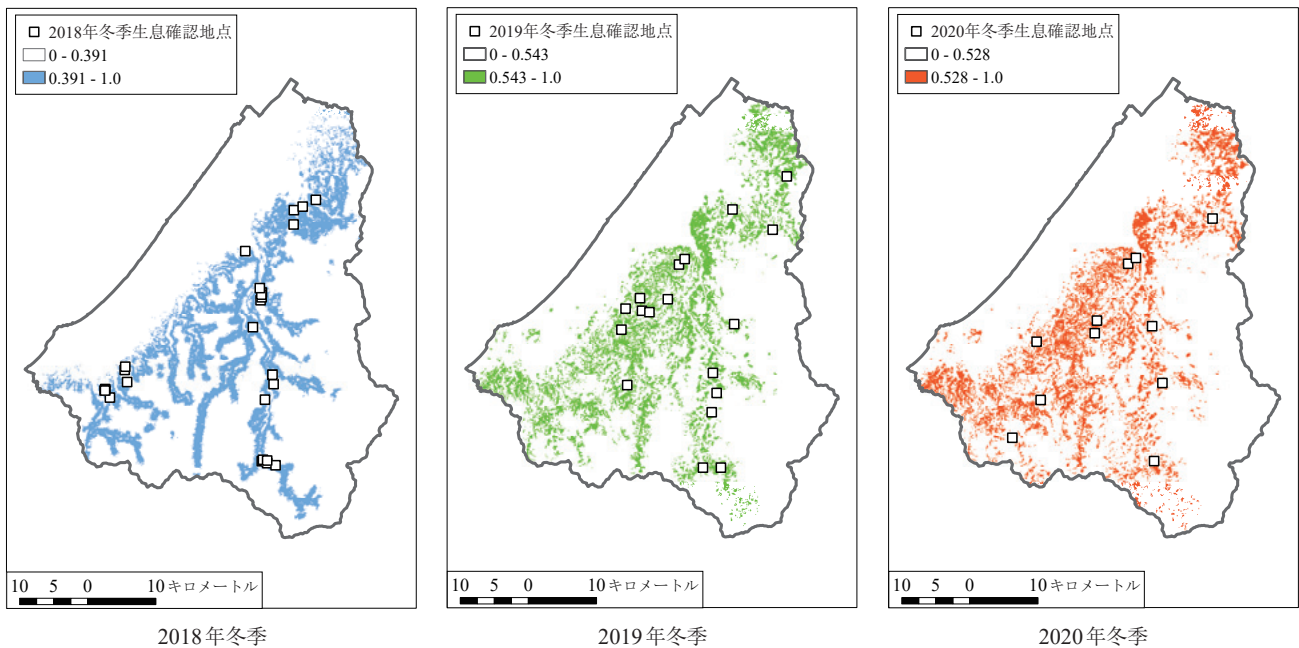


図10 3か年冬季の生息確認地点情報と積雪データに基づいた推定越冬地

上で枝葉に付着した降雪が寒気にさらされて凍り、それが落下し林床を覆うことで積雪面が固くしまった状態になる。また、密な針葉樹林内は夜間の気温が林外に比べて高い傾向にあり(加藤ら, 2017), 風雪の影響も緩和される。これらのことから、スギ林内がシカの越冬地として利用されていると考える。北海道のエゾジカについても、針葉樹は重要な越冬地であると指摘され、永田ほか(2006)がおこなった道東でのエゾジカの生息適地モデルでは、針葉樹からの距離が最も重要な変数となっている。北アメリカ大陸のミュールジカも冬季は積雪の深い場所を避け、雪のささぎる利点のある樹冠の閉じた森林を求めるといふ(Anton et al., 2022)。

これらのスギ植林地は、戦後の拡大造林政策で植林されたが、木材価格の低迷するなか、伐採時期に入っても伐採されないままの50年生以上の壮齢林が、現在では多く存在する(石川県, 2021)。また植林されたままで間伐されないで放置されたスギ植林地も多い。これらの伐採期を過ぎたスギ林がシカにとっては、風雪がしのぎやすいなどの環境を提供していることも考えられる。林業的にみてもこれらのスギの過密林を適正に伐採し、好適な越冬場の数を減らす必要があると考える。

南向き斜面についても、聞き取り調査では日当たりの良い平坦な斜面をシカが好むと指摘され、Maxentの適合度の結果も同様であった。

その上でMaxentにより越冬地として、推定された地域をみると(図9)、分布域は海岸部から内陸に入り、金沢市から加賀市に連なる帯状の丘陵・山地(図1の標高100m~400mの範囲)とさらに積雪量

が多い内陸山間地の河川に沿った場所が推定越冬地として示された。具体的な場所は手取川流域内の本流や支流の谷間である。

前者の範囲はスギ植林地とコナラ群落の落葉樹林が混在した場所で、斜面傾斜は20度~30度を示すなど、自然環境情報との整合性がとれている。後者の河川沿いについては、実際の生息確認地点情報の中でも8地点が河川での確認であり(表4)、聞き取り調査からも、「雪が多いとシカは山から下り、川沿いにとどまる」との情報を得ている。河川沿いは、水やエサとなる植物が得やすく、また水は比熱容量が大きいため、温まりやすく冷めにくい。このため、冬季の厳しい環境下では、山の中に比べれば過ごしやすいたことが考えられる。よって冬季にはこの河川沿い近くにシカが移動し、それはより内陸の積雪量の多い環境下であてはまると考える。

(2) 積雪の違いによる越冬地の変化

積雪量はシカの冬季の越冬環境として非常に重要であり、積雪量が少ないとシカの移動がみられ、聞き取り調査でも同様な指摘がなされていた。反面、図7でみたように積雪は年ごとの変動が大きい。そこで、3か年冬季について、それぞれの年の生息確認地点情報と最大積雪深分布を使い、他の環境変数は変えないで、Maxentの解析をおこなって生息地の違いをみた。各年とも閾値から在・不在を区別して冬季の生息地を求めた。その結果を図10に示す。各年のAUCは、2018年が0.926、2019年で0.887、2020年が0.921と高い精度を維持した。

大雪だった2018年の分布域は色調が濃くなって

分布が密になり、範囲が他の年よりも狭く限定されている。これに対して降雪の少ない2020年は分布域が疎で他の年よりも広がりを見せている。また、内陸部の河川沿いが目立った越冬地として示されなくなる。2019年は、両者の間にあり、2020年に近い。この事は、積雪量の多い年は、雪の影響を受けて分布域が限られ、密集して範囲が狭くなるのに対して、積雪量の少ない年は雪の影響を受けずにより広範に広がりを見せていることを示すと考える。Maxentで示された最大積雪深の重要度をみても、2018年が23.5%に対し、2019年は2.1%、2020年は1.9%とかなり低い。

このような積雪の違いがシカの越冬地に影響することが示された。後者2か年の、いわゆる暖冬が継続すれば、雪に弱いとされるシカの越冬を容易にさせ、越冬地の拡大ひいては個体数の増加が連想される。

(3) 生息確認地点情報のバイアス

シカの越冬環境評価をおこなうための生息確認地点情報は、狩猟者の捕獲・目撃情報から得た。この情報は狩猟者の行動の仕方によって左右される。聞き取り調査によれば狩猟者は、林道に沿って山に入ることが多く、その林道は河川・谷に沿ってある場合が多い。3(1)で示した地点情報の地形的な位置は谷筋、河川あるいは河川と関わるその他としたものが多数を占め、情報の偏りすなわちバイアスが示唆された。本節では、この基礎情報のバイアスと調査結果との関係を検討する。

Maxentで示された越冬地の推定結果をみると、図9の手取川の本流や支流といった内陸部の推定地が河川沿いにあり、また図10の2018年冬季の図も推定越冬地が河川沿いへ集中していた。実際の狩猟者からの地点情報も手取川の本流・支流沿いのものが多く、このもとにした情報による影響が考えられた。しかし、これら情報の聞き取り時に尋ねた積雪は、河川については8地点中5地点が積雪1m以上であり(残り3地点は不明)、その他とした地点では11地点中9地点が積雪ありで、そのうち1m以上は5地点であった。このことは、シカが積雪量の増加にともない移動して越冬地を形成すること(丸山, 1981)、狩猟者の「雪が多いとシカは山から下り、川沿いとどまる」といった指摘を踏まえると、より積雪量の少ない河川沿いへシカが下りてきた行動パターンによるものと考えられる。よって積雪量が多くなる内陸山間地の河川沿いが推定越冬地となる推定結果は妥当であるといえる。

ただし、狩猟者の行動の仕方による影響がまったく排除されるべきものではなく、これらの地点情報には一定のバイアスが含まれている点は否定できな

い。Maxentによる解析で環境要因の寄与率として市街地・耕作地からの距離の寄与率が2番目に高いということもバイアスの影響によるものと考えられる。

このバイアスを解消するには、より面的な形でのシカの生息情報が必要であり、UAVを用いて、急傾斜の森林帯でもシカの判別が可能な高感度カメラを開発しての調査あるいは冬季間のGPS発信器を装着しての調査といった方法がある。また、Maxentの設定時に偽不在データ(background points)をバイアスファイルとして与え解析する方法もある(大野ら, 2018)。これらの点は越冬地の推定精度を上げるための今後の課題である。

5. まとめ

日本海側の多雪地である石川県の南加賀地域において、狩猟者からのシカの生息確認地点情報をもとに冬季のシカの越冬環境を調べ、Maxentを使用してシカの越冬地の推定を試みた。

その結果、標高400m未満の南向き斜面で、傾斜は20度以上の丘陵・山地のスギ植林地がシカにとっての好適な環境であることが導きだされ、特にスギ植林地が重要であることが示された。Maxentの解析による推定生息地についても、この条件に類する範囲を示すことができ、なおかつMaxentでは、より内陸の山間地になると、河川沿いが越冬生息地として推定された。また、積雪などにより厳しい越冬環境の内陸では、河川沿いの方が適した環境になると考えられた。ただし、この点についてはもとにした地点情報が狩猟者の行動の行きやすさが反映されている点もある。

好適な環境とされたスギ植林地は、戦後の林業政策の過程で急速に拡大した。しかし、伐採時期に入っても伐採されないで放置されたスギの壮齢・老齢木の林が、現在では多く存在する。これらの伐採期を過ぎたスギ林がシカにとっては、風雪がしのぎやすいなどの環境を提供していると考えられる。

積雪は非常に重要な越冬環境であるが、年ごとの変動が大きい。Maxentの解析からは積雪の多い年は、分布域が密で範囲が限定されることが示され、逆に積雪が少ない年は積雪の影響が少なくなり、推定生息地も疎で範囲が拡大する可能性が示された。このことは将来的に地球温暖化の進行によって積雪が減少すれば、シカの分布域がより拡大ひいては個体数が増加することを示唆している。

謝辞

石川県白山自然保護センターからは、著者の一人が在職中に得た調査情報を提供いただいた。狩猟者の聞き取り調査には稲田奈緒さんに協力いただいた。積雪観測データは、国土交通省、県、市町村、電源開発の関係機関に提供いただいた。以上の皆様に心よりお礼申し上げます。

引用文献

- Anton, C B, DeCesare, N J, Peterson, C, Hayes, T A and Bishop, C J. 2022. Climate, habitat interactions, and mule deer resource selection on winter landscapes. *The Journal of Wildlife Management*. 86(8). e22299.
- 藤原洋一. 2016. 人が近づけない場所の雪の秘密を探る. 石川の自然まるかじり. 東海大学出版部. 8-13.
- 北国新聞社編集部. 1973. ニホンジカ. のと・かが四季の野生. 北国新聞社. 372-373.
- 石川県教育委員会文化財保護課. 1974. 石川県遺跡地名表. 石川県教育委員会.
- 石川県. 1977. 第2部哺乳類. 石川県の自然環境第3分冊鳥獣. 149-198.
- 石川県. 1999. 新版石川の動植物. 石川県環境安全部自然保護課. 橋本確文堂.
- 石川県. いしかわ森林・林業・木材産業振興ビジョン2021. <<https://www.pref.ishikawa.lg.jp/shinrin/kikaku/vision2021.html>>. 2021年8月6日更新. 2022年9月23日閲覧.
- 石川県. 2022. 第3期石川県ニホンジカ管理計画. 1-30.
- 石濱史子. 2017. 標本情報等の分布推定への活用とその実際. バイアスの除去から精度評価まで. 保全生態学研究. 22. 21-40.
- 梶光一. 1981. 根室標津におけるエゾシカの土地利用. 哺乳動物学雑誌. 8 (6). 226-236.
- 金沢地方气象台. 2018. 石川県気象年報 平成30年(2018年).
- 金沢地方气象台. 2019. 石川県気象年報 平成31年/令和元年(2019).
- 金沢地方气象台. 2020. 石川県気象年報 令和2年(2020).
- 加藤和輝・下山宏・山野井克己・溝口康子・渡辺力. 2017. 積雪上の気温に対する森林の影響. 雪氷研究大会(2017・十日町)講演要旨集. 234.
- 環境省. (お知らせ)改正鳥獣法に基づく指定管理鳥獣捕獲等事業の推進に向けたニホンジカ及びイノシシの生息状況等緊急調査事業の結果について. <<http://www.env.go.jp/press/100922.html>>. 2015年4月28日更新. 2022年9月23日閲覧.
- 環境省. 全国のニホンジカ及びイノシシの個体数推定等の結果について(令和3年度). <<https://www.env.go.jp/press/110760.html>>. 2022年3月22日更新. 2022年9月23日閲覧.

- 川田秋雅・藤原洋一・長野峻介・一恩英二・高瀬恵次. 2019. スギ林内における降雪遮断の評価-樹冠通貨降水量推定式の確立を目指して-. 2019年度日本生態学会中部地区講演要旨集. 10.
- Liu, C, White, M and Newell, G. 2013. Selecting thresholds for the prediction of species occurrence with presence-only data. *Journal of Biogeography*. 40(4). 778-789.
- 松田衛・熊野正雄. 1965. II脊椎動物I哺乳類. 能登半島学術調査書. 石川県. 209-210.
- 丸山直樹. 1981. ニホンジカの季節的移動と集合様式に関する研究. 東京農工大学農学部学術報告. 23. 10-85.
- 三浦慎吾. 1974. 丹沢山塊松洞丸におけるシカ個体群の生息域の季節的变化. 哺乳動物学雑誌. 23. 51-66.
- 永田尚志・五箇公一・夏原由博・梶光一. 2006. 野生生物種の生息適地評価関数の開発に関する研究. 地球環境研究推進費. 9-50.
- 小川弘司・稲田奈緒. 2020. 石川県におけるニホンジカの冬季の生息確認地点情報と生息環境-狩猟者への聞き取り調査の結果から-. 石川県白山自然保護センター研究報告. 46. 1-8.
- 小倉晃・高瀬恵次・伊藤優子・篠原慶規・梶恭一・丸山利輔. 2013. 石川県白山麓スギ林内における雪の樹冠遮断量. 水文・水資源学会研究発表要旨集. 26. 242.
- 岡久雄二・岡久佳奈・小田谷嘉弥. 2019. ライトセンサスとMaximum Entropy Modelによる佐渡島におけるヤマシギ *Scolopax rusticola* の越冬分布推定. 日本鳥学会誌. 68 (2). 307-315.
- 大野ゆかり・横山潤・中静透・河田雅圭. 市民が撮影した写真による生物観測情報の収集, 問題点と解決方法. 種生物学学会電子版和文誌. 2. <<https://www.speciesbiology.org/publications/e-book/2.html>>. 2018年2月25日更新. 2022年12月6日閲覧.
- Pearce, J and Ferrier, S. 2000. Evaluating the predictive performance of habitat models developed using logistic regression. *Ecological Modelling*. 133(3). 225-245.
- Phillips, S J, Anderson, R P and Schapire, R E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 190. 231-259.
- Phillips, S J, Anderson, R P, Dudík, M, Schapire, R E and Blair, M E. 2017. Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography*. 40. 887-893.
- 田辺篤志・皆川朋子. 2016. レッドリスト記載のシギ・チドリ類を対象とした九州地方における生息適地の推定と生息地保全に関する考察. 土木学会論文集G(環境). 72 (6). II_157-II_165. doi: 10.2208/jscej.72.II_157.
- 常田邦彦・丸山直樹・伊藤建雄・古林賢恒・阿部永. 1981. 2 ニホンジカの地理的分布とその要因. 第2回自然環境保全基礎調査 動物分布調査報告書(哺乳類) 全国版その2. 財団法人日本野生生物研究センター. 38-68.

- 矢ヶ崎孝雄. 1992. 北陸における猪害防除の研究 (一).
金沢大学日本海域研究所報告. 24. 83-118.
- 矢ヶ崎孝雄. 2003. 能登半島における近世の猪鹿害防除.
自然と社会. 69. 11-18.
- Young, N, Carter, L and Evangelista, P. A MaxEnt Model
v3.3.3e Tutorial (ArcGIS v10). <<https://www.pdfFiller.com/5648271-fillable-a-maxent-model-v333e-tutorial-arcgis-10-form-ibis-colostate>>. 2011年9月1日更新. 2022年9月13日閲覧.

Assessment of Wintering Environments for Sika Deer in the Minami-Kaga Area, Ishikawa Prefecture, Japan

Hiroshi OGAWA (Department of Environmental Sciences, Ishikawa Prefectural University),
Seiji YANAI (Professor Emeritus, Ishikawa Prefectural University)

Abstract

In the Southern-Kaga area of Ishikawa Prefecture, the region with heavy snowfall on the Sea of Japan coast, we investigated the wintering environment of Sika deer based on their habitat information points from hunters. We attempted to estimate their wintering habitats using Maxent. As a result, we found that cedar plantations on south-facing slopes less than 400 m above sea level and on hills and mountains with slopes of 20 degrees or more are suitable habitats for Sika deer. Maxent analysis also indicated the estimated habitats similar to these conditions, and in inland mountainous areas with heavy snowfall, the estimated habitats along rivers were also indicated. The latter point is also because Sika deer estimated habitats reflect the accessibility of the hunter's activities and, we need to be examined. Regarding snow cover, an important wintering habitat factor, Maxent analysis indicated that in years with an extensive snow cover, the estimated habitats are dense and their range is limited. In contrast, the estimated habitats are sparse and extensive in years with a small snow cover.

Keywords: Sika deer, wintering habitat, Maxent, snow cover, Southern-Kaga, cedar plantations