

### 3.6 多重対応分析とクリギングを用いたエゾシカの影響評価（試行）

エゾシカの森林への影響を全道の国有林で評価するために、簡易チェックシートから影響程度を点数化して評価し、それを用いて国有林全体への影響を推定する図化の解析を試行した。

#### 3.6.1 多重対応分析による影響のスコア化

##### 1) 方法

簡易チェックシートから、表-3.6.1のように天然木の食痕に関する項目を選んで、多重対応分析を行った（「わからない」の回答が多い不嗜好植物に関する項目や発見率の低い痕跡は除いている）。多重対応分析には R 2.12.0 の MASS パッケージに含まれる関数 mca を用いた。得られた結果から、エゾシカの影響を表す軸を抽出し、各調査地点のスコアを求めた。多重対応分析は、選択する項目を変えて、6モデルについてそれぞれ行い、選択する項目の違いによる結果への影響について検討した（表-3.6.1）。使用データは、3年間の天然林のみを用いた場合と全体（天然林・人工林）のデータを用いた場合について、それぞれ解析した。

表-3.6.1 多重対応分析の各モデルで用いた項目

項目	モデル					
	N9/A9	N8/A8	N7/A7	N6/A6	N5/A5	N3/A3
A1・胸高直径5cm以上の樹皮剥ぎ 見られる-新しい 見られる-古いのみ 見られる-不明 見られない	●	●	●	●	●	
A2・ A3-胸高直径5cm以上の下枝食痕 1:多い 2:わずかにある 3:ない 4:わからない 5:下枝がない	●	●	●	●		
B1・ B2-胸高直径5cm未満の樹皮剥ぎ 見られる-新しい 見られる-古いのみ 見られる-不明 見られない 5cm以下の天然木がない	●	●	●	●	●	
B3・ B4-胸高直径5cm未満の下枝食痕 1:多い 2:わずかにある 3:ない 4:わからない 5:下枝がない	●	●	●			
C1・ C2-椎樹の食痕 1:椎樹食痕多い 2:わずかにある 3:ない 4:わからない 5:椎樹がない	●	●				
D1・ D2-ササの食痕 1:ササ食痕多い 2:わずかにある 3:ない 4:わからない 5:ササがない	●					
E1-エゾシカの痕跡 0:シカ道無し 1:シカ道有り 0:シカ足跡無し 1:シカ足跡有り 0:シカ糞無し 1:シカ糞有り	●	●	●	●	●	●

Aは、全体（人工林・天然林）、Nは天然林を示す

## 2) 分析結果

天然林および全体について、各6モデルで行った多重対応分析結果を示す(表-3.6.2)。いずれのモデルでも2つ主成分を抽出し、第1主成分は、エゾシカの食痕の「多い」-「少ない」に関する変数で、第2主成分は「わからない」に関する変数と考えられた(図-3.6.1,図-3.6.3)。

表-3.6.2a 多重対応分析結果(各項目のスコア)[天然林]

項目	項目	A9 軸1	A9 軸2	A8 軸1	A8 軸2	A7 軸1	A7 軸2	A6 軸1	A6 軸2	A5 軸1	A5 軸2	A3 軸1	A3 軸2
寄与率(軸2は、第1+第2主成分の合計を示す)		8.0	14.61	9.2	16.82	10.7	19.03	12.8	22.45	16.7	29.72	39.3	61.72
5cm以上の樹皮ほぎ見られる-新しい	A1.X1	0.00302	-0.00107	-0.00350	0.00062	-0.00413	-0.00081	-0.00469	-0.00611	-0.00483	0.00684		
見られる-古いのみ	A1.X2	0.00177	0.00011	-0.00200	-0.00076	-0.00247	0.00144	-0.00308	0.00768	-0.00334	-0.01094		
見られる-不明	A1.X4	0.00184	-0.00170	-0.00222	0.00102	-0.00264	-0.00067	-0.00302	-0.00257	-0.00301	0.00144		
見られない	A1.X5	-0.00058	0.00016	0.00068	-0.00031	0.00086	0.00036	0.00103	0.00040	0.00105	-0.00013		
1:下枝食痕多い(5cm以上)	A3.X1	0.00569	-0.00613	-0.00677	0.00466	-0.00728	-0.00445	-0.00670	-0.00822				
2:わずかにある	A3.X2	0.00306	-0.00132	-0.00369	0.00014	-0.00429	0.00038	-0.00456	-0.00202				
3:ない	A3.X3	-0.00097	-0.00081	0.00100	-0.00077	0.00120	0.00165	0.00130	0.00059				
4:わからない	A3.X4	0.00095	0.00397	-0.00082	-0.00336	-0.00080	0.00304	-0.00088	0.00205				
5:下枝がない	A3.X5	-0.00052	-0.00040	0.00070	0.00274	0.00074	-0.00439	0.00077	-0.00081				
5cm以下の樹皮ほぎ見られる-新しい	B2.X1	0.00300	-0.00144	-0.00353	0.00098	-0.00410	-0.00108	-0.00456	-0.00605	-0.00480	0.00652		
見られる-古いのみ	B2.X2	0.00178	-0.00001	-0.00200	-0.00032	-0.00239	0.00083	-0.00299	0.00776	-0.00354	-0.01098		
見られる-不明	B2.X4	0.00236	0.00006	-0.00268	-0.00027	-0.00314	0.00051	-0.00350	-0.00170	-0.00418	0.00290		
見られない	B2.X5	-0.00038	0.00023	0.00043	-0.00083	0.00053	0.00103	0.00058	0.00053	0.00059	-0.00024		
5cm以下の天然木がない	B2.X6	-0.00053	-0.00027	0.00068	0.00280	0.00066	-0.00371	0.00074	-0.00108	0.00085	0.00042		
1:下枝食痕多い(5cm以下)	B4.X1	0.00501	-0.00523	-0.00590	0.00393	-0.00615	-0.00348						
2:わずかにある	B4.X2	0.00270	-0.00115	-0.00317	0.00011	-0.00345	0.00039						
3:ない	B4.X3	-0.00082	-0.00063	0.00084	-0.00059	0.00093	0.00116						
4:わからない	B4.X4	0.00089	0.00359	-0.00076	-0.00284	-0.00073	0.00232						
5:下枝がない	B4.X5	-0.00037	-0.00022	0.00051	0.00239	0.00045	-0.00343						
1:椎樹食痕多い	C2.X1	0.00474	-0.00472	-0.00551	0.00346								
2:わずかにある	C2.X2	0.00246	-0.00126	-0.00287	0.00022								
3:ない	C2.X3	-0.00081	-0.00063	0.00082	-0.00044								
4:わからない	C2.X4	0.00090	0.00343	-0.00079	-0.00268								
5:椎樹がない	C2.X5	-0.00037	-0.00015	0.00052	0.00234								
1:ササ食痕多い	D2.X1	0.00261	-0.00195										
2:わずかにある	D2.X2	0.00136	-0.00035										
3:ない	D2.X3	-0.00082	-0.00064										
4:わからない	D2.X4	0.00054	0.00244										
5:ササがない	D2.X5	-0.00030	-0.00003										
0:シカ遺無し	E11.X0	-0.00057	-0.00009	0.00062	0.00022	0.00078	-0.00034	0.00100	-0.00070	0.00124	0.00043	-0.00199	-0.00291
1:シカ遺有り	E11.X1	0.00115	0.00020	-0.00120	-0.00014	-0.00155	0.00025	-0.00207	0.00145	-0.00265	-0.00094	0.00431	0.00631
0:シカ足跡無し	E12.X0	-0.00084	-0.00019	0.00092	0.00029	0.00115	-0.00040	0.00149	-0.00073	0.00185	0.00020	-0.00293	0.00185
1:シカ足跡有り	E12.X1	0.00084	0.00021	-0.00090	-0.00009	-0.00114	0.00010	-0.00153	0.00073	-0.00196	-0.00022	0.00315	-0.00198
0:シカ糞無し	E13.X0	-0.00077	-0.00006	0.00083	0.00008	0.00105	-0.00015	0.00134	-0.00046	0.00163	0.00011	-0.00248	0.00182
1:シカ糞有り	E13.X1	0.00107	0.00010	-0.00113	0.00015	-0.00146	-0.00017	-0.00192	0.00063	-0.00241	-0.00018	0.00370	-0.00271

表-3.6.2b 多重対応分析結果(各項目のスコア)[全体]

項目	N9 軸1	N9 軸2	N8 軸1	N8 軸2	N7 軸1	N7 軸2	N6 軸1	N6 軸2	N5 軸1	N5 軸2	N3 軸1	N3 軸2
寄与率(軸2は、第1+第2主成分の合計を示す)	8.5	15.5	9.87	17.8	11.46	20.4	13.65	23.8	17.43	31.1	38.75	61.5
5cm以上の樹皮ほぎ見られる-新しい	-0.00383	0.00138	0.00436	-0.00123	-0.00509	-0.00087	-0.00602	-0.00623	-0.00680	-0.00746		
見られる-古いのみ	-0.00224	-0.00084	0.00242	0.00144	-0.00299	0.00130	-0.00388	0.01105	-0.00471	0.01332		
見られる-不明	-0.00267	0.00210	0.00311	-0.00151	-0.00377	0.00008	-0.00453	0.00061	-0.00525	0.00083		
見られない	0.00096	-0.00018	-0.00108	0.00006	0.00129	-0.00003	0.00157	-0.00017	0.00181	-0.00021		
1:下枝食痕多い(5cm以上)	-0.00639	0.00601	0.00737	-0.00497	-0.00795	-0.00074	-0.00779	-0.00512	-0.00762	-0.00933		
2:わずかにある	-0.00367	0.00132	0.00432	-0.00033	-0.00497	0.00058	-0.00536	-0.00058	-0.00570	0.01738		
3:ない	0.00136	0.00126	-0.00140	-0.00015	0.00157	0.00147	0.00167	0.00049	-0.00671	0.00009		
4:わからない	-0.00094	-0.00502	0.00069	0.00493	-0.00063	0.00231	-0.00072	0.00266	0.00126	0.00004		
5:下枝がない	0.00054	-0.00001	-0.00075	-0.00414	0.00074	-0.00743	0.00078	-0.000325	0.00155	-0.00069		
5cm以下の樹皮ほぎ見られる-新しい	-0.00457	0.00224	0.00532	-0.00188	-0.00609	-0.00074	-0.00692	-0.00807				
見られる-古いのみ	-0.00291	-0.00023	0.00320	0.00093	-0.00380	0.00117	-0.00471	0.01390				
見られる-不明	-0.00365	0.00068	0.00415	0.00028	-0.00482	0.00131	-0.00568	0.00125				
見られない	0.00074	-0.00022	-0.00082	0.00088	0.00096	0.00119	0.00111	0.00061				
5cm以下の天然木がない	0.00072	-0.00031	-0.00105	-0.00532	0.00111	-0.00889	0.00138	-0.00433				
1:下枝食痕多い(5cm以下)	-0.00635	0.00595	0.00734	-0.00493	-0.00783	-0.00064						
2:わずかにある	-0.00386	0.00156	0.00455	-0.00047	-0.00512	0.00062						
3:ない	0.00143	0.00126	-0.00147	0.00000	0.00163	0.00165						
4:わからない	-0.00102	-0.00545	0.00076	0.00540	-0.00069	0.00257						
5:下枝がない	0.00041	-0.00010	-0.00065	-0.00415	0.00060	-0.00747						
1:椎樹食痕多い	-0.00596	0.00536	0.00680	-0.00447								
2:わずかにある	-0.00354	0.00187	0.00416	-0.00073								
3:ない	0.00133	0.00119	-0.00137	-0.00013								
4:わからない	-0.00111	-0.00507	0.00091	0.00494								
5:椎樹がない	0.00049	-0.00029	-0.00075	-0.00380								
1:ササ食痕多い	-0.00378	0.00234										
2:わずかにある	-0.00249	0.00034										
3:ない	0.00124	0.00117										
4:わからない	-0.00080	-0.00398										
5:ササがない	0.00035	-0.00066										
0:シカ遺無し	0.00083	0.00011	-0.00090	-0.00021	0.00113	-0.00009	0.00148	-0.00061	0.00189	-0.00049	-0.00333	-0.00437
1:シカ遺有り	-0.00187	-0.00026	0.00202	0.00043	-0.00253	0.00011	-0.00330	0.00136	-0.00419	0.00109	0.00738	0.00969
0:シカ足跡無し	0.00124	0.00022	-0.00136	-0.00035	0.00165	-0.00011	0.00214	-0.00045	0.00272	-0.00012	-0.00493	0.00565
1:シカ足跡有り	-0.00129	-0.00025	0.00141	0.00034	-0.00171	0.00005	-0.00222	0.00047	-0.00281	0.00012	0.00507	-0.00582
0:シカ糞無し	0.00107	-0.00005	-0.00117	-0.00001	0.00144	0.00009	0.00184	-0.00011	0.00228	0.00003	-0.00369	0.00051
1:シカ糞有り	-0.00208	0.00007	0.00228	-0.00001	-0.00280	-0.00026	-0.00357	0.00022	-0.00441	-0.00006	0.00711	-0.00099

各モデルの第1主成分の寄与率は、8~40%ほどで、項目の多いモデルほど少なかった(表-3.6.2)。第2成分の寄与率を加えると14~61%でだった。天然林のほうが全体に比べて、高かった。

各チェックシートで調査対象となっている林小班の重心にポイントを発生させて、各地点のスコアをプロットした(図-3.6.2,図-3.6.4)。根釧・日高・宗谷地域など、エゾシカの生息密度が高い地域で、1軸のスコアが高い調査地点が見られた。天然林と全体ともに同様の傾向だった。

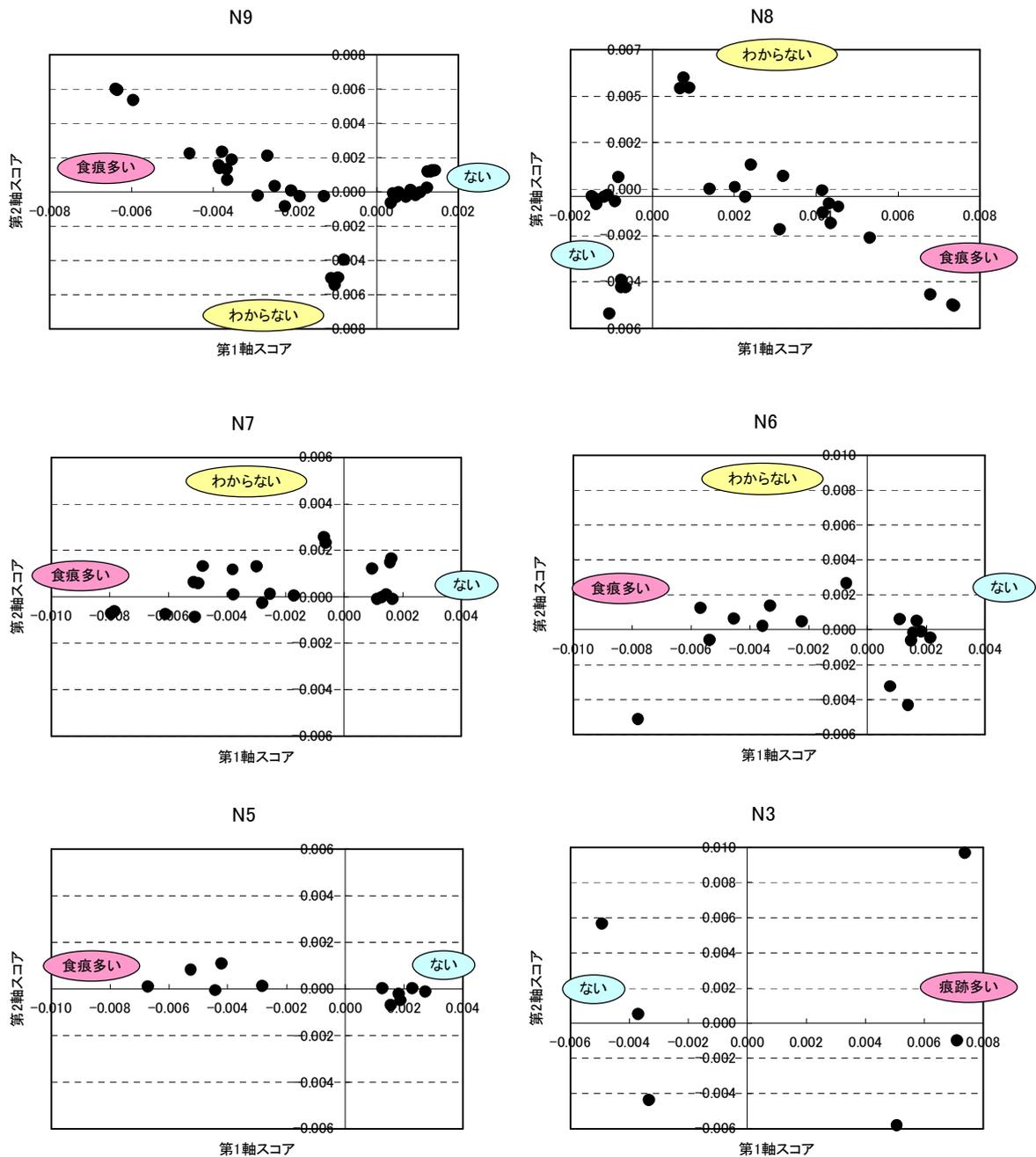


図-3.6.1 各項目の第1軸と第2軸スコアの分布[天然林]

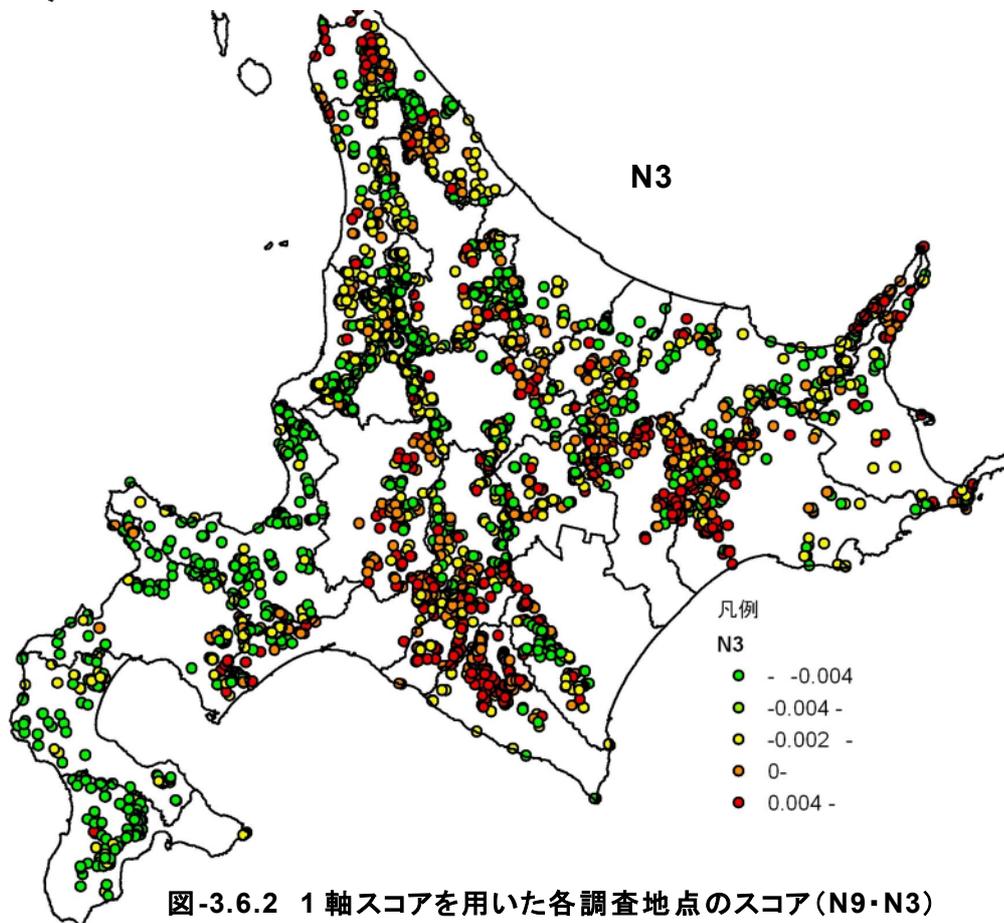
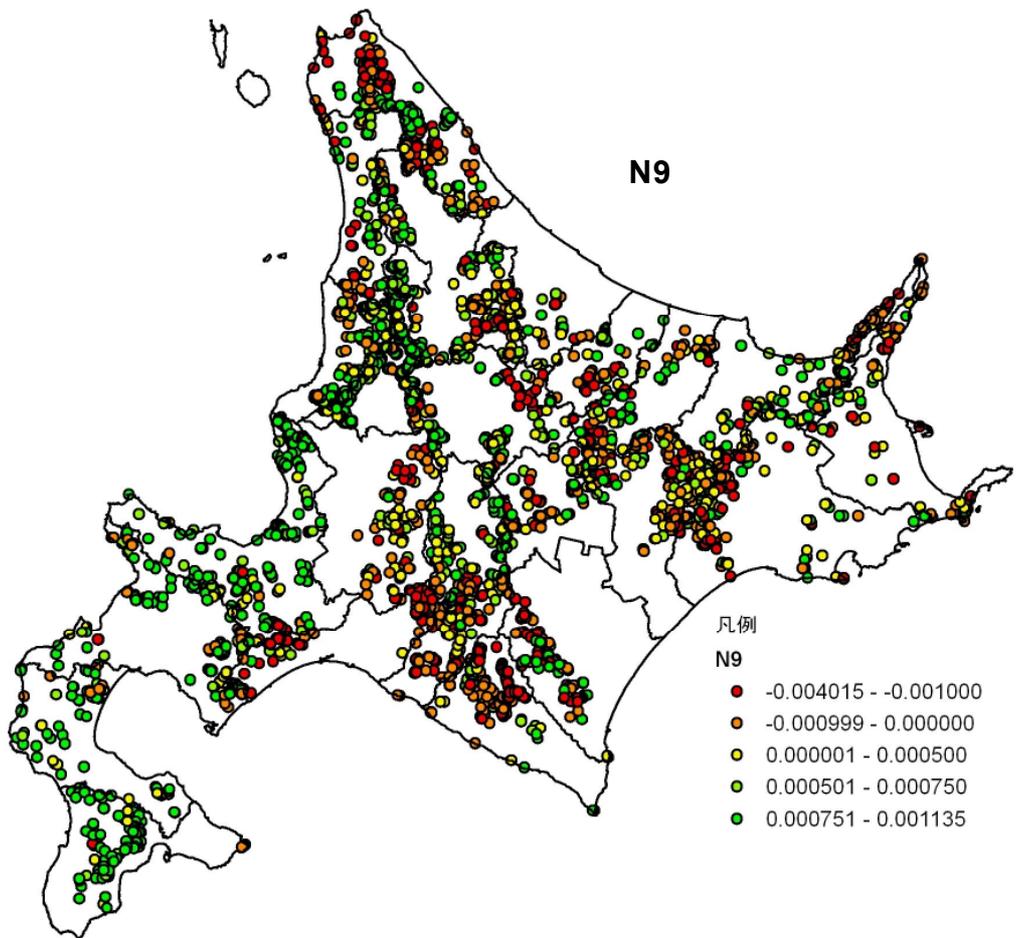


図-3.6.2 1軸スコアを用いた各調査地点のスコア(N9・N3)

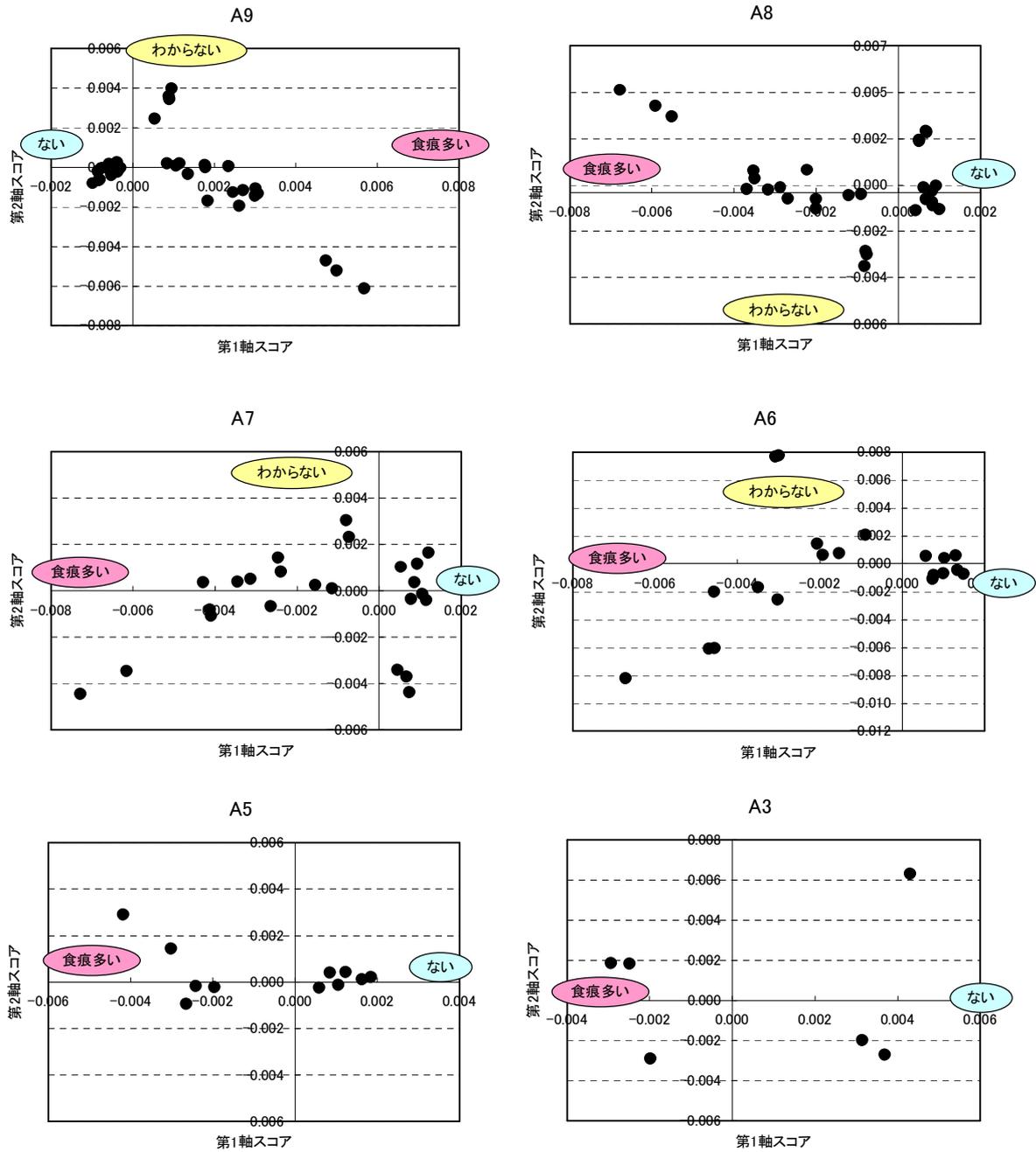


図-3.6.3 各項目の第1軸と第2軸スコアの分布[全体]

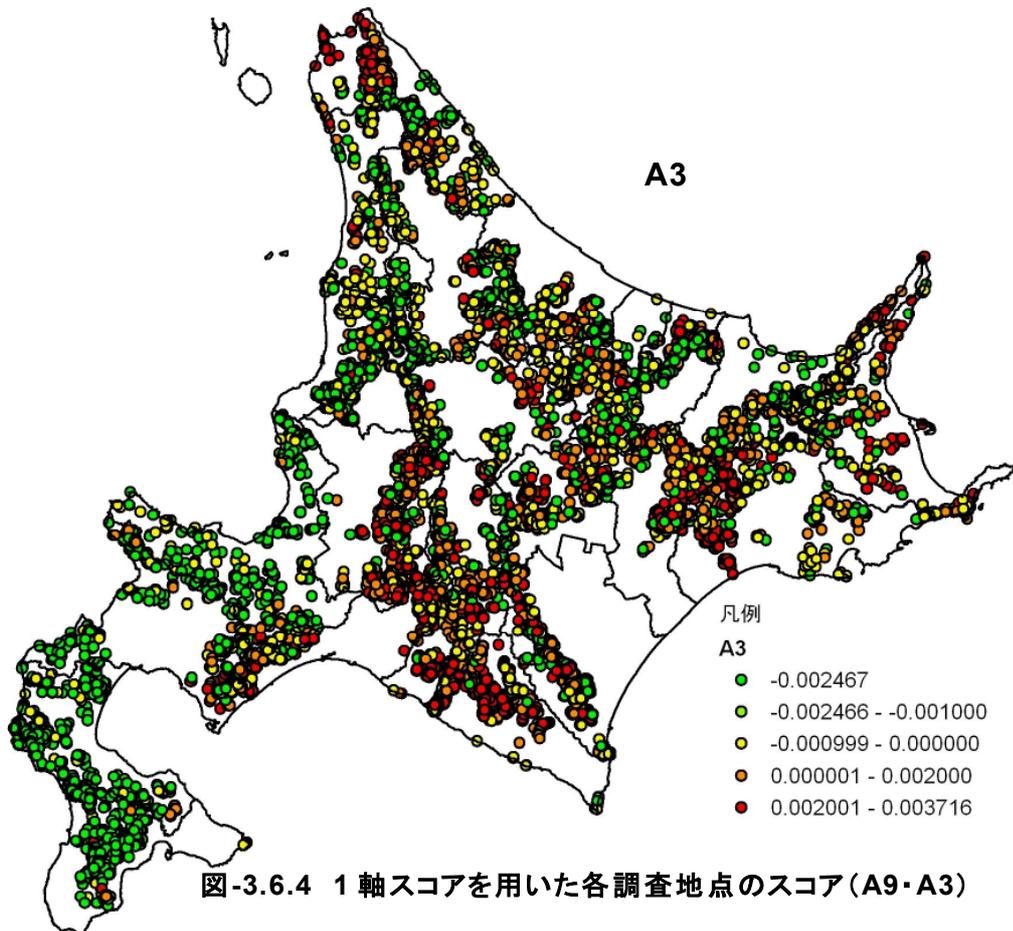
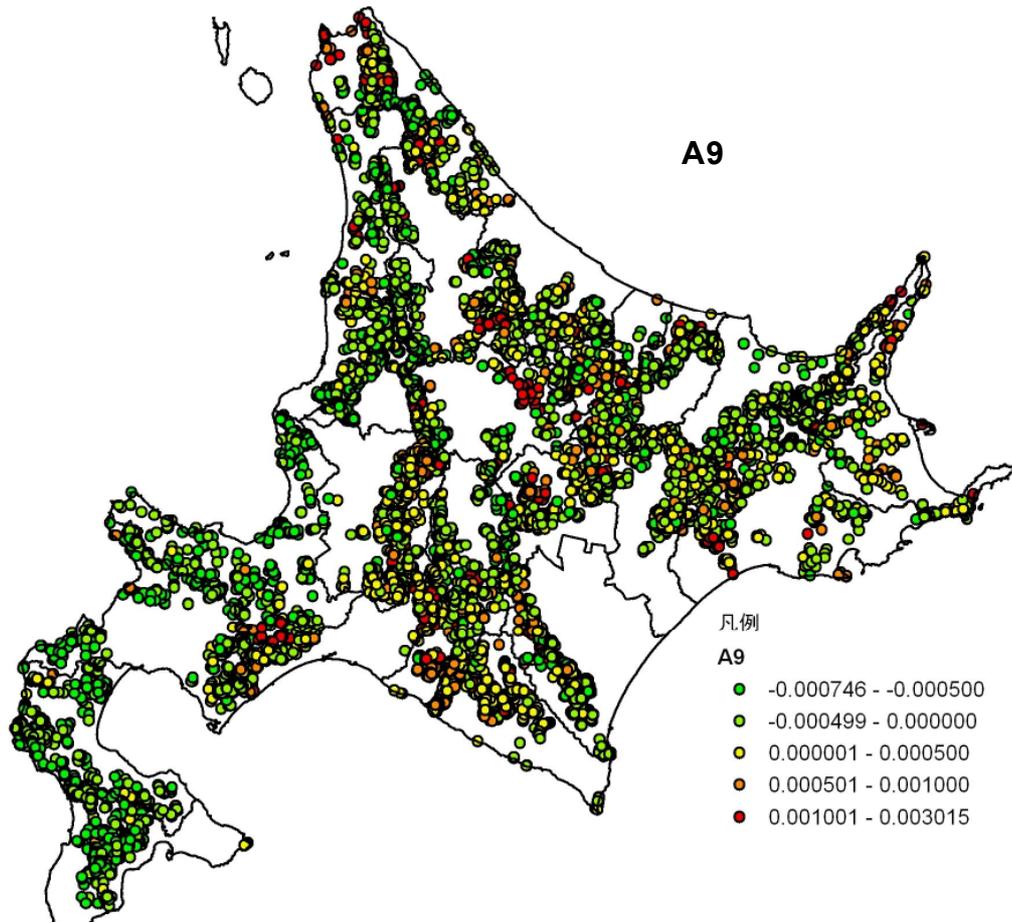


図-3.6.4 1軸スコアを用いた各調査地点のスコア(A9-A3)

### 3.6.2 クリギングによる推定

#### 1) 方法

多重対応分析によって得られた各調査地点のスコアをもとに、GIS ソフト (Arcgis9.2) を用いてクリギングの解析を行った。クリギングは散在する既知のポイント情報から、未知の場所の数値を推定する方法である。

多重対応分析で求めた各調査地の第 1 主成分のスコアをエゾシカの影響を表す指標として用いた。調査地点は、便宜的に調査対象林小班の重心点に発生させた地点とした。この各地点のスコアを用いて、1km 単位のグリッドごとに、推定対象範囲を半径 3km としてスコアを推定し、国有林部分のみを抜き出した。選択する項目を変えた 6 モデルについて行い、これらの結果と、エゾシカ目撃効率 (SPUE) の指数 (2010 年、2008~2010 年平均、2010 年隣接 9 メッシュ平均、2008~2010 年隣接 9 メッシュ平均、SPUE4 以上の年数、SPUE6 以上の年数、累積 SPUE (1990~2010 年))、との相関をピアソンの積率相関係数によって検討した。

また、推定対象範囲の違いによるスコアへの影響を知るために、天然林で全ての食痕に関する項目 (N9) について、半径 5km・10km・20km の 3 つでクリギングをした場合について地図化して比較した。

#### 2) 結果

##### ① 6 モデルによるクリギング結果の比較

天然林 (N9~N3) および全体 (A9~A3) のクリギング結果について、図-3.6.5 と図-3.6.6 に示した。天然林と全体ともに、モデル内の項目が多いほど、スコアは中間の影響を示す地域が多く、モデル内の項目が少なくなるとスコアは影響の多い場所と少ない場所に 2 極化した (赤色や青色が増加する)。項目が多いモデルのほうが、中間的な影響を受けている地域を抽出しやすいと言える。

また、各グリッドの第 1 主成分のスコアとグリッドが含まれる SPUE 指数との相関関係を検討した。すべての変数間で有意な相関が見られ ( $p < 0.05$ )、各モデルとも、SPUE4 以上の年数と関係で最も相関係数が高かった。一方、各 SPUE 指数との相関が最も高かったモデルは、天然林では N3、全体では A3 で、モデル項目最も少ないシカの痕跡のみのモデルだった。

各モデルの第 1 主成分のスコア間の相関関係は、0.9 を超える高い相関係数 (N9-N8、N9-N7、N8-N7 など) が多くで見られた (表-3.6.4)。

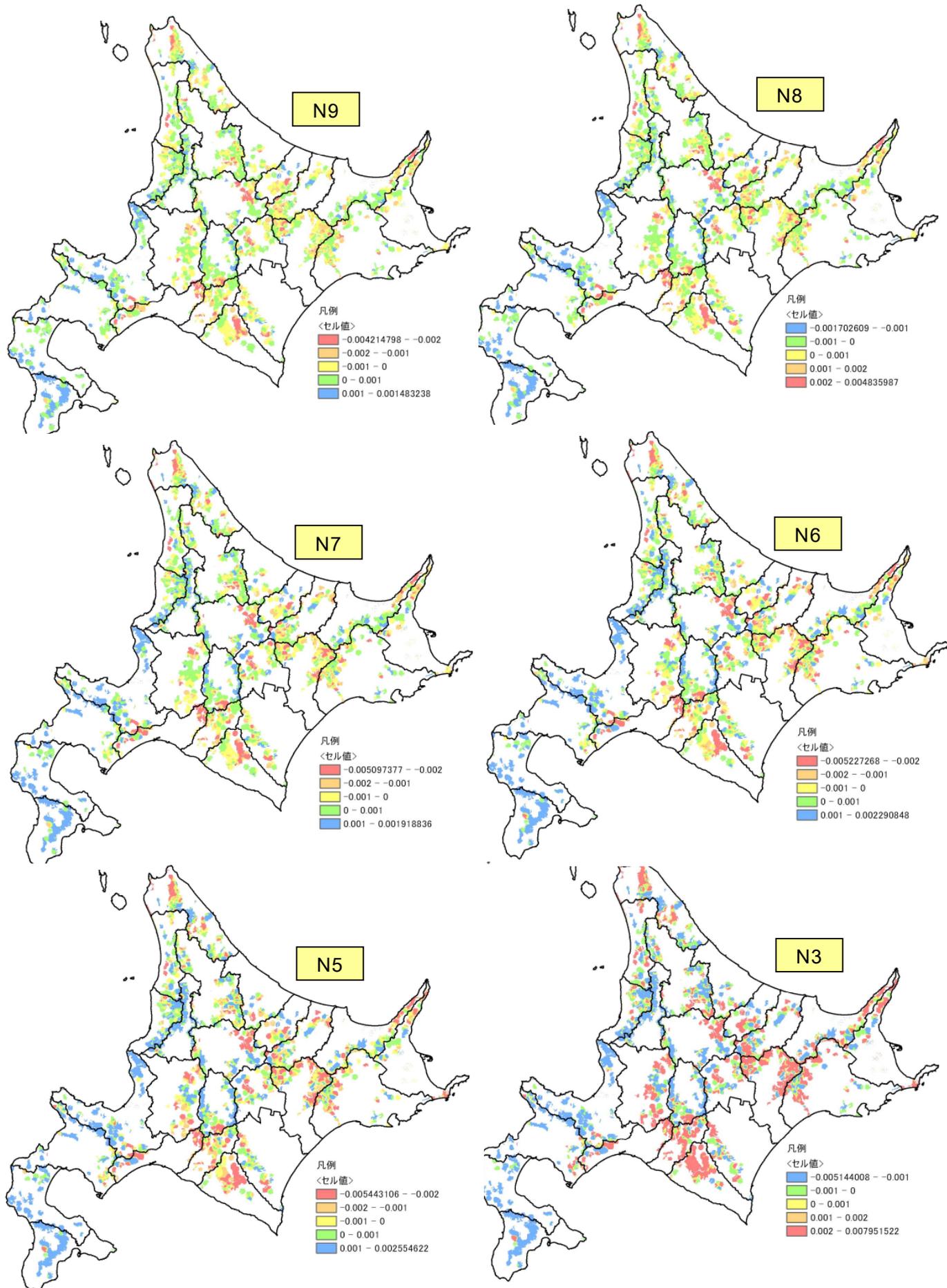


図-3.6.5 クリギングによるエゾシカの影響(1軸スコア)の推定(天然林データ)

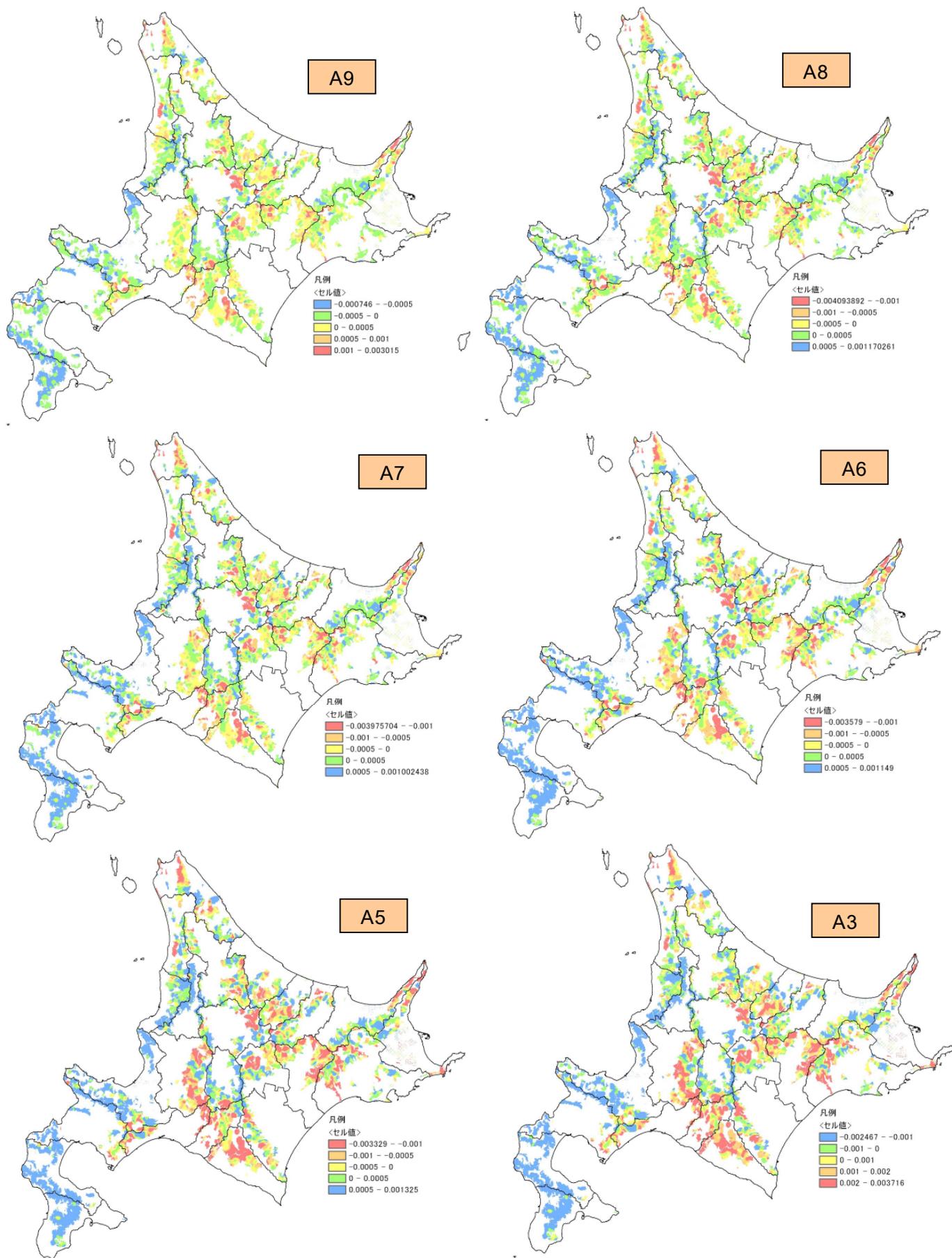


図-3.6.6 クリギングによるエゾシカの影響(1軸スコア)の推定(全体データ)

表-3.6.4a 第一主成分スコアと SPUE 指数の相関係数(天然林)

	A3	A5	A6	A7	A8	A9	SPUE 2010年	SPUE 2008 2010年	隣接9meh SPUE2008 2010年	隣接9meh SPUE2010年	SPUE4以上 の年数	SPUE6以上 の年数	累積 SPUE
A3	1												
A5	-0.91	1											
A6	-0.84	0.97	1										
A7	-0.73	0.89	0.95	1									
A8	-0.65	0.82	0.89	0.98	1								
A9	0.69	-0.85	-0.91	-0.96	-0.97	1							
SPUE 2010年	0.14	-0.15	-0.13	-0.12	-0.12	0.13	1						
SPUE 2008 2010年	0.19	-0.18	-0.17	-0.16	-0.15	0.16	0.77	1					
隣接9meh SPUE2008_2010年	0.25	-0.23	-0.21	-0.19	-0.17	0.20	0.52	0.67	1				
隣接9meh SPUE2010年	0.19	-0.18	-0.16	-0.15	-0.14	0.16	0.6	0.61	0.87	1			
SPUE4以上の年数	0.34	-0.30	-0.27	-0.23	-0.19	0.20	0.3	0.41	0.53	0.42	1		
SPUE6以上の年数	0.25	-0.21	-0.19	-0.16	-0.13	0.14	0.36	0.48	0.57	0.47	0.81	1	
累積SPUE	0.26	-0.24	-0.22	-0.19	-0.16	0.17	0.39	0.51	0.54	0.45	0.74	0.78	1

※青の網掛けはSPUE指数と最も高い相関係数を示すモデル、赤字はモデル内で最も高い相関係数を示したSPUE指数を示す。

表-3.6.4b 第一主成分スコアと SPUE 指数の相関係数(全体)

	N3	N5	N6	N7	N8	N9	SPUE10	SPUE08_10	隣SPUE8_10	隣SPUE10	SPUE4以上 の年数	SPUE6以上 の年数	累積 SPUE
N3	1												
N5	-0.86	1											
N6	-0.8	0.97	1										
N7	-0.73	0.92	0.98	1									
N8	0.67	-0.88	-0.94	-0.99	1								
N9	-0.68	0.87	0.93	0.97	-0.99	1							
SPUE10	0.11	-0.12	-0.11	-0.11	0.10	-0.10	1						
SP08_10	0.14	-0.14	-0.13	-0.13	0.12	-0.13	0.78	1					
周SPUE8_10	0.22	-0.19	-0.18	-0.17	0.16	-0.17	0.54	0.7	1				
周SPUE10	0.16	-0.15	-0.14	-0.14	0.13	-0.14	0.61	0.65	0.86	1			
SPUE4の年数	0.30	-0.26	-0.24	-0.21	0.19	-0.20	0.31	0.42	0.55	0.43	1		
SPUE6の年数	0.21	-0.18	-0.16	-0.14	0.12	-0.13	0.37	0.5	0.59	0.48	0.81	1	
累積SPUE	0.22	-0.20	-0.18	-0.17	0.15	-0.15	0.39	0.51	0.54	0.45	0.73	0.77	1

※青の網掛けはSPUE指数と最も高い相関係数を示すモデル、赤字はモデル内で最も高い相関係数を示したSPUE指数を示す。

## ② SPUE 指数と第一主成分スコアによる地域の抽出

### ● 低 SPUE・高スコアの地域

天然林の N9 モデルのデータを用いて、2008～2010 年平均の SPUE が 2 未満(データなしの地域も含む)で、第一主成分のスコアが-0.0005 未満の 1km メッシュを抽出した(図-3.6.7a)。その結果、知床地域、日高地域、支笏湖周辺地域、留萌北部地域の一部などで抽出された。これらの地域は、シカの密度が高い地域であるものの、そのなかで地理的条件から狩猟があまり行われていないエリアと考えられる。SPUE ではエゾシカに関するデータを十分に得られない地域については、こうした簡易チェックシートのデータによる補間が可能である。

### ● 高 SPUE・低スコアの地域

天然林の N9 モデルのデータを用いて、2008～2010 年平均の SPUE が 4 以上(データない地域も含む)で、第一主成分のスコアが 0.0005 以上の 1km メッシュを抽出した(図-3.6.7b)。その結果、全道的に広い範囲に点在していた。これらの地域は、SPUE とスコアのそれぞれが、高い場所から低い場所への境界エリアにあたるのが考えられる。また、SPUE のメッシュは 5km と大きいいため、データの空間スケールの違いやデータ量が少ないことも影響していると思われる。

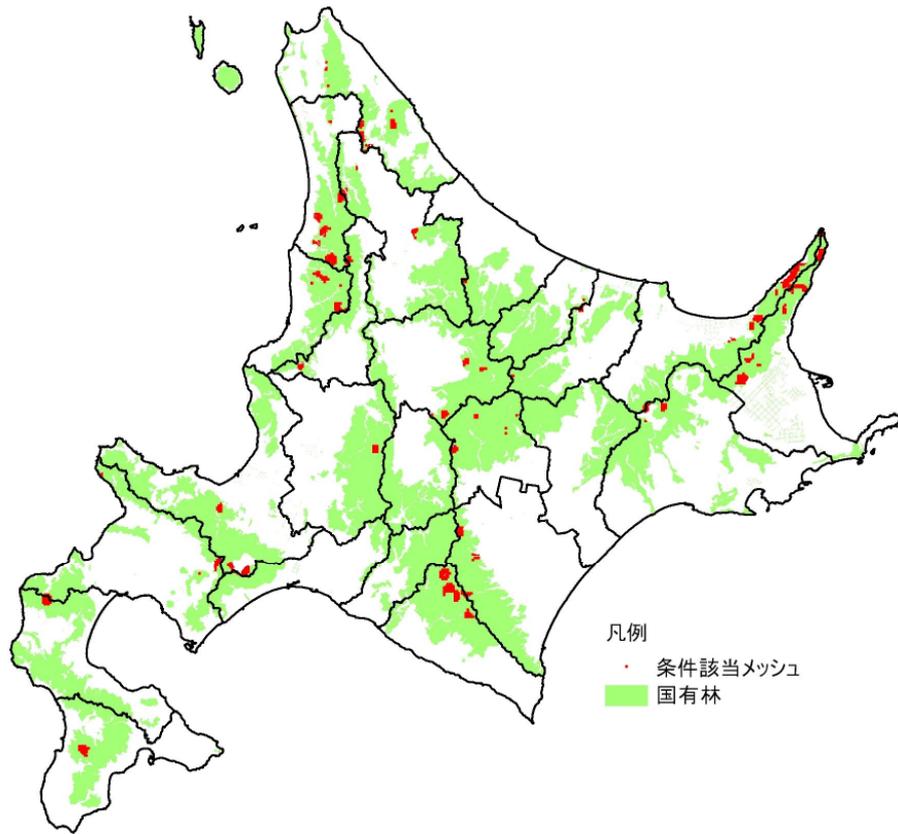


図-3.6.7a 低 SPUE・高スコアの地域(天然林データ)

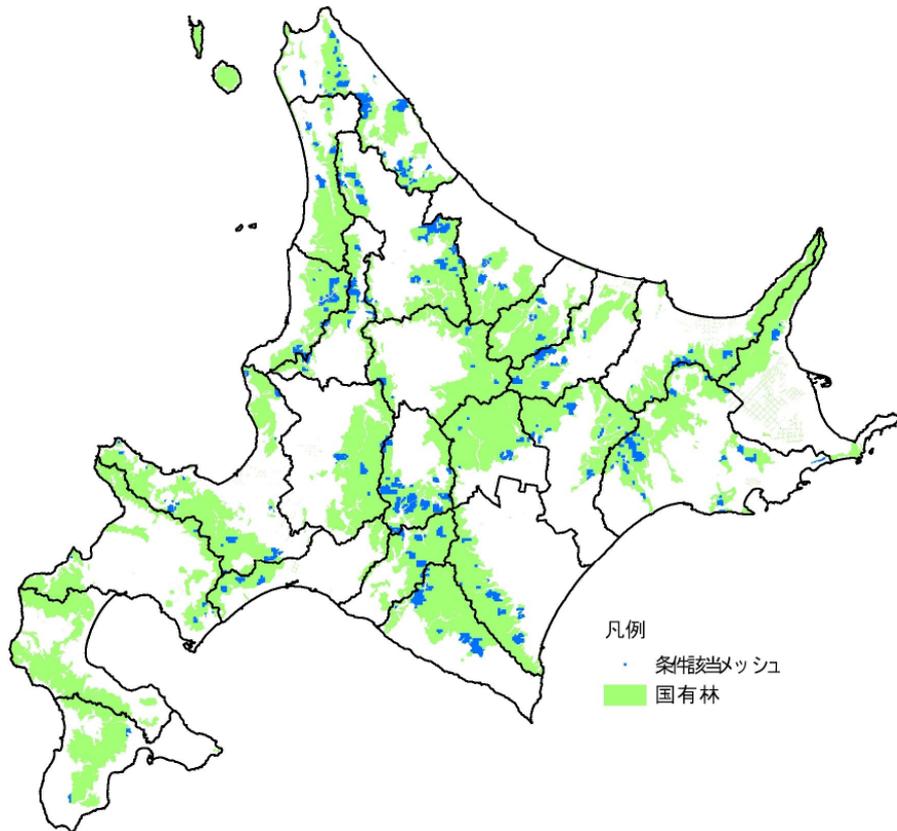


図-3.6.7b 高 SPUE・低スコアの地域(天然林データ)

### ③ 推定対象範囲の違いによるクリギング結果の比較

天然林（モデル N9）と全体（モデル A9）のそれぞれについて、推定対象範囲を半径 5km・10km・20km に変えた際のスコアの推定分布を比較した。地図化する際はスコアを 4 段階で区分して表示した。境界値は、H21-H24 詳細調査地の各稚樹食痕率と、詳細調査地を含むメッシュの第一主成分スコア（N9・A9）との回帰式から、稚樹食痕率が 20%、40%、60% になるスコアとし、それぞれ算出した（図-3.6.8）。

天然林（N9）の 5km では、日高南部、むかわ、層雲峡周辺、支笏湖周辺などでスコアが高い場所が見られた。範囲が大きくなるにしたがい、高スコアの地域が減少し、均一化する傾向が見られた（図-3.6.9）。全体（A9）でも同様の傾向が見られた（図 3.6.10）。

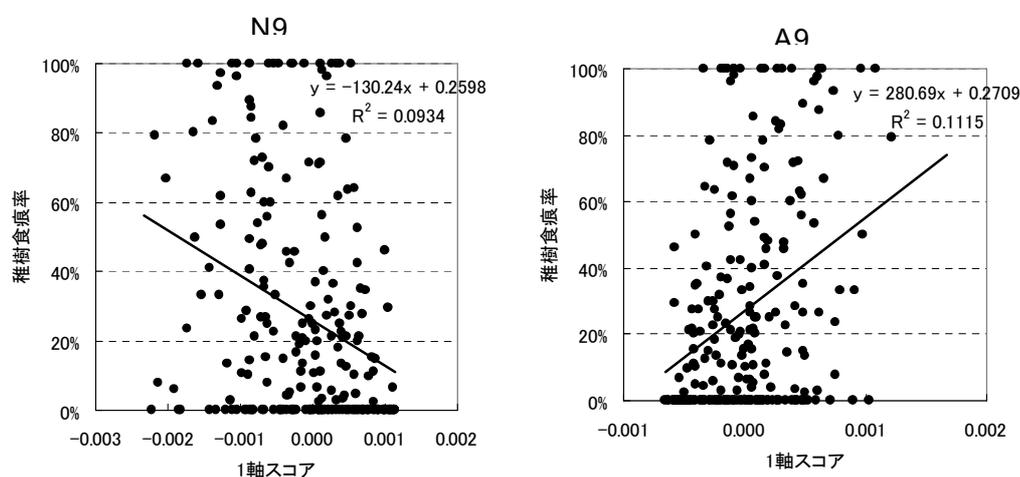


図-3.6.8 第一主成分スコアと詳細調査の稚樹食痕率の関係

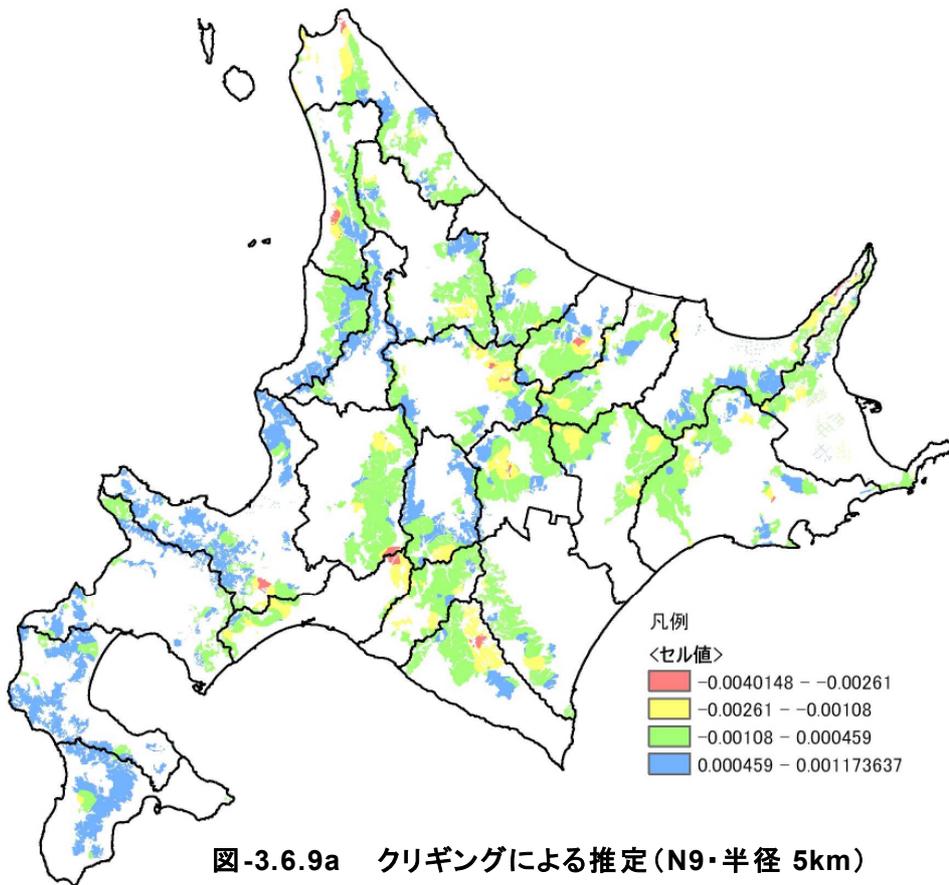


図-3.6.9a クリギングによる推定(N9・半径 5km)

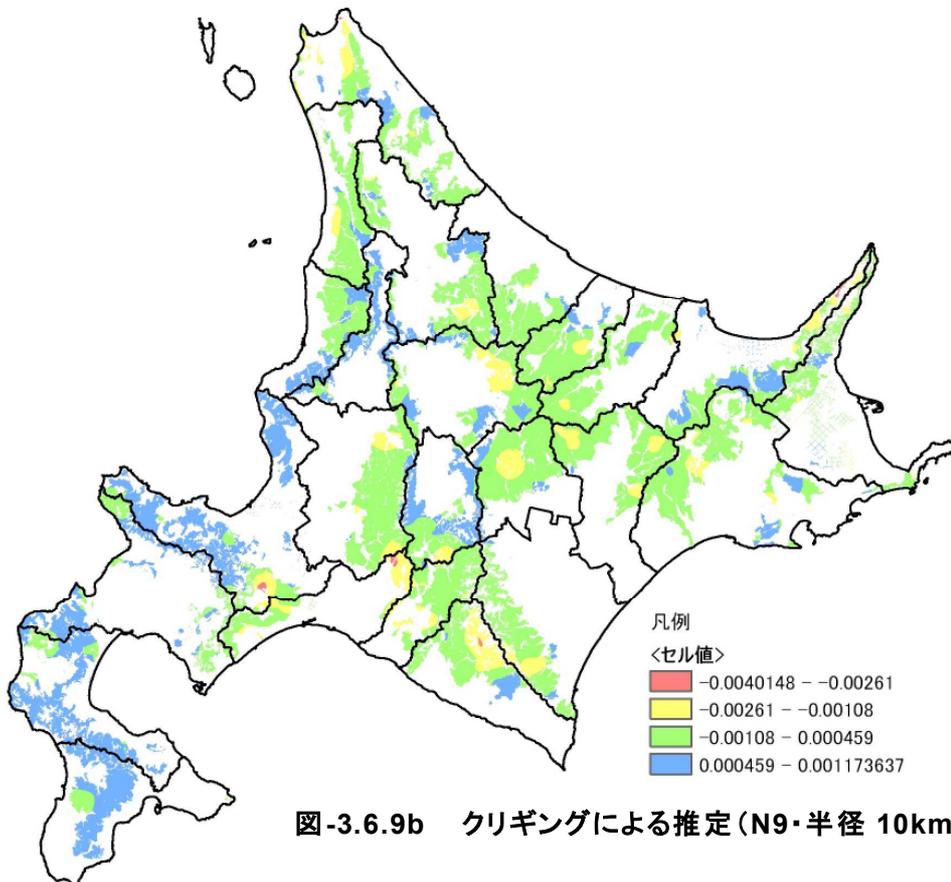


図-3.6.9b クリギングによる推定(N9・半径 10km)

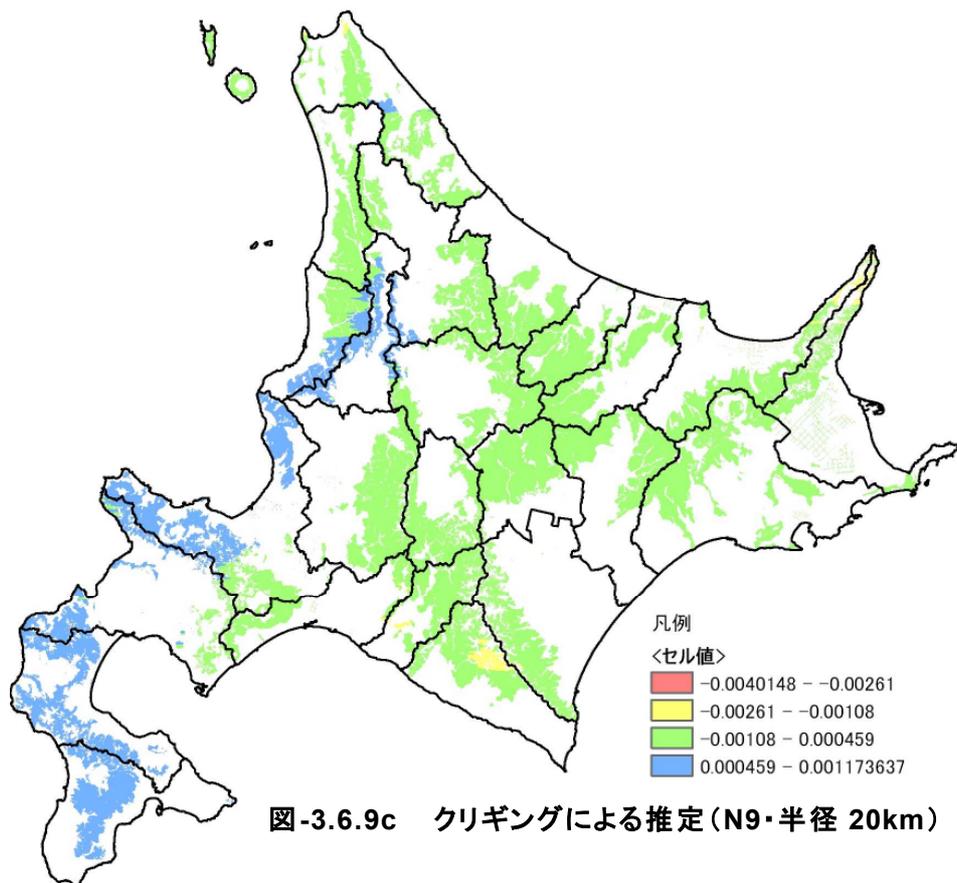


図-3.6.9c クリギングによる推定(N9・半径 20km)

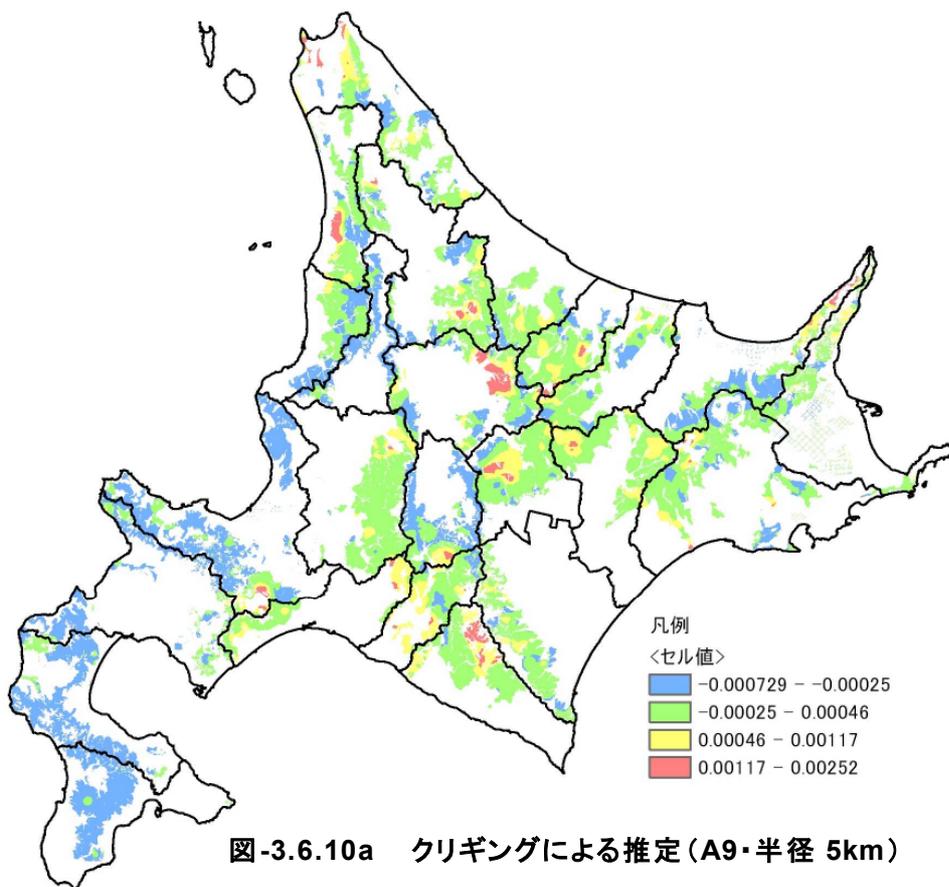


図-3.6.10a クリギングによる推定(A9・半径 5km)

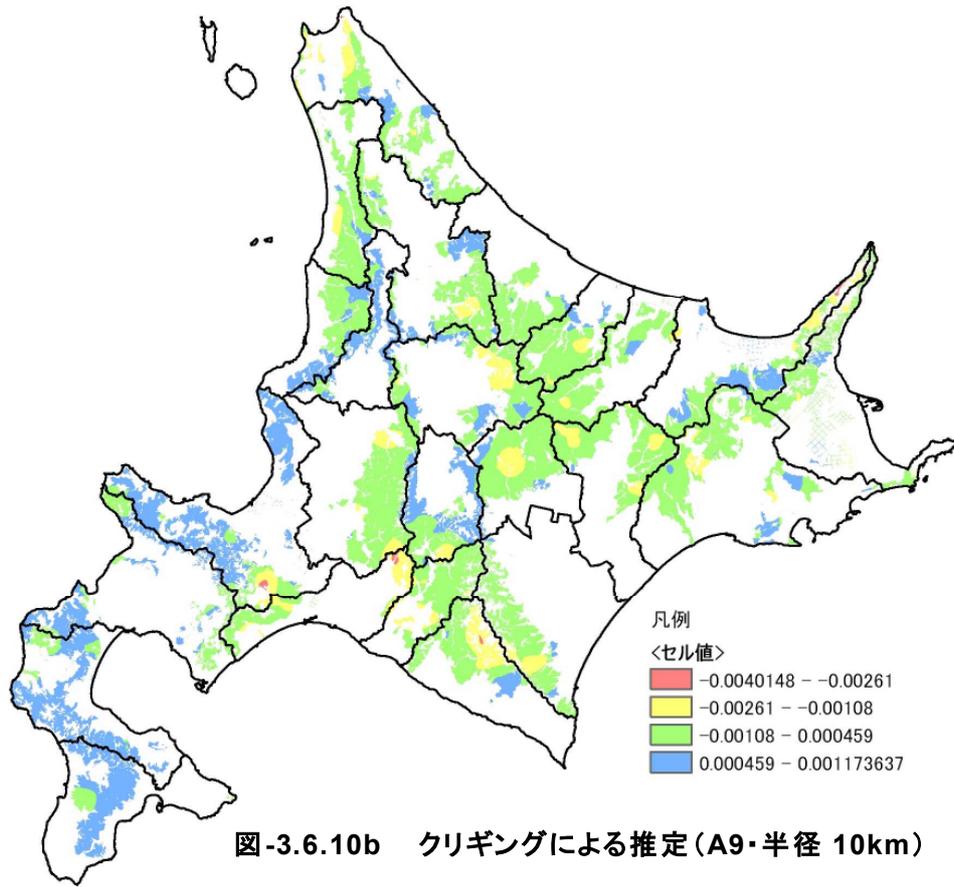


図-3.6.10b クリギングによる推定 (A9・半径 10km)

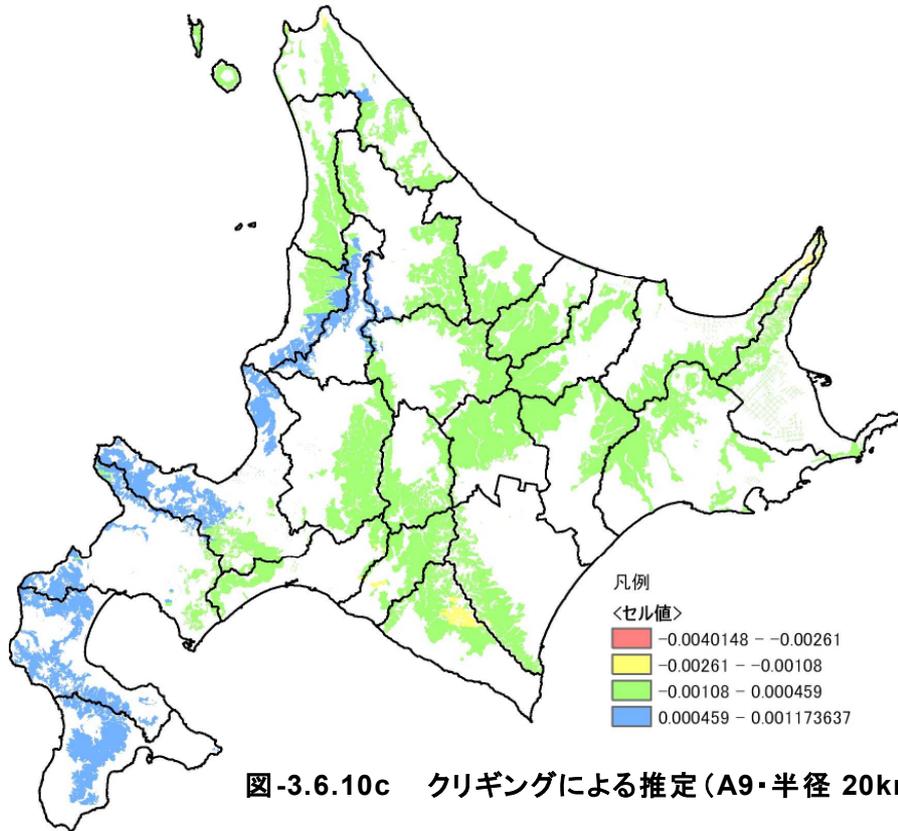


図-3.6.10c クリギングによる推定 (A9・半径 20km)