

令和4年度（2022年度）
ICT を活用したヒグマ出没重点監視エリア
抽出手法等検討検証モデル事業委託業務
報告書

令和5年3月

北海道

目 次

1. 業務概要	1
1-1 業務の目的	1
1-2 業務概要	1
1-3 業務項目	1
1-4 業務工程	2
2. 実施地域選定	3
2-1 選定基準	3
2-2 実施地域との調整	4
3. モデルエリアの設定及びマップの作成	5
3-1 ヒグマ出没環境抽出マップ作成の考え方	5
3-2 ポテンシャルマップの作成	6
3-2-1 使用データと作業環境	6
3-2-2 作成の流れ	6
3-3 出没経路マップ	11
3-3-1 使用データと作業環境	11
3-3-2 おおまかなデータ作成手順と作成したデータの内容	11
3-3-3 留意事項	11
3-4 ヒグマ出没環境抽出マップの作成	12
4. 出没経路、被害リスクの抽出及びリスクレベルを踏まえた対応の検討	14
4-1 リスクレベルの設定	14
4-2 ヒグマ出没経路と重点監視エリアの抽出	16
4-3 防除、捕獲、追払い等の検討	20
4-3-1 札幌市の重点監視エリア	20
4-3-2 三笠市の重点監視エリア	23
4-3-3 紋別市の重点監視エリア	26
5. 現地における実証	29
5-1 モニタリング調査	29
5-1-1 調査方法	29
5-1-2 調査結果	36
5-1-3 考察	39
5-2 ドローン調査	40
5-2-1 調査方法	41
5-2-2 調査結果	44
5-2-3 考察	49

6. モデル事例及び活用手引き等の作成	50
7. 今後の課題	50

資料

巻末資料 ヒグマ出没環境抽出マップの活用手引き

1. 業務概要

1-1 業務の目的

本業務は、人の生活圏へのヒグマ侵入が相次ぎ、市街地等での人身事故、農林水産業被害が発生し、全道的に対応困難な地域が増加していることから、ヒグマによるあつれきに対処するため、ICT 等を活用しヒグマの出没経路となる危険性の高い場所（以下、「出没経路」という。）やヒグマの出没を重点的に監視するエリア（以下、「重点監視エリア」という。）等を GIS 上で抽出する手法についての検討検証を行い、市町村等がヒグマ出沒抑制のため、防除対策等を実施する必要性の高い場所等を選定するためのツールを作成することなどを目的とする。

1-2 業務概要

- ・業務名 : 令和4年度（2022年度）ICTを活用したヒグマ出沒重点監視エリア抽出手法等検討検証モデル事業委託業務
- ・工期 : 令和4年6月20日～令和5年3月10日
- ・発注者 : 北海道
- ・受注者 : 特定非営利活動法人 EnVision 環境保全事務所

1-3 業務項目

業務項目は表 1-3-1 に示すとおりである。

表 1-3-1 業務項目

項目	単位	数量	備考
計画準備	式	1	
実施地域選定	式	1	
モデルエリアの設定及びマップの作成	式	1	
出沒経路、被害リスクの抽出及びリスクレベルを踏まえた対応の検討	式	1	
現地における実証	式	1	
モデル事例及び手引き等の作成	式	1	
報告書の作成	式	1	

1-4 業務工程

業務工程を表 1-4-1 に示す。

表 1-4-1 業務工程

項 目	令和 4 年							令和 5 年		
	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
計画準備	→									
実施地域選定	→									
モデルエリアの設定及びマップの作成		→	→	→						
出没経路、被害リスクの抽出及びリスクレベルを踏まえた対応の検討		→	→	→						
現地における実証		→	→	→	→					
モデル事例及び手引き等の作成							→	→		
報告書の作成									→	

2. 実施地域選定

2-1 選定基準

業務処理要領の記載を踏まえ、以下の選定基準をもとに実施地域の候補地を選定した。

選定基準

- ① 近年市街地周辺でヒグマの出没が問題となっていること
- ② 過去の出没情報が検討検証に必要な状態・形式で入手できること
- ③ 市町村や（総合）振興局の事業への協力体制が整っていること

その結果、下記の理由から札幌市、三笠市、紋別市を候補地とし、委託者との協議を踏まえ、実施地域として決定した。

札幌市（石狩振興局）

- ・近年恒常的に市街地出没が発生しており、過去10年以上にわたるヒグマ出没情報の蓄積を有している。
- ・市組織にヒグマ対策の専属部署があり、市街地へのヒグマ出没対策に力を入れている。

三笠市（空知総合振興局）

- ・令和3年度は幾春別川沿いの市街地へのヒグマ出没が問題となっている。
- ・令和4年度から鳥獣害対策を担当とする職員が地域おこし協力隊として配属されており、市としても鳥獣行政に取り組む意識が高く、連携協力しながら事業を進めていける可能性が高い。

紋別市（オホーツク総合振興局）

- ・令和3年度に市街地へのヒグマ出没が問題となっている。また、出没情報についても「ひぐまっぷ」により蓄積がなされている。
- ・ヒグマ対策に知見を有する（公財）知床財団に対策の助言を依頼するなど、市としてもヒグマ出没に対する危機感が強く、外部組織との連携を図る素地がある。

2-2 実施地域との調整

実施地域とした3市に対して、それぞれ表2-2-1に示す日程で事業内容の説明を行い、事業への協力の承諾を得た。

表 2-2-1 打合せ日程

相手先	打合せ日
三笠市 産業政策推進部 農林課	令和4年6月21日
札幌市 環境局 環境都市推進部 環境共生担当課	令和4年6月27日
紋別市 産業部 農政林務課	令和4年6月30日

3. モデルエリアの設定及びマップの作成

3-1 ヒグマ出没環境抽出マップ作成の考え方

ヒグマ出没環境抽出マップ（以下「出没環境マップ」とする）の作成にあたり、独立行政法人北海道立総合研究機構エネルギー・環境・地質研究所自然環境部生物多様性保全グループ（以下「道総研」とする）にヒアリングを行った。

道総研では令和3年度から、市街地や農地へのヒグマの侵入を抑制するために、森林からの侵入時にヒグマが利用・通過する環境条件を明らかにすることを目的に、研究課題「人とヒグマのあつれき軽減を目的とした侵入経路の特徴解明」に取り組んでいる。

本研究では、モデル地域を選定するにあたり、侵入経路の絞り込みが可能な地域の抽出・地図化、環境タイプの類型化が行われた。そこで作成されたマップ（以下「出没経路マップ」とする）は、林縁部の移動ルートや孤立林の繋がりを精密に把握するのに適しており、本業務における出没経路を抽出するのに有用であると考えられた。

研究課題が進行中のため、マップの精度等については今後も改善の余地があるが、研究機関の知見を活用し、公共の利益に資する観点から、現時点での成果を本事業で共有いただくことにした。

一方で、ヒグマの生息状況と出没可能性のリスクを表示することを目的に、森林の広がりや連続性に着目したマップ（以下「ポテンシャルマップ」とする）を別途作成した。最終的に特性が異なるこれら二つのマップを組み合わせることで、ヒグマの出没経路や出没リスクをより視覚的に表現した出没環境マップを作成した。

3-2 ポテンシャルマップの作成

3-2-1 使用データと作業環境

ポテンシャルマップの作成で使用したデータを表 3-2-1 に示す。土地利用細分メッシュデータは、全国の土地利用の状況について、3次メッシュ 1/10 細分区画（100m メッシュ）毎に、各利用区分（田、その他の農用地、森林、荒地、建物用地、幹線交通用地、湖沼、河川等）を整備したものである。解析及び地図化には Esri 社の ArcGIS Pro を用いた。

表 3-2-1 ポテンシャルマップの作成で使用したデータ

No	項目	取得先	取得先 URL	データ種類
1	行政区域データ	国土数値情報	https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-N03-v3_0.html	ポリゴン
2	土地利用細分メッシュデータ (平成 28 年度)	国土数値情報	https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b.html	100m メッシュ

3-2-2 作成の流れ

(1) ヒグマが恒常的に生息する森林の抽出

ヒグマのメスの行動範囲を想定し、各メッシュから半径 3 km のバッファを発生させ、円内に含まれる森林の割合を算出した（図 3-2-1：算出方法は表 3-2-2 の先行研究 No1 を参考）。森林が 80% 以上の割合で含まれるメッシュで、自身の属性が森林のメッシュを、ヒグマが恒常的に生息する森林（以下「生息メッシュ」とする）として抽出した。



図 3-2-1 半径 3 km 以内の森林メッシュ算出方法イメージ

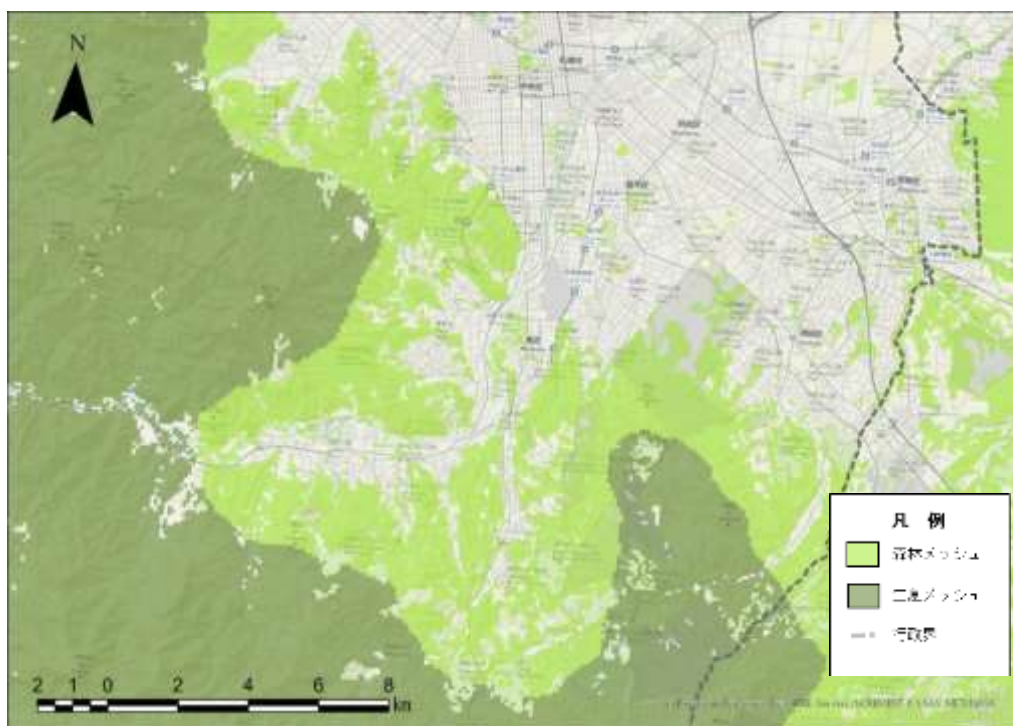


図 3-2-2 抽出した生息メッシュ

表 3-2-2 ポテンシャルマップの作成で参考とした先行研究

No	タイトル	著者	掲載	出版年	概要
1	生物多様性評価地図 森林が連続している地域	環境省（財団法人 自然環境研究センター）	生物多様性評価の地図化に関する検討調査業務報告書	2011	現存植生図を100mメッシュに変換し、周囲の100×100セルにおける森林の割合を選出し、その数値によって森林の連続性を評価
2	石狩低地帯周囲のヒグマ生息域間の連続性の評価	間野 勉・高田 雅之・小野 理・三島啓雄・釣賀一二三・近藤麻実	北海道生物多様性モニタリングに関する研究報告書	2011	土地利用細分メッシュをベースに、森林メッシュからのバッファの重複で連続性を評価

(2) ヒグマが移動できる森林の抽出

属性が森林であるメッシュのうち、生息メッシュを除いたメッシュを対象に、森林の連続性が保たれ、ヒグマが移動できる森林を抽出した（図 3-2-3）。

はじめに対象となるメッシュをディゾルブ（属性が同じデータを一つにまとめること）し、ポリゴンフィーチャーへ変換した（図 3-2-4）。次に、変換されたポリゴンフィーチャーから 110m のバッファーを発生させ、隣接するポリゴンフィーチャーと重複してつながるものを「ヒグマが移動できる森林」として抽出した（図 3-2-5）。抽出の方法は先行研究（表 3-2-2 No2）に従った。

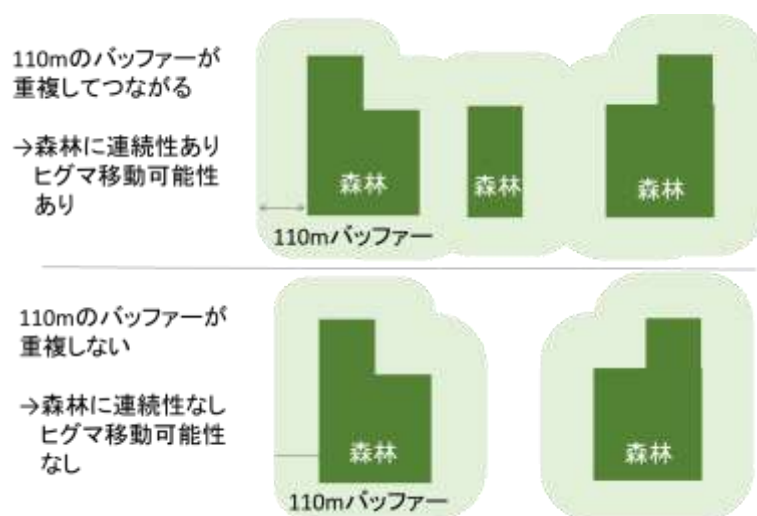


図 3-2-3 移動できる森林の抽出方法イメージ

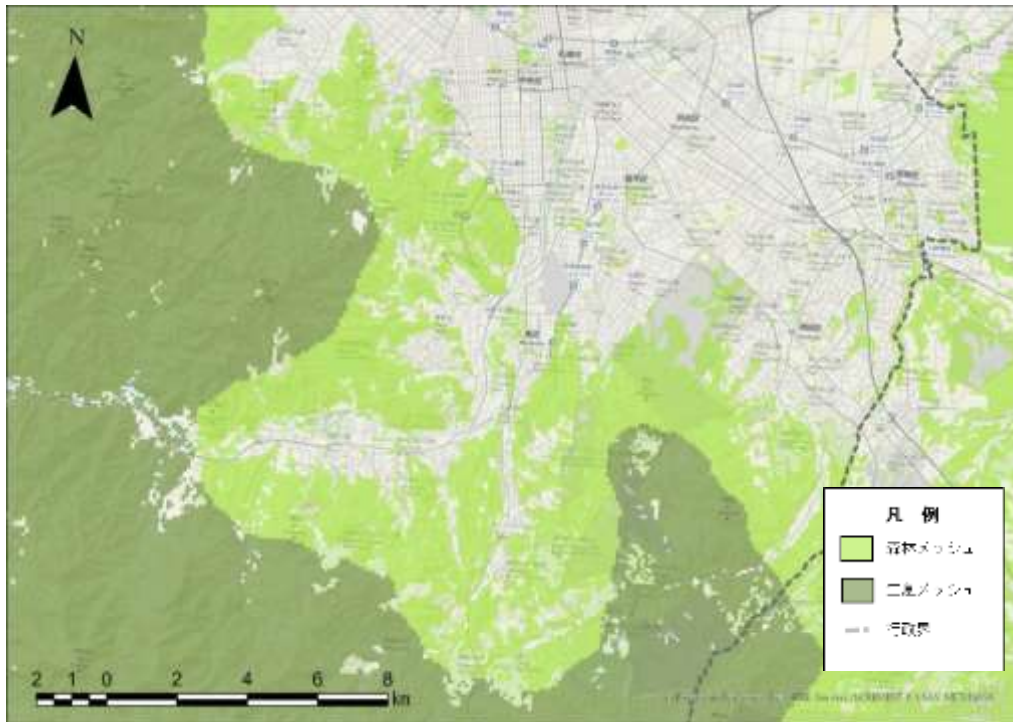


図 3-2-4 生息メッシュとディゾルブしたポリゴンフィーチャー

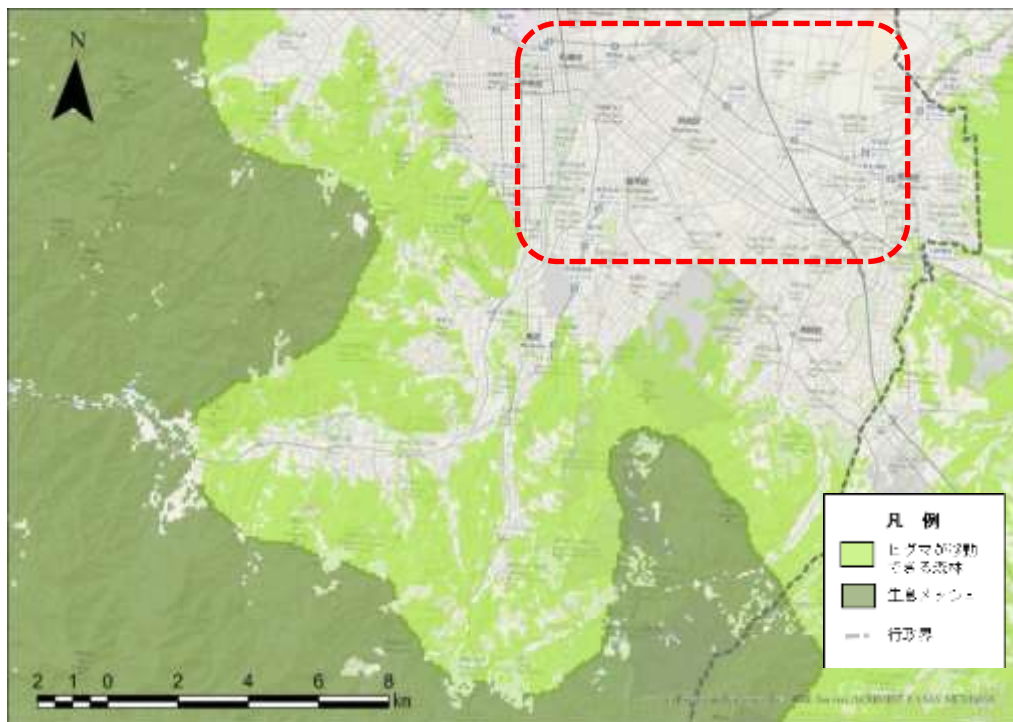


図 3-2-5 生息メッシュとヒグマが移動できる森林
(赤点線枠内の森林は移動できないため除外されている)

(3) ヒグマ出没リスクの設定

前項で抽出したヒグマが移動できる森林のポリゴンフィーチャーと重なる各メッシュから、それぞれ最も近接する生息メッシュまでの距離を算出しその距離に応じて、ヒグマ出没リスクを設定した。ヒグマ出没リスクは5段階に区分し、生息メッシュからの距離が「～1 km以下」をV、「1～3 km以下」をIV、「3～5 km以下」をIII、「5～10km以下」をII、「10km～」をIとした(図3-2-6)。

※「ヒグマ出没リスク」は、ヒグマが出没した際の人間に与える影響のリスクの高さではなく、ヒグマ出没の可能性を表す指標として設定しているため留意が必要。

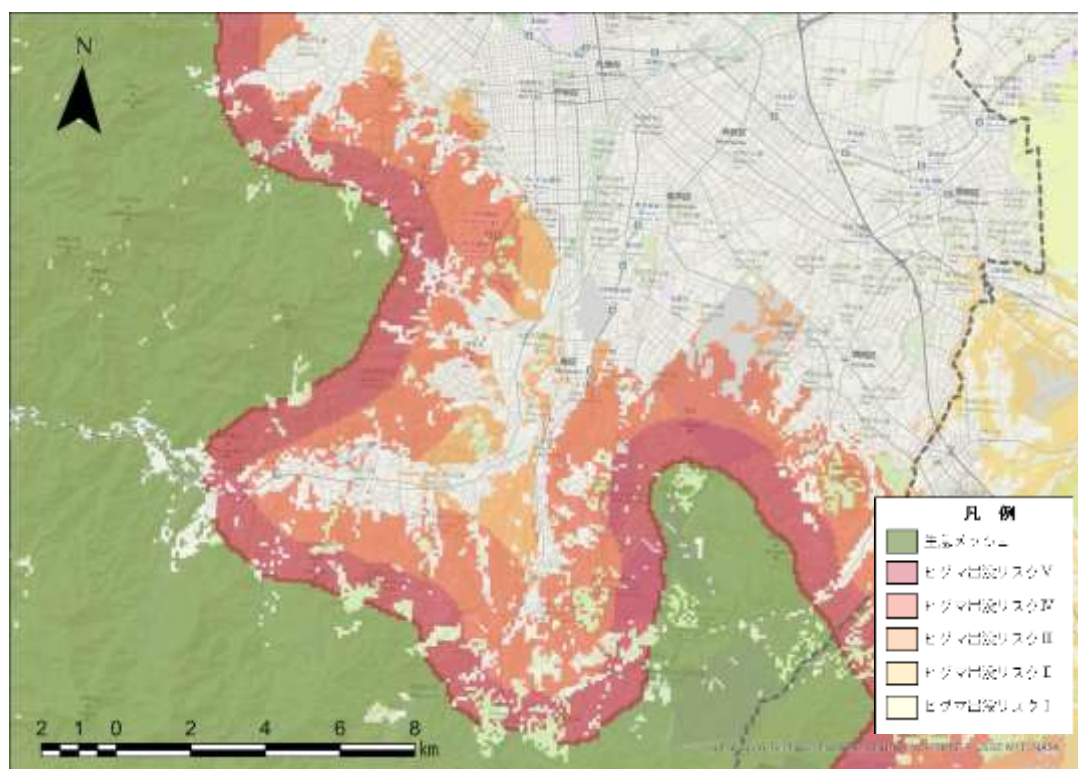
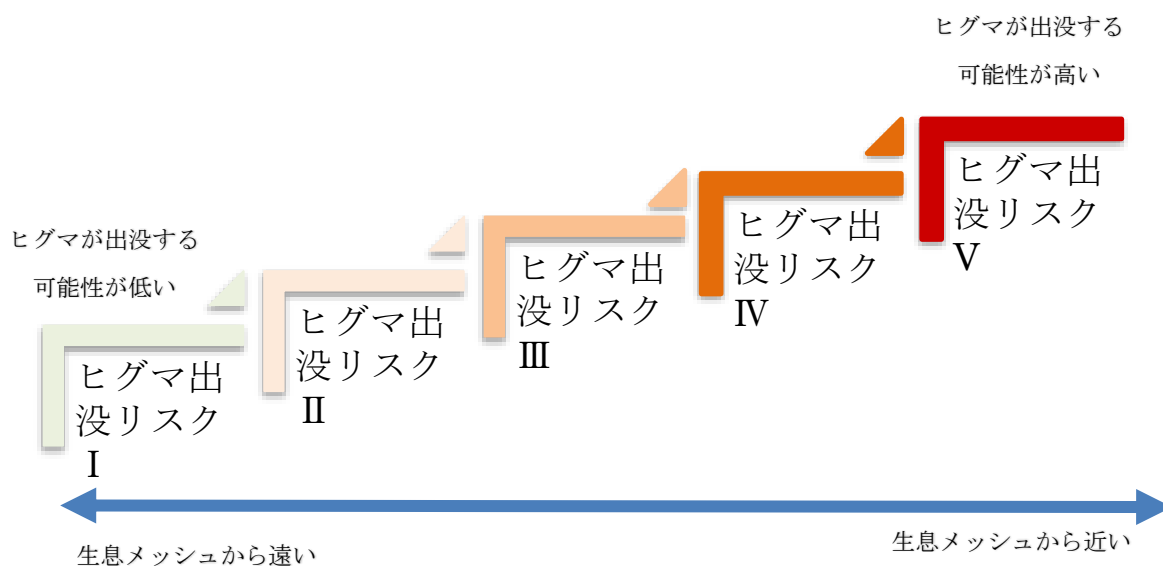


図 3-2-6 ヒグマ出没リスクの設定



3-3 出沒経路マップ

3-3-1 使用データと作業環境

出沒経路マップの作成で使用されているデータを表 3-3-1 に示す。解析及び地図化には GRASS GIS 8.0 (ラスタ処理)、Spatialite 5.0 (ベクタ処理)、QGIS 3.24 (データ表示) が用いられている。

表 3-3-1 出沒経路マップの作成で使したデータ

No	項目	取得先	取得先 URL	データ種類
1	行政区域データ	国土数値 情報	https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/dataset/KsjTmplt-N03-v3_0.html	市町村ポリ ゴン
2	土地利用細分メッシュデータ (平成 28 年度)	国土数値 情報	https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/dataset/KsjTmplt-L03-b.html	100m メッ シュ
3	河川・湖池データ (平成 24 年度)	電子国土 基本図	(購入データ)	ポリゴン

3-3-2 おおまかなデータ作成手順と作成したデータの内容

(1) 森林ブロックの分類

森林を一定のルールに基づきタイプ別に分類する。

分類区分：大森林、河畔林、市街地林、農用地林、その他孤立林

(2) 侵入経路の抽出

生息域として考えられる森林と、それ以外の土地利用を連結する経路を作成する。

処理内容：林縁および河川の抽出、形状特徴に基づく移動経路の抽出・経路間の連結

3-3-3 留意事項

出沒経路マップは、研究課題が進行中であり、本報告書時点では、ヒグマ対策に資するまでの精度は担保されていないので、その点に留意して使用する。

3-4 ヒグマ出没環境抽出マップの作成

ポテンシャルマップと出没経路マップを統合した3市の出没環境マップを図3-4-1～3に示す。

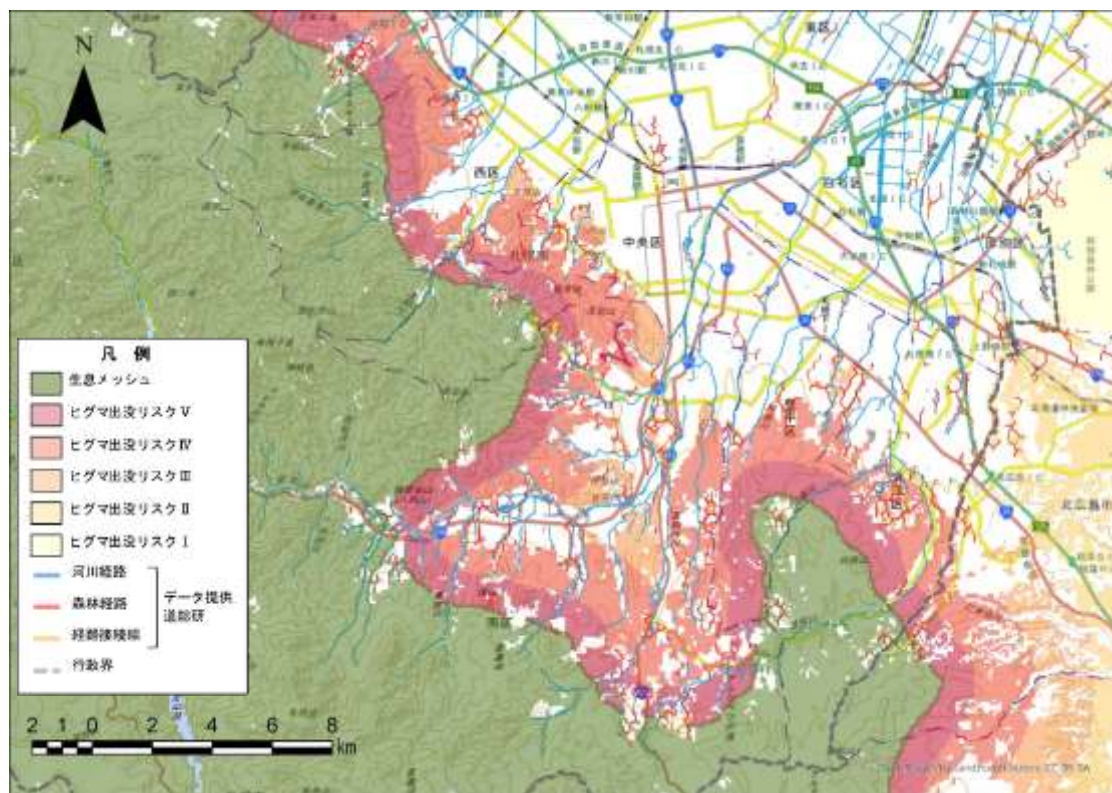


図3-4-1 札幌市のヒグマ出没環境マップ（主要部）

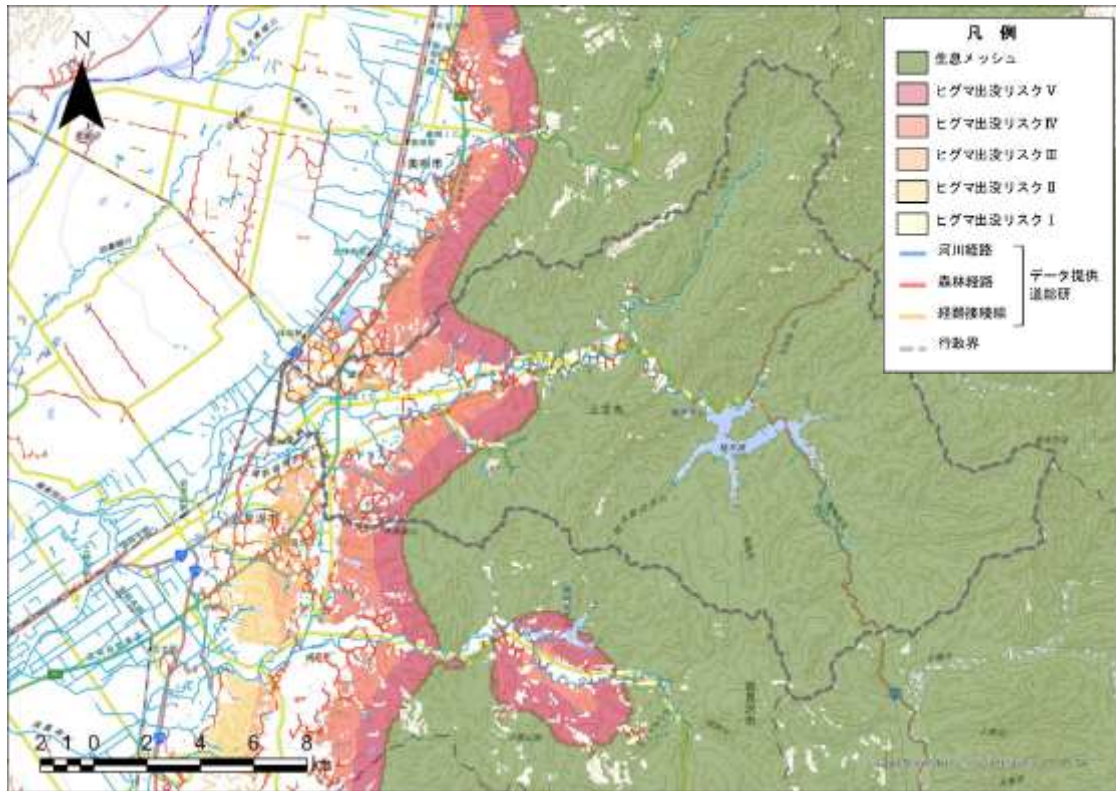


図 3-4-2 三笠市のヒグマ出没環境マップ

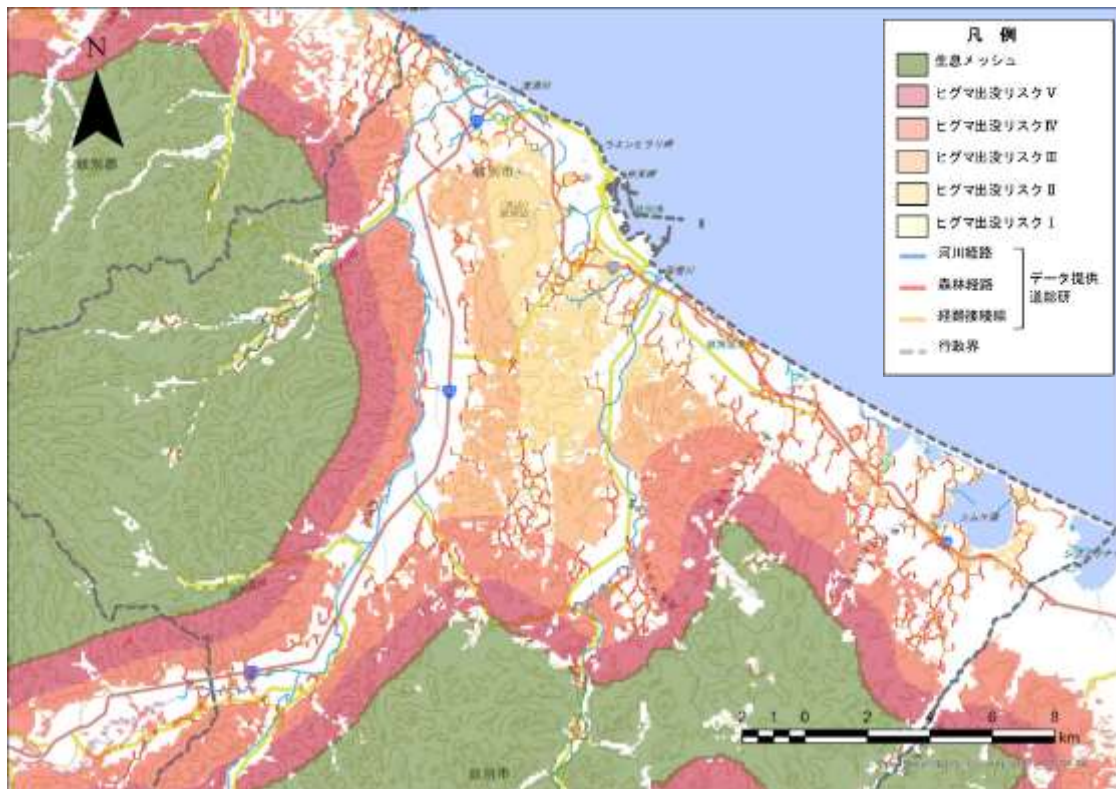


図 3-4-3 紋別市のヒグマ出没環境マップ（主要部）

4. 出沒経路、被害リスクの抽出及びリスクレベルを踏まえた対応の検討

4-1 リスクレベルの設定

ヒグマのリスクレベルを検討するため、リスク要因の一つとして3市の過去の出没情報をGISデータとして出沒環境マップに追加した(図4-1-1)。過去の出没情報は、札幌市と三笠市は3年分(平成30年度～令和2年度)、紋別市については4年分(平成30年度～令和3年度)とした。

また、市街地に関連したリスク要因として、公共施設データと人口集中地区データを、農業被害に関連したリスク要因として、農地の区画情報である筆ポリゴンデータを追加した(表4-1-1、図4-1-2～3)。

表 4-1-1 リスク要因として追加したデータ

No	項目	取得先	取得先 URL	データ種類
1	公共施設データ	国土数値情報	https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P02-v4_0.html	ポイント
2	人口集中地区データ	国土数値情報	https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A16-v2_3.html	ポリゴン
3	筆ポリゴンデータ (2022年度公開)	筆ポリゴン公開サイト	https://open.fude.maff.go.jp/	ポリゴン

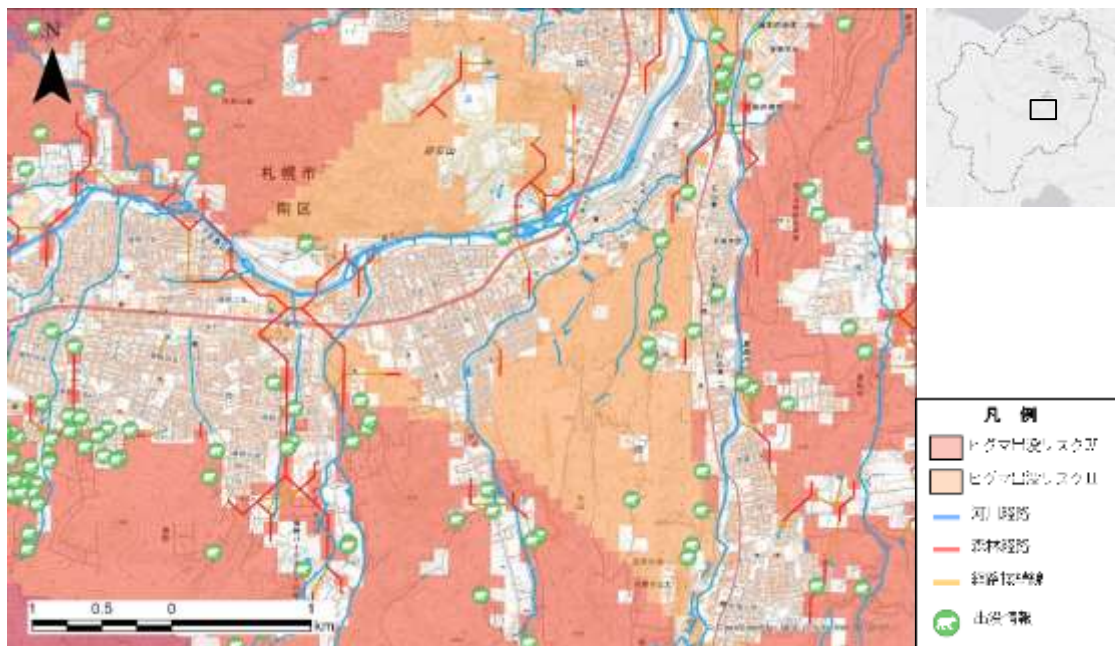


図 4-1-1 出沒環境マップに追加した出沒情報データ

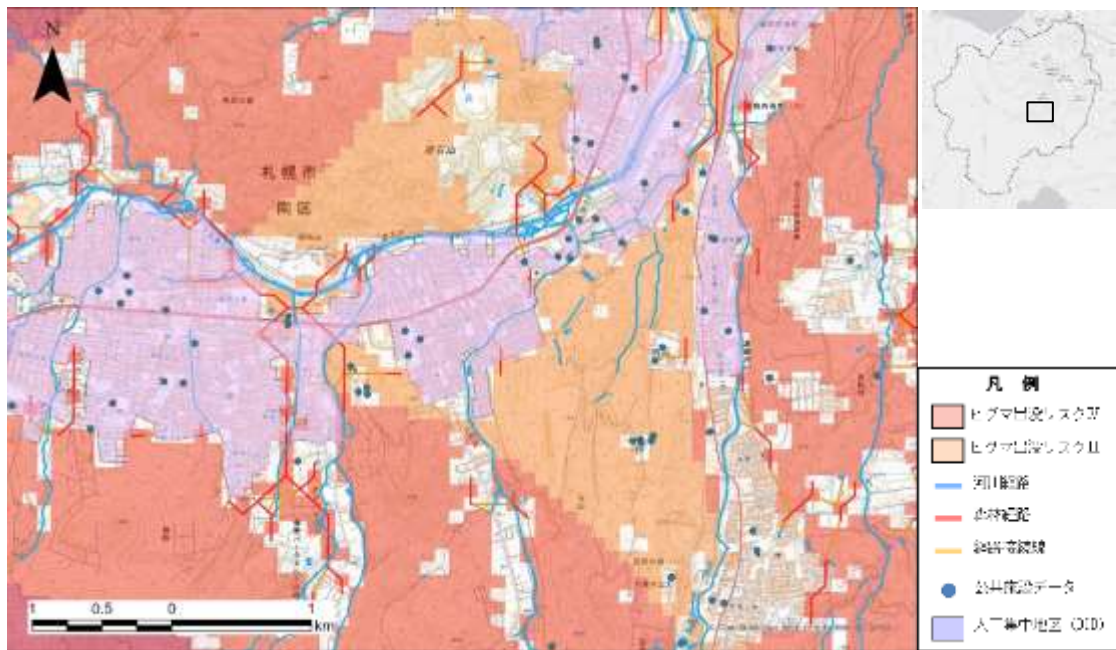


図 4-1-2 マップに追加した公共施設データと人口集中地区 (DID)

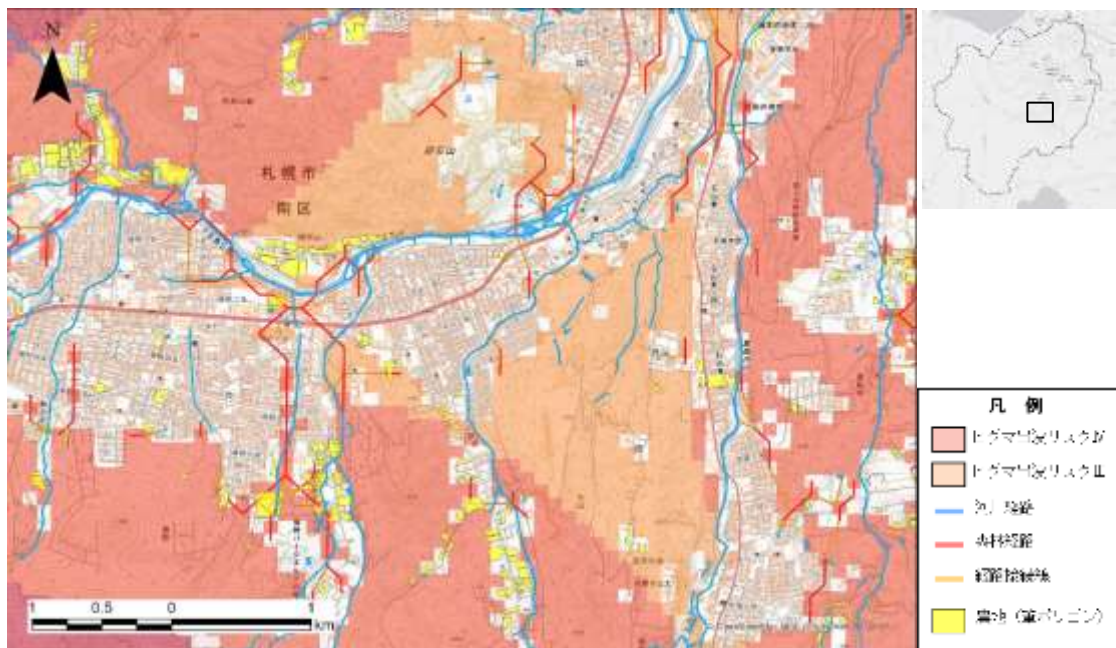


図 4-1-3 マップに追加した農地データ (筆ポリゴン)

4-2 ヒグマ出没経路と重点監視エリアの抽出

出没環境マップの出没経路は、出没経路マップで抽出された3つの侵入経路（河川経路、森林経路、経路接続線）のデータを適用して、次の手順のもと抽出を行った。

STEP1 メッシュの抽出

3次メッシュ（1kmメッシュ）をもとに、メッシュに含まれる出没経路の総延長距離を算出し、一旦の閾値として、メッシュ内に出没経路が3km以上含まれるメッシュを抽出した。

（図4-2-1～3）

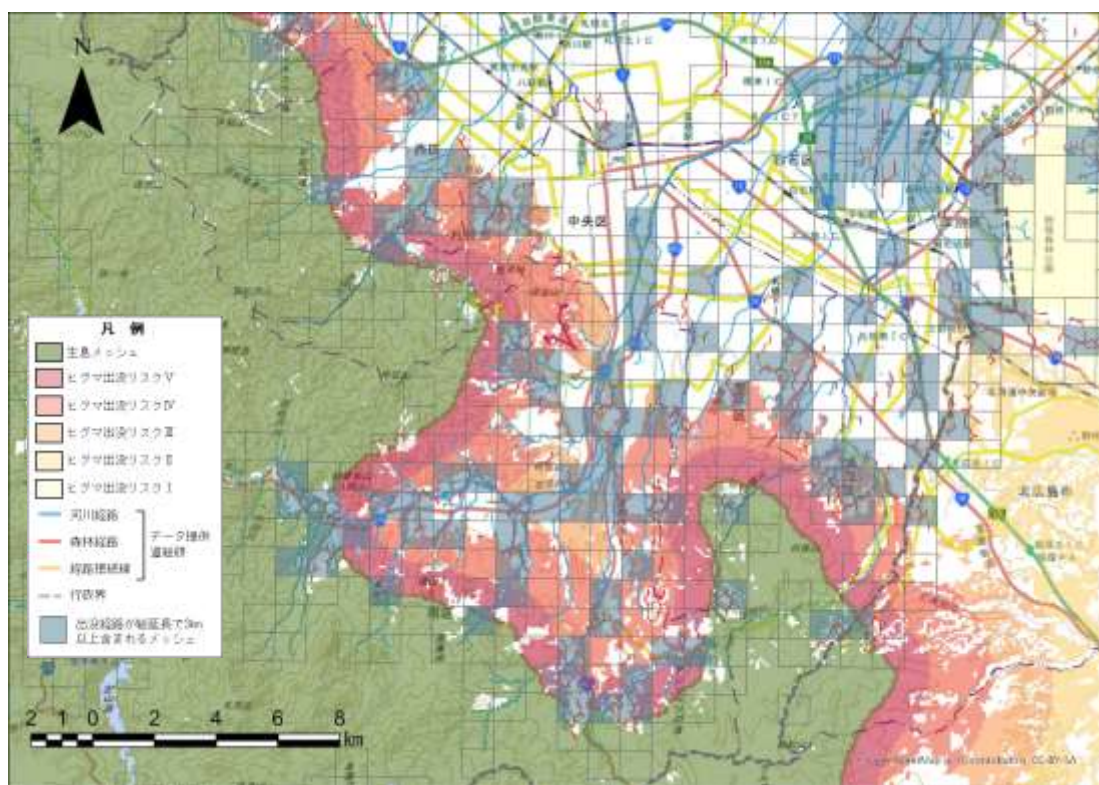


図4-2-1 出没経路の総延長距離の算出結果（札幌市主要部）

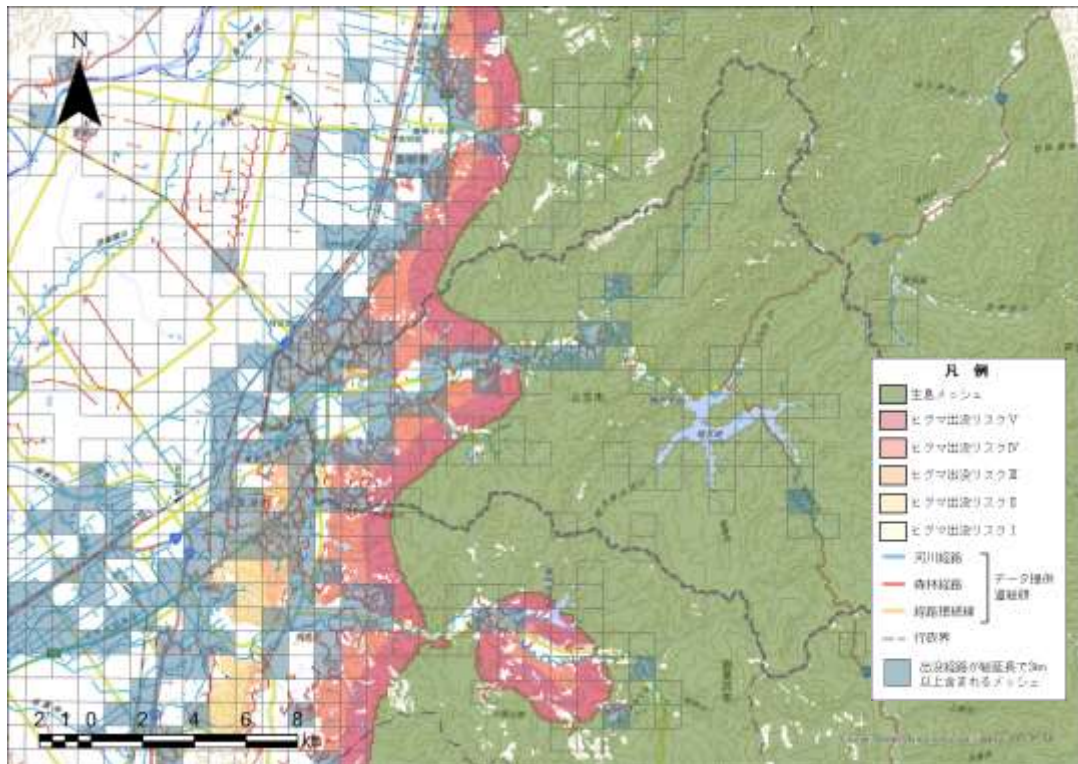


図 4-2-2 出沒経路の総延長距離の算出結果（三笠市）

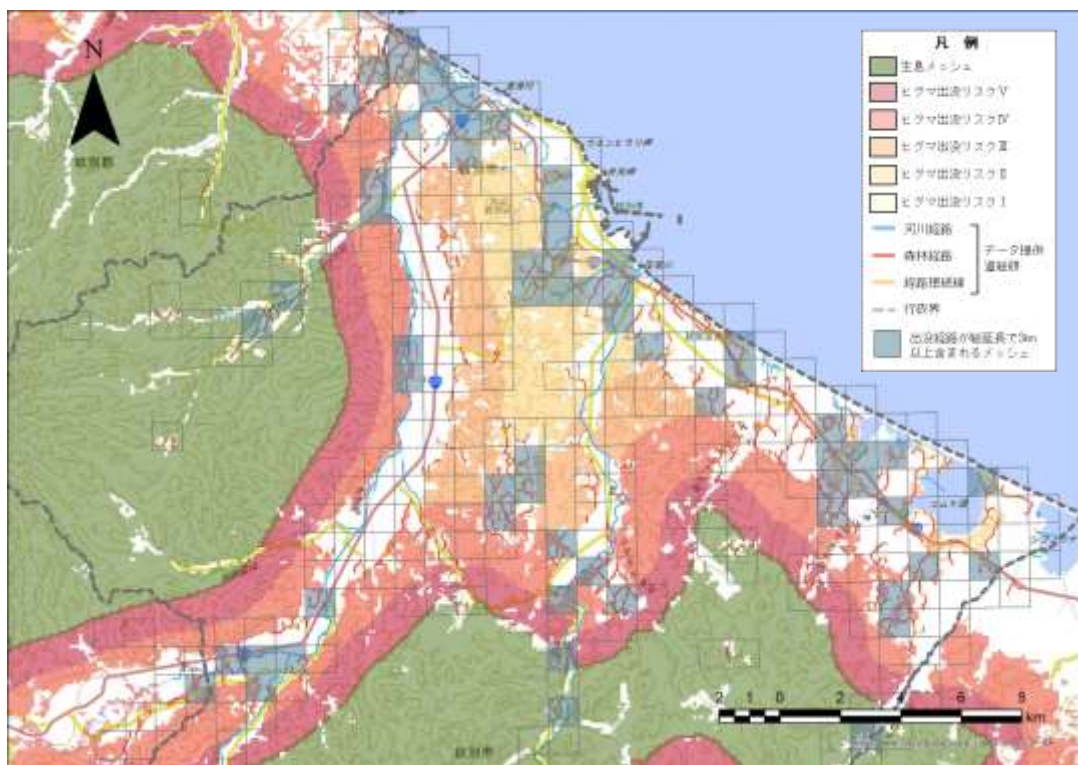


図 4-2-3 出沒経路の総延長距離の算出結果（紋別市主要部）

STEP2 重点監視エリアの設定

ポテンシャルマップのヒグマ出没リスクや過去の出没地点の情報とあわせて比較検証し、ヒグマの出没可能性が高い場所かつ、地域課題を踏まえて優先的に対策を行うべき場所と照らし合わせ、重点監視エリアを3市それぞれに設定した（図4-2-4～6）。

設定理由は表4-3-1～3のとおり。

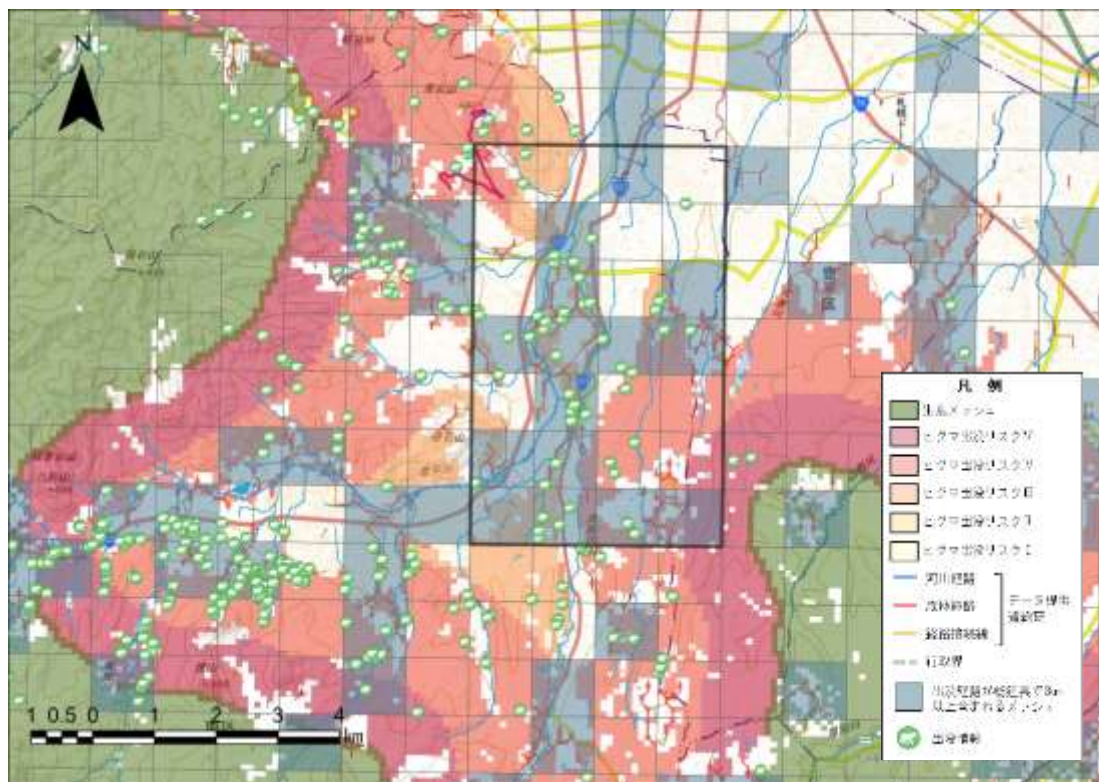


図4-2-4 重点監視エリア（札幌市主要部）

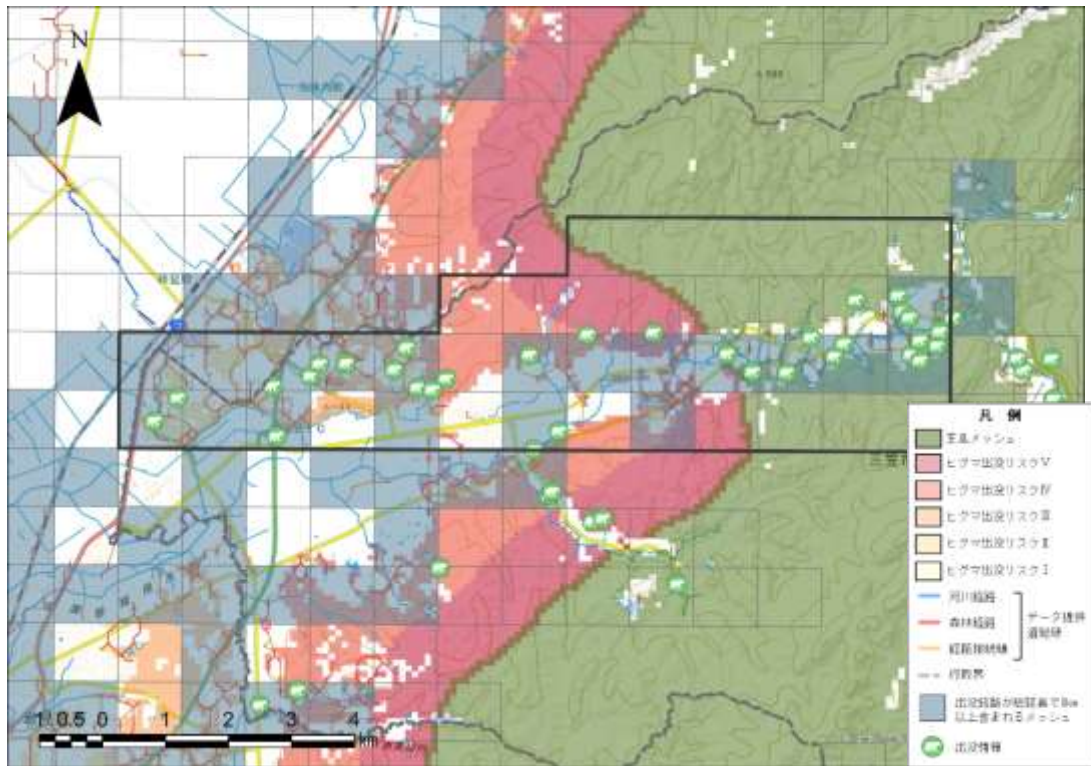


図 4-2-5 重点監視エリア（三笠市）

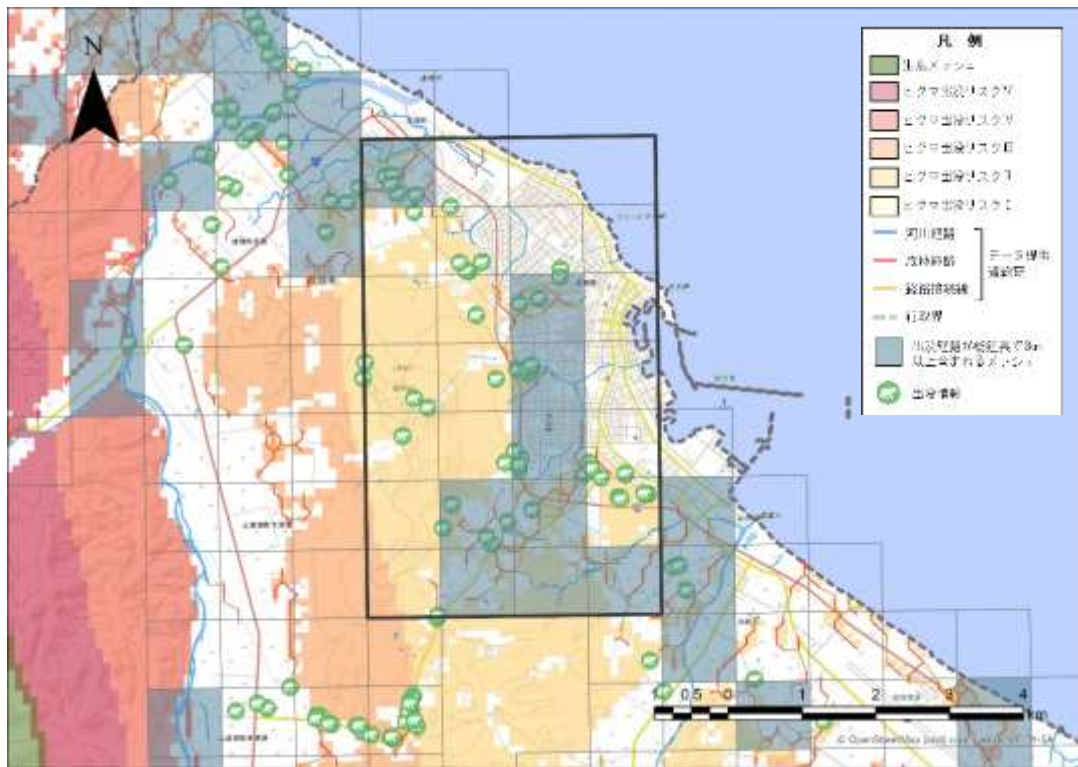


図 4-2-6 重点監視エリア（紋別市）

4-3 防除、捕獲、追払い等の検討

各重点監視エリアについて、出没情報のデータをもとにヒグマの出没時期や出没頭数の傾向について整理した。そのうえで、出没環境マップのリスク要因を踏まえ、下草の刈払いや電気柵、監視装置の設置等の防除方法の検討を行った。また、ヒグマが出没した場合の捕獲、追払い対応等が可能な場所についても検討した。

4-3-1 札幌市の重点監視エリア

ヒグマの出没件数は、年度や月によって大きな変動がみられた(図 4-3-1)。2018 年と 2019 年はいずれも出没件数が多く、20 件を超えていたが、2020 年は 4 件だけであった。また、2018 年は 4-5 月に多く発生し、2019 年は 7 月と 10 月に集中していた。

頭数別では、1 頭が 39 件で 78%を占めたが、複数頭の出没も 11 件で 22%となっており(図 4-3-2)、重点監視エリア内に親子のヒグマも生息していることが推察された。

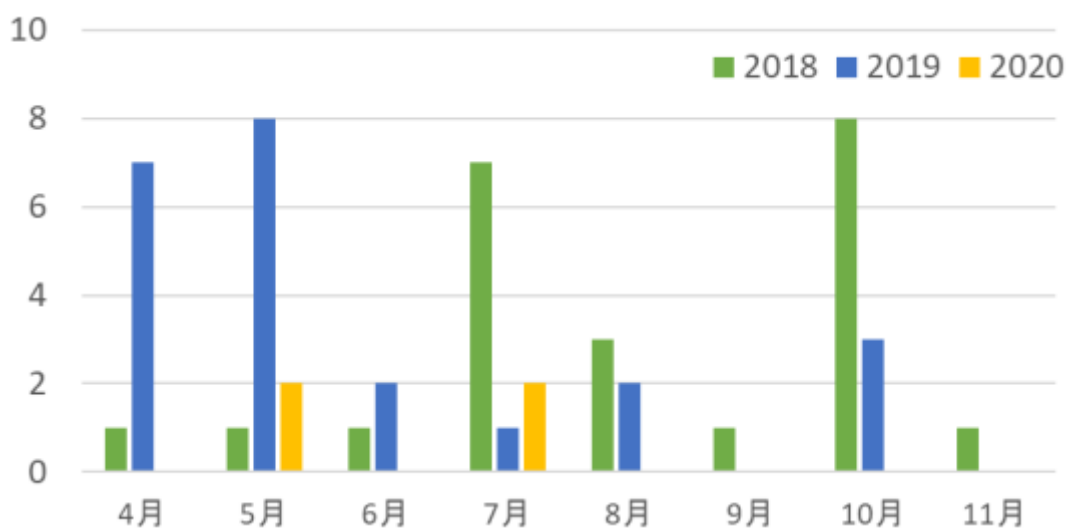


図 4-3-1 札幌市の重点監視エリアでのヒグマ出没情報の月別件数 (2018-2020 年)



図 4-3-2 札幌市の重点監視エリアでのヒグマ出没情報の頭数別件数 (2018-2020 年)

表 4-3-1 札幌市の重点監視エリアにおける設定、防除、捕獲、追払い等の検討

<p>優先的に対策を行うべき 地域課題（背景）</p>	<p>札幌市では近年市街地にヒグマが出没する事案が頻発しており、特に河川及びその周辺の緑地を伝って市街地に侵入することが大きな課題となっている。そのため、こうした河川をヒグマがどのように利用しているのかを把握するとともに、侵入を抑制する方法の検討が必要である。</p>
<p>リスク要因からみた特徴</p>	<p>南北に流れる真駒内川と豊平川の2つの河川およびその周辺に広がる森林が出没経路となっており、それらに沿ってヒグマの出没がみられる。</p> <p>出没情報の内訳をみると、年や時期によって変動がみられることから、特定のヒグマが出没を繰り返していることが推察される。一方で、周縁部では親子の情報もみられることから、メスのヒグマから分散した若い個体がこうした出没に関与している可能性が高い。</p> <p>森林及び河川の周辺は人口集中地区に指定された市街地に囲まれており、農地等はみられない。</p>
<p>防除方法等の検討</p>	<p>地点1および地点2は森林からの出没経路の起点となり、複数の出没経路が交錯している。そのため、下草の刈払いや電気柵、監視装置の設置等の防除方法を優先的に適用する候補地として想定される。</p> <p>一方、地点3についても森林から河川に沿って出没経路が伸びているが、既に NGO 及び地域を主体とした下草の刈払い等の防除活動が実施されている。</p>
<p>捕獲、追払い等の検討</p>	<p>地点1と地点2を結ぶ出没経路沿いは、周囲を人口集中地区に囲まれており、捕獲、追払い等の実施は極めて困難な地域である。一方、周辺の生息域には、ある程度まとまりのある森林が存在することから、問題個体が発見された場合には、そうした場所で早期に捕獲等による対応を実施することが重要である。</p>

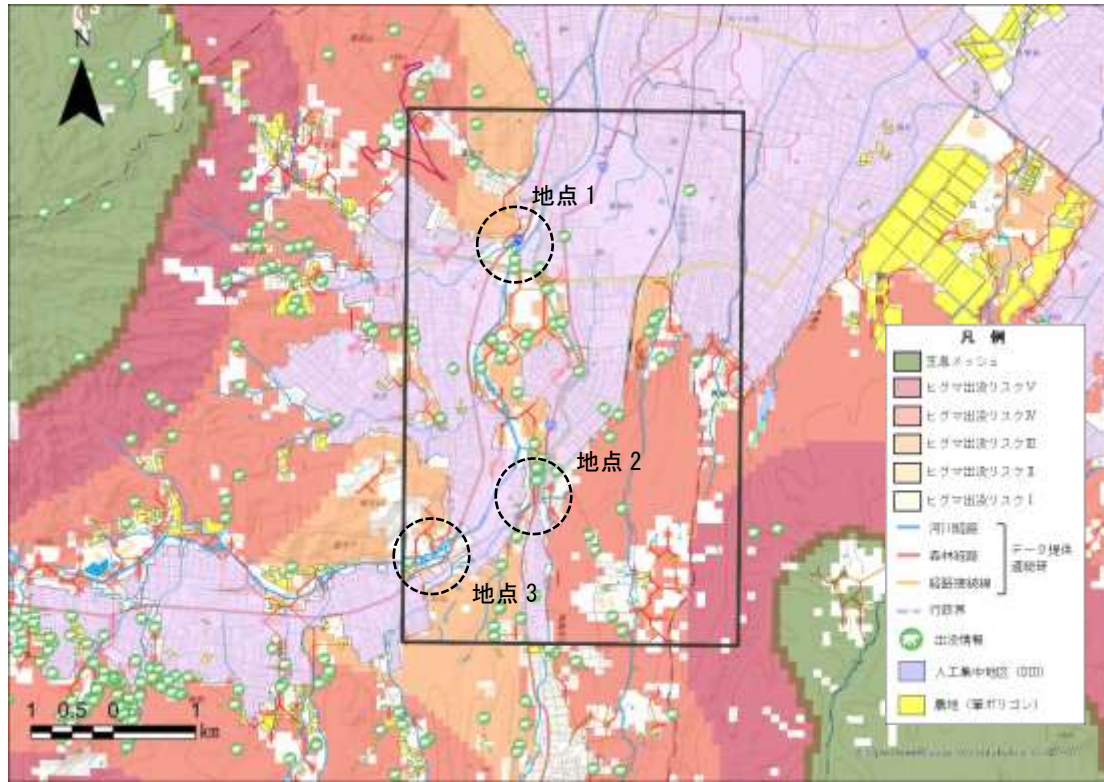


図 4-3-4 重点監視エリア（札幌市）

4-3-2 三笠市の重点監視エリア

ヒグマの出没件数は、2019年は春に、2020年は秋に偏るなど年による時期の違いが若干みられるが、いずれの年も6-8月の夏場に多い傾向がみられた（図4-3-5）。頭数別では、1頭の割合が36件中31件（86%）と高い割合を占めている（図4-3-6）。

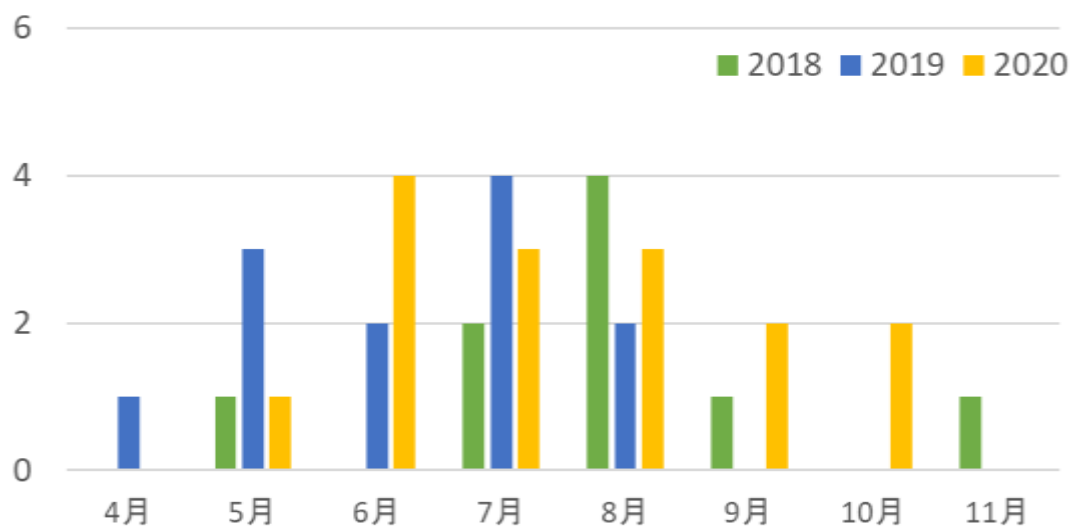


図4-3-5 三笠市の重点監視エリアでのヒグマ出沒情報の月別件数（2018-2020年）

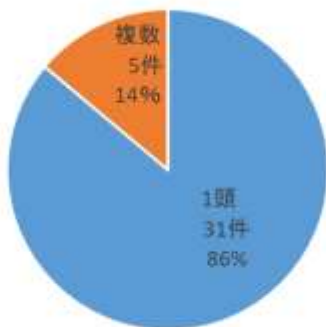


図4-3-6 三笠市の重点監視エリアでのヒグマ出沒情報の頭数別件数（2018-2020年）

表 4-3-2 三笠市の重点監視エリアにおける防除、捕獲、追払い等の検討

<p>優先的に対策を行うべき地域課題（背景）</p>	<p>三笠市では令和3年度に幾春別川沿いの市街地周辺でヒグマの目撃情報が多くみられた。三笠市街の上流側では住宅地付近での出没が、下流側では右岸を中心に農業被害への懸念が課題となっている。</p>
<p>リスク要因からみた特徴</p>	<p>市域の東側はヒグマの生息メッシュが広がっており、西に向かって流れる幾春別川に沿ってヒグマの出没情報が多くみられる。市中心部より上流側の地域では、ヒグマの生息域を南北に結ぶかたちで、河川や森林に起因した出没経路がみられる。一方、市中心部より下流側では、幾春別川沿いに農地が大きく広がっており、特に川の右岸側（北側）の台地上でヒグマの出没が多い。この地域では高速道路を挟んで周囲に農地やゴルフ場が広がっており、網の目状に残された森林がヒグマの出没経路となっている。</p>
<p>防除方法等の検討</p>	<p>重点監視エリアの東側は、南北をヒグマの生息域に挟まれ、河川沿いを中心にヒグマの出没経路が高い密度でみられる。そのため、現実的にはヒグマを完全に排除することは難しい。出没が繰り返されるなど問題個体が出現した際には早期に捕獲で対応し、並行して下草の刈払いや電気柵、監視装置の設置等の防除方法を実施することが望まれる。</p> <p>一方、重点監視エリアの西側では、高速道路の周辺で出没が多くみられ、特に高速道路を越えて平野部に出没することが危惧されている。この地域も出没経路が網の目状に広がり、さらには美唄市にも隣接して繋がっていることから、ヒグマの侵入を完全に防ぐことは難しいが、出没経路が収束している場所（地点1）に監視装置を設置するなどして、出没を感知することで早期の対応につなげるなどの方策が考えられる。</p>
<p>捕獲、追払い等の検討</p>	<p>高速道路の西側や市中心部周辺では、平坦な地形の上、市街地も広がるため、銃器の使用に制約があり、捕獲が難しい場所もみられるが、それ以外の場所では、基本的に捕獲や追払い等は可能である。捕獲でわなを使用する場合には、出没経路等も踏まえて設置場所を検討することが考えられる。</p>

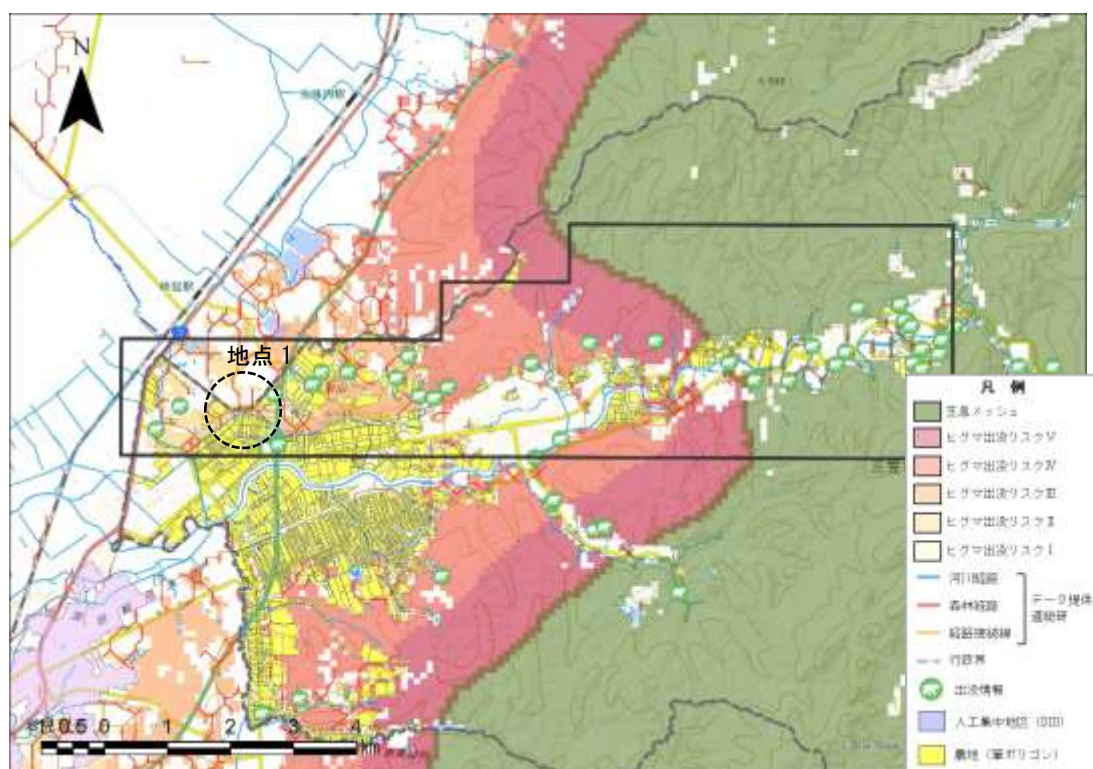


図 4-3-7 重点監視エリア（三笠市）

4-3-3 紋別市の重点監視エリア

ヒグマの出没件数は、年度や月によって大きな変動がみられた（図 4-3-8）。特に 2021 年は 8 月に出没が突出して多く発生し、それ以外の年は 6 月に出没が多くみられた。頭数別では、不明の情報を除くと、ほとんどが 1 頭となっている（図 4-3-9）。

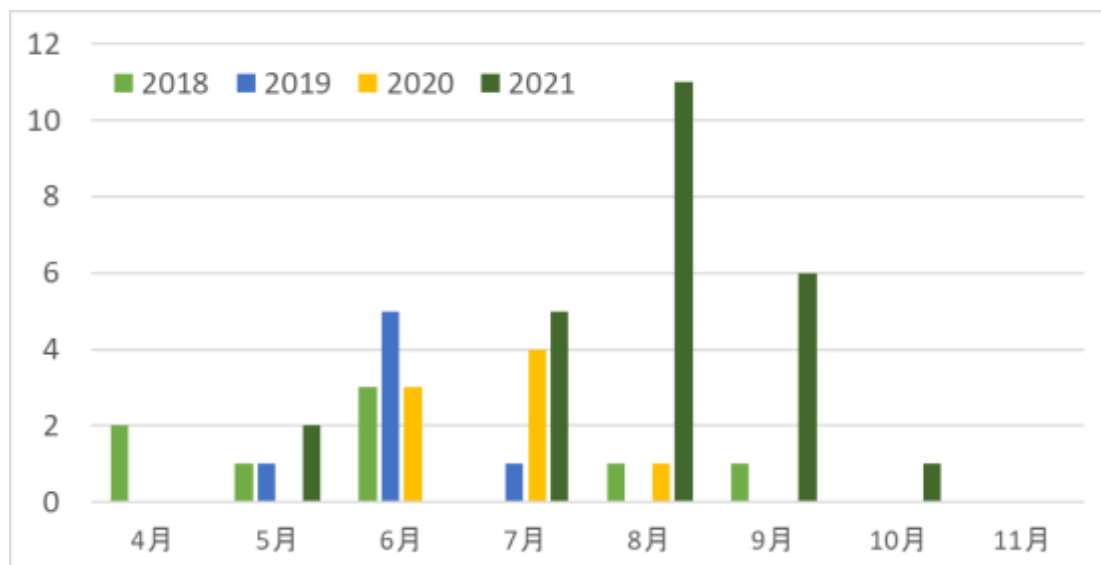


図 4-3-8 紋別市の重点監視エリアでのヒグマ出没情報の月別件数 (2018-2020 年)

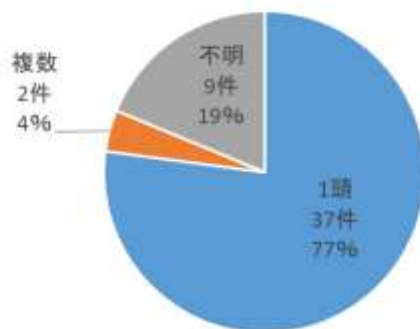


図 4-3-9 紋別市の重点監視エリアでのヒグマ出没情報の頭数別件数 (2018-2020 年)

表 4-3-3 紋別市の重点監視エリアにおける防除、捕獲、追払い等の検討

<p>優先的に対策を行うべき 地域課題（背景）</p>	<p>紋別市では令和3年度に紋別市中心部の南西部においてヒグマが市街地に侵入する事例が発生し、地域に大きな混乱をもたらした。そのため、市街地の背後に広がる森林にヒグマがどの程度生息しているのかを把握するとともに、市街地への侵入抑制が課題となっている。</p>
<p>リスク要因からみた特徴</p>	<p>渚滑川とその周囲に広がる農地によって森林の連続性が途切れている。市域の南側から北に向かって森林が半島状に広がり、人口集中地区に指定された市街地に直に接している。出没環境マップでは、市街地に隣接する森林は、生息メッシュから5km以上離れていることから、ヒグマ出没リスクはⅡとなっている。一方で、市街地に隣接する森林の一部は、公園等と重なるかたちで市街地に深く刺さり込んでおり、ひとたび出没がみられたときには、市街地の中心部まで侵入されるリスクがある。</p> <p>過去の出没の傾向からは、特定の個体が侵入してきたときに出没が急増する傾向がみられるが、近年親子の情報も報告されていることから、今後の動向に注意が必要である。</p>
<p>防除方法等の検討</p>	<p>重点監視エリアでは、市街地へのヒグマの侵入を防ぐことが対策の重要な課題であり、森林と市街地の境界部を通る国道が境界ラインの目安となる。国道を越えて市街地内部に森林が伸びる場所が3カ所ほどあり（地点1～3）、それらが防除方法を適用する候補地として想定される。なお、このうち1カ所については、既に電気柵による侵入防止対策が講じられており、一定の効果をあげている。</p>
<p>捕獲、追払い等の検討</p>	<p>国道を越えて市街地側に出没すると、捕獲、追払い等の実施は極めて困難になるため、国道よりも山側での対策が重要になる。出没が繰り返されるなど問題個体が発見された場合には、早期に捕獲等による対応を実施し、わなを使用する場合には、出没経路等も踏まえて設置場所を検討することが考えられる。</p>

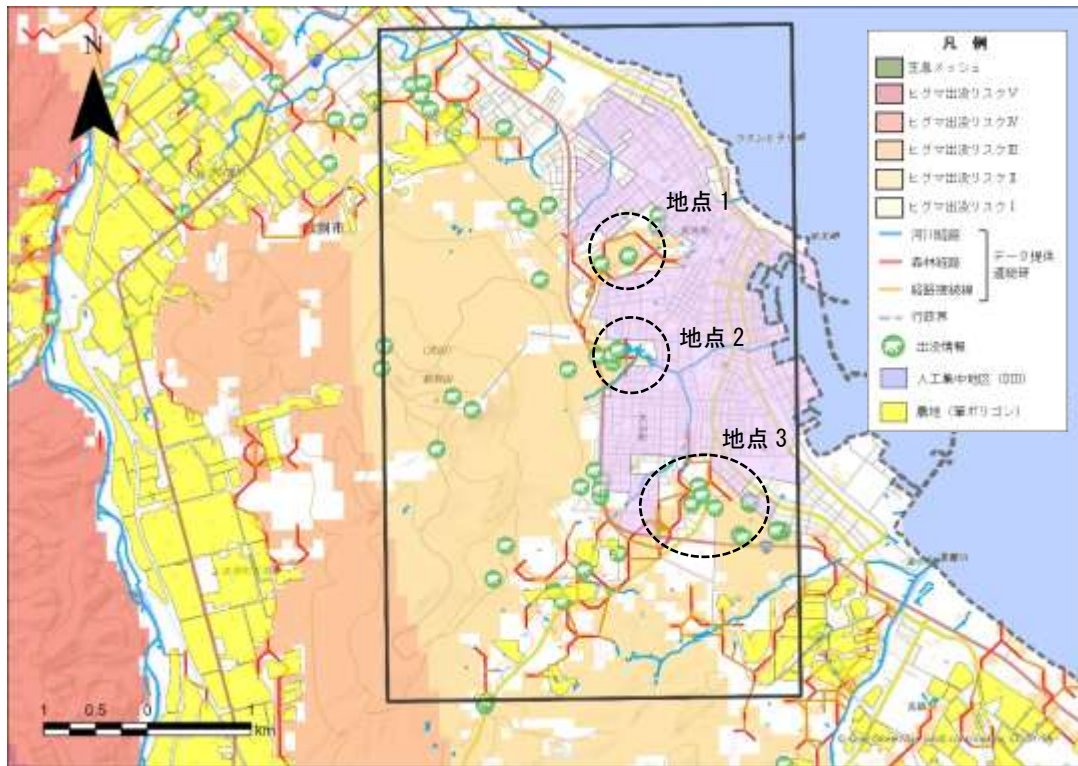


図 4-3-10 重点監視エリア（紋別市）

5. 現地における実証

5-1 モニタリング調査

5-1-1 調査方法

各重点監視エリアのヒグマの利用状況、出没状況をモニタリングするため、ヘア・トラップ及び自動撮影カメラによる調査を実施した。調査地はヒグマ出没経路を中心に、ドローンによる調査や現地確認を踏まえて候補地を選定し、地権者の状況等を考慮して決定した。

表 5-1-1 モニタリング調査の調査地選定作業実施日

調査地	調査日
札幌市	7月8日、7月28日
三笠市	6月21日、7月7日、7月13日
紋別市	6月30日、7月14日、8月2-3日



写真 5-1-1 現地確認
(7月8日札幌市)



写真 5-1-2 現地確認
(7月13日三笠市)



写真 5-1-3 現地確認
(6月30日紋別市)



写真 5-1-4 ドローン調査
(7月14日紋別市)

ヘア・トラップは、4m 四方に打った木杭の高さ 50 cmを有刺鉄線で囲み、中央に高さ 1.2m の木杭を設置した。中央の杭には、約 20 cm間隔で有刺鉄線を巻き付けた上で、誘引用にクレオソートを塗布した。ただし、三笠市の一部 (Mi_ HT03) については、既存のヒグマの背こすり木を活用し、木に有刺鉄線を付加するかたちとした。いずれのヘア・トラップにも、ヒグマの来訪の有無が確認できるように自動撮影カメラを併設した。

地権者との調整や周辺の人利用の関係でヘア・トラップの設置が難しい場所については、自動撮影カメラのみを設置した。ヘア・トラップ及び自動撮影カメラの見回りは、基本的に月に 1~2 回の頻度で実施した。

(1) 札幌市

札幌市の重点監視エリアでのモニタリング調査の調査期間と調査地情報を表 5-1-2 に、調査地位置を図 5-1-1 に示す。

表 5-1-2 札幌市の重点監視エリアのモニタリング調査の調査期間及び調査地情報

ID	区分	調査期間		調査地位置	
		設置日	回収日	緯度	経度
Sa_HT01	ヘア・トラップ	2022/9/2	2022/11/10	42.977383	141.345239
Sa_HT02	ヘア・トラップ	2022/9/2	2022/11/10	43.003175	141.340794
Sa_HT03	ヘア・トラップ	2022/9/9	2022/11/10	42.992228	141.338150
Sa_HT04	ヘア・トラップ	2022/9/9	2022/11/10	42.993128	141.347722

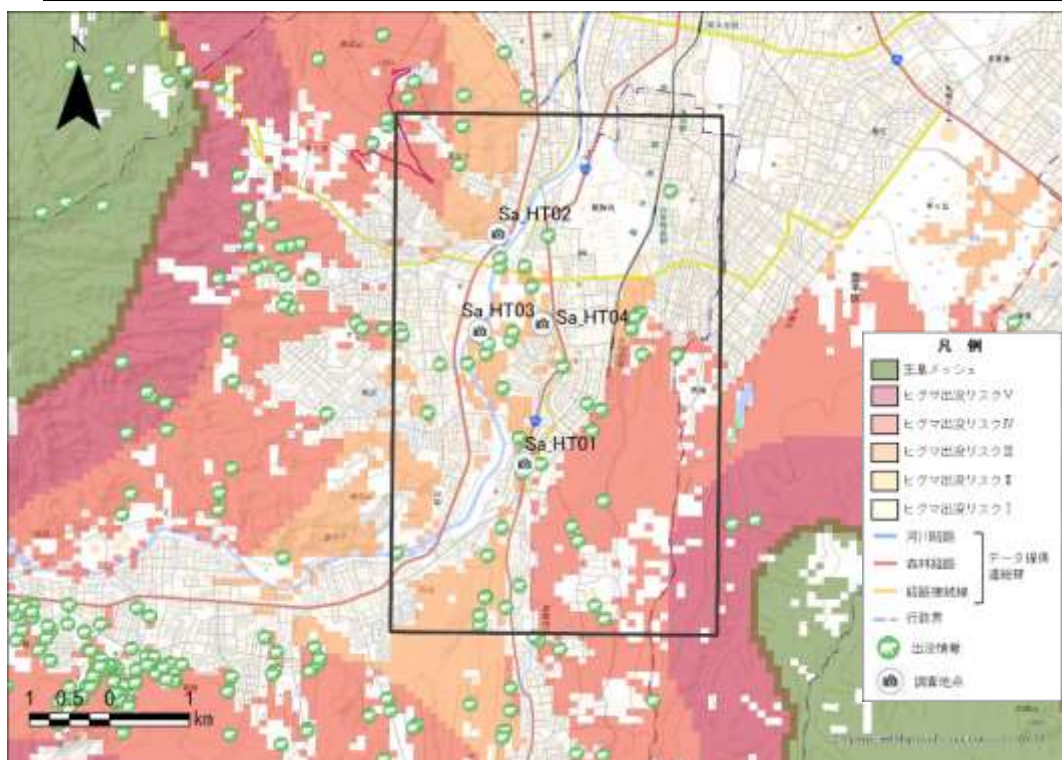


図 5-1-1 札幌市の重点監視エリアのモニタリング調査の調査地位置図



写真 5-1-5 調査地風景 Sa_HT01



写真 5-1-6 調査地風景 Sa_HT02



写真 5-1-7 調査地風景 Sa_HT03



写真 5-1-8 調査地風景 Sa_HT04

(2) 三笠市

三笠市の重点監視エリアでのモニタリング調査の調査期間と調査地の情報を表 5-1-3 に、調査地位置を図 5-1-2 に示す。

表 5-1-3 三笠市の重点監視エリアのモニタリング調査の調査期間及び調査地位置

ID	区分	調査期間		調査地位置	
		設置日	回収日	緯度	経度
Mi_HT01	ヘア・トラップ	2022/7/26	2022/11/17	43.266192	141.904144
Mi_HT02	ヘア・トラップ	2022/7/26	2022/11/17	43.247961	141.949811
Mi_HT03	ヘア・トラップ	2022/9/6	2022/11/17	43.270011	141.887097
Mi_Ca01	自動撮影カメラ	2022/7/26	2022/11/17	43.256492	141.897892
Mi_Ca02	自動撮影カメラ	2022/7/26	2022/10/5	43.248689	141.831511
Mi_Ca03	自動撮影カメラ	2022/7/26	2022/9/6	43.245589	141.831242
Mi_Ca04	自動撮影カメラ	2022/7/26	2022/11/17	43.244678	141.832522
Mi_Ca05	自動撮影カメラ	2022/9/6	2022/11/17	43.248042	141.827596
Mi_Ca06	自動撮影カメラ	2022/10/5	2022/11/17	43.241267	141.813681

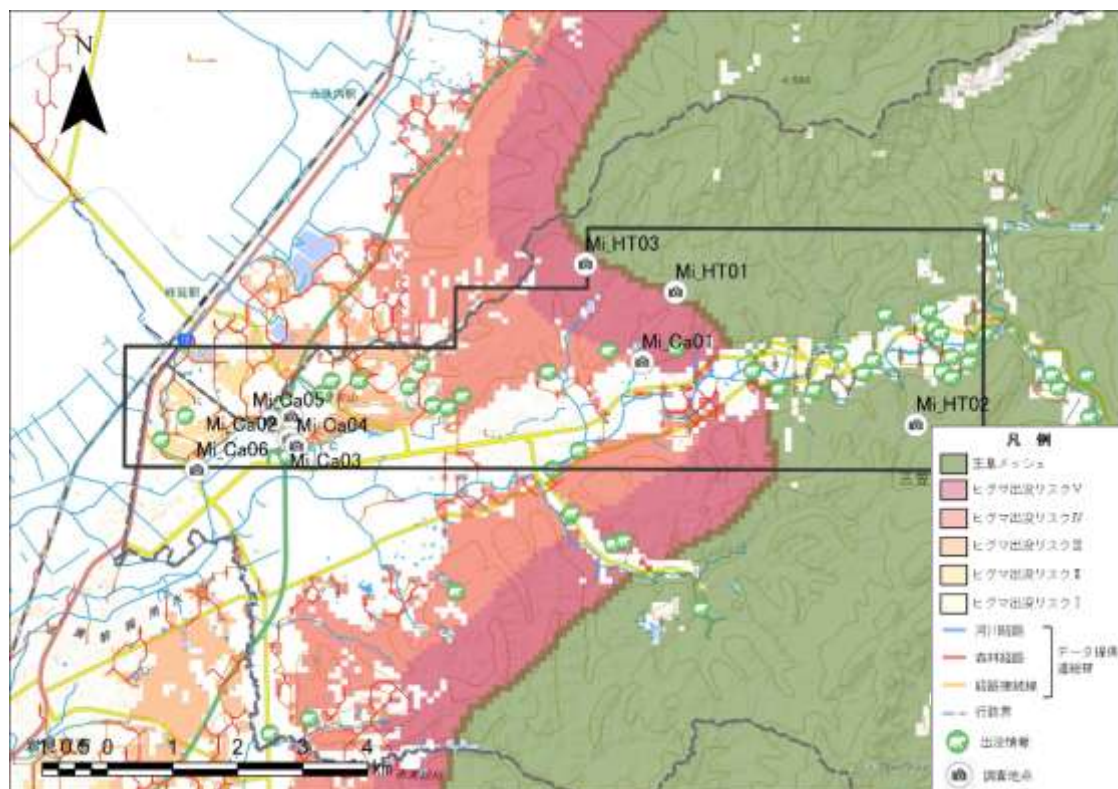


図 5-1-2 三笠市の重点監視エリアのモニタリング調査の調査地位置図



写真 5-1-9 調査地風景 Mi_HT01



写真 5-1-10 調査地風景 Mi_HT02



写真 5-1-11 調査地風景 Mi_HT03



写真 5-1-12 調査地風景 Mi_Ca01



写真 5-1-13 調査地風景 Mi_Ca02



写真 5-1-14 調査地風景 Mi_Ca04

(3) 紋別市

紋別市の重点監視エリアでのモニタリング調査の調査期間と調査地の情報を表 5-1-4 に、調査地位置を図 5-1-3 に示す。

表 5-1-4 紋別市の重点監視エリアのモニタリング調査の調査期間及び調査地位置

ID	区分	調査期間		調査地位置	
		設置日	回収日	緯度	経度
Mo_HT01	ヘア・トラップ	2022/7/14	2022/11/21	44.344800	143.318653
Mo_HT02	ヘア・トラップ	2022/7/14	2022/11/21	44.361358	143.322689
Mo_HT03	ヘア・トラップ	2022/7/14	2022/11/21	44.344361	143.335953
Mo_Ca01	自動撮影カメラ	2022/8/2	2022/11/21	44.352669	143.334486
Mo_Ca02	自動撮影カメラ	2022/7/14	2022/11/21	44.347853	143.336608
Mo_Ca03	自動撮影カメラ	2022/7/14	2022/11/21	44.343761	143.338878
Mo_Ca04	自動撮影カメラ	2022/8/2	2022/11/21	44.332478	143.356567
Mo_Ca05	自動撮影カメラ	2022/8/2	2022/11/21	44.322039	143.359683

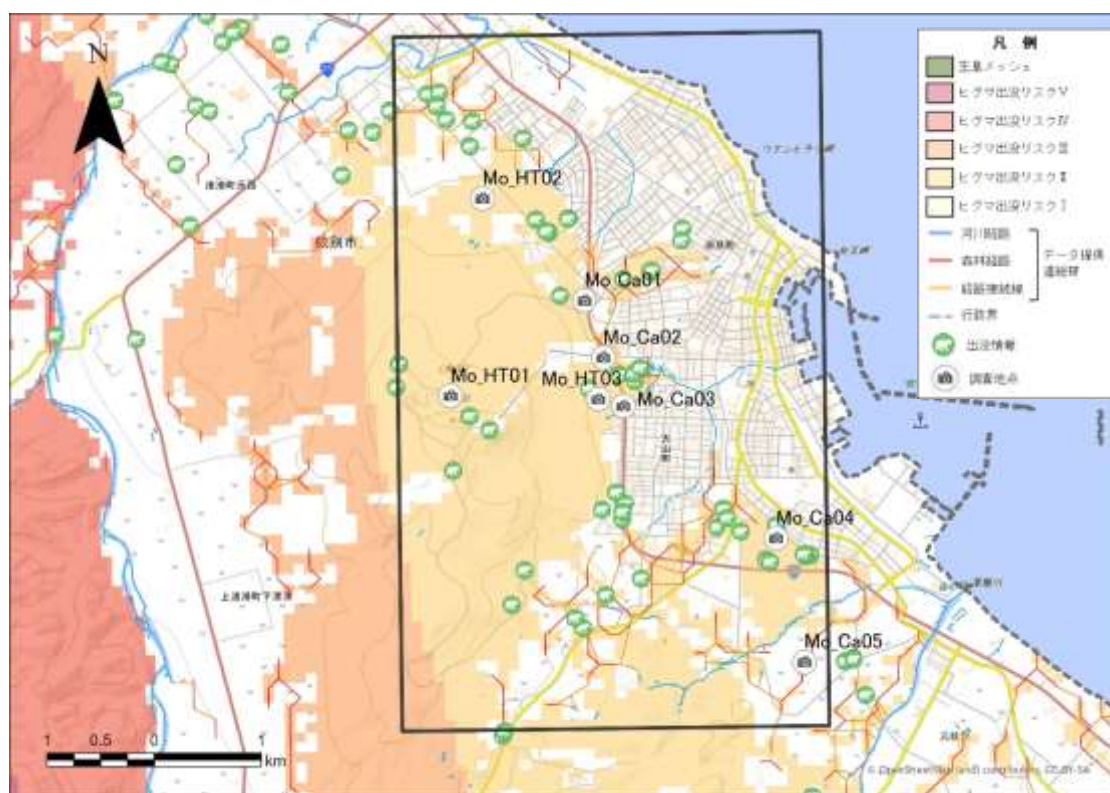


図 5-1-3 紋別市の重点監視エリアのモニタリング調査の調査地位置図



写真 5-1-15 調査地風景 Mo_HT01



写真 5-1-16 調査地風景 Mo_HT02



写真 5-1-17 調査地風景 Mo_HT03



写真 5-1-18 調査地風景 Mo_Ca01



写真 5-1-19 調査地風景 Mo_Ca03



写真 5-1-20 調査地風景 Mo_Ca05

5-1-2 調査結果

(1) 札幌市

いずれの調査地でもヒグマは確認されなかった。期間中に当該地域でのヒグマの出没情報もみられなかったことから、ヒグマがこの地域を利用しなかったものと考えられた。ただし、自動撮影カメラではすべての地点でエゾシカが確認されていることから、潜在的にはヒグマも移動することが可能な場所であると考えられた。



写真 5-1-21 Sa_HT01 の撮影結果



写真 5-1-22 Sa_HT02 の撮影結果



写真 5-1-23 Sa_HT03 の撮影結果



写真 5-1-24 Sa_HT04 の撮影結果

(2) 三笠市

ヘア・トラップを設置した調査地では、いずれも複数回にわたってヒグマが確認されたが、それ以外の調査地に設置した自動撮影カメラではヒグマは確認されなかった。

ヘア・トラップで回収した体毛を北海道立総合研究機構で分析した結果、それぞれ異なるメスが計4頭確認された。



写真 5-1-25 Mi_HT01 の撮影結果



写真 5-1-26 Mi_HT02 の撮影結果



写真 5-1-27 Mi_Ca01 の撮影結果



写真 5-1-28 Mi_Ca01 の撮影結果



写真 5-1-29 Mi_Ca02 の撮影結果



写真 5-1-30 Mi_Ca06 の撮影結果

(3) 紋別市

いずれのヘア・トラップ、自動撮影カメラでもヒグマは確認されなかった。期間中に当該地域でのヒグマの出没情報もみられなかったことから、ヒグマがこの地域を利用しなかったものと考えられた。ただし、自動撮影カメラではすべての地点でエゾシカが確認されていることから、潜在的にはヒグマも移動することが可能な場所であると考えられた。



写真 5-1-31 Mo_HT01 の撮影結果



写真 5-1-32 Mo_HT02 の撮影結果



写真 5-1-33 Mo_Ca01 の撮影結果



写真 5-1-34 Mo_Ca02 の撮影結果



写真 5-1-35 Mo_Ca03 の撮影結果



写真 5-1-36 Mo_Ca05 の撮影結果

5-1-3 考察

重点監視エリアでのモニタリング調査を実施した結果、三笠市ではヒグマが確認されたが、札幌市と紋別市ではヒグマは確認されなかった。札幌市と紋別市については、周辺でヒグマの出没情報も確認されていないことや、過去の出没情報の傾向でも年による変動があることから、今回の調査期間中は当該エリアにヒグマがいなかった可能性が高い。

一方で、出没経路を中心に設置したほとんどの自動撮影カメラでエゾシカが撮影されていることから、これらの森林をヒグマも潜在的に利用できると考えられた。ヒグマの市街地出没では、市街地に出没された段階では取りうる対策も限られ、解決が難しい。そのため、事前に出没を感知する対策が重要であり、今回のようなモニタリング調査が有用である。

三笠市でヒグマの生息が確認されたヘア・トラップは、3か所いずれも出没環境マップでは生息メッシュにあたる場所に設置されていた。採取された体毛の遺伝子分析ではメス4頭が識別され、カメラの撮影結果からは親子連れも確認されている。これらの結果から、ヒグマが安定して生息していることが推察され、出没環境マップが実際のヒグマの生息状況と矛盾していないことが示された。

5-2 ドローン調査

現地における実証の一環として、ドローンによる環境調査を実施した。調査は熱赤外線カメラによるヒグマの探索と餌資源となる特定樹種（オニグルミ）の把握を目的とした。特定樹種としてオニグルミを選択した理由は、オニグルミの実が他の堅果や果実よりも早く結実し、ヒグマに利用されること、河岸や平地の湿潤な肥沃土に生育し、比較的市街地近くにも分布することから、ヒグマの市街地出没に関係しやすい餌資源であることによる。

調査日時を表 5-2-1 に示す。また、出没環境マップによる調査地を図 5-2-1 に示す。

表 5-2-1 調査日時

区分	調査日時
下見調査	令和4年8月9日 9:00～12:00
本調査	令和4年9月8日 5:00～12:30



図 5-2-1 ドローン調査の調査地（赤枠内）



写真 5-2-1 現地状況



写真 5-2-2 調査風景

5-2-1 調査方法

(1) 熱赤外線カメラによるヒグマの探索

ア 使用機材

使用した機材は、表 5-2-1 のとおりである。

表 5-2-2 使用機材

種別	名称	仕様
ドローン	Matrice300RTK (DJI 社)	産業用ドローン (長さ 810mm×幅 670mm×高さ 430mm) 最大飛行時間 約 55 分 電波到達距離: 最大 8km 動画伝送解像度 1080p (1920×1080px)
カメラセンサー	XT2 (DJI 社)	サーマルカメラ (f=13mm、640×520px、画角 45×37°) および 可視カメラ (f=8mm 4000×3000px) を備えたハイブリットセンサ
ディスプレイ	Diamondcrysta RDT27 (MITSUBISHI)	27 インチ、HDMI 接続ポートあり (ドローン外部モニター用)

イ 調査体制

調査は、ドローン操縦担当 1 名、補助者 1 名、ディスプレイでの探索担当 2 名とし、4 名体制で行った。なお、ドローンの飛行に関して、夜間飛行、目視外飛行となる可能性があったため国土交通省への許可承認を取得し、飛行マニュアルに従って双眼鏡を有する補助者を配置した。

ウ 探索方法、探索可能エリアの検証

(ア) 自動飛行

自動飛行機能を用いて、高度 100m、速度 5m/s、進行方向にカメラを向け、直下視で撮影を行った。リアルタイムおよび、飛行後に画像をパソコンに取り込んで画面上で探索した。計画した飛行ルートを図 5-2-2 に示す。



図 5-2-2 自動飛行ルート

(イ) マニュアル飛行

地表付近が見える箇所を重点的に、マニュアル飛行にて、リアルタイムで画面上にて探索を行った。

(ウ) 探索可能箇所の検討

森林内におけるヒグマの探索可能箇所を検討するため、ササ地、林縁部、カラマツ林内に人間を配置し、熱赤外カメラを用いて撮影を行った。

(2) 餌資源となる特定樹種の把握

ア 使用機材

使用した機材は、表 5-2-3 のとおりである。

表 5-2-3 使用機材

種別	名称	仕様
ドローン	Phantom4Multispectral (DJI 社)	最大飛行時間 約 30 分 マルチスペクトルカメラ搭載、RTK-GNSS 搭載
ドローン	Phantom4RTK (DJI 社)	最大飛行時間 約 30 分 可視カメラ搭載、RTK-GNSS 搭載
RTK-GNSS	DG-PRO1RWS(ビズステーション社)	2 周波 RTK-GNSS ※補正情報は、ichimill (ソフトバンク社) を使用

イ 撮影方法

(ア) 特定樹種（オニグルミ）の撮影

ドローンで撮影した特定樹種の特徴を整理するため、高度 20m から 100m までを 10m ごとに撮影した。特定樹種の位置は、RTK-GNSS にて計測した。

(イ) 特定樹種のマッピングを目的とした撮影

特定樹種のマッピングのため、9 月 8 日に植生分類に有効なマルチスペクトルカメラを搭載した Phantom4Multispectral を用いて高度 100m で自動撮影を行った。また現況の確認のため、8 月 9 日に Phantom4Pro で自動撮影を行い、9 月 8 日は、Phantom4RTK で自動撮影を行った。オルソ画像は、Metashape 1.8 (Agisoft 社) を用いて作成した。

ウ 特定樹種の把握

(ア) 特定樹種（オニグルミ）の特徴の整理

高度別に Phantom4RTK を用いて撮影した画像より、上空から見た際の特定樹種の特徴（色、形状）を整理した。

(イ) 特定樹種の抽出

撮影した画像を用いて、ArcGIS Pro 3.0 (ESRI 社) の画像分類機能を用いて、特定樹種の抽出を行った。画像分類は、ピクセルの類似性による領域分割（セグメンテーション）、教師付き分類用トレーニングサンプルの作成、Support Vector Machine 分類器による分類の手順で行った。

5-2-2 調査結果

(1) 熱赤外線カメラによるヒグマの探索

ア 自動飛行

対地高度 100m から一定の速度 (5m/s) で直下視撮影を行ったが、リアルタイムにヒグマを発見することが出来なかった。探索時間短縮のため速度を 5m/s としたが、画面の移り変わりが早く、探索が困難だった。また着陸後に画像を PC に取り込んで参照したが、同様に発見することが出来なかった。温度がグラデーションで表示される熱赤外面像は、地物の判別自体も困難であった (図 5-2-3)。

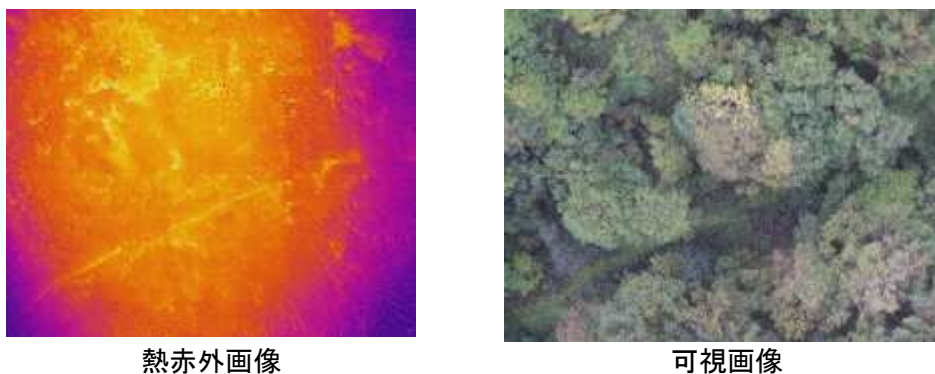


図 5-2-3 自動飛行で直下視撮影した画像

イ マニュアル飛行

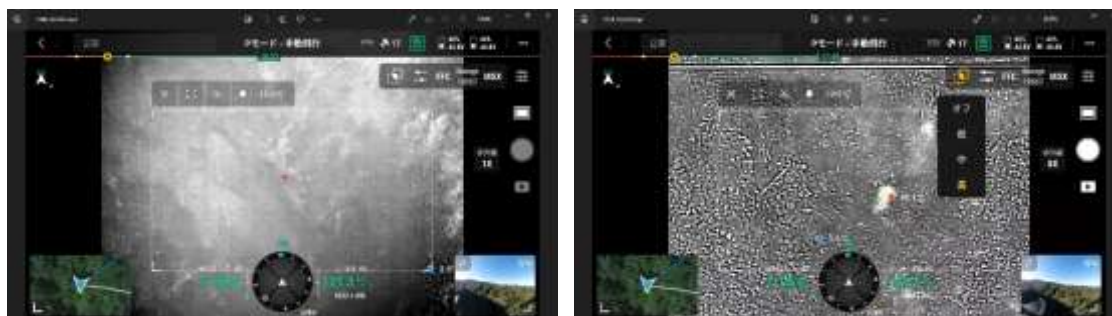
対地高度 100m から、マニュアル飛行で探索をした結果、ヒグマを発見することが出来なかったが、エゾシカは発見できた。エゾシカを発見した際の操縦画面を図 5-2-4 に示す。5 時 48 分から 32 分間および、6 時 40 分から 33 分間の 2 回のマニュアル飛行で、合計 6 頭のエゾシカを確認した。



(枠内の最高温度が赤い点で表示され、エゾシカを発見できた例。)

図 5-2-4 エゾシカを発見した際の操縦画面 (熱赤外面像)

発見までの過程は、①指定枠内における最高最低温度を表示する機能を用いて、画面内で温度の高い物体を検出し、②その後デジタルズーム機能を用いて物体の動きを確認することで、エゾシカと認識することができた（図 5-2-5）。可視カメラに切り替えて確認ができる場合もあったが、明暗差やコントラストが低くリアルタイムで認識できない場合もあった（図 5-2-6）。



1 倍表示

8 倍デジタルズーム

(※枠内の最高温度が赤い点で表示され、エゾシカを発見できた例。)

図 5-2-5 エゾシカを発見した際の操縦画面（熱赤外画像）



(熱赤外画像でエゾシカを認識できたが、可視画像に切り替えてリアルタイムでの認識が困難だった。赤丸の中心にエゾシカがいる。)

図 5-2-6 熱赤外画像でエゾシカを発見した後、可視画像に切り替えた操縦画面

(2) 餌資源となる特定樹種の把握

ア 特定樹種（オニグルミ）の特徴の整理

高度別に撮影した特定樹種の画像を図 5-2-7 に示す。特徴である羽状複葉は、高度 60m でも確認できた。地上解像度が約 1.6cm 程度まで、羽状複葉の形状が認識できることが分かった。

また特定樹種は、撮影を行った 9 月 8 日の時点で、若干黄色く紅葉が始まっており、ドローンによる写真でも周辺の樹木よりも色が明るく見えた（図 5-2-8）。



高度 20m（黄色枠内の拡大）



高度 20m・地上解像度 0.5cm



高度 40m・地上解像度 1.1cm



高度 60m・地上解像度 1.6cm



高度 80m・地上解像度 2.2cm



高度 100m・地上解像度 2.8cm

図 5-2-7 高度別に撮影した特定樹種



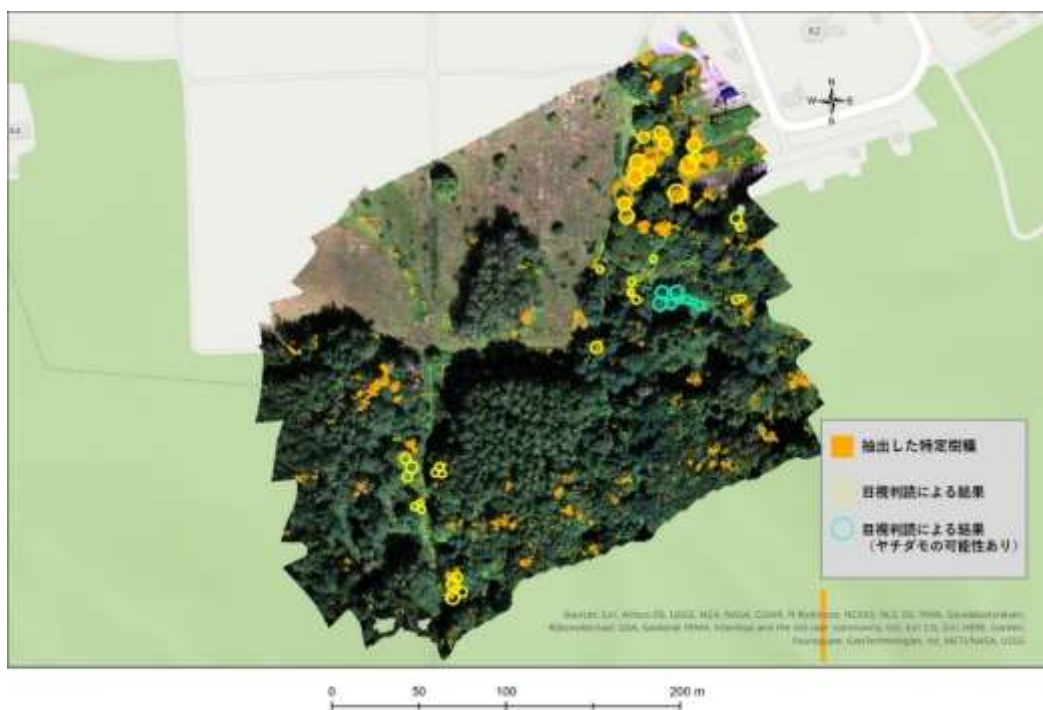
(黄色い円内が現地を確認した特定樹種の位置)

図 5-2-8 高度 100m から撮影した特定樹種

イ 特定樹種の抽出

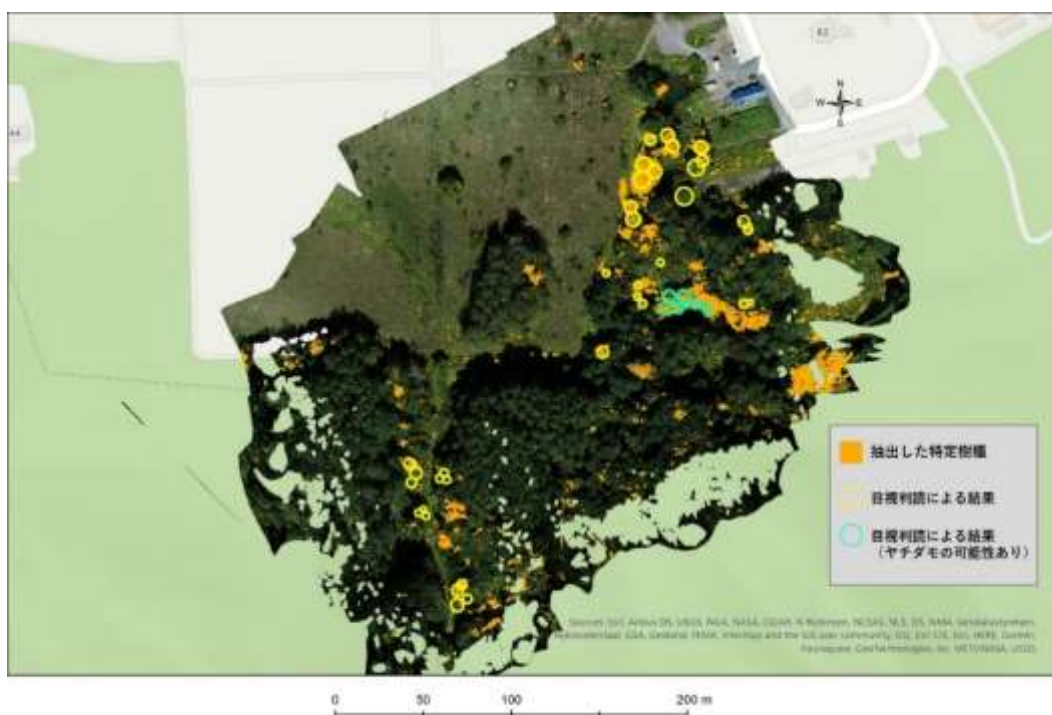
特定樹種の抽出は、植物の分類に有効であるマルチスペクトル画像と可視画像を用いて、分類時の各種パラメータを試行錯誤し、画像分類で行った。教師付き分類のためのトレーニングサンプルは、現地で確実にオニグルミと判断できた場所のみを選定した。また Phantom4RTK で撮影した画像を用いて、葉の形状と葉色に着目し、目視判読で特定樹種のマッピングを行った。

マルチスペクトル画像と可視画像の抽出結果は、いずれも目視判読と比較すると誤分類が多く見受けられるが、それぞれ異なる場所が抽出されていた。マルチスペクトル画像の誤分類では、同色の草本、樹木が抽出されていた(図 5-2-9)。可視画像(地上解像度が 1.64cm)の抽出結果では、目視判読でヤチダモの可能性のある箇所が抽出されていた(図 5-2-10)。



- ・使用画像 Phantom4Multispectral 2022年9月8日撮影 地上解像度 3.96cm
- ・セグメンテーションパラメータ (スペクトル詳細 : 10、空間詳細度 : 5、最小セグメントサイズ : 200)

図 5-2-9 マルチスペクトル画像より画像分類で抽出した特定樹種



- ・使用画像 Phantom4RTK 2022年9月8日撮影 地上解像度 1.64cm
- ・セグメンテーションパラメータ (スペクトル詳細 : 10、空間詳細度 : 5、最小セグメントサイズ : 200)

図 5-2-10 可視画像より画像分類で抽出した特定樹種

5-2-3 考察

(1) 熱赤外線カメラによるヒグマの探索

ア 自動飛行

自動飛行によるヒグマの探索は、高度 100m かつ速度 5m/s の直下視で行ったが、画面の移り変わりが早く、探索自体が困難であった。マニュアル飛行での探索時の速度を確認したところ、2~3m/s で飛行しており、熱が高く動物の可能性が高いと判断した際に速度を下げ、停止して動物の有無を確認していた。またカメラは斜めに向け、探索担当者と同じ方向にカメラを向けると探索しやすく、映像と場所の対応も取りやすかった。

イ マニュアル飛行

マニュアル飛行時には、ヒグマを発見できなかったが、エゾシカを発見できた。指定枠内における最高最低温度を表示する機能を用いたことで、動物とその他の区別が格段に行いやすかった。

探索時に熱赤外線画像で動物の可能性が高いと判断した後、可視カメラに切り替えて確認を行ったが、今回使用した可視カメラは光学ズームが出来ないため、判別は困難であった。可視画像に切り替えての確認は、光学ズーム機能を有したカメラが望ましい。

なお着陸後に画像を PC に取り込んで探索する場合、静止画よりも動画の方が動物を発見しやすかった。

(2) 餌資源となる特定樹種の把握

ア 特定樹種（オニグルミ）の特徴の整理

特定樹種の特徴は、羽状複葉の形状と葉の色見と明るさであった。ドローンで特定樹種を撮影する場合、羽状複葉の形状が把握できる地上解像度 1.6cm となる高度、かつ葉色が他の樹種を変わってくる紅葉時期に撮影すると良い。また羽状複葉の樹種には、ヤチダモやキハダがあることから、類似している樹種を区別するために、他の樹種もドローンで撮影し、特徴を整理することが望ましい。

イ 特定樹種の抽出

マルチスペクトル画像と可視画像の特定樹種の抽出結果は、いずれも誤分類が見受けられた。可視画像では、同じ羽状複葉であるヤチダモも抽出されているため、前項の特徴の整理のとおり、地上解像度が 1.6cm 程度あれば、羽状複葉の葉を抽出できると考えられる。マルチスペクトル画像では、地上解像度が 3.96cm であったため、羽状複葉の形状を抽出できていないと思われるが、可視画像より葉色の違いを上手くとらえていたと考えられる。

特定樹種の抽出は、マルチスペクトル画像で地上解像度 1.6cm となる高度で撮影した画像を用いて分類することで、精度が向上する可能性がある。

6. モデル事例及び活用手引き等の作成

ヒグマ出没環境マップの仕様や活用方法、抽出結果等からの判断、対処方法等について、各実施地域のモデル事例も含め、「ヒグマ出没環境抽出マップの活用手引き」として取りまとめた。作成したヒグマ出没環境抽出マップの活用手引きを巻末資料に掲載した。

7. 今後の課題

出没環境マップによってヒグマの出没リスクと出没経路が可視化され、ヒグマ対策を重点的に実施すべき場所が明確になることで、今後のヒグマ対策の進展に寄与することが期待される。

ただし、出没環境マップの精度については、必ずしも現実と合致していないところがあり、改良の余地がある。出没環境マップの要素の一つである出没経路については、道総研の研究課題が進行中ということもあり、研究成果の進展が待たれる。もう一つの要素であるヒグマ出没リスクについても、その基準となる生息メッシュの算出方法は「半径3kmの円内に森林が80%以上含まれる森林メッシュ」と定義されている。メッシュで森林と区分される場所には、広葉樹や針葉樹、あるいは樹齢も異なるさまざまなタイプの森林が含まれており、必ずしもヒグマにとって一律の生息環境ではない。そのため、生息メッシュとして算出された場所にも、ヒグマの生息密度の違いがあり、そのことが出没リスクにも影響することを念頭に置く必要がある。

そのうえで、精度の改善には今後の研究成果の進展が必須であり、その実装にはしばらくの時間を要することから、当面は現行の出没環境マップの限界を認識したうえで運用していくことが現実的である。

精度の改善とあわせて、出没環境マップを他地域にどのように展開していくかについても議論が必要である。出没環境マップは、フリーデータを主に活用していることから、GISを使用できる人であれば作成が可能であるが、現状ではかなり高い技術レベルが要求される。また、市町村によってはGISソフトを使用する環境が整備されていないところも多い。

GISのソフトウェアによっては、出没環境マップを作成するための処理を自動化してコマンドにすることもできるので、こうしたコマンドを頒布する方法が考えられる。あるいは、WebGISの仕組みを活用し、北海道などのHP等で作成したマップを公開し、自由に閲覧できる仕組みを展開することも一案である。