

ツキノワグマ出没予測 マニュアル



平成 23 年 2 月

独立行政法人 森林総合研究所

目次



p. 3	I. はじめに	大井 徹
p. 4	II. ツキノワグマの生態と出没予測の考え方	大井 徹
p. 7	III. 大量出没年の予測	
	1. 「鍵植物」の結実状況の早期観測による方法	大井 徹
	1-1. 「鍵植物」と大量出没年の予測	大井 徹
	1-2. 鍵植物の結実状況の診断方法	正木 隆
	—その年の大量出没を予測する—	
	2. ブナの結実にもとづく出没予測	
	2-1. ブナの結実状況の観測にもとづく方法	岡 輝樹
	—1年後の大量出没を予測する—	
	2-2. ブナの結実予測にもとづく方法	正木 隆
	—2年後の大量出没を予測する—	
p.19	IV. 出没危険地域の予測	
	1. クマ出没マップ	大井 徹
	2. 出没マップ作成の考え方	大井 徹
	3. 出没マップの作成	宮本 麻子
	4. 出没助長因子の解析	宮本 麻子
	5. 出没マップ活用上の注意・配慮事項	宮本 麻子
p.34	資 料	
	1) 各都道府県の取り組み（出没年予測）	中下留美子
	2) 各都道府県の取り組み（出没マップ）	中下留美子
	3) 主要食物の調査法	大井 徹
	4) 農地被害の予測：岩手県での事例	岡 輝樹
p.39	謝 辞	
	参考文献	





I. はじめに

ツキノワグマは、本州、四国の森林に生息する大型哺乳類ですが、過去に起きた生息地の劣化や過剰な捕獲により地域によっては絶滅の恐れがあると考えられています。一方、毎年、人身被害と農林業被害が発生し、人間との共存の方法が深刻に問われている動物です。さらに、年によっては、人里への出没が著しく多くなり(大量出没)、人身被害が頻発し、被害防止のため数多くのクマが捕獲されてきました。その度に、出没の原因は何か、被害対策はないのか、捕獲がクマを絶滅に追い込んでいないかなど繰り返し社会問題になってきました。

森林総合研究所では、大量出没に伴う被害を未然に防ぐことを目的に、大量出没のメカニズムを解明した上で大量出没の年や地域を予測する技術を開発することにしました。大量出没を予測できれば、事前に警戒を強め、個体群保全にも配慮した被害防止のための準備を適切に行うことができます。このような試みは既にいくつかの府県で取り組まれています。このマニュアルでは、森林総合研究所が開発した予測方法の他、すでに府県が独自に取り組んでいる方法についても紹介し、今後役に立つように整理しました。既に取り組んでいる府県においても、方法などを再点検し、より優れたものにしていただくための助けになると思います。

なお、このマニュアルは、森林総合研究所が、北海道大学大学院獣医学研究科、茨城県自然博物館、(株)野生動物保護管理事務所と協力して、環境省公害防止等試験研究費を受けて行ったプロジェクト研究「ツキノワグマの出没メカニズムの解明と出没予測手法の開発」(平成18～22年)の成果です。プロジェクトでは、このマニュアルの他に、個別の研究成果を紹介した成果集「ツキノワグマの大量出没の原因を探り、出没を予測する」を制作しました。あわせてご覧ください。





🌲 II. ツキノワグマの生態と出没予測の考え方 🌲

1. 生態

ツキノワグマは、本州、四国に生息し、オスの成獣では体重が70～120 kgにもなる大型の哺乳類です。食肉類に分類されますが、主な食物は植物です。牛や羊などのように植物繊維を消化するための特殊な胃や腸をもっていないので、季節毎に利用できる植物の中から植物繊維が少なく消化のよいものを選んで食べています。春先には柔らかい樹木の葉、草本、夏にはサクラやイチゴの果実などのしょう果、昆虫、秋にはブナやナラ類の堅果（ドングリ類）、ミズキ、サルナシなどのしょう果などを食べます。そして、冬の間はこのような食物が利用できないので、飲まず食わずに冬眠します。冬眠中に生命を維持するための栄養は秋の内にたくさん食べて脂肪として蓄積します。そのため、秋には食欲が増進するとともに、炭水化物や脂肪の吸収能力が高まると考えられています。





2. 大量出沒のパターンと原因

このツキノワグマが人里へ出沒することで問題が起きています。出沒は、通常の年だと、冬眠明けの5月くらいからわずかに起こり始め、8月のお盆頃にピークとなり、本来の生息地である森林にいろいろな果実が実りだす秋になると収まります。

一方、秋になっても出沒が収まらず、例年の数倍のクマが出沒し、被害防止のために多数のクマが捕獲される年があります。これがいわゆる大量出沒の年です。自然環境研究センター（2005）の定義に従うと、1950年以降2004年までに8回の大量出沒が起きています。これは全国的に見た結果ですが、大量出沒には地域性もあり、2001年は東北北部で、2004年は、北陸、近畿・中国地方の日本海側を中心に、2006年は東北、中部、近畿北部、中国地方で広く、2010年は、東北地方の日本海側・北関東、北陸、近畿北部、中国地方の日本海側を中心に発生しました。このように大量出沒は地域をいくらか変えながらも、クマの生息地で繰り返し発生しています。

この大量出沒の原因を究明すべく、森林総合研究所で、クマの人里出沒の目安となる有害捕獲数の変動パターンを解析したところ、いくつかの都府県にまたがる広い範囲で、同じように変動する傾向があることがわかりました。このことは大量出沒を含めた出沒の原因が広い地域に同時に作用する環境要因であることを示しています。特に、ブナ林が広がる東北地方の多くの地域では、この地域のクマの重要な食物であるブナの結実変動と有害捕獲数（クマの人里への出沒の指標と考えられます）が高い相関関係を持つことが明らかになっています。また、(1)大量出沒は、クマが越冬準備のため大量の食物を必要とする晩夏から秋にかけて起きること、(2)この時期、主食とする樹木の果実の多くには年による結実量の変動があること、(3)結実不良の年には、行動圏を平年よりも低標高地域に大きく拡大するクマがいることもわかってきました。私たちは、これらの状況証拠から、越冬準備期である晩夏から秋にかけて、生息地の樹木の実りが不作になることが大量出沒の主要な原因だと考えています。中でも、ブナ、ミズナラ、コナラ、クリ等のブナ科の樹木は、他の樹木と異なり森林中にまとまって生育し、時には純林を作る傾向があります。また、その果実（ドングリ類）は、比較的大きく栄養が多く含まれているので、実ればクマにとってはまとめて手に入れることができる魅力ある食物といえます。そのため、それらの結実状況は人里への出沒などクマの行動に大きな影響を与えていると考えられるのです。

なお、南北に長い日本列島では地域によって植生が異なるので、クマの食物として重要な植物は地域によって異なることに注意が必要です。東北地方の多くの奥山ではブナ林が優占するので、その結実状況と出沒は関係すると考えられます。しかし、東北地方に比べてブナ林の分布が限られている関東以南では、そのような関係が認められないか、調査が不十分で不明の地域が多いのです。





3. 出沒予測

私たちは、これらの知見にもとづいて、クマの大量出沒年を予測するため、ブナの結実変動がクマの出沒と強い関係を持つ地域を対象に、ブナの実際の結実状況の観測や結実予測に基づいた方法を開発しました。私たちが提案する出沒予測方法では、森林管理局が収集し、森林総合研究所が公開しているブナの結実状況についてのデータベースとアメダスデータの利用によって予測ができるので、原則的に現地調査が不要という利点があります。一方、ブナの結実変動とクマ出沒との関係が認められない地域、あるいは不明な地域を対象には、出沒する時期の直前にクマの食物となる結実状況を簡便にモニターする方法を開発しました（図1）。

また、大量出沒年には思いもかけないところにクマが出沒しますが、多くの場合、クマの移動に適した地形や植生や、クマをそこに誘い出しているものがあることがわかってきました。クマの出沒地点のパターンをつかみ、関係する環境条件を探ることによって、警戒すべき地域や管理すべき侵入経路や誘引物を判定することができます。私たちは、そのための方法についても整理しました。

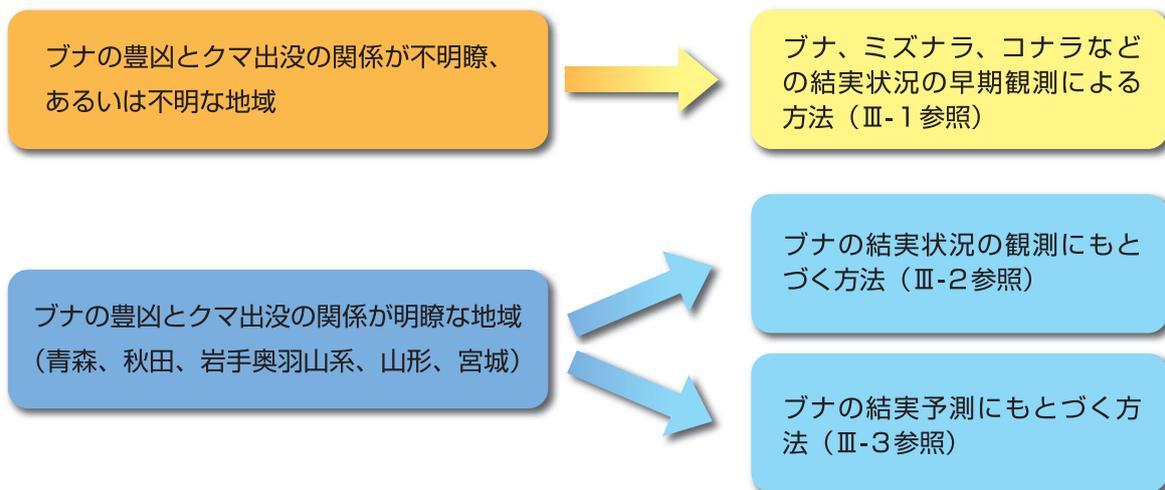


図1 出沒予測の方法。()内は本マニュアルの関連箇所

8月の出沒状況にも注意

近年の大量出沒の発生は2004年、2006年、2010年でしたが、いずれの年においても出沒が本格化する9月の前の月、8月における出沒件数、捕獲件数が例年よりも多くなった地域がありました。8月における出沒が例年以上の場合、秋以降に大量出沒が発生するとは必ずしもいえませんが、警戒をする必要があります。



Ⅲ. 大量出没年の予測

1. 「鍵植物」の結実状況の早期観測による方法

1-1. 「鍵植物」と大量出没年の予測

大量出没が本格化するのは9月から11月にかけてです。そのため、この期間に主要食物となるものの内、結実の年変動が大きいものがクマの大量出没を引き起こしていると考えられます。また、クマの出没は一つの都府県を超えて広域で同時に起きるので、その要因となりうる植物（大量出没の鍵植物）は、資源量が多い樹種で、かつ広域に結実豊凶が同調する樹種だと考えられます。クマの食物となる果実の内、しょう果類は、個々の種の実りの時期は短く生産量の年変動は少ないと考えられています。また、1本ずつ散在する傾向があり、資源量としては少ないので、しょう果を実らせる樹種のほとんどは、大量出没の鍵植物ではないと考えられます。一方、資源量が多く、結実変動が激しいのは、ブナ、ミズナラ、コナラ、クリ等のブナ科樹木です。ブナ科樹木は森林中に比較的まとまって生育している上に、果実が大きく、栄養が高いという特徴を持っています。結実同調性については、ブナは、最も広域的に同調することが知られていますが、ミズナラ、コナラではこの順に同調性が低くなります。しかし、ミズナラ、コナラであっても広い範囲で多くの個体に結実が見られない年があり、出没と関係していることも知られています。ただし、コナラ、クリは、ブナ、ミズナラに比べて低標高の人里近くに生育します。ブナ、ミズナラが凶作、コナラ、クリが豊作の場合に、山奥には食物が無く、里山に食物が偏って存在することになるので、人里にクマが出没しやすい状況が生じる地域があるので注意が必要です。

従って、クマの大量出没を予測したい場合、とりあえずブナ、ミズナラ、コナラ、クリの結実変動をモニタリングし、クマの出没との関係を検討した上で、鍵植物を判定します。鍵植物は一つとは限りません。

ブナだけで出没の程度が説明できる場合は、本書のⅢ-2に記述した方法を使います。一方、その他の樹種が鍵植物と考えられる場合は、出没予測をしたい年のなるべく早い時期（8月中旬～9月上旬）に鍵植物の結実状況を診断し、クマの出没予測を行います。

モニタリングの結果、この4種の樹木で出没（有害捕獲数）の年変動が説明できない場合には、大量出没の鍵植物を一から探し出す必要があります（資料3参照）。



1-2. 鍵植物の結実状況の診断方法 —その年の大量出沒を予測する—

樹木の結実状況の調査には、種子トラップが用いられることが多いですが、この方法は結果が出るまでに時間を要し、早期診断には不向きです。

そこで、なるべく多様な樹種を、短時間、多くの個体について、判定の個人差が小さいように調べる方法を紹介します。

(1) ナラ類の結実変動が生じる仕組み

ツキノワグマの有力な食物資源の一つとしてブナ科植物のナラ類（コナラ、ミスナラ等）が挙げられます。その結実プロセスは、後述するブナとはかなり異なります。ほぼ毎年開花する点です。ブナは花の形成にかなりの資源を要するので毎年開花するわけにはいきませんが、ナラ類では花の形成にはそれほど資源を要さないため、ほぼ毎年開花します。したがって、ナラ類の豊凶は、開花した春以降に雌花の受粉・発育が順調かどうかで決まります。

しかし、残念なことに、どのような気象条件が雌花の受粉や順調な発育を妨げるのかについては、まったくわかっていません。また、開花量にも多少の年変動がありますが、その原因となる気象条件もはっきりとはわかっていません。したがって、予測は難しいのが現状です。代わりに、これらの樹種については、堅果（ドングリ）が目視で確認できる程度に大きくなり、かつ発育が落ち着く8月中・下旬に、結実度を観測する方法をお勧めします。ちなみに、ブナの場合は、春先の花の多寡でその年の豊凶がほぼ予測がつくので、4～5月頃の開花時期に判定可能です。

(2) ナラ類などの結実診断方法

ナラ類など各種広葉樹の結実を診断するために、ここでは双眼鏡を使った方法を紹介합니다。この方法はナラ類だけではなく、ブナやクリはもちろん、ミズキやサクラ類などどんな樹種にも応用できます。

用意する道具は双眼鏡（倍率8～12倍、対物レンズ有効径20～40mmでバードウォッチングに使うものでよい）、カウンター（カチカチ押した回数が表示されるもの）、そして、決められた時間がたつと音になるタイマー（キッチン用で十分）の3点です。以下、手順を具体的に説明します。



① 立ち位置を決める

対象とする木から少し離れた場所に立ちます。なるべく樹冠の広い範囲が眺められる場所を選びます。



②果実をカウントする

その場所から双眼鏡で樹冠を観察し、秒数を決めて視界に入る果実の数をカウントします。ミズナラやコナラなどのように、比較的果実を見つけにくい樹種は30秒、クリやブナのように見つけやすい樹種は15秒でよいでしょう。ミズキやタカノツメ等の樹種は果序（房）の数を数えるようにします。

③カウントを繰り返す

この測定は、立つ場所を変えながら3回以上繰り返し、得られたカウント数を平均します。最低6回繰り返すと、カウントの平均値が安定します。

④結実密度に換算する

図2のように、双眼鏡でのカウント数は、その木の樹冠下に落下する果実密度と比例する関係があります。そこで、カウント数を観察秒数で割って1秒あたりのカウント数に変換し、図3の関係から果実あるいは房の密度を推定します（詳しくは「⑦樹種毎の係数」をご覧ください）。

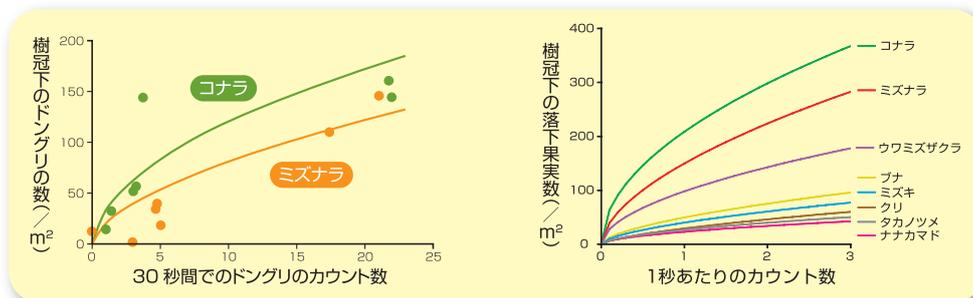


図2 30秒当たりのどんぐりのカウント数と落下果実密度

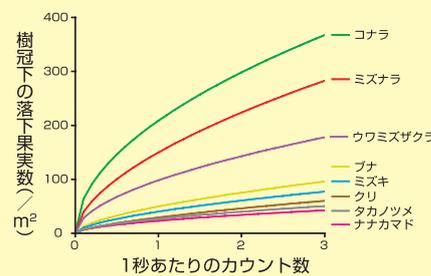


図3 1秒当たりの果実のカウント数と落下果実密度

⑤房内の果実をカウントする

ミズキやタカノツメなど、果実の房を数えた場合は、上記のカウントとは別個に、房を5つほど選んでその中の果実数をカウントし、その平均数を房の密度にかけることで果実密度を推定します。



⑥ 豊凶の判定

そして、得られた果実密度を平均して豊凶を判定します。目安としては、最大果実密度の半分以上であれば豊作、1 / 4 以上であれば並作です。

図 4 は、1980～2006 年に北上山地のあるミズナラ林で調べた落下果実密度のデータです。この林分のミズナラの場合、1996 年の落下果実密度を最大値として、豊作が 3 回、並作が 5 回、凶作が 19 回です。

調査を始めたばかりで、その地域の対象樹種の長期データが利用できない場合、対象地域内で調査開始以降、最も落下果実密度の平均値の高かった「地点」の値を仮の最大値とみなすことで、豊凶を判定します。

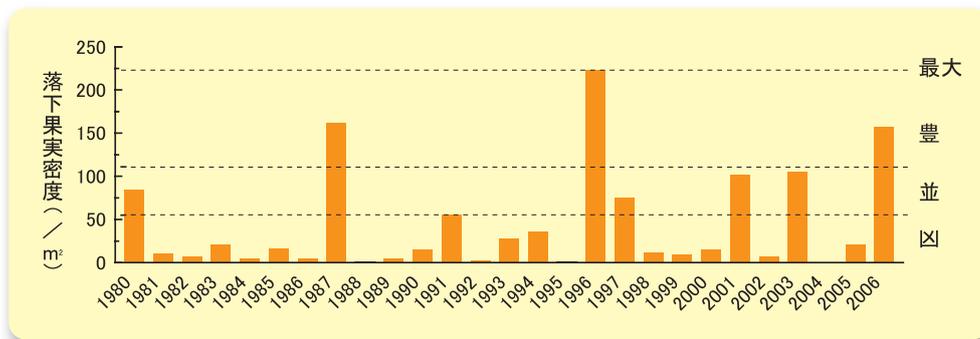


図 4 北上山地のミズナラ林の落下果実密度の年変化

⑦ 樹種ごとの係数

以上の 6 つのステップにより、樹木の結実度を診断することができます。結実密度の推定は、次の式を用いて行います。

$$\text{落下果実密度} = a \times \text{1 秒当たりカウント数}^b$$

という式を用います。この式中の a と b は樹種に固有の値で、主な樹種の値は表 1 のとおりです。

表 1 落下果実密度を推定するためのパラメータ

樹種	a	b
ミズナラ	150	0.58
コナラ	209	0.52
ブナ	50	0.60
クリ	29	0.66
ミズキ	40	0.60
ナナカマド	23	0.56



係数 a の値は、果実の見えにくい樹種ほど高くなります。ミズナラ、コナラなどは葉の付け根に果実がついているために、なかなか見えにくいものです。一方、値の小さいナナカマドやクリなどは、場合によっては双眼鏡を使わなくても房や果実を視認することができます。ブナも、クリほどではないですが果実を見つけやすい樹種であり、a の値は小さめです。

もしもこの表にない樹種をカウントする場合には、野外で果実の見えにくさを判断し、表 1 を参考に a の値を設定します。一方、b については、樹種による大きな差はなく、0.5 ~ 0.7 の範囲に収まっています。もしも未知の樹種に適用する場合には、0.6 を用いればよいでしょう。

(3) どの範囲から指標木を選ぶか

さて、実際に調査をする場合には、何本くらいの木を指標木に設定すべきなのでしょう。参考として、一つの例を紹介します。

図 5 は、結実が全体的によかった年に足尾山塊を囲む日光・足尾地域の約 430km² を対象に、ミズナラの豊凶をこの方法で診断した結果です。ここでは、最大値の 3/4 以上を大豊作としてあります。この調査では、域内 69 箇所 で 243 本を診断しました。ミズナラの他にコナラやクリなど 208 本を調べているので、合計では 84 箇所 で 451 本です。この調査に要した日数は、移動時間も含めて 4 チーム × 4 日間でした (1 チームは 2 人構成)。したがって、1 週間もかからずにこの地域の結実の概要を把握できました。

図 5 をみると、ミズナラの結実は 5 ~ 10km の範囲で空間的に同調していることがわかります。したがって、ミズナラの場合 5km 四方の各メッシュに 3 箇所以上、1 箇所につき対象木 3 本以上、というのが一つの目安といえます。現実的には人件費等の制約があるでしょう。そのような場合は、10km 四方の各メッシュに 3 箇所 (1 箇所につき 3 本) というのが目安です。

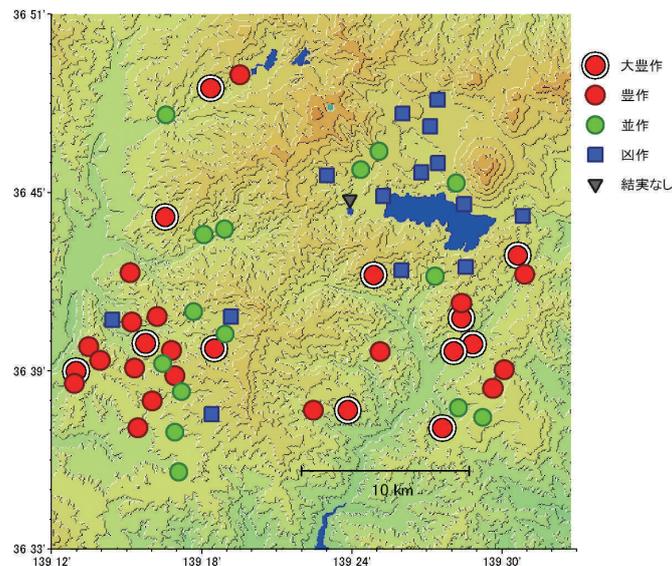


図 5 日光・足尾地域におけるミズナラ結実調査地点の例



この空間パターンは、樹種はもちろんのこと、地域によっても異なる可能性があります。実際には、調査を行いながら、妥当な調査箇所数や本数を調整していくことになります。

(4) どのような木を指標木として選ぶか

対象とする木のサイズですが、ナラ類、クリ類、ミズキ、サクラ類などは、胸の高さの直径（胸高直径）で 20cm 以上の木から選びます。ブナ、イヌブナの場合は胸高直径 30cm 以上の木から選びます。ここで示したサイズ以上であれば、これらの樹種は果実をつける生育段階にあります。

(5) 診断の際の注意点

立ち位置の選びかた

この方法では、対象木の樹冠をなるべく万遍なく眺める必要があります。真下から上を見上げてカウントすると、ほとんどの果実、房は葉層の上にあるので、きわめて数えにくく、かなり少なめにカウントしてしまうからです。そのため、樹冠の真下からのカウントは、できる限り避けます。

その結果、対象木は少なくとも樹冠の片側がよく見える林縁木や孤立木から選ぶことになります。閉鎖林分でも、果実がよくつくのは樹冠の上部（陽樹冠）であることから、林縁木から選ぶ方が妥当です。

実際の調査では、林道を移動しながらカウントしますから、林縁木・孤立木が対象になることでしょう。ただし、林道が沢筋に偏ると、コナラなど乾いた土地（乾性立地）に生育する樹種がなかなか見つからないこともあります。その場合は、作業道を登って、なるべく尾根から樹冠をすぐ見下ろせるような木を選ぶことで、対処します。もちろん、大枝の一部が折れていて、陽樹冠がよく見えるような場合は、真下からカウントすることも可能です。

個人差の補正

同じ木を見ても人によってカウント数が多少異なることがあります。試験的に 12 人によって、この方法でいろいろな樹種を測定してもらい、カウント数を比較しました。その結果、12 人のうち 2 人は他の人よりも少なめ（7 割程度）にカウントし、1 人は他の人よりもやや多め（1 割増程度）にカウントしている傾向のあることがわかりました。しかし、逆に言うと、12 人中 9 人（75%）は、ほとんど同じ精度でカウントができていたということです。この方法には個人差が少ないことを示す結果ですが、やはり誤差のもとには絶つ方がよいでしょう。

そこで、大人数で調査をするときには、調査員はペアを組み、毎日ペアの組み合わせを変えるようにします。そうすることで、各人の計測の「クセ」がみえてきます。いつも人よりも明らかに多め、少なめにカウントする測定者のデータは、集計から除くか、あるいは一定の値をかけて補正します。



2. ブナの結実にもとづく出沒予測

2-1. ブナの結実状況の観測にもとづく方法 —1年後の大量出沒を予測する—

東北地方の各県について「有害捕獲」により捕殺されるクマの数とブナの豊凶データを照らし合わせて解析してみたところ、ブナが豊作の年には捕獲数が少なく、凶作の年には捕獲数が多いことがわかりました（図6）。この地方では経験的に、ブナの豊凶が「出沒の指標」となりうるということです。このことは、ブナの豊凶が事前にわかれば、クマの人里域への出沒が多いか少ないか予測でき、多く出沒しそうなきには注意を促すことも可能です。

しかし、出沒が減少するだろうという予測は公表する必要はなく、また出沒増加が予測される年に必ず注意報を公表する必要はありません。なぜなら、出沒の増減に関わる要因はブナの豊凶だけではないため、予測が大きく外れてしまう危険があるからです。事前に行われた警報に間違いがあった場合、警報に対する信頼性が下がるので、間違いは避けなければなりません。そのため、大量出沒に絞って警報を発するのがよいでしょう。

ブナは大豊作の翌年に必ず大凶作になると言われています（図7）。そして、そのような大豊作の翌年の大凶作の年には人里への出沒がひときわ頻繁に起こる傾向があります。そこで、毎年ブナの結実量をモニタリングして大豊作の年を見つけます。その翌年が人里域への頻繁な出沒を警戒すべき年になります。

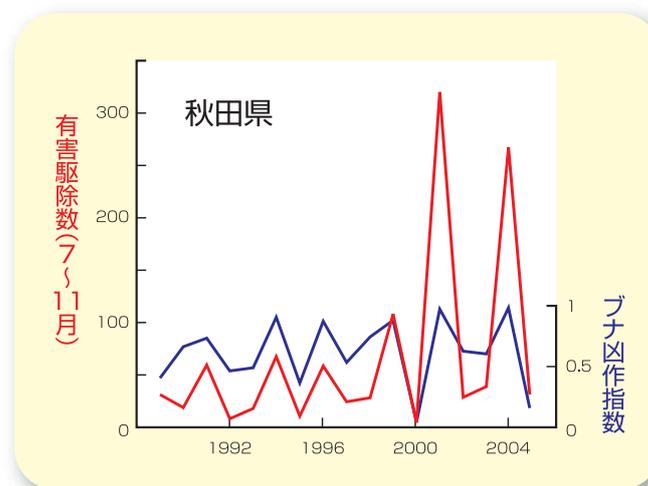


図6 秋田県における有害捕獲数とブナ凶作指数の関係
凶作指数：全調査地点の中で凶作、皆無と判断された地点の割合

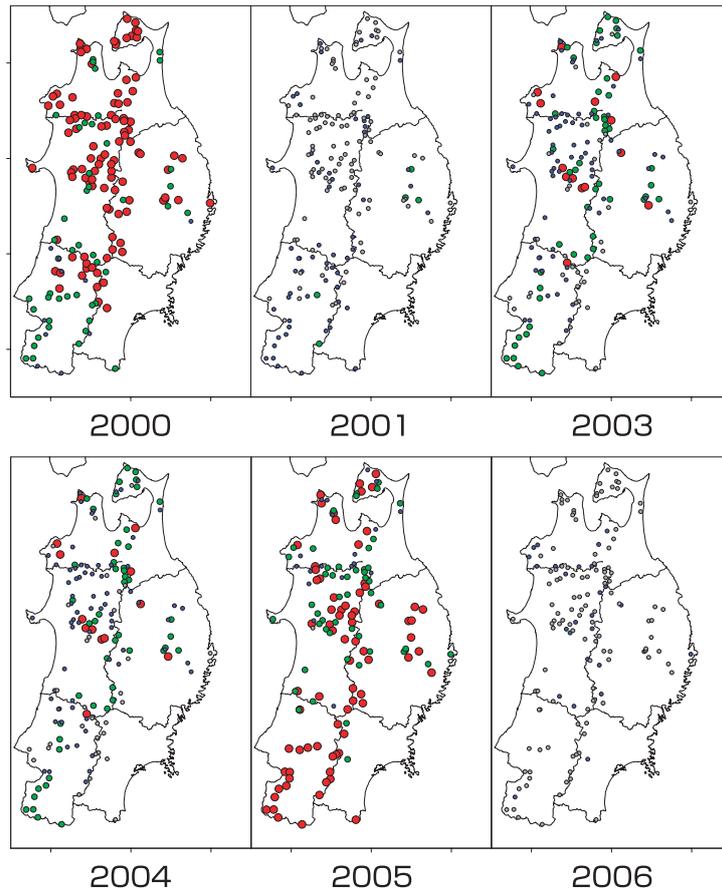


図7 東北地方のブナの結実度の年変化
 大豊作の翌年（2001年、2006年）には大凶作が起きている（森林総合研究所ブナ結実状況データベースより）

府県レベルでは、その地域のブナの豊凶レベルを判断する際に全域に広がった約30カ所のモニタリング地点が必要です。例えば岩手県では、東北森林管理局が行っている目視調査地点（24カ所）を補うように県内10カ所の測定地点を設け、ブナの結実量調査を行っています。こうして得た県独自のデータに東北森林管理局の目視調査結果を加味して県内のブナの豊作のレベルをモニターしています。

各調査地点では結実状況が目視調査され、豊作（ほとんどの木が結実）、並作（大径木を中心に約半数の木が結実）、凶作（わずかな木のみ結実）、皆無（無結実）の4段階に区分されて記録されます。さらに、これらの目視調査地点の空白地域を補うように県内10カ所に測定地点を設け、それぞれ10基ずつのシードトラップ（開口部0.5m²）を設置し、落下した堅果を回収して健全種子数を数え、過去の報告をもとにして健全種子数が200個/平方メートル程度以上であれば豊作、満たなければ凶作と判断します。

こうして得た目視調査結果、シードトラップの結果について、「凶作指数」を算定します。これは、全調査地点のうち結実量が凶作以下と判断された地点の割合で、目視調査地点については凶作、皆無と記録された地点、シードトラップ調査地点では凶作と判断された地点の数を全調査地点数で割って求めます。この値がほぼ0であるとき大豊作、1であるとき大凶作であると判断します。



2-2. ブナの結実予測にもとづく方法 — 2年後の大量出沒を予測する —

(1) ブナの豊凶が生じるメカニズム

ブナの花芽は開花の前年に準備されるので、当年の開花量は前年の気象条件によって左右されます。また、ブナの花も果実も高カロリーですから、豊作の年には樹体内の資源（炭水化物、窒素化合物、ミネラルなど）をかなり消費します。そのため、その翌年は開花しないことがほとんどです。したがって豊作が起きるためには、その前年が並作以下である必要があります。また、ブナが開花した年には花を食害する昆虫が増加します。したがって、開花量が多い年の翌年の花は、食害昆虫の密度が高いままであるので、高い率で食害を被ります。逆に、開花量が少ない年の翌年の花は食害のリスクが低く結実に至りやすいと考えられます。このように複雑な繁殖プロセスをモデル化することで、ブナの豊凶は予測可能になります。

ところで、開花をもたらす気象条件は地域によって異なることがわかってきました。北海道の渡島半島のブナでは、春先の気温が平年並み以下であるときに翌年に開花しやすいことが示されており（これを仮に「北海道型」と名付けます）、東北地方の大半のブナでは7～8月の気温が平年以上で推移すると翌年の開花量が増すことが示されています（これを仮に「東北型」と名付けます）。

東北でも津軽半島から秋田県の一部にかけては北海道型がみられますが、それ以外の地域が東北型になります。このように各地のブナの豊凶の特徴を知ることで、気温に基づいた予測が可能になります。残念ながら関東以南のブナ林については、どのような気象条件が翌年の開花のきっかけになっているのか、わかっていません。



ブナの花



(2) 東北地方におけるブナの豊凶予測のための理論

さて、以上のメカニズムを実際にモデルとして組み立ててみましょう。多少複雑ですが、東北型のブナについては、以下のような流れになります。

15～20km²のブナ林について結実を予測します。図8のフローチャートをご覧ください。私たちが予測したいのは「翌年のブナ結実度」であり、私たちが事前に知りうる情報は「前年のブナ結実度」、「前年の夏の気温」と「当年のブナ結実度」、「当年の夏の気温」です。

結実度については現地での観察データか、あるいは森林総合研究所のホームページ (<http://www.ffpri.affrc.go.jp/database.html>) から入手できます。また、気象データについては、現地の最寄りのアメダスのデータを用います。



図8 ブナの豊凶予測のためのモデル

①気象データの数値化

気象については、豊凶を予測したいブナ林の最寄りのアメダス観測地点における1990～1999年の日最高気温の平均値を求め、予測したい年の前年および当年の日最高気温からその平均値を引きます。多少滑らかにするために、日平均気温は前後5日を加味した移動平均とします。以下はその一例です。

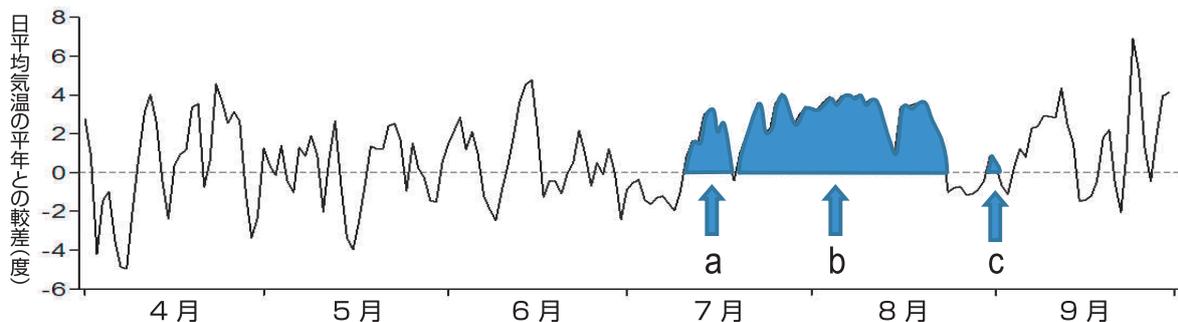


図9 あるアメダス観測地点での日平均気温の変化。点線は1990～1999年の日最高気温の平均値。塗りつぶした範囲がそれらの差の積算部分



図9をみると、7～8月にかけて平年よりも日最高気温が高めに推移した時期が3回(a、b、c)みられます。それらの面積を算出し(℃・日)、もっとも大きい面積を代表値とします。この例でいえば、bの面積を用います。

②結実度の数値化

次に、結実度を数値化します。観測データは、豊作、並作、凶作&無結実の3階級に区分するので、それに応じて結実度を0(結実なし)～1(潜在的に最大の結実量)に数値化します。具体的には図10に示すベータ分布とよばれる確率分布にしたがって乱数を何回も発生させ、平均することで数値化します。

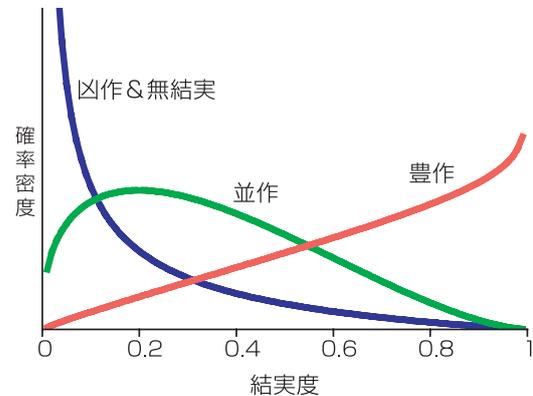


図10 各結実階級に対応する結実度の確率分布

③数式への代入

こうして数値化した夏の気象(t)と結実度(m)を次の式にあてはめて、0(開花なし)～1(散在的に最大の開花量)の値をとる開花度(F)を予測します。なお、36.4と30.8は東北全体のtの平均値と標準偏差です。

$$\begin{aligned}t_0 &= (t - 36.4) / 30.8 \\f &= a \times t_0 \times (1 - m^p) \\F &= e^f / (e^f + 1)\end{aligned}$$

こうして、当年の開花度 F_1 および翌年の開花度 F_2 がそれぞれ推定されれば、翌年の結実度(M)は次の式によって予測推定されます。

$$M = F_2 \times (1 - F_1^q)$$

④統計モデルを駆使したプログラミング

このモデルで実際に予測するには、上述の結実度のほかにも、パラメータa、p、qも乱数によって何通りも与えます。というのも、a、p、qは地域ごとに値が異なり、しかも年によってもばらつくからです(目安としては、a、p、qはそれぞれ3.9、0.8、0.7程度です)。



(3) 東北地方における予測の例

過去のデータとこのモデルから、1991～2008年の結実予測を試みた例を紹介します。1989年からブナの結実が観測されているので、1991年以降を予測しています（図11）。左は東北地方の比較的北部にあるブナ林、右は比較的南部に位置するブナ林です。上が予測結果で、赤の丸は豊作となる確率、緑の丸は並作以上になる確率です。図中の水平破線は豊作と並作、並作と凶作の境目を表しています。下は実際の結実の観測結果で、赤線が豊作、緑線が並作を示しています。

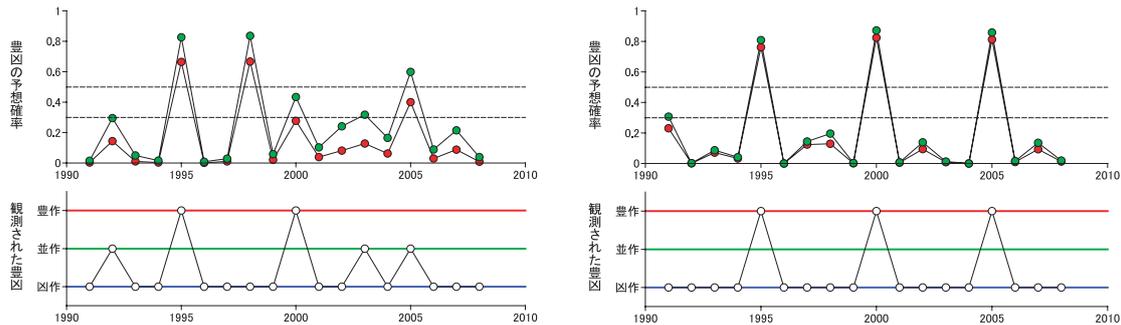


図11 東北北部（左）と南部（右）における結実予測と観測結果の比較

図11から、かなりの精度（特に南部のブナ林）で豊凶を予測できることがわかります。しかしながら、北部のブナ林においては、1998年に80%の確率で並作以上と予測されましたが、実際には凶作となりました。したがって、予測では起きにくいはずであった凶作年（発生確率20%）が実現してしまいました。この予測モデルは、あくまで「確率」として豊凶を予測します。天気予報が完全にあたらぬと同様、豊凶も完全には予測できません。しかし、毎年のデータが増えれば、モデルを改良し予測の精度を高めることができます。

(4) クマの出没予測

このモデルで1年後の豊凶を予測するわけですが、その結果、豊作の確率が高ければ、その翌年は凶作で多くのクマが出没する可能性が高いことになります。このような情報があれば予算措置や体制を整備するなど対策の準備ができます。しかし、そのような準備を進める一方で、1年後の実際の豊凶がどうなるか必ず確かめてください。その結果、実際に豊作であれば、その翌年は出没の可能性が高く、前述の岩手県の例のように注意報を発令するなど次の対応を進めます。

(5) 今後の課題

このモデルを使ってブナの豊凶予測を行うには、統計学の知識やコンピュータプログラミングの技術が必要です。そのため、森林総合研究所では現在、この予測モデルをコンピュータ上のソフトウェアとして開発することを検討しています。このモデルについてさらに詳しく知りたい方は、森林総合研究所群落動態研究室の正木隆までご相談ください。



🌲 IV. 出沒危険地域の予測 🌲

1. クマ出沒マップ

ツキノワグマの出沒による被害を軽減する方法の一つとして、クマ出沒マップの作成が有効です。この地図は、出沒地点など出沒情報を、地図上あるいは航空写真上に図化したものです。地図の作成により出沒が頻繁な地域、あるいは頻繁な出沒が予想される地域を特定し、地域の住民に警戒を促したり、クマの出沒を助長している要因を特定し、それを除去するなど出沒防止に役立てることが出来ます。

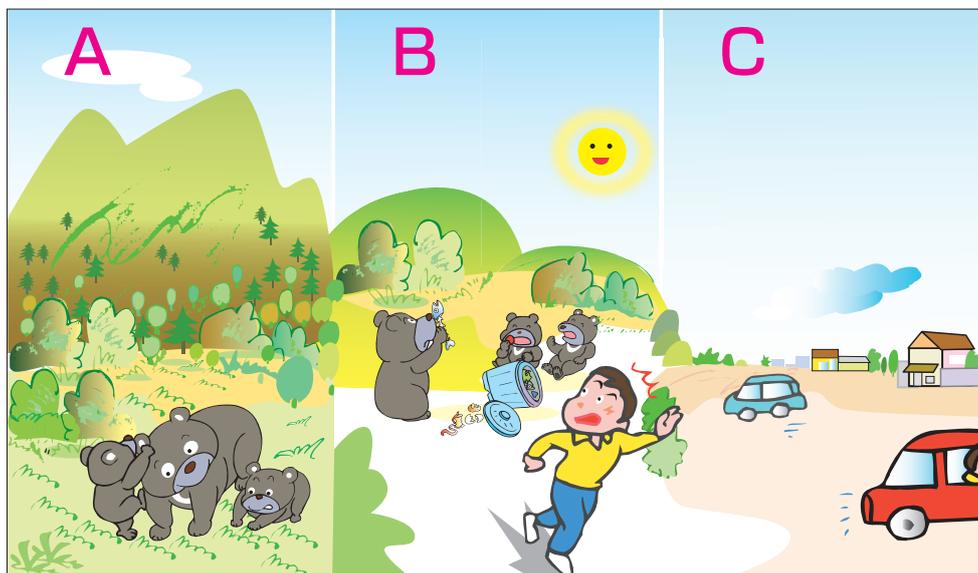
この章では、自治体の担当者を利用者として想定し、目的にかなった出沒マップを無料の簡易 GIS（地理情報システム）を用いて作成する方法を解説します。

2. 出沒マップ作成の考え方

対象地域

出沒マップが対象とする地域は、クマが本来の生息地として恒常的に生息する地域以外です。環境省自然環境局が作成したクマ類出沒対応マニュアル（環境省自然環境局、2007）では、出沒対応の必要性和緊急性からクマ類の生息地を3区分し、この区分に応じた適切な対応を求めています。

3区分とは恒常的生息地（Aゾーン）、恒常的生息地と生息地外の境界部（Bゾーン）、集落、市街地（Cゾーン）です。まず、Aゾーンでは定住者がほとんどいないので、常習的に人身被害を起こすクマがいる場合と死亡事故など重大事故が発生した場合以外は、緊急の対応は不要です。ただし、登山道などへの頻繁な出沒に対しては、入山者へ注意を喚起する必要があります。Bゾーンでは、森林、農地、養魚場、小集落、宿泊施設が点在する里地里山であり、緊急対応は必要ですが、事故の起きる危険性が低いと判断されれば、静観、追い払いが選択肢となる地域です。Cゾーンは定住者が多く、恒常的に人間が活動している地域で、捕獲、追い払いなど緊急対応が必要な地域です。





考え方

大量出沒時には、Bゾーンはもちろん、Cゾーンの思いがけない場所にツキノワグマが姿を現します。しかし、クマがある場所に出沒するのは、何らかの理由があるからです。多くの場合、食物と身を隠す被覆の存在で説明が可能です。

それは、ツキノワグマが森林を本来の生息地とする動物だからです。森林はツキノワグマに食物を供給する源、越冬の場所であるとともに、木々や林床の茂みは、人間などの外敵から身を隠す被覆としての機能があります。ツキノワグマの出沒とは、人間の居住地や農地にツキノワグマが食物を求めて姿を現すことですが、ツキノワグマが森林という安住の場所を離れて、危険な人間の生活圏に入り込むのはよほどのことです。このような場合であっても、身を隠す被覆と食物という要素はツキノワグマの行動に影響を与え、出沒する場所を限定的にしていると考えられます。

例えば、これまでの大量出沒では、クマの恒常的な生息地から十数キロメートルも離れた場所に出沒したことが記録されていますが、人目につきにくい河川敷、河畔林などが移動経路として使われ、出沒したと考えられています。

データ収集

クマの出沒情報として出沒マップに掲載するのは、住民などから市町村役場、警察署に届けられた目撃、捕獲、被害の情報です。情報は、決められた様式の紙に書かれたものを集約するのが一般的ですが、福井県では WebGIS を使って、市町村の持つ情報を集約しています。WebGIS とは、インターネットにつながったパソコンがあれば、だれでも、いつでも、どこでも共通の GIS を利用することができるシステムです。市町村の担当は、地図上に直接クマに関する情報を入力し、県ではそれを整理、統合、分析し、市町村にフィードバックしたり、公開したりします。

情報としては、情報の種類（目撃、痕跡、捕獲、被害、人身事故など）、位置（地図上の位置、緯度経度、住所）、年月日、天候、クマの特徴（成獣*頭、母グマと幼獣*頭、亜成獣*頭など）、クマの移動方向、出沒場所の環境（住宅の庭、住宅地公道、畑など）、人家からの距離、考える誘引物（カキの木、クリの木、リンゴの廃果、コンポスト、コメヌカなど）などが挙げられます。

活用法

出沒マップは、自治体のホームページ、公民館・集会所の掲示板、回覧板、広報紙を利用して公開します。

出沒マップの活用によって、人里の環境をクマが出沒しにくいように整備することもできます。出沒地点の分布と移動経路や誘因として疑わしいものの分布の関係から、それらが確かに誘因であり、移動経路であることを判定できます。このことによって、警戒すべき地域、管理すべき環境条件を確実に示し、対策をとることができます。誘因物や移動経路を出沒の実際と共に示すことで、誘因やそれが存在する土地、移動経路の所有者にそれらの管理の必要性について効果的に説得ができるという利点もあります。



3. 出沒マップの作成

3-1. 作成の前に

無料 GIS と、出沒情報を用いて出沒危険地域を示し、出沒を助長している要因を分析するための地図作成方法について紹介します。解析に必要な用語について簡単に説明しますが、詳しくはインターネットや本などの情報を参照して下さい。



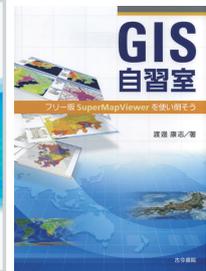
簡単な空間解析（バッファ作成やオーバーレイ解析など）ができること、座標データからポイントデータが作成できるといった理由で、下記のソフトを使用した事例を紹介します。

ソフト

SuperMapView2008（以後、SM）

日本スーパーマップ株式会社

<http://supermap.jp/> ←このサイトから SM をダウンロードして下さい。



詳しい操作法についてはダウンロードマニュアル「SuperMap デスクトップ製品

SuperMap Deskpro 2008/SuperMap Express 2008/SuperMap Viewer 2008 ガイドブック」（pdf 形式）または、「GIS 自習室 フリー版 SuperMapView を使い倒そう」古今書院 ¥3,150 を参照して下さい。

※ SuperMap および SuperMap Viewer2008 は、日本スーパーマップ株式会社および SuperMap Software Co., Ltd. の登録商標または商標です。

※記載されている会社名、製品名、プログラム名などは、一般に各社の商標または登録商標です。

※ SuperMapView は比較的短い期間でマイナーバージョンアップをしているようです。ここで紹介している画面写真と入手したソフトの画面は多少異なる場合があります。

※ Microsoft Corporation のガイドラインに従って画面写真を利用しています。

データ

- ・ ツキノワグマ出沒情報（自作）（番号、出沒年月日、出沒位置（X,Y）、出沒の種類、クマについての情報、出沒場所の特徴など）
- ・ 国土数値情報 森林地域データ <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>（無料）
- ・ 数値地形図 25000（地図画像）オンライン提供 http://net.jmc.or.jp/digital_data_gsi/ol_ima25000.html（有料）

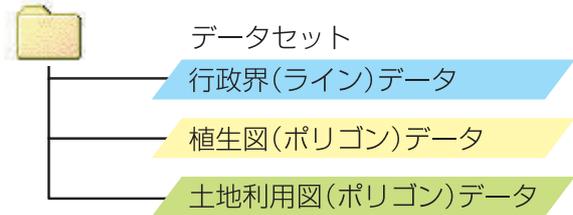
※ここで取り扱うデータは、そのデータを公開している機関の著作物です。利用する場合はそれぞれの利用規約に従ってください。



SM の GIS データについて

SM では、GIS データをデータセットと呼び、データソースというファイルに収納して管理します。データセットは、ポイント、ライン、ポリゴンなどの GIS データのことです。データソースは様々な種類のデータセット（ポイント、ライン、ポリゴンなど）の集まりです。データソース内には 1 個以上のデータセットとデータセットがどのような座標系に投影されたものかについての情報が含まれます。1 つのデータソース内に含まれている複数のデータセットは、すべてデータソースに設定されている座標系と同じ座標系をもつ GIS データとして解釈されます。

データソース：座標付フォルダ



用語

- **図形情報**：地図上でポイント（点）、ライン（線）、ポリゴン（面）などの形と位置（座標）の情報をもったデータです。出没地点、1 本毎のカキの木、コンポストの位置がポイントとして、道路や河川などがラインとして取り扱われます。行政界、一筆の農地、森林の広がりなど線で囲って作られた面の情報がポリゴンになります。
- **属性値情報（属性データ）**：図形情報の性質や特徴などを文字や数値により表現したものです。例えば、行政界ポリゴンの属性としては、県名、市町村名、面積、人口などがあります。GIS 上で、指定した属性をもった図形情報の表示、その属性を利用した様々な分析ができます。
- **座標系（地図投影法）**：土地は、地球という球体の上にあるので、それを地図という平面上に移しかえる（投影）には、特殊な方法が必要です。その方法（地図投影法、座標系）にはいくつかあります。日本周辺データでよく利用されているものは、緯度経度座標系：JGD2000、WGS84、TOKYO DATUM、平面直角座標系：日本平面直角座標系 JGD2000 及び TOKYO、UTM です。地理情報が、球体から平面上に移し替えられた時に、それぞれの方法によって一定のゆがみが生じます。従って、一つの解析で扱うデータは同じ地図投影法（座標系）によって表示されている必要があります。以下に示す例では、標準的に用いられる緯度経度座標系 JGD2000 を使用します。
- **インポート**：他のアプリケーションで作成された図形や属性情報を GIS ソフトの中に取り込む作業のことです。
- **10 進法の緯度経度**：通常は 60 進法で記述されている緯度・経度を 10 進法で表したものです。例えば、 $139^{\circ} 45' 35.187''$ を 10 進法へ変換するには、 $139 + 45 \div 60 + 35.187 \div 60 \div 60$ という計算をします。インターネット上には多くの変換プログラムがありますので利用するとよいでしょう。



3-2. 出没情報を視覚化する

出没情報の内容を視覚化することで、情報の共有、出没傾向（多い場所、少ない場所）の把握に役立てることができます。

出没情報の視覚化までの基本的な操作は、①出没情報の作成、②データソースを開く（GIS データを含むフォルダを作成し、座標系を設定する）、③出没情報のインポート、④ポイントデータへの変換、⑤背景図（地形図、空中写真など）の取り込み、⑥主題図の作成（視覚的にわかりやすい出没危険地域マップに仕上げる）こととなります。



① 出没情報の作成

SM ではエクセルのポイント位置の表からポイントデータを作ることができます。ただし、エクセル形式のデータは直接インポートできないので、出没情報を作成後、一度 dbf 形式で保存します（仮にファイル名は出没点 2004.dbf とします）。また、エクセルで出没情報を作成する時には、出没位置の場所を表す X、Y 座標（10 進法の緯度経度）を示す項目を必ず作成して下さい。この情報を使って、ポイントデータを作成します。

ID	X	Y	年月日	クマ情報	人家からの距離(m)	天候	クマについて
1	137.3541593	36.6367551	20041004	目撃	1,500	晴れ	母子連れ
2	137.3522467	36.6354569	20041014	目撃	50	晴れ	成獣1頭
3	137.3540858	36.6366540	20041025	目撃	100	雨	成獣1頭
4	137.3542244	36.6366055	20041028	目撃	50	晴れ	成獣1頭
5	137.3409691	36.6362770	20041028	目撃	50	晴れ	成獣1頭
6	137.3422554	36.6271975	20040705	人身被害	150	晴れ	成獣1頭
7	137.3460145	36.6237451	20040704	目撃	1100	晴れ	成獣1頭
8	137.3409709	36.6367014	20040924	目撃	100	晴れ	成獣1頭

※エクセル 2007 では dbf 形式のファイルは開くことはできますが、保存はできません（エクセル 2003 では可能）。SM はアクセス（Access）の mdb ファイル形式も利用できます。

※ 出没位置の XY 座標の取得方法について

現場で①GPSで緯度経度を記録する方法②国土地理院の地図検索サービス（ウォッチず）などの地図画面を表示し、地域の地図でマウスをクリックした時に表示される緯度経度をコピーして使うなどの方法があります。

② データソースを開く

SM を起動します。初めて起動すると、[クイックスタートウィザード（ワークスペース）] ウィンドウが開きます。ワークスペースの新規作成を選択して[次へ]を選択すると、[シンボルライブラリ]が開くので、[次へ]を選択します。[データソース]が開くので、「新規データソースを作成する」を選び、[次へ]を選択します。「新規データソース」ウィンドウが開くので、保存する場所とデータソースファイル名を入力します（例えば、map1 と名前をつけておく）。「新規データソース」ウィンドウで[投影作成]ボタンを押すと、「座標系の設定」ウィンドウが開くので、「緯度/経度座標系」を選び、地理座標系項目の選択リストから「JGD2000」を選び、[完了]ボタンを押します。「新規データソース」ウィンドウで[保存]ボタンを押します。



※ GIS データ（データセット）をインポートする場合、そのデータの座標系に設定されたデータソースが開かれている必要があります。インポートした GIS データとデータソースの座標系が異なる場合、誤った位置に表示されてしまいます。そのため、GIS データをデータソースにインポートする際には、座標系を一致させておく必要があります。

③ 出没情報のインポート

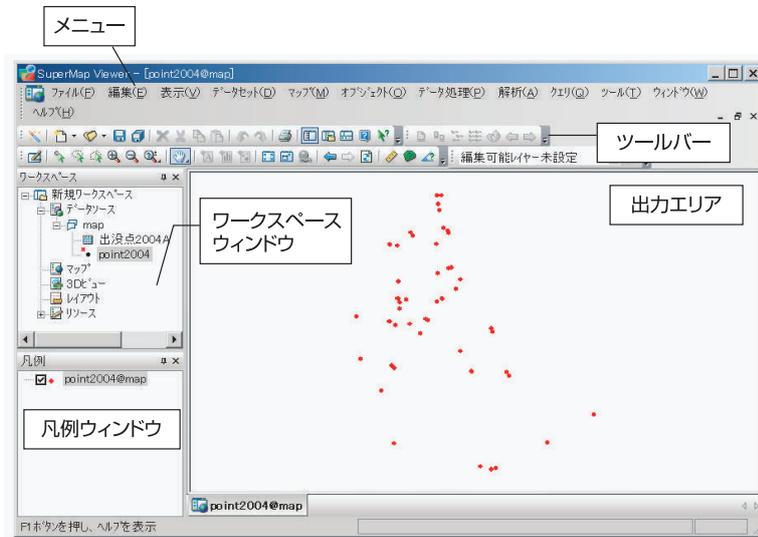
ワークスペースにあるデータソース map1 を右クリックし、「データセットのインポート」を選びます。[ファイル追加]を押すと「ファイルを開く」が出てくるので、ファイルの種類に dbf データベースファイル (*.dbf) を選び、①で作成した出没点 2004.dbf を選び、[インポート]します。ワークスペースに属性データセット出没点 2004 ができます。

④ 属性データセットからポイントデータセットへの変換

インポートした属性データセット出没点 2004 の位置座標のフィールド X、Y からポイントデータを作成します。メニューから「データ処理」／「タイプ変換」／「属性データをポイントデータセットに変換」を選ぶと、「属性データからポイントデータセットに変換」ウィンドウが開きます。使用する属性データセット（出没点 2004）を選びます。生成したポイントオブジェクトをしまうデータセットの名を入力します（仮に、point2004 とします）。ポイントの X、Y 座標が記入されているフィールド名を選び、[生成]ボタンを押します。



作成されたポイントデータセット point2004 をダブルクリックまたは出力エリアにドラッグして表示し、確認します。

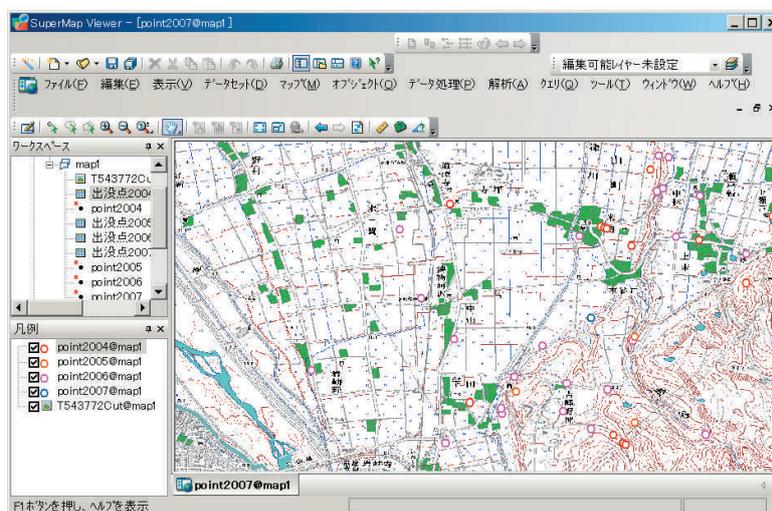


①→③→④の動作を繰り返し、複数年の出没情報をマップ表示します。

⑤背景図の取り込み

出没情報を地図上に表示しただけでは、どんな場所に出没しているのかわからないので、出没情報とあわせて背景図（地形図や空中写真など）を表示します。ここでは数値地図 25000（地図画像）を表示しています。数値地図 25000（地図画像）のインポートと表示には、少し高度な事前準備が必要なので、詳しくは参考文献「GIS 自習室 フリー版 SuperMapView を使い倒そう」または、<http://gis-okinawa.sakura.ne.jp/watchizu/index.html> を参照して下さい。

※ 安価な正射投影のデジタル空中写真（日本地図センター）や数値地図 25000（空間データ基盤）（日本地図センター）等もありますので、目的に応じて適切な背景図を重ねるとよいでしょう。





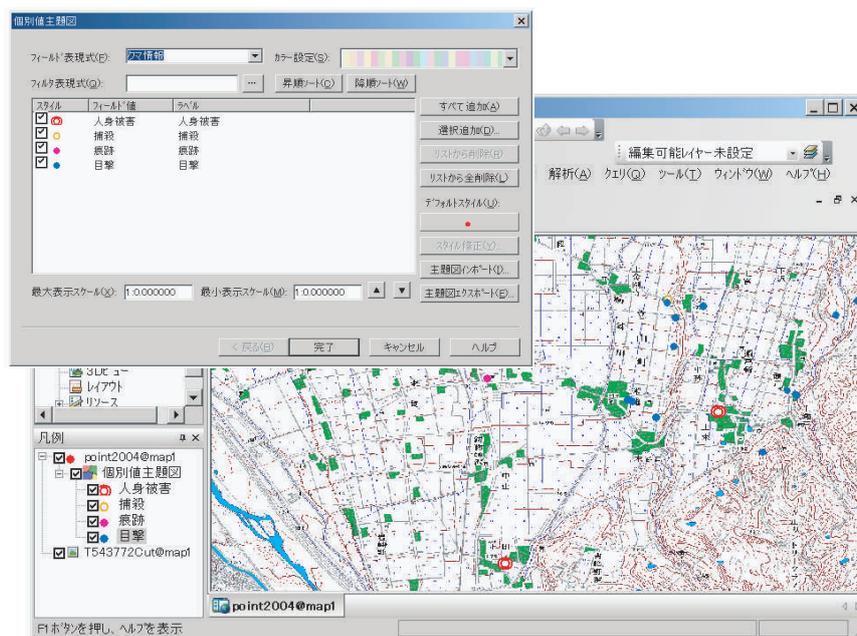
⑥ポイントデータ情報による主題図（色別図）の作成

ポイントデータがもっている属性情報を視覚化します。出没地点、農地・森林などデータセットのもつ情報を様々な条件で分類し、色別やシンボル（記号）別に表現することで、空間分布を視覚的に把握することができます。

①～④で作成した point2004 を使って主題図を作成してみましょう。point2004 はポイントデータセットで、エクセルで作成したクマ情報の項目に、情報の種類、目撃・捕獲等が記載されています。ここでは、クマ情報別に色別地図を設定します。

凡例ウィンドウ内の対象データを右クリックし、「主題図ウィザード」を起動して、「主題図タイプ」で「個別値主題図」を選びます。

[個別値主題図]ウィンドウが開きます。「フィールド表現式」で主題図を作成するフィールドとしてクマ情報を選択します。[すべて追加]ボタンを押すと、主題図作成のための「スタイル」、「フィールド」、「ラベル」の一覧が表示されます。スタイルの各シンボルを選択し、[スタイルの修正]ボタンを押すと、「シンボル選択」ウィンドウが開くので、ここで色、サイズ、シンボル等を変更します。ラベルを変更する場合は、「ラベル」をダブルクリックして、文字等を入力します。[完了]ボタンを押すと主題図ができます。



出没情報を視覚化した結果から出没危険地域を考える際には、出没の多い、少ないに加えて、クマの生息地と人の利用域との位置関係（昔から出没した地域か、初めて出没した地域か）など、地域の状況を踏まえた総合的な判断が大切です。



3-3. 森林との距離を利用して危険地域マップ(バッファ)を作る

一般に、クマの生息地である森林からの距離が近いほど出没がよく起こります。実際に出没が記録されていない場所でも、森林に近いところは出没の可能性が高いと考えられるので森林から一定の距離の空間(バッファ)を表示させ、危険地域マップを作ることができます。



事前準備

国土数値情報ダウンロードサービスから、森林地域データ(緯度経度系 JGD2000)をダウンロード・解凍して、SM で使えるデータ形式に変換します(変換方法、変換ソフトは国土数値情報のページにあります)。

※バッファを作成する距離はメートル単位で設定するので、データセットは平面直角座標系に設定すると便利です。緯度経度座標系の場合は、数値が度単位となり理解しにくくなってしまいます。

SM では、データセットの内の指定したデータから、一定距離の範囲を示すバッファを作成することができます。ここでは 3-2 で作成した出没情報と新たに森林地域データを用います。地域によって異なりますが、3-2 で示した地域では、森林と出没地点との距離の関係から、出没の多い年は森林から 400 m 程度、少ない年は 200 m 程度離れた場所までの出没がよく起こることがわかっています。これらの範囲に該当する地域は実際に出没が記録されていない場所でも、今後出没の可能性が高いと考えられるので、この 2 つの値を用いて、バッファを作成します。

操作手順は、① 3-2 で作成したデータソース map1(緯度経度座標系 JGD2000)を開く、②森林地域データ(例えば、Forest と名前をつける)をインポートする、③データソース map11(平面直角座標系 VII 系)を開く、④データセットの投影変換、⑤バッファの作成、です。①~②の操作方法は 3-2 ですすでに示していますので、③から具体的に示します。

③データソース map11 を開く

ワークスペースウインドウのデータソース上で右クリックし、「新規データソース」を選択し、保存する場所とファイル名を指定します(例えば、map11 とします)。ボタンを押し、「座標系の設定」ウインドウで、「投影座標系」を選び、を押します。メインカテゴリから「Japan Coordinate Systems」を、サブカテゴリからゾーンナンバー「Japan Plate Carree JGD2000 Zone VII」を選択します。ボタンを押すと、「新規のデータソース」ウインドウに戻るので、ボタンを押します。

※日本国内のある地域が属するゾーンは SM マニュアルや国土地理院 HP 等で調べられます。各地域に適した系を選んでください。



④ データセットの投影変換

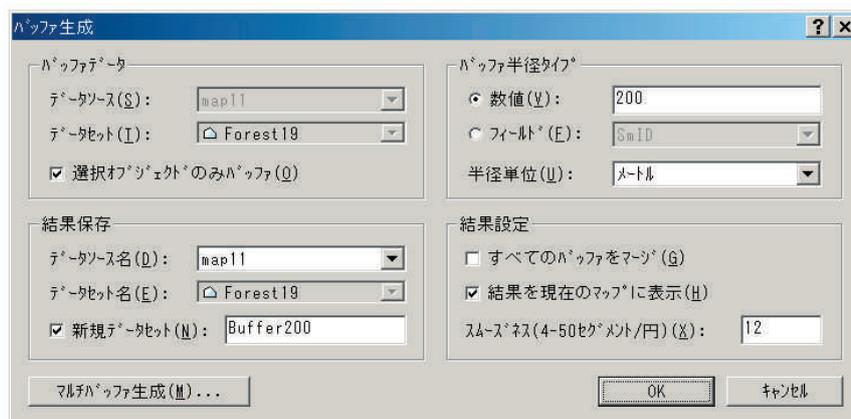
map1（緯度経度座標系 JGD2000）にある Forest と point2004 を投影変換して、map11（平面直角座標系 VII 系）に保存します。2つのデータソースを開いた状態で、メニューから「データ処理」／「投影変換」／「データセット投影変換」を選びます。「データセット投影変換」ウィンドウが開くので、変換元のデータセット（データソース map1 の Forest）と変換後データセットを保存するデータソース（map11）およびデータセット名（例えば、Forest19）を設定します。同様にして、point2004 も投影変換をします。作成した2つのデータを出力エリアに表示します。

※出力エリアへの表示がうまくいかない場合は、メニューの「マップ」／「マップ表示」／「全体表示」を押してみてください。

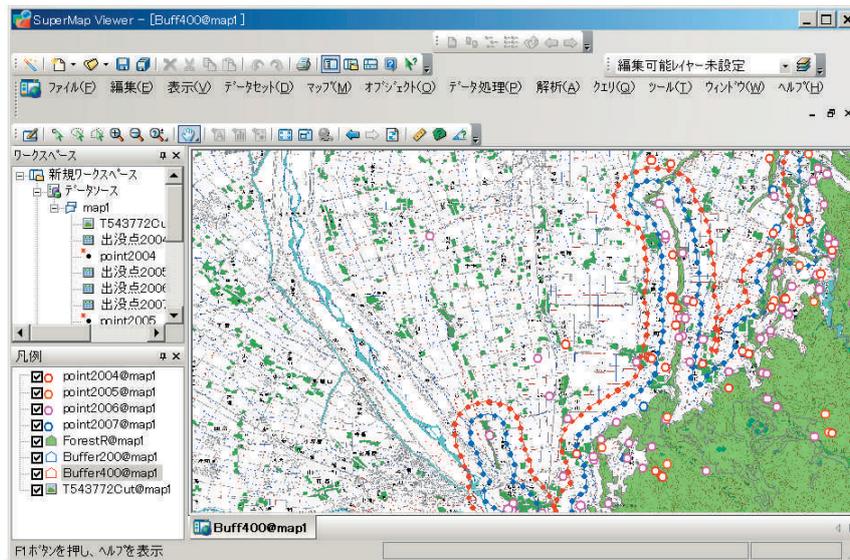
⑤ バッファの作成

データソース map11（平面直角座標系 VII 系）のデータセット Forest19 から、任意のポリゴンに対してバッファを作成します。

ツールバーの「選択ボタン (📍)」を選択し、任意のポリゴンを選び、右クリックして「オブジェクトバッファ生成」を選びます。「バッファ生成」ウィンドウが開きます。数値には作成するバッファの距離とその単位を入力します。円のスムーズネスはバッファの滑らかさを表し、数値が大きいほど滑らかになります。結果を保存するデータセット名を入力します。



[OK]ボタンを押すと、データセット Buffer200 ができます。さらに、バッファ半径に 400m 用いて、Buffer400 を作成し、出没の多い年の警戒範囲と少ない年の警戒範囲、2つの地図を作成することができます（事例では、結果をわかりやすく表示するため、背景図として数値地図 25000 も示しています）。



※危険地域を表す方法は他にも、森林と全ての出没地点との間の距離を計り、その平均値+標準偏差を用いる方法、または、森林から出没地点の最大距離を使用するなど考えられます。地域の特性や出没環境に応じて、適した方法を考案して下さい。

4. 出没助長因子の解析

ここでは、出没情報と様々な環境情報を重ねて、出没助長要因、あるいは、クマの移動の障害になっており、出没を抑制している因子を推定する例を紹介します。「3. 出没マップの作成」によって、出没情報が GIS データセットとして作成されていることを前提としています。

4-1. 出没情報と環境情報を重ねてわかること

出没情報と様々な環境情報を重ねることで、出没地点が何か特定の場所に多く集まっているかなどパターンを見つけます。このパターンは、クマを誘い込んでいる因子やどのような経路を利用しているのかなど、推定する手助けになります。

事前準備

自然環境情報 GIS 植生情報をダウンロード・解凍する。
<http://www.biodic.go.jp/trialSystem/top.html> (無料)



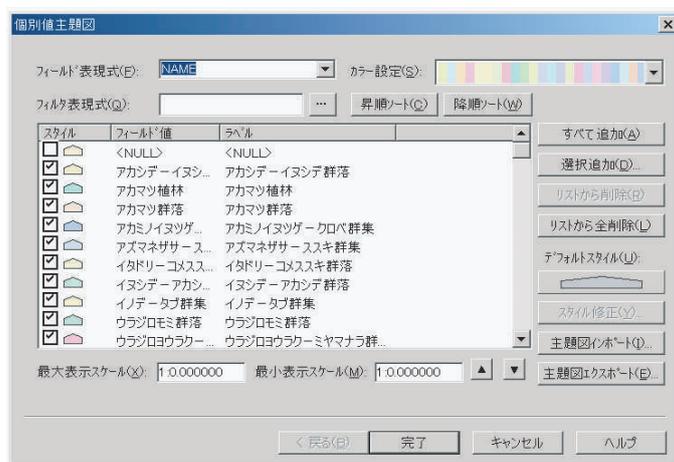
操作手順は、①データソース（例えば、map2 緯度経度座標系 JGD2000）を開く、②データセットのインポート、③主題図の作成、④重ね合わせ表示、です。以下、②から説明します。

②データセットのインポート

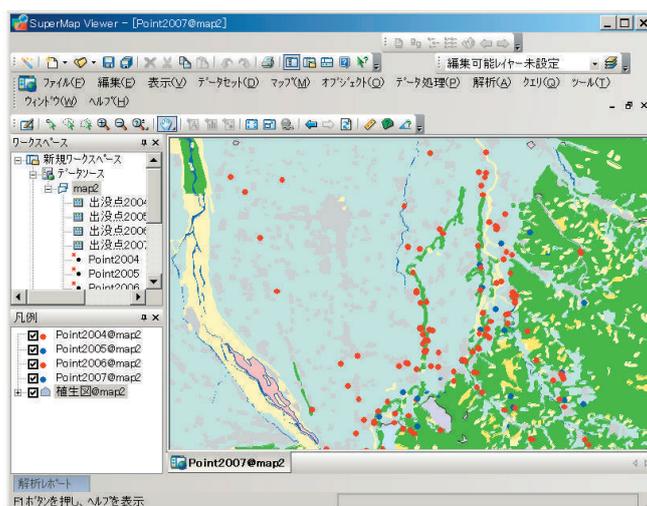
出没情報と植生図をインポートして、植生図をマップ表示します。

③主題図の作成

植生図に対して主題図を作成します。凡例ウィンドウ内の植生図を右クリックして「主題図作成ウィザード」を選び、「主題図タイプの選択」ウィンドウから「個別値主題図」を選んで、NAME のフィールドを使って主題図を作ります。詳しくは「3. 出没マップの作成」の 3-2 を参考して下さい。



④重ね合わせ表示： 出没情報をマップ表示して、植生図に重ねます。



植生タイプ

■ 森林 ■ 水田 ■ 市街地 ■ 河川、用水路など ■ ススキ、ヨシなど

出没地点

● 出没の多い年(2年分) ● 出没の少ない年(2年分)



図は北陸地方のある地域での目撃や痕跡によるクマの出没情報と植生図を重ね合わせた図です。出没の多い年は、通常の生息域である森林地域から連続して水田地帯へ伸びる回廊状の森林の周囲にたくさん出没しています。また、河川沿いのススキやヨシなどの植生に沿っても、出没しています。さらに、通常の生息地である森林からより離れた場所まで出没していることがわかります。



※植生タイプ図は「環境省生物多様性センター」運営の「生物多様性情報システム」の情報を用いて作成しています。また、出没情報は立山町役場および富山クマ緊急調査グループのご協力を得て収集しました。

4-2. 誘因情報を追加することでわかること

既存の GIS データを使用するだけでなく、オリジナルの情報を作成・追加することによって、危険地域を示すことが可能です。例えば、蜂の巣やカキの木、畜舎の餌など、クマ出没の誘因となるものを推定し、GIS 情報に変換して出没情報と重ねることで、より確実に危険地域を推定することができます。ここでは、クマの誘因としてカキの木を想定します。

※誘因としては放置果樹、廃棄農作物、家庭ゴミ、農作物、家畜やペットの餌、養蜂巣箱等が考えられます。

事前準備：

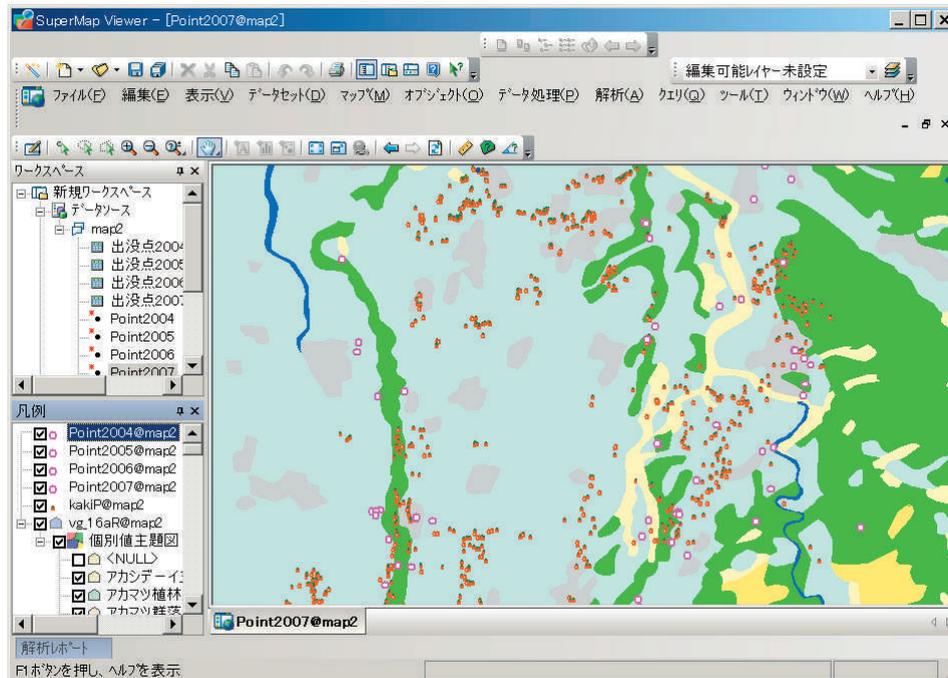
- ・カキの木の位置を GPS で取得し、GPS からパソコンへエクスポートする。
 - ・GPS データの位置情報 X、Y 座標を 10 進法の緯度経度の DBF 形式で整理・保存する。
- ※ GPS 情報のエクスポートする方法については、参考文献「GIS 自習室 フリー版 Super MapViewer を使い倒そう」にも記載があります。また、GPS のマニュアルやインターネット上の情報を利用してもよいでしょう。

① 柿木位置情報のインポート

カキの木の位置情報をデータソース map2 に属性データセットとしてインポートし、ポイントデータ（例えば、kaki）へ変換します。

② 出没情報等との重ね合わせ

出没情報と kaki をマップとして表示します。また、家屋との位置関係を知りたいため、4-1 で使用した植生図もマップ表示します。



植生タイプ

- 森林
- 水田
- 市街地
- 河川、用水路など
- ススキ、ヨシなど
- 出没場所
- カキの木

出没場所とカキの木の位置情報、そして植生情報を重ねることで、出没地点とカキの木の位置、市街地の関係がはっきりわかります。誘因の1つとしてカキの木が考えられるならば、山際に近い場所から対処していくなど、被害対策を立てる際に役立ちます。

ここで示した例は、たくさんある誘因の中の1事例に過ぎません。地域によって誘因は異なり、それぞれの特性がありますので、実際に、現場の知識をどうやってGISの分析に反映できるか、試行が必要です。

なお、やや高度な分析になりますが、資料4)に、被害農地の持つ特徴をもとに、各農地での被害を確率的に予測した事例を紹介します。



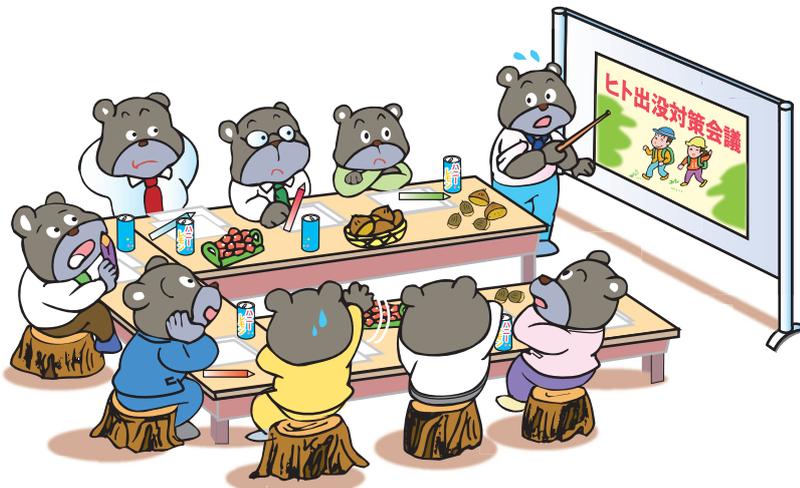
5. 出没マップ活用上の注意・配慮事項

出没マップにも限界があります。目撃情報については、地域によってクマの出没に対する人々の反応に違いがあることに注意しなければなりません。平常年でもクマが比較的よく出没する地域がありますが、これらの地域の人々は、クマの出没を特別なことだと考えずに、役場や警察などへの通報をしない傾向があります。また、出没が報道されて大騒ぎになると感心が高まるとともに住民も注意深くなって、目撃やその通報も多くなります。このように目撃情報は実際の出没状況とは異なっている場合があります。

また、クマは、森林中では、通常、昼間に行動する傾向がありますが、人間の居住地、農地へ侵入する時間帯は朝夕の薄暮の時期から夜間にかけて多い傾向があります。クマは人間の居住地、農地をそれだけ危険地帯と感じているのです。夜間に行動すれば人目を避けるためには茂みなどの被覆はあまり関係ないわけですが、それでもクマは茂みや河川敷きを移動経路に使う傾向があります。しかし、昼に行動する場合よりも大胆になり、被覆に覆われた人目につかない移動経路を離れる場合があることにも注意が必要です。さらに、クマが人間や犬などに驚かされ、パニックになった場合には、予想もつかない場所で行動することにも注意しなければなりません。

さらに、出没危険地域マップは、過去の出没情報、知見に基づいて作成されたものであることを認識する必要があります。地域の環境、個体数の変化等によって出没状況は変化していきます。地図は固定的なものではなく、経年的な出没のモニタリング、また、そこから得られた知見を通じて、情報の更新や記載項目の追加・変更を行うことが大事です。

出没危険地域マップの作成にあたっては、居住する住民や地域社会への影響（不安感、地域イメージの悪化など）をも考慮する必要があります。どのような情報をどのような形式で載せたら被害防止に有効かといった項目の選択に加えて、記載された情報の解釈にも十分な留意が必要です。例えば、クマに不慣れな地域（都市部など）への出没は件数が少なくても被害が大きい可能性があることなどです。





資料1) 各都道府県の取り組み（出没年予測）

都道府県	担当	ホームページのタイトル	豊凶調査対象樹種	備考
北海道	自然環境生活部 自然環境課	ヒグマの保護管理>ヒグマ出没予想 http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/skn/yasei/yasei/higuma	ミズナラ・ブナ ヤマブドウ・サルナシ	大学の付属演習林および道の研究機関にアンケート調査した結果から出没予測
秋田	森林技術センター	森林技術センター>秋田県のブナ・ミズナラ豊凶予報と豊凶結果 http://www.pref.akita.lg.jp/icity/browser?ActionCode=genlist&GenreID=1146100548865	ブナ・ミズナラ	2002年以降の豊凶結果と次秋の豊凶予測を掲載
岩手	環境生活部自然保護課 森林整備局、振興局	現時点でHPに掲載なし	ブナ・ミズナラ クリ・カキ	ツキノワグマ保護管理計画 (http://www.pref.iwate.jp/~hp0316/yasei/keikaku/zenbun.html)参照
山形	みどり自然課 環境科学研究センター	クマに関すること>ブナの実の豊凶予測 http://www.pref.yamagata.jp/ou/seikatsukankyo/050011/publicdocument200702239047306633.html	ブナ	凶作が予測された地点を地図で表示
栃木	環境森林部自然環境課	調査の実施は保護管理計画に記載されているが、HP上で調査結果の掲載は現時点ではなし	ブナ・イヌブナ ミズナラ・コナラ・クリ	県民の森、林業センター、宇都宮大学、森林総研のデータをまとめて調査研究中
群馬	林業試験場	堅果類の豊凶状況について http://www.pref.gunma.jp/07/p13710038.html	ブナ・ミズナラ コナラ・クリ	県内全域および利根沼田地域の調査結果を公開。豊凶指数から出没の可能性を示唆
富山	生活環境文化部 自然保護課	ツキノワグマ出没警報 http://www.pref.toyama.jp/cms_sec/1709/kj00009923.html	ブナ・ミズナラ・コナラ ヤマブドウ・その他	堅果類等の豊凶調査結果および人身被害の発生状況から出没警報を発表
石川	環境部自然保護課	ツキノワグマによる人身被害防止のために>出没予測 http://www.pref.ishikawa.lg.jp/sizen/kuma/navi01.html	ブナ・ミズナラ コナラ	ツキノワグマの餌資源調査（豊凶予測）結果をもとに、H17年以降のツキノワグマ出没予測を公開
福井	自然環境課 自然環境保全グループ	ツキノワグマによる人身被害防止のために>H22年度の堅果類の豊凶状況と出没予測について http://www.pref.fukui.lg.jp/doc/shizen/tixyouzixyu/tukinowaguma2.html	ブナ・ミズナラ コナラ・クリ	ドングリ類の実りの状況と8月以降のクマの出没状況から、秋の里への出没を予測
山梨	環境科学研究所 森林総合研究所	HP上での掲載はなし	ミズナラ・イヌブナ	調査のみ、公表していない
長野	林務部 林業総合センター	出没予測のプレスリリース http://www.pref.nagano.lg.jp/rinmu/shinrin/10press/press10091701.pdf	ブナ・ミズナラ コナラ・クリ	堅果類豊凶調査による出没予測のプレスリリース
岐阜	環境生活部 地球環境課	ツキノワグマ出没について http://www.pref.gifu.lg.jp/kensei-unei/kocho-koho/event-calendar/sonota/chikyuu/tukinowaguma.html	ブナ・ミズナラ コナラ	お知らせ・記者発表資料あり 豊凶調査結果と出没予測
滋賀	琵琶湖環境部 自然環境保全課	ツキノワグマの保護管理について>H22年度堅果類豊凶調査結果およびツキノワグマの出没予測について http://www.pref.shiga.jp/d/shizenkankyo/tyoju_and_syuryo.html#tsukinowaguma	ブナ・ミズナラ コナラ	ブナ・ミズナラ・コナラの結実状況からクマの出没予測
京都	林業技術センター	ブナ科種子の豊凶調査 http://www.pref.kyoto.jp/rinshi/resources/1271034020000.pdf	ブナ・イヌブナ ミズナラ・コナラ・クリ	H19以降の目視調査等の結果をHPで公開
兵庫	森林動物研究センター	今秋のツキノワグマの出没に関する注意喚起 http://www.wmi-hyogo.jp/F1.php?M=B8&F=F1	ブナ・ミズナラ コナラ	堅果類豊凶調査結果から出没予測を公開
島根	東部農林振興センター 林業部 中山間地域研究センター	ツキノワグマによる被害に注意してください！ http://www.pref.shimane.lg.jp/toubu_norin/matu_nourin/matu_fore/tukinowaguma.html	ブナ・ミズナラ・コナラ シバグリ・ヤマザクラ クマノミズキ・クロキ	県東部と西部2箇所で見守り。HPで出没予測を公開



資料 2) 各都道府県の取り組み (出没マップ)

県	担当	ホームページのタイトル	URL	備考
青森	自然保護課 自然環境グループ	クマにご注意ください >H21年クマ出没マップ	http://www.pref.aomori.lg.jp/nature/nature/kuma.html	クマ出没マップ
秋田	生活環境部 自然保護課 調整・自然環境班	ツキノワグマによる人身被害状況 と被害防止について>ツキノワグマ による人身被害マップ	http://www.pref.akita.lg.jp/icity/browser?ActionCode=content&ContentID=1145960704945&SiteID=0	・目撃情報・人身被害情報リスト ・人身被害マップ
岩手	環境生活部 自然保護課	ツキノワグマによる人身被害状況・ 出没状況について>H18-22 ツキノ ワグマによる人身事故発生場所	http://www.pref.iwate.jp/view.rbz?of=1&ik=0&cd=19822	H18-22の人身事故発生マップ (PDF)を掲載
山形	みどり自然課	クマ目撃マップ	http://www.pref.yamagata.jp/ou/seikatsukankyo/050011/publicfolder200705099258091474/publicdocument200705095249717810.html	H18以降の目撃箇所および人的被害 個所のマップ
新潟	環境企画課 鳥獣保護係	ツキノワグマによる人身被害を防 ぐために >新潟県内のツキノワグ マ目撃情報	http://www.pref.niigata.lg.jp/kankyokaku/1211907696643.html	ツキノワグマ目撃情報・人身被害発 生地点マップ (PDF)を掲載
富山	生活環境文化部 自然保護課	ツキノワグマ出没情報地図 「クマっぷ」	http://www.pref.toyama.jp/cms_sec/1709/kj00008543.html	H16秋以降の出没情報を市町村別に 表示
石川	環境部 自然保護課	ツキノワグマによる人身被害防止 のために>出没情報地図	http://www.pref.ishikawa.lg.jp/sizen/kuma/navi01.html	H20年以降のツキノワグマの目撃・ 痕跡情報
福井	自然環境課 自然環境保全グループ	ツキノワグマ情報公開中	http://www.fncc.jp/wildlife/	クマの出没・捕獲位置を地図、衛星 写真等に表示、直近3ヶ月の出没・ 捕獲状況や市町、期間を検索しての 表示も可能。WebGISを利用して情報集約
		ツキノワグマによる人身被害防止の ために>県内のクマの出没位置図	http://www.pref.fukui.lg.jp/doc/shizen/tixyouzixyuu/tukinowaguma2.html	H17以降のクマ出没地点
山梨	農政部 総合農業技術センター	ツキノワグマ人身被害発生リスク マップ (2008年版)	http://www.pref.yamanashi.jp/kocho/kumamaph20.html	2001-2007年度の森林外で の目撃・人的被害情報を基にリスク マップ作成
岐阜	環境生活部 地球環境課	岐阜県クマっぷ	http://www.gis2.pref.gifu.jp/MyMap2_0/GifuAdvanceMap/GifuAdvanceMap.jsp	岐阜県内でのツキノワグマ目撃情報
愛知	環境部 自然環境課	自然環境情報>野生動物種>愛知県 ツキノワグマ出没情報	http://www.pref.aichi.jp/kankyo/sizen-ka/shizen/yasei/index.html	H16年以降の県内ツキノワグマ出没 情報のリストと地図をエクセルフィ ルで公開
滋賀	琵琶湖環境部 自然環境保全課	ツキノワグマの保護管理について >PDFH21クマ出没情報	http://www.pref.shiga.jp/d/shizenkankyo/tyoju_and_syuryo.html#tsukinowaguma	滋賀県内でのツキノワグマ目撃・捕 獲情報
京都	森林保全課	京都府自然環境情報システム (ツキノワグマ目撃情報)	http://www.pref.kyoto.jp/shinrinhozen/welcome.html	ツキノワグマの目撃情報の収集と データベース化、公開
兵庫	森林動物研究センター	野生動物の動向>兵庫県ツキノワグ マ目撃情報	http://www.wmi-hyogo.jp/F1.php?M=B5&F=F1	目撃・痕跡情報を地図上に表示、1 件毎にその詳細も表示



資料 3) 主要食物の調査法

クマの食性調査に基づく主要食物の判定法を紹介します。食性調査には採食行動の直接観察、食痕、糞分析、胃内容分析などの分析法がありますが、標本の得やすさなどから山中で得られた糞の分析が適当です。山中で捕獲された個体の胃内容物が得られる場合には、これも標本に含めるといいでしょう。しかし、人里あるいはその周辺で有害捕獲されたものについては、人里周辺で採食したものが内容物として検出されることが多く、森林中でクマが何を食べているのか調べるには役に立たない場合がほとんどです。

糞分析は哺乳類の食性分析で最も一般的に行われる方法です。まず、様々な環境下にあるクマの生息地から満遍なくサンプルを採集する必要があります。そのため、調査対象とするクマの生息地の中を各植生タイプや標高をできるだけ満遍なく通過するように調査ルートを決めた上で、9～11月にかけて、定期的に糞収集を行います。理想的には、1年間に100個以上の糞を集め、少なくとも4年以上の調査期間を設ける必要があります。

採取した糞から未消化物を集め、その品目の容積比あるいは重量比、出現率を求める必要があります。出現率とは、分析糞数に対するある採食品目が含まれる糞数の割合のことです。さらに、品目毎に容積比と出現率をかけあわせ、全部の品目中でのその値が占める割合を算出（相対重要度）し、これを指標として主要食物を判定します。

分析する糞は、殺菌と保存のため70%アルコールに浸して保存しておきます。その後、1mm格子のフルイ上で水洗し、フルイに残った残渣をポイントフレーム法で定量します。ポイントフレーム法の手順は次のとおりです。1) 1辺1cmの格子の入ったバットに未消化物を広げます。内容物は重ならないよう適量をバットに広げる必要があります。そして、食物片の種類を同定した上で、それぞれの品目が格子の中に落ちている数を数えます。1試料あたり400点以上を判別する必要があります。糞中での容量や重量の割合は、各食物のカウント数の割合を各々の品目の糞中での容量や重量の割合の指標とします。

調査対象地域において通常の出没をした年の9～11月の時期に、重要度が高い果実で、その重要度の年変動が有害捕獲数の変化と関係しているものが大量出没の鍵植物の候補となります。さらに、この樹木の結実変動をモニタリングし、有害捕獲数の変化と関係があれば、それが鍵植物と判定できます。



糞をフルイ上で水洗



ポイントフレーム法



資料 4) 農地被害の予測：岩手県での事例

被害の危険性が高い農地を予測して対策を講じるため、GIS 上で被害情報と圃場の立地条件を重ね合わせることにより、クマの出没助長要因を特定し、農作物被害発生予測図を作成した例を紹介します。

方法

まず、岩手県旧遠野市の3集落 B～D を対象に、遠野市農地整備課の協力を得てクマによる農作物被害の情報を収集し、聞き取りなどの現地調査により被害を受けた圃場を特定しました。

それぞれの被害発生年に基づいて出没が多い年、少ない年に区分し、出没が多い年について 385 圃場、被害が少ない年について 218 圃場を選び、さらにそれぞれの年について被害を受けなかった 283 圃場と 235 圃場をランダムに抽出して解析に利用しました。

さらに、これらの分析結果を用いて、集落 A の圃場を対象に被害発生確率を 4 段階に区分して被害予測地図を作成し、その結果を実際の被害情報と照合しました。

ここで用いた分析方法はロジスティック回帰と呼ばれます。これは、被害が発生する確率 $P(x)$ 、発生しない確率を $1-P(x)$ とし、その比を観測された変数群 $X=(x_1, x_2, \dots, x_r)$ で説明しようとするもので、次の式で表されます。

$$\log \frac{P(x)}{1-P(x)} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_r x_r$$

被害が発生する確率 $P(x) = F(X)$ ただし、 $X = \{$ 作付け品目、水路等潜在的移動経路からの距離 (m)、水路等潜在的移動経路との隣接長 (m)、森林からの距離 (m)、森林との隣接長 (m)、周囲圃場の被害有無、圃場面積 (m²)、圃場周囲の森林面積割合 (100m 以内、以降 500m まで 100m ごと) $\}$ 、目的変数は被害を受けたか受けなかったかの 2 値変数、説明変数群にはいろいろな尺度を持つ変数を取り入れることが可能です。

結果

出没が多かった年は水路等潜在的移動経路からの距離が短いことと周囲で被害が起きていることが被害を受ける圃場の条件であり、被害は水路を移動ルートとして利用したクマによるものが多いことが

表 1 出没が多い年に被害を受けた圃場の条件

説明変数	exp(β)	P
水路等からの距離	0.988	0.032
定数	0.059	0.003

示唆されました (表 1)。ここで被害発生オッズ (被害発生確率の被害が発生しない確率に対する比、表中の exp (β)) が 1 より大きい説明変数についてはそれぞれの観測値が大きくなることで被害が増大することを示し、オッズが 1 より小さい説明変数では、観測値が大きくなることで被害が減少することを示しています。例えば、説明変数「水路等からの距離」に着目すると、水路等から 50m 離れるごとに被害を受ける確率は約 0.55 倍 ((0.988)⁵⁰ = 0.55、45% 減少) となることがわかります。

一方、出没が少なかった年には作付け品目、森林からの距離 (50m 離れると 0.4 倍) と隣接長 (50m 長くなると 1.3 倍)、水路等からの距離 (50m 離れると 0.07 倍) と隣接長 (10m 長くなると 1.7 倍) が被害圃場を説明する条件でした (表 2)。



表2 出没が少ない年に被害を受けた圃場の条件

説明変数	exp(β)	P
作付け品目	1.121	0.021
森林からの距離	0.926	0.011
水路等からの距離	0.973	0.024
定数	0.125	0.033

これらのことから、クマがアクセスしやすいと思われる圃場で被害が起こっていることがわかりました。出没が少ない年は被害圃場の立地条件がより限定されること、被害を受けやすい圃場において代替農作物への転換をはかるなど局所的な防除対策を講じることによってクマによる被害を軽減することが可能ではないかということが示唆されたこととなります。

次に、ツキノワグマによる農作物被害発生予測地図（岩手県遠野市集落 A）の例を示します（図1）。ここでは、被害が発生する確率が高い圃場ほど濃い色で示しています。

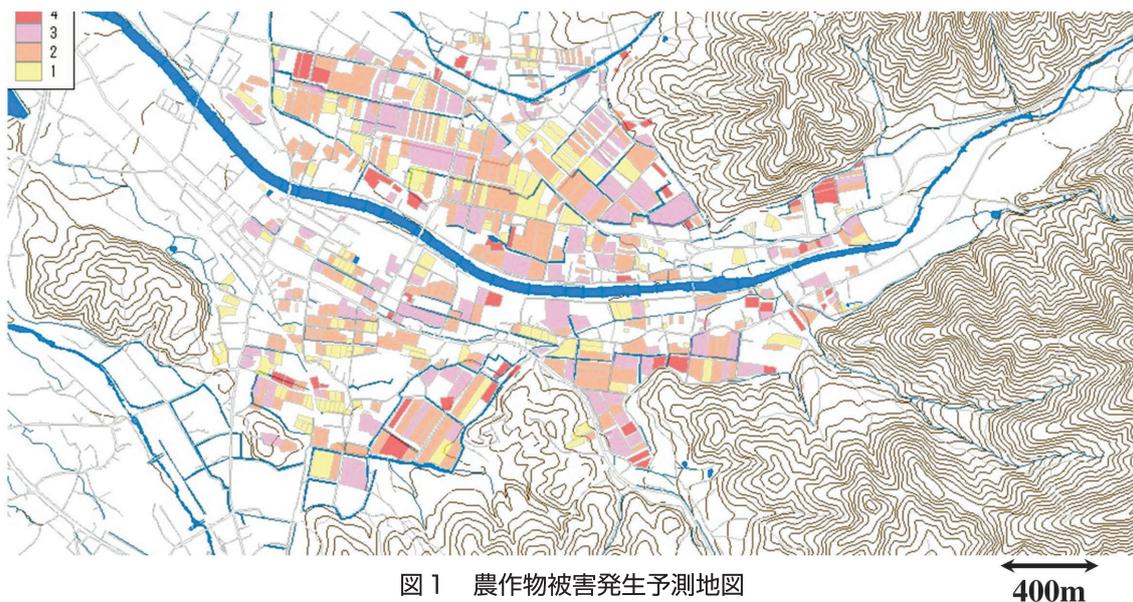


図1 農作物被害発生予測地図

この発生予測地図について、実際の被害発生位置情報を照合し、期待値と観測値の関係からその精度を求めたところ（表3）、感度（被害発生を正しく予測できた確率）は55.3%（83/150）、特異度（被害が発生しないと正しく予測できた確率）は64.3%（274/426）、精度（正しく予測できた確率）は62.0%（（83+274）/576）となりました。

表3 集落Aの圃場における被害予測期待値と観測値

	期待値		合計
	被害を受けると予測	被害を受けないと予測	
観測値 被害を受けた	83	67	150
被害を受けなかった	152	274	426
合計	235	341	576



謝 辞

本マニュアルは、環境省公害防止等試験研究費による研究プロジェクト「ツキノワグマの出没メカニズムの解明と出没予測手法の開発」(平成18～22年度、研究統括者：森林総合研究所・大井徹)の成果に基づいて作成しました。プロジェクトの推進にあたって早稲田大学・三浦慎悟氏、(株)野生動物保護管理事務所・羽澄俊裕氏にご助言をいただきました。また、ブナの結実調査は、東北森林管理局、関東森林管理局、中部森林管理局、近畿森林管理局にご協力いただきました。

参考文献

Ⅱ

- Kozakai C., Yamazaki K., Nemoto Y., Nakajima A., Koike S., Masaki T., Kaji K. (*in press*) Effects of mast production on home range use of Japanese black bears. *Journal of Wildlife Management*.
- Oka T. (2006) Regional concurrence in the number of culled Asiatic black bears. *Ursus thibetanus. Mammal Study*, 31: 79-85.
- Oka T., Miura S., Masaki T., Suzuki W., Osumi K., Saitoh S. (2004) Relationship between changes in beechnut production and Asiatic black bears in northern Japan. *Journal of Wildlife Management*, 68: 979-986.
- 大井徹 (2009) ツキノワグマ - クマと森の生物学. 東海大学出版会.
- 自然環境研究センター (2005) ツキノワグマの大量出没に関する調査報告書 (平成16年度ツキノワグマ個体群動態調査事業). 自然環境研究センター.
- 坪田敏男・山崎晃司 (編) (2011) 日本のクマ - ヒグマとツキノワグマの生物学. 東京大学出版会.

Ⅲ

- Han Q., Kabeya D., Iio A., Kakubari Y. 2008. Mastling in *Fagus crenata* and its influence on the nitrogen content and dry mass of winter buds. *Tree Physiology*, 28:1269-1276.
- Koike S. (2009) Fruiting phenology and its effect on fruit feeding behavior of Asiatic black bears. *Mammal Study*, 34: 47-52.
- Masaki T., Oka T., Osumi K., Suzuki W. (2008) Geographical variation in climatic cues for mast seeding of *Fagus crenata*. *Population Ecology*, 50: 357-366.
- Masaki T., Oka T., Osumi K., Suzuki W. (2009) Annual and regional variation in seed production of beech trees (*Fagus crenata*). FFPRI Scientific Meeting Report, 4:76-81.
- 正木隆 (2008) 森林の種子生産の長期変動. 日本生態学会関東地区会報, 56:17-19.
- 正木隆 (2009) 森林の結実を測り、予測する - ブナ豊凶の全国予報への途 - . 日本生態学会 (編) 『生きものの数の不思議を解き明かす』, p.18-31. 文一総合出版.
- 正木隆・阿部真 (2008) 双眼鏡を用いたミズナラの結実状況の評価. 日本森林学会誌, 90:241-246
- 中島春樹 (2009) 富山県におけるミズナラ、コナラ堅果の成熟過程 - ツキノワグマ出没予測のための着果状況調査適期 - . 富山県農林水産総合技術センター森林研究所研究報告, 1: 16-22.
- 森林総合研究所 産学官連携推進室 (2010) ブナの豊作確率を予測するプログラム. 『実用化カタログ - 産学官連携にむけて -』, p.60 - 61. 独立行政法人 森林総合研究所.
- Suzuki W., Osumi K., Masaki T. (2005) Mast seeding and its spatial scale in *Fagus crenata* in northern Japan. *Forest Ecology and Management*, 205: 105-116.
- 寺澤和彦・小山浩正 (編) (2008) ブナ林再生の応用生態学. 文一総合出版.
- 八坂通泰・小山浩正・寺澤和彦・今博計 (2001) 冬芽調査によるブナの結実予測手法. 日本林学会誌, 83: 322-327.

Ⅳ

- 岩城光・島田直明・由井正敏 (2010) ニホンツキノワグマによる果樹被害地の環境要因の分析とハザードマップの作成. *Wildlife Conservation Japan*, 12: 11-18.
- Honda T., Yoshida Y., Nagaike T. (2009) Predicting risk model and map of human-Asiatic black bear contact in Yamanashi Prefecture, central Japan. *Mammal Study*, 34: 77-84.
- Honda T. (2009) Environmental factors affecting the distribution of the wild boar, sika deer, Asiatic black bear and Japanese macaque in central Japan, with implication for human-wildlife conflict. *Mammal Study*, 34: 107-116.
- 環境省自然環境局 (2007) クマ類出没対応マニュアル - クマが山から下りてくる - , 97pp.
- 宮本麻子・佐野真琴 (2008) 富山県立山町におけるツキノワグマ出没エリアの環境解析. 関東森林研究, 59:27-30.
- 渡邊康志 (2009) GIS 実習室フリー版 SuperMapViewer を使い倒そう. 古今書院.

資料編

- Mattson D. J., Blanchard, B. M., Knight R. R. (1991) Food habits of Yellowstone grizzly bears, 1977-1987. *Canadian Journal of Zoology*, 69: 1619-1629.
- Sato Y., Mano T., Takatsuki S. (2000) Applicability of the point-frame method for quantitative evaluation of bear diet. *Wildlife Society Bulletin*, 28: 311-316.
- Trites A. W., Joy R. (2005) Dietary analysis from fecal samples: How many scats are enough? *Journal of Mammalogy*, 86: 704-712.

編集：大井 徹・中下留美子・小泉 透（森林総合研究所野生動物研究領域）

プロジェクトメンバー：大井徹・阿部真・大西尚樹・佐野真琴・高橋裕史・中下留美子・正木隆・宮本麻子（森林総合研究所）
坪田敏男（北海道大学大学院獣医学研究科）、山崎晃司（茨城県自然博物館）
羽澄俊裕（野生動物保護管理事務所）

プロジェクト協力者：小池伸介・小坂井千夏・中島亜美・根本唯（東京農工大学）・山中淳史（北海道大学大学院）



独立行政法人 森林総合研究所

〒305-8687 つくば市松の里 1

電話 029-873-3211 ホームページ <http://www.ffpri.affrc.go.jp>