

ツキノワグマによる人工林剥皮被害の空中写真と林内被害状況の関係

片平篤行 (群馬林試)

要旨: ツキノワグマによる剥皮被害対策を実施する上では、その被害発生状況を詳細に把握することが重要である。群馬県内の剥皮被害は空中写真を利用して把握を試みており、急峻な地形や谷奥部などの被害が詳細に把握されている。しかし、空中写真により把握した情報と実際の林分内の被害発生状況の関係については不明であるため、プロット調査によりその相関関係を考察した。100箇所で行った100m²プロットによる調査の結果、調査プロット内の平均剥皮被害率と空中写真から作成した半径25m円内の赤枯個数の間には高い相関関係 ($r_s=0.793$ $P<0.001$) が確認された。この相関係数は空中写真の周囲メッシュ面積の増大により低下するが、100mメッシュ ($r_s=0.688$ $P<0.001$) まで林内の被害状況の把握が可能と考えられる。この調査法は一人でも計測可能な簡易な方法であるが、平均剥皮被害率は400m²方形調査区の結果と高い相関 ($r_s=0.936$ $P<0.001$) が得られており、空中写真とプロット調査を併用する事により、精度の高い被害状況の把握が可能である。

キーワード: 空中写真, 剥皮被害, 相関

Abstract: It's important to grasp occurrences of conifer damage by Japanese black bears (*Ursus thibetanus japonicus*) in detail to perform damage control. We tried to grasp conifer damage by using aerial photograph in Gunma prefecture and the result show the detail of damage occurred in the heart of mountain and steep topography. But the relationship with the actual occurrences in the forest is still unknown. We considered a correlation from plot survey method. The result of 100 survey plots (100m² per one plot) suggest the high correlation ($r_s=0.793$ $P<0.001$) between the average ratio of conifer damage in survey plots and the number of trees withered to red color within a circle (radius R=25m) made based on aerial photograph. A correlation coefficient decreases by increase in mesh area, but shows occurrences of conifer damage until 100m mesh ($r_s=0.688$ $P<0.001$). This survey method is simple to measure alone, and average ratio of conifer damage suggest the high correlation ($r_s=0.936$ $P<0.001$) between the ratio of square survey area (400m² per one square). It was confirmed that to grasp occurrences of conifer damages detail is possible with aerial photograph and survey methods.

Keywords: aerial photograph, conifer damage, correlation

I はじめに

針葉樹人工林はツキノワグマにより幹周を剥皮されると枯死木が発生し始め(6, 7), 枯死により赤変した樹冠は空中写真でも確認することができる。群馬県内で発生するツキノワグマによる剥皮被害は、空中写真で確認される赤枯個数により把握を試みており、特に被害の集中する桐生市・みどり市については、その発生傾向について詳細な調査、研究が実施されている(1, 2)。しかし、実際の林分内の被害発生状況と空中写真により把握した赤枯個数の関係については不明であるため、プロット調査によりその相関関係を考察した。

II 調査方法

1. 調査地の選定 調査地は県東部の渡良瀬川左岸に位置する桐生市・みどり市の針葉樹人工林で、地域内の人工林率は54%である(4)。当地域の剥皮被害は1975年の聞き

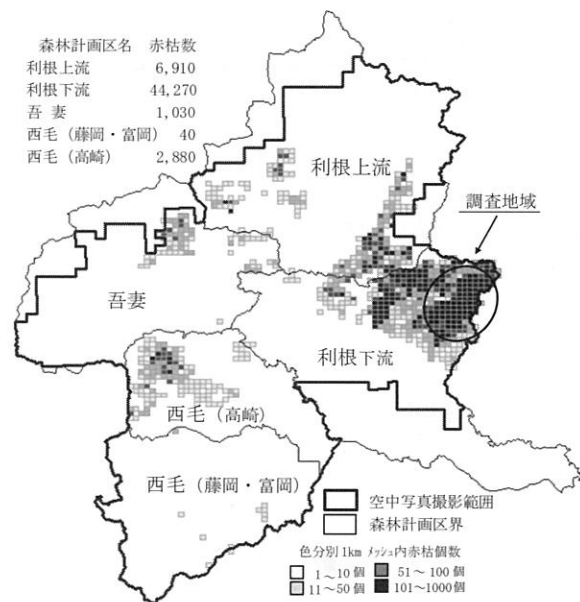


図1. 県内の剥皮被害発生状況(1)

Fig.1 Map of occurrences of conifer damage in Gunma prefecture

Atsuyuki KATAHIRA (Gunma Pref. For, Lab. Shinto, Gunma 370-3503),

The relationship between occurrences of conifer damage by Japanese black bears (*Ursus thibetanus japonicus*) in planted forest and aerial photograph

取り調査により被害が確認されて以降（5）、1995 年前後まで被害の拡大は見られなかったが、現在では県内で発生する剥皮被害面積（国有林は除く）の 57.3%を占めており、県内でも特に激しい剥皮被害を受けている（4）。

空中写真（地上分解能 50cm）は、県が 5 年毎に撮影しデジタルオルソ化したものを使用し、剥皮被害により樹冠色が赤変した被害木の位置を GIS 上にポイントで記録している（図-1 ※群馬林試研究報告第 17 号 P41 から抜粋）。今回の調査では、2005 年及び 2010 年に撮影・作成した 2 回分のデジタルオルソフォトを使用し、赤枯木位置を選定した 2 レイヤーを作成して、GIS 上で重ねて使用している。調査地域を 100m メッシュに区画した場合、赤枯木のある区画は赤枯個数 2 個以下が 8 割を占めている。このため、調査プロットは赤枯個数 2 個以内の区画を多く、これ以外を偏りが少なくなるように選定し、100 箇所においてプロット調査を実施した（図-2）。なお、この内の 13 箇所については、対象区として空中写真で赤枯木の見られない区画を選定している。

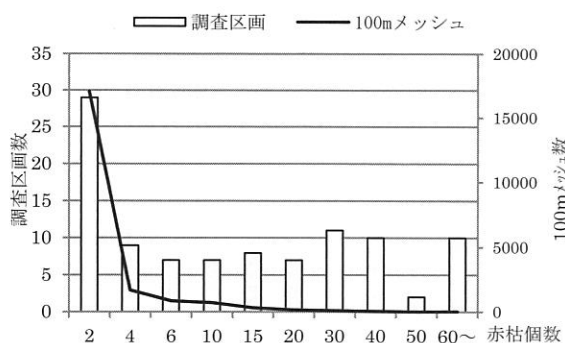


図-2. 100m メッシュによる調査区画の選定
Fig.2 How to choice of survey area in 100m division

2. プロット調査の方法 プロット調査は 100m メッシュ区画内の平均的な被害位置で実施し、半径 4m の円形プロット 2 個（合計 100m²）と目視円を 1 調査プロットとした。

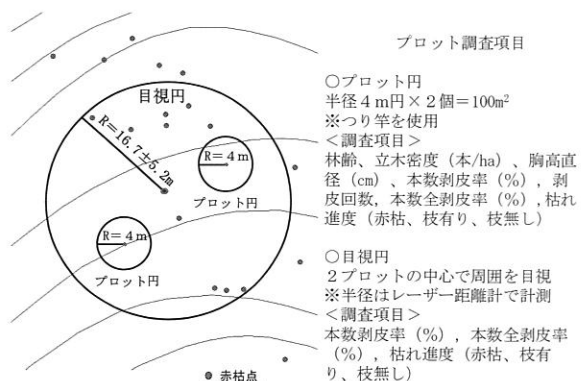


図-3. 調査方法及び調査項目
Fig.3 Survey method and items

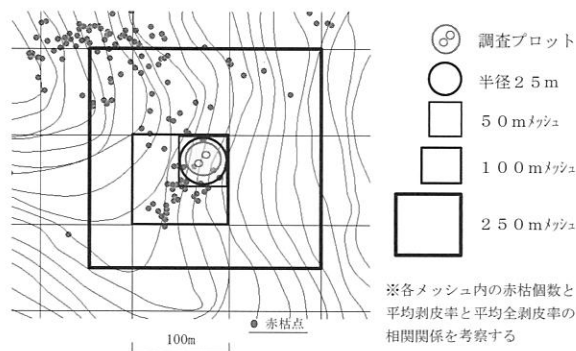


図-4. 各メッシュ区画と調査プロットの配置
Fig.4 The placement of four survey mesh areas and survey plot

円形プロット内は林齢、立木密度（本/ha）、胸高直径（cm）、本数剥皮率（%）、剥皮回数、本数全剥皮率（%）、枯れ進度（赤枯、枝有り、枝無し）を計測し、目視円は 2 つの円形プロット中心位置から目視判別が可能な周囲円（半径 $16.7 \pm 5.2m$ ※レーザー距離計により計測：kenko Laser Range Finder 6×23 KLR-500A）の本数剥皮率（%）、本数全剥皮率（%）、枯れ進度を計測した（図-3）。得られた調査結果は、目視円中心から半径 25m の円内、及び調査プロットを含む 50m、100m、250m メッシュの区画内の赤枯個数と調査項目別に相関を考察した（図-4）。また、22 箇所のプロット調査地において、プロットを中心とする 400m²（20m×20m）方形調査区を設け、それぞれ本数剥皮率（%）、立木密度（本/ha）を計測し、その相関からプロット調査方法の精度を検証した。なお、調査は 2010 年 6 月 20 日～2011 年 2 月 24 日に実施した。

III 結果及び考察

1. 調査結果の基本統計量及び相関関係 調査結果の基本統計量及び相関係数は表-1、2のとおりである。調査地

表-1. 調査結果の基本統計量
Table.1 The basic statistics of survey results

調査項目	最小値	最大値	平均値	中央値	最頻値	標準偏差
林齢 (年生)	16	94	44	43	25	15
胸高直径 (cm)	14.0	42.0	25.4	24.5	24.0	5.8
プロット剥皮率 (%)	0.0	100.0	35.9	34.2	-	27.0
目視剥皮率 (%)	0.0	93.0	27.0	20.0	-	23.5
平均剥皮率 (%)	0.0	96.5	31.5	28.6	-	24.3
立木密度 (本/ha)	600	2,800	1,565	1,500	1,100	496
プロット全剥皮率 (%)	0.0	70.0	13.2	8.7	-	15.9
目視全剥皮率 (%)	0.0	31.0	6.8	4.0	-	7.5

域のスギ・ヒノキ人工林の齢級別面積は 10～11 齢級を中心としており、調査プロットの林齢も同様の山型を描く 16～94 年生までの広い範囲を含んでいる（図-5）。林齢と胸高直径はスピアマンの順位相関係数（※以降の相関係数

表-2. 調査結果の相関係数行列

Table.2 A correlation coefficient matrix of survey results

	林齢 (年生)	胸高 直径 (cm)	立木 密度 (本/ha)	プロット 剥皮率 (%)	目視 剥皮率 (%)	(平均) 剥皮率 (%)	(平均) 全剥皮率 (%)
林齢 (年生)	1.000						
胸高直径 (cm)	0.709	1.000					
立木密度 (本/ha)	-0.512	-0.682	1.000				
プロット 剥皮率(%)	-0.535	-0.339	0.140	1.000			
目視 剥皮率(%)	-0.556	-0.365	0.181	0.896	1.000		
(平均) 剥皮率(%)	-0.563	-0.360	0.156	0.971	0.967	1.000	
(平均) 全剥皮率(%)	-0.362	-0.287	0.078	0.767	0.791	0.793	1.000

Spearman順位相関係数 (rs) P<0.05 *, P<0.01 **, P<0.001 ***

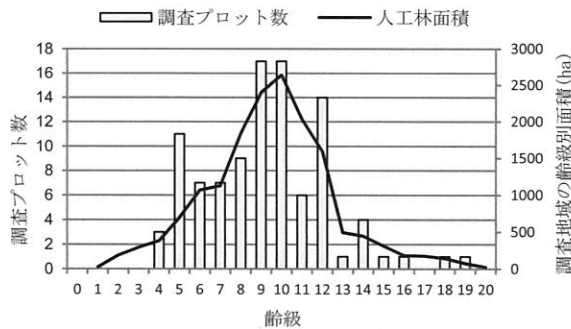


図-5. 調査地域の年齢別人工林面積及び調査プロット数
Fig.5 An area classified by age of planted forest in survey area, and count of number of survey plots

はすべてスピアマンの順位相関係数) $rs=0.709$ と高い相関を示し、その他の項目とはマイナスの相関関係が見られた。立木密度は林齢以外の項目と相関が低く特に傾向は見られない。一方、平均剥皮率と平均全剥皮率は $rs=0.793$ と高い相関が認められた。平均全剥皮率は調査林分内の立木に占める枯れ木の比率を示しており、平均剥皮率が高い林分は、既に被害が相当程度進んでいることを意味する。

2. 方形調査区と比較した調査プロットの精度 400m²
方形調査区は森林整備事業などを実施する場合の標準プロットサイズであり、1haに1箇所(4%)以上を標準地調査し、対象林分全体の林況を把握する指標としている(3)。このため、方形調査区内のプロット調査結果との相関係数により、プロット調査の精度を確認することができる。平均剥皮率及び立木密度の相関関係(散布図)は、図-6、7のとおりである。平均剥皮率の相関係数(rs)は0.936と非常に高い値となった。目視円の平均半径から計算した目視面積は415~1,506m²あり、方形調査区の面積より広いと考えられる。一方、立木密度については $rs=0.852$ と高いが、プロット調査の立木密度が若干低くなっており、調査面積の違いが影響していると考えられる。以上の結果から、100m²プロットによる調査方法は、調査面積は狭いが林分の被害状況を測る簡易な方法として有効と考えられる。

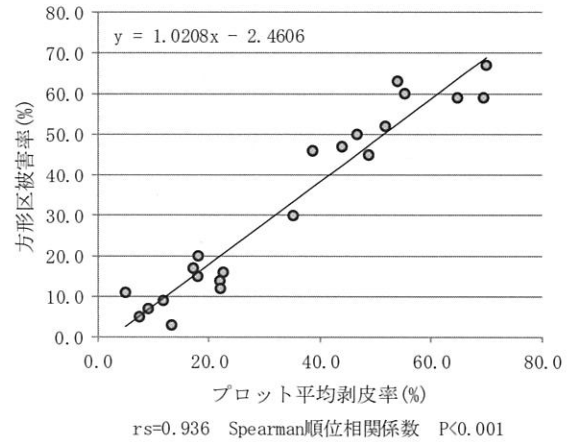


図-6. 剥皮率の散布図
Fig.6 Scatter plot with the ratio of conifer damages

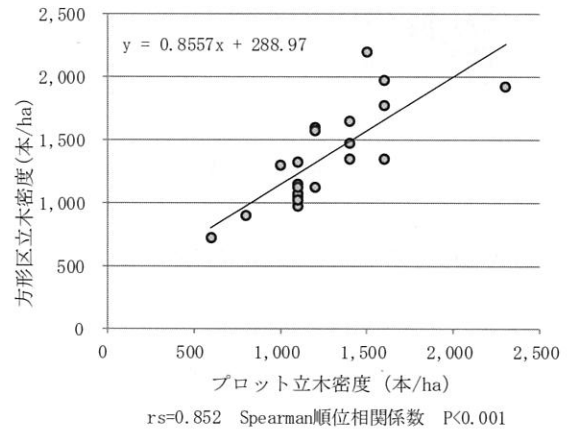


図-7. 立木密度の散布図
Fig.7 Scatter plot with the density of grows tree

3. 空中写真の赤枯点との相関関係 プロット調査結果と空中写真により把握した半径25m円、及び各メッシュの赤枯数の相関係数行列は表-3のとおりである。

林齢と胸高直径はマイナスの相関が見られるが、立木密度については表-2と同様に、相関係数が非常に低く有意差も認められない。平均剥皮率の係数は特に半径25m円($rs=0.793$)で高い値となった。半径25m円は目視円(半径 $16.7 \pm 5.2m$)と中心位置が同一で、調査面積がほぼ重なるため、実際の被害状況を比較的良く示していると考えられる(図-8)。これに対し50~250mメッシュと赤枯点の選択範囲が広がると、徐々に相関係数が低くなっていった。平均全剥皮率についても同様に半径25m円が $rs=0.772$ と高い相関を示しており(図-9)、空中写真で赤枯点の多い場所では、実際の剥皮率が高いだけでなく、既に剥皮により枯れた被害木が多数存在することが確認できる。平均

表-3. 赤枯個数と調査結果の相関関係

Table.3 A correlation between survey results and the number of trees withered to red color

	林齢 (年生)	胸高直径 (cm)	立木密度 (本/ha)	平均剥皮 率 (%)	平均全剥皮 率 (%)
半径25m	-0.489	-0.358	0.149	0.793	0.772
50mメッシュ	-0.484	-0.283	0.125	0.759	0.702
100mメッシュ	-0.510	-0.381	0.102	0.688	0.590
250mメッシュ	-0.504	-0.362	0.087	0.571	0.493

Spearman順位相関係数 (rs) P<0.05 *, P<0.01 **, P<0.001 ***

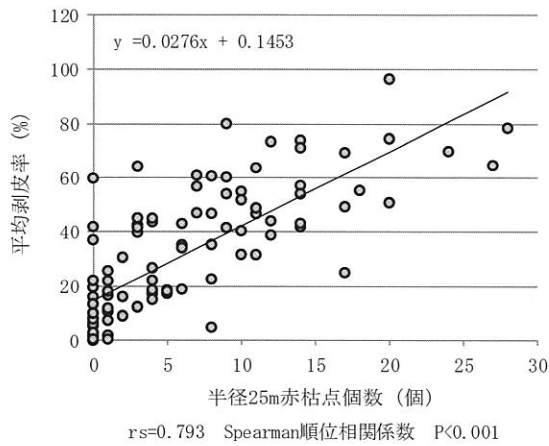


図-8. 剥皮率の散布図

Fig.5 Scatter plot with the ratio of conifer damages

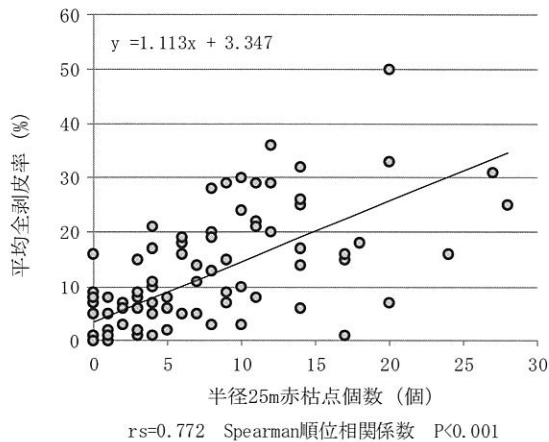


図-9. 剥皮率の散布図

Fig.5 Scatter plot with the ratio of conifer damages

剥皮率の相関係数は 100m メッシュまで高い数値を示すことから、空中写真を利用して林内の被害状況を把握する場合、100m メッシュ程度まで可能と考えられる。

空中写真の 100m メッシュで赤枯点のない 13 箇所の調査地では、9 箇所まで林内の被害が確認され、この平均剥皮率は 9.8% だった。全剥皮木は変色が始まる初年度に 88% が赤変し、2 年程度で空中写真の確認が困難になる (2)。

このため、空中写真の撮影時期により確認できない被害地が、一定程度存在すると考えられる。しかし、これらの場所もメッシュ面積を 250m, 500m と増加させると赤枯点が出現し被害メッシュに含まれるため、被害発生の有無を面的に把握する方法としても有効である。

4. 空中写真と簡易調査法による剥皮被害の把握 この調査方法は簡易な作業内容のため、一人で実施が可能である。剥皮率と立木密度については 400m² 方形調査区と同様の精度を確認しており、人工林内の剥皮被害発生状況を把握する有効な調査方法と考えられる。また、空中写真は 5 年毎に撮影されるため、被害情報を更新し赤枯点を 100m メッシュで把握すれば、被害調査の基礎情報として整備することも可能である。

IV おわりに

現在、人工林の剥皮被害対策として防除資材の幹巻きが実施されている。しかし、防除対象林分を事前に調査する手間は大きく、今回の基礎資料を利用することで、より効率的に防除対策対象林分の選択ができると考えられる。過去の空中写真により、剥皮被害が確実に広がっている状況が確認されており (2)、拡大する被害を食い止める為にも、積極的に効率的な被害対策が必要と考えられる。

V 引用文献

- (1) 群馬県環境森林部 (2011) 治山事業に係る森林整備事業調査実施要領
- (2) 群馬県環境森林部林政課 (2012) 平成 23 年版群馬県森林林業統計書
- (3) 伊藤英敏・小野里 光 (2011) ツキノワグマによる人工林剥皮被害調査, 群馬林試研報, 16 : pp. 13-26
- (4) 片平篤行 (2012) 空中写真を利用したツキノワグマによる人工林剥皮被害発生状況の把握, 群馬林試研報, 17 : pp. 37-45
- (5) 野崎英吉・古林賢恒・丸山直樹・常田邦彦・遠竹行俊 (1979) 関東地方におけるツキノワグマの分布, 哺乳動物学雑誌, 8(1) : pp. 14-32
- (6) 渡辺弘之・小宮山 章 (1976) ツキノワグマの保護と森林への被害防除 (II), 京大演報, 48 : pp. 1-8
- (7) 八神徳彦 (2001) クマ剥ぎによる立ち枯れ木の発生状況と地域差, 石川県林試研報, 32 : pp. 26-29