

ドローンによるクマ剥ぎ被害木の把握 ～AI を活用した自動抽出による被害把握の省力化について～

北信森林管理署 一般職員 ○朝日 莞二
信州大学大学院 修士2年 中川 太人
信州大学農学部 4年 陌間 芳野

要旨

当署管内でセンサーカメラによるクマの撮影頻度の増加やクマ剥ぎ被害が顕著となる一方で、踏査による広範囲のクマ剥ぎ被害把握は困難です。中部森林管理局と信州大学農学部との協定に基づき、^{れいせん}霊仙寺山^{じやま}国有林において、ドローンによる空撮画像から AI を用いてクマ剥ぎ被害木を自動抽出及び剥皮率（剥皮幅/全周×100）ごとに自動分類する技術を検証しました。高い精度で抽出・分類が可能であり、今後の施業や被害対策への活用が期待できます。

はじめに

当署では、平成 26 年度からセンサーカメラによる有害鳥獣の生態及び行動把握を行っています。年度ごとにセンサーカメラの設置箇所や設置台数が異なるため、単純に比較することはできませんが、平成 30 年度から令和 2 年度にかけてクマの撮影頻度が増加傾向にあると考えられ、クマの個体数が増加している可能性があります（表 1）。また、管内では以前からクマ剥ぎ被害があることは知られていましたが、収穫調査や検査、林野巡視など業務中にクマ剥ぎによる枯死木を確認することが多くなったといわれています（写真 1）。

表 1 センサーカメラによるクマの撮影頻度

年度	累計カメラ稼働日数	合計撮影回数	撮影頻度
平成 30	4,494	56	0.0125
令和元	4,342	85	0.0196
令和 2	8,013	192	0.0240

$$\text{撮影頻度} = \frac{\text{合計撮影回数}}{\text{累計カメラ稼働日数}}$$



写真 1 クマ剥ぎ被害木

（左）霊仙寺山国有林 1035 く林小班（信濃町）令和 2 年 8 月 26 日林道より撮影
（中央）黒姫山国有林 1010 ら林小班（信濃町）令和 3 年 9 月 16 日ドローン撮影
（右）霊仙寺山国有林 1036 れ林小班（信濃町）令和 3 年 5 月 16 日撮影

クマ剥ぎは、クマが歯や爪で樹皮を剥がすことを指し、管内では特にスギに顕著に見られます。材の変色や腐朽、樹木の枯死を引き起こし、木材としての市場価格が著しく低下するため、経済損失に繋がります。業務中にクマ剥ぎ被害木が確認された小班の林地面積を集計すると、約 950 ha となりました（表 2）。管内スギ林の全面積 3,278 ha のうち、約 3 割の箇所被害木が確認されたこととなります。

表 2 管内スギ林のうち業務中に剥皮被害木が確認された林地の面積

管内スギ林全面積 (ha)	被害木が確認された小班の林地面積 (ha)	被害率 (%)
3,278.00	949.85	29.0

被害の有無を記録できたのは業務中に確認できた林地のみであり、実際の被害箇所は更に多い可能性があります。しかしながら、踏査によって広範囲のクマ剥ぎ被害の全容を把握するには多大な労力と時間がかかり、現実的には困難といえます。

そこで、信州大学農学部との連携協定に基づき本課題に対する検討を行いました。中部森林管理局と信州大学農学部は平成 25 年度から連携協定を結んでおり、当署としても森林計測・計画学研究室と平成 30 年度からスマート精密林業技術の共同開発を行っています。同研究室において、国有林のフィールドを活用して調査を行い、ドローンによる空撮画像から AI を用いてクマ剥ぎ被害木を自動抽出・分類する技術を検証しました。

1. 調査地

調査地は、長野県上水内群信濃町に位置する^{かみみのちぐん} 霊仙寺山国有林 1033、1034 林班です（図 1）。調査区内は 38～40 年生のスギ人工林で、クマ剥ぎが確認されています。この区域内でプロットを 3 箇所を設定し、現地調査を行いました。

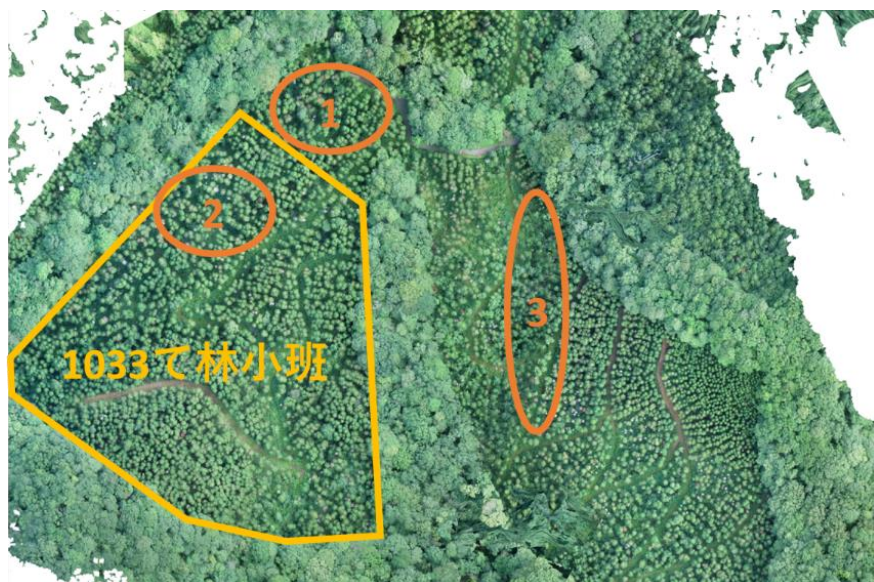


図 1 調査地

霊仙寺山国有林 1033、1034 林班

プロット 1 : 0.19ha、モデル作成 プロット 2 : 0.43ha、モデル検証 プロット 3 : 0.70ha、モデル作成

1033 林小班 : 5.55ha、剥皮状況予想

プロット 1～3 は現地調査あり 1033 林小班は現地調査なし

2. 使用ツール（表3）

表3 使用機材・ソフトウェア

使用機材・ソフトウェア	使用作業
・ Geo 7 X (Trimble 社) ・ TRUPULSE 360R (LASER TECHNOLOGY 社)	調査木の位置測定
・ Phantom 4 RTK (DJI 社)	ドローン空撮
・ Metashape (Agisoft 社) ・ QGIS	オルソ画像の作成、画像解析
・ MATLAB (MathWorks 社) ・ Python	健全木と被害木の自動分類

3. 研究の流れ

- (1) 調査地のクマ剥ぎの状況を現地調査した後、ドローンで空撮し、オルソ画像を作成します。
- (2) 現地調査の結果とオルソ画像上の樹冠の様子を比較し、ドローンによる被害木の視認性を確認します。
- (3) 健全木と被害木の自動分類を行います。

4. 調査方法

(1) 現地調査

プロット1～3で剥皮状況調査を行い、立木位置と剥皮の有無、剥皮率（剥皮幅/全周×100）を記録しました。その後ドローンで調査地を空撮し、撮影画像を補正して繋ぎ合わせることで一枚のオルソ画像にしました。

(2) 自動分類

現地調査を行った樹木の中には、深刻な剥皮状況であるにも関わらず、健全な樹冠を持つ個体が存在しました。これらの個体を上空から見分けることは困難と判断し、モデル作成の際に取り除きました。続いて、単木樹冠の画像と正解データ（剥皮の有無、剥皮率）をコンピュータに学習させ、学習した結果を用いて、自動分類（6段階と3段階：表4）を行いました。現地調査と自動分類の結果を比較して自動分類の精度を検証した後に、1033 本林小班の剥皮状況を予想しました。

表4 剥皮率の分類一覧

6段階	3段階
剥皮なし	剥皮なし
0.1%以上 25.0%未満	0.1%以上 50.0%未満
25.0%以上 50.0%未満	
50.0%以上 75.0%未満	50.0%以上
75.0%以上 99.0%以下	
全周剥皮	

※樹幹の50%以上を剥皮された場合、枯死に至り始める（山崎，2017）とされている。

5. 結果と考察

現地調査の結果、オルソ画像上で異常木と判別できた個体は、実際に被害を受けていることが確認できました。特に、樹冠が白変または赤変している木は深刻な被害を受けていました。しかし、被害木全ての樹冠が変色しているわけではなく、被害を受けているにも関わらず健全木と樹冠の色が変わらない個体も存在しました（図2）。

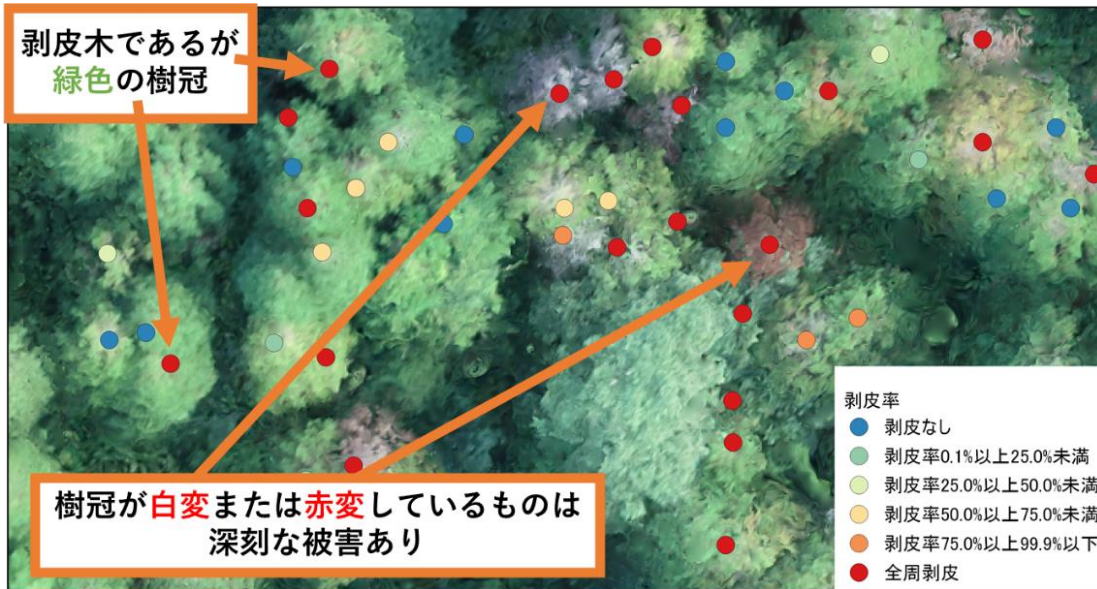


図2 ドローンによる被害木の視認性

6段階での自動分類結果を図3に示しました。52本中41本の立木が正しく分類され、全体の分類精度は78.9%となりました。特に剥皮率50%以上の分類では分類精度が100%となりました。

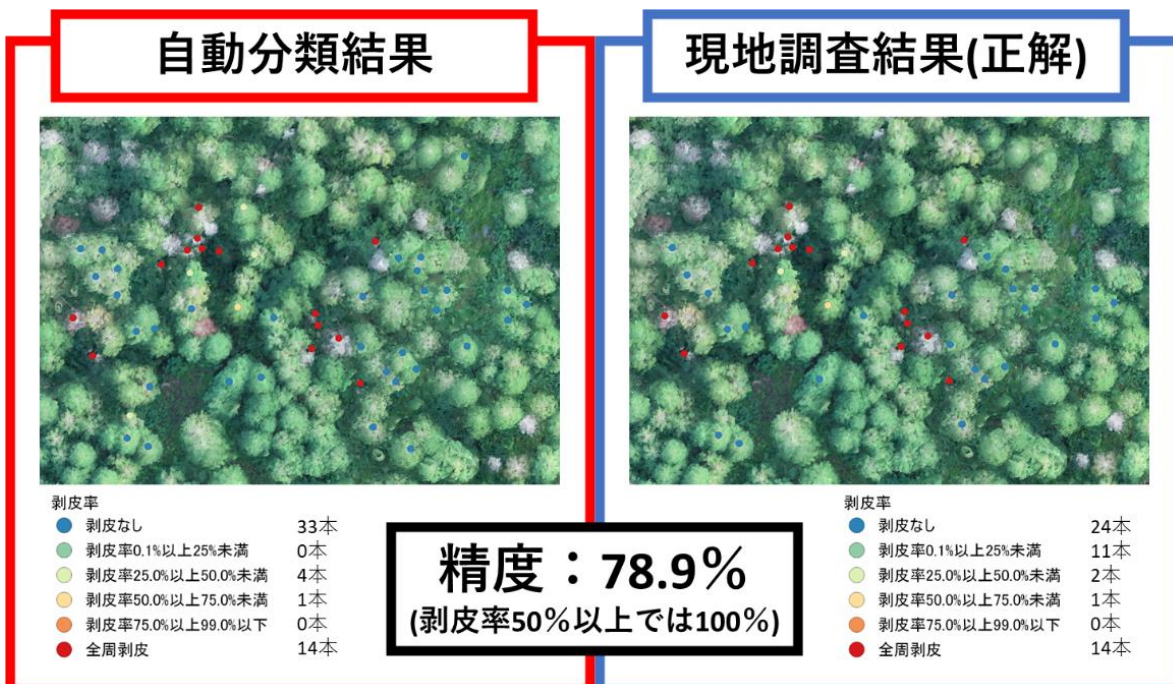


図3 自動分類結果（6段階）

誤分類された立木を示しました(図4)。オレンジ色の四角のような下層植生や影を含まない明るい箇所では、健全木と判定されやすいことが分かりました。一方で、黄色の四角のような下層植生や影を多く含む暗い箇所では、被害が大きいと判定されやすいことが分かりました。このことから、樹冠サイズや周辺の立木密度が分類に影響すると考えられます。

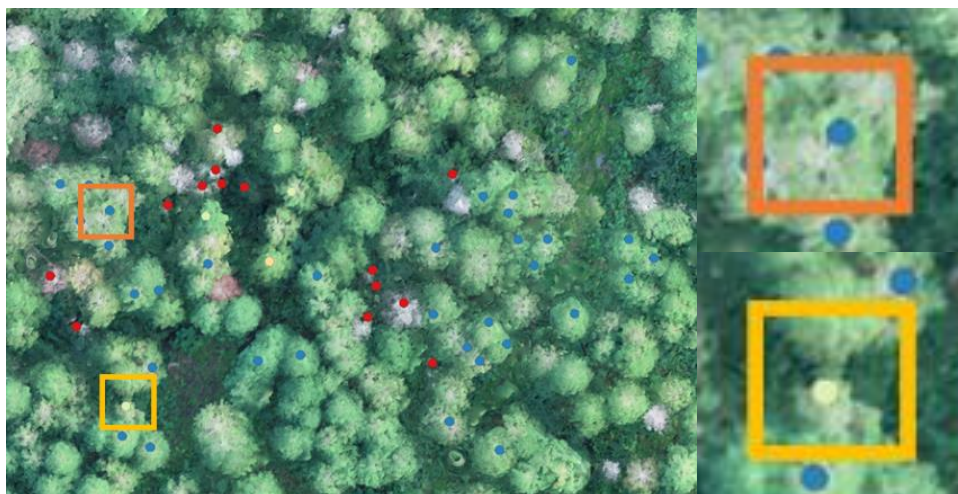


図4 誤分類立木

□ : 明るい箇所 □ : 暗い箇所

1033 林小班の剥皮状況を6段階で予想した結果を図5に示しました。1033 林小班では現地調査を行っていないため、QGIS のツールを用いて単木を抽出しました。結果として、全体の約46%に被害があると予想されました。

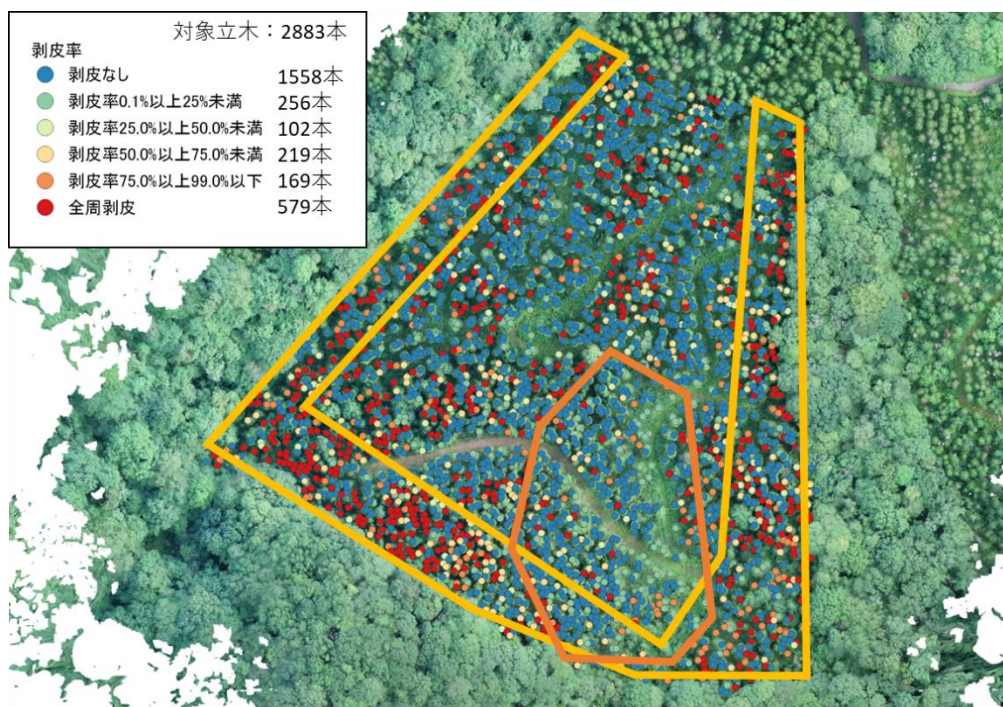


図5 剥皮状況予想(6段階)

ただし、下層植生や影による明暗の影響を受けて、誤分類されている可能性があります。オレンジ枠で囲った部分では、他の場所に比べて影の影響が小さく、画像が明るいいため、被害が実際よりも過小評価されている可能性があります。一方、黄色枠で囲った部分には付近に広葉樹があり、影の影響が見られます。画像が暗くなるため被害が実際よりも過大評価されている可能性があります。

3段階での自動分類結果を図6に示しました。48本中47本の立木が正しく分類され、全体の分類精度は97.9%でした。6段階と同様、下層植生や影を多く含む場合に誤って分類された立木が見られました。

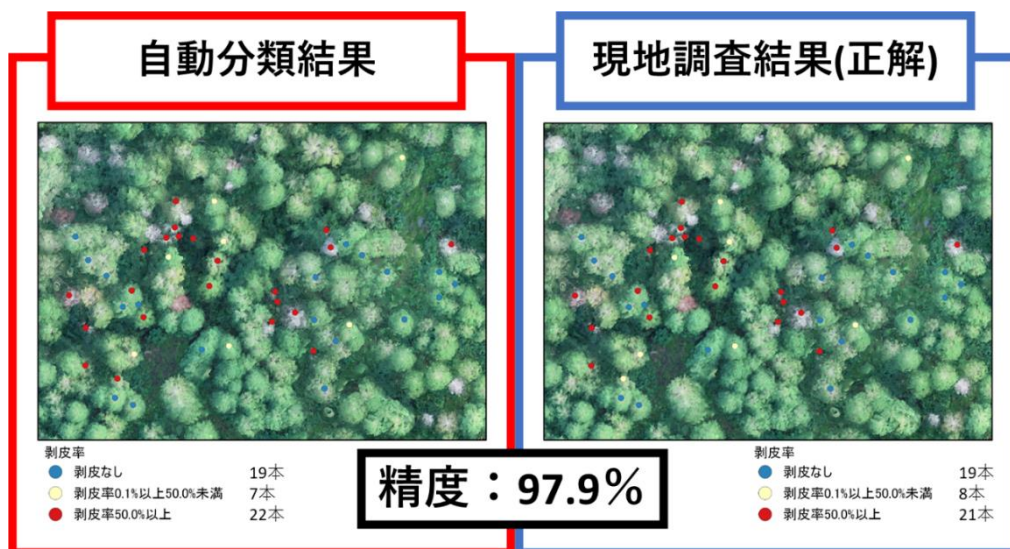


図6 自動分類結果 (3段階)

3段階の分類で剥皮状況予想をした結果を図7に示しました。全体の約57%に被害があると予想されました。

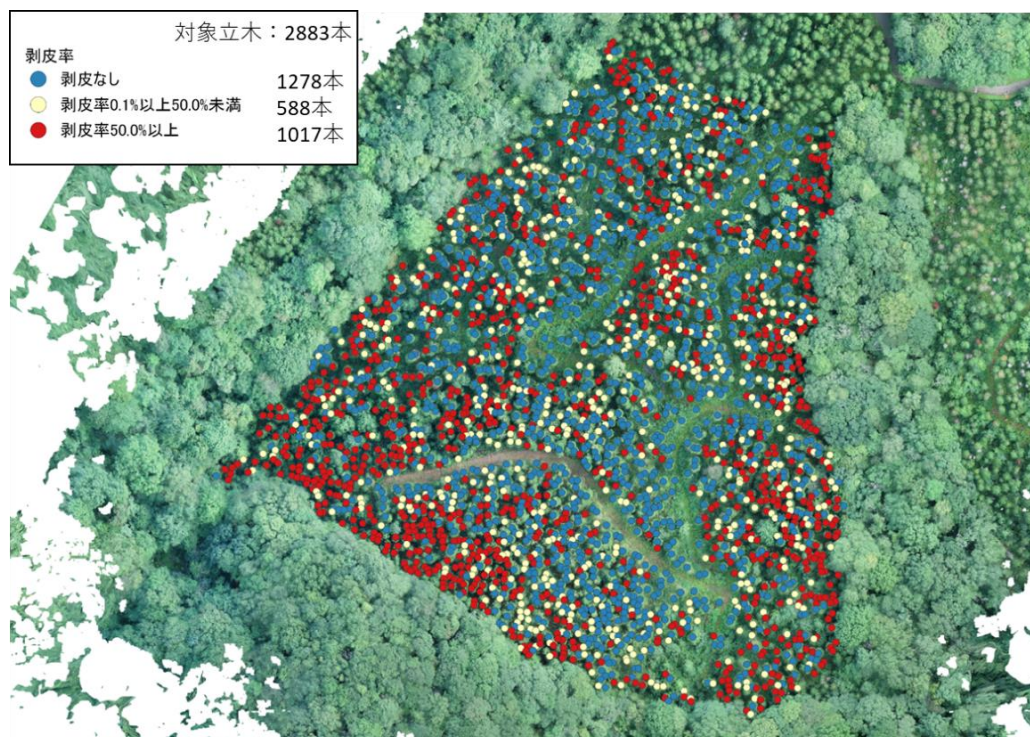


図7 剥皮状況予想 (3段階)

クマ剥ぎ被害木は、樹冠が変色した個体と健全な樹冠を持つ個体の2パターンに分けることができます。樹冠が変色した個体ではドローン空撮画像より剥皮率を自動分類できた一方で、被害があるものの健全な樹冠を持つ個体は、空撮画像での把握が困難でした。

おわりに

この技術のメリットとして、まず少人数かつ短時間で作業ができ、さらに作業自体の負荷が小さいため、広範囲における被害把握の省力化が可能であることが挙げられます。また、被害木の自動抽出による被害の有無や規模の把握に加え、剥皮率の自動分類によって被害の程度も把握できるため、被害状況の予想も可能です。

活用の可能性としては、伐採計画等における低質材率の把握や、分収育林や分収造林、試験地等の被害の把握、ナラ枯れ、マツ枯れの調査、森林計画策定時の指針としての利用などが考えられます。クマ剥ぎ被害を受けていても、樹冠が変色しない場合もあり、全ての被害を把握できる訳ではありませんが、AIにより、統一的に判断できることや、おおよその被害率を把握できることで、今後の施業方法や被害対策の判断材料として、実用の可能性があると考えています。

当署としては、この技術を活用して被害把握の省力化を行い、クマ剥ぎ防止用のテープ巻きやクマの頭数調整など従来からの取り組みと併せてクマ剥ぎ被害対策を進めていきたいと思えます。最後に、衛星画像やドローンなど ICT（通信情報技術）を活用したスマート精密林業の重要性は高まっています。引き続き、信州大学をはじめ、関係機関と連携を密にして ICT を用いた技術開発に取り組むと考えています。

参考文献

山崎晃司（2017）ツキノワグマ すぐそこにいる野生動物，東京大学出版会，98 ページ目