

D-0805 航空レーザ測量を用いた景観生態学図の作成と生物多様性データベース構築への応用

(2) 原生自然環境における景観生態学図の生物多様性評価への応用に関する研究

酪農学園大学 環境システム学部生命環境学科野生動物保護管理学研究室 吉田 剛司
環境システム学部地域環境学科都市空間情報学研究室 山下 亜紀郎
(現：筑波大学大学院生命環境科学研究科)

平成20～22年度累計予算額 17,658千円 (うち、平成22年度予算額 5,714千円)

上記の予算額は、間接経費を含む。

[要旨] 本研究では世界自然遺産に登録されている知床半島を対象として野生動植物の多様性のモニタリングを遂行する上で重要となる景観生態学図の作成を試みた。研究開始に伴い、知床地域の環境行政との意見交換において、知床岬におけるエゾシカの個体群の爆発的な増加による不嗜好性植物の分布拡大と鳥類の多様性への影響についての調査の不足、さらに登山道の荒廃が進み生態系への影響が指摘されているが、知床における登山道の荒廃を数値化した研究がないことが判明した。また希少動物の生息要因として重要な枯死木についてもレーザ測量による効果的な検証を期待された。

そこで本研究では、知床岬の草原地において、エゾシカの不嗜好性が強く、かつ在来種であるために防除できず、分布拡大が懸念されるハンゴンソウの分布状況を、広範囲で詳細な高さデータが得られる航空レーザ測量を用いて把握することを試みた。ハンゴンソウは、空中写真から色彩等によりその分布範囲を判読することは困難であるが、レーザ測量データを用いてある一定以上の草丈の分布域を抽出することにより、その分布範囲を把握することが可能なことが分かった。また、現地調査により草原生態系での植生変化が鳥類相の種構成に影響を及ぼすことが示唆された。特にアカモズなど30年前には知床岬の草原で確認された鳥類が、今回の調査では確認することができず、シカによる植生被害が鳥類の多様性へ及ぼす影響が示唆された。

さらに本研究では、登山道荒廃の深刻な地域を特定して今後さらに荒廃が進んでいく可能性を示唆した。特に羅臼岳（岩尾別側登山道口から大沢入口）で荒廃の激しい登山道の確認調査と航空レーザ測量による判読を実施した。またレーザ測量データを枯死木の抽出に活用する際の問題点について検討することにより、森林におけるレーザ測量の新たな可能性を検討した。これらの研究から、高さ情報を有する植生図を作成して、知床岬の生物多様性保全に必要な景観生態学図を作成した。

[キーワード] 原生自然環境、枯死木、鳥類相、登山道

1. はじめに

生物多様性の評価には、地形条件を理解したうえで、生態系を捉える景観生態学的な視点が重要である（小荒井ほか，2009）¹⁾。日本国内での生物多様性保全の基盤となる植生図は、縮尺1/25,000で作成されているが、実際の生物多様性保全に向けた景観生態学的な解析には、対象となる動植物や地形などを考慮したうえで正確なスケールを決定することが重要である。たとえば既存の地図情報の縮尺に限られてきたこともあり、細密情報を利用した野生動物の生息地解析は、それほど国内での研究事例も多くなかった。さらに野生動物の生息地評価では、一般的な植生図で示される上層植生の区分よりも、餌や隠れ場所となる下層植生の優占種や植生高が重要であるが、それら情報を広範囲で取得できる技術が不足していた（Yoshida et al, 2000）²⁾。

航空レーザを利用した生物多様性保全への新しい技術開発が望まれているが、実際は欧米でも航空レーザを用いた生息環境や国立公園のオーバーユーズを評価した研究事例は少なく、今後は生態系を詳細に（例：単木レベルで）解析が実践できる技術としての期待も大きい（Williams, 2011）³⁾。

北海道において近年、野生動物問題は顕著になった。特にエゾシカ(*Cervus nippon yesoensis*)による農業被害額は、2010年度は50億円を超え、既に大きな社会問題とさえなりつつある。個体数が増加したエゾシカは農業被害のみならず、北海道の生物多様性にも大きな影響を与えている。知床半島の先端に位置する知床岬は、知床国立公園の特別保護地区に指定されており、2005年に世界自然遺産に登録された知床における生物多様性保全の核心地域にあたる。この知床岬でも草原地にエゾシカが集中し、採食による食害が発生し従来の自然植生は壊滅的なダメージを受けている（図2-1）。

さらに近年の登山ブームにより登山者の急激な増加によって、踏みつけ行為による植生破壊や土壌侵食などの自然環境の劣化が著しく、知床国立公園でもリクリエーションの在り方も再検討が必要となっている。

本研究では、原生的自然環境における景観生態学図の生物多様性評価への応用に関する研究の一環として、知床半島における航空レーザ測量データを基に作成された微地形分類図や植生三次元構造を基に野外調査にて収集した植生情報、野生動物分布情報、並びに登山道等の情報を重ね合わせた生物多様性評価の視点から景観生態学的手法により解析を実施する。



図2-1 シカ食害による森林内でのDeer Lineの形成（吉田，2011）⁴⁾

シカが届く範囲にある植物を採食してしまい、下層には不嗜好性の強い植生のみが繁茂する

2. 研究目的

本研究では、知床半島の先端部分に位置する知床岬と半島の中心に連なる知床連山の最高峰である羅臼岳を研究対象地として、航空レーザ測量データの生物多様性評価への利活用を試みた。

2008年度に実施した現地調査において、現地の知床国立公園を管轄する自然保護事務所より、原生自然地域である知床半島における生物多様性保全の危機として、エゾシカによる植生被害と草原性鳥類を代表とする動物相への影響、さらに登山客の急増によるオーバーユーズが挙げられた。また2009年の本プロジェクトの中間報告会では、枯死木の抽出方法に対する技術的開発に強い期待を寄せられた。そこで本研究では、知床岬と羅臼岳における航空レーザ測量による生物多様性の評価手法の検討を図2-2に示す方針で実施した。

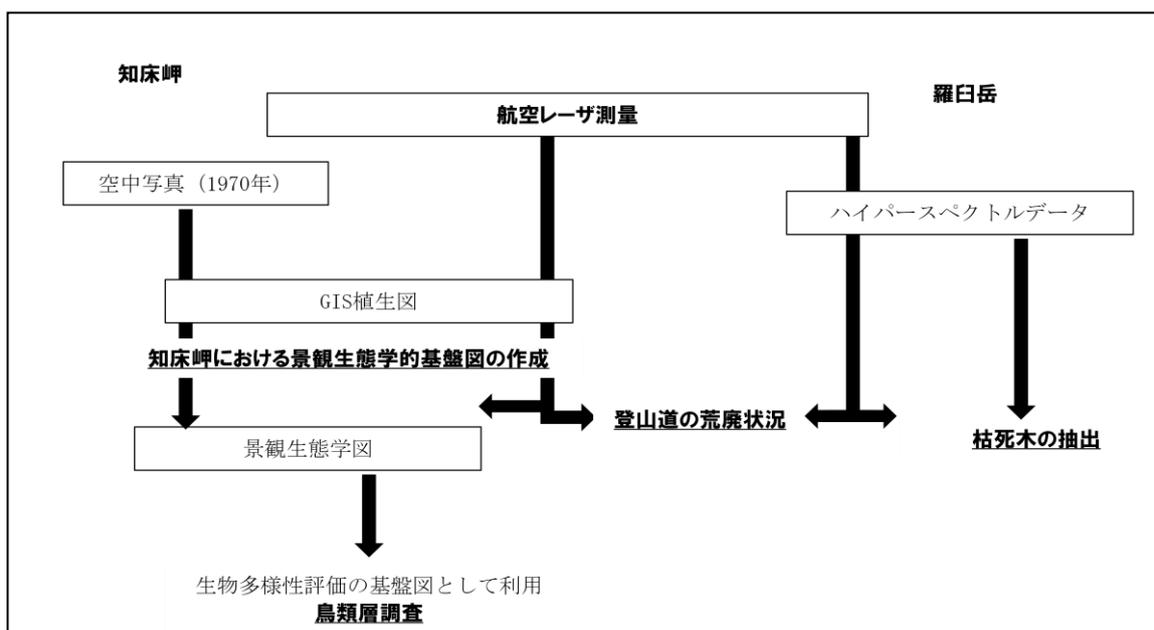


図2-2 知床半島における航空レーザ測量を利用した生物多様性評価の試み

知床岬における景観生態学的基盤図の作成

知床半島の先端に位置する知床岬は、知床国立公園の特別保護地区内、すなわち世界自然遺産の核心地域内にある。少なくとも1980年代の初めまで、同岬の海岸台地上には、エゾキスゲ (*Hemerocallis yezoensis*)、アキタブキ (*Petasites japonicus* subsp. *giganteus*)、マルバトウキ (*Ligusticum hultenii*)、エゾノシシウド (*Coelopleurum gmelinii*)、オニシモツケ (*Filipendula camtschatica*)、オオヨモギ (*Artemisia Montana*)、シレトコトリカブト (*Aconitum misaoanum*)、ナガバキタアザミ (*Saussurea riederi herder* var. *yezoensis*) などの高茎草本群落や、ガンコウラン (*Empetrum nigrum* var. *japonicum*) を主体として、チシマセンブリ (*Swertia tetrapetala*)、シコタンヨモギ (*Artemisia laciniata*) など風衝地の高山植物群落が一面に広がり、低地性植物から高山植物までもが混在する特徴的な植生を有していた (常田ほか, 2004⁵⁾; 石川, 2006⁶⁾)。しかし、最近20年間に爆発的に増加したエゾシカ (*Cervus nippon yezoensis*) による採食などを受け、上記のような独特の植生は壊滅的なダメージを受けている (岡田, 2000⁷⁾; Kaji et. al., 2004⁸⁾; 常田ほか, 2004⁵⁾; 石川, 2006⁶⁾; 梶ほか, 2006⁹⁾)。そこで本研究では、知床岬における航空レーザ測量を駆使した景観生態学的解析により知床岬の生物多様性保全の基盤となる情報を整備した。

鳥類相調査

知床岬では、エゾシカによる採食圧が激増した結果、植物を餌資源または身を隠すシェルター等に利用している昆虫類や鳥類など、知床岬先端部の局地的生態系を構成していた植物以外の生物群集構造もまた、劇的に変化した可能性がある。環境省は2007（平成19）年度から知床岬においてエゾシカ密度操作実験を開始するなど、当地の生態系復元に向けた各種事業を実施している。しかし上記密度操作実験によってエゾシカの影響が軽減された後の、生態系回復度を測る指標としては、現在のところ植生以外採用されていない。本来は、局地的生態系を構成する生物群集全体の多様性を長期間モニタリングして評価すべきであり、植生以外の指標についても探索・検証することが必要不可欠である。

登山道の荒廃状況

登山道荒廃の現状と航空データによる解析は、山岳地における自然公園の過剰利用によって生じている登山道の荒廃問題の現状に対して、羅臼岳登山道を対象に空中写真や航空レーザ測量といった航空データを用いて、どの程度現状が把握できるか検証することを目的とする。また、研究の対象は知床半島に位置する羅臼岳として登山道荒廃の現状を現地調査より把握して今後の対策を講ずることを目的とする。

枯死木の抽出

枯死木は倒木する可能性があるとして伐採される場合が多いが、枯死木がキツツキ等の棲みかとして利用されることも分かっている（松岡・高田 1999）¹⁰。そのため、枯死木も生物多様性保全に貢献すると考えられる。しかし、実際に山中を隅々まで踏査してその分布を把握するのは困難である。そこで知床半島の羅臼岳周辺地域の一部を対象に、枯死木の分布状況を現地調査により明らかにし、ハイパースペクトルデータおよび航空レーザ測量データによって、航空測量から枯死木の判別がどの程度可能であるか検証することを目的とする。

3. 研究方法

知床岬における景観生態学的基盤図の作成

本研究では、1970年に撮影された空中写真の判読により GIS 植生図を作成し、環境省自然環境基礎調査において整備が進む現存植生図との比較検討を実施した。さらに航空レーザ測量により、植生三次元断面図を作成して、知床岬における森林と草原の空間解析を実施した。特にエゾシカの不嗜好性植物であるハンゴンソウ(*Senecio cannabifolus*)の分布拡大が懸念される知床岬の草原部分での草丈や森林の樹高に関して、航空レーザ測量により取得できる地上の表面形状を表す DSM (Digital Surface Model = デジタル表層モデル) と単純に地表面形状を表す DEM (Digital Elevation Model = 数値標高モデル) の差分により植生の成長量や変化量を用いた検証を実施した。

さらに航空レーザ測量の現地確認調査（グランドトゥルース）を実施して、知床岬においての植生高の推定誤差の算出、さらにはエゾシカによる植生三次元構造への影響把握を試みた。主に林縁部における樹木の樹種、樹高(cm)、枝下高(cm)、樹幹幅(cm)を8mメジャーポールにて測定し、GPSにより樹木位置を記録した。なお調査の際には必ず1人以上が離れた場所から肉眼で樹木とポールの高さをチェックした(図2-3)。またエゾシカ不嗜好性植物であるハンゴンソウの分布を検証するため、

現地調査においてハンゴンソウの分布範囲を正確に把握する必要がある。そこで、GPS のライン作成機能を用いてハンゴンソウの外周を歩き、正確な位置と範囲を記録した。



図 2-3 樹高測定と GPS による樹木位置の記録（2009 年 6 月）

鳥類相調査

鳥類調査は、2009年（平成21年）6月8日～11日と2010（平成22）年6月13日に現地テント泊で実施した。調査手法には、ラインセンサス法およびスポットセンサス法を採用した。ラインセンサス法では、過去に唯一の鳥類情報として報告のある中川（1981）¹¹⁾において調査が実施されたラインを復元して利用することにより、植生変化が、鳥類相に及ぼす影響について追究できるように試みた。

ラインセンサス法の調査コースは計2本であり（図2-4）、各調査コース（①、②）上を時速1.5～2 kmで歩きながら、コースの左右25m、すなわち合計50m幅のエリア内に出現した鳥類をすべて同定し、発見時刻、種名、個体数および発見位置（コースの左か右か）を記録した。直接目視以外に、鳴き声のみを確認した種も同定して記録に含めた。また50m幅の範囲外で確認した種についても、参考記録として記録した。観察・同定には10倍の双眼鏡および必要に応じて20～60倍の望遠鏡を使用した。またGPSデータを基に算出した踏査距離を用いて、出現鳥類の各調査コースにおける個体数（羽 / km）を求めた。

調査コース①：文吉湾から海食崖を登った地点を起点とし、そこから海食崖沿いに踏み分け道を1,500m進んでアブラコ湾の上部に至り、さらにそこから南東方向へ800 m灯台管理道を進んで、知床岬灯台へ至る総延長2,300mのコースである。草原性鳥類の生息状況の把握および過去の調査結果との比較を目的として設定した。本コースは中川（1981）¹¹⁾の調査コースと同一であり、前半部分の1,500mは玉田（2007）¹²⁾の調査コースとも重複している。本コースにおいては、2008年にも環境省等による委託調査として知床財団（2008）¹³⁾が鳥類調査を実施している。今回の調査では2009年、2010年の6月に計6回のラインセンサスを実施した。

調査コース②: 文吉湾後背台地上の林縁部を起点とし、知床岬灯台へ至る総延長1,800mの林間コース。林野庁設置のシカ侵入防止柵の山側を経由している。2008年に知床財団（2008）¹³⁾が調査を開始したコースであり、森林性鳥類の生息状況把握を主目的としている。本コースにおいても2009年、2010年にラインセンサスと同様に調査を実施した。

スポットセンサス

スポットセンサス法は、上記調査コース①（草原コース）および②（森林コース）のコース上に2009年に5カ所ずつ（計10カ所）設定した。2010年にもそのまま使用し（図2-4）、各スポットで10分間の定点調査を実施する形でおこなった。各スポット定点の緯度・経度はGPSで位置情報を取得した。確認した種名、確認方法（目視、さえずり、地鳴き、飛翔）および個体数を2分ごとにまとめて記録した。草原においてはスポット定点から半径50m以内、半径50～200m、200m以遠の3つに分けて上記を記録し、森林内では半径50mの範囲内とそれ以遠に分けて記録した。スポットセンサスはラインセンサス実施日と同じ日に連続して実施した。

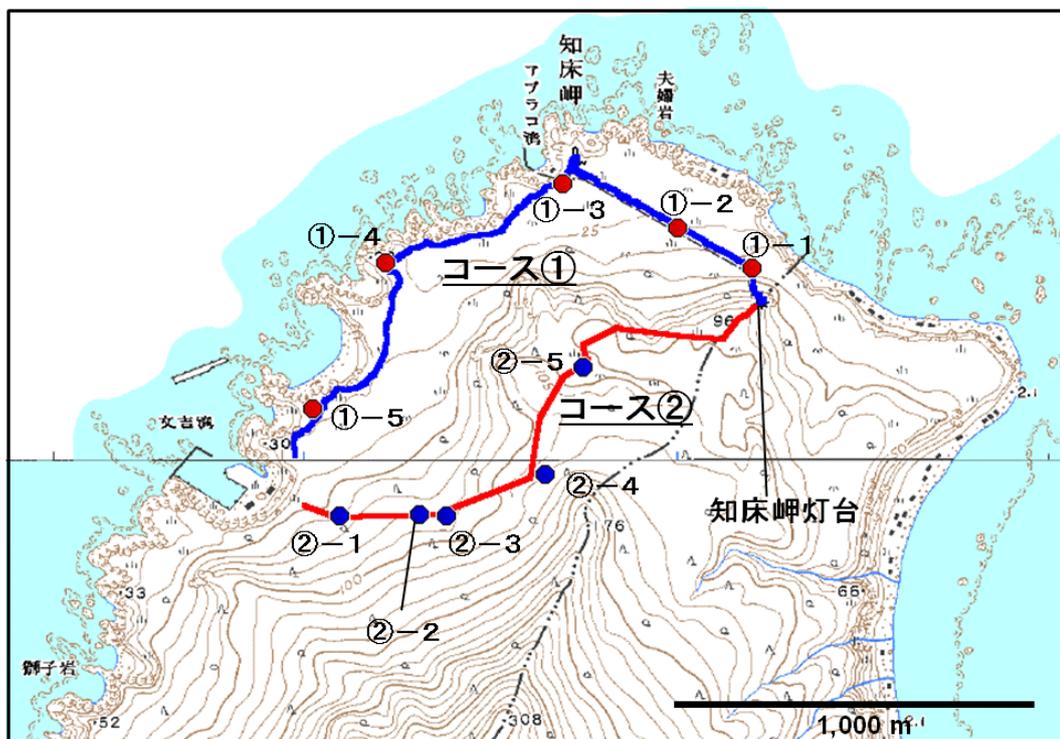


図2-4 ラインセンサスの調査コース2本（①、②）およびスポット定点10カ所の位置図
国土地理院数値地図（知床・標津）を改変

登山道の荒廃状況

調査は、知床半島中央部に位置する羅臼岳の登山道を対象とした。同地域は北海道東北端に位置し、世界自然遺産地域内でもある。羅臼岳は知床半島の中央に位置する知床連山の最高峰であり、羅臼側およびウトロ側からの登山道より登ることができる。羅臼側登山道は傾斜が急であり地質も脆く上級者向けの登山道であることから2007年には年間約600人の登山客にしか利用されていないが、ウトロ側（岩尾別側）登山道は、年間約7,000人の登山客が利用した。2009年8月24日から27日の4日間にわたり、羅臼岳の岩尾別側登山道において荒廃の現状を把握するために、登山道の幅、侵食深度、斜度、

方位、上空の緑被率を計測した。調査地点は岩尾別側登山道の入山口から大沢入口（標高約1,100m）までの100m毎、全52ポイントである（図2-5）。登山道幅は踏圧により植生破壊が進んでいると思われる箇所とまだ植生破壊が進んでいないと思われる箇所を区切りとし、実際の登山道の両端を、傾斜計（STS社製DL-155V）を用いてアルミスタッフを水平に保ちながら計測した。侵食深度は登山道両端のうち荒廃の進んでいない方を、もとの登山道の状態と仮定し、その高さから最も低い登山道面までの高さをメジャーを垂直に下すことで計測した。斜度および方位は、それぞれ傾斜計とコンパスを用いて計測した。緑被率はデジタルカメラ（Canon社製 D200）および魚眼レンズを用いて、調査地点の鉛直上方向を撮影し、得られた写真画像をフリーソフトSPCONVにて解析し、天空に占める植物の割合、つまり緑被率を算出した。また、客観的に全体を把握できる調査地点を定めるために、調査開始地点である大沢入口を起点とし、100mの印をつけたビニールロープを繰り返し用いることで調査地点を決定していった。そして岩尾別側登山道全体の荒廃状況を明らかにした。

2004年11月撮影の解像度0.4m/px、0.2m/pxの羅臼平野営指定地付近の空中写真を使用した写真判読によってトイレ踏み分け道が把握できるのかを検証した。踏み分け道とは、登山者が本道を外れて歩いたために植生が剥がれるなどして形成された小道のことであり(石川・佐川 2004)¹⁴、トイレ踏み分け道とは、登山者が用を足すために登山道を外れ人目のつかない場所へ行く際にできる踏み分け道のことである。また、1978年10月撮影の空中写真（解像度0.15m/px）と2004年の同地域の空中写真（解像度0.2m/px）を比較し、裸地と考えられる場所を写真判読によって抽出し2時期の面積を比較することで、26年間で裸地面積がどのように推移したのかを明らかにした。

航空レーザ測量データによる登山道を含む地域の三次元断面図から、登山道と思われる地域を抽出し、同地域を現地調査によって得た高精度な位置情報データ（Trimble社製Pathfinder ProXR SGLDS-004）と照らし合わせることで、航空レーザ測量データが登山道を把握できているのか、また荒廃の程度までも把握できているのかを検証した。



図2-5 現地での登山道荒廃状況の調査場所
（登山口～大沢入口国土地理院発行『数値地図25,000（地図画像）』より作成

枯死木の抽出

2010年8月30日から9月3日の5日間にわたり、羅臼岳の羅臼側登山道周辺において枯死木の現状を把握するために、枯死木の分布、樹高、胸高直径（DBH）、天空率を現地にて調査・計測した。調査地域は羅臼岳の羅臼側登山道の途中にある、里見台周辺（標高約380m）、第1の壁周辺（標高約550m）で、それぞれ50m×50mの正方形の範囲内（図2-6）とした。

枯死木の位置を記録するために、SOKKIA社のGPS（GIR1600）を用いて位置情報を取得した（図2-7）。樹高は樹高計を用いて地上から樹木の先端まで鉛直方向に計測した。DBHは地上から高さ1.3mの幹の周長を巻尺を用いて計測し、円周率で割ることで算出した。天空率はデジタルカメラおよび魚眼レンズを用いて、鉛直上方向に撮影し得られた写真画像を、画像解析ソフトウェアSPCONVによって解析し算出した。現地調査で得られたデータをArcGISによって地図化することで枯死木の現状を把握した。



図2-6 枯死木調査範囲（航空写真より作成）

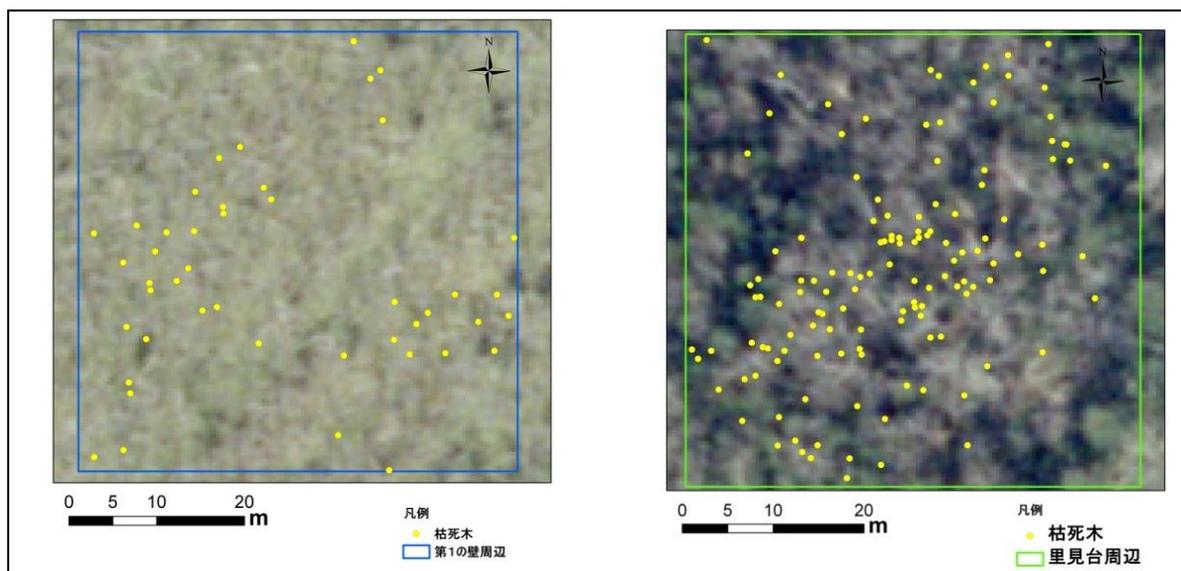


図2-7 第1の壁周辺の枯死木（左図）と里見台周辺の枯死木の分布状況の分布状況

4. 結果・考察

知床岬における景観生態学的基盤図の作成

エゾシカの採食を防止するための保護柵内の現地データが欠如しているためシカの植生三次元構造への影響評価は難しい。よって、まず本研究では航空レーザ測量によるdeer lineの抽出が可能であるか検証するため林縁部の樹木や草原部に孤立している樹木の状況調査を実施した。また参考として草原部に生えている低木に関しても一部計測した。なお樹高・枝下高を計測する上で現地調査によるポイント位置に若干の誤差があると考えられる。半径4mから10mまでの最高点を樹高とした結果では半径10mでの樹高測定が最も誤差が少なかった。よって樹木ポイント位置から半径10m内での最高点を樹高とした。また枝下高はエゾシカの不嗜好性植物であるハンゴンソウなど高茎の草本を計測してしまう恐れがあるため1.5m以上で最も低い値をLIDARによる枝下高とし、2m以上の点のうち最も低い点を枝下高②として表記した(図2-8・表2-1)。

現地計測と航空レーザ測量による計測では、樹高においては平均120cmほどの誤差が生じている、枝下高では1.5m以上の点で最も低い点との誤差が平均100cm程であり2m以上の点で最も低い点との誤差は平均70cm程と差はかなり小さくなった。計測した樹木はその殆どがエゾシカによる採食を受けておりdeer lineの形成が確認でき、現地調査においても枝下高が2m前後に集中していることや、航空レーザ測量に使用されているレーザは枝にあたっても計測されてしまうことから、2m以上の観測点であればdeer lineである可能性が高いと考えられる。樹高においても枝下高においても半径10mで値を求めているため、実測値から多少のずれがあると考えられるが1m程度の誤差で求められていることから、航空レーザ測量によるdeer lineの抽出は高精度で可能であることが判明した。

また本研究では、1970年の空中写真を判読して植生図とそのGISデータを作成した。この時期はまだ知床岬においてエゾシカの影響が少なかったことから、この地図情報は、今後の知床岬における貴重な基盤情報となる。

鳥類相調査

知床岬一帯において2009年には、10目21科48種の鳥類が確認され、2010年の現地調査で確認された鳥類は10目26科49種であった。中川(1981)¹¹⁾が1979年および1980年に計4回の調査で確認した鳥類(70種)の71.4%を本調査で確認することができたことになる。知床半島全体ではこれまでに年間通して51科271種の鳥類が確認されており(斜里町立知床博物館, 2005)¹⁵⁾、本調査における確認種数はその18.5%であった。また本調査では、知床初確認の種は認められなかった。本調査は渡りの時期ではなく繁殖期に実施されたため、この程度の確認種数は妥当と考えられる。なお、知床財団が知床岬先端における繁殖期鳥類相調査に関わった2008年の調査も加えて、3年分の全確認鳥類リストをまとめたものが表2-2であり、合計12目28科63種が確認されたこととなった。

またラインセンサス法による調査結果から草原性の環境を好む鳥種のみを抽出し、その生息密度を、同じコースにおける過去の調査結果(中川, 1981¹¹⁾; 玉田, 2007¹²⁾; 知床財団, 2008¹³⁾)と比較した(表2-3)。

本調査を実施した期間において、2010年は例年よりも気温が高く、エゾハルゼミの大きな鳴き声が、特に森林内において調査の支障となった。エゾハルゼミによる影響を避けるため、また鳥類のさえずりピークを確実に押さえるためにも、今後は調査開始時刻を日の出の30分前とすべきである。

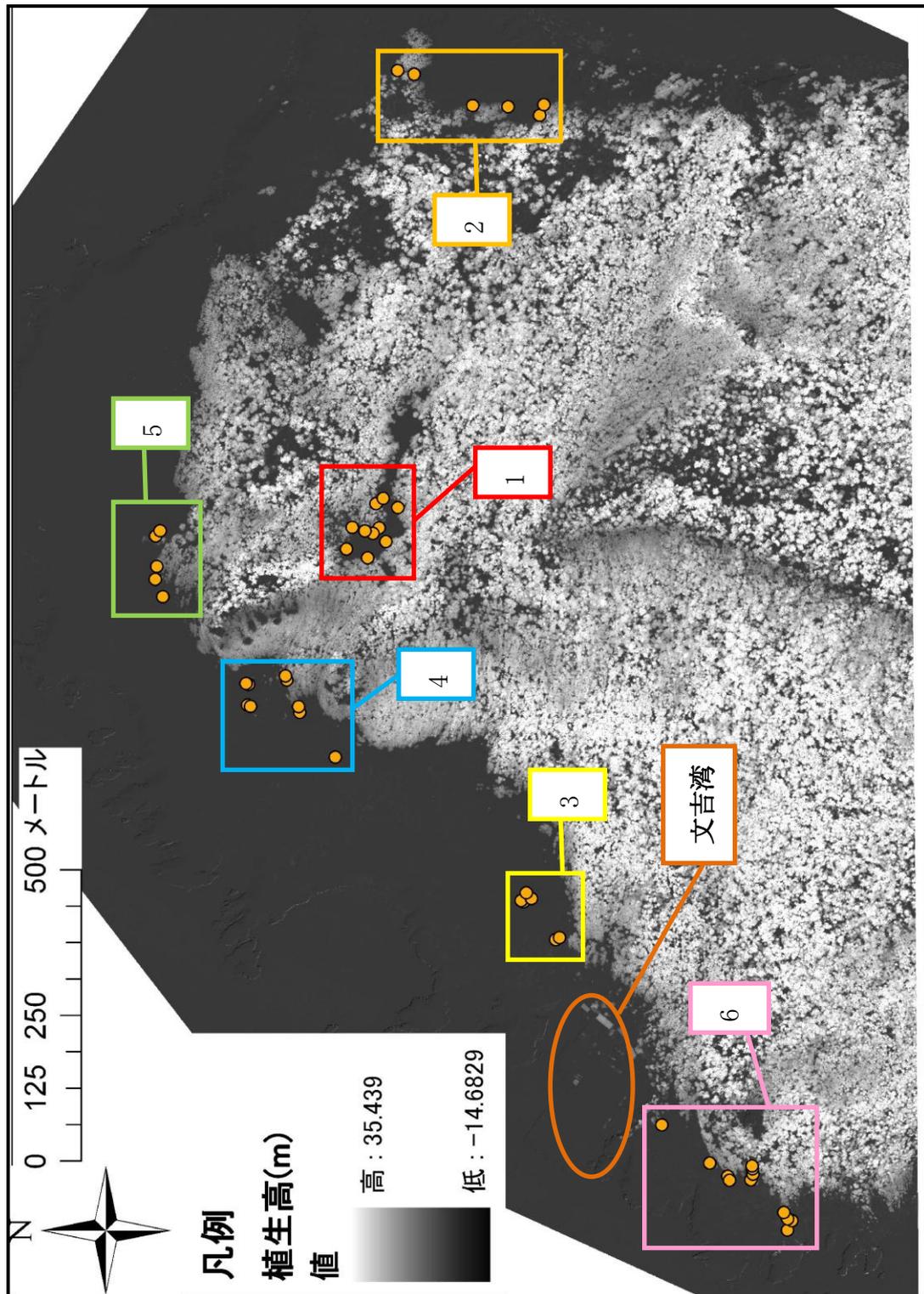


図2-8 現地調査にて林縁部においてシカ食害被害が著しい樹木を選択
(LIDAR情報により知床岬の樹高情報を算出した結果に重ね合わせた地図)

表2-1 知床岬における樹高・枝下高のLIDAR算出情報と現地調査の結果の比較

範囲	樹木 NO	樹種	現地調査に よる樹高(cm)	LIDARによる 樹高(cm)	枝下(cm)	LIDARによる 枝下高①(cm)	LIDARによる 枝下高②(cm)
1	0	不明	900	1038	277	194	201
	1	ナラガシワ	650	769	240	194	261
	2	ヤマモミジ	600	768	242	218	218
	3	イタヤカエデ	678	894	232	176	214
	4	イタヤカエデ	603	784	238	175	199
	5	ダケカンバ	1000	1013	317	164	324
	6	イタヤカエデ	773	1079	239	213	213
	7	不明	646	1148	222	205	205
	8	トドマツ	1400	1440	279	161	218
	9	ナラガシワ	725	793	183	218	218
2	10	イタヤカエデ	900	1118	246	151	205
	11	イタヤカエデ	456	768	221	151	204
	12	イタヤカエデ	650	612	203	154	206
	13	不明	631	815	289	171	230
	14	不明	790	933	294	171	204
	15	イタヤカエデ	850	1107	208	161	227
3	16	カエデ	436	390	212	176	211
	17	低木	179	390	—	176	211
	18	不明	583	580	235	241	241
	19	不明	503	580	246	179	210
	20	不明	488	580	238	179	210
	21	イタヤカエデ	501	536	239	241	241
	22	イタヤカエデ	511	580	218	241	241
4	23	イタヤカエデ	507	470	261	176	213
	24	イタヤカエデ	404	380	212	152	204
	25	イタヤカエデ	493	443	225	144	204
	26	エゾマツ	1050	971	383	152	247
	27	エゾマツ	850	971	532	158	247
	28	イタヤカエデ	533	498	237	197	210
	29	不明	521	498	231	197	210
	30	不明	579	549	290	162	204
	31	不明	418	549	164	156	204
	5	32	イタヤカエデ	553	532	389	156
33		不明	600	619	483	151	210
34		不明	600	740	483	170	205
35		ナラカシワ	553	679	248	239	239
36		低木	181	452	—	158	200
6	37	不明	485	452	187	158	200
	38	イタヤカエデ	602	657	257	170	221
	39	イタヤカエデ	730	818	306	160	209
	40	不明	676	770	257	169	201
	41	イタヤカエデ	755	1041	324	165	246
	42	イタヤカエデ	632	1211	272	157	219
	43	オニグルミ	1100	1414	642	151	219
	44	不明	—	1414	285	151	295
	45	イタヤカエデ	950	957	569	151	203
	46	イタヤカエデ	453	1007	219	152	202
	47	イタヤカエデ	952	1008	296	152	208
	48	イタヤカエデ	570	816	172	151	201
	平均		650	788.389	281.745	174.708	219.273

表2-2 知床岬先端部において2008～2010年夏期の調査で確認された鳥類のリスト.

目	科	種	目	科	種
ミズナギドリ	ミズナギドリ	フルマカモメ	スズメ	ウグイス	ヤブサメ
		ハシボソミズナギドリ			ウグイス
ペリカン	ウ	ウミウ			エゾセンニュウ
		ヒメウ			シマセンニュウ
コウノトリ	サギ	アオサギ			マキノセンニュウ
カモ	カモ	シノリガモ			コヨシキリ
タカ	タカ	オジロワシ			メボソムシクイ
	ハヤブサ	ハヤブサ			センダイムシクイ
チドリ	シギ	ヤマシギ		エナガ	エナガ
		オオジシギ		シジュウカラ	ハシブトガラ
	オオセグロカモメ	ヒガラ			
	シロカモメ	シジュウカラ			
	カモメ	ウミネコ		ゴジュウカラ	ゴジュウカラ
ウミスズメ		ウトウ		ホオジロ	ホオアカ
ハト	ハト	キジバト			アオジ
		アオバト			オオジュリン
カッコウ	カッコウ	ジュウイチ		アトリ	カワラヒワ
		カッコウ			マヒワ
		ツツドリ			ウソ
フクロウ	フクロウ	イカル			
アマツバメ	アマツバメ	アマツバメ			シメ
キツツキ	キツツキ	アカゲラ		ハタオリドリ	ニュウナイスズメ
		コゲラ		カラス	ホシガラス
スズメ	ヒバリ	ヒバリ			ハシボソガラス
	ツバメ	イワツバメ			ハシブトガラス
	セキレイ	キセキレイ		ツグミ	ノゴマ
		ハクセキレイ			コルリ
		ビンズイ			ルリビタキ
	モズ	モズ	ノビタキ		
	ヒタキ	キビタキ	イソヒヨドリ		
		コサメビタキ	トラツグミ		
エナガ	エナガ	アカハラ			

表2-3 知床岬台地上草原（調査コース①）における鳥類ラインセンサス結果（羽 / km）の過去との比較.

種名	出典		中川 (1981)		玉田 (2007)	知床財団 (2008)	本調査			本調査		
	調査年		1979		2004	2008	2009			2010		
	調査月日		5/29	7/1	7/20	7/14	6/8	6/9	6/10	6/12	6/13-①	6/13-②
オオジシギ	2.2						*	0.9	0.4	*		0.4
ヒバリ	2.2	1.5					0.4		2.2	0.4	0.9	0.9
ビンズイ	0.6					1.3	0.4	2.2	3.5	1.3	0.9	0.9
モズ	0.6									0.4		
アカモズ	0.6											
ノゴマ		2.3	1.3		0.9	1.3	0.4			2.2	1.7	1.7
ノビタキ	1.1	0.8	3.3				0.9					0.4
エゾセンニュウ		0.8			*			0.4	0.4	*		
シマセンニュウ			6.7		1.3	*	0.4	1.3	0.4			0.4
ホオアカ					0.4			0.9		*		
アオジ	2.2	1.5			*					*		
オオジュリン							0.4					
カワラヒワ	17.2	4.6	9.3		0.4	*	*	0.4	2.2	2.2		2.6
ベニマシコ	1.1											

* 調査時間外、もしくは調査区間外で確認できたもの

登山道の荒廃状況

図2-9は現地調査によって得た登山道幅のデータをもとに作成した全52ポイントのヒストグラムである。縦軸は頻度、横軸は登山道幅を10cmごとに階級区分して表している。そのデータより算出された登山道幅の平均値は132cm、中央値は116cmであった。また、登山道全体の現状を明らかにするために、登山道の幅を、1：小（110cm以下）、2：中（111-200cm）、3：大（201cm以上）の3段階で評価した。

3段階で評価した登山道幅のうち、評価1は20ポイントで全体の約38%、評価2は29ポイントで全体の約56%、評価3は3ポイントで全体の約6%であった。

図2-10は登山道幅と同様に侵食深度のデータより作成したヒストグラムである。侵食深度の平均は38.3cm、中央値は35.5cmであった。登山道幅と同様に侵食深度を、1：小（30.0cm以下）、2：中（30.1-65.0cm）、3：大（65.1cm以上）の3段階で評価した。その分類基準は以下の通りである。

度数分布表における最頻値は15.1-20.0cmと40.1-45.0cmで2つあることから、その中間である30.0cmまでを評価1とした。また、それ以上の侵食深度に関しては55.1-65.0cmの地点がないことから、65.1cm以上を評価3とし、その中間を評価2とした。

3段階で評価した侵食深度のうち、評価1であったのは22ポイントで全体の約42%、評価2であったのは21ポイントで全体の約40%、評価3であったのは9ポイントで全体の約17%であった。

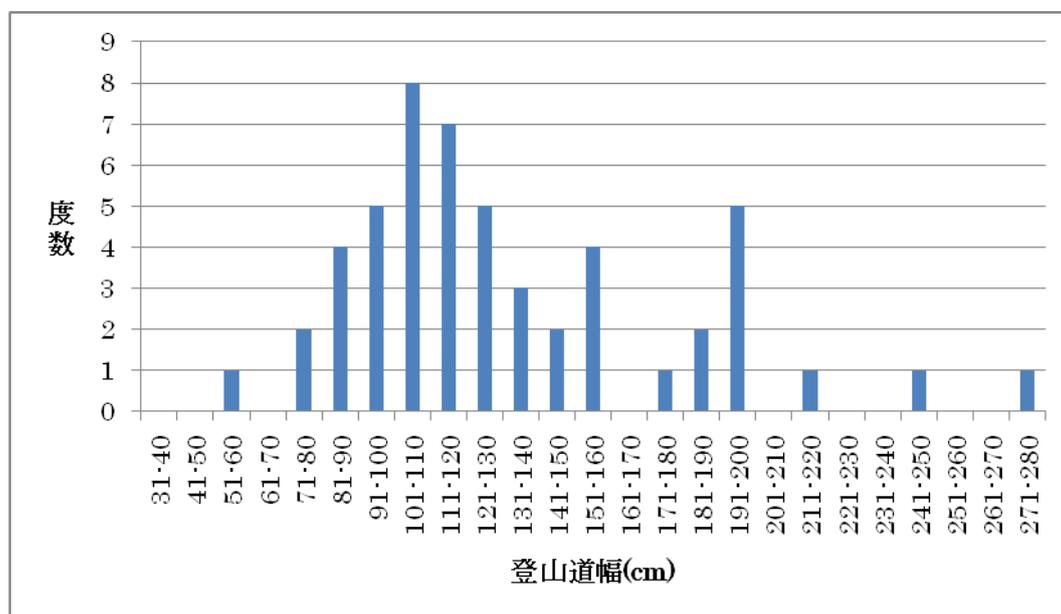


図2-9 登山道幅のヒストグラム

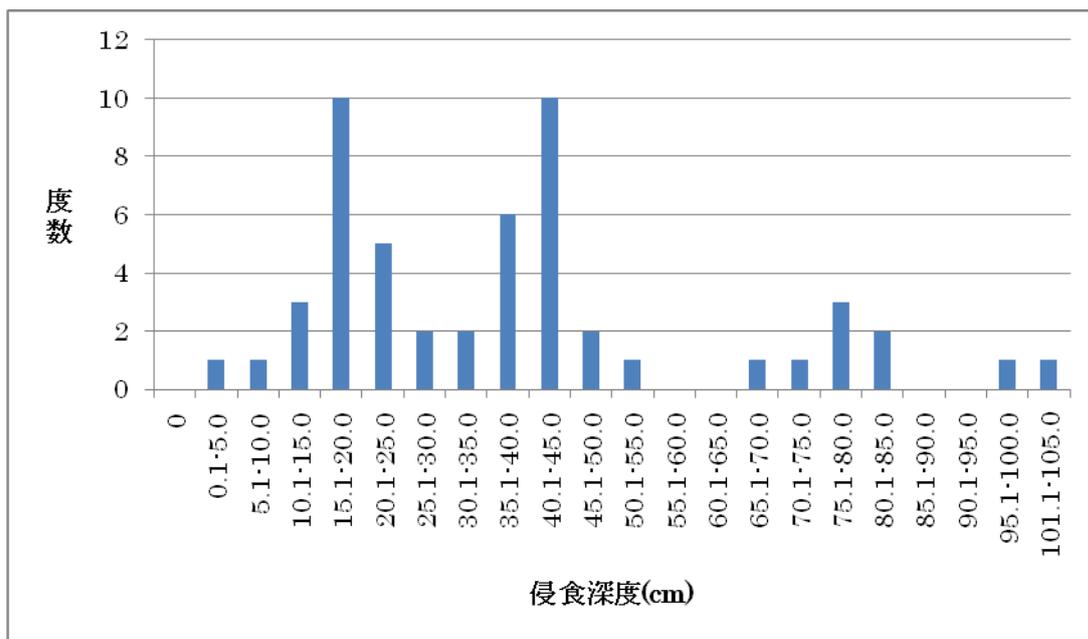


図2-10 侵食深度のヒストグラム

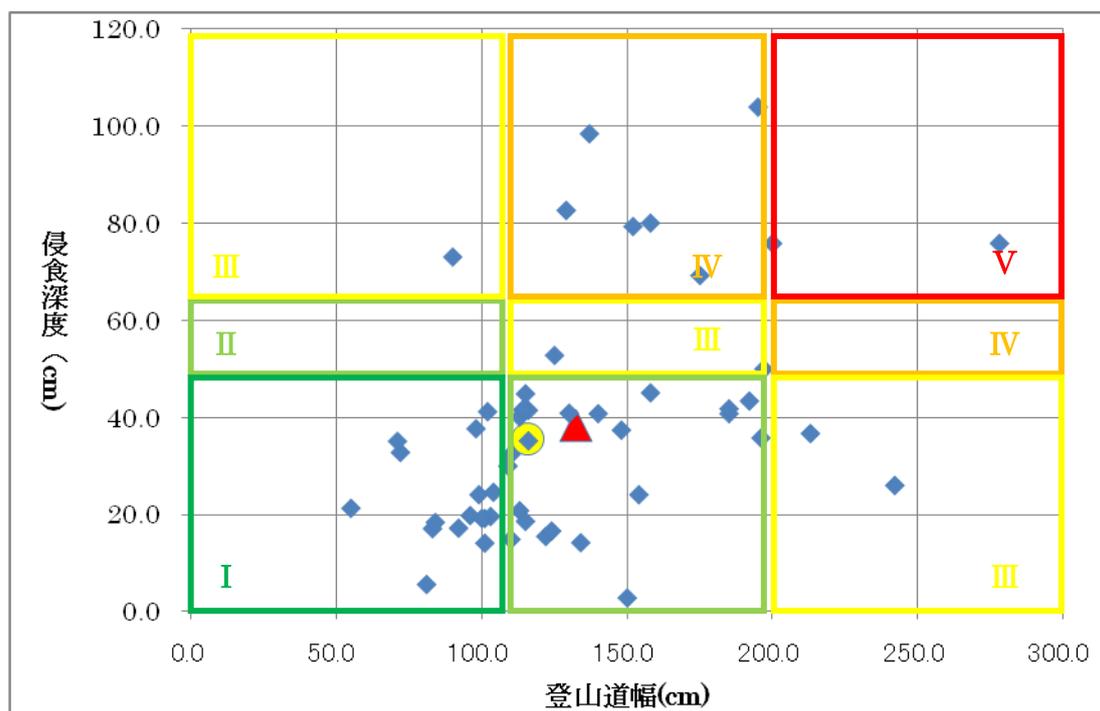


図2-11 登山道幅および侵食深度からみた登山道評価

図2-11は登山道幅と侵食深度との関係を表した散布図である。三角形および丸の印は、それぞれ平均値および中央値を表している。この図から登山道幅および侵食深度の調査結果をクロス集計し、軽度の荒廃を評価Ⅰとして評価Ⅴまでの5段階で評価した。評価Ⅰには13ポイント、評価Ⅱ

にも13ポイント、評価Ⅲには17ポイント、評価Ⅳには8ポイント、評価Ⅴには1ポイントの調査地点がそれぞれ該当した。特に荒廃の深刻であると思われる評価ⅣおよびⅤには9ポイントの調査地点が該当し、岩尾別側登山道において全体の約17%は荒廃が深刻であると考えられるという結果となった。図2-12はこの登山道評価を地図化したものである。標高900-1,000mあたりに荒廃の進んだ箇所（評価ⅣおよびⅤ）が集中していることが分かった（図2-12○の箇所）。

登山道荒廃状況を把握する指標として登山道幅と侵食深度を用いたが、登山道幅については、本来の登山道の状態としてはじめから幅の広いものや狭いものなど多様であるため、理想とされる登山道幅というものは評価しがたい。とはいえ、登山道幅が大きいとされた3地点はいずれも斜度の比較的緩やかな地点であったことから（平均斜度10.1度）、緩傾斜の地点において登山道幅が広がるのであろうことが考えられる。

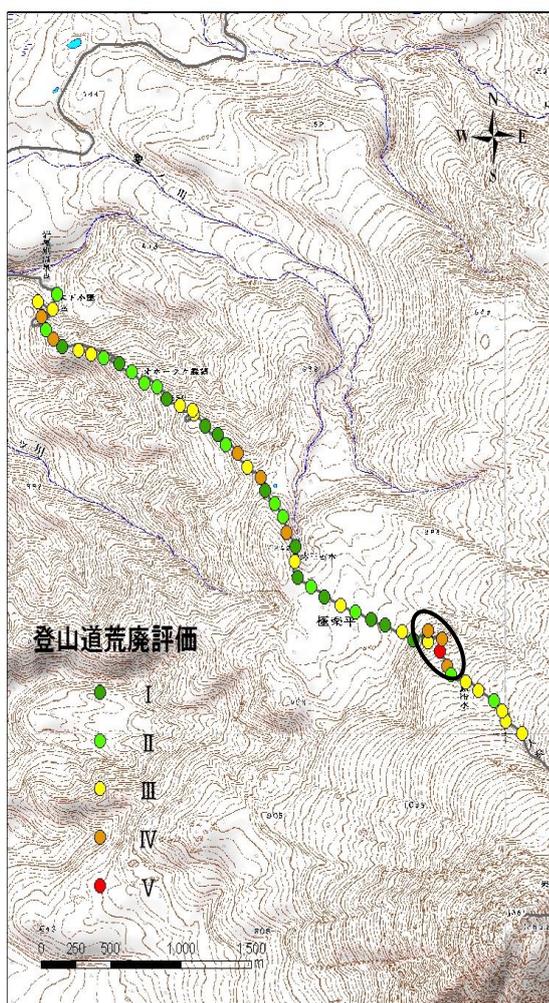


図2-12 岩尾別側登山道における登山道幅および侵食深度からみた登山道評価の分布
 国土地理院発行『数値地図25,000（地図画像）』に加筆

一方、侵食深度は、登山道両脇の高さを元々の登山道の状態であるとみなしており、自然的要

因か人為的要因かはともかく、荒廃が進めばおのずと鉛直方向に深くなり荒廃しているか否かが分かりやすい。侵食深度の結果から荒廃が深刻とされた地点は、斜度については緩傾斜から急傾斜までさまざまであったが(最小値8.4度、最大値21.8度)、上空の緑被率については相対的に低いことが分かった。これらのことより、侵食深度が大きくなる要因は、上空の緑被率が低く降雨が直接地面に届きやすく、その上、傾斜があることで土壌が洗い流されやすいからと考えられる。しかし、このことより、登山道の荒廃が進行する要因は斜度と緑被率だけとは断定できず、周辺植生や地形、地質など他の要因も関係していると考えられる。

羅臼側登山道を含む範囲で取得された航空レーザ測量データによる三次元断面図から、登山道と思われる地域を抽出し、現地調査によって得た登山道の高精度な位置データと照らし合わせることで、航空レーザ測量データが登山道を把握できているのか、また荒廃の程度までも把握できるのかを検証した。

図2-13は三次元断面図から登山道周辺地域を拡大したものである。現地調査によって得た高精度なGPSの情報を照合させた結果、登山道であろうと思われる地域は図2-13の丸印の箇所であった。航空レーザ測量データの形状からも、この地点が登山道であろうことが把握できる。しかし、現地調査の結果、こちらの羅臼側登山道では目立った荒廃が確認できなかったため、高性能な航空レーザ測量データによって、どの程度登山道の荒廃を把握できるのかは確認できなかった。とはいえ、航空レーザ測量データは、荒廃の深刻でない登山道も把握可能なものであり、荒廃の深刻な別の地域においてその現状把握に効果が発揮されることが考えられる。

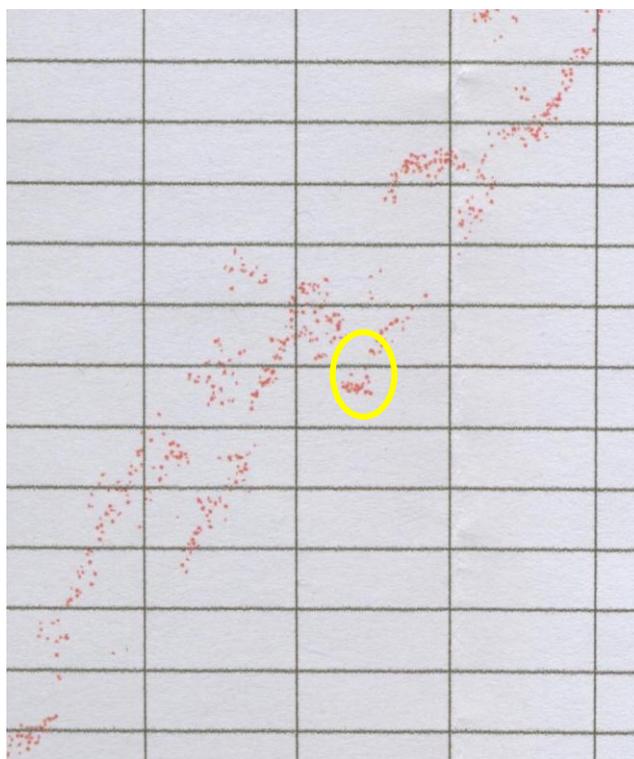


図2-13 羅臼側登山道周辺地域の航空レーザ測量データによる三次元断面図

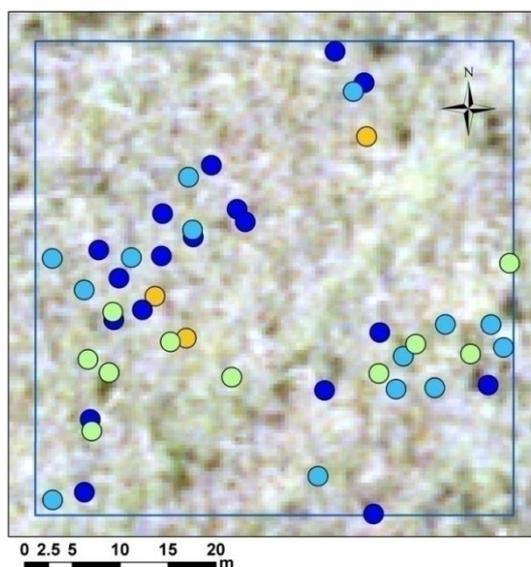
枯死木の抽出

図2-14および図2-15は枯死木の樹高を表している。第1の壁周辺において、枯死木の樹高は図抜けて高いものがなく、平均的である。里見台周辺では、樹高にばらつきがあることが分かる。

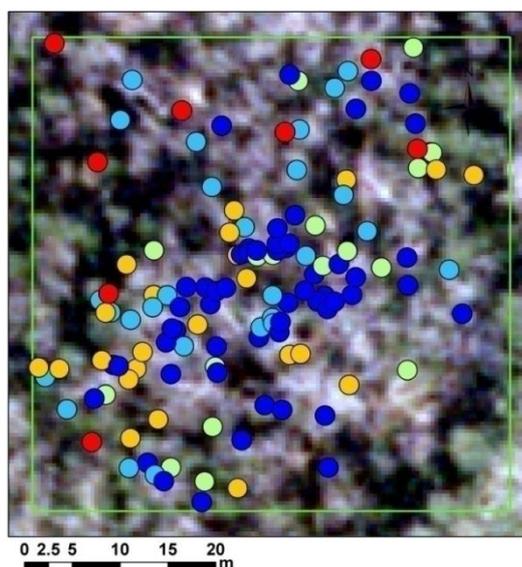
図2-16および図2-17は枯死木のDBHを表している。図2-16において一つだけDBHが大きい枯死木があるが、それ以外はどれも小さいといえる。図2-16および図2-17どちらにも共通していることは、枯死木のDBHが全般的に小さいことである。

図2-18および図2-19は枯死木地点の天空率を表している。国土地理院の毎木調査報告書内では天空率が調査されていないため、図2-18および図2-19は、他の図より標本数が少ない。樹木の生育には日光が関係しているため、日光が少ない地点では枯死木が発生しやすいと考えられる。そのため、図2-18および図2-19において天空率の高い地点はほとんど見られない。また里見台周辺において、天空率が極めて低い地点が見られる。

現地調査の結果、樹高やDBHは両地域とも共通して低い。このことから、成熟していない枯死木が多かったと考えられ、成長段階の時期に、周りの樹木により淘汰された可能性が高い。



凡例
枯死木
樹高 (cm)
● 13.5 - 270.0
● 270.1 - 420.0
● 420.1 - 570.0
● 570.1 - 920.0
□ 第1の壁周辺



凡例
枯死木
樹高 (cm)
● 13.5 - 270.0
● 270.1 - 420.0
● 420.1 - 570.0
● 570.1 - 920.0
● 920.1 - 1500.0
□ 里見台周辺

図2-14 第1の壁周辺の枯死木の樹高

図2-15 里見台周辺の枯死木の樹高

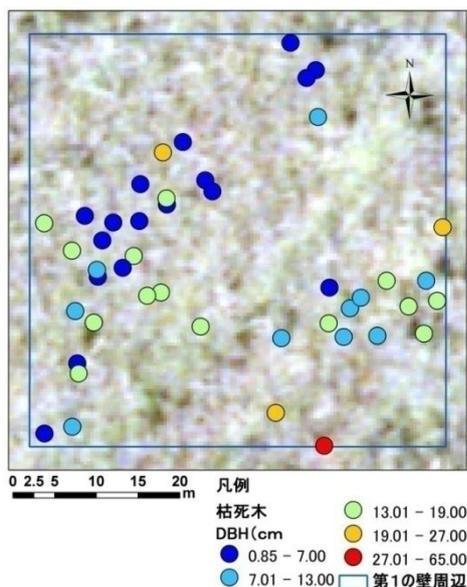


図2-16 第1の壁周辺の枯死木のDBH

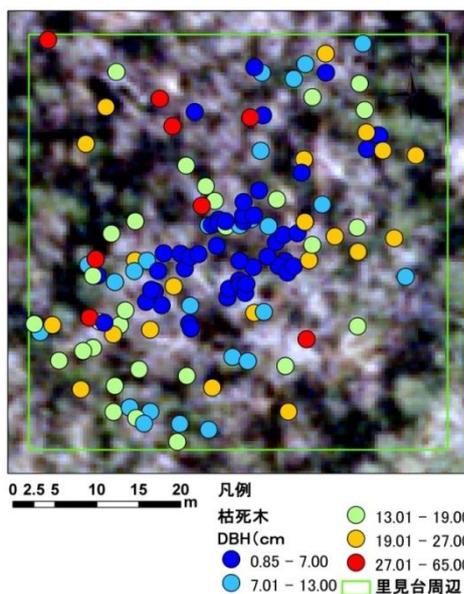


図2-17 里見台周辺の枯死木のDBH

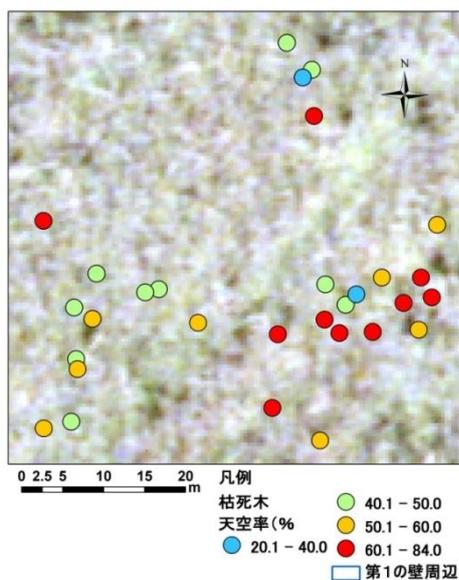


図2-18 第1の壁周辺の枯死木地点の天空率

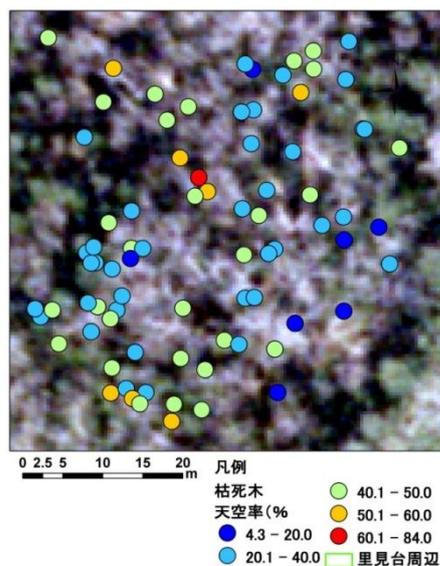


図2-19 里見台周辺の枯死木地点の天空率

航空レーザ測量データによって枯死木の分布を把握するために、LASEditを用いて三次元断面図より枯死木を抽出することを試みた。方法としては現地調査範囲を南北1.5m、東西50mの幅で、三次元断面をコンピュータ画面上で南北にスライドさせた（図2-20）。図2-20には現地調査により取得した枯死木の分布もプロット（図2-20の黄色点）した。三次元断面図（図2-21）内で樹冠の点群と地表面の点群の間にあるプロットが枯死木の可能性があるとして選択された。そのようなプロットは、第1の壁周辺と里見台周辺とで84プロット抽出された。これらのプロットが現地

調査による枯死木の位置と一致していれば、当該のプロットは枯死木であると判断した。この照合作業を行ったところ、第1の壁周辺では3か所、里見台周辺では4か所のみが一致した。

第1の壁周辺地域の枯死木全体では平均樹高334.0cm、平均DBH9.94cm、平均天空率54.8%であるのに対して、一致した3か所については平均樹高294.1cm、平均DBH7.36cm、平均天空率54.7%であった。一方、里見台周辺地域の枯死木全体では平均樹高418.9cm、平均DBH12.28cm、平均天空率36.7%に対して、一致した4か所については平均樹高331.3cm、平均DBH12.61cm、平均天空率50.0%であった（表2-4）。第1の壁周辺の3か所の平均値は全体の平均DBHより小さく、天空率は差がほぼなかった。里見台周辺の4か所においては、平均DBHは差がほぼなく、天空率は平均より高かった。通常、枯死木の樹高、DBHの数値が大きく、天空率が高ければ、レーザ光が枯死木で反射する可能性が高いと考えられる。しかし、今回一致した枯死木は必ずしもそうではないという結果となった。

結局、本研究の対象地域については、航空レーザ測量データ解析から枯死木を判別できる可能性は低いと言わざるを得ない。これは、枯死木が細すぎてレーザ光が枯死木自体に当たらなかったためと考えられる。もし、航空レーザ測量データのパルス密度をより高くすることができれば、細い枯死木であっても判別できる可能性は高くなると考えられる。あるいは、より樹高が高く幹も太い枯死木が存在する地域ならば、航空レーザ測量データによってその分布が把握できる可能性があると考えられる。

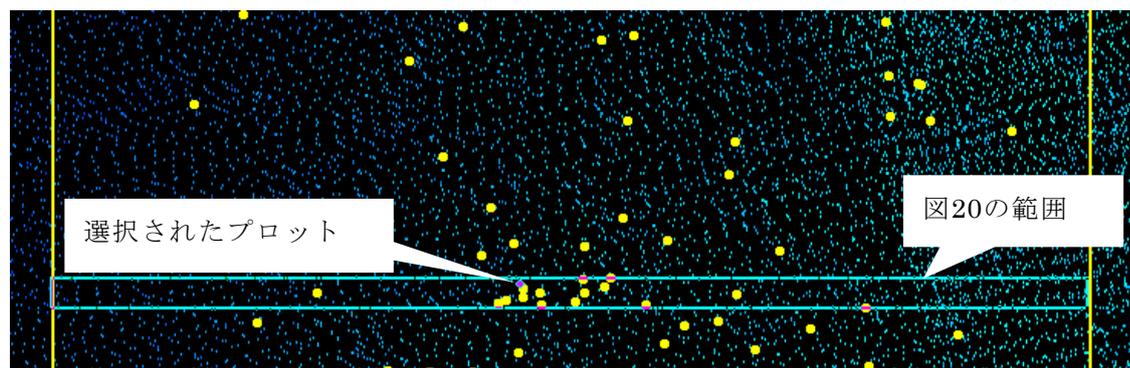


図2-20 里見台周辺におけるLASEditによる三次元断面図の作成

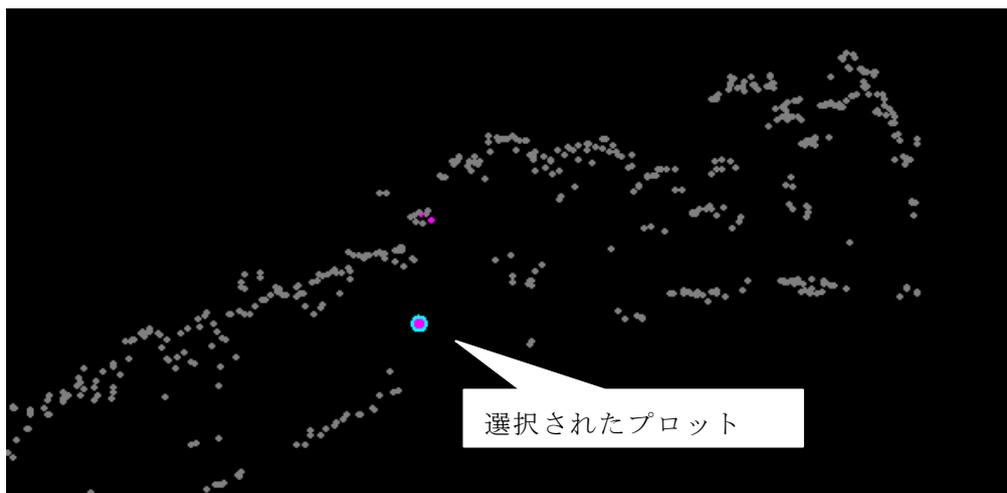


図2-21 三次元断面図の例

表2-4 航空レーザ測量データ解析と一致した枯死木の現地調査結果

第1の壁周辺

No.	経度(10進法)	緯度(10進法)	樹種	樹高(cm)	胸高直径(cm)	天空率(%)
11	145.155638	44.049294	不明	245.5	4.52	40.9
18	145.155963	44.049641	不明	201.5	2.29	47.3
27	145.156015	44.049335	不明	435.4	15.28	75.8
標本数				3	3	3
平均値				294.1	7.36	54.7

全体平均				334.0	9.94	54.8
------	--	--	--	-------	------	------

里見台周辺

No.	経度(10進法)	緯度(10進法)	樹種	樹高(cm)	胸高直径(cm)	天空率(%)
77	145.151555	44.042523	不明	356.5	14.32	56.5
94	145.151621	44.042315	不明	258.6	11.20	43.4
153	145.151601	44.042465	ナナカマド	240.0	2.93	0
178	145.151728	44.042516	ケヤマハンノキ	470.0	22.00	0
標本数				4	4	2
平均				331.3	12.61	50.0

全体平均				418.9	12.28	36.7
------	--	--	--	-------	-------	------

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

生物多様性の保全に関する研究や活動の情報集約を実施する地図は二次元で表示されるものが一般的であった。これまで植生図や土地利用図など野生動物の分布調査に必須となる地図情報は二次元の情報であり、エゾシカのような野生動物の分布を示す地図も多くの場合でメッシュ（グリッド）で表示されたものが中心であった。このような面的な地図であれば、種の分布情報は簡単に把握できる。ただし生物多様性の保全を推進するためには、多くの限界が生じている。

例えば、鳥類は植生構造に強く依存しており、植生を面的（二次元）に把握するだけでは不十分であり、その階層（三次元）構造を理解する必要がある。高木で営巣し囀る鳥から、草地や地面にて繁殖するものなど様々な階層に多様な鳥類が分布する。このような生物多様性に関するフィールド研究と地図を結び付けることが可能となった植生三次元構造の地図化に成功した本研究の科学的な意義は大きい（図2-22・図2-23）。さらに図2-24と図2-25が示すように、シカの植生被害もレーザ測量により把握することは可能である。Williams et al. (2011)³⁾ が示すように航空レーザ測量を野生動物保全に利用することは期待されるが、その実績結果は欠如しているので、本研究では新たな科学的な知見としての価値の多い結果を導くことに成功した。

現地調査によって得た岩尾別側登山道の登山道幅からは、もとの登山道幅が多様であることから荒廃の深刻である地点を把握することはできなかったが、侵食深度においては、元の登山道の状態と仮定した登山道両側もしくは片側の高さから少なくとも2.8cm、最大で104.0cmの侵食が確認でき、登山道の荒廃は少なからず着実に進行していることが解明できた。

航空データによってどの程度登山道荒廃を把握できるのかを、空中写真と航空レーザ測量データを用いて検証した。その結果、高解像度である0.2m/pxの空中写真画像からもトイレ道を把握することができなかったことや、ハイマツにトイレ道が覆われていたこともあり、航空機からの写真撮影から登山道の荒廃状況を把握するには限界があることが判明した。上空からの写真画像を用いて登山道荒廃状況を把握する際には、さらに低高度から角度を変えるなど自在に撮影のできる機器の活用が必要であると考えられる。また、航空レーザ測量によるデータは計測高度や踏み分け道を覆っている植生に精度がほとんど左右されない。そのため、トイレ踏み分け道の把握には効果が発揮されるのではないかと考えられる。

現地調査によって得た羅臼岳の羅臼側登山道周辺の枯死木の分布データとハイパースペクトルデータおよび航空レーザ測量データから枯死木である可能性が高いとされる地点との一致状況は高いとは言えなかった。しかし、一部分であるが一致している地点もある。そのため、これらのデータを使用することで、枯死木を判別することは不可能ではないと考えられる。このような事例研究は、国内外でも未だ紹介されておらず、今後の科学的な課題を整理するうえでも価値のある成果を導くことができた。実際には、幹の細い枯死木が多かったため、ハイパースペクトルデータの1ピクセル内に枯死木と生立木あるいは下層植生が共存し、枯死木のスペクトルを取得できていない地点もある。航空レーザ測量データに関して言えば、枯死木自体の形状を把握することが困難であったため、一致状況は低かったと考えられる。また、ハイパースペクトルデータも航空レーザ測量データも羅臼岳周辺の限られた地域のみでの検証だったため、十分にその精度を検証できたとはいえない。

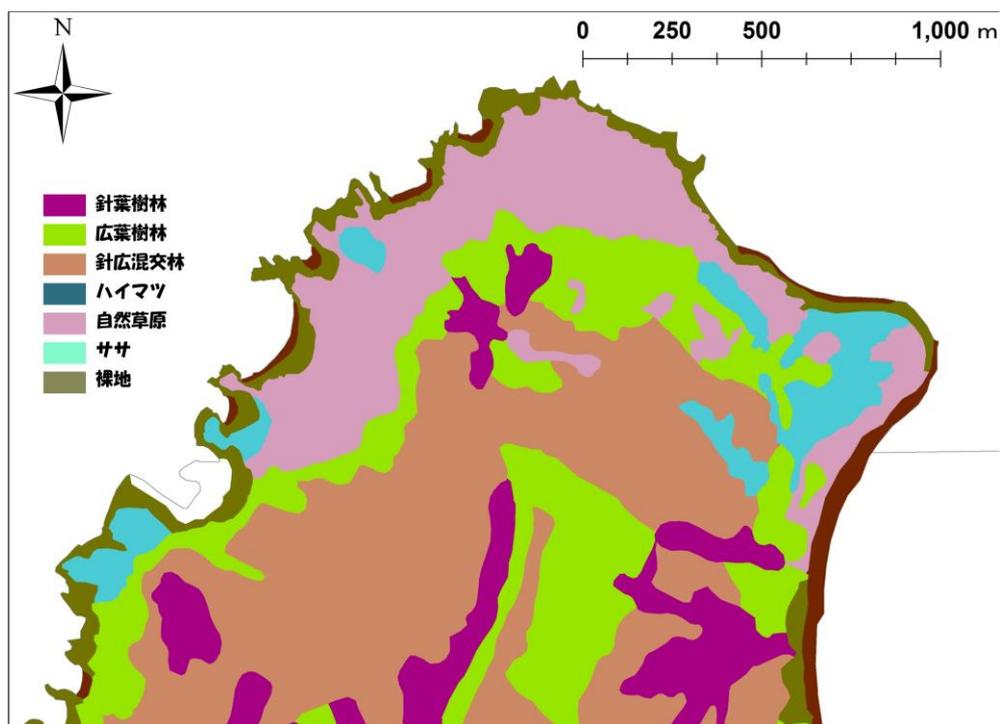


図2-22 二次元的に区分した知床岬の現存植生図

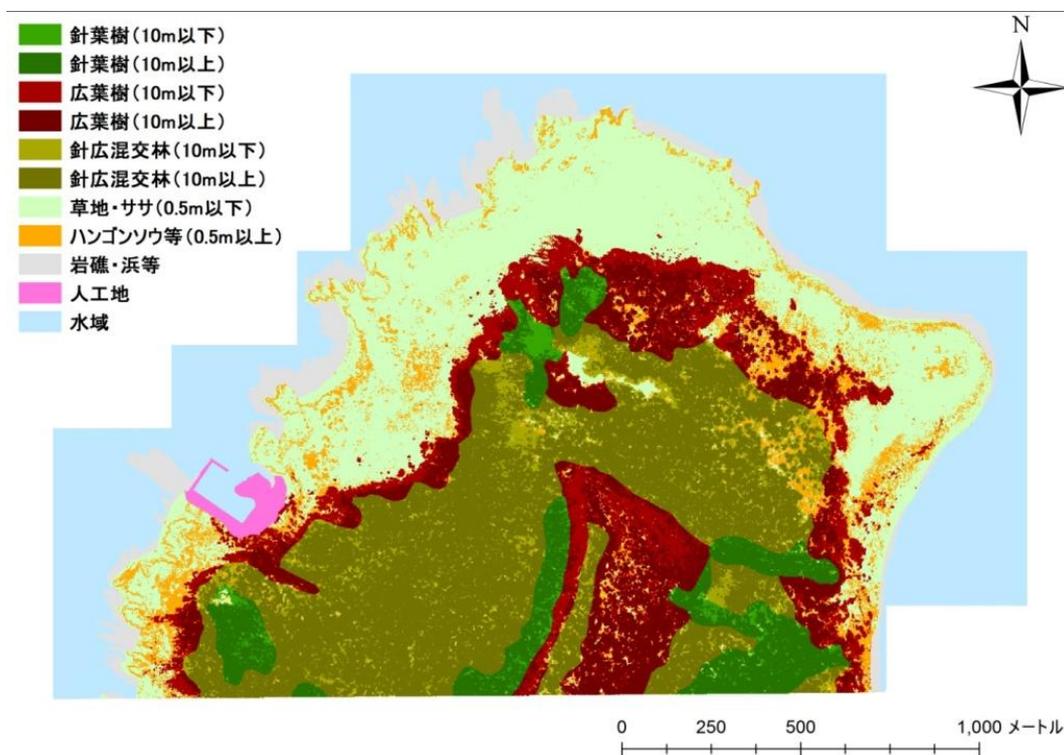


図2-23 三次元情報（樹高・草丈）にて区分した知床岬の現存植生図

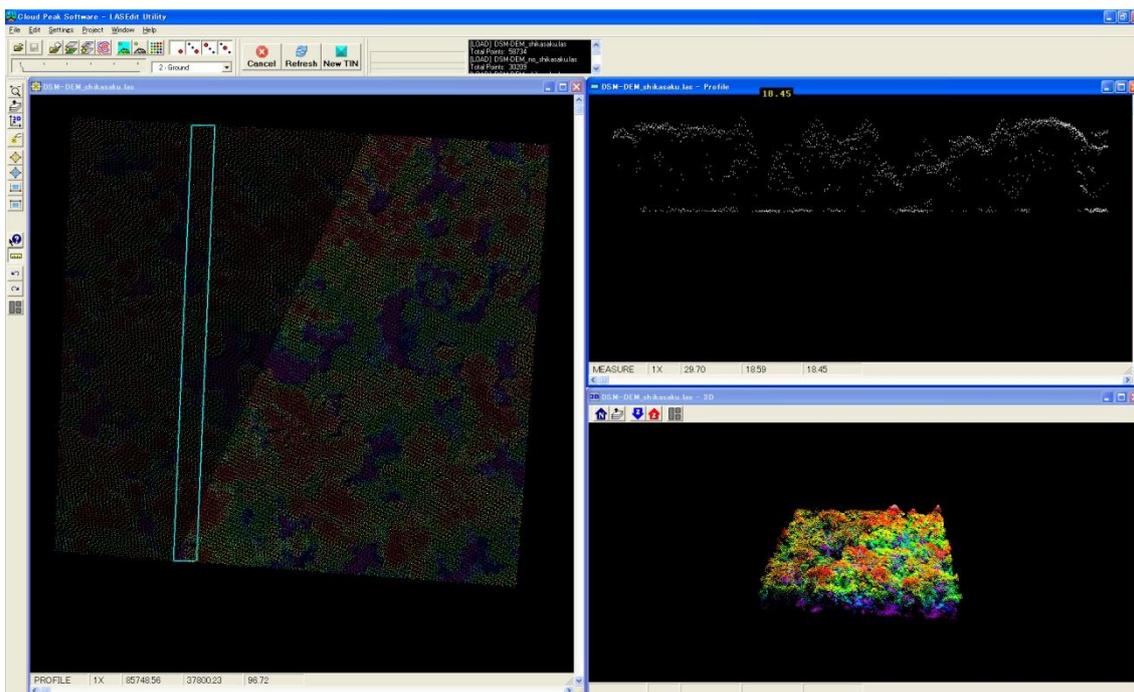


図2-24 レーザ測量により作成された知床岬に設置されたシカ食害防護柵の内部の植生断面図

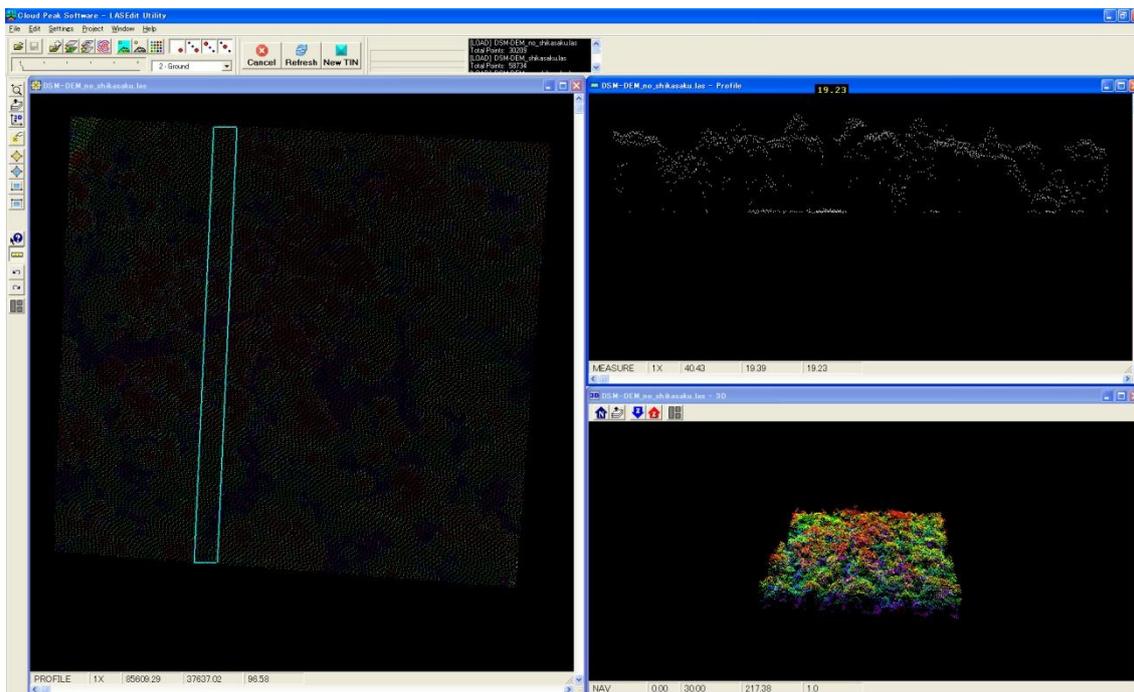


図2-25 レーザ測量により作成された知床岬に設置されたシカ食害防護柵の外部の植生断面図

(2) 環境政策への貢献

実際に生態系の回復状況を判定しうる指標の有力候補として鳥類相が注目され、平成20(2008)年7月には環境省のグリーンワーカー事業として、知床岬の鳥類相調査が実施された。しかし予算

やアクセス上の制約から一日だけの現地調査となり、実施時期も鳥類の繁殖ピーク期を既に過ぎていたため、繁殖ピーク期に複数日の調査を実施する必要性が指摘されていた。そのため本調査では、平成21年と22年に夏鳥の繁殖ピーク期である6月にのべ7日間にわたる調査を知床岬で実施した。また従来のラインセンサスに代わる手法として最近注目されているスポットセンサス法を、ラインセンサスと同じコース上に設定したスポット定点で実施し、確認種数に差が出るか否かなどを引き続き検討することにより今後の行政モニタリングの在り方も示唆できた。

さらに航空レーザ測量により植生の三次元構造を把握できることは、シカ管理が最重要課題となっている知床の自然生態系管理において大きな利点となった。図2-23が示す三次元現存植生図は、本研究で実施した鳥類相調査における基盤情報となるのみならず、今後は各種の生物多様性情報を整備するうえでの重要な基盤図となることは間違いない。

また登山道の荒廃が集中的に進んでいると思われる地域が存在することが解明できたのは、環境政策に大きな貢献となる。同地域についてはさらなるモニタリングと対策が急務であると考えられる。また他地域においても今回の調査項目以外の要因によって荒廃が進んでいる可能性があり、さらなる現地調査を行い、現状を把握しておく必要があると考えられる。今回の現地調査は残雪の影響から、標高1,100mあたりの大沢入口までしか対象とできなかった。このあたりより高い標高の地域には貴重な高山植生が多数生育しており、これらの盗掘や踏みつけなどによる人為的な植生破壊が深刻である。さらに、融雪などの影響も受けやすく、特に登山道荒廃の深刻な地域とされていることから、今後さらに荒廃が進んでいく可能性があり、政策的な解決策を検討していく必要がある。

なお猛禽類などの希少野生動物の生息場所としての重要性は認識されていても、これまで枯死木に関する調査事例がない知床半島で、実践的な研究を実施したことは価値が高い。実際に森林生態系で航空レーザ測量を用いた行政業務が知床半島で実施されるが、その先駆的な研究として本研究の位置づけは大きいものとなる。

6. 引用文献

- 1) 小荒井衛・佐藤浩・中埜貴元・吉田剛司・山下亜紀朗・西謙一・長澤良太・日置佳之・司馬愛美子・中山詩織（2009）世界自然遺産地域や里山地域での生物多様性評価のための航空レーザ計測の活用－微地形と植生三次元構造との関連性の解析から－. 日本リモートセンシング学会, 47回学術講演論文集, 151-152.
- 2) Yoshida T, Morita T, Nagase K and Tanaka K (2000) Predicting forest understory vegetation types for wildlife management, *J. For. Planning*, 6, 1-11.
- 3) Williams PJ, Gutierrez RJ, Whitmore SA (2011) Home Range and Habitat Selection of Spotted Owls in the Central Sierra Nevada, *J. Wildlife Management*, 75(2), 333-343.
- 4) 吉田剛司（2011）森林資源としての野生動物管理の実践的課題. *林業技術*, 828, 17-21.
- 5) 常田邦彦・鳥居敏男・宮木雅美・岡田秀明・小平真佐夫・石川幸男・佐藤謙・梶光一（2004）実践報告 知床を対象とした生態系管理としてのシカ管理の試み. *保全生態学研究*, 9, 193-202.
- 6) 石川幸男（2006）知床半島におけるシカの増加と植物の保全活動. 斜里町立知床博物館（編）, しれとこライブラリー⑦ 知床の植物Ⅱ, pp.54-68, 北海道新聞社, 札幌.
- 7) 岡田秀明（2000）知床岬のエゾシカ. 斜里町立知床博物館（編）, しれとこライブラリー② 知

床のほ乳類 I , pp.12-26, 北海道新聞社, 札幌.

- 8) Kaji K, Okada H, Yamanaka M, Matsuda H and Yabe T (2004) Irruption of a colonizing sika deer population. *J. Wildlife Management*, 68, 889-899.
- 9) 梶光一・岡田秀明・小平真佐夫・山中正実 (2006) 知床国立公園のエゾシカの群れ 管理方針と自然調節. デールRマッカロー・梶光一・山中正実 (編), 世界自然遺産 知床とイエローストーン 野生をめぐる二つの国立公園の物語. pp.43-55, 知床財団, 斜里.
- 10) 松岡茂・高田由紀子 (1999) キツツキ類にとっての立枯れ木と森林管理における立枯れ木の扱い. *日本鳥学会誌*, 47(2), 33-48.
- 11) 中川元 (1981) 知床半島の鳥類調査報告. 知床半島自然生態系総合調査報告書 (動物篇), pp.43-79, 北海道生活環境部自然保護課, 札幌.
- 12) 玉田克己 (2007) 知床半島先端部の海岸台地における草原性鳥類. *Strix* 25, 119-124.
- 13) 知床財団 (2008) 環境省請負事業 平成20 (2008) 年度国立公園等民間活用特定自然環境保全活動 (グリーンワーカー) 事業 「知床岬における鳥類相モニタリング等委託業務」 業務報告書, 32pp. 財団法人知床財団, 斜里.
- 14) 石川弘司・佐川貴久 (2004) 砂防新道における登山道の侵食量. 石川県白山自然保護センター研究報告, 31, 33-44.
- 15) 斜里町立知床博物館 (2005) データブック知床・2005 (第 27 回特別展「世界遺産知床」解説資料). 119pp, 斜里町立知床博物館協力会, 斜里.

7. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文 (査読あり)>

特に記載すべき事項はない

<その他誌上発表 (査読なし)>

- 1) 吉田剛司・石下亜衣紗・西謙一・玉田克己・石名坂豪・新藤薫・田澤道広: *地理*, 55, 9, 29-36 (2010)

「エゾシカの高密度状況が生物多様性に及ぼす影響」

- 2) 大場一樹・山下亜紀郎・吉田剛司: *酪農学園大学紀要自然科学編*, 31, 33-45 (2010)

「知床半島羅臼岳にける登山道荒廃の現状」

- 3) 羽山伸一・三浦信吾・梶光一・鈴木正嗣編: *野生動物管理の理論と技術*, 文永堂出版 (印刷中)

「第19章 分布と生息環境評価法」 (執筆担当: 吉田剛司)

(2) 口頭発表 (学会等)

- 1) 西謙一・吉田剛司・山下亜紀郎・横尾泰広・小荒井衛: 第18回地理情報システム学会 (2009)
「航空レーザー測量を利用したエゾシカ (*Cervus nippon yesoensis*) 不嗜好性植物ハンゴンソウ (*Senecio cannabifolus*) の拡大分布の把握 - 原生自然環境知床岬での事例 - 」
- 2) 吉田剛司・西謙一・山下亜紀郎・小荒井衛: 日本地理学会2010年春季学術大会 (2010)

「知床岬における生物多様性評価のための景観生態学図の試作」

3) 大場一樹・山下亜紀郎・吉田剛司：2010年日本地理学会春季学術大会（2010）

「羅臼岳における登山道荒廃の現状と航空データによる解析」

4) 吉田剛司・小荒井衛・玉田克己・田澤道広：第58回日本生態学会（2010）

「知床岬でのエゾシカによる植生改変は鳥類にも影響するか？」

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

特に記載すべき事項はない

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

〈環境省主催のシンポジウム〉

1) 石名坂豪・田澤道広・玉田克己・山本幸・山中正実・吉田剛司・小荒井衛：知床世界自然遺産地域生態系調査報告会（2010）

「知床岬における鳥類相モニタリング」