

**令和4年度 路網整備や再造林対策
の効果的な推進のための区域の設定に
向けた調査事業 報告書**

令和5(2023)年3月

林野庁

目次

1章. 事業概要	1
1.1. 事業の目的及び背景	1
1.2. 検討委員会の設置・運営	2
1.3. 事業実施項目	3
2章. ゾーニング補助ツール（もりぞん）の改良と普及	4
2.1. ゾーニング補助ツール（もりぞん）の概要	4
2.2. 令和3年度版もりぞんの改良	7
2.3. 配布	11
2.4. 普及のためのワークショップ（リーダー養成ワークショップ）	12
3章. ゾーニングのモデル地区実証	15
3.1. 実証概要	15
3.2. ゾーニング図作成の合意形成に至るまでの手法の検討	20
3.3. ゾーニング図の精度向上手法の検討	22
3.4. ゾーニング図の施策等への活用検討	23
4章. 効率的な路網整備計画の策定に向けた手法の検討・整理	24
4.1. 実施概要	24
4.2. 既存路網線形の精度向上	27
4.3. 路網管理に必要な情報の精度向上	36
4.4. 危険地形の判読	40
5章. ゾーニング図作成から路網計画までの実証事例	42
5.1. 実施概要	42
5.2. ゾーニング図作成と合意形成	43
5.3. ゾーニング図に基づく路網計画	49
5.4. ゾーニング図作成、活用における留意点	54
6章. まとめ	56
6.1. 成果	56
6.2. 今後の課題	57

巻末資料

収益性と災害リスクを考慮した森林ゾーニングの手引き

CS立体図を使った地形判読マニュアル

1章. 事業概要

1.1. 事業の目的及び背景

1.1.1. 目的

人工林資源が充実し本格的な利用期を迎えている中で、森林の有する公益的機能の発揮及び持続的な林業を経営するためには、国土保全及び木材利用の観点を踏まえながら、林業適地を判別し、効率的・効果的に森林施業を実施していくことが重要である。併せて、効率的・効果的な森林施業の実施に向けて、詳細な地形情報や具体的な森林施業と関連付けた計画に基づく路網整備が不可欠である。

このため、本事業では航空レーザ計測データ等の既存データを活用し、地方自治体、森林組合等の担当者が簡易に林業適地の判別と路網整備計画の策定を行うための手法を開発することを目的とする。

令和3年度事業では、前述の目的を達成するため、林業収益性及び災害リスクの2軸に基づくゾーニング手法及び路網整備計画の策定手法を実証し、ゾーニング補助ツール（もりぞん）の試作及びその手引きの作成等に取り組んだ。本事業の2年目となる令和4年度は、前年度の成果を踏まえ、ゾーニングを効率的に実施するための補助ツール及び手引きの改良を行いつつ、これらの普及に向けたモデル実証やワークショップ等の開催を実施するとともに、データに基づいた路網整備計画の策定を行うための手法について調査を行うものとした。

1.1.2. 背景となる制度

令和3(2021)年3月に改正された「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法」において、都道府県知事が、自然的社会的条件からみて植栽に適した区域（特定植栽促進区域）を指定し、成長に優れた苗木の植栽を促進する新たな制度が創設された。また、令和3(2021)年9月には、森林計画制度が見直され、市町村森林整備計画において、木材等生産機能維持増進森林のうち、自然的条件及び社会的条件を勘案して特に効率的な施業が可能な森林の区域を新たに設定することとされた。

これらの制度に基づく区域設定（ゾーニング）を進めるうえでは、森林を効率的かつ効果的にゾーニングしていくことが求められる。また、その際には、近年、豪雨災害等が激甚化・頻発化していることを踏まえ、伐採搬出作業などが斜面の不安定化につながらないように注意し、山地災害リスクを低く抑える（リスク管理に努める）ことがこれまで以上に求められており、経済性（収益性）及び災害リスクの両面から、データに基づく分析・評価を行う必要がある。

本事業で開発した補助ツールを活用することにより、これらの区域設定を促進することが期待される。

1.2. 検討委員会の設置・運営

本事業の検討委員会は、再造林等の森林整備に関する専門家により構成し、検討委員名簿を表 1-1 に示す。検討委員会の開催概要を表 1-2 に、開催の様子を図 1-1 に示す。

表 1-1 検討委員名簿

氏名	所属
齋藤 仁志	岩手大学農学部森林科学科 准教授
鈴木 秀典	国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所 林業工学研究領域森林路網研究室 室長
大丸 裕武	石川県立大学生物資源環境学部 教授
戸田 堅一郎	株式会社ジオ・フォレスト 代表取締役（元長野県職員）
光田 靖	宮崎大学農学部森林緑地環境科学科 教授

表 1-2 検討委員会開催概要

委員会	開催日	主な議題
第 1 回	令和 4 年 7 月 6 日	実施項目、調査内容の確認
第 2 回	令和 4 年 10 月 28 日	進捗確認、路網の AI 抽出・現地調査結果
第 3 回	令和 5 年 2 月 17 日	結果報告、手引き・テキスト、課題検討



図 1-1 検討委員会の様子

1.3. 事業実施項目

事業実施項目と対応する本報告書該当箇所について表 1-3 に示す。

表 1-3 事業実施項目の概要

実施項目	実施概要	報告書該当箇所
(1) 検討委員会の設置・運営	開催回数は3回、委員は5名。	1章事業概要
(2) ゾーニング補助ツール(QGISプラグイン)の改良	令和3年度事業で試作したゾーニング補助ツール(QGISプラグイン)について、改良を行う。	2章ゾーニング補助ツール(もりぞん)の改良と普及
(3) 普及に向けたモデル実証及び説明会等の開催	① 令和3年度事業のモデル地区(全国8地域)を対象にフォローアップを行い、本事業の成果を活用して作成したゾーニング案の施策への活用や地域の林業関係者等との合意形成過程等の事例を収集し、成果や課題等を調査する。	3章ゾーニングのモデル地区実証
	② ①のモデル地区とは異なる自治体で新たなモデル地区(4箇所程度)を設定し、令和3年度事業の成果及び(2)で改良したゾーニング補助ツールの有効性について実証し、課題を検証する。	5章ゾーニング図作成から路網計画までの実証事例
	③ 全国各ブロックで自治体職員等を対象に本事業の成果を活用したゾーニング手法の普及を担うことができるリーダーを養成するワークショップを開催する(各1回以上)。	2章ゾーニング補助ツール(もりぞん)の改良と普及
(4) 効率的な路網整備計画の策定に向けた手法の検討・整理	モデル地区を1箇所以上設定し、実証する((3) ①及び②のモデル地区と重複可)。	4章効率的な路網整備計画の策定に向けた手法の検討・整理
	① 航空レーザー測量等で得られたデータ等を用いた既設路網の線形抽出等により、路網データの精度向上を図る分析手法を検討し整理する。	4章効率的な路網整備計画の策定に向けた手法の検討・整理
	② ゾーニング補助ツール(QGISプラグイン)を用いて出力された評価結果に対応した地域の路網整備計画の効果的な策定手法や、今後の路網整備計画に対応したゾーニング手法について検討し、整理する。	5章ゾーニング図作成から路網計画までの実証事例
	③ 地形や災害履歴等のデータを活用し、災害リスクを低減した路網整備計画の効率的な作成手法を検討し、整理する。	5章ゾーニング図作成から路網計画までの実証事例 巻末資料
(5) 手引きの改訂	(2)～(4)で行った内容を踏まえ、令和3年度事業で作成した手引きの改訂を行う。	巻末資料

2章. ゾーニング補助ツール（もりぞん）の改良と普及

2.1. ゾーニング補助ツール（もりぞん）の概要

地方自治体、森林組合等の担当者が林業適地の判別や路網計画などを行う際に必要なゾーニングを簡易に行うことができるようにするため、令和3年度にゾーニング補助ツール（以下「もりぞん」という）を作成した（図2-1）。

もりぞんの開発にあたっては、少ない費用で利用できること、GISに慣れていない者でも使いやすいことに配慮し、無料で使えるGISソフトであるQGISのプラグイン（拡張機能）とし、入力データは既存データを主とした。また、令和3年度の実証においては、GIS初心者でも操作できることを確認できた。

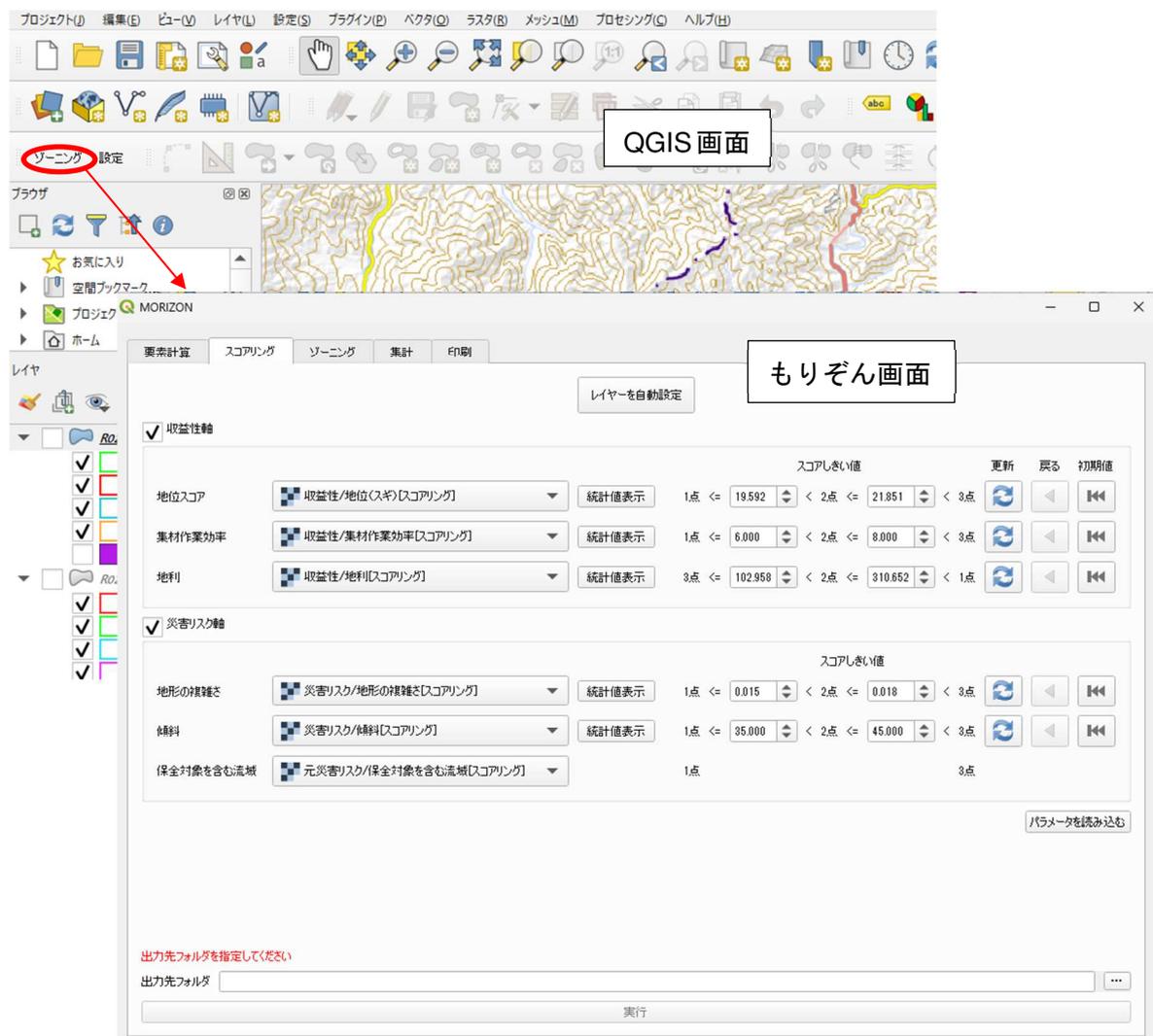


図 2-1 もりぞんの操作画面

もりぞんの基本とする考え方は、図 2-2 のとおり林業収益性と山地災害リスクの 2 軸による 4 象限図であらわすことができる。

第二象限「林業経営適地」は、林業収益性が高く、災害リスクが低い林業経営に適した区域であり、森林計画のゾーニングにおいて「生産林」や「資源の循環利用林」などと呼ばれるタイプの林分である。

第一象限「災害リスクに注意」は、収益性は高いが災害リスクも高く細心の注意が必要な区域である。林業経営と災害リスクが最も軋轢を起こしやすいところであり、施業にあたってはリスク低減の配慮や事業回避を検討する必要がある。

第三象限「要収益性向上」は、災害リスクは低いが収益性も低い区域で、収益性が低いことから林業には適さないと考えられるが、路網の整備や森林施業の低コスト化等の工夫により、林業適地となるポテンシャルを有している可能性がある。

第四象限「災害に強い森林管理」は、収益性が低く災害リスクも高い区域であり、収益性を求める林業経営ではなく、間伐等により災害に強い森林とする管理が必要になると考えられる。

RED 象限「災害対策優先区域」は、災害発生可能性が非常に高かったり、ひとたび発生した際の被害が甚大である場所であり、災害回避を最優先すべき区域である。もりぞんでのゾーニングでは対応せず、別途法規制等の GIS データを重ね合わせて考慮することとしている。

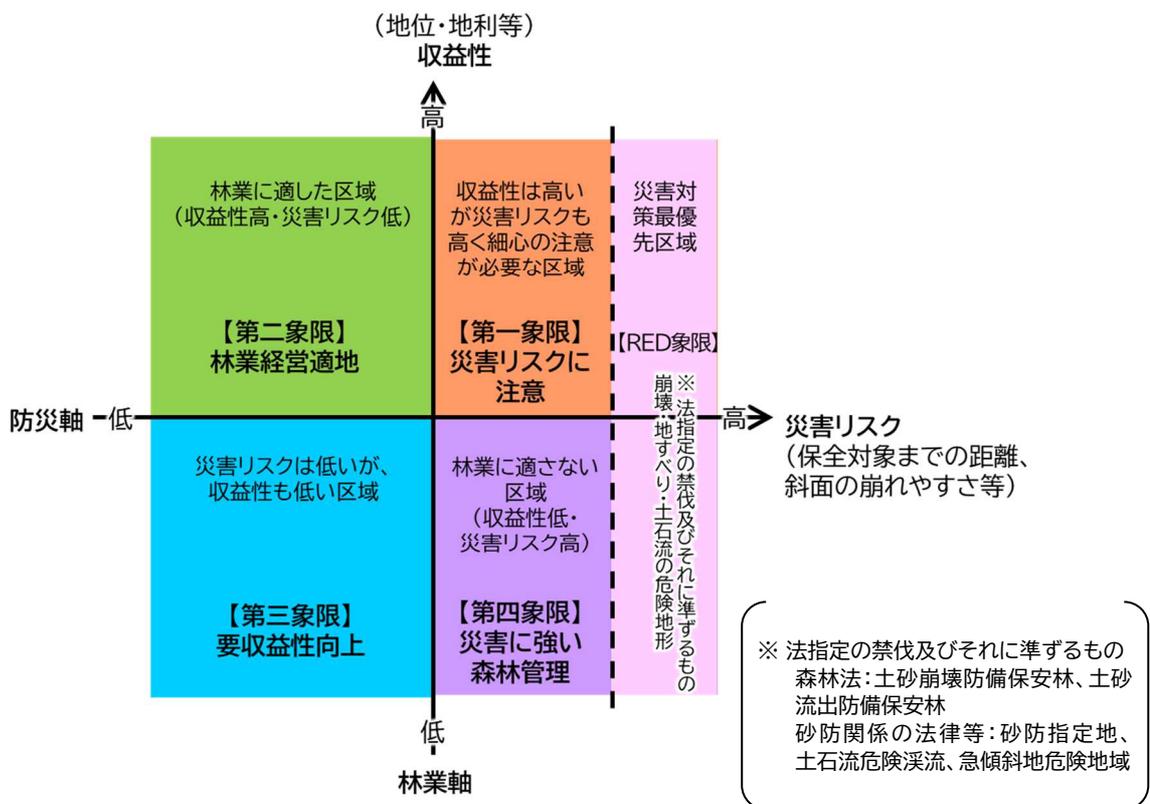


図 2-2 山地災害リスクと林業収益性の4象限図 (多田、2020 より調整)

もりぞんを使ったゾーニングの流れは図 2-3 のとおりである。

市町村全域を対象とし、収益性の要素として「地位」「集材作業効率」「地利（到達難易度）」、災害リスクの要素として「地形の複雑さ」「傾斜」「保全対象を含む流域」の合わせて6つの要素を用いて4象限のゾーニングマップを算出する。

もりぞんを用いることで各種データの解析を自動で行うことができるが、要素を点数化する際のしきい値は、地域の気候や地形の特性、森林管理において優先する事項によって異なるため、基準となる値をあらかじめ示すことはできず、地域の合意形成に基づき決定する必要がある。

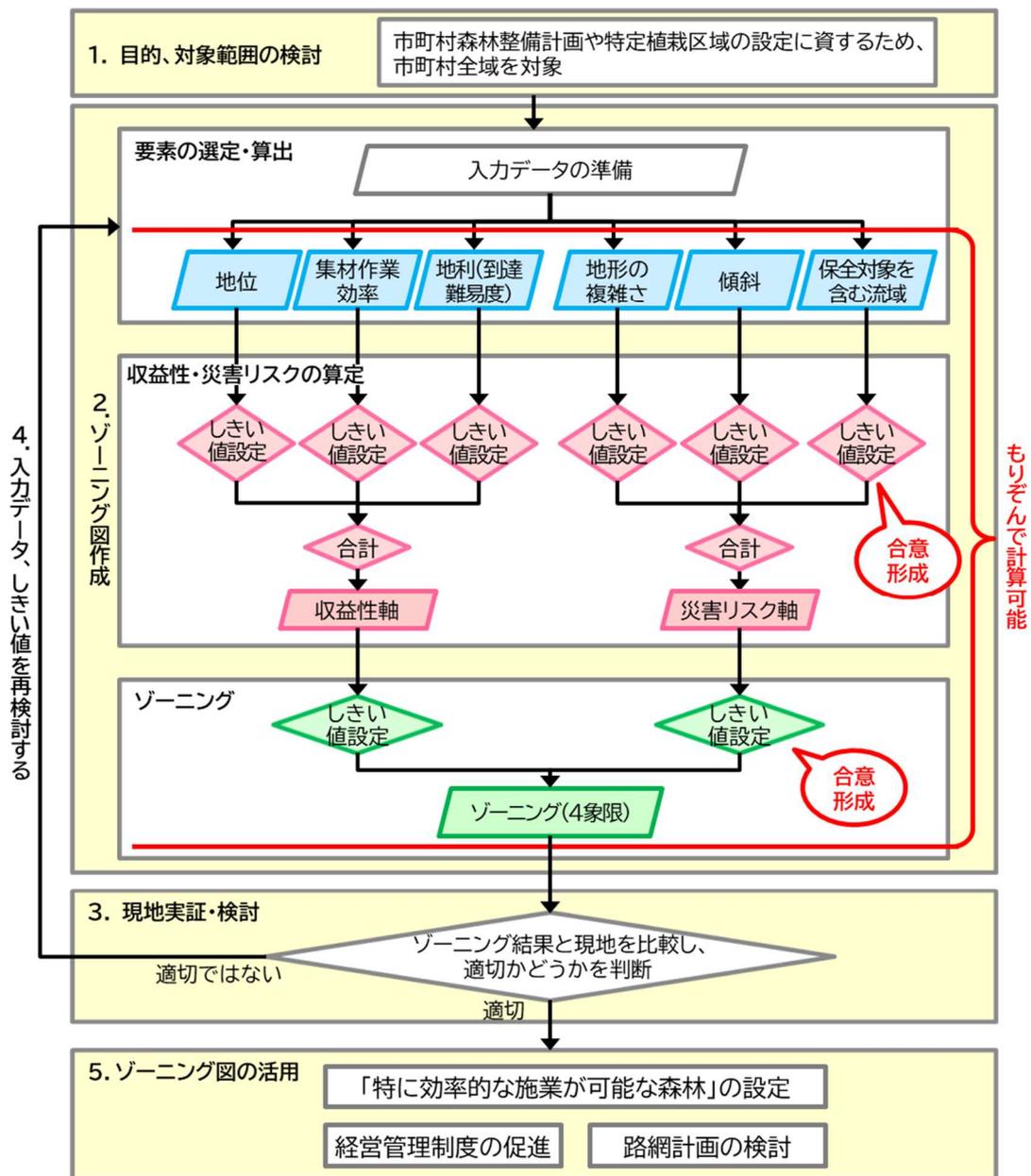


図 2-3 ゾーニングの流れ

2.2. 令和3年度版もりぞんの改良

令和3年度にモデル地区で行ったワークショップでは、ほぼ全員がもりぞんを利用できたことから、はじめて利用する際にも操作方法の習得が容易であるといえる。一方で、より使いやすくするために改良が必要だという指摘もあった。そのため、令和3年度のモデル地区におけるワークショップで集約した意見等を踏まえ、表2-1のとおり改良が必要な点を整理した。そのうち、とくに大きな改良点である機能の追加②及び⑤について詳述する。令和3年度に作成したもりぞんを以下「R3版もりぞん」、令和4年度に改良したもりぞんを以下「R4版もりぞん」という。

表 2-1 もりぞんの改良内容

区分	R4版もりぞんにおける改良の内容	R3版もりぞんにおける問題点・要望
修正	①プラグインのダイアログを最小化ができるようにする。	プラグインのダイアログが常に最前面に表示されるため、ディスプレイ上の作業スペースが狭くなる。
	②要素出力時の地図のしきい値とプラグインダイアログに表示されるしきい値を同一にする。	表示されているしきい値と地図出力時のしきい値が異なっており、誤解を招く。
機能の追加	①用語解説を表示させる（カーソルが重なるとポップアップする）。	専門用語が多く、初めて使用する人が理解しにくい。
	②要素のヒストグラムを表示し、中央値等の統計値と値の分布を確かめながら、しきい値を設定する。設定したしきい値により算出される3区分の面積割合を表示する。	しきい値の設定を直感的、統計的にできると良い。
	④しきい値を保存、読み込みできるようにする。	過去に設定したしきい値を再活用したい。
	⑤ラスタ出力されたゾーニング結果を任意のポリゴン単位に集約する。	作成したゾーニング図を林小班等の区画単位にあてはめて取り扱いたい。
	⑥あらかじめ用意された地図の印刷レイアウトを利用できる。	合意形成の際に使用できる資料を簡易に作成したい。

2.2.1. ヒストグラムによるしきい値設定

R3版もりぞんでは、要素のしきい値入力欄の横に、設定の参考となる情報として、最大値、最小値、平均値を表示していた。QGISの機能として備えているヒストグラムを参照することはできたものの、しきい値の設定に際して利用できる情報が限られていたため、使用者が難しさを感じる一因となっていた。そこで、R4版もりぞんでは要素のしきい値をヒストグラムで設定でき、直観的に操作をすることを可能にした。

ヒストグラム上に表示される赤い線は現在設定されているしきい値を表している。しきい値として設定したい数値を入力することによって赤線が移動する。しきい値により区分された面積が全体に占める割合も数値で表示されていることから、データの散らばりと現

在設定中のしきい値を同時にヒストグラム上で確認することによって、しきい値の検討を直観的に実施することができる。

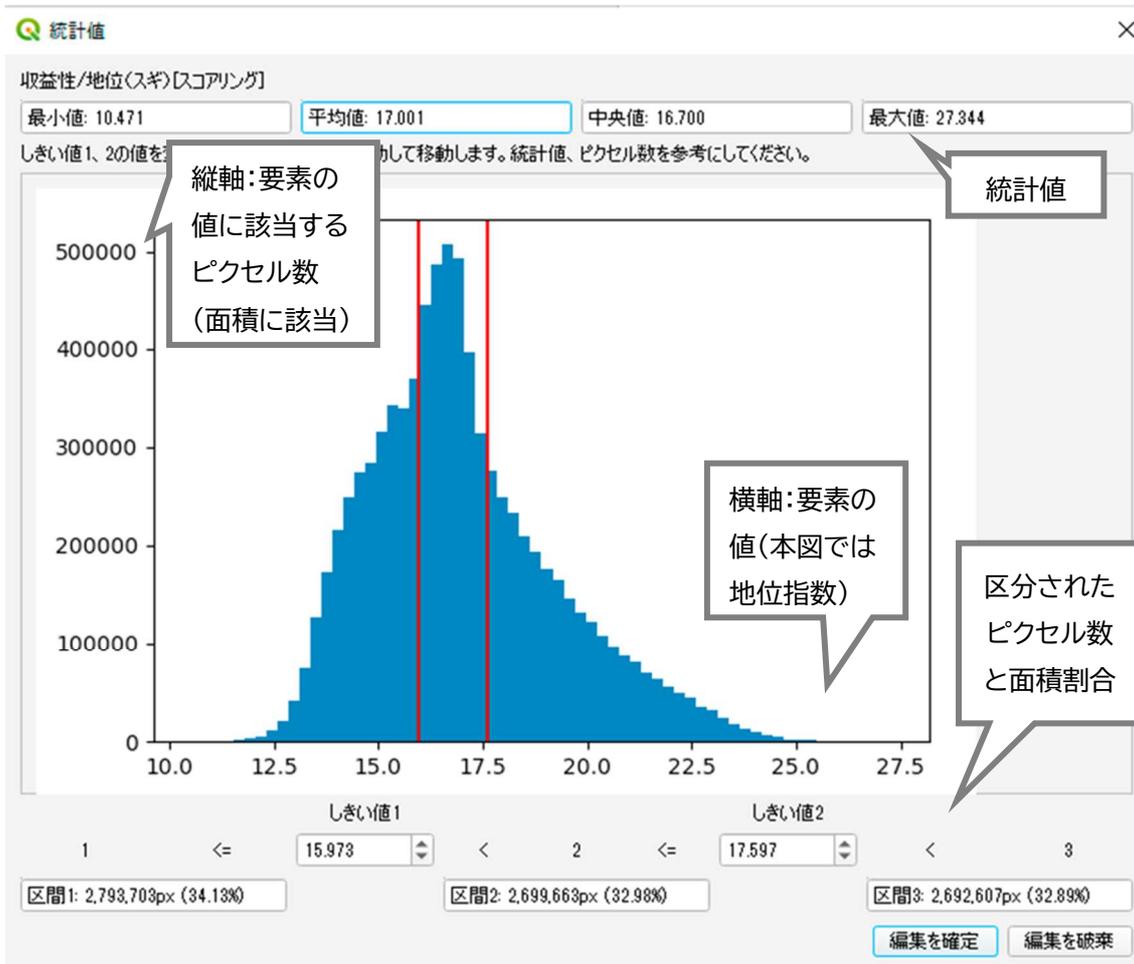


図 2-4 要素しきい値のヒストグラム表示

図 2-5 においてヒストグラムを使ったしきい値の設定方法を 2 通り紹介する。

この例ではヒノキの地位の要素を示しており、データは地位指数約 17~23 の範囲に分布している。

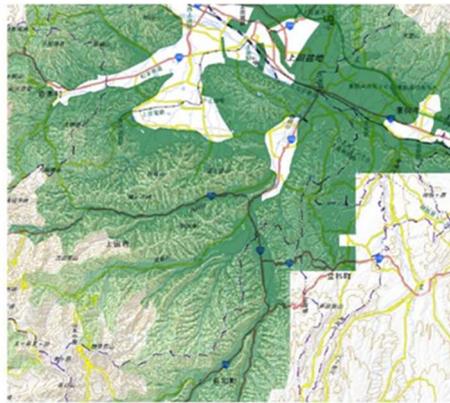
A は、要素を点数化して 3 区分した面積が 3 等分になるように、しきい値を設定している。区分した面積が 3 等分されているため、地図でも 3 色の色合いが均等に表示される。

B は、データが分布する地位指数を 3 等分したものである。分布する範囲を 3 等分したため、この図では、1 点、2 点、3 点の各区分に含まれる面積にはばらつきが生じ、ヒストグラムの下に表示している面積の割合に応じて地図の色合いが表示される。

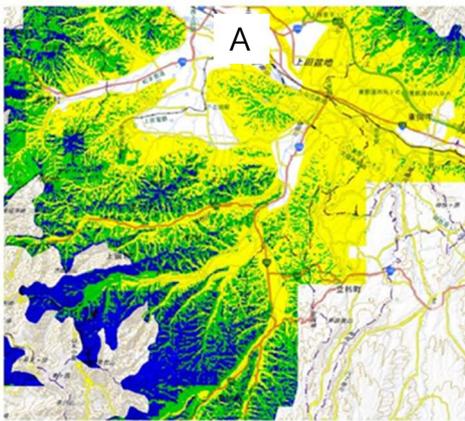
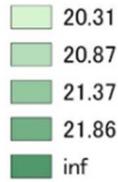
しきい値を面積割合で指定する方法 (図 2-5 の A) は、もりぞんで算出する地位指数や地形の複雑さなど、相対値である要素に適している。

しきい値を要素の値で指定する方法 (図 2-5 の B) は、航空レーザ等により算出する精

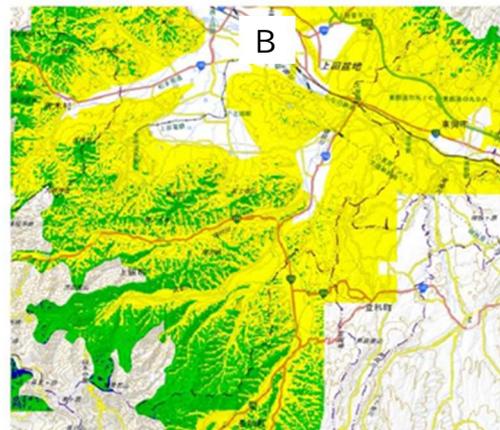
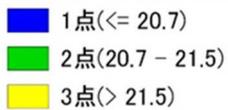
度の高い地位指数や地利（路網からの水平距離）、傾斜など絶対値である要素に適している。



収益性/地位(ヒノキ)



収益性/地位(ヒノキ)[スコアリング]面積を3等分



収益性/地位(ヒノキ)[スコアリング] 地位指数を3等分

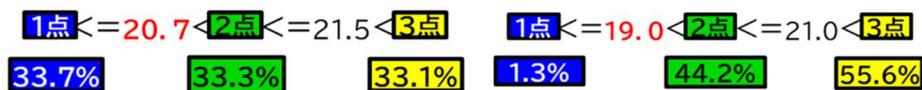
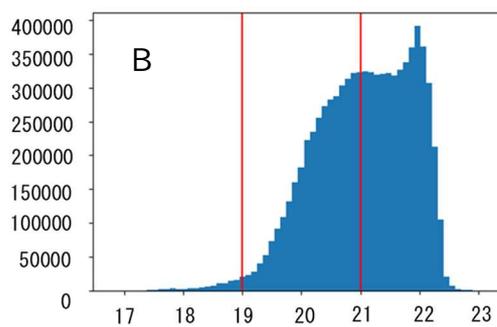
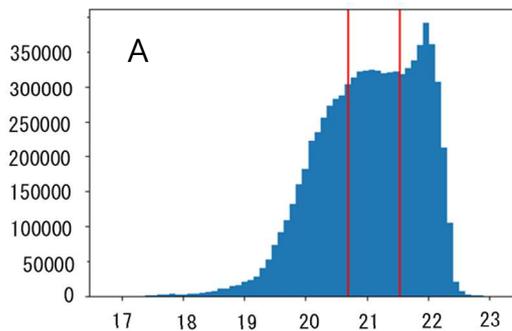
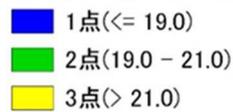
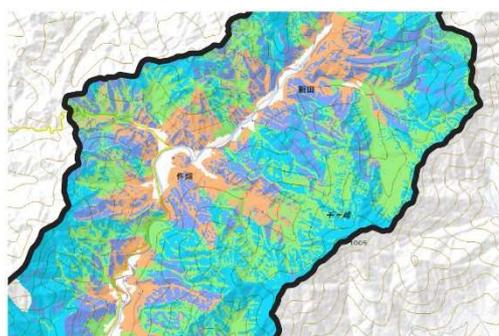


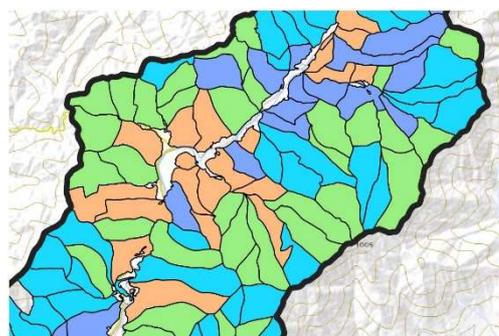
図 2-5 ヒストグラム表示を活用したしきい値の設定方法

2.2.2. ゾーニング図にポリゴンを集約

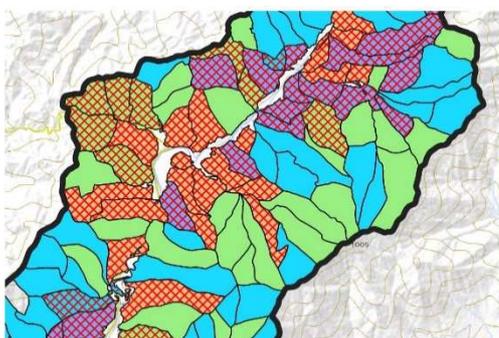
ゾーニング図は 10m メッシュのラスタ画像として出力されるが、実際の行政、施業の単位は、小班や地番であるため、その単位に集約したデータがあると便利という指摘があった。このため、小班や地番などのポリゴン（シェープファイル形式）を用い、各ポリゴン区画内の最大面積のゾーニング区分を、そのポリゴン区画のゾーニング区分としてあてはめる機能を追加した（図 2-6）。さらに、災害リスクの表示を明確にするために、第一象限「災害リスクに注意」と第四象限「災害に強い森林管理」の合計が任意の設定の割合以上である場合は網掛けで表示をする。そのため、第二象限「林業経営適地」と第三象限「要収益性向上」が最大面積として表示されている場合でも、網掛け表示の区域は災害リスクが高いエリアであると注意喚起を促すことができる。



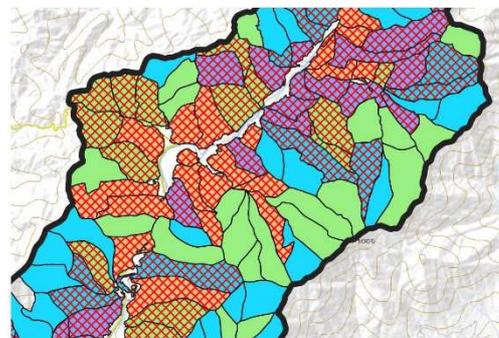
ゾーニング図(10m メッシュ)



最頻値(最大面積)で色表示



災害リスク 30%以上網掛け



災害リスク 20%以上網掛け

災害リスク(第一象限面積割合と第四象限面積割合の合計)が X%以上の時に網掛け表示

図 2-6 ゾーニング図及びゾーニング結果のポリゴンへの集約

2.3. 配布

R3 版もりぞんは令和 4 年 4 月に林野庁から都道府県担当者へ配布を行い、都道府県から市町村に順次配布されている。また、自治体以外の利用希望者に対しては、林野庁への申請に基づいて配布した。その配布実績は表 2-2 のとおりで民間機関や林業事業体などであった。

表 2-2 都道府県以外利用希望者に対する R3 版もりぞんの配布状況

所属	件数 (R5.2.28 現在)
研究機関	8
民間機関	15
林業関連 (林業事業体)	20
計	43

R4 版もりぞんは、自治体への普及を図るとともに、利用申請・配布に要する手間を削減するためにも G 空間情報センターに公開する予定である。公開に当たっては、もりぞんはソフトウェアライセンスの種類である GPL (GNU General Public License の略でフリーソフト財団によって公開・管理されている) ライセンスとする。主な条件は以下の通りである。

- ・ 著作権者は林野庁
- ・ 商用利用可能
- ・ 利用に伴い作成者はいかなる責任も負わない
- ・ 派生的・二次的な著作物を作成した場合は、派生著作物にも GPL ライセンスを適用する

2.4. 普及のためのワークショップ（リーダー養成ワークショップ）

2.4.1. 目的および開催概要

令和4年8月から11月にかけて、ゾーニング手法に係る地域の指導的立場の人材育成、および使用感の評価や今後の改良に向けた情報収集を目的とし、全国でゾーニング普及リーダー養成ワークショップを開催した。参加者は、道府県及び市町村の担当者、道府県試験研究機関の研究員であり、一部地区では地域の森林組合職員も参加した。開催概要は表2-3のとおりである。

ワークショップでは2～3人に1台のPCを用意し、PC操作により実践的に習得できるようにした。カリキュラムは操作方法を体系的に理解できるようにした。具体的には表2-4のとおり、はじめに、ゾーニングの概念や要素の成り立ちの説明を行い、その後、2～3人の班ごとにPCを使いもりぞんの操作を行った。地域の指導的な立場の者を対象としていることから、入力データの作成や要素の意味についての説明にも重点を置いた。班ごとに話し合いながらしきい値を設定することで、合意形成も体験しながらゾーニング図を作成した。最後に、作成したゾーニング図の考え方等を発表し、感想や追加したい要素などについて意見交換を行った（図2-7）。

表 2-3 リーダー養成ワークショップの概要

ブロック	開催日	会場	計	参加人数				
				都道府県		市町村	森林組合	関係機関
				行政	研究			
関東	令和4年8月26日	三番町共用会議所	35	32	-	1	2	-
近畿	令和4年9月2日	滋賀県庁	15	12	2	-	1	-
北海道	令和4年9月13日	北海道庁	24	24	-	-	-	-
中国	令和4年10月7日	広島県庁	14	13	1	-	-	-
四国	令和4年10月27日	徳島県合同庁舎	7	5	1	-	-	1
中部	令和4年11月2日	愛知県庁	12	9	1	2	-	-
東北	令和4年11月21日	宮城県庁	14	14				
九州	令和4年11月25日	熊本市国際交流会館	16	14	1	1		
		合計	137	123	6	4	3	1

表 2-4 ワークショップのカリキュラム

時間(分)	ワークショップのカリキュラム
60	1.データ作成手法、ゾーニング手法の説明
60	2.出力された要素図を確認しながら要素の意味を説明 3.しきい値の検討（実習） ①要素図を確認しながら、地域林業の特徴や課題を話し合う。 ②要素ごとに、目的に応じたしきい値を設定する。
30	4.収益性、災害リスクのしきい値を設定し、ゾーニング図を作成（実習）
30	5.各班のゾーニング図発表、意見交換



関東ブロック



近畿ブロック



北海道ブロック



中国ブロック



四国ブロック



中部ブロック



東北ブロック



九州ブロック

図 2-7 リーダー養成ワークショップの様子

2.4.2. 開催結果

全国で 137 名の参加者があり（前掲表 2-3）、参加者の感想では、以下のように理解が進んだというものが多かったことから、今後リーダーとしての活躍が期待でき、本事業の目的が達成された。

- ・ 森林管理の目的を明確にしてから、しきい値を設定していく必要があることが分かった。
- ・ 図面出力の分かりやすさという点でも活用できる。
- ・ 現場と市町村、都道府県との現場感覚の共有が必要である（作業システムと地形との関連など）。
- ・ 市町村が管内の状況をしっかりと理解する必要があるとともに、森林組合など現場を知る者とゾーニングを行っていくことが重要である。

今後の普及に向けて以下のような意見もあった。

- ・ 県内全市町村分の必要データを県として整備していくことを予定している。活用に向けてさらに理解を深めていきたい。
- ・ 今後、市町村にもりぞんを配布する際には、県としてしきい値設定の方向性のある程度示す必要があると感じた。

また、以下のような課題も指摘され、今後の普及に向けて検討していく必要がある。

- ・ 都道府県の立場からは、自らがゾーニングについて理解したうえで、市町村に今後指導していく必要がある。
- ・ 今後も研修やヘルプデスクが必要である。

一方で、しきい値の基準を定量的に示してほしい、という要望が多く出されたが、地域それぞれでしきい値を設定することの重要性を繰り返し伝えていく必要がある。参加条件として GIS 経験を求めていたものの、都道府県職員においても、GIS の操作技術や理解度に大きな差があったことから、引き続き本ワークショップのような普及活動を実施する必要がある。

なお、機能面の要望や、ゾーニングの精度向上に向けた意見も多くあったが、前掲「2.2 令和 3 年度版もりぞんの改良」において対応するとともに、実証内容にも反映した。

3章. ゾーニングのモデル地区実証

3.1. 実証概要

(1) 実証目的

令和3年度に実証した8モデル地区に加え、今年度新たに4モデル地区を追加して実証を行った。

ゾーニングの流れは図3-1に示すように、ゾーニング図を作成した後に現地実証により適切かどうかを判断し、入力データやしきい値の再検討によりゾーニング図の精度を向上させる、という作業が必要になる。さらに、最後にはゾーニング図を様々な施策等に活用するという段階がある。実証においては、この流れを行うための具体的な手法を確立するため、表3-1の3つの手法に着目した。

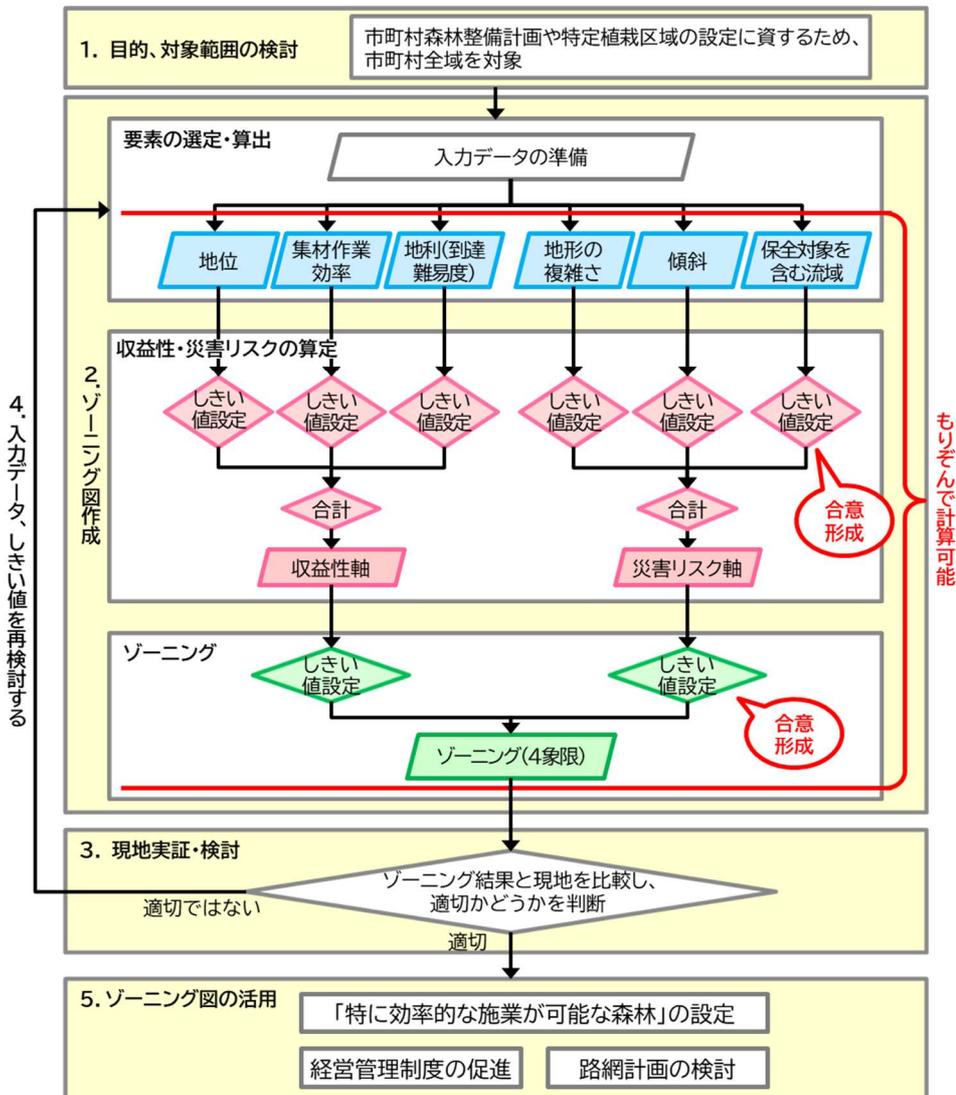


図 3-1 ゾーニングの流れ(再掲)

表 3-1 令和 4 年度モデル地区実証において検討する手法と実証概要

手法	実証概要
ゾーニング図作成の合意形成に至るまでの手法	ワークショップ形式で班ごとにゾーニング図を作成し、現地実証での確認を経て、1 枚の図にまとめるまでの手法をまとめた。
ゾーニング図の精度向上手法	ゾーニング図の精度向上手法を類型化した。それぞれの精度向上手法についてもりぞんでの実施手順をまとめた。
ゾーニング図の施策等への活用手法	活用に向けて検討を行った。

(2) モデル地区概要

モデル地区一覧を、表 3-2 に示す。実証に係るワークショップや検討会の開催に先立ち、モデル地区に対して事業内容を説明するため、合同の事業説明会及び個別の打合せを実施した。その後、ワークショップ等を開催した。

ゾーニング図作成の合意形成に至るまでの手法の検討は令和 4 年度の新規モデル地区を中心に、ゾーニング図の精度向上手法の検討は令和 3 年度からの継続モデル地区を中心に実証を行った。これらの手法を取りまとめ、巻末資料「収益性と災害リスクを考慮した森林ゾーニングの手引き」（以下、「森林ゾーニングの手引き」という）に手順を記載した。

また、ゾーニング図の施策等への活用検討については、全モデル地区で検討を行い、地域ごとに異なった提案がされたことから、今後の参考となる事例を巻末資料「森林ゾーニングの手引き」に記載した。

表 3-2 モデル地区における実証目的及びワークショップ等の開催概要

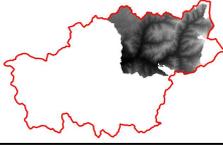
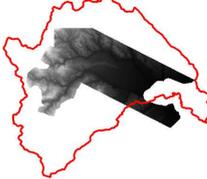
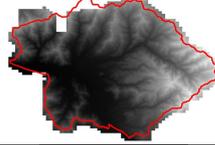
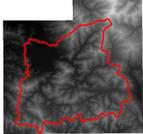
地区	都道府県	市町村	年度 ※1	目的			期日	場所	参加 人数
				合意形 成手法	精度向上手法	活用検討			
北海道	北海道	津別町	R3		○基本	○意向調査	R5年 2月1日	Web	8人
東北	岩手県	住田町	R4	○	○基本	○路網計画	R4年12月 1～2日 路網※2: R5年 1月30日	住田町役場 住田町役場	15人 9人
	宮城県	加美町	R4	○		○	R4年11月 17～18日	小野田文化会館	7人
関東	新潟県	村上市	R3		○独自地位指数 マップ ○災害リスク要 素追加	○	R5年 2月6日	Web	2人
中部	福井県	勝山市、 大野市	R4	○		○	R4年 10月14日	福井県庁	8人
	長野県	上田市	R3		○基本	○	R5年 2月28日	Web	6人
近畿	京都府	京丹波町	R3		○災害リスク要 素追加	○	R5年 2月22日	京丹波町役場	10人
	兵庫県	神河町	R3		○独自地位指数 マップ	○意向調査	R5年 1月25日	神河町役場	6人
中国	島根県	津和野町	R3		○基本	○	R5年 3月1日	Web	4人
四国	徳島県	那賀町	R3		○独自地位指数 マップ	○	R5年1月 19～20日	那賀町内ほか	29人
九州	熊本県	五木村	R4	○		○	R4年12月 22～23日	五木村役場	12人
	宮崎県	日向市	R3	(災害対応のため、R3のみの参加となった)					

※1 R3：令和3年度から継続のモデル地区 R4：今年度から新規のモデル地区

※2 路網については第4章を参照

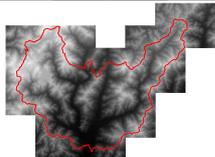
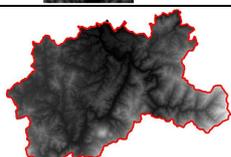
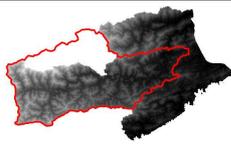
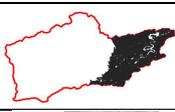
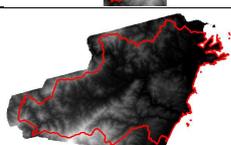
各モデル地区の市町村面積及び実証に用いた DEM 範囲は、表 3-3 のとおりである。

表 3-3 実証モデル地区の市町村面積及び実証に用いたレーザ計測 DEM 範囲 (1/2)

地区	都道府県	市町村	面積 (km ²) ※		図面 □ 行政界
			市町村範囲	レーザ計測 DEM 範囲	
北海道	北海道	津別町	716.7	408.0	
東北	岩手県	住田町	334.8	101.8	
	宮城県	加美町	460.6	189.9	
関東	新潟県	村上市	1170.6	154.5	
中部	福井県	勝山市	253.8	131.6	
		大野市	872.3	1868.2 (地理院 DEM)	
	長野県	上田市	551.9	818.6	

※ QGIS により算出

表 3-3 実証モデル地区の市町村面積及び実証に用いたレーザ計測 DEM 範囲 (2/2)

地区	都道府県	市町村	面積 (km ²) ※		図面 行政界
			市町村範囲	レーザ計測 DEM 範囲	
近畿	京都府	京丹波町	303.1	311.5	
	兵庫県	神河町	202.2	385.3	
中国	島根県	津和野町	307.0	311.9	
四国	徳島県	那賀町	694.9	1048.0	
				143.6 (地位指数 算出範囲)	
九州	熊本県	五木村	252.9	345.0	
	宮崎県	日向市	336.9	448.1	

※ QGIS により算出

3.2. ゾーニング図作成の合意形成に至るまでの手法の検討

主に今年度新規のモデル地区での実証の結果、ワークショップ形式の机上ゾーニング図作成、現地実証、現地を踏まえた合意形成とゾーニング図の精度向上の流れをまとめることができた。対象範囲は、関係者の範囲、現場状況の共有の容易さ、地形や森林としてのまとまりの大きさなどを考慮し、100km²程度が適切であると考えられ、日程は表 3-4 のとおりとした。

詳細については、5 章に岩手県住田町での事例をまとめるため、以下には概要を示す。

表 3-4 ゾーニング図作成の日程

日程等		作業	概要
事前準備		都道府県等が行う事前準備	<ul style="list-style-type: none"> 入力データ作成 仮のゾーニング図を作成し、現地調査地点を選定
ワークショップ	1 日目 午前	ゾーニング手法の説明 班ごとの机上ゾーニング図作成	<ul style="list-style-type: none"> 3 班に分かれ、それぞれでゾーニング図を作成
	1 日目 午後	机上ゾーニング図の現地実証	<ul style="list-style-type: none"> 各班のゾーニング図をタブレットに入れて現地と比較
	2 日目 午前	合意形成による全体版ゾーニング図作成と精度向上	<ul style="list-style-type: none"> 各班のゾーニング図を発表 現地実証の結果を踏まえて全体で一つのゾーニング図を作成

(1) 事前準備

都道府県または市町村において、事前に以下の準備をする。

- ・ 入力データ作成
- ・ 仮のゾーニング図によるデータの動作確認、しきい値設定における観点の検討・整理
- ・ 要素図や仮のゾーニング図に基づく現地調査地点の選定、選定地点の SHP ファイル形式のポイントデータ作成

なお、現地調査地点の選定に際しては、以下のような場所を選定することが望ましい。

- ・ しきい値の設定において判断が難しい要素である「地形の複雑さ」については、現地の地形と図面上の表現との関連性を把握し、しきい値の妥当性を検討しやすくするため、値が高い地点と低い地点を選定する。
- ・ 仮ゾーニングの結果に基づき、現地の林相、立地及び地形がゾーニング図上でいかに表現されているか把握し、しきい値設定の妥当性を検討しやすくするため、災害リスクが高い地域、収益性が高い地域を選定する。

(2) 班ごとの机上ゾーニング図作成

まず、参加者がゾーニングの意味を理解するための座学研修を 30 分程度行い、その後、

ノートパソコンで実際に操作を行う。班ごとに話し合いながらしきい値を設定し、机上ゾーニング図を作成する。この過程は、昨年度の実証や、今年度のリーダー養成ワークショップにおける過程とほぼ同様である。

班ごとに異なるしきい値を設定しているため、作成されるゾーニング図も異なるものとなっている。班ごとの相違が大きい地点については、次の現地実証の段階で確認を行う。

(3) 机上ゾーニング図の現地実証

班ごとに作成した机上ゾーニング図と現地の状況を比較し、しきい値や入力したデータの妥当性を検討する。事前の準備作業としては、タブレット等のモバイル端末 GIS に表示させられるよう、机上ゾーニング図と、事前準備において選定しておいた現地調査地点の SHP ファイルを端末に保存しておく必要がある。

選定した現地調査地点と、班ごとのゾーニング結果の相違が大きい地点について参加者全員で現地実証を行う。

現地では、以下の観点で意見交換を行う。

- ・ モバイル端末 GIS を用い、机上ゾーニング図上の現在地点を把握する。
- ・ 現地を見て、災害リスクが高いと感じるか、林業適地としたいかを考え、自らの感覚と机上ゾーニング図が一致しているかを確認する。
- ・ 一致していない場合は、しきい値や入力データを修正すべきか、また修正するならどのように修正すればよいかを考える。

(4) 合意形成による全体版ゾーニング図作成

班ごとに作成した机上ゾーニング図は、最終的に全体版として、一枚に収束させることが必要となる。このために、合意形成による全体版ゾーニング図作成作業を行う。

進行役が、参加者全体の意見を聞きながら全体的な作業を進めるとともに、各班でも個別の検討ができるように PC を配置する。なお、各班の机上ゾーニング図と、しきい値のリストを共有しておくことが必要である。

全体版でのしきい値の決定に向け、班ごとに、机上ゾーニング図のしきい値の考え方を発表する。続いて行う全体の合意形成においては、各班のしきい値が同じような値の場合は平均値等を採用し、異なる場合は現地の状況を踏まえて意見交換するなど、状況に応じてしきい値の決定を進める。

3.3. ゾーニング図の精度向上手法の検討

実証結果に基づき、ゾーニング図の精度向上手法を表 3-5 に示すとおり類型化した。

まずは、ゾーニングの基礎情報となる入力データを精査することが重要であり、必ず実施する。路網と保全対象（建物）は、既存のデータを実態に合わせて修正することで簡単にゾーニングの精度を向上させることができる。路網については 4 章で AI や現地調査による精度向上手法を詳述する。また、DEM については、国土地理院 10m メッシュの DEM を用いる場合に比べ、航空レーザ計測による DEM を使用した方が精度が高まる。

次に、もりぞんでゾーニング図作成のために算出する要素である地位、集材作業効率、地利、地形の複雑さ、傾斜、保全対象を含む流域の基本 6 要素に対して計算を追加したり、6 要素のマップを独自に作成した要素マップと差し替えたりという手法がある。専門家の知見を得ながら実施する必要があるが、精度向上の効果も大きい手法である。

特に地位指数マップについては、3 モデル地区（村上市、神河町、那賀町）が独自手法で作成し、ゾーニングに利用する実証を行った。これまで研究段階の議論にとどまっていた地位指数マップの作成・活用についても、ゾーニングを通じて施策に反映できる可能性がある。今後、様々な要素マップを独自に作成するという取り組みについては事例を積み重ねていく必要がある。

また、基本 6 要素に加え、土砂災害警戒区域を重ねたり、既存の災害発生箇所を点数化するなどの事例も見られた。このような地域の特色に合わせた要素を用いることについては、地域の状況を反映できる利点がある一方で、当該要素の取り扱いについて点数化することが適正なのか、基本 6 要素との相関関係や点数の付け方はどうかなど、専門家も交えた検討を行う必要がある。

なお、実証の詳細は、「森林ゾーニングの手引き（別冊）」に事例として示す。

表 3-5 もりぞんを用いたゾーニング図の精度向上手法と実証したモデル地区

考え方	手法	実証モデル地区
もりぞんの基本 6 要素の中で精度をあげる。	入力データを精査する。 <ul style="list-style-type: none"> ・ 路網は林業的に利用可能な路線の線形を用いる。 ・ 保全対象(建物)は実態に合わせたデータを用いる。 ・ DEM は航空レーザ計測データを用いる。 	全地区で実施
	要素のマップに計算を追加する。	村上市（地位指数マップから積雪の影響を減算）
	要素のマップを差し替える。	神河町、那賀町（独自に作成した地位指数マップと差し替え）
基本 6 要素以外の要素を追加する。	ゾーニング図とは別途、レイヤを重ねて検討する。	京丹波町（土砂災害警戒区域などを重ねる）
	収益性軸または災害リスク軸のマップに、点数化した新たな要素を加算する。	村上市（災害発生箇所のデータを災害リスクとして加算）

3.4. ゾーニング図の施策等への活用検討

「特に効率的な施業が可能な森林」や「特定植栽促進区域」の設定に際して、ゾーニング図をどのように活用できるかを検証した。

このため、前掲図 3-1 の流れに基づいて作成したゾーニング図に対し、「特に効率的な施業が可能な森林」を設定するための手順を表 3-6 のように取りまとめ、各モデル地区において実証を試みた。しかし、区域設定の制度が令和 3 年度から始まったばかりであること、モデル地区の市町村では市町村森林整備計画を見直す年度ではなかったことなどから、今回のモデル地区では実際に区域の指定には至らなかった。

表 3-6 ゾーニング図を用いた「特に効率的な施業が可能な森林の区域」の設定方法

作業手順	考え方
① 精度向上後のゾーニング図を用い、区域設定を検討するゾーンを選ぶ（小班等のポリゴンに集計したゾーニング図を用いてもよい）。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 第二象限「林業経営適地」に設定する。 ・ 第三象限「要収益性向上」に設定し、今後の林道開設に力を入れる。 ・ 既存の機能区分（木材生産機能維持増進森林）と比較し、必要があれば機能区分の変更も検討する。
② 「特に効率的な施業が可能な森林」とする。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 行政的に必要な配慮等（他の施策の対象となっている、開発が予定されている、など）を検討する。 ・ 市町村森林整備計画のレベルで、行政的に行うゾーニング、区域設定であり、長期的な視野が必要である。 ・ 施業実施や森林経営計画レベルで考慮すべき事柄（現在の資源量、主伐期が近い、集約化可能性など）とは区別する。

一方で、経営管理制度における「所有者への経営管理意向調査」の結果をゾーニング図と照合したり、ゾーニング図を用いて路網計画の策定を行った。詳細については、「森林ゾーニングの手引き（別冊）」に事例として示すほか、路網計画については 5 章に岩手県住田町での実証事例をまとめている。

また、もりぞんは市町村レベルでのゾーニングを念頭に開発したものであるが、市町村では林業専門職員が少ないことから、都道府県職員がゾーニングに対する理解を深め、市町村を指導していくことが必要である。

4章. 効率的な路網整備計画の策定に向けた手法の検討・整理

4.1. 実施概要

4.1.1. 背景

ゾーニング図の活用方法の一つに、林道の新規開設が必要な地域の抽出に用いるなど、路網整備計画の策定における活用があげられる。本章では、ゾーニング図の活用に向けて、ゾーニング図の精度向上と路網計画作成における危険地形判読について調査した結果を報告する。なお、路網計画作成の実証事例は「5.3 ゾーニング図に基づく路網計画」に詳細を示す。

ゾーニング図を有効に活用するためには精度向上が必要であり、最も基本的な手法は、入力データを精査することである。このうちゾーニング図作成時の収益性に大きく影響する路網データに焦点をあて、「林業的に利用可能な線形を用いる」ための手法について取り上げる。

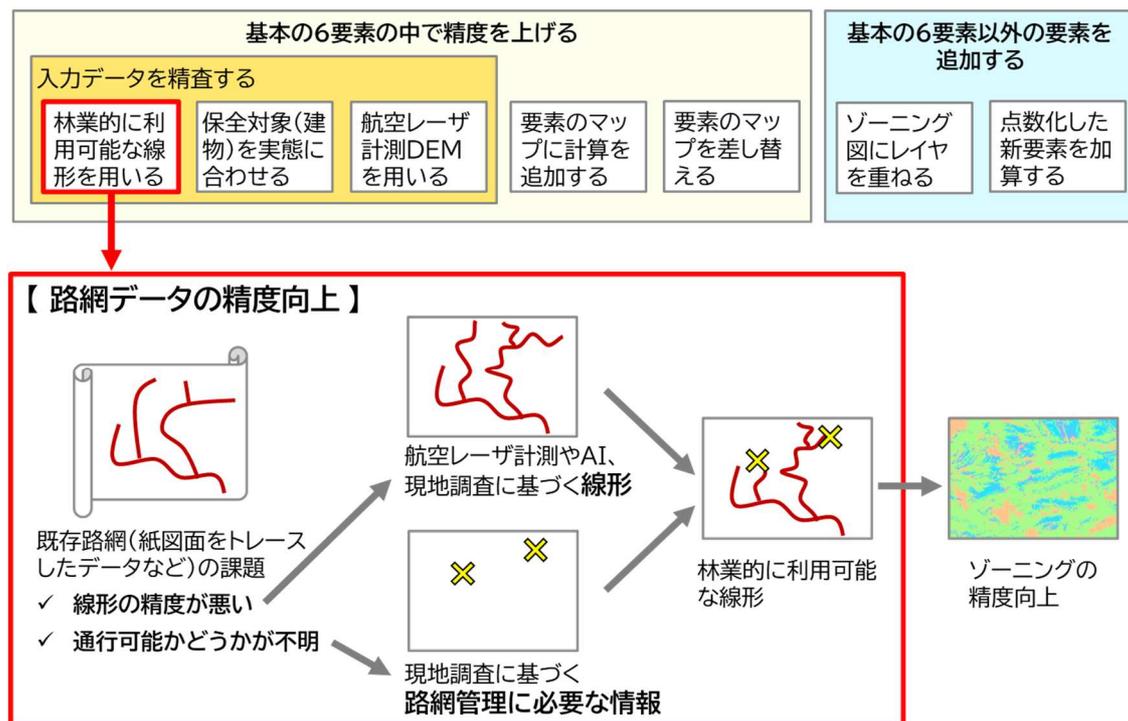


図 4-1 ゾーニング図の精度向上手法のうち、路網データの精度向上

既存路網の課題としては図 4-1 に示すとおり、線形の精度が悪い点と通行可能かどうか不明である点がある。従来の路網データは紙図面をトレースするなどの手法で作成された場合もあり、線形が実際と異なっていることがある。また、線形が正しかったとしても、林道が崩壊するなどして通れない、運搬時間がかかりすぎるので現状は使用していない、

などの理由で実際には使用していない路線がある。

一方で、線形の精度向上については、これまでも課題とされつつ、その解決に向けた取組が進まなかった背景として、労力がかかることがあげられる。このため、本章では線形の精度向上を簡易に行う手法として、航空レーザ計測 DEM から AI を用いて線形を抽出する手法、現地で GNSS を用いて線形を取得する手法の 2 通りを実証した。通行可能情報については、路網管理に必要な情報として位置づけ、現地で取得する手法を実証した。

4.1.2. 路網の種類

林業に関連する路網は、4 種に分類できる（表 4-1）。ゾーニングの観点からは、一般道として基盤地図情報等の既存データとして作成されているデータのうちの（2）と、都道府県が林道等のデータとして管理している（3）が地利算入の入力データとして必要となる。線形の精度としては、（3）には課題がある場合がある。

林業用の路網としては、（3）と（4）が同一の GIS レイヤとして管理されていることも多いが、行政が管理する必要がある（3）と、施業のための（4）は異なるレイヤとして管理していくことが必要である。

以上より、本事業では（3）を対象に精度向上の手法を検討した。

表 4-1 林業に関連する路網の種類(赤枠:本事業の対象)

路網の種類	概要	必要なデータ整備 ゾーニングへの必要性
(1) 林業には使えない道	高速道路、自動車専用道、2桁国道、トンネル など	<ul style="list-style-type: none"> ・ 基盤地図情報としてデータ化されており、位置精度は高い。 ・ 一つのデータから(1)と(2)を分別する必要がある。 ・ (2)はゾーニングに地利として使うことができる。
(2) 申請すれば通行規制をして林業用にも使える道、森林作業道の起点になりうる道	交通量の少ない国道、県・市町村道、農道など	
(3) 林業のために開設した高規格な道	林道、林業専用道、基幹作業道 など	<ul style="list-style-type: none"> ・ 都道府県や市町村等の GIS データの位置精度向上が必要。 ・ 通行可能状況の調査も必要。 ・ 航空レーザ計測の微地形図判読や、現地走行の GNSS データにより作成を試行。 ・ 地利の計算には必須。
(4) (3)以外の路網	森林作業道	<ul style="list-style-type: none"> ・ 航空レーザ計測の微地形図判読等により作成(現地調査は量が多く困難) ・ 地利の計算に用いるかは考え次第。必須ではない。

4.1.3. 現地調査の概要

実証にあたり、令和 4 年度モデル地区のうち、精度検証の真値として利用できる正確な

路網データとして、航測会社が航空レーザ計測結果から目視判読して作成した線形を活用できることから、岩手県住田町を対象地区として選定した。図 4-2 のとおり、住田町の総面積 334.8km²のうち、航空レーザ計測実施済みの 101.8km²における既設林道 12 路線を対象路網とした。現地調査は、表 4-2 のとおり実施した。

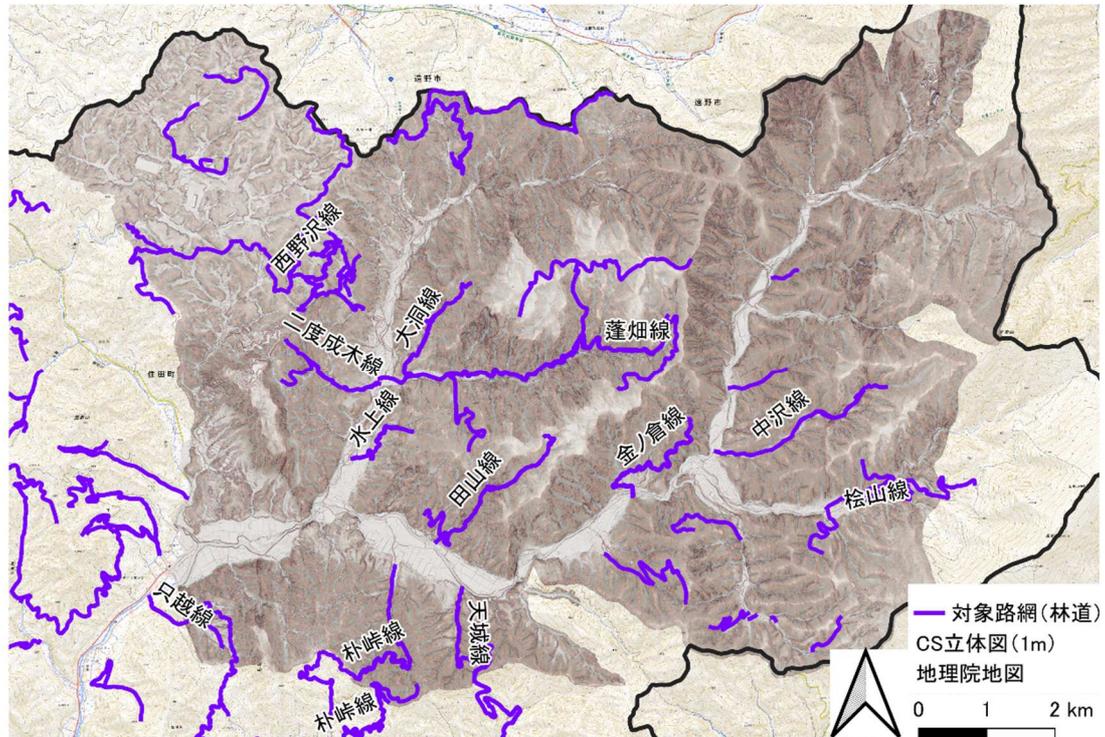


図 4-2 現地調査の対象路網

表 4-2 住田町における路網データ精度向上に関する現地調査の概要

対象路網	岩手県住田町内林道 12 路線
調査期間	令和 4 年 10 月 3 日～7 日
調査項目	<p>【4.2 既存路網線形の精度向上】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ AI 抽出線形の現地確認 ・ GNSS 線形の取得 <p>【4.3 路網管理に必要な情報の精度向上】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 路網管理情報（施設や接続ポイント等）の取得 ・ 現地調査に要する時間 <p>【5.3 ゾーニング図に基づく路網計画】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 路網計画を検討する対象地を選定するための危険地形の判読
対象地区の既存データ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 航空レーザ計測 DEM（0.5m 解像度） ・ 航空レーザ計測結果から航測会社が判読して作成した路網（航測会社線形のシェープファイル）（＝精度検証の真値） ・ 林道台帳の図面から作成した県 GIS の路網（シェープファイル） ・ 林道台帳の写し
参加者数	<p>10 人※（県庁、県出先、林野庁、AI 線形修正作業再委託先、日林協）</p> <p>本事業検討委員 齋藤 仁志氏（岩手大学農学部森林科学科 准教授）</p> <p>戸田 堅一郎氏（株式会社ジオ・フォレスト 代表取締役）</p> <p>※調査期間 5 日のうちの参加者数/日の最多数</p>

4.2. 既存路網線形の精度向上

4.2.1. 目的

既存路網の精度向上は重要であるが、4.1.1 で述べたように簡易でなければ普及することができない。このため、航空レーザー計測 DEM から AI を用いて線形を抽出する手法、現地で GNSS を用いて線形を取得する手法について実証を行い、当該手法による留意点や課題等を整理する。

4.2.2. AI を用いて線形を抽出する方法

(1) 方法

1) AI による線形抽出

本調査で用いた AI は、航空レーザー計測 DEM から作成した CS 立体図から、路網線形を自動で抽出することができるプログラム「CRESI」¹である。AI 学習の教師データとして、岐阜県森林研究所が作成した岐阜県路網データシェープファイルと岐阜県の 1m メッシュの CS 立体図が用いられている。

本事業では、住田町内の対象範囲の CS 立体図を QGIS プラグインの「CSMapMaker」を使用して作成し、CRESI で路網線形を抽出した。

2) 現地調査による精度検証

AI が抽出した林道の線形が実際の線形とどの程度適合しているかを現地調査により確認した。

3) 定量評価のための線形修正作業

定量評価においては、航測会社が航空レーザー計測から目視判読して作成した線形を正とすることとした。図 4-3①から③のとおり、AI 抽出線形と正しい線形の差異について、AI 未抽出の部分修正線形（図 4-3②の上図）として、AI が抽出したが正しい線形ではない部分を削除線形（図 4-3②の下図）として修正作業を行った。

さらに、GIS 上で路網のネットワーク解析²ができるファイルの作成を目指し、一般道データ（地理院中心線）への接合作業（図 4-3④）をおこなった。

4) 定量評価による精度検証

定量評価手法は、図 4-3②の段階で UA(ユーザー精度：User accuracy)と PA(プロデューサー精度：Producer accuracy)を算出した。

¹ 農林水産省委託プロジェクト研究「山地災害リスクを低減する技術の開発」（2016～2020 年度）により検証された。

² 路網同士の関連性を定性的かつ定量的に分析すること。例えば、任意の 2 点間の最短経路の探索や、迂回路の検索等への活用が期待される。

UAは、AIが抽出した線形のうち、何%が現実の線形とあっていたかを示している。
 PAは、現実の線形のうち、何%をAIが正しく抽出できたかを示している。

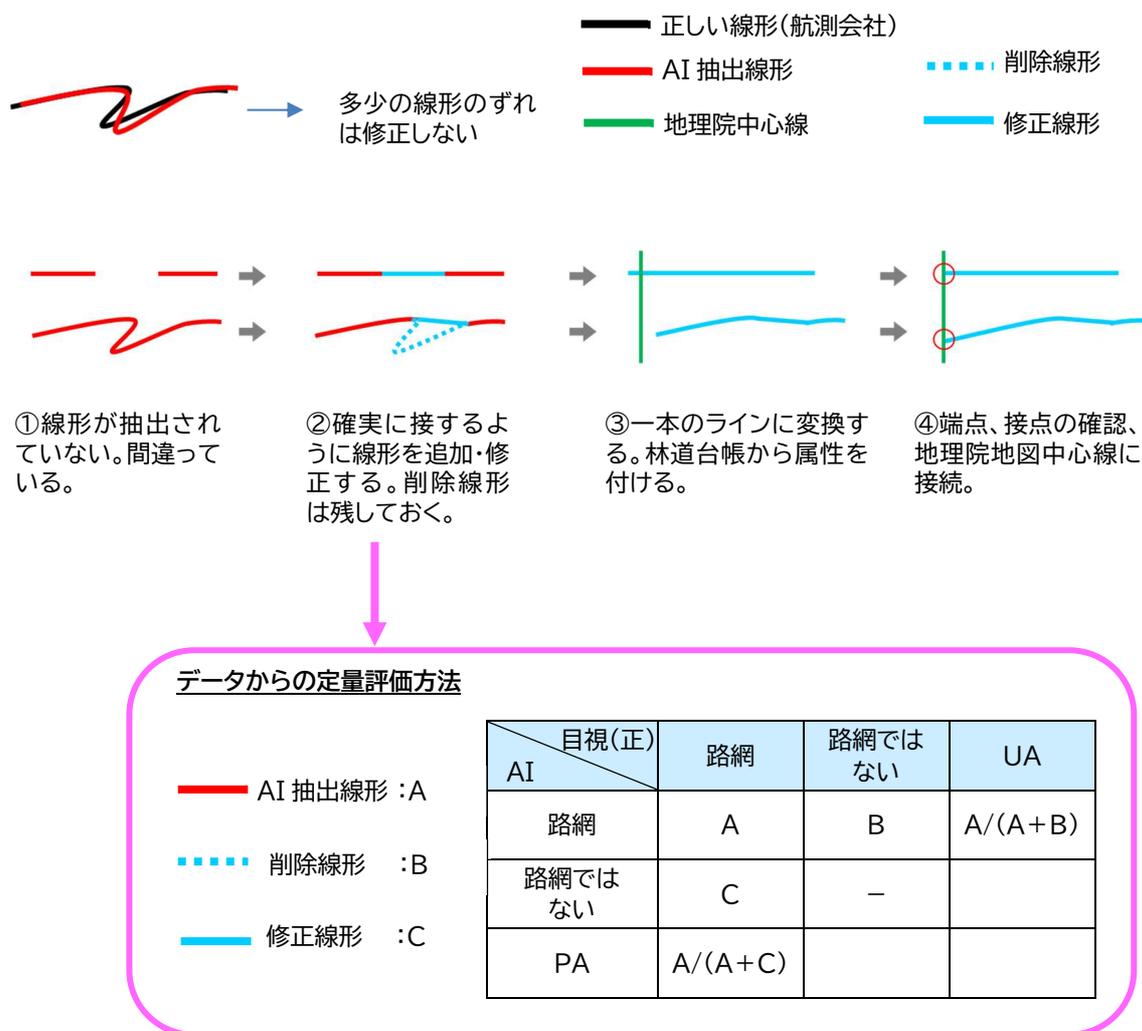


図 4-3 AI 線形の修正と精度検証

(2) 結果

1) AI による線形抽出結果

AIの抽出対象とするCS立体図は、DEMと同じ0.5m解像度と、AIの学習データと同じ1m解像度の2種類を用いて比較を行った。0.5m解像度のCS立体図の方が細かい線形まで確認できるはずであるが、1m解像度を用いた場合の方が、線形の抽出精度が高い結果となった(図4-4)。これは教師データが1m解像度であったためと考えられる。今後、0.5m解像度の教師データによるAIが利用できるようになれば、0.5m解像度CS立体図からの抽出精度も向上すると期待できる。

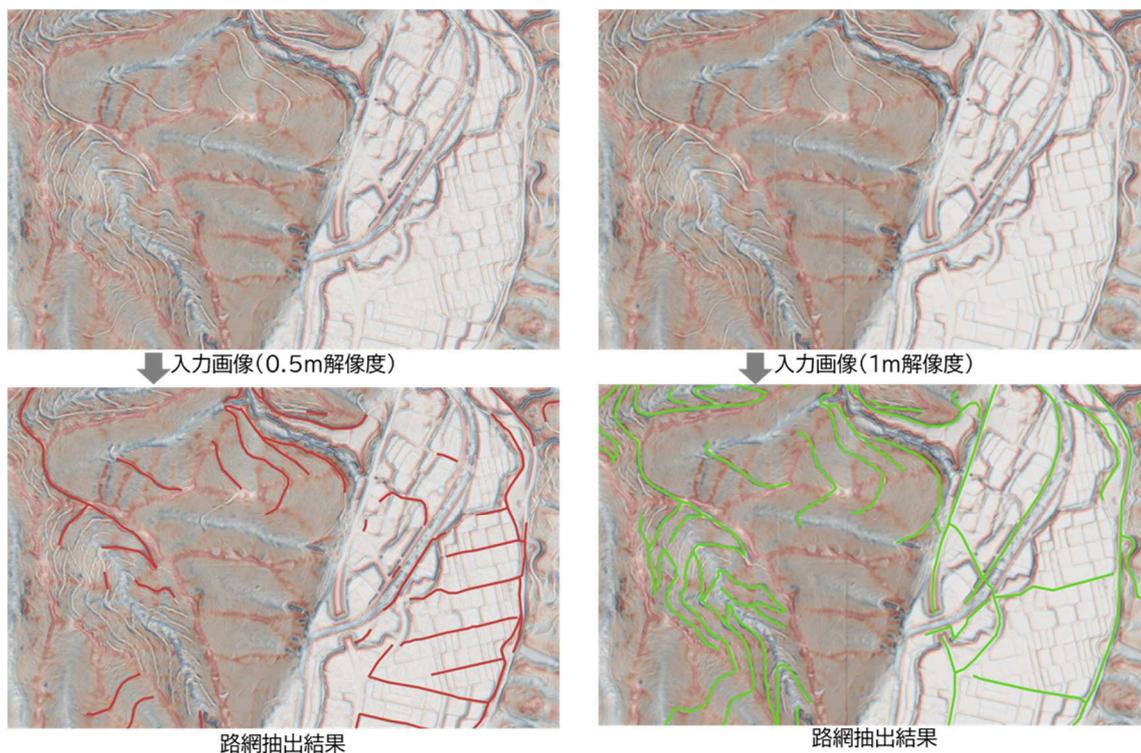
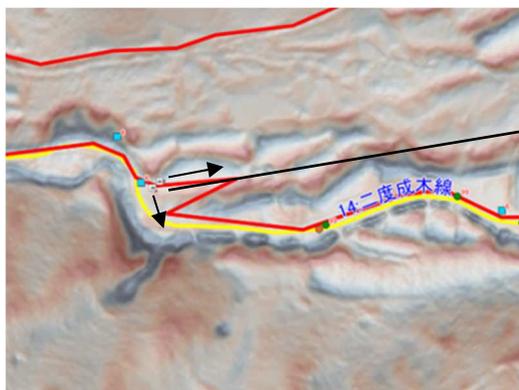


図 4-4 AI 線形抽出結果

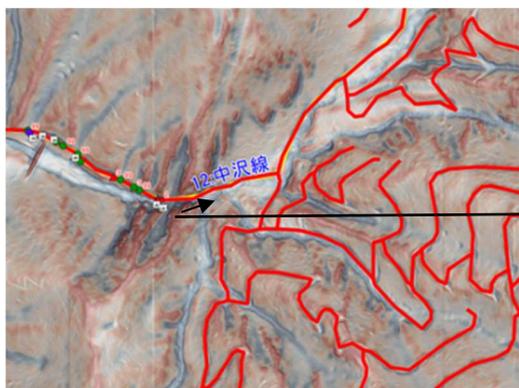
2) 現地調査による精度検証

現地を確認した結果、AI 抽出線形と実際の線形との差異は少なく、ほとんどは実際の線形の中心線から幅 5m 程度に収まる結果となった。一方で、図 4-5 に示すように、①は実際には土場であったが、のり面の地形を線形として取得、②は実際には終点で行き止まりであったが、線形として沢筋や過去の路網と思われる線形を取得、③は道幅の広い箇所では線形を取得することができない、といった誤判読が見られた。いずれの誤判読も、CS 立体図で表現されるカラーパターン（凸地形は赤、凹地形は青、平坦地形は白）に従って抽出された結果であり、正確に判読するためには CS 立体図以外の情報も総合的に判断する必要があると考えられる。

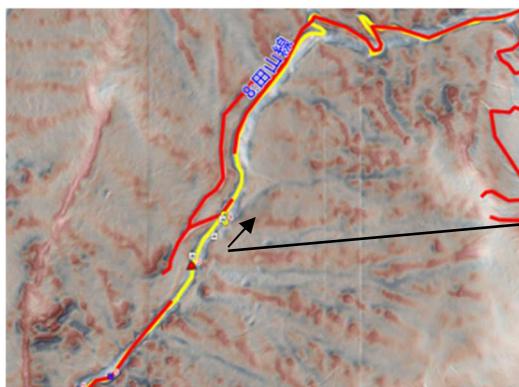
— AI 抽出線形 — 航測会社線形 → 写真撮影方向



①土場を線形として取得



②終点（写真撮影地点）を越えて沢筋等を抽出



③道幅が広く未抽出

図 4-5 AI 抽出の誤判読

3) 定量評価のための線形修正作業結果

定量評価のために線形を修正した事例を、図 4-5①の場所を用いて示す（図 4-6）。土場の部分を誤って抽出した部分（青点線）を削除した上で、実際の線形（青実線）を追加した。また、起点部分は一般道の地理院中心線まで修正線形を延ばした。

- AI 抽出線形 :A
- 正しい線形(航測会社)
- ⋯ 削除線形 :B
- 地理院中心線
- 修正線形 :C

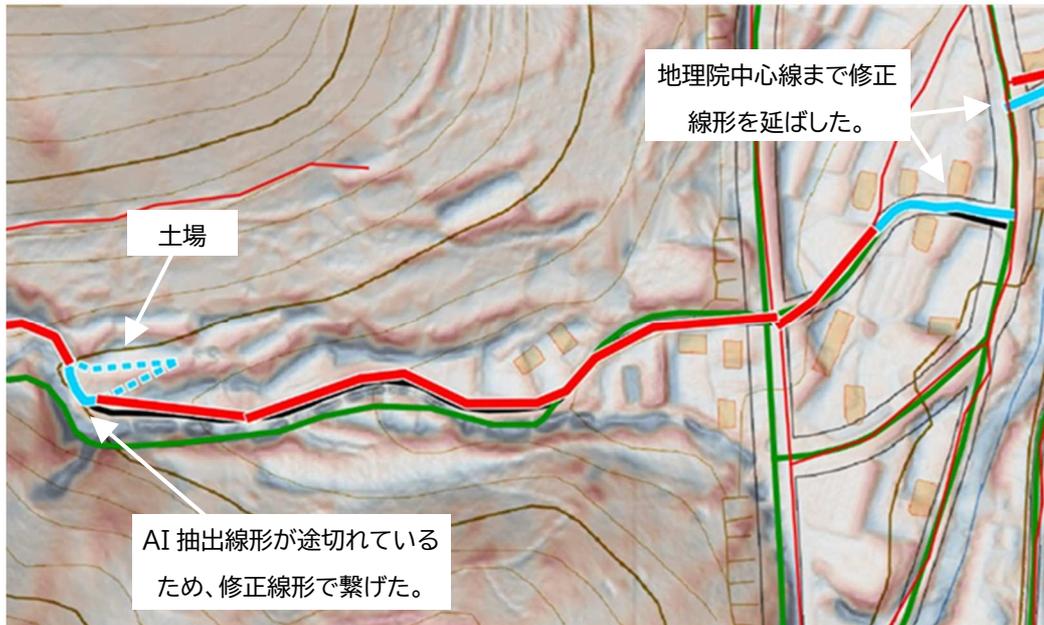


図 4-6 定量評価のための線形修正作業結果

4) 定量評価による精度検証結果

定量評価の結果、表 4-3 のとおり UA が 99.6%、PA が 98.2%と判読精度はほぼ 100%となり、AI による線形抽出は十分利用可能な精度であると考えられる。

表 4-3 AI 線形の精度検証結果

AI \ 目視	路網 (m)	路網ではない (m)	UA ^{※1}
路網 (m)	A : 29014.1	B:116.0	A / (A+B) : 99.6%
路網ではない (m)	C : 546.6	—	
PA ^{※2}	A / (A+C) : 98.2%		

※1 UA : 判読結果のうち、何%正しく分類されたか (AI が抽出した線形のうち、何%が現実の線形とあっていたら)

※2 PA : 検証結果のうち何%判読結果と一致していたか (現実の線形のうち、何%を AI が正しく抽出できたか)

4.2.3. GNSS を用いて線形を取得する手法

(1) 方法

1) 使用した GNSS 機種

本調査で使用した GNSS は表 4-4 に示す 5 機種である。市町村や林業事業者が日常業務でを使用することを想定し、比較的安価で入手しやすいものを選定した。

①PC-TE710KAW（タブレット端末）と④iPhone は測量機器というよりも日用品である。①PC-TE710KAW（タブレット端末）は本調査では 2 台使用した。②eTrex20J は安価で簡易に使用できるハンディタイプの GNSS である。

③-1：DG-PRO1RWS は比較的安価でありながら、携帯電話ネットワークにより送信される基準局情報³を使って高精度な RTK 測量⁴を簡易に行うことができる GNSS である。本調査では NTT が提供する docomo IoT 高精度 GNSS 位置情報サービス（以下「NTT 補正」という）を使用し、③-2：DG-PRO1RWS+NTT 補正とした。NTT 補正は携帯電波が入らない林内では利用できないため、③-1：DG-PRO1RWS は補正無しの単独使用としている。③-3：DG-PRO1RWS+HX-CSX601A は高性能な外付け受信機 HX-CSX601A を追加したものである。HX-CSX601A は受信する電波の入射角に応じて受信位置を変化させ補正を行う GNSS 受信機である。

表 4-4 使用した GNSS

機種 諸元	① PC-TE710KAW (タブレット)	② eTrex20J	③-1 DG-PRO1 RWS	③-2 DG-PRO1 RWS +NTT 補正	③-3 DG-PRO1 RWS +HX-CSX601A	④ iPhone
税込 価格 (参考)	約 6 万円	約 3 万円	約 8 万円	約 8 万円 月額約 2 千 円	約 8 万円 約 9 万円	約 14 万円
寸法 L×W×H	242.1×167 ×8.1mm	103×54 ×33mm	移動局 48.5×50 ×10.8mm	移動局 48.5×50 ×10.8mm	移動局 48.5×50 ×10.8mm 測量用アンテナ Φ173.4 ×62.6mm	160.8×78.1 ×7.8mm
備考	2 台使用	販売終了 現行の同等 品 eTrex10J	Android 端 末上のアプ リで操作	Android 端 末上のアプ リで操作	Android 端 末上のアプ リで操作	
写真						

※ 全路線を計測した機種は①のみ

³ docomo IoT 高精度 GNSS 位置情報サービス、ALES 配信システム など

⁴ GNSS 衛星のほかに基準局の情報を用いて高精度に計測を行う方法。

2) GNSS による線形ログの取得と精度検証手法

現地調査においては、各種の GNSS を車内に置き、林道を走行しながら線形ログを取得した。林道の起点を確認し、GNSS ログを取得しながら、終点まで到着した後、引き続き GNSS ログを取得しながら起点まで戻ったことから、往復の線形ログを取得している。

往復の線形ログを比較すると、図 4-7 のとおりずれが生じる。このため、往復のログそれぞれから片側 5m のバッファを作成し、バッファの中心線を作成して、GNSS の検証用の線形とした（図 4-7 の赤線）。

つぎに、精度検証としては、航測会社が判読した正しい線形から片側 5m のバッファを作成し（図 4-7 の黄色バッファ）、このバッファ内に GNSS 検証用の線形が入っている割合を算出した。

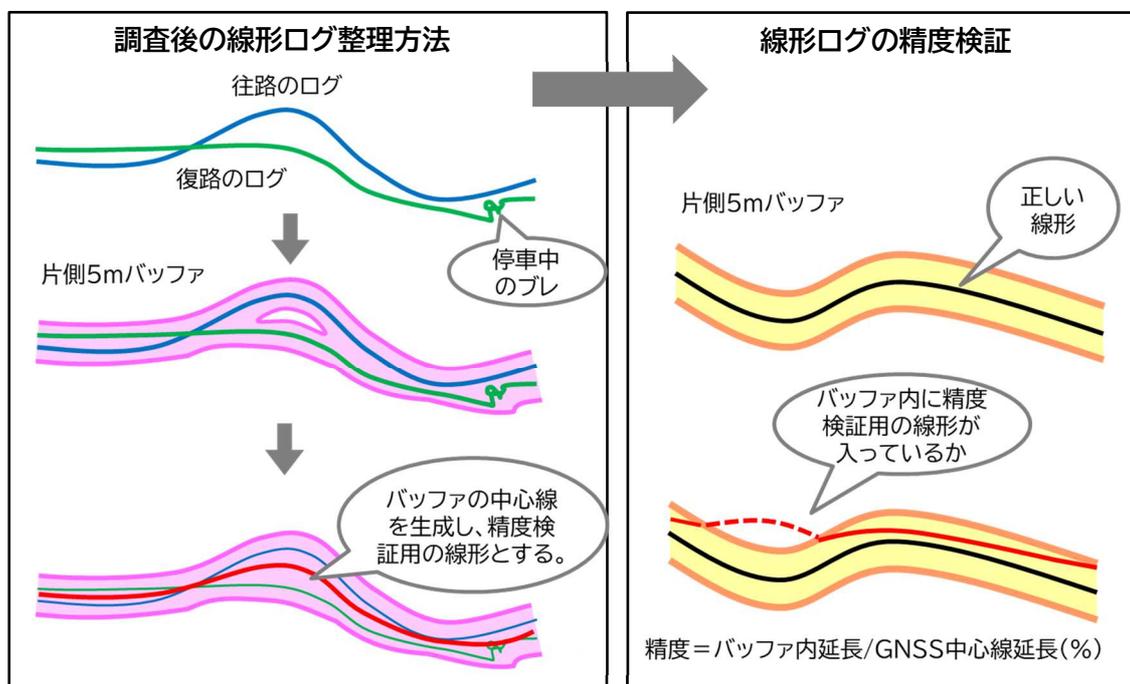


図 4-7 GNSS 線形ログの精度検証

(2) 結果

1) GNSS による線形ログの取得結果

GNSS で取得した往復ログから生成した検証用の線形の比較を図 4-8 に示す。GNSS の機種により線形に差があり、特に谷部では差が大きいことが分かる。

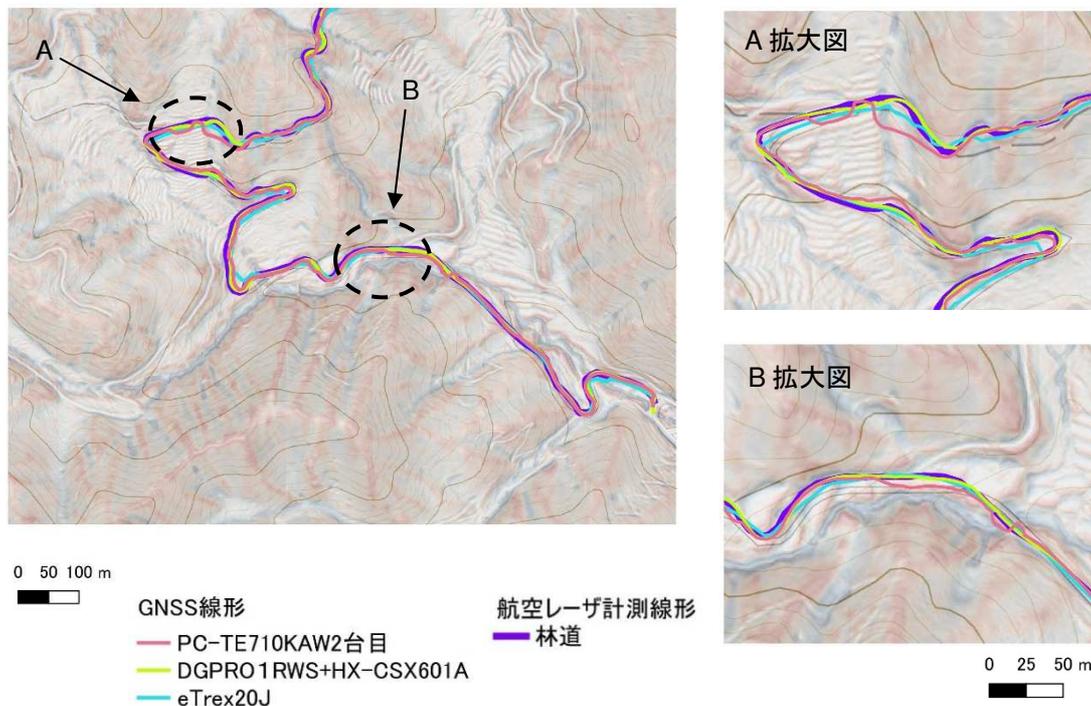


図 4-8 GNSS で取得した線形

前掲図 4-7 に示したとおり、航測会社が判読した線形を正とし、正しい線形の片側 5m バッファ内に GNSS 線形が含まれる割合を求めて精度検証を行った。結果は表 4-5 に示すとおり、③-2 : DG-PRO1RWS+NTT 補正の精度がほぼ 100%と最も高かった。次いで③-3 : DG-PRO1RWS+HX-CSX601A が 90%台、①PC-TE710KAW と③-1DGPRO1RWS 単独が 80%前後となった。

②etrex 20J と④iPhone は 60%台であり、④iPhone は精度が高い路線と低い路線の差が大きく、安定性が低いと言えた。

精度面からは③-2 : DG-PRO1RWS+NTT 補正や③-3 : DG-PRO1RWS+HX-CSX601A が望ましいと考えられるが、価格と精度との兼ね合いから実用上は①PC-TE710KAW と③-1 : DG-PRO1RWS 単独が適していると考えられる。①PC-TE710KAW は廉価なタブレットであり、内臓 GNSS でも実用上は十分であることが分かった。DG-PRO1RWS は、携帯電波が入るエリアでは③-2 : DG-PRO1RWS+NTT 補正となり高精度で計測でき、携帯電波が入らないエリアでも③-1 : DG-PRO1RWS 単独として実用上十分な精度があることが分かった。

表 4-5 GNSS 線形精度検証結果

機器	路線	路線延長 (m)※1	バッファ 内線形 延長(m) ※2	精度(%) ※3	機器	路線	路線延長 (m)※1	バッファ 内線形 延長(m) ※2	精度(%) ※3
③-2 DG-PRO 1RWS- NTT 補 正	只越線	1386.0	1355.4	97.8	③-1 DG-PRO 1RWS	朴峠線	1345.3	1121.5	83.4
	金ノ倉線	1846.3	1843.2	99.8		田山線	1214.1	867.8	71.5
	桧山線	1763.5	1761.8	99.9		天城線	2728.5	2126.0	77.9
	蓬畑線	4927.4	4901.6	99.5		中沢線	2075.3	1904.4	91.8
	西野沢線	2497.8	2491.8	99.8		平均		81.1	
	平均				99.4	① PC- TE710KA W 2 台目	金ノ倉線	3070.7	2331.4
③-3 DG-PRO 1RWS +HX- CSX601A	朴峠線	1962.5	1940.5	98.9	水上線		1181.7	782.4	66.2
	田山線	1272.8	1205.7	94.7	二度成木線		586.2	547.4	93.4
	天城線	3173.6	3088.6	97.3	蓬畑線		4910.9	4072.3	82.9
	金ノ倉線	3066.3	2452.8	80.0	大洞線		1530.0	1200.1	78.4
	中沢線	2055.2	1973.5	96.0	西野沢線		2501.7	1724.6	68.9
	水上線	1492.4	1291.2	86.5	平均		77.6		
	蓬畑線	4501.8	4500.7	100.0	② eTrex 20J	只越線	1387.1	1027.2	74.1
	大洞線	1623.0	1188.7	73.2		朴峠線	1948.7	1153.7	59.2
	西野沢線	2513.4	2474.8	98.5		田山線	1183.3	688.0	58.1
平均				91.7		天城線	3155.9	1583.8	50.2
① PC- TE710KA W 1 台目	只越線	1412.2	1270.6	90.0		金ノ倉線	2966.6	2362.4	79.6
	金ノ倉線	3081.1	2568.8	83.4		中沢線	2001.8	1452.5	72.6
	桧山線	1734.6	1413.7	81.5		西野沢線	2312.9	1604.0	69.4
	蓬畑線	4876.7	3748.0	76.9	平均		66.2		
	西野沢線	2557.0	2061.1	80.6	④ iPhone	只越線	1409.0	1133.0	80.4
	平均					82.5	朴峠線	1871.0	825.0
※1 各機器の路線データから作成した中心線				田山線		1141.0	676.0	59.2	
※2 航空会社の線形から片側5mバッファを発生させ				天城線		3199.0	1509.0	47.2	
て、そのバッファ内に入っている※1の延長				桧山線		1713.0	1305.0	76.2	
※3 バッファ内に※1が入っている割合				中沢線		2168.0	1271.0	58.6	
				蓬畑線		4777.0	3694.0	77.3	
				西野沢線		2406.0	1910.0	79.4	
				平均		65.3			

4.3. 路網管理に必要な情報の精度向上

4.3.1. 目的

路面や周辺の状態は日々変化するため、通行の可否等、重要な情報を反映し、データの更新作業を絶えず続けていく必要がある。しかし、現状では、林道の管理主体（主に市町村）において、それらの通行可能情報や付帯する施設の管理に必要な情報を一定頻度で整理している例は少ない。また、現行の森林クラウドシステム標準仕様の定義では、路網のシェープファイル（ライン）がもつ属性テーブルに「通行調査」の項目はあるものの、通行ができない場所や付帯施設は、路網上の多地点に存在する可能性があるため、これらの情報を管理する方法としては不十分である。

そこで、管理主体が、これらの情報を路網管理情報として把握するにあたり、管理主体自身や林道を利用する事業者等が、日常業務の中で簡易にデータを取得し、路網データの更新及び路網管理に必要な情報の整理を行う手法を検討した。

4.3.2. 方法

路網管理情報は、林道線形のシェープファイル（ライン）とは別のシェープファイル（ポイント）で管理できるよう、データを作成することとした。

現地調査は、2名以上で車両に乗って実施した。主に助手席乗員が路面及び周辺を観察し、タブレット端末上でデータ入力を行ってポイントを取得した。また、必要に応じて降車し、写真を撮影した。

タブレット端末で利用できる GIS として、QField（フリーソフト）を使用し、あらかじめ①～③によりデータを準備・格納した。

- ①PC 上の QGIS により、調査対象の地区に係る図面等を閲覧できる現地調査用のプロジェクトファイルを作成した。
- ②同プロジェクトファイルにおいて、対象路網における航測会社が作成した線形のシェープファイル（ライン）と、路網管理情報のデータ入力用として属性が空欄のシェープファイル（ポイント）のレイヤを作成した。
- ③②のシェープファイル（ポイント）は、把握すべき路網管理情報の種類ごとに属性を定め、プルダウンリストの選択によって該当する属性を付したポイントを取得できるよう設定した。
- ④同プロジェクトファイルをタブレット端末にコピーし、タブレット端末用の GIS QField で表示、入力できるようにした。

現地調査における具体的なポイントの取得に先立ち、はじめに林道の起終点を把握するため、起点（看板等）を確認し、起点のポイントを取得した後、GNSS ログを取得しながら終点まで移動し、終点のポイントを取得した。その後、引き続き GNSS ログを取得しつつ、起点へ戻りながら、林道の管理上、必要と考えられる情報の種類別にポイントを取得した（図 4-9）。

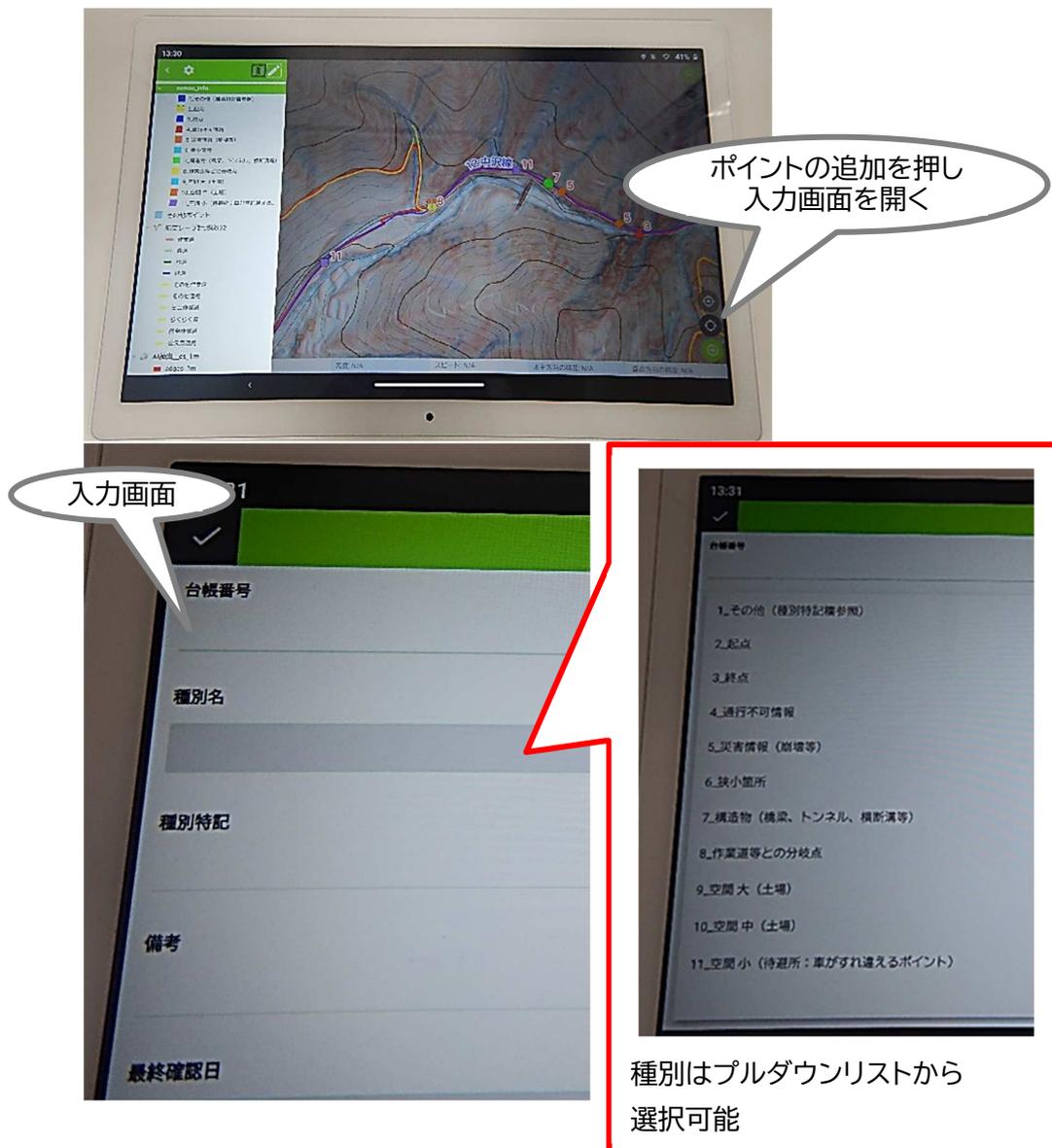


図 4-9 現地調査で使用したタブレット端末上のデータ入力方法

4.3.3. 結果

林道 12 路線において調査した結果、タブレット端末を用いたデータ入力は容易であったことから、本項で検討した調査手法により、路網管理情報を把握することは可能と考えられる。結果の一例として、中沢線で取得したポイントと、それらの現地における状況を撮影した主な写真を図面上に表示した（図 4-10）。図面上で表示されるマーカーをポイント

の種類別で工夫することにより、路網管理情報の整理がしやすくなると考えられる。

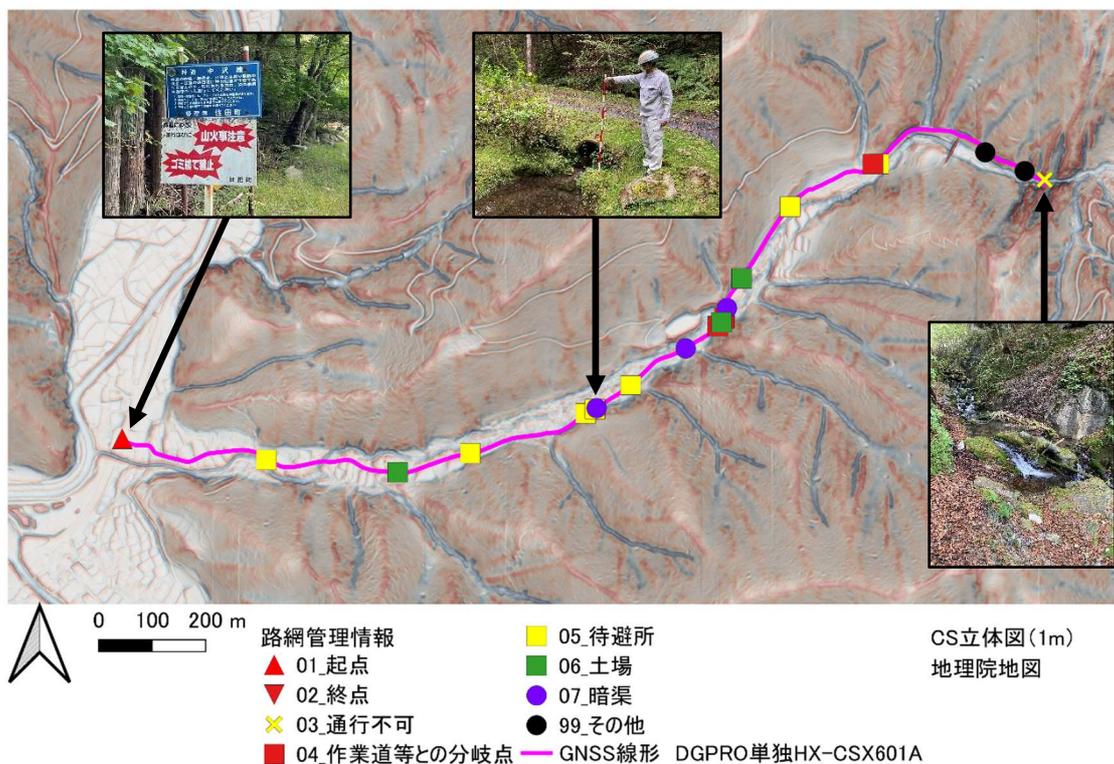


図 4-10 路網管理情報のポイント取得結果(中沢線の例)

また、現地調査に要した時間を明らかにするため、3つの林道において、調査時間の計測と車両のトリップメーターにより、1kmあたりの調査時間を算出した。調査経験4日目の2名が、好天、ほとんど降車なしの条件で調査した結果、表4-6のとおり、1kmの路線を調査する場合、往復で50分を要することとなった(平均25分/km)。なお、林道上のポイント取得数の多少のほか、天候や路面状況等によって、観察や写真撮影のために降車回数が変わることで、所要時間が増減する。

表 4-6 林道における現地調査に要した時間

林道名	幅員	図上延長	トリップメーター (往復)	ポイント 取得数/km	往復時間	調査時間 /km
只越線	4.0m	1,365m	3.0km	12.7個	45分	30分
桧山線	3.6m	1,781m	3.4km	10.6個	45分	26分
蓬畑線	4.0m	4,956m	10.0km	8.0個	105分	20分
平均調査時間/km (往復時間)						25分 (50分)

現地調査を踏まえ、ポイント取得時に選択する属性のプルダウンリストについては、管理主体が林道を管理する上での重要性や、データ入力の容易さの観点から、観察頻度の高

かった種類を上位に表示するとともに、起終点なども加え、表 4-7 のとおり再整理した。

表 4-7 現地調査後に再整理した路網管理情報のポイント取得時に選択する属性の設定案

種別	設定した理由
起点	管理上必要、整備の補助申請時等に必要
終点	管理上必要、整備の補助申請時等に必要
通行不可情報（備考欄に原因を記載）	路網データの精度確保に必要
森林作業道等との分岐点	森林作業道等の作設計画時等に利用
待避所（〇㎡未満）	利用上必要、目安の面積は地域で要検討
土場（〇㎡以上）	利用上必要、目安の面積は地域で要検討
暗渠	管理対象の付帯施設
橋	管理対象の付帯施設
狭小箇所	利用上必要
トンネル等起点	管理対象の付帯施設
トンネル等終点	管理対象の付帯施設
アスファルト舗装起点	管理対象の付帯施設
アスファルト舗装終点	管理対象の付帯施設
その他（備考欄に記載）	—

現地調査時のデータ入力を容易かつ効率的にする手法について検討・提案したが、現地調査用のデータを事前に準備する必要があり、管理主体の担当者が自らデータを準備することは困難である可能性が高い。そのため、ただちに実用に供せる路網管理情報の調査支援アプリ等を開発することが必要と考えられる。

4.4. 危険地形の判読

4.4.1. 目的・方法

路網計画作成にあたっては、もりぞんで算出可能な災害リスクの 3 要素（地形の複雑さ、傾斜、保全対象を含む流域）だけではなく、等高線図や微地形図の判読により数値化できない危険地形を抽出する必要がある。

地形の情報には、「地形量」と「地形種」がある（表 4-8）。「地形種」は、特定の形態的特徴をもつ地形の部分のことであり、判読者の解釈によって判断される。もりぞんで算出する災害リスクの 3 要素は地形量であり、別途地形種の判読が必要であると言える。

そこで、航空レーザ計測による DEM から作成した CS 立体図を用いて、調査対象域内（前掲図 4-2）の危険地形の判読を行った。

表 4-8 地形量と地形種

地形情報	概要	例
地形量	長さや面積、それらの比など、計測により何らかの数値化が可能な情報(形態要素)であり、同じ方法で計測すれば誰が行っても同じ結果になる。	標高、傾斜、曲率、面積、体積、方位、起伏量など
地形種	特定の成因によって形成された特定の形態的特徴をもつ地形の部分のこと。判読者の解釈によって判断されるものであり、同じ地形に対しても判断が異なることがある。	扇状地、崖錐、地すべり滑落崖、地すべり側方崖など

4.4.2. 結果

判読の結果、調査対象域内において沖積錐 21 箇所、リニアメント 1 箇所を抽出した。古く安定している地質のためか、総じて危険地形は少なかったと言える。図 4-11 は調査対象域内において沖積錐やリニアメントが見られた箇所を拡大したものである。沖積錐とは、急勾配の河谷の出口に、主として土石流の堆積が繰り返されて形成された扇形の地形、リニアメントとは、地表の直線的なあるいは緩やかにカーブした連続的な地形で、断層等の地質構造的な特徴を表しているとされる。

このような地形について、森林・林業に携わる行政職員や事業者職員が自ら判読できるよう、「CS 立体図を使った地形判読マニュアル」を図 4-12 の通り作成した。林野庁ホームページにおいて公開する予定である。

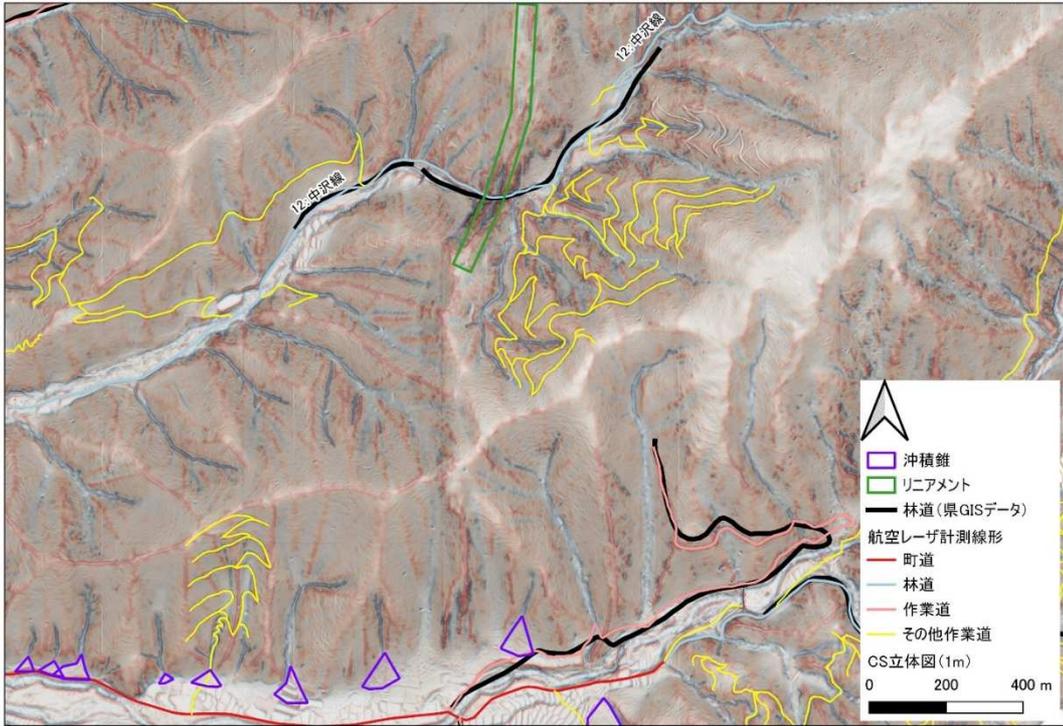


図 4-11 調査対象域内の危険地形(一部)

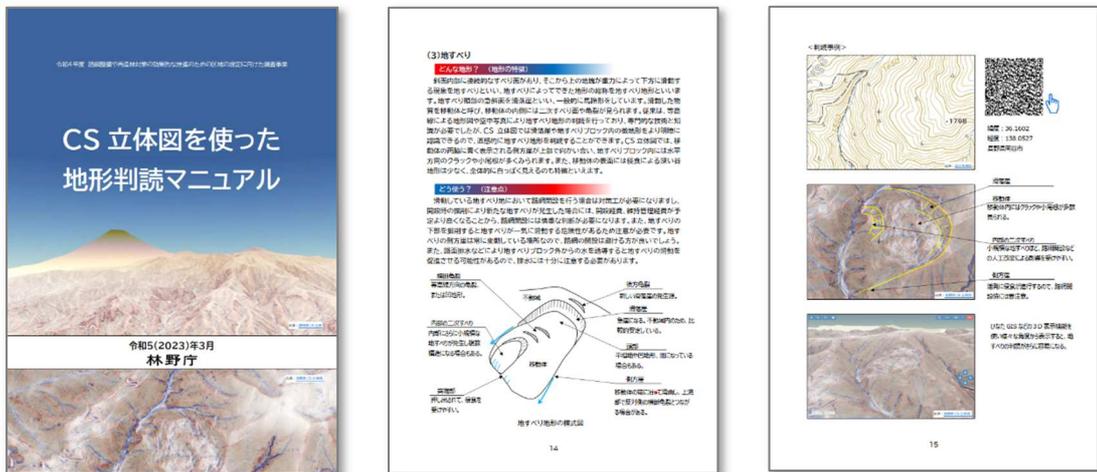


図 4-12 地形判読マニュアル

5章. ゾーニング図作成から路網計画までの実証事例

5.1. 実施概要

令和4年度モデル地区のうち岩手県住田町においては、図5-1のとおりゾーニング図作成の実証に加え、ゾーニング図を活用した路網計画の実証を行った。これにより、ゾーニング及びその結果を活用した路網計画までの一連の流れを実際に検証できたことから、本章においてまとめて取り上げることにした。

図5-2のとおり、住田町の全面積334.8km²のなかで、既に航空レーザ計測を実施済みの101.8km²をゾーニング図作成実証の対象とした。また、第三象限（要収益性向上）にゾーニングされた中から、以下の条件に当てはまるエリアを路網計画の対象域として選定した。

選定条件は、収穫可能な林分を通ること、危険地形を避けること、同意取得が難しい所有地を避けること、である。

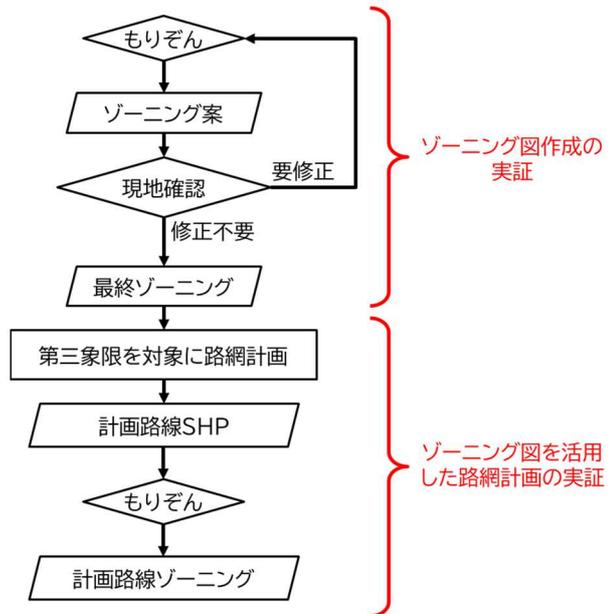


図5-1 住田町における実証の流れ

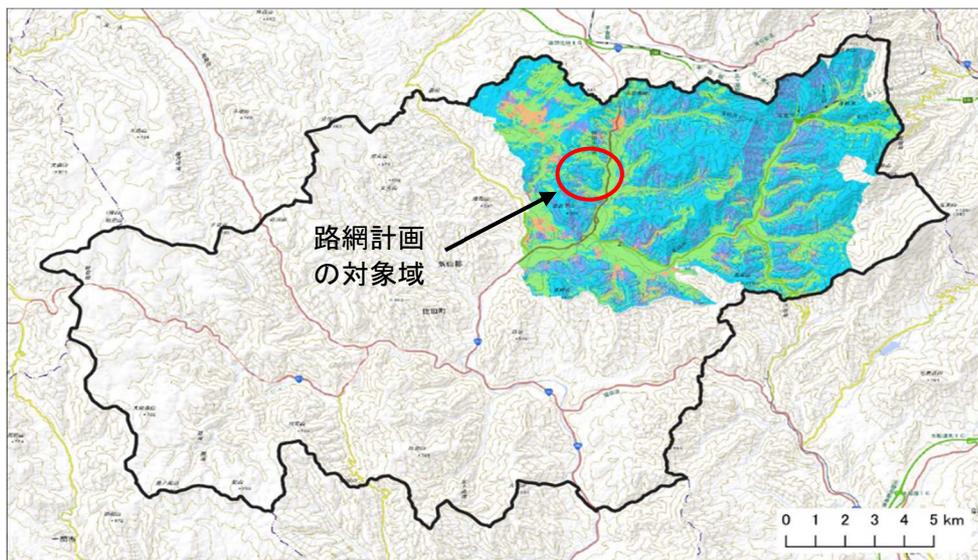


図5-2 住田町実証対象地

5.2. ゾーニング図作成と合意形成

5.2.1. ゾーニング図作成の流れ

ゾーニング図作成に係る実証は、表 5-1 に示すとおり実施した。多様な立場の参加者による活発な意見交換が行われたことにより、ワークショップ形式の合意形成による机上ゾーニング図作成から現地実証、現地を踏まえた合意形成の手法を確認することができた。

表 5-1 住田町ゾーニング図作成実証の概要

実施日	令和4年12月1日、2日
場所	上有住地区公民館、現地
参加者数	15人（県、県出先、住田町、森林組合、民間素材生産業者、森林管理署）

ゾーニング図作成の日程は、表 5-2 のとおりであり、約 100km²を対象に1日半の工程で完了できたことを示している。以下に、住田町における実証内容に基づき、地域の合意形成のもとでゾーニング図を作成する場合の手法として整理した。

表 5-2 ゾーニング図作成の日程

実施日	実証	概要
事前準備	（実際には都道府県等が行う）	・ 入力データ作成 ・ 仮のゾーニング図を作成し、現地調査地点を選定
1日目 午前	ゾーニング手法の説明 班ごとの机上ゾーニング図作成	・ 3班に分かれ、それぞれでゾーニング図を作成
1日目 午後	机上ゾーニング図の現地実証	・ 各班のゾーニング図をタブレットに入れて現地と比較
2日目 午前	合意形成による全体版ゾーニング図作成と精度向上	・ 各班のゾーニング図を発表 ・ 現地実証の結果を踏まえて全体で一つのゾーニング図を作成

(1) 事前準備

本実証においては、事前準備は委託事業受託者が行ったが、実際には都道府県等が行うことが想定される。事前準備の具体的な作業としては、以下のとおりである。

- ・ 入力データ作成
- ・ 仮のゾーニング図によるデータの動作確認、しきい値設定における観点の検討・整理
- ・ 要素図や仮のゾーニング図に基づく現地調査地点の選定、選定地点の SHP ファイル形式のポイントデータ作成

なお、現地調査地点の選定に際しては、以下のような場所を選定することが望ましい。

- ・ しきい値の設定において判断が難しい要素である「地形の複雑さ」については、現地の地形と図面上の表現との関連性を把握し、しきい値の妥当性を検討しやすくするため、値が高い地点と低い地点を選定する。
- ・ 仮ゾーニングの結果に基づき、現地の林相、立地及び地形がゾーニング図上でいかに表現されているか把握し、しきい値設定の妥当性を検討しやすくするため、災害リスクが高い地域、収益性が高い地域を選定する。

(2) 班ごとの机上ゾーニング図作成

まず、参加者がゾーニングの意味を理解するための座学研修を 30 分程度行い、その後、ノートパソコンで実際に操作を行う。班ごとに話し合いながらしきい値を設定し、机上ゾーニング図を作成する（図 5-3）。この過程は、昨年度の実証や、今年度のリーダー養成ワークショップにおける過程とほぼ同様である。

班ごとに異なるしきい値を設定しているため、作成されるゾーニング図も異なるものとなっている。班ごとの相違が大きい地点については、次の現地実証の段階で確認を行う。



図 5-3 班ごとに机上ゾーニング図を作成している様子

(3) 机上ゾーニング図の現地実証

班ごとに作成した机上ゾーニング図と現地の状況を比較し、しきい値や入力したデータの妥当性を検討する（図 5-4）。事前の準備作業としては、タブレット等のモバイル端末 GIS に表示させられるよう、机上ゾーニング図と、事前準備において選定しておいた現地調査地点の SHP ファイルを端末に保存しておく必要がある。

選定した現地調査地点と、班ごとのゾーニング結果の相違が大きい地点について参加者全員で現地実証を行う。

現地では、以下の観点で意見交換を行う。

- ・ モバイル端末 GIS を用い、机上ゾーニング図上の現在地点を把握する。
- ・ 現地を見て、災害リスクが高いと感じるか、林業適地としたいかを考え、自らの感覚と机上ゾーニング図が一致しているかを確認する。
- ・ 一致していない場合は、しきい値や入力データを修正すべきか、また修正するなら

どのように修正すればよいかを考える。



図 5-4 現地実証の様子

(4) 合意形成による全体版ゾーニング図作成

班ごとに作成した机上ゾーニング図は、最終的に全体版として、一枚に収束させることが必要となる。このために、合意形成による全体版ゾーニング図作成作業を行う（図 5-5）。

進行役が、参加者全体の意見を聞きながら全体的な作業を進めるとともに、各班でも個別の検討ができるように PC を配置する。なお、各班の机上ゾーニング図と、しきい値のリストを共有しておくことが必要である。

全体版でのしきい値の決定に向け、班ごとに、机上ゾーニング図のしきい値の考え方を発表する。続いて行う全体の合意形成においては、各班のしきい値が同じような値場合は平均値等を採用し、異なる場合は現地の状況を踏まえて意見交換するなど、状況に応じてしきい値の決定を進める。



図 5-5 合意形成による全体版ゾーニング図作成の様子

5.2.2. ゾーニング図作成における合意形成の事例

住田町においては、まず3班（A、B、C）に分かれてゾーニング図を作成した。班ご

とに設定した要素のしきい値、合意形成による全体版のしきい値は表 5-3 のとおりである。

表 5-3 各段階での要素しきい値

要素		A班	B班	C班	全体版
収益性	地位 (スギ) 1点<= □ 2点<= □ <3点	19.0 / 23.0	18.9 / 21.95	19.50 / 21.39	19.0 / 22.0
	集材作業効率 1点<= □ 2点<= □ <3点	5 / 7	6 / 8	6 / 9	6 / 8
	地利(到達難易度) 3点<= □ 2点<= □ <1点	40 / 100	50 / 100	50 / 150	100 / 300
災害リスク	地形の複雑さ 1点<= □ 2点<= □ <3点	0.0156 / 0.0187	0.015 / 0.018	0.016 / 0.019	0.015 / 0.02
	傾斜 1点<= □ 2点<= □ <3点	35 / 45	35 / 45	35 / 45	35 / 40
	保全対象を含む流域	1点=なし 2点=あり	1点=なし 2点=あり	1点=なし 2点=あり	1点=なし 2点=あり

作成されたゾーニング図を比較してみると、A班とC班はほぼ同じ結果となったが、B班は異なるものとなった(図 5-6)。こうした結果を踏まえ、A、C班とB班で異なるゾーニングとなった地点を現地確認したところ、B班では災害リスクが高いとした地点でも、林業適地と判断された。このように、B班は災害リスクを高めめに判定していたことを参加者全員で確認することができた。

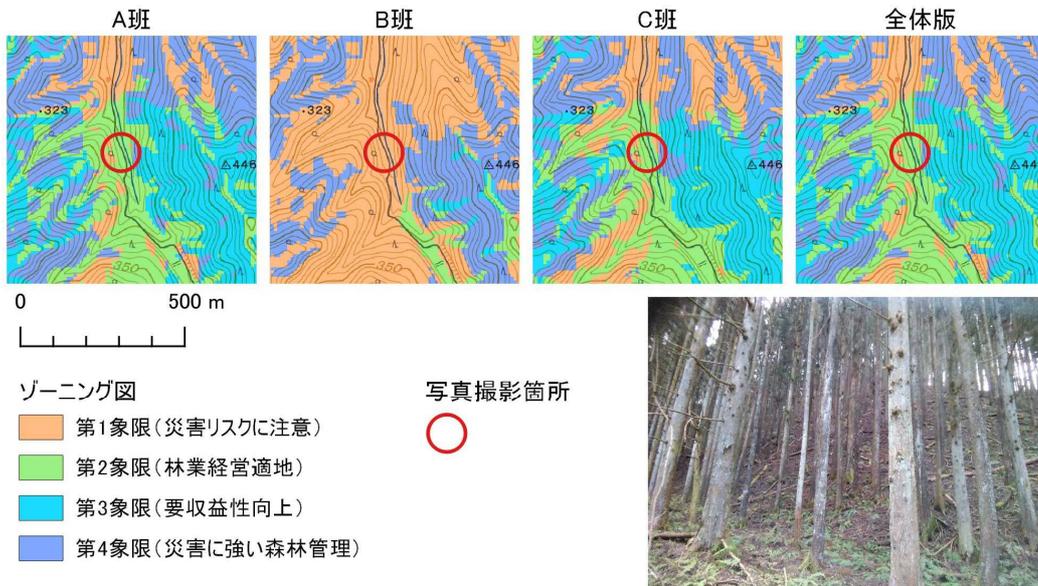


図 5-6 現地実証により林業経営適地であった地点

また、要素の一つである地利を算出するための路網データについては、当初は航空レー

ザ計測 DEM から作成した線形を使用していた。A、C班のゾーニング図で第二象限（林業経営適地）とされた地点を現地確認したところ、現地は急傾斜の再造林地で、森林作業道等によって地利が高く林業適地と判定されたと考えられる事例があった。当該地は林業経営適地にゾーニングしない方がよいとの合意がされたため、全体版ゾーニング図の作成においては、図 5-7 のとおり森林作業道等と思われる路線を削除した路網データを用いることとした。この結果、当該地は第三象限（要収益性向上）にゾーニングされた。

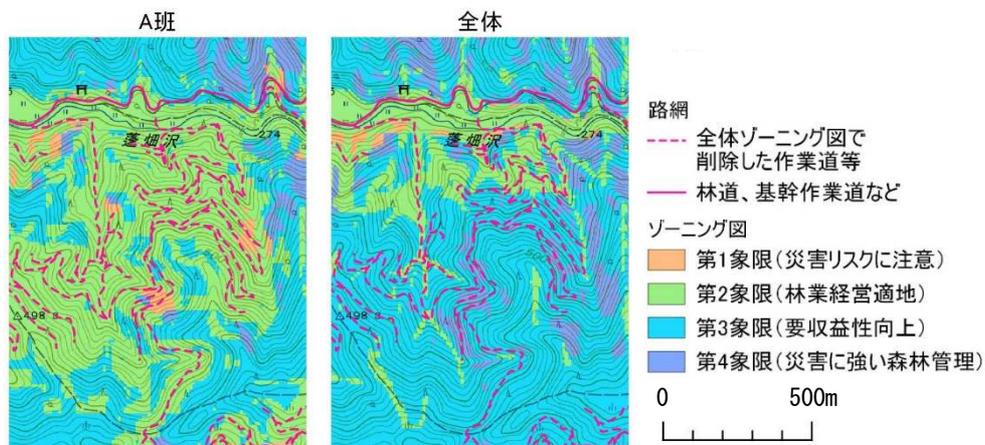


図 5-7 全体版で削除した路網

収益性の 3 要素（地位指数、集材作業効率、地利）の点数を合計した収益性軸と、災害リスクの 3 要素（地形の複雑さ、傾斜、保全対象を含む流域）の点数を合計した災害リスク軸との、しきい値を検討する段階においては、図 5-8 のとおり、収益性軸のしきい値は 5 または 6 が適しているものと考えられた。また、5 と 6 のどちらを採用することが望ましいかについて議論を行ったところ、

しきい値 5：全体的に林業経営適地が増えて、現状を肯定するイメージ

しきい値 6：まだ林道を入れる必要がある、改善する必要があるイメージ

となった。現場の実感としては、しきい値 6 のゾーニング図に近く、林道整備が今後も必要だという意見があり、収益性のしきい値を 6 としたゾーニング図が採用された。

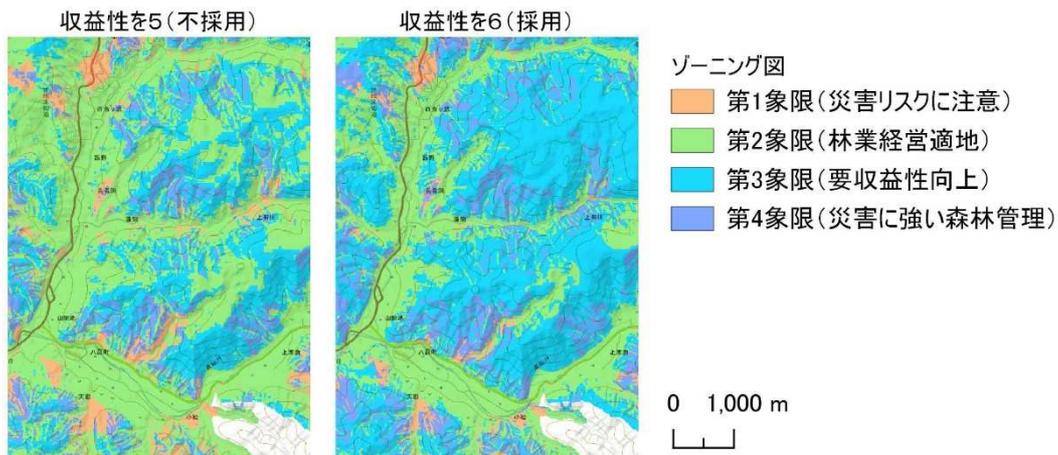


図 5-8 収益性軸のしきい値検討

5.2.3. ゾーニング図作成実証のまとめ

以上のように、ゾーニングにおける合意形成の手法を整理することができた。なお、実証の参加者からは次のような意見があった。

- ・ 現地の様子を把握している林業事業者、市町村職員の意見が重要である。
- ・ 市町村内全域を一度にゾーニングするのは難しく、今回のように地区に分けて現地確認を繰り返しながら進める方がよい。
- ・ ゾーニングの意味が理解できた。今後のゾーニング図の精度向上、活用についてはさらに取組が必要である。
- ・ 国有林の林道もデータに追加してゾーニングする必要がある。

今回実証した手法は、100km²程度の範囲のゾーニング図作成において適切だったといえる。今後は、この手法を「森林ゾーニングの手引き」にまとめることにより、普及を推進していくこととする。

5.3. ゾーニング図に基づく路網計画

5.3.1. 路網計画作成の流れ

「5.2.2. ゾーニング図作成における合意形成の事例」で述べたとおり、今回の実証で作成したゾーニング図には林道整備が今後も必要であることを示す意図があった。そこで、作成したゾーニング図の中から第三象限（要収益性向上）のエリアを選んで路網計画を作成し、計画線形でのゾーニングを行った。図 5-9 のとおり、第三象限（要収益性向上）に林道を計画することで要素：地利の点数が増え、結果として収益性が向上し第二象限（林業経営適地）になることを実証した。

その結果を表 5-4 に示すとおりゾーニング図作成実証とほぼ同様の参加者により確認し、ゾーニング図を活用した路網計画について意見交換を行った。

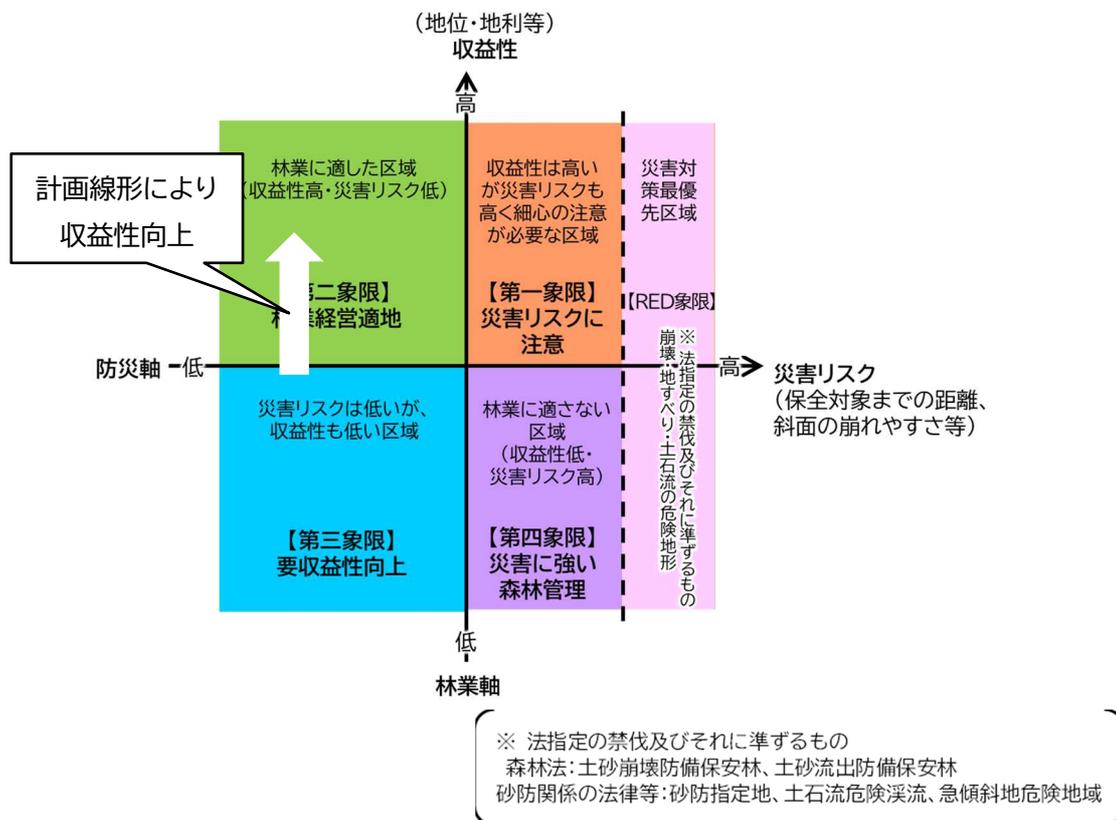


図 5-9 計画線形と 4 象限図の関係

表 5-4 住田町路網計画実証概要

実施日	令和 5 年 1 月 30 日 午後
場所	住田町役場
参加者数	8 人（県出先、住田町、森林組合、民間素材生産業者、森林管理署） 本事業検討委員 齋藤 仁志氏（岩手大学農学部森林科学科 准教授）

(1) 路網計画対象地の選定

第三象限（要収益性向上）のうち、以下の条件に当てはまるエリアを選定した。

- ・ 収穫可能な林分がある。
- ・ 危険地形を避ける。
- ・ 同意取得が難しい所有地を避ける。

選定に先立ち、「4.4 危険地形の判読」で述べた危険地形の判読を行ったところ、以下の結果が得られた。

- ・ 沖積錐 21 箇所、リニアメント 1 箇所を抽出した。
- ・ 調査範囲内に明瞭な地すべりはなかった。
- ・ 古く安定している地質のためか、総じて危険地形は非常に少なかった。

選定にあたっては、地域の状況に詳しい者、専門家の意見を取り入れることが望ましい。そこで、本実証では、上記の危険地形の判読結果を踏まえ、住田町職員、検討委員齋藤 仁志氏と相談の上選定した。

この結果、図 5-10 に示すとおり、第 3 象限（要収益性向上）のエリア内に、2 本の既設林道を接続する形で尾根を通る林業専用道を計画することとした。

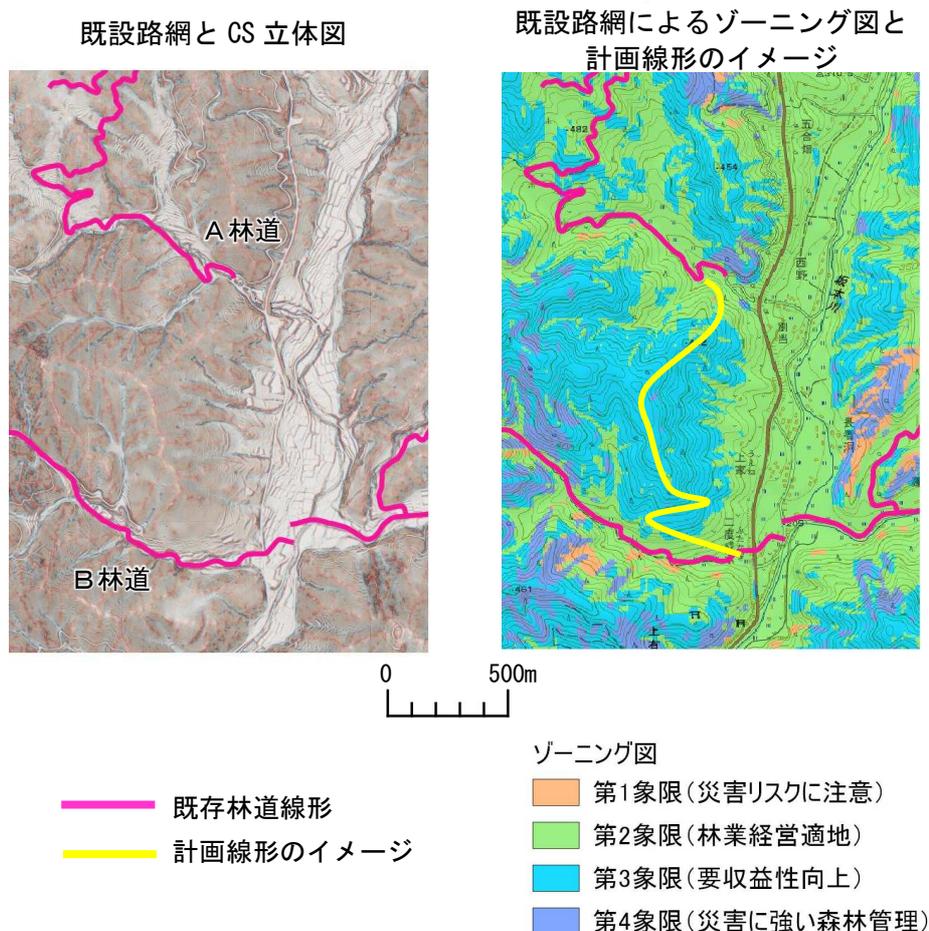


図 5-10 路網計画イメージ

(2) 路網計画の作成

計画の作成においては、昨年度と同様に、研究者と共同開発された既存のプログラムを用いることとした。使用したプログラム FRD (Forest Road Designer) (住友林業株式会社製) の概要を表 5-5 に示す。

計画に用いたパラメータは表 5-6 のとおりであり、当初想定した線形は、森林作業道のパラメータでは作設可能だが、林業専用道のパラメータでは不可能であった。このため、条件をやや緩和したうえで、図 5-11 に示す計画線形を作成した。

表 5-5 実証プログラム概要

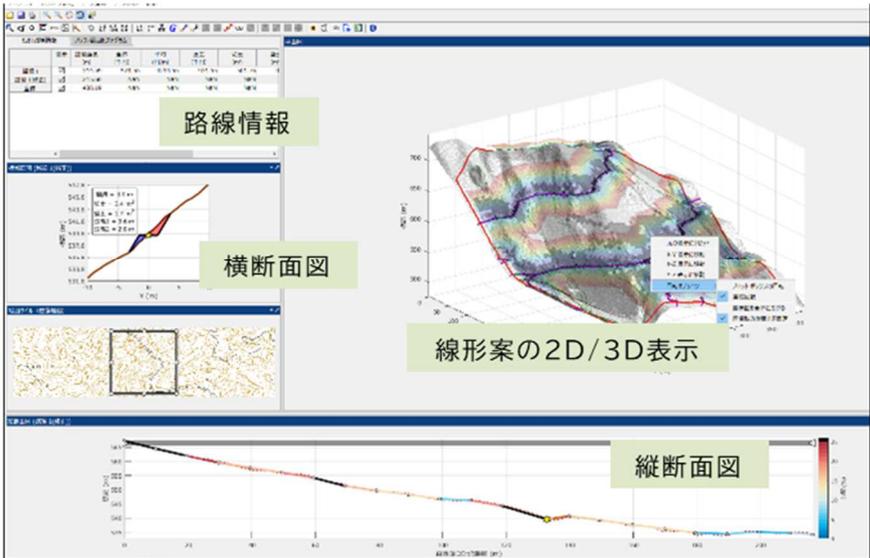
名 称	路網設計支援ソフト FRD (Forest Road Designer)
販売会社	住友林業株式会社
開発経緯	白澤紘明氏 (森林総合研究所) との共同開発
機能概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ ソフト上で山の危険度を把握することで災害に強く安全な路網設計を支援 ・ パラメータを調整し、設計条件を満たす低コストな路線案を自動で設計 ・ パラメータの設定条件により、線形の到達可能範囲を表示 ・ 線形の勾配別・3D表示機能 ・ 任意の点で横断面図・縦断面図を出力可能 ・ 線形案は shp・kml 形式で簡単出力
	<p style="text-align: center;">FRDの操作画面</p>  <p>The screenshot displays the FRD software interface with several key components labeled: '路線情報' (Route Information) at the top left, '横断面図' (Cross-section diagram) in the middle left, '線形案の2D/3D表示' (2D/3D display of route plan) in the middle right, and '縦断面図' (Longitudinal section diagram) at the bottom right. The main window shows a 3D terrain model with a planned road network overlaid.</p>

表 5-6 路網計画に用いたパラメータ

項目		値（緩和可能な値）		
		林業専用道	森林作業道	実証に用いた値
規格	車道幅員	3.0 m	2.8 m	3.0 m
	車道幅員	3.0 m	2.8 m	3.0 m
	路肩含む全幅員	3.5 m	3.0 m	3.6 m
	最大縦断勾配	12.0 %	18.0 %	12.0 %
	最小曲線半径	12.0 m	8.0 m	12.0 m
パラメータ	道路中心線における地盤高－計画高（切土）の最大値	3.0 m	3.0 m	5.0 m
	道路中心線における計画高－地盤高（盛土）の最大値	3.0 m	3.0 m	3.0 m
	切土勾配（1:x）	0.6（0.3）	0.6（0.2）	0.6（0.3）
	盛土勾配（1:x）	1.2（1.2）	1.2（1.0）	1.2（1.0）
	切土法面の法高の最大値（m）	3.0（4.0）	1.5（3.0）	3.0（5.0）
	盛土法面の法高の最大値（m）	3.0（4.0）	2.0（3.0）	3.0（4.0）

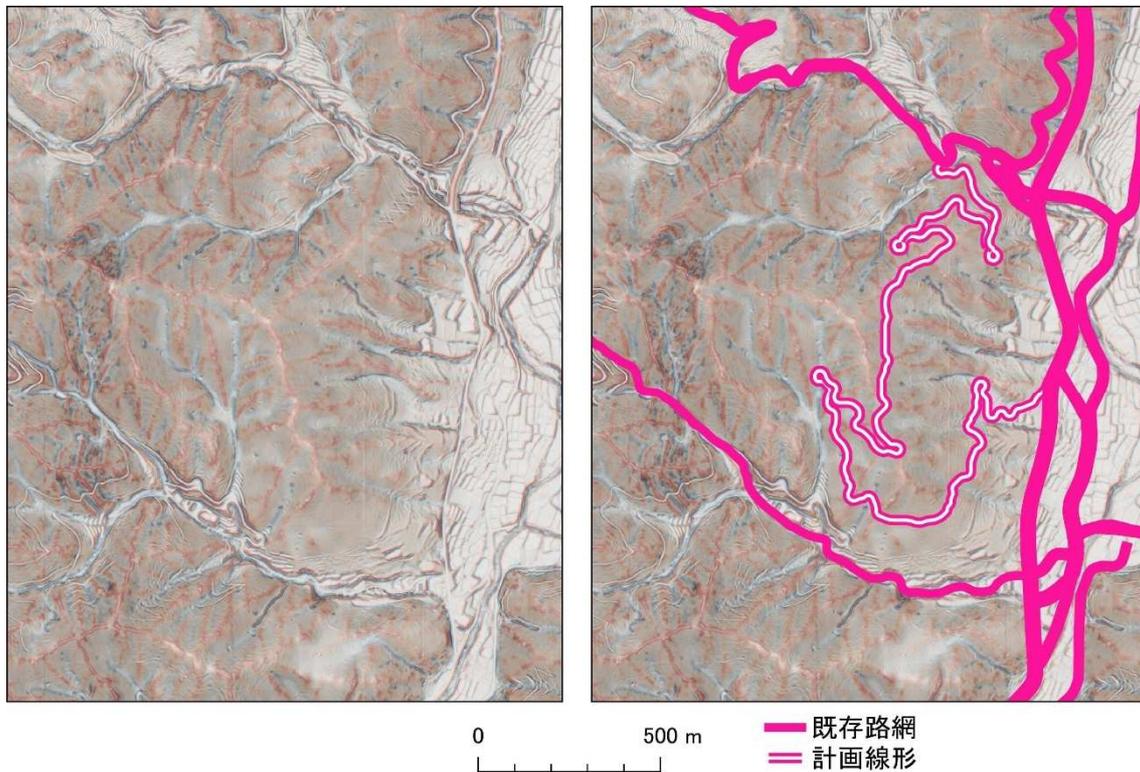


図 5-11 作成した計画線形とCS立体図

5.3.2. 計画線形によるゾーニング図の作成

作成した計画線形を追加した路網データを用い、全体版と同じ、しきい値を使ってゾーニングを行った。その結果、計画線形周辺が第二象限（林業経営適地）に区分され（図 5-12）、計画線形の効果が確認できた。

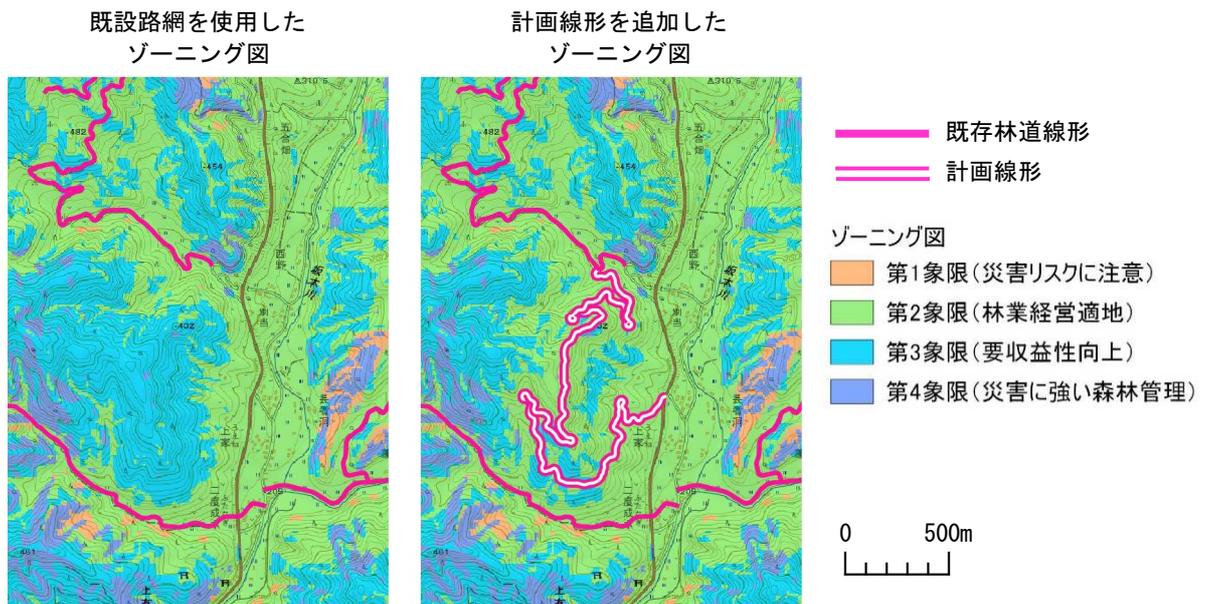


図 5-12 ゾーニング図の比較

5.3.3. ゾーニング図に基づく路網計画のまとめ

以上のように、ゾーニング図を活用して路網計画の対象地を選定するとともに、収益性の低い区域に林道を設けることで、林業に適した区域へと収益性を引き上げる効果や、プログラムによる路網設計支援機能を示すことができた。なお、実証の参加者からは次のような意見があった。

- ・ 林業事業者の立場から、森林作業道の計画はこれまでも行っているが、FRDは土量など数値的な確認もできる点が良い。事業者用に森林作業道限定の低価格バージョンがあるとよいと思う。
- ・ 町の林業職といえども異動が多く専門知識が不足しているため、これまでは路網計画の考え方が分からなかった。ゾーニング図とFRDを使えば市町村森林整備計画に掲載されている路網整備計画の精査に活用できそうだ。
- ・ 担当者に専門知識がなく、現状では地元の林道開設要望に対応しきれない点がある。
- ・ 設計時の現地踏査の際に、迷わないための目安の線形として活用できる。
- ・ こうしてゾーニング図を俯瞰しながら設計してみると、費用負担の調整は大変だが、市町村をまたぐ路線があっても良いと思う。
- ・ ゾーニングや路網計画においても民国連携が必要だ。

今回利用したFRDのような路網設計支援プログラムを活用することにより、市町村担当者に専門知識がなくてもGISを扱うことができれば、線形のイメージを作ることができると考えられる。

ただし、路網設計支援プログラムで作成した線形は直ちに工事の設計とすることはできず、現地踏査などを加えて実質的な計画へと精度を上げていく必要がある。

5.4. ゾーニング図作成、活用における留意点

モデル地区である岩手県住田町においては、多様な立場の参加者による活発な意見交換を通じた合意形成に基づくゾーニング図を作成するとともに、ゾーニング図の活用として、ゾーニングによる路網計画の対象地の選定、路網計画の効果を確認することを実証できた。

もりぞんが対象としているゾーニングは、図 5-13 のとおり市町村レベルであり、より広域を対象とする計画（地域森林計画など）や施業に向けた計画（森林経営計画、林道実施設計など）との違いに留意する必要がある。

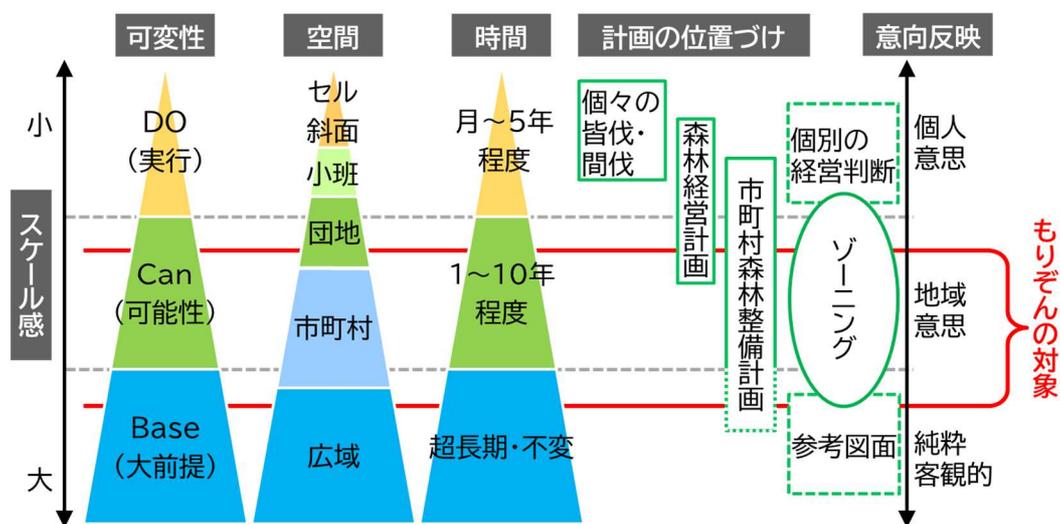


図 5-13 様々な計画のスケール感

実証の結果、ゾーニングの現地確認も含め合意形成に達するため、一度に対象とする範囲としては 100km² 程度が適しているものと考えられた。活用においてもこのスケール感を意識する必要がある。

路網設計支援プログラムで作成した線形は、直ちに工事の設計とすることはできず、現地踏査などを加えて、実質的な計画へと精度を上げていく必要があるが、対象とするスケール感は、もりぞんと親和性が高いものといえる。また、路網設計支援プログラムで簡単に試行錯誤ができることから、地域において林業収益性を向上させるための線形イメージを作成することが可能である。

路網計画以外にゾーニング図を活用する際も、スケール感を意識することが重要である。GIS 上ではゾーニング図を自由に拡大、縮小できるため、拡大しすぎて「林業適地とゾーニングされているが実際には施業できない」、縮小しすぎて「隣の市町村と林業適地の考え方が違う」ということが無いよう、表 5-7 のように理解することが必要である。

表 5-7 ゾーニング図の活用におけるスケールの考え方

ゾーニング図の活用	概要
特に効率的な施業が可能な森林の区域を設定する。	ゾーニングの林業経営適地を中心に、行政的な調整のうえ指定する。
林業専用道の新規開設路線の検討を行う。	ゾーニング第三象限（要収益性向上）を対象とし、路網設計支援プログラム等で線形を検討する。
意向調査の対象地、優先順位を決める。	林業事業体に委託する第二象限（林業経営適地）を優先するか、市町村が管理する第四象限（災害に強い森林管理）を優先するか、など検討する。
森林経営計画を作成する。	数林班単位では、隣接地との考え方の調整等をする余地がなく、対象スケールが小さすぎるため、使う際には注意が必要
県全域の施業適地を抽出する。	県全域を対象としたしきい値の設定（合意形成）は難しく、対象スケールが大きすぎるため、使う際には注意が必要

6章. まとめ

6.1. 成果

今年度事業の成果と、昨年度の実業で課題となっていた事項を表 6-1 に示す。ほとんどの課題に対し、今年度の成果として対応できたものの、ゾーニング結果の活用についてはモデル地区でも対応が難しく、検討にとどまった。

ゾーニングの精度向上手法については、多様な事例を実証し、「森林ゾーニングの手引き」に手順としてまとめることができた（図 6-1）。地形判読マニュアル（図 6-1）の作成とともに、普及に向けた大きな成果と言える。これらの手引きやマニュアルを用いて、各地で研修などの取組みが進むことを期待したい。

表 6-1 今年度事業の成果と昨年度事業の課題

昨年度事業の課題	今年度事業の成果
都道府県ごとに2名程度、本手法を熟知し、市町村等の地域ごとにゾーニングを指導する立場の人材育成が必要。	リーダー養成ワークショップの開催により育成できた。
ゾーニング結果の施策（特定植栽推進区域等）への反映を行う。	モデル地区での実証事例では意向調査結果への活用について検討した。
ゾーニングの精度向上に向けたデータ整備が必要（地位指数、路網データなど）	モデル地区での実証事例に基づき、手順を「森林ゾーニングの手引き」にまとめた。
もりぞんについて、機能改良が必要な点がある。	改良した。特に大きな改良点として、ヒストグラムによるしきい値設定機能、ポリゴンへの集計機能を追加した。
一般公開・保守に関する方法の検討が必要である。	令和5年度からは、G空間情報センターからダウンロードできるようにする。
もりぞんを活用した林道・林業専用道の必要性を検討する手法の検討が必要。	モデル地区での実証事例に基づき、手順を「森林ゾーニングの手引き」にまとめた。
詳細な地形情報から災害リスクを読み取り、路網計画に反映する手法の検討が必要。	CS立体図による地形判読マニュアルを作成した。

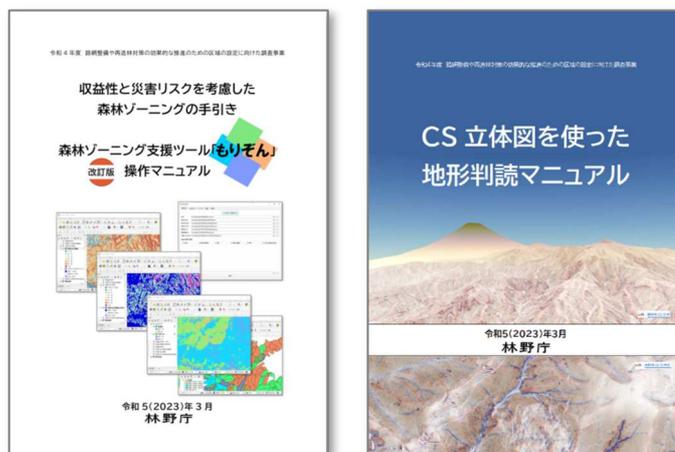


図 6-1 「森林ゾーニングの手引き」と「地形判読マニュアル」

6.2. 今後の課題

6.2.1. ゾーニング手法・プログラム

(1) 普及・サポート体制に向けた課題

ゾーニングには表 6-2 に示す様々な立場の者が参加する必要があり、それぞれの立場における役割を果たせるように人材育成が必要である。今年度実施したリーダー養成ワークショップにより、都道府県ごとに 2 名程度、本手法を熟知し、市町村等の地域ごとにゾーニングを指導する立場の人材が育成できたものと考えられる。

一方で、もりぞんの利用方法が広く普及するまでの間は、エラーや応用操作に関する問合せ先としてヘルプデスク等が必要になる。

表 6-2 ゾーニングの普及に向けた人材育成の方向性

立場	役職等	想定される役割
指導者	<ul style="list-style-type: none">都道府県の林業試験場、林業普及指導員など地域の大学、研究機関などGIS による解析経験があるとよい	<ul style="list-style-type: none">都道府県に 2 名程度管内でのゾーニングにあたっての説明会、ワークショップ開催などを主導地域特性に応じた必要データ整備
都道府県	<ul style="list-style-type: none">対象市町村の管轄部局など	<ul style="list-style-type: none">管内でのゾーニングにあたっての説明会、ワークショップ開催などを補助
市町村	<ul style="list-style-type: none">森林部局担当者などGIS の基本操作ができるとよい	<ul style="list-style-type: none">しきい値設定における合意形成に向けた調整
関係者	<ul style="list-style-type: none">林業事業体、森林所有者など	<ul style="list-style-type: none">地域特性、実態に応じたゾーニングへの対応

(2) ゾーニング結果の活用に向けた課題

作成したゾーニング図の活用について、今年度はゾーニングに基づく路網計画作成、ゾーニングと意向調査結果との比較検討をモデル地区において実証した。「特に効率的な施業が可能な森林」や「特定植栽促進区域」の設定についても手法の整理を行ったが、モデル地区では設定の検討には至らなかった。制度自体が新しく検討に時間を要することや、市町村森林整備計画の樹立に合わせて検討を行っていくことなどの理由により、対応は来年度以降になるところが多い状況であった。

今後は、都道府県、市町村においてゾーニングに対する理解を深めるとともに、森林計画や森林施業等の担当間の連携により、施策への活用が進むと考えられる。前述したヘルプデスクの役割の一つとして、施策への活用に向けた支援があると言える。また、大学や都道府県試験場などの研究者が、市町村を支援する形でも施策への活用が進むと考えられる。

(3) ゾーニング及びデータ整備における民国連携

本事業は、市町村レベルの民有林を対象としているが、ゾーニングのデータとしては国有林部分の DEM や路網データなども用いる必要がある。モデル地区の中では、国有林森林管理署も合意形成の場に参集した事例もあった。

6.2.2. 路網整備

(1) 路網管理情報の取得に関する現地調査アプリ

ゾーニングには、一定程度の精度をもつ路網の線形情報と路網管理情報（通行可能か、など）が必要であり、本事業では現地調査により取得する方法を整理した。本事業では、タブレットで利用できるフリーGIS ソフト QField を用いて必要な情報を取得したが、設定等が不要で簡易に利用できるアプリがあると林業事業者等の日常業務の中で情報が取得できる。アプリに求められる機能としては、以下のようなものが考えられる。

- ・ スマートフォンやタブレットなどのモバイル端末で用いることができる。
- ・ 背景に CS 立体図などの GIS データを表示することができる。
- ・ GNSS のログを取得し、路網線形を作成することができる。
- ・ GNSS でポイントを取得し、路網管理情報を作成することができる。
- ・ 取得した路網線形及び路網管理情報をシェープファイルとして出力することができる。

(2) 林道台帳の標準化

前項で示したように、今後は路網に関する情報は GIS データとして管理することが望ましい。一方で、現在は林道台帳（図 6-2）として紙図面に様々な情報を書き込むことで林道が管理されている。今後、林道台帳を電子化し、GIS データによる路網管理の効率化、適正化を進めるためには、各都道府県個別のデータ項目とするのではなく、全国統一の標準仕様を作成し、アプリ開発等を促すことが望ましい。標準仕様の作成方法としては、各都道府県において林道台帳で管理されている項目を洗い出し、最大公約数となる項目を抽出する、などが考えられる。

巻末資料

収益性と災害リスクを考慮した森林ゾーニングの手引き

CS 立体図を使った地形判読マニュアル

令和4年度 路網整備や再造林対策の効果的な推進のための
区域の設定に向けた調査事業 報告書
令和5(2023)年3月

業務受託：一般社団法人 日本森林技術協会
担当 大萱直花、荒井恭子、藤原聡、丸山耕平
〒102-0085 東京都千代田区六番町7番地
TEL：03-3261-5281（代表）