

【農6】
防災上管理優先度の高い路網判定技術の開発

官民研究開発投資拡大プログラム (PRISM)
「革新的建設・インフラ維持管理技術/革新的防災・減災技術領域」
令和4年度成果

令和5年3月
農林水産省

資料1 「防災上管理優先度の高い路網判定技術の開発」の概要

アドオン額:29,958千円(農林水産省)

元施策・有/PRISM事業・新規

課題と目標

- **課題**：森林路網は、防災上又は森林整備促進上最も重要なインフラであるが、森林路網の情報は、正確な位置情報等のデジタル化が遅れており、GIS上で管理される一般道ほかの各種インフラデータとの連動ができていない。
- **目標**：CS立体図とAIを用いた路網の自動判定技術を高度化し、様々な森林情報（地形・林相等）とGIS上で統合させ、防災面や経済面から森林路網を包括的に評価する「森林路網評価システム」を開発する。

「施策名」の概要

■ **元施策**：農林水産研究推進事業委託プロジェクト「管理優先度の高い森林の抽出と管理技術の開発」で、森林空間情報の効率的な収集と防災上管理優先度の高い森林の判定手法を開発中である（R3～7年度 R4年度予算 27,000千円）。また森林総合研究所の交付金プロジェクト1「EBPM実現のための森林路網B/C評価ツールの開発と社会実装」で、森林路網のB/C評価ツールをGIS上で稼働させるアプリを開発中である（R3～6年度 R4年度予算 7,286千円）。

■ **PRISMで実施する理由**：民間企業の有する技術を活用し、森林路網の自動判定技術の精度を向上させ、森林路網情報管理の現場である地方自治体等における森林路網計画・情報管理技術の高度化を加速させるため、PRISMで実施する。

■ **テーマの全体像**：岐阜県等において民間企業と連携し、「森林地崩壊予測システム開発」（以下、「R2 PRISM課題」）で開発した「CS立体図とAIを用いた路網の自動判定技術」の精度を向上させ、様々な森林情報（地形・林相等）をGIS上で統合し、経済性を考慮した上で防災上管理優先度の高い路網を判定できる技術を開発し、国有林の路網データや国土交通DPFに連結可能とすることを目的とする。

出口戦略

■ 地方自治体等の路網情報管理の現場に「森林路網評価システム」を社会実装し、改善点等についてフィードバックし、改良を行ったうえで、防災計画や森林整備計画策定時に有効に活用できるよう普及を図る。

■ 山地災害リスクや森林路網に関する情報を国土交通データプラットフォーム（平常時）やSIP4D（災害時）に提供し、都道府県や市町村等におけるインフラ管理の効率化や災害復旧の迅速化に貢献する。

民間研究開発投資誘発効果等

■ **民間研究開発投資誘発効果**：木材生産額2,500億円＋森林関連アウトドア産業2,500億円の計5,000億円のうち、0.1%の民間研究開発投資が進むと仮定し、年間5億円、10年間で50億円の民間研究投資誘発を期待する。

■ **民間からの貢献額**：合計21,000千円（人件費10,000千円×エフォート30%×6名＝18,000千円＋共用電子計算機・解析ソフトウェア・各人500千円×6＝3,000千円）

■ **出口企業**：ジオ・フォレスト、日本森林技術協会、アジア航測、パスコ、住友林業、朝日航洋、パシフィックコンサルタンツ

■ **財政支出効率化**：路網情報整備・計画樹立に関する費用である年間約50億円に対し、本PRISM成果の活用で10%が効率化すると仮定し、年間5億円、10年間で50億円の財政支出削減効果を期待できる。

アドオン（農林水産省）：29,958千円
元施策名：（管理優先度の高い森林の抽出と管理技術の開発）27,000千円、（EBPM実現のための森林路網B/C評価ツールの開発と社会実装）7,645千円

・「管理優先度の高い森林の抽出と管理技術の開発」において、市町村における森林整備計画の策定や森林経営管理制度運用を支援する事を目的に、森林空間情報の効率的な収集と管理優先度の高い森林の抽出技術を開発中。

・「EBPM実現のための森林路網B/C評価ツールの開発と社会実装」において、森林路網のB/C（費用便益比）評価を可能とするツールを開発中。

・PRISMにより路網判定技術を高度化するとともに、元施策で開発した防災面と経済面の評価を包括的に行うことのできるシステムを開発し、地方自治体等への普及を加速する。



【PRISM】

・PRISMにより、路網判定技術の高度化を実現し、元施策で開発した①管理優先度の高い森林の抽出技術と②森林路網のB/C評価アプリと連動させ、経済性と同時に防災上の管理優先度を評価できる「森林路網評価システム」を令和6年度までに構築し、森林路網の健全性を森林情報の関数として評価することを研究開発目標とする。

・開発したシステムは都道府県等に試行的に社会実装し、現場の意見をフィードバックさせて改良し、普及を加速させる。

【開発のイメージ】 元施策

R4
・森林路網情報の収集
・森林空間情報の収集

R5
・森林路網B/C評価アプリの開発
・管理優先度判定要件の検証

R6
・森林の防災機能評価技術の高度化
・災害リスクを考慮した森林計画支援技術の普及

防災面・経済面から管理優先度の高い路網判定技術を開発

PRISM

R4
・路網判定技術の高度化
・GIS上で森林路網データの統合と解析

R5
・森林路網評価システムの開発

R6
・森林路網評価システムの社会実装

・現場からのフィードバックを受け改良
・森林路網情報をクラウド化し全国への普及を加速

資料3 「防災上管理優先度の高い路網判定技術の開発」の目標達成状況

○施策全体の目標

CS立体図とAIを用いた路網の自動判定技術を高度化し、様々な森林情報（地形・林相等）をGIS上で統合させ、防災面や経済面から森林路網を包括的に評価する「森林路網評価システム」を開発する。

| 事業名等（※個別に目標を設定している場合） | 当年度目標 | 目標の達成状況 |
|-----------------------------------|---|--|
| <p>①路網判定技術の高度化</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・ CS立体図※1を用いたAIによる森林路網の自動判読の精度を向上させる技術を開発する。 ・ 岐阜県においてMMS※2を実走させ、路網線形情報の精度検証を行う。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 普及に向け汎用性のある市販画像解析ソフトを採用し、長野県のCS立体図から精度の高い教師データを作成した。教師データの精度向上により自動判読精度についても、R2 PRISM課題より向上させるとともに、大盛土や沖積錐などの自動判定も可能にする技術を開発した。 ・ MMS計測と実測値との誤差は水平方向で2.7～9.6m、垂直（標高）で3.9～21.6mであることを明らかにするとともに、林道台帳への自動反映など効率的な路網情報取得技術を開発した。 |
| <p>②GIS上で森林路網データの統合と解析</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・ GIS上での森林路網評価手法と必要なデータセット（標準仕様）を提案する。 ・ 災害時における代替路線としての森林路網の評価手法を開発する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 森林路網データに関する標準仕様を作成し、データセットとして必要な「基本」情報と「推奨」すべき情報、また「参考」となる情報の区分を整理した。また、既存データ（地質・地形・傾斜・林相・指定危険箇所）をGIS上で表示し、路網線形データと重ねて評価する手法を開発した。 ・ ネットワークトポロジーを援用し、森林路網の災害時に孤立を防ぐ代替路としての機能を定量的に評価する手法を開発した。 |

※1 CS立体図：①標高②傾斜③凹凸（曲率）を異なる色調で彩色し、複数枚重ねて透過処理することで立体表現した図法

※2 MMS：Mobile Mapping System
3次元レーザー計測機とデジタルカメラにより道路面および道路周辺の3次元座標データと連続カラー画像を取得する車両搭載型測量システム

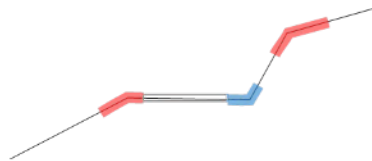
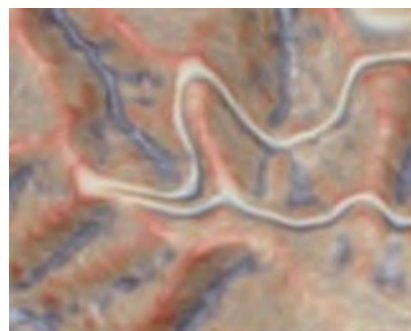
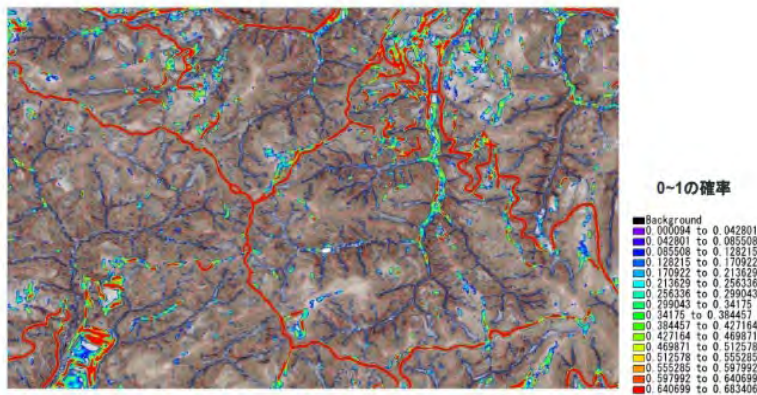
1 路網判定技術の高度化

1-1 CS立体図※1による路網判定技術の高度化

ENVI Deep Learning Moduleを用いた路網線形抽出

• 表示データ

- Activation(確率)ファイル: ColorSliceを適用。路網である確率が高い(1.0に近い)数値を持つピクセルは赤い色で表示。



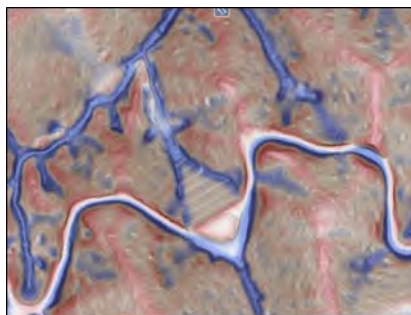
CS立体図では、凸地形は赤、凹地形は青、平坦地形は白で表現されるため、森林路網線形は、上記のようなカラーパターンで表現される

【方法】

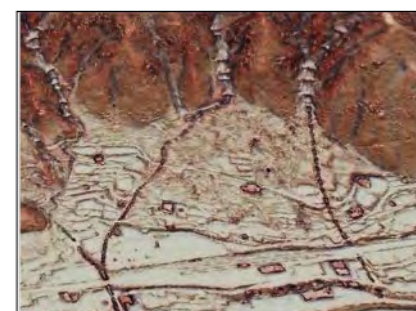
- ・汎用性を考慮し、市販の画像解析ソフトウェアであるENVI Deep Learning Module (Harris Geospatial株式会社製)を使用
- ・長野県のCS立体図を用いて、目視判読により森林路網線形をトレースして教師データを作成

【結果】

- ・教師データの改善によりR2 PRISM課題のAI判定より精度を向上
- ・本技術の応用により教師データが得られれば、盛土、沖積錐などの自動判定も可能



盛土



沖積錐 (土石流扇状地)

教師データを改善し、市販ソフトによる路網判定の精度を向上
路網以外の地形判定も可能

路網判定技術はマニュアル化して普及

1 路網判定技術の高度化

1-2 MMSを活用した路網データ整備

MMS計測の精度検証 100~200m間隔で調整点を設置し実測と比較

MMS調査に使用した車両

■ 市販車両にMMS機材を搭載

MMS機材
(カメラ、レーザ計測機)



| 較差 | | 水平残差 (m) | 標高残差 (m) |
|------|------|----------|----------|
| 林道A線 | 標準偏差 | 2.716 | 3.897 |
| | 最大値 | 7.733 | 7.938 |
| 林道B線 | 標準偏差 | 4.555 | 9.797 |
| | 最大値 | 9.586 | 21.571 |

MMS計測により路網の位置情報（構造物の位置を含め）の効率的把握が可能

CS立体図判読で構造物（暗渠等）の箇所を予想しMMS走行で検証

CS立体図で推定された構造物等



MMS計測による林道台帳等データベースの自動作成

| 項番 | 情報 | 名称 | 種類 | 内容 | 項番 | 情報 | 名称 | 種類 | 内容 |
|----|------|----------|----|----------|----|------|-----------------------|----|--------|
| 1 | 計測情報 | 路線形状 | 図形 | GIS-路線形状 | 14 | 計測情報 | 曲線半径 | 属性 | 半径情報 |
| 2 | 計測情報 | 路線延長 | 属性 | 線分距離情報 | 15 | 計測情報 | 橋桁勾配 | 属性 | 傾斜情報 |
| 3 | 計測情報 | 起点位置 | 属性 | 座標位置情報 | 16 | 計測情報 | 縦断勾配 | 属性 | 傾斜情報 |
| 4 | 計測情報 | 終点位置 | 属性 | 座標位置情報 | 17 | 計測情報 | 山線部の計画 | 属性 | 傾斜情報 |
| 5 | 計測情報 | 接続点位置 | 属性 | 座標位置情報 | 18 | 撮影情報 | 路者状況 | 画像 | 周辺状況情報 |
| 6 | 計測情報 | 土場位置位置 | 属性 | 座標位置情報 | 19 | 撮影情報 | 路肩構造物等 | 画像 | 周辺状況情報 |
| 7 | 計測情報 | 待機場位置位置 | 属性 | 座標位置情報 | 20 | 撮影情報 | のり面状況 | 画像 | 周辺状況情報 |
| 8 | 計測情報 | 給肩構造体位置 | 属性 | 座標位置情報 | 21 | 撮影情報 | 交通安全施設（防護柵、反射鏡、標識）施設等 | 画像 | 周辺状況情報 |
| 9 | 撮影情報 | 交通安全施設位置 | 属性 | 座標位置情報 | 22 | 撮影情報 | 切土・盛土形状 | 画像 | 周辺状況情報 |

計測結果を林道台帳に自動反映が可能

MMS計測により路網情報の高度化・自動化が可能

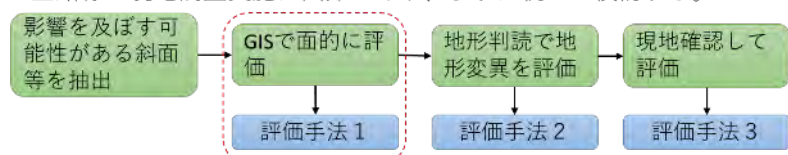
→路網管理・防災行政の効率化に大きく貢献
(計画業務の10%以上効率化が見込まれる)

2 GIS上での森林路網データの統合と解析

2-1 GIS上での森林路網評価手法の検討

■評価手法の考え方

全路線の現地調査実施は困難であり、まずは机上で検討する。

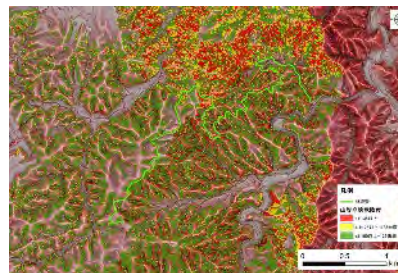


森林路網データの標準仕様の検討

| | 標準仕様(案) | 用途 | 主な属性 | 取得方法 |
|----|-------------------------------|---------------------------------|-------------------|--|
| 基本 | 林道線形 (ライン・シェープ ファイル) | 林道の施設管理 ・ 森林ゾーニング (経済性判断) | 林道台帳 ・ 取得方法 | 紙図面からの トレース 航空レーザ計測データからトレース → AIによる自動判読 GNSS(→MMS) |
| | 路網管理情報 (ポイント・シェープ ファイル) | 施業場所の確認 ・ 森林ゾーニングの 高精度化 | 構造物情報 ・ 通行可能情報 | GNSS(→MMS) |
| 推奨 | 作業道線形 (ライン・シェープ ファイル) | 施業履歴の確認 ・ 施業地レベルでの 計画作成 | 取得方法 ・ 取得年月日 | 航空レーザ計測データからトレース → AIによる自動判読 GNSS(→MMS) |
| 参考 | 動画・写真等 | 路網状態の把握 ・ 災害前後の比較 | 視覚的情報 | 簡易撮影(→MMS) |

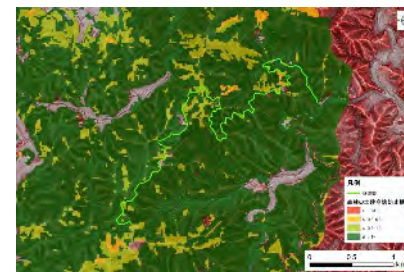
森林路網データ整備には**AIによる自動判定**や
MMS計測による映像の記録が必要
(課題1：路網判定技術の高度化と連携)

■山腹崩壊危険度



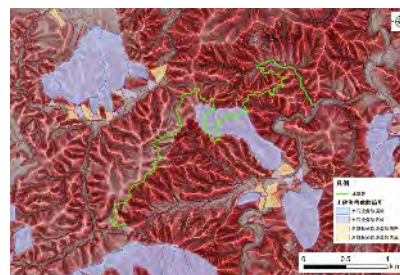
※地質、傾斜、縦断面形、横断面形、土層深、齢級から判定。参照「山地災害危険地区調査要領（林野庁2016）」

■森林の土砂崩壊防止機能



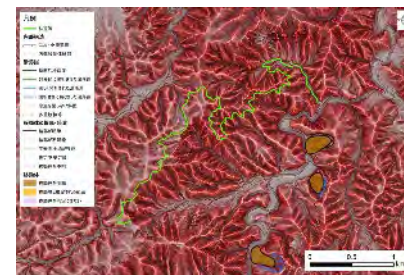
※樹種、立木密度、胸高直径から判定。参照「流木対策の必要な森林を抽出する手法手引書(案)（林野庁2016）」

■土砂災害危険箇所



※ 「国土数値情報（土砂災害危険箇所データ）」（国土交通省）を図化

■地すべり防止区域、地すべり地形分布図



※ 「国土数値情報（地すべり防止区域データ）」（国土交通省）および「地すべり地形GISデータ：国立研究開発法人 防災科学技術研究所 地すべり地形分布図」を図化

GIS上で森林情報と路網情報を統合する手法を構築 → 「管理優先度」判定が可能
※課題：現地調査による地形変化（過去と比較）評価による管理優先度判定精度の向上が必要

2 GIS上での森林路網データの統合と解析

2-2 災害時における代替路線の検討

これまでの森林路網の代替路としての評価
到達時間短縮 → 迂回路としての評価

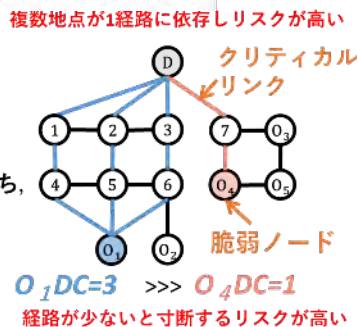
災害時の代替路等確保便益の算定手法 林野庁 (2021)



道路ネットワーク
ポロジを援用し、
孤立を防ぐ迂回路と
しての路網の定量的
評価手法を検討

冗長性の確保

接続脆弱性
(Kurauchi et al.2009) による評価



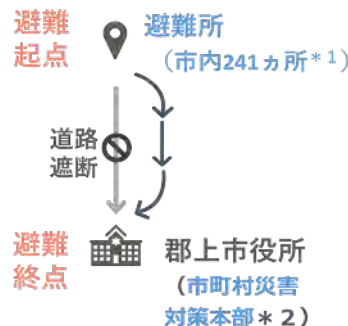
- 2つの地域の重心間を O₁-D-O₃-D
- 許容可能な所要時間で接続する経路のうち、

非重複な経路の数 (ODC)

で脆弱性を計量化し評価する

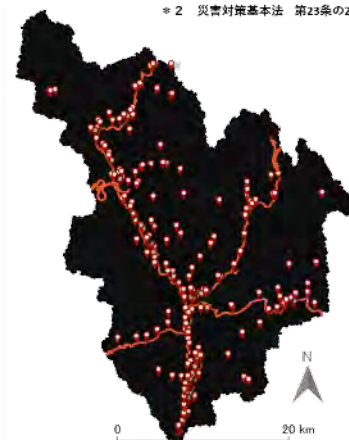
- O₃ ODC (小) ⇔ 脆弱性 (大) ⇔ 孤立化リスク (大)
- O₁ ODC (大) ⇔ 脆弱性 (小) ⇔ OD間の接続は堅牢 (経路の多重化)
- 被災リスク・交通需要に依らず、トポロジーの観点のみから評価可能
- 市町村道・林内路網を含む詳細道路ネットワークへの適用

避難起終点 (OD) の設定



※解析と結果の解釈の単純化のため、
避難終点は、市内に、一か所のみ設定

*1 郡上市 (2010)
*2 災害対策基本法 第23条の2



林道を迂回路と設定すると

ODC = 1 の避難所 (脆弱)

約14% (33カ所)

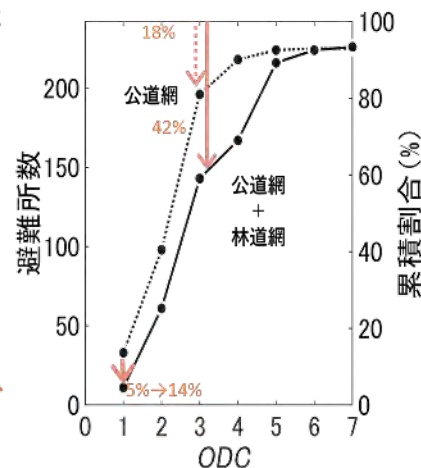
→約5% (11カ所) に減少

ODC ≥ 3 の避難所

約18% (43カ所)

→約42% (101カ所) に増加

林道の迂回路利用により、
避難経路が増え、単一経路
(ODC=1: リスク大) が減少



森林路網活用で経路増、クリティカルリンク減など
災害時の代替路としての機能を定量評価する技術を開発

代替路機能の高さやクリティカルリンク改善の観点から路網の「管理優先度」判定が可能

※課題：一般道と接続可能な森林路網データ整備・通行可否 (映像) 情報が必要→課題1 成果の活用

以上の成果は森林GISフォーラム、日本森林学会等で公表し全国に普及する

資料5 「施策名」の民間からの貢献及び出口の実績

○民間からの貢献額：R4年度 1年間計 21,000千円
 ①（内訳）R4年度：21,000千円

| 当年度当初見込み | 当年度実績 |
|--------------------------------------|---|
| ①参画企業から人員・機材等に関する研究開発資金（21,000千円）を拠出 | ① 人件費10,000千円×エフォート30%×6名=18,000千円+共用電子計算機・解析ソフトウェア・各人500千円×6=3,000千円 |

○出口戦略

- ・地方自治体等の路網情報管理の現場に「森林路網評価システム」を社会実装し、改善点等についてフィードバックし、改良を行ったうえで、防災計画や森林整備計画策定時に有効に活用できるよう普及を図る。
- ・山地災害リスクや森林路網に関する情報を国土交通データプラットフォーム（平常時）やSIP4D（災害時）に提供し、都道府県や市町村等におけるインフラ管理の効率化や災害復旧の迅速化に貢献する。

| 当年度当初見込み | 当年度実績 |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■CS立体図を用いた森林路網のAI自動判読の精度を向上させる。 ■岐阜県においてMMSの実走試験を行い、MMSで取得できる路網線形情報の精度検証を行う。 ■GIS上での森林路網評価手法と必要なデータセット（標準仕様）を検討する。 ■災害時における代替路線としての森林路網の評価手法を検討する。 | <ul style="list-style-type: none"> ☑普及に向け汎用性のある市販画像解析ソフト用いて、CS立体図からAIによる路網の自動判読精度を向上させる手法を開発。 ☑MMS計測と実測値との誤差を試験的に計測するとともに、林道台帳への自動反映など効率的な路網情報取得技術を開発。 ☑森林路網データに関する標準仕様を作成するとともに、既存データ（地質・地形・傾斜・林相・指定危険箇所）によってGIS上で森林路網を評価する手法を開発。 ☑ネットワークトポロジーを援用し、災害時に孤立を防ぐ代替路としての森林路網の機能を定量的に評価する手法を開発。 |