

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：11201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05665

研究課題名（和文）木材生産が可能な林分はどこにあるのか？災害リスクを考慮した供給可能量の推定

研究課題名（英文）Where is the forest area available for timber production? Estimation of available wood resource supply considering landslide risk

研究代表者

齋藤 仁志（Saito, Masashi）

岩手大学・農学部・准教授

研究者番号：60637130

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：土砂災害リスクを考慮した木材供給可能量を推計するため、各指標の精緻化とゾーニング結果の検証を行った。経済性評価として、航空写真DSMを用いて地位指数を推定するモデルを開発し、詳細DEMを用いて地位指数推定モデルの改良を行い精度向上を図った。また、収益予測のため各樹種、作業種別の造材歩留まりを明らかにした。災害リスク評価として、林道被災リスクを導入するため林道災害復旧データを収集し、特徴を分析した。研究成果として、土砂災害リスクの低い生産適地は少なく、生産は制限される可能性が示されたが、収益性、リスクの要素によっては、適切な対応をとることで一定範囲は生産対象としても見込めることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、木材生産適地検討のためのゾーニングは収益性のみから検討されていることが多いものであったが、本研究では災害リスクと合わせる評価することによる、生産適地検討を行った。収益性、災害リスクの評価を適切に行うため、各評価項目の精緻化（地位や路網データの精確性向上、造材歩留まりの検証）評価項目の検討（路網損壊リスク、CTL作業システムの導入可否）を行った。また、ゾーニングの結果から評価値の閾値の影響を検証することで、実用性の高いゾーニング方法を提案できたと考えられる。

研究成果の概要（英文）：In order to estimate the amount of available timber supply considering the risk of landslides, we refined each index and verified the zoning results. For economic evaluation, we developed a model to estimate the site index using aerial photo DSM, and improved the accuracy of the site index estimation model using detailed topographic data. We also clarified the yield of timber production for each tree species and work type to improve the accuracy of profit estimation. To evaluate disaster risk, we collected forest road disaster recovery data and statistically analyzed its characteristics in order to introduce the risk of forest road damage. The results of the study indicated that there are few suitable areas for timber production with low landslide risk, and that timber production may be severely restricted. However, depending on the profitability and risk factors, it was found that a certain area can be considered as a production target by taking appropriate measures.

研究分野：森林利用学

キーワード：ゾーニング 地位指数 土砂災害リスク 林道災害

### 1. 研究開始当初の背景

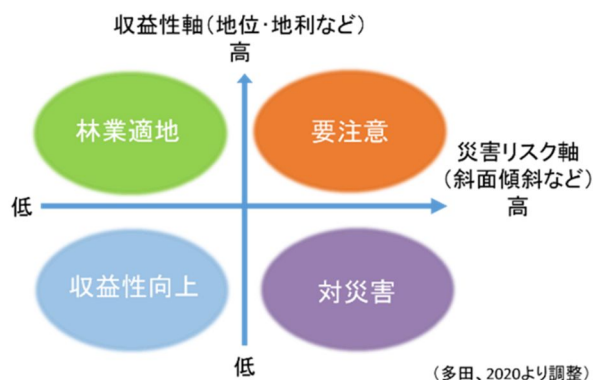
気候変動による集中豪雨の頻発、皆伐面積の拡大等によって、山地災害リスクは上昇しているなかで、持続的な木材生産を進めていくためには、災害リスクが低く、効率的に生産可能な林分を明らかにする必要がある。本研究では、詳細な地形情報を活用した山地災害の防災情報と、地位、作業性、収益性等の森林経営情報を組み合わせ、低リスクで生産に適した林分（林業適地）を把握する手法を構築する。構築した手法に基づき、各地域で適合する樹種、資源賦存状況、路網配置、適応する作業システム等を考慮し、山地災害リスクの低さと、効率的な林業を両立させた条件下での木質資源供給可能量を提示する。

### 2. 研究の目的

国内の森林資源が成熟し、資源の活用、年齢構成の平準化が求められており、各地域で木材生産量の増加を目指した、森林整備計画が立案されている。一方で、気候変動による集中豪雨の頻発、皆伐面積の拡大等によって、山地災害リスクは上昇している。このような状況下で持続的な木材生産を進めていくためには、災害リスクが低く、効率的に生産可能な林分を明らかにし、安定供給が可能な資源量を把握した上で森林整備計画を立案する必要がある。そこで本研究では、詳細な地形情報を活用した山地災害の防災情報と、地位、作業性、収益性等の森林経営情報を組み合わせ、低リスクで生産に適した林分（林業適地）を把握する手法を構築する。構築した手法に基づき、各地域で適合する樹種、資源賦存状況、路網配置、適応する作業システム等を考慮し、山地災害リスクの低さと、効率的な林業を両立させた条件下での木質資源供給可能量を提示する。

### 3. 研究の方法

本研究は林業適地抽出精度向上のために以下の2つのアプローチで行った。1) 防災軸、経営軸にどのような情報が有効であり、また情報の精度の向上を図ること、2) 統合的なゾーニングの手法の開発および供給可能性を検討すること。1) では経営軸、防災軸それぞれの課題について、高精度情報の活用や、現地生産結果および広域の林道損壊修復情報からの分析から、精度の向上を図った。2) 具体的な自治体を対象にゾーニングを適応し、生産地分布の状況、閾値による生産適地の変化を分析した。



図：本研究におけるゾーニングの基本概念

### 4. 研究成果

研究の成果を以下に整理した。

1) ゾーニングの経営軸は地位、地利、作業性の情報からなる。そこで、新たな地位指数推定の手法の提案、CTL 作業システムの導入可能性等のこれまで検討されていた情報の精緻化と、これまでに検討されていなかった造材歩留まりによって出材可能量がどの程度変化するかを分析した。防災軸に関しては、傾斜、地形の複雑さ、保全対象との関係で評価しており、崩壊地の抽出技術を検討、林道損壊のリスク評価、主伐時のリスク検討を行った。

#### a) 経営軸の検討

林業適地抽出の精度向上のために重要な要因である地位指数の推定は、近年空中写真や LiDAR 計測から得られた DSM を利用し精度向上をする手法が一般化してきた。一方で、地位推定に重要な林齢は、森林簿に基づく情報を扱うことが多く、森林簿が適切に更新管理されていない場合、推定に大きな影響を与えることがあった。そこで、2 時期の DSM を用いて林齢を推定する手法を開発し、森林簿に頼ることなく地位指数推定モデルが作成可能であるか検討した。その結果として既往のモデルを拡張することで、地位指数推定及び林齢の同時推定を行う可能性が示された。

適正な素材生産システムを設定として、緩傾斜地においては北欧等で採用されている CTL (Cut to length) システムの導入を想定している。これまで国内では北海道を中心に従来機械で CTL を行っていたが、近年では欧州で普及の進む林業専用機械を用いた CTL の導入が北海道・岩手を中心に進められている。そこで、国内における CTL システムの生産性、適応性を調査し、素材生産システムに導入可能か検討した。結果として、生産性は約 50m<sup>3</sup>/人日、傾斜 25 度程度まで導入可能であることが明らかとなったが、機械回送や、稼働率の確保が課題であることも示された。



左図：CTL システムによる主伐作業の様子

収益性の評価には、素材生産から得られる出材量が重要になるが、出材量は林分蓄積に造材歩留まりを考慮する必要がある。しかし、これまで樹種別・作業種別の造材歩留まりを網羅的に示された例は少ないため、実作業結果から造材歩留まりを示すことで、出材量の推定の精度向上を図った。カラマツ・ヒノキ・スギ・アカマツの樹種別造材歩留まりを推定した結果、主伐ではすべての樹種で記法より造材歩留まりが低くなり、間伐ではアカマツ以外の樹種で高い値となった。集材方法別で樹種、作業種によって歩留まりは異なり、生

は車両系集材の方が架線系よりも高い値となった。生産適地判別にも影響を影響があることが示された。

## b) 防災軸の検討

災害リスクの指標として広域から災害地を抽出し、どのような条件下で災害が発生しやすいかを把握するため、表層崩壊危険度の推定モデルについて改良を試みた。災害リスクに軸の評価として重要な表層崩壊危険度推定モデルについては、2 時期の航空機 LiDAR データから崩壊地を抽出してモデル開発を行った。抽出した崩壊地に対して、非崩壊地を選定する際に崩壊地との類似度を用いることによって、モデルの再現性と汎用性をコントロールしたことにより広域からの崩壊地抽出の可能性が示された。

災害リスクには土砂災害のみでなく、林道等の施設災害も森林管理に大きな影響を与える。そこで、路網に関する災害がどのような状況で発生しているかを把握し、防災軸への組み込みを検討するために、路網被害林道災害復旧データを収集し、統計的に特徴を分析した。林道損壊の環境セグメントは、河川沿い、河川渡り、0 次谷、その他の 4 つのカテゴリーに分類され、各カテゴリーでの被害長さ、相対的な発生確率、修復コスト、および誘発される降雨強度について比較した。河川沿いセグメントは、分析した総ルート長のわずか 15%しか占めていなかったが、すべての被害セグメントの 42%を占めて相対的なリスクは高いことが明らかとなった。

Relative risk = 6.0284		Relative risk = 4.599	
Others	1.064 × 10 <sup>5</sup> / 984	Others	1.064 × 10 <sup>5</sup> / 984
Streamside	3.294 × 10 <sup>4</sup> / 1926	Stream-crossing	7455 / 328
Undamaged	Damaged	Undamaged	Damaged

Relative risk = 1.8899	
Others	1.064 × 10 <sup>5</sup> / 984
Zero-order basin	5.742 × 10 <sup>4</sup> / 1012
Undamaged	Damaged

図：林道区間ごと地形形態と被災状況のクロス集計表

災害リスクは林業適地であっても、収穫作業方法によってはリスクが上昇することも考えられる。そこで、車両系皆伐がどのような状況で行われているかを、集材路作設の観点から調査し、災害リスクへの影響を検討した。その結果、高規格路網と異なり、300m/ha を超える非常に高密度に路網が開設されていた。また、作設指針のある森林作業道に比べ、簡易に作設された集材路は損壊率が高く長期利用が困難な路網も多くあることが明らかとなった。

## 2) ゾーニング適応の課題

具体的対象に対してゾーニングを行う場合、ゾーニングを結果の偏りや、地域差、閾値の設定による等の様々影響が考えられるため、県単位でのゾーニング結果から課題を検討した。その結果は以下である。

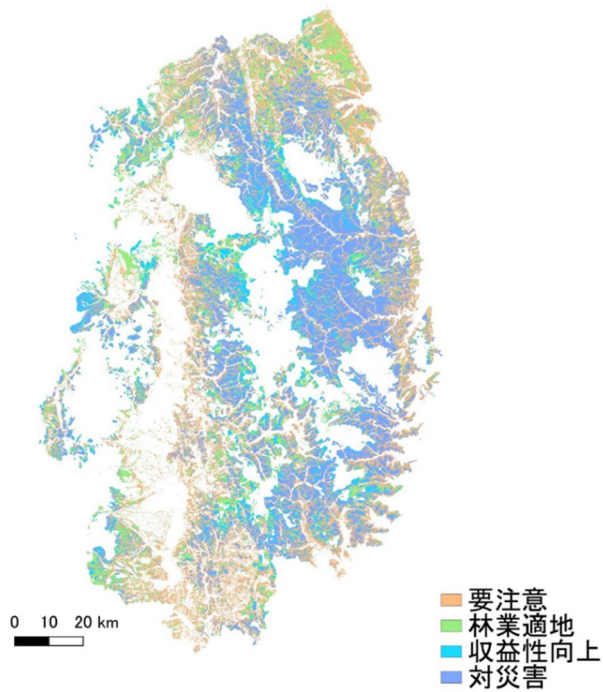
2 軸 4 象限のゾーニングを実施し供給可能量を推定するため、岐阜県全域を対象とした経済性とリスクを評価したゾーニングを行った。結果として、市町村ごとに特徴的なクラスに分類された。この結果から特徴ごとに、路網整備の拡充や低リスクの施業を採用するなどの森林整備の方針を検討するのに有効な情報が得られた。一方で、広域でのゾーニングにおいては地域ごとのゾーニングのための閾値設定によっては大きく結果が異なることもあるため、適切な適応範囲についての検討も必要であることが示唆された。

岩手県全域の市町村民有林を対象に、収益性、災害リスクを軸とした 4 象限でゾーニングを行った。ゾーニングの条件として、収益性は標準的な地位、車両系集材が可能、路網から 400m の距離よりも近いものを良好な条件とし、災害リスクは傾斜 30 度以上、地形の複雑さは保安林と



同程度、流域に保全対象を含む条件において、高リスクとした。その結果、岩手県の約半数の面積が生産適地である一方、生産適地かつ高災害リスクの林分は全体の 33%ほどになり、低リスクかつ高収益の林業適地は多くはなく、リスクを考慮しながらの供給量を計画することが重要であることが示唆された。

左図：岩手県での 4 象限ゾーニング結果



本研究の結果として、2 軸 4 象限でゾーニングを行うことで、低リスク、高収益の林業適地から、高リスク、低収益の積極的な施業を行うべきでない対災害林地までの区分を示すことができた。各軸の評価方法は、高精度情報の活用や災害リスク情報の更新によって、より効果的なゾーニングが可能となることが示唆された。また、県域単位の広域ゾーニングと市町村単位でのゾーニングは傾向が異なることがあるが、この結果は地域の林地特性を表したものであるため。この手法を用いることで市町村単位の細やかな林業施策検討の支援が可能になったと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 渡部 優、斎藤 仁志、戸田 堅一郎、白澤 紘明、植木 達人	4. 巻 37
2. 論文標題 林道台帳の集計による林道施設災害復旧事業費の実態解明	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 森林利用学会誌	6. 最初と最後の頁 155~160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18945/jjfes.37.155	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Watanabe Masaru, Saito Masashi, Toda Kenichiro, Shirasawa Hiroaki	4. 巻 14
2. 論文標題 Rain-Driven Failure Risk on Forest Roads around Catchment Landforms in Mountainous Areas of Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 537 ~ 537
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/f14030537	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 斎藤 仁志、佐々江 希望、白澤 紘明、松澤 義明、植木 達人	4. 巻 103
2. 論文標題 樹種別の造材歩留まりが木質資源利用可能量へ与える影響	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本森林学会誌	6. 最初と最後の頁 443 ~ 448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4005/jjfs.103.443	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 渡部 優、斎藤 仁志、白澤 紘明、植木 達人	4. 巻 37
2. 論文標題 既設路網の高規格化による基幹路網の整備の可能性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 森林利用学会誌	6. 最初と最後の頁 17 ~ 26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18945/jjfes.37.17	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 渡部 優、斎藤 仁志、白澤 紘明、植木 達人、古川 邦明、白田 寿生、和多田 友宏	4. 巻 37
2. 論文標題 林道の災害時代替路機能の定量化	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 森林利用学会誌	6. 最初と最後の頁 27～
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18945/jjfes.37.27	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 生駒 直、齋藤 仁志、立川 史郎	4. 巻 37
2. 論文標題 車両系皆伐作業における集材路の実態把握	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 森林利用学会誌	6. 最初と最後の頁 39～46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18945/jjfes.37.39	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 渡部優、斎藤仁志、白田寿生、和多田友宏
2. 発表標題 経済性と災害リスクを指標とした森林ゾーニングの検討
3. 学会等名 森林利用学会学術研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 光田靖
2. 発表標題 地位指数推定モデル開発における データソースの違いが及ぼす影響
3. 学会等名 第134回日本森林学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 光田靖, 宮原史浩
2. 発表標題 宮崎大学田野演習林スギ人工林における航空写真DSMを用いた地位指数マッピング手法の開発 地形因子による地位指数モデル
3. 学会等名 第78回九州森林学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 相原直生, 光田靖
2. 発表標題 時系列航空写真によるDSMを用いた宮崎県全域の人工林伐採面積の推定と精度検証
3. 学会等名 第78回九州森林学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮原史浩, 光田靖
2. 発表標題 航空写真DSM を用いたスギ人工林地地位指数推定モデルの開発
3. 学会等名 第133回日本森林学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 光田靖, 宮原史浩, 谷山雄介, 山岸極, 伊藤哲
2. 発表標題 樹高計測値による胸高直径推定モデルにおけるパラツキ要因の解析
3. 学会等名 第133回日本森林学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 光田靖
2. 発表標題 国土地理院5m解像度DEMを用いた地位指数推定モデルの改良
3. 学会等名 第77回九州森林学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮原史浩, 光田靖
2. 発表標題 宮崎大学田野演習林スギ人工林における航空写真DSMを用いた地位指数マッピング手法の開発
3. 学会等名 第77回九州森林学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 生駒直, 齋藤仁志, 立川史郎
2. 発表標題 車両系皆伐作業における集材路の実態把握
3. 学会等名 森林利用学会 第28回学術研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤仁志, 及川凜, 渡部優, 當山啓介, 鈴木洸明, 貫井康平
2. 発表標題 生産管理システムを用いたホイール式ハーベスタの生産性評価
3. 学会等名 第135回日本森林学会
4. 発表年 2024年



〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	光田 靖  (Mitsuda Yasushi)  (30414494)	宮崎大学・農学部・教授   (17601)	
研究 分担者	菅山 啓介  (Toyama Keisuke)  (00613001)	東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・助教   (12601)	
研究 分担者	白澤 紘明  (Shirasawa Hiroaki)  (50629186)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等   (82105)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------