

平成30年6月25日現在

機関番号：13601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K18709

研究課題名(和文)長期林業経営の基盤となる森林内路網維持管理費用の解明

研究課題名(英文) Study of maintenance cost of forest road network as the infrastructure of long-term forestry management

研究代表者

齋藤 仁志 (Saito, Masashi)

信州大学・学術研究院農学系・助教

研究者番号：60637130

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、森林内路網の維持管理費とそれに影響を与える因子について分析した。広域での分析を可能とするため、DTMから、道を自動抽出する技術と崩壊リスクの高い地形を抽出する技術を開発した。また、路線の遮断によって路網の通行可能性に与えられる影響を分析し、補強や新規開設の効果を検討した。作業道の維持管理と施工に関しては、締固め試験区、作業前後での比較を行い、維持管理費を試算した。加えて、横断排水溝のメンテナンス間隔を検討した。維持管理費の推計については、林道の修復費用と周辺地形の関係を分析した。その結果、地形との正の相関がみられ周辺地形によって影響を受けていることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study analyzed the factors in the maintenance cost of forest road network. In order to enable analysis in a wide area, we developed a method to automatically extract forest roads and a method to extract terrain with high risk of collapse from DTM. We analyzed the influence given to the passage possibility by the blocking of the road and investigated the effect of reinforcement and new establishment. In order to analyze the relationship between the maintenance cost of the operation road and the construction method, compaction test plots were set up and comparisons were made before and after the harvesting operation to calculate the maintenance cost. We examined maintenance intervals of crossed drainage. Regarding the estimation of maintenance costs, we analyzed the relationship between the restoration cost of the forest road and the surrounding topography. As a result, there was a positive correlation with the topography suggesting that it is affected by the surrounding topography.

研究分野：森林工学

キーワード：森林内路網 林道 維持管理 路体強度 横断排水溝 DTM

1. 研究開始当初の背景

森林経営の基盤設備として、各地域で森林内路網作設が推進されており、森林内路網密度は向上している。そのような状況下で新規開設が進められる一方、すでに作設した作業道が洗掘や崩壊の影響を受け使用できなくなるといった報告もあり、このまま路網整備を推進すると、不要なほど路網整備を行い維持管理費用が継続的に掛かり続ける状況も想定される。しかし、これまで森林内路網は一時的な施設とされ、長期的な使用を目的とした維持管理、補修作業についての研究は少ない。そこで、作業道（作業路）を中心とした森林内路網の、長期利用可能性の実態を明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

路網を活用した長期林業経営を行うためには主伐、間伐時だけでなく保育や巡視作業といった多くの作業時に路網が使用可能でなくてはならない。利用可能な状態を維持するためには、維持管理費は、路面整備や、横断排水溝の管理等の管理費と、損壊修復のための補修費からなる。特に、森林内路網の中心となる作業道は通常の道路と異なり未舗装の土構造が主体であるため、雨水や土砂の影響による侵食等により損壊が発生しやすい。作業道の崩壊は維持管理費に大きな影響を与えるが、低規格・低コストで開設される作業道の崩壊を引き起こす因子は明らかになっていない。そこで、地形等の環境因子および施工状況と維持管理費の関係性を明らかにし、森林経営計画立案時に有用な支援の情報提供することを目的とした。

3. 研究の方法

作業道崩壊危険因子については、作業道の崩壊箇所や状況、修復履歴が明らかである作業記録をもとに、作業道の幾何構造、地形、土質、人工構造物の有無等について調査を行い、分析する必要がある。分析の基盤情報として、整備されていない作業道の線形を広域に取得する必要がある。そのため、DTM（数値地形モデル）から作業道自動抽出技術を開発した。地形因子に関しては、高解像度DTMを用いて、従来把握することが困難であった小規模崩壊元頭部となりうる地形の抽出技術を開発した。また、崩壊による路線の遮断によって路網の通行可能性に与えられる影響を分析し、補強や新規開設の効果を検討した。

作業道の施工および維持管理に関しては、施工時に転圧区と無転圧区を設け、施工時の費用と、作業による使用前後での形状や強度変化を調査し、継続的に利用するための費用を試算した。また、路面状態の維持に影響を与える横断排水溝を閉塞にして調査を行っ

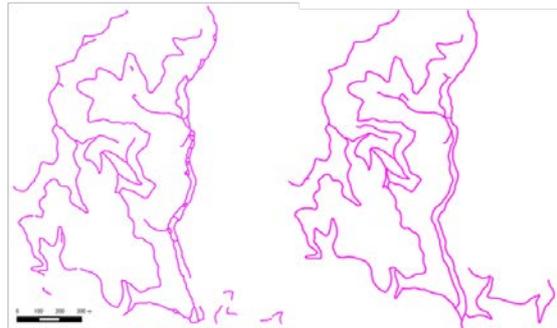
た。横断排水溝は路面水を排出し洗掘を防止するが、堆積した土砂等により、路面水が越流し洗掘が発生する。そのために、定期的な排土作業等のメンテナンスが必要となるが、どの程度の頻度で行うかの指針は明確でなく、雨量や土質等の周辺環境から受ける影響も明らかでない。そこで、降雨イベントごとに横断排水溝に堆積する土砂量を調査し、メンテナンス間隔を検討した。

高規格な路線の維持管理費の推計については、林道の復旧履歴より行った。これまで林道の維持管理費は開設費との割合で示されていたが、山間部に位置する林道は周辺からの影響も大きく受けると考えられる。そこで、開設から以降の維持管理、災害時の復旧費用が示されている林道台帳から算出した、維持管理費用と、各路線の周辺地形から受ける影響を検討した。

4. 研究成果

(1) 森林内路網の損壊因子について

位置の特定されていない森林作業道の線形を取得し広域に解析するため、高解像度数値標高モデルを用いて路網を容易かつ正確に抽出する手法を開発した。0.5mメッシュの公開高解像度DTMから(1)路網形状モデルの判定、(2)ノイズ除去、(3)途切れた路網の結合、(4)細線化、(5)ベクタ化を行った。得られたデータを実際の路網位置と比較し精度の評価を行った。完全性や正確性および品質の評価を行うHeipkeの手法を用いて出力結果を評価した。その結果完全性が70.4%、正確性が69.3%となり、沢部の抽出が課題と



なるものの、線形を自動的に抽出可能となった。

図-1 出力結果
(左：自動抽出 右：実際の線形)

作業道崩壊に影響を与える、小規模な表層崩壊は0次谷等の地形と関係があるとされているものの、従来の地形情報から抽出することは困難であった。そこで、高解像度DTMを利用し、地形量（侵食高、未侵食高、侵食率）を指標とした、表層崩壊の発生する危険性の高い斜面を簡易に推定する手法を開発し、妥当性を検証した。検証は豪雨災害によって、多数の表層崩壊が発生し、崩壊前後での航空機LIDARによる地形計測が実施された、地域のデータを用いて行った。検証の結

果、いずれの地形量も実際の表層崩壊は発生した箇所と関係が深く、崩壊危険地を推定するために有用な地形量であることが確認された。

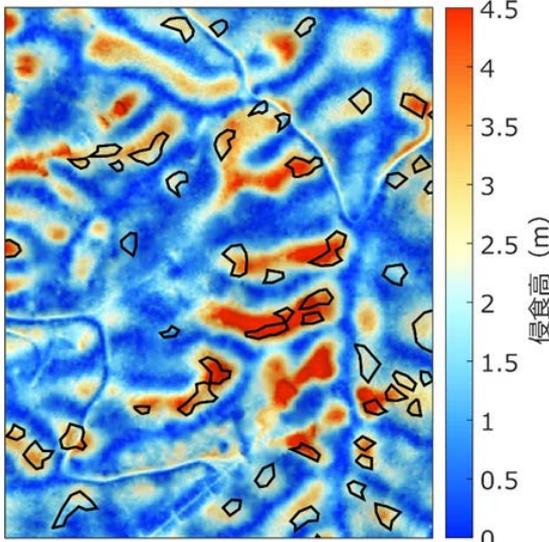


図-2 侵食高と実際の崩壊箇所

作業道の崩壊による通行不能により、対象地への到達が不可能になる場合がある。そのような状況を防ぎ、到達可能性を担保するためには、循環路網の開設による、到達性の向上を図る方法と、路体を補強し崩壊確立を下げる方法が想定されるが、いずれも費用が掛かる。路網を中心とした作業を安定して行うためには、到達可能性が確保されていることが重要であるが、どちらの方法が良いか検討されていない。そこで、崩壊履歴の判明している作業道の情報に基づき、切断確立とネットワーク解析から、目標点への到達可能性を検討した。その結果、到達性を確保するためには、一定区間を補強し対策を行うよりも、循環路を新設し、ネットワーク効率を向上させることが費用面で効果的だと明らかとなった。

表-1 信頼度の比較

	現状	循環路新設	擁壁補強
信頼度	0.3970	0.7568	0.4178
建設費用		¥611,267	¥480,880

(2) 施工・維持管理について

林道と異なり、作業道では施工方法は作業者に一任されており、掘削転圧作業には大きな違いが認められる。施工時の作業とその後の維持管理については関係があると推察されるが、検証した事例はほとんどなく、どのような関係があるかは明らかでない。そこで、開設時に締固め実施区と無締固め区を設定し、作業後の経過及び一年後の経過から、締固め強度及び形状変化を計測した。その結果無締固め区は表面の強度は締固め区と同程度になるものの、内部の強度は低いままで有り、形状も大きく沈下していた。施工費を抑えても、これを修復するためには、無締

固区の4倍の施工費用が掛ることが試算され、初期の施工状態が大きく、その後の維持管理に影響を与えることが示唆された。

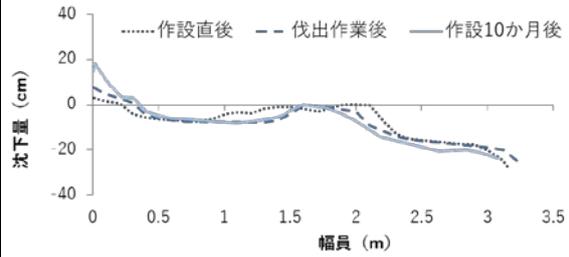


図-3 無締固め区の形状変化

作業道路面を走行可能状態に維持しておくためには、路面水による洗堀を防ぐ必要がある。そのため路外に路面水を排出する横断排水溝を設置しているが、森林内路網では路面や周辺から土砂供給によって、横断排水溝が閉塞し、路面侵食が進んでしまう事例が多く見られる。対策として定期的な排土等メンテナンスが必要であるが、メンテナンス間隔についての指針は明確でない。そこで横断排水溝に堆積する土砂に影響を与える因子を分析し、効率的なメンテナンス間隔を検討した。その結果、降雨強度からも影響を受けるものの、周辺の地質から受ける影響は大きく、まさ土系では、ローム系や岩系に比べ2倍程度のメンテナンス間隔で管理する必要があることが示された。

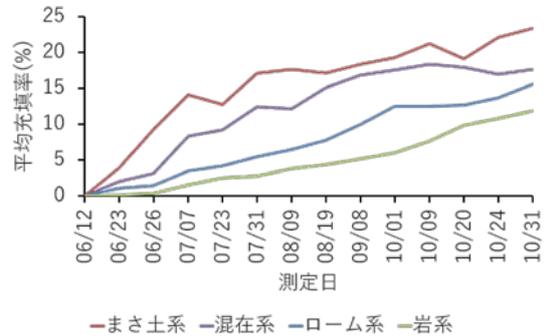


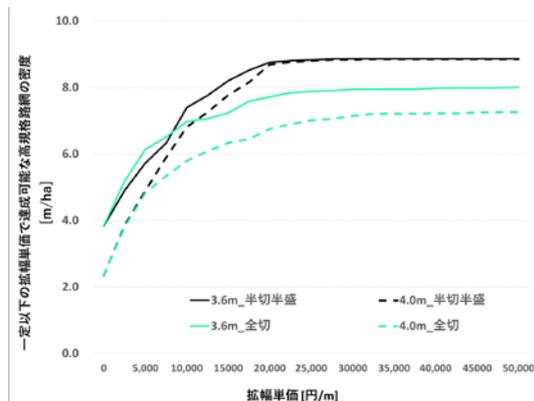
図-4 土質別横断排水溝土砂充填率

(3) 林道の維持管理

これまで林道の維持管理費は開設費との割合によって推計する研究がなされてきたものの、施工時の費用だけでは、土質、地形等の環境要素や、幾何構造、使用履歴など多様な要因からなる、維持管理費用を検討しているとは言い難い。そこで、林道台帳に記載されている開設費と災害復旧費用を単位年あたりに換算し、線形情報を用いて周辺地形との関係を検討した。算出した開設費との割合は0.56%となり、既報の成果の2~3倍の値となり乖離が認められた。また、35路線を対象にした解析結果は、ばらつきは多いものの地形との正の相関がみられ周辺地形によって影響を受けていることが示唆された。

また、基幹道として林道および林業専用道などの高規格路網を整備することが求められているが、新規開設のためには多大なコス

トがかかる。そのため、既存の道を高規格化し、開設および管理コストを抑えた路網整備の可能性について検討した。長野県伊那市内の森林内路網を対象に、現在の幅員から 3.6 mもしくは 4.0mと拡張し高規格化する際に、地形傾斜から構造的に困難な施工となるかを条件として、拡張可能路線の割合を推計した。その結果、



拡張不可能な路線は最大 20%程度であり、高規格化の可能性はあるものの、目標の路網整備量には到達せず、新規開設の検討も必要なことが示された。

図-5 幅員別高規格化可能量の試算

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

1) 白澤 紘明, 齋藤 仁志, 戸田 堅一郎, 多田 泰之, 大丸 裕武 高解像度 DEM を利用した崩壊危険地推定, 森林利用学会誌 33 号 123-131 2018 査読有

DOI:<https://doi.org/10.18945/jfes.33.123>

2) Masashi Saito, Keisuke Imasaka, Kai Moriguchi, Tatsuhito Ueki. Development of forest road network extraction method using a high-resolution DTM. Proceedings of the 48th FORMEC Symposium 2015 419-426

https://www.formec.org/images/proceedings/2015/formec_proceedings_2015_web.pdf

査読無

〔学会発表〕(計 8 件)

① 齋藤仁志, 竹澤時杜, 木下 涉, 植木達人 森林作業道における横断排水溝の堆積土砂量 第 129 回日本森林学会 2018

② 渡部 優, 齋藤仁志, 白澤紘明, 植木達人 地形傾斜からみた森林内路網の拡張の可能性 第 129 回日本森林学会 2018

③ Hiroki Matsunaga, Masashi Saito, Shota Sugimori, Dai Otsuka, Tatsuhito Ueki, Hidenori Suzuki, Satoshi Yamaguchi, Hiroko Muneoka, Yoshiaki Tanaka, Takayuki Ito, Yuta

Inomata The Effects of Compaction Operation road at the Constructing Joint Regional Meeting of IUFRO RG3.03.00 and RG3.06.00 in Asia 2017

④ Masashi Saito, Hiroki Matsunaga, Hiroki Fukushima, Hiroaki Shirasawa, Kai Moriguchi, Tatsuhito Ueki. Comparison of effect of establishing forest road network using reliability. IUFRO 125th ANNIVERSARY CONGRESS 2017

⑤ 松永宙樹, 齋藤仁志, 植木達人, 鈴木秀典, 山口智, 宗岡寛子, 田中良明 森林作業道作設時の締固めの有無がその後の維持管理費に及ぼす影響 森林利用学会第 24 回学術研究発表会 2017

⑥ 齋藤仁志・白澤紘明・戸田堅一郎・臼田寿生・和多田友宏・矢部浩・多田泰之・鈴木秀典・村上 亘・大丸裕武 森林内路網の崩壊被害調査票作成について 第 127 回日本森林学会大会 2016

⑦ 齋藤仁志・白澤紘明・戸田堅一郎・矢部浩・臼田寿生・和多田友宏・鈴木秀典・村上亘・多田泰之・大丸裕武 高解像度 DTM 利用した崩壊危険地抽出手法の開発 -路網計画支援を目的として- 森林利用学会第 22 回学術研究発表会 2015

⑧ M. Saito, K. Imasaka, K. Moriguchi, T. Ueki. Development of a forest road network extraction method using a high-resolution DTM. Formec Symposium 2015

6. 研究組織

(1) 研究代表者

齋藤 仁志 (Saito Masashi)

信州大学・農学部・助教

研究者番号：60637130