

山火事後の植生変化を考慮した斜面崩壊危険度予測GISに関する基礎的検討

福井工業高等専門学校	正会員	辻子	裕二
豊橋技術科学大学	正会員	河邑	眞
福井工業高等専門学校	正会員	辻野	和彦
福井工業高等専門学校専攻科	学生会員	○酒井	隆晃
福井工業高等専門学校専攻科		吉田	達哉

1. はじめに

2002年4月、岐阜県岐阜市芥見4丁目から同各務原市須衛町1丁目にかけて大規模な林野火災（焼失面積約510ha：災害対策本部調べ）が発生した。植生（樹木）による斜面災害の抑制効果の大半は根系の作用によるものであり、阿部¹⁾の報告によれば、せん断面深さ50cmのとき土のせん断抵抗力の約34%に及ぶ補強効果があるとされている。したがって、火災後においては被災域の植生変化を正確に捉え、樹冠ならびに樹幹の焼失に起因する根系の破損状態を考慮する必要がある。加えて、萌芽等による植生の再生に依存した根系の再構成過程を把握することも重要である。このような時刻に依存する植生（根系）の盛衰を考慮し時系列での危険度予測を行うために、筆者らは図1に示されるリモートセンシングによる方法を検討している。衛星データを用いることで、時系列での出力だけでなく広域性の確保も期待できる。

本報では紙面の都合上、山火事の被災域における植生変化の評価方法とこの結果から根系を推定する方法（図1中のA）、および植生の変化が斜面の安定に与える影響（図1中のB）について記述する。

2. 山火事による植生変化の把握

筆者らは山火事による被災域をその再生過程の考慮も容易となるように、焼失の程度（被災レベル：樹冠火、同：樹幹火、同：地表火）を定めている¹⁾。ここでは、焼失の程度を葉着の程度と考え、LAI（Leaf Area Index）を指標として用いている。

図2は山火事のあった権現山（アカマツ林）におけるLAIとNDVIとの関係を示したものである。この結果はRunningらが調査した下草のない針葉樹林のLAI-NDVI関係にほぼ一致する。図2中の、およびは各被災レベルにおける平均値の差分であり、それぞれ下草の影響、樹幹の影響、樹冠の影響に対応する。すなわち、NDVIによって植生の焼失や枯損からその再生過程までを概略的に追跡することが可能と考えられる。ただし、NDVI-LAI関係は樹種や下層植生の状態等に依存するため、事前に精度の高い樹種判別が必要である。

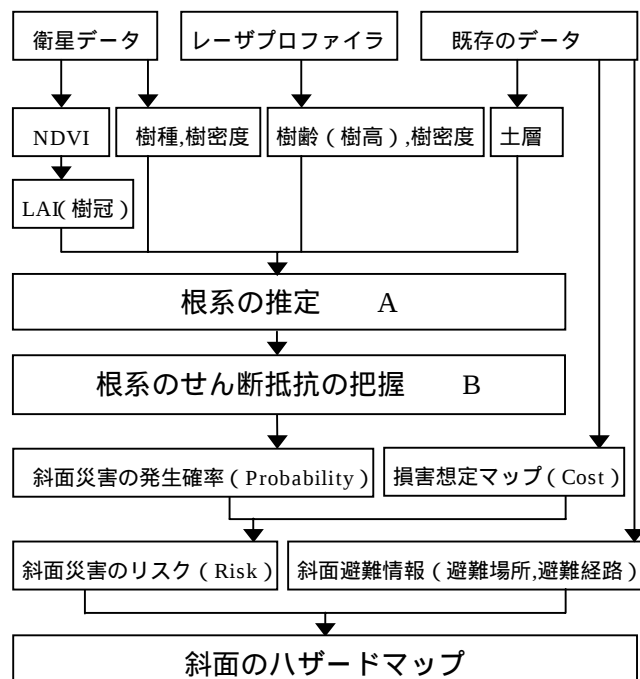


図1 斜面崩壊危険度予測GIS構築の流れ

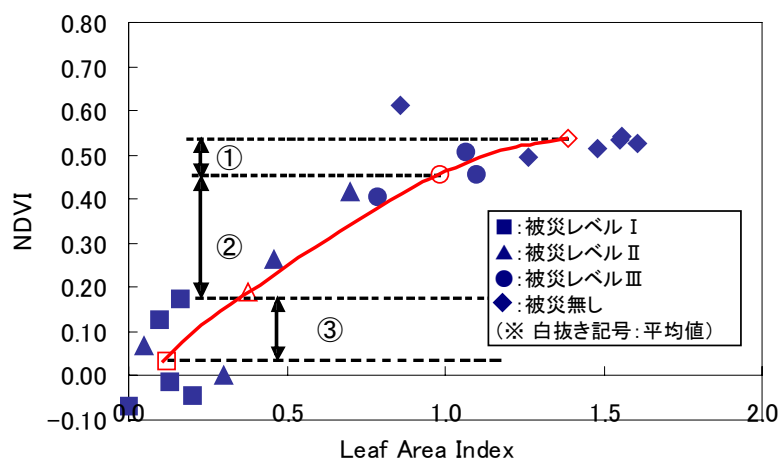


図2 権現山(アカマツ林)におけるNDVI-LAI関係

キーワード GIS, 根系, NDVI, LAI, せん断抵抗, 斜面災害

連絡先 〒916-8507 福井県鯖江市下司町 福井工業高等専門学校 TEL 0778-62-8302

3. 植生変化に伴う根系の評価方法

本研究では根系の推定（図1中のA）に必要な要素として樹冠，樹種，樹密度，樹高，土層を挙げ，苅住やグラム・シャリーエの展開式³⁾を利用して根系（根密度）を推定する方法を考える．樹冠情報は先述のLAIとして得るものとする．樹種の推定は高解像度衛星画像を用いた場合，専門家による判読結果と遜色ない出力が確認されている．樹密度や樹高についてはレーザープロファイラ等の別のデータに依存するのが現状である．

根系を推定するための5つの要素が求められれば，上記展開式を適用することで標準的な単木に対する根密度の分布が推定可能となる．しかし，根密度の分布は対象地域の特性に依存する部分も多いため，適切なグラウンドトゥルーシングが必要と考えられる．筆者らは，健全なアカマツならびにポプラの単木に対し，衝撃加速度法によるインパクト値と根密度との関係を調べ，インパクト値の低減分が根密度の大きさを反映することを確認している．しかし，自然斜面に起因した課題もあり，今後更に詳細な検討を進めていく予定である．

4. 根系のせん断抵抗の把握

植生（根系）の変化に伴う斜面の安定性の定量的評価（図1中のB）にあたって，模擬根系（木棒）を用いた地盤モデルで室内試験を行った結果について示す．本研究では根系単独でのせん断抵抗ではなく，地盤と根系の組み合わせによる土質定数（ c ， ϕ ）の変化（増加）によって地盤全体のせん断抵抗が向上すると考える．同様の実験について，執印ら⁴⁾は粘着力 c はネットで補強した場合サクシヨンの増加に対して比例的に増加していくことを示している．一方，小橋ら⁵⁾は，根系が示す土のせん断強度補強効果は一般に c 成分増加で示されることが多いが，低い垂直荷重に対しては $\tan \phi$ 成分の増加に表れることを示している．表1および図3は本研究での実験結果をまとめ，上記2例の成果と比較したものである．ここでは，根系の深さを1～2m，土の単位体積重量を 20kN/m^3 と考えて垂直応力を与えている．執印らは，せん断応力増分と模擬根系の面積比が0.45%以下の範囲では，せん断応力増分と模擬根系の面積比の間に比例関係があることを報告しているが，図3より0.61%から1.1%の範囲ではせん断強度と模擬根系の面積比の間に比例関係が成立することが確認できる．地すべり抑止杭においては，補強効果を最大にする最適密度が存在すること（群杭効果）が指摘されているが本研究においては認められなかった．その他，模擬根系の配列（配置）を変えた実験も実施した．結果，同じ模擬根系の面積比であっても，せん断方向に対する模擬根系の配列の違いによって若干のせん断強度の違いが確認された．

5. おわりに

本研究は山火事に起因した植生変化に伴う斜面の危険度を時系列で出力する一連の流れ，ならびに根系の斜面災害に対する影響（せん断強度）を定量的に示した．これらの成果をGISに実装することによって定期的なハザードのマップの構築が可能と考えられる．ただし，樹木が密生している地域における植生（根系）の推定精度の確保，模擬根系と実際の根系との関係の把握，等の課題の解決が必要である．

<参考文献>

- 1) 阿部和時：原位置一面せん断試験によるスギ根系の斜面崩壊防止機能の研究，日本緑化学会誌，Vol.22，No.2，pp.95-108，1996．
- 2) 塚本靖之，若原 雄一郎，河邑眞，辻子裕二，辻野 和彦：衛星画像による岐阜林野火災後の森林再生モニタリング，土木学会年次学術講演会講演概要集，第4部，Vol. 58，pp.521-522，2003．
- 3) 苅住昇：樹木根系図説，誠文堂新光社，2000．
- 4) 執印康裕，加藤尚子，鈴木雅一，太田猛彦：土壌水分変化が斜面表層土における根系の土質強度補強効果に与える影響—模擬根系を用いた一面せん断試験—，砂防学会誌，Vol.51，No.1，pp.23-30，1998．
- 5) 小橋澄治，西井洋史：根系に似た材料を含む土の一面せん断試験，第98回日林論，pp.607-608，1987．

表1 模擬根系（木棒）の面積比とせん断抵抗との関係

木棒の面積比 (%)	木棒の本数 (本)	$\sigma=20(\text{kN/m}^2)$ ときの $\tau(\text{kN/m}^2)$	$\sigma=40(\text{kN/m}^2)$ ときの $\tau(\text{kN/m}^2)$	試料の密度 (g/cm^3)	備考
0.45	24	18.7	34.9		執印らの研究
0.61	5	29.7	51.0	1.67	本研究
0.61	5	30.2	55.0	1.67	
0.88	16	30.5	56.1	1.41	小橋の研究
1.10	9	35.6	57.6	1.64	本研究
1.10	9	30.7	58.6	1.64	

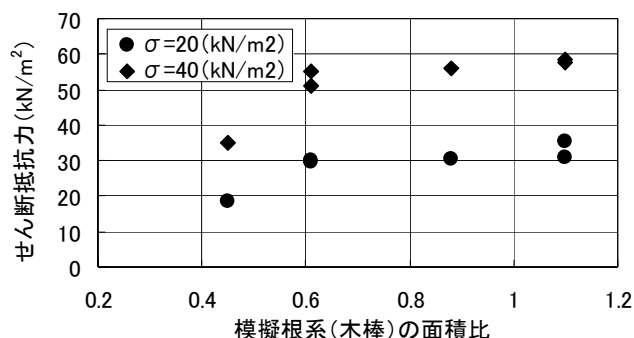


図3 模擬根系（木棒）の面積比とせん断抵抗との関係