融雪を考慮した土砂災害発生確率の評価とその考察

東北大学大学院環境科学研究科　学生会員　○川越　清樹
東北大学大学院環境科学研究科　正会員　風間　聡
東北大学大学院工学研究科　フェロー　沢本　正樹

１．はじめに

積雪は，水資源として有用だが，土砂災害の誘因である．春先の土砂災害の発生は，急速な融雪の生ずる豪雪地帯の深刻な問題である．将来予測として，地球温暖化に伴う気候変化が指摘されている．この影響によって，急速な融雪の生ずる地域の拡大，同時に，土砂災害の増加も懸念される．この背景から，融雪を考慮した土砂災害危険予知モデルの構築と被害軽減の対策が必要である．降雨を対象とした危険予知研究は多数存在するものの，融雪に対する研究事例は希少である．本研究では，融雪に対する土砂災害危険度の明示を目的に，発生確率モデルを構築した．発生確率は 50mの解像度による分布図で示される．発生確率の分布図は対策計画の配分，社会リスクの算定に利用できる．

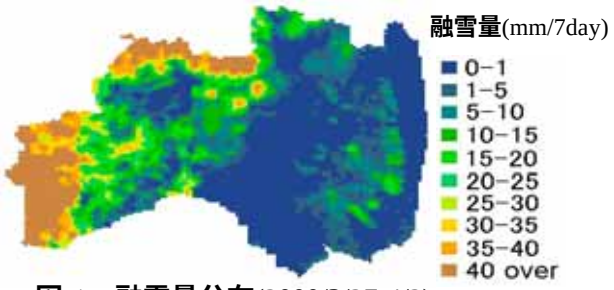

図-1　融雪量分布(2000/3/27-4/2)

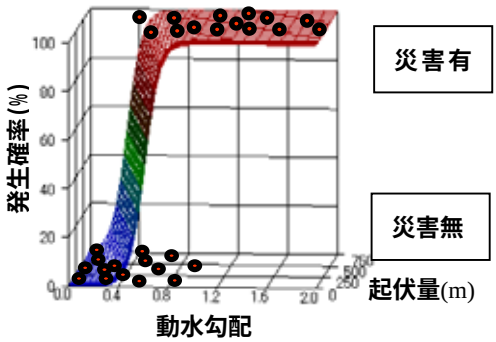

図-2　ロジスティック曲線模式図

２．研究対象およびデータセット

研究地域は福島県である．福島県の会津地方は平成 12 年の春先に土砂災害が頻発した．この背景より「特定地域に係る激甚災害の指定及びこれに対し適用すべき措置の指定に関する政令」が発令され，激甚災害地域に指定された．発生確率の算定には災害実績を用いる．激甚災害のきっかけとなる土砂災害の集中した平成 12 年 3 月 27 日から 4 月 2 日の会津若松管内における実績をモデルに利用する．災害実績のデータを福島県土木部による災害関連資料を整理し，50mメッシュで作成した．

災害実績データの他に，地質，地形，水文のメッシュデータを利用した．解析対象地域として崩積土と土砂化しやすい新第三系堆積岩，第三系堆積岩，花崗岩を国土数値情報から抽出した．地形データとして起伏量を用いた．起伏量は数値地図 50mメッシュに格納された最高と最低の標高差である．起伏量により地形の複雑さを考慮する．水文データとして動水勾配を用いた．動水勾配は二次元不飽和浸透解析によって導かれる．浸透解析には，国土数値情報の表層土壌，斜面傾斜度と泉ら[1)]の解析よるNOAA-AVHRRの衛星画像から求めた融雪分布を用いた．**図**-1 は対象時期の融雪分布である．動水勾配の上昇は，パイピング現象に伴う斜面尻の土塊流出を促し，斜面の不安定化を助長する．

３．発生確率モデル

発生確率モデルを多重ロジスティック回帰分析によって構築した．災害実績の有無を 1 と 0 の二項分布にし，ロジスティック曲線で連結する．地質毎に災害実績を分類し，ロジスティック曲線を作成する．各ロジスティック曲線を起伏量，動水勾配の説明変数による重回帰式で示す．この重回帰式を利用して発生確率モデル式が構築される．[2)]図-2 に発生確率モデルの模式図を示す．モデル式は式(1)に示す．

$$P=\frac{1}{1+\exp\left[-\left(\beta_0+\beta_h hydY_h+\beta_r rollY_r\right)\right]} \qquad (1)$$

キーワード　動水勾配，多重ロジスティック回帰分析，ハザードマップ，道路リスク
連絡先　〒980-8579　宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-20　東北大学大学院環境科学研究科　ＴＥＬ022-795-7459

ここで， P :発生確率， β_0 :切片， β_h :動水勾配係数，
β_r :起伏量係数， $hydY_h$:動水勾配， $rollY_r$:起伏量である．

会津若松建設管内の災害有無を対象に作成された発生確率モデル式を福島県に適用し発生確率の分布を示す．

4．解析結果

解析結果を**図**-3 に示す．発生確率 90%以上の地域は奥只見地域，飯豊山南麓に分布する．これらは，平成 12 年 3 月 27 日から 4 月 2 日の福島県内で極大の融雪量を示す地域である．この地域の動水勾配は，融雪に伴い著しく上昇した．そのため，斜面尻で活発な土砂流出が発生しやすい状況にあった．博士山周辺も発生確率 90%以上の地域である．なお，この地域の融雪は少量である．著しい起伏と表層土壌の透水性が発生確率に影響する．この傾向は，微少な融雪だが高い発生確率の認められる阿武隈山地東麓も同様である．双葉断層に関連する急崖の存在が発生確率に寄与している．なお，災害実績と発生確率との比較検証から，災害実績を示す地域は 89.2%以上の発生確率をもつ．

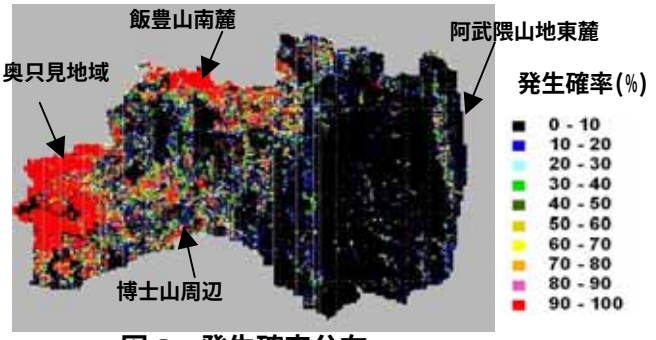

図-3　発生確率分布

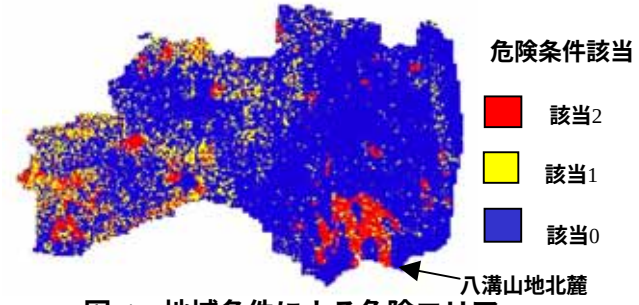

図-4　地域条件による危険エリア

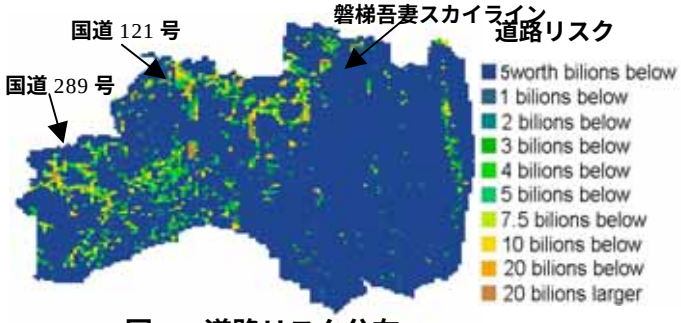

図-5　道路リスク分布

5．考　　察

発生確率の高い地域の地形, 地質, 水文データを利用し，危険エリアを抽出する．災害実績と発生確率の比較検証から発生確率 90%を危険エリア該当の閾値にする．発生確率 90%以上の地形と水文の値を地質別に抽出する．これらのメッシュ数の頻度を地形と水文に分けて整理する．累積頻度 50%を超える値が土砂災害の発生しやすい条件とする．百年単位のタイムスケールを考慮すると，地形，地質は静的条件，水文は動的条件と分類される．静的条件は同一の水文による高危険度の空間的な広がりを意味する．静的条件による危険エリア分布を**図**-4 に示す．八溝山地北麓の白河市周辺に危険エリアが広く分布する．多大な積雪と気温上昇に伴い，土砂災害の頻発が懸念される．また，静的条件によって，土砂災害の警戒降水値を示すことができる．

土砂災害に伴う交通機能の停止事例は数多く存在する．そこで，社会リスクの算定事例として道路リスクを評価する．リスクを発生確率，道路延長，道路に対する対策投資費用を掛けあわせることで求める．解析結果を**図**-5 に示す．磐梯吾妻スカイライン,国道 289 号線，国道 121 号線はリスクを有する地域である．なお，この評価は，現況の斜面対策整備状況を考慮していない．今後，整備状況をふまえて評価する予定である．

6．おわりに

災害事例を基に融雪の土砂災害発生確率モデルを構築し, 50m の解像度による土砂災害発生確率分布を明示した．また，気候変化に伴い土砂災害発生の危険地域を特定した．今後，気候の将来予測データを用い，土砂災害の発生確率を導く意向である．

謝辞：災害関連データを福島県土木部より提供して頂いた．本研究の一部は地球環境推進費の援助を受けた．ここに謝意を表します．

参考文献

1) 泉宏和,風間聡,戸塚岳大,沢本正樹：全日本の積雪水量,積雪深,全層積雪密度の推定,水工学論文集,No.49,pp.301-306,2005.
2) 川越清樹,風間聡,沢本正樹：降雨極値の再現期間を用いた斜面災害の発生確率,水工学論文集,No.50,pp.619-624.2006.