住民参加による斜面環境防災モニタリングシステムの開発

宮本善和 [1]

[1] 鳥取大学工学部社会システム土木系学科

気候変動で多発する斜面災害から適切な避難行動を促すため，IoT 傾斜センサーを援用した住民参加による斜面環境防災モニタリングシステムを開発した．本研究では，2024 年から鳥取市佐治町渕尻地区で，2025 年から同市同町余戸地区で新たに試行モニタリングに行い，傾斜角速度と土壌雨量指数の関係からその挙動を分析するとともに，住民の反応を追跡した．次に試行モニタリングにおける意見交換会の議事録データを用いて，システムの受容と活用のプロセスを修正版グラウンデット・セオリー・アプローチ（M-GTA）で構造化し体系的に整理した．さらに，モニタリング対象斜面の選定において，斜面崩壊リスクの評価基準の重要度を階層分析法（AHP）により算定してリスク評価法を定式化した．

キーワード：斜面防災，斜面環境，モニタリング，住民参加，M-GTA，AHP

1. はじめに

気候変動の影響によって世界各地で豪雨が多発し，洪水，干ばつ，そして土砂災害を引き起こしている．土砂災害の中でも，日本ではがけ崩れ（表層崩壊）による災害が多い[1]．全国治水砂防協会の集計[3]によれば，2020年～2024年の土砂災害発生件数の年平均値は1,198件で，その内，表層崩壊は 927 件を占める．他方，このような斜面は緑地であることが多く，良好な景観の提供などの様々な生態系サービスの機能を有しており，保全すべき存在でもある．斜面緑地を構成する斜面林は斜面崩壊を緩和する防災効果もあり，斜面林が降雨を遮断する降雨遮断効果や光合成に伴う蒸発散作用がもたらす効果[3][4]がある他，植栽木の根の土を縛りつけ維持する力である土壌緊縛力やせん断抵抗力[5]，鉛直根による杭力による抑制効果などが知られている[6][7]．

斜面の防災対策としてはハード対策に加えてソフト対策を組合せて行われてきているが，逃げ遅れによる被災が絶えない．逃げ遅れの要因には，警戒情報を自分事として受け取らない傾向，避難行動への負担感，過去の被災経験による危険性の誤認識，自分は災害に遭わないという思い込み（正常性バイアス），情報が多すぎる等，様々な要因が指摘されている[8]．矢守[9-11]は住民の適切な避難行動を誘発するため，避難スイッチという概念を提唱し，適切な避難行動を起こすため，避難スイッチを地域で決めておくことが必要であるとしている．

本研究では，IoT 傾斜センサーを民家の直近の斜面に設置し，IoT 傾斜センサーから得た情報を直接住民が取得できるようにすることで，斜面を住民自らがモニタリングし，発出される警戒アラートを避難スイッチとして避難に役立て，斜面緑地とも共生していく斜面環境防災モニタリングシステムを開発する．IoT 傾斜センサーは，MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）の技術を活用したもので，センサー部を地中に埋設して地上部の無線ジュールとセットで，10 分間で地盤の変位に伴う傾斜角度を計測し，斜面の変動を傾斜角速度の変化によって評価して崩壊を予測できる（**図-1**）[12]．IoT 傾斜センサーは設置が容易で，斜面緑地を維持したまま，安価で高精度に斜面の挙動をリアルタイムでモニタリングできる．崩壊リスクの高い斜面に IoT 傾斜センサーを複数基設置し，傾斜角速度を計測して 3 段階の警戒レベル[13]を超えた際に，メールと LINE によって警戒アラートを住民に発出して避難行動につなげるシステムである（図-2）．

先行研究[13]では，京都府福知山市荒木地区において，2023 年の台風 7 号の降雨時における傾斜角速度と土壌雨

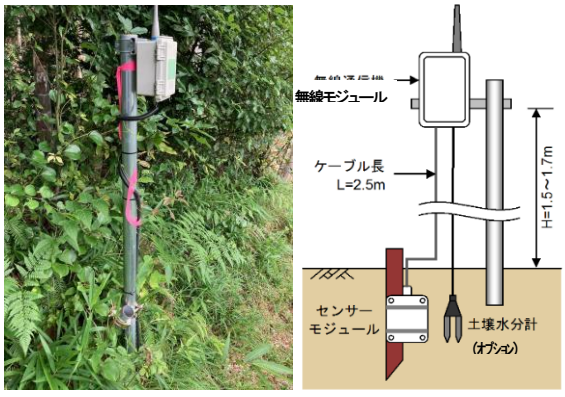


図-1 IoT 傾斜センサーの構成



図-2 LINE による警戒アラートシステム

量指数の関係を分析している．その中では，住民の避難行動において IoT 傾斜センサーが果たした役割と，警戒レベルの妥当性について検証している．また，斜面林の降雨遮断効果についても分析している．本研究は，斜面緑地の保全とも整合した住民参加による斜面防災モニタリングシステムの開発と普及を目的として，鳥取県鳥取市佐治町渕尻地区，鳥取県鳥取市佐治町余戸地区を対象として，新たに IoT 傾斜センサーを設置し，住民参加によるモニタリングを行い，その結果とプロセスについて分析を行った．まず，渕尻地区と余戸地区の降雨による斜面の挙動を傾斜角速度と土壌雨量指数の関係から分析し，住民の応答を考察した．次に，伊勢らの先行研究[13]の福地山市荒木地区での試行モニタリングも含めて，住民がモニタリングシステムを受容し，活用するまでのプロセスを分析・整理することで，住民参加による斜面環境防災モニタリングの進め方を体系的に整理した．さらに，住民がリスクの高い斜面を選定する際の斜面崩壊リスクの評価法の洗練を図って合意形成を円滑にするため，評価基準の重要度を算定して斜面崩壊リスクの評価手法を定式化し，結果を視覚的に表示する方法を提案 した．

2．住民参加による斜面環境防災モニタリングの対象と分析方法

(1) 住民参加による斜面防災モニタリングの試行

渕尻地区では，共同研究者である中央開発株式会社の地質の専門家とともに現地踏査を行うとともに，鳥取県から提供を受けた航空測量の LP データを解析した．その結果，等高線の不正配列が認められ，沢側は浸食が顕著に見られ，滑動中の地滑りが上部にあるものの，斜面下部には連動している可能性は低いと判断された．そのため，斜面上部の滑動部の現地踏査を行い，周辺には斜面の部分的な崩壊や亀裂，変状，斜面林の倒壊などが見られ，崩壊の危険性が高いと考えられたため，IoT 傾斜センサーを設置した（K-1 **写真-1** 参照）．また下部の斜面





写真-1,渕尻地区の設置状況　**写真-2** 余戸地区の設置状況

においては住民の不安があるため，集落付近にも IoT 傾斜センサーを 2 基設置した（K-2，K-3）．

余戸地区は地区全体が地すべり地帯に該当しており，約 20 年前から深さ 30~35m 程度の集水井が複数設置されている．また，表層崩壊を起こしている斜面も存在し，その際に崩れた土砂が家屋まで押し寄せている箇所や，大雨の時に住宅の裏の斜面にあるスギが根元から倒伏している箇所なども現地踏査で確認した．そして，IoT 傾斜センサーを設置する斜面の候補を 4 地点挙げ，先行研究[13]の荒木地区と同様の方法で斜面のリスクの評価を行った．その結果，(b) 過去に崩壊した形跡がある，(c) 地面の傾斜角度が比較的きつい，(d) 崩壊土砂が人家まで到達する可能性がある，(f) 被害の程度が一定規模以上あるなどの評価があった 3 か所の斜面を選定し，住民との意見交換を行った上で，IoT 傾斜センサーを設置した（K-1，K-2，K-3 **写真-2** 参照）

降雨に伴う斜面の挙動を分析するため，モニタリング地点における計測データを活用し，土壌雨量指数，傾斜角速度，及び降水量を算出して，これらの関係から斜面の挙動を分析した．ここで土壌雨量指数を算出するのは，今回のモニタリングでは土壌水分計などによって土壌中の水分量を計測していないため，土壌雨量指数で土中の水分状態を代替的に表現するためである．

(3) 斜面環境防災モニタリングシステムの受容と活用のプロセスの分析方法

住民参加による斜面環境防災モニタリングシステムの受容と活用のプロセスを分析して体系化するため，研究者や専門家が，伊勢らの先行研究[13]の福知山市荒木地区も含めて 3 地区の住民と場面々々で行ってきた意見交換の内容を修正版グラウンデッド・セオリー・アプローチ（以下，M-GTA）[14]を用いて分析し，構造化した．住民との意見交換の内容は，概ね，①地区の斜面の現地踏査，②モニタリング手法の説明と意見交換，③IoT 傾斜センサーの設置対象斜面の意見交換，④モニタリング状況の解説と意見交換，⑤避難体制の意見交換などである．福知山市荒木地区では計 5 回，渕尻地区では 4 回，余戸地区では 3 回の合計 12 回の住民との意見交換会の議事録の質的データを分析対象とした．なお，荒木地区は試行モニタリングを経て，実質的に住民参加による斜面防災モニタリングが開始されており，受容～活用までのプロセ

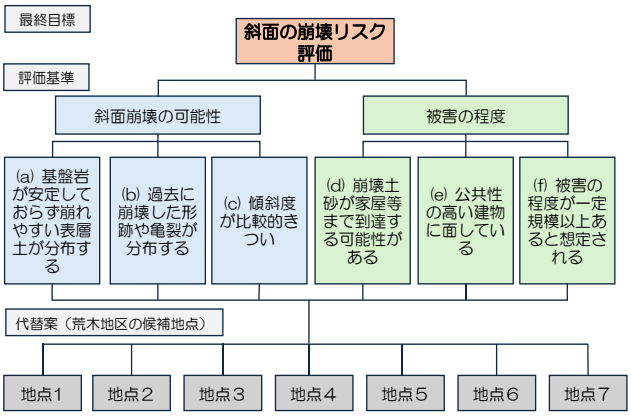


図-3　AHP の階層構造 [18]

スが網羅されているが，渕尻地区と余戸地区は受容の後の試行モニタリングの段階であるため，活用までのプロセスには至ってないことを付記しておく．

(4) 斜面崩壊リスクの評価基準の重要度の分析方法

住民がリスクの高い斜面を選定する際の合意形成をより円滑にするため，斜面防災の専門家の視点からそのリスク評価基準の重要度を算定する．具体的には斜面防災に従事している専門家に協力を求め，6 つの評価基準の重要度について調査票を用いて回答してもらい,その結果を階層分析法（AH P：Analytic Hierarchy Process:)[15] で分析した．リスク評価の代替案の対象は，宮本ら [17]が評価した福知山市荒木地区の 7 つの候補斜面とし，評価基準と候補地点の選定より階層図（**図-3**）を作成し，その階層図をもとに 評価基準の重要度について一対比較の調査票を作成した．ここで，6 つの評価基準は，(a)～(c)が斜面の崩壊リスクに関する基準であり，(d)～(f)が被害の程度に関する基準であるため，これらをグループ分けした．

そして，各々の評価基準の重要度を評価し，さらに，斜面の崩壊リスクと被害の程度の重要度を乗じて斜面の崩壊リスクを評価する 2 層構造とした．共同研究をしている中央開発株式会社の 5 名の斜面防災の専門家に協力を求め，Google Form で作成した調査票に回答をいただいた．5 名は，斜面防災のコンサルティングに関わる地質分野の技術士 3 名と技術士補 1 名，情報分野の技術士 1 名で，経験年数 16 年～36 年の経験豊富な技術者である．また，7 つの候補斜面についての評価は，宮本ら [12] が行った以前の 4 段階の評価値を使用するため不要とし，評価基準の重要度についてのみ専門家への調査を行った．回答データの一対比較の一貫性を確認するため，Saaty[15] による *C.I.*指標を用いて，*C.I.*値が 0.1 未満となるまで回答結果の確認と，修正のやりとりをした．

3．住民参加による斜面防災モニタリングの分析・考察

(1) 渕尻地区でのモニタリングの結果 [13]

渕尻地区では，2024 年 11 月 1～3 日の台風 21 号が温帯低気圧になった後で生じた降雨イベントにおいて斜面の挙動が生じて警戒アラートが発出された．アメダスによる降雨量と土壌雨量指数の推移を**図-4** に示す．降雨，土壌雨量指数の傾向として，11/2 の 4:00 頃に集中して降雨があり，その後，降雨は弱まったが，10:00～13:00 にも継続的に強い雨が降り続いた．土壌雨量指数は降り始めから徐々に増加し，雨が弱まった 11/2 の 5:00 以降減少したが，その後，降雨が強まり，観測雨量に連動して増加している．継続的な降雨の影響で値が大きくなったことが分かる．降雨が収まると土壌雨量指数は緩やかに減少していった．また，土壌雨量指数と傾斜角速度の推移を**図-5** に示す．斜面下方にある K-2，K-3 地点では大きな斜面の動きは見られなかった．**図-4** には，佐治町渕尻地区での警戒レベル 1（0.01°/h）と警戒レベル 2（0.1°/h）の基準値となる線を図示し，それぞれの超過回数もグラフ内に示した継続的に降雨が続き土壌雨量指数は増加した後，再び強い降雨が生じ，その直後に土壌雨量指数が増大し，傾斜角速度も増大した．

X 軸の傾斜角速度は観測雨量と連動して 2 度のピークがある．その後，降雨は収束し，土壌雨量指数は減少し，傾斜角速度も減少している．X 軸では 11 月 2 日 6:27，同日 4:07，Y 軸では同日 11:47 に傾斜角速度が警戒レベル 2（0.1°/h）を超過したことを観測し，警戒レベル 1 の超過

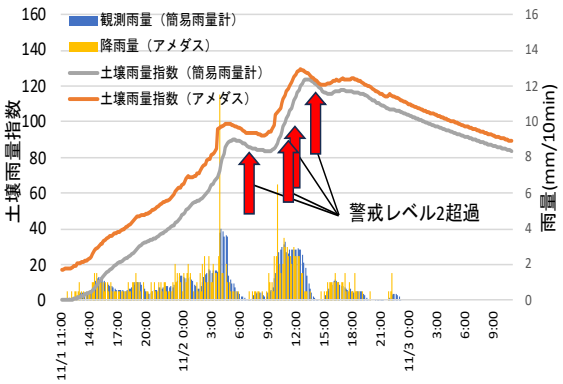


図-4　雨量と土壌雨量指数の推移 [13]

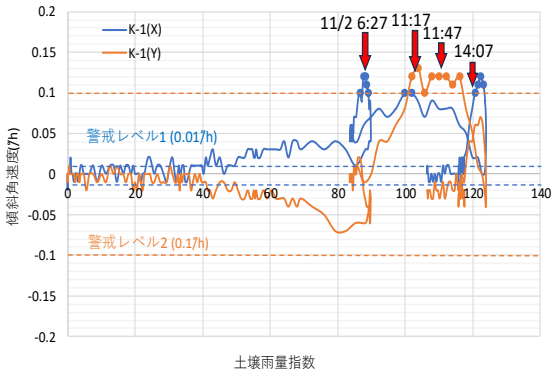


図-5　土壌雨量指数と傾斜角速度の推移 [13]

回数は 183 回，警戒レベル 2 の超過回数は 19 回であった．その後，11 月 2 日 13:00 頃には激しい降雨によって IoT 傾斜センサーの傾斜角速度が増加し，警戒レベル 2 の警戒アラートがメールで発出された．警戒アラートはメールでは発出されたものの LINE の警戒アラートシステムは，設定上の不具合があり，適時に発出されず，住民は警戒アラートをキャッチできておらず混乱が生じた（メールによるアラートは，著者と中央開発株式会社，鳥取県，及び鳥取市の関係者に届いている）．この設定上の不具合は，その後改善されている．この降雨では幸いにして斜面崩壊は生じなかったが，住民はこの時の斜面の挙動を適時に把握できず，その後行った意見交換会で詳細を知ることとなった．

事後の意見交換会では，そのような不具合の理由とそれが解消されたことが共有された．そして，①IoT 傾斜センサーの位置の適切さを確認する意見，②避難行動のタイミングや避難場所に関する疑問，③上部の斜面が崩壊した場合に想定される災害などについて意見が出された．③については上部の斜面崩壊によって土砂が隣接する沢に流れ込み，土石流が発生するリスクがあることが共有されるとともに，鳥取県の対策工が示され，住民の納得を得た．しかしながら，②については，集落内で避難のセカンドベストの検討の必要性も含めて，各集落で鳥取市とともにタイムラインを作成し，状況に応じた適切な避難行動の検討が重要な課題として浮かび上がった．

⑵ 余戸地区でのモニタリングの結果

余戸地区では，IoT 傾斜センサー設置以降の 2025 年 9 月から 12 月までの最も大きな降雨でも，現地の簡易雨量計で 10 分間雨量 3 mm 程度であり，降雨量の増加に応じて土壌雨量指数が増加したものの，警戒レベル 1 を超過するような斜面の挙動は見られなかった．

その後も，大きな降雨はなく，幸いにして大きな斜面の挙動はみられていないが，この余戸地区でも避難スイッチの設定やセカンドベストなどの設定，防災体制を備えていく必要がある．

4．斜面防災モニタリングシステムの受容と活用のプロセス

M-GTA によって計 12 回の意見交換会の議事録のコーディングを行った結果，59 の概念，15 のカテゴリーが生成された．この中で，受容から活用までのプロセスが網羅されている福知山市荒木地区において，生成された 15 のカテゴリーに含まれる概念が各議事録に出現する推移を整理し，意見交換の推移に応じどのような意見交換が行われているのかという傾向を把握した．その結果，住民の斜面崩壊への不安に関する発言は初期に多く生じる一方で，IoT 傾斜センサーへの説明と理解によって，IoT 傾斜センサーへの期待の高まりが生じる，IoT 傾斜センサーへの説明と理解は，継続的に行うことが必要で次第に理解が深まる，そして，斜面の挙動が敏感で警戒アラートが頻出したことによる警戒アラートの感度調整が行われ，それ以降は次第に IoT 傾斜センサーを活用した避難行動の確立に推移し，システムの受容からその活用に移行していくことが分かった．このような整理を参考に，得られた概念とカテゴリーの関係性と文脈を考慮し，斜面環境防災モニタリングシステムを住民が受容し，活用するプロセスを構造化した（図-5）．

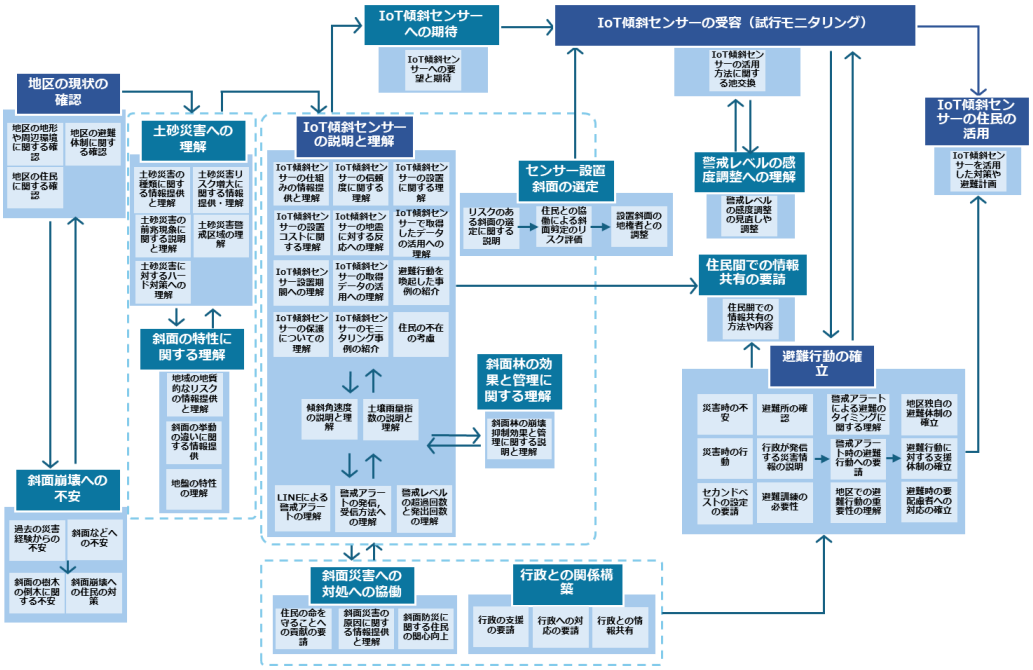


図-5　斜面防災モニタリングシステムの受容と活用のプロセス（M-GTA による構造化）[18]

そのプロセスとは，まず a) 地区の現状の確認と斜面崩壊の不安の聞き取りを行い，b) 土砂災害への理解と斜面の特性に関する理解を育みながら，c)IoT傾斜センサーの説明を丁寧に行い，住民の理解を醸成していく．このようなプロセスで重要なことは，住民の不安を十分に聞き取って把握し必要な応答を行うこと，土砂災害と斜面の特性を絡めて専門的な見解を分かりやすく説明し，住民の理解を促すことである．そして，IoT 傾斜センサーの機能や役割などを説明し，地区での避難行動にどう役立つのかということを事例なども交えて理解してもらうことである．また，センサーを活用するためには，気象庁の土砂災害警戒情報との関係についても理解してもらう必要がある．さらに，このシステムでは，LINEによって警戒アラートが発信されるため，LINEによる警戒アラートの理解，警戒アラートの発信、受信方法への説明と理解を促すことも欠かせない．加えて，研究者や専門家，防災担当の行政職員との関係を構築しておくことも必要である．これらのプロセスを介して IoT 傾斜センサーへの期待が生じ，それが，IoT 傾斜センサーの受容へつながっていく．

次に，d) センサー設置斜面の選定を行う．この際には，IoT 傾斜センサーを設置する候補地点の崩壊リスクの評価を行う．まずリスクのある斜面の選定に関する説明を行い，先行研究 [12] で整理した 6 つの評価基準において斜面の崩壊リスクを評価することを説明した上で，この評価基準を用いて，住民との協働による斜面選定のリスク評価を行う．この際，各々の斜面には実際にどの程度のリスクがあるのかについて，住民がより理解しやすい工夫が求められる（次章で取り扱う）．そして，e) IoT 傾斜センサーの理解が醸成され，その受容が得られた段階で，実際に IoT 傾斜センサーを設置して試行モニタリングを始めていく．試行モニタリングについては，福知山市荒木地区の場合には2年間程度を要した．これは，IoT傾斜センサーで斜面の挙動を捉えられるような降雨が生じるには概して，複数年以上が必要であること，住民がこのシステムを利用して警戒アラートをキャッチし，避難行動の判断に役立てる活用ができるためにも複数年が必要であったためである．ここで，挙動が敏感な斜面がある場合には，警戒レベル１の警戒アラートが頻出することがある [12]．そのような場合には，警戒アラートが避難スイッチとして機能せず空振りの多発となり，避難のタイミングを逃してしまう懸念が生じる．そのため，研究者や専門家と住民とで意見交換し，警戒レベルの感度調整の見直しや調整を行うことが求められる．

さらに，f) 避難行動の確立と住民間での情報共有の要請を行う．センサーを活用した避難行動の確立の議論を進めていくのである．この際，指定された避難場所に行けない場合の緊急避難場所を検討するセカンドベストの設定の要請も必要である．

試行モニタリングの期間を経て，住民の受容は次第に広がり，深まっていくので，g)IoT傾斜センサーの住民の活用として本格的にモニタリングを開始する．その後も IoT 傾斜センサーを活用した対策や避難計画について意見交換会を行うことを継続し，住民との応答を図ることで，住民参加による IoT 傾斜センサーを活用した斜面環境防災モニタリングの有効性を高めていく．

以上のように，IoT 傾斜センサーを援用した斜面環境防災モニタリングシステムの受容と活用のプロセスを体系的に整理できた．そして，その進め方や配慮・工夫事項を明記したガイドラインを作成した [17]．このガイドラインを活用することで，IoT 傾斜センサーを用いた住民参加による斜面環境防災モニタリングの普及に活用していくことが期待できる．

５．斜面崩壊リスクの評価基準の重要度の評価と考察

AHP による分析の結果，「斜面崩壊の可能性」は重要度 0.45 と評価され，「被害の程度」の重要度は 0.56 となった（*C.I.*=0.000）であった．このことから，斜面のリスク評価において「被害の程度」についての評価をより重視すべきことが理解される．「斜面崩壊の可能性」に関する 3 つの評価基準の重要度は，値の高い方から，(b)過去に崩壊した形跡や亀裂が分布する（0.54），(a)基盤岩が露出しておらず，崩れやすい表層土が分布する（0.32），(c)地面の傾斜角度が比較的きつい（0.14）の順であった（*C.I.*=0.001）．「被害の程度」の 3 つの評価基準については，(f)被害の規模が一定規模以上あると想定される（0.42），(e)公共性の高い建物に面している（0.33），(d)崩壊土砂が人家まで到達する可能性がある（0.25）となった（*C.I.*=0.001）．

これらの結果から，斜面崩壊のリスク評価は算出した重要度と各評価基準の加重和で求められると仮定し，斜面崩壊のリスク評価式として(1)式を提案した．(1)式は評価基準の重みを活用した加重合計モデルである．

$$R = 0.45(0.32x_1 + 0.54x_2 + 0.14x_3) + 0.56(0.25y_1 + 0.33y_2 + 0.42y_3) \quad (1)$$

R：斜面のリスク

x_1, x_2, x_3：斜面崩壊の可能性の各評価基準の 4 段階評価値（3，2，1，0）

y_1, y_2, y_3：被害の程度の各評価基準の4段階評価値（3，2，1，0）

(1)式を用いて，福知山市荒木地区の 7 つの候補斜面で行われた各評価基準の評価値を用いて，斜面崩壊のリスク評価を行った（**図-6**）．このようなリスク評価の結果をグラフ表示することによって，住民が視覚的にそのリスクを理解することができる．そして，IoT 傾斜センサーを設置すべき斜面の選定における合意形成がより円滑になると期待される．

図-6 の具体的なリスクの評価値を見ると，リスクの高い地点は高い順から地点2，5，3となっている．これら3つの斜面は，福知山市荒木地区で実際にセンサーを設置している斜面であり，斜面の選定は妥当であったことが確認できる．地点 2 は実際に過去に崩壊があった斜面であり，その直下に人家が位置している．また，降り始めに斜面の挙動が観測される斜面でもあり，荒木地区でも最も注視されている斜面である．地点 5 は斜面下方に寺が存在する．地点 3 は，過去の崩壊履歴と直下に家屋があることが要因と考えられる．また，3 地点に共通して「(a)基盤岩が露出しておらず崩れやすい表層土が分布する」，および「(d)崩壊土砂が家屋等まで到達する可能性がある」のウェイトもある程度大きい．

このような手法によって，今後，多くの斜面のリスク評価のデータを蓄積できれば，崩壊リスクの高い斜面を絶対評価することもできるのではないかと考えられる．

6． おわりに

本研究は，表層崩壊のモニタリングとその崩壊の検知に有効である IoT 傾斜センサーを援用して住民参加による斜面環境防災モニタリングシステムの普及に向けて，新たに 2 地区で試行モニタリングに行い，傾斜角速度と土壌雨量指数の関係からその挙動を分析するとともに，住民の反応を追跡した．そして，住民との意見交換会のプロセスを M-GTA で構造化し，その受容と活用のプロセスを体系化した．さらに，そのプロセスの初期段階において重要である，リスクの高い斜面を選定する手法を AHP による評価項目の重要度を算定し，評価リスクを定式化し，意形成に有効なグラフ表示で可視化することを提案した．そして，その進め方や配慮・工夫事項を明記したガイドラインを作成した．今後は，ガイドラインを活用して，IoT 傾斜センサーを用いた住民参加による斜面防災モニタリングシステムの普及促進を図っていく．

謝辞：本研究は中央開発株式会社との共同研究であり，AHP の調査票にも協力頂いた．感謝の意を表す．福知山市，鳥取市佐治町総合支所，渕尻地区，余戸地区の皆さんには試行モニタリングで協力を頂いた．謝意を表す．

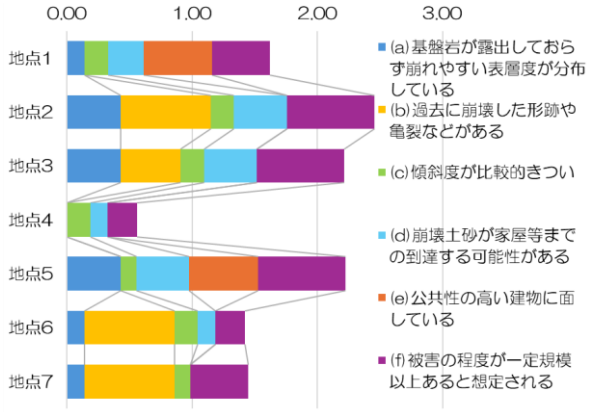


図-6 荒木地区の斜面崩壊リスクの可視化 [18)]

参考文献

1) 内閣府：特集 2 土砂災害に備える https://www.bousai.go.jp/kohou/kouhoubousai/h27/79/special_02.html (2026-3 閲覧)
2) 全国砂防協会：2025 年の土砂災害の概要 https://www.sabo.or.jp/saigai/2025saigai.htm （2025-3 閲覧)
3) 今井久，池田穣：樹木の降雨遮断・蒸散作用による斜面安定化効果に関する基礎的研究，砂防学会研究発表会講演要旨集，pp.34-35，2009.
4) 佐藤貴紀：降雨に対する森林の土砂災害防止機能，日緑工学誌，Vol.48，特集「高強度の降雨に対応する斜面緑化を考える」，2022.
5) 北原曜：森林根系の崩壊防止機能，水利科学，Vol.53，No.6，pp.11-37，2010.
6) 森林雑学研究室：人工林と土壌緊縛力 http://shinrinzatsugaku.web.fc2.com/zatsugaku1708.html (2025-（2026-3 閲覧)
7) 林野庁森林整備部治山課：森林の根系が持つ表層崩壊防止機能 https://www.maff.go.jp/j/pr/annual/pdf/hyosouhoukai.pdf (2025-（2026-3 閲覧)
8) 国土交通省：住民自らの行動に結びつく 水害・土砂災害ハザード・リスク情報共有プロジェクト プロジェクトレポート，2018.
9) 矢守克也：防災心理学入門，ナカニシヤ出版，2021.
10) 矢守克也：空振り・FACP モデル・避難スイッチ，消防防災の科学，No.134，pp.11-22，2018.
11) 矢守克也：避難学を構想するための 7 つの提言，災害情報科，No.18-2，pp.181-186，2020.
12) 宮本善和，王寺秀介，藤谷久，矢守克也：住民参加による斜面防災モニタリングシステムの開発と試行，土木学会論文集，Vol.79，No.27，23-27021，2023.
13) 伊勢祐志, 宮本善和, 藤谷久, 岡田直人: 住民参加による斜面防災モニタリングの比較分析，土木学会論文集，Vol.81，No.27，25-27010, 2025.
14) 木下康仁: 定本 M-GTA :実践の理論化をめざす質的研究方法論,医学書院, 2020.
15) Saaty, T.L. : *The Analytic Hierarchy Process*, New York: McGraw-Hill，1980.
16) 鳥取県治山砂防課：https://www.pref.tottori.lg.jp/326844.htm (2026-1 閲覧)
17) 宮本善和：住民参加による斜面環境防災システムの開発，中国建設弘済会技術開発支援事業成果報告書，2026.
18) 宮本善和,伊勢祐志,本田実波: 住民参加による斜面防災モニタリングの受容と活用のプロセス，土木学会論文集，Vol.82，No.27， 2026 （印刷中）．