

土砂災害リスクコミュニケーションにおける コンサーンアセスメント -京都市山科区安朱学区を対象として-

前田泰輝^{†1} 畑山満則^{†2}

災害が激甚化、頻発化している昨今、ハード対策に加え、早期避難等のソフト対策が求められている。土砂災害はタイムリーに避難情報を出すことが難しい災害であり、行政からの情報に依存しない自主的な立ち退き避難が求められる。本研究では、自主避難できる地域づくりのためのデータサイエンスの貢献について検討している。本報告では、複数の意思決定者が存在するリスクガバナンスの枠組みにおいてリスクコミュニケーションを行う際に求められるコンサーンアセスメントについて京都市山科区安朱学区でのアクションリサーチから考察を行った。

1. はじめに

近年、気候変動の影響により、日本では豪雨災害が毎年のように発生している。豪雨災害では、洪水や土砂災害が発生し人の命を奪う結果となることも多いため、避難行動が重要となる。土砂災害はタイムリーに避難情報を出すことが難しい災害であり、行政からの情報に依存しない自主的な立ち退き避難が求められる。

本研究では、自主避難できる地域づくりのためのデータサイエンスの貢献について検討している。本報告では、複数の意思決定者が存在するリスクガバナンスの枠組みにおいてリスクコミュニケーションを行う際に求められるコンサーンアセスメントについて京都市山科区安朱学区でのアクションリサーチから考察を行った。

2. 災害リスクガバナンスにおけるコンサーンアセスメント

地域防災力を高めるためには、地域内の多様な主体が行う意思決定が、連動することが求められる。これは、複数の意思決定主体が存在するガバナンスの枠組みが求められることを指している。IRGC の提唱するリスクガバナンスの枠組み¹⁾は、図1のように Pre-assessment→Appraisal→Characterisation and Evaluation→Management のサイクルを Cross-cutting Aspects により実現し、継続していくものとして描かれているが、特に意思決定の暗黙的な連動を実現するための Appraisal に注目する必要がある。Appraisal は、Risk Assessment と Concern Assessment から構成されるが、地域防災の現場では Risk Assessment に比して Concern Assessment の重要性は十分に認識されていないのが現状である。しかしながら、ステークホルダーである住民の Concern (コンサーン、憂慮事項) を共有し、これらを評価することで、ステークホルダーが納得する形で、着目すべきリスク要因をスコーピングすることは、ガバナンスの効

いたコミュニティ形成に大きな意味をもたらすこととなる。

本研究では、このコンサーンアセスメントに着目し、土砂災害リスクの高い地域の防災力の向上を実現するための方法論の確立を目指すものとする。

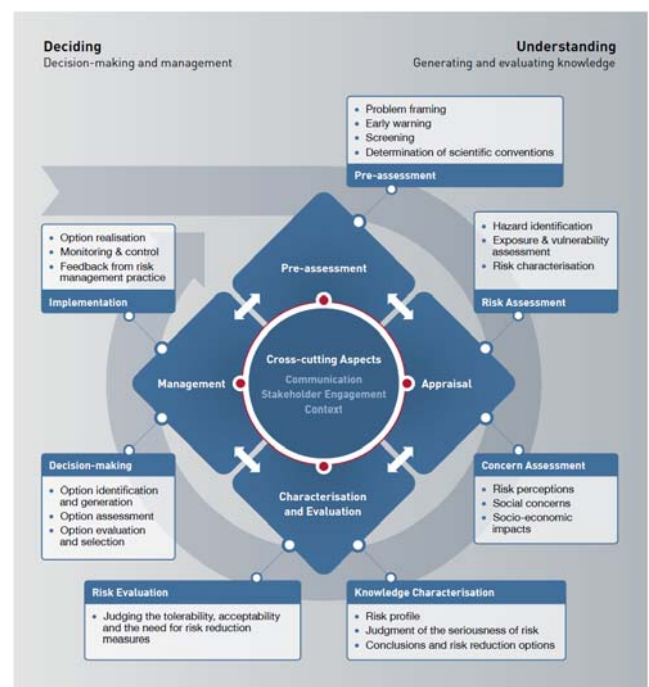


図1 リスクガバナンスの枠組み (IRGC)
(文献1より抜粋)

3. 研究対象地域とこれまでの経緯

本研究の研究対象地域は、京都市山科区安朱学区である。安朱学区は、地域内に土砂災害危険区域や急傾斜地を含む地域であり、著者らのグループはこれまで「IoT を用いた土砂災害に強いまちづくりプロジェクト」として、2018年より、表1に示すような活動を行い、図2に示すようなシステムを導入してきた。これらの活動から得られた知見に

^{†1} 滋賀大学データサイエンス学部
Faculty of Data Science, Shiga University

^{†2} 京都大学 防災研究所
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

については、上山ら（2020）において発表済みである²⁾。

表 1. 安朱学区でのこれまでの活動

2017 年	
7 月 10 日	安朱学区 第 1 回懇談会
2018 年	
3 月 23 日	協定締結（京大防災研，安朱学区，アステム，山科区役所）
4 月 21 日	ペットボトル雨量計作成 WS、地域での計測開始
5 月 17 日	安朱小学校 4 年生ペットボトル雨量計作成
6 月 1 日	安朱小学校 簡易雨量計設置
6 月 2 日	安朱学区 土壌水分計設置（大立寺）
7 月 12 日	安朱小学校 4 年生防災授業
7 月 15 日	安朱学区 第 2 回懇談会
9 月 17 日	安朱学区 かえるキャラバン （講演、ペットボトル雨量計）
12 月 18 日	安朱小学校 4 年生防災講義
2019 年	
3 月 9 日	安朱学区 2018 年度報告会
5 月 12 日	安朱学区 第 3 回懇談会
5 月 27 日	安朱小学校 土壌水分計設置（毘沙門）
5 月 28 日	安朱小学校 4 年生ペットボトル雨量計作成
9 月 16 日	安朱学区 かえるキャラバン （ペットボトル雨量計）
2020 年	
1 月 18 日	安朱学区 第 4 回懇談会

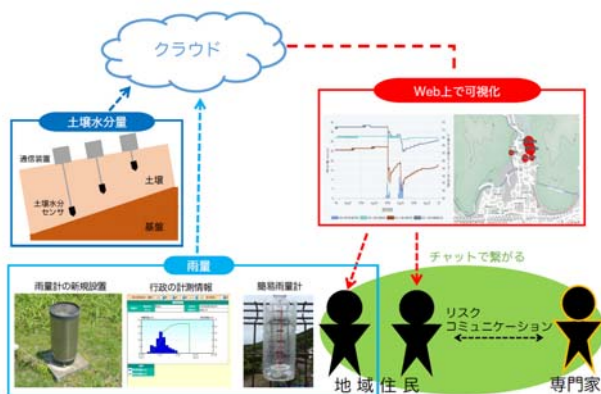


図 2 開発してきたシステムのコンセプト

既発表において、地域へ土壌水分センサの IoT デバイスとして導入することで、地域内での土砂災害に関する新たなデータの提供を可能にした。平成 30 年 7 月豪雨での計測結果とこの経験を基にしたワークショップ（表 1 における第 2 回懇談会）において「総雨量 200 ミリで警戒態勢に入る（自主的な避難所開設）」という地域ルールを作成が行われ、同年の台風 24 号襲来時にはこのルールに基づき、避難所を自主的に開設し、4 名の避難者を受け入れている。このようにこのプロジェクトは既に当初目的とした「自主

避難できる地域コミュニティの実現」には成功している。しかしながら、これで地域防災は終わりではなく、今後もこの行動を継続していくことが求められる。継続的な活動には、これまでの活動の必要性だけでなく十分性が求められることとなる。しかしながら、土砂災害は十分なメカニズム解明がなされておらず、科学的に十分性を証明することは困難である。そこで、ステークホルダーである住民のコンサーンアセスメントを今一度行うことで、これまでの意図的に誘導してきた考慮すべきリスク要因のスコーピングの適切性を示すことを考えた。本報告では、地域で行われたコンサーンアセスメントのプロセスについてアセスメントの結果とともに報告するものとする。

4. 安朱地区でのコンサーンの把握とその対処

4.1 憂慮事項把握の為のヒアリング

2020/11/18 に安朱学区の住民により構成される地域防災団体のリーダーを務める住民に安朱学区における防災に関する憂慮事項を確認する為にヒアリングを行ったところ「地域の小学校と協力して、平成 30 年台風 24 号襲来時に災害の危険性高まった為、事前に自主的に避難所の開設を行った。その避難所に 4 人の地域住民が避難した。」という話を聞いた。これは平成 30 年 7 月豪雨時に災害の危険性が高まっていたにも関わらず、行政頼りで自主避難が出来なかった事、平成 30 年台風 24 号時に行政から警報等が発令され、避難所の開設が行われる前に自主的に避難所を開設し、避難が行えたという事を踏まえると安朱地区は行政に頼らず自主的な避難を行えるコミュニティと言える。しかし、行政に頼らず自主避難が行えるコミュニティの形成に成功したとしても、以降もそのようなコミュニティが継続可能とは限らない、その為にコミュニティの継続という憂慮事項に対処する為に行った内容を次節より述べる。

4.2 憂慮事項の整理

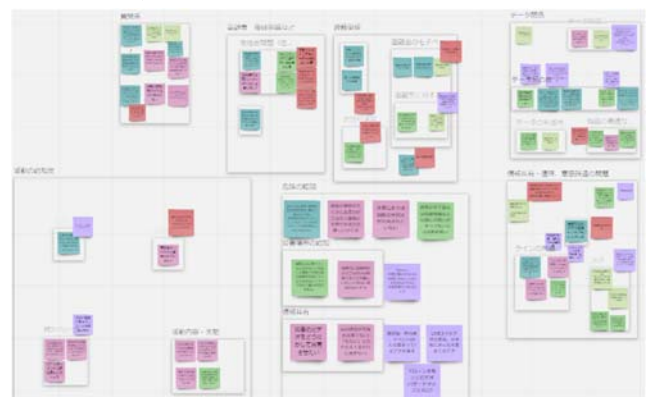


図 3 ブレインストーミングを用いた憂慮事項把握の様子

ヒアリングと現地調査を踏まえ、2020 年 11 月 25 日に京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻の学生と協力し、ブレインストーミングを行い（図 3）、安朱地区の住民が直

面している問題を避難の問題、地域防災団体の後継者問題、現在地区で取得されているデータの問題、活動の認知度の問題、地域に存在する危険の認知に関する問題、情報共有に関する問題に6分類した。その問題の内地域住民のヒアリングの際に意見として頂いた地域に存在する危険の認知に関する問題に特に注力して取り組むことにした。

4.3 憂慮事項の対処

住民からの憂慮事項に対処する為に、2021年1月31日に安朱小学校で、地域住民に対して地域内に存在する危険箇所に関する説明を行う懇談会を行った。参加した住民は安朱地区の地域防災団体に所属する住民11名で、年齢は最も若い参加者でも50代で70代の参加者が最多であった。イベントの目的としては前節のブレインストーミングで住民の憂慮事項である自主避難可能なコミュニティ継続の為に何が出来るかを考えた際に、地域内に存在する危険性を根拠と共に提示し、災害時の自主的な避難の必要性を訴えるというものである。イベントで行った内容は安朱地区の北部の山の斜面崩壊発生箇所を映したドローン映像の上映、地域を流れる安祥寺川の土石流シミュレーション結果の解説、安朱地区の土砂災害警戒区域内の山の斜面の斜度の可視化を行った。イベント終了後にはアンケートを参加者に回答してもらい、イベントに関する意見を求めた。

5. コンサーンアセスメントの手段の説明

5.1 ドローン映像に関して

5.1.1 データ取得の経緯

安朱地区の北部には山道があり、地域住民らが常日頃よりハイキングの為に通っている。その山道を常日頃利用している住民より北部の山に大規模な崩壊と倒木があるという情報が寄せられた。その情報を基に地域住民を交えた現地視察により崩壊箇所の確認を行った。現地視察後、自宅周辺の斜面崩壊後の様子をより多くの住民に見て貰う事で、災害は身近な場所で発生しているという事を把握させ自主的な避難に繋げるという事を検討した。しかし、地域住民の中には高齢で歩いて現場を確認する事が難しい住民がいる事に加え、後述の地点A,B共に地表からは崩壊箇所の様子が十分に確認出来ないという事が課題として上がった。その課題を解消する為にドローンを用いて、崩壊地点の上部の映像を撮影した。その映像を編集し、解説を加え住民へ提供した。

5.1.2 データの説明

2020年10月28日に衛星写真と安朱地区の北部の山に頻繁に登っている住民からの証言に基づき、ドローンを用いて住民が登るのが困難な急斜面で発生した斜面崩壊の形跡等を映した映像を撮影した(図4, 5)。地点Aは地域住民の証言から、地点Bは衛星写真から斜面崩壊の発生した形

跡があると思われる箇所を同定し、それらの地点の周囲の映像をドローンにより撮影した。



図4 ドローンによる調査地点と安朱地区周辺図



図5 ドローンを用いて撮影した映像

従来であれば直接登らなければ確認する事が困難な源頭部で発生した崩壊の形跡を住民に見せ、地点Bの下部に存在する砂防ダムに土砂が溜まり、機能不全に陥っているという事や崩壊箇所の様子を住民に見せ、何故危険であるかという客観的な証拠の提示を行った。

5.1.3 住民からの評価

イベント後のアンケートを行い、回収した回答用紙には、ドローン映像の為に今回のイベントに参加したという住民が複数人見られた。加えて「ドローン撮影に参加できるイベントをお願いします。」「ドローン映像はとても良かったです。私達だけ見るので終わるのはもったいない。小学校4年生だけでなく、5,6年生は勿論PTAの会にもどんどん見て頂きたい。」と言ったような好意的な意見が目立った。

5.2 土石流シミュレーションに関して

5.2.1 データ取得の経緯

先の節で説明した地点A,Bはそれぞれ図4で赤い丸で囲った安朱小学校より直線距離で約1.57kmと約1.96kmと比較的近く、特に地点Bはドローンを用いて撮影された映像から崩壊の規模を加味すると、山道にある住家に影響を及ぼし得ると判断した。その為地点Bで土石流が発生した場合のシミュレーションを行い、どれ程の被害が発生し、どの辺りまで到達し得るかを住民に提示した。

5.2.2 データの説明

このシミュレーションは過去に斜面崩壊の形跡があった調査地点 B 付近から土石流が発生した場合、安朱地区にどのような影響を及ぼすかを推定したものである。表 2 にその結果を示す。

表 2 安祥寺川の土石流シミュレーションの解析結果

解析結果	
平均河床勾配	10°
解析格子	2m×2m
土石流の平均速度	約5.9m/s
最大流動深	5~5.5m
最大堆積深	3~3.5m
到達範囲	約1.4km

5.2.3 結果の考察

結果より流速が比較的遅い為下流域の場合土石流センサの設置があれば逃げる時間が 2~3 分程度確保できる事、発生後に高所への避難も不可能ではないということ、加えて土石流はシミュレーションより住家へは影響を及ぼさない可能性が高いという事が判明した。しかし、住家に影響が無かったとしても安朱地区北部の山道はハイキング客が多く、土石流に巻き込まれて死傷する可能性がある為、土石流のセンサの設置等災害リスクが上昇した際に危険性を周知する防災システムの作成が必要と考えられる。

5.3 安朱地区の斜面の斜度の可視化に関して

5.3.1 データ取得の経緯

本節のデータは 5.1.5.2 の住民の憂慮事項に基づいて取得された物と異なり、2020 年 11 月 18 日の安朱地区での現地調査で土砂災害特別警戒区域の斜面を登った際に調査者自身が感じた憂慮事項を基に作成されている。斜面を登った際、地表から見る傾斜よりも斜面の傾斜が険しく、実際の斜度と感覚との差異が存在する事に加え、地域住民でも斜面に登って傾斜の危険性まで把握している人物は少ないと考えた。その斜度を地域住民が普段使っていると思われる地域内に存在する坂との比較と、頭部に付けたカメラで人の目線に近い高さで斜面内部の様子を撮影し、地域内に存在する斜面の斜度の可視化を試みた³⁾。

5.3.2 データの説明

2020 年 12 月 23 日に安朱地区の土砂災害警戒区域内の映像の撮影を行った。その際より臨場感を高める為頭部にカメラを付け、人の目線に近い高さの映像を撮影した。映像を上映するにあたり、どの地点を撮影しているか把握させる為に位置情報を撮影時に取得しておき、上映時に同時に流すようにした。映像に加えて撮影時の GPS データを用いて安朱地区内の上り坂と土砂災害区域内の斜面の斜度の比較を行い、より住民が斜度を把握しやすいうように試みた。

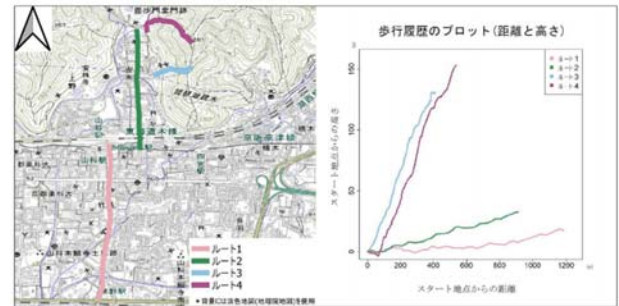


図 6 安朱地域に存在する上り坂と土砂災害警戒区域内の斜度の比較 (文献 3 より抜粋)

5.3.3 住民からの評価

イベント後のアンケートでは「予想以上の急斜面で驚きました」、「斜面のグラフ・・・分りやすかったです。映像も時計や帽子の様子 よく具体的で良かったです。」と言ったような感想が見受けられた。一方で「映像よりグラフのほうが分りやすかったと思う。映像で表現するのは難しそう」というような映像が分かりづらかったと言うような意見が複数見られた。

5.4 安朱地区の斜面の土層深分布図作成に関して

5.4.1 データ取得の経緯

安朱地区には現在 3 箇所土壌の含水率を計測するセンサが設置されている。イベント後のアンケートにて、設置している土壌含水率を計測するセンサの計測箇所 (図 7) を増やしてほしいという要望が住民から寄せられた。しかし、センサのコストやシステムの保守等の問題が存在する為、斜面に大量に土壌の含水率を計測するセンサを設置する事は困難である。故に安朱地区の斜面の土層深の傾向の把握を試み、斜面崩壊が発生した場合の特に危険性が高い箇所に計測センサの設置を行う事にした。

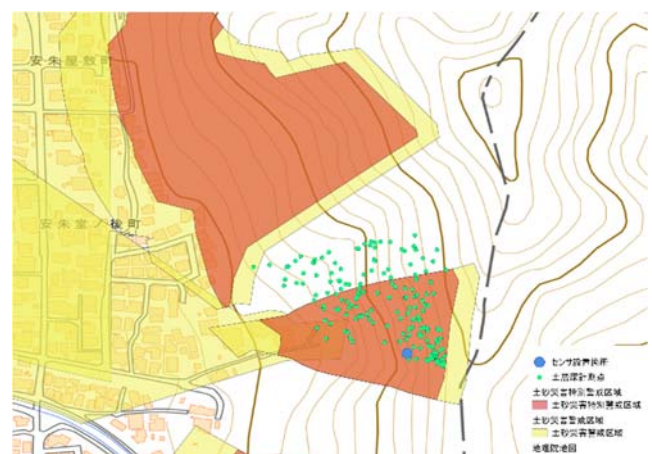


図 7 安朱地区の北部の土砂災害警戒区域と計測点

5.4.2 データの説明

斜面全体の土層の厚さの分布を示す土層深分布図の作成には、複数地点での土層厚の計測が必要になる。それに伴い従来の簡易動的コーン試験ではなく、軽量で持ち運びが

容易かつ短時間で土層の厚さが計測可能な土層強度検査棒通称土検棒を用いて計測を行った。データ計測は目測で5m程の間隔を開けて行った。位置情報の取得には特殊な道具は用いず、スマートフォンのGPS Data と呼ばれるアプリケーションを用いて位置情報の取得を行った。

5.4.3 データの補完

5.4.2 で取得した位置情報を含んだ土層の深さの計測点をSAGAGISの通常クリギングを用い、大立寺裏の土層深分布図の作成を行った。通常クリギングの条件は表3記載の通りである。また、通常クリギングを行った結果を図8に示す。

表3 通常クリギングの条件

TargetGridSystem	
Cellsize	0.000028
Columns	65
Rows	48
Fit	nodes
Kriging	
Logarithmic Transformation	TRUE
Block Kriging	FALSE
CrossValidation	None
SearchOption	
SearchRange	Local
MaximumSearchDistance	0.0005
Number of Points	Maximum number of nearest points
Minimum	16
Maximum	20
Variogram	
PredifinedFunctions	Power($Y=a+b*x^k$)
a	0.400964
b	1.64004
k	0.178898

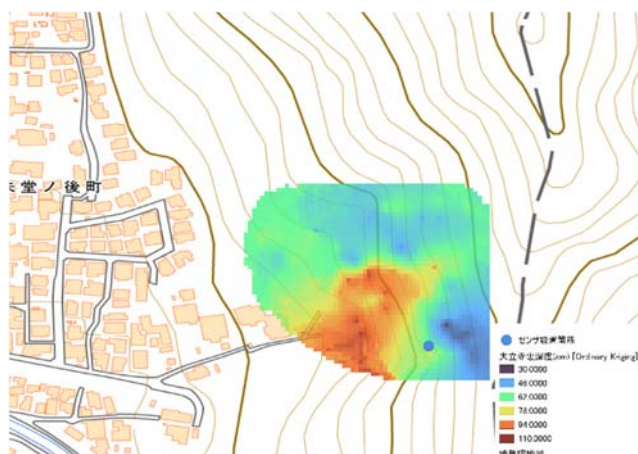


図8 大立寺裏のクリギングの結果

5.4.4 結果の考察

図8は大立寺裏で計測データを用いた通常クリギングの結果と、大立寺裏に設置してあるセンサの位置を示したものである。図より大立寺裏中間部から下部にかけて土層が

深くなっていることが分かる。これは大立寺裏の上部にはセンサが設置してあり、その付近では大きく崩れた形跡が複数箇所見られたことを加味すると、上部の土層が斜面崩壊により崩れたものが下部と中間部に堆積し、それに伴い土層の深さが深くなっていることが原因と考えられる。加えて、中間部は等高線からは明確に谷であると判別はできないが、土層の深さが深い傾向にある事を踏まえると、隠れた溪流で土石流がこの筋より発生し流れてくる可能性がある為警戒を他地点よりも行う必要があると考える。

6. おわりに

本論文では安朱地区に住む住民が直面している問題をヒアリングや現地調査で把握し、それに対してデータサイエンス領域やICTを用いる事で、安朱地区の住民の持つ「自主避難ができるコミュニティの継続」というコンサーンに対して様々な手法を用い、対処を試みた。

今後は地域住民の土砂災害に対する警戒の目安となる情報を、現在安朱地区で取得されている土壌の含水率のデータ、雨量のデータを用い、日時経過による安朱地区での土壌の含水率の変化を示すモデル式を作成し、地域住民の避難促進を目指すつもりである。

謝辞

研究対象としてアクションリサーチに協力いただいた安朱学区、安朱小学校、山科区役所の皆様に感謝申し上げます。また、5.2における土石流の数値シミュレーション結果は京都大学防災研究所の竹林洋史教授より提供いただきました。心から感謝申し上げます。

参考文献

- 1) IRGC, “INTRODUCTION TO THE IRGC RISK GOVERNANCE FRAMEWORK”, 2017.
https://infoscience.epfl.ch/record/233739/files/IRGC_20201729_20An%20introduction%20to%20the%20IRGC%20Risk%20Governance%20Framework.%20Revised%20version..pdf (参照 2021-08-06)
- 2) 上山遥路, 畑山満則, 山内英之, 吉田信明, 和泉志津江, “防護動機理論に基づくIoTを用いた土砂災害関連情報計測システムの評価”, 情報処理学会研究報告, 第151回, 2020
- 3) 伊藤達彦, 寺藤嘉宏, 和田好生, 前田泰輝, “ICTを使った地域防災を考える -問題発見型・解決型学習-”, 2020. <http://www.soc.i.kyoto-u.ac.jp/files/FBLPBL-2020-Fall-hiroi-outcome.pdf> (参照 2021-08-04)