

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

上山遥路¹ 畑山満則¹ 山内英之² 吉田信明² 和泉志津恵³

概要: 自主避難できるコミュニティをつくるために防護動機理論に基づいて、土砂災害に関連する情報を計測するシステムの構築を行った。具体的には、災害の危険性を把握するために地域の気象・環境データを可視化させる。また、そのデータを用いてリスク・コミュニケーションを行い、災害リスク・リテラシーと信頼要因を変化させることで、自主避難できるようにする。本稿では、アンケート分析とインタビューにおいて、提案システムの評価を試みた。その結果、地域住民の防護動機が変化して自主避難できるようになり、さらには、そのような人たちが主導となって地域コミュニティに避難できる体制を整えることで、自主避難できるコミュニティを醸成させることが確認された。

Monitoring System of Information Related Sediment Disaster Using IoT Based on Protection-Motivation Theory

YOJI UEYAMA^{†1} MICHINORI HATAYAMA^{†1}
HIDEYUKI YAMUCHI^{†2} NUBUAKI YOSHIDA^{†2} SHIZUE IZUMI^{†3}

1. はじめに

我が国では、山地が多いため豪雨による土砂災害が例年多数発生している。政府は土砂災害発生危険時に土砂災害警戒情報を発令するが、土砂災害発生の予測は非常に難しく、タイムリーに発令できていない現状である[1]。

このような政府主導の防災の限界が生じている中で、土砂災害から人的被害軽減のためには、災害発生前に避難する早期避難が地域住民に求められる。早期避難を実現した事例を見ると、地域主導で避難を行う自主避難をしているケースが多い[2][3]。そこで、地域住民の早期避難を促すためには、自主避難できるコミュニティをつくるのが有効であり、これを目的とした。

ここで、自主避難できる地域コミュニティとは、片田らによると「防災教育等によって住民に避難を促すとともに、行政からの情報に頼らず、地域住民自らが判断して避難できる体制」と述べている[4]。つまり、自ら避難を判断して行動できる地域住民と地域コミュニティにそのような人を受け入れることができる体制があるという2面が整っている必要がある。そして、自ら避難を判断することは防護動機理論によって説明することができる。

防護動機理論とは、リスク回避・軽減行動を分析するための心理モデルである[5]。柿本らはこの理論をもとに既往研究から個人の減災行動を説明する他の諸要因を抽出し、5つに分類した[6]。そして、害想定深刻さ、災害の危険

性、自己効力感および避難所生活の不快感が高くなれば、避難が促進される確率が高くなることを示している。

そこで、本研究では、地域住民が災害の危険性を理解して自主避難を促すために、IoTを用いて土砂災害に関連する情報を計測するシステムを構築した。そして、本稿の最後には、防護動機理論に基づいて、提案システムの有効性の評価を試みた。

2. 防護動機理論

防護動機理論とは、Rogersによって提唱された健康リスクへの個人の対象行動を説明する理論である。具体的には、リスク回避・軽減行動を分析するための心理モデルであり、脅威評価と対処評価によって「防護動機」が形成されると仮定している。そして、「防護動機」が高いほど「防護行動」を実践するとされている。脅威評価は、深刻さ認知（被害の大きさに関する認知）、生起確率認知（被害の生じる確率についての認知）、外的報酬認知（防護行動を取らないことから得られる他者からの称賛などに関する認知）、内的報酬認知（防護行動を取らないことによる身体的快感や満足感に関する認知）の4つの認知的要因から形成され、それぞれ独立した要因であることが仮定されている。また、恐怖は対処行動同期に間接的に影響を及ぼすことを仮定しているものもある。対処行動とは、反応効果性認知（特定の対処行動を行った場合に当該の被害をどれだけ避けることができるかに関する認知）、反応コスト認知（対処行動を行うことによる金銭的、精神的コストに関する認知）、自己効力感（行動を自身で実行できる自信や見通しなどに関する認知）の3つの要因から形成され、それぞれ独立した要因で

1 京都大学 防災研究所
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Univ.
2 京都高度技術研究所
ASTEM
3 滋賀大学データサイエンス学部
Faculty of Data Science, Shiga Univ.

あることを仮定している。この脅威評価と対処評価によって防護動機が形成されるとするのが防護動機理論の基本的な枠組みとなる。

また、Rippetoe and Rogers は、脅威を感じているが対処行動を取らない場合、人は非防護反応を示し、非防護反応そのものも対処行動の動機であるとしている[7]。防護動機理論と非防護反応の関係性については、多くの研究がなされており[7][11]、非防護反応には当該の危険について考えないようにする思考回避や脅威による危機の可能性を認めない否認、運命だと諦める運命諦観、何とかなると楽観的になる楽観視、どんなに防災・減災に取り組んでも無意味だと思ふなど自然災害に対応すること自体を否定する絶望、祈りを捧げる信仰などが挙げられる。

この防護動機理論をもとに個人の減災行動を説明した研究が存在する。まず、個人の減災行動には、脅威評価の内的・外的報酬認知は応用しない考えがある。内的・外的報酬認知について、減災行動の文脈において、減災行動に必要な(人的・経済的)資源を他の活動に利用することによって得られる内的・外的な報酬と解釈可能であり、反応コスト認知を機会費用の認知と解釈することにより省くことができる[12]。それを踏まえて、柿本らは既往研究から個人の減災行動を説明する他の諸要因を抽出し、[社会人口統計学的要因]、[地理的・空間的要因]、[経験]、[信頼]ならびにコミュニケーションの5つに分類した[6]。

[社会人口統計学的要因]

性別や年齢、子供、高齢者の有無等の家族構成、家屋の所有形態、教育水準、居住年数、配偶者の有無、人種、宗教などが含まれる。こうした要因は、社会階層が個人の減災行動に影響を及ぼすことを示唆する場合もあり、問題視される場合もある。

[地理的・空間的要因]

ハザードの空間的分布、避難所などの防災関係施設の立地場所や居住地に関係する要因である。住民が曝されているハザードやその関心の度合いは居住地によって影響する。

[経験]

経験が個人の減災行動意図や減災行動に及ぼす影響については膨大な研究蓄積がある。被災経験がリスク認知を高めるとする論文は、国内外問わず数多く見られるが、行動意図や実際の行動に結び付くかについては見解が分かれている。

[信頼]

信頼とは、主に政府や専門家への信頼であり、堤防やダムなどの構造的対策や警戒・避難情報の発信などの情報対策の文脈で、それぞれ個人の減災行動に影響を及ぼすことが指摘されている。構造物対策および情報対策への信頼は、どちらも避難遅れを生じさせる原因であると考えられており、住民は政府の構造的対策や情報政策の限界を理解、把握した上で、自ら減災行動をとる必要があることを示唆

している。

[コミュニケーション]

住民が減災行動として何をすべきか知らなかったことがリスク認知と行動のギャップを生じさせた一因である。また、火山災害の文脈においても知識の欠如が個人の減災行動を阻害する一因であることが指摘されている

以下の図は、防護動機理論に基づく減災行動意図と減災行動モデルの枠組みを示している。

これら要因のうち、コミュニケーションに関しては、内容がコミュニケーションは手法であって住民の知識が中核となっている。さらに言うと、情報を受け取る側の情報を正確に読み取る能力が本質であり、これを認知科学分野におけるリスク・リテラシーを指す。

そして、アンケート調査を用いた防護動機理論に基づく避難モデルから、避難経験があり、脅威評価の要因(被害想定)の深刻さ、災害の危険性と対処評価の要因(自己効力感、避難所生活の不快さ)が高くなれば、避難が促進される確率が高くなることを示している。

2.1 リスクリテラシー

リスク・リテラシーとは、楠見によると①リスクに関わる情報をマスメディアなどから獲得し、理解する能力②リスクの低減に関わる政策や対処行動の理解③リスクに関わる意思決定や行動である[9]。リスク・リテラシーは、科学リテラシーの一部である科学的方法論・科学的情報の見方、それと関わるリスク情報を読み取るための数学的リテラシー(ニューメラシー)、そして、新聞、テレビなどのメディアから伝えられた情報を正しく理解し、適切な行動をするためのメディアリテラシーに支えられている。

科学リテラシーとは、科学的知識と批判的思考に基づいて、自然界と科学技術を理解し、証拠に基づいて結論を導く能力である。生活・社会における科学に関わる問題解決、行動を支えている。

ニューメラシーとは、成人の生活において様々な状況の下での数学的な必要性に関わり、対処していくために数学的な情報や概念にアクセスし利用、解釈、そして伝達する能力である[10]。ニューメラシーが高い人は、リスクに関連した数値に注意を払い、よりよく理解し、意味のある情報

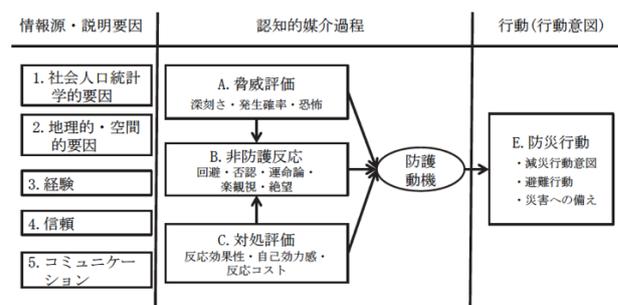


図-1 防護動機理論にもとづく減災行動の枠組み

に変換し、最終的に意思決定に利用する。一方で、ニューメラシーが低い人は、数値以外の情報（例：感情）からの影響を受け意思決定バイアスに陥る傾向がある[11]。この能力は、科学リテラシーと併用して雨量や土壌水分量などの数値を読み取り、リスクの大きさを変化するために必要である。

また、リスク・リテラシーには、食品リスク・リテラシー[12]、放射能リスクリテラシー[13]、環境リスク・リテラシー[14]などの対象領域ごとのリスクリテラシーが存在し、それらを計測する研究がなされている。しかしながら、災害・防災に関するリスク・リテラシーを計測する研究は未だ存在しない。そこで本研究では、災害に関するリスク・リテラシーのことを災害リスク・リテラシーと呼ぶことにする。

3. 研究のアプローチ

上述の通り、災害避難に対する防護動機を高めるためには、脅威評価の要因である被害想定深刻さ、災害の危険性と対処評価の要因である自己効力感、避難所生活の不快感を高くすることが効果的であることが示されている。

災害の危険性に関して、石塚らもアンケート調査を用いて、住民が身近な災害リスクが増大していることを取得するかが住民の避難を促すために重要であると示している。斜面崩壊のメカニズムに応じた情報を可視化して伝えることが避難に対する動機づけになると述べている[15]。

しかし、これまで地域住民に自主避難できるコミュニティづくりを目的としたリスク・コミュニケーションの取り組みの事例では、危険性を把握する情報として雨量や河川の水位など既存の情報をもとに活動をしている。

そこで、これまで見ることができなかった土砂災害に関連する気象・環境データを情報システムにより可視化できるようにする。そのデータを駆使してリスク・コミュニケーションを行うことで、災害の危険性がより具体的に把握できる。すると、地域住民の防護動機が高められ、自主避難を促せられると考えた。

4. IoT を用いた土砂災害関連情報計測システム

4.1 システムのコンセプト

システムを自治体に導入することは、土砂災害危険箇所が全国に指定されているだけでも約 53 万箇所と非常に多くコスト面と、土砂災害発生危険時は人手が足りず運用面から現実的でない[16]。そこで、避難する主体である地域コミュニティが自治体の資金的援助を受けながら導入・運用することを想定する。そのため、システムの導入・運用が安価であることと専門性が少なく地域住民でも行えることに配慮する必要がある。本研究では、システムの導入・運用を安価にするために IoT 技術を駆使する。

ただし、既往の計測システムと比べて、安価であるために簡易な計測になり、計測したデータには多少の誤差が含まれる。そのようなデータでも地域住民が適切に理解して活用するためには、防護動機理論の要因である信頼と災害リスク・リテラシーが重要であると考えた。地域住民がシステムの特徴を把握した上で活用しようという姿勢には、システムの適度な信頼が関係している。また、システムの特徴の把握や計測データを適切に解釈・対応するために災害リスク・リテラシーが関わっているからである。さらには、単なる避難ではなく、自主避難を促すためにも[信頼]と[災害リスク・リテラシー]が重要である。この場合の[信頼]とは、行政への信頼のことを指し、行政依存意識が高いと自らの減災行動を取る可能性が低い。一方、行政依存意識が低くても[災害リスク・リテラシー]が小さければ、いつ、どこに、どのように避難すれば良いか等が分からず避難できないと推察したからである。

それら 2 つの要因を高めるためには、単にシステムを導入するのではなく、導入から活用までのプロセスが重要である。そのため、システム導入段階から地域住民が携わるようにし、システムの特徴の理解やシステムに対するオーナーシップの保持を図る。そして、運用段階では計測データを用いたリスク・コミュニケーションを実施し、災害・避難の知識を共有しながら、数値情報から災害の危険性を理解する能力を養う。

5. システムの概要

提案システムの概要を図-2 に示す。対象とする自然現象を斜面崩壊の中で、ほとんどを占めている表層崩壊とした[25]。表層崩壊の発生する大きな要因に、基盤の上に乗る土壌の中の水分量と現在降っている雨量がある。そこで、計測する地域内の気象・環境データとして、2 種類の IoT デバイス (IoT デバイス A、B) を用いて急傾斜地における土壌水分量と地域内の雨量を計測する。また、地域住民自らが地域内の雨量の計測に取り組む。それら計測したデータをウェブ上で可視化させ、地域住民に提供する。そして、平常時から専門家とチャットツールで繋がり、データを用

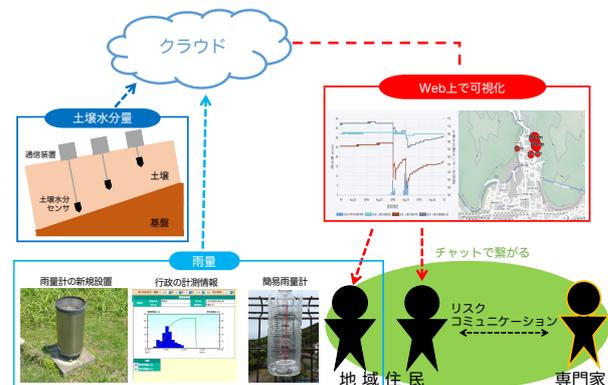


図-2 提案システムのコンセプト

いたリスク・コミュニケーションを実施する。

6. システムの導入

6.1 対象地域の概要

システムの詳細な導入方法・過程は以前の原稿に記している[17]。京都市山科区安朱学区を対象にシステム導入を実施した。安朱学区は JR 山科駅周辺および駅の北側に位置し、山地に囲まれている地域である。その地形的特徴から、急傾斜地や谷筋などといった土砂災害発生危険箇所が存在し、土砂災害警戒区域が 16 箇所指定され、そのうち 12 箇所が土砂災害特別警戒区域である。

なお、システムのコンセプトでは、地域住民がシステム導入に関与するとしたが、導入手法などが試行錯誤中であったために筆者らが全て遂行した。

2018 年 6 月 1 日に調査地 A において IoT デバイス A の設置を実施した。同時に安朱小学校舎の屋上に雨量計を設置し、地域の雨量の計測も開始した。IoT デバイス B は翌年の 2019 年 5 月 27 日に調査地 A、調査地 B に設置を実施した (図-3)。

7. 地域の活動と動向

7.1 活動と動向のまとめ

安朱学区での地域コミュニティとの活動は、2017 年の 7 月から取り組んでいる。表-1 は地域における活動と動向をまとめたものである。中でも、2018 年 7 月 6 日の平成 30 年 7 月豪雨、7 月 15 日の第 2 回懇談会、9 月 30 日の平成 30 年台風 24 号、そして 2019 年の緊急時避難体制の発足が地域にとって大きな活動・動向となったため、以下に詳細を記述する。

7.2 地域住民による雨量計測

地域住民には、簡易雨量計作製ワークショップやカエルキャラバンなどのイベントを通じて、簡易雨量計を作製してもらった。簡易雨量計はペットボトルで作製できるキットを使用した。キットには内ますとペットボトルの外ますに貼るシールが付属しており、ペットボトルがあれば容易に作製することができる。内ますは 20 ミリまでを 1 ミリごとに計測でき、外ますは 20 ミリごとに計測が可能である。



図-3 対象地域のハザードマップ

表-1 対象地域での取り組み

2017 年 7 月 10 日	第 1 回懇談会
2018 年 4 月 21 日	ペットボトル雨量計作製 WS
5 月 17 日	安朱小学 4 年生ペットボトル雨量計作製授業
5 月 18 日	雨量計を設置。5 分間雨量の計測を開始
6 月 1 日	IoT デバイス A を調査地 A に設置。土壌水分量を計測
7 月 6 日	平成 30 年 7 月豪雨
7 月 12 日	安朱小学 4 年生防災授業
7 月 15 日	第 2 回懇談会
9 月 17 日	カエルキャラバン (講演、雨量計作製 WS)
9 月 30 日	台風 24 号
12 月 18 日	安朱小学 4 年生防災授業
2019 年 5 月 12 日	第 3 回懇談会
5 月 27 日	IoT デバイス B を調査地 A,B に設置。計測開始

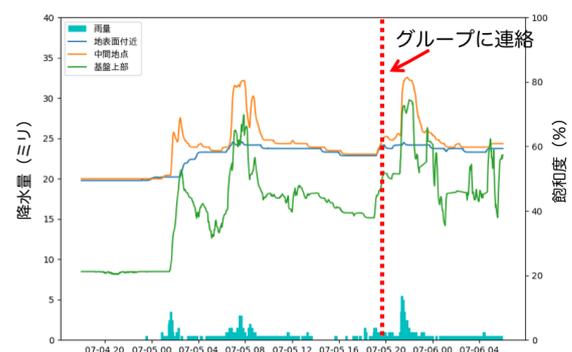


図-4 平成 30 年 7 月豪雨時の土壌水分量の推移



図-5 平成 30 年 7 月豪雨時の住民の様子

それを自宅に持ち帰り、軒先で総雨量を計測してもらい、チャットアプリのグループ、メールもしくはFAXで報告してもらおうように依頼した。

7.3 平成30年7月豪雨

2018年7月5日深夜から6日午後まで総雨量が約260ミリの長期豪雨(平成30年7月豪雨)が発生した。IoTデバイスAに計測した土壌水分量データと雨量データを図-4に示す。グラフを見ると、同じく雨量の増加に合わせて土壌水分量が増加している。また、7月5日8時ごろの降雨量のピークを過ぎた後、約22時までの14時間は小雨もしくは雨が降っていない状況がある。その期間、土壌水分量は緩やかに減少傾向であるが、降雨が始まる初期値まで減少するには至らずに22時ごろの降雨のピークがきて再び土壌水分量は増加している。このことは、土壌水分量が排出しきれずに22時ごろの降雨のピークがきて再び土壌水分量が大きくなっていることが観察できた。

さらには、これまで最大の飽和度が70%であったが、今回は飽和度が80%を超え既往最大になった。7月5日の午後8時ごろに住民が普段から雨量を報告しているチャットのグループで既往最大値を更新したこと、これからさらに降り続く見込みがあることを伝えると自主避難を希望する地域住民が現れた(図-5)。しかし当時、避難所の鍵を持つ自治会防災担当者(以下、防災担当者)はグループに参加しておらず、避難所は開設されなかった。また、地域住民と防災担当者とも区役所に避難に関して問い合わせ、行政依存意識があることが確認された。さらには、水害の恐れのあるときの避難所や自主避難のフローなど避難に関する知識が欠如していることも確認された。

7.4 第2回懇親会

第2回懇談会は、平成30年7月豪雨を受けて7月15日に開催した。内容は大きく分けて、平成30年7月豪雨についてと地域における自主避難に関する議論である。まず、平成30年7月豪雨については、以下のことを説明した。

- 対象地域での総雨量は約259ミリであったこと
- 土壌水分量が下がりきる前に再度激しい雨が降り、既往最大値を更新したこと
- 土壌水分量のデータはそのシステムの特性上、上がり下がり傾向を見たいこと

次に、地域における自主避難に関する議論については、平成30年7月豪雨において判明した以下の地域の問題点を説明した。

- 地域住民の避難に関する知識の不足
- 自治会の防災担当者が地域住民の要望を汲み取れない体制であること
- 地域住民は自主避難を役所主導で行うと認識していること

それらを踏まえて、自主避難の在り方、自主避難の体制を整える必要性を説いた。そして、土壌水分センサが未だ不安定であったために、総雨量200ミリで警戒態勢に入る

ことを決めた。

7.5 平成30年台風24号

平成30年台風21号が激しかったこともあり、防災担当者が主導となって、避難所を自主的に開設した。合計4人の住民が避難した(図-6)。

また、車椅子で生活されている家族がいる人が避難所に訪れ、2階にある和室までどのように連れて行くかを相談した。自治会の防災担当者と学校の校長先生が相談した結果、そのような人たちのために1階にある図書室も開放することになった。

7.6 災害発生危険時における連絡網の構築

自主避難所開設時に地域コミュニティ内の自主避難に関する情報伝達が上手く回らなかった。その経験から、2019年は防災担当者が主導的に災害発生危険時の連絡網の構築に尽力している。

8. 防護動機理論に基づくシステムの評価

8.1 システム評価の概要

土砂災害に関連する情報を計測・可視化するシステムとそれを利用したリスク・コミュニケーションにより、地域住民の「数値情報から危険性を理解する能力」(数値情報理解)を高めることを図った。数値情報理解には自主避難リスク・リテラシーが影響しており、自主避難リスク・リテラシーが高まることで、防護動機の向上に繋がると考えた。

そこで、アンケート調査にて、数値情報理解が自主避難リスク・リテラシーのいずれの構成要素と相関があるのかを確認する。つぎに、プロジェクトに参加した地域住民にインタビュー調査を行い、プロジェクトの参加したことによる変化を聞き出す。



図-6 自主避難所開設の様子

8.2 アンケート調査の実施

アンケートの作成は、楠見・伊川の「ニューメラシーが低線量放射能リスク情報理解に及ぼす影響」を参考にした[13]。この研究は、放射能リスクに関する数値情報を読んでもらい、理解のしやすさを(1:理解にとっても苦勞する～6:理解は容易である)で回答してもらう。同時に放射能リスク・リテラシーも計測し、放射能リスクに関する数値情報理解が放射能リスク・リテラシーのいずれの構成要素との相関が大きいかを求めている。

これらをもとに、自主避難リスク・リテラシーを計測する質問項目は、客観的・[主観的ニューメラシー]は同じテストを引用した。それ以外については、質問内容を上記のものをベースに自主避難に関するものにアレンジした。また、アンケート質問事項に一貫性を保つために回答の選択肢を6段階評定のものを5段階評定に変更した。

2019年12月20日に滋賀大学データサイエンス学部1回生59名、2020年1月18日にプロジェクト参加者15名に対してアンケート調査を実施した。

8.3 アンケートの分析結果

数値情報理解の回答は「理解に苦勞する」を-2、「理解は容易である」を+2まで、主観的ニューメラシーは「得意でない」を-2、「得意である」を+2、メディア・リテラシーは「あてはまらない」を-2、「あてはまる」を+2として数値化した。専門知識も同様に-1から+1までに数値化し、各回答者のそれぞれ能力のスコアは平均値を用いる。また、科学リテラシーと客観的ニューメラシーについては、正答数をスコアとして扱った。

まず、滋賀大学生と安朱学区の全体集計を用いて、数値情報理解と災害リスク・リテラシーの構成要素で相関分析を行った。その結果、メディア・リテラシーとは0.27、専門知識とは0.47、科学リテラシーとは-0.054、主観的ニューメラシーとは0.52、客観的ニューメラシーとは0.42であった。つまり、主観的ニューメラシー、専門知識、客観的ニューメラシーの順に数値情報理解との相関が大きく、3要素とも正のやや相関があるであった。

つぎに、3要素それぞれの数値が高い・低い人と自主避難できる・できない人とでクロス集計をした。その結果が表-2から表-4である。それぞれのスコアの中央値を基準として、数値が高い・低い人を分別した。また、自主避難できる人とは、以下の①もしくは②の人を指す。

①質問項目5「これまで自宅から避難を行ったことはありますか。」を「ある」と回答し、質問項目6「そのとき最も参考にした避難の判断材料」を「今後の予測情報」もしくは「身の回りの異変」と回答した人

②質問項目7「水害発生危険時に自宅から離れる避難ができると思いますか」を「はい」と回答し、質問項目8「そのとき最も参考にすると思う判断材料」を「今後の予測情報」もしくは「身の回りの異変」と回答した人

一方、自主避難できない人は①、②以外の人である。なお、判断材料に「今後の予測情報」、「身の回りの異変」のほかに「行政の情報」を複数回答している人がいたが、どちらかを最も参考にしていないか不明なため、そのような回答は除外している。

それぞれにおいて、カイ二乗検定を行った結果、p値は数値情報理解が0.936、専門知識が0.502、客観的ニューメラシーが0.191、主観的ニューメラシーが0.081であった。したがって、いずれの場合も有意水準5%において有意な差は認められなかった。ただし、サンプル数が少ないながらも主観的ニューメラシーが最も5%有意水準に近く、自主避難ができる人は主観的ニューメラシーが高い人が多い傾向があると言える。

さいごに、滋賀大学データサイエンス学部1回生と安朱学区のプロジェクト参加者の間における主観的ニューメラシーのスコアの差に統計的に有意があるのかt検定を行った。すると、 $t(71)=0.339$, $p=0.736$ であり、有意差はみられなかった。つまり、安朱学区のプロジェクト参加者の主観的ニューメラシーのスコアは、滋賀大学データサイエンス学部1回生と同じレベルである。滋賀大学データサイエンス学部は、ビッグデータを処理・分析して新しい価値を生み出せる人材を育成するための学部である。したがって、確率や図表を扱うことを得意とする学生が多く、一般的な人たちよりも主観的ニューメラシーが高いことが予想され

表-2 専門知識と自主避難についてのクロス集計

	専門知識		合計
	高い人	低い人	
自主避難できる人	12	8	20
自主避難できない人	24	23	47
合計	36	31	67

表-3 客観的ニューメラシーと自主避難についてのクロス集計

	客観的ニューメラシー		合計
	高い人	低い人	
自主避難できる人	12	8	20
自主避難できない人	20	27	47
合計	32	35	67

表-4 主観的ニューメラシーと自主避難についてのクロス集計

	主観的ニューメラシー		合計
	高い人	低い人	
自主避難できる人	14	6	20
自主避難できない人	22	25	47
合計	36	31	67

る。つまり、プロジェクト参加者は一般的な人たちよりも主観的ニューメラシーが高いと言える。

また、プロジェクト参加者 15 名のうち、自宅が土砂災害特別警戒区域の人が 6 名、土砂災害警戒区域が 3 名、どちらも指定されていないが 4 名、わからないが 1 名、無記入が 0 であった。つまり、プロジェクト参加者は土砂災害の危険性に晒されている人が 9 名と過半数を占めている。さらには、そのうち 2 名が過去に自宅に土砂災害の被害を受けている。

8.4 プロジェクト参加者へのインタビュー調査

8.4.1 自主避難所開設についてのインタビュー

プロジェクト参加者で自治会の防災担当者に平成 30 年台風 24 号で自主避難所を開設したことについてインタビューした。その結果、「体育館のような大規模のようなものでなく和室と小規模で済むために、意外と気軽に開けるものであることが分かった。居心地も十分良く、避難所は居心地が悪いというイメージを払拭することが私の課題だ。」との回答が得られた。

同時に、平成 30 年 7 月豪雨時と通常の降雨ときの土壌水分量データを見せると、通常の降雨との数値の大きさ、データ挙動の違いに気づいた。そして、「7 月 5 日の 21 時ごろに自主避難の呼びかけをすればよかったのではないかと話した。

8.4.2 プロジェクト参加者についてのインタビュー

プロジェクト参加者 15 名に対して、2020 年 1 月 18 日にシステムを用いたリスク・コミュニケーションを通じて感じた変化をインタビューした。その結果、以下のような回答を得た。

- 降った雨に対して、これくらいの数値かなと分かるようになった
- 雨に関心を持つようになった
- 雨が降ることが楽しくなった
- 家の周りの状況（河川の水位や倒木など）に気をかけるようになった
- 地域についての知識を共有できるようになった
- 身を守る行動に気をかけるようになった
- みんなで取り組んでいることの安心感がある
- データを使った対応をもっと活発にしたいと思った
- 過去の自然現象とその時の数値が気になるようになった
- 防災に対して理解できた

9. 防護動機理論に基づいたシステムの評価

プロジェクト参加者は、一般よりも[主観的ニューメラシー]が高く、過半数が土砂災害に対して危険性が晒されているところに住んでいる人である。そのような人たちに対して、本システムに携わって土砂災害に関連するデータを提

供すると数値に興味を示し、災害に関する数値情報から危険性を理解する能力が高まったと考えられる。例を挙げると、雨量を住民自らが毎日計測することにより「降った雨に対して、これくらいの数値かなと分かるようになった」というように、雨の激しさとその数値がリンクするようになっている。また、「過去の自然現象とその時の数値が気になるようになった」は、雨の激しさと数値の感覚が掴めたことで、過去に地域に被害を及ぼしたときの数値に視線を向けていると解釈することが出来る。

さらには、平成 30 年 7 月豪雨時に明らかとなった地域住民が避難に関する知識の欠如と行政依存意識が確認された。それらは、懇談会などのリスク・コミュニケーションを通して、「防災に対して理解できた」や「地域についての知識を共有できるようになった」というように災害・防災に関する理解の深化が確認でき、防護動機理論における災害リスク・リテラシーが高まったと推測できる。また、「家の周りの状況に気をかけるようになった」、「身を守る行動に気をかけるようになった」、「データを使った対応をもっと活発にしたいと思った」というような防災に対して意欲的な声があり、行政に対する[信頼]が変化しと考えられる。

以上より、防護動機理論における災害リスク・リテラシーと[信頼]が変化することで脅威評価が変わり、平成 30 年台風 24 号では自主避難を成功に至った。したがって、本システムは自主避難できる地域住民を生み出すことができる。

10. システムを含んだ取り組みの効果

システムを含んだ取り組み全体の効果を時系列的に考察する。

● 平成 30 年 7 月豪雨時

地域住民の避難したい要望を地域の防災担当者が汲み取れない体制であることが判明された。しかし、豪雨の後、防災担当者が雨量報告のトークグループに参加することで、地域住民の要望を聞き取れる体制になった。

● 平成 30 年台風 24 号

自主避難所を実際に開設に至ったものの、また新しい問題が発見された。それは、避難所開設の連絡が上手く伝わらないことと車椅子の避難者の避難場所である。前者については、防災担当者はプロジェクト参加者以外でも参加することができる数居の低いトークグループが必要だと考え、自主的にトークグループの作成と参加の呼びかけをするようになった。このように自主避難できる人は地域における率先避難者であることが多い。また、自ら避難を判断できる人は、地域において率先避難者になることが多い。率先避難者とは、自身が避難行動を取りながら、周囲に避難を促す人である。雨量報告用のトークグループはプロジェクト参加者つまり率先避難者の候補者のみが参加し、平常時からデータの監視を行って異常気象を気づくためのもので

ある。一方で、緊急時連絡用のものは、プロジェクト参加者以外の人も参加しており、率先避難者たちがそのような人たちに対して、避難を呼びかけるために利用するものとした。

車椅子の避難者については、1 階の部屋も開設することで車椅子でも避難できるようにした。車椅子避難者は、車椅子だから避難ができないと思っていたができるようになったという、防護動機理論における対処評価の要因を変化させ、防護動機が高まったと予測できる。

その一方、防災担当者は避難所を開設することが意外と容易であることや避難所の居心地良いというプラス方面の気づきがあった。避難した[経験]によって防護動機理論において避難促進に効果的である対処評価の要因の自己効力感と避難所の不快さが変化して防護動機が高まったと言える。今後の災害発生危険時では、避難行動を積極的に取るようになったと考えられる。さらには、避難所の不快さが避難に対する大きな要因であることに防災担当者自身が気づき、避難所の悪いイメージを払拭する必要があると新たな目標を見つけている。

以上のように、実際に行動することで見つかった新たな課題を解消しながら、地域コミュニティに自主避難できる体制が整えつつある。2 章で記したように自主避難できるコミュニティとは、地域住民が自ら判断して避難できることと地域コミュニティに自主避難できる体制があることの両面が必要である。本研究では、地域住民が自ら判断して避難できるようにシステムを構築し、システムの効果が発揮され、自主避難できる人が存在するようになった。それに伴い、自主避難できる人によって地域コミュニティに自主避難を受け入れる体制が無いことが明らかとなった。それを自主避難できる人たちが主導となって地域コミュニティに避難できる体制を整えるようになる。最終的には、自主避難できる人が率先避難者となって、緊急時連絡用のトークグループで地域住民全体に避難を呼びかける体制が整いつつある。したがって、本研究で提案するシステムには、自主避難できるコミュニティをつくる効果があると言える。

11. まとめ

本研究では、政府主導による防災の限界という背景を受けて、情報システムを駆使して自主避難できるコミュニティをつくる手法の提案をした。それは、防護動機理論に着目し、IoT を用いて土砂災害に関連する気象・環境データを被害の恐れのある場所に住んでいる主観的ニューメラシーが高い人に提供する。平常時からデータの監視やデータを使ったリスク・コミュニケーションを実施することで、数値情報理解や災害リスク・リテラシーが高められ、防護動機の対処評価が変化する。これによって、異常気象に気づくことができ、自主避難を実施するものである。そして、

システムによって自主避難できるようになった地域住民が主体的に地域コミュニティに自主避難できる体制を整える活動に取り組むことで自主避難できる地域コミュニティを醸成させることが確認された。

参考文献

- [1]国土交通省：土砂災害警戒情報の運用成績，2012，
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/dosya/24part1/24-1-shiryos3.pdf>, (参照 2018-08-01)国土交通省：近年の土砂災害被災者の傾向，2012，<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/dosya/24part1/24-1-shiryos3.pdf>, (参照 2018-08-01).
- [2]毎日新聞（2017）,九州豪雨 集落守った独自放送 判断基準は「岩」，
<https://mainichi.jp/articles/20170805/k00/00e/040/221000c>（2018年11月7日取得）。
- [3]財）砂防・地すべり技術センター：平成9年7月島根県平田市の布施川で発生した土石流災害と警戒避難の実態，土砂災害の実態，1997，pp.43-44.1998
- [4]片田敏孝，金井昌信：土砂災害を対象とした住民主導型避難体制の確立のためのコミュニケーション・デザイン，土木技術者実践論文，Vol.1, pp.106-121, 2010
- [5]Rogers, R. W. : A protection motivation theory of fear appeals and attitude change, *The Journal of Psychology*, Vol. 91, pp. 93-114, 1975.
- [6]柿本竜治，上野靖晃，吉田 護：防護動機理論に基づく自然災害リスク認知のパラドックスの検証，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol. 72, No. 5(33), pp.51-63, 2016
- [7]Rippetoe, P. A. and Rogers, R. W. : Effects of components of protection-motivation theory on adaptive and maladaptive coping with a health threat, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 52, pp. 396-604, 1987.
- [8]Hodgkins, S. and Orbell, S. : Can protection motivation theory predict behavior? A longitudinal test exploring the role of previous behavior, *Psychology and Health*, Vol. 13, pp. 231-251, 1998.
- [9]楠見 孝：科学リテラシーとリスクリテラシー，日本リスク研究学会，Vol. 23(1), pp.29-36, 2013
- [10]国立教育政策研究所：成人スキルの国際比較：OECD 国際成人力調査（PIAAC）報告書，明石書店，2013
- [11]Peters et.al : Numeracy and Decision Making, *PSYCHOLOGICAL SCIENCE*, Vol. 17, No. 5, pp. 407-413, 2006
- [12]楠見 孝，平山るみ：食品リスク認知を支えるリスクリテラシーの構造，日本リスク研究学会第 21 回年次大会発表予稿論文集，pp. 15-19, 2008
- [13]楠見 孝，伊川美保：ニューメラシーが低線量放射能リスク情報理解に及ぼす影響，第 13 回認知心理学会発表論文集，p.4, 2015
- [14]山崎 新：環境疫学情報のリスクリテラシー，京都大学学術出版会，2012
- [15]石塚久幸，和田滉平，宮島昌克：被災地域へのアンケートに基づく土砂災害における避難を促進する情報に関する基礎的研究一和歌山県那智勝浦町にて一，土木学会論文集 F6（安全問題），Vol. 69, No. 2, pp.127-134, 2013
- [16]国土交通省：全国における土砂災害警戒区域等の指定状況，2018，<http://www.mlit.go.jp/river/sabo/sinpoupdf/jyoukyou-1803312.pdf>, (参照 2018-08-01)
- [17]上山遥路など：自主避難を目的とした地域コミュニティで運用できる IoT 土砂災害関連情報計測システム，情報処理学会研究報告，第 150 回，2019