

山間集落における住民参加型斜面計測・モニタリングシステムの構築に関する研究 —福井市高須町の事例

○小山倫史¹・近藤誠司¹・小林泰三²・芥川真一³・佐藤毅⁴・中田勝行⁵・下嶋一幸⁶

¹関西大学社会安全学部・²立命館大学理工学部・³神戸大学大学院工学研究科・⁴アサノ大成基礎エンジニアリング
⁵オフィスひもろぎ・⁶テクニカルシンク

1. はじめに

中山間部の集落は、土砂災害の警戒区域に指定されている場所が多く、土石流や地すべりなどの土砂災害のリスクも高い。また、住民の少子高齢化が進み、平素から脆弱性が高まっている集落も多い。こうした集落の地域防災力の向上のためには、各地区内の「共助」、各個人の「自助」を中心に地域防災を「日常化」する必要がある。そのためには、住民が身の回りの斜面災害リスクを正しく認知し、行政からの情報などの「公助」に過度に依存することなく、どのように斜面災害リスクと向き合うかについて専門家を交えて議論し、住民が自らで検討する必要がある。本研究では、福井市高須町において、地域防災活動の日常化を図るべく、住民を対象としたヒアリング調査および専門家による現地踏査の結果をもとに崩壊危険度の高いと考えられる斜面に観測機器を設置し、住民自らが危険箇所を監視するのみならず、斜面の変状を定量的に把握する仕組み、すなわち「住民参加型斜面計測・モニタリングシステム」の構築を試みる。

2. 福井市高須町の概要

福井県福井市にある高須町を調査・計測対象とした。高須町は、福井市の中心部から北西に約20km離れた高須山（標高438m）の中腹に位置する農村集落であり、世帯数38戸、65歳以上が44人（69人中）と約64%を占める限界集落である（2019年6月現在²⁾。なお、65歳以上が人口の50%を超える集落を「限界集落」と呼び、中でも65歳以上が人口の70%以上を占める集落は「危機的集落」と呼ばれる。集落内の活動は比較的盛んであり棚田オーナー事業や小学校の農業体験等の活動を行っており福井市の中山間地域モデル集落に選定されている³⁾。高須町に通じる道路は2本のみであり、道幅約4m程度の狭い市道である。標高200m程の比較的高地に位置する高須町の道路は、斜面に囲まれた山林道路であり斜面崩壊などの発生により寸断され、地区全体が孤立する可能性がある。また、図-1に示すように、町全体が大きな地すべり地形の中にあり、急傾斜地に関する土砂災害特別警戒区域や警戒区域も集落のあちこちに存在し、一部は土石流危険区域に指定されている。実際に、集落に通じる生活道路や地区内の林道、田畑の崩壊が度々発生しており、近年の集中豪雨の発生頻度の高まりを受けて、住民の一部で危機意識が高まってきている。

高須町の集落付近の地質は新第三系の荒谷層が主であり、その岩相は、凝灰質の砂岩、泥岩、シルト岩が主体であるが、その基底と中部に安山岩火砕岩を、また、局所的に流紋岩軽石火山礫凝灰岩～凝灰岩を挟む⁴⁾。

3. 住民参加型斜面計測・モニタリングの考え方

住民参加型斜面計測・モニタリングシステムの構築にあたり、考慮すべきポイントとして以下の3つが挙げられる。

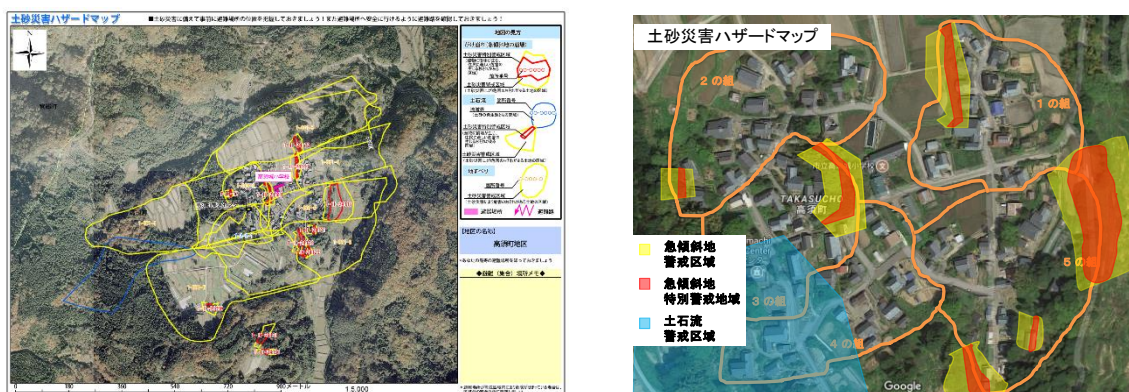


図-1 高須町の土砂災害ハザードマップ

A study on the development of citizen participation-type measurement and monitoring system for sediment disaster in Takasu-cho, Fukui, Japan

Tomofumi Koyama¹, Seiji Kondo¹, Taizo Kobayashi², Sinichi Akutagawa³, Takeshi Sato⁴, Katsuyuki Nakata⁵, Kazuyuki Shimojima⁶
(¹Kansai University, ²Ritsumeikan University, ³Kobe University, ⁴Asano Taiseikiso Engineering, ⁵Office Himorogi, ⁶Technical Think)

KEY WORDS: Slope measurement/monitoring, On-Site Visualization, Citizen participation, Disaster prevention activities

すなわち、1) 可視化、2) 日常化、3) 主体的関与である。まず、「可視化」とは、危険度の「見える化」のことであり、専門知識を有しない住民でも計測・モニタリングの原理を理解できる簡易な観測機器を用い、住民に斜面の危険度をわかりやすい形で示すことである。次に「日常化」とは、防災訓練のように定期的に行うというのではなく、住民自らが日常から斜面計測・モニタリングを行うことで、日常とは異なる斜面の「異変」に気付くことである。そのためには、住民自らが日常から無理なく斜面計測・モニタリングを行えるように簡易な計測・モニタリングの方法を提案するとともに、斜面計測・モニタリングという行為をいかに日常生活の一部として紛れ込ませる工夫が必要である。最後に「主体的関与」とは、より多くの住民が日常的な斜面計測・モニタリングに主体的に関わることで、「自助」を意識するとともに防災意識を高めていくということである。なお、日常とは異なる斜面の「異変」に気付いた場合には、防災情報を一方的に受信する側であった住民が、逆に情報を発信する側にもなりうることを意識する必要がある。

4. OSV 計測機器を用いた危険箇所の監視

4.1 計測機器の種類および計測原理

計測・モニタリングにあたり、高価で精緻なものでかつ専門的知識が必要とするものではなく、住民自らが日常的に計測・モニタリングに関わり、日常とは異なる「異変」に気付くということを目的とした低コストで簡易かつ視覚的に優れた計測機器である「OSV (On-Site Visualization) センサ」^{5),6)}を採用した。OSV センサは、計測対象物に変化が生じた瞬間に変化を視認でき、任意変状をリアルタイムで可視化できる装置である。本研究では、1) 筒状の装置を斜面に設置し、傾斜の変化に応じて先端の光の色が変化する傾斜計 (曙ブレーキ工業社製のポケットに入るサイズの発光型傾斜計、Light Emitting Inclination Sensor/POCKET、以下「POCKET」と表記する)、2) 斜面に鏡を設置し、定点から鏡を覗き、見える景色に変化があるとその斜面に異変が起きていることを確認できる「SOP (Single Observation Point)」⁷⁾、3) 斜面崩れの恐れがある斜面に棒を一直線に立て、定点から見ると棒が一直線上に1本に見えるが、斜面に変化が生じると棒が数本に見える「見通し棒」の三種類を採用した⁷⁾。電力を使用しない「見通し棒」および「SOP」は基本的にメンテナンスフリーであるという特徴を有する。以下に個々の観測装置の概要について述べる。

(1) POCKET (ポケットに入るサイズの発光型傾斜計)

「POCKET」とは、固定傾斜計と光デバイスを合体した装置であり、設定した基準に応じて頭部の色に変化する。今回の計測では、擁壁の傾斜や斜面の傾斜を計測する位置に配置し、装置の頭部で発光する色を観察することで計測場所の安全性を確認する方法を採用した。電源として、通常、乾電池を使用するが、今回の計測においては、電源交換の手間を無くすとともに長期間計測を可能にするため、ソーラーバッテリーを利用する自己発電型の機構に変更した。なお、POCKETは、本体内部にデータ収録機構を内蔵しており(1時間ピッチ、データ容量約1.5ヶ月程度)、計測結果の収集を行えば、発光による監視以外に傾斜データをデジタルデータとして保管・管理できる。

(2) SOP

SOP (Single Observation Point) は、鏡(反射鏡)を利用して形状変化を視覚的に捉える方法である。計測の方法は、変状を起こさない安定した場所に光源を設置し、さらにその光を同じく安定した場所から計測者が視覚確認する。初期段階での計測地点の鏡は、計測者が鏡に映った光を視認できるように方向を調整する。計測地点が変状を起こし鏡が回転や移動した場合、鏡の中の光源の画像は、初期状態から動く。そのことから、計測者は、計測地点の変状を視覚的に把握することができる。さらに、変状が大きい場合、反射光は、鏡面からはみ出てその画像が見えなくなる場合もある。なお、理論的には計測者と鏡の距離、鏡と光源の距離などから鏡の回転角などを計測可能であるが、鏡の角度調整や計測点間距離などの現場調整によって、計測結果評価に技術を要する。そのため、今回の計測においては、計測者が専門知識を有しない住民であるため、光が動いたか否かという観点で監視・モニタリングを行うことにした。

(3) 見通し棒

「見通し棒」は、覗き窓を取り付けた基準ポールと変位を計測する観測ポール(数本)を一直線上に並べ、基準ポールからの見通しで観測ポールの動き(ずれ)を確認するという方法である。すなわち、斜面や路肩の変位が発生すると、観測ポールが倒れたりずれたりするため、基準ポールからの見通しが一直線でなくなり、住民が視覚的に斜面や路肩の変状に気付くという仕組みである。なお、観測ポールの挙動を定量的に把握する場合は、設置当初の取り付け位置を測量しておき、変位が発生した際に再度測量を行うことで定量的に変位量を確認できる。

4.2 高須町内の OSV 計測機器の設置場所

住民へのヒアリング調査および地盤工学の専門家による踏査の結果⁷⁾により、危険箇所と判断した箇所(高須町へのアクセス道(市道)沿いの斜面で2地点、農道沿いの斜面1地点、小学校の裏の崖、住宅の裏の急斜面3地点)について、計測機器の設置を行った(図-2参照)。今回選定した6地点の計測箇所の位置は中の①~⑥で示す。

(1) 市道沿いの谷側斜面の変形監視(①)

本計測箇所は、生活道路となっている市道であり、道路幅4m以下の舗装道路は、山側の擁壁と谷側の斜面崩壊が懸念されている。そこで、市道谷側の路肩部にポールを用いた計測装置を設置した(写真-1参照)。路肩は、谷側斜面の天端

近くに位置しており、斜面の変形によりこの部分が崩れ道路を寸断する可能性がある。計測位置の道路線形は直線に近い
ため、ポールの通りを見通すことができると考え、ポールによる通り計測方法を採用した。なお、観測ポールは路肩に設
置しているガードレールの支柱に取り付けた。ただし、斜面変位の影響を受けてはならない基準ポールは、斜面から外れ
た場所であつガードレールの支柱から離して設置した。斜面の変形計測は、基準ポールに設置した覗き窓から実施し、観
測ポールの通りが直線を保持しているかどうかを計測する。

(2) 市道沿いの谷側擁壁の変形監視 (2)

市道のカーブ部 (上記①の市道の延長) で谷側の擁壁天端はすでに谷側に倒れ込むように変形しており、舗装道路も一
部ひび割れが生じていることから、計測機器を設置した (写真-2a~e 参照)。設置場所は、カーブ部であることから観測
ポールのような通りを見通す計測はできないため、ここでは、SOP による変状計測を行うことにした。計測場所は、比較
的広いカーブの路肩に設置し、そこから反射鏡 (ミラー) を視認できるようにした。計測板の中心部には直径 5mm 程度
の覗き穴を設置し、計測者は、この覗き穴を通し、ミラーに映る計測板の赤と黄色の表示を確認する。設置時は、覗き穴
を覗くとミラーに計測板の表示が映るように調整している。計測板の背面には覗き穴を中心にして放射状に変位確認線
を描いており、擁壁に変位が発生した場合、覗き穴からどれくらい目をずらしたらミラーに映った表示板が確認できるか
を計測する。なお、計測板背面に引いた変位確認線は、そのときのズレの方向と距離を計測する目安である。

(3) 棚田付近の斜面変形計測 (4)

棚田は、高さ 4~5m の高さの高台にあり、高台から急傾斜の斜面が続いている。近接する家屋は、その斜面に沿うよ
うに建っており、そこに居住する住民は、棚田斜面の崩壊を懸念している。また、ヒアリング調査においても町内の危険
箇所として認識されている (図-1 参照)。そこで、棚田の斜面の変形計測は、SOP を用いて実施することにした。棚田下
の家屋に近い畦道を選び、そこに SOP 用の鏡 (反射鏡) を 3カ所設置した。SOP に用いる光源 (小型の LED ライト) と
計測点は小学校のプール横および棚田下の家屋の脇にそれぞれ設定し、3 箇所のうち 2カ所の反射鏡に映る LED 光につ
いては小学校のプール横に設置した計測点から、残りの 1カ所については棚田下の家屋の脇から確認できるように反射
鏡の角度を調整した。写真-3a~d に初期設定状態の計測点と反射鏡の平面的な位置関係や計測場所の全景を示す。計測
は、光源位置に LED ライトを設置し反射鏡の光が視認できるかどうかを確認する。計測精度は、計測点から反射鏡まで
の距離が 70m 程度あるため、反射鏡の角度変化が約 0.05 度 で光源がミラーに映らなくなる程度である。住民の計測は、
反射鏡に映る光が見えるかどうかを記録することにした。

(3) 農道沿いのブロック積み擁壁、小学校体育館背面のブロック積み擁壁および住宅背面斜面の変形監視 (3, 5, 6)

農道沿いのブロック積み擁壁は、かつて転倒破壊が発生した場所である。転倒破壊後、擁壁天端より上の斜面は地盤改
良により強度の増大が図られているが、過去に崩壊があった場所であること、道路奥には個人の畑や棚田があり、少ない



図-2 高須町内における OSV 観測機器の設置場所



写真-1 「見通し棒」を用いた変形計測の様子

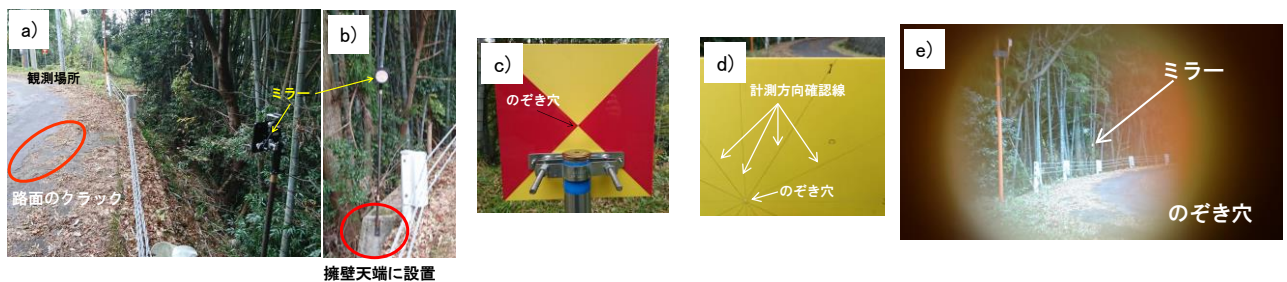


写真-2 市道における SOP を用いた変形計測の様子, a) 擁壁の様子, b) ミラーの設置状況, c) 計測板前面, d) 計測板背面, e) のぞき穴からのミラーの監視状況見通し棒」を用いた変形計測の様子

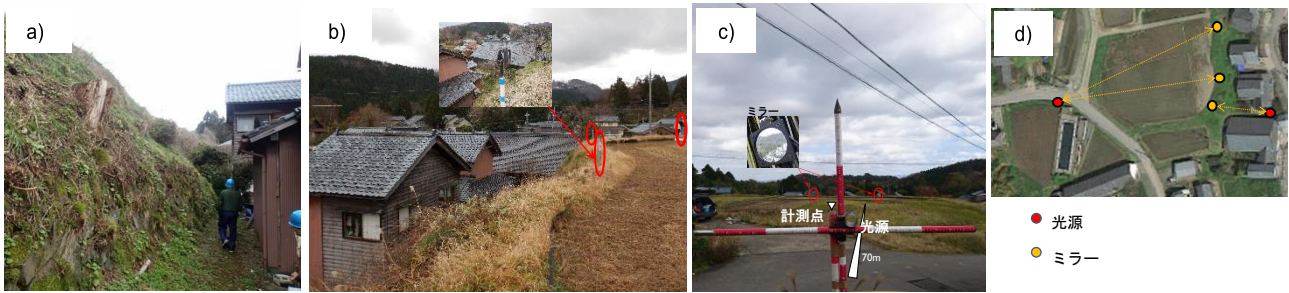


写真-3 SOP による棚田付近の斜面の変形計測の様子，a) 民家裏の棚田斜面の様子（住宅側からみた様子），b) 同（棚田側からみた様子），c) 計測点とミラーの位置関係，d) SOP 計測の概念（平面図）



写真-4 POCKET による斜面の変形計測の様子，a) 農道沿いのブロック積み擁壁（③），b) 小学交体育館背面のブロック擁壁（⑤），c) 住宅背面の斜面（⑥）

ながらも人通りがある場所であるため，計測箇所として選定した（写真-4a 参照）。町内唯一の小学校は現在廃校状態にあるが，その体育館は住民の集会場所として使用されている。さらに，災害発生時には一時的な避難場所に使われる可能性もある。現在，体育館の裏にはブロック積み擁壁があり，擁壁より上部は自然の斜面が迫っている。擁壁には常時地下水が漏水している状況が見られ，斜面に流れる地下水の漏出場所になっている。体育館と擁壁の離隔が 1.5m 程度であるため，降雨時の出水と擁壁の崩壊などにより，体育館が被害を受ける恐れが考えられる。そこで，体育館に沿ったブロック積み擁壁の変形を計測することにした（写真-4b 参照）。

町内には，住宅の背面に高さが 2 階建ての屋根を越える斜面があり，過去の降雨により，斜面が崩れ土砂が家に流入した箇所がある。そこに居住する住民は斜面崩壊を懸念していることから，この斜面を計測箇所として選定し，居住する住民を中心に斜面の変形を計測できるようにした（写真-4c 参照）。

これらの計測箇所については，擁壁および斜面の変形を計測するため POCKET を用いた傾斜計測を行うこととし，3 地点の計測箇所とも太陽光パネルを利用し計測器の電源を確保した。POCKET は，傾斜により計測器頭部の光の色が変化しているため，それぞれの擁壁や斜面に変位が生じた場合，その色によって状況を視覚的に判断することができる。今回，POCKET の点灯色は，傾斜角の変化がない場合は緑色，傾斜角が 0.2° ， 0.4° 変化するとそれぞれ黄色，赤色となるように設定した。なお，設定した色と角度の閾値については，過去の斜面崩壊実験結果⁸⁾を参考に設定した。なお，発光色の変化を住民が確認した場合，別途斜面傾斜の計測や測量を行い斜面の異常を照査することとした。なお，小学校体育館背面のブロック積み擁壁は，奥行きが長いので，POCKET を 3 カ所設置した。

5. 観測体制の構築および観測結果の記録方法の確立

5.1 計測機器設置当初の観測体制⁷⁾

2017 年 11 月中旬にすべての OSV 計測機器の設置が完了し，11 月 26 日に町内の自主防災組織のメンバー（自治会長，自警団長，組長）向けに計測機器の使用に関する説明・見学会を実施した⁷⁾。計測・モニタリングの体制（計測者や計測頻度など）については，専門家から指示や要望はせず，自主防災組織のメンバーに決定していただいた。決定した当初は，月に一度の計測であれば，自主防災組織のメンバーおよび防災班の責任者ですべての計測機器に計測機器設置からついて無理なく，十分管理できるという見通しであった。しかし，実際は，ほとんど計測・モニタリングは実施されておらず，計測・モニタリングの体制はほとんど機能していないという状況であった。この要因として，「決められた人間が決められたときに計測・モニタリングを行い記録する」という方法では，任された人にとっては，防災活動の一環とはいえ，新たに余計なタスクが課されたこととなり，最初のうちは取り組んでいても徐々に負担に感じるようになり，モチベーションの低下やマンネリ化を招くことになることが挙げられる⁷⁾。

5.2 住民を対象とした戸別訪問調査（第 2 回）

OSV 計測機器の設置および自主防災組織のメンバーへの説明会の後，2018 年 6 月 24 日には福井市の防災訓練とあわせて，住民向けに斜面観測・モニタリングに関する説明および見学会を実施し，住民参加型斜面計測・モニタリングの意

図を住民にお伝えした。その後も定期的に高須町を訪問し、計測・モニタリングの状況を確認するとともに、住民からのヒアリングもあわせて実施し、現状の計測・モニタリングの問題点・課題の抽出を行った。

特に、2018年10月12～13日に実施した戸別訪問調査（第2回）では、在宅していた9名から回答を得ることができた。その際、「簡易観測機器に関しては、POCKET、見通し棒は観測の方法も容易で視覚的にわかりやすいが、SOPは計測の原理は分かるものの扱いがよくわからない」、「斜面観測・モニタリング自体が）本当に役に立つのかまだ実感がわかない」といったネガティブな意見も聞かれたが、一方で、観測活動に使命感と喜びを見出していた80歳代の女性もいた。降雨のたびにSOPで自宅裏の崖を観測しており、その行為を「孫に自慢している」との証言を得た。新たに与えられた役割に対して、きわめてポジティブな意欲を示している好例であるといえる。また、集落には毎週2回、生活協同組合の移動販売車が小学校前に訪れる。そのタイミングにあわせて観測するようにしている住民もいた。このように、町内の住民の行動パターンや生活のリズムをより詳細に把握することで、上記以外にも犬の散歩や畑仕事のついでに機器のそばを通るときに観測機器を見るといったように日常生活の中で無理なく斜面観測・モニタリングに関わることができる住民が少なからずいるということがわかった。また、これらの変化を観察するかぎり、将来的に住民主体の観測体制が根をおろし、「習慣づけ（日常化）」できるポテンシャルがあることもわかった。

5.3 ICカードリーダーを用いた観測記録の管理

観測結果の記録方法については、機器設置当初は手書きの計測記録台帳を「計測記録台帳への記載が煩雑である」といった意見も聞かれたりことから、より多くの住民が日常的に高頻度で計測・監視が行えるよう大幅な簡略化を図る必要があった。そこで、ICカードおよびカードリーダーを用いた観測記録の管理を検討した（図-3a, b 参照）。観測に当たっては、全てのOSV計測機器において、観測者が観測結果として「異常なし」あるいは「異常あり」のICカードをOSV観測機器のそばに配置したカードリーダー（株）システムギアダイレクト製）にかざすこととした。なお、小学校裏に設置したPOCKETについては、3機のうち1機でも黄色あるいは赤色を表示した場合、「異常あり」とすることとした。ICカードは次節で述べる「高須あんしん感測隊」（日常とは異なる斜面の異変を感じ取ってもらうという意味を込めて「観測」ではなく「感測」という言葉を用いた）の構成メンバーに配布するとともに、感測隊の構成員以外の住民が観測できるように、計測機器のそばにもICカードを配置した。ICカードには12桁のIDが刻印されており、カードのIDと配布・配置先を対応付けることで、観測記録（「だれ」が「いつ」計測をしたのか）を蓄積・管理できるようにした。なお、ICカードおよびカードリーダーを用いた観測結果の記録は2019年4月27日から開始した。今後、観測記録の収集および分析を行い、斜面計測・モニタリングの「日常化」、「主体的関与」にどのように繋げていくか検討する必要がある。

5.4 「高須あんしん感測隊」の結成

5.2節で述べたとおり、高須町内には、日常生活の中で無理なく斜面観測・モニタリングに関わることができる住民が少なからずおり、そのような住民に斜面計測・モニタリングにおいて中心的な役割を担っていただくこととした。具体的には、先述の80歳代の女性、高須町内の事情を熟知している民生委員の女性、自宅裏に斜面があり計測・モニタリングに興味を示された女性など、計4名の女性を構成員とする「高須あんしん感測隊」を結成することとした。上記の4名の女性には、5.3節で述べた個人用のICカード（「異常なし」と「異常あり」の二枚一組）を常時持ち歩いてもらい、町内に設置した計測機器のそばを通った際には、斜面の観測を行い、ICカードリーダーを用いて観測結果を記録してもらうこととした。なお、2019年4月27日に、「高須あんしん感測隊」の結成・任命式を高須町集落センターにて行い（写真-5参照）、構成員の4名の女性には、ICカード、任命状、「高須あんしん感測隊～3つの心得」とともにカードリーダーの取り扱いマニュアル（図-3c, d 参照）を配布し、現地にて斜面観測方法および観測結果の記録方法の確認を行った。

5.5 「手作り新聞・たかすいかす」による防災情報の伝達

本研究では、危険斜面の計測・モニタリングとあわせて、住民の防災意識や地域防災力の向上を目的として、月1回程度の頻度で、学生が中心となって「手作り新聞・たかすいかす」を発行し、住民に配布している（2019年6月末時点で第15号まで発行）。「たかすいかす（高須の知恵を生かすという語呂合わせ）」では、防災活動に関連する記事のみならず、高須町の魅力や地域に根づく生活の知恵といった情報もあわせて掲載している。図-4に2019年6月発行の第14号、および第15号の紙面を示す。第14号では、「高須あんしん感測隊」任命式の様子や斜面の安全確認の方法について、第15号では、小学交体育館背面のブロック擁壁に設置したPOCKETの説明および観測方法についてそれぞれ記事にした。

今後、他のOSV観測機器（SOPや見通し棒）についても同様に掲載し、多くの住民に認知していただき、計測・モニタリングに主体的に関与できるよう促したいと考えている。

6 まとめ

本稿では、福井市高須町において、OSV計測機器を用いた住民参加型斜面計測・モニタリングシステムの構築に向けた取り組みを紹介した。OSV計測機器により斜面の危険度の「可視化」については実現ができたものの、「日常化」、「主体的関与」については依然として課題であり、より多くの住民が日常的に計測・モニタリングに取り組んでもらえる環境や



写真-5 「高須あんしん感測隊」任命式の様子



図-3 a) ICカードおよびカードリーダー、b) 「高須あんしん感測隊」3つの心得、c) ICカードリーダーの取り扱い説明書。



図-4 「手作り新聞・たかすいかす」2019年6月第14号および第15号の紙面

仕組みの更なる整備が必要であると考え。また、住民が日常とは異なる異変に気付いた場合には、専門家とのコミュニケーションを密にするとともに、斜面の変状を定量的に計測する方法にシフトする必要がある。今後、「高須あんしん感測隊」の活動状況を見守るとともに、「手作り新聞・たかすいかす」による防災情報の伝達が住民の防災意識や地域防災力の向上にどのように寄与するのかについて定量的な分析を進め、最終的に「住民参加型斜面計測・モニタリングシステム（高須モデル）」の確立を目指していきたい。

参考文献

- 1) 矢守克也：増補版〈生活防災〉のすすめ—東日本大震災と日本社会、ナカニシヤ出版、2017
- 2) 福井市 HP：「福井市人口統計」（<http://www.city.fukui.lg.jp/sisei/tokei/jinko/jinkoutoukei.html>、2019年6月20日閲覧）
- 3) 辻祐介・川本義海・上村祥代：過疎集落における共助型地域輸送活動に関する研究—福井市高須町を対象として—、第42回土木計画学研究発表会、土木計画学研究・講演集、42、講演番号42（CD-ROM）、2010
- 4) 鹿野和彦・山本博文・中川登美雄・駒澤正夫：福井地域の地質、地域地質研究報告5万分の1地質図幅 金沢(10)、独立行政法人産業技術総合研究所、地質調査総合センター、第47号、NJ-53-12-16、18-4、2007
- 5) 芥川真一：光源や光路に工夫して変状を可視化する方法、土木技術、第72巻、9号、pp.94-98、2017
- 6) OSV研究会 HP：<http://www.osv.sakura.ne.jp/index.html>（2019年6月20日閲覧）
- 7) 小山倫史・近藤誠司・小林泰三・芥川真一・佐藤毅・中田勝行・下嶋一幸：山間地域における住民参加型斜面監視・モニタリングシステムの構築、第61回地盤工学シンポジウム発表論文集、論文番号5-2、pp.151-158、2018
- 8) 豊澤康男・伊藤和也・Tamarkar S. B.・有木高明・国見敬・西峰敦志・大久保智美：高精度の傾斜計を用いた斜面崩壊の動態観測・崩壊予知システムの開発、労働安全衛生総合研究所特別研究報告、NO.35、pp.91-106、2007