

## 住民の防災意識および地域防災力の向上のための住民参加型斜面計測・モニタリングシステムの構築 — 福井市高須町の事例

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

<sup>1</sup> 関西大学社会安全学部・<sup>2</sup> 立命館大学理工学部・<sup>3</sup> 神戸大学大学院工学研究科・<sup>4</sup> アサノ大成基礎エンジニアリング

<sup>5</sup> オフィスひもろぎ・<sup>6</sup> テクニカルシンク

### 1. はじめに

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中山間部の集落では、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。こうした集落の地域防災力の向上のためには、単に普及啓発活動をすれば十分というものではなく、集落内の生活力を考慮した住民参加型の持続的なアプローチを探索する必要がある。著者らは、福井市高須町において、視覚的に優れた低コストで簡易な OSV 観測機器を導入し、専門的な知識を持たない住民が危険斜面を計測・監視し、住民が日常とは異なる異変にいち早く気付ける仕組み（以後、「住民参加型斜面計測・モニタリングシステム」と呼ぶ）を構築し運用してきた<sup>1)</sup>。なお、住民参加型計測・モニタリングシステムの構築にあたり、①住民が斜面の危険度を容易に認識するための「可視化」、②住民が日常的に計測・モニタリングに取り組む「日常化」、③一人でも多くの住民が主体的に計測・モニタリングに関わる「主体的関与」を3つの重要なポイントとして念頭に置き、さまざまな方策がとられている<sup>2)</sup>。本論文では、住民参加型斜面計測・モニタリングシステムの構築・運用後に実施した住民に対するヒアリング調査の結果および観測記録の分析結果をもとに、住民自らが斜面計測・監視に関わることが、「自助」、「共助」の観点から高齢住民の防災意識の変容や日常的な地域防災活動の確立による地域防災力の向上にどのように寄与するのかについて考察する。

### 2. OSV センサを用いた斜面計測・モニタリングの概要<sup>1)</sup>

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」<sup>3),4)</sup>を採用した。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(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)」, 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」

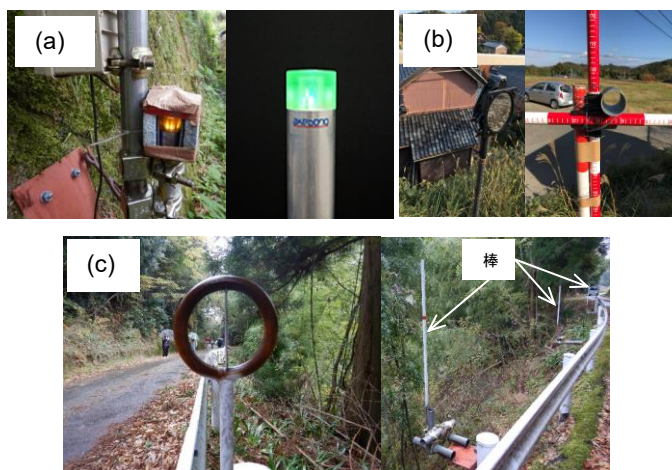


写真-1 OSV 観測機器, (a) POCKET, (b) SOP, (c) 見通し棒



写真-2 高須町内における OSV 観測機器の設置場所 (Google Map に加筆)

A study on the development of slope measurement/monitoring system for residents to improve disaster prevention awareness and local disaster prevention capability – An example of Takasu-cho, Fukui, Japan

Tomofumi Koyama<sup>1</sup>, Seiji Kondo<sup>1</sup>, Taizo Kobayashi<sup>2</sup>, Sinichi Akutagawa<sup>3</sup>, Takeshi Sato<sup>4</sup>, Katsuyuki Nakata<sup>5</sup>, Kazuyuki Shimojima<sup>6</sup>

(<sup>1</sup>Kansai University, <sup>2</sup>Ritsumeikan University, <sup>3</sup>Kobe University, <sup>4</sup>Asano Taiseikiso Engineering, <sup>5</sup>Office Himorogi, <sup>6</sup>Technical Think)

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

の三種類を採用した(写真-1 参照)。なお、高須町内に設置した OSV 計測機器の設置場所について写真-2 に示す(写真中の①, ②, ④に POCKET, ③, ⑤に SOP, ⑥に見通し棒をそれぞれ設置した)。OSV 機器の設置場所の詳細については紙面の都合上、文献 1)に譲る。

### 3. 住民の「主体的」かつ「日常的」な斜面計測・モニタリングに向けた方策

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向けに計測機器の使用に関する説明・見学会を実施するとともに、集落の「役付き」の男性(自治会長, 自警団長, 防災班の班長)に計測を依頼し、1 年ほど状況の変化を待ったが、取り組みの輪は広がらなかった。そこで、2019 年 4 月 27 日から、観測活動のタイムスタンプを誰でも残せる IC カードリーダーを導入するとともに、70 歳以上の高齢女性 4 名を「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)に任命し、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。写真-3(a), (b)に「高須あんしん感測隊」の結成式の様子、IC カード・カードリーダーおよびこれらを収納するために各計測地点に設置したポストをそれぞれ示す。また、学生が中心となり、おおよそ月 1 回程度の頻度で、「手作り新聞・たかすいかす」を発行し、住民に配布している(2020 年 7 月末時点で第 24 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。なお、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取り上げた(図-1 参照)。住民から紙面に観測機器の扱い方をもっと掲載してみてもどうかという能動的なアイデアもいただいており、今後、他の OSV 観測機器についても同様に掲載し、計測・モニタリングに主体的に関与できるよう促す予定である。

### 4. 「高須あんしん感測隊」結成後の OSV 機器の観測状況

2020 年 4 月 27 日～2020 年 7 月 16 日までに IC カードリーダーに残された記録をもとに観測地点ごとの計測・モニタリングの状況について述べ、住民の斜面計測・モニタリングへの取り組み状況を分析する。なお、IC カードリーダーには「いつ」、「誰が」観測を実施したのかが記録されている。

#### 4.1 市道沿いの谷側斜面の変形監視(①)

市道沿いの「見通し棒」(写真-2 中の①)では、自警団長、前自治会長を中心に週 1～2 回程度の定期的な観測が継続的に行われており、これまで変状・異常は確認されていない。また、まとまった降雨があった場合、降雨後に確認が行われていたこともあった(例えば、2019 年 7 月 27 日など)。その間、IC カードリーダーが故障した期間(2019 年 8 月)があったが、代替機により週 1～2 回程度の定期的な観測は継続されていた。

#### 4.2 市道沿いの谷側擁壁の変形監視(②)

市道沿いの擁壁に設置した SOP (写真-2 中の②)においては、設置当初は観測地点のボード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こととしており、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た。しかし、擁壁の傾斜や沈降に伴う変位が進行し、設置当初の覗き穴の位置からはミラーに映った表示板が確認できず、明らかに設置当初と見え方が異なることが報告された。2020 年 12 月 17 日時点では、写真-4 に示すように、覗き穴から真下に 30～40 cm 程度低い位置からミラーに映った表示板を確認することができる。専門家による測量を実施した結果、数 mm 程度の擁壁の沈下や傾斜に伴う変位の進行や舗装のひび割れの開口が確認された。以上のことから、本計測箇所においては、日常とは異なる



写真-3 高須あんしん感測隊の結成および観測記録の管理、(a)結成式の様子、(b)IC カードとカードリーダーおよび各計測地点に設置した収納用ポスト



図-1 「手作り新聞・たかすいかす」2019 年 6 月第 15 号の紙面

「異変」に気付くための計測から、変位量を定量的に把握するための計測に移行した。すなわち、住民が簡易に変位量を定量的に計測できる方法として、舗装のひび割れ計測用の鋺（3側線、それぞれ3か所）および見通し棒（2方向）を新たに設置した（2019年9月13日に設置完了、写真-5(a), (b)参照）。また、擁壁の変位を定量的かつ視覚的に捉えるためにレーザー距離計および照射板を設置した（2019年12月17日に設置完了、写真-6(a), (b)参照）。これらの新たに設置した機器に対する観測体制については、基本的に自治会長が定期的に観測を行うこととし、記録の方法については、変状の進行の有無のみならず変位量を記録する必要がある、ICカードリーダーと記録台帳の併用を検討中である。また、2020年6月10日より新たに固定傾斜計を擁壁に設置し、専門家によるリアルタイムモニタリングも併せて開始した（写真-7参照）。新たに設置した計測機器の配置を図-2に示す。

#### 4.3 農道沿いのブロック積み擁壁の変形監視（③）

農道沿いのブロック積み擁壁に設置したPOCKET（写真-2の③）では、前自治会長を中心に週1~2回程度の定期的な観測が継続的に行われていた。また、まとまった降雨があった場合、降雨後に確認が行われていたことも確認されている（例えば、2019年7月27日など）。2019年8月31日まで「変状あり」と「変状なし」が混在していたが、後のヒアリング調査により、カードを2枚重ねてタッチしていたことが判明し、記録方法を再度確認した。また、これまでに住民が変状・異常を察知したということはないことも確認した。POCKETはデータ収録機構を内蔵しており、1時間ごとに傾斜のデータを記録しており、収集した擁壁の傾斜データを分析したところ、これまで傾斜の値が閾値（ $0.2^\circ$  および  $0.4^\circ$ ）を超えることはなかった。なお、角度の閾値については、過去の斜面崩壊実験結果<sup>9)</sup>を参考に設定した。

#### 4.4 棚田付近の斜面変形計測④

棚田、プール横のSOP（写真-2中の④）では感測隊メンバー2名を中心に週1回程度の観測が行われていた。しかし、観測者により「変状（異常）のあり・なし」の判断が分かれており、鏡の見方、「変状あり」の判断の統一が必要である。2019年7月中旬以降観測が行われておらず、後のヒアリング調査で、「鏡に当たる光を確認することが難しい」、「計測方法・変状ありの判断が難しい」、「プール横の畦道は高齢者にはアクセスが困難である」などの意見が聞かれた（写真-8参照）。70m先に設置した鏡がわずかに動いても観測地点では大きく鏡の見え方が変化するため、SOPを用いた長距離観測の限界とも考えられる。一方、棚田下の住民である感測隊員は、自宅横から棚田を見上げる形で定期的に高頻度の観測（ほぼ毎日確認している月もあった）を行っており、記録もノートに記述する形で詳細に残されていた（写真-9参照）。これまでのところ、斜面に変状や異常は確認されていない。

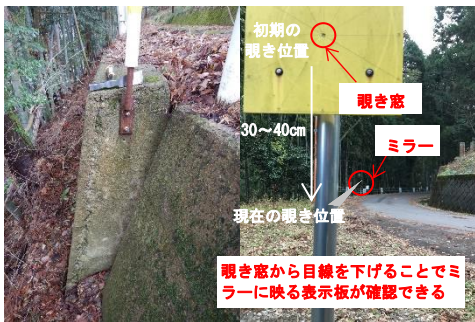


写真-4 傾斜・沈下が進行する市道沿いの擁壁とSOP

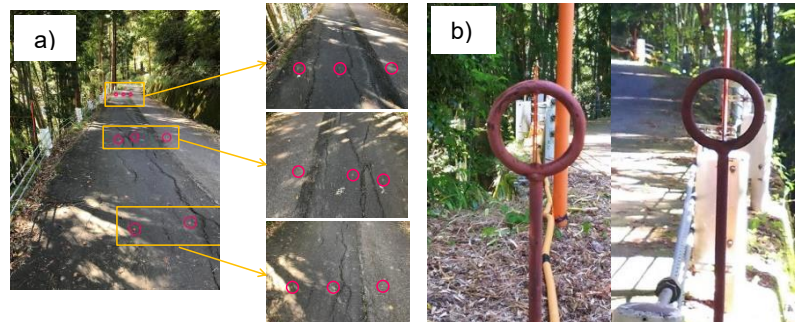


写真-5 新規追加の計測機器、(a) ひび割れ計測用の鋺、(b) 見通し棒



写真-6 簡易かつ定量的な計測のための計測機器、(a) レーザー距離計、(b) 照射板



写真-7 傾斜計とデータロガー

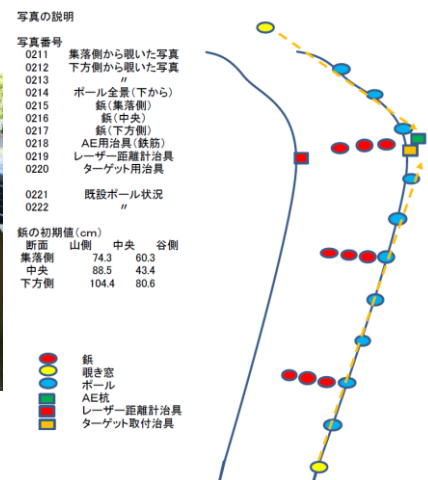


図-2 新たに設置した計測機器の位置

#### 4.5 小学校体育館背面のブロック積み擁壁の変形監視 (⑤)

小学校裏のPOCKET (写真-2中の⑤)は、感測隊メンバー2名を中心に週1回程度の観測が行われていた。2019年5月21、28日の観測において、3ヶ所の設置のうち真ん中の1つが「変状・異常あり(黄色)」と記録されていた。機器の分析をしたところ、5月20日の11時に0.2°(黄色を点灯する数値)を超え、6月2日に傾斜がさらに0.05~0.1°増大したことがわかった(図-3参照)。高須町で独自に設置している気象観測の結果によると、5月19~20日にかけて、降雨は観測されておらず、最大瞬間風速10m/s以上の強風が吹いており、強風による揺れや折れた木の枝が接触するなどしたことが変状の原因であると考えられる(図-4参照)。6月2日の13時40分にも、約0.1°程度傾斜が変化しているが、この時は、降雨も強風も観測されていない。6月22日に専門家が擁壁や側溝などを詳細に調査し、斜面の異常や変状がないことを確認した。その後、斜面の異常は観測されていないが、9、10、11月には配線が動物にかじられ断線していた(計測機器が故障しているという異常は住民により記録されていた)。その後、獣害を防ぐための対策(例えば、配線をカバーで覆うなど)を施し、復旧したものの度々電気系統(太陽光発電用パネルからの電力の供給など)の故障などに見舞われており、観測記録は9月28日を最後に長期間途絶えていたが、2020年2月に2回、3月、6月、7月にそれぞれ1回ずつ観測記録が残されていた。ヒアリング調査において、そばを通るたびに小学校裏のPOCKETを確認しているという住民は多いが、ICカードで記録を残すというところまでいっていないことがわかった。

#### 4.6 住宅背面斜面の変形監視 (⑥)

住宅裏のPOCKET (写真-2中の⑥)は感測隊メンバーによる2~3日に1度(週に2、3回程度)と高頻度な観測が継



写真-8 柵田・プール横のSOPの様子

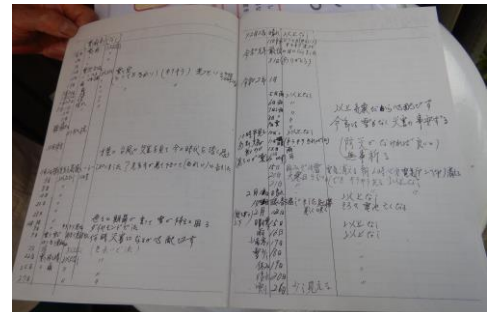


写真-9 感測隊員による観測記録

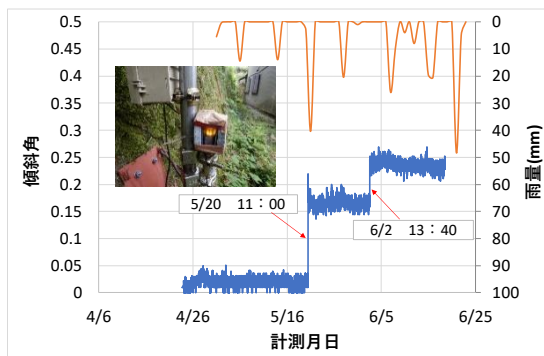


図-3 小学校裏のPOCKET(真ん中のもの)の計測記録



図-4 気象観測装置の記録(2020年5月20日11時頃)

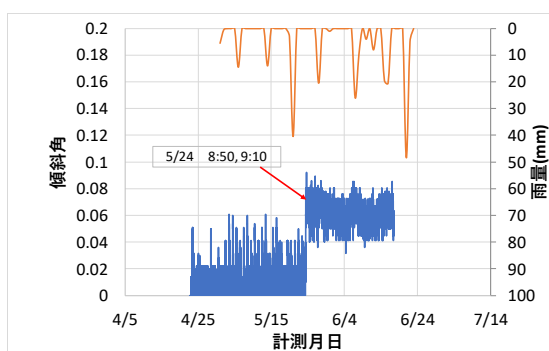


図-5 住宅裏のPOCKETの計測記録

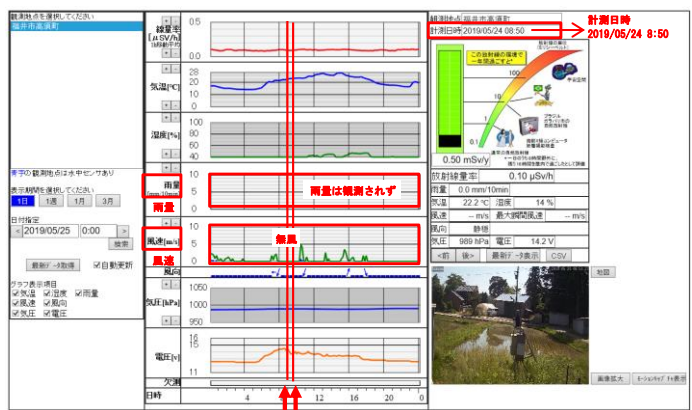


図-6 気象観測装置の記録(2020年5月24日9時頃)

続的に行われている。観測開始当初は IC カードの 2 枚重ねにより記録が混在するケースが度々あったが、これまで斜面の変状や異変は確認されていない。一方、POCKET に内蔵のデータ収録機構で収集された傾斜データを分析したところ、これまで傾斜の値が閾値（ $0.2^\circ$  および  $0.4^\circ$ ）を超えることはなかったものの、2020 年 5 月 24 日の 8 時 50 分および 9 時 10 分に約  $0.1^\circ$  傾斜の変化が確認されている（図-5 参照）。この時の気象観測装置の計測結果をみると、降雨・強風ともに観測されておらず、動物の接触などが考えられる（図-6 参照）。

## 5. ヒアリング調査

2019 年 11 月 2 日～3 日に、高須町の町民に対し、防災意識や、観測機器に関しての意見、日頃の取り組みの現状について聞き取り調査を実施し、計測機器が身近にあること、あるいは斜面の計測・監視に関わることによって防災意識にどのような変化があるのかを検証した。

### 5.1 住民対象の聞き取り調査結果

訪問面談方式で 17 世帯 17 名の方から回答を得ることができた（ただし、定住している総世帯数は約 40 である）。回答者は 70 代、80 代で半数を占めており、50 代以下は 1 名のみであった（詳細な内訳は、50 代以下が 1 名、60 代が 5 名、70 代が 8 名、80 代が 3 名である）。

観測機器を設置したことを知っている人は、17 名中 15 名おり、「高須あんしん感測隊」が結成されたことを知っている人も 14 名いた（図-7 参照）。観測活動の参加具合に関しては、17 名中 12 名が「機器を使って観測してみたことがある」と答えた。そのうち 9 名は、IC カードリーダーを使って一度はタイムスタンプを残していた（図-8 参照）。また、どのような機会に観測しているか尋ねると、「自宅から畑に向かう道中にあるため観測が習慣になっている」、「台風直後や強風の次の日に心配になり観測した」、「誘われて観測した」などの回答があった。観測活動の感想を聞くと、「最初は新しいものに対する違和感で、面倒に感じていたけど最近は習慣化した」、「土砂崩れや田んぼの水が心配なので、この取り組みをすることによって安心する」というポジティブな意見がある一方で、「観測しても動きがない」、「異変がないことが続くばかりなので、だんだん意識も下がってくる」、「今は責任感が強い人だけがやってくれている面がある」、「自分の家のためなら動けても、集落のために動くというのは難しい」という、モチベーションの低下を懸念する意見も出された。

一方、OSV を導入した住民参加型の斜面観測活動に対する評価は、17 名中 16 名が肯定的であった（図-9 参照）。「この取り組みは続けて欲しい」、「観測することで安心する」、「良いことだと思う。一番怖いことは崖崩れなので、その危機情報をキャッチ出来るから」などの声が寄せられた。すでに「異常をキャッチしたらどこに通報したらよいのか」といった具体的な質問も住民から出ており、浸透度・認知度が高まる中で、着実に防災意識が向上しているものと考えられる。

### 5.2 高須あんしん感測隊員の聞き取り調査結果

感測隊員 3 名には、隊員としての活動による意識変容などを確認した。まず、「防災力」の変化があったか尋ねると、

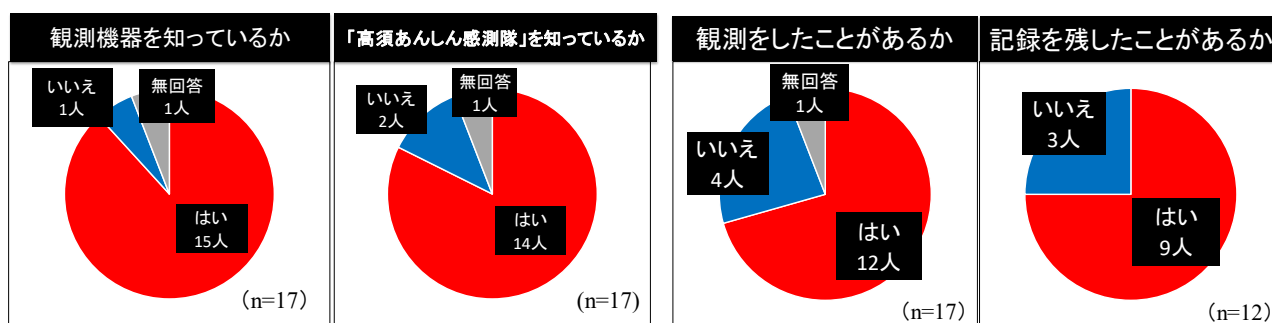


図-7 観測機器の認知度

図-8 住民の観測活動への参加の程度

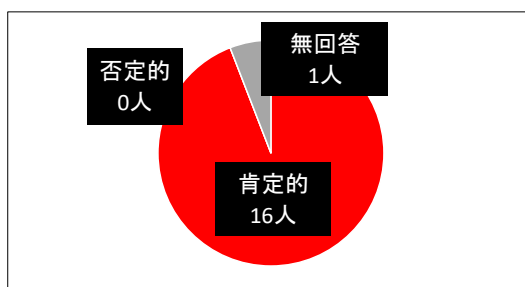


図-9 観測活動の日常化に対する評価（質問：日頃から観測することについての評価は？）

3名全員が1年前と比べて「高まった」と回答した。「日常的に観測することで防災力が上がっている」と答えた人もいて、観測活動に手応えを感じていることがわかった。しかし、「感測隊の活動のことを誰かに話したり尋ねられたりしましたか」という質問に対しては、「話題にはならない」、「通りかかった時に観測機器の使い方を教えているが、感測隊のことを聞かれたことはない」とのことで、まだ注目度はさほど高くないようである。ところで、観測機器が故障した際には、即座に感測隊員同士で連絡を取り合っていたことがわかった。以上のことから、「感測隊」として任命することで、使命感・責任感が芽生える効果があったのではないかと推測される。

今後の展望に関して、「もっと若い人をリクルートしなければ」という意見や、「自宅裏の斜面に危険を感じるため、観測機器を増設して欲しい」という提案もあり、この点からしても、防災意識の高まりを確認することができた。

## 6. まとめと今後の課題

OSV 観測機器の導入により、町内の斜面崩壊の危険度をわかりやすい形で可視化するとともに、住民が日常的にかつ主体的に観測に関与できる仕組みとして、「高須あんしん感測隊」を組織し、IC カードリーダーの導入による観測記録の簡素化を図った。また、「手作り新聞・たかすいかす」を発行し、斜面防災に関する活動の様子について取り上げることは、住民の斜面計測・モニタリングに対する認知度の向上に大きな役割を果たしている。その結果、住民が協力をして斜面計測・モニタリングを日常的にかつ定期的実施している様子が見えてくる。しかし、棚田付近の SOP では、観測方法や異常・変状の有無の判断が住民にとって難しいといった問題が提起され、観測そのものが停止してしまっている。また、小学校裏の POCKET では、観測機器が獣害や電気系統の故障などに度々見舞われ、住民の目に触れる機会は最も多いが、観測記録が残されていないといった課題がある。POCKET のように電気を使用する計測機器は、落雷、断線や電力供給部分の不具合などが発生するため、定期的にメンテナンスを行う必要がある。将来的には、メンテナンスにかかる費用や労力の観点から、メンテナンスフリーの計測機器とすることが望ましく、SOP や見通し棒は電力を一切使用しないという点で有利であるといえる。SOP による長距離計測については、鏡の大きさを大きくするなどして見やすくするとともに、容易に変状の有無が判断できるような工夫が必要である。

「感測隊」を組織したことによって、隊員の団結力が向上する副次的な効果を認めることができたが、しかし集落全体でみると、観測を“人任せ/隊員任せ”にする逆機能が起きていることも見出せた。また、異変が起こらない状況が続くため、近い将来には飽きてしまうことが懸念される。これらの打開策として、住民の観測活動を後押しする催し、例えば、観測活動に熱心な人を表彰することを企画するなど、この体制を補強する施策が求められる。そして理想としては、全住民が感測隊員となって OSV による日常的な観測が“特別なことではなくなる”ほどに定着するとよいだろう。そのためには、今後、OSV 機器のユーザビリティを増す際にも、もっと住民の声を聴きフィードバックするなど、協働性を高めていくことが必要かつ重要である。

謝辞：本論文の内容は、「地盤工学会関西支部 斜面災害のリスク低減に関する研究委員会 部会3：技術情報の普及と教育」で取り組んできたものである。関係各位に深甚な謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 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。Kansai Geo-Symposium 2019 —地下水地盤環境・防災・計測技術に関するシンポジウム—論文集, pp. 155-160, 2019
- 2) 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
- 3) 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
- 4) OSV 研究会 HP : <http://www.osv.sakura.ne.jp/index.html> (2020年7月25日閲覧)
- 5) 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