

## 加悦重要伝統的建造物群保存地区における斜面防災モニタリング

The Monitoring system for Slope Failure in Kaya which is an area of important preservation districts groups of traditional buildings

石田優子<sup>1</sup>・深川良一<sup>2</sup>・酒匂一成<sup>3</sup>・吉原大貴<sup>4</sup>

Yuko Ishida, Ryoichi Fukagawa, Kazunari Sako and Daiki Yoshihara

<sup>1</sup>立命館大学 理工学研究科総合理工学専攻 博士課程後期課程 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

Doctoral Program, Ritumeikan University, Graduate School of Science and Engineering

<sup>2</sup>立命館大学教授 理工学部都市システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

Professor, Department of Civil Engineering, College of Science and Engineering, Ritumeikan University

<sup>3</sup>立命館大学准教授 グローバル・イノベーション研究機構 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

Associate Professor, Global Innovation Research Organization, Ritumeikan University

<sup>4</sup>立命館大学 理工学部都市システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

Student, Department of Civil Engineering, College of Science and Engineering, Ritumeikan University

Kaya; “an area of important preservation district groups of traditional buildings” is surrounded natural with risks from natural disasters. We evaluated the risk of slope failure in Kaya by a bibliographic survey and a reconnaissance survey. The Kaya area does not have a risk of catastrophic damage resulting from slope failure but there is the possibility of small-scale slope failure. Mount Tenjin in the Kaya area has basic causes of slope failure such as topography, geology and weathering. Therefore, we monitored rainfall at Mount Tenjin to issue a warning against slope failure. During the initial 6 months we clarified the impact of winter weather on the monitoring system.

**Key Words :** Rainfall gauging, slope failure, monitoring system, risk assesment

### 1. はじめに

京都府北部、丹後半島基部付近に位置する与謝郡与謝野町加悦は、「丹後ちりめん」で栄えた製織町として平成17年7月22日に京都府第7番目の重要伝統的建造物群保存地区に選定された。京都西陣の撚糸技術に加えて独特の風合いのある「しぼ」をもったちりめんは江戸時代に考案されて広がり、加悦においても明治から大正時代にかけて次々と縮緬工場が建てられている。地区内の「ちりめん街道」沿いは、数は激減したものの現在も稼動する製織工場や伝統的な木造建築物、昭和初期の反映ぶりを伝える商家の洋館や医院などが建ち並び、閑静な集落を成している。加悦の位置を図1に、航空写真を図2に示す。北には山田断層を有し、周辺の山系を溪流とする野田川水系により発達した沖積平野南部の加悦谷に位置し、冬に降水量の多い山陰型気候などの風土を持つ加悦は、豊かな自然に恵まれる一方、様々な自然災害リスクも抱えている。本研究は、加悦重要伝統的建造物群保存地区(以下、加悦伝建地区)を土砂災害から守るために、降雨に起因する表層崩壊を対象とした現地雨量観測によるモニタリングシステムの構築と過去の崩壊事例等を元に表層崩壊リスク評価を行うものである。



Yahoo map に加筆

図1 加悦位置図(広域)

## 2. 加悦伝建地区における表層崩壊誘因および素因

### (1) 過去の自然災害

表層崩壊は地形や気象等を発生要因とすることから、同じ地域で繰り返し発生することが多いため、過去の災害を知ることは防災、減災にとって重要である。以下に文献調査結果と考察をまとめる。

#### a)地震

加悦では近畿、中部、北陸などの周辺地域で発生したM7.0程度以上の地震が幾つか記録されている。1819年琵琶湖東南部を中心とするM7.3規模の地震、1830年京都を中心とするM6.5の地震による余震のほか、1854年には同年に3回、安政伊賀地震(M7.3)、安政東海地震(M8.4)、安政南海地震(M8.4)が記録されている。その後は、1855年安政江戸地震(M6.9)、1858年富山県南部を震源とする安政飛越地震(M7.1)、1891年濃尾地震(M8.0)、1925年北但馬地震(M7.0)と続く。特に1972年の山田断層帯(郷村断層)を震源とする北丹後地震(M7.3)では、加悦谷では死者8人、重軽傷者10人、15箇所火災による31棟焼失、建造物全半壊256棟を数える甚大な被害を被っている<sup>1)</sup>。地震による揺れは地盤を脆弱化させ、表層崩壊の誘因となる。加悦は安政の地震が記録されていることから今後発生するとされる東海、東南海、南海地震においても影響が考えられ、警戒を要する。

#### b)豪雨災害

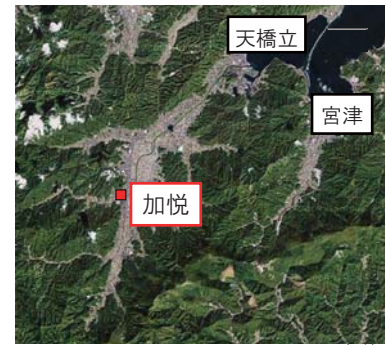
豪雨災害は、河川氾濫等による水害と豪雨による土砂災害、また両者の複合災害がある。水害は過去から現在まで頻繁に発生しており、その度に野田川の堤防が決壊し、落橋、田畑の荒地化の被害に合っている。2004年10月20日の台風23号による複合災害は300mm以上を記録する豪雨のために急激な河川の水位上昇や多量の流水による土石流や泥流で堤防破壊や越流が各所で発生したほか、がけ崩れも21箇所が発生した。ただし伝建地区に影響を及ぼすような土砂災害は発生していない<sup>2)</sup>。このような度々の豪雨災害発生は加悦地域における降水量の多さを物語っており、表層崩壊では特に警戒すべき誘因と考えられる。

### (2) 加悦の地形

図2に示すように、加悦は周辺の山系から発達した野田川流域の沖積平野の西側に位置する。伝建地区の位置を図3に示す。地区内に含まれる天神山は、天満宮を頂に、宝蔵寺、吉祥寺、實相寺の3つのお寺を山麓に抱える。天神山はクサリ礫と表面の赤褐色土壌が特徴的な20~30万年前に形成されたとされる高位段丘に分類され、地区内の平野部は野田川の支流性扇状地に分類される<sup>2)</sup>。

### (3) 加悦の地質

加悦谷の東側に連なる大江山山系は、カンラン岩が変質した蛇紋岩地帯で地表付近で風化すると貧栄養のやせた保水性の少ない褐色粘土質の土壌を作る。対して、伝建地区に近い加悦谷の西側の山系は、主に宮津花崗岩と呼ばれる粗粒花崗岩が多く、風化するとまさ化し浸食されやすい<sup>2)</sup>。まさ土は粗粒の石英砂を交えた火成岩の組織をそのまま残す土で、多くの割れ目を有し、組成的に浸食を受けやすい特徴を持つ。伝建地区平野部の野田川支流扇状地は、花崗岩がまさ化した堆積土砂が流下した砂層により谷底が埋積されている。伝建地区付近の土質調査位置を図4に、天神山周辺の土質柱状図を図5に示す<sup>2)</sup>。天神山を除く平野部のボーリングデータNo.12、13、16、19、21については紙面の都合上割愛するが、地区北端の12と13ではGL-20mと-15mまで調査が行われており、GL-8~-10mの間に層厚1m程度の玉石混じり砂礫層をはさむもののほとんどが比較的緩い砂層が厚く堆積していると推定され、地震時の液状化が懸念される。実際、山田断層を震源とする地震想定では液状化評価指標であるPL値が危険性の高い15以上と推定されている<sup>3)</sup>。No.16、19はGL-4.5mま



Google map に加筆

図2 加悦航空写真

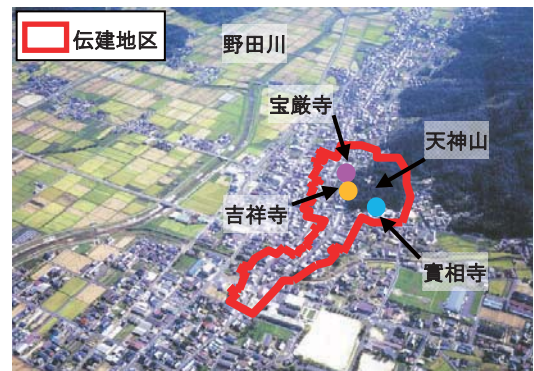


図3 伝建地区位置図(北より望む) <sup>1)</sup> 加筆

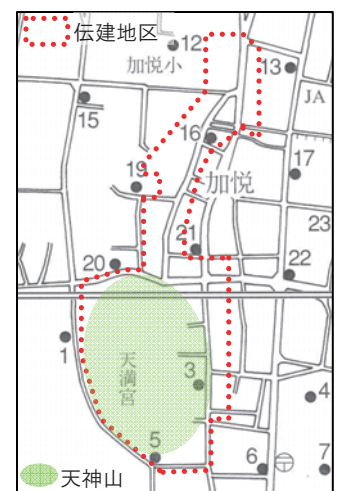


図4 土質調査位置図 <sup>2)</sup> 加筆修正

での調査のうちNo.16はGL-3.5m、No.19はGL-4.5mまで砂層とシルト層の細粒で構成されている。No.21はGL-6.0mまでの調査のうちGL-2.5m以浅はシルト質および砂混じり粘土で、以深は砂混じり砂礫と、他点とは異なる地質構造を有している。天神山周辺は、4地点全てにおいて表層崩壊しやすいとされるGL-2.0m程度付近で、地質境界となる不連続面が形成されている。境界以浅はシルトと砂の細粒分、以深は花崗岩や砂礫等であり、降雨時にはNo.1は低透水性岩盤上の地下水面形成が、No.3、20についてはキャピラリーバリアの形成が懸念され、各々滑り面として崩壊しやすい状況を作る可能性がある。

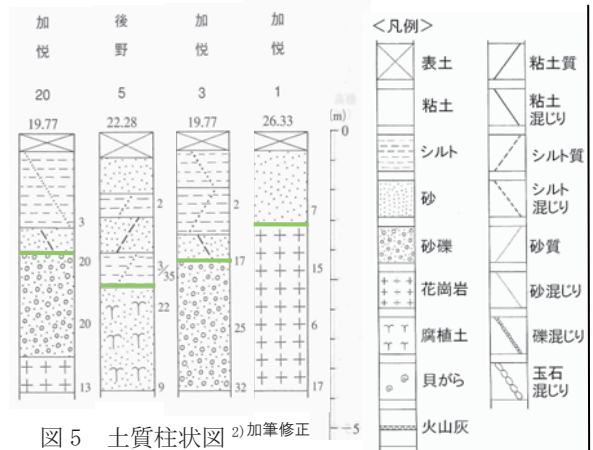


図5 土質柱状図 2) 加筆修正

#### (4) 山田断層帯および内陸直下型地震

山田断層帯は、山田断層帯主部と郷村断層帯に区分される。山田断層帯と加悦の位置を図6に示す。山田断層帯を震源とする地震想定で、伝建地区は震度7および建物全壊率50~100%と推定されている<sup>5)</sup>。2925名の死者を出した1927年の北丹後地震は郷村断層帯によるものであるが山田断層帯主部も地表地震断層を生じた一部が活動したと考えられている。山田断層帯主部は北西側隆起の成分を伴う右横ずれ断層で、地震発生層の下限の深さは約10km、最新活動時期は約3300年以前と推定されるが平均活動間隔は不明である。郷村断層帯は南西側隆起の成分を伴う左横ずれ断層で、地震発生層の下限の深さは約15km、最新活動時期は1927年の北丹後地震、平均活動間隔は1万~1万5千年程度の可能性があり、今後300年以内の地震発生確率はほぼ0%とされている<sup>4)</sup>。また図7に示す深さ30kmより浅い地震の震央分布では加悦直下のものは記録されておらず、加悦から近い震央群はM3.0クラスのもの集中している。上記から山田断層帯地震や直下型地震の発生確率は低いと考えられる。しかし、過去の災害記録から、周辺地域で規模の大きな地震が発生した場合は地震の影響による被害の可能性が考えられる。

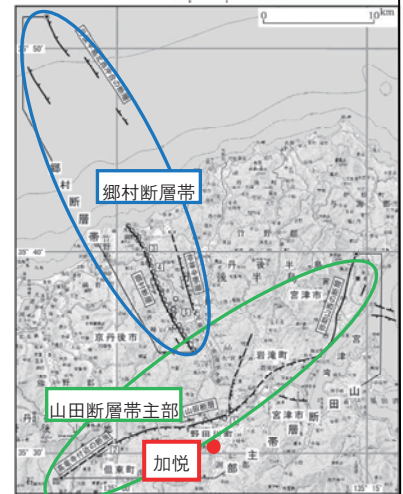


図6 山田断層帯 4) 加筆修正

#### (5) 現地踏査

伝建地区の中で土砂災害に留意すべき警戒区域を図8に示す。この区域は、京都府が平成14年度に行った土砂災害による被害の恐れのある箇所の調査に基づいて公表されたもので、土砂災害防止法に基づく指定区域とは異なる<sup>7)</sup>。伝建地区においては、急傾斜地法による「急傾斜地崩壊危険区域」に天神山が指定されているが、土砂災害防止法による指定区域はない。急傾斜地法では主に建築制限や防災措置の勧告、命令、施行などが行われるのに対し、土砂災害防止法では警戒区域において豪雨時などの警戒避難体制が定められ、特別警戒区域において開発許可、建築規制、移転勧告と支援などが行われる。伝建地区の中で土砂災害の危険性のある天神山周辺について、2010年2月に行った現地踏査時の写真位置図を図9に、構造物の変状写真を写真1~3に、地形の変状写真を写真4~10に示す。天神山北側、南側の擁壁や石積みでクラックやずれなどが、宝厳寺の山門から山頂へ向かう階段で沈下や縁石のずれが認められた。宝厳寺の裏側斜面では表層の細粒分が浸食されて岩の路頭がみられ、實相寺駐車場の後背斜面では湧水がしみだしており、高さ3m程度の崩壊跡が同じ斜面で2カ所あったことや、地形的にも集水域の谷筋にあたることから、今後も崩壊に注意を要する。山頂付近の斜

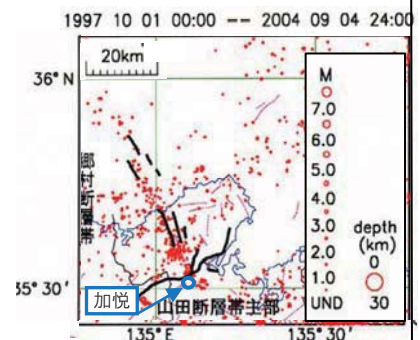


図7 深さ30kmより浅い地震の震央分布図(気象庁による) 4) 加筆修正



図8 土砂災害警戒区域 6) 加筆修正

面および西側斜面では陥没や崩壊跡、木の根曲がりがあり、小規模な崩壊を繰り返していることが分かる。また山腹に1段高い小段があり、切り立った崖の下に崖錐堆積物が溜まっていた。踏査により天神山全体で風化が進んでいることが確認された。



図9 現地踏査写真位置図 写真1 天神山南側擁壁 写真2,3 宝厳寺山門と山頂を結ぶ階段



写真4 宝厳寺後背斜面 写真5,6 實相寺駐車場 後背斜面(南側)崩壊跡, (北側)浸潤斜面



写真7 西側斜面崩壊跡(1) 写真8 西側斜面崩壊跡(2) 写真9 木の根曲がり 写真10 崖推堆積物

### 3. 加悦における土砂災害警戒避難基準

日本ではこれまで大きな自然災害の発生を契機に法律が制定され、ハード対策やソフト対策に注力されてきた。表層崩壊の防災、減災に対しては「急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律(急傾斜地法)」が昭和44年に、「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律(土砂災害防止法)」が平成12年に制定されている。土砂災害防止法では、市町村は、土砂災害警戒区域等が指定された区域において、土砂災害を防止するために必要な警戒避難体制に関する事項を市町村地域防災計画に定めることとなっている。2(5)節で述べたように、加悦伝建地区では土砂災害防止法による警戒区域は指定されていないが、これは崩壊しないということを意味するものではない。表層崩壊は、地盤が滑ろうとする力(滑動力)が滑るまいとする力(抵抗力)を上回ったときに発生する。地表面は常に風化浸食され地盤内部も雨水浸透や地震動等により脆弱化して抵抗力を失っていく。常時は安定している斜面に集中的な降雨や大きな地震などの外力が加わると短時間に大きく抵抗力が減少し滑動力が増加して崩壊が発生する。自然発生的な崩壊や地震時の崩壊予測は現在一般的ではないが、集中的な降雨のピーク時に発生する崩壊については過去の崩壊例を分析することで降雨量や土壌中の水分量などを基準とする発生予測手法が確立されている。

現在、市町村の避難勧告発令を支援するため各地方気象台から発表される土砂災害警戒情報(大雨注意報

(土砂災害)、大雨警報(土砂災害)は土壌雨量指数を指標としている。土壌雨量指数とは、降雨によって土壤中に貯まっている水分量を指数化したもので、解析雨量(これまでに降った雨)と降水短時間予報(今後数時間に降ると予想される雨)等から、降雨が土壤中を流れて流れる様子を表現した「タンクモデル」という手法を用いて計算する。土壌雨量指数の留意点としては、地中に貯まった雨水を正確に推計するものではないことや、全国一律のパラメータで個々の傾斜地における植生や地質、風化等は考慮されていないことがあげられる。総務省が定めた約1km四方の地域メッシュ毎に基準値が設定されており、加悦建地区はメッシュコード53352007にあたり注意報基準値は95、警報基準値は119である<sup>8)</sup>。

#### 4. 加悦周辺における過去の崩壊事例調査と基準値の考察

京都府で発生した1953年から2004年までの過去の崩壊事例をもとに加悦における表層崩壊リスク評価を行う。

##### (1) 月別特性

表層崩壊データ総数510件の月別発生数と平均降水量を図10に示す。概ね降水量と相関して梅雨期、台風期に崩壊数が多い。12月から3月の崩壊は89%が京都府北部で発生している。加悦は冬季も降水量が多い山陰型気候であり、崩壊には降雪や雪解け等の影響も考えられ、梅雨期、台風期に加え、冬季も注意が必要である。

##### (2) 地質特性

京都府の地質図<sup>9)</sup>に土砂崩壊発生地点をGIS上で重ねて作成した図を図11に、加悦の周辺拡大図を図12に示す。京都府の基盤地質は北から、飛騨外縁帯、舞鶴帯、超丹波帯、丹波帯Ⅱ型、Ⅰ型地層群、領家帯という地帯構造をなしており、加悦は飛騨外縁帯に属する。上記の地帯構造でみると、舞鶴帯や超丹波帯付近での崩壊が多く、加悦の周辺は比較的崩壊が少ない。加悦周辺は宮津花崗岩類と野田川沿いの河川堆積物で構成されている。京都府北部の花崗岩類付近での崩壊を調べると河川堆積物との境界付近の傾斜度の高いと思われる斜面で非常に多く発生している。河川堆積物は未固結で弱く、花崗岩類との境界付近は地形的に山から河川へ向かう斜面で、降雨による地表流や浸透流が崩壊を助長する浸食地形や水みちを形成しやすい。加悦は境界付近に位置し、地質的に表層崩壊の潜在的リスクを有していると言える。

##### (3) 降雨特性

加悦と同じ地質で崩壊した所の発生誘因となった降雨特性について分析した。まず京都府の崩壊データの中から京都府北部の花崗岩類での信頼度の高い崩壊事例12件(うち3件は同時刻2箇所発生)を抽出し、崩壊発生72時間前からの時間雨量を気象庁の過去の気象データから取得して、累積雨量、連続雨量(3時間無降雨状態で累積を0とする)、土壌雨量指数を計算して表1に整理するとともに、個別にグラフ化した。崩壊時の土壌雨量指数は警報基準値を超えて発生したものは4件で、他の9件は警報が発令される前に崩壊発生して

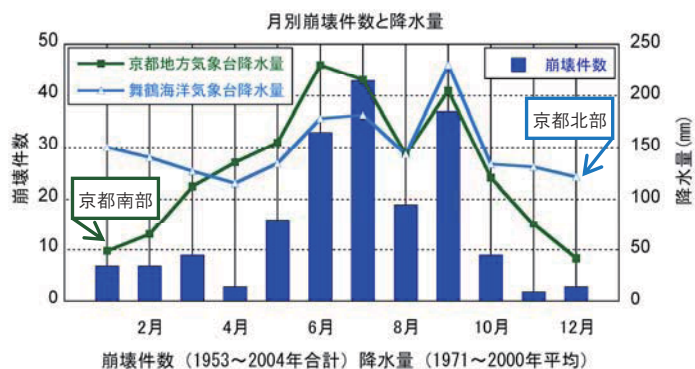


図10 月別土砂崩壊発生数と降水量

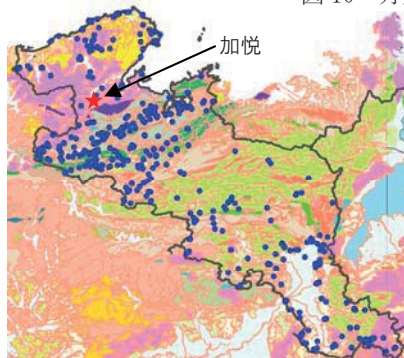


図11 京都府崩壊発生地点



図12 加悦周辺崩壊発生地点

表1 京都府北部の崩壊誘因降雨

|   | 一連の降雨の最大時間雨量 (mm) | 連続・断続降雨時間 (h) | 累積雨量 (mm) | 連続雨量 (mm) | 注意報基準 土壌雨量指数 | 警報基準 土壌雨量指数 | 崩壊時の土壌雨量指数 | 備考     |
|---|-------------------|---------------|-----------|-----------|--------------|-------------|------------|--------|
| 1 | 12                | 35            | 104       | 104       | 88           | 111         | 96.743     |        |
| 2 | 14                | 10            | 91        | 64        | 98           | 123         | 90.318     | 崩壊2件   |
| 3 | 15                | 20            | 91        | 91        | 88           | 111         | 83.985     |        |
| 4 | 25                | 2             | 70        | 45        | 98           | 123         | 75.809     |        |
| 5 | 25                | 15            | 106       | 103       | 89           | 112         | 90.04      |        |
| 6 | 30                | 8             | 177       | 41        | 98           | 123         | 62.058     | 崩壊2件   |
| 7 | 33                | 20            | 174       | 174       | 93           | 117         | 158.284    |        |
| 8 | 37                | 7             | 135       | 119       | 82           | 103         | 103.957    | 崩壊2件   |
| 9 | 47                | 17            | 129       | 73        | 82           | 103         | 119.58     | 先行降雨あり |

いると考えられる。加悦に最も近い崩壊地点（表1中の4）では、注意報基準値98にも満たない76で崩壊しているため、基準値が必ずしも妥当ではなく、設定値を下げる必要がある可能性が考えられる。ただし、これには2つの問題を含んでおり、1つは、土壌雨量指数の計算に使用した雨量データが崩壊地点から最も近い気象庁の雨量観測所のデータであるため、崩壊地点に実際に降った正確な雨量ではない可能性が高い点である。もう1つは、崩壊事例が1例しかないため、妥当性の検証をするには精度に問題がある点である。今後、現地で雨量モニタリングを行い、正確な雨量を測定した上で、崩壊事例を蓄積し、基準値の設定精度を向上させる必要がある。降雨パターンの特徴については、①短時間に集中的に強い雨（時間雨量25mm以上）が降って崩壊している事例4件と、②長時間にわたり弱い雨～やや強い雨（時間雨量10mm強程度以下）が降り続いて崩壊している事例5件、また③10mm～40mm弱の強い雨が5時間以上続いて崩壊している例3件があった。①②の例を図13と図14に示す。崩壊事例が少なく、3タイプの崩壊数もほぼ同じことから、明確に警戒すべき降雨特性は見られないが、時間雨量10mm以上の降雨強度の高い集中豪雨と10時間程度以上連続する降雨に対して特に警戒が必要と考えられる。

## 5. 雨量モニタリングシステム

### (1) 現地降雨計測の必要性

全国に設置されている雨量計は、気象庁、国交省、各都道府県によるもの等がある。気象庁と国交省については、過去から現在のデータまでインターネットを通じて公開されており、近年は10分間雨量の精度までデータ取得が可能となっている。京都府が設置している雨量計は、データはもちろん設置場所も非公開となっておりデータ取得は容易ではない。加悦から近い雨量観測所は気象庁の峰山、宮津、三岳があるが、それぞれ約13km、約14km、約16km離れており、またそれぞれに多くの山を挟んでいることから、3つの観測所のデータから加悦の雨量を類推するには精度も低く、局部的に降る雨等も捕捉できないと考えられる。降雨量を最も正確に測定できるのは現地に設置した雨量計であるが、設置コストの問題などもあり、現在気象庁では上空の面的な雨量を推定するレーダーによる観測を、点的に設置した現地計測の雨量計（アメダス）で補正して、1km四方の降水量分布を解析した「解析雨量」を警戒予測に利用している。解析雨量は30分毎に計算され、数値データはないが広範囲を色別図示したデータがインターネットで公開されている。過去の数値データについては（財）気象業務支援センターよりDVD入手可能（有料）であるが、リアルタイムで入手できない。以上のことから、加悦での崩壊を監視するには、現地に雨量計を設置して実地降雨量を計測し、モニタリングを行うことが必要と考えられる。

### (2) モニタリングシステム概要

加悦におけるモニタリングシステムの概要を図15に、天神山の気象ユニット設置状況を図16に示す。シス

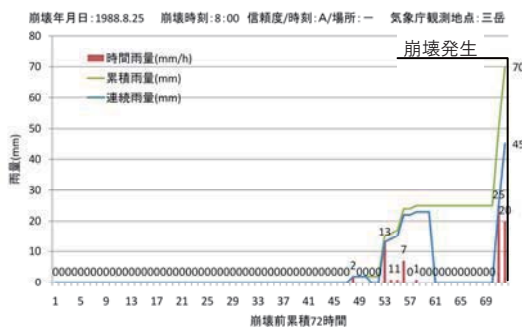


図13 短時間高降雨強度の降雨による崩壊例

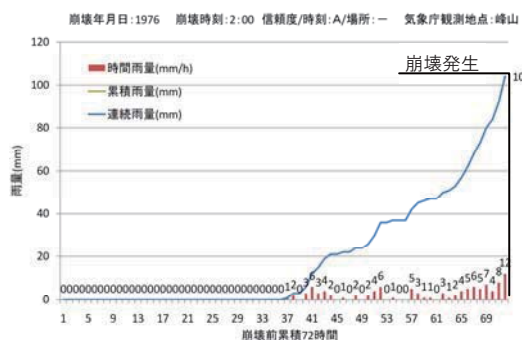


図14 長時間降雨による崩壊例

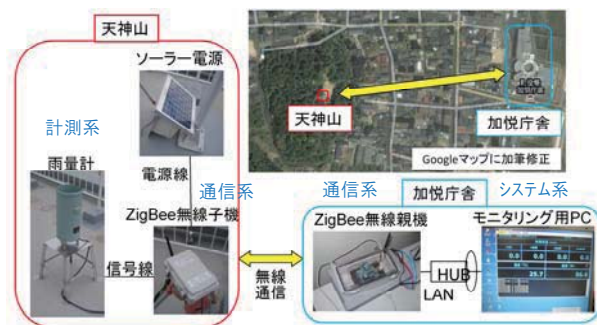


図15 モニタリングシステム概要図



図16 天神山気象ユニット

テムは雨量計等の①計測系、データ転送等の②通信系、警戒予測等の③システム系により構成されている。天神山でソーラー発電により計測したデータ（10分間雨量、温度、湿度）を無線機によって加悦庁舎までデータ転送し、加悦庁舎2階に設置したPCでデータを受信管理する。取得したデータはリアルタイムで累積雨量、連続雨量、実効雨量、土壌雨量指数等計算し、降水短時間予報と組み合わせて、あらかじめ設定した警戒基準値を超える予測結果が出た際に管理者にアラーム通報される仕組みになっている。またPC内部のデータは、インターネットを通じてパスワード管理により関係者がいつでも確認できるシステムとなっている

(図17)。天神山に設置した転倒ます型雨量計は、受水器、漏斗、転倒ますで構成されており、転倒ますに降雨量0.5mm相当の雨水が貯まると転倒するシステムで、転倒した回数により雨量を計測する。落葉などが受水器受け口にたまると正確な雨量が計測できないため、天神山では周囲に十分な空間を有した山頂広場の隅に設置した。



図17 加悦 Web 監視防災システム

### (3) モニタリングシステムにおける課題

モニタリングシステムは2010年11月16日に設置し、同日夕方から計測を開始した。現在（2011.4）まで約半年近く経過しているが、いくつかの問題が生じ、解決できたものと未解決のものがある。まず、①計測系では、当初、温湿度センサーを計器ボックス内に格納していたので外気温計測ができていなかった。これについては設置後しばらく様子を見た上でケース外に再設置することで解決した。また冬期に入り降雪があると、雨量計の受水口の上に雪が積もり観測できなくなった（図18）。転倒ます型雨量計の中には雪などの固形降水も溶かして計測できる、温水式、溢水式のものがあるが、ヒーターなどを使用するためより多くの電力量が必要となる。冬期の降雪時、凍結時の雨量観測に関しては課題が残っている。②通信系では、電力不足による通信の不安定からデータの欠損がたびたび起こったため、ソーラーパネルの増設や機器改良による省電力化で対処した。またノイズの影響等による受信状態不良があり、中継器の設置場所変更や無線機のバージョンアップによる中継器のカット等、試行錯誤で改善を行っている。③システム系では現在までの間で1度だけ基準値を超えてアラーム通報があったので、宮津、峰山の気象データを元に検証を行ったが、計測値が安定しておらず不具合が見られた。システムの動作が正常であった場合に計測値が本当に正確かどうかの精度の検証は非常に困難である。例えば、現地の雨量計の上に風で飛ばされた何かで受水口が塞がれたとしても、現地に確認に行かない限り遠方からでは分からない。これらの課題や今後モニタリングを続ける上で発生する問題については、経過を随時確認し、検証しながら対処していく必要がある。

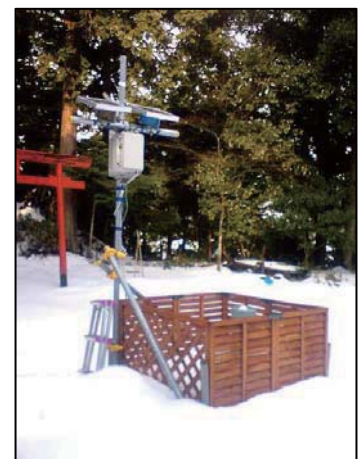


図18 冬期積雪状況



Google map に加筆

図19 加悦と3気象庁観測所

### (4) 雨量計測値に関する妥当性の検証

加悦での計測値の妥当性を検証するため、峰山、宮津、三岳の気象庁3観測所の2010年11月～2011年4月の日降雨量データと比較した。位置図を図19に、参考として2011年1月の日降雨量グラフを図20に示す。5ヶ月間比較したところ、峰山の日降雨量は他

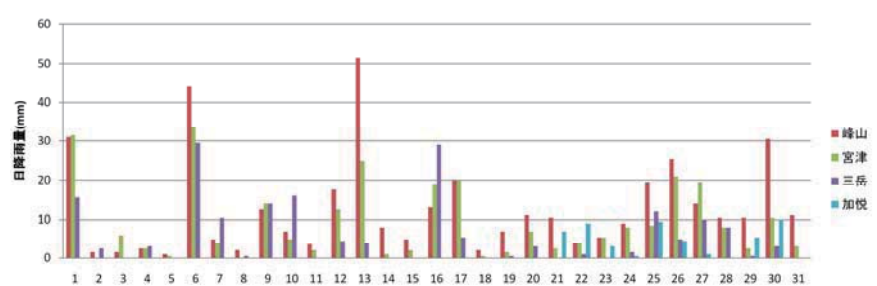


図20 2011年1月 加悦、峰山、宮津、三岳の日降雨量

の3箇所比べて突出して多い日が数多くみられた。宮津の日降雨量は峰山よりやや少なく、加悦と三岳はさらに少ないケースが多くみられた。峰山周辺で土砂崩壊が多いのは降雨量が多いことが大きな原因と考えられる。以上の比較から、冬期における加悦の降雨量は峰山や宮津と比べて少ないことが確認できた。また、13km以上離れた雨量観測所のデータでは、加悦の降雨実測値と大きく異なり、計測値の妥当性の検証は不可能であることが明らかとなった。今後、解析雨量を用いて検証してみる必要があると考えられる。さらに、春から秋にかけて、特に梅雨期、台風期の降雨量データを蓄積し、データの妥当性を検証するとともに、崩壊危険性についてモニタリングを続ける必要がある。

## 7. まとめ

加悦伝建地区における表層崩壊のリスク評価とモニタリングシステムの構築を行った。調査結果より伝建地区内の天神山が地形的、地質的に崩壊要素を持っており、風化も山全体で進んでいて、小規模ながらも崩壊する危険性があることが確認できた。今後は、風化の程度や實相寺駐車場付近の谷筋について、経過を注意深く監視していくことが望まれる。地震や豪雨などの崩壊誘因については、大地震や集中的な豪雨は過去のデータを見る限り発生した報告はみられない。しかし、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震のようにM9.0というような未曾有の災害が発生する可能性を日本列島は有しており、近年の気候変動による降水量の増加も鑑み、モニタリングを通じて斜面災害を監視していくことは重要と考えられる。今回構築した降雨モニタリングシステムについては、冬季の計測および計測値の信頼性確認について問題があることが判明した。今後、通年のモニタリングにおいてさらにシステムの安定稼働を確認する必要があり、改良等については検討の余地が残されている。また、加悦におけるより精度の高い土砂災害の警戒基準値を設定するため、崩壊データのサンプルを増やし、いくつかの素因を組み合わせ、解析雨量等の信頼性の高いデータを使って降雨特性の再分析を行う予定である。

**謝辞：**京都府の崩壊データは、京都府建設交通部砂防課よりご協力いただきました。また、モニタリングシステムについては加悦町役場および(株)演算工房にお世話になりました。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 京都府与謝郡加悦町：「加悦町加悦 伝統的建造物群保存対策調査報告書」， pp.42-44, 口絵3, 2005.3.
- 2) 与謝野町役場：「加悦町史 資料編 第一巻」， pp.3, 22, 31, 34-36, 46-47, 付図1, 2, 2007.3.28.
- 3) 京都府・市町村共同統合型地理情報システム(GIS)： [http://g-kyoto.pref.kyoto.lg.jp/gis/main\\_top.asp](http://g-kyoto.pref.kyoto.lg.jp/gis/main_top.asp), (2011/4/25現在).
- 4) 与謝野町HP： [http://www.town.yosano.lg.jp/open\\_imgs/info/0000000402.pdf](http://www.town.yosano.lg.jp/open_imgs/info/0000000402.pdf), (2011/4/25現在).
- 5) 産業技術総合研究所活断層・地震研究センター：活断層データベース山田断層帯の長期評価について， H16.12.8, [http://www.jishin.go.jp/main/chousa/04dec\\_yamada/index.htm](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/04dec_yamada/index.htm), (2011/4/25現在).
- 6) 与謝野町洪水避難地図： [http://www.town.yosano.lg.jp/open\\_imgs/info/0000003260.pdf](http://www.town.yosano.lg.jp/open_imgs/info/0000003260.pdf), (2011/4/25現在).
- 7) 土砂災害警戒箇所点検マップ： [http://dobokubousai.pref.kyoto.jp/sabo/map\\_tenken/index.asp](http://dobokubousai.pref.kyoto.jp/sabo/map_tenken/index.asp), (2011/4/25現在).
- 8) 気象庁HP：警報・注意報発表基準一覧表， [http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kijun/kyoto/dosha\\_kyoto.pdf](http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kijun/kyoto/dosha_kyoto.pdf), (2011/4/25現在).
- 9) 産業技術総合研究所地質調査総合センター(編) (2010) 20万分の1日本シームレス地質図データベース 2010年2月1日版：情報公開データベースDB084, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.