

# 土砂災害からの避難のための 雨量観測網と避難基準の構築に係る研究

For evacuation from landslides  
Research related to rainfall observation network and evacuation standard architecture

船津丸 皓士<sup>†</sup>, 横田 崇<sup>††</sup>  
FUNATSUMARU Teruhito<sup>†</sup>, YOKOTA Takashi<sup>††</sup>

**Abstract** This year, damage caused by wind and flood damage is on the rise. In particular, in the case of landslides, the realization of early evacuation is a serious and urgent issue. With the aim of achieving this goal, we analyzed the collapse points, topography (slope angle), geology, and rainfall caused by landslides caused by heavy rains in Hiroshima Prefecture in 2018.

Regarding topography (slope angle) analysis, it was found that special attention should be paid to landslides when the slope angle is between 30° and 40°. Geological analysis revealed that granitic geology is more likely to cause landslides. In the rainfall analysis, it was found that the analytical rainfall in the same mesh and the AMeDAS values tend to be larger, and that although the yellow zone and red zone are being developed and the capture rate is increasing, the accuracy rate is decreasing, which is one of the reasons why it is difficult for residents to take evacuation actions. Regarding the proposal to install rain gauges in Toyota City, we conducted an analysis using the simultaneous occurrence rate, which is a method for evaluating heavy rainfall, and found that the number of rain gauges in the current Toyota City other than the former Toyota City is small. It was found that in order to secure the same occurrence rate as in the former Toyota City in a place other than the former Toyota City, 58 rainfall points with a distance of approximately 4 km between the rainfall points would be required in the place other than the former Toyota City. Based on this proposal, we found it necessary to conduct multi-point, real-time rainfall observation (it is important to know the dangerous amount of rainfall for landslides at high altitudes). We also thought it necessary to propose a system that can calculate the soil rainfall index and snake using two methods from actual rainfall observation data and predicted rainfall values from the Japan Meteorological Agency, and issue alarm information in real time.

## 1. はじめに

近年、風水害による被害は増加傾向にある。図 1 は過去 40 年の風水害による全壊数の推移を示したものである。これを見ると、風水害による推移のグラフにおいて 2018 年の全壊数が目立つ。2018 年に発生した平成 30 年 7 月豪雨では、広島県に甚大な被害をもたらした<sup>1)</sup>。

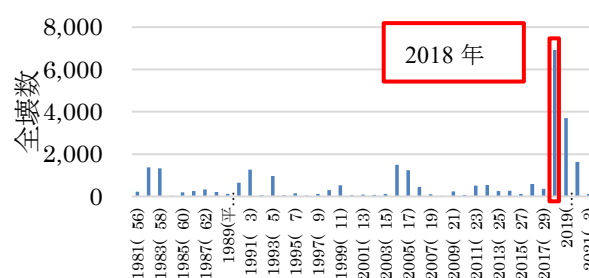


図 1 過去 40 年の風水害による全壊数の推移

<sup>†</sup> 愛知工業大学院 工学研究科  
建設システム工学専攻

<sup>††</sup> 愛知工業大学 工学部 社会基盤学科

図 2 の各災害事の死者数と全壊家屋数の関係を見ると、土砂災害の割合が高いことから、土砂災害は狭い範囲に土砂災害は他災害に比べて狭い範囲に強い力が加わるため、災害に巻き込まれると死亡率が高い災害であると考えられる<sup>2)</sup>。また、図 3 に 1999 年から 2018 年の各災害の避難場所犠牲者数を示す。これを見ると土砂災害のほとんどは屋内でなくなっている場合が多い。このことから、土砂災害は災害発生から避難までの時間がなく、身

を守るには屋外に避難することが重要であることがわかる<sup>3)</sup>。

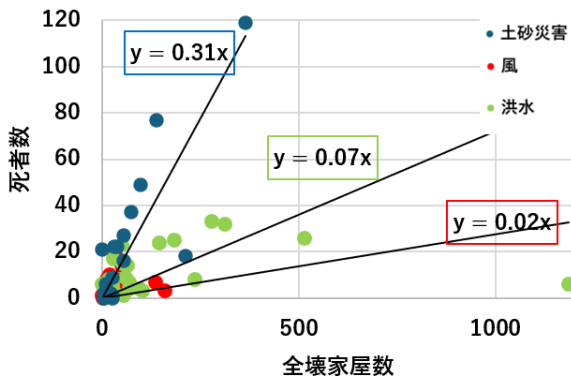


図 2 風害・洪水・土砂災害による全壊家屋数と死者数の関係<sup>4)5)</sup>

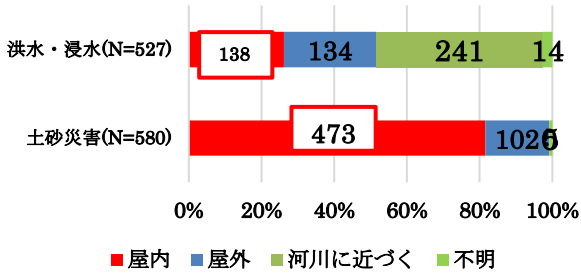


図 3 外力・避難場所別犠牲者数(1999～2019)

このように、避難が非常に重要な土砂災害であるが、現状の土砂災害警戒情報の適中率は 4.7%であり、住民避難行動をとりにくい現状にある。本研究では適中率の上昇を目指し、避難の危機感を持ってもらうことで避難の迅速化をすることを目的とする。また、適切な観測網の構築と情報提供システムの在り方について提案する。

## 2. 分析方法

### 2・1 土砂災害の分類・概要

土砂災害は大きく土石流、がけ崩れ、地すべりの 3 つに分類される(図 4 参照)。それぞれ、溪流に貯まった土砂が、長雨や集中豪雨などによって一気に下流へ押し流される現象、集中豪雨や地震などにより地盤が緩み、抵抗力の低下や浮石の抜け出しが生じて瞬時に斜面が崩れ落ちる現象、比較的緩やかな斜面において、地中の滑りやすい層(粘土・泥岩などをふくむ地層)の地盤が地下水の影響などを受けて、ゆっくりと動き出す現象を指す。その中でも土石流は発生から災害までの距離が長く、被害が大きいのにに対し、急傾斜崩壊は災害エリアが狭く、土石流に比べると被害が小さい。このことから、今回は土石流に注目して分析を進める。



図 4 土砂災害の種類

また、長野県木曾郡南木曾町読書で発生した土石流を例に、土石流の概要を説明する。この土石流は平成 26 年 7 月 9 日(水)に発生した土石流で、これにより家屋にいた家族 4 名(母親と男の子 3 名)が流され、うち 1 名(12 歳男児)が死亡、3 名軽傷した災害である(図 5 参照)。



図 5 長野県木曾郡南木曾町読書での被害の様子

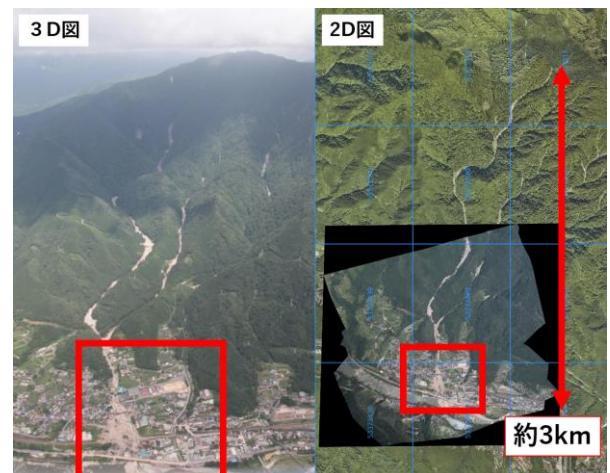


図 6 長野県木曾郡南木曾町読書の土石流の全景

この土石流の全景を見てみると、山頂付近で発生した土石流が河口部へ流れ出し、発生した(図 6 参照)。崩壊部分と土砂災害被害部分の距離は約 3km 離れており、土砂災害被害部分から崩壊部分の雨量を観測することは困

難である。このことから、土砂災害発生開始地点である山頂付近の雨量、地形地質、災害履歴に着目することが重要であると考えた。

## 2・2 分析種類

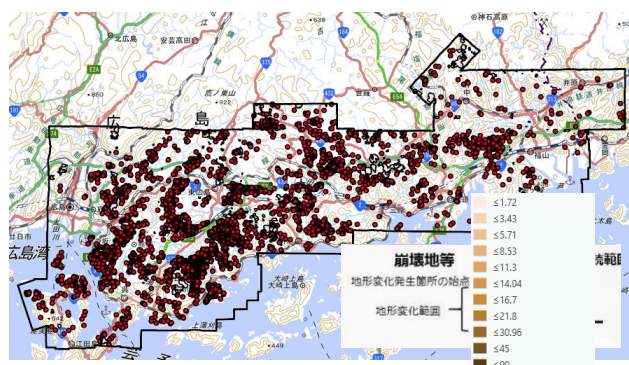


図7 国土地理院地図の平成30年7月豪雨における崩壊地等分布図

土砂災害発生開始地点については、国土地理院地図の平成30年7月豪雨における崩壊地等分布図を用いた(図7参照)。このデータは、以下の特徴を持つ。

[国土地理院が平成30年7月9日から19日にかけて撮影した空中写真から、平成30年7月豪雨で生じたと考えられる崩壊地等を判読したものである。現地踏査は実施していないことから、実際に崩壊等のあった箇所でも表示できていない場合や、平成30年7月豪雨による崩壊地以外の箇所を表示している場合があり得る。また、崩壊地等は、崩壊地や土石流で生じた地形変化発生個所の始点から到達地点を表現している。崩壊地等は、長さがおおむね50m以上のものを表している。確認できた地形変化発生個所の始点付近を丸で表示しており、地形変化範囲を線で表現している。崩壊地等の位置を把握するための資料で、人家等に被害の無い箇所も表示している。(国土地理院地図 HP より引用)]

土砂災害発生要因より、以下の4つの分析をしていく。

1. 地形…i) 土砂災害発生地点と傾斜角度との関係性
2. 地質…広島県の地形分布と災害発生地点との関係性
3. 雨量…i) 土砂災害警戒情報と解析雨量の関係性  
ii) 解析雨量とアメダス等の雨量計データとの比較  
iii) 同時生起率を用いた適正雨量点間距離の検討
4. 災害履歴…現況データなし(データを蓄積していくことが今後の課題)

災害履歴について山のどの沢の部分に発生したか等のデータが存在しなかったが、土砂災害は一度発生した場所は暫くの間発生しにくいのではないことが予想される。これらのことを分析するためにも、災害履歴の分析については今後の課題とし、今回は上記1、2、3について分

析した。

## 3. 広島県における平成30年豪雨での崩壊開始地点と傾斜角度の関係性

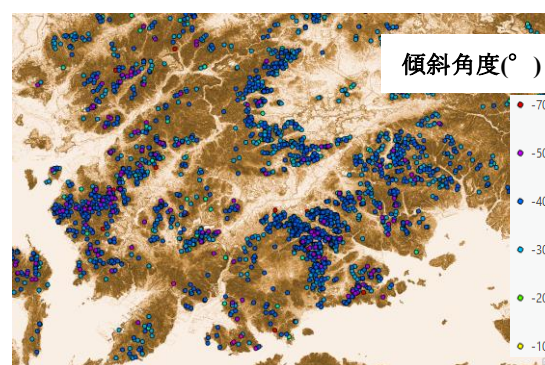


図8 5mメッシュ標高と災害発生地点の関係性

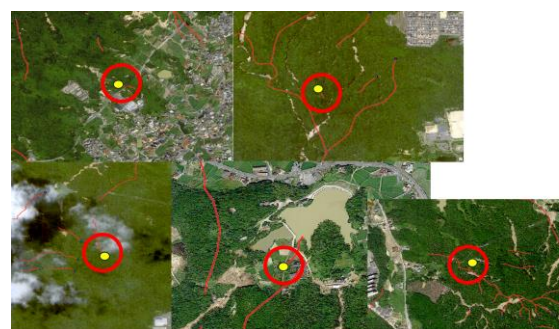


図9 傾斜角度の低い(10°)地点

国土地理院地図にある5mメッシュDEM(航空レーザ測量)データから広島県の5mごとの標高をプロット、ArcGISにおける傾斜角度分析から傾斜角度を求めた。作成した傾斜角度図に平成30年豪雨における崩壊開始地点をプロットし傾斜角度別に色分けをしてプロットした(図8参照)。

今回の評価はあくまで5mメッシュでのデータであり、5m範囲でうまく傾斜角度が表現できていない場所を考慮しながら分析を進めることにした(図9参照)。

これらの崩壊開始地点と傾斜角度の関係をヒストグラムで評価した(図10、11参照)。その結果、傾斜角度30°以上のところでの発生が5割以上、20°~30°での発生が4割程度であった。このことから、30°以上のところで土砂災害に対して特に注意が必要、20°~30°のところでも注意が必要であることがわかった。

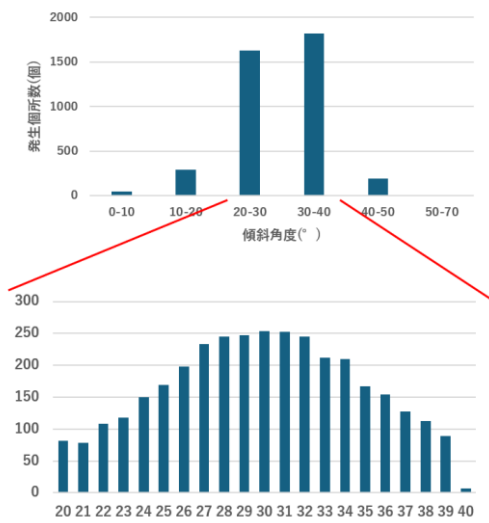


図 10 土砂災害発生地点と傾斜角度との関係性(上)  
 図 11 20° から 40° までの傾斜分布(下)

4. 情報空間の構築

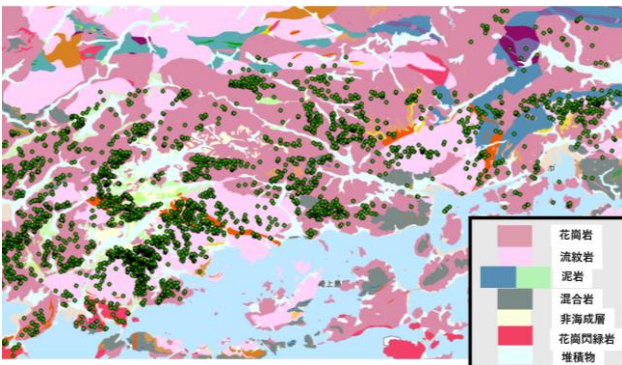


図 12 地質と土砂災害発生地点との重ね合わせ

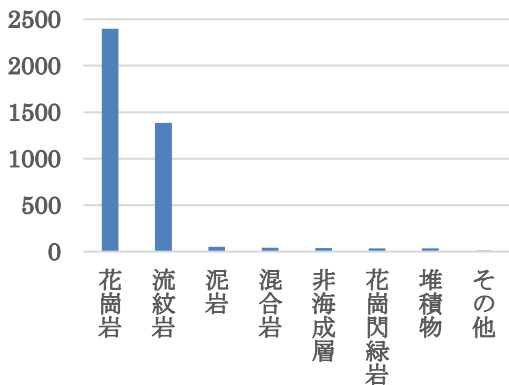


図 13 H30 土石流被害地点とその地質との関係性

平成 30 年豪雨における、崩壊開始地点と産業技術総合研究所の 20 万分の 1 シームレス地質図との比較を行った(図 12 参照)。これらのデータをもとにヒストグラムを作成しそのデータから、花崗岩の時、一番土砂災害が発

生しやすく、流紋岩が次いで土砂災害が発生しやすい地質であることが分かった(図 13 参照)。ただし、このデータについても 5m メッシュ分析で荒い面もあるので、注意して分析をしていく必要がある。

また、花崗岩、流紋岩、花崗閃緑岩において、傾斜角度と標高の分析を絡めてみると、花崗岩と流紋岩は傾斜角度が高くなるにつれて標高も高くなっているのに対し、花崗閃緑岩は、傾斜角度が低くても標高が高いところでの発生が多いことが分かった(図 14 参照)。花崗閃緑岩が風化した場合、花崗岩と比べ透水係数が低いので、雨が降ったときの表面流出が大きい傾向にあることに注意しなければならない<sup>6)</sup>。

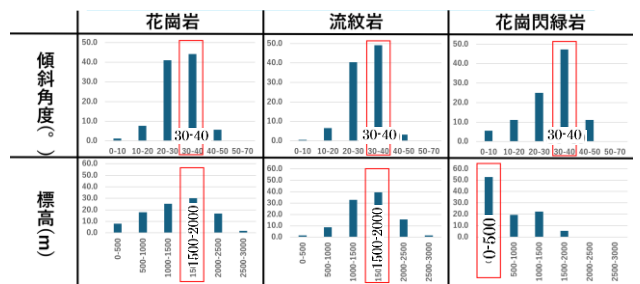


図 14 花崗岩、流紋岩、花崗閃緑岩における傾斜角度、標高の関係

5. 雨量分析

5・1 土砂災害警戒情報とは

土砂災害警戒情報は、降雨による土砂災害の危険が高まったときに、各市町村に発令される防災情報である。その基準として使われているのが縦軸に解析雨量の 1 時間値、横軸に土壌雨量指数で引かれるスネークが 1 時間、2 時間後に土砂災害警戒情報発表基準を超えることが予想される場合に土砂災害警戒情報が発表される。(図 15 参照)

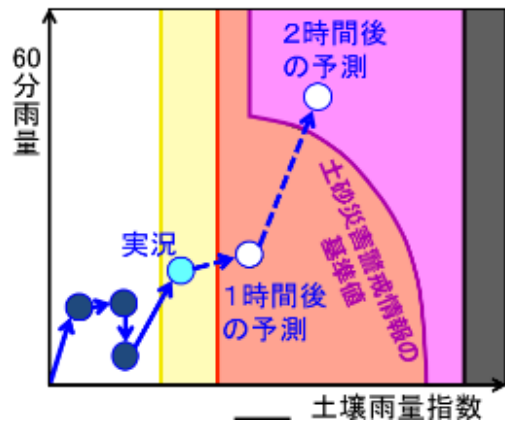


図 15 土砂災害警戒情報の仕組み

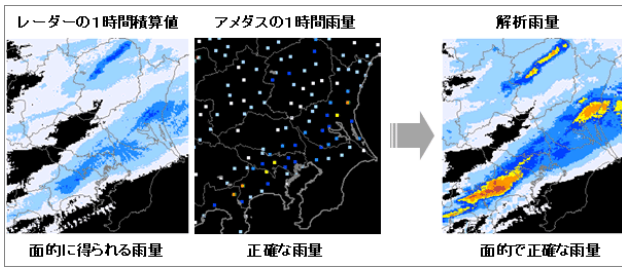


図 16 解析雨量の仕組み

解析雨量とは、気象庁・国土交通省が保有する気象レーダーの観測データに加え、気象庁・国土交通省・地方自治体が保有する全国の雨量計のデータを組み合わせて、1時間の降水量分布を1km四方の細かさで解析したものである(気象庁 HP から引用したものに加筆)(図 16 参照)

土壌雨量指数とは、降った雨による土砂災害危険度の高まりを把握するための指標である。土壌雨量指数の計算には、図 17 に示すように降った雨が土壌中を流れる様子を孔の開いたタンクを用いてモデル化した「タンクモデル」を使用する。

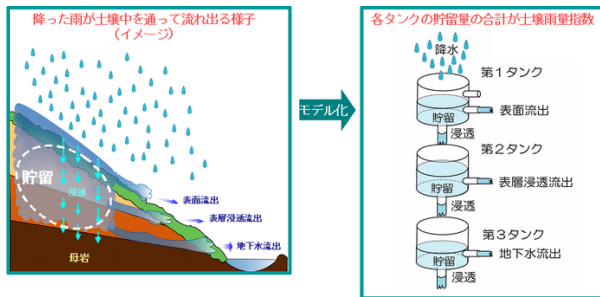


図 17 土壌雨量指数とタンクモデルの仕組み

5・2 土砂災害対策の課題

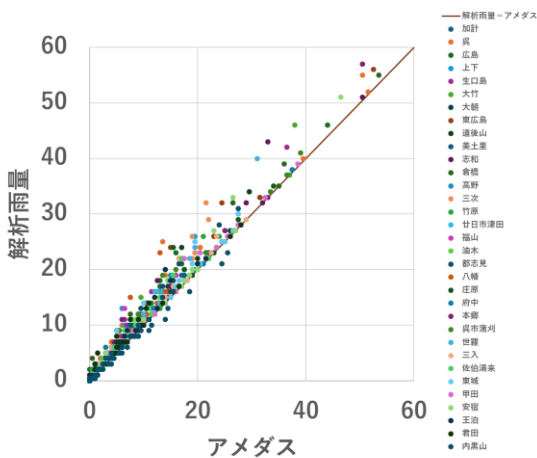


図 18 解析雨量アメダス相関図

広島県のアメダスと同メッシュの解析雨量との比較し、散布図を作成した(図 18 参照)。これを見ると、解析雨量の方がアメダスよりも大きい値をとりやすい傾向にあることがわかる。

また、広島県における土砂災害被害地点とイエローゾーン、レッドゾーンの関係の図を作成した(図 19 参照)。土砂災害被害地点に関しては広島県より提供していただいたデータを使用させてもらっている。これを見ると、2022 年にかけてイエローゾーンレッドゾーンの数が約 2.4 倍になっていることから捕捉率は上昇しているが適中率は減少していることがわかる(表 1 参照)。このようなことが住民に避難行動をとりにくくさせている原因であり、土砂災害警戒情報の適中率減少の要因の一つであると考えた。

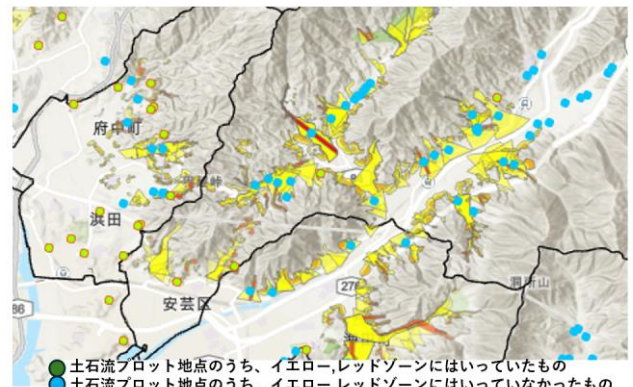


図 19 広島県にイエローゾーン、レッドゾーンと土砂災害被害地点を重ねた図の一部

表 1 2018 から 2022 までのイエローゾーンレッドゾーンと土石流、急傾斜地の関係性

		ゾーン内の割合	イエローレッドの数
2018	土石流	40.7	59,612
	急傾斜地	30.7	
2022	土石流	81.3	141,226
	急傾斜地	67.2	

5・3 土砂災害発生の不確定さ

広島県における土砂災害の発生起点と土砂災害における地形変化範囲、土砂災害危険箇所を重ねた図を作成した(図 20 参照)。図 20 の赤の四角部分を拡大したのが図 21 である。これを見ると、土砂災害危険箇所すべてで土砂災害が発生しているわけではなく、発生地点の雨量の一つ一つを知ることが重要であることがわかる。この沢一つ一つすべてに雨量計を置くのは現実的に不可能なので、どの間隔で雨量計を設置していったらいいかを検討していく。

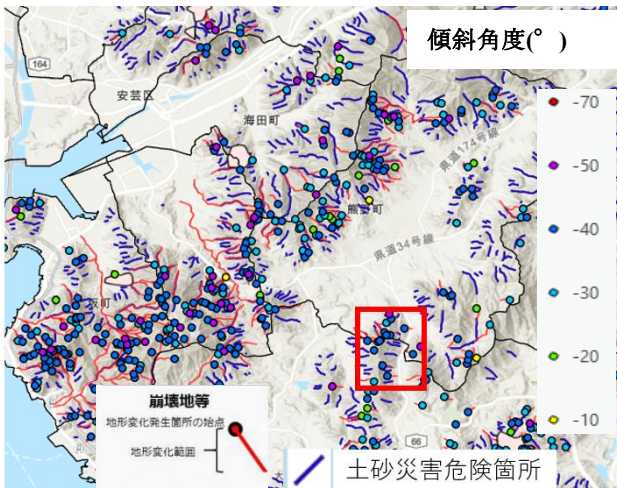


図 20 土砂災害危険箇所と崩壊地等分布図  
「国土数値情報（広島県提供資料より作成）」

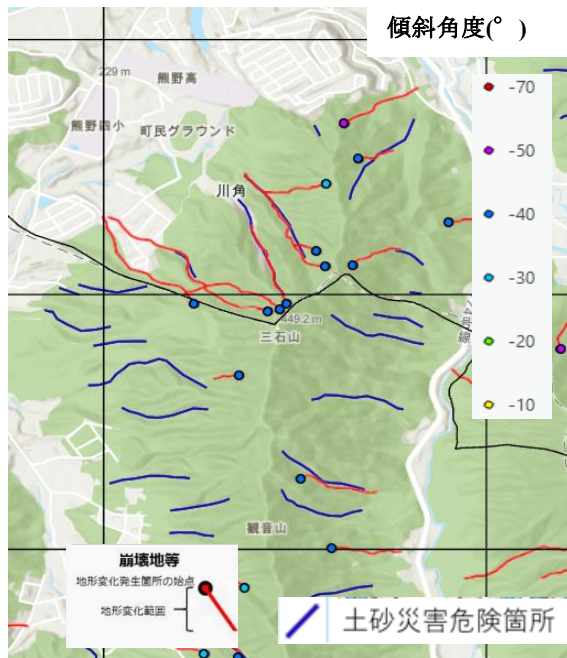


図 21 図 20 の赤の四角部分拡大図

まず、広島県のアメダス解析雨量の相関図(図 22 参照)と豊田市における解析雨量と観測雨量の相関図(図 23 参照)を比較すると、豊田市の雨量計散布図は解析雨量にデータが反映されていないので、アメダスと解析雨量の散布図よりばらつくことがわかる。このことから、解析雨量の問題点として、1.アメダスよりも解析雨量の方が大きめの値を出している 2.ばらつきがあり、実際の雨量との肌感が合わないことが確認でき、これらのことから住民が避難行動をとりにくいことを再認識することができた。

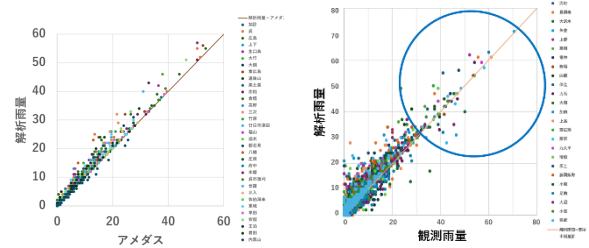


図 22 解析雨量アメダス相関図(左側)

図 23 豊田市解析雨量観測雨量相関図(右側)

レインテック雨量計の性質は図 24 の通りである。(気象庁検定とは観測の成果を発表するため、または災害の防止に利用することを目的として気象観測を行う場合には、1.技術上の基準に従って行うこと、2.気象観測施設の設置の届出を気象庁長官に行うこと、3.検定に合格した気象測器を使用すること、が気象業務法により義務付けられている。)

測定項目	降水量
測定間隔	10分(±1分)
測定範囲	150mm/h以下
測定精度	±0.5mm / ±3%以内
使用温度	0~50℃
通信規格	LTE
電源	太陽光発電・Li-ion電池
外寸	H450 × W220 × D440 (基礎ブロック付属時: H700mm)
重量	約2.2kg (基礎ブロック付属時: 約30kg)
価格	22万円(税込)

**機器構成**

【外観】

※本体カバー

※太陽光パネル

【内観】

※受信アンテナ

※受信機

※転写マス

※基礎BOX

気象庁検定合格

図 24 レインテック雨量計の性質

## 6. 豊田市での雨量計設置間隔の検討及び提案

### 6・1 豊田市雨量計及びレインテック雨量計の性質

愛知工業大学地域防災センターとレインテック株式会社の共同研究で開発された通常の雨量計よりも安価で展開しやすい雨量計を豊田市旭地区に展開した。短距離でもどのような雨の降り方の違いが発生するか分析した。分析期間は次のとおりである。(豊田市雨量計:2019年4月~2021年3月、レインテック雨量計:2023年8月~2024年9月、アメダス雨量計:2019年4月~2021年3月)

### 6・2 豊田市雨量計及びレインテック雨量計の分布及び距離ごとの降り方の違い

豊田市雨量計は2020年、2021年のデータを使用した。図 25 のレインテック観測地点周辺を拡大したものが図 26 である。豊田市雨量計とレインテック雨量計の地点間距離は図 27 の通りである。これを見ると、地点間距離約 600m でも、最大雨量約 20mm の差があることがわかる。この近い距離での雨量差を重要視しており、1 点の雨量計が観測しているデータが空間的にどの程度の広がり代表しているか、雨量計の設置間隔をどのくらいの距離

にしたらいののの検討を先行研究である JR の鈴木らが用いた同時生起率を用いて分析した。

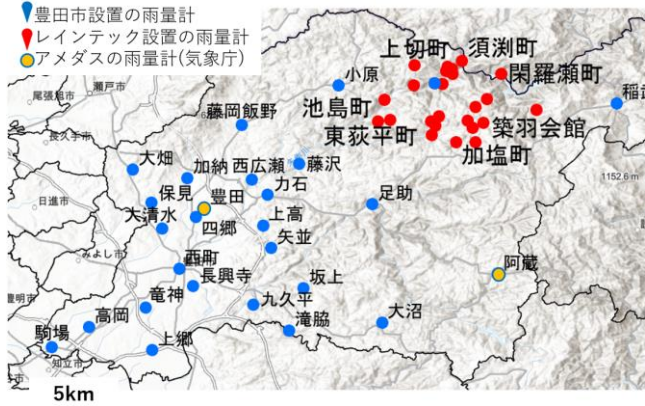


図 25 豊田市、レインテックの雨量計データと分布

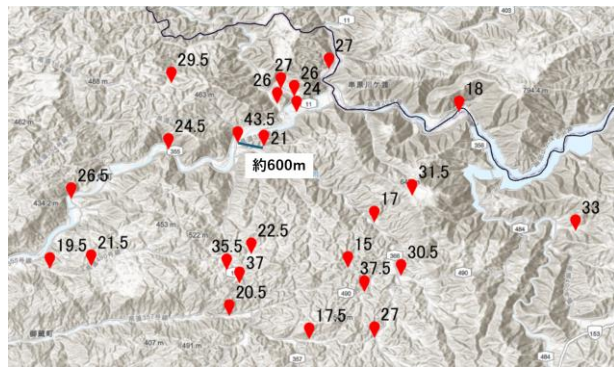


図 26 レインテック雨量計での最大雨量の比較 (数値は最大雨量を表示)

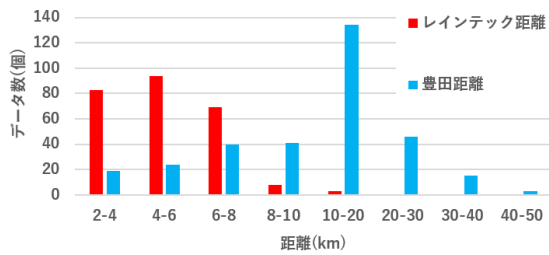


図 27 レインテック雨量計と豊田市雨量計の地点間の距離

### 6・3 同時生起率

同時生起率とは、大雨の範囲の評価方法で、2 地点で基準値以上の雨量が同時に観測される確率のことである。基準にする地点の降雨量がある基準値以上になった割合である降雨の同時生起率<sup>16)17)</sup>を用いて解析した。降雨の同時生起率  $P_{i,j}(X)$  は、地点  $i$  と地点  $j$  の降雨量を  $R_i$  と  $R_j$ 、降雨量の基準値を  $X$  とし、 $N$  を括弧内の条件を満たす事例の回数としたときに次式(1)で表現される。JR 東日本が作成した関東平野における雨量観測点の同時生起率と距離との関係は図 28 の通りである。

$$P_{i,j} = \frac{N(R_i \geq X \cap R_j \geq X)}{N(R_i \geq X)} \quad (1)$$

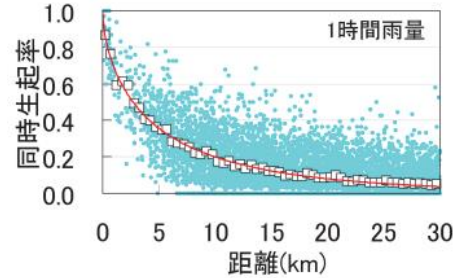


図 28 JR 東日本が作成した関東平野における雨量観測点の同時生起率と距離との関係(基準値 30mm)

### 6・4 同時生起率を用いた豊田市の分析

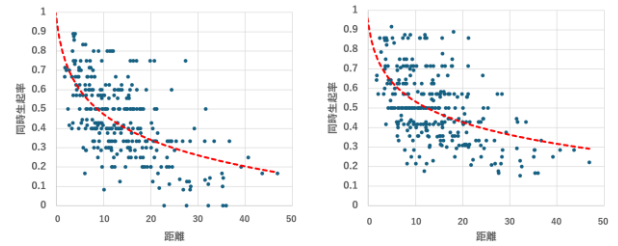


図 29 豊田市雨量地点の同時生起率と距離との関係(左)  
図 30 豊田市雨量地点と同メッシュの解析雨量との同時生起率と距離との関係(右)

図 29 が豊田市雨量計の同時生起率と距離とのグラフ、図 30 がその雨量計と同メッシュの解析雨量のグラフであり、近似曲線を赤の点線で表示したものである。ここから、観測データよりも解析雨量の同時生起率グラフの近似曲線の方が、距離が離れたときに同時生起率が落ちにくいことがわかる。これは、解析雨量の方が観測データよりも大きい値をとる傾向が高いことが原因であると考えられる。

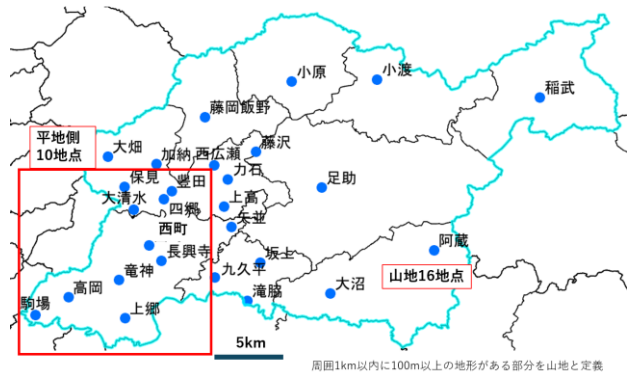


図 31 豊田市雨量計の平地側と山地側の分類分け

次に、平地側よりも山地側の方が雨のスケールが小さく捉えづらいのではないか、という推測のもと、田市を平地と山地に分類分けをし、同時生起率分析を行った。今回、周囲 1km 以内に 100m 以上の地形がある部分を山地と定義し分析を行った(図 31 参照)。

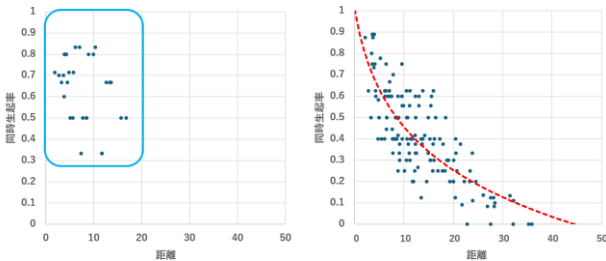


図 32 平地側での豊田市雨量地点の同時生起率と距離との関係(左)

図 33 山地側での豊田市雨量地点の同時生起率と距離との関係(左)

図 32、図 33 に分類分けした平地側と山地側の同時生起率と距離との関係性を示す。山地側は同時生起率と距離との関係に相関がみられたが、平地側は相関がみられなかったため、今回は平地と山地を含めたデータと山地のみを切り出した散布図を比較した(図 34、35 参照)。これらの図から、全観測点から山側のみデータを切り出したものの方が距離が開いたときに同時生起率が落ちやすいことがわかる。これは、平地は山地と違って大雨の範囲が大きいことが関係していると考えられる。

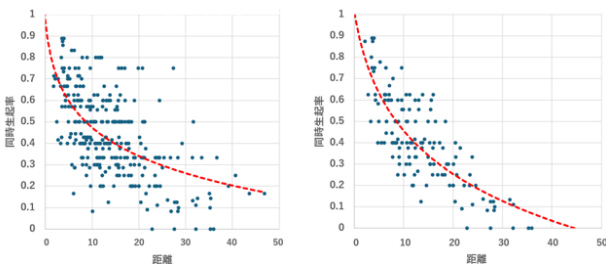


図 34 豊田市雨量地点の同時生起率と距離との関係(左)

図 35 山地側での豊田市雨量地点の同時生起率と距離との関係(左)

次に、山地側での豊田市雨量計地点と同時生起率との関係とレインテック雨量計における同時生起率と距離との関係を比較する(図 36、37 参照)。これらを見比べると、レインテック雨量計の方が急なカーブを描いていることから、綿密な雨量観測をした方が山間部では雨量の規模がとらえやすいことがわかる。

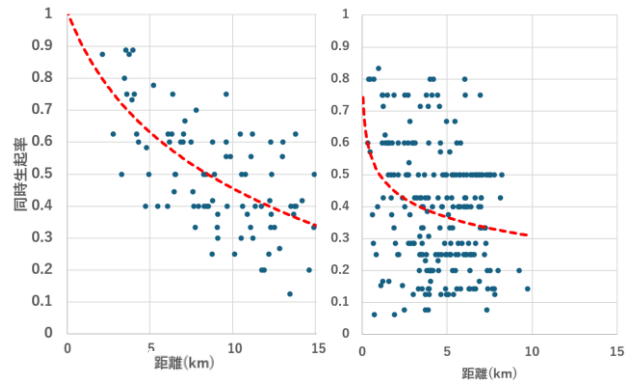


図 36 山地側での豊田市雨量地点の同時生起率と距離との関係(左)

図 37 レインテック雨量計の同時生起率と距離との関係(右)

### 6・5 豊田市雨量計の分布

雨量点間で等間隔に分割するボロノイ分割を行った(図 38 参照)。その結果、平地側の平均雨量点間距離と平均面積は 4.0km、16km<sup>2</sup>であった。それに対し、山地側の平均雨量点間距離と平均面積は 17.1km、74km<sup>2</sup>であった。中でも、大清水の平均面積が 12.37 km<sup>2</sup>なのに対し小原は 93.29 km<sup>2</sup>と 7 倍の差があった。これらのことから、平地側に対して山側の方が平均雨量点間距離が大きく、山地側の雨量観測点の数が足りていないことがわかる。



図 38 ボロノイ分割した豊田市雨量点間図

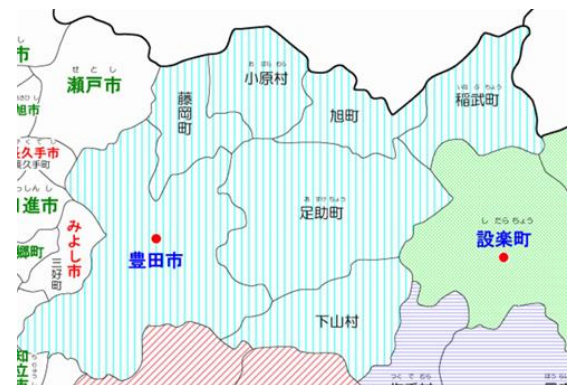


図 39 旧豊田市の市町村図



2005年に豊田市、藤岡町、小原村、旭町、稲武町、足助町、下山町が合併された(図 39,40 参照)。そのため、旧豊田市以外での雨量計の設置間隔が広い傾向にある。

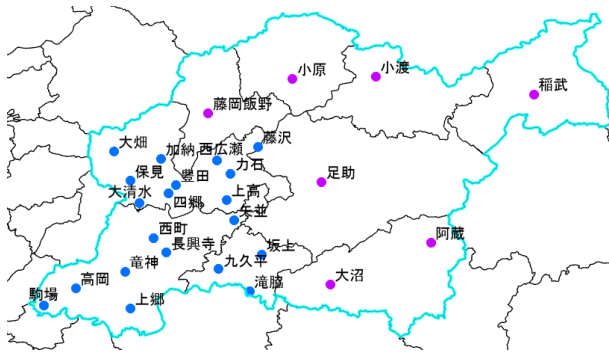


図 40 旧豊田市とそれ以外の区分分け

図 41 に産業技術研究所のシームレス地質図を重ねると、山間部での花崗岩、花崗閃緑岩地質での雨量観測点が足りていないことがわかる(図 42 参照)。



図 41 図 40 にシームレス地質図を重ねたもの

6・6 同時生起率を用いた雨量計設置距離の妥当性の検討

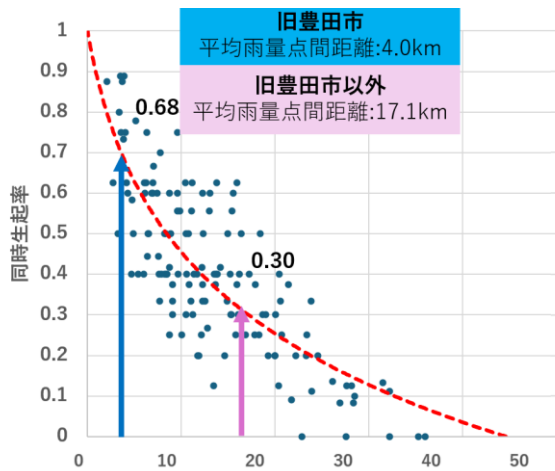


図 42 山地側での豊田市雨量地点の同時生起率と距離との関係

これらの結果から旧豊田市以外における同時生起率の妥当性の検討を行う。現在の旧豊田市以外の平均雨量点間距離は 17.1km なので、その距離のところの同時生起率をとると 0.30 となる(図 42 参照)。現状の同時生起率よりももっと良い旧豊田市の同時生起率 68%(0.68)を確保するには、雨量計の設置間隔を 3.65km、全体として山側のみ雨量観測点でも 58 点必要であることがわかった(表 2 参照)。

表 2 旧豊田市における同時生起率とその時の設置雨量計数

同時生起率	0.9	0.8	0.7	0.6
雨量点間距離(km)	0.93	2.1	3.65	5.74
雨量計の数(個)	718	155	58	27

6・7 雨量計設置における注意点

豊田市雨量計及び広島県アメダス雨量計の標高と平均雨量の散布図を作成した(図 43、図 44 参照)。なお、豊田市雨量計の分析期間は 2019 年 4 月～2021 年 3 月、広島県アメダス雨量計の分析期間は 2015～2024 年の 7 月～9 月までである。これらの図から、標高が高くなるほど平均雨量は高くなることがわかる。このことから、雨量計を標高の高い位置に設置した方が土砂災害の危険性を考えるうえで正しい雨量を観測しやすいことがいえる。

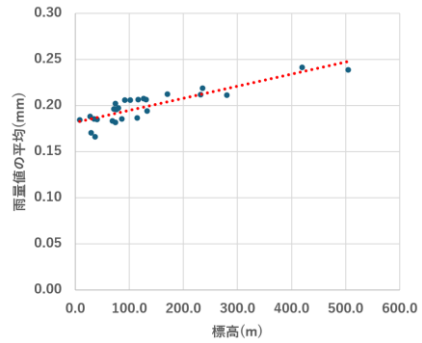


図 43 豊田市雨量計の標高と平均雨量の関係性

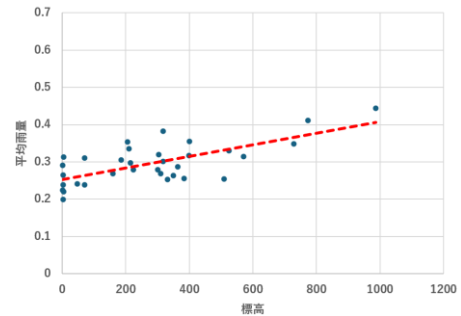


図 44 広島アメダス雨量計の標高と平均雨量の関係性

## 7. まとめ

本研究では、土砂災害の発生地点の地形(傾斜角度)、地質、雨量に着目し、土砂災害の発生するエリアの減少を図った。また、適正雨量点間距離の提案をした。

### ○地形(傾斜角度)分析

1. 30° から 40° の傾斜角度の時に土砂災害に特に注意、20° ~30° のところで注意が必要  
※データ処理で注意が必要

### ○地質分析

1. 花崗岩質で土砂災害が発生しやすい傾向が高い
2. 花崗岩、花崗閃緑岩においては傾斜角度も標高も高いところでの発生が多く見られたが、花崗閃緑岩に関しては傾斜角度が低く、標高の低いところでの発生が多く見られた。  
※データ処理で注意が必要

### ○雨量分析

1. 同メッシュにおける解析雨量とアメダスの値は解析雨量の方が大きい値をとりやすいこと、イエローゾーンレッドゾーンの整備が進み捕捉率は上がっているものの的中率が落ちていることが住民が避難行動をとりにくい原因の一つである
2. 土砂災害危険箇所すべてで土砂災害が発生するわけではなく、発生地点の雨量の一つ一つを知ることが重要

### ○豊田市における雨量計設置提案

1. 豊田における綿密な雨量分析から、600m ほどでも 1 時間雨量 20mm 程度ずれることがある
2. 距離が離れるほど同時生起率は落ちていき、全観測点から山側のみのデータを切り出したものの方が距離が開いたときに同時生起率が落ちやすく、綿密な雨量観測点をした方が山間部では雨量の規模をとらえやすい
3. 平地側、山地側と分類したときにそれぞれの平均雨量点間距離が 3.8km、6.7km と差があり、旧豊田市中で分類したときには 5.1km、9.6km と差がある
4. 土砂災害発生率の高い花崗岩、花崗閃緑岩質のところでの雨量計の数が足りていない
5. 平地山地と分けたとき、旧豊田市中で分けたときのそれぞれの同時生起率は 0.58、0.46 で、それぞれ 7 割の同時生起率を確保しようとした場合、必要雨量点は 73 点、58 点である

## 8. 今後の展望

1. 今回の提案を基に多点化、リアルタイムの雨量観測の実施をする(標高の高いところでの土砂災害の危険雨量を知ることが重要。不可能な場合、土石流センサーの整備の検討)

2. 雨量観測の実測データ及び気象庁の予測雨量値から二つの方法で土壌雨量指数、スネークを算出し、リアルタイムでアラーム情報を出せるようなシステムの提案をしていく。この際土壌雨量指数に関しては、雨量が表面流出することにも着目して検討していく必要がある。

(将来的に市町村観測の雨量データを気象庁の解析雨量に入れてもらい、雨量予測を行う)

## 謝辞

本研究で使用した地形、地質に関するデータは、国土地理院地図、産業技術研究所、国土数値情報、広島県の資料を使用させていただいた。

降水量のデータは気象庁、豊田市、レインテック株式会社の資料を利用させていただいた。

本論文をまとめるにあたり、横田崇教授、倉橋奨准教授、早川和広様にご指導いただいた。以上の方々のご厚意とご協力に心からの謝意を表したい。

## 参考文献

- 1) 平賀浩大, 平成 30 年 7 月豪雨における市町村ごとの災害状況の分析, 令和 3 年度卒業論文
- 2) 森川貴登, 風水害における災害種別ごとの被害様相の特徴, 令和 3 年度卒業論文
- 3) 牛山素行, 2019 年台風 19 号等による人的被害についての調査(速報 2020 年 1 月 11 日版)
- 4) 消防白書, 消防庁
- 5) 水害統計, 総務省
- 6) 千木良雅弘: 群発する崩壊…花崗岩と火砕流, p23, 近未来社, 2002
- 7) 防災白書, 内閣府
- 8) 国土地理院地図
- 9) 国土数値情報
- 10) 産業技術研究所 シームレス地質図
- 11) 気象庁ホームページ(閲覧日 2024/11/30)
- 12) 国土交通省ホームページ(閲覧日 2024/11/30)
- 13) 広島県ホームページ(閲覧日 2023/10/29)
- 14) 愛媛県ホームページ(閲覧日 2023/10/29)
- 15) 土砂災害の実態, 砂防・地すべりセンター
- 16) 鈴木博人・中北英一・高橋日出男(2013): 離散的に配置された雨量計の大雨の捕捉性能に関する解析, 土木学会論文集 B1(水工学) vol. 69, No. 4, p295-p300
- 17) 鈴木博人・中北英一・高橋日出男(2015): 複数の機関の雨量計観測値を用いた大雨の空間スケールに関する解析, 自然災害科学 J, JSNDS 34, 特別号 61-76

(受理 令和 7 年 3 月 19 日)