

人の降雨に対する感覚特性の分析 — 栃尾小学校の4年生児童と保護者を対象とする ぼうさい空日記の分析を通じて —

鎌田暉¹・竹之内健介²・高橋孟紀³・市田兎太郎⁴・宮田秀介⁴・堤大三⁵・矢守克也⁴

Analysis of Characteristics of People's Sensory Perception of Rainfall: Through the Analysis of "Bosai Diary" of Fourth-Grade Students and the Parents at Tochio Elementary School.

Akira KAMADA¹, Kensuke TAKENOUCHI², Motoki TAKAHASHI³, Kotaro ICHIDA⁴,
Shusuke MIYATA⁴, Daizo TSUTSUMI⁵ and Katsuya YAMORI⁴

Abstract

In this study, we focused on the characteristics of people's sensory perception of rainfall, and identified variations in people's perception of rainfall intensity, rainfall length, and landslides, as well as differences in the perception of rainfall that occur among individuals, and classified how people perceive rainfall. The survey was conducted on fourth graders and their parents at Tochio Elementary School in Takayama, Japan. As a result, it was found that there were variations in the intensity and length of the rainfall and the perception of landslides among the children and their parents, making it possible to visualize how the children and their parents feel about rain. It is suggested that each feeling can be classified into three groups, and that it is possible to show the tendency of each group's sensation.

キーワード：雨の感じ方，ぼうさい空日記，感じ方の分類，降雨強度，連続降雨時間

Key words: sensory perceptions of rainfall, bosai diary through meteorological observations, classification of feeling, rainfall intensity, continuous rainfall time

1. はじめに

国土交通省(2020)の「水害レポート2020」によ

ると、日本の年平均気温は、100年当たり1.19℃
の割合で上昇しており、1時間降水量50 mmを

¹ 香川大学大学院創発科学研究科
Graduate School of Science for Creative Emergence, Kagawa
University

² 香川大学創造工学部
Faculty of Engineering and Design, Kagawa University

³ 株式会社 NTT ドコモ
NTT DOCOMO

⁴ 京都大学防災研究所
Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

⁵ 三重大学生物資源学部
Graduate School & Faculty of Bioresources, Mie University,
Mie University

超える短時間強雨の発生件数が約30年前のおよそ1.4倍の増加傾向にあるなど、雨の降り方が局地的・集中化・激甚化が懸念されている。このように地球温暖化に伴う気候変動の影響により、今後さらに台風、短時間強雨や豪雨による災害発生リスクが高まっている。そのため、豪雨による土砂災害などの突発性のある被害から身を守るためにも早期避難が求められる。しかし、吉澤・他(2019)が2019年9月から10月に全国の16歳以上の男女を対象にした「災害に関する意識調査」によると災害情報を利活用した早期避難の実現は、未だに課題であることがわかっている。吉澤・他(2019)の調査によると、防災情報のレベル化の認知度が全体の7割以上であり、大雨の際に、レベル4に該当する避難勧告や避難指示が出た場合の行動として、「すぐに避難しない」が45%を占め、理由として「自宅に留まる方が安全」の回答が最も多かった。どういう状況になれば避難しようと思うのかを尋ねる質問に関して、「周囲の状況から危険を感じた時」が7割であり、家族や近隣住民などの身近な人からの直接的な呼びかけ等が避難行動を後押しすることが確認されている。また、令和元年の台風19号等における大雨の際にどのように情報を収集しているのかについては、最も多い方法は、「テレビ」、その次に「インターネットサイト」で、確認した情報は「大雨警報」、「大雨特別警報」が多く占めていた。この吉澤・他(2019)によるアンケート調査から、大雨の際には、テレビやインターネットから気象情報を確認し、気象情報や周囲の状況を基に避難を有する危機的状況か否かを判断していることが考えられる。

人は豪雨災害時にテレビやインターネットから大雨警報などの情報を集め、周囲の状況から危険な雨を判断していることを考慮すると、今後豪雨災害において、人が危険な雨を適切に感じ取ることが必要となり、人が雨に対しどのように感じているかを議論することが重要になる。しかし、人の雨に対する感じ方については十分な議論はされていないため、本研究では、雨に対する人の感覚について着目し、人が危険な雨に対して適切に感じる可能性について評価する。

2. 関連研究と関連事項

2.1 関連研究

豪雨体験車、仮想現実(Virtual Reality: VR)や拡張現実(Augmented Reality: AR)の技術を用いた雨の再現から防災体験を試みる論文は参考となる。豪雨体験車を利用した豪雨の模擬体験車に対して質問紙調査を行った栗林・吉谷(2005)は、最大時間降雨強度300 mmの雨を体験しても、「特に怖くなかった」や「思ったほどの雨ではなかった」との回答が目立ったと報告している。豪雨体験車では、水滴の落下速度が実際の雨滴よりも小さいため、雨の衝撃力が小さく、実際に降る雨と比べると弱く感じる傾向にあり、体験者に防災上誤った意識を持たせる可能性がある指摘している。この指摘から、吉本・松尾(2017)は、雨の再現における雨音と雨滴の大きさの関係に着目し、児童生徒の雨音に対して持つ主観的な感覚と客観的データから雨音の大きさや雨の強さとの関連付けを図り、雨音の簡易な観測装置を製作した。豪雨体験車だけでなく、仮想現実や拡張現実の技術を用いた豪雨体験についても、雨の再現性が重要視されている傾向がある。その他にも雨滴や雨音など実際の降雨現象の再現性について議論されている(例えば、青山・村井(1997)、広兼・他(2013)、栗原・他(2017)、太田・他(2018)など)。しかしながら、豪雨体験車や仮想現実などの媒体を通じた擬似豪雨体験から防災教育、防災意識の向上を目指すものが多い中、人の雨の感じ方について、十分に議論しているものが少ない。雨に関して1人1人がどのように雨を感じているのか、その後の行動に影響しているのかが十分に議論されていないため、本研究では、雨の強さと降り方に対する人の感覚特性について着目した。実際の雨量と人が感じる雨量に違いがある場合に、その差を改善することで、適切な雨の感覚が身につく、人が危険だと感じる雨が雨量などのデータと防災情報で、どのように表現されているかを理解することが、災害対応の改善につながりうると考えるからである。

2.2 関連事項

気象庁では、天気予報や防災情報などで用いられる用語をホームページにより公開している。この天気予報等で用いられる用語の中に「雨の強さと降り方」がある(気象庁, 2000)。この「雨の強さと降り方」は、1時間雨量で区分されており、各区分に対して、「予報用語」、「人の受けるイメージ」、「人への影響」、「屋内(木造住宅を想定)」、「屋外の様子」、「車に乗っていて」の6つについて、それぞれ雨の強さや降り方の表現が示されている(図1)。1時間雨量の区分は、10mm以上20mm未満、20mm以上30mm未満、30mm以上50mm未満、50mm以上80mm未満、80mm以上の5つであり、「予報用語」は、「やや強い雨」、「強い雨」、「激しい雨」、「非常に激しい雨」、「猛烈な雨」と表現されており、天気予報で用いられている。また「人の受けるイメージ」では、「ザーザーと降る」、「土砂降り」、「バケツをひっくり返したように降る」、「滝のように降る(ゴーゴーと降り続く)」、「息苦しくなるような圧迫感がある。恐怖を感じず」と表記されている。しかし、この「人の受けるイメージ」について、各雨量の雨から感じる人の感覚はすべての人がその表記通りに感じるかどうかは定かでない。仮に10mmの雨が降っているとした場合、この気象庁の表から考えると人は「ザーザーと降って

いる」と感じていることになる。しかし、実際には、10mmの雨を見て、「ザーザーと降っている」ではなく、「土砂降り」や「バケツをひっくり返したように降っている」のように降っている雨が強いと感じる人が存在し、逆に「ぼつぼつと降っている」と10mmの雨より弱い雨と感じる人も存在する可能性がある。このように同じ雨から受ける感じ方は一人一人異なってくると考えられる。

そこで本研究では、気象庁の「雨の強さと降り方」にある「人の受けるイメージ」などを参考に、人の雨に対する感覚について調査・分析していく。

これまで豪雨災害における議論されている内容は、豪雨災害時に人が避難行動へ移すまでの判断基準や心理状況、水害経験の有無による避難行動の特徴や心理特性(例えば、及川・片田(1999)、須見・田中(2009)など)が議論され、最近では豪雨災害の擬似体験に関する雨の再現性の2点が議論され続けているが、人の雨に対する感じ方について議論がされていない。そのため、本研究では雨の再現や避難行動ではなく、人の雨に関する感覚特性について着目し、雨の強さや降り方に関して人はどのように感じているのか、雨の感覚にはどの程度の差があるのかを確認し、適切な雨の感覚による今後の災害対応の改善へつながる可能性について探る。

雨の強さと降り方

(平成12年8月作成)、(平成14年1月一部改正)、(平成29年3月一部改正)、(平成29年9月一部改正)

1時間雨量 (mm)	予報用語	人の受けるイメージ	人への影響	屋内 (木造住宅を想定)	屋外の様子	車に乗っていて
10以上～20未満	やや強い雨	ザーザーと降る	地面からの跳ね返りで足元がぬれる	雨の音で話し声が良く聞き取れない	地面一面に水たまりができる	
20以上～30未満	強い雨	どしゃ降り	傘をさしてもぬれる	寝ている人の半数くらいが雨に気がつく	道路が川のようになる	ワイパーを速くしても見づらい
30以上～50未満	激しい雨	バケツをひっくり返したように降る				高速走行時、車輪と路面の間に水膜が生じブレーキが効かなくなる(ハイドロプレーニング現象)
50以上～80未満	非常に激しい雨	滝のように降る(ゴーゴーと降り続く)	傘は全く役に立たなくなる		水しぶきであたり一面が白っぽくなり、視界が悪くなる	車の運転は危険
80以上～	猛烈な雨	息苦しくなるような圧迫感がある。恐怖を感じず				

図1 雨の強さと降り方(気象庁(2000)より引用)

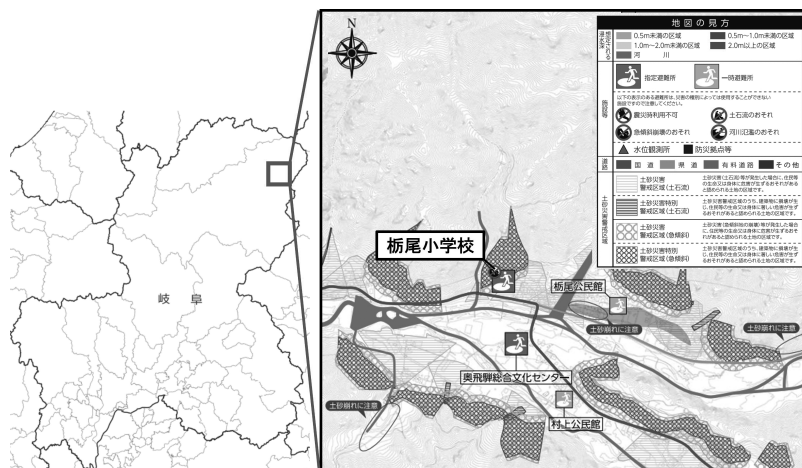


図2 栃尾小学校の位置する地域 (右：高山市 (2019) のハザードマップ, 左：電子地形図25000 (国土地理院) を加工して作成)

3. 研究目的と研究フィールド

3.1 研究目的

雨の降り方に対する人の感覚特性について着目し、人の雨に対する感覚から、人の感覚特性を把握することが本研究の目的である。

そのために、雨の降り方に対する人の感覚の違いについて調査する。対象地域は、雨を観測しやすい降水量の多い地域とし、その地域の調査対象者が雨の観測をしたり、雨量などのデータを記録したり、人の雨の感じ方について考えることができる取組を用意する。そして雨に対する感覚として、気象庁の「雨の強さと降り方」のように人が受けるイメージなどを参考に雨の強さ、降り方を段階的に表現し、人の雨に対する感覚を確認する。実際に降っている雨に対する感覚を対象者が記録し、それを分析することで人の雨に対する感覚特性を評価する。また、雨に対する感じ方が人によって違いがある場合には雨の感じ方の分類を行い、人の雨に対する感じ方の特徴を見出し、把握する。

3.2 研究フィールド

(1) 研究フィールドの紹介

前述の研究目的に適するフィールドのうち、実施の協力が可能な地域として、岐阜県に位置する

高山市立栃尾小学校 (以下、栃尾小学校とする) に研究協力を依頼し研究活動を行った。栃尾小学校の児童数は61人 (2022年1月18日現在)、立地している場所は全面を神通川水系の蒲田川が流れており、背面には急峻な山地が迫っているため、洪水などの水害や土砂災害の危険性が高い地域に位置している。特に、背面にある急峻な山地の斜面は、高山市が公表しているハザードマップにおいて、土砂災害警戒区域 (土石流、急傾斜)、土砂災害特別警戒区域 (急傾斜) に指定されている。そのため土石流だけでなく、斜面崩壊の危険性についても高い場所であるとされている (図2)。

栃尾小学校の傍にある気象庁アメダス (栃尾) では、1991年から2020年の約30年の地域別年降水量の平均値において、年平均降水量が2004.2 mmであり、全国でも降水量の多い地域となっている。

(2) 研究フィールドにおける防災教育

栃尾小学校が位置する地域では1979年に土石流災害が発生している。上宝村は1997年6月に土砂災害について思想へ語り継いでいくとともに、砂防の重要性を認識し、それらを通じて発展していく村となることを宣言する「砂防学習村宣言」を行っており、栃尾小学校もこの宣言以来、小学校4年生児童を中心に砂防学習を行っている。

栃尾小学校では、いくつかの防災活動が行われ

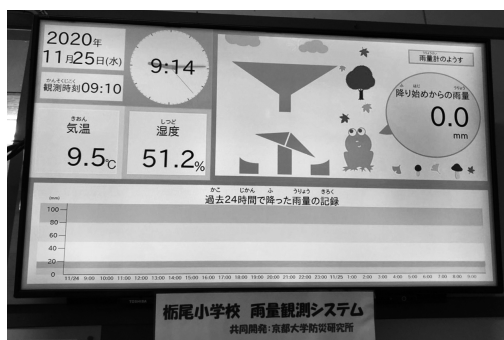


図3 栃尾小学校 雨量計測システムモニター (栃尾小学校にて撮影)

ている。更なる防災力の強化を目指し、2016年から京都大学穂高砂防観測所と連携したプロジェクトを実施している。このプロジェクトにおいては、小学校教員や児童の災害意識の向上、穂高観測所が降雨・湧水観測を通じた斜面土壌の水分状態の観測に向けた活動を行い、栃尾小学校における土砂災害時の災害対応を支援すべく動いている。このプロジェクトを実行する上で、栃尾小学校に複数の設備を設置している。一つは、校舎裏に設置した雨量計である。この雨量計は転倒マス式の雨量計（ヒーター付き）であり、2016年7月5日に、栃尾小学校校舎の屋上に設置された。また、気温、湿度の観測を行うために温湿度計も設置され、この雨量計と温湿度計によって計測された雨量、気温、湿度はリアルタイムに職員室に設置されたサーバーへ転送され、設備は校舎一階職員室前に設置している雨量モニターに示される（図3）。

このモニターでは、前述の雨量計からのデータを基に、現在降っている雨の量だけでなく、気温、湿度や降り始めからの累積雨量（24時間無降雨でリセット）などが表示され、小学生が校内でその日の気象状況について確認できるようになっている。

(3) 栃尾小学校4年生が行うぼうさい空日記

先に述べたモニターを活用して「ぼうさい空日記」という活動を2017年6月16日より開始した。この活動は日記を通じて、児童らの降雨に対する感覚をデータとして収集する目的がある。ぼうさい空日記は名前の通り、日記の体裁をとり、その中で記入日の雨量や記入者がその日の降雨に関して強さと長さの二面からどのように感じたかを選択肢形式で選択する。ぼうさい空日記活動は、ぼうさい空日記をつけることと、その日の空の写真を撮ることを一纏めにした活動としている。ぼうさい空日記をつけることは、栃尾小学校4年生児童の日直が行う。また、年に1回1ヶ月程度、4年生児童全員がその日のぼうさい空日記をつける「みんなでぼうさい空日記」も実施している。日記には6つの記入項目があり、それぞれ（1）日付と名前、（2）今の時間、（3）降り始めからの雨量、（4）今日の雨の強さ、（5）今日の雨の長さ、（6）今日の空やあなたの生活と天気について、で構成されている。2019年度以降には、（7）今日の土砂災害の危険度について、を記入項目に追加した。このうち（2）と（3）は先に紹介した雨量モニターを見ることで確認ができ、児童がモニターを見ながら記入している。（4）と（5）と（7）では、雨の強さと長さ、土砂災害の危険度について段階式の見出しの中から、児童の感覚で選んでもらうように設定している。この段階的の見出しについては、2017年6月6日に、取り組みに関わる栃尾小学校4年生児童に対し事前アンケートを実施し、児童の感覚に合わせて、図4のような表現を設定している。

4. 研究方法

本章では、これまで行ってきたぼうさい空日記

雨の強さ	雨の長さ	土砂災害の危険度
① こわいくらいのどしゃぶり	① こわいくらいずっと	① 土砂災害がすぐにでも起きそう
② ザーザーと打つような雨	② 長い間	② 土砂災害がかなり心配
③ ひどくない雨	③ しばらくの間	③ 土砂災害が心配
④ ぽつぽつとふる雨	④ 少しの間	④ 土砂災害に少し気を付ける
⑤ かががなくても平気な雨	⑤ すぐに止んだ	⑤ 土砂災害はまだ安心
⑥ 雨はふらなかった	⑥ 雨はふっていなかった	⑥ 土砂災害は起こりそうにない

図4 ぼうさい空日記における雨の感じ方の選択肢

表1 年度別のぼうさい空日記の実施内容と対象期間について

年度	児童			保護者			期間	日数
	1. 雨の強さ	2. 雨の長さ	3. 土砂災害の危険度	1. 雨の強さ	2. 雨の長さ	3. 土砂災害の危険度		
2017	○	○	—	—	—	—	10月10日～10月31日	22日
2018	○	○	—	○	○	—	9月18日～10月14日	27日
2019	○	○	○	○	○	○	9月17日～10月20日	34日
2020	○	○	○	○	○	○	9月14日～10月18日	35日

※○は記録が実施されたことを意味する。

と栃尾小学校で得られた雨量，土壌雨量指数を用いて，児童らの感覚と降雨現象の関連性を分析する方法について確認する。

分析において使用したデータは，2017年から2020年の間に実施された「みんなでぼうさい空日記」と日記期間に栃尾小学校で観測された10分間毎の雨量データである。2017年から2020年の間で実施された「みんなでぼうさい空日記」は，表1のとおりである。みんなでぼうさい空日記は，年度ごとの各期間内で1日につき，栃尾小学校4年生全員が記録している。また，2018年以降は，栃尾小学校4年生の保護者もぼうさい空日記を記録している。保護者の日記の記録方法は，児童が保護者にぼうさい空日記の項目を宿題として聞き取り，聞きとった内容を児童が記入する形で実施している。そのため，1日につき児童全員分の日記，加えて保護者の日記を使用している。また，データの解析には分析ソフト「R」を使用した。

4.1 雨の感じ方とばらつきについて

(1) 雨の強さに関する感じ方

栃尾小学校4年生児童と保護者の雨に関する感じ方について，降雨強度，連続降雨時間，土壌雨量指数や日記データから箱ひげ図を作成し，降雨感覚の違いを描画する。その方法により期待される結果は，雨の強さ，雨の長さ，土砂災害の危険度のそれぞれで児童と保護者の感じ方のばらつきがどの程度あるかを示すことである。

まず，ぼうさい空日記における雨の強さに関して，児童と保護者の感覚を分析する。日記における雨の強さの選択肢と降雨強度（以下，10分間雨量から算出した60分降水量とする。単位：

mm/hr）から箱ひげ図を作成し，児童または保護者の雨の強さの感覚について描画する。箱ひげ図で用いられる降雨強度は，小学校で観測された10分間雨量から導出した60分降水量（mm/hr）とする。児童と保護者がその日の雨を強さ，長さ，土砂災害の危険度について判断する対象時間を午前6時から22時の16時間とした。学研教育総合研究所（2020）が行った各学年別の小学生就寝時間の調査によると小学校4年生の平均起床時間は6時36分，平均就寝時刻は21時46分であった。みんなでぼうさい空日記を記述するタイミングは，児童と保護者に任せており，記録時間は定められていないが，通常帰宅後から就寝時間までの間に記録していると想定される。そのため，対象時間である16時間内に観測された最大降雨強度を雨の強さの指標とした。図5にその結果のイメージを示す。図5の箱ひげ図のように，横軸をぼうさい空日記で児童と保護者が選択した雨の強さの選択肢，縦軸を記述した日の午前6時から22時の間で降った最大降雨強度とし，児童と保護者の雨の強さの感

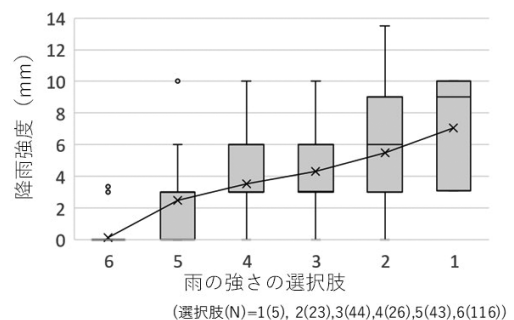


図5 雨の強さと人の感覚のばらつきを示す箱ひげ図のイメージ

覚に関するばらつきを示す。

(2) 雨の長さに関する感じ方

次に雨の強さと同様に雨の長さに関して児童と保護者の感覚を箱ひげ図を用いて描画する。箱ひげ図の横軸を日記における児童と保護者が記述した雨の長さの選択肢、縦軸を記述した日の午前6時から22時の間で計測された最大連続降雨時間とする。雨の長さは10分間雨量のデータと降り始めからの連続降雨時間を利用した。ここで雨の強さと同様、起床してから就寝するまでの16時間(午前6時から22時)を対象としている。また児童が宿題として記録する時間として小学校の教員に確認したところ、おおよそ18時ぐらいが想定されるという情報があった。そのため、18時の時点で記録する児童がいることを考慮し、その場合に前日の就寝中(夜22時から午前6時まで)の降雨の影響を排除できるように、連続降雨時間がリセットされるまでの無降雨時間を720分と設定した。

(3) 土砂災害の危険度に関する感じ方

続いて、土砂災害の危険度に関して児童と保護者の感覚を箱ひげ図を利用して示す。土砂災害の危険度の感覚を示すために、土壌雨量指数を栃尾小学校で観測された10分間雨量と気象庁で使用している Ishihara & Kobatake (1979) の直列3段タンクモデルから導出し、土砂災害の危険度を表す指標とした。雨の強さと同様に、午前6時から22時の間で計測された土壌雨量指数の最大値を箱ひげ図の縦軸、横軸を日記における土砂災害の危険度に関する選択肢とし、土砂災害の感覚をグラフに示す。

4.2 雨の感じ方の分類と個人間の感じ方比較

(1) 雨の感じ方について

次に、雨の感じ方のばらつきについて、感じ方を分類し人の雨に対する感じ方にそれぞれ特徴や傾向を確認するため、雨の感じ方の分類方法について記述する。感じ方の分類として、2017年から2020年の間で実施された「みんなのぼうさい空日記」の雨の強さ、雨の長さ、土砂災害の危険度に関するそれぞれの選択肢に対して階層型クラスタリングを行い、その傾向を示す。

分類は各年度のぼうさい空日記の雨の強さ、雨の長さ、土砂災害の危険度で記入された選択肢を変数として、児童や保護者の間で距離の計算を行う。その後、ウォード法を用いた階層型クラスタリングを実施した。欠損値においてはその日の選択肢の平均値を欠損値に代入する平均値代入法を用いる。なお、日記期間に欠測している児童や保護者の回答率が確認されたため、欠損率30%以上の児童もしくは保護者に関しては、階層型クラスタリングのデータとして対象外とした。2017年は児童1名、2018は児童2名(内1名は長さのみ)、保護者4名、2019年は児童1名、保護者1名、2020年は児童2名、保護者2名がデータ欠損率30%以上に該当した。使用するデータは日記データの欠損率が30%以上を超える児童と保護者を除いたデータであり、雨の強さ、雨の長さ、土砂災害の危険度についてのデンドログラムを分析ソフト「R」を利用し、図示する。

(2) 特定日における個人間の感じ方の比較

雨の感じ方の分類の特徴を確認するため、各年度で特定の日を対象に、その日における選択肢から個人間で降雨感覚の比較を行う。特定日は雨の強さ、長さ、土砂災害で児童と保護者の感覚に差が生じる日を日記期間中から抽出する。個人間で雨の感じ方の比較をするためには、児童と保護者間で感じ方にばらつきが大きく見られる日が必要になる。降雨感覚の違いは弱い雨だと違いが表れにくい可能性がある。そのため、ある程度の降雨があった場合を対象として事例を抽出し特定日とする。本研究において、実際に降雨強度、連続降雨時間、土壌雨量指数が最大値の日を抽出したところ差が確認されたことから、雨の強さ、長さ、土砂災害において、各年度のみんなでぼうさい空日記の期間で観測された降雨強度、連続降雨時間、土壌雨量指数の最大の値(以下、年度最大の値とする)を記録した日によって降雨感覚の比較を行った。また、連続降雨時間は雨が降っていない無降雨時間でも値が上昇する可能性があり、記録への影響が考えられるため、18時から22時の4時間内に雨が降っていることを条件にした。これらの条件より、年度別における特定日はそれぞれ観

表2 雨の強さ、雨の長さ、土砂災害の危険度の特定日

年	月	日	1時間雨量(最大) 単位：mm	連続降雨時間(最大) 単位：分	土壌雨量指数(最大) 単位：-	対象
2017	10	29	18	1810		雨の強さ
2017	10	30	3	3250		雨の長さ
2018	9	30	15	2470		雨の強さ 雨の長さ
2019	10	19	51	2560	71	雨の強さ 雨の長さ 土砂災害の危険度
2020	9	18	30	1630	60	雨の長さ 土砂災害の危険度
2020	9	26	48	360	59	雨の強さ

※下線部は、各年度の最大値を意味する。

測された降雨強度、連続降雨時間、土壌雨量指数の最大値について表2に示す。

5. 分析結果

5.1 雨の感じ方の分析結果

(1) 雨の強さに関する感じ方の分析結果

まず、児童と保護者の雨の強さに関する感覚を図6に示す。

各年度で降った雨量の違いは見られるが、いずれの年度も児童や保護者に関わらず、感じ方にばらつきがあることが分かる。また、平均線は全体的に右肩上がりであり、雨量が多くなり雨が強くなるにしたがって、児童と保護者が選択する感じ方も強くなっている傾向が見られた。このことから、児童と保護者が雨量に対して、雨の強さを感じて選択肢を記録していることが分かる。2019年と2020年の雨の強さのグラフでは、雨の程度が強い選択肢2で大きなばらつきが確認された。また、2019年の児童におけるグラフでは、選択肢1の平均値が低く、選択肢2から選択肢1にかけて平均線が右肩下がりになる場合も一部見られた。児童と保護者の降雨感覚を比較すると、2018年度から2020年について、グラフの傾向、ばらつき度合が類似傾向にあることもわかる。

(2) 雨の長さに関する感じ方の分析結果

続いて、児童と保護者の雨の長さに関する感覚を次の図7に示す。

各年度の箱ひげ図を見ると、強さと同様に感覚にばらつきが見られる。また、2017年、2018年度

では選択肢5から選択肢2において感覚の違いが見られ、全体的に各年度の箱ひげ図の平均線を見ると右肩上がりの傾向がある。この傾向から雨の長さに対して、児童や保護者は雨の長さを感じて長さの記録をしていることが伺える。雨の強さと比べると大きい選択肢でもばらつきが大きい傾向にある。また、雨の強さと同様に2018年から2020年の児童と保護者のグラフを比較するとグラフの傾向、ばらつき度合が類似傾向にあった。

(3) 土砂災害の危険度に関する感じ方の分析結果

次に、児童と保護者の土砂災害の危険度に関する感覚について図8で示す。

雨の強さ、雨の長さと同様に土砂災害の危険度の感覚についてもばらつきが見られる。また、平均線が右肩上がりの傾向も見られた。2019年の児童と保護者、2020年の児童の土砂災害の危険度の選択肢を見ると選択肢2と選択肢1が選択されておらず、選択肢3までの表示となっている。児童と保護者のグラフを比較すると類似している。この期間で土砂災害の危険を感じた人は少なかったと分かる。2019年から2020年の児童と保護者のグラフを比較するとグラフの傾向、ばらつき度合が類似傾向にあった。

(4) 雨の感じ方と相関係数について

前項で示した箱ひげ図では雨の感じ方のばらつきを示すことができた。続いて、児童と保護者が日記に記述した雨の強さ、雨の長さ、土砂災害の危険度の選択肢と観測された降雨強度、連続降雨時間、土壌雨量指数のそれぞれでピアソンの積率

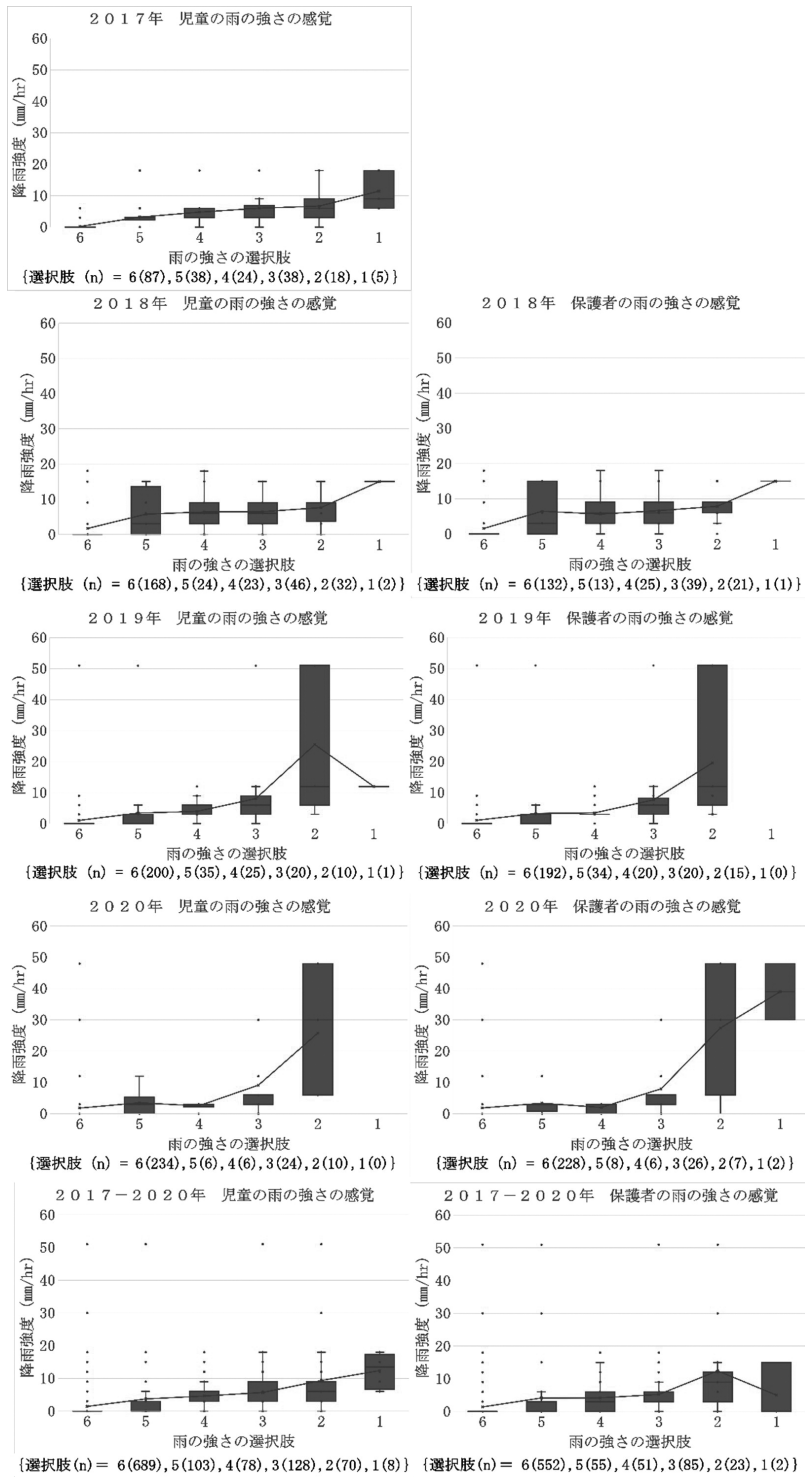


図 6 雨の強さに関する感じ方

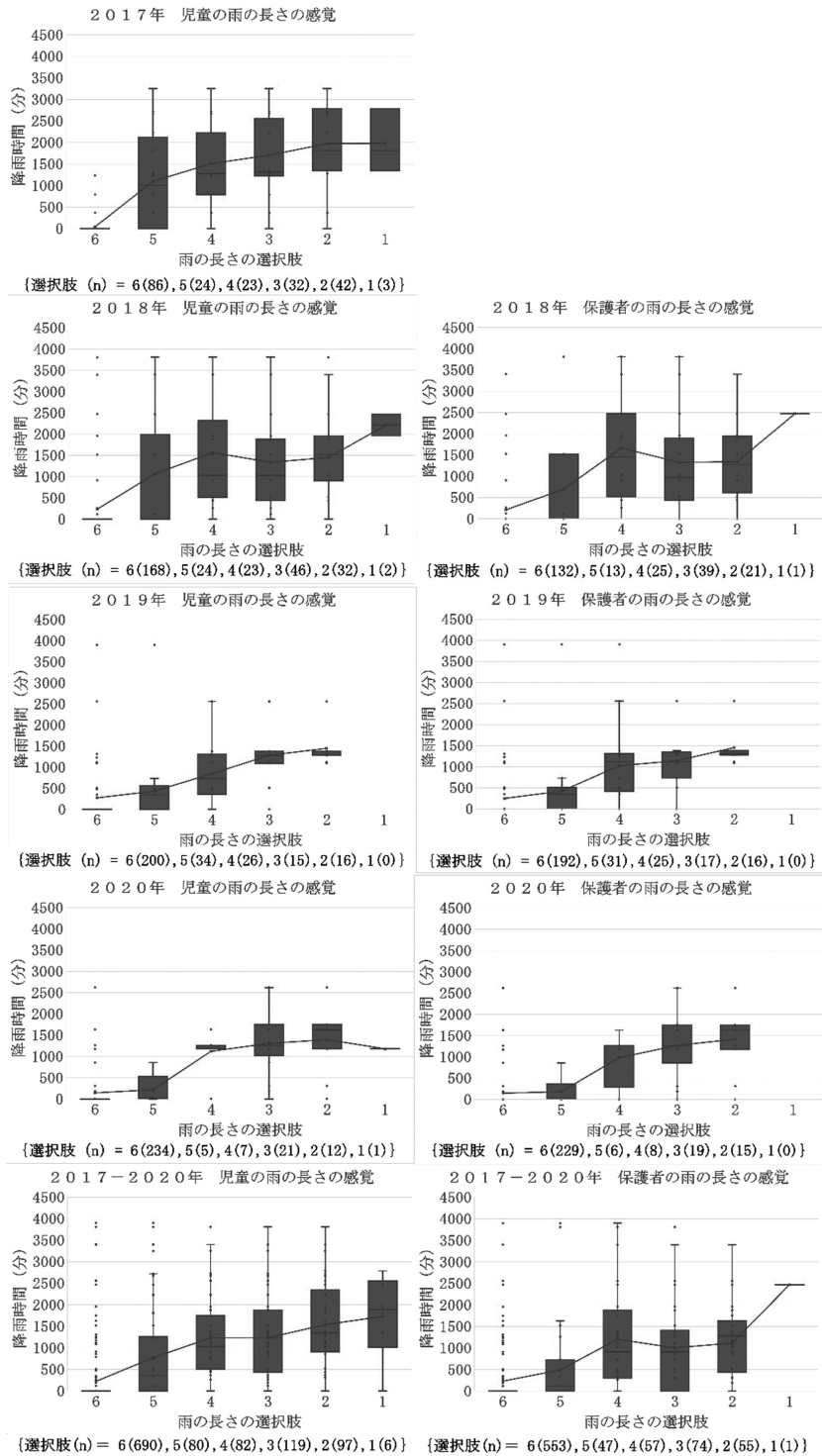


図7 雨の長さに関する感じ方

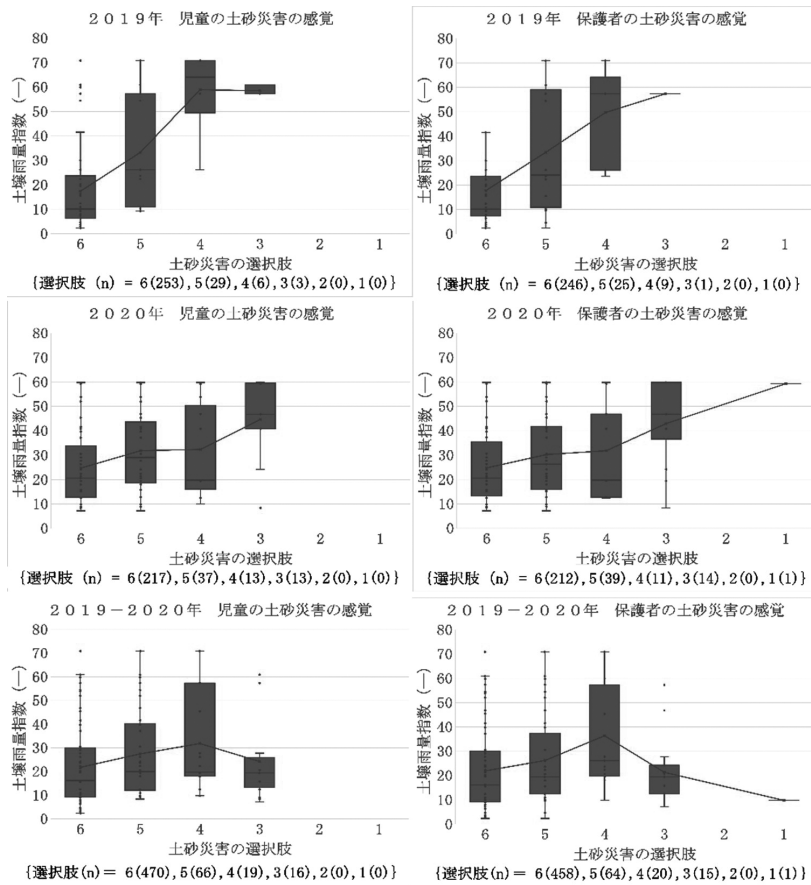


図8 土砂災害の危険度に関する感じ方

相関係数を求めた。その結果を表3に示す。なお、選択肢は順序尺度であるため、併せてスピアマンの順位相関係数についても確認を行い、両者の間に良い対応関係があることを確認している。雨の程度が強くなるにつれて選択肢の数字が小さくなるため、負の相関となる。雨の強さは -0.4 から -0.6 、雨の長さは -0.4 から -0.7 、土砂災害は -0.3 から -0.4 の相関があることがわかった。この結果と前項で示した箱ひげ図の結果から、児童と保護者は雨の強さ、雨の長さ、土砂災害の危険度の選択肢を雨の強さや長さの程度の大きさに合わせて記録していることがわかる。また、2019年の児童の土砂災害を除く土砂災害の相関については、雨の強さと長さとは比べると相関が低いため、児童と保護者は雨の強さと長さに関する感じ方の

表3 雨の強さ、雨の長さ、土砂災害の危険度における選択肢と各観測値との相関係数

年度	対象	雨の強さ	雨の長さ	土砂災害の危険度
2017	児童	-0.67	-0.72	
	保護者	-0.48	-0.51	
2018	児童	-0.46	-0.49	
	保護者	-0.48	-0.51	
2019	児童	-0.47	-0.42	-0.44
	保護者	-0.45	-0.44	-0.39
2020	児童	-0.45	-0.630	-0.30
	保護者	-0.46	-0.620	-0.31

記述に比べて、土砂災害の危険を感じ取ることが難しいことが考えられる。

5.2 雨の感じ方の分類と個人間の比較に関する分析結果

(1) 雨の感じ方の分類の結果

次に感覚の分類のため日記に記述された選択肢を変数とし、階層型クラスタリングを実施した。2017年から2020年までの雨の強さ、雨の長さ、土砂災害の危険度の選択肢に対して、それぞれ階層型クラスタリングを実施した結果を図9、図10、図11に示す。感じ方の分類は、実際に観測された数値より強く、長く感じるグループ(H)、弱く、短く感じるグループ(L)、2つのグループの間にある中間に位置するグループ(M)の3つに分類した(表4)。以下、Sは各年度の児童を表し、Pは保護者を表す。また、それぞれのグループに属する児童と保護者のほうさい空日記における選択

肢の平均値を求めた(表4)。感受性が高いグループ、低いグループ、中間に位置するグループに、対象とする児童と保護者を分類することができた。全体的に、偏りがなく児童と保護者を3つのグループに分類できているが、2018年の雨の長さのように1つのグループに児童と保護者が、偏る場合も確認された。

(2) 特定日における個人間の雨の感覚比較の結果

特定日の児童と保護者がどのようにほうさい空日記を記録しているかの確認として個人間の感じ方の比較を行った。各年度の雨の強さ、雨の長さ、土砂災害の危険度でそれぞれ特定の日を挙げて、個人間の雨の感じ方を比較したものを図12~16に示す。児童は下三角、保護者を上三角でそれぞれのグラフ上に示している。また、感受性が高いグ

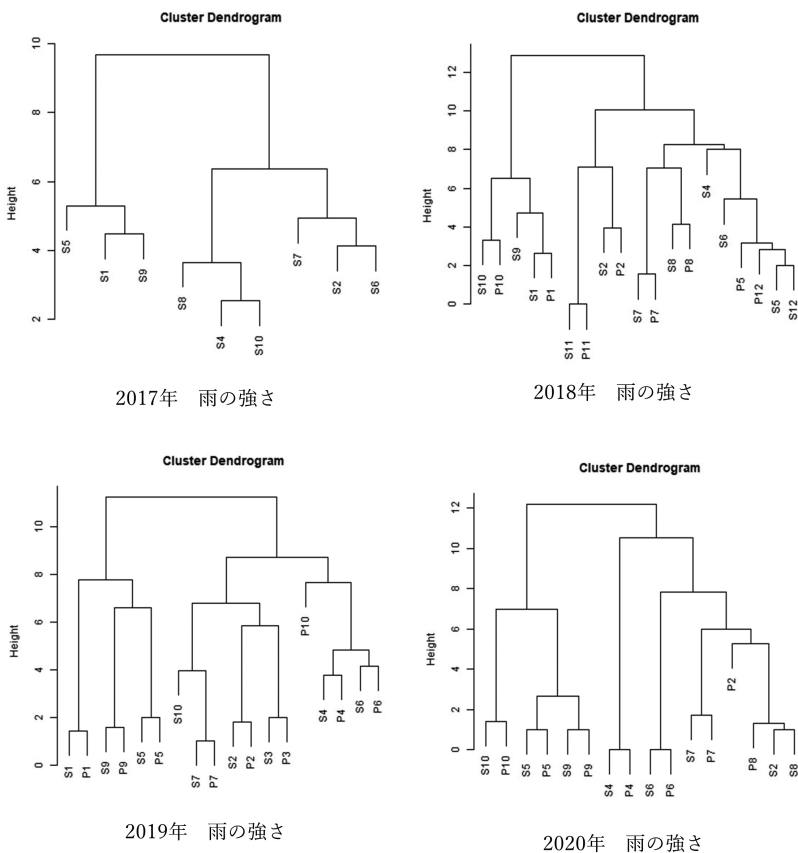


図9 雨の強さに対しウォード法を用いた階層型クラスタリングの結果 ※Sは児童を、Pは保護者を意味する。

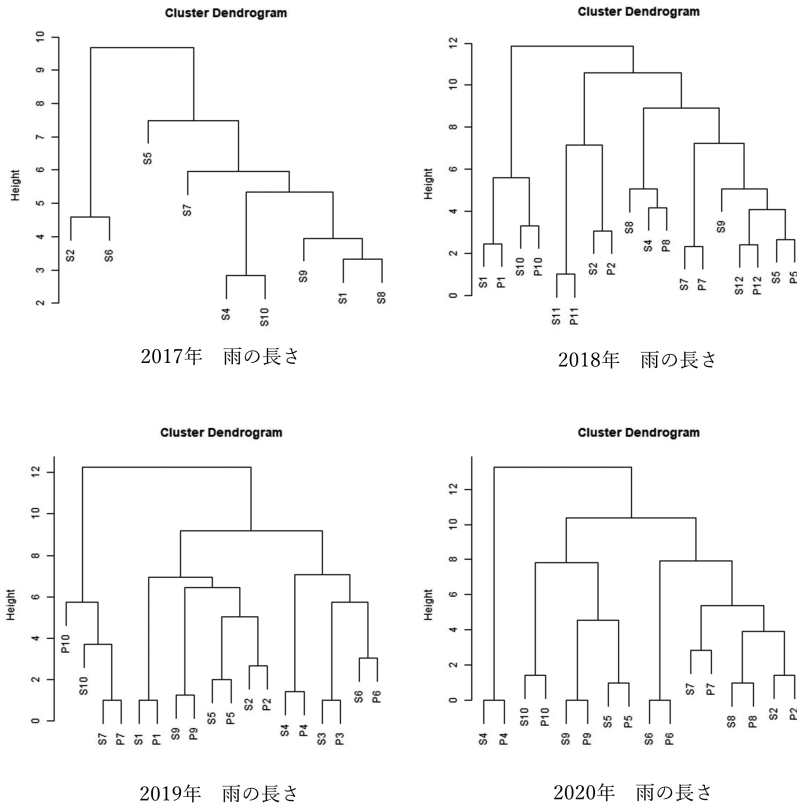


図10 雨の長さに対しワード法を用いた階層型クラスタリングの結果

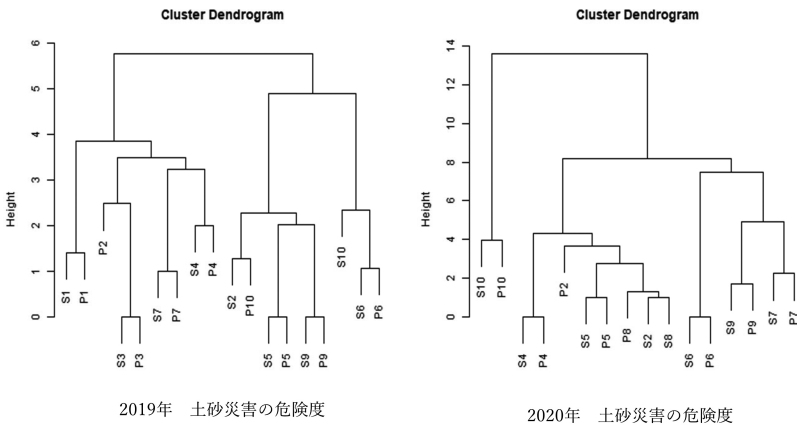


図11 土砂災害の危険度に対しワード法を用いた階層型クラスタリング結果

ループを H, 中間に位置するグループを M, 低いグループを L としてグラフに示す。このグラフの縦軸は、児童と保護者がぼうさい空日記で記

述した選択肢, 横軸は記入した児童になっている。

まず、2017年の結果について記述する。2017年10月29日の結果を見ると、降雨強度18 mm に対

表4 階層型クラスタリングによる感じ方の分類結果と感じ方の傾向

		選択肢の 平均値	児童と保護者											
2017年 雨の強さ	H	4.14	S1	S5	S9									
	M	4.66	S4	S8	S10									
	L	4.92	S2	S6	S7									
2017年 雨の長さ	H	3.73	S5											
	M	4.21	S1	S4	S7	S8	S9	S10						
	L	4.93	S2	S6										
2018年 雨の強さ	H	4.84	S1	S9	S10	P1	P10							
	M	4.89	S4	S5	S6	S7	S8	S12	P5	P7	P8	P12		
	L	5.28	S2	S11	P2	P11								
2018年 雨の長さ	H	4.84	S1	S10	P1	P10								
	M	4.87	S4	S5	S7	S8	S9	S12	P5	P7	P8	P12		
	L	5.24	S2	S11	P2	P11								
2019年 雨の強さ	H	5.10	S4	S6	P4	P6	P10							
	M	5.37	S2	S3	S7	S10	P2	P3	P7					
	L	5.45	S1	S5	S9	P1	P5	P9						
2019年 雨の長さ	H	5.10	S7	S10	P7	P10								
	M	5.24	S3	S4	S6	P3	P4	P6						
	L	5.47	S1	S2	S5	S9	P1	P2	P5	P9				
2019年 土砂災害 の危険度	H	5.80	S1	S3	S4	S7	P1	P2	P3	P4	P7			
	M	5.82	S6	S10	P6									
	L	5.93	S2	S5	S9	P5	P9	P10						
2020年 雨の強さ	H	5.43	S5	S9	S10	P5	P9	P10						
	M	5.56	S2	S6	S7	S8	P2	P6	P7	P8				
	L	5.69	S4	P4										
2020年 雨の長さ	H	5.41	S5	S9	S10	P5	P9	P10						
	M	5.57	S2	S6	S7	S8	P2	P6	P7	P8				
	L	5.57	S4	P4										
2020年 土砂災害 の危険度	H	4.68	S10	P10										
	M	5.64	S6	S7	S9	P6	P7	P9						
	L	5.85	S2	S4	S5	S8	P2	P4	P5	P8				

※ Sは児童, Pは保護者, Hは敏感, Mは中間, Lは鈍感を意味する。

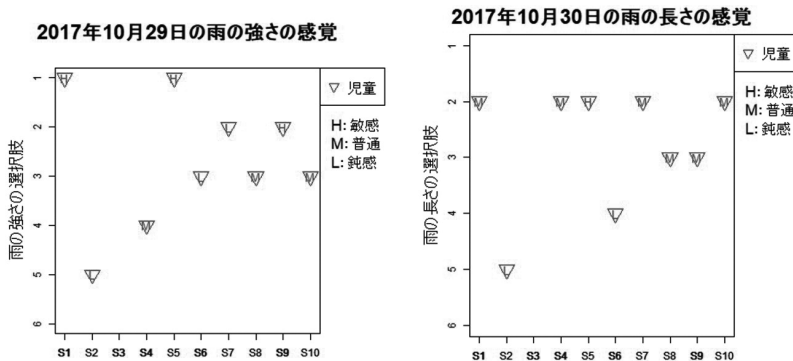


図12 2017年の雨の強さと長さの特定日による感覚比較

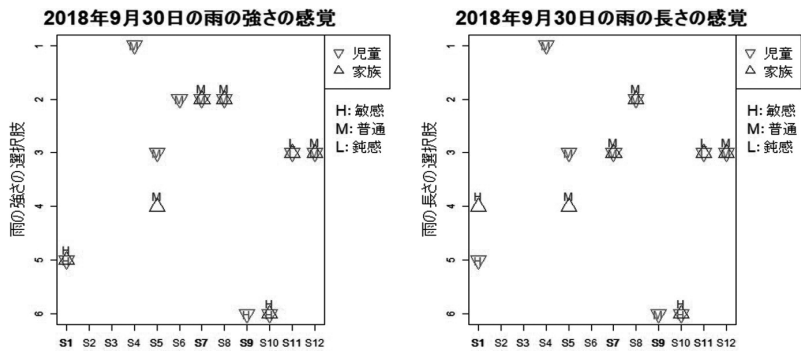


図13 2018年の雨の強さと長さの特定日における感覚比較

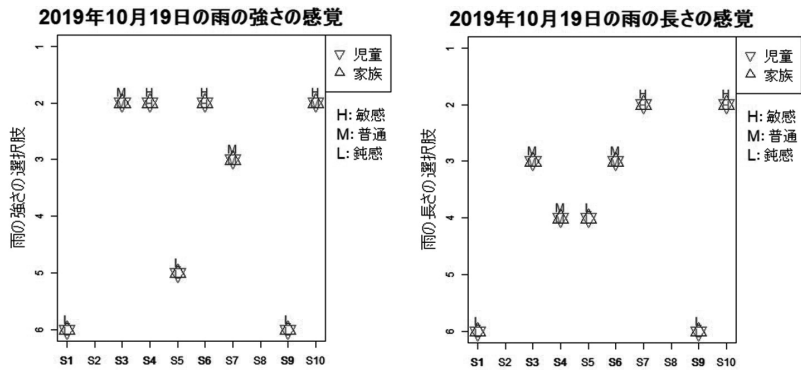


図14 2019年の雨の強さと長さの特定日における感覚比較

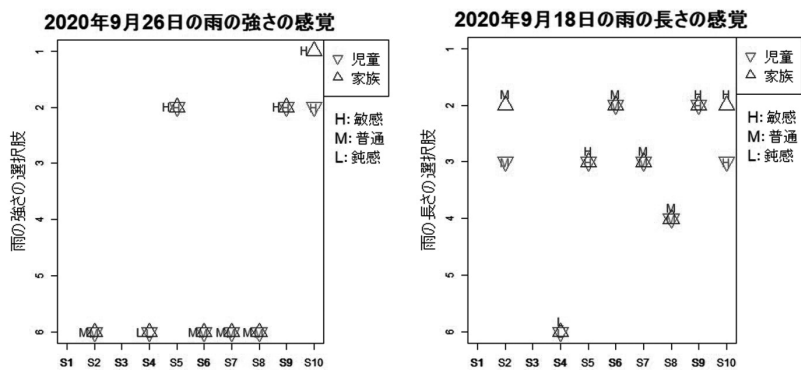


図15 2020年の雨の強さと長さの特定日における感覚比較

して児童は選択肢5から選択肢1の間を選択しており、感受性の高いグループに属するS1とS5に注目するとこの日において最も敏感に雨の強さを感じていることがわかる。2017年10月30日は、雨の長さに関する結果でありその日の最大連続降

雨時間は3,250分となっている。連続降雨時間3,250分に対して、児童は選択肢6から選択肢1の間を記録している。感受性の低いグループに属するS2に注目するとこの日における回答で最も短く感じていることがわかる。

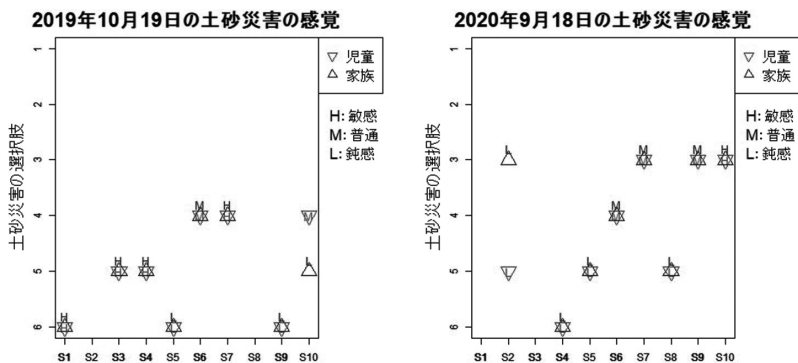


図16 土砂災害の危険度に関する特定日と感覚比較

次に2018年の結果について記述する。2018年9月30日について、個人間の雨の強さ、雨の長さの感覚で比較している。この日の最大降雨強度は15 mm、最大連続降雨時間は2,470分となっている。図13を見ると、選択肢6から選択肢1の間から記録されており感覚の差が見られる。最も雨を強く、長く感じている人は中間に位置するグループに属するS4である。一方、最も弱く、最も短く感じているのは感受性の高いグループに属するS10、P10であり、分布をみると感受性高いグループと低いグループで逆転していることがわかる。

続いて2019年の結果を見る。2019年10月19日について雨の強さ、雨の長さ、土砂災害の危険度について個人間比較を行ったものになる。2019年10月19日の降雨強度は51 mm、連続降雨時間は2,560分、土壌雨量指数は71である。2019年の雨の強さの結果からみると選択肢は6から選択肢2の間から回答されており選択肢2の回答が多く、感受性の高いグループに属する人と中間に位置するグループに属する人との感覚に差はあまり見られない。しかし、この日に最も雨を弱く感じているのは感受性の低いグループに属するS1とS9であり、他の人との感覚と大きな差が見られた。また、児童と保護者の回答の一致をみるとすべて一致していることも見られた。雨の長さの結果を見ると感受性が高いグループに属するS7、S10が長く感じており、感受性が低いグループに属するS1、S9が短く感じている。2019年の土砂災害の危険度の結果を見ると主に選択肢6と選択肢5の回答

が多くこちらもあまり感覚のばらつきは見られないが、感受性が高いグループに属するS7、P7では土砂災害の危険性を感じていることがわかる。

最後に2020年の結果について記述する。2020年9月18日は雨の長さ土砂災害、9月26日は雨の強さの個人の感覚を比較しており、9月18日の連続降雨時間は1,630分、土壌雨量指数は60、9月26日の降雨強度は48 mmと記録されている。2020年の雨の強さの結果から最も強く感じているのは感受性の高いグループに属するP10であり、低いグループに属するS4とP4は最も弱く感じている。感受性の低いグループと中間のグループとの差が見られず、感受性の高いグループとの差が顕著に表れた。2020年の雨の長さの結果をみると、選択肢3と選択肢2の回答が多かった。感受性が高いグループと中間に位置するグループ間で感覚の差はあまり見られなかったが、感受性が低いグループに属するS4とP4は選択肢6を記述しており、雨の長さを感じていなかった。2020年の土砂災害の危険度の結果を見ると、感受性の低いグループに属するS4とP4は選択肢6を選んでおり、他の児童と保護者の回答と比べると土砂災害の危険度がないと判断していることがわかる。さらに、2019年の雨の強さ、雨の長さと同じく、2020年の雨の長さにおいて児童と保護者の感覚を見ると一致する傾向が強く、雨の強さと土砂災害の危険度の回答についても一致する傾向が見られた。

6. 考察

6.1 雨の感じ方の分析結果に対する考察

2017年から2020年の「みんなでぼうさい空日記」で児童と保護者が記述した選択肢と日記期間中の降雨強度、連続降雨時間、土壌雨量指数の指標を用いて、年度別に雨の感覚を分析した。雨の強さ、雨の長さ、土砂災害の危険度のそれぞれの雨の感覚を箱ひげ図の結果から、それぞれの感覚に関して人の感覚に差があることがわかった。ぼうさい空日記で児童と保護者が記述した選択肢は、雨の程度に応じて選択されている傾向が見られた。ただし、2019年、2020年の雨の強さに関する感覚を表した箱ひげ図には、他の年度の結果と比べて異なる傾向が見られた。2019年、2020年の児童と保護者の雨の強さの感覚では、選択肢2で大きなばらつきが確認された。各年度の降雨分布をみるとのいずれの年も年間の90%以上は降雨強度0 mm以上から5 mm未満の雨であり、年度ごとに雨の強さに偏りはなかったが、記録された降雨強度の値は、2019年では51 mm、2020年では48 mmと2017年や2018年と比べると日記期間中に強い雨が降っていた。この影響により、2019年と2020年の雨の強さにおいて、選択肢2で大きなばらつきが生じたと考えられる。雨の強さが強いと人の雨の感覚が大きくばらつき、強い雨とそうでない雨では感覚のばらつきが大きく異なることが考えられる。なお、このような場合、強い雨が降っているときに児童または保護者が屋内にいるなどして雨を確認できていない場合は強い雨と感じられず、屋外で雨を確認できた児童と保護者は強い雨と感じられるといった違いが強い雨の感じ方のばらつきに影響する可能性も考えられる。また、同じ雨でも古い木造家屋の場合、強い雨と感じ、コンクリート造の建物の場合、弱い雨と感じるといった建物の構造の違い、屋根に近い階層にいたかどうかなど、滞在していた建物階による雨音の感じ方の違いなどによって感覚の違いが生じている可能性もある。

雨の長さについては、降雨時間が長くなるに応じてばらつくのではなく、全体的にばらついている。連続降雨時間の設定時間が雨の長さに対する

感覚に大きな影響を与えた可能性がある。1回に降る雨の時間が10分程度の場合でも、720分の無降雨時間の間に繰り返し雨が降ると連続降雨時間として加算される。また、各年度の無降雨日数は2017年から10日、15日、21日、24日となっており、相対的に2020年は雨が少ない年であることがわかる。雨が少なかった2020年は、降雨時間と選択肢の関係が曖昧であり、他の年と比べて降雨日数が少なかったことによる影響が大きく、雨の長さの感覚の記録が困難であったと推測される。

続いて、2019年度から追加された土砂災害の危険度に関する感覚については、2019年の児童と保護者が記述した感覚は、選択肢6から選択肢3の間であった。2020年の児童と保護者が記述した感覚は、選択肢6から選択肢3、及び選択肢1で記録されていた。土砂災害の危険度の感覚の特性として選択肢6、5、4のばらつきが大きい。これは、土砂災害の危険度に関して考えることが困難であるからと考えられる。別途記述したぼうさい空日記の感想で、土砂災害が起きるかを考えることが難しかったと記述する児童が多く見られた（本研究では詳細は省略）。そのため、土砂災害の危険度で記述された選択肢は6から選択肢3までが多く、選択肢1と選択肢2が限りなく少なくなったと思われる。しかし、岐阜地方気象台が令和2年の岐阜県高山市における警報・注意情報発表基準一覧表によると、大雨注意報の発表基準は土壌雨量指数が88であり、大雨警報の基準は土壌雨量指数が118の時に発表される。今回の日記対象期間は土壌雨量指数の範囲は60未満になっているため、この基準から土砂災害の結果を見ると、土砂災害の感覚を適切に選択しているとも考えられる。

6.2 雨の感じ方の分類と特定日における分析結果に対する考察

前章で得られた感じ方の分類結果と個人間比較の結果について、考察する。階層型クラスタリングを雨の強さ、雨の長さ、土砂災害の危険度のそれぞれを感受性の高いグループ、低いグループ、2つのグループの中間に位置するグループの3つ

に分類し、個人間の感覚の比較を行うため、感覚の差が出やすいと考えられる特定日を抽出して児童と保護者の感覚を描画した。それにより得た結果は、次の通りになる。(1) 児童や保護者の雨の感じ方を3つに分けることである程度分類が確認できたこと、(2) 児童と保護者の感覚特性は近い傾向にあるということである。この2つの結果についてそれぞれ考察する。まず、(1)について記述する。表4と図12から図16の感じ方の分類した結果から、雨の感じ方を3つのグループに分けることで、それぞれのグループに偏りが小さく適切に感じ方を分類できていることが確認できた。これにより、人の雨の感じ方を3つに分類してそれぞれの雨の感覚の特徴について考えることが可能になる。しかし、特定日の結果からは一部分類した結果と異なる回答が見られたため、感じ方の分類と感じ方の傾向については、傾向としては示されるものの、特定の日においては多少のずれが生じる場合もあると考えられる。

次に(2)について記述する。(2)について特に顕著に表れたのは、2019年の雨の強さと長さ(図14)である。この2つの結果については、児童と保護者の回答が完全に一致していた。2018年から2020年までの雨の強さ、雨の長さ、土砂災害の危険度のそれぞれにおいて児童と保護者の一致率を調べたところ、雨の強さの回答一致率は2018年から86%、88%、96%、雨の長さは85%、91%、97%、土砂災害の危険度は94%、95%という結果になり、最も低い一致率は2018年の雨の長さで85%、最も高い一致率は2020年の雨の長さで97%だった。このことから、親子の雨の感じ方は近い傾向にあるという考え方ができる一方、保護者の感覚の記録方法が強く影響している可能性もある。前述の通り、保護者の感覚は、児童が保護者に感覚の聞き取り調査を宿題として行っており、聞きとった結果を児童が記入している。そのため、保護者の感覚が完全に独立していない可能性がある。そのため、児童と保護者の感じ方の一致の傾向については、児童と保護者の記述方法を完全に独立させるなど、更なる検証が必要と考える。

7. まとめ

本研究では、人の雨に対する感覚特性に着目し、雨の強さ、雨の長さ、土砂災害の危険度に関する人の感覚の差、感覚の分類と個人の間で発生する感覚の差を確認すること、雨に対する感じ方を分類し、人による雨に対する感じ方の特徴を見出すべく、栃尾小学校の協力のもと、ほうさい空日記を通じた調査を実施した。

栃尾小学校の4年生児童とその保護者を対象とした雨に対する感覚は1時間雨量、連続降雨時間、土壌雨量指数を雨の強さ、長さ、土砂災害の指標とし、それぞれの選択肢別に感じ方の分布を示した。その分布により、選択肢ごとに感じ方のばらつきがあることがわかった。その後、児童と保護者らを3つのグループに分類し、グループごとの感じ方に関する傾向を分析した。結果、児童や保護者ともに、感じ方に特徴が見られること、感受性が高いグループに属する人と感受性が低い人との感じ方に大きな差があることがわかった。また、本研究の結果から児童と保護者の親子間で感じ方は近い傾向にあるという考え方ができる一方、保護者の雨の感覚の記録方法が強く影響している可能性があるため、更なる検証が必要であることもわかった。

本研究で観測された雨は主に日常的な降雨であったが、単に豪雨に対してのみ危険感覚の議論をするのではなく、本研究を通じて確認される降雨の感じ方の違いのように、弱い雨も含めた日頃の雨を通じて、自身の雨の感覚を理解する中で、豪雨に対する危険感覚を醸成することが大切であると考えている。雨の感じ方には人それぞれ違い、ばらつきがあり、自身の感覚特性と周りの人の感覚特性について考えることは、危険な雨を適切に感じ取るために必要であり、十分に議論されることで災害対応につながるだろう。そのため今後も人の雨に対する感じ方について議論する必要があると考えられる。

今後の課題と展望については、今回は栃尾小学校で実施されているほうさい空日記の取組によって得られたデータを2017年度から2020年度の4年分のデータを用いて分析を行った。このほうさい

空日記の取組は、継続されているため、今回使用したデータと2021年以降のぼうさい空日記のデータを用いて、分析・評価をしていきたい。また、雨の感じ方が災害対応とどのように関係するかも考えていきたい。

謝辞

研究フィールドとして様々な活動の協力をして頂いた栃尾小学校の皆様には心から感謝を申し上げます。また本研究の一部は、「北陸地域の活性化」に関する研究助成事業の支援をいただいています。ここに御礼申し上げます。

引用文献

- 青山正和・村井俊治：気象状況を再現できる景観シミュレーション理論の雨景・雪景解析への応用，土木学会論文集，No.576，pp.23-29，1997.
- 学研教育総合研究所：小学生白書 Web 版 2020年8月調査 小学生の日常生活・学習・新型コロナ対策の急行に関する調査，2020，<https://www.gakken.co.jp/kyouikusouken/whitepaper/202008/index.html>，2022年2月9日.
- 広兼道幸・松岡隼平・辻原涼・戸松純一・徳井亮輔：拡張現実感を用いた集中豪雨疑似体験システムの開発と評価，土木学会論文集F6（安全問題），Vol.69，No.2，pp.141-148，2013.
- Ishihara, Y. & Kobatake, S. (1979) : Runoff Model for Flood Forecasting. Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., 29, 27-43.
- 国土交通省：水害レポート2020，pp.3-38，国土交通省，2020，https://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/pdf/suigai2020.pdf，2021年4月1日.

- 栗原加奈・瀬田陽平・金子めぐみ・桑原明栄子：気象情報を利用したオノマトペARアプリケーションの提案，映像情報メディア学会技術報告，Vol.41，No.12，pp.157-160，2017.
- 栗林大輔・吉谷純一：「降雨体験車」での豪雨体験に関する一考察，土木学会第60回年次学術講演概要集，pp.129-130，2005.
- 気象庁：雨の強さと降り方，気象庁，2000，https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/amehyo.html，2021年4月1日.
- 及川康・片田敏孝：河川洪水時の避難行動における洪水経験の影響構造に関する研究，自然災害科学，Vol.18，No.1，pp.103-118，1999.
- 太田敬一・後藤裕子・西村正寛：現実空間と仮想空間を融合した技術の防災分野への適用，複合現実を実現するデバイスを用いた防災体験の試み，J. of the Jpn. Landslide Soc. Vol.55，No.5，pp.253-258，2018.
- 須見徹太郎・田中淳：水害時の避難意向に関するアンケート調査，第11回日本災害情報学会大会予稿集，pp.219-224，2009.
- 高山市総務部危機管理課：奥飛騨温泉郷地域ハザードマップ，2019，https://www.city.takayama.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/000/266/okuhida_n01.pdf，2021年4月1日.
- 吉本直弘・松尾亮太郎：雨滴の大きさの違いを捉える雨音の簡易観察装置の開発，地学教育第70巻第1号（通巻第356号），pp.1-13，2017.
- 吉澤千和子・中山準之助・河野啓：災害への意識や備えと避難行動，「災害に関する意識調査」から，放送研究と調査，pp.28-48，2019.

(投稿受理：2022年4月1日
訂正稿受理：2022年7月1日)

要 旨

本研究では、人の雨に対する感覚特性に着目し、雨の強さ、雨の長さ、土砂災害の危険度に関する人の感覚のばらつき、個人間で生じる雨の感覚の差を確認し、雨の感じ方を分類することで人の雨の感じ方の特徴を見出す。調査は、高山市立栃尾小学校の4年生とその保護者を対象に実施した。その結果として、児童と保護者の雨の強さ、長さ、土砂災害の危険度の感じ方にばらつきがあり、児童と保護者が雨に対してどのように感じているかを見える化できることが確認された。また、それぞれの感じ方を3つのグループに分類し、グループごとの感覚の傾向を偏りなく、示すことが可能であった。