

## 降雨指標-土砂災害被害の非類似度に基づく豪雨による土砂災害の経年変動の分析

九州大学大学院 ○佐藤忠道  
九州大学 執印康裕

## 1. はじめに

わが国では、豪雨による土砂災害が毎年発生しており、土砂災害被害の防止・軽減を目的としたハードおよびソフト対策が継続的に実施されている (Junichi & Naoki 2020 など)。これらの土砂災害対策は、全国スケールで豪雨による土砂災害被害を軽減させたことが指摘されている (Shinohara & Kume2022 など)。また近年、地域スケールにおいて、砂防施設や警戒避難が土砂災害被害を防止した事例報告も蓄積されている (国土交通省 2023)。

このように土砂災害対策は、降雨と土砂災害被害との関係を変化させるため、降雨と土砂災害被害の関係の経年変動に検討することで、土砂災害対策の効果を定量的に評価できる可能性がある。そこで本研究では、非類似度を用いて降雨と土砂災害被害との関係の経年変動を明らかにし、土砂災害対策の効果を考察した。

## 2. 使用データ

## 2.1 土砂災害被害の指標

本研究では、「土砂災害 1 件あたりの死者・行方不明者数」および「土砂災害 1 件あたりの全壊家屋数」を豪雨による土砂災害被害の指標とした。指標は、土砂災害の実態 (土砂災害年報編集委員会 1982-2022) に記載されている 1982-2021 年までの土砂災害発生件数、死者・行方不明者数、全壊家屋数を用いて算出した。土砂災害の実態では、気象・地象と土砂災害種類ごとに集計がなされているため、本研究では梅雨、

台風、それ以外の豪雨を誘因とする土石流等、地すべり、がけ崩れの合計を豪雨による土砂災害とした。なお、本概要集では、紙面の制約から土砂災害 1 件あたりの全壊家屋数に関する検討結果は記載していないが、当日の研究発表会ではこれについても報告する。

## 2.2 降雨指標

降雨指標として、1982-2021 年までの「北日本、東日本、西日本の 5-10 月の降水量合計の平均値」を用いた。この降雨指標を選択した理由は、篠原・小松 (2016) において土砂災害発生件数と高い相関が確認されているためである。

## 3. 手法

## 3.1 適応的非類似度指数

本研究では、Chouakria & Nagabhushan (2007) によって提案された適応的非類似度指数を用いた。適応的非類似度指数は、特定の時点における値の近接性に加えて、時系列データの挙動を考慮できる手法である。適応的非類似度指数は式 (1) ~ (3) により算出する。

$$CORT(R_T, C_T) = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} (R_{t+1} - R_t) (C_{t+1} - C_t)}{\sqrt{\sum_{t=1}^{T-1} (R_{t+1} - R_t)^2} \sqrt{\sum_{t=1}^{T-1} (C_{t+1} - C_t)^2}} \quad (1)$$

$$D(R_T, C_T) = f(cort(R_T, C_T)) \cdot \delta(R_T, C_T) \quad (2)$$

$$f(x) = \frac{2}{1 + \exp(kx)}, \quad K \geq 0 \quad (3)$$

ここで、 $R_T$  および  $C_T$  :  $t$  年における降雨指標および土砂災害被害の指標の値、 $\delta$  :  $t$  年におけるデータ間の距離、 $k$  : 定数である。本研究では、Yang *et al.* (2022)

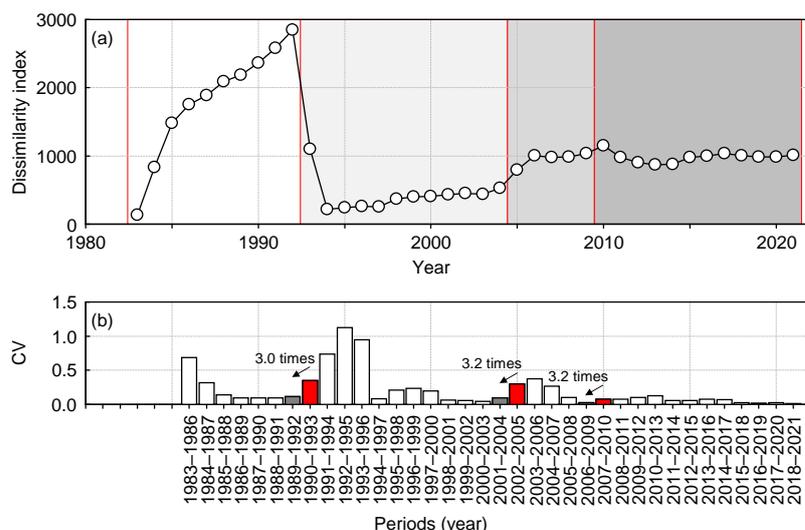


図-1 降雨指標-死者・土砂災害 1 件あたりの死者・行方不明者数の転換点。(a) 適応的非類似度指数の経年変動、(b) その 4 年間変動係数の変化。

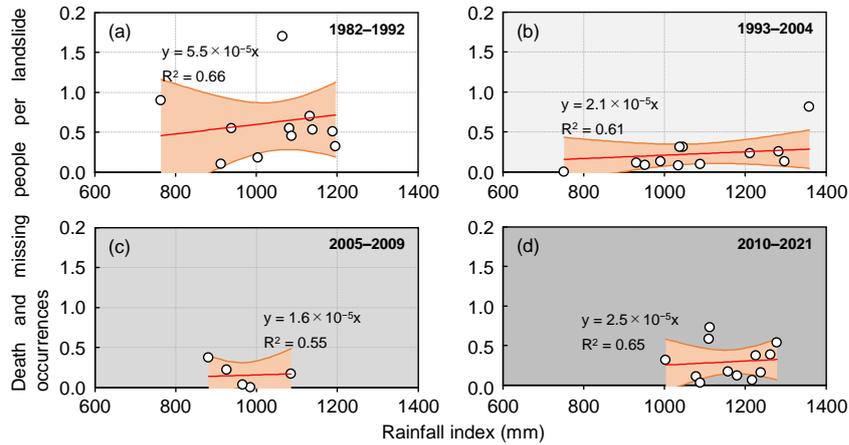


図-2 期間ごとの降雨指標と土砂災害 1 件あたりの死者・行方不明者数の関係。赤線は最小二乗法により推定した回帰直線を、オレンジの範囲は 95%信頼区間をそれぞれ示す。

を参考に、 $\delta$  はユークリッド距離に、定数  $k = 5$  とした。また、Yang *et al.* (2022) は、適応的類似度指数の  $n$  年間変動係数が前期間の変動係数の  $m$  倍となった位置を時系列の転換点とする手法を提案している。本研究では  $n = 4$ 、 $m = 3$  とし、降雨指標と土砂災害被害の関係が変化した年を特定した。なお、降雨と土砂災害被害の関係は、素因（地形、地質、植生、土砂災害対策）の変化がなければ一定であると仮定している。

## 4. 結果

### 3.1 降雨指標および土砂災害被害の指標の経年変動

適応的非類似度指数の算出に先立ち、各指標のトレンドを確認した。Mann-Kendall 検定の結果、対象期間において降雨指標は有意な上昇傾向 ( $Z_c = 2.04$ ,  $p < 0.05$ ) を、土砂災害 1 件あたりの死者・行方不明者数は有意な減少傾向を示した ( $Z_c = -2.12$ ,  $p < 0.05$ )。

### 3.2 適応的非類似度指数の転換点

図-1a に、降雨指標-死者・土砂災害 1 件あたりの死者・行方不明者数の適応的非類似度指数の経年変動を、図-1b にその 4 年間動係数の変化をそれぞれ示す。図-1a より、適応的非類似度指数は 1993 年まで上昇し、その後は安定して推移している。また、図-1b より、両者の関係の転換点は 1992 年、2004 年、2009 年であることが確認される。

### 3.3 期間ごとの降雨指標と土砂災害被害の関係

前章で特定した転換年までを一つの期間として、期間ごとの降雨指標と死者・土砂災害 1 件あたりの死者・行方不明者数の関係を示す (図-2)。図-2 より、全ての期間において降雨指標と死者・土砂災害 1 件あたりの死者・行方不明者数の間には正の相関が確認される。また、第一期間 (1982-1992 年) から第三期間 (2005-2009 年) までに、回帰直線の回帰係数が減少したが (図-2a-c)、第四期間 (2010-2021 年) の回帰係数は第二期間 (1993-2004 年) のそれよりも大きい (図-2b, d)。

## 4. 考察

第三期間における降雨指標 1 mm に対する砂災害 1 件あたりの死者・行方不明者数は、第一期間と比較して約 29%減少した (図-2a, c)。Shinohara & Kume (2022) は、1975~2019 年の期間においてハード対策が豪雨による土砂災害被害を減少させた可能性が高いことを示した。したがって、降雨指標と土砂災害被害の関係の変化は、ハード対策の効果を反映していると考えられる。なお、数十年の時間スケールでは、植生の変化も上の関係を変化させる主な要因だと考えられる。しかし、全国スケールでの森林の変化が土砂災害被害に及ぼす影響は、1991 年以降小さくなっており (Sato & Shuin 2023)、土砂災害発生に影響を及ぼす大規模な森林伐採は近年行われていない (篠原・小松 2016)。したがって、本研究では植生の変化の影響は小さいと考えた。

第四期間においては回帰係数が再び増加した (図-2d)。これは、近年、砂防施設の計画規模を超過する豪雨によって大規模土砂災害が発生する機会が多い (岡本 2018) ためと考えられる。

## 引用文献

- Chouakria, A.D. & Nagabhusan, P.N. (2007) *Adv. Data Anal. Classif.* 1: 5-21.
- 土砂災害年報編集委員会 (1982-2022) 土砂災害の実態。砂防・地すべり技術センター、東京。
- Junichi, K. & Naoki, I. (2020) *Landslides* 17: 2503-2513.
- 国土交通省 (2023) 砂防関係施設と警戒避難の効果事例。 [https://www.mlit.go.jp/river/sabo/shisetsu\\_kouka/koukajirei/index.html](https://www.mlit.go.jp/river/sabo/shisetsu_kouka/koukajirei/index.html). 2023 年 3 月 15 日最終閲覧。
- 岡本敦 (2018) 土木技術資料 60(1): 20-22.
- Sato, T., & Shuin, Y. (2023) *J. For. Res.* 28(2):106-100.
- 篠原慶規・小松光 (2016) 砂防学会誌 68(5):3-9.
- Shinohara, Y. & Kume, T. (2022) *Sci. Total Environ.* 827: 154392.
- Yang, H.Q. *et al.* (2022) *Eng. Geol.* 299: 106578.