

水文統計的「集中豪雨」の定義と適用

松田誠祐*

Definition of the Term “Localized Torrential Downpour” (“Shuchugou” in Japanese) in Hydrological Statistics and Its Application

*Seisuke MATSUDA

Kochi University, B-200, Monobe, Nankoku-shi, Japan

Abstract

The authors have adopted a joint scale index derived in accordance with the idea of “temporal concentration degree of precipitation,” as an index for expressing the magnitude of a heavy rainfall. The joint scale index is represented as the product of the conditional joint coefficient and the cumulative precipitation from the time when rainfall starts up to a given time t . The conditional joint coefficient is a normalized number corresponding to the joint exceedance probability between the maximum 24-h cumulative precipitation and the maximum 1-h precipitation within the 24-h period. While the conditional joint coefficient cannot be calculated theoretically, the authors have devised an empirical formula based on numerical experiments that can estimate the conditional joint coefficient. The term “localized torrential downpour” in the context of hydrological statistics refers to heavy rainfall with conditional joint coefficient greater than 1.

Key words: localized torrential downpour, joint scale index, heavy rainfall, conditional joint coefficient

1. はじめに

集中豪雨について、気象学の辞典（和達，1972）には「局所的に、短時間に多量に降る強い雨。がけくずれ、洪水などの災害を伴い、社会問題となっている。この言葉は報道関係者によって名づけられたもので、量的な定義はない。」と述べられている。ここでは水文統計的集中豪雨の量的定義を試み、過去の集中豪雨に適用した結果を述べる。集中豪雨の“集中”には、面的および時間的集中の意味がある。それがこの用語の特徴であり、量的定義が難しい点でもある。ここでは時間的集中についてのみ論述する。

気象学では、降水現象の原因と過程を対象とするのに対して、水文統計（水文）学では集計時間の長さと同量が対象である。任意に定めた一定の長さの時間（以下、代表時間という）の中で起こった降水現象において、単位時間に最大いくら降ったかを考えることで降水の時間集中度の概念が生まれた（松田・角屋，1983）。代表時間の中に無降水の時間を含める考え方は、気象学的には無理であろう。ただし降水データは10分降水量，1時間降水量，日降水量，月降水量，年降水量などの記録が集計されている。これらのデータには当然無降水の時間が入っている。水文統計（水文）学ではこれらの集計記録を基礎データとしており，単位時間内においてこれらの値は当然一様分布していないが， t 時間の平均値を強度として用いることもあり，便宜上，一様分布を仮定することも多い。代表時間の長さが変われば降水の時間集中度の値は変わる。さらに降水の継続時間が同じ降水のみを解析対象とするのは解析結果の適用において実用的でない。降水の集計記録を水文統計的に扱うことによって初めて集中豪雨を定義することが可能であると考えられる。

ここで扱った集中豪雨は，いずれも条件付き結合係数が1より大きいか，部分的に大きくなった強雨を伴

う大雨である。条件付き結合係数とは、降り始めから時刻 t までの累積降水量 $\sum_{i=1}^t R_i$ の条件下で、最大 24 時間降水量 R_{24h} とさらにその中の最大 1 時間降水量 R_{1h} の結合超過確率に対応する正規変換値 $\xi(R_{24h} \cap R_{1h} | \sum_{i=1}^t R_i)$ である。 R_{24h} と R_{1h} の間には独立範囲と従属範囲があり、累積降水量 $\sum_{i=1}^t R_i$ にも従属するので一般的には計算できないが、数値実験によって実用推定式が作られており (松田・足立, 2005), 若干の置き換えを許すことによって計算が可能である。

2. 降水の時間集中度 (松田・角屋, 1983)

降水の時間集中度を考えるために、単位時間 Δt と適当な長さの代表時間 $T \times \Delta t$ を考える。時間は無次元化して下限を 1, 上限を T と考える。無次元時間数 1, T であるが、便宜上、下限時間 1, 上限時間 T のように使う。

Δt を 1 時間, $T \times \Delta t$ を 24 時間としよう。これらは降水記録として 1 時間降水量 R_1 , 24 時間降水量 R_{24} のように日常的に用いられている。ところで、24 時間降水量といっても 24 時間連続して降水があるわけではない。しかし水文統計学では無降水の時間も降水の時間に含めて考えることが一般的である。水文統計学と気象学のこの違いが、集中豪雨を定義する場合の可否に関係する。

降水の時間集中度 C を次式で表す。

$$C = \frac{\log_{10}(r_1/r_T)}{\log_{10}(T)} = 1 - \frac{\log_{10}(R_T/R_1)}{\log_{10}(T)} \quad (1)$$

ここに、 C は降水の時間集中度, $r_1=R_1/1$, $r_T=R_T/T$, R_1 は単位時間降水量, R_T は代表時間降水量。

3. 確率単位時間降水量の推定式

C は $[0, 1]$ の範囲で確率的に分布する。そこで、SladeIII型正規変換式を用いて正規変換する。

$$\xi = \alpha \log_{10} \left(\frac{C}{C_0} \times \frac{g-C_0}{g-C} \right) \quad (2)$$

$$f(\xi) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp(-\xi^2) \quad (3)$$

ここに、 $f(\xi)$ は正規確率密度関数, $g; \alpha; C_0$ は C を正規変換するための定数であるが、いずれも R_T の関数となることが確かめられている (松田ら, 2001)。またここで用いた正規確率密度関数は、普通の統計学のテキストで用いられる正規確率密度関数の正規変数 x に対して、 $\xi = x/\sqrt{2}$ の関係である。

ここで用いた正規変換式の定数が R_T の関数となることを利用して、確率単位時間降水量推定式が導かれた (松田ら, 2004)。

$$\log_{10}(\xi R_1) = (m+1)\log_{10}(R_T) + n \quad (4)$$

ここに、 ξR_1 は確率単位時間降水量, $(m+1)$, n は Table 1 で与えられている。

4. 条件付き結合無次元再現期間の推定式

さて、確率単位時間降水量 ξR_1 の推定式は得られている。推定式では 24 時間を短時間降水量の代表時間に、長時間降水量の単位時間に用いている。これを無次元時間表示すると、同じ R_{24} が前者では R_T , 後者では R_1 となって区別が難しくなってしまう。そこで、無次元時間的に扱うことを前提としながら、 R_T と R_1 を R_{24h}

Table 1 確率単位時間降水量の推定式の係数

単位時間	代表時間	適用範囲	係数 $(m+1)$	係数 n
$\Delta t=1h$	$T=24$	$-2.185 \leq \xi \leq 0$	$-0.0197\xi^2 - 0.1348\xi + 0.7543$	$0.0794\xi^2 + 0.5586\xi - 0.2595$
		$0 \leq \xi \leq 2.185$	$0.0218\xi^2 - 0.144\xi + 0.7543$	$-0.0474\xi^2 + 0.594\xi - 0.2595$
$\Delta t=24h$	$T=10$	$-2.185 \leq \xi \leq 2.185$	$0.0013\xi^2 - 0.0518\xi + 0.8729$	$0.0108\xi^2 + 0.3356\xi - 0.0304$

で表現する。同様に 1 時間降水量を R_{1h} , 10 日降水量を R_{10d} のように表す。

(4) 式から, ξR_1 は ξ と R_T の関数であるから, R_1 と R_T が与えられたら ξ を計算することができる。 ξ から超過確率を計算できるので R_1 の無次元再現

期間を計算できる。厳密には R_T の条件付き無次元再現期間というべきであるが, ここでは単に R_1 の無次元再現期間と呼ぶ。すなわち, 1 時間降水量の無次元再現期間 T_{1h} と 24 時間降水量の無次元再現期間 T_{24h} を計算できる。

次に両者の条件付き結合再現期間 $T_{24h} \cap T_{1h} \mid R_{10d}$ を計算したいが R_1 と R_T はいずれも従属関係があるので一般的に計算することはできない。そこで (5) 式を仮定して数値実験的に β を求め (松田ら, 2004), 実用推定式が得られている (松田・足立, 2005)。

$$T_{24h} \cap T_{1h} \mid R_{10d} = T_{24h} \times T_{1h}^\beta \quad (5)$$

ここに, $0 \leq \beta \leq 1$ 。

これを用いて $T_{24h} \cap T_{1h} \mid R_{10d}$ が計算できれば条件付き結合係数 $\xi(R_{24h} \cap R_{1h} \mid R_{10d})$ を計算できる。また, 条件付き結合係数に R_{10d} を乗じた結合規模指標 $\xi(R_{24h} \cap R_{1h} \mid R_{10d}) \times R_{10d}$ は豪雨の規模を表す指標として有効であることが確かめられている (松田・足立, 2005)。

5. 水文統計的「集中豪雨」の定義

R_{10d} は, $\Delta t=24h$ としたときの代表時間降水量 ($T \times \Delta t=240h \div 10d$) であるが, 代表時間内において無降水の時間を許容しているので, 実質的には降水の降り始めから終了までの時間の累積降水量で置き換えても同じ (99%) である。したがって, R_{10d} を $\sum_{i=1}^t R_i$ で置き換える。厳密には降水の途中の t 時間で切ることについては問題があるかもしれないが, 可能であると考え。ここに, R_i は降り始めから i 時間目の時間降水量。このような置き換えを許容すると結合規模指標は, R_{10d} の代わりに累積降水量を用いて次式で表される。

$$\xi(R_{24h} \cap R_{1h} \mid R_{10d}) \times R_{10d} \Rightarrow \xi(R_{24h} \cap R_{1h} \mid \sum_{i=1}^t R_i) \times \sum_{i=1}^t R_i \quad (6)$$

ここで, $\xi(R_{24h} \cap R_{1h} \mid \sum_{i=1}^t R_i) = 1$ とおくと右辺の式はよく用いられている累積降水量に等しい。条件付き結合係数が 1 より小さい場合, 結合規模指標は累積降水量を下回る。すなわち, 条件付き結合係数が 1 より小さければ, 雨が降り続き大雨が降ったとしても結合規模指標は累積降水量を超えることはない。しかし大雨が降れば災害が発生する可能性は高まる。集中豪雨は, もともと集中して降った強雨に伴う災害の加害要因が大きかったことを表す用語として用いられたと考えられるので, 条件付き結合係数は 1 より大きい場合に有用であろう。

降り始めから t 時間 ($240h \geq t \geq 24h$ が望ましいが短くても可能) までの累積降水量の中で最大 24 時間降水量とその中の最大 1 時間降水量の結合超過確率に対応する正規変換値が 1 より大きい, あるいは両者の条件付き結合超過確率が約 7.8677% より小さい強雨を伴う大雨を水文統計的「集中豪雨」と定義する。以下では, 過去の集中豪雨にこの定義を適用した結果を述べる。

6. 歴史に残る集中豪雨

Fig. 1 は, 1972 年 7 月高知県繁藤で起こった繁藤災害^{注1)}における天坪 (現アメダス繁藤) におけるハイエトグラフ, 累積降水量 (高知地方气象台, 1972) および結合規模指標の時間変化である。降り始めから 24 時間の時点で条件付き結合係数 ($\sum_{i=1}^{24} R_i=419$ mm, $R_{24h}=419$ mm, $R_{1h}=91.5$ mm) を計算すると約 2.207 (条件

Table 2 β の実用推定式

$\beta = \beta_m(1 + \Delta\beta)$
$\beta_m = a_1\xi_{1h}^2 + a_2\xi_{1h} + a_3$
$a_1 = 0.0075\xi_{24h}^2 - 0.0104\xi_{24h} - 0.0354$
$a_2 = 0.2007$
$a_3 = -0.0171\xi_{24h}^2 + 0.1678\xi_{24h} + 0.5015$
$\Delta\beta = \{-0.0123\xi_{24h} - 0.0823\} \times \{\log(R_{10d}) - 2.7526\} \times \exp\{-(\xi_{1h} - 0.34)^2\}$ $\xi_{24h} < 0$
$\Delta\beta = \{-0.1309\xi_{24h}^2 + 0.0379\xi_{24h} - 0.0823\} \times \{\log(R_{10d}) - 2.7526\} \times \exp\{-(\xi_{1h} - 0.34)^2\}$ $\xi_{24h} \geq 0$

付き結合超過確率 $\approx 0.09\%$) となる。また、降水終了時 ($\sum_{i=1}^{72} R_i = 849 \text{ mm}$, $R_{24h} = 785.5 \text{ mm}$, $R_{1h} = 95.5 \text{ mm}$) の条件付き結合係数の値は約 1.96 (条件付き結合超過確率 $\approx 0.28\%$) となっているのが注目される。降水終了時の累積降水量が 849 mm であるのに対して、最大結合規模指標は 1664 mm となっ

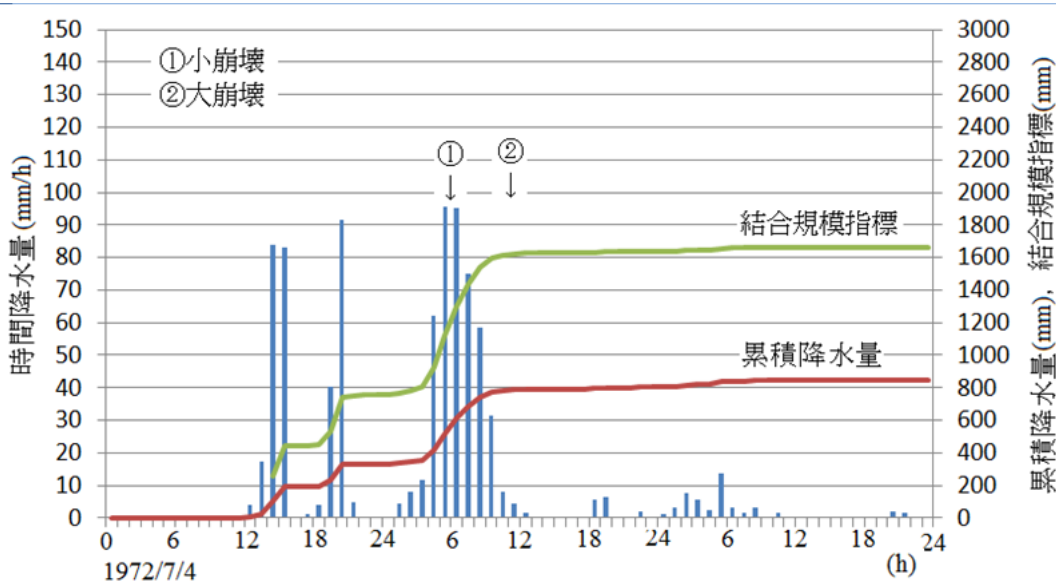


Fig.1 1972年7月4～6日高知県繁藤災害における天坪（現アメダス繁藤）におけるハイレトグラフ、累積降水量および結合規模指標の時間変化

ている。①の時点で小崩壊が始まり、②の時点までに4回の小崩壊があつて②の大崩壊に至った（土佐山田町、1973）。①時点前後の強雨は強い崩壊要因となった可能性が高い。

注1：繁藤災害

高知気象台の昭和47年7月豪雨に関する概況では「7月2日黄河下流域で発生した低気圧は5日朝には日本海に進み、中心から延びる寒冷前線が九州付近に達した。高知県へは下層では太平洋高気圧からの温かい湿った気流（湿舌）が流れ込み、上層では朝鮮半島からの乾燥空気（寒気）が流れ込んだため大気の状態が非常に不安定となった。・・・」と述べられている。

Wikipedia（2012）の繁藤災害には『自衛隊や機動隊、消防等関係者ら1,300人体制による捜索・救出活動（および遺体収容作業）は約1カ月間続き、延べ約2万人が従事したが、最終的に死者60名（大崩壊による死者は59名）、負傷者8名、家屋全壊10棟、半壊3棟の被害を出すに至った。駅構内の半分を土砂に飲み込まれたほか、一部の路盤を失って不通となった土讃本線は、復旧までに23日を要している。（中略）この災害の教訓から高知県の防災行政が見直されたほか、消防団員の研修内容に「現場の状況から危険を察知し避難する判断力の重視」という新たな項目が加わった。』と記されている。

7. 記録に残る最大の結合規模指標

端野・田村（2005）は、「平成16年台風10号は・・・、太平洋高気圧に進路を阻まれながらゆっくり北西に進み、7月31日16時ごろ高知県西部に上陸し、その後広島に再上陸した後・・・海川～沢谷に至る細長い爪上の地域（東西10km、南北30km）に1時間あたり60～120mmもの集中豪雨が数時間観測された。・・・」と述べている。

Fig. 2は2004年10号台風の徳島県那賀川水系海川（四国電力）

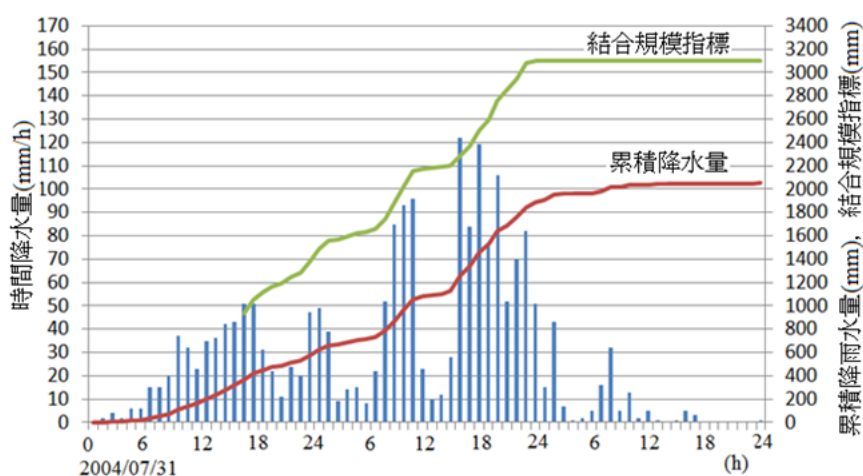


Fig. 2 徳島県那賀川水系海川におけるファイエトグラフ、降水量および結合規模指標の時間変化（日本で起こった最大の結合規模指標）

におけるハイエトグラフ、累積降水量および結合規模指標の時間変化である。累積降水量 2272 mm, 最大結合規模指標 3100 mm は著者の知る限りにおいて日本で起こった最大の集中豪雨である。

Fig. 3 は徳島県那賀川水系木沢村名古ノ瀬（国土交通省、海川の北北東約 8 km）におけるハイエトグラフ、累積降水量および結合規模指標の時間変化である。

蔣・山上（2005）は「大用知（谷）の崩壊は、台風 10 号による土砂崩壊の中で最も規模が大きい。そして、唯一犠牲者（2 名）を出した崩壊である。・・・、大用知地区上部の尾根付近を頭部とする大量の崩壊土砂が土石流と化し、大用知谷に沿って 3 km 流下した・・・」と述べている。名古ノ瀬は大用知崩壊地および阿津江崩壊地に比較的近い（2～3 km）。同図には大崩壊のおよその発生時刻（蔣・山上の「聞き取りによる」）を示した。

結合規模指標は海川の値が名古ノ瀬の値より大きい、斜面崩壊の規模は名古ノ瀬近傍の大用知・阿津江の方が大きい。これは、地山における豪雨の履歴、地質・地形・風化の程度など、外力以外の要素も大きいことを表していると言えよう。

8. その他の集中豪雨の例

8.1 7505 号台風による集中豪雨

高知気象台の昭和 50 年台風 5 号の概況では、「8 月 12 日 15 時カロリン諸島で発生した台風第 5 号は北西に進み、17 日 8 時 50 分宿毛市付近に上陸、その後伊予灘を経て山口県西部に再上陸し、・・・。台風が通過した後の 17 日 12 時ごろから中部の西より山間部を中心に豪雨となり、・・・。その後、豪雨はやや東に移って 17 日夜まで続き、17 時までの 1 時間にいの町成山で 93 mm, 18 時までの 1 時間に柿の又（県）で 119 mm を観測、・・・。」と述べている。

Fig. 4 は 1975 年の 5 号台風の柿の又（高知県、1975）におけるハイエトグラフ、累積降水量および結合規模指標の時間変化である。降雨の中心は室戸レーダーのエコー図（湿舌がわずかな移動で数時間同じ場所に停滞した）と被災状況（伊野町、1977）から仁淀川水系下流左岸に流入する勝賀瀬川の流域であると推定される。勝賀瀬流域では残念ながら降雨資料が得られないので、この流域に近い柿の又観測所（東約 8 km, 高知県、1975）の降水量を用いた。崩壊の発生時刻は災害の記録（伊野町、1977）による。同災害の記録には、図中に示した①～③の崩壊、「17 時 40 分に伊野町に災害救助法が発令、伊野町浸水、土佐市八田堰下流 50 m で仁淀川堤防（右岸）が破堤して土佐市浸水。」などが記されている。

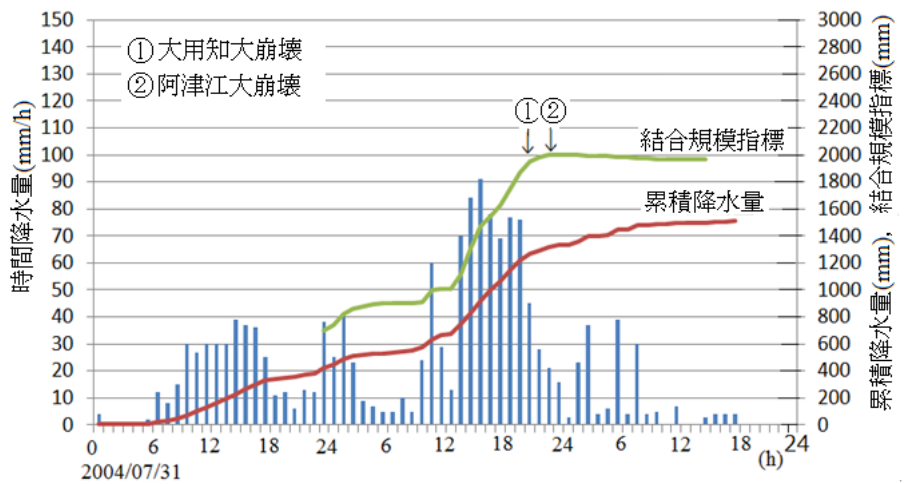


Fig. 3 徳島県那賀川水系名古ノ瀬のハイエトグラフ、累積降水量および結合規模指標の時間変化

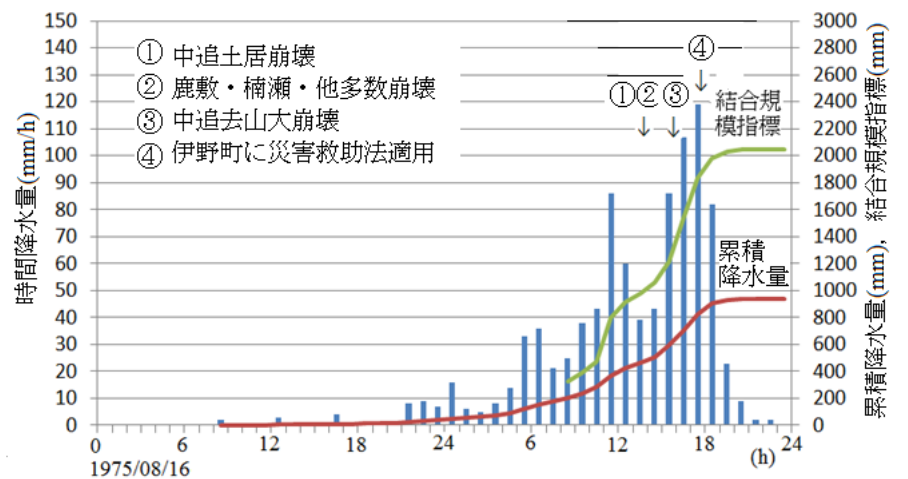


Fig. 4 Ty.7505 号における高知県柿の又のハイエトグラフ、累積降水量および結合規模指標の時間変化（崩壊時刻は災害の記録（伊野町、1977）による）

8.2 1998年高知豪雨

祁ら(2001)は、高層天気状況「東経 125° 付近に谷をもつ低気圧性波動と太平洋高気圧の間に収束帯が発達。台風7号の通過後、高気圧の縁を回る暖湿気が停滞前線に流れ込んで長時間豪雨が発生した。」、降水特性「高知市で最大24時間雨量861mm、最大1時間雨量112mm。繁

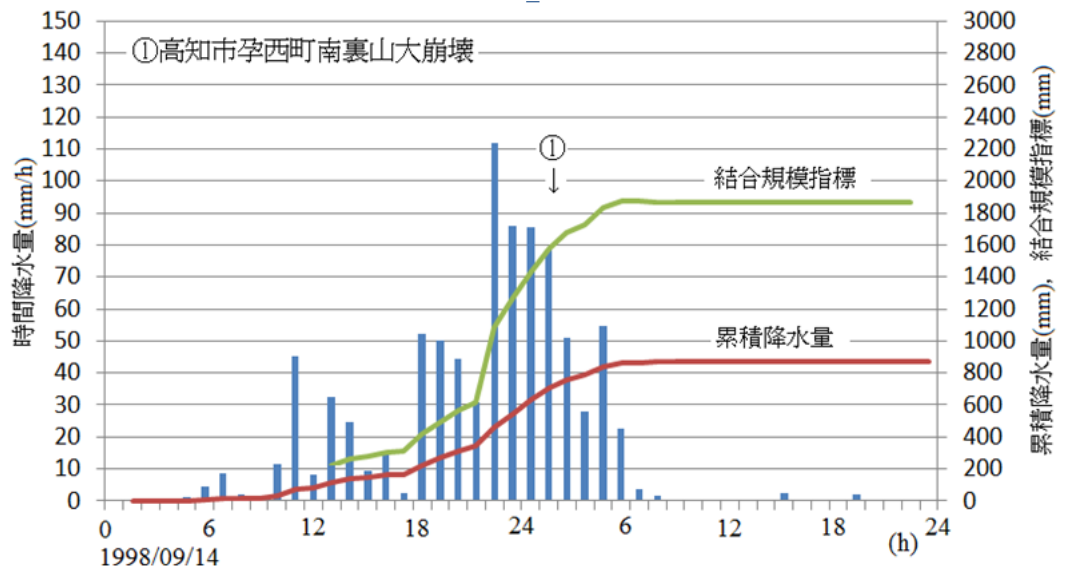


Fig. 5 1998年9月高知豪雨における高知(气象台)のハイエトグラフ、累積降水量および結合規模指標の時間変化(高知市孕西町南裏山大崩壊の時刻は高知新聞社(1998)による)

藤で最大24時間雨量979mm、最大1時間雨量109mm。須崎で最大24時間雨量432mm、最大1時間雨量125.5mm。」、被害状況「死者行方不明者8名、負傷者13名、家屋の全壊24棟、半壊95棟、床上浸水13,442棟、床下浸水10,225棟」と述べている。

Fig. 5は高知(高知气象台, 1998)市におけるハイエトグラフ、累積降水量および結合規模指標の時間変化を示している。高知市東部に広がる国分川流域の各地でがけ崩れおよび大規模な氾濫が起こり(大年ら, 1999; 松田ら, 1999)、河川激甚災害に指定された(高知県, 1998)。

8.3 2011年台風12号の局所的、部分的集中豪雨と大雨

大阪管区气象台の気象速報(平成23年9月5日18時現在)は「8月25日にマリアナ諸島近海で発生した台風第12号は、日本の南海上をゆっくりと北上し、強い勢力を保ったまま9月3日10時前に高知県東部に上陸した。上陸後もゆっくり北上を続け3日18時頃に岡山県南部に再上陸、中国地方を北上して4日未明に山陰沖に抜けた。この台風を取り巻く雨雲や湿った空気が流れ込んだため、大阪管内では紀伊半島や四国地方の東部、中国地方の東部を中心に各地で大雨となり、降り始めの8月30日18時から9月4日24時までの総雨量が、奈良県上北山村上北山で1808.5mm、奈良県十津川村風屋で1358.5mmを観測するなど各地で記録的な大雨となった。また、4日3時57分までの1時間に和歌山県新宮市新宮で132.5mmの猛烈な雨を観測した。」と述べている。

Fig. 6は奈良県上北山(アメダス)のハイエトグラフ、累積降水量および結合規模指標の時間分布である。8月31日から9月4日までの累積降水量は1814.5mmであるが、時間降水量は9月3日の0時~1時における46mmが最大であり、条件付き結合係数が1より大きい期間は9月2日から3日11時頃までである。上北山観測点から約7km西北西方向で崩壊(白川, 国土交通省)が報告されているが、崩壊時刻は不明である。上北山村役場によると「5日に崩壊しているのを確認した」ということであった。上北山降水量のように、累積降水量が結合規模指標より大きくなるのは、短時間降水量が比較的小さく、だらだらと長く続く大雨の場合に起こる。局所的に集中せず雨域が広い。

Fig. 7は和歌山県新宮(アメダス)におけるハイエトグラフ、累積降水量および結合規模指標の時間分布である。9月4日の3時~4時における131.5mmの時間降水量が特に大きい。長く続いた降水の終わり頃に局所的に集中する降水の場合に見られる。紀伊半島大水害豪雨(新宮市, 2012)には、「新宮市内の各地は土砂崩れ・家屋の流失や浸水など甚大な被害を受け、尊い命まで奪われました。」と述べられている。

国土交通省の調査結果(国土交通省, 2012)によると、「土石流等91件、地すべり30件、がけ崩れ80件、死者78名、行方不明者16名(12月15日18時現在, 消防庁情報)、人家全壊91戸、半壊40戸、一部損壊

45 戸 (1 月 11 日 10 時現在)」となっている。

新宮川水系上流域の十津川村などにおいて、斜面崩壊による河道閉塞が多数発生しており、台風12号による災害は、局所的・部分的集中豪雨を伴う大雨による広域水害であったと言えよう。十津川村には、「1889年8月の豪雨災害で壊滅」、「1890年

600戸2489人がトック原野(徳富川流域)に移住。<新十津川開村>」(Wikipedia, 2011)の
水害史がある。

9. おわりに

結合規模指標に用いた代表時間降水量 R_{10d} を累積降水量 $\sum_{i=1}^t R_i$ に置き換えることで、集中豪雨の結合規模指標と累積降水量を量的に比べることが可能になった。両者を同じグラフに描くと、条件付き結合係数が 1

より大きい場合に結合規模指標は累積降水量より大きくなる。過去の集中豪雨の事例では、いずれも条件付き結合係数は 1 より大きい強雨を伴う大雨であることがわかった。すなわち、条件付き結合係数は水文統計的集中豪雨を定義するパラメータになっていると考えることができる。結合規模指標は二次災害に備えるための外力の評価指標になることが期待される。今後多くの事例に適用し、結合規模指標の値と斜面崩壊の発生時刻に着目したい。

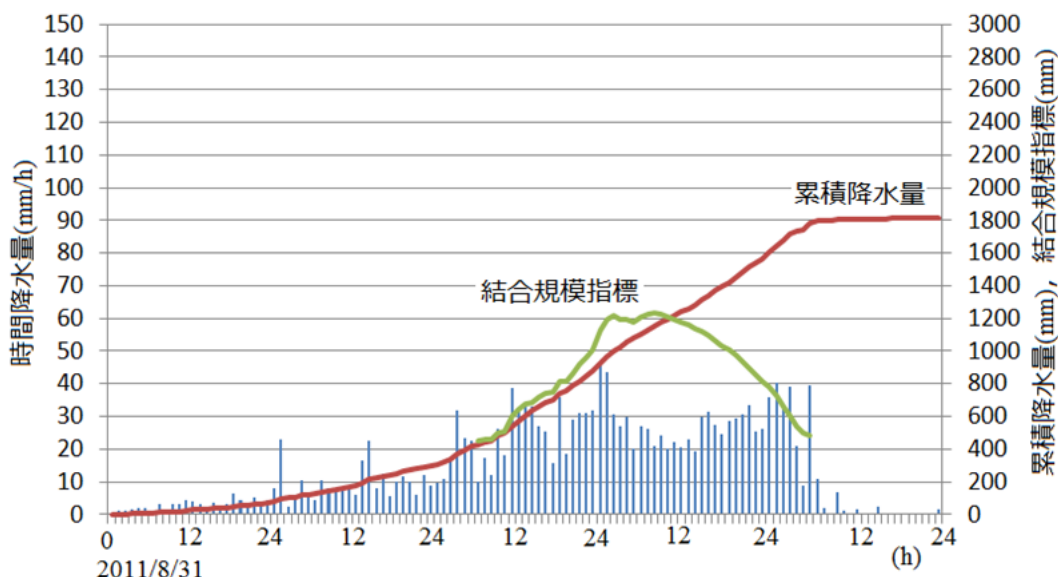


Fig. 6 奈良県上北山(アメダス)のハイトグラフ, 累積降水量および結合規模指標の時間分布

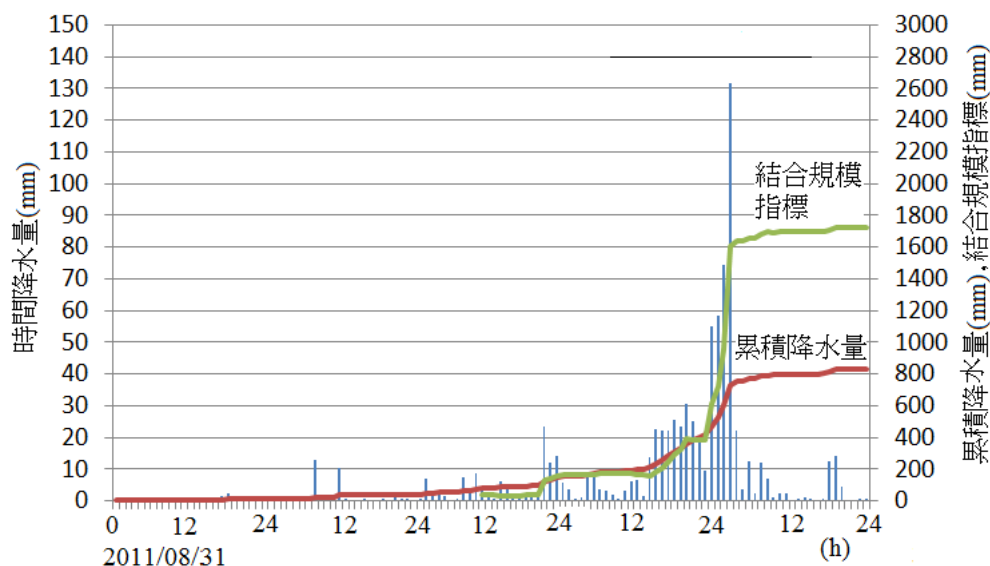


Fig. 7 和歌山県新宮(アメダス)のハイトグラフ, 累積降水量および結合規模指標の時間変化

(原稿受付 2012年3月27日)(原稿受理 2012年6月13日)

参考文献

Wikipedia (2012) : 繁藤災害, <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%B9%81%E8%97%A4%E9%A7%85>, (参照 : 2012/03/06) .

Wikipedia (2012) : 新十津川村, <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%8D%81%E6%B4%A5%E5%B7%9D%E6%9D%91>, (参照 : 2012/03/06) .

- 大年邦雄・松田誠祐・村上雅博 (1999) : 平成 10 年 9 月高知水害の概要, 平成 10 年 9 月高知水害の調査研究, 平成 10 年度文部科学省科学研究費補助金 基盤研究 (C) (1) 研究成果報告書 (研究代表者大年邦雄), pp.1~20.
- 大阪管区気象台 (2011) : 平成 23 年台風第 12 号による大雨と暴風について, 気象速報, <http://www.jma-net.go.jp/osaka/saigai/pdf/h23/sokuji/ks20110905.pdf>, (参照 : 2012/03/08)
- 禰 永強・松田誠祐・菊池時夫・大年邦雄 (2001) : 集中豪雨に対する防災情報としての GMS-5 赤外輝度温度活用の可能性, 自然災害科学 Vol.20, NO.2, pp.173-182.
- 高知県 (1975) : 鏡ダム管理日誌, 8 月 14 日~18 日.
- 高知県土木部河川課 (1998) : 「'98 高知豪雨」国分川 (舟入川) 河川激甚災害対策特別緊急事業.
- 高知県吾川郡伊野町 (1977) : 台風 5・6 号 '75 災害の記録.
- 高知新聞社 (1998) : '98 高知大水害の記録 豪雨パニック.
- 高知地方気象台 (2008) : 過去の気象災害>昭和 47 年 7 月豪雨 (1972 年 7 月 4 日~6 日), 平成 10 年高知豪雨 (1998 年 9 月 25 日~26 日), <http://www.jma-net.go.jp/kochi/koutinokisyuu/kakosaigai/kakosaigai.html>, (参照 : 2012/03/01) .
- 国土交通省 (2011) : 台風 12 号による被災情報について, <http://www.mlit.go.jp/common/000166360.pdf>, (参照 : 2012/02/20) .
- 蔣 景彩・山上拓男 (2004) : 平成 16 年台風 10 号による土砂災害の概要と一被災地への地すべり地山強度逆解析法の適用, 平成 16 年台風災害に関する学術調査, 徳島大学教育研究プロジェクト推進費調査成果報告書 (団長青野敏博), pp.15-22.
- 新宮市 (2012) : 紀伊半島大水害豪雨 平成 23 年台風 12 号発生から 100 日 新宮市の記録~未来につなぐメッセージ~, pp.13-14.
- 土佐山田町 (1973) : 昭和 47 年 7 月豪雨・繁藤山くずれ災害記録.
- 端野道夫・田村隆雄 (2004) : 台風 10 号, 23 号の豪雨の特徴と洪水流量の再現, 平成 16 年台風災害に関する学術調査, 徳島大学教育研究プロジェクト推進費調査成果報告書 (団長青野敏博), pp.1-14.
- 松田誠祐・角屋 睦 (1983) : 長時間降雨強度曲線の一表現法, 農業土木学会論文集 104 号, pp. 39-46.
- 松田誠祐・大年邦雄・禰 永強・菊池時夫 (1999) : 集中豪雨の特性と予測, 平成 10 年 9 月高知水害の概要, 平成 10 年 9 月高知水害の調査研究, 平成 10 年度文部科学省科学研究費補助金 基盤研究 (C) (1) 研究成果報告書 (研究代表者大年邦雄), pp.21~40.
- 松田誠祐・大年邦雄・藤原 拓・禰 永強 (2001) : 確率降水量の推定法, 水文・水資源学会誌, Vol.14, No.4, pp.307-316.
- 松田誠祐・Md. Abdur RAZZAK・足立真吾 (2004) : 降水の時間集中度の確率分布モデルとその 1998 年高知豪雨・2000 年東海豪雨への適用, 自然災害科学, Vol.23, No.3, pp.405-414.
- 松田誠祐・足立真吾 (2005) : 降水の時間集中度に基づく結合確率分布モデルの実用性について, 自然災害科学, Vol. 24, No.3, pp.279-286.
- 和達清夫監修 (1974) : 気象学の辞典, 東京堂出版, p.228.