

# 中四国地方における大雨発生頻度の最近47年間にわたる変化傾向

藤本 亜希子\*・加島 大輔\*\*・和田 太\*\*\*・内藤 望\*\*\*\*

(平成20年10月31日受理)

The 47-Years Trend of Heavy Rain Occurrence in Chugoku and Shikoku Area, Japan.

Akiko FUJIMOTO, Daisuke KASHIMA, Dai WADA and Nozomu NAITO

(Received Oct. 31, 2008)

## Abstract

In recent years, fears are entertained that severe storms will possibly occur more frequently than before due to global warming. A long term trend of heavy rain occurrence, however, is very difficult to detect because of discreteness of precipitation in time and space. The present study proposes a new approach to analysis for the long term trend of heavy rain occurrence. A logarithmic regression is applied to a histogram of daily precipitation every year. A factor of the logarithmic regression is suggested to represent heavy rain occurrence better than those of exponential and linear regressions. Then, the logarithmic factors have been showing the increasing trends for 47 years since 1961 to 2007, at 22 stations among the total 23 observatory stations under Japan Meteorological Agency in Chugoku and Shikoku area. Although the statistical significance is little at an individual station, the common increasing trend of heavy rain occurrence would be significant for the regional trend.

**Key Words:** heavy rain occurrence, long term trend, warming, logarithmic regression

## 1. はじめに

近年、地球温暖化に伴い、極端な大気現象、いわゆる「異常気象」の多発化が懸念されている<sup>1)</sup>。局地的な「集中豪雨」も多発する疑いが持たれ<sup>2)</sup>、災害との関連から社会的関心も高いと言える。

近年の日本における豪雨災害では、治水対策や天気予報の進展のおかげで、1960年代以前に発生した豪雨災害と比べ死者・行方不明者数は減少傾向にある。しかし例えば、「平成16年7月新潟・福島豪雨」では、栃尾市で従来記録の2.5倍となる日降水量421mmを記録し、死者行方不明

者16人、全半壊家屋180棟といった大きな被害を出した<sup>3)</sup>。また同年同月に発生した「平成16年7月福井豪雨」でも、美山町で従来記録の2.2倍となる日降水量283mmを記録し、死者・行方不明者5人、全半壊家屋209棟といった大きな被害を出した<sup>3)</sup>。さらに2008年8月にも愛知県を中心に東海、関東、中国および東北地方などで記録的な大雨が発生し、岡崎市で従来記録の1.5倍となる263.5mmを記録した。愛知県では死者が3人出るなど、各地で浸水害、土砂災害、落雷による停電が発生し、鉄道などの交通機関にも影響が出た<sup>4)</sup>。

気象庁による地球温暖化に伴う将来予測では、日降水量

\* 広島工業大学大学院環境学研究科地域環境科学専攻

\*\* 広島工業大学環境学部環境情報学科(現在、(株)デオデオ)

\*\*\* 広島工業大学環境学部環境情報学科(現在、大栄環境株)

\*\*\*\* 広島工業大学環境学部地球環境学科

50mm 以上となる年間日数が本州太平洋側の一部地域と北海道を除く多くの地域で増加し、特に西日本日本海側で大きな増加率となると予測している。さらに日降水量 100mm 以上となる年間日数も多くの地域で約 100 年間に年間 1 日以上増加し、特に中国地方から九州北部にかけて大きく増加すると予測している<sup>2)</sup>。また 1976 年以降 29 年間の全国のアメダスデータによる解析結果によると、1 時間降水量が 50mm, 80mm 以上となった回数と、日降水量が 200mm, 400mm 以上となった回数のいずれも、小さいながらも増加傾向を示した<sup>2)</sup>。

また、豪雨をもたらす要因の 1 つに台風がある。台風の発生数は 1990 年代末以降減少傾向であるが、強い勢力 (最大風速 33m/s 以上) の台風の発生数には、長期的な変化傾向は認められていない<sup>2)</sup>。そして、地球温暖化に伴う台風への影響については、低緯度帯の大気安定度が増すことにより、台風の発生総数は減少する一方で、台風のエネルギー源となる水蒸気量が増加することにより、非常に強い台風の発生が増加するとの数値シミュレーション結果が提示されている<sup>5)</sup>。したがって今後、台風による豪雨も増加する可能性がある。

これまでになされてきた大雨／豪雨の発生頻度の変化に関する研究例<sup>2), 6)</sup>の多くは、あるしきい値以上の降水量の発生回数の変化を調べる等、限られた統計期間の中でもともと発生確率が低い極端現象の増減を論じるという、統計的困難さを伴っていた。そこで本研究では、大雨の発生回数のみに着目するのではなく、小雨と大雨の発生頻度の相対的な差に着目することで、「極値」のみでなく全観測データを反映した統計的傾向を探るという方針を採った。また、時空間的に離散性の高い降水データの統計を扱うため、単一の地点ではなく多地点を解析対象とする必要がある。そこで本研究では、中四国地方全域を解析対象として、大雨発生頻度の経年変化傾向を調べた。そして、その地域の特徴や温暖化との関連についても考察を試みた。

## 2. 使用データ・解析方法

中四国地方の気象庁地上観測所全 23 地点 (図 1) における 1961～2007 年 47 年間の日降水量データを使用した。ただし、山口市は 1966 年 3 月までのデータがないため、1967 年からの 41 年間のデータを使用した。また、福山市においても 1961 年 4 月までのデータがないため、1962 年からの 46 年間のデータを使用した。各地点、各年の日降水量を 5, 10, 20, 30, 40, 50, 100, 120mm を境界とする 9 階級に分類して、各階級の発生頻度を次式にて算出した。

$$\text{発生頻度 (\%)} = \frac{\text{階級別降水日数}}{\text{年間降水日数}} \times 100 \quad \cdots (1)$$



図 1. 解析対象とした中四国地方の気象庁地上観測所 23 地点の分布図

当然、小雨の発生頻度が高く大雨の頻度が低い傾向となるが、その頻度分布を指数関数、対数関数、一次関数 (直線) の 3 種の曲線で近似し、これらの近似曲線の係数で小雨－大雨の相対的な発生頻度分布傾向を代表させようと考えた。

図 2 は、典型的な日降水量階級別発生頻度の例として、広島市における 1963 年と 2004 年の結果を比較したものである。日降水量が 10mm 以下のような小雨発生頻度は 1963 年の方が上回っているが、大雨の頻度については 2004 年の方が上回る傾向がみられる。図 2(A) では、この傾向を指数関数

$$y = c_1 \exp(ax) \quad \cdots (2)$$

で近似しており、係数  $a$  が大きいほど (負値の絶対値が小さいほど)、相対的に小雨の発生頻度は低く、大雨の発生頻度が高くなることを意味する。また図 2(B) の対数関数

$$y = \beta \ln x + c_2 \quad \cdots (3)$$

や図 2(C) の一次関数

$$y = \gamma x + c_3 \quad \cdots (4)$$

の場合も同様に、各係数  $\beta$ ,  $\gamma$  が大きいほど、相対的に小雨の発生頻度は低く、大雨の発生頻度が高くなることを意味する。各地点、各年についてこれらの係数  $a$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  を求めて、地点ごとにその経年変化を調べた。

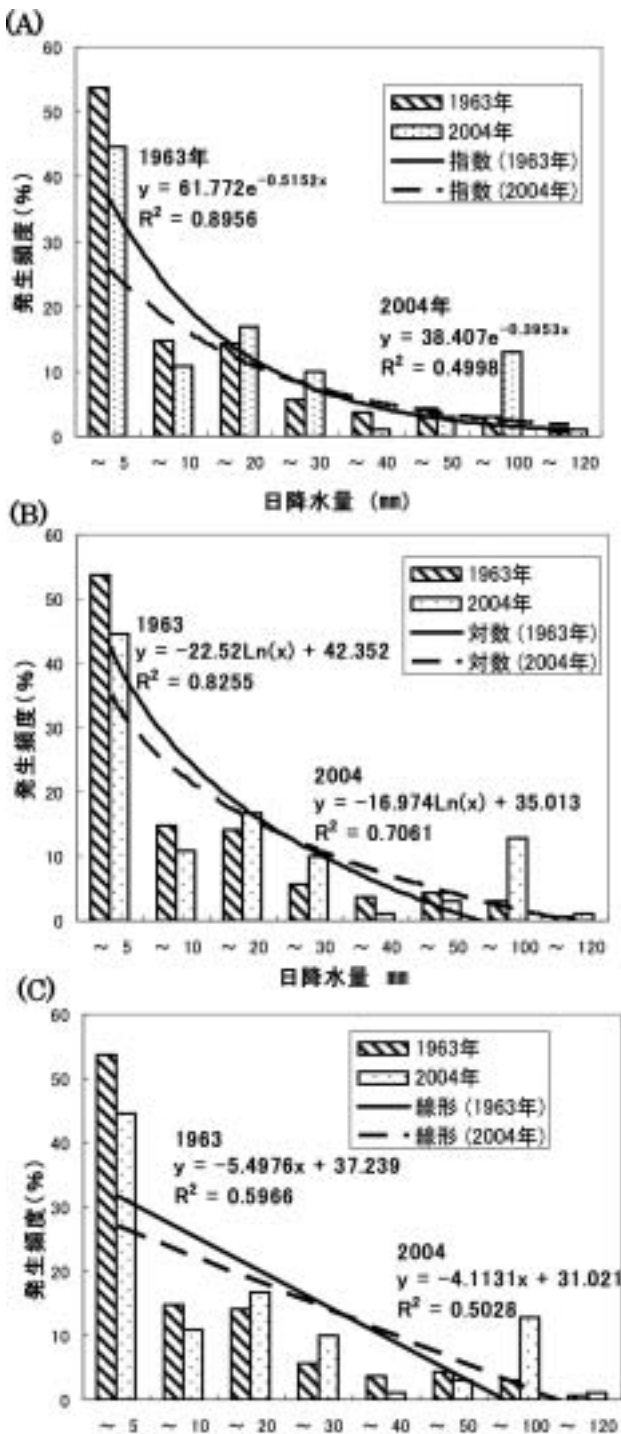


図2. 広島市における1963年と2004年の日降水量発生頻度比較, および指数近似(A), 対数近似(B), 線形近似(C)の適用例

### 3. 解析結果と考察

#### 3.1 中四国地方全域での大雨発生頻度の変化傾向

中国地方6地点における指数近似, 線形近似による係数 $\alpha$ ,  $\gamma$ の平均値および経年変化率を表1に示す。指数近似や線形近似による係数 $\alpha$ ,  $\gamma$ の経年変化傾向は, 地点によりその増減傾向がばらつき, 残念ながら全体的に共通する

表1. 中国地方6地点における係数 $\alpha$ ,  $\gamma$ の平均値と経年変化率

地点	係数 $\alpha$ の平均値	係数 $\alpha$ の経年変化率(年 <sup>-1</sup> )	係数 $\gamma$ の平均値	係数 $\gamma$ の経年変化率(年 <sup>-1</sup> )
津山	-0.493	-0.0015	-5.72	-0.002
境	-0.553	-0.0005	-5.09	0.028
浜田	-0.526	0.0015	-5.86	0.011
下関	-0.467	0.0008	-5.06	0.032
広島	-0.447	-0.0003	-5.03	0.015
岡山	-0.526	-0.0005	-6.05	0.004

傾向は認め難かった。しかし対数近似による係数 $\beta$ の経年変化では, 徳島市1地点のみの例外を除き, 中四国地方22地点において増大トレンドを示すという共通した結果が得られた。(図3)

指数曲線はx軸に漸近するという性格上, 最小二乗法で近似する場合にもともと絶対値の小さな大雨の発生頻度よりも絶対値の大きい小雨の頻度傾向に近似結果が大きく影響を受けると考えられる。つまり, 指数近似による係数 $\alpha$ の解析では, 小雨の頻度傾向にその重みをおいた解析結果になっていると考えられる。逆に対数近似による解析では, もともと発生頻度の低い大雨の頻度変化に重みをおいた解析になっていると考えられる。線形近似の場合には, いずれにも重みをおいていないように思えるが, 絶対値の大きな小雨発生頻度の方が年々の変動幅も大きいことから, 結果的には小雨発生頻度の変化傾向に追随していると考えられる。

以上のことから, 大雨の発生頻度の傾向を把握するためには, 指数近似や線形近似よりも対数近似の係数 $\beta$ の方が妥当ではないかと考えた。またその係数 $\beta$ が, 個々の地点における統計的有意性は低いものの, 中四国地方の23地点中22地点に共通して増大トレンドを示したという結果(図3)は, 単なる偶然ではない有意な結果を示すものではないかと考えた。そこで本研究では, 対数近似による係数 $\beta$ を「大雨発生頻度係数」と定義して, 以下の解析, 考察を進める。

#### 3.2 平均的大雨発生頻度の地域比較

中四国地方における大雨発生頻度係数の平均値分布を図4に示す。高知市, 室戸岬などの四国地方の太平洋側はもともと大雨が多発する傾向にある。次いで, 中国地方の瀬戸内海側, 日本海側, 四国地方の瀬戸内海側の順で大雨発生頻度係数の地域平均値(表2)は下がっていく。これは, もともと少雨地域である瀬戸内海側や豪雪地域ではあるが梅雨や台風の影響が比較的小さい日本海側と比べて, 太平

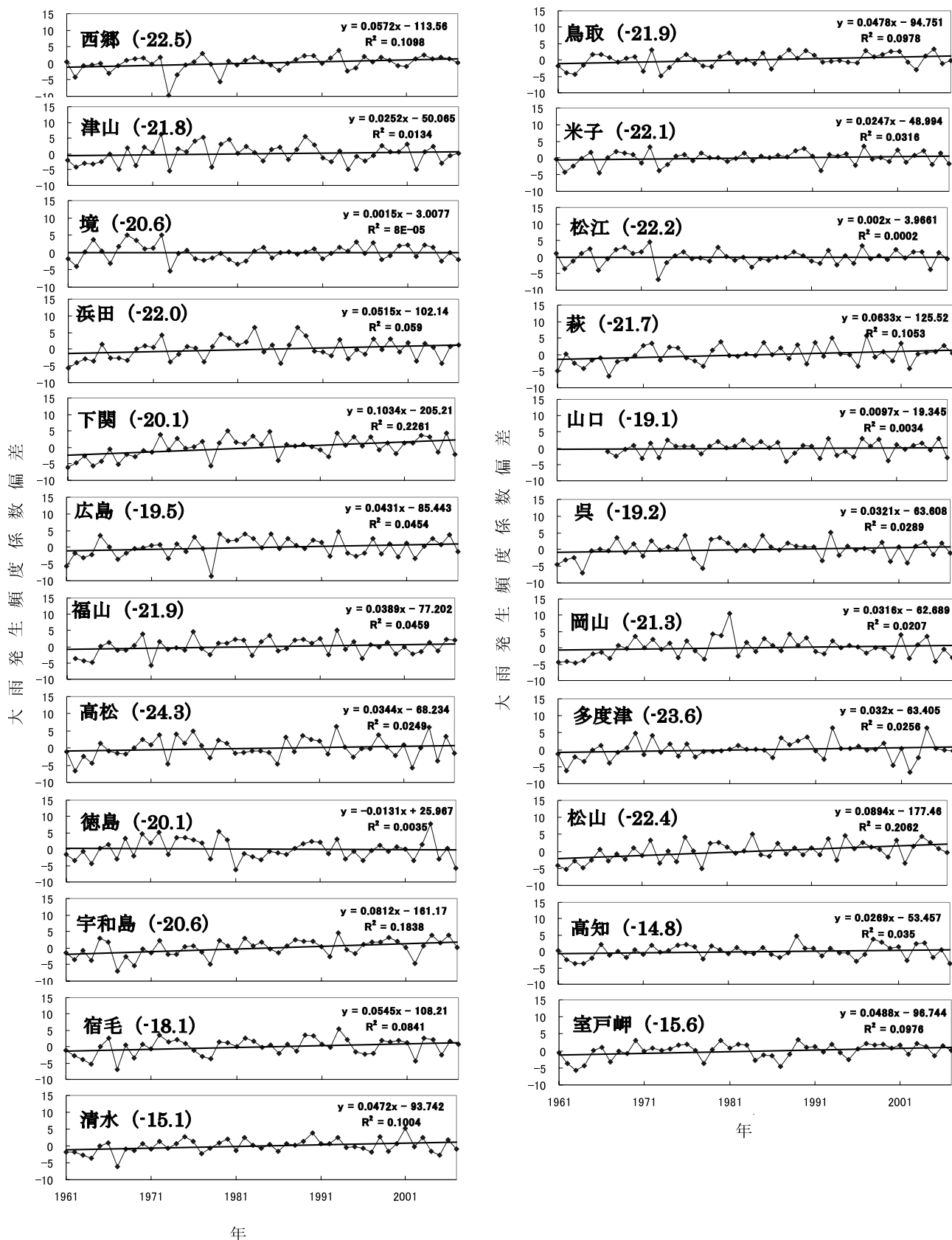


図3. 中四国地方 23 地点における大雨発生頻度係数( $\beta$ )偏差の経年変化。地名の後の数字は、係数 $\beta$ の平均値。

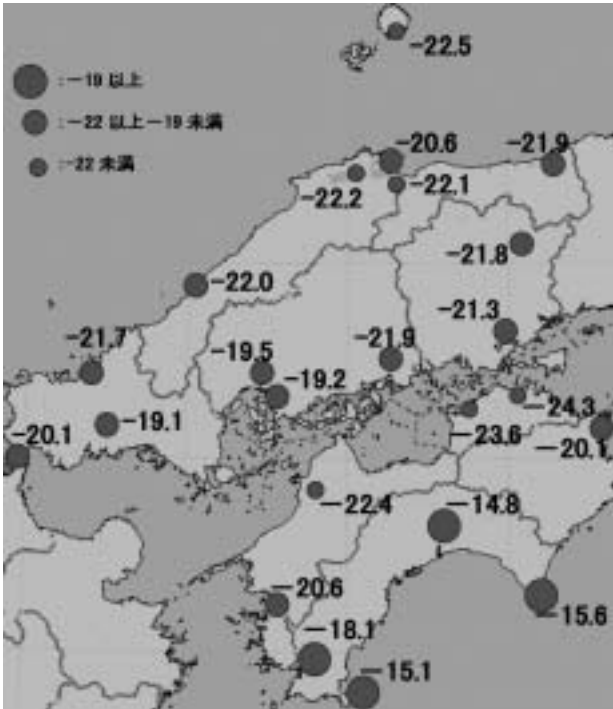


図 4. 大雨発生頻度係数の平均値分布図

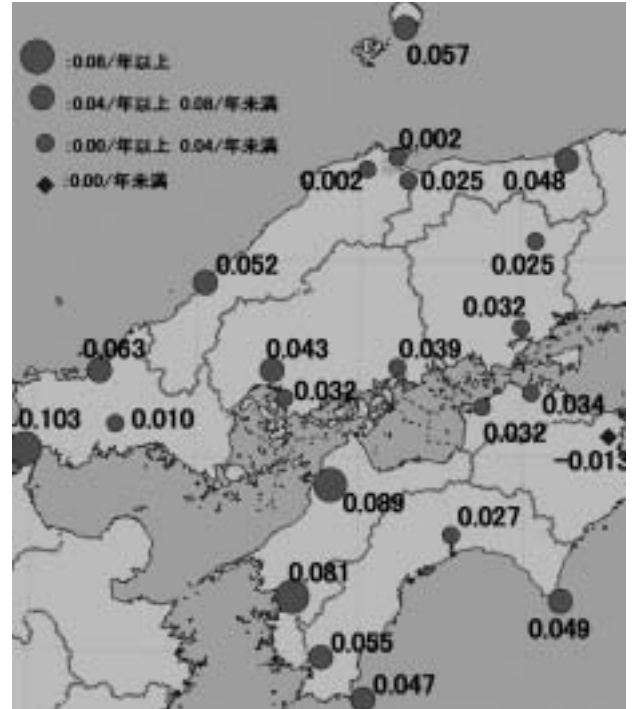


図 5. 大雨発生頻度係数の経年変化率分布図

表 2. 大雨発生頻度係数の地域別平均値

順位	地域	地点数	大雨発生頻度係数の地域平均値
1	太平洋側	6	-17.4
2	中国 瀬戸内海側	6	-20.2
3	日本海側	8	-21.9
4	四国 瀬戸内海側	3	-23.4
	中四国全域	23	-20.5

洋側は梅雨期の豪雨や台風の影響が強いという地域の特徴を明瞭に示しているといえる。なお、四国地方の太平洋側と瀬戸内海側は、中四国全域の中で最も大雨が発生しやすい地域と発生し難い地域とが四国山地を挟んで隣接していることも明瞭に示されている。さらに、瀬戸内海沿岸については岡山県、香川県の東部に比べて、広島県、山口県、愛媛県の西部の方がやや大雨が発生しやすいという傾向もみられる。

### 3.3 大雨発生頻度経年変化率の地域比較

図 5 は、中四国地方 23 地点における大雨発生頻度係数の経年変化率の分布図である。下関市で最高、次いで松山市、宇和島市の順で小さくなり、唯一減少トレンドを示した徳島市が最低である。

経年変化率の上位 3 地点が瀬戸内海西部から豊後水道沿いに位置していることは、前述の瀬戸内海西部沿岸地域は

表 3. 大雨発生頻度係数変化率の地域平均値

順位	地域	地点数	大雨発生頻度係数変化率の地域平均値 (年 <sup>-1</sup> )
1	四国 瀬戸内海側	3	0.052
2	中国 瀬戸内海側	6	0.043
3	太平洋側	6	0.041
4	日本海側	8	0.034
	四国 瀬戸内海側 (松山除く)	2	0.033
	中国 瀬戸内海側 (下関除く)	5	0.031
	中四国全域	23	0.041

同東部沿岸地域よりも大雨発生頻度がもともとやや高めであることとの関連も含めて、興味深い結果と言えるが、その詳細については今後の研究に委ねたい。南北方向の地域別では、四国地方の瀬戸内海側、中国地方の瀬戸内海側、太平洋側、日本海側の順で大雨発生頻度係数の経年変化率の地域平均値 (表 3) は下がっていく。ただし、瀬戸内海側の地域平均値は下関市と松山市での高い変化率が大きく影響しており、この 2 地点を除いた地域平均値は、太平洋側、日本海側より小さくなる。しかし各地点における大雨発生頻度係数のトレンドに対する相関係数がきわめて低かったことも踏まえると、経年変化率の地域特性に関する詳細な検討、考察は困難と言わざるを得ない。

### 3.4 気温上昇率との相関

温暖化に伴う異常気象の多発化説に関連して、大雨発生頻度係数と気温上昇率との相関も調べた。図6は、大雨発生頻度係数の平均値と気温上昇率<sup>7), 8)</sup>との相関である。気温上昇率は、表4にみられるとおり、都市化の進んだ地点ほど高い傾向がみられる。これは主に都市化に伴う局地的なヒートアイランドの強化によるものと考えられ、気温上昇率は各地の人為的な都市化の指標ととらえることができるだろう。一方、大雨発生頻度の平均値は、3.2節で前述したとおり、自然地理的な条件が大きく影響している。したがって人為的都市化の指標としての気温上昇率と自然地理的な指標としての大雨発生頻度の平均値は、図6のように無相関となることは必然といえよう。

そして図7が、各地の温暖化傾向と大雨発生頻度の増大とを結びつけるべき解析結果であるのだが、今回の結果は両者の間の正の相関を示唆するには弱く、むしろ無相関というべきである。そもそも異常気象と呼ばれる様な大雨／豪雨は、個別の都市においてヒートアイランドが強化され

表4. 中四国地方 23 地点における気温上昇率<sup>7), 8)</sup>

順位	地点	気温上昇率 (°C/年)
1	岡山	0.082
2	広島	0.082
3	高松	0.063
4	下関	0.061
5	宇和島	0.061
6	福山	0.059
7	呉	0.058
8	山口	0.058
9	米子	0.054
10	萩	0.052
11	西郷	0.052
12	宿毛	0.050
13	松山	0.050
14	津山	0.048
15	松江	0.048
16	高知	0.047
17	境	0.047
18	鳥取	0.047
19	清水	0.044
20	浜田	0.041
21	徳島	0.039
22	多度津	0.039
23	室戸岬	0.037

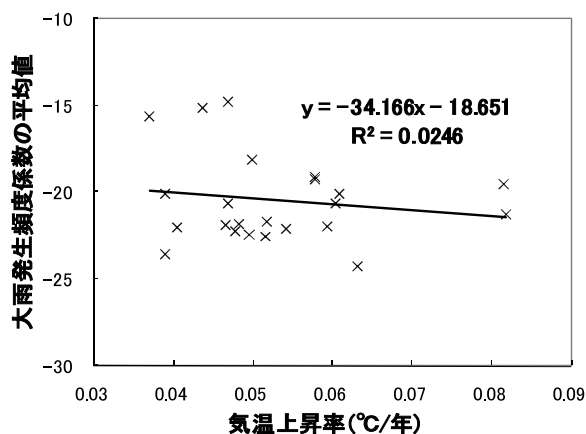


図6. 中四国地方における気温上昇率と大雨発生頻度係数の平均値との相関

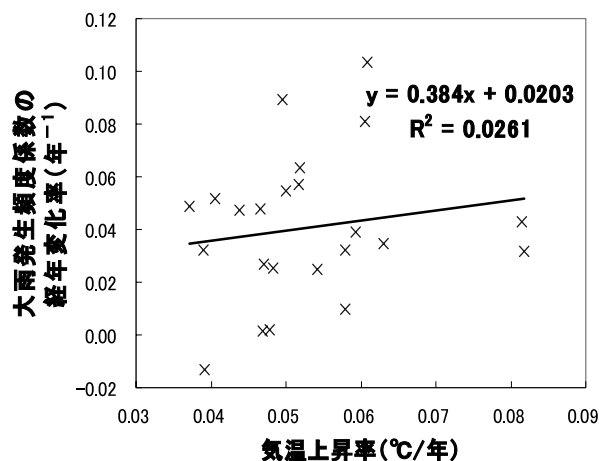


図7. 中四国地方における気温上昇率と大雨発生頻度係数の経年変化率との相関

ることによる大気的不安定化だけでは説明し難く、大量の水蒸気の供給が必要である。したがって、個別の都市における局地的な温暖化だけでなく、広域での温暖化や水蒸気移流が重要であり、解析対象地域をさらに拡大し、水蒸気移流に関する解析も含めた上で再検討すべきである。

### 4. まとめ

大雨発生頻度の変化傾向を把握する際に、階級別日降水量発生頻度分布に対して指数近似や線形近似ではなく対数近似を適用するという、大雨の発生頻度に重みをかけた新たな解析手法を考案した。そしてこの解析結果から、中四国地方における大雨の発生頻度は最近 47 年間に増大傾向にある疑いが強まった。ただし、個々の地点におけるその増大率の差異や温暖化との関連については統計的有意性が低く、本研究では明確な結論に至っていない。今後さらなる検討、解析が必要である。本研究では中四国地方を対象とし、太平洋側～瀬戸内海側～日本海側の地域比較を行っ

たが、地域特性に関する考察をさらに深めるためには、解析対象地域の拡充や水蒸気移流量の解析を加えていく必要がある。

## 文 献

- 1) IPCC: Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press, 996 pp. (2007)
- 2) 気象庁：異常気象レポート 2005. 近年における世界の異常気象と気候変動～その実態と見通し～(Ⅶ). 383 pp. (2005)  
[http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/climate\\_change/](http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/climate_change/)
- 3) 気象庁：災害時気象速報. 平成 16 年 7 月新潟・福島豪雨及び平成 16 年 7 月福井豪雨. 24 pp. (2004)  
<http://www.jma.go.jp/kishou/books/saigaiji/200407gouu.pdf>
- 4) 気象庁：災害時気象速報. 平成 20 年 8 月末豪雨. 40 pp. (2008)  
[http://www.jma.go.jp/kishou/books/saigaiji/saigaiji\\_200803.pdf](http://www.jma.go.jp/kishou/books/saigaiji/saigaiji_200803.pdf)
- 5) Oouchi, K., J. Yoshimura, H. Yoshimura, R. Mizuta, S. Kusunoki and A. Noda: Tropical cyclone climatology in a global-warming climate as simulated in a 20km-mesh global atmospheric model: frequency and wind intensity analysis. J. Meteor. Soc. Japan, Vol. 84, No. 2, 259-276. (2006)
- 6) Kanae, S., T. Oki and A. Kashida: Changes in hourly heavy precipitation at Tokyo from 1890 to 1999. J. Meteor. Soc. Japan, Vol. 82, No. 1, 241-247. (2004)
- 7) 伊藤慎吾：中国地方における温暖化傾向の地域比較に関する研究. 平成 17 年度広島工業大学環境情報学科卒業論文, 31 pp. (2006)
- 8) 春田裕量：四国地方における温暖化傾向の地域比較に関する研究. 平成 19 年度広島工業大学環境情報学科卒業論文, 33 pp. (2008)