

## 気候変動に伴う我が国の集中豪雨の将来変化に関する基礎的検討

中北英一・宮宅敏哉\*・Kyoungjun KIM・木島梨沙子\*

\* 京都大学大学院工学研究科

### 要 旨

近年、我が国では梅雨前線に伴う集中豪雨が頻繁に発生し多くの災害が起こっており、温暖化が進むことでさらにその数が増加するのか注目されている。これまでの温暖化研究により将来降水量が増加することは示されているが、それが集中豪雨によるものかは明確にされていない。そこで、本研究では気象庁気象研究所で開発された5km領域気候モデルの出力データを画像データとして目視し降水現象を捉えることで梅雨前線に伴う集中豪雨のみの将来変化を検討した。結果として、現在気候内において集中豪雨の増加傾向が見られ、21世紀末気候では、現在気候と比較して増加傾向が見られた。また、21世紀末気候では、東日本の太平洋側で集中豪雨の増加傾向が見られた。

キーワード：気候変動，集中豪雨，梅雨前線，RCM，発生頻度

### 1. はじめに

#### 1.1 研究の目的

近年、我が国では、2009年7月の中国・九州北部豪雨など、梅雨前線に伴った集中豪雨が頻繁に発生している。このような集中豪雨は、100 km程度の長さで10~20 kmの幅をもち、6時間~半日程度継続する特徴があり、流域面積が100 km<sup>2</sup>までの流域面積をもつ中小河川および内水氾濫が問題となっている。一方、近年の経済成長に伴うCO<sub>2</sub>の排出量の増加により地球温暖化が進行しているとされており、その影響は、気温の上昇だけではなく、大気循環にも影響を与え、降水特性にも変化を及ぼし、特に極端降水が増加する可能性がある。気象庁の気候変動監視レポートによると、アメダス1000観測地点では50mm/hr以上の強雨が近年増加傾向にあり、地球温暖化と集中豪雨の関連性について注目されている。また、気象庁気象研究所で開発された水平解像度5kmの領域気候モデル(RCM: regional climate model)を用いた温暖化の将来予測では、7月上旬、8月上旬に降水量の増加が示されている(Kanada et al.,2010)(Fig1)。しかし、上記のアメダス観測や気候モデルによる統計量解析では、統計的には強い降水が増加していることが確認されたものの、これらの統計値からでは、実際にどのような降水現象に

より降水量が増加しているのか明確にされていない。

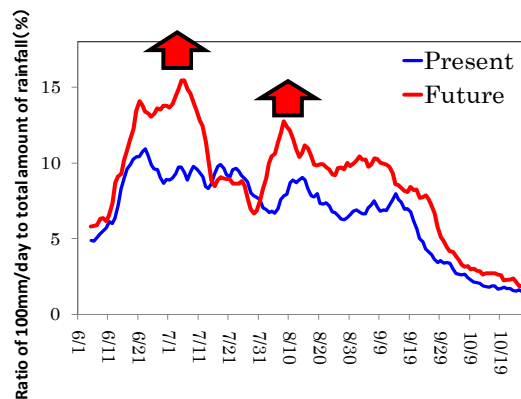


Fig. 1 Ratio of 100mm/day to total amount of rainfall ( % )

そこで本研究では、5kmRCMの雨量画像データを用いて、日本域における降水現象を目視により確認することで、梅雨前線に伴う集中豪雨のみを抽出し、その発生頻度と出現特性の将来変化を解析することを目的とする。

#### 1.2 使用データについて

本研究で使用している5kmRCMは、21世紀気候変動予測革新プログラムの中で、気象庁気象研究所で

開発されたモデルである。21世紀気候変動予測革新プログラムは、地球温暖化とそれに伴う気候の変化を、スーパーコンピュータを用いた気候モデルで予測すること、ならびに災害環境への影響評価を目的とし、2007年度から2011年度まで5年間の予定で行われている。その成果は、IPCCの第5次報告書に貢献するものと期待されている。

5kmRCMは20km全球気候モデル（GCM：general circulation model）をダウンスケーリングしたモデルである。20kmGCMは、水平解像度がTL959（格子間隔約20km）であり、鉛直層数は64層である。境界条件として、現在気候では全球観測値、将来気候ではすべてのエネルギー源のバランスを重視して高い経済成長を実現すると仮定したA1Bシナリオにより出力された全球海面水温分布を与えている。一般的に数値モデルでは、格子間隔の10倍程度の現象を再現することができると言われており、20kmGCMでは、台風や梅雨前線などのメソ $\alpha$ スケール（200km～2000km）がよく再現されている。そのため、台風による降水現象の影響評価が可能になった。しかし、集中豪雨のような空間スケール数10kmの現象の表現は難しく、そのような現象の影響評価は20kmGCM出力を用いては難しい。しかし、5kmRCMでは、水平解像度が5kmとなり、20kmGCMと比べ詳細な雲物理過程を用い、個々の積雲を表現する積雲対流スキームを用いているため、20kmGCMでは表現できなかった集中豪雨のような局所的な対流現象がもたらす降水のより正確な表現が可能となっている（Fig2）。また、5kmRCMは、日雨量において非常に良い再現性を示している（Kanada et al.,2010）。

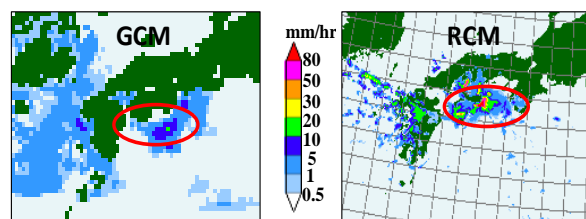


Fig. 2 20kmGCM(left) and 5kmRCM(right)

## 2. 集中豪雨の定義とその抽出方法

### 2.1 集中豪雨の定義

集中豪雨という言葉は、1953年8月15日の朝日新聞の夕刊（大阪本社版）で「集中豪雨木津川上流に」という見出しとして、初めて使用された言葉であり、正式な気象用語ではない。しかし、現象を端的に表現しているため、現在では学術的にも一般的にも広く用いられている。

気象庁によると「狭い範囲に数時間にわたり強く降り、100mmから数100mmの雨量をもたらす雨

と定義されている。

集中豪雨はその成因によって、梅雨前線による集中豪雨、台風による集中豪雨、熱雷による集中豪雨などに分類される。本研究で対象とする集中豪雨は先に述べたように梅雨前線による集中豪雨である。ただし、台風の影響で梅雨前線が活発化された場合は、梅雨前線による集中豪雨とする。

具体的に以下のような判断基準を用いて、梅雨前線による集中豪雨を定義する。

- 1) 30分雨量
  - 時間雨量換算で50mm以上の雨域が同じ地域に2時間以上停滞する場合
  - 時間雨量換算で50mm以上の雨域が同じ地域に2時間以内に2個以上出現する場合
- 2) 3時間雨量
  - 150mm以上の雨域が出現した場合
  - 100mm～150mmの雨域が出現し、その雨域が同じ地域に3時間以上停滞する場合
- 3) 梅雨前線の確認
  - 地表面における相当温位の水平勾配が大きいこと

この1)～3)の全てを満たすものを本研究における集中豪雨と定義する。ただし、相当温位を用いた梅雨前線の確認は、30分雨量、3時間雨量で梅雨前線と確認できなかった場合についてのみ行うものとする。

ここで、30分雨量を用いる理由として、RCMデータの出力時間解像度が30分であり、また、積乱雲が通常、成長期・成熟期・減衰期の3段階を経てその一生を終えるのは、30分～60分であるため、集中豪雨という現象を把握する上で有効であると判断したためである。また、3時間雨量を用いる理由として、同じ場所に停滞しているかどうかを判断できるからである。最後に、梅雨前線による豪雨かどうかを地表面における相当温位の水平勾配によって確定させる。

また、集中豪雨の数え方として、梅雨前線による集中豪雨の1事例の中で、集中豪雨が複数の地域で発生している場合は、2種類の数え方をする。1つ目は、同一の気象擾乱により、複数の地域に集中豪雨をもたらされた場合、別々の災害であり、別々の集中豪雨として数える。これを集中豪雨災害と呼ぶこととする。2つ目は、複数の地域に集中豪雨をもたらされたとしても、同じ気象擾乱によってもたらされているなら、同一の原因によるものとして1つと数える。

### 2.2 梅雨前線に伴う集中豪雨の抽出

解析期間は、現在気候（1979～2003）、近未来気候（2015～2039）、21世紀末気候（2075～2099）の梅雨期とする。梅雨期は通常、6月～7月である。し

かし、九州南部は5月の終わりに梅雨入りする可能性があり、また、8月初旬に梅雨の戻りや、梅雨明けがなく8月まで梅雨前線により雨が降り続く可能性があるため解析期間は各25年の5月17日～8月31日とする。

抽出の手順として、30分雨量を用いて梅雨前線による集中豪雨の候補を抽出する。ここでは、台風や熱雷による集中豪雨と梅雨前線に伴う集中豪雨を区別しながら、梅雨前線に伴う集中豪雨の候補を抽出する。抽出過程において注意することは、30分雨量は抽出の第一段階であるため、梅雨前線に伴う集中豪雨であるかどうか疑わしい事例はすべて抽出することである。また、集中豪雨の出現個数を数えるとともに、集中豪雨をもたらした気象擾乱の個数も数える。次に、30分雨量で候補に挙げた事例が3時間雨量の基準を満たしているか確認する (Fig3)。最後に、相当温位分布を用いて、梅雨前線に伴うものであるかどうかの確認をする。相当温位の等値線は梅雨前線に沿って分布し、梅雨前線を境に急激に差ができるため、等値線分布をみると線と線の間隔が狭くなる。台風の場合は、豪雨域を含んだ広い領域が高相当温位域になっており、梅雨前線と明確な違いがある。この特性を利用して梅雨前線の確認を行う。なお、本研究では、地表面の相当温位分布であるため、陸域では等値線がかなり複雑である。そのため、陸域だけにとどまらず、海上域も含めた広域において前線の確認を行う。

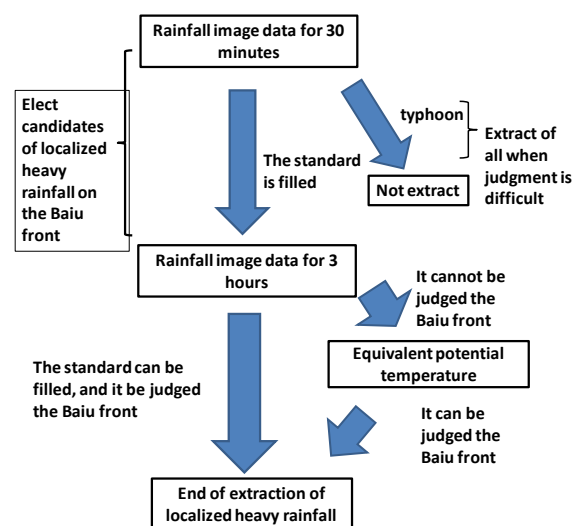


Fig. 3 The procedure of extraction

### 2.3 集中豪雨の抽出事例

以後、30分雨量で時間雨量換算50mm以上、3時間雨量で100mm以上の雨域を豪雨域と呼ぶこととする。

2081年7月6日～7日にかけて長崎県、佐賀県付近と広島県付近で再現されている雨域が集中豪雨かどうかを判断する。まず、30分雨量を用いて説明す

る。Fig4は、6日16時の九州、中国、四国の様子である。その時刻に九州地方に小さな雨雲がある。その後前線が発達し6日16時30分には長崎県、佐賀県付近に小さな豪雨域(A)が出現している。6日17時30分には大きな雨域となり、6日20時まで約3時間余り佐賀県付近に停滞している。また、6日20時には長崎県付近に新たな豪雨域(B)が出現している。Bは7日4時頃まで約8時間余り長崎県と有明海付近に停滞している。続いて、6日22時には、広島県付近に豪雨域(C)が出現している。さらに次の時間には、Cの東にもう1つ新しい豪雨域(D)が出現している。Cはあまり移動することなく、7日0時に少し北に移動した付近でDと結合している。その後7日1時30分にさらに新たな豪雨域(E)と結合し、7日2時までほぼ同じ地域に停滞している。以上、3地域とも豪雨域が同じ場所に停滞しているので、集中豪雨の候補として抽出する。

同様に、3時間雨量を用いて説明する。ここでの3時間雨量とは、表示時刻から3時間先までの合計雨量である。Fig5は、6日12時には特に豪雨域といえる雨域は存在しない。6日16時には長崎県、佐賀県付近に豪雨域(F)が出現している。その後、6日19時まで同じ場所にFが停滞している。さらに、Fの中でも150mm以上を示す雨域が確認できる。また、6日18時には長崎県付近に豪雨域(G)が出現している。次の19時には150mm以上を示す雨域も出現し、その後7日4時までほぼ同じ地域に停滞している。6日21時に広島県付近に出現した豪雨域(H)は、6日23時まで約3時間同じ地域に停滞し、さらに150mmの雨域も出現している。以上、3地点とも定義した基準を満たしているため集中豪雨として断定する。

以上の事例では、集中豪雨を伴う梅雨前線の回数は1回で、集中豪雨の出現回数は、3地域で出現しているため、3回と数える。

Fig4は30分雨量画像データでFig5は3時間雨量画像データである。時間ステップは、30分雨量が30分で、3時間雨量は1時間である。また3時間量は表示時刻に後3時間雨量である。

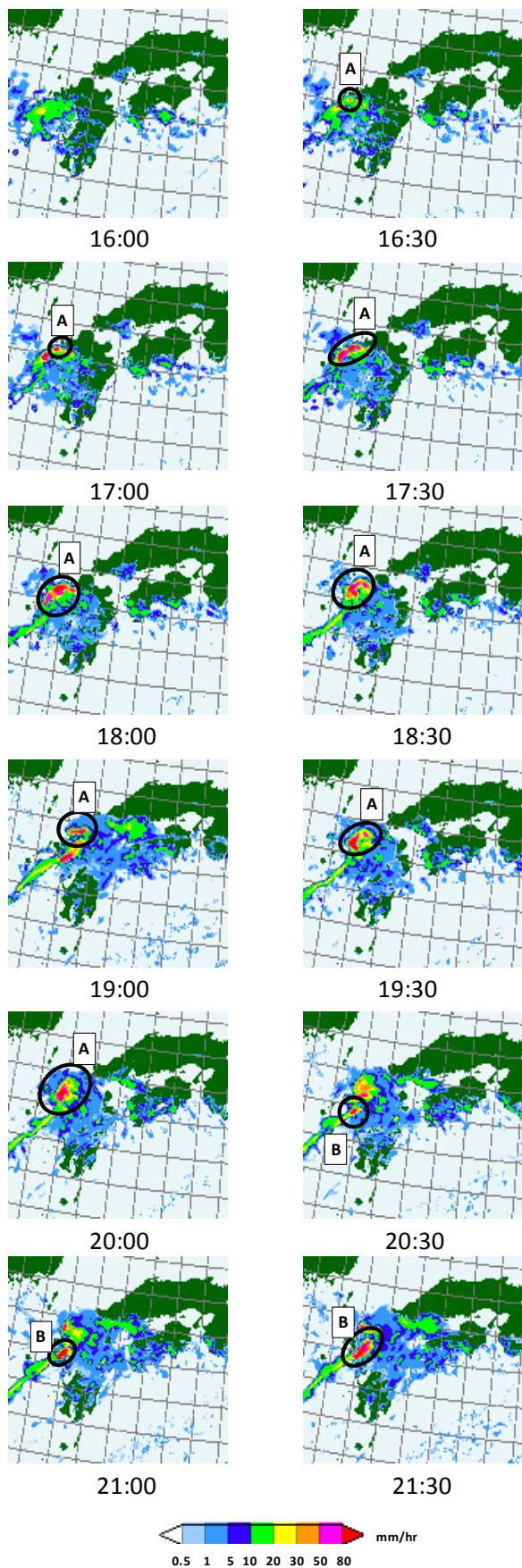


Fig. 4.1 Rainfall distribution for 30 minutes(16:00~21:30 on July 6, 2081) around kyusyu, chugoku, shikoku

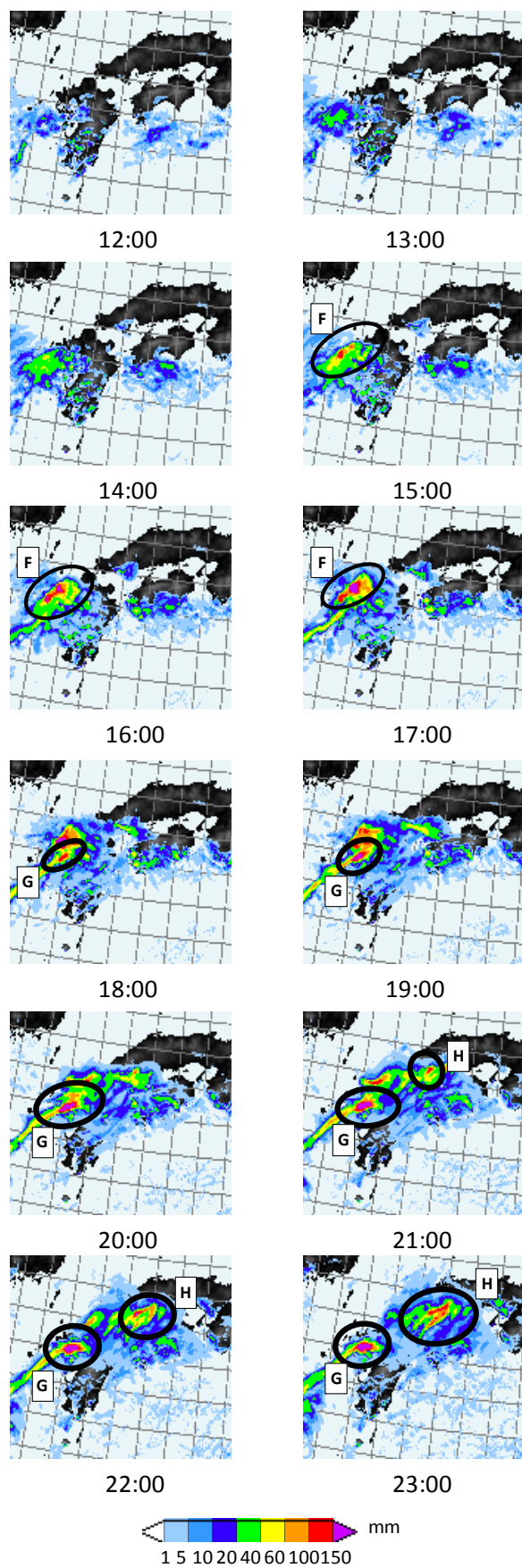


Fig. 5.1 Rainfall distribution for 3 hours (12:00~23:00 on July 6, 2081) around kyusyu, chugoku, shikoku

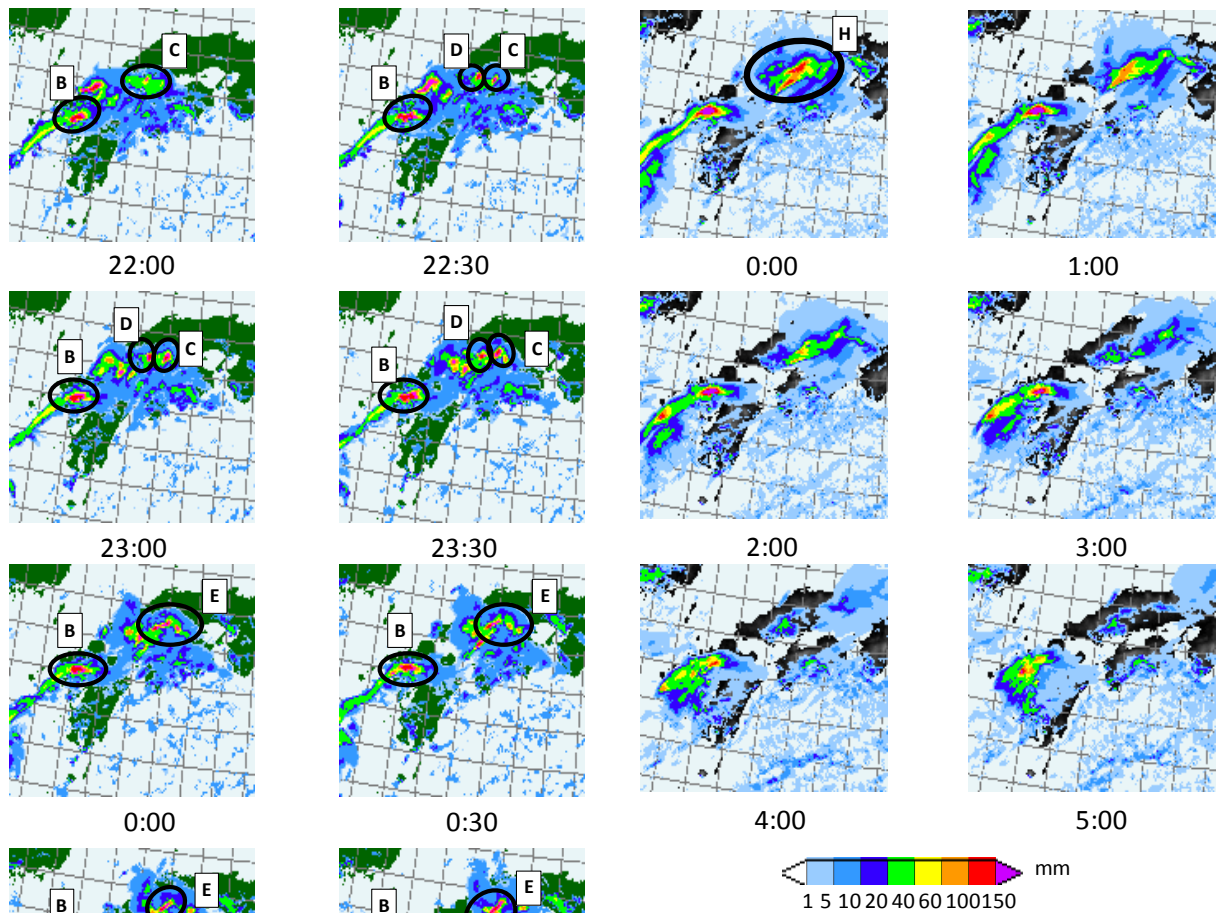


Fig. 5.2 Rainfall distribution for 3hours (0:00~5:00 on July 7, 2081) around kyusyu, chugoku, shikoku

### 3. 集中豪雨発生頻度の分析

#### 3.1 検定方法

本研究では、仮説検定である  $T$  検定と Mann-Kendall 検定を用いて検定を行った。仮説検定とは、母集団について設定した仮説の採否を、偶然のばらつきを含んだ標本の値 (サンプル) に基づいて、一定の確率水準で判定することである。

仮説検定は、帰無仮説 ( $H_0$ ) と対立仮説 ( $H_1$ ) という2つの仮説を設け、標本調査から得られた標本統計量を検定統計量の公式に代入して値を計算し、その結果 ( $T$ ) とあらかじめ設定した有意水準、両側検定か片側検定か、自由度などから導かれる棄却域 ( $R$ ) とを比較し、 $T \geq R$  なら帰無仮説を棄却して、通常起こりうる偶然のばらつきの範囲を超えて、何らかの意味のある違い、つまり、有意な差があると結論づけるものである。帰無仮説 ( $H_0$ ) とは、あらかじめ棄却されることを目的として設定されるものである。反対に、対立仮説 ( $H_1$ ) は、帰無仮説を棄却して目的とする命題が採択されることを前提に設定される。有意水準とは、仮説が正しいと仮定したときに、検定統計量が仮説の棄却域内に入る確率である。この

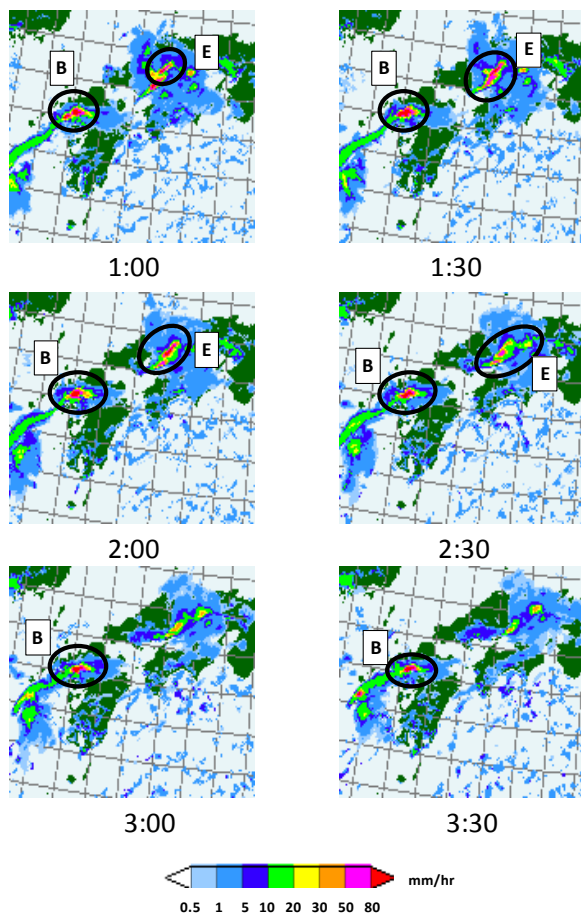


Fig. 4.2 Rainfall distribution for 30 minutes(22:00 on July 6~3:30 on July 7, 2081) around kyusyu, chugoku, shikoku

確率は、めったに起こらないことを示す意味で、通常、5%が用いられる。両側検定は例えばAとBに違いがあるかを調べるときに用い、片側検定はAとBの大小関係を調べるときに行う。自由度とは、自由に動ける変数の数である[10]。

$T$  検定とは、帰無仮説が正しいとした場合に、統計量  $T$  が  $t$  分布に従うことを利用した統計学的検定法である。2 組の標本について平均に有意差があるかどうかの検定などに使われる。本研究では、現在気候の平均値と比較して、近未来気候、21 世紀末気候の平均値が大きいかどうかを議論するため片側検定を行う。

まず、 $T$  検定を行う前に、2 組の標本の母分散が等しいかどうかの  $F$  検定を行う。 $F$  検定では、2 つの標本分散  $s_1^2$ ,  $s_2^2$  をもとに、母分散  $\sigma_1^2$ ,  $\sigma_2^2$  が異なるかどうかを、 $F$  分布を用いて判定する。検定手順を以下に示す。なお、サンプルサイズは  $n$  ( $n_1=n_2$ )、有意水準は  $\alpha$  とする。帰無仮説  $H_0$  は  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ 、対立仮説  $H_1$  は  $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$  とし、検定統計量  $T$  は、

$$T = \frac{s_1^2}{s_2^2} \quad (1)$$

である。ただし、 $s_1^2 \geq s_2^2$  とする。自由度 ( $n-1$ ,  $n-1$ ) の  $F$  分布において、検定統計量  $T$  と棄却域  $F$  ( $\alpha/2$ ) を比較し、 $T$  が棄却域に入れば  $H_0$  を棄却し、入らなければ  $H_0$  を採択する。

上記の検定結果より、母分散数が同一の場合に、異なる 2 つの母集団の平均値が同じかどうかの  $T$  検定を説明する。標本平均を  $\bar{x}_1$ ,  $\bar{x}_2$  とし、母平均を  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  とする。また、サンプルサイズは  $n_1$ ,  $n_2$  であり、 $n_1+n_2 < 100$  の場合にのみ適用できる。以下に手順を示す。

帰無仮説  $H_0$  は  $\mu_1 = \mu_2$ 、対立仮説  $H_1$  は  $\mu_1 \neq \mu_2$  とし、検定統計量  $T$  は、

$$T = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} * \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1+n_2-2}}} \quad (2)$$

である。自由度 ( $n_1+n_2-2$ ) の  $t$  分布において、検定統計量  $T$  と棄却域 ( $\alpha/2$ ) を比較し、 $T$  が棄却域に入れば  $H_0$  を棄却し、入らなければ  $H_0$  を採択する。

次に、母分散が異なる場合の  $T$  検定を説明する。

この場合も、標本平均を  $\bar{x}_1$ ,  $\bar{x}_2$  とし、母平均を  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  とする。また、サンプルサイズは  $n_1$ ,  $n_2$  であり、 $n_1+n_2 < 100$  の場合にのみ適用できる。以下に手順を示す。

帰無仮説  $H_0$  は  $\mu_1 = \mu_2$ 、対立仮説  $H_1$  は  $\mu_1 \neq \mu_2$

とし、検定統計量  $T$

$$T = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (3)$$

である。自由度  $f$  は

$$f = \frac{1}{\frac{C^2}{n_1-1} + \frac{(1-C)^2}{n_2-1}} \quad (4)$$

である。ただし、

$$C = \frac{\frac{s_1^2}{n_1}}{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}} \quad (5)$$

である。自由度  $f$  の  $t$  分布において検定統計量  $T$  と棄却域 ( $\alpha/2$ ) を比較し、 $T$  が棄却域に入れば  $H_0$  を棄却し、入らなければ  $H_0$  を採択する。

次に、水文データの経年変動を判定する方法の代表的な方法として、Mann-Kendall 検定が挙げられる。Mann-Kendall 検定は確率分布を仮定することなく、順位検定を基礎とした理論に基づき検定する方法である[11]。この方法は、ノンパラメトリック法と呼ばれる。検定手順は以下に示す。

Mann-Kendall 検定における帰無仮説  $H_0$  と対立仮説  $H_1$  は次のように定義する。

- 帰無仮説  $H_0$  :  $n$  個のデータが独立で同一の確率分布に従う
- 対立仮説  $H_1$  :  $n$  個のデータが同一の確率分布に従わない

Mann-Kendall 検定では以下のような統計量  $S$  を定義する。

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (6)$$

$$\text{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \theta > 0 \\ 0 & \theta = 0 \\ 1 & \theta < 0 \end{cases} \quad (7)$$

統計量  $S$  の期待値と分散は以下のとおりである。

$$E[S] = 0 \quad (8)$$

$$\text{Var}[S] = N_s - T_s$$

$$= \frac{n(n-1)(2n-5)}{18} - \sum_{j=1}^k \frac{t_j(t_j-1)(2t_j+5)}{18} \quad (9)$$

ここで、 $t_j$  はデータを大きさ順に並べ替えたときに、同じ値が連続して出現する個数を表し、 $k$  はその発

生ずる組数を表している。これらから、 $S$ を基準化した標準統計量 $Z$ を以下の式より算定する。

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\text{Var}[S]^{1/2}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S-1}{\text{Var}[S]^{1/2}} & S < 0 \end{cases} \quad (10)$$

ここで、有意水準を $\alpha$ としたとき、標準正規分布において、 $|Z| \geq Z_{\alpha/2}$ を満たす時、帰無仮説 $H_0$ が採択される。なお、 $\alpha = 0.05$ の時、 $Z_{\alpha/2} = 1.96$ であり、 $\alpha = 0.10$ の時、 $Z_{\alpha/2} = 1.64$ である。また、 $S > 0$ のとき、時系列データは上昇傾向であることを示している。反対に、 $S < 0$ のとき、下降傾向であることを示している。

### 3.2 日本全域における分析

ここでは、現在気候と比較して、近未来気候と21世紀気候の各25年平均発生頻度増加しているのか、各25年以内で経年変動があるのかを解析し、その有意性の検定を行った。なお、これ以降では、集中豪雨災害という観点から分析を行う。すなわち、同一の気象原因によってもたらされた集中豪雨であっても、それが複数の地域に集中豪雨災害をもたらすならば別々の集中豪雨災害として捉えられるため、別々の集中豪雨として数えた場合である。

Fig. 6は現在気候、近未来気候、21世紀末気候それぞれの年度別集中豪雨発生頻度分布である。この分布図のデータを用いて、25年以内の経年変動があるかどうかを判別するMann-Kendall検定を行ったところ、現在気候では、95%有意な増加傾向が見られ、21世紀末気候では、90%有意な減少傾向が見られた。しかし、近未来気候では有意な変化は見られなかった。次に、各25年の平均値が現在気候と比較して、増加しているかどうかを調べる $T$ 検定を行ったところ、近未来気候では有意な増加傾向は見られなかったものの、21世紀末気候では95%有意な増加傾向が見られた。以上より、現在気候では、経年変動として増加傾向があるものの、近未来気候では、その傾向が継続されていくとは判断できない。また、21世紀末気候では、現在気候と比較して、発生頻度に増加傾向が見られるが、25年以内では減少傾向にある。しかし、各年のばらつきが非常に激しいためこのようなことが起こっていると考えられ、また、このように極端な現象が増加することを示唆している。

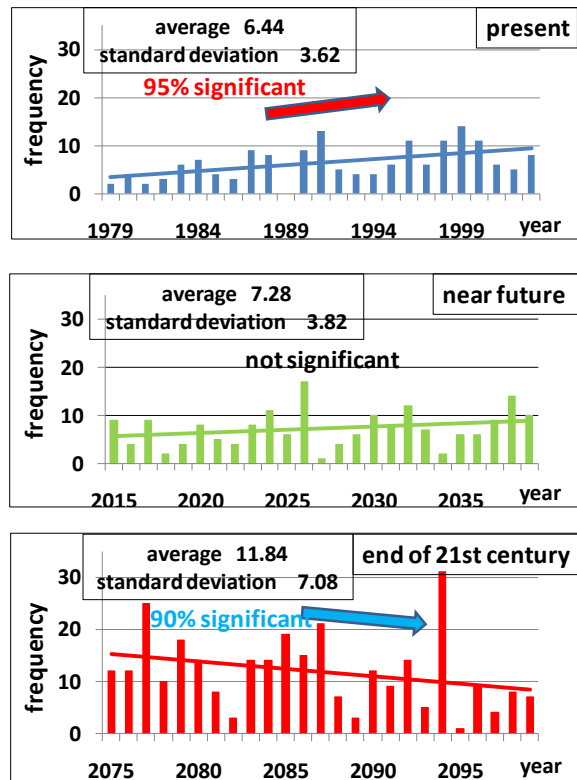


Fig. 6 The frequency of localize heavy rainfall present(top), near future(mid), end of 21st century(low)

Fig. 7はひと月を10日ごとに区切った旬別の集中豪雨の発生頻度分布である。図のピンク色の範囲では、現在気候と比較して、21世紀末気候が90%以上有意に増加傾向にあることを意味している。これより、7月上旬と7月下旬から8月上旬にかけて、21世紀末気候では有意な増加傾向が見られる。

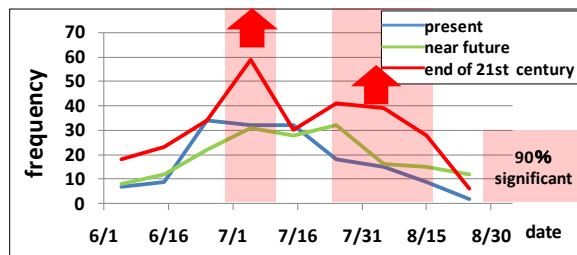


Fig. 7 The frequency in season of localize heavy rainfall

Fig. 8は1度に3つ以上の集中豪雨をもたらす気象擾乱の旬別発生頻度分布である。これより、21世紀末気候では、7月上旬と8月上旬に90%以上有意な増加傾向が見られ、また、近未来気候においても7月上旬と8月上旬に増加傾向が見られる。Fig. 7では現在気候と近未来気候でそれほど違いは見られなかった。しかし、Fig. 8でこのような違いが生じたので、近未来気候において、極端な降水現象が現れ始めているということが出来る。

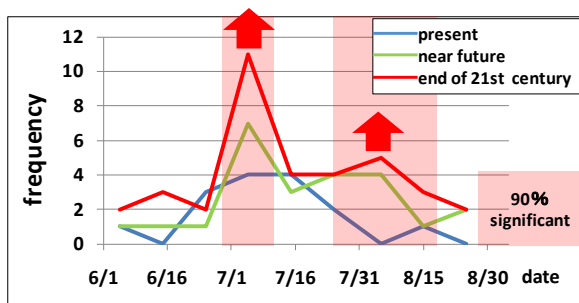


Fig. 8 The frequency in season of the weather disturbance that brings more than three localize heavy rainfalls

### 3.2 地域別における分析

ここでは、日本を九州、四国、中国、近畿、東海、関東甲信、北陸、東北の8つの地域に分割し、集中豪雨の発生頻度を解析した。ここでの集中豪雨とは、災害視点で見た集中豪雨のことである。検定方法は日本全域と同じで経年変動はMann-Kendall検定を、25年平均値の変化はT検定を用いた。Table 1は検定結果である。赤字が95%有意増加で紫文字が90%有意増加である。また、青文字が95%有意減少である。この結果より、九州では近未来気候に、関東甲信では21世紀末気候に25年以内に有意な減少傾向が見られた。また、四国、東海、関東甲信では近未来気候に、近畿は現在気候に有意な増加傾向が見られた。次に、25年平均頻度の現在気候との比較で、近畿では90%、東海、関東甲信では95%、近未来気候で有意な増加

Table 1 Analysis result in regional

|              |                     | average  | annual variability |
|--------------|---------------------|----------|--------------------|
| Kyusyu       | present             |          | increase           |
|              | near future         | decrease | decrease           |
|              | end of 21st century | increase | decrease           |
| Shikoku      | present             |          | increase           |
|              | near future         | increase | increase           |
|              | end of 21st century | increase | increase           |
| Chugoku      | present             |          | decrease           |
|              | near future         | decrease | increase           |
|              | end of 21st century | increase | decrease           |
| Kinki        | present             |          | increase           |
|              | near future         | increase | increase           |
|              | end of 21st century | increase | increase           |
| Tokai        | present             |          | increase           |
|              | near future         | increase | increase           |
|              | end of 21st century | increase | increase           |
| Kanto Koshin | present             |          | increase           |
|              | near future         | increase | increase           |
|              | end of 21st century | increase | decrease           |
| Hokuriku     | present             |          | increase           |
|              | near future         | increase | increase           |
|              | end of 21st century | increase | increase           |
| Tohoku       | present             |          | increase           |
|              | near future         | increase | increase           |
|              | end of 21st century | increase | decrease           |

red, blue: 95% significant, purple: 90% significant

傾向が見られた。21世紀末気候においては、九州と中国を除くすべての地域で有意な増加傾向が見られた。そこで、現在気候と21世紀末気候のより詳細な頻度の変化をFig. 9に示す。地図上で赤色が95%有意増加に地域で、紫色が90%有意増加に地域で、黄緑色が有意な増加なしの地域である。また、図中の青色棒グラフが現在気候、赤色が21世紀末気候であり、すぐ上に表示しているのが、各頻度であり、□の中の数字が頻度の変化である。これより、東日本の太平洋側で21世紀末有意に増加していることが読み取れる。九州は増加量が多いにも関わらず、有意性が出ていないが、それは、現在気候において、すでに頻度が多く、各年のばらつき大きかったことが原因していると考えられる。反対に、東北や北陸などでは増加量が少ないにも関わらず、現在気候の頻度が少なくばらつきが小さかったために有意性が出たと考えられる。

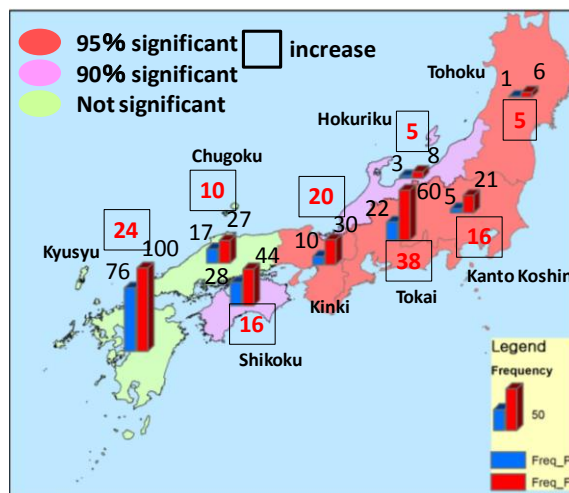


Fig. 9 Regional total frequency for 25 years and significance of changes in the future

### 4. おわりに

以上、本研究では、5kmRCMの雨量画像データを目視により確認することで、梅雨前線に伴う集中豪雨のみの抽出に成功した。

本研究で初めて分かった知見として、

- これまでの統計値解析で7月上旬と8月上旬に強い降水の増加は梅雨前線に伴う集中豪雨によるものである可能性が高いこと
- 現在気候内で増加傾向があり、これは集中豪雨が増加していると言われている現状と一致する
- 将来複数の集中豪雨をもたらすような強い気象擾乱の発生頻度が増加し、それに伴い同時多発的に災害が発生する危険性が高くなる
- 中日本・東日本の太平洋側で集中豪雨の発生頻



度が有意に増加する可能性が高い。また、九州では、有意な増加傾向は見られなかったものの発生頻度としては、圧倒的であり今後とも注意する必要がある。さらに、北陸や東北のようにこれまで集中豪雨の少なかった地域においても将来集中豪雨の発生頻度が増える可能性があるため、整備の行きわたっていない中小河川などでは今後の河川計画を見直す必要があると考えられる。

本研究では、発生頻度のみを対象としていたが、今後は、降水量についての解析も進めていく予定である。

### 参考文献

- 上田拓治: 44の例題で学ぶ統計的検定と推定の解き方, オーム社会, 210pp., 2000
- 気象庁: 気象庁気候変動監視レポート2007, 90pp., 2008
- 西岡昌秋・寶馨: Mann-Kendall検定による水文時系列の傾向変動, 京都大学防災研究所年報, 第46号B, pp. 181-192, 2003
- 21世紀気候変動予測革新プログラム: 21世紀気候変動予測革新プログラム日本語Brochure2010版, 16pp., 2010

21世紀気候変動予測革新プログラム: 超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測に関する研究 平成21年度研究成果報告書, 198pp., 2010

山崎剛・岩崎俊樹: ダイナミックダウンスケールの課題と展望, 2008年度秋季大会シンポジウム「地域の詳細な気象と気候の再現を目指して—ダイナミックダウンスケール技術の高度利用—」の報告, pp.6-11, 2010

Kanada, S: personal communication 2010

Kanada, S, Masuo Nakano and Teruyuki Kato: Climatological Characteristics of Daily Precipitation over Japan in the Kakushin Regional Climate Experiments Using a Non-Hydrostatic 5-km-Mesh Model: Comparison with an Outer Global 20-km-Mesh Atmospheric Climate Model, SOLA, Vol.6, pp.117-120, 2010

Mizuta, R, Takao Uchiyama, Kenji Kamiguchi, Akio Kitoh and Akira Noda: Changes in Extremes Indices over Japan Due to Global Warming Projected by a Global 20-km-mesh Atmospheric Model, SOLA, Vol.1, pp.153-156, 2005.

Yoshizaki, M, C. Muroi, S. Kanada, Y. Wakazuki, K. Yasunaga, A. Hashimoto, T. Kato, K. Kurihara, A. Noda and S. Kusunoki: Changes of Baiu (Mei-yu) Frontal Activity in the Global Warming Climate Simulated by a Non-hydrostatic Regional Model, SOLA, Vol.1, pp.25-28, 2005.

# **Fundamental Investigation on Climate Change Impact on Localized Heavy Rainfall in Japan**

Eiichi NAKAKITA, Toshiya MIYAKE\*, Kyoungjun KIM and Lisako KONOSHIMA\*

\* Graduate School of Engineering, Kyoto University

## **Synopsis**

Disasters related to localized heavy rainfall on Baiu front seem to be increasing recent years and we are interested that the number of it increases further by advancing of Global warming. Whether it is caused by Localized heavy rainfall is not clarified, though it is shown that precipitation will increase in the future by a current Global warming research. Therefore, we examined the future change only of Localized heavy rainfall on the Baiu front by watching the output data of 5km Regional Climate Model developed by the Meteorological Research Institute of Japan Meteorological Agency as catching the precipitation phenomenon in this study. As a result, the increasing tendency of Localized heavy rainfall was seen in the current climate and the increasing tendency was seen in the climate at the end of the 21st century compared with the current climate. Moreover, the increasing tendency of Localized heavy rainfall was seen on the Pacific Ocean side of East Japan in the climate at the end of the 21st century.

**Keywords:** Climate Change, Localized Heavy Rainfall, Baiu front, RCM, frequency