

大雨発生度数の日変化に現れた地域特性*

立平良三**・保科正男***

要旨

10年間のアメダスの毎時雨量を解析して、30 mm/h 以上の大雨の発生度数がどのような日変化をするかを調べた。各都府県毎に平均をとった場合の日変化は様々であるが、相関係数を類似の尺度として幾つかのグループに分けることを試みた。その結果、大まかな傾向として、次の三つの特徴的なグループの存在が見いだされた。

(1) 西日本の南西斜面の大雨

早朝から午前にかけて発生度数が高く、また季節的には梅雨末期に当たる7月に多い。地形的には、南西風が海から直接に吹きつける領域であり、亜熱帯高気圧の縁辺を廻ってくる熱帯海洋気団中で発生する大雨の特徴と考えられる。

(2) 本州中部の大雨

夕刻から夜にかけて発生のピークがあり、季節的には盛夏の8月に多い。熱帯的な性格の大雨と考えられる。ただし、南東風による地形性の降雨が卓越する沿岸の都県では、台風が原因と考えられる副次的なピークが9月に現れている。

(3) 西日本の南東斜面の大雨

大雨の発生が一日中ほとんど変わらず、しかも高い発生の状態が続く。これは西日本で南東風が海から吹きつけるような地形の領域で発生する大雨で、台風など熱帯低気圧に伴う大雨と推定される。

1. まえがき

大規模場が与えられた場合、その中で中小規模の大雨が発生しやすい場所が地形に関連して特定される可能性のあることは明らかであろう。その場所は大規模場ごとに変動するはずであるが、大雨を発生させやすい大規模場にはある程度の共通性があるから、気候統計にも大雨発生の局地性が現われることになる。

二宮(1977)は日本の気象官署の10分間雨量、1時間雨量および日雨量の極値を調査し、特に、日雨量極値の場合顕著な南北差および著しい局地性のあることを見いだしている。しかし、10分間雨量や1時間雨量のような短い期間の極値の場合には、日雨量に比べ局地性の小さいことを指摘している。

大雨の発生については地域的な特性のほかに日変化

のような時間的な特性についても研究されてきた。安田(1970)は日本全国で発生した50 mm/h 以上の強雨の日変化を調査し、正午前後に最も発生の少ないことを報告している。また、奥田(1970)は日本の6、7月における前線性の大雨について調査し、やはり正午前後に最も少なく、早朝(5~6時)に顕著なピークのあることを見いだしている。さらに、奥田は雨量観測点を内陸と沿岸部に分けて集計し、5~6時のピークが沿岸部でさらに強調されることを示している。Fujibe(1988)は日本の6~9月に発生した10 mm/h 以上の局地的降水について島や半島などでは早朝に顕著なピークが現われ、一方、内陸では夕方に顕著なピークのあることを見いだしている。

日本以外では、モンスーン域や熱帯において、早朝に雷雨など激しい降水の多いことは以前から指摘されている(Ramage, 1971)。また、低緯度の海域における観測船のデータでも、早朝に雷雨の多いことが報告されている(Takeuchi and Nagatani, 1974)。

降水一般についても、Kraus(1963)は気象観測船による7月のデータを解析し、夜間の降水度数が昼間の

* Regional variation in diurnal change of heavy rainfall.

** Ryoza Tatehira, 電気通信大学.

*** Masao Hoshina, 気象庁.

—1991年12月19日受領—

—1992年12月18日受理—

第1表 各都府県における 30 mm/hr 以上の大雨発生の気候的確率 (単位: $\times 10^{-4}$).

鹿児島	宮崎	熊本	佐賀	長崎	大分	福岡	山口	高知
4.53	3.88	3.96	3.49	4.04	2.05	2.77	1.62	4.93
愛媛	香川	徳島	鳥取	島根	広島	岡山	和歌山	奈良
1.48	1.09	4.24	0.98	1.18	1.10	0.92	3.23	3.25
兵庫	大阪	京都	滋賀	福井	石川	富山	新潟	三重
1.14	1.28	1.23	0.91	0.87	0.83	0.74	0.61	3.84
岐阜	愛知	静岡	山梨	長野	神奈川	千葉	東京	埼玉
1.79	1.81	3.40	1.90	0.71	2.26	1.08	2.32	1.54
群馬	栃木	茨城	福島	山形	宮城	岩手	秋田	青森
1.49	1.84	1.20	0.95	0.51	0.78	0.57	0.48	0.24

2倍に達することを見いだしている。この日変化の振幅は中緯度の地雨性降水の場合に大きく、低緯度の対流性降水の場合には小さい。夜間の度数が大きいのは、雲頂の方が雲底よりも放射冷却が大きく、安定度が悪くなって対流が活発化するためと考えられている。逆に、昼間は雲頂が日射を吸収して上昇流中での凝結率を低下させ、降水量の減少をもたらすとしている。

Short and Wallace (1980) は NOAA 衛星による熱帯海域の赤外放射観測を解析し、対流活動に伴う雲が午後から夕方にかけて陸上で、夜から朝にかけては沿岸海域で強化されることを見いだしている。これは境界層内の循環が対流活動に与える影響として以前から指摘されていたことである。

Riehl and Miller (1978) も NOAA 衛星の赤外放射観測を利用し、熱帯の陸と海における雲頂温度の日変化を調べている。対流性降水に伴う高い雲に着目すると、西アフリカなどの陸上では午後の方が午前より背の高い雲の度数が大きく、アラビア海などの海上では逆になることを見いだしている。海洋性の対流活動が夜から朝にかけて活発化し、陸上では逆に午後から夕方にかけて活発化する傾向のあることは、以上の内外の研究で共通に指摘されているところである。

この論文では、極値としては地域性が小さいとされている1時間強雨について、類似した発生度数の日変化を示す都府県をまとめてグループ化し、日変化特性に着目した地域特性を調査した。また、各グループがそのような特徴的な日変化をする原因について考察した。

2. 使用したデータ

北海道と沖縄を除く全国のアメダスの毎時雨量について、1981年4月～1991年3月の10年分を調査対象

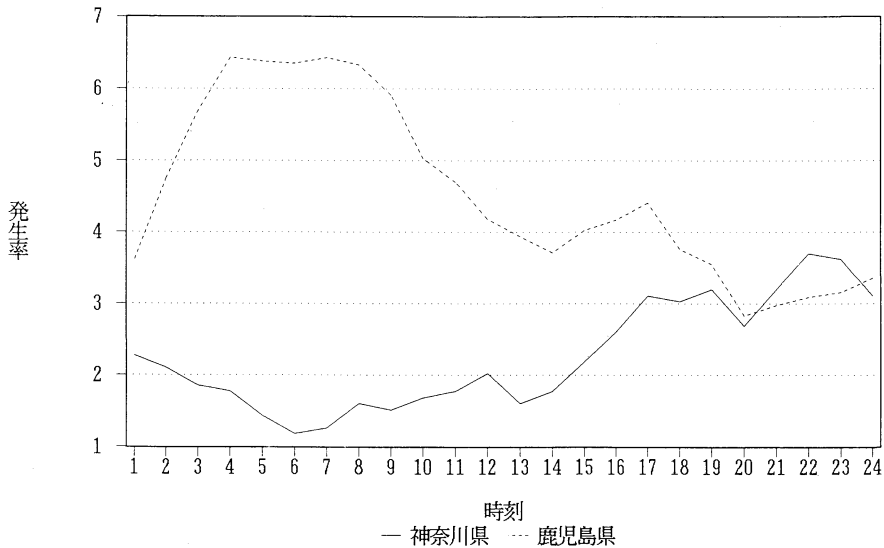
とした。この論文での大雨の定義としては、大雨注意報の基準として多くの府県で使われている 30 mm/h 以上を採用した。この1時間強雨の発生回数を都府県別(島嶼部を含む)に集計し、その日変化を調べた。

各都府県内(沖縄を除く)のアメダス雨量計で、10年間に観測された 30 mm/h 以上の強雨の度数は第1表の通りである。ただし、ここでは強雨発生回数を各都府県内のアメダス雨量計の数で割って、一雨量計あたりの平均の発生回数を求め、さらにそれを10年間の総時間数(冬期間の計画休止などを含めた欠測時間を除く)で割った数値で示してある。つまり、これはその都府県内の一地点で 30 mm/h 以上の強雨が出現する気候的確率と見ることができる。(一地点当たり年に一回の発生は 1.14×10^{-4} になる。)

例えば、高知県内27か所のアメダス雨量計で観測した強雨の合計回数は、この10年間で1086回で、雨量計一つ当りにすると40回である。これを総時間数で割ると第1表に示されているように 4.9×10^{-4} となる。この値は全都府県の中で最大である。この数値は北ほど小さくなる傾向がある。東北地方では一雨量計当たり5～1回程度に減少し、確率値にすると第1表のように 10^{-4} 未満の数値となる。瀬戸内海周辺と日本海側の諸府県も比較的小さい。

第1表の発生度数は、起った時刻を問わず集計したものである。各都府県について時刻別に区分して集計すると発生度数の日変化を知ることができる。第1図には鹿児島県、神奈川県の日変化を例示している。ただし、細かな変動を除くため、3時間移動平均して平滑化してある。

日変化の振幅は両県ともかなり大きく、しかもピークの時刻が対照的である。この二つの日変化曲線の間の相関係数を計算すると、 -0.79 と高い逆相関を示し



第1図 30 mm/hr の大雨発生の日変化 (鹿児島, 神奈川) (県別, 3時間移動平均), 発生率の単位は 10^{-4}

ている。両県は今回の調査で最も高い逆相関を示した例である。このような状況から判断すると、大雨ガイダンスの作成や大雨予報作業手順に日変化を考慮すればかなりの改善が期待できそうである。

3. 日変化様式によるグループ化

鹿児島県とよく似た日変化をする県はその近隣及び近畿や中部地方に幾つかあり、また神奈川県に似た変化は関東地方や中部地方に見られる。そこで各都府県の日変化曲線の間で相関係数を計算し、これを尺度としてグループ化を試みた。

グループ化にあたっては各都府県をそれぞれ1つのグループと看做し、次のようなクラスター分析の手法を用いた。まず、相関係数の最も高い2つのグループを1つのグループに統合し、それら2つのグループの平均の日変化曲線を統合グループの日変化曲線と看做して他グループとの相関係数を計算する。以下、同じような手順を繰り返して、最も相関係数の高いグループを次々に統合してゆく。その結果、次のようなグループ化が可能である。

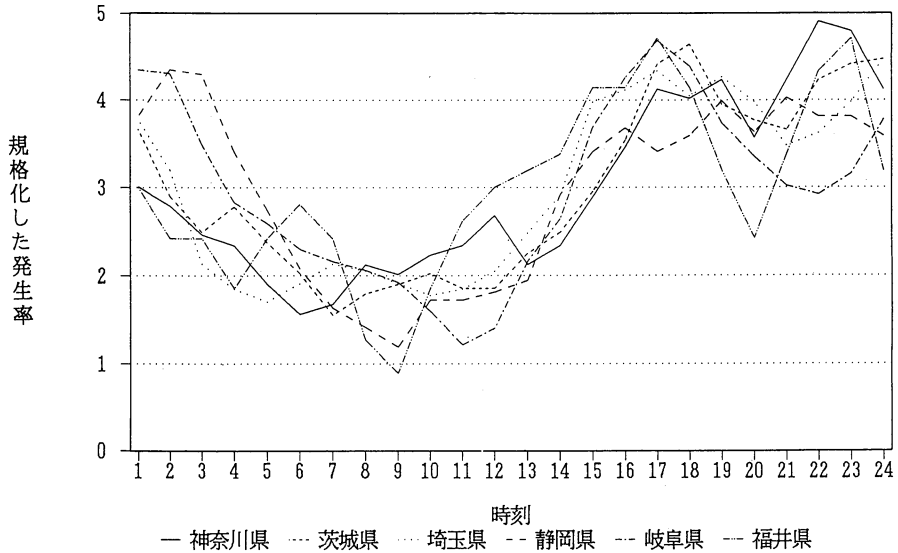
- (1) 鹿児島グループ
熊本 佐賀 和歌山 福岡 新潟
- (2) 宮崎グループ
長崎 高知
- (3) 徳島グループ
三重

- (4) 京都グループ
鳥取 兵庫
- (5) 神奈川グループ
茨城 埼玉 静岡 岐阜 福井
- (6) 栃木グループ
福島 長野 岡山 群馬

今回の相関係数を尺度にしたグループ分けの過程で、まず、東日本の栃木グループや神奈川グループが大きくまとまる。栃木グループの諸県は主として関東北部及びその周辺に位置しており、神奈川グループの諸県は主として関東南部及びその周辺に位置している。この結果、関東甲信地方の大半の県はいずれかのグループに属しているが、東京都や山梨県はこれら2つのグループのうちのどちらかというよりも、それらの統合したものにより近いという特徴を示している。また、千葉県はこれら両方のグループとはほとんど類似性を示さないという特徴を示している。

一方、別の系統で鹿児島グループや宮崎グループがまとまってゆく。これらの過程はそれぞれのグループの大雨の原因を推定するときの一つの手がかりになりそうである。勿論、尺度の選び方によっては別のグループ分けも可能であろう。

第2図は、神奈川グループに属する6県の日変化を重ねたもので、類似の度合いを直観的に分りやすく示している。ただし、発生率は県によって差が大きいので、各県ともそれぞれの県の平均発生率と時間変動量



第2図 30 mm/hr の大雨発生の日変化 (神奈川グループ・県別, 規格化, 3時間移動平均).

(標準偏差)を用いて規格化したものを描いている。(今回の規格化では, 各府県とも平均値が「3」, 標準偏差が「1」となるようにした。以下, 「規格化」はこのことを意味する。)

4. 各グループの日変化の特徴とその原因

前節で分類した6グループの内, 特に大きなグループは鹿児島, 栃木, 神奈川であるが, 第2表の相関係数が示すように栃木グループと神奈川グループは大きな類似を示している。また, 徳島グループは鹿児島グループとも東日本のグループともほとんど相関を示さない特徴的なものである。

第3図aには特徴的な三つのグループの平均日変化曲線を計算し, それを重ねて示してある。鹿児島グループは早朝から午前到大雨の発生が多く, さらに夕方にも小さなピークがある。一方, 栃木グループは, これと対照的に早朝に少なく, 夕方に明瞭な単一のピークを示すのが特徴である。

一方, 徳島グループは夕方に大雨の発生が比較的小さいのが特徴である。しかし, この図では第3節で説明した規格化したものが描かれているので, 徳島の日変化はかなり誇張されて示されていることに注意する必要がある。徳島グループの2つの県の日変化を規格化せずに示せば, 第4図のようになり, 比較のために示してある栃木県との差は明瞭になる。要するに徳島グループの特徴は, 平均発生率が高い割には日変化が

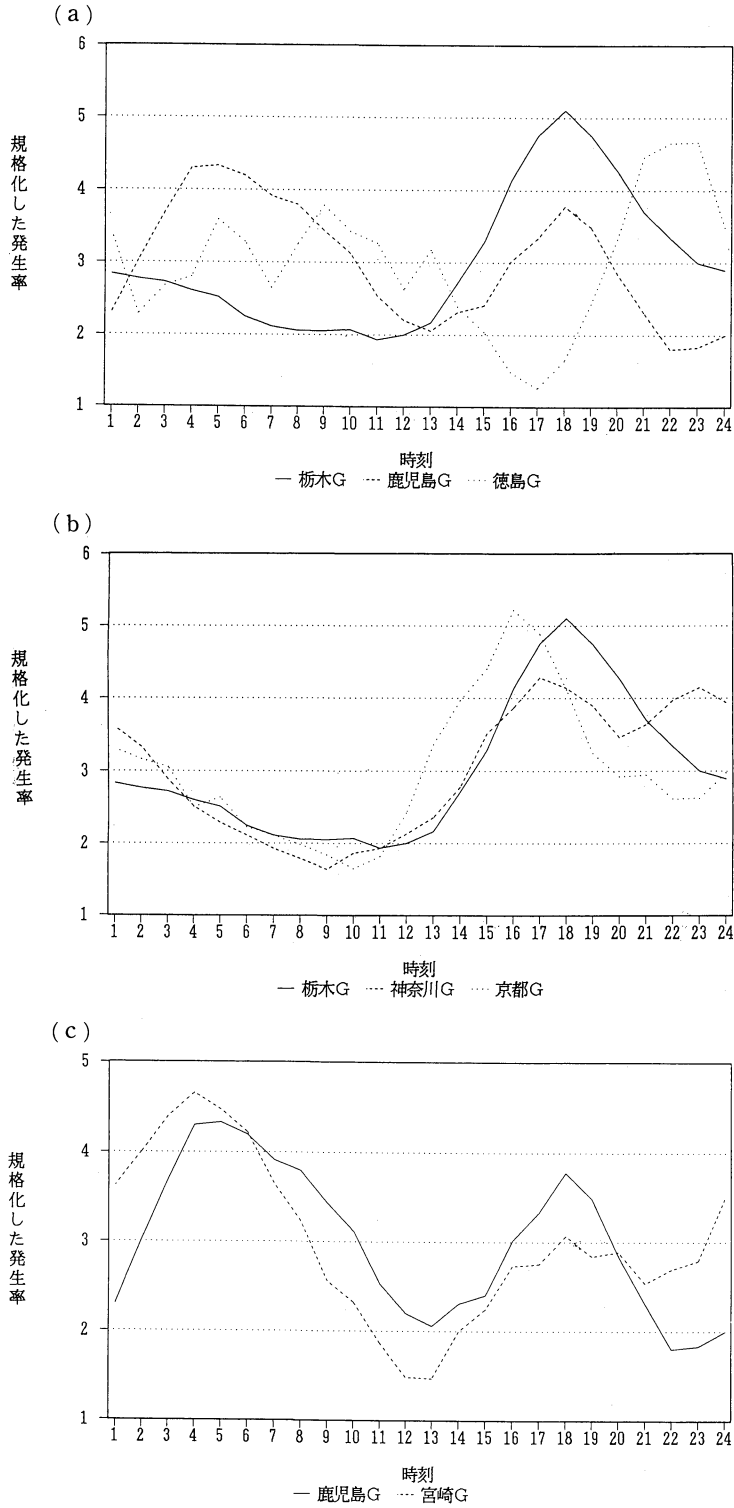
小さく, いずれの時刻も高い大雨発生の続くところにある。

残りの3つのグループは, それぞれ第3図aの3つのグループのどれかのバリエーションとして位置づけることが可能のように見える。すなわち, 神奈川グループでは栃木グループの夕方のピークが2分され, 深夜にかけてもピークが存在する。京都グループは栃木グループの夕方のピークの時間が前の方へ若干ずれたと見ることができる(第3図b参照)。一方, 宮崎グループでは鹿児島グループの夕方の副次的ピークを若干低くしたような形になっている。このことは宮崎グループの深夜から早朝のピークをより際立たせることになっている(第3図c参照)。

第2表と以上の考察を総合すると, 各グループの日変化の様式を第5図に示すように関連づけることができそうである。

第1節で概観したこれまでの日変化に関する研究を参照すると, 鹿児島グループの日変化は熱帯海洋性の大雨の特徴を示していると考えられる。一方, 栃木グループには主として内陸県が所属していることから, 日射による下層の加熱で大気が不安定化し, 夕方にピークが現れたものと解釈される。このような解釈は各グループ毎に, どの月に大雨が多いかを見ることによっても裏づけられる。

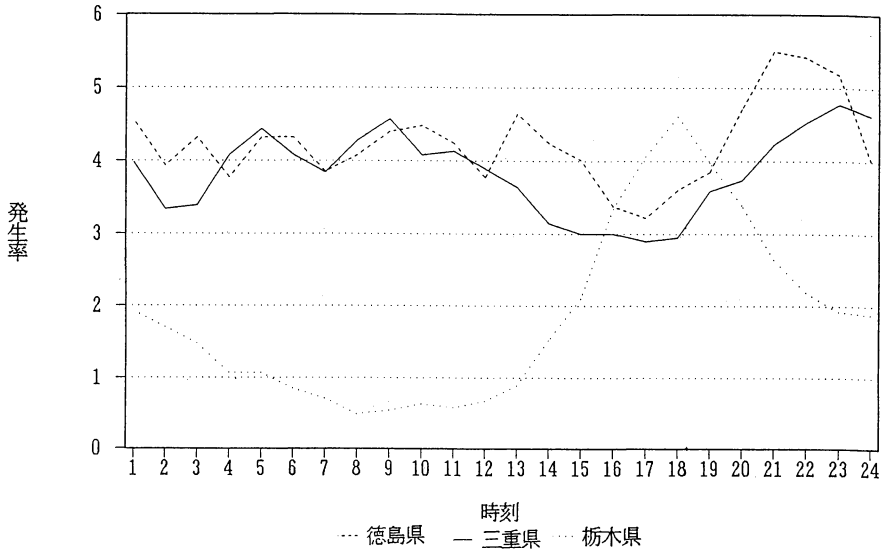
第6図は, 主要グループについて, 月別・時刻別の平均発生確率を示したものである。(各グループとも年



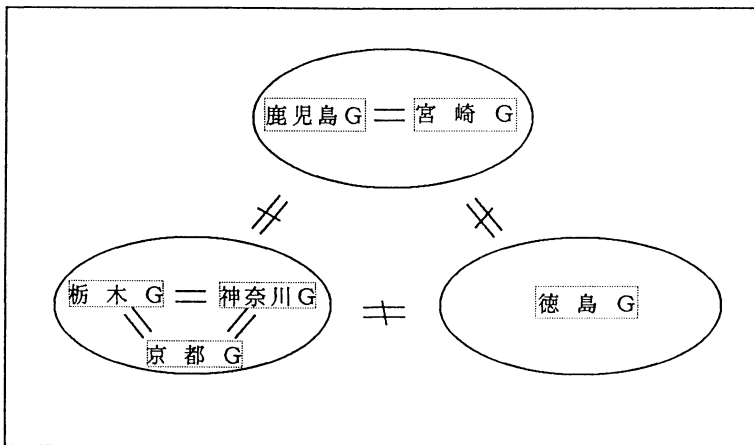
第3図 30 mm/hr の大雨発生の日変化
 (規格化, 3時間移動平均)
 (a) 栃木, 鹿児島, 徳島グループ
 (b) 栃木, 神奈川, 京都グループ
 (c) 鹿児島, 宮崎グループ

第2表 大雨発生日変化の各グループ間における相関係数.

	栃木G	神奈川G	京都G	鹿児島G	宮崎G	徳島G
栃木G	1.000	0.832	0.702	0.000	-0.010	-0.398
神奈川G	0.832	1.000	0.693	-0.375	0.015	-0.157
京都G	0.702	0.693	1.000	-0.153	-0.123	-0.668
鹿児島G	0.000	-0.375	-0.153	1.000	0.659	-0.337
宮崎G	-0.010	0.015	-0.123	0.659	1.000	-0.530
徳島G	-0.398	-0.157	-0.668	-0.337	-0.530	1.000



第4図 30 mm/hr の大雨発生の日変化 (徳島, 三重, 栃木県, 非規格化, 単位は 10^{-4} , 3時間移動平均).

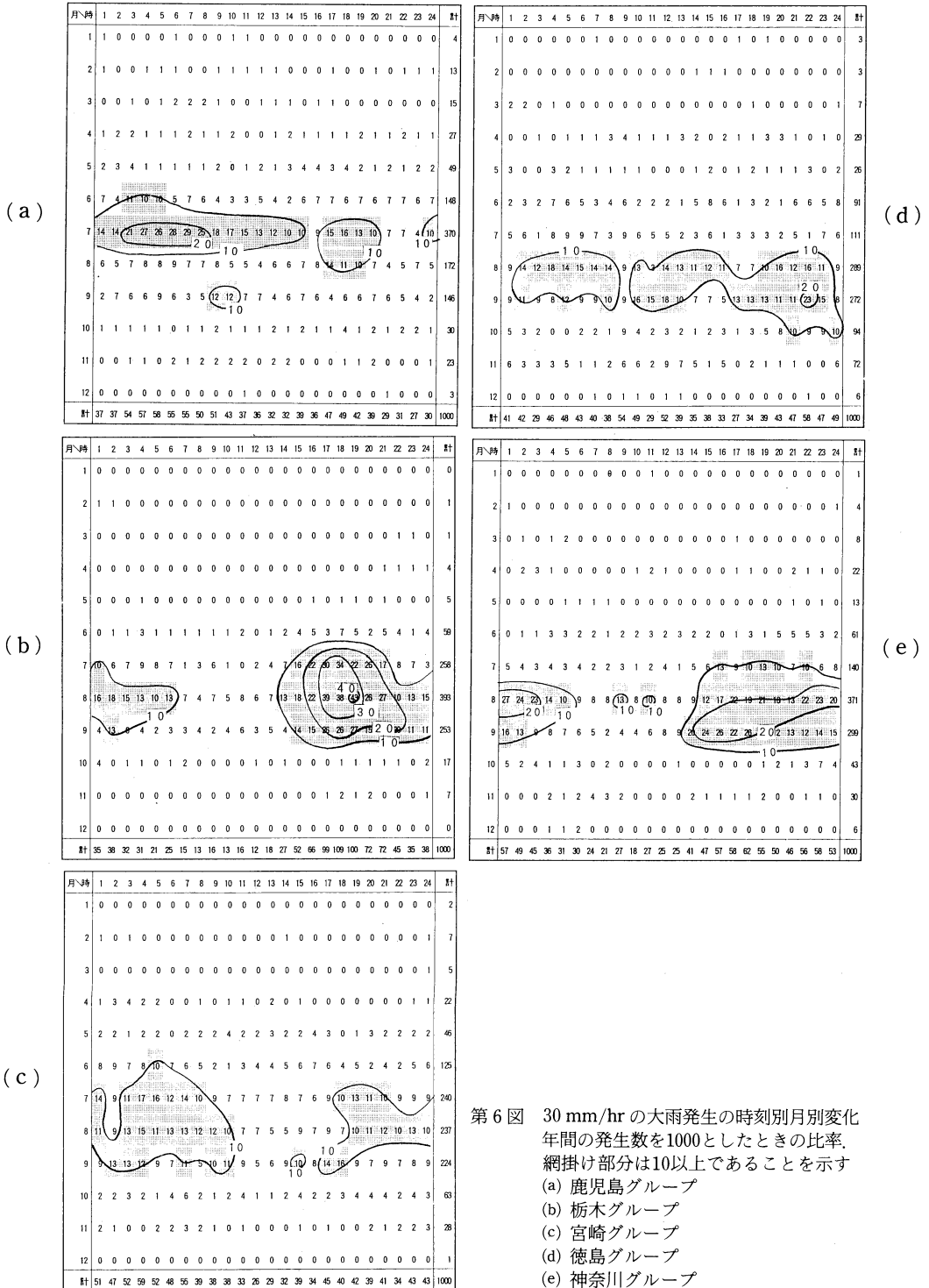


= : 相関関係あり ≠ : 相関関係なしあるいは負相関

第5図 各グループ間の関連

間の発生率が同じになるように各グループの平均発生率で割って規格化してある.)

鹿児島グループ (第6図a) は梅雨末期の7月に明瞭なピークを示し, 南方洋上から大平洋高気圧の縁辺を廻って南西から流入する湿潤温暖な気塊がもたらした熱帯海洋性大雨という見方を支持する. このグループには九州の複数の県が属しているが, その他ずっと離れて和歌山と新潟が加わっている. これらの県の地形的共通点を考えてみると, いずれも南西から湿潤気流が海から, 山にさえぎられることなく, 直接その県に流入し,



第6図 30 mm/hrの大雨発生時刻別月別変化
 年間の発生数を1000としたときの比率。
 網掛け部分は10以上であることを示す

顕著な地形上昇を起こすような地形となっている。

栃木グループ(第6図b)の8月のピークは熱雷的な性格の大雨の多いことを意味するものと考えられ、夕方にピークのあることと符合する。

宮崎グループ(第6図c)は梅雨末期の7月にも高い発生確率を示すが、8月、9月も高い発生確率を維持し、この点で8・9月に高い発生確率を示す徳島グループ(第6図d)に若干の類似性が認められる。宮崎グループの内宮崎・高知の両県には南東斜面の領域が存在するのでこれが類似性を示す原因とも考えられる。

徳島グループの徳島・三重両県に共通する特徴としては台風などの影響で南東斜面で大雨が降りやすいという地形要因が考えられる。台風に伴う大雨がいつ発生するかは、主として台風の接近(あるいは上陸)の時刻に依存すると考えられる。従って日変化が小さいことが予想され、徳島グループの特徴が台風など熱帯低気圧によるものという推測と符合する。

神奈川グループ(第6図e)の月変化はやや複雑で、栃木と同じく8月にもピークがあるが、その後9月にかけても高い発生確率が持続する。このグループの8月の大雨は栃木と違って深夜にも多い。内陸の山岳地帯に発生した熱雷がそのあと発達しながら平野部へ移動することはよく経験されるが、神奈川グループの深夜のピークがこれで説明できるかどうかは今後の調査を要する。

神奈川グループの9月の大雨は夕刻より前にピークを持つタイプで、熱帯海洋性でも熱雷型でもない。このグループに属する各府県で9月に降る大雨といえば、雨台風によるものがまず頭に浮かぶ。これらの諸県の地形は、台風に伴って南～東の風が吹くとき、強い地形性降雨が起こりそうな特徴を備えている。岐阜県や福井県もその山岳地帯は海からの南風が濃尾平野を経由して直接ぶつかる領域であり、地形性降雨が期待される。しかし、このピークを台風によるものと考えるのは、徳島グループの解釈で「台風による大雨は日変化小」と推測したことと矛盾するように見える。ただ、神奈川グループの場合、台風接近の度数は徳島グループほど大きくないはずで、選んだ統計期間内ではたまたま接近時刻が夕刻前に偏ったという解釈も可能である。いずれにしても台風に伴う大雨、特に南東風による地形性の降雨の日変化については、今後の検討課題である。

5. まとめ

30 mm/h以上の大雨の発生度数は、各都府県毎に特徴のある日変化を示す。相関係数を尺度として類似のものをグループ化することを試み、三つの主要なグループの存在を見いだした。つまり、早朝～午前に度数の高いグループ、午後～夜に度数の高いグループ、日変化のほとんどないグループである。

それぞれのグループはまた、大雨がどの月に多いかという点でも特徴的な性質を示している。つまり、ピークが7月にあるもの、8月にあるもの、8月から9月にかけて度数の高いものである。

発生度数の日変化の様相と、どの月にピークがあるかに着目して、各グループの大雨発生にどのようなメカニズムが卓越したのかを考察した。その結果は次の通りである。

(1) 西日本の南西斜面の大雨(梅雨末期型)

早朝から午前にかけて発生度数が高い。梅雨末期に南西風が海から吹き込む地域に多い型で、熱帯海洋性の大雨と考えられる。ただし、盛夏の夕方に発生する熱雷的な性格の大雨と見られるピークも副次的に存在する。

(2) 本州中部の大雨(内陸の熱雷型)

午後から夜にかけて大雨の多いのが特徴で、盛夏の夕方に発生ピークのある熱雷的な性格を持つ大雨と考えられる。

ただし、この型に属する諸県の中でも、海上から山にさえぎられることなく南東風が流入しやすい地形を含む場合(神奈川グループ)は、夕方のピークが比較的早めに現れる。この特徴が主として9月の大雨によるものであることから、秋台風に伴う南東風による地形性大雨が原因と推測される。また、夕方のピークの後も発生度数が大きく、深夜にもう1つのピークを示している。

しかし、このような細かい特徴までが、はたして統計的に意味のあるものかどうか疑問もあり、今後さらに別の期間のデータで確かめたい。

(3) 西日本の南東斜面の大雨(熱帯低気圧型)

台風などの熱帯低気圧による南東風がぶつかって大雨を降らせると見られる大雨で、発生率が高くて日変化はほとんどなく、夏から秋にかけて発生することが多い。

まえがきで述べたように、沿岸部と内陸部で大雨のピークの時刻の違うことは以前から指摘されていたところである。本論文の結果も従来の指摘にほぼ合致す

るものであるが、沿岸部でも斜面の向きによってピークの現われ方に差があることを見だし、その差を梅雨末期豪雨と熱帯低気圧といった気象現象の違いで説明を試みたわけである。この研究ではできるだけ長い統計期間を取るようにはしたが、それでも豪雨発生の偶発性によって、グループ化が影響を受けている可能性はある。ともあれ、以上のような大雨発生度数の日変化および季節変化の特徴は、大雨予想のためのガイダンスの作成、あるいは注意報・警報の発表作業の手順に取り入れられれば、精度向上が期待できそうである。

本論文では便宜上、行政区分（都府県）ごとに統計した資料で調査した。行政区分はある程度は地形区分も反映しているが、行政区分からの地形的特徴の考察では明確な結論が導きにくい。今後、さらに地形に密着した区分で調査すれば、より明瞭な特徴を掴める可能性がある。一方、台風襲来の経年変化などを考慮すれば、10年間の資料は必ずしも十分な量とは言えない面もあり、別のより長い期間での調査により新たな特徴を見いだせる可能性もある。また類似性の尺度についての調査も進め、多次元クラスター分析の適用など、より客観的な手法の利用も試みたい。

参考文献

- Fujibe, F., 1988 : Diurnal Variations of Precipitation and Thunderstorm Frequency in Japan in the Warm Season, Papers in Meteorology and Geophysics, 39, 79-94.
- Kraus, E. B., 1963 : The diurnal precipitation change over the sea, J. Atmos. Sci., 20, 551-556.
- 二宮洸三, 1977 : 豪雨の時間スケールからみた降水強度極値の地理的分布, 天気, 24, 63-70.
- 奥田穰, 1970 : 日本における大雨の気候学的研究. 気象研究所研究報告, 21, 323-379.
- Ramage, C. S., 1971 : Monsoon Meteorology, Academic Press, 295pp.
- Riehl, H. and A. H. Miller, 1978 : Differences between morning and evening temperatures of cloud tops over tropical continents and oceans. Quart. J. Roy. Met. Soc., 104, 757-764.
- Short, D. A. and J. M. Wallace, 1980 : Satellite-inferred morning-to-evening cloudiness changes, Mon. Wea. Rev., 108, 1160-1169.
- Takeuchi, T and M. Nagatani, 1974 : Oceanic thunderstorms in the tropical and subtropical Pacific, J. Meteor. Soc. Japan. 52, 509-511.
- 安田清美, 1970 : 日本における強雨 (50 mm/hr 以上) の気候学的特性, 天気, 17, 539-548.



湘北短期大学電子情報学科助手公募

1. 公募人員 助手1名
2. 所属部門 電子情報学科
3. 専門分野 電子回路および情報処理に関連した分野に強い関心を持ち、将来本学科の中心となって御活躍いただける方
4. 着任時期 決定後できるだけ早い時期
5. 応募資格 25歳前後、修士課程修了以上（博士課程中退可）でエレクトロニクスおよび情報処理の教育に熱意がある方
6. 提出書類
 - (1) 履歴書（写真貼付）
 - (2) 発表論文リスト
 - (3) 主要論文別刷り
 - (4) 推薦書一通
 - (5) 本人について所見を求め得る方2名以上の氏名・連絡先
7. 公募締切 8月31日（火）必着
8. (1)宛先 〒243 神奈川県厚木市温水428 学校法人ソニー学園湘北短期大学 総務部 総務部長 山本好敬
(2)問い合わせ先 電話 0462(47)3131 (代) 電子情報学科 教授 落合 萌, 教授 金子一彦, 教授 小野博敏
9. その他 「電子情報学科教員公募書類」と朱記し、書留にて郵送のこと