温帯低気圧と前線に伴う雨の分布特性

——三本木平野を中心とする 1968 年 5 月 13 日～16 日の降雨を例として——

河 村 武

1 まえがき

気候図に表わされるような長期間の平均降水量の分布が、地形と密接な関係を持つことは周知の事実である。しかし一雨降水量など、短期間の降水量分布は必ずしも地形と関係しない。鈴木 (1961) は、日本全域の詳しい日降水量分布図を多数描き、地形の影響の強い型と弱い型があることを指摘している。

前者の例としては、たとえば吉野 (1955) は温帯低気圧が太平洋上を本州の南岸沿いに東進した場合の関東地方の降水量分布を解析し、平野部では低気圧の中心経路からの距離に比例して降水量が減少することを明らかにした。山地では山地なるが故に増加した量を地域別に補正すればよい。また藤村 (1949) は、山地の降水量を観測するために独自の雨量計を開発し、キティ台風による雨を富士山の山腹と頂上で特別観測した結果、降水量は高度とともに直線的に増加することを確認した。このほかにも、台風に伴う降水量が地形と密接に関係するという報告が多い。しかし、一口に地形の影響と言っても、湿润気塊の山腹斜面の強制上昇による降雨のような単純な理論だけでは説明できない部分が多いことも指摘されている(関口 1965)。

地形の影響が弱い降水は、鈴木が挙げた前線性の降雨ばかりでなく、温帯低気圧の場合でも、吉野が取扱ったように単純な分布法則に従う事例は少ない。多くの場合、低気圧に随伴する前線や小規模擾乱の影響が加わり、地形との関係は判然としない。

しかし、全体的に見て、降水量の分布には地形の影響が大きいので、しばしば地形図を使って観測資料のない地点の降水量を推定する試みがなされる。とくに Spreen ら (1949) によって開発された共軸相関図法はもっとも広く用いられている。この方法は観測地点の降水量に影響すると考えられる地形因子を地図上で計測し、これらの要素と降水量との多重相関を図計算に

よって求めるのが骨子で、とくに詳しい雨量図の作成には有効である (たとえば、関口・河村 1957)。ただ共軸相関図を作成するとき、因子の数が多いと作業が煩雑で労力がかかるばかりでなく、主観が入りやすいので、近年は電子計算機を使って、多重相関式を作る試みもなされている (鈴木 1969)。

しかし、一雨降水量の推定については、これまで筆者が台風の雨について試みたもの (河村 1960) 以外にほとんど例がないと思われるのでこの論文では、低気圧と前線によって降った一連の雨について共軸相関図をあえて作った結果を報告したい。

2 資料と方法

とり上げた降雨は 1968 年 5 月 13 日～15 日の間のもので、対象地域は三本木平野および周辺の低い山地と陸奥湾の一部 (野辺地湾) である。1968 年 5 月 16 日に起った十勝沖地震によって、この地域では人工的な盛土の部分が崩壊して多くの地形災害が生じたことが、すでに本誌に一連の研究報告として掲載されている (西村ほか 1968)。この災害発生の一因として、本報で取扱う降雨が考えられることが、その報文中で指摘されているし (水野ほか 1968)、またこの研究を行なう直接の契機となった。しかし、本報の内容は全くそれとは関係ない。

降水の原因となった深い気圧の谷は、5 月 13 日から 14 日にかけて、本邦の西から東へ通過した。この気圧の谷に伴う発達した主低気圧は、日本海北部を東進し、東北地方北部を横断して、14 日には三陸沖に達し停滞した。その後 15 日まで前線の影響で雨が残った。この一連の気圧配置の推移は、この季節にしばしば現われる。

この期間内の前述の地域内の総降水量分布を推定するために、気象庁関係の官署や観測所、鉄道関係の駅などの観測資料を収集したところ、第 1 図に記入した 31 地点の観測値が得ら

Fig. 1 Location map of climatological stations

れた。これらの地点について、20万分の1地勢図上で、次に述べる地形要素を計測し、これを地形因子と考えて総降水量との共軸相関図を作成した(第2図)。

(地形要素)

1. 平均高度……観測地点を中心とする半径 (Elevation) 5 km の円周上 8 方位の地点の平均高度 (単位: 100 m)。
2. 起伏度……観測地点を中心とする半径 (Rise) 5 km の円内の最高地点と観測地点との標高差 (単位: 100 m)。
3. 谷方向……観測地点を中心として、半

(Orientation of Valley) 径 10 km の円内で観測地点の標高より 200m 以上高い山地で遮られない部分の中心の方位 (8 方位で表わす)。

4. 斜面方向……観測地点を中心とする半径 (Direction of Mountains) 5 km の円内の最大傾斜の方位 (ただし、山側をとり、8 方位で表わす)。
5. 露出度……谷方向を求める場合に、山 (Exposure) 地で遮られない部分の角度の和 (単位: 10° 間隔)。
6. 海岸距離……観測地点から海岸線までの (Littoral Distance) 最短距離 (単位: 100 m)。
7. 地域……残余の地形要因のうち地域 (area) 性のある要因が結果的に地域区分を可能にする。

作成した図表を用いて、降水量を推算する方法は図中に野辺地町の例を矢印で示したとおりである。共軸相関図作成のために使用した 31 地点について、地図上で計測した地形因子に基づき、共軸相関図を用いて推算した降水量と実測降水量との差は、最大で 8 mm、(相対誤差 6.5%) 以下であった。

3 雨の分布特性

共軸相関図により求めた推算降水量を用いて作成した総降水量の分布図を第3図に掲げる。推算のための格子点間隔は約 2 km、全域で 240

Fig. 2 Coaxial nomogram for estimation of rainfall, using topographical factors

Fig. 3. Detailed distribution of total rainfall

地点である。地点の配列がやや不規則な理由は、東北本線沿いに推算を行なうことが、他の調査との関連から要請されたためであるが、分布図そのもののパターンには直接の影響はない。

第2図と第3図から、このときの降水分布の特性を知ることができる。すでに触れたとおり、温帯低気圧による降水分布について、本報と同種の研究例が見あたらないので、温帯低気圧に伴う雨の分布特性をこの例がどの程度まで代表しているかは、結論できない。しかし、これまでになされた、平均降水量の分布や台風の雨について取扱った結果と比較すると、地形因子のきき方に異なった点があることが注意を惹く。山地の高度の高い部分には、共軸相関図作成の基礎となる観測所がないので、山地の降水分布については充分なことは分らないが、少なくとも三本木平野とその周辺山地について、次のような点を指摘できるだろう。

(1) 降水量の極大となる多雨域が、山麓ないしは山地の高度の低い部分に現われる。これ

は、従来の研究結果(平均降水量・台風など)が、山地の高度の増加とともに降水量が増加する傾向を示していたのと対照的である。この点は第2図で、同一起伏量については高さとともに降水量が減少すること、および、同一高度についてみると、降水量は起伏量0, 1, 2と増加するが、3で極小となり、4, 5と再び増加することで示される。第3図では、地域の範囲が狭く明らかではないが、この地域の西側の山地の部分に拡大して、観測値や推測値の分布を見ると実証できる。

(2) 海岸付近での降水量の増加、すなわち海岸効果が第2図・第3図ともに認められる。この点は Bergeron (1949) や間野ら (1952) の指摘と一致する。

(3) 谷の走向ないしは背後の山地の走向の影響が大きい。本報で取扱った降水は、低気圧の通過の前後の降水継続時間が長い、第4図で明らかのように、この地域内では降水の時間的変化は南北の地域差が小さく、強い降水が集散的に起こっている時間が3地点ともほぼ一致している。降水量の分布には気流の方向が支配的な因子となることは、これまでの多くの研究で明らかにされているが、本報の対象となった期間中では第4図に示した八戸測候所の資料によると、低気圧がこの地域の南方を通過したところに吹いたと思われる強い北よりの風と対応して、多量の降水があったと考えてよい。青森県東部地域のこのような場合の局地気流の分布を示す研究成果を、手もとに持っていないが、筆者のこれまで他地域について行なった解析(たとえば河村 1966)で得た知見と三本木平野について行なわれた一連の研究結果などを総合すると、三本木原台地を刻む東に開いた谷では、北

Fig. 4. Time change of precipitation at 3 stations and wind at Hachinohe

第1表 地形因子が降水量に及ぼす影響

	温帯低気圧 (河村)	年平均降水量 (Spreen 1949)	年平均降水量 (統計課 1954)	最深積雪 (石原・福 井 1959)	年・月平均降 水量 (関口・ 河村 1957)	合 風 (河村1960)	平均降水量 (島田1957)
高 度	+	+	+	+	+	+	+
起 伏 量	+	+	+	+	+	-	+
斜 面 方 位	+	(+)	(+)	(+)	(+)	+	
露 出 度	+	+	+	+	+	-	
谷 の 方 向	+	+	+	+	+	+	
斜 面 の 傾 斜					+	-	
海岸からの距離	+					-	+
地 域 区 分	+	+	+	+	+	+	+

よりの気流が偏向して東よりの局地気流になると推定される。このことを考慮に入れて第2図を見ると、谷や山地の走向が降水量に及ぼす影響は、妥当な結果を示していると言えるだろう。

(4) 露出度の影響は意外に小さい。一つには露出度の計測方法が関係しているのかもしれない。また、主要な降水をもたらした擾乱が通過した時間内の風向がほぼ一定していたことも一因であろう。

(5) 地域区分は、結果的には野辺地湾沿岸を主とする北部地域、三本木平野を中心とする地域、岩手県北部の3つになった。低気圧の中心の経路とこの地域の地形との関係を考えると順当な区分といつてよい。

以上を総合して、本報でとり上げた低気圧と前線による降水量に対する地形因子の影響の度合を、第1表に記入し、これまでの主な研究例と比較した。降水原因、対象地域、対象とする降水期間等がお互に異なっているので、表現法もやや主観的ではあるが、おおよそ次の基準に従うことにした。すなわち、その地形因子の変化が降水量の40%以上の影響を持つ場合は+++、同じく20~40%のときは++、10%前後のときは+とした。空白の部分は最初から地形因子として考慮しなかった場合と、とり上げはしたものの結果的には因子として効かなかった場合の二つが考えられるので、この区別が明らかな場合に限り、後者に-を記入した。

4 あとがき

結果を要約すると次のようになる。

(1) 温帯低気圧と前線に伴う雨の詳しい降水量分布図を作成する目的で、20万分の1地

勢図により地形要素を計測し、これを地形因子とする共軸相関図を作成した(第2図)。

(2) 共軸相関図の作成に用いた31地点(第1図)について、第2図によって求めた推算降水量と実測値との差は、相対誤差6.5%以下で、誤差は小さいと言ってよい。

(3) 三本木平野およびその周辺地域の240地点(地点間隔約2km)について推算した降水量に基づき、作成した詳しい降水量分布図が第3図である。

(4) 降水量分布に影響する地形因子の度合を第1表にまとめ、降水原因の異なる他の例と比較した。とくに注目すべき点は、降水量に対する高度と起伏量のきき方、および海岸効果である。具体的には降水量の分布の上で、山麓と海岸地域の多雨域として表現されている。つまり、山地の影響と言っても、降水量が単純に高度とともに増加するのではなく、海岸と山麓に極大が生じることが特徴である。

(5) 谷方向、斜面方向などの地形因子のきき方と、低気圧の中心の経路と関連して通過した主要な降水群が北よりの風系を伴っていたことから、低気圧に伴う降水量分布のパターンは風系と地形によって決定されることを示唆している。

なお、この研究を行なう契機を与えられた、日本気象協会調査部長田辺三郎、国鉄鉄道技術研究所新井秀雄の両氏の御厚意に深謝の意を表する。

(1969.12.22 受理)

文 献

Bergeron, T. (1949): The problem of artificial control of rainfall on the globe II. The coastal

- orographic maxima of precipitation in autumn and winter *Tellus* 1 (3) 15~32
- 中央気象台統計課 (1954)： 各地の降水量を地理的因子のみからグラフで推定する方法 電力気象連絡会集報 3 141~153
- Fujimura, I. (1949)： On the relation between rainfall and altitude on Mt. Fuji and in the neighbourhood of it *Geoph. Mag.* 20 113~126
- 石原健二・福井 篤 (1959)： 精密な積雪分布図の作成 雪氷 21 108~112
- 河村 武 (1960)： 狩野川台風による伊豆半島付近の降水量分布 地理評 33 105~122
- 間野 浩・岡崎源二 (1952)： 降水量に及ぼす海岸の効果について 気象庁研究時報 4 473~481
- 水野 裕・堀田報誠 (1968)： 十勝沖地震による青森県の災害 東北地理 20 195~201
- 西村嘉助・瀬川秀良・水野 裕・堀田報誠・三浦 修・田村俊和・赤桐毅一 (1968)： 十勝沖地震による地形災害 東北地理 20 157~160
- Russler, H. W. C. Spreen (1949)： Topographical adjusted normal isohyetal maps for western Colorado U. S. Weather Bureau Tech. Pap. (4) p. 27
- 関口 武・河村 武 (1957)： 四国地方の20万分の1雨量図の作成 電力気象連絡会集報 7 17~22
- 関口 武 (1965)： 台風時の日本の雨量分布 地理評 38 501~518
- 島田義一 (1957)： 地形因子による三重県の降水量の推定 電力気象連絡会集報 7 23~25
- 鈴木栄一 (1969)： 設計・計画に利用される気候統計 (関口武編) 現代気候学論説 東京堂 203~226
- 鈴木秀夫 (1961)： 日本の地形と降水分布 地理評 34 321~326
- 吉野正敏 (1955)： 関東平野とその周辺山地における降水量の総観気候学的研究 地理評 28 271~385

Characteristics of Rainfall Distribution caused by Extratropical Cyclone and Front

—A case study on Sambongi Plain in Northern Japan—

Takeshi KAWAMURA

The purpose of this paper is to draw a detailed map of total rainfall on Sambongi Plain and its adjacent area during the period from 13 to 16 May 1968, and to evaluate the effect of topography on the rainfall, when the extratropical cyclone advances eastward through the central part of Tohoku District. Available data of precipitation were so sparse that the author attempted to estimate the rainfall amount by coaxial nomogram, using the data of topographical factors, which were measured on topographical map.

In order to compose the coaxial graph, data of 31 climatological stations, as shown in Figure 1, were used, and the following elements were selected to represent the topographical condition of each station, namely, Elevation, Rise, Orientation of Valley, Direction of Mountains, Exposure, Littoral Distance and Area. Figure 2 shows the nomogram and an example of the graphical calculation of rainfall on Noheji-Machi. Difference between the observed precipitation and the calculated one is small. The maximum values of absolute and relative error are 8 mm and 6.5%, respectively, for the above-mentioned 31 stations.

The coaxial graph shows that the factors, such as Elevation, Rise, Orientation of Valley, Direction of Mountains and Region are relatively significant.

Then, the isohyets were drawn by the estimated values of 240 stations, plotted on the map with each 2 km-meshed grid points (Figure 3). The most important characteristic of rain-fall distribution in this case is that the location of the area with heavy rainfall can be found in the areas of mountain foot and coast.