

北海道大学工学部 正員 〇星 清
北海道大学工学部 学生員 千葉 和幸

1. まえがき 流域上の降水分布は未知である以上、流域平均降水量は地点降水量の変換によって推定せざるを得ない。このとき、変換による推定値の信頼度は地点降水量がはたして流域全体の降水分布を十分に表現しているかという問題と関連する。観測所間相互の関連性の度合が実際に流域平均降水量を算定したとき、どの程度影響を及ぼすかについての研究はほとんどない。その原因として、流域降水量の推定と降水量の空間変動に関する解析が独立に行なわれているためと考えられる。テューセン法では、各観測所が代表する支配面積は、降水量の空間変動に依存することなく、一義的に決定される。しかしながら、降水量の空間分布性状は標本の採用単位時間によっても変動し、また季節的にも変動するので、テューセン法の仮定の妥当性を吟味する必要がある。本報告では、流域平均降水量の推定と観測所網の整備検討に関連付けて把握しようとする目的で、観測所の配置や密度の変化に伴って推定値の信頼度がどの程度変化するかを考察する。モデル式として、面積降水量は地点降水量の一次変換で得られると仮定し、各観測所の支配面積率の決定法に主軸法を適用している。

2. 基本式 流域平均降水量が地点降水量の一次変換で得られると仮定するならば、次式が成立する。

$$P = \sum_{i=1}^n \beta_i x_i \quad (1)$$

ここで、 P ：流域平均降水量 β_i ：観測所の支配面積率 x_i ：地点降水量 n ：観測所数

(1)式の左辺は未知である以上、支配面積率 β_i は観測所間相互の関連性から決定されなければならない。支配面積率 β_i は主軸法によって次式で与えられる。

$$(Q - \lambda I) w^T = 0 \quad (2)$$

$$w_i > 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

$$\beta_i = w_i / \sum_{i=1}^n w_i \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 \quad (5)$$

ここで、 Q ：分散・共分散行列 λ ：固有値 w ： $(1 \times n)$ の固有値ベクトル w_i ： w の要素 I ：単位行列 0 ：零ベクトル T ：転置 σ_i^2 ：分散

固有値ベクトルの性質として、 Q の行列が正値定符号であれば、最大固有値に対応する固有値ベクトルの要素はすべて正値をとり、(3)式を満足する。すなわち、支配面積率という物理量を算定するのに必要な解は(2)式の n 個の固有値のうち最大固有値とそれに対応する固有値ベクトルでなければならない。従って、(4)式によって支配面積率が正値で、しかもその和が1になるように固有値ベクトルの要素を変換することが可能である。

3. 適用例 解析対象流域は石狩川上流部(流域面積約5000 km²)で、採用観測所はFig. 1に示される9地点である。解析は4月から10月までの旬降雨量である。標本は20年間(1953-1972)の同時記録である。各旬について、分散・共分散行列から(2)式によって最大固有値に対応する固有値ベクトルを求めた結果、その要素はすべて(3)式を満足することが確かめられた。(4)式によって支配面積率に変換したのち、それに地点降雨量を乗じて流域平均旬降雨量を算定した。Fig. 2は本モデルによる9地点からの推定値とテューセン法による推定値の差の絶対値を示したものである。7月中旬における31 mmを除けば、差の絶対値は10 mm以下である。しかしながら、7月中旬と9月下旬における差は5月初旬の差に比して大きい。これらの差の相異は降雨量の空間変動に依存していると考えられる。上述した基準に従うと、必要な解は分散・共分散行列の最大固有値とそれに対応する固有値ベクトルである。従って、変換による推定値の信頼度は得られた最大固有値が(5)式で与えられる全分散のどのくらいの割合をしめているかに依存する。Fig. 3は最大固有値と全分散の比を示したものである。図中のEntire Networkは全観測所、Subnetwork Kは1, 4, 6, 7, 9の5観測所から成り立っている(Fig. 4, Fig. 5も同様)。この図は推定値の信頼度が季節毎にどのように変動しているかを示すものとして興味深い。降水量の空間変

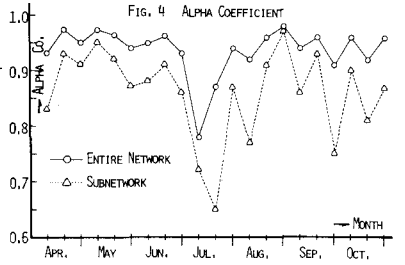
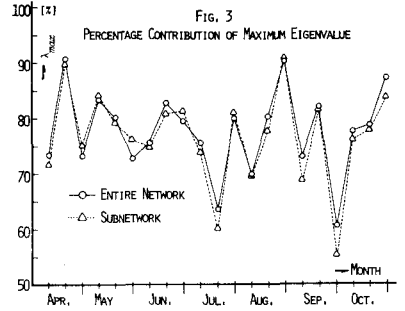
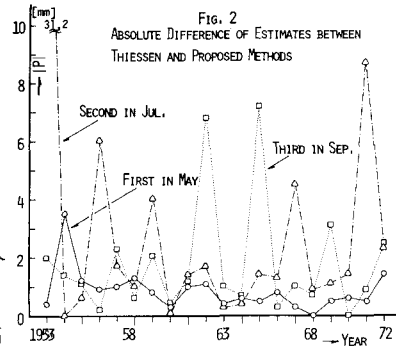
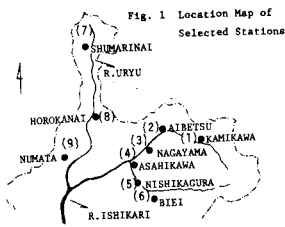
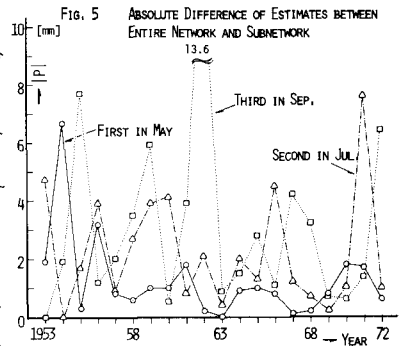


TABLE 1 CORRELATION COEFFICIENT

GAGE PERIOD	1	2	3	4	5	6	7	8	9
FIRST IN MAY	.93	.92	.95	.96	.91	.88	.87	.91	.91
SECOND IN JUL.	.84	.48	.95	.93	.91	.72	.56	.85	.55
THIRD IN SEP.	.83	.90	.86	.87	.89	.66	.68	.82	.71



動が小さい程、最大固有値の全分散に占める割合が大きくなる。すなわち、5月初旬の最大固有値は7月中旬、9月下旬のそれに比して大きいので、Fig. 2のテーゼン法による推定値との差も小さくなっている。換言すれば、5月初旬は7月中旬や9月下旬に比べて、降雨分布が一様であると考えられる。観測所数の変化に伴う最大固有値の大きさには顕著な変化がみられない。流域平均降水量は地点降水量の変換によって推定されるという仮定も前提にしている以上、選ばれた観測所群が果たして流域全体の降水分布を代表する点であるかどうかの吟味が必要である。Fig. 4は選ばれた観測所の等質性の度合をはかる指標としての α 係数を示したものである。 α 係数は2元配置の分散分析から計算できる。残差平方和が零のとき、 α 係数は最大値1をとる。全観測所については、7月初旬と中旬を除けば、 α 係数は0.9以上という高い値を示している。しかしながら、観測所数をへらして流域平均降水量を推定したときには、特に7月の降る月で α 係数の季節変動が著しくなっている。このことは少ない観測所数から流域平均降水量を算定するとき問題となる。 α 係数が0.9以上という基準を設定すれば、7月初旬と中旬では9地点より多い観測所数が必要であろう。観測所数の変化が α 係数にどのように影響するかをみるために、(1)式によって推定した流域平均降水量と地点降水量の相関係数を示したのがTable 1である。すなわち、5月初旬では、どの観測所でも高い相関係数をもつために、観測所数をへらしても α 係数はさほど変化していない。7月中旬では、2, 7, 9の観測所に相関係数が低いので、 α 係数が小さくなり、特にSubnetworkにおける7と9の観測所の影響が大きいことがわかる。9月下旬についても同様である。全観測所と観測所数をへらして流域平均降水量を算定したときの差の絶対値がFig. 5に示されてい

る。最大固有値と α 係数の季節変動からも明らかのように7月中旬と9月下旬では推定値の差は5月初旬のそれに比して大きい。10mm前後である。

本報告では、支配面積率が降水量の空間分布性状によってかわることを前提として、それを観測所間相互の関連性から決定する統計的手法を提案した。テーゼン法では、降水量の空間分布性状を考慮することなく、一義的に推定値が得られるため、地点降水量の変換による推定値の信頼度を把握することができないが、本モデルではそれを定量化することができ、降雨量の空間変動が大きい7月と9月の解析例でもテーゼン法による推定値とは顕著な差がないと考えられる。テーゼン法による推定値の信頼度はFig. 3に示される程度であろうと考えられる。

あわりに、御指導下さった山岡 勲教授に感謝いたします。なお、本計算は北海道大学計算センター内FAC OM 230-60上で行なったことを付記する。