

23. 気象変動へ対応するための洪水予測手法に関する一考察

A study for the flood forecast method to adapt for the climate changes

水草 浩一*

Koichi MIZUKUSA*

ABSTRACT ; Recently , it is shown that the climate change will make the rainfall situation change. A weather and rainfall forecasting needs the past weather records and experiences to analyze. For that reason, the usual forecasting way has to adapt such rainfall situation changes. This study will show a new countermeasure of the rainfall/flood forecasting method to the climate change.

KEYWORDS ; Rainfall forecasting, Flood forecasting

1. はじめに

地球規模での水循環の変化により、我が国における降雨形態についても、これまでの傾向に変化の生じる可能性が多方面から指摘されている。特に、降雨量や豪雨の増加は、洪水に大きな影響を及ぼすと考えられているものの、全国同時にこれに対応したハード対策を施すには長期を要するため、さまざまなソフト対策も求められている。

現在、我が国における洪水予測には、過去の数年から数十年にわたる河川・流域毎の降雨や洪水の実績を用いた、経験則に基づく個別に構築された洪水予測システムが数多く用いられている。このため、降雨形態の変化が従来のからの経験や想定域を越えた場合には、洪水予測システムが十分に機能・対応できなくなる恐れがある。

そこで、想定外の外力にも対応できる柔軟な洪水予測システムを提案するため、実績や経験に依存しない新たな手法を検討する。具体的には、不確定事象である予測降雨量の変化に対して、確率的な表現を用い、これを洪水予測に適用することの可能性を検討するものである。

2. 降雨予測精度の分析

現在、洪水予測には、気象庁、気象協会、民間気象会社等、様々な機関から発表される予測雨量が用いられており、情報源や予測根拠が多様である。また単独使用、実測データと複合使用等さまざまな使用方法が用いられている。一般的に、これらの予測雨量は全て、時間および量に対してある確定的な一つの値で表現されるため、実際の降雨に対して何らかの誤差が生じていると考えられるが、その精度や信頼性は定量的・定性的ともに不明である。これは、これまで降雨の有無という空間、事象、総量的な精度に着目されがちで、より詳細な時系列に着目した精度が特に求められず、またその検証も不十分であったためと考えられる。

このため、洪水予測の困難な集中豪雨の原因となりやすい停滞前線による降雨事例が多い佐賀県松浦川流域（446km²）を対象に、一般的によく用いられている予測雨量に対して精度検証を行った。これは、対象

*国土交通省 国土技術政策総合研究所 企画部 企画課（前国土交通省 国土技術政策総合研究所 危機管理技術研究センター 水害研究室） Planning Division, Planning and Research Administration Department, National Institute for Land and Infrastructure Management, Ministry of Land Infrastructure and Transport, Government of Japan
1, Asahi, Tsukuba City, Ibaraki Prefecture, Japan 305-0804

流域内および直近のアメダス観測所データを真値の実測雨量として、アメダス直上メッシュの 0～3 時間後の予測雨量を比較するものである。

2. 1 精度評価

松浦側流域を含む佐賀県の大雨および洪水警報の規準をもとに、最大 1 時間雨量が 30mm 超の降雨、24 時間換算雨量または総雨量が 80mm 超の降雨、等の様々な降雨原因の 30 降雨を抽出し、精度評価の対象降雨とした。なお、本考察は、今後の地球規模での降雨現象の変動に対応させるという、広視野的観点から検討を行う必要があるため、これら 30 降雨に対する個々の特性ではなく、全降雨をまとめて評価対象とした。

初期値に対する予測値の誤差の表現には、絶対誤差、相対誤差、誤差率等の様々な表現方法が考えられるが、既に他の調査から¹⁾、初期値の絶対誤差（以降初期誤差）と予測値の絶対誤差（以降予測誤差）に高い相関があることがわかっている。ここでの初期誤差と予測誤差の相関とは、ある着眼時点（初期）での誤差の程度と、予測の誤差の程度に何らかの関係があることを意味する。

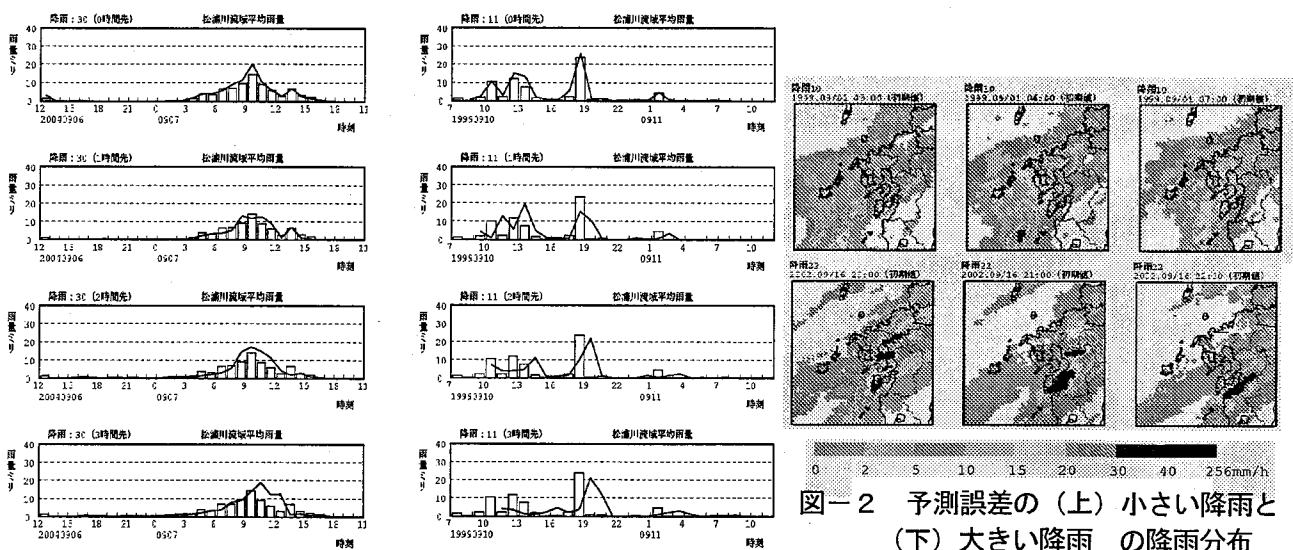
2. 2 予測精度に影響を与える降雨形態

初期誤差および予測誤差の小さい降雨形態については、既存の予測手法で十分な精度が確保できる。このため、今後予測手法の改善が必要となる可能性のある、初期誤差および予測誤差の大きな降雨形態について分析を行うこととした。

図－1、2 に、30 例の降雨形態のうち、予測誤差の小さいものと大きいものを示す。予測誤差の小さい降雨形態は、時間的に継続的、漸増減があり、かつ空間的に降雨強度が均質であり、また、予測誤差の大きい降雨形態は、時間的に不連続、急増減があり、かつ空間的に降雨強度が不均一であることが図からもわかり、予測誤差と時間的降雨形態、および空間的な降雨強度分布との間に相関があることが判明した。このうち、時間的な指標はあくまで結果からのみ判然可能であり、実際の洪水予測を考えると、判断指標として非常に不適切であるため、予測誤差と空間的な降雨強度分布との関係から予測誤差を導き出す手法を考えた。

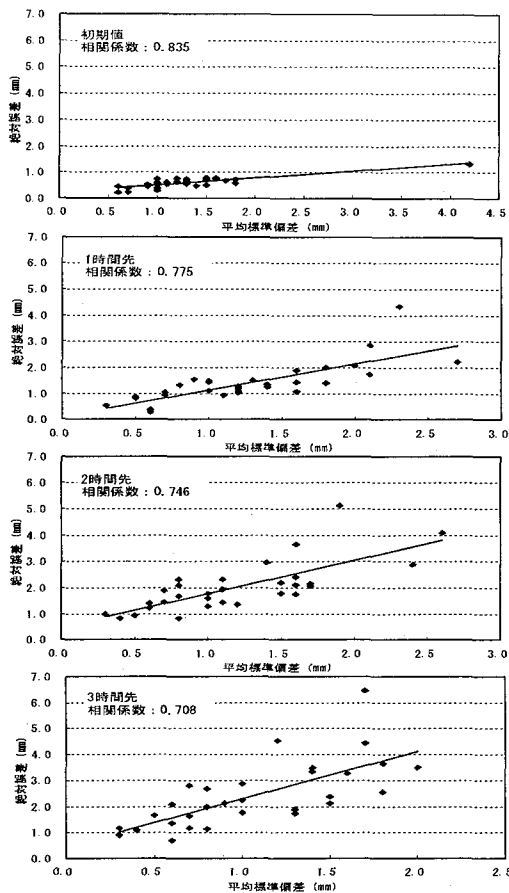
2. 3 1 降雨分布の標準偏差表現

予測誤差に影響を与える空間的な降雨強度分布とは降雨強度の均一さであるため、この均一さの表現方法として、降雨強度の分布に関する標準偏差を用いることとした。図－3 に、初期の降雨強度分布の標準偏差を用いて、0～3 時間先予測値の降雨強度分布の標準偏差との絶対誤差との相関を比較する。この図からわかるように、3 時間先予測でも相関係数が 0.7 であり、非常に高い相関を有しているといえることから、初期の降雨強度分布が予測の降雨強度分布に高い相関で影響することが証明された。図－4 は、この誤差分布の様子を明らかにするために、降雨強度別に標準偏差を 7 段階に分けて示したもののだが、標準偏差が大きくなるほど誤差分布に広がりがあることがわかる。以上の検討により、降雨予測には、初期の降雨強度分布に大きな相関をもつ誤差を有することが判明した。

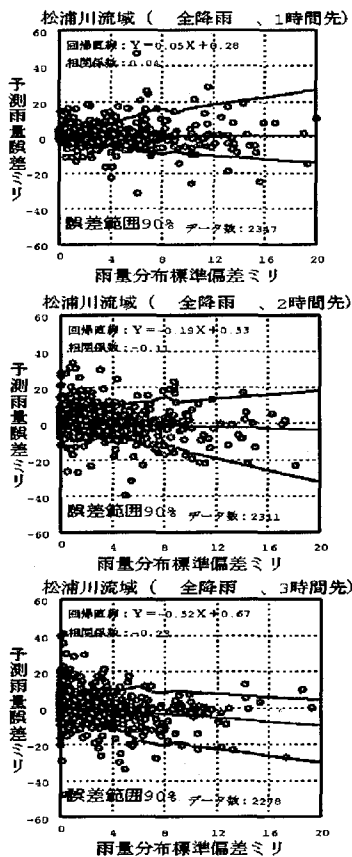


図－1 予測誤差の（左）小さい事例と（右）大きい事例
棒グラフ：実測雨量 折線グラフ：予測雨量

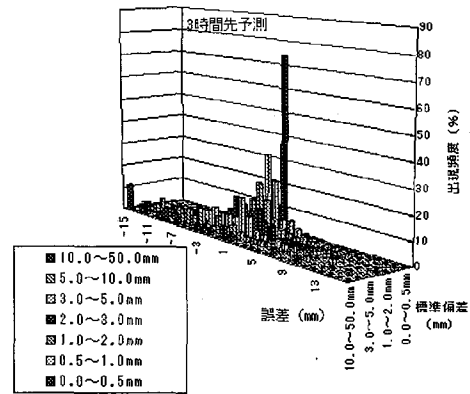
図－2 予測誤差の（上）小さい降雨と（下）大きい降雨の降雨分布



図—3 降雨分布標準偏差と絶対誤差の相関



図—5 予測雨量分布標準偏差と予測雨量誤差に90%が含まれる範囲と平均誤差曲線



図—4 標準誤差段階別誤差分布

3. 予測雨量表現および洪水予測への誤差の反映方法検討

降雨予測について、従来は考慮されることのなかった誤差を有することが判明した。この誤差を洪水予測へ反映させるにあたり、従来の確定的な予測値ではない、確率的な表現を用いることを考え、これを可能にするために必要となる誤差の表現方法について検討を加えた。

3. 1 予測降雨の確率的範囲表現

図—4から、誤差分布が正規分布か否かの検定したところ、一部正規分布では取り扱うことが難しい降雨条件のあることが判明した。このため、図—5のように、予測降雨強度分布の標準誤差と予測誤差の関係の中で、90%が含まれる範囲を

確率的予測範囲とし算出した。この確率的予測範囲を用いて予測降雨を算出したものが、図—6ある。

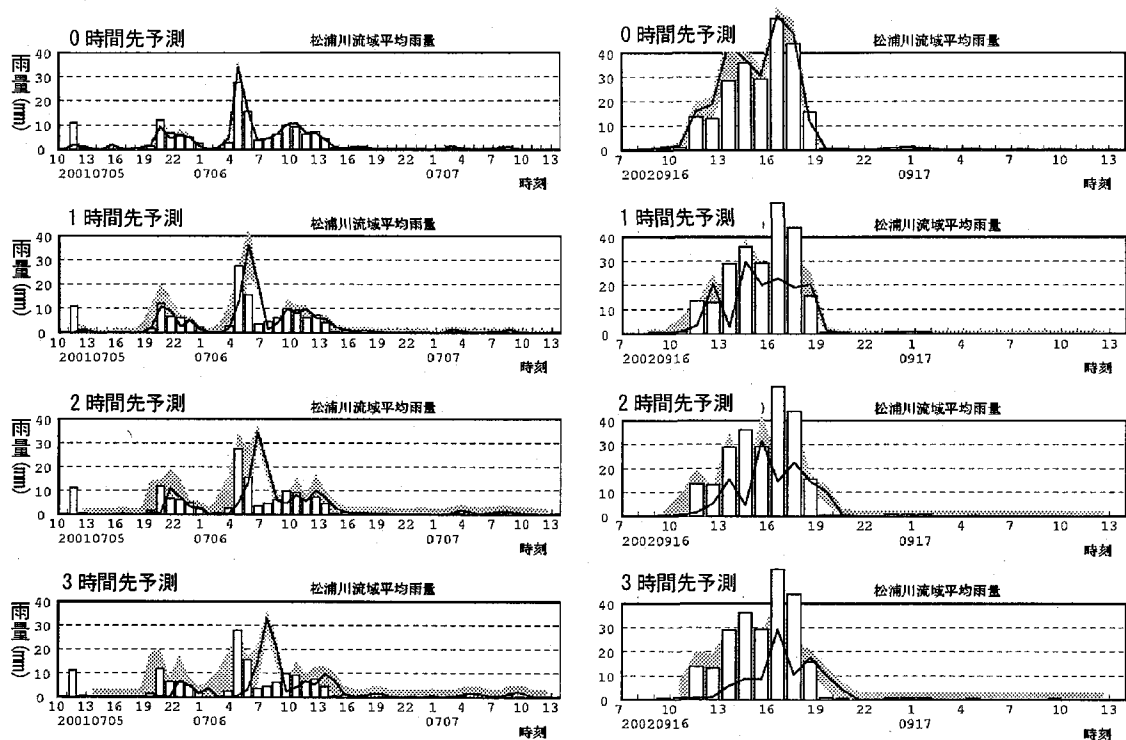
3. 2 確率的範囲表現手法の検証

図—6の実線がこれまでの降雨予測で用いられてきた確定的な予測値であり、灰色に塗られた箇所が、90%確率の確率的予測範囲である。従来手法の確定値では、3時間後の予測値が大幅にはずれていたものが、確率的予測範囲の表現を用いることで、概ね予測の範囲内に収まっていることがわかる。

初期の降雨強度分布の標準偏差が大きい場合は予測誤差が大きくなることから、図—6の確率的予測範囲も上下に幅のある予測範囲を示しており、またこのような箇所では実測値と確定的な予測値との差が大きくなる傾向であることがわかる。ただし、この確率的予測範囲の設定値に関しては、多くの降雨を検証することで範囲を狭くすることが可能となるため、従来よりも降雨予測に関する信頼性の高い新たな表現手法として用いることも可能であると考えられる。

4. 確率的予測範囲を用いた洪水予測

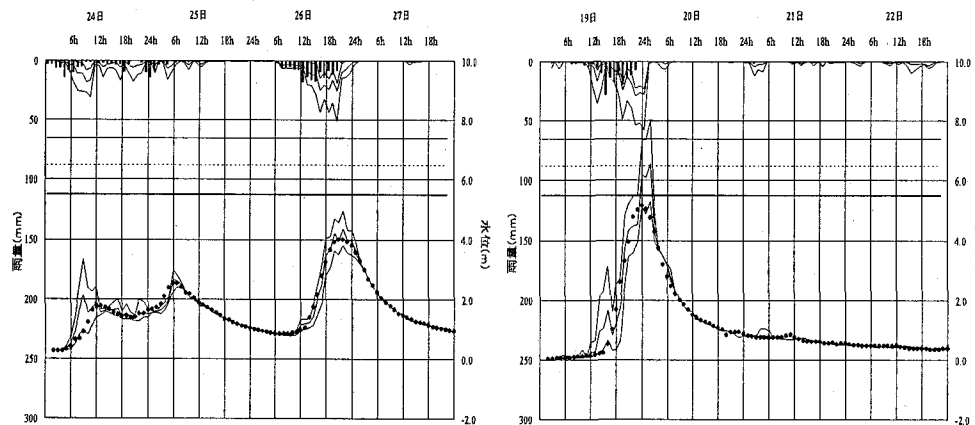
確率的予測範囲による予測降雨を用いて洪水予測を行った一例を図—7に示す。従来の洪水予測手法では、数年～数十年にわたる降雨形態をもとに確定的な値として算出していたが、確率的予測範囲を用いることにより、少ない降雨事例でも、想定される水位の程度が大まかに把握できるばかりか、予測値の幅の大きい箇所については、結果的に何らかの不確定な現象



図—6 予測雨量への確率的範囲（90 確率：灰色部分）を用いた表現例

棒グラフ：実測雨量

折線グラフ：予測雨量



図—7 確率的範囲表現の洪水予測への展開（3 時間先予測の 2 例）

上グラフ：雨量 棒グラフ：実測雨量 折線グラフ：予測雨量（上位・中位・下位）

下グラフ：水位 丸点線：実測水位 折線グラフ：予測水位（上位・中位・下位）

（例えば大幅に予測値に誤差を生じる可能性）が生じることを知らせることが可能となっている。すなわち、将来、現在とは異なる気象状況になった場合でも柔軟に対応し、これにともなう洪水の不確実さを表現できると考えられる。

5. おわりに

降雨予測および洪水予測への確率的予測範囲の適用が、洪水予測に関する経験的な知見が不十分な場合の予測の空振り、見逃しを防ぐ柔軟な対応策の一つとして有効であることがわかった。また、今後の不確実な環境変化にも、対応可能であることがわかった。

さらに、降雨強度分布の不均一さが予測誤差に与える大きな原因の一つであることが明らかになったことから、今後の環境の変化により降雨状況が変化することが予測される場合には、降雨強度分布の変化に着目して観測、計測させることで効率的な対応が可能になることが明らかになった。