

分布型流出モデルの実用化に向けた水文データモジュールの開発と応用

長岡技術科学大学大学院 水文・気象研究室 長谷川 裕太
指導教員 陸 旻皎

1 はじめに

近年、平成16年7月新潟・福島豪雨をはじめ中小河川における洪水被害が頻発しており、洪水予測などのソフト対策の必要性が再認識されるようになってきた。

近年の豪雨の傾向としては極めて短期間に集中的な降雨が観測される。大雨が続き河川の増水が予想される状況において、今後河川の流量がどう変化するかを予測することができれば、その予測情報をもとに対策を検討し、被害の軽減に大きく貢献できる。

従来の陸らの分布型水文モデルは一本一本の河道に対して河道の上流端の流量時系列をまとめて下流端へ流すので計算効率是非常に高く、各種の研究・調査目的に特化しているが、予測用途に使うことは難しかった。

本研究では、タイムステップ毎に細分化された流域全メッシュの水の流れの計算を行い、流出解析を行うことで実時間の洪水予測、及び降雨予測を取り入れた洪水予測を可能にする分布型流出予測モデルの開発し、実測データにてその検証を行った。

また、従来の解析作業において複雑で煩わしい作業であったデータ入力の取り扱いについて、水文データ時空間分布の作成、データタイプの管理、データ補正の各機能を一元化したデータモジュールを開発した。

検証として用いる観測ステーションの水文データを様々な組み合わせで解析を行い実データとの比較を試みた。

2 タイムステップアルゴリズム

分布型モデルにて流量の計算は流域内の上流から各メッシュを經由し下流出口まで追跡計算し算出する。メッシュとそのメッシュの落水方向のメッシュの中心を結び1本の河道と仮定し、1本1本の河道においてその河道の流出量と上流メッシュからの流量を合わせて下流メッシュへ流していく。従来のモデル(解析型)と洪水予測モデル(予測型)の違いは解析型モデルがメッシュ毎にすべてのタイムステップの計算を行うのに対して、予測型は1タイムステップ毎に全てのメッシュの計算を行っていくことで

ある。図-2は解析型モデルと予測型モデルの計算のフローチャートである。

t : 時間 m : メッシュ

と規定し、流量 Q はメッシュ数×タイムステップ数ある。解析型モデルでは流域上流端から下流へ各メッシュで全ての流量時系列を計算していくのに対して、予測型では1タイムステップ毎に流域上流端から流域出口へ全メッシュの流出解析を行い次のタイムステップへと進んでいく。従来の解析型モデルでは、すべてのタイムステップのデータを与えて一度に計算するので上流に遡って再度計算する必要はなく、非常に効率の良いシステムであり、また計算期間内に下流端に到達しない水は計算対象外となり考慮する必要はない。しかし、予測型モデルでは1ステップに全てのメッシュの計算を行ってから次のステップに進むので前の各ステップの未到着分を考慮しなければならない。この問題を解決するために解析型で切り捨てていた未到着分を切り捨てずに保存し、次のステップで使えるようにする必要がある。本研究では、各河道にメモリを確保し、未到着分を保存することでこの問題を解決しているが、未到着分が何時間後に到着するか分からないのでそれにあったメモリを確保する必要がある。その為多くのメモリを必要とする短所はあるが、このことにより予測型モデルでは時間経過とともに流量を計算し把握することが可能となる。

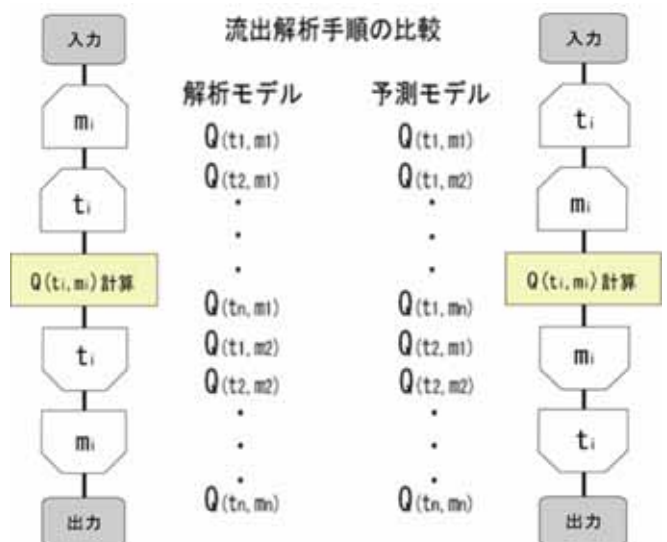


図-1: 解析型モデルと予測型モデルのフローチャート

3 洪水予測の流れ

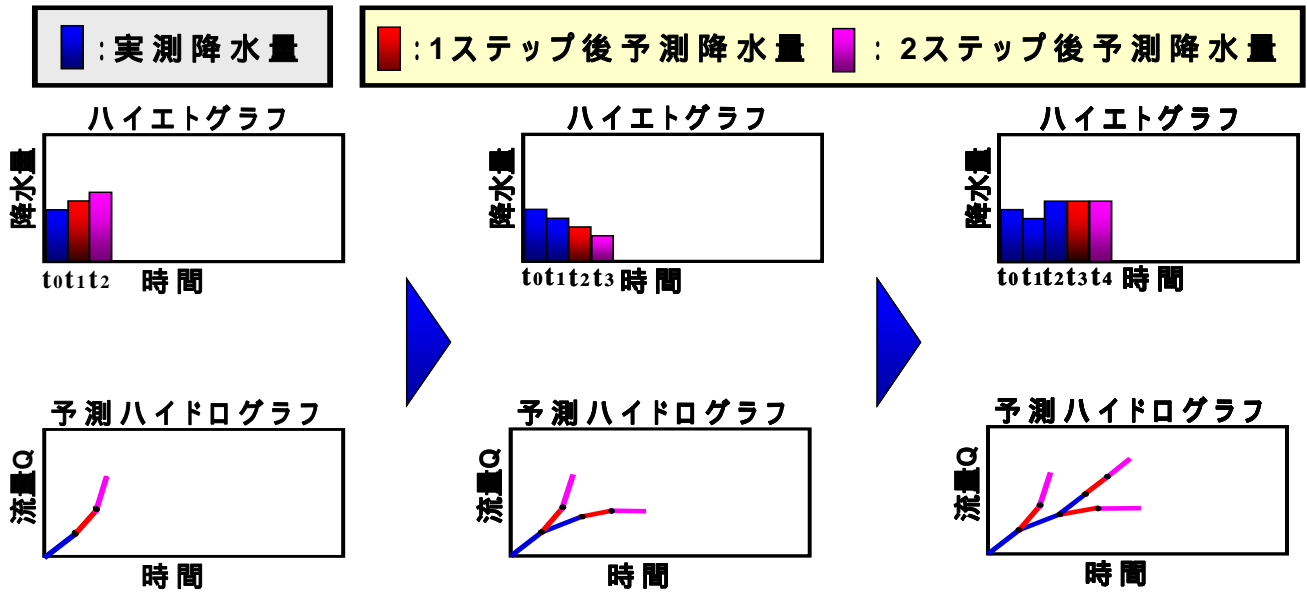


図-2: 洪水予測の流れ

図-2 において上部のハイトグラフの青のバーはある時間 t における実降水データ、赤と赤紫のバーがそれぞれ $t+1, t+2$ の時間の予測降水データである。下部のハイドログラフでは青の線がある時間 t における実降水データから算出されたハイドログラフ、赤と赤紫の線がそれぞれ $t+1, t+2$ の時間の予測降水データから算出されたハイドログラフである。そして時間経過と共に次の時間 $t+1$ の実降水データと $t+2, t+3$ の新たな予測降水データから順次ハイドログラフを算出していく(図-2 では時間経過と共に右に移行していく)。上記のように、本研究で開発した洪水予測モデルは1ステップの実データと数ステップの予測データより順次、数ステップ先の流量を予測できる。

4 洪水予測解析

本研究で開発した分布型洪水予測モデルを用いて実測データと予測データより実流域にて予測解析を行った。対象流域は新潟県南部に位置する魚野川六日町上流流域、解析期間は1998年8月13日1:00~24:00、アメダス湯沢観測所の時間降水量データを実測降水データとして24ステップを行い、それぞれのステップで予測降水データとして2ステップ先の降水量を考慮する。予測降水データはその後、雨がさらに強くなると想定し実測降水データの1.2倍をそれぞれ与えた。入力降水量のハイトグラフを図-3に、結果のハイドログラフを図-4に示す。

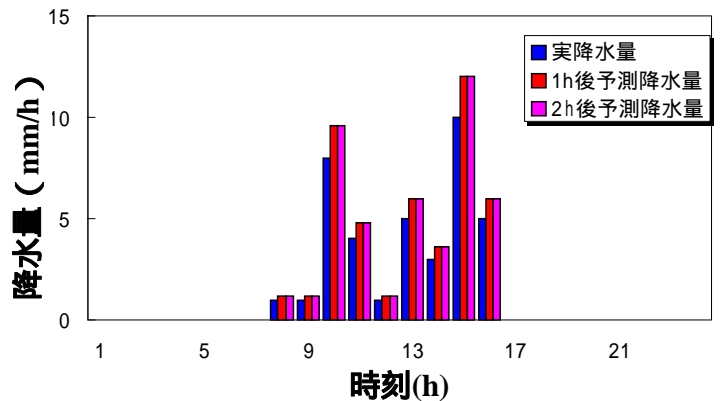


図-3: 実測降水量と予測降水量のハイトグラフ

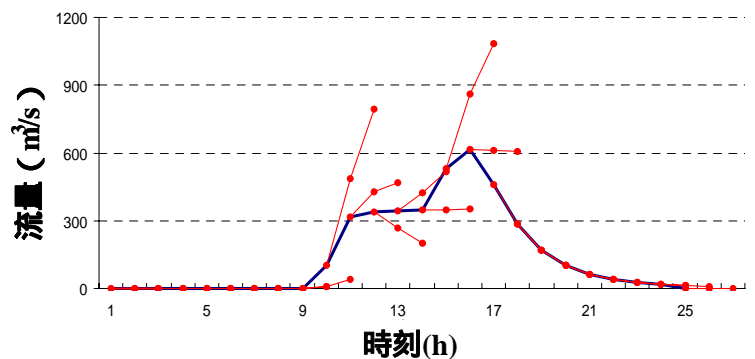


図-4: 洪水予測ハイドログラフ

図4において青の線は実測降水データに基づいたハイドログラフ、赤の線は2ステップ先の予測降水データに基づいた予測ハイドログラフである。図から確認できる通り、各タイムステップにおいてそれぞれ予測降水データを基に今後の流量を予測している。本モデルにおいて時間に伴って複数ステップの流量予測を行うことが可能となった。

5 データモジュール

分布型モデルの1つの特長として各メッシュに即した水文データを入力して計算できる利点がある。しかし、メッシュ毎にデータを用意することはデータ量が多く水文空間分布データを作成するのに複雑な過程を行う必要がある。また、

- ・ 用いる観測ステーションの数及び地点の変更
- ・ 解析期間の変更
- ・ データタイプ(降雨、気温等)の変更

の際には新たにそれに即したデータファイルを作る必要があった。そこで、モデルの利用を簡易化するため

- ・ 観測所毎のデータを管理し、流域空間分布データを作成。
- ・ 各種データの補正。
- ・ モデルに必要な情報(流域パラメーター等)を記述するヘッダーファイルの記述を変更するだけで用いるステーション、解析期間等の変更ができる。

データモジュールの開発を行った。

データモジュールの流れは

決められたフォーマットで各観測ステーションの水文データファイルを用意。

ヘッダーファイルに用いる観測ステーション数、で用意した観測ステーションファイル名、解析期間、データ補正用パラメータを記述。

モデルは立ち上げと同時にヘッダーファイルを読み込み各データファイルをデータモジュールに格納。

モデルからのリクエストに応じ、その都度、緯度、経度情報、データタイプ、から最適なデータをモデルへ返す。補正が必要ならば補正する。

図-5にデータモジュールの概要図を示す。

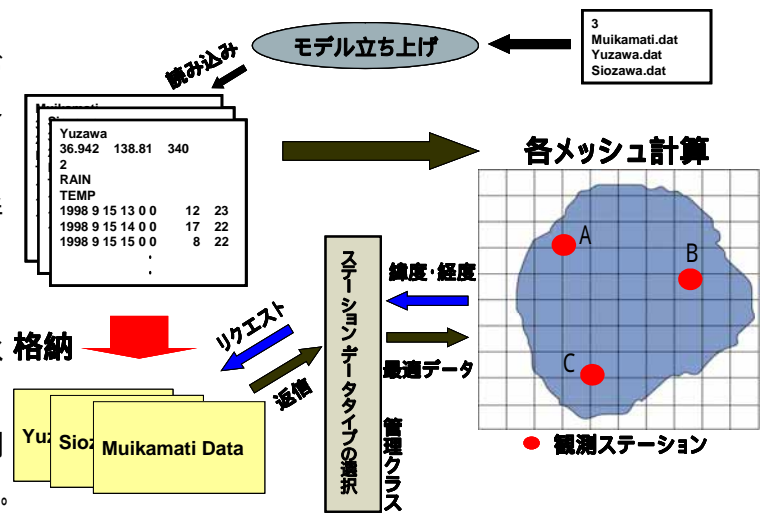


図-5: データモジュール概要図

6 データモジュール概要

データモジュール内で行われる機能を説明する。

I. データタイプの選択

降水量、気温等のデータタイプのうち、各観測ステーションが保持しているデータには差異がある。そこで管理している各観測ステーションからリクエストされているデータタイプを保持している観測ステーションを選別する。

II. 空間分布データの作成

メッシュと各ステーションの緯度、経度情報を用いて、で選別されたステーションからメッシュに最も近いステーションを選択し水文データを抜き出す。

III. 気温補正

リクエストされたデータが気温データの場合は観測ステーションの標高と計算メッシュの標高差より(6-1)式から気温を補正しメッシュ気温データとする。

$$t = \gamma(h - h_{gauge}) + t_{gauge} \quad (6-1)$$

γ : 気温減率(/100m): 0.62(/100m)

t : 各メッシュにおける気温()

h : 各メッシュにおける標高(m)

h_{gauge} : 観測点における標高(m)

t_{gauge} : 観測点における気温()

IV. 降水補正

補正されたメッシュの気温が降雨降雪臨界温度よりも高ければ降雨、低ければ降雪と判定しそれぞれ補正を行う。降水量計に捕捉されない降水量、標高による降雪量の増加を補正するため降雨、降雪をそれぞれ(6-2)(6-3)式で補正する。

降雨

$$P_{mesh} = A_{rain} * P_{gauge} \quad (6-2)$$

降雪

$$P_{mesh} = A_{snow} (1 + B(h_{mesh} - h_{gauge})) * P_{gauge} \quad (6-3)$$

A_{rain}, A_{snow} : 降水量ゲージ補正係数

B : 降雪量標高補正係数

P_{mesh} : メッシュ降水量 P_{gauge} : 観測所降水量

T_{snow} : 降雨降雪臨界温度 ()

V. Cache 機能

データモジュールには選択、判断を行う管理クラスと各観測ステーションのデータを管理するデータクラスとに分かれている。基本的な流れとしては管理クラスで選択されたデータクラスの観測ステーションデータを分布型モデルへ返信するが、近隣のメッシュ同士では同じ観測ステーションを選択する可能性が高い。そこで、管理クラスに各データタイプのデータを計算期間分、一時記憶する領域を設け、直前のリクエストと同じステーションが選択された際にはデータクラスまでデータを取りに行かず一時記憶しているデータをそのまま分布型モデルへ返信する Cache 機能を付加した。Cache 機能の概要図を図-6 に、Cache 機能付加前と後の計算時間比較の表を表-1 に示す。Cache 機能の比較として魚野川六日町上流流域にて

- 1998 年 9/1 1:00 ~ 9/30 24:00 720 タイムステップ
- 1997 年 11/1 1:00 ~ 1998 年 10/31 24:00 8760 タイムステップ

の2通りの解析を行った。表-1 の上部は一ヶ月の解析、下部は一年の解析それぞれに要した解析時間の比較である。表から分かるとおりそれぞれ 10%ほど速度が向上されているのが確認できる。

表-1 Cache 機能比較

	Cacheあり (s)	Cacheなし (s)	差	%
1	28.27	31.28	3.01	9.62
2	28.45	31.21	2.76	8.84
3	28.21	31.12	2.91	9.35

	Cacheあり (s)	Cacheなし (s)	差	%
1	358.43	404.08	45.7	11.30
2	358.19	404.99	46.8	11.56
3	359.47	404.05	44.6	11.03

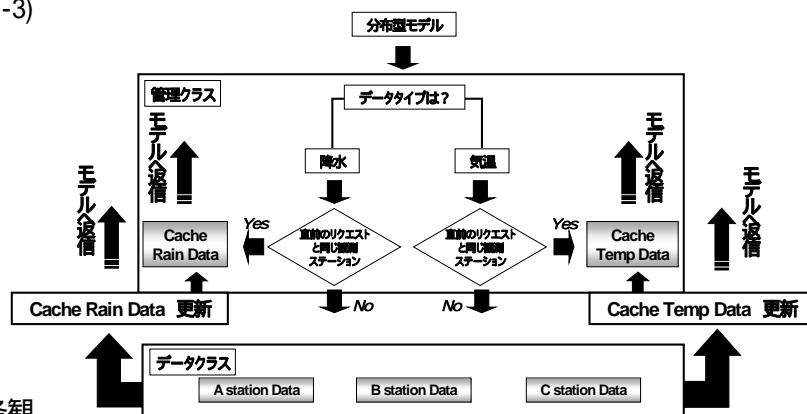


図-6: Cache 機能概要

7 結論

- 実測データと予測データを組み合わせた実時間洪水予測アルゴリズムを開発した。
- その分布型予測モデルの開発により、実データに基づいて様々な降水の状況における流量シミュレーションが可能となった。
- 水文データ時空間分布の作成、データタイプの管理、データ補正の各機能を一元化したデータモジュールの開発により分布型モデル利用への敷居を下げた。
- 分布型モデルの機能拡張と共に利用を簡易化したことにより分布型モデルの実用性が大幅に向上された。