

北海道南西部のダム流域における降雨予測精度の検証

Investigation on Accuracy of Rainfall Prediction for Dam Basins in Southwestern Part of Hokkaido

室蘭工業大学 〇学生員 鳥越 翼(Tsubasa Torigoe)
 室蘭工業大学 正員 中津川 誠(Makoto Nakatsugawa)
 室蘭工業大学 学生員 林下 直樹(Naoki Hayashishita)

1. はじめに

昨今気候変動に伴う短時間で局所的な豪雨等による河川の氾濫や浸水頻度の増加といった河川の治水安全度の低下が予想されている。さらに、流域面積が比較的小さな中小河川においては、短時間の集中豪雨によって流量が急増し、河川の氾濫が起りやすい傾向がある¹⁾。

ダムの機能の向上に関して、下坂ら²⁾は時々刻々の累積降雨量や流入量から、それ以降ダムに最低限流入する水量を事前放流することで、洪水時に治水機能を向上させることが出来るという報告をしている。また臼谷ら³⁾は、気象庁より配信されている数値予報による予測雨量を用いてダムへの流入量を予測し、但し書き操作水位を超えると予想される場合に事前放流を行うことによって但し書き操作を回避可能であるという報告をしている。

また同報告では、石狩川流域(流域面積: 14,330 km²)を対象に、相関係数に着目して予測雨量の精度を検証し、積算予測雨量が長いリードタイムをとった場合でも相関係数が高い値を示すとしている。以上のことは、ダムの運用を適切に行うことで治水安全度を向上させることができ、また数値予報による予測雨量がダムの管理に有用な情報である可能性を示唆している。

これらを背景に、本研究ではよりローカルな地域における予測雨量の精度の検証を行った。具体的には北海道南西部のダム流域を対象に、気象庁より配信されている

数値予報による予測雨量の精度を実績雨量との相関係数により評価した。予測雨量は気象庁から配信されている数値予報の一種である領域モデル(Regional Spectral Model: 以下 RSM)、全球数値モデル(Global Spectral Model: 以下 GSM)を用いた。手順を以下に示す。

- 1)北海道南西部における4つのダム流域において、大雨事例について予測雨量の精度を相関係数により評価する。ここでは積算値と時系列値について検証を行った。
- 2)降雨事例ごとに積算予測雨量の相関係数に着目し分類を行った。ハイトグラフに着目し、相関係数を低下させる要因について検証した。

2. 対象ダム流域の概要

降雨予測精度の検証の対象とした流域は北海道南西部の4つのダム流域である(図-1)。対象ダムの目的、流域面積を表-1、流域内における雨量観測所を表-2に示す。

対象ダムの選定は北海道における気候区や流域面積により行った。北海道の動気候⁴⁾によると、豊平峡ダム流域、漁川ダム流域、二風谷ダム流域は豪雨多発気候区に属し、定山溪ダム流域は豪雨小発気候区に属している。また、豊平峡ダム流域、漁川ダム流域、定山溪ダム流域はどれも流域面積が約100km²であり、二風谷ダム流域は約1,200 km²である。以上のように、気候区と流域面積が異なる流域を選定し、降雨予測精度の検証及び比較を行う。

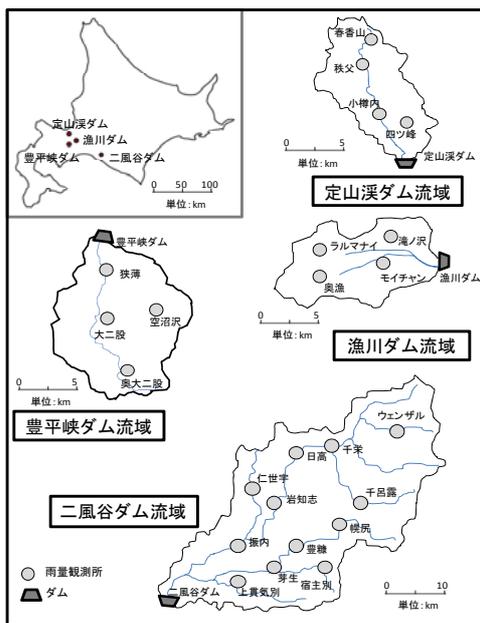


図-1 流域の位置、概形と雨量観測所所在地

表-1 対象ダムの目的と流域面積

ダム名	目的	流域面積(km ²)
定山溪ダム	F, W, P	104.0
豊平峡ダム	F, W, P	134.0
漁川ダム	F, N, W	113.3
二風谷ダム	F, N, W, P	1215.0

※F: 洪水調節, N: 流水の正常な機能の維持, W: 水道用水, P: 発電用水

表-2 各ダム流域内の雨量観測所

雨量観測所	地点数	雨量観測所名
豊平峡ダム流域	5ヶ所	豊平峡ダム, 狭薄, 大二股, 奥大二股, 空沼沢
定山溪ダム流域	5ヶ所	定山溪ダム, 小樽内, 秩父, 春香山, 四ツ峰
漁川ダム流域	5ヶ所	漁川ダム, 滝ノ沢, ラルマナイ, モイチャン, 奥漁
二風谷ダム流域	13ヶ所	二風谷ダム, 上貫気別, 芽生, 豊糠, 宿主別, 幌尻, 振内, 仁世宇, 岩知志, 日高, 千栄, 千呂露, ウェンザル

3. 予測雨量の精度

以下では、降雨予測の精度を予測値と実績値との相関係数により評価する。また、降雨予測情報の精度を時系列値、積算値で比較した。

3.1 基礎資料

今回用いた予測雨量は、気象庁から配信されている数値予報の一種である RSM および GSM による予測値である。RSM, GSM は、ともに約 20km のメッシュサイズで、RSM は 51 時間先まで、GSM は 84 時間先までの 1 時間毎の降水量を予測している。RSM は 2007 年で運用が廃止されており、それ以降は日本域を対象とした GSM が運用されている。また、配信間隔は RSM が 9 時, 21 時の 1 日 2 回、GSM が 3 時, 9 時, 15 時, 21 時の 1 日 4 回である。実績値には各ダム流域内における雨量観測所の観測値を用いた。

精度評価の対象とした降雨事例は、2002 年から 2011 年の大雨や洪水が予想される 6 月～10 月の期間で、流域の観測所における日雨量が大きいものとした。両モデルの運用期間の違いから、RSM は 2002 年～2007 年、GSM は 2008 年～2011 年の日雨量が大きい事例を 7 つずつ抽出し解析を行った。なお、日雨量の大きい日から前後 5 日間、計 11 日間の内に配信された予測雨量を検証の対象とした。

それぞれの流域における事例を表-3～表-6 にまとめた。検証に用いる予測値は、各ダム流域に該当するメッシュの雨量を取り出し、それらの平均値を流域平均雨量

表-3 定山溪ダム流域において解析に用いた降雨事例

年	月/日	日雨量(mm)	観測所
2002	9/20	66	秩父
"	10/2	62	定山溪
2004	8/20	128	春香山
2005	9/7	67	定山溪
"	10/7	69	四ツ峰
2006	10/7	123	春香山
"	10/8	89	小樽内
2009	10/9	66	春香山
2010	7/12	69	春香山
"	7/29	61	小樽内
"	8/24	61	四ツ峰
2011	9/2	80	春香山
"	9/6	81	四ツ峰
"	10/1	58	春香山

表-4 豊平峡ダム流域において解析に用いた降雨事例

年	月/日	日雨量(mm)	観測所
2002	10/7	109	奥大二股
2003	8/9	90	大二股
2004	8/20	80	豊平峡
"	8/30	85	空沼沢
2005	9/7	164	空沼沢
2006	10/7	100	狭薄
2007	9/7	79	奥大二股
2008	10/9	63	奥大二股
"	10/24	69	豊平峡
2010	7/29	78	豊平峡
2011	7/16	60	大二股
"	8/14	67	大二股
"	9/5	212	空沼沢
"	9/6	145	空沼沢

として比較する。実績値は各流域内の雨量観測所における時間雨量を単純平均した値を流域平均雨量とした。

3.2 積算予測雨量の精度

臼谷ら²⁾は石狩川流域(流域面積: 14,330 km²)における検証で、積算予測雨量が長いリードタイムを確保するのに有効であるとしている。本研究では流域面積(104 km²～1,215 km²)という極めてローカルな地域に着目し、予測精度についての評価を行った。

GSM, RSM の各流域においての時系列値と積算値の相関係数とリードタイムの関係についてまとめたものを図-2 に示す。相関係数の算出には、各事例 11 日間の内、数値予報の配信ごとに予測値と実績値のデータペアを作成しこれを用いた。図によると RSM, GSM どちらの時系列値についても、相関係数はリードタイムを伸ばすにつれて変動しながら減少する傾向が見られた。なお、二風谷ダム流域を対象とした GSM では全体的な増加、減少傾向は見られなかった。一方積算値の場合は、RSM は全対象流域でリードタイムが長くなるにつれて徐々に相関係数が増加していることがわかる。GSM では豊平峡ダム流域、定山溪ダム流域、漁川ダム流域でリードタイムが 20 時間を越えたあたりで最も相関係数が大きくなっていることがわかる。また両モデルについて時系列値と積算値で比較すると、リードタイムを最長とした場合(RSM: リードタイム 51 時間, GSM: リードタイム 84 時間)、積算値の方が時系列値よりも相関が高いという結果となった。これは予測した降雨波形に誤差が生じ

表-5 漁川ダム流域において解析に用いた降雨事例

年	月/日	日雨量(mm)	観測所
2002	8/24	93	奥漁
"	9/28	98	奥漁
2003	8/9	112	奥漁
2004	8/20	111	ラルマナイ
2005	9/7	213	奥漁
2006	6/16	95	漁川
2007	9/7	91	ラルマナイ
2008	10/9	164	奥漁
2009	6/11	102	奥漁
"	9/28	135	奥漁
"	10/26	120	奥漁
2011	7/4	105	奥漁
"	9/5	135	奥漁
"	9/6	127	奥漁

表-6 二風谷ダム流域において解析に用いた降雨事例

年	月/日	日雨量(mm)	観測所
2002	10/2	83	ウェンザル
2003	8/9	334	岩知志
2005	8/22	103	仁世宇
"	9/7	128	仁世宇
2006	7/18	277	日高
"	8/18	324	振内
"	10/7	266	千露呂
2008	7/23	106	上貫気別
2010	8/1	113	千露呂
"	7/27	100	千露呂
"	8/11	100	振内
"	8/12	150	千露呂
2011	9/2	82	千露呂
"	9/22	93	ウェンザル

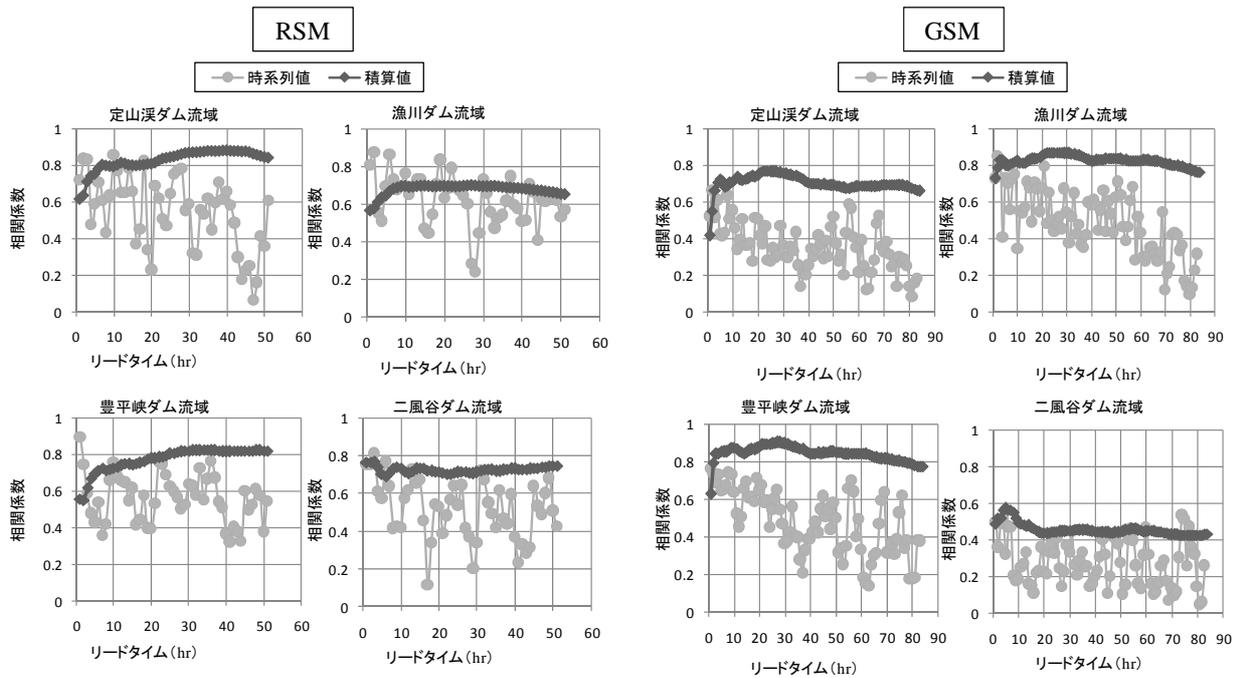


図-2 RSM, GSMにおける相関係数とリードタイムの関係

でも、積算時間が長いとその時間内で誤差が相殺されるからと考えられる。また、両モデルの積算値について着目すると、豊平峡ダム、漁川ダム流域においては GSMの方が RSMよりも相関係数が高く、定山溪ダム、二風谷ダム流域については RSMの方が GSMよりも相関係数が高いという結果になった。また、図によると GSMにおいて二風谷ダム流域では他の対象流域と違いリードタイムが長くなるにつれて積算値の相関係数が高くなるという関係が見られなかった。よって今回の結果からは気候区の違いによる相関係数の大きな違いは見られなかった。流域面積に関しては GSMでの二風谷ダム流域における積算値の相関係数が他流域よりも低くなっていることがわかる。相関係数と流域面積の関係については、今後さらなる検証が必要となる。

3.3 相関係数の低い降雨事例における要因の追求

今回各流域で GSM, RSM それぞれ 7 事例を対象に降雨予測の精度検証を行った。前節では GSM と RSM の積算値における相関係数とリードタイムの関係について論じたが、流域ごとに相関係数の違いが見られた。本節では各流域の降雨事例ごとに相関係数とリードタイムの関係を整理し、相関係数の低い事例について要因の検証を行う。解析した降雨事例は各流域で 14 事例ずつ、計 56 事例である。事例ごとに RSM ではリードタイム 51 時間、GSM ではリードタイム 84 時間における相関係数を算出し、相関係数により表-7 のように分類した。表-7 の分類に基づき、相関係数が 1.0~0.7, 0.7~0.4, 0.2~0.0 に分類された降雨事例を図-3 に示す。図は、降雨事例ごとのハイトグラフ、相関係数とリードタイムの関係、事例日の天気図⁵⁾を示している。以下ではハイトグラフに着目して相関係数を低下させる要因について検討する。

相関係数が 1.0~0.7 に分類される降雨事例であった

表-7 各流域において相関係数により分類した降雨事例数

流域名	相関係数			
	1.0~0.7	0.7~0.4	0.4~0.2	0.2~0.0
豊平峡ダム流域	10	4	0	0
定山溪ダム流域	6	8	0	0
漁川ダム流域	10	3	0	1
二風谷ダム流域	7	7	0	0

※図の数字は事例数を表す。

2005/9/7(豊平峡ダム)の事例では、精度対象期間内にピークが1度だけあるような降雨であることがわかる。相関係数が 0.7~0.4 の間に分類された 2011/10/1(定山溪ダム流域)の事例と、2006/10/7(二風谷ダム流域)の事例では流域平均雨量がどちらもピーク時の雨量が 5mm/h 以下となっている。相関係数が 0.2~0.0 に分類された降雨事例である 2002/9/28(漁川ダム)の事例では、ハイトグラフが示すように雨が9月29日、10月2日と精度対象期間内に2度ピークを示して雨が降っている様子がわかる。他の相関係数の低かった事例でもピークが2度あるような降雨や時間雨量が少ないといった降雨の傾向が見られた。また、相関係数 1.0~0.7 に分類された事例にも以上のような降雨傾向は含まれていたが、相関係数が 0.7 以下となった事例ではほとんどの事例でどちらかの傾向が見られた。以上より時間雨量が比較的少ない事例と、降雨量のピークが複数あるような降雨傾向が、相関係数を低下させる要因となっている可能性があると考えられる。また、事例日の天気図について着目すると、相関係数の高かった豊平峡ダム流域の事例では、台風の影響により、まとまった雨が降ったものと考えられる。相関係数が低かった漁川ダム流域の事例では、低気圧が移動し、その影響で降雨に2度ピークが見られたと考えられる。

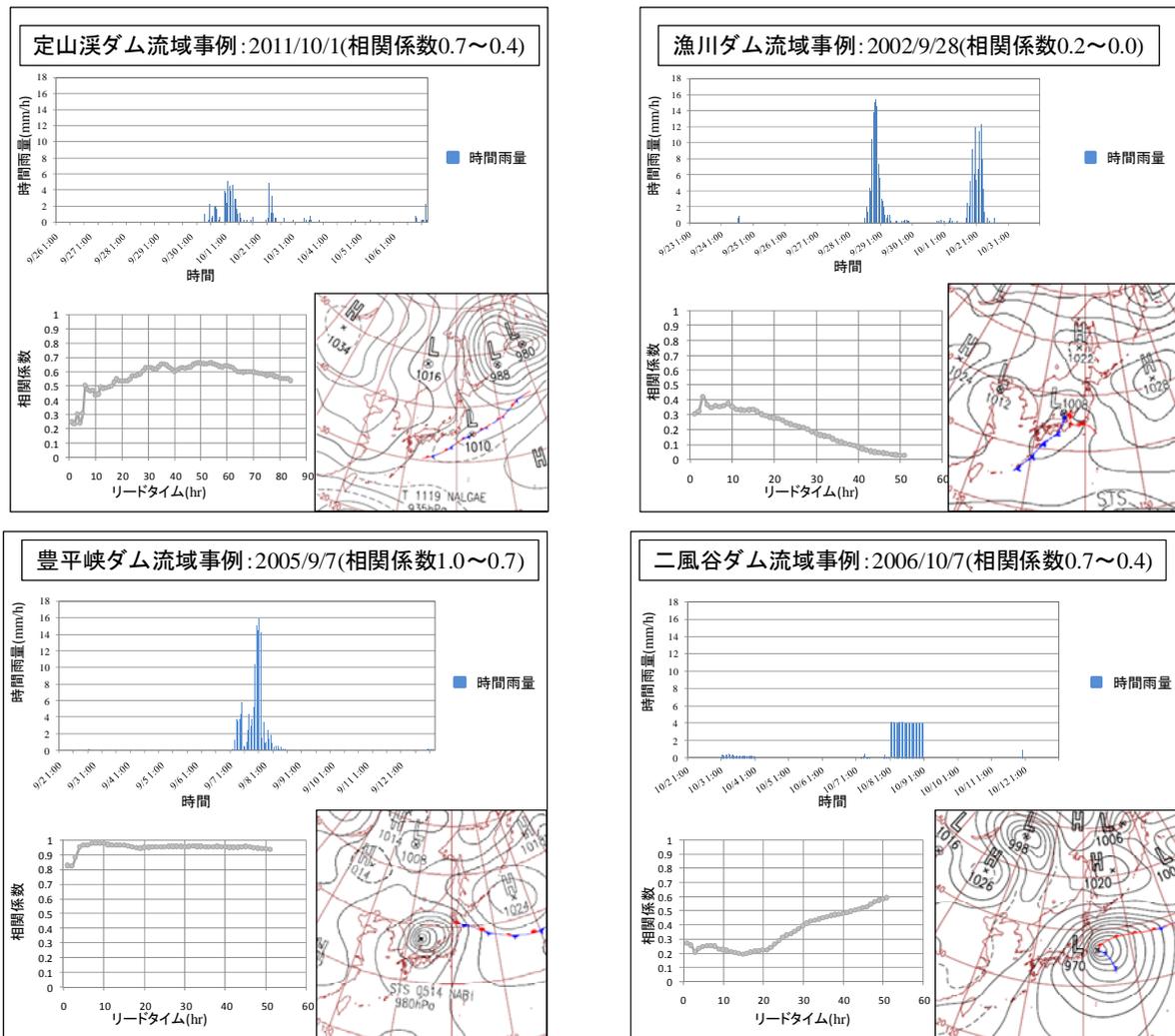


図-3 事例ごとの検証。上段：ハイトグラフ，
左下段：予測リードタイムごとの相関係数，右下段：事例日の天気図

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

- 1) よりローカルな地域について予測雨量の精度検証を行った。その結果、今回の対象流域においては二風谷ダム流域を対象にした GSM 以外では、積算値に関して実績値と予測値が高い相関性を有することを示した。
- 2) 同じ対象流域の内でも事例によって相関係数の違いが確認された。時間雨量の少ない降雨、またピークが複数あるような降雨事例が予測雨量と実績雨量の相関係数を低下させる要因である可能性が唆された。

以上を踏まえ、今後は、気象条件を考慮した予測雨量の補正手法の検討や、天気図より降雨要因の検討、予測雨量を用いたスマートなダム管理について検討していきたい。

謝辞：本研究は学術研究助成基金助成金基盤研究（C）（課題番号 23560602）、国土交通省河川砂防技術研究開発公募（水防災技術分野）および平成 25 年度高橋産業経済研究財団の助成を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1)国土交通省 HP：
http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/kiroku/suigai/suigai.html
- 2)坂下将史，呉修一，山田正，吉川秀夫：既存ダム貯水地の洪水調節機能向上のための新しい放流方法の提案，土木学会論文集 B，Vol.65，No.2，106-122，2009.
- 3)臼谷友秀，中津川誠，：積算予測雨量に基づいた融雪期におけるダムの洪水調節機能向上について，土木学会論文集 B，Vol.66，No.3，268-279，2010.
- 4)大川隆：北海道の動気候，北海道大学図書館刊行会，117-119，1992.
- 5)気象庁 HP：
<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/>
- 6)林下直樹，中津川誠，臼谷友秀：多目的ダムの弾力的運用による小水力発電の可能性に関する研究，土木学会論文集 B1(水工学)，Vol.69，No.4，I1675-I1680，2013.