

第2章

予測雨量と地上雨量の比較

2.1 モデル流域・検討対象降雨

モデル流域は、流域のスケール、ダムの存在状況、洪水予測システムの整備状況などを考慮して、表 2.1 に示す 5 流域を選定した。また、検討対象降雨は、メソ数値予報モデルのデータ同化システムが、現行のメソ 4D-Var に移行した 2002 年 3 月から 2003 年 8 月末までの間で、ダム貯水池のピーク流入量大きい 2 ないし 3 降雨をモデル流域毎に選定した（表 2.2）。ただし、左記期間において最大の気象擾乱となった 2003 年 8 月の台風 10 号降雨（以下、「台風 0310 号」）については、全モデル流域共通の検討対象降雨とした。

表 2.1 モデル流域の概要

項目	A 流域	B 流域	C 流域	D 流域	E 流域
流域面積 (km ²)	5,113.9	4,6919.9	3,482.9	1,904.0	518.0
予測計算点数	26	22	41	14	9
ダム数†	5	7	5	5	2
雨量観測所数	54	38	23	23	10

† 国ないし水資源機構が管理する多目的ダムの数。

2.2 予測雨量

前節に記した期間のレーダー・アメダス解析雨量および降水短時間予報ならびに台風 0310 号に対するメソ・モデルおよび領域モデルによる数値予報の地上予測降水量の GPV は、気象庁予報部より提供を受けた。それぞれの GPV の仕様は表 2.3 の通りである。この内、数値予報は出力が膨大な量になるため、各予測時点の初期値のデータ・セットのみを残し、予測結果は蓄積されていない。今回、提供を受けた予報値は再解析による結果である。

また、表 2.2 の日付の地上雨量（毎正時の 1 時間雨量）を収集した。

表 2.2 検討対象降雨

流域	検討対象降雨
A 流域	平成 14 年 7 月 9 日～11 日 (台風 6 号・梅雨前線)
	平成 14 年 9 月 30 日～10 月 1 日 (台風 21 号)
	平成 15 年 8 月 8 日～10 日 (台風 10 号)
B 流域	平成 14 年 7 月 14～16 日 (台風 9 号・梅雨前線)
	平成 15 年 4 月 25 日～27 日 (前線)
	平成 15 年 8 月 8 日～10 日 (台風 10 号)
C 流域	平成 15 年 8 月 7 日～9 日 (台風 10 号)
	平成 15 年 8 月 13 日～15 日 (前線)
D 流域	平成 14 年 8 月 31 日～9 月 2 日 (台風 15 号)
	平成 15 年 8 月 7 日～9 日 (台風 10 号)
E 流域	平成 14 年 9 月 15～17 日 (前線)
	平成 15 年 7 月 11 日～13 日 (前線)
	平成 15 年 8 月 7 日～9 日 (台風 10 号)

表 2.3 GPV の仕様

項目	解析雨量	降水短時間予報	メソ・モデル	領域モデル
予測雨量	—	1 時間雨量	1 時間雨量	3 時間雨量
先行時間	—	6 時間	18 時間	51 時間
更新間隔	1 時間 (2003 年 5 月以前) 30 分 (2003 年 6 月以降)		6 時間 (0/6/12/18UTC)	12 時間 (0/12UTC)
領域 (南西端) (北東端)	48N118E 20N150E		47.6E120E 22.4E150E	50N120E 20N150E
格子系	等緯度経度		ランベルト	等緯度経度
格子間隔 (東西) (南北)	0.75 秒 0.9375 秒 (約 2.5km 四方)	1.5 秒 1.875 秒 (約 5km 四方)	10km 10km	0.2 度 0.25 度 (約 20km 四方)

† 2003 年 5 月以前の更新時間は 1 時間。

2.3 点雨量との比較

地上雨量と観測点の最も近くに位置する格子点での解析雨量あるいは予測雨量との比較を行い、点雨量としての推定精度の吟味を行った。

2.3.1 レーダー・アメダス解析雨量との比較

今回のモデル 5 流域で洪水予測に利用している雨量観測所の配置密度は、単純平均で 106km² に 1 ケ所 (最大 124km², 最小 52km² に 1 ケ所) となっている。一方、レーダー・アメダス解析雨量の空間解像度は約 2.5km で約 6.3km² に 1 ケ所である。したがって、実況値として十分

な精度を有していれば、より正確な降雨状況を把握することが可能と考えられる。ひいては、予測降雨に依存しない流出のラグタイムまでの時間帯の予測精度が向上する可能と考えられる。

図 2.1 は地上雨量とレーダー・アメダス解析雨量との比較例を示す。図中、上段はレーダー・アメダス解析雨量、下段は地上雨量のハイエト・グラフを表す。いずれの地点も、ほぼ合同形となっていることがうかがえる。さらに、今回収集した全ての雨量観測所について、両者の相関係数、回帰係数および3日雨量比を求め、モデル流域別・降雨別に整理したものが表 2.4 である。ここでの回帰係数は、解析雨量を x_i 、地上雨量を y_i とする時、 $\sum x_i y_i / \sum x_i^2$ で定義した。また雨量比も同様に、 $\sum y_i / \sum x_i$ とした。

回帰係数・雨量比からは、少なめに見積もる傾向が見られるが、相関係数は高相関の目安とされる 0.7 以上となっており、実用上、十分な精度を有しているものと判断される。

表 2.4 地上雨量とレーダー・アメダス解析雨量の相関係数・回帰係数・雨量比

流域	検討対象降雨	平均相関係数	平均回帰係数	平均雨量比
A 流域	平成 14 年 7 月	0.84	1.07	1.18
	平成 14 年 9 月	0.95	1.09	1.12
	平成 15 年 8 月	0.79	1.12	1.26
B 流域	平成 14 年 7 月	0.70	1.01	1.34
	平成 15 年 4 月	0.85	1.15	1.24
	平成 15 年 8 月	0.90	0.99	1.08
C 流域	平成 15 年 8 月 (上旬)	0.74	1.25	1.44
	平成 15 年 8 月 (中旬)	0.87	1.07	1.09
D 流域	平成 14 年 8 月	0.87	1.31	1.52
	平成 15 年 8 月	0.86	1.30	1.42
E 流域	平成 14 年 9 月	0.93	1.10	1.05
	平成 15 年 7 月	0.73	1.06	1.26
	平成 15 年 8 月	0.88	1.03	1.17

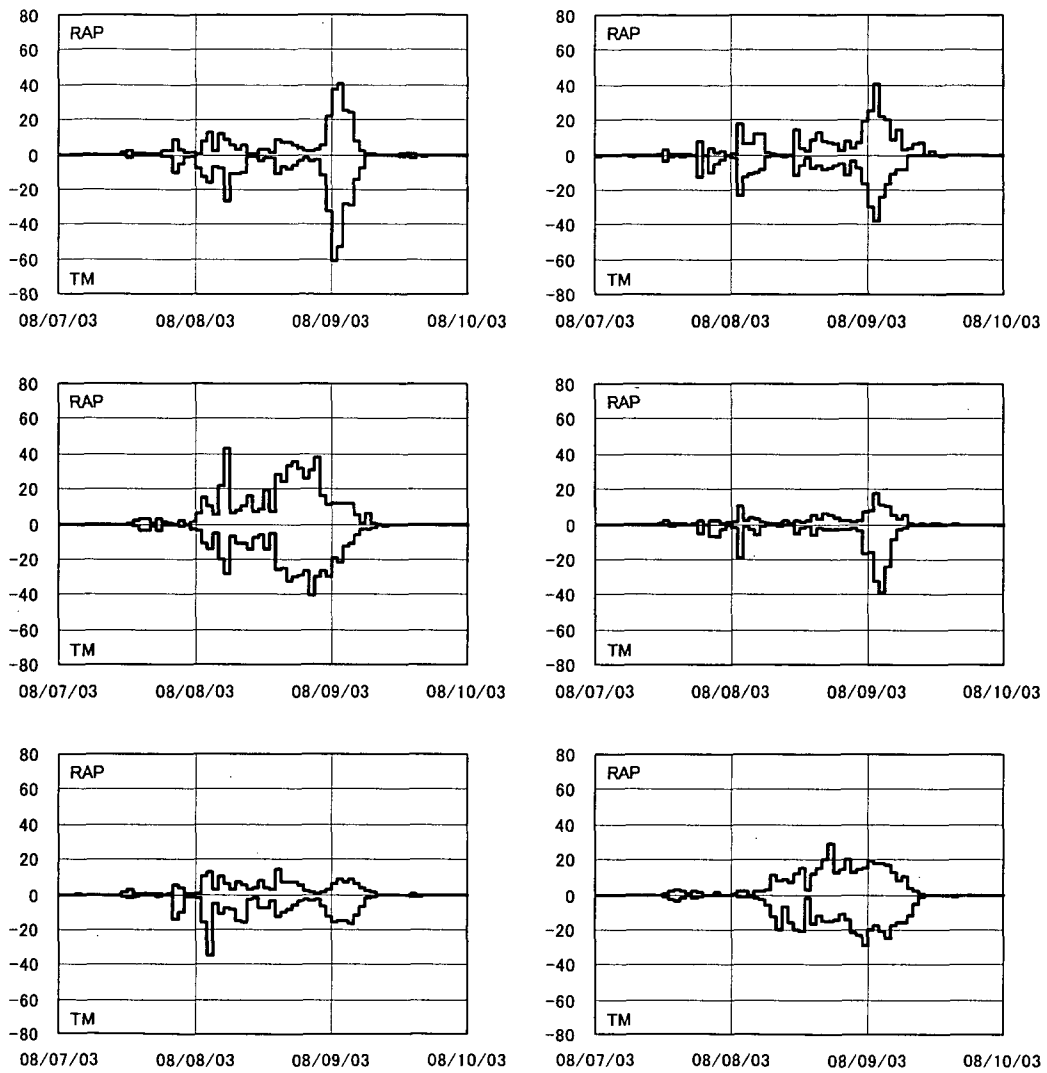


図 2.1 地上雨量とレーダー・アメダス解析雨量との比較例

2.3.2 予測雨量との比較

(1) 降水短時間予報

図 2.2 は地上雨量（左上隅）と降水短時間予報との比較例を示す。降水短時間予報のハイエト・グラフの右肩の括弧書きの数値は予測の先行時間を表すが、これが大きくなる程、地上雨量の波形の相違が大きくなる様子が見てとれる。降水短時間予報についても、レーダー・アメダス解析雨量と同様に、地上雨量との相関係数、回帰係数および日雨量比を求め、モデル流域別・降雨別かつ先行時間別に整理した（表 2.5）。表中、相関係数が 0.4 以上、回帰係数・日雨量比が 0.8 以上 1.2 以下の組合せには、網掛けを施した。これによると、1 ないし 2 時間先までの予測では相関係数が大きく、量的にも同等とみなし得るケースが多いことが分かる。また、初期の予測精度が高い程、精度の持続性が高い傾向がうかがえる。

(2) メソ・モデルによる予報

図 2.3 は地上雨量（最上段）とメソ・モデルによる予報との比較例を示す。予報のハイエト・グラフの右肩の括弧書きの数値は予測の先行時間の最大値を表す。例えば、「(12)」は 7～12 時間前の予測値（前回の予測更新時点での予測値）であることを示す。

また、表 2.6 は相関係数、回帰係数および日雨量比を示す。表中の網掛けは、前節の表 2.5 と同様である。

今回対象とした台風 0310 号降雨時の例で見ると、実績雨量と予測雨量の合致度が高い、と言いがたい。また、6 時間先の予測精度は降水短期予報のほうが高い結果となっている。

(3) 領域モデルによる予報

図 2.3 と同一の観測地点について、地上雨量と領域モデルによる 3 時間雨量の予報とを比較した例を図 2.4 に示す。波形の近似度は、メソ・モデルによる予報に比べて、やや高いようである。また、表 2.7 は、相関係数、回帰係数および日雨量比を示す。精度に地域格差が認められ、B 流域における予測が比較的、長時間にわたりの中している一方、D 流域では合致度が低い。また、いずれの流域でもメソ・モデルの 12 時間前予測とくらべて、精度が好い結果となっている。

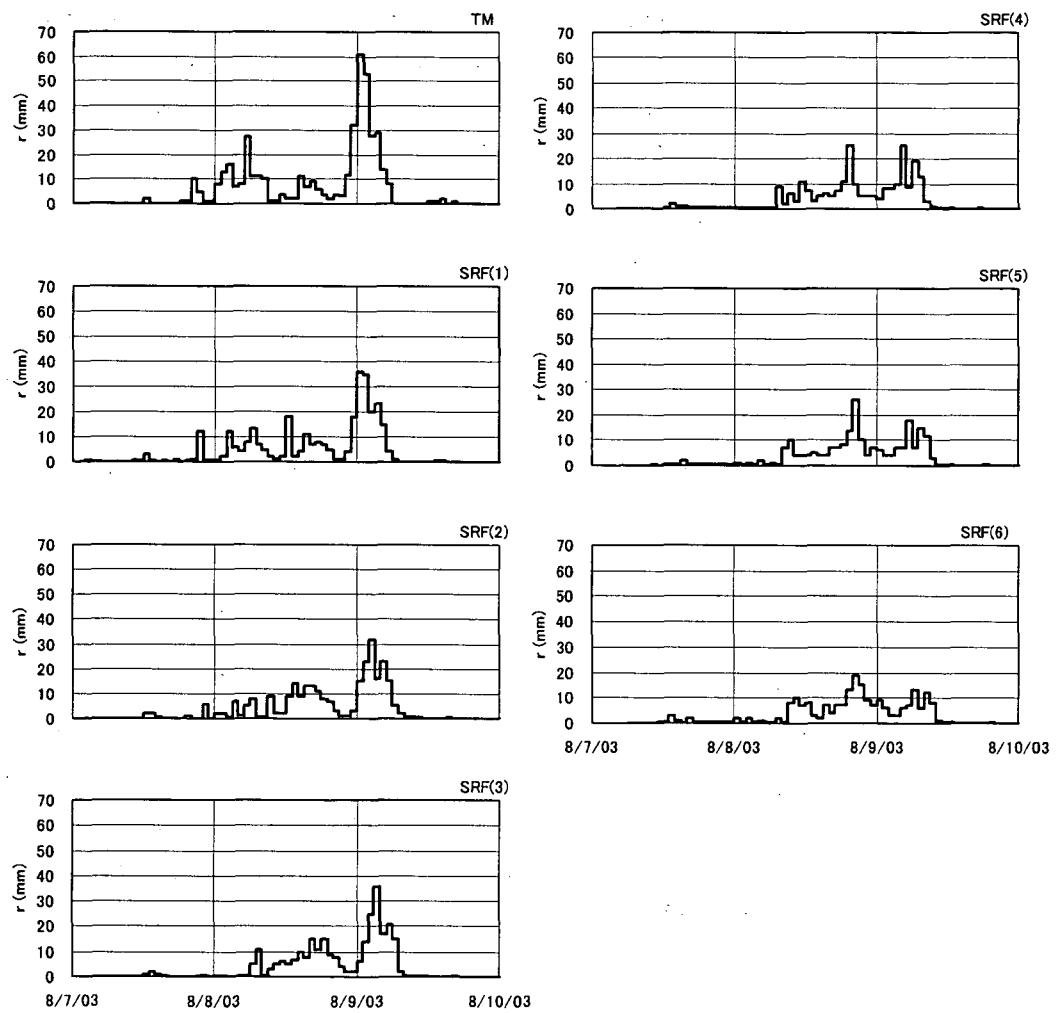


図 2.2 地上雨量と降水短時間予報との比較例 (1)

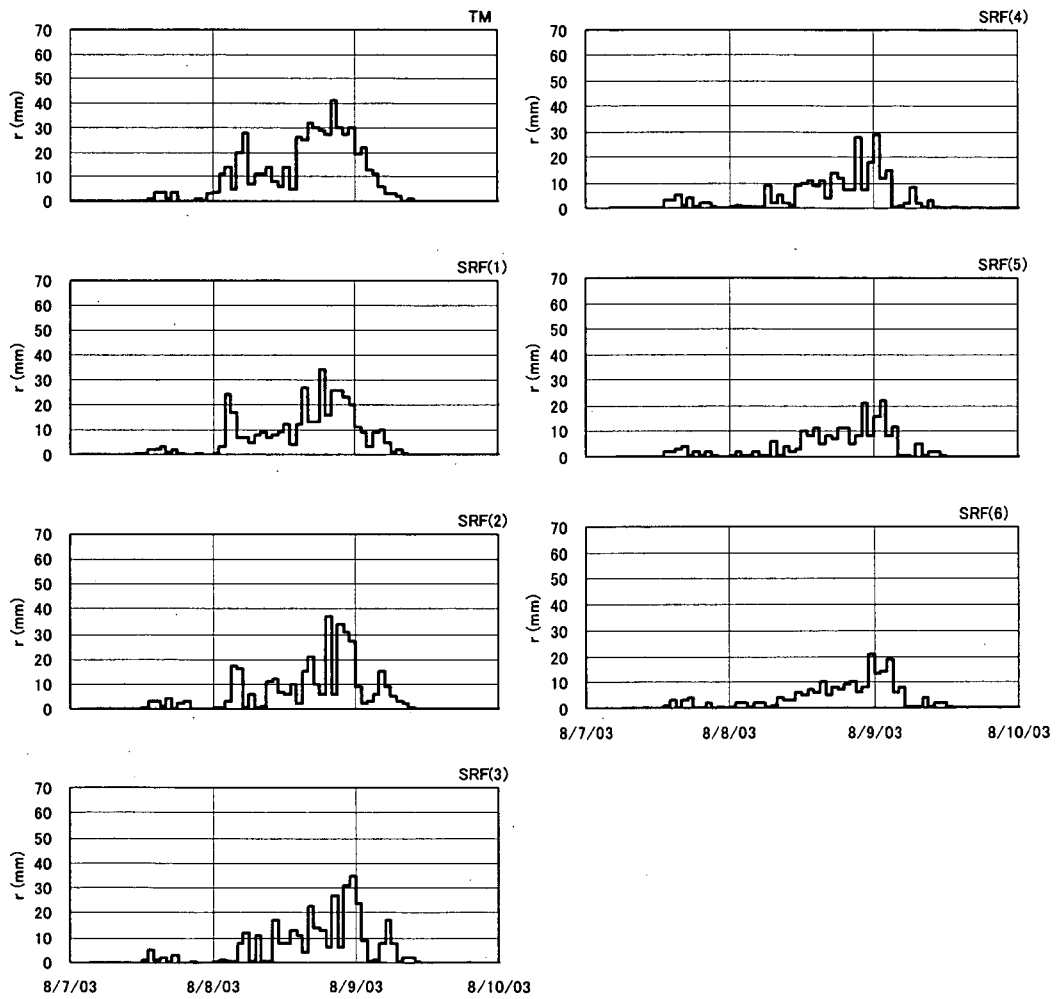


図 2.2 地上雨量と降水短時間予報との比較例 (2)

表 2.5 地上雨量と降水短時間予報の相関係数・回帰係数・雨量比

流域	調査対象降雨	指標	先行時間 (時間)					
			1	2	3	4	5	6
A 流域	平成 14 年 7 月	ρ	0.68	0.38	0.21	0.34	0.43	0.45
		a	0.98	0.77	0.70	0.75	0.83	0.85
		r	1.16	1.16	1.17	1.08	1.17	1.21
	平成 14 年 9 月	ρ	0.85	0.66	0.50	0.41	0.33	0.27
		a	0.99	0.86	0.76	0.62	0.55	0.49
		r	1.07	1.04	1.02	0.84	0.80	0.75
	平成 15 年 8 月	ρ	0.54	0.37	0.27	0.24	0.25	0.31
		a	0.96	0.98	0.77	0.49	0.47	0.47
		r	1.37	1.46	1.16	0.71	0.65	0.64
B 流域	平成 14 年 7 月	ρ	0.70	0.42	0.08	0.03	0.05	-0.01
		a	1.11	0.88	0.64	0.73	1.02	0.93
		r	1.68	2.31	2.91	2.23	2.06	1.88
	平成 15 年 4 月	ρ	0.63	0.34	0.23	0.19	0.23	0.29
		a	0.99	1.00	0.97	0.92	0.82	0.81
		r	1.26	1.78	1.93	1.63	1.22	1.10
	平成 15 年 8 月	ρ	0.80	0.67	0.60	0.66	0.60	0.51
		a	1.08	1.09	1.20	1.20	1.08	1.03
		r	1.24	1.34	1.58	1.36	1.24	1.24
C 流域	平成 15 年 8 月 (上)	ρ	0.65	0.46	0.34	0.24	0.23	0.27
		a	1.01	0.79	0.61	0.50	0.50	0.53
		r	1.15	0.95	0.86	0.78	0.80	0.83
	平成 15 年 8 月 (中)	ρ	0.75	0.53	0.44	0.48	0.47	0.41
		a	1.17	1.27	1.21	1.25	1.10	1.01
		r	1.25	1.55	1.51	1.39	1.22	1.16
D 流域	平成 14 年 8 月	ρ	0.57	0.26	0.09	0.19	0.19	0.22
		a	1.02	0.76	0.66	0.64	0.79	0.89
		r	1.28	1.26	1.30	1.04	1.21	1.31
	平成 15 年 8 月	ρ	0.68	0.47	0.40	0.35	0.35	0.36
		a	1.10	0.89	0.89	0.94	0.98	1.02
		r	1.33	1.31	1.39	1.42	1.47	1.49
E 流域	平成 14 年 9 月	ρ	0.77	0.40	0.14	-0.04	0.10	0.19
		a	1.00	0.78	0.47	0.25	0.41	0.65
		r	1.24	1.36	1.12	0.87	0.97	0.99
	平成 15 年 7 月	ρ	0.45	0.27	0.19	0.32	0.30	0.08
		a	0.77	0.72	0.80	1.09	1.52	1.21
		r	1.31	1.62	2.12	2.16	3.06	3.30
	平成 15 年 8 月	ρ	0.77	0.59	0.38	0.31	0.25	0.08
		a	1.07	0.90	0.78	0.59	0.62	0.53
		r	1.15	1.02	1.02	0.86	1.04	1.23

ρ : 相関係数, a : 回帰係数, r : 雨量比

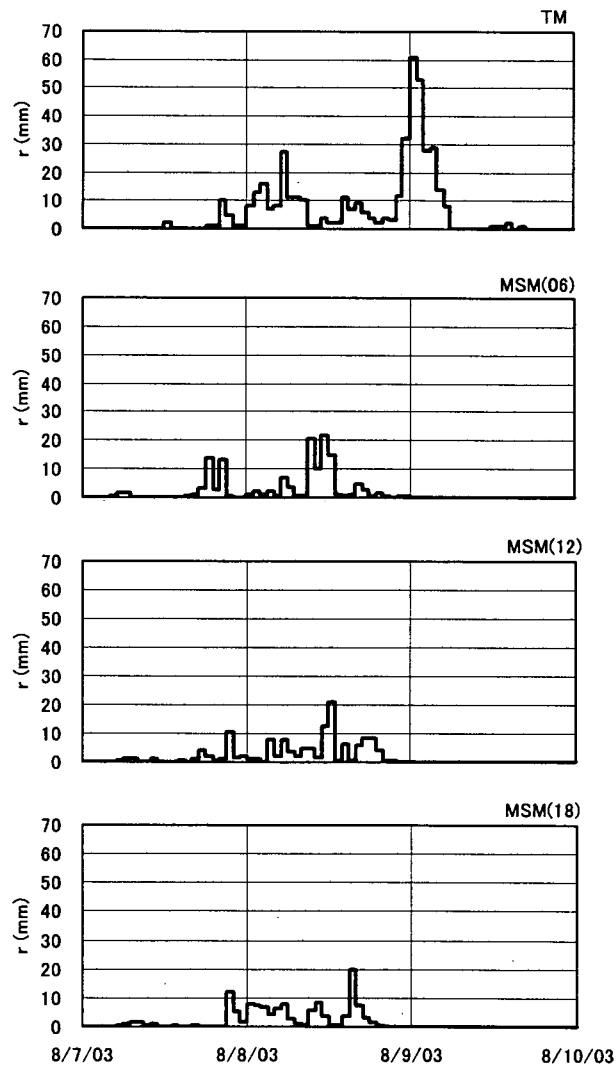


図 2.3 地上雨量とメソ・モデルによる予報との比較例 (1)

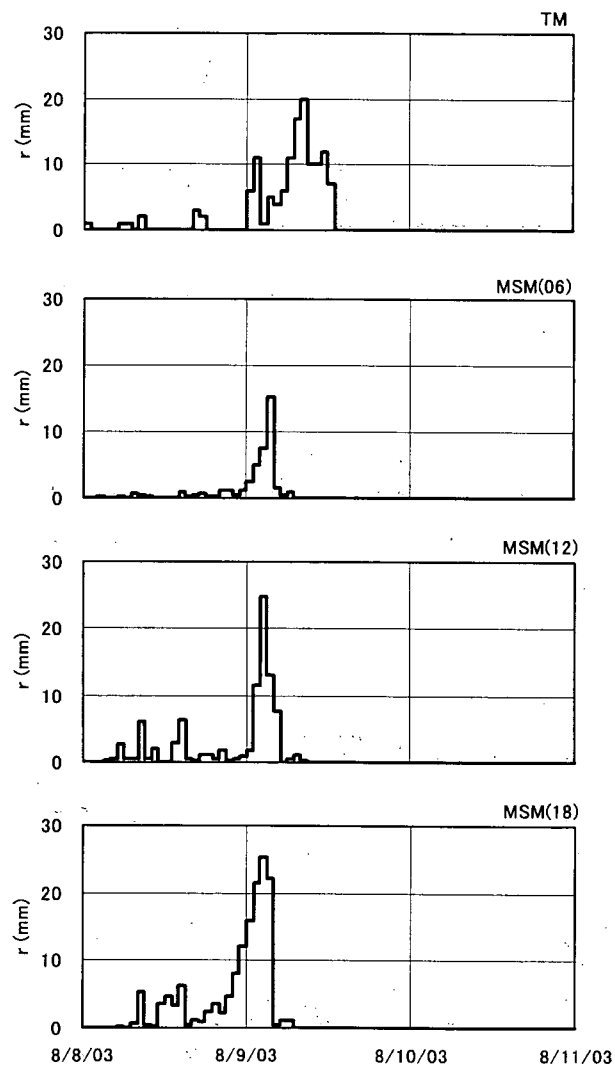


図 2.3 地上雨量とメソ・モデルによる予報との比較例 (2)

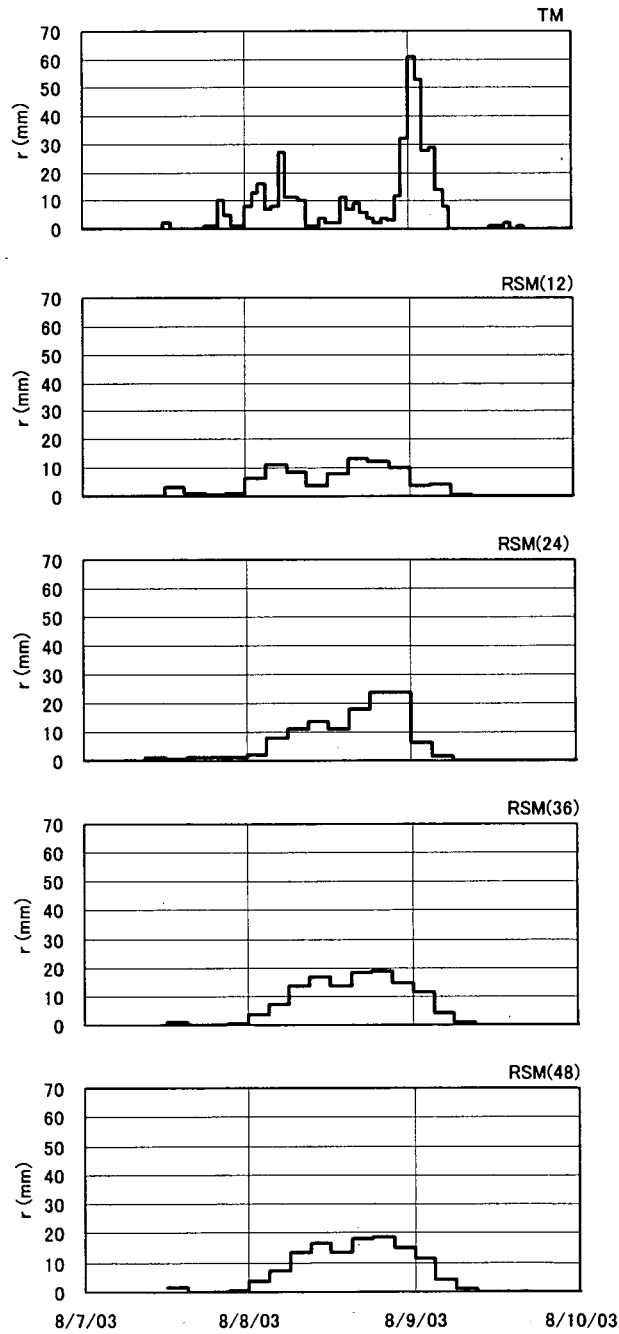


図 2.4 地上雨量と領域モデルによる予報との比較例 (1)

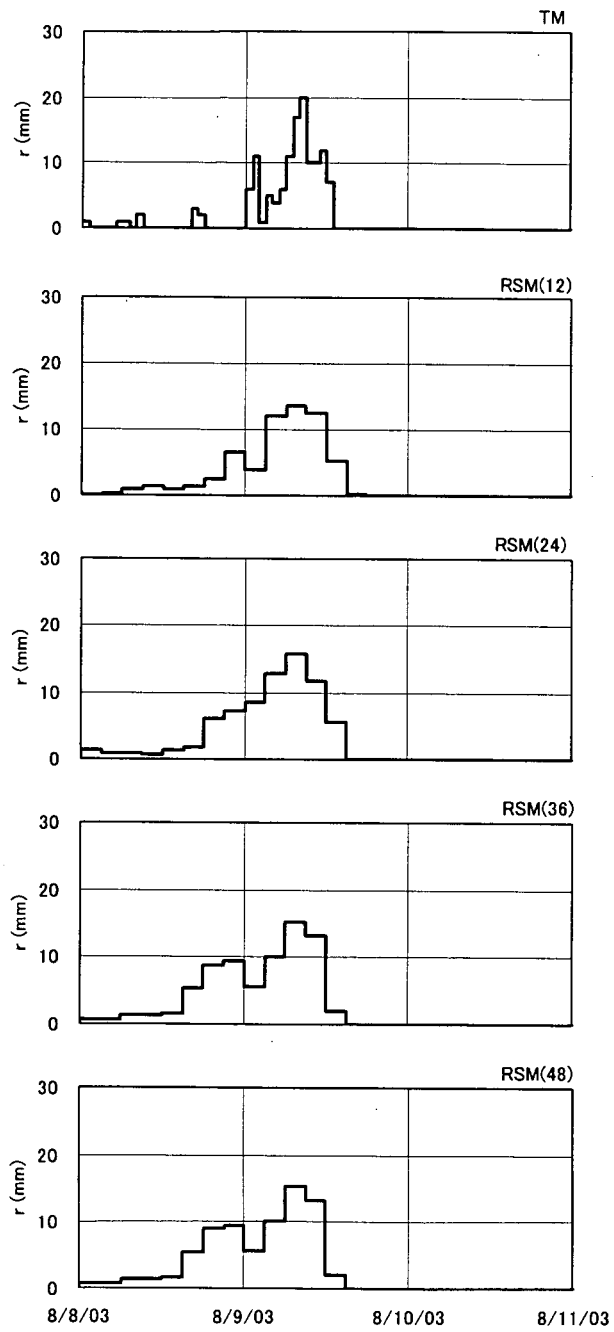


図 2.4 地上雨量と領域モデルによる予報との比較例 (2)

表 2.6 地上雨量とメソ・モデルによる予報の相関係数・回帰係数・雨量比

流域	指標	先行時間 (時間)		
		1~6	7~12	13~18
A 流域	ρ	0.00	0.10	0.01
	a	0.76	0.71	0.33
	r	1.70	1.70	0.93
B 流域	ρ	0.00	-0.01	-0.04
	a	0.69	0.45	0.26
	r	2.86	1.52	1.12
C 流域	ρ	0.01	0.20	0.24
	a	0.23	0.33	0.24
	r	0.62	0.62	0.50
D 流域	ρ	-0.02	0.06	-0.05
	a	0.35	0.55	0.27
	r	2.00	1.84	1.56
E 流域	ρ	0.26	0.23	0.40
	a	0.53	0.34	0.42
	r	0.95	0.61	0.62

ρ : 相関係数, a : 回帰係数, r : 雨量比

表 2.7 地上雨量と領域モデルによる予報の相関係数・回帰係数・雨量比

流域	指標	先行時間 (時間)			
		3~12	13~24	25~36	37~48
A 流域	ρ	0.32	0.30	0.30	0.29
	a	0.56	0.52	0.66	0.61
	r	0.72	0.70	0.81	0.85
B 流域	ρ	0.67	0.74	0.75	0.57
	a	0.86	0.89	0.98	0.70
	r	1.00	0.92	1.11	0.81
C 流域	ρ	0.45	0.40	0.34	0.23
	a	0.67	0.81	0.72	1.62
	r	1.14	1.50	1.20	2.58
D 流域	ρ	0.31	0.31	0.27	0.06
	a	0.52	0.36	0.49	0.55
	r	0.80	0.68	0.74	0.98
E 流域	ρ	0.09	-0.11	-0.29	-0.06
	a	0.70	0.16	0.17	0.22
	r	1.68	0.98	0.64	0.39

ρ : 相関係数, a : 回帰係数, r : 雨量比

2.3.3 予測法による精度の比較

降水短期予報および2種の数値モデルによる点雨量の予測精度の全体的な傾向を見るため、台風0310号時の相関係数、回帰係数および雨量比について、予測法別の各指標の先行時間の関係をプロットしたものが図2.5である。図中の記号は全雨量観測点の平均値を表し、「SRF」は降水短時間予報、「MSM」はメソ・モデルによる予報、「RSM」は領域モデルによる予報を示す。また、線分は平均値に標準偏差を加減した値を連ねたものである。

台風0310号という特定の降雨での評価であるため、一般的な結論とは言いかねるものの、同図からは以下の事項が読み取れる。

- メソ・モデルによる予測は、他の2法に比べて精度が劣る。
- 降水短時間予報の1ないし2時間前予測までが有意な相関を有しており、かつ時間雨量も実績に近似している。
- いずれの予測法でも雨量を少なめに評価する傾向がある。
- 領域モデルによる3日雨量の予測値は、分散が漸増するものの平均的なレベルではほぼ実績に相当している。
- 降水短時間予報では先行時間の増加に伴う予測精度の低下が顕著である。

2.4 流域平均雨量との比較

現行の洪水予測システムで採用されている集中定数モデルでの流出計算では、その入力として小分割流域毎の流域平均雨量が用いられている。また、その流域平均雨量を求める方法としては、ティーセン法が多用されている。

そこで、ティーセン法により地上雨量から計算した流域平均雨量と分割流域の分水界の内部に位置する格子点群のGPVの算術平均で計算した流域平均雨量とを比較して、面雨量として捉えた場合の予測雨量の精度について検討した。

図2.6は、台風0310号時の降雨について、B流域の流量予測地点毎にその上流域の流域平均雨量の実績値と予測値を求め、相関係数、回帰係数および雨量比を比較したものである。ティーセン法で計算した流域平均雨量が真の流域平均雨量を与えるとは限らないが、集水面積が大きい下流の流量予測地点ほど、指標値が1に近くなり、一致度が高まる傾向が見られる。

すなわち、数値予報はある程度、大域的な予測情報として捉える必要があることを示唆している。このことは、現行の数値予報モデルで仮定している静力学近似が成立する気象擾乱のスケール(100km以上)とも関連するものと考えられる。

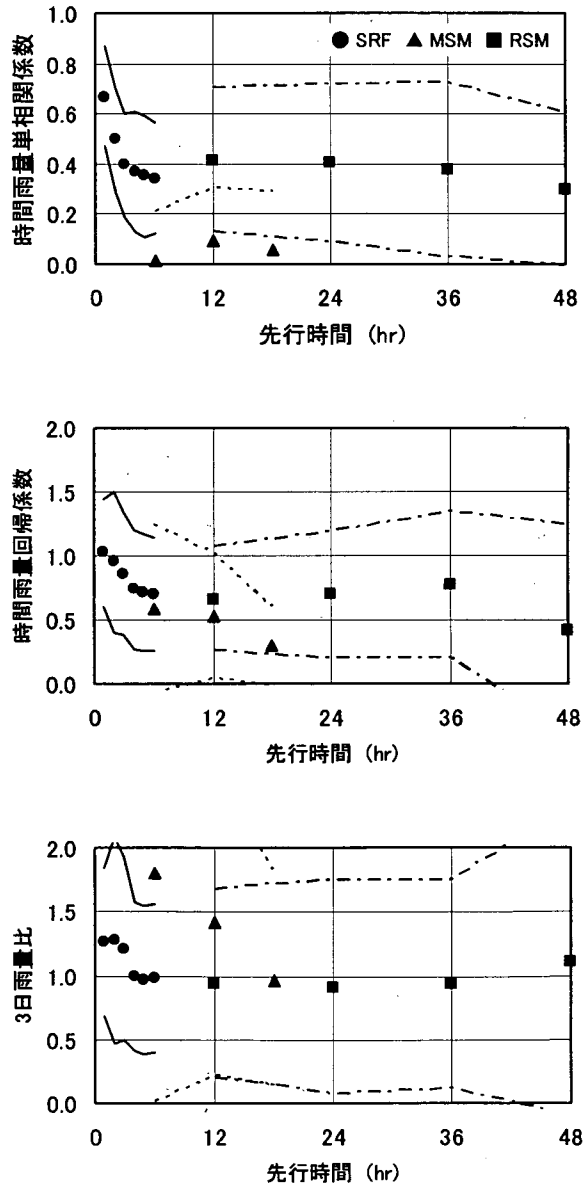


図 2.5 予測法による精度の比較

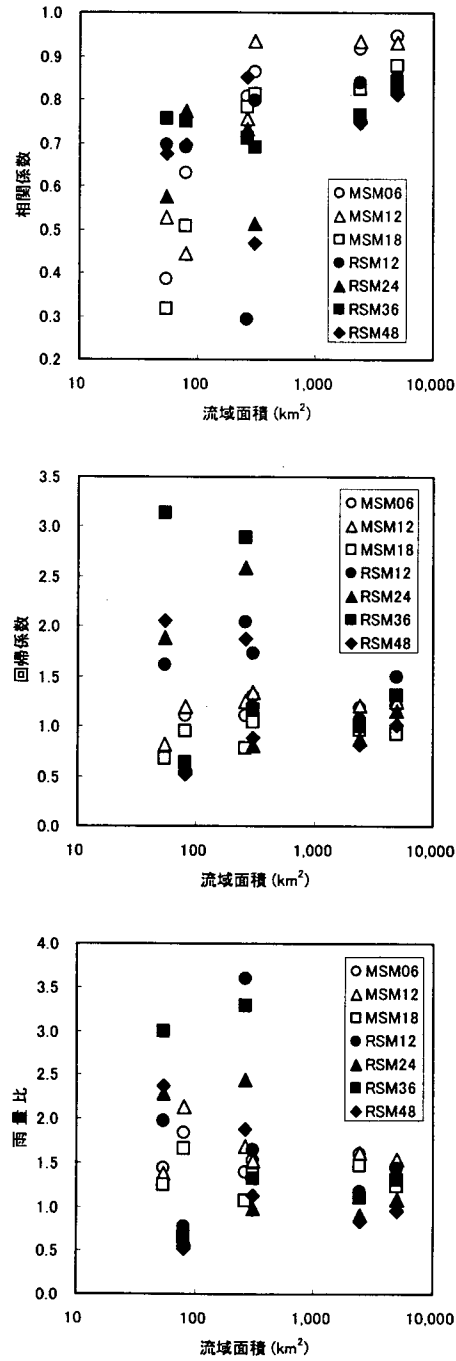


図 2.6 集水面積による精度の比較

2.5 まとめ

ダム貯水池の高水管理では、通常、洪水警戒体制への移行、放流警報・予備放流の準備・執行等の洪水調節に至る一連の判断・作業のため、半日ないし1日前に今後発生する総雨量が必要な情報となる [9]。また、計画放流量に向けた放流開始から通常体制に復帰するまでの時間帯では、ゲート操作のための数時間先までの流入量の予測に必要な短時間雨量が要求される。この際に求められる降雨の予測精度は、先行時間が小さい程、高いものであることはいうまでもない。

本章では、5つのモデル流域の2ないし3降雨を対象として、地上雨量とレーダ・アメダス解析雨量ないし各種予測雨量とを比較した。この結果、降水実況の把握にレーダ・アメダス解析雨量が有用であること、目先1ないし2時間の雨量が降水短時間予報で、ほぼ捕捉可能な結果となっていること、1ないし2日先までの大域的な降雨量が領域モデルによる数値予報で、変動は大きいものの、ある程度は把握できることが知れた。

したがって、現状では、ゲート操作時に用いる短期の予測降雨として数値予報の情報を用いるには、精度的に問題があり、それ以前の行動計画の判断材料としての活用が当面の数値予報の用途と考えられる。

