

洪水予報の迅速化に関する一寄与

建設省北上川下流工事事務所副所長 安 中 敏 夫
 東北大学工学部 教授 岩 崎 敏 夫
 東北大学大学院 学生 ○阿 部 至 雄

1. はしがき

北上川洪水シュミレーターは、昭和38年3月設置されて以来3回の予報業務に利用されたのであるが、実際の演算時間10分ならずで終了するのに対し、雨量資料の入手より計算準備完了迄に3時間程度を要している。本論文では雨量観測点の数も1流域に1点として実際に演算を行ない、従来の多数観測点を使用した演算結果および実測値と比較して観測点をへらすことの影響を調査したものである。これによって実用上観測点をへらすことが可能となれば、テレメタリングの採用によって雨量情報も迅速かつ完全に得られるし、有効雨量の算出およびパッチングも自動化しうるので、洪水予報のための計算は10分内外で終了することができようであろうと思われる。

2. 洪水予報作業の現況

北上川洪水シュミレーターを使用する場合の作業系統を図-1のようになる。

従来の予報業務について、昭和39年9月および昭和40年7月洪水の際の経験によると、作業開始よりアナログ計算の準備完了迄に3時間を要している。このうち、計算機調整、プレパッチボードの結線および河道条件係数設定のためのポテンシオメターの操作その他については、作業順序の表示化、調整点の矢印等による明示および専用プレパッチボードの採用等により準備時間を10分内外におさえることができよう。また、ダム放流量および水位関数はダム管理所と予報センターの連絡方法を工夫すれば解決できよう。

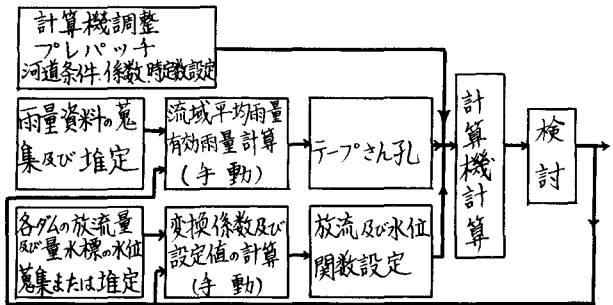


図-1

予報における最大の問題点の一つは、情報の蒐集、流域平均雨量および有効雨量の算定とテア孔速度の向上である。北上川洪水シュミレーターにおける追算および予報における流域分割および分割部分観測所数は表-1のようになっている。

昭和39年9月洪水に際しての雨量入電箇所は表-1の盛岡、花巻、駒頭山、石刈、田瀬、衣川、一ノ関の7カ所の外に宮古、好摩、栗石、岩手山、早池峯山、駒ヶ岳、焼石岳、湯田、本寺、附馬牛の10カ所があったが利用されていない。昭和40年7月には、入電した13資料全部をまた、昭和40年9月には入電した16資料全部を利用している。

このような予報における観測点の選定はかならずしも理論的考察にもとづいたものではなくて、入手したものをかならずしも利用したというところであらう。そこで、つぎに Forecasting のために観測所数をへらすことをこころみた。

3. 代表観測点の選定

なお、表-1の3欄の昭和30年6月～34年9月洪水に対する追算雨量観測点の地点について、各観測点時間雨量 r と各分割流域ごとの平均雨量 r_m との相関係数 C_r を次式によって求めた。

$$C_r = \frac{COV(r, r_m)}{S_r S_{r_m}} \quad (1)$$

$$COV = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{j=1}^n r_j r_{mj} - \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n r_j \times \sum_{j=1}^n r_{mj} \right) \right] \quad (2)$$

$$S_r^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{j=1}^n r_j^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n r_j \right)^2 \right] \quad (3)$$

$$S_{r_m}^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{j=1}^n r_{mj}^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n r_{mj} \right)^2 \right] \quad (4)$$

$COV(r, r_m)$ は r, r_m の共分散、 S_r, S_{r_m} は r および r_m の標準偏差である。流域1については表-1のように30の分割流域にわけなければならないがここでは、わけないでいる。また、34欄の昭和39年9月および昭和40年7月洪水については表示のようなわけ方をした。

計算は1時間雨量と3時間雨量とについてお

こなったが、当然のことながら、3時間雨量の場合の方がやや相関度は高くなっている。しかし流量計算には時間雨量を用いるので表-2にその場合の相関係数の計算結果を示す。相関係数は各洪水ごとにおこなったが、表にはそれらの平均値を示した。これらの表の中より相関度の高い地点を○印[case 1]で、低い地点を△印[case 2]で、また、資料入手の容易な地点を*印[case 3]で示し、各流域ごとの代表点と考えた。表-3の場合は1流域に1代表点をとったことになる。

表-2 昭和30年6月、33年9月および34年9月洪水における各分割流域の平均雨量との相関係数の平均値

流域番号	分割流域名	観測地点名(相関係数)	○良、△悪、*入手容易
2	栗川流域	○盛岡(0.9823) *△浅岸(0.9560) 三本柳(0.9823)	
	残流域2-1	△栗山(0.8448) *△三本柳(0.8514) 日詰(0.8200)	
3	猿石川下流	○付馬牛(0.8683) 〇田瀬(0.9816) *△花巻(0.9077) △大迫(0.8345)	
	樺貫川	〇岳(0.9429) 大迫(0.9185) *△花巻(0.9781)	
4	残3-1	日詰(0.9742) 大迫(0.9786) 〇金谷(0.8165) *△花巻(0.9734)	
	和賀川下流	〇和賀(0.9360) 〇本屋敷(0.9704) *△黒沢尻(0.8678) 〇岩崎新田(0.9427)	
5	豊沢川	△豊沢(0.8674) 〇鉛(0.9589) *△花巻(0.8553)	
	残4-1	△鉛(0.7987) *△花巻(0.9573) 〇黒沢尻(0.9552)	
6	肥後川下流	〇石刈(0.9486) 〇木沢(0.8521) *△岩崎新田(0.9722)	
	広瀬川	〇米里(0.9515) 〇黒沢尻(0.9831) △木沢(0.9819)	
7	残5-1	〇岩崎新田(0.9825) *△黒沢尻(0.9324) △木沢(0.9516)	
	荒川流域	△大平(0.8446) 〇米里(0.8820) 〇木沢(0.9592)	
7	残6-1	〇木沢(0.8993) △大平(0.8352)	
	衣川流域	〇衣川(0.9622) △飯美(0.8776) 本寺(0.9359) 〇桑時(0.9063)	
7	盤井川	△桑時(0.8119) 本寺(0.9276) △飯美(0.9484) 〇市野(0.8958)	
	残7-1	〇衣川(1.0000)	

表-1 流域分割および分割部分観測所数

流域番号	分割流域名	Forecasting 観測所数			
		Hindcasting 観測所数 昭和30-34 昭和34-9	昭和39年9月	昭和40-7	昭和40-9
1	山田田川流域	19	9	朝日橋KT 1回は200mm 一定し、2回 は21時迄の 実測値KT推定値	朝日橋KT 19時迄の 実測値
	御所川流域		7		2(栗石柳山)
	残流域1-1		3		3(盛岡、若手山)
2	栗川流域	3	3	1(盛岡)	1(盛岡)
	残2-1	3			
3	猿石川下流	4	1	40 mm/sec	実測値
	樺貫川	3	5	2(花巻)	3(花巻、 1740高地、 早池峯)
	残3-1	4			3(早池峯、 田瀬)
4	湯田川	1	1	40 mm/sec	実測値
	和賀川下流	4			60 mm/sec
	豊沢川	3	8	2(花巻、 駒頭岳、 石刈)	3(花巻、 北上花巻、 岩崎新田、 駒頭岳、 1740高地、 1740高地)
5	石刈川	1	1	40 mm/sec	実測値
	肥後川下流	3			実測値
	広瀬川	3	5	3(石刈、 花巻)	2(北上、 石刈)
6	荒川流域	3	4	1(衣川)	2(米里、 衣川)
	残6-1	2			1(一関)
7	衣川流域	4			
	盤井川	5	6	2(衣川、 一関)	3(一関、 大森山)
7	残7-1	1			2(一関、 国見山)

表-3 昭和39年9月、40年7月洪水における各分割流域・平均雨量との相関係数の平均値

分割流域名	観測地点名(相関係数)	○良、△悪、*入手容易
山田田川流域	△岳(0.8458) 〇栗山(0.7244) 〇岩崎(0.9549) 〇北山形(0.8382) 〇若手山(0.9577) 〇平館(0.9761) 〇鈴原(0.9912) 〇松尾(0.7686) *△若手山(0.9122)	
御所川流域	〇岩山(0.9405) △葛根田(0.8745) *〇駒頭岳(0.8996) 〇栗石(0.9261) 〇橋場(0.9670) 〇大村(0.9440) 〇740高地(0.6912)	
残-1	△若手山(0.8935) *△盛岡(0.9678) 〇区界(0.9026)	
残-2	*△盛岡(0.8682) 〇区界(0.7629) 〇紫波(0.9625)	
残-3	〇紫波(0.9244) 〇花巻(0.9495) 〇大迫(0.9767) 〇早池峯山(0.8005) *△田瀬(0.9371)	
残-4	〇花巻(0.9430) 〇北上(0.9501) 〇金谷(0.8655) 〇1740高地(0.9344) 〇駒頭岳(0.8901) *△湯田川(0.8822) 〇740高地(0.8408) 〇岩崎新田(0.8898)	
残-5	〇北上(0.7600) 〇木沢(0.8911) 〇岩崎新田(0.9598) *〇石刈(0.8586) 〇大森山(0.8450)	
残-6	〇水沢(0.9355) *〇石刈(0.8565) 〇大平(0.9813) 〇丸森山(0.8546)	
残-7	*〇衣川(0.8771) 〇国見山(0.9096) △一関(0.5045) 〇市野(0.4772) 〇本寺(0.9533) 〇桑時(0.8952)	

4. 平均雨量の算出

つぎに、上のようにて選定した代表観測点の観測雨量と分割流域平均雨量との比を計算し、各分割流域においてこの代表雨量観測所を設けた場合の各雨量観測所の観測値に乘ずべき補正係数をもとめた。表-4にその結果を示す。そこで各洪水について表-4にのべた補正係数を用いて流域平均雨量をもとめた。

そしてこれを用いて洪水の流出および洪水波の計算をアナログ計算機によっておこなった。

5. 洪水の計算の比較

表-5.6は、上のべた3種類の代表観測点雨量によって平均雨量を求めておこなった、アナコン計算の最大ピーク時の流出の比較結果であって、数字は実測値に対する差および%で

表-5 各洪水予報地点の最大ピーク時の流出の比較
上段：実測値との差 (m³/sec)
() : %

H: 水位 Q: 流量	昭和30年6月洪水									
	実測値		追算値		Case 1		Case 2		Case 3	
	H(m)	Q(m ³ /sec)	H(m)	Q(m ³ /sec)	H(m)	Q(m ³ /sec)	H(m)	Q(m ³ /sec)	H(m)	Q(m ³ /sec)
明治橋			118.83	1100						
茨波橋	930	1410	-0.40 (-0.5)	-250 (-17.7)	-0.35 (-0.4)	-210 (-14.9)	-0.25 (-0.3)	-145 (-10.3)	-0.25 (-0.3)	-145 (-10.3)
朝日橋	674	2050	-0.73 (-1.0)	-560 (-24.4)	-1.10 (-1.6)	-260 (-9.8)	-1.3 (-2.6)	-520 (-25.3)	-1.61 (-2.3)	-1320 (-25.6)
男山	54.5	4700	-0.45 (-0.9)	-520 (-11.1)	-0.55 (-1.1)	-150 (-3.9)	-1.08 (-2.3)	-1180 (-25.7)	-0.77 (-1.4)	-1300 (-27.6)
樫木橋	37.5	5000	-0.32 (-0.8)	-370 (-7.4)	-0.35 (-0.9)	-420 (-8.4)	-1.62 (-4.1)	-1320 (-26.4)	-1.40 (-3.5)	-1600 (-32.0)
大曲橋	282	5000	-0.35 (-1.2)	-450 (-9.0)	-0.20 (-0.7)	-300 (-6.0)	-1.95 (-4.9)	-1850 (-27.0)	-1.53 (-4.4)	-1600 (-32.0)
狐禅寺	21.85	3800	-0.80 (-3.7)	-1050 (-27.6)	-0.50 (-1.3)	-350 (-9.2)	-1.80 (-4.8)	-2100 (-55.3)	-1.55 (-4.1)	-1900 (-50.0)

昭和33年9月洪水										
H: 水位 Q: 流量	実測値		追算値		Case 1		Case 2		Case 3	
	H(m)	Q(m ³ /sec)	H(m)	Q(m ³ /sec)	H(m)	Q(m ³ /sec)	H(m)	Q(m ³ /sec)	H(m)	Q(m ³ /sec)
明治橋			130.20	2780						
茨波橋	950	3070	-0.35 (-0.3)	-130 (-4.2)	-0.12 (-0.2)	-90 (-2.9)	-0.12 (-0.2)	-90 (-2.9)	-0.12 (-0.2)	-90 (-2.9)
朝日橋	68.5	3480	-0.73 (-1.1)	-220 (-6.3)	-1.53 (-2.2)	-670 (-19.2)	-1.43 (-2.0)	-510 (-14.1)	-1.35 (-1.9)	-470 (-13.5)
男山	54.2	4100	+0.06 (0)	+380 (+9.3)	+0.55 (+1.5)	+1100 (+26.8)	+0.33 (+0.8)	+800 (+19.5)	+0.20 (+0.4)	+700 (+17.1)
樫木橋	40.5	4330	-0.60 (-1.5)	-250 (-5.7)	+0.23 (+0.5)	+1250 (+28.7)	+0.04 (+0.1)	+500 (+11.6)	-0.35 (-0.8)	-550 (-12.8)
大曲橋	27.9	4500	+0.3 (+1.1)	+200 (+4.4)	+1.0 (+2.6)	+1070 (+23.8)	+0.82 (+1.9)	+900 (+20.0)	+0.6 (+1.1)	+500 (+11.1)
狐禅寺	22.5	3900	-0.1 (-0.5)	+120 (+3.1)	+0.95 (+2.4)	+1400 (+35.7)	+0.75 (+1.9)	+1300 (+33.3)	+0.35 (+0.9)	+1100 (+28.0)

昭和34年9月洪水										
H: 水位 Q: 流量	実測値		追算値		Case 1		Case 2		Case 3	
	H(m)	Q(m ³ /sec)	H(m)	Q(m ³ /sec)	H(m)	Q(m ³ /sec)	H(m)	Q(m ³ /sec)	H(m)	Q(m ³ /sec)
明治橋			119.13	1650						
茨波橋	96.0	2200	-0.62 (-0.7)	-500 (-22.7)	+0.15 (+0.1)	+150 (+6.3)	+0.4 (+0.3)	+360 (+16.4)	+0.40 (+0.3)	+360 (+16.4)
朝日橋	68.5	1970	+0.55 (+0.8)	+30 (+1.5)	+1.8 (+2.6)	+1500 (+48.1)	+1.35 (+1.9)	+1300 (+41.2)	+1.35 (+1.9)	+1300 (+41.2)
男山	52.7	2170	+0.25 (+0.4)	+430 (+9.8)	+1.4 (+2.6)	+2030 (+43.5)	+1.0 (+1.9)	+1530 (+30.5)	+0.95 (+1.8)	+1380 (+26.6)
樫木橋	37.5	3350	+0.05 (+0.1)	-650 (-19.3)	+1.4 (+3.7)	+850 (+23.9)	+0.50 (+1.0)	+2050 (+41.0)	+0.8 (+1.1)	+1500 (+44.2)
大曲橋	26.4	3000	-0.23 (-0.3)	-300 (-10.0)	+1.12 (+2.4)	+1350 (+44.9)	+0.27 (+0.5)	+800 (+26.7)	+0.57 (+1.1)	+900 (+30.0)
狐禅寺	18.35	2300	+0.35 (+1.1)	+100 (+4.3)	+2.35 (+12.8)	+1250 (+54.4)	+1.85 (+10.1)	+1550 (+67.1)	+1.60 (+8.7)	+1900 (+81.7)

表-4 補正係数の計算結果

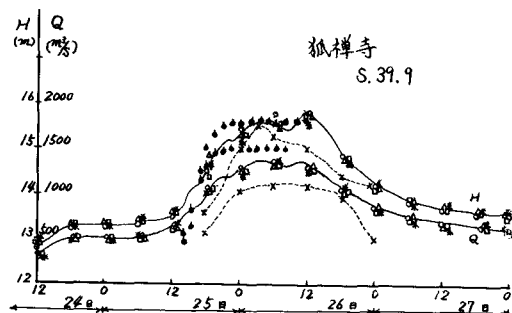
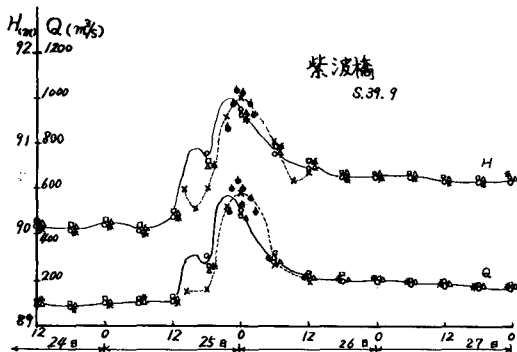
○良い △悪い *入手の容易さ

流域番号	分割流域名	昭30-6	昭33-9	昭34-9	昭39-9	昭40-7
1	四ノ田 谷流域				○谷口 0.9076 * 谷口 0.6791 △ 西谷 1.0660	0.5093 0.1760 0.3693
	御所谷 流域				○栗石 0.730 * 高田 0.670 △ 高田 1.0660	1.1849 0.5895 1.1112
	残流域 1-1				○高田 1.0660 △ 高田 0.670	1.0503 0.5849
2	築川流域	○盛岡 0.8423 * 筑波 1.4553	0.9016 1.4506	2.1513 1.1272	○区界 0.9779 * 盛岡 1.1602	1.0838 1.1510
	残流域 2-1	○白河 0.7658 * 三本木 2.1280	1.2175 0.9866	1.3219 3.7271		
3	猿ヶ石川 下流流域	○田代 1.072 * 花巻 0.7639 △ 大田 1.4447	1.2791 0.7385 1.6784	1.1245 0.9697 1.8100	○大田 1.1840 * 田代 0.9532 △ 早稲 0.7709	0.9368 0.9789 1.4578
	神貫川 流域	○音 1.2931 * 花巻 1.2335	0.8648 0.7165	1.0008 1.0272		
	残流域 3-1	○釜 0.8837 * 花巻 1.2335	1.5570 1.4871	3.6222 1.8685		
4	和賀川 下流流域	○本庄 2.0836 * 大田 3.3267	1.8336 1.3085	0.8676 4.9940	○花巻 1.1033 * 湯田 1.1618 △ 790高地	1.6428 0.9073 0.9866
	豊沢川 流域	○釜 0.9739 * 花巻 2.1942 △ 釜 1.2172	1.0870 1.3348 0.8939	1.3448 1.4303 2.4525		1.7756
	残流域 4-1	○釜 1.2337 * 釜 0.6387	1.0511 1.6374	0.9725 2.6606		
5	胆沢川 下流流域	○石巻 1.1024 * 岩手 1.3357 △ 釜 1.4833	0.7489 1.3357 1.4833	0.8224 0.9153 2.8831	○北上 0.9144 * 石巻 1.1024	0.8638 1.1393
	大瀬川 流域	○釜 1.4833 * 釜 1.4833	1.0808 0.8909	1.0448 0.8982		1.2874
	残流域 5-1	○釜 1.4833 * 釜 1.4833	0.9405 1.4336	0.7423 3.2716		
6	荒川 流域	○釜 1.8776 * 釜 1.8776	1.4538 1.0112	1.0688 1.0889	○大平 0.8706 * 釜 1.8776 △ 釜 1.8776	0.9714 0.8203 1.2073
	残流域 6-1	○釜 1.8776 * 釜 1.8776	1.0574 1.2748	1.0287 1.2068		
	衣川流域	○釜 1.8776 * 釜 1.8776	1.2817 1.3179	1.5186 3.9779	○国見 1.1423 * 釜 1.8776	0.8747
7	盤井川 流域	○釜 1.8776 * 釜 1.8776	1.1017 1.6140	3.2536 2.1099	○釜 1.8776 * 釜 1.8776	1.1234
	残流域 7-1	○釜 1.8776 * 釜 1.8776	1.4033 1.0000	0.5830 1.0000	○釜 1.8776 * 釜 1.8776	2.1259

表-6 各洪水予報地点の最大ピーク時の流出の比較 上段:実測値との差(m, m/sec)
(): %

H:水位 Q:流量	昭和39年9月洪水										昭和40年7月洪水									
	観測値		推算値		case 1		case 2		case 3		観測値		推算値		case 1		case 2		case 3	
	H(m)	Q(m³/s)	H(m)	Q(m³/s)	H(m)	Q(m³/s)	H(m)	Q(m³/s)	H(m)	Q(m³/s)	H(m)	Q(m³/s)	H(m)	Q(m³/s)	H(m)	Q(m³/s)	H(m)	Q(m³/s)	H(m)	Q(m³/s)
明三橋			61.7	430							61.7	430								
柴波橋	91.4	91.6	630	-0.13 (-0.1)	-80 (-2.9)	-0.08 (-0.1)	-60 (-2.9)	-0.15 (-0.1)	-90 (-2.1)	-0.13 (-2.1)	92.1	885	92.1	885	92.1	885	92.1	885	92.1	885
朝日橋	67.0	67.7	588	-0.03 (-0.04)	+340 (+3.2)	0.01 (+0.01)	+420 (+3.4)	-0.05 (-0.07)	+210 (+3.6)	-0.07 (-0.09)	68.1	1550	68.1	1550	68.1	1550	68.1	1550	68.1	1550
男山	51.75	51.7	985	+0.1 (+0.2)	+15 (+1.5)	+0.17 (+1.7)	+25 (+2.6)	+0.07 (+0.7)	-45 (-4.6)	+0.10 (+1.0)	53.0	2580	53.0	2580	53.0	2580	53.0	2580	53.0	2580
杣木橋	37.0	51	51	-0.07 (-0.2)	+100 (+1.3)	-0.03 (-0.1)	+140 (+1.8)	-0.13 (-0.3)	+20 (+0.3)	-0.13 (-0.3)	38.1	3180	38.1	3180	38.1	3180	38.1	3180	38.1	3180
大曲橋	25.0	25.4	1300	-0.07 (-0.3)	+100 (+7.6)	-0.03 (-0.1)	+140 (+1.8)	-0.13 (-0.3)	+20 (+0.3)	-0.13 (-0.3)	26.9	3100	26.9	3100	26.9	3100	26.9	3100	26.9	3100
狐禅寺	15.7	15.9	150	-0.14 (-0.9)	+170 (+1.3)	-0.02 (-0.1)	+30 (+0.4)	-0.27 (-1.7)	-300 (-1.9)	-0.27 (-1.9)	19.3	2700	19.3	2700	19.3	2700	19.3	2700	19.3	2700

図-2 case 1 △ case 2 * case 3 □ Hind casting値 × Forecasting値 ● 実測値



示した。図-2には、2節でのべた実際の予報値、Hind casting 値および実測値との比較例を示す。これらによって、つぎのことがわかる。

- 1) 昭和30年6月~昭和34年9月の洪水に対しては、それほどよくあわない。
- 2) 昭和39年9月、昭和40年7月の洪水については、かなりよくあう。

代表観測地点を選定する際、相関度の高さ低さというものが実際の出水の上にとのうに影響するかが問題となるが、昭和39年9月、昭和40年7月洪水についてみれば、狐禅寺のような下流部においても出水のたふ上りと、下流部の所に多少影響する程度でPeakの所にはほとんど影響しないことがわかる。

6. あとがき

今回提示した流出解析の方法が確立すれば、欠測等の問題もなくなり、また有効雨量の算出まであらかじめディジタルコンピュータでプログラミングしておけば、上流部でも、より迅速かつ有効な洪水予報が可能になる。ここで、流域平均雨量を算出する際用いる補正係数の値が各洪水について大きくばらつく場合には実用上問題となるが、そのときは、台風の経路とか等線の位置など洪水の型によって、相関係数ともあわせて、類別すればある程度統計的な法則性を見い出さうことも可能と思われる。

今回は、扱った洪水の種類も少く考察することと省いたが、今後の研究課題の一つとしたい。本研究は昭和40年度文部省科学研究交付金特定研究(河川災害予知の総合的研究(代表者石原安雄)の助成とされたことに謝意を表す。

参考文献

- 1) アナコンによる洪水予報(現況) 昭和41年1月27日 東北地方建設局若手工事事務所
- 2) 第12回洪水予報技術研究会 研究論文集 昭和38年12月 北上川、阿武隈川、洪水予報連絡会
- 3) 第14回 昭和40年12月