

金沢大学工学部 正員 高瀬信忠
同 上 正員 宇治橋康行

1 まえがき 流量時系列中には、その測定時間単位にかかわらず、流量パターンと呼ばれる明確なグループ（例えば高水流量と低水流量）が存在することは良く知られている。Panuらはこのような流量パターンに基づきパターン認識手法を応用した流量時系列の特徴予測とシミュレーションを行ない、著者らも多雪地帯の月平均流量に対して適用し、その有用性を確かめた。しかし、年周期が明確かつパターンクラスあるいはパターンベクトルの次元が少ない月流量データに対し、時間間隔の短いデータ（旬・半月・月等）に対して適用する場合、パターン分割等に問題が生じる。本研究は、パターン認識手法を用いたシミュレーション手法の旬平均流量データへの適用について検討したものである。解析には信濃川水系魚野川堀之内の昭和27年～昭和57年のデータを用いた。

2 旬平均流量データのパターン認識システム 流量時系列のパターン認識システム構成の詳細は参考文献に譲り、図-1に流れ図のみを示す。図-2に魚野川堀之内の旬平均流量のコレログラムを示す。図より一年の中に11月の高水流量グループと2月の低水流量グループが存在することが分る。したがって、基本的には2シーズンに分割すべきであるが、ここではパターンベクトルの次元を大きくし、各パターンベクトルの次元を同じにすることを考え、一年を2ヶ月（6旬）単位の6シーズンに分割した。各シーズンの期間、ピーク・谷ヒストグラムおよび月単位での解析結果を参考にし、第1パターン（3月上旬～4月下旬）、第2パターン（5月上旬～6月下旬）、第3パターン（7月上旬～8月下旬）、第4パターン（9月上旬～10月下旬）、第5パターン（11月上旬～12月下旬）、第6パターン（1月上旬～2月下旬）とした。各パターンクラスのパターンベクトルの多変数正規性をKolmogorov-Smirnov検定を用いて検定した結果、第1、第5、第6パターンは有意水準5%で多変数正規分布と見なされたが、他の3パターンは多変数正規分布と見なされなかった。そこでこれらのパターンの各要素の周辺正規性を検定し、周辺正規性を満たさない要素に対して式(1)のHinkley変換を行なった。各要素の変換指数を表-1に示す(0は対数変換)。

$$X_{ij} = (x_{ij}^T - 1) / T \tag{1}$$

パターンベクトルの分散・共分散行列の正規化された固有ベクトルを列に持つ行列を用いて線形変換を行ない、特徴抽出した結果、第1パターンの第6要素、第2パターンの第5要素、第5パターンの第3要素、第6パターンの第3、第4要素で正負の値を生じた以外、他のすべての要素は正または負の値のみとなり、各パターンクラスのreference vectorの数、第1、2、5の各パターンクラスで2個、第3、4のパターンクラスで1個、第6パターンクラスで4個の計12個であった。各パターンクラスの代表

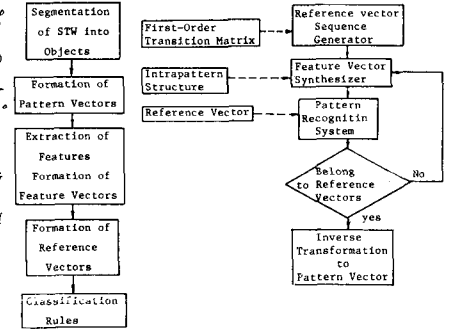


図-1 パターン認識システム及びデータシミュレーションの流れ図

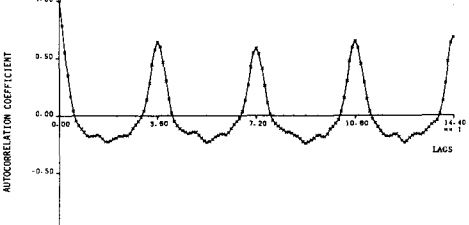


図-2 魚野川堀之内旬平均流量のコレログラム

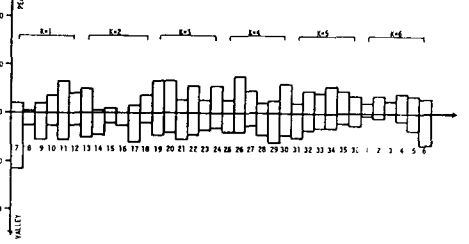


図-3 魚野川堀之内旬平均流量のピーク・谷ヒストグラム

表-1. パターンベクトル要素の変換指数

pattern class	power of Hinkley transform					
	1	2	3	4	5	6
2	0.4249	0.4874	0.4009	0.4132	0.5055	0.0754
3	0.2486	0.3748	0.0	0.0459	0.2862	0.2690
4	0.3111	0.0	0.0	0.3584	0.4527	0.1243

的 reference vector とその
 95% 信頼限界を図-4に
 示す。最小距離、誤認
 率を用いて既知パタ
 ーンを認識した結果、
 オ1パターンで1個、
 オ2パターンで4個、

表-2 一次マルコフ遷移行列

		Reference vectors											
		11	12	21	22	31	41	51	52	61	62	63	64
Reference vectors	11												
	12			[0.333 0.667]									
	21			[0.167 0.833]									
	22					[1.0]							
	31						[1.0]						
	41							[1.0]					
	51								[0.233 0.767]				
	52									[0.429 0.0 0.429 0.142]			
	61										[0.348 0.0 0.478 0.174]		
	62											[0.7 0.8]	
63												[0.0 0.0]	
64												[0.692 0.308]	
65												[0.2 0.8]	

オ5パターンで2個、オ6パターンで5個の誤認が
 生じたのみで認識の結果は良好であった。オ2パタ
 ーンおよびオ6パターンで誤認のケースが乏しい
 のは、パターンクラス内の reference vector の 95%
 信頼限界の重なり合う部分が多いため、オ6パタ
 ーンクラスの場合のようにサブパターンクラスが多
 くなると各 reference vector の要素の標準偏差の推定
 精度が落ちるためと考えられる。各 reference vector
 の生成を表す一次マルコフ遷移行列を表-2に示す。

3. データシミュレーション データシミュレ
 ションの流れ図は図-1に示すとおりである。前述のパターン
 認識システムと一次マルコフ遷移行列およびパターンベクト
 ルの多変数正規分布に基づくデータシミュレ
 ションの結果を、時系列レベルに対して

は表-3に、旬レベルに対しては表-4にそれ
 ぞれ示す。表は30回のシミュレーションの
 平均値とその標準偏差を示してある。表-3
 4より明らかのように、実測値の時系列レ
 ベル、旬レベルともに模擬発生値の95%信頼
 限界内にあり、旬レベル、時系列レベルの両方
 においてデータの再現性は良いと言える。シミュ
 レーション結果の一例を図-5に示すが、実測値
 模擬発生データは良く一致しており、この手法
 がデータシミュレーションだけでなく予測手法
 としても十分利用できることを示している。

4. おわりに 旬平均流量のようにパターン
 クラス、パターンベクトルの次元が大きい場合
 でも適当な変換と特徴抽出によりサブパター
 ンの数を減少させることができ、この手法が十分
 用いられるものであることが確かめられた。以下、一つのパターンクラスに多数のサブパターンが存在する場合、
 こゝで用いた認識システムでは誤認の数が増加する。パターン分割の差の結果に及ぼす影響とともに今後の検討
 課題であらう。 参考文献 1) U.S. Panu, I.E. Umy: Entropy Concept in Feature Extraction and Hydrologic Time Series Synthesis, Modeling
 Hydrologic Process, pp.101-115, 1977. 2) 高橋 宇右衛門: パターン認識手法による多変数データの流量時系列の解析とシミュレーション, 水資源管理講演集, 1985.

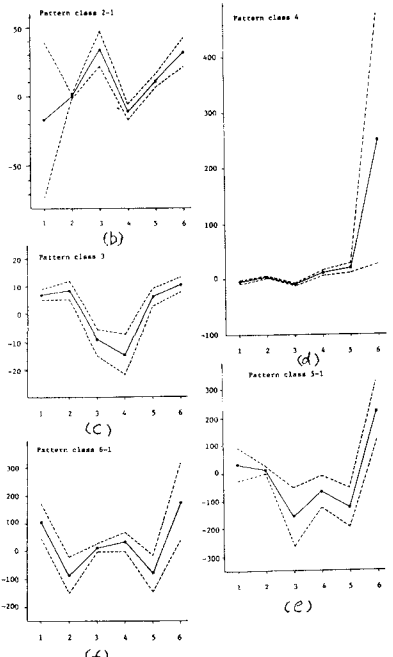
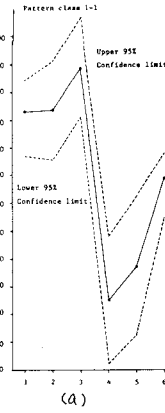


図-4 各パターンクラスの代表的 reference vector

表-3 時系列レベルでの統計量の比較

	mean	s.d.	lag 1 AC	skew.	kurt.	H-statistic
X	167.25	134.00	0.4967	1.703	6.155	0.533
S	15.73	54.69	0.3651	0.406	2.176	0.109
Hist.	161.43	120.20	0.783	1.944	6.806	0.525

表-4 旬レベルでの統計量の比較

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
MEAN	105.1478	98.9995	90.3405	92.7115	91.8427	135.3511	121.3155	131.4054	230.4380	344.8947	450.8833	427.4441
S.D.	17.9150	23.7193	12.4211	28.0541	37.7308	48.9423	44.7338	61.6375	66.4448	27.3498	84.9818	94.8983
DATA	102.9194	98.0882	90.3442	92.3543	91.1404	112.2809	124.7972	135.0264	230.3951	344.3837	449.0288	434.1348

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
MEAN	389.9863	279.3432	210.8293	154.5782	127.4248	194.6758	161.9750	166.9225	244.8784	156.3500	73.2671	95.2414
S.D.	179.0245	32.0398	41.9233	30.4374	22.4993	204.2468	57.7878	22.6159	295.7117	162.3919	44.5807	14.4494
DATA	378.2302	289.5759	219.0433	159.0394	130.8929	156.4487	190.2904	182.8164	159.1552	117.1049	100.4682	104.3272

	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
MEAN	87.4702	117.2945	174.4570	95.4398	88.1417	102.2251	100.5504	124.4265	139.6169	132.4121	136.4047	125.9227
S.D.	14.0522	94.9204	245.5488	32.7661	19.4753	15.3987	32.9049	24.6840	40.6077	22.7014	43.0745	23.1533
DATA	89.2440	101.7122	104.2425	94.1072	88.9785	100.2155	100.1042	124.0815	136.3644	132.9729	131.7594	125.1842

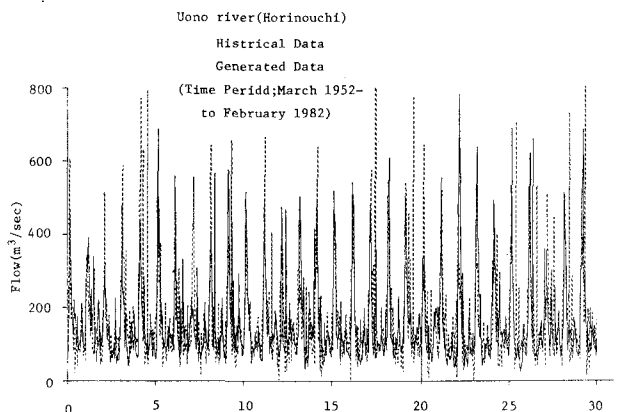


図-5 魚野川旬平均流量のシミュレーションの一例