

土地利用・農業生産・人口の変動と河川流況の関係に関する一考察

(独) 土木研究所・(独) 科学技術振興機構
(独) 土木研究所

正会員
正会員

○手計
吉谷

太一
純一

1. はじめに

著者らは、社会変動が水循環へ及ぼす影響を評価する Chao Phraya 川流域のモデルの構築を試みている。Chao Phraya 川流域(図-1)は、タイ王国最大の流域面積を持ち、同国内人口の約40%を抱え、GDPの約60%を生産する社会・経済的に極めて重要な地域である。また、本対象流域は明瞭な雨期と乾期があり、水資源の有効な利活用は同国政府にとって重要な課題である。このような状況を鑑み、流域の社会変動と下流の河川流況の関係を捉えたと共に、その評価モデルの構築とその精度の検討を試みた。

対象流域では、Nakhon Sawan 市より下流において大規模な取水が行われているため、ここでの流況を把握することは極めて重要であることから、Nakhon Sawan 市より上流域の社会変動がこの市に位置する C.2 観測所の河川流況に与えた影響に着目した。

2. データ

本稿で利用した水文データは、タイ王立灌局が観測している1957年から1990年までのNakhon Sawan (C.2 観測所; 流域面積 110,560km²) における日流量、256箇所の雨量観測所データを基にティーセン法を用いて算出した流域平均雨量である。さらに、上流にある二つの大規模ダム(Bhumibol, Sirikit)の日流入量、日放流量を利用して、自然流量を再現した。

また、社会変動因子の中で、河川流況に影響を与えていると考えられ、かつ比較的容易に入手できるデータとして次の5つの因子に着目した。(1)森林面積、(2)畑地面積、(3)水田面積、(4)人口、(5)雨期作米生産量である。そして、水文データと同様に1957年から1990年までの期間を対象とした。これらのデータは、「Statistical Yearbook Thailand」と「Agricultural Statistics of Thailand」から抽出したものである。いずれの資料とも日本国内で入手可能である。各種面積については、流域面積に占める割合に、人口は人口成長率に換算して解析を行った。

3. 解析方法

(1) 自然流量の再現

対象流域には二つの大ダム貯水池により極めて顕著に流況が変化している¹⁾。そのため、ダム貯水池の影響を排除したC.2観測所の日流量(Q_{C2mod})を次式を利用して算出した。Q_{C2mod} = Q_{C2} + (Q_bin - Q_bout) + (Q_sin - Q_sout)。ここで、Q_{C2}はC.2における流量観測値、Q_binとQ_boutはBhumibolダムからの流入量と放流量、Q_sinとQ_soutとはSirikitダムからの流入量と放流量である。

(2) 重回帰分析

目的変数をQ_{C2mod}、説明変数を流域平均雨量、流域に占める森林面積、畑地面積、水田面積の割合、人口成長率、雨期作米生産量の6つとして重回帰分析を行った。分析した時期は、「月」、「年」、「雨期(1月から6月)」、「乾期(7月から12月)」に着目し、本稿では特に「年」、「雨期」、「乾期」について結果を示す。それぞれについて、一次の重回帰式を求めるとともにその精度の検証、将来予測とその検証を行った。

キーワード：重回帰分析，河川流況，社会変動，相互作用，Chao Phraya 川流域
連絡先：〒305-8516 つくば市南原1-6 (独) 土木研究所 ユネスコセンター設立推進本部 TEL 029-879-6779

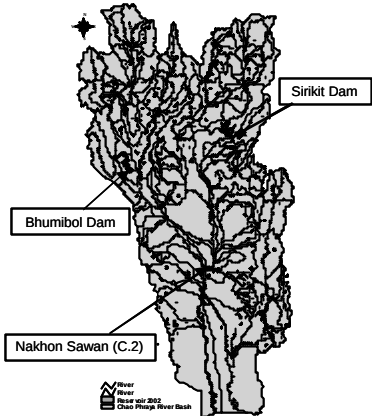


図 - 1 Chao Phraya 川流域

表 - 1 1957年から1990年までの各「月」、「年」、「雨期」、「乾期」におけるQ_{C2mod}と各説明変数の回帰係数とそれぞれの重回帰式の寄与率、重回帰係数、F検定を行った結果

Month	Correlation Coefficient between Runoff vs Criterion Variables						Multiple Regression Analysis			
	Area Averaged Rainfall(mm)	Forestland (%)	Crops (%)	Northern Paddyland (%)	Pop. Growth (%)	Northern Major Rice Production (t,000ton)	R ² Coefficient	R: Multiple Correlation Coefficient	P Value	F Test (99%)
Jan	-0.01187	-0.32387	0.22112	0.43326	-0.17152	0.37754	0.55114	0.74238	0.00077	Significance
Feb	0.00381	-0.32007	0.24231	0.58244	-0.11105	0.32287	0.50338	0.71543	0.00019	Significance
Mar	-0.01093	-0.78295	0.73062	0.80626	-0.50041	0.78027	0.69828	0.83563	0.00001	Significance
Apr	-0.02075	-0.74201	0.67743	0.78326	-0.42491	0.78897	0.69883	0.83599	0.00001	Significance
May	0.05711	-0.70650	0.67093	0.74472	-0.60240	0.69014	0.59159	0.76914	0.00024	Significance
Jun	0.02487	-0.68071	0.57854	0.63091	-0.58543	0.61889	0.59577	0.76118	0.00051	Significance
Jul	0.47487	-0.23223	0.17553	0.31264	-0.35226	0.18879	0.49625	0.70445	0.00004	Significance
Aug	0.05001	0.03571	-0.10933	0.06504	-0.08846	-0.08878	0.60244	0.77631	0.00017	Significance
Sep	0.23708	0.34400	-0.40223	-0.24038	0.10985	-0.33272	0.82080	0.95593	0.00000	Significance
Oct	0.68876	0.39850	-0.41660	-0.32251	0.11541	-0.40085	0.86382	0.81478	0.00002	Significance
Nov	0.63362	0.03310	-0.04990	0.02541	0.02012	-0.01078	0.51493	0.71759	0.00134	Significance
Dec	0.41124	-0.51943	0.40261	0.53307	-0.34112	0.52265	0.54581	0.71151	0.00153	Significance
Yearly	0.83129	0.03678	-0.09970	0.05555	-0.12173	-0.04539	0.83383	0.92943	0.00000	Significance
dry(Jan-Jun)	0.48455	-0.76717	0.70999	0.78131	-0.59832	0.77642	0.79150	0.88995	0.00000	Significance
Wet(Jul-Dec)	0.77006	0.20810	-0.26973	-0.10907	0.01084	-0.21986	0.78764	0.88743	0.00000	Significance

表 - 2 目的変数を「年流出量」とした時の偏回帰係数の経年変化

Period	Number of Year	Partial Regression Coefficient						Constant Number
		Area Averaged Rainfall(mm)	Forestland (%)	Crops (%)	Northern Paddyland (%)	Pop. Growth (%)	Northern Major Rice Production	
1957-1965	9	0.279054041	-2627.529064	13529.80978	-38062.24664	-14422.37578	0.010928162	4660.302308
1957-1970	14	0.412247814	920.0788521	-4753.361674	2533.440906	-12272.5805	0.015310054	-621.4195656
1957-1975	19	0.43322103	-222.7902779	-1574.220573	55.4098189	-3558.497166	0.019488123	-48.61621655
1957-1980	24	0.456891888	-510.5225802	-1325.305178	-682.2044636	-3406.059378	0.01215592	185.4174063
1957-1985	29	0.441145289	-470.6611566	-2016.626643	-143.4674831	-3014.357479	0.012366304	140.7596144
1957-1990	34	0.42531448	-397.6446306	-2937.283169	389.2360216	-2811.658672	0.021967344	61.94572881

表 - 3 重回帰式の精度の一覧

Period	R ²	R	P Value	F Test (99%)
1957-1965	0.950822877	0.97510147	0.14039513	---
1957-1970	0.924149836	0.961327122	0.001317243	Significance
1957-1975	0.914753939	0.956427697	9.23328E-06	Significance
1957-1980	0.904203168	0.95089582	9.15325E-06	Significance
1957-1985	0.875695955	0.935786277	6.70508E-06	Significance
1957-1990	0.863832126	0.929425897	1.74973E-10	Significance

4. 解析結果

表-1は1957年から1990年までの各「月」、「年」、「雨期」、「乾期」における QC_{2mod} と各説明変量の回帰係数とそれぞれの重回帰式の寄与率、重相関係数、F検定を行った結果を示している。回帰係数が ± 0.7 以上について灰色で塗りつぶしてある。特に乾期において、回帰係数が ± 0.7 以上の傾向が強く、土地利用が河川流況へ影響を与えていることが推察できる。重回帰分析において、寄与率や重相関係数は、説明変数の数を増すと大きくなり、より「 ± 1 」に近づくという性質を持っているので、この二つの係数だけでは客観的な精度の評価はできない。そのため、重回帰式の精度検証のためにF検定を利用する。F検定の結果に注目すると、全ての重回帰式が99%有意であり、その精度が高いことから、本稿で挙げた説明変量は適切であったと言える。次に偏回帰係数が経年的に大きく変化するようであれば、「予測」には利用できないことに着目した。いずれの説明変量の偏回帰係数とも経年的に一定値に収束している。これは個体数の増加と共に偏回帰係数が安定してきていることを意味する。さらに、表-3には表-2の偏回帰係数を用いた重回帰式の精度を示している。ここでも、経年的に、言い換えれば個体数の増加と共に重回帰式の精度も向上している。また、他国の流域などに適用する場合、社会変動の統計データが毎年でなく5年毎や10年毎しか存在しないという状況も考えられるので、乱数的に統計データの存在する年の抽出を行い、重回帰式を求め、その精度を検証すると、個体数が13個から15個以上でF検定(99%)の有意性を確保できることがわかった。

次に本解析方法を利用して河川流況の予測可能性について考察するために、1957年から1980年までのデータを用いて重回帰式を求め、1981年から1990年までの「年流出量」、「雨期の流出量」、「乾期の流出量」の予測、その精度の検証を行った。いずれの重回帰式ともF検定で99%の有意性があった。図-2は「年流出量」の実績値、重回帰式、予測値と予測の幅である。1981年から1984年までは極めて精度良く予測できているものの、10年間と通してその精度を検定すると、その有意性は低かった。しかし、実績値は95%信頼幅には入っていることから改善の余地はあることが窺える。図-3は「雨期の流出量」の実績値、重回帰式、予測値と予測の幅である。予測値の精度を検定するとF検定で95%の有意性があり、精度が高いことが示された。図-4は「乾期の流出量」の実績値、重回帰式、予測値と予測の幅である。予測値が実績値から大きく離れ、95%信頼幅の下限値付近に推移している。この予測精度の悪さは、前述した二大ダムの他に存在する小・中規模ダムの影響や小規模な堰による流況のコントロール、記録に無い取水といったことが要因であると推察できる。

5. まとめ

社会変動と水循環の相互作用評価モデル構築の一貫として、社会変動要因を「土地利用」、「農業生産」、「人口」に絞り、それらの因子と河川流況がどのような関係であるのか、そして河川流況予測が可能であるのかを検討した。その結果、下流の河川流況の予測には説明変量として「流域平均雨量」、「流域に占める森林面積」、「流域に占める畑地面積」、「流域に占める水田面積の割合」、「人口成長率」、「雨期作米生産量」の6因子であることが示された。過去の河川流況を再現するには極めて精度の良い重回帰モデルを構築できた。また、将来予測においては、雨期における流出量は非常に良い精度で予測することができた。さらに、年流出量については、1年から4年先までの予測の精度は良かった。一方で、乾期における流出量の予測精度は悪かった。その要因として、乾期は雨が少なく、河川水を厳格に管理し、主に農業用取水が頻繁に行われていることが挙げられる。このような影響を排除すれば、予測精度の向上に繋がると考えられる。

参考文献

- 1) 手計太一, 吉谷純一, Chanchai Suvanpimol (2004): タイ王国・Chao Phraya 川流域における大ダム建設が下流の流況に与えた影響, 土木学会水工学論文集, 第48巻, pp. 481-486.

謝辞: 本研究は科学技術振興事業団・戦略的基礎研究推進事業「社会変動と水循環の相互作用評価モデルの構築」(代表: 寶馨京都大学防災研究所教授)の成果の一部である。ここに記して謝意を表します。

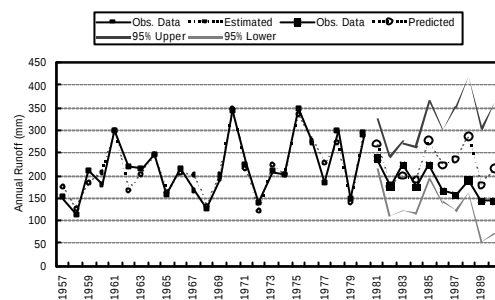


図-2は「年流出量」の実績値、重回帰式、予測値と予測の幅の時系列

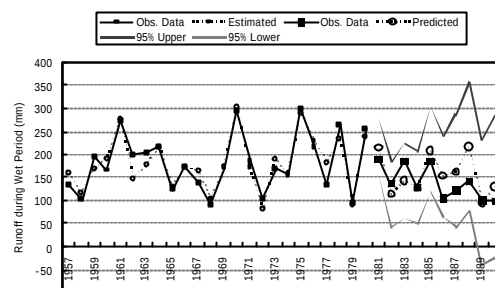


図-3は「雨期の流出量」の実績値、重回帰式、予測値と予測の幅の時系列

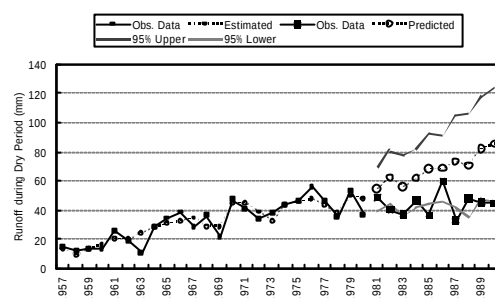


図-4は「乾期の流出量」の実績値、重回帰式、予測値と予測の幅の時系列