

九州電力K.K. 土木部 正員 村津 次男

1. まえがき 河床波の発生メカニズムの解明は、現今、多くの水理学者、河川関係技術者らの関心を集めている課題の一つである。著者の河川蛇行論の特色は、上述の解明のための方法論を、システム工学的思考によって展開したことである。

2. 既往の理論研究について 現在のところ、河床波は移動河床の不安定現象で、その発生は流水と流砂との交互作用の結果であるとする考えが最も有力で、主流となつてい

る。しかし、上述の考えに基づく既往の理論研究には、次のよう

な共通の欠陥を指摘できる。

(1) システムの構造として折角図-1の自励振動系の認識さえ(河床波)

ているが、大事は外力の存在を忘れている。これは、図-

2に示すシステムとしてのとらえ方が不充分故である。

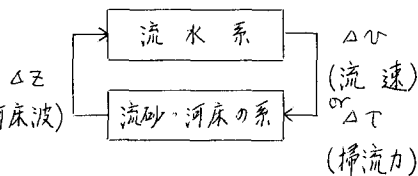


図-1 既往の理論研究の系

(2) 2nd 3次元の河床波の発生メカニズムが不明である。

これは、上述の外力を考えていないことにもよるが、

なお、システムの設計に当って、重要な要素(後述の(目標、外力、環
非線形要素)の見落としがあることを示す。このため、(境の働き etc.)

図-1の系の発散条件を求め

るに留まっている。

表-1 河床波の発生システムとサージタンクの自励振動系の対応²⁾

	サージタンクの自励振動系	河床波の発生システム
シ ス テ ム	1次元集中定数系	2 nd 3次元分布定数系
	人工のエネルギー供給系	自然界のエネルギー消費系
	水理系	流水系
	トンネル・サージタンク	開水路
	電気・機械系	流砂・河床の系
外 力	ガバナー	流 砂
	水車ガイドベーン Δφ	2 nd 3次元河床波 Δz
	負荷変化 ΔL	流量変化 ΔQ
制御エネルギー	サーボの油圧エネルギー	流砂の運動エネルギー

3. 著者の考え方 著者も河床波

の成因については、前節の主流の考

えに拠るが、一歩進めて、その発生

システムを自然界の自励制御系であ

ると考える。そして、表-1に示す

ような対応をつける。(このよう

な対応を発見することがシステム工

学的思考なのである) この対応は、

前節で述べた共通の欠陥を一挙に解

消できる考え方で、本研究の核心と

なっている。なお、表-1を見ると

、サージタンクの自励振動系がなかなか基本的なシステムであることが判り

、サージタンク研究者として興味深い。

4. 河床波の発生システム 前節表-1の対応から直ちに次の成果をうる

。(この成果は、システム工学的思考の所産である)

(1) 河床波の発生システムは図-3である。この図は、河床波の発生につ

いて、非線形要素(表-2)が重要な作用(選択と頭打ち)をするこ

とを意味する。

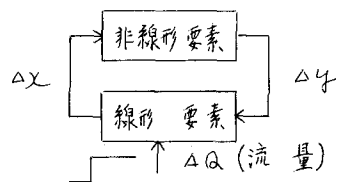


図-3 著者の考えた河床波の発生システム

(2) 河床波の発生メカニズムは、図-3を電算機でシミュレートすれば、自ずから解明される。表-3から、河床波の種類は勿論、その発生条件、規模などは微小振動理論では求まらないことが判る。

(3) 橋の研究と林のそれとは、システム工学的には全く同じである。(表-4) しかし、河床の抵抗は考えた方がよい。図-1の系を考える物理的意義は、流水系によって生起する減衰自由振動が流砂・河床の系の働きで逆に発散する場合があることにあるから。

5. あとがき 以上の考察から、河床波の成因として表-5をうる。著者は、機会をえて、電算機シミュレーションを行ない、著者の蛇行論を立証してみたい。

表-2 非線形要素のいろいろ*1

	非線形要素	備 考
流水系	河床の抵抗 ($\Delta h + \Delta v$ 特性) (ΔT " " " ")	トンネルの抵抗に相当する
	水深	ガイドベーンの開度制限に相当する
流砂・河床の系	流砂量 ($\Delta \phi - \Delta v$ 静特性) (ΔT " " " ") ($\Delta \phi - \Delta \Sigma$ " ")	ガイドベーンの開度制限に相当する
	移動床の厚さ	ガイドベーンの開度制限に相当する

表-3 著者の研究と既往の理論研究の相違

参考文献	シ ス テ ム	理 論・方 法	成 果
1) 著者：洪水流の理論に関する研究、昭和46年度研究発表会論文概要集、土木学会西部支部、1972年2月、100～103頁、	既往の線形自励振動系 (図-1)	微小振動理論	系の発散条件が求まる (主要パラメータの範囲で与える)
2) 著者：自動制御の安定理論より見たるサージタンクの安定について (1)、発電水力、No.65、発電水力協会、1963年7月、19～22頁、	著者の非線形自励振動系 (図-3)	電算機シミュレーション	河床波の種類、発生条件、規模、そして発生過程が判る (ex. 蛇行の発生条件 の周期 の砂礫堆の高さ)

表-4 橋と林の研究比較³⁾、⁴⁾

橋 の 研 究	林 の 研 究	備 考
流砂量の非対称性*2 ($\Delta \phi - \Delta v$ 静特性) (ΔT " " " ")	同 左 ($\Delta \phi - \Delta \Sigma$ 静特性)	ガイドベーンのゲインに相当する ただし、林のはガイドベーンの復元的な考え方
砂移動の非平衡	遅 れ る	ガイドベーンの遅れに相当する

表-5 河床波の成因

	内 因	外 因
2次元河床波	流砂量の非対称性	流量変化 ΔQ
	非線形 摩擦	
3次元河床波	流砂量の非対称性	流量変化 ΔQ
	非線形 摩擦 水深 or 移動床の厚さ	

*1 ここに示したものの以外は、必要なら、図-3のシミュレートの際考えること

*2 流速分布の非対称性一般に言われているが、本質的には林のと同じ