

非定常給水条件における網状流路の動態

徳島大学工学部 正員 竹林洋史* 立命館大学理工学部 正員 江頭進治**

1. **はじめに** 河川の流量は時間的に変動するにも関わらず、現象の複雑さのため、非定常給水条件における網状流路の動態に関する知見は十分に得られていない。非定常的な給水により、定常給水条件よりも砂州の波長が長くなるため¹⁾、非定常給水条件では、分岐までの個々の流路長も長くなるのが期待される。さらに、実河川において、氾濫原や砂州上への土砂の堆積が洪水時に卓越する現象が多く見られる。このような土砂の堆積は、流路の分岐を抑制するため、流路長が長く、流路本数が少ない流路網の形成が予想される。本研究では、給水条件の非定常性が網状流路の動態に与える影響を数値解析により検討を行う。

2. **数値解析法** 直線矩形水路を想定した計算区間に、初期河床を平坦河床として上流からの給水と給砂を与え、網状流路を形成させた。上流端給砂量は、流れ場に対応した平衡流砂量を与えた。河床材料は、平均粒径 $d_m=1.1\text{mm}$ の一様砂である。流れの計算は、水深平均された平面二次元流れの支配方程式を用いる²⁾。河床近傍の流速は、水深平均流速の流線の曲率より予測する³⁾。流砂量は芦田・道上式⁴⁾により算出し、河床の局所的な勾配が流砂ベクトルに及ぼす影響を考慮している⁵⁾。河床勾配は、全て $1/100$ である。ハイドログラフの周期は1時間である。これは、1周期内で河床形態が完全に変化しない程度に短い。流量は線形的に増加させ、最初の15分でピーク流量に達し、残りの45分で線形的に減少させる。解析に用いた水理条件を表1に示す。Case 5は、Case 4と同一の水理条件であるが、Case 3の計算開始から5時間後の河床形状を初期河床形状として解析した条件である。対象とした水理条件は、網状流路の形成水理条件である⁶⁾。

3. **結果と考察** 図1に、Case 1~4の水深平均流速ベクトルの平面分布を示す。これによると、定常給水条件であるCase 1とCase 3は、様々なスケールの浮州と流路が形成されているが、非定常給水条件であるCase 2とCase 4は比較的大きいスケールの流路が数本形成されているのがわかる。大流量時における、河床位の高い領域への土砂供給がこれらの違いを生み出していると考えられる。図2にCase 3とCase 4の河床形状を示す。これによると、定常給水条件のCase 3では、河床位の高い領域に小流路が複数形成されていることがわかる。一方、Case 4では、河床位の高い領域の河床形状は平坦に近く、小流路が形成されていないことがわかる。図3はCase 5の河床形状の時間変化を示す。洪水時は、全解析区間が水で覆われ、河床位の高い位置の小流路は、時間とともに土砂で埋まっていく(黒丸)。小流路内の土砂の堆積は、大流路の流量を増加させるため、大流路のスケールは

表1 解析条件

	給水条件	水路幅 (m)	流量 (m^3/s)	無次元掃流力	幅・水深比
Case 1	定常	0.4	0.00076	0.041	54
Case 2	非定常	0.4	0~0.00152	0~0.064	35~8
Case 3	定常	2.0	0.0038	0.041	268
Case 4	非定常	2.0	0~0.0076	0~0.064	177~8
Case 5	非定常	2.0	0~0.0076	0~0.064	177~8

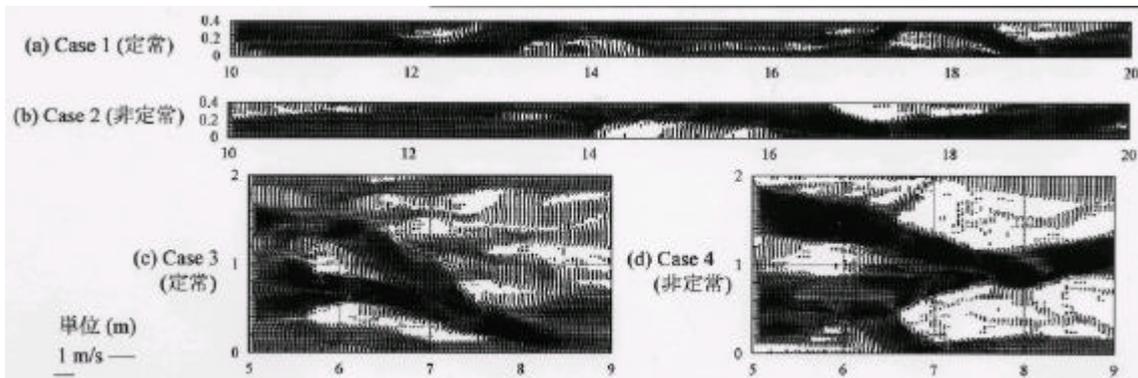


図1 水深平均流速ベクトル (Cases 1~4)

Key words 網状流路, 非定常流れ, 数値解析, 形状特性, 砂州

* 〒770-8506 徳島市南常三島 2-1

TEL 088-656-7331 FAX 088-656-9042

** 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1

TEL 077-561-2732 FAX 077-561-2667

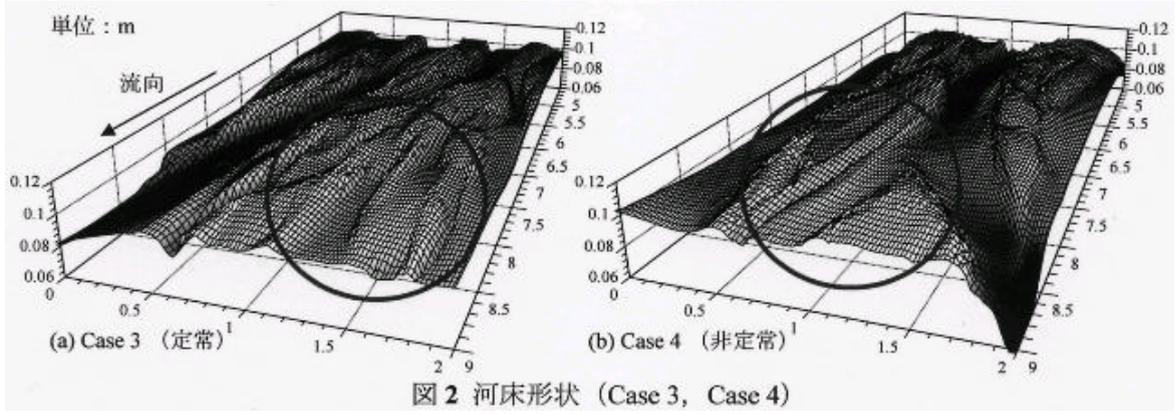


図2 河床形状 (Case 3, Case 4)

さらに大きくなる（白丸）．最後には，小流路は枯れてしまい，河床位の高い領域は平坦化する．さらに興味深い点は，流路内の瀬の河床位である．図4は，Case 1とCase 2の河床形状を示す．定常給水条件では，瀬の周りの河床位は砂州の河床位とほぼ同位であるが，非定常給水条件では，瀬の河床位は砂州の河床位よりも低い．瀬は幅広で浅い流れを形成するため，小さな擾乱に対して不安定な場を形成する．網状流路の時空間的な変動特性はこの不安定性に大きく依存する．従って，非定常給水条件では，流路位置が固定化することが予想される．このような瀬の河床位の違いは，少流量の有無による．少流量時の水面勾配は，瀬の周辺では大きく，淵ではほぼ平坦である．そのため，瀬は浸食され，大流路への流量を増加させる．非定常給水条件での流路スケールの増加と安定化は，このような低流量時の瀬の浸食も寄与している．

4. おわりに 給水条件の非定常性が網状流路の動態に与える影響について検討した．本研究で得られた結果をまとめると以下ようになる．(1) 洪水時における小流路の埋没は，大流路への流量を増加させる．そのため，非定常給水条件下では，平均的な流路スケールが大きくなり，流路本数が減る．(2) 少流量時における瀬の浸食は，大流路の流量を増加させるとともに，流路の固定化に寄与する．

参考文献 1) Watanabe et al, Proc. 2nd RCEM, pp. 575-584, 2001. 2) 竹林ら：水工学論文集第47巻, pp.631-636, 2003. 3) Engelund, F. : Jour. of Hy. Div. ASCE, Vol. 100, No. HY11 1974. 4) 芦田・道上：土木学会論文報告集, 第206号, pp.59-69, 1972. 5) 芦田ら：水工学論文集第35巻, pp.383-390, 1991. 6) 竹林・江頭：水工学論文集第44巻, pp.771-776, 2000.

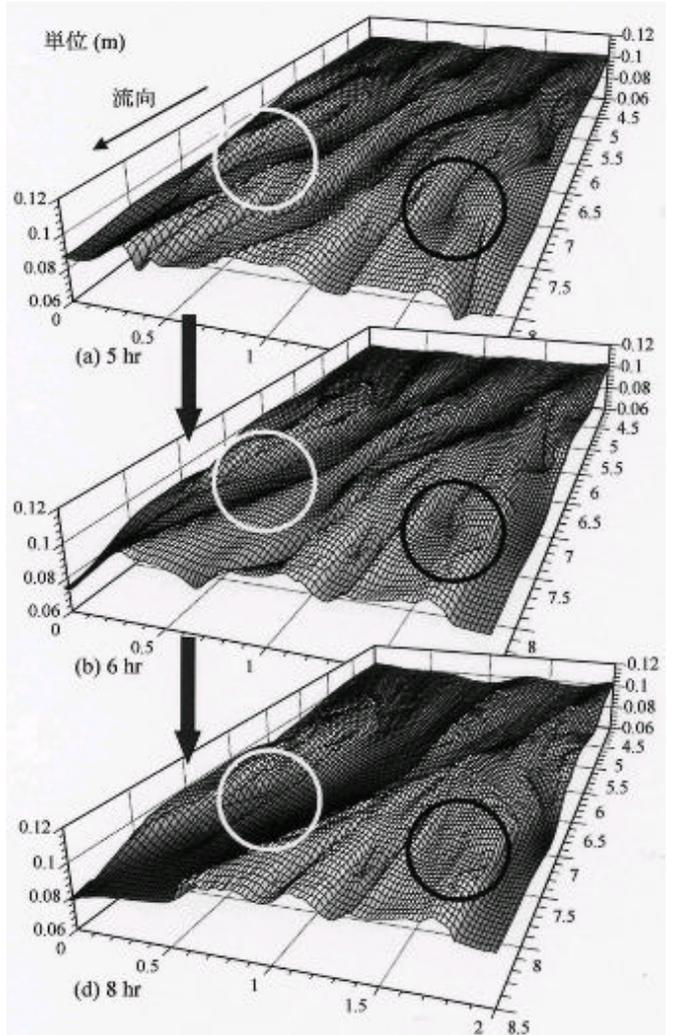


図3 河床形状の時間変化 (Case 5)

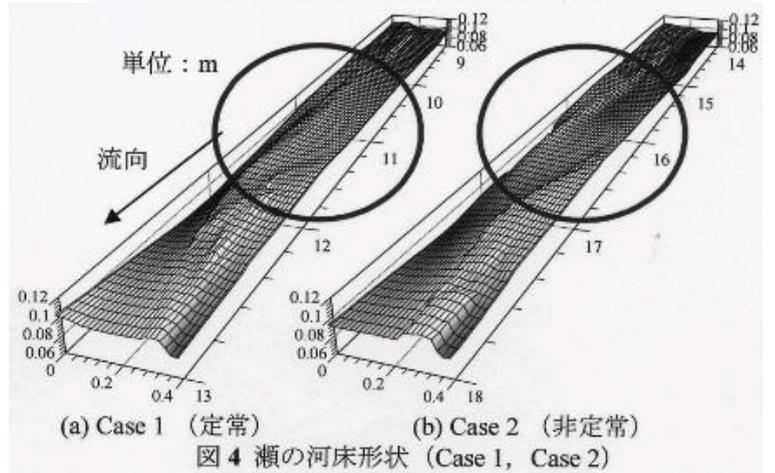


図4 瀬の河床形状 (Case 1, Case 2)