

節腹連続河道の形成に関する数値実験

Numerical Experiment on Formation of Gonrd Shaped Channe

北見工業大学社会環境工学科 ○学生員 鈴木順也 (Suzuki Junya)
北見工業大学社会環境工学科 正 員 渡邊康玄 (Watanabe Yasuharu)

1. はじめに

激甚化する洪水災害において、河道の移動等による河川の中上流域での被災が多数報告されるようになってきている。このことから、河川中上流域における河道特性の理解が喫緊の課題となっている。本研究では、中上流域の河道形態の一つである、流路が収束する節部と流路が横断方向に分散して広く河原が存在する腹部が連続して形成されている節腹連続河道に着目し、その形成機構を解明することを最終目的としている。節腹連続河道に関して、渡邊¹⁾は線形安定解析を行い性質の一部を明らかにしている。また、渡邊、島、山口²⁾は、河岸浸食を伴う中規模河床波の形成に関する水理実験を行い、近年の研究で得られている理論解析結果との比較を行い、河岸浸食の発達に中規模河床波に大きく影響を及ぼすことを確認している。さらに、渡邊、山口³⁾は、長期的な河道平面形を観測する実験を行い、節腹連続河道の形成を再現し、その変動過程を明らかにしている。加えて節腹平面形状の形成に関して無次元掃流力の違いが影響していることが類推されている。

しかしながら、節腹連続河道の形成条件を特定するには至っていない。本論文は、節腹形状の形成条件について、上流端の境界条件、中規模河床形態のパラメータである川幅水深比および河岸浸食に直接影響を及ぼす河岸高さの観点から、数値シミュレーション手法を用いて検討を行うものである。なお、解析には数値解析ソフト IRIC3.0 Nays2DH を用いている。

2. 数値実験概要および条件

シミュレーションに用いた水路は山口らの水理実験⁴⁾を参考に全幅 3m 全長 52m とし、その中央に幅 0.45m の直線流路を設けた。流路の側岸は、通水と同時に崩落しないよう、水中安息角である 30 度の傾きを持たせて設定した。その他の水理条件は山口、渡邊らの実験を参考にした。これらの条件をまとめて表-1 に示す。また、計算格子は 0.15m*0.045m メッシュで行った。

3. 上流端条件の検討

渡邊、山口らの水理実験⁴⁾では上流端に狭窄部が存在している。これの節腹形状に及ぼす影響は確認されていないため、数値実験を行い確認することとした。

上流端の境界条件として 2 ケースを設定した。Case A は、水理実験と同様に上流端の川幅を初期設定から変化

しないように狭窄部状にしたもの、Case B は上流端の川幅が流路変動に影響を与えないように周期境界条件としたもの、の 2 ケースである。それぞれの通水時間は 10 時間とした。

なお、Case A では、計算結果の妥当性の確認も併せて行うことから、山口らの水理実験と同じ 26m としている。また、周期境界条件では流路形態の周期を規定することから、試行の結果、流路形態の周期に大きな影響を及ぼさない水路長として、Case B では水路長を 52m としている。

再現性確認のための山口らの実験結果を図-1 に示す。また、Case A の通水終了時の河床コンター図を図-2 に示す。Case A は、4m、9m、16m、24m に節が周期的に現れており、節腹形状が形成されていることが見て取れる。この結果は、図-2 に示す山口らの実験結果とほぼ同様に形状を示しており、今回のシミュレーションが精度よく実際の現象を再現していることが確認できる。以降、図-3 に示される。Case B の通水後の河床形状を確認すると、37m から 52m に Case A と似た節腹形状の出現が確認できる。

以上の結果から、上流端の狭窄部が節腹形状の形成に対して、形成されやすくするという効果はあっても、狭窄部自体が節腹形状の必要条件ではないことが確認された。

4. 河岸の高さが及ぼす影響の検討

河岸浸食は、河岸浸食により河床に供給された土塊が下流に流掃されて進行していく。このため、河岸浸食現象は、河岸浸食速度と崩壊した土砂の流掃速度との関係で決定される。河岸の浸食速度は、一般に河岸の高さが影響していると言われている。このことから、本研究では縦断方向の流砂量を変化させないように単位幅流量を固定し、河岸の高さを 3 ケース設定した。なお、通水時間は 10 時間とした。

砂州の形成開始は Case1、Case2、Case3 ともに 70 分後で一致していた。一方、各ケースについて、河岸浸食が生じ始める時間、砂州に伴い形成された蛇行流路が崩れ始める時間、および節腹形状の出現時間には大きな違いが認められた。各ケースについてそれらの時刻における河床コンター図を図-3 から図-5 に示す。

砂州の発達と河岸浸食開始時間に関して Case1 は 120 分後、Case2 は 130 分後、Case3 は 150 分となっていた。蛇行流路が崩れ始めた時間は Case1 が 265 分後、Case2 は 340 分後、Case3 は 390 分後であった。また、節腹形

表 - 1 全数値実験の条件

	水深(m)	河岸の高さ (m)	初期川幅 (m)	河床 勾配	河床材料 (mm)	タイムステップ (s)	水中安息角	マンニング粗度係数 ($s/m^{1/3}$)
Case1	0.014	0.02	0.45	0.01	0.765	0.02	0.57735	0.013
Case2		0.03	0.45					
Case3		0.04	0.45					
Case4		0.02	0.9					

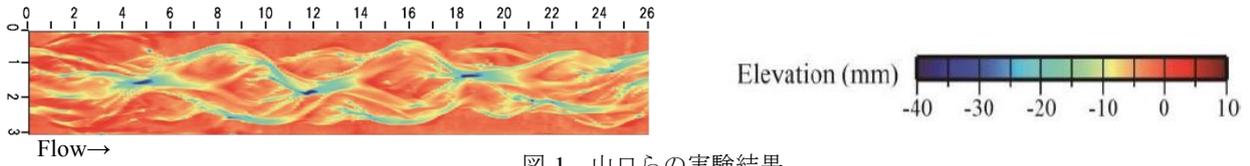


図-1 山口らの実験結果

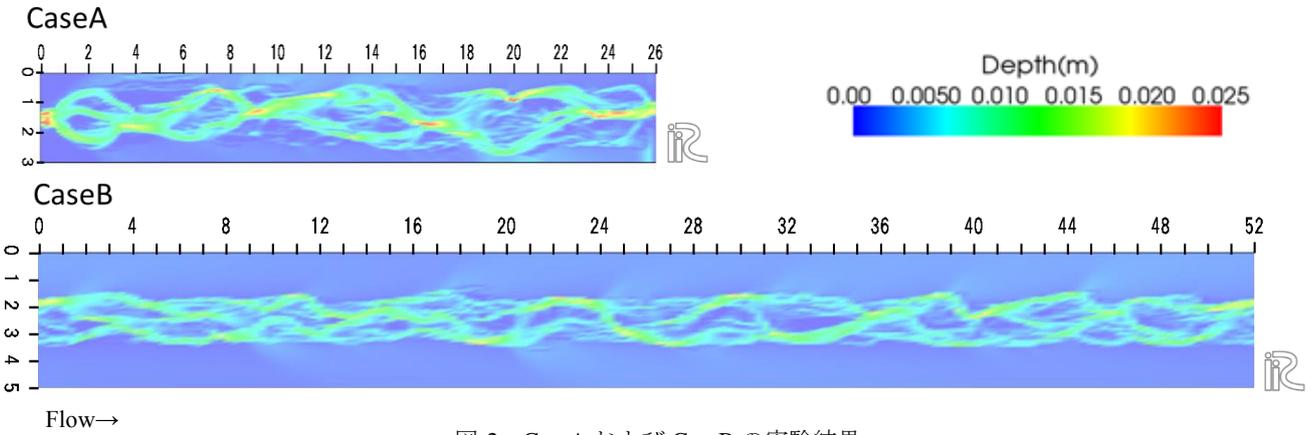


図-2 CaseA および CaseB の実験結果

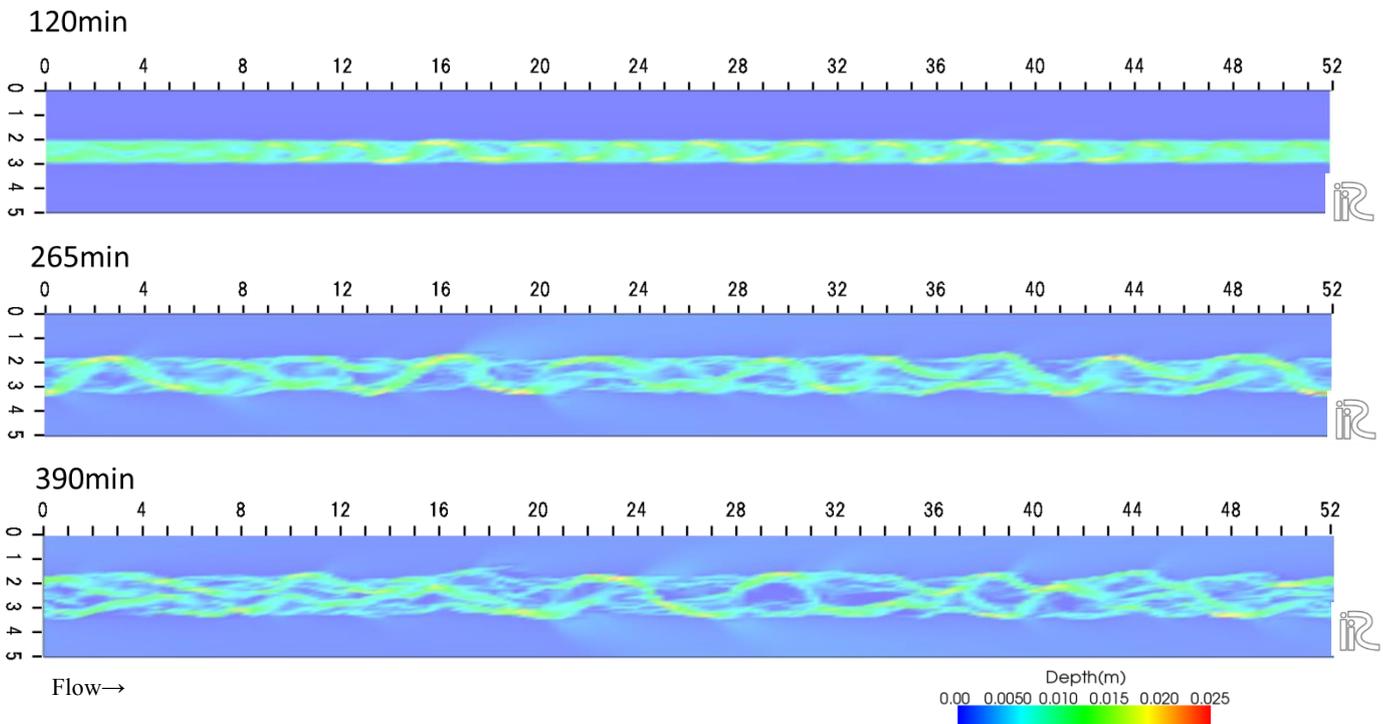


図-3 Case1 の計算結果

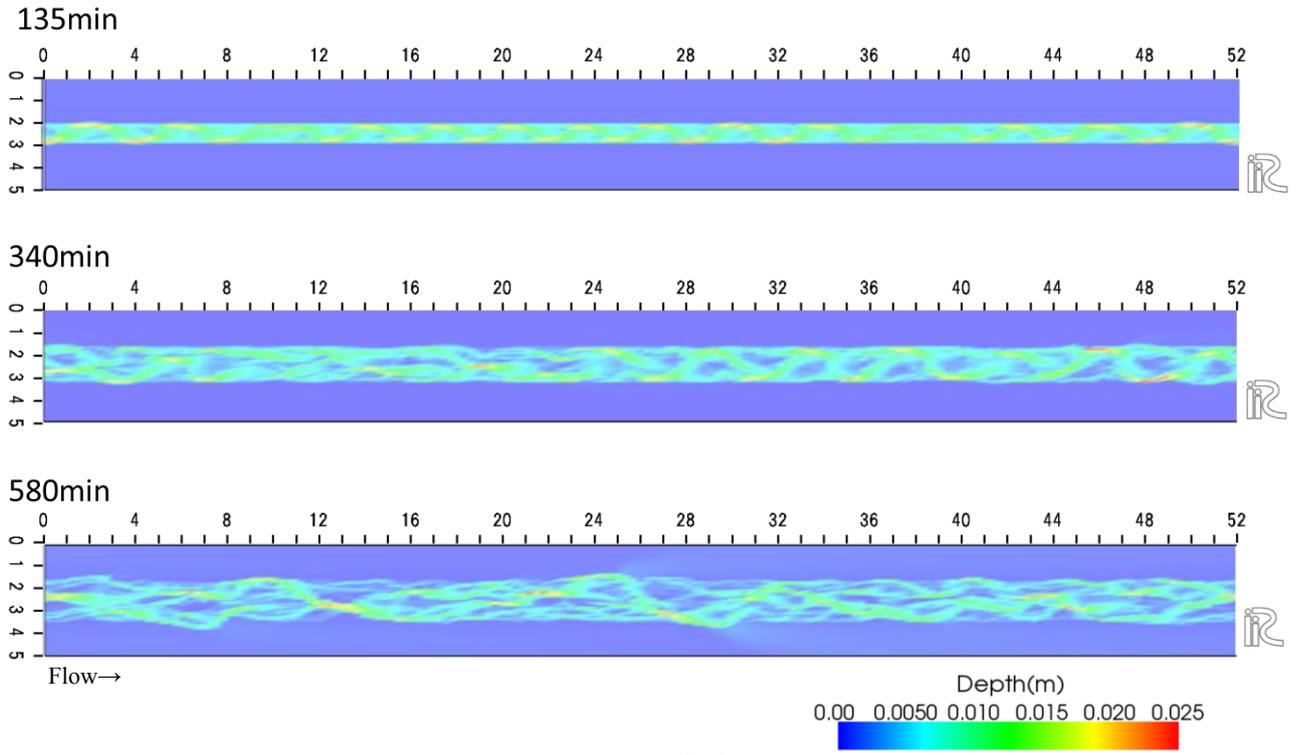


図-4 Case2 の計算結果

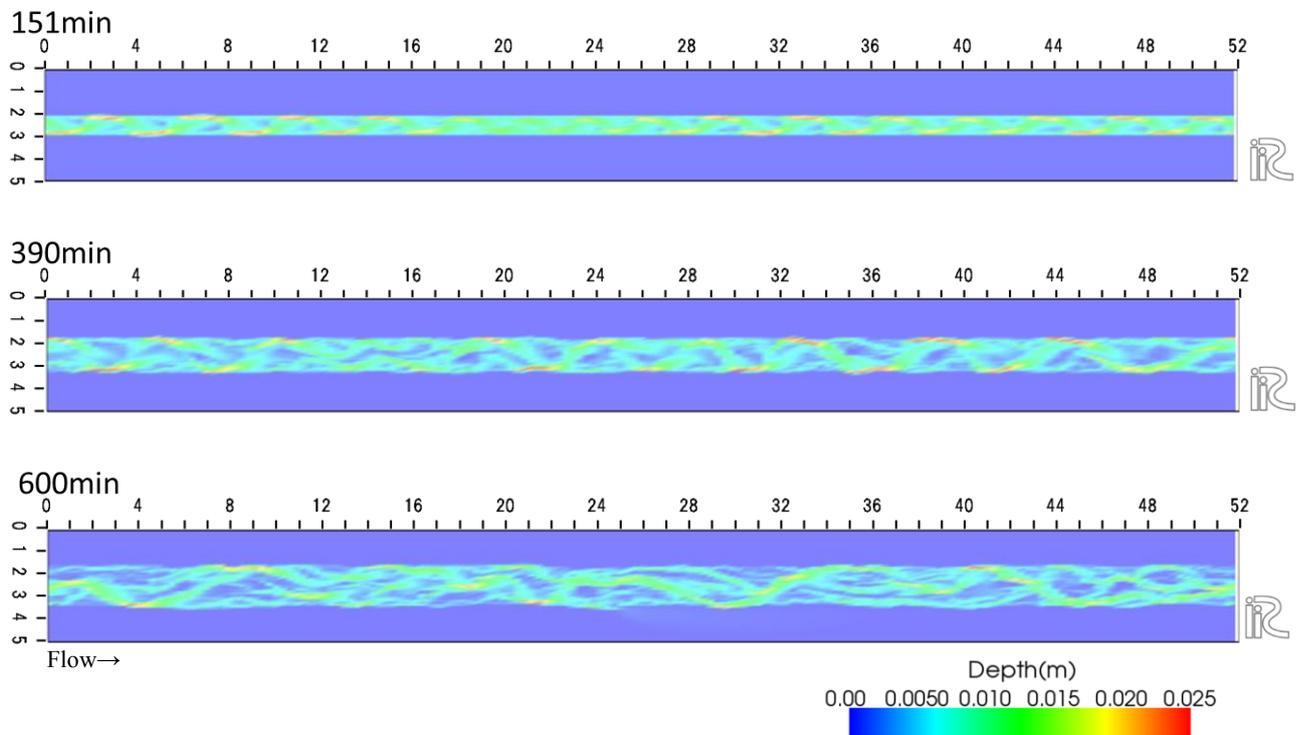


図-5 Case3 の計算結果

状の出現は Case1 では 390 分後, Case2 は 580 分後, Case3 では節腹形状を確認できなかった. しかし Case1, Case2 の結果から以上のことから, 河岸高は, 河岸浸食現象の進行速度には影響を与えるものの, 形成される流路形状には大きな影響は与えないものと推定される.

5. 河床形態の影響の検討

河床形態によって, 形成される流路形状も異なることが想定されることから, 流路幅を 2 倍に広げた条件もケース 4 として設定することとした. ケース 4 について複列砂州が形成された時間, 河岸浸食が生じ始める時間, 砂州に伴い形成された複列流路が崩れ始める時間及, および節腹形状の出現時間をそれらの時刻における河床コンター図で図-6 に示す. なお, 通水時間は 10 時間とした.

ケース 4 には複列砂州が形成された後 80 分後には河岸浸食が始まった. 180 分後には, 流路が拡幅される段階で一時的に節腹が確認できたがその直後崩れて, 網状流路となった. 515 分後には節腹形状が再度形成され, 600 分後まで節の位置が. このときの節と腹の間の波長がケース 1 と比較すると, 大きくなっていることが確認された.

6. おわりに

本研究では腹形状の形成条件中規模河床形態のパラメータである川幅水深比や河岸浸食に直接影響を及ぼす河岸高さの観点から数値シミュレーション手法を用いて検討を行った. 本数値実験の結果, 次のことが明らかになった.

上流端の狭窄部, 河岸の高さ, 河床形態は節腹形状の出現には影響しないことが明らかになった. また, 河床形態は節から腹の間の波長に影響があることが示された. さらに複列砂州によって形成された節腹形状は早期に現れるが不安定で節が固定化することなく消失してしまうことが確認できた.

参考文献

- 1) 渡邊康玄, 長谷川和義, 吉川泰弘, 早川博: 節腹連続河道の形成に関する線形安定解析, 水工学論文集, 60 巻, 2014.
- 2) 渡邊康玄, 島恵理子, 山口里実: 浸食性河岸を有する水路を用いた中規模河床波の形成実験, 水工学論文集, 第 59 巻, 2015.
- 3) 山口里実, 渡邊康玄: 節腹連続河道形状の発展過程に関する実験, 水工学論文, 第 60 巻, 2016.

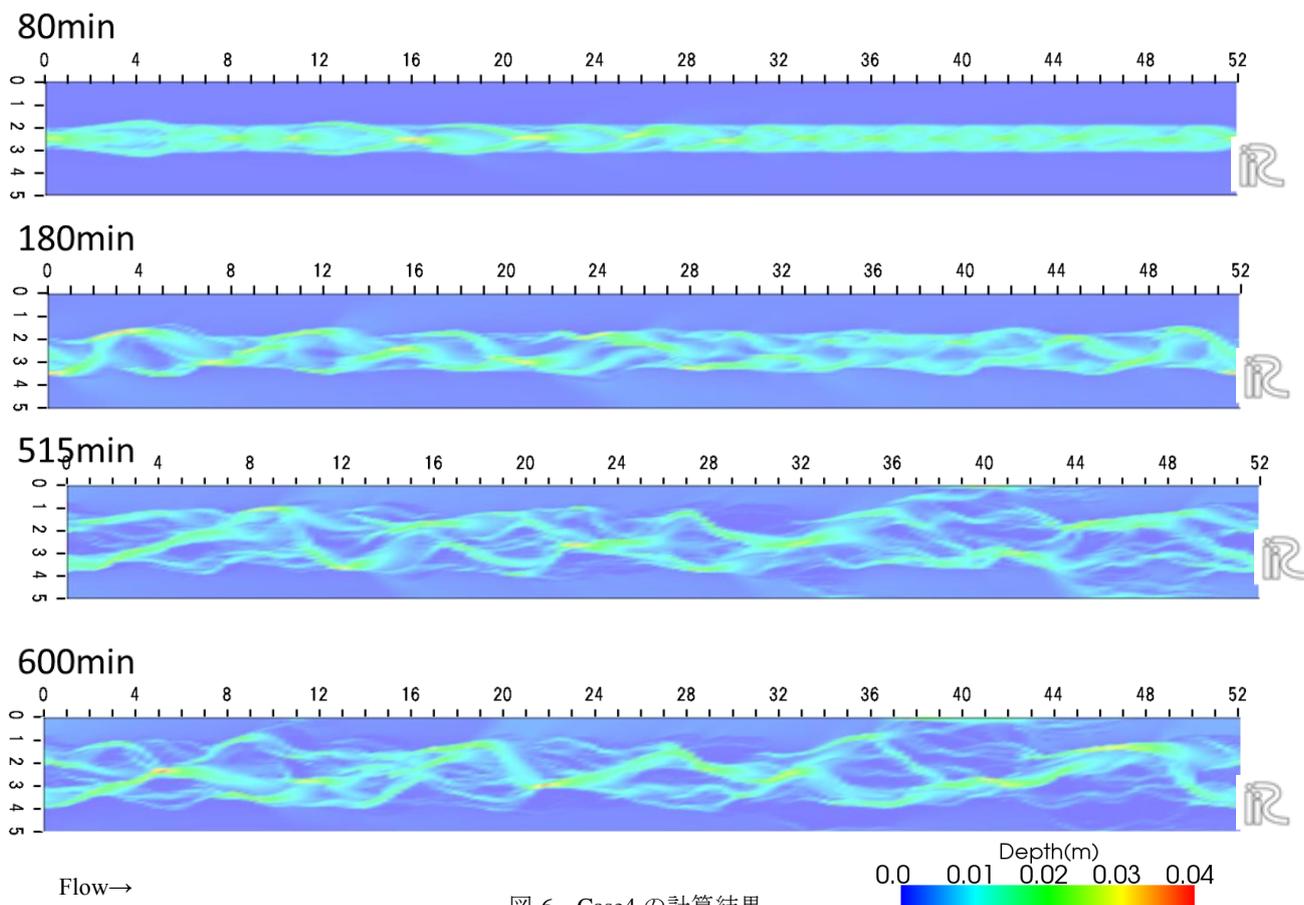


図-6 Case4 の計算結果