

Ⅱ-218 土砂粒子の運動の解析に基づく河床波の形成過程に関する研究

早稲田大学理工学部 正会員 関根正人
日本電信電話株式会社 正会員 北川楨之

1. はじめに

著者らは、河床波の形成過程を土砂の粒子スケールの運動の解析を通して理解することを目的として研究を進めてきており、前報¹⁾では、河床上に形成される微地形の形成までを対象とした解析について説明した。本研究では、この微地形が砂連スケールの河床波にまで発達するためには、微地形の形成に伴う流れ場の非平衡性、すなわち時空間的な変化の影響を考慮する必要がある²⁾との考えから、時間平均流速場の変化にのみ限定しているものの、これを予測するモデルを組み込んだ数値解析を行い、河床波が形成されていくプロセスについて検討した。

2. 数値解析の概要

土砂粒子の運動の解析は、これまで著者が開発してきた Saltation Model によることにし、初期河床は粒径スケールの凹凸をもつランダム河床とする。ここでの土砂の運動とは、河床からの離脱によって始まり、移動の後、やがて河床に停止し、自らが河床構成粒子に戻ることで終わる一連の動きを指す。そして、このような土砂粒子群の移動の結果、河床面は一粒径分ずつ変動し、やがては組織立った河床波へと発達していく。この間、河床面高の変化に伴い、その上の流れ場も時空間的に変化する。そこで、ここでは、河床面上の時間平均の主流速の変化のみを考慮に入れることにし、鉛直方向には局所的に対数分布則が成り立つものとした上で、浅水方程式を解き、河床面近傍の流速ならびに掃流力の変化が土砂の運動に反映されるようにした。計算領域として流下方向に粒径の1000倍に相当する区間をとり、また、流速の計算は、その簡略化ならびに高速化を考えて、粒径の5倍の間隔にとった計算メッシュ上で行なうことにした。

3. 河床波の形成過程

本解析の結果は図-1～3にまとめられている。まず、図-1は、解析モデルの妥当性を検証のため、河床波が形成される前の段階における Pick-up rate および Step Length の値が、中川・辻本の式および関根・吉川の結果とどのような関係にあるかを見たものである。ここでの解析をする上で最も重要と考えられる土砂の河床からの離脱と河床への停止の過程が概ね良好に再現されていることがわかる。図-2には、河床面の変化の過程を時間を追って調べた結果の一例である(ただし、移動可能な粒子群を同時に追跡しているわけではないため、図-2(b), (c)の状態が初期の図-2(a)の状態からそれぞれどの程度の時間が経過した後のものであるかを特定することはできない)。この図より、時間の経過に伴い、河床面の凹凸が組織立ったものとなり、その波長・波高を増大させながら河床波へと変化していく過程が理解できる。ただし、図-2(c)の状態であっても未だ発達の途上にあり、十分に発達した状態での河床波の形状その他については明らかになっていない。次に、河床波の形成・発達の過程を理解するため、図-3には、土砂が河床面からの離脱位置および河床面上に停止した位置についてのデータをサンプリングし、それを統計処理した結果を示した。この図より、上に凸の領域(図では「山」と表現)および下り斜面上で離脱し易いこと、逆に、下に凸(図では「谷」と表現)および登り斜面上で停止し易いことがわかる。これは、粒子が Saltation 形式で輸送される場合には、重力の影響が卓越し、河床面との接触を保ちつつ移動するため、その離脱・停止の過程は河床面の幾何形状の影響を大きく受けるためである。ただし、このように離脱し易さ、停止し易さに顕著な空間的な差が現れることと、流れ場が空間的な構造をもつものへと変化していくこととは密接に関係し合うものである。これについてはさらに検討を加えた上で別の機会に報告したい。

4. おわりに

本研究では、土砂粒子の運動の解析を基礎として河床波の形成過程を理解しようと試みた。なお、楢

河床波, Saltation, 離脱・停止過程, 流れの非平衡性

〒169 東京都新宿区大久保3-4-1 TEL. 03-5286-3401 FAX 03-5272-2915

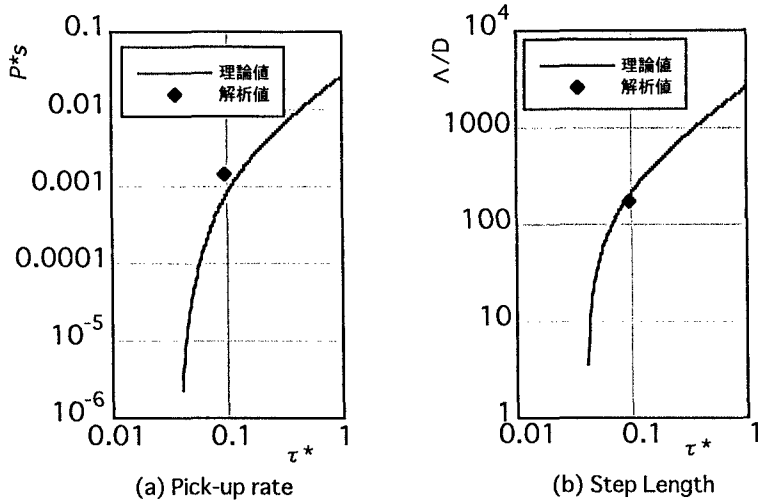


図-1 モデルの検証

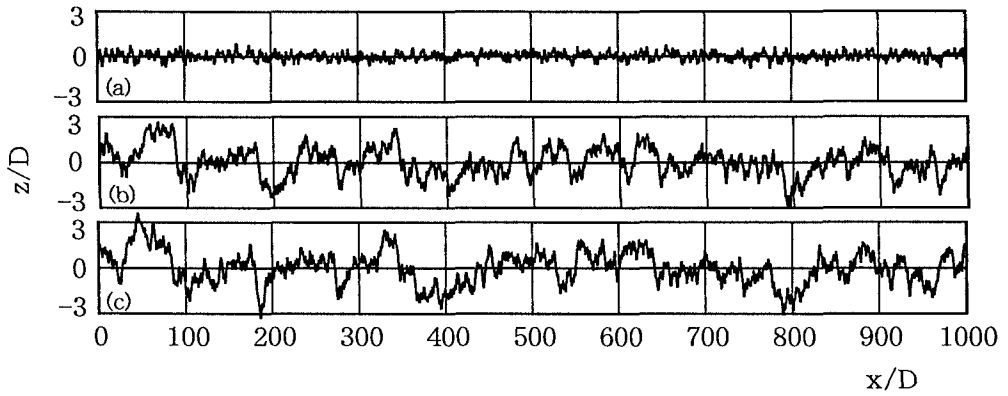


図-2 河床高の変化：(a) 初期状態 (b) 約 2000 個 (c) 約 3400 個
 $\tau^* = 0.08$, $D = 0.45 \text{ (mm)}$, 初期の平均河床勾配 $i_b = 1 / 1000$

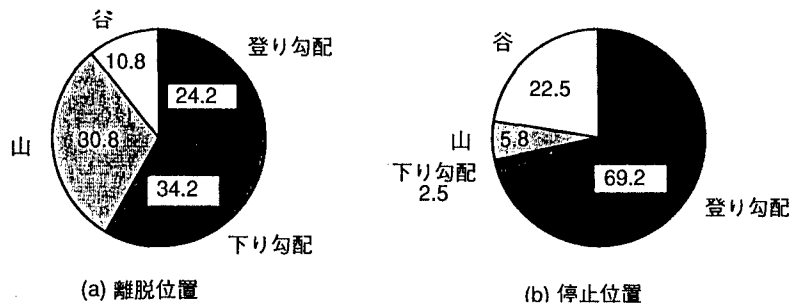


図-3 離脱・停止位置の統計処理結果

谷らりによる別角度からの研究に関して，同氏には貴重なご意見を賜ったことを明記する。

参考文献

- 1) 関根・浅田：土砂粒子スケールの運動から見た河床上微地形の形成過程に関する研究，土木学会第 51 回年次学術講演会，pp. 552 - 553, 1996.
- 2) 檜谷・道上・嶋：砂堆の発生・発達に関する数値解析，土木学会年次学術講演会，pp. 630 - 631, 1996.