

青年海外協力隊 正員 村上 正吾
 京都大学工学部 正員 中川 博次
 京都大学工学部 正員 辻本 哲郎

まえがき 掃流砂れきの運動を粒子運動として力学的にモデル化する試みは相当古くからなされ、また最近も流砂固有の非平衡性と関連して興味を持たれている(あるいは移動床水理学の進展に必須な課題と見なされている)ようである。しかし実際の移動床での砂の動きは(漫然と)観察することはできても個々の砂れきの運動状態をきっちり計測することはかなり困難で、一部の平均的な特性量が主として目視にもとづいて測られた程度という。また、砂れきの運動は必然的に河床という境界条件の変化を生み、走また条件を設定し難いこともあり、固定床実験で代用してしまふことも多い。これらの結果が勿論流砂力学の発展に重要な貢献をしたことは否定できないが、上述のような計測の難しさにもとづく現象把握の不充分さが、掃流モデルが stochastic model のように示唆的であっても力学的に不充分な要素を残していたり、いくつかの精密な力学モデルもいわば架空の理想状況の単なる数式表示に終わったりする原因となっている。著者らはここ数年 16mm フィルム解析により移動床での実際の砂の動きを計測し¹⁾、確率論的考慮を充分にこり入れた現象にもっと忠実であろうと思われる流砂モデルのフレームワークを示した²⁾。しかし個々の粒子レベルでの観察・計測(理論の実験的検証)はあくまでも移動粒子数密度の小さい低掃流力(限界掃流力付近)の条件に限られていたため説得性に欠ける嫌いがあった。掃流力を増加させるといわれる河床波が形成され砂の運動性状は局所的に変わったものとなり、あるいはもう少し巨視的な見方をすると現象の長さ及び時間スケールが粒径及び沈降速度に関連したものから、河床波のスケール及び波速に関連したものに変質³⁾、単に掃流力の増加それ自体の効果は目立たなくなる。本研究では掃流力の増加自体の効果に着目し、そのため平坦河床の条件に限定し、掃流力の大きい条件での粒子運動の特性量計測を先の研究^{1,2)}に準拠して行った。すなわち初期に平坦にならした河床に充分注意深く通水し、河床波が形成されるまでの短時間の間に計測を終わり、同条件での実験を繰り返して行った。平坦河床でさえあればたとえ水理条件が dune regime であっても粒子運動の支配スケールは粒子自体のそれ以外あり得ない。今回の計測条件は図-1に○のプロットで示したものの²⁾先の研究^{1,2)}の条件は●のプロットで示してある。本報では主として不規則運動性状の指標となる特性量についての結果の先の実験での結果との相違について述べる。なお図-1に実線で示す範囲の条件に対して step length, pick-up rate 等の測定、また水路側方からの撮影による 16mm フィルム解析を行っているがこれについては別の機会に発表することとする。ところで、今回の実験は実験操作(実験条件の設定)、測定の容易さのため、機動性に富む小規模水路(幅 10cm 長さ 5m のアクリル樹脂製)を用いており、また大きい掃流力を得るため勾配を数 10 分の 1 にまで変えて行っている(この計算にはこうした効果を考慮してある)。

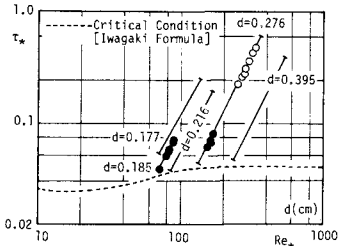


Fig.1

衝突過程の特徴 まずフィルム解析(上方からの撮影)から、砂れき速度の空間的・時間的変化(変動)を調べるとやはり急激な速度減少を間歇的・確率的に生じていることが掃流運動の特徴であることがわかる。この急激な速度減少が床面突起との衝突に起因するもの

と考え、衝突の空間的・時間的間隔(す、 τ_s)の平均値、変動係数及び分布を調べた。今回測

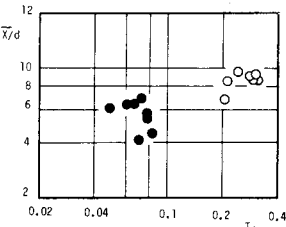


Fig.2 (a)

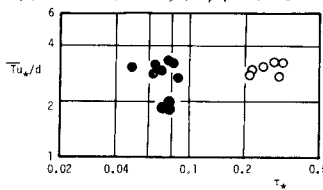


Fig.2 (b)

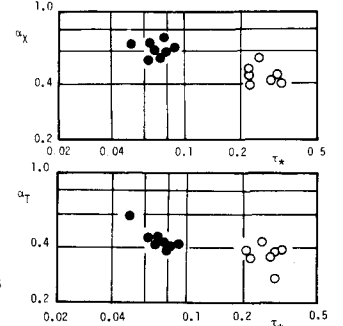


Fig.3

定されたこれらの結果(Run R-シズ)を先の実験結果¹⁾(Run L-シズ)と比較して図2~5に示した。これらによると衝突間距離は若干増加し、 $\{x\}, \{t\}$ の分布はやや規則正しくなっている(変動係数が減少)ことが認められる。この衝突前後の砂れき速度 $\{v_x\}, \{v_y\}$ についても、平均値、変動係数、分布を調べ、やはり先の実験結果と比較対照して図6~9に示した。これによると摩擦速度 u_m で無次元化された平均粒子速度は衝突前後とも前の結果¹⁾に比べ若干増加しているのに対し、変動係数は約7割程度に減少している。但し、掃流力の大小にかかわらず衝突によって粒子速度は半減、その変動係数は1.5~2倍に増加しており、掃流力にかかわらず掃流運動の本質的構造が認められる。ただ、掃流力の増加によって若干現象のばらつき(不規則性)はおさえられる傾向にあると言えそうである。

流送過程の特徴 今回の解析でも(運動方程式による軌道と比較的容易と考えられる)衝突を伴わない流送過程の運動特性をも調べた。図-10に初期移動から最初の衝突までの速度変化のアンサンブル平均を示したが、これによると、運動形式云々よりも粒子数密度増のための遮蔽効果による駆動力減少(たとえ抵抗係数 C_D の減少)が重要と考えられ、個々の粒子一つの運動を記述する際にも周囲の移動粒子の影響を考えねばならないことが示唆される。また衝突間での速度の条件付変動係数の変化は図-11, 12に示される。衝突の作用を受けない粒子速度の変動係数はかなり小さく、とくに図-12からわかるように衝突によって不規則性を倍加され、変動の大きな粒子の速度も流送中に規則化されてくることがわかる。

あとがき 本報²⁾では先の論文²⁾に対する補足として掃流力が大きくてしかも平坦河床である場合の掃流砂れきの不規則運動性³⁾の内、部構造の検討を行った。この結果、掃流力が大きくなると種の量の不規則性はやや弱まる(たとえば図-13)に示すように step length の変動係数も減少するもの、かなりの程度の不規則性は残³⁾にあり、こうした不規則性が掃流運動の本質的特徴であると考え、着者が先の論文で提示した掃流砂モデルのフレームワークは掃流力の大きい場にもなおかつ有効であると言える。

参考文献 1) Nakagawa et al.: Proc. 3rd I.S.S.H.B.4, 1980
 2) 中川、辻本、細川: 東大防災研年報 22-B, 1979.
 3) 辻本: 東大学位論文 66章, 1978

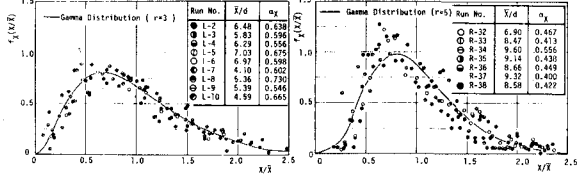


Fig.4

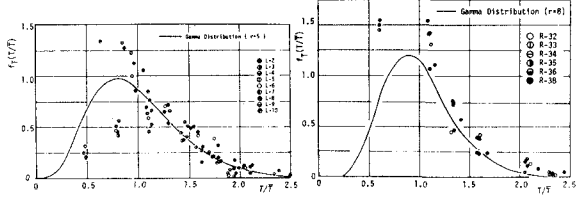


Fig.5

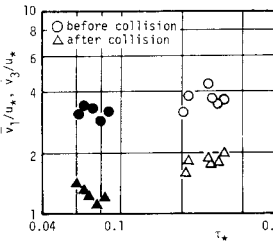


Fig.6

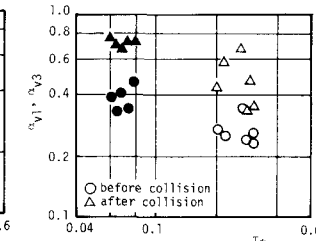


Fig.7

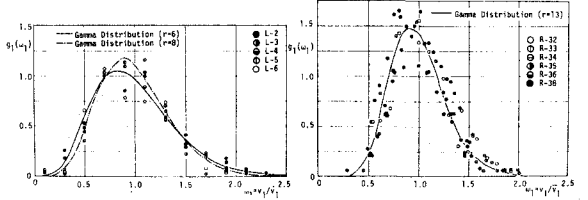


Fig.8

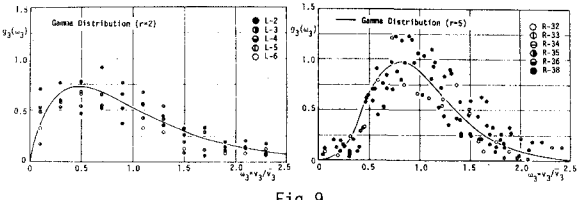


Fig.9

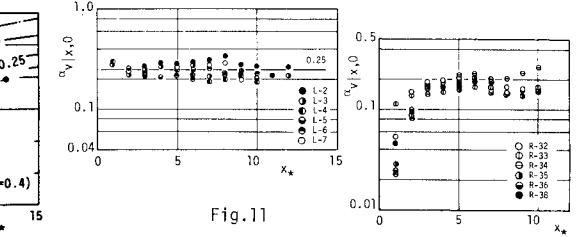


Fig.11

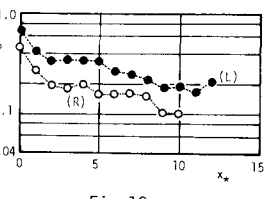


Fig.12

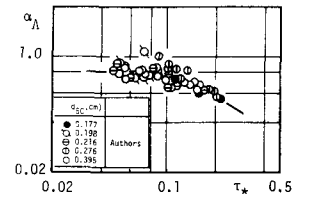


Fig.13