

流砂・漂砂水理学と粒子法

Contribution of Particle Methods to Computational Mechanics of Sediment Transport

京都大学・工学研究科 後藤 仁志 (Hitoshi Gotoh)

Graduate School of Engineering

Kyoto University

講演要旨

自然の流れは、底面境界が砂泥から成る移動床流れであり、流れが底質（砂泥）を移動させ、底質の移動が集積されて水底地形の変化（堆積，侵食）が生じる。この地形変化は、流れの底面境界条件の変化に相当し、流れの構造にも変化を及ぼす。よって、自然の流れは、水流・土砂移動・地形変化の3者間で閉じた相互作用系を形成し、この相互作用系を如何に制御するかが、治水・利水・環境保全の多面的な要請に応えるための鍵となる。

水流の表記には流体力学的諸手法の応用が可能であるが、土砂移動には普遍的な支配方程式が見当たらない。そのため、流砂現象（一方向流下の土砂輸送）に関しては従来から多くの実験的研究が行われ、それらの成果は流砂量式として表現されてきた。一方、既往の流砂量式の中には、水路実験や現地観測により収集された流砂量と底面せん断力に代表される水理量の相関関係を経験的ないしは半経験的に表現したものが少なくない。さらに、既往の多くの流砂量式の中から適切な式を選択して用いるには適切かつ公平な判断の方法が見あたらず、河床変動計算においては研究者により用いる流砂量式が異なるなど、計算結果の良否の判断が難しい状況が生じることも少なくない。

このような流砂水理学の現状に鑑みると、流砂現象をできるだけ普遍的かつ統一的に記述できるモデルの構築が急務であるが、これを具体化する手段の一つが、個々の砂粒子の不規則な運動の集合体として土砂輸送を理解しようという計算力学的アプローチ、すなわち『数値流砂水理学』である。

今回は、数値流砂水理学の萌芽から現在までを、

- A. 『平衡』から『非平衡』へ
- B. 『決定論』から『確率論』へ
- C. 『平均流』から『乱流』へ
- D. 『時間平均流』から『瞬間流』へ
- E. 『清水流』から『混相流』へ
- F. 『単一粒子追跡』から『多数粒子同時追跡』へ
- G. 『漸変流』から『急変流』へ

の7つのパラダイムシフトを軸に振り返る。今回の講演では、単相清水流・単一粒子追跡を原則とするAからDまでの概略を述べ、『E.『清水流』から『混相流』へ』について、その意義および標準的混相流モデルの構成と主要な成果を紹介する。

さらに、近年著者らのグループで力を注いでいる広義の粒子法（離散型の砂粒子の運動モデルとしてのDEM[1]および流体運動の計算手法としてのMPS法[2,3]）について、背景及びモデルの特性に関して述べた後に、主要な研究成果についてもシミュレーション結果に基づくアニメーションを交えつつ、具体的に紹介する。

なお、講演内容は、日本流体力学会誌『ながれ』に掲載された解説[4]に沿ったものであることを付記しておく。

参考文献：

- [1] Cundall, P. A. and Strack, O. D. L.: A discrete numerical model for granular assemblies, *Geotechnique* 29, No. 1 pp.47-65, 1979.
- [2] Koshizuka, S., Tamako, H. and Oka, Y.: A particle method for incompressible viscous flow with fluid fragmentation, *Computational Fluid Dynamics J.*, Vol. 4, No. 1, pp.29-46, 1995.
- [3] 越塚誠一：数値流体力学，インテリジェントエンジニアリングシリーズ，培風館，p223, 1997.
- [4] 後藤仁志：流砂・漂砂の流動モデルにおける「粒子」的視点，ながれ，Vol. 21, No.3, pp.240-249, 2002.