

混相流のセッションについて

牛島省京都大学大学院 工学研究科 社会基盤工学専攻

Satoru Ushijima

Dept. Civil and Earth Resources Engineering, Kyoto University

第18回数値流体力学シンポジウムにおける混相流関連の発表を概観するという記事のご依頼がありましたので、以下に要約いたします。

混相流関連の数値計算では、計算対象が非常に広範囲であるのが一つの特徴と思われる。今回のシンポジウムでは、固液混相流における物体初期移動過程、凝縮を伴う流れ、流体から固体への相転移を伴う流れ、各種の気泡流、流下液膜挙動、磁性粒子やコロイドナノ粒子を含む流れなど、現象のスケールや界面で支配的となる要因が多様な問題が扱われた。

数値解法の極めて重要な焦点の一つとなっているのが、相間の界面の取り扱いである。微小な粒子を対象として、その運動に質点系運動方程式を適用してone-way modelで計算するという報告もあったが、複雑に変化する気液界面あるいは流体中を移動する固体界面の取り扱いに着目した計算例が多く見られた。

選択された解法としては、NS方程式をEuler格子上で解くとともに、固体粒子をLagrange的に扱うという方法があり、物体初期移動過程のような大スケールの現象からコロイドナノ粒子といった微細スケールの現象まで広範囲に用いられている。これらの計算例では粒子間衝突も考慮されている。大スケールの計算例として、津波・洪水等による自由水面流れによる物体輸送を想定した計算例を図1に示す。

次に、気液界面現象を対象として用いられた解法としては、正規化された密度の移流方程式をEuler格子上で解くことにより、界面を捉える方法が数件見られた。界面張力を考慮するために、CSFモデルやPFM(PhaseFieldModel)が利用されている。PFMを用いる凝固解析では、界面近傍の空間分解能を高めるため、解適合格子を用いるという報告があった。

一方、気液二相流を二相格子ボルツマン方程式で扱うという計算例も数件あった。KH不安定問題などの界面現象の計算、液膜から液滴が発生する現象の計算と実験相関式との比較、複雑流路内の気泡流の計算などが行われている。二相格子ボルツマンでは、界面形状が自律的に定まることと質量保存性が良いことなどが特徴とされており、特に微細スケールの現象の計算に適しているようである。このモデルにより、微粒子を液滴粒子として凝集体の分散化過程を計算した例を図2に示す。

上記の以外の解法としては、MPSを用いた液膜挙動の計算の報告があった。MPSは流体を粒子の集まりで表現するため、流体の分裂・合体や界面の大変形の計算に適するといわれるが、この報告では壁面境界条件に関する既往の検証が十分でないという観点から、壁面近傍の粒子の扱いを改良する方法が紹介された。

混相流関連のCFDは、以上のように計算対象が広範囲にわたり、 それに応じて計算手法も多様である。しかし、工学的に満足の行く精度でCFDにより再現される混相流現象は実際の一部に過ぎず、今後解法の改良と新たな手法の提案が期待される。

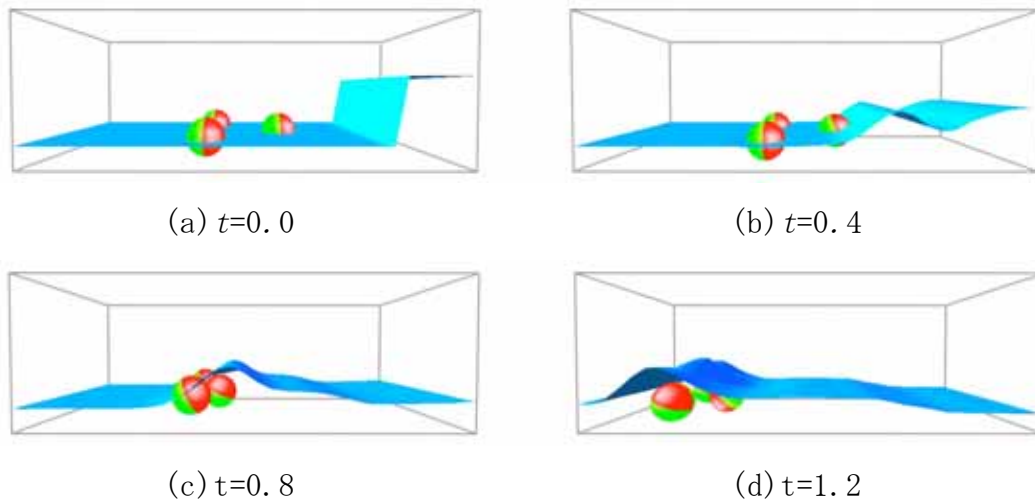


図-1球体を含む自由水面流れの計算例

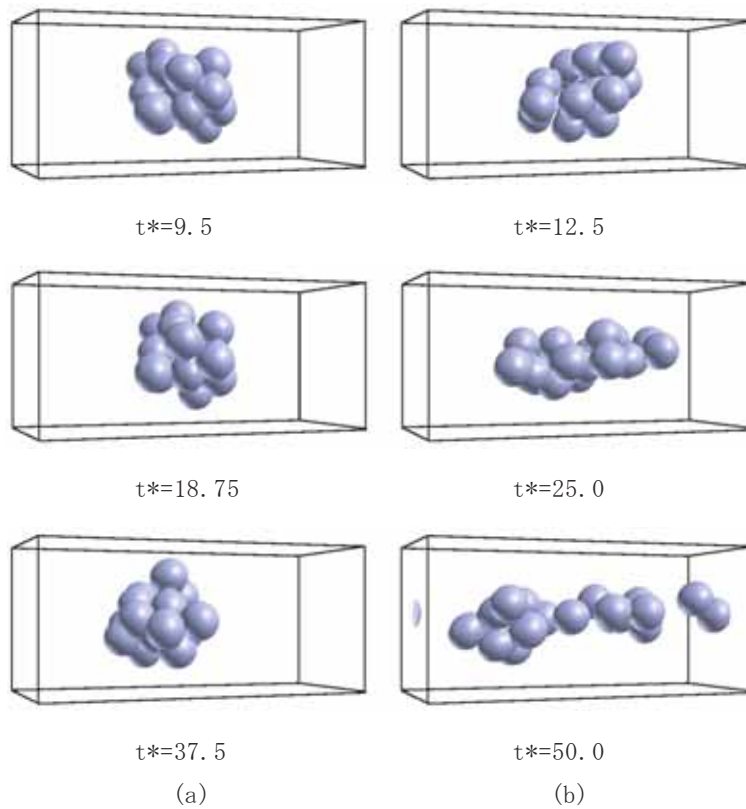


図-2凝集体の分散化過程を計算した例