

京都大学工学部 学生員 ○鷲見 崇

京都大学工学研究科 正会員 後藤仁志

京都大学工学研究科 フェロー 酒井哲郎

1. 研究の目的 MPS 法, SPH 等の粒子法による流体解析では, 境界条件を粒子で表現するため, 例えば固定壁を境界とする場合には, 粒子を規則的に等粒子数密度で配列することが必要になる. この作業は初歩的なプログラム言語の知識で対応可能な単純なものであるが, 1 カ所でも粒子の重複があると, 主計算においてエラーが発生し, 計算が止まってしまう. このように, 単純ではあるが正確性を必要とする作業を, 人間の手で行うと, エラーが頻繁に発生することは明らかであり, 効率的ではない. この過程を効率的に行うには, 人間の作業によるエラーを少なくする工夫が必要である. その対応策の一つとして, 初期粒子配列を感覚的に把握することが容易なユーザーインターフェイスを構築することが, 非常に有効である. これがすなわちプリプロセッサの構築である. 本研究では, このような理由から, プリプロセッサを開発した. 特に, 水工学・海岸工学における流体解析の実施に際しての使用性を追求し, 造波水槽や水路の作成の雛形を提供する配慮も行った.

2. MPS 法の概要 流体力学において, 流体運動は一般的に Euler 型で記述される. 例えば, VOF 法など, 格子を用いる計算手法の多くは Euler 的な計算法である. それに対して, 流体運動を流れと共に移動する座標系で観測する方法を Lagrange 型記述という. Lagrange 的な計算に適しているのは, 流体を複数の粒子の集合体として表現し, これらの粒子の運動を追跡する方法である. このような, 格子ではなく粒子を用いた Lagrange 的な計算手法は, 粒子法と呼ばれる. 粒子法では, 流体粒子総数と粒子数密度を一定に保つことで, 質量保存と非圧縮性を表現し, 流体粒子間の相互作用としてモデル化した流体の運動方程式を用いて流体運動が計算される. MPS 法も粒子法の一つであり, Navier-Stokes 方程式の圧力項や粘性項が物理的に意味する「勾配」および「拡散」の現象を直接モデル化(粒子間相互作用モデル)することで, ベクトルの微分演算を計算している.

3. 研究の内容 本プリプロセッサを構築するに当たって『操作性を重視し, 専門的な利用から入門者までの幅広いユーザーを支援するシステムとする』ことを最重要課題とした. 開発環境として, 計算機は Dell Dimension 4500C (CPU: Pentium 4-2.40GHz) を使用した. プログラム言語は, 本プロセッサのように計算負荷の少ないプリプロセッシングにおける, GUI (= Graphic User Interface) に優れたコードの開発への適切性への面を重視して, Visual Basic (Microsoft Visual Basic 6.0) を用いた.

本プロセッサの特徴的な機能としては以下の点が挙げられる. (1) 物性(固定壁, 移動壁, 水 etc) および図形形状(矩形, 円形, 任意多角形 etc) を選択して, 座標をマウスコントロールにより入力することで単一図形を描画できる. (2) 座標の厳密指定が必要な場合のために, 数値入力による座標指定も可能なコマンドがある. (3) 単純な形状モデルを合成することにより複雑な形状の壁面を作成できる(同じ物性の図形の接触状況を自動判別し, 接触状態にある図形は単一の多角形として認識する). (4) 固定壁, および移動壁に関しては, 多角形の外周を圧力計算対象粒子としてフラグをたてる必要があるが, その作業を自動的に判別して行う(従来のプリプロセッサではユーザーが手動で圧力計算対象粒子を指定する必要があった). (5) 作成した粒子位置をリアルタイムでモニタに表示し, 必要であれば随時修正可能である. (6) 海岸工学で頻用される造波水槽のような計算条件に関しては, あらかじめ標準のモデルを作成しておき, 個別の構成要素(造波板, 底面境界 etc) を選択し, パラメータを入力することで目的の初期粒子配列を作成できる仕様である. 造波水槽の構成要素としては, (A) 造波板, (B) 底面境界(固定壁, サンドピット(2 流体計算用)), (C) 岸側境界(鉛直壁, 防波堤, 斜面, 越波排

Takashi SUMI, Hitoshi GOTOH and Tetsuo SAKAI

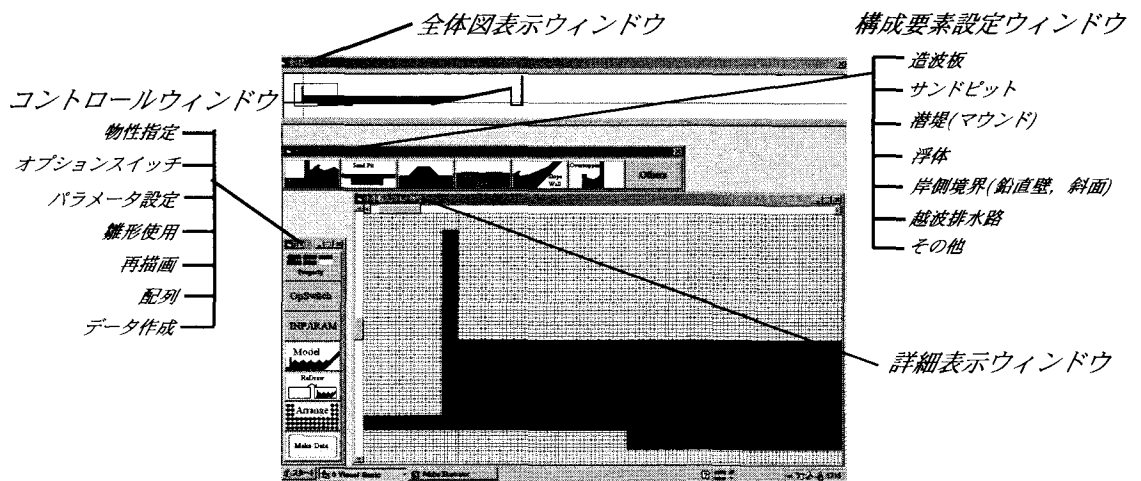


図-1 造波水槽モデル使用時の画面

水路の有無), (D)水槽内設置構造物(潜堤(マウンド), 浮体)を盛り込んでいる。

4. 主要な結果と今後の課題 図-1に本研究のプリプロセッサにおいて、造波水槽の雛形を選択した際の画面の例を示す。画面上部に造波水槽全体図を表示するウィンドウ、右下部に詳細を表示するウィンドウを設けており、全体像を把握しながら造波水槽の詳細を指定することが可能である。またコントロールスイッチ群、構成要素スイッチ群を設けていることで、先に述べたように操作性に優れた仕様となっている。図-2に粒子配列後の詳細表示ウィンドウを示す。先に述べたように、リアルタイムでこのような粒子配列を参照できるので、随時確認しながらのデータ作成が可能である。

今回開発した対話型プリプロセッサにより、2次元のMPS法のための初期粒子配列データは容易かつ迅速に作成可能になった。将来的には3次元化が必要になるが、通常の水利実験で断面実験用に用いられるような奥行き方向に一樣な水路については、このプリプロセッサを反復して用いることで簡単に対応が可能となる。つまり、2次元で作成したデータを開水路の幅だけ奥行き方向に同様に並べ、両端に壁の粒子データを作成することで3次元化は可能となる。管路などの多少複雑な3次元化への対応としては、ユニット化された水路を次々とつないで、水路を構成するような手法が有効である。例えば魚道などでは種々のフィンを配

したプレキャストブロックを、ユニットとして予め作成しておき、それらを組み合わせて魚道全体を編成するという発想である。MPS法の主計算が3次元化しつつある現状では、プリプロセッシングの対応も急がねばならない。

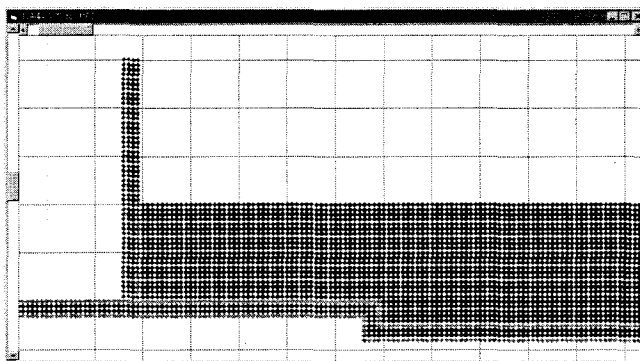


図-2 粒子配列後の詳細表示ウィンドウ