

自由水面が大変形する急変流のための粒子法数値流体解析の統合環境の開発 The study of the integrated environment for particle method as a way of analyzing the rapidly varied flow which makes free water surface largely deform

○田中良和 島武男 向井章恵 樽屋啓之 中達雄

○TANAKA Yoshikazu, SHIMA Takeo, MUKAI Akie, TARUYA Hiroyuki and NAKA Tatsuo

1. はじめに

自由水面が大変形する現象は、農業水利構造物内のサージンを誘発するため、設計上詳細に検討すべき水理現象である。技術者が容易に解析できるように、粒子法による数値流体解析の統合環境を開発した。統合環境は、前処理、流体解析および後処理の処理過程で構成され、グラフィックユーザインタフェースによって容易に行えるように工夫した。活用例として、落差工における落下水脈について解析し、本統合環境の有効性を示した。

2. 粒子法

ソルバーは以下の2手法を用いた。

① MPS法 : Fig.1 に示すように、支配方程式の微分方程式中の各項を、粒子間の相互作用の式に置き換えて計算する非圧縮性粘性流体解析手法である (Koshizuka・Oka, 1996)。

② SPH法 : Fig.2 に示すように、粒子周辺の状態量は内挿関数によって重み付け平均を取ることにによって、支配方程式における微分方程式中の各項を離散化して解く圧縮性粘性流体解析手法である (Gingold・Monaghan, 1977)。

3. 前処理

形状をモデリングツールで作成した図を読み込み、離散化して境界条件の設定がなされた後、ソルバーに対して出力した (Fig.3)。

① 離散化アルゴリズム : その仕組みは、仮に3次元空間の直交方向から離散化対象物を透過する光線を照射した場合、光線の先端が対象物の面を透過した枚数を数えると、離散対象物の内部は奇数となり、外部は偶数になることを利用した (Fig.4)。

農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所
National Institute for Rural Engineering

② 流入・流出境界条件の処理

流入境界条件では、流入面全域に粒子数密度が一定の粒子群を配置し、流入する方向と逆向きに粒子群を3層複製する。1ステップ毎に4層目に追加する (Fig.5)。流出境界条件は、解析対象から流れ出して入り込む領域の幾何学的な情報である (Fig.6)。

4. 後処理

以下の4つの機能を実装した。

- ①色、透明度、ベクトル表示による表示
- ②3次元形状の平面によるスライス表示
- ③検索機能
- ④ピッキング機能

5. 計算例

上流側で堰き上げ背水がある場合と無い場合の2ケースの水クッション型落差工について、本統合環境を使用して解析を行い、水クッション部での水面変動について検討した。落差工の概略寸法を Fig.7 に示す。

6. 結果と考察

落下水脈のナップ形状について、SPH法とMPS法の数値解析と以下の水理実験式との比較を行った結果を Fig.8 に示す。

計基準 (水路工) の基準書 (Fig.9)

$$x = 1.477 H \{(y/H) + 0.242\}^{0.567}$$

松下による式

$$x = 1.509 y \left(V_1 / \sqrt{gy} \right)^{0.612}$$

共に良好な一致が得られたが、堰がある場合は、水クッション部の水面の変動が、無い場合と比較して小さく、水クッション部の水面変動を抑制する役割があることが示唆された (Fig.10)。

キーワード: 粒子法, 統合環境, MPS法, SPH法, 自由水面, 落差工

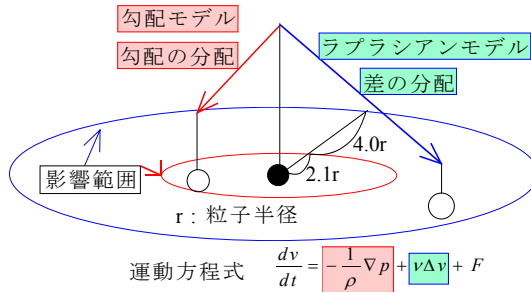


Fig.1 MPS法による物理量の表現方法

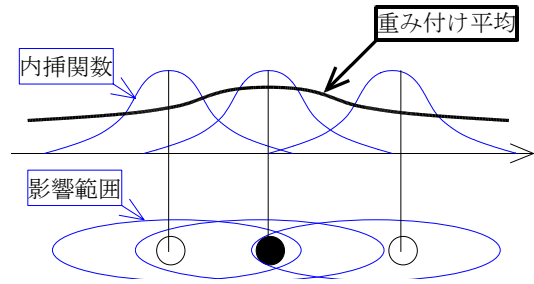


Fig.2 SPH法による物理量の表現方法

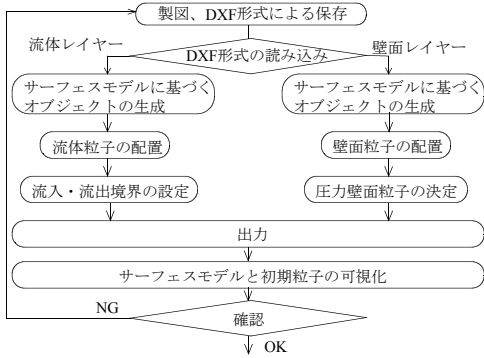


Fig.3 粒子配置のフローチャート

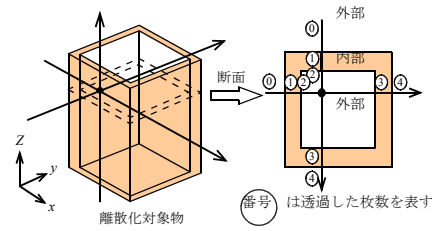


Fig.4 離散化アルゴリズムの仕組み

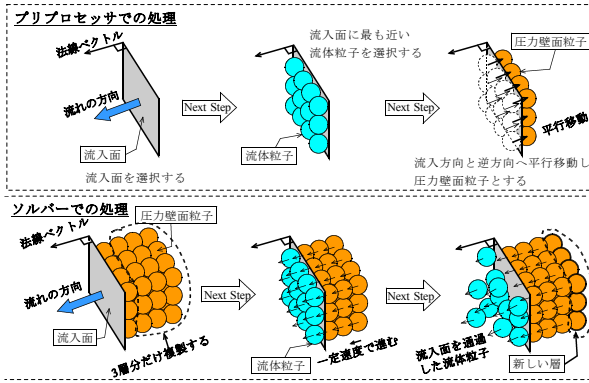


Fig.5 流入境界の処理

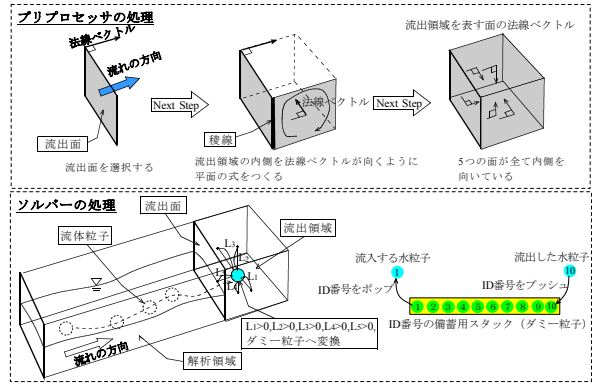


Fig.6 流出境界の処理

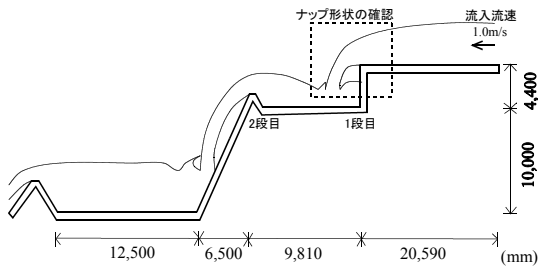


Fig.7 落差工の寸法

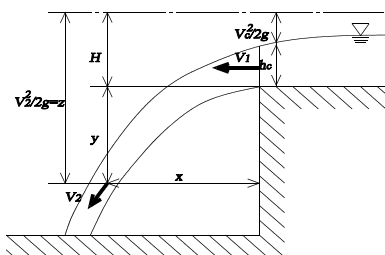


Fig.9 落水脈の説明図

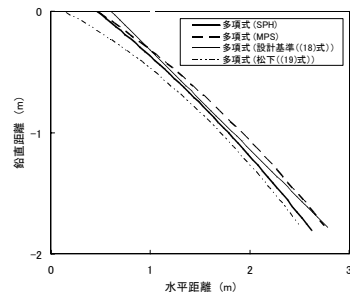


Fig.8 落水脈の軌跡の比較

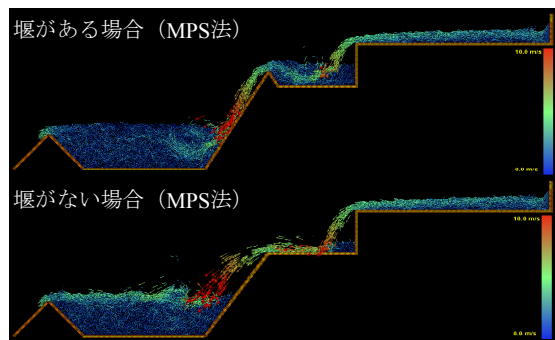


Fig.10 流速ベクトル (MPS法)

