

衝突水流の表面波形成メカニズムに関する数値計算

Numerical investigation on surface wave formation of water impingement

- 藤松信義, 青学大院, 神奈川県相模原市淵野辺 5-10-1, E-mail: fujimatu@me.aoyama.ac.jp
 三栖 功, 青学大院, 神奈川県相模原市淵野辺 5-10-1, E-mail: misu@me.aoyama.ac.jp
 Nobuyoshi FUJIMATSU, AGU, 5-10-1, Huchinobe, Sagamihara, Kanagawa
 Isao MISU, AGU, 5-10-1, Huchinobe, Sagamihara, Kanagawa

Two-phase flow analysis is conducted using the CIP-CUP method with digitizer function. A CIP scheme was applied to test problems and the abilities of two-phase flow analysis were investigated. The digitizer function was usually used to analyze two-phase flow in numerical simulation. However, the density function often smeared out during computation. The CIP method with digitizer function was improved and tested to maintain the mass conservation. Flow fields over impinging water jet at various nozzle diameter, height and surface tension are numerically investigated. The wavy shaped structure is clearly captured using the CIP-CUP method. The numerical simulation shows that the flow fields are able to classify two types of wave structure under various nozzle diameter, nozzle-plate distances and surface tension.

1. はじめに

細い円管から流出する水が平板に衝突すると、気液境界面で波面が形成される(Fig. 1)。子供の頃にした水遊びで、このような流体現象を観察した記憶はないだろうか。しかし、上記のような波面が形成されるメカニズムやどのような物理パラメータに依存した現象であるのか、著者が知る限り明らかにされていない。

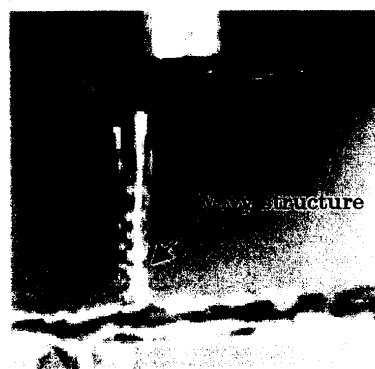


Fig. 1 Wavy structure created by water impingement.

本研究では、衝突水流による波面の形成メカニズムを明らかにすることが目的である。研究の第一段階として、気液二相流の解析コードを構築し、気泡の上昇計算などの検証問題を解いた。このとき、二相流解析における気液境界面の取り扱いに関する問題点を吟味し、質量保存性の改良法を構築した。次に、衝突水流の数値計算を流量、密度比、表面張力などのパラメータを変更した解析を行い、振動が生じる条件を整理分類した。

2. 数値計算手法

基礎方程式は非保存形の軸対称圧縮性 Navier-Stokes 方程式である。本研究では、これらの式に CIP-CUP 法^(2,3)を適用して気液流動を解いている。気相と液相の区別は密度関数を用いて行った。検証問題の解析を通して、気液二相流解析の問題点を検討し、気液境界面を精度よく捉えるための改良を行った。

3. 衝突水流の数値計算

水流出口が計算領域上端に設けてあり、水流が重力によって落下し、地面に衝突する。その後、軸対称面から右方へと放射状に広がる。流出境界では反射波が生じないように無反射条件⁽⁴⁾を適用した。計算領域の大きさは計算条件によって変化した。

格子は不等間隔であり、気液境界面付近に格子を集中させた。

計算で得られた流れ場の一例を Fig. 2 に示す。図は密度分布を示しており、青から赤に掛けて密度が高くなっている。水流出口から流れた流体が地面に衝突すると、放射状に広がり右方向に流出していく。水流が地面に衝突する付近において、波面を観察できる。高さを変えた計算を行い、波面が見られる条件の分類を行った。

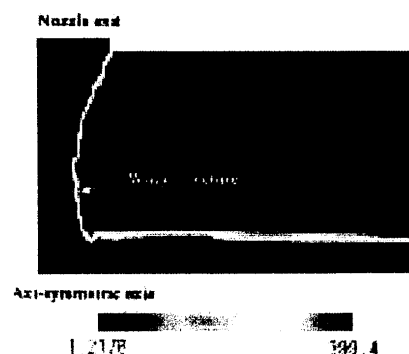


Fig. 2 Flow field of impinging water jet.

流体の衝突現象で上記のような波面が観察されるとき、流体出口と地面間において、feedback loop が存在すると考えられる。気液境界面付近に検査線を取り、物理量の変化を詳細に調べてみた。その結果、上下流方向に行き来する波動現象が観察された。波の進行速度を調べた結果、それらは対流波と表面張力波であること、それらの存在により波面が形成されることが分かった。

6. まとめ

気液二相流解析において、体積保存性を向上する方法を考案した。衝突水流により形成される波状構造は対流波と表面張力波との feedback loop により形成されることが分かった。

参考文献

- (1) T. Bohr, et Al., Phys. Rev. Lett., **79**, (1997) pp. 1038.
- (2) T. Yabe and F. Xiao, J. Phys. Soc. Japan, **62** (1993) pp.2537-2540.
- (3) 矢部孝, 内海隆行, 尾形陽一, CIP 法, 森北出版(2003).
- (4) K. Suzuki and N. Fujimatsu, Compt. Fluid Dynamics Journal. Vol. 8, No. 1, (1999), pp. 113-120.