静止液相におけるガスシートの不安定性に関する数値解析

Numerical analysis of instability of plane gas sheets in a quiescent liquid phase

*岡垣 百合亜[1]，与能本 泰介[1]，石垣 将宏[1]
[1]日本原子力研究開発機構

JAEA では二相流解析手法の高度化の一環として、VOF 法に基づく CFD 手法を検討している。本研究では、静止液相中の擾乱気相界面に対して OpenFOAM の VOF 法ソルバによる CFD 解析を行った。解析結果は、Li ら[1]の理論解析結果である Weber 数と安定性限界の関係性において良好な一致を示した。

キーワード：二相流動、CFD、VOF 法

1. 緒言

二相流 CFD 解析手法の高度化の一環として、オープンソースの CFD コード OpenFOAM で使用されている VOF 法の妥当性、並びに、使用に際しての適切な解析条件（メッシュ分割方法等）を明らかにするため、気液二相流の不安定性に関する Li ら[1]の理論解析結果と比較検討した。

2. 解析条件

OpenFOAM-2.3.x の VOF 法ソルバ interFoam を用いて 2 種類の初期擾乱形状（sinuous（波型）及び varicose（瘤型））を有する二次元ガスシートの解析を行った。解析体系を図 1 に示す。図中の上下にある液相部は初期状態で静止し、中央の気相部は一様に流れている。図中の a はガスシート幅の半分に相当し、計算領域は主流（x）方向に $100a$、垂直（y）方向に $6a$ 程度とした。Li ら[1]の線形安定解析では、重力及び気相動粘性係数 ν_g を 0 とし、気液界面の安定・不安定領域を Weber 数 $We=\rho_g U_g^2 a/\sigma$（σは表面張力）と無次元波数 $m=ka$（k は擾乱波の波数）の関係として表した。本解析では、a を 1m、代表気相速度 U_g を 1m/s、気相密度ρ_g を 1kg/m^3、液相密度ρ_l を 10kg/m^3、液相動粘性係数ν_l を 0.001m^2/s とし、表面張力σを 0.25 から 2N/m、無次元波数 m を 0.5 から 4 の範囲において解析した。初期擾乱は、正弦波 $y=A\sin(mx/a+\phi)$で与え、振幅 A を $0.1a$ とした。図 1 に示すように、上下界面の初期擾乱波の位相差ϕを波型不安定性の場合は 0、瘤型不安定性の場合はπとした。境界条件は、入・出口を周期境界条件、上下をスリップ壁とし、格子数は x 方向に 5000、y 方向に 600、乱流モデルは使用しなかった。

3. 結果・考察

初期擾乱を波型不安定性とした際の解析結果を図 2 に示す。理論解析結果は不安定性限界を示し、不安定性が生じる最大波数である。CFD 解析結果の安定と不安定の判断は、初期擾乱の振幅を基準とし、時間とともに減衰する場合を安定、増幅する場合を不安定とした。25 点の条件について CFD 解析を行い、理論解析結果と良好に一致することがわかる。

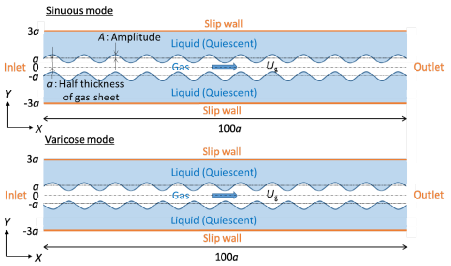

図 1 解析体系

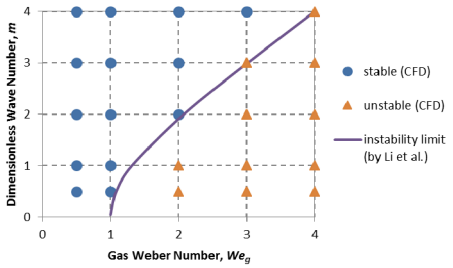

図 2 解析結果（波型不安定性）

参考文献

[1] X. Li, A. Bhunia, “Temporal instability of plane gas sheets in a viscous liquid medium”, *Phys. Fluids.*, **8**[1], 103-111 (1996)

*Yuria Okagaki[1], Taisuke Yonomoto[1] and Masahiro Ishigaki[1]

[1]Japan Atomic Energy Agency