

# 流体ソフトウェアのご紹介

- アドバンスソフト技術セミナー

## Advance/FrontFlow/MP

アドバンスソフト株式会社  
主事研究員

小笠原 章 4.



## Advance/FrontFlow/MPとは

MP=Multi-Phase

気液二相流など混相流のための流体解析ソフトウェア

### MPの解析機能

沸騰/凝縮を伴う気液二相流解析  
気泡成長を伴う二相流解析  
膜沸騰や核沸騰を考慮した固体との連成解析  
複雑形状システムにおける大規模計算  
固体粒子の挙動を含む二相流解析  
スロッシング等の界面挙動解析

➡ Advance/FrontFlow/MPは、このような解析を可能にするために Advance/FrontFlow/redをベースに開発された 二流体モデルによる混相流(多相流)解析ソフトウェアです。



## Advance/FrontFlow/MPで何が解析できる？

- 素材・化学
  - 焼き入れ処理プロセス
  - プラント内流動
- 機械・自動車
  - 空調・冷凍機器
  - 蒸発器・凝縮器
  - 壁面成分との熱連成
  - 気泡成長解析
  - 気泡除去装置
- 発電プラント（原子力・火力）
  - 蒸気タービン
  - 気泡塔
  - 壁面成分との熱連成
  - 気泡成長解析
- エネルギー・建設
  - 気液界面解析
  - スロッシング
  - ダム・液柱解析

→ など、気体・液体・固体の複数の相が関与する  
流体现象全般が解析でき...

→ 重工、機械、自動車、化学、素材、エンジニアリング  
などの分野に適用されています。



3

## MPの特長の例 1：構成方程式の最適設定

気液二相流の状態によって気液界面における質量・運動量・エネルギーの輸送機構が異なるため、流動様式で分類して、それぞれ異なる構成方程式を使用する。  
以下の2方式への対応が可能。

### 流動様式

ボイド率(気相体積割合)で分類する方法(標準採用)

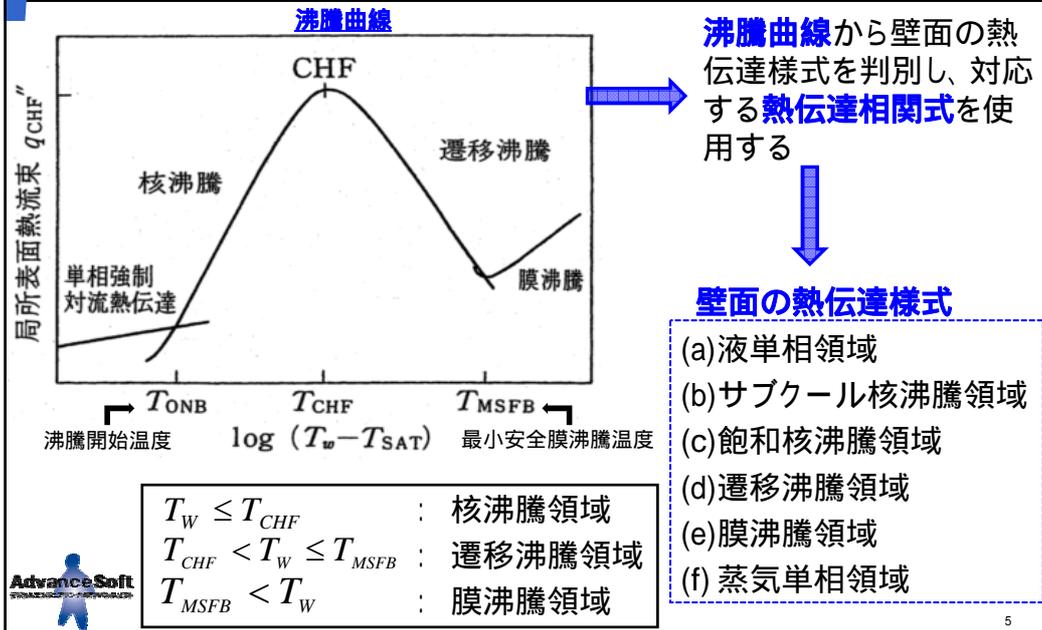


ボイド率(気相体積割合)と質量速度で分類する方法



4

## MPの特長の例 2 : 壁面熱伝達の最適設定



5

## 沸騰/凝縮を伴う気液二相流解析

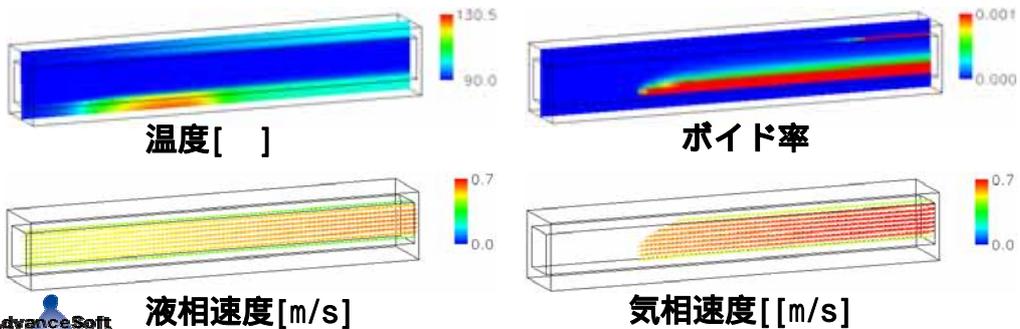
沸騰や凝縮を伴う気液二相流を、高精度・安定的に解析できる

- ・各相の質量とエネルギーの保存精度を高める数値アルゴリズムを開発
- ・沸騰や凝縮を伴う場合でも質量誤差0.1%以下、熱収支誤差1%以下に抑制

当社実績ケースでの結果

例: 水平管の沸騰凝縮解析

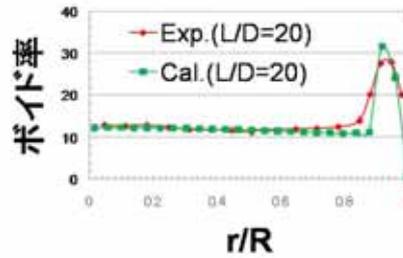
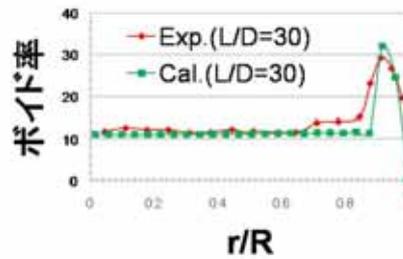
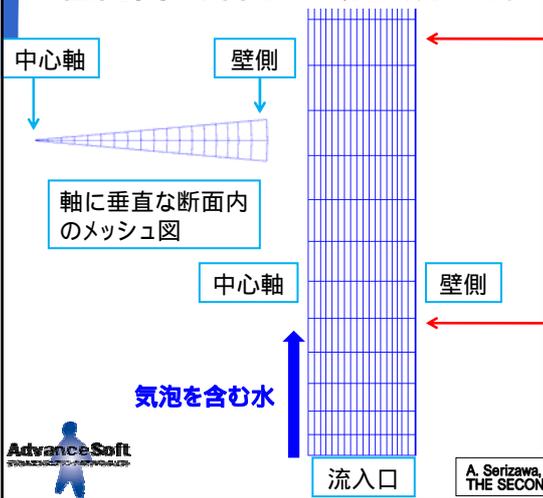
沸騰凝縮を伴う固体と流体の伝熱連成解析



6

## 気泡成長を伴う二相流解析

例: 原子力発電プラントにおける  
冷却水中の気泡成長解析  
管内高さ方向の気泡成長過程



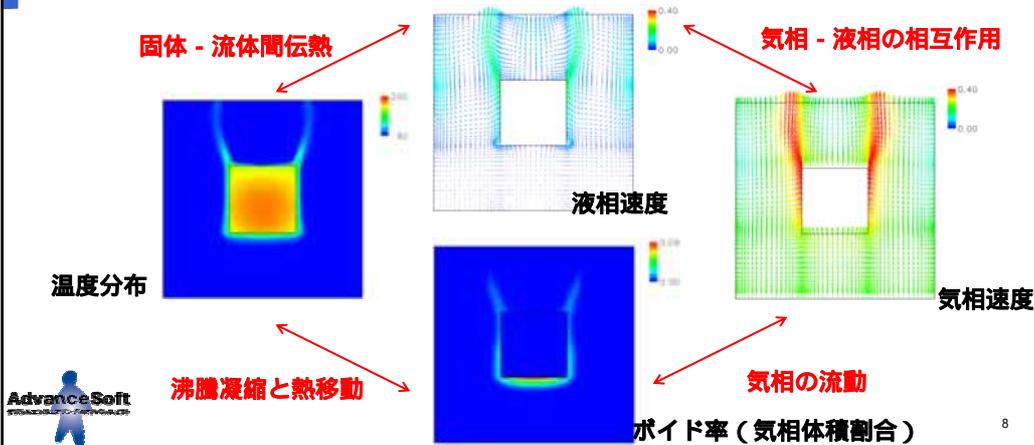
A. Serizawa, I. Kataoka and I. Michiyoshi,  
THE SECOND INTERNATIONAL WORKSHOP ON TWO-PHASE FLOW FUNDAMENTALS

## 膜沸騰や核沸騰を考慮した固体との連成解析

例: 焼き入れ処理プロセス

液体中に設置した高温物体表面からの蒸気発生

- ・固体表面の温度変化
- ・蒸気(ガス相)の流動に駆動される液相の流動



## 複雑形状システムにおける大規模計算

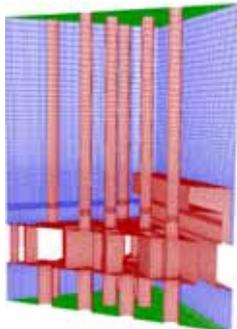
例: 原子炉内における気液二相流解析

燃料集合体ノズル部における気泡滞留領域の特定

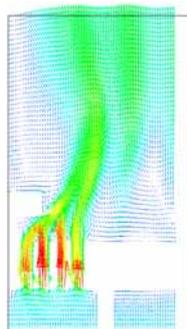
・並列計算対応による大規模解析

( CPU数フリーのライセンス料)

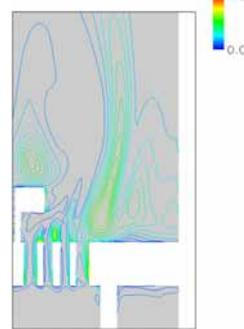
・非構造型子の採用による複雑形状のメッシュへの対応



プリズム(三角柱)及びテトラ(四面体)メッシュの併用による計算格子



気相速度



ボイド率(気相体積割合)

出典: 革新的実用原子力技術開発費 補助事業平成18年度成果報告書概要版  
「高温高圧二相自然循環炉の熱流動システム評価手法の開発」

9

## 固体粒子の挙動を含む二相流解析

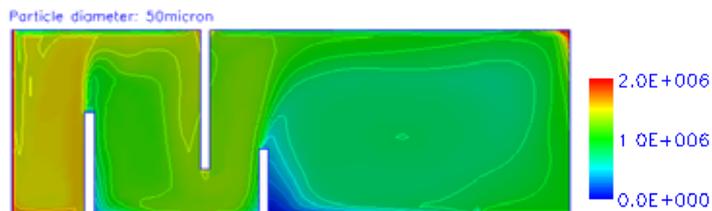
例: 気液二相流中の固体粒子の凝集解析

固体粒子滞留領域の特定

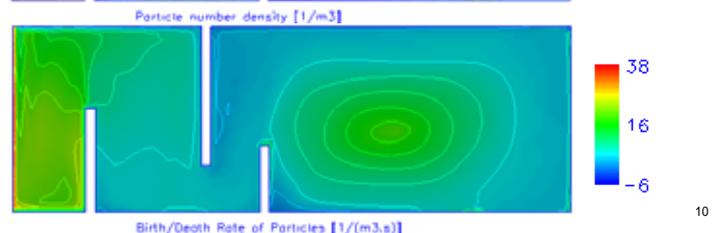
・粒径グループ毎に個数・個数濃度保存方程式を解く

・個数濃度保存方程式に速度差と乱流による凝集効果を考慮

径50  $\mu\text{m}$  粒子の  
個数濃度 [ $\text{m}^{-3}$ ]



径50  $\mu\text{m}$  粒子の  
生成・消滅速度 [ $\text{s}^{-1}$ ]

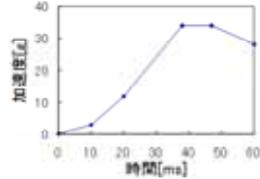
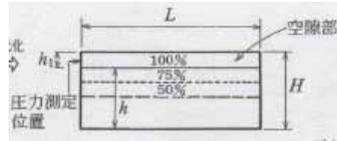


10

## スロッシング等の**界面挙動**解析

例: 水平加速時の液面挙動の動的解析

解析条件

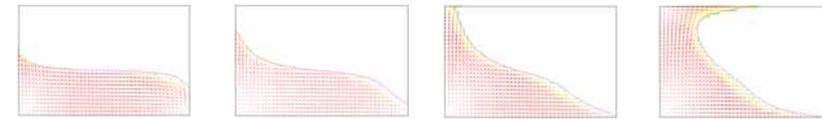


水平方向  
加速度  
(解析条件)

実験結果



MPによる  
計算結果



30ms

40ms

50ms

60ms

11

## Advance/FrontFlow/MPの**解析機能**一覧

項目	機能
物理モデル	基本機能：定常 / 非定常 / 非圧縮性 / 強制対流 / 自然対流 / 固体の熱伝導 (固体内部の複数材質含む) 乱流モデル：k-εモデル / 渦粘性一定 / 層流 気液二相流：二流体モデル 気泡合体：ポピュレーションバランス / Princea&Blanchモデル 固体粒子の凝集：粒径グループ毎の質量・運動量方程式(1way) 流動様式：流動様式線図 蒸気表：水-蒸気系、空気の物性値 構成方程式：抗力 / 揚力 / 壁面潤滑力 / 乱流拡散力 / 相間熱伝達 / 壁面熱伝達 (液单相、サブクール核沸騰、飽和核沸騰、遷移沸騰、膜沸騰、蒸気单相)
メッシュ形状	6面体(ヘキサ) / 4面体(テトラ) / 3角柱(プリズム) / 4角錐(ピラミッド) / これらメッシュの混合
離散化	有限体積法 / 節点中心法
アルゴリズム	SIMPLE法 / Rhie-Chow法による圧力振動の抑制 / Muzaferijaの手法による拡散項の精度向上
時間積分	Euler陰解法
離散化スキーム	1次精度風上差分 / 3次精度風上差分 + リミタ(TVD法) / 上流補間法 (USI法)
行列解法	ICCG法 / Bi-CGSTAB法
並列計算	自動領域分割による並列計算



12

# Advance/FrontFlow/MPのロードマップ

## 現在の機能

**基本機能:** 定常 / 非定常 / 非圧縮性 / 固体の熱伝導 (複数材質含む)  
**乱流モデル:** 分散性k-モデル / 気液混合k-モデル / 渦粘性一定  
**気液二相流:** 二流体モデル  
**流動様式線図:** ボイド率による分類 / ボイド率と質量速度による分類  
**蒸気表**  
**構成方程式:** 気泡流 / 噴霧流 / 壁面熱伝達係数 (核沸騰、膜沸騰等) / 抗力 / 揚力 / 壁面潤滑力 / 乱流拡散力  
**気泡合体:** ボビュレーションバランス / Princea&Blanchモデル  
**固体粒子の凝集:** 粒径グループ毎の質量・運動量方程式(1way)  
**メッシュ形状:** ヘキサ / テトラ / プリズム / ピラミッド / これらの混合  
**離散化:** 有限体積法 / 節点中心法  
**アルゴリズム:** SIMPLE法 / Rhie-Chow法による圧力振動の抑制 / Muzaferijaの手法による拡散項の精度向上  
**移流項の離散化スキーム:** 1次精度風上差分 / 3次精度風上差分 + リミタ(TVD法) / 上流補間法(USI法)  
**並列計算:** 自動領域分割による並列計算

パラメータ設定を容易にする機能 (例えばRe, Pr, Gr, Nu等の無次元数を与えれば、自動的に推奨パラメータ値が設定されるような機能)を組み込む: ユーザー自身が設定することも可能

2009年

非凝縮性ガスと凝縮性ガスを同時に扱う機能

ユーザー一チン適用範囲の拡張

計算高速化

気泡分裂モデルの導入

汎用プリポストとの連携

化学反応

構造解析ソフト Advance/FrontSTRとの連携

デフォルト推奨値の設定

沸騰・凝縮計算の高度化

気泡合体モデルの高度化

固体粒子の凝集機能の高度化

高圧縮性対応 (チョーキング、衝撃波)

溶媒濃度輸送 (液中の揮発成分の飛散など)

13

## 詳細についてのお問い合わせは...

- ・ Advance/FrontFlow/MP紹介ページ :  
[http://www.advancesoft.jp/product/advance\\_frontflow\\_mp\\_fs/advance\\_mp\\_01.html](http://www.advancesoft.jp/product/advance_frontflow_mp_fs/advance_mp_01.html)  
 (資料ダウンロード・お問い合わせ窓口)
- ・ その他の当社ソフトウェア紹介ページ :  
<http://www.advancesoft.jp/product>
- ・ 当社HP : <http://www.advancesoft.jp>
- ・ e-mail: [office@advancesoft.jp](mailto:office@advancesoft.jp)
- ・ tel : 03-5570-1681
- ・ fax: 03-5570-1684



14

# 当社ソフトウェア紹介ページ

アドバンスソフト株式会社 - Windows Internet Explorer

http://www.advancesoft.jp/

AdvansSoft  
アドバンスソフト株式会社

お問い合わせ | 個人情報保護について | サイトマップ | トップページ | 検索キーワード | 検索

製品サービス案内

- パッケージソフトウェア
- 受託解析サービス
- 受託開発サービス
- コンサルティング
- 国のプロジェクトへの参加
- 書籍出版・販売
- セミナー

サポート

- 解析・開発事例

問題解決に即戦力として貢献します。

高度な技術力、開発力、人材を武器に、最先端理論を応用した解析シミュレーションソフトウェアを開発・販売しています。受託解析、受託開発、パッケージソフトウェア、コンサルティング等多様なソリューションを通じて、お客様の問題解決に即戦力として貢献します。

トピックス

- 2009/01/08 アドバンスソフト技術セミナー ～国プロジェクトと産学連携～  
2009年3月4日(水)開催のご案内