

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-954 改0
提出年月日	平成30年8月29日

V-5-30 計算機プログラム（解析コード）の概要・Fluent

目次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
2.1 Fluent Ver. 16.0.0	3

1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）Fluentについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
V-1-1-8	発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書	Ver. 16.0.0

2. 解析コードの概要

2.1 Fluent Ver. 16.0.0

項目 \ コード名	Fluent
使用目的	流体解析
開発機関	ANSYS, Inc(アメリカ)
開発時期	2015年 (初版開発時期 1983年)
使用したバージョン	Ver. 16.0.0
計算機コードの概要	ANSYS Fluentは、CFD解析の初心者からエキスパートまで、幅広い要求に応える使いやすさと多くの機能を備える。有限体積法をベースとした非構造格子に対応するソルバを搭載しており、化学反応、燃焼、混相流などが取り扱える。
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証 (Verification)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは有限体積法を用いた汎用流体解析プログラムであり、数多くの研究機関や企業において、様々な分野の流体解析に広く利用されていることを確認している。 ・2次元ダムブレイク問題の解析結果と他の数値解法による結果を比較し、よく一致することを確認している。 ・本解析コードの製品開発、テスト、メンテナンス、サポートの各プロセスは、United States Nuclear Regulatory Commission (アメリカ合衆国原子力規制委員会) の品質要件を満たしている。 ・使用する解析モデルは、工事計画認可申請書を基に作成した評価モデルを採用していることを確認している。 <p>【妥当性確認 (Validation)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、航空宇宙、自動車、化学などの様々な分野における使用実績を有しており、妥当性は十分に確認されている。 ・2次元ダムブレイク問題の解析結果と実験結果とを比較し、よく一致することを確認している。

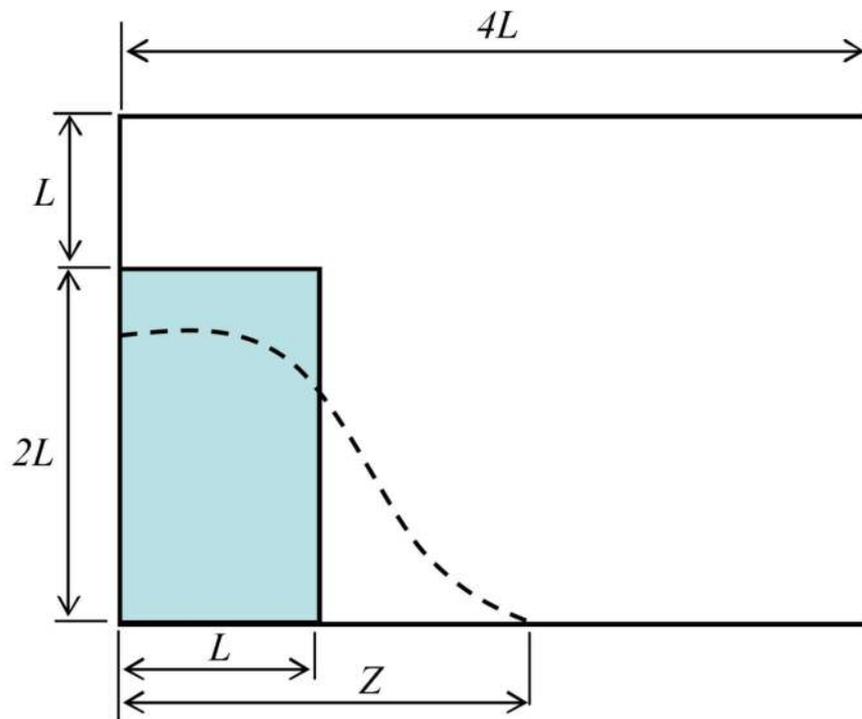
解析コード「Fluent (Ver. 16.0.0)」の妥当性検証

1. 概要

使用プログラムFluent (Ver. 16.0.0)の動作検証を実施するため、2次元ダムブレイク問題の模擬解析を行い、水面位置の時間変化を実験結果と比較する。

2. 対象問題

第1図に示すアスペクト比1 : 2の水柱（水色の領域）を初期条件として、時間の経過とともに第1図中破線のように水柱が崩れる問題に対して非定常解析を行う。L=0.5[m]とし、物性値は第1表に示す値を用いる。



第1図 解析対象

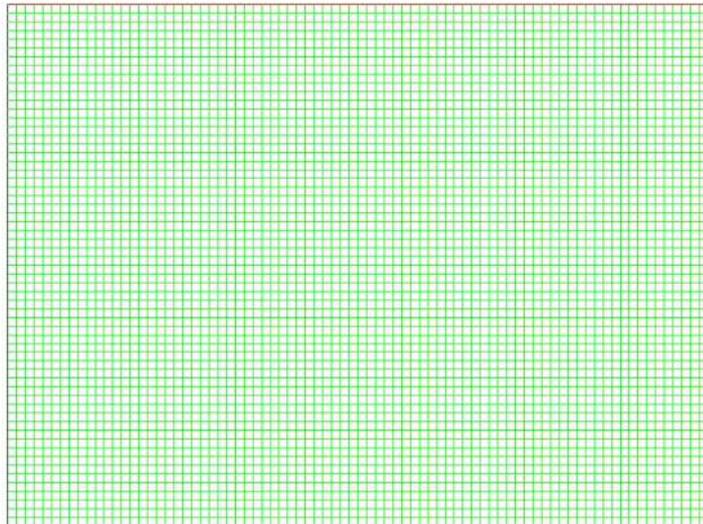
第1表 物性値

水	
密度 [kg/m ³]	$\rho_l=1000$
粘性係数 [Pa・s]	$\mu_l=1.0 \times 10^{-3}$
空気	
密度 [kg/m ³]	$\rho_l=1.0$
粘性係数 [Pa・s]	$\mu_l=1.8 \times 10^{-5}$

3. 解析モデルと解析条件

3.1 メッシュ分割

第2図にメッシュ分割図を示す。全域においてメッシュサイズを鉛直／水平方向とも0.025 [m] (0.05L) とする。



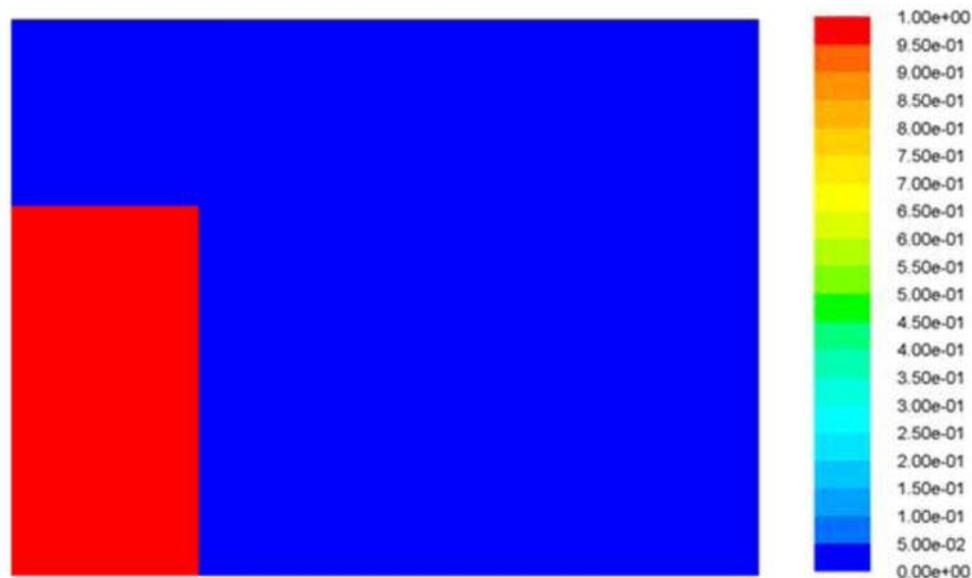
第2図 メッシュ分割図

3.2 流体のモデル化

水及び空気の2相流，かつ2相とも非圧縮性粘性流体としてモデル化する。2相の取り扱いについては，VOF法 (Volume Of Fluid 法) ^[1]を採用する。

3.3 初期条件

水柱の初期状態を模擬するために、第3図に示すような体積分率の初期条件を与える。流速及び圧力は、すべて0とする。なお、赤色は水を、青色は空気を、コンターレンジ途中の色(黄緑色等)は水と空気の混合状態を意味する。



第3図 体積分率分布 (初期条件)

3.4 境界条件

メッシュモデル下面及び側面には、滑りなしの境界条件を与えた。また上面は圧力境界条件とする。

3.5 重力の取り扱い

鉛直下向きに1G ($=9.8\text{m/s}^2$) 相当の体積力を与える。

3.6 時間積分

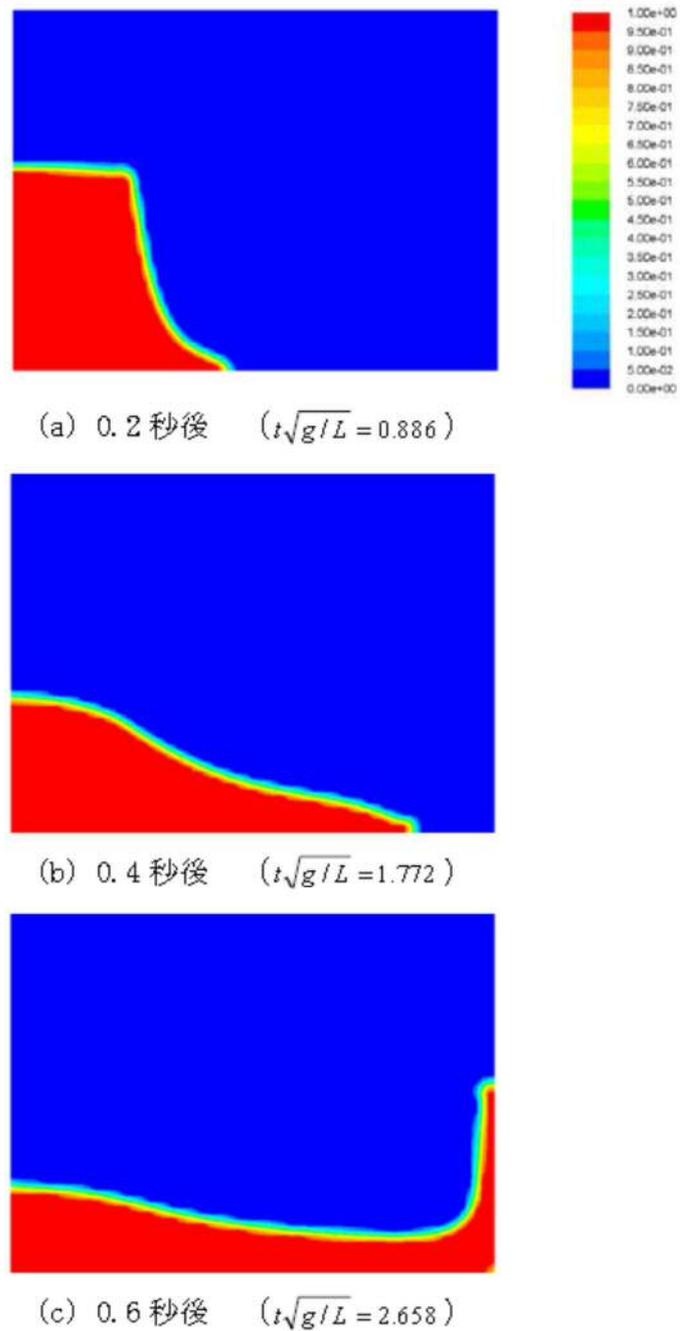
非定常計算における時間刻みは、0.01秒とし、100時間ステップ (=1.0秒間) の解析を行う。

4. 解析結果及びまとめ

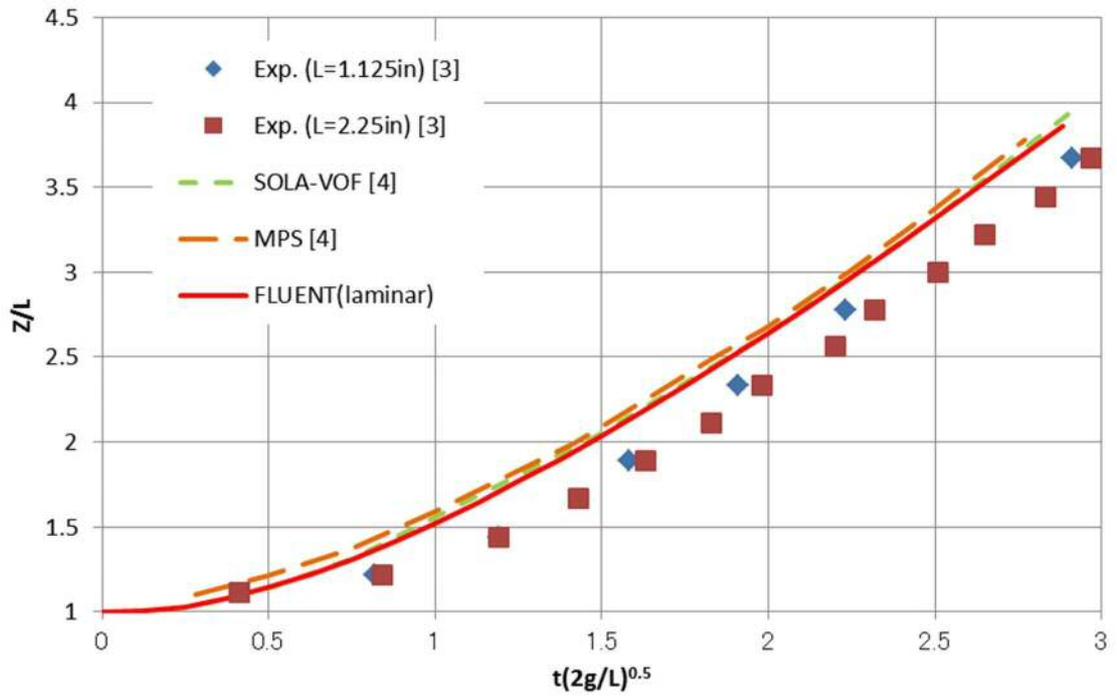
第4図に、体積分率分布を示す。ここで、図中のt:経過時刻[s], g:重力加速度を示す。時間の経過に伴って水柱が崩壊し、モデル右側面に衝突した水流が壁面を伝って上昇している様子が分かる。また、自由表面の形状に関して、物理的に破たんしているような部分や、自由表面がぼやけるような現象は見られない。

実験結果^[2]及び他の数値解法^[3]との比較を、第5図及び第6図に示す。第5図は水の先端(右端)の位置の時間変化を、第6図はモデル左端における水面の高さの時間変化を無次元化して整理したグラフである。これらの図において、本解析結果は他の解法・コードで計算した結果とよ

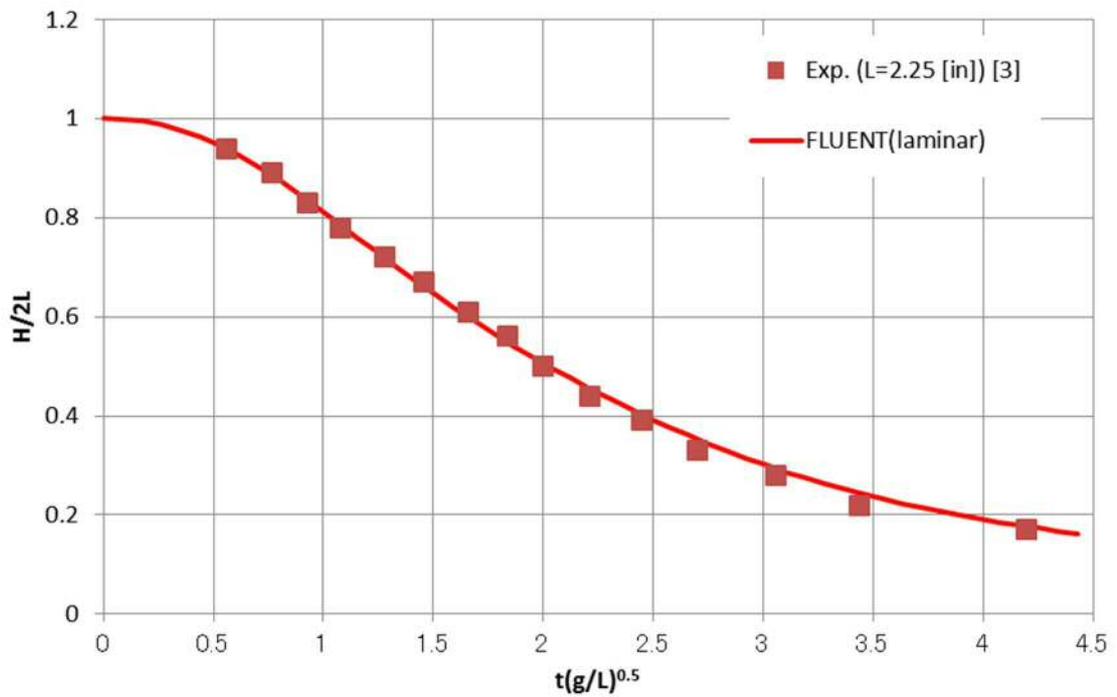
く一致している。第5図の水の先端位置の時間変化において、解析結果が実験結果と比べて先行する傾向があるが、これは実験においては水ダムのスリットの開放が有限時間で行われることの影響が大きいと思われる。



第4図 水面（体積分率分布）の変化



第5図 先端位置Zの時間変化



第6図 水柱高さHの時間変化

参考文献

- [1] Hirt, C.W. and Nicholls, B.D.: Volume of fluid (VOF) method for dynamics of free boundaries, *J. Comput. Phys.*, Vol.39, pp.201-221, 1981
- [2] Martin, J.C. and Moyce, W.J.: Part IV. An Experimental Study of the Collapse of Liquid Columns on a Rigid Horizontal Plane, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Science*, Vol.244, No.882, pp.312-324, 1952
- [3] 越塚誠一, 山川宏, 矢川元基, : 数値流体力学 (インテリジェント・エンジニアリング・シリーズ), 培風館, 1997