

OpenFOAMを利用した フローハンダ付け工程の シミュレーション

中川慎二, 後藤亮太
富山県立大学

snakagaw@pu-toyama.ac.jp

小泉雄大
コーセル株式会社

OpenFOAM利用実績

- 密度反転を伴う海水の自然対流
 - boussinesqBuoyantFoamを改造
 - 密度の温度・塩分濃度依存性を考慮

地域企業との共同研究・研究協力

- 押出金型内の樹脂流動解析
 - nonNewtonianSimpleFoam
 - 非ニュートン流体, 定常
- 複合紡糸ノズル内部流動解析
 - interFoam
- 溶融ハンダの数値解析 (←本研究)

背景

電子機器ハンダ実装のプロセス

- リフローハンダ
- フローハンダ（ウェーブソルダリング）
 - 部品を載せた基板を、溶融ハンダ槽の上に流す

電子機器の小型化

- 部品間距離の縮小
 - ブリッジが発生しやすい
- 対策が必要**



本研究の目的

ブリッジ問題への対応

- これまで: 製造現場での経験に基づく試行錯誤
- これから: ブリッジの発生条件を知り, より効率的に対策を進めたい。



- ✓ 汎用の熱流体シミュレーションソフトウェアを用いて, フローハンダプロセスを再現する。

簡易モデルによる実験 → シミュレーション
→ 結果比較 → 問題点の洗い出し

実験装置および方法

- 簡易モデルによるハンダ付け実験
- 一定の速度(10~200mm/s)で、部品を実装した基板を垂直上向きに引き上げる。
- ハンダ: Sn-3Ag-0.5Cu, 一般的なフラックス

- 測定項目
 - 高速度カメラによる撮影
 - ハンダ質量の測定



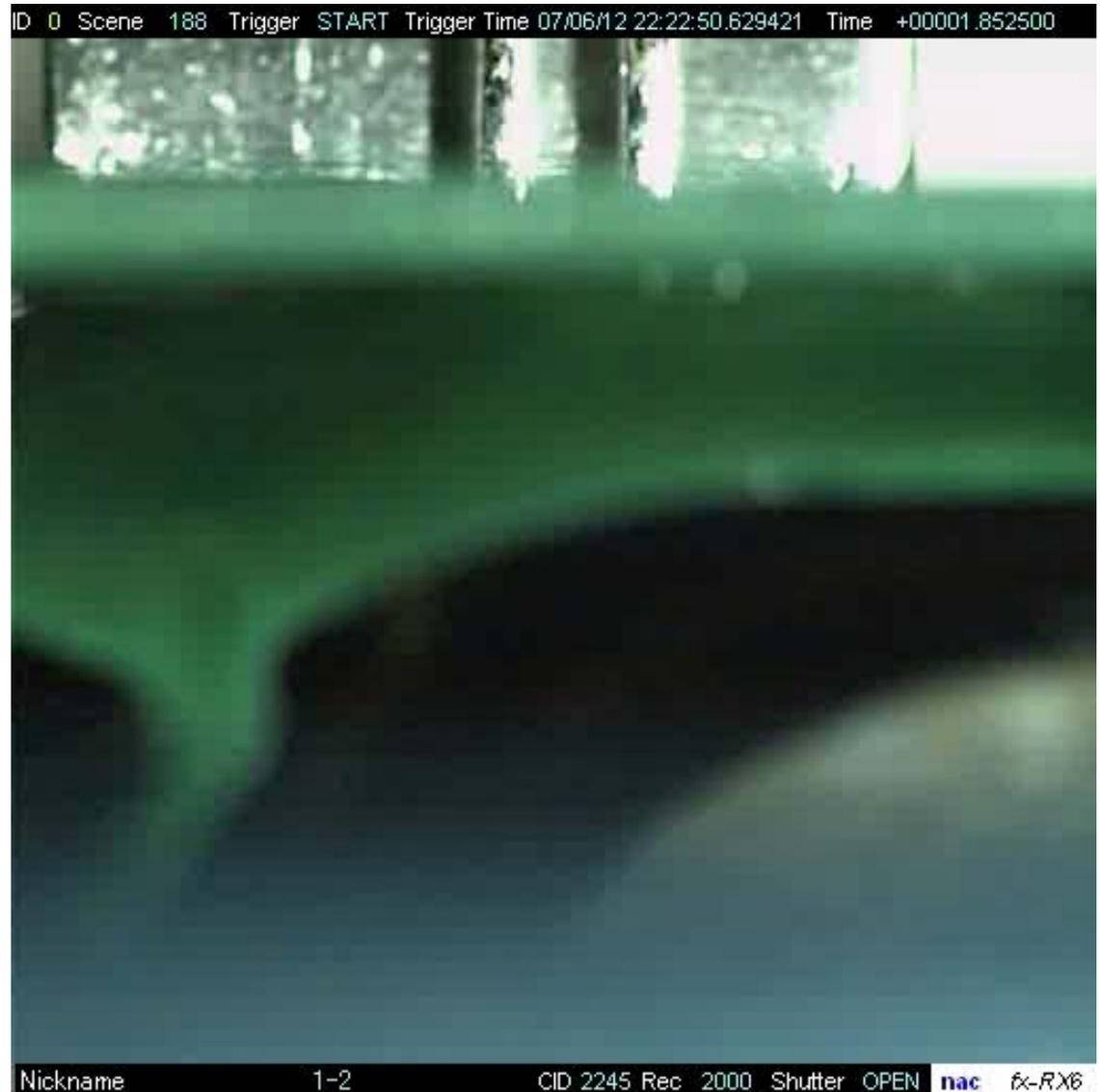
実験モデル



実験結果 例(引上げ速度10mm/s)



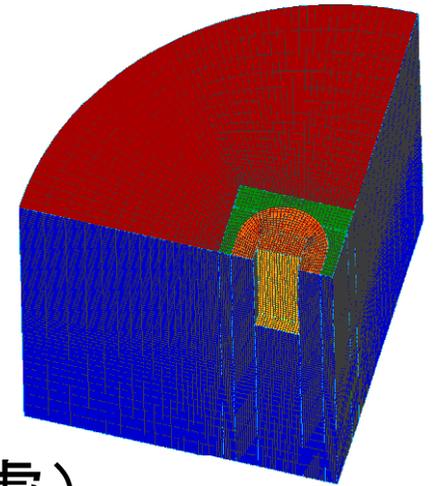
引上げ後 ハンダ残存状況



動画

シミュレーション方法

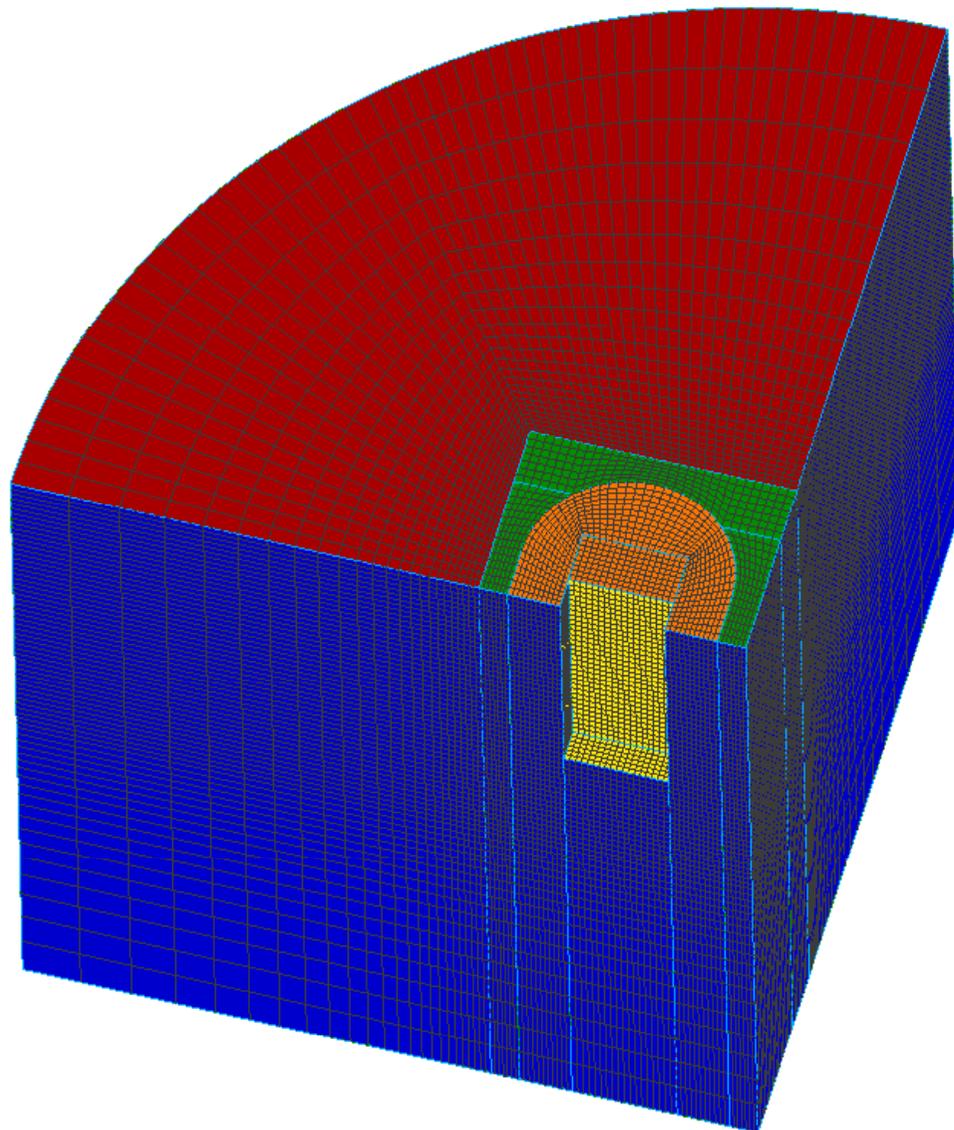
- 汎用CFDソフトウェア OpenFOAM v1.4
 - ソルバー: interFoam
 - 有限体積法
 - VOF (Volume of Fluid) 法
- 条件
 - 4分の1モデル(モデルの対称性を考慮)
 - 基板を固定, 液面を所定速度 W で下げる
 - ハンダ密度 7400 kg/m^3 , 粘度 $0.002 \text{ kg/(m}\cdot\text{s)}$, 表面張力 490 mN/m (ニュートン流体と仮定)
 - 接触角: 金属部 43° ; 基板 135°
 - 温度一定



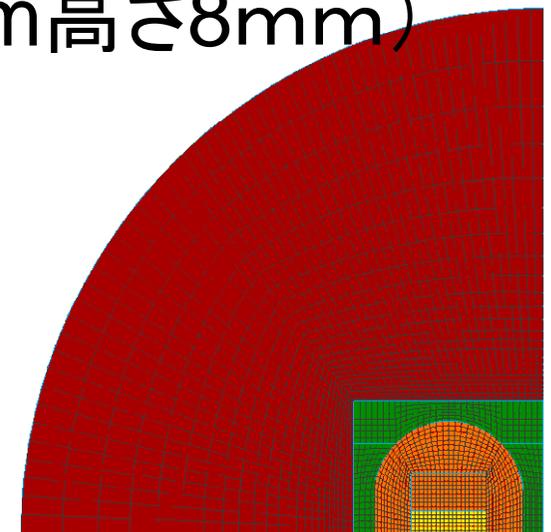
シミュレーション 手順

- モデル作成
 - 汎用メッシュジェネレーター Grigdenの利用
 - Star-CD形式でエクスポート
- OpenFOAMでのPre処理
 - Star-CD形式からインポート (starToFoam)
 - FoamXとテキストファイル操作で条件設定
- OpenFOAMで計算実行
 - マルチコア・マルチCPU 並列計算
- ポスト処理
 - Paraview

解析モデル 概要

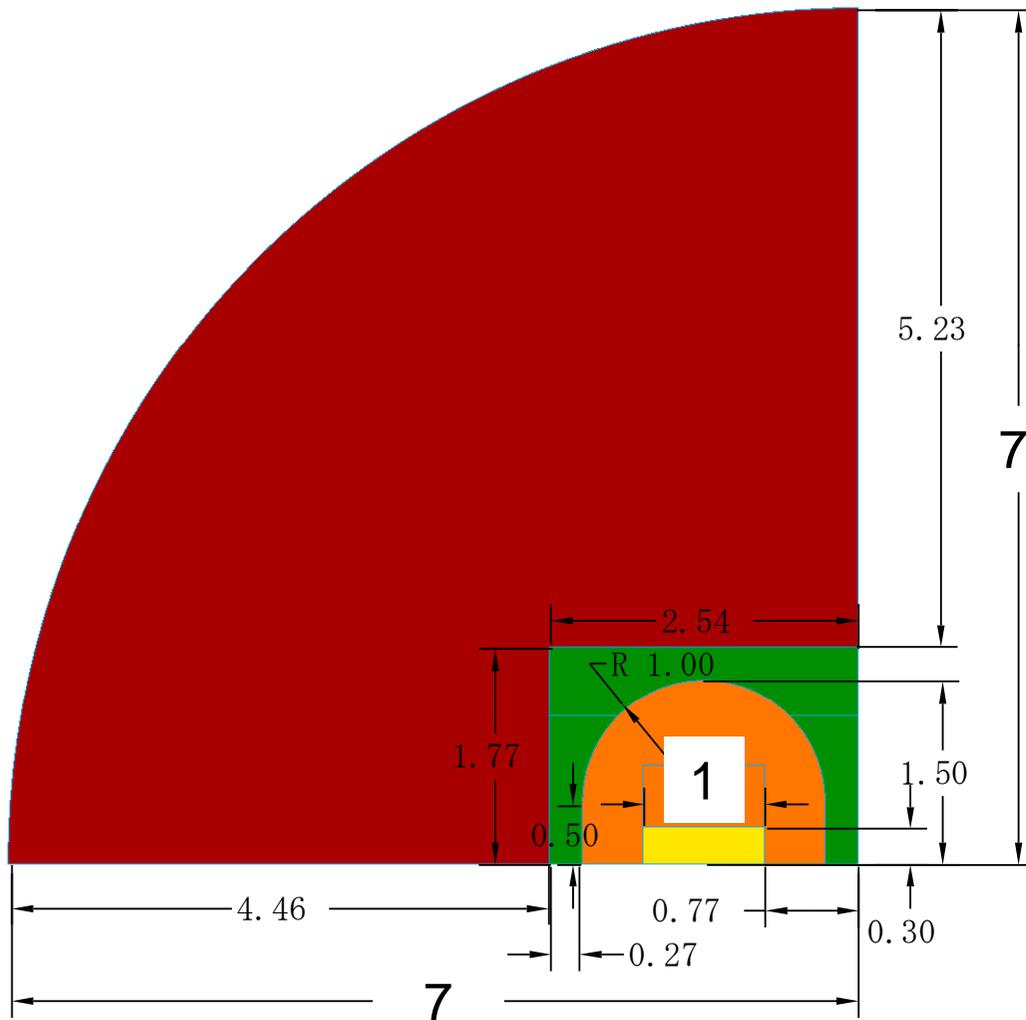


- ・セル数
約16万個(168,556)
- ・セルの大きさ
約0.055mm(基板部)
- ・計算領域
円柱の1/4
(半径7mm高さ8mm)

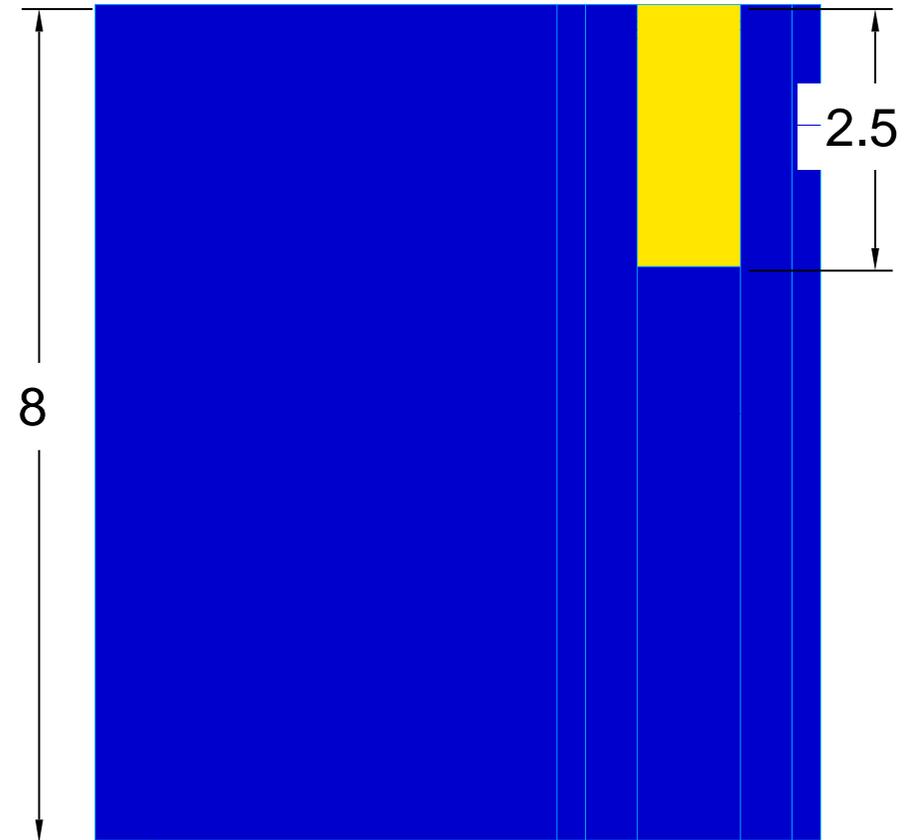


上面図

モデル寸法

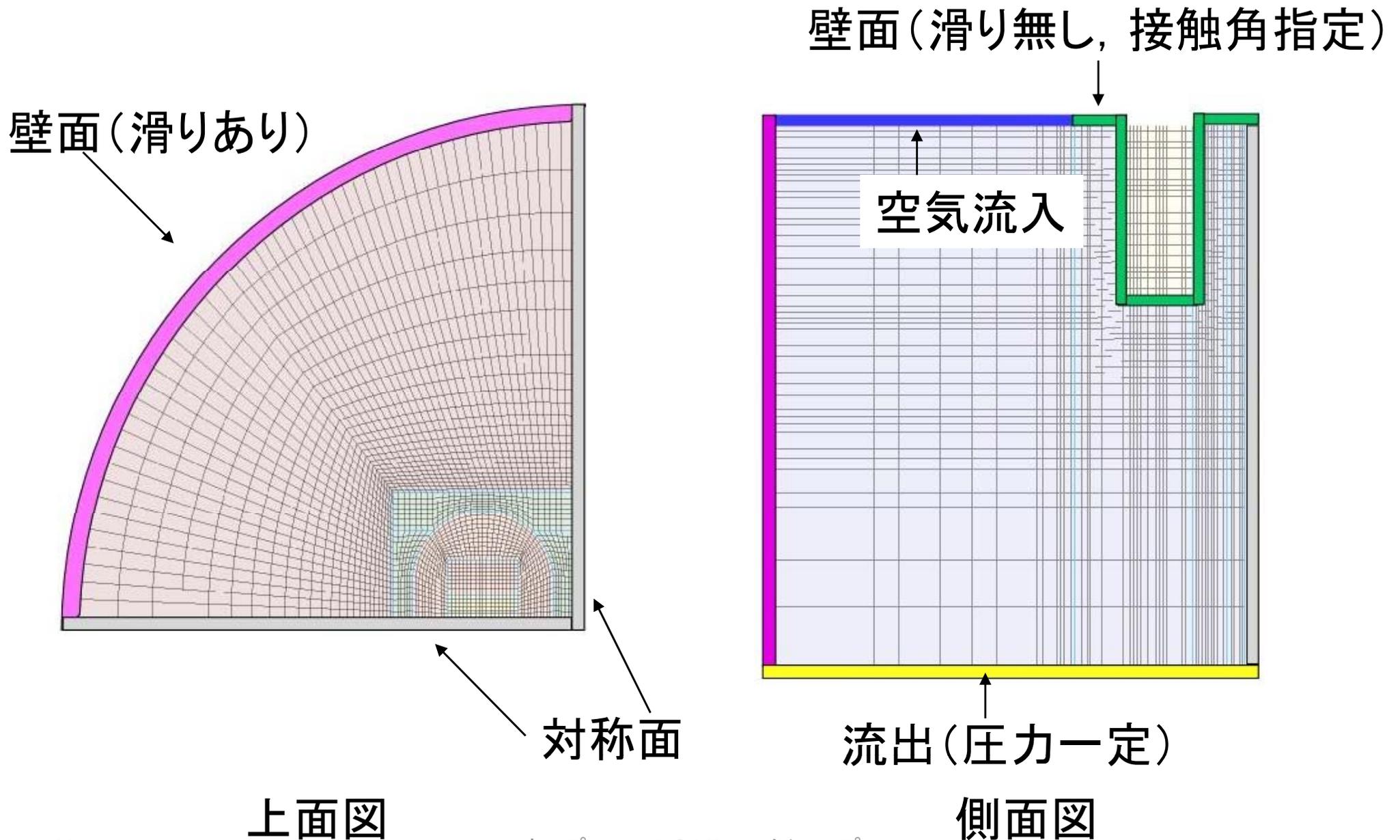


上面図

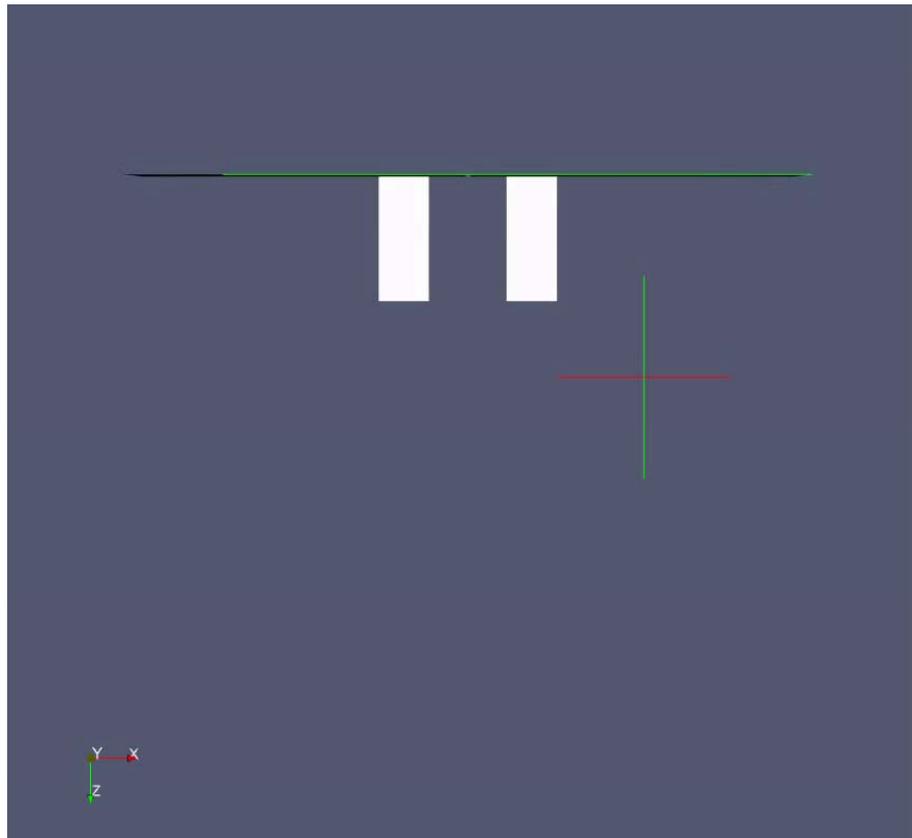


側面図

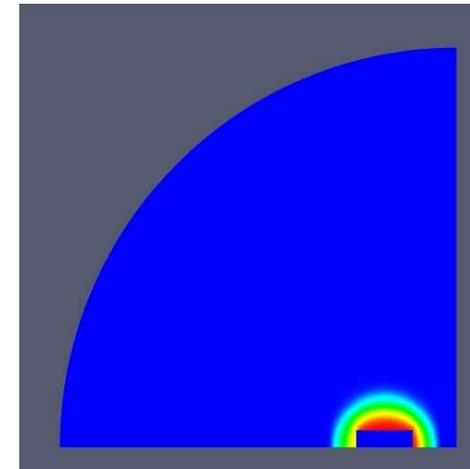
境界条件



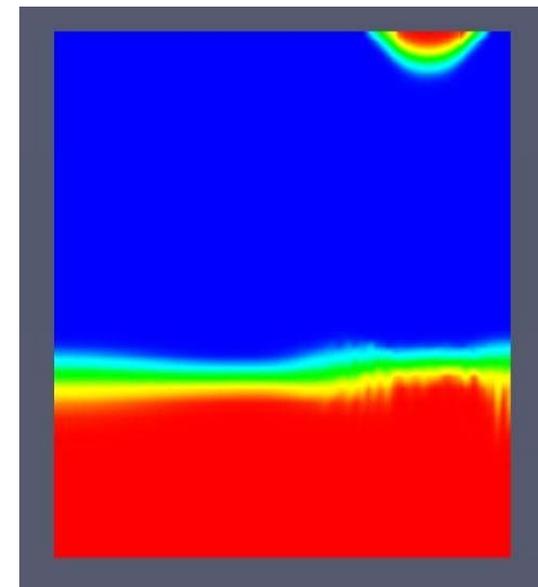
計算結果 (W=10mm/s)



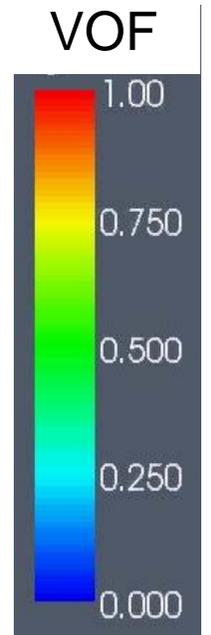
はんだ液面 (VOF=0.5の等値面: 動画)



上面図 (t=0.55s)

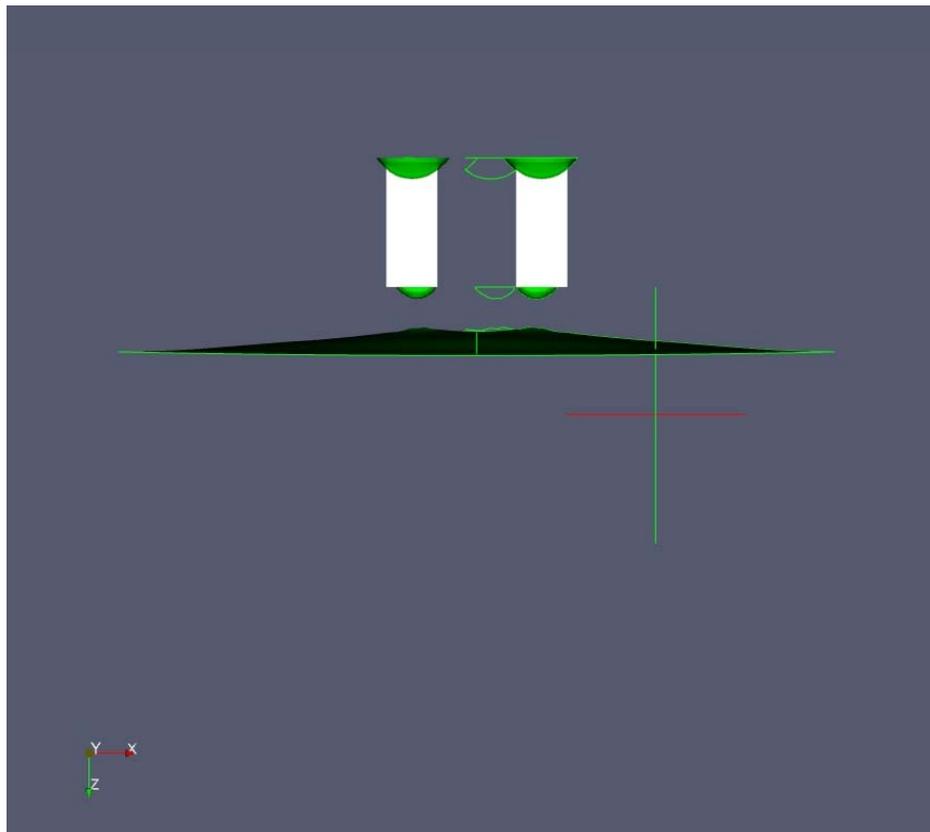


側面図 (t=0.55s)



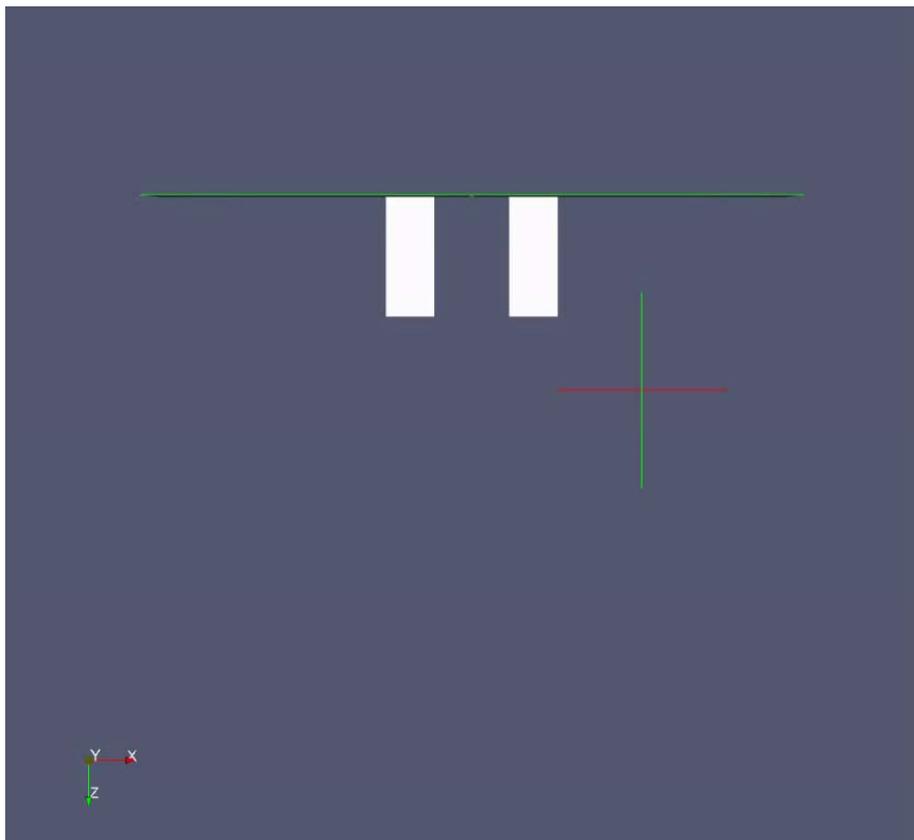
赤: はんだ
青: 空気

実験との比較 (W=10mm/s)

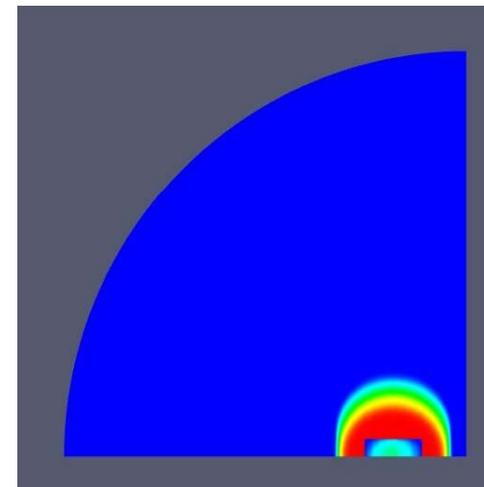


どちらも、ブリッジは発生しない。

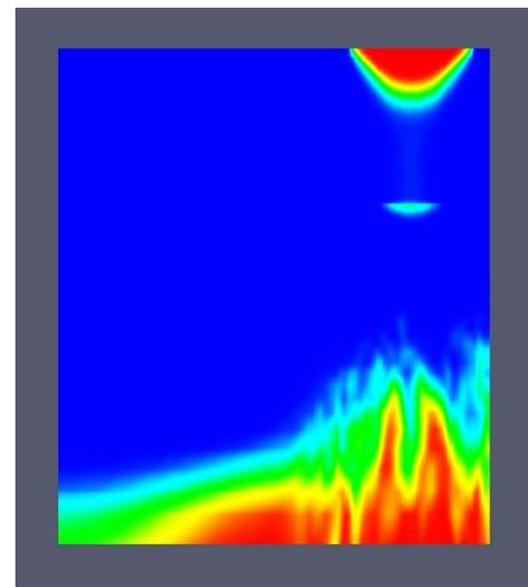
計算結果 (W=50mm/s)



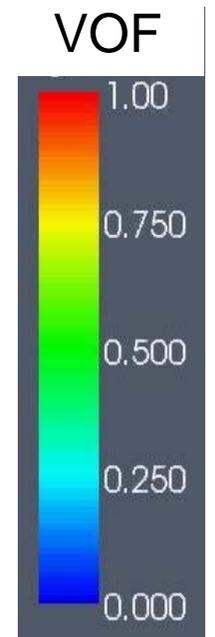
はんだ液面 (VOF=0.5の等値面: 動画)



上面図 (t=0.142s)

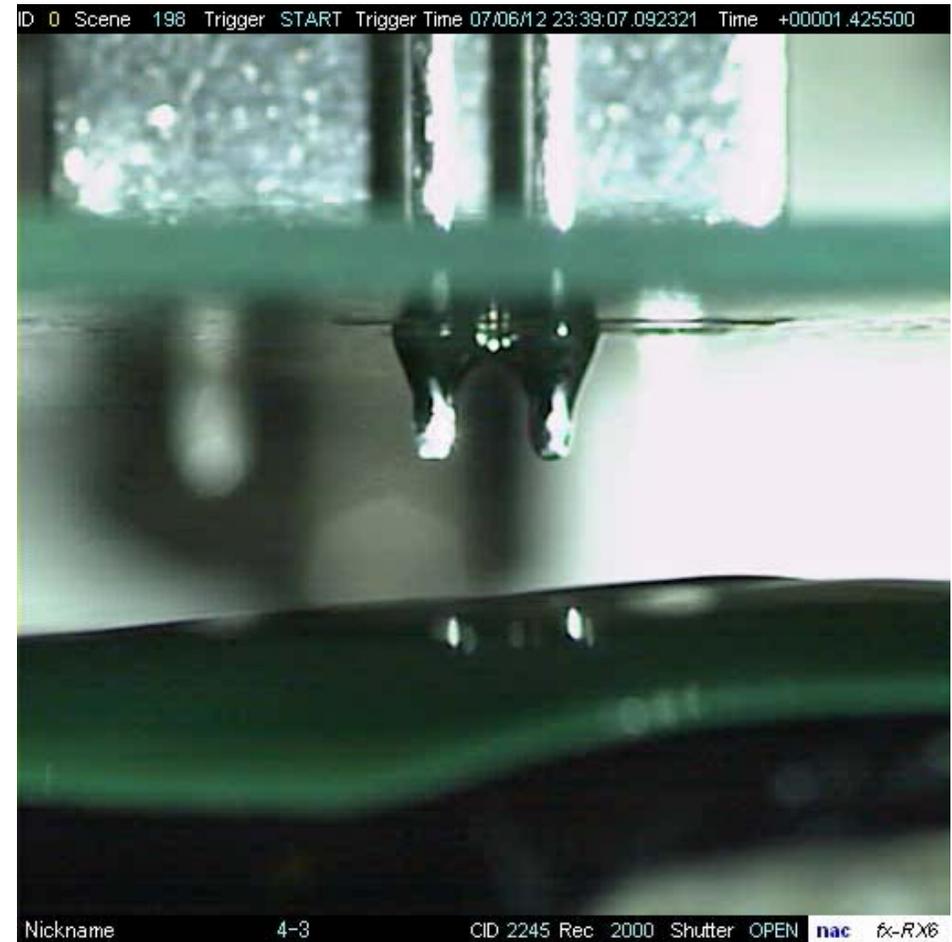
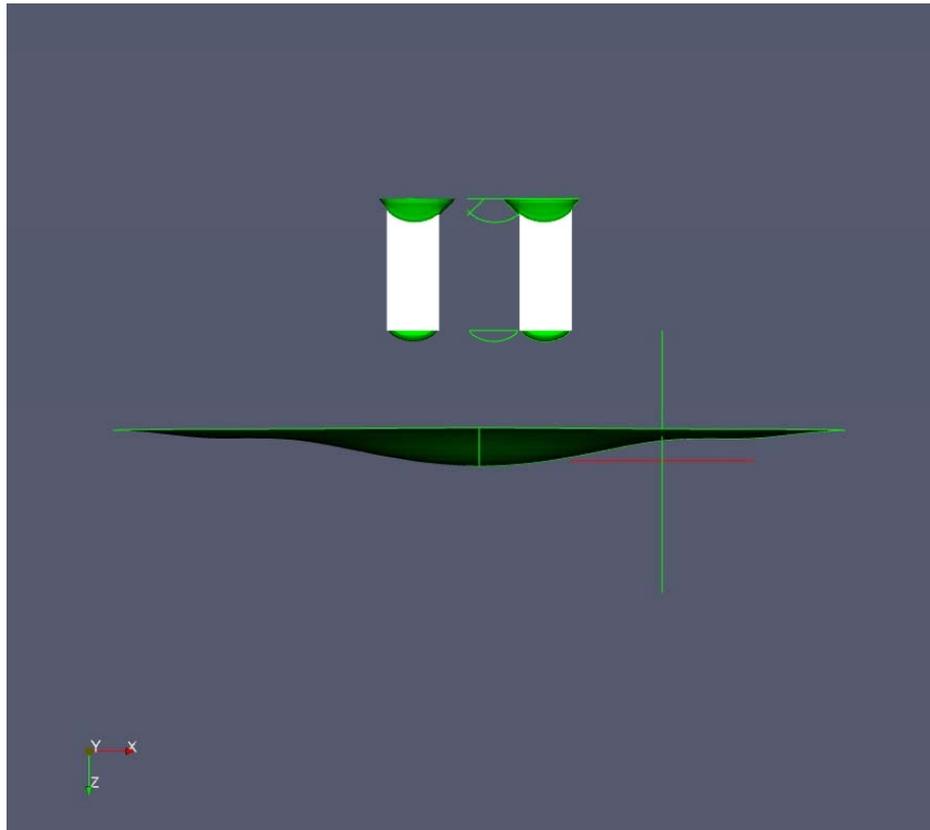


側面図 (t=0.142s)



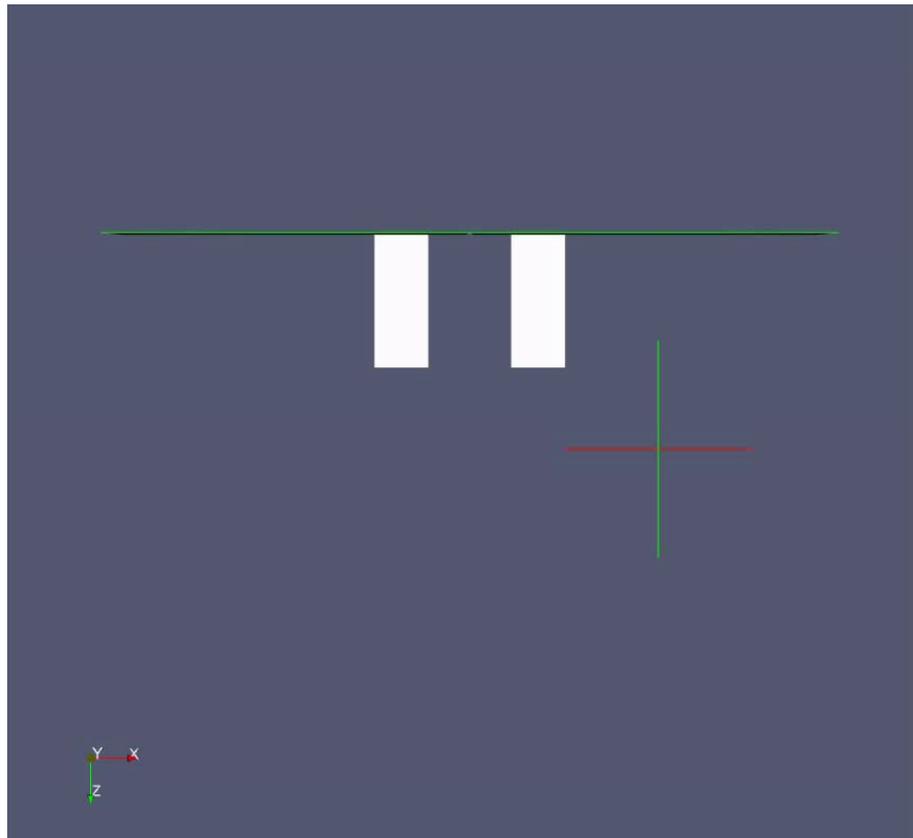
赤: はんだ
青: 空気

実験との比較 (W=50mm/s)

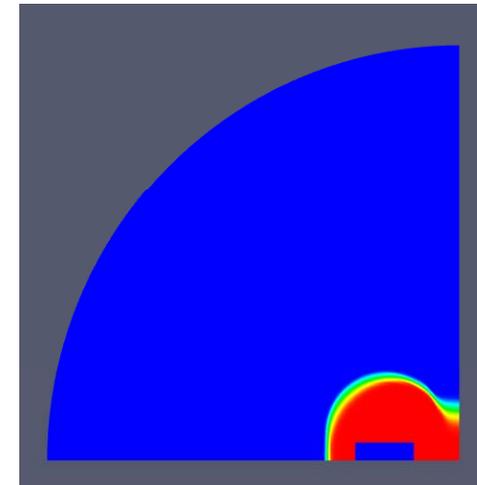


実験では、ブリッジが発生する。

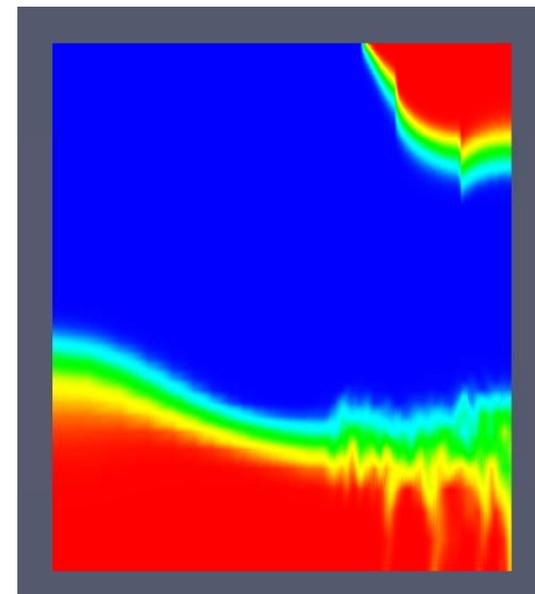
計算結果 (W=100mm/s)



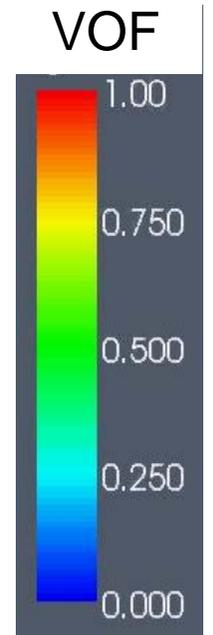
はんだ液面 (VOF=0.5の等値面: 動画)



上面図 (t=0.1s)

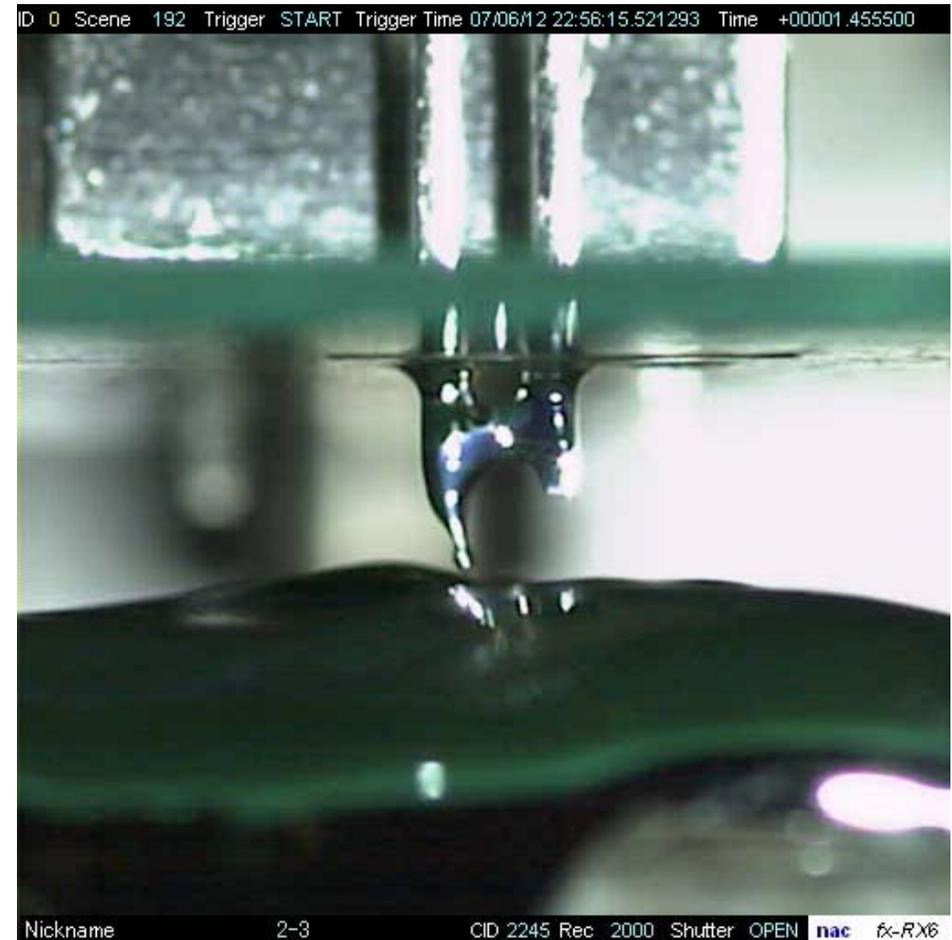
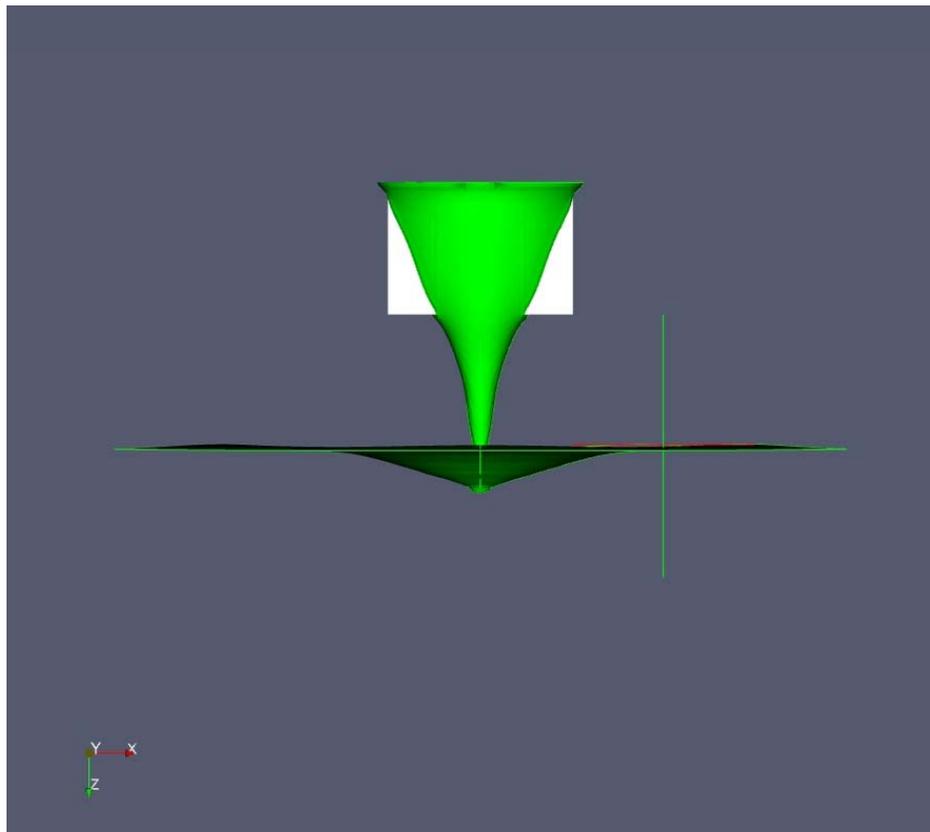


側面図 (t=0.1s)



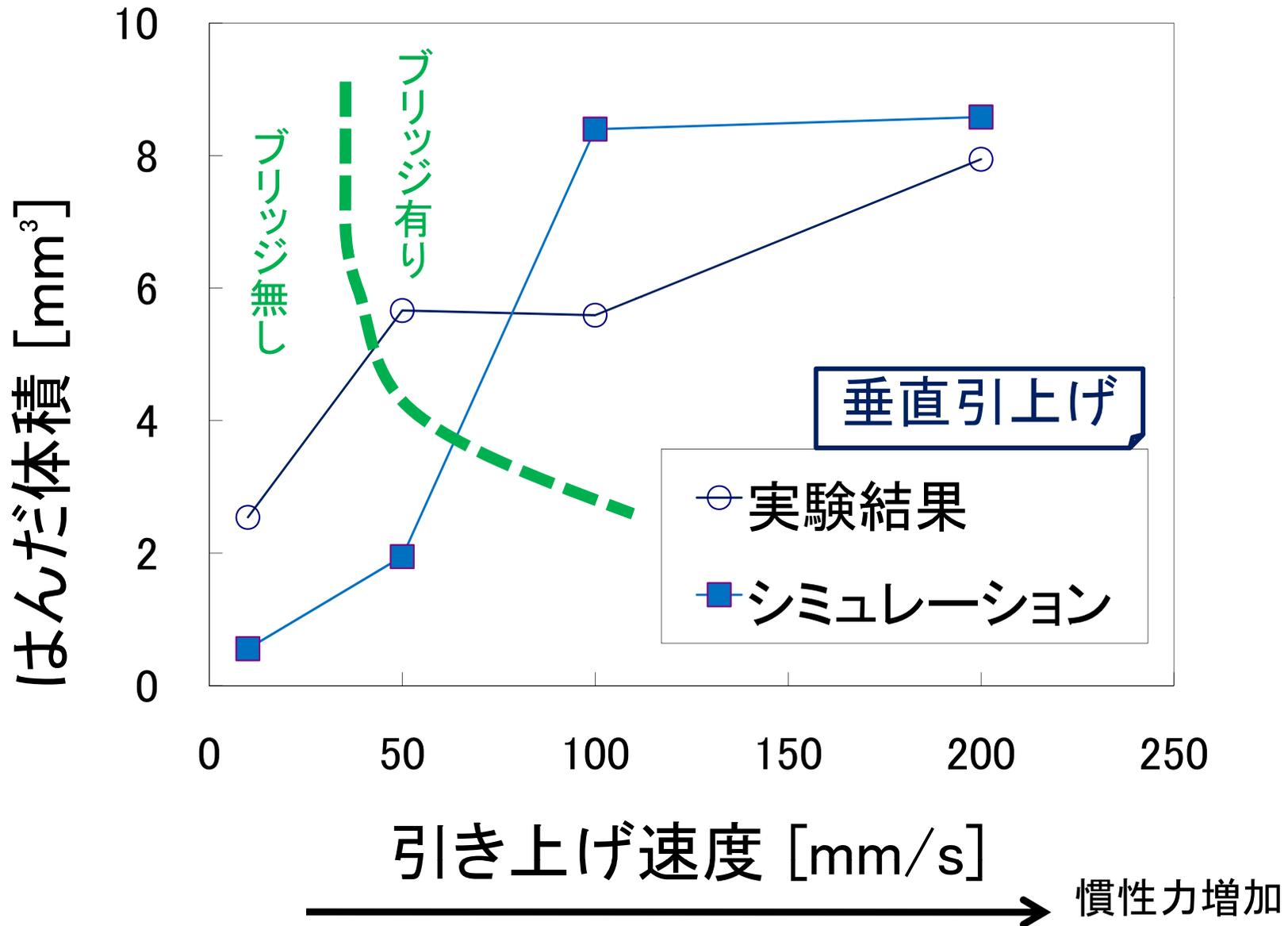
赤: はんだ
青: 空気

実験との比較 (W=100mm/s)



どちらも、ブリッジが発生する。

残留はんだ体積の比較



まとめ

汎用CFDソフトウェアを利用し、単純なモデルを対象として、フローハンダプロセスのシミュレーションを実施した。

- 引上げ速度 $W=100, 200\text{mm/s}$ でブリッジの発生を再現した。しかし、 50mm/s では再現できなかった。
- 引上げ速度の増加により、基板に残るはんだ体積が増加する傾向を、定性的に再現することができた。しかし、定量的には違いがある。
- 予測精度を向上するため、研究を継続する必要がある。(セル寸法・計算領域・境界条件等の影響調査)