

気液二相流解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/MPを使った 焼入れ解析事例紹介

主管研究員 杉中 隆史

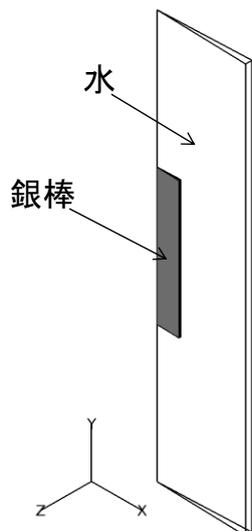
気液二相流解析ソフトウェア
Advance/FrontFlow/MPによる焼入れ解析セミナー
2015年10月22日（木）
アドバンスソフト株式会社

発表内容

- 解析事例1 銀棒の水焼入れ
- 解析事例2 銀棒の油焼入れ
- まとめ

解析事例1 銀棒の水焼入れ

解析条件

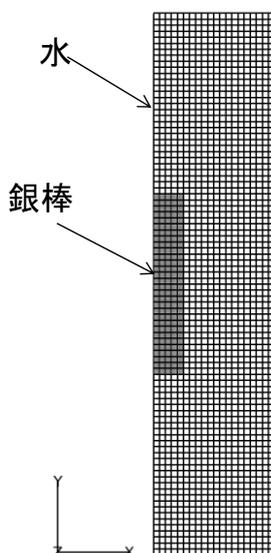


解析領域全体図

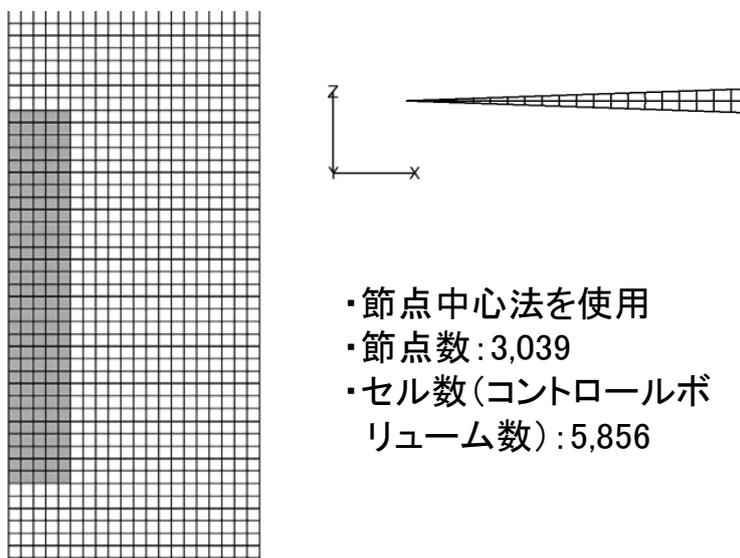
- ・ワークの材質: 銀(相変態なし)
- ・ワーク形状: 直径10mm、長さ30mmの円柱
- ・ワークの姿勢: 垂直
- ・ワークの初期温度: 800°C
- ・冷却剤: 水
- ・水槽内の初期水温: 30°C
- ・壁面の熱伝達様式: 「気体単相の対流」、「膜沸騰」、「遷移沸騰」、「飽和核沸騰」、「サブクール核沸騰」、「液体単相の対流」に区別して、熱伝達様式に応じて構成方程式を使用
- ・現象時間: 10秒
- ・時間刻み: 0.05秒一定

解析事例1 銀棒の水焼入れ

計算格子



計算格子(拡大図)

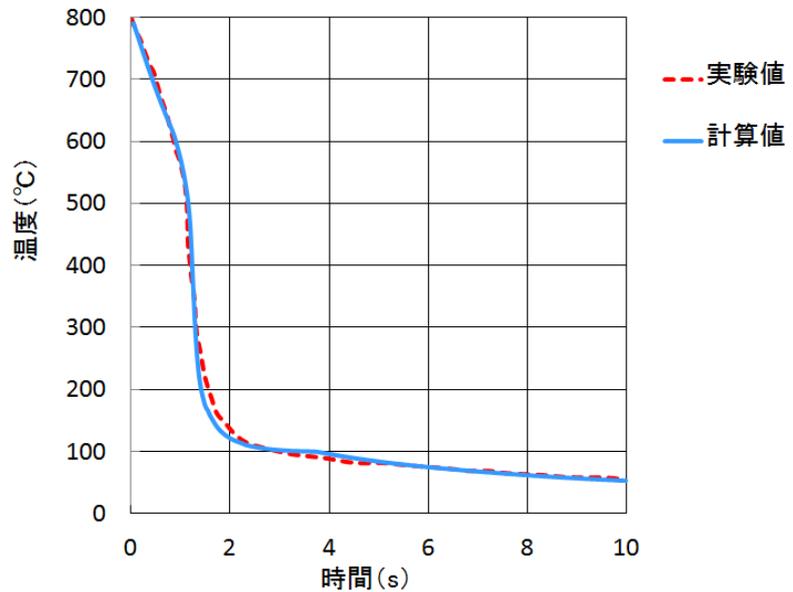
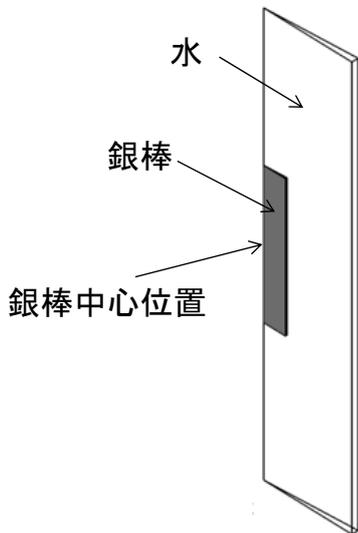


- ・節点中心法を使用
- ・節点数: 3,039
- ・セル数(コントロールボリューム数): 5,856

現象10秒までの計算時間: 2分48秒(2並列)

解析事例1 銀棒の水焼入れ

銀棒中心位置の冷却曲線

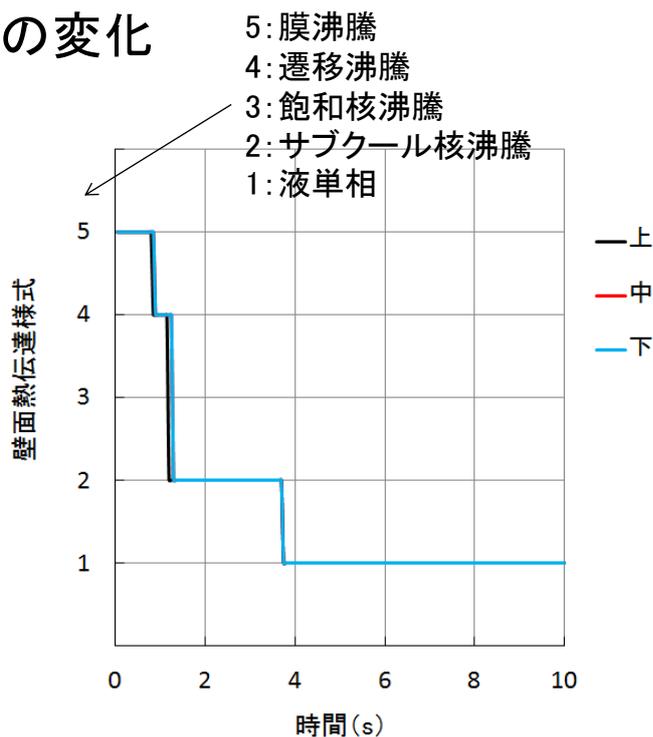
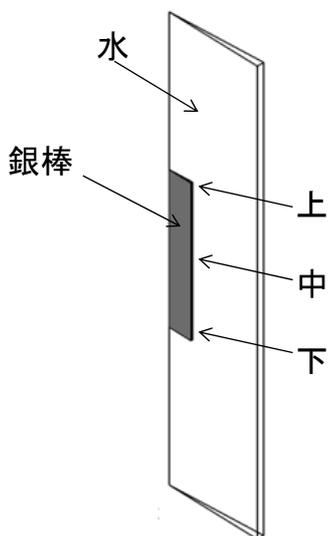


実験値の引用文献:

奈良崎道治, 焼入冷却と焼入れシミュレーション, 不二越, vol.15(2008) pp5.

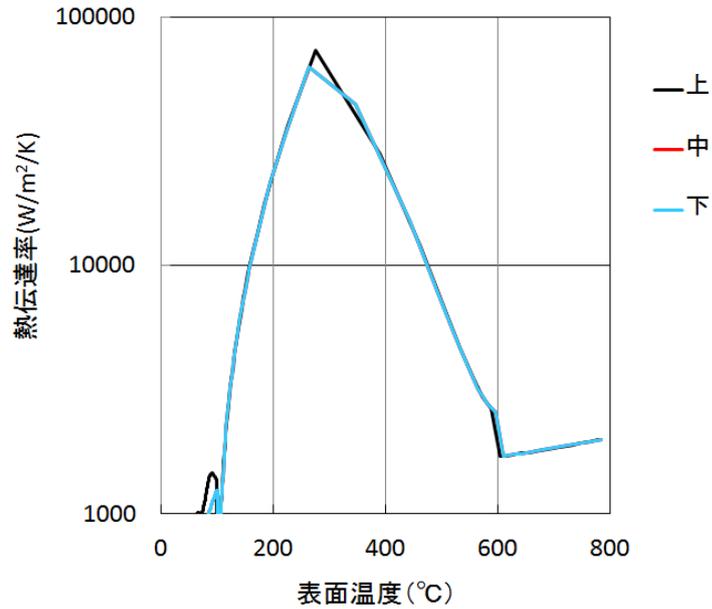
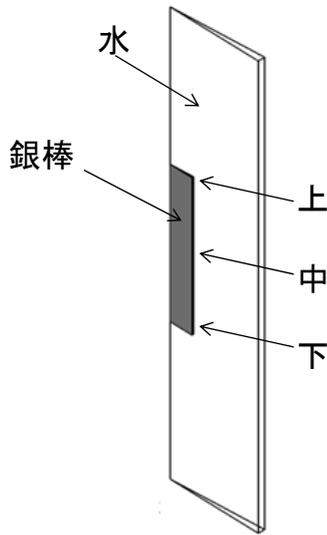
解析事例1 銀棒の水焼入れ

表面熱伝達様式の変化



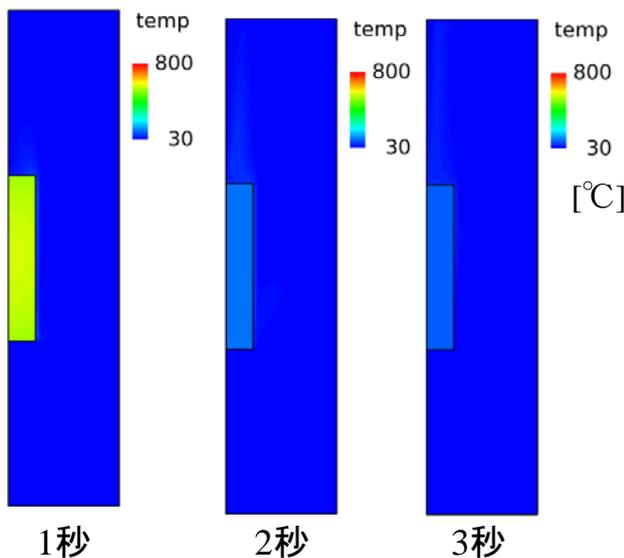
解析事例1 銀棒の水焼入れ

表面熱伝達率

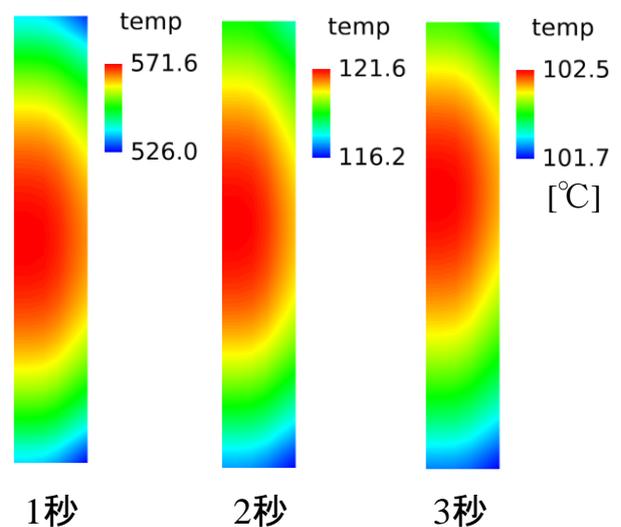


解析事例1 銀棒の水焼入れ

流体と固体の温度

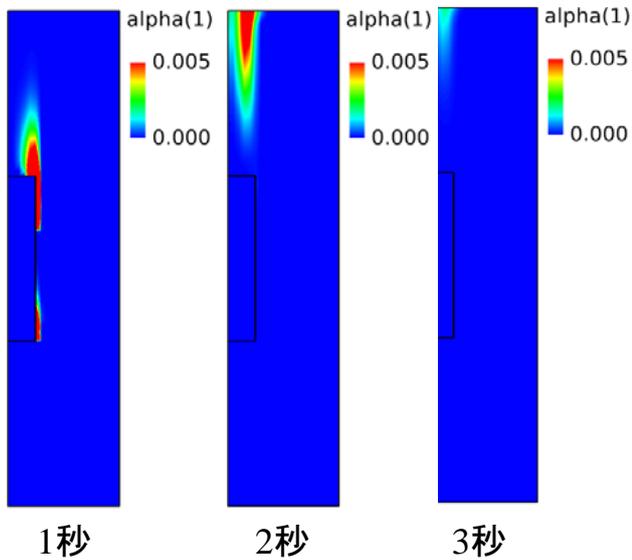


固体温度(拡大図)



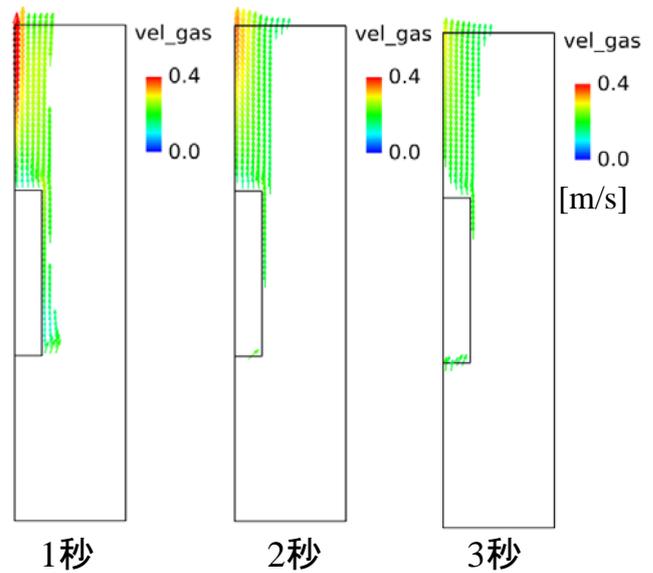
解析事例1 銀棒の水焼入れ

ボイド率



気泡は飽和温度以下の液体によって凝縮する。

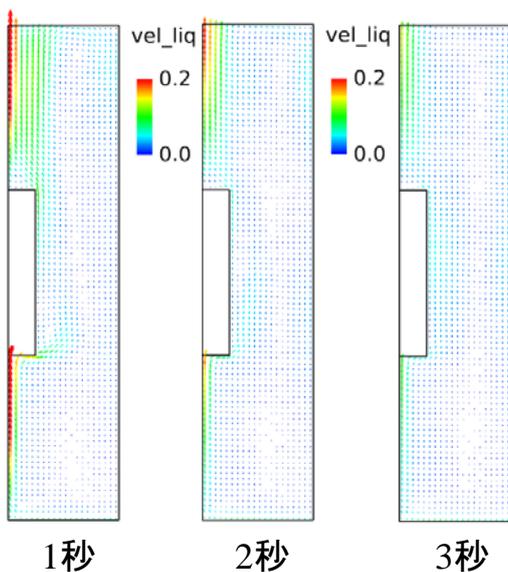
気相速度



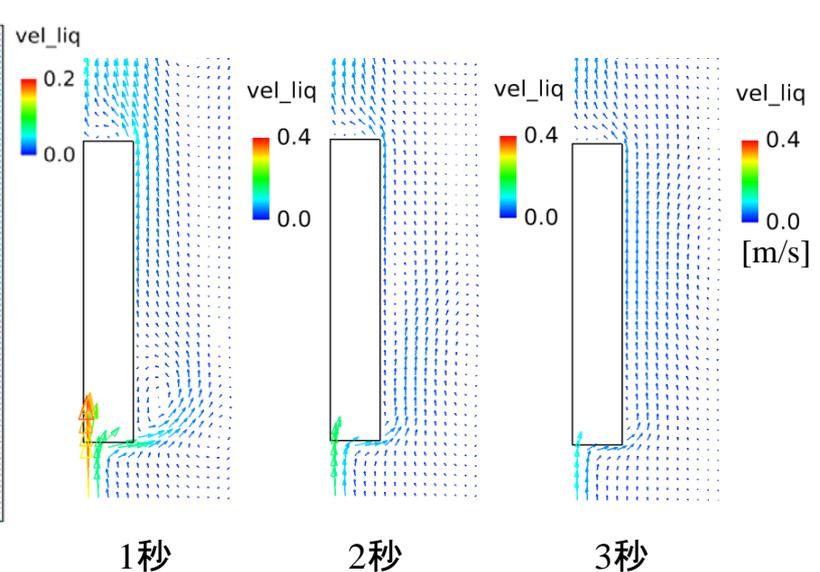
ボイド率 10^{-6} 以上の気相速度 (ボイド率の初期値は 10^{-7})

解析事例1 銀棒の水焼入れ

液相速度

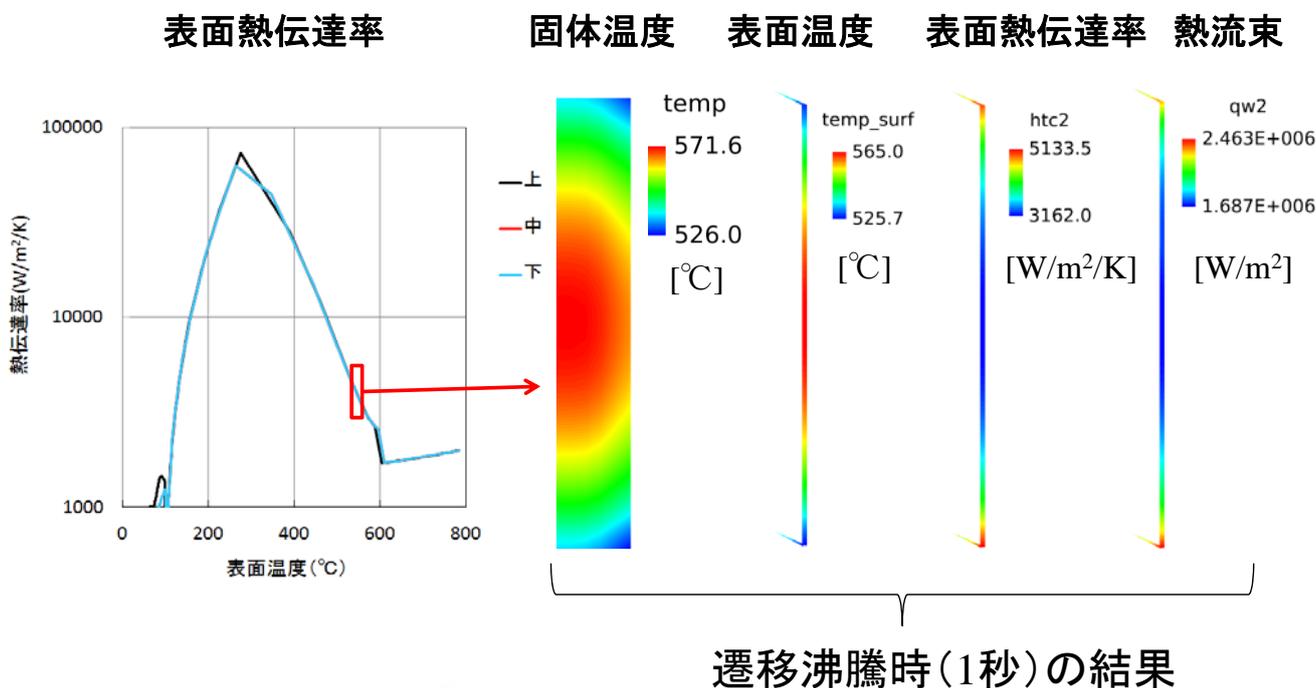


液相速度(拡大図)



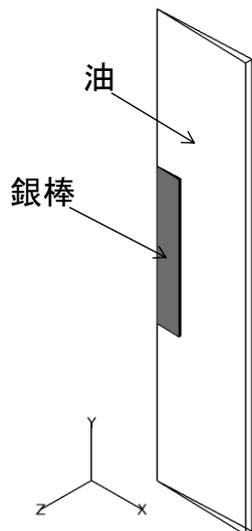
沸騰によって発生した気泡の浮力が液体を駆動する。

解析事例1 銀棒の水焼入れ



解析事例2 銀棒の油焼入れ

解析条件

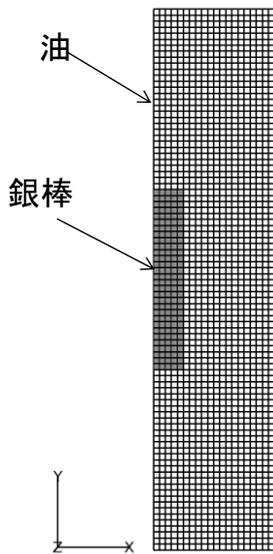


解析領域全体図

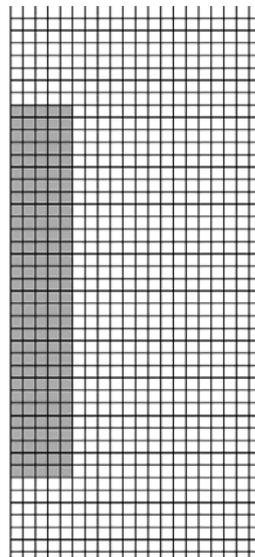
- ・ワークの材質: 銀(相変態なし)
- ・ワーク形状: 直径10mm、長さ30mmの円柱
- ・ワークの姿勢: 垂直
- ・ワークの初期温度: 800°C
- ・冷却剤: **油**
- ・水槽内の初期油温: **80°C**
- ・壁面の熱伝達様式: 「気体単相の対流」、「膜沸騰」、「遷移沸騰」、「飽和核沸騰」、「サブクール核沸騰」、「液体単相の対流」に区別して、熱伝達様式に応じて構成方程式を使用
- ・現象時間: 10秒
- ・時間刻み: 0.05秒一定

解析事例2 銀棒の油焼入れ

計算格子



計算格子(拡大図)

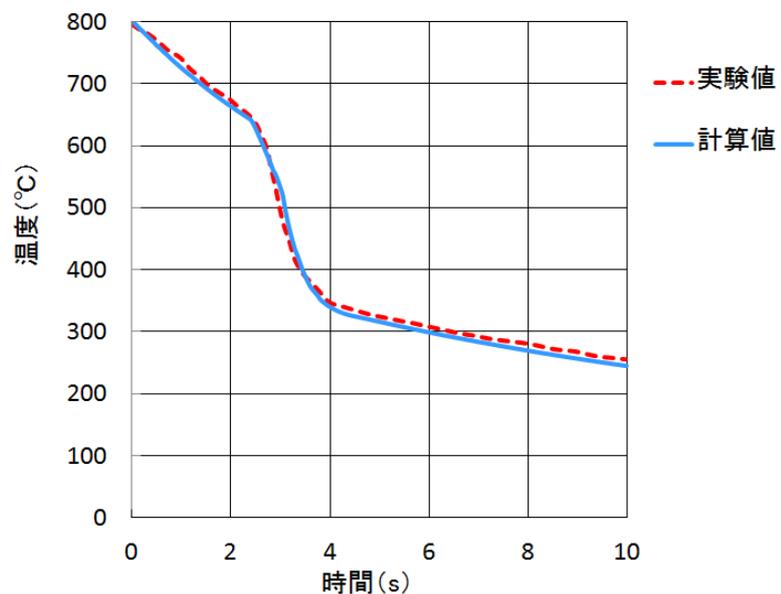
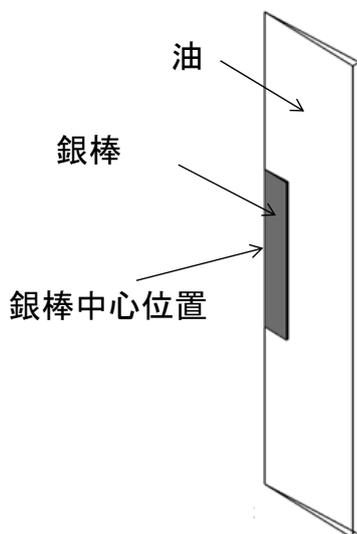


- ・節点中心法を使用
- ・節点数:3,039
- ・セル数(コントロールボリューム数):5,856

現象10秒までの計算時間: 2分40秒(2並列)

解析事例2 銀棒の油焼入れ

銀棒中心位置の冷却曲線

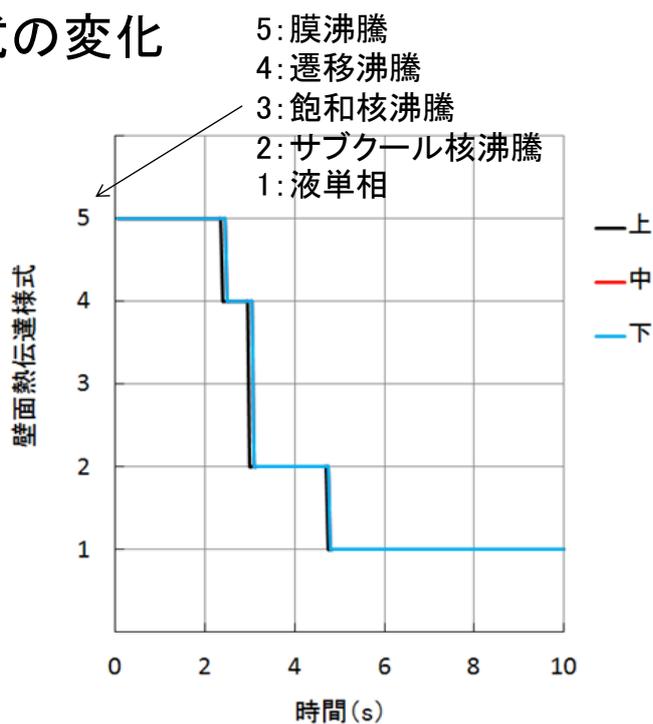
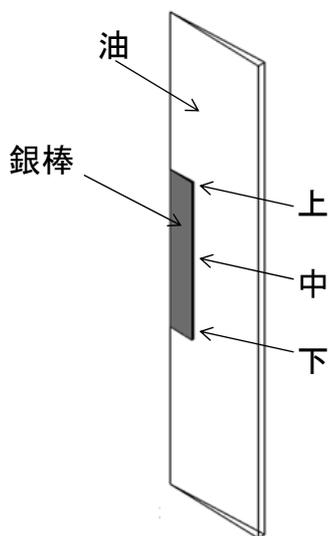


実験値の引用文献:

奈良崎道治, 焼入冷却と焼入れシミュレーション, 不二越, vol.15(2008) pp5.

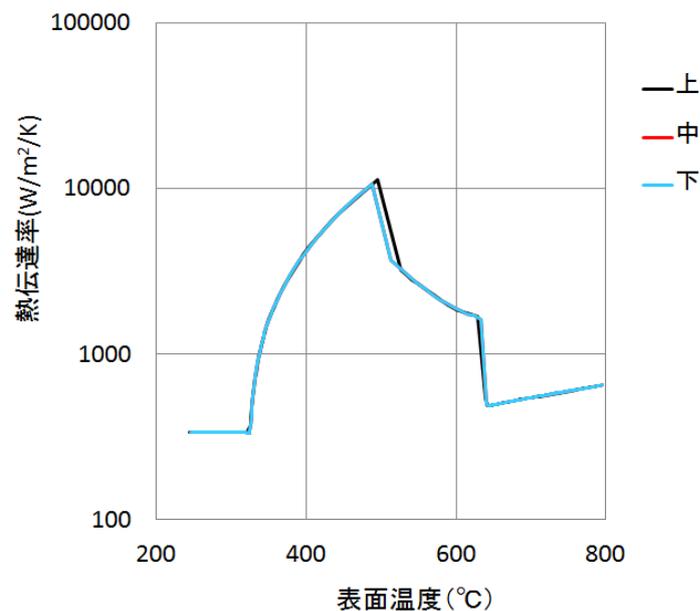
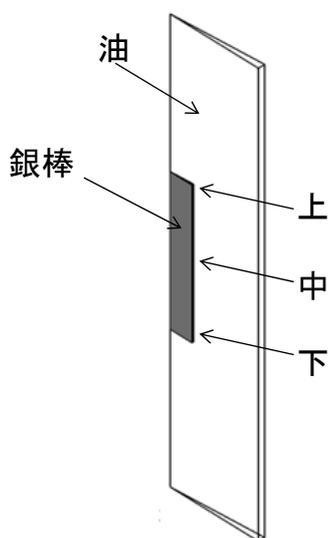
解析事例2 銀棒の油焼入れ

表面熱伝達様式の変化



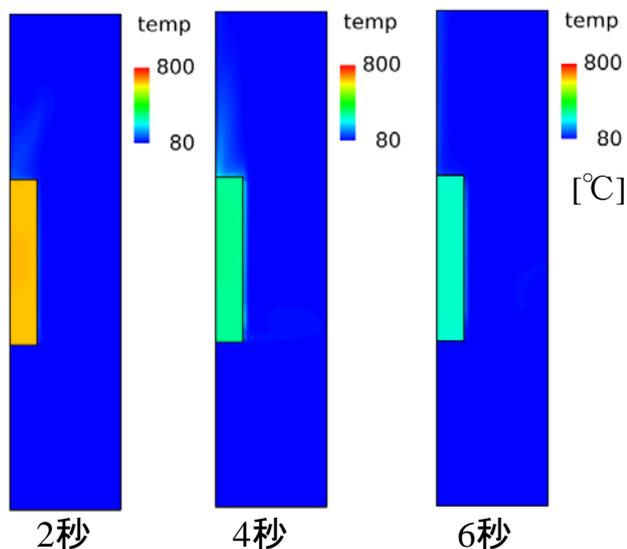
解析事例2 銀棒の油焼入れ

表面熱伝達率



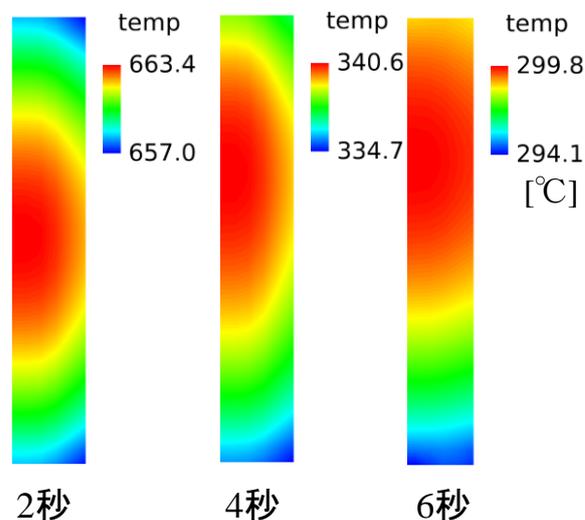
解析事例2 銀棒の油焼入れ

流体と固体の温度



温度レンジ: 80°C~800°C

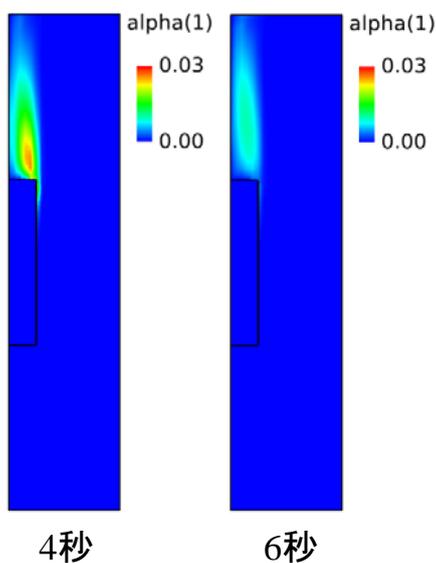
固体温度(拡大図)



温度レンジ: 最低温度~最高温度

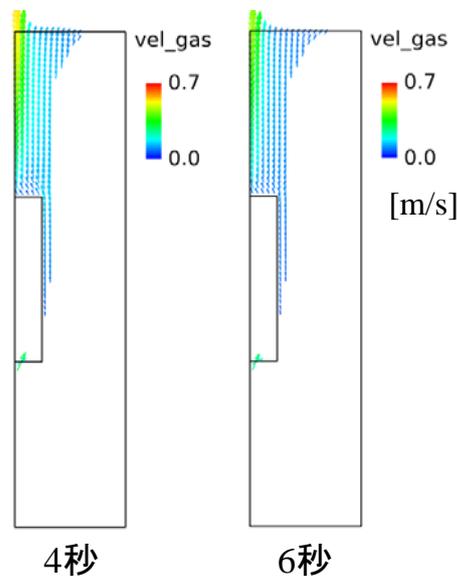
解析事例2 銀棒の油焼入れ

ボイド率



気泡は飽和温度以下の液体によって凝縮する。

気相速度

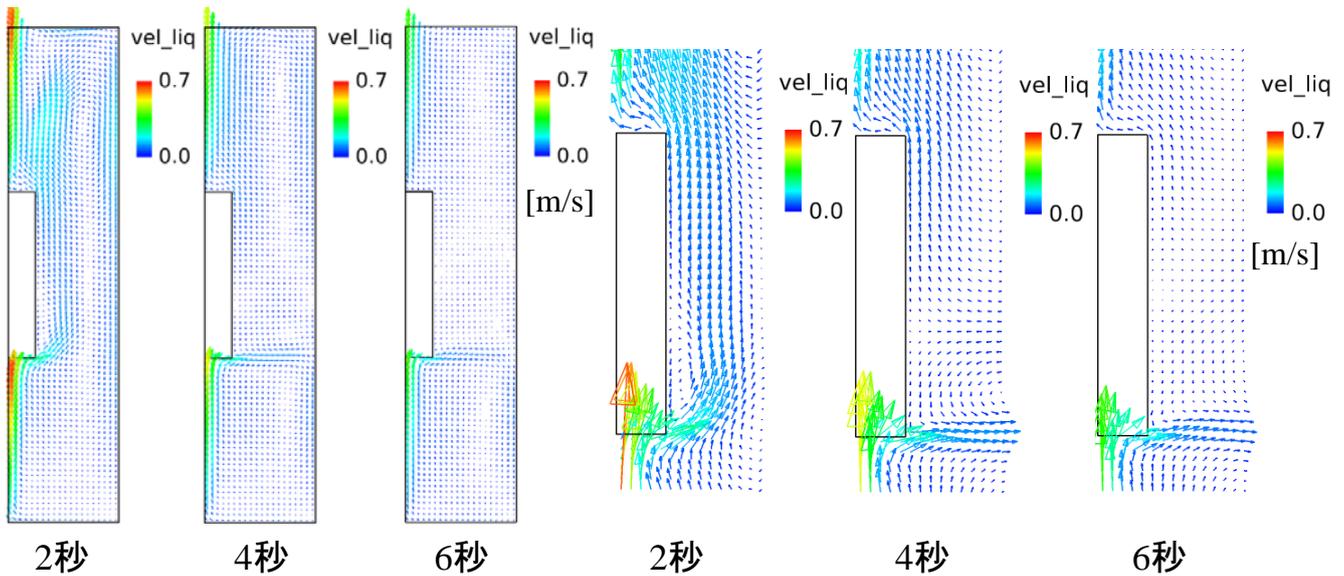


ボイド率 10^{-6} 以上の気相速度 (ボイド率の初期値は 10^{-7})

解析事例2 銀棒の油焼入れ

液相速度

液相速度(拡大図)



沸騰によって発生した気泡の浮力が液体を駆動する。

解析事例2 銀棒の油焼入れ

表面熱伝達率は、熱流束/(表面温度-バルク温度) の値を出力している。
 上面の表面熱伝達率が高いのは、液体のバルク温度が高いためである。
 表面熱伝達率は、熱流束/(表面温度-基準温度) の値を出力することもできる。

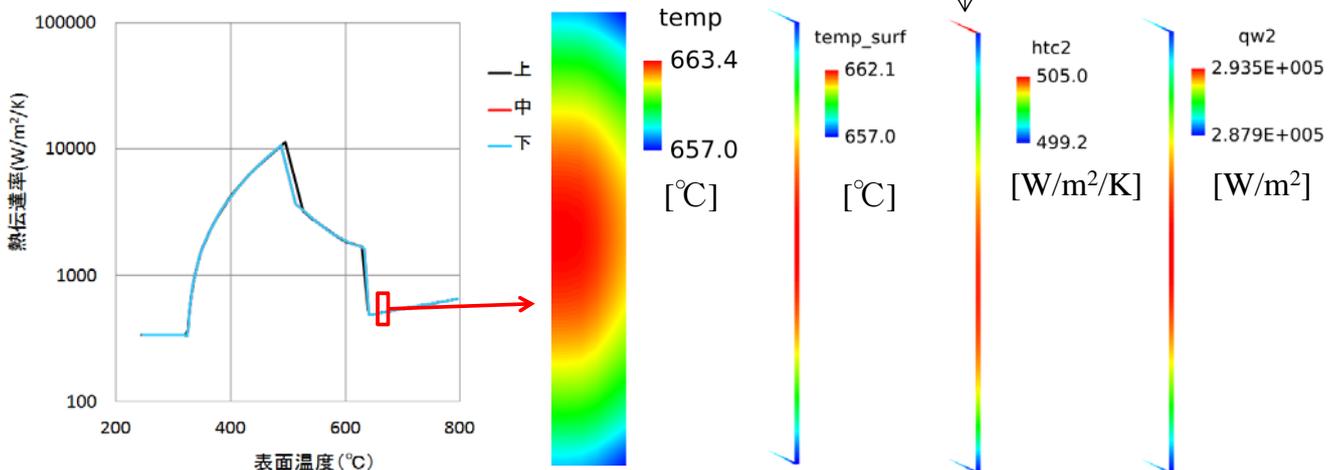
表面熱伝達率

固体温度

表面温度

表面熱伝達率

熱流束



膜沸騰時(2秒)の結果

まとめ

Advance/FrontFlow/MPによる焼入れの気液二相流解析の事例を紹介した。