



日立鑄造シミュレーションシステム  
**「ADSTEFAN」のご紹介**

**HITACHI**  
Inspire the Next

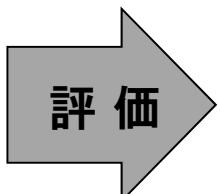
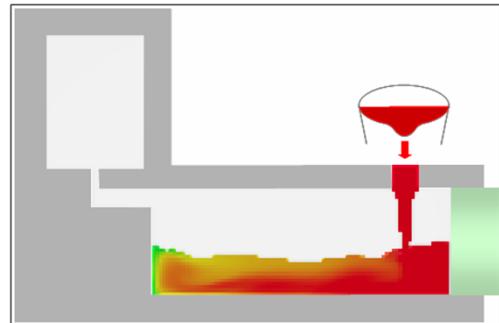
株式会社 日立産業制御ソリューションズ  
ADSTEFANセンター

# 铸造シミュレーションADSTEFANとは？

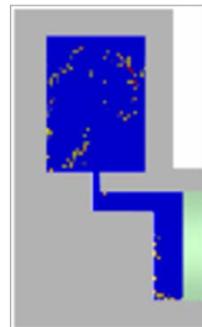
## ADSTEFANによるシミュレーションで铸造物製造プロセスの課題を解消

- 铸造プロセス設計は技術者の「勘」と「経験」に頼った試行錯誤的な手法が主流。
- 金型や铸造方案の設計・改良には多大な時間と費用が必要。
- ブラックボックスであった铸造型内への溶湯流入状態や凝固過程をシミュレーションし、その過程を三次元で視覚的に表現し評価することが可能。
- 欠陥などの予測で、試作回数低減、開発期間短縮、品質向上によるコスト低減効果大。

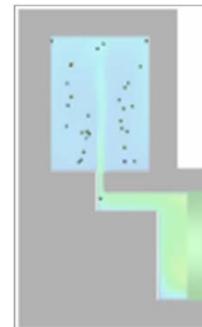
### <湯流れシミュレーション>



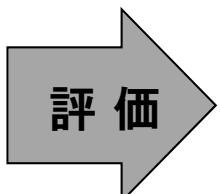
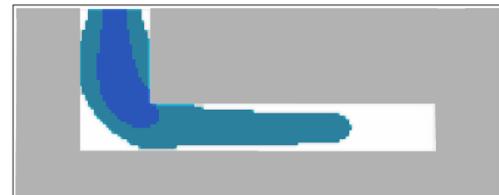
#### 充填不良の予測



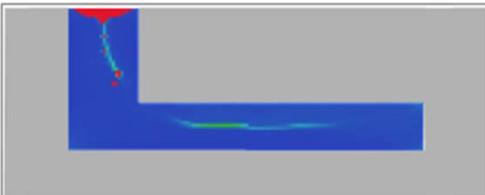
#### 気泡巻込みの予測



### <凝固シミュレーション>

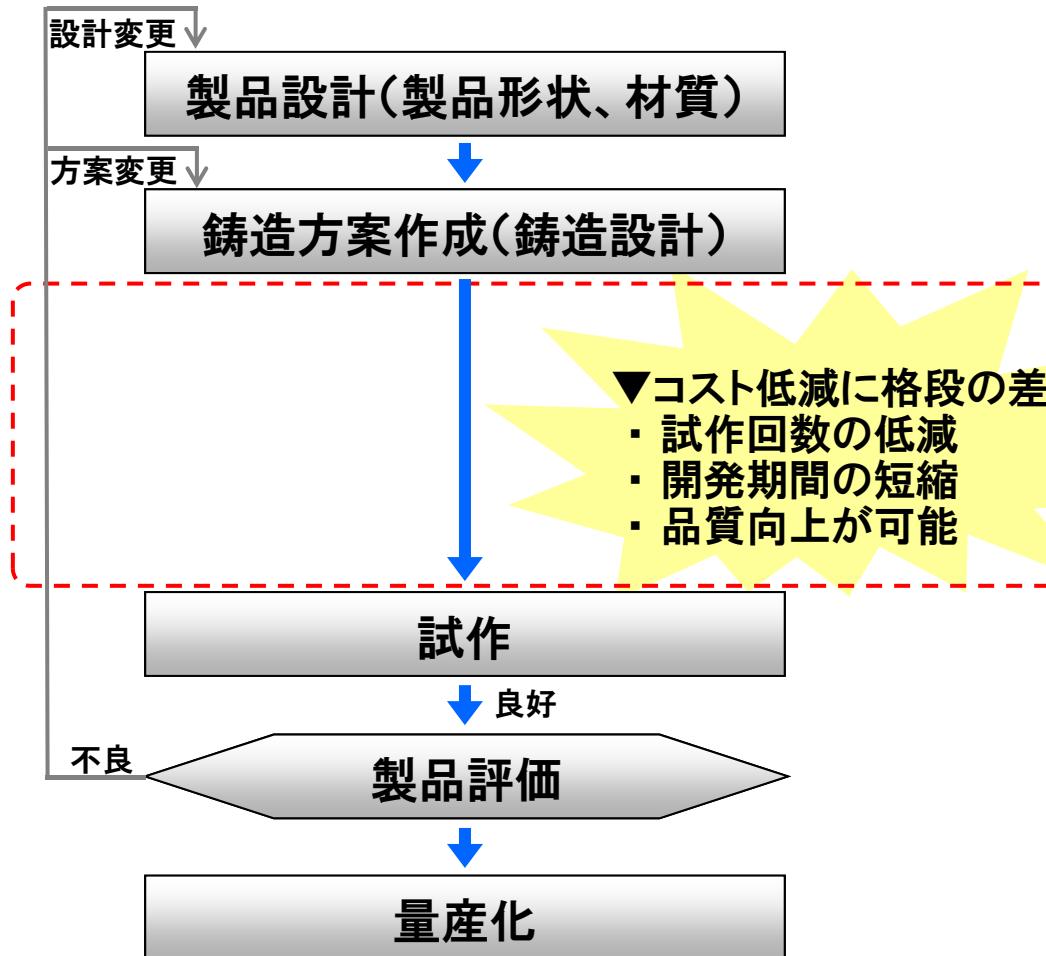


#### 引き巣発生部の予測

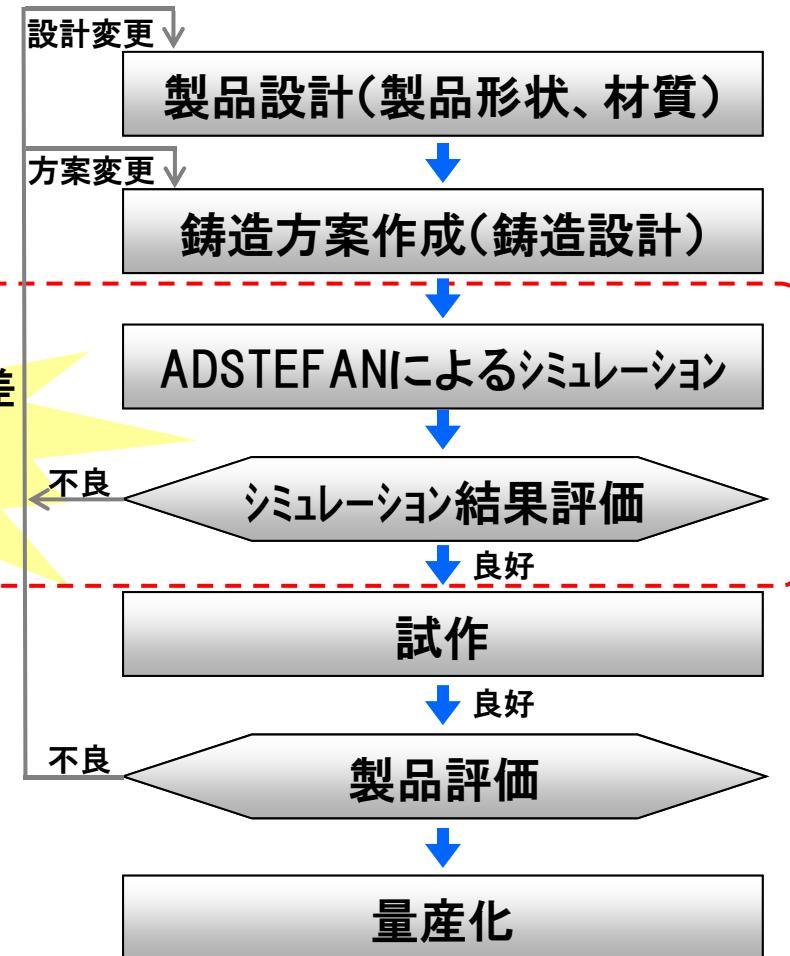


# ADSTEFANの活用

## 一般的な鋳造設計プロセス



## ADSTEFANを活用した鋳造設計プロセス



ADSTEFANの目的は、モノづくりへ如何に貢献するか。設計者や現場技術者が短時間でトライアンドエラーを繰り返すことにより、最適な解を導き出す。ADSTEFANは、誰でも簡単に、より早く、実用に耐えうる予測結果を提供。

## 《高速解析》

High-Speed Analysis

- ・パソコンで動作する最高速度の铸造シミュレーション
- ・従来の高速性をさらに追求した並列化(MPI)搭載
- ・によりトップクラスの解析速度を実現
- ・多彩な铸造プロセスを高速かつ高精度に解析

## 《簡単操作》

Easy Operation

- ・产学連携の成果を基盤とする洗練された操作体系
- ・共通の操作でスムーズなオペレーションを実現
- ・統合された環境により誰でも高精度のシミュレーションが可能

## 《信頼の基盤》

Solid Foundation

- ・東北大学をはじめ著名な研究機関とユーザネットワークの開発体制を確立
- ・大学やユーザが支える「ADSTEFAN」の信頼性と進化の実績
- ・ユーザサイトによる情報公開と万全のサポート体制が確立

# ADSTEFANの生い立ち

前史:1960年代～ (株)日立製作所にて凝固および湯流れシミュレーション技術の研究開発がスタート(1961年)し、商品化(HICASS:1982年～)を実施

1992年

東北大学

技術移転

1999年3月

(株)東北テクノアーチ  
(TLO:技術移転機構)

1999年8月

(株)日立製作所

ライセンス  
契約

2007年2月

茨城日立情報サービス(株)  
(2014年4月1日)  
(株)日立産業制御ソリューションズ

■東北大学に湯流れ研究会が設置され  
湯流れ凝固のシミュレーションを研究  
(別称:Stefanの会)

■(株)日立製作所にてADSTEFAN  
(*Advanced Stefan*)として商品化

■茨城日立情報サービス(株)が  
販売、開発、保守をサポート

■(株)東北テクノアーチ殿の第1号案件

■技術移転法施行後、全国で第2号案件

■(株)日立製作所から  
茨城日立情報サービス(株)に移管  
ADSTEFANセンタ設立

# ADSTEFANの研究・開発体制

最新技術の研究・開発・実証を多彩なパートナーと積極的に推進しています。

## 国内

(株)日立製作所日立研究所  
鋳造解析技術の研究・支援

東北大学  
ADSTEFAN/CASTING・SOLUTIONセンタ  
先端鋳造技術の研究

岩手大学  
重力鋳造、材料(鋳鉄)系の研究

岡山県立大学  
流動解析の研究、実証試験

茨城大学  
GPGPUによる高速化

宇部興産機械(株) ※販売代理店

ADSTEFAN主要ユーザ

依頼  
研究

委託  
研究

検証  
試作

ADSTEFAN



(株)日立産業制御ソリューションズ  
ADSTEFANセンタ

## 海外

～ ADSTEFANセンタ設置 ～  
多くの学生が活用中

上海大学(上海)  
市場・動向調査、普及活動

華南理工大学(広州)  
適用技術の検証、普及

海洋大学(台北)  
適用技術の検証、普及

成功大学(台南)  
適用技術の検証、普及

# ADSTEFANの概略構成

## プリ・プロセッサ

- CADデータransレータ、メッシュ作成、  
解析パラメータ設定、等

## 解析実行ソルバー

- 湯流れ解析
- 差分段差軽減解析
- 気液二相流解析
- 金型温度解析
- スリーブ挙動解析
- 混合要素解析
- 表面張力解析
- 凝固解析
- 引け巣形状解析
- 組織予測解析
- ユーザ独自変数
- 局部加圧解析
- 傾斜铸造
- 連續铸造
- 遠心铸造
- 热応力解析
- 热処理解析
- エレクトロ・スラグ  
再溶解法

## ポスト・プロセッサ

- 解析結果3次元グラフィックス表示

上記3システムをGUI(Graphical User Interface)の統合環境でコントロール

- (1)一連の解析プロセス操作が統合環境の基で操作性能の改善が図れる。
- (2)マルチビューの採用により作業効率が向上する。

# ADSTEFANでの解析の流れ

## 《ADSTEFANによる解析の基本的な流れ》

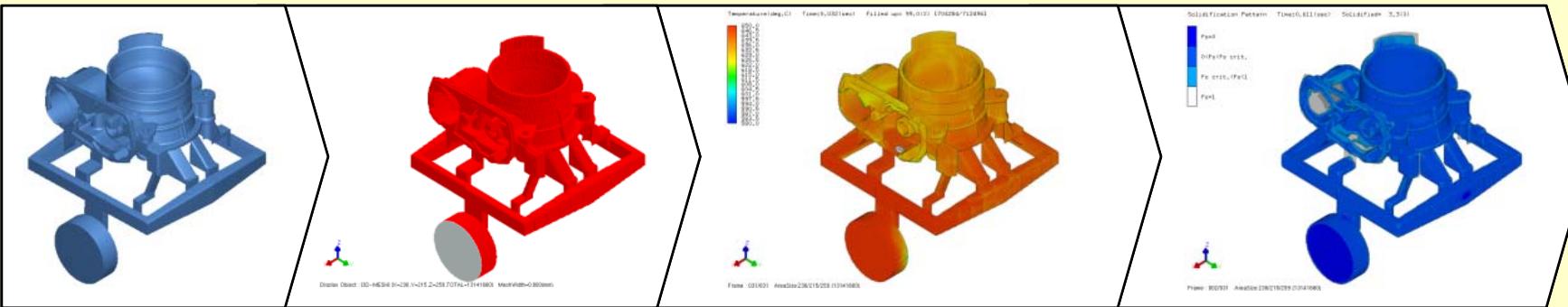
①CAD(STL)データの  
インポート

②ADSTEFANメッシュの  
自動生成

③湯流れ解析

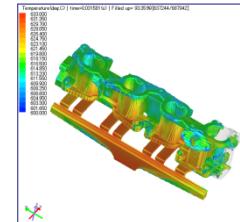
④凝固解析

解析結果での評価

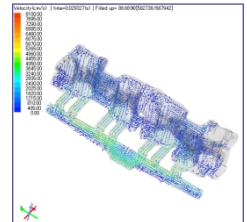


湯流れ

溶湯温度分布 流れベクトル分布

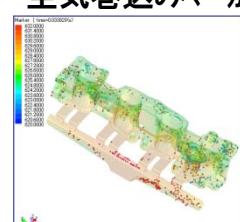


(湯境、湯回り不良)



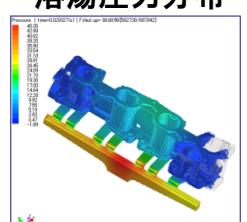
(金型溶着・溶損)

空気巻込みマーク



(気泡の巻込み)

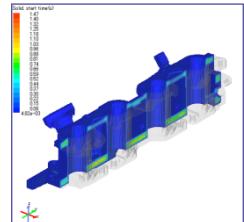
溶湯圧力分布



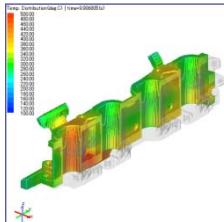
(ヒートチェックきず)

凝固

凝固開始時間 鑄物の温度分布

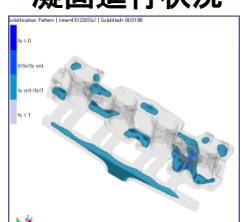


(引き巣)



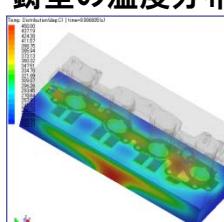
(鑄物の変形)

凝固進行状況



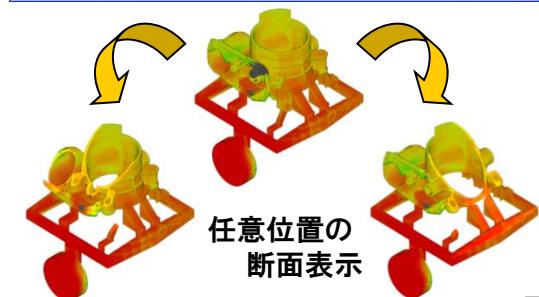
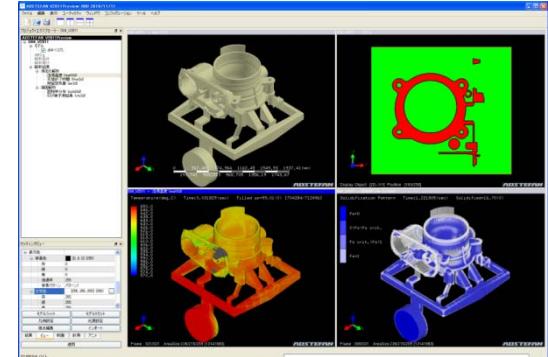
(引き巣)

鑄型の温度分布



(金型溶着・溶損)

統合環境の操作画面



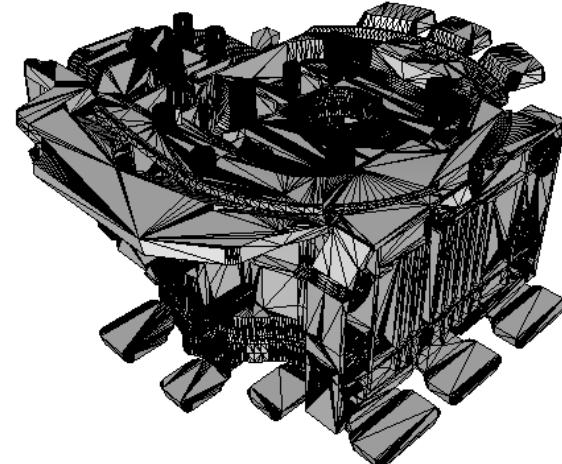
任意位置の  
断面表示

多彩な解析結果の代表例

(主たる評価項目)

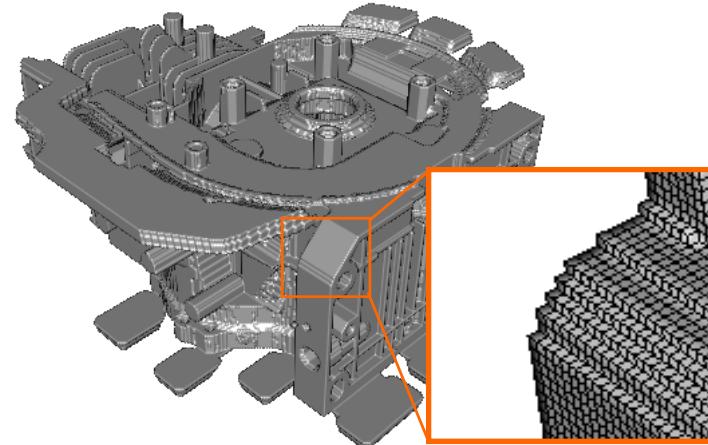
# ADSTEFANメッシュについて

STLデータ：三角形パッチで構成

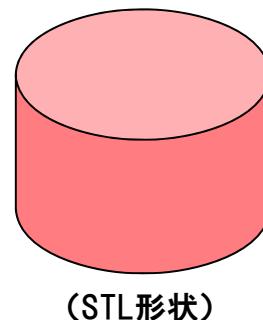


メッシュ  
生成

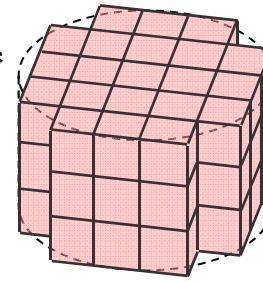
FDMデータ：立方体で構成(有限差分法)



具体的な流れ

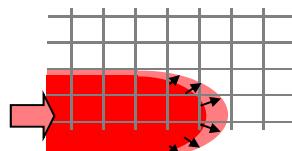


鋳物と鋳型を  
微小な立方体で  
要素化



(等分割)

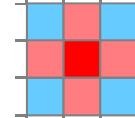
## 《湯流れシミュレーション》



各要素の溶湯が微小時間後に  
どのように動くかを求める。  
※ナビエ・ストークスの流れの式  
(溶湯、鋳型の温度変化も計算)

(温度分布連携)

## 《凝固シミュレーション》



各要素の温度が微小時間後に  
どのように変化するかを求める。  
※フーリエの熱伝導の式

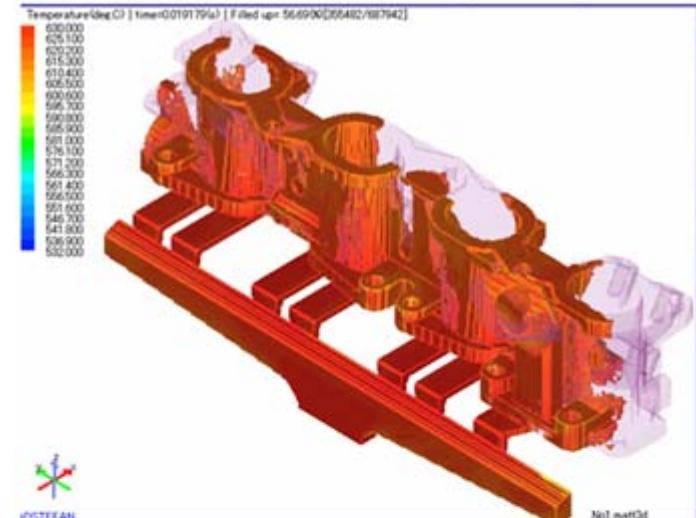
- 均等直交メッシュを高速に自動生成し、不連続点を自動修正
- 特徴**
- メッシュ生成時に、STLデータの面反転チェックが可能
- 鋳型厚みを任意に設定可能

# 湯流れ解析事例

## 充填状況と温度分布

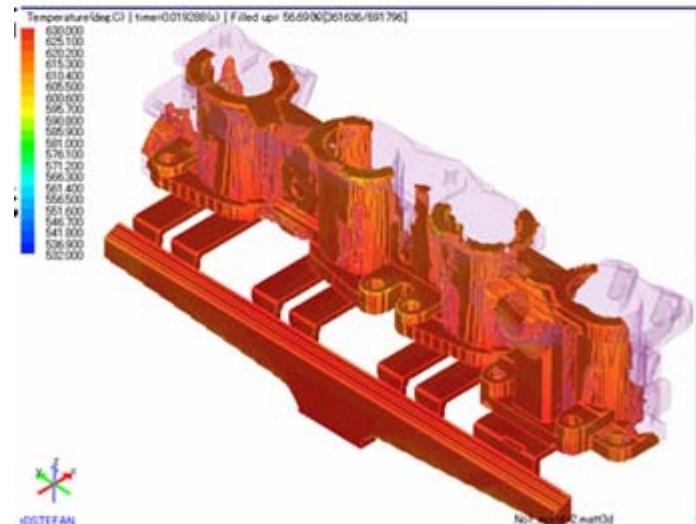
高  
↓  
低

ケース1  
湯道細い



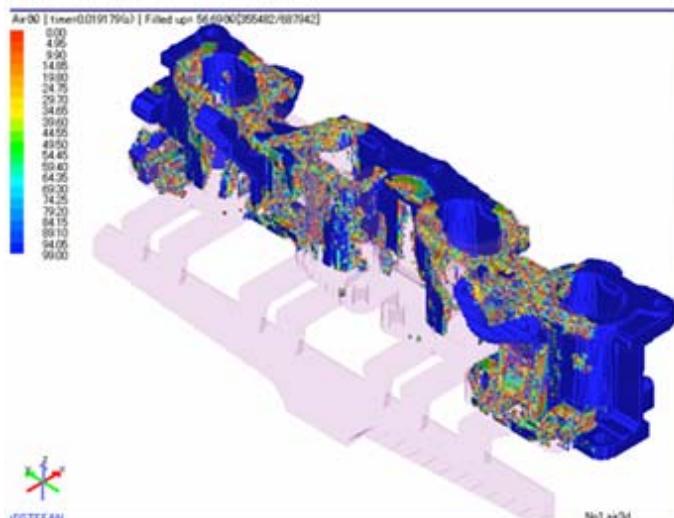
高  
↓  
低

ケース2  
湯道太い

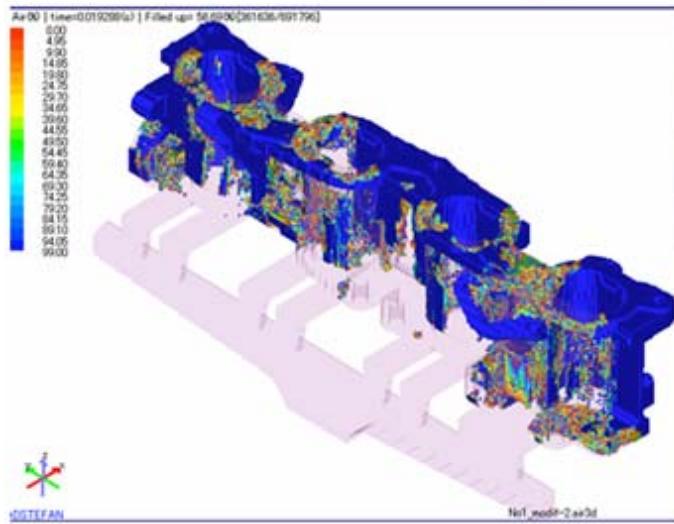


## 残存空気部

少  
↑  
多



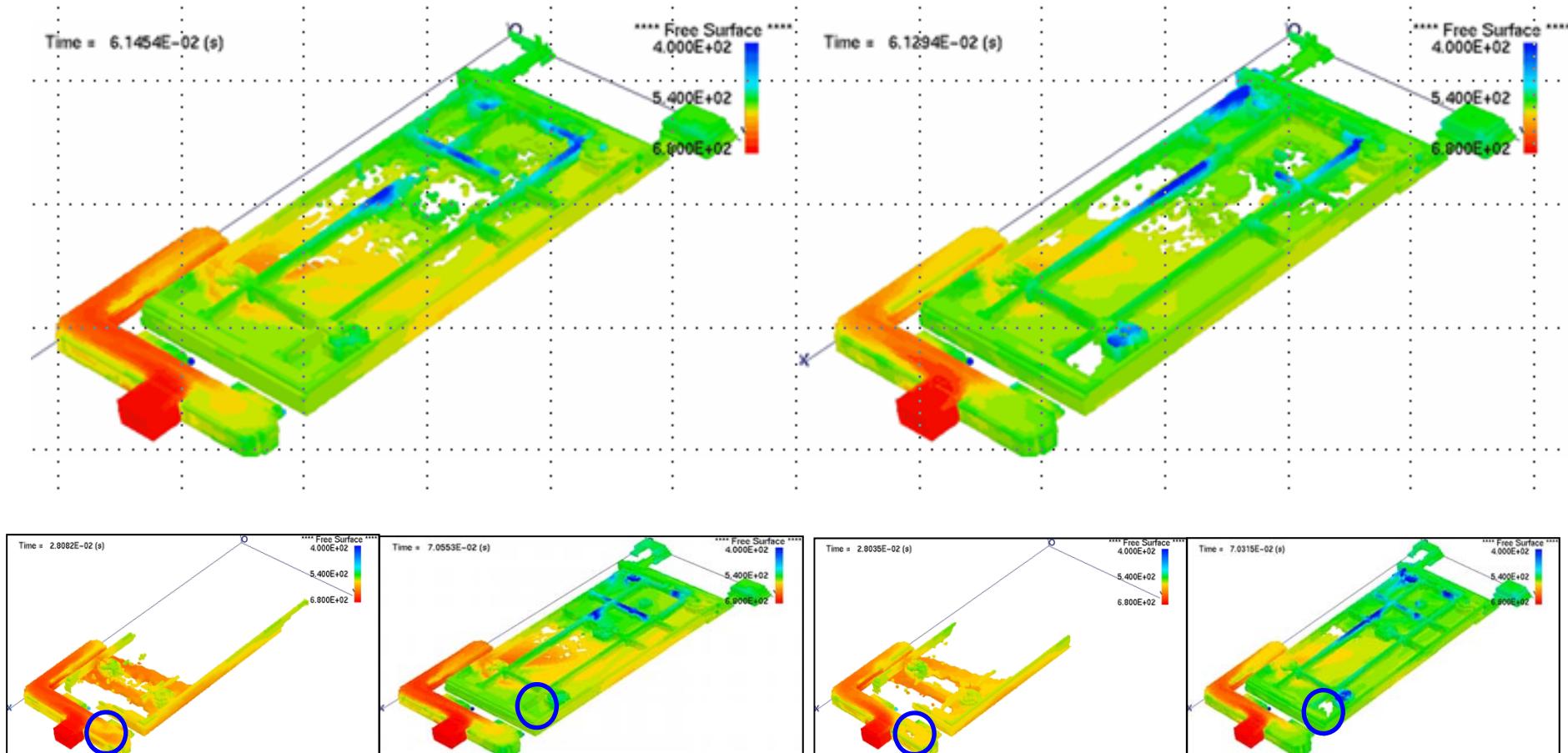
少  
↑  
多



# 背圧を考慮した湯流れ解析

背圧なし

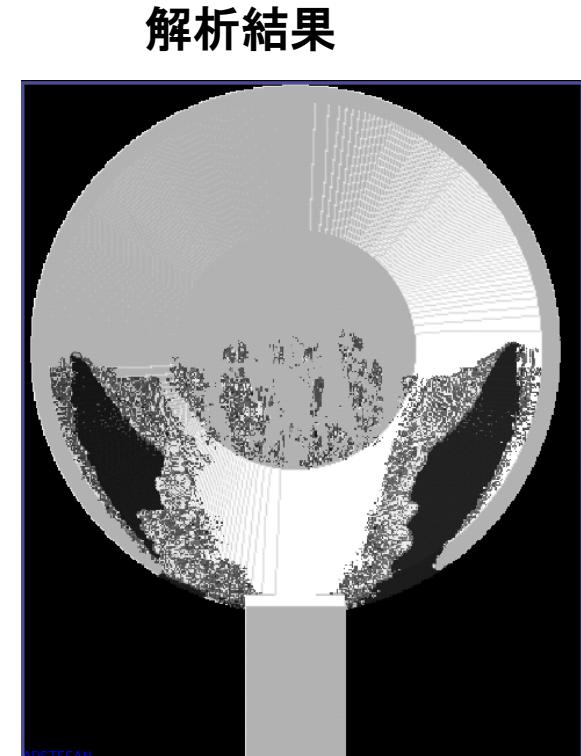
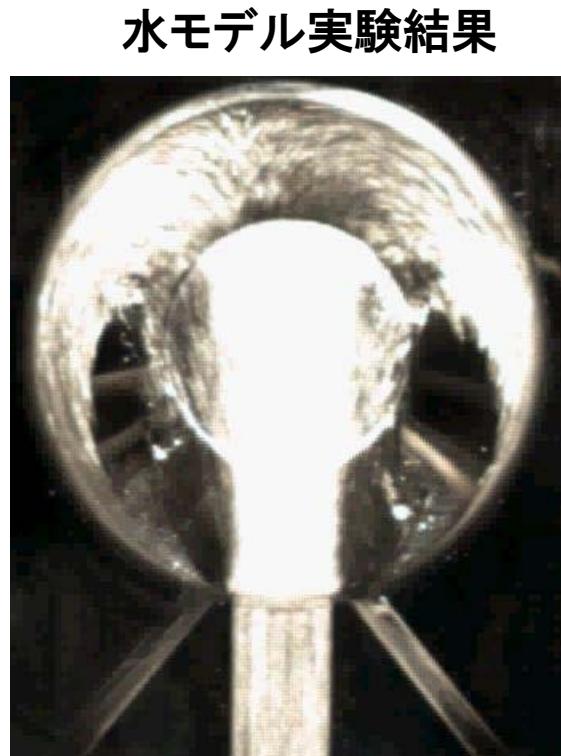
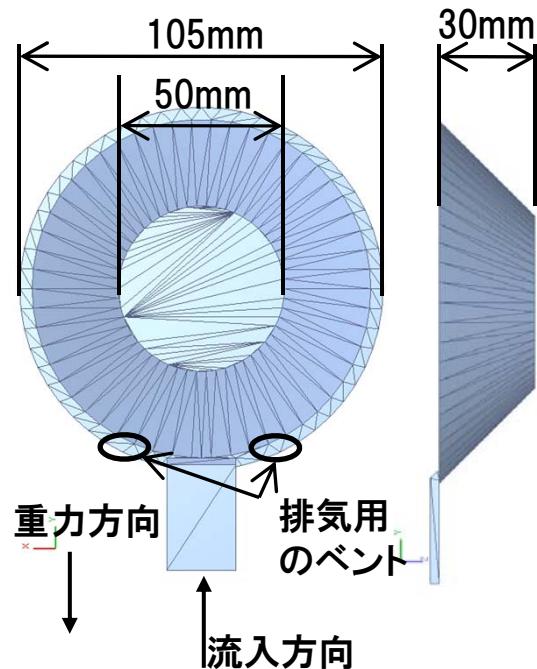
背圧あり



◆背圧なしの解析では、溶湯内の空気は、鋳型内に注入された時点でつぶれるが、  
背圧ありの解析では、つぶれずに残っている事が確認できる。

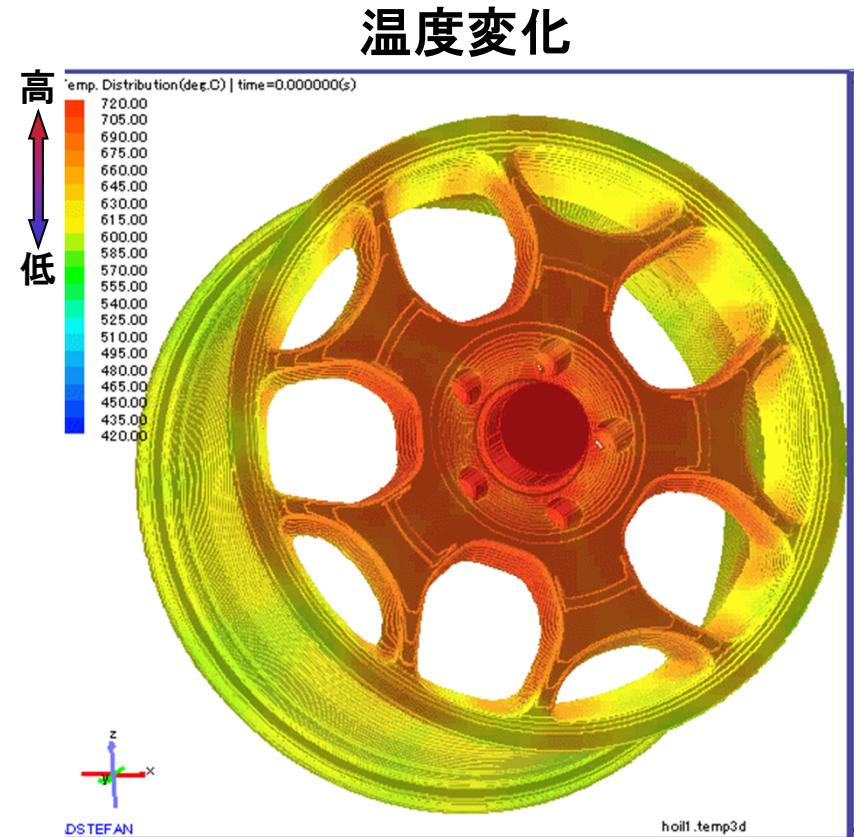
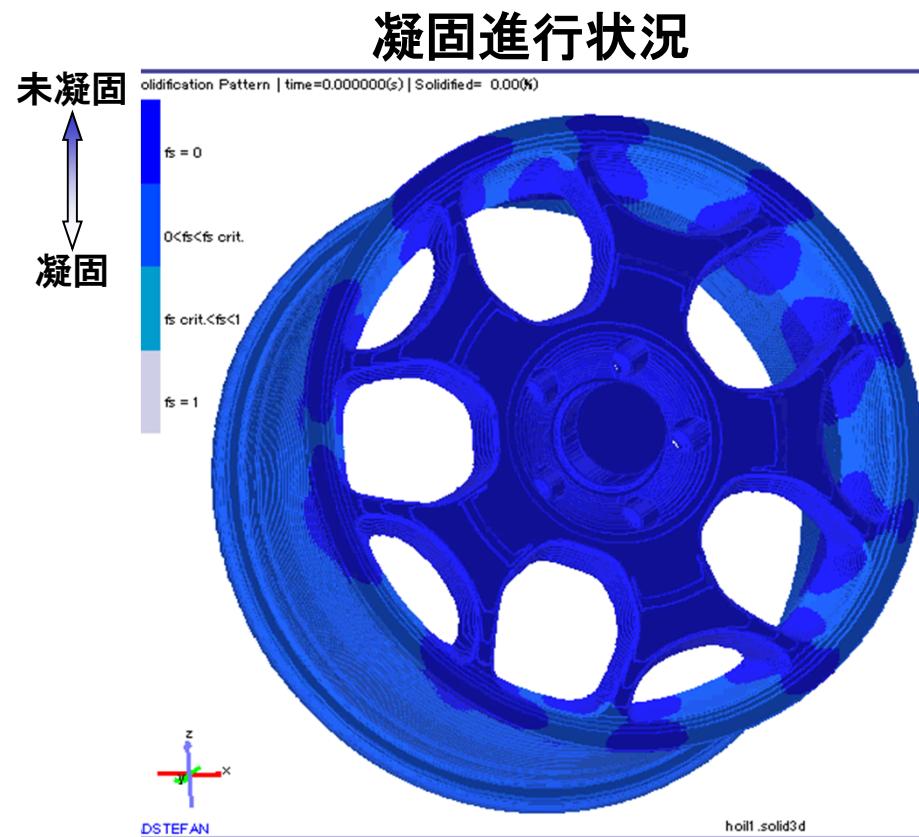
# 湯流れ解析の高精度化

## お椀型形状 水モデル実験との比較

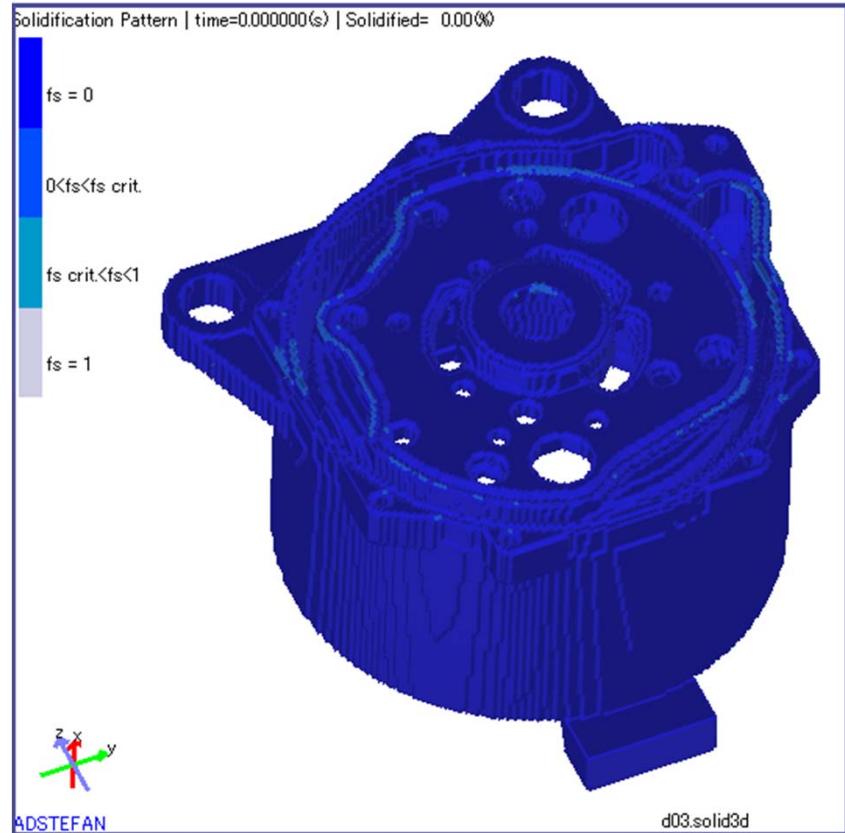


実験および結果のご提供:岡山県立大学

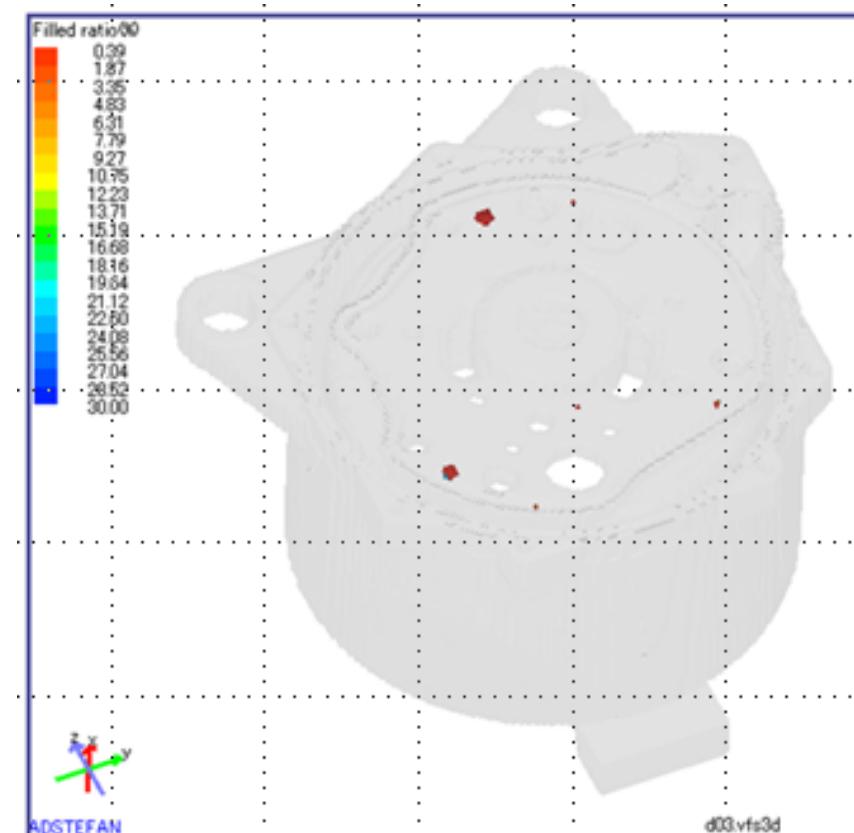
- 凝固現象に起因する欠陥の発生を予測
- 引け巣の大きさを予測 etc



## 凝固進行状況

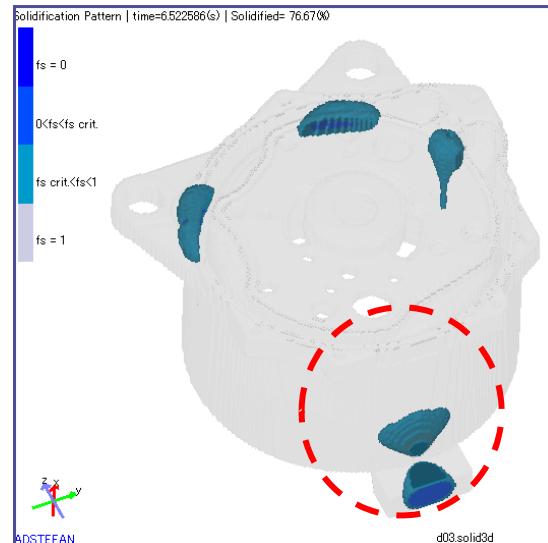


## 引け巣予測

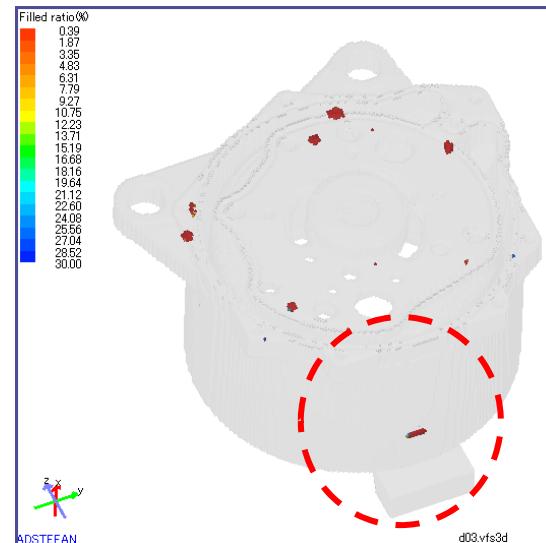


# 凝固解析の事例の考察

凝固進行状況



引き巣予測



X線写真

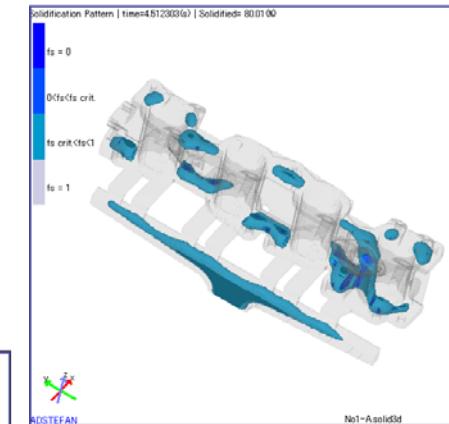


- 解析結果と実物のX線写真を比較
  - 局所的最終凝固部と引き巣予測位置が概ね実際の欠陥発生部と一致。
  - 実物の欠陥は空気の巻込みと引き巣が合体した空洞欠陥であろうと推定。

# 採用している引け巣の予測方法

## (1) 凝固時間法

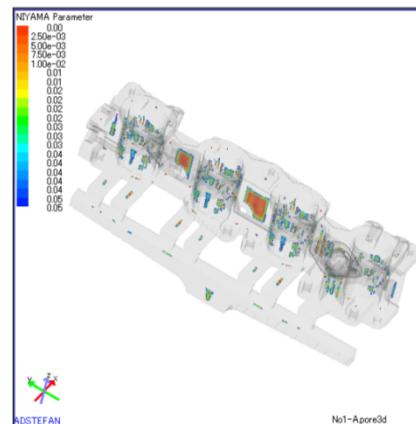
最終凝固部に生成



## (2) G/ $\sqrt{R}$ 法

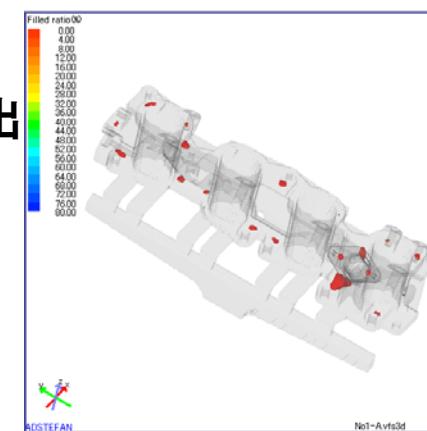
これが小さい部分に生成

( G: 温度勾配、R: 冷却速度 )



## (3) 直接法(健全度法)

各部の収縮量から引け巣の分布を算出

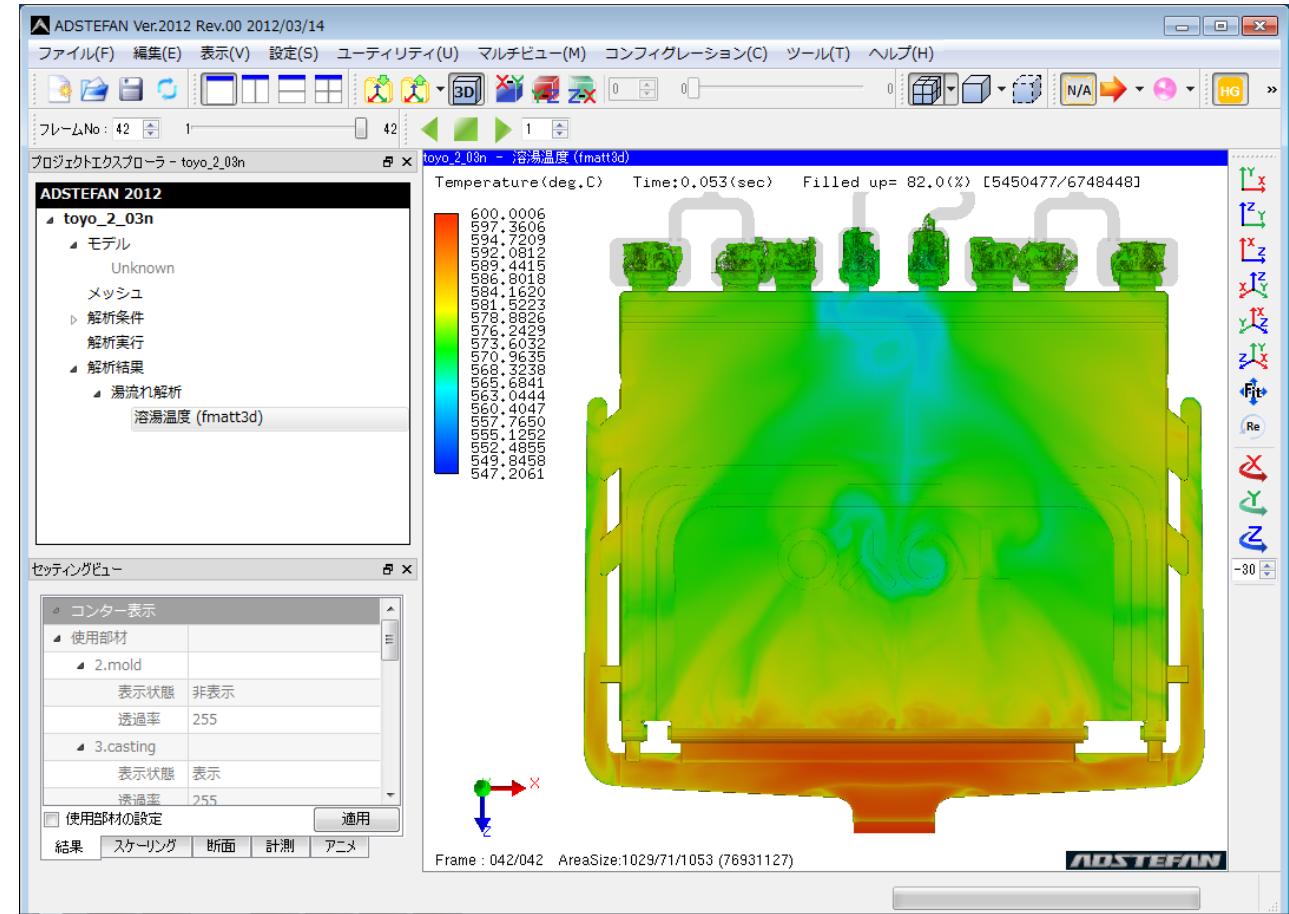


# GUI統合環境の更なる操作性の向上

■各作業メニューに必要なアイコンを可変に表示すると共に  
使用頻度が高いものをアイコンから選択出来る様に開発し操作性の向上を図りました。

**プリプロセッサ**  
 [3次元表示] [各断面表示]  
 [外形線表示/非表示]  
 [グリッド線表示/非表示]  
 [視点切換] [起立軸切換]等々

**ポストプロセッサ**  
 [結果操作のスライダー] [結果の動画再生/逆再生]  
 [断面表示]  
 [重ね合わせ表示]  
 [表示方法切換]等々

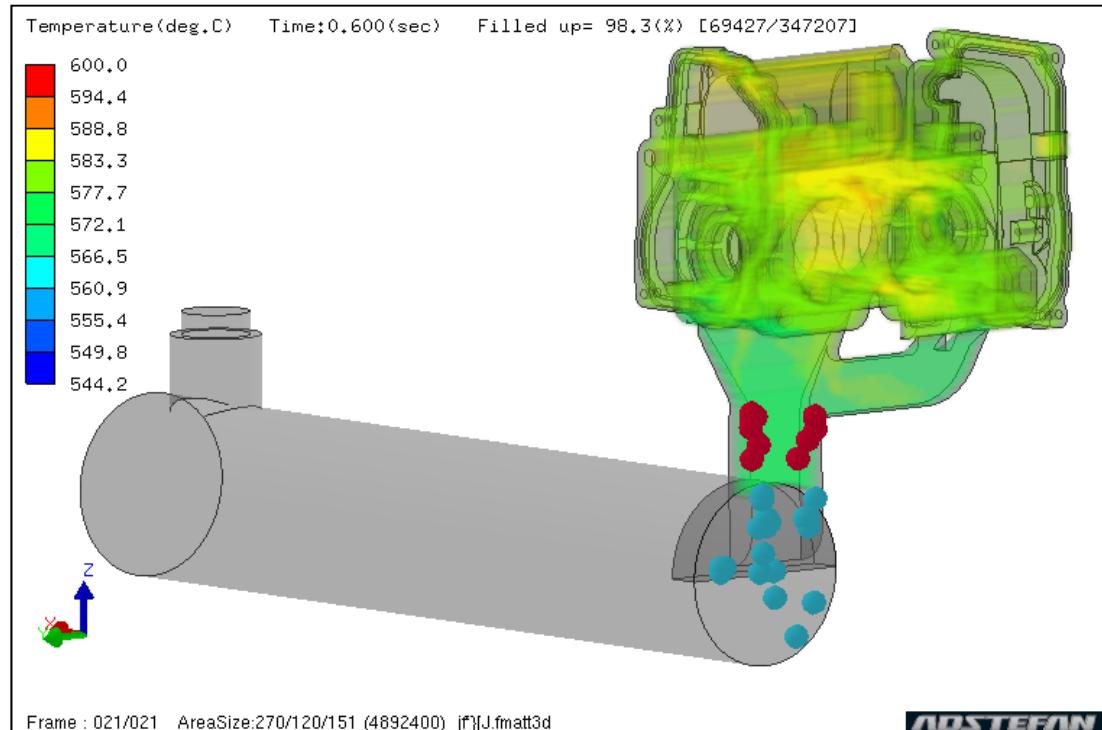


# のろ・酸化物・鋳型砂等の巻込み欠陥の予測

■マーカの発生位置、発生タイミング、発生条件の自由度を高め、  
1回の解析で最大10条件での巻込み欠陥結果の出力が可能となります。

■マーカに密度と大きさの設定が可能となり、  
マーカの浮上・沈降を考慮することが可能となりました。

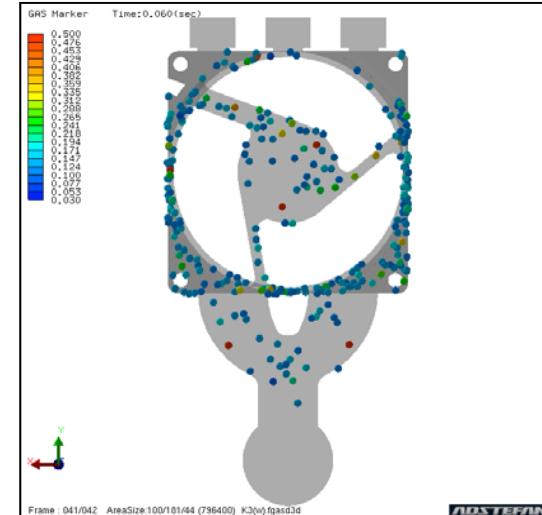
- マーカの発生位置  
[ゲート] [自由表面] [鋳型] [任意位置]
- マーカの発生タイミング  
[自動][充填率][時間][初回流入時]
- マーカの発生基準  
[固相率][溶湯温度][鋳型温度][溶湯速度]



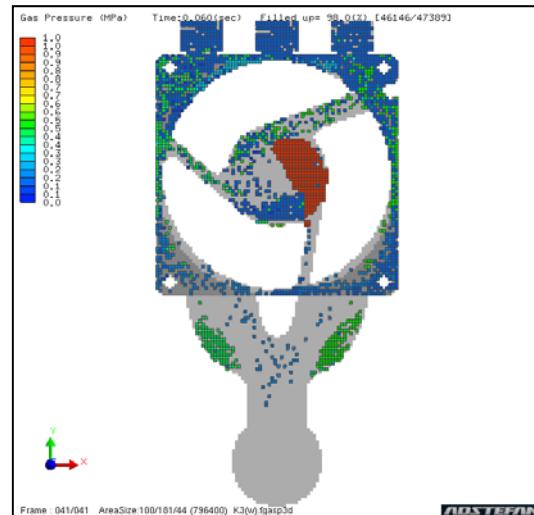
# ガス巻き込み欠陥評価パラメータの追加

- ガス巻き込み欠陥評価パラメータとして、ガスサイズ(cm)、ガス圧力(MPa)、ガス量(cc/100g)の出力を追加しました。
- ガス量については、グラフでの表示が可能です。

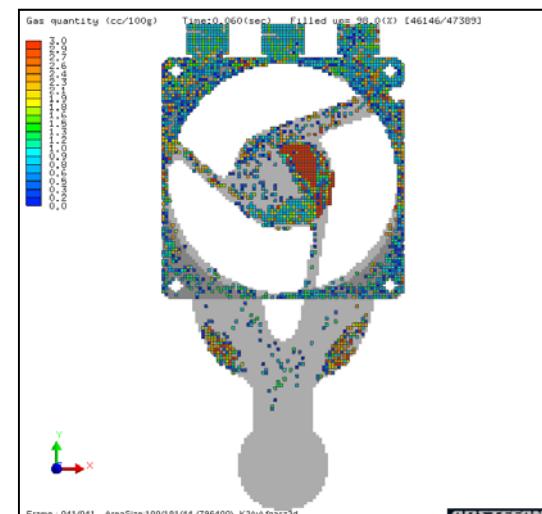
ガスサイズ



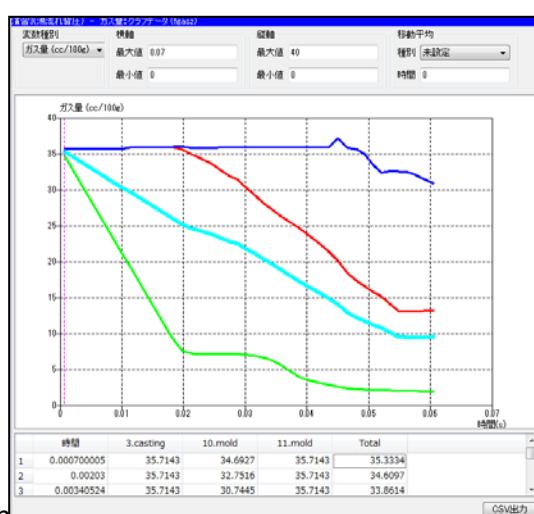
ガス圧力



ガス量

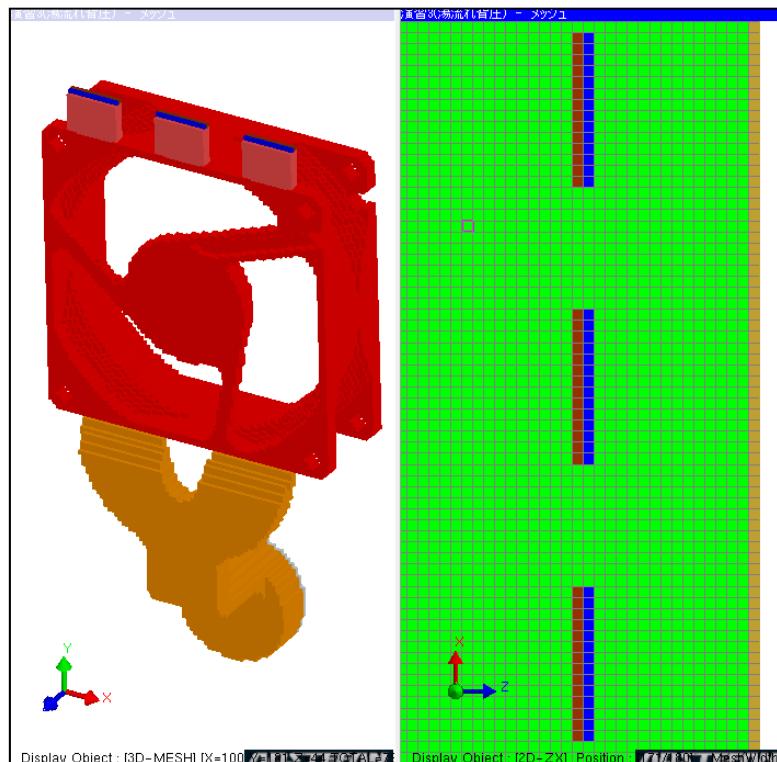


ガス量  
グラフ

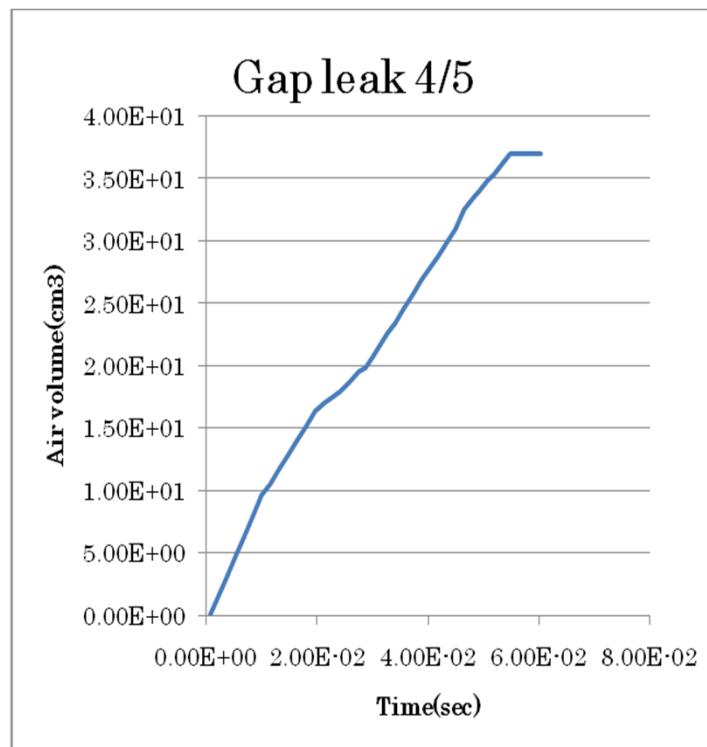


# 流出した空気体積のcsv形式出力

- 材料間の背圧設定を行った場合に、流出した空気体積量をcsv形式の時系列データとして自動的に出力することが可能となりました。
- 設定により、各イベント毎の空気体積量の出力が可能です。



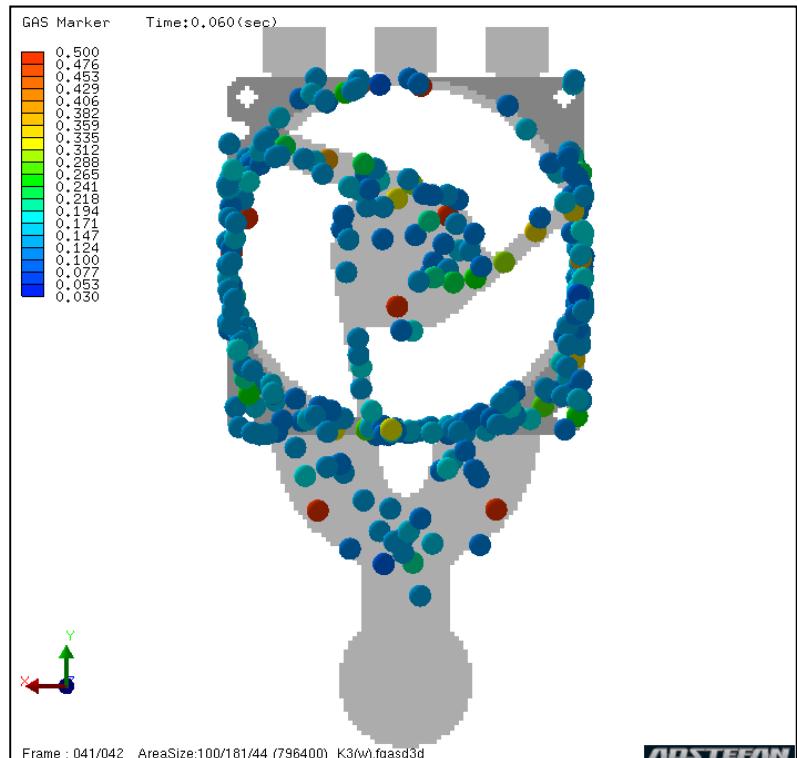
材料間の背圧設定部



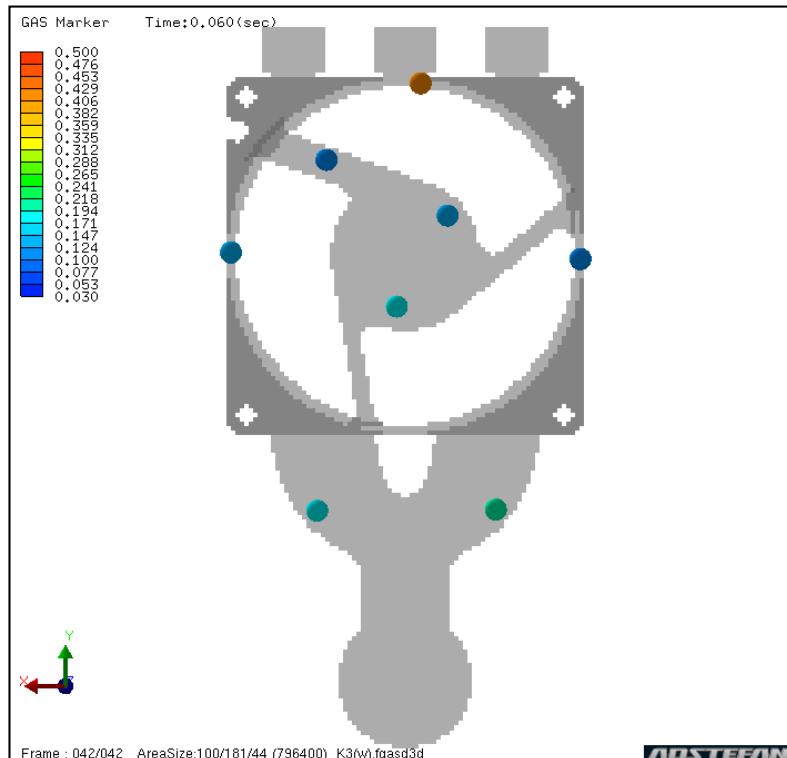
流出した空気体積

# 増圧考慮解析機能の追加

- ガスサイズの結果データに増圧後のガスサイズが追加されます。
- 増圧前後のガスサイズからその圧縮効果を確認することが可能となります。



増圧前のガスサイズ



増圧後のガスサイズ

## 局部加圧解析

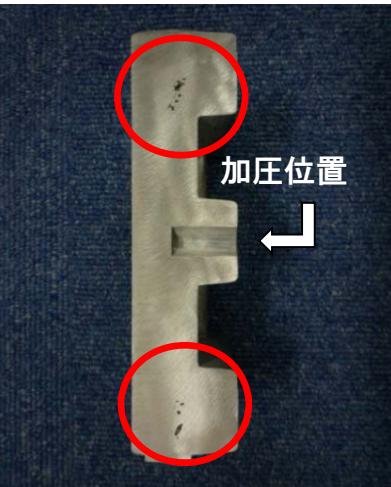
## □ 凝固解析(局部加圧)/引き巣欠陥評価：テストピース 材料: Al合金

製品部に発生する引き巣欠陥をシミュレーションで再現させるとともに、  
局部加圧効果の検証を行った。  
引き巣予測位置の精度は高く、局部加圧による効果も良く再現されている。

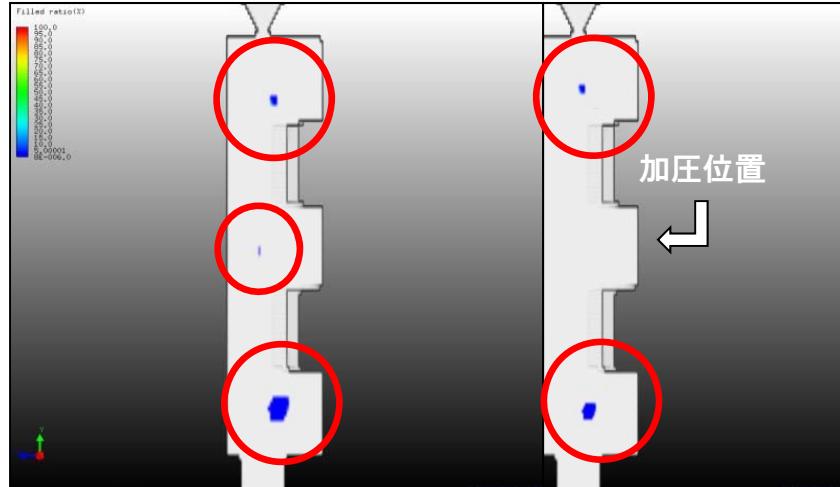
テストピース外観



铸造品(テストピース)



製品部断面



結果-1(局部加圧なし)

結果-2(局部加圧あり)

注:○引き巣欠陥箇所

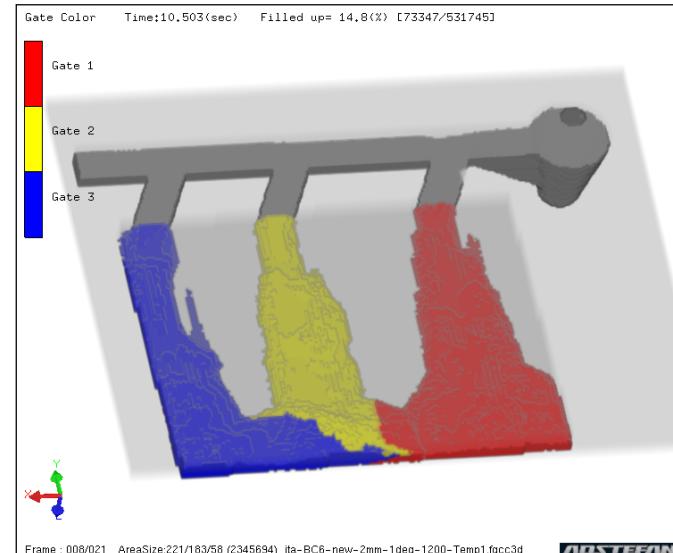
# ゲート毎の瞬間流量と総流量の出力

■各ゲートから流入する溶湯の色分け表示機能に、  
溶湯流量の瞬間値(cm<sup>3</sup>/s)と総量(cm<sup>3</sup>)を  
csv形式の時系列データとして自動的に出力  
することが可能になりました。

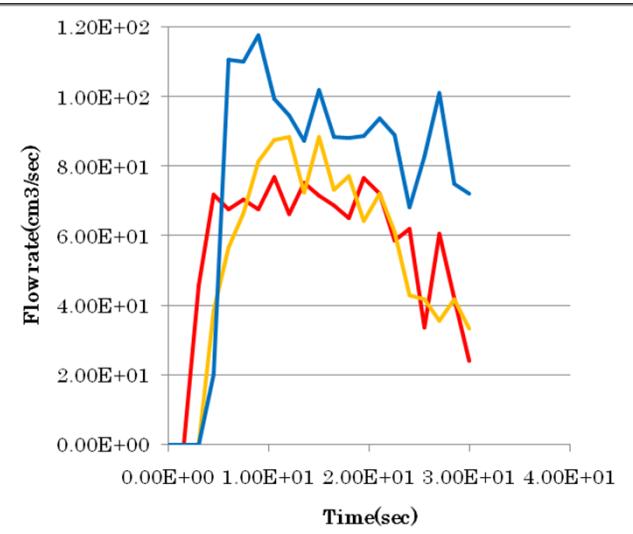
各ゲートの寄与度の判断がより一層容易になります。



ゲート毎の  
溶湯色分け表示

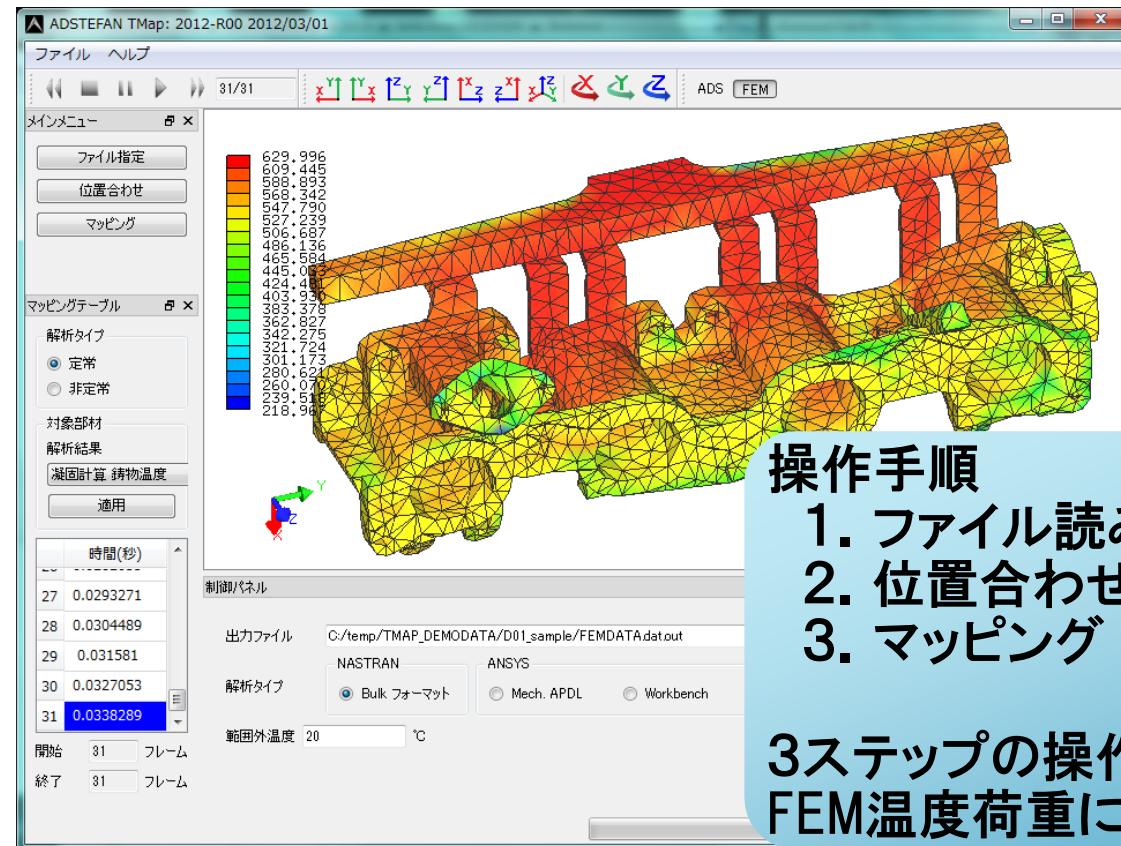


流量



# 温度データマッピング機能

- 従来別モジュールであった温度データマッピング機能を、ADSTEFANのユーティリティ機能として統合しました。
- ADSTEFANの解析結果(温度)データを有限要素法(FEM)データにマッピングすることにより、汎用コードを用いて熱変形解析等の実施が容易となります。



## 操作手順

1. ファイル読み込み
2. 位置合わせ
3. マッピング

3ステップの操作でADSTEFANの温度結果をFEM温度荷重にマッピング

※記載されている製品名、会社名などの固有名詞は各社の商標または登録商標です。

ADSTEFANの名は東北大学に発足した产学協同プロジェクト“Stefan研究会”に由来します。

この“Stefan”とは、「ステファン・ボルツマンの法則」で知られるオーストリアの物理学者 Josef Stefan(1835.3.24-1893.1.7)に敬意を込めて、その名をいただいたものです。

ステファンの業績は、熱放射の研究で有名ですが、氷の凝固についても研究された凝固解析の創始者でもあるのです。

また、"stefan"の文字には、研究会を指導された "Prof.Niyama" "Prof.Anzai" 両先生のイニシャルも隠されています。

1999年 研究成果を日立に技術移転し製品化した際、「Advanced」の「AD」を加え ADSTEFANと命名しました。

ADSTEFANのシンボルマークは、ADSTEFANの「A」をデザインしましたが、同時に「人」という文字のイメージも秘められています。

これまでも、そしてこれからも、人が育て、人が支える、ADSTEFAN。

「多くの方々(人)の思いを 形(ADSTEFAN)に変えたい」 これは、私たちが持ち続ける不変の開発ポリシーです。

# SINTAI 新台通商

## 服務據點／サービス拠点

### 新台通商總部

新北市汐止區新台五路一段77號17F-1

Head Office : 221,17F-1,No.77,Xin Tai Wu Rd., Xizhi District,  
New Taipei City Taiwan  
TEL:+886-2-8698-2393  
FAX: +886-2-8698-2395  
kyu@sintai-corp.com

### 東京服務處（日本東京）

Japan Tokyo Office :  
TEL:+81-80-5460-8141  
tokyo@sintai-corp.com

### 兴钛通贸易（上海）有限公司

新台通商上海分公司

上海市松江区荣乐东路2369弄1号601室

Shanghai Office : Rm.601,No.1,Aly.2369,E.Rd.RongYue,  
Dist.Songjiang,Shanghai City  
TEL: +86-21-6776-5913  
FAX: +86-21-6776-5712  
xingtao2014@sintai-corp.com

### 新台通商广东直营服务处

深圳市龙岗区平湖镇华南城2号交易广场一楼D077

Guangdong Office: Exchange Plaza1F, D077, China South City2 Pinghu Town, Longgang District, Shenzhen,  
Guangdong Province, China  
TEL: +86-755-89342669  
FAX: +86-755-89342669  
kyu@sintai-corp.com

### 上海技术连锁服务处：上海备备机电设备有限公司

上海市松江区中山东路东外街36弄5号402室

Shanghai Technical Chain: 402 No.5 36 Lane Dongwai st, Zhongshan East Rd, Songjiang District, Shanghai, China  
TEL: +86-13564728439  
linxinyi@sintai-corp.com

### 广东技术连锁服务处：深圳华南耀辉贸易有限公司

广东省东莞市凤岗镇雁田村布垄工业区一横路4号

Guangdong Technical Chain: No4.Yi Heng Road,Bulong Industrial zone,Yantian Village,Fenggang Town,  
Dongguan City,Guangdong Province,China  
TEL: +86-769-82757691  
zhangdaohui@sintai-corp.com

### 山东技术连锁服务处

山东省金乡县街景苑小区

Shandong Technical Chain: Yujing Residential Jinxiang  
County,Shandong, Province China  
TEL: +86-13686373992  
zhangyuqiang@sintai-corp.com

**HITACHI**  
Inspire the Next<sup>®</sup>