

# ユーザー視点から見たV-Glance

2022.3.8 光学素子分科会

株式会社東海エンジニアリングサービス 福田達也

# 報告内容

## 1, 簡単な会社紹介 (シミュレーションへのモチベーション)

### 2, V-Glaceへの期待

2-1 一般論…シミュレーションに期待するシーン

2-2 金型材料が変わったときの成形条件抽出

2-3 プレート内温度場の成形への影響

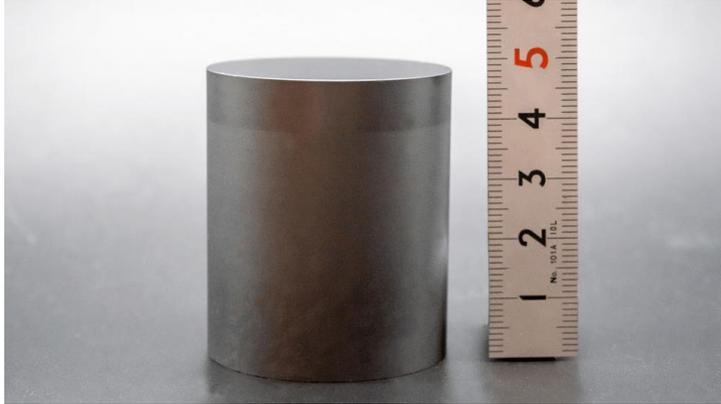
### 3, まとめ

## 簡単な会社紹介・・・ガラスモールドシミュレーションとのかかわり

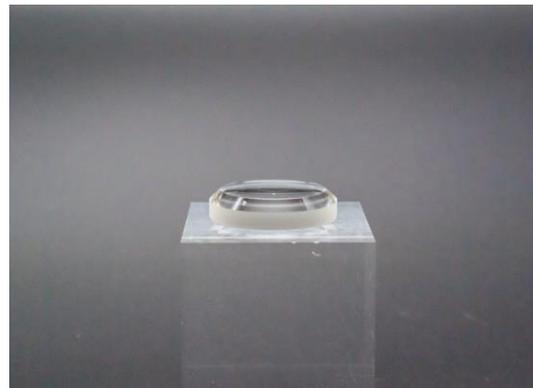
- 社名：(株)東海エンジニアリングサービス
- 設立：2001年
- 製造拠点：岐阜工場(各務原市)、京都工場(京都市南区)



# 事業内容



- バルクライクな厚膜CVD-SiC  
⇒ ガラスレンズ型、ミラー素材、半導体製造用ジグ などに利用
- 各種セラミックス部品



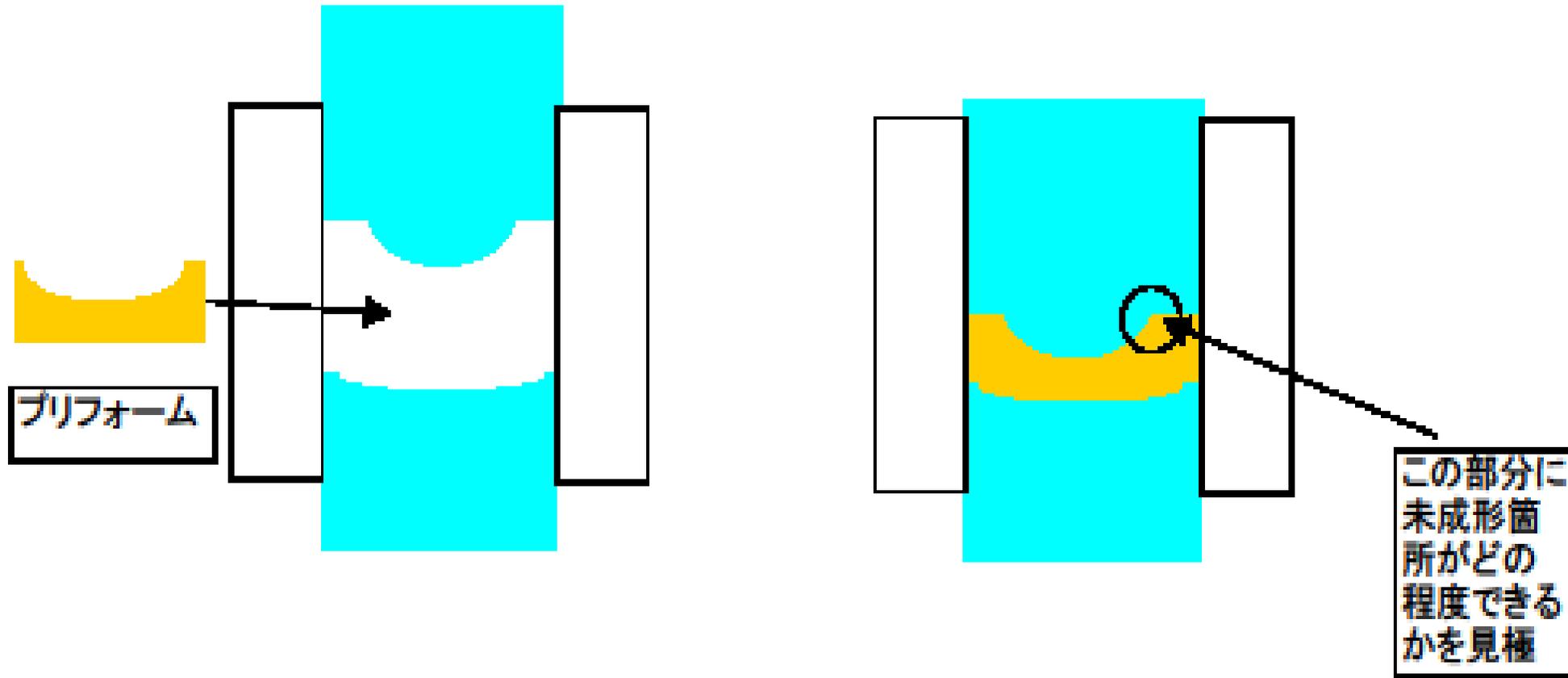
光学素子製造用超精密金型

非球面レンズ、ミラー  
(石英、蛍石、ゲルマニウムなど)

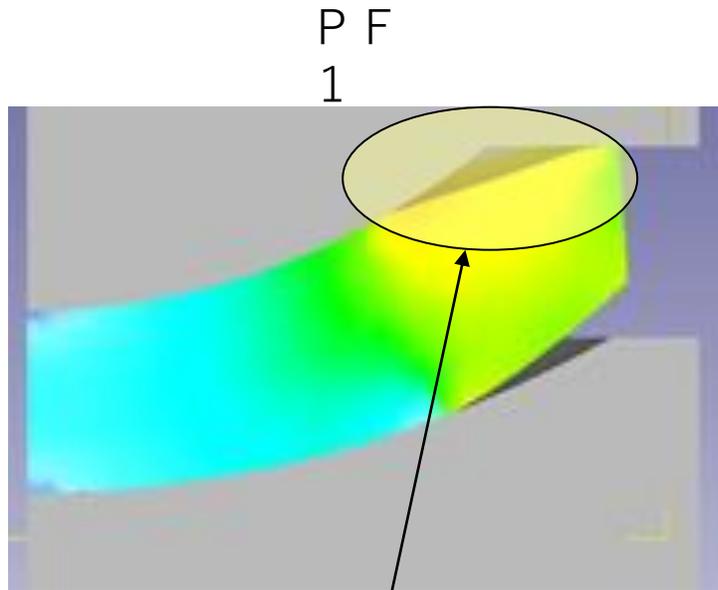
# 報告内容

- 1, 簡単な会社紹介 (シミュレーションへのモチベーション)
- 2, V-Glaceへの期待
  - 2-1 一般論…シミュレーションに期待するシーン**
  - 2-2 金型材料が変わったときの成形条件抽出
  - 2-3 プレート内温度場の成形への影響
- 3, まとめ

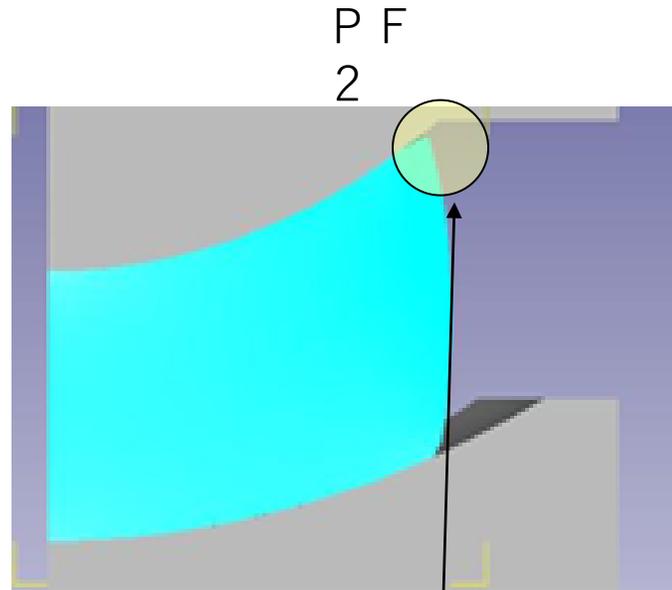
事例 1) メニスカス・両凹の成形では、プリフォーム形状の最適化に CAE を使う



## メニスカスレンズのプリフォーム形状模索の例

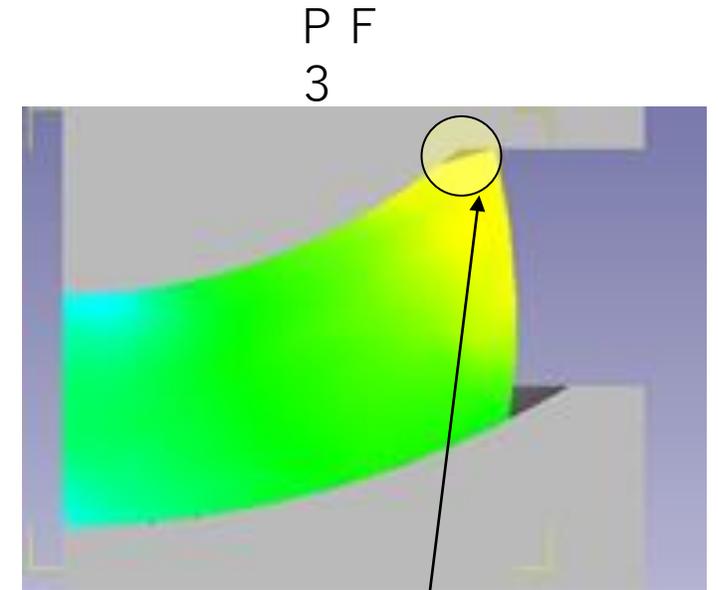


レンズ部充填前に P F 端部  
が上型平面に接触→エアだ  
まりなどの不具合になる



このように、上型端部まで、うまく充填で  
きている。

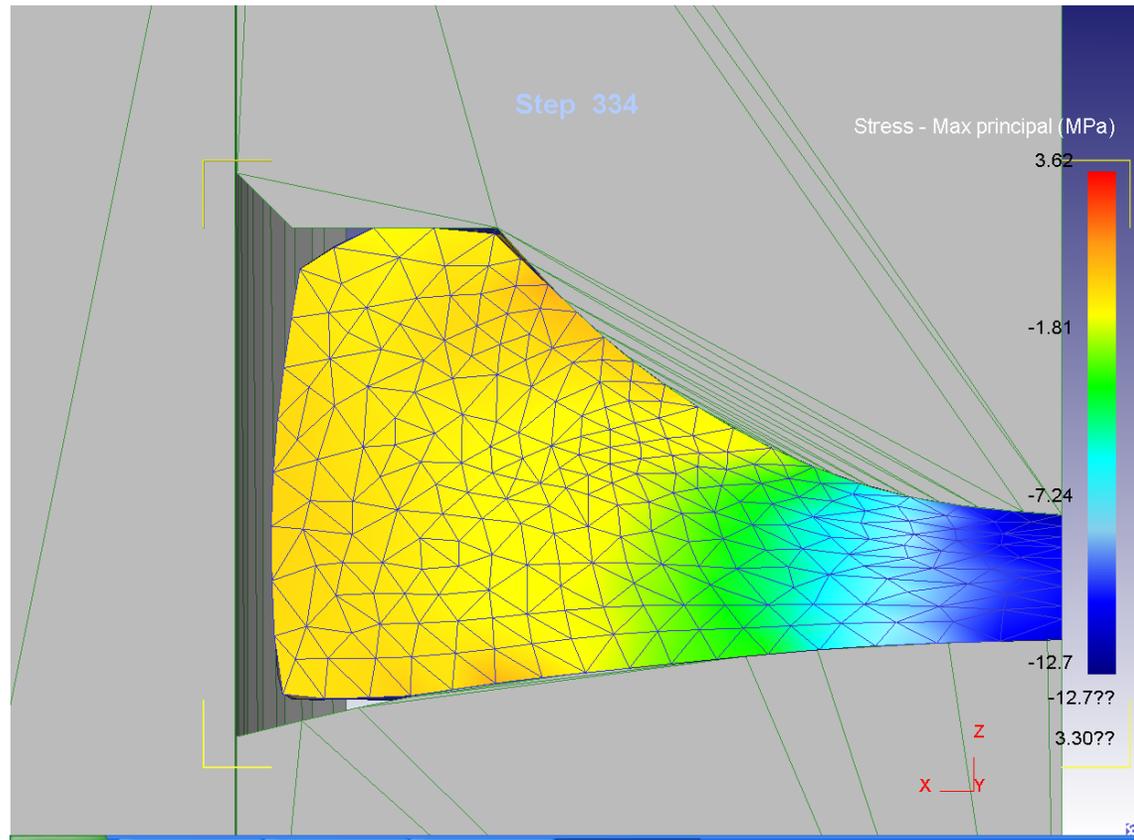
ただし、この時点以降、すり面が金型に接  
していくことになるので、下面の端部分に  
不具合が生じる可能性あり。



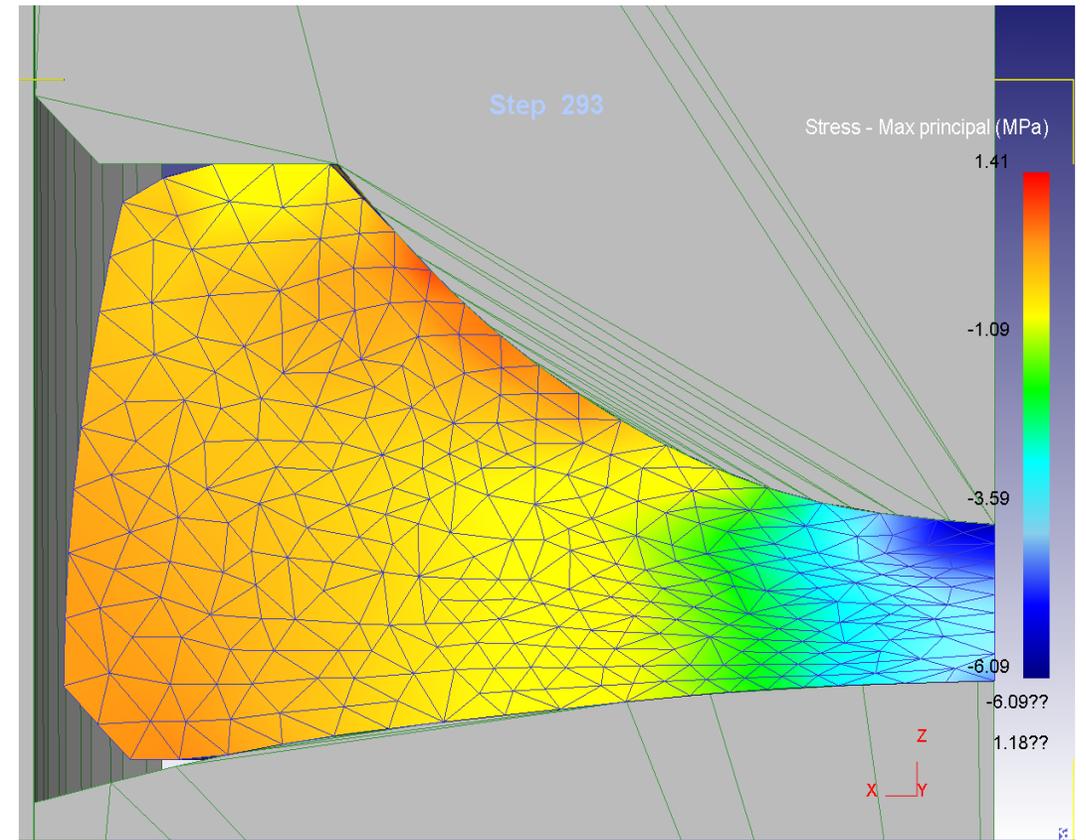
ごくわずかだが、  
エアだまり発生  
の可能性&下面  
のすり面接触の  
可能性がある。

# 両凹レンズのプリフォーム形状模索の例

## 平凹から出発したレンズ



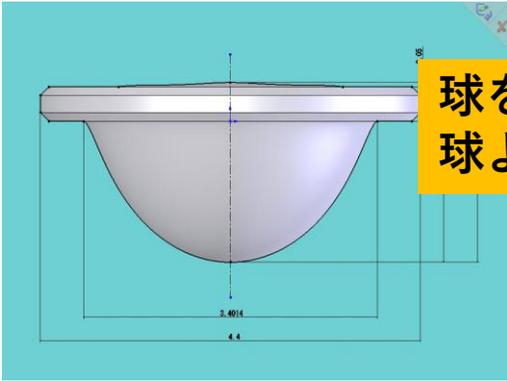
## 両凹から出発したレンズ



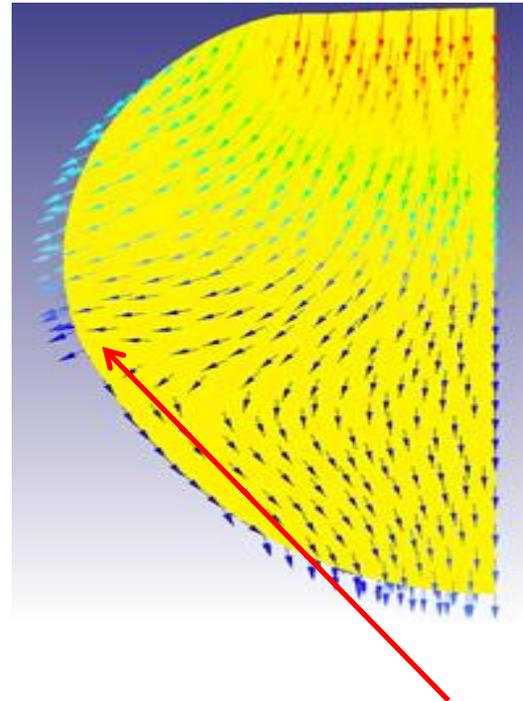
## 事例 2) 成形条件の最適化に C A E を使う

球を出発材料に  
球よりもとがった先端にどう充填させるか？

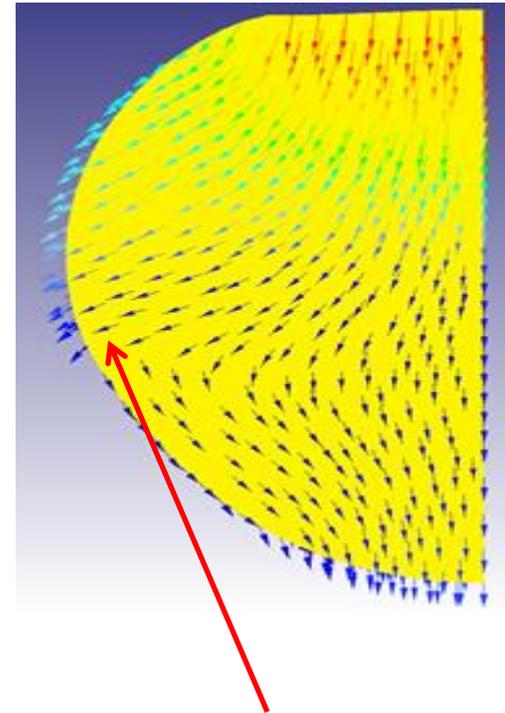
特定の条件でのみうまく成形できた



条件 A

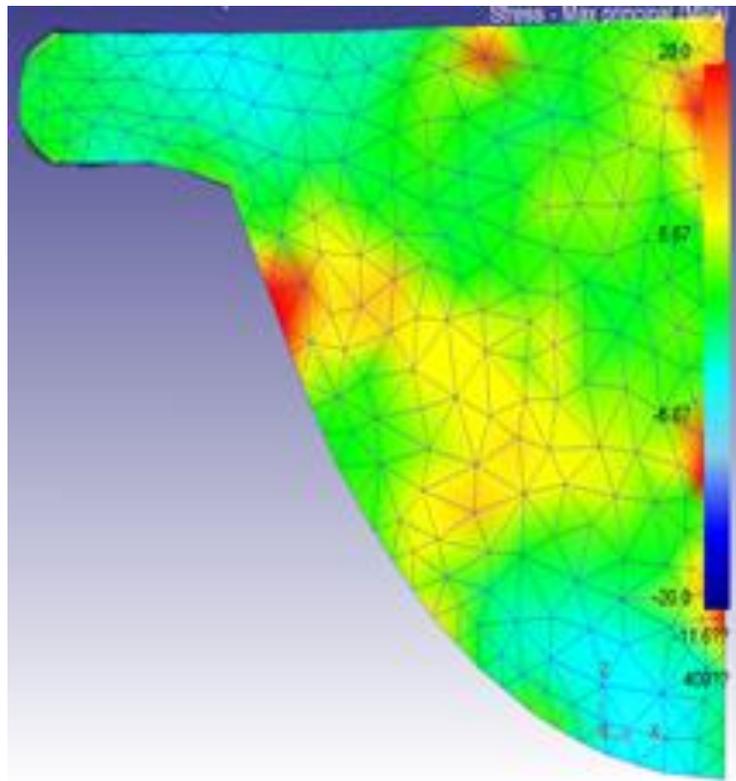


条件 B

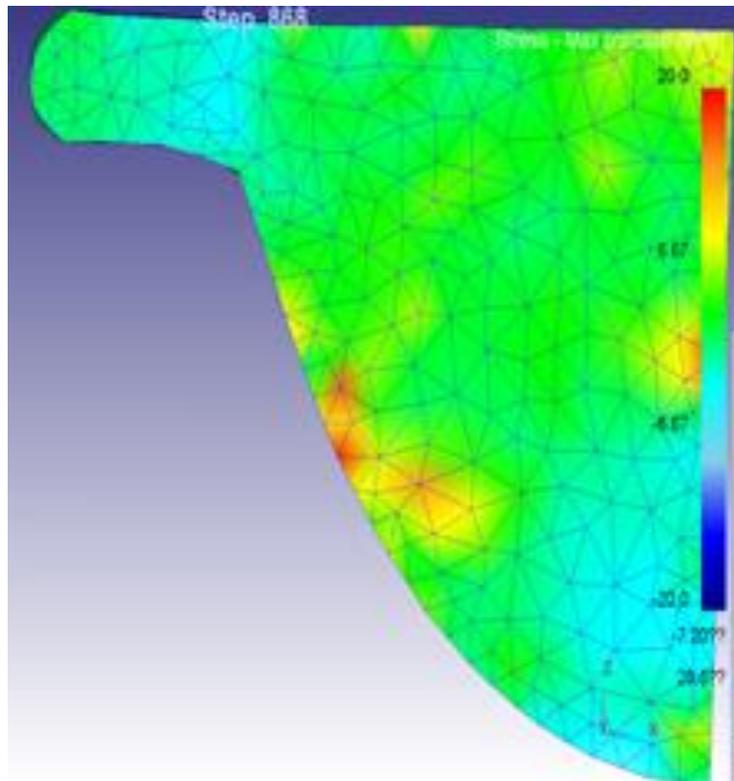


条件 A の方は、材料が下方方向より、横方向に流れようとしている。これが様々な（エアだまりなど）不具合につながる。

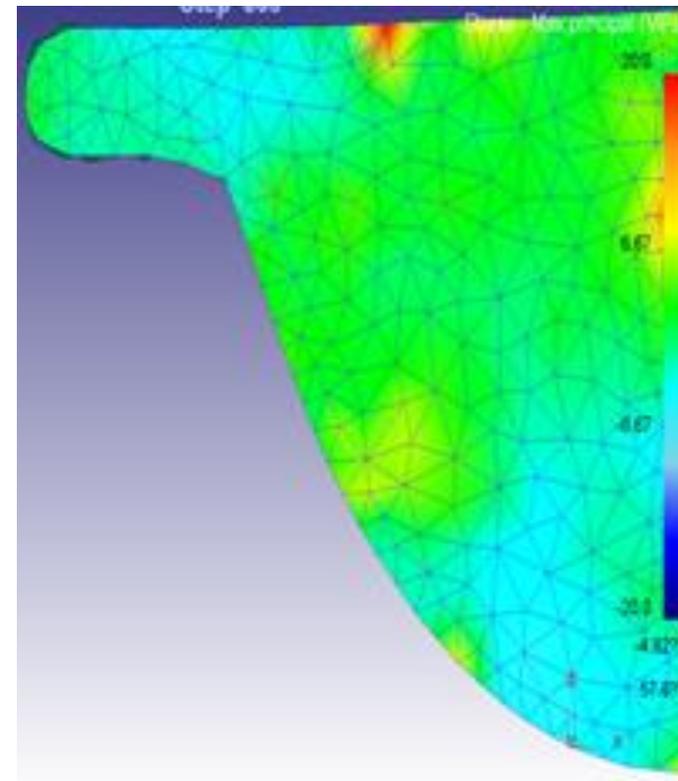
金型材料と、外部構造部品の厚みを変えて、レンズ内に残留する応力の大きさを比較  
⇒ より良い材料、部材の厚みを決定



材料 A  
厚さ：薄

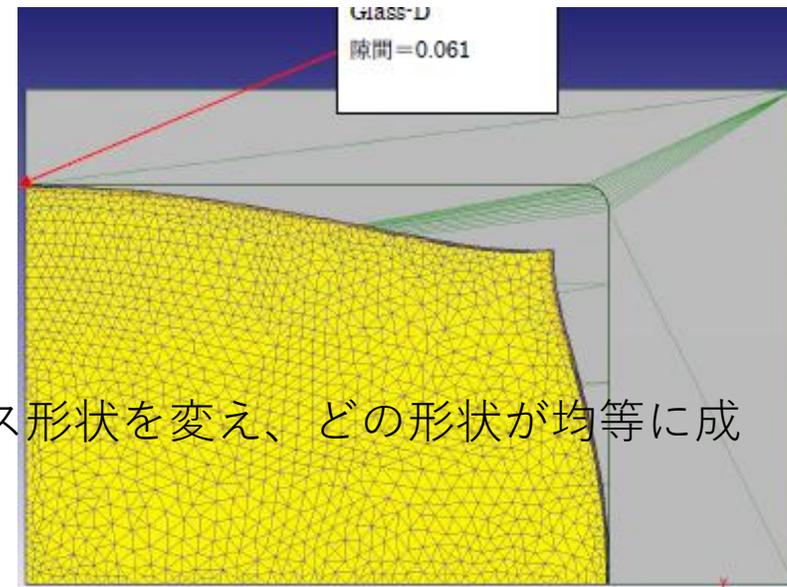
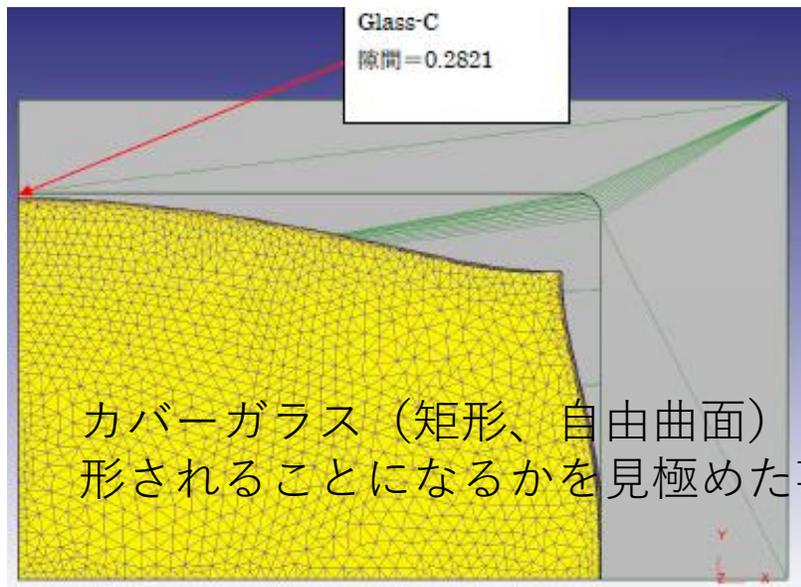
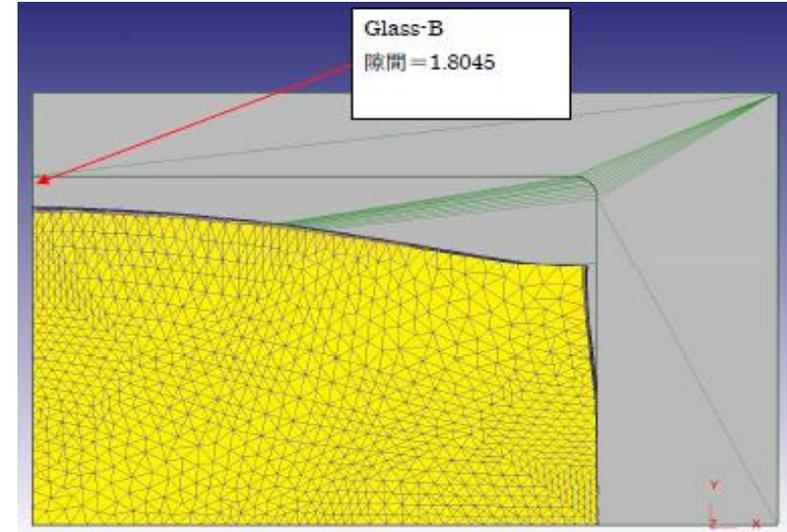
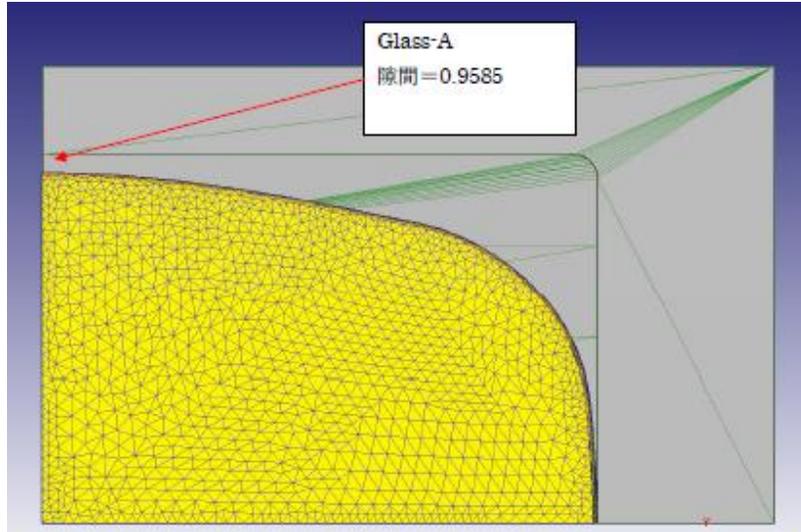


材料 B  
厚さ：薄



材料 B  
厚さ：厚

### 事例 3) 三次元ならではの形状解析に C A E を使う

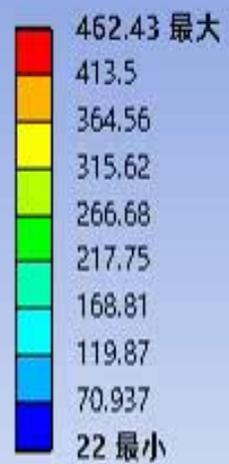


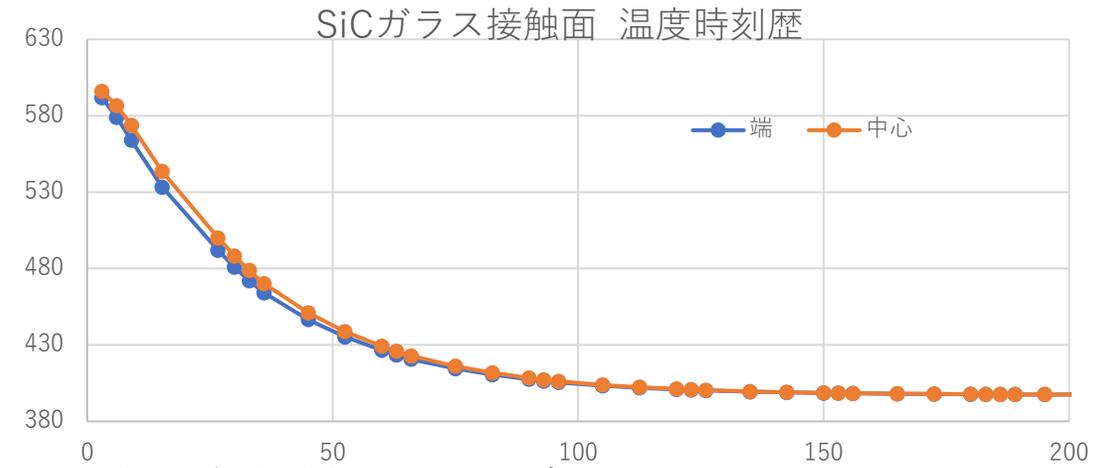
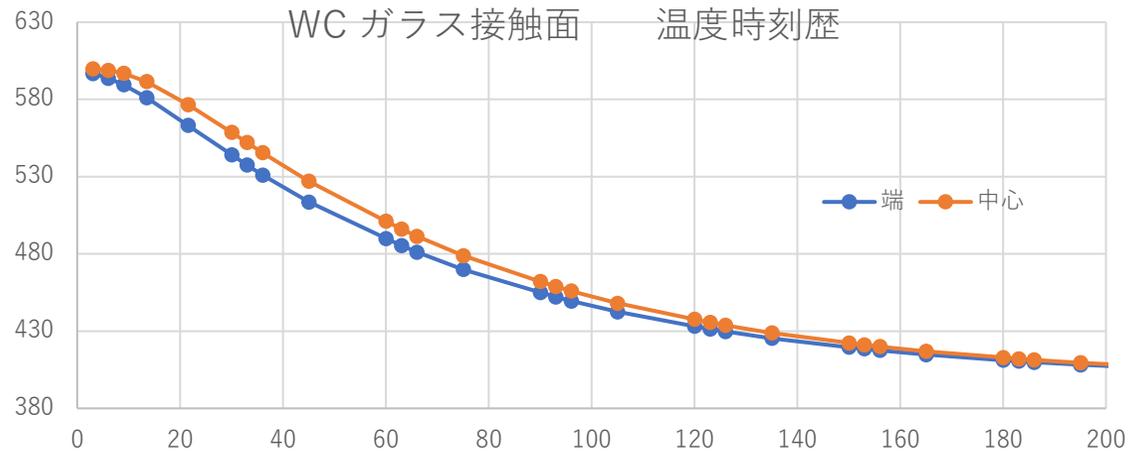
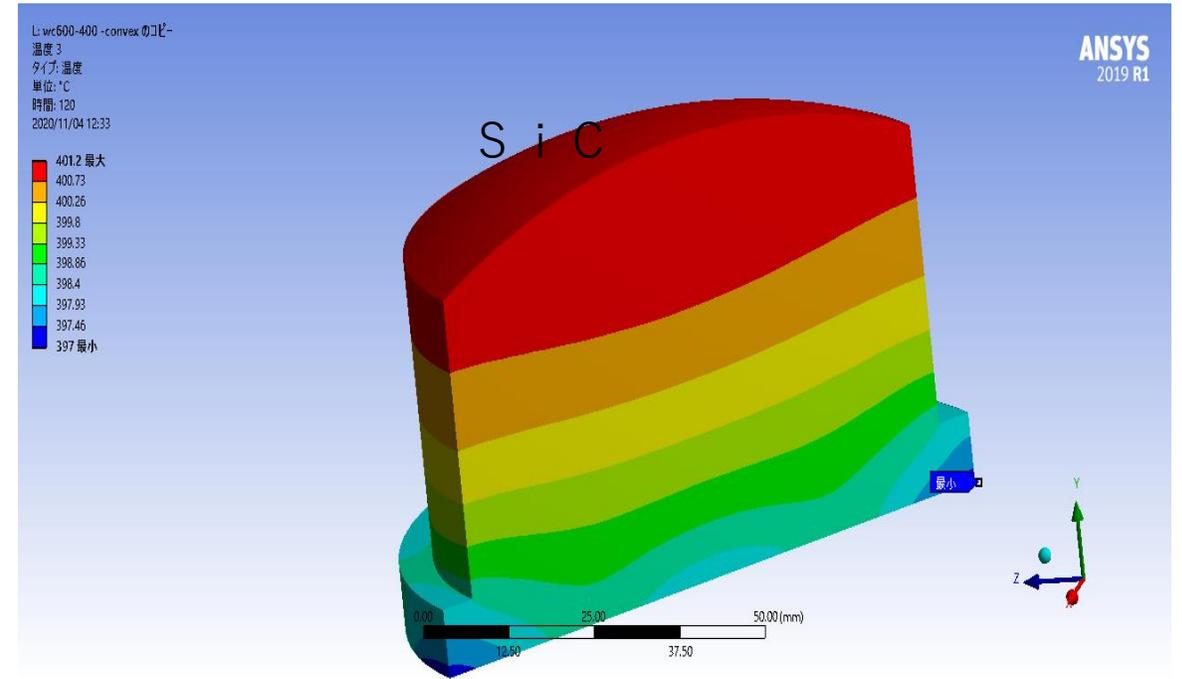
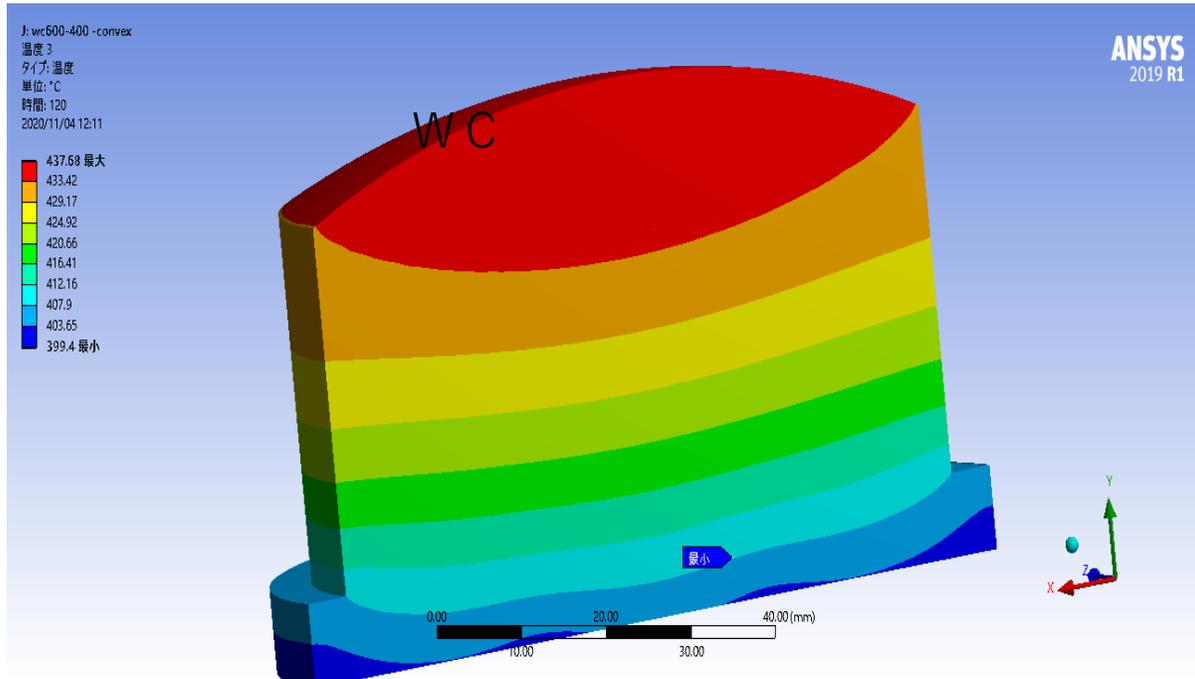
カバーガラス（矩形、自由曲面）・・・出発ガラス形状を変え、どの形状が均等に成形されることを見ることになった事例

# 報告内容

- 1, 簡単な会社紹介 (シミュレーションへのモチベーション)
- 2, V-Glaceへの期待
  - 2-1 一般論…シミュレーションに期待するシーン
  - 2-2 金型材料が変わったときの成形条件抽出**
  - 2-3 プレート内温度場の成形への影響
- 3, まとめ

B: 過渡伝熱  
温度 3  
タイプ: 温度  
単位: °C  
時間: 0.1  
2020/09/17 8:43

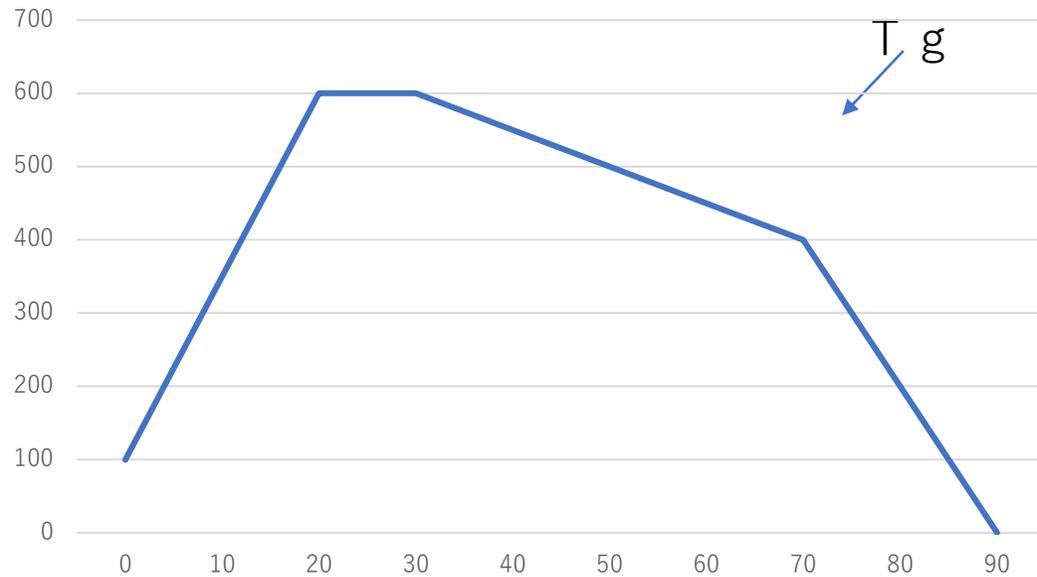




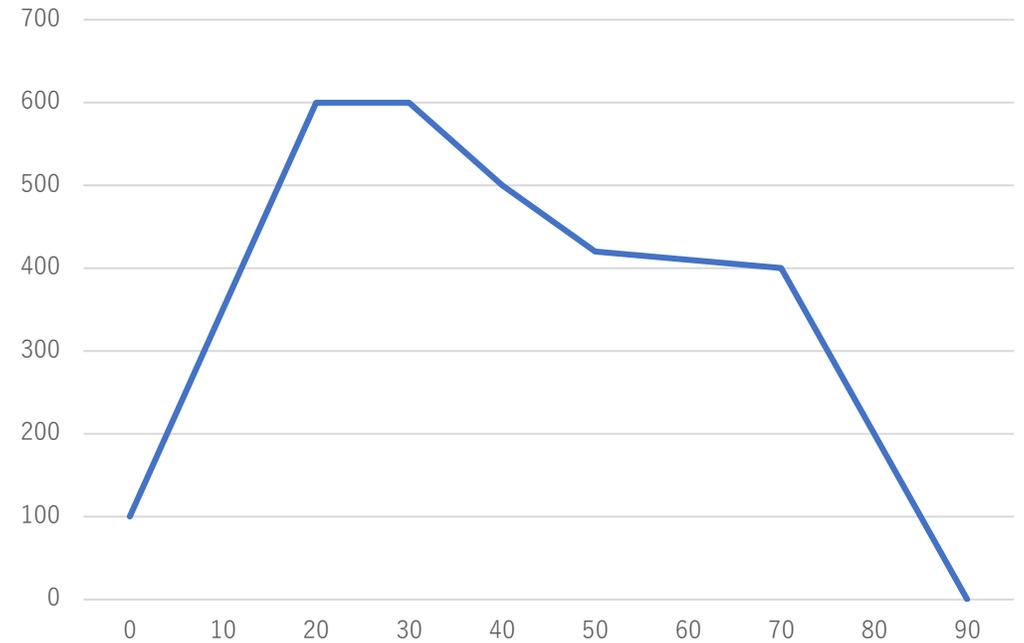
WC に比して SiC は温度場が少なくなり有利だが、同一条件では高い仮想温度のガラスができる

## 従来の冷却設定と問題点

従来の温度チャート



SiCに最適な温度チャート



SiCの場合、ガラス転移点近傍で想定より急冷になる。（鈍なWCの場合は問題にならなかった）

温度時刻歴を分析すると、超硬とSiCで大きな差が生じていることが分かった→形状を合わせこむだけでなく、光学特性を適正化するためにSiC条件の最適化があることが判明。⇒以下の検討と追加実験を敢行

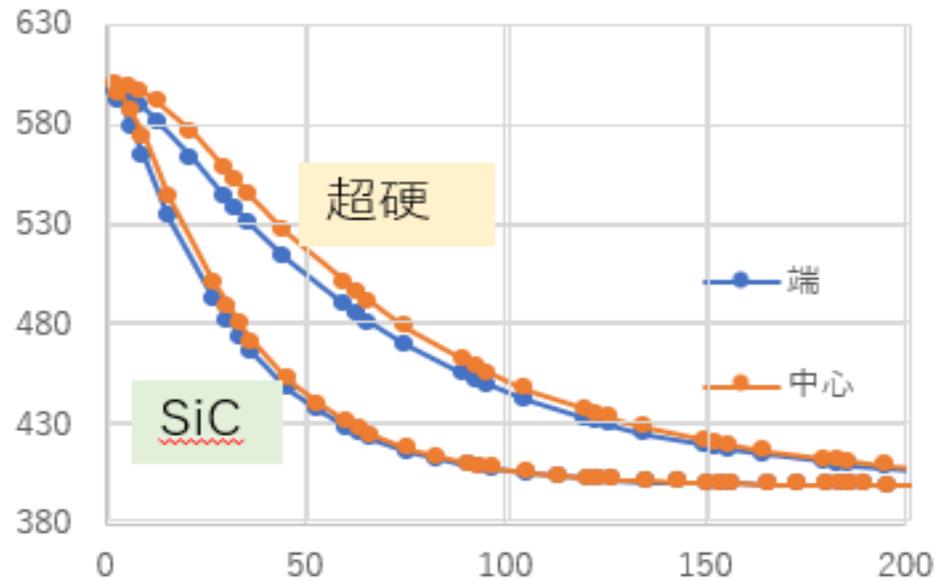


図4-1 冷却時の温度時刻歴

冷却時、ガラスと接触する部分の金型表面温度時刻歴



一般にガラス転移点近傍での冷却速度と仮想温度（屈折率を決定する指標）の関係は以下

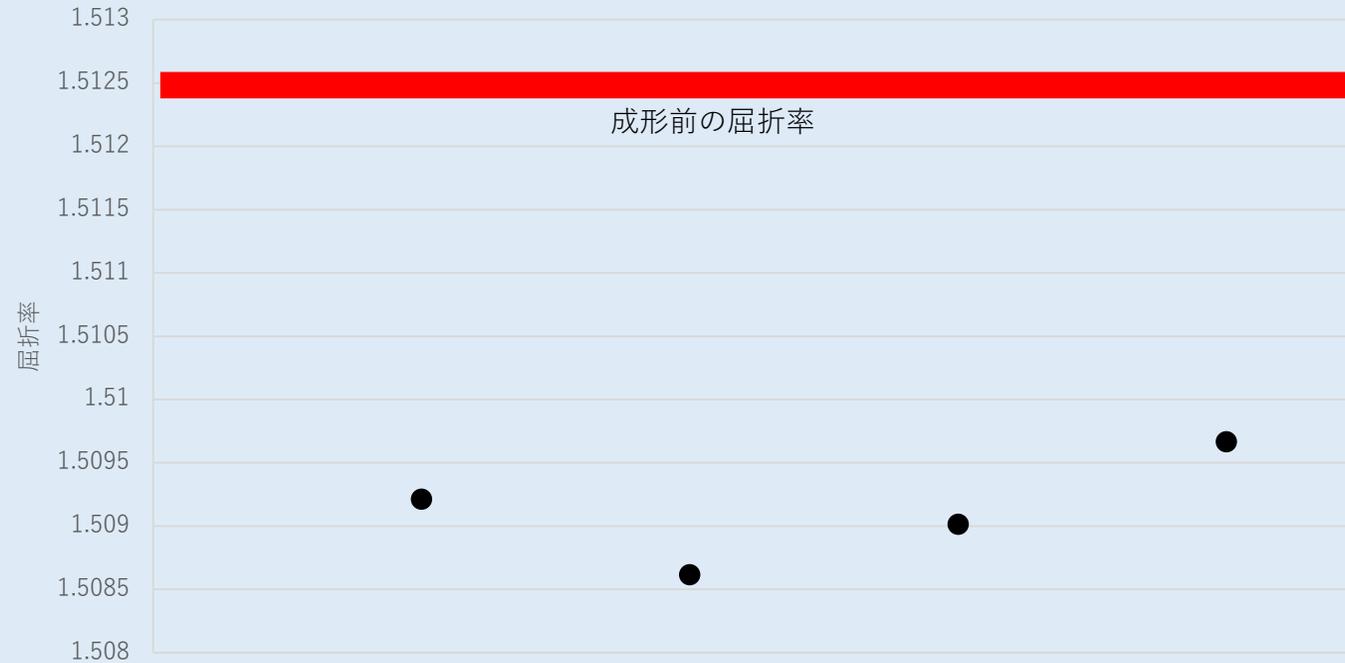
$$d \ln |q| / d(1/T') = -\Delta h^{\star} / R$$

$\Delta h^{\star}$ は、activation enthalpy

SiCを超硬と同じ冷却条件で用いると、冷却速度が二倍以上大きいので、高い仮想温度（小さい屈折率）のガラスができる。

SiC、WCで平面金型を準備  
 ⇒ \* 事前にANSYSで実施したTgでのガラス温度時刻歴の微分値をWCと等しくなるようSiCの冷却条件を設定。代表ポイントでの屈折率が、計算どりかを調べる。

## 平板成形後のD線屈折率



	冷却 1	冷却 2	冷却 3	冷却 4
超硬標準条件	T2	T3	T4	T5
SiC条件 2	Tg+40	Tg+20	Tg-10	T5
SiC条件 3	Tg+30	Tg+10	Tg-10	T5

SLSガラス（軟化点728°C 転移点541°C）を平行平板で成形  
超硬での成形と同じ光学特性を出すため、冷却条件2が適切  
冷却温度設定幅を10°C。タクトタイム15%短縮

**V-Glace** V-Glace calculates the fictive temperature of each nodes, following Tool (1946).

**Structural Relaxation Model** is based on Schere (1986).

The structural relaxation time,  $\tau_v$ , is from Adam-Gibbs equation.

$$\tau_v = \tau_0 \exp\left(\frac{Q}{T(1 - T_2/T_f)}\right)$$

The structural relaxation function,  $M(\xi)$ , is from a set of discrete relaxation times,  $\tau_{vi}$ , and the fictive temperature,  $T_f$ , is from a set of partial fictive temperatures,  $T_{fi}$ .

$$M(\xi) = \sum w_i \exp(-\xi/\tau_{vi})$$

$$T_f = \sum w_i T_{fi}$$

The time development equation.

$$T_{fi}^{[n+1]} = T^{[n+1]} - (T^{[n+1]} - T_{fi}^{[n]}) \exp\left(\frac{-\lambda_i \Delta t^{[n]}}{\tau^{[n]}}\right)$$

ガラス構造緩和による仮想温度変化を出力できるV-Glaceは、  
冷却条件最適化（アニール条件最適化）などを計算上でできる可能性あり！



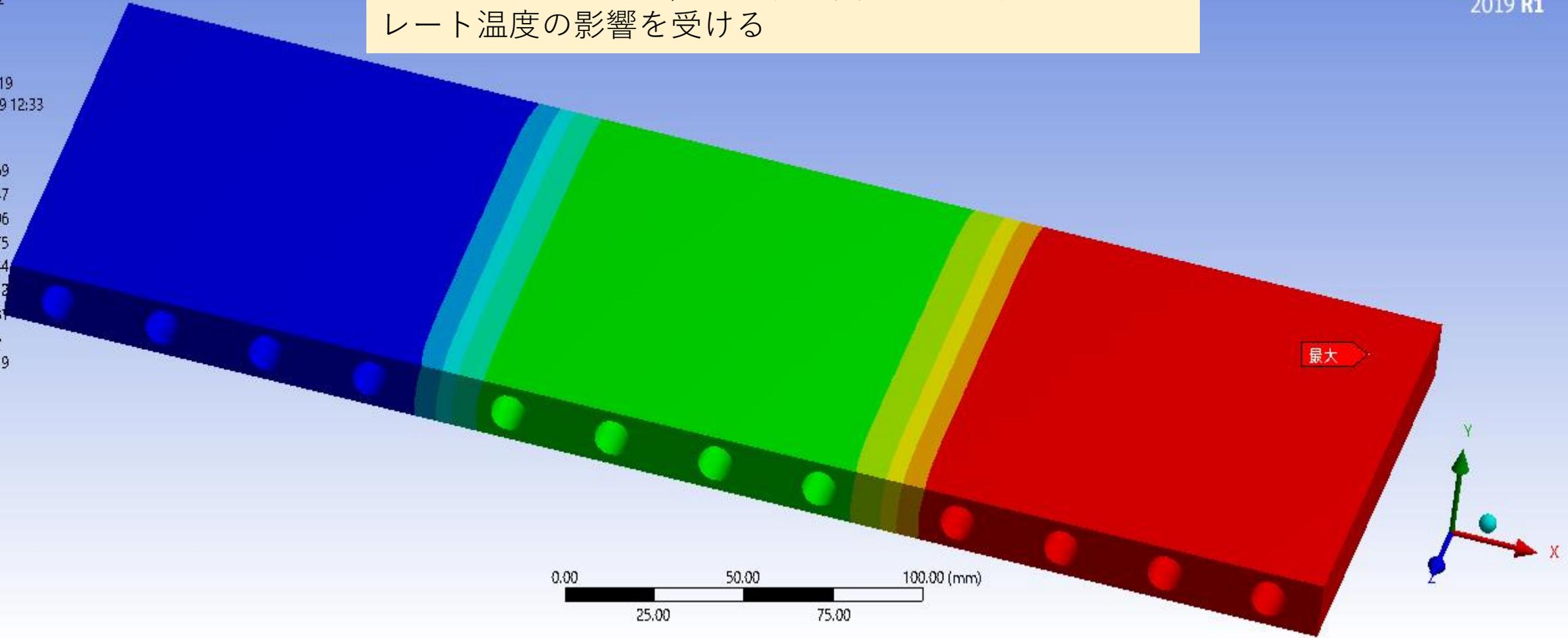
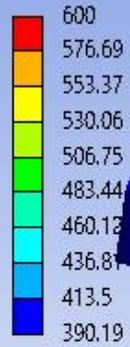
金型材料に適した、そのパフォーマンスを存分に引き出す成形条件の選択が可能に！！

# 報告内容

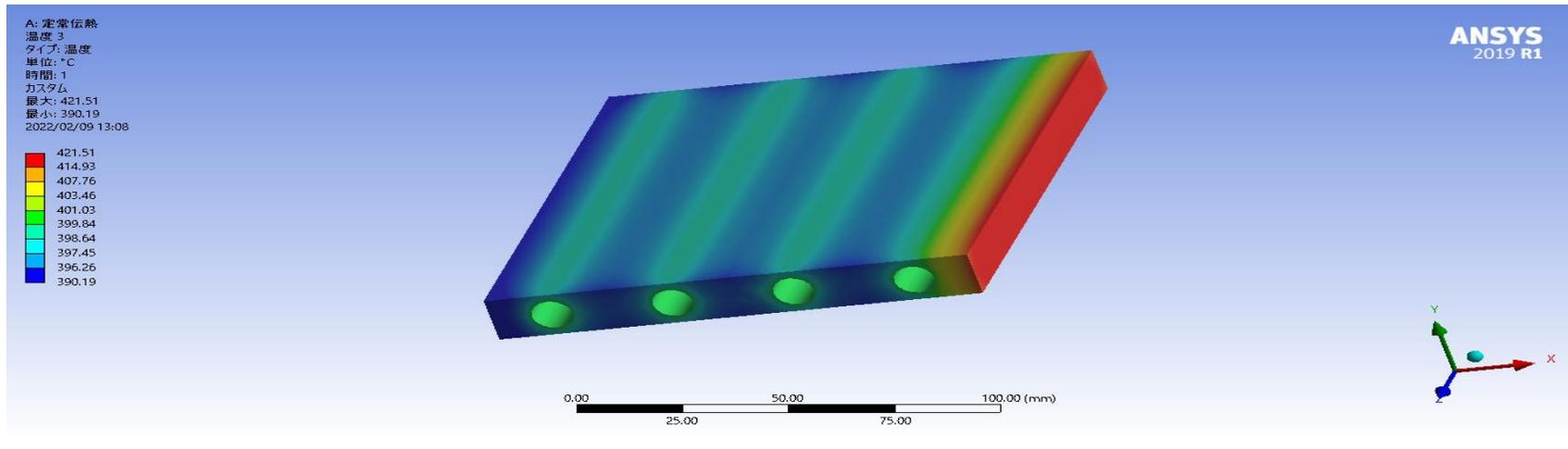
- 1, 簡単な会社紹介 (シミュレーションへのモチベーション)
- 2, V-Glaceへの期待
  - 2-1 一般論…シミュレーションに期待するシーン
  - 2-2 金型材料が変わったときの成形条件抽出
  - 2-3 プレート内温度場の成形への影響**
- 3, まとめ

右から600°C、500°C、400°Cに設定したプレート（外部窒素フローも考慮）では、下図のように、隣のプレート温度の影響を受ける

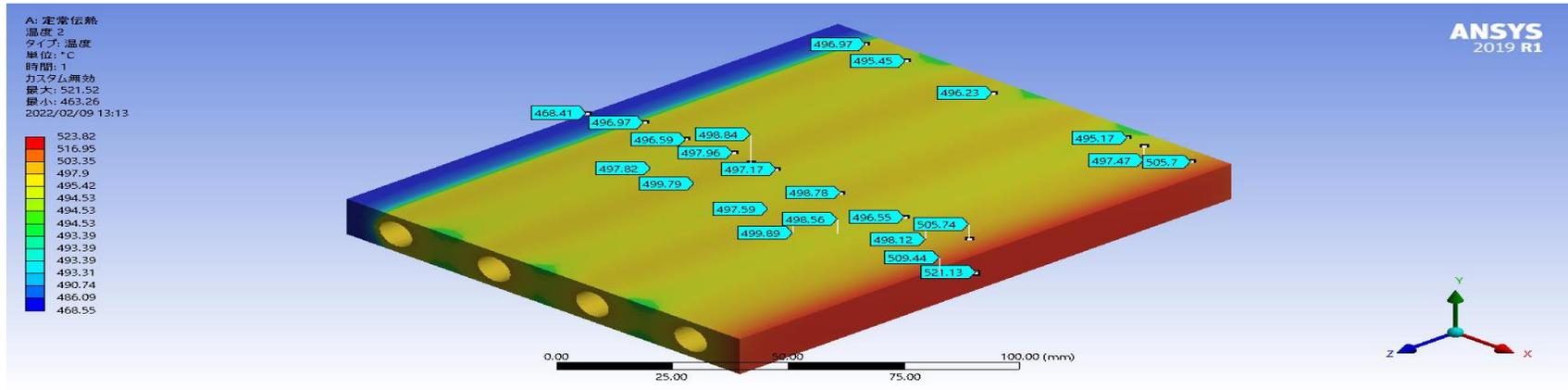
A: 定常伝熱  
温度  
タイプ: 温度  
単位: °C  
時間: 1  
最大: 600  
最小: 390.19  
2022/02/09 12:33



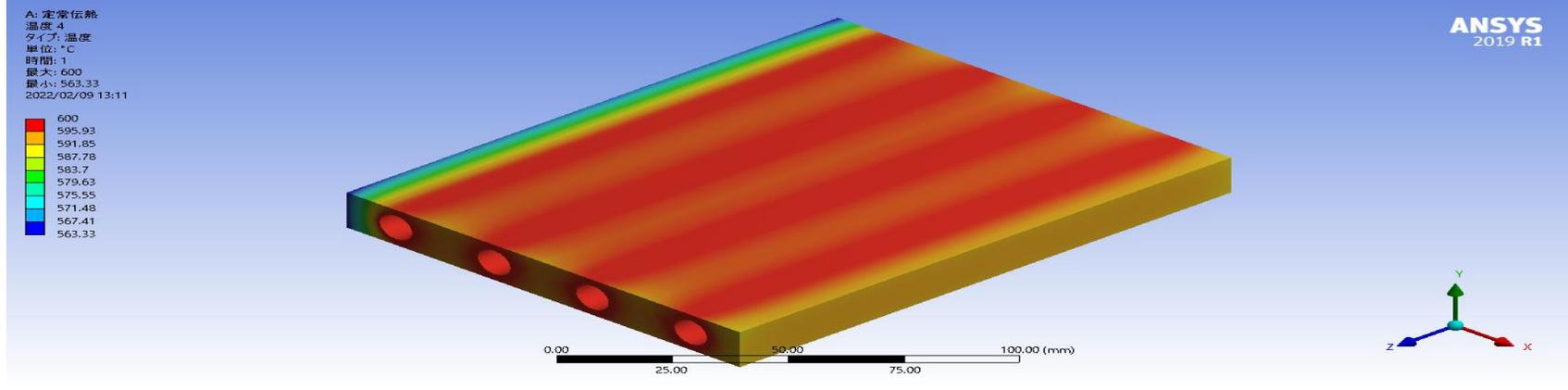
400,500,600プレート（間にアルミナ）



400°C設定のプレート

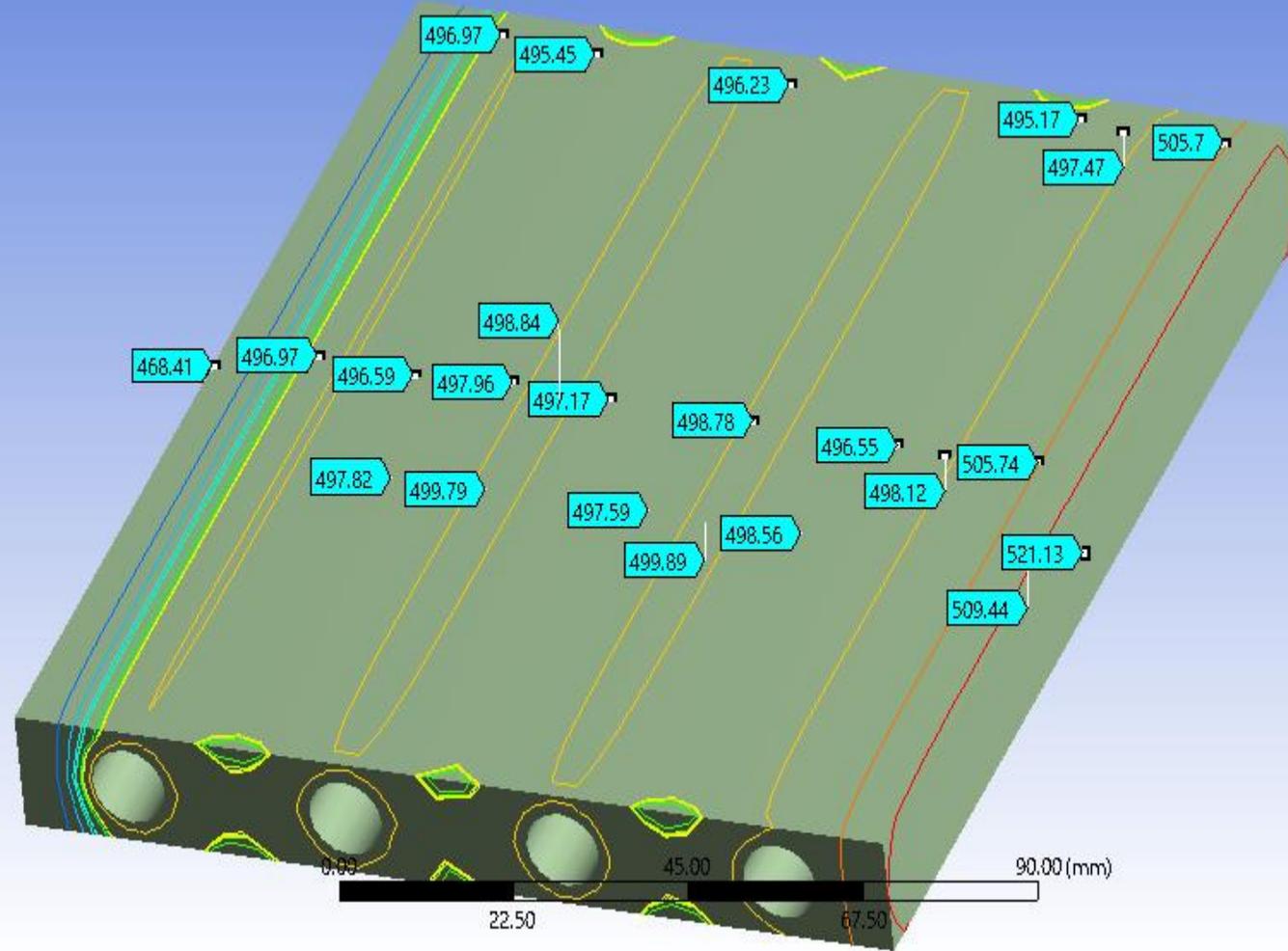
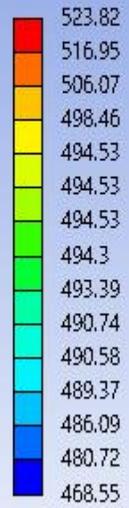


500°C設定のプレート

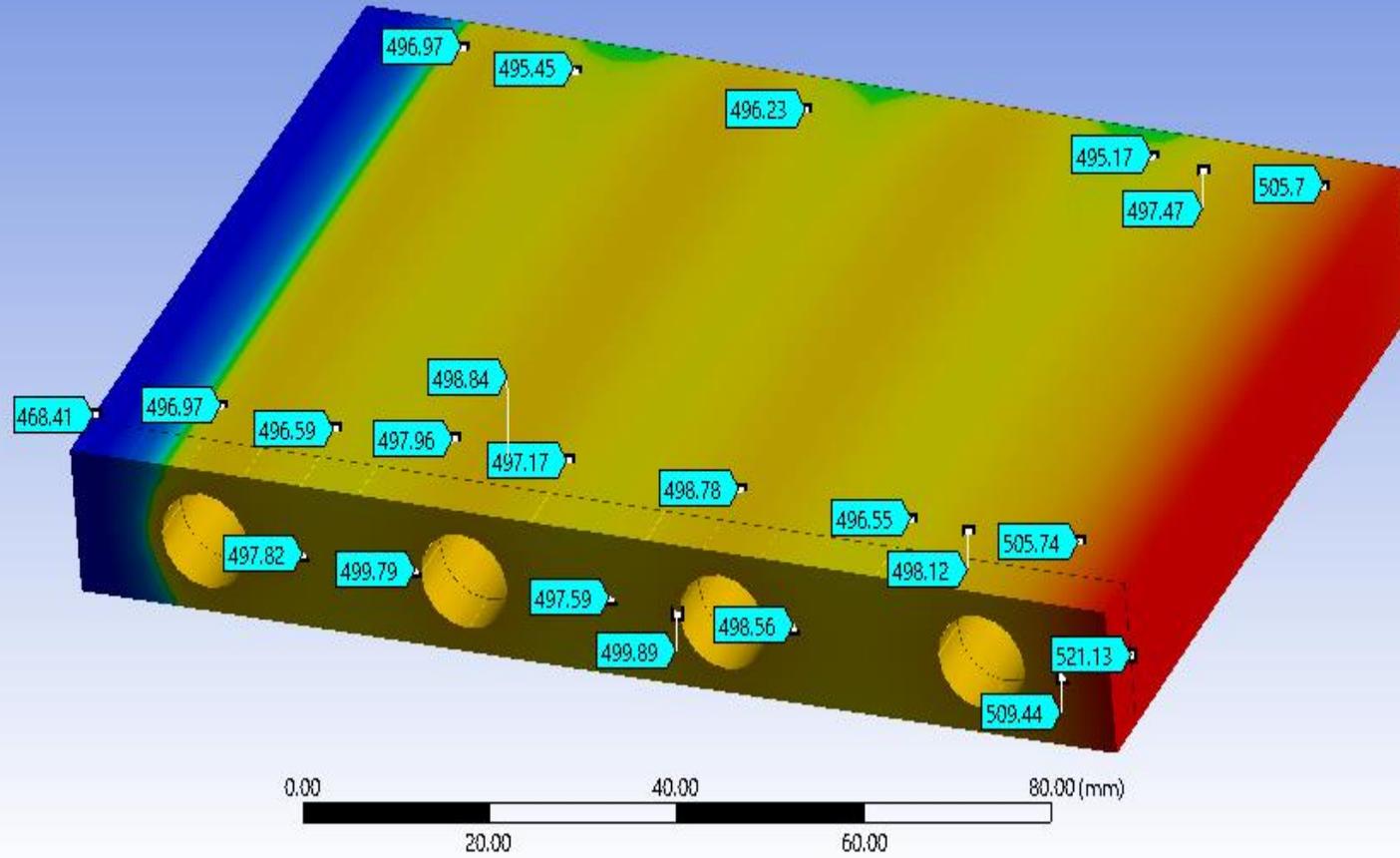
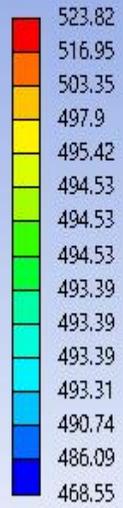


600°C設定のプレート

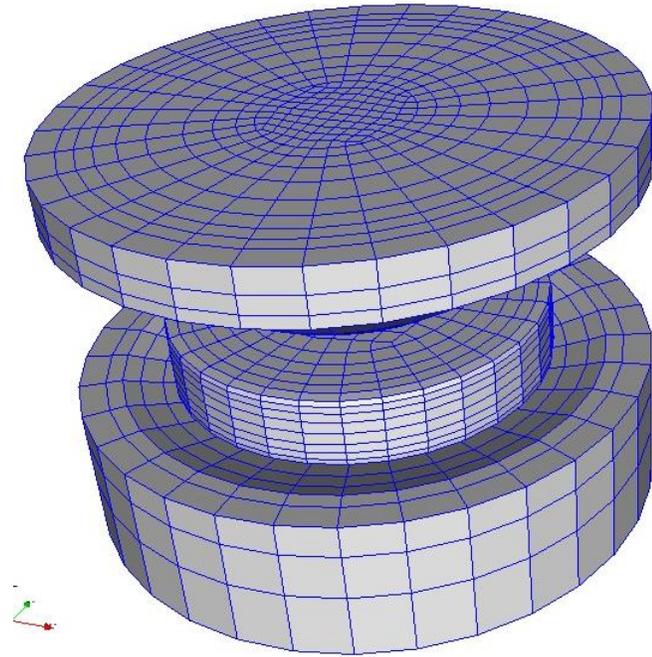
A: 定常伝熱  
温度 2  
タイプ: 温度  
単位: °C  
時間: 1  
カスタム無効  
最大: 521.52  
最小: 463.26  
2022/02/09 12:59



A: 定常伝熱  
温度 2  
タイプ: 温度  
単位: °C  
時間: 1  
カスタム無効  
最大: 521.52  
最小: 463.26  
2022/02/09 13:02

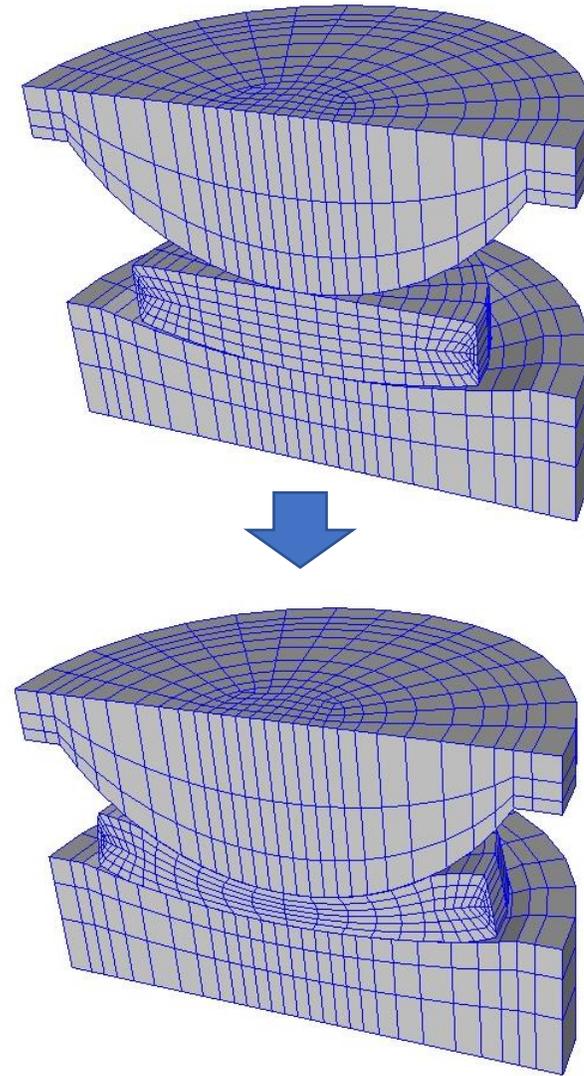


# モデリング

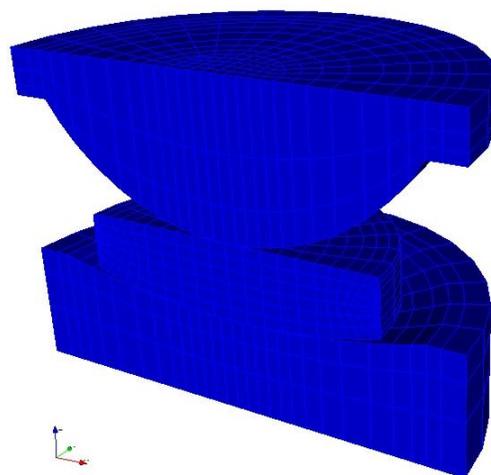


360度モデリング  
5867節点、4545要素

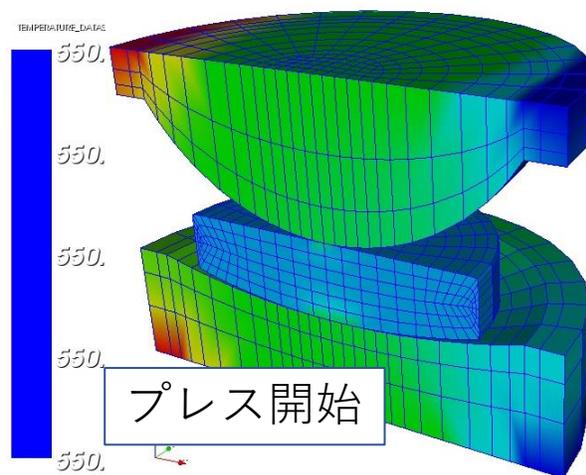
計算時間: 7.3時間 (CPU確認/ITCのDELL)



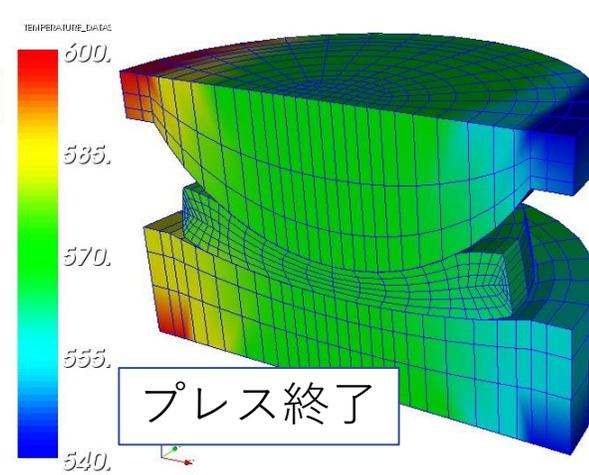
# 制御条件



初期：550°C (一様温度)

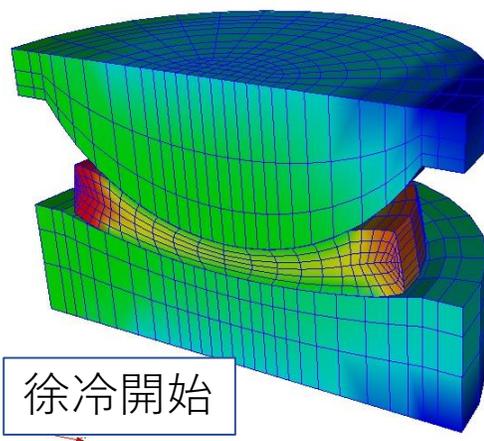


プレス開始

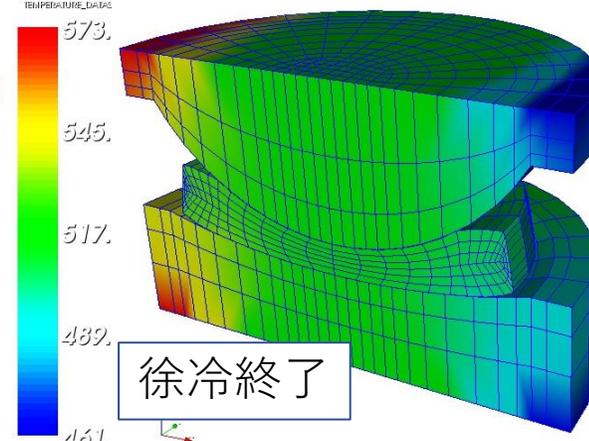


プレス終了

プレス：570 ± 30°C (両端各20%の領域)



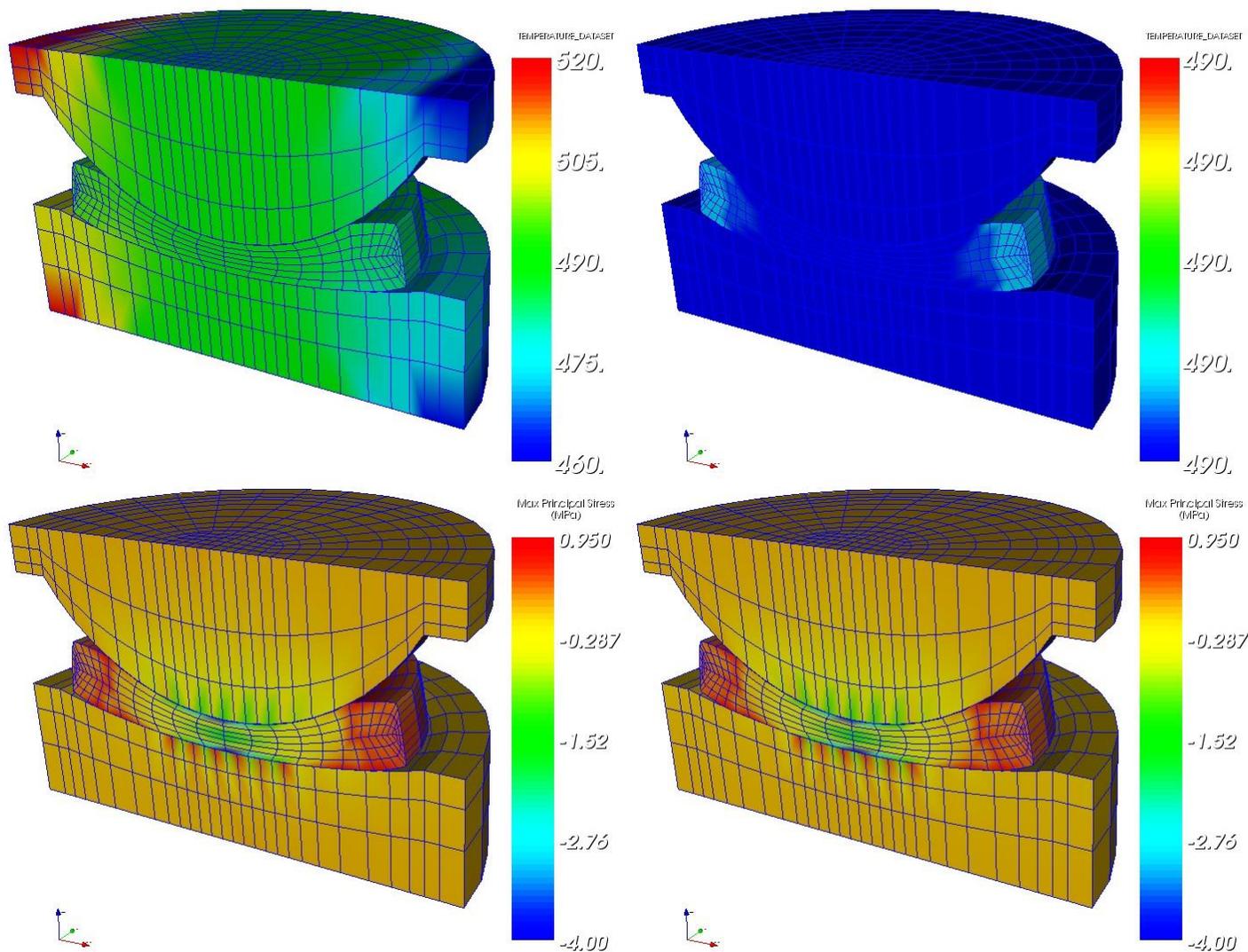
徐冷開始



徐冷終了

徐冷：490 ± 30°C (両端各20%の領域)

# 計算結果

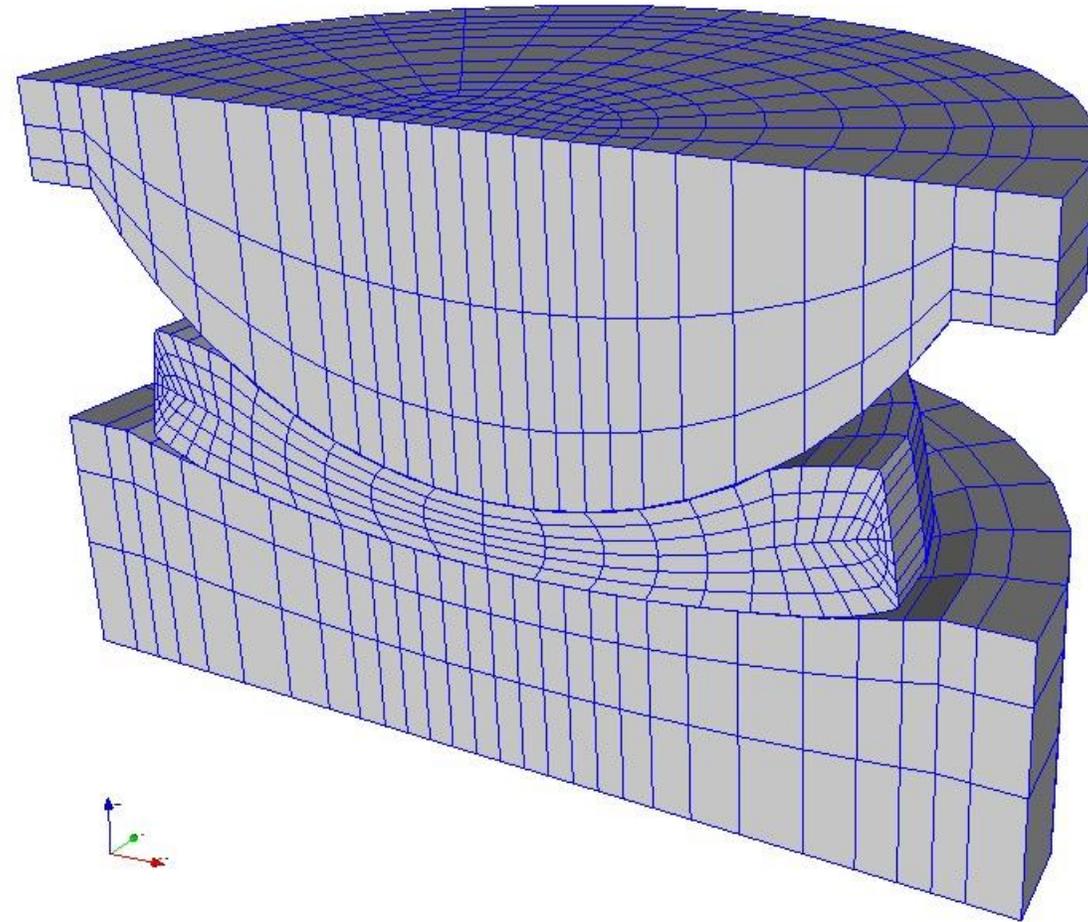


徐冷後

(上)温度  
(下)最大主应力

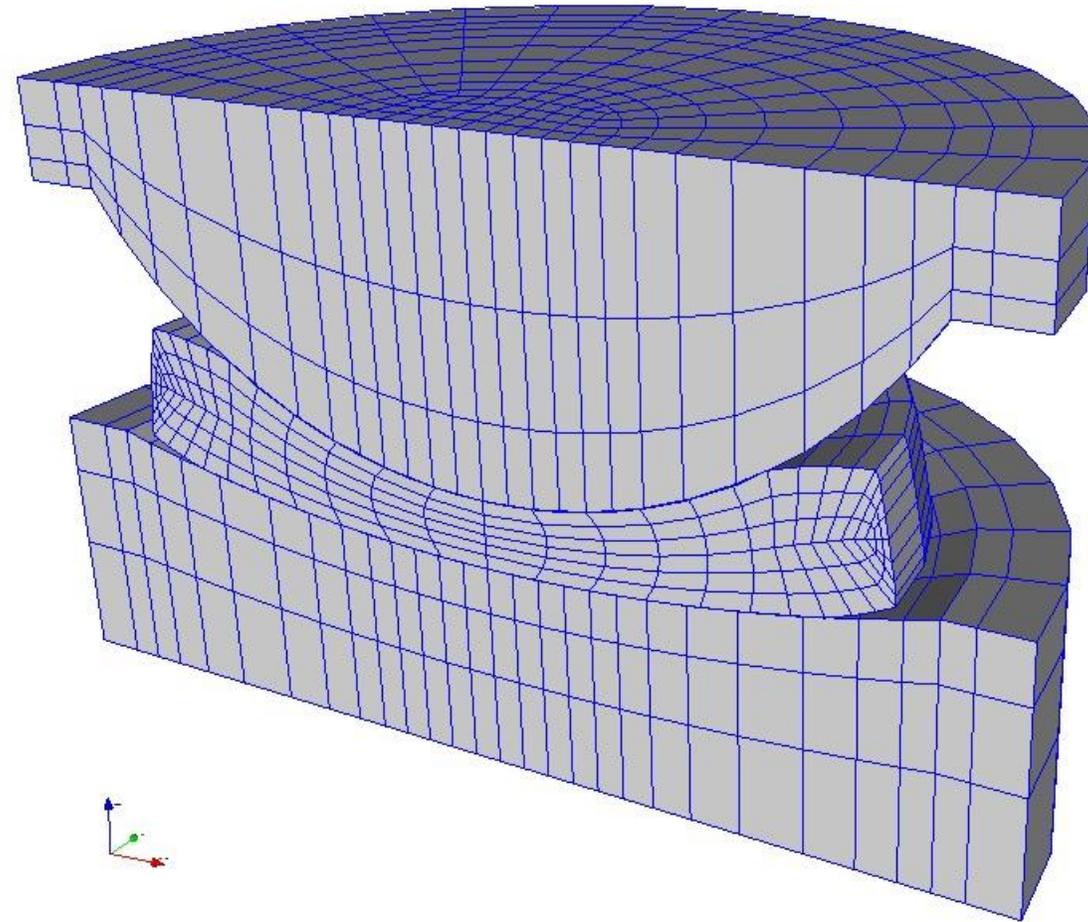
(左)温度分布有  
(右)温度分布無

# 形状の違い



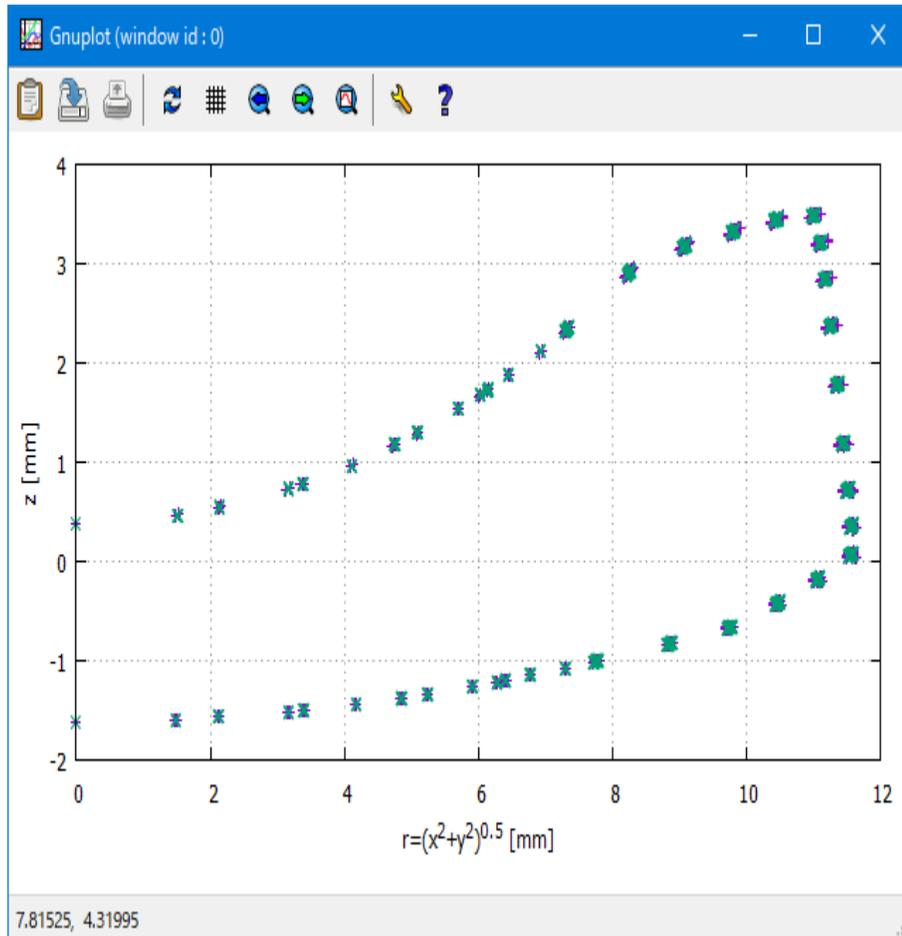
温度分布有

# 形状の違い

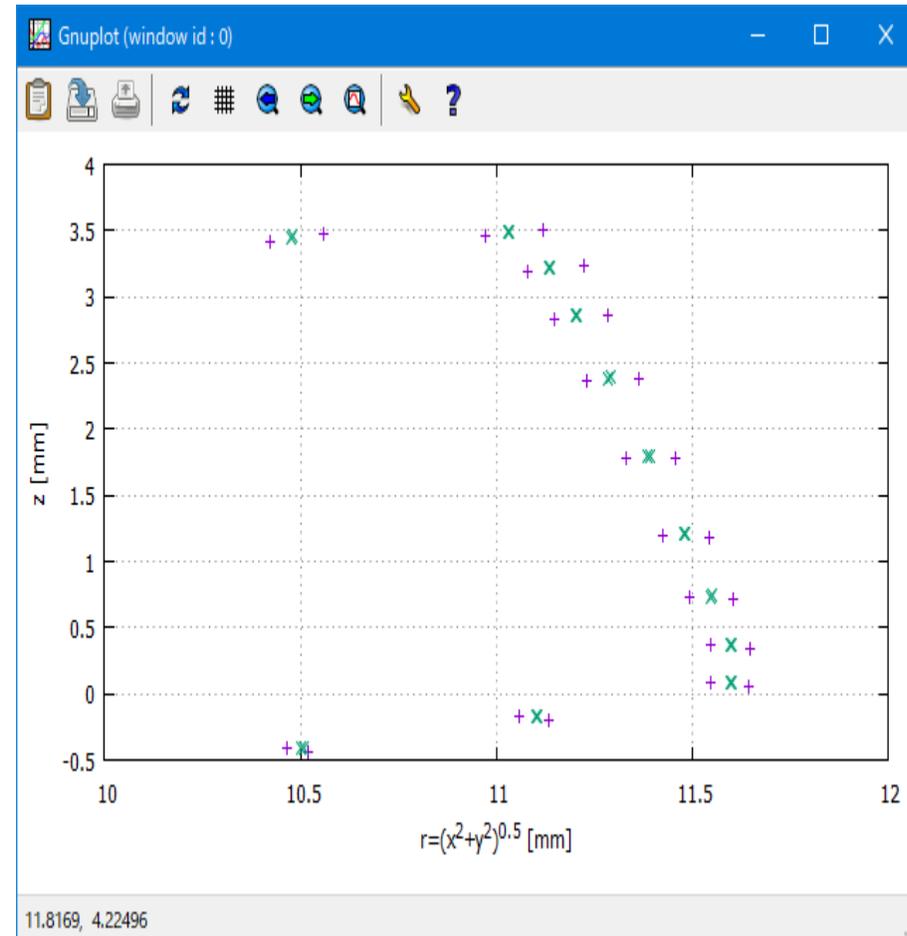


温度分布無

# 形状の違い (断面のr-z面投影)



紫：温度分布有、緑：無



※  $\theta = 0$ 度と  $\theta = 180$ 度の節点を抽出

# 報告内容

- 1, 簡単な会社紹介 (シミュレーションへのモチベーション)
- 2, V-Glaceへの期待
  - 2-1 一般論…シミュレーションに期待するシーン
  - 2-2 金型材料が変わったときの成形条件抽出
  - 2-3 プレート内温度場の成形への影響

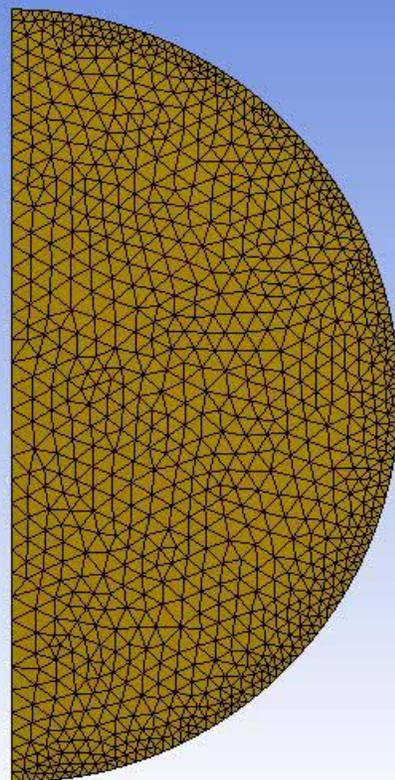
## 3, まとめ

三次元・構造緩和との連成というV-Glanceの個性が故の、冷却条件最適化や温度場の影響によるアス発生の有無解析・・・に加え、6面体メッシュの精度の良さも大いに期待

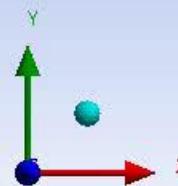
B: 静的構造荷重制御  
最大主応力  
タイプ: 最大主応力  
単位: MPa  
時間: 0.51  
カスタム  
最大: 1.9091  
最小: -0.15976  
2021/08/18 12:30

通常の三次元解析を実施すると...

汎用コードでは、テトラメッシュとなり、応力値は全くあてにならない数値となる。(体積ロック回避などのテクもいる)



ANSYS  
2019 R1



## 今後のV-Glanceの進展への期待

- 1, 実成形に対応した「荷重制御」の早期実現
- 2, 詳細な伝熱解析とのリンク（先述のプレート温度変化への追従等）
- 3, （公開できる範囲で）活用事例集の発行
- 4, 勉強会・研究会の（何らかの形での）継続