

背景

原子力発電の位置付け

- ▶ 部品点数が1000万点にも及ぶ巨大システム
- ▶ 稼働後は放射線環境下に置かれる特殊性
- ▶ 万が一の損傷等の事故により, 周辺が放射能汚染下にさらされる危険性



製造過程の約半数が溶接工程であり, 溶接部の高い信頼性が要求される

溶接時に発生するひずみ
をガス加熱により除去

- ・部材に発生したひずみの軽減
- ・プレス等の方法と比較すると精度が良い

現状: 熟練技能職人の減少に伴い, 熟練技能者の作業の定量的把握が重要
課題点: 施工時の入熱分布を正確に把握するのが困難

本研究の目的

ガス加熱において, 実験により得られた温度履歴とFEM解析を用いて施工時の温度場・変形場・応力場のパラメータを推定

感度行列を用いた逆解析的推定手法

Input

計測値: 温度
推定初期値

初期値で解析を行い計測値との残差を得る

各推定対象に摂動を与え温度の変化を取得する

温度の変動量からパラメータの更新を行う

更新されたパラメータで計測値との残差を得る

残差が収束した?

Output

- ・入熱分布パラメータ
- ・常温降伏応力及び力学的融融温度

▲計測点の時系列データ FEM解析上のデータ

それぞれの推定対象に個別に摂動を与え温度の変化を所得する⇒感度行列の作成

1番目のパラメータ (熱効率)

2番目のパラメータ (入熱分布パラメータ)

$$M = \frac{1}{\alpha} \frac{\delta T(X^i)}{\delta X^i} = \frac{1}{\alpha} \begin{bmatrix} \delta T_1(X^i) & \delta T_1(X^i) \\ \delta T_n(X^i) & \delta T_n(X^i) \\ \delta \eta_1 & \delta \sigma_1 \\ \delta \eta_1 & \delta \sigma_1 \end{bmatrix}$$

パラメータの摂動とその時の温度の変化量の関係から感度行列を作成しパラメータを随時更新

$$X^{i+1} = X^i + [MW_X]^T MW_X^{-1} [MW_X]^T W_y R(X^i)$$

X^i : i 回目の試行における推定パラメータ
 $R(X^i)$: i 回目の試行における残差ベクトル
 W_X : 推定するパラメータについての重み行列
 W_y : 計測するパラメータについての重み行列
 α : 発散調整パラメータ

残差が十分に収束するまで更新を繰り返す

ガス加熱実験

ガス加熱実験条件

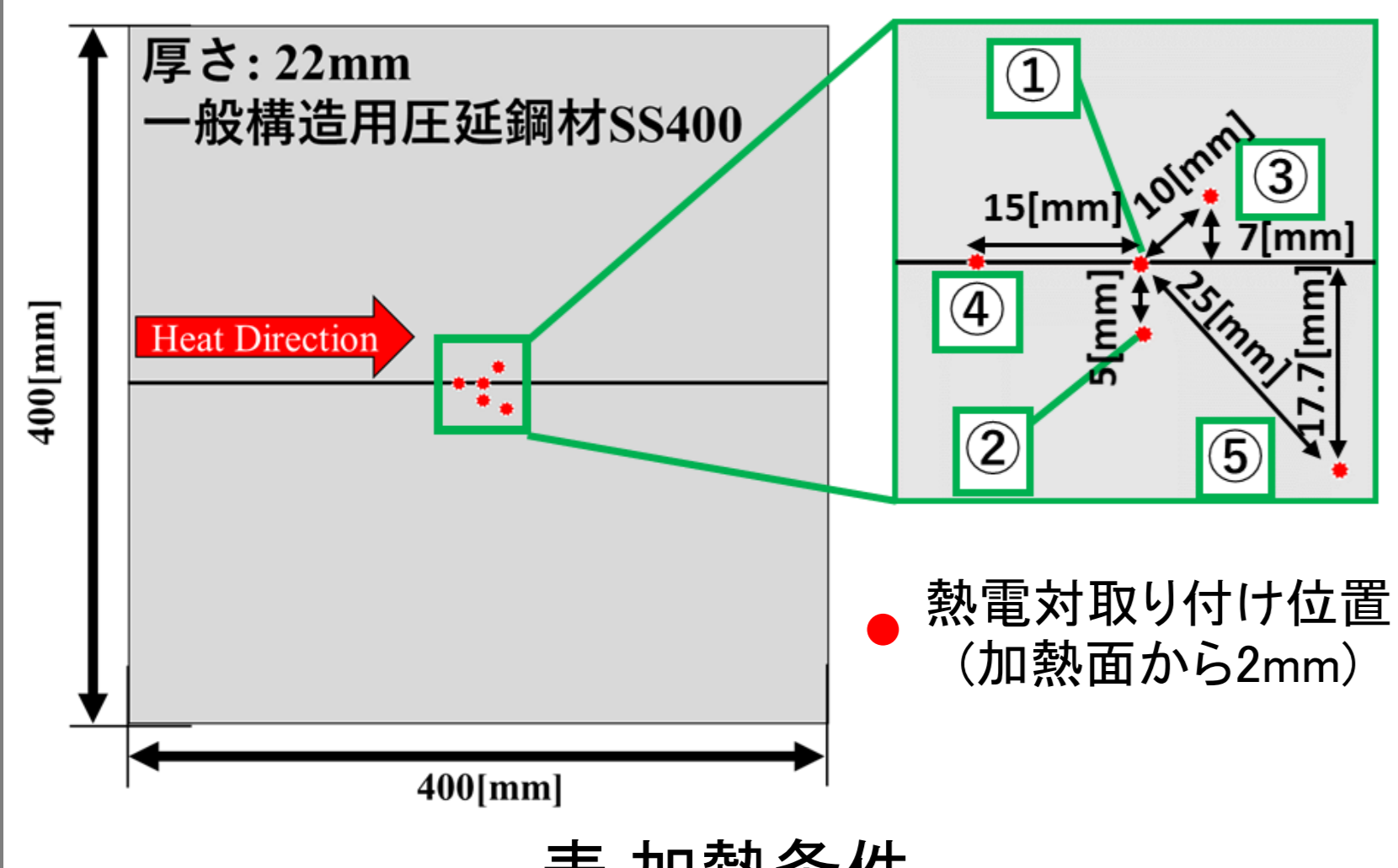
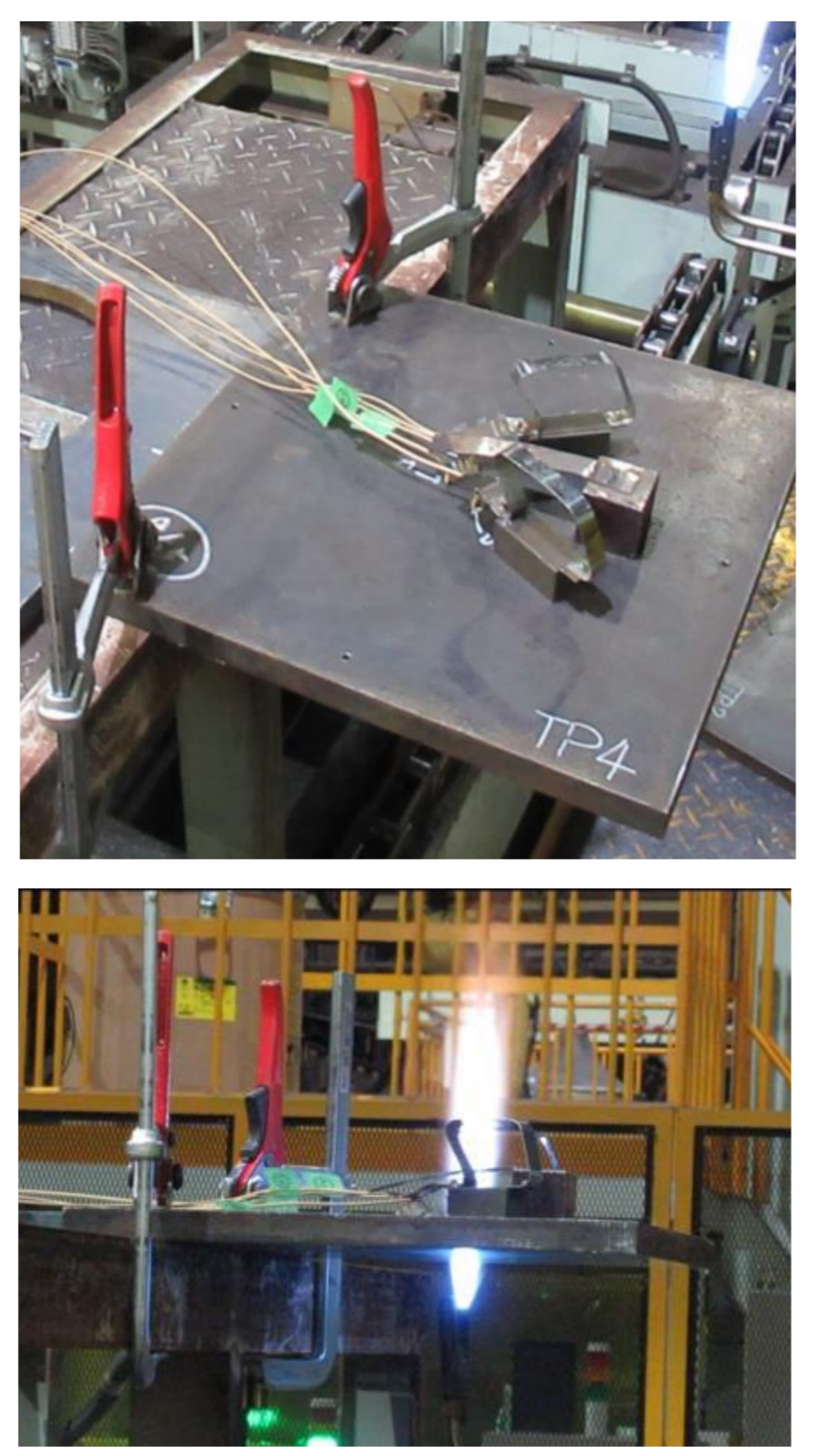


表 加熱条件

ガス流量(13A)	2.3 m ³ /h
酸素流量	4.0 m ³ /h
トーチ送り速度	160 mm/mim
トーチ距離	35mm
入熱量	28750W

実験状況および実験結果



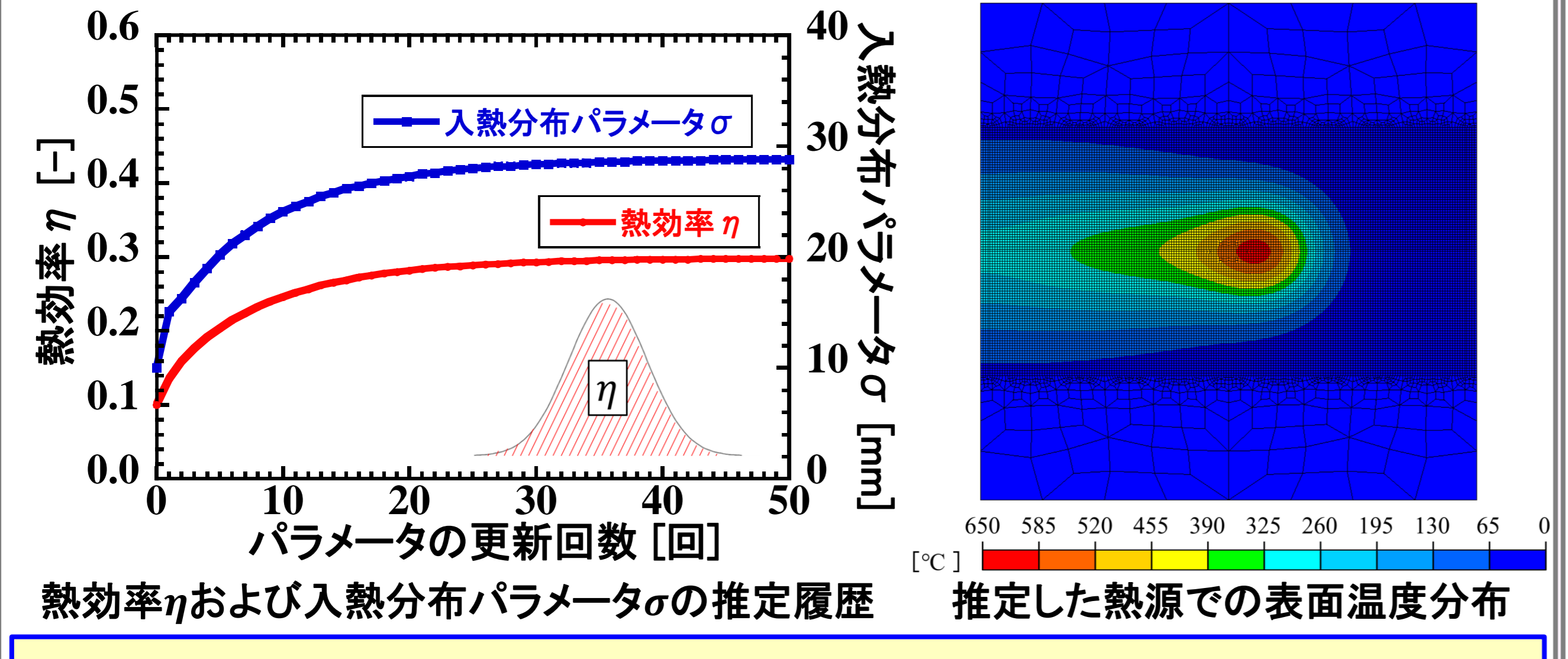
推定条件と推定対象

FEM熱伝導解析条件

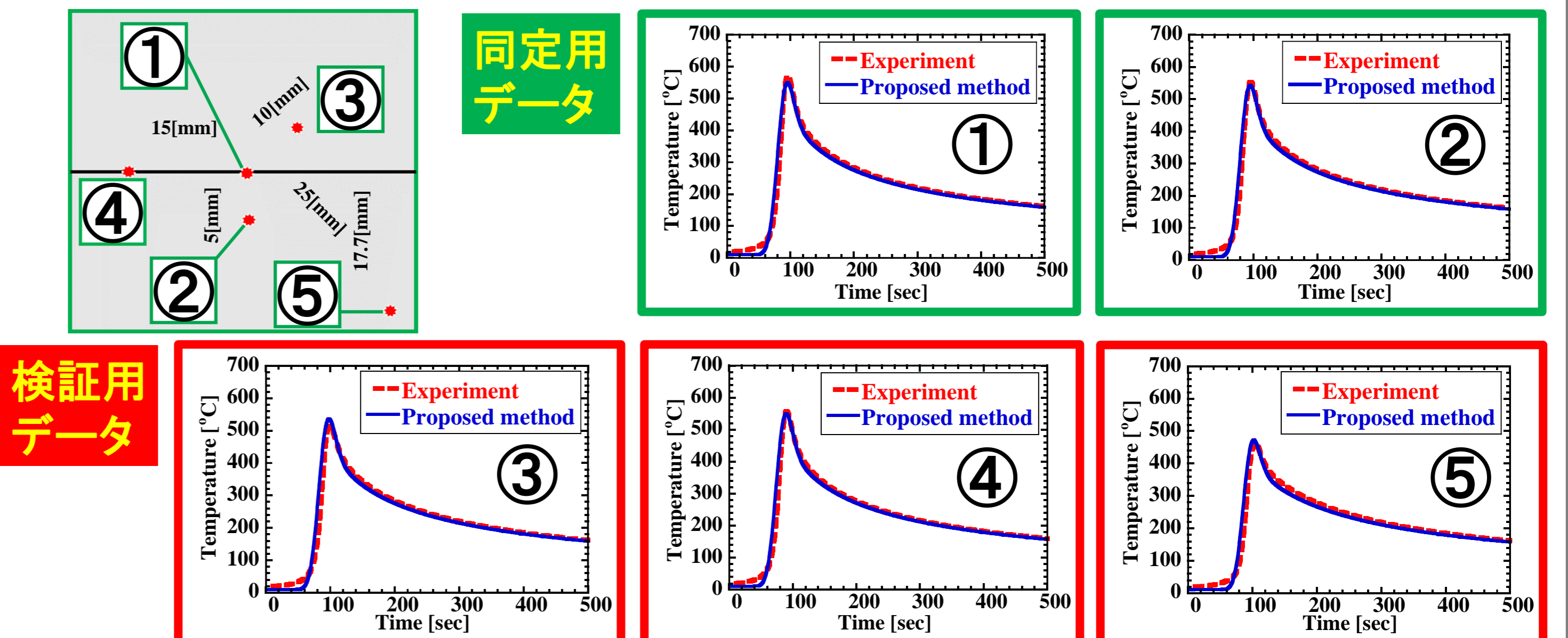
要素数: 106860 トーチ送り速度: 160 mm/mim
節点数: 128982 入熱量: 28750W

計測時間: 0.1~500secを0.1sec間隔の5000個
温度計測点: 実験の熱電対位置を模した5点
推定対象: 入熱分布パラメータ $X = [\sigma, \eta]$
材料定数パラメータ $X = [\sigma_{YS}, \theta_M]$

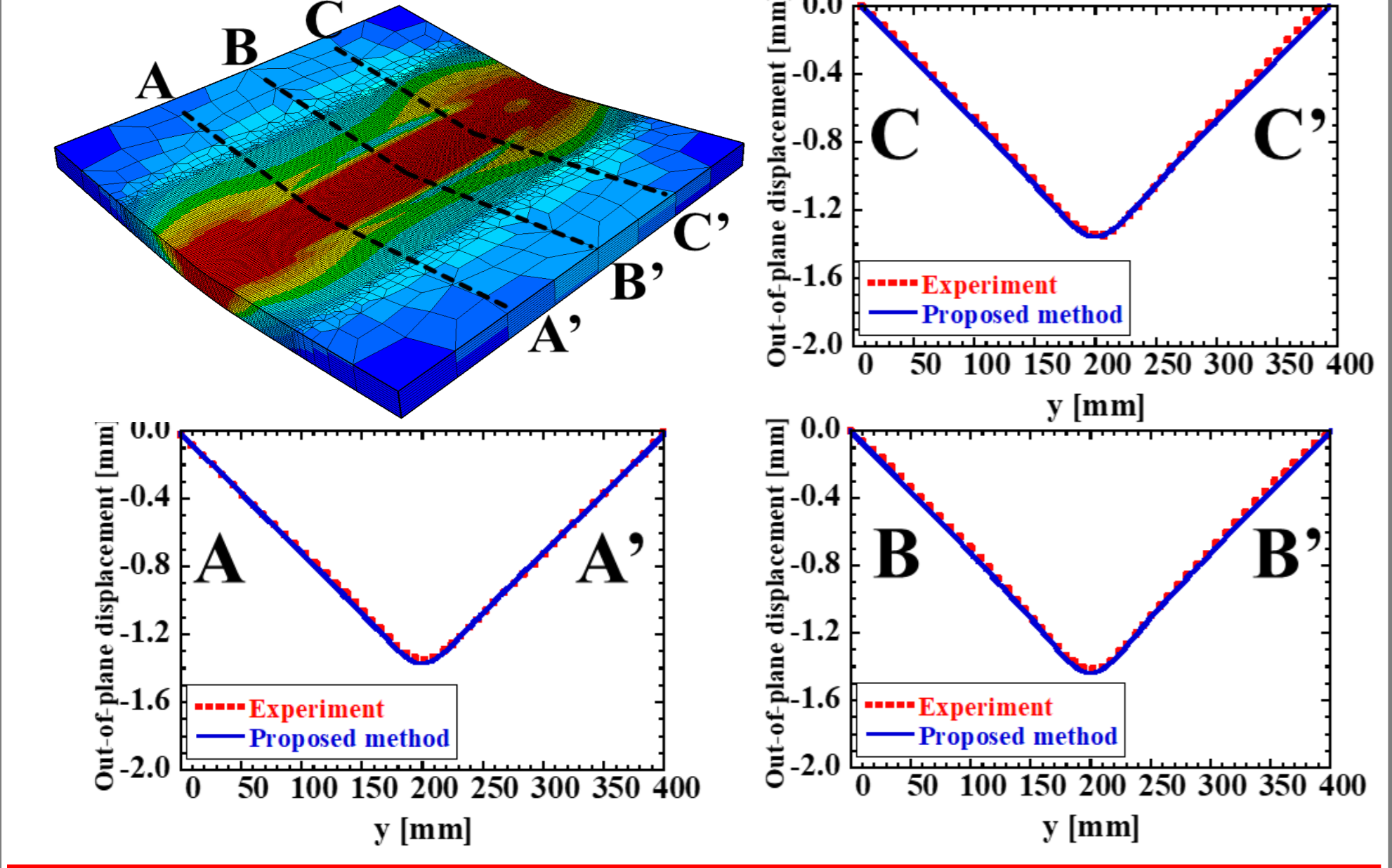
推定結果



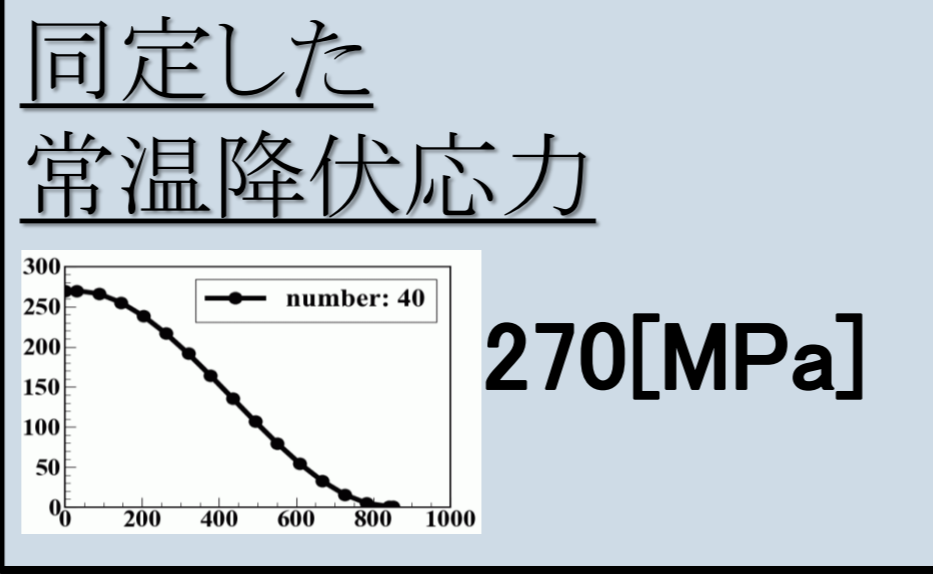
η = 0.298, σ = 28.8mm と推定



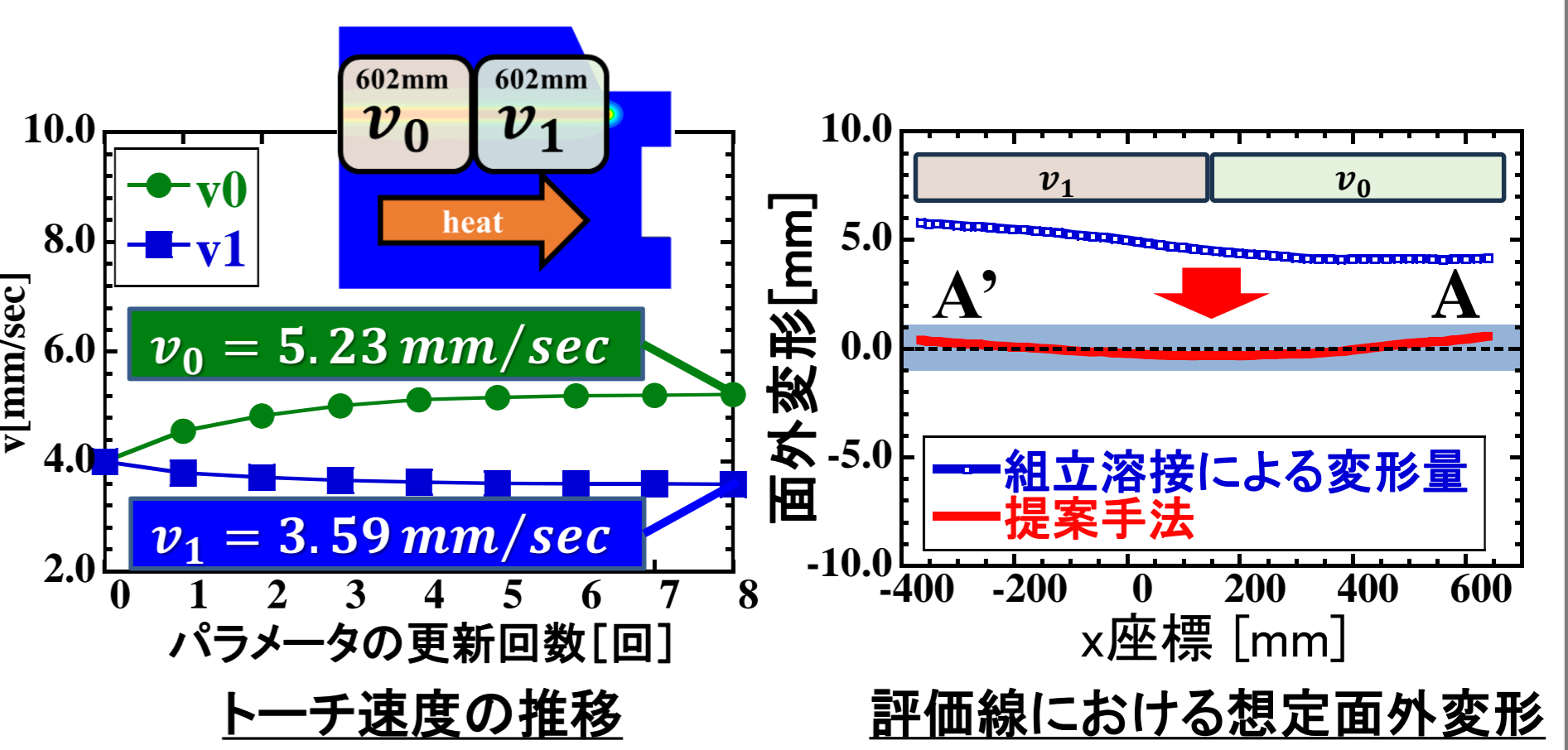
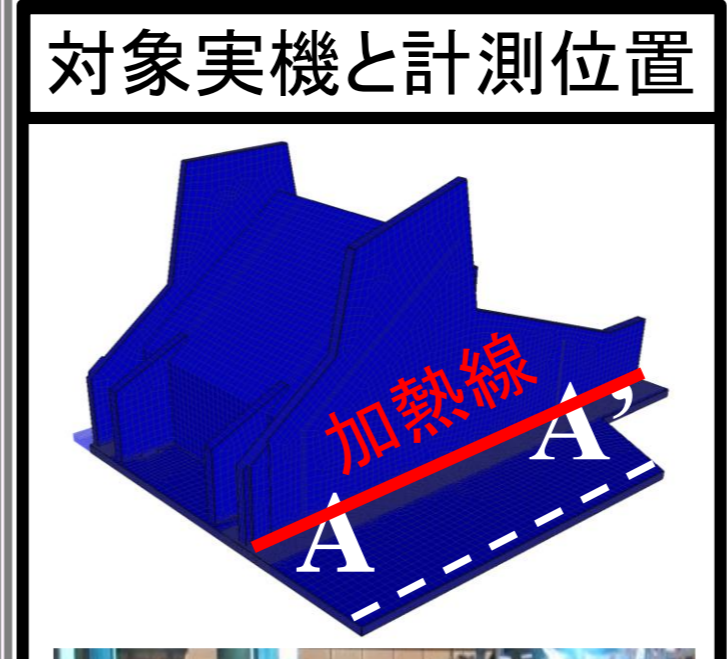
推定したパラメータによる温度履歴は実験結果と良好に一致



角変形は実験結果と良好に一致



降伏応力を同定



算出した速度の切り替えにより±1mm以下を実現
→熟練技能者によるひずみ取り工程が不要

提案手法により目標とする逆ひずみ工程を実現

結言

- 逆解析手法を用いて, ガス加熱時の入熱分布パラメータおよび降伏応力の温度依存性を同定し, 施工時の速度最適化を行った.
- 推定したパラメータから実験と解析の温度履歴と角変形が良好に一致し, 加熱矯正を不要とする速度切り替えによる逆ひずみ工程を実現した.