

修正熱収縮法による簡易残留応力予測法の開発

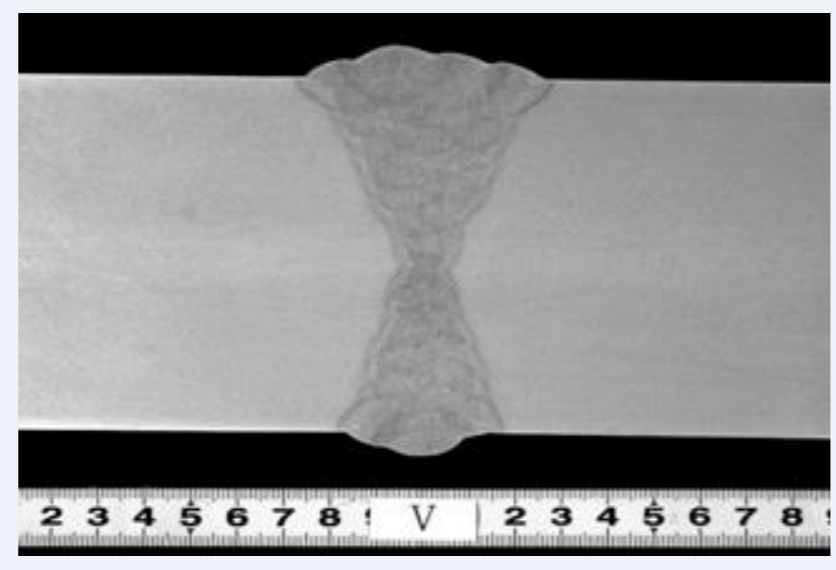
大阪府立大学
大阪公立大学

幅田 真史, 手銭 永遠
前田 新太郎, 生島 一樹, 柴原 正和

研究背景

大型構造物・原子力プラント

厚板 → 多層溶接
複雑構造物 → 多パス溶接



「JFEテクノロジー」
<https://www.jfe-tec.co.jp/tech-consul/yosetsu-01h.html>

溶接変形・残留応力

- 製品の变形精度の悪化
- 応力腐食割れの発生, 疲労亀裂
- これらが発生する危険を回避するため, 变形と応力が得られるFEM解析による事前評価が重要

従来手法の問題点

一般的に大規模構造物の多層溶接解析は計算時間, メモリ消費量等の面で検討が困難(数十~百パスの溶接)

变形量や残留応力分布が得られる
高速かつ高精度な解析手法の確立が求められる

熱収縮法について

溶接変形の発生要因

加熱過程

溶融部 膨張
変形への影響 小

冷却過程

溶融部 収縮
変形への影響 大

冷却過程の収縮ひずみが溶接変形の支配因子である

熱収縮法

解析手法の中では比較的新しい(2018年~)

特徴

冷却過程における熱収縮をモデル化することで, 熱弾塑性解析と比較して短時間で横収縮や角変形を予測

■ 円筒構造物のバタリング溶接に対する熱収縮法による溶接変形解析技術の適用(日立製作所:村上, 寺崎ら)

ビードオンプレート溶接を対象とした場合, 計算時間が熱弾塑性解析の1/389に
円筒試験体に対して手法を適用した結果, 径方向の変形が実験と良好に一致

入力条件

・ 収縮ひずみ

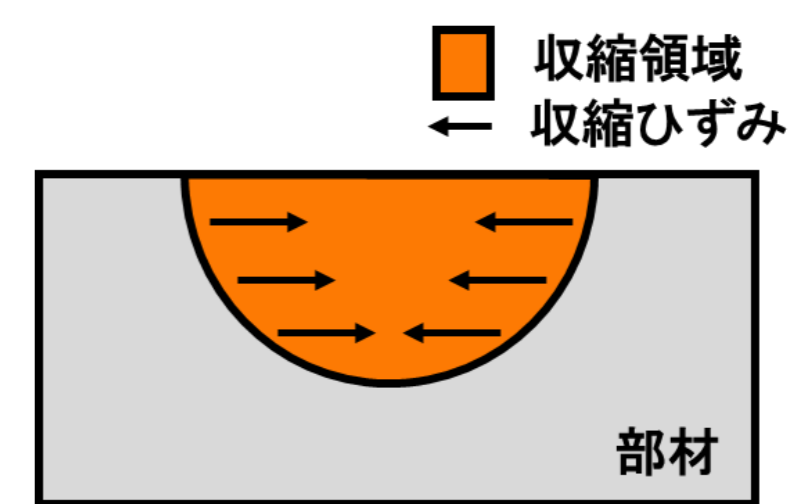
熱ひずみ

$\varepsilon = \alpha \Delta T$ α : 線膨張係数 ΔT : 温度変化

・ 収縮を与える領域(以下, 収縮領域)

冷却過程のみに弾塑性解析

- 温度依存物性データを用いない
- 熱過渡解析を用いない



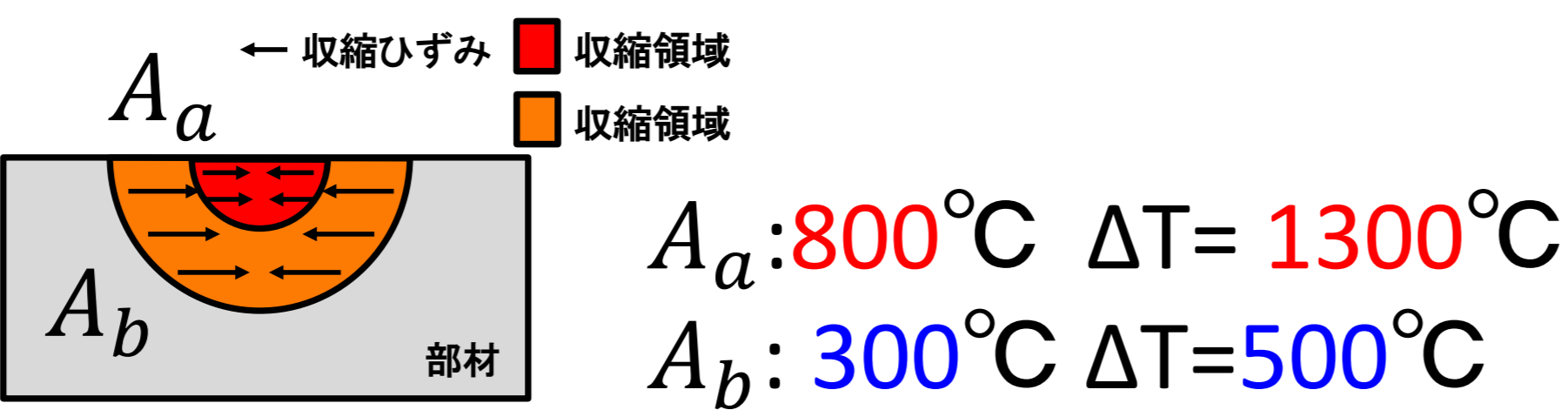
溶接熱弾塑性解析と比較して
大幅な計算時間の短縮が可能

修正熱収縮法について

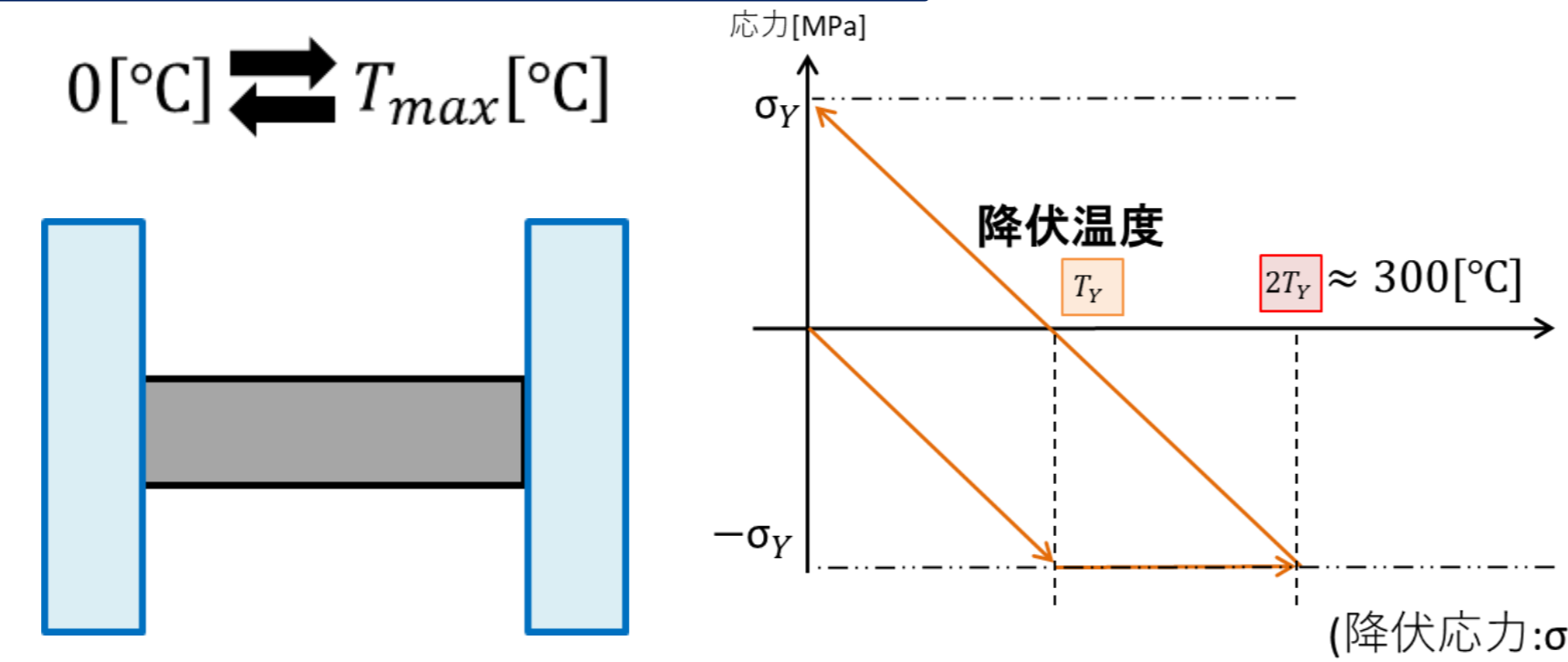
入力条件

- 収縮ひずみ $\varepsilon = \alpha \Delta T$
- 最高到達温度が複数の閾値 T_a, T_b で収縮領域 A_a, A_b を設け, 収縮ひずみを与える

修正熱収縮法のイメージ



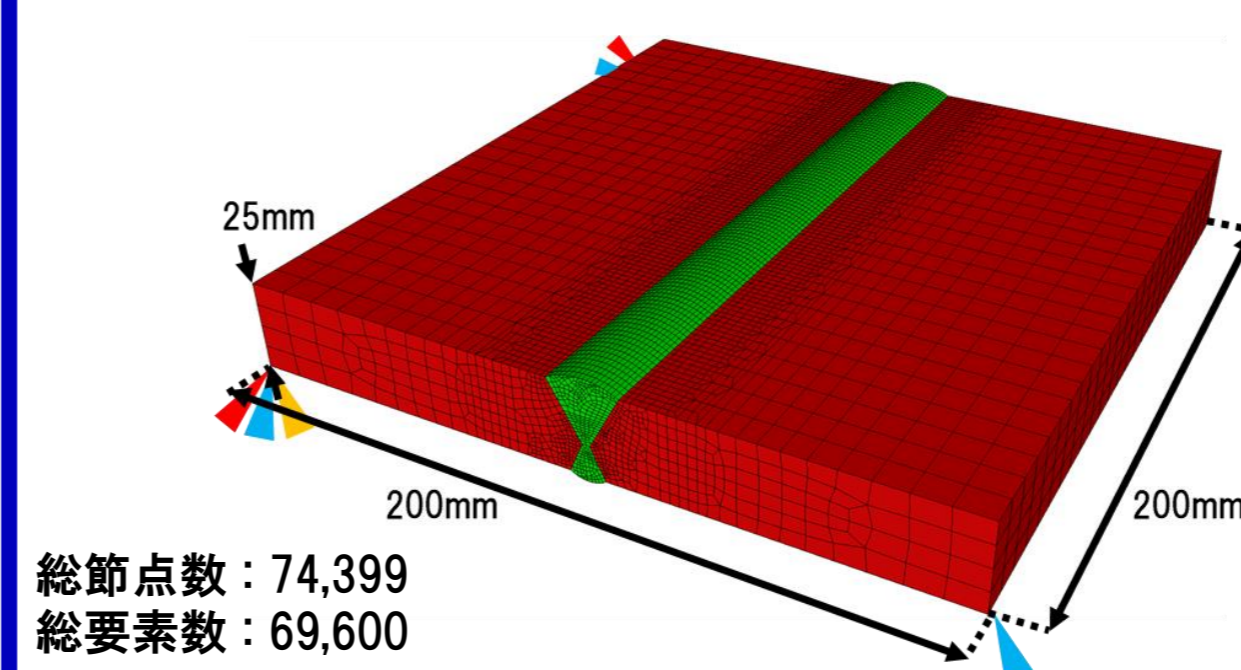
両端固定棒の加熱・冷却力学モデル



収縮領域 A_b を加えることにより残留応力を一致させる修正熱収縮法を提案

多層溶接条件

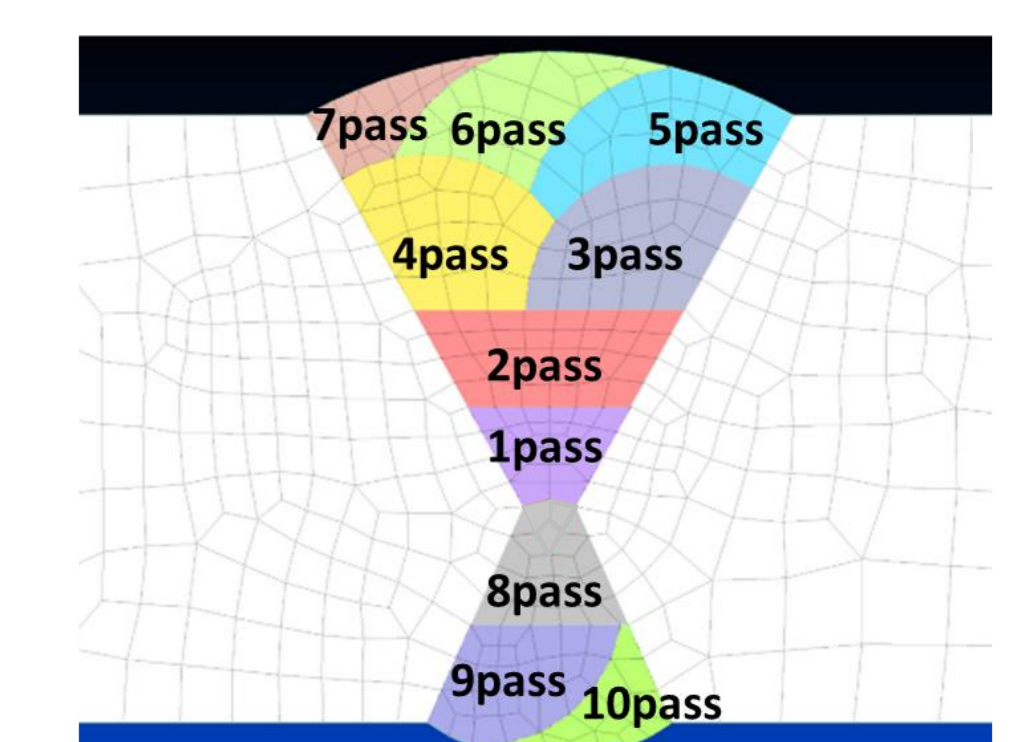
解析モデル



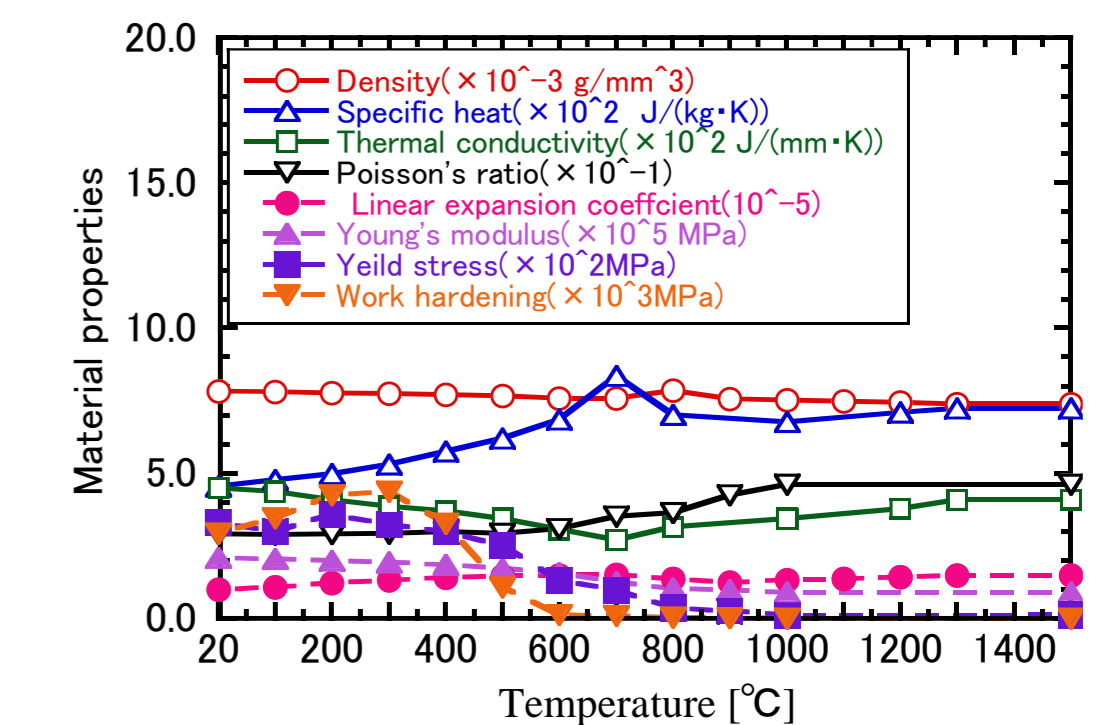
入熱条件

パスNo.	電流 [A]	電圧 [V]	溶接速度 [mm/sec]	効率
1	170	23	2.75	0.7
2~7	205	27	3.00	
8~9	190	27	2.00	
10	190	27	3.58	

溶接パス順序



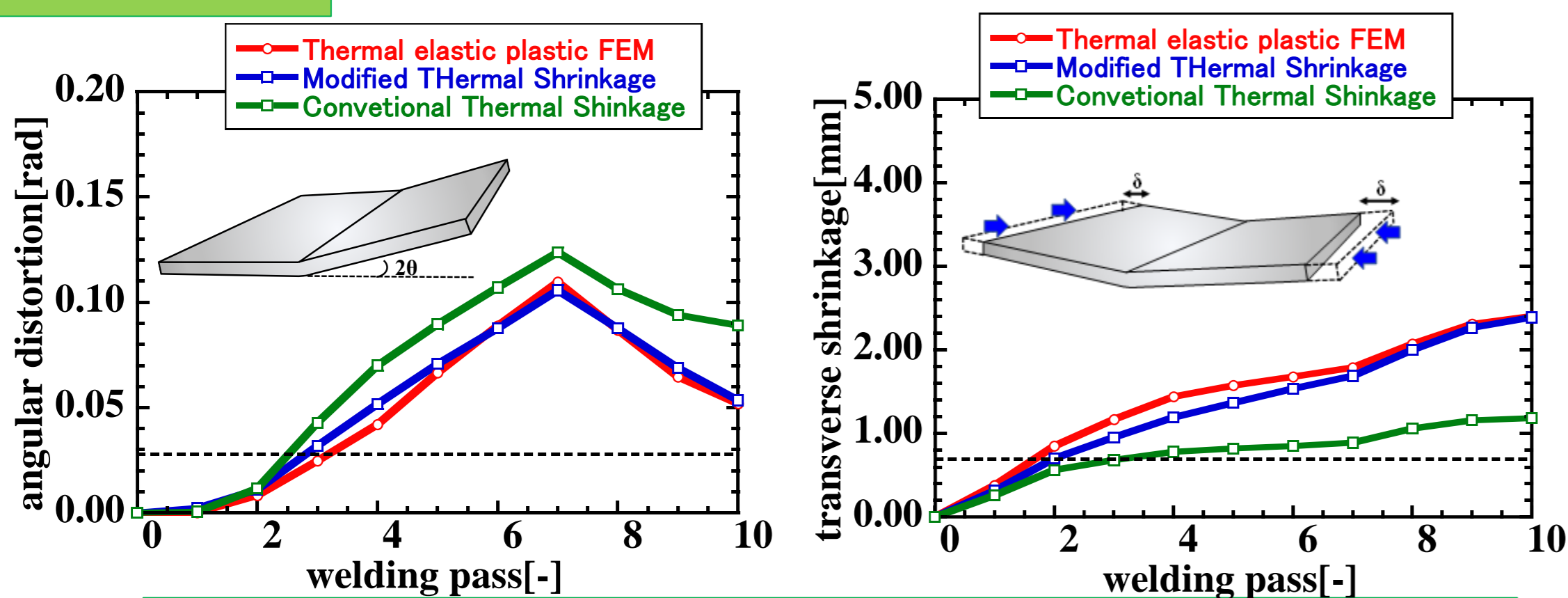
材料定数(SM490A)



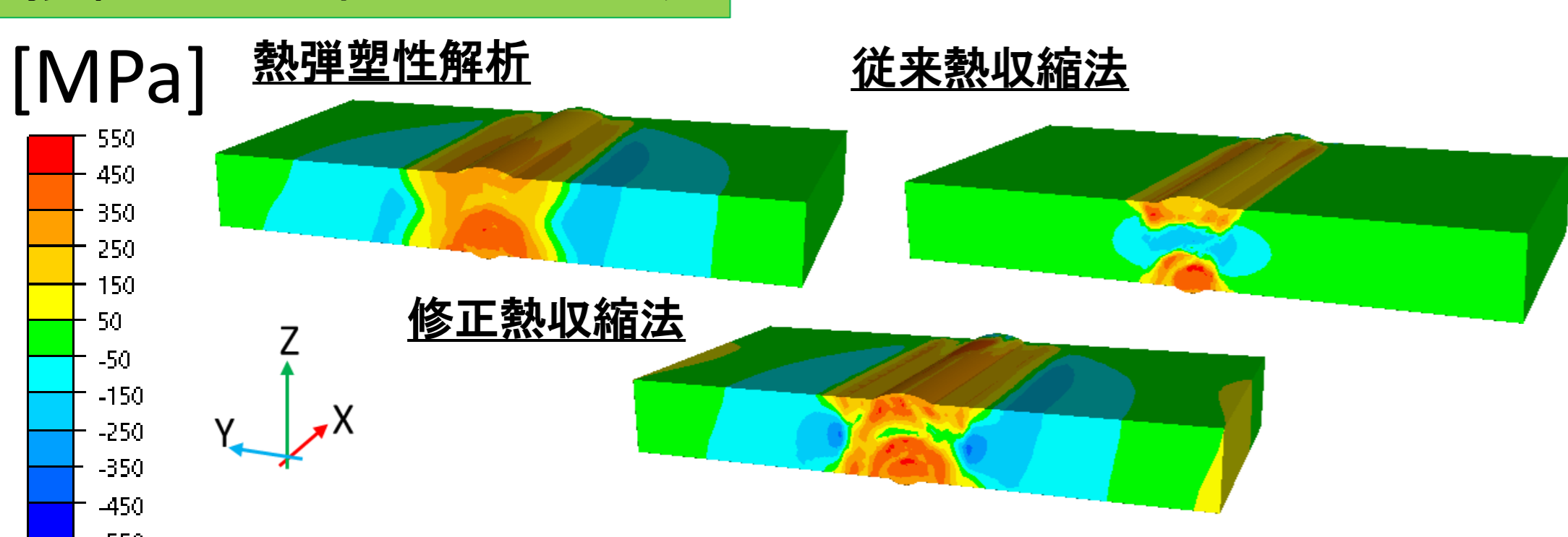
これらの条件から最高到達温度分布を作成

解析結果

変形量の比較

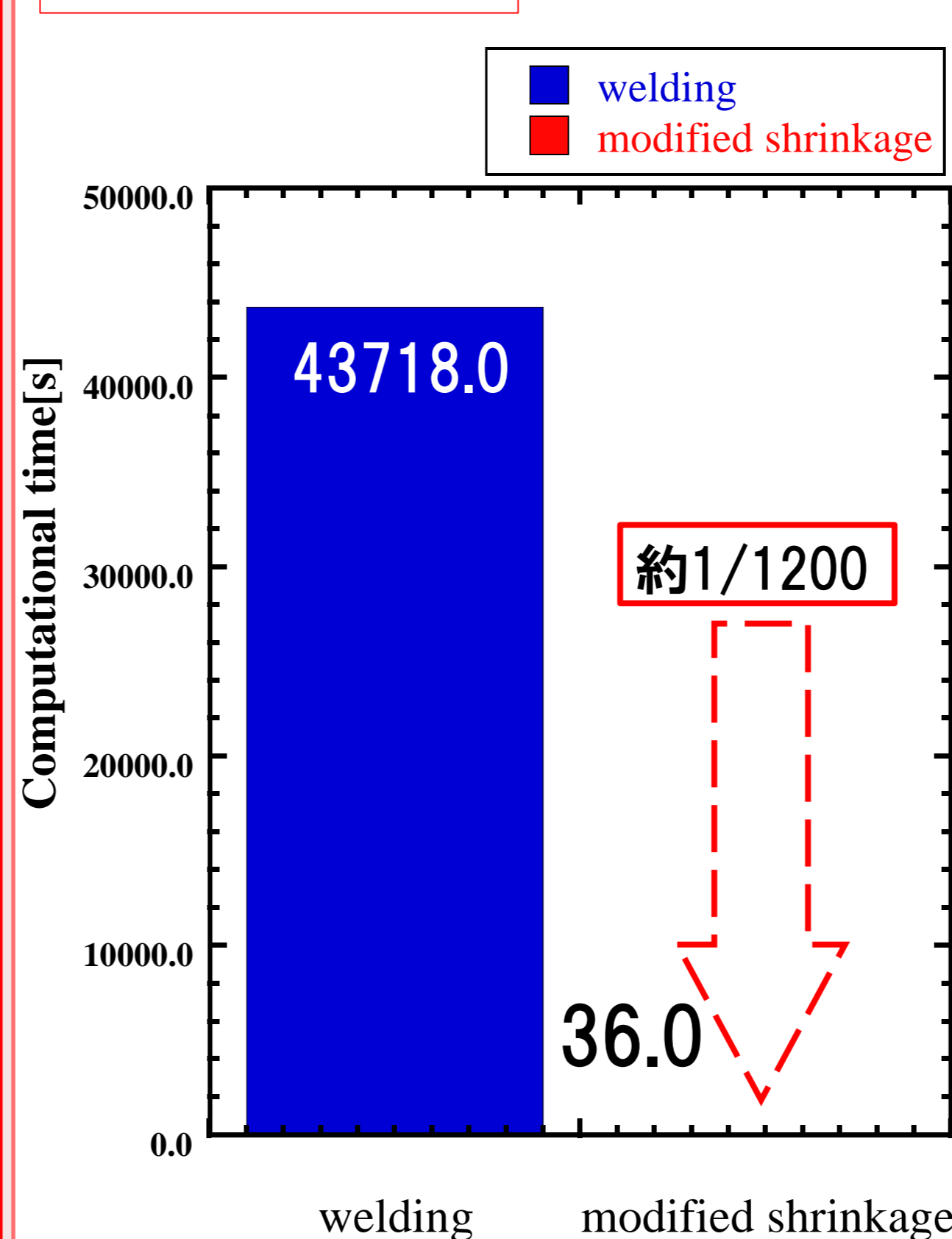


溶接線方向残留応力の比較



解析時間の比較・まとめ

解析時間の比較



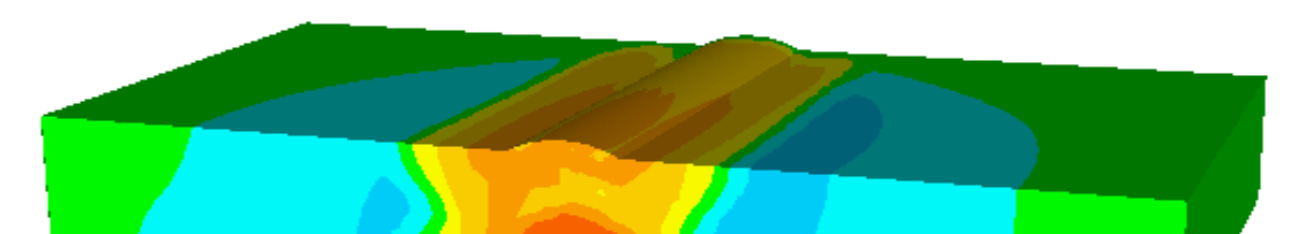
修正熱収縮法は熱弾塑性解析より
**およそ1200倍早く
有効な高速解析手法**

まとめ

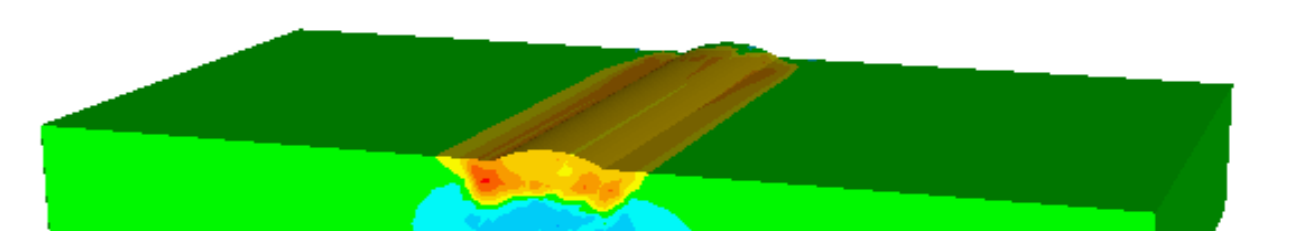
修正熱収縮法

熱収縮法に対して複数の温度領域
収縮ひずみを与える
→ 溶接問題を表現

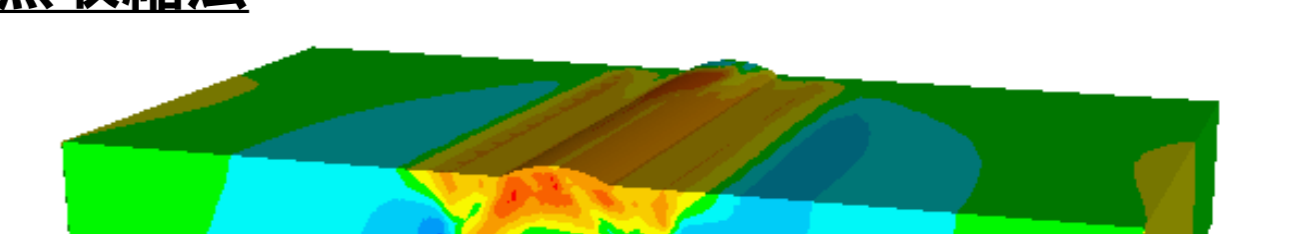
熱弾塑性解析



従来熱収縮法



修正熱収縮法



高速に残留応力を表現可能

結論

- 10パスの多層溶接解析において, 熱弾塑性解析の1/1200の解析時間となり, 高速解析手法として修正熱収縮法の有用性が示された
- 多層溶接解析において修正熱収縮法により角変形, 横収縮の解析結果が各パスにおいて良好に一致した
- 多層溶接解析において修正熱収縮法により従来熱収縮法よりも良好に一致する残留応力分布を得られることが分かった。