

# 理想化陽解法FEMによる金属3D積層時の応力・変形解析

大阪府立大学

竹内 梨乃  
河原 充

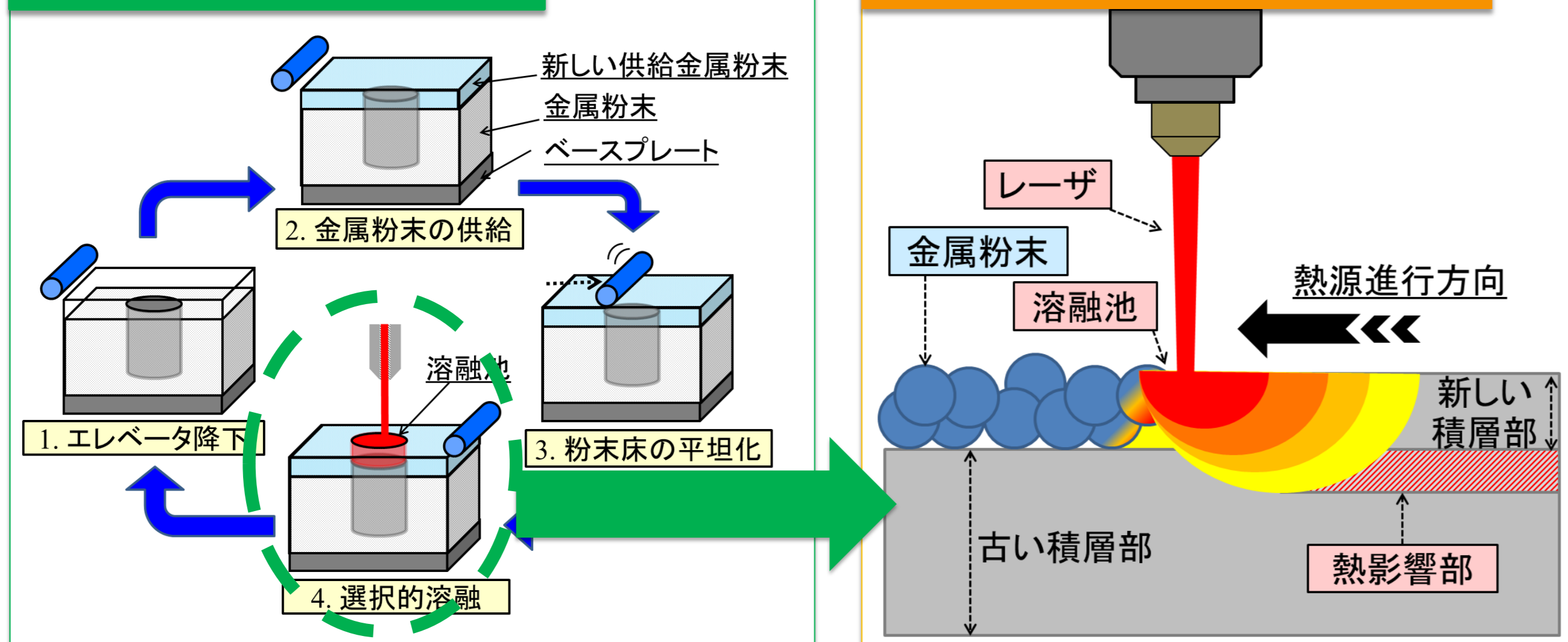
山田 祐介  
柴原 正和

## 研究背景

### 金属3Dプリンタを用いた積層造形

- レーザー・電子ビームなどの高エネルギー密度の熱源を用いて金属粉末を溶融・凝固させ、積層を繰り返すことで造形する技術
- 金属粉末を溶融・凝固させることで造形⇒製品全体が溶接における溶着金属に相当

#### 指向性エネルギー堆積法 (Selective Laser Melting)



金属3Dプリンタ造形後極めて大きな残留応力が発生⇒寸法精度の悪化・割れの発生

**施工前に製品の残留応力についての検討が必要**

## 研究目的

### 金属3Dプリンタ造形時の残留応力の検討

#### 実験による検討

- 残留応力の計測が困難、コストの面で問題

#### 数値解析による検討

- 変形・応力等の諸因子の影響の検討が容易
- 製品の試作回数を削減しコストを低減
- 詳細な解析が要求されるため、製品(実機)への適用が困難
  - レーザーによる金属粉末の加熱をモデル化できる程度に小さく分割
  - 100mm×100mm×100mmの積層物のモデル化する場合300万要素以上
  - 非現実的な計算時間(1000時間以上)が必要

**数値解析による検討が有効**

**現状では数値解析の実施が困難**

#### 本研究の目的

計算時間の短縮により金属3Dプリンタ造形時の残留応力の検討を実施

- 超高速大規模非線形解析技術(理想化陽解法FEM)の採用による解析の高速化

**3Dプリンタ造形時の残留応力解析における理想化陽解法FEMの適用性を検討**

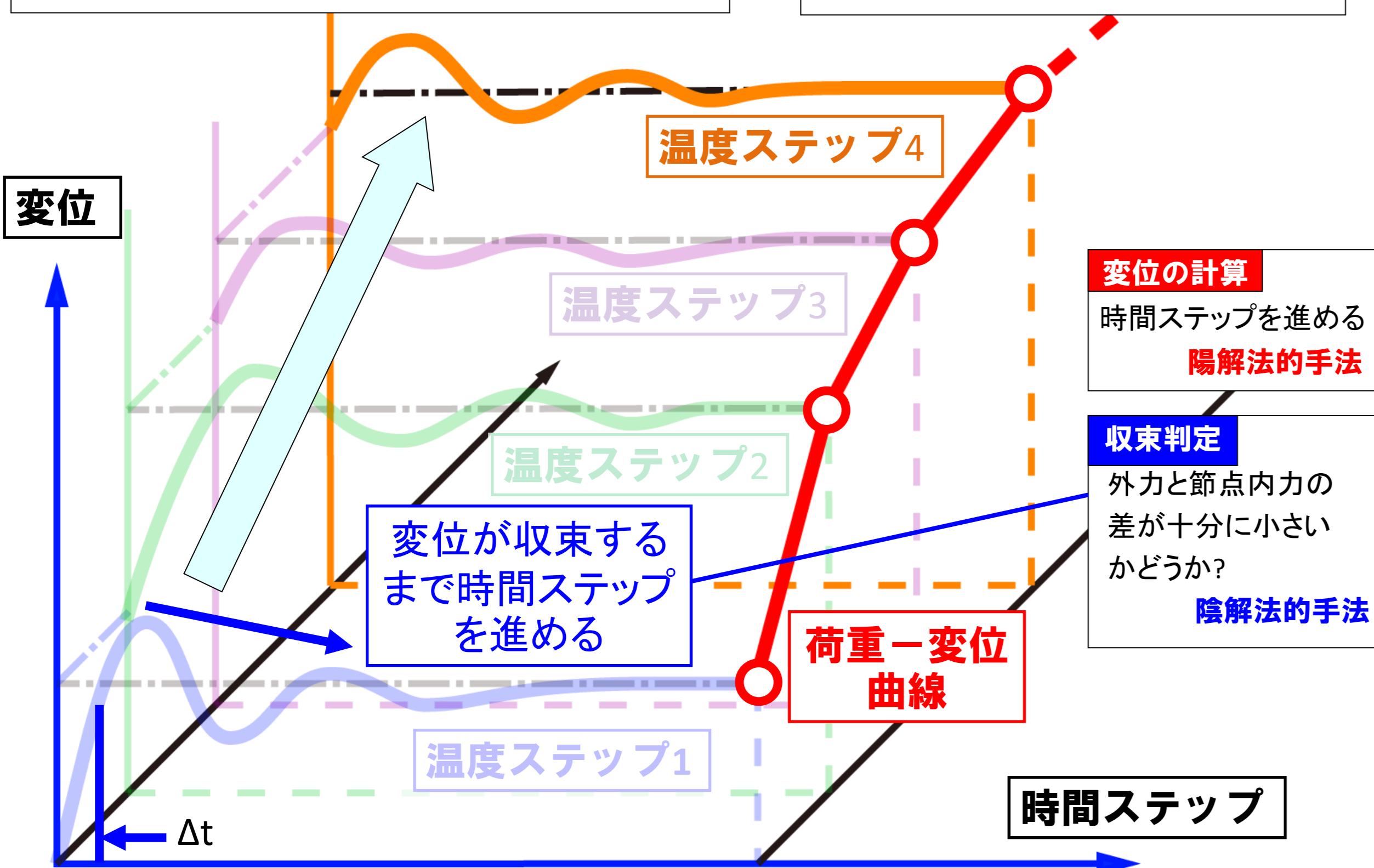
## 大規模解析手法(理想化陽解法FEM)の概略

### 理想化陽解法FEM

各温度ステップにおいて収束計算を行い静的平衡状態を得た後に次の温度ステップに進む

### 一般的な動的陽解法FEM

時間ステップを進めて変位を計算するのみで収束計算をしない

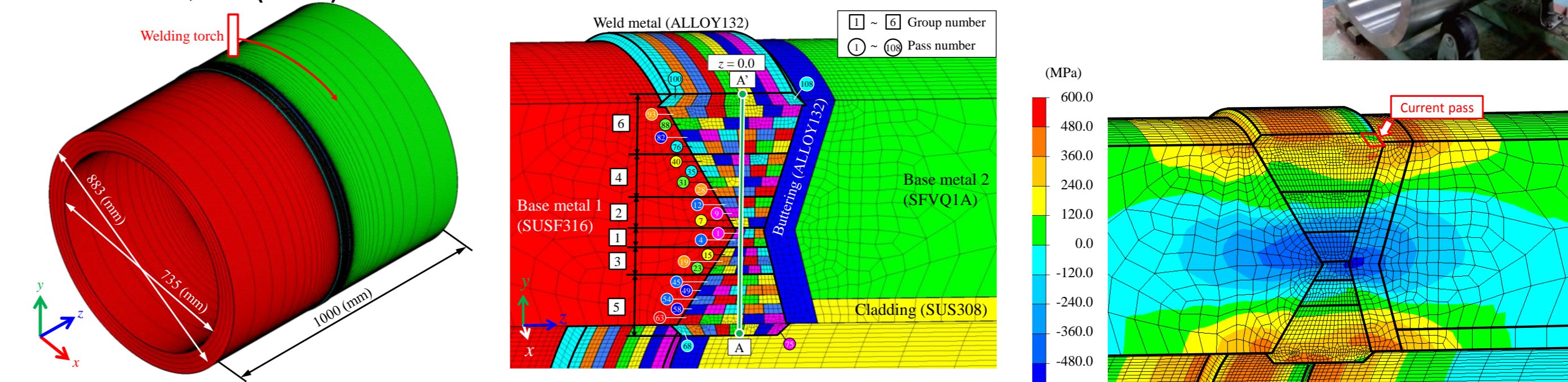


**高速・省メモリな解析を実現**

## 大規模解析事例

### 大規模多層溶接残留応力解析(100万要素、100パス)

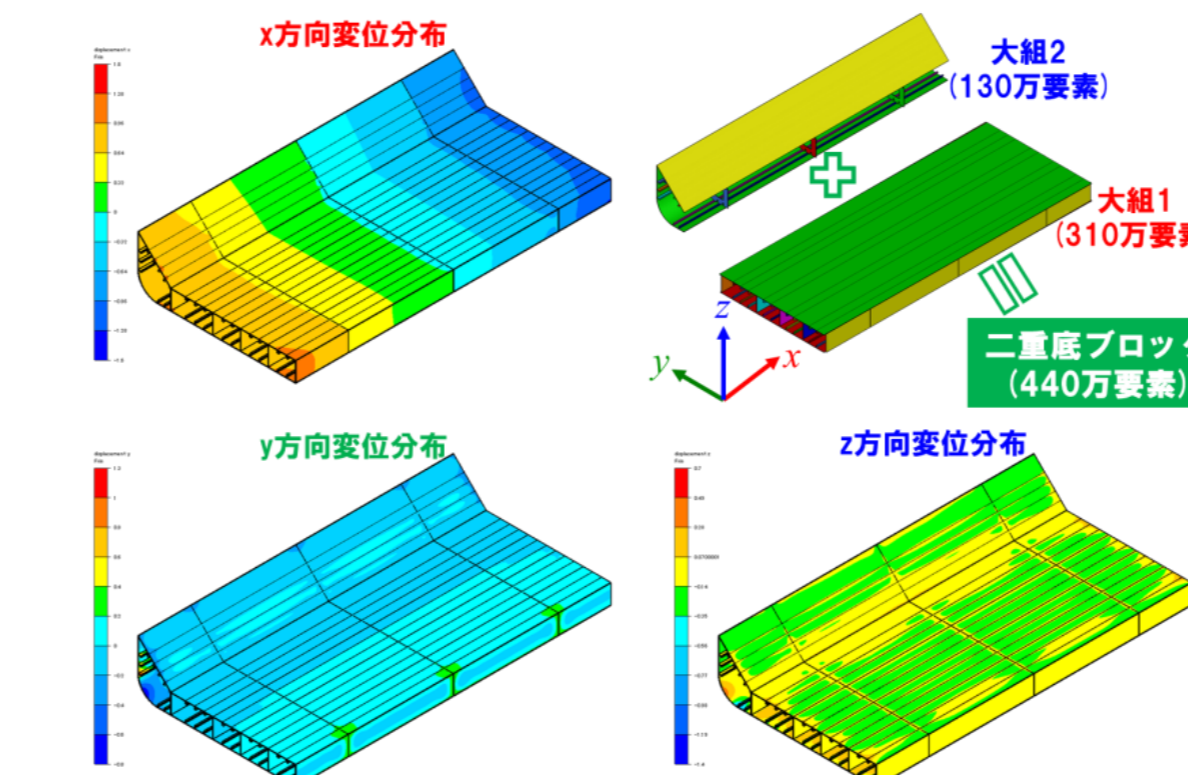
画像処理装置(GPU)を用いた並列化により理想化陽解法FEMを高速化



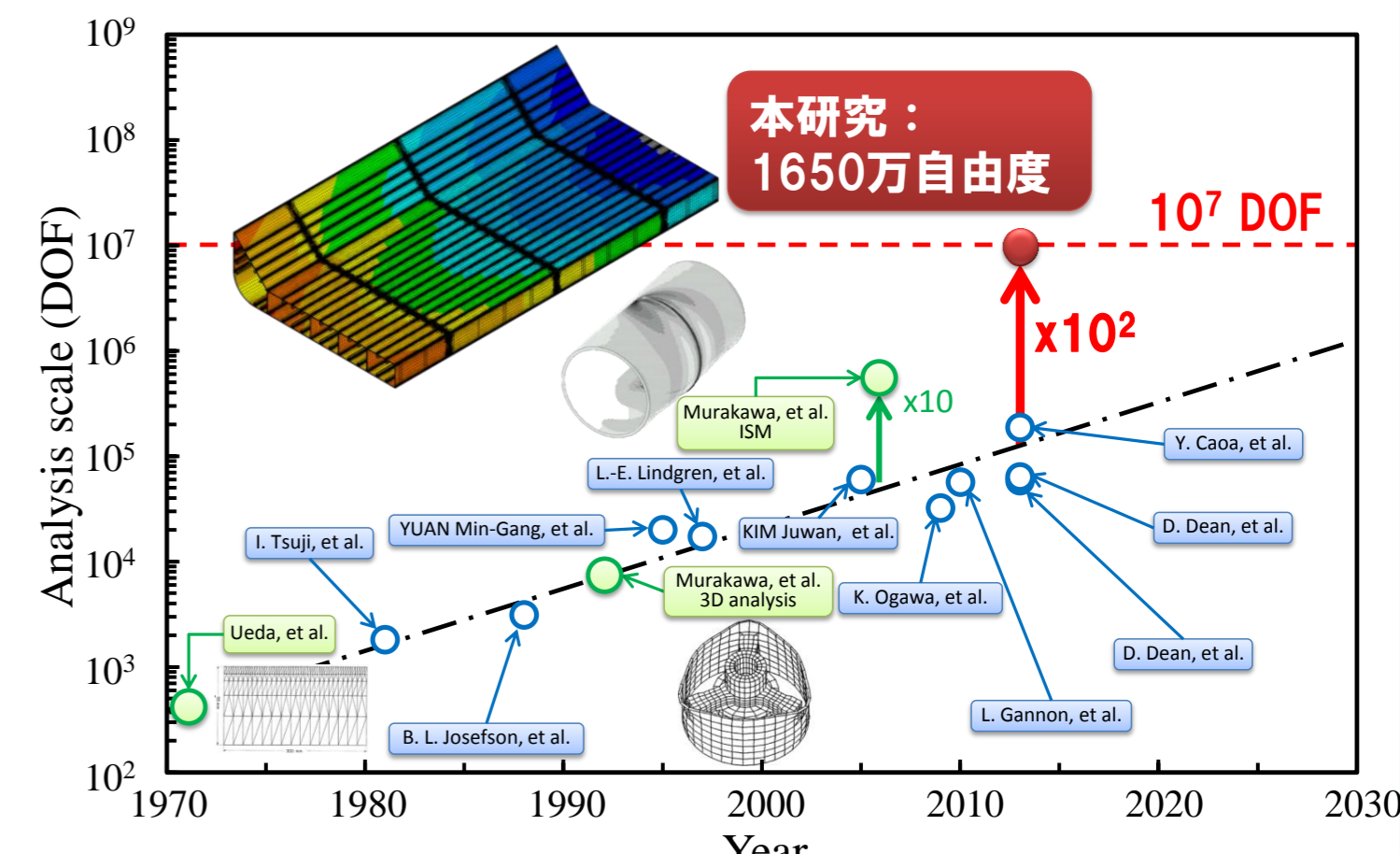
### 船体建造シミュレーション(1000万自由度)

マルチグリッド法により薄板構造物の解析を効率化

- 船体二重底ブロックを模擬したモデル
- 総節点数: 550万(1650万自由度)
- 総荷重ステップ数: 20万



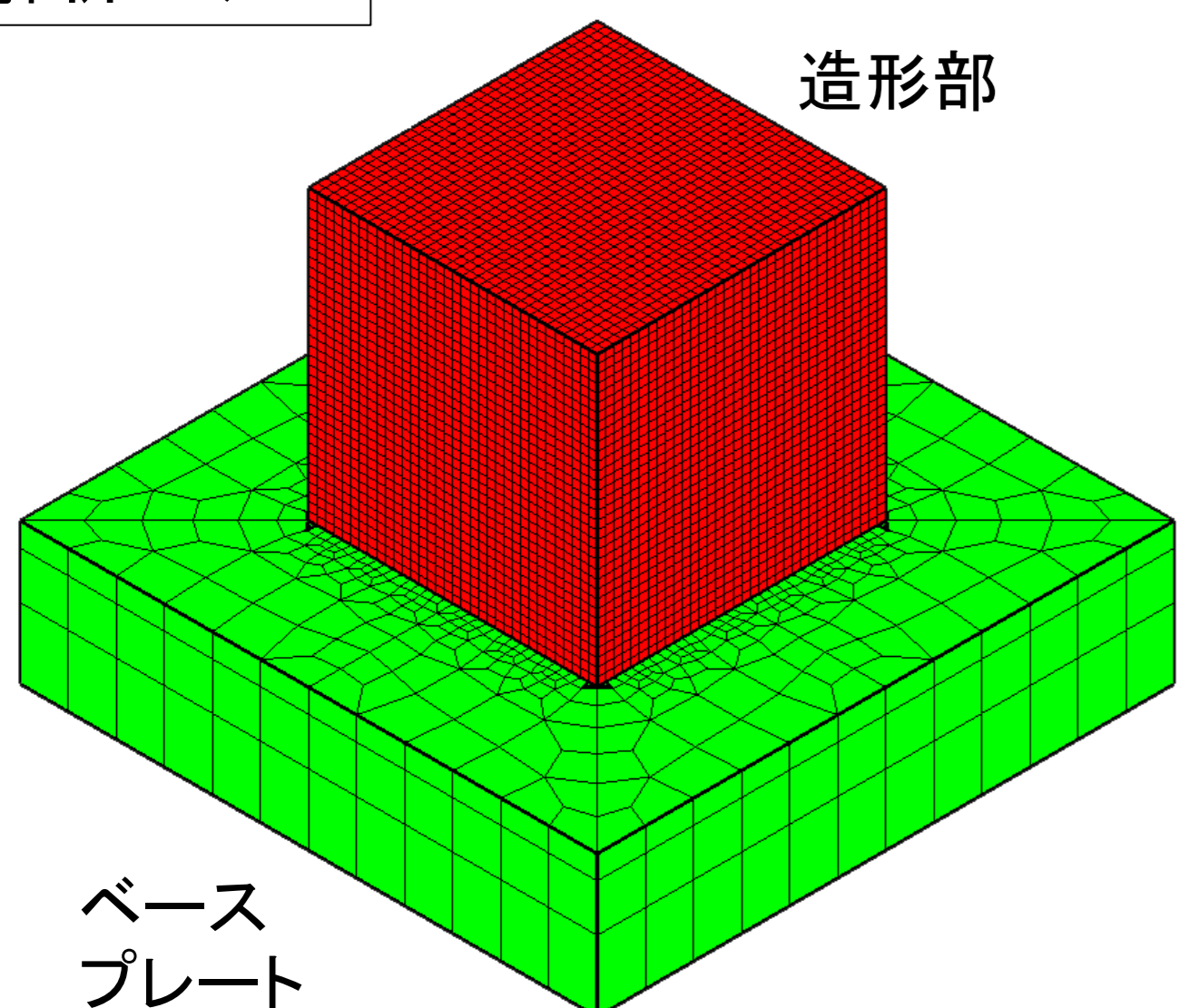
本解析の位置付け



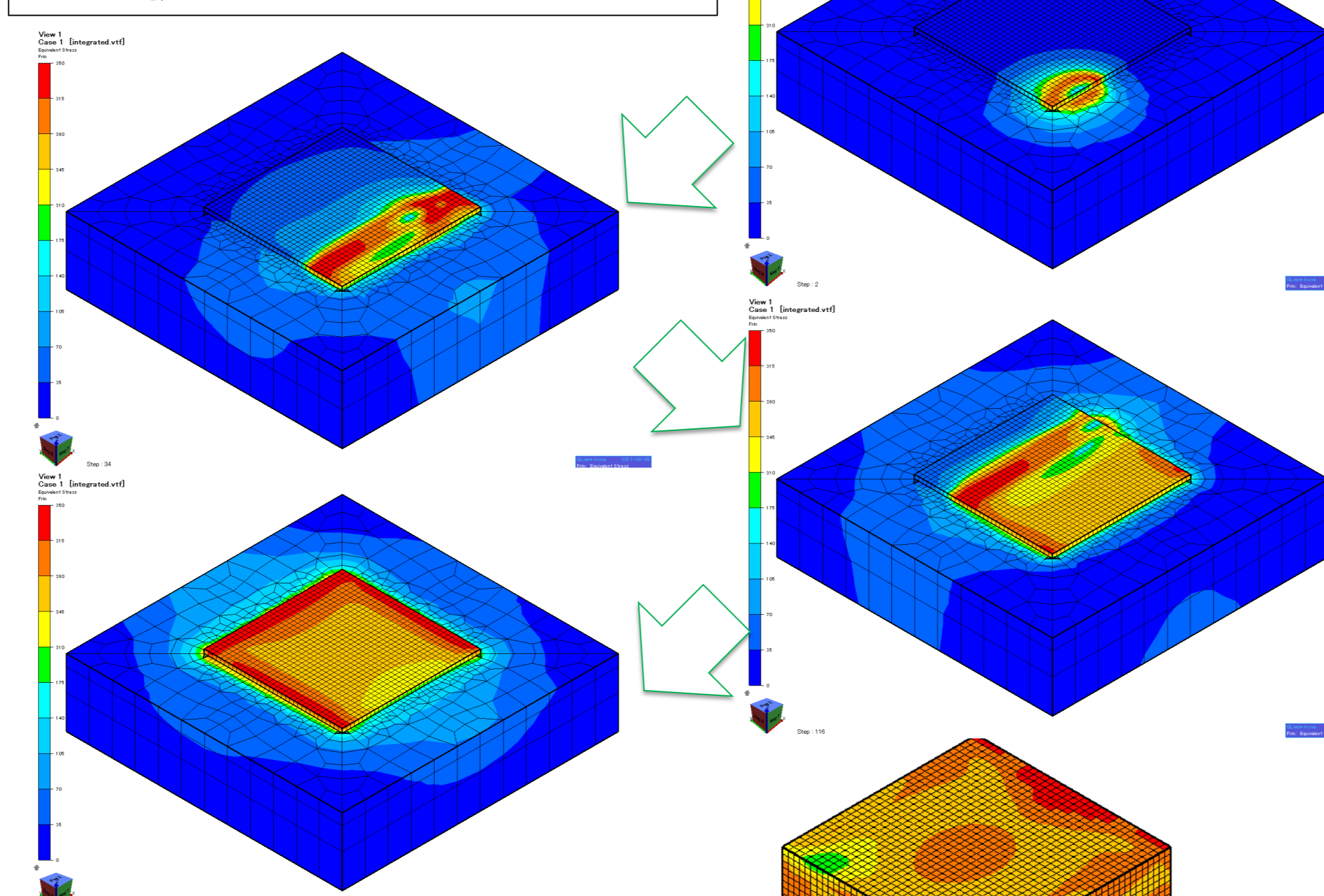
## 金属3D積層時の応力・変形解析

理想化陽解法FEMによる熱弾塑性解析手法の適用性に関して検討

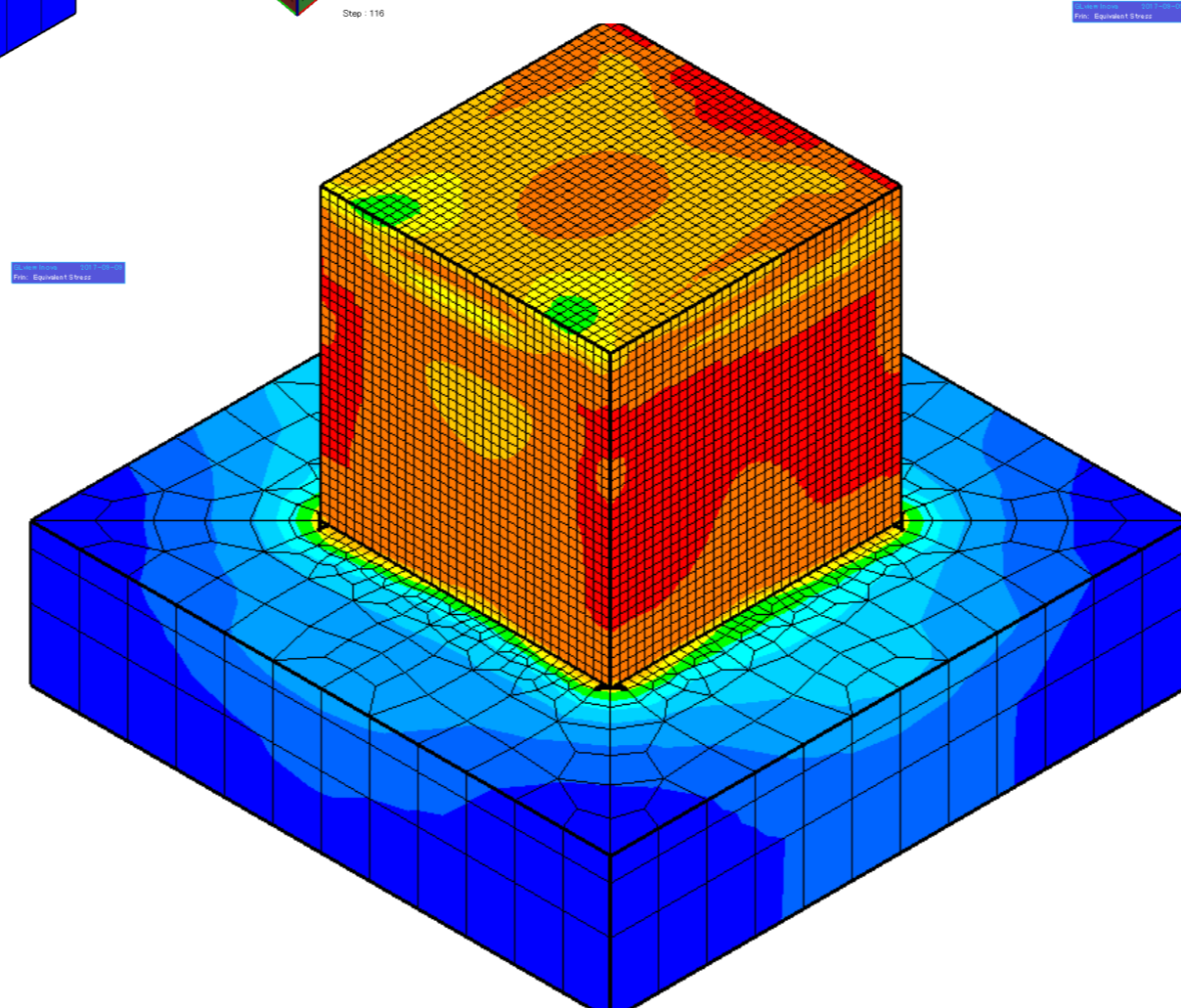
### 解析モデル



### 初層積層中の相当応力分布



### 積層終了時の残留応力分布



**理想化陽解法FEMを用いることで金属3D積層造形時の残留応力分布の解析が可能**

- 奇数層と偶数層で熱源の進行方向を90°変化
- 全34層の積層工程を解析

## 本研究のまとめ

- 理想化陽解法FEMによる熱弾塑性解析手法を用いることで、金属3D積層造形時の残留応力解析が可能な手法を構築した。
- 小型の立方体形状造形時の残留応力の予測に対して本解析手法を適用することで、本手法が金属3D造形時の残留応力解析が可能であることを示した。

## 今後の展望

- 本解析手法を実機の3D造形工程時に生じる残留応力の予測に対して適用することによる本手法の妥当性検証
- 残留応力分布の予測結果から造形時の割れの予測
- 固有ひずみ法の応用による解析時間短縮