

GPUを用いた並列化理想化陽解法FEMによる熱弾塑性解析

大阪府立大学 柴原研究室 竹内啓洋

研究の背景

船体のブロック構造等の大規模構造物の溶接時後、**残留応力**が必ず発生

残留応力

き裂や割れを生じさせる原因の一つとなっている



残留応力の定量的予測は重要な課題

問題点

従来手法では**計算時間・メモリ消費量**による解析規模の制限がある

本研究の目的

GPU並列化手法を用いた理想化陽解法FEMによる大規模構造物の残留応力解析手法の開発と有用性の実証

計算の高速化・大規模化を目的

解析理論

理想化陽解法FEM

GPUによる並列化

GPU並列化手法を用いた理想化陽解法FEM

理想化陽解法FEM

静的陰解法FEMに比べて省メモリ

個々の節点について離散化された方程式を解くので構造物全体に亘る剛性マトリックスを作る必要がない

静的陰解法FEMに比べて高速化

陽解法を基に計算を行うので連立方程式を解く必要がなくなる

GPUによる並列化

(Graphic Processing Unit)

・グラフィックボード
・GPUを搭載したPC内部

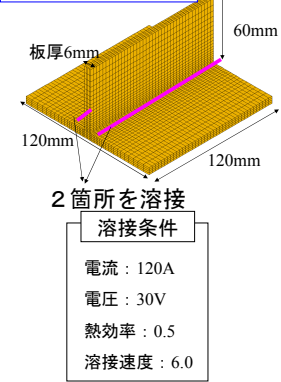


理想化陽解法に比べて大幅に高速化

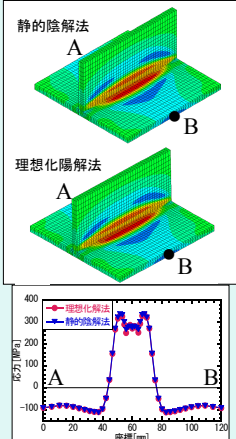
計算時間の大部分を占める要素の応力積分に関する処理を並列化

理想化陽解法FEMの性能評価

T継手溶接モデル



溶接線方向残留応力

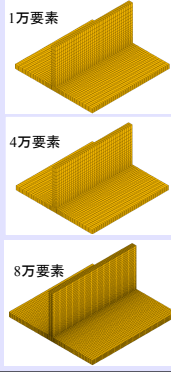


静的陰解法と開発手法の結果が定量的に一致

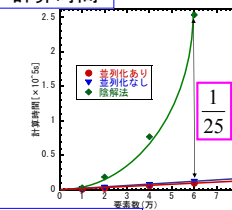
要素分割数別(1,2,4,6,8万要素)の計算時間とメモリ使用量の比較

加熱時間=0.5(s)までの結果
溶融および局部塑性という溶接特有の現象が十分に出現するまでの時間

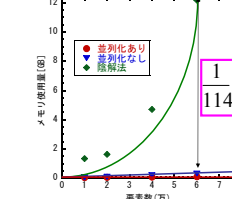
要素分割モデル



計算時間



メモリ使用量



開発手法では、6万要素分割時で**計算速度を25倍**、**メモリ消費量を1/114に減少**させることができた。

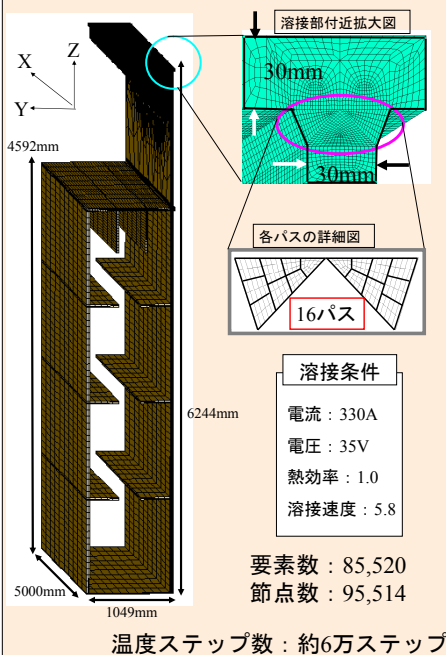
計算時間は要素数にほぼ比例

大規模構造物の解析が可能

理想化陽解法FEMを用いることで高精度かつ、大幅な高速化・省メモリ化を実現

理想化陽解法FEMを用いた大規模多層溶接解析

コンテナ船のハッチコーミングを模擬した解析モデル



解析結果

肉盛りの様子

(溶接順序①)

溶接線方向残留応力

6パス目

10パス目

13パス目

16パス目(最終)

残留応力(中央横断面)

溶接線方向残留応力(σ_x)

①左右交互に溶接

②右半分→左半分で溶接

③大入熱溶接(電流:1000A)

溶接線垂直方向残留応力(σ_y)

各溶接手法の中央横断面の残留応力の比較

A B

溶接線方向残留応力(σ_x)

溶接線垂直方向残留応力(σ_y)

大入熱溶接の場合には高引張応力部が広く分布

多層溶接移動熱源モデルの残留応力解析を行うことが可能

本研究のまとめ

- GPUによる並列化を用いた理想化陽解法を用いる事で静的陰解法と比べて高精度かつ大幅な高速化・省メモリ化を実現した
- 本手法をハッチコーミングを模擬した多層溶接移動熱源モデルに適用した結果、大入熱溶接の場合には高引張応力部が広く分布することが分かった

今後の展開

- 要素数が数十万要素のハッチコーミングモデルの解析を行うことで、船体全体の残留応力分布を求める
- 船舶の全体構造を模擬した要素数が数百万要素のモデルで解析を行いたい