MLPG（メッシュレス）法による溶接構造解析手法の開発

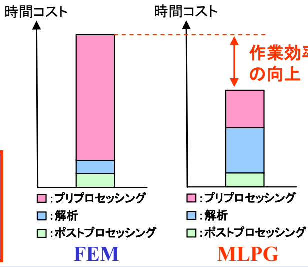
大阪府立大学大学院　工学研究科　航空宇宙海洋系専攻　正岡研究室　M1　旦越雄　B4　有村翼

研究背景

近年、数値シミュレーション技術の進歩及びコンピュータの演算能力の向上に伴い、FEMによる溶接構造解析は実用上十分な要素分割及び精度で解析可能となりつつある

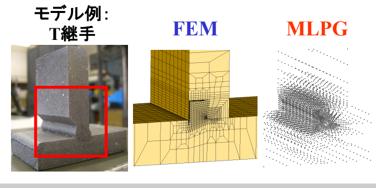
短所

メッシュ生成などのプリプロセッシングに多くの時間を消費



MLPG法

● バックグラウンドセルを必要としない完全なるメッシュレス解析法



● 要素・節点間のコネクティビリティ情報が不要

プリプロセッシング時間の短縮

FEMに代わる次世代構造解析法として期待される

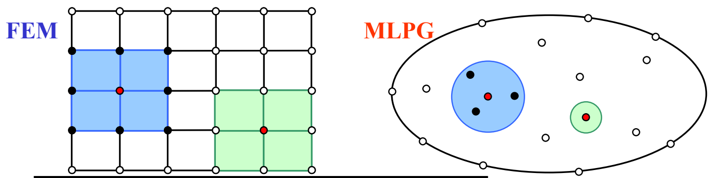
研究目的

MLPG法を用いた新しい溶接構造解析手法を開発する

MLPG法を熱伝導及び熱弾性問題等の基礎的な溶接問題に応用し、MLPG法特有のパラメータの影響等について調べることにより、本手法の有用性について検証する

FEMとMLPG法の比較

	FEM	MLPG
変位の近似関数の作成方法	要素の節点変位から内挿	移動最小二乗法[1]等（MLS）
領域積分	要素単位で積分	評価点の近傍領域のみで積分



利点

変位、ひずみが空間で連続

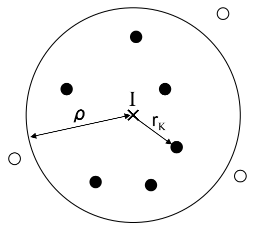
き裂問題等の不連続面のモデル化が容易[2]

大変形、ゆがみに対して解の精度を保持

1) H. Lin, S.N. Atluri : Meshless Local Petrov-Galerkin (MLPG) Method for Convection-Diffusion Problems, CMES, Vol. 1, No. 2, pp. 45-60

2) 野口裕久：新しい解析法（メッシュフリー法）, TECHNO MARINE 日本造船学会誌, 第876号, pp. 773-777

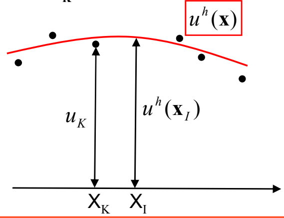
移動最小二乗法（MLS）



×：評価点（点I）　●：参照する節点

○：参照しない節点　ρ：影響半径

r_K：評価点との距離



$$u^h(\mathbf{x}) = \phi^T(\mathbf{x})u_K$$

$$u^h(\mathbf{x}) = \sum_j^m p_j(\mathbf{x})a_j(\mathbf{x}) = \mathbf{p}^T(\mathbf{x})\mathbf{a}(\mathbf{x})$$

変位の近似関数は評価点の近傍領域内の節点変位から作成

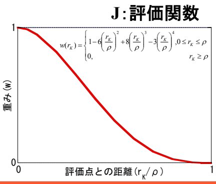
$$J = \sum_K^n w(\mathbf{x}-\mathbf{x}_K)[\mathbf{p}^T(\mathbf{x}_K)\mathbf{a}(\mathbf{x}) - u_K]^2$$

評価関数Jを最小化させるよう未知係数aを決定する

u^h：変位の近似関数　ϕ：内挿関数

p：基底関数　a：未知係数

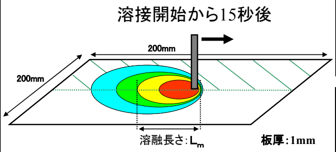
J：評価関数　w：重み関数　u_K：節点変位



重み関数としてスプライン関数を採用

精度検証－熱伝導解析－

解析モデル



問題の対称性を考慮し、斜線部のみモデル化

溶接条件：

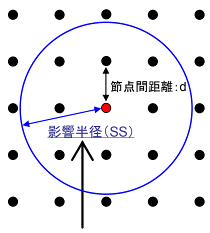
入熱量：100（J/mm）
溶接速度：10（mm/s）

平均温度上昇（℃）

$T_{av}=Q/c\rho V$

Q：総入熱量　c：比熱

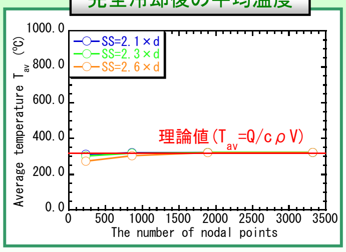
ρ：密度　V：体積



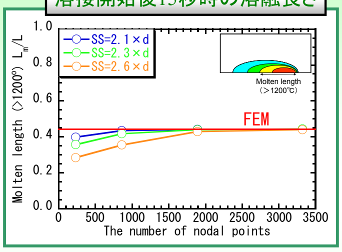
MLPGパラメータ

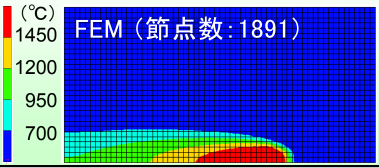
節点数が精度に及ぼす影響

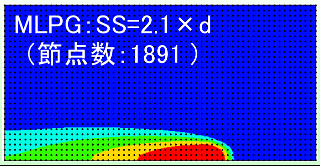
完全冷却後の平均温度



溶接開始後15秒時の溶融長さ



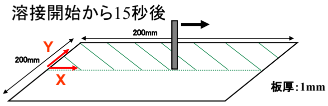




● 節点数が十分多い場合、MLPGパラメータSSの影響は小さく、高精度に解析可能

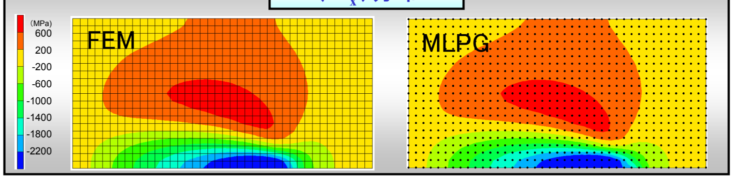
● MLPG法による熱伝導解析結果は理論値・FEM解析結果と良好に一致

精度検証－熱弾性解析－

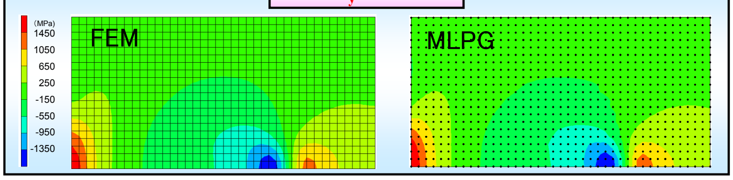


解析条件：節点数=861　SS=1.1

（σ_x）分布



（σ_y）分布



FEMとMLPG法による熱弾性解析結果は良好に一致

結論

MLPG法を基礎的な溶接問題に応用した結果、以下の知見を得た

● 節点数が十分多い場合、MLPGパラメータSSの影響が小さく、高精度に解析可能であることがわかった

● 本手法を用いることで、実用上十分な解析精度が得られることを確認した

今後の展望

● 熱弾塑性解析理論の導入による、溶接変形、残留応力問題及び溶接割れ問題への発展

● 3次元解析法の開発

●複雑な3次元溶接構造物への適用性について検討