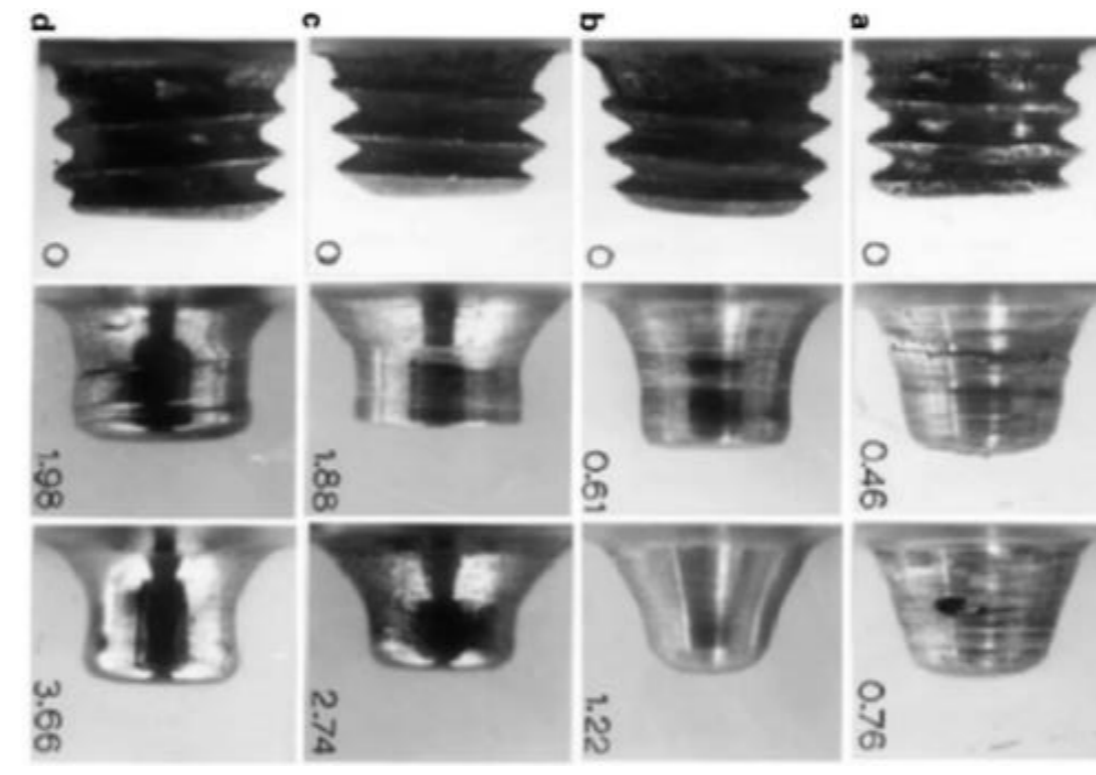


研究背景・目的

摩擦攪拌接合(Friction Stir Welding:FSW)

FSWの特徴

- アルミニウム等の溶接困難な金属の接合可能
- 異材の接合に適する
- 接変形小
- 残留応力小



引用
Zhang, Y. N., Cao, X., Larose, S., & Wanjara, P. (n.d.).
Review of tools for friction stir welding and processing.

ツール強度

接合可能な高強度ツールの開発困難

挿入、回転により過大な荷重がかかり、損傷

本研究の目的 力学シミュレーション手法を用いて、
ツール形状の影響を分析検討

解析手法

粒子法(MPS法)

支配方程式

$$\text{N-S方程式: } \frac{Du}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \nabla P + \nu \nabla^2 u + g \quad \text{連続の式: } \frac{D\rho}{Dt} + \nabla \cdot (\rho u) = 0$$

$$\text{重み関数 } \omega = \begin{cases} r_e - 1 & (0 \leq r \leq r_e) \\ r & (r_e \leq r) \end{cases}$$

$$\text{粒子数密度 } n_i = \sum_{j \neq i} w(r_j - r_i) \quad i, j: \text{粒子番号}$$

勾配モデル

$$\nabla P_i = \frac{d}{n_i} \sum_{j \neq i} \frac{(P_j - P_i)(r_j - r_i)}{|r_j - r_i|^2} w(r_j - r_i)$$

発散モデル

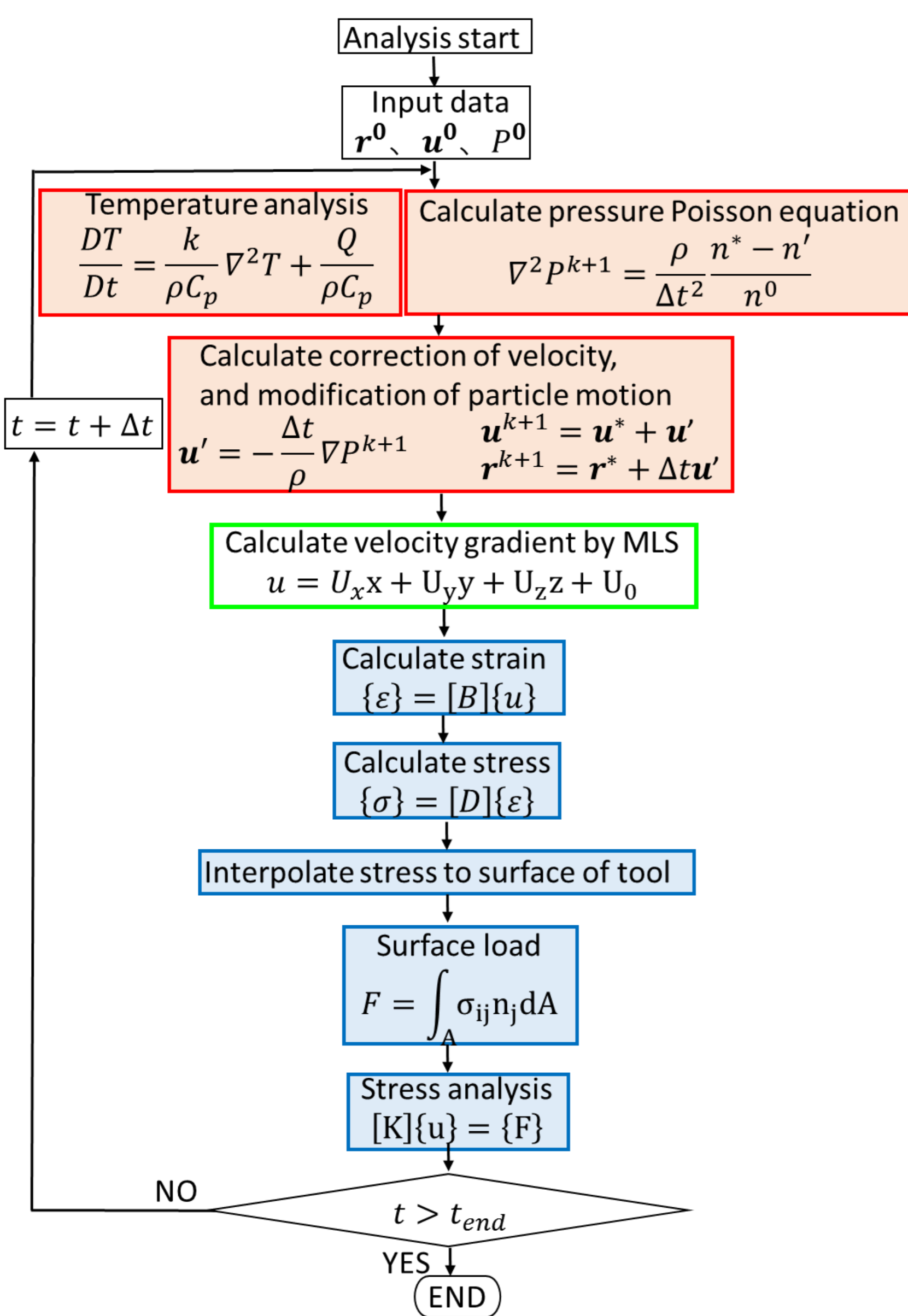
$$\nabla \cdot u_i = \frac{d}{n_i} \sum_{j \neq i} \frac{(u_j - u_i)(r_j - r_i)}{|r_j - r_i|^2} w(r_j - r_i)$$

ラプラスアンモデル

$$\nabla^2 u_i = \frac{2d}{\lambda n_i} \sum_{j \neq i} [(u_j - u_i)w(r_j - r_i)] \quad \lambda = \sum_{j \neq i} \frac{|r_j - r_i|^2 w(r_j - r_i)}{\sum_{j \neq i} w(r_j - r_i)}$$

**ツールの接触および回転に起因する
塑性流動現象を再現**

MPS-FEM連成解析の流れ



粒子法(MPS法)

⇒ 温度場/速度場の算出

流動・熱伝導現象

・MLS法によりツール表面のFEM節点に荷重を補間

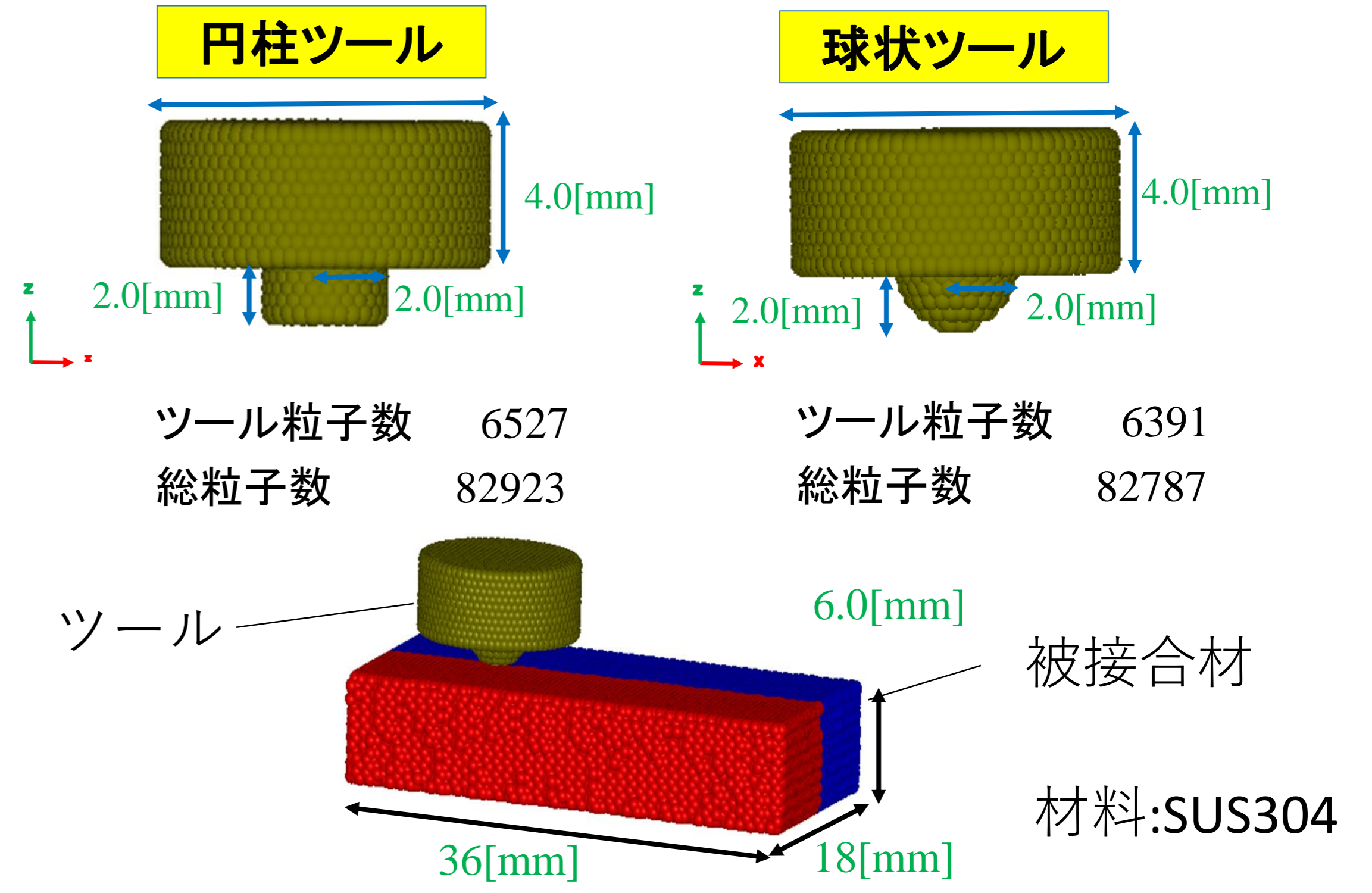
物理量を線形近似
→物理量分布算出
⇒近傍粒子に最小二乗法近似を適用

FEM解析

⇒弾塑性解析により
応力場の算出

ツールの解析

解析モデルおよび解析条件

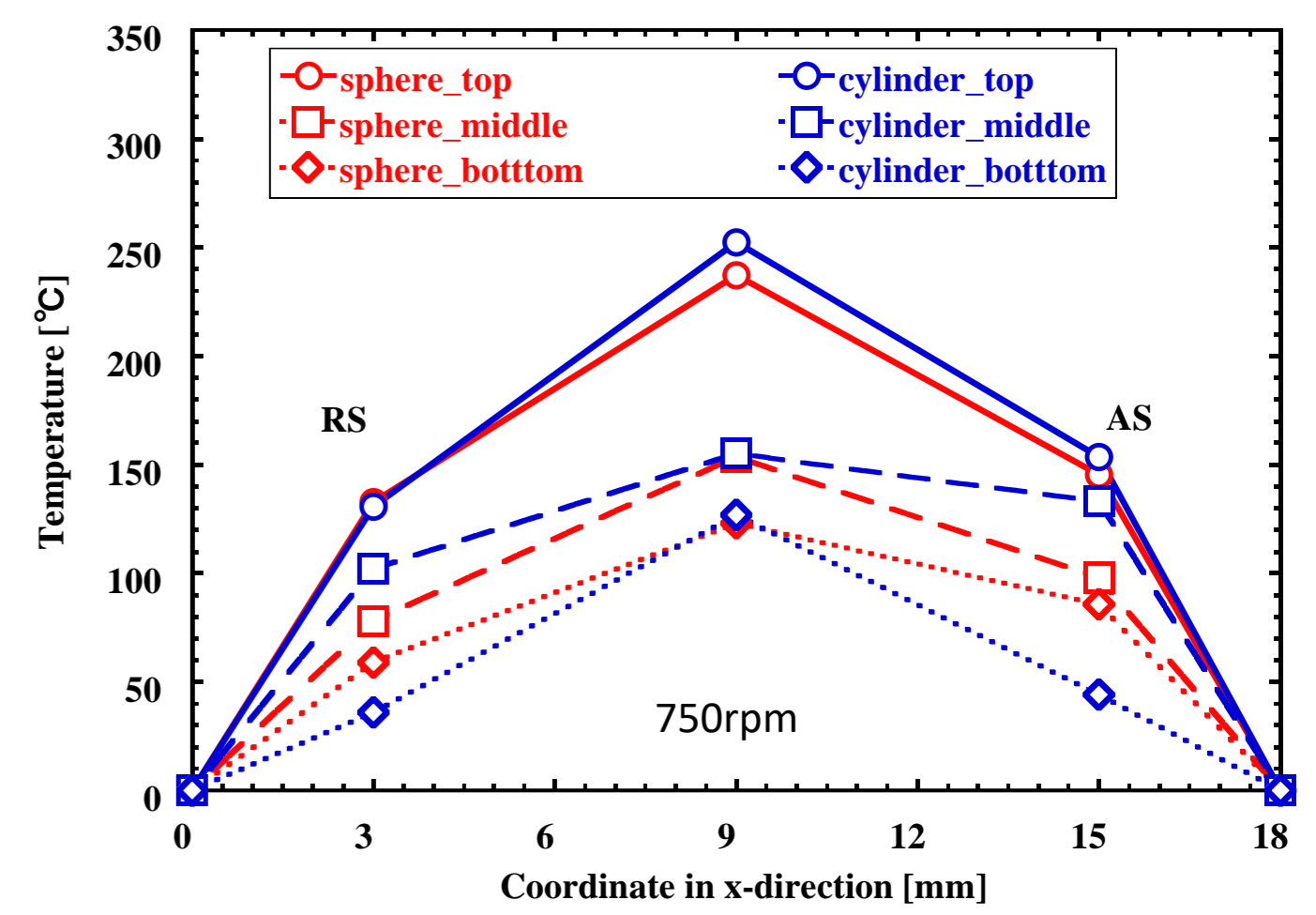
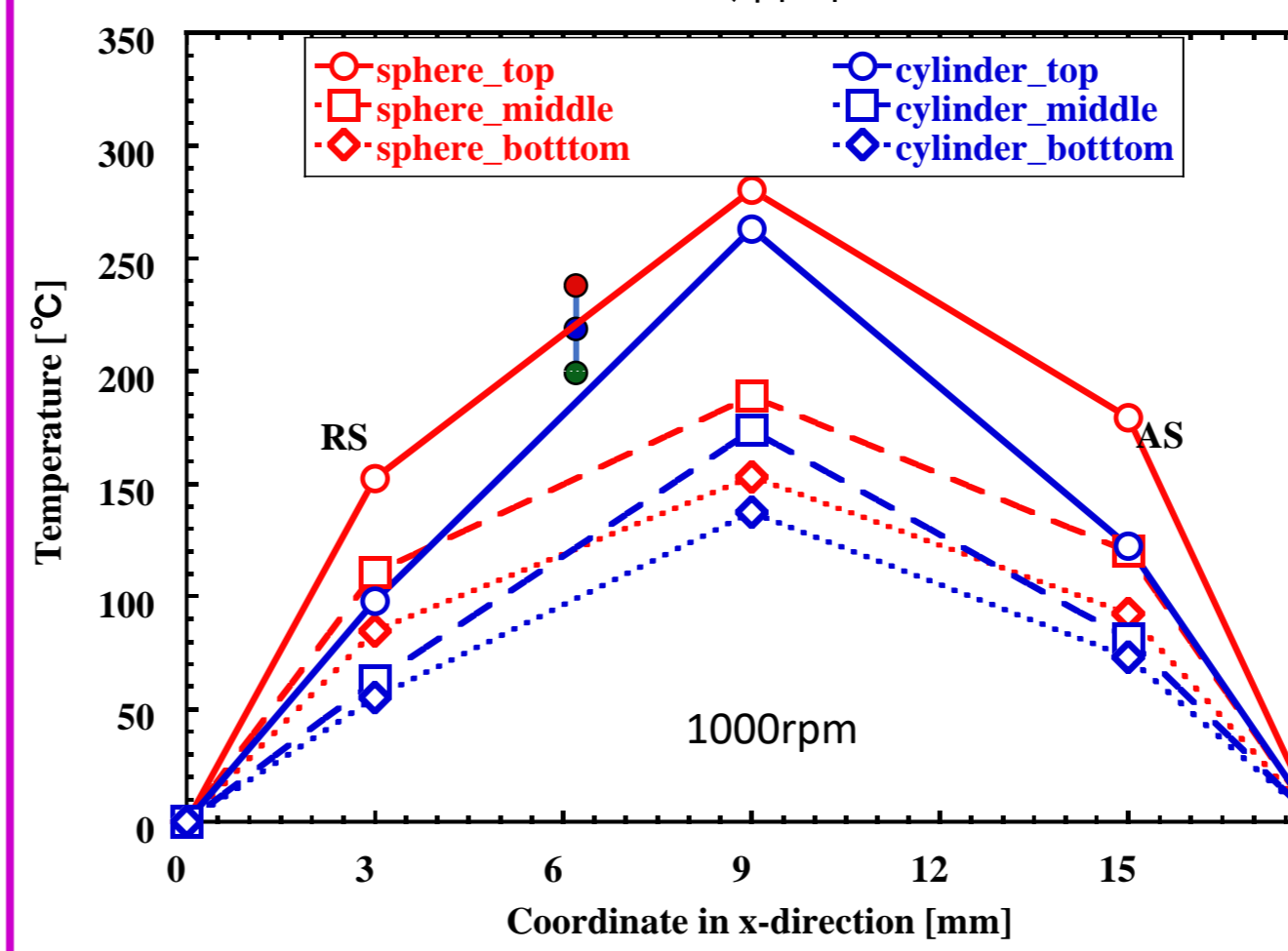
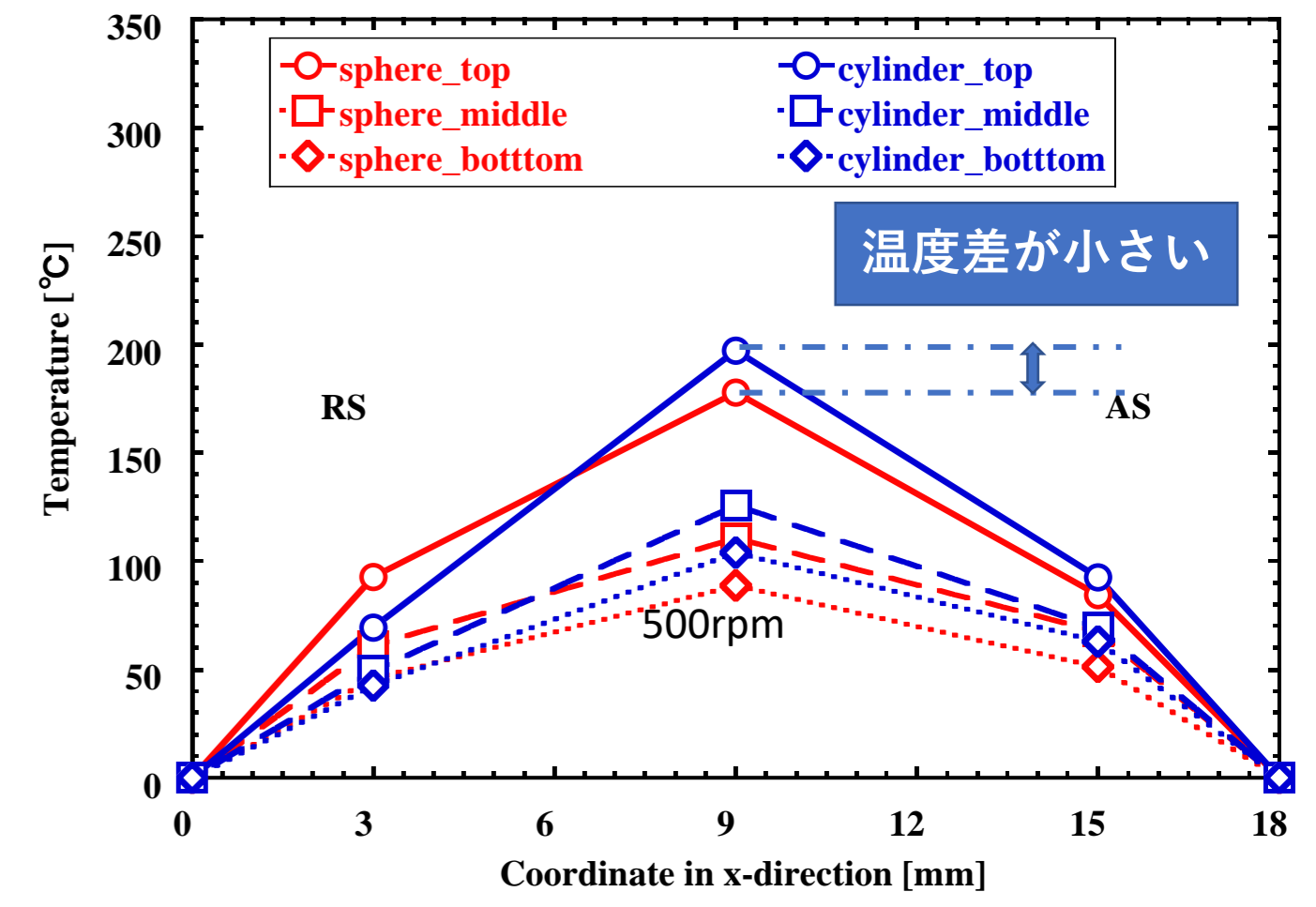
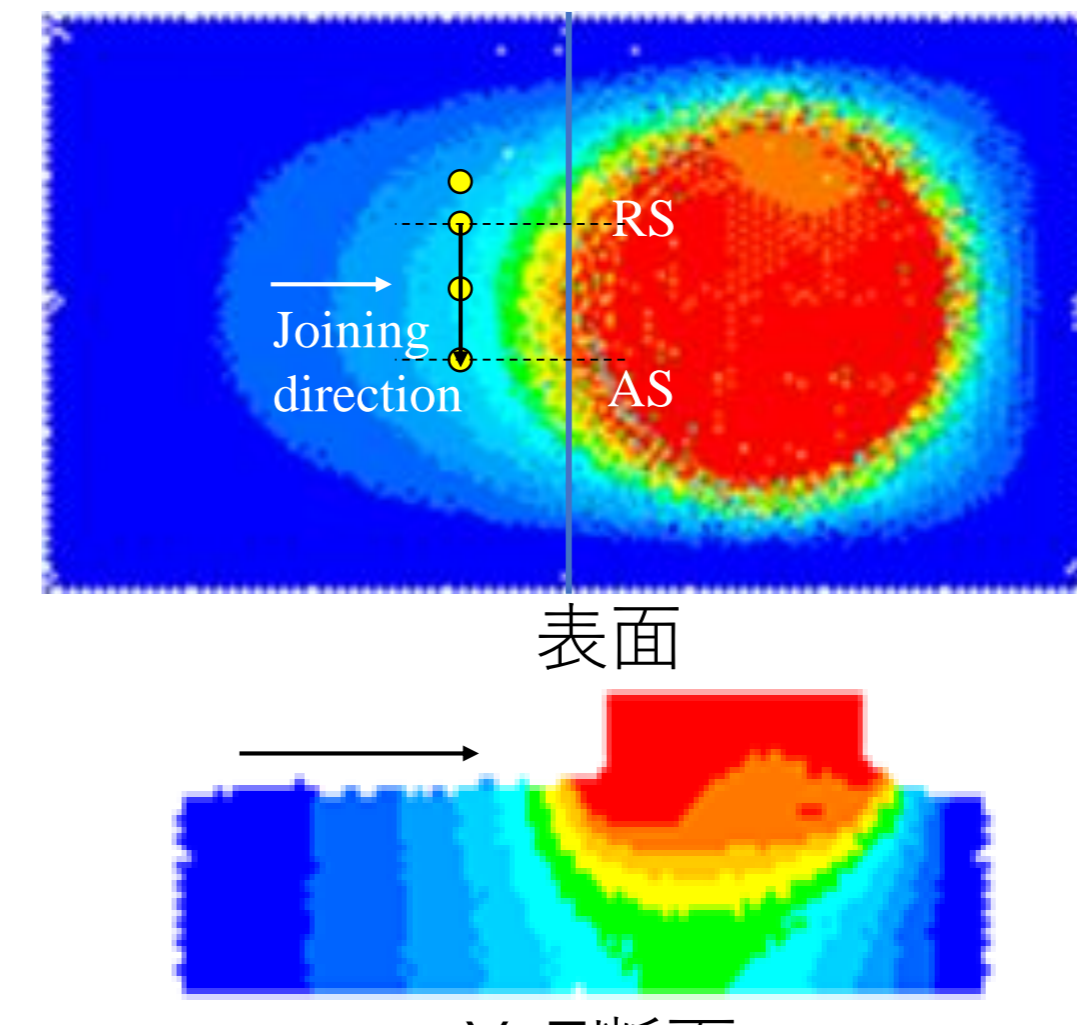


ツール粒子数 6527
総粒子数 82923

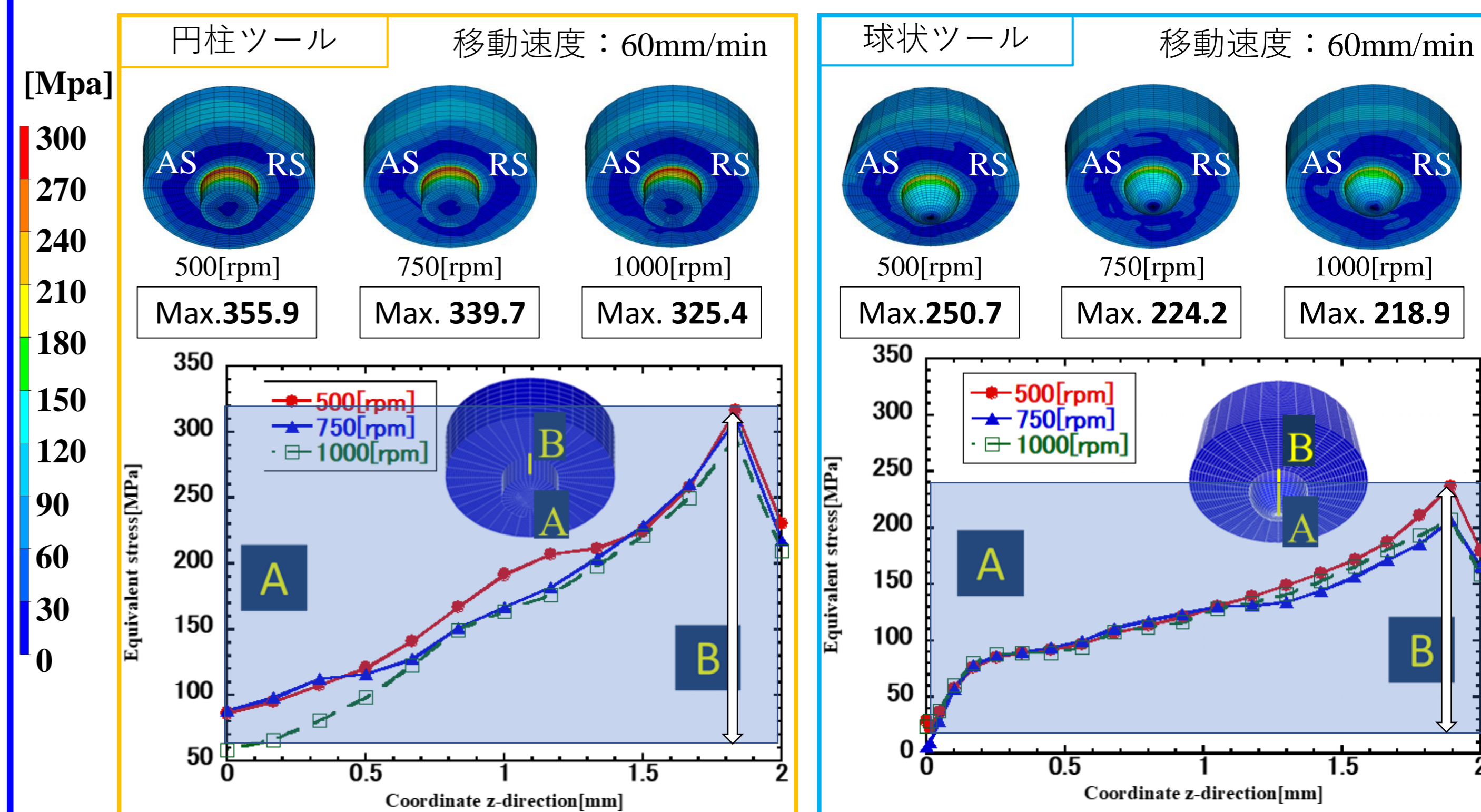
ツール粒子数 6391
総粒子数 82787

継手強度への ツール移動速度[mm/min]
ツール回転速度[rpm] を各種形状において確認

解析結果



温度分布に対するツール形状による影響が少ない



ツール強度(応力)は球状ツール形状を用いることで低い応力になる

結論

本研究では、FSWに関する力学シミュレーション手法の確立へ向けて、粒子法による検討を行った。得られた知見を以下に示す。

- ツール形状による影響を比較したとき、同一の接合条件において円柱ツールと同程度まで温度が上昇していることが確認できた。また、円柱ツールの表面応力が球状ツールより小さいことがわかった。
- 提案手法によりツールの応力に及ぼす諸因子の影響及び最適なツール形状について検討可能であることを示した。