

# SPH 法によるメソスケール焼付きシミュレーションモデルの改良

## Improvement of mesoscale seizure model by SPH method

兵庫県立大・情報（正）\*杉村 奈都子 兵庫県立大・情報（非）Le Van Sang

都市大・工（正）三原 雄司 兵庫県立大・情報（正）鷲津 仁志

Natsuko Sugimura\*, Le Van Sang\*, Yuji Mihara\*\*, Hitoshi Washizu\*

\*University of Hyogo, \*\*Tokyo City University

### 1. はじめに

金属固体のせん断摩擦について、粒子法の一つである Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) 法を用いた大規模計算モデルを開発し、メソスケールの焼付きに至る過程を調べる。これまでに、固体摩擦状態において、界面相互作用を起点とする塑性流動を伴った発熱モデルを提案した[1]。ところで、焼付きに至る過程においてはせん断表面が繰り返し摩擦や塑性流動などによる変形を経験し、塑性流動部分が界面全域に広がって焼付くことが指摘されている[2]。そこで焼付きに至る過程について、時間履歴を含む何らかのシミュレーションならではの指標を示せないかと考えた。

### 2. 目的

摩擦界面が衝突と摩擦と塑性流動を経ながらも、焼き付かずに完全に元の状態に戻るとすれば、その間に界面に加えられた力の積算値はゼロである。一方で焼付く場合には、この力の相殺が期待できない。何度も界面状態の変化を繰り返す様子は、この力の積算値の振動であらわされるであろう。

そこで、弾塑性体のせん断各部位における力の積算平均値に着目し、界面状態の変化の指標になるかどうかを調べる。

### 3. 手法・モデル

せん断面方向  $3\mu\text{m}$  四方、鉛直方向  $3\mu\text{m}$  の基本系を仮定し、上下せん断面にそれぞれ円錐型アスペリティを均等に配する。解像度は約  $0.033\mu\text{m}$ 、粒子数約 43 万、これまでの焼付きモデルに比べて鉛直方向の厚みを大きく取り、せん断面方向に周期境界条件を課す。上部弾塑性固体にせん断と荷重を加え、計算には富岳を用いる。

その他、提唱する指標を比較検討するために、1 万～78 万粒子の同様な計算の結果を引用する。

### 4. 結果

弾塑性体の界面アスペリティ接触において、弾性衝突で大きな撃力が生じる場合と界面で凝着を起こす場合について、結果例を示す。力の積算平均値はせん断方向に 6 等分した各領域別 (Figure 1) 各方向について調べ ( $F_{x1}\sim F_{x6}$ ,  $F_{y1}\sim F_{y6}$ ,  $F_{z1}\sim F_{z6}$ )、その領域全体の平均値は  $F_{xt}$ ,  $F_{yt}$ ,  $F_{zt}$  としている。

さらに詳しい評価が必要であるが、力の積算平均履歴 (Figure 2~4) は各系でそれぞれ特徴的であることがわかる。均等にアスペリティを配したこの系では、凝着と摩擦を繰り返す系 (Figure 3) では、せん断方向の力の積算平均値について、①④, ②⑤, ③⑥が同じような動きをして、領域全体としてもわずかにせん断逆側に力の積算値が振れながら振動する。Figure 4 はせん断固体の鉛直厚みが少なく荷重の小さな系の結果であるが、やはり凝着摩擦を起こすもので、Fig.3 と同様の領域ごとの動きを示す。

一方で、アスペリティの弾性衝突が顕著な系で (Figure 2) では領域ごとの違いは顕著ではなく、衝突した段階で大きなせん断逆方向の力が積算値に加わった後は、力の積算平均値が徐々に元に戻ってゆく (せん断方向に力が加わってゆく)。

ちなみに、摩擦係数の分子に相当する接触面で計

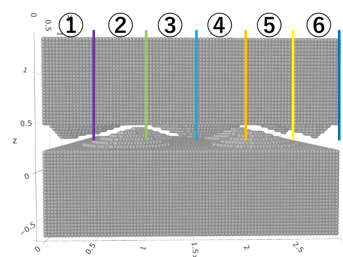


Fig.1 Area division for analysis

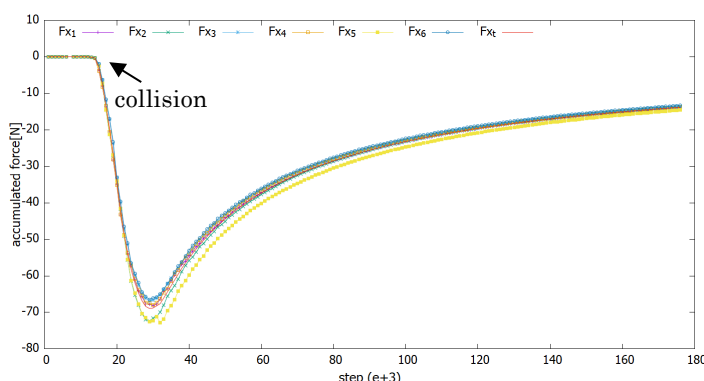


Fig.2 Time development of accumulated force in shear direction, a) elastic collision

測される力の推移からは、接触時に振動するという情報以上のものが得られない。

## 5. 考察

さらに界面が強く凝着し続ける系について Figure 5 に示す。ここでもアスペリティの接触の初期には領域①④, ②⑤, ③⑥の共同の推移がみられるが、その後、凝着が進む間に各領域で異なる推移を示す傾向を見せる。その際の各領域の平均温度の推移を Figure 6 に示すが、領域間の共同の推移が崩れるあたり (30e+3 step 付近) から、下部固体で見ればアスペリティの前方側で、温度がより急激に上昇する。

焼付きにより運動が静止するところまで計算を進めることはなかなか難しいが、さらに積算平均履歴を多サンプルについて調査することによって、引き続き焼付き前段階の指標としての有効性を検討したい。

## 文献

- 1) 杉村 奈都子, Le Van Sang, 三原 雄司, 鷲津 仁志, トライボロジー会議 2021 秋松江, 162-L0101
- 2) Y.Matsuzaki, K.Yagi, J.Sugimura, Wear, 386-387(2017)165-172

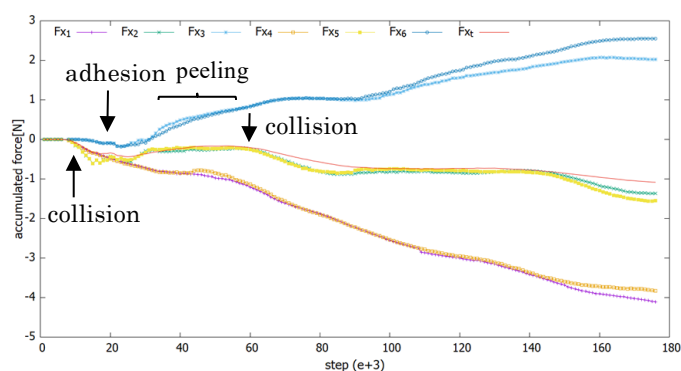


Fig.3 Time development of accumulated force in shear direction, b) adhesion and wear

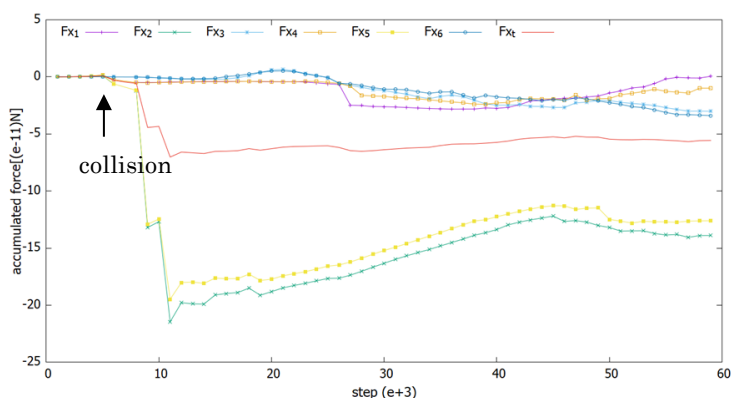


Fig.4 Time development of accumulated force in shear direction, c) adhesion and wear on small system

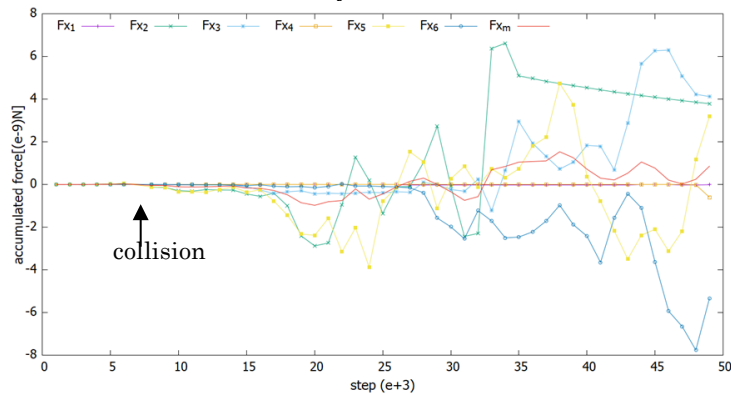


Fig.5 Time development of accumulated force in shear direction, d) strong adhesion on small system

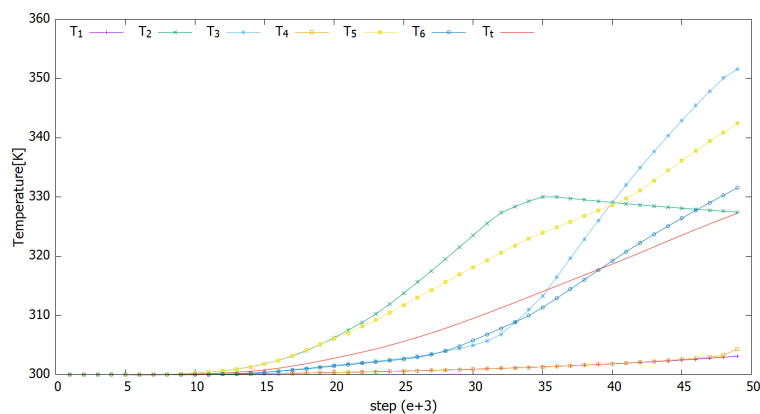


Fig.6 Time development of temperature in shear direction, a) elastic collision