

# SJKR-2 粘着モデルの数式解説 (cohesion\_model\_sjkr2.h)

Open DEM Japan

2025年6月29日

二球  $i, j$  (半径  $R_i, R_j$ , 中心間距離  $r$ ) または球と平面壁間の接触領域を幾何学的に評価し, 面積比例で粘着力を与える簡略 JKR 拡張モデルである. 型対依存の表面エネルギー密度  $w_{ij}$  を用意し, 接触面積  $A_c$  を算出して

$$F_{\text{coh}} = -w_{ij} A_c \quad (1)$$

を法線方向へ作用させる (負号は引力).

## ■接触面積 $A_c$

**球-壁** 壁は無限半径と見なし, 球中心から壁までの距離を  $r$  とすると

$$A_c^{\text{wall}} = \pi 2R_i(R_i - r) \quad (0 \leq r \leq R_i) \quad (2)$$

**球-球** 二球の重なり長さ  $\delta = R_i + R_j - r$  が正のとき

$$A_c^{\text{sphere}} = \pi 2 R_{\text{eff}} \delta, \quad R_{\text{eff}} = \frac{2R_i R_j}{R_i + R_j} \quad (3)$$

となる. 式 (3) はハーツ接触式の平方根依存を線形化した近似であり, 接触半径  $a = \sqrt{R_{\text{eff}} \delta}$  を使って  $A_c = \pi a^2$  を再現する.

**■粒子への力の付加** 法線単位ベクトル  $\mathbf{n} = (\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j)/r$  を用いて

$$\mathbf{F}_i = F_{\text{coh}} \mathbf{n}, \quad \mathbf{F}_j = -\mathbf{F}_i \quad (4)$$

とする. 球-壁では  $\mathbf{F}_j$  は壁に吸収される.

オプション `tangential_reduce` が `on` の場合,  $\mathbf{F}_i$  の接線成分を除外し, 法線方向部分のみを (4) に残す.

## ■特徴・制限

- 弾性圧縮量を計算せず, 幾何学的な重なりだけで粘着面積を決定するため計算が高速.
- 接触破断ヒステリシスは含まれていない. モデルから離れた瞬間に  $A_c = 0$  となり, 引力も消失する.
- 作用力は常に法線方向であるためトルクは生じない.
- 表面エネルギー密度  $w_{ij}$  のみで材料依存性を表現できるが, 実 JKR 弾性-粘着挙動を忠実に再現するには適切な較正が必要となる.