”Velocity/Mesh モデル” の数式解説（compute_velocity_mesh.cpp）

Open DEM Japan

2025 年 7 月 2 日

三角形ポリゴンで構成された剛体メッシュ $\mathcal{B}$ を考える．メッシュは節点 $i = 1, \ldots, N$ を持ち，各節点質量を m_i とし，全質量を

$$M = \sum_{i=1}^{N} m_i \tag{1}$$

とする．質量中心位置を

$$\mathbf{r}_\mathrm{c} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^{N} m_i \, \mathbf{r}_i, \tag{2}$$

節点速度を $\dot{\mathbf{r}}_i$ とすると，メッシュ全体の並進速度は

$$\mathbf{v} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^{N} m_i \, \dot{\mathbf{r}}_i, \tag{3}$$

で与えられる．

質量中心まわりの角運動量は

$$\mathbf{L} = \sum_{i=1}^{N} m_i \, (\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_\mathrm{c}) \times \dot{\mathbf{r}}_i, \tag{4}$$

であり，慣性モーメントテンソル

$$\mathbf{I} = \sum_{i=1}^{N} m_i \big[\|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_\mathrm{c}\|^2 \mathbf{I}_3 - (\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_\mathrm{c}) \otimes (\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_\mathrm{c}) \big] \tag{5}$$

（$\mathbf{I}_3$ は単位行列）を用いれば角速度は剛体関係

$$\boldsymbol{\omega} = \mathbf{I}^{-1} \mathbf{L} \tag{6}$$

によって一意に決まる．

`compute_velocity/mesh` は

$$\big(v_x, v_y, v_z, \omega_x, \omega_y, \omega_z\big) \tag{7}$$

を要素とする 6 成分ベクトルを返す．内部関数 `triMesh()->get_global_vel` は式 (3) を，`triMesh()->get_global_omega` は式 (6) を計算しており，これらがコードの `vector[0]` – `vector[5]` に格納される．

以上により，本コンピュートはメッシュ剛体の総並進速度と角速度を数式 (3)，(6) に基づいて評価していることがわかる．