1　理論

1.1　トルクと粒子の回転

せん断流下に球形粒子が存在する場合，流体から受けるトルクは式 (1) で表される．

$$\boldsymbol{N}^{\mathrm{H}} = 4\pi\mu a^3\dot{\gamma} \tag{1}$$

ここで，μ は流体の粘度，a は粒子の半径，$\dot{\gamma}$ はせん断速度である．流体から受けるトルクに加えて，**??**で述べた bottom heavy 性によるトルクを考えることで，粒子の回転の有無を考えることができる．せん断速度が小さい場合には，bottom heavy 性によるトルクが支配的となり，トルクの和が 0 となる角度で粒子の進行方向が固定され，回転しないことが予想される．一方，せん断速度が大きい場合には，流体から受けるトルクが支配的となり，粒子が定常的に回転することが予想される．このように，流体から受けるトルクと bottom heavy 性によるトルクの釣り合いから，粒子の進行方向が異方的になることが予想される．

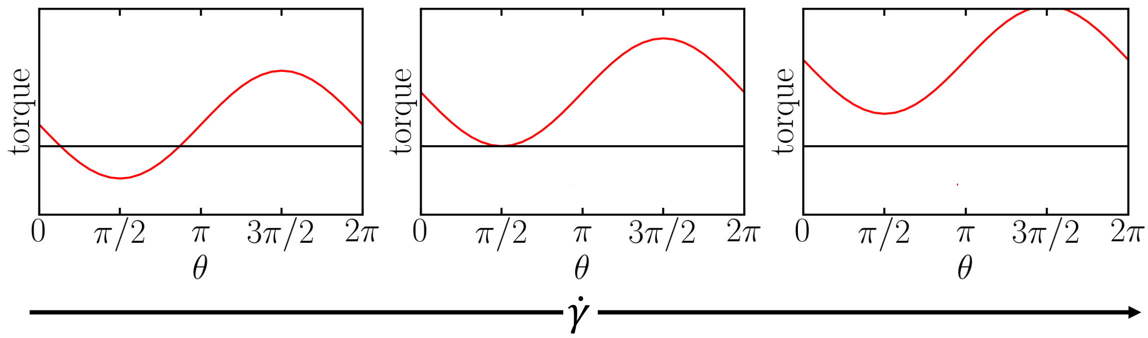

Fig. 1　流体から受けるトルクと bottom heavy 性によるトルクの和とせん断速度との関係

1.2　粒子の回転が系に及ぼす影響

粒子が系に存在することで生じる応力は，式 (2) のように，それぞれの粒子が存在することによる応力の総和を系の体積で割ることで求めることができる．

$$\boldsymbol{\Sigma}^{(\mathrm{p})} = \frac{1}{V}\sum \boldsymbol{S} \tag{2}$$

系に存在する粒子が，squirmer 単体である場合には，その存在による応力は，式 (3) のように表される．

$$S_{\mathrm{sol}} = \frac{4}{3}\pi a^2(3\boldsymbol{ee} - \boldsymbol{I})B_2 \tag{3}$$

式 (3) を (2) に代入し，squirmer の方向ベクトルを成分表示し，応力の xy 成分を抽出すると，式 (4) のように表される．

$$\Sigma_{xy}^{(\mathrm{p})} = \frac{4\pi a^2 B_2}{V} e_x e_y \tag{4}$$

この応力は，Fig.2 のように表される．

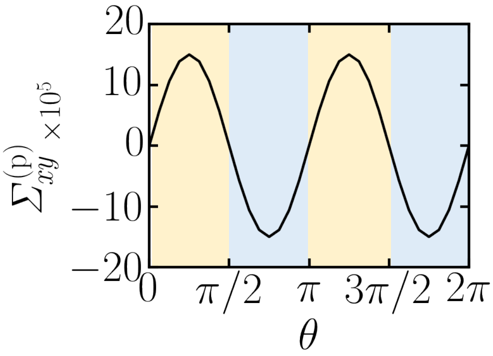

Fig. 2 単体 squirmer の存在による応力の *xy* 成分

このグラフより，粒子の進行方向がオレンジ色で示した範囲内に固定される場合には，系の応力を大きくする方向に働き，水色で示した範囲内に固定される場合には，系の応力を小さくする方向に働くことが分かる．一方，粒子が定常的に回転している場合には，粒子の存在による応力の時間平均をとると，プラスとマイナスで打ち消し合い，系に影響は与えないと予想される．