

(1) フロック形成過程の数値解析

九州大学工学部 楠 田 哲 也
古 賀 憲 一

フロック形成過程をシミュレートする際の問題点を列記すると、① μm あるいは $1/10 \mu\text{m}$ から mm まで粒径で 10^4 倍、体積で 10^{12} 倍にわたる変化範囲にあるものを、計算機の中にどう記憶させるかという記憶容量および計算に要する経費の問題、② フロック衝突時の衝突効率の問題（流体場における 2 物体間の相対運動の問題）、③ 衝突後の合一確率の問題、④ 形成フロックの形状の問題、⑤ フロックの破壊に関するフロック強度および流体から受ける応力に関する問題、⑥ フロックの破壊形態、⑦ フロック構成物質の物性に由来する力学的挙動および応力に対する履歴性の問題、⑧ フロックの構造と密度、⑨ フロック形成装置個有の問題等となる。

本研究前半の乱流下におけるフロック形成では、①についてはフロック粒度を 2 進法的にグループ分けを行ない、②、③については衝突合一係数 β は定数とし、④についてはフロックは常に球であるとし、⑤についてはフロックはその両端に作用する動圧強度差（ G 値の自乗に比例）により破壊するとし、⑥については破壊によりフロックは元の $1/2$ に 2 分割されるとし、⑦、⑨は無視、⑧は実験から求めた密度関数を用いて推定している。後半の凝集沈降については、①～④、⑦、⑨は前半と同一であり、⑤、⑥については破壊を無視し、⑧についてはどの場合のフロック密度関数を用いたか不明である。①については計算機の性能の向上とともに変り得る問題であるが、②～⑨については既にかんりの知見が得られている。②については β は少なくとも二粒子の粒径比の関数であるし、④については球であることは稀であるし、⑤についてはフロックの破壊は G 値、フロック体積およびその履歴の関数であるし、⑥については $1/2$ に 2 分割されることは少なく、数個に分割されやすいし、凝集沈降時にも破壊されうる等である。フロック形成のシミュレーションを実用に応用できるようにするためには、仮定は簡単など好ましいので、本研究で用いられている仮定も、これらと比較検討の上導入されたものであるならば、検討結果について、お教えいただければありがたい。

本研究で用いられている計算法は構成粒子数を対数的に等分割し、この分割された各群において代表となる粒子数（粒子径）を 1 つ定め、その 1 分割にはその大きさのフロックのみが存在しているものとするやり方である。したがって、第 n 番目と第 m 番目のグループ（ $n \leq m$ ）が衝突すれば、第 m 番目のグループに属するフロックが、 Δkm 個、第 $m+1$ 番目のグループに属するものが $\Delta km+1$ 個できることになる。このとき Δkm 、 $\Delta km+1$ としてのフロック個数の配分法は、①粒子個数の保存則と②任意に採用しうる条件、の 2 条件により決定される。②の条件として、本研究では、めんどろな計算のもとに、粒度分布を均一と仮定して表 2 のように m 、 $m+1$ 群代表粒子に成生フロックを振振けている。この方法は幾何学的に明解であるが、他方次のような欠点をもっている。例えば、 2^n 個の 1 倍粒子をもつフロックと 2^m 個の 1 倍粒子をもつフロック（ $n \leq m$ ）が衝突したとき、 $2^m + 2^n$ 個の 1 倍粒子をもつフロックしかできないのに $2^{m+1}(-2^m+2^n)$ の 1 倍粒子をもつフロックができるとする点である。表 2 で見ると 2 群と 3 群の衝突で最大 10 個の 1 倍粒子を持つフロックしかできないのに、8 個から 15 個の 1 倍粒子を持つフロックができたとする点である。つまり、できてもない大フロックをできたものとみなして計算を続けていくことになる。この点を補うために条件②に物理的意味を有するものを採用し得る。その一例として、成長により増した分のフロックの量に関する重み付平均径が代表粒子数のフロック径に等しくなるようにしたものがある。¹⁾ 条件②についても比較検討されていたら、お教え願いたい。

他に、乱流フロックシミュレーションの計算において非定常解と定常解の C/B が同じであるという保証、凝集沈降における同一群内の衝突（ $S=11$ では 1024 ～ 2040 倍粒子まで分布している）の無視、沈降現象は下方の影響を物理的に受けないのに、ラックスベンドロフ法を採用したが故に下方境界条件、換言すれば $n_{k,p}^{q+1}$ を決定するのに $n_{k,p+1}^q$ を必要とするという矛盾等についても御教示いただければありがたい。

参考文献 1) 栗谷・楠田；平衡状態におけるフロックの粒度分布について、第 24 回土木学会年次学術講演会講演概要集、

昭和 44 年 9 月