粒状体の流動現象のモデル化について（その２）

鹿児島大学工学部　学生員　木佐貫浄治
同　　上　　正　員　北村　良介

１．まえがき

北方ら[1]は、前報で北村が提案しているマルコフ・モデルを用い、粒状体の流動現象のモデル化を試みた。前報で取り入れられたアイディアは有効であると考えるが、その手法を発展させるためには検討の余地が残されていた。

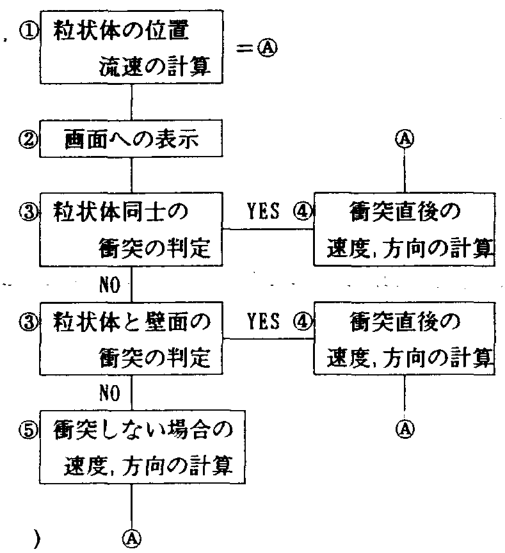
本報告では、前報と見地を変え、２つの弾性球の衝突問題を拡張し、傾斜した水路を無数の球（ガラスビーズ）が流下する現象をマイコンでシミュレートしようとするものである。

２．弾性球の衝突問題

弾性球の流動現象を斜面に平行な平面と垂直な平面の２つの２次元空間において、個々にシミュレートする。図－１は数値実験の計算手順を示すフローチャートである。また、数値実験中の計算は、弾性球の衝突問題の考えに基き、それぞれの粒状体の粒子の運動方程式を立て Δt 秒後の速度変位を求め（①）、粒状体同士・粒状体と壁面の衝突を判定し（③）、衝突直後の速度と反射角を求める（④）。

ここで衝突直後の速度を求めるには、運動量保存則、Newtonの反発の法則に従うものとし衝突直後の速度 w_1、w_2 は、次式で求める。

$$\left.\begin{aligned} w_1 &= v_1 + \frac{m_2(1+e)}{m_1+m_2}(v_2-v_1) \\ w_2 &= v_2 - \frac{m_1(1+e)}{m_1+m_2}(v_2-v_1) \end{aligned}\right\} \quad (1)$$



図－１　数値実験のフローチャート

（v_1、v_2：粒状体の衝突直前の速度，m_1、m_2：粒状体の質量，e：反発係数）

また、粒状体の衝突に際しては、衝撃力は接触点に直角に働き、球の中心の向きで接平面に沿う方向の成分はもたない。そのため接平面に平行な方向の運動量は保存され法線方向の運動量はNewtonの反発の法則に従う。

３．数値実験

表－１，２で示す入力データに基づいて数値シミュレーションを行う。斜面に垂直な２次元シミュレーションでは、図－２のように初速を三角形分布で与え、斜面に平行な平面では衝突がスムーズに行われるように粒状体の上方にいく程、初速を大きく与える。また、水路の幅方向に区切り粒状体の衝突回数をアウトプットした。

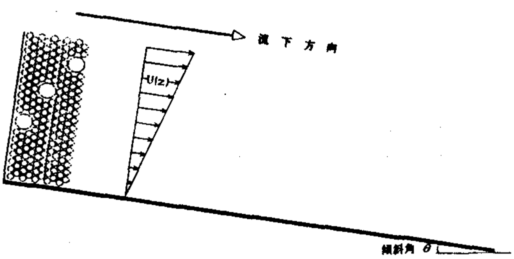
斜面に垂直な平面では、図－３，４のように大きい粒径の粒状体が小さい粒径の粒状体を押しのけて前方に進もうとする傾向があり。斜面に平行な平面では、図－５，６，７のように水路の中心に粒状体が集まる傾向にある。また、図－５，６の棒グラフで示される衝突回数の分布も当然のことながら水路の中心が大きくなり流速分布に似た形状になってくる。

表－１　数値実験（斜面に垂直な平面）の入力値

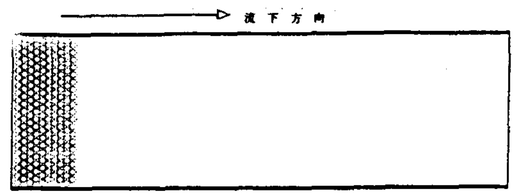
粒状体の数（個）	１５９
水路の高さ（cm）	１０
水路の長さ（cm）	４０
水路の勾配（度）	３０
粒状体の反発係数	０．６
斜面との摩擦係数	０．０１

表－２　数値実験（斜面に平行な平面）の入力値

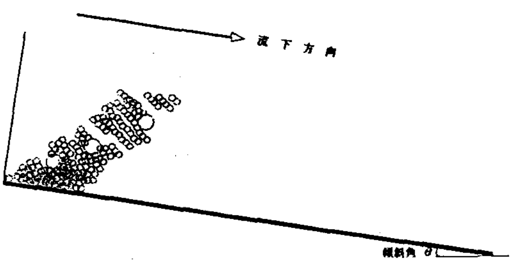
粒状体の数（個）	１９５
水路の幅　（cm）	１０
水路の長さ（cm）	４０
水路の勾配（度）	３０
粒状体の反発係数	０．６
斜面との摩擦係数	０．０１



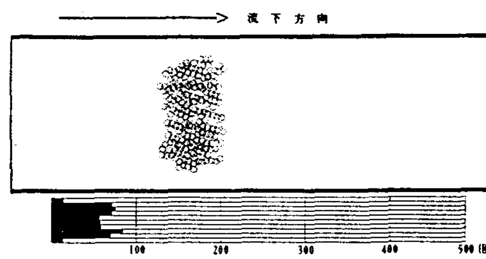
図－２　初期状態及び流速分布



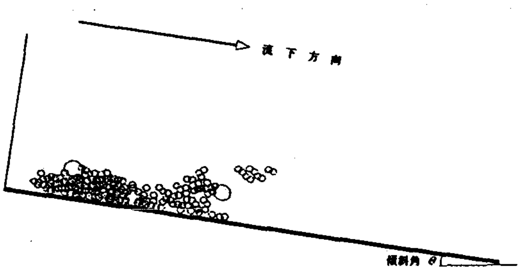
図－５　初期状態



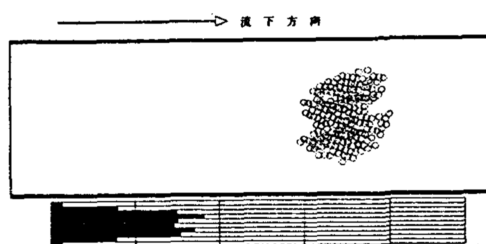
図－３　経過時間＝１．００秒



図－６　経過時間＝２．００秒



図－４　経過時間＝２．００秒



図－７　経過時間＝４．００秒

４．あとがき

粒状体の静的変形問題（土質力学で圧縮、せん断と称する問題）と、ここで取り扱った流動問題の間には粒子がゆっくりと運動しているか、はやく運動しているか、という相対的な差異しか存在せず同じ考え方で統一的に現象を説明できるものと考える。このような認識のもとにここに示された成果と前報でのアイディア等を結びつけ、粒状体力学の体系を目指したい。

～参考文献～

１）北方、北村、新地　：昭和６２年度土木学会西部支部研究発表会、pp.302-303,1987.