

## 粒状体の流動・堆積に関する実験的研究

鹿児島大学工学部 学生員 茂利 優喜 木佐貫 浄治  
正 員 北村 良介 城本 一義

## 1. まえがき

当研究室では「土石流は土、砂、礫と水との混合体である」という考えを前提とした桜島土石流の解析<sup>1)</sup>を行ってきている。その一貫として今回は試料に粒径5mmのガラスビーズを用いた流動・堆積実験を行い、一定水路上で流動あるいは堆積過程におけるガラスビーズの挙動を8mmビデオカメラを用いて解析した。

## 2. 実験方法

## ～流動実験～

実験には図-1のような長さ200cm、高さ及び幅10cmのアクリル製開水路を用いて行った。図のように8mmビデオカメラをセットして約60cmにわたるガラスビーズ（以下、ビーズ）の流動が観察できるようにし、水路上方で仕切り板によってせき止められていた気乾状態のビーズ5000cm<sup>3</sup>（個数にして約45500個）を、仕切り板を引き抜くことによって流下させた。流下終了後、8mmビデオデッキを用いてあらかじめ着色させてあったビーズの流下距離を計測し、図化した。なお、傾斜角は10°、15°、20°、25°、30°と変化させ、各々の場合の実験及び計測を行った。

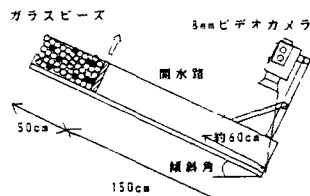


図-1：流動実験装置

## ～堆積実験～

実験装置には流動実験で用いた開水路に同型の開水路を地面に水平に接続したものを用いた（図-2）。そして、2つの水路の継目の前後約120cmにおけるビーズの挙動が観察できるように、図のように2台の8mmビデオカメラを取り付けた。実験の手順並びに与えた傾斜角は流動実験と同じである。また、堆積終了後には堆積深さと堆積距離を測定した。

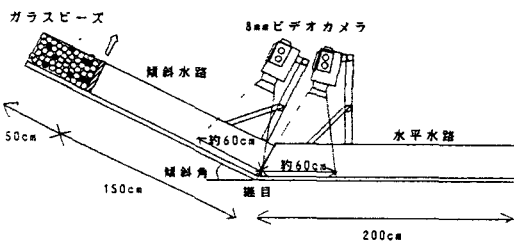


図-2：堆積実験装置

## 3. 実験結果及び考察

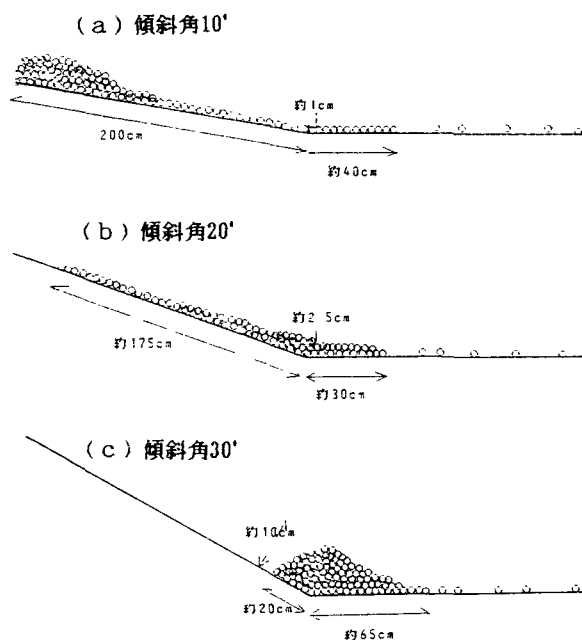
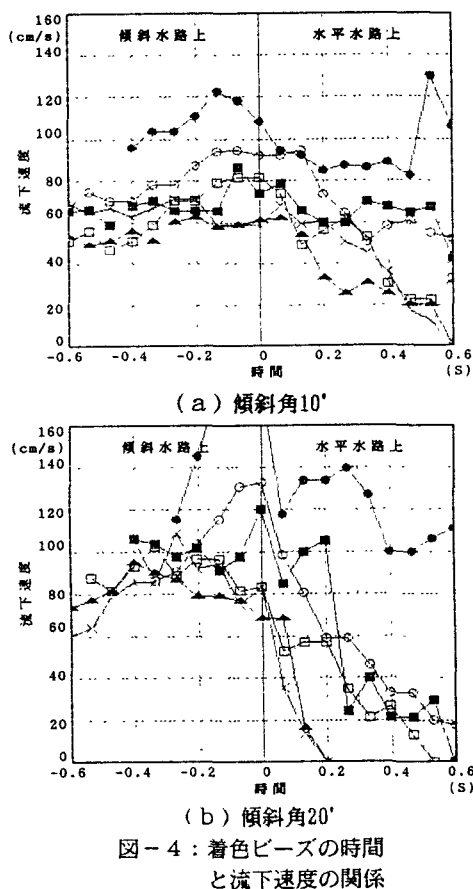
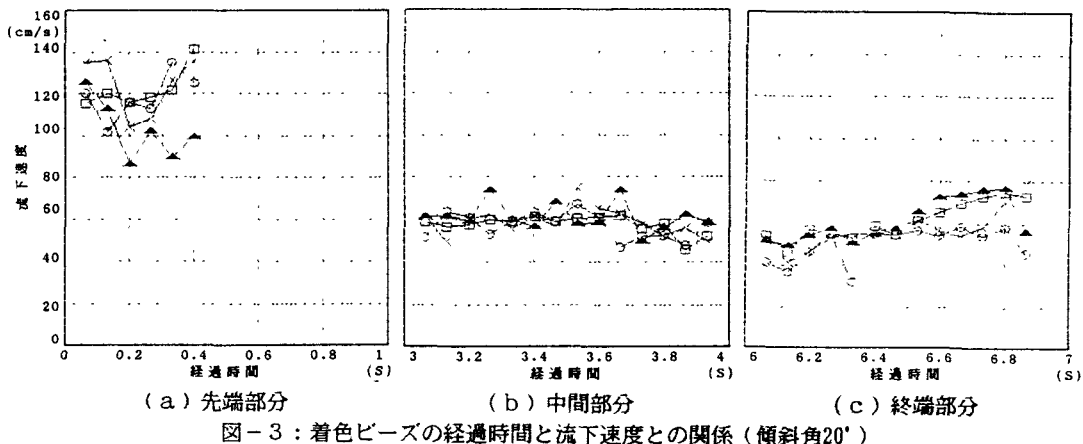
## ～流動実験～

図-3は傾斜角20°で流下させた時（流下時間約7秒）の着色ビーズの経過時間と流下速度との関係を表したものであり、次のような速度変化とビーズの量の変化がみられた。まず先端部分は流動現象において最も流れる量が少なく速度が速く、次々に加速して流れた（約0.5秒間）。その先端部分から中間部分にかけては徐々に量が増加するとともに加速度が減少し、ほぼ等速運動で流下した。この約2、3層に重なってビーズが流下する中間部分は流動の大部分を占めていた。流動の終了直前には流れる量が減少し、わずかな速度増加を生じた。このようにビーズの流下速度と流動中のビーズの量は大きく関与していた。

## ～堆積実験～

今回の実験において観察されたビーズの堆積過程は次のようであった。①：最先端部分の約50個のビーズは地面に水平な水路（以下、水平水路）に衝突してやや速度を落としたが、200cm以上流れた。②：続いて流下してきたビーズは水平水路との衝突やビーズ同士の衝突により速度が落ちて堆積し始めた。③：ビーズ同士の衝突の増加や水平水路との衝突による流動の抑制に加え、水平水路に堆積したビーズが大きな摩擦となり、続くビーズは急速に速度が減少して堆積した。④：そして②、③で堆積したビーズが大きな障害物となって、後続のビーズを停止させた。

また、図-4は傾斜角10°と20°の堆積実験における着色ビーズの時間と流下速度との関係を表している。図は経過時間の異なる着色ビーズがちょうど傾斜している水路（以下、傾斜水路）と水平水路の継目を通った時間を0秒とし、時間が負では傾斜水路上、正では水平水路上でのビーズの挙動を表している。2図を比較してみると20°の方が10°より傾斜水路での流下速度は大きい。しかし、一方では継目付近での流下速度の低下も大きくなっており、このことはビーズと水平水路との衝突によるエネルギー損失が大きいことを示している。これより、図-5（傾斜角10°、20°、30°における堆積状況）のように傾斜角が大きければ水平水路上での堆積範囲（200cm以上流れたビーズを除く）も大きいといった結果にはならなかった。その一方、堆積深さ並びに傾斜水路上での堆積範囲は傾斜角に大きく関係しており、傾斜角が大きいほど前者は深く、また後者は反対に短くなった。



#### 4. あとがき

今回の流動実験では、上記の結果の他に傾斜角が緩やかな水路（傾斜角 $15^\circ$ と $10^\circ$ ）において流動の一部に加速度の緩やかな増加と減少の繰り返し、つまり段波状態が見られた。また、別に粒径 $5\text{mm}$ のビーズの中に粒径 $10\text{mm}$ のビーズを混入して流下させた実験では粒径の大きなビーズが小

さなビーズの表面を突出して流れ、小さなビーズより速い速度で流れる様子が観察された。以上のことは現在までに解析されている実際の土石流現象に近い結果であり、本研究の手法は改良の余地はあるが、有効であると考えられる。今後は北村の提案している粒状体力学の考え方<sup>2)</sup>に結び付けてさらなる研究を進めたい。

〈参考文献〉1) 木佐貫、北村：平成二年度土木学会西部支部研究発表会、1991。

2) 北村：マルコフ過程を用いた粒状体の力学モデル、昭和61年度科研費研究成果報告書、1987。