

## ピンポン球なだれ実験 II

防災科学技術研究所 ○納口恭明・小林俊市・岩波越・小杉健二・中村秀臣  
森林総合研究所十日町試験地 遠藤八十一・小南裕志

### 1. はじめに

昨年度の本大会では、傾斜 $30^\circ$ 、幅 $1\text{m}$ 、長さ約 $20\text{m}$ の斜面上で $1$ 万個のピンポン球を用いて行ったピンポン球なだれ実験の結果を報告した。ピンポン球は形状が均質で付着性もなく、他の粒子と比べて軽いため、なだれ運動中における空気との相互作用が運動の性質を決定する上で主要な役割を果たすことになる。本報告では、傾斜 $40^\circ$ 、幅 $30\text{cm}$ 、長さ約 $20\text{m}$ の斜面上で行ったピンポン球なだれの実験結果を発表する。

### 2. 実験方法

実験に用いたなだれシュートは、傾斜 $40^\circ$ 斜面に沿って木製の雪樋を利用して設置した(図1)。ピンポン球はシュートの最上部にある箱に入れられ、箱の下端にある板を手動で開放することにより、なだれがスタートする。このスタート地点から約 $1.4\text{m}$ 下方のシュート側壁が透明の亚克力板できており高速ビデオカメラで運動の様子を撮影した。またこの部分の上から紙片を糸で吊し、なだれによって周辺の空気が乱される様子を可視化した。それと同時に、シュート最下端に超音波風速計を取付け、空気の乱れを計測した。この他、シュートの上端から $4\text{m}$ 間隔で $4$ 個の加速度計をシュート底面に取付け、なだれの運動にともなう引き起こされるシュートの震動を計測した。

なお、実験では一度に流下させるピンポン球の個数を $6$ 段階( $1$ 個・ $110$ 個・ $220$ 個・ $660$ 個・ $1400$ 個・ $2900$ 個)に分けて、その影響を調べた。

### 3. なだれの形態的特徴

前回の傾斜 $30^\circ$ のピンポン球なだれでは先端がクリアーに立ち上がり、末尾にかけてバラバラと散乱した形態となった。これに対して、今回の傾斜 $40^\circ$ のピンポン球なだれでは、先端がクリアーに立ち上がる傾向はさらに強まり、図2に示すように先端に頭部(head)をもち、その後ろに本体部(body)、尾部(tail)をもつ重力流ではよく知られている形態となった。

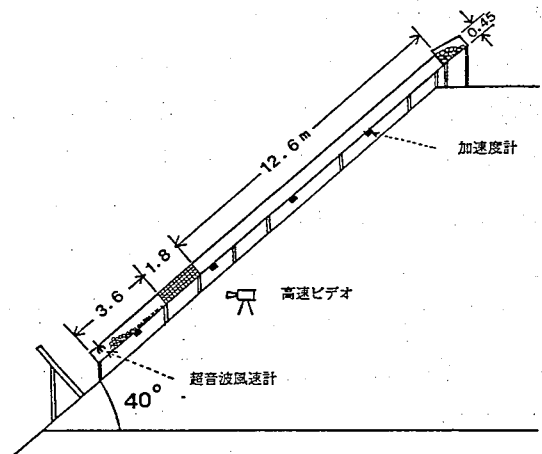


図1 なだれシュート

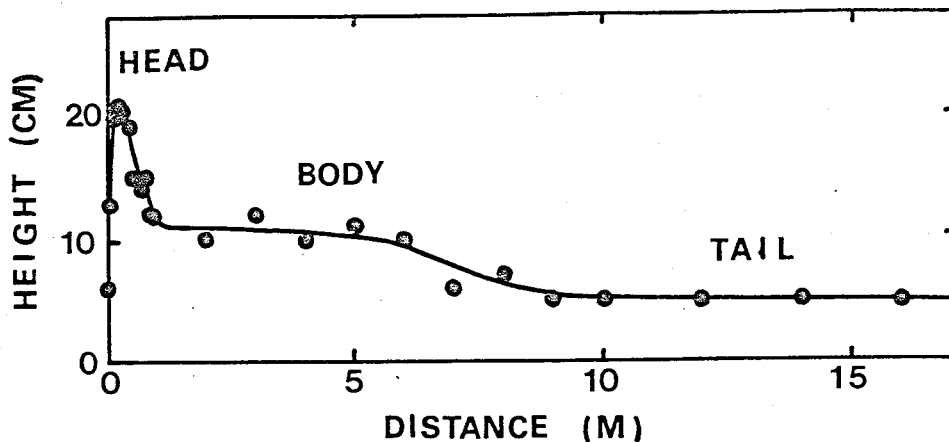


図2. ピンポン球なだれの縦断面形

#### 4. なだれの速度について

図3は静止状態からスタートしたピンポン球の集団が約1.4m流下した時点で得られた速度、およびなだれの高さの流下方向分布を、横軸を距離にして示したものである。この図からわかることは、頭部よりも本体部の方がやや速度が大きいこと、本体部から尾部にかけて徐々に速度が減少することである。これは頭部がさらに成長するとともに、全体としては尾部が伸びていく傾向を持つことを表している。

一度に流下させるピンポン球の個数を少なくすると、まずはじめに本体部が減少しはじめるが、頭部の大きさにはあまり変化はみられない。この段階では、ピンポン球の個数の変化は先端速度に影響を与えない。ところが、さらにピンポン球の個数を減少させると、本体部が完全に消失し、その結果、次に頭部が減少し始める。この段階になると、頭部の衰退に伴うかのように先端速度も減少し始める。

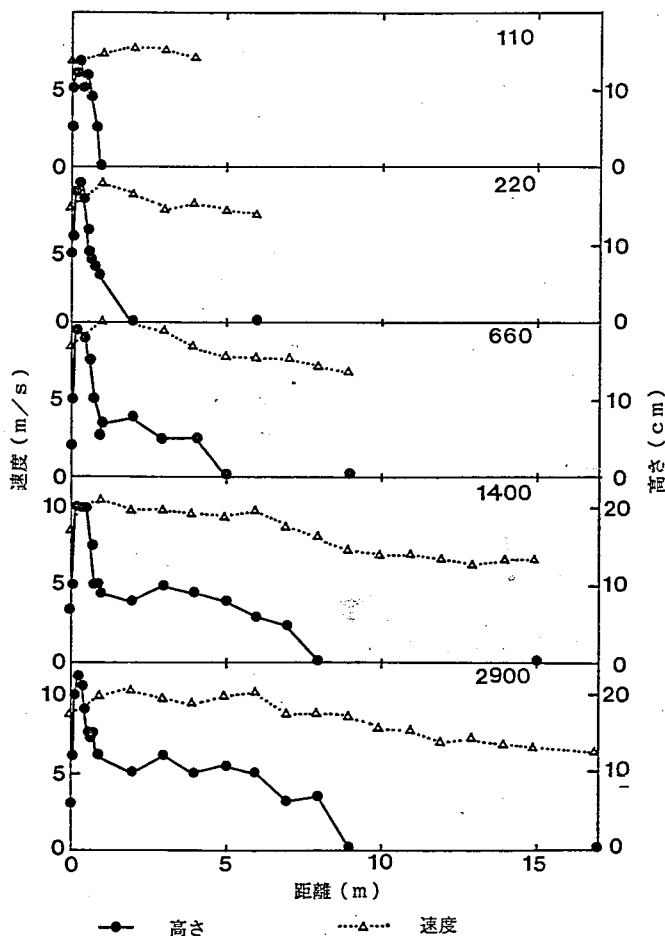


図3. ピンポン球なだれの速度と高さの分布

## 5. なだれによって引き起こされた風

図4はピンポン球なだれによって引き起こされた周辺の空気の乱れを超音波風速計で測定した結果である。超音波風速計のセンサー中心はなだれシュートの最下端部の底面から35cmと43cmの高さに設置した。2900個のピンポンなだれでは頭部における底面からの最大の高さは約25cmである。なおピンポン球なだれ通過前後の風の乱れは自然の風によるものである。

また、シュート上に吊した紙片の動きから、なだれ先端よりも約70cm前方に空気の乱れが先行していることがわかった。

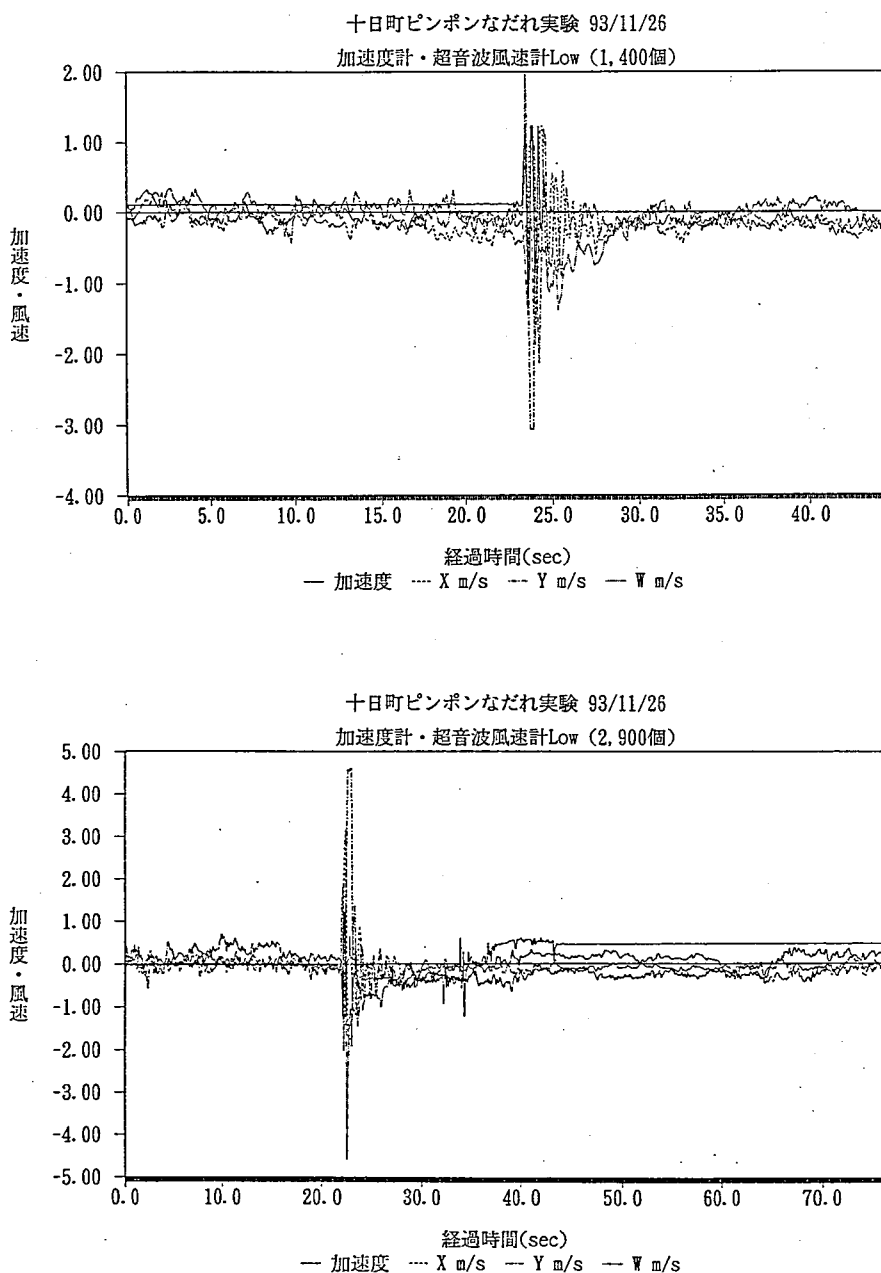


図4 なだれによって引き起こされたシュート底面から35cmの高さにおける空気の乱れ

## 6. なだれによって引き起こされたシュートの震動

図5は2900個のピンポン球なだれによって引き起こされたシュートの震動を4m間隔で4個の加速度計で測定したものである。なお比較のために、ピンポン球1個だけを流下させた場合も示す。

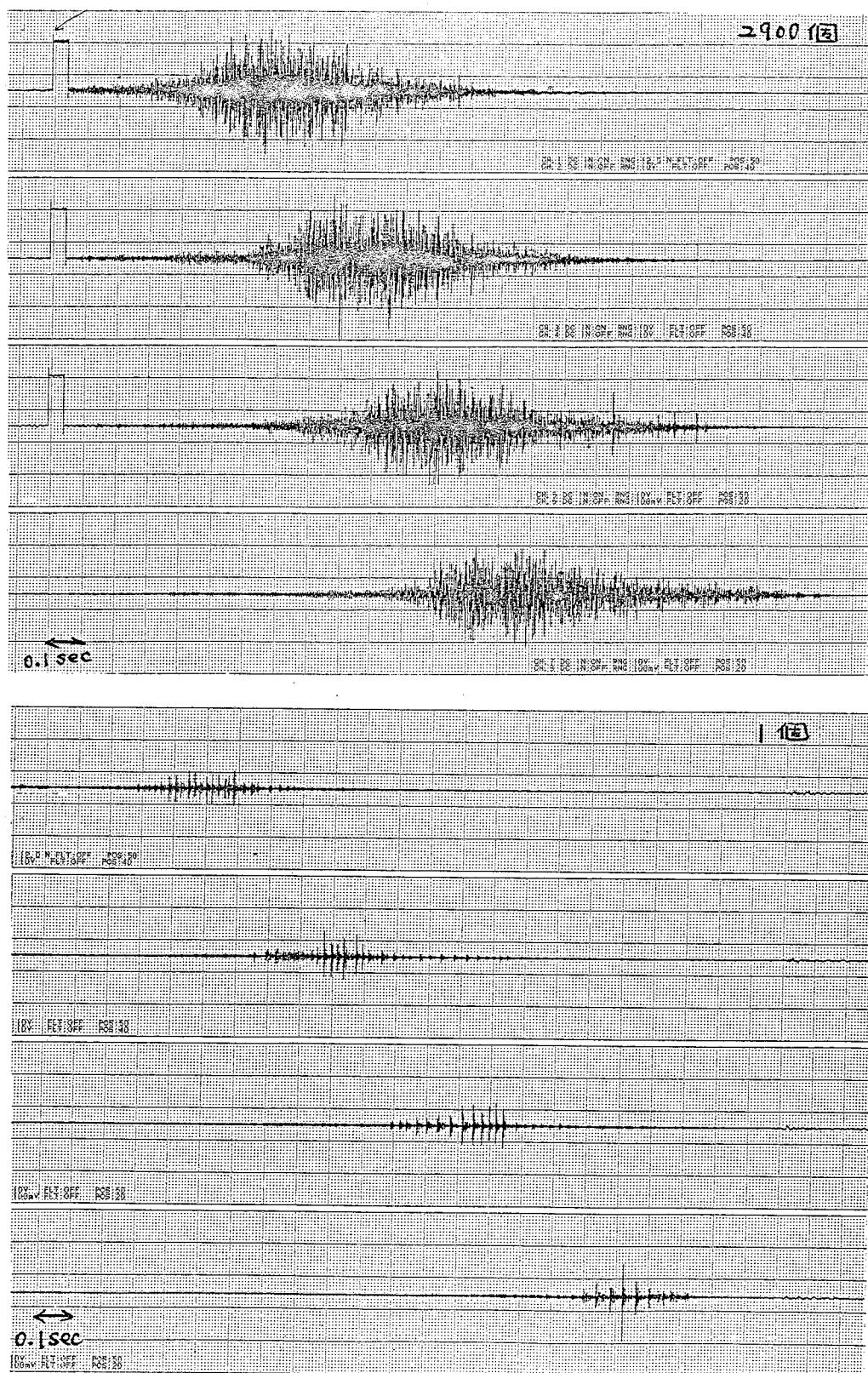


図5 加速度計によるピンポン球なだれの震動記録