



はじめに

本研究では砂の安息角を計測し、どのような傾向があるのか調べた。粒径や形、含水量によって安息角が変化するという仮説をたてた。

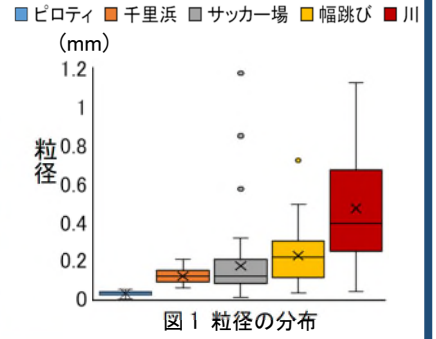
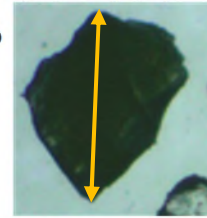
○安息角の計測方法

砂をトレイに入れ、表面が水平になるようにすりきる。それを傾斜台に置いて傾け、砂の表面が流れ出す時の角度を計測した。使用した器具はスマートフォンのセンサ、傾斜台、金属製トレイである。



○粒径の計測方法

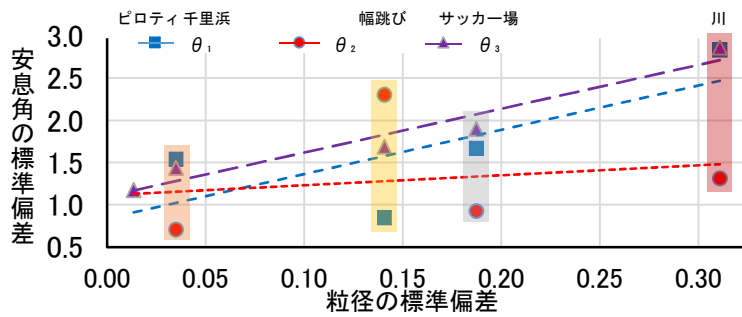
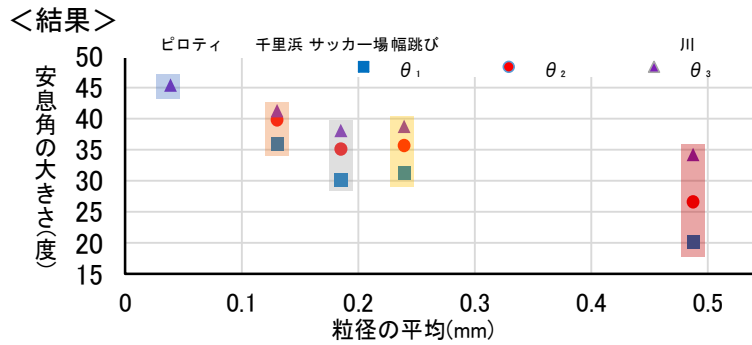
双眼実体顕微鏡で一粒ずつ長軸の長さを測った。右のグラフ(図1)は、粒径の分布である。右の写真は長軸のとり方を示している。



○実験 1

砂の表面が流れ出す角度が三段階に分かれていた。そのため以下のように θ_1 、 θ_2 、 θ_3 を定義した。

- θ_1 …トレイ上部から砂が初めて流れ出す角度
- θ_2 …トレイ中部から砂が初めて流れ出す角度
- θ_3 …トレイ下部から砂が初めて流れ出す角度



<考察>

- ・砂の粒径が小さいほど、砂の安息角が大きくなる(図2)。
- 粒径が小さいほど、砂がトレイに充填され、砂同士の接触面が大きくなることで、摩擦が強く働く。強い摩擦力が表面の砂に働くことで、表面の砂が流れ出しにくくなる。
- ・ $0 < R^2 < 1$ の範囲にあり、1に近づくほど相関が強いことを示す決定係数の考え方をを用いると、 $\theta_1=0.530$ 、 $\theta_2=0.0370$ 、 $\theta_3=0.942$ (有効数字3桁)となり、粒径のばらつき(標準偏差)と安息角の実験値のばらつき(標準偏差)に θ_3 では非常に強い相関、 θ_1 では強い相関、 θ_2 では相関がみられなかった(図3)。

○実験 2

1400mLの砂と150mLの水をよく混ぜ、実験1と同じ方法で計った。砂が水によって固まり、塊としてトレイから流れ出すため結果は θ_3 だけ取った。

<結果>

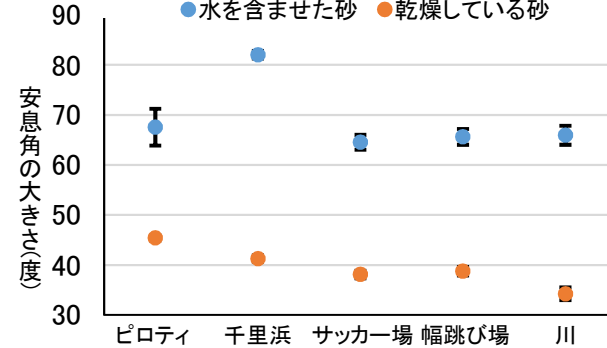


表1 安息角の標準偏差

採取場所	標準偏差
ピロティ	8.2
千里浜	1.7
サッカー場	3.5
幅跳び場	3.3
川	4.3

<考察>

- ・水が砂同士を引き寄せるため、どの砂も安息角が大きくなる。
- ・千里浜の砂は、粒径が小さく、形が角ばっており、トレイへより充填された(図5)。さらに、水がしみこみ固体のようになったため、安息角が大きくなり、実験値のばらつき(標準偏差)も小さくなった(表1)。
- ・ピロティの砂は崩れ方が毎回異なり、測定のために安息角(標準偏差)が大きくばらついた。
- ほかの砂と違いピロティの砂が水と均一に混ざらず、乾いた部分からと湿った部分から滑る2パターンがあったからなのではないか(図6)。

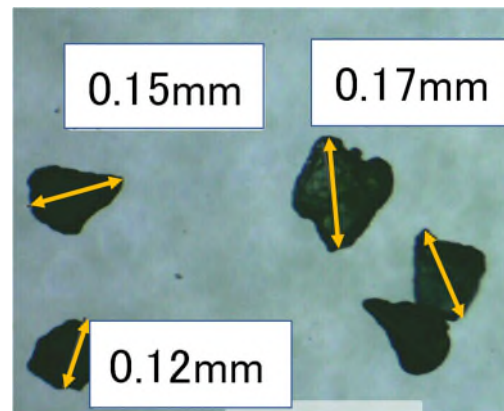


図5 千里浜の砂の粒

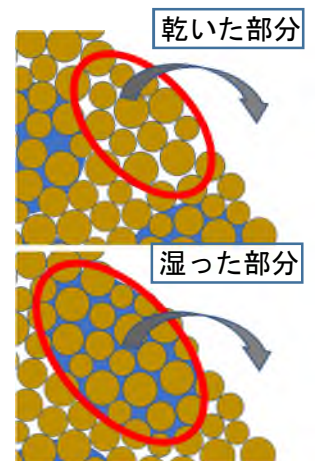


図6 ピロティの砂の滑り方の違い

○今後の課題

- ・ θ_2 で相関がみられなかった理由を調べる。
- ・ほかの状況下での安息角の変化を調べる。
- ・砂の安息角を数式で表現可能か模索する。

○参考文献

粉体の安息角および内部摩擦角の測定法 青木隆一

○謝辞

JAMSTECの谷川亘様には粒径の測定法をご指導いただいた。