

## 研究の概要

現在、不飽和土の強度推定は現地調査によるものが主流である。そのため、豪雨時の斜面崩壊に対する危険度を予測するためにも、飽和度ごとの強度推定を行いたい。不飽和土の強度変化の主要因である液架橋付着力は、土粒子間に懸架するメニスカス水の曲率半径に影響を受ける。

そこで、本研究では、土粒子の三次元座標を基に、不飽和土の構造を考察し、飽和度～液架橋付着力の関係の算出手法を提案する。

## 結論

等粒径の球形粒子群に限ってはあなが、粒子の三次元座標から飽和度～液架橋付着力の関係を定量的に算出する手法を確立した。その結果、2つのドロネー四面体において間隙の大きさの違いから起こるメニスカス水の連続的な懸架によって液架橋付着力の急増が発生することがわかった。これは、保水性試験により求まる水分特性曲線の高飽和度域の挙動に近いことが示された。

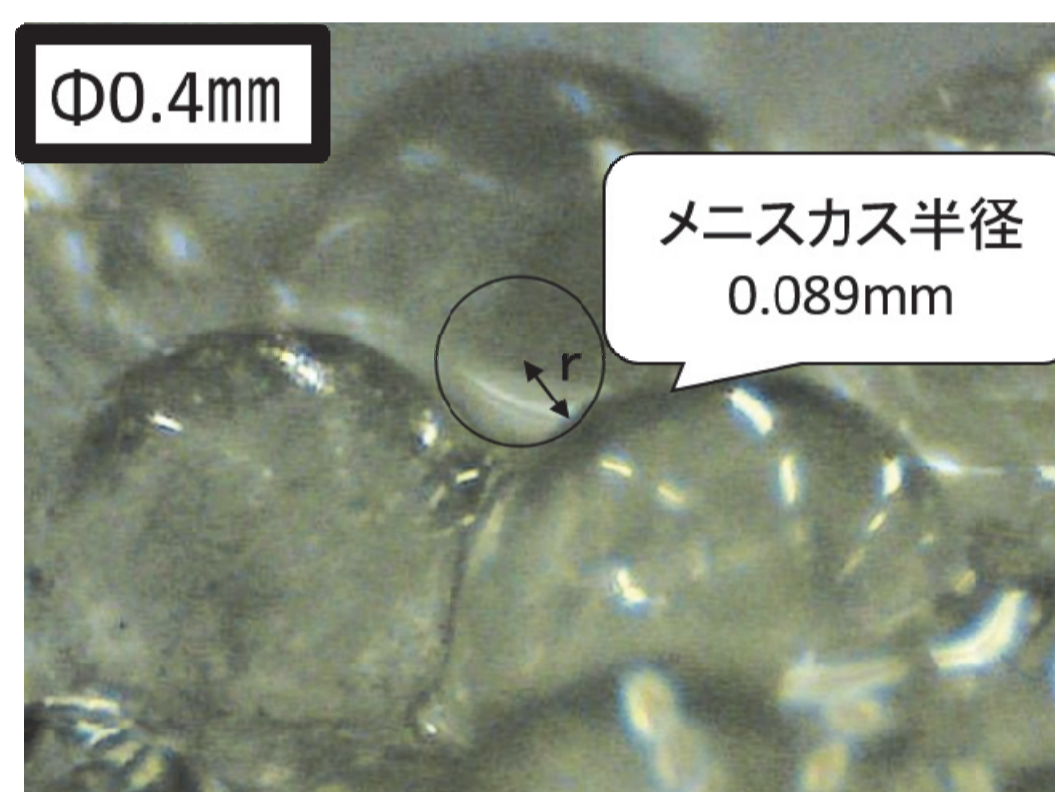
また、粒状集合体内での液架橋付着力の変化の傾向は、粒径によらず粒子間の位置関係で定まることが明らかとなった。

顕微鏡による観察から、メニスカス水の最大の大きさや懸架順序について知見を得た。

## 粒子間に懸架するメニスカス水の観察結果

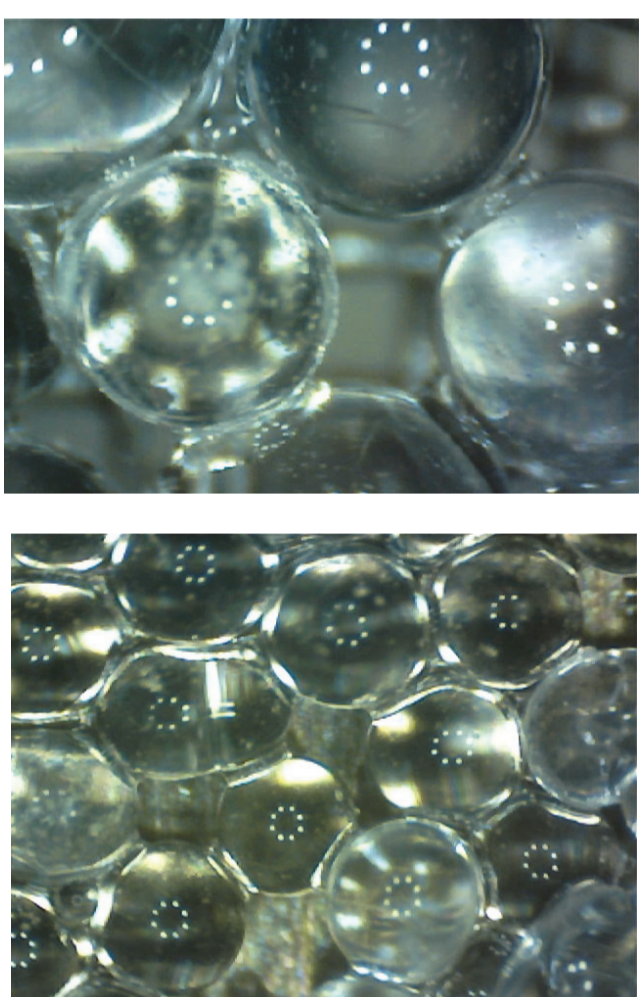
### メニスカス水の最大径

粒径	メニスカス半径
$\phi 0.2\text{mm}$	0.061mm～0.089mm
$\phi 0.4\text{mm}$	0.061mm～0.089mm
$\phi 0.8\text{mm}$	0.077mm～0.100mm



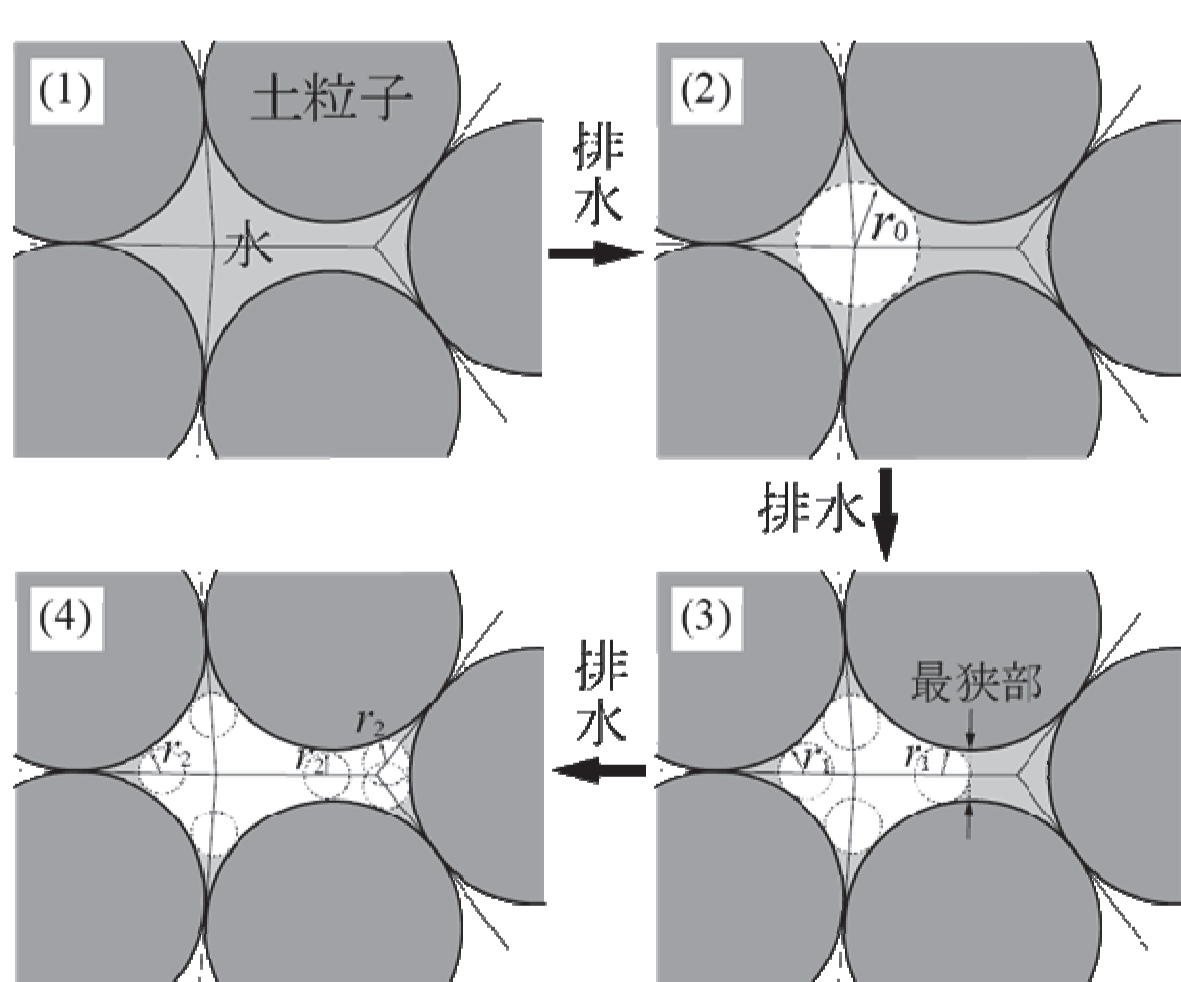
顕微鏡から最大のメニスカス半径を求めた。メニスカス半径の最大径は粒径によらず概ね同じ大きさであった。

### メニスカス水の曲率半径について



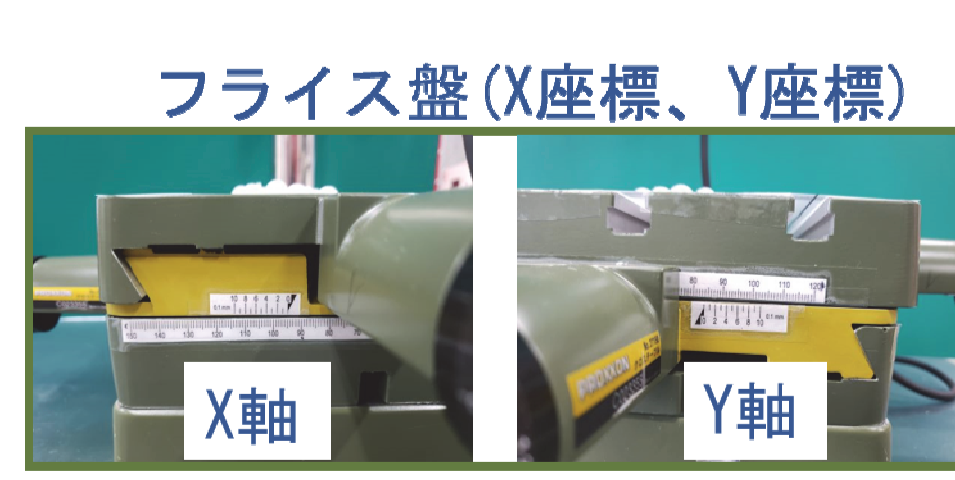
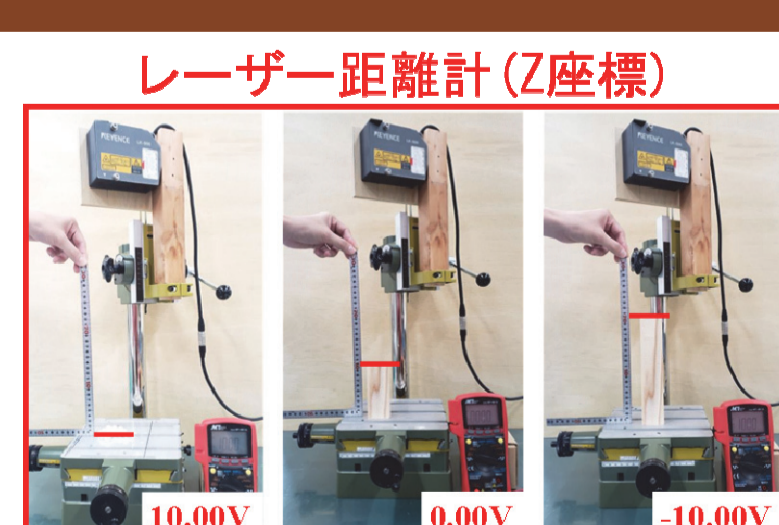
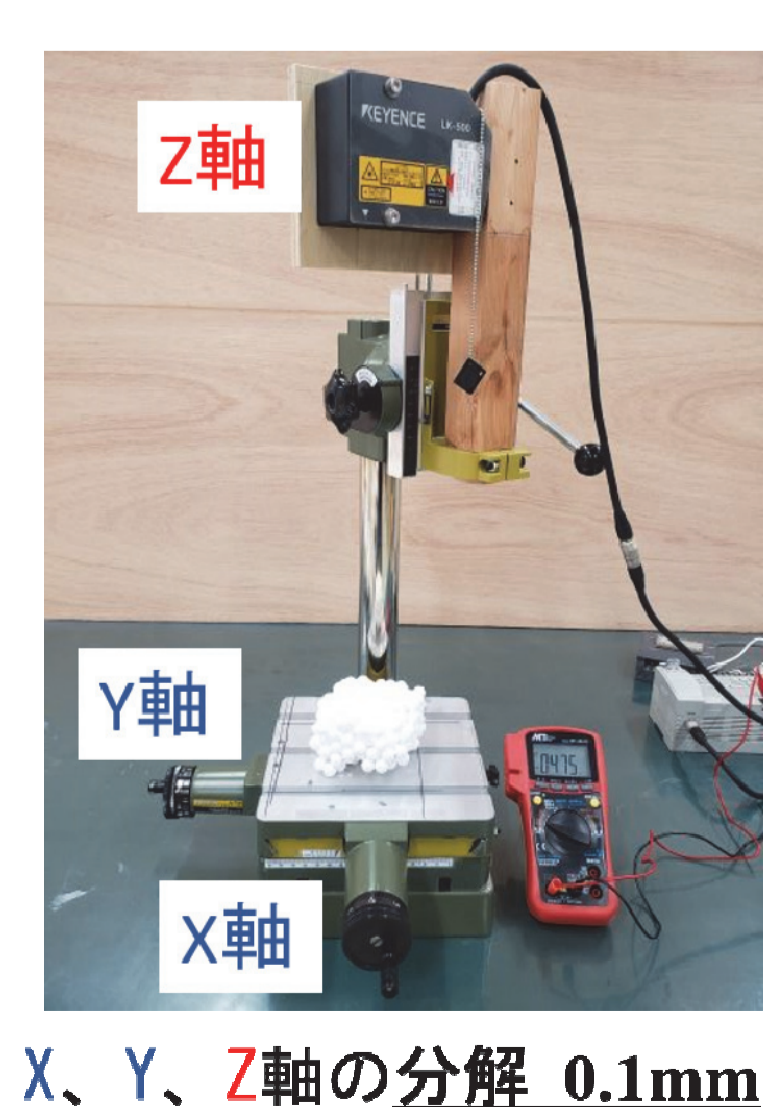
メニスカス水は大きな間隙から懸架する。また、排水が進み、間隙内を食い込んでいくと同時に小さな間隙にも順に懸架していく。複数粒子にまたがるような大きな間隙では、メニスカス半径が一様になる。

### メニスカス水の懸架順序



はじめに、(1)から(2)のように飽和状態からメニスカス水が懸架する。そして、(3)のようにメニスカス水は食い込んでいく。最狭部まで食い込んだら(4)のように間隙全体に懸架する。

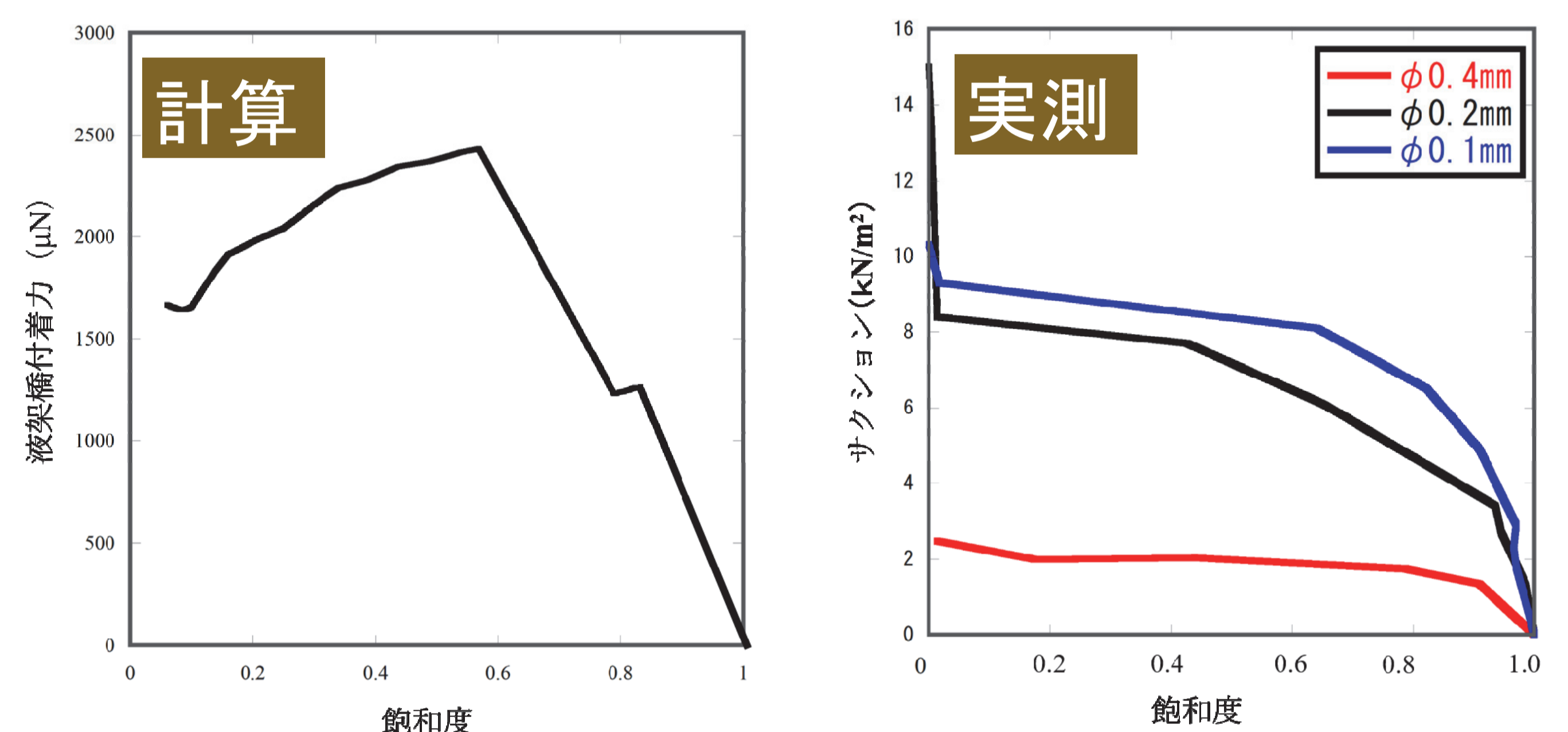
## 粒状集合体の三次元座標の悉皆調査



発泡ビーズを用いた粒状集合体を作製し、フライス盤とレーザー測距計で三次元座標の悉皆調査を行い粒状集合体の基礎データを得た。x軸、y軸、z軸の分解能は0.1mmである。

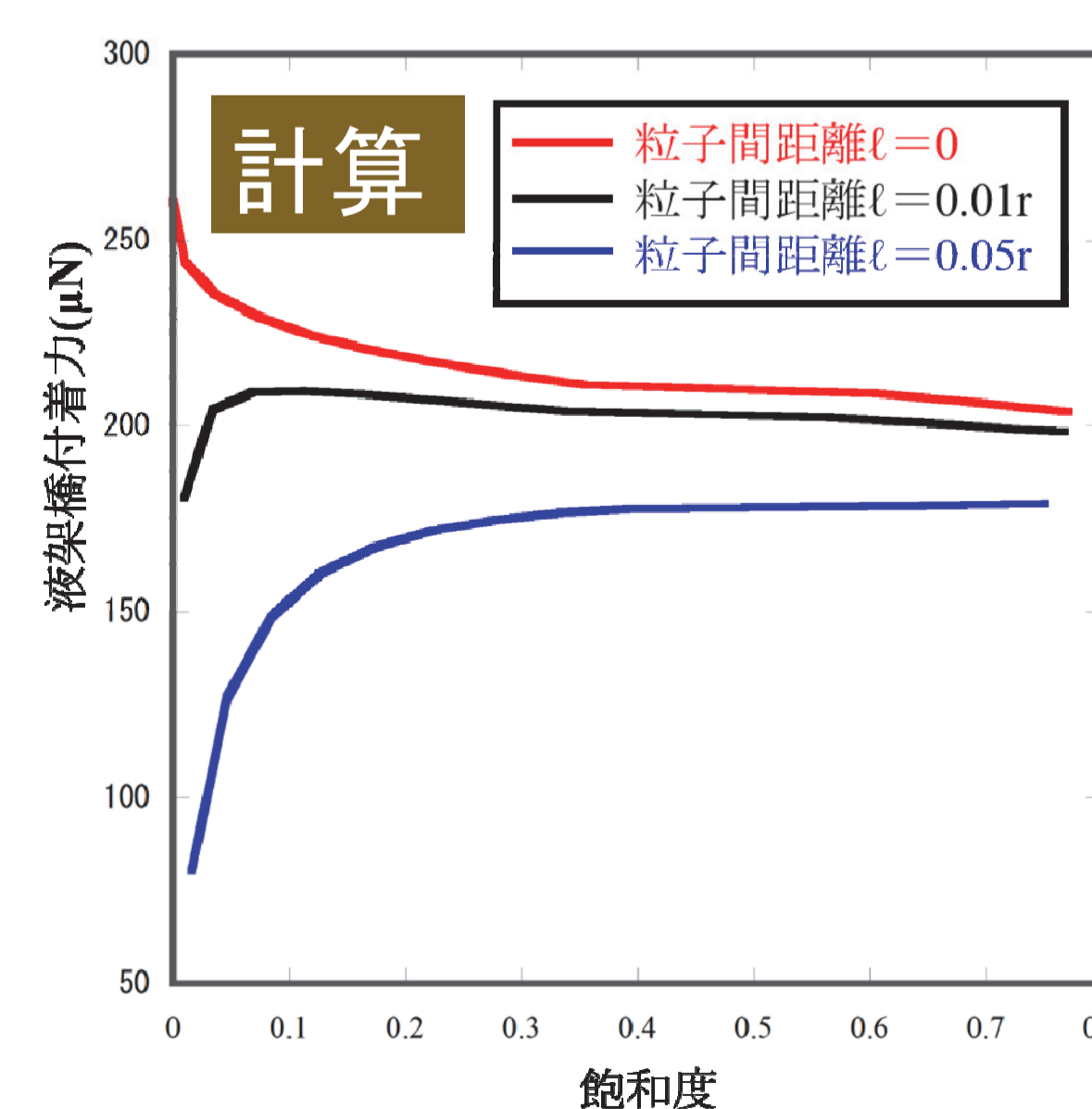
## 三次元粒子座標をもとに液架橋付着力を算出

### 2つのドロネー四面体での計算と実測結果の比較



単一粒径の粒状集合体の悉皆調査で得た粒子の三次元座標を基に2つのドロネー四面体で液架橋付着力～飽和度～の関係(左図)を計算した。飽和度1.0⇒0.8、0.8⇒0.6にかけて液架橋付着力が急増している。これは、各間隙で懸架できるメニスカス水の大きさの違いから起こるメニスカス水の不連続的な懸架に起因すると考えた。このような液架橋付着力の急増は、保水性試験から得られる水分特性曲線の高飽和度域での挙動に似ている。

### 粒子間距離に応じて液架橋付着力の傾向が違う



正四面体上に4つの球を配置して計算を行った。各球の間隔  $l$  を  $l = 0, 0.01r, 0.05r$  とした。粒子間距離  $l = 0$  では水分特性曲線と似た挙動になった。粒子間距離  $l = 0.01r$  の場合、飽和度0.1程度から液架橋付着力が減少することがわかった。

粒子間距離  $l = 0.05r$  の場合、他の2パターンより小さな値をとり、飽和度  $Sr = 0$  の直線に漸近する。これは、上に示した計算でも見られた挙動である。以上より、単一粒径において、粒状集合体内部の液架橋付着力の変化の傾向は、粒子間距離によって変化することがわかった。