

連続型浸透模型における臨界指数についての研究

代表者 山田裕子

研究協力者 岡崎明彦 吉永博之

離散型浸透模型の臨界値および臨界指数については、実験およびシミュレーションにより多くの研究があるが、連続型の研究は、実験・シミュレーション共に非常に少ない。なかでも 3 次元のケースは皆無である。本プロジェクトの目的は最近の 3D プリンタの発展により連続型の研究が可能になったと考えられるので、それを世界に先立って推進することにある。

1. 連続型浸透模型の作製

立方体中に多数の球体の空洞をランダムに配置し、3D プリンタにて製作できる stl ファイルにまで変換する。座標、半径を指定した球体をランダムに配置し定められた一方向 (z 軸) に貫通した時点でプログラムを終了し、3D CAD により 3D データ作成および体積計算を行う。

一辺が 50mm の立方体で、均一半径の球を配置する。球体の半径は 4~10mm までモデルを作成する。一辺 50mm の立方体中に、半径 4mm の球体を 180 個配置した場合のスナップショットを図 1 および図 2 に示す。ここでは 180 個の球体のうち、浸透に寄与している球体以外は取り除かれている。この試料では z 軸方向のみに浸透現象が起きている。

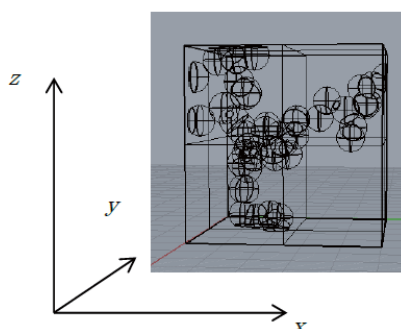


図 1. 3D モデルの浸透しているスナップショット

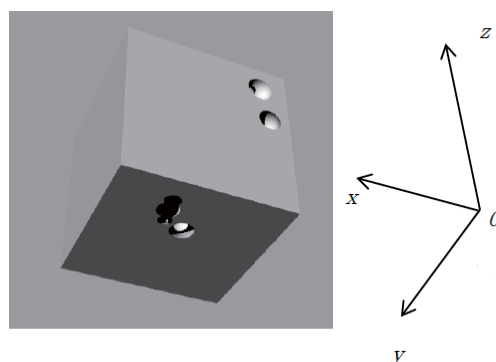


図 2. xy 平面 ($z=0$) からみたスナップショット

2. 3D 試料の作製

これらの 3D データを基に 3D プリンタを用いてモデル作成を行う。

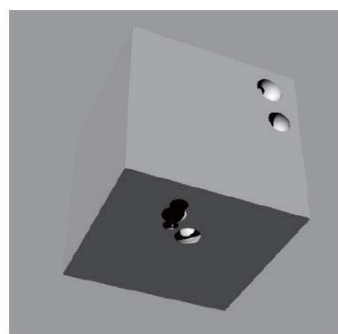


図 3. 3D プリンタを用いて作製した試料

3. 透過率の測定

単位時間当たりの流量を求める装置を製作し、図 3 のような試料を複数個作成、半径を変えたパターンでも複数個作成し、電気伝導度および透過率の測定を行う。

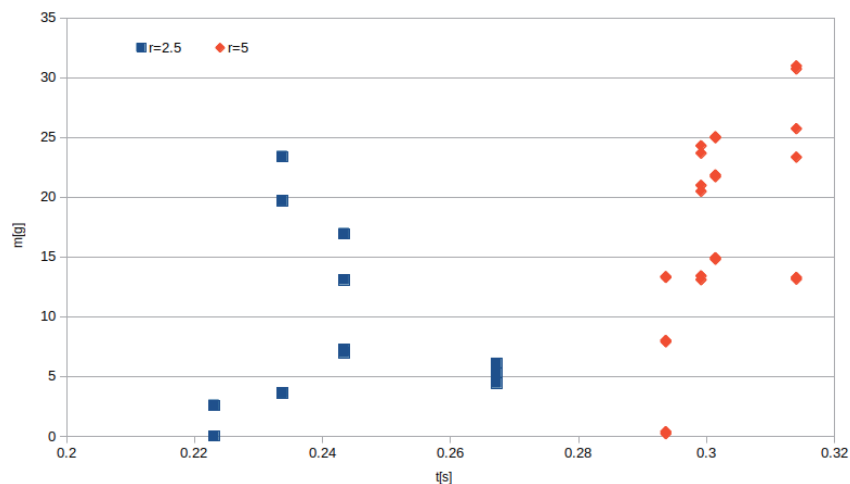


図 4 横軸は空洞部分の割合、縦軸は水の流量[g/s]を表す。

図 4 において、■は半径 2 mm の球を開けて、体積比が 22~27% まで変化させ、浸透した資料を用いて水の単位時間の流量を測ったものである。Pc は 22% よりやや小さいと思われるが、もっと多くのデータが必要である。◆の方は開ける穴の半径が 5 mm と大きくしており、データが乱れてはいるものの、Pc は 0.28 と推定される。目標は半径が 0 の極限での Pc を求めることにある。

現在のところ、穴のサイズが 2 種類、開ける穴の数が 3 種類で測定ができています。同じ球のサイズ、同じ球の数でも x 軸方向、y 軸方向、z 軸方向 それぞれ上下方向で 6 点あり得るが、上下方向で流量が変わらないことがほとんどであるため、グラフ上では大体 3 点に見えている。また、実験途中、穴が詰まることもあり、実験過程で流量が大きく変わっている場合は、上下反転した方向のデータは棄てている。今後の問題として、グラフにバラつきがあるので、臨界指数を出すためには、試料の数を増やしてやる必要がある。十分データが取れたのち、離散型浸透模型との比較検討を行う。