

## 円磨度に関する Krumbein の視覚印象図と規則図形の形状評価

名城大学理工学部 正会員 板橋 一雄  
 名城大学理工学部 学生員 神谷 圭吾・森 隆

1. はじめに 粗粒土質材料の物理的・力学的性質に影響を与える要因の一つに粒子形状が挙げられている<sup>1)</sup>。現在、様々な粒子形状の評価方法が提案されているが、それらの長所・短所、物理的性質などとの関係は、まだ十分に検討されていないと思われる。そこで、研究の第一段階として Krumbein が示した円磨度の視覚印象図を種々の形状パラメータで形状解析し、評価方法の比較検討を実施してきた<sup>2)</sup>。今回、円磨度の異なる規則図形の形状解析を行い、Krumbein が示した円磨度の視覚印象図の解析結果との比較を行なったので、報告する。

2. 粒子形状の評価方法 堆積学の分野では古くから粒子形状の評価法が提案されている。三軸径（長径・中径・短径）の比率に着目した Zingg や Sneed・Folk の研究がある。また、円磨度、球形度、角張り度を定義し、視覚印象図を提案している Krumbein, Rittenhouse, Lees の研究などがある。最近では、簡便に粒子形状が測定できる方法として、吉村・小川は凹凸係数 FU を提案し、物理的・力学的特性との関係を明らかにするという興味ある研究を行っている<sup>3)</sup>。また、板橋・神谷らはフラクタル次元 FD によって粒子形状を評価し、最密充填特性との関係を明らかにしている<sup>4)</sup>。

3. 形状データの作成と解析方法 今回、解析に用いた規則図形は、正方形ならびに正三角形からそれらに内接する最大円までの間を 10 等分し、角の部分に種々の曲率半径の円を与えた図形である。これによって、Wadell が定義した円磨度 RN (Roundness) が 0.1～1.0 のそれぞれ 10 種類の図形が得られる（以下では、これらを円磨過程モデルと呼ぶ）。図-1 (a), (b) には、その円磨過程モデルの代表的な図形を示してある。これらの円磨過程モデルを約 600～1000 点で近似し外形座標のデータを作成した。この外形座標のデータから 5 種類の形状パラメータ {細長比 L (Elongation), 球形度 S

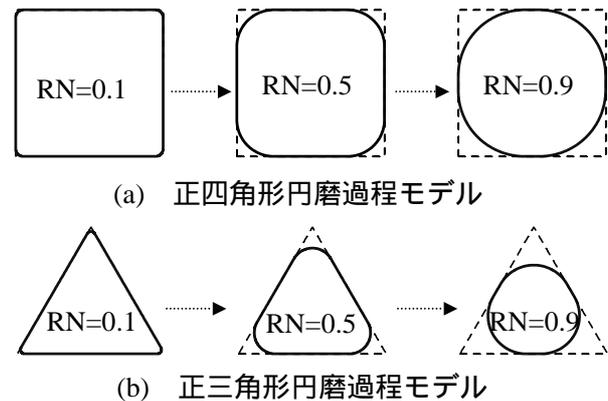


図-1 円磨過程モデル

(Sphericity), 中心からの距離の変動係数 (Variance of distance), 残差一定次数  $M_i$  (Order number), 凹凸係数 FU (Form unevenness), フラクタル次元 FD (Fractal dimension)} を算出した。なお、L は重心において直交する二方向の長さの比が最大になる値とした。S は Wadell の定義に従い、 $R$  は粒子の中心から表面外形までの距離の平均値と標準偏差の比として求めた。また、残差一定次数  $M_i$  はフーリエ近似と元の形状の差から Schwarz・Shane の定義により、FU は吉村・小川の定義に従い求め、FD は外形を折れ線で近似し粗視度の程度を変える方法で求めた。なお、ここで解析する図形は、自己相似性を有していないため、セグメント長さや繰返し回数の範囲の取り方によってフラクタル次元の値が異なる。そこで、繰返し回数を 10～1000 の範囲に統一した。

4. 円磨度モデルと視覚印象図の比較 図-2 には、種々の粒子形状パラメータと円磨度 RN との関係を示してある。図中には、円磨過程モデルの解析結果をそれぞれ 印、 印で示してある。また、Krumbein の示した円磨度の視覚印象図の形状解析結果を 印で示してある。

視覚印象図の細長比 L, 球形度 S, 距離の変動係数 と円磨度 RN との関係には相関性が認められない。一方、円磨過程モデルの結果では、円磨度の増加に伴う細長比と距離の変動係数の増加、球形度の減少が明確に現れているが、ほとんどの場合、視覚印象図のプロット位置と大きくずれている。このことから、これらの三者の

キーワード 粗粒土, 粒子形状, フラクタル次元, 円磨度 連絡先 名城大学理工学部建設システム工学科

(〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501, TEL.052-832-1151, E-mail [itabashi@ccmfs.meijo-u.ac.jp](mailto:itabashi@ccmfs.meijo-u.ac.jp))

形状パラメータは、円磨度の相違や円磨過程を適切に捉えきれないことがわかる。

一方、残差一定次数  $M_i$ 、凹凸係数  $FU$  ならびにフラクタル次元  $FD$  と円磨度  $RN$  との間には、視覚印象図ならびに円磨過程モデルの両者ともに、明確な相関が認められ、円磨度の相違や円磨過程を適切に表現していることがわかる。特に、フラクタル次元と円磨度の関係では、円磨度が0.3以下の場合には、正方形ならびに正三角形からの円磨過程モデルの両者の間に、ほとんどの視覚印象図の結果が入っている。一方、円磨度が0.4より高くな

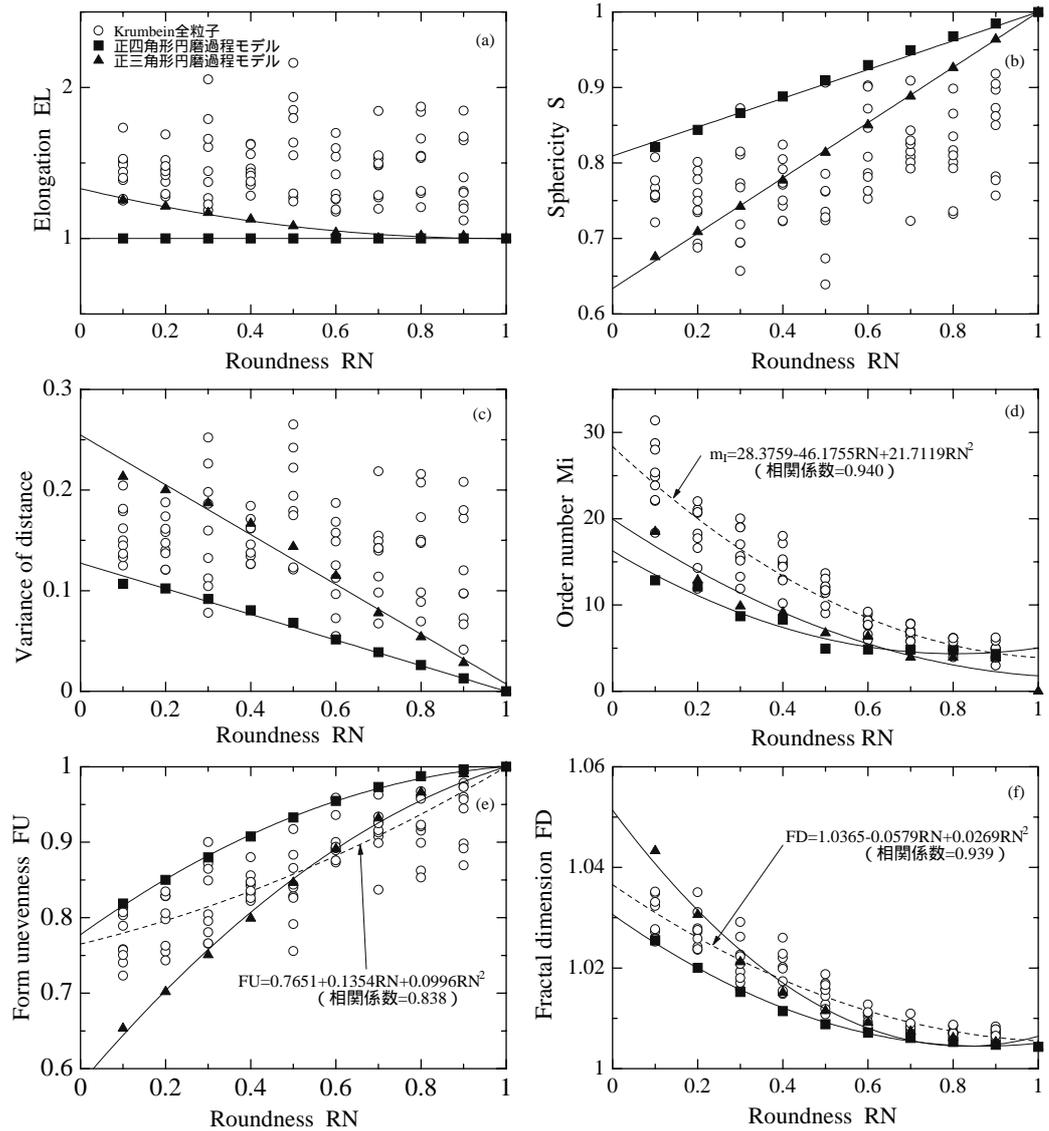


図-2 種々の形状パラメータと円磨度の関係

ると、二つの円磨過程モデルの間には、フラクタル次元の値の差異がほとんど認められない。また、視覚印象図の結果は、円磨過程モデルの結果より上位に位置するが、他の形状パラメータの結果と比較してみると、両者の円磨度毎でのプロットの位置の差異が小さなことがわかる。この結果より、形状解析に用いた形状パラメータの中で、フラクタル次元が円磨度と最も対応関係があると言える。

**5. まとめ** 本報告では、円磨過程モデルと Krumbein の示した視覚印象図の形状解析を実施し、種々の形状パラメータの比較を実施した。その結果、円磨度との相関性が高い形状パラメータは、凹凸係数  $FU$ 、残差一定次数  $M_i$ 、フラクタル次元  $FD$  であることがわかった。その中でも、フラクタル次元  $FD$  が最も最適に円磨過程を表現し得る形状パラメータであることがわかった。

**参考文献** 1) 公文富士夫・立石雅昭編：新版碎屑物の研究法(地学双書 29),地学団体研究会,1998. 2) 神谷圭吾・板橋一雄他：種々の粒子形状パラメータによる Krumbein の視覚印象図の評価,土木学会第 56 回年次学術講演会, -A003,pp.6-7,2001. 3) 吉村優治・小川正二：砂のような粒状体の粒子形状の簡易な定量化法,土木学会論文集, No.463/ -22, pp.95-103, 1993. 4) 神谷圭吾他：粗粒土質材料の粒子形状評価と最密充填特性の関係,平成 13 年度土木学会中部支部研究発表会, pp327-328, 2002.