

種々の形状パラメータによる Lees の視覚印象図の形状評価

名城大学 理工学部 学生員○土屋典子 学生員 神谷圭吾
学生員 姫野 圭 正会員 板橋一雄

1. はじめに 堆積学の分野では、地盤の形成過程を捉えるための指標として、砂礫粒子の形状に着目している。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ないと思われる。そこで本研究室では、研究の第一歩として、Krumbein が示した円磨度の視覚印象図の形状解析を行い、形状評価に対するフラクタル解析の有効性を示してきた¹⁾。今回、さらに Lees の示した角張り度 Ag (Angularity) の視覚印象図の形状解析を行ったので、ここに報告する。

2. 種々の形状評価方法 粒子形状の表現に関する研究は、堆積学の分野で始められている。粒子形状を評価する方法として三軸径（長径・中径・短径）、球形度 S、細長比 L がよく用いられている。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 (1941) Rittenhouse (1943) Lees (1964)²⁾ の研究もある。吉村らは簡便に粒子形状が評価できる値として凹凸係数 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³⁾。また、板橋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⁴⁾。そこで、ここでは図-1 に示す Lees が示した角張り度 Ag の視覚印象図を、種々の評価方法によって表現し両者の対応関係を明らかにする。

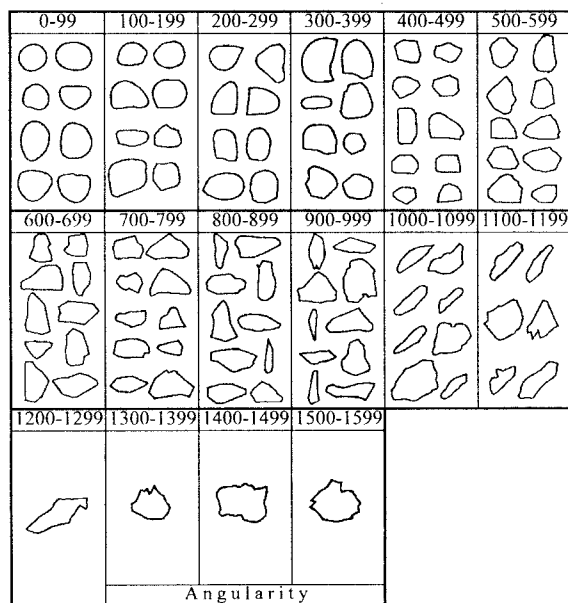


図-1 Leesが示した角張り度Agの視覚印象図

3. 形状データの作成と解析 Lees の角張り度の視覚印象図には、合計 110 図形が示されており、角張り度 Ag について 0~1599 を 100 間隔で 16 クラスに区分されている。各クラス内には様々な大きさの 6~10 図形が示されている。ただし、Ag が 1200 以上では一つの図形しか示されていない。

これらの粒子図形をデジタイザーによってパソコンにビットマップデータとして入力し、外形座標をビットマップで読みとった。一図形を 400~800 点で近似した後、種々の形状パラメータ（細長比 L、球形度 S、中心からの距離の変動係数 δ 、凹凸係数 FU、フラクタル次元 FD）で解析を行った。図形を近似した点数に大きな幅ができた原因は、粒子の大きさの相違のみではなく、表面の凹凸の影響が現れたものと考えられる。細長比 L は直行する二方向の長さの比（長軸 a / 短軸 b）が最も大きくなる値をとった。また、計算される面積と周長から凹凸係数 FU を求めた。さらに、球形度 S は同じ面積を持つ円の直径と外接する最小円の直径の比として計算した。粒子の中心から表面までの距離の変動係数を δ とした。なお、ここではフラクタル次元の求め方として「一定長さの線分集合に近似する方法 (structured walk method)」を用いた。また粒子は完全な自己相似性を有していないので、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が、ここでは繰返し回数 $N_f=10\sim1000$ の区間に統一した。

4. 形状パラメータの比較 図-2 には、種々の形状パラメータ (FD, FU, L, S, δ) と角張り度 Ag との関係を示してある。図中では各クラスの平均値を●印で示し、その回帰分析結果を相関係数とともに示してある。なお、回帰分析では、一図形しか示されていない Ag=1200 以上の値は省いてある。フラクタル次元 FD と角張り度 Ag の関係 (a) では、Ag の増加にともない FD が増加するという二次式の傾向がうかがえる。た

だし、Krumbein の円磨度 RN と FD の関係¹⁾と比較するとばらつきが大きくなっている。また、そのばらつきは Ag の大きい方で顕著に見られ、この原因の一つに同じ Ag のクラスの中にも粒子の大きさや細長比の大きく異なる図形が含まれていると考えられるが、今後の検討課題である。

凹凸係数 FU と角張り度 Ag の関係 (b) では、Ag の増加とともに FU が波を打ちながら減少していく傾向が認められ、Ag が 800 以上の範囲では、FU に大きなばらつきが現れている。定義によれば $Ag=0$ では、 $FU=1$ となるべきであるが、FU はわずかに小さな値となっている。

細長比 L と角張り度 Ag の関係 (c) では、Ag の増加に伴い二次式の傾向で L が増加している。図 (b) と同様、Ag の大きい範囲でばらつきが大きくなっている。さらに、Ag の小さい範囲にも L の大きな図形が認められる。また、球形度 S と角張り度 Ag との関係 (d)、距離の変動係数 δ と角張り度 Ag との関係 (e) の図は、それぞれ FU や L と類似した傾向を示していることがわかる。以上示したいずれの形状パラメータでも、相関性の高い関係式を得ることができたが、中でも相関性の高いパラメータは FD と FU であることがわかる。

5. まとめ Lees が示した角張り度の視覚印象図の粒子を形状解析し、種々の形状パラメータで表現した結果、角張り度とフラクタル次元、ならびに凹凸係数との間に高い相関性が認められ、フラクタル次元や凹凸係数による粒子形状の評価が有用であることが明らかになった。最後に、本研究のデータ作成には、本学 4 年の井上直人、魚住勇治、平野浩二、前野浩孝の協力を得た。記して、謝意を表する。

参考文献

1) 神谷圭吾・姫野圭・板橋一雄：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,III-A003,pp.6-7,2001.
2) Lees.G : A New Method for Determining the Angularity of Particles,Sedimentology,Vol.3,pp.2-21,1964.
3) 吉村優治・小川正二：砂のような粒状体の簡易な定量化法,土木学会論文集 No.463/III-22,pp.95-103,1993.
4) 板橋一雄他：粒子形状の評価方法の整理と 3 種類の粒子の形状評価,平成 12 年度土木学会中部支部研究発表会,pp.265-266,2001.

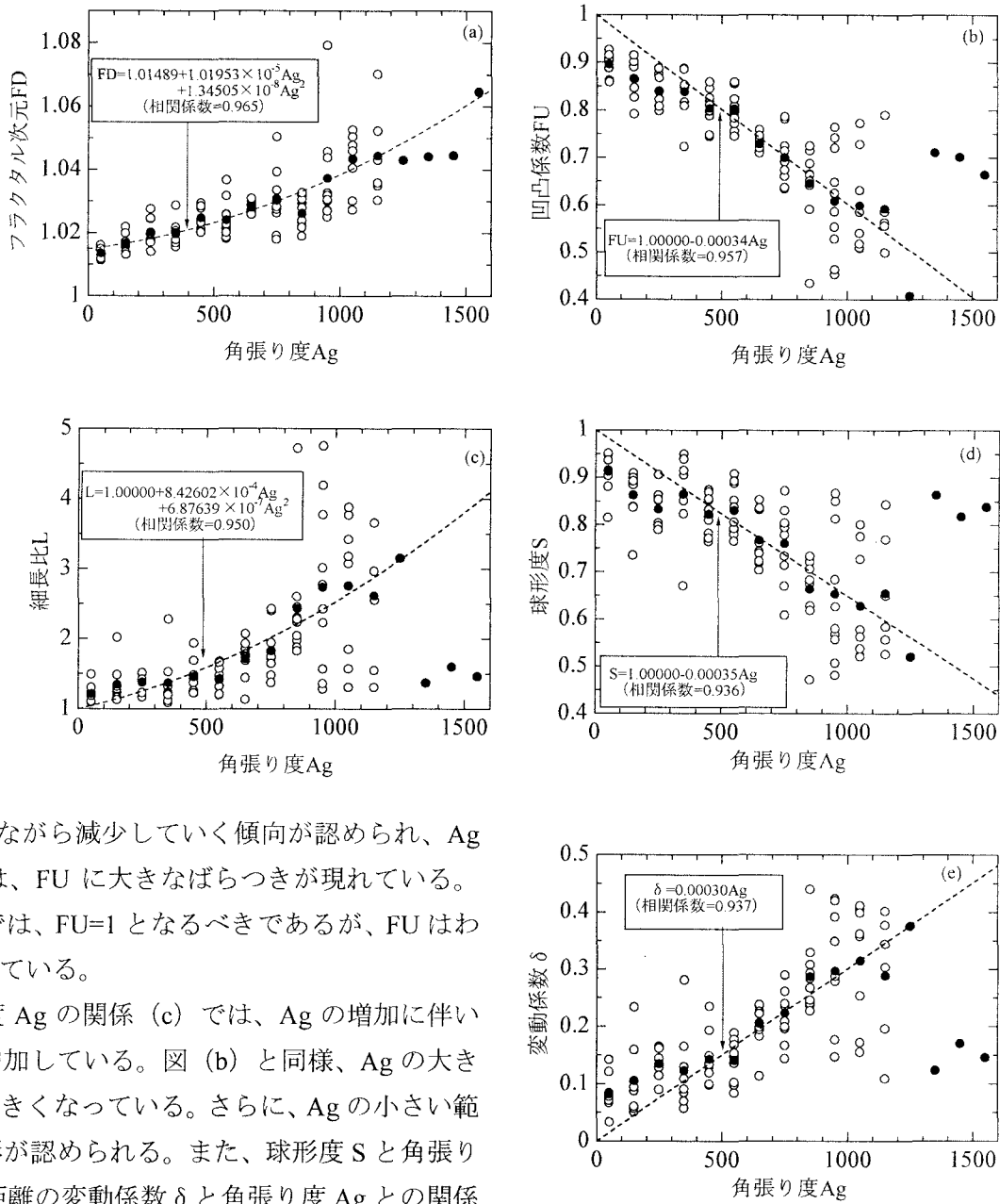


図-2 角張り度 Ag と形状パラメータ