

粒度分析における電算機の応用

西 岡 幸 一

長崎大学教育学部地学教室
(昭和47年10月31日受理)

Application computer in analyses of Grain-Size parameters

Kouichi NISHIOKA

Department of Earth Science, Faculty of Education
Nagasaki University, Nagasaki

(Received October 31, 1972)

Abstract

The work reported here was undertaken to gain information on the relative merits of grain-size parameters. The purpose of the first phase of this investigation is to compare grain-size parameters with normal frequency distribution curves. The author used a computer to gain the correlations between four parameters, and to draw its graph.

The result of these analyses shows that grain-size parameters don't always give the proper characters of sediments.

緒 言

近年地質学の分野においても電算機の利用が多くなりつつある。それは地質学の分野においても処理すべき試料に対して主に時間的制約のため充分に分析できないことが多くなってきたことにもよる。筆者は今まで長時間必要としていた一連の分析処理を電算機を利用することによって時間を短縮し、さらに思考錯誤的処理方法によって今までの粒度分析を比較検討してみた。

堆積物に対する粒度分析の表現として次のようなものがあげられる。中央粒径値 (Median), 平均粒度 (Mean), 分級度 (Sorting), 対称度または歪度 (Skewness), および扁平度ま

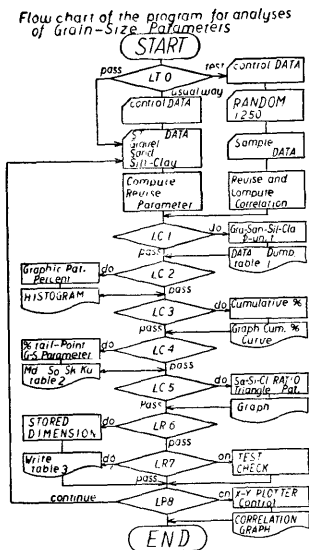


Fig.1

る。しかし、堆積型に対する表現や簡単に一連の堆積物の粒径分布を知る場合、これらの統計処理された値が適当である。そこで、筆者は grain-size parameters と粒度分布重量曲線 (Normal frequency distribution curve) との関係を、定形化された分布曲線および乱数処理された分布曲線などによって、あらゆる堆積物に対する表現を比較し、各提唱者間の値の相対的な変化を調べた。これまで報告されたものの中には、Trask, Otto & Inman, Folk & Ward などの grain-size parameters が全て報告されているものではなく、Trask の表現のみという場合が多く、堆積物に関する論文を対比して検討する場合、経験的に相対的な値を知るほかなかった。

方法 および 処理

grain-size parameters の表現を調べるために使用された試料は主に次の3つのものによる。

1. 自然界の堆積物の例 (アフリカ西海岸の海底堆積物 試料 52点)
2. 定形化された堆積物の例 (5個の標準型, 変形型, 正規分布型など 64点)
3. 乱数処理された例 (自然界の堆積物を再現するために応用された)

計算のために使用された粒径分布の範囲は、 -5ϕ から 10ϕ までとし、 $\frac{1}{2}\phi$ きざみとした。

計算処理は Fig.1 に示されるような流れ図によって計算された。1の試料は流れ図の基本処理によって計算され、2および3の試料は test として入力させることにした。全ての資料は粒度分布重量曲線(ここではラインプリンターによって histogram を書かせた)を書き、場合によっては粒度分布累積曲線も書かせるようにした。中間処理を必要としない場合もあったので control DATA によって制御することにしてている。X-Y plotter は grain-size parameters の相関図を書かせるために使用した。Table 2 は現在使用されている粒度分析の表現式である。McCammon については Sk および Ku の値がないので提唱者間の比較からは省いた。Fig.3 には、いわゆる percentile points を示した。Table 2 からわかるように近年になっ

たは尖度 (Kurtosis) などである。これらの主なる提唱者として TRASK (1930), OTTO (1939), INMAN (1952), FOLK (1957), WARD (1957), McCAMMON (1962) などがあるが、Table 2 に示すように各人各様の表現式である。これまで、これらの grain-size parameters を数多く用いて同じ堆積物を分析し比較検討した報告はなかったようである。このことは、分級度 (So) を例として考えてみると、同じ堆積物に対しての分析の結果は、各提唱者間の表現に相対的な値の差はあっても、同じような傾向を示すとされていたためである。しかしながら、数多く分析処理する場合、個々の堆積物の粒度分析による表現においても、さらに一連の堆積物のそれにおいても、同じような傾向を常に示しているとはいえない例もあることは、対称度 (Sk) および扁平度 (Ku) においても考えられることである。このことは最近、粒度分布重量曲線そのものによって堆積物の状態を知るのが望ましいとされる報告によっても明らかにされている。

Table 2

GRAIN-SIZE PARAMETERS	MEAN	* SORTING	SKEWNESS	KURTOSIS
TRASK (1932)	Median ($\phi 50$) (1930)	$\sqrt{Mm25/Mm75}$	$\frac{(Mm25)(Mm75)}{(Mm50)^2}$	** $\frac{(\phi 75 - \phi 25)}{2(\phi 90 - \phi 10)}$
FOLK & WARD (1957)	$\frac{(\phi 16 + \phi 50 + \phi 84)}{3}$	$\frac{(\phi 84 - \phi 16)}{4} + \frac{(\phi 95 - \phi 5)}{6.6}$	$\frac{(\phi 84 - \phi 16 + 2\phi 50)}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{(\phi 95 - \phi 5 - 2\phi 50)}{2(\phi 95 - \phi 5)}$	$\frac{(\phi 95 - \phi 5)}{2.44(\phi 75 - \phi 25)}$
OTTO & INMAN (1939) (1952)	$\frac{(\phi 16 + \phi 84)}{2}$	$\frac{(\phi 84 - \phi 16)}{2}$	$\alpha\phi = \frac{(\phi 16 + \phi 84 - 2\phi 50)}{(\phi 84 - \phi 16)}$ $\alpha 2\phi = \frac{(\phi 5 + \phi 95 - 2\phi 50)}{(\phi 84 - \phi 16)}$	$\frac{(\phi 95 - \phi 5) - (\phi 84 - \phi 16)}{(\phi 84 - \phi 16)}$
McCAMMON (1962)	$\frac{(\phi 10 + \phi 30 + \phi 50 + \phi 70 + \phi 90)}{5}$	$\frac{(\phi 85 + \phi 95 - \phi 5 - \phi 15)}{5.4}$		
* SORTING	Krumbein(1934) $QD\phi = (\phi 75 - \phi 25)/2$	$So = (\phi 75 - \phi 25)/1.35$ ($QD\phi$ converted to terms of σ)		**Kelley (1924)

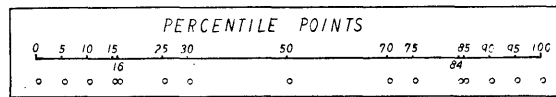


Fig.3 25 percentile point is first quartile, and 75 percentile point is third quartile.

て percentile points の両端部の値が使用されている。25 percentile point および 75 percentile point は統計学でいわれる四分領域の第一四分位数および第三四分位数であり、普通は、 Q_1 , Q_3 で表わしている。16 percentile point および 84 percentile point は六分領域の値を表現している。Fig. 4-a, Fig. 4-b, Fig. 4-c は自然堆積物の例として Trask (Kuの値はKelley (1924)によるもの), Otto & Inman, Folk & Ward の So, Sk, Ku で表現したものである。この図からもわかるように、同一堆積物を粒度分析した場合、表現の上で、それぞれの値に差があることは当然としても、異なった表現としか考えられない場合も多いし、逆の傾

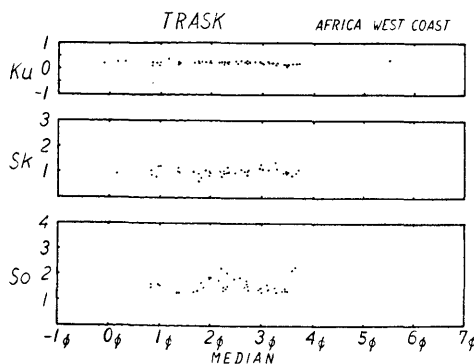


Fig.4-a

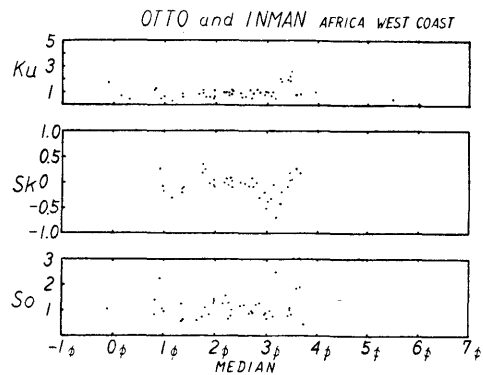


Fig.4-b

向を示す場合さえある。この時、どちらかの表現に不適当なものがあると考えられる。So について比較すると、三者ともに同じような pattern を示していて histogram から判読されたものと良く合っていた。Sk について比較するならば、いくらか Trask と Inman の ($\alpha\phi$) の値が似ているようである。Ku については Folk & Ward と Inman (1952) の値および傾向が一致している。Fig. 5 は A, B, C, D, E の定形型を表わしている。A は正規分布型である。grain-size parameters とこの histogram の比較をするため、これらの定形型を -2.5ϕ から 2.5ϕ ごとに 7.5ϕ まで移動させて検討した。これによって同じ型の堆積物が、その median diameter によってどのようになるかを、普通に使用されている ϕ スケールの範囲 ($-5\phi \sim 10\phi$) で調べた。ここで注意しなければならないのは、median diameter の移動によって、これらの堆積型が ϕ スケールの範囲の制限によって切られたり、いくらか変形していることであるが、その変化はそれほど大きなものではなかった。ここでは、これらの標準的堆積物における grain-size parameters の対比を調べるのが目的である。Fig. 5-a は正規分布型で、So において graph の両端の値が減少して分級度が良くなっているのは histogram の端が ϕ スケールの制限によって省かれたためである。T は Trask, (Ku の時は Kelley の値), O は Otto & Inman, F は Folk & Ward, I は Inman の $\alpha 2\phi$ の値で、Q は $So = (\phi 75 - \phi 25) / 1.35$ の値である。Sk において F の値は増加しているのに対して I の値は減少していることに注意されたい。Fig. 5-b は fine-skewed type であるが、F の値が増加している。Sk の値は A-type の時より増加して、 $Sk > 0$ である。Fig. 5-c は coarse-skewed type で、左端が変化しているのは ϕ スケールの制限のためである。

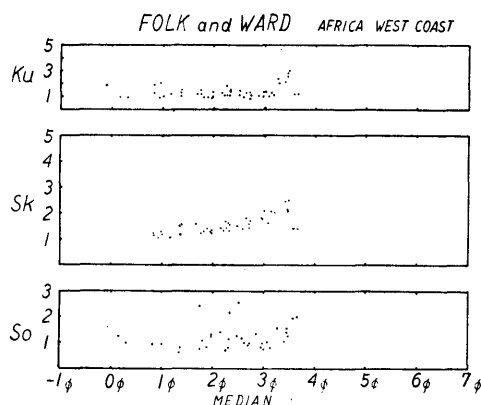


Fig.4—c

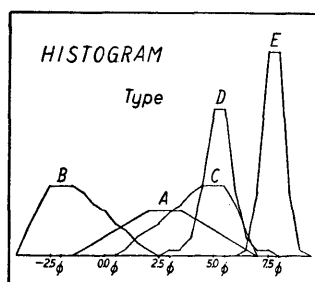


Fig.5 The centers of these 5 patterns move from about -2.5ϕ median diameter to about 7.5ϕ median diameter, for example, the center of A-type is about 2.5ϕ median diameter.

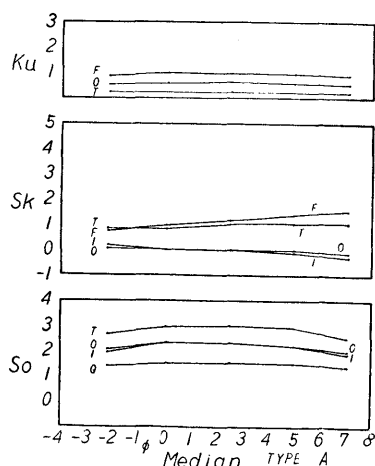


Fig.5—a

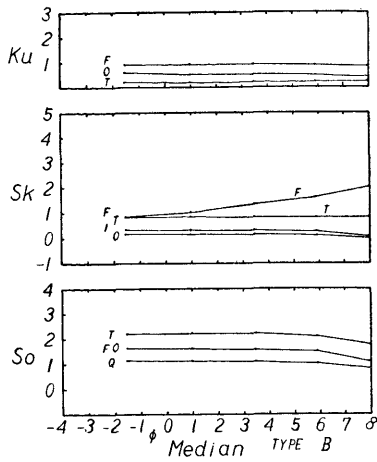


Fig. 5—b

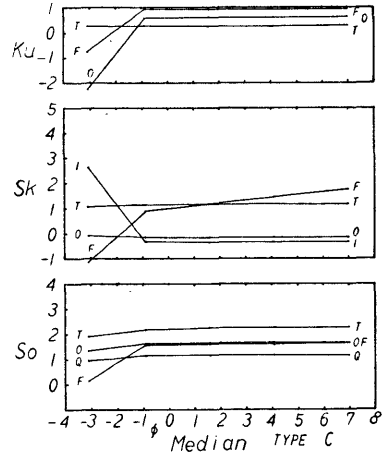


Fig. 5—c

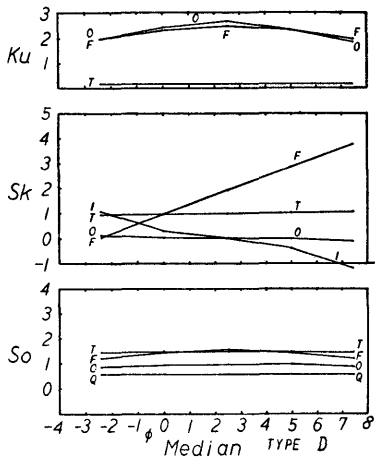


Fig. 5—d

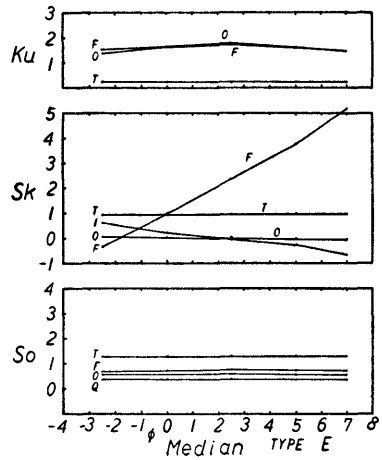


Fig. 5—e

が、このような場合、それぞれの値が変化することが多い。Fig. 5-d は尖頂型 (leptokurtic) である。Ku についていうと Kelley の値が ϕ スケールの移動によって変化しないのが注目される。Sk において F の値が増加し、I の値が減少して、これらの表現が充分でないことを示している。Fig. 5-e は尖頂型の peak をさらに高くしたものであるが、Fig. 5-d と同じ傾向を示した。Fig. 6-a は対称度について調べたものである。coarse-skewed type から fine skewed type に変形させた場合どのように変化するかを比較した。Fig. 6-b はその関係を連続的に plot したものである。この場合、Sk

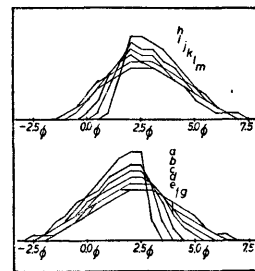


Fig. 6— a This graph shows skewness patterns. a, b, c, d, e, f, and g, patterns are coarse skewed, and h, i, j, k, l, and m, patterns are fine skewed.

の値の変化は増加するのが本来的であるが, Trask の場合は単位がmmのため減少する。So の値は間接的に Sk の表現を裏づけている。Fig. 7-a はいわゆる正規分布型から尖頂型(leptokurtic) に連続的に変化させたものである。Fig. 7-b はその相関図であるが, Ku の値がこの尖頂型を十分に表現できないばかりか, 逆の傾向を示しているものもある。Sk についても考えられる傾向と異なったものを示している。So は Ku の特性を間接的に表現しているといえる。この場合, 正規分布型から尖頂型に変化させる時に, 両端の値をないものとして変化させた。これは両端の値が省かれることによって失われた ϕ スケート範囲の減少によって正確に表現されなかったからである。

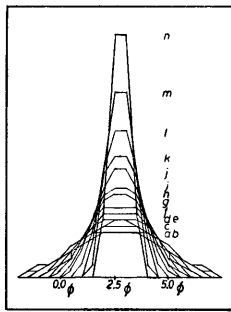


Fig. 7-a This graph shows leptokurtic patterns.

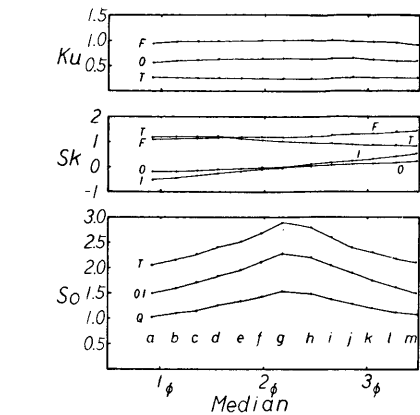


Fig. 6-b

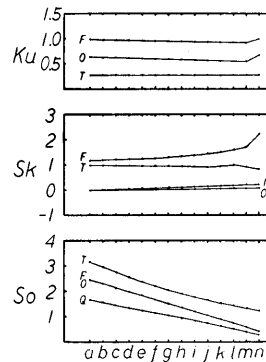


Fig. 7-b

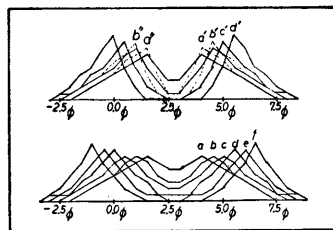


Fig. 8-a This graph shows bimodal patterns.

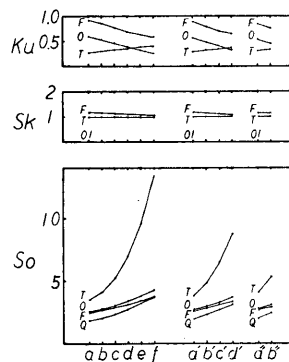


Fig. 8-b

このことは狭い範囲の分布型でも ϕ スケールの範囲を広げて処理すべきことを示している。Fig. 8-a はいわゆる bimodal frequency type (2型) と呼ばれるもので, 自然界の堆積物でも見られるものである。Fig. 8-b はその相関図である。Ku についていうと, Kelley の値が増加し, 他のは減少している。So についていえば, Trask の値が異常なほど高い増加を示していることに注目されたい。乱数処理による分析結果は省いたが, 定形型のものを自

自然界の堆積物に対比させた場合の変動を分析した。今回は定形型の適応状態のみに利用した。

結 果 と 考 察

Fig. 4 -a, Fig. 4 -b, Fig. 4 -cに示めたように提唱者の表現の違いによって、異なった解釈を余儀なくされたが、それぞれの表現式間の関係を認識することによって、比較することがある程度できた。これらの grain-size parameters は元来、自然界の堆積物が正規分布したものとした前提によって設定されたものであるため、 ϕ スケールの範囲を限定することによってもその特性がいくらか失われることになる。これは ϕ スケールの範囲をある程度広げることによって解決できる。

これまで粒度分析の表現においては、Median に対する So, Sk の相関図によって代表されていたが、Ku の相関を加えることによって、Ku を So で代用させるよりかは良い結果が得られる。So については Trask, Otto & Inman, Folk & Ward とともに良く表現していたが、Sk になるとかなりの変動がみられた。特に注目されたのは Folk & Ward の値が ϕ スケールによって変化し、相対的に増加していることである。このことは Folk & Ward の Sk を Median の値によって、その評価を変化させざるをえないことを示す。Ku についてまとめるならば尖頂型において Kelley の値が充分でないことを示し、このことは Fig. 4 -a, b, c によっても明らかにされている。さらに、Fig. 6 -a, b に示されたように Trask の Sk の値が逆の傾向を表わしているのは単位が mm であるためである。Fig. 7 -a, b における Ku の値については、histogram の両端部を省いてしまったのが主な原因である。このような場合に So がこの特性を表現している。Fig. 8 -a, b については新しい試みであったが、特異的な相関図になっていることに注目されたい。自然界の堆積物は近似的にこれらの型に集約できるので、各提唱者間の比較がある程度容易になった。

本研究は粒度分析について鎌田泰彦教授、電算機処理については佐藤隆夫教授、荒生公雄講師の指導によった。記して深謝の意を表します。

なお、計算は長大電算室の FACOM 270-20/30 によった。

参 考 文 献

1. Robert L. Folk, *Sedimentology*, 6(1966)73-93
2. R. Passega and R. Byramjee, *Sedimentology*, 13(1969)232-252
3. W. S. Koldijk, *Sedimentology*, 10(1968)57-69
4. D. J. Doeglas, *Sedimentology*, 10(1968)83-100
5. John Schlee, *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 36, No. 2, PP. 403-413
6. D. L. Inman and T. K. Chamberlain, "Particle-size distribution in Nearshore sediments" (1955)
7. Robert L. Folk, "Petrology of Sedimentary Rocks" (1961)
8. 庄司力偉, *堆積学*, 朝倉書店 (1971) 171-190
9. 鎌田泰彦, 浅海堆積物の堆積型と砂粒組成, *堆積学に関する諸問題*, (1967) 184-190
10. 新妻信明, *東北大地質古生物研報*, No. 72, P. 25-36, (1971)
11. 坂本市太郎, 山田純, *Journal of Faculty of Fisheries Prefectural Univ. of Mie*, Vol. 8, No. 1, (1969)
12. 小川克郎, 津宏治, *地質ニュース* (1972) 217号 P. 1-12