破壊過程に見られる破片のサイズ分布（破壊の幾何学モデル）

長濱　裕幸（東北大学・理・地質）

I．はじめに

これまで構造地質学の分野では，断層などに見られるような破壊現象について力学的に取り扱うことが多かった。しかし，破壊現象は本質的に統計現象であり，確率論的に取り扱うことも必要である。破壊現象に関する統計的法則の多くは，工学の分野で実験から帰納的に導き出されているが，その統計的法則についての理論的な考察は充分なされていない。そこで，今回いくつかの統計的法則についての理論的考察を行ない，さらに地質現象への応用を試みた。

II．破片のサイズ分布　工学の分野では，破壊に伴う破片の累積重量分布は実験的に

$$y=\frac{M(L)}{M_T}=\left|\frac{L}{\sigma}\right|^{\mu} \quad \text{(Gaudin-Schuhmann's relation)} \qquad (1)$$

L:破片の一次元サイズ測度，M(L)：サイズL以下の累積重量，M_T：破壊物の全重量，μ，σ：定数という冪型の分布に従うことが知られている。(1)式は，地質学の分野での地塊のサイズ分布（大槻，1977）において認められており，さらに今回断層破砕物についても認められた。しかし，(1)式がなぜ成り立つかについてはこれまで充分な説明がされていなかった。

III．フラクタル破壊（粉砕）モデル

Novikov & Stewart (1964) の幾何学モデルを用いると以下の様に(1)式と同型の関係式が導かれる。

$M(L) \propto L^{\mu}=L^{D-3}$　　(2)　　D:破壊エネルギーの散逸領域に関する空間次元（フラクタル次元）

また，(2)式を導く際に

$N(L) \propto L^{-D}$ (Power law)　　(3)

$\varepsilon \propto L^{D-3} \propto L^{-n+1}$ (Walker -Lews' relation)　　(4)

$\mu = n-1$ (Charle's relation)　　(5)

N(L)：サイズL以上の総数，ε：破壊に必要な正味のエネルギー，n：Lews の指数

の式も同時に導かれる。(3)，(4)，(5)式は工学の分野で実験的に導かれている経験則である。(4)式は「不規則な形をもつ粒子の破壊エネルギーはL^Dに比例する」ということを意味している。これはD＝2の時破壊の様式が“面的破壊”で，D＝3の時“体積的破壊”であることを意味している。“面的破壊”における破壊エネルギーは破壊物の表面積に比例する（これはRittingerの粉砕理論，n＝1に相当する）。それに対し，“体積的破壊”における破壊エネルギーは破壊物の堆積に比例する（これはKickの粉砕理論，n＝2に相当する）。このように，D値の測定によって，地質現象における破壊の様式を明かにすることができる。

IV．D値の測定法とその解析例

D値の求め方としては以下の方法がある。

1．破壊片の重量分布から求める方法：(1)，(2)式を用いてD値を求める。

（例）断層破砕物について解析すると以下のような傾向が認められる。

Weakly cataclastic zone $1<D<2$，$(1<\mu<2)$，Cataclastic zone $D \fallingdotseq 2$，$(\mu \fallingdotseq 1)$

Gouge zone $2<D<3$, ($0<\mu<1$)

2. 地震のデータより求める方法：(3)式を用いてD値を求める。

(例) $\log N(m>M)=a-bM$ (Gutenberg-Richter, 1941,1944) と地震体積説 (Tsuboi, 1956) より $N(l>L)\propto L^{-2b}$ (L：断層の長さ)。Mogi(1964)のb値の分布より，中央海嶺付近ではより“体積的破壊”($b>1$)，海溝付近では“面的破壊”($b\fallingdotseq 1$)，大陸内部では“クラック的な破壊”($b<1$) が起きていると考えられる。

3. 断層の長さ及び幅の規模より求める方法：(3)式を用いてD値を求める。

(例) dが測定空間の次元を表すとすると，

$N(L)\propto L^{-D}$, $D(d=2)=0.52$(小玉, 1976), $N(W)\propto W^{-D}$, $0.5<D(d=2)<0.7$ (Ogata, 1976)。

(1988年　夏の例会)