

ペルム紀腕足類化石の地球化学分析データに関する多変量解析

Multivariate Analysis on Geochemical Data from the Permian Brachiopods

武蔵 正明[1]

Masaaki Musashi[1]

[1] 秋田県大・シス・経営シ工

[1] MSE, SYS, Akita Pref. Univ.

生物大量絶滅事件直前のペルム紀後期(250MA)の地層から得られた腕足類化石について得られた炭素・酸素同位体比($d_{13}C$, $d_{18}O$)と、化石の変性程度を表すルミネッセンス(CL)の活性・不活性との関係を調べるために、多変量解析の分析手法の一つである判別分析を行った。また、判別分析の的中率や誤判別の確率も求めた。この分析には、Mii等(1997)により得られた腕足類化石の殻の部分に関する $d_{13}C$ 値、 $d_{18}O$ 値およびCL結果を用いた。試料数は62であり、すべてノルウェーのスピッツベルゲン島から得られたものである。腕足類化石の殻についての $d_{13}C$ 値と $d_{18}O$ 値の平均値と標準偏差、およびこれら同位体比とCL結果を数値化した値との分散共分散行列と相関行列とから、CL不活性(NL,SL)部分ではその平均が、 $d_{13}C = 5.9\text{‰}$ 、 $d_{18}O = -4.4\text{‰}$ 、であり、一方CL活性(L,NSL)部分では、 $d_{13}C = 3.4\text{‰}$ 、 $d_{18}O = -7.6\text{‰}$ であった。つまり、変性部分は未変性部分に比べて ^{13}C 値が平均して2.5‰低くなり、また $d_{18}O$ 値が平均して3.2‰低くなった。標準偏差に着目すると、 $d_{13}C$ 値と $d_{18}O$ 値のいずれにおいてもCL活性部分はCL不活性部分に比べてその値が約2倍であり、CL不活性部分での同位体比変動幅が大きいことが分かった。

次に $d_{13}C$ 値と $d_{18}O$ 値の関係では、CL不活性、わずかにCL活性な試料を代表する群と、CL活性、ややCL活性な試料を代表する群とに分類できた。この両群の分類は、Mii等(1997)による分類に準拠したものであり、試料の変性部分と未変性部分とのそれぞれについての化学分析結果から境界値を求め、この境界値に基づいてCL結果を2群に分類したものである。CL結果から、化石のCL不活性(NL,SL)部分とCL活性(L,NSL)部分との違いが明確であり、しかも $d_{13}C$ 値と $d_{18}O$ 値についても両部分の間で有意の差があることが分かった。化石の変性作用を受けた部分では、CやOのいずれにおいても軽い同位体が濃縮していた。このことは、腕足類のようなカルサイト質のものが地層中において周辺環境からのCやOを含む化合物(例えば炭酸水)の影響を被れば、例えば同位体交換反応により、腕足類化石の $d_{13}C$ 値と $d_{18}O$ 値が変動した可能性のあることを示唆した。

算出した相関行列から線形判別関数式(Z)を求めた結果、 $Z = 0.7072 \cdot x_1 + 0.6212 \cdot x_2 + 0.4559$ を得た。ここで、 x_1 は $d_{13}C$ の値、 x_2 は $d_{18}O$ の値である。この式から各試料についての $d_{13}C$ 値と $d_{18}O$ 値を与えて得られた判別得点は、与えられた試料がZ値が0以上のときCL不活性部分の群に帰属でき、Z値が0以下のときCL活性部分の群に帰属できることを意味している。試料のうち、CL不活性部分の判別得点は、平均1、分散2のほぼ正規分布しており、一方CL活性部分のそれは、平均-2、分散3でなだらかな分布を呈している。明らかに両群では判別得点分布の特徴が異なっており、両群は異なる母集団に帰属できる可能性があることが分かった。さらに、求めた線形判別関数式のマハラノビス汎距離に対する優勢さを評価するために、ボックスのM検定を行った。その結果、有意水準1%で、 $2(\text{カイニ乗})値 = 11.86$ 、自由度=3、P値=0.00788を得たことにより、線形関数では2群判別が不相当であることが分かり、マハラノビス汎距離による判別がより有効であることが分かった。マハラノビス汎距離を用いた場合の判別結果の精度について評価を行い、判別率の的中率は0.823であり、比較的良い判別結果が得られた。誤判別率は0.167であり、少なくとも10試料に対して1回の誤判別が起こりうることを示された。見掛けの的中率について検討すると、CL不活性部分に関しては39試料中35試料が的中しており、この部分に関しては約90%の的中率であることが分かった。一方、CL活性部分に関しては、23試料中の16試料が的中しており、約70%の的中率であることが分かった。これらのことから誤判別率は、CL不活性部分の的中率の低さが影響を与えたと考えられる。

Gruszczynski等(1989)は、ペルム紀後期(2億5千万年以前)の地層から得た腕足類化石の $d_{13}C$ 値と $d_{18}O$ 値を測定した。その結果、両同位体比はともに、ペルム紀中期から後期にかけて、一定値から一度上昇した後、負方向への変化を示した。しかしながら本研究により再検討した結果、 $d_{13}C$ 値と $d_{18}O$ 値の変動を示した試料は、すべてCL活性部分と一致することが分かり、したがって、地層埋蔵中に受けた変性作用による同位体比変動であり、地球環境変動を暗示した同位体変動プロファイルではない可能性の高いことが分かった。