

露頭断面中の試料中の微化石から推定される種の区間帯を表現する半開区間

山口 久美子*・塩野 清治**

Half-open Intervals for Formulating Species Range Zones Estimated by Micro Fossils Content of Samples in an Outcrop Section

Kumiko YAMAGUCHI* and Kiyoji SHIONO**

* 5-3-5 Midorigaoka, Heguri Ikoma-gun Nara 636-0941, Japan. E-mail: qys05253@nifty.ne.jp

** 大阪市立大学名誉教授 Professor Emeritus of Osaka City University, 5-10, Daido-cho Ibaraki-shi, Osaka 567-0844, Japan.

キーワード：生層序学，生層序单元，小区間，論理地質学

Key words: Biostratigraphy, Biostratigraphic Unit, Short Interval, Geology-Oriented Logical System

1. はじめに

地質情報の有効なアルゴリズムを考案するためには、地質学の概念を離散処理しやすいように数学表現する必要がある。生層序区分は地層の含有化石による層序区分である。その基本は、タクソン(生物の分類単位)の生存期間である。半開区間 $[u, v)$ は実数の区間で、 u 以上 v 未満のすべての実数の集合であり、塩野・山口(2023)では、タクソンの生存期間を離散表現するのに有用であった。また、塩野・山口(2023)は、時間軸上のタクソンの生存期間は層序断面内の測線上のタクソン区間帯(タクソン化石が産出する区間)に置き換えられて同様な表現ができると推測した。

本研究では、生層序区分の基本から、露頭断面中の採取試料に含まれる放散虫などの微化石から種の区間帯を半開区間で定める暫定モデルを提示して、その利点を述べる。

2. 生層序区分の基本

2.1 時間軸上のタクソンの生存期間

時間軸を実数の数直線で表す。時間軸上のある時刻を原点0、過去から未来に向かう方向を正とする(第1図)。

塩野・山口(2023)では、時刻を実数として、タクソンはある時刻 u に出現して、ある期間に生存して、ある時刻 v に絶滅すると仮定した。また、絶滅した時刻は生存しない時刻として、次のように仮定した。

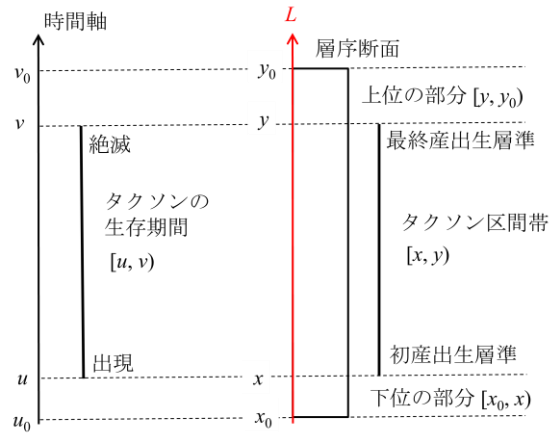
仮定1: タクソンの生存期間は半開区間 $[u, v)$ である:

$$[u, v) = \{t \mid u \leq t < v\}.$$

2.2 層序断面中のタクソン区間帯

タクソンの生存期間 $[u, v)$ を含む期間 $[u_0, v_0)$ に、地層が連続して堆積したと仮定する。これらの地層が積み重なる層序断面のある点を原点として、下位から上位の地層に向かう方向を正とする測線 L を設定する。層序断面の位置を L 上の点で表す。

次は層序断面で地層累重の法則が成り立つという仮定である。



第1図 生層序区分の基本。

仮定2: L 上の p_1, p_2 にある地層を構成する物質が、それぞれ、時間軸上の期間 $[u_0, v_0)$ の t_1, t_2 に堆積したとき、

$$p_1 < p_2 \Rightarrow t_1 \leq t_2.$$

(p_1 と p_2 に同時に堆積した場合は $t_1 = t_2$ である)

時刻 u_0 に堆積した物質が L 上の点にある場合、その点の集合の最下点 x_0 を、時刻 u_0 の時間面とする。時刻 u_0 に堆積した物質が L 上に無い場合、時刻 u_0 の後で最も近い時刻に堆積した物質がある点の集合の最下点 x_0 を、時刻 u_0 の時間面とする。 L 上の点が時間面となるとき、その時刻には(未知の)幅がある可能性がある。

以下では、議論を単純化するために、次のように仮定する。

仮定3: 時刻 u_0 の時間面が L 上の x_0 であり、時刻 v_0 の時間面が L 上の y_0 であるとき、期間 $[u_0, v_0)$ に堆積した地層が L 上の $[x_0, y_0)$ に分布する。

特に、タクソンの生存期間 $[u, v)$ に堆積した地層が分布する $[x, y)$ をタクソン区間帯、 x をタクソン化石の初産出層準、 y をタクソン化石の最終産出層準とよぶ。

L 上の区間 $[x_0, y_0]$ は、

- タクソン区間帯 $[x, y]$
- $[x, y]$ より下位の部分 $[x_0, x)$
- $[x, y]$ より上位の部分 $[y, y_0]$

に分割される:

$$[x_0, y_0] = [x_0, x) \cup [x, y) \cup [y, y_0]$$

仮定 3 より, $[x, y]$ より下位の部分 $[x_0, x)$, $[x, y]$ より上位の部分 $[y, y_0]$ にはそれぞれ, タクソンの出現前の期間 $[u_0, u)$, 絶滅後の期間 $[u, v_0]$ に堆積した地層が分布する.

仮定 4: タクソン区間帯 $[x, y]$ でタクソン化石が産出する. タクソン区間帯 $[x, y]$ より下位の部分 $[x_0, x)$ と上位の部分 $[y, y_0]$ でタクソン化石は産出されない.

3. 採取試料から定めた種の区間帯の暫定モデル

3.1. 微化石から定めたタクソン区間帯の暫定モデル

深海掘削ボーリングによって取り出されたコア, あるいは, 大きな露頭に, 仮定 2, 3, 4 を満たす区間 $[x_0, y_0]$ が存在するとする. $[x_0, y_0]$ を「露頭断面」とよぶ. 仮定 4 に矛盾しないように, タクソン区間帯を次のように定める.

定義 1: 露頭断面 $[x_0, y_0]$ 内の下位から順に n 地点 $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ で試料を採取して, タクソンの微化石の有無を調査した結果が

- p_1, p_2, \dots, p_{i-1} で微化石が産出されない
- p_i, p_{i+1}, \dots, p_j で微化石が産出される
- $p_{j+1}, p_{j+2}, \dots, p_n$ で微化石が産出されない

であったとき, タクソン化石の初産出生層準は p_{i-1} と p_i の中間地点, 最終産出生層準は p_{j-1} と p_j の中間地点とし, タクソン区間帯を

$$[x', y') = [1/2 (p_{i-1} + p_i), 1/2 (p_j + p_{j+1}))$$

とする. これをタクソン区間帯の「暫定モデル」という.

調査結果から, タクソン化石の初産出生層準は p_{i-1} と p_i の間にあり, 最終産出生層準は p_{j-1} と p_j の間にある. 真のタクソン区間帯は不明であるので, 「暫定モデル」とした.

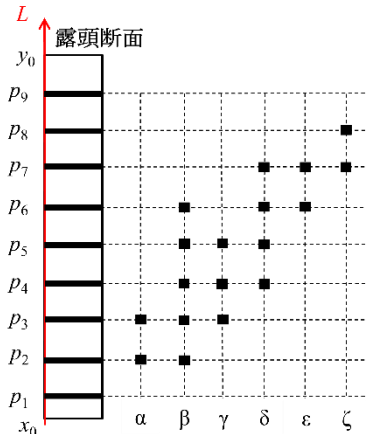
3.2. 試料に含まれる微化石の種の集合

試料に含まれるタクソン化石をいくつかの種に分類したとする. 地点 p_i で含まれる微化石の種の集合を $f(p_i)$ とする.

第 1 表に, 分類してえられた p_i と $f(p_i)$ の対応関係を表形式でまとめた例を示す. 第 2 図は, 試料採取地点を縦軸に, 試料に含まれる微化石の種を横軸に並べた座標図であり, 第 1 表の結果を四角点 ■ で示している.

第 1 表 分類結果.

p_i	$f(p_i)$
p_9	ϕ (空集合)
p_8	$\{\zeta\}$
p_7	$\{\delta, \epsilon, \zeta\}$
p_6	$\{\beta, \delta, \epsilon\}$
p_5	$\{\beta, \gamma, \delta\}$
p_4	$\{\beta, \gamma, \delta\}$
p_3	$\{\alpha, \beta, \gamma\}$
p_2	$\{\alpha, \beta\}$
p_1	ϕ (空集合)



第 2 図 分類結果を表す座標図.

3.3. 種の区間帯の暫定モデル

第 1 表あるいは第 2 図のように, 試料採取地点と微化石の産出状況を整理すると, 種の微化石が産出する地点を読み取ることができる. 定義 1 にもとづいて, 採取した種 α それぞれについて, 採取地点からその区間帯の暫定モデル $r(\alpha)$ を定める. すなわち, 地点 p_i, p_{i+1}, \dots, p_j で種 α の微化石が産出されるとき, $r(\alpha)$ は

$$r(\alpha) = [1/2 (p_{i-1} + p_i), 1/2 (p_j + p_{j+1}))$$

である (第 3 図).

いま, l_i を p_i と p_{i+1} の中間点として

$$l_i = 1/2 (p_i + p_{i+1})$$

とおくと,

$$r(\alpha) = [l_{i-1}, l_j).$$

と書ける.

$l_0 = x_0, l_n = y_0$ とする. 隣接する l_{i-1} と l_i の間の小区間を

$$m_i = [l_{i-1}, l_i) \quad (i = 1, \dots, n)$$

とする. m_i は 採取地点 p_i を含む最小区間である.

$$r(\alpha) = [l_{i-1}, l_j)$$

$$= [l_{i-1}, l_i) \cup [l_i, l_{i+1}) \cup [l_{i+1}, l_{i+2}) \cup \dots \cup [l_{j-1}, l_j).$$

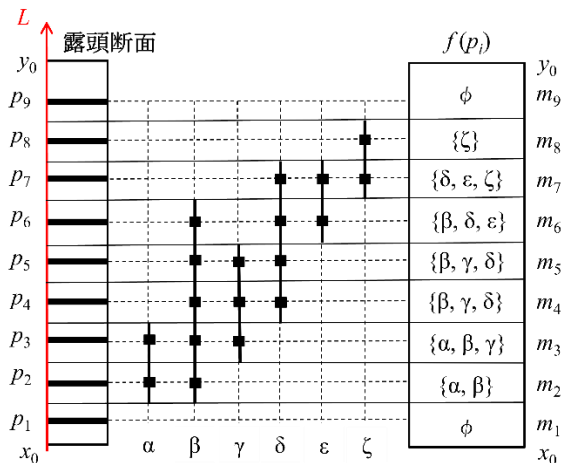
であるから, $r(\alpha)$ は次のように表現できる.

定理: 露頭断面 $[x_0, y_0]$ 内の地点 p_i, p_{i+1}, \dots, p_j で種 α の微化石が産出されるとき, 種 α の区間帯の暫定モデル $r(\alpha)$ は

$$r(\alpha) = m_i \cup m_{i+1} \cup \dots \cup m_j$$

である.

種の区間帯 (暫定モデル) を最小区間の和集合として離散表現すると, 塩野・山口 (2023) が種の生存期間に関する集合演算 (和集合, 共通集合, 補集合) を, 小区間を単位にして離散的処理して実行するために導入した理論を, 種の区間帯の集合演算にも応用できる.



第 3 図 採取試料から定めた種の区間帯の暫定モデル.

4. おわりに

採取試料から区間帯の暫定モデルを半開区間で表現する原理を示した. 採取地点 p_i に含む最小区間 m_i を設定すると, 区間帯は最小区間の和集合として離散表現できる.

文献

塩野清治・山口久美子 (2023) 種の生存期間を離散的にデータ処理するためのブール代数 - タプルの式への変換 -. 情報地質, vol. 34, no. 1, p.3-11.

https://doi.org/10.6010/geoinformatics.34.1_3