

類似指数の適用に就いて

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2011-08-29 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 黒田, 啓介 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00006024

類似指数の適用に就いて

黒田 啓介

1. ま え が き

渥美半島の洪積統から豊富な植物化石が産出することは既に屢々報告してきたが、これらの植物群が本邦におけるほぼ同時代の他の化石群とどのような生態学的類似を示しているかという問題について筆者は数理的考察をおしすすめてみた。従来、二つ以上の化石群相互の類似を比較するには、各群を構成する個々の種を互に比べて主観的に類似関係を判定する方法が普通であるが、これに多少の客観性をもたせる意味で、その類似関係を数値で判定できれば、いろいろと便利である。そこで、両化石群の共通種数がどちらか一方の化石群の全種数に対して占める百分率を求める所謂パーセント法が屢々採用されてはきたが、なお多くの欠点を持ち合わせているので、これらの欠点を補正すべく数式の案出が試みられたこともあった。然るにこれらの方法にもまだ不十分な点があって以後あまり用いられていない。筆者は従来の数式にみられた種々の不合理な点を少なくし、主観的な類似関係の判定結果と比較的近似した結果をうるような数式を案出するべく、パーセント法を基礎として、それに確率の理論を応用した類似指数なる数式を考案してみた。この指数は末だ不完全¹⁾なところもあるが、類似関係を検討する上に多少なりとも利用できると思うので、化石群の類似を対象にここに紹介してみる次第である。

2. 類似指数の定義

類似指数 (resemblance index) というのは二つ以上の化石群相互の類似関係を判定する数値で、完全なる類似を示すときを100.0として基準に考へ、数値は小数点以下第一位未満を切り捨てるものとする。これを数式にて説

註 1) 化石群の類似を比べるには個体数の多寡を考慮しなければならないが、従来の化石群の報告にはこの点について記述されていないものもかなりあり、また、その判断も個人差があるので、ここでは省略した。

2) 種名が不明で属名のみ記載されているものも一種名として数える。

明すれば次の通りである。即ち二つの類似関係を比較すべき各化石群の種数²⁾をそれぞれ x, y ($x \geq y$)、その共通種数を r 、共通属であっても共通種となるかどうか不明のもの組数を n 、それぞれの各組で共通種となる確率を p とすれば類似指数 R は次式によって示される。

$$R = \frac{100 \left(r + \sum_{i=1}^n P_i \right) \left(1 - y C_r \frac{1}{2y} \right)}{\sqrt{xy}} \quad \text{但し } x \geq y$$

この時の $r + \sum_{i=1}^n P_i$ を共通種累数 (common species cumulation) と呼ぶことにする。また $1 - y C_r \frac{1}{2y}$ ³⁾ は化石群中の化石種数の大小による不合理を補正したものである。尚、確率 P の求め方には (1) 化石群相互に属名の相一致するものがあって、一方の種名だけが判っており、他方の属名がこの種名と一致するかどうか不明の場合と (2) 属名が一致しているだけで両方とも種名が不明の場合とに分けられるが、今同属内において共通種となる可能性をもちうるすべての種名を m とすれば (1)(2) はいずれも確率が $\frac{1}{m}$ ⁴⁾ となる。これらの確率を n 個総和したものが $\sum_{i=1}^n P_i$ で、その数値は小数点以下第三位末満を切り捨てるものとする。次に、同属内において共通種となる可能性をもつすべての種名数 m を如何にして決めるべきかについて、筆者はいくつかの地質時代に区分してから、本邦よりこれまでにその時代に産出した化石種をもって同属内に属するすべての種名と看做するのが一般的には妥当と考えるが、化石の産出部分によっては亜属の区別も可能の場合があるので、この時は m は亜属内に属するすべての種名に限定できる。また時代の区分については現世より古く、沖積世、洪積世、鮮新世、中新世、古第三紀、中生代と古生代の各紀を単位とするのが化石群の組成の変遷からみて至当であるまいかと思われるが、できるだけ細分した時代単位を適用した方が信頼度は増すわけである。従って類似指数も本来はこれらの各単位内で適用されるべきであるが、時代の不確実な化石群については $\frac{m}{\text{単位数}}$ を種名数として二つ以上の単位を適用することもまた止むを得まい。

註 3) y と r が大きな数をとると、 $y C_r$ は計算が複雑になるので、Stirling の公式 $n! \sim \sqrt{2\pi n} n^{n+\frac{1}{2}} e^{-n}$ を応用して計算することができる。

4) 産出頻度によって重みづけをすると更に正確となる

3. 類似指数の導入

化石群相互の類似関係を数値で表現すべく数式を作るには、まず推計学の理論に基く数式が考えられるが、これは母集団よりの任意のサンプリングということが基本的な前提となっているため、化石採集の時とか、化石保存の段階においてサンプリングが任意であるとは必ずしもいえぬ如き化石群の類似に応用することは適当でないように思われる。従って筆者は化石群の種名決定に至るまでの諸々の誤差を考慮せず、単に種名の記載された化石群相互の類似を比較すべく別の数式を案出することを試みた。それには、これまでにかゝる類似を比べるとき用いられてきた主な方法と思われる次に挙げた六項目を敷衍して数式を導き出すことが考えられる。

- (1) 各化石群を特徴づける標徴種の有無を調べる。
- (2) 共通属数に対する共通種数の比率をみる。
- (3) 一方の化石群の全種数に対して占める共通種数の百分率を比較する。
- (4) 一方の化石群の全属数に対して占める共通属数の百分率を比較する。
- (5) 共通種数の多寡を比較する。
- (6) 或る示相化石の種数並びに個体数頻度を検討する。

これらの各方法のうち、(1)と(6)は他の四方法とは類似を比べる上に稍性質を異にしているので、ここでは除いて考え、筆者は最も普通に利用される(3)の方法を基礎として、それに共通の属数並びに全種数の大小を加味して考察をすすめることにした。

(3)の方法には二つの化石群の種数の差が大きい時はどちらの化石群を基準にして共通種数の割合を算出するかによってその数値にかなりの相異を生ずる不合理を持っている。従って、今或る一つの化石群(基準化石群と仮称)を基準にして、これと他の種々な化石群(比較化石群と仮称)との類似を比較したい時、(A)前者の種数に対する後者との共通種数の比率を求める。(B)後者の種数に対する前者との共通種数の比率を求める。(C)両化石群を併せた時の全種数に対する共通種数との比率を求めるのいずれかの方法に統一する必要がある。然るに、(A)では比較化石群の種数の多いものほど高率を示しやすく、(B)では共通種数は少なくとも比較化石群の少ないものではかなりの高率を示しやすくなり、(C)では両化石群の種数の差が大きければあまりにも多い方の化石群の比率に支配されすぎる。そこでこれらの不合理を少なくする方法として、(A)

と(B)との相乗平均をとることができる。即ち、二つの類似関係を比較すべき化石群の種数をそれぞれ x, y ($x \geq y$)、その共通種数を r とすれば、類似率 R_1 は次式によって表わされる。

$$R_1 = \sqrt{\frac{100r}{x} \times \frac{100r}{y}} = \frac{100r}{\sqrt{xy}} \dots\dots\dots (1)$$

(1)式だけでは次のような不合理が存在する。今仮りに極端な例として $x=y=r=1$ のような二つの化石群の類似率を求めると、 $R_1=100.0$ となり、 $x=y=r=1.0$ の場合と全く同じ結果となるからで、これは前者よりも後者の方が類似率が大とならなければ不合理である。かかる不合理を除くためには二つの化石群の中で種数の少ない方の化石群の全種数に対して両化石群の共通種が占める確率によって補正を行えば合理的と考える。従って一つの化石群から一種の化石種をとりあげた時、他の化石群と共通となる確率は $\frac{1}{2}$ 、共通とならない確率も $\frac{1}{2}$ で、これを y ($\leq x$) 個の種数について検討した結果 r 個の共通種が得られたとき、その確率 P_r は

$$P_r = {}_y C_r \left(\frac{1}{2}\right)^r \left(\frac{1}{2}\right)^{y-r} = {}_y C_r \left(\frac{1}{2}\right)^y \dots\dots\dots (2)$$

(2)式は類似率 R_1 に対して負の相関をもつので、正の相関に直すと

$$P'_r = 1 - {}_y C_r \frac{1}{2^y} \dots\dots\dots (3)$$

(3)式を(1)式の補正項と考えることができるから、類似率 R_2 は

$$R_2 = R_1 P'_r = \frac{100r \left(1 - {}_y C_r \frac{1}{2^y}\right)}{\sqrt{xy}} \dots\dots\dots (4)$$

(4)式には未だ次のような不合理がある。二つ以上の化石群相互の共通種数を求める際、これまでは種名が不明で属名のみ知られている化石も一種として計算に入れてきたが、この方法では属名のみ知られている化石種が多い場合には必然的に両者の類似率は著しく過小の傾向をもち、また属名のみ記載されたものを全く省略して考えることも適当と思われたいからである。この不合理については共通種となる可能性をもつすべての種名数に対して共通種となる確率を求めることによって補うことができる。今、共通属であることは知られていて

も共通種となるかどうか不明のもの組数が n 組あったとして、それぞれの共通種となる確率を $P_1, P_2, P_3, \dots, P_i, \dots, P_n$ とすれば、これらの確率の総和は

$$P_1 + P_2 + \dots + P_i + \dots + P_n = \sum_{i=1}^n P_i \dots \dots \dots (5)$$

(5)式を共通種 r に加算することによって補正されるから、両者の和を S で表わせば

$$S = r + \sum_{i=1}^n P_i \dots \dots \dots (6)$$

この時の S が共通種累数である。(4)式の共通種数 r の代りに共通種累数 S を代入した時の類似率を R とおけば次式が成立する。

$$R = \frac{100 S (1 - y^C r \frac{1}{2y})}{\sqrt{xy}} = \frac{100 (r + \sum_{i=1}^n P_i) (1 - y^C r \frac{1}{2y})}{\sqrt{xy}} \dots (7)$$

(7)式での類似率 R が即ち類似指数である。

4. 類似指数の算出例

類似指数算出の具体例として、共に洪積世の化石群と考えられる渥美半島の七根砂泥層植物化石と静岡県東部の足久保化石植物群との類似を調べてみよう。これら両化石群から現在までに記載されている化石植物種は次の通りである。

- | A. 七根砂泥層植物化石 | B. 足久保化石植物群 |
|--|--|
| (1) <i>Pinus</i> sp. アカマツ又はクロマツ | (1) <i>Abies firma</i> モミ |
| (2) <i>Fagus Hayatae</i> タイワンプナ | (2) <i>Chamaecyparis obtusa</i> ヒノキ |
| (3) <i>Fagus microcarpa</i> シキシマブナ | (3) <i>Pinus</i> sp. アカマツ又はクロマツ |
| (4) <i>Quercus serrata</i> , var. コナラ変種 | (4) <i>Alnus japonica</i> ハンノキ |
| (5) <i>Quercus</i> sp. ナラ属 | (5) <i>Carpinus laxiflora</i> アカシデ |
| (6) <i>Paliurus nipponicus</i> ヨウセキ
ハマナツメ | (6) <i>Fagus Hayatae</i> タイワンプナ |
| (7) <i>Xanthoxylum piperitum</i> サンショウ | (7) <i>Quercus stenophylla</i> ウラジロガシ |
| (8) <i>Styrax Shiraiana</i> コハクウンボク | (8) <i>Zelkova Keaki</i> , foss. ケヤキ |
| (9) <i>Lychunis</i> ? sp. ナデシコ属 | (9) <i>Ceratophyllum demersum</i> ?
キンギョモ |
| (10) <i>Pleioblastus Simoni</i> ? メダケ | (10) <i>Tetradenia foliosa</i> イヌガシ |
| | (11) <i>Leguminoseites</i> sp. マメ科の一種 |
| | (12) <i>Acer pictum</i> イタヤカエデ |
| | (13) <i>Trapa natans</i> , var. ヒシ変種 |
| | (14) <i>Eurya</i> sp. サカキ属 |

前表をみると、A化石群の種数が10、B化石群の種数が14であることがわかり、 $x \cong y$ という約束から $x=14$ 、 $y=10$ となる。次に共通種数をみると $r=1$ で、これは直ちにわかるが、 $\sum_{i=1}^{2y} P_i$ は次のようになる。まずA、B両化石群中で属名のみ知られているものは、Pinus, Quercus, Lychnis, Eurya, Leguminoseitesの五属で、このうち後の三属は片方の化石群中にみられないので問題ではないが、PinusとQuercusはそれぞれ共通種となる確率を求めなければならない。Pinusはどちらも属名のみ知られ、且つ、アカマツかクロマツかのいずれかに相当すると思われるので、アカマツとクロマツの二種から重複を許して二つとる順列 ${}_2P_2=2^2=4$ がA、B両化石群中のPinus属を種名で組み合わせるすべての仕方である。このうちA、Bがそれぞれアカマツかクロマツ同志の場合には共通種となるから、共通種となる確率は $\frac{2}{4}=\frac{1}{2}$ である。一方、Quercus sp.は産出部分が穀斗でB化石群のウラジロガシと形態的に類似を示すので、共通種となる確率は次のように求められる。洪積世の植物化石として既に報告されたQuercus属には15種程あるが、このうちA化石群のQuercus sp.が所属する可能性をもつ種名はその穀斗の形態からみて10種であるので、この10種の中でウラジロガシと共通となる確率を求めれば $\frac{1}{10}$ となる。従って、 $\sum_{i=1}^{2y} P_i$ は $n=2$ から $\sum_{i=1}^{2y} P_i = \frac{1}{2} + \frac{1}{10} = 0.600$ となり、共通種累数 $S = r + \sum_{i=1}^{2y} P_i = 1.600$ となる。また、 $1 - y^C r \frac{1}{2^y}$ は $y=10$ 、 $r=1$ から $1 - \frac{10^1}{9/1!} \cdot \frac{1}{2^{10}} = 0.991$ となる。依って求める両化石群の類似指数Rは次の通りである。

$$R = \frac{100 \times 1.600 \times 0.991}{\sqrt{14 \times 10}} = \underline{\underline{13.4}}$$

5. 類似指数の意義

ここに紹介した類似指数は化石群相互の生態学的類似⁵⁾を示すものとして案出したが、この指数が化石群の地質学的考察にどのような意義を持つかについての検討は未だ充分でない。むしろ今後の研究課題であるが、これまでに筆者の気づいた二、三の意義を列挙すれば次の通りである。

時間の推移に伴って化石群の組成の変遷が知られていることから、時代の判

註5) 類似指数には生態学的類似以外に、生物の進化変遷も加味されている

明した多くの化石群の組成とそれぞれ類似を比較すれば、或る空間内においては全体の傾向として対比する上にもかなり参考になるものと思われる。また、同じ時階に属する多くの化石群の類似指数を比較すれば、当時の生態学的類似を示す分布図をえがくことができ、同一地点での異った時階の化石群を順に比較すれば生態変化の様子も図示できるであろう。更にまた、現生の群落・群聚と化石群との比較、並びに化石群の生活環境と類似指数との相関性をみるのも興味深い或は植物化石をはじめ、貝類、有孔虫類、花粉⁶⁾等の化石群に適用しうる類似指数を他の種々な対比要素にも応用することに成功できれば、地層の対比そのものも客観的な数値によって判定できるであろう。

終りに臨み、本稿を纏めるにあたっていろいろと御指導を戴いた当教室の諸先生方に深甚なる謝意を表する。(筆者文理学部専攻生)

文 献

- | | |
|--------------------------------------|------------|
| (1)坂 倉 勝 彦(1935)：千葉県小櫃川流域の層序Ⅱ | 地質雑XLⅡ—507 |
| (2)鹿 間 時 夫(1938)：神戸層群と其の植物群 | 地質雑XLⅤ—539 |
| (3)大 塚 弥 之 助(1938)：静岡県庵原郡東部の地質構造 | 震研報XLⅠ—2 |
| (4)黒 田 啓 介(1958)：渥美半島の洪積統より産出する化石植物群 | 地学しずはた15 |

註 6) 花粉分析では属名まで知られているのが普通であるから、類似指数を多少変形する必要がある。