

地理学研究における場の大きさと相似関係

新 井 正

I はじめに

地理学ではしばしば個々の地域の特定現象の記載が先行し、全体をとりまとめる努力が不足しているように筆者には感ぜられる。このことは、現在の地理学は全体を支配するような第一近似にとりつくことは得意ではなく、第二、第三近似、あるいは全体から見れば雑音のような個々の細かい現象にとらわれ過ぎていると言うこともできる(新井 1971)。科学研究の一般的な目標は普遍的な法則性の探求にあり、個々の現象の記載にのみ集中すると普遍的法則への情熱は薄らぐであろうと筆者は考える。この考えには必ず痛烈な反論が出るはずであるが、筆者は詳細な記録は基礎データとして重要であるが、データの取得だけで終わってはならないと強調したいのである。個々の記載に集中すると、それだけに精力を使い果たし、全体が見えにくくなることは否定できないであろう。巨視的に全体をまとめるような法則性への志向がなければ、結果の汎用性は得られず応用もできず、あえて言えば地理学の地位の低下につながることになる。

普遍性へのアプローチとしては、いくつかの方法が考えられる。第一は、絶対真理に到達するような新たな法則を見出すことであるが、これは平均的な人間に出来ることではない。二番目は既に確立されている法則を応用し、合理的な説明を行うことである。これは自然地理学では普通に使われている方法である。第三は相互比較を通して法則性を見つけることである。この種の法則性の基

礎となるのは相似性である。この場合、一定の関係が得られても、内容あるいはメカニズムが解明できない場合も少なくはない。しかし事実として相互関係が確立されれば、これを否定する理由はない。完全な説明はできなくても、これはまとまりのない記載を続けるより意味のあることと筆者は考える。全体を通しての相互関係あるいは法則性の確立は、応用面でも必要なことであろう。

本論文では、自然地理学、特に水文学における相似性について筆者の研究領域の範囲で概観し、次いで生物地理学における最近の成果を参考にしながら、筆者が以前から経験的に法則性の存在を予見していた離島の商店に関する相似則について述べる。これらの研究対象は全く別な問題のような印象を与えるであろうが、実は一貫した論理であることが本論文で理解出来るであろう。

II 分類と相似

地理学ではデータのまとめ方として「分類」を頻繁に用いる。分類は多くの学問分野で問題解決の入り口としても、また最終的な解答としても用いられている。分類という作業は研究の基本であるが、定性的であることに注意しなくてはならない。例えば、いろいろな大きさの三角形の紙切れと正方形の紙切れとを形で区分するのは分類である。この段階では形だけで、大きさのデータは得られない。

次に、分類された正方形の紙切れの大きさの仕分けを考える。一つの方法として、いくつかの大

きさの区分を設定して仕分けをすることが考えられる。もう一方では、最初から大きさ順に並べる方法が考えられる。いずれの作業も、正方形は全て相似であることを前提として、大きさにしたがって並べることである。この際に、大きさ順に番号を付けたり枚数を数えておけば、順番と大きさとの関係をグラフに描くことが出来る。すなわち、一つの相似の中での量的関係を具体的に表すことが可能となる。

以上のように考えると、いずれかのパラメータを媒介とした相似関係が、一般則に近づく手法であるように考えられる。筆者が本論文で相似性を強調しようとするのは、単純化された条件の中で定量的な検討が可能となるからである。

Ⅲ 自然地理学における相似関係

自然地理学においてはしばしば相似則が用いられるが、ここでは主として著者が過去に行った研究などから若干の例を示す。

1 水文学

(1) 水流の次数と流量・流速

河川の本流と支流との関係を幾何学的に表現する方法として、水流の次数がある。次数の考え方はHorton、Strahlerらによって提案され、水文学で広く使われている。現在、日本で一般的に用いられているのはStrahler (1975)の方法である。これは山地のもっとも上流の谷を1次とし、同じ次数の谷が合流すると次数が上がることとし、水系のヒエラルキー構造を構成する方法である。したがって、次数は流域面積と密接に関連している。このように設定した次数と水文要素との間には、多くの面で良好な関係がみられる (Morisawa 1985ほか)。

相似関係として明瞭なのは、次数と流量の関係であろう。流量は、基本的には観測地点より上流

の流域面積と降水量・蒸発量によって決められる。降水量と蒸発量は山地の高度や斜面の向きにより異なるが、これを流域内で一定と仮定すれば、流量は流域面積のみで決まり、面積に比例して流量が増加することになる。水流の次数と面積の間には一定の比例関係が成り立つとされているので (Leopold et al. 1964)、次数と流量との間にも比例関係が成り立つはずである。東京付近のいくつかの溪流で測定した結果の要約が図1 Aであるが、予期したような関係が得られた (新井ほか 1997)。

川幅・水深も次数とともに、下流で大きな値になる (新井 1979、新井ほか 1997)。例えば山間部の2次流では川幅は1 m以下、平均水深は5 cm程度が普通である。しかし下流では川幅は10 m以上のオーダーになり、水深は1 mのオーダーになる。河川の平均流速は、水深が浅い上流で遅く、水深が深い下流で早い。Manning公式などの水面勾配を主なパラメータとする流速公式は、勾配が急な溪流部で流速が早くなるように作られているが、事実は逆で勾配が急な上流ほど平均流速は遅い。これは河床形態によるもので、上流ではManning公式の分母に入る粗度係数が極端に大きくなるためと解釈できる。図1 Bは東京付近の溪流の次数と流速との関係である (新井ほか 1997)。6次の所で傾向が異なっているのは、観測データ不足による検証不足あるいは粗度係数の不連続的な減少と考えている。このようにデータに不備があるものの、次数は河川の水流的特性を表現するための優れたパラメータであり、これにより一部の相似関係を含み巨視的なとりまとめが容易になると言える。

(2) 湖盆形態

湖沼はそれぞれの水深や水面積が異なるので、地理的に近い距離にある湖沼でも湖盆形態が異なり、水温分布あるいは水質や生物の分布が異なる。Arai (1997) は湖盆形態を主として成因別に分類し、それぞれのグループでは相対深度面積曲線

が相似になることを示した。すなわち、水深として最大水深を100%とした相対深度 (D_i/D_m) を用い、深度別面積として表面積を100%とした相対面積 (S_i/S_o) を用い相対深度面積曲線を描くと、この曲線はいくつかの類似したグループに分けられる。

図2 Aにはカルデラ湖 (A, B)、海跡湖 (C, D)、せき止め湖 (E, F) の相対深度面積曲線の代表例を示した。カルデラ湖の例はAが1983年の噴火で消滅した三宅島新瀨池、Bが支笏湖である。面積と最大水深は新瀨が 0.058km^2 および 35.9m 、支笏湖が 78.4km^2 および 360.1m であるが、いずれも湖岸から急に深くなる鍋型の湖盆形態を示し相対深度面積曲線は類似している。日本のカルデラ湖あるいは火口湖の大部分は、面積と水深の違いに係

わらず、このような鍋型の形態である。

CとDは海跡湖の例でCは霞ヶ浦、Dは北浦である。両者は位置的に近いこともあるが、相対深度曲線は類似している。海跡湖においても火口湖と同様な鍋型の曲線を示す場合があるが、これは堆積が進んだ湖沼である。

EとFはせき止め湖の例でEは裏磐梯の小野川湖、Fは神奈川県震生湖である。いずれも明治・大正年間に前者は火山により、後者は関東大震災の際の山崩れでせき止められた湖であるが、相対深度面積曲線はともにカルデラ湖とは逆のV字型になっている。これは、湖沼が形成される以前に存在していた谷が未だに埋められずに残っていることを示している。全ての事例に当てはまる訳ではないが、水面積や最大水深の差異にかかわらず湖

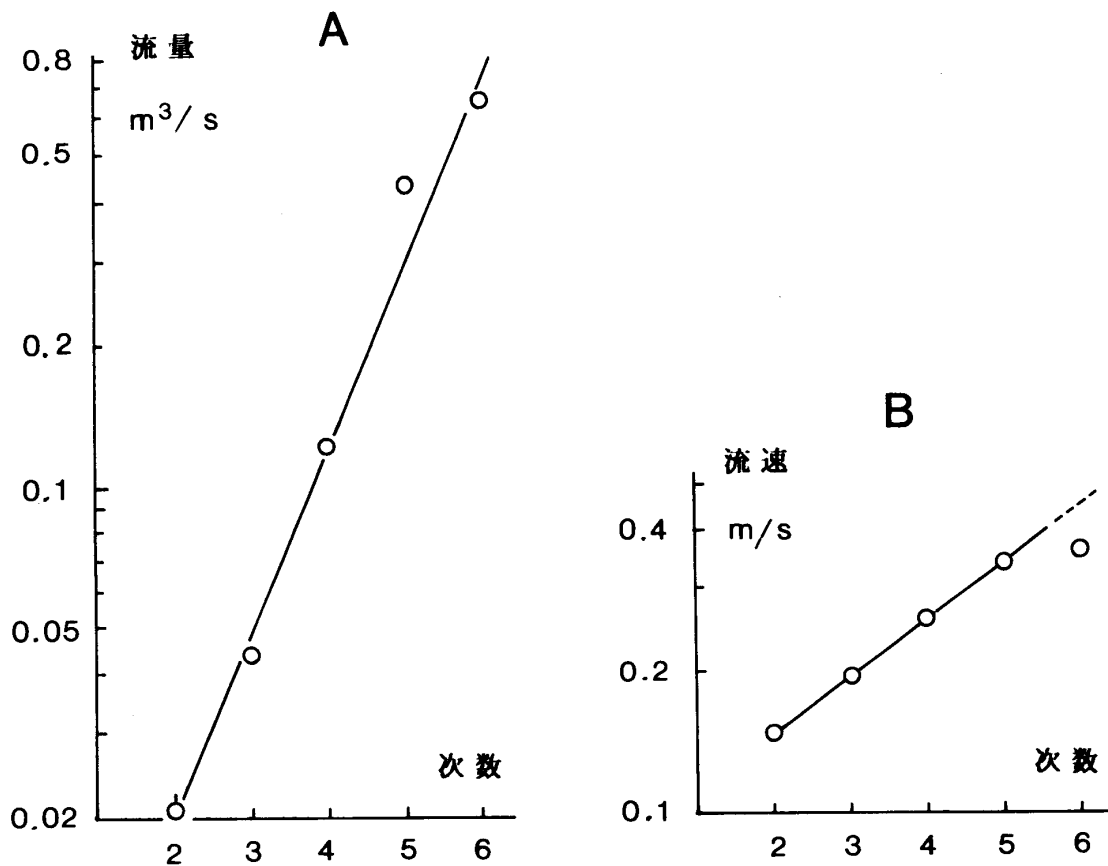


図1 A: 溪流の次数と流量 B: 溪流の次数と平均流速

沼を成因別に分類すると、それぞれの分類内では相対深度面積曲線は類似しており、相似関係を示すといえる。

図2Bは原点を左下に移動させてあるが、 $D=S^n$ の曲線群を示している。相対深度面積曲線をどのような数学的表現で置き換えるかは議論になるところであるが、簡単にべき乗曲線を当てはめると、カルデラ湖では n が3ないし4、海跡湖の例では n は1なし1.5、せき止め湖では n は0.5程度になる。非常に簡単な応用であるが、このような表現を用いれば湖の容積の概算ができる。

このように類型別の相似を念頭に置きデータをまとめてみると、深度面積曲線による湖盆形態の分類が可能となり、応用の途が開けるように考えられる。

(3) 湖沼水温と拡散係数

湖面積を指標とする相似関係は、湖沼の夏の変温層の深度においても得られている。新井(1972)、新井・西沢(1974)、Arai(1981)は日本と世界の温帯と寒帯の湖沼の夏期の水温データをまとめ、

吹送距離 (L : km) として湖の面積の平方根 ($L=S^{0.5}$) をとり、これと変温層の深度 (D) との関係求めた。その結果、図3Aに示すように夏の変温層の深度は上記の吹送距離(湖の平均長にあたる)の $1/3$ 乗に比例すること、すなわち深度・水温分布図の上では相似関係がみられることが明らかになった。この関係をさらに拡張すると、年間の貯熱量も同じ $1/3$ 法則に従うことになる。この問題も前記の論文で結果を示した(新井1972)。

水温、貯熱量、特に水中の垂直熱輸送を支配する最大の要素は、垂直拡散係数(K)である。そこで、温度変化の周期を温帯以北では1年、亜熱帯と赤道帯では $1/2$ 年とし、固体の熱伝導の類推より拡散係数を求め、上の図と同様に K を吹送距離(L)に対してプロットすると、図3Bのように L に関して $2/3$ 乗則が得られる。すなわち拡散係数は水面積に対して一定の比例関係にあり、これが水温垂直分布の相似関係をもたらしていると考えられる。

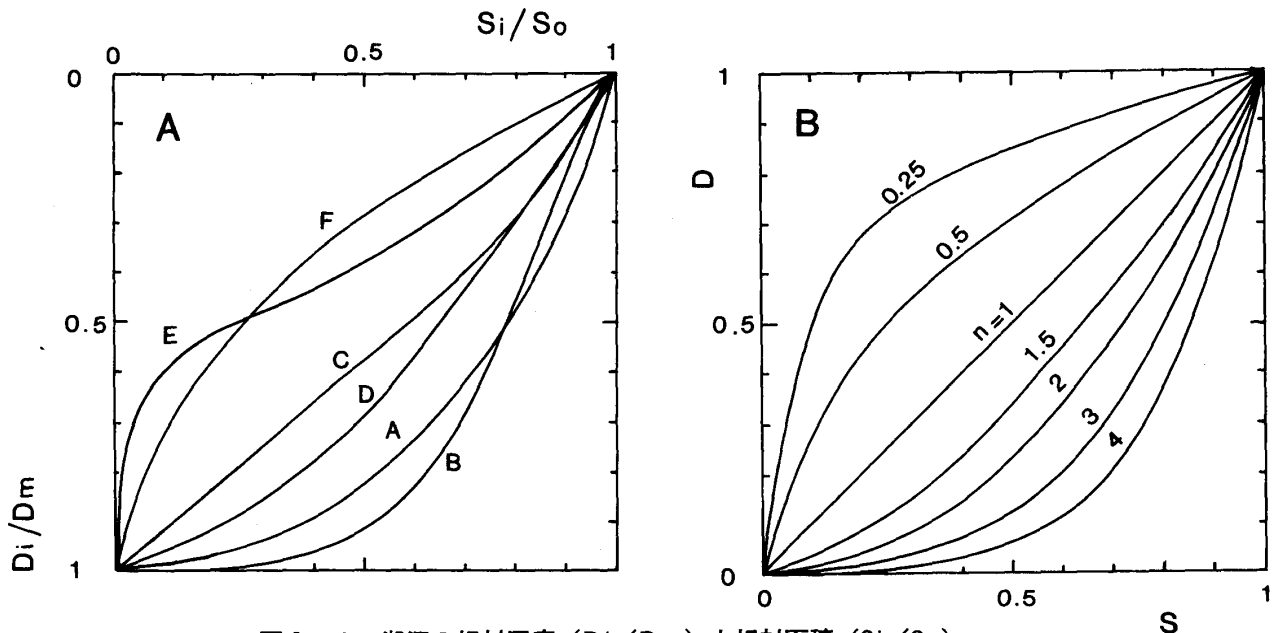


図2 A: 湖沼の相対深度 (D_i/D_m) と相対面積 (S_i/S_o)

(A) 三宅島新澤池 (B) 支笏湖 (C) 霞ヶ浦

(D) 北浦 (E) 小野川湖 (F) 震生湖

B: 原点を移動した相対深度 (D) と相対面積 (S)

n は $D=S^n$ におけるべき乗数

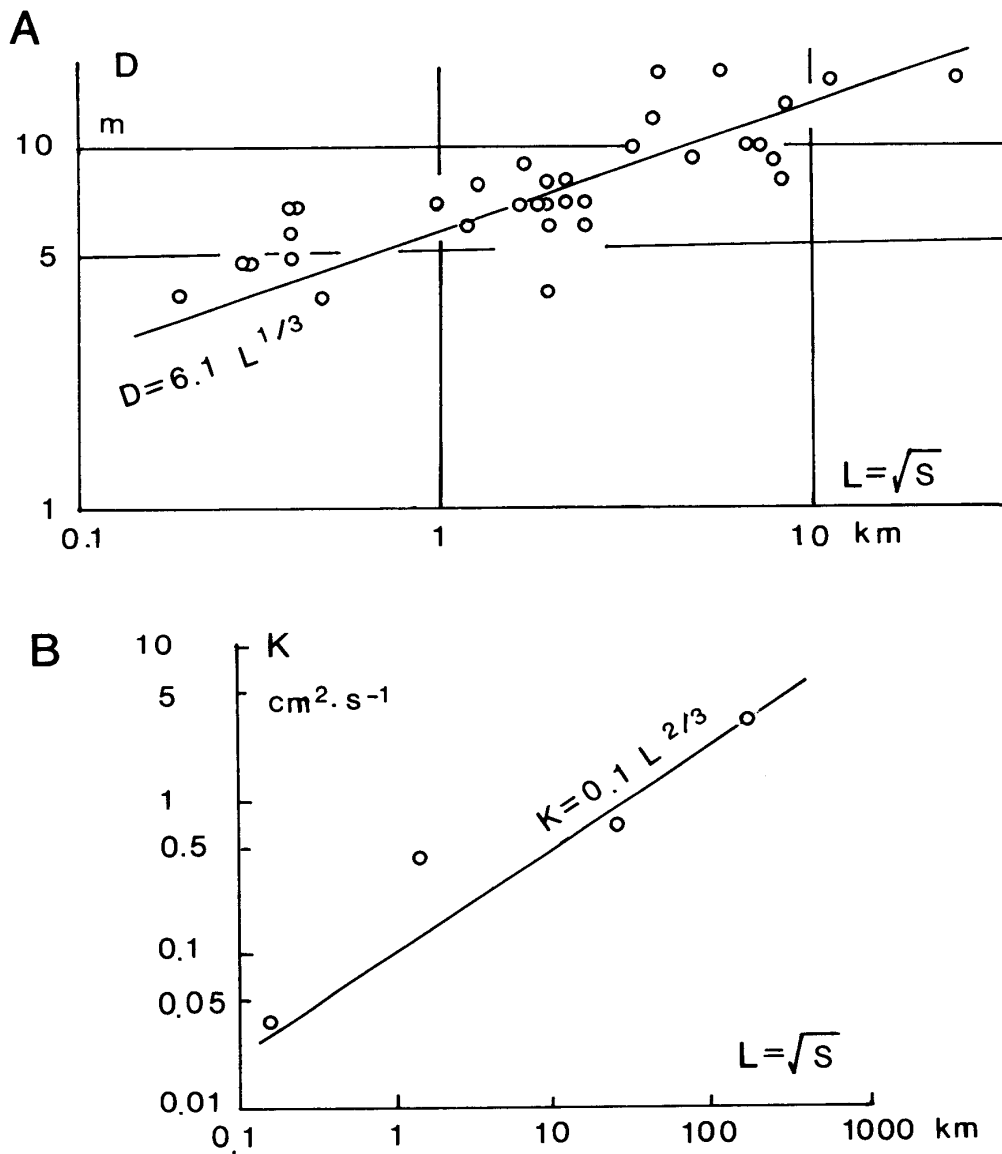


図3 A: 日本の湖沼の夏の変温層の深度 (D) と湖沼の長さ (L)
 B: 世界の温帯の湖沼の半年周期の温度拡散係数 (K) と湖沼の長さ (L)

水面における風による攪乱は水面積に比例して大きくなると考えられる。しかし、一方では水温成層の発達に上下混合を制約し、拡散係数を減少させる。夏期の変温層における水温勾配はLに関して $-1/3$ 乗に比例しているため(新井、西沢1974など)、十分なメカニズムの説明は不可能であるが、上記の結果は形式的には矛盾のないものである。

以上のように、自然現象では場の広さが現象の大きさを支配する場面が見られる。それが系統的

な関係(ここで言う相似関係)を示すことを利用すると、個々の現象の相互関係の調和的な説明が可能となる。特に湖沼の場合には水面積と最大水深が湖内の多くの現象の制限因子となるために、面積や長さをパラメータとした相似分析が有効な方法となる。

気候が主な支配要素になっている現象では、気候要素の年変化、日変化および不規則変化がそれぞれ異なった影響を及ぼす。ここに示した例は日射や気温の年変化が原因となる場合であったが、

日変化が支配する現象も存在する。また、主として風に関する項目は、不規則変化と見なすことができる。風による湖沼表層の攪乱は年変化の規模から見ればノイズのレベルであるが、実はこの作用が拡散係数を決めている（新井 1992）。いろいろな時間・空間スケールを持った現象が相互に関連し、巨視的な統計値として上記の諸結果が得られる。この種の分析では、変化をもたらす要素のうち、取り出す部分を決めることが重要なポイントになる。

2. 生物地理学

1960年代から1970年代にかけて、生物地理学、特に離島の生物分布の研究に著しい進歩が見られた。現在では、生物地理学は生物学においても主流ではないが、日本の地理学では殆ど無視されている。この原因は多くの大学の教員に、これについての理解と関心が無いことにある。

島の生物地理学で本論の参考となる成果は、生物種の数や島の面積と大陸からの距離で決まるという事柄である。種数は多様性という言葉で置き換えられるが、多様性には α 多様性と β 多様性とが考えられている（Wilson, E.O. and W.H. Bosert; 巖、石和訳 1977、MacArthur, R.H.; 巖、大崎監訳 1982）。 α 多様性は種の数そのものであり、 β 多様性は交代頻度にあたる。ここで援用するのは α 多様性である。

面積や食料が限られている離島の生物数あるいは種数は、平衡状態にあると考えられ、生物の移入率と絶滅率のバランスによって種数が決められる。この平衡関係には面積効果と距離効果が考えられる。面積効果としては、狭い島では広い島より絶滅率が高くなることが指摘されている。距離効果としては大陸に近い大陸島では移入率が高く、大陸から遠い海洋島では移入率が低くなることが指摘されている。

具体的な事例として、国内では琉球列島、五島

列島、小笠原諸島などにおける研究が行われている（木元 1979、小野 1994、伊藤 1994）。結果は種数を S とし、島の面積を A とすると、 $S=CA^z$ のべき乗法則で表されている。多くの場合 z は0.20ないし0.35の間にある。係数は大陸からの距離により、すなわち大陸島と海洋島で変化する（伊藤 1982など）。また z は生物の種類（科、属など）によっても変化をする。面積が広ければ種数や個体数が多くなることは常識のように思われるが、これも一定の法則が適用できる問題であり、相似性が認められる。

IV 離島の商店数の相似性

1 仮説

1970年代から1980年代にかけて、筆者は離島の水の研究を行い、伊豆諸島、奄美諸島、大東諸島、利尻・礼文、甕列島、隠岐、対馬、五島列島など、多くの島に足を運んだ。離島の調査では往復の船や航空機の欠航や変更、現地での輸送手段の確保など不便なことが多々ある。また現地では、必要な物品が購入できないことも少なくなかった。多くの調査旅行を通して感じたことは、離島では商店の数が少なく、商店や商品の種類も限られていることであった。調査で訪れた多くの島を比較すると、島の商店数は住民数に比例するのではないかという印象を受けた。筆者はこの経験を上記の自然地理学における相似性の問題に重ね合わせ、商店数は場の大きさの基盤となる人口数に比例するであろうという仮説を立て、1996年に若干の分析を行った（新井 1997）。

この仮説について、もう少し詳細に述べる。モデルとしての基本的な仮定は、全ての島で住民が等質であると考え、住民が等質であれば、生活必需品の量は住民の数に比例することになる。したがって、およその見当として、商店数は住民数に比例するという予測に辿り着く。しかし、商店

数が住民数に単純に比例するわけではない。例えば巨大なスーパーが小規模な個人商店を圧迫するように、地域の購買力すなわち総収入が限られている以上、店舗の数だけで全てが議論できるわけではない。しかし、平均的な店舗の規模を基準として仮定をすれば、上記のように商店数は人口に比例するとの予測が成り立つ。

2 資料

商店数の調査としては現地での観察、市町村役場の資料、電話帳によるチェックが考えられる。本研究の発端は筆者の離島調査の際の観察や実体験が基礎にあるが、今回は主として市町村役場へのアンケート調査の結果を使用した。各種の条件から選定した30市町村にアンケート用紙を郵送し、このうち29市町村より45地区に関して回答があった。これに先立って一部の地区に関しては電話帳（タウンページ）で商店数を調べ、人口と商店数との関係を予測した。なお、ここでいう商店とは日買物品を中心とした生活必需品の商店で、飲食店、金融・不動産、旅行案内、旅館・民宿、土木工事、電気工事、工場などは含まないものとした。アンケート回答の一部には飲食店などを含めたと考えられる例があり、明らかに質問の範囲に誤解があったと認められた回答は除外した。この場合には、電話帳による数値を用いた。

また、筆者の過去のフィールドノートを参考にしたほか、沖縄の一部の離島で確認のための簡単な現地調査を行った。

3 人口と商店数の関係

これら離島の商店数を人口に対してプロットした結果が図4である。当然のことながら商店数は人口に比例するが、単純なプロットではかなりの分散が認められる。そこで、A、B、Cの3グループに分け、回帰係数を決定した。Aは標準的な場合であるが、具体的にはBとCを除外したケース

を集めてある。Bは観光的要素、あるいは行政中心的な要素が比較的強い島のグループで、伊豆大島、八丈島などを含んでいる。一部にはこれに該当しないと思われる島があるが、これは上記アンケートで商店の範囲に関する誤解があったものと想像される。Cグループは商店数が少ない場合で、これは農協あるいは共同店（堂前 1984）が大きな勢力を持っている地域である。プロットされたデータの全てが正確というわけではなく、一部に上記のような錯誤があるにせよ、全体的な傾向は極めて明瞭である。

離島は物資の輸送に制約があり、日用必需品の供給量と消費量との間には、かなり厳密なバランスが保たれていると考えられる。本土あるいは本島への直接注文や通信販売の利用もあるが、ごく日常的に使う物に関しては小規模な商店が対応している。調査を行った島の中には、商店が存在しない事例もあったが、最低の数値は人口100人で1ないし2店程度となっている。現在では多くの離島で観光化が進んでおり、平均的な離島でも単に住民のためだけの商品ではなく、土産物あるいは飲食店を兼業とする例が多い。したがって、図4の傾向は現在の日本の離島の実体としてとらえるべきであろう。

人口の増加にしたがって商店数も増えるが、その率は平均的なAグループで0.77乗である。このことは、全ての島で1人当たりの収入が均等であると仮定すると、1店の規模は人口の0.23乗に比例して大きくなることを意味する。すなわち人口が10倍で、店の経営規模は約1.7倍となる。Cグループでは人口に対して0.44乗で経営規模が拡大する。この条件では、人口10倍で経営規模は2.8倍になる。離島の農協売店や沖縄の共同店が他の商店に与える影響が、この数値からも理解できる。人口の集積は更に経済規模の拡大をもたらすから、人口が多い島では、実際には更に大きな率で経営規模が大きくなっていると予測される。

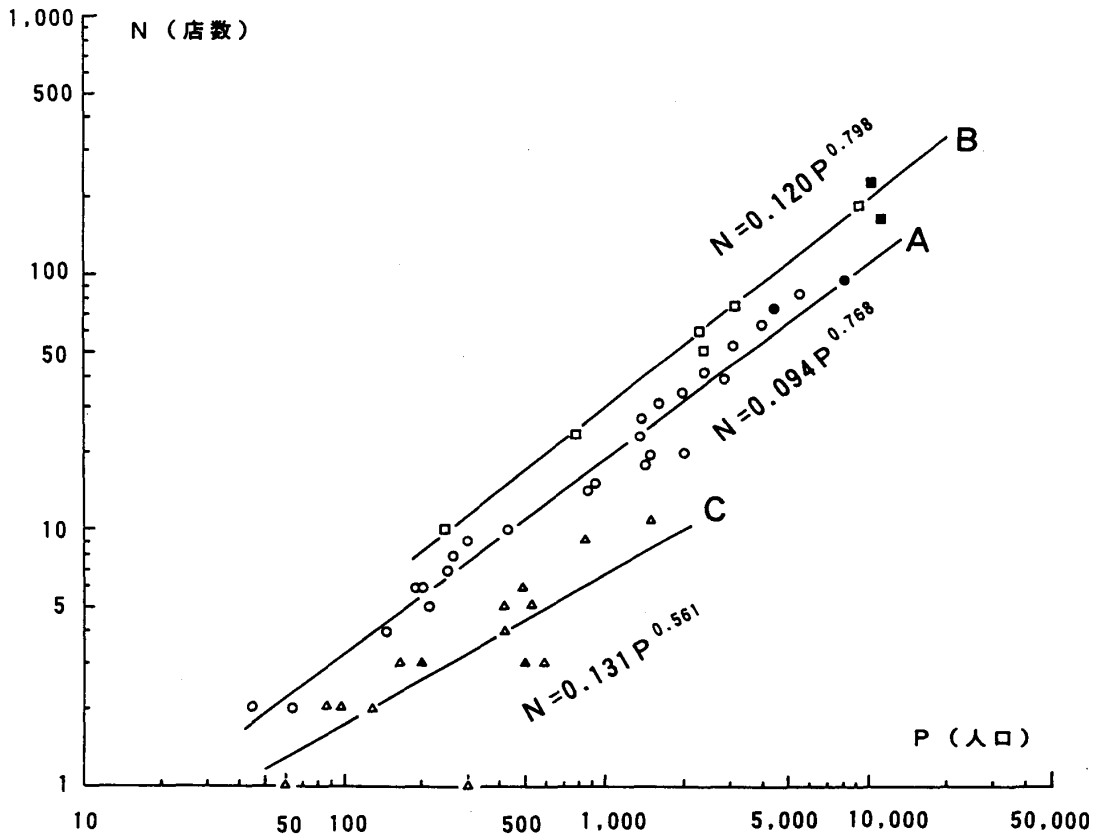


図4 離島の人口 (P) と商店数 (N)

- (A) 平均的と思われるグループ
- (B) 観光地あるいは行政機構の集積があると考えられるグループ
- (C) 商店数が少なく共同店などの影響が強いと考えられるグループ

このように適切なパラメターを選定して分析を行えば、一連の関係、相似関係が浮かび上がる現象が少なくない。このような関係を念頭に置いて個々の事例を分析すれば、また新たな視点が生まれるのではないだろうか。

V あとがき

現象の規模が場の時間・空間的大きさに制約されており、より大きなシステムが下位のシステムを包含するという考えは、気候学ではかなり以前から認識されてきた (吉野 1978など)。また地下水ではTothやFreezeのモデルで (榎根 1980など)、より大きな循環が小規模な循環を含むことが認められている。自然地理学では、場の大きさにより現象を分類することは、特に目新しいことではな

い。

本研究では、自然現象に関しては面的な違いあるいは制約をパラメターとし、河川、湖盆形態、湖沼水温の相似的性格を示した。また離島の商店に関しては、人口をパラメターとして相似性を検討した。すでに述べたように、条件を簡略にして仮説をたて、それに従って相互の関連性を求めることは、全体の傾向あるいはメカニズムを検討するのに非常に役立つ方法である。もちろん個々の現象の記載も重要であるが、このような全体的な見通しのもとに行われる記載と、それが無い記載とでは、将来的な展望に大きな差が生まれるはずである。本来地理学のデータにはかなりの誤差がある。したがって、いかに統計処理の精度を上げても誤差は消せない。多少の誤差は覚悟の上で、全体を見渡すことも重要な研究方法であると筆者

は信じている。

参考・引用文献

- 新井 正 (1971) 比較研究としての地理学. 地理, 16 卷1号, 17-20.
- 新井 正 (1972) 汎地球的にみた湖沼水温の特性. 地理学評論, 45巻, 601-615.
- 新井 正、西沢利栄 (1974) 「水温論」共立出版, 297p.
- 新井 正 (1979) 河川水温の電気アナログモデル化の試み. 立正大学人文科学研究所年報, 16号, 38-42.
- 新井 正 (1992) 時間・空間スケールとモデル. 「西沢利栄教授退官記念論文集」1-9, 退官記念論文集編集委員会, 筑波.
- 新井 正、山口雅功、谷口智雅、梁 海根、原 美登里 (1997) 溪流の平均流速・川幅・流量. 日本地理学会発表要旨集, 51号, 320-321.
- 新井 正 (1997) 人口を指標とする離島の商店数の相似性. 地域研究, 37巻2号, 1-8.
- 伊藤修三 (1982) 生物種数-地域面積関係-. -植生学の立場から-. 生物科学, 34巻, 1-6.
- 伊藤修三 (1994) 「島の植物誌-進化と生態のナゾ-」講談社選書, 246p.
- ウィルソン, E.O. & ボサート, W.H. (巖 俊一、石和貞夫訳) (1997) 「集団の生態学入門」培風館, 191p.
- 小野幹雄 (1994) 「孤島の生物たち-ガラパゴスと小笠原-」岩波新書, 309p.
- 樫根 勇 (1980) 「水文学」大明堂, 272p.
- 木元新作 (1979) 「南の島の生き物たち-島の生物地理学-」共立出版, 203p.
- 堂前亮平 (1984) 伊平屋・伊是名における共同売店と村落共同体. 沖縄国際大学南島文化研究所・地域研究シリーズ, 5号, 25-30.
- マッカサー, R.H. (巖 俊一、大崎直太監訳) (1982) 「地理生態学: 種分布に見られるパターン」蒼樹書房, 300p.
- 吉野正敏 (1978) 「気候学」大明堂, 350p.
- Arai, T. (1981) Climatic and geomorphological influences on lake temperature. *Proceedings Internat. Assoc. Limnology*. Vol.21, 130-134.
- Arai, T. (1997) Characteristics of Basin Morphology of Lakes in Japan. *Japanese Journal of Limnology*, Vol 58, 231-240.
- Leopold, L.B., Wolman, M.G. and J.P. Miller (1964) "Fluvial Processes in Geomorphology" Freeman and Co., 522p.
- Morisawa, M. (1985) "Rivers" Longman, 222p.
- Strahler, A.N. (1975) "Physical Geography, 4th edition" John Wiley and Sons, 643p.