

立地分析における偶然性の多重的な役割について

水野 勲

1. はじめに

過去の事象の継起を調べるとき、私たちはすでに決定された秩序において諸事象が起こったかのように考えがちである。これは、事後的で不適切な考えであろう。なぜならば、私たちがその継起の初期の時点に遡るならば、途中のいくつもの段階で、非常に多くの可能性 (possibility) と偶然性 (contingency) があつたことを見出すからである。このような多くの可能性の中から「偶々 (たまたま)」 (incidentally) 選ばれ、分岐してきた一つの結果として、「現実」を理解することはできないか。そして、立地分析において「偶然」 (chance) の概念を、決定論と結び付けながら積極的に捉えることはできないか。さらに、「ランダムネス」 (randomness) という概念を、未知の人間の条件としてだけでなく、新しい特性が出現する契機としても定義することができないか。

多くの立地モデルが、その決定論的な性格のゆえに、非実証主義の地理学文献において批判されてきた。たとえば、Spate (1957) は「環境決定論」に反対して、人間活動はイエスかノーかの選択あるいは強制の問題としてよりも、蓋然性 (probability) のバランスとしてみなしうるとしている。また Barnes (1987, 1988) もまた、新古典派経済地理学のモデルが決定論ないしは人間主体の欠如によって特徴づけられるとした。さらに、数学理論における「確率」 (probability) の概念が、多くの計量地理学者によって高く評価されてきた (Burton, 1963; Curry, 1966; Wilson, 1967)。しかしながら、ここで注意すべきことは、probability の概念には「質的」と「量的」の二側面があることである。前者には、本来的な「不確実性」 (uncertainty) が含まれるが、後者は、あらゆる予測可能な場合における不確実性の程度を意味している。現実の立地過程に固有の不確実性は、前者

の意味で考慮されることが少なかった (Webber, 1972)。

本稿が目指すのは、これまでの大半の立地モデルで単に量的に捉えられてきた偶然の概念を、実り豊かなものとすることである。特に、著者は偶然の概念を決定論に対立するものとしても、また完全な主意主義 (voluntarism) としても考えない。偶然の概念は、近年、二つの仕方で再概念化されている。第1に、自己組織化のアプローチによるもので、物理化学におけるブリュッセル学派の「散逸構造」の考えに依拠している (Prigogine and Stengers, 1984)²⁾。このアプローチは、偶然と決定論を相互作用的に結びつける「ゆらぎを通じた秩序」の考えにより、中心地理論の動的なモデルに応用されてきた (Allen and Sanglier, 1979, 1981a, b; Pumain *et al.*, 1987; Straussfogel, 1991; 水野, 1992, 1994)³⁾。このアプローチの特徴は、かなり低い確率の事象が引き起こす、可能なシステム変化に焦点をあてていることである。第2に、社会理論のアプローチによるもので、異なる因果系列の間の、関係の偶然性に注目している (Pred, 1984; Sayer, 1992)。この偶然性の概念は、異なる因果メカニズムの間で新しい結びつきが偶々出現することを含意しており、文献を遡れば、ヴィダルの人文地理学、特に「蓋然性の算法」 (Lukermann, 1965) に関係しうるものとみなされる⁴⁾。

著者は、主に第1のアプローチに関心を限定し、とりわけ Allen and Sanglier (1979, 1981a, b) の中心地モデルの意義を、これまでの立地分析の文献の中に位置づける。しかし、いくらかは第2のアプローチとも関連させて議論を行いたい。このために、2章では、偶然の諸問題を早い時期から包括的に論じていた哲学者、九鬼 (1935) を参照しながら、偶然の諸側面をレビューしておく。九鬼の偶然論は西欧哲学の広範な知識と自身の切実な経験に基づいていて、人間の実存に焦点をあてた

ものであるため、大半の確率論の教科書にはほとんど考慮されていない。逆に、九鬼の偶然論は、哲学や精神分析などの分野で取り上げられることは何度もあったが、確率論とのつながりが薄くなっている⁹⁾。3章では、多くの立地モデルでは偶然の概念が、「例外」や「恣意」としてのみ考えられてきたことを示す。そして4章では、自己組織化あるいは非線形システムの考え方を簡単に紹介し、特にAllen and Sanglier (1979, 1981a, b) が中心モデルにおいて偶然と決定論をどのように結び付けたかを述べる。5章では、著者がホテリングの開拓モデルをどのように再構築したか(水野, 1992)、そしてそれは明治大正期の北海道の開拓過程とどのように経験的に関連するかを述べる。

2. 九鬼による偶然の諸相

九鬼 (1935) は、確率論が人間にとっての最も重要と思われる偶然の諸側面、すなわち人間の生存、あるいは存在と無の内的関係について扱ってこなかった、という点から論を始めている。すなわち、「確率論の関心は、一事象の生起および不生起の総ての可能的な場合と、その事象の生起する偶然的な場合との間に存する数量的関係ということに尽きている。しかも理論上の数量的関係は、経験上には観測の回数を無限に大にした場合に初めて妥当性をもち得るのであるから、確率論は偶然的事象の生起する数量的関係の理念的恒常性を巨視的に規定しようとするに過ぎない。微視的な細目に存する偶然的可変性は少しも触れられない。しかも偶然の偶然たる所以はまさに細目の動きに存している」(九鬼, 1935, p. 3) のである。地理学では、Harvey (1969) が九鬼とほぼ同様の問題提起を行ったと言える。彼によれば、確率論が最も応用できる事象は何かという問いを立て、次のような事例をあげている。(i) 都市における買い物行動、(ii) 集落システム全体の発展、(iii) 国際紛争、(iv) ヨーロッパにおける首都の分布、(v) ロンドンの成立。そして彼は、確率論は (i) から (v) の順番で応用が可能であると結論づけた。5番目の事例は、単独の (singular) 事象である。どのようにすれば、この単独の事象を説明するのかという Harvey の問いは、偶然の概念の再定義をうながすものであった。

九鬼 (1935, p. 9) によれば、偶然性には三様態

があるという。つまり、定言的偶然、仮説的偶然、離接的偶然、がそれである。まず定言的偶然は、論理的なものであり、一般概念に対する「稀有」のものをいう。稀有とは、まれにしか所属しない意味であるから、概念と徴表との間の特定の関係である。これに対して仮説的偶然は、経験的なものであり、今ここにある何かとの「遭遇」を意味している。遭遇とは、一つの理由系列と他の理由系列の出会いである。さらに離接的偶然とは、形而上学的なものであり、一つの「可能」である。可能とは、同等に可能なくつかの離接肢の中における一つの可能性である。偶然に関するこれら三つの概念は、それぞれ、一般的なものに対する個別なもの、普遍的なものに対する単独のもの、必然的なものに対する偶然的なもの、と言い換えることができる。

第1に、定言的偶然の概念には、特称判断、孤立的事実、例外的偶然がある。特称判断における偶然とは、一つの例として、三角形の概念が本質的に三本の線で囲まれた面であるとするならば、それが鋭角、直角、鈍角のいずれの三角形であるかは偶然的な事柄である、というのである。次に、孤立的事実としての偶然とは、一般的な概念、体系と結びついていない事実であり、たとえば、数学的自然科学における物体という一般概念にとって有機体は、機械に関連づけられないうちは偶然的なものである、という。さらに、例外的偶然とは、概念の構成的内容に反する可能的例外のことであり、四葉のクローバーはクローバーという一般的な概念にとっての例外的偶然である、という。

第2に、仮説的偶然には、理由的偶然、目的的偶然、因果的偶然がある。理由的偶然とは、理由と帰結との間に何らの論理的な関係も見られない場合である。たとえば、名は名の表す意味と名自身との間に論理的関係があるはずであるが、姓名判断においては姓名の画数によって名の意味が語られ、このとき理由は偶然的であるという。そして目的的偶然とは、二つ以上の事象間に目的以外の関係の存在を見出す場合である。たとえば、湖畔を歩いてそこにボートがあっても偶然とは言わないが、ボートを漕いで遊びたいという強い願望をもった人がそうした経験をしたとき、幸福な偶然、すなわち目的的偶然であるという。さらに因果的偶然とは、測定方法の効力を越えた程度の「微小の非決定性」が現象に内在する場合であ

る。エピクロスやクレチウスのいう原子の垂直運動からの極めて小さな偏差（クリナメン）が、異なる二つ以上の因果系列の出会いをもたらす、というのもこの偶然である。本稿にとって注目すべき偶然の概念であり、contingencyや自由、自発性といった概念のもつ意味内容と関係する。

第3に、離接的偶然とは、可能的離接肢の一つの措定が偶然であり、偶然であるがゆえに他の措定も可能であるような場合をいう。この形而上学的な偶然を理解するためには、偶然と可能性、様相性との関係を見ておく必要がある。厳密だが煩雑になりやすい可能世界論を展開するかわりに、例示によって紹介したい。九鬼（1935, p. 186）は水を例にあげ、「液体としての水は、液体ではなくて固体でも気体でもありうる点に、全体としての水に対して偶然性をもっている」としている。物質としての水（ H_2O ）が融点付近で液体と固体が混在することはあるにしても、水（液体）であると同時に氷（固体）でもあることはなく、いずれかの様態をとる、という点に離接的偶然が表れている。もう一つの例を示すと、九鬼（1935, p. 250）は、ルーレットの遊戯に関するポアンカレの議論を引用しながら、こう述べている。「およそ偶然の偶然たる所以は、針が赤の上にとまったときに、黒の上にも止まり得たと考え、黒の上にとまったときに、赤の上にも止まり得たと考える点に存する」。ルーレットの結果を見て、そこから「他でもあり得た」と考えるところに、この偶然の概念があるといえる。様相においては、現実・非現実、必然・偶然、可能・不可能、实在・虚無が対で考えられる。本稿にとって、こうした形而上学的な偶然の検討も、無関係ではないのである。

以上のような九鬼の偶然論を参考にすると、これまでの立地モデルにおける偶然とは何であったか。このことを次章で検討する。

3. 機械論モデル、均衡論モデルにおける偶然の概念

これまでの立地モデルの大半は、機械論と均衡論に基づいて作られてきた（Couclelis, 1984; 水野, 1995）。そこでは、九鬼の偶然論に照らし合わせてみると、どのような偶然の役割が考えられているであろうか。

(1) 例外的偶然、孤立的事実

機械論的メタファーは立地モデルでしばしば用いられ、たとえば古典的重力モデル、ポテンシャルモデル、中心地理論、特に線形回帰空間モデルにおいてである。これらのモデルでは、偶然が例外もしくは孤立的事実として扱われていたといえる。一つの例として、線形回帰モデルを取り上げて、そこでの偶然の役割を検討してみる。

線形回帰モデルは一般に、次のように記述される（最も単純な重回帰モデルの場合）。

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \varepsilon \quad (1)$$

ここで、 y は従属変数、 x_1 、 x_2 は独立変数であり、 ε は残差項である。また a_0 、 a_1 、 a_2 は、経験的データを用いて、残差が最小になるように最小自乗法で推定されるパラメータである。残差値が小さければ小さいほど、またその分布が空間的にランダムであればあるほど、その線形回帰モデルは地理空間の分析として成功したと判断される。

残差は、系統（systematic）誤差と偶然（accidental）誤差に分けられる。もし系統誤差が見られるなら、パラメータ値は正確に推定されたとは言えない。Haggett（1965）は、研究者が残差地図を作成して系統誤差の有無を確認し、そこから新しい変数を発見するという再帰的アプローチを提唱した。彼の提案は、系統誤差を最小化するための逐次的な方法で、そこでは偶然誤差がかなり小さな値で、ランダムないし偶然の変動を示すとした。偶然誤差は、前章で紹介した九鬼（1935）の例外的偶然に比較しうる。

しかしながら、こうした消極的な意味をもった偶然の概念に基づく立地分析には、いくつかの経験的、理論的な問題がある。経験的には、人間の領域において系統誤差を偶然誤差と明確に区別することはかなり難しい。人文・社会科学のいかなる測定も、物理科学、特に誤差論を生み出した力学における測定より、かなり正確さは低い（北川, 1968, p. 69）。したがって、人間の領域における平均値は必ずしも「真の値」とは言えず、当該の理論に依存した仮説的、比較的なものに留まるであろう。こうした人間の領域における測定の絶対的、相対的な不正確さのために、私たちは観察値から系統誤差を効果的に取り除くことができず、したがって、偶然誤差を単に例外的偶然ないし孤

立的事実とみなすだけでなく、より積極的な意味で再評価すべきである。

この系統誤差と偶然誤差の区別は、逆説的に、空間的自己相関の問題に光を投げかけてきた。なぜならば、推測統計学で前提とされた観察値の相互独立性があるにもかかわらず、残差が空間的な秩序をもって分布すること(系統誤差)があるからである。普遍的なパラメータ値をできるだけ正確に推定しようとする試みが、地理学研究において系統的に偏ったパラメータ値という結果を明るみに出した(Gould, 1970)。1970年代における多くの地理学者をまきこんだ距離減衰パラメータの論争はよく知られており、後に1980年代に再び問題として取り上げられた(Fotheringham, 1981, 1984)。このような普遍的なパラメータ値を推定する努力は、続けられるべきである。しかし、次章で述べるように、立地モデルを非線形や複雑系のモデルによって再構築する試みも必要であろう。なぜならば、多くの立地モデルに存在する顕著な空間的自己相関の問題は、線形のモデリングや例外的偶然の考えがもたらしたものであるからである⁶⁾。

(2) 特称判断、目的的偶然

均衡論の枠組みにおける立地モデルには、もう一つの偶然の概念が用いられている。均衡論による立地モデルには、イノベーションの空間的拡散モデル(Hagerstrand, 1967)、ランダム空間経済モデル(Curry, 1966; Dacey, 1966)、エントロピー最大化モデル(Wilson, 1967)などがある。この枠組みは「ランダムな空間的過程による秩序」として特徴づけられ、それは19世紀のケトラーの社会物理学にまで遡ることができる。このような偶然の捉え方は、前章で紹介した九鬼のいう特称判断に相当する。なぜならば、これらの立地モデルは、人間行動について一般的な法則を想定しつつも、特定の間がどのような行動を取るかは不確実ないしランダムとみなすからである。以下では、均衡論による立地モデルの例として、Hagerstrandの空間的拡散モデルを取り上げ、そこで採用されている偶然の概念を検討してみる。

Hagerstrandの空間的拡散モデルが示すのは、シミュレーション・モデルの形において、特定の場所で出現した新しいイノベーションがどのようにして空間的に普及していくかという問題である。

このモデルが均衡論の枠組みに則っているというのは、次の理由による。すなわち、最初のイノベーションが近隣効果によって模倣されるようになると、長期の時間の経過と共に、イノベーションに関する情報が空間的に均衡していくであろうという前提(イノベーションに関する場所間の差異の消滅)が、このモデルに含まれているからである。もちろん、Hagerstrandの空間的拡散モデルは多くの修正版をもつが、原理的には、よく知られた次の二つの要素に要約できるであろう。一つは「平均情報圏」であり、もう一つは「乱数発生」である。

まず「平均情報圏」は、人間同士の接触を距離減衰的な確率分布として経験的に推定し、それを正方形のセル行列に表現したものである。

$$F_i = \frac{d_{0i}^{-\beta}}{\sum_{i=1}^n d_{0i}^{-\beta}} \quad (2)$$

ここで、 F_i はイノベーションが、最初のセル0からセル*i*に普及するであろう空間的確率、 d_{0i} はセル0からセル*i*の間の距離、 n は平均情報圏として想定する正方形グリッド・システムのセルの総数、 β は距離減衰パラメータである。

次に「乱数発生」は、イノベーションを達成した地点から情報が模倣されるであろう次期イノベーション地点を確率的に決めるために、乱数を用いることである。0と1の間の実数で表される一様乱数を δ とすると、セル0からセル*k*にイノベーションが普及する条件は、次のようになる。

$$\sum_{i=1}^{k-1} F_i < \delta \leq \sum_{i=1}^k F_i \quad (3)$$

この二つの要素の他に、情報採用過程、階層的拡散、障壁効果などがあるが、空間的拡散モデルの基本を変更するものではない。

上記の(2)、(3)を結合した空間的拡散モデルは、「距離減衰の制約をもつランダム拡散モデル」と呼び直すことが可能である。このモデルにおける偶然の役割は、九鬼のいう目的的偶然に対応するように思われる。なぜならば、イノベーションの伝達を目的とする普及者と採用者の出会いが、距離減衰の制約の中でランダムに決められているからである。イノベーションの採用者同士が出会った場合には、情報の伝達が起これないと考えら

れていることも、目的偶然の概念と合致している。しかし、どのような意味で、人間の活動が分子のブラウン運動のようなランダム行動とみなしうるのであろうか。また、いかに距離減衰という制約があるとしても、人間の活動をランダム行動とみなすことは、偶然にあまりに大きな役割を付与していないであろうか。

人間の活動をランダム行動になぞらえるという考えは、ほぼ次の3つの理由によって正当化されてきた。一つは、実際的な理由であり、たとえ私たちが個々の人間の活動が特定の意図や目的をもって行われることを知っていたとしても、人間の活動の詳細を完全に観察することはできない(距離減衰の効果を除いて)、というものである。二つは、人間の活動が本来的に「気まぐれ」の部分をもつことに注目したもので、代替可能な諸活動(ある時点で、散歩をするか、食事をするかなど、どの活動をするかという選択)や代替可能な地点への移動(買い物、レクリエーション、旅行、引越など、どこに行くかという選択)で、ほぼ等確率で選択が行われる、というものである。三つは、マクロ状態からみた人間の活動についてのもので、非常に多数の人間集団においては、たとえ個々人の活動に意図や目的があったとしても、統計学の「大数の法則」により、人間活動の分布は平均値とそれからのランダムな偏差として要約できる、というものである。

これらの理由は、部分的には正当化されうるかもしれない。しかし、それらの正当化はすべて、九鬼のいう特称判断や目的偶然に焦点をあてて、現象の説明すべき側面を不可知の偶然のせいにしてしている。かつてHarvey (1969)が指摘したように、完全なランダム性を社会現象に応用するのは困難である。そもそも完全なランダム性という考え方は、偶然の概念としてもきわめて特殊なものであろう。そのことは、推測統計学はパラメータ値の推定と同時に残差の偏りの検討を重要課題としており、またコンピュータで乱数を発生させるプログラミングが実は難しい問題を含んでいることを考えると、明らかなことであろう。しかし、エントロピー最大化モデル(Wilson, 1967)のような均衡論モデルでは、ミクロ・レベルの完全なランダム行動が、マクロ・レベルの集団行動の決定につながるという、逆説的なレトリックが用いられている⁷⁾。「乱数の分布

に偶然の偏りがあったとしたら」という想定を、均衡論モデルも採用すべきであろう。

以上の二つの節において、機械論と均衡論の立地モデルで前提とされている偶然の概念を検討してきたが、それらはいずれも偶然を決定論から概念的に分離する点で共通していた。すなわち、機械論における偶然は、モデルや実験装置の精緻化によってできるだけ消去すべき例外にすぎず、また均衡論における偶然は、ミクロ状態での個々の「気まぐれ」がマクロ状態での超大数の母集団では相殺されるとみなしている。機械論は偶然の役割を過小に見積もり、逆に均衡論は偶然の役割を過大にしている。しかし、人間の条件としての可能性や様相性、さらに因果的偶然(contingency)も、立地分析において考慮できないであろうか。次章では、偶然の概念をさらに複合的に再定義し、自己組織化と呼ばれる非線形非平衡システムの考え方による立地モデルに言及したい。

4. 偶然と決定論の相互作用

いかにして、立地分析において偶然を、例外や特称判断とは違った形で再概念化できるであろうか。そのためには、偶然を決定論に対立するものとしてでなく、ときには消極的に、ときには積極的に決定論と結びつくものとして、みなす必要がある。こうした考えは、二分法(dichotomy)ではなく二重性(duality)として構造化の概念を提出した社会学者Giddens (1984)の考えと似ている。偶然vs決定論という二分法は偶然か決定論のどちらに重きをおくか(例外的偶然、特称判断など)という問いの立て方になるが、これに対して偶然と決定論という二重性の捉え方はまさに重要である。Prigogine and Stengers (1984)による「散逸構造」と呼ばれる新しいシステム概念(より一般的には、自己組織化)が、1970年代末から生まれている。ブリュッセル学派の一員であるAllen and Sanglier (1979, 1981a, b)は、この自己組織化のアプローチを用いて、社会科学(特に中心地研究)にこうした偶然と決定論の考えを応用した。

Allen and Sanglierの動態的中心地モデルにおける偶然と決定論の二重性は、以下に述べるような単純な差分(difference)方程式モデルの検討から始められる。まず、マルサス流の幾何学的な人

口増加のモデルでは、時期 t 、地区 i の人口規模 $N_t(i)$ の増加は、 t 期から $(t+1)$ 期の間に、 t 期の人口規模 $N_t(i)$ それ自体に比例する数と考える。

$$N_{t+1}(i) - N_t(i) = kN_t(i) \quad (4)$$

ここで、 k は人口増加率であり、この差分方程式を解くことによって、よく知られた人口増加の幾何学的成長の曲線が、一意的かつ安定的に得られる。しかし、人口成長は永遠に続くわけではなく、環境収容力の上限で限界となる。そこで、人口増加率を必ずしも一定とみなさず、現在人口と環境収容力との差異によって変動するものとみなす。今、どの時期、どの地区においても環境収容力が一定値 σ で表されるとすると、人口増加率 k は現住人口と環境収容力の一次関数とみなして、次のように変形される。

$$\begin{aligned} k &= k_t(i) \\ &= \alpha(\sigma - N_t(i)) \end{aligned} \quad (5)$$

ここで、 α は人口増加の調整速度であり、この方程式では各時期、各地区の人口増加率は、そのときどきの人口規模に依存する。これは複合的 (complex) な人口制御システムであり、論理学でいうところのオブジェクト・レベルにある人口規模と、メタ・レベルにある人口増加率の双方が時期、地区によって変化しつつ、人口増加が決定されるという式である。これを式 (4) に代入すると、次のロジスティック・モデルが出来上がる。

$$N_{t+1}(i) - N_t(i) = \alpha N_t(i) (\sigma - N_t(i)) \quad (6)$$

これは、人口規模に関する非線形 (nonlinear) 差分方程式を示している。人口規模は過去の人口規模によって、再帰的 (recursive)、自己言及的 (self-referential) に制御され、この式はフィードバックと自己組織化の過程を表現している。これは、初期人口 $N_0(i)$ と、パラメータ値 α と σ が与えられると、任意の時期、地区の人口規模 $N_t(i)$ が求まる決定論的モデルである。式 (6) が微分 (differential) 方程式として記述されるなら、シグモイド曲線と呼ばれる人口増加の曲線が得られる。しかし、式 (6) のような非線形差分方程式の場合、人口増加の関数の振る舞いは、それほど単純ではない。よく紹介された例であるが、数理生態学者 May (1976) が明らかにしたように、差分方程式で記述された式 (6) では、パラメー

タ値の「わずかの違い」で、人口規模は衰退、安定成長、減衰振動、周期振動、カオス、といったきわめて多様な動態が見られるのである。

式 (6) に「ゆらぎ」 (fluctuation) 項を付加し、定数であった環境収容力を変数化すると、Allen and Sanglier の動態的中心地モデルの基本形ができあがる。ゆらぎ $\delta N_t(i)$ は、非常に小さな乱数 δ (たとえば、 $-0.0005 < \delta < 0.0005$ 、この値の範囲は現実の人口増加率よりもかなり小さな値とする) に、時期 t 、地区 i の人口規模 $N_t(i)$ をかけたものである。これが、彼らのモデルの偶然的要素である。モデルは、次の二つの連立方程式からなる。

$$\begin{aligned} N_{t+1}(i) - N_t(i) &= \\ &= \alpha N_t(i) (C_t(i) - N_t(i)) + \delta N_t(i) \end{aligned} \quad (7)$$

$$C_{t+1}(i) - C_t(i) = f(C_t(i), N_t(i), \tau_t) \quad (8)$$

ここで、 $C_t(i)$ は時期 t 、地区 i の環境収容力、 f は生産関数であり、当該の環境収容力、現住人口、生産・コミュニケーション技術のレベル τ_t によって決まる。

このモデルにおいて、偶然是どのような役割を果たしているか。また式 (4)、(6)、(7) で表現される関係性にどんな違いがあるか。これらの疑問に対して、前章の九鬼の偶然論を参照したい。

式 (7) の右辺第1項は、決定論的過程を記述するが、式 (6) で説明したように、パラメータ α 値および変数化した環境収容力 $C_t(i)$ の「わずかの違い」が、シグモイド曲線とは異なる多様な変化型を導く可能性をもっている。そして、右辺第2項は、システムが自ら決定できない偶然的要素を示している。このシステムが安定的に変化する時、式 (7) のゆらぎ項は、決定論的過程からのわずかの偏差としての役割をもつ (例外的偶然)。

しかし、ある特定の時期、特定の地区において、ゆらぎが非線形フィードバックによって増幅され、累積されると、システムはそれ自身の安定した閾値の範囲を逸脱することがありうる。このとき、システムは不安定な状態に陥る。特に、式 (8) で作り出された大きな環境収容力は、式 (7) で大きな人口規模を可能にするが、同時に、May (1976) が示したように、決定論的過程が不安定化するのである。これらの過程からわかることは、人口規模を環境収容力に合わせて増加させようと

する目的の中で、偶然が「共鳴」もしくは「連動」するということである（目的的偶然）。それはまた、システムにとっての内部である決定論的過程と、外部であるゆらぎが、本来的に異なる因果系列に属しているにもかかわらず、ある特定の時期、特定の地区において関連性をもつ、ということでもある（因果的偶然）。システムが不安定状態におかれ、それ以前の均衡状態を復元できないとき、何かの小さな事象をきっかけとして、多くの可能な状態を構想し、システムはその中の一つを選ぶことになるであろう（離接的偶然）。

Allen and Sanglierの動態的中心地モデルの基本形である式(7)、(8)では、次の3つの状態のいずれかが、特定の時期、特定の地区がおかれた状況に依存した偶然の中で選択される。すなわち、システムは、(i) 環境収容力に適応するように人口規模を制御する、(ii) 均衡からの大きな逸脱によってシステム自体が破壊され、人口規模が減少する、(iii) 環境収容力それ自体を増加させるように、現存の逸脱した人口規模を前提に新たな生産・コミュニケーション技術を創造する。このように、Allen and Sanglierのモデルで用いられた自己組織化の枠組みは、偶然の多重性を表現している。言い換えれば、偶然が決定論的過程によって制約されるだけでなく、偶然が新たな決定論的過程を導き出すという、偶然と決定論の相互作用が見られるのである。

5. 経験的事例

著者は、自己組織化の枠組みを用いて、開拓期の人口移動をモデル化し、そこで偶然の多重性を示したことがある（水野, 1992）。そこでのモデル作りの過程と、明治大正期の北海道開拓の経験的事例を検討しながら、立地モデルにおける偶然の多重的な役割について考察する。

開拓期の人口移動については、成長と拡散に関する数理生態学のモデルが応用されてきた（Hotelling, 1978; Ishikawa, 1981）。これらの生態学的な拡散モデルでは、人口増加をロジスティック成長で、人口移動をランダム拡散で、それぞれ表現している。そこでの偶然は、目的的偶然ないし特称判断としての偶然という役割でしかない。

しかし、人間の人口移動過程は、生物集団の人口成長・拡散とは違う条件をもっている。たとえ

ば、「中央ラップランドの私自身の研究によると、既存の集落に近く、また入植に適している土地が未開拓のまま残されることがあることがわかる。また逆に、遠方にあり、かつ劣等の自然条件をもつ地区であるにもかかわらず、驚くほど早期に開墾が進んだところもある」（Bylund, 1960, p. 225）。

こうした問題を考慮するためには、拡散と技術革新を相互に結びつける必要がある（Puu, 1985; Knudson, 1991）。著者は、Hotellingの人口移動のモデルを次のように再構築した（水野, 1992）。

$$N_{t+1}(i) - N_t(i) = \alpha N_t(i) (C_t(i) - N_t(i)) + \eta \nabla^2 N_t(i) + \delta N_t(i) \quad (9)$$

$$C_t(i) = \beta_k N_t(i)^k \quad (10)$$

ここで、変数の表記は、基本的に式(7)、(8)と同様のものである。式(9)は、人口増加が、現在人口に関するロジスティック項、ラプラシアン項、ゆらぎ項の3つの成分からなることを示している。ラプラシアン項を離散的に書き出すと、次のようになる（地区*i*を、x-y座標系で示す）。これは、人口分布のローカルな差異が平均化される過程、つまり拡散の過程を記述している。

$$\nabla^2 N_t(i) = \frac{1}{4} \{N_t(x+1, y) + N_t(x-1, y) + N_t(x, y+1) + N_t(x, y-1)\}$$

式(10)はコブ=ダグラス型の生産関数である。また、パラメータ η_k は拡散係数、生産関数に関するパラメータ β_k 、 γ_k は生産・コミュニケーション技術のレベル*k*に対応した値である。

この再構築されたHotellingモデルを、適当なパラメータ値、初期条件、境界条件においてシミュレートすると、方向的に偏りをもった、飛び地状の入植パターンが得られる（水野, 1992）。最初ほどのパラメータ値も空間的に差異がないにもかかわらず、どうして不均一で、非連続の空間的パターンが導かれたのであろうか。この問いへの答えの中に、立地過程において果たす偶然の多重的な役割を見出すことができる。

式(9)でロジスティック項とラプラシアン項は、それぞれ開拓期の内的発展と外的拡大を表現している。言い換えると、前者は連鎖移住と自然増加を、後者は試行錯誤的な移動を示している。もし当該の時期、地区の環境収容力が小さく、ロジスティック項は安定的変化（決定論）、ラブラ

シアン項はランダム拡散（目的偶然）に相当する。このとき、ゆらぎ項は、統計学における大数の法則からのわずかな偏差にすぎない（例外的偶然）。しかしながら、環境収容力が相対的に大きくなると、May (1976) が説得的に示したように、人口規模は不安定な結果をもたらす。

自己組織化の枠組みによって再構築された Hotelling モデルでは、いくつものシステム状態、すなわち「均衡の近くで」「均衡から遠く離れて」「可能な均衡に向かって」という状態が見られる（第1表）。この表を参照しながら、明治大正期の北海道の開拓過程と人口分布の経験的事例を検討する。

明治維新前の北海道では、原住民であるアイヌが分散的に居住していたが、明治新政府の奨励によって本州などから多くの人々が北海道に移動し、入植した。開拓の初期には、北海道の比較的温暖な土地をめざして、多くの移住民とその子孫が北海道の沿岸と南部の地域に居住した。その頃の移住民の大半は、狩猟、採集、漁業で生計を立てていた。この入植過程は、それぞれの地域の自然の環境収容力に適応したものであった（川口, 1937）。このとき、集落システムは「均衡の近くで」という状態にあったと思われる。この入植過程は、3つの部分からなる。すなわち、(i) 連鎖移住と自然増加（ロジスティック項）、(ii) 試行錯誤的な移動（ラブラシアン項）、(iii) 自然的、経済的、政治的な摂動（ゆらぎ項）、である。この時期の北海道開拓では、外的拡大が支配的であった。

次の段階になると、日清戦争と第一次世界大戦があり、相対的に温和な土地で、過剰人口を維持するために、畑地を開墾し、そこでじゃがいも、小麦、とうもろこしを栽培した。この土地で生産技術が革新されることにより、環境収容力が飛躍的に増大し、人口規模は不連続的に成長した。こ

の時期に、北海道庁で雇用された西欧諸国の外国人教師たちは、北海道の政治家、役所、学者に、家畜と小麦栽培を組合わせた混合農業の文化を薦めた（北海道庁, 1973）。

さらに、第一次世界大戦後の時期には、外国人教師の助言にもかかわらず、北海道南部の比較的温暖な土地で、篤農家による稲作が開始された。これは、本州から北海道に渡った初期の入植者の大半が、米の文化に基づいていたからである。こうして、寒さが厳しい北海道にあって、相対的に温暖であった地域が、稲作地帯へと再編されていたのである（外崎, 1963）。集落システムは、この時点で分岐点にあったといえる。すなわち、それぞれの土地の環境収容力に合わせて人口規模を調整するか、過剰人口が環境収容力そのものを破壊するか、生産技術の革新によって環境収容力を増大させるか、という選択である（黒崎, 1977）。これらの選択肢は、それぞれの土地の均衡状態からの一定の偏差の結果として選ばれた（因果的偶然）。いったん一つの方針が選ばれると、決定論的な過程が集落システムを可能な均衡状態に分岐させた（離接的偶然）。この時期、内的発展が北海道の開拓過程において支配的であった。

1890年代から1920年代まで、農村集落は拡大し、ある方向的な偏りをもって発展し（札幌から石狩平野を旭川に向かって）、飛び地の集落パターン（帯広平野）も生まれた。このような開拓過程は、ロジスティック項とラブラシアン項だけから説明することはできない。不均一で不連続な入植は、数理生態学者によっても研究が進められているが（大久保, 1980; 重定, 1992）、ゆらぎ項を考慮せずに理解することはできない。結局、短期のシステム動態においては、ゆらぎ項は消極的な意味しかもたないが、長期のシステム動態においては、積極的な意味をもつ。北海道の開拓過程に

第1表 偶然と決定論の相互作用

項	均衡の近くで	均衡から遠く離れて	可能な均衡に向かって
ロジスティック	安定的な決定論	不安定な決定論	分岐した決定論
ラブラシアン	特称判断 目的偶然	↓ ↑	特称判断 目的偶然
ゆらぎ	例外的偶然	因果的偶然	離接的偶然
支配的な変化型	外的拡大	臨界（危機）	内的発展

おける集落システム、そして一般的に立地分析においては、偶然の多重的な役割を考慮することが重要なのである。

6. おわりに

これまで人文地理学において、偶然と決定論に関する二つの考えが広くもたれている。一つは、立地分析において、ともかく決定論は不適切である、というものである。もう一つは、確率論を用いた立地モデルが偶然の現象を扱ってきた、というものである。これらの考えは、確かに一部は当たっているが、偶然と決定論を相互に結び付けて再概念化しないかぎり、偶然も決定論もその役割を消極的にしか捉えられないはずである。動的な立地モデルにおいて、完全な偶然も完全な決定論も、どちらも不毛なものである。立地モデルにおいて、偶然と決定論の相互作用を初めて概念化したのは、Allen and Sanglierであろう。著者は、Allen and Sanglierのモデルに触発されながら偶然と決定論の相互作用を取り込んだモデルを作り、それを哲学者の九鬼(1935)による包括的な偶然論によって解釈しなおしてみた。

こうした偶然の再定義は、立地分析にどのような影響をもたらすであろうか。一つは、計量モデルにおけるパラメータ値の推定の問題である。Allen and Sanglierのモデルに関しては、Pumain *et al* (1987)がこの問題を包括的に論じた。Haggett (1965)は、逐次的な再モデル化の研究プログラムを提唱した(残差の地図化→新しい独立変数の発見→再モデル化→新しい残差の地図化→新しい独立変数の再発見→・・・)。この研究プログラムは、機械論の枠組みでは有効であろう。なぜならば、機械論は残差の最小化を目指すものだからである。そのようなモデル作りの視点は、偶然を例外としてのみ扱うことに等しい。立地分析において残差の最小化が有効なのは、短期の動態にかぎられる。なぜならば、パラメータ値がほとんど不変であるのは、短期であろうからである。

これに対して、Allen and Sanglierのモデルは、中心地システムの長期の動態に焦点をあてていた。そこでは、モデルのパラメータが「定性的」に推定されている。定性的なパラメータ推定とは何か。それは、あるパラメータ値を少しずつ増加すると、結果にどのような違いが生まれるかをシミュレ-

トし、そうしたシミュレーションを多数回、実行することによって、シミュレーション結果のパターンを違うものにするパラメータの閾値を調べることである。長期の動態では、あまり起こらない事象がシステムを変化させることがありうるため、あるモデルの残差が他のモデルの残差よりも小さいかどうかは、必ずしも重要ではない。むしろ、パラメータ値の小さな違いが、シミュレーション結果のパターンの大きな違いとなりうるかという可能性の検討が、重要になるのである。もっとも、自己組織化モデルを経験的データによって定量的にパラメータ推定しようとする研究者もいる(たとえば、Straussfogel, 1991)。しかし、こうした定量的なパラメータ推定は、モデルにおける偶然の役割を消極的なものとみており、自己組織化モデルが新たに焦点をあてた偶然の積極的な役割を見ないことになるであろう。

立地分析におけるもう一つの問題は、「空間」の問題である。大半の立地モデルは、デカルトの3次元座標軸に比較しうる無限で均質な平面を仮定してきた。この仮定は、短期の動態においてのみ応用可能な、「他の事情が同じならば」(*ceteris paribus*)という考えか、パラメータ値は所与で(時間的、空間的に)一定であるという考えに基づいている。これに対して、自己組織化の枠組みでは、基本変数が特定の時期、特定の場所において閾値を逸脱したときにパラメータ値の局所的な変化をもたらすとしており、そこでは、人間主体の行動は「空間」によって制約されるだけでなく、「空間」そのものを作り直すことができる。しかも、そうした「空間」の作り直しは、人間の行動規則によって一意的に決定されるのではなく、システムにおける偶然の積極的な役割によって、多様な地域分化をもたらすのである。地域地理学者の中で、こうした自己組織化の枠組みに関心をもつ研究者もいる(Nir, 1987; Stern, 1992)。このように、実り豊かにされた偶然の概念の導入は、立地分析に新たな説明様式、新たな空間の概念をもたらしたといえる。

注

- 1) 本稿は、1995年9月のグレコ会(於:箱根)で行った発表を、翌年に英文でまとめた論文を基にしている。この論文は都合により未発表となっていたため、それ以降の研究動向と著者の考え方について、注で

補足して、ここに出版するものである。本稿が、地理学的世界的動向をふまえない時代遅れの論文となっていることを恐れるが、地理学の理論化をうたった教科書が最近出版されてもいて (Hubbard, *et al.*, 2002)、本稿のような概念化をめぐる論文も多少の意義があるだろうと考えた次第である。

- 2) 1990年代以降、経済学の中に「新しい経済地理学」(Krugman, 1991, 1996; Fujita, *et al.*, 1999) や「進化経済学」(Arthur, 1994; 塩沢, 1990, 1997) が発展し、いずれも複雑系の経済学と呼ばれている。これらの研究の流れとブリュッセル学派との関係、さらには経済地理学との関係については、著者も短文でふれたことがあるが (水野, 2003a)、今後、稿を改めて論じたい。
- 3) 2000年8月のIGC (於：ソウル) において、著者は太平洋ベルト地帯と「裏日本」の形成に関するモデルを発表した (Mizuno, 2002)。複雑系の地理学については、水野 (2003b) も参照のこと。
- 4) ヴィダル＝ド＝ラ＝ブラーシュの場所論、可能論における偶然論の意義については、野澤 (1988) が論じている。また Massey (2005) は、社会科学における近年の「空間論的転回」についてふれ、ブリュッセル学派の科学観に何度も言及しながら、偶然性 (contingency) の概念を検討している。1970年代から、空間分析や立地論などに批判的な姿勢を示し、地域分化、唯一性、場所間の相互依存性を重視してきた Massey の今日的展望として、著者には興味深い。ちなみに、K.マルクスの学位論文『デモクリトスの自然哲学とエピクロス自然哲学の差異』ではルクレティウス流の偶然論が展開されているが、これに注目した論考もいくつか出版されている (柄谷, 1985; アルチュセール, 1995)。さらに柄谷 (2006) は、民主主義における権力分散の装置として「籤引 (くじびき)」の意義を述べている。
- 5) 田中 (1992)、柄谷 (1994)、木村 (2000)、木田 (2001) など。
- 6) 近年では、普遍的なパラメータ値の推定ではなく、局所的なパラメータ値の推定をめざす地理的加重回帰 (Geographically Weighted Regression: GWR) モデルが開発され (中谷, 2003)、ローカル・モデリングの一つとして注目されている (奥野, 2001)。
- 7) 水野 (2005) で詳しく論じた。

参考文献

アルチュセール, L. (今村仁司訳) (1995): 『哲学について』、筑摩書房。
Althusser, L. (1994): *Sur la philosophie*. Gallimard.
大久保明 (1975): 『生態学と拡散』、築地書館。

奥野隆史 (2001): 計量地理学における新潮流: ローカルモデルを中心に。地理学評論, **74A**, 431-451。
柄谷行人 (1985): 『マルクスその可能性の中心』、講談社文庫。
柄谷行人 (1994): 『探求Ⅱ』、講談社学術文庫。
柄谷行人 (2006): 『世界共和国へ: 資本＝ネーション＝国家を超えて』、岩波新書。
川口丈夫 (1937): 北海道の過去人口と開拓地域。地理学評論, **13**, 649-668, 689-704。
木田 元 (2001): 『偶然性と運命』、岩波新書。
北川敏男 (1976): 『新版 統計学の認識: 基盤と方法』、白揚社。
木村 敏 (2000): 『偶然性の精神病理』、岩波現代文庫。
九鬼周造 (1935): 『偶然性の諸問題』、岩波書店。
黒崎八洲次良 (1977): 『近代農業村落の成立と展開: 北海道留寿都村の農業経営を中心として』、御茶の水書房。
塩沢由典 (1990): 『市場の秩序学』、筑摩書房。
塩沢由典 (1997): 『複雑さの帰結』、NTT出版。
重定南奈子 (1992): 『侵入と伝播の数理生態学』、東京大学出版会。
田中久文 (1992): 『九鬼周造: 偶然と必然』、ベリカン社。
外崎正次 (1963): 稲作の形成。北海道立総合経済研究所編『北海道農業発達史 (上)』、北海道立総合農業研究所、261-298。
中谷友樹 (2003): 空間的共変動分析。杉浦芳夫編『地理空間分析』、朝倉書店、23-47。
野澤秀樹 (1988): 『ヴィダル＝ド＝ラ＝ブラーシュ研究』、地人書房。
北海道庁編 (1973): 『新北海道史 第4巻』、北海道。
水野 勲 (1992): 開拓期の人口移動に関する Hotelling モデルの再構築: 非線形非平衡システムの観点から。地理学評論, **65A**, 297-319。
水野 勲 (1994): 農村市場システムの近代的変化 (再編) モデル: 地域不均衡理論の試み。地理学評論, **67A**, 236-256。
水野 勲 (1995): 自己組織化論による都市群システムのモデルとその応用: システム概念の再定義。人文地理 **47**, 155-173。
水野 勲 (2003a): 立地論と中心地論。経済地理学会編『経済地理学の成果と課題 第Ⅵ集』、大明堂、10-16。
水野 勲 (2003b): 複雑系科学の応用。杉浦芳夫編『地理空間分析』、朝倉書店、144-175。
水野 勲 (2005): エントロピー最大化モデルのアナロジーとレトリック。お茶の水地理 **45**, 16-31。
Allen, P.M. and Sanglier, M. (1979): A dynamic model of growth in a central place system. *Geographical Analysis*,

- 11, 256-272.
- Allen, P.M. and Sanglier, M. (1981a): A dynamic model of a central place system II. *Geographical Analysis*, **13**, 149-164. (水野 勲訳 (1989): 中心地システムの動態的モデル2. 理論地理学ノート, **6**, 67-82.)
- Allen, P.M. and Sanglier, M. (1981b): A dynamic model of a central place system III. *Journal of Social and Biological Structure*, **4**, 263-275.
- Arthur, B. (1994): *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*. The University of Michigan Press. (有賀裕二訳 (2003): 『収益増と経路依存: 複雑系の経済学』、多賀出版)
- Barnes, T.J. (1987): *Homo economicus*, physical metaphors, and universal models in economic geography. *Canadian Geographer*, **31**, 299-308.
- Barnes, T.J. (1988): Rationality and relativism in economic geography: an interpretative review of *homo economicus* assumption. *Progress in Human Geography*, **12**, 473-496.
- Burton, I. (1963): Quantitative revolution and theoretical geography. *Canadian Geographer*, **7**, 151-162. (野間三郎訳編 (1976): 『空間の理論: 地理科学のフロンティア』、古今書院、所収)
- Bylund, E. (1960): Theoretical considerations regarding the distribution of settlement in inner North Sweden. *Geografiska Annaler*, **43B**, 225-231.
- Couclelis, H. (1984): The notion of prior structure in urban modeling. *Environment and Planning A*, **16**, 319-338.
- Curry, L. (1966): Chance and landscape. *Northern Geographical Essays in Honour of G. Daysh*. Oriol Press. (野間三郎訳編 (1976): 『空間の理論: 地理科学のフロンティア』、古今書院、所収)
- Dacey, M.F. (1966): A probability model for central place locations. *Annals of the Association of American Geographers*, **56**, 550-568. (野間三郎訳編 (1976): 『空間の理論: 地理科学のフロンティア』、古今書院、所収)
- Fotheringham, A.S. (1981): Spatial structure and distance-decay parameters again. *Annals of the Association of American Geographers*, **71**, 425-436.
- Fotheringham, E.S. (1984): Spatial flows and spatial patterns. *Environment and Planning A*, **16**, 529-543.
- Fujita, M., Krugman, P., and Venables, A.J. (1999): *The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade*. The MIT Press. (小出博之訳 (2000): 『空間経済学』、東洋経済新報社)
- Giddens, A. (1984): *The Constitution of Society*. Polity Press.
- Gould, P. (1970): Is *statistix inferens* the geographical name for a wild goose? *Economic Geography*, **46**, 439-448.
- Hagerstrand, T. (1967): *Innovation Diffusion as a Spatial Process*. University of Chicago Press.
- Haggett, P. (1965): *Locational Analysis in Human Geography*. Edward Arnold. (野間三郎監訳・梶川勇作訳 (1976): 『立地分析 (上・下)』、大明堂)
- Harvey, D. (1969): *Explanation in Geography*. Edward Arnold. (松本正美訳 (1980): 『地理学基礎論』、古今書院。部分訳)
- Hottelling, H. (1978): A mathematical theory of migration. *Environment and Planning A*, **10**, 1225-1239. This was originated from his Master's Thesis (Unpublished) in 1921, Washington University.
- Hubbard, P., Kitchin, R., Bartley, B. and Fuller, D. (2002): *Thinking Geographically*. Continuum.
- Ishikawa, H. (1980): A new model for the population distribution in an isolated city. *Geographical Analysis*, **12**, 223-235.
- Knudson, M.K. (1991): Incorporating technological change in diffusion models. *American Journal of Agricultural Economics*, **73**, 724-733.
- Krugman, P. (1991): *Geography and Trade*. MIT Press. (北村行伸ほか訳 (1994): 『脱「国境」の経済学』、東洋経済新報社)
- Krugman, P. (1996): *The Self-organizing Economy*. Blackwell. (北村行伸ほか訳 (1997): 『自己組織化の経済学』、東洋経済新報社)
- Lukermann, F. (1965): The *calcul des probabilités* and the *ecole Francaise de Geographie*. *Canadian Geographer*, **9**, 128-137.
- Massey, D. (2005): *For Space*. Sage Publications.
- May, R. (1976): Simple mathematical models with very complicated dynamics. *Nature*, **261**, 459-467.
- Mizuno, I. (2002): Geographical model of a self-organising megalopolis with time-space convergence. Boots, B. *et al* (eds.), *Modelling Geographical Systems*. Kluwer Academic Publishers, 97-117.
- Nir, D. (1987): Regional geography considered from the systems' approach. *Geoforum*, **18**, 187-202.
- Pred, A. (1984): Place as historically contingent process: structuration and the time-geography of becoming places. *Annals of the Association of American Geographers*, **74**, 279-297.
- Prigogine, I. and Stengers, I. (1984): *Order out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature*. Bantam Books. (伏見康治ほか訳 (1987): 『混沌からの秩序』、みすず書房)
- Pumain, D., Saint-Julien, Th., and Sanders, L. (1987):

- Application of a dynamic urban model. *Geographical Analysis*, **19**, 152-166.
- Puu, T. (1985): A simplified model of spatiotemporal population. *Environment and Planning A*, **17**, 1263-1269.
- Sayer, A. (1992) : *Method in Social Science: A Realist Approach. 2nd ed.* Routledge.
- Spate, O.H.K. (1957): How determined is possibilism? *Geographical Studies*, **4**, 3-12.
- Stern, D.I. (1992): Do regions exist? Implications of synergetics for regional geography. *Environment and Planning A*, **24**, 1431-1448.
- Straussfogel, D. (1991): Modeling suburbanization as an evolutionary system dynamic. *Geographical Analysis*, **23**, 1-24.
- Webber, M.J. (1972): *On Uncertain Location*. The MIT Press.
- Wilson, A.G. (1967): A statistical theory of spatial distribution models. *Transportation Research*, **1**, 253-269.
(下総薫監訳 (1988) :『都市解析論文選集』、古今書院、170-194.)