第 18 回公開シンポジウム
「人文科学とデータベース」
2012. 12. 22

歴史と数理
Mathematical Understanding of History

小沢 一雅
Kazumasa Ozawa
大阪電気通信大学，大阪府寝屋川市
Osaka Electro-Communication University, Neyagawa, Osaka.

あらまし：歴史は，さまざまな数値情報を包含している。本稿の研究目標は，歴史における数値情報から歴史の理解に役立つ法則性を抽出することができるかどうか，できるとすればどのような方法があるか，などについての実証的探究にある。今回とくに注目したのは巾乗則であって，日本古代における数値データの分布を巾乗則の観点から分析することによって古代社会の進展に関する新たな知見が導かれている。この分析では，数理モデルにもとづくシミュレーションも導入され，重要な役割をはたしている。こうして得られた知見を総合して，「歴史はいかに進行するか」という課題についても簡潔に論ずる。

Summary: This paper presents a consideration on how to perform mathematical understanding of history. Power law has especially been taken into account for analyzing numerical data appeared in history: It has been shown that either distribution of volumes of 23 ancient Japanese tomb mounds or that of families belonging to each of 30 ancient counties can reasonably be explained in terms of power law. A mathematical model-based simulation to grow a distribution of variables with power law has been carried out. Its results have been playing an important role in our work. The concluding remark is presented, which includes a short discussion on “How does history progress?”.

キーワード：歴史，数理，べき乗則，シミュレーション，日本古代史，前方後円墳
Keywords: History, Mathematics, Power law, Simulation, Japanese ancient history, Ancient tomb mounds

1．はじめに

歴史とは何かという根源的な問いについて厳密な回答を与えるのは，（筆者には）難しいが，辞書的な表現でいえば，「歴史とは，人間社会が経てきた変遷の軌跡」ということになろう。本稿では，とりあえずこうした一般的な理解にしたがうことにする。一方，歴史との関連でいうところの数理とは，そこにある数値情報をどのように理解するか，つまりそれがどういう意味をもつのか，あるいは何らかの法則性があるのかどうかといった，数学的な姿勢を交えて考えていく思考法をいう。起点はあくまで数値情報である。

歴史にはさまざまな数値情報があるが，重要であっても計量できないものがある。歴史の進行とともに一貫して単調増加してきた知識の総量（情報量）がそれである。いまや人類のもつ知識の総量は，（何ビットなどと）計量することもできないほど膨大な量に達していると想像される。人類という知的生物の比類なき能力は，知識の獲得とその蓄積能力にあるといっても過言ではない。近代における産業の進歩や生産力の急激な増加といった現象も，根源的にみれば，累々と蓄積された知識の活用の成果にほかならない。たとえば，人類史における数値情報として人口を例にとってみると，増加期，停滞期，あるいは減少期が不規則に反復し，必ずしも増加一辺倒ではなかった。減少期が続くと，祖先たちは滅亡への危機感からそれを克服する手段を必死に模索したであろう。首尾よくそれが獲得できれば，知識として蓄積できたと考えられる。成功も知識，失敗も知識として蓄積されたはずである。

いわゆる文化・文明は，このように一貫して単調増加してきた知識の反映として生み出されてきたものと考えるべきであろう。一方，歴史を形成する人間社会の変遷には，ここでいう知識の総量と同様な，一貫して単調増加するような決定論的（非確率的）な方向性は存在しない。筆者は，むしろ歴史は偶発

的な事象によって生じる変動の軌跡ととらえるべきであると考えるに至った。こうした歴史認識は，マーク・ブキャナン（Mark Buchanan）のいう，人間社会を非平衡状態（あるいは臨界状態）にある個体の集団とみるとらえ方と軌を一にする[1]。

本稿では，歴史を数理という視点から理解する方法論を探究するにあたって，これまで筆者が試行したいくつかの事例研究をとりあげ，そこで現れた数値情報（データ）について新たな角度から再検討する。すなわち，巾乗則（べき乗則）が成立するかどうか，もし成立する場合には，どういった知見がみちびかれるか，などについて検討を行う。くわしくは後述するが，巾乗則とは，データの分布を表現する関数タイプの1つにかかわる事項であって，近年フラクタルや複雑系の科学などの話題の中でもよくとり上げられている[2]。

2. 歴史における数値情報

歴史を考える主な学問分野として，文献史学や考古学がある。いまわれわれが知っている歴史，たとえば日本史とは，これらの伝統的な諸分野における長年の研究が総合された成果にほかならない。とくに，考古学は「もの」（遺物・遺構）を対象とした学問分野であるため，多くの数値情報が現れる。筆者は，前方後円墳の形態研究を行ってきたが，人工造形物である墳丘の規模や形状はまさに数値として計量してはじめて詳細な分析が可能になる。ほかの遺物等についても同様であって，考古学はその成り立ちからしてとりわけ数理との関係が深い分野といえるであろう。

一方の文献史学では，一見すると数値情報がそう大きな役割をはたしていないように見えるが，じつはそうではない。たとえば，年代は明らかに数値情報である。歴史上重要な事蹟がいつ起こったか，その年代は歴史を読み解く上で鍵となる基本情報である。文献史学では，こうした年代は通常文献から抽出できるし，それが問題になることは比較的少ない。ただし，文献に記載されている年代が信頼性を欠く場合が出てくると，事蹟の年代が正しく特定できないことになり，重大な問題が発生する。つまり，歴史を読み解くための基本情報が欠落するといった事態に陥るのである。文献が豊富ではない古代史では，このような状況がしばしばみられる。邪馬台国問題もその一例である。

たとえば，3つの事蹟A，B，Cがあり，事実としての年代順序がA→B→Cであったとき，もしBの年代が特定できない事態が起これば，B→A→C，あるいはA→C→Bのように誤ったストーリーが歴史の解釈として現れる危険性があるわけである。

年代についていえば，考古学において行われる遺物の年代決定（土器の編年など）にも問題が含まれている。すなわち，おなじ遺物についても年代観が研究者によって異なる事例が現実にあり，もしその年代が歴史解釈上の鍵になる場合には，まったく異なった解釈が並立することになるのである。

年代以外にも数値情報は存在する。人口もその例であるし，戦争における死者数なども重要な数値情報である。こうした歴然とわかる直裁的な数値情報ではなく，複数の異なった量を複合して導出される数値情報もありえる。現代では，たとえばＧＤＰ（国内総生産）といった数値情報が社会の動向を読み解く上で重要な役割をはたしている。このようないわば抽象的な数値情報の導入も，歴史と数理という観点からは積極的に検討すべき課題であろうと思われる。

3. 歴史に現れる巾乗則

3．1 巾乗則の数学

近年，フラクタルや複雑系の科学という話題の中で，しばしば巾乗則という数学用語が現れる[2]。ここでは，具体的な事例をとりあげて解説する：

いま，日本の 2012 年の都市人口を降順にならべてみる（表1参照）。トップはなんといっても東京であって，８９５万人（特別区内）。第2位は横浜市で３６９万人。第3位は大阪市で２６７万人。以下，名古屋市，札幌市，神戸市，京都市・・・と続いていく。最後尾は，第７８９位の歌志内市（北海道）で，人口約4千人である。７８９都市が人口という数値で順位づけられている。固有名詞である市名で議論するのは煩雑なので，つぎのように数式的に簡潔に表現しておく。

$$P_m = \text{第}\, m\, \text{位の都市人口} \qquad (m = 1, 2, \cdots, 789)$$

さて，表1にある順位づけられた都市人口はつぎのような数式（巾乗関数）で高精度に近似できることが判明している。

$$P_m = A\, m^{-D} \qquad (1)$$

ただし，A と D はデータ（ここでは都市人口データ，表1参照）によって決まる定数である。D は（フラクタル）次元とよばれている。一般的にいえば，次元とはデータの分布全体との対比において，局所への量の集中度を表す尺度になっている。ちなみに，表1から算出される2つの定数の値は，それぞれ，$A = 1000$ 万 および $D = 0.91$ である。図1に，この定数の場合の巾乗関数を曲線としてグラフ化している（60位までを表示，以降は省略）。

表1　都市人口（抜粋）

順位	府県名	市名	法定人口
1	東京都	特別区部	8,949,447
2	神奈川県	横浜市	3,689,603
3	大阪府	大阪市	2,666,371
4	愛知県	名古屋市	2,263,907
5	北海道	札幌市	1,914,434
6	兵庫県	神戸市	1,544,873
7	京都府	京都市	1,474,473
8	福岡県	福岡市	1,463,826
9	神奈川県	川崎市	1,425,678
・	・	・	・
・	・	・	・
・	・	・	・
786	北海道	赤平市	12,637
787	北海道	夕張市	10,925
788	北海道	三笠市	10,225
789	北海道	歌志内市	4,390

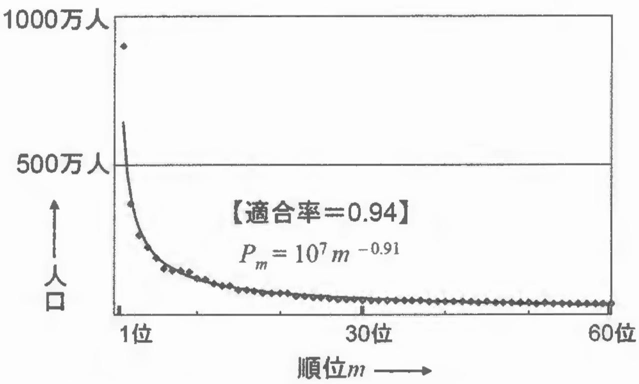

図1　都市人口の巾乗則分析（60位まで表示）

いま，「高精度」で近似できると述べたが，図1の曲線が実際の都市人口の分布にどれだけフィットしているかを適合率（R^2 値）として定量的に評価することができる。図1の曲線の適合率は 0.94（94%）であって，非常に高い。まさに高精度である。

一般に，データ分布が式（1）の形で高精度に近似できるとき，巾乗則にしたがうという。適合率がどの程度以上なら高精度といえるかについては，経験則として，筆者は0.90 以上という基準を想定している。

3．2　考古学における巾乗則（前方後円墳）

考古学において巾乗則が成立する事例があるかどうか，あるとすればいかなる適合率で次元はどの程度か等々について，何らかの検討を行った先行研究はこれまでにない。ここでは，前方後円墳を具体例として，巾乗則との関連性を検討する。

表2　最古級前方後円墳（墳丘長 50m 以上）

古墳名	墳丘長	墳丘体積	順位
箸墓	281m	350000 m^3	1
椿井大塚山	170	79000	2
浦間茶臼山	138	42000	3
中山大塚	132	37000	4
ヒエ塚	125	31000	5
弁天山A1号	120	28000	6
中山茶臼山	119	27000	7
石名塚	111	22000	8
石塚山	110	21000	9
森1号	106	19000	10
丁瓢塚	104	18000	11
元稲荷	94	13000	12
纏向石塚	93	12800	13
網浜茶臼山	92	12600	14
植月寺山	91	12000	15
原口	81	8500	16
美和山1号	80	8200	17
那珂八幡	75	6800	18
操山109号	74	6500	19
聖陵山	70	5500	20
御道具山	65	4400	21
弘法山	63	4000	22
川東車塚	61	3600	23

前方後円墳は，４世紀初頭から６世紀末にいたる古墳時代，全国各地で盛んに築造された日本古代の個性的なモニュメントである。慣習上，古墳時代は前期・中期・後期に区分されることが多い。前期から中期へ，さらに後期へと，前方後円墳の形態は時間的に変化していくが，その形態変化には規則性が認められる[3]。また，石室の構造，副葬品，あるいは墳丘上の埴輪なども時期の推移にともなって変化することが知られている。

ここで，数値情報として，前期の中でもっとも古い古墳たち（「近藤編年」[4]でいう“１期”に相当）であって，古墳時代の幕開けに登場する最古級前方後円墳の墳丘体積をとりあげる。表２に，最古級前方後円墳２３基を墳丘体積の降順に示している。なお，同表にある体積値はすべて筆者の算定（概算値）によるものである。巨大古墳である箸墓古墳（奈良県桜井市）は同表のトップに現れている。

さて，表２に示される体積の分布は巾乗則にしたがうことが判明した。すなわち，適合率＝0.95 および次元＝1.23 の巾乗関数で高精度に近似できることがわかった（図２参照）。そこで，導出された次元値（＝1.23）がどういう意味をもつかについて少し考えてみる。

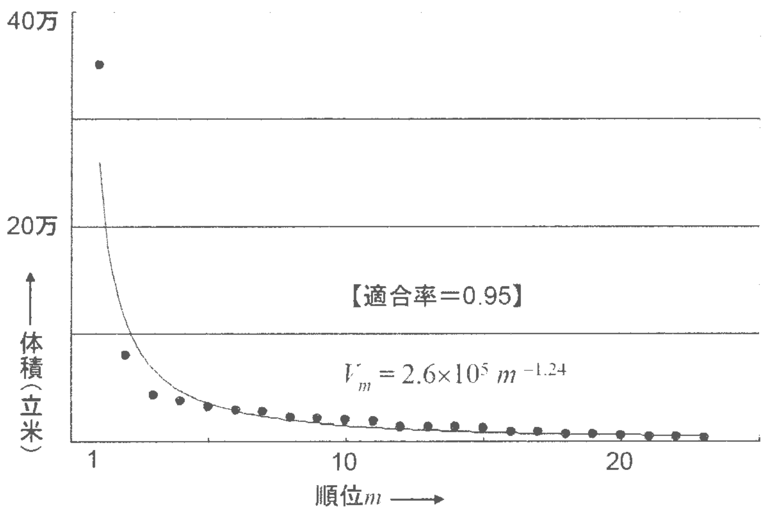

図２　最古級前方後円墳の巾乗則分析

そもそも前方後円墳の築造は土木工事であって，たとえば，仁徳天皇陵（堺市）の墳丘築造に要する総費用の試算（大林組）では，計算の根拠は墳丘体積におかれている[5]。つまり，掘削や盛土などの作業が中心になる前方後円墳の築造では，費用の大半はこうした土工に必要な労働（労役）に投入されることになり，結果として土量，すなわち墳丘体積を基準としてほぼ比例的に諸費用が計上されていくのである。

単純化すれば，前方後円墳の築造に要する総費用は，墳丘体積に正比例すると考えてよい。この前提で２３基の古墳が体積の降順にならんでいる表２の体積分布を考えてみる。慣習としてよく用いられる上位１０％という線引きで上位を抜き出すと，この場合は箸墓古墳と椿井大塚山古墳の２基になる。２３基全体の総体積に占める上位１０％（２基）の割合はほぼ５０％である。この２基の所在地は，奈良県（箸墓）および奈良に近接する京都府（椿井大塚山）であって，ほぼ畿内の中心地区（奈良盆地周辺）に位置するといってよい。したがって，最古級前方後円墳を体積でみれば，畿内の中心地区におよそ５０％の割合で集中化が進んでいるとみなすことができる。上述の次元値（＝1.23）は，このレベルでの集中化の度合（集中度）を意味すると考えられる。なお，次元が１前後の値をとるとき，上位１０％が全体に占める割合はつねに５０％程度であって，前述の都市の人口分布でもほぼ同様の占有率を示す。

さて，畿内中心地区における最古級前方後円墳の体積の占有率が５０％に達していることと，前方後円墳築造の費用が墳丘体積に比例するという，２つの知見を総合すれば，前方後円墳時代の幕を開いた大和政権の「財」は，その支配地域全体との対比の中でかなり集中化が進んでいたという推理も成り立つであろう。

３．３　魏志倭人伝の巾乗則

魏志倭人伝には，よく知られているように帯方郡から邪馬台国をはじめとして古代の国々に至る道程と国々の戸数が記されている。ここでは，国々の戸数に着目して巾乗則が成立するかどうかについて検討することにする。

魏志倭人伝には，戸数が明記された８つの主要な国が記載されている。加えて，戸数は不明であるが女王国と敵対する狗奴国がある。表３に，これら９ヶ国とそれぞれの戸（家）数を示している。さらに，戸数その他の詳細は不明と断っているが，女王国に属する国々として２１ヶ国（斯馬国，己百支国，伊邪国，都支国，彌奴国，好古都国，不呼国，姐奴国，

對蘇国，蘇奴国，呼邑国，華奴蘇奴国，鬼国，爲吾国，鬼奴国，邪馬国，躬臣国，巴利国，支惟国，烏奴国，奴国）が列記されている。国名が明記されているのは，以上の３０ヶ国である。

また，別記として，「女王国の東，海を渡ること千余里，また国あり，皆倭種なり」という記述があるが，文脈上これら「倭種」等は重視されてはいない。

国名	戸数
対馬国	千余戸
一大国（壱岐国）	三千家
末盧国	四千余戸
伊都国	千余戸
奴国	二万余戸
不弥国	千余家
投馬国	五万余戸
邪馬台国	七万余戸
狗奴国	―

表３　魏志倭人伝の主要国と戸数

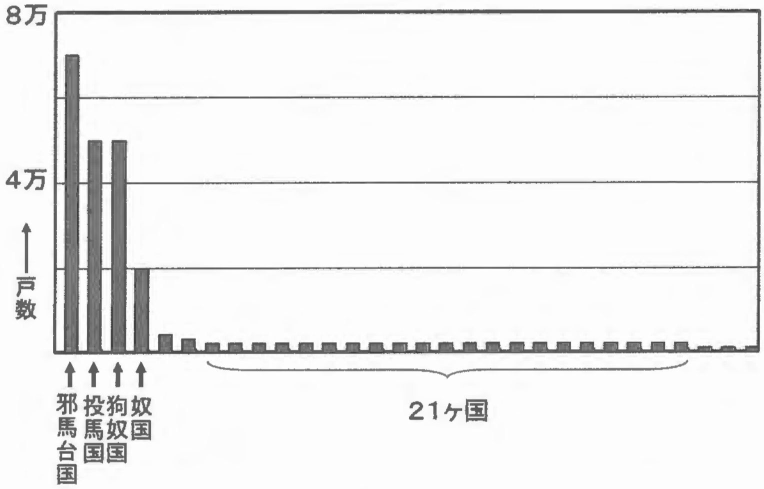

図３　魏志倭人伝３０ヶ国の戸数分布

やはり，魏志倭人伝は，国名を記した上述の３０ヶ国を当時における主要な国々とみなしていると考えてよいだろう。そこで，これら３０ヶ国の戸数が巾乗則にしたがうかどうかの検証を行いたいが，戸数がわかっているのは表３の中の８ヶ国だけであって，その他２２ヶ国の戸数が不明な点が問題である。これらについては筆者の推定値を用いることにする。筆者の推定値とは，狗奴国を５万戸，女王国に属する２１ヶ国をすべて均等に２千戸とするものである。詳細は拙著を参照されたい[6]。

こうした推定値を導入するなどして３０ヶ国にすべて戸数を付与した（「三千余戸」→ 3000 戸のように，戸数データはすべて完数化している）。図３に，３０ヶ国の戸数を降順に棒グラフで示している。横軸に主要な国名などを記入している。つぎに，戸数を順位づけるわけであるが，ここでいう順位というものを厳密に規定しておく必要がある。

【順位の決定】 戸数の順位とは，その戸数以上の戸数をもつ国の数である。図３で具体的にいうと，７万戸以上の戸数をもつ国は１つしかないから，７万戸は第１位である。つぎの５万戸の順位は，それ以上の戸数をもつ国が３つあるから，３位である。「２位」はない。以下同様に戸数の順位を算定していくと，戸数の順位は表４のようになる。２１ヶ国の戸数を推定値としてすべて２千戸としたので，戸数２千戸の順位は２７位になっている。１千戸の順位は３０位である。もし，国々の戸数がすべてちがっていれば，１位から３０位まですべてが埋まり，表４のような順位の「飛び」は起こらない。

表４　戸数の順位

順位	戸数
1	70000
3	50000
4	20000
5	4000
6	3000
27	2000
30	1000

さて，表４の戸数データに巾乗関数のあてはめを行うと，適合率は 0.81 であって，近似としてみたときの精度は低い（図４参照）。３０ヶ国の戸数を順位でみた分布は，巾乗則にしたがわないと判定できる。

ただし，順位の上位１０％にあたる国々（３位以上として３ヶ国）の戸数が全体に占める割合は７

０%に達している。つまり，上位１０%による占有率だけは高いが，分布そのものは巾乗則ではないということである。これは，じつは巾乗則の意味を理解する上できわめて参考になる事例であって，(後述の) シミュレーションによって巾乗則を考察する場面で再度とりあげることになる

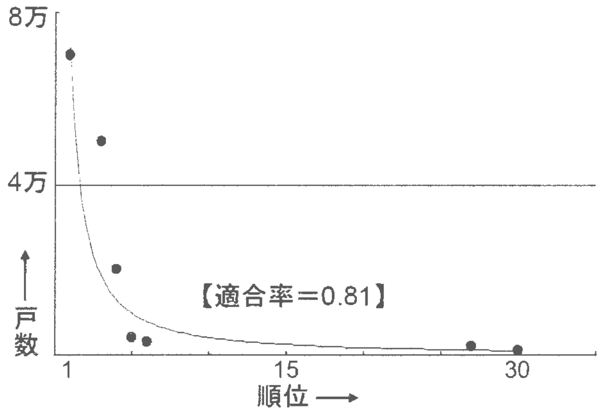

図４　３０ヶ国の戸数の巾乗則分析

４．シミュレーション研究

４．１「人口」・「勢力」・「財」の集中化モデル

日本の都市人口 (表１参照) は，順位でみたとき，完全な巾乗則にしたがう分布であることが判明した。前述のように，最古級前方後円墳の墳丘体積もおなじく巾乗則の分布をなすことが明らかになった。ブキャナン (M. Buchanan) は，巾乗則の成立に関して，映画や音楽のヒット作品の売上収入，アメリカの都市人口，個人の年間収入 (資産) 等々，多くの事例を紹介している[1]。さらに，こうした具体例の外見のちがいにかかわらず，巾乗則が出現してくる根底には，ある共通な原理が働いていると述べている。この原理なるものについて，ブキャナンは数式を使わず文章で説明しているため，細かいところであいまいさが残っている。筆者は，この原理なるものを「集中化モデル」と名づけて自己流に定式化した。以下のように数学的にはきわめて簡単な定式化である。

いま K 個の同質の変量体があり，それぞれの値を $P_1, P_2, \cdots, P_K$ とする。K 個の変量体とは，K 個の都市人口でもよいし，K 人の資産としてもよい。変量体の値は時間的に変化すると想定し，用語的には「世代」の進行にともなう変化と表現することにする。すなわち，各変量体の値は，世代 n $(= 1, 2, 3, \cdots)$ の関数としてつぎのように表すことにする。

$$P_k(n) \quad (k = 0, 1, \cdots, K)$$

さて，集中化モデルとは，はじめは「ドングリの背比べ」のように値に関して大きな格差のなかった K 個の変量体の間に，世代の進行にともなって次第に格差が現れ，巾乗則的に集中化が進んでいく数学モデルである。集中化モデルの定義を，n 世代の変量体の値からつぎの $n+1$ 世代の値が導かれる漸化式としてつぎのように与える。

$$P_k(n+1) = P_k(n) + \delta r P_k(n) \quad (k = 1, 2, \cdots, K) \tag{２}$$

ただし，δ は，確率 0.5 で正負 (つまり +1 か −1 か) が決まる変数，および r は１世代進むときの変量体の値の変動分を決める変化率 (<1) である。つまり，つぎの世代の値は，いまの世代の値に変動分 (正負) を加えたものであり，さらにその変動分の大きさは，いまの値に比例するという形式である。

４．２　シミュレーションの実行

集中化モデルによるシミュレーションは，初期値 ($n = 1$ における K 個の変量体の値) と変化率 r を設定して実行する。図５にシミュレーションの実行例を示している。この例では，前述の魏志倭人伝の国々の戸数をイメージして変量体を３０個設定し，初期値をすべて均等に 3000 とした。すなわち，

$$P_k(1) = 3000 \quad (k = 0, 1, \cdots, 30)$$

と設定し，変化率については $r = 0.1$ とした。

世代の進行にともなって各変量体の値が増減していくわけであるが，式 (２) は，ある変量体の値がいったん０ (ゼロ) に落ち込めば，それ以降は永久にその状態から脱出できない形になっている。図５のシミュレーションの実行例では，こうした消散的現象を止める目的で下限 (=1000) を設定している。すなわち，ある変量体の値が 1000 以下になると，強制的に 1000 にもどすという例外的処理である。

さて，このシミュレーション例では，最初すべておなじ初期値 ($n = 1$ において 3000) から出発した３０個の変量体の値の分布は，図６に示すように１００世代 ($n = 100$) ぐらいに達すると適合率 0.95 で完全な巾乗則にしたがう集中化状態に到達する。さきの魏志倭人伝の国々の戸数分布は適合率 0.81 であっ

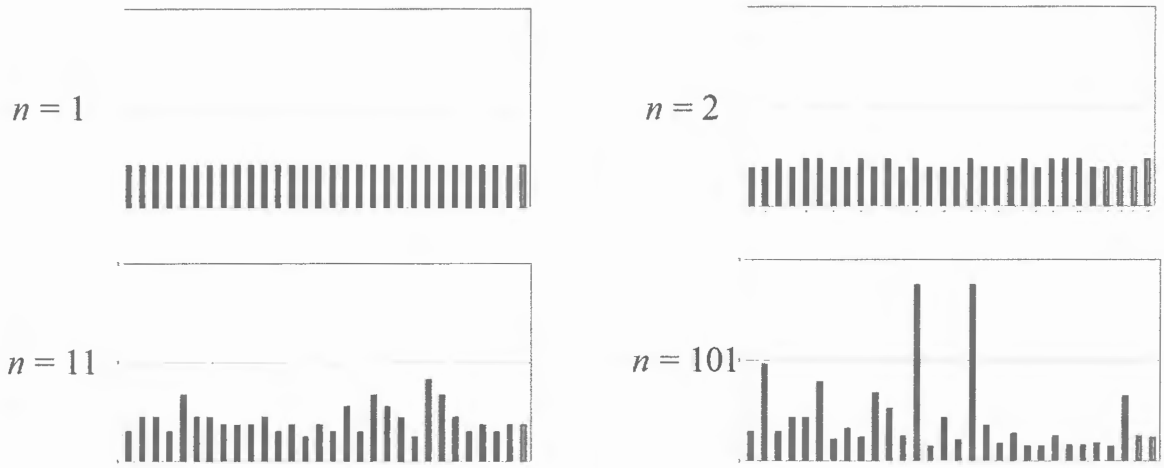

図５　均等な初期値からスタートしたシミュレーション実行例（サンプル系列）
（nは世代。３０個の変量体を横にならべている。縦軸は変量体の値）

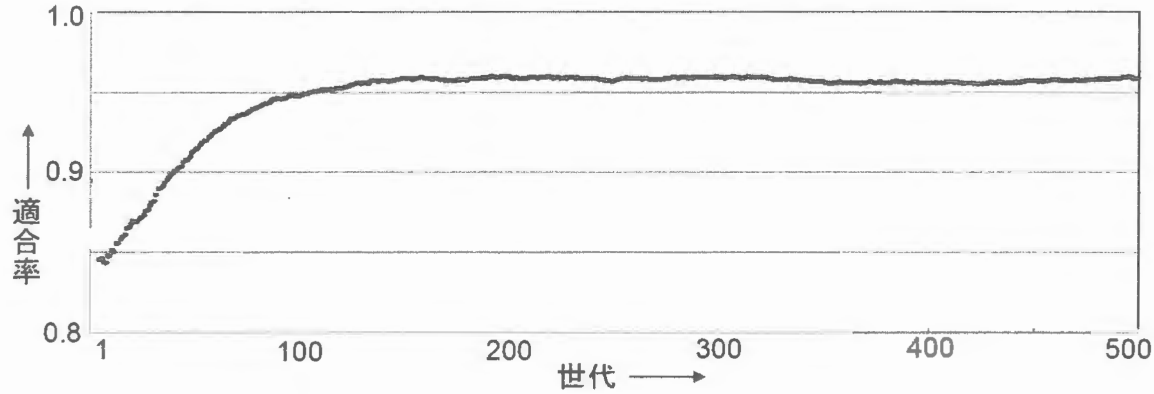

図６　世代の進行と適合率の変化
（1000 回のシミュレーションで発生した 1000 系列の平均値）

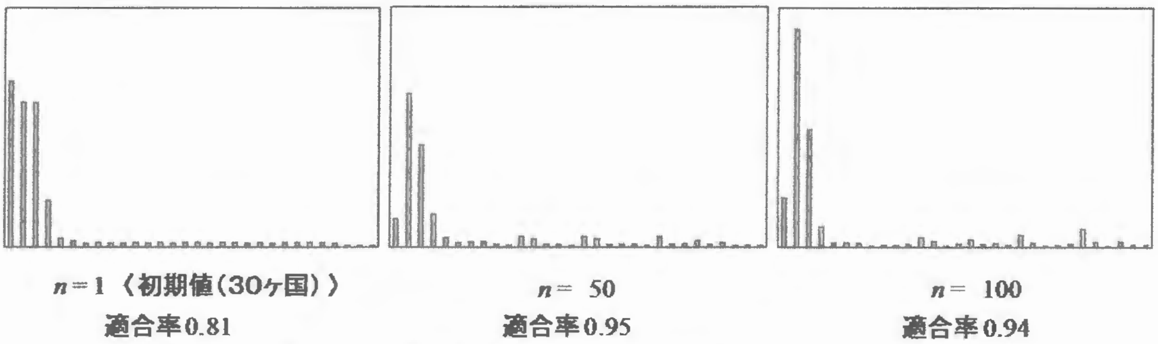

図７　30 ヶ国の戸数（図 3）を初期値とする仮想シミュレーション

て，巾乗則にしたがわないと判定された。

図６において，適合率が 0.90 未満となるのは，５０世代までのごく初期の過渡的な区間であることがわかる。古代の国々の戸数分布は，世代の進行とともに巾乗則的な集中化に向かっていく過渡的な段階に位置づけられると考えたい。図７に，古代の３０ヶ国の戸数（図３）を初期値として，その後１００世代に至る戸数分布変遷の仮想シミュレーション（サンプル）を示している。この例では，グラフ左端に位置し最初トップの戸数を誇っていた邪馬台国

が５０世代で没落する一方，もとは２位につけていた投馬国が戸数をやや増加させながら１位につけるなどの大きな変化がみられる．１００世代になると，トップの投馬国がさらに躍進し，その地位を確立していく．このような流れを「政権」の交代と解釈することができれば，集中化モデルの意味がさらにふくらむことになろう．

このシミュレーションでは，最初は適合率が 0.81 で巾乗則にしたがわないとされた３０ヶ国の戸数分布が，５０世代になると適合率が 0.95 に達し，完全な巾乗則成立の意味で集中化状態に到達している．

あくまで確率過程であるため，若干の変動はありえるものの，５０世代以降についてもしばらくの期間，適合率はほぼ高水準で推移し，巾乗則成立レベルを保つものと考えてよい．

４．３　巾乗則的な集中化の意味

集中化モデルは，世代の進行とともに変量体の値の分布を巾乗則的な集中化に向かわせるという機能をもっている．はなはだ単純なモデルであるが，多くの社会現象にみられる巾乗則の生成原理の１つを提示していると考えてよいだろう．

ここで，巾乗則的な集中化の意味を考えるために，そもそも巾乗則とは何か，あるいは巾乗則という“分布則”の背後にあるものは何かを理解する必要がある．じつは，巾乗則と表裏一体の関係にあるものはフラクタルである．本稿の話題と関係する例として樹形フラクタル[7]をとりあげよう．

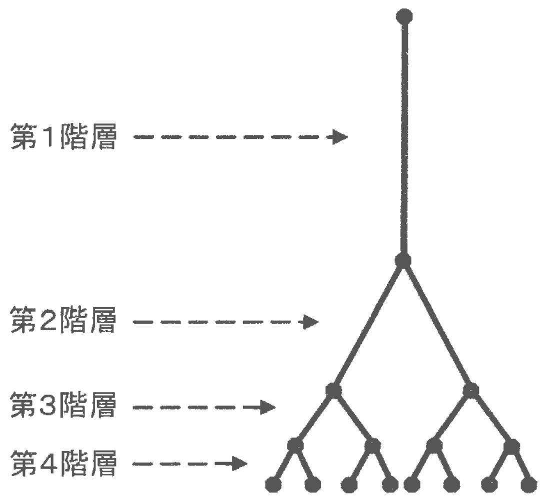

図８　樹形フラクタル

図８は，２分岐の樹形フラクタルの説明図（実際の樹木とは天地を逆転して表示）であって，最上位の１本の枝（幹）が，つぎの第２階層で２つの枝に分岐する．つぎの第３階層では，それぞれまた２つの枝に分岐する．このように，階層が下降するにつれ分岐がくり返されていくのが樹形フラクタルである．もし，階層が１つ下降するたびに，枝の長さが半分になるとする．この場合，最上位の枝の長さを１としたとき，第６階層以上で生成されたすべての枝（６３本）の長さを順位づけると，表５のようになる．

表５　樹形フラクタルの枝長の順位

階層	枝の数	枝長	順位(枝長)
1	1	1	1位
2	2	1/2	3位
3	4	1/4	7位
4	8	1/8	15位
5	16	1/16	31位
6	32	1/32	63位

ここで，表５の順位でみたときの枝の長さ（枝長）の分布に巾乗関数のあてはめを行うと，適合率は 0.99（99%）になり，ほぼ完全な巾乗則を示すことがわかる（図９参照）．

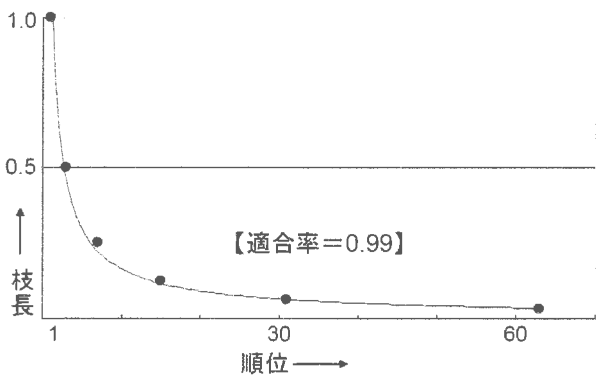

図９　樹形フラクタルの枝長の巾乗則分析

さて，図８の樹形フラクタルは，見方を変えれば，最上位の枝をトップとする階層的な支配関係（ヒエラルキー）を表す組織図とみることができる．適合率 99%というほぼ完全な巾乗則の背後にはこうしたフラクタル構造が潜んでいるわけである．したがって，これまでみてきた変量体の値の分布と巾乗関数との適合率とは，その分布の背後にひそむ変量体間の関係がフラクタル構造（階層的な支配関係）にど

れだけ近いかを示すものと考えてよいだろう。

そこで，図３に示した魏志倭人伝の国々の戸数の話にもどってみる。前述の結論は，上位１０％にいる３ヶ国の戸数占有率は高いが，巾乗則にはしたがわない，ということであった。巾乗則にしたがわないということは，国々の関係としてフラクタル構造（階層的な支配関係）が未成熟であることを示唆している。実際，魏志倭人伝が伝えるように，邪馬台国を本拠とする卑弥呼は，国々の協議を経て倭国の女王に「共立」されたのであって，強権によって国々を支配下においた女王ではなかった。図３における上位３ヶ国の中には卑弥呼と交戦中の狗奴国も入っている。３ヶ国の戸数占有率が高いというさきの結果は，単なる統計上の数合わせにすぎないのであって，本質は，むしろ巾乗則的な集中化という意味において当時の倭国はいまだ未成熟なレベルにあったと考えるべきであろう[6]。

４．４　歴史はいかに進行するか

人類は，この地球上に姿を現して以来，一貫して社会的動物として群れをなしつつ生活を営んできた。群れとは，烏合の衆ではなく，トップに支配者がいて，群れ全体の指揮をとる形態をいう。支配者の存在は，群れが生存するための必須条件である。大きな群れになると，内部に何層もの階層的な支配構造が必然的に発生する。さらに，群れと群れの競合関係が，支配と被支配の関係に変化すれば，そこにも階層的な構造が生まれていく。これも最大多数の生存にとって必要な社会的変化であった。

こうした動きの全体が，これまで述べてきた巾乗則的な集中化という方向性を具現化していくと考えてよいだろう。このような方向性が生まれる根源には，そもそも社会を構成する人々の関係が，絶対安定な平衡状態にあることはなく，一定の拘束の中でつねに流動性をもつ臨界状態にあるという“遺伝的性向”を想定せざるをえない。

このような臨界状態においては，個々の人たちの偶発的な動きが起点となって多数を巻き込む動向が生まれていく。社会の大きな変動に進展することもありえる。歴史上にみられる社会変動とは，つきつめるとこうした偶発的な事象によって惹き起こされるものであって，個々の人々の動きを超越した何らかの必然的法則に導かれて社会が変動するというようなものでは決してない。当然ながら，地球上で地域を超えて，類似の社会的変動が起こるというような“普遍的法則”もありえない。地域ごとにある偶発的な事象や個人の動きによって，それぞれ質的に異なった歴史が編まれていくのである。もし，あえて法則というべきものがあるとすれば，人間の遺伝的性向から集中化に向かおうとする方向性をあげる以外にはない。

はじめに述べたように，歴史において一貫して単調増加してきたものは知識の総量である。知識の増大は，巾乗則的な集中化のありようにも影響を及ぼしてきたであろう。人々の個々の動きの中で，知識としての「経験」が影響を及ぼす一面はつねにありえたであろうし，知識によって生み出された技術が影響を及ぼすこともありえる。文化・文明も，知識の反映である。地球上では，多くの地域を包括するいくつかの文明圏が成立してきた。１つの文明圏内では，おなじ共通の文化的文明的拘束の中で人々が流動的に動きながら個性的な臨界状態をつくってきたとみられる。しかし，集中化に向かうという方向性だけは，古今東西を通じてつねに不変であったと考えてよいだろう。

一方，巾乗則的な集中化が進んで一定のフラクタル的構造ができあがったとしても，それがそのまま永遠に持続する保証はない。臨界状態における人々の偶発的な動きが引き金となって，その崩壊化がはじまる事態も確率的にはありえる。が，仮に，いったんできあがったフラクタル的構造が崩壊したとしても，遺伝的性向である集中化の動きがすぐにはじまり，究極としてつぎの新たなフラクタル的構造が姿を現すことになる。大地震で社会基盤が一挙に崩壊しても，ただちに復興の動きがはじまることに似ている。まさに遺伝的性向である。

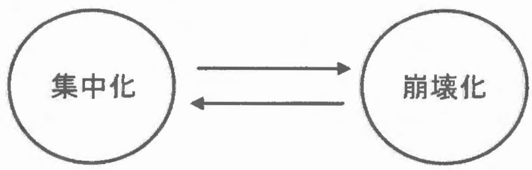

図１０　集中化と崩壊化

歴史の進行とは，巾乗則的な集中化と，その逆の崩壊化の反復過程であるといえよう（図１０）。反復のきっかけとなるものはすべて偶発的な事象によるものであって，そこでは人々の個々の動きが起点となる。反復過程において，一貫して増大を続ける知

識が良きにつけ悪しきにつけ影響を及ぼし続けてきたことは，これまでの歴史が物語っている。

歴史とは偶発的な事象をきっかけに惹きおこされた社会の変遷の軌跡である。「歴史に“ｉｆ”はない」とよくいわれるが，本稿の文脈からしてまさに真理をついた言葉である。

５．むすび

本稿は，歴史を数理という視点から理解する方法論を探究するにあたって，巾乗則に注目し，過去に筆者が試行したいくつかの事例研究で現れた数値情報にこれを適用して考察を試みた。

本文中でも述べたように，最古級前方後円墳の墳丘体積に関する分析では，高精度の近似で巾乗則が成立することが判明した。フラクタル的構造の存在が暗示されるのである。前方後円墳の築造に必要な「財」の動員力が墳丘体積に比例するという知見からすれば，大和の政権がこの時代にフラクタル的構造のトップに位置していたという推論が成立することになる。少なくとも筆者の関心についていえば，この点は新しい重要な知見であって，さらにくわしく検討してみたいと考えている。

本文中で言及した巾乗則的な集中化とは逆の，崩壊化についてはくわしく論ずることができなかった。当然，偶発的な事象をきっかけとして雪崩のように起こると考えられる崩壊についても適正なモデルがありえると思っている。今後の課題として考えてみたい。

本稿で紹介した集中化モデルは，都市人口，ウェブサイトの訪問者数，個人資産，音楽作品の販売数等々に関する変動のシミュレーションにも有効な一定の普遍性をもつと考えている。歴史とは直接関係のないこうした多くの数値情報についての分析が進めば，巾乗則のもつ意味がさらに明瞭に浮かび上がってくるものと期待している。

最後に，本稿で述べたシミュレーションの実施，およびデータ入力に協力してくれた奥島健一氏に感謝する。

【参考文献】

[1] Mark Buchanan, *Ubiquity*, Crown, New York, 2001.
本書の翻訳版（水谷淳訳）は，2003 年に早川書房より単行本『歴史の方程式―科学は大事件を予知できるか』として刊行された。さらに，2009 年，同社より改題した文庫本『歴史はべき乗則で動く― 種の絶滅から戦争までを読み解く複雑系科学』が刊行された。

[2]高安秀樹・高安美佐子『経済・情報・生命の臨界ゆらぎ』，ダイヤモンド社，東京，2000.

[3]小澤一雅 『前方後円墳の数理』，雄山閣，東京，1988.

[4]近藤義郎『前方後円墳集成』（全５巻），山川出版社，東京，1992.

[5]中井正弘 『仁徳陵－この巨大な謎』，創元社，大阪，1992.

[6]小澤一雅『卑弥呼は前方後円墳に葬られたか－邪馬台国の数理』，雄山閣，2009.

[7]小澤一雅『パターン情報数学』，森北出版，東京，1999.