

情報の伝播と入学志願者数の変動

塩村 尊

要 旨

本稿の目的は、少子高齢化と情報公開が大学進学志願者数の変動に与える影響を考察することにある。我々は、先ず集団生物学における年齢構成モデルと密接な関係にあるダイナミカルシステムを記述することから始める。このモデルは在学生の大学の提供するサービスに対する評価が潜在的志願者に伝播するという事実に着目して構築されたものである。続いて、情報の伝播の影響が大きい時には志願者数がカオスの挙動を示し、大学に経営上の困難を強いる場合があることを数値的に確認する。最後に、幾つかの数値実験の結果をまとめ、危機に直面した大学が採るべき対応策を検討する。

Unpredictable Behavior of Applicants for Admission in an Aging Society

Takashi SHIOMURA

Abstract

The purpose of the paper is to investigate the behavior of applicants for admission to colleges involved in the fertility in Japan in relation to information disclosure. We first present a dynamical system which has close relation to an age-structured model in population dynamics, and concentrate our attention on the outflow of evaluation, which is made by the college students, concerning the service provided by the college. We emphasize that the outflow of evaluation may cause an unpredictable behavior of applicants so that the college may suffer from managerial difficulties, if it has significant effects. Finally, we summarize our experimental observations and suggest some policies which should be taken by colleges.

1. 始めに

近年、18歳人口の急速な減少が大学の入学志願者獲得に深刻な問題を投げかけている。98年10月に大学審議会がまとめた答申によると、全国の大学、及び短大への入学志願者は92年度をピークとして減り続け、2009年度には数字上の大学全入時代が到来すると予測されている。とりわけ、私立大学、及び短大においてこの傾向が顕著に現れており、大学の約2割、短大においては約5割が定員割れの学部、又は学科を既に抱えていると言われている。一方、大手予備校の調査によると、今春の大学入試において地方私立大学の入学志願者の減少が一層、鮮明になり、ほぼ半数において実質倍率が2倍以下になっていることが明らかになった（日本経済新聞朝刊、1999b参照）。長引く不況の影響もあり、近年における大学、及び短大の入学志願者の減少を単純に18歳人口の減少と結びつけることはできないが、もしこの傾向が続くならば大学全入時代の到来には2009年度を待つまでもないのかもしれない。

このような現状を安閑として眺めていては学生の学力低下と大学の経営基盤の弱体化は避けられず、これら二重の意味で大学の質が低下することは間違いない（岡部他、1999、及び中村、1999参照）。そしてこのことは日本の研究、及び教育水準を後退させることにもなるであろう（日本経済新聞朝刊、1999a-d参照）。かくして大学、及び短大には全入時代を念頭に置いた教員の意識改革と様々な制度や組織の改革が迫られると同時に、生き残りをかけた積極的広報活動が求められるようになった。

入学志願者を獲得する上で特に重要になるのは、大学が学生に提供可能なサービスの内容や質がどのような形で潜在的入学志願者に伝わるかである。従来、大学は様々なメディアやイベントを通じて研究、教育上のサービスを社会に伝えようとしてきたが、このような形で伝達される情報は種々の制約から制限されたものにならざるを得ず、第三者の評価を十分に反映しているとも言い難い。それ故、実際に入学志願者を引き付けてきたものは最終的に大学の評判、伝統、或はネームバリューとして現れる在学生や卒業生、及び彼らと関係を持つ者の大学に対する評価であった。

現在、大学審議会では大学の自己点検評価を第三者が検証し、公表を義務付けることが検討されている（日本経済新聞朝刊、1998参照）。一方で、インターネットの普及により個人レベルで大学の評価を広く伝播することが可能になっている*。本稿の目的は、在学生が大学のサービスに対する評価を行い、何らかの方法によりこの情報が潜在的入学志願者へと伝わる時の入学志願者数動向に関する数値実験を行い、18歳人口の減少が単に入学志願者数の低位水準への移行をもたらすだけでなく、予測不可能なカオスの挙動をもたらす可能性があることを数

*例えば、<http://tradewind.or.jp/~abc/rank/>では全国の大学の在学生、及び卒業生から集められた大学評価を受験生に公開している。

値的に確認することにある。

2. 基本モデル

議論を単純化するために二年制の私立単科大学を念頭に置き、 $x_1(t)$ 、 $x_2(t)$ を各々、 t 期の学部下級生と上級生の人数とする。又、潜在的入学志願者は彼らの大学に対する評価に関心を持っているものと仮定する。

ここで、下級生一人が引き付ける入学志願者数を指数関数 $r_1 \exp\{-c_1(x_1(t)+x_2(t))\}$ で表す。但し、 $r_1 > 0$ 、かつ $c_1 > 0$ である。これは学生数が多くなればなる程、一種の混雑現象により下級生一人当たりが享受できるサービスの量、及び質が低下し、彼の大学に対する評価が厳しいものになり、結果的に彼からの情報を基に入学を志願する者が減少することを反映しており、パラメータ r_1 は下級生一人が伝播する情報が入学志願者を引きつける影響力の強さを表している。他方、 c_1 は学生数の増加、従ってサービスの悪化による彼の評価値の減少率を表すものである。同様にして、上級生一人が引き付ける入学志願者数を $r_2 \exp\{-c_2(x_1(t)+x_2(t))\}$ で表すが、単純化のために以下では $r \equiv r_i$ 、 $i=1,2$ 、及び $c \equiv c_i$ 、 $i=1,2$ と仮定する。又、当該大学は、おそらく経営戦略上の理由から、一般募集とは別枠で一定数 $N > 0$ だけの新規入学者を獲得するものと仮定する。

更に、下級生から上級生への進級率も大学の提供するサービスに依存すると仮定し、これを $a \exp\{-c_3(x_1(t)+x_2(t))\}$ で表す。従って、 $1 - a \exp\{-c_3(x_1(t)+x_2(t))\}$ は下級生の中途退学率である。但し、 $0 < a \leq 1$ 、かつ c_3 は十分に小さい正数とする。これは一旦、高額の学費を納付した学生はサービスに少々不満があるとしても、簡単には退学することができないという事情を反映している。一方、留年率に関しては大学の提供するサービスとは無関係な定数 $b > 0$ で表す。なぜならば、サービスが悪化しつつある時に高い授業料を払い続け、しかも就職することにより得たはずの所得を放棄してまでも大学に在籍し続けることが合理的とは思われないからである。ましてサービスの悪化が学生をして勉学に励ませ、留年率が下がるとは考えにくい。

以上の想定の下、当該大学の学生数に関する離散力学系

$$\begin{pmatrix} x_1(t+1) \\ x_2(t+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r e^{-c(x_1(t)+x_2(t))} & r e^{-c(x_1(t)+x_2(t))} \\ a e^{-c_3(x_1(t)+x_2(t))} & b \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} N \\ 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

を得る。ここで、上式に関して幾つかの注意点を述べておく。第1に、同じく1年以上2年以下の間大学に在籍したという意味において、上級生の中途退学者と卒業生との区別をしていない。第2に、留年可能な年数についても特に上限を設けていない。そして第3に、もし $N=0$ 、及び $b=0$ と設定し、進級率が常に1に等しいと仮定するならば、(1)はGuckenheimer, et al. (1977) による密度依存効果を考慮した年齢構成モデルと同じものになる。しかしながら残念なことに、毎年無視できない数の学生が留年するという現実を考えると、我々のモデルでは近似

的な意味においてすら b をゼロに設定することはできそうもない。

3. 数値解析

力学系(1)を代数的に解析することは非常に困難である。そこで、以下では(1)式の各パラメータに仮想的な数値を与え、幾つかの数値実験を試みる。先ず在学生の大学に対する評価が志願者に与える純粋な影響を確認するために入学定員が存在しない場合、或は志願者数が定員内に納まっている場合から考察を始める。又、特別枠により獲得される新規入学者も存在しないと仮定する。従って今の場合、入学志願者数と新規入学者数は一致する。

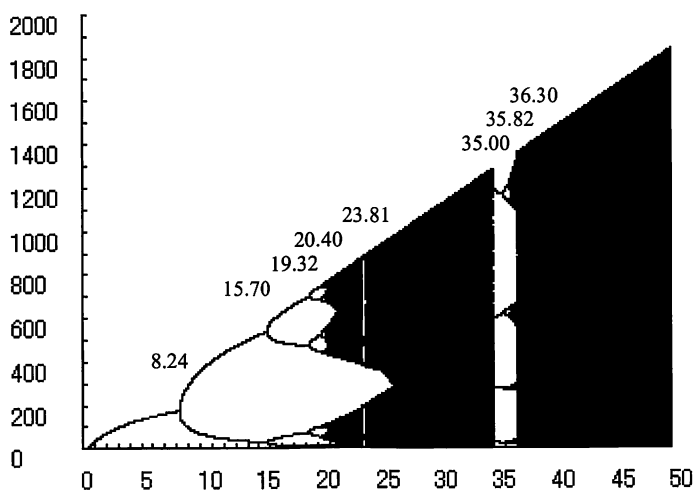
図3.1(a)は $c=0.01$, $c_3=0.005$, $a=0$, $b=0.2$, 及び $N=0$ と設定し、 r をコントロールパラメータとした場合の入学志願者数 x_1 に関する分岐図である。この分岐図より r , 即ち在学生が潜在的入学志願者に与える影響力が増大するにつれて、志願者動向に観察される周期的運動の周期が長くなり、 r が 20.40 を超えた時、落ち着くべき先を見いだすことができないう意味において非常に乱雑な運動を示すようになることが分かる。他方、図3.1(b)は各コントロールパラメータ値に対する最大Lyapunov指数を計算したものであり、分岐図において点が密に分布しているパラメータ値において実際に入学志願者数がカオスの挙動を示していることが分かる(下條, 1992参照)。

次に、これまで無視してきた入学定員と最低入学者数の影響を考察する。図3.2(a)は、あるルールによって定められている最低入学者数 N を段階的に 0, 5, 10, 350 と変化させた場合における最初の50期の挙動をグラフに表したものである。他方、図3.2(b)は最初の3つのケースについて10,000回の反復の後の512項を用いて計算したパワースペクトルである。これらの図から、カオスの挙動を示していたパラメータの下でも N が増大するにつれて運動が平滑化すること、換言するならば最低入学者数の存在が新規入学者数の変動の安定化要因として寄与していることが分かる。但し、これは最低入学者数の増加に伴って大学より提供されるサービスが悪化するために学生の宣伝効果よりも毎年、定められた数だけ獲得される入学者数の影響が強くなるようになり、結果的に新規入学者数が低水準で落ち着くことによる。

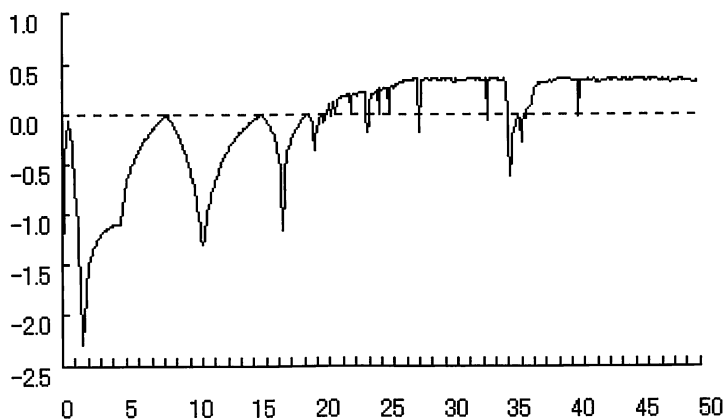
同様に、図3.3(a), 及び(b)は各々、入学定員 UL を段階的に変化させた場合の競争率、即ち入学定員に対する入学志願者数の比率の推移、並びに競争率のパワースペクトルを表すグラフである。但し、入学定員を考慮したことにより、力学系(1)は

$$\begin{aligned}x_1(t+1) &= \min\{re^{-c(x_1(t)+x_2(t))}x_1(t) + re^{-c(x_1(t)+x_2(t))}x_2(t) + N, UL\}, \\x_2(t+1) &= ae^{-c_3(x_1(t)+x_2(t))}x_1(t) + bx_2(t)\end{aligned}$$

に変更されている。この場合もやはり入学定員の存在は安定化要因として働くことが分かるが、その原因は最低入学者数の場合と全く異なり、入学定員を低く定める程サービスの質が向上し、競争率が高水準で落ち着くことによる。

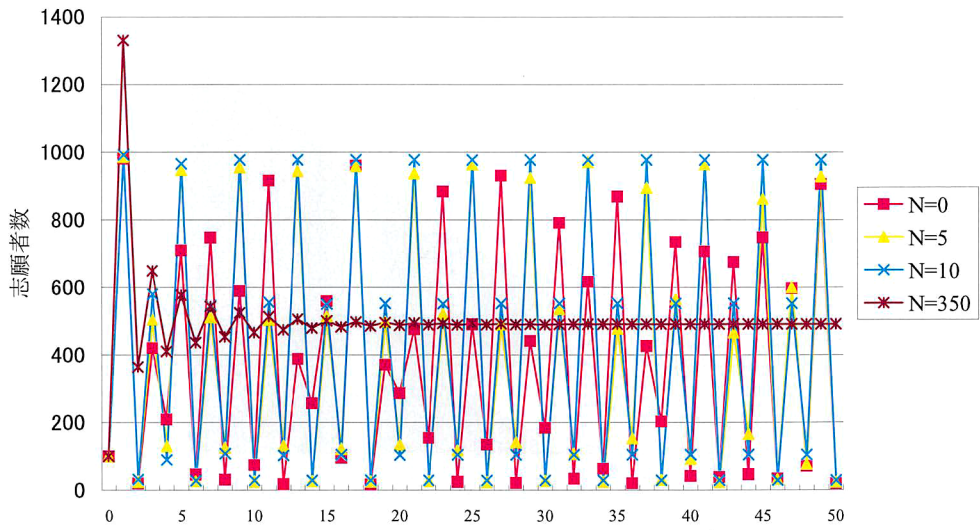


(a)

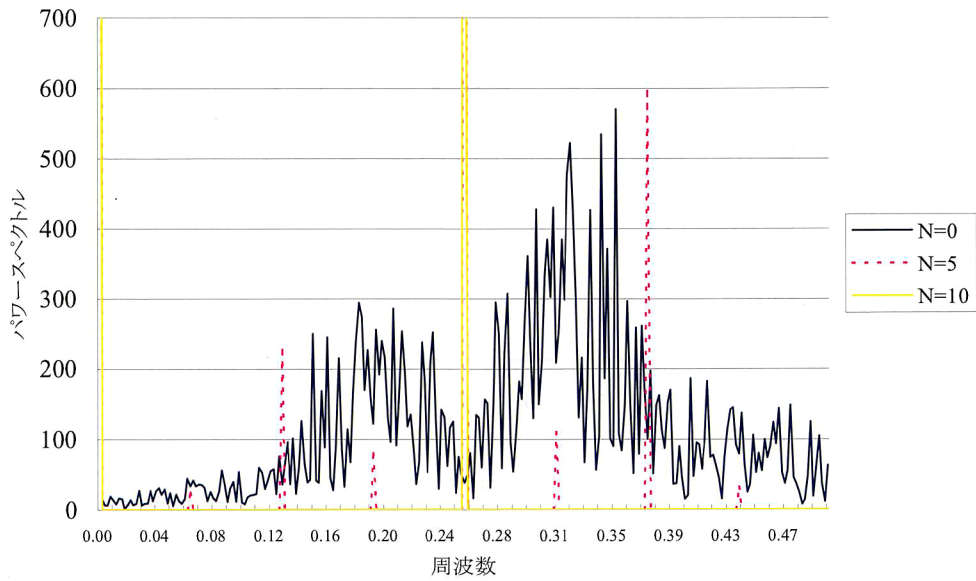


(b)

図3.1 a) $N=0.0$, $c=0.01$, $c_3=0.005$, $a=1.0$, 及び $b=0.2$ とした場合の x_1 に関する分岐図. 図は r をコントロールパラメータとして10,000回の反復計算の後, 続く1,000個の値をプロットして作成したものである. b) 最大Lyapunov指数の計算値. 指数は10,000回の反復計算の後, 5,000項を用いて計算したものである.

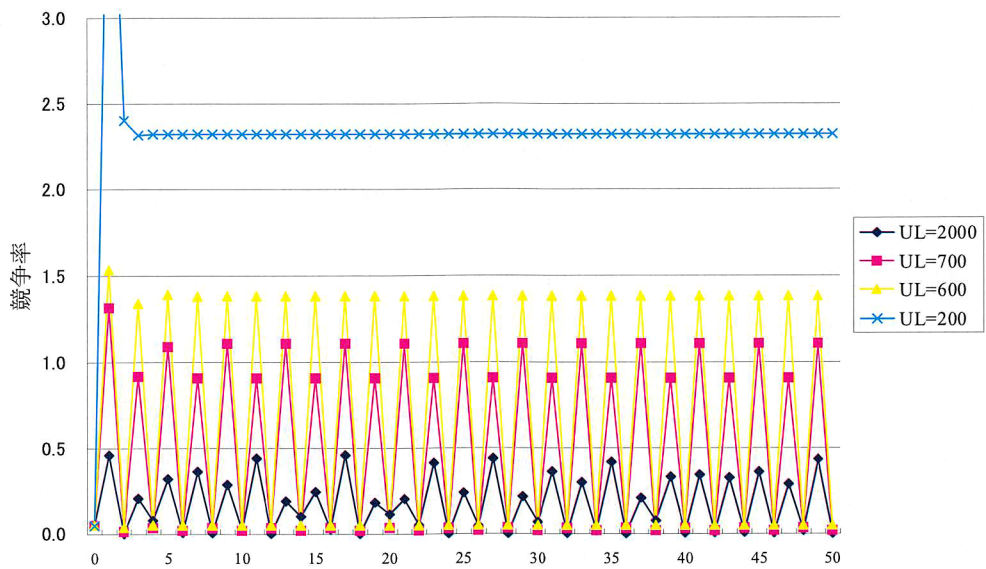


(a)

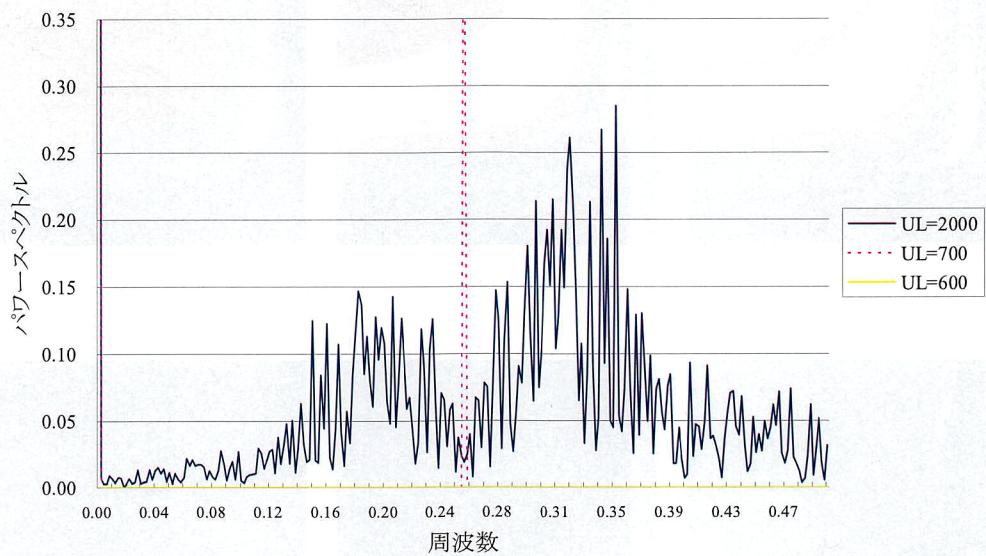


(b)

図3.2 a) 図3.1と同じパラメータの下、 N を段階的に変化させた場合における最初の50期の志願者動向。
 b) 10,000回の反復計算に続く512項を用いて計算したパワースペクトル。



(a)



(b)

図3.3 a) 図3.1と同じパラメータの下，入学定員 UL を設定した場合における最初の50期の競争率の推移。
b) 10,000回の反復計算に続く512項を用いて計算されたパワースペクトル。

最後に、パラメータ c , c_3 , r , 及び b の相互依存関係を検討するために一群の 2 次元分岐図を挙げる。尚、以下の議論においては最低入学者数、並びに入学定員の存在を無視している。

図3.4中の各分岐図は $c_3=0.0001$ と設定し、パラメータ c を $0 \leq c \leq 0.01$ の範囲で水平方向に変化させる一方で、 r を $0 \leq r \leq 50$ の範囲で垂直方向に変化させた場合の入学志願者数の変動に見られる周期を16階調で描画したものであり、図3.4は留年率 b の変化と共に、分岐図がどのように変化するかを示したものである。これら分岐図においては各パラメータの組に対して最大、10,000周期までの計算を行っているが、15周期以上は全て同一の階調で描画している。又、周期計算にはGardnerのアルゴリズムを用いた (Gray and Glynn, 1991及び川上, 上田1994参照)。

図中、黒の領域は最大20,000回の反復計算中に入学者数が10,000を超えたことを意味しており、近似的な意味で発散的運動が現れたことを意味している。他方、白の領域は20,000回の反復計算中、入学者数が10,000を超えることなく、従って発散的ではなく、その変動が周期性を持つとするならば10,000期より長い周期を持つ領域であり、近似的な意味でカオス的挙動が現れたことを意味している。

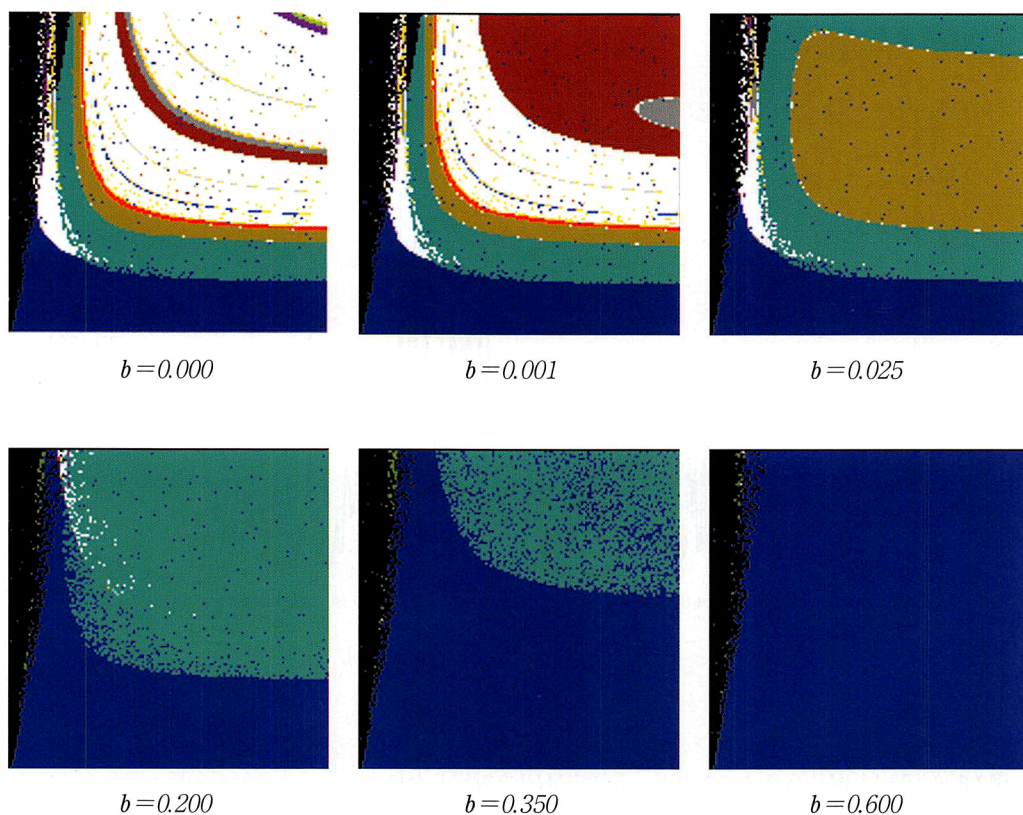


図3.4 $c_3=0.0001$ と設定し、パラメータ c を $0 \leq c \leq 0.01$ の範囲で水平方向に変化させる一方で、 r を $0 \leq r \leq 50$ の範囲で垂直方向に変化させた場合の2次元分岐図。

図3.4から留年率 b が低い限りにおいて、パラメータ c や r が大きければ大きい程、即ち在学生の宣伝効果が強く働けば働く程、カオスの挙動が現れ易いことが分かるが、留年率が上昇してくるにつれてカオスの領域は消滅、若しくは遠方に移動し、一度カオスの領域が消滅すると、その振る舞いは比較的単純であり、発散的であるか、高々3周期の周期運動が現れるようになる。

これに対し、図3.5は c を0.01に固定し、 c_3 を $0 \leq c_3 \leq 0.01$ の範囲で水平方向に変化させる一方で、 r を $0 \leq r \leq 50$ の範囲で垂直方向に変化させた場合の分岐図である。興味深いことに、いずれの分岐図においても右下方から左上方へと周期的挙動を示す連続した帯状の領域が観察されるが、このことは r が大きな値を持つ場合においても c_3 が正、かつ小さな値を持つならば、入学志願者数はカオスの挙動を示さず、周期的挙動を示す可能性が高いことを意味する。又、この傾向は留年率が上昇すると共に強まることが分かる。ここで、我々のモデルがGuckenheimer, et al. (1977)の齢構成モデルと密接な関係を持っていたことを思い出すならば、この結果は次のように述べることもできる。即ち、彼らのモデルにおいて幼体の生存率に弱い

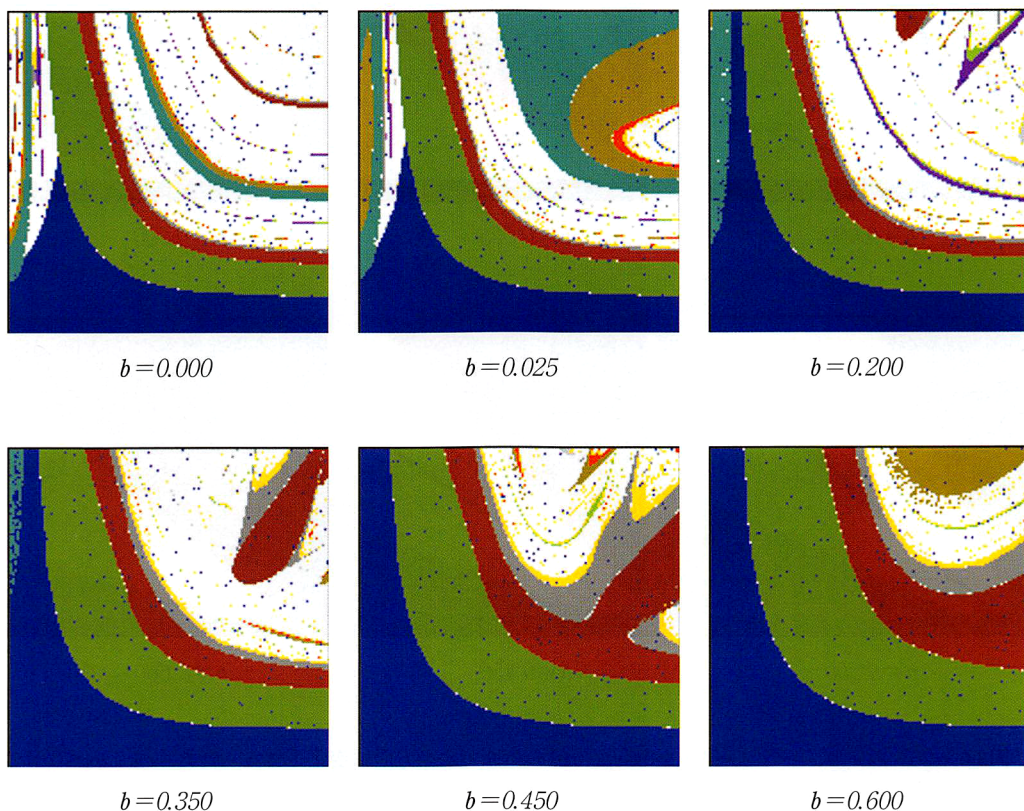


図3.5 $c=0.01$ と設定し、パラメータ c_3 を $0 \leq c_3 \leq 0.01$ の範囲で水平方向に変化させる一方で、 r を $0 \leq r \leq 50$ の範囲で垂直方向に変化させた場合の2次元分岐図。

密度依存効果が現れる時、生物個体数はカオスの挙動を示さないか、カオスの挙動が現れるとしても、彼らが念頭においているよりも大きな卵生産速度の下で起こる。

最後に挙げた図3.6は $r=25$ とし、水平方向に c_3 、垂直方向に c を測り、これら2つのパラメータを0以上、0.01以下の範囲で変化させた場合の分岐図である。いずれの分岐図においてもカオスの領域、及び周期解領域が放射状に出現し、 b の増加と共に、これらの領域は時計方向に回転する傾向があることが分かる。又、他のケースと異なり、留年率が比較的高い場合においてもカオスの領域が現れる。実際、図には挙げていないが、 $b=0.9$ という極端な値の下でもカオスの領域が現れる。このことは留年率の大きさにかかわらず、在学生の大学のサービスに対する評価が厳しいものであればある程、入学志願者数にカオスの挙動が観察される可能性が高くなることを意味する。

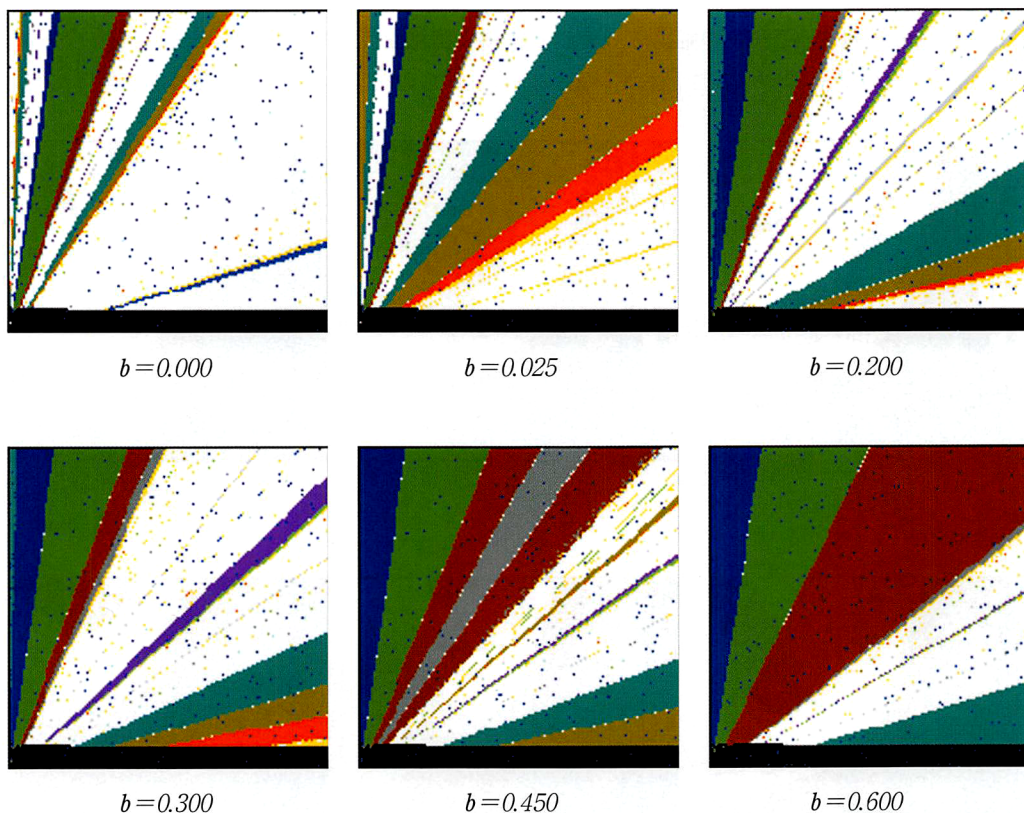


図3.6 $r=25$ と設定し、パラメータ c_3 を $0 \leq c_3 \leq 0.01$ の範囲で水平方向に変化させる一方で、 c を $0 \leq c \leq 0.01$ の範囲で垂直方向に変化させた場合の2次元分岐図。

4. 結語

以上の数値実験の結果から、大学が提供するサービスの質、及び量が学生数に依存し、在学生を通じてこの評価が潜在的入学志願者へと広く伝播していく時、構造不安定性、即ちパラメータの僅かの相違が入学志願者動向を大きく変えること、及びカオスを特徴付ける初期値敏感性故に、過去の変動パターンが志願者動向を予測する上で全く参考にならない可能性があることが確認された。

情報化社会が進展する中、このことは定員割れを起こし、今まさに存続の危機に直面している大学、又は短大が一層の困難を強いられる危険性があることを示唆している。なぜならば、入学志願者数がカオ斯的挙動を示す時、大学、又は短大が長期的観点に立つ経営上の戦略を立てることが困難になるからである。一方で、数値実験から入学定員の削減や特別入試枠の設定が志願者動向を安定化させる上で有効な手段になる得ることも確認した。いずれの方法を用いるにしても入学者数の安定化と引き換えに大学の規模の縮小が避けられそうもないが、安易な特別入試枠の運用は大学の規模、及び質の両面における縮小均衡をもたらす危険を孕んでいることには注意が必要である。

ところで、98年6月にまとめられた大学審議会の中間報告では、教員に責任ある授業運営と厳格な成績評価を行うことを強く求め、学生に予習・復習を徹底させることの必要性が強調されている（日本経済新聞朝刊、1998、及び文部省編、1998参照）。この背景には審議会の大学が安易な進級や卒業認定を行っているという現状認識と大学全入時代における一層の学力低下に対する懸念があるが、学生自身も含めた学生周辺の留年に対する過度とも思われる寛容な態度が改められない限り、学部教育の厳格化は留年率を上昇させることになるであろう。皮肉なことに、留年率の上昇は学生数の変動を安定化させる傾向を持つが、これは大学の質の悪化に伴う低水準での安定であり、大学、及び教員には留年生に対する新たな対応が求められることになるかもしれない。

18歳人口の減少が、いわゆる有名校とそうではない学校との分化をもたらすであろうことは多くの者が指摘している（例えば木村、1999、及び梅津、1999参照）。又、冒頭において述べたように、実際にそのような動きは既に現れている。本稿で特に強調しておきたい点は、この分化が単に学生数、或は定員充足率の大学間格差を意味するだけでなく、その変動の格差をも意味し得るという点である。

参考文献

- Gray, T. W. and J. Glynn (1991) *Exploring Mathematics with Mathematica*, Addison-Wesley, Redwood City, CA.
- Guckenheimer, J., G. Oster and A. Ipaktchi (1977) The dynamics of density dependent population models, *Journal of Mathematical Biology* 4, 101-147.
- 川上博, 上田哲史 (1994) 『CによるカオスCG』, サイエンス社.

- 木村文勝編（1999）『少子高齢化の恐怖を読む』，中経出版。
文部省編（1998）『我が国の文教施策』，大蔵省印刷局。
中村忠一（1999）『危ない大学 2000年度版』，三五館。
日本経済新聞朝刊（1998）7月1日。
_____（1999a）5月16日。
_____（1999b）7月4日。
_____（1999c）8月29日。
_____（1999d）9月18日。
岡部恒治，戸瀬信之，西村和雄編（1999）『分数ができない大学生』，東洋経済新報社。
下條隆嗣（1992）『カオス力学入門』，近代科学社。
梅津和郎（1999）『潰れる大学・伸びる大学』，エール出版社。