
複雑適応系としての会計情報システム

荒 井 義 則

1. は じ め に

前稿「会計情報システムと複雑適応系に関する一考察¹⁾」においては、①集合的特性、②非線形性、③流れ、④多様性の4つの属性と、①標識化、②内部モデル、③積木の3つのメカニズムを考察し、会計情報システムがジョン・ホルランドの複雑適応系となりうることを示した。しかしながら、複雑適応系を考える際に重要な役割を果たす「適応度と適応度地形」についてはまったく考察しなかったため、本稿で考察することにする。また、同様に重要な「カオスの縁」についても考察し、会計情報システムの発展を考えることにする。

2. 適応度と適応度地形²⁾

「適応度地形」という概念は集団遺伝学者のセオール・ライトによって導入されたものであるが、複雑適応系を理解する上でも非常に役に立つ考え方である。

複雑適応系は外から入ってきた情報から規則性を抽出し、それを「スキーマ」とよばれる内部モデルへと圧縮して、そのスキーマをもとに行動する。

例えば、生物の進化においては「遺伝子の集合」がスキーマとなる。³⁾ スキーマのとり状態は膨大な可能性があり、それらが行動の結果のフィードバックによって、淘汰されたり修正されたりする。このスキーマの改善が「適応」に他ならない。

スキーマと適応を考えると、スキーマの一般特性を数値と*（アスタリスク）で構成される文字列としてとらえることがある。例えば、2進数の値を持つ長さ L のスキーマは次のように表される。

$$(a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_L)$$

ただし、 a_i は 0 か 1 か *。

スキーマは、可能なすべての組み合わせの空間中で自分の型に合う部分空間を表していることになる。なお、この例では*は0と1のどちらでもよいことを表している。

スキーマが環境に対してどのくらい適応しているかを示すため、「適応度」という尺度が導入されている。適応度は環境との適応具合によって数値で具体的に与えられる。適応度の数字が高いほうが、そのスキーマが環境によく評価されていることになる。スキーマの変化に伴ってどのように適応度が変化するかを可視化するために、「適応度地形」が導入される。あるスキーマが与えられたとき、それがどのような適応度を示すかを、可能なすべてのスキーマに対してプロットしたものが適応度地形である。

先ほどの例のように、長さ L のスキーマの場合、ある1つのスキーマを空間の1点で表現するために、 L 次元空間を用意する。逆にそのような L 次元空間を考えれば、どの点もユニークに1つのスキーマと対応することになる。そのような L 次元空間に $(L+1)$ 次元目の軸を加え、それに沿って適応度をプロットしていく。こうして得られた図形が適応度地形である。

高さによって適応度が表された凹凸の地形を考えるので、低い位置から高い位置へ移動することが「適応する」ということだととらえる。進化の場合には、遺伝子の交叉や突然変異によって遺伝子の組み合わせが変化し、適応度地形をのぼっていく。また、学習の場合には、ニューロン間の結合の強さ（結合の強さの組み合わせがスキーマとなる）を変化させることによって適⁴⁾応度地形をのぼっていくのである。

3. カオスの縁⁵⁾

「カオスの縁」はセルオートマトンの研究において現れた。セルオートマトンとは、格子のそれぞれの格子点（セル）にある有限個の状態をのせ、周囲の数を見ながら、あるルールに従ってセルの状態を置き換えていくもので、時間、空間、各点での状態すべてが離散であるようなシステムである。厳密⁶⁾には次のように定義される。

格子の次元を d とする。時刻 t は自然数 $(0, 1, \dots)$ 、位置 $i = (i_1, i_2, \dots, i_d)$ の座標は整数をとる。それぞれのセルは 0 から $M-1$ までの M 個の状態のうち一つをとる。位置 i のセルの時刻 t での状態を a_i^t で表す。位置 i のセルの次の時刻での状態 a_i^{t+1} はセル i の近傍 $i+r_1, \dots, i+r_m$ のセルの状態の関数として定められる：

$$a_i^{t+1} = f(a_{i+r_1}^t, \dots, a_{i+r_m}^t)$$

f を遷移関数とよぶ。

セルオートマトンはフォン・ノイマンによって考案されたが⁷⁾、ステファン・ウォルフラムは数多くのセルオートマトンを系統的に調べ、力学系との

アナロジーによってクラス1から4までの4つのクラスに分類した。クラス1, 2, 3はそれぞれ力学系の平衡点, リミットサイクル, カオスに対応しているが、クラス4に対応する力学系は存在しなかった。⁸⁾

クリストファー・ラングトン^{9,10)}は、質的に分類された1次元セルオートマトンを考察するために λ パラメータというものを導入した。 λ パラメータはある規則群において平均どのくらいのセルが生き残るかを表現するパラメータで次のように定義される。

セルがとりうる k 種類の状態のうち任意の一状態を選択し、それを「静状態」とよぶ。遷移規則において、 n_q 個の遷移がこの静状態になるとき、 λ パラメータを次のように定義する。

$$\lambda = (k^N - n_q) / k^N$$

λ パラメータを0から1まで動かしたとき、複雑さがどのように変化するかを見るために「相互情報量」というものを導入する。^{11,12,13)}「相互情報量」とは、ある2つの事象において、一方を知ることによって他方が何であるかについてどれくらい情報が得られるかを表したものであり、これを用いると、あるセルがどんな状態かを考えるとき、他のセルを見ることによってどれだけの情報が得られるかを計ることができる。クラス1の相互情報量は0、クラス2ではやや増加し、クラス3ではゼロに近くなる。そして、クラス4では相互情報量は最大になる。つまり、静的すぎず動的すぎないクラス4では、秩序とカオスがちょうどよいバランスで混ざっていることがわかる。この領域が「カオスの縁」とよばれているものである。情報処理という観点から見ると、静的すぎず動的すぎないカオスの縁でのみ、情報が適度に保持される安定性と適度に伝達される流動性とが絶妙なバランスを保てるのである。¹⁴⁾

同様の現象はスチュアート・カウフマンのブーリアンネットワークでも発

見^{15,16)}されている。カウフマンは、自己組織化の結果、ネットワークは一般にカオスの縁とよばれる秩序と混沌の間の状態に落ちつくと考えており、カオスの縁では常にゆらぎや流動性を保持しており、これを生命にあてはめると、環境の変化に柔軟であることを意味していると考えている。また、生態系においては、複数の種が利害を伴って対立や協調をしているので、関係する他の種の性質の変化によって自分の適応度地形が変化し、生物はたえず変化する適応度地形において適応度を高くしようと試みており、これらが最終的にカオスの縁¹⁷⁾に向かうと考えている。

実際、カウフマンは「複雑な系がカオスの縁、あるいはカオスの縁の近傍¹⁸⁾の秩序状態に存在する理由は、進化が系をそこに連れていったからである。」と述べており、また、「『複雑適応系はカオスの縁に向かって進化する』という作業仮説を評価するのは、きわめて時期早尚にすぎる。もしそれがほんとうだとわかったら、非常に美しいことであろう。しかし、『複雑適応系は、カオスの縁付近の秩序状態内のどこかある場所に向かって進化する』ということが真実であるとわかったとしても、これは同じくらいすばらしいことであろう。おそらく、こうした座標軸上の位置——秩序をもち、安定で、それでいて柔軟性もそなえている——は、生物やそれ以外に現れる複雑適応系の、ある種の普遍的な特徴として現れてくるであろう。」¹⁹⁾とも述べている。

4. 複雑適応系としての会計情報システム

以下では、会計情報システムを複雑適応系としてとらえ、今まで述べてきた「適応度と適応度地形」や「カオスの縁」の観点から考察することにする。その前に本稿で考える会計情報システムの概念²⁰⁾について述べておく。

1. コンピュータを中心とする情報通信技術をもとにした情報ネットワークであること。

2. 意思決定を支援するシステムを含み、意思決定者および意思決定グループに有用であること。
3. 意思決定者ないし意思決定グループのデータに対応するフィードバック機構を持つこと。
4. 意思決定者ないし意思決定グループも重要な要素の1つであること。
5. システムの運用、保守および改良をするシステム要員も重要な要素の1つであること。
6. ハードウェア、ソフトウェアの新しい技術や会計情報システム論および会計学、情報理論、行動科学などの関連諸科学の新しい成果を取り入れることが可能なオープンシステムであること。
7. ハードウェア、ソフトウェアおよび人的資源が有機的に結びつけられていること。

これら7つの特性を会計情報システムの必須の特性と考えているのであるが、特に意思決定者ないし意思決定グループおよび情報システム要員（この中には会計の専門家、経理部員も含めて考える）という人間も含んでいる点に注意してもらいたい。単にコンピュータシステムを考えているわけではない。²¹⁾前稿、²²⁾前々稿「会計情報システムと複雑系に関する一考察」においても同じ立場をとってきたが、まずはこのことについて考察し、次に適応度地形やカオスの縁と会計情報システムの関連を考える。

(1) 情報システムと人間

コンピュータを中心としたシステムは、コンピュータシステム、情報処理システム、情報システムといった名称が付けられているが、浦、市川はこれらのシステムの違いを次のように述べている。²³⁾

① コンピュータシステム

コンピュータの物理的機構（ハードウェア）に論理的な機構（基本ソフトウェア）を積み上げたものをコンピュータシステムという。

② 情報処理システム

コンピュータシステムに、ある業務を想定してそのための応用ソフトウェアを盛り込んだものを情報処理システムという。すなわち、データの収集・記録・加工・配布に関わる一連の仕組みの総称ということができる。ここで「一連の仕組み」とは、ハードウェア、基本ソフトウェア、応用ソフトウェアを指している。

③ 情報システム

情報処理システムと、これを使う人間も含めた組織体を念頭におき、それらの全体を指すとき情報システムという。

会計情報システムの研究においては、①から③のどの立場の研究も必要とされるが、本稿および前稿²⁴⁾、前々稿²⁵⁾の立場は③である。

また、関口は情報システムについて「情報システムは、その入出力が情報

であるようなシステムである。したがって、そのサブシステム間の相互関係もそれらの間の情報の入出力の関係として記述される。情報システムの構成要素は、情報処理機器（コンピュータやその関連装置）、人間、通信ネットワーク、情報媒体などからなる。」と述べており、さらに「人間の組織は『情報ネットワークを確立するために構築される』ともいわれることからわかるように、情報システムの検討をするには、その利用者である人間を考慮に入れないわけにはいかない。情報システムにおいては、人間が本来の主役なのであって、コンピュータは不可欠の要素ではない。しかし、今日的な意味では、コンピュータと切っても切れないほど関連が深く、情報システムというときには、少なくとも1要素としてコンピュータが含まれると、常に考えてよいほどである。」²⁶⁾と述べている。本稿の立場も同様であり、コンピュータと人間は会計情報システムの重要な要素と考えているが、次に述べるような理由もあって人間を会計情報システムの1要素と見なしている。会計情報システムの目的は経営意思決定と考えられるが、南澤が「道具であるコンピュータの性能は随分良くなったが、現在および近い将来ではまだまだ未発達のものであるということ。」²⁷⁾と述べ、さらに「経営の意思決定といった社会的、経済的、人間的要素等も大きく含んだ複雑な意思決定ということになると、まだまだ到底人間にはかなわない。」²⁸⁾と述べているように、コンピュータのみでは経営意思決定は不可能であり、人間が必要とされる。また、複雑適応系として会計情報システムを見なすとき、与えられる情報から経営意思決定に関するスキーマを生成し、改良していかなくてはならないが、これもコンピュータ単独では不可能であり、人間が行わなくてはならない。したがって、会計情報システムを複雑適応系として考察するとき、人間を含めて考える必要がある。

(2) 適応度地形

適応度地形を考える前に、会計情報システムに入ってくる情報について再確認しておこう。³⁰⁾ 会計情報システムに入る情報には質的に異なった2つの情報がある。1つは会計情報システムの目的、すなわち意思決定に直接関係するものである。意思決定をする必要に迫られたときは、このような意思決定をしたいという要求や意思決定に必要な情報が会計情報システムに入力され、その結果、意思決定が出力として会計情報システムより与えられる。これは会計情報システムの日常的な業務というべきものであるが、時としてこれらの入力³¹⁾が会計情報システムを著しく変化させることがある。前々稿において考えた「自動仕訳受入型会計情報システムの段階」から「業務統合型会計情報システムの段階」への発展が³²⁾この場合にあたる。会計情報システムへの要求が財務報告から経営者の意思決定に質的に変化した（もちろん、現在でも財務報告は会計情報システムの役割の1つではあるが）ことにより、これが外力³²⁾になって新たな平衡状態に移動したと前々稿では考えた。

このように、システムの進化（発展）の要因となりうるので、これらの情報（要求）から抽出したものは会計情報システムのスキーマの一部を構成するものと考えられる。

会計情報システムに入力される情報の2つ目はシステムの機能や構造に関するものである。すなわち、ハードウェアやソフトウェアに関する新しい技術情報や会計情報システム論および会計学、情報理論、行動科学などの関連諸科学の新しい成果である。これらの情報はシステムを進化させるのに欠かせないものとなる。そしてこれらから抽出されたものはスキーマを構成する重要な部分となる。

最初に述べた意思決定に関する情報（要求）を仮にⅠ類の情報、二番目に述べたシステムの機能や構造に関する情報をⅡ類の情報とよぶことにすると、³³⁾ 会計情報システムのスキーマはⅠ類およびⅡ類の情報から抽出されたものが

スキーマとなっていると考えてよさそうである。生物の進化におけるスキーマは遺伝子の集合であり、また、学習の場合、スキーマはニューロン間の結合の強さの組み合わせであったが、これらの場合と異なり、会計情報システムのスキーマは質を異にする2つの部分から成り立っていると考えたほうが妥当である。I類の情報から得られたスキーマをI類のスキーマ、II類の情報から得られたスキーマをII類のスキーマとよぶことにすると、適応度地形に対応する空間はひとつの空間と考えるよりは、I類に対応する空間とII類³⁴⁾に対応する空間の直積によってできる空間であると考えerのほうが妥当である。先に挙げた2進数の例で考えれば、スキーマの集合は、

$$\{(a, b) \mid a \in S_I, b \in S_{II}\}$$

$$a = (a_1, a_2, \dots, a_N)$$

$$b = (b_1, b_2, \dots, b_M)$$

となる。ここで、 S_I, S_{II} はそれぞれI類、II類のスキーマからなる集合であり、I類のスキーマの長さは N 、II類のスキーマの長さは M とした。さらに $(N+M+1)$ 次元目の軸を加えて、 $(N+M+1)$ 次元空間を考えると、スキーマの空間はこの空間の部分空間となり、適応度地形を考えることができる。 a_i ($i=1, \dots, N$)、 b_j ($j=1, \dots, M$)を実数と考え、

$$N=M=1$$

とすれば、通常の3次元空間となり、適応度は通常の意味での高さとなり直感的に理解しやすくなるが、それ以外の場合には、例えばスチュアート・カウフマン³⁵⁾が用いたNKモデルのように、特別の工夫をしなければ直感的

(視覚的) な理解は得にくいであろう。以下では定性的な議論に限るので、厳密に適応度を定めることはしない。

適応度地形の考え方が(適応度の厳密な定義は別として)決定したので、これを用いて会計情報システムの「自己完結型会計情報システムの段階」から「業務統合型会計情報システムの段階」までの発展(進化)を考察することにする。

まず、適応度地形の変化であるが、これは生態系における生物の進化と同様、変化していると考えられる。生物の進化においては、他の種との関係が自分の適応度地形を変化させたが、会計情報システムの場合は、会計情報システムに関する要求の変化(I類のスキーマに関係する)やハードウェア、ソフトウェアの技術の進化や会計情報システム論や関連諸科学の進展(II類のスキーマに関係する)により適応度地形は変化する。

初期の段階においては、自己完結型会計情報システムの適応度はかなり高かったが、以下の2点が問題となった³⁶⁾。

1. 会計情報システムの利用者はすべての会計取引データを仕訳の形式で入力せねばならず、それが企業の作業の合理化と情報の有用性の面から大きな制約となった。
2. 入力されるデータが仕訳の形式なので、会計取引と認識されない取引のデータや仕訳形式段階でもれてしまうデータを管理対象に含めることができない。

この2点の問題により適応度地形は変化し、適応度は下がったが、この2点は主としてシステムの機能や構造に関する問題なので、II類のスキーマの集合を部分空間として持つ M 次元空間(以下、空間IIと記す)での変化が適応度降下にかなり影響したと思われる。

さらに、コンピュータの処理能力の飛躍的な向上とハードウェアの価格低下を背景として、会計業務以外の販売、製造、在庫などのさまざまな業務システムにコンピュータが導入されると、各業務システムと会計情報システムに入力するという作業の二重性が問題となり、適応度はますます低くなり、新たに適応度の高い位置をさがすことになる。この新たな高適応度の位置が「自動仕訳受入型会計情報システム」であり、二重性の問題は解決された。しかしながら、本質的にこれらのシステムは差はないので、適応度地形の1つの山のかなり高い所にいた自己完結型会計情報システムが適応度地形の変化によってその山がさらに高くなり、相対的に自己完結型会計情報システムの高さが低くなり、その山の上にシステムが移動して自動仕訳受入型会計情報システムに移行したと考えるべきである。つまり、1つの山の中での変化である。

それに対して「意思決定」という要求が求められたことによる「自動仕訳受入型会計情報システム」から「業務統合型会計情報システム」への発展は本質的な変化であった。要求が出されてから新たなシステムの開発が始まったので、まず、空間Ⅰ（Ⅰ類のスキーマの集合を部分空間として持つ N 次元空間）における変化で適応度が下がり、さらに空間Ⅱにおける変化によって適応度はさらに下がったと考えられる。この変化はかなり本質的な変化であり、システムとそれに対する考え方を著しく変化させたので、生物の進化における突然変異に相当し、適応度地形において他の山のかなり高い位置に飛び移り、業務統合型会計情報システムに移行したと思われる。同じ発展（進化）でも最初の発展とはかなり異なる発展（進化）である。

(3) カオスの縁

すでに考察したように、「カオスの縁」とは秩序とカオスの境目の状態であり、環境の変化に対しても柔軟に対応できる状態であって、自然界や人間

社会における創発はこの「カオスの縁」において生じていると推定できる。

複雑適応系はカオスの縁あるいはカオスの縁の近傍の秩序状態に向かい、それらの状態において環境の変化に対応しながら進化していく（創発を生じていく）のであるから、複雑適応系の1つである会計情報システムもカオスの縁かその近傍の秩序状態において変化に対応し、進化（発展）してきたと考えられる。例えば、自動仕訳受入型会計情報システムに経営意思決定という今までとは質的に異なった要求が出され（環境の変化）、その要求に対処するためのシステムの改良が模索され、その結果、業務統合型会計情報システムが出現する（創発が生じる）過程がカオスの縁に対応する。この過程をもう少し詳しく分析しよう。都甲、江崎、林は言葉と概念を例にとり、創発を次のように説明している。³⁹⁾「出生後、子供は多くの言葉を獲得することで、はじめていろいろな概念をもつことができる。この段階では言葉と概念は不可分である。しかし、いったん概念を獲得した後は、概念そのものには伝達的手段としての言葉は不要となることから、言葉と概念は異なる階層に属するものであることがわかる。言葉が持つ個々の意味という要素が組み合わさり、あらたな概念が生ずるのである。このプロセスを

秩序状態→複雑性→カオス状態

をとる複雑系と対応づけてみよう。既知の知識は秩序状態、その知識が混在し相互に影響し合うもやもやとした混沌状態が複雑性の状態、そしてアイデアや概念が生まれるのがカオス状態であり、創発である。」ここで、「複雑性」とは「カオスの縁」のことである。この文章は「複雑系」について述べているが、「複雑適応系」にもあてはまる。この考え方を前述した会計情報システムの発展に適用すると、自動仕訳受入型会計情報システムが一定の機能を果たしている状態が秩序状態、経営意思決定という要求が出され新たなシステムを模索している段階がカオスの縁にあたり、業務統合型会計情報シ

ステムの出現がカオス状態であり、創出であると考えられる。

(4) ゆ ら ぎ

カオスの縁と関連する重要な概念に「ゆらぎ」がある。関口は「カオスの縁からカオスの側にふれたシステムが再び安定な領域に変化する様子は、環境変化によってゆらぎが生じたシステムが新しい安定状態に移ることになぞらえることができる。⁴⁰⁾」と述べ、「ゆらぎ」を「ゆらぎとは、系の構成要素ないしは下位部分の、上位部分に対して持つ動作の任意性の程度を指し、系の動作の確定性を低下させる⁴¹⁾」と定義し、さらに北原・伊藤の研究⁴²⁾および中野・渡辺の研究⁴³⁾を引用した後、組織的ゆらぎについて「組織構成員の自主性自律性がゆらぎの根元であり、そのゆらぎを組織にとって効果的な創発に結びつけるには、情報技術によって情報処理のどんな能力がどのように増大されるかが、重要なポイントである。⁴⁴⁾」と述べ、また、「組織構成員の自主性自律性からくる活気は、複雑系の観点からすれば、組織がカオスの縁の臨界状態にあることに対応することが望ましい。それは組織が環境の変化に対してもっとも敏感に適応できる状態だからである。しからば、組織のゆらぎをカオスの縁の状態で発生させるにはどうしたらよいか、が経営の根元的課題である。⁴⁵⁾」とも述べている。組織構成員の自主性自律性からくるゆらぎをカオスの縁で発生させることが重要であるということである。

では、会計情報システムにおけるゆらぎとは何であろうか。1つは会計情報システムを構築したり、改良したりする際の情報システム要員（会計の専門家、経理部員も含む）の持つ自由度である。金額の制限は当然あるものの、選択できるハードウェアやソフトウェアの幅が広いほどゆらぎは大きくなる。より重要なのは、システムを構築したり、改良したりする際の発想の自由さや柔軟さである。これはかなりゆらぎを大きくする。この自由さや柔軟さがあったからこそ、以前とは質的に異なった経営意思決定の要求に対応できる

業務統合型会計情報システムが創発されたのである。もう1つは、意思決定者ないし意思決定グループの自由度である。経営者の意思決定においても、株主の意向や市場における株価動向など制限はあるが、それらのもとでどれだけ自由で柔軟な発想ができるかということがゆらぎを増減することに大いに関わってくる。

コンピュータを中心とするハードウェアやソフトウェアも、その進歩によりゆらぎを増大させる。また、会計情報システム論や会計学、経営学などの関連諸科学の発展もゆらぎを増大させる。

このようなゆらぎにより、会計情報システムの確定性が低下し、新たな進化（発展）を開始し、新しい安定状態に移ると考えられる。

5. お わ り に

本稿では会計情報システムを適応度地形やカオスの縁といった観点から考察することが可能ではないかということを問題にした。そして、十分とはいえないまでも、その可能性を示すことができた。すなわち、適応度地形やカオスの縁⁴⁶⁾という概念を適応することが可能であることを示した。前稿では会計情報システムが複雑適応系の4つの属性と3つのメカニズムを合わせもつことを示し、ジョン・ホランドの複雑適応系になりうることを示した。また、マレー・ゲルマンの複雑適応系になりうることも述べた。この2稿により、会計情報システムが複雑適応系⁴⁷⁾となっていることが示された。また、前々稿では会計情報システムが複雑系であるということを考察した。よって、これらの3稿より、「会計情報システムは複雑系であり、かつ、複雑適応系である」ということが理解できたと考えてよいであろう。

ただし、本稿で示した適応度地形やカオスの縁を用いた解析は、簡単な定性的議論にとどまっており、とても十分とはいえない。適応度の厳密な定義やカオスの縁に関する詳細な議論などは今後の課題である。

注

- 1) 荒井義則 (2000) 「会計情報システムと複雑適応系に関する一考察」 神奈川大学経営学部国際経営論集, 第19号, 75頁。

- 2) この部分の説明は以下の文献より引用している。

井庭崇, 福原義久 (1998) 『複雑系入門』 NTT 出版, 92~94頁。

- 3) 複雑適応系については注 1 およびそこに掲げられた参考文献を参照。

- 4) 「適応度と適応度地形」については以下の文献も参照。

Murray Gell-Mann (1994) *The Quark and the Jaguar*, W. H. Freeman & Co. (マレー・ゲルマン, 野本陽代 [訳] 『クォークとジャガー』 草思社)。

Murray Gell-Mann (1994) "Complex Adaptive Systems", G. Cowan, D. Pines and D. Meltzer (Eds.) *Complexity: Metaphors, Models, and Reality, A Proceedings Volume in the Santa Fe Institute Studies in the Science of Complexity*, Vol. XIX, Addison-Wesley.

Stuart Kauffman (1995) *At Home in the Universe: the Search for Laws of Self-Organization and Complexity*, Oxford University Press Inc. (スチュアート・カウフマン, 米沢富美子 [訳] 『自己組織化と進化の理論』 日本経済新聞社)。

- 5) 「カオスの縁」については以下の文献を参照。

井庭, 福原, 前掲書。

Kauffman, *op. cit.*

Christopher G. Langton (1991), "Life at the Edge of Chaos", *Artificial Life II, A Proceedings Volume in the Santa Fe Institute Studies in the Science of Complexity*, Vol. X, Addison-Wesley.

Christopher G. Langton (1990), "Computation at the Edge of Chaos: Phase Transitions and Emergent Computation", *Physica D*42, 12-37, Elsevier Science.

Wentian LI, Norman H. Packard, and Christopher G. Langton (1990) "Transition Phenomena in Cellular Automata Rule Space", *Physica D*42, 12-37, Elsevier Science.

田中三彦, 坪井賢一 (1997) 『複雑系の選択』 ダイヤモンド社。

- 6) 高橋智 [著], 合原一幸 [編著] (1990) 『カオス』 サイエンス社, 258頁。

- 7) J. von Neumann (1966) *Theory of Self-reproducing Automata*, Univ. of Illinois Press.
- 8) S. Wolfman (1984) "Universality and Complexity in Cellular Automata", *Physica* 10D, 1-35.
- 9) 井庭, 福原, 前掲書。
- 10) Langton (1991), *op. cit.*
- 11) 井庭, 福原, 前掲書。
- 12) Lanton (1991), *op. cit.*
- 13) Li, Packard and Langton, *op. cit.*
- 14) λ パラメータの説明は以下の文献にもとづいている。
井庭, 福原, 前掲書, 84頁。
- 15) 同上書。
- 16) Kauffman, *op. cit.*
- 17) 井庭, 福原, 前掲書。
- 18) Kauffman, *op. cit.*, 訳書, 169頁。
- 19) *Ibid.*, 訳書, 171頁。
- 20) 荒井 (2000), 前掲稿。
- 21) 同上稿。
- 22) 荒井義則 (1999) 「会計情報システムと複雑系に関する一考察」神奈川大学経営学部国際経営論集, 第18号, 25頁。
- 23) 浦昭二, 市川照久 [共編] (1998) 『情報処理システム入門 [第2版]』サイエンス社, 6頁。
- 24) 荒井 (2000), 前掲稿。
- 25) 荒井 (1999), 前掲稿。
- 26) 関口恭毅 (1990) 『情報システム設計・開発入門』近代科学社, 10頁。
- 27) 同上書, 11頁。
- 28) 南澤宣郎 (1995) 『これからのコンピュータ・ネットワーク会計』税務研究会出版局, 8頁。
- 29) 同上書, 8頁。
- 30) 荒井 (2000), 前掲稿。
- 31) 荒井 (1999), 前掲稿。
- 32) 同上稿。

- 33) I 類の情報, II 類の情報という呼び方は本稿で仮りにつけた呼び方であって, 一般にこのような呼ばれかたをしているわけではない。
- 34) 必ずしも 2 つの空間の直積として考える必要はないが, このように考えたほうが, 定性的な性質が考えやすいので直積を考えた。1 つの空間で考察してもできないわけではない。
- 35) Kauffman, *op. cit.*, 訳書, 307頁。
- 36) 田宮治雄 (1994)『会計情報システムの機能と構造』中央経済社, 64頁。
- 37) 同上書, 67頁。
- 38) 同上書, 67頁。
- 39) 都合潔, 江崎秀, 林健司 (1999)『自己組織化とは何か』講談社ブルーバックス, 167頁。
- 40) 関口恭毅 [著], 涌田宏昭 [編著] (1999)『複雑系の経営学』第 2 章「複雑系研究の諸概念と経営」税務経理協会, 36頁。
- 41) 同上書, 43頁。
- 42) 北原貞輔, 伊藤重行 (1988)「“ゆらぎ”とは何か」オフィス・オートメーション, Vol. 9 No. 1, 26-32頁。
- 43) 中野文平, 渡辺慶和 (1988)「組織内ネットワークによる“ゆらぎ”と組織コントロール」オフィス・オートメーション, Vol. 9 No. 1, 26-32頁。
- 44) 関口著, 涌田編, 前掲書, 43頁。
- 45) 同上書, 44頁。
- 46) 荒井 (2000), 前掲稿。
- 47) 荒井 (1999), 前掲稿。

〈謝辞〉

いろいろな面でご助力をいただいた神奈川大学経営学部教授柳田仁先生並びに産能大学教授井上和彦先生に心より感謝の意を表します。