

■ 研究論文

進化と進歩－ストラテジー形成における比較分析

Evolution and Progress – A Comparative Study in Strategic Planning

九州大学大学院 時 永 祥 三

Kyushu University Shozo TOKINAGA

1. はじめに

企業や組織の改革、技術開発などにおける長期的な方針（ストラテジー）の決定、あるいは構造的な転換を評価することは、従来からの大きな課題である[2]-[5]。特に、長期化する構造不況の現状や経済のグローバル化の中では、このようなストラテジー形成の重要性がたかまっている。

本論文では、ストラテジー形成について、進化と進歩といった視点から分析を進め、いくつかの事例を分析する。この場合、最近、多くの議論がなされている複雑系の理論を視野に入れながら述べていく[1]。すなわち、進化と進歩といった語彙レベルの問題ではなく、組織や技術が転換されていく過程をどのように表現するか、あるいはこれらに共通する枠組みは何かを分析していく。

2. 進化と進歩

複雑系の理論は、遺伝的アルゴリズムなど遺伝的手法、フラクタル、カオス、ニューロダイナミックスなど、さまざまな要素から構成されていると言えるが[11]-[13]、その中でも遺伝的手法は多くの分野で応用され、成果をあげている[6]-[8]。その意味については、あとで述べるが、ここでは、

本論文で用いる進化と進歩という語彙について説明しておく。

進化（evolution）は簡単で下等なものから複雑で高等な状態に進んでいくことと解釈される。進歩（progress, advance）は次第に良くなることを意味する。

日本語では進化と進歩は同じように用いられるケースもあるが、明らかに進化の概念は複雑系の理論、特に、遺伝的手法に対応するものであると言える。遺伝的手法の中でも遺伝的アルゴリズムでは、数値が羅列されただけの個体の交差処理によって複雑な方程式の解などを求めることができる。これに対して、進歩とは段階的な改善や改良を意味することが多く、定められた枠組みの中での変化、転換である。

もちろん、進化と進歩という語彙が用いられる状況によっては、このような解釈は適当ではないかもしれないが、本論文では、以上のような定義で話を進め、特に、進化のあり方、方法論について分析を行う。

企業や組織、技術分野における進化の概念で、役割を果たすものとして、次のようなものがあるであろう。

(1) 知識や方法などの表現形式

- (2) 環境、外部入力
- (3) 意思決定の評価システム
- (4) 知識や方法の再編成機能

最初の表現形式は、現在、所有している知識や組織の形態を数値や文字で表したものであり、製品では機械要素、プログラムなどに当たる。次の環境、外部入力、現在の表現形式で実現される行動や製品を動作させる場合に必要となるデータであり、評価システムは、このような動作を実施した場合に、市場や社会などから得られる利益、名声などを点数づけしたものである。最後の再編成機能とは、評価された結果を受けて、より良好なパフォーマンスを持つ表現形式を作りだす機能である。この機能を改善する方法には多数のものがあると考えられるが、改善された表現形式が、それ以前の表現形式から得られるところが進化の意味するところである。

このような進化の概念の例として、図1に環境からの入力を考慮した LCS(Learning Classifier-System) の構成を示す(正確な意味については参考文献[9][10]参照)。LCS では知識や技術などの表現形式は個体とよばれ、一定の長さの数値で表現されている。条件部は環境からの入力との照合を行い、マッチングの度合いの高い個体は、そのアクション部にある行動を実行する権利を得る。この LCS では、環境からのデータ入力に適合する個体に多くの点数が与えられる。これをクレジットとよぶ。評価システムを用いて、これらのクレジットを個体ごとに求める。

知識の再編成を行う遺伝的アルゴリズム (GA: Genetic Algorithm) の部分では、個体の中でクレジットの高いものをペアとして選択し、図2に示すような交差処理をほどこして、新しい個体(子供:offspring)を生成する。図2(a)はビットの並びで表現された個体ごとに評価値 $f(x)$ を求める状況を示す。図2(b)は交差処理を、図2(c)は突然変異の処理を示す。

新規の生成された子供の個体は、クレジットの高い親の性質を受け継いでいることが期待される。個体の集合(プール)の中の個体数を一定に保つ

ために、クレジットの小さい個体はこれらの生成された個体で置き換えられる。LCS, GA の有効性は多くの応用例で実証されているが、ここでは省略する[6]-[10]。

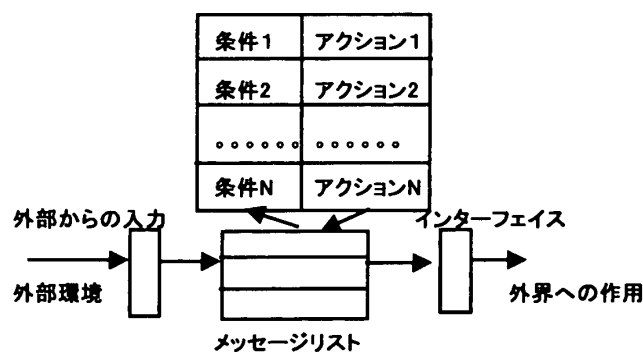


図1. LCS による進化の説明

1 0 0 1 0 0 0 0 1 1	$f(x)$
1 1 0 0 1 0 0 1 1 1	450
0 1 1 1 1 1 1 0 0 1	230
1 1 1 0 0 1 0 0 0 0	120
1 1 1 0 0 1 0 0 0 0	5

(a) 個体ごとの $f(x)$

交差の場所															
1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1
0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
↓ 個体の生成															
1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1

(b) 個体の交差処理

0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
↓ 突然変異															
0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1

(c) 突然変異

図2. 遺伝的アルゴリズム

3. 進歩における個体の多様性

進化が成功するポイントの1つに、個体の多様性がある。GAにおいても、個体のパターンがほぼ同じようになってしまうと、これ以上の個体の改善は行われない。このような状況を回避するために、GAでは個体の一部分を別の要素に置き換える、いわゆる突然変異をほどこす。

これは、社会における進歩、活性化を議論する場合にも論じられることであり、同じような性格をもった個人やグループからは、新しい展開が生まれないこと、これを回避するために新しい別の性格をもった個人、グループを迎えることが実行される。あるいは、企業の場合には、社員の解雇、経営トップの交代といったドラスチックな形態をとることもある。

このように、現在までの個体とは異なる性格の個体を容易に取り入れることができることが進化の重要なポイントとなっている。

更に、このような多様性を保証する方法として共進化 (co-evolution) の概念を用いることがある。LCSの構成方法を例にとりて説明すると、1つの個体のプールだけに注目して遺伝的アルゴリズムを適用する方法が従来の方法である。これに対して、このような個体のグループを複数構成しておき、それぞれが独自に個体の最適化を進めながら一定期間ごとに、これらの個体グループを代表する個体の情報を相互に交換する方法である。

このことにより、1つの個体グループの中で進化を行うよりは、より少ない個体数で効率的な最適化が達成できることが分かっている。企業や組織に関して言えば、それぞれの独立する企業グループの知識や方法の代表値を、一定時期ごとに交換することに相当するであろう。

4. 情報通信技術における進化

これまで述べた進化の概念を用いて、現在の情報通信技術の進化について論じてみる。情報通信は毎年改善されているので、総体としては進歩であるが、内容的には従来の電話網を基本とするネ

ットワークがインターネットにより置き換えられている。このような状況を予想することは、少なくとも20年前は不可能であった。

電話網を構築する技術の基本は、音声束ねて (多重化して)、できるだけ多くのユーザへのサービスを提供することであり、階層構造をした大規模システムを形成することにある。NTTが優先的に整備をすすめてきたISDN (Integrated Service for Digital Network) などのデータ通信に対応するサービスも、このような音声を基本とした多重化により実現されている。

これに対してインターネットで用いるネットワークは、基本的に1つの端末から1つの端末への直接的な接続を実現するものであり、多重化とは逆の概念である。また、ISDNで構想されたデータ伝送における制御のレベルが、大きく7階層 (いわゆるISOプロトコル) に分かれており複雑であるのに対して、インターネットの制御方法 (TCP/IPプロトコル) では、この階層はわずかに3つであり簡単化されている。

現在、NTTをはじめとする電話会社は従来の電話網への投資をストップしており、将来はインターネットを基本として、いわゆるIPネットワークによりサービスを行う方向へと転換している。将来は電話による音声の伝送は、インターネットのデータ伝送の1つの形態として副次的になされるであろう。

電話網におけるISDNは進歩の究極の姿であると言えるが、これからはIPネットワークの姿は生成されない。

インターネットが大学あるいは商業ベースで本格的に利用されはじめたのは、1990年におけるソ連などの社会主義国の崩壊と、これにともなう米国内の軍事利用ネットワークであるARPAnetの公開にあるとされている。更に、この前後、従来の大型コンピュータ (汎用コンピュータ) にかわって研究室ベースで高度処理が可能なシステムとしてUNIXマシンが普及をしはじめた時期にも一致している。UNIXマシンにおいては、最初の時期からコンピュータによる計算とあわせて、コン

ピュータどうしの通信に力点が置かれていたことも注目される点である。

このような、従来とは異なるコンピュータネットワークの開放、これにともなうコンピュータ間の通信を前面に押し出したコンピュータの利用形態の要求が、ネットワークを取り巻く新しい環境であったと言えよう。UNIX マシンにおけるオペレーティングシステムの基本要素としてインターネット・プロトコルが組み入れられたのは当然の事と言える。従来とは異なる異質なもののへの対応、および利用形態の開発は、コンピュータ・ネットワークの世界における進化と言えるであろう。

一方、この時期の汎用コンピュータ、これをもとにしたコンピュータ・ネットワークはどのようなであったかを分析すると、この段階ではここで定義する進歩の最高の段階にあったと言える。

すなわち、コンピュータ間の通信は、最初に通信の回線を確保し、そのデータ伝送の誤りを何回にも、何層にもわたりチェックする方法であり、国際的な標準も定められている。しかも、この標準とは別に、コンピュータ・メーカーのシェア確保のための独自プロトコルが設定され、異なるコンピュータ・メーカーの機器間の通信は困難をきわめていた。

現在の TCP/IP プロトコルは相手のコンピュータを選ばない。しかも、誤り制御は最小限の機能だけを実現する明快なものである。このような進化と進歩のギャップの拡大の結果、現在ではコンピュータ・ネットワークの通信プロトコルはほとんど UNIX ベースで実施されている。金融機関や官庁など、汎用コンピュータの大手ユーザのコンピュータ間通信は、疑似的に TCP/IP に変換して送信されているのが現状である。

進歩と進化の関係は、このように情報通信の世界でも見ることができるが、進化の過程で従来の技術がどのように生かされたかを分析しておく必要がある。本論文では、このような進化の過程を遺伝的手法として説明したが、コンピュータ・ネットワークの場合もそれが当てはまると言える。

通信のプロトコルの3階層は OSI の7階層を簡

単化したものであり、遺伝的手法における部分(schema)を残した交差処理である。UNIX マシンのオペレーティングシステムの多くの部分には、現在のパソコンの WINDOWS に共通するものが多い。また、パケット交換の方法(ルータ構成)は従来の軍事ネットワークの技術から引き継いでいる。

もう一方で注目することは、このような進化を実現する技術のレベルについてであり、結論的には、1) 従来の技術の転用が多いこと、2) 政府などの強力なバックアップなしには実現しない、3) 知的所有権などの問題が付随する、点である。

最初の技術の転用については、進歩が成される段階では技術は改良されるが、進化の初期ではこれは目的ではない。UNIX マシン製造の代表企業である SUN のコンピュータ構成は業界で最も普及して安価で利用しやすい部品によりなされている。2番目の政府のバックアップに関しては、現在のインターネット技術における米国主導の状況を、日本は初期に見抜けなかったこと、米国では民間主導でインターネット応用が推進された背景で、大規模な政府援助がなされたことが改めて技術ギャップを固定化させたと反省されている。

第3番目は当然のことであるが、技術進化の過程における知的所有権の確保は、明確な国家方針となっている。

5. 新製品開発と企業行動

企業にとって新製品を市場に送り出すことは大きな使命である。そのための企業のストラテジーにはさまざまな側面があり、これらすべてを論じることにはできないので、ここでは組織やグループの再編成について述べたい。なお、以下の分析では文献[14]を参考にした。

新製品開発において重要なキーワードとして、コアコンピタンスの形成があげられる。すなわち市場での優勢な競争力の基礎となる基本技術確立することの重要性である。コアコンピタンス形成における企業の比較分析の事例として、日本の NEC と米国の GTE の例がある。NEC は 1970 年

代に今後のデジタル化の進展をにらんでC&Cというストラテジーを重要課題とし、そのためのトップの委員会の発足、半導体製品をコア事業として位置づけること、プロジェクト制の採用と事業部の利害調整をする委員会の発足など、従来の技術、機構を再編成する方針を確立している。

同じ時期にGTEでは、今後の情報化を重要課題として位置づける議論は行われているが、これを推進する具体的な組織変更は実施されていない。特に、従来から所有しているコア技術についての認識はなされているが、これを部門を超えて活用すること、あるいはビジネスユニット(SBU: Strategic Business Unit)を再編することもなされていない。この結果、コア技術はSBU内部に残存することになり、結果的には分散化、あるいは他企業への流失という事態にいたり、企業が弱体化している。

この比較分析で重視されていることは、技術の継承や発展のためには、このコアとなる組織が外部と交流すること、更には全部の社員にコアコンピタンスを認識、浸透させる過程が重要である点である。コア技術を1つの部門で高度化し発展させることは、いわば進歩であるが、これを、進化するなわち、異なる技術や集団と交差させることにより新しい展開が生まれることが、この事例からも示されている。

このようなコアコンピタンスに関する認識は多くの企業で共通することであり、すでに事例研究も多いと思われる。しかし、実際に企業で採用される段階では多くの困難性がともなうことが、同時に示される。

この困難性の克服の条件を、進化の視点から分析すると、遺伝的操作のシステムとして紹介したLCSに共通する多くのことがらが存在する。もちろん、人工的なシステムと人間の組織とは異なることは留意する必要がある。

新製品の開発において、自社のコア技術だけを重視するストラテジーの有効性を疑問とする研究事例も報告されている。米国の大手油圧メーカーであるVickers社は、世界的な企業として知られて

おり、1994年当時は約800万ドルである。しかし、もともと、1億ドル企業であり、1980、1990年代に大きく業績を悪化させており、現在では1つの企業グループの傘下にある。

Vickers社が業績を悪化させた大きな理由として次のことがあげられている。

(1) シーズ指向の製品開発

セールスと技術との対立、意見の相違により技術ではシーズ指向の開発だけが実施され、管轄する副社長も別であり、情報と分析が交差されることはない。

(2) マーケティングと製品開発の乖離

長い歴史をもつ製品、企業の名声に安住し、製品開発はなされずに、顧客指向の製品が重視されたこと。

(3) 量産製品への特化

量産製品をかかえているため、後発メーカーや後発国による参入、価格競争に劣勢となっていく。

(4) 電子制御への対応の遅れ

市場では、伝統的な油圧制御機器は構成が容易で安価な電子制御へと移行していたが、あくまでもコア技術にこだわる製品開発を行ったこと。

これらの分析により、Vickers社の方針をコアコンピタンスの再編成と位置づけられ、油圧技術と電子制御の統合化、電気製品における複合製品の提供として再スタートがなされた。しかし、この結果においても、著しい企業業績に回復がなされないまま、企業に買収されることとなった。

これらのことは、企業における進化、交互作用、他社との共進化の課題を示す例として分析できるであろう。すなわち、企業の組織再編をすばやく実施すること、市場と製品開発を結合することなどの基本的な課題を実施することが、いかに困難であるかということ、自社のコアコンピタンスの有効性を常に他社との情報交換、市場情報の利用により実施することの必要性であろう。

6. 知識マネジメントと進化

われわれは、2002年3月に、「インターネット時代の新製品開発と知識マネジメント」に関する企

業アンケートを実施している。このアンケートにより、企業の知識マネジメントに関する現状と課題を分析する予定であるが[15]、この一部について、本論文のテーマである進化と進歩に関するデータが存在するので、これを引用して分析を行う。

表1には、今回のアンケートの概要を示す。表2には、以下で用いるアンケートの回答項目を示している。このようなアンケートはそれほど頻繁に実施されてはいないもののほかに、近年、インターネットを通じた企業間の連係が著しく進展していることを念頭においている。

企業や組織の進化と本アンケートとの係わりについては、次のようなことが分析のポイントとなるであろう。

(1) 市場の情報をどのように反映しているか

進化を論じる場合の企業事例としてあげているように、市場調査と製品開発、技術開発の乖離が大きな問題点となついる。

(2) 知識マネジメントへの取組体制

組織の進化をはかるためには、一部の担当者だけでは実現はできず、全社的な委員会などの形成が不可欠である。

(3) 知識の流通と組織

従来なかった知識や組織との交互作用により、新しい製品、技術が生まれる可能性が拡大する。

(4) インターネットの位置づけ

従来の情報通信とインターネットとの大きな違いは、そのオープン性にあり、自社内部あるいは

特に他社との交互作用が進展しているかどうかのポイントとなる。

現時点では、これらの結果についての統計的な分析は行われていないが、表3～6に示すクロス表から、次のようなことが言えるであろう。

(1) 開発状況に応じた組織編成の頻繁な組み換え

他社に先駆けて市場への参入をめざしている企業は、組織編成を頻繁に実施している企業に多い。知識マネジメントの視点から言えることは、知識の交差、組織の交差が新技術開発に有効であることを示している。

(2) 知識マネジメント実施企業の市場認識

まず、市場の情報を新製品開発に利用する傾向については、知識マネジメントを実施している企業ほど熱心であり、特に、インターネットを通じた製品情報の提供、ユーザの反応の分析が進んでいる。従って、進化の視点から企業行動を分析する場合、いわゆる外部環境からの入力进行处理する機能、環境への働きかけを行う企業は、自社における知識の創造、流通にも熱心であることが分かる。

(3) 知識マネジメント企業の動きの早さ

次に、当然のことであるが、知識マネジメントを実施している企業のほとんどが、推進する委員会を形成しており、自発的な企業の進化の形成は意味がないとも言える。知識マネジメントの推進は企業の進化をもたらすと同時に、組織の再編や要員の再配置をとまなうので、これに付随する方針の明確化が求められる。

表1 アンケート調査の概要

対象	「日本の会社79000」(東洋経済社)所収の製造業より無作為抽出
調査方式	質問票を製品開発関連部門に送付回収
有効回答数	500社への送付、83社(回収率16.1%)

表2 今回の分析に用いた項目

製品開発の基本方針	市場特性、開発方針、評価手法、成功要因、成功率、体制、特徴
インターネット活用	情報共有、製品開発での活用、研究での利用、ブランド管理への応用
知識マネジメント政策	知識の源泉、効果、実施理由、未実施理由、実施条件、CKO設置
情報インフラの活用	利用状況、組織改革との関連、人的資源管理、実践の内容

(4) 情報インフラの利用

知識の管理、流通についてはさまざまな工夫が行われており、情報インフラを活用する方法が提案されていることがよく分かる。しかし、これらのインフラ的な側面とは対照的に、例えば、他の部門で開発された技術やこれに関連する知識を活用して新製品を開発するなどの方向性は、やや少ないと言える。

7. むすびにかえて

本論文では、ストラテジー形成における進化と進歩について、敢えて工学的な図式である遺伝的手法を中心として議論した。工学と社会システムでは分野が異なり、違った分析手法が必要であることは言うまでもなく、今後、これらの展開が必要であろう。また、遺伝的手法は確かに、与えられた条件のもとでの最適な解は与えるが、例えば、鉄鋼業における生産調整を考慮した計画など、最

適でなくてもよい場合、環境変化が激しい場合には適さないことが分かっている。このような場合には、人間や組織の有する知識をマネジメントする方法論を活用する必要がある。

今後、インターネット時代を重視した分析を進める予定である。

参考文献

- 1) 時永祥三, 複雑系による経済モデル分析, 九州大学出版会, 2000.
- 2) 野中郁次郎, 知識創造の経営, 日本経済新聞社, 1990.
- 3) 寺本義也ほか, 事業進化の経営, 白桃書房, 1998.
- 4) 北原貞輔, 経営進化論, 有斐閣, 1990.
- 5) 涌田宏昭編著, 複雑系の経営学, 税務経理協会, 2000.
- 6) J.H.Holland, Adaption in Natural and Artificial Systems, Univ.of Michigan Press (1975), MIT Press (1992).

表3 5段階評価で数値化した項目の相関係数

	組織再編は開発状況に応じて頻繁に組替え
他社に先駆けて市場に参入	0.4055 (1%有意水準で相関あり)

表4 知識マネジメント実施、未実施企業の技術認識の差異 (5段階評価の平均値)

(すべて5%有意で平均値の差が存在する)

	実施企業	未実施企業
将来の技術動向が流動的、技術革新が期待できる	3.74	3.06
新製品開発や技術開発が競争の鍵である	4.58	4.17

表5 知識マネジメント実施、未実施企業の研究開発認識の差異 (5段階評価の平均値)

(すべて5%有意で平均値の差が存在する)

	実施企業	未実施企業
他社との共同開発における情報伝達のスピードアップ	3.00	2.89
製品開発期間の短縮化	3.11	2.47

表6 知識マネジメント実施、未実施企業の情報インフラ利用の差異 (5段階評価の平均値)

(すべて5%有意で平均値の差が存在する)

	グループウェア	イントラネット
実施企業	3.63	4.37
未実施企業	2.92	3.59

- 7) D.E.Goldberg, Genetic Algorithm in Search, Optimization and Machine Learning, Los Altos, California, Morgan Kaufmann, 1989.
- 8) D.Dejong, "Adaptive system design : A genetic approach," IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, SMC-10, No.9, pp. 566-574, 1980.
- 9) L.B.Brooker, D.E.Goldberg and J.H.Holland, "Classifier system and genetic algorithm", Artificial Intelligence, 40, pp. 235-282, 1989.
- 10) S.Tokinaga, "Applying adaptive credit assignment algorithm for the learning classifier system based upon the genetic algorithm", Transaction of IEICE, Vol. E75-A, No. 5, pp. 568-577, 1992.
- 11) J.R.Koza, Genetic Programming, MIT Press, 1992.
- 12) Y. Ikeda and S.Tokinaga, "Approximation of chaotic dynamics by using smaller number of data based upon the genetic programming", Trans. IEICE, vol. E83-A, no. 8, pp. 1599-1607, 2000.
- 13) Y. Ikeda and S.Tokinaga, "Controlling the chaotic dynamics by using approximated system equations obtained by the genetic programming," Trans. IEICE, vol. E84-A, no. 9, pp. 2118-2127, 2001.
- 14) 波多野徹, "商品開発に関するメモ", 2001年度コーデイネート事業支援調査研究委員会講演会予稿, 2002.
- 15) 松野成悟, "インターネット時代の製品開発と知識マネジメント", オフィスオートメーション学会 2002年度春期全国大会予稿, pp. 131-134, 2002.