遺伝的アルゴリズムを用いた交渉支援システムにおけるカオス的探索

2Ｌ－８

松村　幸輝　　加藤　尚　　重丸　雅弘　　鈴木　貴善
産能大学経営情報学部

１．はじめに

グループ意思決定に基づく交渉において合理的な妥協案を提案することを目的として、遺伝的アルゴリズムによる交渉支援のためのシミュレーションシステムについて検討している。ここでは、遺伝的アルゴリズムは、(1)譲歩の程度を表す因子（譲歩の度合）をコード化した値で遺伝子型表現を行い、(2)個体の適応度を譲歩に寄与する度合で表すという操作に基づいて、交渉での譲歩案を見い出すのに用いている。今回は、増殖が適応度に密接に対応するという自然淘汰理論[1]に基づき、この関係から導き出される周期倍分岐に観察されるインターミッテントカオス[2]を利用して、親となる個体群を探索し、交渉での最適解を見い出す方法について検討した。

２．意思決定過程に基づく交渉モデル

各属性値y_j（$j=1,\cdots,p$）に対する各交渉者すなわち各意思決定者i（$i=1,2$）の効用値を算出する効用関数$u_{ij}(y_j)$を次式(1)に示すような一次関数で表す。

$$u_{ij}(y_j)=a_{ij}+k_{ij}y_j \quad \cdots(1)$$

なお、これらの係数は属性に対する意思決定者の効用に相応したもので、重みを含んだものとする。そして、多次元効用理論より式(1)の総和をとり、総合評価の効用関数u_i とする。ただしp は属性の個数である。

$$u_i=\sum_{j=1}^{p}u_{ij}(y_j) \quad \cdots(2)$$

この総合評価の効用関数u_i の値が最大となる対象が各意思決定の結果となる。

次に、交渉における譲歩という行為は効用値が変化することに基づくものであることを考慮して、各交渉者の効用関数の各係数を、譲歩の度合を表す因子α_{ij}（$0\leq\alpha_{ij}\leq 1$）を用いて次のように修正する[3]。

$$\begin{aligned}a_{1j}' &= (1-\alpha_{1j})a_{1j}+\alpha_{1j}a_{2j}\\ k_{1j}' &= (1-\alpha_{1j})k_{1j}+\alpha_{1j}k_{2j}\\ a_{2j}' &= \alpha_{2j}a_{1j}+(1-\alpha_{2j})a_{2j}\\ k_{2j}' &= \alpha_{2j}k_{1j}+(1-\alpha_{2j})k_{2j}\end{aligned} \quad \cdots(3)$$

このことから、交渉モデルでは、譲歩は因子α_{ij}を用いて効用値の修正幅を拡大していき、効用値が一致した結果が妥協点であると考えられる。そして効用値が最大となる対象が妥協案となるのである。

３．遺伝操作

３．１　個体群成長のモデル

自然淘汰[1]は、一般に、(1)個体の適応度に密接に関係しており、淘汰が起こりうる特定環境のもとでは適応度は出生率と個体の生存率で定義される。そして、(2)個体群の平均的適応度は個体のもつ適応度の遺伝的変異性の度合いに応じて一定の割合で増大し、また(3)突然変異は進化の発端であって、これを起源とした種は世代交代に伴って定着すると考えられている。このような自然淘汰理論による進化過程を考慮して、遺伝的アルゴリズムでの個体群成長過程をモデル化する。

ある環境におかれた生物の出生率をr、また飽和状態における個体数をKとすると、個体数Nの時間的変化は、次に示すような、ロジスティック方程式と呼ばれる微分方程式で近似される。

$$\frac{dN}{dt}=rN\frac{K-N}{K} \quad \cdots(4)$$

この式を解くと、次式(5)を得る。

$$N=K/\{1+k\exp(-rt)\} \quad \cdots(5)$$

ただし、Kは定数である。この式は個体群生態学における最も基本的な理論式である。

さらに、個体数を環境が許容することのできる個体の飽和密度に対する割合をXで表し($X=N/K$)、$\triangle X=X_{n+1}-X_n$とすれば、上式(5)から差分方程式（漸化式）で表される。

$$X_{n+1}=AX_n(1-X_n) \quad \cdots(6)$$

ただし、Aは増殖率である。この式は、生物学においてある種の個体数の増加の様子やある遺伝情報を持つ個体の出現頻度等の変化を記述するものとして広く用いられるヴェルハルストの方程式としても知られており、個体数の増減の予測等に有用な式である。

３．２　遺伝操作

個体のクラシファイアをＣ＝＜条件部（condition）＞：＜メッセージ部（message）＞で表

Chaotic Search in Negotiation Support System Utilizing Genetic Algorithms
K.Matsumura,T.Kato,M.Shigemaru,T.Suzuki
(Sanno College)

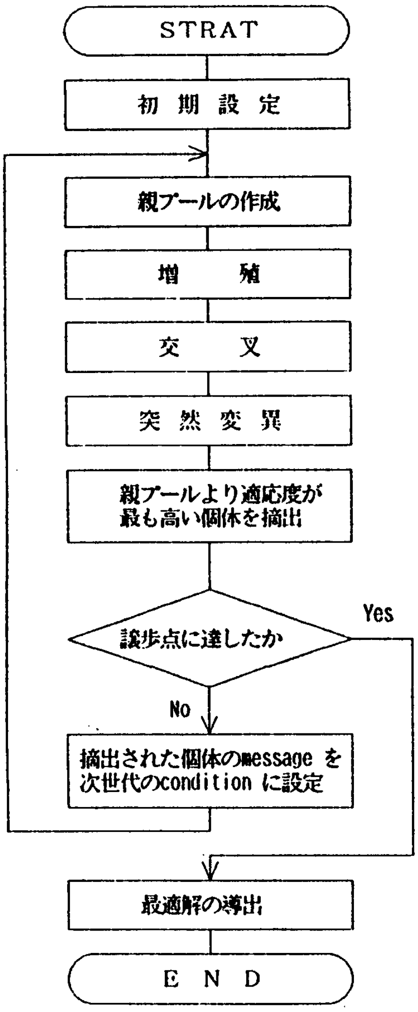

図1　遺伝操作と解探索の手続き

す。conditionおよびmessageは上述の譲歩の度合α_{ij}を要素とする。この各要素は両交渉者のレベルの差を4等分して、0、1、2、3で表す。また、属性の数は4個とするので各部は4つの要素で与えられ、交渉者が2人の場合条件部およびメッセージ部ともそれぞれ2つある。したがって、ひとつのクラシファイアは16個の要素で構成される。

表1　シミュレーションの実行結果

maker	model	U1	U2	U3	U4	P
Opel	Record	0.184	0.495	0.259	0.363	1.301
Peugeot	505	0.218	0.482	0.233	0.345	1.278
Mercedes	230	0.190	0.584	0.000	0.388	1.162
Citroen	CX	0.143	0.513	0.098	0.376	1.130
Citroen	Visa	0.416	0.095	0.388	0.154	1.053
Citroen	Dyana	0.456	0.123	0.454	0.000	1.033
BMW	520	0.054	0.470	0.064	0.401	0.989
Peugeot	104	0.334	0.002	0.361	0.271	0.968
VW	Golf	0.247	0.182	0.326	0.191	0.946
Volvo	244	0.001	0.568	0.184	0.173	0.926

遺伝操作は、図1で示すように、(1)親プールの作成、(2)淘汰・増殖、(3)交叉、(4)突然変異等の順に行い、(5)最適者規則に従って次世代の親となるクラシファイアを選択する。解の探索では現在の状態であるconditionから次の状態であるmessageに情報を受け渡すという操作を行う。

特に、(1)親プールの作成は次のように行う。次の段階のconditionが設定されると、適応度に基づいて親の個体を検出する。これには、ヴェルハルストの式の周期倍分岐に現れるインターミッテントカオスを利用する。インターミッテントカオスの領域では次世代の個体数のゆらぎが生じるので、このゆらぎを標準偏差で表して平均をとる。また増殖率が適応度に強く依存することから、増殖率を適応度の関数とし、3.56から3.60までの増殖率を0から100の適応度に対応するものとする。そして、3.60での標準偏差の値を1として、規格化する。これを、適応度に対応して変異する確率分布とする。したがって、この確率分布に従って、conditionの各要素を適応度に応じて変異させ、親の個体を作成するのである。ただし、初期のクラシファイアは0000333300003333とし、個体の検出において交渉規則に矛盾しないものとする。

4.　シミュレーションの実行

交渉例として、共同で10種類の自動車の中から1台を選択する場合を考える。上述の方法でシミュレーションした結果を表1に示す。同表は、妥協案としてOpel Record が最も適当な購買対象であることを示している。

なお、探索初期では個体の適応度が低いためconditionの変異率が低く、突然変異に強く依存して個体は進化する。そのため、数少ない個体数で効率よく探索することが可能であった。また、世代が進むにつれて個体の適応度が上がるため、探索する個体数は増加するが、全体としては探索効率が向上することが確かめられた。

5．おわりに

以上、遺伝的アルゴリズムをいた交渉支援システムにおけるカオス的探索について検討した。その結果、この方法は合理的な妥協案の探索において、高い探索効率を実現することが可能であることが示唆された。

(1)R.A.Fisher,Clarendon Press, Oxford(1939).
(2)奈良,Davis,数理科学,311,70 (1989).
(3)松村,電学論,C,114,6,681(1994).