

(18) 遺伝的アルゴリズムの適応度関数の評価法改良の試み

OPTIMAL ALLOCATION OF THEME PARK USING GENETIC ALGORITHM AND ARTIFICIAL LIFE

古田 均*・後藤 靖幸**
Hitoshi FURUTA and Yasuyuki GOTO

*工博 関西大学教授 総合情報学部総合情報学科(〒569-1095 高槻市霊仙寺町 2-1-1)

**関西大学大学院 総合情報学研究科知識情報学専攻

In this paper, an attempt is made to develop a method of optimal allocation of facilities in a theme park by using Genetic Algorithm (GA) and Artificial Life (AL). GA has such an advantage that it can provide us with practical solutions for combinatorial and scheduling problems with discrete variables and vague and discontinuous objective functions. Although GA can be applicable to the optimal allocation problem under consideration, it is difficult to evaluate the superiority of facility allocation, because the superiority depends on various factors such as the minimum distance, time, aesthetics, amenity and balanced distribution of visitors. Artificial Life (AL) is introduced here to overcome the problem of establishing a rational objective function. A numerical example is presented to demonstrate the efficiency of the method proposed here.

Key Words: Genetic Algorithm, Artificial Life

1. 序論

配置問題などの離散変数を含む計画問題では、問題が大規模になるに連れて解の組み合わせの数が飛躍的に増大するため、厳密な解を求めることは極めて困難である。近年、その準最適解の効率的な導出のために遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm : GA) が多く用いられている。しかし、GAでより最適な解を求めるためには評価関数のチューニングが非常に重要とされる。一方、この問題は非常に困難で多大な時間が要とされる。

このようなGAの評価関数の設定における問題を解決するために、本研究では人工生命技術 (Artificial Life : A-Life) の導入を試みた。遺伝的アルゴリズムの評価関数へ人工生命技術を適用することで、評価関数の緻密な設定作業の軽減が期待できる。また、従来までの関数形による評価方式では、最適化する対象物が複雑化するに連れ、多様性・柔軟性・信頼性などに限界がある。本研究では、これらの問題に自律分散原理を適用することにより問題の解決を図っている。ここで言う自立分散原理とは簡単なルールの構成により大局的なルールを構成するというものである。自律分散によりいままでのような統計学的な評価方法より現実的な評価が可能になるものと考えられる。また自律分散原理の適用にあたって本研究では人工生命技術を用いた。A-Lifeは、各生物が互いに局所的に協調・影響しあうことにより大局的な秩序を形成しているため、生物特性を変化させることにより、さまざまな目的や対象に対して柔軟に対応できるという利点がある。この柔軟性・多様性、自己組織化機能により、評価の関数化の限界、及び施設配置における使用者の相互作用を解決することを試みた。

2. 人工生命・遺伝的アルゴリズム

2.1 人工生命

人工生命の定義は「生命特有の現象を、メディアを問わず、システムとして実現することにより、生命の本質に迫ろうとする研究と、その技術的応用」¹⁾である。生命特有の現象とは、環境のなかで数種の個体またはそれらの個体群により形成される社会を模倣したものである。自然界のシステムを階層構造として捉えた場合、最下層にある構成要素が自律運動した結果がその上位の秩序となる。その影響の伝達が上位にいくにつれ、構成要素の自律運動は大域的秩序となる。このような局所的自律運動による大域的秩序形成をボトムアップと呼ぶ。さらに、形成された上位の秩序は下位の運動の境界条件となり、上下階層間の非線形フィードバックが形成される。これを創発と呼ぶ。また、人工生命においては、意思決定者の明示的知識の干渉をできるだけ避ける。これを明示的ではない、すなわち非明示的と呼ぶ。人工生命において生命は、無目的にただ環境に即して生きている。その環境に適した個体の出現は交叉・淘汰・突然変異により自ずと出現する。明示的知識を用いた場合、人工生命における創発による多様性が失われるばかりか、その明示的知識の持ち主 (意思決定者) の独断や偏見に陥ることが多い。つまり、自然界において管理者が必要でないように、人工生命においてもまた必要ではない。

2.2 遺伝的アルゴリズム

環境により進化したものが選択され進化するというプロセスを、工学的に取り込んだものが遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm)、進化的計算 (Evolutionary Computation) である。自然界では、生物の個体ごとの性

質・形態は細胞内の染色体が持つ遺伝子により決定されている。その遺伝子はDNAで形成されており、DNAはA, G, C, T からなる4つの塩基の組み合わせで形成されている。交配することでその子は親の互いの染色体の遺伝子を部分的に入れ替えた染色体を持ち、子は親の性質・形態を受け継いでいるが全く別の個体となる。また、遺伝子を部分的に入れ替える時に何らかの要因でコピーミスがおこると、子は変異し新しい染色体を持った個体となる。そのなかで環境に適した個体が長生きをし、その遺伝子を子孫に伝える可能性が高くなり、結果として集団は進化してゆく。このような自然界の適応・進化の自然淘汰理論に遺伝的アルゴリズムは基づいており、基本的操作として交叉 (crossover)、淘汰 (選択, selection) および突然変異 (mutation) の3つがある。

3. 遺伝的アルゴリズムを用いたテーマパークにおける最適配置問題

本研究では、一般的な配置問題としてテーマパークにおける配置問題を取り上げた。テーマパークでは、配置する施設はジェットコースターなどのアトラクション施設や飲食店などである。これらの配置は、利用頻度 (人気) の高いものを適度な間隔で配置することにより、その間に配置される利用頻度 (人気) の低い施設へ人の流れを導き、全体的な利用度を高めている。また、飲食店などの施設は、その流れに沿って利用者が施設を巡回した時、効率的に利用されるような配置にしている。本研究では、最も利用者の満足度 (利用度) を満たす施設の配置を遺伝的アルゴリズムによって探索する。また、資本にも限りがあるため、資本と利用者の満足度の兼ね合いのなかで最適配置解を模索することを考える。

本研究では、配置する施設として3つの施設・3つの出入口の最適化を行なった。まず、施設・出入口は3種の形態をもつ。施設の場合、敷地の形は3種類あり、また、それぞれ3段階の投資金額がある。これらの組み合わせにより種別化する。この種別化により、単に固定の施設を最適化するだけではなく高い自由度を持たせている。また出入口は、広さにより投資金額が決まるものを考え種別化する。また、それぞれの施設と出入口の有無も遺伝子情報として持たせることとした。これは、アトラクションの数と利用者の満足度が等しいものではないと捉えたためである。

4. 人工生命技術の遺伝的アルゴリズムの評価関数への適用

4.1 概要

離散変数を含む組み合わせ問題に対して遺伝的アルゴリズムが有効であることは、他の様々な研究で示される通りである。しかし、それらは評価関数の設定を試行錯誤した成果であるといえる。言い換えれば、評価関数の出来如何で問題に対する有効性が変わってしまうということである。また、施設配置の最適化問題において、規

模が大きくなるにつれ評価が複雑化するため、その関数化は非常に困難である。そこで本研究では人工生命技術の創発を適用することを試みた。

4.2 GAにおける設定

GAにおける設定について説明する。遺伝子情報は、施設ごとの有無・配置する施設の形・それぞれの施設に対する投資金額・施設を配置する場所 (施設の左上角のX座標・Y座標)・各出入口の有無および配置する出入口の位置情報とし、それらを{0,1}信号に置き換え連結することにより個体を表現した。選択はランダムとし、交叉の方法は1点交叉又は2点交叉を行い、突然変異は交叉により作成された個体に対し一定の確率で、ランダムに選択された一点の遺伝子座の遺伝子を反転した。淘汰の方法は人工生命技術の評価に基づいたルーレット選択とした。また、修了条件は一定世代を経過したときとした。

4.3 A-Lifeにおける設定

人工生命の設定について述べる。今回構築した環境は2層からなる仮想世界を設定した (図-1)。まず一層目は餌を捕食するための場とし、二層目は人工生物の巣とした。人工生命の環境を2層に分けた理由は、人工生命技術が持つ生物進化による学習の特徴を活かすためである。

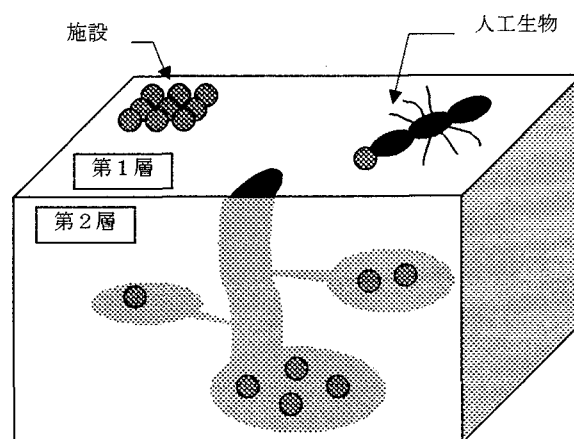
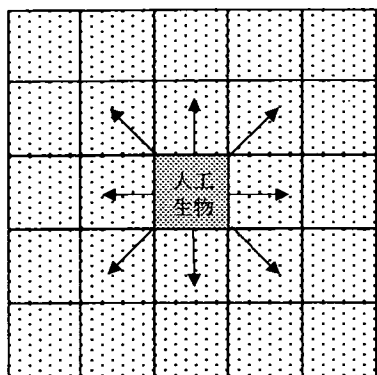


図-1 人工生命イメージ図

つぎに、施設を人工生物の餌場として環境に設定した。3種の施設はそれぞれが敷地の形を複数取りうるように設定した。そして、その投資金額に応じて餌の量を変える。利用者に見立てた人工生物は1ステップで8方向のマスのひとつに進むことができ、またその人工生物の視野はそれを中心とした2マス先までである (図-2)。

上にも述べたように、人工生命技術において人工生物は、簡素でなければならない。そのようなこともあるため、人工生物の、遺伝子情報は、寿命・初期エネルギー量・限界エネルギー量・好みだけを、設定した。



人工生物の視野

図-2 人工生物の行動範囲

人工生物の行動には3パターン有り、第1パターンとして、遺伝子情報に含まれる「好み」に応じた餌を捕食しようとする行動パターンである。第2パターンは、好みの餌を全て捕り終えたのちに入出口へ向かう行動パターンである。第3パターンは、餌場の有る第1層へ向かうために入出口へ向かう行動パターンである。それらの行動により、人工生物が第一層で捕食した餌を巣である第二層に持ち帰った総数をカウントし、それをその配置結果の満足度（評価値）とした。また、システムの簡単な流れを図-3に示す。

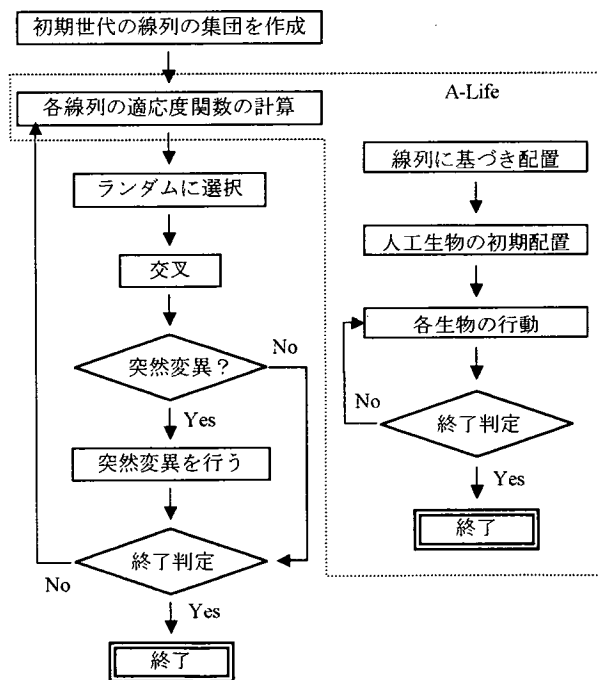


図-3 システムの流れ

5. 適用例と考察

5.1 環境設定

以上のような設定により、実際に施設の最適配置を行った結果を示す。本研究では、四角形の敷地に3つの施設と出入口の最適配置の探索を行った。施設がとり

うる施設の形は3種類で、投資金額は4段階ある。GAのパラメータを、世代数：1000・集団サイズ：50・交叉確率：20%・突然変異確率：0.01と設定し、人工生命のパラメータを、時間ステップ数：100・環境に対する人工生物の初期存在率：33%・人工生物の種別数：7（この場合の7とは施設が3種類であるため、人工生物の好みのパターンが8種類となる。しかし、何も好まない人工生物は施設利用者として不適格なため削除した。このため8-1の7である。）と設定し最適配置の解の探索を行った。本研究では、人工生命技術のGAにおける評価関数への適用の有用性を示すために、人工生物の大きさの敷地に対する割合を変更し計算を行った。以下に、各結果とそれに対する考察を述べる。

5.2 数値計算例と考察

施設のメッシュ：32×32、人工生物の大きさ：1×1として、計算した結果を以下に示す。評価値の収束状況は図-4に示すように、500世代を超えたあたりで収束している。

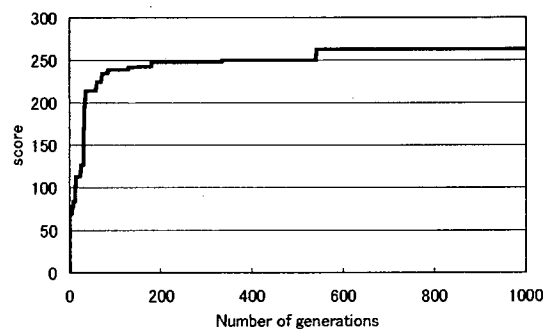
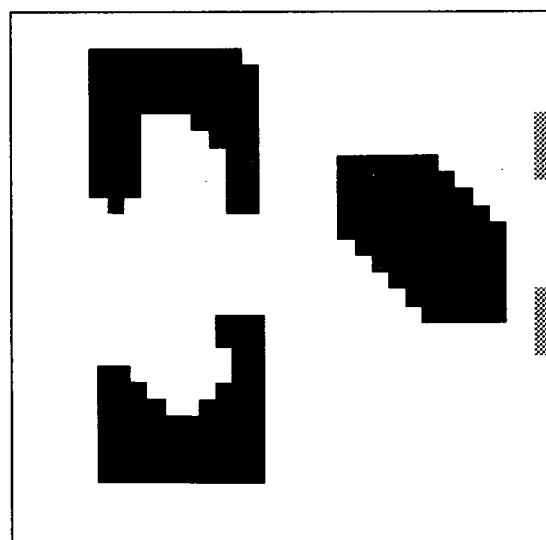


図-4 評価値の収束図(32×32)

このときの各施設の配置は図-5のようになる。



■ 施設 ・ 出入口

図-5 配置図(32×32)

施設ごとの距離がある程度一定となった理由として、人工生物間の協調作用によるものが考えられる。入り口と各施設が密接した短絡的な解ではないことは、人工生命の創発により、利用者の自然的な流れが再現されたことの証明であるといえる。従来では上記のような短絡的な解（ある意味での局所解）に陥らないために、コーディングを工夫したり、評価関数にペナルティーを設けるなどのある程度熟練した知識や、試行錯誤による微調整を必要とした。しかし、人工生命の創発でそれらを表現することができたことにより、人工生命技術のGAにおける評価関数への適用の有用性が示された。

次に、敷地のメッシュデータを上記の2倍にした結果を示す。各施設も2倍に拡大した。また、人工生物の大きさは1×1のため、敷地及び設置施設の面積を2倍すると、相対的に人工生物の行動力は半減する。そのため、上記の設定と対比させるために、人工生命の時間ステップ数は200ステップとした。図-6にその設定における評価値の収束状況を示し、図-7に得られた最適配置の近似解を示す。

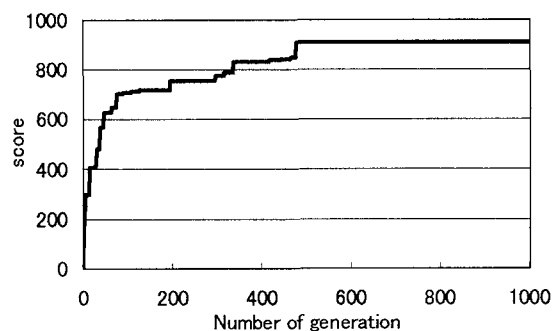


図-6 評価値の収束図(64×64)

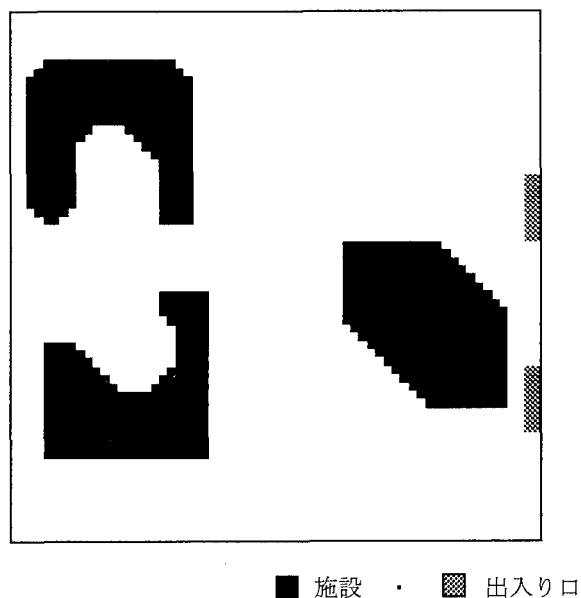


図-7 配置図(64×64)

図-4とは収束値は違うが、図-6から収束したことがわかる。また、図-7は図-5をほぼ2倍した結果であることが分かる。つまり、最適配置問題の対象が変更された場合も、変更なしで人工生命技術のGAの評価関数への適用ができた。このことから、人工生命技術によりGAの評価関数の最利用が可能である。

以上のことから、人工生命技術のGAの評価関数への適用は有効であるといえる。

6. 結論

人工生命技術によるGAの評価への適用は有効であることが分かった。本研究での成果として、人工生命によるシミュレートによって、より現実的な最適配置の探索ができたこと、また、対象を変更した場合でも評価関数の変更にも多大な労力を必要としないことがあげられる。

今後の課題として、人工生命の種別の必要性に対する考察が必要である。また、入り口と出口の区別の必要性に対する考察も必要とされる。施設ごとの関連性への配慮。施設ごとの出入り口の最適化の必要性。実行速度の向上。などが挙げられる。

参考文献

- 1) 伊藤正美：自律分散システムはいかにして構成されるか、計測と制御, Vol. 29, No. 10, 1990. 10.
- 2) 新誠一, 池田建司, 湯浅秀男, 藤田博之：自律分散システム, 朝倉書店, 1995. 10.
- 3) 坂和正敏, 田中雅博：遺伝的アルゴリズム, 朝倉書店, 1995. 9.
- 4) 北野宏明：遺伝的アルゴリズム, 産業図書株式会社, 1993. 6.
- 5) 古田均, 杉本博之, 遺伝的アルゴリズムの構造工学への応用, 森北出版株式会社, 1997. 9.
- 6) 星野力：人工生命の夢と悩み, 装華房, 1994. 5.
- 7) ATR 進化システム研究室編：人工生命と進化システム, 東京電機大学出版局, 1998. 3.
- 8) 白石明彦：人工生命とは何か, 丸善, 1995. 7.
- 9) 佐倉統, 高間康史：図解 人工生命を見る, 同文書院, 1998. 3.
- 10) 吉田英雅, 奥村誠：緊急給水点配置計画への人工生命シミュレーションの適用, 土木学会第53回年次学術講演会講演概要集, NO. CS-80, pp. 156-157, 土木学会, 1998. 10.
- 11) 坂和正敏, 馬野元秀, 大里有生：ソフトコンピューティング用語集, 朝倉書店, 1996. 5.
- 12) Goldberg, D.E.: Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley Publishing Company, Inc, 1989
- 13) Rolf Pfeifer, Bruce Blumberg, Jean-Arcady Meyer, and Stewart W. Wilson: From animals to animats 5, The MIT Press, 1998