

遺伝アルゴリズムの視覚化を用いたゲームのレベルデザイン効率化技法の開発

五木 宏 松原 仁
はこだて未来大学

近年、シリアス・ゲームと呼ばれる、ゲームを社会的事項の学習や問題解決に利用する動きが活発化している。今後、増大するシリアス・ゲームへの需要に対応するためには、この開發生産性の向上と、ゲーム制作の専門家以外による開発を可能とすることが重要である。本研究は、開発作業において大きな部分を占めるパラメータ調整作業の効率化による開發生産性の向上をめざすものである。本稿では、遺伝アルゴリズムを用いたパラメータの設定・操作支援ツールについて述べる。このツールでは視覚的なパラメータ群の選定および、計算途中のパラメータの参照、活用が可能である。これにより、ゲーム制作の専門家以外でも、パラメータ調整作業を実施できると考えられる。

Reduction of Level Design Workload by Visualization of Genetic Algorithm

Hiroshi Itsuki Hitoshi Matsubara
Future University-Hakodate

Recently, movement of using a game for learning the social matters such as medical, politics and education, called serious game, is extending. However, without productivity improvement, it is hard to satisfy the increasing demand for serious game. This paper summarizes our attempt to reduce workload for adjusting game parameters, called level-design, through visualized Genetic Algorithm tool. The tool enables user to utilize the parameters in process for game setting.

はじめに

近年、ゲームを社会的有用性のある活動に応用することが活発化している¹⁾。シリアス・ゲームと呼ばれるコンテンツの分野である。本研究は、需要の増大が予想されるシリアス・ゲームにあって、その生産性向上を目標とする。本稿では、制作過程における調整作業の効率化を目指す試みについて述べる。

ゲームの難易度を調整・設定する作業をゲーム制作の用語でレベルデザインと呼ぶ。具体的にはパラメータ群を調整し組み込む作業である。ゲームの複雑化にともない、近年のレベルデザイン作業では、単一のパラメータ群のみではなく、複数のパラメータ群を利用する機会が多い。パラメータ群のバリエーションの獲得には多大な労力を要する。この

レベルデザイン作業の効率化により、シリアス・ゲームの生産性向上を図ることができると考えられる。

また、今後、シリアス・ゲームの企画・制作はゲーム制作を専門としない人が行う可能性が高い。このためゲーム制作に精通していない人でも、ゲームの企画・制作を効率よく行える環境が必要となると考えられる。

そこで、遺伝アルゴリズムの可視化と計算途中のパラメータ群の利用を可能とすることで、レベルデザインの生産性向上を支援することとした。可視化することにより、ゲーム制作の専門家以外でも直感的にパラメータ群の相対的関係性を認知し、かつ、そのパラメータ群の抽出により、制作活動が可能であると考へた。

本稿ではこの研究の途中経過を報告する。

1. 背景

現代の社会環境を見渡し、大きな3つの動向に着目した。第一の着目点は高齢化による余暇時間の拡大である。2007年問題に代表されるように、今後多くの退職者が社会に出現する。彼らは多大な余暇時間を有することとなる。余暇の充足の仕方は様々あるが、知的充足を求める人口も相対的に増加することが予想される。

第二の着目点は、経済社会生活を営む中で習得すべき技能・知識の量的・質的増大と高度化である。雇用の流動性の上昇により、就労に於ける技能教育や知識の伝達のために費やされる労力と時間は増大すると考へられる。また、第三の着目点は、言語や文化を異にする生活者や就労者の増大である。言語のみならず、文化や習俗についての相互理解の必要性が今後ますます重要となる。

これら、知的充足、技能教育、知識伝達、

言語学習、文化習俗伝達などの必要性が増大する環境にあって、そのツールとしてのシリアス・ゲームへの需要が拡大することが予想される。

ここで、ひとつの課題が提起される。シリアス・ゲームへの需要の増大による、シリアス・ゲーム制作者の不足である。これまでのエンタテインメントとしてのゲーム・コンテンツはゲーム制作を専門にする制作者により企画・制作されてきた。しかし、シリアス・ゲームの制作を実施するにはゲーム制作の知識・経験・ノウハウだけでは不十分であり、教育・伝達する内容について熟知していることが要求される。シリアス・ゲーム制作者は、第一に教育内容についての専門家であることが要求されるのである。シリアス・ゲームの制作において、教育・伝達内容についての専門家とゲーム制作の専門家の共同作業も考へられるが、量的に需要の増大を下支えできることは期待できない。

そこで、この問題を解決するために、ゲーム制作の専門家以外によるゲーム的要素をもったコンテンツ制作の生産性向上をめざすこととした。

2. シリアス・ゲームの制作

2.1 教育的コンテンツにおけるエンタテインメント性

教育的コンテンツにもおもしろさ、つまりエンタテインメント性が必要であると考えられる。知識・技能の習得には、コンテンツを完遂することが前提となる。また、知識・技能の定着には反復的学習が効果的である。教育的コンテンツにエンタテインメント性を付加し、シリアス・ゲームとすることにより、完遂へのモチベーションや反復的な学習を促す効果が期待できる。

エンタテインメント性を付加する際に考慮すべき点として、教育的コンテンツの対象年齢階層拡大がある。ビデオゲームに代表される純然たるエンタテインメント・ゲーム・コンテンツは青少年を中心的対象層としてきた。また、エンタテインメント性をもった教育的コンテンツとして、エデュテイメントと呼ばれる分野のコンテンツが多数制作されてきたが、これらは児童や青少年を対象とするものが多かった。しかし、今後は成人を対象とした、高度な知識・技能の獲得のためのコンテンツに対象が拡大する。このため、成人にも受け入れられるエンタテインメント性を備えたコンテンツが必要となる。

尚、教育的コンテンツがエンタテインメント性を具備することにより、そのコンテンツのビジネス的成功も期待ができ、ひいては継続的コンテンツの供給を可能とする契機となることも予想される。

2.2 隘路としてのレベルデザイン

以下、ゲーム制作の観点からシリアス・ゲームを概観する。一般的なゲームの制作は、企画、設計、開発、テスト、調整の流れで行われる。企画もしくは設計の途上で、プロトタイプ制作が行われる場合もある。ゲーム制作の用語としてのベルデデザインは幅広い定義がある。広義には、ゲームの企画やデザイン全体までも指す。狭義には、ゲームの難易度を設定する調整作業を指す用語として使用される。今回は、狭義での定義において当用語を使用するものとする。

ゲームのエンタテインメント性はレベルデザイン作業に大きく依存する。適度な難易度設定はゲームをプレイし続けるモチベーションとなる。しかし、低すぎる難易度設定や、高すぎる難易度設定はプレーヤのモチベ

ーションを下げる結果となる。通常、難易度はゲームの進行にあわせて上昇するよう設定する。また、プレーヤが難易度を選択できるようにすることも多い。この難易度の上昇の設定は直線的ではないことが望ましい。これは、プレーヤがゲームシステムを「読んで」しまいモチベーション低下の一因となるからである。望ましい変化の様相としては、時系列の変化と共に変化率が逡増する、もしくは変化率が低減する、さらには、低減・逡増の組み合わせ、高原や一時的低下がある、などである。

実際の難易度設定はゲームを構成するパラメータ群の設定により行われる。シューティング・ゲームを例にとると、プレーヤのキャラクタ（PC）および非プレーヤキャラクタ（NPC）のヒットポイント（HP）、攻撃力や防御力、移動能力などの設定がこのパラメータ群にあたる。

ゲームの複雑度が上昇すると、パラメータの数は増える。例えば、シューティング・ゲームの例では、PCとNPCとの距離に応じて武器の打撃力が非線形に低下する、陸上と水中では、移動の際の加速度や最高速度が変わるなどである。さらに、単一ステージではなく、複数ステージとなるとさらに膨大な設定が必要となる。

成人が楽しみながら、モチベーションを維持しつつ学習を進めることを可能とするレベルのコンテンツでは、これらパラメータ数の増大およびパラメータ範囲の増大は不可避であると考えられる。

以上のように、レベルデザイン作業では、最大値だけではなく、様々なレベルの値が必要となる。エンタテインメント性を備えたシリアス・ゲーム制作では、このパラメータ群の生成と適用、テストの作業量が膨大なもの

となる。

3. 遺伝アルゴリズムの可視化と応用

3.1 最適解以外の活用

従来、遺伝アルゴリズムは最適化の手法として活用されてきた。制約条件下の探索空間内における近似的最適解としての最小値もしくは最大値を生起するパラメータ群を導出することが主たる目的であった。

しかし、ゲーム制作にあつては、最大値や最小値となるパラメータ群だけでなく、様々な中間的パラメータ群を利用することになる。ゲームの難易度を設定するパラメータ群の場合、最大値、つまり最も難易度が高い場合だけでなく、より適応度の低い、つまり難易度の低いパラメータ群こそ必要となる。そこで、遺伝アルゴリズムを利用し、難易度設定のための様々な適応度のパラメータ群を簡便に得られるよう、シミュレータを制作することとした。このシミュレータは、ゲーム制作を専門としない制作者をその中心的利用者と設定し、可視化することでパラメータ群の直感的選択と利用を可能とするデザインとした。

3.2 既存のGA可視化

これまでも、遺伝アルゴリズムの可視化は行われている。Excel で学ぶ遺伝アルゴリズム²⁾においては、マイクロソフト社の表計算ソフトウェア Excel のマクロ機能およびグラフィック機能を活用し、関数の最適化シミュレータを実現している。

ただし、このシミュレータはゲーム制作におけるレベルデザインを対象として制作されたシミュレータではない。このため、遺伝アルゴリズム実行途中の数値のサマリは表として出力されるものの、レベルデザインに

利用するには抽象度が高すぎる。また、適応度のグラフ表示も実現されているが、グラフから計算途中の状態へ回帰することができないため、レベルデザイン実施上の思考の連続性を妨げることとなる。

以上を考慮して、本研究のための遺伝アルゴリズムの可視化シミュレータを新たに企画・設計し、委託して制作することとした。

4. システム

4.1 シミュレータの概要

このシミュレータは遺伝アルゴリズムの基礎的な技法を実装している。遺伝子の多様性、個体を構成する遺伝子数、個体数などを任意の数に設定し、これらの評価、選択、交叉、突然変異を複数の世代に渡って実行することができる仕様となっている。

初期化から実行、終了まで、リアルタイムに数値情報および、もしくは、グラフィックスで表示される(図1)。

初期化を行うと、遺伝アルゴリズム実行の母集団となる個体群、および評価を行う際に適合度の基準となる遺伝子配列(回答列)が、乱数により生成され、グラフィックスで表示される。

初期化の後に、実行を指示すると、この個体群に対して、あらかじめ設定された、選択戦略や、交配法、突然変異の確率などに従って、遺伝アルゴリズムの操作が実行され、その様相がリアルタイムにグラフィックスで表示される。また、同時に実行された操作の世代数も表示される。さらに、任意の評価値での実行停止機能、および評価値の変遷をグラフ化することにより、途中経過の活用が可能となっている。

4.2 基本設定項目

インターフェースの設定および情報の表示部分で、下記の項目を選択もしくは、数値の直接入力により設定する。

(1) 交叉選択戦略 (selection)

交叉ペアの選択戦略は、ルーレット戦略、エリート戦略、およびトーナメント戦略から、一つを選択することができる。

ルーレット戦略では、各個体の適応度に比例して、交叉ペアおよび次世代への生存個体として選択される確率を設定する。あらかじめ設定された淘汰率により算出された個体数になるまで、生存する個体を選ぶ操作を繰り返す。最初に選択された2個体が交叉ペアの親として用いられる。

エリート戦略では、各個体の適応度の順位により、交叉する親のペアおよび淘汰される個体の選択を行う。適応度の上位から2つを選び交叉の親とし、あらかじめ設定された淘汰率により算出された個体数を、淘汰される個体として適応度順位の低位から選ぶ。

トーナメント戦略では、ランダムな組み合わせでのペアごとに適応度の判定を行ない、順次、生存させる個体を選定してゆく。ペアのうち、選択にもれた個体は再度ペアを抽出する個体群に戻される。残りの数があらかじめ設定された淘汰率により算出された個体数になるまで繰り返して選択を行う。最初に選択された2つを交叉の親として用いる。

(2) 交配法 (crossover)

交叉ペアの交配方法は一点交叉、二点交叉および多点交叉のうちから、一つを選択することができる。

一点交叉 (one point) では、一つ目を左側、二つ目を右側として乱数により得られた個所で新しい個体を作成する。

二点交叉 (two point) では、交叉する位置

を乱数により2点選択し、2点の中央部分を入れ替える。

多点交叉 (multi point) では、複数の点で交叉を行う。本ソフトウェアでは遺伝子の数の10%の個所で交差する仕様とした。

(3) 淘汰比率 (交叉率) (generation gap)

世代間の淘汰される個体の割合を入力して設定する。最低1個は変化仕様の仕様にしている。(表示例; 0.002→0.2%)

(4) 突然変異発生方法 (mutation)

一定確率で単一の遺伝子をランダムに他の値に変化させるモノビット (mono bit)、一定確率で一つの個体の全ての遺伝子をランダムに生成するノーマル (normal)、および突然変異を起こす場合に、突然変異を起こす遺伝子を前回の突然変異点から1つ (1染色体) づつシフトしてゆくシフト (shift) のいずれかを選択できる。

(5) 突然変異率 (mutation rate)

突然変異を生起させる確率を入力して設定することができる。(表示例; 0.002→0.2%)

(6) 染色体 (遺伝子) 値 (allele)

遺伝子の多様性を入力して設定する。最低2種類、最大値は100(当シミュレータでの制約)。

(7) 遺伝子 (染色体) 数 (chromosome)

1個体あたりの遺伝子数を入力して設定する。最低2個 (2値)。当ソフトウェアでの制約として最大値を100とした。

(8) 個体数 (population)

個体数を入力して設定する。最低2個の個体が必要となる。

3.3 シミュレーションの実行

(1) 初期化

初期化により、遺伝アルゴリズムの実行を準備する。初期化ボタンをクリックすると、乱数

により回答遺伝子配列と個体群が生成され、その状況がグラフィックス表示部分に表示される。乱数の種 (Seed) を変更する場合は、実行制御パネルから乱数の種ファイルを変更して生成を選択する。この操作により新たな種のファイルを読み込み、新しい回答遺伝子配列および個体群を生成する。個体発生に使用する乱数の種を変えて初期化することで、同じ適応度 (難易度) であっても、複数のパラメータ群を検討することも可能となる。尚、染色体値は黒から白までの明度により遺伝子の種類をあらわすものとしている。

評価値は、初期化の際に生成される回答遺伝子配列 (answer) との一致度を適応度 (Fitness Value) としている。

染色体の種類が3以上の場合には、被評価個体の各染色体値と回答遺伝子配列上の対応する染色体値との差を染色体値(染色体の種類数: allele-1)で割った値 (回答との乖離度) について全遺伝子の平均を算出し、これを1から減じた値を個体の適応度としている。

(2) アルゴリズムの実行

初期化作業により生成された個体群に対して、あらかじめ設定された実行方式および変数に従って、遺伝アルゴリズムを実行する。

自動実行方式を選択すると、連続してアルゴリズムが実行される。この際、グラフィックス表示部分には実行結果がリアルタイムに連続的に表示される。特に設定をしない場合は適応度が1の個体が発現した時点で自動停止する。アルゴリズムの実行を停止する適応度を設定した場合は、その適応度に平均値もしくは最高値が達した世代で実行が停止される。

逐次実行方式を選択し場合はNextボタンをクリックするたびに、一世代分の遺伝アルゴリズムが実行され、グラフィックス表示される。

(3) グラフィックス表示—個体群

初期化の際に生成された個体群の表示は、遺伝アルゴリズムが実施されることにより、リアルタイムにその様相が表示される。染色体情報およびその右横に青色が重畳された遺伝子は個体が親として選択されたことを表す。同じく緑色が重畳された遺伝子は個体が淘汰され新しく生まれた個体であることを表す。交差位置は赤色の縦線が表示される。赤の下線と赤色が重畳された遺伝子は個体に突然変異が起きたことを表す。適応度が1になっている固体は、緑色が重畳される。

個体群表示の最下行は緑色の台形のグラフとなっている。上辺が最高の適応度、下辺が適応度の平均値を表す。

さらに最下部には、表示されている世代の、上位5個体の染色体情報が数値で表示される。

(4) グラフィックス表示—グラフ

回答および個体群の表示の右側に、最高および平均の適応度を時系列で示す折れ線グラフが表示される。遺伝アルゴリズムの実行を停止した状態で、グラフの線上の任意の点をクリックすると、その世代の個体群および染色体情報が表示される。

5. 結果

遺伝アルゴリズムの実行をリアルタイムにビジュアル化可能なソフトウェアを作成した。遺伝アルゴリズムの実行結果だけでなく、途中経過の表示、および逐次実行が可能なソフトウェアとなっている。また、任意の評価値 (適応度) を設定し、これに適合する個体の染色体値を表示することも可能である。ゲーム開発者は、ゲームの難易度設定のための値の組み合わせの、多様かつ必要なサンプルをこのシミュレータから得ることができ、レベルデザインの効率を改善できると考えられる。

6. 課題と今後のシミュレータの活用方法

現時点のシミュレータでは、回答および評価関数を設定することができない。今後、これを改善する予定である。

改善により、ゲームの難易度を決定する項目を回答染色体情報化するとともに、これらの相関を計算する評価関数を設定し、実際の難易度の調整に活用することが可能となる。

今後はこのシミュレータを、簡単なゲーム制作に活用してこの有効性を検証してゆくこととする。

謝辞

本研究の中核を成すソフトウェアの開発および、さまざまな助言をして頂いた朝倉輝さんに深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 藤本徹, シリアス・ゲームと次世代コンテンツ, 財団法人デジタルコンテンツ協会編「デジタルコンテンツの次世代基盤技術に関する調査研究『次世代コンテンツ創生を担うコア技術とは』」報告書」第四章(2005)
- [2] 伊庭斉志 著, Excelで学ぶ遺伝的アルゴリズム, オーム社(2005)

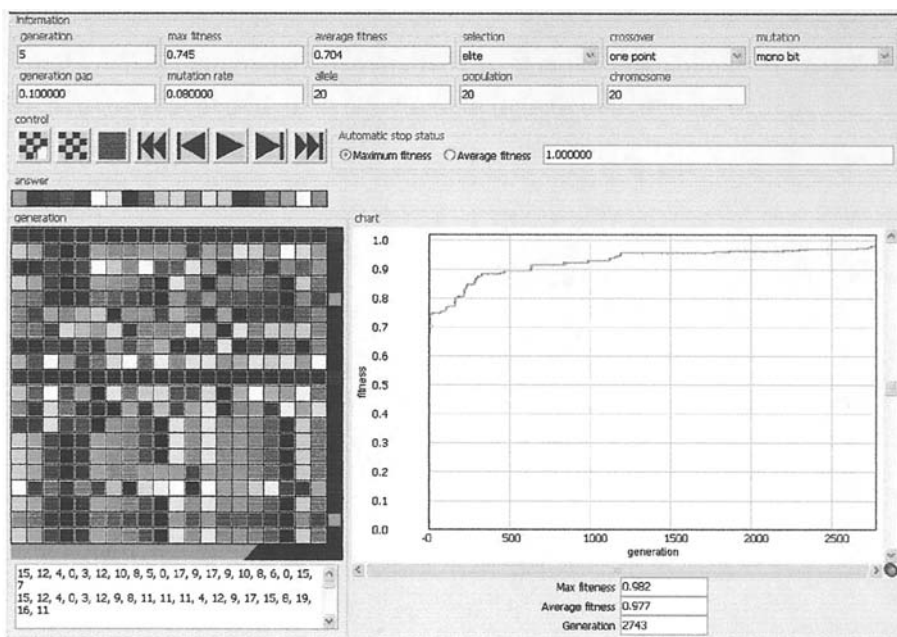


図1 遺伝的アルゴリズム可視化シミュレータ インターフェース画面例