

遺伝的アルゴリズムシステムの表計算ソフト上での利用による普及教育

岡部建次[†] 永田大^{††} 宮崎茂次^{†††}

遺伝的アルゴリズムを普及するためには専用システムから汎用システムを作る手法を研究した。幾つか作成した課題毎に固有な、遺伝的アルゴリズムを用いるシステムを比較し、共通な点や異なる点を調べ、複数の課題に利用できる汎用システムにする方法を検討した。このノウハウは他のアルゴリズムを用いる汎用システム作成に利用できる。システムは一般のユーザでも遺伝的アルゴリズムの基礎知識があれば表計算ソフト上で利用できる。

Popularization and Education of Genetic Algorithm System on the Spread Sheet

Kenji Okabe[†] Dai Nagata^{††} Shigeji Miyazaki^{†††}

A technique of producing a general-purpose system from a system for specific subject was investigated in this study. First, a comparison of systems using different genetic algorithms (GA) for every subject was conducted. Common points and different places were investigated for every subject, and a mode of using a general-purpose system that is useful for various subjects was examined. The general-purpose system was created from this result, and was used for general-purpose tasks. Therefore, this study established the know-how to build a general-purpose system using a GA. These are useful views that are common also to general-purpose systems using other algorithms. The system was created using spreadsheet software that anyone can use. It has an easily learned user-friendly interface. For general users with basic knowledge of genetic algorithms, it was considered a good general-purpose system that is compatible with various user needs that are useful for spreadsheet software.

1. はじめに

遺伝的アルゴリズムを用いる特定の課題向けの専用システムは多く存在する[1]. ユーザの持つ課題は様々でそれらに対応できる汎用システムが期待される。遺伝的アルゴリズム以外のアルゴリズムのシステムにも汎用なものが期待される。専用システムから汎用システムにする方法を研究した。こうして表計算ソフト上に汎用な遺伝的アルゴリズムシステムを作成し、いくつかの問題に適用し、有用性を確認した[2].

表計算ソフトはコンピュータ史上の十大発明の一つといわれ、広く世界中で使われている。とくに、ビジネスの世界では必需品となっている。表計算ソフト上に作成された遺伝的アルゴリズムシステムでは佐野・岡部[3]が2004年に表計算ソフト上に遺伝的アルゴリズムで解く巡回セールスマン問題システムを作成・発表した。また、表計算ソフト上の遺伝的アルゴリズムシステムの研究は酒井等の研究[4]および伊庭研究室が公開している巡回セールスマン問題やスケジューリング問題がある[5][6]。これらのシステムは全て表計算ソフト上に作成されているが、課題(問題)毎に作成された専用システムで、1つのソフトでタイプの異なる幾つかのモデルに適用できる汎用性はない。そこで、利用者の仕事上の様々な課題に遺伝的アルゴリズム手法を表計算ソフト上で活用し、解が得られるようにすれば表計算ソフトがオフィスで普及していることから有用なシステムとなる。すなわち本論文では遺伝的アルゴリズムの基礎知識があれば利用できる汎用で容易に使える表計算ソフト上の遺伝的アルゴリズムシステム作成を目的としている。

2. 汎用遺伝的アルゴリズムシステムの構造

2.1 概要

本論文での遺伝的アルゴリズムシステム本体はExcel上に構築されているためExcelのファイル(ブック)として作成した。データやユーザインターフェース部分はExcelのシートとして、「基礎情報設定」、「評価関数」、「遺伝子表記」の3シートで構成される。すなわち、利用者はこれら3シートにパラメータ、遺伝子データを入力する。「基礎情報設定」シート(図1)では、解決したい問題により遺伝子操作の方法や突然変異率等が異なるため、利用者がどのような操作を行い、どのくらいの率で突然変異を発生させるか等の遺伝子操作のパラメータを選

[†] 駿河台大学 Surugadai University ^{††} 管理工学研究所 Kanrikougaku Kenkyujo
^{†††} 岡山大学 Okayama University

択・設定する。「評価関数」シートは、図2のようになる。

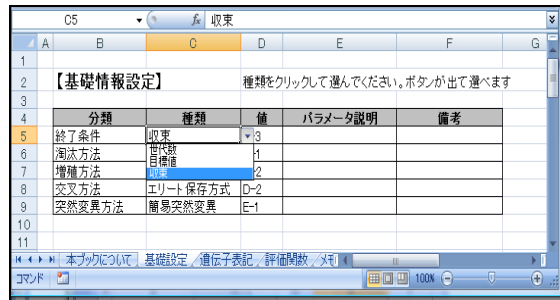


図1 基礎情報設定

	A	B	C	D	E	F
1	A	-1	3	3		
2	B	-1	1	5		
3	C	-1	4	2		
4	D	-1	2	4		
5	E	-1	5	1		
6	F	-1	2	4		
7	G	-1	3	4		
8	H	-1	3	4		
9	I	-1	1	5		
10	J	-1	5	2		
11	A	0	0	0		
12	B	0	0	0		
13	C	0	0	0		
14	D	0	0	0		
15	E	0	0	0		
16	F	0	0	0		
17	G	0	0	0		
18	H	0	0	0		
19	I	0	0	0		
20	J	0	0	0		
21						

図2 評価関数シート

「遺伝子表記」シート（図3）では、遺伝子を表現する部分(図3C)がプログラムで操作される。遺伝子を入力した後、遺伝子表記シートから遺伝的アルゴリズムのプログラムを実行する(図3左上端)。以下2.2~2.5で各シートに設定されている機能を詳述する。

2.2 基礎情報設定シート

基礎情報設定シートで設定できる項目は「終了条件」、「淘汰方法」、「増殖方法」、「交叉方法」、「突然変異方法」の5つである。特に設定しない場合は予め設定してある標準値が用いられる。

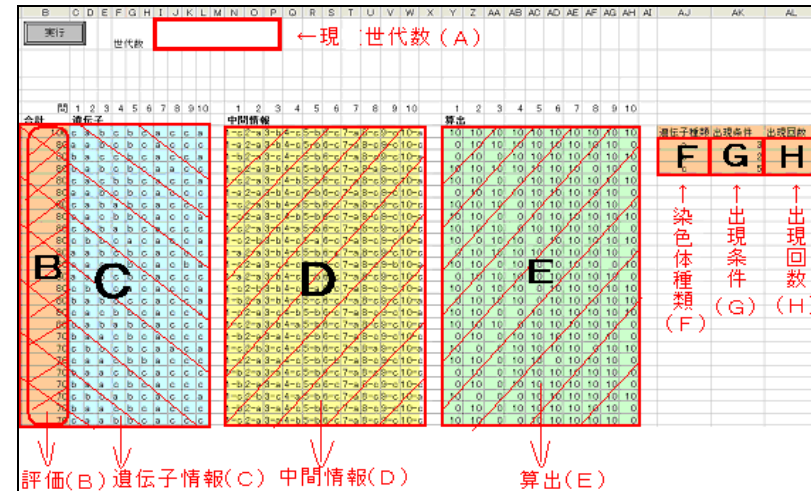


図3 遺伝子表記シート

2.3 評価関数シート

本シートは、データとそのデータの評価値を対応付ける役割を果たす。「ナップザック問題」の場合の評価関数シートを図2に示す。図2のB列は遺伝子を構成するもの（塩基のようなもの）であり、例えば、A-1はAを1つであることを示している。C列は、Aのひとつの重量が3で、D列は価値（評価値）が3を意味する。

2.4 遺伝子表記シート

「遺伝子表記」シート（図3）は、「現世代数 (A)」、「評価 (B)」、「遺伝子情報 (C)」、「中間情報 (D)」、「算出 (E)」、「染色体種類 (F)」、「出現条件 (G)」、「出現回数 (H)」の8つの範囲で構成される。

図3のBでは遺伝子を構成する各単位の評価値Eを遺伝子ごとに集計し、その遺伝子の横に置いてある。図3のCには「遺伝子情報シート」の「中間情報」で生成される全ての遺伝子データを羅列する。

2.5 メモシート

本シートは、適応する問題において必要であれば利用する。直接プログラムに影響を与えないシートである。メモシートの利用方法の例を下記に示す。

- 1) 評価値を設定、ここで設定した評価値を「評価関数シート」で利用する。

- 2) スケジュール問題の例では従業員の希望を入力する。
- 3) 結果を出力するのに使う。

2. 6 遺伝的アルゴリズム実行プログラム

本システムで使用されている遺伝的アルゴリズム実行プログラムはエクセルに付属する VBA 言語で記述され、標準的な遺伝的アルゴリズムを実行する。プログラムの実行は遺伝子表記シート上の実行ボタンのクリックで実行される。汎用化への工夫

3 汎用化への工夫

3.1 汎用化への問題点

汎用化を実現するために以下の点を工夫した。幾つか作成した課題毎の専用な表計算ソフト上の遺伝的アルゴリズムシステムにおいて、表計算ソフトに付属する VBA 言語でそれぞれ作成したプログラム部分を比較検討した。この結果汎用化に向けての問題点を以下の 3 つに整理した。

- 1) 遺伝子表現の方法
- 2) 個体の評価方法
- 3) 遺伝子操作

上記問題点を次節 3. 2 に示す方法で解決し、汎用化を実現した。

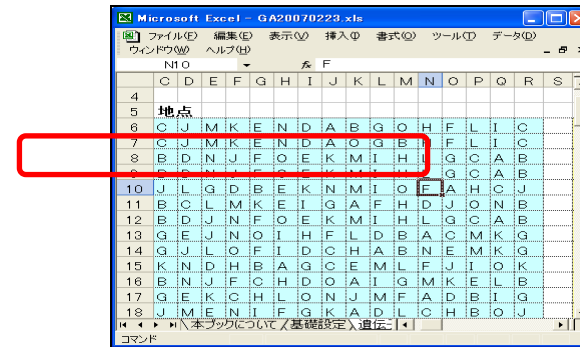
3.2 問題点の解決

3. 2. 1 遺伝子表現の方法 (遺伝子のセル表現化)

遺伝的アルゴリズムでは課題を遺伝子として表現するが、遺伝子の表現は個々の課題によって異なり、同様の形で汎用的に表現することができない。従来は、遺伝子をプログラム内部に変数の形で保持していたが、これをプログラム外部の Excel のセル(遺伝子シート)に表現し、利用者が課題毎に問題を遺伝子としてプログラムの外に表現するようにした(図 4)。これで、プログラムの変更無しに、問題毎の様々な遺伝子を入力できる。

3. 2. 2 個体の評価方法 (個体評価の数式化)

遺伝的アルゴリズムを実行する上で欠かせない操作に交叉により新たに作成された遺伝子を評価し、優れたものを次世代への交叉に用いる作業がある。



※遺伝子をセルに表記 (囲ったものが 1 つの個体の遺伝子)

図 4 遺伝子のセル表現化

個体の評価は、どのような遺伝子として表現されているかに依存し、それにより評価の仕方が異なる。

このことは課題毎に異なる評価方法をシステムに記述する必要があることを意味する。そこで、汎用なシステムでは Excel のセルに数式として評価関数(評価処理作業)を表現することにした。この方法により課題毎に評価関数をセルに式として設定し、評価結果をセル上の同じ場所に値として持ち、表示できる。これにより課題毎に異なる評価の仕方をプログラムの外に汎用的に設定できる(図 5)。

3. 2. 3 遺伝子操作 (淘汰・増殖・交叉・突然変異) の方法

遺伝子操作(遺伝的アルゴリズムの実行)では、課題により操作の方法や変異率等が異なる。これには、遺伝子操作のパラメータをそれぞれパターン化して利用者が選択できるインターフェイスを基礎設定シートに作成し解決した(図 6)。こうして汎用化への問題を解決したことで、利用者は課題毎にプログラムを変更する必要がなくなり、遺伝的アルゴリズムの基礎知識と Excel の関数知識でシステム利用できる。これにより利用者自身の仕事上の問題について遺伝的アルゴリズムを利用できることを作成した汎用なシステムは目指している。

4 システム利用例

作成したシステムを以下の様々な課題、「従業員シフト作成」、「ナップザック問題」、「巡回セールスマン問題」、「英語問題正解探し」および「積荷問題」に利用し汎用性を確認した。このうち 2 例を 4. 1, 4. 2 に示す。

4. 1 従業員シフト作成

従業員シフト問題は1日2名出勤する店舗に5人（AからE）が働いている。それぞれに出勤したい日の事情があるとする。

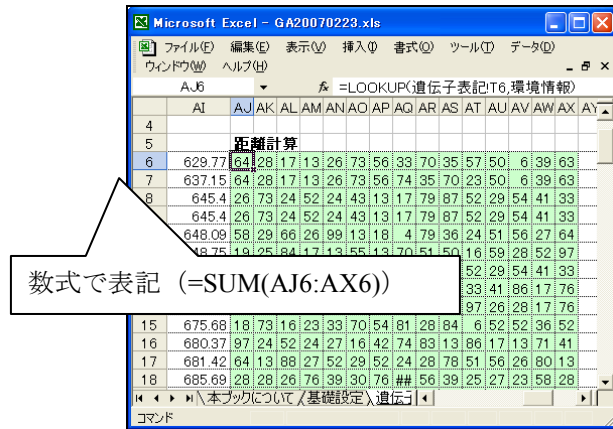


図5 個体評価の数式化

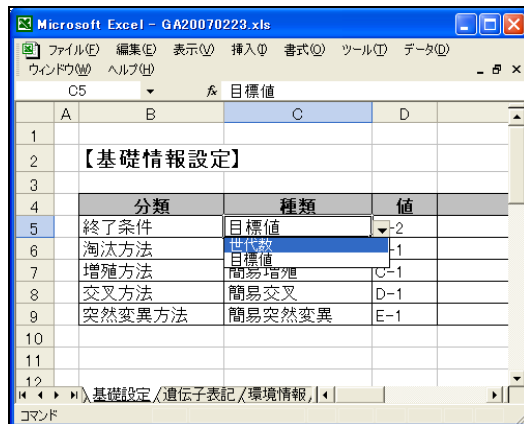


図6 遺伝子操作のパターン選択

4. 1. 1 従業員の出勤希望データの入力

最初に従業員の希望を採る。スケジュール担当者は各人の希望を図7の希望の数値化対応表に示す数値を用いてシステムの「メモシート」に表現する。図7の希望の数値化対応表をメモシートに作成する。次にメモシート別スペースに希望

表(図8)を作成し各曜日に個人別希望数値を入力していく。

4. 1. 2 評価関数用データの作成

希望入力表(図8)に入力すると「評価関数シート」に遺伝子の形と評価値が出力される(図9)。この一連の作業には転写するエクセルの関数を用いている。一行目についてはAさんが月曜日に出勤になることはAさんにとって1ポイントとして評価されることを意味する。これは希望表をもとに作成されたものであり、11行目の水-Aは水曜日にAさんが仕事に当たれば-30となることを意味している。

5	出勤可(希望)
1	出勤可
-5	休み(希望)
-30	休み

図7 希望の数値化対応表

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		月	火	水	木	金	土	日	*E		
2	A	1	1	-30	1	1	1	1	水曜日以外はOK、週1回勤務希望		
3	B	1	1	1	1	1	-5	-5	週末は、休みたい		
4	C	-5	5	-5	5	-5	5	1	火、木、土希望、日曜は出勤可		
5	D	1	1	1	1	1	-5	-30	土曜は休みたい、日曜は休み		
6	E	-5	1	1	1	1	1	5	週末動きたい		

※A欄A~Eは従業員、Aさん一週間の希望は2行目。

図8 課題データ入力画面の例(希望表)

	A	B	C	D	E	F
1	月-A		1			
2	月-B		1			
3	月-C		-5			
4	月-D		1			
5	月-E		-5			
6	火-A		1			
7	火-B		1			
8	火-C		5			
9	火-D		1			
10	火-E		1			
11	水-A		-30			
12	水-B		1			

図9 従業員シフト作成の評価関数シート

4. 1. 3 基礎情報設定作業

パラメータ設定を次に行う。設定用のシート(図1)に設定すべき項目とそのパ

ラメータを指定してゆく。例えば図 1 中央の C5 セルをクリックするとドロップダウンメニューが現れる、「収束」を選択し、収束行のパラメータ 1 に 50 を入力する。本例ではその他のパラメータはシステムに予め入力されている標準値を使う。

4. 1. 4 実行

- ① 実行ボタンを押すと、初期遺伝子（第 1 世代）がランダムに生成される（図 10①）。
- ② 遺伝子の情報を基に遺伝子表示を変えた中間情報を作成する（図 10②）。
- ③ 中間情報を基に評価関数シートから評価値データを取得する（VLOOK 関数使用）（図 10③）。

③によって取得した個人毎の各曜日の評価関数の合計を出力する。これが 1 つのサイクル(世代)である。2 回目以降は遺伝子に交叉などの遺伝子操作が施され、これを繰り返しながら最適解へと向かっていく。本例の遺伝子(スケジュール案)の評価は合計値(図 11 左) が大きい方が高い評価になる。配置要員は 2 人であるから各遺伝子(一行)の前半部と後半部で要員一人ずつの週間スケジュールになっている(図 11)。結果を見やすく表示した図 12 では評価値の高い案は月曜の担当者は D さんと A さんということになる。1 日 2 名が同時出勤する。

4. 1. 5 負荷実験

人数が多くなったとき、期間が長くなったときに処理時間にかなり負荷がかかると思われる。従業員数を増やして測定してみた。

従業員数 5 人の場合・・・平均 5. 415 秒

- 1 回目 4. 61 秒
- 2 回目 6. 944 秒
- 3 回目 4. 69 秒

従業員数 10 人の場合・・・平均 12. 601 秒

- 1 回目 13. 889 秒
- 2 回目 11. 574 秒
- 3 回目 12. 341 秒

個体数を増やすと処理時間も同じように増加する。25 人以上では終了しないので、その原因はメモリ領域不足あるいはプログラムでのデータ保持方法の改良が考えられる。計測に利用したマシンのスペックは下記のようなものである。

CPU: Intel Core2Duo 1. 66GHz
Memory: 2GB
OS: Windows XP Professional

4. 1. 6 従業員シフト作成の考察

実用的なスケジュール問題をこなすにはシステムのパワーアップが課題になる。パワーアップの方策は高性能な CPU を用いる、メモリの増設、データ保持の仕方の工夫などがある。従業員シフト作成に類似している看護婦スケジュール問題にも取り組めば本システムの実務への適用度が検証できる。

4. 2 ナップザック問題

汎用システムであるので、他の問題にもそのままプログラミング無しで使えることを示すためナップザック問題を解く。ナップザック問題は、様々な重さと価値の荷物をナップザックに入れる際、ナップザックの重量制限を超えずに高価値の荷物の組み合わせを選ぶ問題である。

4. 2. 1 荷物表の作成

荷物表を作成し「重量」と「価値」を入力(図 13)。評価関数データは各荷物の重さと価値を入力する。

4. 2. 2 「ナップザックの重量制限」の入力

本例ではメモシートに「ナップザックの重量制限」を作成、右枠部分にナップザックの重量制限値(最大重量)を入力する(図 14)今回はナップザックの重量制限数値を入力する欄を設定する必要がある。

4. 2. 3 評価関数シートの作成

荷物表(図 13)に入力された値が「評価関数シート」に出される(図 2 参照)。

4. 2. 4 基本設定

「4. 1 従業員シフト作成」と同様、ナップザック問題について遺伝的アルゴリズムによる遺伝子の交配作業のための操作種類とパラメータの適切な設定を施す。

4. 2. 5 実行

ナップザック問題では染色体を各荷物に対応させている。ある染色体が 1 ならば対応する荷物をナップザックに入れ、0 ならば入れない(図 15)。この例の遺伝子の評価は合計値が大きい方が高い評価になる。終了条件を満たすと、終了し実行結果を出力する(図 16)。

4. 2. 6 負荷実験

続いて負荷実験を行った。その結果は以下の通りである。

荷物数 10 個の場合・・・平均 4. 630 秒

- 1 回目 4. 63 秒
- 2 回目 3. 472 秒 3 回目 5. 787 秒

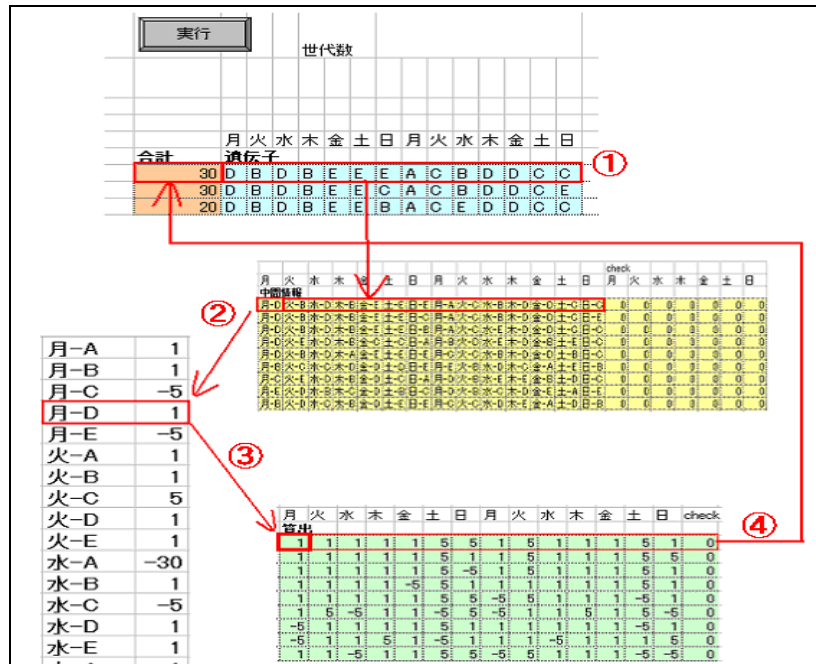


図 10 実行処理の流れ

5			月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日
6	合計	遺伝子														
7		30	D	B	D	B	E	E	E	A	C	B	D	D	C	C
8		30	D	B	D	B	E	E	E	C	A	C	B	D	D	C
9		20	D	B	D	B	E	E	E	B	A	C	E	D	D	C
10		16	D	E	D	B	C	C	A	B	D	E	D	B	E	C
11		14	D	B	D	A	E	E	E	C	C	B	D	D	B	C
12		6	B	C	C	D	D	D	E	E	B	D	C	A	E	B

図 11 実行結果

↓実行結果							
	月	火	水	木	金	土	日
	D	B	D	B	E	E	E
	A	C	B	D	D	C	C

図 12 シフト作成問題の解

荷物数 20 個の場合・・・平均 8.095 秒

- 1 回目 9.259 秒
- 2 回目 6.924 秒
- 3 回目 8.102 秒

25 個で試すとスタックエラーとなる。従業員スケジュール問題での負荷試験同様にメモリ領域の不足あるいはプログラムでのデータの保持の仕方にある原因があると思われる。

	A	B	C
		重量	価値
1			
2	A	3	3
3	B	1	5
4	C	4	2
5	D	2	4
6	E	5	1
7	F	2	4
8	G	4	2
9	H	3	3
10	I	1	4
11	J	5	2
12	なし	0	0
13	合計	30	30

図 13 荷物表 ※左 A~J は荷物の種類

ナップザックの重量制限	20
--------------------	----

図 14 ナップザックの重量制限

5		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
6	合計	遺伝子									
7	27	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
8	27	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
9	27	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0

図 15 条件を満たし終了した状態

実行結果										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
○	○	○	○	x	○	○	○	○	○	x

(○ : 入れる, × : 入れない)

図 16 ナップザック問題の解

4. 2. 7 ナップザック課題の考察

ナップザック問題はシンプルな問題であるので荷物の数が多くなければ簡単に解ける。荷物量増加に伴う限界はメモリ領域の拡大という方法が簡便で第一に試みる方策である。

5 考 察

上記 2 例について、システムの汎用性を確認した。また、4. システム利用例で示した「巡回セールスマン問題」、「英語問題正解探し」、「積荷問題」に適用し、2 例と同様な結果を得た。遺伝的アルゴリズムを利用する実務的な問題を試すことを次の課題としたい。遺伝子の作成方法や評価関数の設定などは訓練を受けた人以外では使い方を設定するのが難しい。それゆえ、利用例パターンを例示し、遺伝子作成を支援する機能が必要となるであろう。

6 結 語

本研究では、表計算ソフト上で動作する汎用な遺伝的アルゴリズムシステムを作成した。汎用なシステムを実現するために以下の点を工夫した。遺伝子をプログラムの外の Excel のセル上に表現した。個体評価アルゴリズムはセルに数式(関数)として表現し、自由に式を設定でき種々の評価法に対応できる。

さらに遺伝的アルゴリズムの実行に必要なパラメータをユーザが一覧表から選べるユーザフレンドリーなインターフェイスを作成した。以上によりノンプログラミングで種々の課題に遺伝的アルゴリズムを利用できる。

システムは各種の課題について動作するが、遺伝子の作成、パラメータの設定は利用者によるので、これらを適正に設定できる必要がある。遺伝的アルゴリズムの基礎的概念を理解しているかが本システムを誰でもが使いこなせる上でのポイントとなる。

参考文献

- [1] 専用 GA システム例
 - ・進化的計算手法を用いた勤務表作成支援システムに関する研究
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110004729041>
 - ・容量なし施設配置問題のための遺伝的アルゴリズムの提案
<http://ci.nii.ac.jp/naid/10021132135>
 - ・遺伝的アルゴリズムを用いた都市・建築設備の^①エネルギーシステム^②最適設計手法の開発
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110006402627>
- [2] 関根雅俊, 永田大, 岡部建次: “Excel を利用した遺伝的アルゴリズムシステムの汎用化”, 日本経営工学会平成 19 年春研究大会予稿集, pp. 28-30, (2007)
- [3] 佐野太郎, 岡部建次, “遺伝的アルゴリズムによる問題解決手法の表計算ソフト上への実装”, 日本経営システム学会全国研究発表大会講演論文集, pp. 48-49, (2004)
- [4] 山形大学人間環境教育課程情報教育コース 酒井研究室卒業研究
http://www.e.yamagata-u.ac.jp/~sakai/SAKAI_Lab/info.html
- [5] 東京大学工学部伊庭研究 TSP シミュレータ 巡回セールスマン問題, JSSP シミュレータスケジューリング問題
http://www.iba.t.u-tokyo.ac.jp/software/Excel_Simulator.html
- [6] 伊庭齊志:「Excel で学ぶ遺伝的アルゴリズム」, Ohmsha, (2005)
- [7] 平野廣美:「遺伝的アルゴリズムと遺伝的プログラミング」, パーソナルメディア, p382(2000)