

I-25 GAを用いた作業所パソコン最適配置計画の効率的な作成

Optimal personal computer arrangement planning for offices of construction site using genetic algorithms

恒川 裕史

Tsunekawa Hiroshi

【抄録】 パーソナルコンピュータ (PC) が普及し、職場でも 1 人 1 台の PC が配備されようとしている。こうした PC は通常 4 年間程度のリース契約で導入されるが、建設会社の作業所は他の事務所とは異なり比較的短期間に設置解散されるため、リースが利用しにくい。本研究ではリース契約で導入した PC を複数の作業所間で効率的に使い廻すために最適配置する計画を、遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて立案した。その際、遺伝子のコーディングや遺伝オペレータの違いによる収束速度の差や、人口や交叉確率などパラメータの効果も検討した。また、GA で得られた解はモンテカルロシミュレーションの解に比べて格段に良いことを示した。

【Abstract】 Personal computers (PC) are coming into wide use recently. Enterprises usually introduce PCs on a four years' lease. But leases are difficult for the offices of construction sites to use, as they start and terminate in a short period differently from other ordinary offices. In our study, the optimal arrangement plans of PCs were constructed using genetic algorithm to put PCs to good use. Three different codings of gene were compared on their performance. Then three different permutation crossover operators were compared on their performance. The effect of parameters, population, crossover rate and mutation rate, were also investigated. The result of GA was much better than the result of Monte-Carlo simulation.

【キーワード】 配置計画、リース計画、スケジューリング、遺伝的アルゴリズム、遺伝子コーディング、遺伝的パラメータ、収束性

【Keywords】 arrangement planning, lease planning, scheduling, genetic algorithm, gene coding, genetic parameter, convergence

1 まえがき

パーソナルコンピュータ (以下 PC) の高性能低価格化の進展にしたいがい、様々な分野で多くの PC が導入されている。こうした動きは建設会社でも盛んになっており、1 人もしくは 2 人当たり 1 台の PC が、職場に配備される傾向にある。こうした PC は、企業では通常 4 年間程度のリース契約で導入される。ところが、建設会社の作業所は、通常の事務所とは異なり、比較的短期間に設置解散を繰り返すため、リースが利用しにくくなっている。すなわち、リースで PC を導入したとしても、リース期間が満了するよりも早く工期が終わってしまうため、リースした PC を有効に利用するためには、その PC をどこか別の作業所へ再配置す

る必要がある。ところが、その場合には、その PC の残存リース期間がいつまでなのか、各作業所の工期がどのくらいか、その PC は作業所で必要としている機種かどうかなど、複雑な条件が絡み合い、人手による配置計画立案は、非常に難しくなっている。このため、リースより高コストなレンタルを利用せざるを得ないのが現状である。本研究では、リース契約で導入した PC を、複数の作業所間で、効率的に使い廻すことができるように最適に配置する計画を、遺伝的アルゴリズム (以下 GA) を用いて作成した。また、その際、遺伝子のコーディングや遺伝オペレータの違いによる収束速度の差や、人口や交叉確率などパラメータの効果も検討した。なお、GA は自然淘汰説を基本とした解法で、建設分野においても多くの応用例がある [1]。

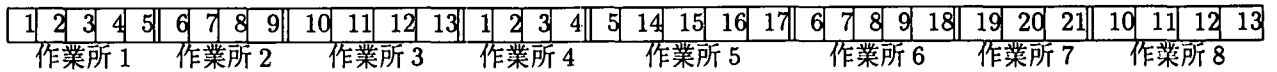
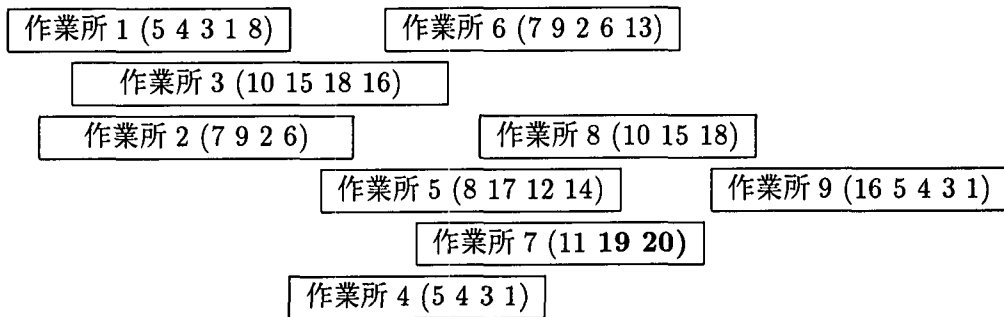


図 1 コーディング 1



遺伝子配列 : 5 4 3 1 8 7 9 2 6 10 15 18 16 17 12 14 13 11

図 2 コーディング 2

2 作業所への PC の割り当て

PCを作業所へ割り当てるに当たっては、ある程度の基準が設けられると考えられる。例えば所長にはノートパソコンを、事務担当には1台/人で建築担当には1台/3人だが比較的性能の良いものを、などである。また、作業所によっては、CADを使って図面を作成するために、高性能のPCが必要になる、などの要求もあるだろう。本研究では、作業所の要求通りのPCを、安価に割り当てることを目的とする。そのためには、保有するPCをどのように使い廻すか、どの種類のPCをいつリースするかを、決定する必要がある。

3 遺伝子のコーディング

GAにおける本質的操作は交叉であり、交叉を有効に機能させるためにはコード化が重要である [2]。また、その善し悪しによって解の収束効率が左右される。ここでは、この遺伝子型 (Genotype) と表現型 (Phenotype: ここではパソコン配置計画) との相互の変換 (encoding/decoding) の方法について説明する。また、各変換方法に対応して遺伝的オペレータ (淘汰、交叉、突然変異) についても説明する。なお、淘汰は適応度に応じて個体 (あるパソコン配置計画を表現する遺伝子列) を選択する操作、交叉は2つの個体を組み合わせて新しい個体を生成する操作、突然変異は乱数によって個体の遺伝子を変化させる操作である。

3.1 コーディング 1(C1)

最も単純な方法として、遺伝子が各作業所の要求する延べのPCを直接表すものとする。図1に例を示す。

初期化 同じ作業所に同一のPCを配置しないと言う条件で、保有しているPCを重複を許しつつ、乱数で配置する。なお、図の数字は、PCの番号を表す。

淘汰、交叉、突然変異 交叉は、作業所の境界で行わないと、同一の作業所内に同じPCを割り当てる可能性が生じる。その他は、通常のオペレーションを行う。

Genotype から Phenotype への変換 早く始まる作業所から調べ、PCを割り当てる。他の作業所で既に使っているPCが割り当てられることがあるが、そのような割り当ては不可能なので、それを新規リースに置き換える。既に登録された新規リースのPCで、その時割り当てられていないものがあり、かつ作業所の要求するPCと一致していれば、それを割り当てる。なければ、新規リースのPCを作業所の要求するタイプで作成し、それを割り当てる

3.2 コーディング 2(C2)

順序型のコーディングを用い、保有しているPCを順番に並べたものを遺伝子とする。図2に例を示す。**初期化** 保有するPCを、乱数を使って重複が無い様に並べる。

淘汰、交叉、突然変異 PCに重複が起きないように交叉、突然変異を行う。順序型一点交叉、順序型交叉、位置型交叉 [3] の3種類の交叉方法を使用し、その有効性を検討する。3種類の交叉および、順序型の突然変異のオペレーションは、以下の通りである。

順序型一点交叉: 交叉によって、親1の左半分が子1の左半分へ、親2の左半分が子2の左半分へ行くよ

作業所1 作業所2 作業所3 作業所4 作業所5 作業所6 7 8 作業所9
 遺伝子の値の範囲：
 20 19 18 17 16 | 15 14 13 12 | 11 10 9 8 | 12 11 10 9 | 8 7 6 5 | 8 7 6 5 4 | 3 2 1 | 4 3 2 | 14 13 12 11 10
 遺伝子配列：
 6 8 12 9 2 | 1 5 13 4 | 8 5 2 7 | 4 10 3 6 | 6 2 1 5 | ...
 PC番号：
 6 9 14 11 2 | 1 8 20 7 | 16 12 4 18 | 6 17 5 13 | 14 3 2 19 | ...

図3 コーディング3

うにする。残った右半分は、遺伝子としては、子1は親1の、子2は親2のものを受け継ぎ、子1は親2の数値の大きさの順番で並べ替え、子2は親1の数値の大きさの順番で並べ替える。以下の例では、子1は親1の左側12345をそのまま継承し、右側は、親1の右側の遺伝子を、親2の数字の大きさの順で、並び替える。親2の右側は、もっとも大きな10が4番目、次に大きな7が2番目、その次は5で1番目となっている。そこで、子1の右側は、親1の右側でもっとも大きな10を4番目に、次に大きな9を2番目に、その次の8を1番目にとるように並べ替える。

例：

親1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
親2	1	9	6	8	3	5	7	4	10	2
子1	1	2	3	4	5	8	9	7	10	6
子2	1	9	6	8	3	2	4	5	7	10

順序型交叉： 順序型交叉は、位置の集合をランダムに選択し、一方の親の選択された位置における遺伝子の順序を、もう一方の親の対応する遺伝子に課する方法である。以下の例では、子1は基本的には親1の遺伝子を継承するが、親2で選択された遺伝子（親1での並び順は b f g i）については、親2での並び順 i b f g に並べ替える。

例：

親1	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
親2	e	i	b	d	f	a	j	g	c	h
選択位置	*	*		*			*			
子1	a	i	c	d	e	b	f	h	g	j
子2	b	i	c	d	f	a	j	h	e	h

位置型交叉： 位置型交叉は、位置の集合をランダムに選択し、一方の親の、選択された遺伝子の位置を、もう一方の親の対応する遺伝子に課する方法である。以下の例では、親2で選択された遺伝子 i b f g を、そのまま子1に継承する。残りの遺伝子は、親1の遺伝

子の並び順 a c d e h j で配置する。

例：

親1	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
親2	e	i	b	d	f	a	j	g	c	h
選択位置	*	*		*			*		*	
子1	a	i	b	c	f	d	e	g	h	j
子2	i	b	c	d	e	f	a	h	j	g

順序型突然変異： 突然変異によって致死遺伝子を作らないために、以下のような突然変異を行なう。2つの染色体をランダムに選択し、その位置を入れ換えるものである[3]。したがって、この場合には通常の突然変異とは異なり、突然変異は個体毎となる。

例：

a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
	*				*				
a	f	c	d	e	b	g	h	i	j

Genotype から Phenotype への変換 早く始まる作業所から、遺伝子で決められた順番で、該当するPCを割り当てる。作業所で使い終わったPCは、PCの列の先頭（もしくは最後）に置いて、再び割り当てる。割り当てるPCが無ければ、新規のPCを割り当てる。

3.3 コーディング3(C3)

遺伝子は、手持ちのPCの中の何台目を割り当てるかを表す。図3に例を示す。

最低必要になるPCの台数を調べる 着工時期の早い作業所からPCを割り当てる。工事が終われば、その作業所が使っていたPCは再利用する。PCが足りなくなったら、新品を追加する。こうして、予め最低必要になるPCの台数を調べるとともに、あるPCを割り当てる時に何台の手持ちがあるかを記録しておく。ただし、作業所へのPCの割当が一意に決まる場合、例えばある作業所で5台のPCを必要としていて、その時手元に5台のPCしかなければ、当然その5台を割り当てるものとして、その分の遺伝子を省略する。

初期化 前処理で決めた範囲(手持ちのPCの台数以下)でランダムに値を生成する。

淘汰、交叉、突然変異 遺伝子の位置が同じなら、値の範囲も同じである。したがって、通常の交叉をしても、不具合が生じることはない。突然変異は、値がその範囲に収まるように数値を修正する。ただし、今回の解析では、後述の様に値の範囲を越えた遺伝子は、評価の際に剰余によって修正を行なうので、突然変異の際に数値を修正する必要はなかった。

Genotype から Phenotype への変換 遺伝子は順番を表わしているの、それを実際のPCに変換する。例えば、図3では、始めの遺伝子は6なので、6番のPC、次の遺伝子は8だが、既に6番を使っているので、手元のPCで8番目は9番のPCとなる。同様に次の遺伝子は12だが、6番と9番のPCを既に使っているので、12番目は14番のPCとなる。

3.4 各コーディングの特徴

各コーディングの特徴を以下に整理する。

● コーディング1

最も自由度が高く、効率的な計画を生成することが期待できるが、その反面PCの重複が多くなり、非現実的な計画を生成してしまう確率も高くなる。また、生成がランダムなので、すべてのPCが計画に使われるか否かは保証されない。

● コーディング2

3種類の中では遺伝子の長さを最も短くすることができるため、遺伝的アルゴリズムの計算自体は最も速くなることが予想できる。また、すべてのPCを計画に盛り込むという保証も得られる。ただし、それだけ自由度が低くなるため、効率的な計画を生成できなくなるという虞もある。

● コーディング3

すべてのPCを計画に盛り込むという保証が得られる。また、コーディング2よりも自由度が高くなるため、より効率的な計画を生成することが期待できる。

また、新規リースPCの導入計画という観点から考えると、C1では、重複してしまったPCを新規リースに置き換えているため、新規導入PCの数を指定できないが、C2とC3は、新規導入PCの数を厳密に指定できると言う特徴がある。このため、以下のような

メリットがある。

- 総務など導入部署で、計画的な新規リース台数の設定が可能
- どうしても作業所の要求を満たせない時には、新規導入数を増加させてみることで、要求を満たすことができる可能性がある

4 解の適合条件

パソコンのタイプにより価格を算出する。リース期間が途中で終了する場合は、途中から新規扱いにする。新規扱いとは、タイプを作業所の要求するものに変更し、リース残存期間をリセットすることである。解の適合条件は以下の3項目とし、式(1)に示すように適応度を算出した。なお、 E : 保有PCと新規PCとを合わせた効用、 $cost$: リースコストの総額、 fpc : リース期間が終了していないのに割り当てられていない、遊んでいるPCの延べ月数、 Pc : コストに対するペナルティー係数、 Pf : 遊んでいるPCに対するペナルティー係数である。

- 配置されたPCが作業所の要求したものと合致していること (E)
- リースコスト ($cost$) が安いこと
- 遊んでいるPCの数 (fpc) が少ないこと

$$\text{適応度} = E - Pc * cost - Pf * fpc \quad (1)$$

効用 E は、要求したPCに対して、与えられたPCの満足度を表す。満足度は、あるタイプのPC(PC_A)を要求して、あるタイプのPC(PC_B)が与えられた時の満足度を、マトリックスの形で $S(PC_A, PC_B)$ のように与える。延べのPCの台数を N とすると、効用 E は、以下の式で表される。

$$E = \sum^N S(PC_A, PC_B) \quad (2)$$

5 数値解析例

例題として、1998年1月から2000年12月の3年間に20の作業所に、延べ146台のPCを配置する問題を解析した。PCのタイプは、ノート型(0)、15インチCRT付きデスクトップ型(1)、17インチCRT付き高性能デスクトップ型(2)の3種類とし、作業所からの割り当て要求がなかった時の標準的な割り当て規則を、以下に示すように設定した。カッコ内がパソコンのタイプ番号である。

表 1 PC のタイプ別台数

タイプ	保有台数	必要台数
ノート	20	40
デスクトップ	25	50
高性能	29	56
合計	74	146

- 所 長: 1 台/1 人、ノート型 (0)
- 役職 A: 1 台/3 人、ノート型 (0)
- 役職 B: 1 台/3 人、デスクトップ型 (1)
- 事務職: 1 台/1 人、デスクトップ型 (1)
- 設 備: 1 台/1 人、高性能デスクトップ型 (2)
- 建 築: 1 台/3 人、高性能デスクトップ型 (2)

各作業所の工期は、平均 18 カ月、標準偏差 8 カ月でランダムに生成した。また、作業所の人員は総数を指定して、ランダムに分散させた。保有台数及び作業所から必要とされる台数を、表 1 に示す様にした。開始時点から終了時点までの PC の必要台数を、図 4 に示す。この図から、もっとも多くの PC が必要になるのは 1999 年の 3 月で、その数は 110 台であることがわかる。解析開始時点で、各タイプの延べ必要台数の、

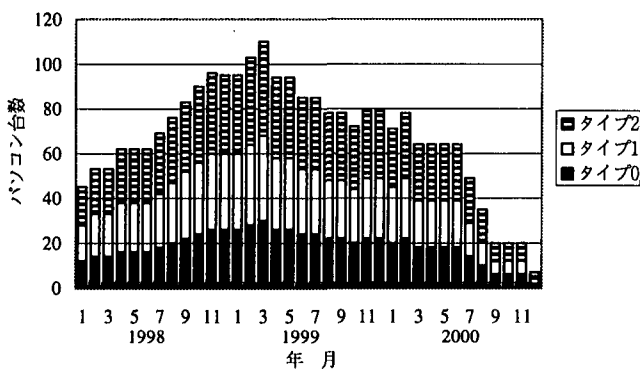


図 4 必要パソコン台数の推移

ほぼ半数の合計 74 台を保有しているものと設定した。保有している PC の残存リース期間は、2 年、3 年、4 年の 3 種類とした。評価に使用する満足度マトリックス S は、以下のように設定した。

$$S = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 & 2 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 2 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1.0 & 0.9 & 0.9 \\ 0.5 & 1.0 & 0.8 \\ 0.1 & 0.5 & 1.0 \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (3)$$

対角項は、希望したパソコンが割り当てられた場合の満足度なので、1 とした。それ以外は希望したパソコンが割り当てられなかった場合として、1 以下の数値を設定している。例えば、タイプ 1 と 2 のパソコンを要求して、タイプ 0 のパソコンが 2 台割り当てられた場合の効用 E は、以下の通りである。

$$E = S(1, 0) + S(2, 0) = S_{21} + S_{31} = 0.5 + 0.1 = 0.6 \quad (4)$$

ペナルティー係数は、リースコスト (式 (1) の $cost$) と遊んでいる PC の数 (fpc) の重みが等しくなり、同時に効用に対して過大にならないように、試行錯誤の結果以下のように設定した。

$$Pc = 0.01, Pf = 0.5 \quad (5)$$

解析は、個体数 100 で 20,000 世代に互って行なった。その他のパラメータを表 2 に示す。なお、交叉確率はロバストとされる 0.4~0.6 の間で、突然変異率は個体当たりの期待値が 1 の周辺で数回の試行の後決定した。C1 と C3 の突然変異率は遺伝子 1 ビット当たりの確率であり、C2 は個体当たりの確率となる。また、例えば 7 ビットで 110 までの数値を表現すると、111 から 127 までの数値が余る。これらの数値を、すべて異常値として扱おうと、多くの致死遺伝子ができてしまうため、これらの数値は剰余を使って正常な値の範囲に変換することとした。これによって遺伝子表現における冗長性が生じる。また、遺伝子の変換にはバイナリコーディングを使用し、各世代毎に最良個体のみを保存するエリート保存を行なった。適応度戦略には最大値 100、減少率 1 の線形正規化 [3] を使用した。解析の結果、C1 では 1 つの作業所の、C2 ではかなり

表 2 各コーディングの解析パラメータ

コーディング	C1	C2	C3
遺伝子長	延べ PC 146	保有台数 74	延べ PC- α 139
表現数値 (ビット)	保有台数 74(7)		最低必要台数 110(7)
ビット長	1,022	518	973
交叉確率	0.6		
突然変異率	0.001	0.8	0.001

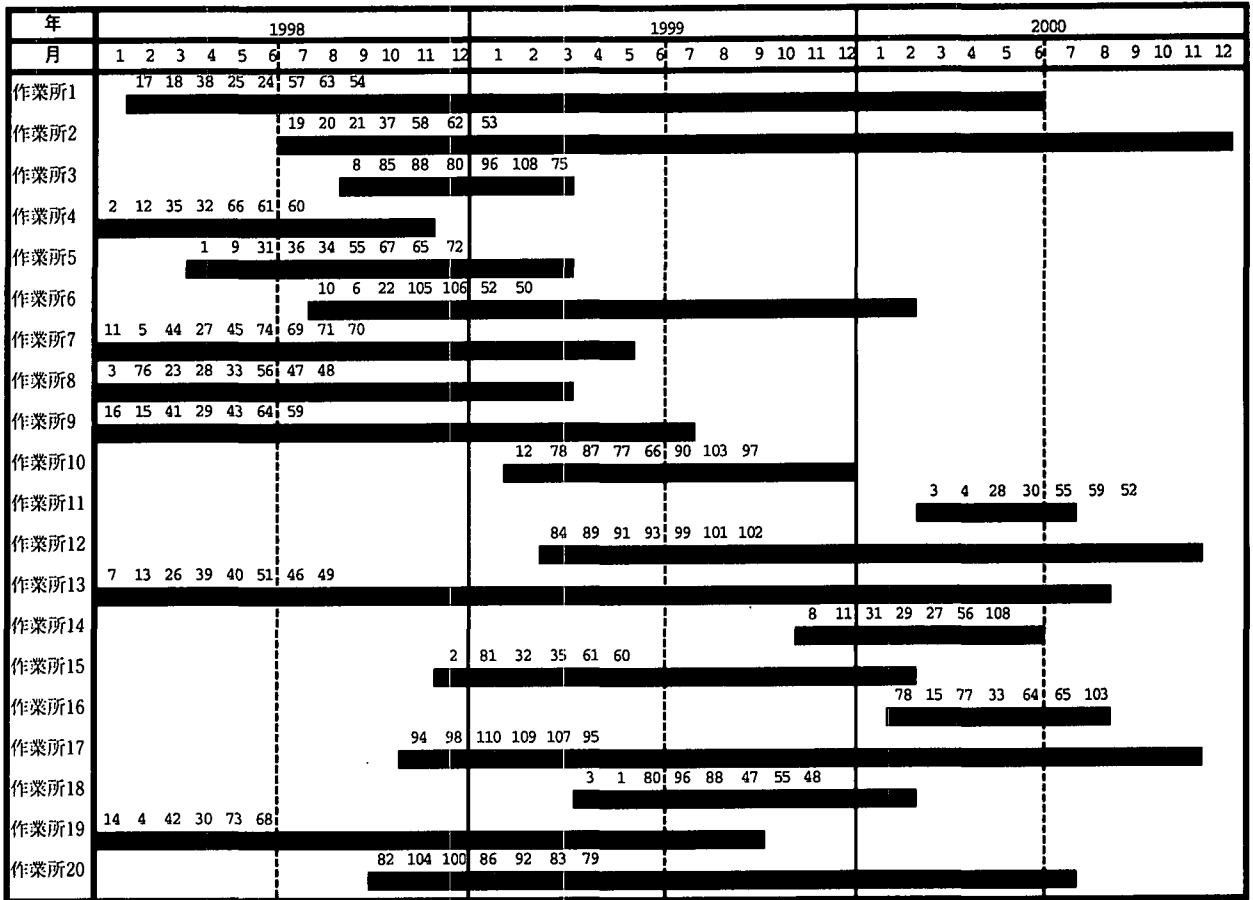


図 5 コーディング 3 で生成された配置計画

の数の作業所の要求を満たすことができなかったが、C3 ではすべての作業所の要求を満たすことができた。C3 によって作成された配置計画の例を、図 5 に示す。

5.1 3種類のコーディングの比較

3つのコーディング方法により適応度が変化する状況を図 6 に示す。なお、図では各コーディング毎に数回の解析を行ない、そのうちで、最も最大適応度が高

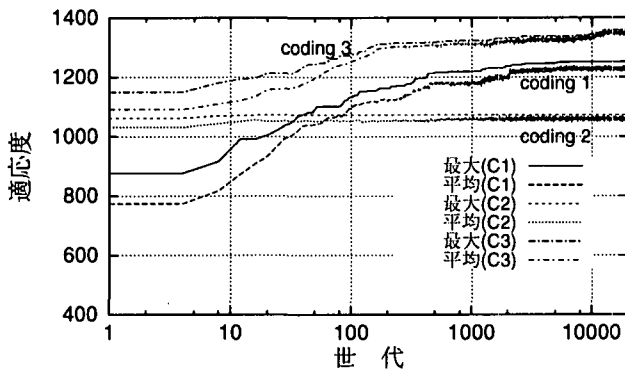


図 6 適応度推移のコーディングによる違い

くなったものを使用した。C1 は、初期世代の適応度が、3つのコーディングの中ではもっとも低く、最終的な適応度は2番目である。このコーディングは自由度が大きく、その分最初の適応度が低くなるものと考えられる。C2 は、初期世代の適応度はかなり高いが、そのまま適応度が上がらず、最終的には3つのコーディングの中では最も低い適応度となっている。このコーディングは解空間は狭くなるが、その反面、自由度が最も低くなるためと考えられる。C3 は、初期世代の適応度も最終世代の適応度も、ともに3つのコーディングの中では最も高く、3つの中では最も効率の良いコーディングとなっている。

5.2 交叉オペレータの検討

3種類の交叉方法による C2 の適応度の推移を図 7 に示す。なお、最大適応度及び平均適応度は、各々の交叉方法について3回づつ解析を行なったものの平均とした。初期世代では、順序型交叉の最大適応度が高いが、10世代くらいから位置型交叉と同じ位になり、

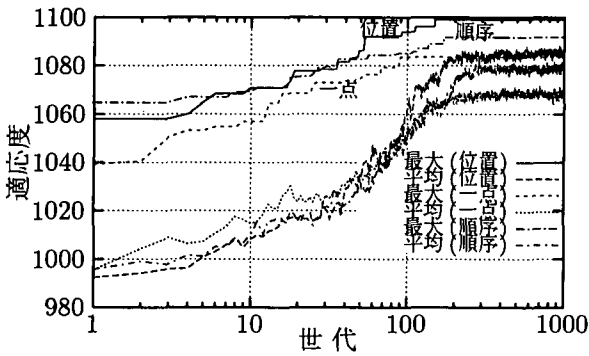


図 7 適応度の推移の交叉方法による違い

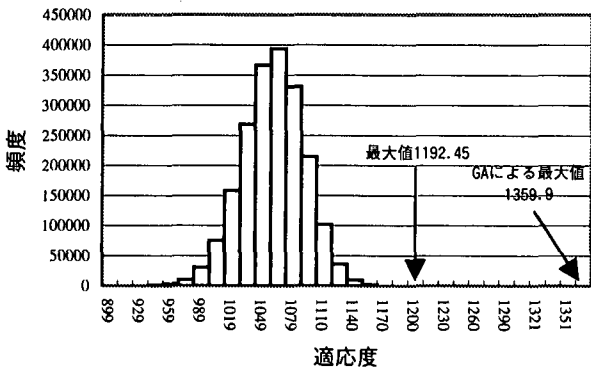


図 8 モンテカルロシミュレーションの結果

50 世代以降は位置型交叉の方が最大適応度が高くなっている。順序型一点交叉の最大適応度は、他の 2 つの交叉の最大適応度に比べて常に低い。

5.3 モンテカルロシミュレーションとの比較

GA の手法としての有効性を検証するために、同一の問題に対してモンテカルロシミュレーションを行なった。このモンテカルロシミュレーションでは、GA でもっとも成績の良かったコーディング 3 を用い、1 試行当たり 139 個の 1 から 110 までの乱数を使用した。また、試行回数が同じになるように、 $100 \times 20,000 = 2,000,000$ 組の乱数列を生成してシミュレーションを実施した。モンテカルロシミュレーションの評価値(適応度)の頻度分布と、C3 の結果を図 8 に示す。モンテカルロシミュレーションの頻度分布の中央値を基準にして考えると、GA の最大適応度は MCS の最大値に比べて 2 倍以上大きく、この問題における GA の有効性を確認することができた。

6 遺伝的パラメータの検討

GA の解析では、遺伝子のコーディング方法や交叉・突然変異オペレータの種類以外にも、決めなければならないいくつかのパラメータがある。鹿 [4] らは、骨

組み構造物の最適設計を例に、こうしたパラメータの効果を検討しており、GA の解析上重要な指針となっている。しかし、この研究には、本来確率的な解析手法である GA における乱数の初期値をパラメータとしていたり、オペレータとして支配的な生長オペレータを検討対象に加えたために、パラメータの十分な検討が行なわれていないなどの問題点もある。ここでは、もっとも良い結果が得られた C3 について (a) 人口、(b) 交叉確率、(c) 突然変異率の 3 つのパラメータのパラメータスタディを行ない、これらのパラメータが解析に与える影響について検討した。なお、GA は同時にいくつもの解を探索するが、その数を人口と呼んでいる。表 3 に、検討したパラメータを示す。各パラメータの組合せについて、乱数の初期値を変えて 10 回ずつ 2000 世代の解析を行なった。

表 3 遺伝的パラメータ

パラメータ	値
人口	10 ~ 100 (10 毎)
交叉確率	0 0.1 ~ 1 (0.1 毎)
突然変異率	0 0.001 ~ 0.01 (0.001 毎)

6.1 遺伝的パラメータ検討結果

各人口の 1,210 ケースにおける最大及び平均の適応度を表 4、適応度の分布状況を図 9 に示す。

人口 人口の増加にともなって適応度が高くなる傾向が認められるが、60 からはその伸びも鈍化し、80 と 100 の違いはほとんどない。つまり、人口は、ある程度の規模があれば解析には十分であることがわかる。
交叉確率 各交叉確率の 1,100 ケースにおける最大及び平均の適応度を、表 5 に示す。交叉確率でも、確率が

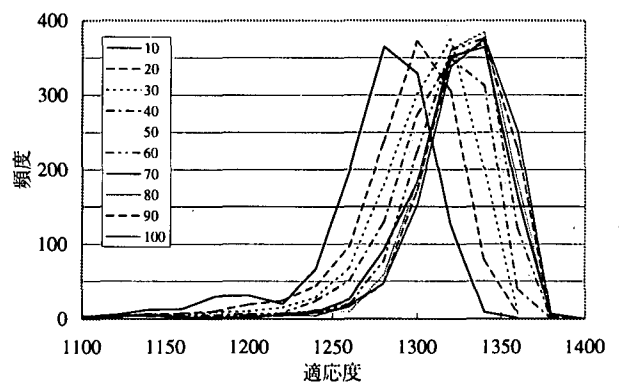


図 9 人口による適応度の分布状況

表4 人口による適応度			表5 交叉確率による適応度			表6 突然変異率による適応度		
人口	最大	平均	交叉確率	最大	平均	突然変異率	最大	平均
10	1341.95	1264.99	0.0	1332.80	1265.25	0.000	1343.00	1241.17
20	1346.65	1282.47	0.1	1337.75	1280.66	0.001	1360.20	1305.20
30	1353.35	1291.88	0.2	1350.20	1286.35	0.002	1362.95	1312.45
40	1355.10	1299.53	0.3	1355.10	1292.30	0.003	1363.60	1313.27
50	1357.30	1304.90	0.4	1347.55	1299.25	0.004	1361.50	1312.21
60	1360.20	1309.22	0.5	1354.80	1303.96	0.005	1361.80	1310.81
70	1362.95	1311.43	0.6	1360.55	1309.66	0.006	1353.70	1308.11
80	1361.80	1314.13	0.7	1359.60	1314.14	0.007	1354.30	1305.92
90	1363.60	1315.85	0.8	1361.65	1317.29	0.008	1350.45	1303.13
100	1361.75	1317.23	0.9	1361.75	1321.04	0.009	1349.45	1300.72
			1.0	1363.60	1322.90	0.010	1341.40	1299.82

高くなるほど適応度が高くなる傾向がある。しかし、高交叉確率同士の適応度の差異は人口ほど明確でなかったため、有意水準5%の仮説検定(スチューデントのt検定[5])によって各交叉確率における適応度の平均値に差異があるかどうかを検証した。その結果、1と0.9には有意な差は認められず、0.9と0.8の間に差があることがわかった。通常GAにおける解析では、0.4から0.6くらいの交叉確率が良いとされているが、それよりもかなり高めな値となっている。これは、本研究の解析においてエリート保存を行なったため、高めの交叉確率を設定しても適応度の高い個体が保存されたためと考えられる。

突然変異率 各突然変異率における最大及び平均の適応度を、表6に示す。突然変異率では、0とそれ以外の間には明確な差があるが、0以外の間には認められない。そこで、交叉確率と同様に仮説検定を行なった。その結果、0.002から0.004までの間には有意な差が認められなかった。これは、1個体当たりの突然変異遺伝子の期待値に換算すると、 $1.9(0.002 \times 973)$ から3.9になる。通常の解析では、突然変異率は突然変異遺伝子の期待値が1~数ビットが目安とされているが、本研究では、やや大きめの数値となっている。

7 結論

作業所へのPCの最適配置計画を、GAを用いて検討した。本研究によって明らかになった項目は、以下の通りである。なお、本手法は資材や人員の配置にもそのまま適用することができる。

- 20の作業所を用いた例題で、C3を使用した場合、要求通りの配置計画を立案できた。その他の方法では要求を満たすことはできなかった。
- 3通りの遺伝子コーディング方法を考案し、その性能を比較した結果、遺伝子が手持ちのPCの中での順番を表す、C3の性能が最も高かった
- 順序型コーディングに対する3種類の交叉オペレータを比較した結果、位置型交叉の性能が高かった。
- GAがモンテカルロシミュレーションよりも有効であることを示した。
- 遺伝パラメータの検討の結果、人口は80以上、交叉確率は0.9以上、突然変異率は0.002から0.004までの時、高い適応度が得られた。交叉確率や突然変異率の高いものが良い適応度を示したのは、エリート保存戦略を採用したためと考えられる。

参考文献

- [1] 土木学会AL研究小委員会: 新しい構造システム最適化手法, 土木学会論文集 No.543/I-36, 1996.
- [2] 北野宏明: 遺伝的アルゴリズム, 産業図書, 1993.
- [3] L. デービス: 遺伝アルゴリズムハンドブック, 森北出版, 1994.
- [4] 鹿, 杉本: GAにおけるパラメータの効果に関する研究, 構造工学論文集, Vol.41A, 1995.
- [5] C.R. ラオ: 統計的推測とその応用, 東京図書, 1977.