

最小工期スケジューリングのための遺伝的アルゴリズムの構成法*

GA-Based Resource Scheduling Model for Construction Project

滑川達**・吉田健***・山中英生****

By Susumu NAMERIKAWA**, Ken YOSHIDA*** and Hideo YAMANAKA****

1. はじめに

本研究では、資源制約を伴う最小工期スケジューリ

ング問題のための遺伝的アルゴリズム(GA)の新たな構成方法を提案する。そこでは、山崩し法などのヒューリスティックなアプローチにおいて、トータルフロートなどのスケジュール指標にもとづき固定化されている資源制約上のコンフリクトが生じたときの作業間の優先順位規則を変数化することを考える。すなわち、与えられた工程ネットワークが表す作業間の先行・後続条件を満たす実行可能な作業順序列をGAにおける個体とすることを考える。しかし、この作業順序列をそのままの形で直接GAに適用した場合、GAの特徴である交叉

などの処理を通して新たに生成する作業順序列の実行可能性を保持していくことは非常に困難となる。このため、本研究では、実行可能な作業順序列と全く等価

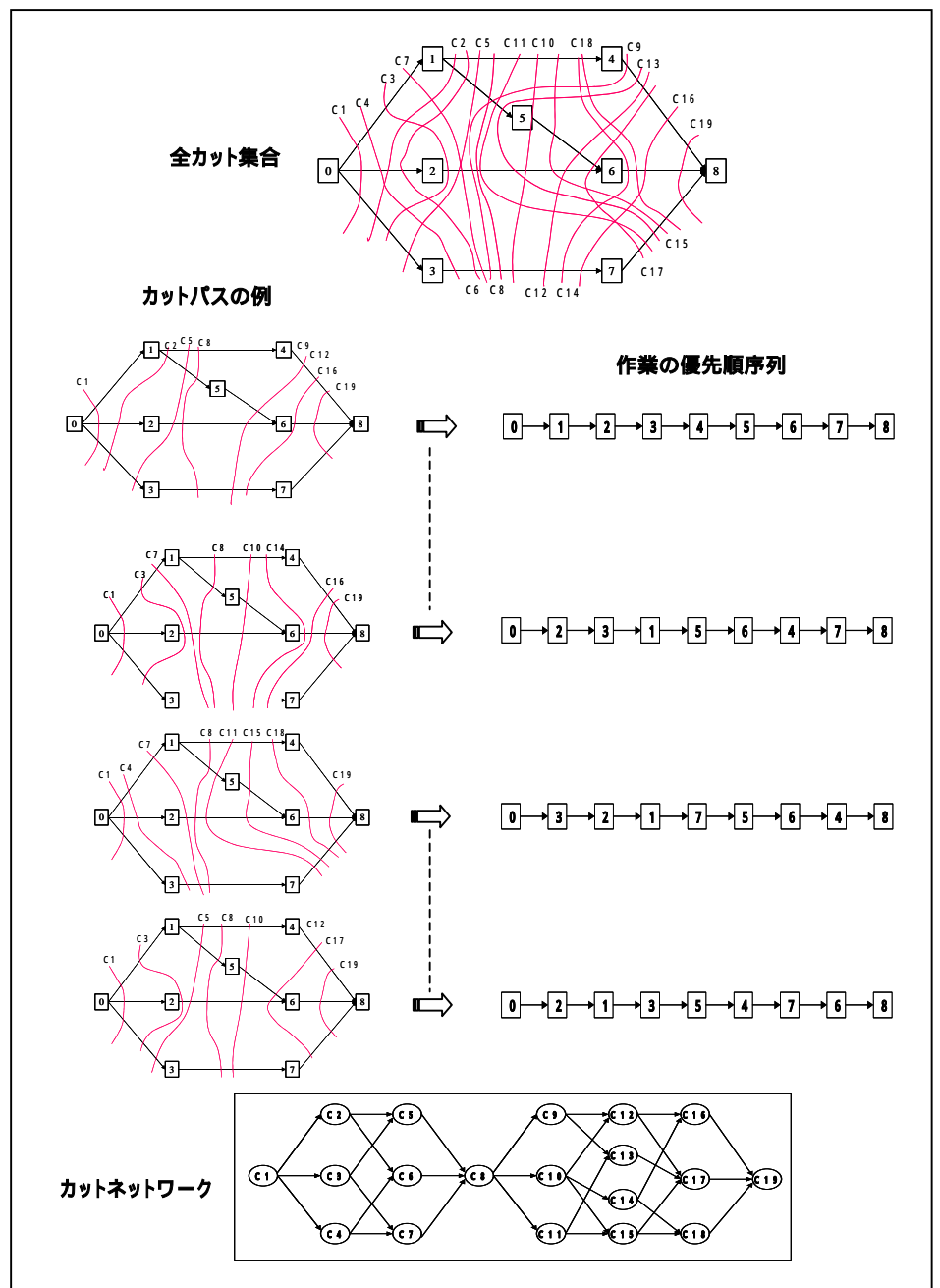


図 - 1 カットバスによる個体表現

*キーワード：施工計画・管理，計画
手法論，
遺伝的アルゴリズム

**正会員 工博 徳島大学工学部
講師

***学生会員 徳島大学大学院工学研
究科建設工学専攻

****正会員 工博 徳島大学工学部
教授

〒770 - 8506 徳島市南常三島 2 - 1

TEL : 088 - 656 - 9877

FAX : 088 - 656 - 7579

な新たな個体表現の方法とその個体表現にマッチしたGAオペレータの設計を行うことを目的としている。

2. 個体表現

これまで、ネットワークスケジューリング問題にGAを適用した事例はいくつか報告されているが、これらの適用事例における個体表現としては、各作業の開始時刻¹⁾や新たな作業間順序関係を表す追加アークの挿入パターン²⁾を採用しているものが多い。しかし、これらの個体表現の方法を用いてGAを適用した場合には、資源制約を満たさない実行不可能なスケジュールが数多く生成されたり、たとえ資源制約を満足しても実際には代替案として検討に値しないような非効率なスケジュールが生成される可能性が高く、特に作業数の多い大規模な問題においてGAによる効率的な解探索を実現することは困難である。このため、本研究における個体表現の方法としては、基本的に作業実施の優先順位を表す作業順序列を用いることとするが、その具体的表現方法として図-1に示したようなカットネットワーク³⁾の任意の経路を採用する。ここで定義するカットネットワークとは、作業をノード、作業間の順序関係をアークとするプロジェクトグラフ型の工程ネットワークにおいて並列関係をもつアーク群としてのカットを要素としたネットワークである。このとき、カットネットワークの任意の経路(以下、カッ

トパスと呼ぶ)は、カットが作業間順序関係を満たしながらノード(作業)を超えていく連続過程のパターンの違いを示しており、作業順序列と全く等価な情報を保持している。このため、カットネットワーク全体ではすべての実行可能な作業順序列が表現されることとなり、最適作業優先順序を求めるスケジューリング問題は、理論的にはこのカットネットワーク上の最適経路探索問題と等価となる。そこで、本研究ではこのカットネットワーク上での最適経路探索問題の近似解法としてGAの適用を図っている。

3. スケジュール計算

以上のようにカットパスとして表現した作業順序列としての任意の個体に対するスケジュール計算としては、従来の山崩し法⁴⁾とほぼ同様の手順を用いる。ただし、資源制約に伴う作業間のコンフリクトが生じたときの優先順位規則としては、通常用いられるトータルフロートや所要日数ではなく、対象とする個体が表す作業順序列に従うこととする。なお、具体的な計算フローを図-2に示す。このようなスケジュール計算を行うことにより、本アルゴリズムで求められる全スケジュールは、すべての作業の開始時刻がそれ以上早い時刻に移動させることができない、ある程度良い解としてのアクティブスケジュールのみに限定されることとなり、GAによる効率的な解探索が可能となる。

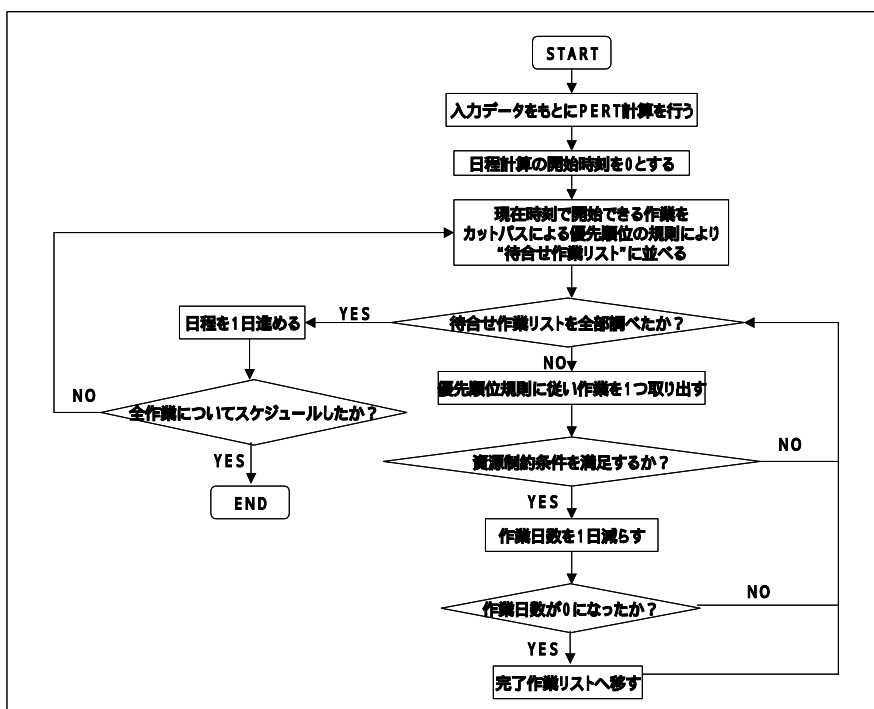


図-2 スケジュール計算プロセス

4. GAオペレータ

GAオペレータとは、再生、交叉、突然変異などのGA特有の処理プロセスの集合であるが、本稿では、紙面の関係上、交叉方法のみを示すこととし、他のプロセスについては発表時に示すこととする。

本研究では、個体表現として作業順序列を表すカットパスを採用しているが、このような順序表現によるコード化においては、1点交叉⁵⁾や2点交叉⁵⁾などの標準的な交叉方法を適用することは難しい。また、個体の順序表現を前提とした交叉方法として

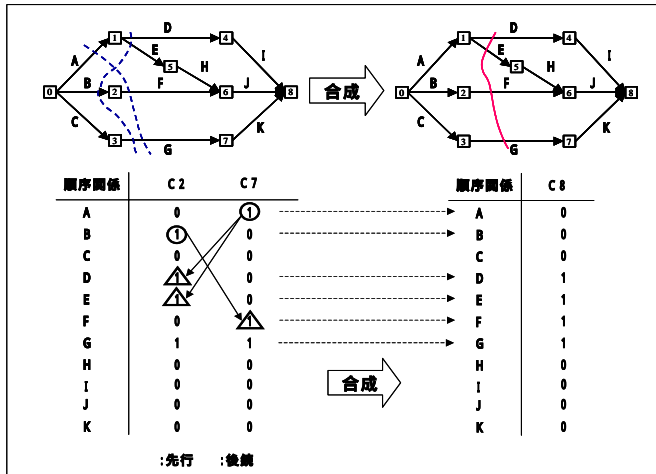


図 - 3 交差する2つのカットの合成処理

は、巡回セールスマン問題に頻繁に用いられている辺組換え交叉⁵⁾なども存在するが、スケジューリング問題における工程ネットワークでは、アークに方向が規定されているため親個体から実行可能な新たな子個体を生成することが困難となる。そこで、本研究においては、カットパスの構造特性を考慮した新たな交叉方法を開発した。この交叉方法では、任意の同レベルにある2つのカットに対して図-3のように、それぞれのカットが交差している点より右側の部分を、次レベルの新しいカットとし生成することを繰り返す。この交叉方法によれば交叉する2つの親個体から実行可能な新しい子個体が2つ必ず生成されることになる。この交叉方法の詳細なプロセスと簡単なネットワークにおける交叉手順例を図-4、図-5にそれぞれ示す。なお、図-4におけるNは生成する個体数を表し、⊗は

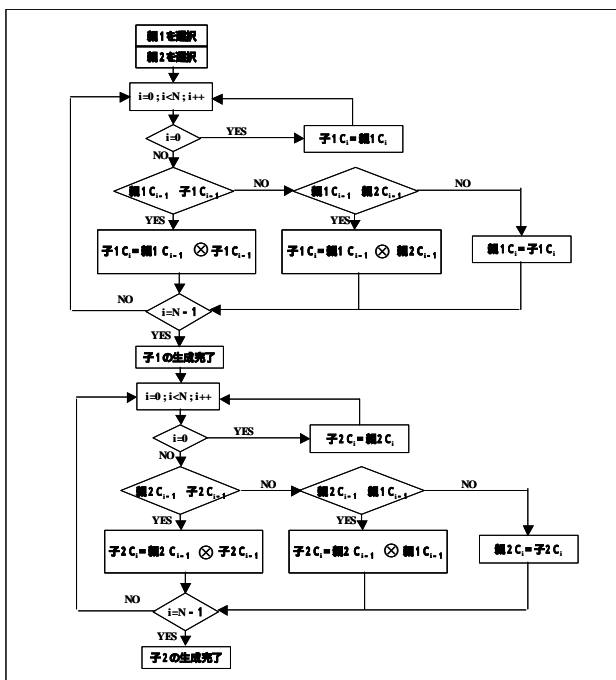


図 - 4 本研究における交叉プロセス

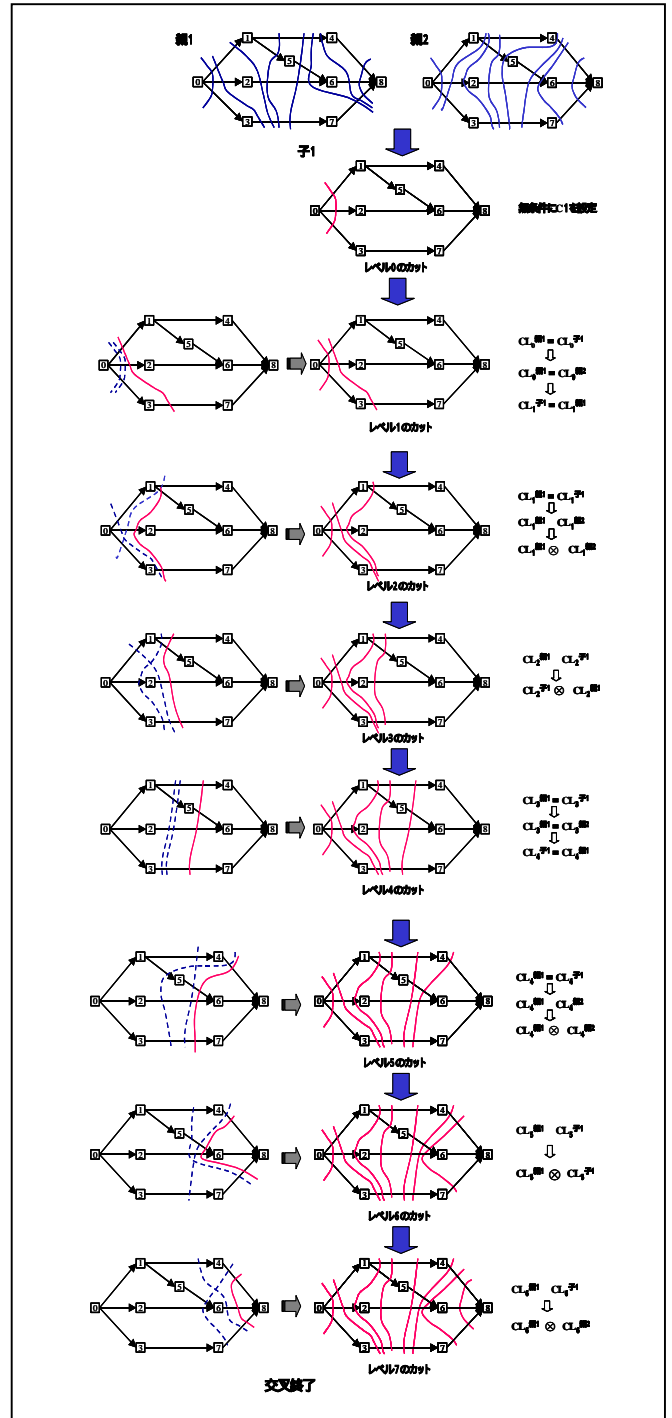


図 - 5 交叉処理の一例

図-3に示した交差するカットの合成処理を表すこととする。

5. 例題ネットワークへの適用

ここでは、構築したGA構成法を例題ネットワークに適用し、従来法である山崩し法計算との比較を行う。なお、今回の山崩し法は、次の優先順位規則を設定したものをを用いている。1) TFの小さい作業を優先する。2) 作業日数の小さい作業を優先する。例題ネッ

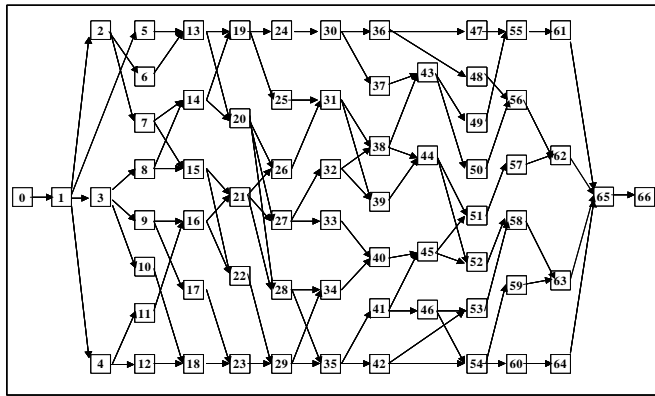


図 - 6 例題ネットワーク

表 - 1 作業データ

作業	日数	資源数	作業	日数	資源数	作業	日数	資源数
0	0	0	25	5	6	50	3	3
1	3	5	26	6	8	51	1	2
2	5	7	27	2	2	52	5	7
3	4	5	28	8	10	53	4	6
4	6	8	29	3	5	54	7	9
5	1	3	30	4	6	55	3	5
6	2	4	31	5	8	56	5	6
7	4	5	32	3	4	57	6	8
8	3	5	33	7	9	58	4	4
9	3	6	34	5	7	59	8	9
10	4	7	35	4	5	60	7	7
11	6	8	36	7	10	61	8	9
12	3	4	37	5	6	62	4	5
13	4	5	38	6	8	63	5	7
14	5	6	39	2	4	64	7	8
15	5	6	40	1	2	65	6	9
16	7	9	41	4	6	66	0	0
17	6	7	42	8	11			
18	4	5	43	5	7			
19	3	4	44	6	8			
20	9	11	45	9	12			
21	4	5	46	8	11			
22	11	13	47	6	8			
23	5	6	48	9	13			
24	3	4	49	5	6			
						資源制約数		15

ネットワークとしては、図 - 6 に示す実作業数 65 のネットワークを用いている。ここで、終始ノードは所要日数、必要資源数ともに 0 のダミー作業である。作業データは表 - 1 のようであり、資源制約を 15 に設定し 10 回の数値計算を行った。なお、GA パラメータとして、交叉確率 $P_c = 0.6$ 、突然変異確率 $P_m = 0.3$ 、各世代の個体数 $N_p = 100$ に設定し計算を行った。

計算結果については図 - 7 に示すように、今回構築した GA 構成法では山崩し法計算結果に対して平均

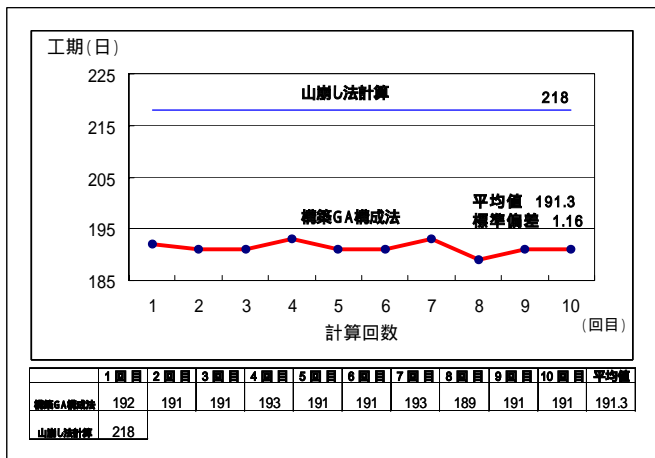


図 - 7 数値計算結果

12% 程度の工期の短縮化が実現できることがわかった。

求められた最良解の標準偏差についても 1.16 程度となっており、非常に安定した精度で解探索が行われている。また、最良解に到達する計算時間も今回の例題ネットワークでは、約 3 分程度で計算できることがわかった。

6. おわりに

本研究で得られた成果としては、以下のことが挙げられる。

- : 作業の優先順序列を個体として導入するためのカットパスによるコード化の方法および常に各個体の実行可能性と求められるスケジュールの効率性を確保できる GA 構成を構築した。
- : 数値実験の結果、山崩し法計算結果よりも安定して工期短縮された解が得られることがわかった。また、所要時間についても 3 分程度の時間で最良解に到達できることがわかった。

また、今後の課題としては次が挙げられる。

- : 本編での数値実験は、1 種類の例題ネットワークに対する評価であるため、今後としてはより多くの数値実験を行ったうえで、本アルゴリズムの有効性と適用上の限界を明らかにする必要がある。
- : 複数の評価を、取り扱うことができる多目的モデルへの改良が必要である。

参考文献

- 1) 奥谷巖ほか：すみ分け協調型進化アルゴリズムによるプロジェクトスケジューリング，建設マネジメント研究論文集，vol.7，pp.157 - 164，1999.
- 2) 奥谷巖ほか：マンスケジューリング問題における遺伝的アルゴリズムの適用性，電気学会論文誌 C，No.4 vol.114 - C，pp.450 - 455，1994.
- 3) 春名攻，滑川達：PERT/MANPOWER 問題の最適解の開発研究 カットネットワークにおける最適資源配分問題への変換を用いた新しい解法 土木計画学・論文集 No.15，pp.41-48，1998.
- 4) 関根智明：PRET・CPM，日科技連，1975.
- 5) 坂和正敏，田中正博：遺伝的アルゴリズム，朝倉書店，2000.

