

工期短縮費用最小化による最適工程案の案出に関する基礎的考察

ON THE OPTIMUM WORK SCHEDULE CONSIDERED WITH THE REDUCING COST

三原徹治*, 石川康成**, 相良栄作**, 千々岩浩巳***

Tetsuji MIHARA, Yasunari ISHIKAWA, Eisaku SAGARA and Hiromi CHIJIWA

*工博 九州共立大学教授 大学院工学研究科都市システム工学専攻（〒807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘 1-8）

**九州共立大学大学院 工学研究科博士前期課程 都市システム工学専攻

***博(工) 第一復建(株) 構造部

The basic analysis problems of net-work are classified as the minimum tree analysis, the maximum flow analysis, the minimum path analysis and the minimum cost analysis. Many convenient and exactly analysis methods for the above basic analysis problems have been proposed by the mathematicians. However, there are only few studies on the net-work optimization.

This paper presents an optimization method of work schedule considered with the reducing cost. The critical path analysis that is an application of the minimum path analysis is used to calculate the work period and the Genetic algorithm is used as the optimization tool.

Two numerical examples are performed to investigate the effect of the proposed method.

Key Words: Critical Path Analysis, Reducing Cost, Optimal Work Schedule

1. はじめに

ネットワークの基本的解析問題は、最小ツリー解析、最大流解析、最短路解析および最小費用解析に大別される。それぞれの解析に関して効率的に正解を求めるさまざまな手法が、主としてグラフ理論の研究者によって提案されている。しかしながら、ネットワークの修正に関する研究はさほど多くない。その理由として、一般的な最適性規準の設定が困難であること、結局NP困難な問題となる場合が多いことなどが考えられる。

クリティカルパス（CP）解析は、ネットワーク理論においては最短経路解析の応用問題のひとつと位置付けられる。その解析法の簡便さと得られるCP上のイベント工期の総和がプロジェクト全体の工期となるという明快な性質とから、プロジェクトマネジメントの観点からさまざまなプロジェクトに用いられてきた¹⁾。

本論文では、CP解析をベースとし、イベント工期を短縮することにより（ネットワーク構造を変更しないで）全体工期が要求値以下となるようなネットワークのうち、最も変更費用が小さいものを求めるというネットワーク更新問題を設定し、その一解法を提案する。極めて簡単なネットワークにより、この問題設定の必要性を概説した後、CP解析の特性を活用する解法アルゴリズムを提示する。その最適化ツールには遺伝的アルゴリズムGAを用いる。最後に2つの数値計算例により、提示した解法アルゴリズムの妥当性を検証する。

2. ネットワーク更新問題

2.1 ネットワーク更新のコンセプト

あるネットワーク構造と工事 k ($k=1:K$) の工期 P'_k ($k=1:K$) とが与えられると、CP解析によってCPと全体工期 P'_{CP} とが同時に求められる。この P'_{CP} より小さな要求値 P_{req} が設定されたとき、ネットワーク構造を変更することなくこの要求に応えるためには各工事の工期を $P_k = P'_k - \Delta P_k$ ($k=1:K$) と短縮しなければならない。最も適切な短縮案を案出することがネットワーク更新のコンセプトである。

なお、 $\Delta P_k (\geq 0)$ ($k=1:K$) は工事 k ($k=1:K$) の短縮量である。

2.2 ネットワーク更新に関わる原問題の定式化

(1) ネットワーク更新における制約条件

更新されたネットワークの実行可能性を保証する制約条件として次の2種類のものがある。

まず更新されたネットワークの全体工期 P_{CP} は要求値 P_{req} 以下でなければならない。

また工事 k ($k=1:K$) の短縮量 $\Delta P_k (\geq 0)$ ($k=1:K$) は、可能短縮工期 Q_k ($k=1:K$) を越えてはならない。

(2) 更新されたネットワークの評価

上記制約条件を満足するネットワークは数多く存在する。その評価関数として更新に関わる費用（更新費用）を用

いる。ここでは、工事 k ($k=1:K$) の 1 工期あたりの短縮経費 C_k ($k=1:K$) が与えられるものとして、短縮工期 $\Delta P_k (\geq 0) (k=1:K)$ との積和で算出できるものとする。

(3) 原問題

以上から、ネットワーク更新に関わる原問題は式(1)のように定式化される。

Given: ネットワーク構造, $P'_k (k=1:K)$,
 P_{req} , $Q_k (k=1:K)$, $C_k (k=1:K)$

Find: $\Delta P_k (\geq 0) (k=1:K)$

Object: Minimize[$Cost = \sum \Delta P_k C_k$] (1a)

Subject to: $P_{CP} \leq P_{req}$, (1b)

$\Delta P_k \leq Q_k$ (1c)

3. 極めて簡単な例による必要性の確認

3.1 初期ネットワークのグラフ

次のグラフで表される初期ネットワークを設定する。ここに、工事[3]は工事[1]が工事[5]の先行工事であることを示すダミーであり、その工期は0であるので短縮可能工期も0（当然、1 工期短縮経費も0）である。初期ネットワークのCP=[1]→[4]（図-1中で赤線表示）であり、全体工期 $P_{CP} = 10 + 15 = 25$ である。

表-1 初期ネットワークのグラフとトータルフロート

k	始点	終点	P'_k	Q_k	C_k	TF_k
[1]	①	②	10	3	8	0
[2]	①	③	5	1	2	6
[3]	②	③	0	0	0	1
[4]	②	④	15	5	6	0
[5]	③	④	14	4	6	1

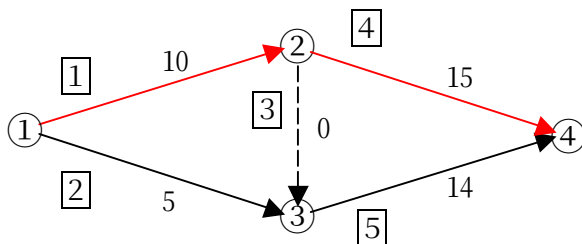


図-1 初期ネットワークのネットワーク図

これに対して工期の要求値 $P_{req} = 23$ を設定する。最低でも $25 - 23 = 2$ 工期短縮しようとするものである。CPの性質から、全体工期の短縮にはCP上の工事の工期短縮が必要である。そこで以下のようにCP上の工事[1], [4]を短縮の候補として3パターンの短縮案を比較検討する。

3.2 工事[1]の工期だけを2だけ短縮する案（案1）

まず、工事[1]の工期だけを2だけ短縮することを試みる。工事[1]の短縮可能工期 $Q_1 = 3 > 2$ より短縮可能であり、変更後のネットワークは図-2に示すように、初期ネットワークとCPも変化せず、しかも全体工期 $P_{CP} = 23$ と要求値を満足する変更になっている。

この場合の短縮経費 $Cost = 16$ である。

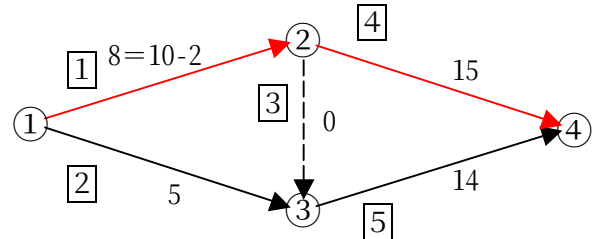


図-2 案1の更新ネットワーク図

3.3 工事[4]の工期だけを2だけ短縮する案（案2）

次に、短縮可能工期=5の工事[4]の工期だけを2だけ短縮する。短縮経費 $Cost = 12$ は案1より小さい。しかし、その更新ネットワークのCPは図-3に赤線で示すように初期ネットワークのCPと異なり、全体工期 $P_{CP} = 24$ と要求値を満足できない変更になっている。

そこで、新たなCP[1]→[3]→[5]上の工事のうち1 工期短縮経費が小さい工事[5]の工期を1だけ短縮する。この追加措置後のネットワークは図-4に示すようになり、CPが赤線と青線とで示す2経路出現し、全体工期 $P_{CP} = 23$ と要求値を満足する。ただし、工事[5]の工期短縮費用が加算されて短縮経費 $Cost = 12 + 6 = 18$ は案1より大きいものとなる。

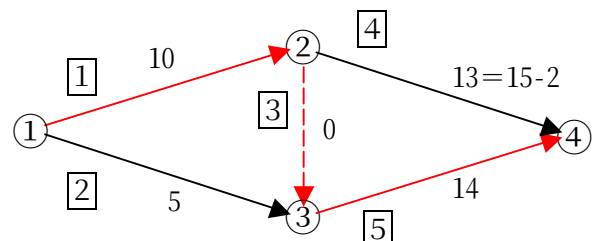


図-3 案2の更新ネットワーク図

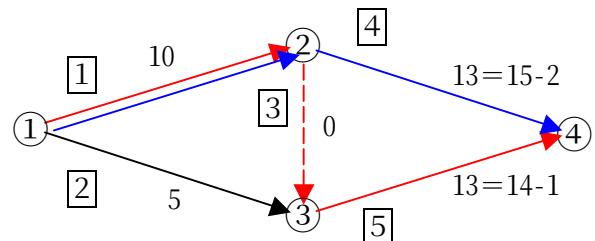


図-4 案2の更新ネットワーク図（追加措置後）

3.4 工事①, ④の工期をそれぞれ1だけ短縮する案 (案3)

最後に, 工事①, ④の工期をそれぞれ1だけを短縮する案について検討する. 更新されたネットワークを図-5に示す. CPが2経路出現し, 全体工期 $P_{CP} = 23$ と要求値を満足する. しかも, 短縮経費 $Cost = 14$ は案1, 2より小さく, 最適な更新であることがわかる.

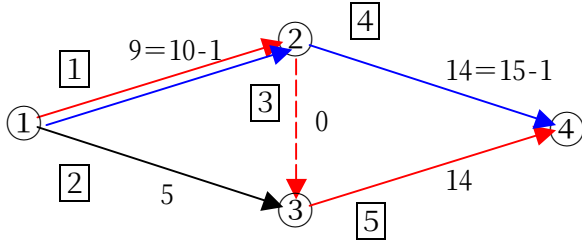


図-5 案3の更新ネットワーク図

3.5 考察

以上の極めて簡単な例での更新案の検討結果より以下のようなことが考察される.

- ・ 全体工期 P_{CP} を短縮するためには CP 上の工事の工期を短縮する必要がある. その短縮工期はそれぞれの工事の短縮可能工期 Q_k 以下でなければならない. その際, 1 工期短縮経費 C_k が比較的小さい工事を優先すれば工期短縮に関わる経費 $Cost$ を小さくすることができることは明らかである.
- ・ しかしながら工期短縮した結果, CP が変化すると全体工期 P_{CP} が工期の要求値 P_{req} 以下にならない場合が生じることがある.
- ・ この問題点を克服するためには, 単純に CP 上の工事の工期のみを短縮するのではなく, ネットワーク全体を対象として取扱う必要がある.

4. 解法の流れ

式(1)に示される原問題の解法として費用勾配最小化法やラベリング法が提示されている¹⁾が, いずれも計算量がネットワークの大規模化にともなって膨大になるという性質を有するため大規模なネットワークへの適用が困難である. この難点を克服する方法として, 本研究ではネットワーク全体を対象とする最適化のツールにGAを用いることとする. 前章での考察をベースにし, 以下のように解法の流れを構築する.

- ① 初期ネットワークの全体工期 P_{CP}' の算出.
- ② $P_{CP}' \leq P_{req}$ ならば終了. そうではないとき③へ.
- ③ 短縮可能工期 Q_k を考慮し, 1工期短縮経費 C_k が比較

的小さい工事を優先させてCP上の工事の工期を $P_{CP}' - P_{req}$ だけ短縮 (この操作をMRと呼ぶ).

- ④ 更新ネットワークのCPが初期ネットワークと変化しなければ終了. そうでなければ⑤へ.
- ⑤ 遺伝的アルゴリズムGAによってネットワーク全体を短縮対象とする最適化 (この操作をGARと呼ぶ).

5. GARのための定式化

最適化ツールに遺伝的アルゴリズムGAを用いてネットワーク全体を最適化するための定式化について述べる.

5.1 線列構成

短縮対象の工事 k ($k = 1:K$) が短縮される場合, その短縮量は短縮可能工期 Q_k を越えることはない. また, $P_{CP}' - P_{req}$ を越えることもない.

したがって, 工期短縮の刻みを1とするとGAによる最適化に必要な2進数線列のサイズは式(2)で算出される.

$$\min([\log_2 Q_k] + 1, [\log_2 (P_{CP}' - P_{req})] + 1) \quad (2)$$

ここに, $[\bullet]$ はガウス記号である.

5.2 罰金関数

式(1)に示す原問題の制約条件のうち式(1c)は前節の線列構成ですでに考慮されているので, 罰金関数に取組む制約条件は式(1b)だけである. よってGAにおいて個体評価に用いる罰金関数 PF は式(3)で定式化される.

$$PF = Cost + \max\{0, \gamma(P_{CP} - P_{req})\} \\ = \sum \Delta P_k C_k + \max\{0, \gamma(P_{CP} - P_{req})\} \quad (3)$$

ここに, γ = 十分大きな定数 (本研究では $\gamma = 100.0$ に設定) である.

5.3 短縮対象から除外する工事

ネットワークを構成するすべての工事が短縮対象であるが, 仮にその工事の工期が短縮されても全体工期の短縮に寄与しない工事も存在する. このような工事をあらかじめ短縮対象から除外しておけば, 線列構成もコンパクトとなりGARの計算効率も高まる.

短縮対象から除外することができる工事は, 次の2条件のいずれかと合致するものである.

条件1) 短縮可能工期 $Q_k = 0$

条件2) トータルフロート $TF_k > P_{CP}' - P_{req}$

ここに, 条件1) は短縮したくても短縮できないのであるから除外可能であることは明らかであるが, 線列のコンパクト化にはほとんど効果がない.

一方, 条件2) による除外は線列のコンパクト化に効果

的である、 $P_{CP}' - P_{req}$ は短縮すべき全工期の最小値であると同時にある工事 k の工期が短縮される場合の最大値でもある。したがって初期ネットワークにおいて工事 k のトータルフロート（余裕時間） TF_k が $P_{CP}' - P_{req}$ より大きいと、工期短縮が行われても $TF_k = 0$ となることがない。つまり条件2) に合致する工事 k は工期短縮後もCP上の工事となる可能性がまったくないので短縮対象から除外することができる。その短縮可能工期 Q_k が大きければ大きいほど線列のコンパクト化に効果的である、

6. 数値計算例

6.1 0405モデル：妥当性の検証

提案手法の妥当性を検証するために「極めて簡単な例」として先に用いた小さなネットワーク（ノード数=4, 工事数=5）への適用を試みる。

初期ネットワークのグラフやネットワーク図は表-1および図-1と同様とする。

(1) $P_{req} = 25$ の場合

$P_{CP}' \leq P_{req}$ が成立するので「短縮の必要なし」を出力して終了する。短縮操作がないので $Cost = 0$ 。

(2) $P_{req} = 24$ の場合

$P_{CP}' \leq P_{req}$ が成立しないのでMRを実行する。MRによる更新ネットワークを表-2および図-6に示す。

工事[4]の工期が1だけ短縮されている（表-2および図-6に赤字表示）。図-6に示すようにCPは2経路出現しているが、そのうち1経路は初期ネットワークのCPと同じであり、CPが変化したわけではない。全体工期 $P_{CP} = 24$ は要求値 $P_{req} = 24$ 以下であるので最適解が得られていると判断できる。この更新に要する $Cost = 6$ である。

表-2 $P_{req} = 24$ の場合の MR 更新ネットワークのグラフとトータルフロート

k	始点	終点	P_k	Q_k	C_k	TF_k
[1]	①	②	10	3	8	0
[2]	①	③	5	1	2	5
[3]	②	③	0	0	0	0
[4]	②	④	14	5	6	0
[5]	③	④	14	4	6	0

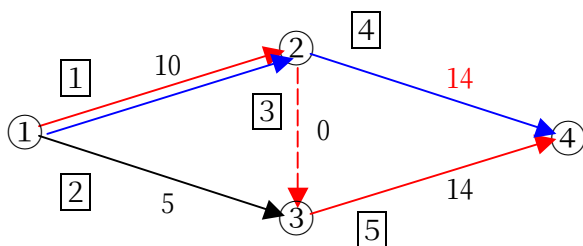


図-6 $P_{req} = 24$ の場合の MR 更新ネットワークのネットワーク図

(3) $P_{req} = 23$ の場合

$P_{CP}' \leq P_{req}$ が成立しないのでMRを実行する。MRによる更新ネットワークを表-3および図-7に示す。

$P_{req} = 24$ の場合と同様に工事[4]の工期のみが短縮されている。ただし、その短縮量は2である（表-3および図-7に赤字表示）。図-7に赤線で示すように更新ネットワークのCPが初期ネットワークのCPから変化している。その結果、全体工期 $P_{CP} = 24$ は要求値 $P_{req} = 23$ より大きく要求が満足されていない。よってGARを実行する必要ありと判断される。

対象ネットワークが小さいのでGARを実行する必要性に疑問が残るが、あくまでも提案解法の妥当性を検証するという本計算例の目的のためである。

表-1に示す初期ネットワークのグラフとトータルフロートから、工事[3]が条件1) より、工事[2]が条件2) より、それぞれ短縮対象から除外される。残る3つの短縮対象工事に対する線列のサイズは、式(2)より各々2ビッドであり、合計6ビッドの線列構成となる。

最適化ツールのGAには、著者らが開発したscsGA（交配個体選択GA）²⁾を用いた。その計算パラメータは、人口数 $N_p = 10$ 、交配個体数 $N_s = 2, 3, 4$ の3ケース、突然変異発生確率 $P_m = 0.3$ 、計算世代数 $N_G = 10$ とした。極めて小さな最適化計算であったため交配個体数 N_s によらずまったく同じ解が得られた。

GARによる更新ネットワークを表-4および図-8に示す。工事[1]、[4]の工期がそれぞれ1だけ短縮されている。全体工期 $P_{CP} = 23$ は要求値 $P_{req} = 23$ 以下であるので最適解が得られていると判断できる。この更新に要する $Cost = 14$ であった。

表-3 $P_{req} = 23$ の場合の MR 更新ネットワークのグラフとトータルフロート

k	始点	終点	P_k	Q_k	C_k	TF_k
[1]	①	②	10	3	8	0
[2]	①	③	5	1	2	5
[3]	②	③	0	0	0	0
[4]	②	④	13	5	6	1
[5]	③	④	14	4	6	0

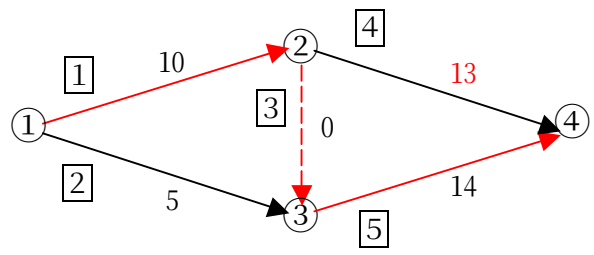


図-7 $P_{req} = 23$ の場合の MR 更新ネットワークのネットワーク図

表-4 $P_{req} = 23$ の場合の GAR 更新ネットワークのグラフとトータルフロート

k	始点	終点	P_k	Q_k	C_k	TF_k
1	①	②	9	3	8	0
2	①	③	5	1	2	4
3	②	③	0	0	0	0
4	②	④	14	5	6	0
5	③	④	14	4	6	0

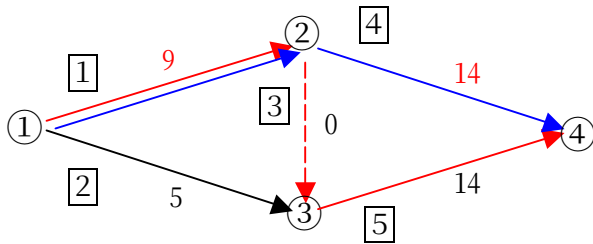


図-8 $P_{req} = 23$ の場合の GAR 更新ネットワークのネットワーク図

6.2 0914モデル：適用性の検討

提案手法の適用性を検討するためにノード数=9, 工事数=14のネットワークに対して提案手法を適用する。

初期ネットワークのグラフを表-5および図-9に示す。図-9にはCP= $\text{①} \rightarrow \text{②} \rightarrow \text{⑥} \rightarrow \text{⑩} \rightarrow \text{⑫} \rightarrow \text{⑬} \rightarrow \text{⑭}$ を赤線表示している。全体工期 $P'_{CP} = 60$ である。

表-5 初期ネットワークのグラフとトータルフロート

k	始点	終点	P'_k	Q_k	C_k	TF_k
1	①	②	10	3	2	0
2	②	③	15	5	8	0
3	②	④	10	3	4	5
4	②	⑤	10	3	6	5
5	②	⑦	20	6	10	5
6	③	⑤	0	0	0	0
7	③	⑦	5	1	8	5
8	④	⑤	0	0	0	5
9	④	⑧	10	3	4	15
10	⑤	⑥	10	3	4	0
11	⑤	⑦	5	1	8	5
12	⑥	⑦	0	0	0	0
13	⑦	⑧	10	3	5	0
14	⑧	⑨	15	5	4	0

(1) MRが有効な例： $P_{req} = 55$ の場合

$P'_{CP} \leq P_{req}$ が成立しないのでMRを実行する。MRによる更新ネットワークを表-6および図-10に示す。

工事①の工期が3, 工事⑭の工期が2短縮されている(表-6に赤字表示)。CP上の工事で1工期短縮経費が最

も小さい工事①の工期を, その可能短縮工期=3 いっぱいで短縮したうえで, やはり CP 上の工事で1工期短縮経費が2番目に小さい工事⑭を2(=5-3)だけ短縮している。CP上の工事で1工期短縮経費が小さい工事を優先して短縮するというMRのコンセプトが実現されている。

図-10に赤線で示すようにMR更新ネットワークのCPは初期ネットワークのCPから変化していない。全体工期 $P_{CP} = 55 \leq P_{req} = 55$ であるため, 最適解と判断して計

算終了している。全体工期短縮に要する $Cost = 14$ と算出される。

なお, 本計算例では, 初期ネットワークにおいてCPと2番目に長い経路= $\text{①} \rightarrow \text{⑤} \rightarrow \text{⑬} \rightarrow \text{⑭}$ とが工事①, ⑬および⑭で共通であるため, $44 \leq P_{req} \leq 55$ の範囲でMRが有効であり, GARを必要としない。

表-6 $P_{req} = 55$ の場合の MR 更新ネットワークのグラフとトータルフロート

k	始点	終点	P_k	Q_k	C_k	TF_k
1	①	②	7	3	2	0
2	②	③	15	5	8	0
3	②	④	10	3	4	5
4	②	⑤	10	3	6	5
5	②	⑦	20	6	10	5
6	③	⑤	0	0	0	0
7	③	⑦	5	1	8	5
8	④	⑤	0	0	0	5
9	④	⑧	10	3	4	15
10	⑤	⑥	10	3	4	0
11	⑤	⑦	5	1	8	5
12	⑥	⑦	0	0	0	0
13	⑦	⑧	10	3	5	0
14	⑧	⑨	13	5	4	0

(2) GARを必要とする例： $P_{req} = 42$ の場合

$P'_{CP} \leq P_{req}$ が成立しないのでMRを実行する。MRによる更新ネットワークを表-7および図-11に示す。表-7では短縮された工事の工期を赤字表記している。

工事①, ②, ⑩, ⑬, ⑭の工期がそれぞれ3, 4, 3, 3, 5短縮されている, 工事①, ⑩, ⑬, ⑭ではそれぞれの短縮可能工期がフルに短縮されている。その合計は14で, $P'_{CP} - P_{req} = 60 - 42 = 18$ に対して4不足するので

工事②を4だけ工期短縮している。その全体工期短縮に要する $Cost = 85$ 。

しかし, 図-11に赤線で示すようにMRによる更新ネットワークのCP= $\text{①} \rightarrow \text{⑤} \rightarrow \text{⑬} \rightarrow \text{⑭}$ は初期ネットワークの

表-7 $P_{req}=42$ の場合の MR 更新ネットワークのグラフとトータルフロート

k	始点	終点	P_k	Q_k	C_k	TF_k
1	①	②	7	3	2	0
2	②	③	11	5	8	2
3	②	④	10	3	4	3
4	②	⑤	10	3	6	3
5	②	⑦	20	6	10	0
6	③	⑤	0	0	0	2
7	③	⑦	5	1	8	4
8	④	⑤	0	0	0	3
9	④	⑧	10	3	4	7
10	⑤	⑥	7	3	4	2
11	⑤	⑦	5	1	8	4
12	⑥	⑦	0	0	0	2
13	⑦	⑧	7	3	5	0
14	⑧	⑨	10	5	4	0

CP と異なるものとなり、全体工期 $P_{CP} = 44 > P_{req} = 42$ から工期短縮の要求は満足されていない。よって、GAR を実行する必要がある。

本計算例では、初期ネットワークの全体工期 $P_{CP}' = 60$

に対して要求値 $P_{req} = 42$ と 30%ものかなり大幅な工期短縮をめざしているため条件 2) に合致する工事は存在せず、条件 1)に該当するダミーを除く 11 工事が GAR における短縮対象となり、線列の節約効果は期待ほどではなかった。scsGA の計算パラメータには、人口数 $N_p=50$ 、交配個体数 $N_s=5,6,\dots,10$ の 6 ケース、突然変異発生確率 $P_m=0.4$ 、計算世代数 $N_G=50$ を用いた。

scsGA による最適化計算結果として、表-8 に最適化計算に用いた交配個体数 N_s ごとにそれぞれの最良解を示す。すなわち、最上段に目的関数 $Cost$ 値、以下短縮対象工事番号 (□数字) に対応する短縮工期量 ΔP_k 値である。

$N_s=5,7,8$ の 3 ケースで目的関数 $Cost$ を最小にする解 ($Cost=105$) が得られている。この解を GAR による更新ネットワークとして表-9 および図-12 に示す。表-9 において赤字表記の工期は短縮された工期を示している。図-12 に赤線および青線表示したように CP は 2 経路出現した。CP= $\boxed{1} \rightarrow \boxed{2} \rightarrow \boxed{6} \rightarrow \boxed{10} \rightarrow \boxed{12} \rightarrow \boxed{13} \rightarrow \boxed{14}$ と CP= $\boxed{1} \rightarrow \boxed{5} \rightarrow \boxed{13} \rightarrow \boxed{14}$ である。いずれの CP でも全体工期 $P_{CP} = 42$

$\leq P_{req} = 42$ であり、最適解が得られていると判断できる。

本計算例では GAR 実行時に計算負荷の軽減と最適解探索能力の維持の両立を図るため、人口数 $N_p=50$ を用いた。この点に関しては、ネットワーク規模、短縮対象工事数や短縮可能工期などに影響されると考えられるので、さ

らに大きなネットワークへの適用例による検討が必要である。

しかし、ノード数=9、工事数=14 の本計算例程度のネットワークでも、GAR を実行するような条件の場合の最適解を他の手法で求めることはかなり困難であることから、提案手法の有用性の確認という点においては十分な成果と評価することができる。

表-8 $P_{req}=42$ の場合の scsGA による最適化計算結果

	交配個体数 N_s					
	5	6	7	8	9	10
$Cost$	105	113	105	105	109	123
1	3	3	3	3	3	3
2	4	4	4	4	4	4
3	0	0	0	0	1	2
4	0	0	0	0	0	0
5	2	2	2	2	2	3
7	0	1	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	3	3	3	3	3	3
11	0	0	0	0	0	0
13	3	3	3	3	3	3
14	5	5	5	5	5	5

表-9 $P_{req}=42$ の場合の GAR 更新ネットワークのグラフとトータルフロート

k	始点	終点	P_k	Q_k	C_k	TF_k
1	①	②	7	3	2	0
2	②	③	11	5	8	0
3	②	④	10	3	4	1
4	②	⑤	10	3	6	1
5	②	⑦	18	6	10	0
6	③	⑤	0	0	0	0
7	③	⑦	5	1	8	2
8	④	⑤	0	0	0	1
9	④	⑧	10	3	4	5
10	⑤	⑥	7	3	4	0
11	⑤	⑦	5	1	8	2
12	⑥	⑦	0	0	0	0
13	⑦	⑧	7	3	5	0
14	⑧	⑨	10	5	4	0

7. まとめ

本論文では、CP解析をベースとし、工事工期を短縮することにより (ネットワーク構造を変更しないで) 全体工期が要求値以下となるようなネットワークのうち、最も変更費用が小さいものを求めるというネットワーク更新問題を設定し、その一解法を提案した。

提示した解法はCP解析の特性を活用したものであり、

CP上の工事のみでなくネットワーク全体を短縮対象とする場合の最適化ツールに遺伝的アルゴリズムGAを用い、さらには短縮対象からの除外ルールを導入した。

2つの数値計算例により、提示した解法の妥当性と適用性を検証することができた。

参考文献

- 1) 飯田恭敬:土木計画システム分析—最適化編—,森北出版,1991.
- 2) Mihara,T.,Chijiwa,H. and Ohta,T.:On the efficiency of GA with selecting the crossing strings for the Discrete Optimal Problems, Proceedings of International Symposium on Optimization and Inovative Design, #105,1997.

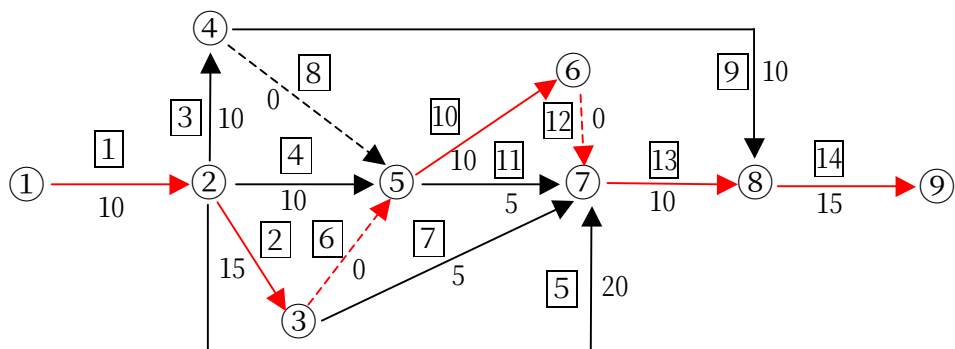


図-9 0914 モデル：初期ネットワークのネットワーク図

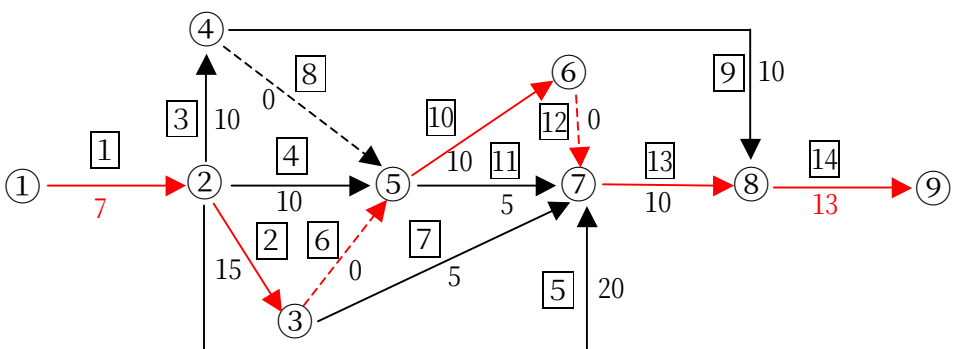


図-10 0914 モデル： $P_{req} = 55$ の場合の MR 更新ネットワークのネットワーク図

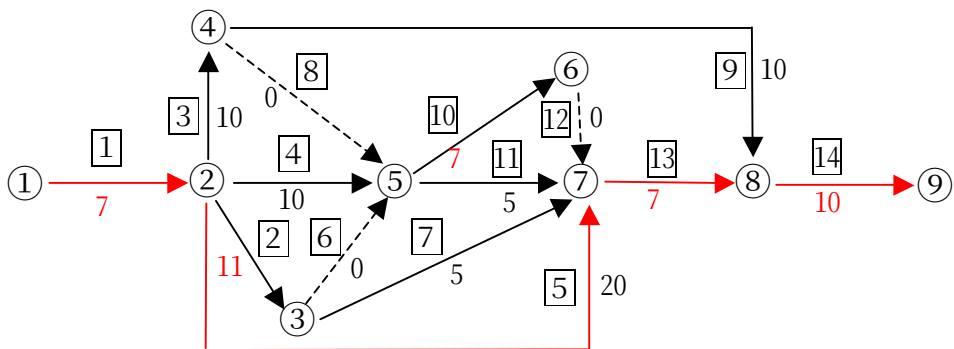


図-11 0914 モデル： $P_{req} = 42$ の場合の MR 更新ネットワークのネットワーク図

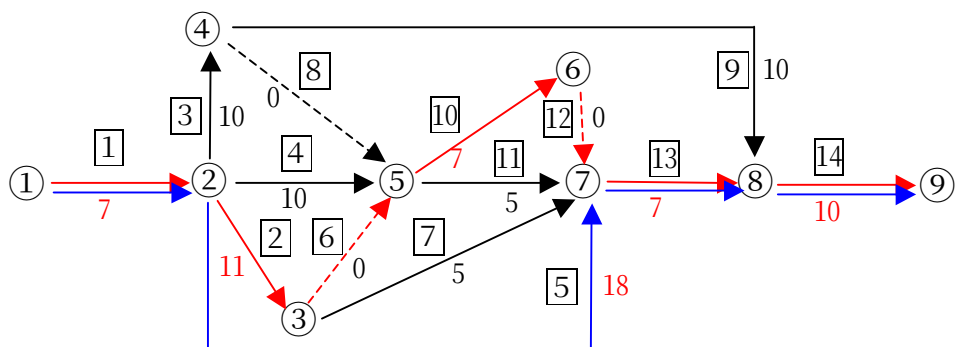


図-12 0914 モデル： $P_{req} = 42$ の場合の GAR 更新ネットワークのネットワーク図

