

## グループ内の施工パターンを内生化した道路整備の優先順位決定手法に関する研究

A method for determining the groups of road segments to be constructed, the priority between them and the construction order of road segments within each group considering the disutility under construction

田上 博\*・清田 勝\*\*・樗木 武\*\*\*

Hiroshi Tanoue, Masaru Kiyota, Takeshi Chishaki

### 1. はじめに

従来の最適ネットワーク計画問題では、ネットワーク完成時の評価基準を最適にすることに主眼がおかれ、工事による交通混雑の影響や容量増加による総走行時間の短縮量などの影響はあまり考慮されてこなかった。しかし、慢性的な交通混雑を呈している市街地を対象にして工事を行う場合には、工事によってさらに大きな交通渋滞を引き起こし、交通が完全にマヒしてしまうため、対象とする多数の工事区間を同時に施工することは困難である。また、道路整備や道路工事などの公共投資の予算も、単年度で与えられることは希で、複数年に分けて配分されるのが一般的である。したがって、道路整備や道路工事の優先順位を決定する問題は、ネットワーク完成時の総走行時間の短縮量を最大にするという視点に加えて、工事中に生じる総走行時間の増加量と整備による総走行時間の短縮量の和の総和を最大にするという視点が必要になる。

道路整備の優先性を考慮した研究としては、飯田の研究<sup>1)</sup>をはじめ多数の研究があるが<sup>2)~5)</sup>、工事期間中に生じる交通混雑の影響や容量増加による総走行時間の短縮量などの影響を考慮した研究は極めて少ない<sup>6)~8)</sup>。田村等は、ダーウィンの自然淘汰説を基本概念とし、繁殖・淘汰・交叉・突然変異を基本オペレータとした遺伝的アルゴリズム(GA)を用いた計算手法を提案している。この計算手法は近似解法で、最適解が得られない場合もあるが、実用面では極めて

有効な手法であると言える。吉崎は、整備効果(効用)を道路整備による時間短縮量で表し、効用の総和を最大にするためには、どのような順序で道路整備を進めるべきかを決定する手法を提案している。著者等は、工事に伴って生じる交通混雑に着目し、工事期間中の混雑をできるだけ抑えながら、整備の効果を最大にするためには工事区間をどのようなグループに分けて、どのような順序で整備するのが最も効果的かを決定する手法を提案している。

これら一連の研究は、『各期で選ばれる工事区間の施工日数はすべて同一で、同時に施工する』という仮定に基づいて定式化を行っている。しかし、実際には工事区間の施工日数は、各期に与えられた日数よりも少ない場合が多く、必ずしも同時に施工する必要はない。例えば、第 $n$ 期で工事する3本の工事区間の施工日数が第 $n$ 期で与えられた日数の $1/3$ である場合、各工事区間を1本ずつ施工する方が、3本同時に施工する場合よりトータルの走行時間の短縮量が大きくなる場合がある。

そこで、本研究では、各期で施工する工事区間の組み合わせとその優先順位を決定するだけでなく、グループ内の工事区間の施工パターンをも同時に決定できる手法(厳密解法)を提案する。さらに、GAと比較して制御パラメータの数が少なく、速い収束特性を持つ確率的スキーマ手法SSE(Stochastic Schemata Exploiter)を適用した近似解法を提案し、その有用性を検証する。

### 2. グループ内の施工パターンの考え方

第 $n$ 期で3本のリンク(A, B, C)を工事する場合の施工パターンを考えてみよう。いま、各工事区間の施工日数を第 $n$ 期の日数の $1/3$ と仮定すると、大きく

キーワード：道路整備、SSE、GA、優先順位

\* 正会員 佐賀大学理工学部建設工学科

\*\* 正会員 工博 佐賀大学理工学部建設工学科

〒840 佐賀市本庄町1

☎ 0952-24-5191, FAX: 0952-29-440

\*\*\*正会員 工博 九州大学工学部建設都市工学科

〒812 福岡市東区箱崎6-10-1

☎ 092-641-1101, FAX: 092-651-019

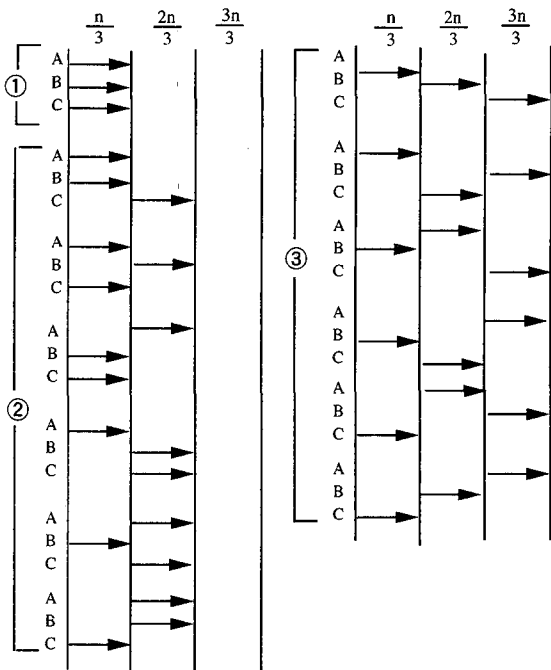


図-1 施工パターンの例

3つの施工パターンが考えられる。

### (1) 3本同時に施工するパターン

第 $n$ 期をさらに3分割し、それぞれの部分を第 $n/3$ 、第 $2n/3$ 、第 $3n/3$ で表すと、3本を同時に施工するパターンとしては、以下の3通りが考えられる。

(A B C, -, -), (-, A B C, -)

(-, -, A B C)

しかし、工事が終了し、供用が開始された時点で総走行時間が短縮されるので、3本の工事区間を同時に工事する場合には、第 $n/3$ 期で工事の方が第 $2n/3$ 期、第 $3n/3$ 期で工事するよりも総走行時間の短縮量が大きくなる。したがって、この場合は、図-1の①に示すような一つの施工パターンだけを考えればよいことになる。

### (2) 2本と1本に分けて施工するパターン

この場合の施工パターンとしては、次の18通りが考えられる。

(A B, C, -), (A B, -, C), (A C, B, -)

(A C, -, B), (B C, A, -), (B C, -, A)

... (A, -, B C), (-, A, B C)

しかし、(-, A B, C)のように第 $n/3$ 期で工事を行

わないパターンの総走行時間の短縮量は、第 $n/3$ 期で工事を行うパターン(C, A B, -)の短縮量よりも必ず小さくなる。同様に、(A B, -, C)のように第 $2n/3$ 期で工事を行わない施工パターンの総走行時間の短縮量も、リンクCを第 $2n/3$ 期で施工するパターン(A B, C, -)の短縮量よりも小さくなる。したがって、考慮すべき施工パターンは、図-1の②に示す6通りになる。

### (3) 1本ずつ施工するパターン

この場合の施工パターンとしては、次の6通りが考えられる。

(A, B, C), (A, C, B), (B, A, C)

(B, C, A), (C, A, B), (C, B, A)

第 $n$ 期で候補に挙がったグループ(工事区間A, B, C)の組み合わせとして27通りが考えられるが、結果的には図-1に示す13通りのパターンに絞り込まれることになる。

なお、各期で施工するリンクが多くなると施工パターンが増加し、計算量が増大する。このような場合は、飯田等の研究<sup>13)</sup>のように予め複数のリンク特性を設定し、これらの指標ごとに問題となるリンクを拾い出し、道路整備の代替案を作成するのが適当である。

## 3. 動的計画法による定式化

本モデルは、各グループとその優先順位を決定する部分と各グループ内の施工パターンを決定する2つの部分から構成される。

各グループとその優先順位を決定する問題の解法については、著者等<sup>7)</sup>が既に発表しているので概略を示すにとどめ、各グループ内の施工パターンを決定する問題の解法について述べることにする。

いま、OD交通量と各期で投資できる予算が与えられている場合に、M本の道路をN期( $n=1 \sim N$ )で工事する問題の定式化を考える。工事前の総走行時間を基準にした場合の総走行時間の短縮量の変化の状態は、各グループ内の施工パターンを考慮すると図-2のように描かれる。工事が終了しているとき1、未着工の時0をとる変数 $x_j$ を導入すると、各工事区間の整備状況はM個の0-1変数の組み合わせで表現することができる。道路区間jの工事費用を $C_j$ で、第1期から第

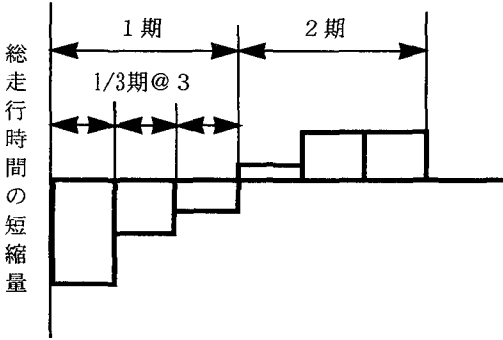


図-2 総走行時間の短縮量の変化の状態

$n$ 期までに投資できる予算のトータルを $T_n$ で表すと、第 $n$ 期で可能なネットワーク状態を表すベクトル $x=(x_1, x_2, \dots, x_M)$ は、次の予算制約を満足しなければならない。

$$\begin{aligned} \sum C_j x_j &\leq T_1 & (n=1) \\ T_{n-1} &< \sum C_j x_j \leq T_n & (n=2 \sim N) \end{aligned} \quad (1)$$

予算制約式を満足する最大組み合わせベクトル $x$ の集合を $X_n$ で表すと、第 $n$ 期までの総走行時間の短縮量の最大値 $V_n(x)$ は、ベルマンの最適性の原理から以下のように表わすことができる。

$$\begin{aligned} V_n(x) &= \max_{y \in Y_{n-1}} \{V_{n-1}(y) + U_n(z)\} & (n=2 \sim N) \\ V_1(x) &= U_1(z) \\ Y_{n-1} &= \{y | x \geq y, y \in X_{n-1}\}, z = 2y - x \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、 $z$ は工事の進行状態（-1：工事中，0：未着工，1：供用中）を表わすベクトルで、-1が入っている要素の集合が第 $n$ 期で施工される工事区間のグループとなる。

$U_n(z)$ は第 $n$ 期で工事されるグループを最適な施工パターンで工事した場合の総走行時間の短縮量で、3本のリンクA，B，Cを施工する簡単な例題を挙げてその求め方を説明することにする。

第 $n/3$ 期で考えられる工事区間の組み合わせベクトルの集合を $A_1$ で表すとき、 $\alpha (\in A_1)$ に対する総走行時間

の短縮量の最大値は、次の再帰方程式から求めることができる。

$$V_1(\alpha) = U_1(\gamma)$$

なお、第1期の場合は $\beta = 0$ となるので、 $\gamma = 2\beta - \alpha = -\alpha$ と表される。

$$A_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \quad V_1(\alpha) = \begin{bmatrix} V_1(\alpha^1) \\ V_1(\alpha^2) \\ V_1(\alpha^3) \\ V_1(\alpha^4) \\ V_1(\alpha^5) \\ V_1(\alpha^6) \\ V_1(\alpha^7) \end{bmatrix}$$

第 $2n/3$ 期までに施工する工事区間の組み合わせベクトルの集合を $A_2$ で表すとき、 $\alpha (\in A_2)$ に対する総走行時間の短縮量の最大値は、次の再帰方程式から求めることができる。

$$\begin{aligned} V_2(\alpha) &= \max_{\beta \in B_1} \{V_1(\beta) + U_2(\gamma)\} \\ B_1 &= \{\beta | \beta \leq \alpha, \beta \in A_{n-1}\}, \gamma = 2\beta - \alpha \end{aligned}$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \quad V_2(\alpha) = \begin{bmatrix} V_2(\alpha^1) \\ V_2(\alpha^2) \\ V_2(\alpha^3) \\ V_2(\alpha^4) \\ V_2(\alpha^5) \\ V_2(\alpha^6) \\ V_2(\alpha^7) \\ V_2(\alpha^8) \end{bmatrix}$$

例えば、 $\alpha^5 = (110)$ に対応する $V_2(\alpha^5)$ は次のように求めることができる。

$$\begin{aligned} V_2(\alpha^5) &= V_2(110) \\ &= \max \begin{bmatrix} V_1(000) + U_2(-1-1-0) \\ V_1(100) + U_2(1-1-0) \\ V_1(010) + U_2(-11-0) \\ V_1(110) + U_2(11-0) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

ベクトル $\alpha (\in A_2)$ に対して $V_2(\alpha)$ を計算し、ベクトル $\alpha$ および $V_2(\alpha)$ を格納する。

第3n/3期までにすべての工事が終了すると仮定しているため、第3n/3期のベクトル $\alpha$ の要素はすべて1になっていなければならない。したがって、第3期の再帰方程式は次式ようになる。

$$V_3(\alpha) = V_3(111) \\ = \max \begin{bmatrix} V_2(000) + U_3(-1-1-1) \\ V_2(100) + U_3(1-1-1) \\ \dots\dots\dots \\ V_2(111) + U_3(111) \end{bmatrix}$$

次に、以上の計算結果から最適な施工パターンを探索する。もし、 $V_3(111) = V_2(111) + U_3(000)$ が成り立つならば、第2n/3期の状態ベクトルは $\alpha = (111)$ で、第2n/3期までにすべての工事を終了していなければならないことになる。次に、第2n/3期で格納したベクトルの集合 $A_2$ の中から $\alpha = (111)$ を探索する。例えば、 $V_2(\alpha) = V_2(110) + U_2(11-1)$ ならば、第2n/3期でリンクCを第n/3期でリンクAとBを工事する施工パターンが最良な政策であることがわかる。

#### 4. SSEによる近似解法

##### (1) SSEアルゴリズムの特徴

相澤<sup>10)</sup>は、GAの特徴である集団型の探索処理に着目し、GAと同様の処理を効率よく実現する確率的スキーマ手法(SSE: Stochastic Schemata Exploiter)を提案している。SSEの特徴は、表-1に示すようにGAと同様な処理を、より制御パラメータの少ない機構で効率よく実現するアルゴリズムである。具体的には、局所探索にスキーマ貪欲手法を、大域的探索に突然変異を適用した単純な制御機構となっている。そのためGAに比較して高速な処理が可能となっている。

##### (2) スキーマ貪欲な探索アルゴリズム<sup>11)</sup>

スキーマ貪欲法とは、「既存のスキーマの中で、サンプル平均の良いスキーマをさらにサンプルすること」と定義されている。すなわち、評価関数の平均値が大きく、分散が小さいスキーマを選択しやすくする性質を利用したものである。GAではサンプル平均の劣るスキーマをもつ線列も少しは次世代に残るような操作

表-1 探索アルゴリズムの特徴<sup>10)</sup>

|     | 局所探索   | 大域探索 | 制御パラメータ                                           |
|-----|--------|------|---------------------------------------------------|
| GA  |        |      | 交叉率<br>突然変異率<br>適合度の<br>スケーリング<br>世代交代率<br>集団の大きさ |
| SSE | スキーマ貪欲 | 突然変異 | 突然変異率<br>集団の大きさ                                   |

をしているが、スキーマ貪欲法ではサンプル平均の良いものだけを次世代に残すような選択を行っている。

本論文で利用したスキーマ貪欲法のアルゴリズムを以下に簡単に説明する。

M個の線列と施工パターンが与えられたときに、その評価値を求める。評価値の高い順番に並べられた評価値を $f(x_1) > f(x_2) > \dots > f(x_M)$ と表し、対応するスキーマを $C_1, C_2, \dots, C_M$ とすると、最良の線列は $C_1$ に対応する $x_1$ ということになる。2番目に位置づけられる線列は、次式で示される半順序関係を用いて決定される。

$$\frac{f(x_1) + f(x_2)}{2} > f(x_2) \quad (3)$$

すなわち、上位の部分集合に含まれる線列から共通のスキーマを取り出し、残りの共通でないスキーマに対しては、ランダムにスキーマを発生させ、これらを結合させて新たな線列を作成する。

本論文では、以下の例に示すようにスキーマを10進数で取り扱うことにする。例えば、評価量の高い順に線列A、Bが与えられ、式(3)の半順序関係を満足するスキーマの集合が{A}、{A、B}と求められたときに、2番目の線列を次のような操作で求める。

線列A 3 6 5 2 4 1  
線列B 4 6 5 3 2 1  
\* 6 5 \* \* 1

線列A、Bの共通でないスキーマ $C_1, C_4, C_5$ (\*: ワイルドカード)に対してそれぞれ乱数を発生させ、乱数の小さい順(または大きい順)に並び替える。いま、スキーマ $C_1, C_4, C_5$ に対応する乱数をそれぞれ0.459, 0.213, 0.642と仮定すると、スキーマは次のように並び替えられる。

$C_1(4) \cdots 0.459$ 
 $C_4(3)$

$C_4(3) \cdots 0.213$ 
並び替え  $\Rightarrow C_1(4)$

$C_5(2) \cdots 0.642$ 
 $C_5(2)$

このスキーマをワイルドカードの左側から順に挿入して2番目の線列Bを求める。このような一連の操作を行うと、2番目に良い線列として次のような線列が求められることになる。

線列B

(3) 6 5 (4) (2) 1

なお、収束の判定は、M個の線列とも共通でないスキーマが発生しなくなったときとする。

### (3) S S Eによる近似解法の手順

S S Eによる近似解法の手順を示すと次のようになる。

STEP1 乱数を発生させて、各期の予算制約を満たす線列の集合を作成する。

STEP2 各線列に対して、第2章の方法を用いて各期ごとの最適な施工パターンと評価値（総走行時間の短縮量）を求める。

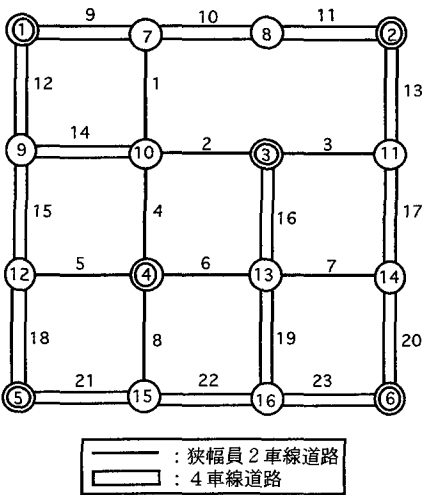
STEP3 評価値の高い順に線列を並び替え、S S Eアルゴリズムを用いて、工事区間の組み合わせと優先順位およびグループ内の施工パターンを決定する。

## 5. モデルネットワークへの適用

### (1) 厳密解法の検討

本研究では、図－3に示すような道路網を対象にして、8本の狭幅員2車線道路を段階的に4車線道路に拡幅整備する問題を考える。工期を3期、各期までに投資可能な予算の累積値を2，5，8単位コストとする。工事区間の施工日数は、一般には整備区間によって異なっているが本例では全区間とも各期の日数の1/3と仮定した。総走行時間の短縮量の計算に当たっては、予め与えられたOD交通量を等時間配分し、そのときのフローから求めることにした。

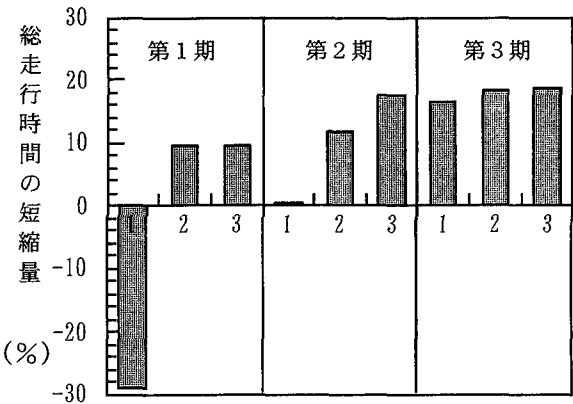
表－3および図－4は、各期の整備対象グループと施工パターン及び総走行時間の短縮量を示したものである。第1期の整備対象グループは、工事区間3，6で、初めの第1/3期で2本のリンクを同時に施工するという施工パターンが得られている。リンク容量が増



図－3 モデルネットワーク

表－2 OD表

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 0   | 500 | 400 | 400 | 500 | 700 |
| 2 | 400 | 0   | 300 | 300 | 250 | 500 |
| 3 | 300 | 500 | 0   | 200 | 300 | 450 |
| 4 | 400 | 200 | 150 | 0   | 300 | 400 |
| 5 | 600 | 200 | 250 | 300 | 0   | 550 |
| 6 | 650 | 500 | 400 | 450 | 600 | 0   |



図－4 総走行時間の短縮量の変化

加せず、工事だけが実施されるので総走行時間は工事前の総走行時間より約30%も大きくなっている。しかし、第2/3期からはすでに工事の終了している道路区間が供用されるので、総走行時間は工事前より9.4%短縮

表－３ 厳密解法と近似解法の計算結果

| 項 目    | 工<br>期 | 施工パターン |      |      | 走行時間期の短縮量<br>(%) |      |      | 世<br>代<br>数 | 交叉<br>確率 | 突然変<br>異確率 | 計算<br>時間<br>(秒) | 探索率<br>(%) |
|--------|--------|--------|------|------|------------------|------|------|-------------|----------|------------|-----------------|------------|
|        |        | 1/3期   | 2/3期 | 3/3期 | 1/3期             | 2/3期 | 3/3期 |             |          |            |                 |            |
| 厳密解    | 1      | 3,6    |      |      | -29.2            | 9.4  | 9.4  |             |          |            | 17421           |            |
|        | 2      | 1,4    | 2    |      | 0.5              | 11.7 | 17.6 |             |          |            |                 |            |
|        | 3      | 7,8    | 5    |      | 16.5             | 18.2 | 18.5 |             |          |            |                 |            |
| SSE-10 | 1      | 3,6    |      |      | -29.2            | 9.4  | 9.4  | 17          |          | 0.01       | 1348            | 100        |
|        | 2      | 1,4    | 2    |      | 0.5              | 11.7 | 17.6 |             |          |            |                 |            |
|        | 3      | 7,8    | 5    |      | 16.5             | 18.2 | 18.5 |             |          |            |                 |            |
| SSE-20 | 1      | 3,6    |      |      | -29.2            | 9.4  | 9.4  | 7           |          | 0.01       | 1274            | 100        |
|        | 2      | 1,4    | 2    |      | 0.5              | 11.7 | 17.6 |             |          |            |                 |            |
|        | 3      | 7,8    | 5    |      | 16.5             | 18.2 | 18.5 |             |          |            |                 |            |
| GA-10  | 1      | 6,7    |      |      | -23.0            | 7.6  | 7.6  | 13          | 0.9      | 0.01       | 1099            | 92         |
|        | 2      | 1,4    | 3    |      | -1.3             | 11.3 | 16.5 |             |          |            |                 |            |
|        | 3      | 2,8    | 5    |      | 11.9             | 18.2 | 18.5 |             |          |            |                 |            |
| GA-20  | 1      | 2,1    |      |      | -22.0            | 7.2  | 7.2  | 20          | 0.9      | 0.01       | 3439            | 81         |
|        | 2      | 3,6    | 5    |      | -17.1            | 14.8 | 16.8 |             |          |            |                 |            |
|        | 3      | 8,7    | 4    |      | 14.8             | 18.5 | 18.5 |             |          |            |                 |            |

される。第２期の整備対象グループは工事区間１，２，４で，この場合は第１/３期に工事区間１，４の２本を，第２/３期で工事区間２を整備するパターンになっている。総走行時間の短縮量は，第１期で工事区間３，６が完成し，リンク容量が増加しているので，リンク１，４を工事する場合においても，現状とほぼ同じサービス水準が維持されている。第２期の工事が終了した時点で，総走行時間は約１８％短縮されることになる。第３期で，残りの工事区間５，７，８が整備されることになる。この場合の施工パターンは，第１/３期に７，８，第２/３期で工事区間５を工事するパターンになっており，工事がすべて終了した時点で，総走行時間が１８.５％短縮される。

## (２) 近似解法の検討

ＳＳＥ法の有用性を検証するために，ＤＰを用いた厳密解法および単純ＧＡを用いた近似解法と比較検討を行った。なお，ＧＡとＳＳＥを同じ条件で比較できるように，予備実験の結果を踏まえ，パラメータとし

て次のような値を採用した。突然変異には，ランダムに１点突然変異を適用し，その確率を０.０１，交叉確率を０.９と設定した。また，交叉と突然変異は，予算制約条件を満足するグループの部分集合間で行うことにする。選択にはエリート保存戦略を用い，乱数の初期値にはいずれのケースも同じ値を用いることにした。また，いくつかの類似したネットワークを対象にモデル計算をした結果，同一解が続けて１０個得られるか，２０世代に達する前に最適解に収束することが明らかになったので，とりあえず本ケースにおいてもこの基準を採用することにした。

適応度関数には式（４）に示す関数を用いることにした。

$$F = \text{Max } \sum \{ \text{施工順序内生化による総走行時間の短縮量} \} \quad (4)$$

厳密解，ＳＳＥ，ＧＡの計算結果を示すと表－３のとおりである。ＳＳＥ－１０，ＳＳＥ－２０は，個体数

をそれぞれ10, 20に設定して, SSEを適用したケースを示している. ここで, 探索率とは, 近似解法 (SSE,GA) を適用した場合と厳密解法 (DP) を適用した場合の総走行時間の短縮量の総和の比を表す.

本研究で適用したSSEを用いると, 個体数10, 20個とも最適解の速度は厳密解の約13倍になっている. 収束は個体数が10個の場合は17世代で, 個体数が20個の場合は7世代で収束している. この結果より, スキーマ貪欲な探索アルゴリズムは, 局部的探索・大域的探索とも効率的に機能していると言えよう. GAモデルでは, 最適解を得ることができなかったが, 総走行時間の短縮量のトータルの探索率は個体数が10個の場合約92%, 20個の場合約81%であり良好な結果が得られている.

以上の結果から, SSEがGAよりも収束性や探索率の面から優れていると言える.

## 6. おわりに

工事区間の組み合わせとその優先順位を決定するだけでなく, グループ内の施工パターンをも同時に決定できる厳密解法と近似解法を提案し, その有用性を検証した.

本研究で得られた主な結論と今後の課題を要約すると以下のとおりである.

(1) 施工パターンを生内化することで, より現実に近い道路整備の計画手法を提案することができた.

(2) SSEによる近似解法は, GAを用いた手法よりも収束率がよく, 計算効率も優れていることが判った.

(3) 道路工事計画が長期に渡り, OD交通量が変動する場合には, 総走行時間の計算に当って, 需要変動型の交通均衡配分を用いる必要がある.

(4) 本研究では, 工事の形態を「全面通行止め」と仮定しているが, 実際には「交互通行」や「一方通行」として工事されることが多い. したがって, 工事形態を同時に決定できるようにモデルを拡張する必要がある.

(5) 近似解法で適用したSSEやGAは, 適用目的にあうようにハイブリッド化することによって, さらに精度を上げることが可能であると考えられる.

## 参考文献

- 1) 飯田恭敬: 最適ネットワークの構成手法, 土木学会論文報告集, No. 241, pp135~144, 1975
- 2) 西村昂・日野泰雄: 最適ネットワークに関する一考察, 土木学会論文報告集, No. 250, pp85~97, 1976
- 3) 枝村俊郎・森津秀夫: 最適交通ネットワーク問題の厳密解法と近似解法, 土木学会論文報告集, No. 262, pp113~127, 1977
- 4) 朝倉康夫: 交通混雑を考慮した最適道路網計画モデルとその適用, 土木計画学研究・論文集, No. 2, pp157~164, 1985
- 5) 吉崎収: 道路整備優先順位決定手法の検討, オペレーションズ・リサーチ, No. 3, pp223~225, 1985
- 6) 田村亨・杉本博之・上前孝之: 遺伝的アルゴリズムの道路整備優先順位決定問題への適用, 土木学会論文集, No. 482/IV-22, pp37~46, 1994
- 7) 清田勝・田上博・角知憲・出口近士: 工事による混雑を考慮した道路整備のグループ化とその優先順位に関する研究, 土木学会論文集, No. 494/IV-24, pp63~70, 1994
- 8) 米澤保雄: 遺伝的アルゴリズム進合理論の科学, 森北出版, 1993
- 9) 北野宏明: 遺伝的アルゴリズム, 産業図書, 1993
- 10) 北野宏明: 遺伝的アルゴリズム (2), 産業図書, 1995
- 11) 相澤彰子: スキーマ貪欲な遺伝的探索アルゴリズムの構成, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J 78 D II No. 1, pp94-104, 1995
- 12) 高山純一・石井信通: GAによるグラフ分割を用いた部分グラフ集約化による全点間信頼度の近似解法, 土木計画学研究・講演集, No.17, 1995
- 13) 飯田恭敬・高山純一・安居邦夫・小田満広: 道路整備区間の選択基準とその評価に関する研究, 第20回日本都市計画学会学術研究論文集, pp277~282

---

## グループ内の施工パターンを内生化した道路整備の優先順位決定手法に関する研究

田上 博・清田 勝・樗木 武

道路整備の優先順位決定問題は、各期の工事区間の施工日数はすべて同一で、同時に施工するという仮定に基づいて定式化が行われている。しかし、実際の工事区間の施工日数は、各期に与えられた施工日数よりも短い場合が多く、必ずしも同時に施工する必要はない。

そこで、本研究では、各期で施工する工事区間の組み合わせとその優先順位を決定するだけでなく、グループ内の工事区間の施工パターンをも同時に決定できる厳密解法（DP）と近似解法（SSE）を提案し、その有用性を検証した。

---

## A METHOD FOR DETERMINING THE GROUPS OF ROAD SEGMENTS TO BE CONSTRUCTED, THE PRIORITY BETWEEN THEM AND THE CONSTRUCTION ORDER OF ROAD SEGMENTS WITHIN EACH GROUP CONSIDERING THE DISUTILITY UNDER CONSTRUCTION

Hiroshi Tanoue, Masaru Kiyota, Takeshi Chishaki

This paper describes two methods to determine the groups of road segments to be constructed, the priority between them and the construction order of road segments within each group considering the disutility under construction. The dynamic programming and stochastic schemata exploiter method are utilized for optimization procedure. The mathematical modeling and solution technique are emphasized. An example problem is included and illustrated for showing the applicability of the proposed methods. The results indicate that the methods are useful for the multi-stage determination problems such as the road network planning.

---