

工事形態を考慮した工事リンクのグループ化とその優先順位

佐賀大学理工学部 正員 田上 博
 同 上 正員 清田 勝
 九州大学工学部 正員 横木 武

1. はじめに

道路整備の優先順位を決定する問題では、工事形態を一様に『全面通行止め』と仮定して定式化を行っている。しかし、ネットワークの状態や交通量等によっては、『全面通行止め』で工事をするよりも『片側交互通行』や『片側一方通行』で工事をした方がよい場合がある。

しかし、これまで提案されている手法（動的計画法や遺伝的アルゴリズム）では1),2),3),4)、工事の進行状況を0-1変数の組み合わせで表すか、リンク番号の線列で表しているので、工事区間を方向別の有向リンクで表現したとしても、『全面通行止め』と『片側一方通行』の2つの工事形態しか取り扱うことができず、このような表現方法では、

『片側交互通行』という三番目の中間的な工事形態を考慮することができない。

そこで、本研究では、『全面通行止め』、『片側一方通行』および『片側交互通行』の3つの工事形態を表現できるように、工事の進行状況を表す変数に加えて、新たに工事形態を表す変数を導入する。これらの変数を導入すれば、全面通行止めの場合と同じように定式化することができ、総走行時間の短縮量の総和を最大にする工事区間の組み合わせと優先順位および工事形態を動的計画法を用いて同時に決定することが可能である。

2. 工事形態とリンク容量の関係

すべての工事区間を『全面通行止め』で工事する場合は、工事により両方向の通行が完全に遮断されるので、工事区間を方向別の有向リンクで表す必要はない。しかしながら、『全面通行止め』や『片側一方通行』、『片側交互通行』等の工事形態を考慮する場合には、工事区間 i ($i=1, 2, \dots, M$) をペアをなす2つの有向リンク $(2i-1)$ と $2i$ で置き換える、これらのリンクがどのような形態で工事されるかを表現する必要がある。

工事区間 i が『全面通行止め』で工事される場合は、図-1(a)に示すようにペアをなすリンク $(2i-1)$ と $2i$ が同時に工事されるので、両リンクのリンク容量は共に0になる。一方、片側のリンク（例えば、 $2i-1$ ）だけが工事される場合は、もう一方のリンク $2i$ は使用可能で、その時の利用形態としては『一方通行』と『交互通行』が考えられる。も

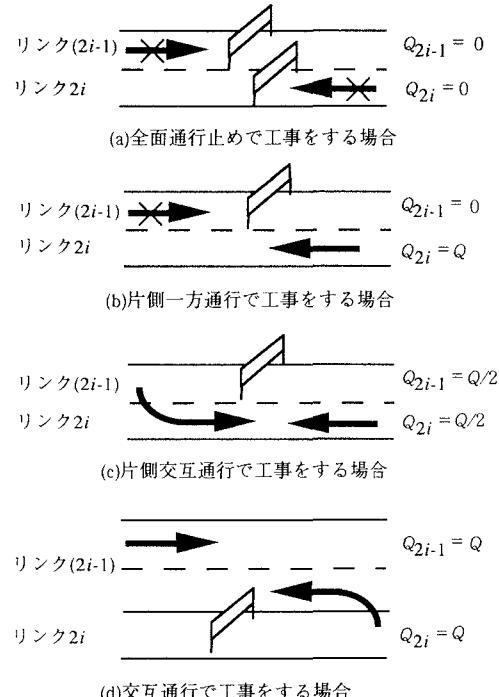


図-1 工事形態とリンク容量

し、リンク $2i$ を一方通行で利用すれば、図-1(b)のようにリンク $(2i-1)$ と $2i$ の容量はそれぞれ $Q_{2i-1}=0$, $Q_{2i}=Q$ （工事前の容量）となる。しかし、リンク $2i$ を交互通行で利用する場合の両リンクの容量は、青時間が方向別に半分ずつ割り当てられていると仮定すると、 $Q_{2i-1}=Q_{2i}=Q/2$ となる（図-1(c))。さらに、リンク $(2i-1)$ が既に整備済みでリンク $2i$ が工事される場合は、『交互通行』のみを考えればよい。そのときの両リンクの容量は図-1(d)に示すようにそれぞれ $Q_{2i-1}=Q$, $Q_{2i}=Q$ となる。

このように、実施する工事形態によってリンク容量が変化するので、総走行時間の短縮量を表される整備効果を算定する場合には、どのような形態で工事が行われたかを明確にする必要がある。ここでは、ペアをなす2つのリンクの工事形態（利用形態）を0-1変数 λ で表すこととする。 $\lambda=1$ は、リンクの一方が工事中の時、他方を交互通行で利用することを表している。 $\lambda=0$ は、ペアをな

するリンクの一方あるいは両方が一方通行で利用される場合や共に通行止めになる場合の工事形態を表している。したがって、工事未着工の場合や両リンクとも工事が完了している場合の利用形態は、 $\lambda=0$ で表現されることになる。

3. 動的計画法によるモデルの定式化

OD交通量と投資できる予算が与えられている場合に、有向リンクで表されたM本のリンクをN期($n=1, 2, \dots, N$)で整備する場合の定式化を考える。

整備対象リンク j が工事中あるいは工事がすでに終了しているとき1, 工事がまだ着工されていないとき0を取る変数 x_j ($j=1 \sim M$)を導入すると、ネットワークの状態はM個の0-1変数の組 (x_1, x_2, \dots, x_M) で表される。いま、整備対象リンク j の工事費用を c_j とし、第1期から第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。

$$\sum_j c_j x_j \leq T_n \quad (n=1) \\ \sum_j c_j x_j \leq T_n \quad (n=2 \sim N) \quad (1)$$

いま、予算制約式(1)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『第n期の総走行時間の短縮量』と『第(n-1)期までの総走行時間の短縮量の最大値』の和の最大値として表される。これを式で表すと以下のようにになる。

$$V_n(x) = \max_{y \in Y_{n-1}} \{V_{n-1}(y) + U_n(z, \lambda)\} \quad (n=2 \sim N) \quad (2)$$

$$V_1(x) = U_1(z, \lambda) \quad (n=1) \quad (3)$$

ここで、ベクトル y は第(n-1)期のネットワークの状態を表すベクトルで、第n期のネットワーク状態を表すベクトル x よりも小さく、なおかつ第(n-1)期までに投資できる予算の制約を満たす最大組み合わせベクトルの集合 X_{n-1} に含まれていなければならない。このようなベクトル y の集合 Y_{n-1} は以下のように表される。

$$Y_{n-1} = \left\{ y \mid x \geq y, y \in X_{n-1} \right\} \quad (4)$$

ベクトル z と λ は、第n期での工事の進行状態と工事形態を表すベクトルで、第n期の総走行時間の短縮量を計算するのに必要なベクトルである。いま識別ベクトル z を $z=2 y - x$ で表すと、 x と y の要素 x_j, y_j ($j=1 \sim M$)が共に0-1変数で、 $y \leq x$ なので、 z_j ($j=1 \sim M$)は、-1, 0, 1の3つの値だけをとることになり、この値を用いて工事の進行状態を識別することができる。

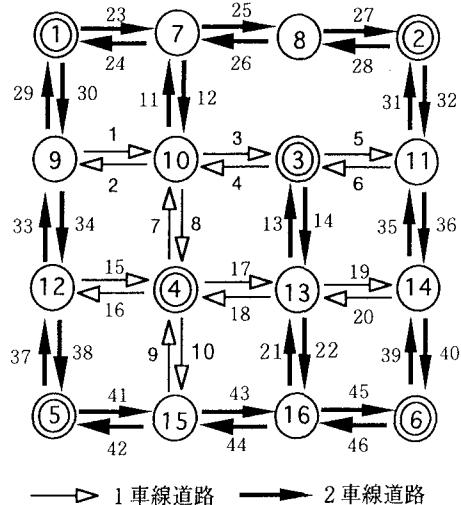


図-2 計算に用いたネットワーク

- ① $z_j = -1$ ($y_j = 0, x_j = 1$) : リンク j が第n期で工事中であることを表している。
- ② $z_j = 0$ ($y_j = x_j = 0$) : 工事がまだ着工されていないことを表している。
- ③ $z_j = 1$ ($y_j = x_j = 1$) : 第(n-1)期までに工事が終了していることを表している。

2. で示したように、工事形態に依存してリンク容量が変化するので、第n期の総走行時間の短縮量を計算するには、工事の進行状態を表すベクトル z の他に工事形態を表すベクトル λ を導入する必要がある。

4. 計算例

本研究では、図-2に示すような幹線道路で囲まれた地区内の幹線道路を対象にして、片側1車線の道路を段階的に2車線道路に拡幅整備する問題を考えることにする。①～⑯はノード番号、二重丸は発着ノード、1～46はリンク番号を表している。1車線のリンク16本のうち、リンク番号1～10のリンクを整備対象リンクとする。工事期間を3期、各期までに使用できる予算の累積値を4, 8, 10単位コスト、各リンクの整備費用はすべて単位コストと設定する。計算結果は、当日発表する。

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, pp.135～144, 1975
- 2) 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, pp.223～225, 1985
- 3) 田上博、清田勝、鶴木武：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、土木計画学研究・論文集13, PP.703～710, 1996
- 4) 田村亨、杉本博之、上原孝之：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, pp.37～46, 1994