工事日数の差異を考慮した道路整備の優先順位決定に関する研究

佐賀大学理工学部 ○学生員 後藤 剛
正会員 清田 勝
正会員 田上 博

1．まえがき

著者らは、道路ネットワークの整備計画を進めるに当たって、予算を有効に活用するためには、各道路区間をどのようなグループに分けて、どのような順序で工事するのが最も妥当かを決定する手法を提案した。しかし、この方法では、『各道路区間の工事日数はすべて同一である』と仮定しているので、工事日数が同一と見なせない場合は取り扱えなくなる。そこで、本研究では道路区間の工事日数が同一であると見なせない場合にも適用できるような手法を構築し、実用性と汎用性の向上を図るものである。。

2．本手法の基本的な考え方

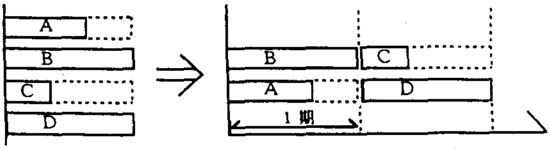
各道路区間の工事日数が同一と見なせない場合に、著者らが先に提案した手法を適用すると、例えば図－１に示すようなグループ化が行われる。道路区間Ａ、Ｃは工事が終われば、実際はその時点で供用される。しかし、この手法ではすべてをグループ単位で扱っているので、これらの道路はグループ全体の工事が終了するまで供用されないものとして道路整備の効用が求められる。その結果、効用が過小評価され、最適な工事組み合わせが形成されない。

そこで、本研究では、図－２に示すように各道路区間の工事日数の最大公約数を基本単位（１期分の工事日数）として道路区間の工事数 f_j (j=1〜M) を表すことにする。(図－２の例では、$f_A=2$ である) したがって、この場合には、『工事が終わったか否か』を表すだけではネットワークの整備状況を十分に表現できず、『各道路区間の工事が何単位分進んでいるか』を表す変数を導入する必要がある。この点が、これまでの方法と大きく異なる点である。

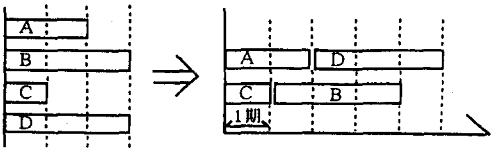
道路整備の効用としては種々考えられるが、現状（工事前）の総走行時間に対する短縮量で表すことにする。もちろん、初期の段階では、図－３に示すように道路整備による総走行時間の減少量よりも工事によって生じる総走行時間の増加量の方が大きくなり、効用が負になる場合がある。

3．道路整備の優先順位決定モデル

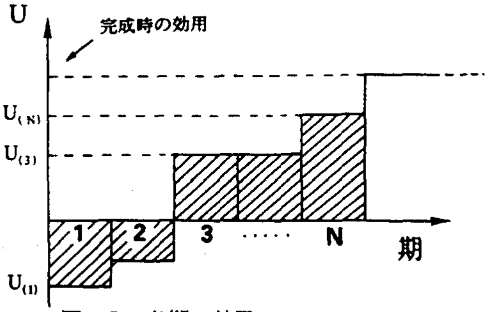
ＯＤ交通量と投資できる予算が与えられた場合に、工事日数の異なるＭ本の道路区間をＮ期（Ｎ単位）で整備する問題を考えることにする。いま道路区間ｊが何単位工事が終了しているかを表す変数を x_j （$x_j=f_j$：工事終了、$0<x_j<f_j$：工事中、$x_j=0$：未着工）で表すと、第ｎ期末のネットワー



図－１ 従来のグループ化による組み合わせの例



図－２ 本研究が提案している組み合わせの例



図－３ 各期の効用

クの整備状況はベクトル$\mathbf{x}$＝（x_1，x_2，～，x_M）で表される。このとき、第n期末（n=2～N）までに生じる効用の最大値$V_{(n)}$（$\mathbf{x}$）は、図-３に示されるように第１期から第n期までに生じる効用の和の最大値として求めることができる。これを式で表すと以下のようになる。

$$V_{(n)}(\mathbf{x})=\max\ [U_{(1)}+U_{(2)}+\cdots+U_{(n)}] \quad \cdots(1)$$

ここで、$U_{(1)}$、$U_{(2)}$、…、$U_{(n)}$は、それぞれ第１期、第２期、…、第n期で生じる効用である。

区間ｊの単位数ごとの工事費用をc_{ji}(i=1～f_j)で、第１期から第n期末までに投資できる予算のトータルをT_nで表すと、第n期末に可能なネットワーク状態を表すベクトル$\mathbf{x}$＝（x_1，x_2，～，x_M）は、次の予算に関する制約条件式（２）と各区間は１期に１単位以上工事することが出来ないという制約条件式（３）をみたさなければならない。

$$\sum_{j=1}^{M}\sum_{i=1}^{x_j} c_{ji} \leqq T_n \quad \cdots(2)$$

$$x_j \leqq n \quad (j=1\sim M) \quad \cdots(3)$$

いま、制約条件式（2）と（3）を満足するベクトルの集合をX_nで表すと、式（１）で表される第n期までの効用の最大値$V_{(n)}$($\mathbf{x}$)は、最適性の原理から『第n期の効用』と『第（n－１）期までの効用の最大値』の和の最大値になる。

$$V_{(n)}(\mathbf{x})=\max_{\mathbf{y}\in Y_{n-1}}\ [V_{(n-1)}(\mathbf{y})+U_{(n)}(\mathbf{z})] \quad \cdots(4)$$

ここで、$\mathbf{x}$は前述したように第n期末でのネットワークの整備状況を表すベクトルである。$\mathbf{y}$は第（n－１）期末に可能なベクトルの集合X_{n-1}に含まれ、なおかつベクトル$\mathbf{x}$よりも小さいベクトルでなければならない。さらに、本研究では、始めた道路区間の工事は終了するまで継続しなければならないと仮定しているので、各道路区間ごとに、継続されたものとなるか否かを判断する必要がある。

また$\mathbf{z}$は第n期の供用状況を表すベクトルであり、これらの$\mathbf{x}$と$\mathbf{y}$と$\mathbf{z}$の関係を表－１に示す。

第１期の場合には、工事による非効用だけが生じ、$V_{(1)}$（$\mathbf{x}$）＝$U_{(1)}$(－$\mathbf{x}$)となる。

第n期の効用$U_{(n)}$（$\mathbf{z}$）は、z_jが－１の値をとるリンクの容量を０に、１の値をとるリンクの容量をΔQだけ増加させたネットワークに、予め与えられたＯＤ交通量を等時間原則に従って配分した場合の総走行時間の短縮量を表している。

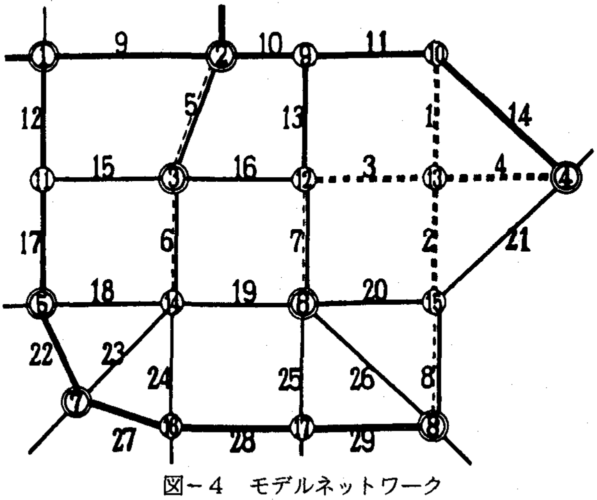
いま、第N期までの効用の最大値$V_{(N)}$($\mathbf{x}$)が求まると、$V_{(N)}$（$\mathbf{x}$）＝$V_{(N-1)}$（$\mathbf{y}$）＋$U_{(N)}$（$\mathbf{z}$）を満足する$\mathbf{y}$を探索することによって、第(N-1)期のネットワーク状態$\mathbf{x}$を求めることができる。この探索を第１期まで遡ることによって、各期間で整備すべき道路区間と優先順位を決定することができる。

４．モデルネットワークへの適用

本研究では、図－４に示すネットワークを対象にして本手法を適用することにした。図－４において①～⑰はノード番号を、１～２９はリンク番号を表している。このネットワークに適切な工費、予算、リンクごとに異なる工事日数を与えた場合の計算結果を当日発表することとする。

表－１　$\mathbf{x}$と$\mathbf{y}$と$\mathbf{z}$の関係

x_j	y_j	n期中の状態	z_j
$x_j=f_j$	x_j-1	n期末まで工事していた	-1
〃	x_j	n-1期末までに工事完了	1
$0<x_j<f_j$	x_j-1	工事中である	-1
$x_j=0$	0	未着工である	0



図－４　モデルネットワーク