Ⅳ－387　工事期間の非効用を考慮した道路整備の同時着工グループ化に関する研究

佐賀大学理工学部　○学生員　サマド・タリブ
正会員　清田　勝
正会員　田上　博

1．まえがき

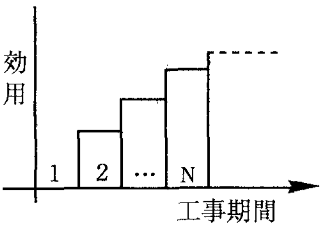
交通混雑を解消するために道路建設や道路整備が行われてきたが、限られた予算を有効に活用するためには、どのような順序で道路工事を行うのが最も効果的かを評価する必要がある。従来、整備効果を最大にすることに主眼がおかれ、工事中に生じる非効用についてはあまり問題にされてこなかったように思われる。しかし、慢性的な交通混雑を呈している市街地では、工事によってさらに大きな交通渋滞を引き起こし、交通が完全にマヒしてしまうことがある。したがって、市街地の道路整備においては、整備後の効用を最大にするという視点に加えて、工事中の混雑をできるだけ抑えるという視点が重要になってくる。

そこで、本研究ではＯＤ交通量、整備区間、及び工事期間が与えられている場合に、工事期間の混雑をできるだけ抑制しながら、整備の効用を最大にするためには整備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妥当かを決定する手法を提案するものである。

2．道路整備の効用と非効用

交通混雑の解消を目的として行われる道路建設の場合には、工事が終了すればリンク容量が増加し、走行時間は減少する。その結果、道路利用者の効用は現在よりも増加することになる。したがって、Ｎ期で道路建設を行う場合には、工事の順序によって効用の総和が変化するので、図－１に示すような効用の総和が最大になるように道路工事区間と優先順位を決定するのが適当である。一方、既存道路の整備・改良の場合には、工事区間はその期間中通行できなくなるので、道路利用者は迂回を余儀なくされ、整備後の効用の他に非効用が新たに生じることになる。したがって、既存道路の整備・改良の場合には、図－２に示すように整備後の効用と工事期間の非効用を同時に考慮する必要がある。

道路建設や道路整備の効用としては種々考えられるが、本研究では交通容量の増加に伴う総走行時間（トラベルタイム）の短縮量で表す。



図－１ 道路建設の効用

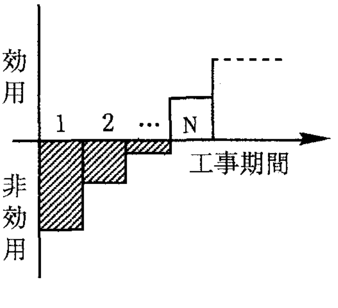
3．道路整備の同時着工グループ決定モデル

ＯＤ交通量と投資できる予算が与えられた場合に、Ｍ本の道路区間をＮ期で整備する問題を考える。いま、道路区間ｊが工事中あるいは工事が既に終了しているとき１、工事がまだ行われていないとき０をとる変数x_j（ｊ＝１～Ｎ）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，～，x_M）で表される。このとき、第ｎ期（ｎ＝２～Ｎ）までに生じる効用の最大値$V_{(n)}$（ｘ）は、図－２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る。

$$V_{(n)}(x)=\max\left[U_{(1)}+U_{(2)}+\cdots+U_{(n)}\right] \qquad (1)$$

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。

ある道路区間が第ｎ期で工事されるとき、工事区間の容量は０になるが、第ｎ期より前に工事された道路区間の容量は、工事前の容量Ｑから$Q+\Delta Q$（ΔQ：容量の増加分）に増加する。したがって、第ｎ期で生じる効用$U_{(n)}$を計算するためには、工事が既に終了しているのか、



図－２ 道路整備の効用と非効用

工事中か、それともまだ工事が行われていないかを識別する変数を導入する必要がある。そこで、ここでは道路区間 j が工事中のとき $z_j=-1$、工事がまだ行われていないとき $z_j=0$、工事が既に完了しているとき $z_j=1$ をとるM個の変数の組（$z_1, z_2, \sim, z_M$）を新たに導入することにする。

整備区間 j の工事費用を c_j で、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 $\mathbf{x}=(x_1, x_2, \sim, x_M)$ は、次の予算制約を満足しなければならない。

$$\Sigma c_j x_j \leqq T_n \tag{2}$$

いま、予算制約式（２）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。これを式で表すと以下のようになる。

$$V_{(n)}(\mathbf{x})=\max_{\mathbf{y}\in Y_{n-1}}\left[V_{(n-1)}(\mathbf{y})+U_{(n)}(\mathbf{z})\right] \tag{3}$$

工事中か、工事が既に終了しているか、それともまだ工事が行われていないかを識別する変数ベクトル $\mathbf{z}$ は、いま $\mathbf{z}=2\mathbf{y}-\mathbf{x}$ で表すことができる。ベクトル $\mathbf{y}$ は第ｎ期のネットワーク状態を表すベクトル $\mathbf{x}$ 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足するベクトルの集合 X_{n-1} に含まれなければならない。このようなベクトル $\mathbf{y}$ の集合 Y_{n-1} は以下のように表される。

$$Y_{n-1}=\{\mathbf{y}\mid\mathbf{y}\subseteq\mathbf{x},\ \mathbf{y}\in X_{n-1}\} \tag{4}$$

第１期の場合には、工事による非効用だけが生じるので、$V_{(1)}(\mathbf{x})=U_{(1)}(\mathbf{z})=U_{(1)}(-\mathbf{x})$ となる。この式は一般に境界条件と呼ばれている。

第ｎ期の効用 $U_{(n)}(\mathbf{z})$ は、－１の値をとる要素のリンク容量を０に、１の値をとる要素のリンク容量を 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。

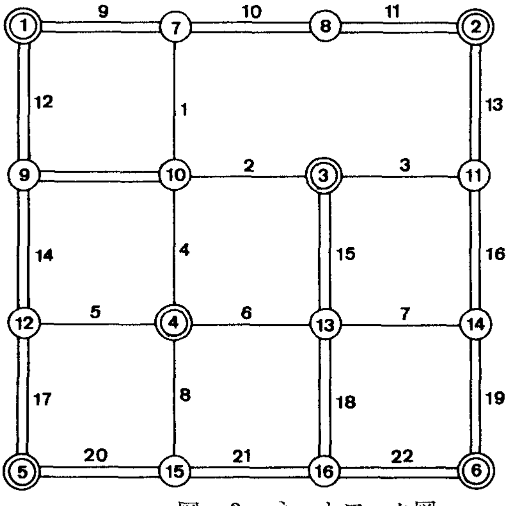
いま、第Ｎ期までの効用の最大値 $V_{(N)}(\mathbf{x})$ が求まると、$V_{(N)}(\mathbf{x})=V_{(N-1)}(\mathbf{y})+U_{(N)}(\mathbf{z})$ を満足する $\mathbf{y}$ を求めることによって、第（Ｎ－１）期のネットワーク状態 $\mathbf{x}$ を求めることができる。この探索を第１期まで遡ることによって、各期間で整備すべき道路区間のグループと優先順位を決定することができる。

４．モデルネットワークへの適用

本研究では、図－３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－３において①～⑯はノード番号を１～２２はリンク番号を表している。このうち、リンク番号１～８の８本のリンクを整備対象区間とする。二重丸（ノード番号①～⑥）は発着ノードを表している。ここでは一例として工事期間を３期とし、ＯＤ交通量については表－１の値を用いる。計算結果については、当日発表する予定である。

表－１　本研究で使用したＯＤ交通量

	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－３　ネットワーク図