

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

小幡 晃義

正会員

清田 勝

正会員

田上 博

学生員

サマド・タリブ

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走行時間(トラベルタイム)の短縮量で表すことにする。

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 ($j=1\sim N$)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 $(x_1, x_2, \dots, x_M)$ で表される。このとき、第n期($n=2\sim N$)までに生じる非効用の最小値 $V_{(n)}(x)$ は、図-2に示されるように第1期から第n期までに生じる非効用の和の最小値として求めることができる。

$$V_{(n)}(x) = \min [U_{(1)} + U_{(2)} + \dots + U_{(n)}] \quad (1)$$

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

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、

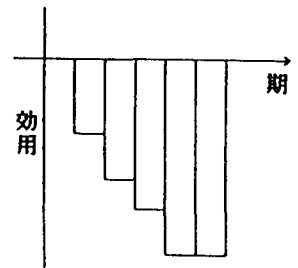


図-1 道路建設のときの効用

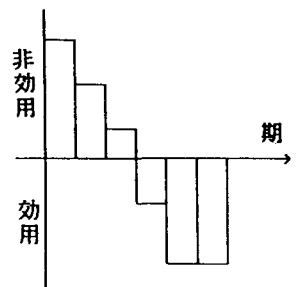


図-2 道路整備のときの効用、非効用

第 n 期で生じる非効用 $U_{(n)}$ を計算するためには、工事が既に終了しているのか、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 $x = (x_1, x_2, \sim, x_M)$ は、次の予算制約を満足しなければならない。 $\sum c_j x_j \leq T_n \dots (2)$ 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 期までの非効用の最小値 $V_{(n)}(x)$ は、最適性の原理から『第 n 期の非効用』と『第 $(n-1)$ 期までの非効用の最小値』の和の最小値になる。これを式で表すと以下ようになる。

$$V_{(n)}(x) = \min_{y \in Y_{n-1}} [V_{(n-1)}(y) + U_{(n)}(z)] \quad (3)$$

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 z は、いま $z = 2y - x$ で表すことができる。ベクトル y は第 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足するベクトルの集合 X_{n-1} に含まなければならない。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。

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

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

第 n 期の非効用 $U_{(n)}(z)$ 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 期までの非効用の最小値 $V_{(N)}(x)$ が求まると、 $V_{(N)}(x) = V_{(N-1)}(y) + U_{(N)}(z)$ を満足する y を求めることによって、第 $(N-1)$ 期のネットワーク状態 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①～⑫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

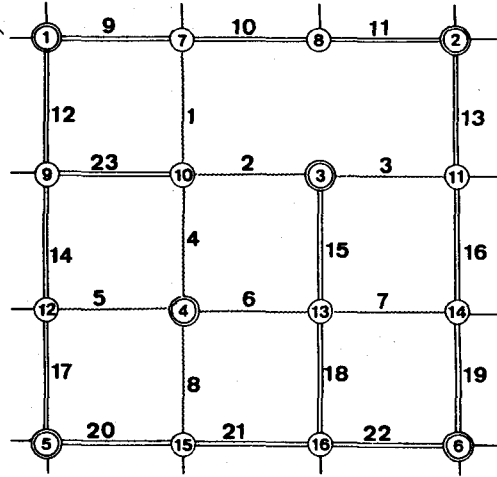


図-3 ネットワーク図