IV—21　　WARDROP均衡下での利用者便益の推定

岐阜大学工学部　正　員　森杉寿芳
岐阜大学工学部　正　員　宮城俊彦
岐阜大学大学院　学生員　○水内　良
岐阜大学大学院　学生員　野々山弘紀

1.はじめに　道路投資における従来の便益測定は当該道路だけを対象にし、便益を過少に評価する傾向がある。すなわち改良されない道路を利用している交通のうちの1部が、改良された道路を利用する経路に転換することによって、その分だけ代替道路の混雑が緩和される場合や、OD間のサービスレベル向上によって新規に交通が発生する場合などの測定が、十分に行なわれているとは言えない。本研究ではWardropの等費用原理を仮定することによって前者を、また需要均衡問題として把えることによって後者を含めた便益を、同時に測定するモデルの提案を行なうものである。

2.等費用原理と便益　図1のようなネットワークでODペア②−③を例にとると、経路としては次の3つが考えられる。

経路1　②−③
経路2　②−④−③
経路3　②−①−④−③

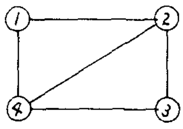

図1　ネットワークの例

このうち、経路1と2は実際にOD交通量②−③によって利用され、経路3は利用されていないものとし、それぞれの経路交通量をx_1，x_2，$x_3(=0)$とする。このときx_1，x_2は図2に示すような点で与えられる。図においてS_1，S_2は経路1，2の平均走行費用を表わす関数であり、ここでは経路費用関数と呼ぶ。また、S_{1+2}はS_1とS_2の合成関数であり、ODペアに対して1つ定義されるもので、ここではOD費用関数と呼ぶ。このOD費用関数S_{1+2}と需要曲線Dとの交点AにおいてOD交通量Xが求められる。ここでWardropの等費用原理を仮定するならば、経路3を考えた場合、仮定に従いその経路は利用されていないので、経路費用関数S_3はS_1およびS_2よりも高いことを意味する。そして経路1，2は共に実際に利用されているので、両者の走行費用は等しくならねばならない。また$X=x_1+x_2$が成立するので、結局、均衡点は点Aで示されることになる。

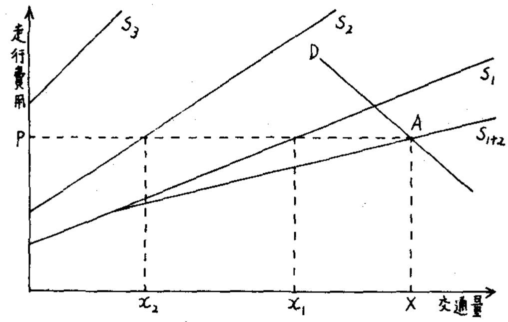

図2　等費用原理による交通量予測

次に、リンク②−③が改良されたものとし、上に述べた等費用原理を適用してその便益を測定することを考える。図3においてダッシュの記号のついた文字は、改良後の値を示している。走行費用はPからP′に減少し、OD交通量はXからX′に増加している。このとき、道路投資に伴う便益は▱PP′A′Aで計測され、そのうち□PP′EAは道路投資以前から旧道路を利用していた交通量便益であり、△AEA′は道路投資によって新規に発生した交通量便益と当該道路に他のODペアから転換してきた交通量便益の合計値である。ここでは前者を既存交通量便益、後者を誘発交通量便益と呼ぶ。既存OD交通量Xの内訳としては、改良前

より経路1を利用していた交通量x_1(=X−x_2)，改良後に経路2より経路1に移転した交通量（x_2-x_2'），そして経路2に残存した交通量x_2'に分けられ，その合計は$x_1+(x_2-x_2')+x_2'=(X-x_2)+x_2=X$となる。これら3つのタイプの交通量を区別して，ここでは各々を現道交通量，移転交通量，残存交通量と呼ぶ。また誘発交通量は（$X'-X$）になる。

既存OD交通量Xの便益B_0を上記3つのタイプB_{0I}，B_{0II}，B_{0III}に分け，誘発交通量の便益をB_{IV}とすると，図3の記号を用いて次のようにして求められる。

$$B_{0I}=x_1(P-P')=(X-x_2)(P-P')$$
$$B_{0II}=(x_2-x_2')(P-P')$$
$$B_{0III}=x_2'(P-P')$$
$$B_{IV}=\frac{1}{2}(X'-X)(P-P')$$

したがって既存OD交通量便益B_0は

$$B_0=B_{0I}+B_{0II}+B_{0III}$$

となり，これに誘発交通量便益B_{IV}を加えて，OD交通量便益全体Bは$B=B_0+B_{IV}$として得られる。

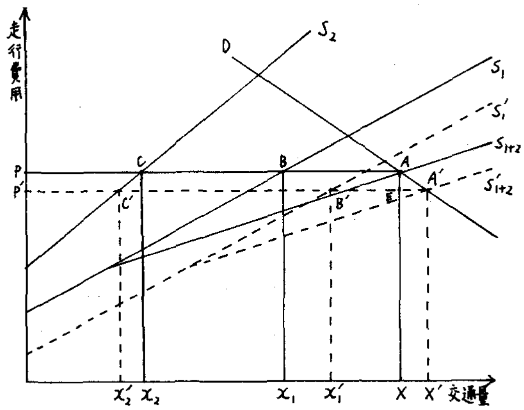

図3　OD交通量便益

また以上述べてきた考え方は，たとえば図1の例ではODペア②−③ばかりでなく，ODペア①−③においても図3のような関係が成立する。したがって，影響力の大きな道路の改良便益を評価する場合には，すべてのODペアについて考慮する必要が生じる。

3.定式化　本研究ではWardropの等費用原理を満足する配分として，経路交通量を変数にしたBeckmannモデルの最小化問題を扱う。すなわち以下に示す最小化問題を解くことである。[1]

最小化　$f(x)=\sum_{j=1}^{L}\int_0^{y_j}B_j(x)dx-\sum_{k=1}^{K}\int_0^{X^k}g_k(x)dx$

制約条件　$X^k=\sum_{r}^{n_k}x_r^k$，$x_r^k\geq 0$

$y_j=\sum_{k=1}^{K}\sum_{r=1}^{n_k}\delta_{jr}^k\cdot x_r^k$

y_j：リンクjのリンク交通量

x_r^k：ODペアkのr番目経路の経路交通量

X^k：ODペアkの分布交通量

$\delta_{jr}^k=\begin{cases}1：リンクjがODペアkのr番目経路に存在する\\0：それ以外\end{cases}$

$B_j(y_j)$：リンクjの走行費用関数

$g_k(X^k)$：需要関数の逆関数

この配分結果から求められるODごとの均衡走行費用は，任意ルートrについて等費用となっており，その値は次式となる。

道路改良がある場合　$\sum_j\delta_{jr}^k\cdot B_j(y_j)=\lambda^k$　(for any r)

道路改良がない場合　$\sum_j\delta_{jr}^k\cdot B_j'(y_j)=\varphi^k$　(for any r)

λ^k：改良がある場合のODペアkの均衡費用

φ^k：改良がない場合のODペアkの均衡費用

今，ODペアkのr番目の経路が改良されたとすると，2節で述べた既存交通量便益および誘発交通量便益は，次のように分類して表わすことができる。

$$B_{0I}=x_r^k(\lambda^k-\varphi^k)$$
$$B_{0II}=(x_s^k-x_s'^k)(\lambda^k-\varphi^k)$$
$$B_{0III}=x_s'^k(\lambda^k-\varphi^k)$$
$$B_{IV}=\frac{1}{2}(X'^k-X^k)(\lambda^k-\varphi^k)$$

x_s^k：ODペアkのr番目経路以外の経路交通量

ダッシュは改良後を表わす。

なお，計算結果は当日発表する。

参考文献　(1)加藤晃・宮城俊彦：交通ネットワークにおける需要均衡問題とその解法，土木学会報告集　第289号　PP121〜130　1979年9月