

# 道路整備等による便益の簡易推計手法に関する研究\*

## Simple Estimate Technique of the Benefit by Road-Network Improvement \*

江橋英治\*\*

By Eiji EBASHI\*\*

### 1 はじめに

公共事業の透明性確保等の観点から、必要性・整備効果を適正に評価するための便益を計算することが求められている。バイパス等の交通施設整備に伴う便益の多くの部分は、地域全体の交通の円滑化による便益として示されたため、従来、その計算は当該施設の有無毎に道路網全体の交通量推計を行い、自動車走行台キロ及び走行速度を求めた上で効用関数により計算されている<sup>1)</sup>。このような方法で計算される便益（以下「総量項目の変化」という）としては表-1に示すようなものがある。

表-1 走行速度から計算される道路整備の便益(例)

整備効果関係	総走行時間の減少（時間便益） 総燃料費等の減少（走行便益）
地球環境関係	二酸化炭素の排出総量の削減
大気環境関係	窒素酸化物の排出総量の削減 SPMの排出総量の削減

この前提として通常用いられる交通量配分計算は、OD表、ネットワーク、交通量・速度関数の設定等を必要とし、適切な結果を得るための現況再現の調整等を要するが、理論と現実の乖離、条件設定等に伴う多くの不確実性を有するにも係わらず、計算自体は多くの手間とコストを必要とする。

実務者にとって、これらの点から便益計算は別途作業となり、計画検討へのフィードバックも働きづらく、チェックとしての計算にならざるを得ない。また、事業後の実交通量等に基づく事後評価も手法上は交通量の再配分による再現が必要となる。

このため、実務者にとって便益を容易かつ直感的

\*キーワード 整備効果計測法、地球環境問題

\*\*正員,国土交通省国土技術政策総合研究所都市施設研究室(〒305-0802 つくば市立原1番地 0298-64-3949, E-mail [ebashi-e8810@nilim.go.jp](mailto:ebashi-e8810@nilim.go.jp))

に理解できる形で推計できるようにすることが道路等の交通計画を適切に行う上で必要と考えられることから、OD量固定型での便益計算手法の理論的な展開を行い、交通量配分手法に内在する仮定条件その他の穏やかな仮定を置くことにより、配分計算を前提としない簡易な計算手法を導出したものである。

### 2. 総量項目変化の基本式の展開

#### (1) 総量項目変化の基本式

総量項目の変化Mを道路網全体の交通量配分結果に基づき推計する場合にあっては、OD固定型では以下の式によって計算できる<sup>1)</sup>。なお、平休区分、時間帯区分等を行う場合については最終的に総和するものであるから省略した。

$$M = \sum_{m,i} q_{1mi} \cdot L_i \cdot g_{1mi} - \sum_{m,i} q_{2mi} \cdot L_i \cdot g_{2mi} \dots (1)$$

式(1)において、mは車種の別、iは交通量配分対象道路網の各リンク(道路区間)を示す符号、L<sub>i</sub>はリンクiの延長[km]、Aは対象事業(バイパス等)以外の配分対象道路網の全リンクの集合、Bは対象事業(バイパス等)のリンクの集合、q<sub>xmi</sub>はリンクiの対象事業の無(x=1)及び有(x=2)の場合の車種m別の断面交通量、g<sub>xmi</sub>は、車種m別の台・kmあたりのリンク別対象事業の有無別価値原単位(単位は円/台・kmなど)を示す。

ここでg<sub>xmi</sub>は走行速度のみで決まる効用関数なので、V<sub>xim</sub>をリンクiの対象事業の無(x=1)及び有(x=2)の場合の車種m別の走行速度とすれば、g<sub>m</sub>(V<sub>xim</sub>)と表せる。

ここで、車種m別の走行速度V<sub>xim</sub>は、推計上は換算交通量の関数(QV式)として示される。即ち走行速度V<sub>xim</sub>は速度設定に係る車種mの換算係数o<sub>im</sub>を用いて定義される換算交通量q<sub>xi</sub>= $\frac{o_{im} \cdot q_{xim}}{m}$

の関数  $V_{xim}(q_{xi})$ として示せる。また、一般的には  $V_{xim}(q_{xi})$ はバイパス等整備の有無にかかわらず交通量のみによる同一の関数であり、また、定数  $o_{im}$ はリンク、バイパス等整備の有無での差異はない定数  $o_m$ としている。従って  $g_m(V_{xim})$ は、換算交通量  $q_{xi}$ に係る効用関数として、 $g_m(V_{im}(q_{1i}))$ 及び  $g_m(V_{im}(q_{2i}))$ と書ける。従って、これらを  $g_{im}(q_{xi})$ と書き直して以下の式を得る。

$$M = \sum_{m \in A} q_{1mi} \cdot Li \cdot g_{im}(q_{1i}) - \sum_{m \in A+B} q_{2mi} \cdot Li \cdot g_{im}(q_{2i}) \quad \dots(2)$$

### (2) 総量項目変化の基本式の内容の区分

この式(2)に  $0 = \left\{ \sum_{m \in A} q_{2mi} \cdot Li \cdot g_{im}(q_{1i}) - \sum_{m \in A} q_{2mi} \cdot Li \cdot g_{im}(q_{2i}) \right\}$  を加え整理すると次の通り。

$$M = \sum_{m \in A} q_{2mi} \cdot Li \cdot (g_{im}(q_{1i}) - g_{im}(q_{2i})) + \sum_{i \in A} (q_{1mi} - q_{2mi}) \cdot Li \cdot g_{im}(q_{1i}) - \sum_{i \in B} q_{2mi} \cdot Li \cdot g_{im}(q_{2i}) \quad \dots\dots\dots(3)$$

この式(3)は、車種の内の第1項がバイパス等以外のネットの走行速度変化に伴う総量項目量の変化、第2項がバイパス等以外のネットの交通量変化に伴う総量項目量の変化、第3項がバイパス等からの総量項目量と説明できる。

ここで、バイパス等整備無の車種別総走行台キ口を  $Q_{1m} = \sum_{i \in A} q_{1mi} \cdot Li$ 、バイパス等整備有のバイパス等以外の車種別総走行台キ口を  $Q_{2m} = \sum_{i \in A} q_{2mi} \cdot Li$  とし、 $G_{1m}$  を次の様に定義する。

$$G_{1m} = \frac{\sum_{i \in A} Li \cdot (q_{1mi} - q_{2mi}) \cdot g_{im}(q_{1i})}{Q_{1m} - Q_{2m}} \quad \dots\dots(4)$$

即ち  $G_{1m}$  は、(リンク別の)走行台キ口の変化を受ける程度に応じ加重平均した車種別のバイパス等整備無の効用関数に相当する。

また、バイパス等の車種別総走行台キ口を  $Q_{bm}$  とし、 $G_{bm}$  を次の様に定義する。

$$G_{bm} = \frac{\sum_{i \in B} q_{2mi} \cdot Li \cdot g_{im}(q_{2i})}{Q_{bm}} \quad \dots\dots\dots(5)$$

即ち  $G_{bm}$  は、(リンク別の)走行台キ口に応じ加重平均したバイパス等の車種別の効用関数に相当する。ここで、車種別総走行台キ口の変化を  $Q_m = Q_{1m} - (Q_{2m} + Q_{bm})$  とし、式(3)内の第2項から  $Q_{bm} \cdot G_{1m}$  を引き、第3項に  $Q_{bm} \cdot G_{1m}$  を加えると以下の様に書ける。

$$M = \sum_{m \in A} q_{2mi} \cdot Li \cdot (g_{im}(q_{1i}) - g_{im}(q_{2i})) + Q_m \cdot G_{1m} + Q_{bm} \cdot (G_{1m} - G_{bm}) \quad \dots(6)$$

この式(6)は、車種の内の第1項がバイパス以外のネットの走行速度向上に伴う総量項目量の変化、第2項が総走行台キ口の変化に伴う総量項目量の変化、第3項はバイパス交通量相当分の速度向上による総量項目量変化と説明できる。

ここで第1項は、各  $m$  とも  $q_{1mi} = q_{2mi}$  であれば  $g_{im}(q_{1i}) = g_{im}(q_{2i})$  となり、また、他の項に係る  $G_{1m}(Q_{1m})$  も  $q_{1mi} = q_{2mi}$  の範囲まで計算する必要はないので、集合  $A$  を  $\{q_{1mi} - q_{2mi}\}$  (交通量変化を受けるリンク) と定義しなおす。

### (3) 総量項目変化の基本式の簡略化

総量項目変化の計算の前提となる交通量配分は、一般に施策(バイパス等)の有無に係わらず同一のOD表を用い、道路混雑を想定した日QV関数に基づき、対象OD交通量を均衡配分若しくは段階配分することにより行う。なお、一般に施策の必要性が生ずる程度の混雑が周辺には存在する状況である。

これらの交通量配分等に係る状況を前提に、穏やかな仮定の下で式を簡略化する。

#### (a) 配分手法の特性に応じた効用関数

換算交通量に応じた走行速度  $V_{im}(q_i)$  は他車の存在による走行条件変化の表現であり、高速で自由に走行できる状況を除き、車種毎に区分しての設定は必要なく、一般的な道路ネットにおいては  $V_i(q_i)$  として差し支えない。

また、再定義した集合  $A$  においては、対象事業以外は自動車専用道路等の規格の大きく異なる道路を含まないという仮定を置けば、一般的にリンクに相当する道路の交通特性は類似と考えられる。このため各リンクの交通容量を  $q_{ci}$  を適切に設定すれば、各QV式は、同一の混雑度に対し、同一の速度を与える形の共通のQV式、即ち、リンク特性、車種特

性なしの  $V(q_i/q_{ci})$  で近似でき  $g_{im}(q_i)$  は  $g_m(q_i/q_{ci})$  として書き換えられる。

(b) 効用関数の線形性の仮定での簡略化

交通量配分計算は均衡状態を求める計算であるため、施策が必要となる条件での施策に伴い影響を受ける交通配分ネット内での混雑度のばらつき程度は大きくないと考えられる。また、効用関数は一般になだらかな曲線である。この2点から、効用関数は計算に用いる範囲において混雑度 ( $q_i/q_{ci}$ ) のみの共通の1次関数  $g_m(q_i) = a_m \frac{q_i}{q_{ci}} + b_m$  と近似できるとの仮定は比較的穏やかであり、計算上大きな差異は生じないと考えられる

この仮定の下、式(2)を変形し式(7)を得る。

$$M_m = \left\{ a_m \cdot \frac{A}{i} \cdot L_i \cdot (q_{1mi} \cdot q_{1i} - q_{2mi} \cdot q_{2i}) \cdot \frac{1}{q_{ci}} + (Q_{bm} + Q_m) \cdot b_m - Q_{bm} \cdot G_{2m}(Q_{bm}) \right\} \dots (7)$$

(c) 車種構成比に関する仮定での簡略化

ここで  $q_{1i}$  の換算車種構成比を  $r_{1mi} = q_{1mi}/q_{1i}$  として定義する (この時  $o_m \cdot r_{1mi} = 1$ )。また、 $q_{2i}$  に係るものは  $r_{2mi}$  とする。

ここで配分計算上のリンク毎の車種構成比の差異は、車種毎に  $QV$  式の違いはないため、車種別 OD 表及び大型車規制等を反映した車種毎のネットの違いから生ずるといえる。従って、 $r_{1mi}$  と  $r_{2mi}$  は、増減はあるものの概ね同様な OD ペアを担うことから、概ね等しく共通で  $r_{mi}$  と仮定しても誤差は大きくないと考えられる。この時、式(7)の第1項は、

$$M_m = \left\{ a_m \cdot \frac{A}{i} \cdot r_{mi} \cdot L_i \cdot (q_{1i} - q_{2i}) \cdot \frac{(q_{1i} + q_{2i})}{q_{ci}} \right\} \text{となる。}$$

ここで、 $Q_1 = o_m \cdot Q_{1m}$ 、 $Q_2 = o_m \cdot Q_{2m}$ 、 $Q_b = o_m \cdot Q_{bm}$ 、 $Q = Q_1 - (Q_2 + Q_b)$  と定義し、 $r_m$  を次の通り定義する。

$$r_m = \frac{A}{i} \cdot \left\{ r_{mi} \cdot L_i \cdot (q_{1i} - q_{2i}) \right\} / (Q_1 - Q_2)$$

即ち、 $r_m$  は (リンク別の) 走行台キロの変化を受けける程度に応じ加重平均した ( $Q_1 - Q_2$  の) 換算車種構成比である。なお、 $Q_1 - Q_2$  は  $Q_b + Q$  は等しいから、換算車種構成比も等しく、また、 $Q$  が  $Q_b$  による変化であることから  $Q_b$  と  $Q$  の換算車種構成比に大きな差異はないと想定される。さらに、

$\frac{q_{1i} + q_{2i}}{q_{ci}}$  は、バイパス等整備の有無での各リンク

の混雑度の合計であるため比較的安定した数字であると考えられることから、式(7)の第1項の換算車種構成比  $r_{mi}$  を  $i$  に係る の外に出した場合の平均換算車種構成比も  $r_m$  に類似する。即ち、式(7)の  $m$  の内の3つの項の車種構成比は、 $r_m$  に置き換えられる。従って、合成される1次関数の定数を  $a = r_m \cdot a_m$ 、 $b = r_m \cdot b_m$  とし、 $G_b = r_m \cdot G_{bm}$  とした上で、式(7)は次のようになる。

$$M = \left\{ a \cdot \frac{A}{i} \cdot L_i \cdot (q_{1i}^2 - q_{2i}^2) \cdot \frac{1}{q_{ci}} + (Q_b + Q) \cdot b - Q_b \cdot G_2 \right\} \dots (8)$$

(d) 混雑度の分布の類似の仮定での簡略化

バイパス等の整備前の各リンクの混雑度  $q_{1i}/q_{ci}$  について、走行台キロベースでの交通容量  $L_i \cdot q_{ci}$  で重みづけをしたものの分布について、以下のことが言える。

平均値  $[q_{1i}/q_{ci}]$  は、総走行交通容量  $Q_c = L_i \cdot q_{ci}$  を定義すれば、

$$[q_{1i}/q_{ci}] = \frac{1}{Q_c} \cdot \frac{A}{i} \cdot L_i \cdot q_{ci} \cdot \left( \frac{q_{1i}}{q_{ci}} \right) = \frac{1}{Q_c} \cdot \frac{A}{i} \cdot L_i \cdot q_{1i} = \frac{Q_1}{Q_c}$$

と書ける。また、分散  $Ver_1$  は

$$Ver_1 = \frac{1}{Q_c} \cdot \frac{A}{i} \cdot L_i \cdot q_{ci} \cdot \left( \frac{q_{1i}}{q_{ci}} - \frac{Q_1}{Q_c} \right)^2 = \frac{1}{Q_c} \cdot \frac{A}{i} \cdot \left\{ L_i \cdot q_{ci} \cdot \left( \frac{q_{1i}}{q_{ci}} \right)^2 - \left( \frac{Q_1}{Q_c} \right)^2 \right\} \text{である。}$$

$$\text{従って、} \frac{A}{i} \cdot L_i \cdot q_{ci} \cdot \left( \frac{q_{1i}}{q_{ci}} \right)^2 = \frac{Q_1^2}{Q_c} + Q_c \cdot Ver_1 \text{ と書ける。}$$

同様に、バイパス等の整備後の各リンクの混雑度  $q_{2i}/q_{ci}$  についても、同様に書けるので式(8)の第1項は、先に定義した分散  $Ver_1, Ver_2$  により以下のよう書ける。

$$M = \left\{ a \cdot \frac{A}{i} \cdot L_i \cdot (q_{1i}^2 - q_{2i}^2) \cdot \frac{1}{q_{ci}} + (Q_b + Q) \cdot b - Q_b \cdot G_2 \right\} = a \cdot \left\{ \left( \frac{Q_1^2}{Q_c} + Q_c \cdot Ver_1 \right) - \left( \frac{Q_2^2}{Q_c} + Q_c \cdot Ver_2 \right) \right\}$$

この場合において、 $q_{1i}$  と  $q_{2i}$  は、同様な手法で  $q_{ci}$  との関係で配分した計算結果である。このため、 $q_{1i}/q_{ci}$  と  $q_{2i}/q_{ci}$  の分散、 $Ver_1$  及び  $Ver_2$  は大きな差は生じない。従って、整備前後における混雑度の分布が類似し、分散が等しいと仮定する。

このとき、式(8)は、以下の通りとなる。

$$M = a \cdot \left( \frac{Q_1^2}{Q_c} - \frac{Q_2^2}{Q_c} \right) + b \cdot (Q_{b+} - Q) \cdot Q_b \cdot G_2(Q_b) \\ = a \cdot \left( \frac{Q_1}{Q_c} + \frac{Q_2}{Q_c} \right) \cdot (Q_{b+} - Q) + b \cdot (Q_{b+} - Q) \\ - Q_b \cdot G_2(Q_b) \quad \dots\dots\dots(9)$$

この式と式(6)の対比から、 $(a(Q_1/Q_c)+b) \cdot Q$  は総走行台キロの変化に伴う総量項目量の変化、 $a(Q_2/Q_c)(Q_{b+} - Q)$  はバイパス以外のネットの走行速度向上に伴う総量項目量の減少、 $\{(a(Q_1/Q_c)+b) \cdot G_2(Q_b)\} Q_b$  はバイパス交通量相当分の速度向上による総量項目量変化に概ね対応していると言える。

#### 4. 各種係数の実用上の設定について

簡易な推計を実用的に行う上では、バイパス等有の交通配分結果（又は整備後の観測交通量）のみが存在するという条件で、計算ができる必要がある。

まず、式(9)のパラメータのうち、 $a$ 、 $b$ 、 $Q_b$ 、 $G_2$  は導出過程から明らかのように、この条件でもバイパス等の大型車混入率をもとに設定可能である。

また、 $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $Q_c$  については単独ではバイパス等無の交通配分結果がなければ推計できないが、いずれも平均混雑度を示す  $Q_1/Q_c$ 、 $Q_2/Q_c$  として用いられていることから、 $Q_2/Q_c$  はバイパス等近傍の平均混雑度を近似値として代用できると考えられる。また、全体交通ネットの指標となる  $Q_c$  に比較し、 $Q_{b+} - Q$  は小さいため、 $Q_1/Q_c$  が  $Q_2/Q_c$  と同一であると仮定しても大きな誤差を生じない。

さらに  $Q$  については、不通区間の解消、ショートカット等の道路事業については、迂回経路との比較で影響範囲も特定できるため推計可能である。一方で、都市部のバイパス等については、 $Q$  は推計困難だが大きな迂回を伴う経路でなければ、 $Q_b$  に比較して小さく、近似式として以下の式(10)を用いれば十分と考えられる。

$$M = 2 \cdot a \cdot \frac{Q_2}{Q_c} \cdot Q_{b+} + b \cdot Q_b \cdot Q_b \cdot G_2 \quad \dots\dots\dots(10)$$

#### 5. 結論、利用の方向性と課題

本研究のアプローチは推移を要素に分解するという編微分的な方法であり、全体ネットに及ぼす効果が微小な場合（ドラスティックな施策以外）、例えば

着実な街路整備などには有効と考えられる。また、提案した簡略式は、バイパス等の無に係る配分計算が必要ないため、実測の交通量観測に基づいての計算も可能であり、事後評価に当たっても適用できるものである。また、現行では時間交通量配分は実用的には使われていないが、この考え方に基づけば観測時間交通量から時間単位でも推計可能であり、通常の日  $QV$  式での日配分による手法より精度が高い推計が可能とも思われる。

また、定式化の過程から考えると、道路整備のみでなく、公共交通利用促進の効果等も同様の方法で推計可能である。このような手段変更に係る推計は範囲を限って行なわれる場合が多いので、全ネットワークの再推計を要しない手法の必要性が高い。

なお、現行の交通量推計手法のもとでは、簡略化に当たっての仮定は穏やかなものであり、誤差は大きくないと思われるが、各種配分手法での総量項目変化の推計値との比較による検証も必要と考えられる。特に式(10)で  $Q$  を無視することは大きな偏りを生ずるとも考えらるることからこの部分の推計方法を検討する必要がある。

また、需要変動モデルに基づく推計手法（CO2などの便益は今の形式で適用できるが、整備効果は台形公式に基づく  $1/2(g_1-g_2)(Lq_1+Lq_2)$  という形式での推計）への拡張も必要であるが、簡略化を行う上ではもともとの予測モデルの条件を整理し、明確にすることが前提であるため、今後の課題と考えている。

#### 参考文献

- 1) 道路投資の評価に関する指針検討委員会編：道路投資の評価に関する指針(案)第2版,日本総合研究所,1999