

地域修正係数を用いた高速道路の整備順位決定

Determining priority of the freeway improvement using the CBA with regional weighting

室蘭工業大学

函館工業高等専門学校

(社)北海道開発技術センター

室蘭工業大学

室蘭工業大学

○学生員 小野善彦 (Yoshihiko ONO)

正 員 佐々木恵一 (Keiiti SASAKI)

正 員 田邊慎太郎 (Shintarou TANABE)

正 員 田村亨 (Tohru TAMURA)

学生員 諏訪純 (Jun SUWA)

1. はじめに

国・地方公共団体の財政難の下で、近年公共投資に対して世論の厳しい眼が向けられている。これに伴い、公共事業評価においては費用便益分析を用いる流れとなってきた。しかし、伝統的な費用便益分析は効率性のみに従っている為、一般的に便益が多く発生しやすい大都市圏に公共投資が集中的に行われる恐れがある。効率性の観点からは良い事だが、社会的厚生観点から問題がある。道路投資などの公共投資効果として国土管理機能があり、また、全総において人口分散型国土形成を目指しており、公共投資を効率性のみではなく、公平性、安定性から考える必要がある。これらの解決方法の一つとして費用便益分析に公平性を加えたものとして、修正費用便益分析がある。修正費用便益分析はマニュアルが整備され、数多くの論文もでてはいるが未だ実例が無い。そこで本研究は、北海道の高速道路の整備順位決定に修正費用便益分析を用い、公平性の重みの付け具合により、整備順位にどのような変化があるかを明らかにする。

2. 修正費用便益分析

2.1 修正費用便益分析とは

伝統的な費用便益分析は効率性のみに従っている為、便益の大きく出る大都市で多くの事業が行われる恐れがあり、これは均衡ある国土形成の上でも大きな問題がある。これに対して、社会的厚生観点から公平性を考慮に入れたものとして、修正費用便益分析がある。

2.2 修正係数の定義

修正係数は、ある地域*i*とある地域*j*があり、両者に単位便益を落としたときに社会的厚生観点から何倍の社会的価値の差があるかを意味する係数として定義する。例えば、地域*i*に対して地域*j*が*K*と言う修正係数を持っていたとすると、地域*j*に落ちた単位便益は地域*i*に比べ社会的厚生観点から*K*倍の社会的価値があるとみなされる。修正係数は、単位所得が上がった時の社会的厚生の増分の比で表され、式(1)により示される。

$$\phi_i = \frac{\frac{\partial W}{\partial V_j} \frac{\partial V_j}{\partial Y_i}}{\frac{\partial W}{\partial V_i} \frac{\partial V_i}{\partial Y_i}} \quad \dots \quad (1)$$

Φ_i : 修正係数、 W : 社会的厚生関数、 V : 効用関数、 Y : 所得

2.3 社会的厚生関数

社会的厚生関数を決定する上で、社会的経済的観点から以下の点を満たすものが望まれる。

- ① 無名性基準
- ② パレート性基準
- ③ 弱公平性基準
- ④ Homotheticity (一次同時性)

以上を満たすものとしてナッシュ型、CES型、Atkinson型厚生関数があるが、CES型、Atkinson型厚生関数で考えられており、修正係数の定義式に代入すると両者とも以下の様に同じ形の式になる

$$\phi_j = \left(\frac{V_j}{V_i} \right)^{-\varepsilon} \frac{\frac{\partial V_j}{\partial Y_j}}{\frac{\partial V_i}{\partial Y_i}} \quad \dots \quad (2)$$

2.4 地域修正係数

地域修正係数 Φ を求める式は、効用 V を表す関数としてCobb-Douglas型間接効用関数を用いており以下のような形となる。

$$V(P_i, R_i, Y_i) = P_i^{-A} * R_i^{-B} * Y_i \quad \dots \quad (3)$$

地域物価水準: P_i 、住宅支出水準: R_i 、所得水準: Y_i 、 A, B : パラメータ

また、効用の最大化行動を考え、式(2)に代入すると以下の様に地域修正係数 Φ の式(4)が求められる。

$$\phi_j = \left(\frac{P_j}{P_i} \right)^{-(1-B)(1-\varepsilon)} \left(\frac{R_j}{R_i} \right)^{-B(1-\varepsilon)} \left(\frac{Y_j}{Y_i} \right)^{-\varepsilon} \quad \dots \quad (4)$$

P : 地域消費者物価水準、 R : 住宅支出水準、 Y : 所得水準、 B : 家計消費支出に占める住宅支出の割合、 ε : 地域間格差への配慮の度合いを示すパラメータ

2.5 パラメータ

(4)の式のパラメータは、 P, R, Y, B, ε であるが、これらは、データーの入手のし易さと、間接効用関数が P と Y で定義されているところから来ている。式には上記の二つの変数の他に、 R (住宅支出水準)と B (家計消費支出に占める住宅支出割合)があるがこれについては、日本は消費者支出に占める家賃地代の割合が大きく、エンゲル係数的に扱うことにより、地域というものを表現できることから来ている。更に、今日日本は

道路網が発達してきており、以前の様に生産場所から遠い地域は物価が高いという傾向が小さくなってきている点もある。 ε （公平性への社会的配慮の強さを表すパラメーター、 $\varepsilon \geq 0$ ）はこの値を大きくすることにより Φ の値が大きくなり公平性を高めることができる。 ε の値の決定については、初期値として $\varepsilon = 0.5$ から始め、社会的合意を得ながら数値を変動させて一定値に収束していくことを目指す。

3. 初期設定

3. 1 ネットワーク

(1) 道路ネットワーク

道路ネットワークは国道と高規格幹線道路のみとし、“道路時刻表”を用いて時間距離を算出した。また、今回は離島部分は考慮に入れない。さらに、国道が通っていない市町村については、道道によって国道に接続した。

(2) 新規高規格幹線道路ネットワーク

インターチェンジに関しては、10 km間隔を基本として高速道路が通る市町村におおよそ1つずつ建設するものとする。新規ネットワークは図-1のようになる。

3. 2 修正費用便益計算

(1) 費用

工事費用データの入手の困難性、工事場所の違いによる工事費の差や、計算の簡便性から建設費用は一律50億円/kmとする。また、予算に関しては2020年に全区間を完成させるため、費用と工事区間の全長から逆算をして3474.3億円/年と設定した。

(2) 便益

今回は新規高規格幹線道路の整備による時間短縮便益のみを考え、単位時間短縮便益として1800(円/時)とした。

(3) 工事期間

新規高規格幹線道路の工事期間については、現在建設予定の高規格道路は2020年までに全て完成する予定であることから、本研究においても2020年に全て完成すると考えた。

(4) 1年間の工事区間制約

工事区間制約としては一年間の予算(3474.3億円)とする。計算を簡単にするために、建設予定の道路を1本とみため工事順番の早い工事区間から予算が付き、予算の付いた工事区間はその年中に完成するものとする。また、翌年にまたがって予算が付いた工事区間は翌年に完成するものとする。具体的イメージは、図-2のようである。

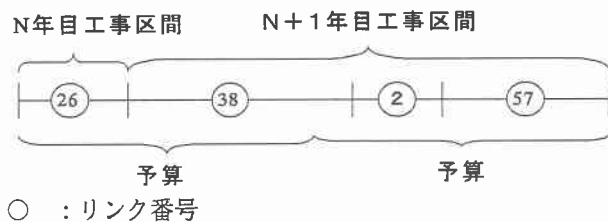


図-2. 工事区間制約

4. 計算方法

本研究において高速道路の工事区間の組み合わせが63!通りあり、総当たり方法による計算を行なうと膨大な計算量となるため、離散的組み合わせで最適化手法であるGAを用いて最適解を探索する。

4. 1 修正費用便益分析

本研究の修正費用便益分析は修正費用便益比を使い、式は以下の様になる

$$\frac{B^i}{C} = \frac{\sum_{i \in I} (\phi^i * B_i)}{C} \quad \dots \quad (5)$$

B: 便益、C: 費用、 Φ : 修正係数、i: 市町村番号(1~208)

また、便益計算式は以下のように示される。

$$B_i = Z_i * H = (X_{n+1} - X_n) * H \quad \dots \quad (6)$$

B: 都市iの便益、H: 単位時間短縮便益費、 X_n : 都市iの高規格幹線道路整備を始めてn年目の道路ネットワーク上でダイクストラを回した時の各市町村への総最短所要時間

4. 2 GAの設定

(1) 線列

今回の計算では10進数を用いて線列を構成した。各設計変数は工事課所の番号となっている。左から工事順番となっており、図-3のような形となる。

遺伝子 (0 3 5 5 7 4 8 4 ... 5 4 4 5 7 5)
工事順位 1、2、3、4、6 1、6 2、6 3

図-3. 遺伝子線列

(2) 目的関数

目的関数として上記の修正費用便益比を用いる。

5. 使用データ

5. 1 OD・時間距離

H6年度平日BゾーンOD表を用いた。ダイクストラに用いた時間距離は、既存の高規格幹線道路と国道に関しては2000年道路時刻表を用い、将来の高規格幹線道路に関しては、予定路線と地図を基に著者が距離を測り、その距離を2000年道路時刻表から高速道路走行平均時間で割ったものを用いた。また、各インターチェンジからその市町村の国道までは一律10分かかるものと設定した。道道に関してはデータが無いため、著者が独自に設定した。

5. 2 修正係数

(4)式に示す各説明変数を基に独自に計算した。

6. 計算結果

6. 1 計算方法

ここで示す分析はダイクストラプログラムを便益計算出来るよう改良を加えたもので行った。なお、図の縦軸は便益部分のみの値で示した。また、整備順位は札幌か

ら近い所から建設していく線列と、札幌から遠い所から建設していく線列の2種類を任意に設定した。発表当日においては、GAで計算を行い、 ε の値が0, 1, 0, 1, 5の場合について分析した結果を発表する。

図一4：縦軸は時間短縮量で、札幌に近い所から高規格幹線道路を造っていった場合である。

図一5：縦軸は（時間短縮量×OD交通量）で、札幌に近い所から高規格幹線道路を造っていった場合である。

図一6：縦軸は（時間短縮量×OD交通量×修正係数（1.5））で、札幌に近い所から高規格幹線道路を造っていった場合である。

図一7：縦軸は（時間短縮量×OD交通量）で、札幌から遠い所から高規格幹線道路を建設していった場合である。

図一8：縦軸は（時間短縮量×OD交通量×修正係数（1.5））で、札幌から遠い所から高規格幹線道路を建設していった場合である。

図一9：図一5と図一6の相対的に比較したもの

図一10：図一7と図一8の相対的に比較したもの

6. 2 分析結果

6. 2. 1 時間短縮量のみとODをかけたものの比較

図一4と図一5を比較してみると、時間短縮のみの方が若干グラフの立ち上がり早い。これは、札幌発着のODが大きいにも関わらず、時間短縮量が小さい為である。また、図一4では札幌から整備しているにも関わらず、グラフの立ち上がり殆ど変わらない。これは、高規格幹線道路を現況で完成しているところから伸ばしていく形で整備の方が効用が早期に上がりやすいことを示している。本論文には載せていないが、札幌から遠い所から高規格幹線道路を整備していった場合の時間短縮のみの場合は、札幌から整備していったのと比べグラフの立ち上がり方が遅かった。この事からも現況の道路から伸ばした方が早期に便益が上昇するといえる。さらに、図一7は図一4に比べグラフの立ち上がりが遅く、時間短縮のみの時よりも差が広がっている。

6. 2. 2 計算条件が同じ場合の比較

図一5と図一7、図一6と図一8を比較してみると、どちらも札幌に近い所から整備していく図一4、図一5の方が早期に便益が上昇している。これは、札幌の総単純便益（OD×時間短縮量の総和）が他の市町村に比べ2倍以上大きく、さらに他の市町村の総単純便益に占める札幌への割合が大きいことが原因といえる。このことから、札幌に近い所から整備していく方が良いことを示している。

6. 2. 3 修正係数をかけたの比較

図一5と図一6、図一7と図一8を比較する。図一5と図一6は、修正係数をかけたため各年の便益は大きく異なっているが、各年における札幌の便益（ $\Phi=1$ ）の割合が非常に大きくその他の市町村は総単純便益が小さいにも関わらず、時間短縮の恩恵にあずかる市町村数が多い為、修正係数をかけても割増された便益に各年間で差が出ていない（図一9においてグラフの傾きの差が非常に小さい）。図一7と図一8は、図一5と図一6同様に、

修正係数をかけたためのものである。各年の便益は大きく異なっているが、地方の中心都市の便益の割合が大きくその他の市町村の総単純便益も大きく、時間短縮の恩恵にあずかる市町村が少ない為、修正係数をかけた場合便益の増加が早期に現れている（図一10においてグラフの傾きに差が出ている）。また、札幌の便益が大きく影響する年に於いては、2つのグラフが接近している。

7. おわりに

計算結果から、北海道の高規格幹線道路は札幌に近い所で、既存高規格幹線道路から伸ばしていく形で整備していくのが望ましいことが解った。修正費用便益分析は、地方部から建設していった場合、修正係数をかけることにより便益に変化があることが解った。が、修正費用便益はあくまでも効率性ベースのものに公平性を加えたもので、便益の大きいものから建設していかなければいけない。それゆえ、北海道のように人口の一極集中の進んでいる所では効果が薄い恐れがある。また、計算結果で書いたように今回は2種類の整備順位での比較であったため、これからGAを用いて数多くの整備順位を比較することにより、修正係数の影響によって整備順位に差が出ることを明らかにしたい。

参考文献

- 1) 長谷川専：修正費用便益分析の考え方、土木計画学ワンデーセミナーシリーズ19 土木計画における公平論を巡って、pp.111—121、(社)土木学会土木計画学研究会、2000
- 2) 森杉壽芳・御巫清泰：第3章. 公共投資と経済政策、土木学会編新体系土木工学49 社会資本と公共投資、pp151—pp193、技報堂出版、1981
- 3) 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編総合評価、財団法人日本総合研究所、pp. 61—81、2000
- 4) 上田孝行、長谷川専、森杉壽芳、吉田哲生：地域修正係数を導入した費用便益分析、土木計画学研究・講演集No. 21(2) pp. 105-108、1998
- 5) 小林潔司：公共システム整備のための評価指標—研究系譜と今後の課題—、土木学会論文集、No.425/IV—14、pp. 81—90、1991
- 6) H6年度平日BゾーンOD表、北海道開発局

