

多地域応用一般均衡モデルを用いた高規格幹線道路整備による便益計測*

Benefit measurement of expressway construction by SCGE Model*

内田賢悦**・杉木直***・長岡修****

By Ken'etsu UCHIDA**・Nao SUGIKI***・Osamu NAGAOKA****

1. はじめに

公共事業評価における便益計測では、内部効果や外部効果を幅広く計測している。それぞれの事業の特性上、旅行費用法や仮想的市場評価法、ヘドニックアプローチ等を用いる場合があるものの、多くの事業では幅広く便益を計測している。一方、道路事業においては、便益が発生する側に着目した内部効果中心の便益計測、事業評価が行われているものの、より広範な視点から事業を評価するには、便益の帰着先に着目した評価の余地が残されると考える。このためには、対象地域全体の経済的インパクトの計測のみならず、どの地域のどのような経済主体に便益が波及するかといった分析が必要となる。

そこで本研究では、北海道を対象とし、高規格幹線道路を含む道路ネットワークの評価が可能で多地域応用一般均衡モデル(SCGEモデル)を構築し、道路整備によりどの地域(生活圏)に位置する経済主体(家計、各産業部門)が、どの程度の便益(単位:円)を得たかといった地域性を表現する帰着ベースでの便益計測を行う。具体的には、文ら¹⁾によって東北地域を対象に開発され、樋口ら²⁾によって北海道を対象に拡張、修正したモデルを構築されたSCGEモデルを用いる。本研究では、データの追加・更新によるパラメータの再推定を行う点、既算出便益との比較を行うため分割配分法による時間距離を適用する点、分析時に20地方生活圏へと空間単位を詳細にする点に関して改良を行う。また、構築されたモデルを北海道内の高規格幹線道路整備に適用し帰着便益の計測を行った上で、通常の計測便益との比較を行い、波及の程度について試算する。

2. 多地域応用一般均衡モデル

(1) モデルの概要

多地域応用一般均衡分析²⁾では、世帯及び企業の立地

*キーワード: 多地域応用一般均衡モデル、便益計測、高規格幹線道路

**正員 博士(工) 北海道大学大学院工学研究科

(〒060-8628札幌市北区北13条西8丁目、

Tel 011-706-6211, Fax 011-706-6211)

***正員 修士(情報科学)(株)ドーコン総合計画部

****非会員 修士(工学)(株)ドーコン交通部

行動と、財市場、資本市場、土地市場の均衡を記述する。そして、空間的価格均衡を通じて、地域的交易のパターンが決まる。モデルにおける基本仮定を以下に列挙する。

対象圏域内の地域の数とそれぞれの位置は先決されており、すべての地域は交通ネットワークにより結ばれている。この交通ネットワークは、地域間で交易される財の輸送に用いられる

対象圏域(本研究では北海道全体)における総人口は固定されている。

地域間の人口移動は行われない。

土地は世帯の住宅のために用いられる。各地域によって利用可能な土地面積は限られており、その大きさは外生的に与えられる。土地は同じ地域に住む世帯によって所有されており、地代収入は地域内の各世帯に均等に分配されるものとする。

生産のための投入要素は労働と資本である。すなわち中間投入を無視する。財の種類によっては、集積の経済効果があり、地域規模(人口で測られる)が大きくなるほど生産性が高くなる。

対象圏域内の地域相互の交易財の輸送には、その財そのものを投入する。すなわち単位の財を単位距離輸送するために、その財を一定量消費する。

対象圏域に居住する世帯は、同量の資本を所有しており、各世帯は資本賃貸料の収入を所得として受け取ることができる。

対象圏域の外(国内、国外とも)との間で資本及び財の流入は自由である。ただし圏域外との間で経常収支は均衡しているものとする。財の移輸出は特定のノードを通じて行われる。モデル上では、移輸出ノードにおいて移輸出量に等しい需要が発生したものとして扱う。移輸出の数量は外生的に与えられる。移輸入の量は、各財に対して設定された移輸入係数に基づいて決まる。

(2) 企業の行動

企業の生産関数を次のように一次同次のコブ・ダグラス型に特定化する。

$$y_i^m = \delta^m G^m(N_i)(L_i^m)^{a^m} (K_i^m)^{1-a^m} \quad (1)$$

ここに y_i^m, L_i^m, K_i^m は、それぞれ、地域 i における産業

m の生産額、労働投入、資本投入であり、 a^m, δ^m はパラメータである。 $G^m(N_i)$ は、集積の経済効果を表す関数であり、次のように特定化される。

$$G^m(N_i) = N_i^{\sigma^m} \quad (2)$$

ここに σ^m はパラメータであり、 $0 \leq \sigma^m \leq 1$ の範囲にある。このとき、企業の利潤最大化行動により、次のように各投入要素に対する需要が求められる。

$$L_i^m = \frac{a^m}{w_i} q_i^m y_i^m \quad (3)$$

$$K_i^m = \frac{1-a^m}{r} q_i^m y_i^m \quad (4)$$

ここに、 q_i^m は地域 i における財 m の出荷価格 (f.o.b.) であり、 w_i と r は、それぞれ、労働者の賃金と資本の賃貸料である。資本は対象圏域内外を問わず自由に移動できると仮定する。したがって資本のコストは、どの地域においても等しくなる。

(3) 世帯の行動

各世帯は、財の消費と住宅水準に依存する効用を最大化するように行動する。世帯の効用関数は、次のように定式化される。

$$U(h_i, x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^M) = \alpha \ln h_i + \sum_{m=1}^M \beta^m \ln x_i^m \quad (5)$$

ここに x_i^m は地域 i に住む一世帯による財 m の消費量である。 α, β^m はパラメータである。また世帯の所得制約は、次のようになる。

$$w_i + \frac{p_i^h H_i}{N_i} + \frac{r\bar{K}}{T} = \sum_{m=1}^M p_i^m x_i^m + p_i^h h_i \quad (6)$$

ここに、 p_i^m は、地域 i における財 m の消費者価格 (c.i.f.) であり、 p_i^h は住宅地の地代である。左辺の第 2 項は、各世帯が地域内に所有する土地からの収入である。効用最大化の条件により、次の式が導かれる。

$$x_i^m = \frac{\beta^m}{1-\alpha} \frac{1}{p_i^m} (w_i + \frac{r\bar{K}}{T}) \quad (7)$$

$$h_i = \frac{\alpha}{1-\alpha} \frac{1}{p_i^h} (w_i + \frac{r\bar{K}}{T}) \quad (8)$$

(4) 地域間の交易

地域間の交易パターンは、地域ごとの財価格と輸送費によって決定される。各地域の需要者は c.i.f. 価格 (生産地価格 + 輸送費) が最小となる生産地を購入先として選ぶと考える。 j に住む需要者が生産地 i を財の購入先として選ぶ確率、 s_{ij}^m は次式によって与えられる。

$$s_{ij}^m = \frac{y_i^m \exp[-\lambda^m q_i^m (1 + \omega^m t_{ij}^m)]}{\sum_k y_k^m \exp[-\lambda^m q_k^m (1 + \omega^m t_{kj}^m)]} \quad (9)$$

ここに ω^m は一単位の財 m を単位時間輸送するために用いられる財の量、 t_{ij} はネットワークにおける地域 i, j 間の最短時間である。上の確率を用いると、地域 i, j 間の財の交易量、すなわち地域 i で生産され、地域 j で需要される財 m の量 z_{ij}^m は次のように求められる。

$$z_{ij}^m = \{N_j x_j^m (1 - \mu^m) + E_j^m\} s_{ij}^m \quad (10)$$

ここに、 μ^m は外生的に与えられる移輸入係数 (対象地域における総需要のうち、対象地域外及び、国外から移輸入する量の比率) であり、 E_j^m は、地域 j から対象圏域の外に移輸出される財 m の量である。

(5) 市場均衡

このモデルの経済システムの均衡条件は以下のように定義される。

$$\text{労働市場: } \sum_{m=1}^M L_i = N_i \quad (11)$$

$$\text{財市場 (需要地): } N_j x_j^m (1 - \mu^m) + E_j^m = \sum_{i=1}^I z_{ij}^m \quad (12)$$

$$\text{財市場 (生産地): } y_i^m = \sum_{j=1}^I z_{ij}^m (1 + \omega^m t_{ij}) \quad (13)$$

経常収支均衡:

$$r \left(\sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M K_i^m - \bar{K} \right) = \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M q_i^m E_i^m - \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M \mu^m p_i^m N_i x_i^m \quad (14)$$

外生変数

I : 地域の数

M : 産業部門の数

t_{ij} : ネットワークにおける地域 i, j 間の最短時間

H_i : 地域 i における宅地面積

\bar{K} : 対象圏域の世帯が所有する資本の総量

ω^m : 一単位の財 m を単位時間輸送するために用いられる財の量

μ^m : 移輸入係数

E_j^m : 地域 j にある移輸出ノードから対象圏域の外に移輸出される財 m の量

内生変数

N_i : 地域 i の人口

y_i^m : 地域 i における産業 m の生産額

L_i^m : 地域 i における産業 m の労働投入

K_i^m : 地域 i における産業 m の資本投入

q_i^m : 地域 i における財 m の出荷価格 (f.o.b.)

r : 資本の賃貸料

x_i^m : 地域 i に住む世帯による財 m の消費量

p_i^m : 地域 i における財 m の消費者価格 (c.i.f.)

z_{ij}^m : 地域 i で生産され地域 j で需要される財 m の量、すなわち地域 i, j 間の財の交易量

u^* : 均衡時に達成される世帯の効用水準

3. 北海道における多地域応用一般均衡モデルの構築

(1) ゾーン設定

本研究では、14支庁によるパラメータ推定を行った上で、シミュレーション時には、北海道を20ブロックに分割して分析する。20ブロックについては、国土交通省が設定している「地方生活圏」を採用した。ゾーン設定、各ゾーンの代表都市、移輸出ノードを図-1に示す。

(2) 産業部門設定

産業部門は14部門（農業、林業、水産業、食料品製造業、非金属製造業、金属製造業、鉱業、建設業、卸売・小売業、金融・保険・不動産業、運輸・通信業、電気・ガス・水道業、サービス業、公務）に構成して分析を行う。北海道においては産業に占める第1次産業のウェイトが高いと考えられるため、農林水産業について、3部門に分類している。また、製造業については食料品製造業・非金属製造業・金属製造業の3部門に集約を行った。

(3) 分析用データベース

14支庁でのモデルパラメータ推定、および20地方生活圏を対象としたシミュレーション分析に必要なデータは、人口、宅地面積、就業者数、賃金率、生産額、移輸出額、地域間移動時間等であり、内容及びデータ出典については表-1に示す通りである。

(4) 応用上の仮定と与件事項の設定

前節でモデルの理論的定式化の段階における仮定について述べたが、実際の都市システムにモデルを適用するために、以下のような応用上の仮定が必要となる。

土地や天然資源の存在に依存する農林水産業、鉱業、および立地が市場原理ではなく政策的に決定される公務については、地域別生産量を外生的に与える。域外への移輸出は、国外、東北、関東、関東以西という4方面に集約する。国外へは石狩・札幌（千歳空港）、東北へは渡島・函館（函館港）、関東へは胆振・苫小牧（苫小牧港）、関東以西へは後志・小樽（小樽港）の各地域が、それぞれの移輸出ノードであると仮定する。

交易係数のパラメータ推定時に一部の産業部門で値がゼロとなり、また、サービス部門等については、データが存在しないので地域間交易モデルのパラメータが推定不可能であるため、これらについてはモデルによる再現性において全体的な適合度が高くなるようにパラメータ値を定めることとする。

北海道地方の世帯が所有する資本の総量は、データから直接得ることはできない。しかし、経常収支均衡条件は現実に成り立たねばならないので、次のように計算することができる。

$$\bar{K} = \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M K_i^m - \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M q_i^m E_i^m + \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M \mu^m p_i^m N_i x_i^m \quad (15)$$

なお資本価格は1としている。

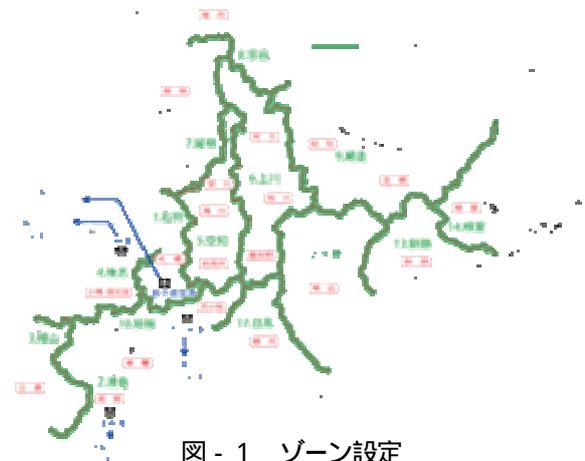


図-1 ゾーン設定

表-1 分析用データ

データ	データ出典
人口	H17 年国勢調査
産業部門別 就業者数	H17 年国勢調査 H18 年事業所・企業統計調査
宅地面積	H17 年固定資産の価格等の概要調書
賃金率	H17 年課税対象所得（総務省）
産業部門別生産 額・移輸出入額	H17 年全国地域間産業連関表
平均住宅地価	H17 年都道府県地価調査
産業部門別 地域間交易量	H17 物流センサス
地域間移動時間	分割配分

表-2 パラメータ推定結果

コード	産業部門	m	m	am	μm	m^	m	m^
1	農業	0.676	0.057	0.008	0.162	0.018	0.000	0.000
2	林業	1.697	0.051	0.392	1.000	0.001	0.000	0.000
3	水産業	1.457	0.020	0.122	0.313	0.003	0.000	0.000
4	食料品製造業	0.630	0.071	0.078	0.514	0.060	0.000	0.320
5	非金属製造業	0.997	0.010	0.001	0.820	0.034	0.000	1.191
6	金属製造業	0.930	0.015	0.001	0.819	0.081	11.364	0.389
7	鉱業	0.932	0.013	0.001	0.059	0.000	13.165	0.674
8	建設業	0.548	0.076	0.031	0.004	0.122	0.000	0.000
9	卸売・小売業	1.041	0.025	0.003	0.403	0.118	0.000	0.848
10	金融・保険・不動産業	1.316	0.011	0.094	0.032	0.119	0.000	0.000
11	運輸・通信業	0.766	0.036	0.008	0.250	0.063	0.000	0.403
12	電気・ガス・水道業	0.953	0.008	0.000	0.038	0.016	0.000	0.000
13	サービス業	1.170	0.018	0.032	0.120	0.285	0.000	0.000
14	公務	0.683	0.056	0.010	0.000	0.079	0.000	0.000

各世帯の規模はすべて等しく、就業者が一人ずつ居るものと仮定する。したがって、各世帯の労働供給は世帯数と等しくなる。人口分布は、各地域の就業者数（世帯数）を北海道地方の平均就業率で割ることにより求める。

(5) パラメータ推定

以上のデータベースおよび仮定に基づいて推定された生産関数、効用関数、交易関数に関するパラメータ推定結果を表-2に示す。これらに加え、モデルの再現性に関する感度分析を行った結果、外生パラメータとして、 $\alpha=0.2$ 、 $\lambda^s=2.0$ 、 $\omega^s=0.015$ 、 $\rho=3.0$ を採用した。

5. 道東道を対象としたシミュレーションの実行

(1) 分析対象施策の概要

本研究では、図-2に示すように現況に対して道東道夕張～十勝清水間の開通を想定した場合の便益計測を行う。WITHケースとしては【平成17年現況ネットワーク+道東道】、WITHOUTケースとしては【平成17年現況ネットワーク】を設定し、それぞれの分割配分による交通量配分結果から地域間移動時間を求め、多地域応用一般均衡モデルの入力として用いた。

(2) 分析結果

シミュレーション分析の結果を表-3に示す。また、便益計測結果を図-3に示す。現況ネットワークに対す

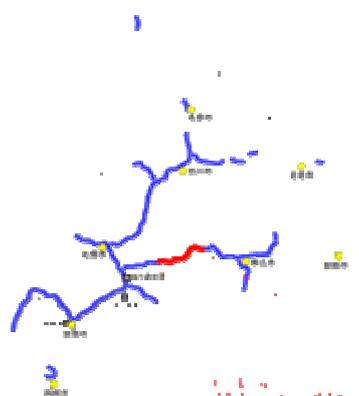


図-2 分析対象路線

表-3 分析結果

地域コード	地方生活圏	人口(人)	賃金率		EV	効用	
			WITHOUT	WITH		WITHOUT	WITH
1	札幌	2,240,129	0.455	0.456	0.0066	0.5357	0.5362
2	函館	437,088	0.349	0.353	0.0155	0.4585	0.4597
3	江差	47,542	0.264	0.264	0.0120	0.5699	0.5709
4	小樽・俱知安	250,629	0.272	0.273	0.0067	0.6444	0.6449
5	岩見沢	192,265	0.260	0.261	0.0070	0.7630	0.7636
6	滝川	121,588	0.248	0.248	0.0061	0.7018	0.7023
7	深川	43,511	0.222	0.225	0.0044	0.7484	0.7488
8	旭川	412,660	0.292	0.296	0.0046	0.5972	0.5976
9	名士	82,087	0.254	0.258	0.0048	0.6787	0.6791
10	富良野	54,623	0.236	0.239	0.0200	0.6913	0.6930
11	留萌	66,969	0.246	0.247	0.0037	0.6407	0.6410
12	稚内	87,215	0.306	0.313	0.0068	0.4805	0.4811
13	北網	255,014	0.310	0.315	0.0089	0.5675	0.5683
14	紋別	88,026	0.272	0.276	0.0043	0.6339	0.6342
15	室蘭	197,093	0.272	0.275	0.0153	0.6611	0.6624
16	苫小牧	217,225	0.268	0.273	0.0100	0.7496	0.7504
17	静内	91,589	0.266	0.272	0.0056	0.6512	0.6517
18	帯広	379,912	0.325	0.306	0.8141	0.5967	0.6619
19	釧路	264,922	0.349	0.332	0.6138	0.4683	0.5178
20	根室	97,651	0.333	0.330	0.2242	0.5136	0.5320

る道東道開通による便益は、道内150億円、道外272億円となった。地域別には、帯広・釧路等の便益が高まっている。

(3) 直接効果との比較

小型貨物車と普通貨物車の走行時間短縮便益のうちの生活圏間のトリップを対象とした便益を抽出し、SCGEモデルによる便益と比較した結果を図-4に示す。本研究における試算結果としては、直接効果の7倍弱の間接効果が得られる結果となった。

6. おわりに

本研究では、北海道を対象として多地域応用一般均衡モデルを構築し、高規格幹線道路プロジェクトを対象とした便益計測及び、走行時間短縮便益との比較を行った。

今後は、道路交通センサス等による交易データの精度向上による計測手法の改良、生活交通や観光・余暇交通など人の移動に関する時間短縮便益の波及を含めた計測や道外への波及便益の計測手法への拡張を行ってゆく予定である。

なお、本研究は国土交通省北海道開発局建設部委託業務の一環として実施されたものである。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 文世一：東北建設協会 建設事業の技術開発に関する助成，研究成果報告書，1997.
- 2) 樋口靖典ほか：多地域応用一般均衡モデルを用いた北海道における道路整備効果に関する研究，日本地域学会第45回学術発表論文集，2008.

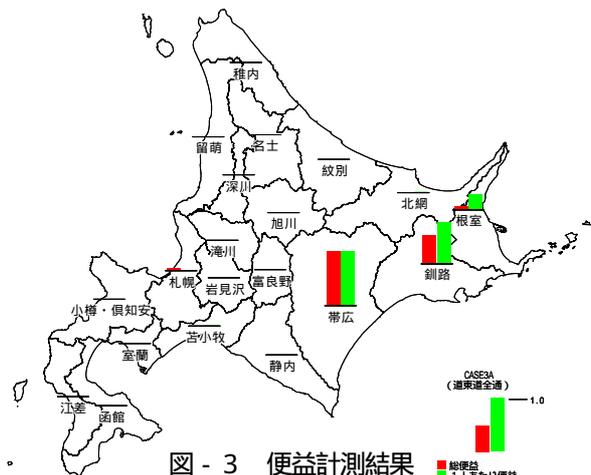


図-3 便益計測結果

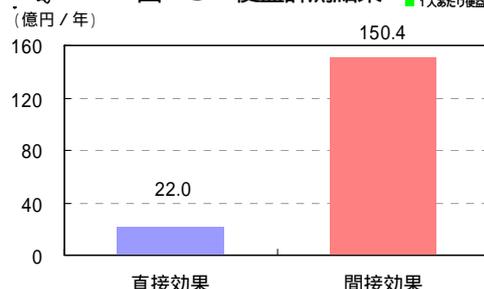


図-4 走行時間短縮便益との比較