

# 福島西道路を事例とした応用一般均衡分析によるバイパス整備の経済評価\*

Economic Evaluation of Bypass Construction Project using CGE Model:

Application to the Fukushima-Nishi-Road Case

横山真幸\*\*・上坂克巳\*\*・樋野誠一\*\*\*・吉田朗\*\*\*\*・林山泰久\*\*\*\*\*

By Masayuki YOKOYAMA\*\*・Katsumi UESAKA\*\*・Seiichi HINO\*\*\*・

Akira YOSHIDA\*\*\*\*・Yasuhisa HAYASHIYAMA\*\*\*\*\*

## 1. はじめに

道路整備が地域経済に及ぼす + , - の間接効果の評価は, 時間短縮等の利用者直接便益に基づく「道路整備マニュアル」<sup>1)</sup>からは計測できず, 応用一般均衡分析(CGE)等の適用が必要と考えられる.

本稿は, 国道 13 号福島西道路を事例に、バイパス整備が地域経済に及ぼす空間的間接効果を応用一般均衡モデルにより評価し, 類似の社会資本整備を評価する際の課題と今後の方向性について述べる.

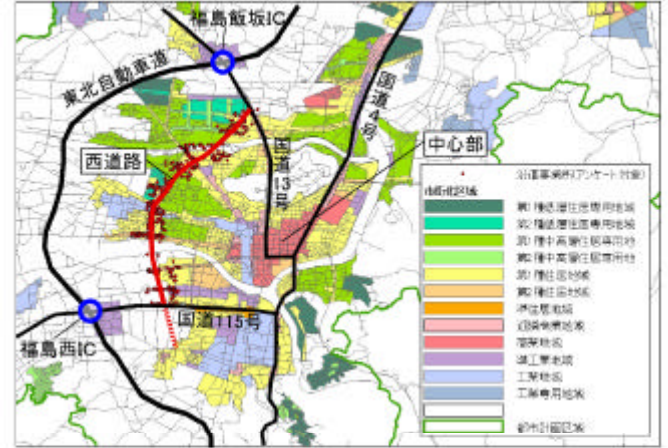


図1 福島西道路の位置と土地利用状況

## 2. 福島西道路の概要

国道 13 号福島西道路は, 市中心部の渋滞対策を目的に昭和 57 年に事業着手され, 平成 10 年 3 月に 6.4km 区間が暫定 2 車線で供用された. 平成 9 年には南に 1.3km が延伸され全体延長は 7.7km となり, 現在 4.36km の区間が 4 車線整備されている. 道路規格は 4 種 1 級で, 良好な住宅地を通過することから, 供用直後急速に大規模商業施設が多数立地し, バイパス沿線地域の商業活動が活性化した. 一方, 福島市中心市街地の空洞化の促進が指摘されている.

## 3. バイパス整備を評価する一般均衡モデル

本モデルは, 西道路の利用特性から道路整備による買物行動の変化に注目したモデル構築を行う.

本モデルの特徴は 従来の CGE が都市間交通網整備に適用するのに対し, 本稿は都市内交通網整備に適用した. 1km<sup>2</sup> の小地域単位での評価であること. 係数推定のための統計データが存在しないので独自にアンケート調査を行ったことの 3 点である.

### (1) 家計

家計の直接効用関数  $u$  は次式の通り.

$$u(\Lambda^{ij}, x^{ij}, h^i) = \Lambda^{ij} + a_x \ln x^{ij} + a_h \ln h^i \quad \forall i, j \quad (1)$$

家計の制約条件は所得制約である. 地代・交通関連収入は生活圏内全家計に均等分配されると仮定する.

$$w + \Omega = p^{ij} x^{ij} + p_h^i h^i \quad \forall i, j \quad (2)$$

$$\Omega = \left( \sum_i p_h^i \Phi^i \bar{H}^i + \sum_i \sum_j N^{ij} x^{ij} (2rd^{ij} + r^j) \right) / \bar{N} \quad (3)$$

$$p^{ij} = p^j + 2(rd^{ij} + r^j / 2) \quad \forall i, j \quad (4)$$

ここで,  $a_x + a_h = 1$ ,  $x^{ij}$ : 居住  $i$ ・買物先  $j$  家計の合成財消費量,  $h^i$ : 居住  $i$  家計の土地消費量,  $\bar{N}$ : 都市

\* キーワーズ: 応用一般均衡分析, 費用便益分析

\*\*国土交通省 東北地方整備局 福島河川国道事務所  
(福島市黒岩字榎平36, tel:024-546-4331, fax:024-546-4340)

\*\*\*情報科学修, (財)計量計画研究所東北事務所  
(仙台市青葉区立町20-10, tel:022-221-7730, e-mail:  
shino@ibs.or.jp)

\*\*\*\*正員, 工博, 東北芸術工科大学環境デザイン学科  
(山形市上桜田200番地, tel:023-627-2056, e-mail:  
yoshida@env.tuad.ac.jp)

\*\*\*\*\*正員, 工博, 東北大学大学院経済学研究科  
(仙台市青葉区川内, tel:022-217-3333, fax:022-217-5555)

圏家計に均等分配される資産・交通部門余剰,  $p^{ij}$ : ゾーン  $i$ - $j$  間交通費込み財価格,  $w$ : 労働者賃金,  $p^j$ : ゾーン  $j$  財価格,  $p_h^i$ : ゾーン  $i$  地代,  $\tau$ : 単位距離当たり交通費用,  $\tau^j$ : 買物先ゾーン  $j$  駐車料金,  $N^{ij}$ : ゾーン  $i$ - $j$  間買物者数,  $\alpha$ : 容積率,  $\bar{H}^i$ : ゾーン  $i$  利用可能面積,  $U^i$ : 居住地  $i$  から見た買物先  $j$  の特性(買物効用関数).

効用最大化問題より財の最適消費量が求まる.

$$x^{ij} = a_x(w + \Omega) / p^{ij} \quad \forall i, j \quad (5)$$

$$h^i = a_h(w + \Omega) / p_h^i \quad \forall i \quad (6)$$

間接効用  $V^{ij}$  は複数買物先  $j$  を考慮し下式となる.

$$V^{ij} = \Lambda^{ij} - a_x \ln p^{ij} - a_h \ln p_h^i \quad \forall i, j \quad (7)$$

効用にガンベル分布に従う確率項  $U^{ij}$  を追加すると, 家計が居住地  $i$ , 買物先  $j$  を選択する確率  $\Pr[i, j]$  は Logit Model 型となる<sup>2)</sup>.

$$\Pr[i, j] = \exp(V^{ij}) / \sum_{i', j'} \exp(V^{i' j'}) \quad \forall i, j \quad (8)$$

都市圏総人口は  $\bar{N}$  であるので,  $N^{ij}$  は次式となる.

$$N^{ij} = \Pr[i, j] \bar{N} \quad \forall i, j \quad (9)$$

ゾーン  $i$  人口  $N^i$  は下式となる.

$$N^i = \Pr[i] \bar{N} = \sum_j \Pr[i, j] * \bar{N} \quad \forall i \quad (10)$$

## (2) 企業

生産関数は, 投入要素が土地・労働のコブ・ダグラス型とし, また道路整備により立地変更する産業は小売・飲食業・卸売業・サービス業と設定した.

$$y^i = (L^i)^a (T^i)^b \quad \forall i \quad (11)$$

ここで,  $a + b = 1$ ,  $y^i$ : ゾーン  $i$  財生産量,  $L^i$ : ゾーン  $i$  労働量,  $T^i$ : ゾーン  $i$  企業土地需要面積.

労働・土地の要素需要関数は下式となる.

$$L^i = a p^i y^i / w \quad (12), \quad T^i = b p^i y^i / p_h^i \quad \forall i \quad (13)$$

各要素需要より 3 次産業の単位費用関数が求まる.

$$p^i = (w/a)^a (p_h^i/b)^b \quad \forall i \quad (14)$$

## (3) 市場均衡

都市圏全体の労働均衡式は次式となる.

$$\sum_i L^i = \bar{N} \quad (15)$$

ゾーン  $i$  の 3 次産業財の市場均衡式は次式となる.

$$y^j = \bar{N} \sum_i x^{ij} \Pr[i, j] \quad \forall i, j \quad (16)$$

ゾーン  $i$  の土地需給バランス式は次式となる.

$$\Phi^i \bar{H}^i = T^i + N^i h^i \quad \forall i \quad (17)$$

以上の一般均衡モデルは内生変数と方程式数が一致し, ワルラス法則が成立する. 数値計算法は, 都市圏で均衡する労働市場の超過需要に応じて賃金率を調整する価格調整アルゴリズムを適用した.

## 4. 分析条件の設定

### (1) 分析対象地域と分析単位の設定

分析対象地域は, 買物行動圏域である福島二次生活圏(福島市と伊達郡 9 町)の都市計画区域内とし, 分析単位は  $1\text{km}^2$  メッシュ(400 メッシュ)とした. 居住地・買物先は  $400^2$  の同時決定となる.

### (2) パラメータ推定

#### (a) 買物行動パラメータの推定

効用関数(7)式に含まれる買物効用( $U^{ij}$ )パラメータの推定を行う. 世帯の買物先データは, 福島都市圏住民へのアンケート調査により得た. ゾーン  $i$  家計の買物先  $j$  の特性は, 下式により定式化される.

$$\Lambda^{ij} = a_1 T^{ij} + a_2 \ln(L^j) - a_3 p^j - a_4 p_h^i \quad \forall i, j \quad (18)$$

ここで,  $T^{ij}$ : メッシュ  $i, j$  間の自動車所要時間,  $L^j$ : 買物先メッシュ  $j$  の小売業従業人口,  $a$ : パラメータ.

表 1 買物効用関数パラメータ推定結果( )内は  $t$  値

係数	変数	推定値
$a_1$	時間変数	-0.2570E-02 (-77.9294)
$a_2$	従業人口変数	0.8196 (53.7822)
サンプル数		1470
adj- $R^2$		0.9108

また, 買物先の中率向上のため, 効用関数に買物先  $j$  財価格  $p^j$  と居住地  $i$  地価  $p_h^i$  を導入し, キャリブレーションにより  $a_3=0.000001, a_4=0.002$  を得た.

#### (b) 生産関数パラメータの推定

生産関数は(11)式を対数変換して推定する.

$$\ln(y^i) = (1-b)\ln(L^i) + b\ln(T^i) + c \quad (19)$$

利用データは福島 2 次生活圏の市町村データである. 説明変数間の多重共線性が存在するので, リッジ回帰を適用する. 推定結果は以下の通りである.

表 2 生産パラメータ推定結果

係数	変数	第 3 次産業
$c$	定数	14.9131
(=1 - )	労働係数	0.8352
	土地係数	0.1648
サンプル数		13

(3) 外生変数の設定

(a) ネットワーク条件( $d^{ij}, T^{ij}$ )の設定

メッシュ間道路距離は H12 年デジタル道路地図 (DRM)より得、メッシュ間所要時間は H9 年道路交通センサス個所別基本表の速度を DRM へ与えることで求めた。西道路無ケースはこの DRM から西道路を除くことで得られる。

(b) メッシュ容積率( $\rho^i$ )の設定

西道路整備の有・無の沿道容積率は、整備前後の容積率(整備前:S53 年, 整備後:H8 年)を適用した。

(c) 利用可能面積( $H^i$ )の設定

メッシュ利用可能面積は、H3 国土数値情報の「建物用地, 交通用地, その他用地, 市街化区域内の田・その他農用地」の面積を設定した。

(d) 家計消費支出シェアの設定

効用関数の消費支出シェア( $a_x, a_h$ )は、平成7年家計調査年報の福島市(全世帯)データより得た。

5. 福島西道路の整備効果計測結果

(1) 社会経済指標の空間的評価

(a) 夜間人口分布変化

西道路整備による人口分布の変化は西道路沿線地区で 988 人(6.3%)増加, 市中心部で 252 人(-0.43%)減少。さらに、伊達郡・飯坂地区等の人口集中地区においても人口が減少している。ここで都市圏全体での人口総数は一定とした。夜間人口の移転は、中心部のみならず、福島都市圏全体から広く西道路沿線への移転が起きている。

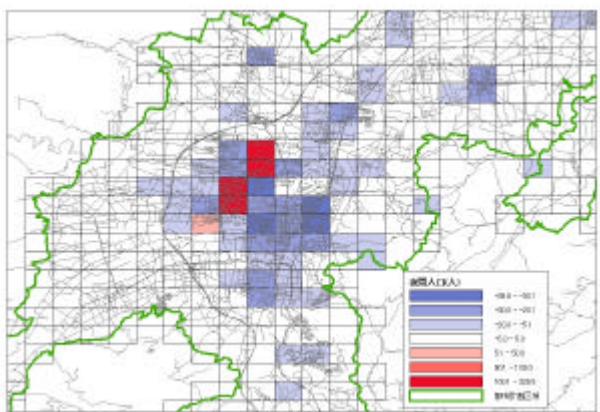


図2 With - Without の夜間人口分布変化

(b) 小売・飲食・サービス業総生産の変化

交通費用の低下により西道路沿線の買物行動が

活性化し、更に、容積率増加による利用可能面積の増大により都市圏総生産が増加する。小売・サービス総生産は西道路沿道で 15.2 億円(7.3%)の増加する一方、市中心部では総生産 1.0 億円(-0.26%)減少となる。都市圏全体では年間 5.4 億円の増加となる。

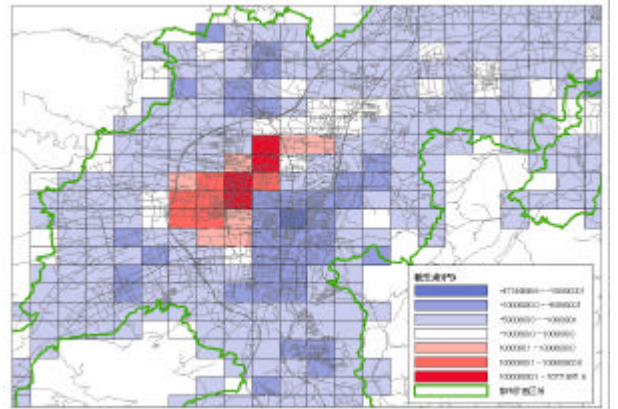


図3 With - Without 生産量の変化

(c) その他の指標(従業員人口・地価水準)

西道路沿線の利便性向上により、世帯が買物先として西道路沿線を選択する結果、西道路沿線では従業員人口・地価水準が増加し、既存市街地では減少する。都市圏全体の地価上昇額は 483.7 億円となる。

(2) 総合評価

(a) 便益計測の指標

評価指標として、間接効用関数(7)式より CV(補償変分), EV(等価変分)を用いる。対象圏域全体での CV, EV 総額(TCV, TEV)は各世帯の便益額を合計することで得られる。西道路整備は、地区別・項目別には様々な+, - 効果をもたらすが、都市圏全体として+の便益を与える。TEV による評価は都市圏総額で年間 24.9 億円, TCV では年間 26.9 億円となる。

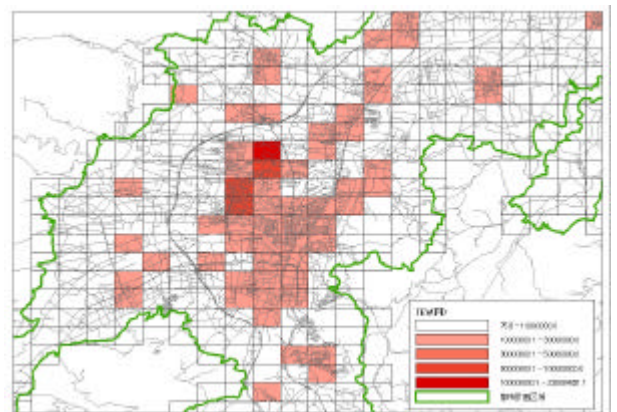


図4 EV の変化

## (b) 費用便益比

TCV,TEV により費用便益比を算定する。CV,EV は年間の支払意思額であるので、便益額を 40 年間積み上げ、社会的割引率 4% で現在価値化する。割引基準年次は H8 年とすると、割引便益総額は TCV:511.7 億円、TEV:473.8 億円となる。一方、費用は道路マニュアルに従い、名目事業費・維持管理費・期末残存価値を計上し、社会的割引率 4%、供用期間 40 年、平成 8 年割引基準年次とすると 439.2 億円となる。下表の通り B/C は何れも 1.0 以上となり、CGE 分析による西道路整備効果は、地区別経済指標の+、- 効果を考慮しても、都市圏全体で+側と評価でき、プロジェクトの妥当性が判断できる。

表3 費用便益比

	TCV	TEV
便益	511.7 億円	473.8 億円
費用	439.2 億円	
B/C	1.2	1.1

## 6. プロジェクト評価の課題と今後の方向性

一般に、社会資本整備は、個々の地域それぞれに異なる波及効果をもたらすものであり、単一的指標で評価することは不十分であると考えられる。また、Venables(1999)<sup>3)</sup>は、公共プロジェクトの間接効果(累積効果や集積経済)が大きい場合は、これまでの伝統的な費用便益分析では不十分であり、一般均衡モデル構築の必要性を指摘している。また、空間的な都市構造の評価が可能な点で、CGE 分析は他分析にはない特徴を持つ。

今回の事例研究を通して、応用一般均衡分析の実務上の課題を以下に整理する。

### (1) モデル定式化における恣意性の排除

CGE は帰着ベースの分析であることから、間接効果の範囲が不明確であり、モデル作成者による恣意性と計測精度に対する信頼性の問題が指摘される<sup>4)</sup>。本研究では、福島西道路の利用形態が買物交通に特化している実態を踏まえ、買物交通の効果計測に限定して分析したが、効果額は下限値と言える。

今後、実務の CGE 分析には一定の標準化・共通

化による恣意性の排除が必要であると考えられる。

### (2) パラメータ推定と統計データ収集

買物先パラメータは、福島都市圏 6,000 世帯に対して「買物 OD アンケート」を行い、約 22% の 1,400 世帯から寄せられた回答をもとに推定を行った。このデータ収集と調査には多大な時間とコストを要するが、正確な効果計測のためには「キャリブレーション」よりも、できる限り「パラメータ推定」を行うことが望ましいと考える。

### (3) 小地域分析における産業連関表の導入

CGE モデルは産業連関表が組み込まれていないため精度の高い評価ができないという指摘がなされている。本稿は 1km<sup>2</sup> メッシュ単位で企業活動を表現しているため、産業連関表の組み込みが困難であった。代わりにパラメータ推定による統計的検定を得たが、今後は小地域単位の分析における企業行動のより正確な記述が課題と考える。

## 7. おわりに

今後の社会資本整備に対する投資配分は大きな伸びが期待できない一方で、公共事業の意思決定に対する厳しい批判があるなか、今後は、国民にとって真に必要なプロジェクトを、効率的に推進していかなければならない。そのためには、応用一般均衡分析等のプロジェクト評価手法のさらなる深化を図る必要がある。

本稿は、平成 13~14 年度に開催された「福島西道路整備効果研究会」の検討成果をまとめたものである。本稿執筆にあたり、研究会委員各位並びに(財)計量計画研究所関係者各位に多大なご指導を頂いた。ここに謝意をもって本報告を終わる。

### 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)、(財)日本総合研究所、1998。
- 2)Mun,S.: Transport network and system of cities, *Journal of Urban Economics*, 42, pp.205-221, 1997。
- 3)Anthony J. Venables: The Socio-economic impact of projects financed by the Cohesion Fund, A modeling approach, Vol.2, European Commission, 1999
- 4)社会資本整備の費用効果分析に係る経済学の問題研究会編：費用便益分析に係る経済学的基本問題、1999。