

# 三遠地域における道路整備による経済波及効果の計測手法の開発\*

## A Measurement Model of the Economic Effect of Road Network Improvement in San-en Region\*

川田圭吾\*\*・廣島康裕\*\*\*・宮田 譲\*\*\*\*・中西仁美\*\*\*\*\*

By Keigo KAWATA\*\*・Yasuhiro HIROBATA\*\*\*・Yuzuru MIYATA\*\*\*\*・Hitomi NAKANISHI\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

近年、我が国では、国、地方双方の財政の逼迫に加え、少子高齢化の進行、これに伴う人口の減少、地球環境問題、社会情勢や都市構造の変化などの様々な問題が生じている。そこで今後の政策の方針としては、限られた財源を有効に活用すると共に、必要性の高い分野に重点投資をはかることが不可欠であると考えられる。地域計画においては、将来的な経済性および都市構造を加味することが不可欠であり、経済性、土地利用など様々な観点からの評価を踏まえた計画が重要となる。また、地域計画を行う上で道路網整備による地域への影響を考慮することは極めて重要である。

そこで本研究では三遠地域の地域計画に大きな影響を及ぼすと思われる幹線道路整備に着目し、整備効果計測のための経済波及効果モデル開発を行う。そして、複数の整備計画案を対象に整備効果を計測することによって、道路整備が対象地域にどの程度の経済波及効果をもたらすのかを試算する。本稿では、モデルの全体構造、サブモデルの定式化、パラメータ推定方法、効果計測結果の概要を示すとともに、特に交通需要予測モデルの特定化やパラメータ推定方法の違いが効果計測結果に及ぼす影響について実証的に検討することを目的とする。

### 2. 対象地域のゾーニングと対象ネットワーク設定

本研究では、豊橋市を中心とする愛知県東三河地域および浜松市を中心とする静岡県西遠地域からなる三遠地域を対象地域として決定した。ゾーニング方法は、平成11年度道路交通センサスBゾーンを基本として、三遠地域の対象エリアを76ゾーンに分割して分析を行った(図1)。道路ネットワーク設定については、一般国道23号バイパス(豊橋東バイパス、豊橋バイパス)、第二東名高

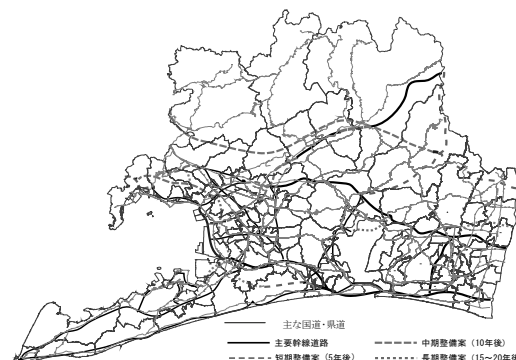


図1 対象地域のゾーニングと対象ネットワーク設定

速道路(以下、第二東名)、およびそれらに関連する幹線道路などの現在計画されている道路に既存(県道レベル以上)のものを含めた道路ネットワークとし、短期(5年後)、中期(10年後)、長期(15年後以降)の各整備段階3ケースでの評価計測を行うものとした。

### 3. 経済波及効果計測モデルの構築

#### (1)モデルの枠組み

本研究で用いられる経済波及効果モデルは、立地均衡モデルと交通需要予測モデルから構成されるが、両者を同時に均衡させることによって矛盾なく統合するために、交通需要予測モデルでは所与の活動立地の下での交通市場均衡解を求め、活動立地均衡モデルでは所与の交通費用の下での立地均衡解を求めるものとし、それらの均衡解が収束するまで両モデルを交互に推計する全体モデル構造としている(図2)。本研究での便益経済波及効果(交通市場外便益)の計測は、EV(等価的偏差)概念に基づくものとしたが、参考のために交通市場内便益として総交通費用減少額を求めるものとした。

#### (2)立地均衡モデルの構造

##### a)モデルの考え方

立地均衡モデルは、与えられた将来経済フレームの下でゾーン別の交通費用を入力し、ゾーンごとの人口、従業者数、業務・居住用地地代などを推計するモデルである。また、立地均衡モデルは家計・企業・不在地主の3主体からなり、家計及び企業は、予算、生産技術制約条件の下で、効用あるいは利潤最大化行動をとるものとしている(図3)。

\*キーワード: 交通計画評価、交通網計画、整備効果計測法

\*\*学生員、豊橋技術科学大学 大学院 建設工学専攻

\*\*\*正会員、工博、豊橋技術科学大学 建設工学系

\*\*\*\*正会員、学博、豊橋技術科学大学 人文・社会学系

\*\*\*\*\*正会員、博(工)、豊橋技術科学大学 建設工学系

(愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1、

TEL0532-44-6833、FAX0532-44-6831)

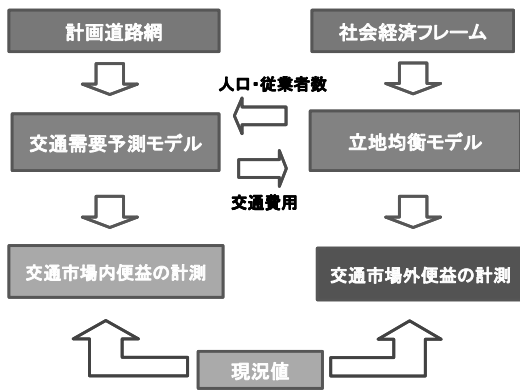


図2 将来交通需要・立地量および経済効果の推定手順

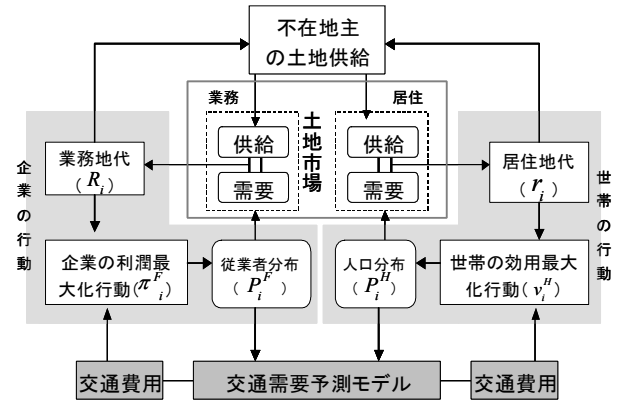


図3 立地均衡モデルの構造と交通需要モデルとの関係図

### b) モデルの定式化と前提条件

立地均衡モデルの世帯・企業の行動についての定式化については、武藤ら<sup>2)</sup>の研究を参考にしている。

モデルの前提条件は、(1)各ゾーンには人口 1 人当たりで定義された家計、従業者 1 人当たりで定義された企業、不在地主が存在する。また都市圏全体で 1 つの政府が存在する。(2)市場は土地市場のみを考える。土地は居住地と業務用地に区分される。

### c) 世帯(家計)の行動

世帯(家計)は効用を最大化させるような財消費を行うものとし、財や自由トリップ消費などの結果として得られる効用値(式(1))に基づいて、家計の立地選択は式(2)のように定式化する。このとき、本研究では家計数が多いゾーンほど、交通や生活などの利便性が高いという考え方のもと、集積の経済を考慮している。

$$v_i^H \equiv \max \left( z_i^{\alpha_z} a_i^{\alpha_a} x_i^{\alpha_x} f_i^{\alpha_f} \right) \quad (1)$$

with respect to  $z_i, a_i, x_i, f_i$   
subject to  $I_i = (1 - srh)[w(T - \sum_{j=1}^I n_{ij} t_{ij} / N_i) + y_i]$

ここで、 $V_i^H$  : ゾーン*i*家計の間接効用値、 $z_i$  : ゾーン*i*の個人消費、 $a_i$  : ゾーン*i*の居住用地需要量、 $x_i$  : ゾーン*i*の自由トリップ消費量、 $f_i$  : ゾーン*i*の余暇時間、 $I_i$  : ゾーン*i*の家計所得、 $srh$  : 貯蓄率、 $w$  : 家計の賃金率(外生変数)、 $T$  : 家計の総利用可能時間、 $n_{ij}$  : ゾーン*i*に居住しゾーン*j*で就業する家計数、 $t_{ij}$  :  $ij$  ゾーン間の交通所要時間、 $N_i$  : ゾーン*i*の家計(世帯)数、 $y_i$  : ゾーン*i*家計の配当所得

$$P_i^H = \frac{\exp \theta^H (v_i^H g_i)}{\sum_{k=1}^I \exp \theta^H (v_k^H g_i)} \quad (2)$$

ここで、 $P_i^H$  :  $I$ 家計のゾーン*i*への居住地選択確率、 $r_i$  : ゾーン*i*家計の居住用地地代、 $q_i$  : ゾーン*i*家計の自由トリップ一般化価格、 $\theta^H$  : ロジットパラメータ、 $g_i$  : ゾーン*i*の家計数(現況値)

また、式(1)の効用最大化問題を解くことにより、式(3)~式(6)のように需要関数が求まる。

$$\begin{aligned} \text{個人消費: } & z_i = \alpha_z I_i & (3) \\ \text{居住用地需要量: } & a_i = \alpha_a I_i / r_i & (4) \\ \text{自由トリップ消費量: } & x_i = \alpha_x I_i / q_i & (5) \\ \text{余暇時間: } & f_i = \alpha_f I_i / w & (6) \end{aligned}$$

### d) 企業の行動

企業は土地、業務トリップを投入して、利潤が最大になるように生産を行い、結果として得られる利潤を指標に立地選択を行う。本研究では、コブ・ダグラス型生産関数を用いて、式(7)、式(8)のように定式化する。ここでは、企業が多く存在するゾーンほど、立地の魅力が高いという考え方を反映している。また、企業の立地選択は家計の居住地選択確率同様、式(8)のように求められる。

$$\pi_i^F \equiv \max \left[ m A_i^{\beta_A} X_i^{\beta_X} - R_i A_i - Q_i X_i - w - \sum_{j=1}^I n_{ij} p_{ij} / E_j \right] \quad (7)$$

with respect to  $A_i, X_i$

ここで、 $0 < \beta_A + \beta_X < 1$ 、 $\pi_i^F$  : ゾーン*i*での利潤、 $Z_i$  : ゾーン*i*の合成財生産量、 $R_i$  : ゾーン*i*の業務用土地地代、 $E_j$  : ゾーン*j*の従業者数、 $A_i$  : ゾーン*i*の土地投入量、 $Q_i$  : ゾーン*i*の業務トリップの一般化価格、 $X_i$  : ゾーン*i*の業務トリップ投入量、 $m, \beta_A, \beta_X$  : 企業の技術パラメータ、 $p_{ij}$  :  $ij$  ゾーン間の一般化費用

$$P_i^F = \frac{\exp \theta^F (\pi_i^F e_i)}{\sum_{k=1}^I \exp \theta^F (\pi_k^F e_i)} \quad (8)$$

ここで、 $p_i^F$  : 1企業のゾーン*i*への立地選択確率、 $\theta^F$  : 企業のロジットパラメータ、 $e_i$  : ゾーン*i*の従業者数(現況値)

また、式(8)を解くことにより、企業が投入する業務用地投入量と業務トリップ投入量は以下のように求められる(式(9)、式(10))。

$$\text{業務用地投入量 } A_i = \left[ \frac{m \beta_A \left( \frac{\beta_X}{\beta_A} \right)^{\beta_X} \left( \frac{R_i}{Q_i} \right)^{\beta_A}}{R_i} \right]^{\frac{1}{1 - \beta_A - \beta_X}} \quad (9)$$

$$\text{業務トリップ投入量 } X_i = \left[ \frac{m \beta_X \left( \frac{\beta_A}{\beta_X} \right)^{\beta_A} \left( \frac{Q_i}{R_i} \right)^{\beta_X}}{Q_i} \right]^{\frac{1}{1 - \beta_A - \beta_X}} \quad (10)$$

e) 土地市場均衡条件

本研究では、土地市場均衡のみを考えるものとし、世帯、企業それぞれごとに各ゾーンの立地需要量と土地供給量が一致するように地代が決まると仮定する。

f) パラメータの推定

立地均衡モデルのパラメータの推定に関しては、現況データを用いて効用関数と生産関数のパラメータをキャリブレーション手法によって推定した後、ゾーン別の効用、利潤、現況の人口、従業者数から、居住地・従業地選択確率の式を用い、立地均衡モデルのロジットパラメータを最尤法によって推定した。

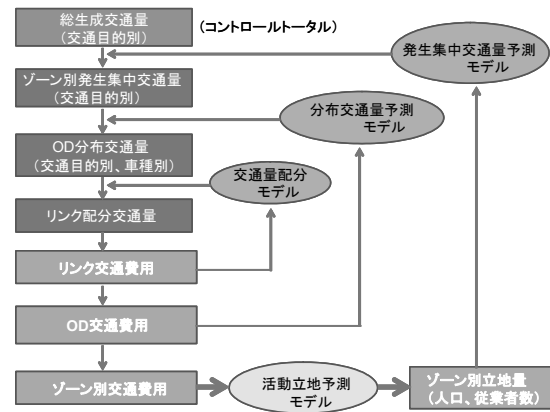


図4 将来交通需要・立地量および経済効果の推定手順

(3) 交通需要予測モデル

a) モデルの概要

本経済効果計測における交通需要予測モデルは、交通量配分、OD 分布交通量、ゾーン別発生集中交通量に関する3重の均衡プロセスによって構成される(図4)。

そのうち、配分交通量とOD 分布交通量は、所与の活動立地の下で同時均衡解として求められる。ゾーン別発生集中量は、交通量配分・OD 分布交通量の均衡結果として決まる交通費用の下で求められる立地均衡解としてのゾーン別活動立地量(人口・従業者数)に対応して求めることができる。なお、実際の交通行動には交通手段選択による影響について考慮しなければならないが、本研究では、発生集中交通量およびOD 分布交通量の予測においてゾーン別およびOD 別の調整係数(交通量の実績値と推計モデルによる推計値との比)を用いることによって間接的に影響を考慮するものとしている。

b) 交通需要モデルとパラメータ推定

本研究では、発生集中交通量の予測モデルとして、重回帰分析モデルを用いるものとした。また、分布交通量の予測においては式(11)の重力モデルを用いるものとし、そのパラメータ推定は線形化重回帰分析およびポアソン回帰分析によるものとした。

$$T_{ij} = k(G_i)^\alpha (A_j)^\beta \exp(\gamma C_{ij}) \quad (11)$$

ここで、 $T_{ij}$ :  $ij$  ゾーン間のOD交通量、 $k$ : 定数パラメータ、 $G_i$ :  $i$ ゾーンの発生交通量、 $A_j$ :  $j$ ゾーンの集中交通量、 $C_{ij}$ :  $ij$ ゾーン間の交通費用

発生集中モデルの説明変数として、面積や駅の数や夜間人口(以下、人口)、従業者数などが挙げられるが、本研究では、人口と従業者数の2変数のみを用いた。推定結果を表1に示す。表1よりこのモデルは、統計的に有効な適合度をとっており、人口と従業者数は、発生集中交通量に有意に影響することがわかる。

次に、2通りの推定方法による重力モデルのパラメー

表1 重回帰による発生集中モデルのパラメータ推定結果

目的名称		定数	$\alpha_1$	$\alpha_2$	R <sup>2</sup> 値
集中	通勤目的	2064.7(4.00)	—	0.3709(17)	0.54
	自由目的	460.8(0.85)	0.215(7.89)	0.136(3.12)	0.68
	業務目的	1298.7(1.99)	0.176(5.38)	0.281(5.37)	0.66
	帰宅目的	1811.4(1.96)	0.419(10.7)	—	0.62
発生	通勤目的	926.5(2.06)	0.244(12.8)	—	0.69
	自由目的	877.0(1.71)	0.247(9.64)	0.032(0.78)	0.68
	業務目的	1208.9(1.85)	0.194(5.92)	0.254(4.84)	0.66
	帰宅目的	1694.3(1.90)	0.266(5.96)	0.314(4.40)	0.64

説明変数  $\alpha_1$ : 夜間人口、 $\alpha_2$ : 従業者数、()の中の値はt値 n = 74

表2 重力モデルのパラメータ推定結果

①線形化重回帰分析

目的名称	k	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	R <sup>2</sup> 値
通勤目的(n=1456)	0.143(-4.13)	0.510(12.9)	0.433(12.1)	-0.029(-31.7)	0.44
自由目的(n=1141)	0.479(-1.22)	0.442(8.72)	0.370(7.39)	-0.033(-28.0)	0.42
業務目的(n=1779)	1.140(0.27)	0.347(9.51)	0.356(9.51)	-0.036(-43.4)	0.52
帰宅目的(n=1592)	0.109(-4.27)	0.444(11.3)	0.517(13.0)	-0.032(-33.2)	0.43

②ポアソン回帰分析

目的名称	K	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	R <sup>2</sup> 値
通勤目的(n=5476)	$7.18 \times 10^{-6}$ (21.4)	1.105(271)	1.016(306)	-0.050(-591)	0.49
自由目的(n=5476)	$4.38 \times 10^{-5}$ (20.2)	0.921(233)	1.015(256)	-0.064(-593)	0.54
業務目的(n=5700)	$3.66 \times 10^{-5}$ (21.3)	0.952(264)	0.938(265)	-0.052(-625)	0.59
帰宅目的(n=5476)	$5.56 \times 10^{-6}$ (24.1)	1.015(339)	1.075(332)	-0.055(-764)	0.54

説明変数  $\gamma$ : 一般化時間(所要時間+高速料金/時間価値)、()の中の値はt値

タ推定結果を表2に示す。ここで交通費用としては、一般化時間(所要時間+高速料金/時間価値)を用いている。

表2より結果をみると一般化時間のt値は高くOD間交通量に有意な影響があると考えられる。2通り方法による推定結果を比較するとポアソン回帰分析モデルの適合が高く、また一般化時間による交通量の低減効果( $\gamma$ 値)は、ポアソン回帰分析を用いた場合の方が大きいことがわかる。

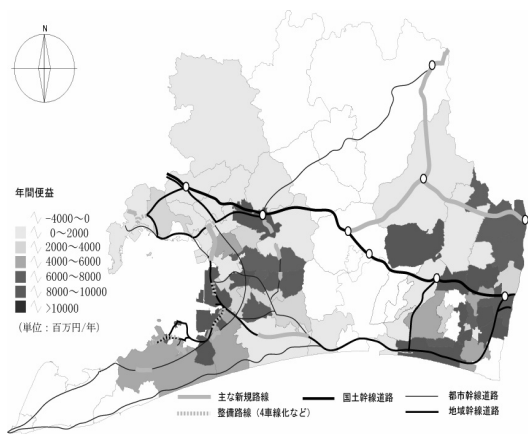


図5 ケース1の道路整備計画 NWとゾーン別年間便益結果

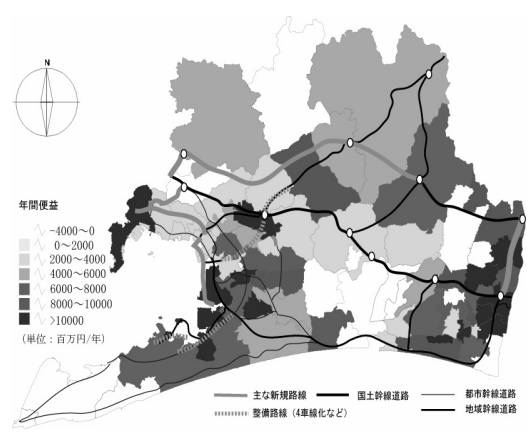


図6 ケース2の道路整備計画 NWとゾーン別年間便益結果

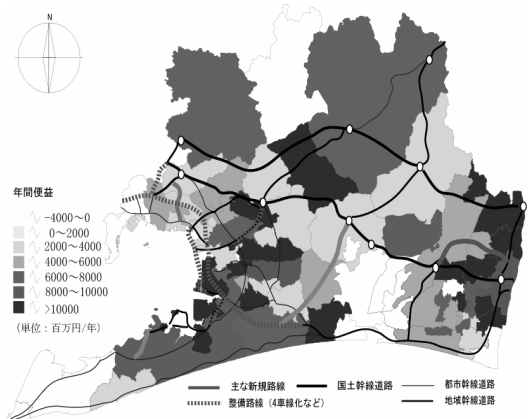


図7 ケース3の道路整備計画 NWとゾーン別年間便益結果

#### 4. 整備効果分析結果

ある交通需要予測モデル推定結果（分布モデルのパラメータを線形重回帰分析によって推定した場合）に対応する各整備段階の効果計測結果は表3に示す通りである。表3のように各整備段階の3ケースの年間便益は、ケース1では約3810億円、ケース2では約4982億円、ケース3では約5354億円となっている。整備段階が進むにつれて、総一般化時間が減少し、総便益が増加する結果となった。しかし、効果の増分は減少傾向にあり、限界効率性は漸減するものとなっている。

次に、ケースごとのゾーン別便益結果を図5～図7に示す。ケース1では、豊橋環状線や国道23号バイパスなどの整備により、その対象路線または隣接ゾーンなどで便益が発生している。ケース2では、第二東名の延伸などの影響から、その対象路線や東名高速道路と第二東名を結ぶ連絡道路などに接しているゾーンにおいて大きな効果が生じている。ケース3では、豊橋三ヶ日道路や浜松環状線などの整備により、対象地域のほとんどのゾーンで便益が発生している結果となった。

このように、本モデルではネットワークの違いによる地区別の発生便益の違いをほぼ的確に捉えていると言える。

表3 ケース別対象地域全体の総一般化時間と年間便益の比較

整備段階	総一般化時間 (分)	減少 比率	年間総便益	増加 比率
ケース1(短期)	$729 \times 10^5$	1.00	約 3810 億円	1.00
ケース2(中期)	$711 \times 10^5$	0.97	約 4982 億円	1.31
ケース3(長期)	$693 \times 10^5$	0.95	約 5354 億円	1.41

#### 5. おわりに

本研究では、近年の社会情勢や都市構造等などの変化により、道路へのニーズが変化している道路整備計画に着目し、様々な視点から評価を行うことで必要性の高い分野に重点投資を図ることが求められている三遠地域の幹線道路整備の評価を目的として交通・土地利用などを総合的に評価できる経済モデルを三遠地域に適用し、その道路整備の効果計測を行った。

今後の課題として、異なる交通需要予測モデル(異なるモデルパラメータ推定方法を含む)を用いた場合の経済波及効果の違いを明確にすること、道路網整備による経済波及効果以外の効果(交通市場内効果)についても、利用者余剰概念に基づく便益も含めて計測し、経済波及効果との関係等について詳細に検討すること等が挙げられる。

#### 参考文献：

- 1) 中村英夫 道路投資評価研究会「道路投資の社会経済評価」. 東洋経済新報社 1997.
- 2) 武藤慎一、上田孝行、高木朗義、富田高弘「応用都市経済モデルによる立地変化を考慮した便益評価に関する研究」土木計画学研究・論文集 No.17. pp257-266. 2000.
- 3) 森杉壽芳。「社会資本整備の便益評価～一般均衡理論によるアプローチ～」. 勁草書房 . 1997.
- 4) Muto, S., Ueda, T., Yamaguchi, K., and Yamasaki, K. : “Evaluating Urban Environmental Policies with Considering Social Welfare Loss”, 10<sup>th</sup> World Conference on Transport Research, Istanbul, 4-8, July, 2004