

開発・誘発交通を考慮した道路整備効果の分析

道路交通計画における予測・評価において開発・誘発交通を考慮することはOD固定型等の既存手法に対して主体の立地・交通行動の仮定を緩めることであり、この仮定の違いによって道路整備の影響・効果は異なる。本稿では家計、企業等の主体の立地・交通における仮定の違いによる効果・影響の違いを把握するため、仮定の異なるモデルを用いて東京都市圏における現在事業中の3環状整備の影響・効果を計測した。開発・誘発交通を含めた場合、利用者便益は既存手法と比較して、若干減少するものの、大きな効果が期待できるが、CO₂排出量は立地行動、発生頻度を可変すると増加していくことを把握した。

キーワード | **開発・誘発交通, CO₂排出量, 便益, 土地利用**

山崎 清
YAMASAKI, Kiyoshi

(株) 価値総合研究所経済・社会政策グループ主任研究員

武藤慎一
MUTO, Shinichi

博(工) 山梨大学大学院医学工学総合研究部工学学域社会システム工学系准教授

1—はじめに

道路交通計画において開発人口、開発・誘発交通の把握の必要性は以前より論じられており(例えば(太田(1997)¹⁾), 近年では、土地利用の変化や旅行頻度、旅行目的地の変更等の不確実性が道路交通の需要予測の低精度の原因として挙げられることも多い(例えば(Flyvbjerg他,(2006)²⁾). このような課題に対処するとともに、より広範な都市戦略を検討するため、Wegener(2003)³⁾, 宮本(2003⁴⁾, 2006⁵⁾らでも紹介されているように、土地利用・交通モデルが世界各地で構築・展開されており、我が国でも実務にも対応した大規模な交通ネットワーク統合モデル(円山(2003)⁶⁾等)や応用都市経済モデル(国土交通省国土交通政策研究所(2005)⁷⁾, 山崎・上田・武藤(2007)⁸⁾等)が開発されている。これらの計測事例では交通量、利用者便益、CO₂排出量は基本的に従来の交通量配分(経路選択行動)のみの計測と比較して交通量は多く、便益は少なく、CO₂排出量が多いという結果である。

開発・誘発交通はともに交通基盤整備によって新たに発生した交通であり、道路交通計画の実務では通常は自動車OD表を所与としているため、整備後に新たに発生した自動車ODトリップが開発・誘発交通となる。本稿では誘発交通は交通市場内でトリップ頻度、目的地変更、交通手段変更等によって変化する交通であり、開発交通は家計や企業等の立地分布の変化によって変化する交通であり、ゾーンの人口等の増減により増減する交通と定義する。

開発・誘発交通の考慮したモデルとそうでないモデル

ルではその出力結果が異なるが、その前提条件は大きく異なるものであり、特に以下の2つの違いがあると考えられる。1つ目は短期・長期の関係である。道路等の交通基盤が整備された場合、短期的には自動車利用者の経路選択が変更され、整備された区間に交通量は発現する。ここまですべてが開発・誘発を含まないモデルであるが、中・長期的には交通手段、移動目的地、トリップ頻度、居住・就業地等も変化による開発・誘発交通が発現していく。つまり、開発・誘発交通を含むモデルが長期的、含まないモデルが短期的な変化を想定したモデルと言える。しかしながら、実際の長期的な変化はモデル範囲外の社会・経済情勢等の変化による影響もあり、実際の統計値との比較は困難である。その意味では「長期的」ではなく「長期的・潜在的」変化と呼ぶのが正しいと考えられる。2つ目は交通基盤整備により影響を受ける主体の仮定である。開発・誘発交通を含まないモデルでは基盤整備の影響が関連する起終点間の自動車利用者限定されており、他交通手段利用者、他起終点旅行者、他地域の立地者等には全く影響しないという強い仮定をしているが、開発・誘発交通を考慮することはこれらの強い仮定を緩和していることになる。これらについてまとめたものが表—1である。

■表—1 開発・誘発交通考慮有無の仮定の違い

	開発・誘発無し	開発・誘発有り
短期・長期	短期的な変化	長期的・潜在的变化
影響範囲	整備区間に関連する自動車ODトリップ	左に加え、他交通手段、他起終点トリップ、他居住・従業者等

5) 家計は効用最大化行動に従い、企業は利潤最大化行動に従って立地選択を行うものとし、立地の変化による追加的な費用は一切考慮しない。

このような特徴を持つ応用都市経済モデルであるが、土地利用・交通モデルとしての特徴は3つある。1つ目は既存の総合交通体系調査、道路計画等で用いているデータ及び予測手法と整合的であり、実務で交通計画を行っている地域では、その延長として分析することが可能である。2つ目は既存の費用便益計測の枠組みと理論的にも整合的である。そして、3つ目がCUEモデルではそれらを統合しており、予測と評価が整合していることである。Anas (1982)¹⁵⁾でも指摘されているように便益評価と整合したモデルはミクロ経済学的な基礎を備えていることが必要であり、つまり、モデルにおける需要関数や供給関数は効用最大化問題から導出され、価格をシグナルとして需要と供給が合致する市場均衡が必要ということである。Lowryモデルやその後に開発・商用化され世界各地で適用されているMEPLAN, TRANUSは古谷(2003)¹⁶⁾, Abraham (1998)¹⁷⁾でも指摘されているようにミクロ経済学的な基礎を備えているとは言えず、厳密な都市施策の便益評価には用いることには課題がある。但し、MEPLAN, TRANUS等のモデルは立地とODトリップが同時に決定する構造であり、シミュレーションモデルとしては有効であると考えられる。

2.2 モデルの定式化

2.2.1 立地行動モデル

(1) 家計の行動

代表的1人の家計を仮定し、家計は所得制約の下で、自身の効用を最大化されるように土地、私事トリップ、合成財を消費し、その結果として得られる効用値に基づき居住地の選択を行う。家計の消費行動は(1a)(1b)のように定式化しており、土地(住宅地)、私事トリップ消費、合成財を財として効用関数は対数線形で特定化している。財消費にトリップ回数を導入している意味としてはショッピング、レジャー等の回数が増加する場合に家計の満足感が向上することを意味している。所得は利用可能時間から通勤時間の差に賃金率(時間価値)を乗じた消費者の賃金所得である。

$$V_i^H = \max_{z_i^H, a_i^H, x_i^H} \left[\alpha_Z \ln z_i^H + \alpha_a \ln a_i^H + \alpha_x \ln x_i^H \right] \quad (1.a)$$

$$\text{st. } z_i^H + r_i^H a_i^H + q_i^H x_i^H = w(T - q_i^W x_i^W - q_i^S x_i^S) \quad (1.b)$$

ここで、 i :ゾーンを表す添え字、 V_i^H :ゾーン*i*の世帯の効用水準、 z_i^H :価格を1とした合成財の消費量、 a_i^H :住宅地消費量、 x_i^H :私事トリップ消費量(発生交通

量)、 $\alpha_z, \alpha_a, \alpha_x$:分配パラメータ、 T :総利用可能時間(固定)、 r_i :地域*i*の住宅地代、 q_i^H :私事トリップの一般化価格、 x_i^W :通勤トリップ消費量、 x_i^S :通学トリップ消費量、 q_i^W :通勤トリップの一般化価格、 q_i^S :通学トリップの一般化価格。

(1)式ではトリップ数を本源的需要として扱っている。一般に交通需要は本源的需要と派生的需要に大別されるが、土井・坂下(2002)¹⁸⁾でも示されているように派生的交通サービスも本源的需要と同様に扱ってもさしつかえない。(1)式を解くと、各財の消費量が求められる。

$$z_i^H = \alpha_i^H I_i \quad (2.a) \quad a_i^H = \frac{\alpha_a^H}{\alpha_i^H} I_i \quad (2.b)$$

$$x_i^H = \frac{\alpha_x^H}{q_i^H} I_i \quad (2.c) \quad I_i = w(T - q_i^W x_i^W - q_i^S x_i^S) \quad (2.d)$$

(2)式を(1)式に代入し間接効用関数が導出される。

$$V_i^H = \ln I_i - \alpha_a^H \ln r_i^H - \alpha_x^H \ln q_i^H + C \quad (3.a)$$

$$C = \alpha_z^H \ln \alpha_z^H + \alpha_a^H \ln \alpha_a^H + \alpha_x^H \ln \alpha_x^H \quad (3.b)$$

家計の立地選択行動は(3)から導かれる間接効用関数及び住環境や地形的要因等の地域固有の指標(e_i^H)から構成される「立地魅力度」に基づき、宮城¹⁹⁾により定義された「選択の基本公式」で立地選択行動を行う。なお、地域固有の指標(e_i^H)はキャリブレーションで計測されるものである。

$$S^H = \max_{P_i^H} \left[\sum_i P_i^H (v_i^H) - \frac{1}{\theta^H} \sum_i P_i^H \ln(P_i^H) \right] \quad (4.a)$$

$$\text{st. } \sum_i P_i^H = 1 \quad (4.b)$$

$$v_i^H = V_i^H + e_i^H \quad (4.c)$$

(4)式を解くことにより、以下のような立地選択確率及び期待最大効用が導出される。

$$P_i^H = \frac{\exp(\theta^H v_i^H)}{\sum_i \exp(\theta^H v_i^H)} \quad (5.a)$$

$$S^H = \frac{1}{\theta^H} \ln \left[\sum_i \exp(\theta^H V_i^H) \right] \quad (5.b)$$

ここで θ^H が十分に大きい場合にはエントロピー項を無視することが可能であり、kuhn-Tucker条件を求めると、家計が立地選択をしているゾーンの効用値は全て等しいことを意味しており、立地選択されていないゾーンの効用値よりも高いかせいぜい等しいことを意味している(上田(1992))。

ここで各ゾーンのトリップ数と土地の需要関数を導出する。まず、家計1人当たりの需要関数は(2.b)(2.c)式である。各ゾーンにおける需要量は(2.b)(2.c)式に人口を乗じた値であり、人口は都市圏総数NTに

(5.a) 式の立地選択確率を乗じた値となる。

$$ZA_i^H = a_i^H N^T P_i^H \quad (6.a) \quad ZX_i^H = x_i^H N^T P_i^H \quad (6.b)$$

ただし、 ZA_i^H ：ゾーン土地需要量、 ZX_i^H ：ゾーン発生トリップ数

(2) 企業の行動

企業は、利潤最大化行動は土地（業務用地）と業務トリップを投入して、生産技術制約の下で利潤が最大となるように生産を行っているものとし、生産関数をコブ・ダグラス型技術により特定化している。

$$\Pi_i^B = \max_{a_i^B, x_i^B} [Z_i^B - r_i^B a_i^B - q_i^B x_i^B] \quad (7.a)$$

$$st. \quad Z_i^B = \eta_i (a_i^B)^{\beta_a} (x_i^B)^{\beta_x} \quad (7.b)$$

ただし、 Z_i^B ：合成財生産量、 a_i^B ：業務用土地投入量、 x_i^B ：業務トリップ投入量、 r_i^B ：業務用地代、 q_i^B ：業務トリップ一般化価格、 η_i ：生産効率パラメータ、 β_a 、 β_x ：分配パラメータ。

(8) 式を解くことにより、企業の生産要素需要である土地投入量(A)、業務トリップ投入量(X)が以下のように求められる。

$$a_i^B = \left[\frac{1}{\eta_i} \left(\frac{r_i^B}{\beta_a} \right)^{1-\beta_x} \left(\frac{\beta_x}{q_i^B} \right)^{-\beta_x} \right]^{\frac{1}{\beta_a + \beta_x - 1}} \quad (8.a)$$

$$x_i^B = \left[\frac{1}{\eta_i} \left(\frac{q_i^B}{\beta_x} \right)^{1-\beta_a} \left(\frac{\beta_a}{r_i^B} \right)^{-\beta_a} \right]^{\frac{1}{\beta_a + \beta_x - 1}} \quad (8.b)$$

式(9)を生産関数に代入すると、生産物の供給関数が(10)式のように求められ、これらを用いて利潤関数が(11)式のように導出される。

$$Z_i^B = (\eta_i)^{\frac{1}{1-\beta_a-\beta_x}} \left[\left(\frac{r_i^B}{\beta_a} \right)^{\beta_a} \left(\frac{q_i^B}{\beta_x} \right)^{\beta_x} \right]^{\frac{1}{\beta_a + \beta_x - 1}} \quad (9)$$

$$\Pi_i^B = (1 - \beta_a - \beta_x) (\eta_i)^{\frac{1}{1-\beta_a-\beta_x}} \left[\left(\frac{r_i^B}{\beta_a} \right)^{\beta_a} \left(\frac{q_i^B}{\beta_x} \right)^{\beta_x} \right]^{\frac{1}{\beta_a + \beta_x - 1}} \quad (10)$$

企業の立地選択行動は世帯の居住地選択行動と基本的には同様に利潤関数(Π)と業務環境や地形的要因等の地域固有の指標から構成される「立地魅力度」に基づき立地選択行動を行う。

$$S^B = \max_{P_i^B} \left[\sum_i P_i^B \pi_i^B - \frac{1}{\theta^B} \sum_i P_i^B \ln(P_i^B) \right] \quad (11.a)$$

$$st. \quad \sum_i P_i^B = 1 \quad (11.b)$$

$$\pi_i^B = \Pi_i^B + e_i^B \quad (11.c)$$

(12) 式を解くことにより、以下のような立地選択確率及び期待最大効用が導出される。

$$P_i^B = \frac{\exp(\theta^B \pi_i^B)}{\sum_i \exp(\theta^B \pi_i^B)} \quad (12.a)$$

$$S^B = \frac{1}{\theta^B} \ln \sum_i \exp(\theta^B \pi_i^B) \quad (12.b)$$

(3) 不在地主の土地供給行動

不在地主は各ゾーンの住宅、業務用途の土地に1人づつ存在すると仮定する。提供する土地を維持・管理するための費用を支払い、土地の消費者である家計及び企業に対し利用可能な土地を提供し地代収入を得る利潤最大化行動をとると仮定する。

$$\pi_i^{LH} = r_i^H y_i^H - C(y_i^H) \quad (13.a) \quad \pi_i^{LB} = r_i^B y_i^B - C(y_i^B) \quad (13.b)$$

ただし、 π_i^{LH} ：住宅地の地主の利潤関数、 π_i^{LB} ：業務地の地主の利潤関数。

ここでC(y)は不在地主が土地を維持・管理するための費用関数であり、市街化区域等の利用可能面積のうち、実際に消費者に提供される宅地等の割合に応じて増加する関数である。

$$C(y_i^H) = -\sigma_i Y_i^{HO} \ln \left(1 - \frac{y_i^H}{Y_i^{HO}} \right) \quad (14.a) \quad C(y_i^B) = -\sigma_i Y_i^{BO} \ln \left(1 - \frac{y_i^B}{Y_i^{BO}} \right) \quad (14.b)$$

ただし、 y_i^H ：住宅用土地供給、 Y_i^{HO} ：住宅用利用可能面積、 y_i^B ：業務用土地供給、 Y_i^{BO} ：業務用土地供給可能面積、 σ_i^H 、 σ_i^B ：パラメータ。

(13) 式の利潤最大化問題から不在地主の土地供給関数を導出する。ここで土地の利用可能面積は都市計画区域等の土地利用計画における最大供給量であり、本モデルではこれを外生変数として扱うが、土地供給量は内生変数であり、地代に応じて地主が戦略的にコントロール可能な変数である。そのため地代の低下により土地供給量が減少する場合もあるが、これは遊休地等の可能性を想定している。

$$y_i^H = \left(1 - \frac{\sigma_i^H}{r_i^H} \right) Y_i^{HO} \quad (15.a) \quad y_i^B = \left(1 - \frac{\sigma_i^B}{r_i^B} \right) Y_i^{BO} \quad (15.b)$$

(4) 精算条件

立地均衡状態は立地数と土地面積の需要と供給が合致することであり、もはやどの主体も自らの立地選択確率を変更しても各主体の目的関数の水準を向上させることはできない状態である。立地数の精算条件は各ゾーンの立地需要量の総和が都市圏の総数と合致することである。

$$\sum_i N_i = \sum_i N^T P_i^H = N^T \quad (16.a)$$

$$\sum_i E_i = \sum_i E^T P_i^B = E^T \quad (16.b)$$

また、土地市場の精算条件は各ゾーンにおける用途別の家計、企業の土地需要量と各ゾーンの地主の供給する土地面積が合致することである。

$$ZA_i^H = a_i^H N^T P_i^H = y_i^H \quad (17.a)$$

$$ZA_i^B = a_i^B E^T P_i^B = y_i^B \quad (17.b)$$

2.2.2 交通行動モデル

交通行動は経済主体である家計、企業の消費・投入するトリップの目的地、交通手段、経路を決定するものである。発生・目的地選択・交通手段選択の段階では目的別でモデル化するが経路選択(交通量配分)の段階では目的別の交通量配分は行わない。

(1) 発生交通モデル

効用最大化及び利潤最大化行動により求められた家計1人当たりの私事トリップ消費量、企業1人当たりの業務トリップ消費量に人口及び従業員数を乗じたものがゾーン毎の家計、企業の総発生トリップを表している。つまり、私事、業務目的のトリップは交通サービスレベルの変化により発生交通原単位(1人当たりのトリップ数)が変化し、変化しない場合でも人口の増減でゾーン発生トリップが変化する。一方、通勤、通学の目的のトリップに関しては1人当たりのトリップ数は基本的には変化しないが、人口の増減により発生トリップ数が変化する。各ゾーンの発生トリップは以下の式で表される。

$$ZX_i^W = \mu_i^W N^T P_i^H \quad (18.a) \quad ZX_i^S = \mu_i^S N^T P_i^H \quad (18.b)$$

$$ZX_i^H = x_i^H N^T P_i^H \quad (18.c) \quad ZX_i^B = x_i^B E^T P_i^B \quad (18.d)$$

ただし、 ZX_i^W : iゾーンからの通勤発生トリップ数、 μ_i^W : 通勤発生原単位、 ZX_i^S : iゾーンからの通学発生トリップ数、 μ_i^S : 通学発生原単位、 ZX_i^H : iゾーンからの私事発生トリップ数、 ZX_i^B : iゾーンからの業務発生トリップ数

(2) 経路選択モデル

経路選択モデルは利用者均衡モデルに利用者の認識誤差を導入した確率的利用者均衡モデルである。ODペアij間の交通手段mで経路kが選択される確率は以下ようになる。

$$P_{ijmk} = \frac{\exp(-\theta_1 c_{ijmk})}{\sum_k \exp(-\theta_1 c_{ijmk})} \quad (19)$$

ただし、 P_{ijmk} : ODペアij間の交通手段mの経路kを選択する確率、 c_{ijmk} : ODペアij間の交通手段mの経路kの交通費用、 θ_1 : 分散パラメータ

このとき、経路交通量は以下のように表される。

$$f_{ijmk} = P_{ijmk} T_{ijm} = \frac{\exp(-\theta_1 c_{ijmk})}{\sum_k \exp(-\theta_1 c_{ijmk})} T_{ijm} \quad (20.a)$$

$$T_{ijm} = T_{ijm}^W + T_{ijm}^S + T_{ijm}^H + T_{ijm}^B + T_{ijm}^R \quad (20.b)$$

ただし、 f_{ijmk} : ODペアij間の交通手段mの経路kの交通量、 T_{ijm} : ODペアij間の交通手段mの交通量(目的別トリップ合計)

また、経路交通量とリンク交通量の関係は下式である。

$$x_a = \sum_i \sum_j \sum_m \sum_k \delta_{amk}^{ij} f_{ijmk} \quad (21)$$

ただし、 x_a : リンクaの交通量、 δ_{amk}^{ij} : ODペアij間の交通手段mの経路kにリンクaが含まれれば1、そうでなければ0

リンクの交通費用及び経路の交通費用は以下のとおりである。リンク交通費用は私的限界交通費用であり、リンクパフォーマンス関数である。経路費用はこのリンクパフォーマンス関数を経路で加算した値である。

$$c_{ijmk} = \sum_a \delta_{amk}^{ij} t_a(x_a) \quad (22.a)$$

$$t_a(x_a) = t_{a0} \left[1 + \alpha \left(\frac{x_a}{CP_a} \right)^\beta \right] \quad (22.b)$$

ただし、 t_a : リンクaの所要時間、 t_{a0} : リンクaの自由走行時間、 CP_a : リンクaの交通容量、 α 、 β : パラメータ、鉄道については混雑による交通費用の上昇は無いものとして $\alpha = 0$ としている。

(3) 交通手段選択モデル

利用者の交通手段選択行動はロジットモデルで表現し、トリップ目的lでODペアij間の交通手段mの選択確率は以下のように表される。

$$P_{ijm}^l = \frac{\exp[-\theta_{m1}^l S_{ijm}^l + \theta_{m2}^l R_{ijm}^l + \eta_{ijm}^l]}{\sum_m \exp[-\theta_{m1}^l S_{ijm}^l + \theta_{m2}^l R_{ijm}^l + \eta_{ijm}^l]} \quad (23.a)$$

$$S_{ijm}^l = -\frac{1}{\theta_1} \ln \left[\sum_k \exp(-\theta_1 c_{ijmk}) \right] \quad (23.b)$$

ただし、 P_{ijm}^l : トリップ目的lでODペアij間で交通手段mを選択する確率、 S_{ijm}^l : トリップ目的lでODペアij間の交通手段mの期待最小費用、 R_{ijm}^l : トリップ目的lでODペアij間で交通手段mの待ち時間等の固有の説明要因、 η_{ijm}^l : トリップ目的lでODペアij間の交通手段mの固有のパラメータであり、キャリブレーション等で計測されるものである。

トリップ目的lでODペアij間の交通手段mの交通量は以下ようになる。

$$T_{ijm}^l = P_{ijm}^l T_{ij}^l = \frac{\exp[-\theta_{m1}^l S_{ijm}^l + \theta_{m2}^l R_{ijm}^l + \eta_{ijm}^l]}{\sum_m \exp[-\theta_{m1}^l S_{ijm}^l + \theta_{m2}^l R_{ijm}^l + \eta_{ijm}^l]} T_{ij}^l \quad (24)$$

ただし、 T_{ij}^l : トリップ目的lでODペアij間のトリップ数

またトリップは最終的には帰宅目的のトリップで1日の行動を完結するため、帰宅目的のトリップは他の目的トリップの「裏返し」と仮定し、他目的トリップと独立に決定されるのではなく他目的トリップから算出される。ODペアij間で交通手段mの帰宅トリップ数は以下ようになる。

$$T_{ijm}^R = \phi^W T_{ijm}^W + \phi^S T_{ijm}^S + \phi^H T_{ijm}^H + \phi^B T_{ijm}^B \quad (25)$$

ただし、 ϕ ：パラメータ。

(4) 目的地選択モデル

利用者の目的地の選択行動もロジットモデルで表現し、トリップ目的Iでiゾーンからの発生交通量がjゾーンを選択する確率は以下のように表される。

$$P_{ij}^I = \frac{\exp[-\theta_{j1}^I S_{ij}^I + \theta_{j2}^I R_j^I + \eta_{ij}^I]}{\sum_j \exp[-\theta_{j1}^I S_{ij}^I + \theta_{j2}^I R_j^I + \eta_{ij}^I]} \quad (26.a)$$

$$S_{ij}^I = -\frac{1}{\theta_{m1}^I} \ln \left[\sum_m \exp(-\theta_{m1}^I S_{ijm}^I + \theta_{m2}^I R_{ijm}^I + \eta_{ijm}^I) \right] \quad (26.b)$$

ただし、 P_{ij}^I ：トリップ目的Iでゾーンiの発生交通量がjゾーンを選択する確率、 S_{ij}^I ：トリップ目的IでODペアij間の期待最小費用、 R_j^I ：トリップ目的Iでjゾーンの経済規模、人口規模等の固有の説明要因、 η_{ij}^I ：トリップ目的IでODペアij間の固有のパラメータであり、キャリブレーションで計測されるものである。

トリップ目的IでODペアij間の交通量は以下ようになる。

$$T_{ij}^I = P_{ij}^I Z X_i^I = \frac{\exp[-\theta_{j1}^I S_{ij}^I + \theta_{j2}^I R_j^I + \eta_{ij}^I]}{\sum_m \exp[-\theta_{m1}^I S_{ijm}^I + \theta_{m2}^I R_{ijm}^I + \eta_{ijm}^I]} Z X_i^I \quad (27.a)$$

また、この目的地選択モデルから発生トリップペースの期待最小費用が以下のように計測され、目的別の期待最小費用として家計や企業の立地行動モデルに入力される。

$$q_{ij}^I = -\frac{1}{\theta_{j1}^I} \ln \left[\sum_j \exp(-\theta_{j1}^I S_{ij}^I + \theta_{j2}^I R_j^I + \eta_{ij}^I) \right] \quad (27.b)$$

2.2.3 便益計測

(1) 家計便益計測

CUEモデルは効用理論に基づいて構築されているため便益の定義を厳密に行うことが可能である。また、都市圏をゾーン分割しているため、ゾーンごとに便益の計測を行うことが可能となる。家計の便益は地域別EVを地域iごとの居住者の間接効用関数を用いて以下のように定義する。ここでは整備前(Without)をO、整備後(With)をWとする。

$$ZCEV_i^H = \frac{I_{iW}}{\left[\frac{r_{iW}^H}{r_{iO}^H} \right]^{\alpha_i^H} \left[\frac{q_{iW}^H}{q_{iO}^H} \right]^{\alpha_i^H}} - I_{iO} \quad (28.a)$$

上式は各ゾーンにおける居住者1人に対する便益であり、ゾーン別の便益を算出するにはゾーン人口を乗じる必要がある。この立地変化を考慮した便益は武藤・上田ら(2000)によって定義されており、以下のような近似式を用いる。

$$SNB_i^H = ZCEV_i^H \frac{N_{iO} + N_{iW}}{2} \quad (28.b)$$

ここでZCEV^H：人口1人当たり便益、I：所得、r：地代、q：一般化交通費用、N_i：ゾーンiの人口、SNB^H：ゾーンに帰着する家計の便益

(2) 企業の便益計測

企業の便益も家計便益と同様に、従業者1人当たりの利潤(Π^{B_i})とゾーン別従業者数を用いて以下の式で計測する。(8)式にもあるように企業の行動モデルは投入要素として労働を考慮していないため、利潤が賃金支払いを通じて家計所得を構成する構造にはなっていない。そのため、本稿で計測している企業便益は利潤が家計所得まで影響するような長期的な便益を計測するものではない。

$$ZCEV_i^E = (\pi_{iW} - \pi_{iO}) \quad (29.a)$$

$$SNB_i^E = ZCEV_i^E \frac{E_{iW} + E_{iO}}{2} \quad (29.b)$$

ただし、ZCEV^E：従業者1人当たり便益、 π ：企業の利潤、E_i：ゾーンiの人口、SNB^E：ゾーンに帰着する企業の便益

(3) 地主の便益計測

地主の便益は以下の式で計測する。

$$SNB_i^L = \frac{1}{2} (L_{iO}^H + L_{iW}^H) (r_{iO}^H - r_{iW}^H) + \frac{1}{2} (L_{iO}^E + L_{iW}^E) (r_{iO}^E - r_{iW}^E) \quad (30)$$

ただし、L：土地供給面積、r：地代

2.2.4 モデルの解法

モデルは立地行動モデルから人口及び企業の分布を交通行動モデルに入力し、交通行動モデルからOD間交通費用を土地利用モデルに入力するフィードバック法で均衡解を導いている。円山(2003)、土木学会(2006)²²⁾でも指摘しているようにフィードバック法の場合には収束は保証されないが、収束解を導く解法については今後の課題としたい。

2.3 設定値

2.3.1 立地の「留保層」の設定

近年の土地利用モデルでは住み替え等の移転層を内生化しているのが一般的であるが、本稿では簡単

化のため固定的に扱う。家計は国勢調査²³⁾より算出すると東京圏全体で約67%の留保である。企業は、事業所統計²⁴⁾より算出し、産業別に大きな変更は無く平均で約73%の留保である。

2.3.2 賃金率の設定

賃金率は「毎月勤労統計調査(厚生労働省大臣官房統計情報部)」²⁵⁾雇用者所得を総労働時間で除す「所得接近法」で推定し、2,307(円/h)を用いた。

2.3.3 地代の作成

我が国では土地のストック価格として地価公示が存在するが、地代は存在しないため新たに作成する必要がある。都市経済学(例えば藤田1991²⁶⁾)では各立地点における土地1単位当たりの地価Pと地代Rは時間が経過しても不変であることを仮定しており、本研究でも10年国債の利回り1.71(2000年値)を用いる。ただし、東京都(1999)²⁷⁾でも示されているように地価の挙動等については単純な土地の需要と供給のみで決定されるものではなく、わが国全体の社会・経済情勢に左右されることもある。

2.3.4 交通と土地利用データ

交通と土地利用のデータは表—3のとおりを用いている。本モデルでは貨物自動車OD表は外生的に与えており、乗用車のOD表のみが変化するものとしている。また、土地のデータは業務、住宅に分類しており、商業系用途地域と工業系用途地域(工業専用地域を除く)を業務、住宅系用途地域を住宅に用いている。但し、我が国の土地利用規制は混在可能用途が多く、これらの分割が必ずしも現実を厳密に反映しているわけではないため、この分類は公表値からの簡便な作成方法と考えている。

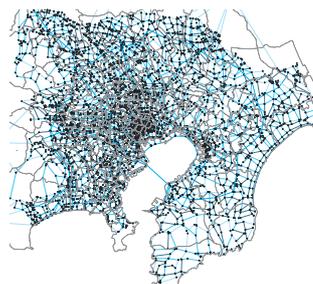
■表—3 交通と土地利用のデータ

モデルの変数	分類	出典	
利用可能面積	業務、住宅別	市街化区域面積	都市計画年報 ²⁸⁾
土地供給量	業務、住宅別	宅地面積	各都県統計書
人口	年齢階層分類無し	国勢調査	総務省統計局
従業者	産業分類無し	国勢調査	総務省統計局
旅客トリップ	目的(通勤、通学、私事、業務、帰宅)	東京都市圏パーソントリップ調査	東京都市圏交通計画協議会 ²⁹⁾
自動車OD	乗用車、小型貨物車、普通貨物車	道路交通センサス起終点調査	国土交通省道路局 ³⁰⁾

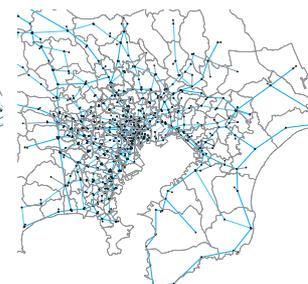
2.3.5 交通ネットワーク

道路と鉄道のネットワークは図—2、図—3のとおりであり、道路は通常の道路計画等で利用される都道

府県道以上の規格を考慮している。鉄道は新交通システム等で市町村を跨ぐものを対象としている。



■図—2 対象道路



■図—3 対象鉄道

2.4 パラメータの設定

モデルのパラメータは基本的には統計的な手法で推定している。ミクロ経済学的な基礎を重視した数値モデルではキャリブレーションによりパラメータを設定することが多いが、本研究では可能な限り統計的な推定をしている³¹⁾。

ただし、本モデルは土地と人口の需給バランスのみを考え、その他の財市場は考慮していないという意味では特殊なモデルであり、パラメータ推定に関する制約も緩やかになっている。

2.4.1 立地主体のパラメータ推定

企業の生産関数及び家計の効用関数のパラメータを統計的(計量経済学的)に推定する。ここでは観測されたゾーン内生産(GRP)が企業の利潤最大化行動の結果であると仮定して土地及び業務トリップの需要関数のパラメータを最小二乗法により推定する。推定された生産関数のパラメータ(β)を用いて、ゾーン毎の生産関数の生産効率パラメータ(η_i)をキャリブレーションにより計測する(表—4)。

■表—4 企業の生産関数のパラメータ

	β	t値	R2
土地消費(βa)	0.0062	11.0214	0.4558
業務トリップ(βx)	0.0202	13.2672	0.8710

家計の効用関数のパラメータは家計の効用最大化問題を解くことで1人当たりの合成財、土地及び交通トリップの需要関数が導出し、 α^H_a 、 α^H_x は(2.b)(2.c)から最小二乗法で推定する(表—5)。

■表—5 効用関数のパラメータ

	パラメータ	t値	R2
土地消費(αa)	0.0295	22.8870	0.7287
私事トリップ(αx)	0.1769	12.2045	0.2376

2.4.2 交通関連

交通手段選択及び目的地選択モデルのパラメータは吉田・原田(1996)³²⁾、交通工学研究会(1994)³³⁾の方法を用いて推定している(表一六、表一七)。

■表一六 手段選択モデルのパラメータ推定結果

		交通費用	駅密度	イグレス	定数	相関係数
通勤	パラメータ	-0.07	0.565	-0.79	-0.858	0.80
	t 値	-54.99	17.67	-28.24	-20.98	
通学	パラメータ	-0.026	0.129	-0.311	-1.91	0.75
	t 値	-9.67	2.36	-6.52	-27.34	
私事	パラメータ	-0.061	0.462	-0.914	0.226	0.70
	t 値	-36.93	29.233	-19.46	4.892	
業務	パラメータ	-0.036	0.313	-1.038	0.225	0.66
	t 値	-27.13	32.285	-26.54	6.079	

■表一七 目的地選択モデルのパラメータ

		期待最小費用	従業者密度	相関係数
通勤	パラメータ	-0.03	1.162	0.70
	t 値	-88.59	71.338	
通学	パラメータ	-0.021	0.75	0.57
	t 値	-50.93	41.861	
私事	パラメータ	-0.022	0.897	0.70
	t 値	-68.06	54.272	
業務	パラメータ	-0.018	1.053	0.82
	t 値	-69.86	72.866	

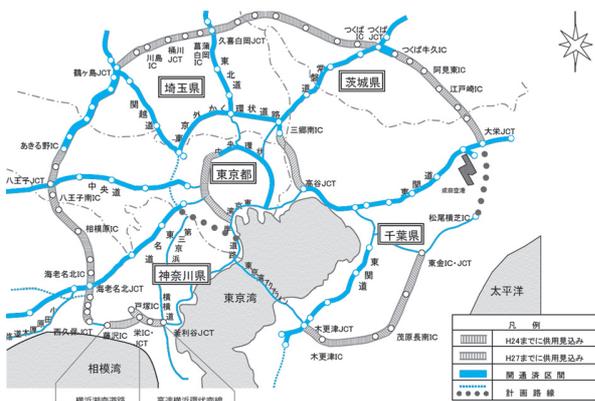
2.4.3 現況再現性

東京湾岸の約100地点で道路交通センサス(H11)の交通量と比較し、現況再現性の検証を行った結果、重相関係数(R2)は約0.89程度であり、統計的検定の結果、現況再現性が確保されていると考えられる。また、人口、従業者の立地分布では各ゾーンの固有の指標を交通手段選択、目的地選択と同様にキャリブレーションで計測しているため、統計値と完全合致である。

3 シミュレーション

3.1 対象施策

対象施策は3環状の供用有無とし、基準年次(Without)



出所：社会資本整備審議会道路分科会有料道路部会資料

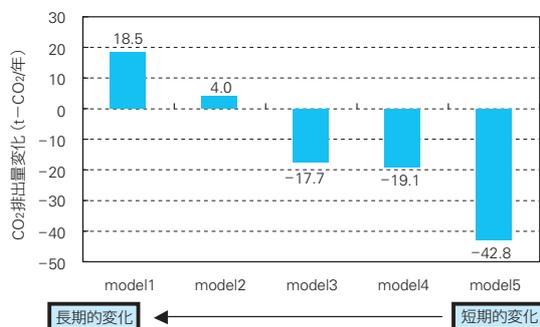
■図一四 3環状の整備計画

は現状(2000年時点)とする。この場合には3環状の供用年次とは異なるが、本稿ではモデルの仮定の違いによる影響・効果を検証することを目的としているため、都市圏全体の総人口、総従業者数は2000年値を用いる。

3.2 都市圏全体の評価

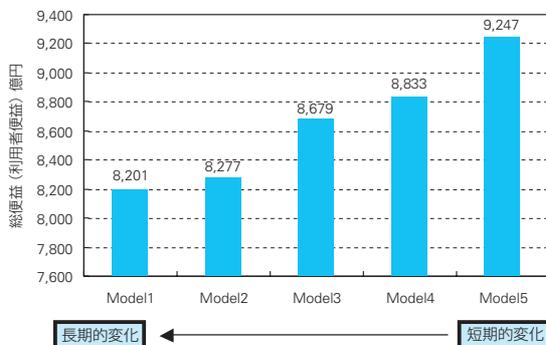
3.2.1 都市圏全体のCO₂排出量と利用者便益

現時点で3環状を整備した場合の各モデルにおけるCO₂排出量(図一五)はModel1(CUEモデル)、Model2(発生交通量可変)では増加し、土地利用及び発生交通量を固定的に扱うModel3以降では減少していく。特に、Model5(経路交通のみ可変)では約1.18%減少していく。



■図一五 CO₂排出量の変化の比較

利用者便益を見ると(図一六)、土地利用まで可変にしたModel1ではModel5の利用者便益に対して約11%減少する。この結果から、本稿の対象都市圏である東京都市圏のように混雑が激しく自動車交通が抑制されている地域において開発・誘発交通を考慮しても便益は約11%程度の違いであるが、CO₂排出量は混雑の激しい地域では増加することは十分考えられ、道路を整備する沿線では同時に環境負荷の小さい公共交通の利用促進も検討していくことが必要である。



■図一六 利用者便益の比較

また、この結果は3環状の影響・効果の時間的な変化とも解釈できる。道路整備の最も短期的な効果は利

用者の経路の変更のみが行われる場合であり、利用者の居住、就業、トリップ回数、移動目的地、利用交通手段等の変更がない場合には利用者便益は最も大きくなり、CO₂排出量は最も削減される。つまり、モデルの仮定を強めていくと便益が高くなり、CO₂排出量が減少していくことになる。そして、時間が経過し交通手段、移動目的地、トリップ回数、そして居住地、就業地まで変化していくと利用者便益は減少していく。これは開発・誘発交通の発生によるものであり、道路上の混雑がModel5と比較して上昇するためである。これらの結果を見ても開発・誘発交通を含めた場合でも3環状の整備はCO₂排出量を若干増加させるものの、便益は大きく、大きな効果が期待できる。

3.2.2 都市圏基礎評価指標

次に道路ネットワークにおける集計評価指標(表-8)を図-5と図-6の結果も考慮して考察する。開発交通まで含めたModel1(CUEモデル)では自動車総トリップ数が1.34%増加するものの平均旅行速度が4%程度上昇する。発生段階までの誘発交通を考慮したModel2でも自動車総トリップ数が1.26%増加するものの平均旅行速度は上昇する。つまり、誘発・開発交通量を考慮して自動車交通需要量が増加しても平均旅行速度は上昇し、自動車1台当たりの利便性は向上している。Model3(分布・分担・配分)、Model4(分担・配分)でも自動車総トリップ数は0.7%程度増加するが、旅行速度は上昇する。また、Model3と4ではCO₂排出量の変化に大きな差は無い(図-5)。Model3(分布・分担・配分)はModel4(分担・配分)と比較して総走行台時が低く、交通システムとしては効率化されるが、平均トリップ長が増加し、総走行台キロは多くなるため、結果としてCO₂排出量は殆ど差が無い。Model3と4は共にゾーン発生トリップ数は固定であるが、Model3は行動主体が交通利便性の変化に応じて移動目的地、交通手段選択を自由に選択でき、自動車利便性の低い起終点から利便性の良い起終点にトリップが転換されるため、Model4と比較して総走行台キロが増加し、総走行台時は減少する。Model4の場合には起終点の変化は無く、当該起終点における鉄道からの転換の

■表-8 評価指標変化(With/Without比較)

	Model1	Model2	Model3	Model4	Model5
自動車総トリップ数	1.34%	1.26%	0.70%	0.70%	0.00%
平均旅行速度	4.07%	4.12%	4.57%	4.19%	4.67%
総走行台キロ	3.14%	2.74%	2.22%	1.96%	1.28%
総走行台時	-0.89%	-1.33%	-2.25%	-2.14%	-3.23%
平均旅行速度	4.07%	4.12%	4.57%	4.19%	4.67%
平均トリップ長	1.77%	1.46%	1.51%	1.24%	1.28%

みであり、Model3と比較して効率化されない。

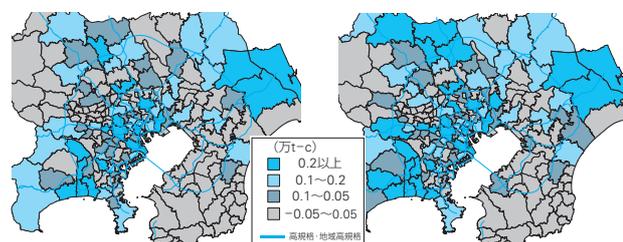
3.3 効果の空間的な波及状況

前節では対象都市圏全体の効果について示したが、ここではその効果の空間的な波及の状況を示す。具体的にはModel5のWithケースとその他モデルのWithケースを比較する。

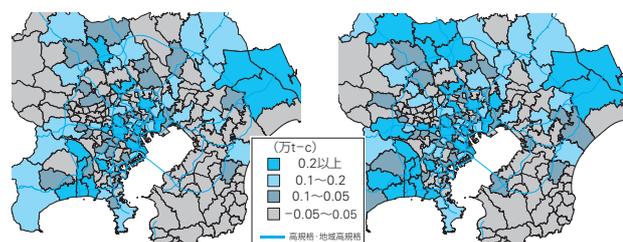
3.3.1 ゾーン別CO₂排出量の違い

各ゾーンを通過する自動車からのCO₂排出量(ゾーンから発生する交通からのCO₂排出量とは異なる)について、各Modelと通常の道路計画と同様に交通量配分のみを行うModel5のWithケースを比較すると、旅客ODを固定したModel4(分担・配分統合)では外かん沿線や神奈川県圏央道沿線等の鉄道利用の多い東京都、神奈川県で増加し、その他県では殆ど増加しない。東京都心部でも増加するため、通常の交通量配分での結果と比較して都心部からのCO₂排出量の削減効果は低下する。発生トリップを固定し、旅客ODが変化するModel3はModel4に加え千葉県、埼玉県等の郊外部でも若干増加していく。つまり、圏央道の整備により圏央道沿線で自動車トリップ数が増加し、CO₂排出量が増加することになる。開発・誘発交通を考慮するModel1ではModel5と比較して多くのゾーンでCO₂排出量が増加する。特に、圏央道沿線等の郊外部や外かん沿線で大幅に増加する。これは発生交通量を可変的に扱うModel2でも同様の傾向であるが、Model1の方が増加するゾーンが多い。

図-7~図-10は時系列の変化とも解釈可能であり、最も短期的なModel5と比較して、Model4,3,2,1の順に変化していき、長期的・潜在的には短期と比較し



■図-7 CO₂(Model4-Model5) ■図-8 CO₂(Model3-Model5)



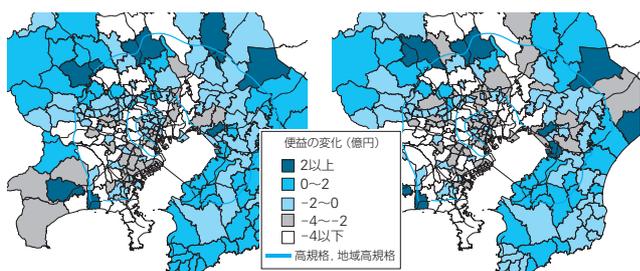
■図-9 CO₂(Model2-Model5) ■図-10 CO₂(Model1-Model5)

て図一10のような違いが発生することになることを示している。つまり、短期的な予測でCO₂排出量が削減されるゾーンでも長期的・潜在的な予測では増加するゾーンも存在する。

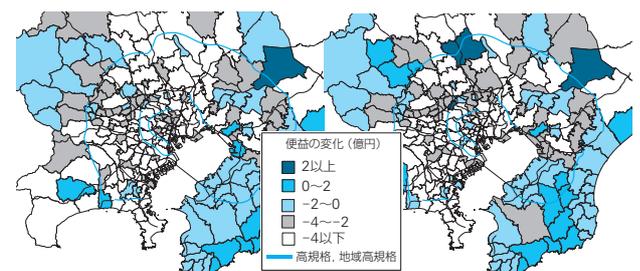
3.3.2 ゾーン別帰着便益の違い

利用者便益の波及状況を確認するため、各モデルのModel5からの利用者便益の差分を比較する。図一6のように都市圏全体の総便益額はModel1(土地利用まで可変)が最も小さいため、(Model1-Model5)ではマイナスのゾーン数が多くなる。Model3, Model4では3環状の外延部で便益が増加(波及)し、都心部で便益は減少していく。これは自動車トリップ数の増加によって都心部等の通過されるゾーンでは混雑が上昇するためである。但し、Model3の方が目的地の変更(旅客OD変化)も考慮しているため、誘発交通量が多く、都市圏全体で便益が増加するゾーンが減少する。Model1では都市圏全体で開発・誘発交通の発生により自動車トリップ数が増加していき、混雑の上昇に伴い全体的に便益が減少していくが、千葉県の外房、房総南部では便益が増加する。これらのゾーンは基本的には通過自動車交通が少ないためである。この傾向はModel2も同様であるが、Model1の方が居住、就業地が変化するため、便益が増加するゾーンも多くなる。

図一11～図一14はCO₂排出量と同様に時系列の変化とも解釈可能であり、短期的に発生した各ゾーンの便益は長期的・潜在的には開発・誘発交通の発生によって、図一14のように減少していく。



■図一11 便益 (Model4-Model5) ■図一12 便益 (Model3-Model5)

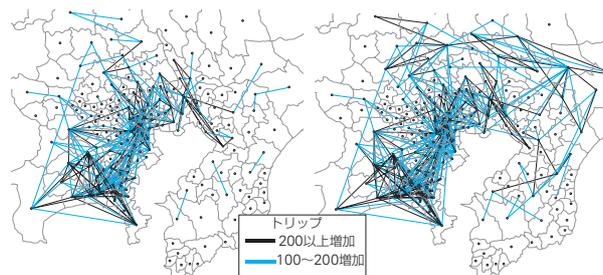


■図一13 便益 (Model2-Model5) ■図一14 便益 (Model1-Model5)

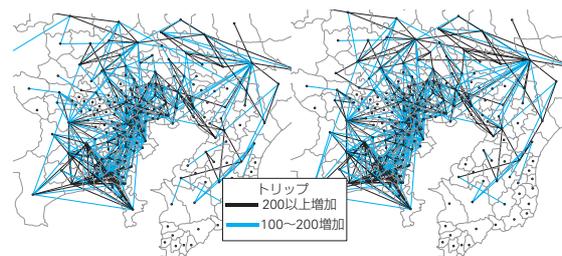
3.3.3 自動車ODの違い

各Modelの自動車ODトリップを比較すると、Model4(交通手段のみ可変)の場合には現状で旅客トリップが多く、鉄道利用も多い東京都心～神奈川、東京都心～多摩等で自動車トリップ数が大幅に増加する。Model3(OD可変)の場合には、圏央道沿線でも自動車トリップ数が増加していく。Model3の場合には旅客ODが可変であり、3環状の整備による3環状沿線の起終点間の利便性向上により、環状方向の自動車トリップ数が増加していく。Model2(発生可変)の場合にはModel3に加え、外かん沿線での自動車トリップも増加していく。圏央道沿線でも増加していく。Model1(立地可変)の場合には、圏央道沿線への企業、家計の増加によって、さらに増加していく。

図一15～図一18も時系列の変化と解釈でき、短期的な予測では自動車ODは全く変化しないが、図一15, 16, 17, 19の順に新たな自動車ODトリップが発生していき、長期的・潜在的には図一18のような違いが発生する。



■図一15 Model 4-Model 5 ■図一16 Model 3-Model 5



■図一17 Model2-Model5 ■図一18 Model1-Model5

4 — まとめ

4.1 分析のまとめ

本稿では現在進展している3環状(中央環状、東京外かん、圏央道)が整備された場合の効果・影響について、モデルの仮定の相違(需要固定または変化)による利用者便益等の政策的指標への影響について分析した。得られた知見は以下のとおりである。

自動車からのCO₂排出量への効果を見ると、土地利用変化、発生交通量の変化を考慮した場合には、CO₂排出量は増加し、それ以外ではCO₂排出量は減少していく。これは鉄道分担率が高く、道路混雑に起因して自動車交通需要が抑制されている東京圏特有の結果とも考えられるが、東京圏で既存の自動車交通量配分のみで(本稿のModel5に相当)CO₂排出量を計測している場合には主体の立地・交通行動の仮定を緩めることでCO₂排出量は増加する可能性も十分あることを示唆している。利用者便益は経路選択のみを考慮するModel5と比較して、土地利用変化まで考慮するModel1では約11%便益が低下し、交通手段のみを変化させたModel4でも約4%便益が低下する。これも混雑の激しい東京都市圏特有の結果でもあるが通常の道路交通計画実務で実施されている便益評価は過大な評価をしている可能性もある。

また、一方で誘発・開発交通を考慮したモデルを用いた場合、既存の道路交通計画実務で用いられているモデルとは異なる出力結果も見ることが可能になる。幹線的な道路整備は地域間の交流・交易を促進させることも役割の1つであるが、誘発・開発交通を考慮したモデルではこの状況を見ることが可能になる。本稿での分析では圏央道等の規格の高い環状道路を整備することで環状方向の自動車トリップ数が増加し、圏央道の利用台数が増加することが示されており、新たな生産・消費活動のための交流・交易が産み出されていると考えられる。これは新たな交通が発生し、混雑が上昇するとも言えるが、有料道路の利用の観点からみると稼働率や利用率の上昇に繋がる、整備された交通基盤の効率的な利用とも言えるものである。さらに、土地利用変化を仮定するModel1では圏央道の沿線に家計や企業が立地し、沿線部の人口、企業が増加していく。これは前述の道路の稼働率を上昇させる反面、都市が拡散型へ移行していくこととも言えるものであり、コンパクトシティの概念からは乖離していく可能性があることを示唆している。このような状況も想定しつつ、土地利用規制も検討していく必要があると考えられる。

4.2 まとめ

本稿では交通計画において以前より必要性が論じられている開発人口、開発・誘発交通の取り扱いの違いによる影響・効果の違いについて東京都市圏において分析した。開発・誘発交通を考慮することは需要予測等を精緻にして、長期的・潜在的な影響を考慮していくことであり、大都市圏等の混雑の激しい地域で

は既存モデルと比較して便益が縮小、CO₂等の環境負荷は増加していくことを示した。これらはトリップ頻度や土地利用の変化に依存しており、特に、土地利用の変化を考慮することで環状道路沿線の立地量やトリップ数の潜在的な増加量を把握することが可能となる。また、トリップの起終点の変更を考慮することで整備された道路沿線の起終点トリップ数の増加量を把握することも可能となる。

このように首都圏における3環状のように大規模なプロジェクトを予測・評価する際には整備前に想定されている状況から地域が大きく変化する可能性もあり、モデルの仮定を変えて予測・評価することが重要である。特に、潜在的な自動車需要が大きい大都市圏では潜在的な需要を考慮した予測・評価手法も既存の手法と併用して用いることが望ましいと考えられる。

謝辞: 本稿は「道路整備が交通に及ぼす影響評価に関する検討WG(石田東生座長)」における成果をもとに著者らが研究を進めたものである。関係各位に感謝の意を申し上げる。

参考文献

- 1) 太田勝敏[1997], “利用者便益の推定”, 中村英夫(編), 「道路投資の社会経済評価」, 東洋経済新報社.
- 2) Bent Flyvbjerg, Mette K. Skamris Holm and Soren L. Buhl [2006], “Inaccuracy in Traffic Forecasts”, *Transport Reviews*, Vol. 26, No. 1.1-24, (山田徳彦[2007], “交通量予測の精度”, 「高速道路と自動車」, 第50巻, 第10号).
- 3) Wegener, M. [2003], “Overview of Land-Use Transport Models”, *Proceedings of CUPUM '03 Sendai (Conference Brochure of CUPUM '03 Sendai, pp. 20-40)*, The 8th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management.
- 4) 宮本和明[2003], “土地利用と交通の一体計画の必要性”, 「都市計画」, Vol. 52, 3.
- 5) 宮本和明, 他[2006], “先進諸国における都市モデルの適用状況—土地利用モデルを中心として—”, 「土木計画学研究・講演集」, Vol. 33.
- 6) 円山琢也, 原田昇, 太田勝敏[2003], “誘発交通を考慮した混雑地域における道路整備の利用者便益推定”, 「土木学会論文集」, No. 744.
- 7) 国土交通省国土交通政策研究所[2005], “経済成長と交通環境負荷に関する研究 I”, 「国土交通政策研究」, 第42号.
- 8) Kiyoshi YAMASAKI Taka UEDA, Shinichi MUTO: The Evaluation of the Metropolitan Area Policy by Computable Urban Economic Model (CUE) [2007], paper presented at the 11th World Conference on Transport Research, University of California, Berkeley.
- 9) 上田孝行[1991], “交通改善による生活機会の増大が人口移動に及ぼす影響のモデル分析”, 「土木計画学・論文集」, No. 9.
- 10) 上田孝行[1992], “拡張された立地余剰を用いた一般均衡モデル”, 「土木計画学研究・論文集」, No. 10.
- 11) 武藤慎一, 上田孝行, 高木朗義, 富田貴弘[2000], “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」, Vol. 17.
- 12) 武藤慎一, 秋山孝正, 高木朗義[2000], “空間的構造変化を考慮した都市環状道路整備の便益評価”, 「交通学研究」, 2000年研究年報.
- 13) (財)岐阜総合研究所[2001], 「岐阜環状道路整備効果検討業務委託報告書」.
- 14) 鈴木俊之, 武藤慎一, 小川圭一[2002], “都市の郊外化抑止と中心市街地活性化のための土地開発規制策評価”, 「土木計画学研究・論文集」, Vol.19, No.2.

- 15) Anas, A [1982], "Residential Location Markets and Urban Transportation", Academic Press.
- 16) 古谷知之 [2003], "土地利用モデルのレビュー", (財) 道路経済研究所, 「総合的な交通政策・計画の分析評価手法とモデルの展開」, 道経研シリーズ A-107.
- 17) Abraham [1998], "A review of the MEPLAN modeling framework from a perspective of urban economics", University of Calgary, Department of civil Engineering Research Report, December.
- 18) 土井正幸, 坂下昇 [2002], 「交通経済学」, 東洋経済新報社.
- 19) 宮城俊彦・小川俊幸 [1985], "共役理論を基礎とした交通配分モデルについて", 「土木計画学研究・講演集」, No. 7.
- 20) 土木学会 [2006], "道路交通需要予測の理論と適用 第2編 利用者均衡配分モデルの展開".
- 21) 総務省統計局 [2000], "国勢調査".
- 22) 総務省統計局 [1999], "事業所・企業統計調査".
- 23) 厚生労働省 [2001], "毎月勤労統計調査".
- 24) Fujita, M [1991], "Urban Economics Theory", Cambridge University Press (小出博之 [1992], 「都市空間の経済学」 東洋経済新報社).
- 25) 東京都 [1999], "バブル期から現在に至る東京の土地市場の多角的分析調査報告書".
- 26) 国土交通省都市局 [2000], "都市計画年報2000".
- 27) 東京都市圏交通計画協議会 [1998], "第4回 東京都市圏パーソントリップ調査".
- 28) 国土交通省道路局 [1999], "平成11年度 道路交通センサス自動車起終点調査".
- 29) 山澤成康 [2004], "実戦計量経済学入門", 日本評論社.
- 30) 吉田朗, 原田昇 [1999], "選択肢集合の確率的形成を考慮した集計型目的地選択モデルの研究", 「土木学会論文集」, No. 618.
- 31) 交通工学研究会 [1994], "やさしい非集計分析", 社団法人交通工学研究会.

(原稿受付2008年1月24日)

Analysis of the Effects by Road Construction with endogenous Induced / Developed Traffic

By Kiyoshi YAMASAKI and Shinichi MUTO

Considering induced/developed traffic means that it relaxes the assumption in the evaluation/forecast of the conventional transportation plan, and changing assumption surely ends up with the changes in the results. In this paper, we simulated the change of the benefit by the further development of road networks in the Tokyo Metropolitan area with the different assumptions. As result, we found that including induced/developed traffic does not change user benefit a lot, while CO₂ emission are subject to much more change compared to the conventional way.

Key Words : **Induced/Developed Traffic, CO₂Emission, Benefit, Land use**
