

圏央道整備と沿線の大型物流施設立地による物流コスト削減効果と地域経済効果

Impact of development of KEN-O expressway and location of large logistics facilities on reduction of logistics costs and regional economy

佐藤徹治研究室 1574029 藤原 真

1. はじめに

現在、東京都市圏では、首都高速中央環状線、東京外かく環状道路（外環道）、首都圏中央連絡自動車道（圏央道）の3つの環状高速道路（3環状）の整備が進められている。3環状の整備率は、2015年度末の時点で約80%（約525km）となっている。最も内側の中央環状線については2015年3月に全線開通した。また一番外側の環状高速道路である圏央道は2020年度までに概ねの区間が開通予定となっている。整備済みの圏央道の沿線では近年、大規模物流施設の新規立地が相次いでおり、今後全線開通によってさらに増加することが予想される。この要因としては、eコマースの普及等による物流需要の増加に加え、圏央道の沿線には製造業の海外移転に伴う大規模な工場跡地が点在しており、これらは比較的安価に取得が可能な造成済み用地であることが挙げられる。圏央道整備、沿線の物流施設の新規立地は、貨物の輸送ODの変化、輸送時間短縮、大規模物流施設内での高効率化・高付加価値等の物流コスト削減をもたらすと考えられる。

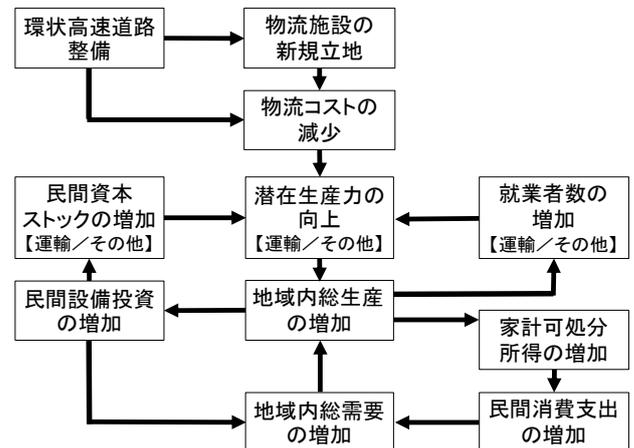
そこで本研究では、大都市圏における環状高速道路の整備に伴う物流施設の立地が地域経済に及ぼす影響を分析可能な地域計量経済モデルを構築し、圏央道整備による大規模物流施設の立地、物流コストの減少が首都圏の地域経済に及ぼす時系列の影響を分析する。

2. モデルの構築

2.1 概要

本研究のモデルは、環状高速道路の整備効果を目的とする吉野ら¹⁾やSATO²⁾などによって構築されてきた地域計量経済モデルをベースとしている。これらのモデルでは環状道路の建設時に公的資本形成の増加を通じて地域内総需要が増加すること、環状道路の開通後に地域の交通近接性が向上し、地域の潜在生産力の増加、民間消費支出の増加がもたらされることが仮定されている。従来の計量モデルと比較しての本研究のモデルの特徴としては、環状高速道路に伴う物流コストの減少が運輸業、その他の産業の潜在生産力の向上につながることを仮定していること、労働市場における需給両面を考慮した就業者関数を構築していることが挙げられる。運輸業とその他産業の潜在生産力を表現するため、生産に関連する関数は運輸業とその他産業に区別し定式化を行う。物流施設立地および物流コストを考慮した地域計量経済モデルのフローを図-1に示す。

図-1 物流コスト等を考慮したモデルのフロー



2.2 モデルの定式化

図-1のモデルフローに従い、モデルの定式化を行う。各関数の詳細を以下に示す。なお、各関数で下添え字 t は年を表している。

(1) 生産関数

物流コストの減少は運輸業、その他の産業の潜在生産力を各産業への帰着分だけ拡大させると考えられることから、運輸業、その他の産業の潜在生産力はそれぞれ(1)式、(2)式で表される。

$$X_{l,t} = f(L_{l,t}, K_{l,t}) - \theta(w_t \Delta T_{l,t} + \Delta ZC_{l,t}) \quad (1)$$

$$X_{o,t} = f(L_{o,t}, K_{o,t}) - (1 - \theta)(w_t \Delta T_{l,t} + \Delta ZC_{l,t}) \quad (2)$$

ここで、 l は運輸業、 o はその他の産業を表す。 X は潜在生産力、 L は労働、 K は資本、 w は時間価値、 ΔT は環状道路整備による輸送時間の変化、 ΔZC は在庫コストの変化、 θ は費用減少の運輸業の付加価値への転嫁比率である。

(2) 就業者関数

本研究では、マッチング理論を用いて、労働需給のミスマッチ等の労働市場の実態を考慮した定式化を行う。

(3)~(8)式に就業者関数を示す。

$$NW_{i,t} = \varphi_i NW_{i,t-1} \quad (3)$$

$$NW_t = NW_{t-1} + NJ_{t-1} - RT_{t-1} \quad (4)$$

$$NJ_t = f(OJ_t, JH_t) \quad (5)$$

$$JH_t = f(POPL_t) \quad (6)$$

$$OJ_t = f(GRP_t) \quad (7)$$

$$RT_t = f(POP_t^{65-69}) \quad (8)$$

ここで、 NW_t は就業者数、 NJ_t は就職者数、 RT_t は離職者数、 OJ_t は求人数、 JH_t は求職者数、 $POPL_t$ は生産年齢人口、 POP_t^{65-69} は65～69歳人口である。

(3) その他の関数

その他の関数に関しては、基本的には従来モデルの関数を踏襲する。以下にその他の関数を示す。

$$L_{i,t} = LHR_{i,t} \cdot NW_{i,t} \quad (9)$$

$$K_{i,t} = ROW_{i,t} \cdot KP_{i,t} \quad (10)$$

$$KP_{i,t} = f(KP_{i,t-1}, IP_{i,t}) \quad (11)$$

$$\frac{CP_t}{NH_t} = f\left(\frac{CP_{t-1}}{NH_{t-1}}, \frac{YH_t}{NH_t}\right) \quad (12)$$

$$YH_t = f(GRP_t) \quad (13)$$

$$IP_{i,t} = f(KP_{i,t-1}, GRP_{i,t-1}) \quad (14)$$

$$\frac{IHP_t}{NH_t} = f\left(\frac{KHP_{t-1}}{NH_{t-1}}, \frac{YH_t}{NH_t}\right) \quad (15)$$

$$GRE_t = CP_t + \sum_i IP_{i,t} + IHP_t + CG_t + IG_t + Z_t + E_t - M_t \quad (16)$$

ここで、 i は l (運輸)または o (その他の産業)である。 L 、 K は、それぞれ、総労働時間、稼働民間資本ストックを表している。 NW は就業者数、 KP は民間資本ストック、 LHR は平均労働時間、 ROW は民間資本稼働率を表す指数、 POP は人口、 IP は民間設備投資、 CP は民間消費支出、 NH は世帯数、 YH は家計所得、 GRP は地域内総生産、 IHP は民間住宅投資、 KHP は民間住宅ストック、 GRE は地域内総支出、 CG は政府消費支出、 IG は公的総固定資本形成、 Z は在庫投資、 E は移輸出、 M は移輸入である。

(4) 実現地域内総生産

実現地域内総生産は、(17)式のとおり、潜在生産力と地域内総支出の加重平均で決定されると仮定する。

$$GRP_t = \varepsilon(X_{l,t} + X_{o,t}) + (1 - \varepsilon)GRE_t \quad (17)$$

3. パラメータ推定

パラメータ推定は、2001～2012年度の1都3県(東京、神奈川、埼玉、千葉)の時系列データを用いて、最小二乗法(OLS)により行う。推定用データとしては、地域内総生産、民間資本ストック等の経済変数については、県民経済計算(内閣府)の実質値を用いる。 LHR は平均労働時間指数(厚生労働省)、 ROW は運輸業につい

ては第三次産業活動指数(経済産業省)の「運輸」、その他産業については鉱工業生産指数(経済産業省)を用いる。

なお、OLSはデータの定常性(自己共分散と期待値が常に一定)を前提としている。そのため、非定常なデータを用いてOLS推定を行った場合、推定結果の適合度やパラメータの有意性の信頼度が低下することが知られている。そこで、各関数の推定用データ(説明変数、すべての被説明変数の時系列データ)についてADF(Augmented Dickey-Fuller)テストにより定常性を検証する。テストの結果、1階の階差を取って定常となった変数が含まれる関数については、1階の階差をとり定常化された変数により関数を定式化し直す。各変数の定常性の検証結果を表-1に示す。

表-1 推定用データの定常性の検証結果

	原系列	1階の階差		原系列	1階の階差
$\ln(X_l/K_l)$	0.001	-	GRP_l	0.018	-
$\ln(X_o/K_o)$	0.001	-	GRP_o	0.034	-
$\ln(L_l/K_l)$	0.000	-	KP_l	0.058	-
$\ln(L_o/K_o)$	0.000	-	KP_o	0.013	-
NJ	0.003	-	KP_l-IP_l	0.064	-
OJ	0.002	-	KP_o-IP_o	0.039	-
JH	0.079	-	CP/NH	0.728	0.034
RT	0.066	-	YH/NH	0.025	0.003
$POPL$	0.002	-	YH	0.004	-
POP^{65-69}	0.033	-	GRP	0.043	-
IP_l	0.044	-	IHP/NH	0.061	-
IP_o	0.024	-	KHP/NH	0.086	-

表内の数値:p値 : 非定常

また、各関数の推定は、説明変数として示した変数に適宜ダミー変数を加え、符号条件を考慮して10%水準で非有意な変数は除いて推定を繰り返す減少法により行う。(12)式に原系列で非定常な民間消費支出の最終的な推定式、表-2にその推定結果を示す。

$$\frac{CP_t}{NH_t} - \frac{CP_{t-1}}{NH_{t-1}} = \alpha + \beta \left(\frac{YH_t}{NH_t} - \frac{YH_{t-1}}{NH_{t-1}} \right) + \delta DUM1 \quad (12)'$$

表-2 民間消費支出のパラメータ推定結果

α	β	γ	R ²
0.057 (1.993)	0.499 (4.177**)	0.180 (2.539*)	0.693

注) ()内はt値。

** : 1%有意、* : 5%有意。

DUM : 1 (2009～2010年)、0 (その他)

(17)式のウェイト ε については、0から1まで試行錯誤的に変化させ、地域内総生産の実績値と推計値の平均絶対誤差率(MAPE)が最小となるものを採用する。表-3に ε の変化に伴うMAPEの変化を示す。

表－3 地域内総生産の実績値と推計値の MAPE

ε	MAPE	ε	MAPE
0.1	6.145%	0.51	1.950%
0.2	4.579%	0.52	1.908%
0.3	3.209%	0.53	1.865%
0.4	2.477%	0.54	1.835%
0.5	1.993%	0.55	1.812%
0.6	1.721%	0.56	1.788%
0.7	2.347%	0.57	1.764%
0.8	3.308%	0.58	1.740%
0.9	4.193%	0.59	1.716%

表－3 より MAPE が最小となった $\varepsilon=0.59$ を採用する。

4. 物流コストの算出

4.1 物流コストの定義

物流コストは、日本ロジティクスシステム協会が刊行している物流コスト調査報告書³⁾によれば、輸送コスト、在庫コスト、物流管理コストの3つより構成される。輸送コストは、自動車、船舶、航空機、鉄道等の輸送機関によって、ある拠点から他の拠点まで貨物を移動させるために要するコストを指す。在庫コストは、倉庫業による営業用倉庫や自家用倉庫での保管費用を指す。物流管理コストは、企業の本社、現場の物流管理部門における人件費、運営費から構成される。なお物流管理コストについてはマクロ的に推計する方法が明瞭でないため、本稿では物流コストを輸送コスト、在庫コストの和として定義する。

4.2 輸送コスト・在庫コストの変化

圏央道整備による輸送コストの変化については、各年における地域間の貨物車交通量と道路最短所要時間の積を圏央道整備なし、整備ありの状況で求め、それらの総和の差（総輸送時間の変化）に時間価値を乗じて算出する。地域単位は、1都3県（東京、神奈川、埼玉、千葉）内および茨城県南部の圏央道沿線では市区町村とし、その他の地域は東北（郡山市）、群馬（前橋市）、栃木（宇都宮市）、茨城（水戸）、中部（岡谷市）、西日本（豊田）とする。総輸送時間の変化の算定式を(18)式に示す。

$$\Delta T_t = \left(\sum_i \sum_j Q_{ij,t}^o \cdot T_{ij,t}^o - \sum_i \sum_j Q_{ij,t}^w \cdot T_{ij,t}^w \right) \quad (18)$$

ここで、 i, j は地域、 o は圏央道なし、 w は圏央道ありの状況を示す。 Q は貨物車交通量、 T は地域間所要時間である。

2003年および2013年の各地域間の貨物車交通量については、第4回東京都市圏物資流動調査（2003年度）、第5回東京都市圏物資流動調査（2013年度）の搬出搬入票のデータを用いる。なお、東京都市圏のデータは1日あたりのデータのため、簡易的に365倍して年間交通量に換算する。2004年～2012年については、発生集中交通量が地域内総生産に比例して変化すると仮定し、ODをフレーター

法で算出する。各地域間の道路最短所要時間は、各年における圏央道整備済み区間の整備あり、なしの状況を想定し、道路距離を速度で除して計測する。このときの速度は暫定2車線の区間では70km/h、その他の高速道路では80km/hとする。圏央道整備なしの場合については、圏央道沿線の自治体に立地している大規模物流施設が萩野ら⁴⁾が立地ポテンシャルの高い地域としている東京外かく環状道路（外環道）の開通済区間の沿線地域および東京湾岸地域に立地している物流施設から貨物が発着すると仮定する。

在庫コストの変化については、圏央道整備なしの場合、圏央道沿線の物流施設が外環道の開通済区間の沿線地域および東京湾岸地域に立地しているものとし、在庫コストを構成する人件費、賃借料の貨物1トン当たりの費用が東京湾岸、外環道沿線地域と圏央道沿線の物流施設における従業者数、賃金、土地面積の相違に応じて変化すると仮定し算出する。在庫コストの変化は(19)式で求められる。

$$\Delta ZC_{i,t} = Z_i^K a_i^K - Z_i^K a_i^B \quad (19)$$

ここで、 Z は在庫量（トン）、 a は貨物1トンあたりの在庫コスト、 K は圏央道沿線、 B は外環道沿線地域または東京湾岸地域を示す。2003年および2013年の圏央道沿線の物流施設の在庫量は、第4回東京都市圏物資流動調査（2003年度）、第5回東京都市圏物資流動調査（2013年度）の事業所票のデータを用いて算出する。2004年～2012年については、各年において圏央道沿線に立地する大型物流施設の敷地面積に比例して変化すると仮定し、算出する。2013年の圏央道整備あり、なしの状況における地域間所要時間の計測結果の一部抜粋を表－4に、2003年および2013年の在庫コストの変化を表－5に示す。

表－4 地域間所要時間の計測結果（一部抜粋）

発地	着地	埼玉県								
		川越市			鴻巣市			中部 岡谷JCT		
		あり	なし	差分	あり	なし	差分	なし	あり	差分
神奈川	鎌倉市				123	151	-28	161	201	40
	平塚市	86	116	-30	97	140	-43	133	151	18
	小田原市	102	123	-21	111	156	-45	150	161	11
	横須賀市				136	146	-10	167	193	26

表－5 在庫コストの変化

	2003			2013		
	なし	あり	差分	なし	あり	差分
在庫量（トン）	2,807	2,807	-	43,849	43,849	-
1トンあたり従業者数（人/トン）	0.861	0.577		0.129	0.061	
時間あたり賃金（円/時間）	1,866	1,588		1,930	1,528	
年間労働時間（時間/人・年）	1,979	1,979		1,979	1,979	
1トンあたり人件費（千円/トン・年）	3,178	1,814		491	184	
年間人件費（百万円/年）	8,920	5,092	-3,828	21,546	8,079	-13,467
1トンあたり土地面積（㎡/トン）	177.38	154.58		43.86	20.84	
1㎡あたり賃借料（円/㎡・月）	1,385	997		1,385	997	
1トンあたり賃借費（千円/トン・年）	2,949	1,849		729	249	
年間賃借料（百万円/年）	8,278	5,190	-3,089	31,974	10,930	-21,044
年間在庫コスト（百万円/年）	17,198	10,282	-6,916	53,520	19,009	-34,511

表-6 物流コストの変化（整備ありー整備なし）

単位:百万円			
	輸送コスト	在庫コスト	合計
2003	-17,417	-6,916	-25,084
2004	-19,250	-6,916	-25,761
2005	-19,882	-10,427	-29,980
2006	-20,534	-10,427	-33,201
2007	-24,067	-17,372	-41,312
2008	-23,641	-18,582	-42,413
2009	-22,788	-19,835	-42,839
2010	-23,298	-20,565	-44,044
2011	-23,806	-25,603	-49,733
2012	-23,717	-26,875	-50,986
2013	-24,293	-34,511	-60,469
2014	-30,257	-38,018	-68,275
2015	-30,040	-42,368	-72,409
2016	-35,282	-46,472	-81,753
2017	-35,528	-46,472	-82,000
2018	-35,703	-46,472	-82,175
2019	-35,919	-46,472	-82,390
2020	-36,588	-48,670	-85,258

2004年～2020年の貨物車交通量については、貨物の発生集中交通量が地域内総生産の2013年からの伸び率に比例して変化すると仮定し、2004～2020年と同様にODをフレーター法によって算出する。各地域間の道路最短所要時間についても各年度の圏央道の開通状況に応じて変化すると仮定し算出する。在庫コストについては、圏央道沿線の大型物流施設の土地面積が圏央道の開通距離に比例して変化することを想定し、各年における在庫コストが土地面積に比例して変化すると仮定し設定する。表-6に2003年～2020年における輸送コストおよび在庫コストの圏央道整備による変化を示す。

5. 圏央道整備の経済効果分析

構築したモデル、算出した物流コストの変化を用いて、2003年～2020年度にかけての圏央道の段階的開通、大型物流施設立地による物流コストの削減が、東京都市圏の地域経済に及ぼす影響のシミュレーションを行う。表-7に首都圏の地域内総生産のシミュレーション結果を示す。

シミュレーション結果より、圏央道整備に伴う輸送コスト、在庫コストの削減による地域内総生産の増加は、2003年に約183億円、2013年に約652億円、2020年に約1250億円、2040年に約4280億円となることが分かる。これは地域内総生産と比較すると約0.009%～0.0046%となり東京都市圏の地域内総生産と比較して極めて小さい。

6. まとめ

本研究では、環状高速道路の整備による物流コストの減少、大規模物流施設の立地が地域経済に及ぼす影響を分析可能なモデルの構築を行った。また東京都市圏物資

表-7 全産業の地域内総生産シミュレーション結果

単位:百万円			
	整備なし	整備あり	ありーなし
2003	159,767,000	159,785,300	18,300
2004	163,263,300	163,284,000	20,700
2005	165,445,900	165,470,800	24,900
2006	168,814,700	168,841,700	27,000
2007	171,752,500	171,789,100	36,600
2008	170,209,200	170,248,400	39,200
2009	156,718,300	156,759,100	40,800
2010	170,313,100	170,358,000	44,900
2011	171,939,100	171,990,800	51,700
2012	173,789,200	173,845,000	55,800
2013	175,534,200	175,599,400	65,200
2014	177,100,200	177,176,400	76,200
2016	178,377,500	178,473,500	96,000
2020	182,513,400	182,637,900	124,500
2025	191,410,000	191,578,200	168,200
2030	201,434,200	201,662,100	227,900
2035	207,286,800	207,597,600	310,800
2040	207,965,200	208,392,900	427,700

流動調査（2003年度、2013年度）の貨物車OD、在庫コストのデータ等を用いて2003年～2020年における圏央道整備に伴う大規模物流施設の立地が貨物の輸送コストおよび在庫コストに与える影響を算出した。シミュレーション分析では、2003～2020年における圏央道整備の段階的な開通、沿線の大型物流施設の立地に伴う物流コストの減少が首都圏の地域経済に与える影響の計測を行った。分析の結果、圏央道整備による物流コスト減少が地域内総生産に与える影響は、開通区間の延伸に伴って年々増加することが示唆された。

今後の課題として、物流コスト削減分の荷主と物流企業の帰着割合の実態把握、重力モデルを用いた貨物車交通量の分布モデルの構築、立地選択モデルによる物流施設立地の将来推計、これらを踏まえたシミュレーション分析が挙げられる。

参考文献

- 1) 吉野直行・上田孝行・佐藤徹治（2002）：地域計量経モデルによる首都高速中央環状線の事業効果計測，特集論文 都市高速道路，新都市，Vol.56，No.2，pp.21-29.
- 2) Tetsuji SATO（2015）：Evaluation Method of Regional Economic Impact of High-speed Railway Development Considering Effects on Tourism Demand, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.11, pp.110-125.
- 3) 日本ロジスティクスシステム協会（2014）：物流コスト調査報告書.
- 4) 萩野保克・遠藤弘太郎（2007）：立地選択モデルを用いた東京都市圏における物流施設の立地ポテンシャル分析，土木計画学研究・論文集，No.24，pp.103-110.