

圏央道整備と沿線の大型物流施設に伴う物流コスト削減による地域経済効果の事後計測

藤原 真¹・佐藤 徹治²

¹学生会員 千葉工業大学大学院工学研究科建築都市環境学専攻(〒275-0016 千葉県習志野市津田沼2-17-1)
E-mail: s1124277nw@s.chibakoudai.jp

²正会員 千葉工業大学教授 創造工学部都市環境工学科(〒275-0016 千葉県習志野市津田沼2-17-1)
E-mail: tetsuji.sato@it-chiba.ac.jp

2020年度までに全線開通が見込まれる圏央道（首都圏中央連絡自動車道）では近年、大規模物流施設の新規立地が相次いでいる、今後、全線開通によって物流施設の立地が一層増加することが予想される。圏央道整備に伴う都心部の渋滞緩和、沿線の物流施設の新規立地は、輸送ODの変化に伴う貨物の輸送時間短縮、施設内での高効率化・高付加価値等による物流コストの削減をもたらす、地域経済に大きな影響を与えようと考えられる。本稿では、東京都市圏における2003～2013年度の物流コスト削減額を東京都市圏物資流動調査（2003年度、2013年度）における貨物車交通OD、在庫コストの実態データ等に基づき算出するとともに、地域計量経済モデルを構築して、2013年度までの圏央道整備が首都圏の地域経済に及ぼした時系列の影響を事後的に分析する。

Key Words : *physical distribution facilities, ring road, regional econometrics*

1. はじめに

近年、東京都市圏をはじめとする大都市圏では、アマゾンや楽天をはじめとするインターネット通販の急増、即日配達や翌日配達ニーズの高まりに対応するため、高効率な大型物流施設が不可欠な状況となっている。東京都市圏では、3つの環状高速道路の整備が進められており、2016年度中に全長の約80%（約525km）の完成が見込まれている。一番外側の環状高速道路である圏央道（首都圏中央連絡自動車道、総延長約300km）は2020年度までに全線開通予定となっているが、圏央道の整備済み区間の沿線では大型物流施設の立地が相次いでいる。この要因としては、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多く存在し、これらは比較的安価に取得可能な造成済み用地となっていることが挙げられる。即ち、圏央道沿線は大型物流施設の新規立地のための有利な条件が揃っており、今後の全線開通により、沿線への大型物流施設の立地がより進むことが予想される。東京都市圏における近年の環状道路整備等に伴う物流施設立地に関する既往研究としては、第4回東京都市圏物資流動調査データを用いて物流施設立地のメッシュ選択確率を離散選択ロジットモデルにより分析した萩野ら¹⁾、東京都市圏における今後の物流施設配置のあり方や課題を論じた兵藤²⁾、第4、5回東京都市圏物資流動

調査データを用いて物流拠点（集約的物流施設）の立地や搬入・搬出貨物の変化を分析した豊崎ら³⁾などがある。

圏央道整備に伴う都心部の渋滞緩和や沿道への大型物流施設の立地は、貨物の輸送時間短縮、物流コスト削減をもたらす、地域経済に大きな影響を及ぼすと考えられる。東京都市圏における環状道路整備が地域経済に及ぼす影響を分析した既往研究としては吉野ら⁴⁾がある。吉野ら⁴⁾は、環状道路整備がマクロな交通近接性を向上させ、潜在生産力の向上や民間消費支出の増加につながると仮定し、地域計量経済モデルを構築している。しかし高原ら⁵⁾やSATO⁶⁾は、既存の計量経済モデルにおける交通近接性と経済指標との近年の日本における関係性に否定的な見解を示している。また、従来の地域計量経済モデルでは、貨物の輸送時間や物流コストが直接的に考慮されていないため、環状道路沿線への大型物流施設の立地が物流コスト低減を通じて地域経済に及ぼす影響を分析することができない。

そこで本稿は、大都市圏における環状高速道路の整備に伴う大型物流施設の立地が地域経済に及ぼす時系列の影響を分析可能な物流コストを考慮に入れた地域計量経済モデルを構築し、圏央道の整備済み区間沿線の物流施設立地に適用し、経済効果を事後的に分析することを目的とする。

2. 地域計量経済モデルの構築

(1) 従来の地域計量経済モデル

環状道路整備の効果計測を目的とする従来の地域計量経済モデル⁴⁾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、環状道路の開通後に地域の交通近接性が向上し、地域の企業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。

従来のモデルで仮定されている環状道路整備による地域経済への影響フローを図-1 に示す。

(2) 物流コストを考慮した地域計量経済モデル

本稿では、環状道路整備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する。このため生産に関連する関数は、運輸業とその他の産業に分けて定式化を行う。

本稿で構築するモデルのフローを図-2 に示す。

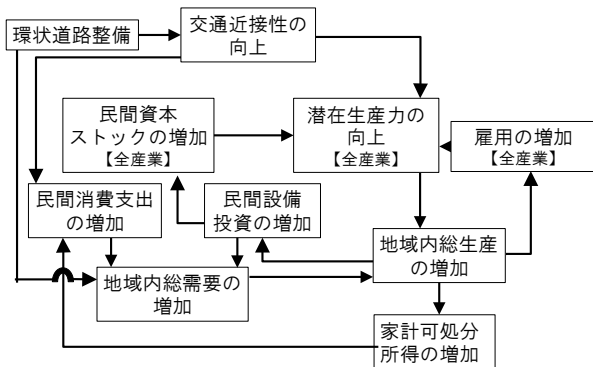


図-1 従来モデルにおける環状道路整備の影響

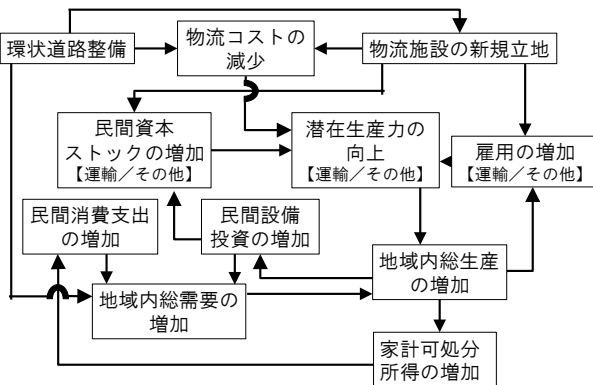


図-2 物流コスト等を考慮したモデルのフロー

(3) モデルの定式化

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

物流コストの削減は運輸業、その他産業の潜在生産力をそれぞれの産業への帰着分だけ拡大させることから、運輸業、その他産業の潜在生産力は、それぞれ(1)式、(2)式で表される。

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

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

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 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。

$$L_{i,t} = LHR_{i,t} \cdot NW_{i,t} \quad (3)$$

$$K_{i,t} = ROW_{i,t} \cdot KP_{i,t} \quad (4)$$

$$NW_{i,t} = f(X_{i,t}, POP_t) \quad (5)$$

$$KP_{i,t} = f(KP_{i,t-1}, IP_{i,t}) \quad (6)$$

$$\frac{CP_t}{NH_t} = f\left(\frac{CP_{t-1}}{NH_{t-1}}, \frac{YH_t}{NH_t}\right) \quad (7)$$

$$YH_t = f(GRP_t) \quad (8)$$

$$IP_{i,t} = f(KP_{i,t-1}, GRP_{i,t-1}) \quad (9)$$

$$\frac{IHP_t}{NH_t} = f\left(\frac{KHP_{t-1}}{NH_{t-1}}, \frac{YH_t}{NH_t}\right) \quad (10)$$

$$GRE_t = CP_t + \sum_i IP_{i,t} + IHP_t + CG_t + IG_t + Z_t + E_t - M_t \quad (11)$$

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変数、 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、 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、 GRE は地域内総支出である。

③ 実現地域内総生産

実現地域内総生産は、(12) 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。

$$GRP_t = \varepsilon(X_{l,t} + X_{o,t}) + (1 - \varepsilon)GRE_t \quad (12)$$

ここで、 GRP は実現地域内総生産である。

3. 実証分析

(1) 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。ここでは、テスト結果において p 値が 0.1 未満で定常とみなし、原系列で定常な場合 AR(0)、原系列で非定常で 1 階の階差を取って定常となる場合 AR(1)と表現する。AR(1)の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。

また、各関数の推定は、説明変数として上記で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) 式のウェイト ε 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) が最小のものを採用する。以下に各関数の最終的な推定式、表-2 にパラメータ推定結果、表-3 に ε の変化に伴う MAPE の変化を示す。表-3 より、MAPE が最小となった $\varepsilon=0.66$ を採用する。

表-1 推定用データの定常性の検証結果

	AR(0)	定数項	トレンド	ラグ	AR(1)	定数項	トレンド	ラグ
$\ln(X_l/K_l)$	0.0126	✓	✓	3	-	-	-	-
$\ln(X_o/K_o)$	0.0000	✓		4	-	-	-	-
NW_l	0.0863	✓	✓	3	0.0335	✓		1
NW_o	0.1480	✓		3	0.0246	✓		1
IP_l	0.0950	✓		1	-	-	-	-
IP_o	0.0602	✓		4	-	-	-	-
KP_l	0.0031	✓		3	-	-	-	-
KP_o	0.0225	✓	✓	3	-	-	-	-
KP_l-IP_l	0.0470	✓		4	-	-	-	-
KP_o-IP_o	0.0917	✓	✓	3	-	-	-	-
YH	0.0850	✓	✓	3	-	-	-	-
CP	0.2190	✓	✓	3	0.0440	✓		2
CP/NH	0.2367	✓	✓	3	0.0637	✓		1
IHP/NH	0.0418			4	-	-	-	-
$\ln(L_l/K_l)$	0.0001	✓		4	-	-	-	-
$\ln(L_o/K_o)$	0.0000	✓		4	-	-	-	-
KHP	0.0629	✓		4	-	-	-	-
KHP/NH	0.0554	✓		4	-	-	-	-
YH/POP	0.0207	✓		3	-	-	-	-
YH/NH	0.0253			4	0.0034			3
POP	0.0181	✓		4	-	-	-	-
GRP_l	0.1738	✓		3	0.0032			3
GRP_o	0.0392	✓		3	0.0339			1
GRP	0.0679	✓		1	-	-	-	-

注) AR(0), AR(1)の欄の数値は非定常のProbability
 は非定常

$$\ln\left(\frac{X_{l,t}}{K_{l,t}}\right) = \alpha + \beta \ln\left(\frac{L_{l,t}}{K_{l,t}}\right) + \delta DUM1 \quad (1)'$$

$$\ln\left(\frac{X_{o,t}}{K_{o,t}}\right) = \alpha + \beta \ln\left(\frac{L_{o,t}}{K_{o,t}}\right) + \delta DUM2 \quad (2)'$$

$$NW_{l,t} - NW_{l,t-1} = \alpha + \beta (GRP_{l,t} - GRP_{l,t-1}) + \delta DUM3 \quad (5)'$$

$$NW_{o,t} - NW_{o,t-1} = \alpha + \beta (GRP_{o,t} - GRP_{o,t-1}) + \delta DUM4 \quad (5)''$$

$$KP_{l,t} - IP_{l,t} = \beta KP_{l,t-1} \quad (6)'$$

$$KP_{o,t} - IP_{o,t} = \beta KP_{o,t-1} \quad (6)''$$

$$\frac{CP_t}{NH_t} - \frac{CP_{t-1}}{NH_{t-1}} = \alpha + \beta \left(\frac{YH_t}{NH_t} - \frac{YH_{t-1}}{NH_{t-1}} \right) + \delta DUM5 \quad (7)'$$

$$YH_t = \alpha + \beta GRP_t + \delta DUM6 \quad (8)'$$

$$IP_{l,t} = \alpha + \beta (GRP_{l,t} - GRP_{l,t-1}) + \delta DUM7 \quad (9)'$$

$$IP_{o,t} = \alpha + \beta KP_{o,t-1} + \gamma GRP_{o,t} + \delta DUM8 \quad (9)''$$

$$\frac{IHP_t}{NH_t} = \alpha + \beta \frac{KHP_t}{NH_t} + \delta DUM1 \quad (10)'$$

表-2 パラメータ推定結果

	α	β	γ	δ	R ²	D.W
(1)'	0.894 (4.602)	0.647 (11.455**)		0.091 (5.450**)	0.943	2.993
(2)'	1.274 (7.167)	0.648 (11.170**)		-0.021 (-1.508*)	0.952	2.528
(5)'	124.821 (0.030)	0.0316 (3.925**)		-28966.42 (-3.112**)	0.754	2.366
(5)''	-9093.886 (-0.441)	0.037 (6.551**)		-117610.9 (-3.256**)	0.861	2.619
(6)'		0.972 (36.345**)			0.269	1.812
(6)''		0.967 (331.212**)			0.984	1.418
(7)'	-0.018 (-1.124)	0.374 (2.803**)		0.140 (3.801**)	0.779	2.985
(8)'	-12545415.0 (-0.551)	0.688 (5.137**)		-9717682.0 (-6.865**)	0.913	1.794
(9)'	771023.4 (61.043)	0.094 (4.121**)		112791.9 (5.396**)	0.817	1.094
(9)''	-16728182.0 (-4.131)	0.280 (7.049**)	-0.038 (-3.258**)	1119729.0 (2.101*)	0.925	2.295
(10)'	0.906 (5.288)	-0.466 (-2.754**)		-0.114 (-8.312**)	0.937	2.52

※ ()内はt値。
 *は5%有意, **は1%有意。
 DUM1:1(2007~2012), 0(その他), DUM5:1(2009~2010), 0(その他),
 DUM2:1(2004~2008), 0(その他), DUM6:1(2006~2009), 0(その他),
 DUM3:1(2004~2005), 0(その他), DUM7:1(2009~2012), 0(その他),
 DUM4:1(2003~2006), 0(その他), DUM8:1(2001~2007), 0(その他).

表-3 ϵ と地域内総生産の実績値と推計値の MAPE

ϵ	MAPE	ϵ	MAPE
0.1	2.600%	0.61	1.799%
0.2	2.691%	0.62	1.778%
0.3	2.484%	0.63	1.776%
0.4	2.264%	0.64	1.774%
0.5	3.176%	0.65	1.773%
0.6	1.825%	0.66	1.771%
0.7	1.905%	0.67	1.774%
0.8	2.364%	0.68	1.809%
0.9	2.788%	0.69	1.857%

(2) 現況再現性

図-3 に、パラメータ推定されたすべての関数を用いた地域内総生産の 2002~2012 年度の現況再現性を示す。全期間の平均絶対誤差率 (MAPE) は 1.771% となっており、モデルは良好な現況再現性を有していると言える。

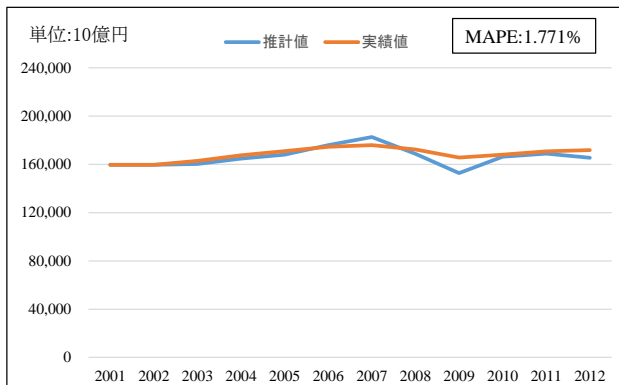


図-3 地域内総生産の現況再現性

(3) シミュレーション分析

構築したモデルを用いて圏央道整備のシミュレーション分析を行う。本稿では、2003~2013 年度における圏央道の部分開通および沿線への大型物流施設立地による物流コスト (輸送コスト, 在庫コスト) の削減が東京都市圏の地域経済に及ぼした影響の事後的なシミュレーション分析を行う。

輸送コストの変化は、各地域間の貨物車交通量と地域間道路最短所要時間の積を圏央道整備なし、ありの状況で算出し、それらの差から(13)式のとおり求められる。

$$\Delta T_i = \left(\sum_i \sum_j Q_{ij}^o \cdot T_{ij}^o - \sum_i \sum_j Q_{ij}^w \cdot T_{ij}^w \right) \quad (13)$$

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。

圏央道の整備ありのケースにおける各地域間の道路最短所要時間は、2003 年度と 2013 年度における所要時間を google map の経路探索により計測し、他の年度については、これらの計測結果と 2003 年度と 2013 年度における圏央道未開通区間延長、各年度の圏央道未開通区間延長を用いて補間する。計測する地域単位は、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) に区分する。圏央道整備なしの状況での最短所要時間は、2003 年度以降変化しないものとする。

在庫コストの変化については、圏央道が整備されない場合、圏央道沿線の物流施設が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、陳腐化費、経費の貨物 1 トン当たりの単価が圏央道沿線、東京湾岸地域における地価、在庫の保管期間の違いに対応して変化すると仮定して算出する。

各地域間の貨物車交通量、圏央道沿線の物流施設の搬入・搬出貨物量、在庫の保管期間に関しては第 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) のデータを用いる。また、1 トン当たりの在庫コストについては日本ロジスティクスシステム協会⁷⁾の重量当たりの物流コストの推移から品目別に算出する。なお、東京都市圏物資流動調査の交通量データは 1 日あたりのデータであるため、簡易的に 365 倍して年間の交通量に換算する。地域間所要時間の計測結果 (一部抜粋) を表-4, 在庫コストの変化を表-5 に示す。表-6~表-8 に、運輸業, その他産業, 全産業の地域内総生産のシミュレーション結果を示す。分析結果より、圏央道整備に伴う貨物車交通の所要時間短縮, 在庫コストの変化による地域内総生産の増加は、2003 年に約 16 億円, 2013 年には約 285 億円となる事が分かる。

表-4 地域間所要時間の計測結果 (一部抜粋)

発地	着地	単位:分											
		川崎市			堺市			堺市			堺市		
		なし	あり	差分	なし	あり	差分	なし	あり	差分	なし	あり	差分
神奈川県	鎌倉市				151	123	-28	119	113	-6	201	161	-40
	平塚市	116	86	-30	140	97	-43	111	95	-16	151	133	-18
	小田原市	123	102	-21	156	111	-45	119	110	-9	161	150	-11
	横須賀市				146	136	-10	115	109	-6	193	167	-26

表-5 在庫コストの変化

	単位:百万円				
	人件費	賃借料	陳腐化費	経費	在庫コスト
整備なし	26,540	1,024	47,777	49,614	262,508
整備あり	24,714	876	43,800	48,501	255,446
差分	-1,825	-148	-3,977	-1,113	-7,063
GRP比(運輸)	0.024%	0.002%	0.052%	0.015%	0.093%
GRP比(全産業)	0.001%	0.000%	0.002%	0.001%	0.004%

表-6 運輸業の地域内総生産の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-なし
2003	7,092,808	7,093,762	954
2004	7,014,533	7,015,642	1,109
2005	6,911,155	6,912,497	1,342
2006	6,938,810	6,940,186	1,376
2010	7,165,961	7,184,205	18,244
2011	7,111,938	7,130,436	18,498
2012	7,096,660	7,115,173	18,513
2013	7,089,443	7,107,933	18,490
2014	7,084,081	7,102,543	18,462
2015	7,079,326	7,097,759	18,433

表-7 その他産業の地域内総生産の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-なし
2003	153,192,500	153,193,100	600
2004	157,688,200	157,688,800	600
2005	161,144,600	161,145,300	700
2006	169,001,300	169,002,000	700
2010	158,220,000	158,229,300	9,300
2011	159,387,900	159,397,300	9,400
2012	159,918,300	159,928,100	9,800
2013	160,313,100	160,323,100	10,000
2014	160,666,200	160,676,600	10,400
2015	160,996,100	161,006,700	10,600

表-8 全産業の地域内総生産の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-なし
2003	160,285,308	160,286,862	1,554
2004	164,702,733	164,704,442	1,709
2005	168,055,755	168,057,797	2,042
2006	175,940,110	175,942,186	2,076
2010	165,385,961	165,413,505	27,544
2011	166,499,838	166,527,736	27,898
2012	167,014,960	167,043,273	28,313
2013	167,402,543	167,431,033	28,490
2014	167,750,281	167,779,143	28,862
2015	168,075,426	168,104,459	29,033

4. おわりに

本稿では、環状道路整備に伴う物流施設立地、物流コストの減少が地域経済に及ぼす時系列の影響を分析可能な地域計量経済モデルを構築し、東京都市圏を対象に、2003~2013年度の圏央道整備に伴う貨物車交通の所要時間短縮、在庫コストの変化が首都圏1都3県の地域経済に与える影響を事後的に分析した。分析の結果、2013年におけるの圏央道部分開通による域内総生産の変化は285億円程度と極めて小さいことが示唆された。

今後の課題として、削減費用の運輸業への転嫁比率の実態把握、2014年以降の物流コストの将来推計、立地モデルによる沿線におけ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。

謝辞

第4, 5回東京都市圏物資流動調査のデータについては東京都市圏交通計画協議会より提供いただいた。また、本稿の分析におけるデータ収集、整理、シミュレーション分析等で千葉工業大学工学部建築都市環境学科卒業生の小林昌也氏および高橋力也氏の協力を得た。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 兵藤哲朗 (2012) : 首都圏における物流施設の立地とその方向性, 産業立地, Vol.51, No.5, pp.9-14.
- 3) 豊崎祐司・平田輝満・笠原徳文 (2015) : 東京都市圏における物流拠点の立地と都県間輸送の特性分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.52, 194.
- 4) 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.
- 5) 高原恵男・山本俊行・藤井聡 (2012) : マクロ計量経済モデルの不確実性を考慮したデフレ下での社会資本整備効果の分析, 土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), Vol.46, P2.
- 6) 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.
- 7) 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.