

企業データを用いた 地域高規格道路整備の因果効果推定

中村 温樹¹・田上 貴士²・織田澤 利守³

¹学生会員 神戸大学大学院 工学研究科市民工学専攻 (〒658-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)

E-mail : 209t119t@stu.kobe-u.ac.jp

²正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ (〒812-001 福岡市博多区博多駅前 3-2-8 住友生命博多ビル 12F)

E-mail : tagami-tk@oriconsul.com

³正会員 神戸大学准教授 大学院工学研究科市民工学専攻 (〒658-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)

E-mail : ota@opal.kobe-u.ac.jp

本研究では、企業データを用いて地域高規格道路整備が周辺地域に立地する企業の雇用や売上に及ぼす因果効果を推定する。分析では、企業の属性データを用いて算出したマハラノビス距離に基づきマッチングを行い、差の差分分析を実施する。分析の結果、インターチェンジから 2km 圏内の地域に立地する企業で有意に正の効果が得られた。また、産業種別に分析を行った結果、製造業及び卸売業の売上において有意に正の効果があることが確認された。合わせてメッシュデータを用いた分析も行い、異なるデータを用いた分析間で結果の比較、検討を行った。

Key Words : *Regional High-Standard Highways, the deta of Companies, casual effect, difference in difference method*

1. はじめに

日本では、戦後から段階的に高規格道路整備が行われている。高規格道路は都市間を結ぶ上で重要な役割を担い、広域的な交流を促進している。一方で、主要都市へ人口・産業が集中し、地方圏の衰退が進んでいるのが現状である。その原因の一つとして、地方圏での十分な集積が不足していることが挙げられる。そこで地域集積圏の形成により地域間の競争を促すことで活性化に繋がると考えられる。そのためには、地方都市の中の交流機能を担う道路整備が重要であり、特に 1992 年からは高規格幹線道路網と一体となって役割を果たす地域高規格道路の導入が必要とされている。

本研究で取り扱う地域高規格道路は、高規格幹線道路網を補完し地域相互の交流促進等の役割を担う自動車専用道路であり、連携機能、交流機能、連結機能という大きく 3つの機能を有している。この3つの機能を確保することにより、移動時間の短縮や輸送費の低下、貨物取扱量の増加から企業はより効率的に取引を行う事が可能になることが考えられる。その機能を最大限に発揮するためには、まず整備による効果を幅広く把握する事が必要不可欠である。しかし実際、高規格道路の整備を行うことにより、どの地域にどのような効果がどれくらい発

現しているかを知ることは難しい。そこで近年、インフラストック効果の最大化に向けて、ストック効果の「見える化」の取り組みが行われている。それに向けて幅広く効果を把握することが重要視されており、ビッグデータなどの様々なデータの活用が注目されている。

本研究では、地域高規格道路の整備が周辺地域の雇用や企業の売上に与える効果についてメッシュデータおよび企業データを用いて幅広く把握することを目的とする。

2. データおよび分析の枠組み

(1) 本研究で用いるデータ

a) メッシュデータ

事業所企業統計調査及び経済センサス基礎調査の 500m×500m メッシュのデータを用いて分析を行う。2006 年(事業所・企業統計調査)と 2014 年(経済センサス基礎調査)の 2 時点のデータを用いた。また、道路整備が周辺企業に及ぼす効果の指標として「事業所数」、「従業者数」に着目して分析を行う。ただし、事前の分析の結果より、整備の影響が現われやすい業種として対象業種を製造業、卸売業、運輸業の 3 産業とする。

b) 企業データ

COSMOS2 企業概要ファイルの企業データを用いて実

証分析を行う。本研究では 2006 年, 2019 年の 2 時点のデータを用いた。対象市町は, X 県の A 市, B 市, C 市, D 市, E 市, F 町, G 市の 7 市町, Y 県の H 市, I 市の 2 市の計 9 市町とした。掲載データのうち 1 時点掲載の企業については, 企業ごとでの整備前後の比較が不可能であるため分析対象外とし, 整備前 (2006 年) と整備後 (2019 年) の 2 時点ともに掲載されている 1671 社について分析を行う。また, 2 時点共に掲載がある「売上高」および「従業者数」を企業への影響を表す情報として扱う。

なお, 地理データに関しては, 東京大学空間情報科学研究センターが提供する「CSV アドレスマッチングサービス」を用いて, 各事業所の所在地の情報から緯度・経度情報を取得する。また, 道路や空港などインフラの地理情報は, 国土交通省国土政策局の「国土数値情報ダウンロードサービス」を利用する。

(2) 本研究の分析対象

本研究では, X 県 D 市を起点に, Y 県 J 市に至る, 延長約 55km の地域高規格道路を分析対象とする。都市群の広域的な交流・連携の促進と国道とその周辺道路の混雑緩和と交通安全確保を主な目的として計画される。その特徴としては, 空港などの広域拠点及び高規格幹線道路である周辺の高速道路などと一体となり事業を行うことが挙げられる。

その整備状況をインターチェンジ (以下, IC と略す) の供用開始年とともにまとめたものを表-1, 図-1 に示すただし, IC . 13 と IC . 14 の間は開通していない。下の表と図の IC 番号は対応している。

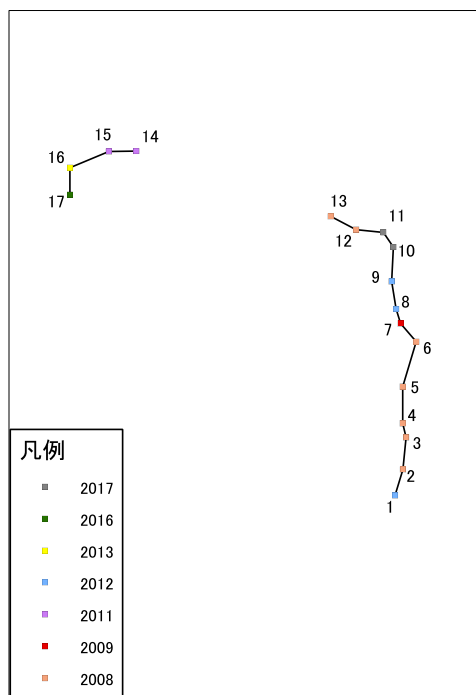


図-1 供用開始年別で分けた IC

表-1 IC 別 供用開始年

IC 番号	供用開始年	所在県名
1	2012	X 県
2	2008	"
3	2008	"
4	2008	"
5	2008	"
6	2008	"
7	2009	"
8	2012	"
9	2012	"
10	2017	"
11	2017	"
12	2008	"
13	2008	"
14	2011	Y 県
15	2011	"
16	2013	"
17	2016	"

3. 分析手法

本研究では, 差の差分析(Difference in Difference : DD)を用いて分析を行う。道路整備効果の評価においては, 整備を実施した場合(with)と実施しなかった場合(without)の 2 ケースの比較 (有無比較) が基本である。しかし, 通常, 整備前後の状況を把握することはできるが, 整備が実施されなかった場合の事後の状況は把握できない。このように実現しなかった結果 (反事実) は観測できないため, 有無比較を行うことは根本的に不可能である。差の差分析は, データから道路整備がなかった場合 (反事実) の数値を推測し, 道路整備の効果を推定する分析方法である。

差の差分析では, 2 つの「差」に着目して因果効果を推定する。処置が行われたグループ (処置群) と行われなかったグループ (対照群) のそれぞれについて, 処置前後のアウトカムのデータを入力しているとしよう (図-2) 。 $Y_{Tt}(X)$, $Y_{Ct}(X)$ は, 処置群 (Treated) および対照群 (Control) における割り当て X の場合の時点 t での潜在的な結果変数を表す。ただし, 時点 t が処置前であれば 0, 処置後であれば 1 をとる 2 値変数である。ここで推定対象となるのは, 処置が行われた地域における処置がもたらす平均因果効果(Average Treatment effect on the Treated : 以下 ATT と略す), すなわち,

$$ATT = E[Y_{T1}(1) - Y_{T1}(0)] \tag{1}$$

である。しかし, $Y_{T1}(0)$ は反事実であり, 観測することはできない。そこで, ある条件を追加した上で, 入手可能な 2 グループ・2 時点のデータを利用して実現しな

った潜在的結果 $Y_{T1}(0)$ を補完するのが差の差分法である。具体的には、「処置群と対照群の差」と「処置前後の差」の2つの差を用いて、差の差分(DID)を

$$DID = E\{[Y_{T1}(1) - Y_{C1}(0)] - [Y_{T0}(0) - Y_{C0}(0)]\} \quad (2)$$

と表す。DIDによりATTを推定するためには、次の2つの仮定を満たしている必要がある。(a)平行トレンド仮定(parallel trend assumption)と(b)共通ショック仮定(common shocks assumption)である。(a)平行トレンド仮定は、もし仮に処置が行われなかった場合、処置群と対照群において、アウトカムが平行したトレンドを描く($Y_{T1}(0) - Y_{C1}(0) = Y_{T0}(0) - Y_{C0}(0)$)というものである。(b)共通ショック仮定は、介入前のアウトカム測定と、介入後のアウトカム測定との間に、アウトカムに影響を与えるような「別のイベント」が起きていない、もしくは起きているとしたら2群に対して同じように作用しているという仮定である。差の差分法の利点は、観測不可能な共変量が存在したとしてもそれらが時間に対して一定であれば、2時点間の差分を取ることによってその影響を因果効果から切り離すことができる点である。

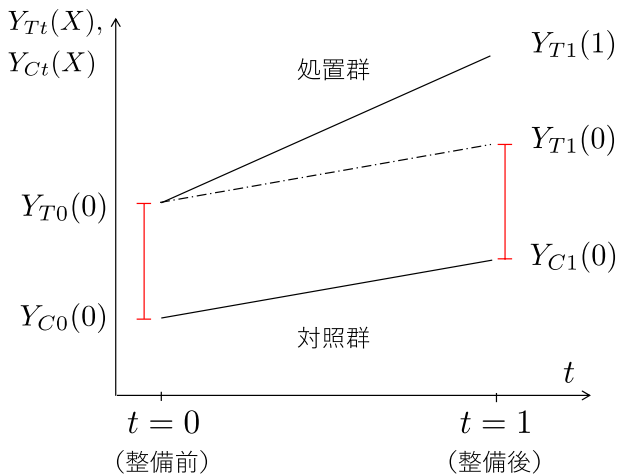


図-2 差の差分分析

式(3)は回帰モデルを用いて、以下のように表現し直すことができる。

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \gamma T_{it} + \delta(X_{it} \cdot T_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

ただし、 Y_{it} は時間 t における個体 i のアウトカム指標、 α_i は個体 i に固有の固定効果、 ε_{it} は誤差項、また、 X_{it} は個体 i が処置群に含まれる場合に1、対照群に含まれる場合に0をとるダミー変数、 T_{it} は処置後に1、処置前

に0をとるダミー変数である。このとき、交差項($X_{it} \cdot T_{it}$)の回帰係数 δ がDIDと一致し、平均処置効果を表す。

4. メッシュデータを用いた対象路線整備の因果効果推定

(1) 分析方法

対象路線整備の因果効果について、メッシュデータを用いた推定を行う。メッシュデータを用いた分析においては、用いるデータが2006年と2014年の2時点のためこの間に供用開始された14個のICを分析対象とする。

道路整備による影響を受けるメッシュを処置群、受けないメッシュを対照群として設定する。以下では、ICから2km圏内に完全に含まれるメッシュを処置群、2km圏外8km圏内のメッシュを対照群としたケース(表-2の(ii))について検討する。また、差の差分分析の回帰モデルを式(3)に再掲する。

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \gamma T_{it} + \delta(X_{it} \cdot T_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (3): 再掲$$

Y_{it} は、時間 t におけるメッシュ i の従業者数及び事業所数である。 T_{it} は対象路線整備後(2014年)に1、整備前(2006年)に0をとるダミー変数、 X_{it} は処置群で1、対照群で0をとるダミー変数である。ただし、メッシュにおける市街化や土地利用の程度を制御するため、事前の従業者数が1から1,000までのメッシュを対象に四分位点を取って層別化し(表-3の(i)、図-3)、階層毎に推定を行う。

表-2 処置群・対照群の範囲(メッシュデータ分析)

	処置群 ($X_{it}=1$)	対照群 ($X_{it}=0$)
(i)	2km 圏内	2km 圏外 5km 圏内
(ii)	2km 圏内	2km 圏外 8km 圏内

表-3 層別化の区分

Group	(1)	(2)	(3)	(4)
(i)	1~15	16~55	56~180	181~1000
(ii)	1~15	16~45	46~140	141~1000

(単位: 人)

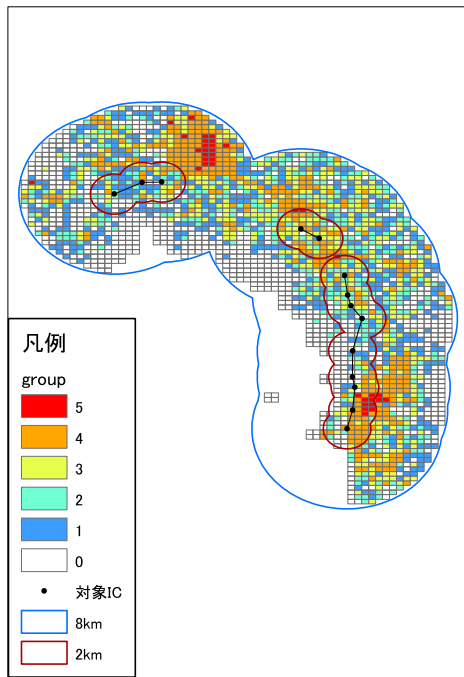


図-3 階層別メッシュの空間分布

(2) 推定結果と考察

対象路線整備が IC 周辺地域 (メッシュ) の雇用と事業所立地にもたらす因果効果について、差の差分分析による推定結果を表-4 及び表-5 に示す。また、ここでは交差項($X_{it} \cdot T_{it}$)の回帰係数 δ が DID と一致し、平均処置効果を表している。結果より、道路整備が事前の雇用が比較的少ない地域 (グループ(1), グループ(2)) において従業者数および事業所数が有意に増加させていることが分かる。中でも、グループ(1)の結果については、2011年に IC .2 付近に新規立地した大型小売店の影響が大きいことが考えられる。

一方、事前の雇用が比較的多い地域 (グループ(3), グループ(4)) において、有意な結果は得られなかった。理由として、各メッシュには様々な規模の企業が様々な割合で混在しており、メッシュ単位の集計データを用いた分析では、道路整備が既存企業に及ぼす影響を正しく推定できていない可能性 (交絡) が考えられる。

表-4 推定結果 (従業者数)

Group	(1)	(2)	(3)	(4)
$X_{it} \cdot T_{it}$	31.97*** (10.88)	11.66*** (4.424)	-6.088 (8.496)	16.48 (20.93)
T_{it}	5.873 (3.627)	2.859 (1.963)	5.755 (3.596)	-5.608 (9.248)
X_{it}	0.728 (7.727)	1.539 (3.307)	6.596 (6.758)	-10.15 (29.28)
Constant	6.743*** (2.576)	27.41*** (1.467)	84.08*** (2.860)	360.8*** (12.94)
Observations	450	506	500	438
Number of meshes	225	253	250	219

Standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

表-5 推定結果 (事業所数)

Group	(1)	(2)	(3)	(4)
$X_{it} \cdot T_{it}$	3.015*** (1.024)	0.338 (0.357)	0.754 (0.706)	-1.164 (1.726)
T_{it}	-0.0147 (0.341)	-0.366** (0.158)	-1.185*** (0.299)	-1.877** (0.763)
X_{it}	0.120 (0.742)	0.308 (0.457)	-0.190 (0.922)	-0.135 (3.660)
Constant	2.350*** (0.247)	5.473*** (0.203)	12.38*** (0.390)	40.41*** (1.617)
Observations	450	506	500	438
Number of meshes	225	253	250	219

Standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

3章でも述べたが、差の差分分析において、必ず成立しなければならない重要な仮定の一つとして平行トレンド仮定がある。これは、仮に処置が行われなかった場合、処置群と対照群においてアウトカムが平行したトレンドを描くというものである。以下では、平行トレンド仮定の成否を確認する。手法としては、実際に処置が行われた1期間前に処置が行われたものと想定して差の差分分析を行い、このときに推定される“見かけの処置効果”が統計的に有意でなければ、平行トレンド仮定が成立していると判定する。このような分析は、プラセボ実験と呼ばれる。本分析では、実際に対象路線が整備される前の2時点である、1996年を事前、2006年を事後とする期間を設定し、 T_{it} を2006年に1、1996年に0をとるダミー変数に書き換えた上で、回帰式(3)を推定する。また、先ほどの分析と同様に、ICから2km圏内に完全に含まれるメッシュを処置群、2km圏外8km圏内のメッシュを対照群としたケース (表-2の(ii)) について、事前の従業者数で層別化 (表-3の(ii)) して分析を行った。

プラセボ分析の推定結果を表-6 及び表-7 に示す。ここで交差項($X_{it} \cdot T_{it}$)の回帰係数は見かけの処置効果を表す。両表のグループ(1), (2)では、有意な結果が得られていないことから、平行トレンド仮定の成立が確認できた。

表-6 プラセボ分析の推定結果 (従業者数)

Group	(1)	(2)	(3)	(4)
$X_{it} \cdot T_{it}$	1.453 (2.142)	-4.832 (6.789)	2.747 (6.592)	-42.32** (18.38)
T_{it}	2.956*** (0.703)	4.356 (2.668)	-9.139*** (2.845)	-31.51*** (8.411)
X_{it}	0.602 (1.620)	-0.882 (5.049)	2.337 (5.824)	1.402 (27.55)
Constant	6.830*** (0.532)	30.83*** (1.984)	91.30*** (2.514)	380.2*** (12.61)
Observations	816	790	848	726
Number of meshes	408	395	424	363

Standard errors in parentheses
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

表-7 プラセボ分析の推定結果 (事業所数)

Group	(1)	(2)	(3)	(4)
$X_{it} \cdot T_{it}$	0.339 (0.248)	-0.685 (0.723)	-0.0137 (0.633)	-2.340 (1.690)
T_{it}	-0.0659 (0.0813)	-0.201 (0.284)	-2.012*** (0.273)	-5.739*** (0.773)
X_{it}	0.117 (0.264)	0.194 (0.647)	-0.371 (0.970)	-0.194 (3.779)
Constant	2.360*** (0.0866)	5.904*** (0.254)	13.99*** (0.419)	44.17*** (1.729)
Observations	816	790	848	726
Number of meshes	408	395	424	363

Standard errors in parentheses
 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

5. 企業データを用いた対象路線の因果効果推定

(1) 分析方法

前章でも述べたようにメッシュ単位での集計データを用いた分析では、各メッシュには様々な規模の企業が様々な割合で混在しており、道路整備が既存企業に及ぼす影響を正しく推定できていない可能性(交絡)が考えられる。そこで、企業単位の集計データを用いて、対象路線整備による因果効果の推定を試みる。

差の差分析においては、処置群の比較対象となる(反事実を補完する)個体をいかに選ぶかが重要となる。ここでは、企業単位の非集計データを活用し、対照群の個体を選定する方法について述べる。処置群に含まれる個体と同じ(または、近い)値の共変量を持つ個体を対照群から選んでペアを作る手法をマッチングという。全ての共変量が同じ値を持つ個体同士をペアにする完全マッチングが理想ではあるものの、実際には適用が困難である。そこで、個体間の距離をなんらかの形で定義した上で、最も小さい距離にある個体を選定する最近傍マッチングや特定の距離以上ではマッチングしない条件を加えたキャリパーマッチングなどが良く利用される。本分析では、マハラノビス距離に基づく最近傍マッチング法を用いる。マハラノビス距離とは、変数間の相関の情報を用いて、基準としたデータ群にどれだけ類似しているかを示す距離尺度の1つである。その算出方法は以下の式(4)で表される。

$$d_m(\mathbf{Z}) = \sqrt{(\mathbf{Z} - \boldsymbol{\mu})^T \boldsymbol{\Sigma}^{-1} (\mathbf{Z} - \boldsymbol{\mu})} \quad (4)$$

式(4)においては距離を求めたいあるサンプルにおける変数の値が格納されたベクトルである。また、 $\boldsymbol{\mu}$ はデータ群の各変数の平均値が格納されたベクトル、 $\boldsymbol{\Sigma}$ はデータ群における各変数間の共分散を配列したベクトルである。

また、マハラノビス距離の算出にあたり、企業規模や立地条件の近い企業同士をマッチングするために以下の

5つの共変量を用いた(表-8)。また、売上高、従業員数、資本金については整備前の企業規模を比較するために整備前である2006年時点の値をそれぞれ用いた。

表-8 本分析で用いる共変量

共変量	単位
売上高	100万円
資本金	千円
従業員数	人
最寄りの鉄道駅までの距離	km
最寄りの空港までの距離	km

処置群と対照群の空間範囲を表-9の通りに設定し、各ケースにおいて処置群及び対照群にそれぞれ含まれる企業間のマハラノビス距離を算出し、最近傍マッチングにより距離が最も近くなる個体同士をマッチングする。

表-9 処置群・対照群の範囲とサンプル数(企業データ分析)

	処置群 (X=1)		対照群 (X=0)		企業数	
	範囲	企業数	範囲	企業数	unmatched	matched
(i)	2km 圏内	276	2km 圏外 10km 圏内	814	155	
(ii)	3km 圏内	421	3km 圏外 10km 圏内	659	181	
(iii)	2km 圏外 3km 圏内	145	3km 圏外 10km 圏内	659	86	

表-9のケース(i)でのマッチング結果を以下に示す。図-4は、処置群に含まれる企業276社(青点)とマッチングによって選定された対照群の企業155社(赤点)の空間分布を表している。

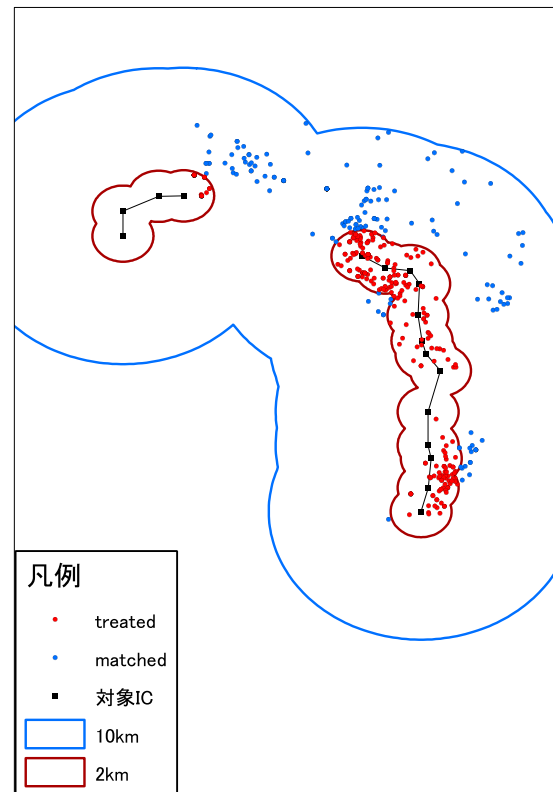


図-4 処置群及び対照群の企業の分布(マッチング後)

また、マッチング結果の確認を行う (図-5(a), (b), (c)) . 図-5(a)は、事前 (2006 年時点) の売上高に関する処置群 (右グラフ) 及び対照群 (左グラフ) のヒストグラムである。同様に、(b)は従業員数、(c)は資本金のヒストグラムを表す。各図より、企業規模に関する 3 指標において、処置群と対照群の間に大きな相違は見られず、マッチングが適切であることが確認できる。

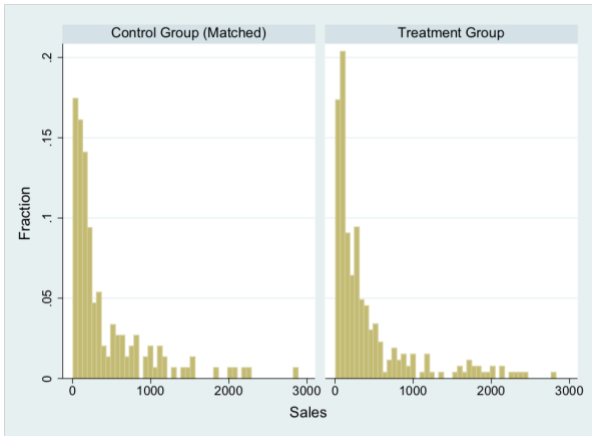


図-5(a) 売上高 (2006 年時点)

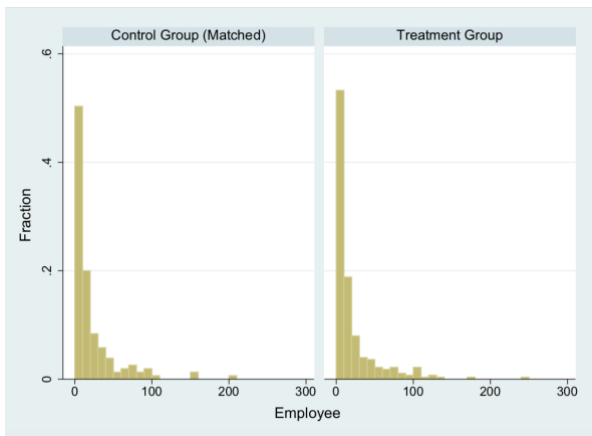


図-5(b) 従業員数 (2006 年時点)

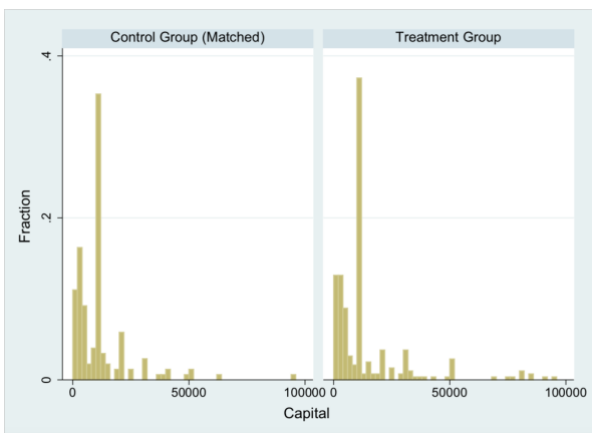


図-5(c) 資本金 (2006 年時点)

次に、IC からの距離とアウトカムの変化の関係について述べる (図-6 (a), (a'), (b), (b')) . 図-6 (a), (b)は、マッチングを実施した上で、各企業の対象路線 IC から直線距離 (横軸) と道路整備前後のアウトカム ((a)では売上高, (b)では従業員数) の変化 (縦軸) の関係を表す散布図である。(a)及び(b)図より、道路整備前後において売上高、従業員数を増加させている企業が IC からおよそ 2km 圏内に立地していることがわかる。このことから、処置群の範囲を IC から 2km 圏内~3km 圏内と設定することの妥当性がある程度確認できる。なお、(a), (b)図は、マッチングを実施していない場合における同様の散布図である。IC から比較的に遠くに立地する企業の中にも売上高や従業員数を増加させた企業が存在することがわかる。しかし、これらは、処置群に含まれる企業とは規模や立地条件の異なる、類似性の低い企業である。そのため、マッチングをせずに差の差分析を行えば、こうした類似性の低い個体同士を比較することとなり、道路整備による処置効果を適切に推定することはできない。

次節では、道路整備前後の売上高及び従業員数の変化をマッチング後の処置群と対照群の間で比較する差の差分析の結果を示す。

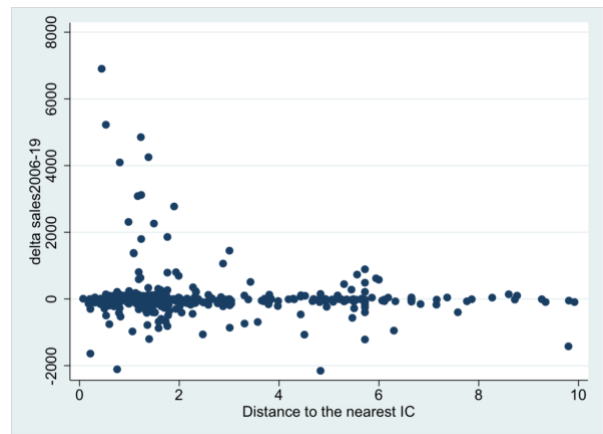


図-6(a) 売上高 (マッチング後)

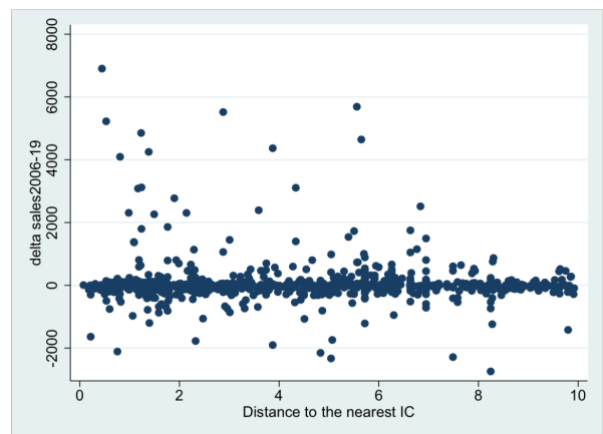


図-6(a') 売上高 (マッチング前)

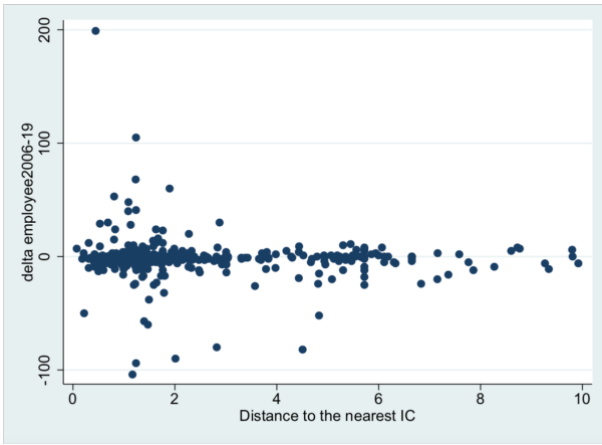


図-6(b) 従業者数 (マッチング後)

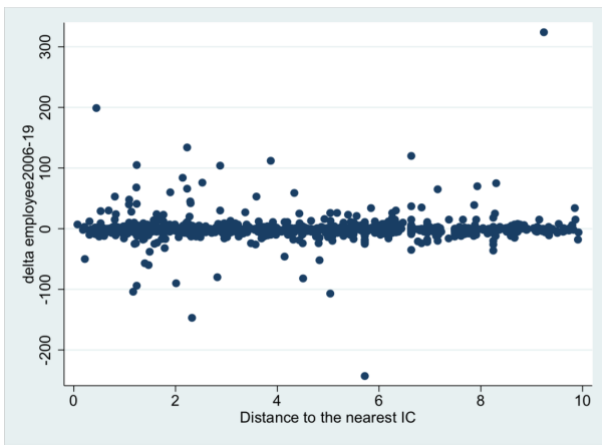


図-6(b') 従業者数 (マッチング前)

(2) 推定結果と考察

対象路線整備が IC 周辺企業の売上と雇用にもたらす因果効果について、企業データを用いた差の差分分析の推定結果を表-10及び表-11に示す。表では、マッチングを実施した場合(matched)と実施しない場合(unmatched)の結果を合わせて示している。また、一般に t 値が 1.96 で有意水準が 95 パーセント、1.645 で 90 パーセントと言われている。結果を見るとマッチングを実施しない場合の DID 推定値は、売上が 31.74 百万円、従業者数が 0.06 人となるが、共に t 値が低く有意ではない。一方、マッチングを実施した場合、DID 推定値は売上が 159.52 百万円で従業者数が 3.71 人であり、t 値も 2 を上回り十分に高いことから有意な結果が得られた。

表-10 推定結果: ケース (i) 処置群 2km, 対照群 2km-10km

Outcomes	Sample	Treated	Controls	DID	S.E.	T-stat
売上高	Unmatched	104.82	73.08	31.74	101.97	0.31
	ATT	104.82	-54.70	159.52	62.94	2.53
従業者数	Unmatched	-0.14	-0.20	0.06	1.45	0.04
	ATT	-0.14	-3.85	3.71	1.85	2.00

ここで、ケース(i)で設定した処置群の範囲が妥当であるかを確認するために、ケース(ii)及び(iii)の分析を行った(表-11, 12)。

表-11は、処置群を 3km 圏内、対照群を 3-10km 圏内と設定したケース(ii)における結果である。ケース(i)と(ii)の違いは、2-3km に立地する企業を道路整備の影響を受ける処置群として扱うか、影響を受けない対照群として扱うかである。マッチングを実施しない場合の推定値は、ケース(i)と同様に有意ではない。マッチングを実施した場合、推定値は売上高、従業者数ともに、ケース(i)より減少し、t 値の水準も低下した。

表-11 推定結果: ケース (ii) 処置群 3km, 対照群 3km-10km

Outcomes	Sample	Treated	Controls	DID	S.E.	T-stat
売上高	Unmatched	78.30	86.35	-8.05	91.80	-0.09
	ATT	78.30	-20.45	98.75	62.13	1.59
従業者数	Unmatched	0.16	-0.31	0.47	1.31	0.36
	ATT	0.16	-2.72	2.88	1.47	1.96

続いて、表-12は、処置群を 2km-3km 圏内、対照群を 3km-10km 圏内と設定したケース(iii)における結果である。表より、マッチングを実施した場合でも DID 推定値は小さく t 値も低い。したがって、2km-3km 圏と 3km-10km 圏とで道路整備によってもたらされる影響に有意な差がないことがわかる。以上より、ケース(i)の設定が統計的に妥当であることが示された。

表-12 推定結果: ケース (iii) 処置群 2km-3km, 対照群 3km-10km

Outcomes	Sample	Treated	Controls	DID	S.E.	T-stat
売上高	Unmatched	27.82	86.35	-58.53	149.64	-0.39
	ATT	27.82	10.48	17.34	95.06	0.18
従業者数	Unmatched	0.74	-0.31	1.05	1.96	0.53
	ATT	0.74	-2.26	2.99	2.55	1.17

次に、ケース(i)の設定の下、産業別に推定を行う。産業別の分析におけるサンプル数を表-13に示す。

表-13 産業別分析 サンプル数

	処置群 (X=1)	対照群 (X=0)	
		unmatched	matched
製造業	199	370	155
卸売業	131	373	86
製造業	26	71	16

産業別に差の差分分析を行った結果を表-14～表-16に示す。製造業、卸売業の売上高においては t 値も高く、道路整備によって有意な効果が得られていることが確認できる。一方、運輸業についてはサンプル数が極端に少ないため、マッチングや推定の精度が低下し、有意な結果を得ることができなかった。

表-14 推定結果:製造業

Outcomes	Sample	Treated	Controls	DID	S.E.	T-stat
売上高	Unmatched	118.47	170.35	-51.88	220.10	-0.24
	ATT	118.47	-68.69	187.16	80.79	2.32
従業員数	Unmatched	-0.39	-0.08	-0.31	2.35	-0.13
	ATT	-0.39	-4.18	3.79	2.99	1.27

表-15 推定結果:卸売業

Outcomes	Sample	Treated	Controls	DID	S.E.	T-stat
売上高	Unmatched	65.82	-28.87	94.69	59.55	1.59
	ATT	65.82	-87.50	153.32	92.05	1.67
従業員数	Unmatched	1.40	-0.31	1.71	1.45	1.18
	ATT	1.40	-0.69	2.09	1.94	1.08

表-16 推定結果:運輸業

Outcomes	Sample	Treated	Controls	DID	S.E.	T-stat
売上高	Unmatched	238.81	101.75	137.06	121.82	1.13
	ATT	238.81	112.77	126.04	196.38	0.64
従業員数	Unmatched	-6.81	-0.32	-6.48	8.29	-0.78
	ATT	-6.81	-0.50	-6.31	10.57	-0.60

6. まとめ

本研究では、対象路線の整備が周りの地域・企業に及ぼす影響について、メッシュデータ及び企業データを用いて、その因果効果の推定を行った。

メッシュデータを用いた分析では、対象路線整備が事前の雇用が少ない地域において従業員数及び事業所数を増加させていることが示された。一方、各メッシュには様々な規模の企業が様々な割合で混在しているため、

メッシュ単位の集計データを用いた分析では、雇用の多い地域の既存企業に及ぼす影響を正しく推定できないことが分かった。

この問題を克服するために、本分析では企業単位の非集計データを用い、マハラノビス距離に基づくマッチングによる差の差分分析を行った。

企業データを用いた分析では、ICから2km圏内の地域に道路整備の効果が発現していることの妥当性が確認できた。また、推定結果より、対象路線整備が周辺企業に及ぼす因果効果は、13年間で平均1億6千万円（事前の平均売上高の約26%）の売上の増加、平均3.7人の従業員数の増加をもたらすことが明らかとなった。

今後の課題として、(1)整備効果の空間的・時間的範囲のより詳細な分析、(2)共変量の追加・見直しによるマッチング精度の向上、(3)企業間取引データを用いて、地域高規格道路整備がもたらす交流・連結機能の向上効果の計測が挙げられる。

参考文献

- 1) 織田澤利守, 大平悠季. 交通インフラ整備効果の因果推論: 論点整理と展望, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 75, No. 5, pp.1-15, 2019.
- 2) Redding, S. J. and Turner, M. A.: Transportation Costs and the Spatial Organization of Economic Activity, In: *Handbook of Urban and Regional Economics*, Vol. 5B, Elsevier, pp. 1339-1398, 2015.
- 3) Rubin DB. Using multivariate matched sampling and regression adjustment to control bias in observational studies. *Journal of the American Statistical Association*. 1979.
- 4) 松浦寿幸, *Stata* によるデータ分析入門, 東京図書, 2015.
- 5) 河端瑞貴, 経済・政策分析のためのGIS入門 ArcGIS 10.2 & 10.3対応, 古今書院, 2015.

Casual Effect Estimation of Regional High-Standard Highways Improvement Using the Data of Companies

Atsuki NAKAMURA, Takashi TAGAMI, Toshimori OTAZAWA