

高速道路の整備を考慮した新幹線が 地域の社会経済状況に与える影響

ハン ケイコウ¹・寺部 慎太郎²・柳沼 秀樹³・田中 皓介⁴・海野 遥香⁵

¹ 非会員 東京理科大学大学院 理工学研究科土木工学専攻 修士課程
(〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)
E-mail:7621523@ed.tus.ac.jp

² 正会員 東京理科大学教授 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)
E-mail:terabe@rs.tus.ac.jp

³ 正会員 東京理科大学准教授 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)
E-mail:yaginuma@rs.tus.ac.jp

⁴ 正会員 京都大学大学院助教 工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂)
E-mail: tanaka.tosuke.6k@kyoto-u.ac.jp

⁵ 正会員 東京理科大学助教 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)
E-mail:unoharuka@rs.tus.ac.jp

新幹線駅は在来線駅に比べ駅勢圏が広く、駅周辺の自治体に与える影響は大きいと考えられる。今後新たに新幹線駅が立地する自治体も、同様の影響を受けることになる。そして、今の日本全国二千以上箇所的高速道路インターチェンジが地方の人口や経済状況に影響を与えているため、高速道路の影響を考慮して新幹線駅の開業効果を分析することが必要である。本研究では高速道路インターチェンジの整備状況を考慮して、自治体为新幹線駅から受ける社会経済的な影響を定量的に評価するために、傾向スコアを用いて在来線や在来線駅の影響を排除し、高速道路の開業影響を考えながら新幹線開業の影響を定量的に示す手法を検討した。本研究は首都圏、政令指定都市、離島、福島県避難地域を除外した日本全国の 1387 の市町村を対象として、傾向スコアを用いてマッチングする。そして IPW 推定量と DID 分析で新幹線駅の開業効果を定量的に分析する。

Key Words: *causal inference, high speed railway, highway, propensity score, difference-in-differences analysis*

1. 序論

新幹線駅は在来線駅に比べ駅勢圏が広く、駅周辺の自治体に与える影響は大きい。1964年の東海道新幹線開業以来、我が国では新幹線のネットワークが拡大し続け、50年以上にわたって多くの都市を結んできた。今後も、北陸新幹線の大阪延伸や北海道新幹線の札幌延伸等が進み、新たに新幹線駅が立地する自治体も、同様の影響を受けることになる。従って、新幹線の駅が近くにできることが、自治体にどのような影響を与えるかを定量化することは重要である。

さて、土木計画学分野でも因果推論の研究が見られるようになってきた¹⁾。直近では高速道路や都市鉄道など

交通基盤整備が産業や社会経済に与える影響を因果関係としてとらえ、実証的に分析した研究^{2,3)}などがある。

そこで本研究では、新幹線の開業効果について因果推論の枠組みで分析し、社会経済に与える影響を定量化することを目的とする。

2. 既存研究のレビューと本研究の位置づけ

(1) 既往研究のレビュー

新幹線に関する研究は、整備効果に着目した研究が多くみられる。例えば、新幹線を整備している地域としていない地域を比較した研究⁴⁾、新幹線の整備前後を比較した研究^{5,6)}がみられる。現在新幹線が整備されている地

域に、新幹線が整備されていない場合を仮定し、整備されていない場合と現状を比較することによって整備の効果を検証している研究⁹⁾や、相対時間距離(地形図と時間距離図を重ね合わせた結果を数量的に現す指標)から新幹線の整備効果を検討したもの⁹⁾、九州新幹線の駅周辺に関わる社会経済指標の推移を整理し駅の類型化を行った研究¹⁰⁾もある。

新幹線ではないが、鉄道駅の整備が市町村の人口の変遷に与える影響に関する研究¹¹⁾が行われている。ここでは、鉄道整備が地域に及ぼす影響を長期的・全国的なデータを用いて分析した。その結果、交通整備が地域の発展に影響を及ぼすという今まで常識として考えられてきたことを、過去のデータから実証的に検証した。

国外では、Talebian¹²⁾は傾向スコアマッチングによりカリフォルニア州が行ったアムトラック駅への経済的支援が地域の人口と雇用に与える影響を評価した。この研究では、郡レベルと市レベルで経済的支援を受けた群と受けなかった群を傾向スコアマッチングにより共変量のバランスを調整し、重回帰分析を行った。その結果、カリフォルニア州による経済的支援により整備が行われたアムトラック駅がある市(郡)は、人々にとって魅力的な沿線となり人口には正の影響がみられたが、地元の雇用に対する影響は限定的であった。Jia¹³⁾の研究では、差の差分析と傾向スコアマッチング—差の差分析(PSM-DID)を用いて中国の高速鉄道が地域経済の発展に与える影響は路線を比較した場合で異なるかということを検証した。その結果、路線間で影響は異なり、中国の高速鉄道建設が経済に正の影響を与えたことがわかった。

(2) 本研究の位置づけと意義

上述したように、新幹線の事後評価に関する既往研究ではミクロな視点で施設効果を前後比較、地域比較、有無比較を行ったものが多く行われている。しかしそれらは地域や路線を絞ったものが多い。

筆者らの先行研究¹⁴⁾では、日本全国の全ての新幹線の路線を対象とした。また、既往研究の抱える課題として、新幹線開業による効果のみを把握することが出来ていないことが挙げられたが、この研究では自治体が新幹線駅から受ける社会経済的な影響を定量的に評価するために、傾向スコアを用いて高速道路や在来線などの影響を排除した新幹線開業による影響のみを定量的に示す評価手法を検討した。その結果、IPW(inverse probability weighting)推定量による市町村人口に与える開業効果は、平均処置効果によるものと同様で、正の値を取り、5.5万人から8.0万人と推計された。

本研究では、傾向スコアの算出に高速道路ICの数を加えることで、高速道路整備の影響をより明示的に扱い、この先行研究を発展させた。

本研究の意義は、Rubinの枠組み¹⁵⁾で新幹線開業が沿線自治体の人口に与える因果効果を定量的に分析することで、今後高速鉄道が整備される国内外の地域への示唆を得ることにある。

3. 研究方法

(1) 研究対象

本研究は首都圏、政令指定都市、離島、福島県避難地域を除外した日本全国の1387の市町村を対象とした。

(2) 研究手法

a) 傾向スコア

第*i*対象者の共変量(割当変数と結果の両方に影響を与える変数)の値を x_i 、割当変数(ある施策が行われるかどうかを示す変数)の値を z_i とすると、群1に割り当てられる確率 e_i は傾向スコアと呼ばれ、式(1)で表される。

$$e_i = p(z_i = 1 | x_i) \quad (1)$$

無作為割付が不可能な状況において、ある施策の効果調べたい際には交絡因子(従属変数に影響を与える共変量)の分布が説明変数の値によって異なる可能性がある。共変量の影響を除去するためにこれまで共分散分析などの手法が利用されてきたが様々な制約が多いという欠点があって、傾向スコアが用いられる。

b) 傾向スコアの算出について

市町村ごとに新幹線駅のダミー変数(新幹線駅を中心として半径5km圏内の市町村を1とする)を目的変数、沿岸部ダミー、豪雪地帯ダミー、可住地面積割合、在来線実延長を各自自治体総面積で割ったもの、高速道路実延長を各自自治体総面積で割ったもの、地方ダミー(例えば東北地方ダミー)、高速道路インターチェンジの数、合併ダミー(市町村が合併したかどうか)を説明変数としてロジスティック回帰分析を行う。そして新幹線駅あり市町村グループを介入群、新幹線駅なし市町村グループを対照群とする。ロジスティック回帰分析を行うことで、

表-1 用いる変数

変数名	定義	出典
新幹線駅(ダミー変数)	新幹線駅から5キロ圏内の市町村を1	鉄道時系列データ
沿岸部(ダミー変数)	沿岸部の市町村を1	海岸線データ
豪雪地帯(ダミー変数)	豪雪地帯の市町村を1	豪雪地帯データ
可住地面積割合	可住地面積/総面積(km ²)	可住地面積割合
在来線実延長	鉄道在来線延長(km)/総面積(km ²)	鉄道時系列データ
高速道路実延長	高速道路延長/総面積(km ²)	高速道路時系列データ
高速道路インターチェンジ	高速道路ICの数	高速道路時系列データ
合併(ダミー変数)	平成の大合併によりできた市町村を1	
東北地方(ダミー変数)	東北地方の市町村は1	
関東地方(ダミー変数)	関東地方の市町村は1	
中部地方(ダミー変数)	中部地方の市町村は1	
関西地方(ダミー変数)	関西地方の市町村は1	
中国地方(ダミー変数)	中国地方の市町村は1	
九州地方(ダミー変数)	九州地方の市町村は1	
四国地方(ダミー変数)	四国地方の市町村は1	

各市町村が介入群に割り当てられる確率を求めて、傾向スコアが得られる。

c) IPW 推定量の算出について

同じ傾向スコアを持つ2つのグループのデータは、共変量の一つの変量にすることによって、比較することができる。本研究は傾向スコアを用いることで地方経済指標と高速道路、在来線などの説明変数を考慮しながらそれらの影響を排除して、新幹線駅の経済効果を算出する。

IPW 推定量は傾向スコアの逆数による重み付け平均を用いた因果効果の推定量であり、式(2)に示す介入群の目的変数の周辺期待値と対照群の目的変数の周辺期待値の差で求められる。つまりこれは、介入群と介入群に割り当てられるだろうと推定された群の値の平均値から対照群と対照群に割り当てられるだろうと推定された群の値の平均値を引いたものである。ここで、 $i(=1,2,\dots,N)$ は市町村の数、 z_i は新幹線駅の有無(ダミー変数)、 e_i は傾向スコア、 y_{1i} は介入群の目的変数(ここでは人口変動率)、 y_{2i} は対照群の説明変数である：

$$\hat{E}(y_1) - \hat{E}(y_2) = \frac{\sum_i^N z_i y_{1i}}{\sum_i^N \frac{1}{e_i}} - \frac{\sum_i^N (1-z_i) y_{2i}}{\sum_i^N \frac{1}{1-e_i}} \quad (2)$$

d) 傾向スコアマッチングについて

介入群の市町村の傾向スコアに最も近いサンプルを対照群から抽出し、傾向スコアマッチングを行うことで共変量の分布を調整し、重回帰分析を行うことで新幹線駅の開業効果に影響している要素を把握する。

e) DID 分析

介入群の平均処置効果を推定するため、介入群の市町村について処置を受けていなかったときの状態(反事実の状態)と対照群の状態が並行トレンドを持つ必要がある。本研究では傾向スコアマッチングによって、同じペアの2つの市町村が同じ発展トレンドを持つことを確保

したうえで、DID 分析を行う。傾向スコアを使って DID 分析に用いる介入群と対照群のペアを組んで、重回帰分析を行う。

f) 平均処置効果の算出について

処置を受けた状態の目的変数(ここでは人口変動率)と処置を受けていない状態の目的変数を計算して、DID による平均処置効果が推定できる。ここで、 y は人口変動率、 G は処置ダミー(新幹線駅があるかどうか)、 T は時点ダミー(介入前と介入後の2つの値をとるダミー変数)、 ε は誤差項であり、 G と T と無相関である必要がある¹⁸⁾。目的変数の回帰式は(3)で表される。

$$y = \mu + \gamma G + \delta T + \alpha GT + \varepsilon \quad (3)$$

介入群の介入前の目的変数 a 、介入群の介入後の目的変数 b 、対照群の介入前の目的変数 c 、対照群の介入後の目的変数 d 、の4つの変数を計算して、式(4)によって介入群についての平均処置効果が算出できる。

$$ATE = (b - a) - (d - c) \quad (4)$$

これによって、新幹線駅の整備が地域に与える影響を算出することができる。

4. 分析結果

(1) 傾向スコア

傾向スコアを計算するための、年ごとのロジスティック重回帰分析の結果を表-2に示す。2000年のもののみ Hosmer-lemeshow の適合度検定¹⁹⁾の結果が、不適合であると判定されたので、地方ダミーを除いて再推定したものを示す。

これをみると、可住地面積割合や在来線実延長は有意になることが多いが、地方ダミーは有意になることはなかった。

以上の結果を使用して傾向スコアを計算し、最近傍法を使って市町村をマッチングし、介入群と対照群を形成する。

表-2 ロジスティック重回帰分析の結果

年分	1985		1990		1995		2000		2005		2010		2015	
	係数	判定	係数	判定	係数	判定	係数	判定	係数	判定	係数	判定	係数	判定
切片	-20.028		-20.490		-20.390		-4.461	***	-20.570		-20.606		-21.340	
沿岸部(ダミー変数)	-0.087		-0.556		-0.647	*	-0.752	**	-0.595	*	-0.587	*	-0.742	**
豪雪地帯(ダミー変数)	0.060		-0.698		-0.833	*	-0.966	**	-0.661	*	-0.575		-0.179	
可住地面積割合	0.976	*	2.468	***	2.587	***	2.199	***	2.139	***	2.140	***	2.684	***
在来線実延長	0.674	*	0.029	***	0.033	***	0.038	***	0.045	***	0.040	***	0.052	***
高速道路実延長	3.764		0.024		0.029	*	0.026	*	0.017		0.027	*	0.018	
高速道路インターチェンジ	0.195	*	-0.045		-0.164		-0.090		-0.135		-0.134		-0.104	
合併(ダミー変数)	-	-	-	-	-	-	-0.106		-0.190		-0.017		0.057	
東北地方(ダミー変数)	16.681		15.880		15.790		-	-	16.450		16.887		17.180	
関東地方(ダミー変数)	16.795		15.700		15.500		-	-	15.980		16.271		16.390	
中部地方(ダミー変数)	16.784		16.500		16.350		-	-	16.920		16.979		17.250	
関西地方(ダミー変数)	16.021		15.520		15.310		-	-	15.610		15.763		15.960	
中国地方(ダミー変数)	17.492		17.320		17.150		-	-	17.270		17.281		17.460	
四国地方(ダミー変数)	-0.166		-0.459		-0.586		-	-	-0.227		-0.164		0.188	
九州地方(ダミー変数)	14.694		13.960		13.760		-	-	15.890		16.040		17.470	
hoslem検定	0.623		0.903		0.314		0.733		0.209		0.544		0.932	

(2) IPW 推定量

1985 年から 2015 年までの新幹線開業による人口変動率の差をそれぞれ IPW 推定量で求めた結果を示す。

これをみると、IPW 推定量は 2000 年以外のすべての年で負になり、新幹線駅があることにより、その市町村の人口変動率を減らす効果を与えるという結果になった。全国の人口増加率は減少傾向にありながらも 2010 年までは正の値であるから、仮説とは異なる結果になった。

表-3 人口増加率の IPW 推定量

年	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
市町村ペア数	69	69	67	73	86	88	101
IPW 推定量(%)	-1.42	-0.51	-0.33	0.54	-0.32	-0.82	-0.17
全国人口増加率(%)	3.41	2.12	1.58	1.08	0.663	0.226	-0.751

(3) 人口変動率の分布

本研究の IPW 推定量の計算では、新幹線駅の開業は駅に近い自治体の人口増加に負の影響を与えていることを示していた。そこで、介入群（新幹線駅あり）と対照群（新幹線駅なし）の市町村の人口変動率の分布を調べてみた。例として 2000 年と 2015 年の結果を図-1 と図-2 に示す。

これを見ると、IPW 推定量が唯一正になった 2000 年では、介入群（新幹線駅あり）が人口変動率がやや正の方向に多く、対照群（新幹線駅なし）がやや負の方向に多く分布していることがわかる。一方で、IPW 推定量が負になった 2015 年では、介入群（新幹線駅あり）と対照

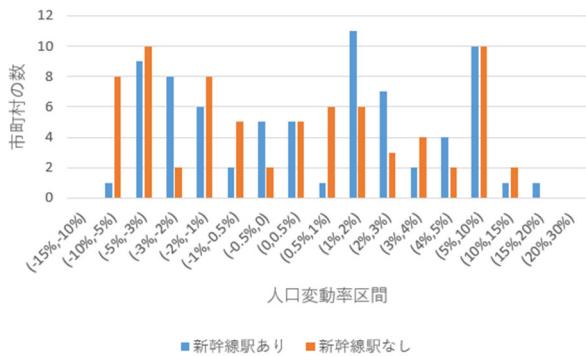


図-1 2000年における人口変動率の分布

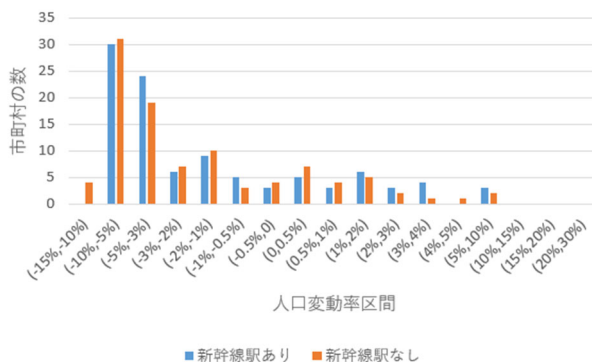


図-2 2015年における人口変動率の分布

群（新幹線駅なし）で、人口変動率の分布にあまり差がないことがわかる。

すなわち、2015 年の例では、介入群（新幹線駅あり）の 101 市町村と、傾向スコアでマッチングされた（残り 1286 市町村の中から選ばれた）対照群（新幹線駅なし）の 101 市町村の間で、その人口変動率の分布があまり変わらないことを示している。

従って、新幹線駅の存在が、その周辺市町村の人口増加率を増やす影響があるという仮説が正しいのであれば、傾向スコアによる市町村のマッチングがうまくできていない可能性がある。

5. 結論

本論文では、新幹線整備が沿線自治体の人口変動に与える影響を実証的に示すことを目的に、その因果効果を推定した。分析では、傾向スコアを用いることで高速道路や在来線駅などが存在するといった交絡因子の影響を排除し、新幹線開業のみの効果を算出した。計算の結果、人口変動率の IPW 推定量はほとんどの年で負の値であり、新幹線駅が市町村人口に負の影響を与えているという結論になった。

この結果は予想外であるが、傾向スコアを算出する回帰式を再検討したり、地域人口に影響している別の変数を加えたり、マッチング方法を変えたりすると逆の結論を得る可能性もある。今後はこれらの課題と、DID 分析についての検討に取り組む必要がある。

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, 第 58 回土木計画学研究発表会・講演集, S1, pp.1-13, 2018.
- 2) 織田澤利守, 明定俊行: 企業間取引ネットワークの変化が企業の生産性に及ぼす影響: 都市間交通基盤整備に着目した実証分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 74 巻, 5 号, pp. I_483-I_491, 2018.
- 3) 柚木洗, 織田澤利守: 高速道路へのアクセスが地域の雇用及び生産性に及ぼす因果効果の推定, 第 58 回土木計画学研究発表会・講演集, 8, pp.1-7, 2018.
- 4) 中川拓朗, 金子雄一郎, 加藤浩徳: 東京圏における都市鉄道整備による社会経済効果に関する実証分析, 第 57 回土木計画学研究発表会・講演集, 38-11, pp.1-13, 2018.
- 5) 上田孝行, 中村英夫: 新幹線整備が地域発展に及ぼす影響, 土木計画学研究・論文集, Vol.12, pp.597-604, 1989.
- 6) 松永卓也, 山口修司: 整備新幹線の開業効果について, 土木計画学研究・講演集, Vol.33, 357, CD-ROM, 2006.
- 7) Fuyama, H., Terabe, S., Yaginuma, H., Kang, N.,

- Morio., J.: An Evaluation of the socioeconomic effects around stations following the Nagano Shinkansen development, Proceedings of the 96th Annual Meeting of Transportation Research Board, 17-04243, 2017.
- 8) 奥田隆明, 宇佐美俊介: 東海道新幹線が地域経済に与えた長期的影響の事後評価, 日本地域学会第 50 回 (2013 年) 年次大会学術発表論文集, 2013, http://www.jsrsai.jp/Annual_Meeting/PROG_50/ResumeD/rD04-1.pdf (2019 年 3 月 8 日最終閲覧)
- 9) 中岡良司, 今尚之, 佐藤馨一: 相対時間距離からみた新幹線の整備効果に関する研究, 土木史研究, 第 15 号自由投稿論文, 1995.
- 10) Terabe, S., Maekawa, Y., Kasai, M., Kuroe, K.: Classifying high-speed rail stations based on socioeconomic changes in surrounding areas after the development of the Kyushu Shinkansen”, Proceedings of the 95th Annual Meeting of Transportation Research Board, 16-1685, 2016.
- 11) 中川大, 西村嘉浩, 波床正敏: 鉄道整備が市町村人口の変遷に及ぼしてきた影響に関する実証的研究, 土木計画学研究・論文集, No.11, pp57-64, 1993.
- 12) Talebian, A., Zou, B., Hansen, B.: Assessing the impacts of state-supported rail services on local population, and employment: A California case study, *Transport Policy*, 63, pp.108-121, 2018.
- 13) Jia, S., Zhou, C., Qin, C.: No difference in effect of high-speed rail on regional economic growth based on match effect perspective?, *Transportation Research Part A*, 106, pp.144-157, 2017.
- 14) 落合里穂, 寺部慎太郎, 柳沼秀樹, 田中皓介, 康楠: 新幹線開業が沿線自治体の人口等に与える影響の傾向スコアを用いた評価の検討, 土木計画学研究・講演集, vol.59, 14, 2019.
- 15) Rubin, D. B.: Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized studies, *Journal of educational Psychology*, 66(5), 688, 1974.
- 16) 星野匡郎, 田中久稔: R による実証分析 回帰分析から因果分析へ, オーム社, 2016.
- 17) 星野崇宏: 調査観察データの統計科学 因果推論・選択バイアス・データ融合, 岩波書店, 2009.
- 18) Wang L., Difference-in-differences analysis on railway investment-induced effects on residential distribution changes, 2021.
- 19) 川端一光, 岩間徳兼, 鈴木雅之: R による多変量解析入門, オーム社, 2018.

(xxxx.xx.xx 受付)

THE INFLUENCE OF THE HIGH SPEED RAILWAY ON THE LOCAL SOCIAL-ECONOMIC SITUATION CONSIDERING THE DEVELOPMENT OF HIGHWAYS

JiKang FAN, Shintaro TERABE, Hideki YAGINUMA, Kosuke TANAKA,
and Haruka UNO

Shinkansen stations have a wider station area than conventional line stations, and are considered to have a large impact on local governments around the stations. Municipalities where new Shinkansen stations will be located will be affected in the same way. And since more than 2,000 expressway interchanges all over Japan are affecting the population and economic situation in rural areas, it is necessary to analyze the effect of opening Shinkansen stations in consideration of the impact of expressways. In this study, in order to quantitatively evaluate the socio-economic impact of local governments from Shinkansen stations in consideration of the development status of expressway interchanges, the impact of conventional lines and conventional line stations is evaluated using propensity scores. We excluded it and examined a method to quantitatively show the impact of the opening of the Shinkansen while considering the impact of the opening of the expressway. This study targets 1387 municipalities throughout Japan, excluding metropolitan areas, ordinance-designated cities, remote islands, and evacuation areas in Fukushima Prefecture, and matches them using propensity scores. Then, the effect of opening the Shinkansen station will be quantitatively analyzed using the inverse probability weighting (IPW) estimator and difference-in-difference (DID) analysis.