

新幹線が沿線市町村の人口変動に与える 因果効果の統計的推論

【2022 年度 KR-088】

東京理科大学 理工学部 土木工学科 教授
寺部 慎太郎

1. 研究の背景

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も大きい。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と考えられる。また、時間とともに、日本全国の人口が減少する一方である。21世紀初頭に新幹線沿線市町村の人口はまだ増加していたが、2015年に至り、新幹線沿線市町村でさえ人口が減少することもある。従って、新幹線の駅が近くにできることが、自治体の人口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。

そこで本研究では、新幹線の整備効果について統計的因果推論の枠組みで分析し、自治体属性、他の交通機関や経済などの影響を考えながら、沿線市町村人口の増減に与える影響を定量化することを目的とする。さらにその際には、新幹線駅の影響範囲を定義する、駅から市町村までの道路距離の閾値を複数設定し、沿線市町村とみなす自治体数を変化させて、因果効果がどのように変化するかを観察する。

2. 研究の方法

(1) 研究対象

本研究の分析年次は2000年～2015年である。2015年までに開通していたフル規格新幹線を対象路線としたため、分析年次まで新幹線が整備されていない四国地方と北海道地方の市町村を除外した。そして大都市や離島の影響を除くため、首都圏(一

都三県)、政令指定都市、離島地域と福島県避難地域を除外した日本全国の1126の市町村を対象とした。

(2) 研究手法

a) 傾向スコア¹⁾

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る式(1)で表せる。

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

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、先行研究¹⁾に傾向スコアを用いた。本研究でも傾向スコアを用いて共変量の影響を考えて、マッチングの基準とする。

b) 傾向スコアの算出に用いる変数

本研究で分析に用いた変数を表1に示す。IPW推定量とDID分析によって新幹線駅の整備効果をそれぞれに算出するため、IPW推定量の計算に用いる傾向スコア式には人口変動数を入れ、DID分析に用いる傾向スコア式には人口変動率を入れる。

両方に共通する変数は以下の通りである。市町村ごとに新幹線駅のダミー変数を目的変数とし、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治体総面積で割ったもの、高速道路

表 1 用いた変数

説明変数	集計方法	データ出典
新幹線駅 (ダミー)	新幹線駅から一定の道路距離以内の市町村を 1	鉄道時系列データ
沿岸部 (ダミー)	沿岸部の市町村を 1	沿岸部データ
豪雪地帯 (ダミー)	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 / 自治体総面積	可住地面積割合
在来線密度	鉄道在来線延長 / 自治体総面積 (1/km)	鉄道時系列データ
在来線駅数	当該自治体行政区域内在来線駅の数	鉄道時系列データ
高速道路密度	高速道路延長 / 自治体総面積 (1/km)	高速道路時系列データ
高速道路 IC 数	当該自治体行政区域内高速道路 IC の数	高速道路時系列データ
ニュータウン	当該自治体行政区域内ニュータウンの数	ニュータウンデータ
中心-IC 距離	市町村役場から最も近い IC までの道路距離 (km)	高速道路時系列データ
第一次産業割合	各市町村の第一次産業就業者数 / 総人口数	国勢調査
第二次産業割合	各市町村の第二次産業就業者数 / 総人口数	国勢調査
自治体人口 (ダミー)	人口総数が三万人以上の市町村を 1	国勢調査
人口増減率	人口増減数 / 人口総数	国勢調査

実延長を各自治体総面積で割ったもの、高速道路 IC 数、各市町村の役場から最も近い IC までの道路距離を説明変数とする。そして新幹線駅あり市町村グループを処置群、新幹線駅なし市町村グループを対照群とする。人口変動に関する共変量を加えてロジスティック回帰分析を行うことで、傾向スコア、つまり各市町村が処置群に割り当てられる確率が得られる。そして人口に関する変数は、国勢調査に基づいて 1985～2015 の間五年ごとのデータを集計する。このため、本研究の基準年は 1985、1990、1995、2000、2005、2010、2015 年とする。

c) 新幹線駅ダミーの設定方法

本研究は新幹線駅の整備が駅周辺市町村の人口変動に与える影響を分析するため、駅勢圏を定めることは必要である。しかしながら今の時点で新幹線駅の影響範囲を統計的に推定できないので、本研究では市町村役場から新幹線駅までの道路距離を 5km～9km の範囲に 1km ごとに分け、10km～20km の範囲に 2.5km ごとに分けて、駅の整備効果の一つずつ算出する。それによって、新幹線駅ダミーは、定義された駅勢圏内に位置する市町村は 1 とし、他の市町村は 0 とする。

d) 傾向スコアマッチング DID 分析^{2)～5)}

傾向スコアマッチング DID 分析 (Propensity Score Matching-Difference-in-Differences Analysis, PSM-DID) とは、ある政策を導入する前のアウトカムと導入した後のアウトカムを比較したときに、対照群の導入前後でのアウトカム差分を時間による影響と考え、処置群の導入前後でのアウトカムから対照群のそれを取り除いて政策導入による影響を算出する方法である。数理的には、処置を受けた状態のアウトカムと処置を受けていない状態のアウトカムを計算

して、式 (2) の DID 分析の回帰式によって、処置群に対す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 (政策導入前は 0、政策導入後は 1 をとるダミー変数)、 ε は誤差項、 $\alpha_1 \sim \alpha_4$ は係数、 G と T と無相関である必要がある⁴⁾。

$$y = \alpha_1 + \alpha_2 G + \alpha_3 T + \alpha_4 GT + \varepsilon \quad (2)$$

式 (2) に従って処置群 ($G=1$) の政策導入前 ($T=0$) の人口変動率 a 、処置群 ($G=1$) の政策導入後 ($T=1$) の人口変動率 b 、対照群 ($G=0$) の政策導入前 ($T=0$) の人口変動率 c 、対照群 ($G=0$) の政策導入後 ($T=1$) の人口変動率 d が算出できる。そして 4 つの値を用いて、式 (3) によって処置群についての平均処置効果が算出できる。

$$ATT = (b - a) - (d - c) \quad (3)$$

これが DID 分析による新幹線駅整備が地域人口変動に与える因果効果である。

処置群の平均処置効果を推定するため、処置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 分析に用いる処置群と対照群のペアを組んで、回帰分析を行って因果効果を計算する。

3. DID 分析に関する結果

(1) 傾向スコアの計算

IPW 推定量の計算に人口総数と人口変動数という変数を使用したが、DID 分析に関して、重み付けを行っていないため、人口変動数より人口変動率を用いることが適切だと考える。

(2) 傾向スコアマッチング

本研究では、非復元最近傍マッチング法を用いた。処置群の市町村の傾向スコアに最も近い市町村を対照群から抽出し、一対一のペアを作った。よって処置群市町村の傾向スコアと対照群市町村の傾向スコアが同じだったら完璧なマッチングができる。しかし処置群と対照群に完全に等しい傾向スコアは存在しないため、マッチングするときバイアスが避けられない。

このため、本研究はキャリパーを設定しキャリパーマッチングを行った。マッチングの段階に生じたバイアスをできるだけ取り除くため、ここはキャリパーを 0.1 に設定してペアを組んだ。キャリパーマッチングをした処置群と対照群市町村の傾向スコアの分布状況はおおむね良好で。最近傍マッチングより良くなった。一方、マッチング状況が改善されたものの、ペア数が減ったため、傾向スコアが 0.3 以上の区間にサンプル数が少ない。よって、この区間の処置群についての平均因果効果 (ATT: Average Treatment Effect on the Treated) を算出することにしても現実の状況をうまく説明できない可能性もある。

(3) DID 分析による因果効果

DID 分析による人口変動率をアウトカムとして算出した ATT のまとめを図 1 に示す。図 1 は、新幹線駅あり市町村 (処置群) と新幹線駅なし市町村 (対照群) の人口変化率の差を定量的に示すグラフであり、処置群についての平均因果効果を示している。つまり、各分析年次において、新幹線が整備されることによりどれくらいの人口変動率をもたらされるかを示している。新幹線駅の影響範囲を定義する、市町村役場から新幹線駅までの道路距離の閾値を複数設定し、沿線市町村とみなす自治体数を変化させて、因果効果がどのように変化するかを観察している。また、人口変動率は人口変動の速度をある程度に反映できるので、新幹線駅の平均処置効果がプラスになることにしても、人口の増加を減速させればまだ沿線市町村にマイナスの影響を与える可能性がある。

人口変動率をアウトカムとするとき、2000 年～2005 年と 2005 年～2010 年の人口変動率は駅圏 5km～20km の全ての範囲内に新幹線駅の整備が地方人口変動に正の影響を与えている。さらに、新幹線駅からの距離が 7km～20km の範囲にある市町村については 2000 年～2015 年の人口変動率が +0.2%～+0.9% の区間に維持されている。つまり、2000 年から日本全国においての人口が減少する傾向に反して、新幹線駅を近隣に持つ市町村はまだ一定の人口増加速度を保っていることから、新幹線駅の整備は 7km～20km までの処置群市町村に正の影響を与えていることがわかる。ただし一方で、2010 年～2015 年の人口変動率データからは新幹線駅から 5km～6km の市町村の人口変動率が負の

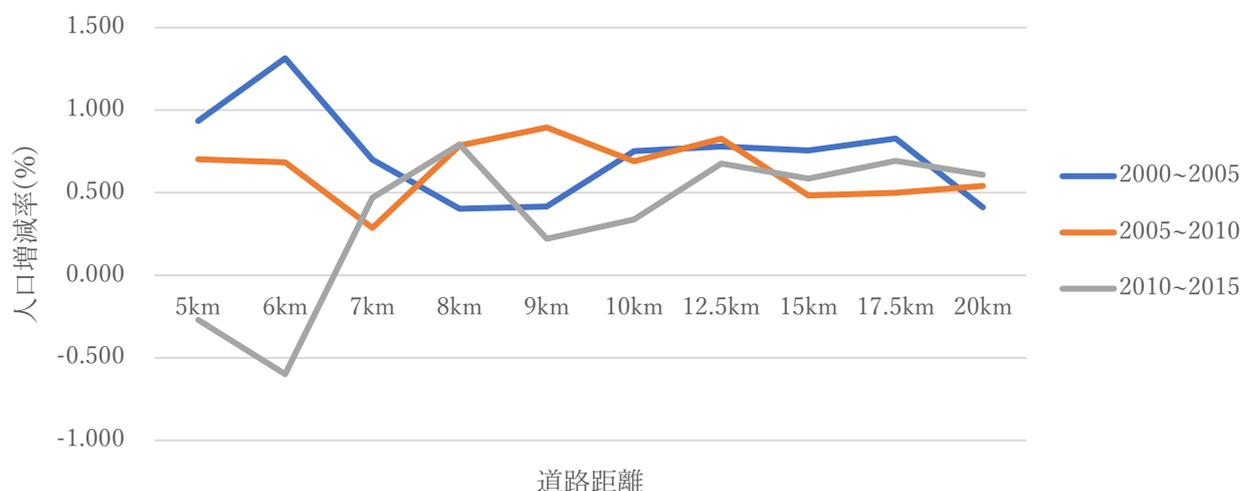


図 1 新幹線駅があることによる自治体の人口変動率の変化

値となっていることには留意する必要がある。

4. まとめ

本研究では、1996年～2015年の20年間に新幹線駅の整備が沿線自治体の人口変動に与える影響を因果推論の手法で実証的に示すことを目的に、その因果効果を推定した。

PSM-DID分析による新幹線駅の整備効果からみると、2010年の結果を除く新幹線駅は沿線市町村の総人口の増加に寄与すると考えられる。全国の人口減少傾向に反して、多くの処置群市町村はまだある程度の総人口増加率を維持されている、つまり一定の人口増加速度を保つことによって、新幹線駅の整備は駅周辺市町村の総人口増減にプラスの役割を果たしていると言える。

本研究の分析結果によると、新幹線駅が大部分の地方市町村の人口変動に正の影響を与えていることがわかったが、6km影響範囲内の市町村に対しては負の影響を与えていることも示している。原因はよくわからないが、今後は新幹線各路線の区別や他の人口集中要因に着目し、駅周辺地域に焦点を置く分析が必要である。また人口変動も社会増減と自然増減に区別できるため、自然増減の影響を排除して社会増減を分析することも将来の課題の一つである。

□

謝辞

本研究は、ハンケイコウ君（本学大学院修士課程）から多大な貢献を受けた。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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
- 3) 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
- 4) Wang L. : Difference-in-differences analysis on railway investment-induced effects on residential distribution changes, Doctoral dissertation, Nagoya University, September, 2021
- 5) 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