

# 新幹線整備が市区町村人口に与えた影響の検証

村田 祥之<sup>1</sup>・瀬谷 創<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 神戸大学 大学院工学研究科 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)

Email: 206t129t@stu.kobe-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 神戸大学准教授 大学院工学研究科 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)

Email: hsey@people.kobe-u.ac.jp

我が国では、これから数年間で、新幹線の開業が相次ぐこととなる。新幹線は巨額の投資を伴うため、その効果の検証は重要であり、新幹線整備が与えた効果については、様々な観点から事例研究が行われてきた。しかし、ストック効果として重要な人口に与えた影響については研究が少なく、不明な点が多い。そこで本研究では、全新幹線路線を対象に、新幹線が、駅の位置する市区町村の人口にどのような影響を与えたかを検証する。検証には、個別因果効果を推定可能な Synthetic Control Method (SCM) を用いる。ただし、処置群と類似する対象群が構築できないケースがあったため、バイアス補正を施す Augmented SCM を用いることとした。検証の結果、路線・市区町村ごとに明らかな効果の異質性が見られた。

**Key Words:** Augmented Synthetic Control Method (ASCM), Shinkansen, Municipal population

## 1. はじめに

2008年、日本の人口は減少に転じた。特に地方の人口減少は深刻な状況となっている<sup>1)</sup>。表1に1875年と2020年の日本の都市別人口ランキングを示す<sup>2)</sup>。ここで、1875年にランキングに入っていたにもかかわらず、2020年のランキングに入っていない都市に注目したい。和歌山市、徳島市、福井市は新幹線が未整備である。さらに、金沢市、鹿児島市、富山市、熊本市は新幹線の整備時期が2000年以降である。このような事実から、新幹線の有無や整備時期が都市のその後の人口に影響したという指摘がなされている<sup>3)</sup>。

さて、新幹線の整備効果には、直接的な効果と間接的な効果が存在する。直接的な効果は時間短縮による利便性の向上や滞在可能時間の増加であり、間接的な効果には、地域経済の振興や地域格差の是正などがある<sup>4)</sup>。人口変動は後者に分類できるが、これと新幹線の整備との因果関係を証明することは容易ではなく、研究事例は必ずしも多くはない。しかし、近年では、統計的因果推論の発展によって<sup>5)</sup>、交通インフラが人口変動に与えた影響の検証のためのツールセットが揃いつつあり、実際に我が国を対象としたいくつかの検証研究も行われている<sup>6-8)</sup>。このような背景を踏まえ、本研究では、既往研究と異なり、戦後から2000年までのすべての新幹線を対象に、Synthetic Control Method (SCM)<sup>9)</sup>を用いて新幹線の

表1 都市別人口ランキング

	1875年	1965年	2020年
1位	東京	東京23区	東京23区
2位	大阪	大阪	横浜
3位	京都	名古屋	大阪
4位	名古屋	横浜	名古屋
5位	金沢	京都	札幌
6位	鹿児島	神戸	福岡
7位	広島	北九州	川崎
8位	横浜	川崎	神戸
9位	和歌山	札幌	京都
10位	仙台	福岡	さいたま
11位	徳島	大田区	広島
12位	富山	世田谷区	仙台
13位	熊本	広島	千葉
14位	福岡	静岡	北九州
15位	福井	新潟	堺

整備が人口に与えた平均的な効果だけではなく、市区町村あるいは路線ごとの個別効果の推定を試みる。ただし、標準的なSCMでは、処置群と類似する対象群が構築できないケースがあったため、バイアス補正を施すAugmented SCM (ASCM) を用いることとした<sup>10)</sup>。

以下、第2章では既往研究のレビューを行う。第3章では、本研究で使用するデータの概要について説明し、第4章では分析に用いる手法を示す。続いて第5章では実際に検証を行い、最後に第6章で結論と今後の課題を述べる。

## 2. 既往研究レビュー

新幹線と人口変動に関する日本での萌芽的な研究として、中川ら (1993)<sup>10</sup>が挙げられる。彼らは、鉄道整備が市町村人口に及ぼしてきた影響を、鉄道整備状況ごとに市町村を分類して人口増加率の平均を比較した。その結果、鉄道整備の有無別に市町村を分類すると、整備された市町村の人口増加率が明確に高いことが明らかとなった。また、かつて人口規模が同一であった市町村を比較しても鉄道整備時期によってその後の人口増加率に明確な違いが存在することが明らかとなった。平松・米田 (2018)<sup>9</sup>は、九州新幹線の開業が沿線市町村の人口に及ぼした影響を差分の差法で分析した。分析の結果、九州新幹線の全線開業により新幹線ネットワークへのアクセスを新たに得た市町村では、人口変化率が有意に高いことが示された。落合ら (2019)<sup>7</sup>は、傾向スコア重みづけ法を用いて、1985–2015 年にかけて新幹線が人口に与えた影響を検証し、市区町村が新幹線駅の近くに有る場合、無い場合に比べて 5.5–8.0 万人人口が多い傾向を示している。柳川ら (2020)<sup>12</sup>は、パネル分析に基づき、鉄道インフラの偏在が人口移動に影響をもたらす、鉄道整備の東京圏への一極集中が、人口の東京圏への一極集中をもたらす可能性を示した。

本研究は、これらの既往研究と異なり、新幹線の整備が人口に与えた個別効果の推定を試みる。新幹線の効果は、効果が正であった場合も、そうでなかった場合もあると考えられ、それらを個別に抽出することで、事例ベースの検証との橋渡しをすることが研究の一つのねらいである。

## 3. 分析データ

本研究では、統計情報研究開発センター/日本統計協会 (編) の『市区町村人口の長期系列』の 1920 年–2000 年までの 17 時点の国勢調査人口データを用いる。その間に市町村合併で統廃合された市区町村が存在するが、分析においては 2000 年時点で統一している。

また、新幹線の開業情報は、国土数値情報 (国土交通省) から取得し、各市区町村に新幹線駅有無ダミーを結合した。

## 4. 分析手法

### (1) Synthetic Control Method (SCM)

本節では、SCM について概説する。SCM とは、一言でいえば、ある処置 (新幹線の開業) を受けた個体 (市

区町村) に対し、その処置の効果を分析する際の、比較対象となる対照を、処置を受けていない複数の個体のアウトカムを加重平均することにより合成的に形成する手法である。この合成された対照を Synthetic Control (SC) と呼び、SC を形成するための非介入個体の集合をドナープールと呼ぶ。ドナープールに含まれる個体のアウトカムの加重平均値である SC を反実仮想値として、実際に観測された処置個体のアウトカムと差分をとることで処置効果を明らかにする。今、 $J+1$  個の個体があり、一般性を失わずに、1 番目の個体 ( $j=1$ ) のみが処置を受けたと仮定する。処置の事後期間を  $t > T_0$  とする。また、各個体に対応する  $k \times 1$  の説明変数のベクトルは、それぞれ  $\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_{J+1}$  で与えられるとする。このとき、 $t > T_0$  の処置効果は以下の式で推定することができる。

$$\hat{\alpha}_{1t} = Y_{1t} - \sum_{j=2}^{J+1} w_j Y_{jt}$$

ただし、 $w_j \geq 0$ 、 $w_2 + w_3 \dots w_{J+1} = 1$  である。ここで、 $\hat{\alpha}_{1t}$  が処置効果であり、 $Y_{1t}$  は処置個体の実際のアウトカム、 $\sum_{j=2}^{J+1} w_j Y_{jt}$  は反実仮想のアウトカムを示す。重み  $w_j$  は、処置前の期間に着目し、下記の距離を最小化するように求める。

$$\|\mathbf{X}_1 - \mathbf{X}_0 \mathbf{W}\|_V = \sqrt{(\mathbf{X}_1 - \mathbf{X}_0 \mathbf{W})' \mathbf{V} (\mathbf{X}_1 - \mathbf{X}_0 \mathbf{W})} \quad (1)$$

ここで、 $\mathbf{W}$  は  $\mathbf{W} = (w_2, \dots, w_{J+1})'$  の  $J \times 1$  ベクトルであり、 $\mathbf{V}$  は  $k \times k$  の正定値性を満たす何らかの対角行列である。前述のとおり、 $\mathbf{X}_1$  は  $k \times 1$  の説明変数ベクトルであり、 $\mathbf{X}_0$  は  $k \times J$  の説明変数行列である。 $\mathbf{V}$  は処置前期間における処置個体のアウトカムとその SC との平均二乗予測誤差 (MSPE) が最小になるように選択する。MSPE は以下の式であらわされる。

$$MSPE = \frac{1}{T_0} \sum_{t=1}^{T_0} \left( Y_{1t} - \sum_{j=2}^{J+1} w_j Y_{jt} \right)^2 \quad (2)$$

### (2) Augmented Synthetic Control Method (ASCM)

SCM は、処置前の期間において、処置を受けた個体とその SC がよく一致していないと処置効果にバイアスが生まれるため、使用すべきでないということが提案者によって示されている。この点について、本研究では 2 つのアドホックな解決策と、1 つのモデル上での解決を試みる。モデル上での解決は、ASCM の利用である。ASCM は比較的近年提案された方法であるが、処置前の期間において処置を受けた個体とその SC がよく一致していない場合に、その乖離 (バイアス) を事後期間に足

し合わせる形で補正することを試みるものである。詳細については、Ben-Michael et al. (2021)<sup>10)</sup>を参照されたい。

## 5. 分析結果

### (1) 分析のための設定

本研究では、 $X_1$ として、過去3時点の人口を用いることとした。このように、事前期間のアウトカム変数を用いることはSCMにおいて標準的である<sup>9)</sup>。逆に言えば、説明変数が用意しづらい文脈でも使いやすい方法であるといえる。

4 (2) で述べた通り、SCMは、処置前の期間において、処置を受けた個体とそのSCがよく一致していないと処置効果にバイアスが生まれるため、使用すべきでないということが提案者によって示されている。これについては、ASCMを用いることに加えて、2つの改善策を考えた。1つ目は、同規模の対照群が存在しない大きな自治体を分析対象から外すことである。2つ目は、重み付き平均をとる対象を、比較的類似した自治体に絞っておくということである。具体的には、遺伝的マッチング<sup>14)</sup>によって過去3時点の人口が似通った10個の処置を受けていない自治体を探索した。遺伝的マッチングを用いた理由は、マハラノビス距離によるマッチングと傾向スコアマッチングと比較して、平均的にみてより処置個体に近いSCの構築が可能であったためである。しかしながら、10個という個数については、今後感度分析的な考察が必要である。

### (2) 分析結果

以下に、ASCMによる新幹線開業効果の推定結果を示す。なお、分析は、路線・開業年度ごとに行った。具体的には、a) 東海道新幹線 (1964年開業)、b) 東海道新幹線 (1988年開業)、c) 山陽新幹線 (1972年開業)、d) 山陽新幹線 (1988年開業)、e) 東北新幹線 (1982年開業)、f) 上越新幹線 (1982年開業) である。なお、分析にあたって人口には自然対数をとった。

#### a) 東海道新幹線の開業効果 (1964年開業駅)

図1は東海道新幹線のうち、1964年に開業した駅の処置効果を示す。ただし、東京都区部、横浜市、名古屋市、京都市、大阪市は人口が同規模の対照群が存在しないため、分析対象外とした。横軸の0が開業時点を示している。開業から2000年までの平均処置効果は開業後一貫して負となっている。2000年時点の平均処置効果は-0.132である。個別効果を見ると、羽島市、浜松市、豊橋市は正の効果を得られた。その一方で、小田原市、熱海市は負の推定結果となり、2000年時点の処置効果は両市とも約-1.0となっている。

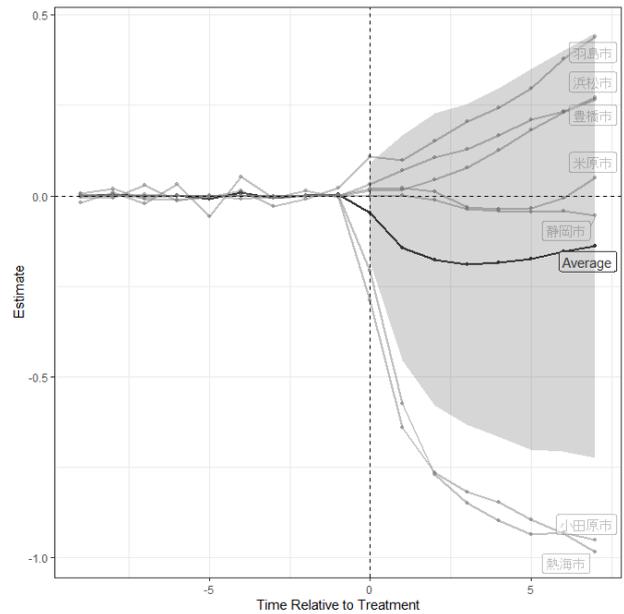


図1 東海道新幹線の開業効果 (1964年開業駅)

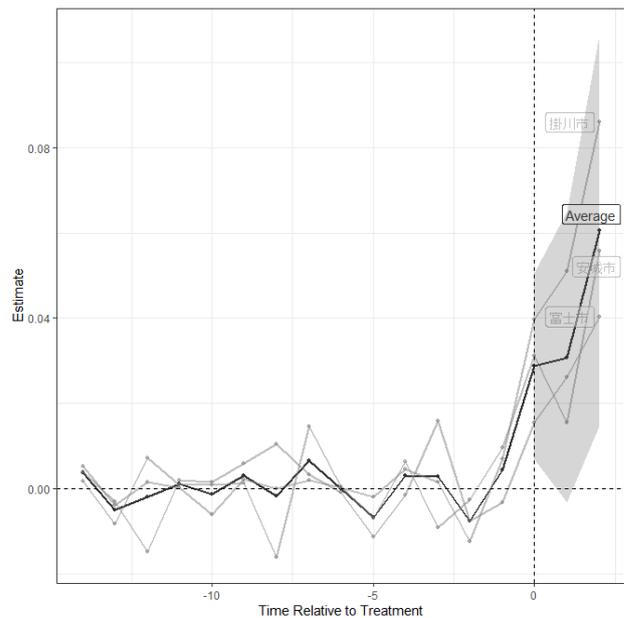


図2 東海道新幹線の開業効果 (1988年開業駅)

#### b) 東海道新幹線の開業効果 (1988年開業駅)

図2は東海道新幹線のうち、1988年に開業した駅の処置効果を示す。1988年に東海道新幹線に新たに開業した駅はすべて請願駅である。開業から2000年までの平均処置効果は正となっている。2000年時点の平均処置効果は0.061である。個別効果を見ると、富士市、掛川市、安城市の3市すべての推定結果が正となっている。特に、掛川市の2000年時点の効果が0.08を超えている。

#### c) 山陽新幹線の開業効果 (1972年開業駅)

図3は山陽新幹線のうち、1972年に開業した駅の処置効果を示す。開業から2000年までの平均処置効果は正

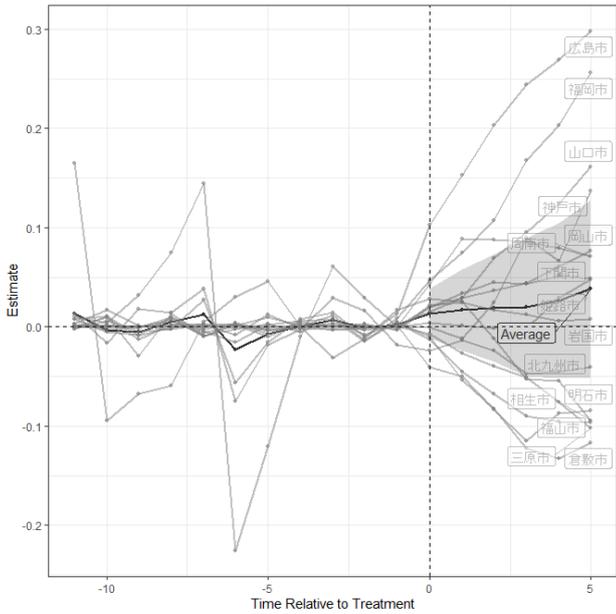


図 3 山陽新幹線の開業効果 (1972 年開業駅)

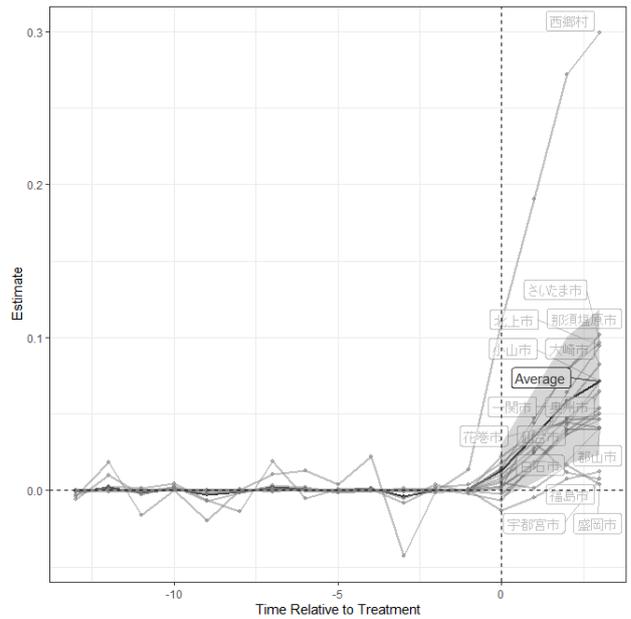


図 5 東北新幹線の開業効果 (1982 年開業駅)

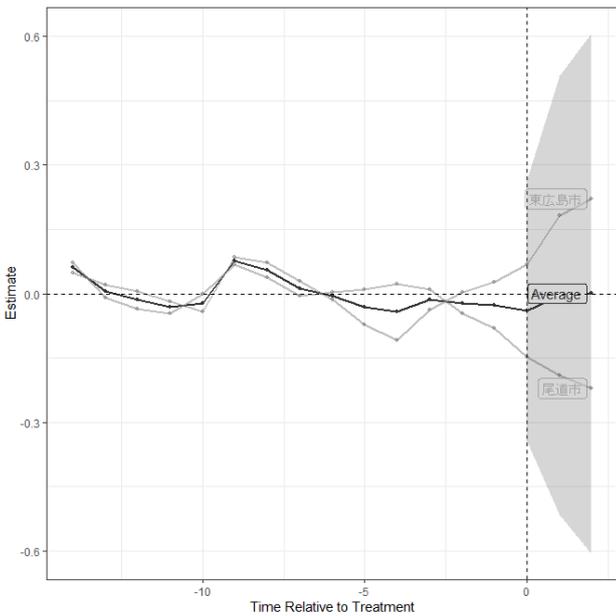


図 4 山陽新幹線の開業効果 (1988 年開業駅)

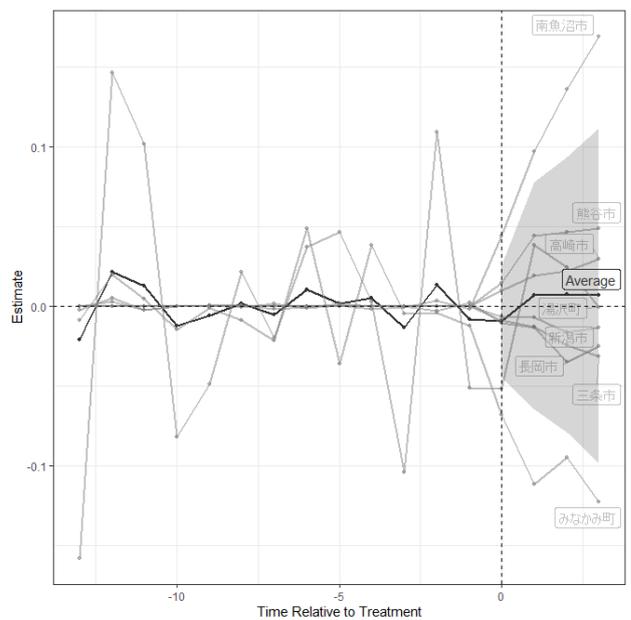


図 6 上越新幹線の開業効果 (1982 年開業駅)

となっている。2000 年時点の平均処置効果は 0.038 である。個別効果をみると、広島市、福岡市などの大都市は正の推定結果が得られた。その一方で、倉敷市、三原市などの中規模の都市では推定結果が負となった。

d) 山陽新幹線の開業効果 (1988 年開業駅)

図 4 は山陽新幹線のうち、1988 年に開業した駅の処置効果を示す。1988 年に山陽新幹線に新たに開業した駅はすべて請願駅である。開業から 2000 年までの平均処置効果は -0.015 となっている。2000 年時点の平均処置効果は 0.061 である。個別効果をみると、富士市、掛川市、

安城市の 3 市すべての推定結果が正となっている。特に、掛川市の 2000 年時点の効果が 0.08 を超えている。

e) 東北新幹線の開業効果 (1982 年開業駅)

図 5 は東北新幹線のうち、1982 年に開業した駅の推定結果である。開業から 2000 年までの平均処置効果は 0.045 である。2000 年時点の平均処置効果は 0.071 となっている。個別効果をみると、福島県の西郷村の 2000 年時点の推定結果が 0.3 と非常に大きいことが確認できる。また、2000 年時点のすべての駅の効果が正となっている。

f) 上越新幹線の開業効果 (1982 年開業駅)

図 6 は上越新幹線のうち、1982 年に開業した駅の処置効果を示す。開業から 2000 年までの平均処置効果は 0.003 である。開業直後の平均処置効果は負であるが、2000 年時点の平均処置効果は 0.007 となっている。個別効果をみると、新潟県南魚沼市の 2000 年時点の推定結果が約 0.17 と非常に大きいことが確認できる。その一方で、群馬県みなかみ町の効果は 2000 年時点で約 -0.12 と大きな負の効果が表れた。

### g) 路線ごとの平均処置効果比較

東海道新幹線のうち、1964 年に開業した駅の平均処置効果は負となっている。しかし、その他の新幹線の 2000 年時点での平均処置効果は正である。特に、東北新幹線の平均処置効果は 4 路線中最大であり、2000 年時点での平均処置効果は 0.071 となっている。

### (3) 考察

人口増加効果が示された市町村は 3 つに分類できる。1 つ目は、工業が盛んな市町村である。安城市や掛川市が当てはまる。これらの市町村は新幹線駅開業と同じ時期に工業団地を誘致している。2 つ目は、駅開業時の人口が少ない市町村である。西郷村や羽島市が当てはまる。これらの市町村は、駅開業前に人口が同規模だった市町村と比較して大きく人口が増加しているため、今回の分析結果でも大きな人口増加効果が示されたと考えられる。3 つ目は、大都市のベッドタウンになった市町村である。羽島市や東広島市が当てはまる。羽島市は名古屋市のベッドタウンとして開発が進んだ。東広島市は広島市のベッドタウンとして開発が進んだ。

人口減少効果が示された市町村は 2 つに分類できる。1 つ目は、観光需要があるものの人口が減少している市町村である。熱海市、尾道市、みなかみ町が当てはまる。これらの市町村には、観光需要を考慮して新幹線駅が設置されたものと考えられ、観光業事体は衰退していないものの、新幹線駅の開業により人口が増加したり、人口減少に歯止めがかかったりする効果は示されなかったものと考えられる。特に、熱海市は観光地・保養地として確固たる地位を築いたが、旅行形態の多様化の影響を受けたものと考えられる。

## 6. おわりに

本研究では、新幹線整備が市町村人口に与えた影響を Augmented Synthetic Control Method (ASCM) を用いて分析を行った。検証の結果、路線・市区町村ごとに明らかな効果の異質性が見られた。今後の研究課題は 3 点存在する。1 点目は、産業の集積状態を考慮することである。市区町村の人口は産業の集積状態に依存しているため、新幹

線が市区町村人口へ及ぼした影響をより正確に分析するには考慮が必要だと考えられる。2 点目は、他の社会資本整備状況の考慮である。新幹線整備と同時期に高速道路や空港の整備も進められてきた。新幹線の整備効果はこのような他の社会資本整備による効果を引く必要がある。3 点目は、アナウンスメント効果の考慮である。新幹線の効果は、開業以前にも発生している可能性があるため、今後検討が必要である。

### 謝辞

本研究について、神戸大学計画学研究グループの教員各位から貴重なご意見を賜った。ここに記して感謝を申し上げる。なお、本研究は、JSPS 科研費 20H02275 および 20H02274 の助成を得たものである。

### 参考文献

- 1) 増田寛也：地方消滅，中公新書，2014。
- 2) 明治 8 年 共武政表
- 3) 藤井聡：超インフラ論 地方が甦る「四大交流圏」構想，PHP 研究所，2017。
- 4) 中川大，浪床正敏：整備新幹線評価論，ピーテック出版部，2000。
- 5) 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.I\_1-I\_15，2019。
- 6) 平松燈，米田耕士：九州新幹線の開業が沿線人口に及ぼした効果，熊本学園大学経済論集，pp157-168，2018。
- 7) 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，59，CD-ROM，2019。
- 8) 小池淳司，平井健二，佐藤啓輔：高速道路整備による地域の人口及び経済変化に関する事後分析-固定効果モデルによるパネルデータ分析，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.68，No.4，pp.388-399，2012。
- 9) Abadie, A., Diamond, A. Hainmüller, J.: Synthetic control methods for comparative case studies: Estimating the effect of California's Tobacco control program, *Journal of the American Statistical Association*, Vol.105, No.490, pp.493-505, 2010.
- 10) Ben-Michael, E., Feller, A. and Rothstein, J.: The augmented synthetic control method, *Journal of the American Statistical Association*, (in print), 2021.
- 11) 中川大，西村嘉浩，浪床正敏：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研究，土木計画学研究・論文集，No.11，pp.57-64，1993。
- 12) 柳川篤志，川端祐一郎，藤井聡：インフラ整備水準が人口の一極集中に与える影響に関する研究，土木学会論文集 D3（土木計画学）Vol.75，No.6，pp.I\_351-I\_368，2020。
- 13) 統計情報研究開発センター/日本統計協会（編）：市区町村人口の長期系列—平成の大合併後の市区町村境域による遡及人口系列，日本統計協会。

- 14) Diamond, A. and Sekhon, J.S.: Genetic matching for estimating causal effects: A general multivariate matching method for achieving balance in observational studies, *Review of Economics and Statistics*, Vol.95, No.3, pp.932–945, 2013.

**(Received)**