

災害ショックが企業間取引の空間構造に及ぼす効果についての実証的考察

高野 佳佑¹

¹非会員 筑波大学 大学院システム情報工学研究科 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1) /
一橋大学 経済学研究科 TDB-CAREE (〒186-8601 東京都国立市中2-1)
E-mail:s1211270.sk.tsukuba@gmail.com

サプライチェーンの地理的多角化は、特定地域の産業への局所的ショックを平準化する機能を持つ。一方、局所的ショックが目に見える形で発生した際、企業は将来的なショックを見据えたサプライチェーン多角化戦略をとるだろうか。本研究の目的は、東日本大震災を実際に発生したショック、南海トラフ地震を将来的ショックの事例とし、この問いに答えることである。TDB-CAREEによる2009-17年の企業間取引データと、差分の差分(の差分)法と傾向スコア法を組合せた識別戦略の下、東日本大震災以前より南海トラフ地震津波想定地域に発注先を持っていた企業に関し、震災前後での発注先の地理的多角化度の前後比較を行った。結果、東日本大震災の津波浸水域にも発注先を持ち、かつ、規模が中小企業に該当するか否かの境界にある企業群でのみ、統計的に有意な発注先の地理的多角化が観測された。

Key Words: *supply chain, diversification, difference-in-differences, propensity score matching*

1. はじめに

サプライチェーンに関連する様々な分野で、自然災害やテロをはじめとする大規模ショックに対する、サプライチェーンの脆弱さや強靭さに対する包括的な理解を行うことの重要性が、近年強く認識されている(Bernard and Moxnes, 2018)¹⁾。とりわけ自然災害に対するリスクマネジメントの観点からは、近年相次いだ想定外の自然災害に対する、サプライチェーンの脆弱さが露呈したことを背景に、災害後の復旧活動だけでなく、事前準備に関する議論が、学術研究のみならず(Ranghieri and Ishiwatari, 2014)²⁾、政策立案の現場でも進められてきた(内閣府, 2018)³⁾。サプライチェーンの脆弱性の要因としては、例えば、取引網のグローバル化、自社やサプライヤーの生産拠点の地理的な過剰集中が挙げられるが(Christopher, 2016)⁴⁾、そうした議論の中で、脆弱性の要因を低減させる為の手段としての、サプライヤーの多角化や、低リスク地域への拠点移転、事業継続計画の策定等の対策の意義が強調されている(藤田・浜口・亀山, 2018)⁵⁾。

災害への事前準備に関する議論は、災害リスクに対する認知に係る議論と強く関連する。近年の都市経済学の文脈では、災害ショックの実現が、近接する危険施設や、危険地域に対するリスク認知をアップデートしうる、という仮説を検証する実証研究が多く蓄積されてきた。それら研究事例では、例えば、危険施設・地域に近接する不動産市場が災害による被害を受けた際、その不動産市

場と同様の環境に置かれている他の不動産市場でも、不動産価格の変動が生じることが示唆されている(e.g., Naoi, Seko, and Sumita, 2009; Zhu, Deng, Zhu and He, 2016)⁶⁾。一方、筆者の知る限り、このようなリスク認知のアップデートをサプライチェーンを対象に検証した研究は僅少である。

この研究では、災害に対する事前対策のひとつである、サプライヤーの地理的多角化という行動に着目し、災害ショックの発生が、将来的な災害ショックに対するリスク認知をアップデートしたかを検証する。本研究では、実際に発生した災害ショックの事例として、2011年3月11日に発生した東日本大震災を、将来的な災害ショックの事例として南海トラフ地震を用いる。これら災害に着目したのは、2つの災害がいずれも、地震動、津波、原発事故を引き起こす複合的災害であるという点で、非常に類似した特徴を持つからである。将来的にもたらされる可能性が高い被害と類似した被害が、別地域において目に見える形で発生した際、その企業にとって例え直接的な被害がなくとも、企業はサプライチェーン上での戦略を再検討するか、ということを実証的に検証していく。

将来的なショックに向けた、サプライチェーン上での企業行動には、次のようなトレードオフが伴う。例えば集中的なサプライチェーン構造は、日常的な取引コスト低減に効果的である一方、特定の地域に立地するサプライヤーを襲うショックを平準化する能力が低い。かたや、分散的なサプライチェーン構造は、上に述べたものと逆の性質を持つだろう。本研究は、このようなトレードオ

フや、企業規模に起因する能力制約が存在する状況下での、将来的なショックを見据えた企業行動を分析するという点で、極めて特徴的であると言える。

2. 関連する既存研究

(1) 自然災害と企業活動

自然災害と企業活動の関係に着目した研究は、主にシミュレーションに基づく研究と、統計的実証分析に基づく研究の2つに大別されるが (Xiao, 2011)⁸⁾、ここでは特に、本研究と同様、企業レベルのデータに基づく実証分析を行った研究事例に関するレビューを行う。

企業間ネットワークの情報を明示的に実証分析の枠組みに取り入れ、サプライチェーンを通じた災害ショックの波及の有無やその程度を定量的に評価する研究事例は、2010年代以降急速に蓄積が進められた。アメリカを対象にした研究事例として、例えば Barrot and Sauvagnat (2016)⁹⁾ は、生産ネットワークを通じた災害に関連する企業固有のショックの波及を検証し、ショックに見舞われたサプライヤーの製品の固有性が強い程その顧客の生産高損失が大きくなることを示唆した。また Kashiwagi, Todo, and Matous (2018)¹⁰⁾ は、2012年のハリケーン・カトリーナによるショックの波及を検証し、ハリケーンの被災地域に取引先を持っていたアメリカ国内企業のアウトプットには、サプライチェーンを通じたショックの波及が生じた一方、国外企業に対しての波及は生じなかったことを示唆した。日本を対象とした研究事例として、例えば Carvalho, Nirei, Saito, and Tahbaz-Salehi (2016)¹¹⁾ は、サプライチェーンを通じた、東日本大震災のショックの直接的・間接的波及を検証し、ショックの波及が日本の総生産の1.2%低下を招いたことを示唆した。他方、Todo, Nakajima and Matous (2015)¹²⁾ は東日本大震災後の企業の回復にサプライチェーンが果たした役割を検証し、被災地域外の企業との取引関係が被災企業の生産活動の回復に貢献した一方で、被災地域内の企業との取引関係は売上の回復に貢献したことを示唆した。以上の研究事例は、サプライチェーンは災害ショックを増幅・波及させる原因となると同時に、ショックからの回復を手助けする役割を担う、ということを示唆すると言えよう。

災害前後における、サプライチェーン上での企業の行動選択に関する実証研究も、主に東日本大震災の事例に基づき、同時に蓄積されてきた。例えば Zhu, Ito, and Tomiura (2016)¹³⁾ は、被災地域の企業を対象に、震災後のグローバル・ソーシング行動を検証し、震災の影響を受けた地域の企業は震災後に、海外からのモノのソーシングを顕著に増加させたことを示唆した。一方、Cole, Elliott, Okubo, and Strobl (2017)¹⁴⁾ は、災害への事前・事後対策と企

業のアウトプットの回復の関係を検証し、代替的輸送手段やサプライヤーの多様さと、アウトプットの回復の間に正の関係があることを示唆した。

本研究は、実現したショックのみへの検証を行うのではなく、実現したショックと将来的なショックの両方の存在を明示的に考慮し、それらの相互的な効果を検証することを通じて、上述した研究事例を補完するものである。加えて、被災地域内の企業ではなく、被災地域外の企業の行動選択を検証することを通じ、特にサプライチェーン上での企業の行動選択に係る研究事例を補完する。

(2) 企業活動の多角化

上述の通り、サプライヤーの地理的多角化は、災害に対する企業の主要な事前対策の1つである。一方で、サプライチェーンのみに限らず、企業活動の多角化の重要性に関する議論は、主に経済地理学や国際経営論、国際貿易論の分野で進展してきた。Rugman (1979)¹⁵⁾ や Fujita and Thisse (2013)¹⁶⁾ によれば、産業部門・地域間での企業活動の多角化は、少数市場への依存度を低下させ、企業・産業を襲う産業部門・地域特有のショックを平準化する、ポートフォリオに類似した機能を持つ。こうした、多角化がもつショックの平準化機能を、災害の発生に着目して実証的に検証した近年の研究事例としては、Hsu, Lee, Peng, and Yi (2018)¹⁷⁾ が挙げられる。Hsu et al. (2018)¹⁷⁾ は、固定効果法と傾向スコア法を組み合わせた識別戦略に基づき、アメリカの化学工場を対象として、特許ポートフォリオの多様度で測られる技術的な多角化が、災害発生時の企業のパフォーマンス（総資産利益率で測られる）の低下を緩和させることを示した。(1)で触れた Todo et al. (2015)¹²⁾ や Cole et al. (2017)¹⁴⁾ も、域外取引関係の多さや代替的輸送手段・サプライヤーの多様さと、被災企業のパフォーマンスとの間の正の相関関係を示していることから、多角化がもつショックの平準化機能を示唆した研究の一部としても位置づけることができる。

以上で述べた通り、これまでの研究事例においては、産業部門・地域間の企業活動の多角化度と、企業のアウトカム間の関係性が実証的に広く検証されてきた一方で、そうした多角化の度合いそのものをシフトさせる要因を、相関関係のレベルではなく、因果関係のレベルで明らかにした研究事例は未だ僅少である。その数少ない研究のひとつである Gervais (2018)¹⁸⁾ は、リスク回避的効果を持つ企業が利潤変動を減らす為に複数のサプライヤーと契約を行う理論モデルに基づき、価格変動の大きい（即ち不確実性が高い）インプット市場では、ソーシングが地域間で分散するという命題を導いた上で、国・製品レベルの国際貿易データを用いて、実証的にその命題を確かめた。本研究は、不確実性の明示的な例として東

日本大震災と南海トラフ地震という2つの災害に着目し、それがソーシングの空間分布をシフトさせる要因となるか否かを、因果関係のレベルで検証する点で、これら研究事例を補完する。

3. 東日本大震災と南海トラフ地震

ここでは、2011年に発生した東日本大震災と、発生が想定されている南海トラフ地震に関して概要を説明する。最初に、CAO (2011)¹⁹に基づき、東日本大震災の特徴を述べる。2011年3月11日に起きた東日本大震災は、マグニチュード9.0という、近年稀に見る規模の地震災害であった。東日本大震災の被害は、東北地方を中心として日本各地に及び、地震動と津波による犠牲者は22,626人、経済的被害はおおよそ16.9兆円にものぼった。加えて、東日本大震災によって引き起こされた福島第一原子力発電所の炉心溶融により、同原発から30km圏内の146,520世帯は避難を余儀なくされた。経済的被害という観点から、ハリケーン・カトリーナや阪神・淡路大震災といった従前の災害の被害と最も異なる点としては、震災の被害がサプライチェーンの寸断という経路で被災地外にも波及したこと、災害発生後の電力供給が著しく制約されたことが主に挙げられる。

東日本大震災の発生後、南海トラフ地域一帯における大規模地震の潜在的リスクに対する注目が一際集まり始めている。南海トラフは過去1,400年の間、100年ないしは200年の間隔で大地震を引き起こしてきたが、当該地域一帯を襲った最後の地震である、1946年の昭和南海地震から70年以上が経過していることから、次の大地震がそう遠くない将来に発生することが想定されている。地震動による被害が想定されている地域は、太平洋ベルト地帯を含む、西日本の太平洋側のほとんど大部分を覆うことから、CAO (2016)²⁰の予測によれば、南海トラフ地震の経済的被害は220兆円にのぼるとされている。加えて、南海トラフ地震の津波被害想定地域は、静岡県御前崎市に立地する浜岡原子力発電所を含んでいることから、南海トラフ地震は東日本大震災と同様、地震動、津波、原発事故を含む複合的災害になることが想定されている。

4. 分析手法

(1) 企業間取引データ

本研究では、一橋大学経済学研究科帝国データバンク企業・経済高度実証研究センター (TDB-CAREE) を通じて利用可能な、株式会社帝国データバンクによる年次の企業間取引データベースを用いる。2008年から2017年の期間は、同データベースには1,554,850社間の39,568,392

件に及ぶ取引関係が収録されている。2016年経済センサス調査の調査対象となった企業数が3,856,457社である一方、同年の企業間取引データベースには1,136,203社の取引情報が収録されていることを踏まえれば、同データベースはおおよそ日本の全企業の1/3に関する取引情報を網羅していると言える。加えてこの企業間取引データベースは、同社が保有する、各企業の売上高や従業員数、本社所在地、産業分類等の基礎情報を網羅した企業概要データベースとの接続が可能である。企業間取引データベースの作成に際して、各企業は供給元・販売先企業を最大5社まで回答可能であるが、同データベースは最終的に自社申告の情報と他社申告の情報の両方を含むため、1社に対する供給元企業の合計はしばしば5社を超える。取引額の情報や海外企業との取引情報が捕捉できないという限界があるものの、産業連関表のような集計的なデータに比して、非集計的な企業間取引のダイナミズムを捉えることが可能である点で優位性を持つと言える。

本研究は、サプライチェーンの空間構造の変化に着目するが、そうした空間構造を捉えるための指標として、各企業の発注先の地域別シェアに基づいて計算される、Herfindahl-Hirschman指数 (HHI) の逆数を用いる。本研究で用いる、発注先の地域別シェアに基づくHHIと、それに基づく発注先多角化の計測指標DIVは以下のように定義される。

$$HHI_i = \sum_{j=1}^n \left[\frac{(\# \text{ of suppliers in region } j)_i}{(\text{total } \# \text{ of suppliers})_i} \right]^2, \quad (1)$$

$$DIV_i = 1/HHI_i$$

ここで、#は「～の数」を意味する記号で、 i は企業、 j は地域を表す添字である。

(2) 検証仮説・実証モデル

Todo et al. (2015)¹²やCole et al. (2017)¹⁴に基づけば、東日本大震災は、企業パフォーマンスを脅かす不確実性から自社を守る上で、地域間で多角化されたサプライチェーンを持つことの重要性を、企業に対して身を以て認識させる上で大きな事象であったと言える。一方で、南海トラフ地震という、次なる不確実性の脅威がある中で、企業はサプライチェーンの地域間多角化を進めるに至ったのだろうか。この問いを検証する為、本研究では具体的に、以下の2つの研究仮説を設定する。最初の研究仮説H1は、東日本大震災による自社の既存発注先への直接的被害の有無にかかわらず企業のリスク認知のアップデートを検証する上での研究仮説である。

H1：東日本大震災以前の時点に南海トラフ地震津波被害想定地域に発注先を持っていた企業は、東日本大震災の発生を契機としてサプライチェーンを地域間で多角化させる。

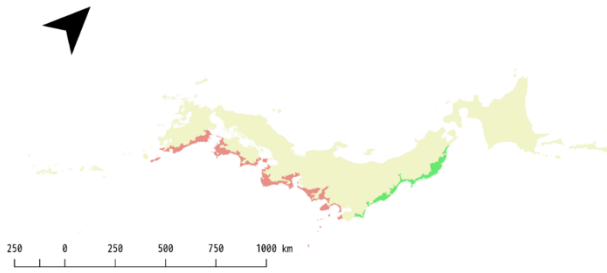


図-1 東日本大震災による津波被災地域（緑）及び南海トラフ地震による津波被災想定地域（赤）

もうひとつの研究仮説H2は、既存発注先への直接的被害によって条件づけられたリスク認知のアップデートを検証するための仮説である。即ち、被災企業と自社が取引関係で繋がっているか否かで、リスク認知のアップデートの程度が異なるかを、この仮説で検証する。

H2：H1で述べた多角化の程度は、その企業が東日本大震災の津波浸水地域にも発注先を持っていた場合に、より大きくなる。

本研究では、東日本大震災の被災地域を、農林水産省(2011)²⁰の定める、津波による被害を受けた市区町村として定義する。同様に、南海トラフ地震の被災想定地域を、東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法(CAO, 2015)²¹の定める南海トラフ地震津波避難対策特別強化地域として定義する。図1に、これら被災（想定）地域の位置関係を示す。

H1を検証する為の統計的手法として、ここでは差分の差分法 (Difference-in-differences; DD) を用いる。Baum-Snow and Ferreira (2015)²²に基づくと、その定式化は、

$$DIV_{it} = \rho_t + \kappa_i + NT_i \times After_t \beta + \mathbf{x}'_{it} \boldsymbol{\delta} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

ただし、 i は企業、 t は年を表す添字であり、 ρ_t は時点、 κ_i は企業に関する固有効果を表す。 \mathbf{x}_{it} は産業中分類レベルで定義された産業ダミー、広域地方圏レベルで定義された地域ダミー、産業×年ダミー、地域×年ダミーでなるコントロール変数である。ここでは $NT_i \times After_t$ がH1を検証する為の説明変数であり、 NT_i は企業 i が2008年時点で南海トラフ地震の被災想定地域に発注先を持つ場合1を取るダミー変数、 $After_t$ は $t \geq 2011$ なら1を取るダミー変数である。H1は、南海トラフ地震の被災想定地域に発注先を持っていた企業において、3.11後にサプライチェーン多角化が進んだ場合、即ち $\beta > 0$ となる場合に支持される。

H2を検証する為の統計的手法として、ここでは差分の差分の差分法 (Difference-in-difference-in-differences; DDD) を用いる。Wooldridge (2010)²³に基づくと、その定式化は、

$$DIV_{it} = \rho_t + \kappa_i + NT_i \times EJ_i \times After_t \beta' + \mathbf{z}'_{it} \boldsymbol{\eta} + v_{it} \quad (3)$$

ただし $\mathbf{z}'_{it} \boldsymbol{\eta} = \mathbf{x}'_{it} \boldsymbol{\delta} + NT_i \times After_t \gamma_1 + EJ_i \times After_t \gamma_2$ である。ここでは $NT_i \times EJ_i \times After_t$ がH2を検証する為の説明変数であり、 EJ_i は企業 i が2008年時点で東日本大震災の被災地域に発注先を持つ場合1を取るダミー変数である。式(2)での処置変数に EJ_i を乗じたもので、南海トラフ地震の被災想定地域に発注先を持っていた企業における、3.11後のサプライチェーン多角化の効果が、3.11の被災地域にも発注先を持っていた場合に更に強められる、即ち $\beta' > 0$ となる場合、H2は支持される。

本研究では、DD及びDDDにおけるセレクションの問題 (Imbens and Rubin, 2015)²⁴ に対処する為、傾向スコア法 (Propensity score matching; PSM) を用いる。H2の検証を例にとると、2008年時点で企業が処置群（南海トラフ地震被災想定地域と東日本大震災被災地域の両方取引先を持つ企業群）に含まれる確率は、全国的に幅広いサプライチェーンを持つ大企業であれば高くなりうる。また、各々の被災（想定）地域に2008年時点で発注先を持っていたか否かは、各企業の立地に大きく依存する。これら処置群に含まれる企業と対照群に含まれる企業間での属性のアンバランスは、DDやDDDの推定値にバイアスをもたらす。故に、DDやDDDを推定する前に、PSMを実行し、処置群に割り当てられる企業に対して、処置群に割り当てられる確率が近い対照群の企業をマッチングすることで、属性のアンバランスを軽減させる必要がある。

処置群への割り当て確率（傾向スコア） $Pr(NT_i = 1)$ 及び $Pr(EJ_i = 1)$ は、東日本大震災が発生する直前である、2008年の企業属性（共変量）に基づいて予測される。本研究では、各企業の売上高[百万円]の対数値 $\ln SALES$ 、従業員数[人]の対数値 $\ln EMP$ 、 $\ln SALES$ と $\ln EMP$ の交差項、地域ダミー、産業ダミー、量的変数とダミー変数の交差項を用いて割り当てスコアを予測に用いる。

(3) 分析上の諸設定

以下では、前項で述べた分析を行うにあたってのいくつかの設定について概説する。最初に、サンプル選択におけるいくつかの設定を述べる。まず、本研究が対象とする業種は製造業とする。また、以下の分析で用いられるデータセットの時点は、PSMに用いられるものは2008年、DD及びDDDに用いられるものは2009年から2017年である。よって、DD及びDDDにおけるbeforeは2009年から2010年、afterは2011年から2017年とする。

本研究で用いられるパネルデータは、2008年から2017年の期間を通じて、東日本大震災及び南海トラフ地震の被災（想定）地域に一度も立地せず、企業属性や発注実績に欠損値がない企業のみを含む。故に本研究では、少

なくとも10年以上存続し、かつ、サプライチェーンの中に継続して組み込まれている企業のみを対象とした、バランスパネルデータに基づき、DD及びDDDを行うことに注意が必要がある。

表-1 1段階目のPSM予測結果

	beta	z-val	
(Intercept)	-3.112	-22.533	***
lnSALES	0.054	2.189	**
lnEMP	-0.570	-17.615	***
lnSALES×lnEMP	0.091	24.110	***
lnSALES×KOIKI_Chugoku	0.092	2.754	***
lnSALES×KOIKI_Hokkaido	-0.495	-3.842	***
lnSALES×KOIKI_Hokuriku	0.081	1.784	*
lnSALES×KOIKI_Kinki	0.115	5.277	***
lnSALES×KOIKI_Shikoku	-0.158	-1.988	**
lnSALES×KOIKI_Shuto	0.129	6.896	***
lnSALES×KOIKI_Tohoku	0.071	1.919	*
lnEMP×KOIKI_Hokkaido	0.444	2.825	***
lnEMP×KOIKI_Kyushu	0.114	3.452	***
lnEMP×KOIKI_Okinawa	-0.546	-2.400	**
lnEMP×KOIKI_Shikoku	0.211	2.231	**
2-digit dummy		YES	
Koiki dummy		YES	
PseudoR-sq		0.169	
n		92308	

注：被説明変数は $Pr(NT_i = 1)$ 。***1%、**5%、*10%水準で有意。AICに基づくステップワイズ法で変数選択済。

表-2 1段階目のPSMによるマッチドサンプルを対象とした2段階目のPSM予測結果

	beta	z-val	
(Intercept)	-8.175	-13.221	***
lnSALES	0.694	7.713	***
lnEMP	-0.571	-3.976	***
lnEMP ²	0.058	5.488	***
lnSALES×KOIKI_Shuto	-0.212	-1.902	*
lnEMP×KOIKI_Chubu	0.156	1.415	
lnEMP×KOIKI_Chugoku	0.352	1.885	*
lnEMP×KOIKI_Kinki	0.275	2.553	**
lnEMP×KOIKI_Shuto	0.231	1.665	*
lnSALES×KOIKI_Tohoku	-0.192	-2.203	**
2-digit dummy		YES	
Koiki dummy		YES	
PseudoR-sq		0.298	
n		17734	

注：被説明変数は $Pr(EJ_i = 1)$ 。***1%、**5%、*10%水準で有意。AICに基づくステップワイズ法で変数選択済。

5. 分析結果

(1) 傾向スコア法

DD及びDDDに先立ち、この分析は2段階に分けてPSMを実行し、処置群と対照群の属性をバランスさせる。まず1段階目として、 $NT_i = 1$ の企業群とそうでない企業群との間で共変量をバランスさせる。すなわち南海トラフ地震の被災想定地域に、2008年時点で発注先があったことを処置としたPSMを行う。

その後、1段階目でマッチングを行ったデータセットに対し、2段階目として、 $EJ_i = 1$ の企業群とそうでない企業群との間で共変量をバランスさせる。すなわち東日本大震災の被災地域に2008年時点で発注先があったことを処置としたPSMを続けて行う。

1段階目のPSMでは、遺伝的アルゴリズムに基づく単純な1対多マッチング (Leite, 2016)²⁶⁾、2段階目のPSMでは、傾向スコア層化法 (stratification) を用いる。層化法では例えば、傾向スコアの値に基づき、全サンプルをいくつかのサブクラスへ層化することで、類似した傾向スコアの値を持つ個体間の共変量をバランスさせる (Stuart, 2010)²⁷⁾。2段階目のPSMの際に層化法を用いた理由は2つある。1つは、東日本大震災による効果が、傾向スコア（及びそれを予測する上で用いた企業規模や立地、産業セクター等の企業属性）の値域により潜在的に異質になることへの考慮が必要であるから、もう1つは、他のマッチング手法に比して、層化を用いた場合、1段階目での共変量バランスを保つことが容易であるからである。また、層化法を行う際には、1段階目でマッチングを行った全サンプルを5つのサブクラスへと層化した。また、1段階目と2段階目の両方に共通して、共通サポートの条件を満たさないサンプルは、全て除去した。

各々の処置変数に対応する、ロジスティック回帰モデルに基づく傾向スコア予測結果を表1及び表2に示した。いずれの結果でも、企業規模に関する変数は処置への割り当ての重要な決定要因となっていることが確認されるが、交差項に着目すると、処置への割り当てと企業規模との関係は、企業の立地によって極めて異質になりうることが示唆される。

カイ2乗検定を用いて、PSMに基づく共変量バランスの評価を行った結果を表3及び表4に示す。表3はNTを、表4はEJを基準として共変量全体のバランスを評価している。また、各々のサブクラスSCの通し番号は、各サブクラスに含まれる企業の傾向スコアの大きさに応じて、昇順に付与されている。すなわち、SC1は最も小さい傾向スコア帯に対応する企業群、SC5は最も大きい傾向スコア帯に対応する企業群である。



図-2 各サブクラスに含まれる企業の空間分布 (赤 : NT=1&EJ=1, ピンク : NT=1&EJ=0, 青 : NT=0&EJ=0)

表3及び表4の結果から、最も小さい傾向スコア帯に対応する企業群SC1では、共変量全体のバランスが達成されているという帰無仮説が、いずれの処置変数を基準とした場合でも1%水準で棄却された。故に、以下で行うDD及びDDDは、SC1以外の4つのサブクラスのみを対象とする。加えて、この項で示す各種記述統計に関しても、SC1に関する情報を省略して示すこととする。

表5に示したのは、各サブクラスに含まれる企業群のマッチング時点(2008年)での平均売上高・従業員数である。平均従業員数に基づいて各サブクラスの規模的特徴を判断すると、SC2には、平均して従業員数が100人前後の中小企業、SC3には、平均して中小企業とそうでない企業の境界上にいるような企業、SC4には大企業、SC5には全国的に見てもリーディング企業に含まれる規模の企業が含まれる。

表-3 NTを基準としたカイ2乗バランステスト

	# of Treatment (NT=1)	# of Control (NT=0)	Overall Balance (H0: Balanced)
SC 1	6101	7235	p<0.01
SC 2	1163	904	p<0.1
SC 3	601	378	n.s.
SC 4	385	161	n.s.
SC 5	338	61	n.s.

表-4 EJを基準としたカイ2乗バランステスト

	# of Treatment (EJ=1)	# of Control (EJ=0)	Overall Balance (H0: Balanced)
SC 1	210	13126	p<0.01
SC 2	210	1857	p<0.1
SC 3	211	768	n.s.
SC 4	209	337	n.s.
SC 5	209	190	n.s.

以下、DD及びDDDの分析結果を示す際にも、上述したような平均従業員数に基づくラベリングをサブクラスの通し番号に付記する。

各サブクラスに含まれる企業の空間分布を示したのが図2である。全てのサブクラスに共通して、企業の立地は首都圏周辺に集中している。故に、データセットの性質を踏まえれば、DD及びDDDで分析される企業の本社が津波の被害を直接的に受ける可能性は比較的低い。一方で、企業の平均規模が大きいサブクラスには、マルチプラント企業が多く含まれる可能性が高く、今回用いるデータが捉える本社間取引情報と、実際に行われていると考えられる事業所間取引との乖離が生じうる。故に、SC5(場合によってはSC4も)の結果の解釈には注意を要する。加えて、表6に示した通り、SC4やSC5では企業数の各処置状態による隔たりが大きく、DDやDDDの推定の際の検出力が比較的小さくなる可能性がある。

表-5 各サブクラスの平均売上高・従業員数

	従業員数[人]	売上高[百万円]
SC 2 (SME)	92.7	3780.3
SC 3 (Medium)	219.9	10804.9
SC 4 (Large)	435.8	26566.8
SC 5 (Leading)	1136.5	85528.1

注：対数値で平均値を計算した上で、逆変換を行った結果を表に示した。

表-6 各処置状態に対応した企業数(2008年)

	SC2	SC3	SC4	SC5
NT=0&EJ=0	822	313	118	35
NT=1&EJ=0	1035	455	219	155
NT=0&EJ=1	82	65	43	26
NT=1&EJ=1	128	146	166	183

表-7 不時変な処置変数に基づくDD推定結果(2009-2017年)

	SC 2 (SME)		SC 3 (Medium)		SC 4 (Large)		SC 5 (Leading)	
	beta	t-val	beta	t-val	beta	t-val	beta	t-val
NT×After	-0.020	-0.653	0.009	0.174	0.028	0.397	0.170	1.712 *
Firm FE	YES		YES		YES		YES	
Year FE	YES		YES		YES		YES	
2-digit FE	YES		YES		YES		YES	
Koiki FE	YES		YES		YES		YES	
2-digit×Year FE	YES		YES		YES		YES	
Koiki×Year FE	YES		YES		YES		YES	
n	18603		8811		4914		3591	

注：被説明変数は都道府県別発注先シェアに基づく多角化指標DIV. ***1%, **5%, *10%水準で有意. 回帰係数の標準誤差は企業レベルでクラスターされている.

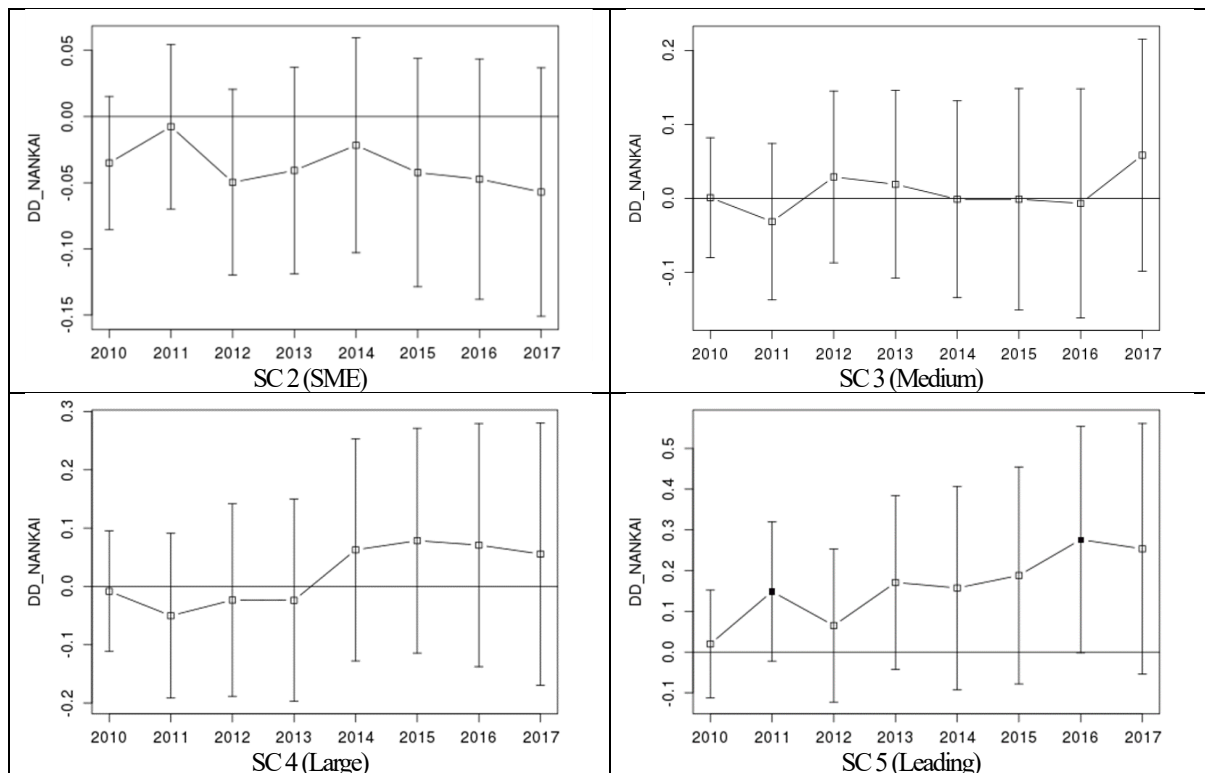


図-3 不時変な処置変数に基づくDD推定結果(2009-2017年)

注：被説明変数は都道府県別発注先シェアに基づく多角化指標DIV. 回帰係数の標準誤差は企業レベルでクラスターされている。
 ■で示されている時点プロットは、当該年における処置変数に対応する回帰係数が少なくとも10%水準で統計的に有意であることを示している。時点プロットの上に付されている垂直方向の矢印は、当該年の処置変数に対応する回帰係数の95%信頼区間である。

(2) 差分の差分法 (DD) による分析結果

この項では、4.2で立てた仮説H1を検証する為のDDによる推定結果について述べる。表7は都道府県別発注先シェアに基づく多角化指標DIVを被説明変数とし、東日本大震災による効果の大きさが時間を通じて変化しないという仮定を置いた(不時変な処置変数NT×Afterを用いた)際のDDの推定結果を、各サブクラスについて示したものである。リーディング企業群に対応するSC5を除いて、処置変数NT×Afterは統計的に有意ではない。故に、南海トラフ地震の被災想定地域に発注先があったという

処置変数は、東日本大震災後の期間を通じて、発注先の地域的多角化に対して因果効果を持つとは、ほとんど言えないことが示された。

同様にして、式(2)で定めたDDの定式化の中で、不時変な処置変数NT×Afterを、年ごとに可変な処置変数、即ちNTと年ダミーの交差項に置き換えたモデルについても推定を行い、その結果を示したのが図3である。ただし、DDにおける共通トレンドの仮定が満たされているか否かを確認するため、処置変数は、東日本大震災前の2010年時点から定義している。

表-8 不時変な処置変数に基づくDDD推定結果(2009-2017年)

	SC 2 (SME)		SC 3 (Medium)		SC 4 (Large)		SC 5 (Leading)	
	beta	t-val	beta	t-val	beta	t-val	beta	t-val
NT×EJ×After	0.085	0.691	0.258	2.155 **	-0.031	-0.196	0.198	1.050
Firm FE	YES		YES		YES		YES	
Year FE	YES		YES		YES		YES	
2-digit FE	YES		YES		YES		YES	
Koiki FE	YES		YES		YES		YES	
2-digit×Year FE	YES		YES		YES		YES	
Koiki×Year FE	YES		YES		YES		YES	
n	18603		8811		4914		3591	

注：被説明変数は都道府県別発注先シェアに基づく多角化指標DIV。***1%, **5%, *10%水準で有意。回帰係数の標準誤差は企業レベルでクラスターされている。

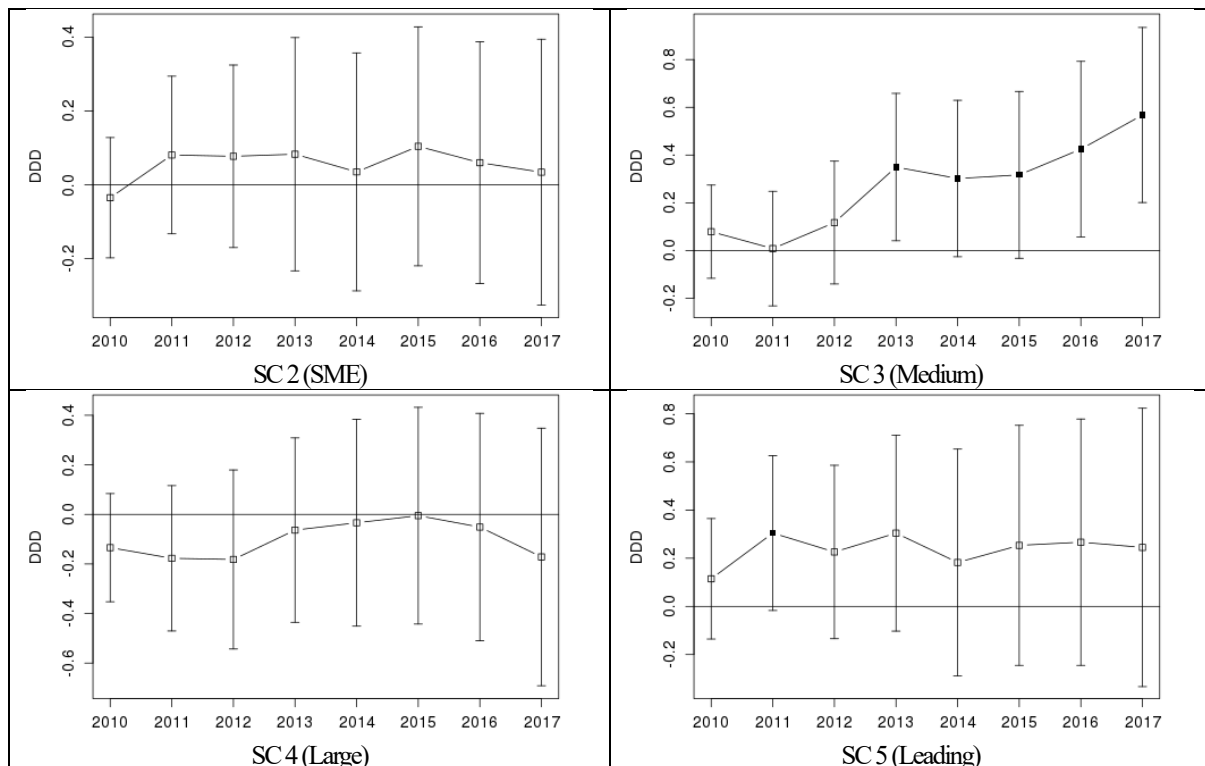


図-4 不時変な処置変数に基づくDDD推定結果(2009-2017年)

注：被説明変数は都道府県別発注先シェアに基づく多角化指標DIV。回帰係数の標準誤差は企業レベルでクラスターされている。

■で示されている時点プロットは、当該年における処置変数に対応する回帰係数が少なくとも10%水準で統計的に有意であることを示している。時点プロットの上に付されている垂直方向の矢印は、当該年の処置変数に対応する回帰係数の95%信頼区間である。

不時変な処置変数を用いた場合と同様に、各年で別個に処置効果を推定した場合であっても、それらはほとんど統計的に有意ではないことが示された。SC5で、処置変数に対応する回帰係数がプラスに有意であるという結果が2011年と2016年の2時点で得られたものの、これら突発的な効果を、東日本大震災による、コンスタントな処置効果であると判断することは難しい。最後に、2010年に対応する処置効果は全てのサブクラスで有意ではないため、共通トレンドの仮定への潜在的な違背を示す積極的な根拠は示されない。以上の結果をまとめると、

H1：東日本大震災以前の時点に南海トラフ地震津波被害想定地域に発注先を持っていた企業は、東日本大震災の発生を契機としてサプライチェーンを地域間で多角化させる、は統計的には支持されない。

(3) 差分の差分の差分法 (DDD) による分析結果

この項では、4.2で立てた仮説H2を検証する為のDDDによる推定結果について述べる。表8は都道府県別発注先シェアに基づく多角化指標DIVを被説明変数とし、不時変な処置変数を用いた推定結果である。

処置変数 $NT \times EJ \times After$ は、中規模程度の企業でなる SC3 においてのみ、5%水準で統計的に有意であることが示された。故に、南海トラフ地震の被災想定地域と東日本大震災の被災地域の両方に発注先があったという処置変数は、中規模程度の企業においてのみ、東日本大震災後の期間を通じて、発注先の地域的多角化に対して因果効果を持つことが示された。

同様に、式 (3) で定めた DDD の定式化の中で、不時変な処置変数 $NT \times EJ \times After$ を、年ごとに可変な処置変数、即ち $NT \times EJ$ と年ダミーの交差項に置き換えたモデルについても推定を行い、その結果を示したのが図 4 である。不時変な処置変数を用いた場合と同様に、ほぼ SC3 のみで、統計的に有意な処置効果が観測された。この処置効果は、2013 年から 2017 年にかけて、一貫してプラスに有意である。最後に、2010 年に対応する処置効果は全てのサブクラスで有意ではないため、共通トレンドの仮定への潜在的な違背を示す積極的な根拠は示されない。以上の結果をまとめると、 $H2 : H1$ で述べた多角化の程度は、その企業が東日本大震災の津波浸水地域にも発注先を持っていた場合に、より大きくなる、は部分的に支持される。

(4) 考察

DD の推定結果から示されるのは、企業の規模や立地によらず、単にその企業が南海トラフ地震の被災想定地域に発注先を持っていたというだけの場合には、東日本大震災以降にサプライチェーンの地理的多角化は進展しないということである。この結果は、その企業が将来的に直面しうるショックに類似した目に見えるショックの実現は、それ単独では、企業のリスク認知をアップデートするわけではない、ということを示唆するものであると言えよう。

一方で、DDD の推定結果から示されるのは、南海トラフ地震の被災想定地域に発注先を持っていた企業の、東日本大震災以降の都道府県間でのサプライチェーンの多角化は、その企業が東日本大震災の発注先にも同様に発注先を持っていて、かつ、その企業の規模が中小企業にカテゴライズされるか否かの境界にある場合にのみ進展する、ということである。この結果は、その企業の既存の発注先に対して直接的なショックがあった、という事実によって条件づけられた目に見えるショックの実現のみが、中規模程度の企業にとって重要であったということを示唆するものであると言えよう。

DDD で得られた結果は、企業規模に応じた、東日本大震災による効果の異質性を反映したのもであると推測される。より大規模な企業で多角化が進展しなかった理由は 2 つ考えられる。1 つは、大規模企業のサプライチェ

ーンは、東日本大震災が起きる以前から、ショックを吸収する上で十分な程度に多角化されていたということ、もう 1 つは、仮に東日本大震災を契機としてサプライチェーンの多角化を進めたとしても、その程度が占める割合は、既存のサプライチェーンの大きさに比してどれほど大きな部分を占めなかったということである。より小規模な企業で多角化が進展しなかった理由には、東日本大震災を契機として、仮に多角化を進めようという意思があったとしても、代替的な発注先を見つける上でのサーチコストの大きさや、対策を進める上でのノウハウの不足や情報へのアクセシビリティの低さから、サプライチェーンの構造を変えることが困難であることが、例えば考えられるだろう。

6. 結論

この研究では、目に見えるショックの実現による、将来的なショックに向けた、サプライチェーン上での企業のリスク認知のアップデートを、ショックに対する事前対策の 1 つである、サプライチェーンの地域的多角化に着目して検証した。検証の過程では、実現したショックの事例として、2011 年に発生した東日本大震災を、実現したショックと類似した将来的ショックの事例として、南海トラフ地震を用いた。

この研究の貢献は次のようにまとめられる。まず、本研究は、企業のリスク認知のアップデートを、アネクドートではなく、準実験的手法に基づく厳密な計量経済学的アプローチに基づいて検証していることである。またその定量的検証は、東日本大震災前後における、企業レベルかつ長期間のネットワークデータに依拠している。加えてこの研究は、取引関係に基づき測られる企業活動の多角化の決定要因を、相関関係レベルではなく、因果関係レベルで検証している数少ない研究のひとつであると言える。

実証分析の結果、その企業が (1) 単に南海トラフ地震津波想定地域に発注先を持っていただけでは、東日本大震災以降の発注先の多角化は統計的に有意には観測されない、(2) 一方で、東日本大震災の津波浸水域にも発注先を持ち、かつ、企業規模が中小企業に該当するか否かの境界にある場合のみ、統計的に有意な発注先の地理的多角化が観測された。故に、ショックの実現によるリスク認知のアップデートは、全く観測されないわけではないものの、その範囲は極めて限定的であることが示唆される結果となったと言えよう。

最後に本研究の今後の課題を述べる。まず、本研究の実証分析では、ショックに向けた対策を行う過程での、企業間のインタラクションを明示的には考慮できていな

い。企業がサプライチェーンに取り込まれている限り、その企業のショックに向けた事前対策は、取引関係を介して繋がる上流・下流の企業によって行われる事前対策なしでは大きな意味をなさない可能性がある。その意味で、事前対策に向けた企業行動の相互作用を明示的にモデルに取り込むことの、ショックに向けた企業の事前対策行動を考察する上での意義は大きい。

また、より厳密な処置・対照群の設定を行うにあたっては、一度発生した取引関係の継続期間やその要因、取引関係のランダム性の程度を考慮する必要がある。今回の分析では、製造業内の全部門・規模の企業に対して共通の処置変数を用いたが、取引関係の継続性の度合いは、部門・規模により異質である可能性が否定できない。故に、そうした異質性を、より詳細に考慮した分析を今後行うことの意義は大きいと考えられる。

謝辞：日頃より指導いただいている、筑波大学の堤盛人教授と、一橋大学の中島賢太郎准教授に感謝の意を表します。また本研究は、一橋大学経済学研究科帝国データバンク企業・経済高度実証研究センター (TDB-CAREE) の研究成果の一部であることを明記する。この研究は JSPS 科学研究費 18J20392 による助成を受けている。

参考文献

- 1) Bernard, A. B., and Moxnes, A.: Networks and trade. *Annual Review of Economics*, Vol.10, pp.65-85, 2018.
- 2) Ranghieri, F., & Ishiwatari, M. (Eds.): *Learning from megadisasters: lessons from the Great East Japan Earthquake*. The World Bank, 2014.
- 3) 内閣府：国土強靱化アクションプラン2018. 2018. https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/pdf/ap2018_0605.pdf. Last accessed: July 27 2019.
- 4) Christopher, M.: *Logistics and supply chain management*. Pearson UK, 2016.
- 5) 藤田昌久, 浜口伸明, 亀山嘉大：復興の空間経済学, 日本経済新聞出版社, 2018.
- 6) Naoi, M., Seko, M., & Sumita, K.: Earthquake risk and housing prices in Japan: Evidence before and after massive earthquakes. *Regional Science and Urban Economics*, Vol.39, No.6, pp.658-669, 2009.
- 7) Zhu, H., Deng, Y., Zhu, R., and He, X.: Fear of nuclear power? Evidence from Fukushima nuclear accident and land markets in China. *Regional Science and Urban Economics*, Vol.60, pp.139-154, 2016.
- 8) Xiao, Y.: Local economic impacts of natural disasters. *Journal of Regional Science*, Vol.51, No.4, pp.804-820, 2011.
- 9) Barot, J. N., and Sauvagnat, J.: Input specificity and the propagation of idiosyncratic shocks in production networks. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.131, No.3, pp.1543-1592, 2016.
- 10) Kashiwagi, Y., Todo, Y., and Matous, P.: *Propagation of Shocks by Natural Disasters through Global Supply Chains (No. 18-E)*. RIETI Discussion Paper Series, 2018.
- 11) Carvalho, V., Nirei, M., Saito, Y., & Tahbaz-Salehi, A.: *Supply Chain Disruptions: Evidence from the Great East Japan Earthquake*. Faculty of Economics, University of Cambridge, 2016.
- 12) Todo, Y., Nakajima, K., and Matous, P.: How do supply chain networks affect the resilience of firms to natural disasters? Evidence from the Great East Japan Earthquake. *Journal of Regional Science*, Vol.55, No.2, pp.209-229, 2015.
- 13) Zhu, L., Ito, K., & Tomiura, E.: *Global sourcing in the wake of disaster: Evidence from the Great East Japan Earthquake (No. 89-E)*. RIETI Discussion Paper Series, 2016.
- 14) Cole, M. A., Elliott, R. J., Okubo, T., & Strobl, E.: Pre-disaster planning and post-disaster aid: Examining the impact of the great East Japan Earthquake. *International journal of disaster risk reduction*, Vol.21, pp.291-302, 2017.
- 15) Rugman, A. M.: *International diversification and the multinational enterprise*. Lexington Books, 1979.
- 16) Fujita, M., & Thisse, J.F.: *Economics of agglomeration: cities, industrial location, and globalization*. Cambridge university press, 2013.
- 17) Hsu, P. H., Lee, H. H., Peng, S. C., & Yi, L.: Natural disasters, technology diversity, and operating performance. *Review of Economics and Statistics*, Vol. 100, No. 4, pp. 619-630, 2018.
- 18) Gervais, A.: Uncertainty, risk aversion and international trade. *Journal of International Economics*, Vol. 115, pp.145-158, 2018.
- 19) CAO: *Annual Report on the Japanese Economy and Public Finance 2011*. 2011. <http://www5.cao.go.jp/keizai3/2011/0722wp-keizai/summary.html>. Last accessed: October 29 2018.
- 20) CAO: *Thinking about How to Reduce Disaster Risks at the National and Community Levels*. 2011. https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/en/workbook.pdf. Last accessed: October 7 2018.
- 21) 農林水産省：東日本大震災に伴う被災 6 県における津波被災市町村及び津波被災農業集落の主要データ. 2011. <http://www.maff.go.jp/j/tokei/census/afc/2010/saigai.html>. Last accessed: October 13 2018.
- 22) CAO: *White Paper on Disaster Management in Japan 2015*. 2015. http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/pdf/WP2015_DM_Full_Version.pdf. Last accessed: October 13 2018.
- 23) Baum-Snow, N., and Ferreira, F.: Causal inference in urban and regional economics. In *Handbook of Regional and Urban Economics* (Vol. 5, pp. 3-68). Elsevier.
- 24) Wooldridge, J. M.: *Econometric analysis of cross section and panel data*. MIT press, 2010.
- 25) Imbens, G. W., and Rubin, D. B.: *Causal inference in statistics, social, and biomedical sciences*. Cambridge University Press, 2015.
- 26) Leite, W.: *Practical propensity score methods using R*. Sage Publications, 2016.

- 27) Stuart, E. A.: Matching methods for causal inference: A review and a look forward. *Statistical science: a review journal of the Institute of Mathematical Statistics*, Vol.25, No.1, 2010.

(2019. 10. 4 受付)