

震度を操作変数とした売上高の低下が取引先に与える影響の定量化について

黒田 望¹・多々納 裕一²・藤井 将大³

¹ 学生会員 京都大学大学院情報学研究科（〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 社会防災研究部門）

E-mail: kuroda.nozomu.24e@st.kyoto-u.ac.jp

² 正会員 京都大学防災研究所（〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 社会防災研究部門）

E-mail: tatano@imdr.dpri.kyoto-u.ac.jp

³ 非会員 元京都大学大学院情報学研究科

企業の生産能力が低下した場合、取引先の企業への影響が想定され、東日本大震災を事例に多数の研究がなされている。本研究は、ある企業の売上高の変化が取引先（上流側企業及び下流側企業）の売上高に及ぼす影響を実証的に明らかにする。具体的には、東日本大震災前後となる 2010 年及び 2011 年の企業間取引データ（㈱東京帝国データバンク作成）を用いて、震災前後の売上高変化の有無が、取引先の売上高変化の有無に与える影響を操作変数法により推定するものである。

Key Words: *The Great East Japan Earthquake, inter-enterprise transaction data, company networks, instrumental variables method*

1. 研究の背景

本研究の目的は、ある企業の生産能力が変化した場合に、取引先の企業の生産能力に与える影響を定量的に評価することである。企業は、取引を通じて、お互いに影響を受けると想定できるが、これらを定量化することは容易ではない。なぜならば、取引及び生産活動は期間を持って行われ、お互いに作用を及ぼすからである。これらは、同時性があるとも言える。また、上流側企業への影響、下流側企業への影響は異なり、さらに、影響を受けやすい産業、受けにくい産業の存在等が想定できる。このような、取引関係を通じた生産活動の波及効果に関する研究としては、東日本大震災後の自動車産業において、上流側企業への影響、下流側企業への影響を 2 地域間 CGE モデルによって再現した研究¹⁾や産業連関表を縦方向に見て、製造業の生産率低下が川下産業へ及ぼす影響を推計した研究²⁾、東日本大震災後のアンケート調査によるサプライチェーンの寸断が生産・販売に与えた影響の把握³⁾等がある。一方で、筆者らの知る限り、生産能力の変化が取引先の生産能力に与える影響を、実証的に定量化した研究はなされておらず、その手法の確立は、災害の経済的影響の評価や再現において、有用であると考えている。

筆者らは、㈱東京帝国データバンクより提供を受けた企業間取引データによって、生産能力の変化が取引

先の生産能力に与える影響を定量化することに取り組んでいる。売上高で生産能力を評価し、売上高の変化が、取引先の売上高の変化に与える影響（以後、処置効果という）を、多数の取引データをもとに、統計学的に推計するものである。また、通常モデル化（OLS, ATE）では、冒頭に述べた同時性により、処置効果を過小評価することになる。同時性を解消するにおいて、操作変数法^{4,5)}（instrumental variables method, IV 法）が、多数、使用されており、本論文においても IV 法を用いた。東日本大震災において、強い揺れを経験したかどうかは、企業の特性とは無相関に生じているものの、強い揺れにより売上高に影響を与えていることを利用して、震度をもとにした IV を設定したものである。通常モデル化として、ATE, IV 法として Wald 推定を用いて、処置効果を推定した。

2. 分析方法

(1) 本研究で用いたデータの概要

a) 取引データについて

本論文で使用したデータは、㈱東京帝国データバンクから提供を受けた企業間取引データで、その項目は、発注企業の情報（企業 ID、産業分類（大分類、中分類、細分類）、緯度経度、売上高（2010 年～2012 年）、決

算年月（2010 年～2012 年）, 受注企業の情報（発注企業と同様）, 取引確認年月である。さらに, 企業の位置情報をもとに, 末富, 福島⁶ が作成した 250m メッシュ単位の平均 SI データを企業の位置情報と結合させ, 企業が経験した SI（分析時は震度に変換）を付与した。産業分類は, 日本標準産業分類⁷に準ずる, (株)東京帝国データバンクが定めた TDB 産業分類⁸で, 表-1 に示すとおりである。「製造業」及び自動車産業（表中では, 「輸送用機械器具製造業」）に着目するため, 中分類及び細分類は表-1 のとおりとした。

以上の情報を有した 2010 年及び 2011 年の取引データのうち, 2010 年と 2011 年の両方で確認している取引について, 分析対象とした。分析の対象とした取引数は 1,053,010 で, 取引を構成する企業数は 198,699 である。企業の基本統計量を表-2 に示す。

表-1 分析に用いた産業分類

全産業		
大分類	農業	
	林業・狩猟業	
	漁業	
	鉱業	
建設業		
	製造業	
中分類	食料品・飼料・飲料製造業	
	繊維工業(衣服, その他の繊維製品を除く)	
	衣服, その他の繊維製品製造業	
	木材・木製品(家具を除く)	
	家具・装備品製造業	
	パルプ・紙・紙加工品製造業	
	出版・印刷・関連産業	
	化学工業	
	石油製品・石炭製品製造業	
	ゴム製品製造業	
	皮革・同製品・毛皮製造業	
	窯業・土石製品製造業	
	鉄鋼業, 非鉄金属製造業	
	金属製品製造業	
	一般機械器具製造業	
	電気機械器具製造業	
	輸送用機械器具製造業	
	細分類	自動車製造業(二輪自動車を含む)
		自動車車体・付随車製造業
		自動車用内燃機関製造業
自動車駆動・操縦・制御装置製造業		
自動車部品・付属品製造業		
中分類	精密機械・医療機械器具製造業	
	その他の製造業	
大分類	卸・小売業, 飲食店	
	金融・保険業	
	不動産業	
	運輸・通信業	
	電気・ガス・水道・熱供給業	
	サービス業	

表-2 分析に用いた企業の基本統計量について

変数	標本数	平均値	標準偏差	最大値	中央値	最低値
2010年 従業員数 (人)	193,620	90	756	136,906	19	1
2011年 従業員数 (人)	194,353	95	798	139,320	19	1
震災前売上高 (百万円)	198,699	13,318	672,166	174,653,220	616	0
震災後売上高 (百万円)	198,699	13,431	679,833	175,635,370	628	0

b) 売上高の変化について

本論文では, 売上高の大きい大企業や極端に売上高が大きく変化した企業の影響を均一化し, 議論を簡単にするために, 売上高や売上高の変化量等ではなく, 売上高の上昇の有無に着目した。具体的には, 式(1)のとおり, 震災前と震災後の売上高を比較し, 上昇する場合及び等しい場合に 1 を設定し, それ以外の場合は 0 を設定するものである。

$$D_i = \begin{cases} 1, & T_A \geq T_B \\ 0, & T_A < T_B \end{cases} \quad (1)$$

ここで, D_i は売上高の上昇を示す 2 項変数, T_A は震災後の売上高, T_B は震災前の売上高を示す。

c) 震度ダミーについて

本論文では, 操作変数(instrumental variables, IV)として, 式(2)に示す, 企業 T が経験した震度による変数を導入する。

$$Z_i^T = \begin{cases} 1, & \text{企業 T が震度 5 強以下を経験} \\ 0, & \text{企業 T が震度 6 弱以上を経験} \end{cases} \quad (2)$$

Z_i^T を以上のように決定した理由は, 揺れの小さい地域の企業 ($Z_i^T = 1$ を想定) は, 売上高が上昇しやすくなり ($D_i^T = 1$ を想定), 正の相関がみられるだろうとの想定からである。 Z_i^T の閾値 (震度 5 強以下) については, 予備研究により, どの産業分類においても, 有意な結果を得られやすい震度として決定した。閾値の決め方についても, 議論はあると考えているが, 今回は省略する。

d) 決算年月による売上高の補正について

各企業は, それぞれ異なる月を決算年月としており, 売上高を比較する際には, 注意が必要となる。例えば, N 年 1 月を決算年月とする企業と, N 年 12 月を決算年月とする企業では, 売上高の基礎となる企業活動の対象期間が異なる。決算年月が N 年 1 月の場合, その売上高は, N-1 年 2 月から N 年 1 月までの企業活動によるものとなるが, N 年 12 月の場合, その売上高は, N 年 1 月から N 年 12 月までの企業活動によるものとなるからである。そのため, 決算年月が N 年の売上高を, 単純に N 年の売上高とみなすことは適切ではない。また, 2011 年 3 月～2012 年 1 月を決算年月とする企業の売上高は, 震災後の影響を一部 (1～11 ヶ月) 含んでおり, これらの取り扱いも注意が必要となる。本論文では, 2011 年 2 月を基準として, 売上高の補正を行った。これは, 震災後 (2011 年 3 月以後) の企業活動が 5 ヶ月以下であれば, 震災前の企業活動による売上高とみなし, 震災後の企業活動が 7 ヶ月以上あれば, 震災後の企業活動による売上高とみなす方法である。つまり, 決算年月が 2010 年 9 月～2011 年 7 月の企業の売上高について, 震災前の売上高とみなし, 決算年月が 2011 年

9月～2012年7月の企業の売上高について、震災後の売上高とみなす方法である。この補正方法は、決算年月が2011年8月の企業を分析対象から外している点が欠点である。また、決算年月が2012年1～7月の売上高を震災後の売上高とみなしているが、2012年中の企業活動によるものが一部(1～7ヶ月)含まれており、2012年の取引の有無が影響する可能性について、注意が必要となる。

(2) 処置効果について

a) モデルの概要

対象とする企業(処置企業)の売上高が変化した場合に、取引先(上流側企業及び下流側企業)の売上高に与える影響を検証するために、式(3)及び式(4)を仮定する。以後、上流側企業及び下流側企業について同様の定式化を行う。上付き添え字で下流側企業(企業D)及び上流側企業(企業U)を示すが、両方を同時に示すために、上付き添え字を「D,U」と表す。

$$D_i^{D,U} = \alpha^{D,U} + \rho^{D,U} D_i^T + \varepsilon_i^{D,U} \quad (3)$$

$$D_i^T = \beta^T + \pi^T Z_i^T + \eta_i^T \quad (4)$$

ここで、 $D_i^{D,U}$ は、下流側企業(または上流側企業)の売上高の上昇を示す2項変数、 $\alpha^{D,U}$ は固定項、 $\rho^{D,U}$ は下流側企業(または上流側企業)に与える処置効果、 D_i^T は企業Tの売上高の上昇を示す2項変数、 $\varepsilon_i^{D,U}$ は誤差項を表す。 β^T は固定項、 π^T は企業Tが震度5強以下を経験した場合に売上高の上昇に及ぼす処置効果、 Z_i^T は企業Tが震度5強以下を経験したことを示す2項変数、 η_i^T は誤差項である。図-1に、以上を概観したものを示す。本論文では、以後、上に述べた $\rho^{D,U}$ を推定する。

一般的な感覚として、処置企業の生産量が低下し、売上高が低下した場合、取引先(下流側企業及び上流側企業)にもその影響が波及するであろう。一方で、取引先が生産量が低下した場合も、処置企業へ同様に影響が波及することが想定できる。つまり、 $D_i^{D,U}$ と D_i^T は同時性を有しており、 $\varepsilon_i^{D,U}$ と D_i^T が相関している。そのため、 $\rho^{D,U}$ の推定の際に、最小二乗法(OLS)や平均処置効果(ATE)を使用すると、推定結果は一致性を有しない。また、取引先の売上高に影響を与えるような、取引先におけるBCPの策定の有無、在庫量、代替性の低い材料の有無等はモデルに含まれておらず、これらが誤差項となる。これらの誤差項は、例えば、下流側企業にとっては、取引先の企業Tからの供給がなくなった際に、在庫で対応する、代替の取引先から供給を受ける等に影響を与える。同様に、上流側企業にとっては、取引先の企業Tからの需要がなくなった際に、新たな取引先を開拓する等に影響を与える。これらの誤差項は、処置企業が強い揺れを経験したかどうかと

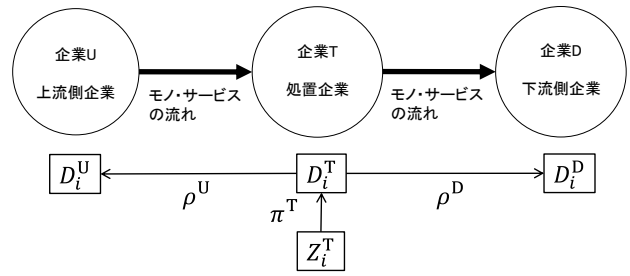


図-1 処置効果の概要について

無相関になる。

b) ATEの定式化

本論文では、ATEにより、処置効果を推定する。ATEを使用した場合の、処置効果の推定結果 $\hat{\rho}_{ATE}^{D,U}$ を式(5)に示す。

$$\hat{\rho}_{ATE}^{D,U} = E[D_i^{D,U} | D_i^T = 1] - E[D_i^{D,U} | D_i^T = 0] \quad (5)$$

ここで、 $E[\cdot]$ は期待値、 $E[\cdot | \cdot]$ は条件付き期待値を示す。ATEを使用した場合の推定結果について、誤差項 $\varepsilon_i^{D,U}$ が D_i^T と相関している場合は、式(6)に示したように、バイアスが発生する。

$$\hat{\rho}_{ATE}^{D,U} = \rho^{D,U} + E[\varepsilon_i^{D,U} | D_i^T = 1] - E[\varepsilon_i^{D,U} | D_i^T = 0] \quad (6)$$

c) Wald推定の定式化

取引先の売上高が低下したとき($D_i^T = 0$)、その影響を打ち消すような方向に、 $\varepsilon_i^{D,U}$ が作用することが想定される($E[\varepsilon_i^{D,U} | D_i^T = 0] > 0$)。本論文では、これらの誤差項の影響を除くために、IVとして、企業Tが震度5強以下を経験したことを示す2項変数である Z_i^T を導入した。本論文では、IVを2項変数としているため、IV法の一種であるWald推定を使用した。Wald推定による、処置効果の推定結果 $\hat{\rho}_{Wald}^{D,U}$ を式(7)に示す。

$$\hat{\rho}_{Wald}^{D,U} = \frac{E[D_i^{D,U} | Z_i^T = 1] - E[D_i^{D,U} | Z_i^T = 0]}{E[D_i^T | Z_i^T = 1] - E[D_i^T | Z_i^T = 0]} \quad (7)$$

仮に、誤差項 $\varepsilon_i^{D,U}$ と操作変数 Z_i^T が相関している場合、式(8)に示したように、バイアスが発生する。

$$\hat{\rho}_{Wald}^{D,U} = \rho^{D,U} + \frac{E[\varepsilon_i^{D,U} | Z_i^T = 1] - E[\varepsilon_i^{D,U} | Z_i^T = 0]}{E[D_i^T | Z_i^T = 1] - E[D_i^T | Z_i^T = 0]} \quad (8)$$

3. 処置効果の推定結果

(1) ATEによる処置効果の推定結果

ATEによって求めた下流側企業及び上流側企業の売上高に与えた処置効果 $\hat{\rho}_{ATE}^{D,U}$ を、産業分類ごとに確認する。図-2に、対象とする企業の産業分類別に、 $\hat{\rho}_{ATE}^D$ 及び $\hat{\rho}_{ATE}^U$ の両方が有意であった($p \leq 5\%$)産業分類について、 $\hat{\rho}_{ATE}^D$ と $\hat{\rho}_{ATE}^U$ の関係を示す。横軸に、 $\hat{\rho}_{ATE}^D$ (下流側企業への処置効果)、縦軸に $\hat{\rho}_{ATE}^U$ (上流側企業への処置効果)を示している。 $\hat{\rho}_{ATE}^{D,U} > 0$ であることから、処置企業の売上高上昇と取引先の売上高上昇には正の

相関があることがわかる。また、処置効果は 0.02~0.10 程度に収まっており、処置企業の売上高が上昇しても、取引先の売上高の上昇には、あまり影響を与えていないことがわかる。

図中の直線は $\hat{\rho}_{ATE}^U = \hat{\rho}_{ATE}^D$ を示しており、直線より右側にあると、下流側企業に与える影響が大きく ($\hat{\rho}_{ATE}^U < \hat{\rho}_{ATE}^D$)、逆に左側にあると、上流側企業に与える影響が大きい ($\hat{\rho}_{ATE}^U > \hat{\rho}_{ATE}^D$) とみなせる。全産業で見ると、ほぼ $\hat{\rho}_{ATE}^U = \hat{\rho}_{ATE}^D$ であるが、産業大分類別に見ると、「製造業」は $\hat{\rho}_{ATE}^U < \hat{\rho}_{ATE}^D$ となっており、「建設業」、「運輸・通信業」、「卸・小売業、飲食店」、「サービス業」、「不動産業」は $\hat{\rho}_{ATE}^U > \hat{\rho}_{ATE}^D$ となっている。製造業について中分類別に見ると、「窯業・土石製品製造業」及び「繊維工業（衣服、その他の繊維製品を除く）」を除くと、 $\hat{\rho}_{ATE}^U < \hat{\rho}_{ATE}^D$ となっている。また、「輸送用機械器具製造業」の方が、「電気機械器具製造業」よりも $\hat{\rho}_{ATE}^D$ が大きい。さらに、自動車関係製造業について細分類別に見ると、「自動車駆動・操縦・制御装置製造業」及び「自動車製造業」は $\hat{\rho}_{ATE}^U < \hat{\rho}_{ATE}^D$ となっており、他の産業に比べても $\hat{\rho}_{ATE}^D$ が大きい。

(2) Wald 推定による処置効果の推定結果

Wald 推定によって求めた処置効果 $\hat{\rho}_{Wald}^{D,U}$ を、産業分類ごとに確認する。図-3 に、 $\hat{\rho}_{Wald}^D$ 及び $\hat{\rho}_{Wald}^U$ 推定の際に、分母 (IV の一段階目) が有意であった ($p \leq 5\%$) 産業分類について、 $\hat{\rho}_{Wald}^D$ と $\hat{\rho}_{Wald}^U$ の関係を示す。多くの産業において、処置効果は 0.1~0.6 程度に収まっており、処置企業の売上高が上昇した場合、取引先の売上高上昇に影響を及ぼしていることがわかる。

ATE の結果と同様に、図中の直線は $\hat{\rho}_{Wald}^U = \hat{\rho}_{Wald}^D$ を示している。全産業で見ると、 $\hat{\rho}_{Wald}^D > \hat{\rho}_{Wald}^U$ である。産業大分類別に見ると、「建設業」、「製造業」、「サービス業」、「卸・小売業、飲食店」、「電気・ガス・水道・熱供給業」は $\hat{\rho}_{Wald}^U < \hat{\rho}_{Wald}^D$ となっており、「金融業」は $\hat{\rho}_{Wald}^U > \hat{\rho}_{Wald}^D$ となっている。「農業」は $\hat{\rho}_{Wald}^D < 0$ 、「運輸・通信業」は $\hat{\rho}_{Wald}^U < 0$ となっている。製造業について中分類別に見ると、「輸送用機械器具製造業」の方が、「電気機械器具製造業」よりも $\hat{\rho}_{ATE}^D$ が大きい、「電気機械器具製造業」は $\hat{\rho}_{ATE}^D < 0$ となっている。また、「輸送用機械器具製造業」や自動車関係製造業の細分類は、他の製造業に比べて、 $\hat{\rho}_{ATE}^D$ が小さくなった。

4. 考察

(1) ATE による処置効果の推定

$\hat{\rho}_{ATE}^U < \hat{\rho}_{ATE}^D$ となっている産業分類の供給量が変動する

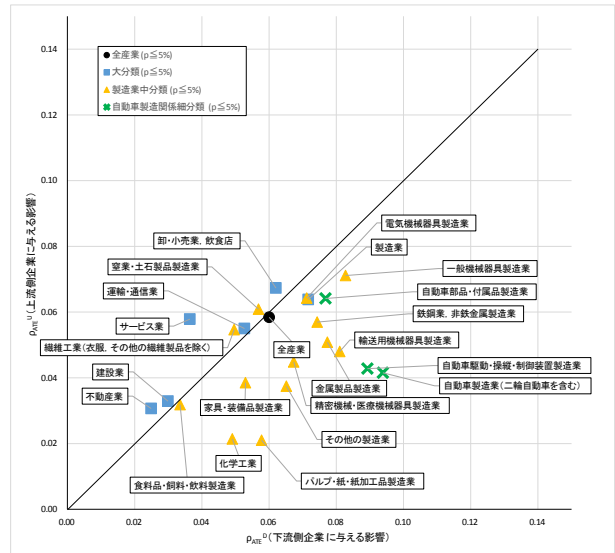


図-2 下流側企業及び上流側企業の売上高に与える処置効果 (ATE)

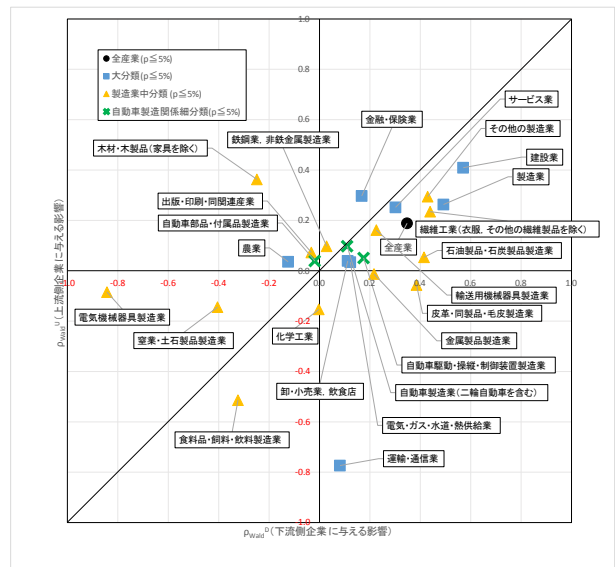


図-3 下流側企業及び上流側企業の売上高に与える処置効果 (Wald 推定)

と、下流側企業が影響を受けやすいとみなせる。そのような産業分類は「製造業」であることがわかる。これは、一般的な認識とも共通しているであろう。また、東日本大震災後に多数報告されているように、自動車産業の方が電化製品産業より部品工場の停止の影響が大きかった⁹⁾という点については、「輸送用機械器具製造業」の $\hat{\rho}_{ATE}^D > \hat{\rho}_{ATE}^D$ となっていることから確認できる。同様に、 $\hat{\rho}_{ATE}^U > \hat{\rho}_{ATE}^D$ となっている産業分類の需要量が変動すると、上流側企業が影響を受けやすいとみなせる。そのような産業分類は、「建設業」、「運輸・通信業」、「卸・小売業、飲食店」、「サービス業」、「不動産業」であることがわかる。これらの産業からの供給が減っても、下流

側企業が新たな取引先を比較的探しやすいからと想定できる。

ATE による推定でも、産業分類別に、取引先に与える影響を確認できたが、これらは 0.02~0.10 の範囲に収まっている。ほとんど、影響がなく、産業分類別の違いもわずかであるといえる。以上から、式(6)に示したバイアス項 ($E[\varepsilon_i^{D,U}|D_i^T = 1] - E[\varepsilon_i^{D,U}|D_i^T = 0]$) が負となり、ATE の推計結果が過小推計されていることが示唆される。例えば、対象企業の生産等が上昇している際には作用しないが、低下した際に、下流側企業や上流側企業において、その影響を緩和しようとする作用 (別の取引・在庫等による代替等) が想定できる。

(2) Wald 推定による処置効果の推定結果

$\hat{\rho}_{Wald}^U < \hat{\rho}_{Wald}^D$ となっている産業分類は、産業大分類ごとに見ると、「建設業」、「製造業」、「卸・小売業、飲食店」、「電気・ガス・水道・熱供給業」、「サービス業」がある。「サービス業」は、当初は下流側企業への影響が少なくと想定していたが、Wald 推定では逆の結果となった。「サービス業」の中に専門性の高い企業向けサービス業が多く含まれている場合、このような結果になる可能性がある。「サービス業」について、細分類ごとに取引数を確認したところ、対象企業は、「広告・調査・情報サービス業」、「その他の事業サービス業 (例:速記業、環境計量証明業、非破壊検査業等)」、「物品賃貸」の順で多く、これらが、「サービス業」の約半分を占めていた。一方、これらの細分類のうちでも、 $\hat{\rho}_{Wald}^{D,U} < 0$ となっている産業分類もあり、さらなる分析を要する。「建設業」は、他産業に比べて、 $\hat{\rho}_{Wald}^{D,U}$ がともに大きくなった。「建設業」が、震災の影響が特別に大きく波及しやすかった産業分類である可能性もあるが、今のところ、確認できていない。「卸・小売業、飲食店」、「電気・ガス・水道・熱供給業」は、 $\hat{\rho}_{Wald}^U < \hat{\rho}_{Wald}^D$ の領域にあるものの、その値は $\hat{\rho}_{Wald}^U$ 、 $\hat{\rho}_{Wald}^D$ とともに小さく、そもそも代替性が高く、下流側企業及び上流側企業に影響を与えにくい産業であると考えられる。一方、 $\hat{\rho}_{Wald}^U > \hat{\rho}_{Wald}^D$ となっている産業分類は、「金融・保険業」である。「金融・保険業」からの供給が減っても、下流側企業は他の企業を探しやすいため、このような結果となったと想定できる。

産業大分類別にみると、「運輸・通信業」は、 $\hat{\rho}_{Wald}^U < 0$ となり、「農業」は、 $\hat{\rho}_{Wald}^D < 0$ となっている。これらの、Wald 推定の結果が負となったものについて、詳細を確認するために、分母の符号と分子の符号に着目した。それらをまとめたものが、表-3 である。

Wald 推定において、 $\hat{\rho}_{Wald}^{D,U} < 0$ となる場合として、分母 (一段階目) の推定結果 ($E[D_i^T|Z_i^T = 1] -$

$E[D_i^T|Z_i^T = 0]$) が正であるものの、分子の推定結果 ($E[D_i^{D,U}|Z_i^T = 1] - E[D_i^{D,U}|Z_i^T = 0]$) が負である場合がある。「運輸・通信業」は、強い揺れの影響 ($Z_i^T = 0$) により売上高が低下 ($D_i^T = 0$) したものの、上流側企業は現在の取引も維持しつつ、他の取引先 (販売先) を開拓し、総じて上流側企業の売上高が増加した ($D_i^U = 1$) のものと推定できる。同様に、「農業」も強い揺れの影響 ($Z_i^T = 0$) により、売上高が低下 ($D_i^T = 0$) したものの、下流側企業は現在の取引を維持しつつ、他の取引先 (供給元) を確保し、総じて下流側企業の売上高が増加 ($D_i^D = 1$) したものと推定できる。一方、分母 (一段階目) の推定結果が負であり、分子の推定結果が正であるために、 $\hat{\rho}_{Wald}^{D,U} < 0$ となっている産業分類については、強い揺れを経験した ($Z_i^T = 0$) ものその影響は少なく、各産業の売上高が上昇 ($D_i^T = 1$) したが、その影響が取引先までに波及せず、取引先の売上高が減少した ($D_i^{D,U} = 0$) ことを示している。あるいは、これらの分母の推定結果と分子の推定結果の符号が異なり、 $\hat{\rho}_{Wald}^{D,U} < 0$ となっている産業については、取引先の立地箇所が近く、対象企業及び取引先の経験した震度が同じとなったものの、片方の企業では被害があり、片方の企業では被害が生じなかったといったことが生じている可能性がある。以上のように、分母と分子の符号ごとに、想定される状況をまとめたものが、表-4 である。

また、前述の表-3 に示すように、「全産業」、「建設業」、「鉱業」、「製造業」、「卸・小売業、飲食店」、「金融・保険業」、「サービス業」において、分母の推定結果が負となり、分子の推定結果も負となった結果、 $\hat{\rho}_{Wald}^D > 0$ となった。これは、対象とした企業は強い揺れを経験した ($Z_i^T = 0$) もの、被害が少なく、逆に復興需要の影響を受け売上高が上昇し、その影響が取引先にも波及したことを示している。同様に、 $\hat{\rho}_{Wald}^U$ の推定においては、「全産業」、「建設業」、「卸・小売業、飲食店」、「金融・保険業」、「不動産業」、「サービス業」では、分母の推定結果が負となり、分子の推定結果も負となり、処置効果は正となった。また、 $|\hat{\rho}_{Wald}^{D,U}| < 1$ となり、二項変数に対する処置効果としては、現実的な範囲の数値を推定でき、その点でも、震度をもとにした IV の有用性を確認できた。

(3) ATE と Wald 推定の比較

全体として、Wald 推定の結果は、ATE の結果よりも大きな値となった。震度を基にした IV により、ATE の場合に生じていたバイアスを取り除けたことがわかる。さらに、ATE の場合、今回分析した産業分類の中で有意であった分類数は、 $\hat{\rho}_{ATE}^U$ で 32/37、 $\hat{\rho}_{ATE}^D$ で 25/37 であったが、Wald 推定の場合には、 $\hat{\rho}_{Wald}^U$ で 31/37、 $\hat{\rho}_{Wald}^D$ で

表-3 Wald 推定における分母と分子の符号の関係について

(a) 下流側企業への影響				(b) 上流側企業への影響			
分母	分子	推定量	産業分類	分母	分子	推定量	産業分類
正	正	正	運輸・通信業 電気・ガス・水道・熱供給業 繊維工業（衣服，その他の繊維製品を除く） 鉄鋼業，非鉄金属製造業	正	正	正	農業 製造業 電気・ガス・水道・熱供給業 繊維工業（衣服，その他の繊維製品を除く） 木材・木製品（家具を除く） 鉄鋼業，非鉄金属製造業 一般機械器具製造業 自動車用内燃機関製造業 自動車駆動・操縦・制御装置製造業 自動車部品・付属品製造業
	負	負	農業 木材・木製品（家具を除く） 家具・装備品製造業 化学工業 ゴム製品製造業 窯業・土石製品製造業 精密機械・医療機械器具製造業 自動車部品・付属品製造業				
負	正	負	食料品・飼料・飲料製造業 パルプ・紙・紙加工品製造業 出版・印刷・同関連産業 電気機械器具製造業	負	負	負	運輸・通信業 家具・装備品製造業 化学工業 窯業・土石製品製造業
	負	正	全産業 鉱業 建設業 製造業 卸・小売業，飲食店 金融・保険業 サービス業 衣服，その他の繊維製品製造業 石油製品・石炭製品製造業 皮革・同製品・毛皮製造業 金属製品製造業 輸送用機械器具製造業 その他の製造業 自動車製造業（二輪自動車を含む）				
負	正	負	食料品・飼料・飲料製造業 皮革・同製品・毛皮製造業 金属製品製造業 電気機械器具製造業 自動車車体・付随車製造業	負	負	負	食料品・飼料・飲料製造業 皮革・同製品・毛皮製造業 金属製品製造業 電気機械器具製造業 自動車車体・付随車製造業
	負	正	全産業 建設業 卸・小売業，飲食店 金融・保険業 不動産業 サービス業 出版・印刷・同関連産業 石油製品・石炭製品製造業 輸送用機械器具製造業 その他の製造業 自動車製造業（二輪自動車を含む）				

表-4 処置企業と取引先において想定される状況

号の分母 ※ 符号	分子の符号※	正		負	
		対象企業が強く揺れてない ($Z_i^T = 1$) ときに売上高増加 ($D_i^{D,U} = 1$)	対象企業が強く揺れた ($Z_i^T = 0$) ときに売上高減少 ($D_i^{D,U} = 0$)	対象企業が強く揺れてない ($Z_i^T = 1$) ときに売上高 減少 ($D_i^{D,U} = 0$)	対象企業が強く揺れた ($Z_i^T = 0$) ときに売上高増加 ($D_i^{D,U} = 1$)
正	強く揺れてない ($Z_i^T = 1$) ときに 売上高増加 ($D_i^T = 1$)	・取引を通じて対象企業の 売上高増加の影響が波及	・取引を通じて対象企業の売上高 低下の影響が波及 ・取引の影響ではなくて，下流側 企業（又は上流側企業）が対象 企業の近くに立地しており，自身も 被災	・下流側企業（又は上流側 企業）の立地箇所は強く揺 れ，地震の影響で売上高が 減少	
	強く揺れた ($Z_i^T = 0$) ときに 売上高減少 ($D_i^T = 0$)				・下流側企業（又は上流側企業） は他の取引先から購入（に供給） し，売上高の減少を防止・価格上 昇の可能性
負	強く揺れてない ($Z_i^T = 1$) ときに 売上高減少 ($D_i^T = 0$)	・下流側企業（又は上流側 企業）は他の取引先から購 入（に供給）し，売上高の 減少を防止		・取引を通じて対象企業の 売上高低下の影響が波及 ・対象企業は強く揺れてな いが，他の取引の影響で減 少 ・下流側企業（又は上流側 企業）の立地箇所は強く揺 れ，地震の影響で売上高が 減少	
	強く揺れた ($Z_i^T = 0$) ときに 売上高増加 ($D_i^T = 1$)		・下流側企業（又は上流側企業） が対象企業の近くに立地して おり，下流側企業（又は上流側 企業）は地震の影響が有り		・取引を通じて対象企業の売上高 増加の影響が波及 ・下流側企業（又は上流側企業） が対象企業の近くに立地して いるが，下流側企業（又は上流側 企業）は地震の影響が無し

※ 分母は処置企業の想定，分子は下流側企業（又は上流側企業）の想定を示す

29/37であった。以上のことから、震度を基にした IV を導入することで、有意な結果を得られる産業分類数が増え、本手法に効果があったことがわかる。一方で、Wald 推定を用いることで、処置効果が負となることもあり、その場合の解釈には、更なる分析が必要となる。また、取引先に与える影響の Wald 推定結果からは、当初想定していたような、自動車製造業のみに特化した傾向を確認することはできず、他の研究との比較分析も必要となる。

5. 終わりに

本研究を通じて、企業の売上高の変化が、取引先の売上高の変化に及ぼす影響を定量化できた。その際に、震度をもとにした変数が、IV として有効であることが分かった。一方で、「建設業」が他の産業分類に比べて取引先に与える影響が大きい、処置効果が負（売上高が上昇すると、取引先の売上高が減少する）となる産業分類がある等、解釈が難しい結果も得た。これらについては、他の研究との比較分析を行うとともに、売上高の上昇を示す二項変数ではなく、売上高の推計を行う、従業員数や取引数等の企業情報を付加する等により、モデルの精度を高めることで、解消していきたい。また、震度の閾値の設定方法、生産能力を売上高で推計することの是非等、議論の余地は残っており、これらについても、今後研究を進めていく予定である。

参考文献

- 1) 徳永澄憲, 沖山充, 阿久根優子: 東日本大震災によるサプライチェーン寸断効果と自動車産業クラスターによる復興分析: 地域 CGE モデルを用いて, RIETIDiscussionPaperSeries13-J-068, 2013, <https://www.rieti.go.jp/publications/dp/13j068.pdf> (平成 30 年 4 月 25 日確認)。
- 2) 徳井丞次, 荒井信幸, 川崎一泰, 宮川努, 深尾京司, 新井園枝, 枝村一磨, 児玉直美, 野口尚洋: 東日本大震災の経済的影響—過去の災害との比較, サプライチェーンの寸断効果, 電力供給制約の影響—, RIETIPolicyDiscussionPaper-12-P-004, 2012, <https://www.rieti.go.jp/publications/pdp/12p004.pdf> (平成 30 年 4 月 25 日確認)。
- 3) 内閣府: 平成 24 年度年次経済財政報告, 2012, <http://www5.cao.go.jp/j-j/wp/wp-je12/pdf/p02012.pdf> (平成 30 年 4 月 25 日確認)。
- 4) 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—, pp.120-123, オーム社, 2016。
- 5) ヨシュア・アングリスト, ヨーン・シュテファン・ピスケ (大森義明 他訳): 「ほとんど無害」な計量経済学—応用経済学のための実証分析ガイド, pp.150-185, NTT 出版, 2013。
- 6) 末富岩雄, 福島康宏: 2011 年東北地方太平洋沖地震 (東日本大震災) における地震動分布の推定, 土木学会第 66 年次学術講演会, 2011。
- 7) 総務省: 日本標準産業分類, http://www.soumu.go.jp/toukei_toukatsu/index/seido/sangyo/H25index.htm, 2014 (平成 30 年 4 月 25 日確認)。
- 8) 株式会社帝国データバンク: TDB 産業分類表, <http://www.tdb.co.jp/lineup/pdf/tic.pdf> (平成 30 年 4 月 25 日確認)。
- 9) 経済産業省: 2011 年版ものづくり白書, pp.64, http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2011/pdf/honbun02_02_01.pdf, 2011 (平成 30 年 4 月 26 日確認)。

(2018. 4. 27 受付)

ESTIMATION OF IMPACT OF SALES DECREASING TOWARD TRANSACTION PARTNERS USING SEISMIC INTENSITY INSTRUMENTS

Nozomu KURODA, Hirokazu TATANO and Masahiro FUJII