



RIETI Policy Discussion Paper Series 13-P-006

絆が災害に対して強靱な企業をつくる －東日本大震災からの教訓－

戸堂 康之
経済産業研究所

中島 賢太郎
東北大学

Petr MATOUS
東京大学



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所
<http://www.rieti.go.jp/jp/>

絆が災害に対して強靱な企業をつくる —東日本大震災からの教訓—*

戸堂康之（東京大学、経済産業研究所）

中島賢太郎（東北大学）

Petr Matous（東京大学）

要 旨

本研究は、東日本大震災の被災地における企業を対象とした調査によるデータを用いて、大災害に対して強靱な企業やサプライ・チェーン・ネットワークのあり方について分析した。震災時に、サプライ・チェーンによって直接・間接につながった企業が被害を受けることで、被害が軽かった企業や被災地外の企業でさえもが操業停止に至った例は多い。反面、サプライ・チェーンを通じて多様なつながりを持つことで、震災後に取引相手を変更したり、取引先から支援を受けたりすることで、被災地企業の復旧が早まった例もある。本研究は、企業が取引する被災地域外の取引先企業数が多いほど操業再開が早くなり、被災地域内の取引先企業数が多いほど中期的な売上高の成長率が高くなる傾向にあったことを見出した。つまり、上記の復旧に対するサプライ・チェーンのプラスの効果は、マイナスの効果を上回っていたと言える。したがって、本研究の分析によって、サプライ・チェーンを通じた企業ネットワークを拡大することで、企業は災害に対してむしろ強靱となると結論づけることができる。

キーワード：災害，企業，経済的強靱性，サプライ・チェーン・ネットワーク

JEL classification: R10, L10, Q54

RIETI ポリシー・ディスカッション・ペーパーは、RIETI の研究に関連して作成され、政策をめぐる議論にタイムリーに貢献することを目的としています。論文に述べられている見解は執筆者個人の責任で発表するものであり、(独) 経済産業研究所としての見解を示すものではありません。

* 本論文は、独立行政法人経済産業研究所において 2011~2012 年度に行われた「日本経済の創生と貿易・直接投資の研究」プロジェクトの成果の一部である。財政的支援およびデータの提供をしていただいた経済産業研究所、およびに PDP 検討会において有益なコメントをいただいた藤田昌久所長、森川正之副所長、若杉隆平プログラム・ディレクターに対して深く感謝申し上げたい。また、本論文の分析は、経済産業研究所が行った東日本大震災の被災地におけるアンケート調査に対する多くの企業の方々のご協力があって初めて可能となった。被災後の過酷な状況下でありながら、貴重な時間を割いてアンケート調査にご協力いただいた皆様に対して、心より御礼申し上げるとともに、今後の復興の進展をお祈り申し上げたい。なお、本論文中で表明されている意見は著者の個人的なものであり、経済産業研究所、東京大学、東北大学など著者の所属するいかなる機関の見解ではない。

1. はじめに

2011年3月11日に起きた東日本大震災は、死者・行方不明者合わせて18,574人、重軽傷者6,135人（警察庁, 2013）という莫大な人的損失ばかりか、大きな経済的損失ももたらした。徳井他（2012）によると、東日本大震災による被害総額はGDPの1.35%にも上る。近年、東日本大震災以外にも阪神・淡路大震災（1995年）、新潟県中越地震（2004年）、海外でもスマトラ沖地震（2004年）、ハリケーン・カトリーナ（2005年）など甚大な人的・経済的被害をもたらす大災害が頻発するにともない、自然災害に対する動的な経済的強靭性（dynamic economic resilience）、すなわち「自然災害に見舞われた経済が迅速に生産活動を復旧させることのできる復元力」（Rose, 2007）が、学術的にも政策的にも大きな注目を集めている。本論文は、特にサプライチェーン・ネットワークに焦点を当て、それが企業の経済的強靭性にどのような影響を与えるかについて、東日本大震災の被災地企業のデータを用いて明らかにする。その上で、今後の自然災害の脅威に対して企業はどのように備え、行政はどのように支援すべきかについて若干の提言を行う。

サプライチェーン・ネットワークの影響に注目する1つの理由は、サプライチェーンによって東日本大震災の経済的被害が拡大したとの見方があるからである。東日本大震災においてサプライチェーンが断たれることで、直接大きな被害を受けなかった企業でさえもが生産を停止せざるを得ないことは多かった。例えば、被災地域外にあったトヨタ自動車の堤工場（愛知県）、宮田工場（福岡県）は部品の不足のため東日本大震災後に約2週間、ホンダ技研工業の狭山工場（埼玉県）や鈴鹿製作所（三重県）は約1か月生産を停止した（日本経済新聞、2011年3月29日、3月31日）。徳井他（2012）は、東日本大震災による経済被害（前述のとおり、GDPの1.35%）のうち、直接的な被害によるものはその1割にしかすぎず、残りはサプライチェーン途絶の効果であると試算している。また、経済産業研究所が収集した被災地域の企業に対する調査によると（詳細は後述）、被災地域内にいながら直接の被害がほとんどなかった企業でも、その約1/3は10日以上部品の供給がストップしたと回答しており、14%は10日以上操業を停止している。若杉・田中（2013）は、本論文と同じデータを利用して、被災地域の企業において部材供給が途絶した期間が長いほど操業停止日数が長いことを見出した。

とは言え、サプライチェーン・ネットワークは、災害からの復旧に対して負の効果をもたらすだけでなく、復旧を促進する働きをすることもある。例えば、被災した企業が取引先から人的・物的な支援を受けたことで、早期に復旧できた例は多い。ルネサス・エレクトロニクスはその好例であり、被災地外の取引先の手自動車企業からのべ80,000人に上る支援を受け、震災直後の予測を1か月前倒しの6月10日に生産を再開した（ルネサス・エレクトロニクス, 2011）。被災地内においても、このような企業間の助け合いは見られた。例えば、従業員数52名でありながら、光ピックアップ部品で世界シェアの約30%を占める堀尾製作所（宮城県石巻市）は、高台に位置していたために津波の被害を免れたが、そのサプライヤーである雄勝無線（同市）の工場は津波で流された。堀

尾製作所は、雄勝無線に工場の空きスペースと生産設備を無償で貸したため、雄勝無線は部品の生産を続けることができ、堀尾製作所も部品が途絶することなく生産を継続することができた（中小企業庁，2011）。

さらに、サプライチェーンを通じて企業がネットワークを張り巡らせることで、災害時に部品・素材の供給が途絶した時に、そのネットワークを活用して部材の生産を代替する企業を見つけることが容易になることもある。例えば、自動車産業用の金型および部品を生産する従業員 300 余名の中堅企業である岩機ダイカスト（宮城県亘理郡）は、東日本大震災の被害でその直後は操業を停止せざるを得なかったが、取引先への部品の供給を途絶させないために、自ら金型を競合他社に渡し、代替生産を依頼した（河北新報、2012 年 10 月 29 日）。プレス金型製造のウチダ（神奈川県川崎市）の仙台工場も同様の決断をした。

したがって、サプライチェーン・ネットワークが災害に対する経済的強靱性を脆弱にするとはいえずとも言えず、この点について企業レベルデータを用いた分析が必要である。しかし、企業が災害から復旧するための要因を、企業データによって定量的に分析した研究は少ない。Dahlhamer and Tierney (1998) は、1989 年のアメリカ・カリフォルニア州で起きたロマ・プリータ地震や 1992 年のフロリダでのハリケーン・アンドリューを事例に、また Webb et al. (2002) は、1994 年のやはりカリフォルニア州でのノースリッジ地震を事例にして企業調査を行い、復旧の要因を分析した。しかし、彼らの研究は、サプライチェーンの役割については一切分析していない。Altay and Ramirez (2010) は、災害からの復旧についてサプライチェーンの役割を考慮に入れてはいるが、彼らは主として上場企業の財務データを基にしているために、製造業をサプライチェーンの川上産業、卸売・小売を川下産業として分類しているだけで、本論文の分析の主たる対象である製造業内でのサプライチェーン・ネットワークについては全く考慮されていない。若杉・田中 (2013) は、本論文と同じ被災地域の企業データを用いてサプライチェーンの分断と操業停止期間との相関を見出しているが、震災前の企業のネットワークと操業停止期間との関係を明示的に示したわけではない。

また、Nakagawa and Shaw (2004) や Aldrich (2011) は、社会資本、特に地域コミュニティ内でのネットワークが災害からの復旧に大きな役割を果たすことを見出している。サプライチェーン・ネットワークは社会資本の一種であり、その意味でこれらの研究と本論文の分析の焦点は似通っている。ただし、彼らの研究は定性的な分析であり、本論文のようなマイクロレベルデータを利用した定量的分析ではない。

本研究は、上記の既存研究では分析されなかった点について焦点を当て、サプライチェーンが東日本大震災の被災地企業の復旧（動的な経済的強靱性）に及ぼした影響について、企業レベルデータによって推計した。本論文のデータは、東日本大震災後に行ったアンケート調査による企業の震災後の復旧に関するデータと、震災前に収集された企業の取引先に関する東京商工リサーチのデータを結合したもので、その点で非常にユニークなものである。分析の結果、被災地企業の被災地域内の取引先（仕入先、販売先）の数が増えるにしたがって、震災後の操業停止日数は必ずしも変化

しないが、震災前後の売上高の成長率は上昇することが見出された。また、被災地域外の取引先の数が増えれば操業停止日数はむしろ減り、売上高も増加する傾向にあった。これらの推計結果から、サプライチェーン・ネットワークが企業の復旧に対して与える影響はプラス面、マイナス面があるものの、総計するとプラスであり、特に多様なサプライチェーン・ネットワークを拡大することはむしろ経済的強靱性を強化することが示唆されている。

この論文の結論は、災害と経済に関する多くの学術研究に対して新たな視点を提供する。例えば、災害が経済活動に与える影響に関する研究は数多く行われてきた。例えば Skidmore and Toya (2002) は、世界の多くの国をカバーしたデータを利用して、災害はむしろ 1 人あたり GDP 成長率を上昇させることを示し、大きな注目を集めた。Davis and Weinstein (2002) は、日本が第 2 次世界大戦中の連合軍によって激しい空襲を受け、多くの都市が壊滅的な被害を受けたにもかかわらず、各都市の長期的な人口成長のトレンドは変化しなかったことを見出している。ところが、Noy and Nualsri (2007) は、途上国においては災害が一人当たり GDP 成長に負の影響があることを、DuPont IV and Noy (2012) は、阪神淡路大震災によって兵庫県の 1 人当たり県民所得は恒常的に低下したことを見出した。このように、災害が経済成長に与える影響についてプラス・マイナスさまざまな結果が見出されているのは、その経済の置かれた条件によって災害の影響が異なる可能性を示唆している。本論文の分析は、サプライチェーンの構造がそのような条件の 1 つになっていることを示している。

また、特定の災害が経済活動に対して与えた被害額を、産業連関表や CGE (Computable General Equilibrium) モデルを用いて数値的なシミュレーションによって推計しようとする研究も多く行われている (Hallegatte and Przulski, 2010 のサーベイを参照)。例えば、東日本大震災においてサプライチェーンの分断によって被害が増幅したことを示した徳井他 (2012) もその種の研究である。Hallegatte (2012) は、部品の生産の代替が難しい場合には、特にサプライチェーンによって災害の経済的被害が拡大することを示した。ただし、これらの理論モデルにおいては、上述したようなサプライチェーンのプラス面、すなわちサプライチェーンを通じた支援や生産の代替は考慮されておらず、本論文の結果を踏まえて、理論モデルをより精緻化し、災害時のサプライチェーンの影響についてより精密な推計を行う必要があるだろう。

2. 被災地企業データの概要

2.1 データ・ソース

本論文の分析で利用するデータは、2つのデータセットを統合したものである。1つは、経済産業研究所が 2012 年 1~2 月に被災地企業を対象に行った企業調査「東日本大震災による企業の被災に関する調査」に基づくものである。この調査は株式会社帝国データバンクに委託され、「東日本大震災に対処するための特別の財政援助及び助成に関する法律第二条第二項及び第三項の市町村を定める

政令」の「特別被災区域」に指定された市町村に立地し、帝国データバンクが把握する従業員 5 人以上の製造業の事業所のうち、以下の例外を除く全ての 6033 事業所を対象に行われた。対象外としたのは、水産加工業の事業所と福島第一原子力発電所から 20 キロメートル圏内に位置する事業所である。水産加工業の事業所の多くは漁港の近くに位置し、津波による甚大な被害を受けたが、このような地域では自治体による復興計画が決定されるまで建築制限をかけていることも多く、そのために企業が事業所を再建したくともできないケースが見られた（農林水産省，2011，52 ページ）。実際、中小企業庁（2011）によれば、被災地域内の水産加工業の中小零細事業所は 2012 年 1 月の時点で約 50%しか操業を再開していなかったが、その他の製造業では 67%が再開していた。また、福島第一原発から 20 キロ圏内は、この調査時点で「警戒区域」として立ち入りが制限されており、少なくとも元の事業所での操業再開は不可能であった。これらの事業所をサンプルから除外したのは、本調査の目的が企業から見た震災からの復旧の要因であり、これらの事業所の復旧は政府や自治体の法的な規制によって阻害されていたためである。また、そもそも津波による甚大な被害や原発事故による避難によって、これらの事業所と連絡が取りにくいことが予想されるという事情もあった。

調査では、2012 年 1 月に調査票が企業に郵送され、2 月までに郵送で回答することが要請された。2 月までに 2,117 の有効回答があり、回答率は約 35%と、この種の調査にしては高いものであった。なお、この調査では震災後に事業所を移転したり、廃業したのも調査対象としており、帝国データバンクに依頼して、これらの（元）事業所の現在の連絡先を把握して調査票を送っている。実際、回答のあった 2,117 事業所のうち、15 はすでに移転したか、今後の移転を予定しており、6 は廃業し、3 は他社と合併している。

本論文で利用するもう一つのデータベースは、東京商工リサーチによる「TSR 企業情報ファイル」および「TSR 企業関連ファイル」を統合したものである。「企業情報ファイル」は基本的な企業情報、例えば売上高や従業員数などを含んだデータで、「企業関連ファイル」は各企業の仕入先と販売先を最大 24 社まで含んだデータである。むろん、大企業にとっては最大 24 社では全ての取引先企業を到底カバーすることはできないが、各企業の仕入先（販売先）を、他の全ての企業の販売先（仕入先）情報から構築し直すことで、かなり多くの取引関係を網羅することができる。経済産業研究所は、このデータセットを東京商工リサーチから 2006 年に購入しているが、そのデータには 803,705 企業と 3,904,380 の取引関係が含まれている。東京商工リサーチが各企業の情報を収集したのは、情報収集の必要性に応じて若干のタイムラグがあり、67%の企業の情報は 2005 年に、28%は 2004 年に、それ以外の 5%は 2002 年、2003 年、もしくは 2006 年に収集された。仕入先企業数の最大値は 7,474、販売先の最大数は 7,139 であった。

本論文は、経済産業研究所の被災地データ（RIETI データと略称）と東京商工リサーチの取引関係データ（TSR データ）を、企業の名称や住所を利用して統合した。RIETI データには存在しているが TSR データにはない被災地企業や、その逆に TSR データにしかない被災地企業があるが、これらの企業はサンプルから除外せざるを得なかった。これらのミスマッチがあるのは、被災地調査を

委託した帝国データバンクと東京商工リサーチの把握する企業・事業所に差があること、2つのデータの調査時点には6年程度の差があり、その間に廃業・誕生した企業・事業所は含まれていないことなどのためである。また、本論文の分析では、本社が被災地以外にある事業所は除外した。これは、RIETI データが事業所レベルであるのに対して、TSR データは企業レベルであり、本社が被災地外にある被災地事業所の取引関係は、本社の取引関係を含んでいるからである。さらに明らかにデータに誤りがあると思われる企業を除外し、最終的に分析に利用するのは902事業所となった。

2.2 分析に利用した被災地事業所の特性

これらの902事業所のうち、5.5%の事業所は東日本大震災によって事業所が全壊（質問票において、「設備が全壊またはそれに近い状態になり、完全に操業不能になった」と定義）し、7.4%は半壊（「設備が半壊して一部操業が不能になった」）、61%は一部損壊（「設備が一部被害を受け、操業に若干の影響が出た」）、26%は「被害がなかった」と回答した（図1）。全壊した事業所の7割以上は、津波による被害であった。被害の程度の分布は、TSR データと統合する前のRIETI データにおいてもほぼ同様であった。

中小企業白書2011年版（32ページ）によると、青森県、岩手県、宮城県、福島県の商工会議所の会員企業全67,156社のうち被害を把握できた13,708社の26%は東日本大震災によって建屋・家屋が全壊し、7%は半壊し、58%は一部損壊した。それに比べると、RIETI データでは全壊の事業所がかなり少ない。その理由は3つ考えうるが、1つは、RIETI データでは前述のように被害の大きかった水産加工業を除外していることである¹。また、RIETI データには、特別被災区域に指定された栃木県や茨城県の一部の企業も含まれているが、これらの企業の被害の程度は、商工会議所の調査がカバーする青森県、岩手県、宮城県、福島県の企業とくらべると比較的軽かった。最後に、RIETI データでは、全壊の定義が「設備が全壊またはそれに近い状態になり、完全に操業不能になった」であるため、一部の建屋・家屋が全壊したにもかかわらず操業を停止しなかった事業所は、RIETI データでは「全壊」とは回答していないことも、1つの原因と考えられる。

本論文での分析対象となる事業所の県別、産業別の分布は表1に示されている。青森県の事業所が少なめで、栃木県の事業所が多い。産業は様々で、食品加工業などの軽工業が32.5%を占めている半面、金属・機械関係の産業も39.3%を占める。

表2は、従業員数、売上高などの企業の変数を表す変数の平均値、中央値、最小値、最大値を示している。最小値、最大値からわかるように、いずれの変数についても企業間の差異は非常に大きい。また、平均値と中央値が大きく異なることから推察されるように、変数の分布は正規分布のような釣鐘型にはなっていない。したがって、平均値よりも特に中央値に注目して、企業特性の概要を見てみよう。まず、従業員数の中央値は29人、4半期の売上高の中央値は1億4000万円であり、

¹ 福島第一原発20キロ圏内の事業所も除外されているが、中小企業白書2011年版の調査でも、福島県沿岸部の企業は原発事故の影響でほとんど把握できていないという。

本論文の分析の対象となった企業の多くは中小企業であることがわかる。震災前の2010年9月から震災後の2011年9月の従業員数の変化率の中央値は0%である半面、2010年4月～9月の四半期から2011年同時期の売上高の成長率の中央値はマイナス0.6%程度であった。つまり、平均的な被災地企業は従業員を削減してはいないが、売上高は若干減少していると言える。ただし、すでに述べたように従業員数にしろ売上高にしろ、その変化率は企業によって大きく異なり、売上高変化率の最小値はマイナス100%（つまり震災後の売上高が0）、最大値は284%であった。

操業停止日数と部材仕入に影響のあった日数については、図2及び3に分布を示した。操業停止日数の中央値は5日、部材仕入に影響のあった日数の中央値は7日であったが（表2）、分布の山はどちらも左に偏っていることがわかる。約30%の事業所が操業を停止しておらず、操業停止日数が1～5日の事業所が約23%、6～10日の事業所が約20%に上る。部材仕入に影響がなかった企業も約45%と多いが、10日以上影響を受けた事業所は全体の約33%である。

また、図4及び5には、仕入先企業・販売先企業の総数の分布が示されている。これによると、仕入先、販売先ともに1～5社と比較的少数の企業としか取引がない企業が過半数を占めていることがわかる。表2には、さらに被災地域内と被災地域外との取引に分けて、仕入先・販売先の企業数の平均値や中央値などを示しているが、被災地域内外、仕入先・販売先のいずれにしても中央値は3であった。さらに、表2には、直接の仕入先・販売先ではなく、仕入先の仕入先、販売先の販売先の企業数の概要を示している。それによると、仕入先の仕入先の総数の中央値は86.5、販売先の販売先の総数の中央値は147と、直接の仕入先・販売先企業数の中央値が3であるのにくらべて非常に大きい。つまり、すでに齊藤（2012）によって示されているように、全国の数多くの企業が間接的に被災地域の企業とつながっていることがわかる。これは、TSRデータの400万足らずの取引から10万をランダムに選び出して、その関係を日本地図に示した図6にもはっきりと表れている。

なお、震災後に仕入先からの部材の供給が途絶えたために仕入先を変更した企業は、TSRデータと統合する前のRIETIデータの2,013社中114社あったが、そのうちの約半数はこれまでの仕入先から新しい仕入先を紹介してもらっており（図7）、サプライチェーン・ネットワークが生産の代替を円滑にする役割をも担っていることが示されている。タウンページなどの情報誌やインターネットなど、「顔の見えない」手段はあまり利用されていない。

3. 分析手法

本論文では、第2節で紹介したデータを統計学・計量経済学の手法で分析することで、サプライチェーン・ネットワークの影響を定量的に推計する。まず、被災地域内外の仕入先・販売先企業数が東日本大震災後の操業停止日数および震災前後の売上高変化率に対して、どのような影響を与えたかを推計し、サプライチェーンが震災からの復旧に対して全体としてプラス・マイナスどちらの影響があったかを見る。次に、サプライチェーンの功罪についてさらに精査するため、まずサプラ

イチェーンの拡大が部材供給の途絶に影響したかを、取引企業数と震災後に部材仕入に影響のあった日数との関係を推計することで分析する。さらに、サプライチェーンの復旧に対するプラスの効果を見るため、取引企業数と震災後の企業からの支援の有無との関係、企業ネットワークと震災後の仕入先の変更の有無との関係を分析する。

「はじめに」で述べたように、サプライチェーン・ネットワークが生産の復旧に対してマイナスの影響を与えるのは、震災によってある企業が操業を停止したとき、その企業が供給する部材を利用する企業やその企業に製品を卸す企業の復旧を阻害し、さらにその影響はサプライチェーンを通じて拡大するからである。反面、サプライチェーンによって多くの企業とつながっていることで、被災しなかった取引先企業から支援を受けやすく、また取引先企業が被災した場合にも仕入先・販売先の代わりを比較的容易に探し出すことができるというプラス面がある。これらのプラス面、マイナス面のどちらがより大きく作用するかは、取引先企業が被災地域内にあるか、被災地域外にあるか、また直接につながっているのか、間接につながっているのかなど、ネットワークの構造によって異なる。例えば、取引先企業が被災地域内にある場合には、その取引先が被災して生産に支障が出ている可能性が高く、したがって部材供給の途絶によるマイナスの影響は大きく、支援によるプラスの影響は小さいと考えられる。反面、取引先企業が被災地外にある場合には、マイナス面は小さく、プラス面が大きいだろう。さらに、仕入先の仕入先というように間接的にしかつながっていない場合には、部材供給の途絶によるマイナスの影響は受けるが、支援によるプラスの影響はさほど期待できない。したがって、本論文の分析では、取引先を仕入先と販売先に分けた上で、被災地域内の取引先、被災地域外の取引先、取引先の取引先を区別して、それぞれの影響を分析する。

分析の手法としては最小2乗法を利用した。また、サプライチェーン以外の要素の影響も考慮し、全ての分析に2010年9月時点での従業員数、2010年4月～9月の従業員一人当たり売上高、2005年～2010年までの従業員数と売上高の成長率（年率換算）、震災による各企業の被害の程度を表す3つのダミー変数（全壊、半壊、一部損壊）、産業ダミー、市町村ダミーを含めている。したがって、企業の規模、潜在的な成長力、震災の被害の程度、立地によって復旧のスピードが異なることは考慮した上で、サプライチェーン・ネットワークの効果を浮き彫りにすることができる。ただし、様々なタイプの取引先数は互いに強く相関しており、多重共線性による問題を回避するために、1つの推計で多くのタイプの取引先数を同時に説明変数として入れることはしない。

また、変数間の関係が非線形になっている可能性を考慮し、必要に応じて、自然対数値を利用する。特に、操業停止日数は1を加えて自然対数をとったものを推計に利用する。推計によって、例えば $\log Y = a \times \log X$ という関係が見出された場合、 X が2倍になると Y は $100a\%$ 増加すると解釈できる²。また、 $Y = a \times \log X$ という関係からは、 X が2倍になると Y は a 単位増加すると結論づけられる。本論文では、わかりやすく結果を示すために、全ての推計結果を提示することはせず、取引

² 厳密には、「 X が瞬間的に成長率100%で増加すると、 Y は瞬間的に $100a\%$ で増加する」というべきであるが、本論文ではこのように単純化して表現する。

先の方が2倍になることの効果を表にして示す。詳細な手法や結果については、本論文の基となっている論文 (Todo et al., 20013; 中島・戸堂, 2013) を参照されたい。

4. サプライチェーンの影響

4.1 操業停止日数に対する影響

図8は、被災地域外の仕入先企業数と震災後の操業停止日数の関係を表したものである。大まかに言って、仕入先企業数が多い企業ほど操業停止日数が少なかったことが見てとれる。その関係を前節で述べた方法でより厳密に推計した結果が、表3の(1)(2)に示されている。この表では、被災地域内の仕入先、被災地域外の仕入先、仕入先の仕入先、被災地域内の販売先、被災地域外の販売先、販売先の販売先の6つのタイプの取引先について、取引先企業数が2倍になった場合に、操業停止日数が何%増減するかが表されている³。その効果が統計学的に10%の水準で有意でない場合、すなわちその効果が0であることを否定できない場合には、表3に「なし」と記す。表3の(1)は、6つのタイプの前者の3つを同時に推計した結果と、後者の3つを同時に推計した結果とをまとめている。(2)は、それぞれのタイプの効果をバラバラに推計した結果をまとめたものである。

(1)(2)ともに、被災地域内の仕入先・販売先企業数が増えても操業停止日数には有意な影響はなく、被災地域外の仕入先・販売先企業数が2倍に増えると操業停止日数は大きく(15~36%)減少する、すなわち復旧が早まることが見出されている。しかし、仕入先の仕入先および販売先の販売先の企業数が増えると、少なくとも(1)においては操業停止日数が増加する、すなわち復旧が遅れる。

これらの結果は、前節で述べたように、震災からの復旧に対するサプライチェーンの影響がそのネットワーク構造によって異なることを裏づけている。すなわち、被災地域内に取引企業が多いと、取引先が被災している可能性が大きいことから、サプライチェーンの分断の影響を受けやすい。反面、被災した企業が被災地内の企業から復旧に対する支援を受けることはなかったわけではないが(第1節を参照)、その規模は必ずしも大きくはなかったはずだ。したがって、被災地域内のサプライチェーン・ネットワークは、そのマイナスの効果とプラスの効果とが拮抗し、総合的には操業の再開を早めることはなかったと考えられる。それに対して、被災地域外に取引企業が多いと、取引先からの部材供給や発注が途絶えることは少なく、取引先からの支援も期待できる。さらに、被災地域外の企業との取引があれば、被災企業からの部材供給や発注が途絶えた場合に、それを被災地域外の企業との関係で代替しやすい。だから、被災地域外とのネットワークは操業再開を早める。

³ より正確には、表に表されているのは、 $\log(\text{操業停止日数}+1) = a \times \log(\text{取引先企業数}) + \dots$ の推計式において、最小2乗法による a の推計値である。したがって、厳密には「操業停止日数+1が瞬間的に成長率100%で増加した場合の、取引先企業数の瞬間的な増減率」であるが、本論文ではこのように単純化して表現する。

4.2 震災前後の売上高変化率に対する影響

次に、生産の復旧の指標として2010年4月～9月期から2011年4月～9月期までの売上高成長率を利用し、サプライチェーンが生産の復旧に及ぼす影響を分析する。操業停止日数の中央値は5日であり（表2）、操業停止日数に対する影響が比較的短期的なものを見ているのに対して、売上高成長率に対する影響はより長い期間での影響を見ていると言える。

この結果は表3の(3)(4)にまとめられているが⁴、それによると、被災地域内の仕入先・販売先企業数が多いことは、震災前から後への売上高成長率を上昇させる働きがある。被災地域外の仕入先企業数は、(3)でも(4)でも影響がなく、被災地域外の販売先企業数は少なくとも(4)では売上高の成長に対してプラスの効果がある。これらの結果は、直接の取引先企業数が倍増すれば売上高の成長率が3～4%ポイント増加する⁵ということを示しており、量的にも大きな効果といえる。

被災地域内の仕入先・販売先が増えることは操業再開には影響しないのに売上高の成長には寄与することは、必ずしも矛盾していない。被災地域内のネットワークは、震災直後に操業再開を早めるのには有効ではないが、中期的には、部材供給の途絶によるマイナスの効果が払拭されて、支援や生産の代替によるプラスの効果だけが残ることで売上高の復旧を早めるのに役に立つのであろう。

4.3 部材仕入の途絶に対する影響

次に、多くの取引先を持つことで震災時のサプライチェーンの分断の影響を受けやすくなるかを分析するため、部材仕入が滞っていた日数に対して取引先企業数が与えた影響を推計した。その結果が、表3の(5)(6)に示されている。(5)と(6)の違いは、第4.1節に記された(1)と(2)の違いと同様である。(5)では必ずしも明確ではないが、(6)では、すべてのタイプの取引先企業数が増えれば、部材仕入が滞っていた日数が増えることがはっきりと示されている。取引先企業数が倍増することで、多い場合には部材仕入が滞る日数が40%近く、少ない場合でも10%程度増える。つまり、被災地域内であれ、地域外であれ、直接であれ、間接であれ、いずれにせよ取引企業が増えることで、震災時に仕入先からの部材の供給が止まる可能性が高まることは間違いないと言えよう。

4.4 企業からの支援に対する影響

さらに、多くの取引先があれば震災時に他の企業からの支援を受けやすいかを分析した。RIETI調査では、取引先および同業他社から、物的・人的・資金的支援を受けたかを聞いており、ここでは、企業からの何らかの支援を受けたかどうか、取引先企業数によって影響を受けたかをプロビ

⁴ (3)と(4)の違いは、(1)と(2)の違いと同様である。

⁵ %増と%ポイント増は、厳密には異なる。例えば、年率10%だった企業の売上高成長率が100%増加するということは、成長率が20%になるということだが、100%ポイント増加するということは、成長率が110%になるということである。

ット法によって推計し、取引先企業数が倍増したときに支援を受けた確率がどの程度増減するか⁶を表3の(7)(8)に示した。その結果、被災地外の販売先が多いと他企業からの支援を受けた確率が増えることが見出されたが、これはルネサス・エレクトロニクスが顧客の自動車会社から多くの支援を受けた例(第1節を参照)と整合的である。

4.5 サプライヤーの代替に対する影響

震災からの復旧に対するサプライチェーンのプラスの効果は、取引先からの支援以外に、サプライチェーン・ネットワークを利用して部材の供給が途絶した場合に新規取引先を見つけやすいという点がある。とは言え、この点について分析するのは容易ではない。なぜなら、震災後に仕入先を変更しなかったからと言って、それが仕入先を変更する必要がなかったからなのか、必要があったにもかかわらずできなかったのかは、本論文のデータ上では区別しにくいからである。

それを理解した上で、取引先企業数と震災後に仕入先の変更の有無との関係を推計することで、サプライチェーンが取引先に影響したかどうかについての考察を試みる。プロビットを利用し、部材仕入が途絶したことで仕入先を変更する必要性が生じた可能性を考慮するために、第3節で述べた説明変数に、部材仕入に影響のあった日数とその2乗を加える。表3の(9)(10)の結果は、総じて被災地内の取引先数が多くなると仕入先を変更した可能性が増え、被災地外の販売先が多くなるとその可能性が低くなることを示している。被災地内の取引企業数と仕入先の変更との正の相関は、被災地域内に取引企業が多いと仕入先を変更する必要が多かったことを示している可能性もある。しかし、被災地内の販売先(仕入先ではなく)の数が増えても、仕入先の変更の可能性が高くなるが見出されていることから、この関係は地域に取引企業が多いと代替調達先を確保しやすいことを示唆している。

さらに、中島・戸堂(2013)に基づき、やや異なる面からこの点について分析を行ってみよう。RIETI データでは震災後に仕入先を変更した企業に対して、新しい取引先をどのように見つけたか(図6を参照)と、新しい取引先の地理的近接性、価格、納品の頻度や速度、品質についての評価とを聞いている。そこで、新しい取引先の質がその見つけ方とどのように相関するかを推計した結果、タウンページやインターネットを使って見つけた場合には、これまでの仕入先や同業者、業界団体を通して見つけた場合にくらべると、新しい取引先の質が大きく悪化することがわかった。この結果は、震災時に部材供給の途絶に対して新しい取引先で代替しなければならないときに、サプライチェーンをはじめとする企業のネットワークがより適切な代替調達先の確保に有効だということを示唆している。

⁶ より厳密には、全ての説明変数の平均値における限界効果を推計した。

5. まとめと政策提言

第4節のデータ分析によって、以下のことが示された。

1. 被災地域内に取引先が多くなればなるほど、被災地企業の操業の再開が早まることはないが、売上高の中期的な回復は早くなる。
2. 被災地域外に取引先が多くなればなるほど、被災地企業の操業の再開は早まる。さらに、被災地以外の販売先が多い場合には、中期的にも売上高の回復が早くなる傾向にある。
3. サプライチェーンによって多くの企業と間接的につながっている場合、被災地企業の操業の再開は遅くなる傾向にあるが、中期的な売上の増減には影響しない。
4. 取引先企業数が多くなればなるほど、仕入先からの部材の供給が途絶している期間は長くなる。
5. 被災地域外に販売先企業が多いと、復旧に対する支援を受ける可能性が高まる。
6. 震災後の仕入先からの部材供給の途絶によって取引先を変更しなければならない時、より適切な取引先を見出すのに企業ネットワークは有効である。

1および2の結果は、サプライチェーン・ネットワークが、大災害時において企業活動の復旧の妨げになるというよりもむしろ復旧を早めることを、はっきりと示している。つまり、サプライチェーン・ネットワークを深化することは企業の経済的強靱性を強化することにつながるのだ。これは、上記3及び4の結果で示されるように、被災した企業からの部品・素材の供給が途絶えると、操業停止がサプライチェーンを伝わって伝播していくというマイナス面がある一方で、取引先から被災企業が支援を受けたり（結果5）、企業ネットワークを利用して被災した取引企業を代替したり（結果6）といったサプライチェーン・ネットワークのプラス面があるためだ。

このような本論文の発見は、例えば徳井他（2012）のように、サプライチェーンが東日本大震災の被害を増幅したとする結果とは異なる。これは、徳井他（2012）が産業連関表を基にしたモデルにおいて、産業間で固定された投入産出の構造を仮定し、サプライチェーンのマイナス面のみに焦点を当てているためである。しかし、本論文の結果は、実際の経済における投入産出の構造、サプライチェーンの構造は柔軟なものであり、ある中間財セクターで生産が減少した場合にはセクター内外からの支援や生産の代替によってそれを補填するような動きが生じ、最終財の生産の減少はそれほど大きなものにならない可能性があることを示唆している。実際、Hallegatte（2012）は、大災害の被害を算出するために産業連関表を基にしたモデルを使う場合には、災害時の生産の代替のあり方やサプライチェーン・ネットワークの構造によって推定被害額が大きく異なることを見出し、モデルをより現実に適合した形に精緻化していく必要があることを主張している。本論文の結果は、このような理論研究に対して大きな示唆を与えるものである。

さらに、本論文の結果は、被災地域内のネットワークと被災地域外とのネットワークは、災害からの復旧に対する効果が異なることを見出している。被災地域内のネットワークは中期的な売上の

復旧に有効で、被災地域外とのネットワークはより短期的な生産の再開に有効である。したがって、両方のネットワークを兼ね備えることによって、より強靱な企業が構築される。このように多様なネットワークが経済活動に有効であることは、多くの研究が示している。例えば、Tiwana (2008) や Rost (2011) などの研究は、人間が最もイノベーティブなのは、ある集団の中で他人と強くつながりながらも、毛色の違う集団ともつながりがあるという多様なネットワークを持つ場合であることを明らかにしている。本論文は、災害に対する強靱性についても、やはり多様なネットワークを持つということが重要であることを強く示唆している。

したがって、今後予想される東海地震、東南海地震、南海地震、およびその連動型のような大災害に対して備えるには、日本の各地域において、地域内のみで完結した企業ネットワーク、サプライチェーンを構築するのではなく、他の地域ともつながった多様な複線型のネットワークを構築していくことが必要であると考えられる。具体的な政策としては、地域の産業振興策において、地域外の企業や大学とのつながりをつくるような商談会、展示会、研究プロジェクト支援が効果的であろう。このようなネットワーク支援は、Nishimura and Okamuro (2011) においても技術進歩や売上増に有効であることが示されている。また、本論文の分析では必ずしも明示的には扱っていないが、海外との取引も多様なネットワークの構築に寄与するので、地域の中小企業の国際化支援や海外からの投資の誘致なども災害に対して強靱な経済の構築に役立つはずだ。

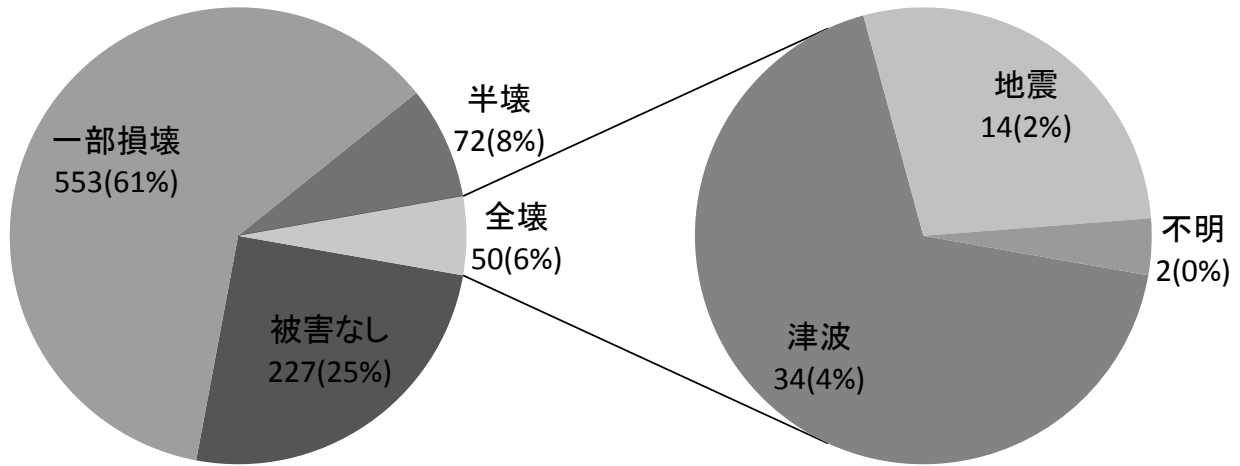
ただし、多様なサプライチェーン・ネットワークの構築には相応のコストが必要であることにも留意しなければならない。特に、地域を超えて適切な取引先を探すための負担は、中小零細企業にとって小さなものではない。したがって、そのコストを考慮すればネットワークが多様であればあるほど社会的に見て望ましいというわけではないことは明らかであり、便益から費用を差し引いた純利益を最大にするような、効率的で強靱なネットワークのあり方を模索していく必要がある。残念ながら、本論文ではデータの制約からこのような分析はできないが、今後このような方向の研究が進むことが期待される。

参考文献

- 警察庁 (2013), 「平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置」, 平成 25 年 2 月 20 日, <http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo.pdf>.
- 齊藤有希子 (2012), 「被災地以外の企業における東日本大震災の影響—サプライチェーンにみる企業間ネットワーク構造とその含意—」, RIETI ディスカッションペーパー, No. 12-J-020.
- 水産庁 (2011), 『平成 23 年度水産の動向』, <http://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h23/index.html>.
- 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 (2012), 「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—」, RIETI ポリシー・ディスカッションペーパー, No. 12-P-004, 経済産業研究所.
- 中小企業庁 (2011), 『中小企業白書 2011 年度版』, <http://www.chusho.meti.go.jp/pamflet/hakusyo/index.html>.
- 浜口伸明 (2013), 「東日本大震災による企業の被災に関する調査」の結果と考察, RIETI ポリシー・ディスカッションペーパー, No. 13-P-001, 経済産業研究所.
- ルネサス・エレクトロニクス (2011). 『ルネサス 震災からの復興』, YouTube, <http://www.youtube.com/watch?v=4P784ZXw3iU>.
- 若杉隆平, 田中鮎夢 (2013), 「震災からの復旧期間の決定要因: 東北製造業の実証分析」, RIETI ディスカッションペーパー, No. 13-J-002, 経済産業研究所.
- Aldrich D. P. (2011). The externalities of strong social capital: Post-tsunami recovery in Southeast India. *Journal of Civil Society*. 7 (1), 81-99.
- Altay N. and Ramirez A. (2010). Impact of disasters on firms in different sectors: implications for supply chains. *Journal of Supply Chain Management*. 46 (4), 59-80.
- Cavallo E., Galiani S., Noy I. and Pantano J. (2013). Catastrophic natural disasters and economic growth. *Review of Economics and Statistics*, forthcoming.
- Dahlhamer J. M. and Tierney K. J. (1998). Rebounding from disruptive events: Business recovery following the Northridge earthquake. *Sociological Spectrum*. 18 (2), 121-41.
- Davis D. R. and Weinstein D. E. (2002). Bones, bombs, and break points: The geography of economic activity. *American Economic Review*. 92 (5), 1269-89.
- duPont IV W. and Noy I. (2012). What happened to Kobe? A reassessment of the impact of the 1995 earthquake in Japan. Working Papers, University of Hawaii at Manoa, Department of Economics, No. 201204.
- Hallegatte S. (2012). Modeling the roles of heterogeneity, substitution, and inventories in the assessment of natural disaster economic costs. World Bank Policy Research Working Paper, No. 6047.
- Hallegatte S. and Przulski V. (2010). The economics of natural disasters: Concepts and methods. World Bank Policy Research Working Paper Series, Vol, No. 5057.
- Henriet F., Hallegatte S. and Tabourier L. (2011). Firm-network characteristics and economic robustness to natural disasters. *Journal of Economic Dynamics and Control*. 36 (1), 150-67.

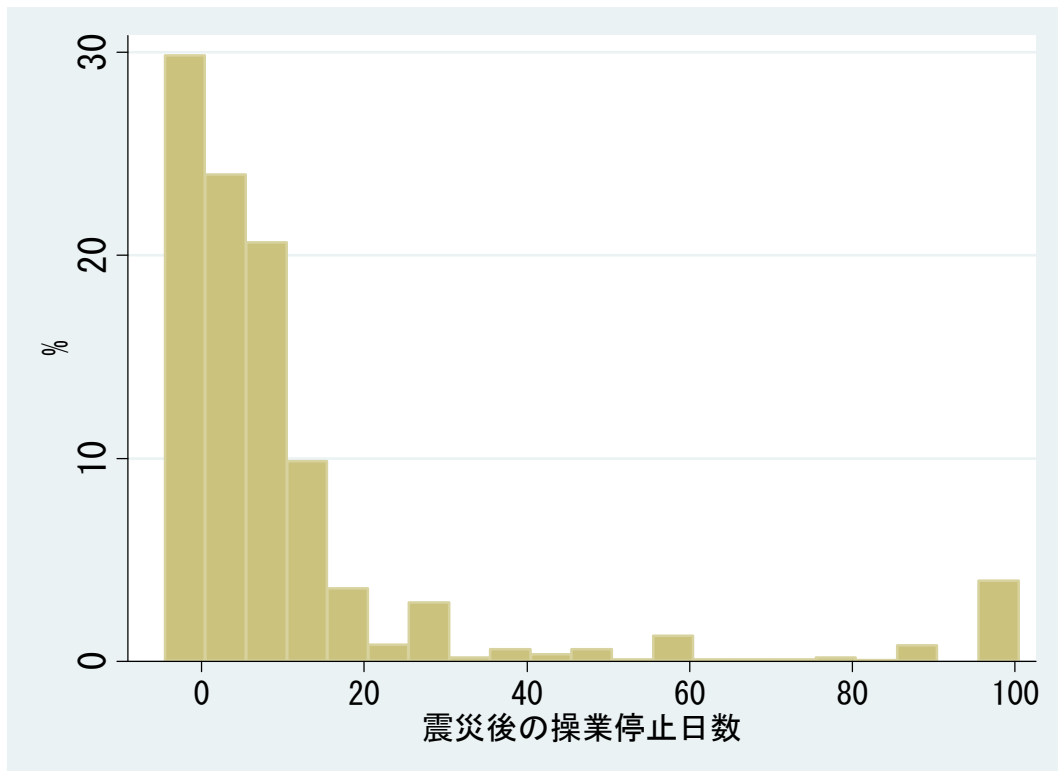
- Nakagawa Y. and Shaw R. (2004). Social capital: A missing link to disaster recovery. *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*. 22 (1), 5-34.
- Nishimura J. and Okamuro H. (2011). R&D productivity and the organization of cluster policy: An empirical evaluation of the Industrial Cluster Project in Japan. *Journal of Technology Transfer*. 36 (2), 117-44.
- Noy I. and Nualsri A. (2007). What do exogenous shocks tell us about growth theories?, Working Paper Series, Department of Economics, University of Hawaii,
http://www.economics.hawaii.edu/research/workingpapers/WP_07-28.pdf.
- Rose A. (2007). Economic resilience to natural and man-made disasters: Multidisciplinary origins and contextual dimensions. *Environmental Hazards*. 7 (4), 383-98.
- Skidmore M. and Toya H. (2002). Do natural disasters promote long-run growth? *Economic Inquiry*. 40 (4), 664-87.
- Smith R. J. and Blundell R. W. (1986). An exogeneity test for a simultaneous equation Tobit model with an application to labor supply. *Econometrica*. 54 (4), 679-86.
- Webb G. R., Tierney K. J. and Dahlhamer J. M. (2002). Predicting long-term business recovery from disaster: comparison of the Loma Prieta earthquake and Hurricane Andrew. *Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards*. 4 (2), 45-58.

図 1：分析に使用した事業所の被害の程度



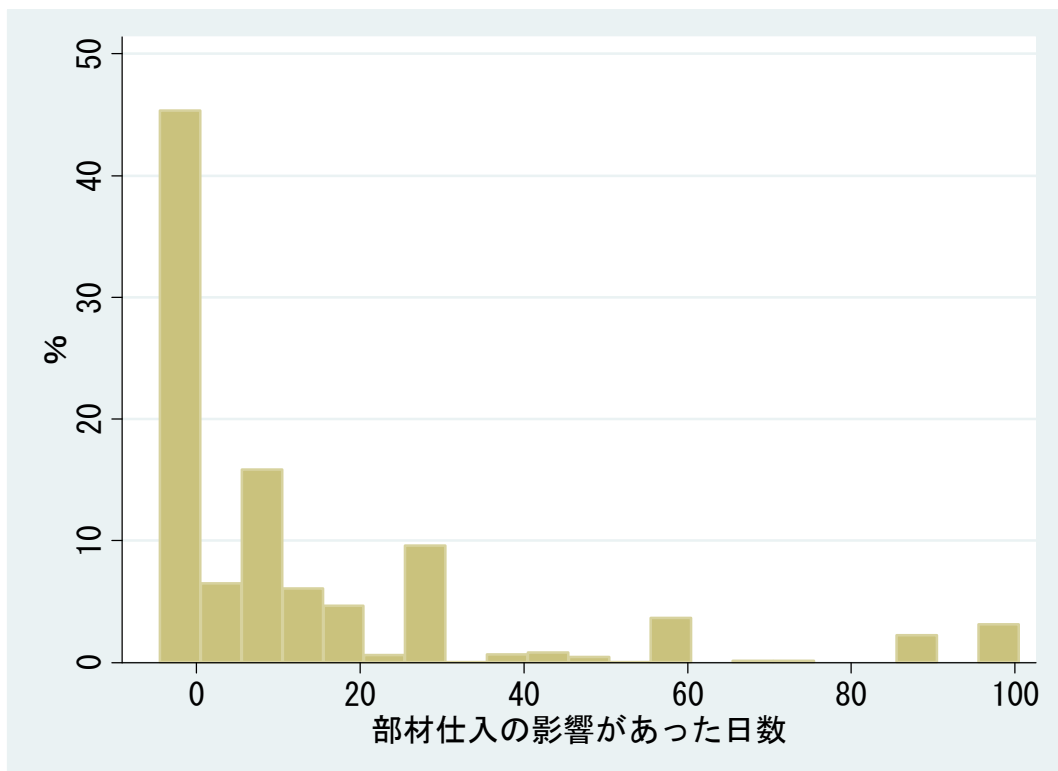
注：RIETI データと TSR データを統合し、整理したデータを基にしている。

図 2：震災後の操業停止日数の分布



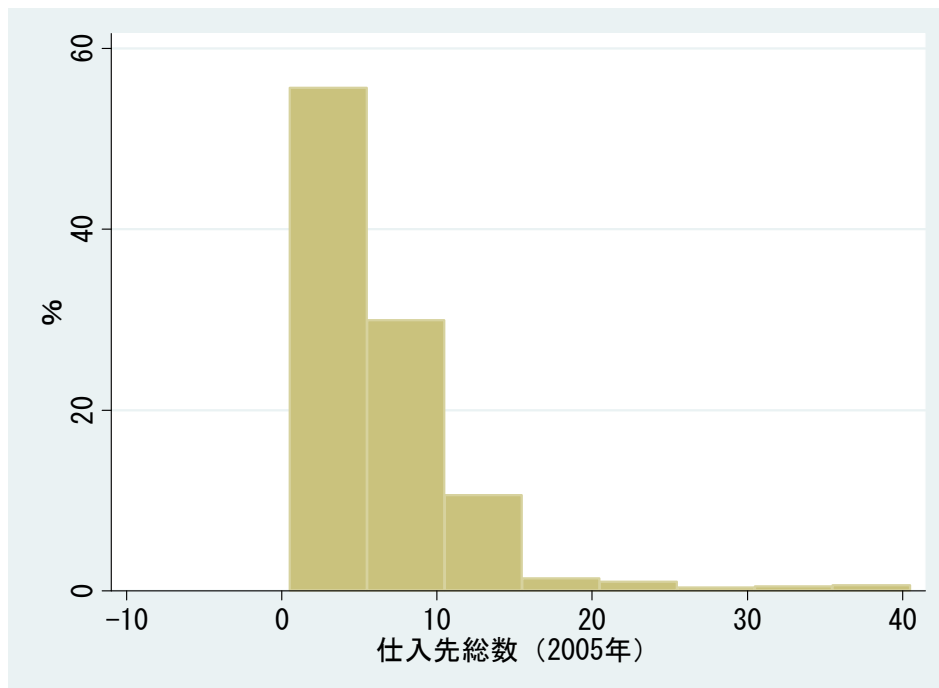
注：右端の柱は、操業停止日数が 100 日以上企業も含む。

図 3：震災後部材仕入に影響があった日数の分布



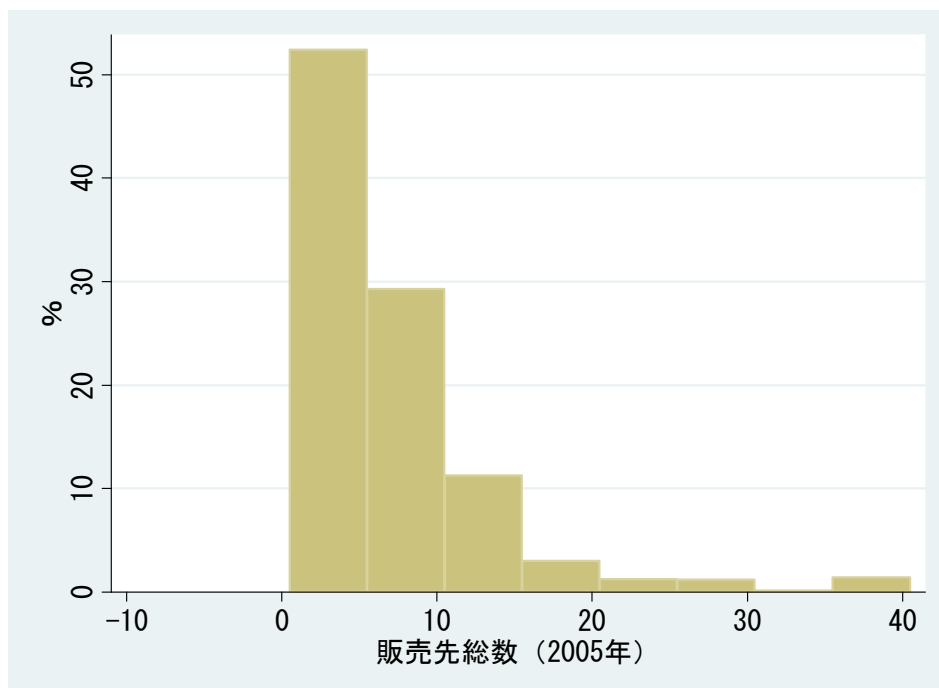
注：右端の柱は、部材仕入の影響があった日数が 100 日以上企業も含む。

図4：仕入先企業総数の分布



注：右端の柱は、仕入先企業数が40社以上の企業も含む。

図5：販売先企業総数の分布

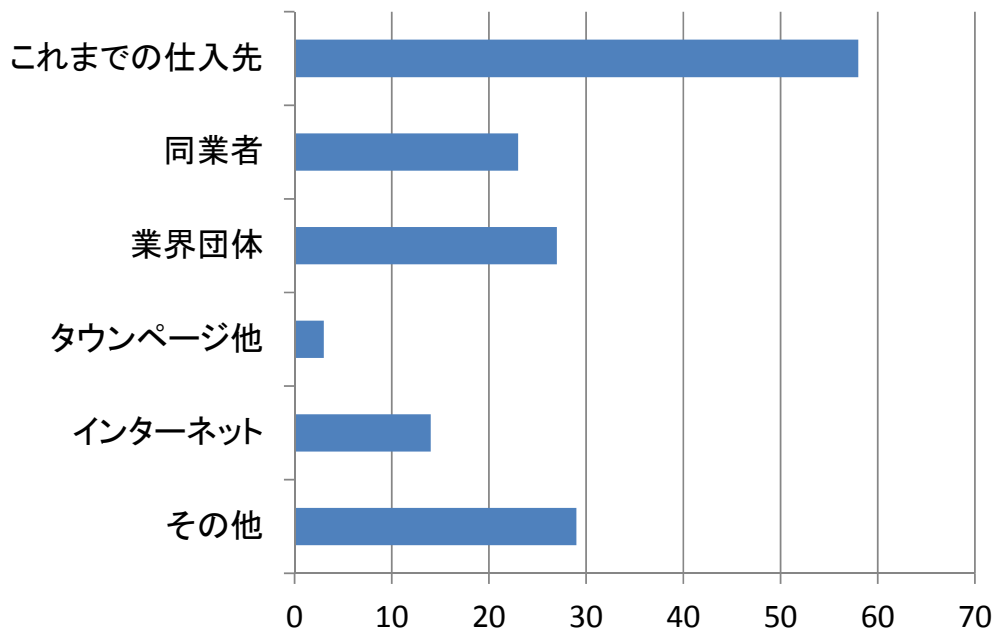


注：右端の柱は、販売先企業数が40社以上の企業も含む。

図 6：日本企業の取引相関図



図7：新しい仕入先の見つけ方



注：東日本大震災後に仕入先を変更した114事業所のうちの事業所数。複数回答可。ただし、TSRデータと統合する前のRIETIデータを基にしている（つまり、取引関係のデータのない事業所も含まれている）。

図8：取引企業数と震災後の操業停止日数

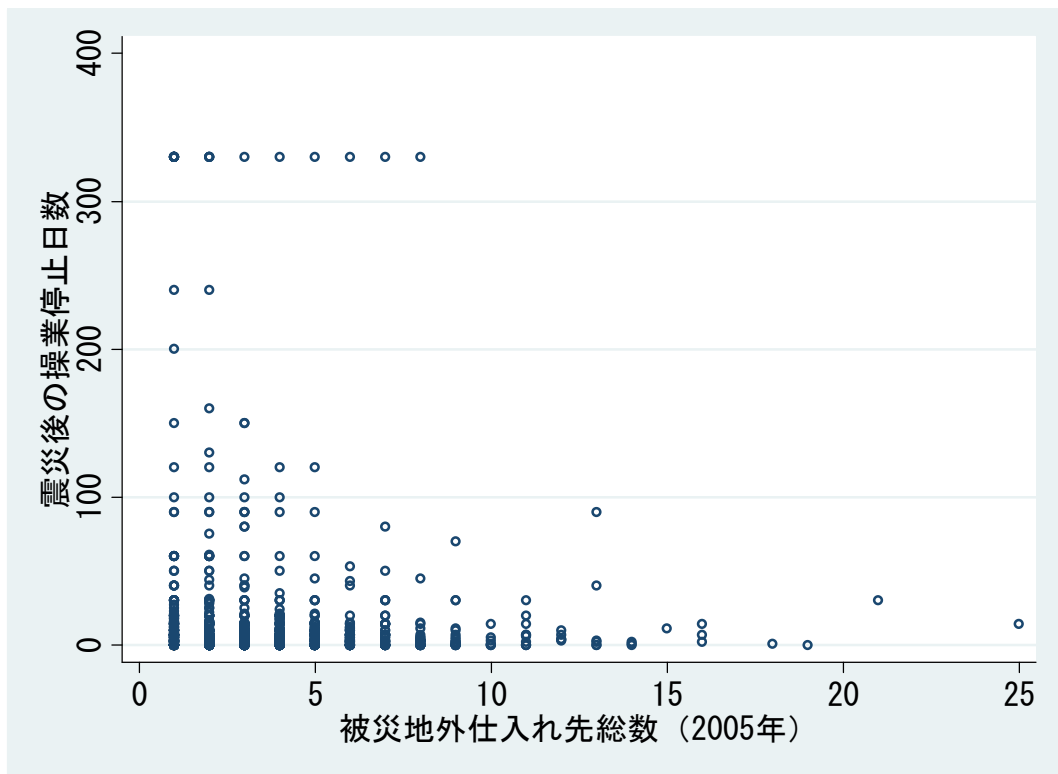


表 1：分析に使用した事業所数（県別・産業別）

県	事業所数	シェア(%)
青森	26	2.9
岩手	167	18.5
宮城	173	19.2
福島	186	20.6
栃木	126	14.0
茨城	224	24.8
合計	902	100

産業	事業所数	シェア(%)
食料品製造業	115	12.8
飲料・たばこ・飼料製造業	27	3.0
繊維工業	13	1.4
木材・木製品製造業(家具を除く)	55	6.1
家具・装備品製造業	4	0.4
パルプ・紙・紙加工品製造業	16	1.8
印刷・同関連業	63	7.0
化学工業	14	1.6
石油製品・石炭製品製造業	2	0.2
プラスチック製品製造業(別掲を除く)	51	5.7
ゴム製品製造業	4	0.4
なめし革・同製品・毛皮製造業	1	0.1
窯業・土石製品製造業	90	10.0
鉄鋼業	14	1.6
非鉄金属製造業	18	2.0
金属製品製造業	114	12.6
はん用機械器具製造業	6	0.8
生産用機械器具製造業	52	5.8
業務用機械器具製造業	22	2.4
電子部品・デバイス・電子回路製造業	13	1.4
電気機械器具製造業	68	7.5
情報通信機械器具製造業	10	1.1
輸送用機械器具製造業	37	4.1
その他の製造業	76	8.4
非製造業	17	1.9
合計	902	100

注：産業分類は、日本標準産業分類（平成 19 年 11 月改訂）による。<http://www.stat.go.jp/index/seido/sangyo/19-3.htm>

表 2：分析に利用した事業所の概要

		平均値	中央値	最小値	最大値
従業員数	2010年9月	53.12	28.50	4	1120
	2011年9月	53.14	29.00	3	1086
従業員数変化率(%)	2010年9月～2011年9月	-0.91	0.00	-83.33	118.18
	2005年～2010年9月(フルタイムのみ)	0.02	0.01	-0.66	0.61
売上高(10億円)	2010年4～9月期	1.17	0.14	0	600
	2011年4～9月期	1.23	0.14	0	650
売上高変化率(%)	2010年4～9月期から2011年4～9月期	1.21	-0.57	-100	283.80
	2005年～2010年(年率換算)	-0.05	-0.03	-1.85	1.74
操業停止日数		14.86	5	0	330
部材仕入に影響のあった日数		21.03	7	0	330
仕入先企業数					
	被災地域内	4.14	3	1	105
	被災地域外	3.61	3	1	25
	仕入先の仕入先	612.95	86.5	0	12,884
販売先企業数					
	被災地域内	4.63	3	1	91
	被災地域外	3.79	3	1	29
	販売先の販売先	925.24	147	1	11,501

表3：取引先企業数の倍増が及ぼす影響

	(1) 操業停止 日数	(2) 操業停止 日数	(3) 売上高 成長率	(4) 売上高 成長率	(5) 部材供給 停止日数	(6) 部材供給 停止日数
被災地内の仕入先	なし	なし	4.2%pt	3.1%pt	なし	38.0%
被災地外の仕入先	-36.0%	-16.2%	なし	なし	なし	21.7%
仕入先の仕入先	7.1%	なし	なし	なし	11.3%	13.7%
被災地内の販売先	なし	なし	3.0%pt	3.8%pt	34.0%	35.6%
被災地外の販売先	-28.0%	-14.5%	なし	4.0%pt	なし	26.8%
販売先の販売先	5.8%	なし	なし	なし	なし	10.7%

	(7) 企業から の支援	(8) 企業から の支援	(9) 仕入先の 変更	(10) 仕入先の 変更
被災地内の仕入先	なし	なし	2.9%	2.2%
被災地外の仕入先	なし	なし	なし	なし
仕入先の仕入先			-1.1%	なし
被災地内の販売先	なし	なし	1.4%	1.1%
被災地外の販売先	なし	4.4%	-1.8%	-1.3%
販売先の販売先			なし	なし

注記：奇数番号の列は、被災地内の仕入先、被災地外の仕入先、仕入先の仕入先の3つを同時に説明変数とした回帰分析と、被災地内の販売先、被災地外の販売先、販売先の販売先の3つを同時に説明変数とした回帰分析の結果をまとめて示している。偶数番号の列は、6つのタイプの取引先企業数を1つずつ説明変数とした回帰分析の結果をまとめて示している。