

IR情報に基づく東日本大震災が 東証一部上場企業に与えた被害の分析

古橋 隆行¹・多々納 裕一²・梶谷 義雄³・西村 泰紀⁴

¹学生会員 京都大学大学院情報学研究科 (〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町 36-1)

E-mail: furuhashi@imdr.dpri.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)

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

³正会員 京都大学防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

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

⁴学生会員 京都大学大学院情報学研究科 (〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町 36-1)

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

本研究では、IR情報に基づいて東証一部上場企業を対象とした東日本大震災による被害の分析を行った。まず、震災を受けて企業が計上した特別損失に相当する「震災による損失」を用いて被害の計量化を行った。現行では「震災による損失」には明確な計上方法が確立されていないため、適切な処理方法を検討するとともに、現時点で収集を行った製造業824社のデータに適用した。適用の結果、実際の復旧費用の発生タイミングとその大きさを定量的に評価するとともに、業種別の被害の特徴を把握することができた。さらに、適時開示情報による企業の生産拠点の操業継続・停止状況と外力(SI値)の情報を空間的に重ね合わせることで、フラジリティ曲線の作成を行った。この分析の結果、製造業において業種別の操業継続性に関する脆弱性の特徴を観察することができた。

Key Words : IR information, economic impact assessment, the Great East Japan Earthquake, operational continuity, the first section of TSE

1. はじめに

2011年3月11日に三陸沖を震源として発生した東北太平洋沖地震は、地震の規模を示すMw9.0という国内観測史上最大の地震であり、その後の余震・津波・液状化・火災や原発事故を伴う複合的な災害(東日本大震災)として猛威をふるい、東日本を中心に超広域に渡って大きな爪跡を残した。産業部門においてもその被害は甚大であり、被災地域の各生産拠点、営業拠点での機械、建築物、

在庫等への直接的な被害はもちろんのこと、間接的な被害も大きく波及した。被災地域の生産拠点では、ライフラインの断絶、計画停電などによって操業を制限され、生産減少を余儀なくされた。企業によっては、生産が休止、制限されることの影響は営業利益の低下、原価性のない固定費の負担などの自社におけるものに留まらず、仕入先の利益の低下、供給先の生産の減少を巻き込むサプライチェーン被害に発展した。

被害の規模を把握し、今後の対応に役立てるため、政府や各研究所、証券会社によって被害額の試算が行われている。公表された主な試算結果は表-1の通りである。速報的に公表されるこれらの被害試算額は、建築物、社会インフラなどストック次元の毀損額(慣用的には直接被害と呼ばれる)に相当する場合が多い。災害発生後に生じる営業利益低下などのフロー次元の被害(慣用的には間接被害と呼ばれる)については、事後的にアンケート調査に基づいた算出、産業連関分析や応用一般均衡モデルを用いた分析による算出が行われている。

しかしながら、災害による産業部門の被害総額を求

表-1 東日本大震災による被害試算結果(ストック次元)

公表時期 (2011年)	試算機関	被害試算結果
6月24日	内閣府(防災担当)	16兆9千億円
4月28日	日本政策投資銀行	16兆円(4県)
4月18日	株式会社三菱総合研究所	14兆~18兆円
3月16日	ゴールドマンサックス証券	16兆円規模
3月16日	パークレイズ・キャピタル	15兆円超
3月16日	野村証券金融経済研究所	13兆円程度

める際に、直接被害と間接被害を上記のように定義して別々に推計を行おうとすると問題が生じる。中野ら¹⁾は、直接被害を毀損額で計上すると、間接被害と合計して被害総額を推計する際に二重計算が生じることを示している。また、間接被害の推計に多く用いられるアンケート調査については、東日本大震災の超広域性を考慮するとサンプル設定が難しいという問題がある。

そこで、本研究では、企業のIR情報に基づいて東日本大震災の被害分析を実施するための方法論の開発を試みる。IR情報とは、有価証券報告書、適時開示情報などの株主や投資家向けの公開情報である。対象は有価証券報告書の開示規定のある東証一部上場企業としており、企業数は少ないが各業種の売上シェアに占める割合の高いこれらの企業の動向を見ることで、被害の概要をつかむことを目指している。まず、IR情報のうち有価証券報告書に記載される財務諸表を用いて、東日本大震災による被害の計量化を試みた。その際、企業が被る被害額が整合的になるように処理方法を留意した。さらに、適時開示情報に記載される生産拠点の被災情報と、その拠点の所在地での地震動データ(SI値)を用いて、脆弱性曲線を推計し、地震動による生産拠点の操業継続性について分析した。

2. IR情報に基づく被害計量化

(1) 既往研究と本研究の位置づけ

a) 既往研究の概要

災害が発生した場合、被害の規模を把握し今後の対応に役立てるためには、災害による被害額を推計することが重要である。これまでも我が国においては、1995年阪神大震災や2004年新潟県中越地震をはじめとする自然災害による産業被害の推計が行われてきた。自然災害による企業の経済被害は従来、社屋の損壊、機械・設備、商品の破損等の直接的な被害（主にストック次元の被害）と機会損失や得意先の喪失等による営業利益の減少等の間接的な被害（主にフロー次元の被害）を別々に推計することが多かった。

直接被害に関する推計では、復旧費用を積み上げて算出する方法、内閣府や各証券会社が被害の試算に用いるような資産の毀損額を積み上げる方法などが用いられている。間接被害に関する推計では、産業連関分析²⁾や応用一般均衡分析モデルを用いた分析⁴⁾、売上高の減少や今後の見込みを問うアンケート調査結果に基づいた分析⁶⁾などが用いられており、その精度を高める取り組みが進められている。

しかしながら、災害発生後から始まる災害の全過程を通じて生じる被害を算出するためには、フロー被害とス

tock被害の双方を考慮した経済被害の総額を求めることが必要であり、企業が被る経済被害を推計する上で、直接被害と間接被害を上記のように別々に推計しようとすると、多々納ら⁸⁾が指摘するように、それらを合計して被害総額を求める際に二重計算や計算漏れの可能性を生じる。

こうした問題意識から、中野ら¹⁾では直接被害と間接被害を合わせた総経済被害額を、二重計算をせずに整合的に求めるための方法の枠組みが提案されている。この研究によると、自然災害によって企業が被る経済被害の総額は、被災しなければ得られたはずのキャッシュフローと被災後に実現したキャッシュフローとの差額を各期復旧するまで足し合わせた額であるとされている。そしてこの差額は、震災発生によって毀損したストックを元の水準に戻す際にかかる費用(復旧費用)と、元の営業水準に戻るまでの操業利益の減少(逸失利益)の合計額とすれば経済理論と整合的であるということを示している。中野ら¹⁾では、この理論に適用可能なデータをアンケート調査によって収集し、新潟県中越地震の産業部門の被害推計を行っている。

b) 本研究の位置づけ

以上の既往研究から分かるように、まず、災害による企業の被害総額を求める際には、二重計算をしないように留意することが必要である。そして、上記の既往研究においてはそのデータソースをアンケート調査に求めているものが多いということがある。既述したように東日本大震災の超広域性を考慮すると、アンケート調査におけるサンプル設定は難しい。そこで本研究では、東証一部上場企業に開示義務のある有価証券報告書を中心としたIR情報に基づいて、自然災害による企業の被害計量化を試みる。

本研究では、現時点でデータ収集を行った東証一部上場の製造業全824企業を対象としており、これは企業数では製造業全体の1%に満たないほどであるが、売上高ベースでは圧倒的なシェアを誇っている。そのため、東証一部上場企業の被害に注目することで、完全な推計ではないが、産業内の被害の概要を把握することが出来ると考えられる。本研究のように東証一部上場企業を対象とした被害の計量化に関する研究は他に見当たらない。

c) 本研究の考え方

本研究で被害計量化に用いるデータソースは、IR情報のうち有価証券報告書の財務諸表上に記載される特別損失「災害による損失」である。「災害による損失」は企業が震災による被害額を外部へ報告する意味で計上するものであり、一般的に震災による企業の被害を知る指標として考えられている。

しかしながら現行では、その計上方法については明文化されたものがなく、企業によってその計上方法が異な

っている。そのため実際には、この特別損失を単純合計しても震災による経済被害の実態をつかむことができない。本研究ではそうした情報から重複計算のないように被害の計量化を図るために、企業が自然災害によって被る被害を災害直後から生じる損益の観点から考えて、「復旧費用」「棚卸資産の滅失損失」「固定資産の除却損」「操業休止中の固定費」という4つの被害項目に分類することで被害データを収集した。この分類の際の処理方法や注意点については次節で述べる。

(2) 被害計量化方法

自然災害によって企業に発生する被害を総合的に分析するためには、災害発生直後から元の水準に戻るまでの企業が受ける被害の総額を考える必要がある。また、企業の被害を計量化するためには、企業が震災によって被る被害総額を二重計算や計算漏れなく適切な被害項目に分類する必要がある。以下では、企業が災害発生直後に直接的に被る被害から始まり、それから波及して生じる間接的な被害も考慮した経済的影響を適切な被害項目に分類することを試みた。

自然災害により直接的に被害を受けるものとしては、固定資産と棚卸資産がある。棚卸資産は流動資産であるため、滅失損失を毀損した資産の現在価値として見ることができるが、固定資産については取り扱いに注意が必要である。中野ら¹⁾では直接被害として資産の毀損分を計上し、同時に、毀損した資産が利用できなかったために生じた事業停止損失を間接被害として計上すると明らかに二重計算が行われることを示している。

ここでは災害発生直後からの売上、費用、利益の関係を見て、固定資産に被害が生じた場合の事業停止損失も考慮した経済的影響について考える。ここでの利益とは売上から費用を差し引いた額とする。

第 t 期における売上、変動費、固定費、利益をそれぞれ $R(t)$ 、 $C_v(t)$ 、 C_F 、 $\pi(t)$ とすると、その関係は式(1)で与えられる。固定費は t によらず一定と考えられる。

$$\pi(t) = R(t) - C_v(t) - C_F \quad (1)$$

災害による事業停止損失 $\Delta\pi(t)$ は、仮に災害が発生しなかったと仮定した場合の利益の推定値 $\tilde{\pi}(t)$ と、実際に観察された利益 $\pi(t)$ との差額なので、式(2)で与えることができる。

$$\Delta\pi(t) = \tilde{\pi}(t) - \pi(t) \quad (2)$$

以下、固定資産が被災した場合の損益について考えるが、簡単化のために、災害時の企業の操業が停止もしくは平常通りに操業という2水準のいずれかの状態で与え

られると仮定し、平常通りの操業の場合には営業水準は一定であるとする。このとき、平常通りに操業している場合の利益は図-1のように表され、式(1)の関係である。操業を停止している場合、売上はなく変動費も生じないが、固定費用は支出する必要があるため、利益は図-2のように表され、式(3)で与えられる。

$$\pi(t) = -C_F < 0 \quad (3)$$

この場合、操業休止中にかかる固定費をマイナスの利益として表現している。

固定資産が被災した場合、企業が取り得る選択肢は復旧させるか、除却するかのいずれかである。その判断は被災資産が将来に渡って生み出すサービスとその復旧にかかる費用を比較して下されるものと考えられる。

まず、復旧させる場合の損益を考える。時点0で災害が発生し、 t_R 期に復旧費用 C_R をかけて完全復旧させて、 $0 \sim t_R$ 期においては操業停止とする。これを表したのが図-3である。塗りつぶしている箇所が事業停止損失に相当する部分である。災害が発生しなかったと仮定した場合の第 t 期($0 \leq t \leq t_R$)の売上、変動費、固定費、利益の関係は以下の式(4)となる。

$$\tilde{\pi}(t) = \begin{cases} \tilde{R}(t) - C_F - \tilde{C}_v(t) & (0 \leq t \leq t_R) \\ R(t) - C_F - C_v(t) & (t_R < t) \end{cases} \quad (4)$$

一方、実際の関係は以下の式(5)で与えられる。

$$\pi(t) = \begin{cases} -C_F & (0 \leq t \leq t_R) \\ R(t) - C_v(t) - C_F & (t_R < t) \end{cases} \quad (5)$$

$t(\geq 0)$ 期における事業停止損失 $\Delta\pi(t)$ は、以下式(6)

$$\Delta\pi(t) = \begin{cases} \tilde{R}(t) - \tilde{C}_v(t) & (0 \leq t \leq t_R) \\ 0 & (t_R < t) \end{cases} \quad (6)$$

となる。以上から、工場を復旧させた場合に企業に生じる損失は、操業休止中に生じる生産者余剰 $\tilde{R}(t) - \tilde{C}_v(t)$ と復旧費用 C_R の合計額であることが分かる。

次に除却した場合を考える。時点0で災害が発生し、 t_D 期に除却費用 C_D をかけて除却させたとして、この場合の売上、費用、利益の推移を図-4に表している。図-3と同様に塗りつぶしている箇所が事業停止損失に相当する部分である。 $0 \sim t_D$ 期において操業を停止しており、 t_D 期以降は操業を中止しているとする、実際の利益は以下の式(7)で与えられる。

$$\pi(t) = \begin{cases} -C_F & (0 \leq t \leq t_D) \\ 0 & (t_D < t) \end{cases} \quad (7)$$

一方、仮に被災しなかった場合の利益 $\tilde{\pi}(t)$ は以下の式(8)で表すことができる。

$$\tilde{\pi}(t) = \tilde{R}(t) - C_F - \tilde{C}_V(t) \quad (0 \leq t) \quad (8)$$

$t(\geq 0)$ 期における事業停止損失 $\Delta\pi(t)$ は以下の式(9)

$$\Delta\pi(t) = \begin{cases} \tilde{R}(t) - \tilde{C}_V(t) & (0 \leq t \leq t_D) \\ \tilde{R}(t) - C_F - \tilde{C}_V(t) & (t_R < t) \end{cases} \quad (9)$$

で表すことができる。

以上から、工場を除却させた場合に企業に生じる損失は、事業停止損失としての操業休止中の生産者余剰 $\tilde{R}(t) - \tilde{C}_V(t)$ と、被災しなかったと仮定した場合の将来にわたる利益 $\tilde{\pi}(t)$ に除却費用 C_D を足した合計額であることが分かる。これらの費用は合計して固定資産の除却

損として計上される。

以上までの考え方から、自然災害による経済的被害を、「復旧費用」、「棚卸資産の滅失損失」、「固定資産の除却損」、「事業停止損失(操業休止中の固定費)」の4項目に分類することができた。この他の被災した代理店、特約店等の取引先に対する見舞金や、被災した従業員、役員等に対する見舞金、ホテルの宿泊代等の復旧支援費用などの災害に関わる臨時費用を、特別損失として計上している場合は、「その他」として分類した。

ここで、事業停止損失は逸失利益(本来得るはずの利益の逸失分)と操業休止中の固定費からなるが、逸失利益は推計値であるため、財務諸表上には計上されない場合が多く、本研究では操業休止中の固定費のデータのみを事業停止損失の一部として収集している。逸失利益については、別途計量化を行う必要がある。

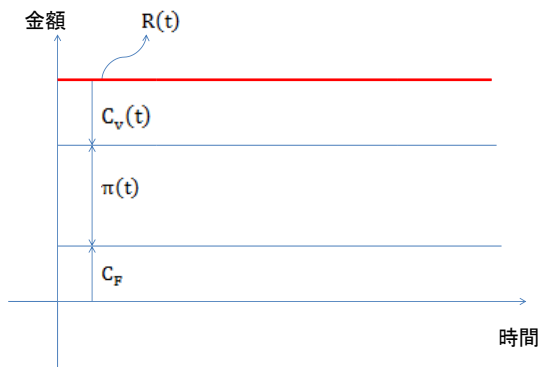


図-1 平常通りに操業する場合の関係

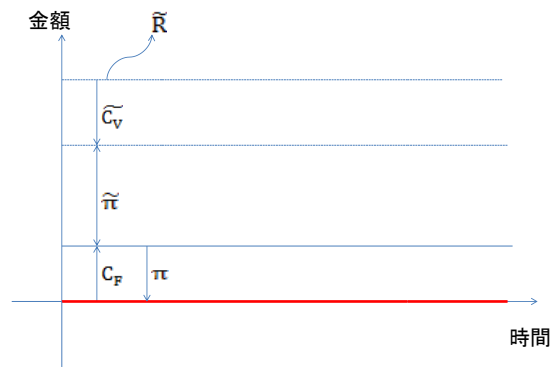


図-2 操業を停止している場合の関係

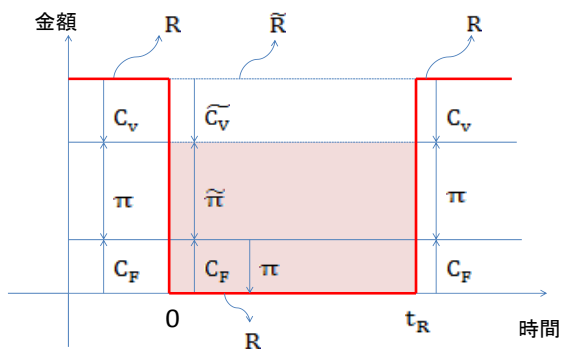


図-3 被災資産を復旧させる場合の推移

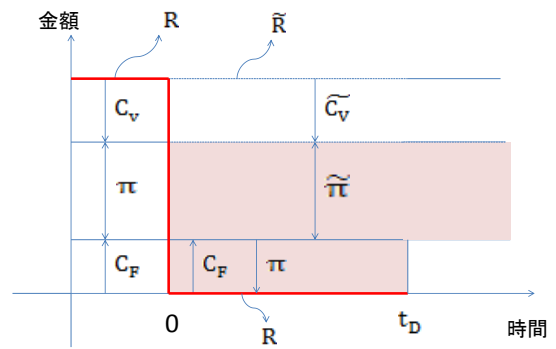


図-4 被災資産を除却する場合の推移

表-2 データ開示状況と収集結果

業種	東証一部上場 企業数	災害損失を計上し ている企業数(%)	被害項目別に計上し ている企業数(%)	災害損失合計 (百万円)	被災企業一社当たりの 災害損失(百万円)
食料品	65	53 (81.5)	29 (44.6)	118377	2234
繊維製品	40	21 (52.5)	9 (22.5)	9695	462
パルプ・紙	11	9 (81.8)	3 (27.3)	37149	4128
化学	121	77 (63.6)	38 (31.4)	136806	1777
医薬品	36	21 (58.3)	7 (19.4)	49661	2365
石油・石炭製品	11	5 (45.5)	4 (36.4)	159160	31832
ゴム製品	11	8 (72.7)	4 (36.4)	18531	2316
ガラス・土石製品	29	21 (72.4)	11 (37.9)	29631	1411
鉄鋼	35	24 (68.6)	12 (34.3)	152478	6353
非鉄金属	24	16 (66.7)	8 (33.3)	45644	2853
金属製品	36	24 (66.7)	11 (30.6)	17907	746
機械	118	45 (38.1)	11 (9.3)	46703	1038
電機機器	154	68 (44.2)	40 (26.0)	157266	2313
輸送用機器	60	36 (60.0)	25 (41.7)	138072	3835
精密機器	26	17 (65.4)	8 (30.8)	17438	1026
その他製品	47	23 (48.9)	12 (25.5)	18372	799
合計	824	468 (56.8)	232 (28.2)	1152890	2463

(3) データ開示状況と収集結果

本研究での対象は2011年12月31日時点で東証一部上場企業のうち製造業に属する企業824社とした。簡単のために、各企業を会社四季報の分類に基づいて食料品、繊維製品、パルプ・紙、化学、医薬品、石油・石炭製品、ゴム製品、ガラス・土石製品、鉄鋼、非鉄金属、機械、電機機器、輸送用機器、精密機器、その他製品の16業種に分類している。対象期間中(2011年3月11日～12月31日)に開示された有価証券報告書(四半期報告書)の財務諸表において、災害損失を計上した企業数、それを被害項目別に行った企業数、災害損失の合計、それを業種別に被災企業一社当たり割り当てた額を表-2に示している。

災害損失を計上した企業数に関しては、業種別に多少のばらつきはあるものの、製造業全体で見れば実に半数以上に及んでいる。そしてそのうち、被害項目別に損失を計上した企業は半数以下である。災害損失の合計は製造業全体で1兆1528億9千万円であった。これについては、災害損失として震災による被害を計上していない企業の存在が考えられ、さらに中小企業の被害額、事業停止損失のうちの逸失利益部分を含んでいないため、かなりの過小評価の被害額になっていると考えられる。

被害項目別の割合を示したものが次ページ図-5であるが、このうち「復旧費用」、「棚卸資産の滅失損失」、「固定資産の除却損」の3項目は直接的な被害に関わる項目であるため、この被害項目別の割合を利用して、災

害損失計上額から業種ごとに直接的な被害額を推計した。その結果を表-3に示す。製造業全体の推計結果は7448億2千3百万円であった。内閣府が2011年6月24日に発表した東日本大震災の被害額推計結果によると、建築物被害は約10兆4千億円とされているため、中小企業の被害額分、一般住宅の被害額分を考慮しても過小推計になっていることが考えられる。

表-3 直接被害額の推計結果

業種	直接被害額(百万円)
食料品	86315
繊維製品	7910
パルプ・紙	26230
化学	103276
医薬品	42498
石油・石炭製品	129671
ゴム製品	10198
ガラス・土石製品	25062
鉄鋼	131579
非鉄金属	35816
金属製品	15128
機械	30217
電機機器	100978
輸送用機器	25068
精密機器	14786
その他製品	13241
合計	748823

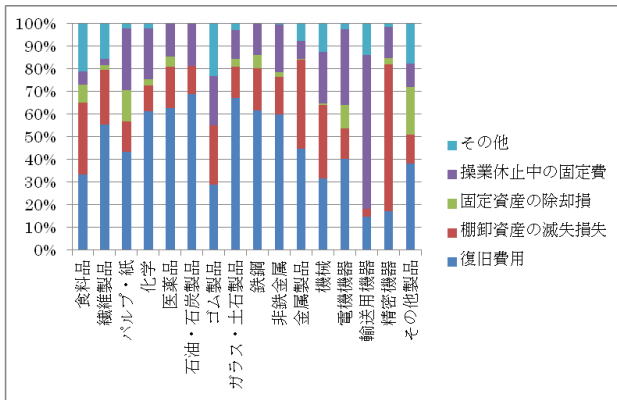


図5 被害項目別の被害額

(4) 被害項目別の結果と考察

各被害項目の割合を見ることで業種別の被害の特徴を見ることができるが、その中でも輸送用機器の操作中止中の固定費の割合が大きいことが特徴的である。復旧費用に比べて操作中止中の固定費の割合が高いということは、企業が有する資産に対してもととかかる固定費が大きいのか、資産の被害の程度に比べて操作中止を長く余儀なくされたかといういずれかが考えられる。輸送用機器は組み立て工場である場合が多く、人件費などの固定費がもともと大きいこともあるが、サプライチェーンの「川下」であることを考慮すると、自社の被害による操作停止に加えて、「川上」である工場からの部品不足により、操作を停止していたという後者の理由による可能性が考えられる。このように被害計量化結果からサプライチェーン被害によるものと考えられる結果を得ることができた。

3. IR情報に基づく操業継続性に関する分析

(1) 基本的な考え方

企業が被害額と同じく懸念する事項として、被災した場合に生産拠点の操業継続が可能かどうかという問題がある。それは2章で既述したように生産拠点が被災によって操業の停止を余儀なくされた場合、原価性のない固定費(損料)が生じるだけではなく、異常操業により本来の利益を得られないという間接被害の主要因になるからである。また企業によっては、仕入先からの供給を消化できず、供給先からの需要に応えられないため、サプライチェーン被害に発展する場合がある。そのため、被災した場合の生産拠点の操業継続性を分析することは、被害軽減施策を考慮する上で不可欠である。

本研究では、震災に関する適時開示情報から東証一部上場企業の各生産拠点での操業継続・停止情報を収集し、

その情報を事業所位置におけるSI値とGIS上で重ね合わせることで得られたデータから、地震動に従う操業可能性を対象としたフラジリティ曲線を推計する。

フラジリティ曲線に関する研究は、地震動と構造物の破壊確率の関係を与える分野のものが多く行われており、本研究で対象とする企業の生産能力に関する研究の蓄積は少ない上、大企業の生産拠点の被災状況を対象としているものはこれまでにない。

(2) 対象とするデータ

東日本大震災を受けて各企業は適時開示情報で、企業の生産拠点の被災状況、社員の安否情報、震災による特別損失の計上に関する情報などを提供している。本研究では、まず企業の適時開示情報から、各生産拠点が震災によって操業を停止したか継続できたかの情報を収集した。そしてこの生産拠点のうち、地震動による被災が多く考えられる東北・関東地域(青森県、秋田県、岩手県、山形県、宮城県、福島県、群馬県、栃木県、茨城県、埼玉県、東京都、神奈川県、千葉県)の13都県)に立地する拠点を分析の対象とした。上記の適時開示情報に操業停止・継続に関する記載があった拠点のみをサンプルとするため、その記述がないもの、記述から停止・継続の判断が不可能な拠点はサンプルから除外している。この条件を満たす生産拠点について、その所在地を企業の公式HPから収集し、その位置情報とSI値分布の重ね合わせにより得たデータによって推計を行った。本研究では末富ら¹⁰⁾によって推定されたSI値を使用している。

この生産拠点での操業継続・停止状況とSI値分布をGIS上で空間的に重ね合わせたものが図-6である。本研究では地震動と生産拠点の操業状況との関係のみを考えるため、津波浸水域に立地する拠点は津波による操業停止が主であると考え、サンプルから除外している。

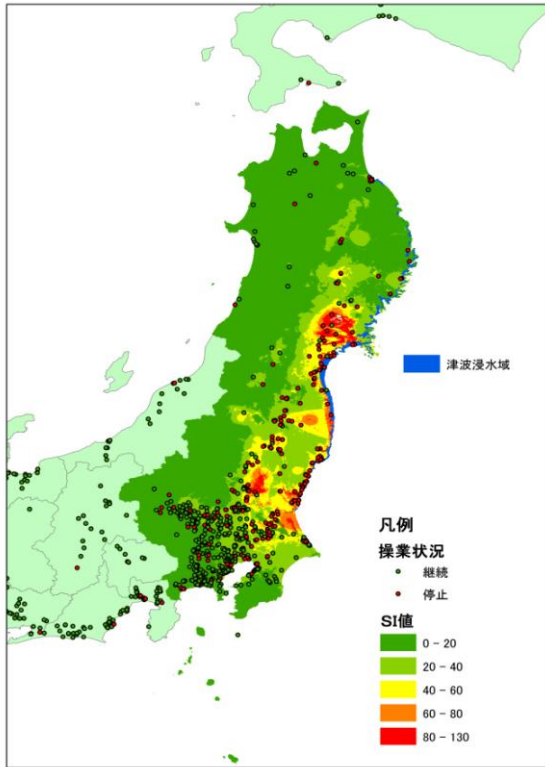


図6 生産拠点の操業状況とSI値分布

(3) フラジリティ曲線の推計方法

フラジリティ曲線を推計する方法には、解析的な方法、統計的な方法、経験的な方法があるが¹⁰⁾、本研究では統計的手法によってフラジリティ曲線を推計する。

まず、生産拠点が操業継続することができる限界のSI値(限界値)を x とすると、限界値 x は不確実性をもち、ある確率分布に従うと仮定する。その確率密度関数を以下では $p(x)$ とおく。本研究ではこの限界値の確率分布として式(10)のような対数正規分布を仮定する。

$$p(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma x} \exp \left\{ -\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2} \right\} \quad (10)$$

生産拠点 i の立地点で観測されたSI値の大きさが z_i である条件の下では、 z_i の大きさが限界値 x を超過した場合に操業停止する。よって観測されたSI値の大きさが z_i である条件の下では、操業停止する確率 $P(z_i)$ は式(11)のように表せる。

$$\begin{aligned} P(z_i, \mu, \sigma) &= \int_0^{z_i} p(x, \mu, \sigma) dx \\ &= \int_0^{z_i} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma x} \exp \left\{ -\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2} \right\} dx \end{aligned} \quad (11)$$

よって、生産拠点 i が操業継続出来る確率 $Q(z_i)$ は式

(12)のように表せる。

$$\begin{aligned} Q(z_i, \mu, \sigma) &= 1 - P(z_i, \mu, \sigma) \\ &= 1 - \int_0^{z_i} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma x} \exp \left\{ -\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2} \right\} dx \end{aligned} \quad (12)$$

いまサンプルとして使用する拠点を N 個とする。それぞれ拠点 i ($i = 1 \sim N$) とし、その拠点の操業継続性を表す変数 δ_i を(13)のように導入する。

$$\delta_i = \begin{cases} 1 & \text{(操業停止)} \\ 0 & \text{(操業継続)} \end{cases} \quad (13)$$

この変数 δ_i を用いると尤度は以下のように式(14)で表される。

$$L(\mu, \sigma) = \prod_{i=1}^N P(z_i)^{\delta_i} Q(z_i)^{1-\delta_i} \quad (14)$$

この尤度を最大とするような (μ, σ) を推定する。

理論的には、 $\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial \mu} = 0 \\ \frac{\partial L}{\partial \sigma} = 0 \end{cases}$ となる (μ, σ) が尤度 $L(\mu, \sigma)$ を

最大化するが、簡単のために、この対数をとった以下の式(6)で表される対数尤度が最大となるように、 $p(x)$ の平均パラメータ μ と対数標準偏差のパラメータ σ を推定する。

$$\log L(\mu, \sigma) = \sum_{i=1}^N \{ \delta_i \log P(z_i) + (1 - \delta_i) \log Q(z_i) \} \quad (15)$$

推定された (μ, σ) のときの $p(x)$ の累積分布関数としてフラジリティ曲線が得られる。

(3) 推計結果と考察

フラジリティ曲線の推計結果を図-7に示す。結果としては、製造業ではほぼ全ての業種においてある程度の適合度があるフラジリティ曲線を推計することができ(縦軸に操業停止確率、横軸にSI値)、業種別の地震動に対する強靭さを観察することができた。

推計したフラジリティ曲線から、どの業種においても、SI値50を境にかなりの高確率で操業停止することが分かる。全16業種のうち、SI値50の場合に操業停止確率が50%を下回る業種は化学と精密機器のみであり(その他製品除く)、機械に関しては90%の確率で操業が停止することが示されている。フラジリティ曲線の形状としては、SI値が比較的小さい値で操業停止確率が急上昇する医薬品、石油・石炭製品、機械、輸送用機械などと、フラジリティ曲線の傾きがSI値の上昇に対してなだらかであり、業種内で強靭さのばらつきがある化学、精密機器などに大別される。

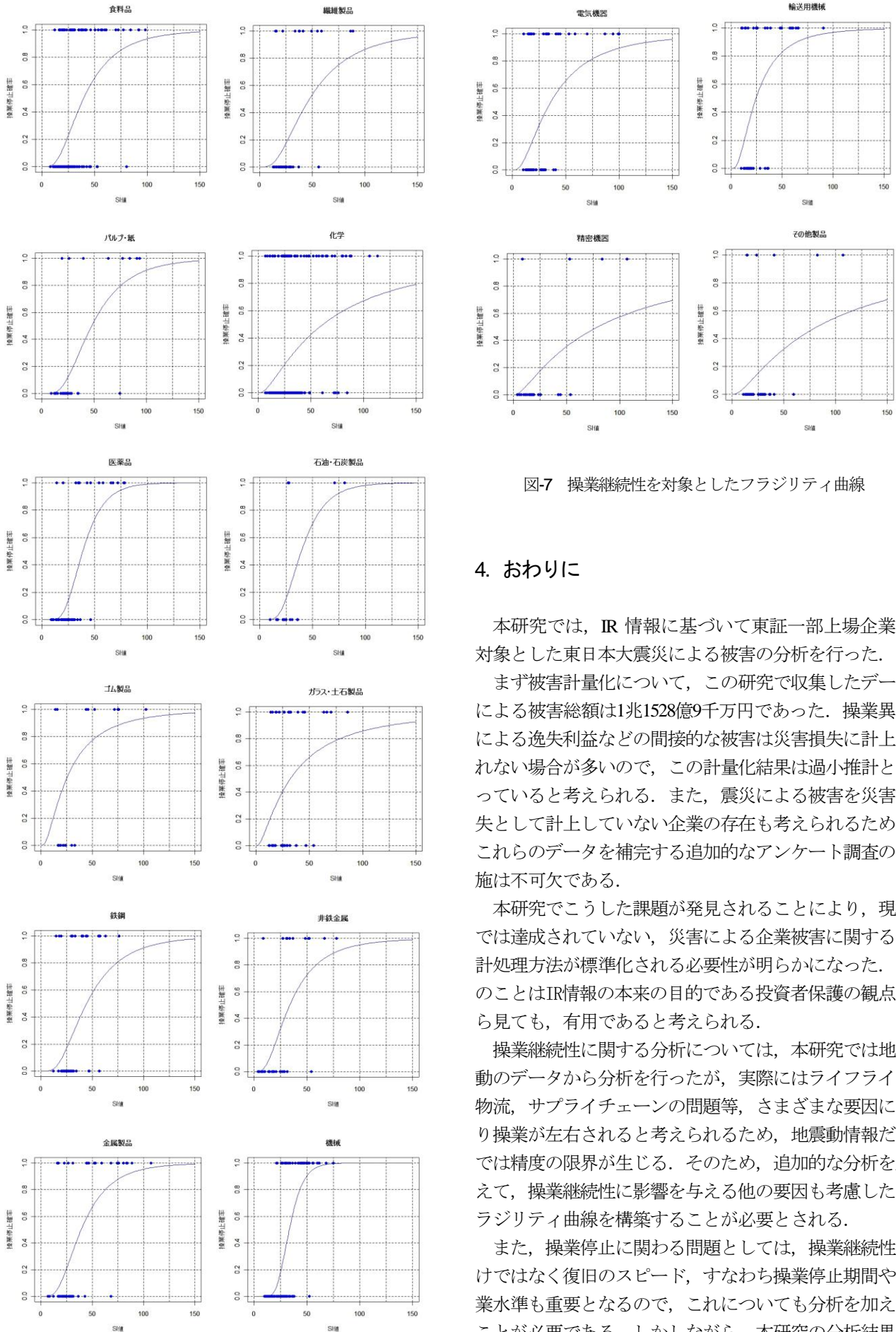


図-7 操業継続性を対象としたフラジリティ曲線

4. おわりに

本研究では、IR 情報に基づいて東証一部上場企業を対象とした東日本大震災による被害の分析を行った。

まず被害計量化について、この研究で収集したデータによる被害総額は1兆1528億9千万円であった。操業異常による逸失利益などの間接的な被害は災害損失に計上されない場合が多いので、この計量化結果は過小推計となっていると考えられる。また、震災による被害を災害損失として計上していない企業の存在も考えられるため、これらのデータを補完する追加的なアンケート調査の実施は不可欠である。

本研究でこうした課題が発見されることにより、現行では達成されていない、災害による企業被害に関する会計処理方法が標準化される必要性が明らかになった。このことはIR情報の本来の目的である投資者保護の観点から見ても、有用であると考えられる。

操業継続性に関する分析については、本研究では地震動のデータから分析を行ったが、実際にはライフライン、物流、サプライチェーンの問題等、さまざまな要因により操業が左右されると考えられるため、地震動情報だけでは精度の限界が生じる。そのため、追加的な分析を加えて、操業継続性に影響を与える他の要因も考慮したフラジリティ曲線を構築することが必要とされる。

また、操業停止に関わる問題としては、操業継続性だけではなく復旧のスピード、すなわち操業停止期間や操業水準も重要となるので、これについても分析を加えることが必要である。しかしながら、本研究の分析結果を

用いると、地震動情報のみにより生産拠点の操業継続ができるかどうかをマクロに見ることができるので、震災直後の速報的な試算、マクロなシミュレーションにおいては有用であると考えられる。

参考文献

- 1) 中野一慶,多々納裕一,藤見俊夫,梶谷義雄,土屋哲: 2004年新潟県中越地震における産業部門の経済被害推計に関する研究,土木計画学研究・論文集,Vol.24,No2,pp289-298,2007
- 2) 芦屋恒憲,地主敏樹: 震災と被災地産業構造の変化:被災地域産業連関表の推定と応用,国民経済雑誌,Vol.183,No1,pp79-97,2001
- 3) 日本政策投資銀行新潟支店: 緊急レポート「新潟県中越地震が及ぼした県内経済等への影響について」,2004
- 4) 小池淳司,大田垣聡: スマトラ沖地震の経済被害評価,土木計画学研究・論文集,Vol.23,No2,pp273-280,2006
- 5) 土屋哲,多々納裕一,岡田憲夫: 新潟県中越地震による経済被害の計量化の枠組み,土木計画学研究・論文集,Vol.23,No2,pp365-372,2006
- 6) 豊田利久,河内朗: 阪神・淡路大震災による経済被害推計,国民経済雑誌,Vol.176,No2,pp1-15,1997
- 7) 国土交通省中国地方整備局: 災害の社会経済的影響に関する調査-2004年・台風18号をモデルケースとして-,2005
- 8) 多々納裕一,高木朗義: 防災の経済分析-リスクマネジメントの施策と評価-,勁草書房,2005
- 9) 帝国データバンク: 国内製造業の実態調査,2011
<http://www.tdb.co.jp/report/watching/press/pdf/p110907.pdf>
- 10) 末富岩雄,福島康宏: 2011年東北太平洋沖地震(東日本大震災)における地震動分布の推定,2011
- 11) 星谷勝,中村孝明: 構造物のリスクマネジメント,山海堂,pp.35-41