

地震時における中小企業の被害予測に関する研究

Study on Forecasting Indirect Management-Related Damage to Small and Medium-sized Companies in Large Earthquakes

建部 謙治* , 小橋 勉** , 田村和夫*** , 高橋郁夫*** ,
Kenji TATEBE , Tsutomu KOBASHI , Kazuo TAMURA , Ikuo TAKAHASHI

Abstract The purpose of this paper is to construct a disaster prevention diagnostic system for small and medium-sized companies, with an emphasis on management-related damage in large earthquakes. A lot of companies which were damaged in the Niigata-ken Chuetsu Earthquake were investigated with regard to the immediate amount of damage to buildings, building equipment and production facilities, as well as the amount of indirect damage to sales. The main results are summarized as follows;

1) Companies which were damaged immediately, accounted for 90 percent of the whole. Looking at the breakdown we can see that there was 80 percent damage in the building, 40 percent in the production facility. 2) Immediate damage and capital, the level of building destruction, building equipment, production facility, goods in process, have a correlation. 3) Indirect damages such as sales and delivery delay, and the amount of destruction of factories and land, have a correlation. 4) Based on the above results, the amounts of direct harm and indirect damage can be easily estimated by factoring the capital of the company and the number of employees.

1 . 序論

1 . 1 研究背景・目的

現在、日本の経済の繁栄に大きく関わる企業に対する国からの防災対策要求は、自助的なものに過ぎない。災害時の早期事業再開ガイドラインの周知を図る事や、具体的な取り組みを自己評価できる「評価制度」の検討といった内容であり、企業の防災対策に関する具体的な経営的指標が確立されていないのが現状である。

そこで本研究は中小企業の地震防災対策の改善という点に目を向けた。

図 1 は企業が地震災害に見舞われた際の売上高と時間経過を概念図として表したものである。図 1 より、地震対策を行っているかいないかで回復の仕方が変わってくることが分かる。もし、地震対策ができていない場合、確実に初期被害は大きくなり、復旧するための対策・マニュアルなどが用意できていない為に回復に時間が掛かる。そ

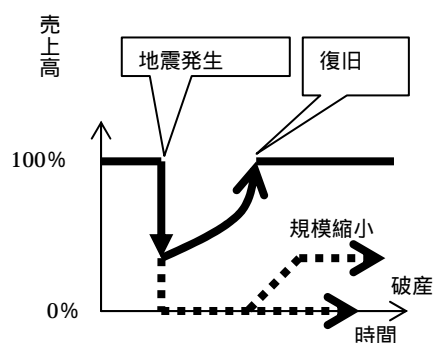


図 1 概念図

の間の売上高も下がったままである。最悪の場合、震災が原因で事業が廃業してしまうという可能性も十分にある。ここで地震対策がしっかりできていたなら、初期被害を最小限に抑えることができ、復旧対策もできているため、スムーズに復旧が進み、売上高の回復を早めることができる。さらに回復が早ければ地域の復興にも貢献することができる。

この考えを中小企業の経営者に理解してもらう為には、より具体的なデータを経営者に提示する必要がある。

* 愛知工業大学 工学部 都市環境学科 (豊田市)

** 愛知工業大学 経営情報学部 情報科学科 (豊田市)

*** 清水建設 (株) 技術研究所

本研究は、資本金にも限界があり、費用が掛かる対策を十分にできない中小企業に対して、震災がどれだけ経営に影響するかという具体的な金額を提示することで地震に対して現実的に向かい合ってもらい、いち早く回復できるようにするためのシステムを構築することを目的とする。

1.2 診断システム

図2は防災診断の簡単な流れをフローチャートに示したものである。図中の「企業の被害想定」の詳細として、図3では地震の震度からどのように、簡易に被害金額、売上被害額を算出するかをフローチャートとして示している。震度、地盤状況、竣工時期、構造など、企業の詳細な情報を当てはめることで、建物被害やその内訳、あるいは売上高被害額を算出するという流れである。

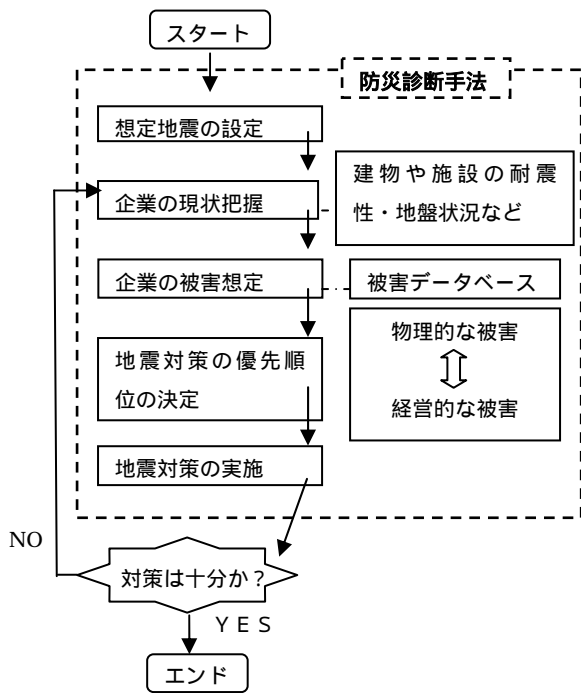


図2 防災診断フローチャート

1.3 研究方法

研究は以下の流れによって行った。

- 企業防災に関する文献調査・既往研究を行う。
- 新潟県小千谷商工会議所が実施したアンケート結果のデータベース化を行う。
- 会員への融資など商工会議所や市が実施した内容を把握するため、小千谷商工会議所及び市の商工課へのヒアリング調査を行う。
- 直接被害額や間接被害額の相互関係を見るため、データの解析を行う。

データの解析から求まる被害関数式を使用した、被災予定企業の各種被害額算出システムの手法開発を行う。

分析したデータは震度6強の新潟県中越地震のものであるため、本稿では震度6強が起きた場合のモデル企業における簡易推定被害額を算出する。

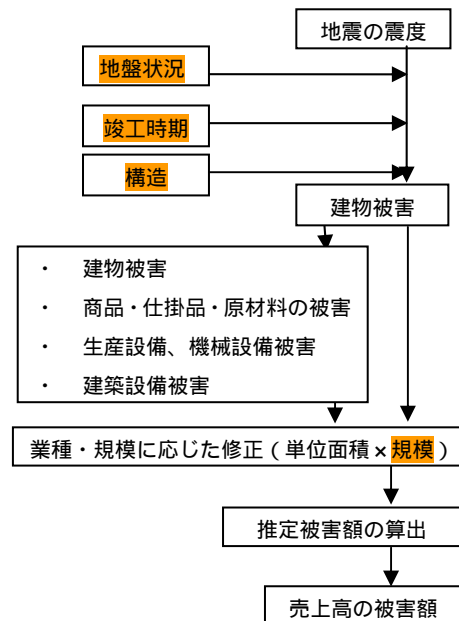


図3 簡易被害額算出フローチャート

2. 新潟県中越地震アンケート調査結果

2.1 新潟県中越地震と調査の概要

新潟県中越地震は、2004年10月23日に発生し、最大震度が7であった。表1に被害調査の概要を示す。

表1 新潟県中越地震の被害調査

調査対象	小千谷商工会議所 会員企業
調査方法	郵送法
調査時期	H17年9月13日～ 10月14日
調査対象企業	1,027社
有効回答	617社(回収率 60.0%)

このアンケート結果は文献1)によるもので、地震発生が

ら約1年後に実施された。回答企業の属性は、1～4人の企業と5～19人の企業が全体の7割強を占めている。このことから、この地区が中小企業によって成り立っていることがわかる。また、業種別回答企業の属性に関しては、製造業が一番多く25%であったが、小売業・サービス業・建設業に関してもそれぞれ約20%とほぼ同等であった。

2.2 直接被害の状況

直接被害金額とは、地震による『ハード面』の被害金額の合計をさす。図4の直接的被害の有無を見ると被害はなかったと答えた企業が1割弱で全体の9割にはなんらかの被害があったことがうかがえる。特に「建物などの損壊」に関しては最も多く、回答企業の8割強になった。

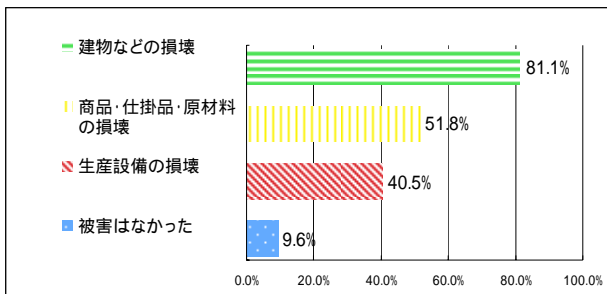


図4 新潟県中越地震による直接的被害の状況
(複数回答、出典1による)

表2 新潟県中越地震による直接的被害の現状
(業種別、出典1による、単位：%)

業種	回答企業数(社)	建物などの損壊	商品・仕掛品の損壊	生産設備の損壊	被害無し
全体	617	81.1	51.8	40.5	9.6
製造業	152	84.2	63.8	63.8	7.9
卸売業	30	90.0	56.7	33.3	3.3
小売業	131	87.0	68.7	28.2	5.3
サービス業	172	82.6	50.6	44.8	5.2
建設業	114	68.4	23.7	21.1	23.7
その他	16	75.0	12.5	31.3	0.0
不明	2	50.0	0.0	0.0	0.0

次いで「商品・仕掛品・原材料」が52%、「生産設備の損壊」が41%となっている。

直接的被害の状況を業種別で見ると、表2に示すように建設業は「被害がなかった」と回答している企業が2割を超えた。しかし、それ以外の業種では1割未満で、特に卸売業では3%と、被害を免れた企業(未被災企業)は建設業の7分の1ほどで止まった。建設業は「商品などの損壊」や「生産設備の損壊」に関しても一番被害額が少ないこと

から、今回のアンケートでは一番地震による影響が少なかった業種といえる。被害区分別に業種を比較していくと、「生産設備の損壊額」では製造業が一番多く、64%となった。製造業の過半数を上回る企業での生産現場での被害があったことがわかる。「商品・仕掛品・原材料の損壊額」では小売業が7割弱の企業で被害があった。「建物などの損壊」では卸売業が9割に達した。

2.3 間接的被害の状況

間接被害額とは売上の減少による被害や風評による被害など、建物の構造などのハードな面以外でのソフトな面での被害額のことをいう。

図5から、未被災企業は32%で、何らかの間接的被害を受けた企業は3社に2社の割合となっていた。被害の内容では、「売上の減少」が最も多く8割弱に達した。中越地震により、小千谷市の大半の企業が売上減少に直面していた。

図6の企業活動の回復状況を業種別に見ると、1年後には建設業では「100%以上」と「ほぼ100%」のあわせて7割以上の企業で業績が回復している。表2からも分かったように建設業では企業被害の内容が他の業種に比べ軽度だったことや、震災後の復旧工事需要の高まりなどによるものと思われる。一方、小売業、サービス業などの個人消費に敏感な業種ほど立ち直りが遅れている様子が見える。

3. 被害額相互の関係

3.1 直接被害額と従業員数の関係

表3は従業員数と被害平均金額の関係を示したものである。従業員数が増えるほど直接被害額は増える。100人以上になると被害金額も8000万円以上となり急激に増大する。働く人が多くなれば必然的に企業規模が大きくなり、設備も増え、それに伴い被害額も増大する。

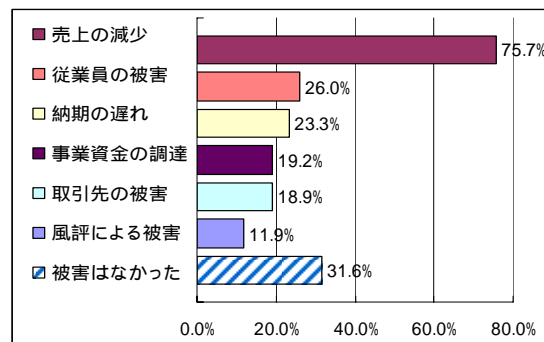


図5 間接的被害の状況
(複数回答、出典1による)

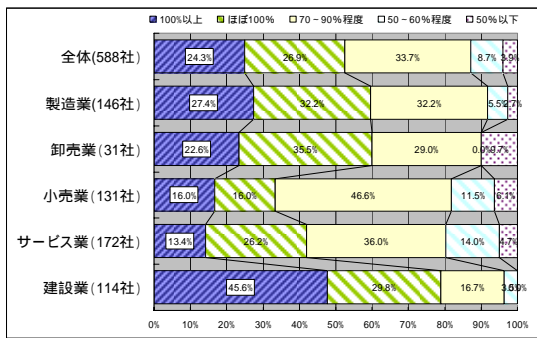


図 6 1 年後の売上高・生産高の回復状況 (『業種別』、出典 1 による)

表 4 資本金と直接被害額の関係 (業種別)

業種	資本金			
	3000万未満	3000万以上 5000万未満	5000万以上 1億円未満	1億円以上 3億円未満
製造業	1876万円	2172万円	1057万円	1億5210万円
卸売業	2015万円	1300万円	8200万円	
小売業	991万円	2600万円		
サービス業	1886万円	631万円	1億円	
建設業	880万円	680万円		

表 3 従業員数と被害額の関係 (震度 6 強)

従業員人数	サンプル数	被害金額の平均値
1~4 人	289 件	620 万円
5~19 人	162 件	1433 万円
20~49 人	41 件	2443 万円
50~99 人	14 件	3151 万円
100 人以上	8 件	8401 万円
不明	18 件	2124 万円

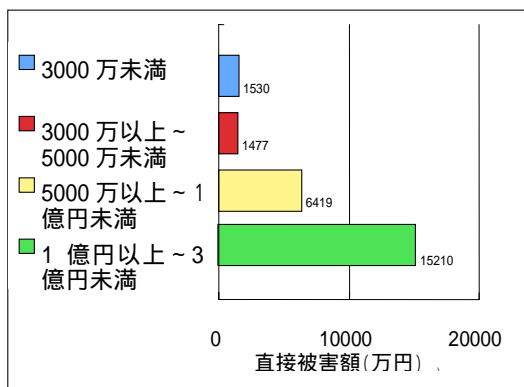


図 7 資本金と直接被害額の関係 (震度 6 強)

3.2 直接被害額と資本金の関係

図 7 は直接被害額と資本金の関係を示したものである。ここからわかるように、資本金が多ければ被害額も増えている。

表 4 は資本金と被害額を業種ごとに分けて整理したものである。

資本金を 3000 万未満、3000 万以上 5000 万未満、5000

万以上 1 億円未満、1 億円以上 3 億円未満と分け、さらに業種ごとに分け、それぞれの項目の平均被害額を算出したものである。

一般に 3000 万以上 5000 万未満規模では、小売業、製造業、卸売業の被害が大きい。

資本金規模が大きくなるほど直接被害額が大きくなるが、サンプル数の関係で落ち込みが見られるところは、割り増して捉える必要があると考えられる。

3.3 直接被害額とその内訳の比較

直接被害額と資本金の関係については、図 8 に示すように相関係数が 0.29 で相関関係がある。

この結果、 $x = \text{資本金}$ 、 $y = \text{推計直接被害金額}$ とすると、

$$y = 0.2489x + 1092$$

の関係式で示すことが出来る。

図 9 は直接被害額と建物などの損壊額を散布図で示したものである。相関係数は 0.92 で、直接被害額と建物などの損壊額とは相関が高い。

この結果、両者を

$$y = 0.746x + 9$$

の関係式で示すことが出来る。

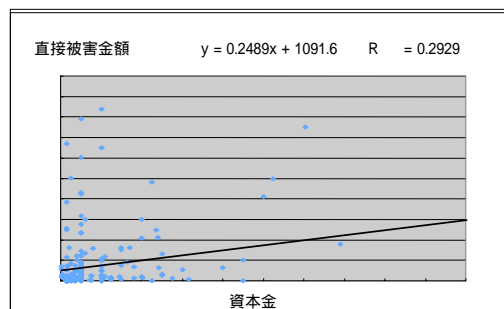


図 8 直接被害額と資本金の関係の相関図

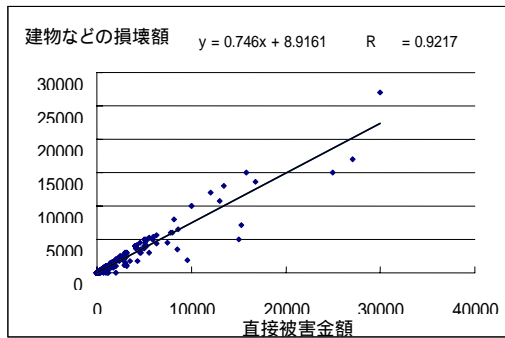


図9 直接被害額と建物などの損壊額の比較

表5は相関関係が見られたものについて被害関数を示したものである。このように直接被害金額とその内訳の関係をみることができるようになった。業種ごとに違ってくる場合もあるので、推定被害額を業種別に分けることにより、診断する業種の特徴にあうデータを使用することができる。

表5 被害区分別の被害関係式
(震度6強の場合)

被害額名 = y	X	被害関数	n	相関
1 直接被害額	資本金	$y = 0.2489x + 1091$	223	0.2929
2 直接被害額(製造業)		$y = 0.2371x + 1359$	75	0.3805
3 直接被害額(建設業)		$y = 0.6187x - 158$	45	0.4974
建物などの損壊額(製造業)	2	$y = 0.6435x + 363$	123	0.8914
商品・仕掛品・原材料の損壊額(製造業)	2	$y = 0.0716x + 126$	93	0.2291
生産設備の損壊額(製造業)	2	$y = 0.2882x - 93$	93	0.7111
建物などの損壊額	1	$y = 0.7451x + 27$	485	0.9205
商品・仕掛品・原材料の損壊額	1	$y = 0.0979x + 78$	312	0.3552
生産設備の損壊額	1	$y = 0.8412x - 1176$	253	0.8757
建築設備の損壊額	1	$y = 0.1557x + 148$	52	0.5213
工場・倉庫の損壊額		$y = 0.6275x - 52$	179	0.7747
付属する建物の損壊額		$y = 0.1513x + 135$	91	0.4678
土地の損壊額		$y = 0.4088x - 179$	55	0.7498
間接被害合計		$y = 1.3482x + 230$	93	0.3647
間接被害合計		$y = 1.265x + 508$	26	0.3846
売上の減少による被害額		$y = 0.5813x + 59$	257	0.8853
納期の遅れによる被害額		$y = 0.3038x + 1$	50	0.5564
取引先の被害による被害額		$y = 0.2246x + 173$	28	0.5476
事業資金の調達による被害額		$y = 0.4191x + 432$	56	0.8199
従業員の被害による被害額		$y = 0.3932x - 64$	38	0.6928

4. 被害関数に基づく推定被害額の算出方法

4.1 算出方法

ここでは表5の被害関数を使い、震度6強の地震が起こった場合のモデル企業の被害額推定方法を示す。モデル企業は「資本金が4000万円の製造業」とする。

図10はモデル企業の被害額予測を行う手順である。式から式まで順番に算出していく。まず、表4の金額を使うことで、およその被害額を求めることができる。また、表3からも表5の に該当する直接被害額を直接求めることができる。

表5の 1式、 $y = 0.2489x + 1092$ のxに資本金4000万円を代入すると表6の 直接被害額2087万円が算出される。次に、 $y = 0.6435x + 363$ 、 $y = 0.0716x + 126$ 、 $y = 0.2882x - 93$ のxに直接被害額2087万円を代入すると表6の、 $y = 0.7451x + 27$ 、 $y = 0.0979x + 78$ 、 $y = 0.8412x - 1176$ の被

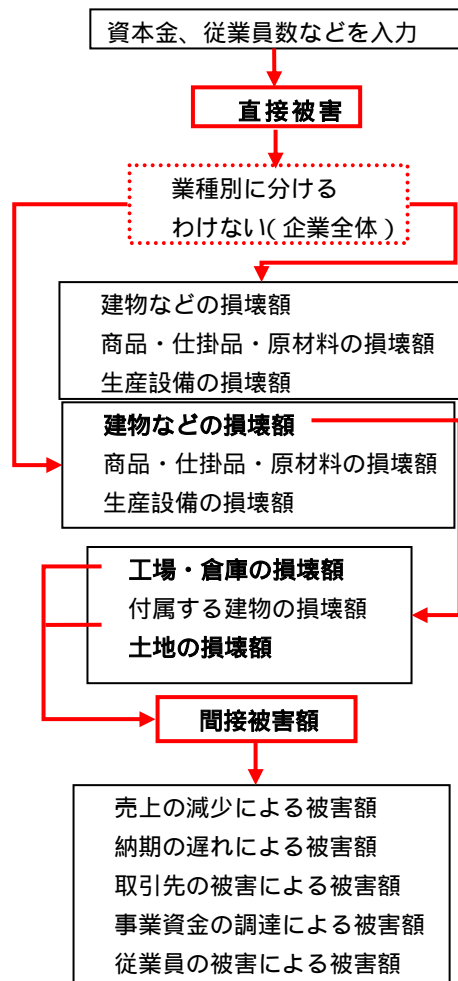


図10 被害額算出フローチャート

害額が求まる。次に表 6 の「建物などの損壊額」1582 万円を表 5 の、式(5)の x に代入すると、式(6)の被害額が求まる。次に表 5 の工場・倉庫の損壊額、または土地の損壊額を表 5 の式(5)の x に代入すると表 6 間接被害額 1499 万円、1100 万円が求まる。次に表 5 の、式(7)の x に間接被害額 1100 万円を代入するとそれぞれの被害額が求まる。

4.2 考察

表 6 では資本金 4000 万円の製造業をモデル企業として、主要な推定被害額をまとめた。直接被害額は 2087 万円で資本金の半分の額となった。直接被害額の内訳は製造業で見た場合、建物などの損壊額が 1379 万円、商品・仕掛品・原材料の損壊額が 275 万円、生産設備の損壊額は 508 万円となる。

次に、業種全体での算定方法の場合ではあるが、建物などの損壊額は 1582 万円、商品・仕掛品・原材料の損壊額は 282 万円、生産設備の損壊額は 580 万円と前者の方法で求めた場合と比べてやや高めである。

間接被害額については式(8)を使用した場合、1499 万円となり直接被害額の 7 割強の間接被害がでることが分かる。なお式(9)を使用した場合は 1100 万円と 400 万円(27.5%)の差が出た。

地震といえば、建物が壊れるという点だけに目がいきがちであるが、実際に被害金額を見てみると、間接被害額が直接被害額の約 5 割の値になっており、間接被害も無視できないことが分かる。このことから、地震対策に関して構造面はもちろんのこと、震災時に迅速に対応できるマニュアルの作成などの、間接被害対策も重要であるといえる。

なお、今回は資本金から直接被害額を求めたが、実際には、建物の構造、竣工時期、地盤状況などで、修正を行う必要がある。

表 6 予想被害金額
「資本金 4000 万円の製造業」の場合

被害額名	被害額
直接被害額	2087 万円
建物などの損壊額(製造業)	1379 万円
商品、仕掛品、原材料の損壊額(製造業)	275 万円
生産設備の損壊額(製造業)	508 万円
建物などの損壊額	1582 万円
商品、仕掛品、原材料の損壊額	282 万円
生産設備の損壊額	580 万円
建築設備の損壊額	473 万円
間接被害額(式(8)より)	1499 万円
間接被害額(式(9)より)	1100 万円

5. 結論

新潟県中越地震のデータを分析することで、震度 6 強クラスの地震に限定されるが、簡便に企業の推定被害金額を 20 個の被害関数を用いて算出することができるようになった。

これらの具体的な被害額を中小企業の経営者に提示することで、震災への取り組みの意識が高まるのではないかと期待される。

本研究を実施するに当たって、愛知工業大学建築学科平野大輔氏と、小千谷商工会議所及び(株)ホクギン経済研究所の協力を得た。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 中越地震に関する中越地区企業アンケート調査、分析報告書、小千谷商工会議所ほか、2005
- 2) 二宮裕徳、中小企業の地震防災システムに関する研究、愛知工業大学修士論文、2005 ほか

(受理 平成 19 年 3 月 19 日)