

平成30年7月豪雨における産業部門の 経済被害とその要因分析について

黒田 望¹・梶谷 義雄²・多々納 裕一³

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

²正会員 香川大学教授 創造工学部 (〒761-0396 香川県高松市林町2217-20)

E-mail: kajitani.yoshio@kagawa-u.ac.jp

³正会員 京都大学教授 防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)

E-mail: tatano.hirokazu.7s@kyoto-u.ac.jp

水害による産業部門の経済被害は浸水深による推計が一般的であるが、長期のライフライン被害で事業所活動に影響が生じる事例がある。振替生産により復旧を早めた事例、運転資金等が十分に確保できず復旧が遅れた事例もある。こういった浸水以外の要因が経済被害に与える影響については定量的な議論がなされていない。本研究では、岡山県倉敷市真備地区付近において、平成30年7月豪雨の浸水以外の影響も踏まえ、産業部門の経済被害を推計する。経済被害の総額を整合的に求めるため、復旧費用と営業利益の減少の和とする方法を適用している。両者を確率的に推計するモデルを利用しており、営業利益の減少については、ライフライン被害、資金不足の影響等も考慮して推計した。その結果、営業利益の減少における各要因の影響を定量的に示すことができた。

Key Words : *economic impacts, industrial sector, asset damage, sales loss, the heavy rain event of July 2018*

1. はじめに

近年、大規模な水害が頻発する中、過去の災害における経済被害を把握することは、今後の施策の検討、計画策定、経済効果分析に必要となる。一般的な方法を示したマニュアル¹⁾が作成されており、浸水深別の被害率や営業停止日数により被害額が推計されている^{2), 3)}。マニュアルでは、浸水深を説明変数として被害額を推計できるものの、災害により生じたライフライン被害による経済被害や資金不足等による影響を考慮することが難しい。ライフライン被害等の影響を加味した分析として、SCGEにおいてライフラインを生産要素に含めた経済被害の算出⁴⁾、ライフライン途絶時の操業水準等の把握⁵⁾⁻⁸⁾が行われている。

本論文では、平成30年7月豪雨災害により被害を受けた岡山県倉敷市真備地区付近において、産業部門の経済被害を推計する。古橋ら⁹⁾に倣って、二重計上を防ぐために、経済被害を復旧費用と営業利益の減少で表す。それぞれの推計に当たっては、浸水深を説明変数とした復旧費用率(事業所資産に占める復旧費用の割合)のフラジリテ

ィ曲線¹⁰⁾及び浸水深、ライフライン被害日数、資金不足等の影響を説明変数として生存分析により求めた各売上水準の回復曲線¹¹⁾を使用する。営業利益の減少については、経済被害に占める説明変数の寄与についても分析する。

2. 研究方法

以下で述べる方法により、平成30年7月豪雨により被害を受けた岡山県倉敷市真備地区付近における産業部門の経済被害を、製造業と非製造業に分けて推計する。

(1) 二重計上を防ぐ経済被害の推計方法

自然災害による産業被害は、建物の損壊、設備・商品の破損等の被害を直接的な被害、機会損失や得意先の損失による営業利益の減少額等を間接的な被害として別々に推計することが多い。直接的な被害はストック次元に関わる被害、間接的な被害はフロー次元に関わる被害といえる。古橋ら⁹⁾は、直接的な被害を直接被害、間接的

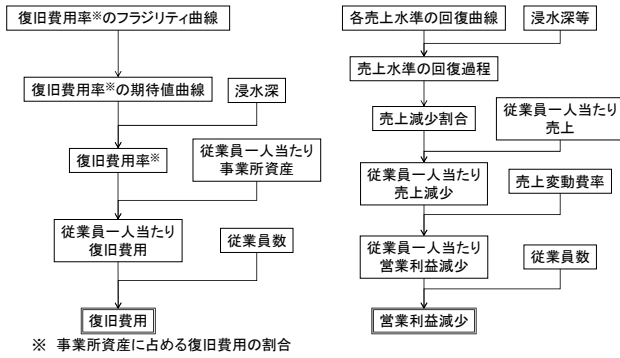


図-1 復旧費用及び営業利益減少の推計方法

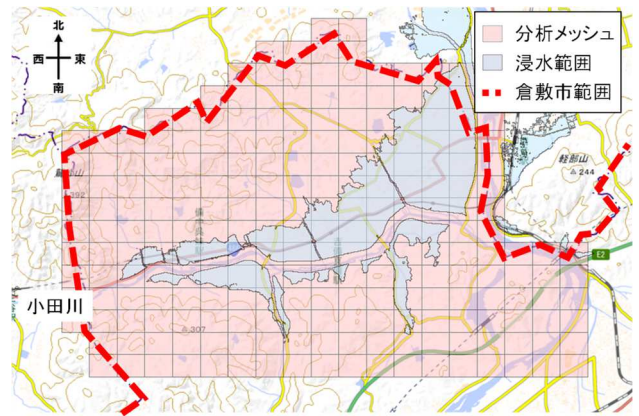


図-2 経済被害の推計箇所

表-1 説明変数の出典等

説明変数	出典等
復旧費用率のフラジリティ曲線	黒田ら ¹⁰⁾
復旧費用率の期待値曲線	
浸水深	国土地理院 ¹²⁾
従業員一人当たり事業所資産	中小企業調査 ¹³⁾ 企業活動調査 ¹⁴⁾
従業員数	センサス ¹⁵⁾
各売上水準の回復曲線	黒田ら ¹¹⁾
売上水準の回復過程	
土砂堆積物の残存	事業所アンケート
電気被害日数	岡山県資料 ^{16), 17)}
水道被害日数	倉敷市資料 ¹⁸⁾
ガス被害日数	詳細は表-2 参照
交通被害日数	
通信被害日数	
復旧・事業中断への資金充当	
資金調達への問題発生	
委託・振替の実施	
従業員一人当たり売上	センサス ¹⁵⁾
売上変動比率	法人企業統計調査 ¹⁹⁾
事業所数	センサス ¹⁵⁾

表-2 事業所アンケート及び公開資料により設定した条件

変数	設定した条件
土砂堆積物の残存	あり (浸水事業所) なし (浸水事業所)
電気被害日数	5 日
水道被害日数	7 日
ガス被害日数	10 日 (浸水事業所) 0 日 (浸水事業所以外)
交通被害日数	5 日
通信被害日数	30 日 (真備町)
復旧・事業中断への資金充当	あり (浸水事業所の約 70%)
資金調達への問題発生	あり (浸水事業所の約 20%)
委託・振替の実施	あり (浸水事業所の約 4%)

な被害を間接被害として定義し、これらを合計して被害総額を求めた場合に、二重計上が生じることを指摘している。そこで、二重計上が生じないように経済被害総額を求める方法として、災害後に観測される営業利益の減少に、復旧のための費用を加える方法が提案されている⁹⁾。以上の方法は、過去に地震被害について適用されているが、水害に対する検証は行われておらず、本研究においても同様の考え方を基にして、水害に対して導入を試みる。

(2) 経済被害推計の枠組み

復旧費用及び営業利益減少の推計手順を図-1に示す。推計に必要な各説明変数の出典等を表-1に示す。説明変数のうち、「復旧・事業中断への資金充当」は、水害により被害を受けたのち、自己資金、保険、銀行等からの借入により何らかの形で資金を調達し充当している事業所を表す。「資金調達への問題発生」は、水害への対応として資金を充当したものの、その後に運転資金等の調達に問題が生じ、売上等の回復がさらに遅れている事業所を表す。また、「委託・振替の実施」は、自社製品や販売物を協力事業所等で生産してもらう、別の場所で販売を開始する、等の対応を表す。回復過程を推計するために必要な説明変数のうち、各種ライフライン被害や資金調達の状況等については、公開資料^{16)~18)}に加えて、復旧費用率のフラジリティ曲線¹⁰⁾及び各売上水準への回復曲線¹¹⁾を推計した際に用いた事業所アンケートを基に、表-2に示すように設定した。分析範囲は図-2に示す岡山県倉敷市真備地区付近である。小田川の決壊により浸水被害が発生し、分析範囲の約1/3が浸水範囲となっている。

(3) 復旧費用の推計方法

浸水深を説明変数とした復旧費用率のフラジリティ曲線¹⁰⁾を基に復旧費用率の期待値を推計する。さらに、公開資料等から求めた、浸水深、従業員一人当たりの事業

所資産、従業員数より復旧費用を推計する。浸水深及び従業員数は地域メッシュ単位（500m、以下同様）で求めている。従業員一人当たり事業所資産は、製造業・非製造業別、従業員規模別に求めている。以上を基に、復旧費用を地域メッシュ単位で算定し、分析範囲の地域メッシュについて合計し、復旧費用の総額とした。

(4) 営業利益の減少の推計方法

浸水深、従業員数及び表-2に示す変数を説明変数として、生存分析により求めた各売上水準の回復曲線¹¹⁾を基に、回復過程を推計し、売上減少割合を求める。豪雨前の4月～6月については、売上水準が100%の状態であったと仮定している。さらに、公開資料等から求めた、従業員一人当たりの売上、売上変動比率、従業員数より、営業利益の減少を推計する。復旧費用と同様に、浸水深及び従業員数は地域メッシュ単位で求めている。従業員一人当たり売上及び売上変動比率は製造業・非製造業別に求めている。以上を基に、営業利益の減少を地域メッシュ単位で算定し、分析範囲の地域メッシュについて合計し、営業利益の減少の総額とした。

また、営業利益の減少については、説明変数別の寄与率等を理論的に算出することが困難なため、推計した営業利益の減少（以下、 $\Delta\pi_0$ ）とは別に、各変数を除去して求めた営業利益の減少（以下、 $\Delta\pi_i$ ）を算出し、それぞれの差（ $\Delta\pi_0 - \Delta\pi_i$ ）で、 $\Delta\pi_0$ を案分して各変数の寄与額とした。

3. 推計結果及び考察

(1) 経済被害の総額

2. で示した方法により推計した経済被害の総額は286億円となった。既往の報告と比較した結果を表-3に示す。本研究については、浸水箇所の事業所数及び被害額、さらに、信頼区間を90%に設定した場合の被害額の下端値と上端値を示す。水害統計²⁰⁾は、倉敷市の一般家庭の被害等も含めた被害額について、被害事業所数等で案分した結果である。浸水被害を受けた事業所の数を本研究と水害統計と比較すると、本研究の方が少ない結果となった。また、ヒアリングによると、分析範囲を含む真備船穂商工会で把握している被災事業所数は501件（2021年12月末時点）であり、本研究で設定した浸水した事業所数が同様に少ない結果となった。本研究で用いた浸水被害範囲¹²⁾では把握できていない浸水箇所の可能性が示唆される。

本研究における復旧費用と水害統計における一般資産被害を比較すると、本研究は水害統計の約59%（信頼区間の上端値で約69%）である。浸水した事業所数を同様

表-3 産業部門の経済被害の比較

出典	事業所数 (件)	被害総額 (億円)	内 訳	
			復旧費用/ 一般資産被害 (億円)	営業利益の 減少/営業 停止被害 (億円)
本研究	874	286	185	101
	<486>	<278>	<185>	<93>
		(165~436)	(156~218)	(9~218)
製造業	91	55	32	23
	<48>	<53>	<32>	<21>
		(27~92)	(25~40)	(2~52)
非製造業	783	231	153	78
	<438>	<226>	<153>	<72>
		(138~344)	(131~178)	(7~166)
水害統計 ²⁰⁾	642	360	314	46
豊田 ²¹⁾	—	—	84	—

<>内は浸水箇所の推計結果を示す。()内は90%信頼区間の下端値及び上端値を示す。

に比較すると約76%であり、事業所数の差異を考慮しても、本研究は水害統計に比べて小さく推計されている。この原因として、浸水被害が甚大で復旧を断念し、倒産、廃業等を選択したような事業所を、本研究では十分に考慮できていないことがある。復旧費用率の脆弱性曲線¹⁰⁾の推計において、倒産した事業所からの回答が十分に得られず、復旧費用が低めに推計された可能性がある。前述した真備船穂商工会へのヒアリングによると、被災した事業所の約10%が倒産しているとのことであった。分析範囲では、倒産による被害額が大きく、本研究では復旧費用が小さく推計されたと推測される。また、豊田の報告²¹⁾は、水害発生から約1月後のヒアリング結果で施設等の被害を網羅していないため、本研究や水害統計より小さいと考えられる。

本研究における営業利益の減少と水害統計による営業停止被害を比較すると、本研究は水害統計の約2倍となった。浸水箇所のみ営業利益の減少で比較しても同様である。各種ライフライン被害や資金調達への問題が生じたことにより復旧が遅れ、マニュアルの想定よりも回復に期間を要しており、このような差が生じている。ただし、本研究の推計結果は、90%信頼区間で見るとその幅が広い。営業利益の減少は、様々な説明変数を用いて推計しているが、ばらつきが大きい変数もあり、このような結果となったと考えられる。適切に比較できる推計値とするためには、ばらつきの少ない変数のみを用いる、同種水害のアンケートを利用しサンプルを増やす等により、推計モデルの改良が必要となる。一方で、実際の水害における営業利益の減少について、確率的な幅を持った推計は今までに示されておらず、本推計の妥当性につ

いては、引き続き検証が必要となる。

浸水がなかった事業所の被害額は約 8 億円で、全体の被害額の 4%程度を占めている。事業所数に比べるとわずかであるが、ライフラインの復旧に期間を要した地域では、大きくなるのが想定され、このような地域での分析は今後の課題とする。

(2) 営業利益の減少の内訳について

営業利益の減少について、説明変数別寄与の内訳を表 4 に示す。浸水深の寄与率は、製造業で 22%、非製造業で 40%と大きい。非製造業は、ショッピングモールのように一か所に集中して事業所が存在することが多く、そのような箇所と浸水被害が大きい地域が重なり、結果的に浸水の寄与率が非製造業で大きくなったものである。土砂堆積物の残存の寄与率は製造業と非製造業で同程度（13～14%）であった。これらの浸水による直接的な影響が、営業利益の減少の約 50%を占めており、その対策の重要性がわかる。

ライフラインのうち、水道、ガスは製造業で 13%、非製造業で 9%と、他のライフラインに比べて寄与率が高い。水道、ガスの被害日数は電気、交通の被害日数より長く、さらに、水道、ガスの被害日数が各売上水準の回復曲線¹¹⁾に与える影響も大きかったため、このような結果になったと考えられる。ライフライン被害のように、浸水が間接的に産業部門に与える影響は、営業利益の減少の約 30%を占めていることが示された。

復旧・事業への資金充当の寄与率は製造業で 13%、非製造業で 17%と大きい。浸水被害の大きい事業所では回復が遅く、当然資金充当をしていることが多いことから、このような結果になったと考えることができる。資金調達への問題発生¹²⁾の寄与率は、製造業で 17%、非製造業で 3%と差異が大きい。製造業の回復過程においては、非製造業に比べて専門性の高い設備の修繕、取替等が必要となるため、資金調達に問題が生じた場合の影響が大きく、このような結果が生じていると考えられる。委託・振替をしていた事業所は少なく、寄与率は製造業で 0%（四捨五入により切り捨てたもの）、非製造業で -1%となった。これら、事業所の事前対策に関する説明変数の寄与率は、営業利益の減少の約 20%を占めており、BCPの策定等が経済被害の削減に資することが示された。ただし、復旧・事業への資金充当は浸水被害の大きさとも関連しており、これらを分離するように変数を設定し、説明変数別の寄与をより明確に示すことも有用である。

営業利益の減少のうち、浸水深と土砂堆積物の残存による寄与額を合計すると、約 50 億円となり、水害統計の結果と同程度となる。これらの結果から、浸水深のみで評価された水害統計の結果は、過小評価されている可能性が示唆される。

表 4 営業利益の減少に対する説明変数別寄与の内訳

説明変数	製造業		非製造業	
	金額 (億円)	割合 (%)	金額 (億円)	割合 (%)
浸水深	5	22	31	40
土砂堆積物の残存	3	13	11	14
電気被害日数(日)	1	4	2	3
水道被害日数(日)	3	13	7	9
ガス被害日数(日)	3	13	7	9
交通被害日数(日)	1	4	5	6
通信被害日数(日)	0	0	1	1
復旧・事業中断への 資金充当	3	13	13	17
資金調達への問題発生	4	17	2	3
委託・振替の実施	0	0	-1	-1

(3) 仮想的なシナリオの分析について

浸水した事業所のうち、約 4%の事業所が委託・振替を実施したと想定していたが、その効果はわずかであった。そこで、仮想的なシナリオとして、浸水した事業所の約 70%が委託・振替を実施できた場合について被害総額を算出したところ、188 億円（約 10%減）となった。これは、各事業所で BCP の策定等により、水害への対策が進むことで、軽減される経済被害とみなすことができる。

4. まとめ

本研究では、水害による産業部門の経済被害を評価する必要性に着目し、今まで震災に対してのみ適用されてきた統合的な被害推計方法を、平成 30 年 7 月豪雨における倉敷市真備地区を対象とした被害推計に適用した。

その結果を既存の推計結果と比較すると、復旧費用が低く、営業利益の減少が高く評価されることになった。また、営業利益の減少について、説明変数別の寄与率を確認することにより、浸水による直接的な影響が 50%、ライフライン被害のような間接的な影響が 30%、事業所の事前対策等の影響が 20%となることが示された。さらに、仮想的に、浸水した事業所の約 70%が委託・振替を実施できていたとすると、経済被害を約 10%軽減することが示された。

一方で、本研究の復旧費用は、甚大な被害により倒産したような事業所の影響を十分に反映できておらず、低く推計されている可能性が指摘されている。そのため、倒産の有無を確率的に推計するとともに、倒産を含めた経済被害の推計モデルを検討する必要がある。また、本研究の営業利益の減少は、幅が広い推計結果となり、営業利益減少の推計モデルについても、課題が見つかった。

今後、推計モデルの改良を進めるとともに、本研究を平成30年7月豪雨で被害を受けたほかの地域にも適用していきたい。

謝辞: アンケート調査にご協力くださいました、広島県、岡山県、愛媛県の企業の皆様には、心より御礼申し上げます。現地調査や電話調査においては、商工会連合会や行政の方々に多大なご協力をいただきました。ここで、深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局：治水経済調査マニュアル（案），2020.
- 2) 大矢淳，柴山知也，中村亮太，岩本匠夢：東京湾における沿岸域災害対策の費用便益分析，土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 72, No. 2, pp. 880-885, 2016.
- 3) 箭内春樹，熊野直子，田村誠，横木裕宗，桑原祐史：伊勢湾台風を事例とする高潮浸水被害額推計手法の検証，土木学会論文集 G（環境），Vol. 73, No. 5, pp. 361-367, 2017.
- 4) 土屋哲，多々納裕一，岡田 憲夫：地震災害時のライフライン途絶が及ぼす経済被害の計量化に関する研究，地域安全学会論文集，No. 10, pp. 355-364, 2008.
- 5) Applied Technology Council (ATC-25)：Seismic vulnerability and impact of disruption of lifelines in the conterminous United States, 1991.
- 6) 梶谷義雄，多々納裕一，山野紀彦，朱牟田善治：製造業を対象としたライフライン途絶抵抗係数の推定，自然災害科学，Vol.23, No.4, pp.553-564, 2005.
- 7) 梶谷義雄，多々納裕一，山野紀彦，朱牟田善治：非製造業を対象としたライフライン途絶抵抗係数の推定，自然災害科学，Vol.24, No.3, pp.247-255, 2005.
- 8) Liu, H., Tatano, H. and Kajitani, Y.：Estimating lifeline resilience factors using post-disaster business recovery data, Earthquake Spectra, Vol.37, No.2, pp. 567-586, 2021.
- 9) 古橋隆行，多々納裕一，梶谷義雄，玉置哲也，奥村誠：東日本大震災による産業部門への経済被害の推計方法に関する研究，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol. 70, No. 5, pp. 197-210, 2014.
- 10) 黒田望，梶谷義雄，多々納裕一：浸水時における事業所資産の脆弱性曲線の推計：平成30年7月豪雨を対象として，土木学会論文集B1（水工学），Vol.76, No.1, pp.70-80, 2020.
- 11) 黒田望，梶谷義雄，多々納裕一：平成30年7月豪雨による産業部門の売上回復過程の統計分析（登載予定）
- 12) 国土地理院：浸水推定段彩図（国土地理院技術資料 D1-No.919）
- 13) 経済産業省中小企業庁：平成30年中小企業実態基本調査（平成29年度決算実績）確報，2019.
- 14) 経済産業省：平成30年経済産業省企業活動基本調査確報－平成29年度実績－，2019.
- 15) 総務省統計局：平成28年経済センサス－活動調査（産業横断的集計），2018.
- 16) 岡山県「平成30年7月豪雨」災害検証委員会：平成30年7月豪雨災害検証報告書，2019.
- 17) 岡山県：平成30年7月豪雨災害記録誌，2020.
- 18) 倉敷市：平成30年7月豪雨災害対応検証報告書，2019.
- 19) 財務省財務総合政策研究所：財政金融統計月報第798号（法人企業統計年報特集（平成29年度）），2018.
- 20) 国土交通省水管理・国土保全局：平成30年版水害統計，2020.
- 21) 豊田利久：2018年西日本豪雨の直接被害－高梁川流域の被害を中心として－，神戸大学都市安全研究センター研究報告，Vol.23, pp.250-263, 2019.

ECONOMIC IMPACTS IN INDUSTRIAL SECTOR ON THE HEAVY RAIN EVENT OF JULY 2018 AND ITS FACTOR ANALYSIS

Nozomu KURODA, Yoshio KAJITANI and Hirokazu TATANO