

災害復旧に着目した地元建設業の維持に関する
方法論的研究

2021年1月

山口 眞司

目 次

第1章 序章	1
1.1 はじめに.....	1
1.2 本研究の目的.....	3
第2章 本研究の基本的な考え方	5
2.1 建設業の実態.....	5
2.2 自然災害の実態.....	7
2.3 既往の研究.....	10
2.4 本研究の構成.....	12
第3章 災害対応を対象とした地元建設業の維持に向けた検討フレームに関する研究	19
3.1 はじめに.....	19
3.2 建設企業による災害対応のモデル化.....	19
3.3 建設企業の維持に関するモデル化.....	22
3.4 建設業の維持に向けた検討フレームの提案.....	23
3.5 数値実験.....	24
3.5.1 計算の前提条件.....	24
3.5.2 復旧工事の想定.....	25
3.5.3 災害対応方策に係る費用の算出.....	26
3.5.4 考察.....	28
3.6 おわりに.....	29
第4章 災害時における地元建設業の業務受容能力を評価する手法の構築に関する研究	32
4.1 はじめに.....	32
4.2 業務受容能力の評価手法.....	32
4.2.1 評価の考え方.....	32
4.2.2 被害規模の推計.....	33
4.2.3 業務受容能力の評価.....	35
4.3 実証分析.....	37
4.3.1 分析に使用するデータ.....	37
4.3.2 推計結果.....	38

4.3.3 考察	41
4.4 おわりに	49
第5章 災害復旧の長期化とそれに伴う生活の影響を把握する手法の構築に関する研究	…50
5.1 はじめに	50
5.2 対象とする災害	50
5.3 分析手法	53
5.3.1 分析手順	53
5.3.2 生活の影響に関する記事の特定	54
5.3.3 影響の特徴の可視化	54
5.4 実証分析	55
5.4.1 生活の影響に関する記事の特定	55
5.4.2 生活の影響に関する時系列的な推移	56
5.4.3 多次元尺度構成法による可視化	59
5.4.4 復旧の長期化に関する考察	62
5.4.5 建設業の人手不足に関する考察	65
5.5 おわりに	67
第6章 結論	68
謝 辞	72
付 録 A	73
B	98

第1章 序論

1.1 はじめに

近年、わが国では多くの自然災害が発生し、全国各地に大きな被害を及ぼしている。ここ数年だけでも、平成29年九州北部豪雨災害、平成30年西日本豪雨災害、令和元年東日本台風災害、令和2年九州豪雨災害などの豪雨災害が毎年発生し、地震災害としては、平成28年熊本地震や鳥取県中部地震、平成30年北海道胆振東部地震など頻発している。このような激甚な災害の発生により、インフラにも物的な損傷ならびに機能的な支障が広域的に生じており、頻発的に我が国の経済や人々の生活に多大な影響を与えている。

こうした状況に対応するため、国では、平成30年に「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策」を閣議決定し、緊急に実施すべきハード・ソフト対策を集中的に取り組んでいる。加えて、国の経済財政諮問会議においては、国土強靱化の取組の加速化・深化を図り、中長期的視点に立ち、全国での計画的な防災・減災対策を進めるとともに、新型コロナウイルス感染症等による社会経済情勢の変化にも対応し、経済成長を支える産業インフラの機能強化を図ることとしている。

自然災害の激甚化を踏まえつつ、国土強靱化を進めていくためには、地域の災害復旧を担う建設業が果たすべき役割はますます重要になっている¹⁾。しかしながら、少子高齢化の進行は、特に地方部において、経済・産業活動の停滞や後継者不足等の課題をもたらしており、建設業もその例外ではない。建設業ではさらにこれらの要因に加えて、税収の減少による財源不足に伴う公共事業の削減にも直面している。このような中で、許可業者数ならびに就業者数については平成10年前後をピークに減少が続いており、地方における建設企業の経営環境は悪化している²⁾。これが継続的に進行すると、地域のことは地域で対応できる体制が徐々に脆弱になり、将来的には、災害が生じた場合に十分な対応ができなくなることで地域コミュニティの崩壊や地域社会の維持に深刻な影響が生じることが危惧されている。こうした危惧は全国で共有されており、国土交通省が平成22年に行った調査によると、45の都道府県が将来的に災害対応に懸念があると回答している。除雪対応にいたっては、13の都道府県が既に支障があると回答しており、特に地方において、地域社会の安全を確保する上での支障や将来的な懸念が示されている³⁾。

また、国においても同様の懸念をもっている。具体的には、平成26年6月に閣議決定された国土強靱化基本計画では、復旧・復興を担う建設業等における高齢化の進展等の課題に対し、人材の確保・育成に向けた取組みや環境づくりを進めることが記されている⁴⁾。また、平成30年12月に変更された国土強靱化基本計画では、迅速な復旧・復興や除雪作業等を担う地域に精通した建設業の人材の確保・育成を図ることを追記しており、国も建設業の衰退への懸念を深めているとともに、何らかの対策を講じていく必要性を認識していることがわかる⁵⁾。

以上をまとめると、頻発する災害から早期に復旧できる建設業の体制を確保することが社会的に求められる一方、少子高齢化の進行を考えると、現在の体制を容易に維持できる状況にはなく、今後はますます困難となるという課題がある。この課題は、公共事業等の受注などといった個々の建設企業による経営努力だけではどうにもならない。この課題は、地域社会の安全確保や将来に関わる問題でもあることから、行政が積極的に地域の建設業の維持に関わる問題として位置づけられることが適当であり、実際、国土強靱化基本計画でもその認識にある。行政が具体的にどのように関与できるかについては、例えば、少子高齢化を踏まえた担い手不足の解消として ICT 化やロボットの活用などによる作業の効率化や省人化、建設技術者の減少に対応できる現場の施工管理制度、こうしたことに対応した入札・契約制度への見直し、産学官による担い手育成プログラムの実施などが考えられる。すなわち、企業の経営への支援のみならず、新たな技術の導入の支援、人材の育成など、行政も積極的に課題の解決に寄与していくことが必要であろう。

しかし、これらの関与のみで課題を解決するには限界がある。すなわち、新しい技術を開発し、全ての工種に対しこれらを全国的に社会実装するとともに、継続的に技術を改良し、現場に普及するまでには一定の時間を要するであろう。また、こうした技術を品質の確保をしつつ現地で運用するには、施工管理や入札・契約制度を適切に運用しうる人材、ならびに、このような人材を育成するための人材が必要である。したがって、企業の経営面では、こうした人材が地元で働き続けるだけの利益を継続的に確保することが必要である。加えて、新しい技術の導入に伴う機材のメンテナンスや改良技術の導入費用など、一定の経費を継続的に確保していく必要がある。しかし、建設業は、建築部門では民間需要はあるものの、土木部門は公共事業に大きく依存しており⁶⁾、上記のビジネスモデルが成り立つには、企業だけの努力のみならず、一定レベルでの公共部門での建設投資なしには実現が困難と考えられる。

近年における災害の経験を踏まえ、建設業が人命や財産の保全に貢献していることの国民的な理解は進んでおり、建設投資への理解も進んだと考えられる。しかし、行政が保有する資源、とりわけ財政的な資源は以前にも増して限られていることから、適切な説明なしに投資を実行することは不可能である。このため、災害の発生状況や建設業の状態は地域によって異なることを踏まえ、自らの地域の安全を確保するために、建設業の維持に向けた資源の投入が必要なのか、また、その緊急性や必要性を客観的に判断できる論理的な説明が必要となろう。しかし、そのための具体的な方法論は必ずしも自明ではなく、地域を守る建設業は重要だという一般論や精神論の域から出ていないのが現状である。このように、自らの地域における建設業の維持の必要性や緊急性、どのような維持が適切なのかを客観的に検討し、判断するための土台が整備されていないことが、課題の解決が進まない大きな要因の一

つと考えられる。

1.2 本研究の目的

建設業の維持の緊急性や必要性，ならびにどのような維持が適切なのかを客観的に判断できるようにするためには，民間企業の維持に対して行政資源を投入することの意義を明らかにすることが求められる．そのためには，維持することの意義をいくつかの観点で客観的に評価するとともに，維持の有無に応じて地域社会にどのような社会的な損失がどれだけ生じうるのかを明らかにし，これらの検討を総合的に勘案して維持を判断しうるフレームがあると有用である．したがって，このフレームをどう構築するのかが，本研究の一つ目の問題意識である．

これに引き続く問題意識は，このフレームを構成する個々の検討課題をどのような手法で明らかにするかである．まず，現在の地元の建設業で，これまでに発生した災害や想定する規模の災害に十分対応できる場合，建設業の維持は先送りしても問題なく，少なくとも緊急に何らかの対応方策を検討する必要はない．したがって，地元の建設業がどれほどの災害に対応できる能力を有しているか，すなわち，1) 地元の建設業で対応できる災害に対する限界能力を評価する手法を構築する必要がある．この手法により，維持の緊急性を明らかにすることができる．

次いで，維持は緊急であると評価された上で，維持の必要性を評価することが求められる．この検討に当たっては，地元の建設業の対応能力が低い状態を放置した場合にどれほどの社会的な損失が生じるかを把握することが有効である．すなわち，もし，この損失が地域で受容できるほど軽微であれば，対策を行う必要はない一方，大きな損失を被る場合は積極的に何らかの対策を講じるべきと考えられる．したがって，2) 建設業の対応能力の低下に伴って生じうる社会的な損失を把握する手法を構築する必要がある．

上記における緊急性と必要性を踏まえて，維持の意義は部分的に確認することができる．しかし，これだけでは必ずしも十分ではない．すなわち，維持を行うことで社会的な損失を防ぐことが期待できる一方，維持のために必要となる新たな費用，すなわち，何らかの行政資源を投入するという社会的な損失も発生する．効果と費用・損失のバランスが悪い場合，維持に替わる方策を検討する余地も大いに想定される．したがって，維持に代替する方策を列挙し，これらと維持に関する効果と費用・損失を比較し，最も効果的な方策を選ぶ，もしくは，最も効果的な方策の組み合わせを明らかにするというプロセスが必要である．したがって，3) 地元の建設業の維持に代替する具体的な方策の検討，ならびに，維持とこれらの方策との比較分析のための手法が必要である．これにより，維持を含めた方策の効率性の評価が可能になる．

以上に述べた二つの問題意識に基づき、本研究では、建設業の維持に向けた検討フレームの検討、ならびに、そのフレームに基づいた個々の検討課題を分析する手法の検討を目的とする。

第1章 参考文献

- 1) 内閣府 HP：経済財政運営と改革の基本方針 2020（案）：令和 2 年第 11 回経済財政諮問会議・第 4 回未来投資会議合同会議
- 2) 国土交通省 HP：建設投資，許可業者数及び就業者数の推移，建設業及び建設工事従事者の現状
- 3) 国土交通省：地域の安全を支える建設業等の公的役割の機能低下，平成 22 年度国土交通白書，第 2 章，第 2 節
- 4) 内閣府：国土強靱化の推進方針，国土強靱化基本計画－強くて、しなやかなニッポンへ－，第 3 章，平成 26 年 6 月 3 日
- 5) 内閣府：国土強靱化の推進方針，国土強靱化基本計画－強くて、しなやかなニッポンへ－，第 3 章，平成 30 年 12 月 14 日
- 6) 国土交通省 HP：建設投資の内訳，建設産業の現状

第2章 本研究の基本的な考え方

2.1 建設業の実態

道路や堤防、公共施設などのインフラは、産業や生活の基盤となる施設であり、こうしたインフラの整備や維持管理を行い、災害時には迅速な復旧を担っているのが建設業である。また、地域の建設業は、地元の雇用創出や工事に伴う資機材の活用によって経済循環を担う産業でもあり、地域の持続可能性にとって不可欠な産業である。こうしたことから、地域のごとは地域で対応できるよう、地元で建設業が存在する体制を構築してきた経緯がある。

これまでの建設投資、建設就業者数および許可業者数の推移を図-2.1 に示す。この図によると、政府と民間を合わせた投資額は平成4年をピークとし、その後は減少の一途であったが、平成25年からはほぼ横ばいの状況である。就業者数および許可業者数は、平成10年前後をピークに減少し、平成24年前後からは横ばいである。しかしながら、内実は楽観できる状況にない。その具体的な実情を以下に記す。

まずは、建設業と全産業の平成21～31年の有効求人倍率の推移を図-2.2 に示す。建設業の平成21年の有効求人倍率は0.78倍であったが、平成31年は6.02倍になっており、全産業と比較して建設業の人手不足が急速に進んでいることがわかる。同様の傾向は、図-2.3 に示す就業者の年齢構成の推移からもうかがえる。具体的には、建設業の高齢化は全産業に比べて進行していることに加え、29歳以下の従事者の割合も全産業に比べて減少していることから、建設業の担い手確保は非常に厳しい状況であることがわかる。

また、地域間における差も顕在化している。図-2.4 は地域別の就業者数の推移であり、中四国のように人口減少や少子高齢化が進んでいる地域において就業者の減少が顕著であることがわかる。以上より、近年は投資額、就業者数、許可業者はほぼ横ばいであるものの、地方を中心に少子高齢化に伴う人手不足が増大しており、担い手確保の厳しさを伴って、建設業は衰退の一途をたどっていると言えよう。

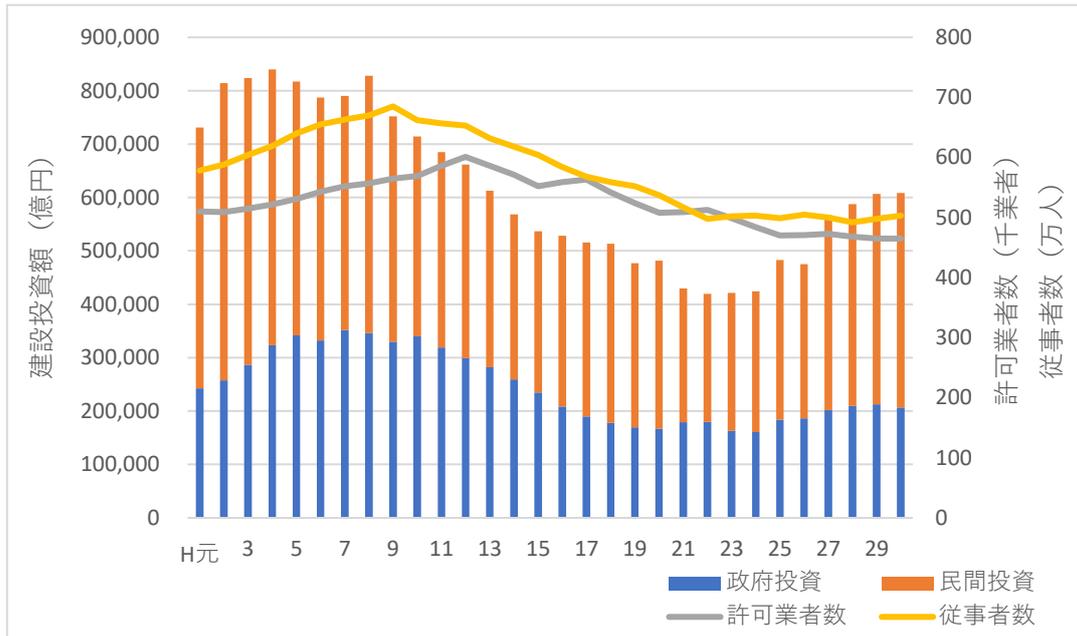


図-2.1 建設投資，許可業者数及び就業者数の推移^{1), 2)}

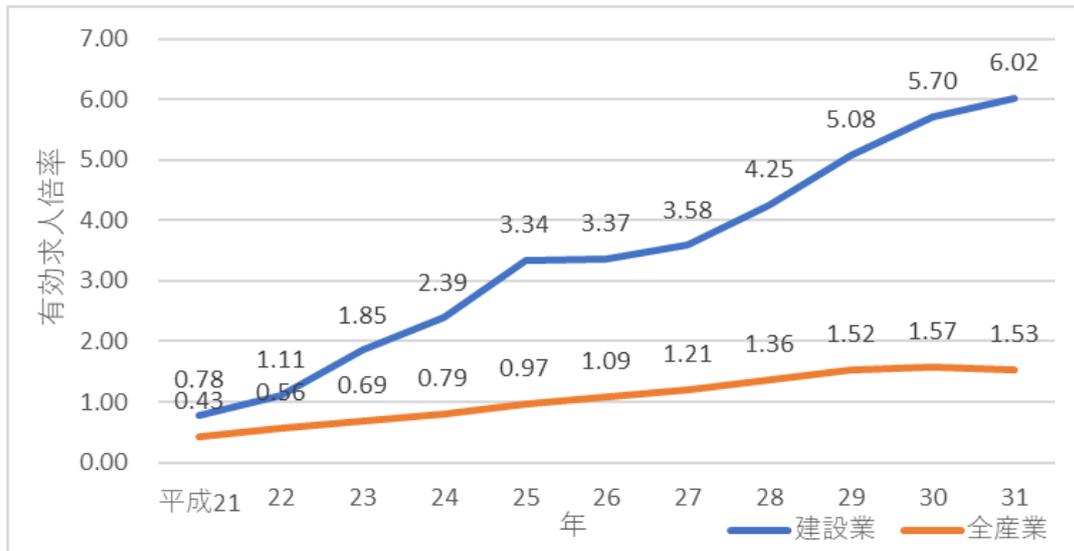


図-2.2 近年の建設業の有効求人倍率³⁾

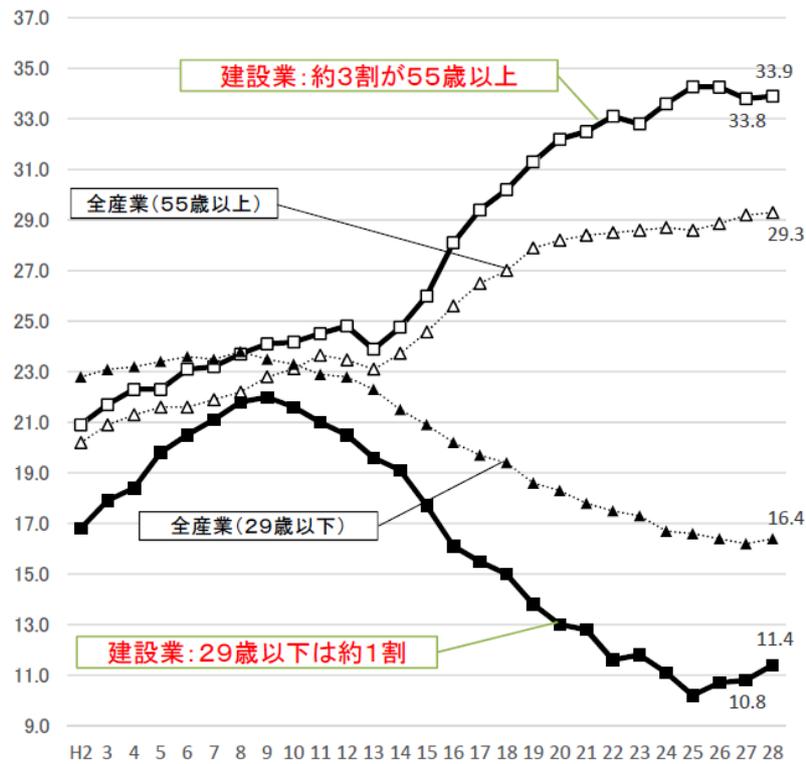


図-2.3 建設業就業者の高齢化の進行⁴⁾

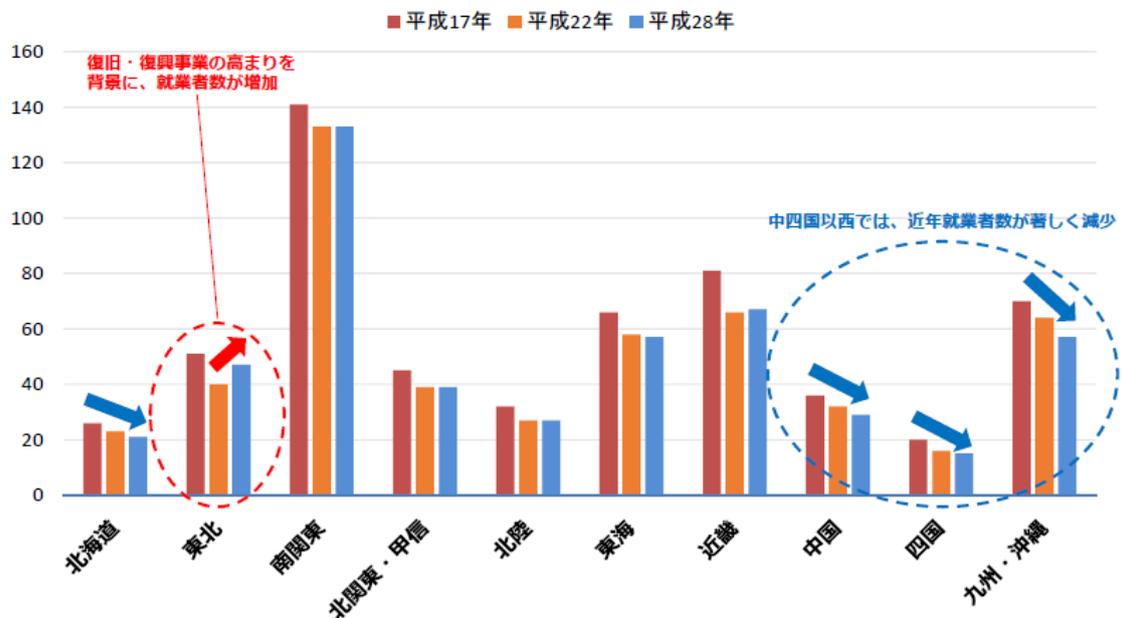


図-2.4 地域別の建設業就業者数の推移⁵⁾

2.2 自然災害の実態

近年は災害が頻発し、被害は広域的かつ激甚化している。平成12年以降に発生した主な

自然災害の一例を図-2.5 に示す。この図より、平成 23 年以降に大規模な自然災害が増え、平成 28 年以降は毎年、風水害による激甚な災害が発生していることがわかる。図-2.6 は、過去の主な風水災等による保険金の支払い額を示している。上位 10 位の災害のうち、7 つの災害が平成 26 年以降に発生した災害であり、この結果からも、近年の災害の激甚化を窺い知ることができる。そこで、近年の災害の状況を見つめるため、過去 10 年における水害被害額を図-2.7 に示す。梅雨前線による新潟・福島豪雨災害や台風 12 号による紀伊半島大水害が発生した平成 23 年は大きな被害額が突発的に生じているが、経年的な傾向としては、被害額は増加している。また、この 10 年間に被害が発生した都道府県に関しては、平成 21 年では 45 都道府県であるものの、それ以外の年では 47 都道府県であり、全国各地で水害が発生している⁴⁾。この背景にあるのが、降水量の経年的な推移である。日降水量が 200mm 以上となる年間の日数の推移を図-2.8、1 時間降水量 50mm 以上の年間発生回数を図-2.9 に示す。図-2.8 より、日降水量が 200mm 以上となる日数は長期的に増加の傾向にあり、また、図-2.9 からは、近年 10 年における 1 時間あたり 50mm 以上の降雨となる短時間強雨の発生回数は、約 30 年前の 10 年間におけるそれと比べると、約 1.4 倍になっていることがわかる。以上のように、近年では水害や土砂災害が頻発し、被害も激甚化しやすくなっており、今後もこうした傾向が続き、多くの災害が発生すると予期されている。

このように、災害はより頻発かつ激甚に生じうる一方、建設業は衰退の傾向にあり、災害に対する地域社会の持続可能性に関する懸念は、年を追うごとに深刻になっている。



図-2.5 2000年以降に発生した主な自然災害⁶⁾

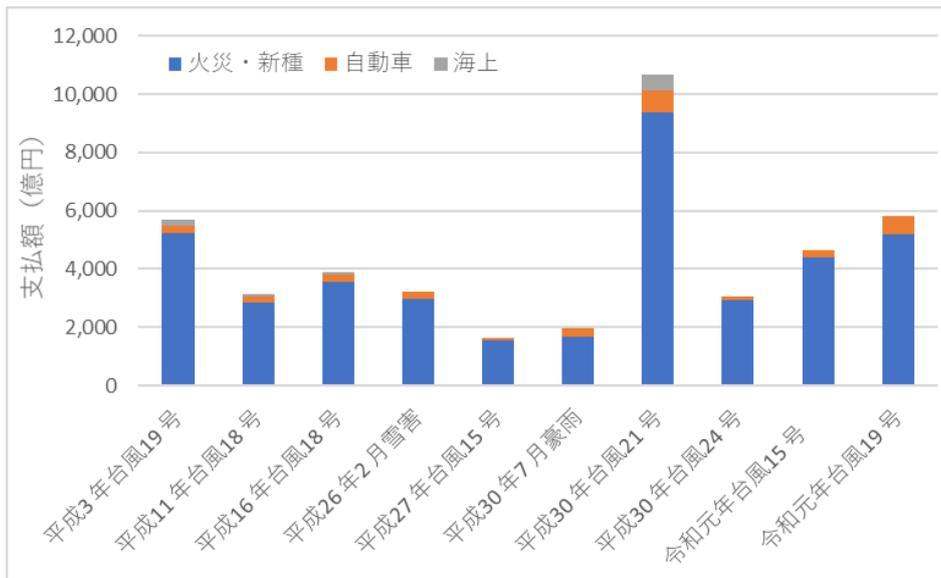


図-2.6 過去の主な風水災等による保険金（支払額上位10位）⁷⁾

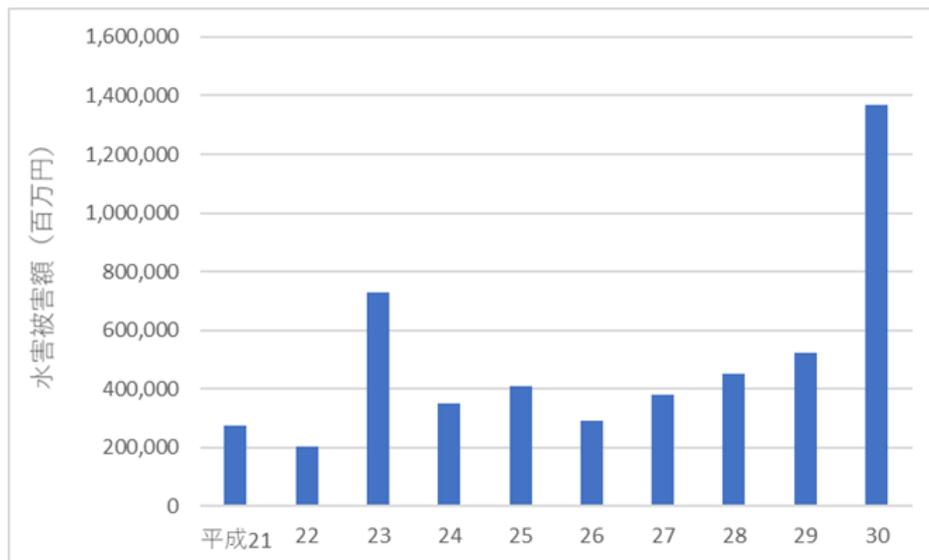


図-2.7 過去10年における水害被害額⁸⁾

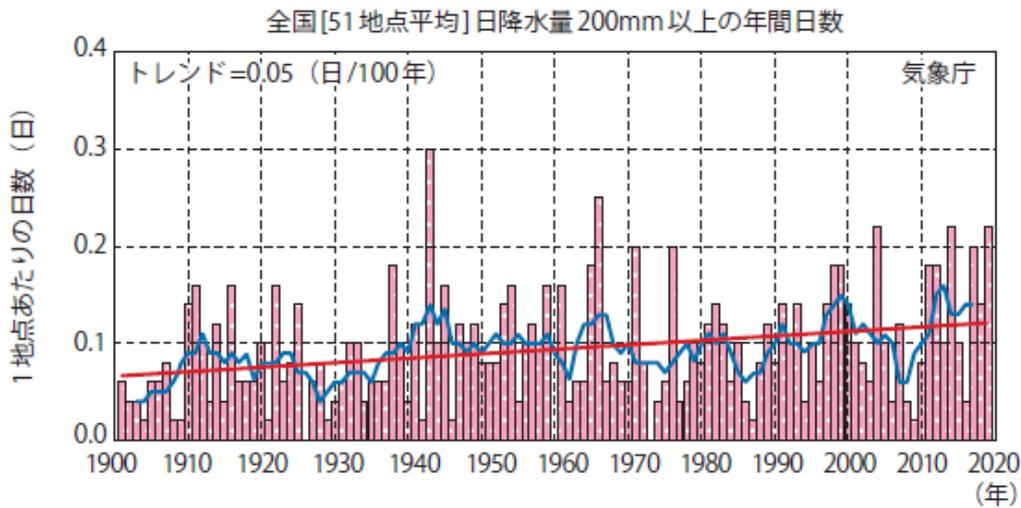


図-2.8 日降水量 200mm 以上となる年間の日数の推移⁶⁾

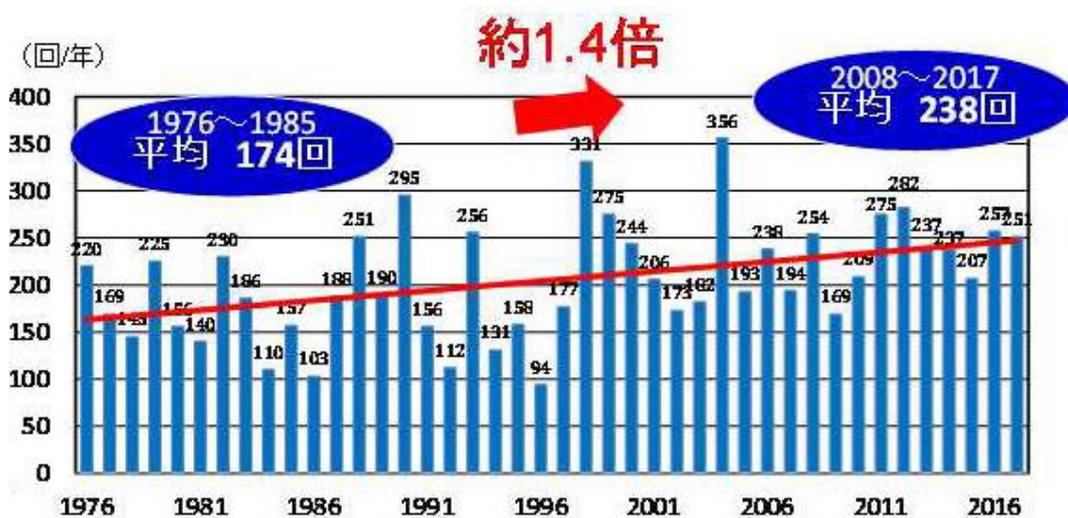


図-2.9 1時間降雨量 50mm 以上の年間発生回数 (アメダス 1000 地点あたり)⁹⁾

2.3 既往の研究

災害時における地元の建設業の役割や意義、対応力についてはこれまでに多くの研究がなされている。

災害時における建設業の貢献については、建設企業の活動を記録した研究が多くあり、東日本大震災のみを取り上げても、災害時における組織対応実態の記録¹⁰⁾、地域建設業ネットワークによる現場支援の報告¹¹⁾、また、これらの活動を定量的に集計した報告として、大槻¹²⁾、伊藤¹³⁾などがある。牧角ら¹⁴⁾は、平成 24 年九州北部豪雨を対象としてアンケート調査により地元業者の貢献と課題について明らかにしている。また、岩手・内陸地震を対象として自治体が土地勘に優れた地理的優位性などから地元企業への期待を示した国土交通省

の報告¹⁵⁾がある。災害時における建設業との連携や円滑な復旧については、熊本地震において、円滑な災害復旧を行うため自治体と地元建設企業との効果的な協力体制の構築について課題の抽出を行った井上ら¹⁶⁾、鳥取中部地震などを対象とした中小建設業者の災害ボランティア活動との接続可能性に着目した松田¹⁷⁾などがある。災害時の建設業の役割や意義については、災害時の初期対応における建設企業の役割を論じた森本ら¹⁸⁾、地域防災計画の分析から災害復旧活動に対する自治体の建設企業への期待を整理した丸谷ら¹⁹⁾、災害協定に着目し制度的な観点から建設業の活用について考察した森實ら²⁰⁾、山口県内の災害を対象として地元の建設業によって災害時のリスクがいかに減じられているのかを論じた川崎ら²¹⁾がある。また、高橋²²⁾は災害予防や災害応急対策への建設業の活用可能性を社会調査に基づいて明らかにしている。

災害時における建設業の対応力についてもいくつかの研究がみられる。東日本大震災において活動した地域業者へのアンケート調査よりこれらの活動が迅速に行われた要因を分析した竹谷・大橋²³⁾がある。また、建設業BCPに着目した研究としては、BCPの実効性担保に向けた建設関連企業のレジリエンス評価手法を提案して坂田ら²⁴⁾、BCPをベースとしてタイムラインを活用した災害対応体制を構築し訓練を通じて検証した湯浅ら²⁵⁾がある。一方、災害時における建設業の対応力を、モデル化や定量化を行っている研究も見られる。田中ら²⁶⁾は、建設機械の賦存量を定量的に明らかにしている。また、皆川ら²⁷⁾は、重機という資源に着目し、マルチエージェントシミュレーターにより災害初期の啓開作業を評価している。

災害への対応力は建設業の人手不足によってさらに低下することが懸念されているが、人手不足やそれに伴った企業の経営に関しても蓄積がある。建設業の人手不足についてはいくつかの研究が見られ、その一つとして鈴木²⁸⁾がある。この研究では、建設業の人手不足の要因や課題について、アンケートやヒアリング調査等によるテキストデータを用いて解析している。また、近年の人手不足が供給制約となり、景気押し上げ効果を抑制し、景気腰折れのリスク懸念する分析結果も報告されている^{29), 30)}。また、建設業経営の持続可能性に関するものとしては、入札・契約方式に着目し、現行の入札・契約が地方の建設業経営に与える影響を分析し持続可能な経営について考察した二宮ら³¹⁾や瀬下³²⁾らがある。谷本・後藤³³⁾は、建設企業の現状ならびに将来の持続可能性を診断する場面を想定した損益分岐点分析を用いた手法を提案している。

一方、災害の対応力の低下に伴って、復旧時における生活への影響も深刻化すると考えられる。災害復旧における生活の影響に着目した研究には少なからずの蓄積がある。木村ら³⁴⁾は、復旧・復興カレンダーを用いて、生活再建に関する被災者の意識や行動の推移を阪神・淡路大震災を対象に検討している。また、木村ら³⁵⁾は、同様の方法論を用いて、阪神・淡路大震災、中越地震、中越沖地震を対象に、災害後における被災者の行動や生活再建過程の一般化を試みている。さらに、木村ら³⁶⁾は、10年を超える長期的生活再建過程における課題の検討として生活再建過程の類型化を行っている。田村ら³⁷⁾は、阪神・淡路大震災を対象に

生活再建の基本構造を特定するとともに、課題の優先性について明らかにしている。田宮ら³⁸⁾は、東日本大震災を対象に、誰の生活再建が遅れているのか、その遅れはどのような要因が引き起こしているのかという問題意識に基づき、脆弱性をもつ世帯に焦点を当て、住宅、就労、ケア、移動にかかわる複合的な影響を明らかにしている。また、インフラの復旧に関するものとしては、復旧過程をシステムダイナミクスによりモデル化し、インフラやライフラインの相互関係が復旧活動の速度に及ぼす影響を明らかにした片岡ら³⁹⁾、東日本大震災における被災後4日間における停電による生活支障度の時間的推移から耐久困難率としての定量評価を行った佐藤ら⁴⁰⁾らがある。また、曾我部ら⁴¹⁾は、阪神・淡路大震災と新潟県中越地震を対象として、被災前後における被災地周辺での人口構造の変化の定量的評価を検討し、その変化と行われ、復興公営住宅、再開発事業、区画整備事業との相関から影響評価を行っている。

以上より、災害対応への必要性の観点から建設業の役割を論じている研究や、災害時における対応の可能性を論じている研究は多い。また、建設業の人手不足や経営の持続可能性についても研究は幾つか見られる。しかし、本研究で着目している建設業の衰退に伴う対応力の低下や、この低下によりどのような社会的な損失をどれほど地域が負わなければならないのか、また、そのことを踏まえた地元の建設業の維持の必要性やその程度を定量的に論じた研究は見られない。加えて、復旧が遅れることに伴う生活への影響自体が必ずしも明らかではなく、インフラ復旧に関する研究は、インフラ復旧間の影響によるもの、ならびに、停電や区画整理事業など限定的なものであり、生活への影響全般に関するものは見られない。

2.4 本研究の構成

前節より、建設業の役割や意義、災害時における貢献や対応力、建設業の人手不足や経営の持続可能性、復旧の遅れにより生じる生活への影響については様々な知見が蓄積されているものの、建設業の維持に向けて何をどのように検討するのが適切かという視点に立った成果は見当たらない。そこで、序章に示したように、本研究では、建設業の維持に向けた検討フレーム、ならびに、そのフレームに基づいた個々の検討課題を分析する手法の検討を目的とする。

そこで、1) 地元の建設業で対応できる災害に対する限界能力を評価する手法の構築、2) 建設業の対応能力の低下に伴って生じる社会的な損失を把握する手法の構築、3) 地元の建設業の維持に代替する具体的な方策の検討、ならびに、維持とこれらの方策との比較分析のための手法の構築によって、維持の緊急性、必要性、効率性の評価を可能にするとともに、4) これらの検討を総合的に勘案して維持を判断しうるフレームを構築し、いくつかの異なる観点で建設業の維持を客観的に評価するという計画論を構築する。したがって、本研究では、これらの4つの論点を扱うが、3)については地域が被る社会的な損失を回避するための様々な方策を取り上げ、それらについて効果や費用、損失を定量化する研究が必要となる。すなわち、一つ一つの方策について精緻な検討を重ねる必要があり、多大な労力と時間を要

する。そこで、本研究では、3)以外を中心的に扱うとともに、3)については4)の検討の中で簡易に扱うこととする。

以上を踏まえて、まずは建設業の維持に向けた検討フレームという全体像を第3章で示し、その上で、このフレームを構成する個別の検討課題のための手法の構築、すなわち、地元の建設業で対応できる災害に対する限界能力を評価する手法の構築（第4章）、建設業の対応能力の低下に伴って生じうる社会的な損失を把握する手法の構築（第5章）という構成とする。個々の章の概要については、以下の通りである。

第3章では、自らの地域における建設業の維持の必要性や緊急性、どのような維持が適切なのかを検討するためのフレームを提案する。すなわち、行政が地元の建設業を積極的に維持することの是非について問題意識が高まっている背景のもとで、そもそも維持が差し迫った地域の課題であるのか、維持をしない場合に地域社会はどのような損失を被るのか、その上で維持が必要であるのか、維持以外にどのような選択肢があり、そのどれを選択するのが有効かという論点に対して、何をどのようなプロセスで検討したらよいかの全体像を提示する。

具体的には、企業が災害に対応する場面を想定し、災害により生じうる復旧事業が地元の建設企業の業務の受容能力を超過するか否かに着目する。超過しない場合は、差し当たっての問題はなく、緊急に維持を含めた何らかの対策を講じる必要はない。一方、超過する場合には社会的な損失が生じる。その損失が許容できる範囲であれば、対策を講じる必要はないが、そうでなければ、維持を含めた何らかの対応を行う必要がある。その際、維持ならびにそれ以外の方策によって異なる損失が生じるため、これらを比較して方策を選択する。これらの一連のプロセスをとりまとめるとともに、業務の超過や損失を定量化するための簡易なモデル化を試みる。その上で、鳥取県での平時における工事発注量等を参考とした数値実験を通じ、ここで示したフレームでどのような課題が抽出でき、それに対してどのような検討が可能になるのかを示し、フレームの有用性を実証する。

第4章では、災害時における地元建設業の業務受容能力を評価し、災害に対する建設業の限界的な能力を明らかにする手法について検討する。現在の地元の建設業で、これまで発生した災害や想定する規模の災害に十分対応できるのであれば、災害に対応するために積極的な維持や他の地域への応援を要請する必要はない。この判断を行うには、現在の建設業がどれほどの業務をこなす能力があるのかを評価することが必要である。これにより、災害によって生じうる復旧の業務にどれほどの余裕をもって対応できるかが明らかになり、余裕が多ければ当面は建設業の維持は課題ではないと考えられる。そこで、災害時における被災規模と復旧費用の関係に着目し、業務受容能力を評価する手法の構築を行う。その上で、近年における各都道府県のデータを用いて、実証的に業務受容能力を推計するとともに、その妥当性をいくつかの観点で検証する。

具体的には、地域の災害で生じた被害規模を推計する式を検討した上で、被害規模と復旧費用のデータを用いて業務受容能力を推計する手法を混合正規モデルにより構築する。そ

の上で、各都道府県を対象として業務受容能力を推計し、推計された能力に関する妥当性をいくつかの観点から実証的に検討する。

第 5 章では、災害復旧の長期化とそれに伴う生活の影響を把握する手法について検討する。現在では、災害の激甚化と建設業の人手不足があいまって、復旧の長期化が見られる。復旧が遅れると、地域における生活には何らかの影響が生じる。そこで、建設業の対応能力の低下に伴って生じる社会的な損失を明らかにするために、災害復旧の長期化とそれに伴う生活の影響を把握する手法について検討する。しかし、インフラやライフラインの復旧状況やその遅れは工事の記録などから容易に把握できるのに対して、生活に及ぼす影響については必ずしも容易ではない。そこで、近年では新聞記事のテキストデータを用いたアプローチに注目が集まっており^{42)~45)}、本研究でもそのアプローチに基づいて生活の影響の推移を俯瞰的に把握するための手法の構築を行う。

具体的には、地元の新聞記事を用いて、自然言語処理と多変量解析を組み合わせることで生活の影響の推移を把握するための手法を構築する。その上で、いくつかの災害事例を対象として復旧の長期化のみならず、建設業における人手不足の影響を実証的に考察し、長期化に至る要因や構造の把握に向けた活用可能性を検討し、構築した手法の有効性を検証する。

図-2.10 に、本論文の構成を示す。

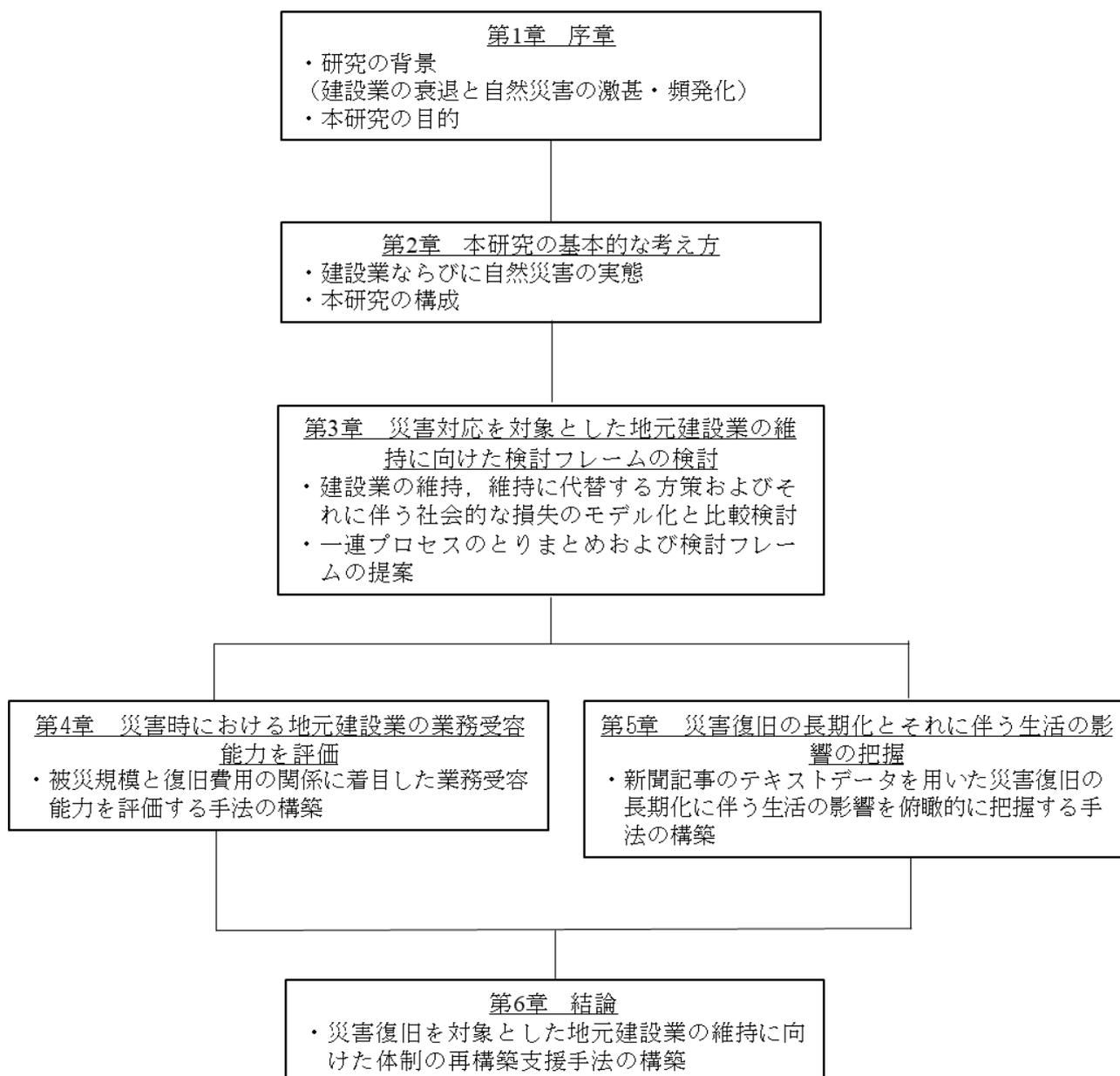


図-2.10 本論文の構成

第2章 参考文献

- 1) 国土交通省 HP：建設投資見通し，2019，建設業許可業者数調査の結果について，2019.
- 2) 厚生労働省 HP：建設労働関係統計資料，労働力調査，2016-2018.
- 3) 厚生労働省 HP：職業安定業務統計，2009-2019.
- 4) 国土交通省 HP：建設業及び建設工事従事者の現状.
- 5) 国土交通省 HP：地域建設業を取り巻く現状・課題.

- 6) 国土交通白書 2020：災害の一例，第 1 章，第 1 節.
- 7) 一般社団法人日本損害保険協会 HP：過去の主な風水災等による保険金の支払い
- 8) 国土交通省 HP：過去 10 年間の都道府県別水害被害額（平成 23 年価格），河川データブック 2020.
- 9) 国土交通省 HP：気候変動の影響について，第 1 回気候変動を踏まえた水災害対策検討委員会，2019.
- 10) 災害対応マネジメント特定テーマ委員会：東日本大震災の災害対応マネジメント，土木学会，2012.
- 11) 建設トップランナー倶楽部：平成 23 建設トップランナーフォーラム ー東日本大震災現場からの証言，2011.
- 12) 大槻良子：東日本大震災の復旧・復旧活動について，全建ジャーナル，全国建設業協会，pp. 6-12, 2012.
- 13) 伊藤博英：東日本震災における地域建設業の闘い，全建ジャーナル，全国建設業協会，pp. 6-12, 2013.
- 14) 牧角龍憲：大規模災害時における地元業者の貢献と課題についてのアンケート調査（平成 24 年九州北部豪雨災害の事例），建設マネジメント技術，経済調査会，pp. 22-27. 2016.
- 15) 平成 20 年 岩手・宮城内陸地震における建設関連企業の地域貢献状況の調査結果について，国土交通省東北地方整備局，国土技術政策総合研究所，2009.
- 16) 井上惣介，中野晋：2016 年熊本地震における地元建設企業の災害対応に関するインタビュー調査，土木学会論文集 F6（安全問題），Vol. 73, No. 2, pp. I_27-I_34, 2016.
- 17) 松田曜子：中小建設業者の CSR に関する考察 ー災害ボランティア活動との接続可能性についての検討，土木学会論文集 F4（建設マネジメント），Vol. 74, No. 2, pp. I_164-I_172, 2018.
- 18) 森本恵美，滑川達，八田法大：建設企業の災害応急対策の政策的意味と課題，建設マネジメント研究論文集, No. 16, pp. 373-38, 2009.
- 19) 丸谷浩明，比江島昌，河野耕作：建設企業が担う災害復旧活動への地方公共団体の期待，促進策に関する考察，地域安全学会論文集，No. 13, pp. 131-140, 2010.
- 20) 森實一宏，中脇法文，五艘隆志：地方における大規模災害に対応可能な災害協定に関する研究，土木学会論文集 F4（建設マネジメント），Vol. 71, No. 4, pp. I_97-I_108, 2015.
- 21) 川崎秀明，桜井厚，三浦房紀：災害時における地元建設業のリスク軽減に及ぼす影響に関する調査及び分析，土木学会論文集 F6（安全問題），Vol. 70, No. 1, pp. 1-13, 2014.
- 22) 高橋和雄：建設業の災害予防・災害応急対策への活用に関する研究，土木学会論文集 F6（安全問題），Vol. 67, No. 2, pp. I_29-I_34, 2011.
- 23) 竹谷修一，大橋幸子：東日本大震災における地域建設業による支援活動の地域別にみた迅速性の要因について，土木学会論文集 F4（建設マネジメント），Vol. 69, No. 4, pp. I_273-

- I_279, 2013.
- 24) 坂田朗夫, 川本篤志, 伊藤則夫, 白木 渡: 発災直後の効率的な対応の実現に向けた建設関連企業のレジリエンス評価手法の提案, 土木学会論文集 F6 (安全問題), Vol. 72, No. 2, pp. I_77-I_84, 2016.
 - 25) 湯浅恭史, 中野晋, 西原正彦, 西日出世, 新居勇, 丸山泰秀: 建設業 BCP とタイムラインを活用した地域災害対応体制の構築, 土木学会論文集 F6(安全問題), Vol. 72, No. 2, pp. I_53-I_58, 2017.
 - 26) 田中徹政, 加知範康, 塚原健一: 地域の被災後の応急復旧力に着目した九州地方における建設機械の賦存量に関する考察, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), Vol. 69, No. 4, pp. I_291-I_301, 2013.
 - 27) 皆川勝, 渡邊裕介, 草柳満: 災害初期の啓開における地域間連携の有効性の検討, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), Vol.68, No. 4, pp. I_57-I_67, 2012.
 - 28) 鈴木信行: 建設産業における人手不足に関する一考察, 土木学会論文集 F4, Vol. 72, No. 4, pp. I_1-I_10, 2016.
 - 29) 山田裕太郎: 建設業の人手不足, 景気腰折れのリスクにー外国人受け入れ拡大も決定打にならずー, 経済百葉箱第 131 号, 公益社団法人日本経済研究センター, 2019.
 - 30) 中田一良: 建設業の動向と公共工事の動向ー建設業の人手不足が供給制約となる可能性ー, 中田一良, 経済レポート, 三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング, 2019.
 - 31) 二宮仁志, 渡邊法美: 地方における入札・契約システムと建設業の持続可能な経営に関する一考察, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント)特集号 66(1), pp. 139-146, 2010.
 - 32) 瀬下慶彦, 高瀬達夫, 小山健: 建設工事コスト調査を用いた損益リスクモデルの構築に関する研究, 建設マネジメント研究論文集 15, pp. 337-344, 2008.
 - 33) 谷本圭志, 後藤忠博: 地方部における建設企業の持続可能性に関する一考察, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), Vol. 71, No. 4, pp. I_181-I_188, 2015.
 - 34) 木村玲欧, 林春男, 立木茂雄, 田村圭子: 被災者の主観的時間評価からみた生活再建過程ー復興カレンダーの構築ー, 地域安全学会論文集, No. 6, pp. 241-250, 2004.
 - 35) 木村玲欧, 田村圭子, 井ノ口宗成, 林春男, 浦田康幸: 災害からの被災者行動・生活再建過程の一般化の試みー阪神・淡路大震災, 中越地震, 中越沖地震復興調査結果討究ー, 地域安全学会論文集, No. 13, pp. 175-185, 2010.
 - 36) 木村玲欧, 田村圭子, 井ノ口宗成, 林春男, 立木茂雄, 10 年を超える生活再建過程における被災者の現状と課題ー阪神・淡路大震災から 16 年間に振り返る復興調査結果ー, 地域安全学会論文集, No.27, pp. 35-45, 2015.
 - 37) 田村圭子, 立木茂雄, 林春男: 阪神・淡路大震災被災者の生活再建課題とその基本構造の外的妥当性に関する研究, 地域安全学会論文集, No. 2, pp. 25-32, 2000.
 - 38) 田宮遊子, 土屋葉, 井口高志, 岩永理: 脆弱性をもつ世帯への災害の複合的影響: 住宅・就労・ケア・移動にかかわる問題に焦点をあてて, 季刊・社会保障研究, Vol. 49, No. 3,

- pp. 299-309, 2013.
- 39) 片岡正次郎, 白戸智, 牛島由美子, 高宮進: インフラシステムの災害復旧過程のモデル化と震災復旧シミュレーション, 土木学会論文集 A1, Vol. 69, No. 1, pp. 1-19, 2013.
 - 40) 佐藤真吾, 村尾 修: 東日本大震災の経験に基づく生活支障の定量的評価, 地域安全学会論文集, No.33, pp. 43-51, 2018.
 - 41) 曾我部哲人, 田中傑, 牧紀男, 佐藤慶一, : 災害が社会に与える影響の定量的評価方法の基礎的研究—阪神・淡路大震災と新潟県中越地震を対象にして—, 地域安全学会論文集, No. 27, pp. 95-103, 2015.
 - 42) 石川哲也, 川崎昭如, 目黒公郎: 山陰地方豪雪災害時の Twitter ユーザによる情報発信行動に関する分析と考察, 地域安全学会論文集, No. 17, pp. 135-143, 2012.
 - 43) 山口健太郎, 谷本圭志, 長曾我部まどか, 前波晴彦: 防災に関する社会的関心と学術的関心の近接度の分析～テキスト解析を用いて～, 土木学会論文集 F6, Vo. 74, No. 2, pp. I_111-I_121, 2018.
 - 44) 田中皓介: 建設業者による自然災害対応に関する報道分析, 土木学会論文集 D3, Vol. 74, No. 5, pp. I_241-I_248, 2018.
 - 45) 加藤宏紀, 能島暢呂, 小山真紀, 田中孝樹: 2016年熊本地震におけるライフライン被害に関する新聞報道のテキストマイニング—地方紙と全国紙の比較—, 地震工学論文集, Vol. 75, No. 4, pp. I_443-I_453, 2019.

第3章 災害対応を対象とした地元建設業の維持に向けた検討フレームに関する研究

3.1 はじめに

地元の建設業は、地域の生活や経済を支えていくための重要な産業である。しかし、建設業は衰退が続いており、災害が生じた場合に十分な対応ができなくなることで地域コミュニティの崩壊や地域社会の維持に深刻な影響が生じることが懸念されている。このため、行政が地元の建設業を積極的に維持することの是非について問題意識が高まっている。この是非を判断するに際しては、建設業の維持に向けた資源の投入に関する緊急性や必要性を客観的に説明する必要がある。具体的には、そもそも維持が差し迫った地域の課題であるのか、積極的な維持を志向する場合にはどれほどの可能性があり、維持せずに現行の体制に基づく場合にどのような方策があるのか、また、どれほどの社会的な負担を伴うのかを総合的に検討することが必要となる。しかし、何をどのように検討するのが適切かという考え方は確立されておらず、また、このような視点に立った研究の蓄積もない。

本章では、この検討のためのフレームを提示することを目的とする。具体的には、企業が災害に対応する場面において、企業の業務の受容能力を超過するか否かに着目する。超過しない場合は、緊急に維持を含めた何らかの対策を講じる必要はないが、超過する場合には、維持をしない場合に生じうる社会的な影響を踏まえた上で、維持を含めた何らかの方策を行う必要がある。特に、何らかの方策を講じる場合には、これらの方策の実施によって生じる異なる影響を定量的に評価し、それぞれの得失を比較した上で選択できるようにする。以上の一連のプロセスをとりまとめ、総合的な観点から維持を判断しうる全体像をフレームとして提示するとともに、数値実験を行い、このフレームの有用性を実証する。

3.2 建設企業による災害対応のモデル化

まずは、地元の建設業は維持しないものとして、災害が生じた場合における建設企業の災害対応についてモデル化し、維持をしない場合の社会的な損失を定量的に把握するための考え方を整理する。

地域 A に位置する任意の地元の建設企業（以下、「企業」と略す）を i 、企業の集合を N 、任意の時期を t で表す。以下では、二期間 ($t=1, 2$) を対象とする。企業 i が時期 $t=1$ に受注する任意の復旧工事を j 、その集合を H_i で表す。双方の時期 ($t=1, 2$) には通常時における工事（以下、「通常工事」と略す）を受注し、時期 1 ($t=1$) には災害の復旧工事も受注しうる。時期 1 において復旧工事が完了せず、時期 2 にそれらの工事が及ぶ場合、工事の遅れに伴う社会的な損失が発生する。ただし、工事が遅れる場合、時期 2 以降に遅れが及ぶことはないものとする。

通常工事の要求作業量を v_i 、復旧工事 j の要求作業量を w_j 、通常工事に並行して復旧工事 j を実施するのに必要な投入作業量を $f + c(v_i + w_j)$ で表す。ここに、 f は工事の要求作業量に関わらず必要となる投入作業量（固定作業量）、 $c(v_i + w_j)$ は工事の要求作業量に応じて必要

となる投入作業量（可変作業量）である。要求作業量とは、発注者が求める作業量であり、投入作業量とは、要求作業をこなすために受注者の企業が自身の技術や創意工夫のもとで投入する作業量である。一般には、通常工事と復旧工事 j に関して次式が成立すると考えられる。

$$v_i + w_j \geq f + c(v_i + w_j) \quad (3.1)$$

このことを経済的に解釈すると、要求作業量よりも投入作業量が小さいと、その工事は企業に利益をもたらすことを表している。また、個々の復旧工事 j に関して上式が成立しなくても、次式が成立する場合は通常工事と工事の集合 H_i により企業に利益がもたらされる。

$$v_i + \sum_{j \in H_i} w_j \geq f + c(v_i + \sum_{j \in H_i} w_j) \quad (3.2)$$

一つの時期に企業 i が投入可能な作業量を W_i で表す。よって、時期 1 内に企業 i がすべての工事を完了する条件は次式で表される。

$$f + c(v_i + \sum_{j \in H_i} w_j) \leq W_i \quad (3.3)$$

ここで、通常工事の要求作業量が大きいかほど企業は常より多くの作業に対応している。よって、通常工事の要求作業量 v_i に関して投入可能な作業量 W_i は増加すると考えられる。これらの関係があることを明記すると、上式は以下のように改められる。

$$f + c(v_i + \sum_{j \in H_i} w_j) \leq W_i(v_i) \quad (3.4)$$

以下では、表記の簡単のため、 W_j が通常工事の要求作業量 v_i に関する関数であることは省略する。以上より、時期 1 内における企業 i の超過作業量 d_i 、すなわち、自社では対応できない作業量を次式のように定式化できる。ただし、 $d_i \geq 0$ の場合は作業が超過している、 $d_i < 0$ の場合は超過していない状態を表している。よって、 $d_i < 0$ の場合の $-d_i$ は企業 i の余裕作業量と言える。

$$d_i = f + c(v_i + \sum_{j \in H_i} w_j) - W_i \quad (3.5)$$

ここで、地元のすべての企業で時期 1 に発生する工事を再委託により完結する場面を想定する。このとき、以下が成立している場合、地域の企業のみで超過作業をこなすことができるため、地元の企業のみで地域 A におけるすべての工事を完結できる。

$$D = \sum_{i \in N} d_i \leq 0 \quad (3.6)$$

上式が成立しない場合、すなわち、 $D > 0$ の場合は、超過作業量 D の分だけ時期 1 内に地元の企業のみで作業を完了できないことになり、地元の企業が投入可能な作業量である業務受容能力を上回っている場合である。

$D > 0$ の場合、1) 企業が受注できる制度的な上限を緩和する、2) 工事の完了を遅らせる（すなわち、時期 2 にも工事を実施する）、3) 時期 2 に工事が及ばないように地域外の企業から作業を調達する、のいずれかがありうる。現実には、これらを組み合わせて実施すると考えられるが、以下では議論の見通しを保つため、それぞれの方策のもとで生じる付加的な損失を定式化する。

1) 企業が受注できる制度的な上限を緩和する場合

この場合、その上限を超えた作業については品質の低下に伴う社会的な損失が生じうる。地域 A におけるその損失は、次式で定式化できる。

$$\delta_A \left(\sum_{j \in H^*} w_j - \sum_{j \in H} w_j \right) \quad (3.7)$$

ここに、 δ_A は損失を表す関数、 H は制度的な上限のもとでの地域 A における作業の集合、 H^* は制度的な上限が緩和されたもとでの作業の集合であり、それぞれ次式で表される。ただし、 H_i^* は制度的な上限が緩和された場合に企業 i が受注する工事の集合である。

$$H = \bigcup_{i \in A} H_i \quad (3.8)$$

$$H^* = \bigcup_{i \in A} H_i^* \quad (3.9)$$

2) 工事の完了を遅らせる場合

時期 2 に工事を実施する場合、復旧工事を優先して実施するものとする。よって、遅れ時間は D/W , ($D \geq 0$) で表すことができる。ただし、 W は地域 A における投入可能な作業量であ

り，次式で表される．

$$W = \sum_{i \in N} W_i \quad (3.10)$$

この遅れに伴う社会的な損失は次式で表される．ただし， ϕ_A は遅れ時間を金銭換算するための関数である．

$$\phi_A\left(\frac{D}{W}\right) \quad (3.11)$$

3) 時期2に工事が及ばないように地域外の企業から作業を調達する場合

この場合，超過作業量 D を地元の企業が地域外の企業に再発注することになる．形式的には，この作業量 D を要求作業量として，地域外の企業に再発注する．よって，地域外の企業から調達する作業量は次式で表される．ただし，添え字 J は地域外の企業を表す．

$$f_J + c_J D \quad (3.12)$$

上式を金銭評価する関数を π_1 で表す．よって，地域外の企業から調達した場合の付加的な費用は次式で表される．

$$\pi_1(f_J + c_J D) \quad (3.13)$$

以上より，1)~3)の場合のいずれかのどれが適当かについては，式(3.7), (3.11), (3.13)を比較することで判断できる．また，現行の企業のみで災害対応をする場合における社会的な損失は，式(3.7), (3.11), (3.13)の最小値として求めることができる．

3.3 建設企業の維持に関するモデル化

前節では，地元の建設業の維持という考え方をあえてとらず，そのもとでどのような方策を講じることができ，その結果，どれほどの社会的な損失が発生するかをモデル化した．しかしながら，現行では災害対応ができない企業を建設市場の流れにまかせて衰退を静観するのではなく，災害対応ができるよう育成することや，いくつかの企業を経営統合するなどした上で，これらの企業への通常工事の発注を通じて積極的な維持を行うことが考えられる．以下では，そのような文脈で地元の企業を維持する場面に着目し，その状況をモデル化する．

「維持する建設企業」（本章における「企業」とは，この企業を表す）に関する通常工事

の要求作業量を u_i で表す。通常工事に関するこの企業に関する超過作業量は式(3-5)に基づいて次式で表される。ただし、超過作業量は通常工事の要求作業量 u_i に依存することを強調し、左辺をあえて $d_i(u_i)$ と表記している。

$$d_i(u_i) = f + cu_i - W_i \quad (3.14)$$

ただし、この d_i は災害時のそれではないため、一般に $d_i < 0$ である。よって、先述のように、 $-d_i$ は余裕作業量である。これらの企業で式(3-6)に示す超過作業量 D をこなすことを考える。もっとも、「維持する建設企業」とはこの超過作業量 D をこなすために維持される企業である。よって、超過作業量 D をこなすために必要となる企業の数に次式で表される。

$$\frac{D}{-d_i(u_i)} \quad (3.15)$$

よって、これらの企業に対して、平時に発注者が発注する地域全体での通常工事の要求作業量は次式のように定式化される。

$$\frac{u_i D}{-d_i(u_i)} \quad (3.16)$$

超過作業量 D が生じないようにするために、平時から式(3-15)に示す企業を維持し、その維持に必要な要求作業量が式(3-16)である。上式を金銭評価する関数を π で表す。よって、企業を維持する場合の費用は次式で表される。

$$\pi_2\left(\frac{u_i D}{-d_i(u_i)}\right) \quad (3.17)$$

3.4 建設業の維持に向けた検討フレームの提案

3.2 では建設業を維持しない場合、3.3 では維持する場合を想定してモデル化した。これらのモデルを要素として、維持をするか否かを総合的に判断するためのフレームを以下で検討する。検討に際しては、一定の規模の災害を想定する。この災害に対して上記のモデルを計算する。その上で、 $D \leq 0$ であった場合、すなわち、業務受容能力に余裕がある場合は、差し当たっての問題はなく、緊急に維持を含めた何らかの対策を講じる必要はないと考えられる。つまり、フレームにおける第一の検討項目は、維持の緊急性に関する評価である。

また、 $D > 0$ の場合であっても、地域の建設業の能力不足に伴って生じる生活への支障のリスクを地域が許容できるなら、維持を含めた何らかの対策を講じる必要はない。したがっ

て、次の検討項目は、維持の必要性に関する評価である。

しかし、 $D > 0$ の場合であり、かつ、生活への支障のリスクを地域が許容できない場合には、建設業の維持を含めた方策を選ぶ。具体的には、式(3.7), (3.11), (3.13), (3.17)を算出し、これらの比較により、どの方策が効率的かを吟味する。ただし、方策のいずれかを選択することもあれば、これらの方策を組み合わせることも考えられる。このように、この検討項目は維持の効率性に関する評価である。

以上より、一連のプロセスをまとめた検討フレームの全体像は図-3.1のように表すことができる。「超過作業量」と記されている判断は、緊急性に関する視点に基づいてなされる。また、「生活への影響に関する概略の把握」を踏まえた上で、「地元の企業の育成等並びに積極的な維持」と記されている判断は、必要性に関する視点に基づいてなされる。その上で、生活への影響のリスクを許容できる場合（図の No-1）、何らかの対策は必要ないと判断に至る。一方、建設業の維持をする場合（図の Yes）もしくは維持に代替する方策を講じる場合（図の No-2）、効率性の視点に基づき、適切な方策を選択する。

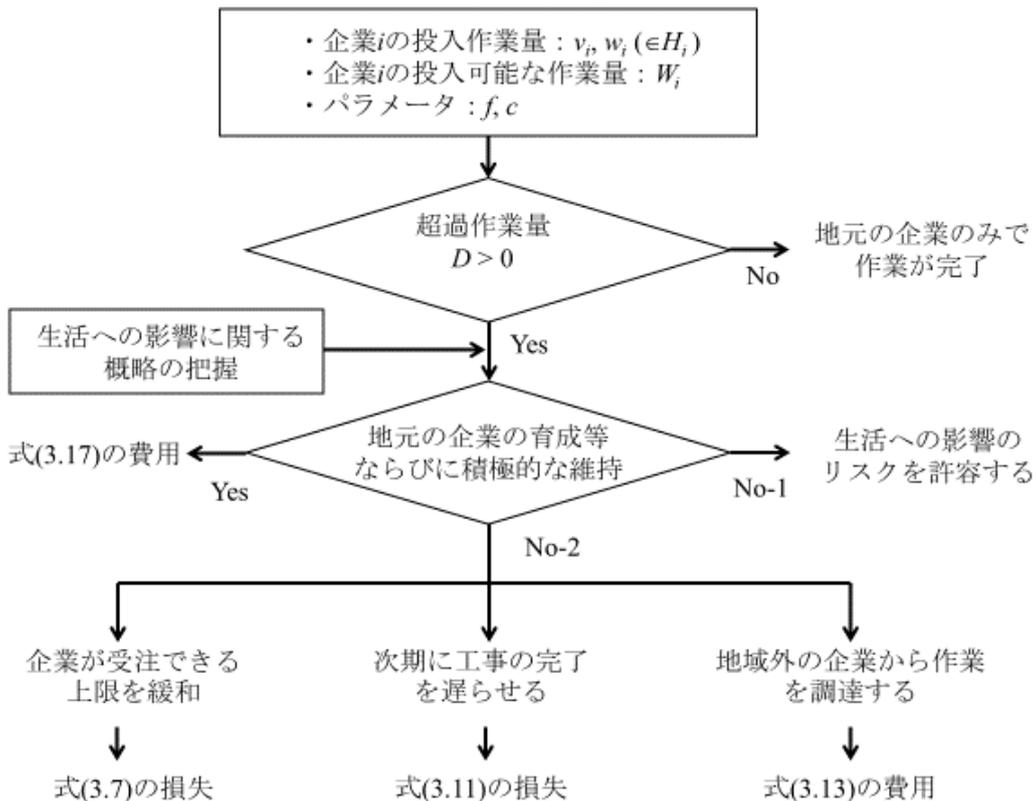


図-3.1 本章の検討フレームの全体像

3.5 数値実験

3.5.1 計算の前提条件

3.2, 3.3 のモデルを用いて、建設企業の災害対応の可能性を数値例を用いてデモンストレ

ーションする。なお、本研究では作業量という概念を用いて論を進めているが、作業量そのものをデータとして観測することは困難である。そこで以下では、要求作業量を企業の売上高（受注金額）、投入作業量を企業の費用という経済的な観点での作業量で代用して数値計算を行う。

検討の対象とする地域や企業数、それらの企業の工事受注の状況を以下に示す。まず、地域 A として鳥取県東部地域を想定する。この地域内には大規模な企業と小規模な企業があり、大規模な企業は 22 社、その一社当たりの平均売上額は 2,117,687 千円である。以下では、大規模な企業のみが地元自治体から災害対応の建設工事を受注しうる状況を想定し、数値計算を行う。その際、谷本・後藤リによって、建設企業の現状ならびに将来の持続可能性の診断手法を提案し、鳥取県内の建設企業を対象に実証分析を行った際に上記の f 、 c の値が算出されており、ここではその値を用いる。なお、企業の規模の分け方については上記の研究を参照されたいが、分けは費用関数の差異に着目したものであり、大規模／小規模な企業の費用関数は表-3.1 に表される。これによると、大規模な企業に関して $f=6,778.46$ 、 $c=0.9799$ である。

一方、企業の工事受注高等については、鳥取県発注の平成 25 年度から 27 年度の 3 年間の工事件数と発注金額より平均的な工事 1 件あたりの発注金額を算出する。このとき、大規模な企業に相当するのは鳥取県基準に示された上位ランク企業とすれば、鳥取県東部地域において受注総工事件数は 92 件、総発注金額は 6,168,618 千円であり、1 件あたりの発注金額は 67,050 千円である。以下の検討では、これらの条件をもとに、先述の 22 の（大規模な）企業が、同一の f 、 c の値のもとにあるものとして検討を進める。以下で述べる「企業」とはここで言うところの大規模な企業のことを指す。

表-3.1 既往の研究における費用関数の推計結果

項目	小規模	大規模
固定作業量 f	0.9872 (0.00)	0.9799 (0.03)
可変作業量比 c	342.46 (0.00)	6778.46 (0.05)

※()内の数値は p 値、金額単位は千円

3.5.2 復旧工事の想定

災害が起こっていない状態に着目する。このとき、式(3.3) は $w_j=0$ ($j \in H$) の状況にある。また、表-3.1 より $f=6778.46$ 、 $c=0.9799$ 、通常工事に関して平均的な売上高は 2,117,687 千円 ($=v_i$) であることから、投入作業量 $f+cv_i$ は 2,081,900 千円となり、企業は 35,787 千円の利益を得ている。

式(3.3)における右辺の W_i 、すなわち、企業が投入可能な作業量は個々の企業の生産体制に大きく依存するため、その推計は困難である。そこで、補注 1 に示す値 3,146,910 千円を W_i の暫定値とする。

以上より、地域内の通常時の要求作業量 $v_i=2,117,687$ 千円を地域の任意の企業はこなしており、このことは式(3.3)に基づいて以下の不等式で確認できる。

$$f + cv_i = 2,081,900 \text{ 千円} < W_i = 3,146,910 \text{ 千円} \quad (3.18)$$

次いで、この地域の期間 1 に災害が発生し、復旧工事が発生したとする。災害としては、集中豪雨下での土砂災害のように局所的に災害が発生する状況である。このとき、企業は通常工事の作業量 v_i に応えつつ、復旧工事の要求作業量 Σw_j にも対応する必要がある。もし、 $c\Sigma w_j$ が式(3.18)の両辺の差 1,065,010 千円以内であれば、この災害に対する復旧は、地元の企業のみで、期間 1 内に完結できる。

復旧工事の要求作業量 Σw_j が通常工事の要求作業量と同じ、すなわち、 $\Sigma w_j = 2,117,687$ 千円である状況を想定する。このとき、企業 i の要求作業量の合計は、通常工事の 2 倍の 4,235,374 千円（ $= 2,117,687 \text{ 千円} \times 2$ ）となる。なお、山口県の地方建設事務所事務所では、災害復旧期の工事発注額が前年度の発注額の 5 倍を超える状況が生じた事例もあり、2 倍の想定は災害規模として過大ではない。このとき、任意の企業 i に関して、次式が成立する。

$$f + c(v_i + \Sigma w_j) = 4,157,021 \text{ 千円} > W_i = 3,146,910 \text{ 千円} \quad (3.19)$$

式(3.5)より、任意の企業 i の超過作業量 d_i は次式のように求められる。

$$d_i = 4,157,021 - 3,146,910 = 1,010,111 \quad (3.20)$$

3.5.3 災害対応方針に係る費用の算出

上式の状況のもと、3.2, 3.3 で示したいくつかの方策を取り上げ、そのもとでの費用を試算する。

1) 工事の完了を遅らせる

工事の完了を遅らせることは、地元の企業のみで復旧工事に対応することを目指す場合に、最初に検討される方策であろう。式(3.20)より、期間 1 のみでは 1,010,111 千円に相当する投入作業量がまかなえない。

そこで、この分を工期を延長して期間 2 でまかなう。この場合、式(3.7)に示すように、延長の規模は $D/W \times 1$ 期間である。ここで、企業数は 22 社であることから、 $D = 22d_i$ 、 $W = 22W_i$ であることに留意すると、延長の規模は 1 期間の約 32% 分である。この工期延期に関しては、式(3.7)に示す関数 ϕ_A が与えられれば、延期に伴う社会的損失を金銭的に評価することができる。

2) 地域外の企業から作業を調達

次いで、地域外の企業からの投入作業量の調達に着目する。このとき、式(3.12)に示す作業量を調達する。上記の数値を代入すると、式(3.12)は次式のように表される。なお、上述のように、 $D = 22d_i$ である。

$$f_j + 22,222,442c_j \quad (3.21)$$

ここで、 $f_j = f$ であるとする。投入作業量を地域外から調達するため、 c_j は c と比べて割高になると考えられる。仮に、1割高、2割高の場合、もし地元でこなせたら $D = 22d_i = 22,222,442$ であった投入作業量が、23,960,126、26,137,704と1.08、1.18倍になる。なお、 f_j も c_j も金銭単位をもつパラメータであるため、上式は関数 π_1 を経なくても、金銭換算されている。したがって、ここでの「1.08、1.18倍」は作業量のみならず、外部から作業量を調達することに伴う付加的な費用も「1.08、1.18倍」である。

3) 災害復旧対応のために企業を維持

3.3のモデルを用いて、具体的にどれほどの企業を維持する必要があるのかを導出する。以下では引き続き、復旧工事を含めた要求作業量が通常作業量の2倍になる災害への対応を考える場面を想定して数値計算を行う。その際、式(3.4)で示すように、 u_i と W_i には関係がありうるが、ここではその特定が困難なため、関係がないものと仮定する。

「維持する企業」で上記の $D = 22d_i = 22,222,442$ の投入作業量をまかなう場合、必要となる企業数は式(3.15)より $D/(-d_i)$ 、また、地域A全体におけるこれらの企業への通常工事の要求作業量は式(3.16)より $u_i D/(-d_i)$ である。先の場合と同様、 f_j も c_j も金銭単位をもつパラメータであるため、 $u_i D/(-d_i)$ は関数 π_2 を経なくても金銭換算されている。

このため、3.5.1に記したように、対象地域における工事1件当たりの発注金額は67,050千円であることを踏まえると、地域A全体におけるこれらの企業への工事件数は $u_i D/(-67,050d_i)$ である。

以上より、「維持する建設企業」のために発注する通常工事の要求作業量を u_i としたときに、それが地域全体の工事件数という単位でどれほどか、また、その工事の受け皿が何社であれば復旧工事を地元のみで対応できるのかを図-3.2に表す。なお、横軸の左端は企業にとって通常工事のみで損失が出ない最低限の要求作業量(337,237千円)、右端は対象地域における平均的な要求作業量(2,117,687千円)である。これより、全く利益が得られない工事発注を行うとしても40件ほどの追加工事が必要であり、現状の利益が得られる平均的な要求作業量となる追加工事だと600件以上の発注が必要であることがわかる。

先述のように、鳥取県東部地域における年間の工事発注件数は92件であり、それに匹敵するかそれ以上の件数を確保する必要がある。鳥取県の発注工事のみでこれだけの業務を発注することは現実的ではないとの結果である。

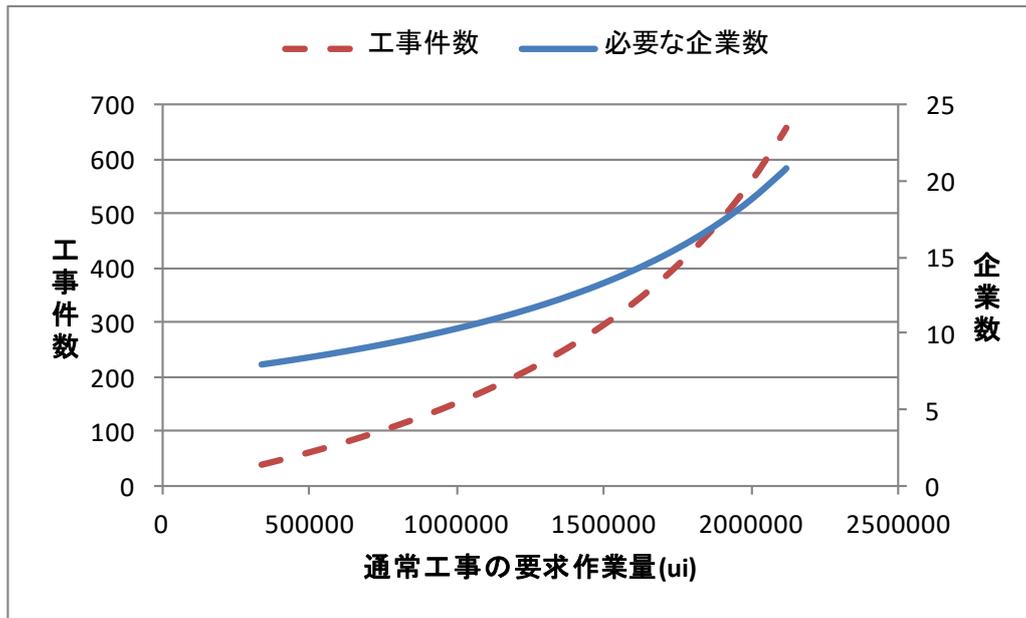


図-3.2 通常工事の要求作業量と企業数／工事件数

3.5.4 考察

以上の計算より、数値そのものの妥当性は高くはないものの、建設業に関するいくつかの課題を定性的に窺い知ることができる。一つ目は、超過作業量が生じるような大規模な災害の復旧工事には、どの方策を選択しても、通常工事以上の費用がかかるということである。現在、多くの復旧工事において工事価格を決めるための積算単価は通常工事の基準が適用するのが原則のようであるが、復旧工事は通常工事よりも割高のコストがかかることを念頭に置いた契約形態が望まれる。

二つ目は、企業の投入作業量に上限があることである。上限があることには、企業にとっての外的な要因と内的な要因がある。外的な要因は、例えば企業で保有する工事監理者の受注件数の上限を発注者側が定めているといった場合である。しかし、緊急を要する復旧工事などについては、何件かの工事をまとめて監理してよいといった柔軟な対応が取られている例もあり、これは、3.2で触れた「企業が受注できる制度的な上限を緩和する」場合に相当する。この場合、品質の低下が懸念されるが、それ自体は必ずしも問題ではない。すなわち、品質の低下は式(3.7)で表されるが、この方策によらない場合は別の費用、すなわち、この研究では式(3.11)、(3.13)が生じる。例えば、復旧工事の完成検査の基準は、通常工事の検査基準と同じであることが一般的であり、品質低下が起こらないような対応をとることが多い。例えば、受注者は、日々の品質確保のために一部業務を再発注して対応し、式(3.13)の費用を負う代わりに式(3.7)の費用を発生させない、あるいは小さくすることも多い。また、品質を確保できる作業員や資機材の確保ができない場合、これらを確保するための期間を発注者との協議により工期を延長することもあり、式(3.11)の損失を許容せざるえ

ないこともある。このように、他の代替方策との関係性が重要である。これを逆に見ると、これらの費用の比較ができないままでは、場当たりのしか代替方策が選べないという望ましくない事態に陥ってしまう。

一方、企業の投入作業量の上限に関する内的な要因は、企業の管理・処理能力によるものである。特に、今後は担い手の不足による能力の低下が懸念される。昨今、ICT化や機械化による効率化に関する技術開発が進んでいるが、このことは、ここでの企業の投入作業量の上限の改善に寄与する可能性が大きい。したがって、これらを開発し、建設業に導入する効果を、この検討フレームで評価することが可能である。

地域外の企業から作業を調達する場面については、その調達費用のみに目を向けたが、実際にはそれにより工事の遅れを抑えることができる。すなわち、式(3.13)の費用を負うかわりに、式(3.11)の費用を小さくするという効果がある。予め地域外との具体的な連携方策を定めておくことにより工事の遅れをより小さくすることが期待できるため、具体的にどのような連携が必要か、どのような体制が有効かについても、このフレームを援用して検討することができる。

ただし、地域外の企業から作業を調達する場合、地域の外に資金が流出することになる。このことを防ぐには、上記とは逆に、式(3.13)の費用を発生させず、式(3.11)の費用を受け入れることになる。今回の数値実験では一期間の32%分だけ延長すれば復旧工事を地域内で完結することができることから、過去の類似の災害を参照し、この延長を地域が受容するかを予め関係者と協議しておくことで、災害時に速やかな判断が可能になる。

また、地元の建設企業を維持する場面を想定して計算を行ったが、その結果は必ずしも楽観的ではなく、また、地域によって結果は異なりうる。しかしながら、計算結果のオーダーを見ると、超過作業量を完全に解消することが容易くないことは分かる。このように、単なる維持だけでは限界があり、災害時における単価や柔軟な工期設定を行える契約の導入の可能性を進めることが必要であろう。例えば、事業協同組合的な企業体連携による品質管理を念頭に置いた柔軟な技術者運用や連携スキームの構築といった、地域に応じた新たな仕組みの導入の検討などを進めるべきである。加えて、ICT化や自動化等による省人化に伴う効率性の向上による収益性の向上を図りつつ、これまで地域で活躍してきた強みを活かした地域インフラの町医者としてのポジションを確立し、広い意味での地域づくりの担い手として建設業を営むという方向がなければ、地元の企業の維持は困難であることが窺える。しかしながら、今後進んでいく少子高齢化をふまえると、こうした取り組みだけでは、建設業を維持することは困難になることも容易に想像できる。したがって、災害の発生状況を踏まえつつ、一定レベルでの公共部門での建設投資の確保を行っていくことは不可避であると考えられる。

3.6 おわりに

本章では、災害対応の観点から、建設業の維持の必要性や緊急性、どのような維持が適切

なのかを検討するため、維持を含めた何らかの方策を検討し、その方策によって生じる社会的な損失を算出するためのモデル化を行い、方策を総合的に勘案して維持を判断しうる検討フレームを構築した。その上で、鳥取県での平時における工事発注量などを参考に、数値実験を行った。

フレームの概ねのプロセスとしては、まずは、地域の建設業の業務受容能力の評価を行い、何らかの方策を講じる緊急性を評価する。これにより、緊急性が低ければ方策は講じないが、そうでなければ、何らかの方策が必要かについて検討する。具体的には、生活に生じうる影響を明らかにし、そのリスクを地域が許容しうるかを判断し、許容しうるのであれば何もせず、許容できないのであれば、何らかの方策を講じる。何らかの方策を講じるとの判断に至った場合は、地元の建設業の維持を含めた方策のもとで生じる社会的な損失を定量化し、それらの比較によって効率的な方策を選択する。以上のプロセスを本研究で提案した。

また、数値実験では、業務受容能力が算定できれば、維持する企業数や工事件数の導出が可能であること、大規模な災害の復旧工事では、どの方策を選択しても、通常工事以上の費用がかかること、ICT化や自動化による省人化に伴う効率化の導入はこの検討フレームで評価できることなど、建設業に関する定性的な議論が可能であることを示すとともに、ここでの検討フレームを用いることでそれらの課題に関する定量的な検討が可能であることを確認した。以上より、ここで提案した検討フレームは、地域における建設業の維持の必要性や緊急性、どのような維持が適切なのかを総合的に判断しうる有用性があることが確認できた。

一方、この検討フレームで提案した工期を延長する、受注上限を緩和する、地域外へ要請するという方策、およびそれぞれの社会的な損失を示す関数は、式(3.7)、(3.11)、(3.13)、(3.17)で示されるように、式(3.7)は損失を表す関数、式(3.11)は遅れ時間を金銭換算する関数、式(3.13)、(3.17)はそれぞれ式(3.12)、(3.16)を金銭に評価する関数である。実際の検討では、3.5.3ならびに3.5.4で示したように、具体的な関数の定式化やパラメータが不明である。また、式(3.11)は復旧の遅れがどのように生活への影響を生じるかの把握が必要となるが、これは自明でなく、この関数も定式化されていない。したがって、様々なデータの蓄積を進め、これらの関数の定式化やパラメータの推計がこのフレームの運用には必要である。以上、今後の課題としたい。

補注1：企業の平均売上額を2,117,687千円としたのは本文中に示した。 W_i はこのような平均的な企業において、どの程度の「余力」があるか、すなわち2,117,687千円に対して、いくら上積みして工事を受注できるかの総額を示すものである。

投入可能な作業量 W_i は、以下の方法で与える。東京商工リサーチの企業データから、各企業の売上高、従業員数の掲載がある。そこで、それぞれの企業ごとに従業員一人あたりの工事受注額（売上高）を算出し、それらの標準偏差 σ を求め、その $+1\sigma$ を企業の最大受注額と考えることとした。具体的には、以下のようである。

- 1 企業の平均売上高は2,117,687千円
- 2 企業の平均従業員数は47人
- 3 従業員一人あたりの平均売上額は44,968千円
- 4 売上高の標準偏差 σ は21,855千円
- 5 よって, $W_i = 47 \times (44,968 + 21,855) = 3,146,910$ 千円

第3章 参考文献

- 1) 谷本圭志, 後藤忠博: 地方部における建設企業の持続可能性に関する一考察, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント) 特集号, Vol. 71, No. 4, pp. I_181-I_188, 2015.

第4章 災害時における地元建設業の業務受容能力を評価する手法の構築に関する研究

4.1 はじめに

前章では、地元企業の業務受容能力に着目し、建設業の維持に向けた検討フレームの提案を行うとともに、数値実験を用いてその有効性を検証した。これにより、地元の建設業の業務受容能力の算出を行うことができれば、このフレームに基づいて、地域において維持すべき企業数や工事件数の導出が可能となった。現在もしくは近い将来に生じうる災害復旧に対して地元企業の業務受容能力が低ければ、維持に関する上記の検討が必要であるとともに、それが著しく低ければ、その検討を緊急に要すると判断することができる。しかし、災害に対する業務受容能力を定量的に評価した研究はこれまでになく、その判断を容易に下すことができない状況にある。

そこで本章では、業務受容能力を超える規模の災害が生じた場合には、その限界点より小さい規模の災害が生じた場合に比べて復旧費用が大きくなる可能性に着目し、その限界点を特定することで業務受容能力を評価する手法を検討する。具体的には、災害の被害規模を定量化する手法を検討した上で、被害規模と復旧費用の関係に基づいて限界点、すなわち、業務受容能力を推計する手法を混合正規モデルにより構築する。その上で、各都道府県を対象として業務受容能力を推計し、その推計値に関する妥当性をいくつかの観点から実証的に検討する。

4.2 業務受容能力の評価手法

4.2.1 評価の考え方

業務受容能力とは、一定以上の規模の災害が生じた場合に、地元の企業が保有する資源でこなすことのできる業務の上限である。一般に、企業数が少なく、零細な企業が多いなど地域の建設業の規模が小さいほど地域の業務受容能力は低いと考えられ、大きな災害が発生し、多くの業務が生じた場合には地元の企業のみで全てをこなすことができない。

業務受容能力を超えない規模の災害が発生した場合は、地域全体としては平常時の延長線上で業務を遂行できる一方、業務受容能力を超える災害が発生した場合は、他地域の企業に業務を再委託する、または工事の完了時期を遅らせるといった余分な措置が必要になると考えられる。これらは地域の経済活動、社会活動の応急・復旧活動を迅速に展開するために、やむを得ず行う措置であるものの、平常時の業務とは異なるため、費用や時間に非効率性が生じる。

以上を踏まえると、災害による被害規模と復旧事業費の関係は、図4.1のようであると考えられる。すなわち、被害規模が大きくなるにつれて復旧事業費も大きくなるが、限界点Aを境に、それよりも右側で被害規模に対する復旧事業費の増え方が大きくなる。この限界点が業務受容能力に相当する。別の見方をすれば、被害規模に関する復旧事業費の関係は二つの関数で表され、その交点が業務受容能力である。

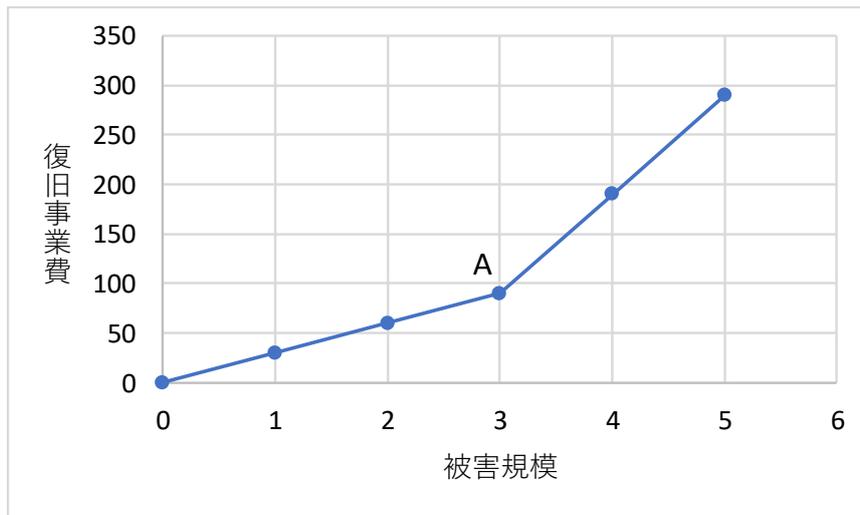


図-4.1 被害規模と復旧事業費の関係

以上の仮説に基づくと、被害規模に関する復旧事業費は2つの費用関数から成り立ち、これらを推計することで境界点Aに相当する限界点、すなわち、業務受容能力を特定できると考えられる。

4.2.2 被害規模の推計

図-4.1 に示す被害規模と復旧事業費の関係に基づいて業務受容能力を特定するためには、まずは被害規模を定量化する必要がある。以下では、項目反応理論をベースに、被害規模を定量化するための方法を検討する。

項目反応理論^{1) ~3)} は、入学試験や臨床検査などの様々なテスト項目（設問）を用いて被験者の能力をどのように測定すればよいのか、また、テストそのものをどのように作成・運用したらよいのかについて扱っている。一般に能力そのものは観測不可能な潜在因子である一方、テスト項目は観測可能な変数である。観測可能な変数から潜在因子を明らかにするという意味で、因子分析と同様の問題意識を有する。

本研究では、観測される被害項目（例えば、何件の全壊家屋が生じたか）から被害規模という抽象的な潜在因子を定量化するアプローチをとる。このため、項目応答理論を援用できる。以下では、その定式化を行う。

任意の地域 i ($1 \leq i \leq n$) において、ある被害項目 j ($1 \leq j \leq m$)（家屋全壊、火災発生など）が発生する確率がポアソン分布にしたがうとする。よって、地域の被害規模が x であるもとの被害項目 j の平均的な年間の発生件数が $\lambda_j x$ であるとする、1年間に被害項目 j が y_{ij} 件発生する確率は次式で表される。

$$f(y_{ij}|x) = \frac{(\lambda_j x)^{y_{ij}} e^{-\lambda_j x}}{y_{ij}!} \quad (4.1)$$

よって、ある年における地域の被害規模が x であるもとの、地域に生じた被害が $y_i = (y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{im})$ である確率は、次式で表される。

$$f(y_i|x) = \prod_{j=1}^m f(y_{ij}|x) \quad (4.2)$$

ここで、地域の被害規模 x がガンマ分布にしたがうとする。ガンマ分布 Ga は次式で表される。ただし、 Γ はガンマ関数である。

$$\text{Ga}(x; \alpha, \beta) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\beta x} \quad (4.3)$$

よって、ある年において地域に生じた被害が y_i である確率は、次式で表される。

$$f(y_i) = \int_0^\infty f(y_i|x) \text{Ga}(x; \alpha, \beta) dx \quad (4.4)$$

上式の右辺を具体的に書き下すと、次式を得る。

$$f(y_i) = \frac{\beta^\alpha \prod_j \lambda_j^{y_{ij}}}{\Gamma(\alpha) \prod_j y_{ij}!} \int_0^\infty x^{\alpha + \sum_j y_{ij} - 1} e^{-(\beta + \sum_j \lambda_j)x} dx \quad (4.5)$$

ここで、ガンマ分布の確率密度関数に関して、任意の α, β について次式が成り立つ。

$$\int_0^\infty \text{Ga}(x; \alpha, \beta) dx = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-\beta x} dx = 1 \quad (4.6)$$

上式を変形すると、次式が得られる。

$$\int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-\beta x} dx = \frac{\Gamma(\alpha)}{\beta^\alpha} \quad (4.7)$$

上式に関して着目すべきは、左辺は積分を含んでいるが、右辺は積分を含んでいないことである。したがって、式(4.5)、(4.7)より $f(y_i)$ は次式のように表される。

$$f(y_i) = \frac{\beta^\alpha \prod_j \lambda_j^{y_{ij}}}{\Gamma(\alpha) \prod_j y_{ij}! (\beta + \sum_j \lambda_j)^{\alpha + \sum_j y_{ij}}} \Gamma(\alpha + \sum_j y_{ij}) \quad (4.8)$$

よって、 $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ が観測されたもとの対数尤度関数は次式のように表される。

$$\ln L = \sum_{i=1}^n \ln f(y_i) \quad (4.9)$$

最尤推定法に基づき、上式を最大化することでパラメータ (α, β, λ) を求めることができる。なお、式(4.8)に含まれる $\prod_j y_{ij}!$ は定数であるため、この項を無視して最大化することができる。よって、式(4.8)の y_{ij} は件数のようにカウントデータである必要はなく、面積のような実数であっても扱うことができる。

式(4.5)に示すように、ある年の地域 i における被害が y_i であった場合、被害規模に関する確率の事前分布 $\text{Ga}(x: \alpha, \beta)$ は事後分布 $\text{Ga}(x: \alpha + \sum_j y_{ij}, \beta + \sum_j \lambda_j)$ に更新される。ここで、任意の α, β に関して $\text{Ga}(x: \alpha, \beta)$ の平均値は α/β であることから、地域 i の被害が y_i である場合の被害規模の平均値は次式で表される。ただし、 $(\alpha^*, \beta^*, \lambda^*)$ は最尤推定法によって推計されたパラメータである。

$$\frac{\alpha^* + \sum_j y_{ij}}{\beta^* + \sum_j \lambda_j^*} \quad (4.10)$$

この式では被害がない場合、すなわち $\sum_j y_{ij} = 0$ であっても正の値をとる。そこで、被害がない場合には被害規模が0になるように次式のように基準化する。

$$d_i = \frac{\alpha^* + \sum_j y_{ij}}{\beta^* + \sum_j \lambda_j^*} - \frac{\alpha^*}{\beta^* + \sum_j \lambda_j^*} = \frac{\sum_j y_{ij}}{\beta^* + \sum_j \lambda_j^*} \quad (4.11)$$

なお、 $\sum_j y_{ij} = 0$ の場合に被害規模が0となるように式(4.1)～(4.10)を展開することも考えられるが、ガンマ分布の定義により不可能である。以下では、被害が y_i である場合の被害規模を上式の d_i とする。

4.2.3 業務受容能力の評価

以下では、被害規模が定量化されているものとして、議論を進める。復旧事業費が業務受容能力を超えていない場合（図-4.1の限界点Aより左側）の費用関数を式(4.12)、超えている場合（同様に、限界点Aより右側）のそれを式(4.13)で表す。ただし、 c_i は地域 i の復旧事業費、 d_i は地域 i の被害規模、 z_i は地域 i の建設業の規模、 η_1, η_2, θ はパラメータ(η_1

$< \eta_2, \theta < 0$)である。なお、 $\theta < 0$ の仮定は、建設業の規模が大きいほど業務受容能力（図-4.1における限界点Aの座標）が大きくなることに対応している。

$$c_i = \eta_1 d_i \quad (4.12)$$

$$c_i = \eta_2 d_i + \theta z_i \quad (4.13)$$

これらの二つの費用関数を混合正規モデルで推計する。データが与えられたもとの、このモデルに基づいた地域*i*の対数尤度関数*l_i*は次式で表すことができる。

$$\ln l_i = \ln [\pi_1 \phi_1(c_i - \eta_1 d_i; 0, \sigma_1^2) + \pi_2 \phi_2(c_i - \eta_2 d_i - \theta z_i; 0, \sigma_2^2)] \quad (4.14)$$

ここで、 π_1 は業務受容能力を超えない確率、 π_2 は業務受容能力を超えている確率であり、 $\pi_1 + \pi_2 = 1$ である。 π_1, π_2 は一般に混合比率と呼ばれている。なお、一つの費用関数を推計する場合は、 π_1 もしくは π_2 の一方が0の場合に相当する。 $\phi(\cdot; \mu, \sigma^2)$ は平均 μ 、標準偏差 σ の正規分布の密度関数を表す。式(4.12)、(4.13)より、これらの式の交点は $c_i = -\eta_1 \theta z_i / (\eta_2 - \eta_1)$ であることから、 $c_i < -\eta_1 \theta z_i / (\eta_2 - \eta_1)$ となる場合は限界点より左側、そうでない場合は限界点より右側の費用関数に属する傾向が高くなる。このため、混合比率は次式で表すメンバーシップ関数で表すことができる。

$$\pi_1 = \Phi\left(-c_i - \frac{\eta_1 \theta}{\eta_2 - \eta_1} z_i; 0, \sigma_3^2\right) \quad (4.15)$$

ただし $\Phi(\cdot; \mu, \sigma^2)$ は平均 μ 、標準偏差 σ の正規分布の分布関数である。以上より、すべての地域*i* = 1, 2, ..., *n*に関する対数尤度関数は次式で表される。

$$\ln l = \sum_{i=1}^n \ln l_i \quad (4.16)$$

最尤推定法に基づき、上式を最大にするようにパラメータ $\eta_1, \eta_2, \theta, \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ を算出する。求められたパラメータならびに式(4.12)、(4.13)より、これらの交点、すなわち、業務受容能力(d_i^*, c_i^*)は次式で表される。

$$(d_i^*, c_i^*) = \left(-\frac{\theta^*}{\eta_2^* - \eta_1^*} z_i, -\frac{\eta_1^* \theta^*}{\eta_2^* - \eta_1^*} z_i\right) \quad (4.17)$$

式(4.17)で求められる(d_i^*, c_i^*)に基づくと、各々の地域で生じた災害は図-4.2に示す第1~4

象限のどこかに位置づけられる。なお、この図では、 (d_i^*, c_i^*) を原点としている。第1(3)象限に位置づけられる災害は、復旧事業費と被害規模がともに現時点での業務受容能力を超えている（いない）ことを表しており、総合的に業務受容能力を超えている（いない）と判断して問題ない。第2象限にある場合、復旧事業費の観点で業務受容能力を超えているが、被害規模の観点では業務受容能力を超えていない。これは、被害規模が比較的小さいが、復旧事業費は多額である場合である。このようなケースは、被害規模は大きくないものの被災した対象が高額の構造物等に集中した場合や、被害規模の小さい災害が多く発生した場合などに生じる。このような偶然が想定できるため、総合的に業務受容能力を超えていると判断するのは危険であろう。第4象限にある場合も同様であり、被害規模の観点で業務受容能力を超えているが、復旧事業費の観点では業務受容能力を超えていない。この場合も、物理的な被害規模は大きかったものの、復旧事業費という復旧活動に直結する営みは大規模にならず、結果として地元の企業のみで対応できた災害である可能性がある。このため、総合的に業務受容能力を超えていると判断するのはやはり危険であろう。以上のように、どの象限に位置づけられるかで、当該の災害に関する業務受容能力の超過を判断することができる。

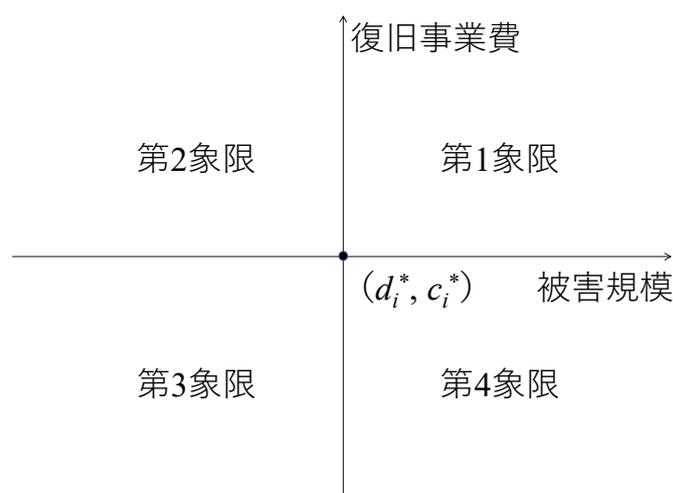


図-4.2 被害規模と復旧事業費の軸から構成される象限

4.3 実証分析

4.3.1 分析に使用するデータ

全国47都道府県を対象とし、平成19～28年の10年間のデータを使用する。使用するデータを表-4.1に記す。建設業の従業員数は、平成18, 21, 24, 26, 28年以外のデータが入手不可能であるため、これらの年の従業員数はその前後の年のデータから生産年齢人口に比例する形で内挿、外挿する。

以下で着目する被害は、災害統計に掲載されている被害項目のうち、建設業に発注される項目とした。具体的には、全壊・流失、半壊、火災発生、床上浸水、床下浸水、一部損壊、

非住家被害, 水田流埋, 水田冠水, 畑流埋, 畑冠水, 道路損壊, 橋梁破損, 河川損壊, 山(崖)くずれ, 鉄軌道被害である.

なお, 同じ地域であっても 10 年間のデータがあるため, サンプル数は地域と年の組み合わせ分, すなわち, $47 \times 10 = 470$ サンプルである.

表-4.1 使用するデータ

データ	出典
各都道府県の被害	・災害統計(都道府県別一般被害分類表)
各都道府県の建設業従業員数	・経済センサス(建設業従業員数, 単位:百万人) ・住民基本台帳(生産年齢人口)
各都道府県の復旧事業費	・災害統計(事業費及び国庫負担額分類表, 単位:百億円)

4.3.2 推計結果

1) 被害規模

パラメータを推計した結果, 表-4.2に示す結果が得られた. なお, α と β を同時に一意に推計できないため, どちらかある値に固定する必要がある. ここでは, 式(4.6)に示すガンマ分布の分散が1となるように β を与えた.

表-4.2より $\lambda_3, \lambda_{10}, \lambda_{13}, \lambda_{15}, \lambda_{16}$ の t 値が低い. そこで, これらの変数を除いて再推計すると, 表-4.3の結果を得た. 以下では, この数値を用いる.

表-4.2 推計結果

パラメータ	推計値 (t 値)
α	0.324 (9.205*)
β	0.570 (-)
λ_1 (全壊・流失)	0.053 (3.550*)
λ_2 (半壊)	0.118 (4.931*)
λ_3 (火災発生)	0.000 (0.093)
λ_4 (床上浸水)	0.026 (2.560**)
λ_5 (床下浸水)	0.088 (4.381*)
λ_6 (一部損壊)	0.389 (7.234*)
λ_7 (非住家被害)	0.064 (3.858*)
λ_8 (水田流埋)	0.012 (1.747***)
λ_9 (水田冠水)	0.025 (2.495**)
λ_{10} (畑流埋)	0.008 (1.408)
λ_{11} (畑冠水)	0.012 (1.796***)
λ_{12} (道路損壊)	0.037 (3.003*)
λ_{13} (橋梁破損)	0.001 (0.425)
λ_{14} (河川損壊)	0.022 (2.385**)
λ_{15} (山(崖)くずれ)	0.007 (1.380)
λ_{16} (鉄軌道被害)	0.001 (0.500)

* : 1%で有意, ** : 5%で有意, *** : 10%で有意

表-4.3 再推計結果

パラメータ	推計値 (t 値)
α	0.333 (10.111*)
β	0.577 (-)
λ_1 (全壊・流失)	0.054 (3.773*)
λ_2 (半壊)	0.120 (5.588*)
λ_4 (床上浸水)	0.027 (2.640*)
λ_5 (床下浸水)	0.089 (4.822*)
λ_6 (一部損壊)	0.395 (9.990*)
λ_7 (非住家被害)	0.066 (4.149*)
λ_8 (水田流埋)	0.012 (1.771***)
λ_9 (水田冠水)	0.025 (2.568**)
λ_{11} (畑冠水)	0.013 (1.823***)
λ_{12} (道路損壊)	0.037 (3.134*)
λ_{14} (河川損壊)	0.023 (2.449**)

* : 1%で有意, ** : 5%で有意, *** : 10%で有意

2) 費用関数

パラメータを推計した結果, 表-4.4に示す結果が得られた. この表より, $\eta_1 < \eta_2, \theta < 0$ を満たし, t値も高いことから, 良好な結果が得られている.

表-4.4 費用関数の推計結果

パラメータ	推計値 (t 値)
η_1	1.046 (12.645*)
η_2	1.704 (16.114*)
θ	-5.853 (-3.796*)
σ_1	0.146 (19.325*)
σ_2	4.844 (12.423*)
σ_3	0.545 (6.318*)

* : 1%で有意, ** : 5%で有意, *** : 10%で有意

3) 業務受容能力

表-4.3と表-4.4の結果ならびに式(4.17)に基づき, 各年の都道府県ごとに業務受容能力(d_i^* , c_i^*)が推計される. そこで, この結果を踏まえて, その年, 都道府県における災害が図-4.2における第1~4象限のどこに位置しているのかを整理する. その結果を図-4.3に示す. 470サン

プルのうち第1象限に位置するものは25個，第2,3,4象限に位置するものはそれぞれ77,364,4個であった。

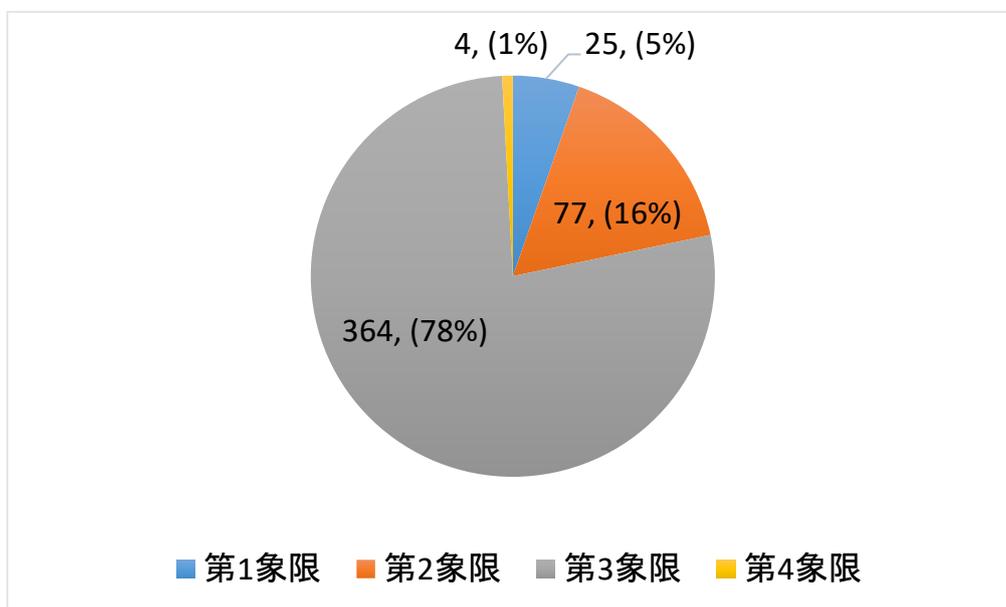


図-4.3 各象限に位置するサンプル数

4.3.3 考察

推計した業務受容能力が妥当であるかについて考察する。ただし，業務受容能力が直接的に観測できないことから，推計結果に業務受容能力が反映されているのかについて，三つの観点から間接的に検証する。

まずは，妥当な結果が得られているのであれば，過去に復旧に大きな困難が生じるほどの規模の災害が生じていない都道府県では業務受容能力を超過しておらず，東日本大震災のようにそのような災害が生じた都道府県では超過している結果が得られているであろう，との観点に基づき，妥当性を検証する。図-4.4 は，埼玉県における業務受容能力と過去の実績をプロットしたものである。分析の対象期間では，埼玉県に大きな規模の災害は生じていない。図の×印で示す点が年ごとの業務受容能力であり，図-4.2 における原点である。図には記していないが，年を経るごとに左下方向に移動する傾向にあり，この傾向は以下に記すどの都道府県にも共通しており，これは，どの都道府県でも建設業の従業者数が年々減少していることを反映していると考えられる。なお，対数軸を用いているため，横軸と縦軸のいずれかの値が 0 であるデータはプロットが表記されていないことに留意を要する。この図によると，プロットはすべて第3象限に位置し，分析の対象期間に業務受容能力を超過したことがなく，また，業務受容能力の近傍に位置するプロットもない。これは，復旧に大きな困難が生じる規模の災害が埼玉県に生じていないことと矛盾しない。

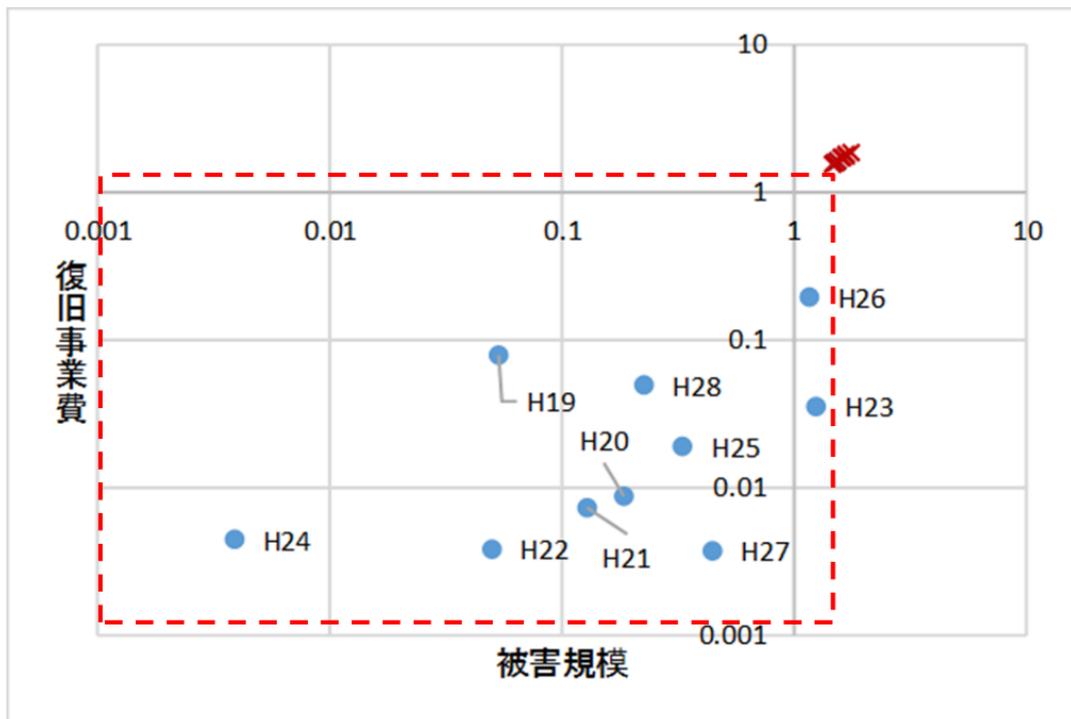


図-4.4 被害規模と復旧事業費の関係（埼玉県）

一方、比較的大規模な災害が生じた都道府県である岩手県、新潟県に着目する。同様に分析の期間における自然災害を見てみると、岩手県では平成 23 年に東日本大震災、平成 28 年には台風 10 号などによる記録的大雨に伴う大きな災害が発生している。また、新潟県では平成 19 年には中越沖地震、平成 23 年には新潟・福島豪雨災害が発生している。図-4.5、4.6 にこれらの県の推計結果を示すが、岩手県は平成 23 年および平成 28 年が、新潟県は平成 19 年および平成 23 年がいずれも第 1 象限にプロットされ、業務受容能力を超過したとの結果が得られており、直感に合致している。

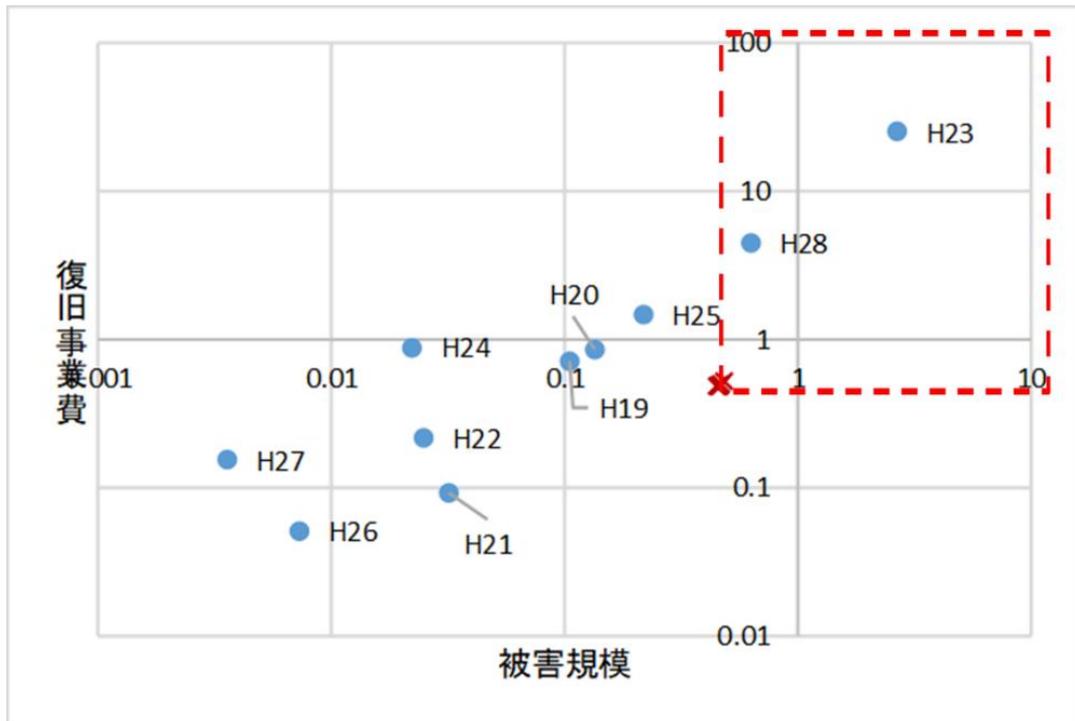


図-4.5 被害規模と復旧事業費の関係（岩手県）

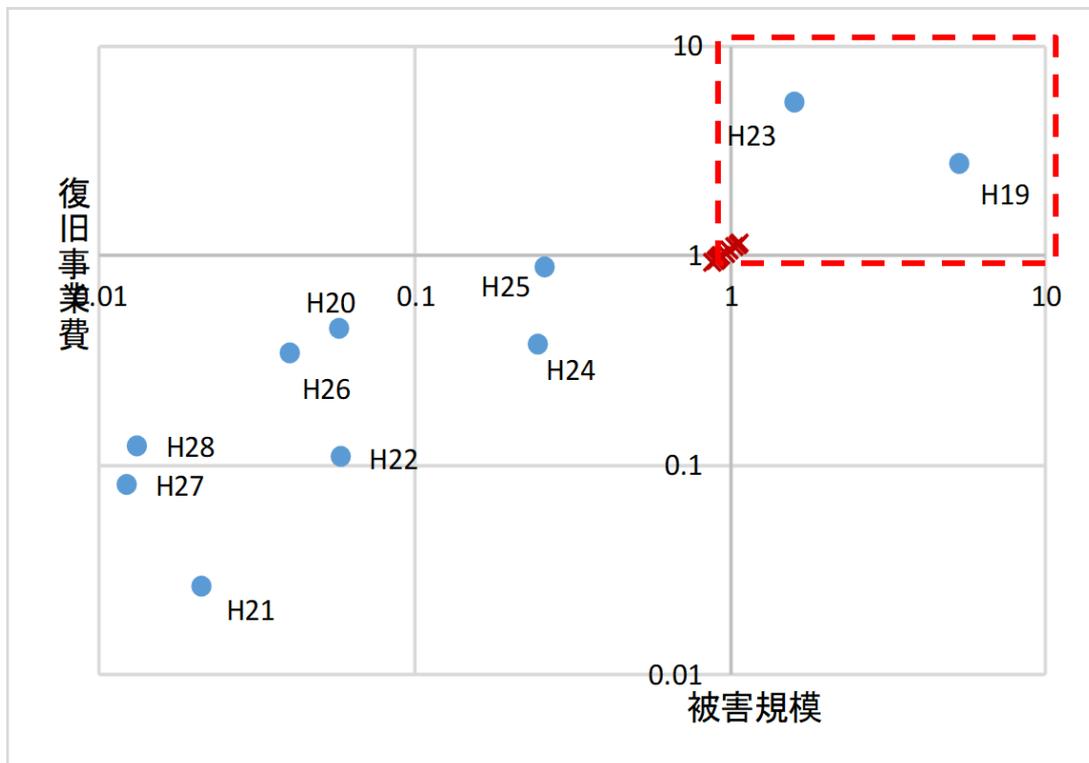


図-4.6 被害規模と復旧事業費の関係（新潟県）

このように、良好な結果が得られてはいるものの、以上はあくまでいくつかの都道府県のサンプルのみに着目した考察であり、すべてのサンプルを横断的に取り上げてはいない。ここで、上記の岩手県と新潟県における業務受容能力を超えた災害を見てみると、いずれも激甚災害に指定されている。そこで以下では二つ目のアプローチとして、激甚災害に着目して妥当性の検証を行う。

激甚災害は、国民経済に著しい影響を与えるような激甚な災害が発生した場合に、公共土木施設や農地等の災害復旧に必要な費用の負担に関して国庫補助の嵩上げを行い、地方公共団体の財政負担を軽減することなどを目的として指定している。したがって、激甚災害が生じた都道府県では、その災害が生じた年に業務受容能力を超過した可能性が高い。よって、推計結果に業務受容能力が反映されていれば、第1象限、第2,4象限、第3象限の順に、より深刻な激甚災害が生じたサンプルが多いとの仮説が成り立つと考えられる。

推計結果から第1象限に位置するサンプル数は25個であり、激甚災害に指定された災害と照合すると、25個すべてにおいて激甚災害が生じている（表-4.5を参照）。このうち6個は局地激甚災害指定であるが、3個は地震災害であり、他の3つの豪雨災害は3市町村以上が局地激甚災害指定されているなど、ある程度の広域的な災害である。

表-4.5 過去10年の激甚災害との比較

年 (平成)	都道 府県	主な災害	局地激甚 災害指定
28	岩手	台風 7, 9, 10, 11 号	
	鳥取	鳥取中部地震	○
	熊本	熊本地震	
	大分	熊本地震	
27	福島	台風 18 号	
	栃木	台風 18 号	
26	京都	台風 11, 12 号	
	徳島	台風 11, 12 号	
	高知	台風 11, 12 号	
25	京都	台風 18 号	
	島根	台風 4 号, 8 月豪雨	○ (5)
24	熊本	台風 4 号	
23	岩手	東日本大震災, 台風 15 号	
	宮城	東日本大震災, 台風 15 号	
	福島	東日本大震災, 新潟福島豪雨	
	茨城	東日本大震災	
	栃木	東日本大震災	
	千葉	東日本大震災	
	新潟	東日本大震災, 新潟福島豪雨	
	和歌山	台風 12 号	
21	和歌山	春雨前線, 梅雨前線	○ (3)
	山口	中国・九州北部豪雨	
19	秋田	梅雨前線	○ (5)
	新潟	中越沖地震	○
	石川	能登半島地震	○

※ 局地激甚災害指定欄中の()内の数字は地震以外の災害での指定市町村数

第 2, 4 象限に位置するサンプル数は 81 個であり, これらサンプルには激甚災害が生じた

サンプルが多く見られた。そこで、激甚災害の指定の有無だけでなく、その災害の深刻さの度合いに応じて、サンプルをいくつかの区分に分類して検討する。具体的には、最も深刻な激甚災害として第1象限に位置するサンプルの共通点、すなわち、「区分1：本激災害、もしくは局地激甚災害のうち3市町村以上の指定または地震災害」が生じたサンプル、次いで深刻な災害として「区分2：それ以外の激甚災害」が生じたサンプル、深刻さが低い災害として「区分3：激甚災害の指定がない災害」のみが生じたサンプルに分類する。象限ごとにこれらの分布を図-4.7に記す。

よって、第2,4象限に位置するサンプル数は81個のうち約70%は区分2,3の比較的規模が小さい災害を伴うサンプルである。また、これらの約25%は通常規模の災害が一年に数多く起こったため、被害規模の割に復旧事業費が多くなっていると考えられる。

同様に、第3象限には364個のサンプルが位置している。図-4.7より、区分2,3に位置するサンプルがほとんどであり、その割合は第1象限に位置するサンプルのみならず、第2,4象限に位置するサンプルよりも小さい。

以上より、第1象限、第2,4象限、第3象限の順に、より深刻な激甚災害に指定されたサンプルが多いという仮説が成り立つことから、推算結果には業務受容能力が反映されていると考えられる。

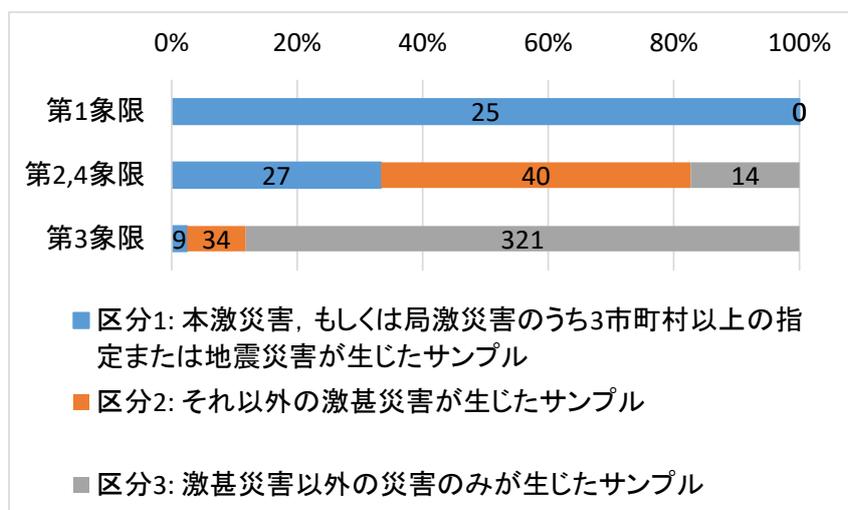


図-4.7 第1～4象限に位置するサンプルの災害規模の区分

三つ目の検証のアプローチとして、業務受容能力が超過したと推計されるサンプルにおいて、実際に業務受容能力が超過したような状況が見られたのかをヒアリング等に基づいて検証する。図-4.8は、鳥取県の結果である。平成28年は第1象限に位置し業務受容能力を超過しているが、この年の10月には鳥取県中部地震が発生しており、激甚災害として指定されている。鳥取県へのヒアリングによると、特例として、中部地区管内受注工事であれば専任技術者の兼任を認める、一部工種については、県内他地区の工事業者の応札を認めるなどの措置を図り、早期復旧に取り組んでいた。これは、災害復旧工事が被災地である県の

中部地区に集中することから、当該地区の建設業者だけでは、受注済みの通常工事に加えて受注対応することは不可能であったための措置であり、業務受容能力を超えた部分を補う方法であると考えられる。

また、平成23年の第2象限に位置する事例は、9月の台風12号により河川及び砂防施設は大きく被災したものの、それと引き換えに施設の周辺には大きな被害が発生しなかったため、復旧事業費の観点で業務受容能力を超えているが、被害規模の観点では業務受容能力を超えていない事例である。実際に、地元の建設業だけで対応できていたため、この事例に関して、総合的に業務受容能力を超えていないとの判断は妥当である。

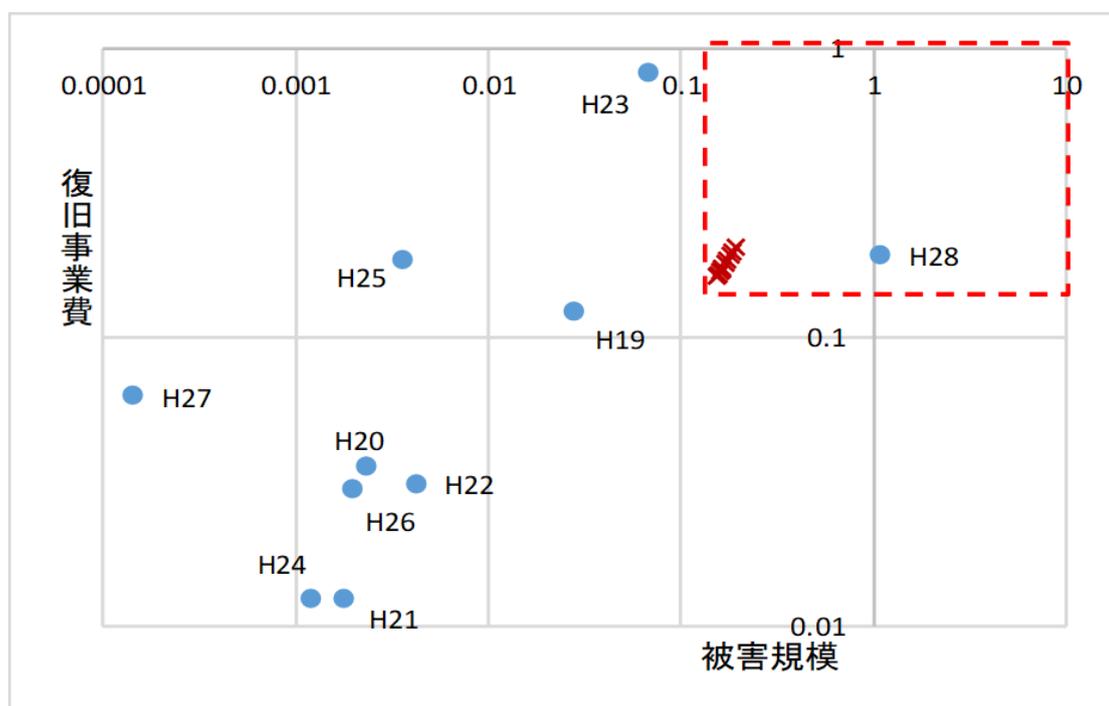


図-4.8 被害規模と復旧事業費の関係（鳥取県）

図-4.9は宮城県の結果であり、東日本大震災が発生した平成23年は第1象限に位置し業務受容能力を超過しており、前述の岩手県と同様である。東日本大震災の復旧では、被災地における復旧工事の施工確保対策として、前払金限度額を従来の4割から5割に引き上げる特例措置が岩手県、宮城県及び福島県で講じられている⁴⁾。この措置も、業務受容能力を超えた部分を補う方法であると考えられる。したがって、推計された結果には業務受容能力が反映されていると考えられる。

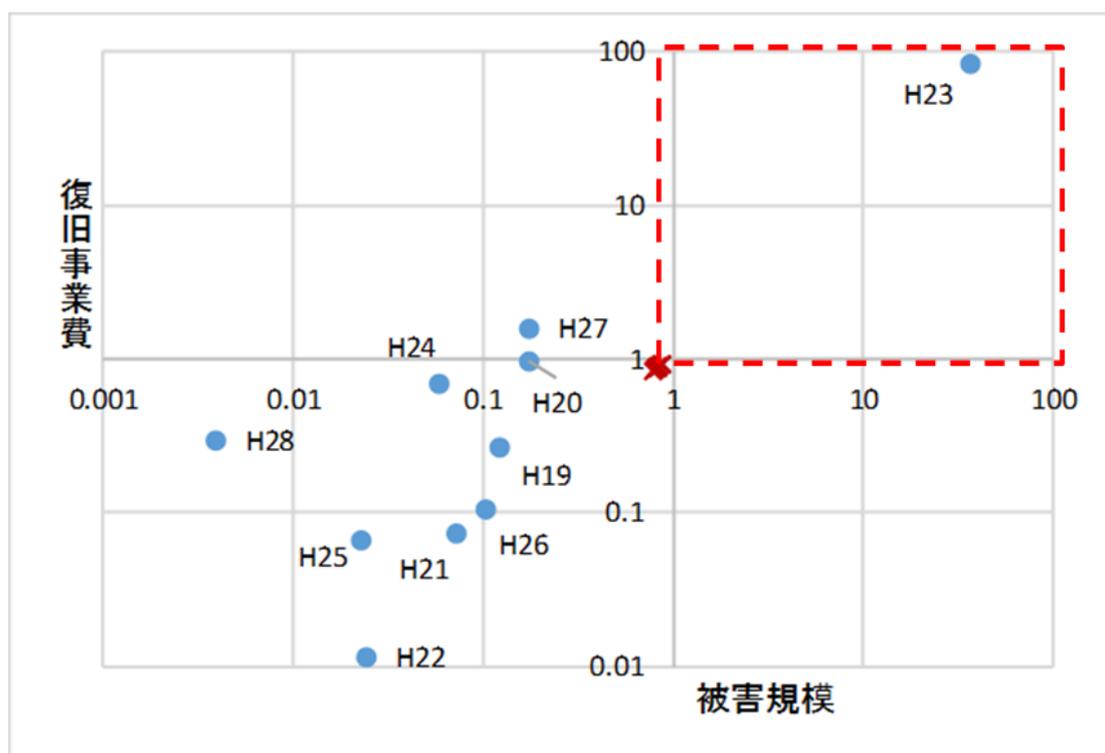


図-4.9 被害規模と復旧事業費の関係（宮城県）

以上のいくつかの検証により、業務受容能力をある程度把握することができると考えられる。このため、業務受容能力に基づくことで、どの程度の既往災害に対応できるか検証が可能となり、受容能力以上の災害が発生した場合に求められる具体的な入札・契約ルールや現場監督ルール、他地区との連携や訓練などの各種の施策の検討を事前に行うことができる。

復興・復旧工事の担い手の確保を目的とした共同企業体の活用についても、業務受容能力を超えた場合における対応方法であり、事前にルールを決めておくことで、緊急事態の時に円滑に対応できるようになる。国土交通省が公表した災害復旧における入札契約方式の適用ガイドラインにも、必要な施工体制の確保に努めることを明記している⁵⁾。

さらに、定期的に業務受容能力の把握を行うことにより、必要な体制の構築と維持が図られ、地域の災害対応能力の維持に結び付くと考えられる。

これに加え、シミュレーションによる災害の被害想定を活用することにより、どの程度の既往災害に相当するか、または、これまでに経験したことのない災害への対応となるかが想定が可能となり、こうした災害に対応できる具体的な体制の構築の検討が可能になると考えられる。

一方、推計した業務受容能力は、地域の建設業の従事者数を反映していると考えられることから、この従事者の傾向をふまえた今後の業務受容能力の変化を想定することにより、業務受容能力の維持や変化に対応できる方策を検討することが可能になると考えられ、計画

的な対応方策の検討に反映できるものと考えられる。

4.4 おわりに

本章では、災害時における被災規模と復旧費用の関係に着目して、地元の建設業の業務受容能力を評価する手法を構築した。その上で、過去の都道府県のデータを用いて業務受容能力を評価するとともに、その妥当性をいくつかの観点から考察した。その結果、比較的良好な結果が得られていることが分かった。また、推計した業務受容能力は、どの都道府県でも建設業の従業者数が年々減少していることを反映していると考えられ、2.1で示した建設業の担い手不足の厳しい状況を捉えていると考えられる。以上より、業務受容能力は、これまで客観的な議論が困難であったことを踏まえると、ここでのアプローチは相応の有用性があると考えられる。

本来であれば、過去のどの災害において業務受容能力が超過したのか実証的に確認する作業をすべての災害について実施することが望ましいが、本章においては二つの都道府県を対象に実施するにとどまった。この点の補強をすることは、今後の課題である。

また、本章では業務受容能力を都道府県別統計データに基づいて推計しているものの、業務受容能力を超えた部分を補う方法の検討は、都道府県内各地域の建設業の状況や災害時の企業の連携範囲などの実態を踏まえ、ミクロ的な視点での検討も必要であろう。この視点でのアプローチはデータの収集の点で困難が予想されるものの、ミクロとマクロの双方の視点からの検討がなされることで、より有効で信頼性のある知見の獲得が期待できる。以上、今後の課題としたい。

第4章 参考文献

- 1) 豊田秀樹：項目反応理論 [理論編] —テストの数理—, 朝倉書店, 2005.
- 2) 大友賢二：項目応答理論入門, 大修館書店, 1996.
- 3) 村木英治：項目反応理論, 朝倉書店, 2011.
- 4) 例えば, 国土交通省 HP: 東日本大震災に伴う国発注工事に関する前金払の特例の継続, 2016.
- 5) 国土交通省 HP: 災害復旧における入札契約方式の適用ガイドライン, 2017.

第5章 災害復旧の長期化とそれに伴う生活の影響を把握する手法の構築に関する研究

5.1 はじめに

災害復旧が長期にわたると、生活や企業活動の再建に遅れが生じる。その結果、地域からの転出や倒産など不可逆的な事態が生じる可能性があり、個人や企業の問題だけではとどまらず、地域全体の活力の低下やコミュニティの崩壊を招く恐れもある。また、災害復旧を担う建設業では人手不足が進んでおり、災害対応能力の低下による復旧の長期化により、住民や企業の生活や活動の再建に支障を及ぼすことが懸念されている。

第3章では、このような懸念が顕在化することを想定し、復旧の遅れを金銭換算することで社会的な損失を計測した上で、建設業の維持を含めてどの方策が有効かを特定しうることを示した。この社会的な損失を計測するには、復旧の長期化に伴ってどのような生活への影響が生じるかの把握が必要となるが、その影響は必ずしも自明ではない。すなわち、インフラやライフラインなどの施設や機能に関する影響は管理者による記録で容易に把握できるのに対して、生活への影響を把握するには大規模な調査にならざるを得ず、さらに、過去に遡る調査等では被験者の記憶という問題もあり、必ずしも容易ではないためである。そこで、生活者や企業などへの取材を通じて、それらが被る影響を報道しているテレビや新聞などのマスメディアの報道記録に基づいて把握する方法が考えられる。また、全国的なメディアやネットニュースであれば断片的な報道にならざるを得ないなど情報量に限界がある一方、地元のメディアであれば長期にわたって一定の情報量での報道を継続することが一般的である。

本章では、地元の新聞記事を用いて、災害復旧の長期化とそれに伴う生活の影響を把握する手法を検討する。具体的には、生活の影響の推移を俯瞰的な視野で可視化するための手法を自然言語処理と多変量解析を組み合わせることで構築するとともに、いくつかの災害事例を対象として、復旧の長期化ならびに建設業の人手不足の影響を実証的に考察し、長期化に至る要因や構造の把握に向けた活用可能性を検討する。

5.2 対象とする災害

異なる特性をもつ複数の災害を対象とする。具体的には、平成30年7月豪雨（西日本豪雨）、平成26年8月豪雨（広島土砂災害）、新潟県中越地震（2004年10月）を対象とする。これらの災害はいずれも激甚災害に指定されており、西日本豪雨災害及び新潟県中越地震は、住宅の倒壊等の多数発生や交通や水道、電気、ガスなどの広範囲にわたる途絶、地域全体の日常業務や業務環境の破壊等を要件とした特定非常災害にも指定され、県内全市町村が激甚災害対象に指定されている。実際、西日本豪雨災害における広島県では、県内23市町全町村で建物や人的被害および公共土木施設災害が発生しており、新潟県中越地震でも、県内92市町村中62市町村で建物や人的被害および公共土木施設災害が発生している。一方、広島土砂災害では、激甚災害指定対象となったのは広島市のみであるが、広島市での住

宅被害棟数及び住宅被害における半壊以上の被害の割合は、それぞれ 586 棟及び約 68% である。西日本豪雨災害及び新潟県中越地震における住宅被害棟数及び住宅被害における半壊以上の被害は、それぞれ 6,956 棟及び約 31%、12,1605 棟及び約 14% であることから、広島土砂災害は被害規模及び広がりは大きくないものの、住民生活再建から考えると深刻な災害と言えよう。また、災害復旧工事は都道府県単位で実施され、災害の規模に応じて都道府県内の他地域からの応援を認める等の措置を行っており、他の応援については、自治体が設置する災害対策本部を通じて行われることが基本的であり、甚大な災害では都道府県単位で行われている。以上を踏まえ、これらの災害の特徴を表-5.1 に示す。

被災の規模については、図-5.1 に表すように、中越地震、西日本豪雨、広島土砂災害の順に大きい。特に、災害の全壊と半壊という重大な被災に関して、広島土砂災害と比べて、その他の二つは著しく大きい。

表-5.1 それぞれの災害の特徴

災害	被災規模	広がり	人手不足
西日本豪雨	大	全県	大
広島土砂災害	小	1 市	小
中越地震	大	全県	小

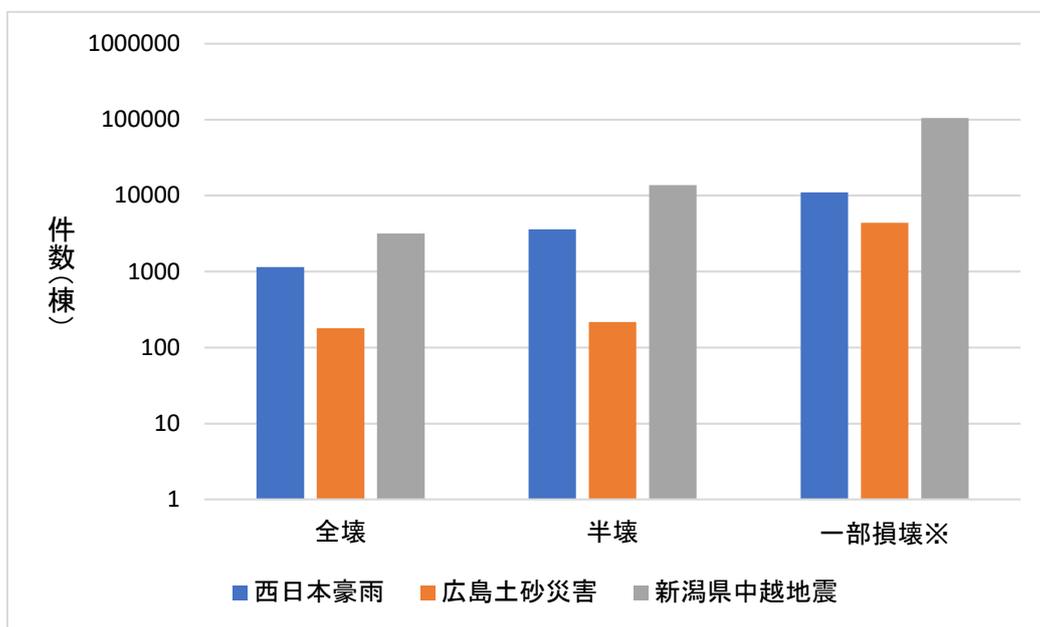


図-5.1 各災害の代表的な物的被害 (数値の出典：内閣府)

※1: 縦軸は対数軸。一部損壊には、床上浸水と床下浸水を含む

※2: 建設業は物的被害の対応を担うため、物的被害のみに着目

図-5.2 は、長期にわたる建設業の人手不足に関する全国的な経年変化を表す図であり、全

国紙の一つである朝日新聞を用いて、人手不足と密接に関係する「建設，不調，人手」という三つの用語の AND 検索，ならびに、「建設業，人手不足」という二つの用語の AND 検索による記事数を示している。この図によると、建設業の人手不足は 2011 年より顕在化している。つまり、中越地震ではそもそも人手不足が社会的な課題として認識されていなかった。西日本豪雨では被害が広域であったことから大いに顕在化した一方、広島土砂災害では、被害のほとんどが安佐南区と安佐北区に限定されていたことから、深刻な人手不足には至らなかった。なお、この点については、後述の図-5.3 で再確認する。

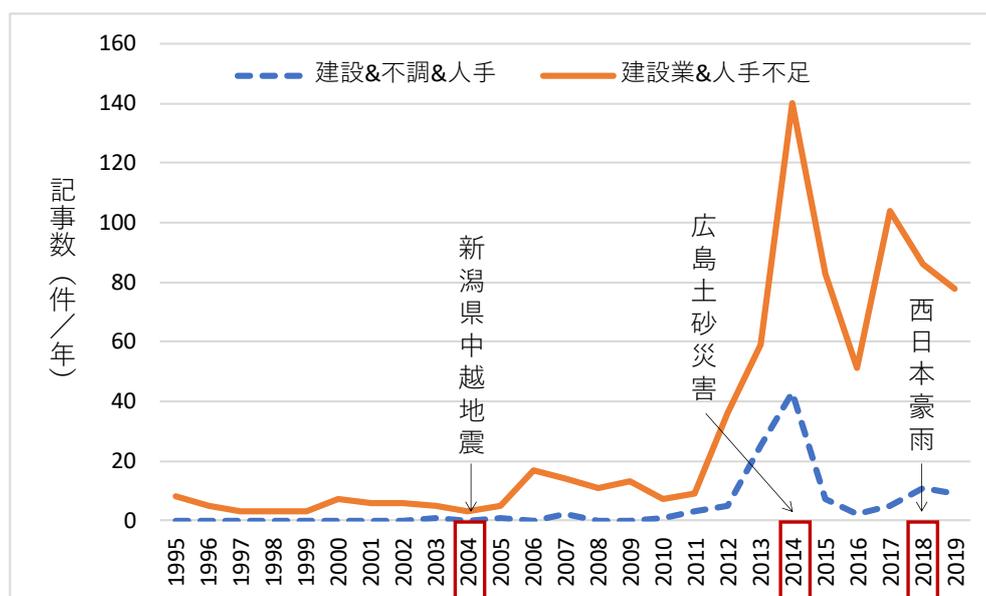


図-5.2 建設業における人手不足の記事数
(全国の記事数，記事は朝日新聞による)

また、中越地震では、山古志村を中心とした被災地域は、日本有数の豪雪地帯であることから、可能な緊急応急復旧工事及び本格的な復旧工事の計画検討や準備等を降雪期に行い、復旧活動が冬を越してから本格的に開始し、平成 19 年 4 月 1 日まで復旧工事の進展に合わせて住民の立ち入り禁止や避難指示・勧告を解除する状況が続いていたという特殊な経緯があることも特筆に値する。

一方、広島土砂災害は、前述のように被害のほとんどが安佐南区と安佐北区に限定されており、被災した JR 可部線も平成 26 年 9 月 1 日より運転再開しているのに対し、西日本豪雨では、広島県内の JR の全線運転再開は 1 年以上後の令和元年 10 月 23 日であったように、地域の復旧に大きな影響を与えた。

以上より、復旧活動は、広島土砂災害と比べて中越地震、西日本豪雨が長期化する要因が多く存在した一方、建設業の人手不足においては西日本豪雨が広島土砂災害、中越地震よりも深刻であったと言える。以下では、これらの関係に着目して検討する。

記事の情報源としては、広島県ならびに新潟県の地方紙である中国新聞、新潟日報の記事

を用いる。すなわち、広島県と新潟県内の被害や影響に着目する。対象とする期間は災害発生の日後から1年後の前日までとする。これは、災害直後の混乱期は復旧の遅れとは関係がないため、また、1年後には災害の総括や振り返りの記事が多いことから、その趣旨の記事を除外するためである。

西日本豪雨災害では「西日本豪雨」のキーワードで、広島土砂災害では「豪雨、土砂災害」のANDの条件で、新潟中越地震は「中越、地震」のANDの条件で検索し、それぞれの災害に該当する記事を収集する。その上で、社会調査の学術研究などで広く使われているソフトウェアであるChaSenを用いて解析を行う。対象とする品詞は名詞（一般、サ変、固有、組織名、地名）、形容詞、形容動詞であり、一つの記事を一つの文書として扱う。記事の合計は西日本豪雨7,217件、広島土砂災害3,194件、新潟中越地震7,469件、総語彙は11,600語である。

5.3 分析手法

5.3.1 分析手順

記事には、生活の影響に直接的に関係する記事とそうでないものがある。関係しない記事の例としては、選挙、イベント、スポーツなどに関する記事が考えられる。そこで、自然言語処理の手法であるトピックモデル¹⁾を用いて、関係の有無を判別する。この判別によって生活の影響に直接的に関係しないと特定された記事は、以後の検討で除外する。

トピックモデルの適用に並行して、生活の影響を現す単語をリストアップする。それらの具体的な例としては通勤、失業、転居などが考えられる。以後、これらの単語もしくはそれらの群を「項目」と呼ぶ。これらの項目を含む記事の数が約一年にわたってどのように累積していくのかに着目することで、個々の項目に関する時系列的な推移の特徴を明らかにする。

その上で、すべての項目に関する推移のデータを用いて、それぞれの項目の特徴を多次元尺度構成法²⁾により二次元座標系にマッピングすることで可視化する。これにより、生活に関する影響の全体像ならびに個々の項目に関する時系列的な推移の特徴を俯瞰的に把握することができる。また、災害ごとの特徴もそこから読み取ることができる。

以上より、分析の手順を要約すると、以下ようになる。このうち、1)と2)は同時並行で実施し、その後に3)、4)の順に実施する。

- 1) 記事をデータとして、トピックモデルを用いて生活の影響に直接的に関係する記事を特定する。
- 2) 生活の影響を現す単語をリストアップし、その単語もしくは単語の群を「項目」と定義する。
- 3) 1)で特定された記事をデータとして、2)で定義した各々の項目の時系列的な出現数の推移を求める。
- 4) 上記で求めた推移のデータを用いて、多次元尺度構成法により、生活に関する影響の

全体像ならびに個々の項目に関する時系列的な推移の特徴を明らかにする。

5.3.2 生活の影響に関する記事の特定

任意の記事を d , 単語を v , トピックを k で表す。トピックモデルは, 記事にそれぞれの単語が何回出現するのかをデータとし, トピックの数を事前に与えることで, 個々の記事におけるトピックの出現確率 θ_{dk} , 各トピックにおける単語の出現確率 ϕ_{kv} を算出する。これらの導出方法の詳細は, 参考文献¹⁾を参照されたい。このうち, ϕ_{kv} に着目すると, トピック k において出現確率が高い単語が分かる。よって, あるトピックにおいて, 生活の影響に関係しない単語 (例えば, 政党, 出馬などのように選挙に関する単語) の出現確率が高ければ, そのトピックは生活の影響に関係がないと判断できる。このように, ϕ_{kv} に着目することで, どのトピックが生活の影響に関係する (しない) かを特定することができる。このようにして特定されたトピックの集合を K で表す。また, 記事 d のトピック $k(d)$ は, 記事 d において最も出現確率 θ_{dk} が高いトピックとして求めることができることから, 次式で表すことができる。

$$k(d) = \underset{k}{\operatorname{argmax}} \theta_{dk} \quad (5.1)$$

よって, $k(d) \in K$ を満たすすべての記事 d が, 生活の影響に関する記事として特定できる。

5.3.3 影響の特徴の可視化

以上のように特定された記事を対象に, 影響に関する推移の特徴を可視化する。まず, 生活の影響を現す単語 (すなわち, 項目) をリストアップし, 任意の項目を w で表す。分析の対象期間の初日から t 日までに項目 w が出現する記事の数を $n_t(w)$, 最終日までに項目 w が出現する記事の数を $n(w)$ で表す。よって, t 日までに項目 w が出現する記事数の累積相対度数は次式で求められる。

$$\pi_t(w) = \frac{n_t(w)}{n(w)} \quad (5.2)$$

よって, 項目 w の時系列的な推移は, 次式で表される。

$$xx_w = (\pi_1(w), \pi_2(w), \dots, \pi_T(w)) \quad (5.3)$$

ただし, T は分析の対象期間の最終日であり, $\pi_T(w) = 1$ である。もし, 項目の数が少なければ, すべての項目 w に関する x_w を図示し, 目視で特徴を抽出することができる。しかし,

項目の数が多ければ、また、本章のように対象とする災害が複数であれば、目視で特徴を把握することは困難である。また、目視による特徴の抽出は主観によるため、信頼性にも問題がある。そこで、以下では多次元尺度構成法を用いて特徴を把握する。この手法では、項目 w , w' の距離に着目する。これらの項目の距離は、二点 $x_w, x_{w'}$ の距離であることから、次式で表すことができる。

$$\|x_w - x_{w'}\| \quad (5.4)$$

任意の項目のペアについて距離を測定した上で、多次元尺度構成法を用いると、項目の時系列的な推移を二次元座標系にマッピングできる。つまり、式(5.3)で表される項目のデータを二次元に圧縮して座標空間に可視化するとともに、これらの座標軸を項目の特徴として解釈することができる。

このアプローチでは式(5.3)の情報のみを用いて特徴を抽出するため、それ以外の先見的な情報を必要としないという利点がある。

5.4 実証分析

5.4.1 生活の影響に関する記事の特定

トピックモデルとして LDA (Latent Dirichlet Allocation) を用いるとともに、ベイズ推定の事後分布の近似手法である変分ベイズ法によってパラメータを推計した。LDA では、記事の生成確率は次式で表され、これを最大にするパラメータ α, β を求める。ただし、 D は記事の集合、 d は任意の記事であり、 $p(\theta_d | \alpha)$ はパラメータが α のもとで記事 d のトピックを生成する確率分布が θ_d である確率であり、その分布はディリクレ分布にしたがう。 $p(z_{dn} | \theta_d)$ はトピックの確率分布が θ_d であるもとで記事 d に出現する n 番目の単語のトピックが z_{dn} である確率、 $p(w_{dn} | z_{dn}, \beta)$ はパラメータが β であり、かつ、記事 d に出現する n 番目の単語のトピックが z_{dn} であるもとで、単語 w_{dn} が出現する確率であり、双方は多項分布にしたがう。なお、5.3.2 に示した出現確率 θ_{dk} , ϕ_{kv} は $k=z_{dn}$ とした上で、これらの確率を積分消去することで得られる。詳細は、参考文献¹⁾を参照されたい。

$$p(D|\alpha, \beta) = \prod_{d \in D} \int p(\theta_d | \alpha) = \left(\prod_{n=1}^{N_d} \sum_{z_d} p(z_{dn} | \theta_d) p(w_{dn} | z_{dn}, \beta) \right) d\theta_d \quad (5.5)$$

トピック数の決定には BCI を用いるなどの様々な方法があるが、ここでは、なるべく詳細な単位でトピックを把握することを目的としつつ、その一方で、トピック数が多すぎると分析者による解釈ができなくなることを踏まえ、機械的な方法を用いるのではなく、分析者による理解や解釈が問題なくできる上限という観点に基づいてトピック数を 20 とした。

その結果、表-5.2, 5.3 に示す結果が得られた。それぞれのトピックの代表的な単語に基づいて、表-5.2 に示す 1~10 を生活の影響に関係するトピックとして特定した。したがって、 $K = \{1, 2, \dots, 10\}$ であり、式(5.1)に基づいて生活の影響に関係する記事を特定した。

表-5.2 生活の影響に関係するトピック

1	相談（相談，保険，福祉）
2	交通（バス，JR，再開）
3	被災状況（住民，地区，被害）
4	復旧事業（ダム，工事，整備）
5	住宅（住宅，仮設，入居）
6	ボランティア（活動，ボランティア，団体）
7	地震の被害（地震，余震，避難）
8	支援（支援，生活，物資）
9	企業活動（企業，販売，工場）
10	住民の様子（子ども，児童，元気）

※（ ）内の単語は、そのトピックに高い確率で出現する単語

表-5.3 生活の影響に関係しないトピック

11	スポーツ（大会，選手，試合）
12	災害の解説（研究，委員，教授）
13	避難（避難，警戒，勧告）
14	観光（観光，宿泊，温泉）
15	選挙（選挙，現職，自民党）
16	行政（知事，予算，会議）
17	人事（課長，部長，職員）
18	行事（平和，カープ，被爆）
19	行事（歴史，時代，戦争）
20	行事（作品，無料，主催）

5.4.2 生活の影響に関する時系列的な推移

実務等で広く用いられている内閣府の復旧・復興ハンドブック³⁾等を参考に、生活に影響に対応しうる項目をリストアップした（表-5.4を参照）。各項目が出現した記事の数を図-5.3に示す。なお、縦軸には、表-5.4に示す各項目における一番目の単語を表している。その上で、それぞれの項目の時系列的な推移を式(5.3)に基づいてデータ化した。具体的な推移のデータは、図-5.4, 5.5に示すような折れ線グラフとして描くことができる。なお、「基準線」とは、どの一日にも同数の記事が観測された場合の推移である。

この図より、項目によって推移の傾向が異なり、また、災害によっても異なることが見て取れる。なお、広島土砂災害では不連続性が目立つ推移となっているが、これは記事数が少ないことに起因している。

表-5.4 生活に影響が生じうる項目

区分	項目
生活機能	通勤, 通学, 買い物, 通院/診察/診療
復旧の資源	借金/ローン, 資金/融資, 物資/物流, 人手
産業・就労	休業/休止, 倒産/廃業/撤退/破綻/ 破産/閉店/閉鎖, 失業/離農/ 解雇/失職/退職, 農地
暮らし	解体, 撤去, 住宅, 転居/転出, 集落/コミュニティ/過疎
心理	不安, 不便, 断念

※1: 例えば「資金/融資」とは「資金 or 融資」を表しており、複数の単語で一つの項目を構成することを意味する。

※2: 「人手」は、「工事」「人手」「不足」「入札」「不調」などのキーワードで記事検索し、記事の内容を確認した上で、その内容が建設業の人手不足に関するものであるのかを確認した。

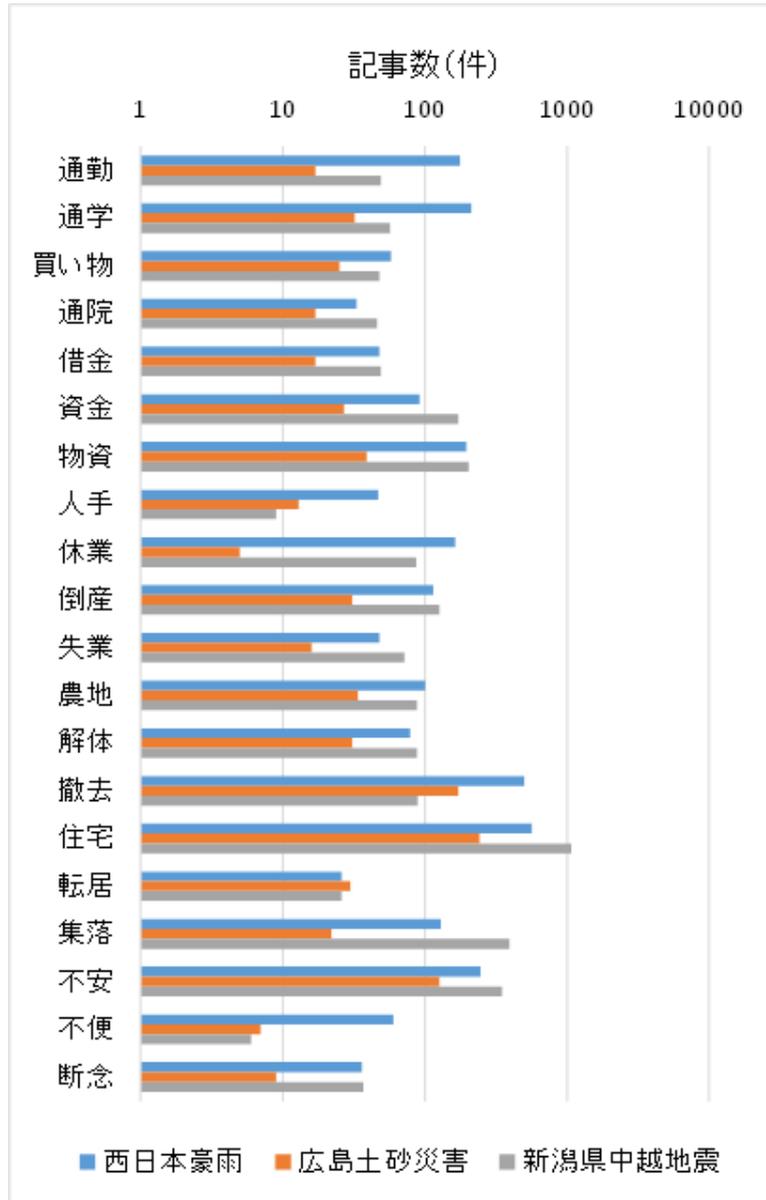


図-5.3 各項目が出現した記事数（※軸は対数軸）

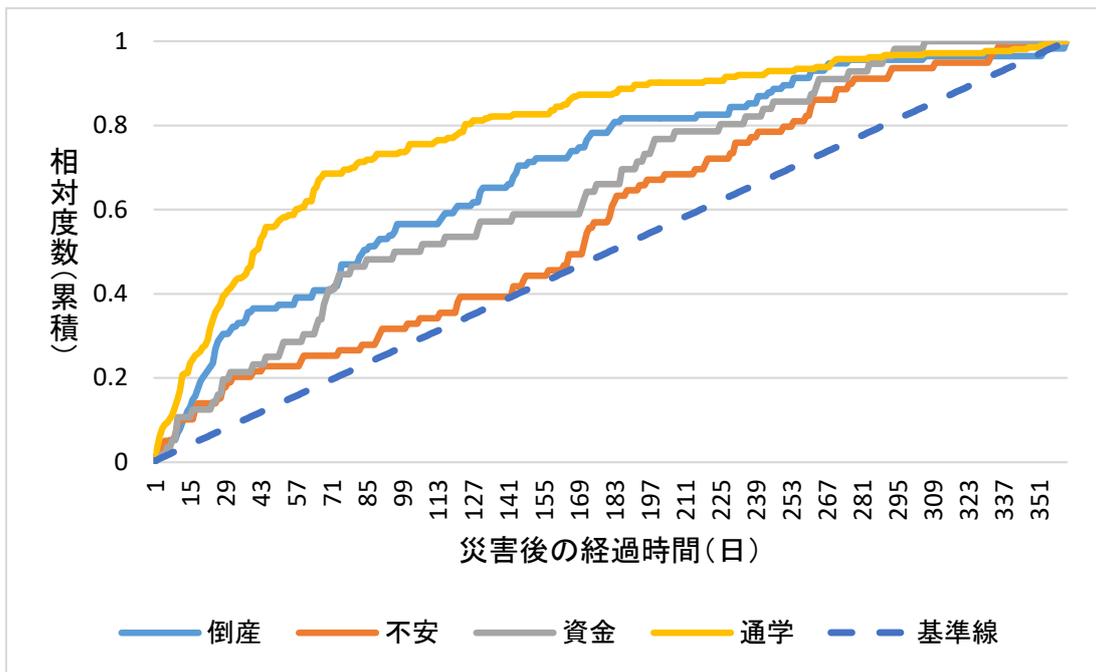


図-5.4 項目の時系列的な推移（西日本豪雨）

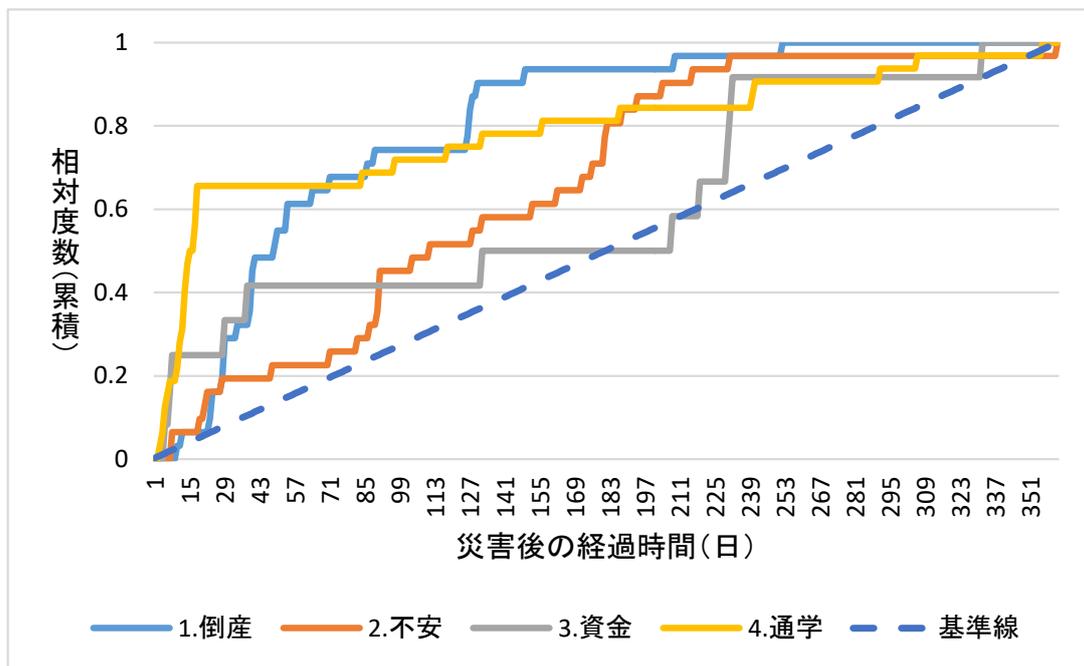


図-5.5 項目の時系列的な推移（広島土砂災害）

5.4.3 多次元尺度構成法による可視化

時系列的な推移のデータを用いて多次元尺度構成法を適用した結果を図-5.6～5.8に示す。その際、式(5.4)に示す距離にはユークリッド距離を用いた。プロットの色の違いは、表-5.4に示す区分の違いである。縦軸と横軸は、それぞれの絶対値が最大である項目の値が1とな

るように基準化している。なお、個々の災害に対して多次元尺度構成法を用いると災害間の比較が不可能になるため、すべての災害のデータを一括して多次元尺度構成法を適用し、その結果を災害別に図示している。したがって、まずはすべての災害におけるすべての項目がプロットされた図が多次元尺度構成法により導出されるが、その図より災害ごとにプロットを取り出したのが図-5.6～5.8である。

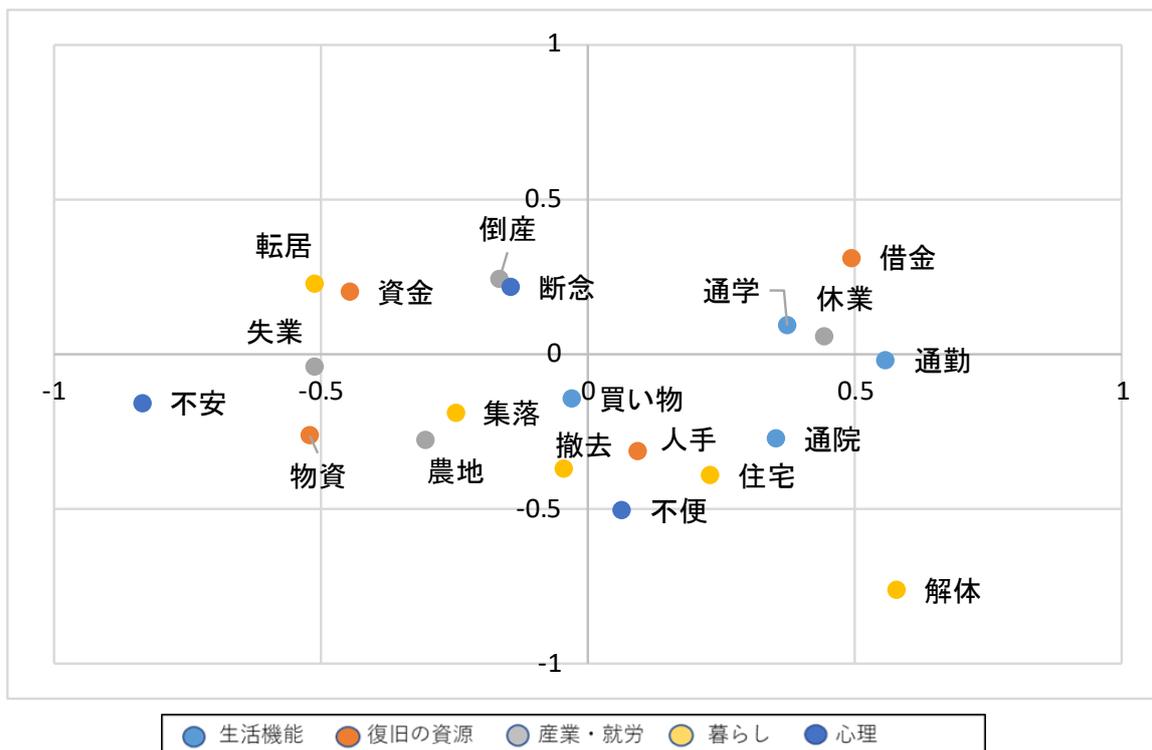


図-5.6 多次元尺度法による可視化 (西日本豪雨)

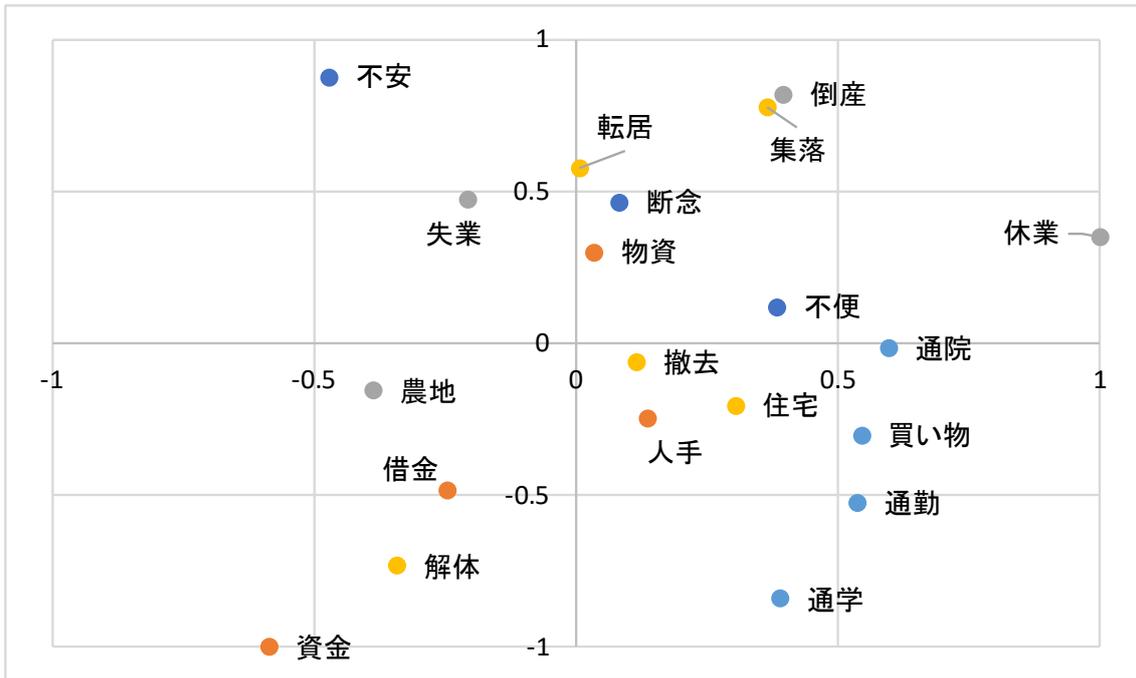


図-5.7 多次元尺度法による可視化（広島土砂災害）

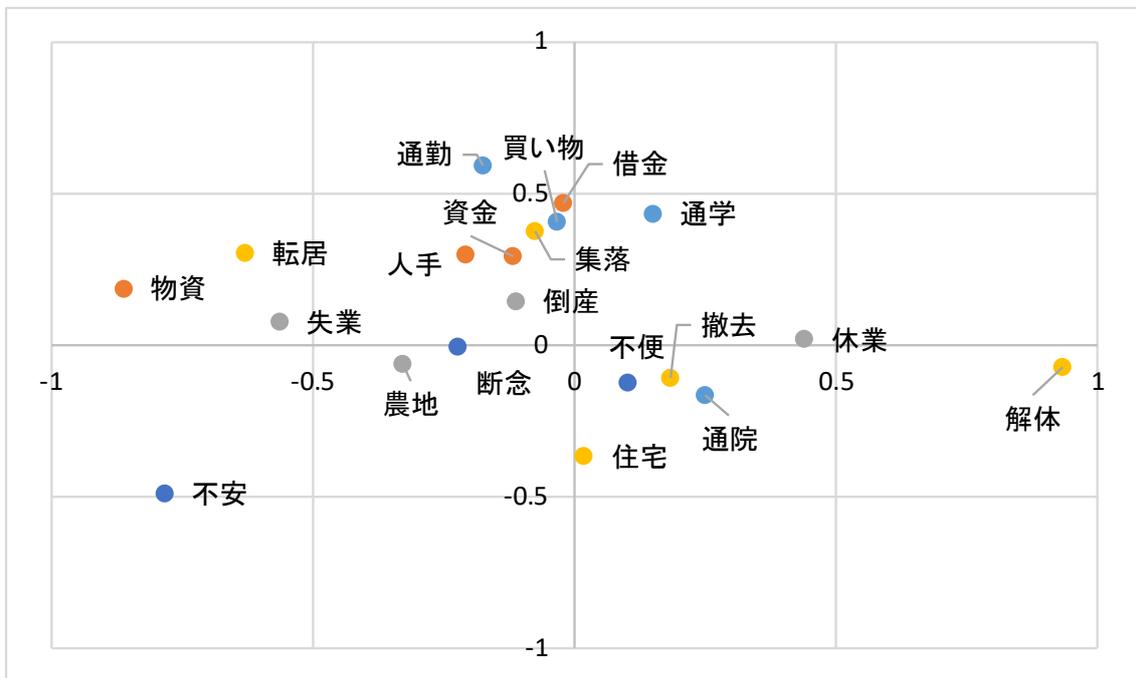


図-5.8 多次元尺度法による可視化（新潟県中越地震）

図-5.5を用いて、図-5.6～5.8における二つの軸の意味を解釈する。図-5.5に例示した倒産、不安、資金、通学の四つの項目は、それぞれ図-5.7における第1,2,3,4象限に位置する項目である。図-5.5の凡例には、項目ごとに1～4の数値が記されているが、これはそれぞれの項目が位置する象限を表している。これらの項目の推移を比較すると、第1,4象限に位置する倒産と通学は早い時期に相対度数が増加しているのに対して、第2,3象限に位置する不安と資金はそうではない。よって、図-5.6～5.8の横軸は、災害後早期に集中してその項目が出現したか（その項目を含む記事が報道されたか）を表しており、右（左）ほど出現のタイミングが早かった（遅かった）ことを表している。

縦軸についても同様に検討する。第1,2象限に位置する倒産と不安は100%（累積相対度数が1）近くへの到達が早い一方、第3,4象限に位置する資金と通学はそうではない。よって、図-5.6～5.8の縦軸は、上（下）に位置する項目ほど終息が早かった（遅かった）ことを表している。

以上より、図の左方に位置している項目ほど遅くに影響が顕在化し、また、図の下方に位置している項目ほど長きにわたって影響が顕在化したと考えられる。ただし、ここでは記事の報道をもって影響があったとしており、実際に生じている影響と厳密に一致するわけではない。記事という社会的な認識という情報に基づいた影響という意味合いであることに留意されたい。

以上を踏まえて図-5.6～5.8を比較すると、中越地震は全般的に他と比べて左側に位置しており、影響が遅れて出現していたことが分かる。一方、広島土砂災害は全般的に右側に位置しており、影響は早いタイミングで出現していたことが分かる。この傾向は、5.2で述べた復旧の長期化の傾向と一致しており、全般的な傾向としては自然な結果が再現されている。

5.4.4 復旧の長期化に関する考察

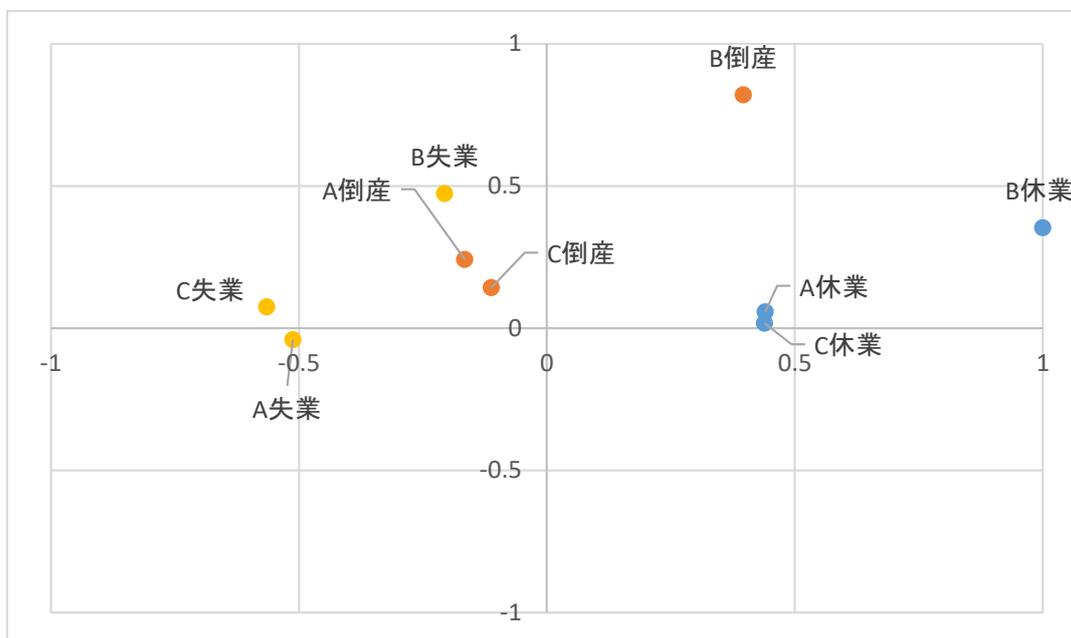
5.2で述べたように、復旧活動は、広島土砂災害と比べて西日本豪雨、中越地震では長期化した。したがって、基本的にはどの項目も、西日本豪雨、中越地震では広島土砂災害より遅いタイミングで出現することになる（条件1）。一方で、復旧の長期化に伴い、出現のタイミングが単に後方にシフトするにとどまらず、なかなか終息に至らなかったという項目があれば（条件2）、その項目は、復旧の遅れによって影響が長期化した項目ということになる。つまり、それらの項目を特定することで、復旧の遅れが影響の長期化をもたらした項目を明らかにすることができる。

上記の条件1および2を満たした項目の例を、図-5.9～5.11に示す。これらの条件を満たす項目とは、最も右かつ上に広島土砂災害が位置することを意味する。図のどの項目もその位置となっていることが確認できる。

また、これらの条件を満たすすべての項目を表-5.5に示す。この表において着目すべきは、産業・就労、暮らしという生活の根幹にかかわる項目であり、復旧の遅れは職と住の双方の

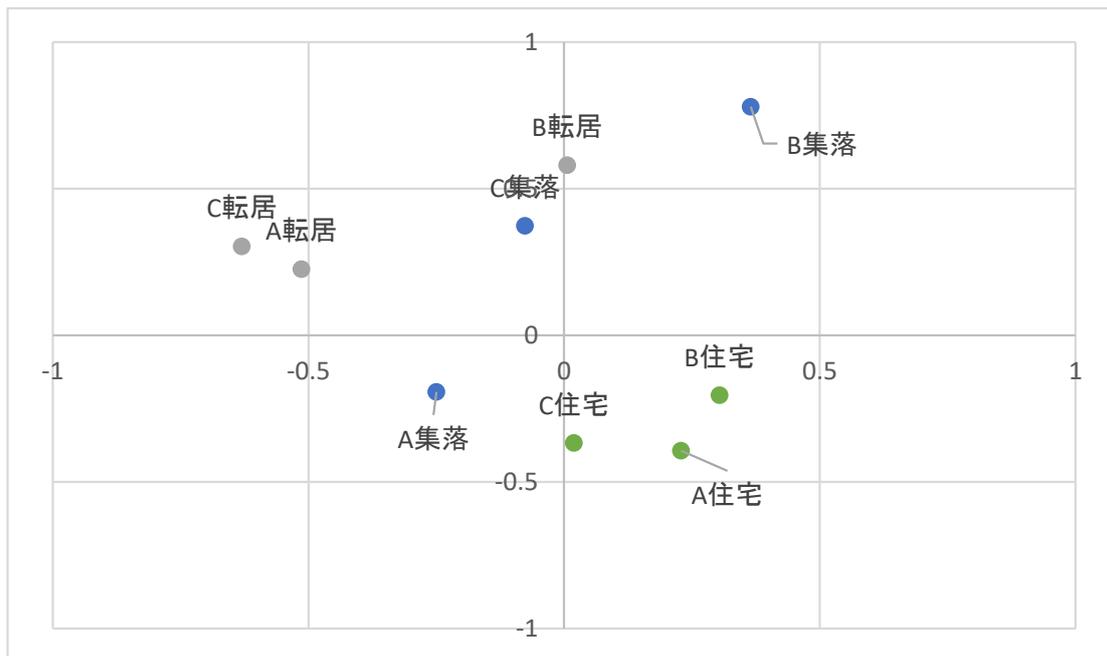
影響に長期化をもたらすことが分かる。そこで、5.4.3 で示したように図の横軸は右にいくほど早く影響が出現することに着目し、図-5.9～5.11 に基づいて影響の関連性を時系列的に推察する。まずは休業が起こり、それが復旧の遅れに伴って倒産に及び、失業が生じる（図-5.9）。一方、住宅問題が発生し、それが復旧の遅れに伴って集落の衰退への懸念につながり、やがて、転居という具体的な問題として現れる（図-5.10）。その際、転居は、失業という職の喪失と同じようなタイミングで、また、住宅は倒産という職に関する影響と同じようなタイミングで生起し、居住と職が密接に関係しうる構造がうかがい知れる。

人々の心理的な面でも同様に、災害直後から経験する不便に加え、再建に係る断念を考える場面が重なることで、不安に陥る状況が長きにわたるとの関係がありそうである（図-5.11）。



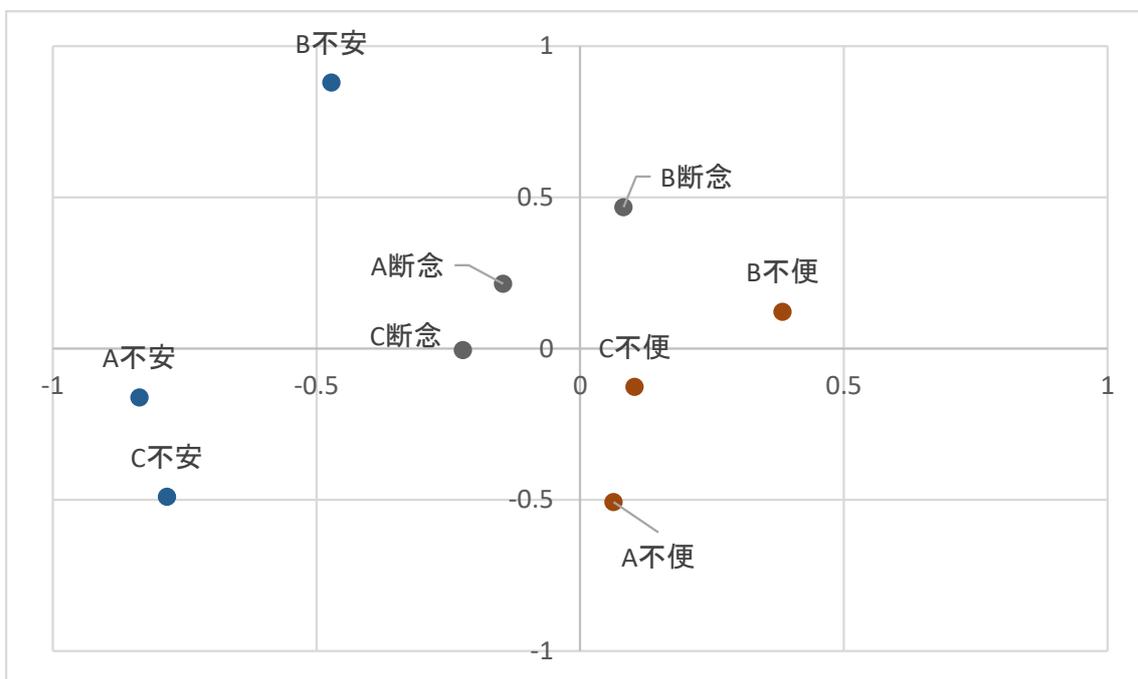
(A : 西日本豪雨, B : 広島土砂災害, C : 中越地震)

図-5.9 復旧の遅れに伴って影響が長期化した産業・就労の項目



(A : 西日本豪雨, B : 広島土砂災害, C : 中越地震)

図-5.10 復旧の遅れに伴って影響が長期化した暮らしの項目



(A : 西日本豪雨, B : 広島土砂災害, C : 中越地震)

図-5.11 復旧の遅れに伴って影響が長期化した心理の項目

表-5.5 復旧の遅れによって影響が長期化した項目

区分	項目（略称）
生活機能	通院
復旧の資源	物資
産業・就労	休業，倒産，失業
暮らし	住宅，転居，集落
心理	不安，不便，断念

5.4.5 建設業の人手不足に関する考察

まずは，西日本豪雨，広島土砂災害，中越地震における建設業の人手不足の違いを確認しよう．図-5.12を参照されたい．この図は，人手という項目の出現数の推移を災害別に表したものである．5.2に述べたように，少なくとも三つの災害では，西日本豪雨において建設業の人手不足が大きく顕在化したことが見て取れる．

建設業の人手不足についても，復旧を遅らせる要因である．ただし，この要因がどの項目にも一律的に影響を及ぼすとは限らない．そこで以下では，どの項目に人手不足の影響が生じうるのかについて考察する．

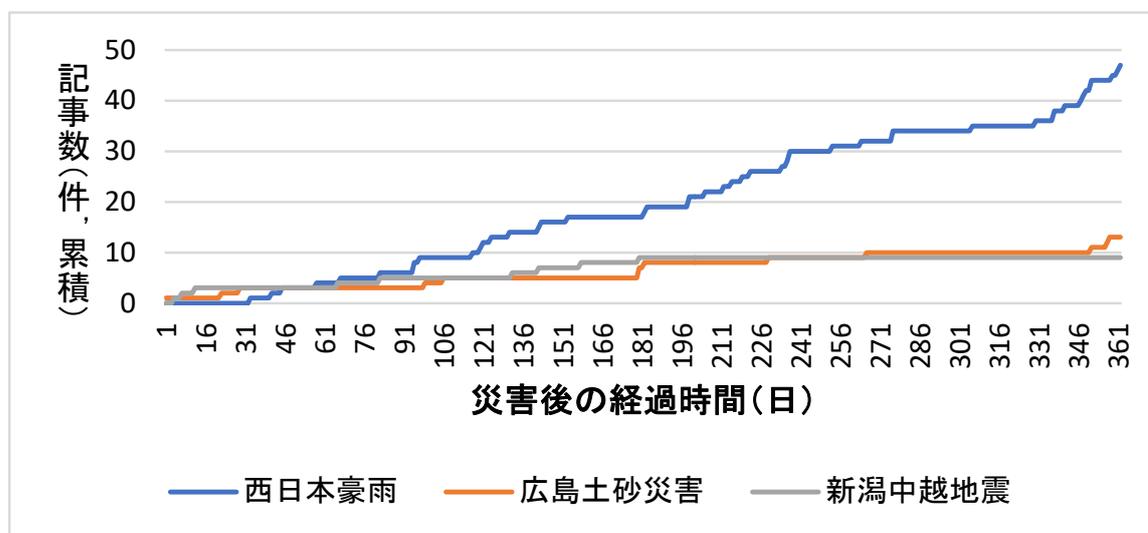


図-5.12 各災害での建設業における人手不足の記事数

先述のように，人手不足は復旧の遅れをもたらす要因であることから，人手不足の影響を受ける項目の候補は，復旧の遅れによる影響を受ける項目，すなわち，表-5.5に示す項目に限定される．また，西日本豪雨で人手不足が顕在化した一方，中越地震ではそうでなかったことを踏まえると，人手不足の影響を受けた項目は，中越地震に比べて西日本豪雨において影響が長期化した（条件3）項目が有力となる．もちろん，人手不足がそれだけの長期化をもたらす要因であったかは定かでないが，安全側の立場に立てば，中越地震に比べて西日本

豪雨において影響が長期化した項目に着目するのは合理的である。

前節と同様、産業・就労、暮らし、心理に着目して、条件3を満たす項目を表-5.6に示す。なお、条件3は影響の長期化を表すため、図-5.9～5.11において、中越地震より西日本豪雨が下方に位置する項目を抽出した。

表-5.6 建設業の人手不足によって影響が長期化した項目

区分	項目（略称）
産業・就労	失業
暮らし	住宅、転居、集落
心理	不便

中越地震では、被災地が豪雪地帯であることに伴って施工の時期が限定されるため、本格的な復旧に着手できなかったものの、冬を越すまでは緊急応急復旧を行いつつ、本格的な復旧計画の検討や人手の確保を含めた工事の準備を行うことができた。このため、冬を越すまでは山古志村の本格的な復旧は物理的にできなかった一方、冬を越せば復旧が始まるという意味での実効性はあり、住民もそれを認識していた。これに対し、西日本豪雨では人手が調達できないため、いつになったら復旧工事が始まるのかすら分からず、計画が不明である状況におかれていた。このため、人手不足の有無は復旧の実効性の違いに反映されると考えられ、表-5.5と表-5.6の違いもその違いが理由として考えられる。以下では、その視点に基づき、人手不足の影響について考察する。

まず、住宅と不便は、人手不足の直接的な影響として直感的に想像しうる項目である。すなわち、人手不足は住宅の再建やインフラの回復を遅らせ、不便を感じる期間を長くする要因である。

産業・就労については、失業が該当した。復旧に実効性があれば、どこまでどう我慢すればよいのかについて経営者が見通すことができ、雇用の維持にも肯定的な影響をもたらさう。しかし、計画が不明であれば、雇用の維持や回復という重大な意思決定を経営者がするのは容易ではない。これが、失業を長期化させる原因の一つになっていると考えられる。

暮らしについては、転居と集落が該当した。先述のように失業も該当していることから、人手不足が住宅の再建の遅れをもたらしていることに加え、職への復帰の遅れももたらしており、これらが複合的に転居を促す要因になっている可能性が推察される。転居についても、個人の重大な意思決定を伴う。失業の場合の経営者と同様、復旧に実効性があれば、個人も具体的な我慢のしようがある一方、不明な場合は、転居の決断は様子を見ながら先送りする傾向を一般に伴うことから、長期化すると結果に至ったと考えられる。また、集落についても該当するが、この項目は、集落、コミュニティ、過疎という用語から構成されている。これらの用語は人口が少ない地域で用いられることから、人口が少ない地域において転居に伴う人口流出が長期的な懸念もしくは現象であったと考えられる。

以上のように、人手不足は復旧の遅れによる直接的な影響のみならず、企業や個人の重大

な意思決定に負の影響を与える可能性があると考えられる。

5.5 おわりに

本章では、新聞記事をデータとしつつ、トピックモデルと多次元尺度構成法を用いて災害後における生活の影響の特徴を可視化する方法を検討した。その結果、それぞれの災害の特徴を二次元座標系で簡易に把握することができることが分かった。また、対象とした災害を比較することで、復旧の遅れや建設業の人手不足によって産業・就労や暮らしへの影響が長期化するとの推察が得られた。

ただし、ここでの推察は三つの災害の比較に基づくものであり、その信頼性は必ずしも十分ではない。特に、地震や土砂災害などの異なる災害がもたらす影響の違いについては、限られた災害では十分に目を向けることができなかった。より多くの災害を比較することで、復旧の遅れや人手不足以外の要因と関連づけて生活の影響を把握することが可能になると考えられる。

以上の知見は、新聞記事を用いたアプローチに基づくものであった。新聞記事は社会的な認識という形で顕在化した影響と解釈できても、それは実際に影響が生じたことと完全に一致するわけではない。しかしながら、これまで容易でなかった生活への影響の全容の把握、長期化に至る要因や構造の把握への活用の有効性はあるものと考えられる。したがって、ここで得られた仮説的な知見を踏まえ、詳細な検証を重ねていくことは必要である。以上、今後の課題としたい。

第5章 参考文献

- 1) 岩田具治：トピックモデル，講談社，2016.
- 2) 例えば，齋藤堯幸，宿久洋：関連性データの解析法 多次元尺度構成法とクラスター分析法，共立出版，2006.
- 3) 内閣府：復旧・復興ハンドブック，2016.

第6章 結論

本論文では、激甚化し頻発する災害に対応するため、建設業の維持の必要性や緊急性、どのような維持が適切なのかを検討するためのフレームを提案し、地域の建設業の維持方策の構築に関する方法論を検討した。

以下、具体的な検討を行った各章について、その結果をまとめる。

第3章では、自らの地域における建設業の維持の必要性や緊急性、どのような維持が適切なのかを検討するため、維持を含めた方策の検討、および、これらの方策を比較し、選択するためのモデル化を行うとともに、これらを総合的に勘案して維持もしくはその代替方策のどれが有効かを判断するためのフレームを検討した。その上で、鳥取県を対象地域として数値実験を行い、フレームの妥当性を検証した。

具体的には、まずは地域の建設業の業務受容能力を評価することで、この能力が想定される災害を下回る場合には緊急的に何らかの措置を講じる可能性があることを明らかにした上で、その措置を講じない場合に生活にどのような影響が生じるかを特定し、措置を講じる必要性を判断するとのプロセスを構築した。ここで、その影響が社会的に許容できる場合には特に何の措置も講じないことを選択しうる一方、そうでない場合には、建設業の維持を中心としつつ、それ以外の代替的な方策として、工期を延長する、受注上限を緩和する、地域外へ要請するという方策を提示するとともに、それぞれの社会的な損失を計測し、それらを比較することで効率的な方策を選ぶというプロセスを提案した。また、数値実験では、業務受容能力が算定できれば、維持する企業数や工事件数の導出が可能であること、大規模な災害の復旧工事では、どの方策を選択しても、通常工事以上の費用がかかること、自動化やICTの活用による省人化の導入はこのフレームで評価できることなど、建設業に関する定性的な議論が可能であることを示すとともに、ここでのフレームを用いることでそれらの課題に関する定量的な検討が可能であることを確認した。以上より、ここで提案した検討フレームは、地域における建設業の維持の必要性や緊急性、どのような維持が適切なのかを総合的に判断しうる有用性があることが確認できた。

一方、この検討フレームの中に位置付けられた工期を延長する、受注上限を緩和する、地域外へ要請するという方策については、それを選択した場合に生じる社会的な損失を定量化してはじめて具体的な検討ができる。しかし、定量化をするための関数は、具体的な定式化を明らかにするに至っていない。また、パラメータの値も不明であり、その算出方法についても定まっていない。特に、遅れ時間を金銭換算する関数は、復旧の遅れがどのように生活への影響を生じるかの把握が必要となるが、影響ならびにその定量化の方法も自明ではない。したがって、この検討フレームの運用に必要なデータの蓄積を進め、これらの関数の定式化や推計を試みる必要がある。この検討は今後の課題である。

第4章では、地元における建設業の業務受容能力を超える規模の災害が生じた場合には、その限界点より小さい規模の災害が生じた場合に比べて復旧費用が大きくなる可能性に着目し、業務受容能力を推計する手法を混合正規モデルにより構築した。その上で、過去の都道府県のデータを用いて業務受容能力を評価するとともに、その妥当性をいくつかの観点から考察した。

具体的には、ここ数年間のデータを用いて業務受容能力を都道府県別に推計するとともに、地元の業務受容能力を超過していると判定される場合は災害復旧が困難な規模である激甚災害に指定された災害が発生した場合であることや、業務受容能力の超過に対応していると考えられる方策が実際に講じられているため、妥当な推計がなされていることが確認できた。以上より、構築した推計手法は、業務受容能力をある程度把握できており、比較的良好な結果が得られていることが分かった。また、推計した業務受容能力は、どの都道府県でも建設業の従業者数は年々減少していることを反映し、担い手不足の厳しい状況も捉えており、これまで業務受容能力の客観的な議論が困難であったことを踏まえると、ここでのアプローチは相応の有用性があると考えられる。

ただし、過去のどの災害が、業務受容能力を超過したのかの実証的な確認は、数県での実施にとどまっている。また、データの収集の観点から、業務受容能力は都道府県単位で把握するにとどまっている。したがって、より多くの都道府県での実証的な確認の補強や、都道府県レベルよりミクロ的な視点での検討を加えることで、都道府県内における各地域の建設業の状況を明らかにするとともに、災害時の企業連携などをどれほど緊急に実施すべきかを判断するための情報を提供することが可能になると考えられる。これらの検討は今後の課題である。

第5章では、地元の新聞記事をデータとして、災害復旧の長期化とそれに伴う生活の影響を把握する手法として、トピックモデルと多次元尺度構成法を用いて災害後における生活の影響の特徴を可視化する方法を検討した。その上で、西日本豪雨災害、広島土砂災害、新潟県中越地震災害を対象として、復旧の長期化ならびに建設業の人手不足の影響を実証的に考察した。

その結果、生活の影響を現す項目を抽出し、その出現タイミングを二次元座標系で可視化したところ、広島土砂災害、西日本豪雨災害、中越地震災害の順に影響の出現が早く、これらの災害の被災規模や広がり、建設業の人手不足の特徴と整合していることが確認できた。具体的な生活への影響としては、まずは休業が起これ、それが復旧の遅れに伴い倒産に及び失業が生じること、一方、住宅問題が発生し、それが復旧の遅れに伴い集落の衰退への懸念につながり、転居として現れること、その際、転居は、失業という職の喪失と同じようなタイミングで、また、住宅は倒産という職に関する影響と同じようなタイミングで生起し、居住と職が密接に関係しうる構造であることの可能性を把握できた。また、人手不足は、失業、転居や集落に影響を及ぼしている可能性が確認された。以上より、対象が三つの災害であっ

たが、これまで容易でなかった生活への影響の全容の把握、長期化に至る要因や構造の把握への活用の有効性はあることが確認できた。

しかしながら、ここでの検討は三つの災害のみを対象としており、地震や土砂災害などの異なる災害がもたらす影響の違いを十分反映したものにはなっていない。また、新聞記事は社会的な認識という形で顕在化した影響と解釈できても、それは実際に影響が生じたことと完全に一致する保証はないとの限界がある。これらの点を改善するためには、より多くの災害を比較することで、復旧の遅れや人手不足以外の要因と関連づけて生活の影響を把握するとともに、新聞データの詳細な検証を積み重ねていくことで、詳細な検証を重ねていくことが必要となる。また、このアプローチでの取り組みを積み重ね、復旧の長期化に伴う生活への影響の全容の把握が進めば、それらを踏まえて社会的な損失という定量的な計測へと展開していくことも重要な課題である。

本研究では、建設業の維持に向けた検討フレーム、ならびに、そのフレームに基づく検討の必要性や緊急性を明らかにすることを目的とした地元の建設業の業務受容能力の評価手法、および、復旧の長期化に伴う生活への影響を把握するための手法を提案できた。このフレームは、業務受容能力という概念を出発点としている。このため、建設業の自動化やICTの活用による省人化によって業務受容能力がどれほど高まるのかという関係性を明らかにすることができれば、地域で不足する能力を補うためにこれらの対策をどれほど要するのかという観点から目標設定が可能となり、建設業の維持のみならず、業務の効率化と組み合わせた議論を進めることが期待される。

また、対象とする災害の被害想定等のシミュレーション結果や建設業の従事者数の推移から想定される従事者数の変化想定結果を反映することにより、地域の実情をふまえた対応方を計画的に検討することが可能となり、地域の課題をより明確にした議論を進めることが期待される。

一方、建設業の維持に資する方法論の開発はこれまで十分に行われておらず、したがって、これらの開発にどのようなデータが必要であるのかも検討されていない。このため、戦略的な開発を進めていくためのデータの整備はこれから進めていく必要がある。このフレームの提示によってデータの必要性についても認知が進み、建設業の実態の把握と対応に向けた分析が可能となるデータ整備が進むことも期待できる。しかしながら、本研究ではフレームの提案にとどまっており、具体的にどのようなデータの整備が必要かに関して議論するに至っていない。今後、フレームの有用性を高めていくためにも、データの整備の在り方についても検討が必要である。

また、復旧の長期化に伴う生活への影響の把握については、これまで困難であった全体像の把握と構造化という点に焦点を当てて、影響を把握するための検討を行ったが、社会的な損失の計測手法の提案には至らなかった。しかしながら、今回の可視化のアプローチにより、

同じキーワードであっても、災害の特徴によって二次元座標上で示される位置が異なることが確認できた。これは、住民にとって、生活再建への困難さが異なること、すなわち、「被災の質」が異なることを表している。「被災の質」の違いは水害、土砂災害、地震災害といった自然災害の種類や地域の人口の分布や構成、産業構造などといった地域特性などが反映していると考えられる。質の意味合いを明らかにすることにより、地域に応じた生活再建を検討するための材料が得られる可能性もある。特に、少子高齢化の進展は、住民の生活再建の困難につながることで予想されることから、建設業のみならず住民の少子高齢化が質に及ぼす影響の検討も重要である。以上より、災害による支障や被災の意味を掘り下げ、建設業の維持を含めた復旧の在り方についても検討を深めていく必要がある。

さらに、これらの検討を積み重ねることにより、地域からの転出や倒産などの不可逆的な事態が生じる限界状態を把握するとともに、想定される災害に対してこの状態に至る可能性を定量的に評価できれば、その可能性を一定の水準以下に抑えるという目標を設定することにつながると考えられる。これにより、地域の持続可能性という視点から、地元の建設業の維持や防災・減災のインフラ整備といった公共部門での建設投資の必要性を客観的に説明できるようになることが期待される。

本研究により、これまで定性的な議論でとどまっていた、建設業の維持の必要性の議論が進み、地域の実情に応じた災害対応が可能な建設業の維持方策の構築の一助となれば幸いである。

謝 辞

筆者が、鳥取大学工学研究科博士後期課程に社会人として入学する契機となったのは、5年間の鳥取県県土整備部での勤務です。鳥取県に着任した早々、筆者が以前、国土交通省国土技術政策総合研究所で携わっていた建設マネジメントの分野について、当時の土木工学科の学生に講義を行う機会をいただきました。この時、筆者の国土技術政策総合研究所時代の同僚であり、鳥取大学工学部社会開発システム工学科を卒業され、さらに社会人として本学で博士号の学位を取得されていた株式会社オリエンタルコンサルタンツの後藤忠博氏より、当時の鳥取大学工学部社会開発システム工学科公共システム研究室の谷本圭志教授を紹介していただき、筆者の担当講義についてご指導いただきました。それまで、行政経験が中心での社会実装を主眼とした研究の経験しかなかった筆者にとって、社会実装の裏付けとなる学術的なアプローチと社会現象のデータ化の考え方の重要性を教えてくださいました。

一方、全国で一番人口が少なく、少子高齢化が進んでいる鳥取県において、建設業の衰退が地域の維持に及ぼす影響は、除雪や災害復旧において現われてきていました。このままでは将来の県土づくりに禍根を残す、何か方法はないだろうか、と考え、谷本圭志教授にご相談したことが、本論文を考える契機でした。そして、筆者が、転勤で鳥取県を離任することになり、それまで研究していたことを博士後期課程において、本論文としてまとめることを勧めていただきました。谷本圭志教授には、本論文の構想から方向性、まとめ方についてご相談にのっていただき、多くの示唆をいただくとともに、終始、あたたかいご指導をいただきました。心より御礼を申し上げます。また、鳥取大学 工学研究科 社会基盤工学専攻 公共システム研究室 長曾我部まどか助教にはデータ加工やとりまとめにあたり、多大なご助力やご助言をいただきました。深く感謝申し上げます。

本論文をご精読頂き有用なコメントをいただきました。鳥取大学 工学研究科 社会基盤工学専攻 防災計画研究室 太田隆夫教授、鳥取大学 工学研究科 社会基盤工学専攻 海岸工学研究室 黒岩正光教授に深く感謝いたします。

各章の分析や考察に際しましては、研究室の皆様のご協力をいただきました。吉田怜央氏、前橋浩太氏には第4章に関するデータの作成と解析について、鈴木耕平氏には第5章に関するテキストデータの作成にご協力いただきました。また、前述の後藤忠博氏には、第3章の分析や考察にご協力をいただきました。心より感謝いたします。

最後に、本研究をとりまとめるまでご支援、ご協力をいただきました皆様に深く御礼申し上げます。

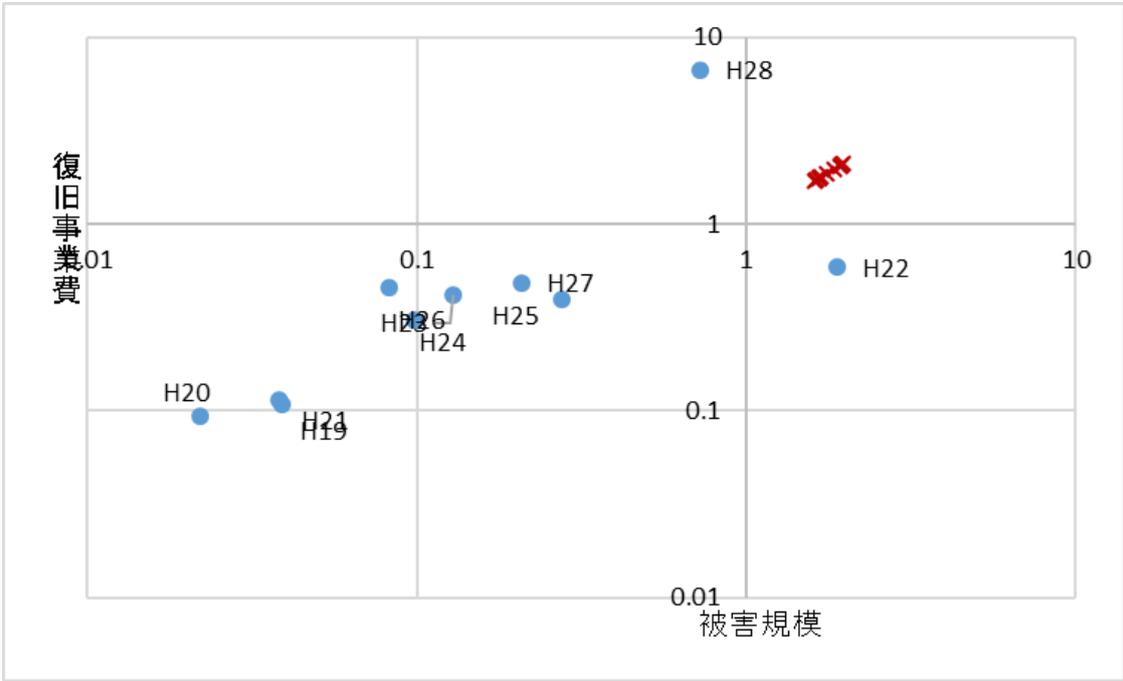
2021年 1月 山口 眞司

付録 A

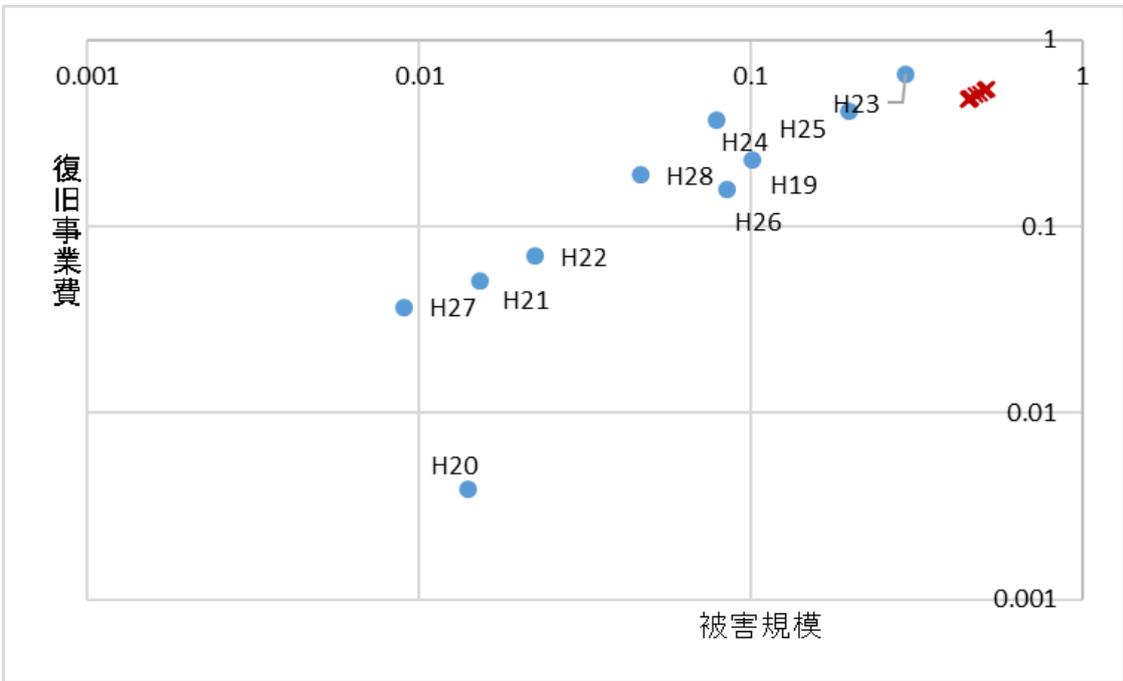
47 都道府県での推計した業務受容能力と被害規模および復旧事業費の関係

本論文の第 4 章において検討した推計した手法により, 47 都道府県における業務受容能力と過去の災害実績との関係をプロットした結果を掲載する.

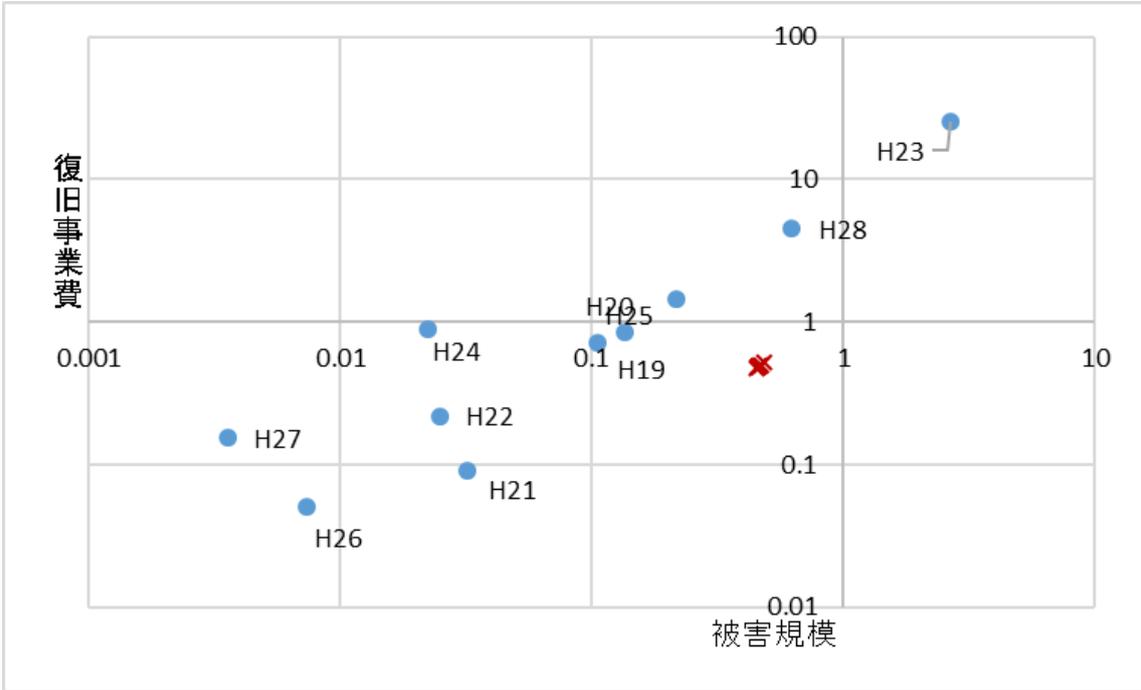
なお, 対数軸を用いているため, 横軸と縦軸のいずれかの値が 0 であるデータはプロットが表記されていない.



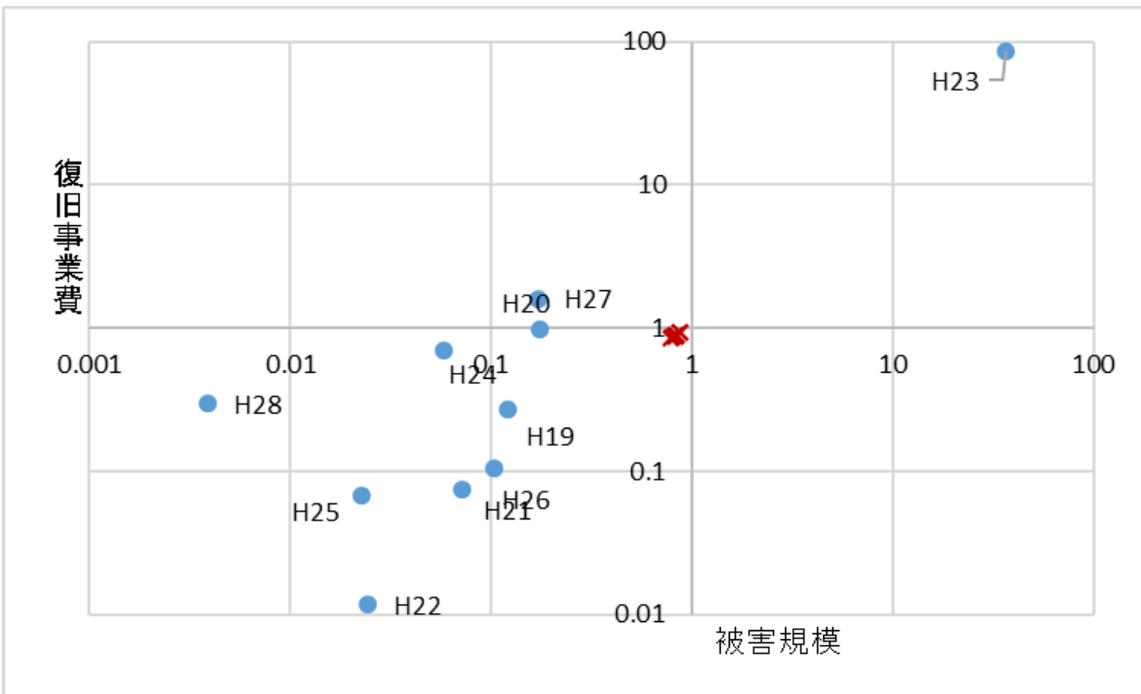
北海道



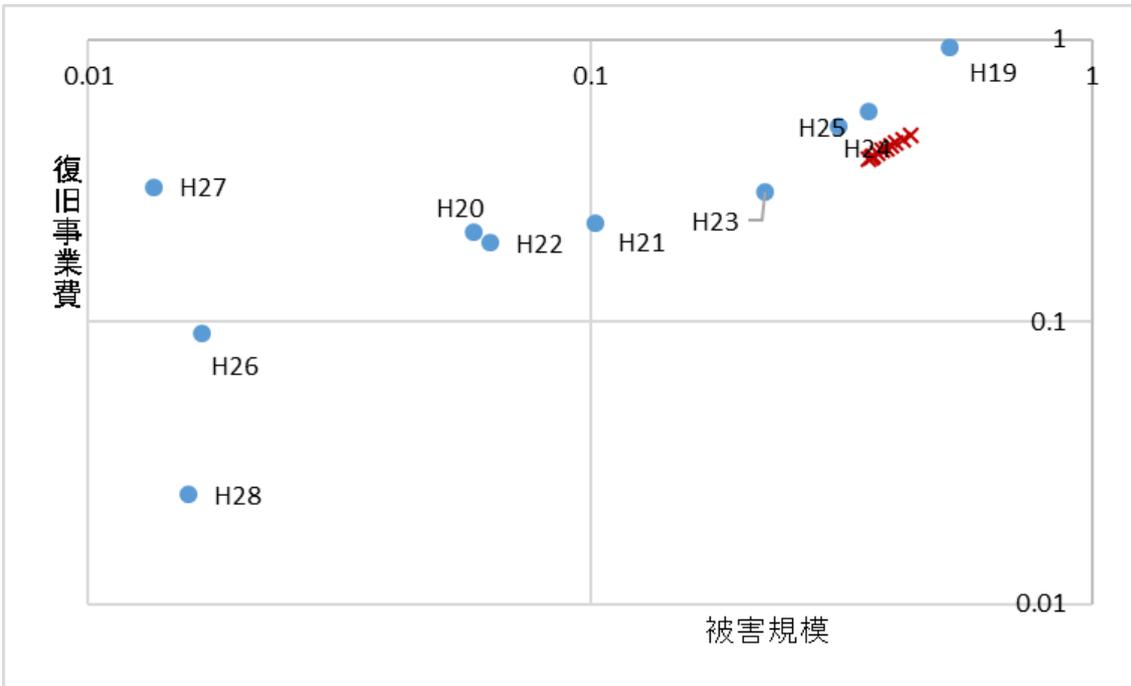
青森県



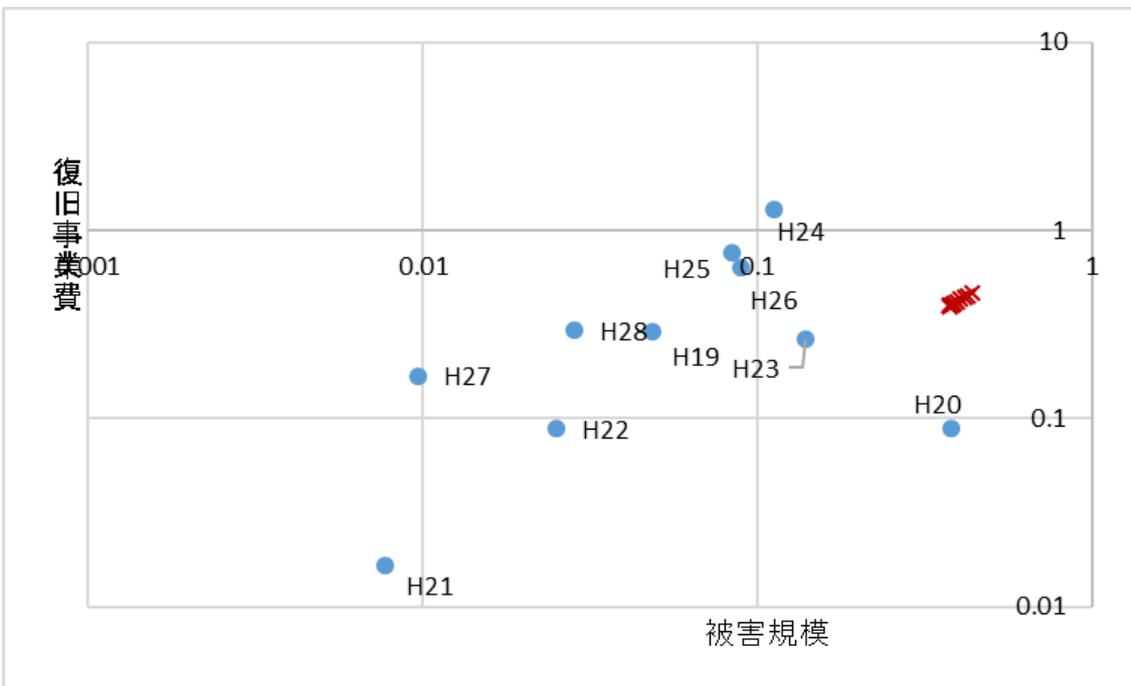
岩手県



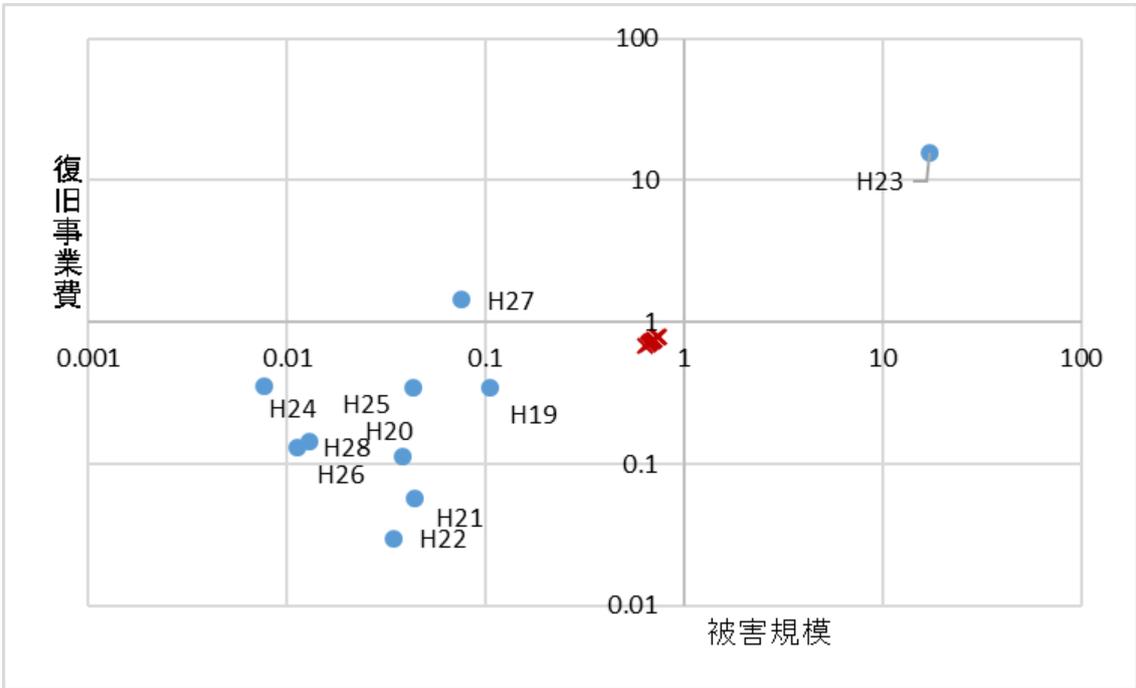
宮城県



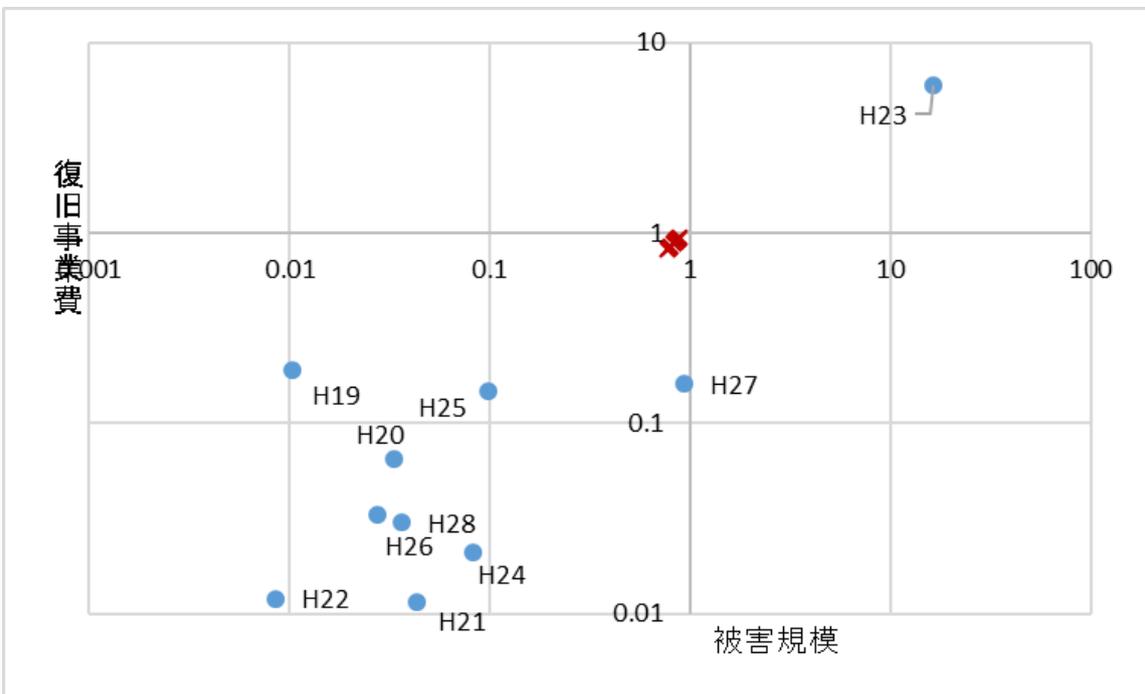
秋田県



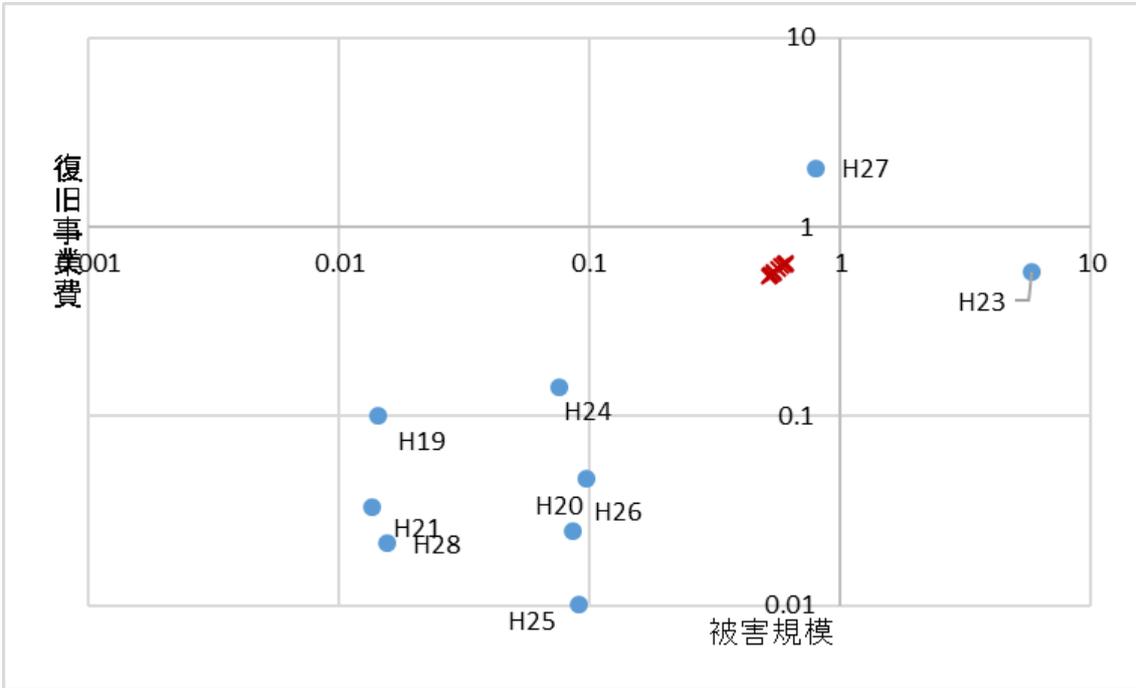
山形県



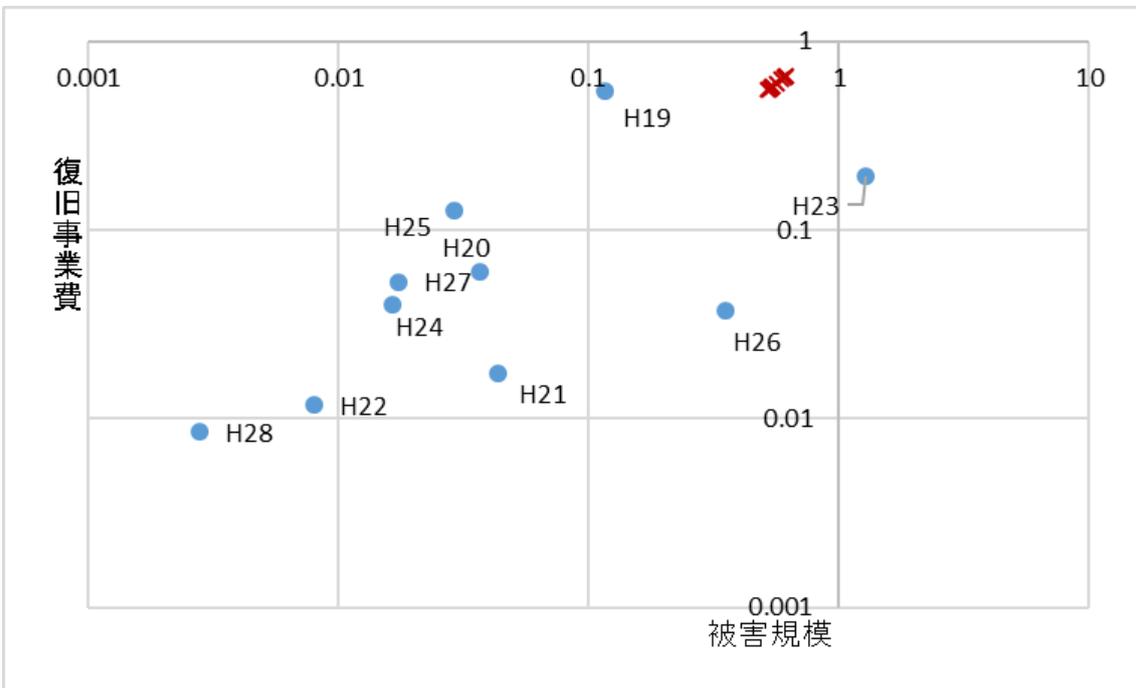
福島県



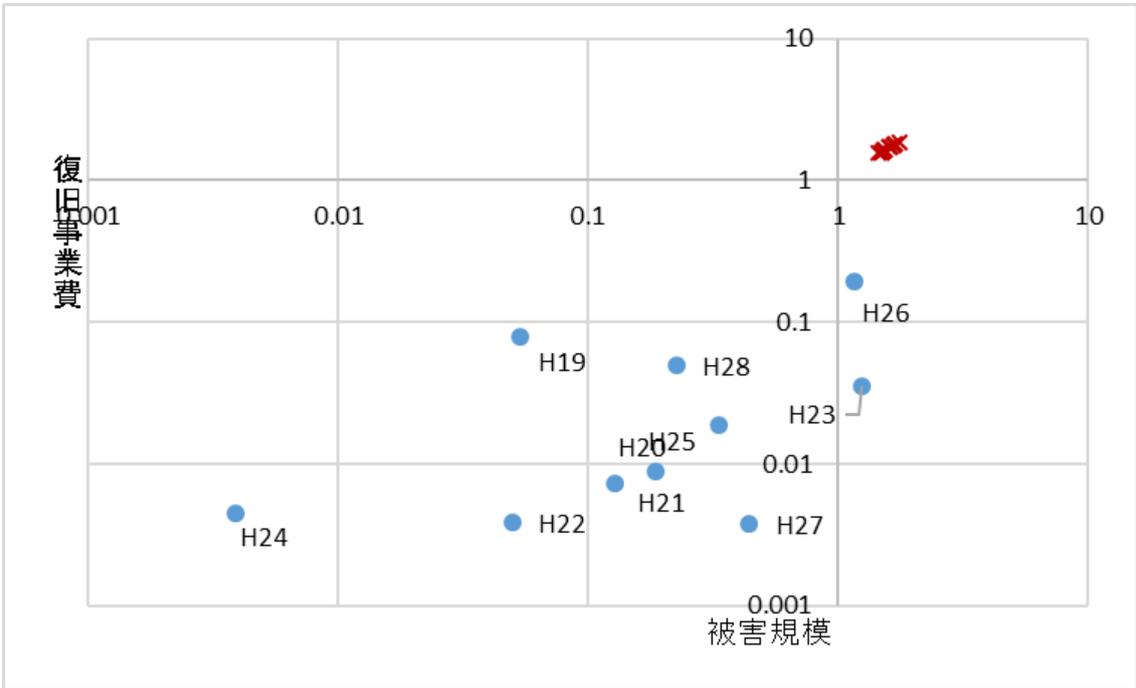
茨城県



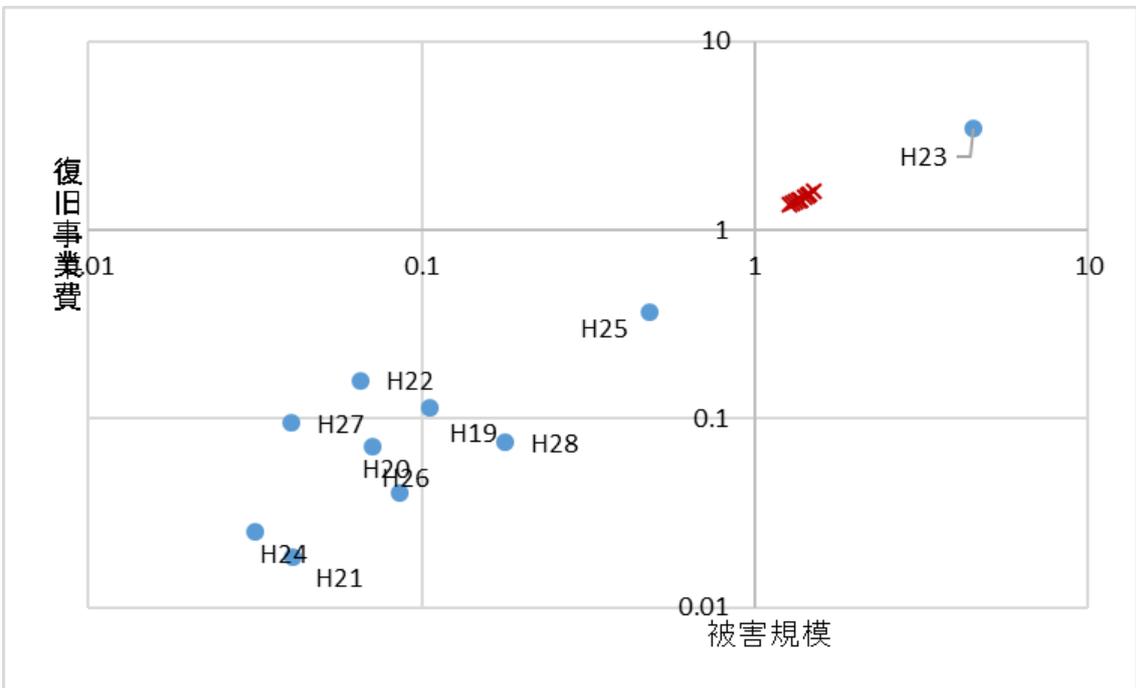
栃木県



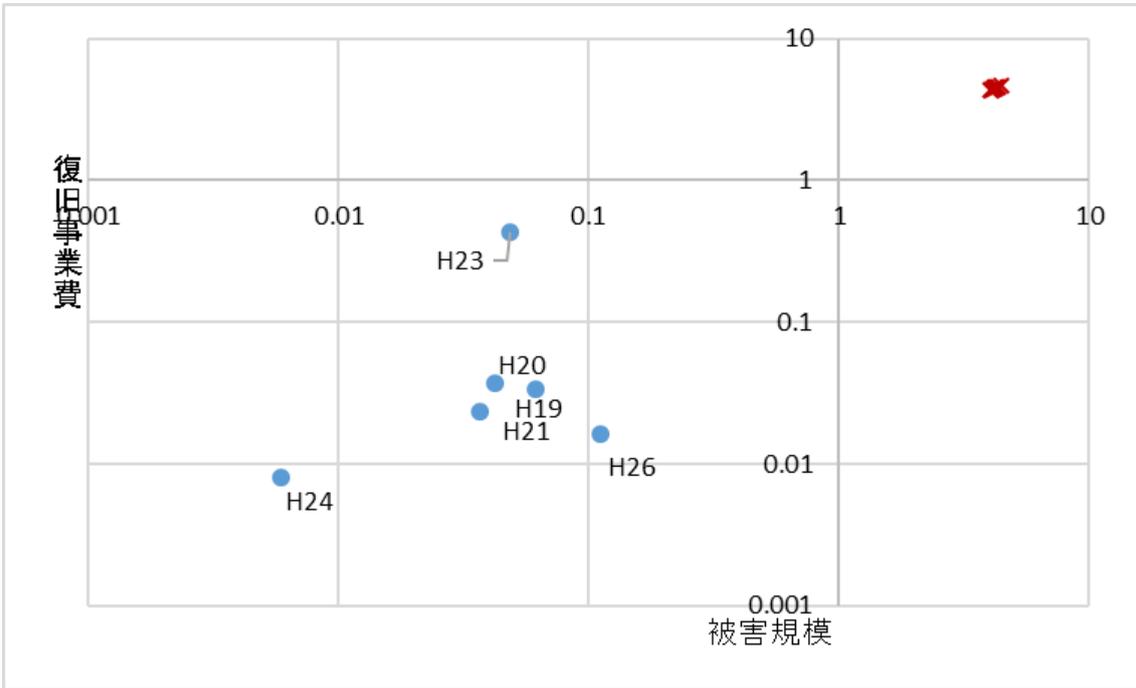
群馬県



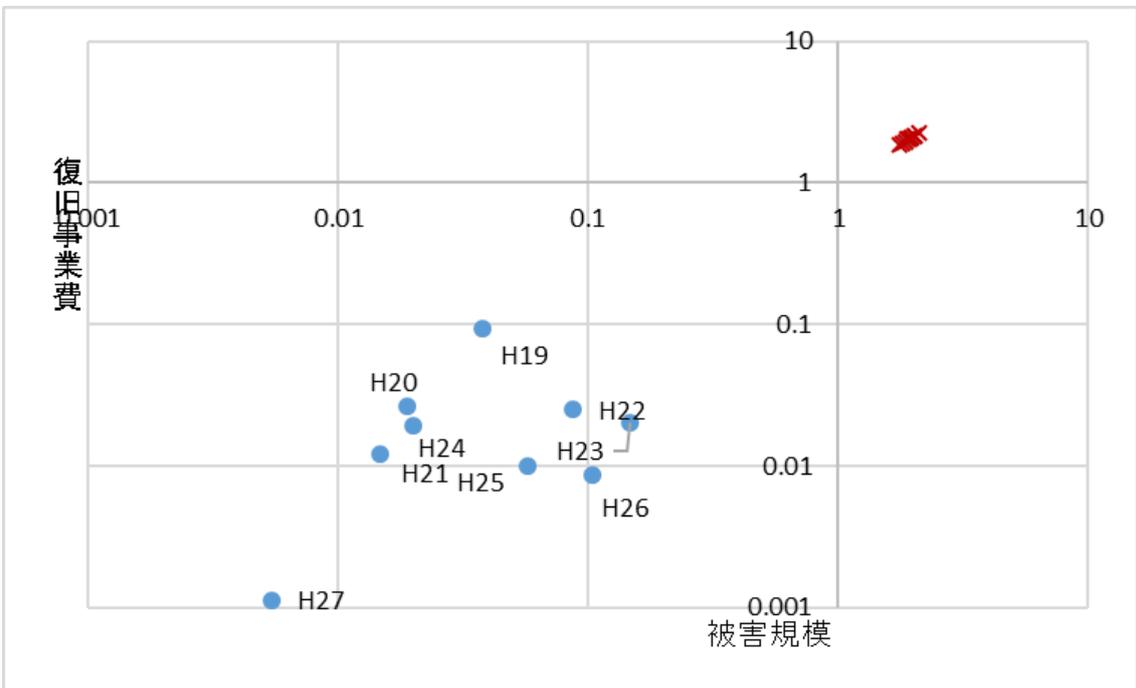
埼玉県



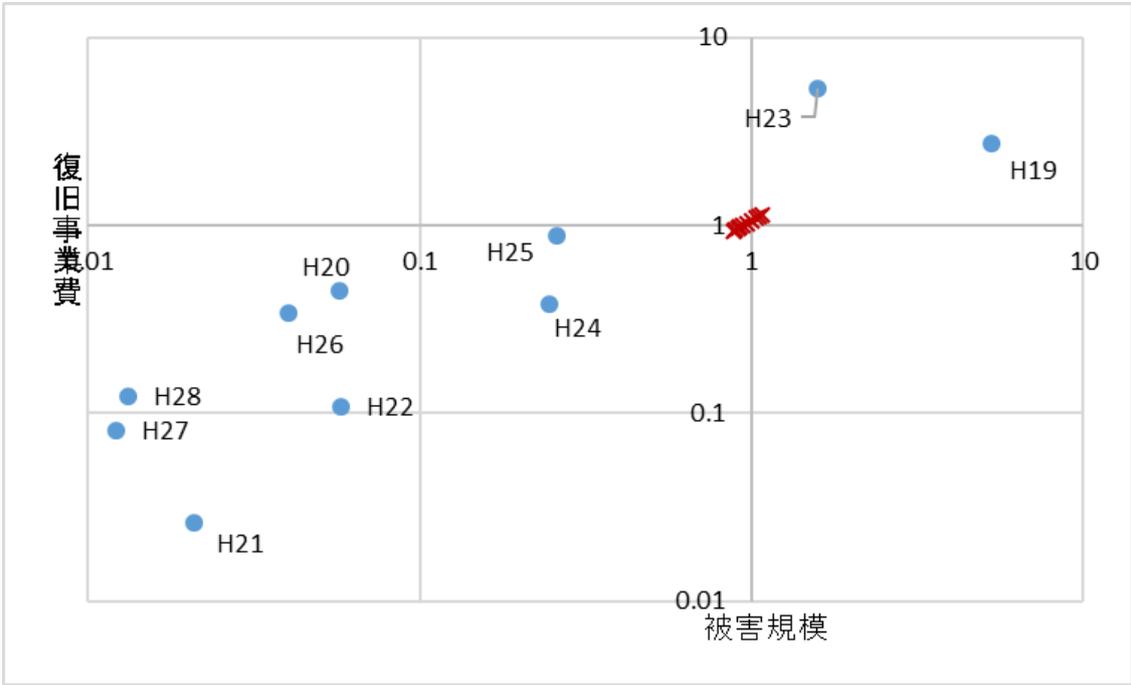
千葉県



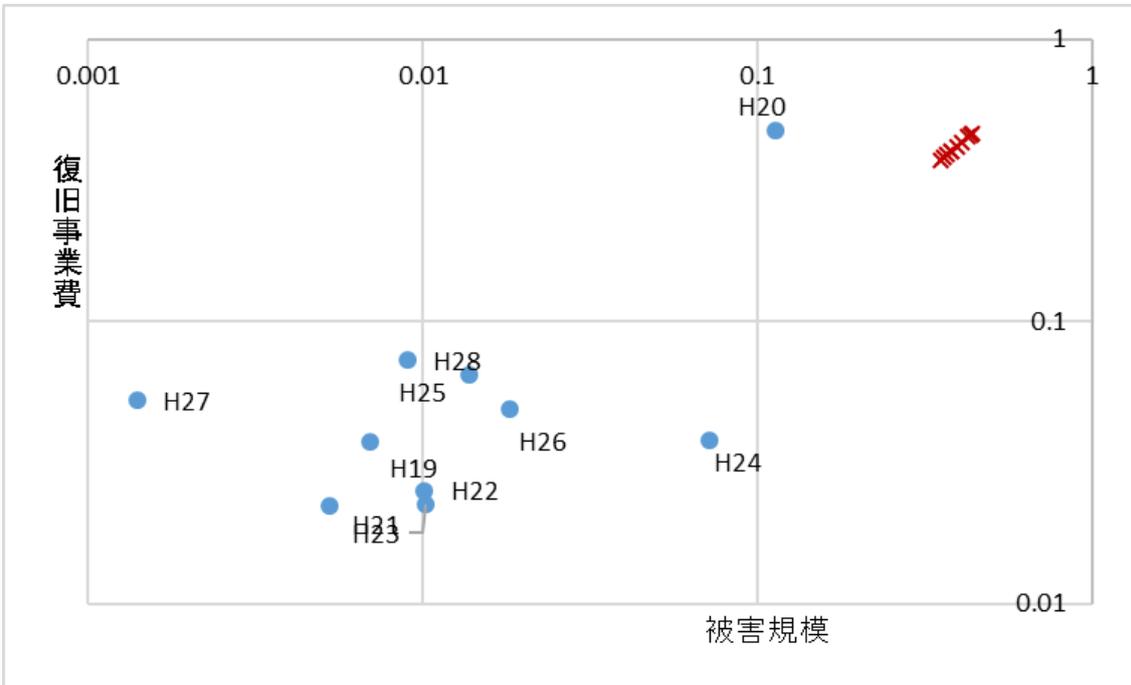
東京都



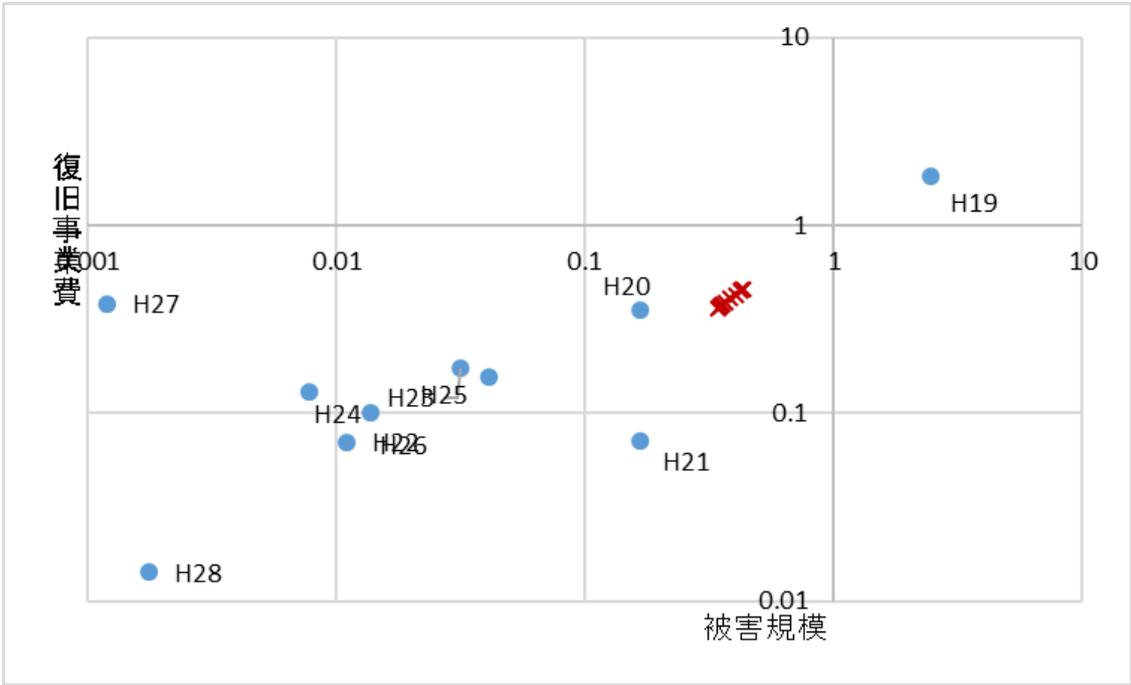
神奈川県



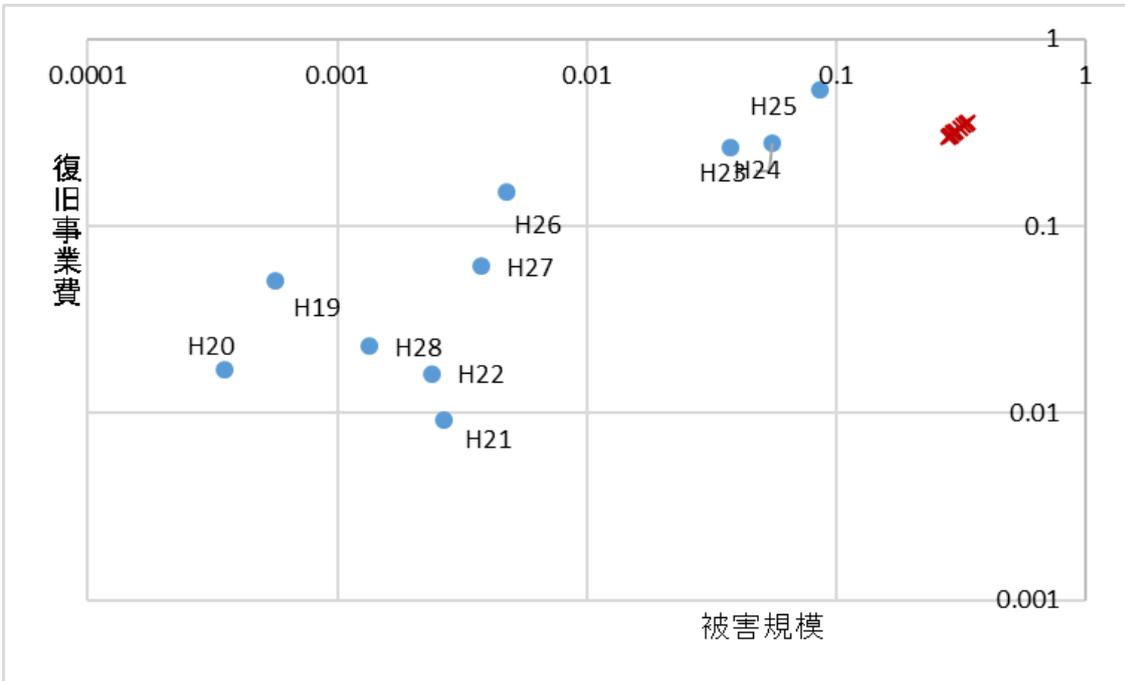
新潟県



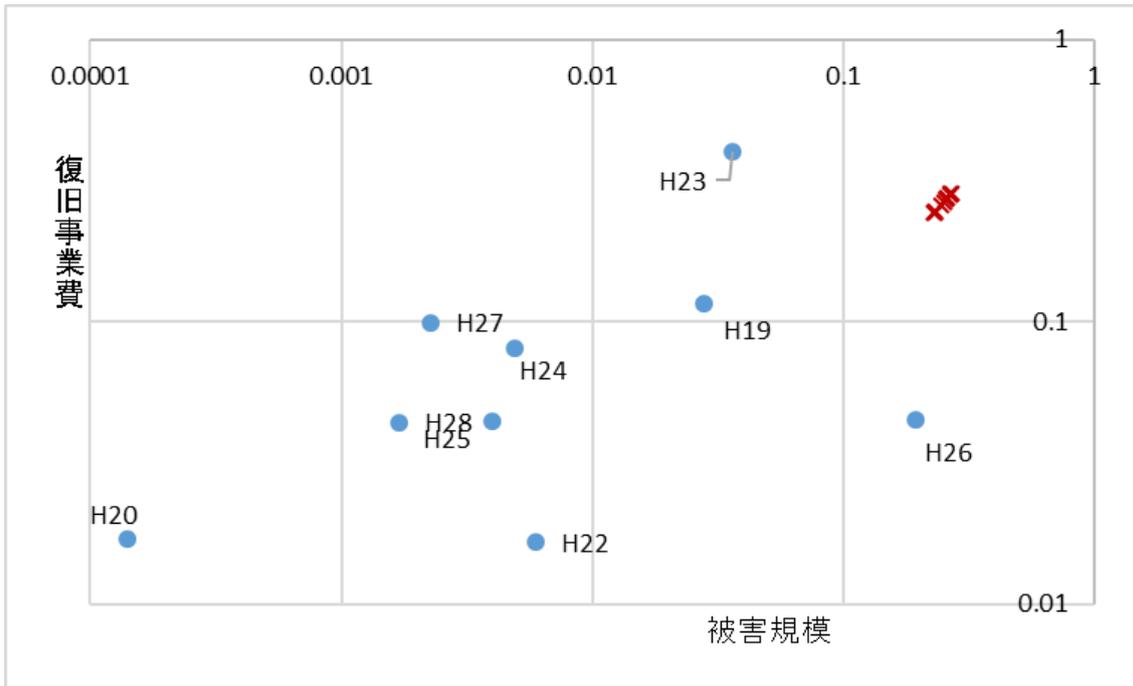
富山県



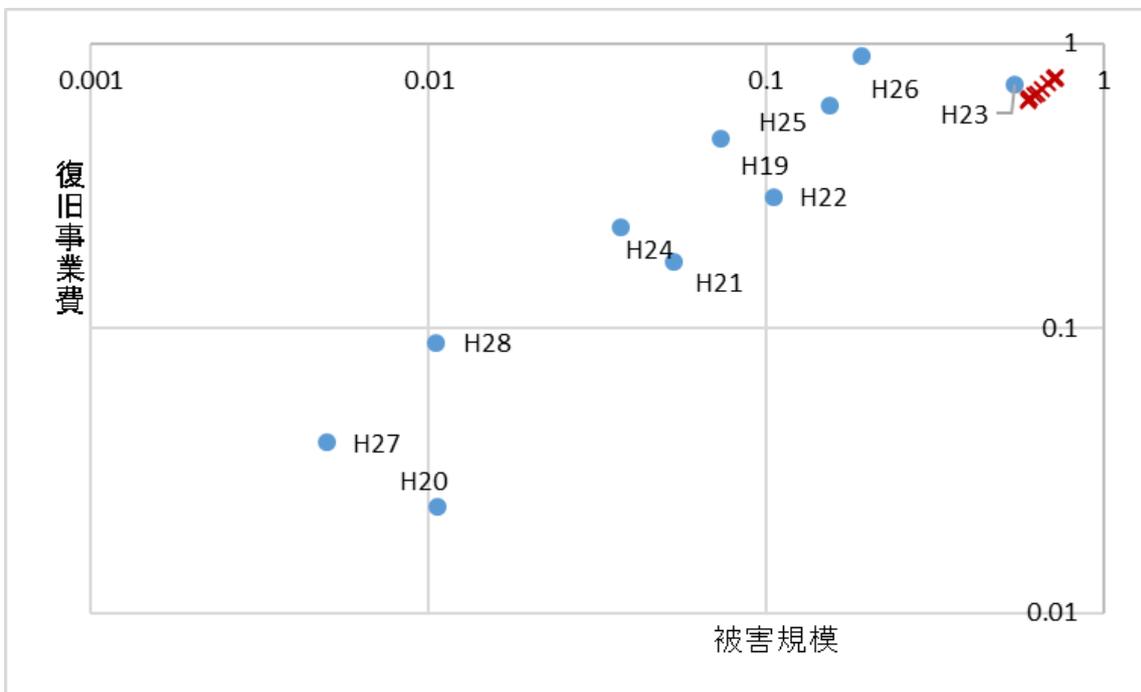
石川県



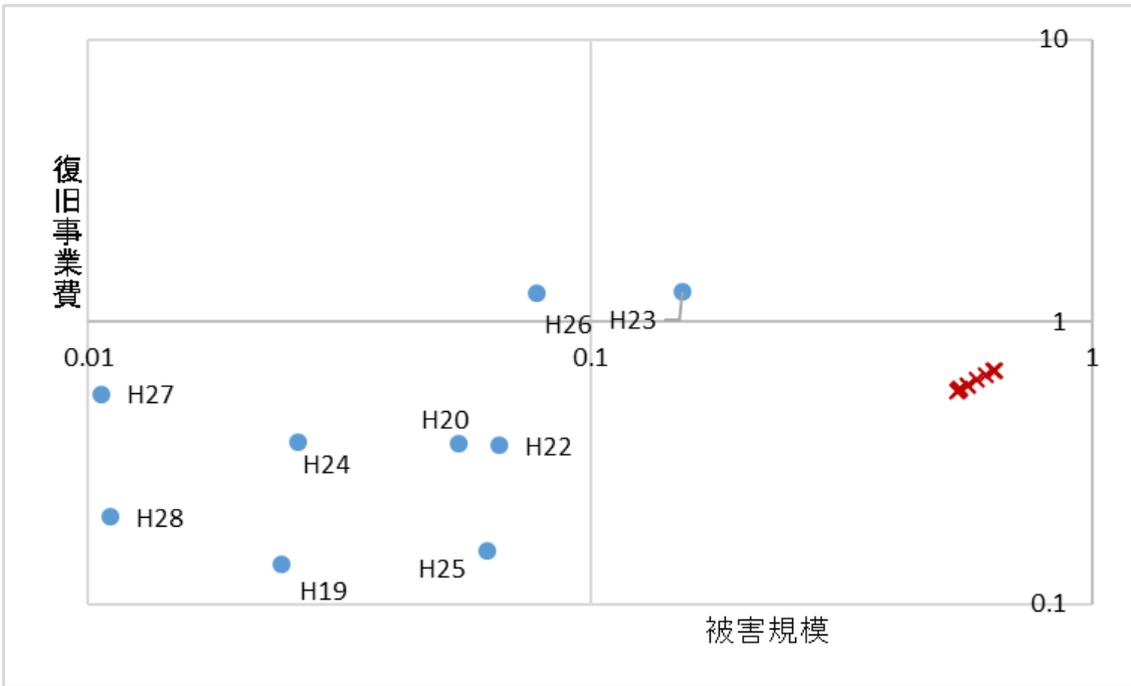
福井県



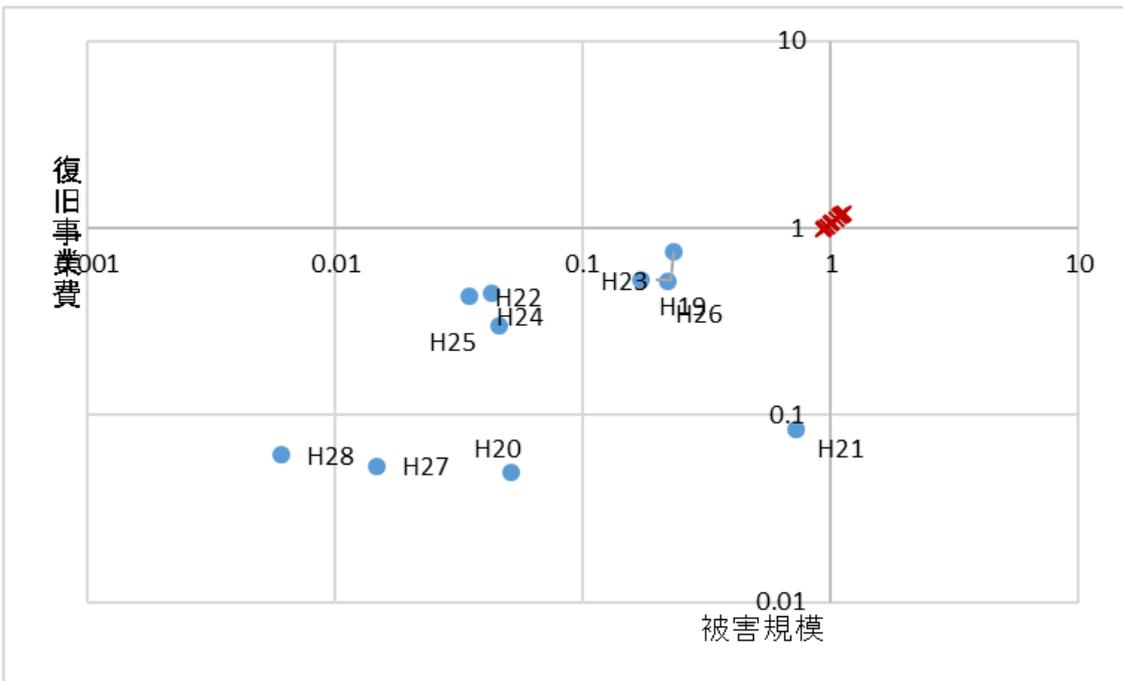
山梨県



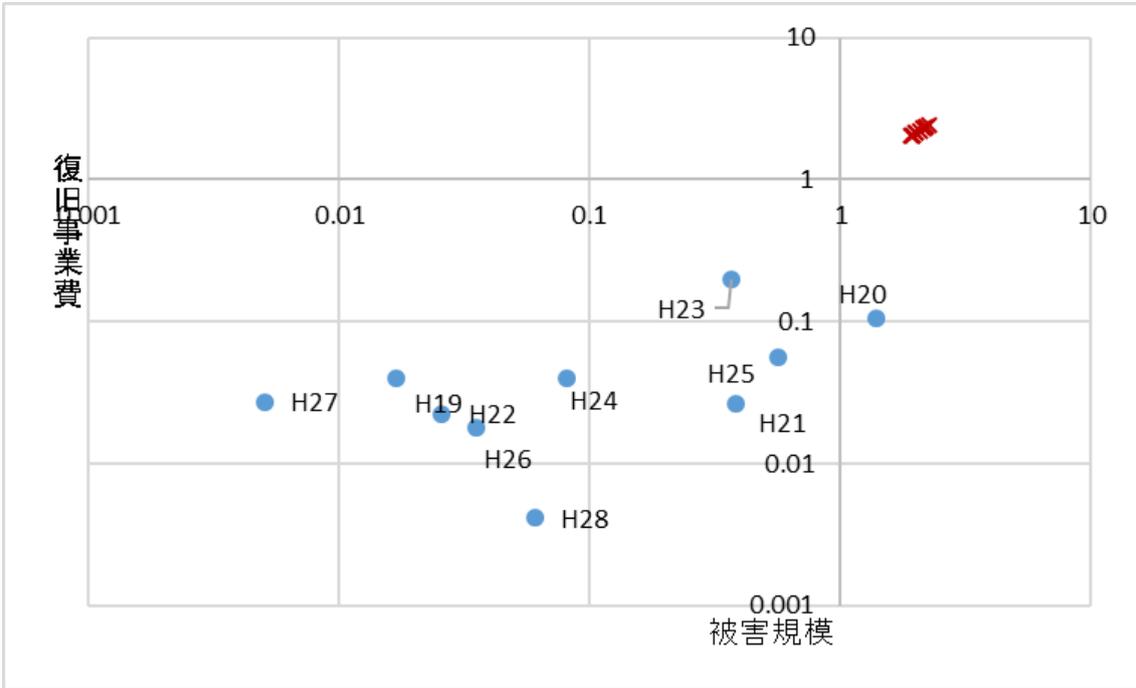
長野県



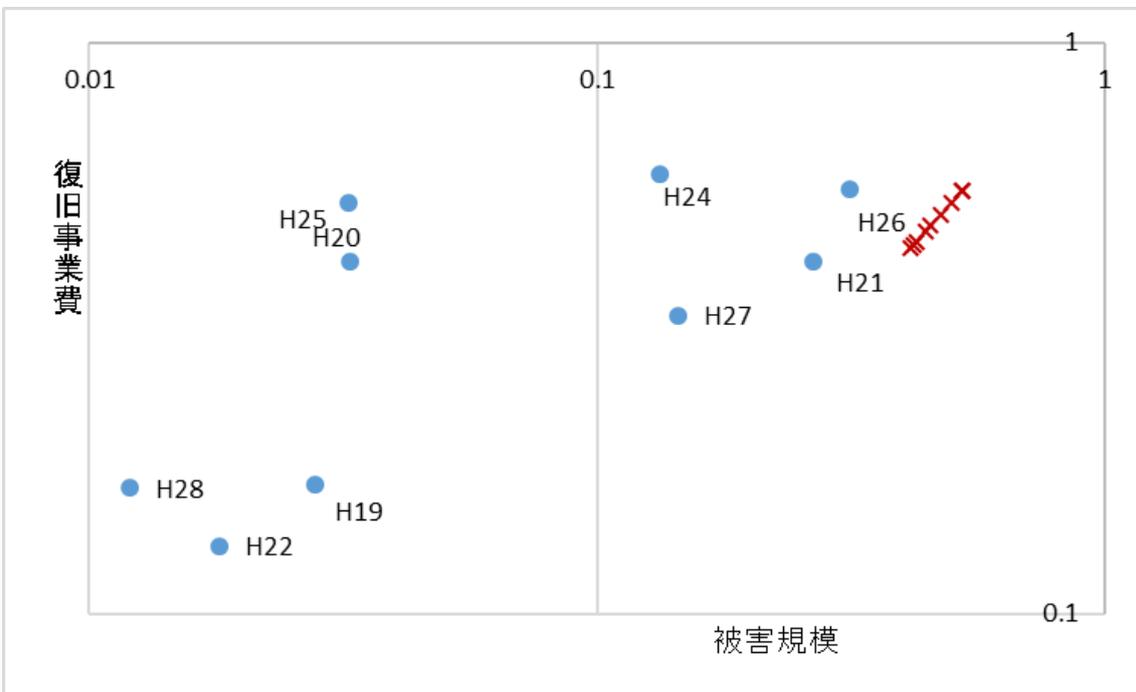
岐阜県



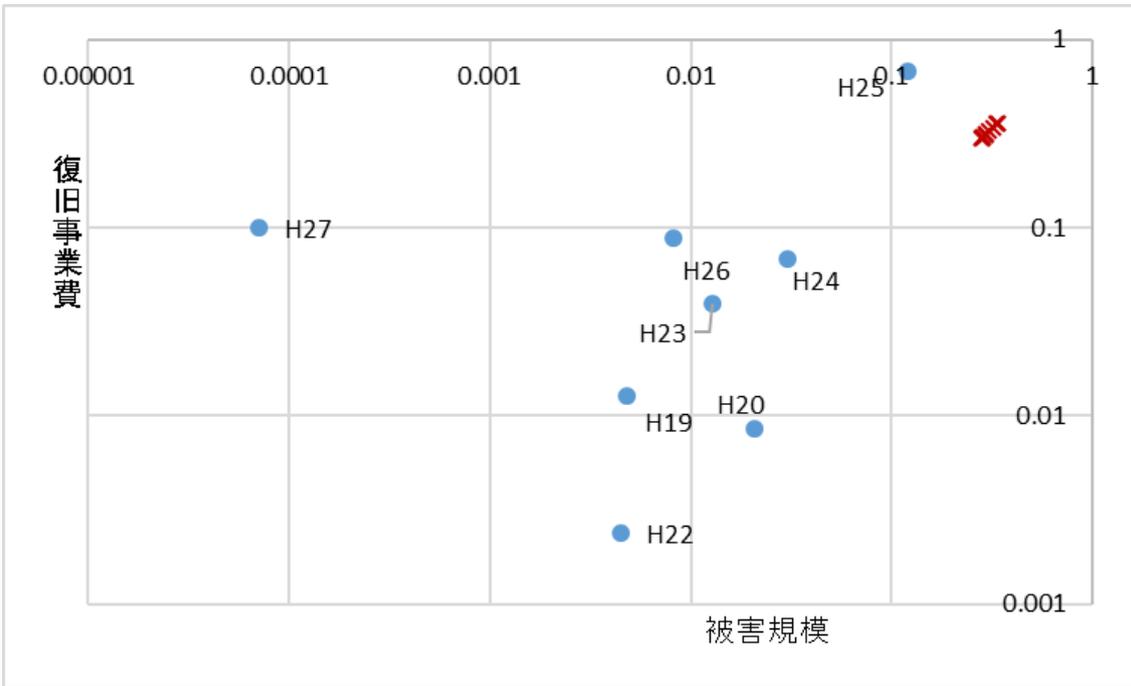
静岡県



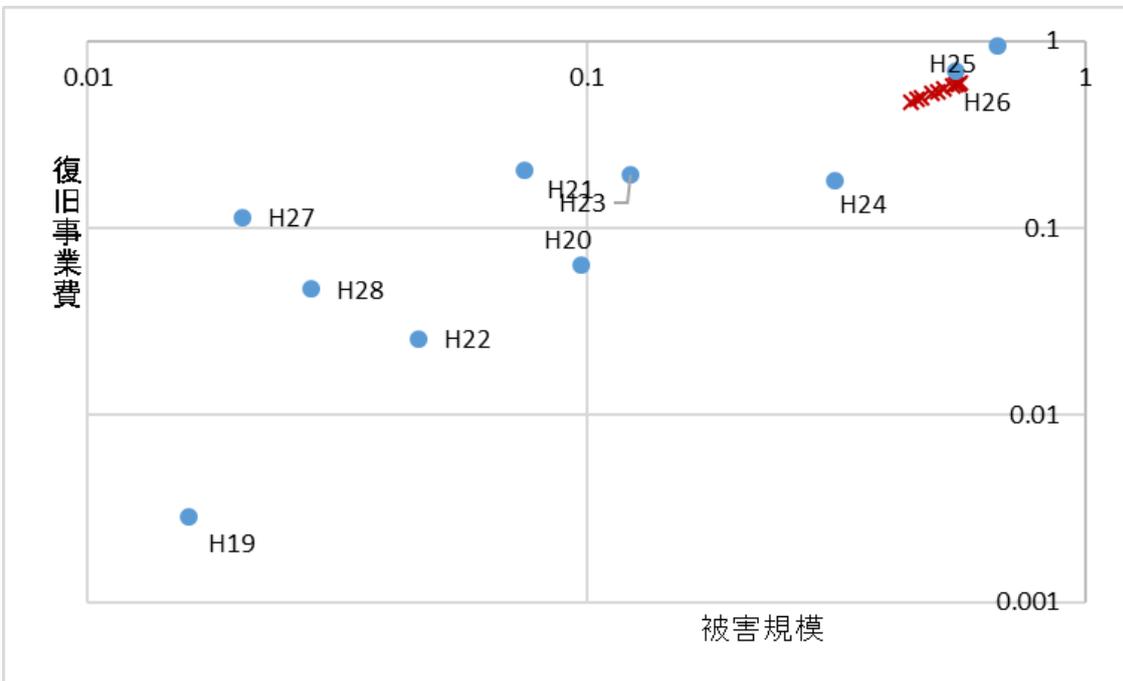
愛知県



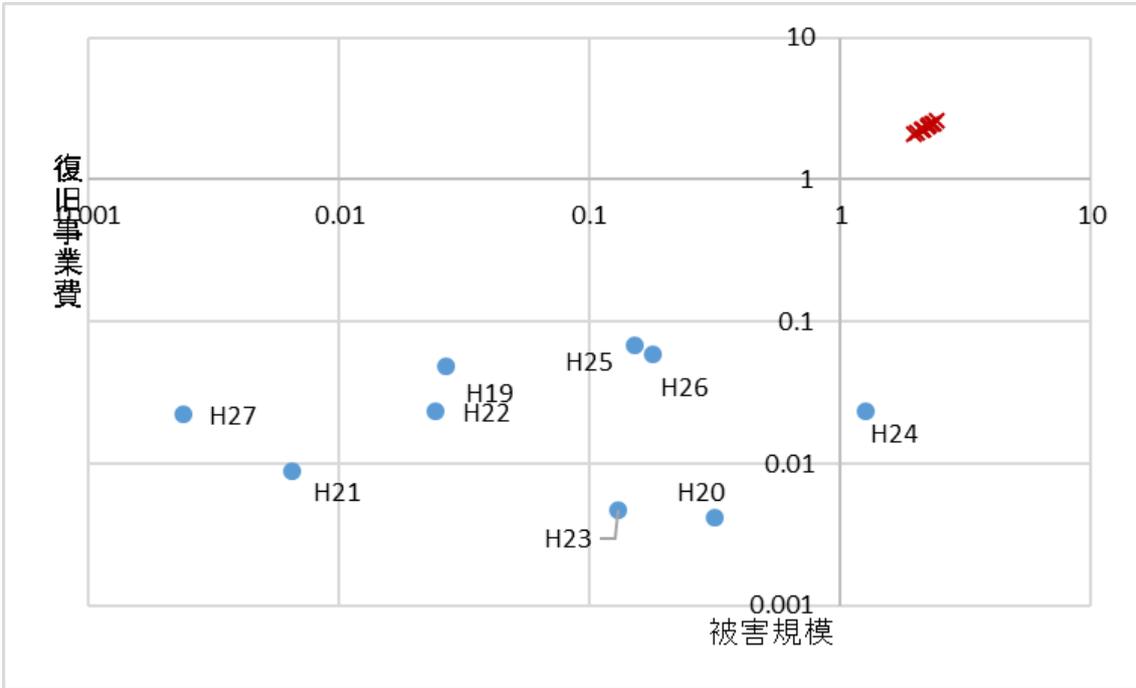
三重県



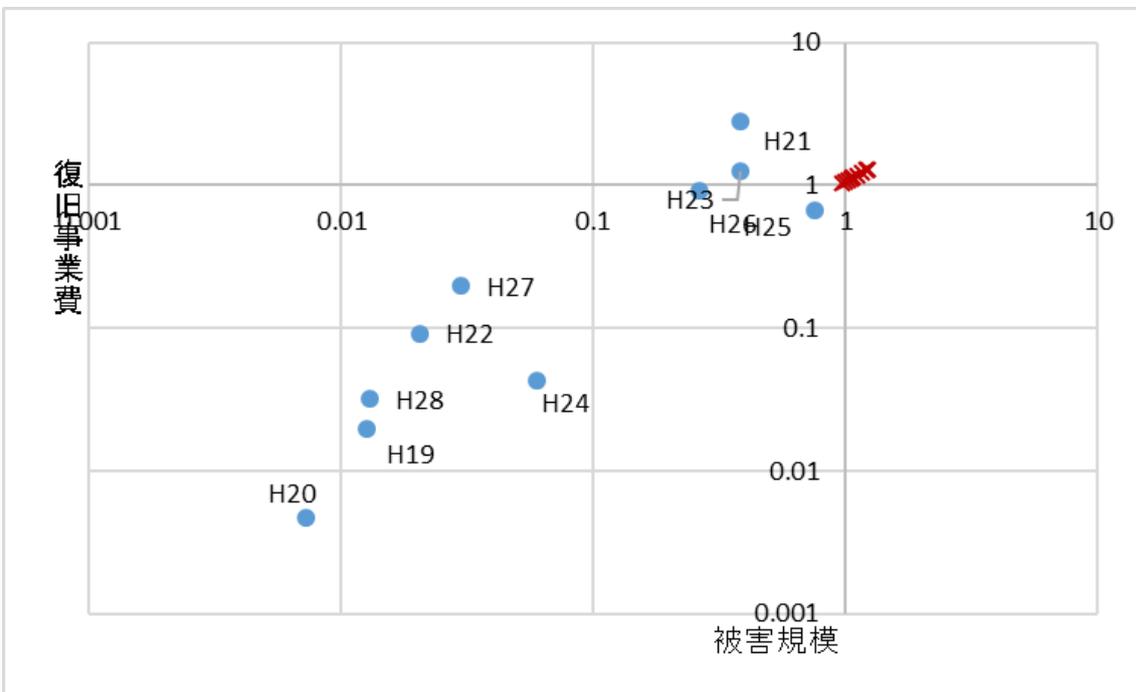
滋賀県



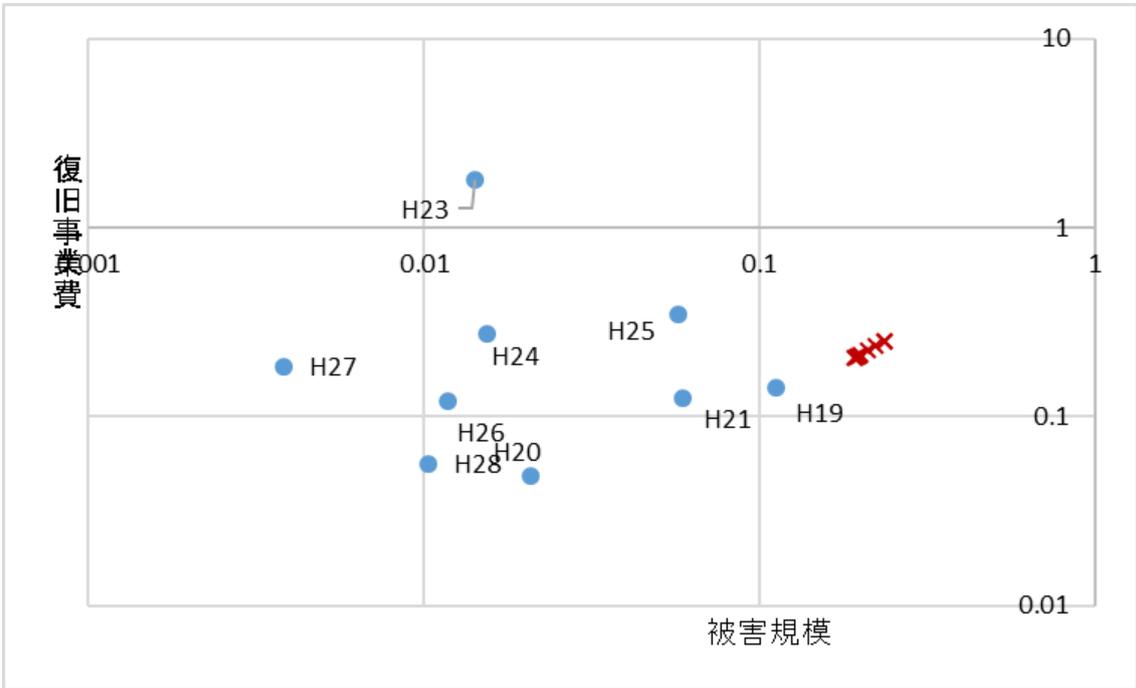
京都府



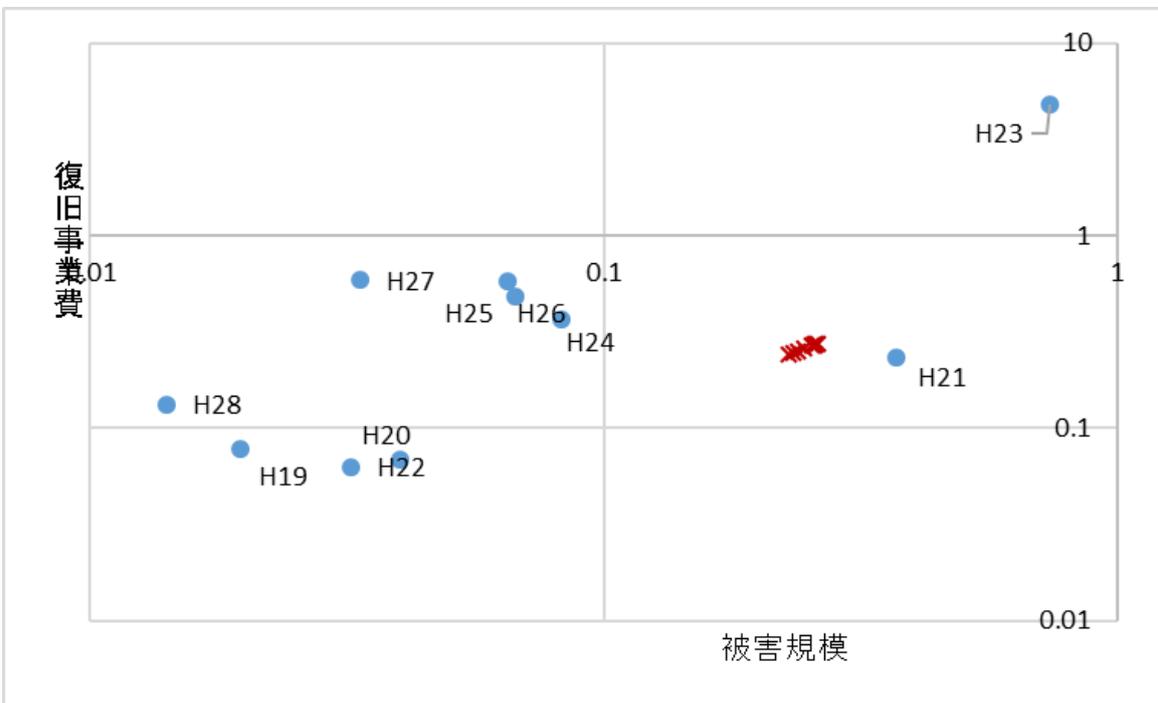
大阪府



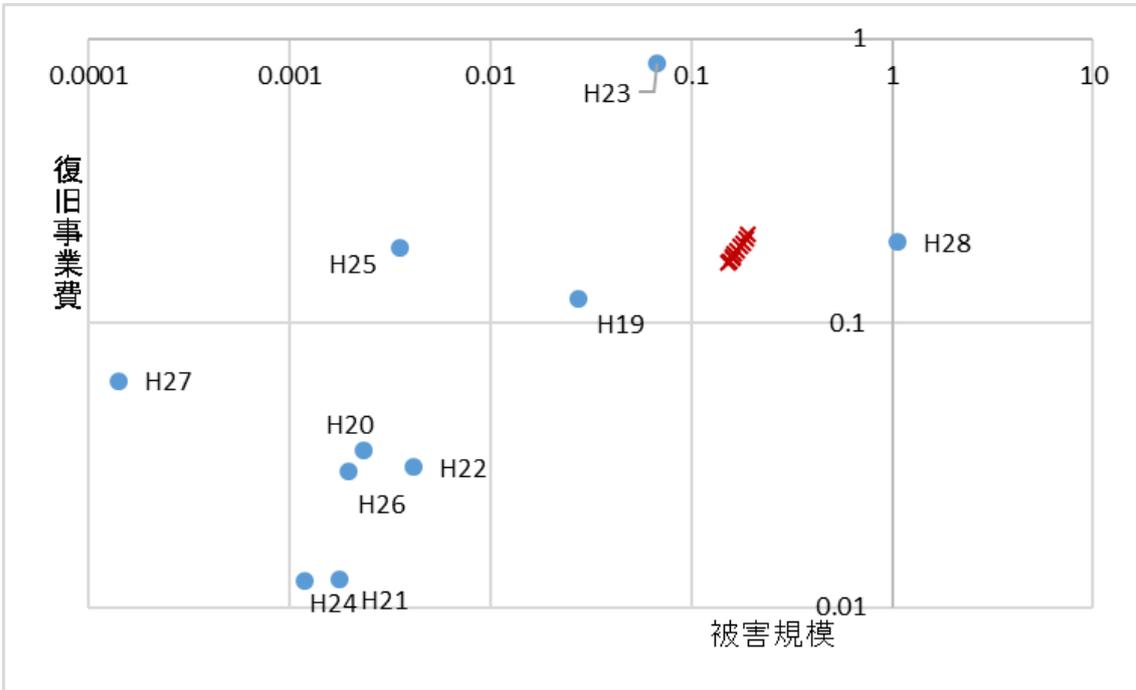
兵庫県



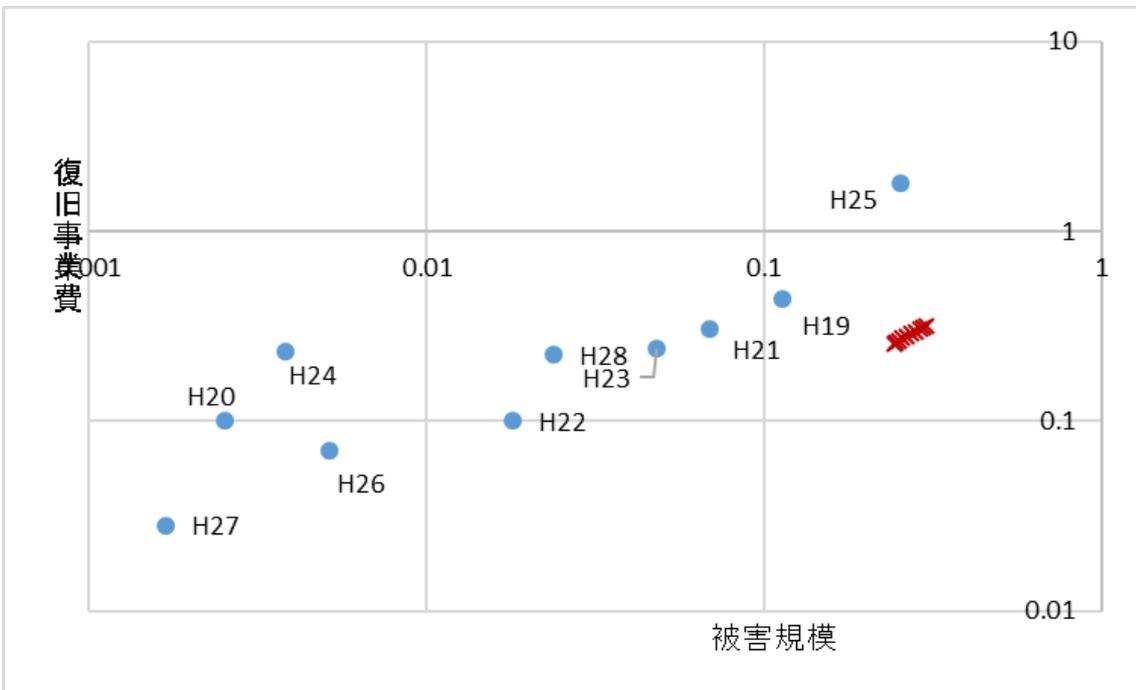
奈良県



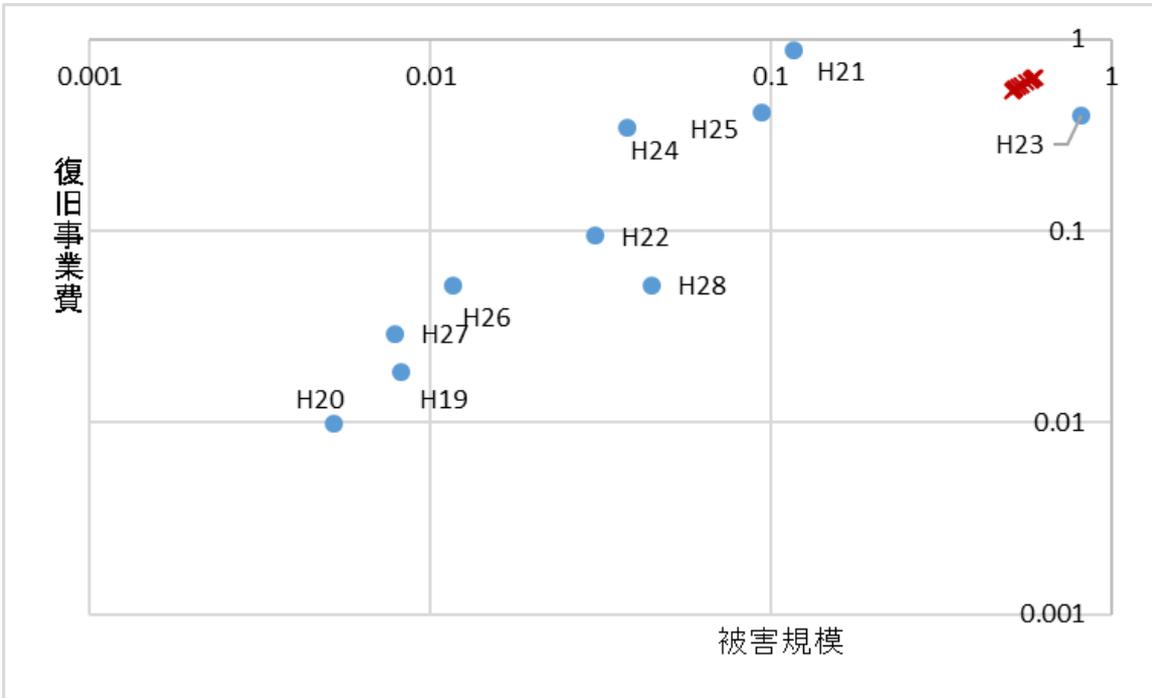
和歌山県



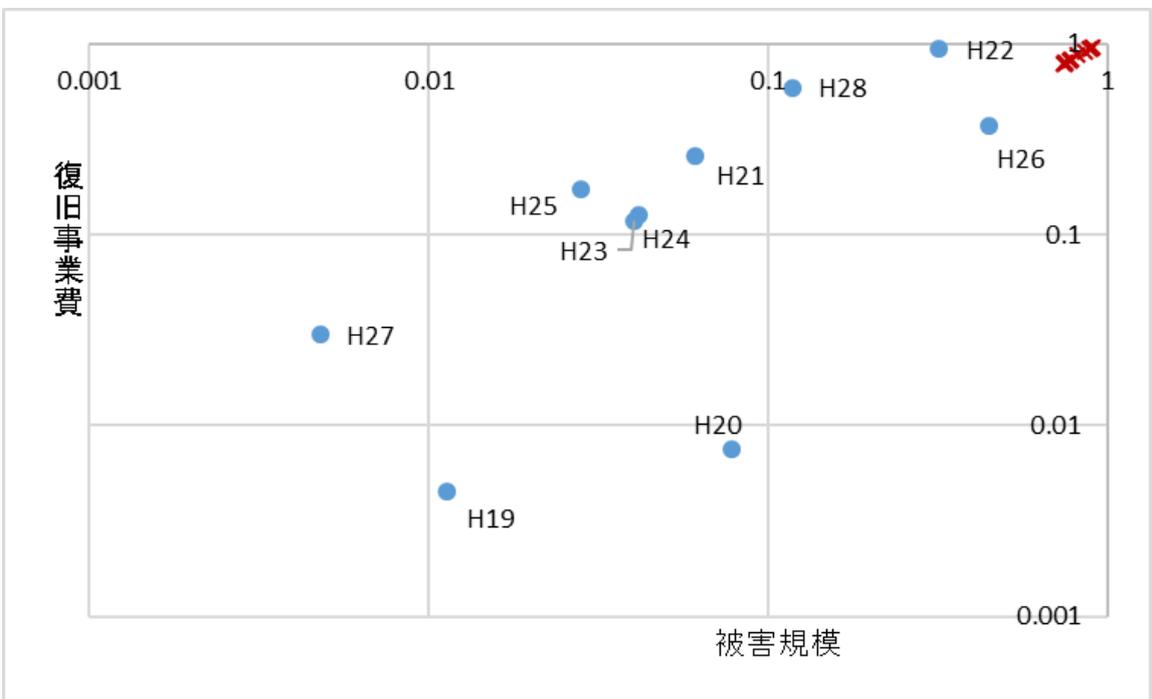
鳥取県



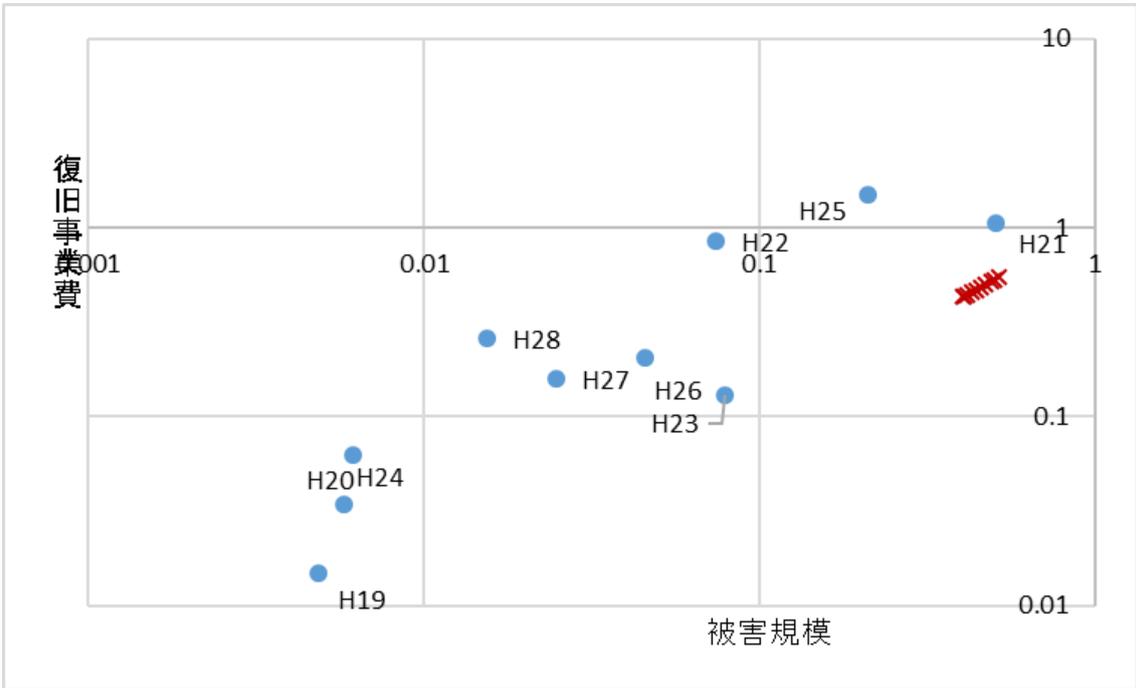
島根県



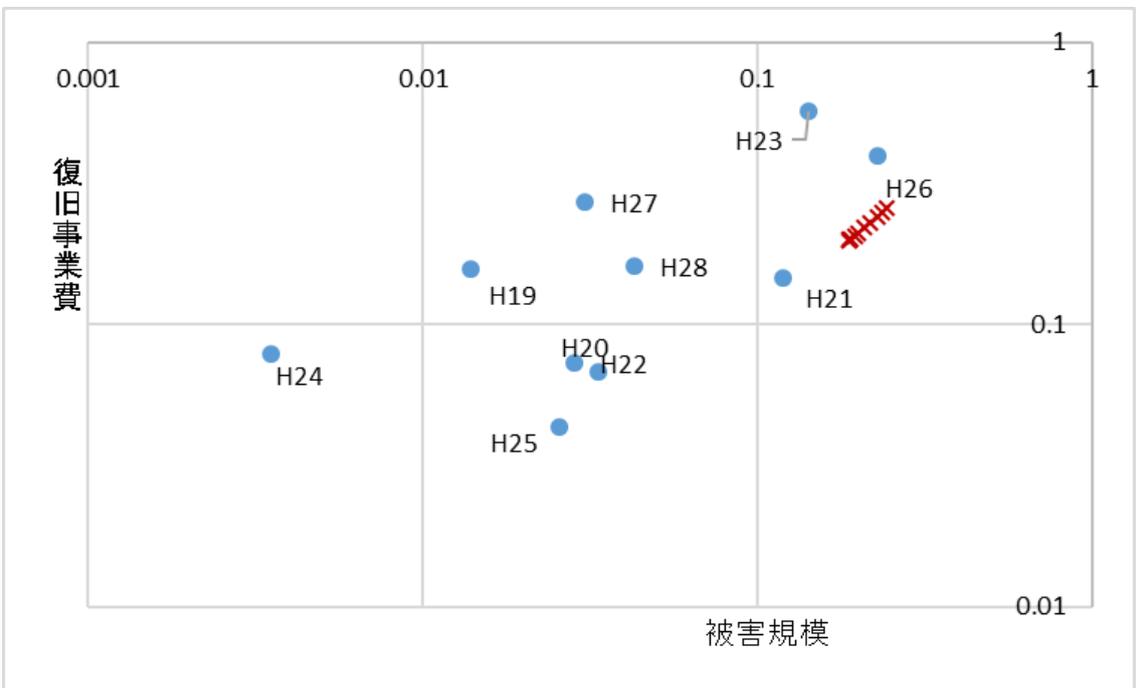
岡山県



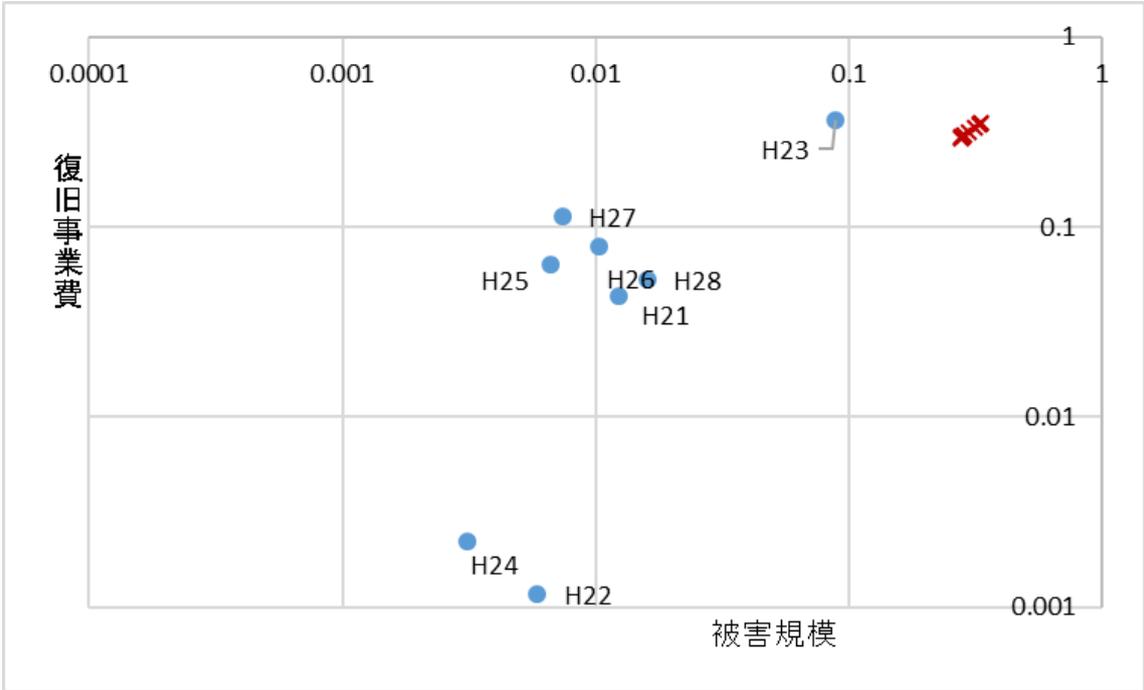
広島県



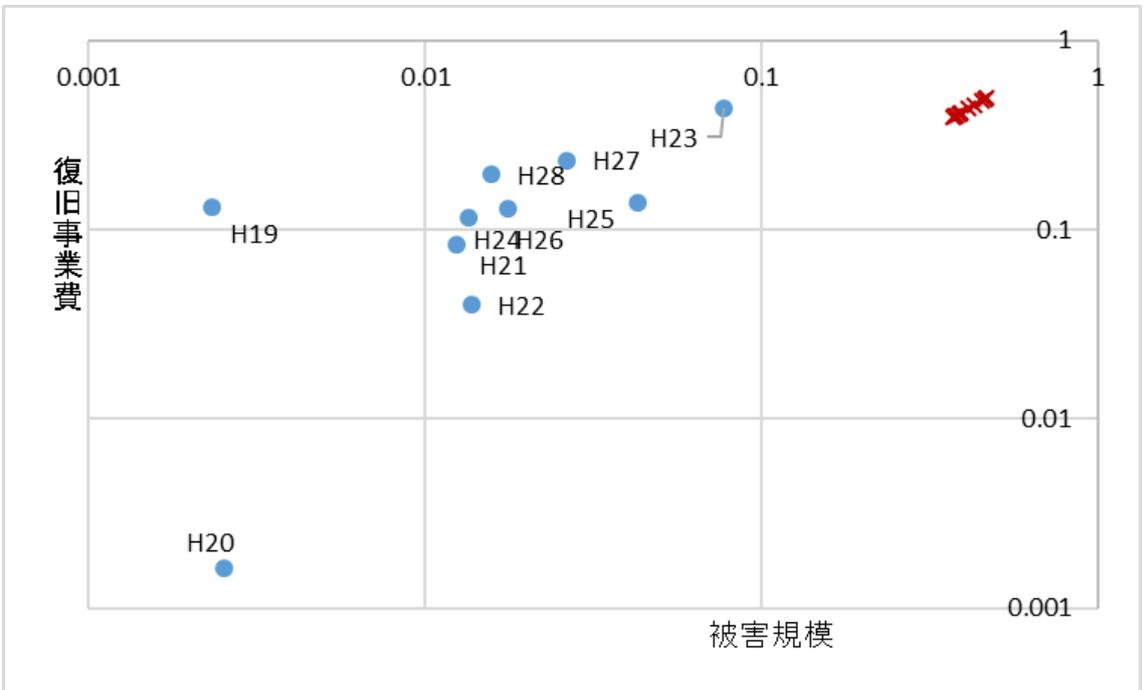
山口県



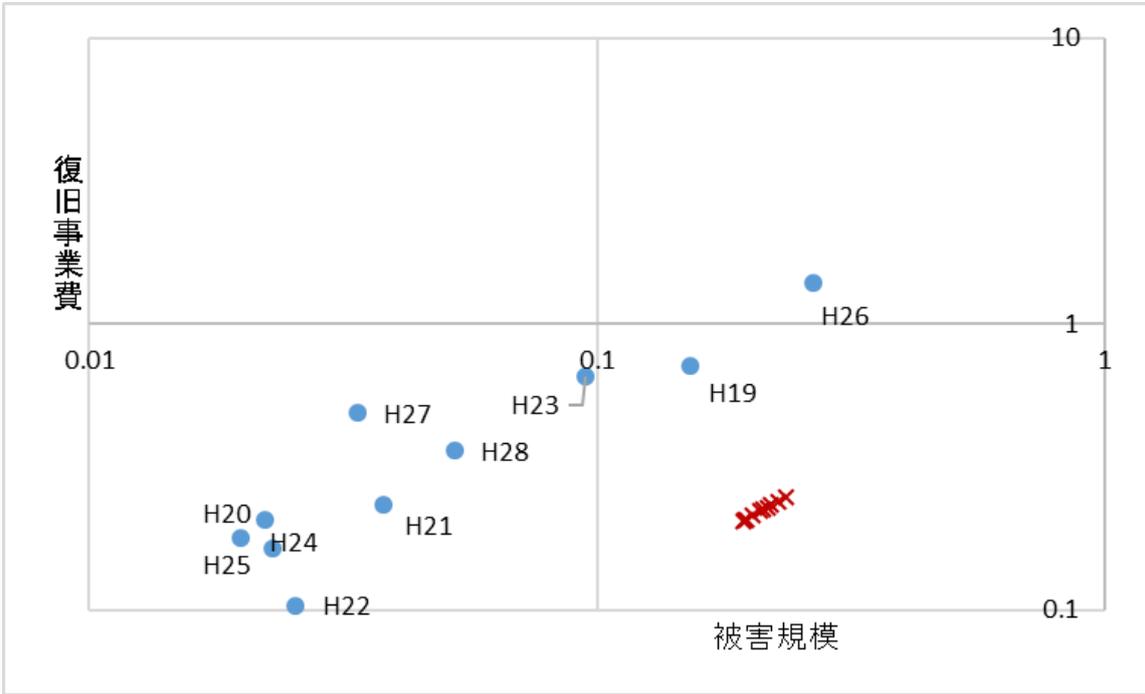
徳島県



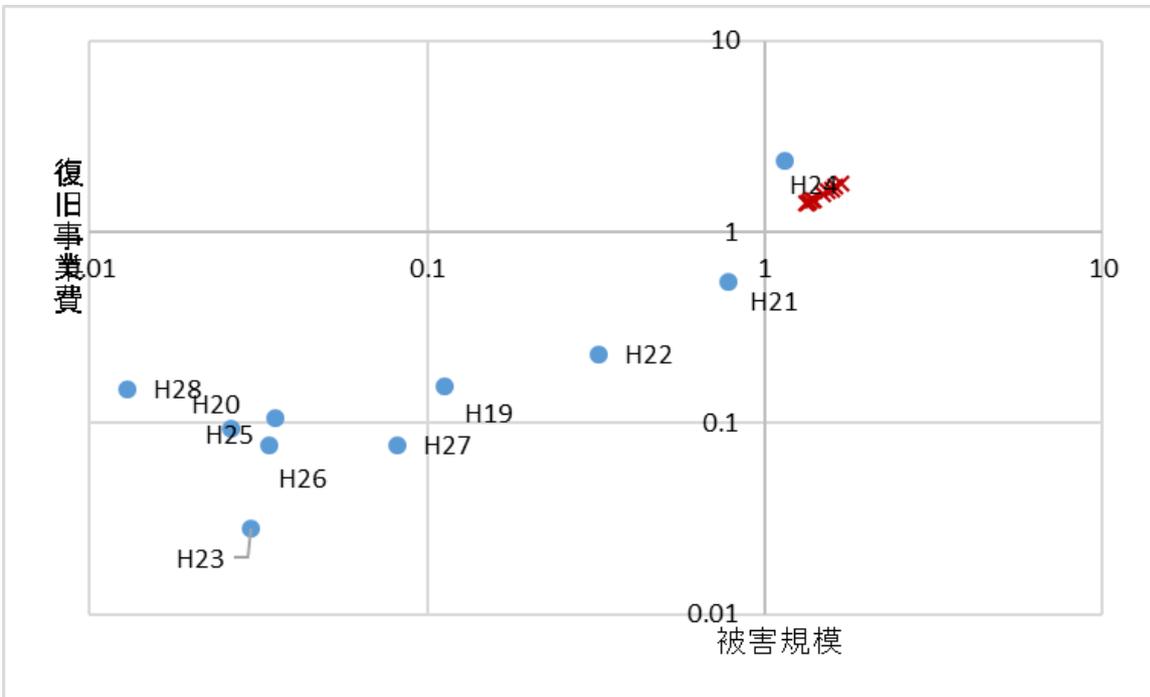
香川県



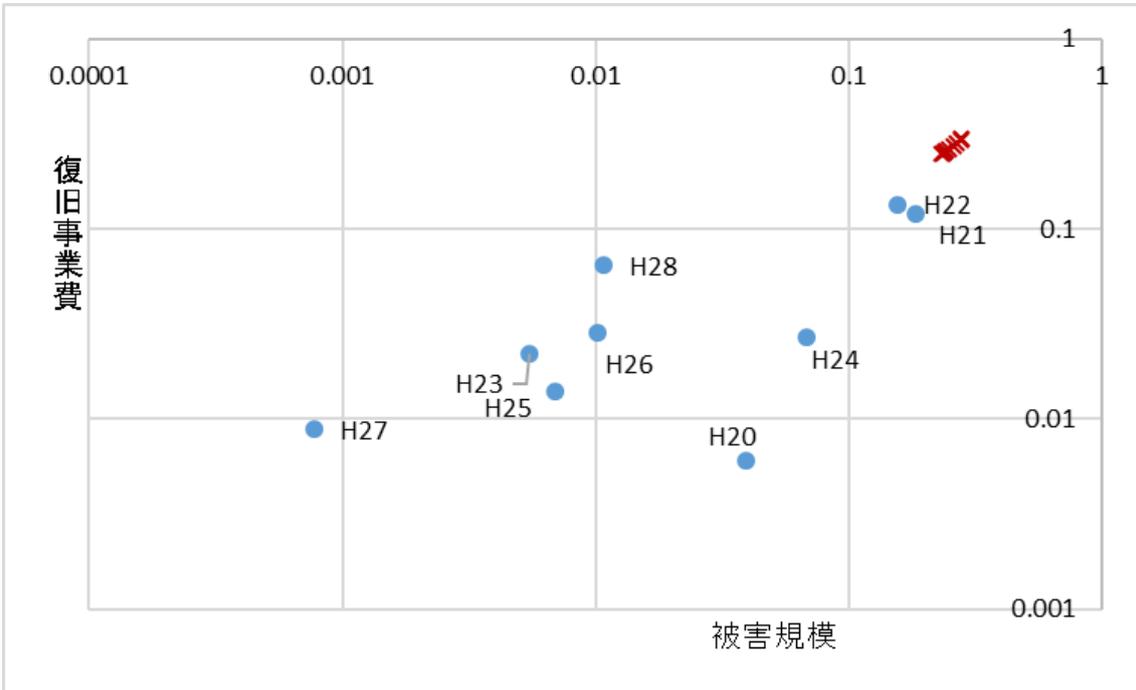
愛媛県



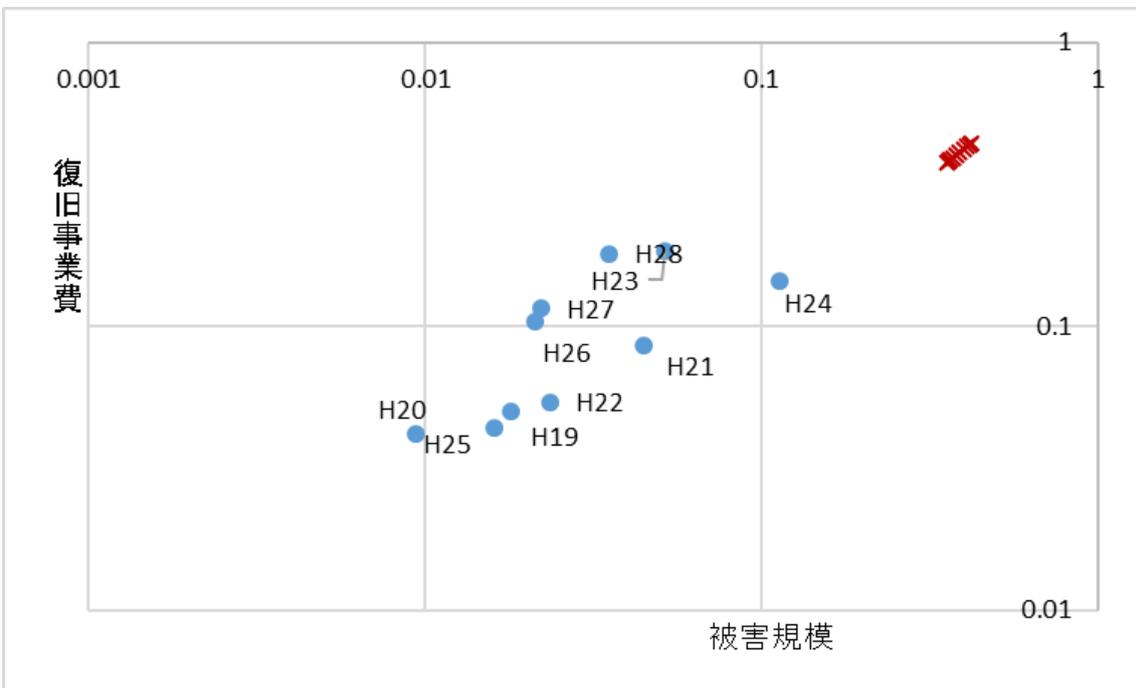
高知県



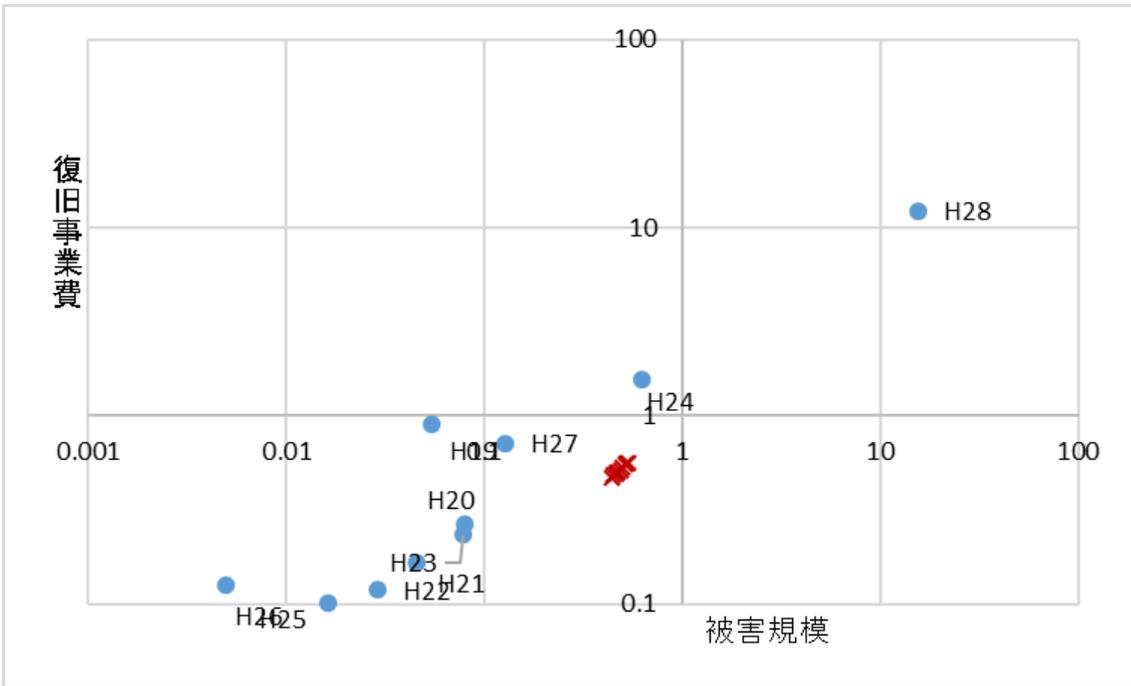
福岡県



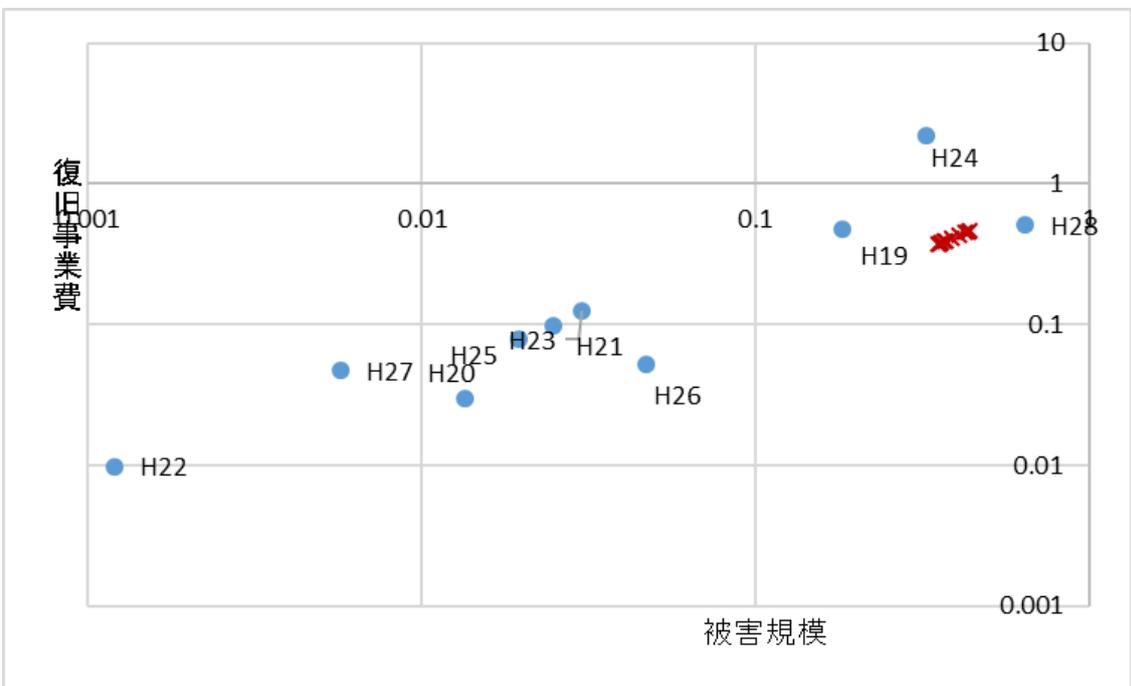
佐賀県



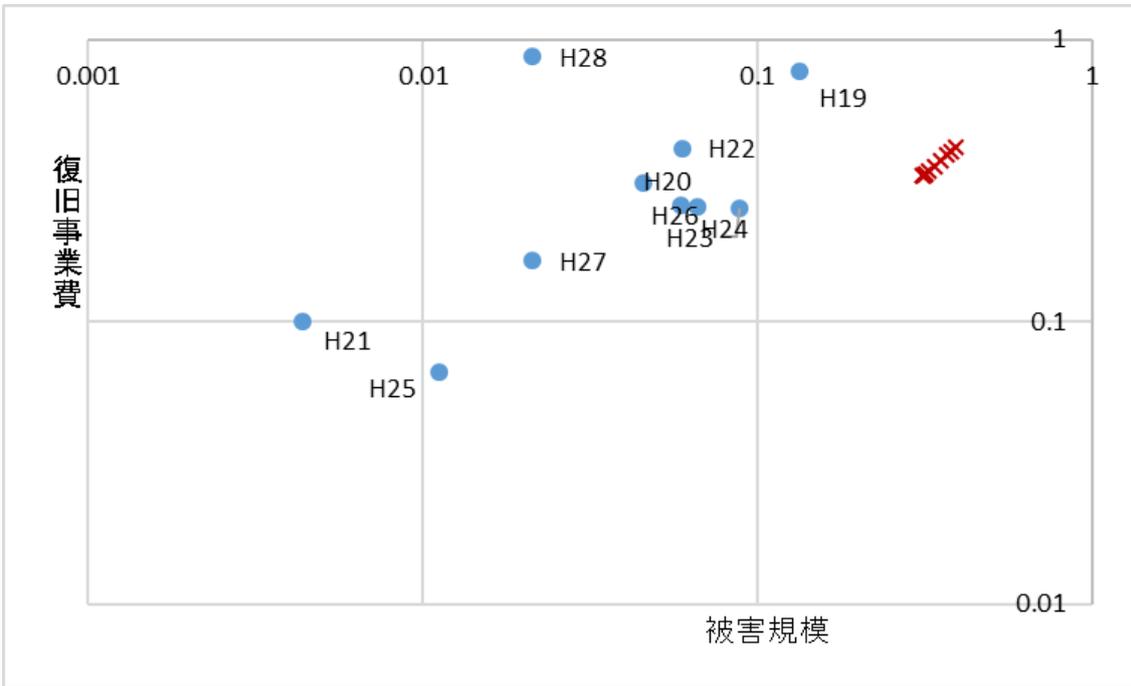
長崎県



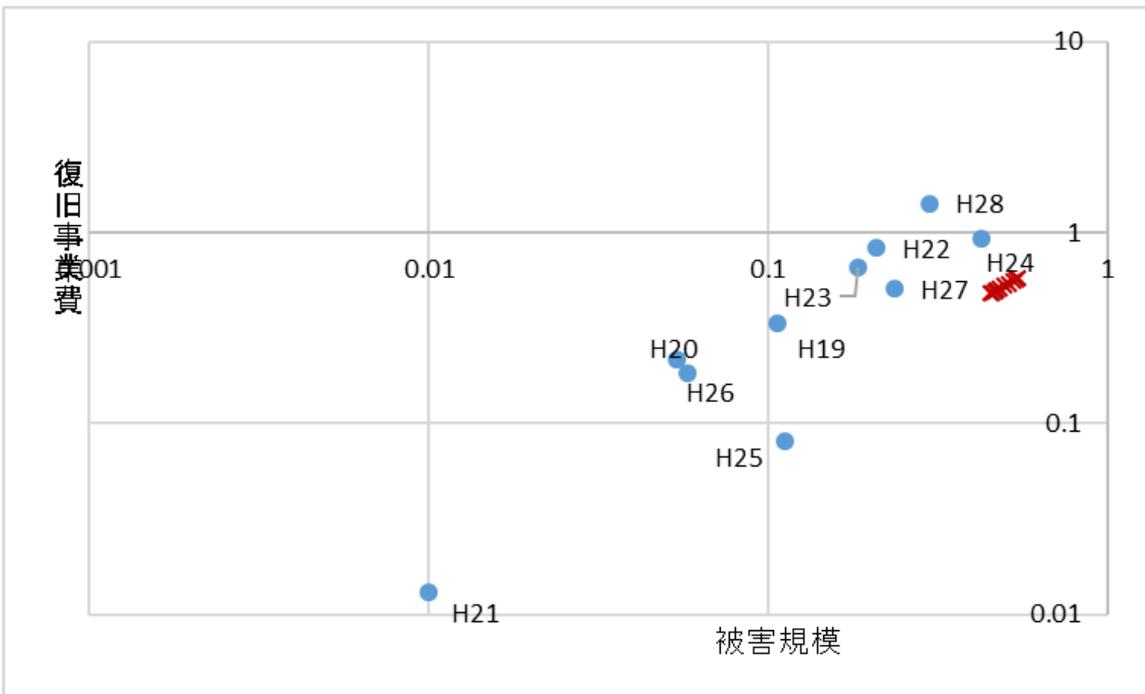
熊本県



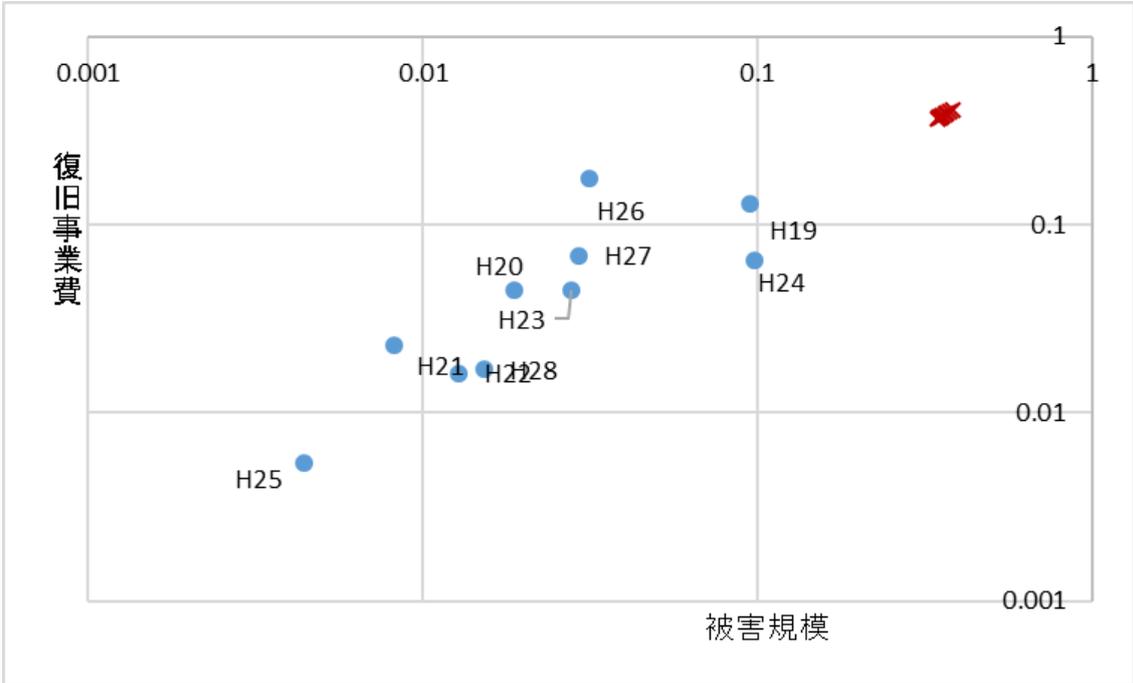
大分県



宮崎県



鹿児島県



沖縄県

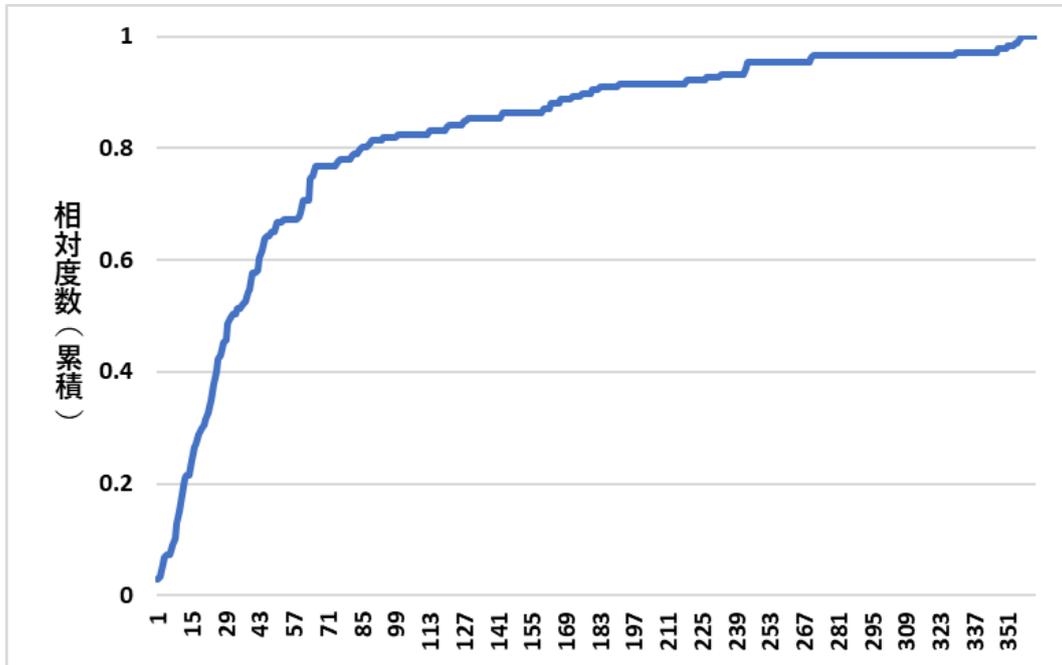
付録 B

西日本豪雨災害, 広島土砂災害, 中越地震災害における生活の影響に関する 20 項目の時系列的な推移

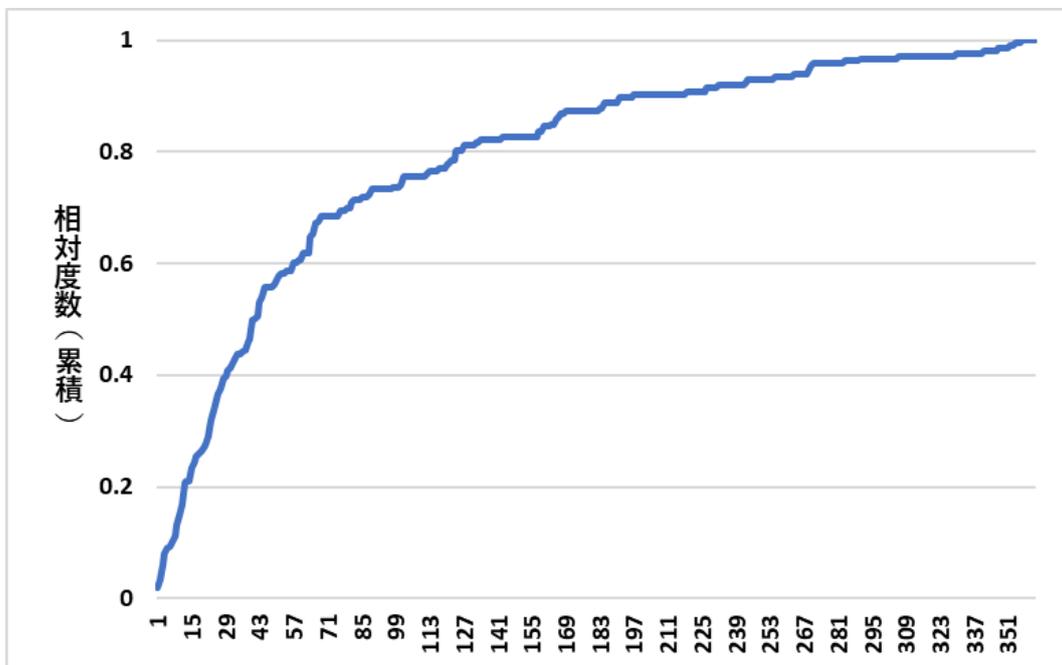
本論文の第 5 章においてデータとして用いた, 西日本豪雨災害, 広島土砂災害, 中越地震災害における生活の影響に関する 20 項目の時系列的な推移を折れ線グラフとして示した結果を掲載する.

なお, 時系列的な推移は, 災害発生の 3 日後から 1 年後の前日までの 362 日における項目出現の累積相対度数で示している. また, 項目の後ろの () 書きは, 表 - 5.4 における区分を記している.

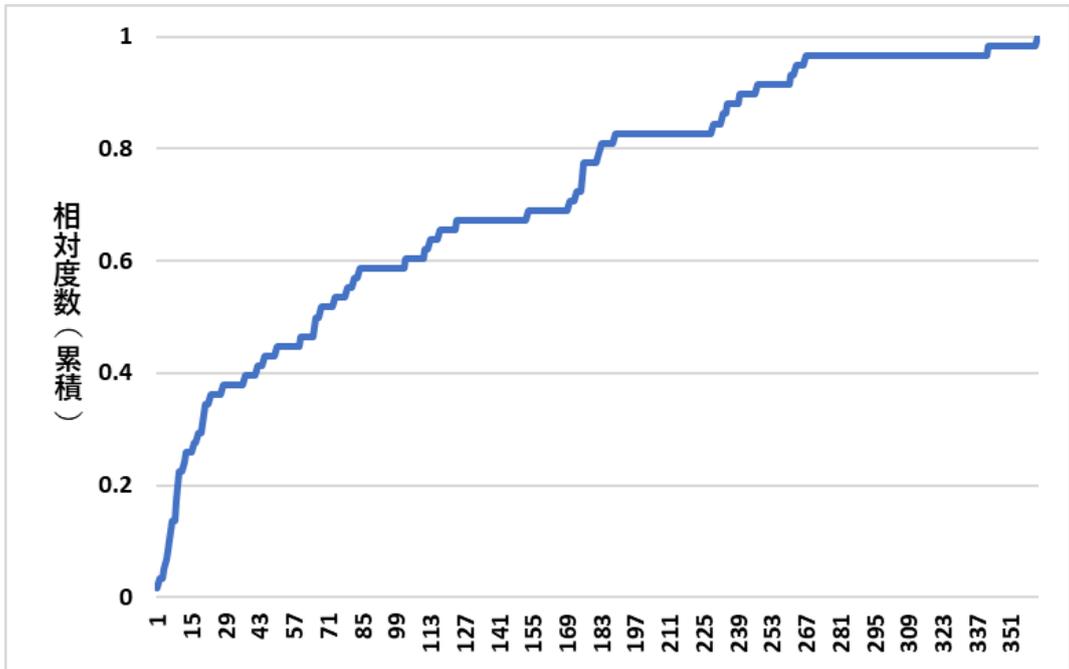
B.1 西日本豪雨災害



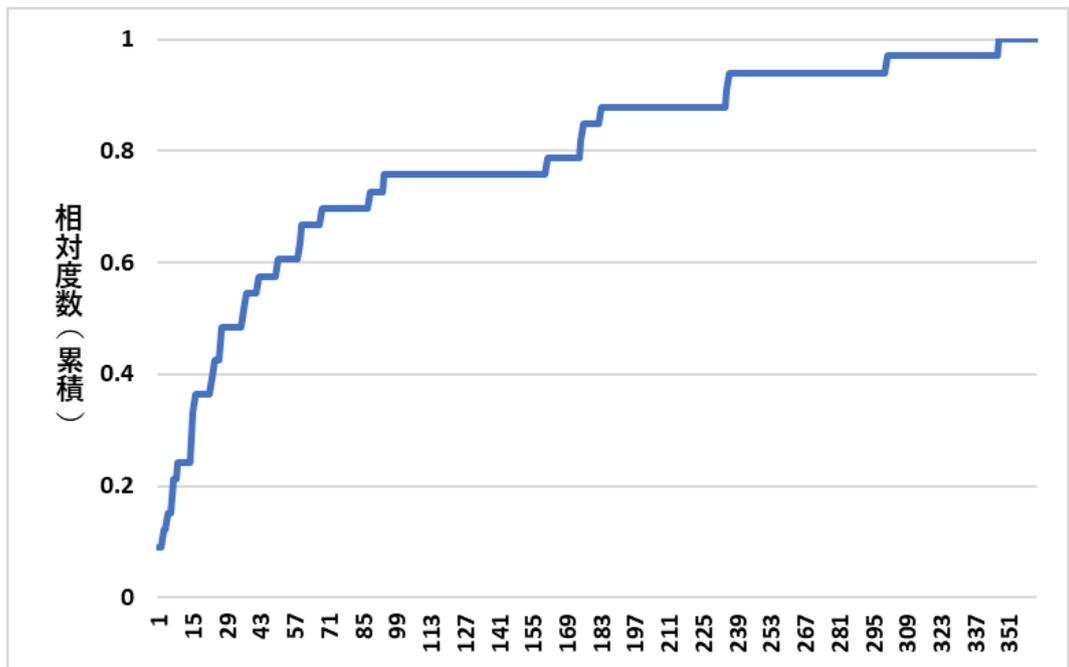
項目：通勤 (生活機能)



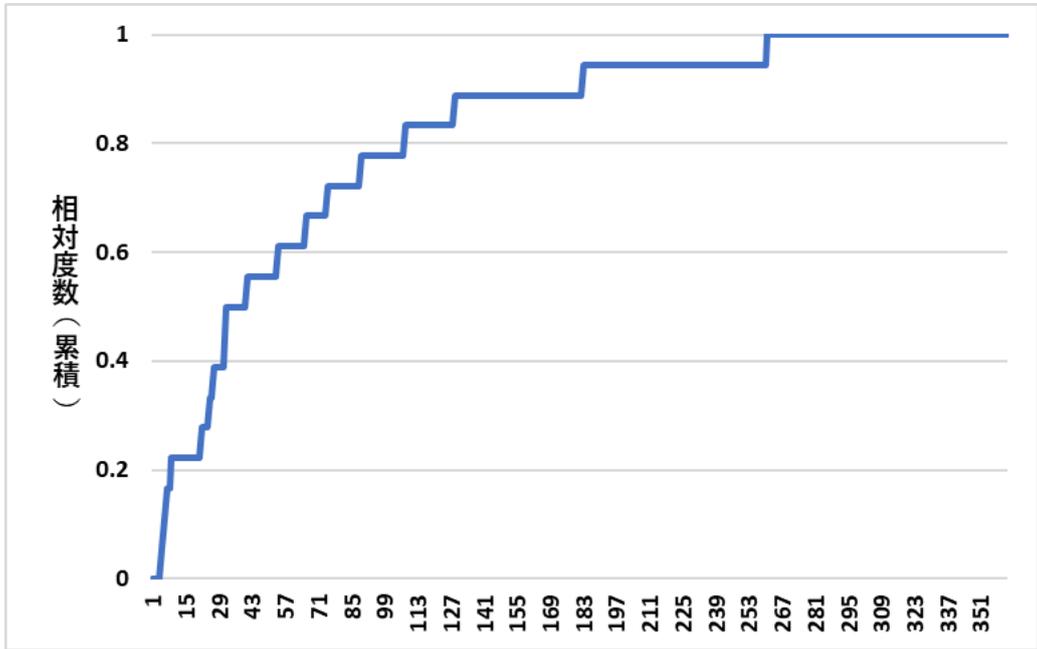
項目：通学 (生活機能)



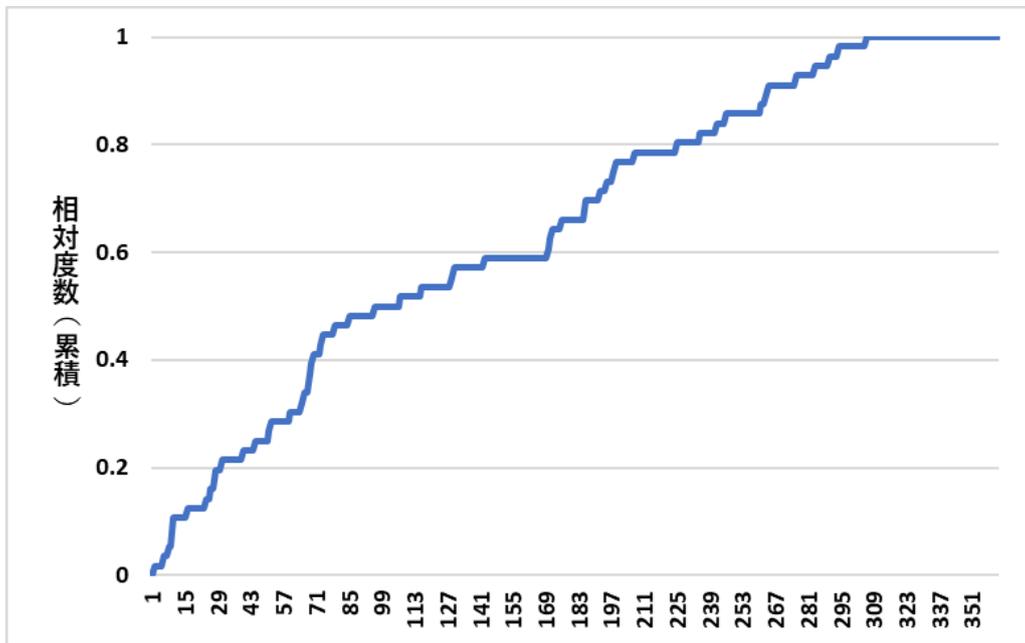
項目：買い物（生活機能）



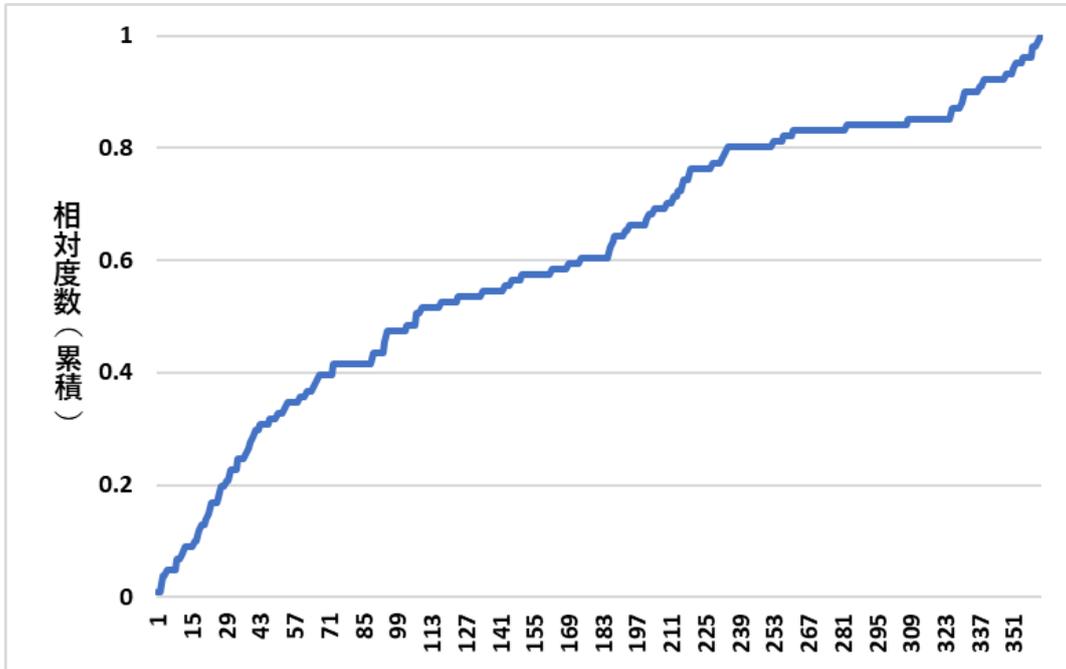
項目：通院（生活機能）



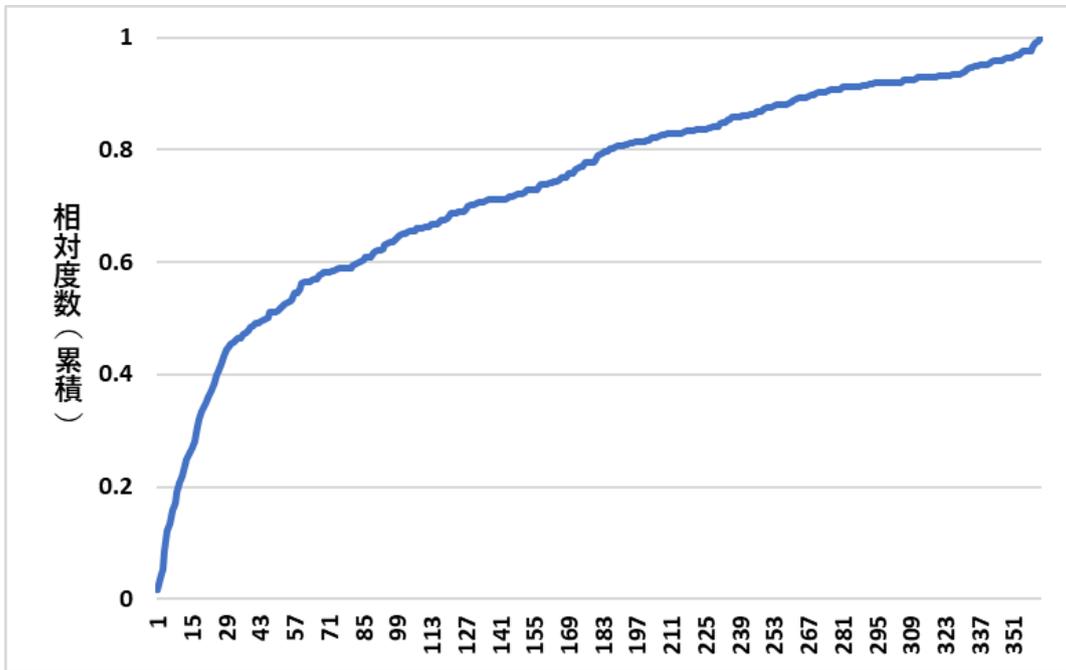
項目：借金（復旧の資源）



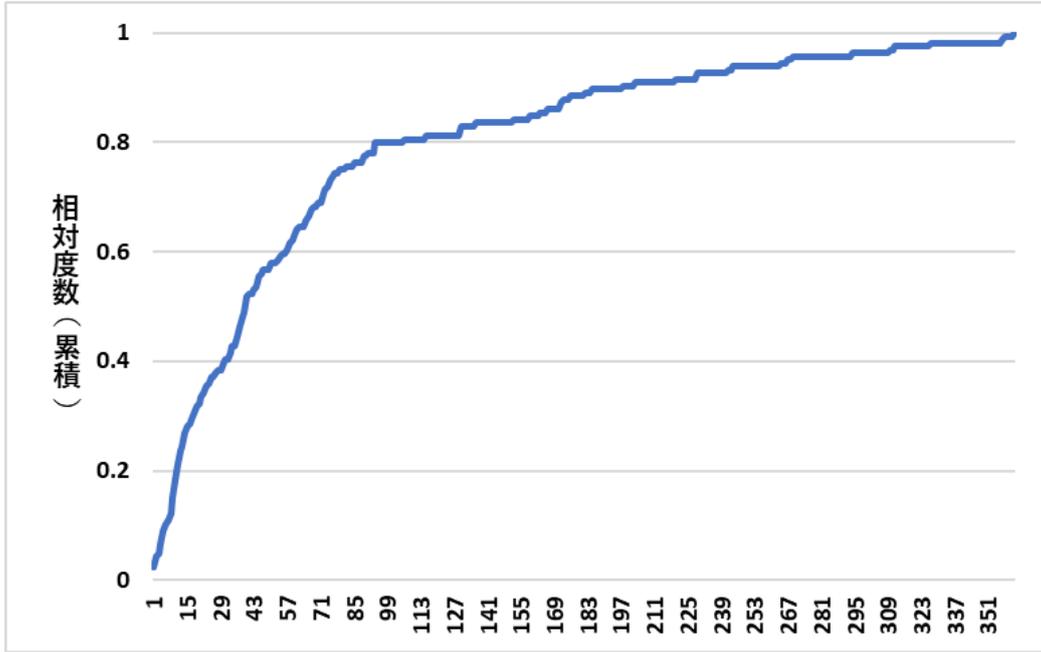
項目：資金（復旧の資源）



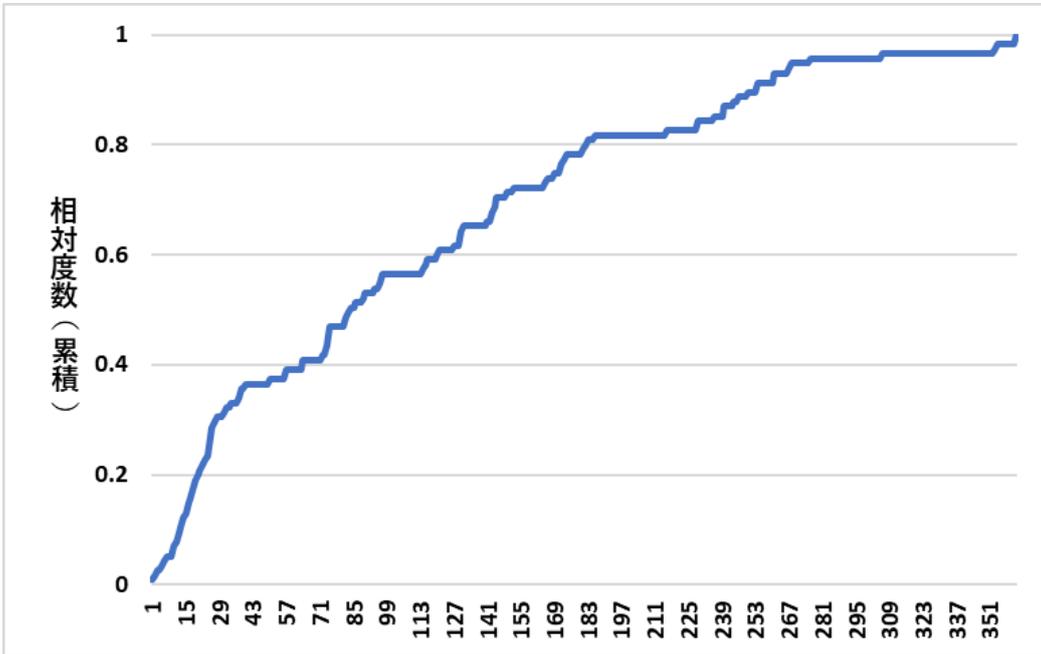
項目：物資 (復旧の資源)



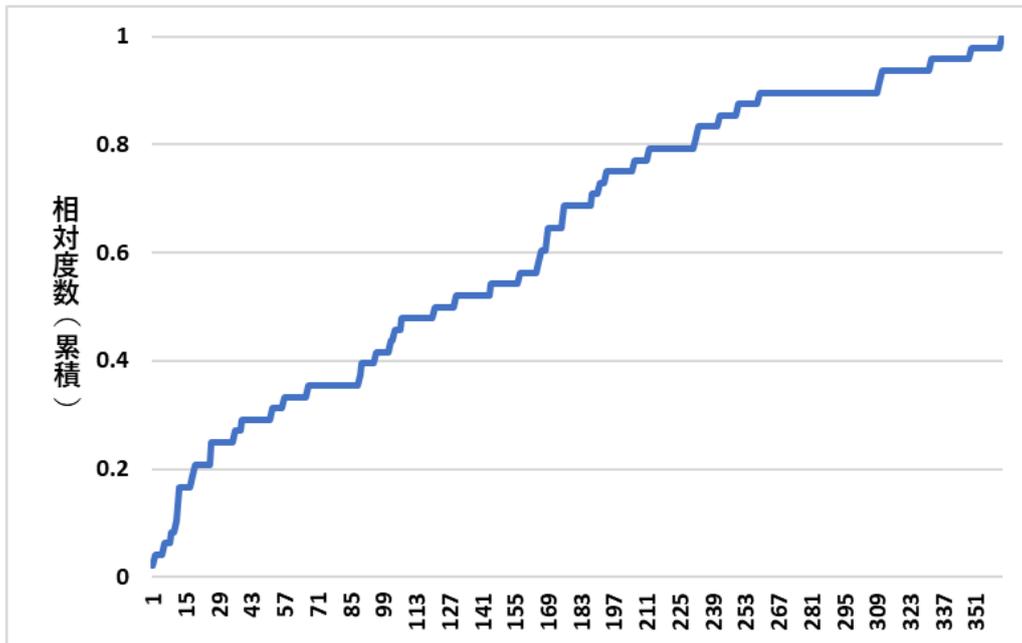
項目：人手 (復旧の資源)



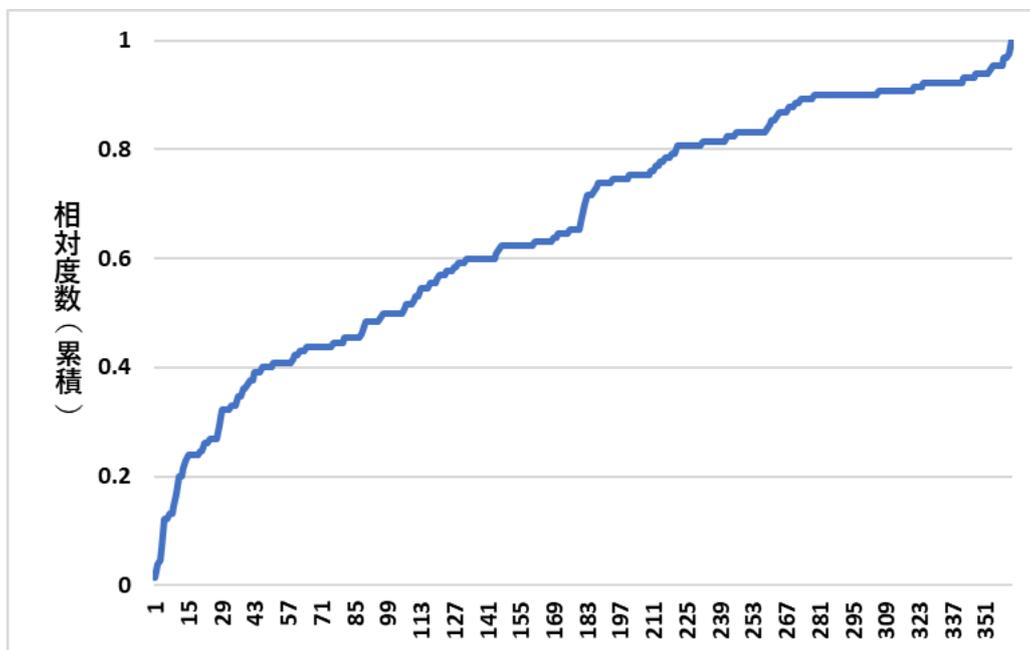
項目：休業 (産業・就労)



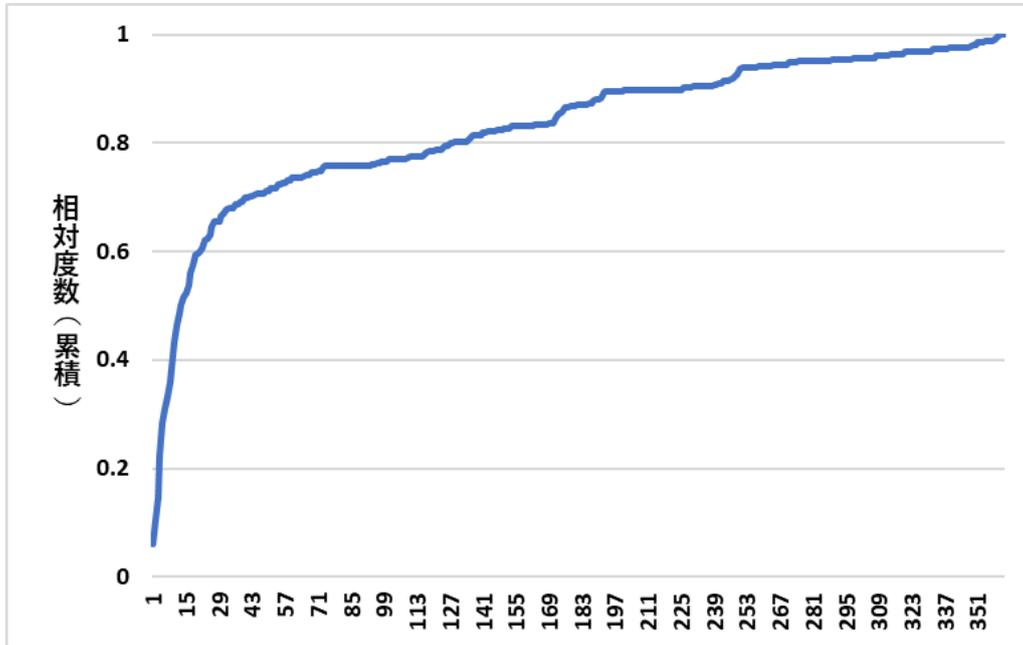
項目：倒産 (産業・就労)



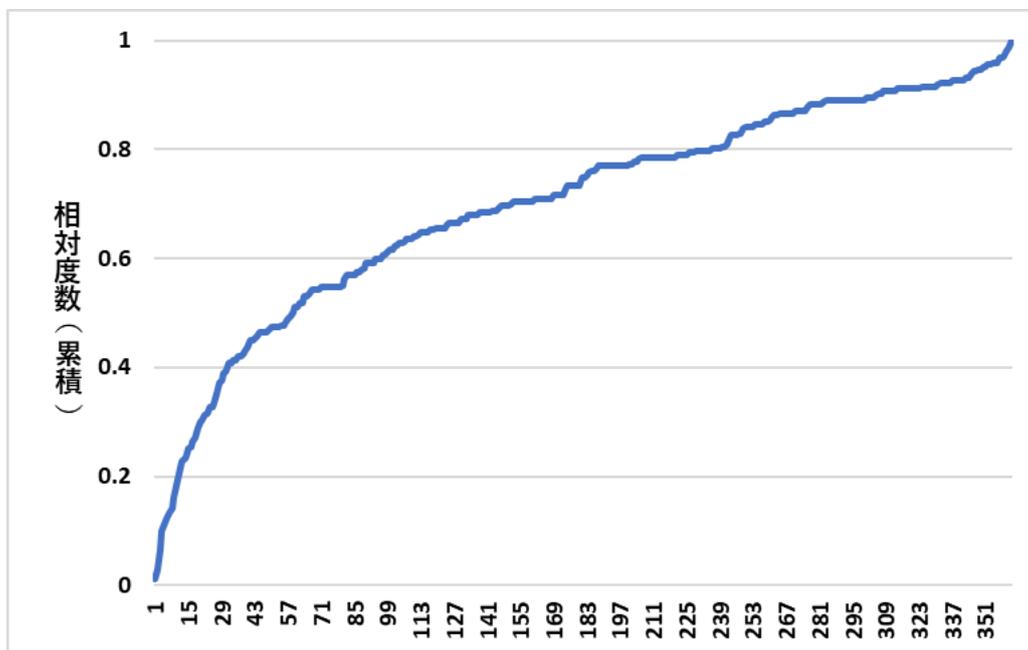
項目：失業 (産業・就労)



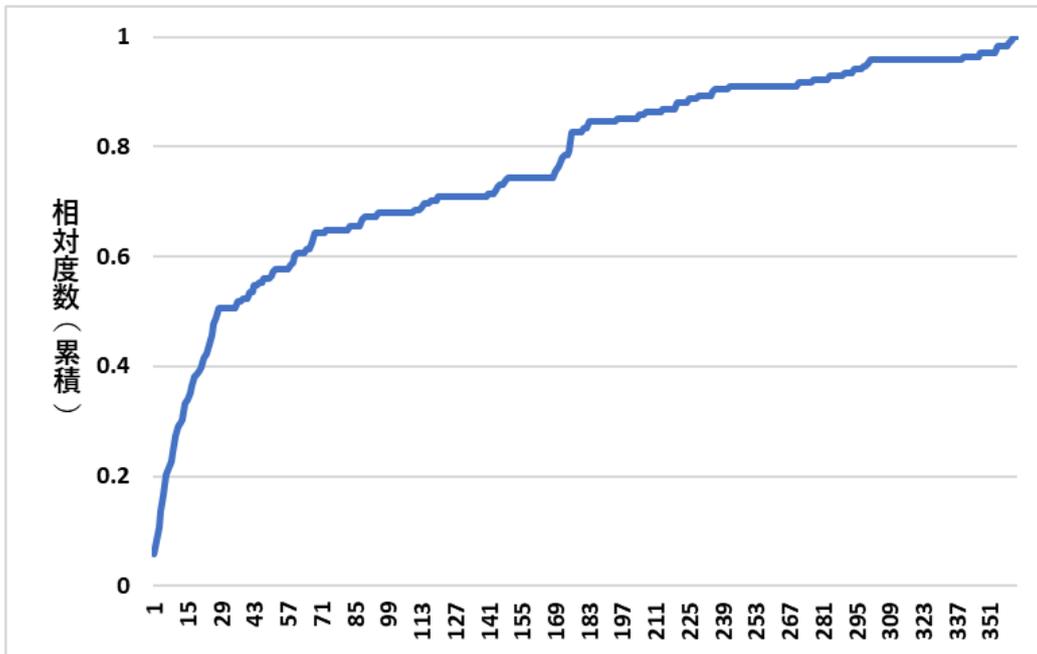
項目：農地 (産業・就労)



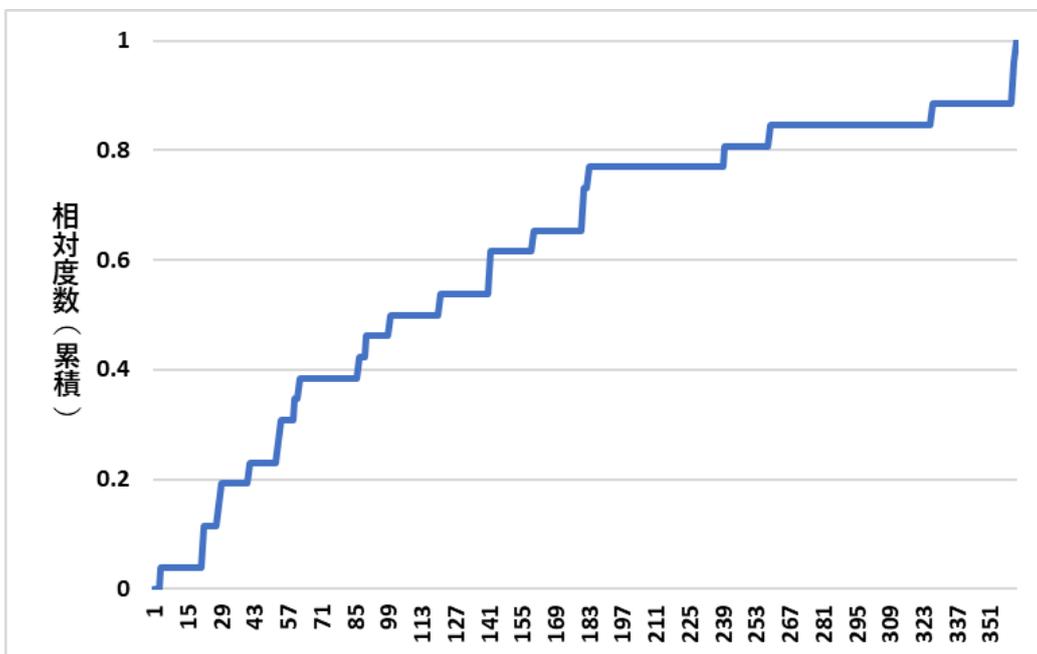
項目：解体 (暮らし)



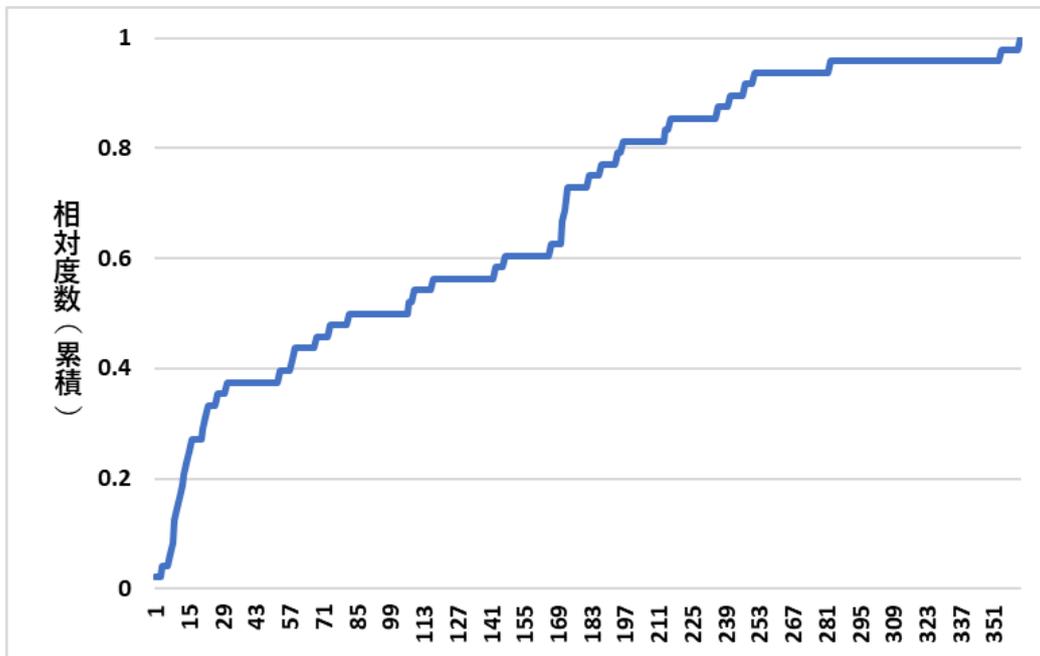
項目：撤去 (暮らし)



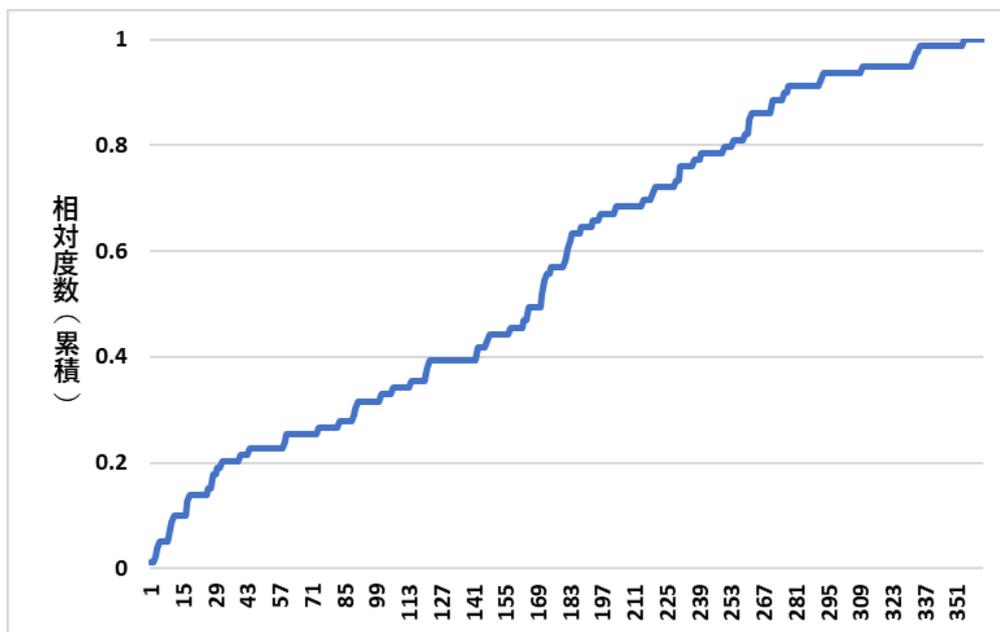
項目：住宅 (暮らし)



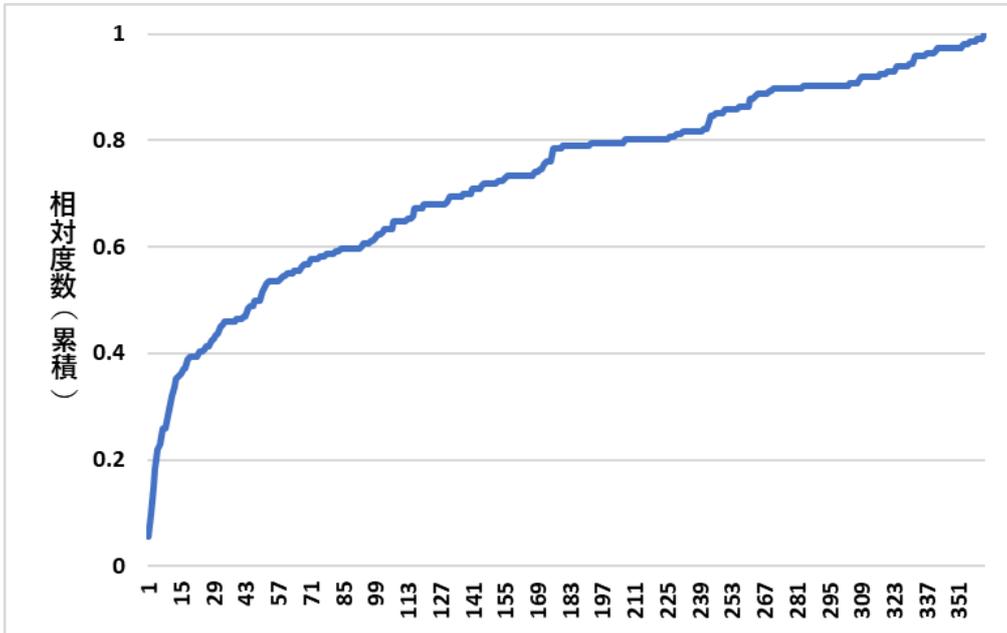
項目：転居 (暮らし)



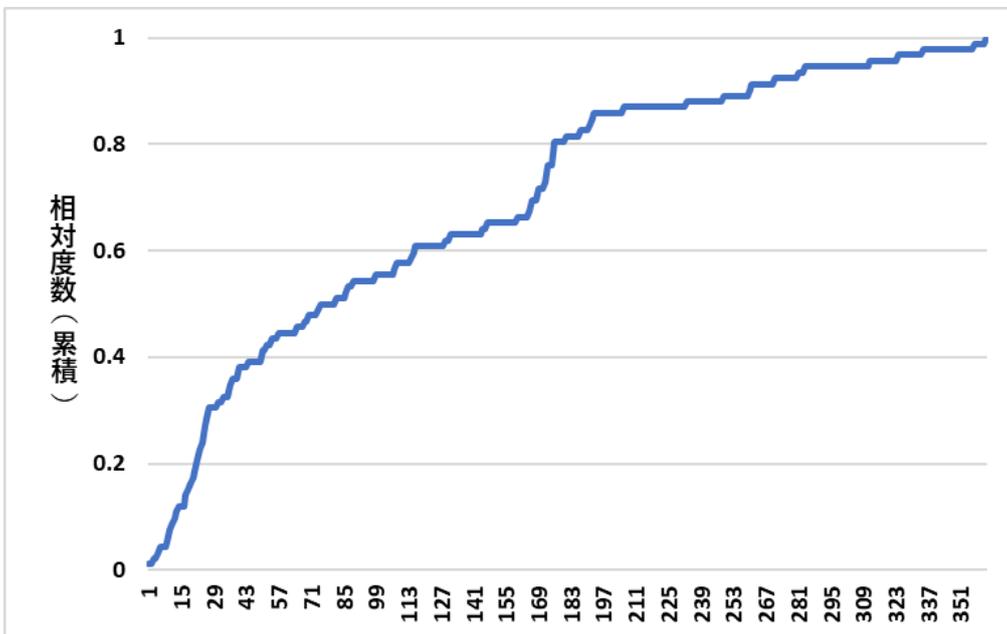
項目：集落（暮らし）



項目：不安（心理）

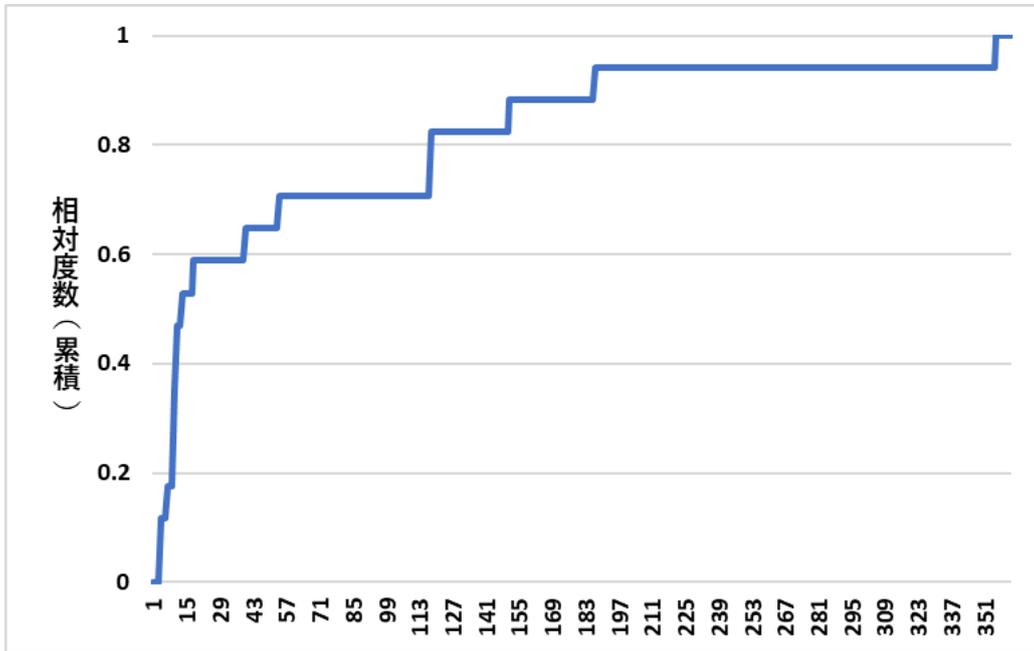


項目：不便 (心理)

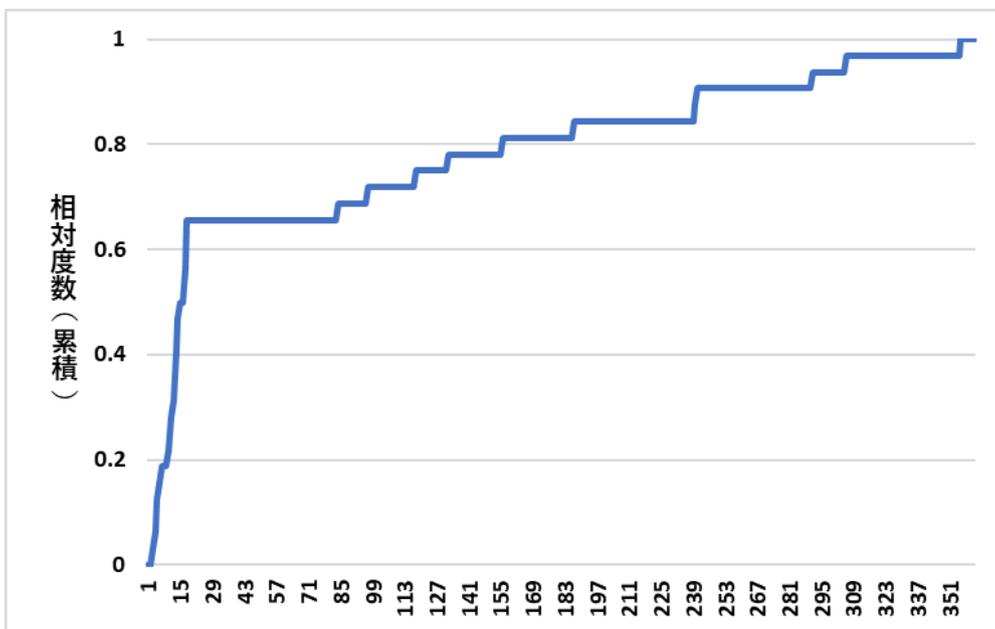


項目：断念 (心理)

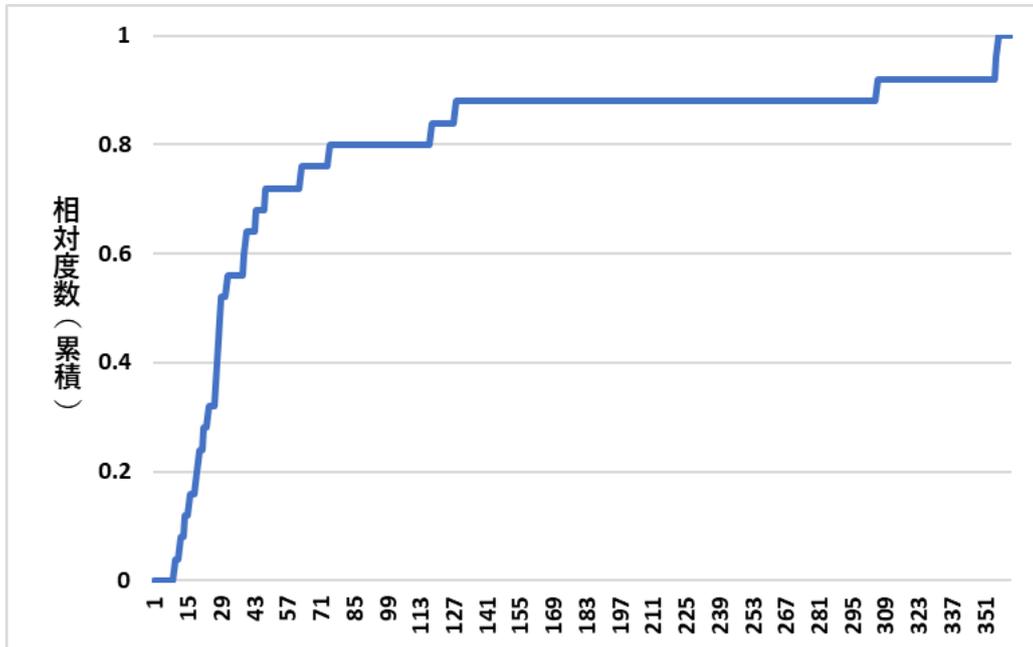
B.2 広島土砂災害



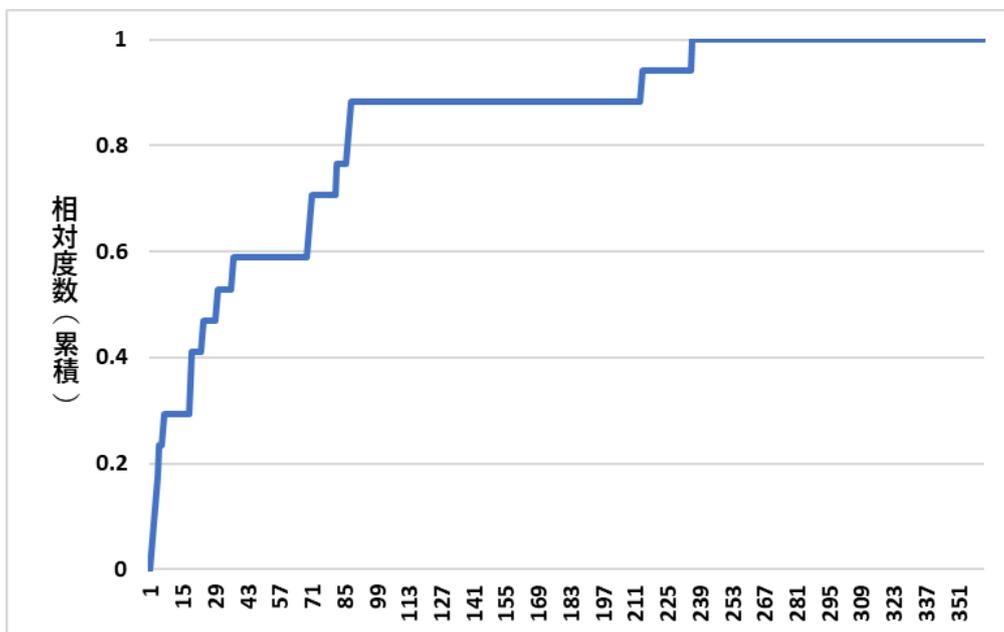
項目：通勤 (生活機能)



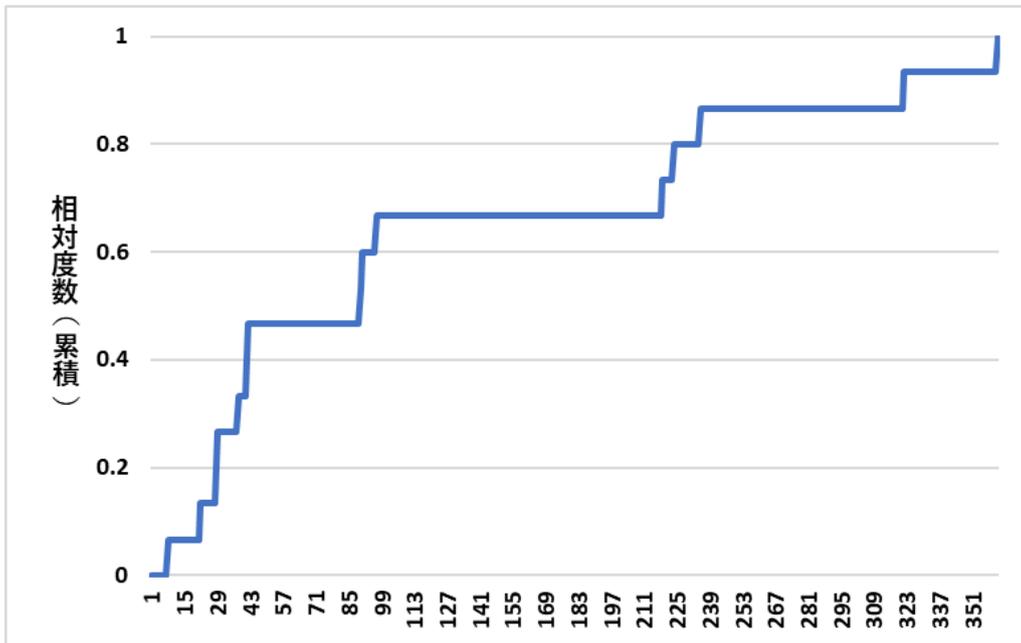
項目：通学 (生活機能)



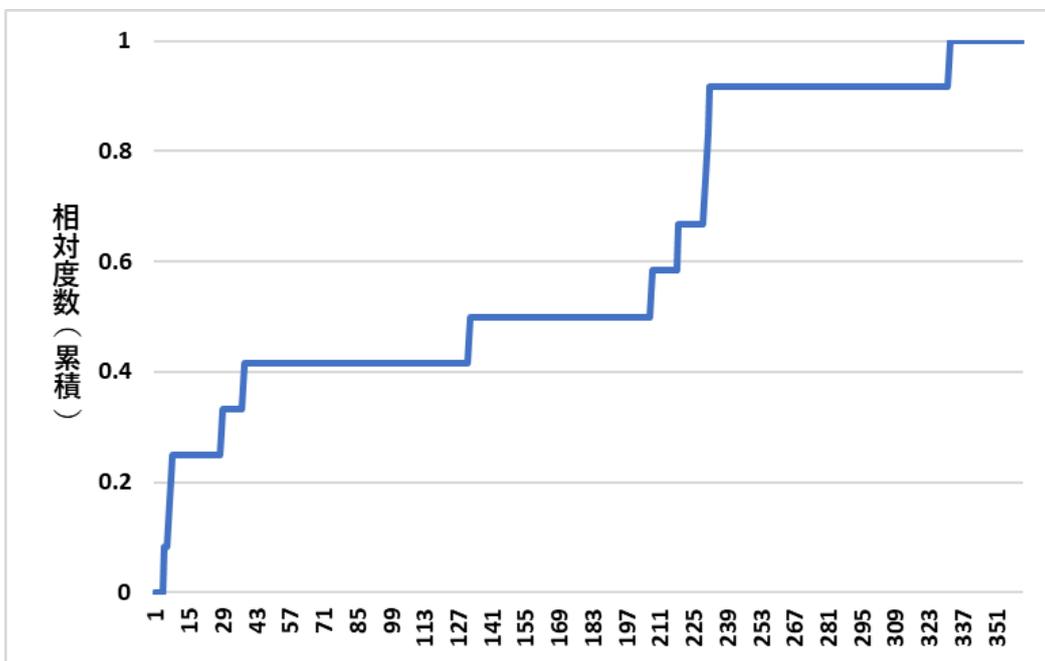
項目：買い物（生活機能）



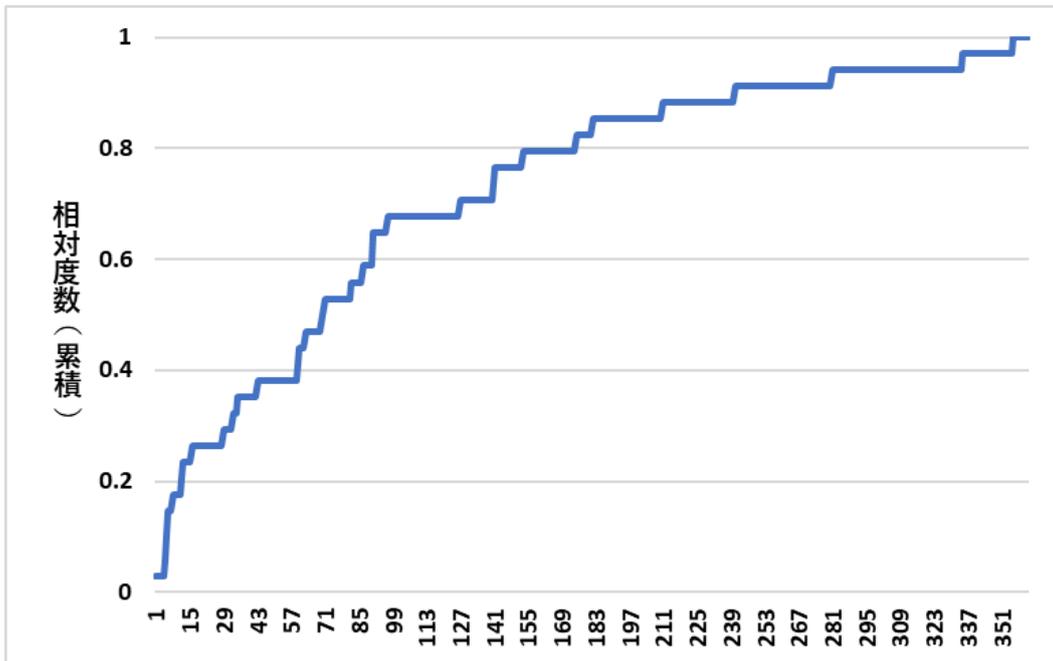
項目：通院（生活機能）



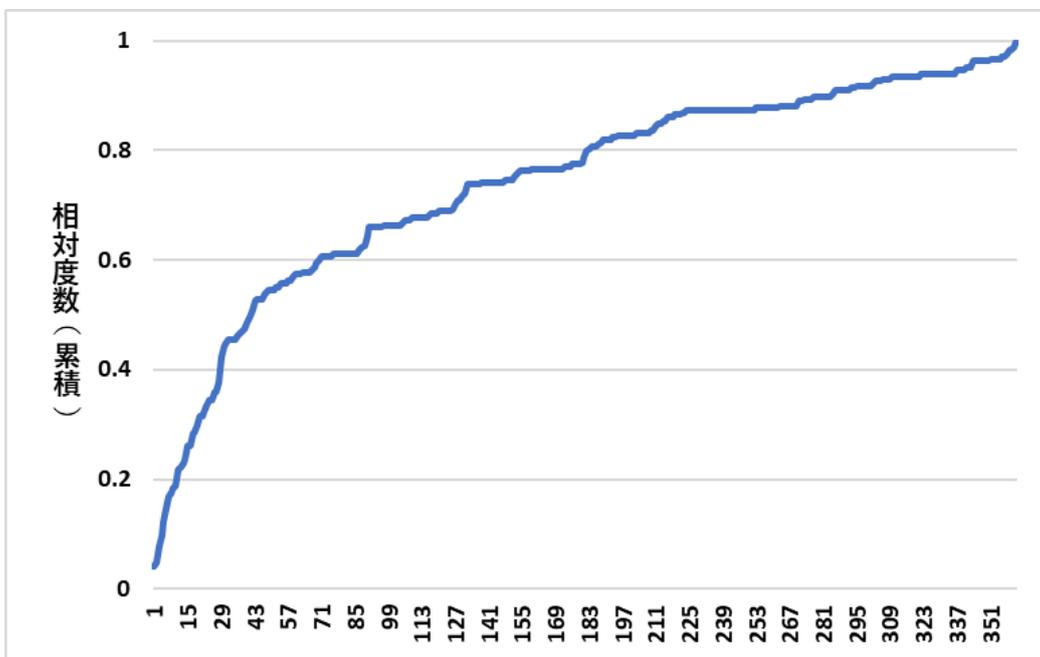
項目：借金 (復旧の資源)



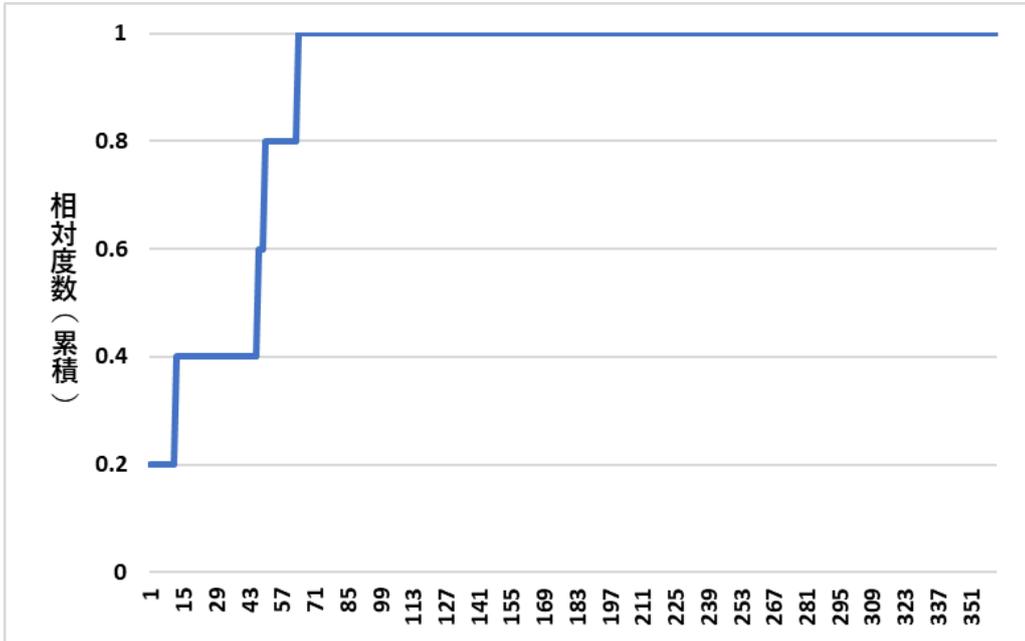
項目：資金 (復旧の資源)



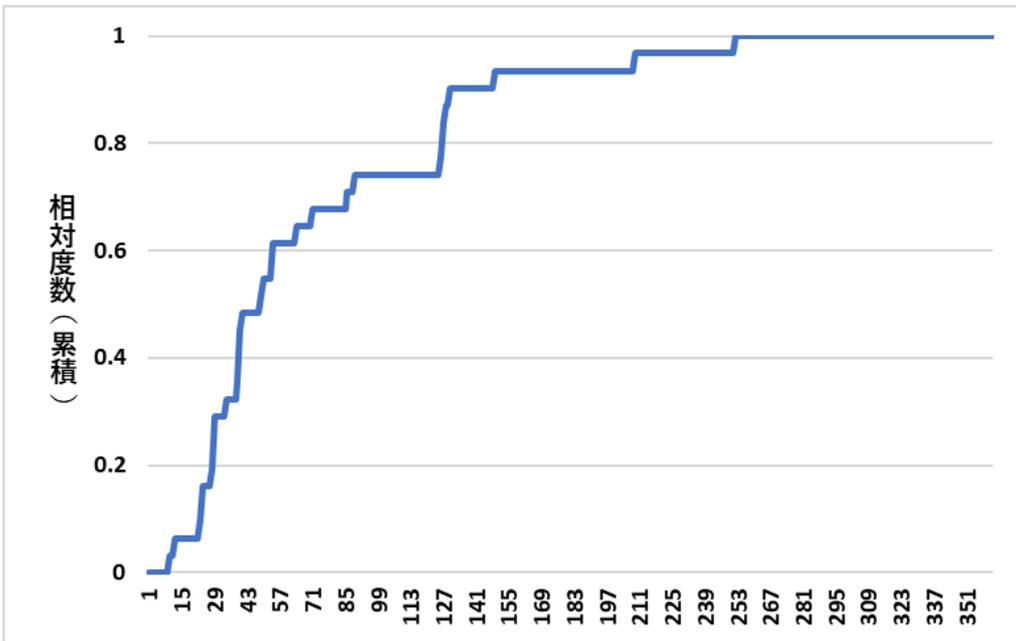
項目：物資 (復旧の資源)



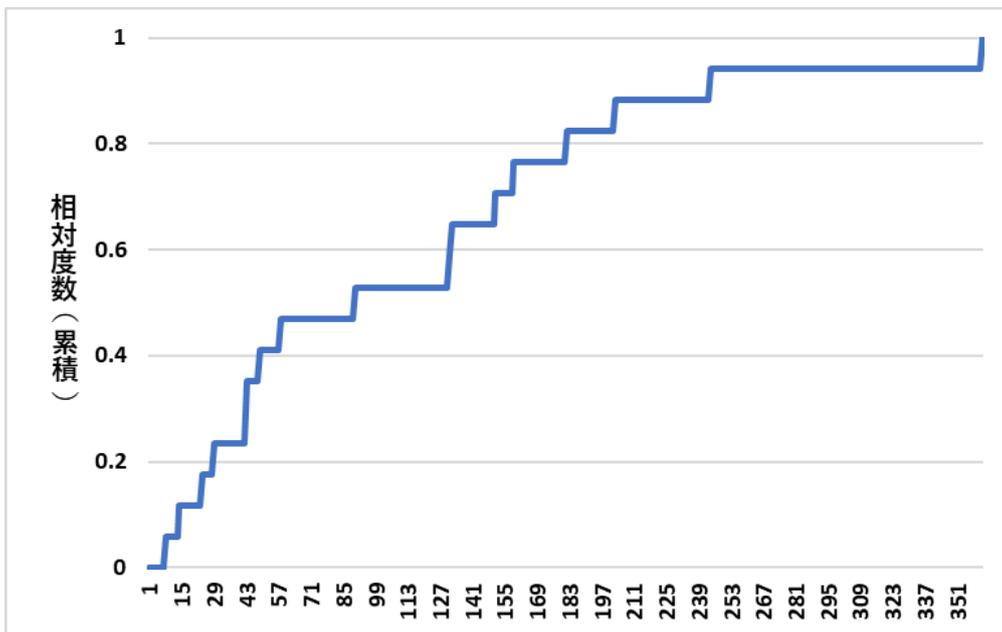
項目：人手 (復旧の資源)



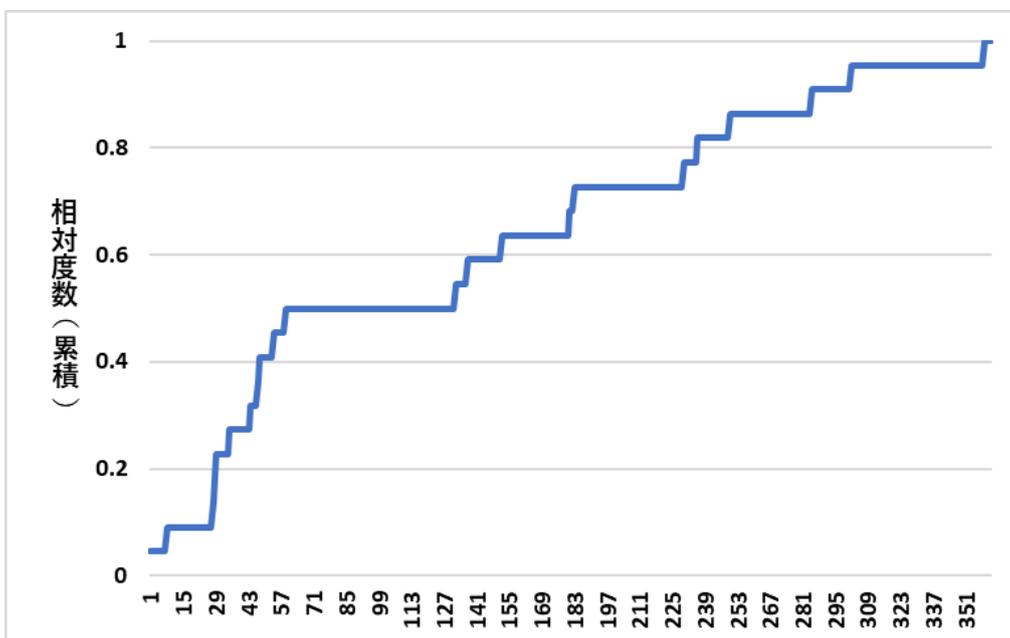
項目：休業 (産業・就労)



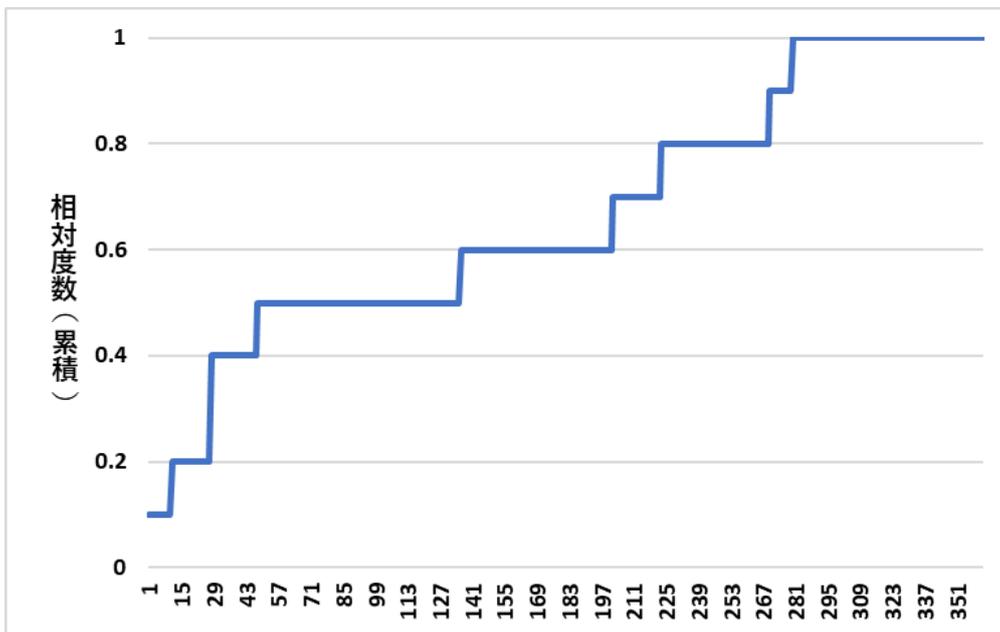
項目：倒産 (産業・就労)



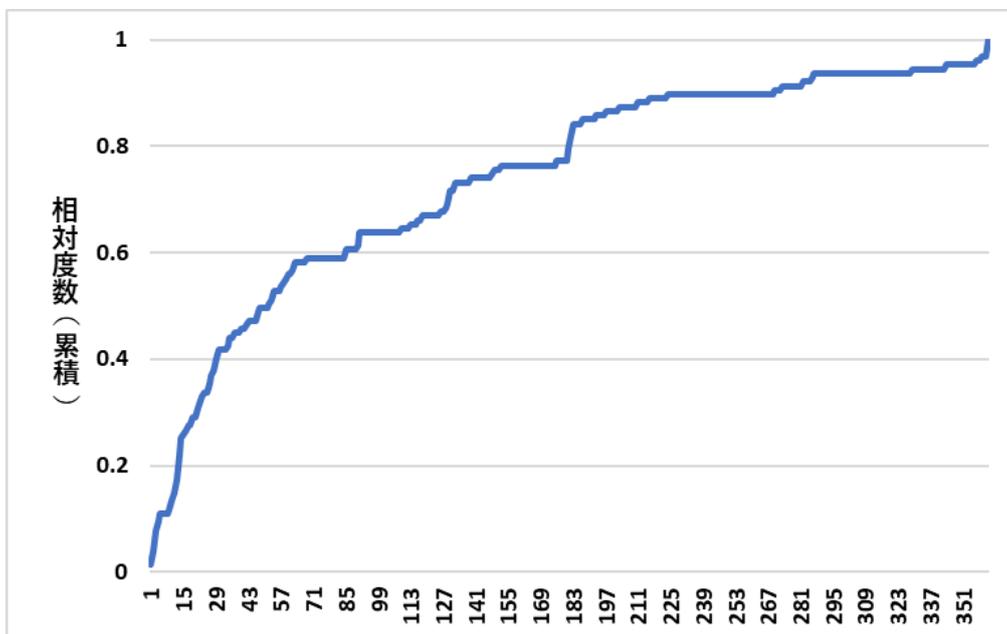
項目：失業 (産業・就労)



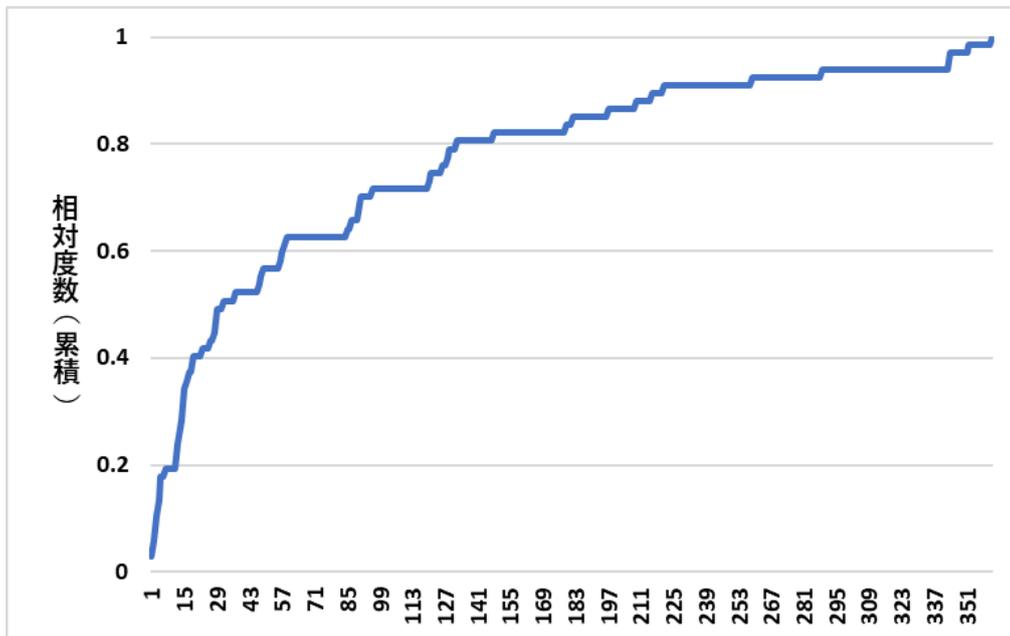
項目：農地 (産業・就労)



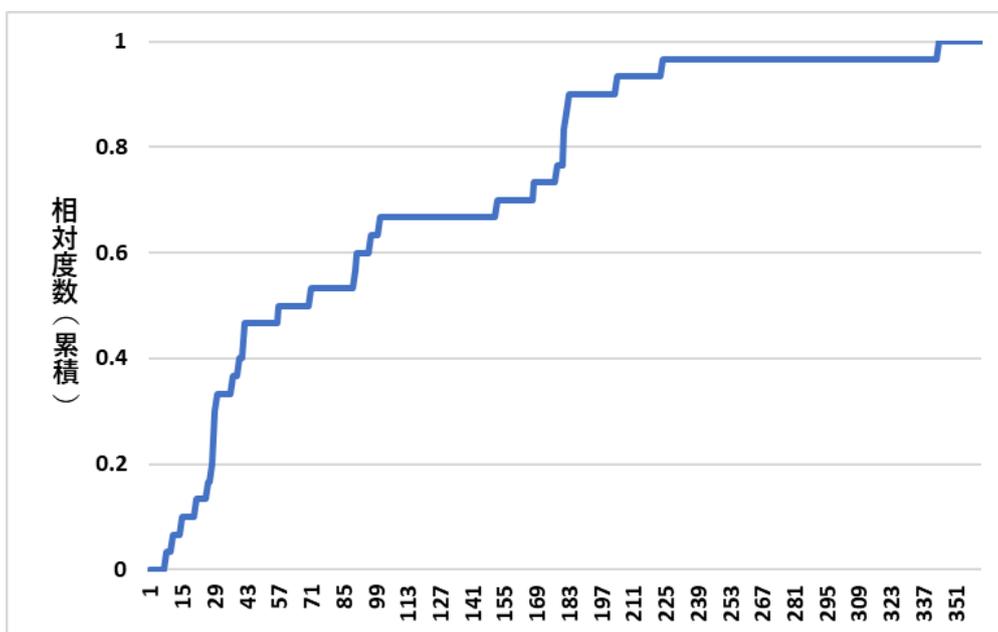
項目：解体 (暮らし)



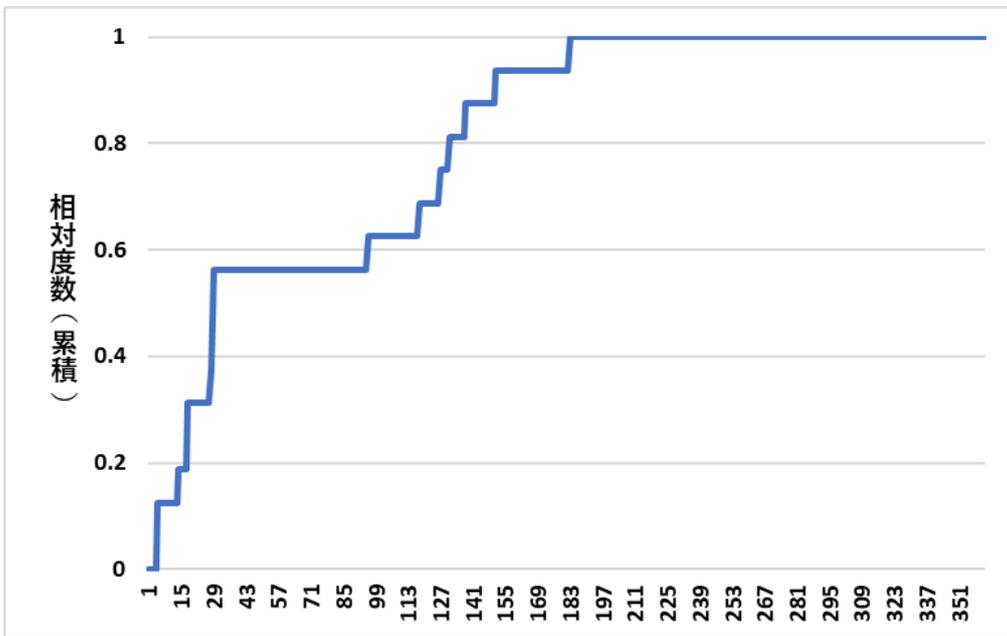
項目：撤去 (暮らし)



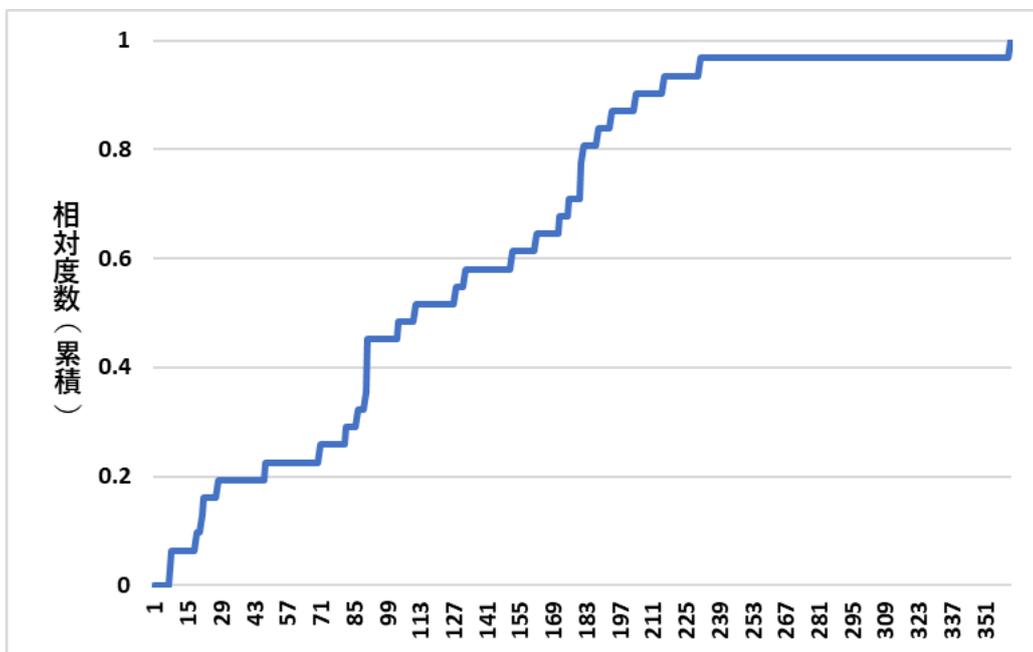
項目：住宅 (暮らし)



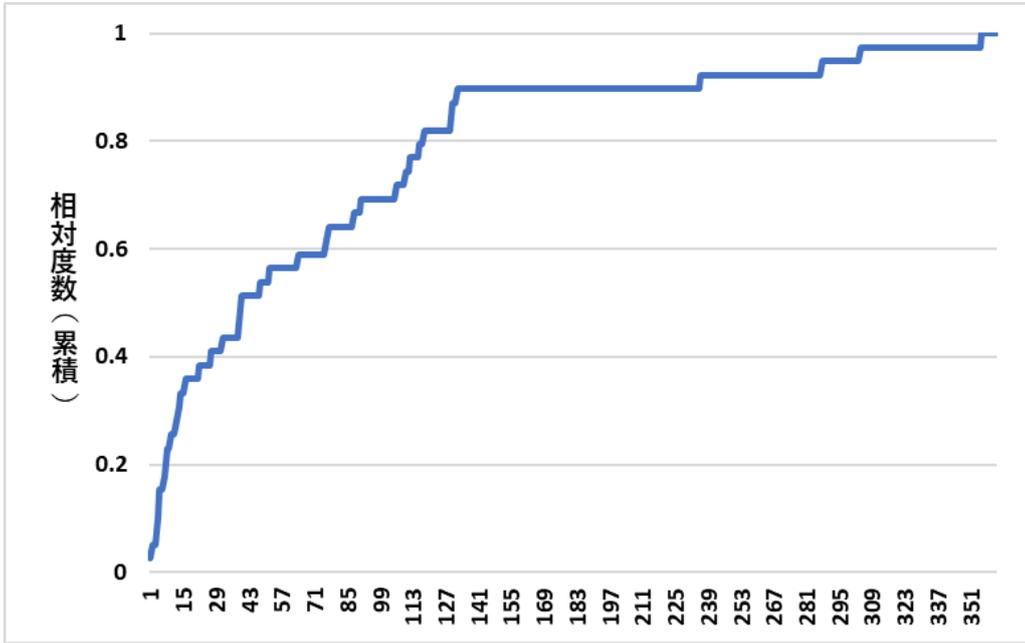
項目：転居 (暮らし)



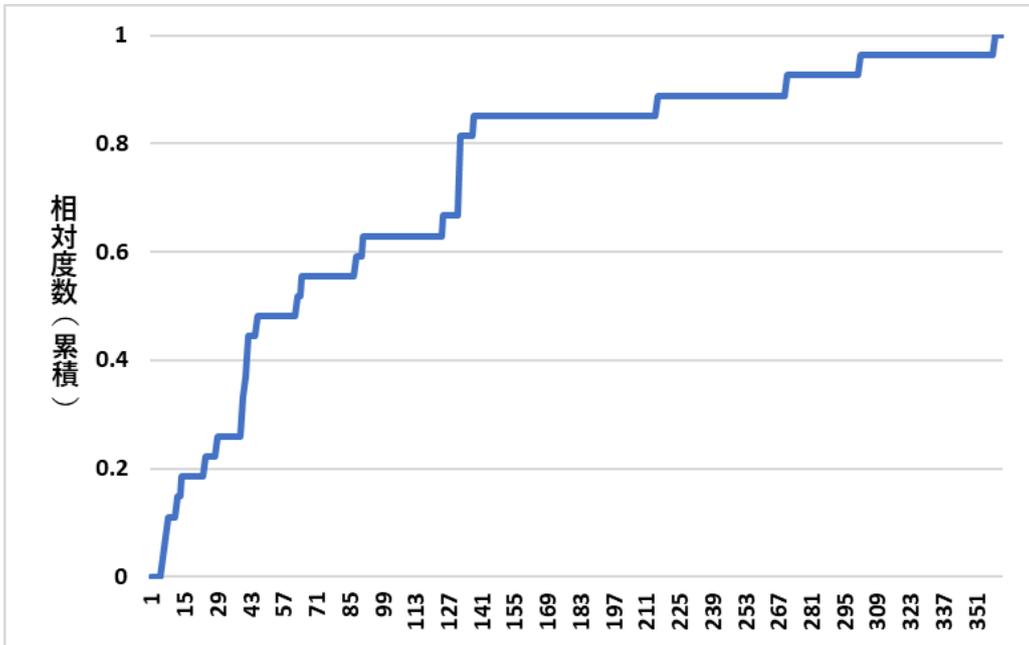
項目：集落（暮らし）



項目：不安（心理）

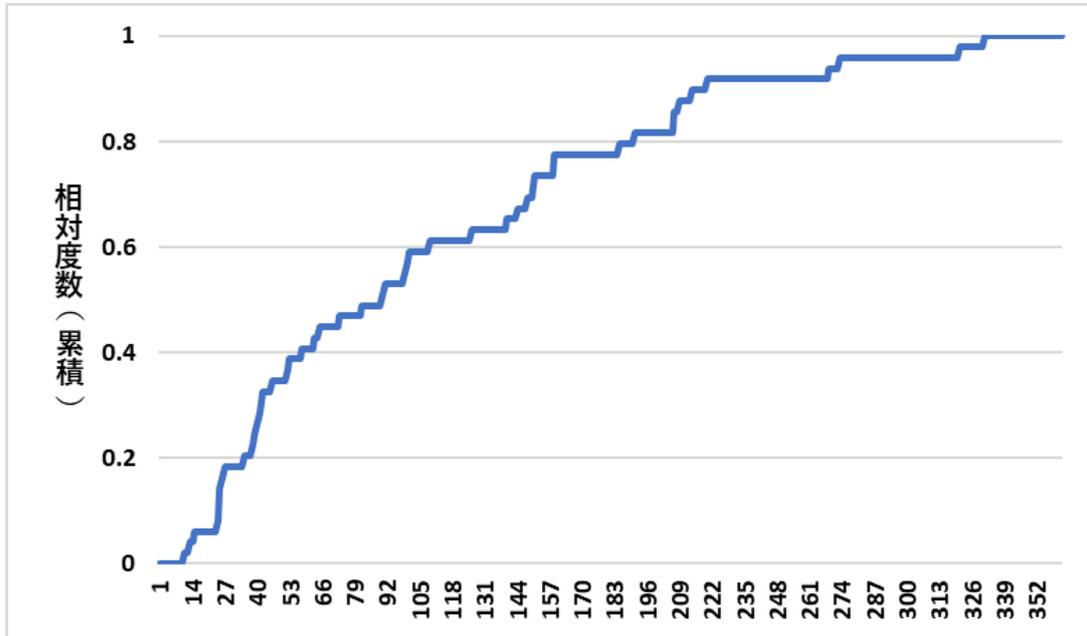


項目：不便 (心理)

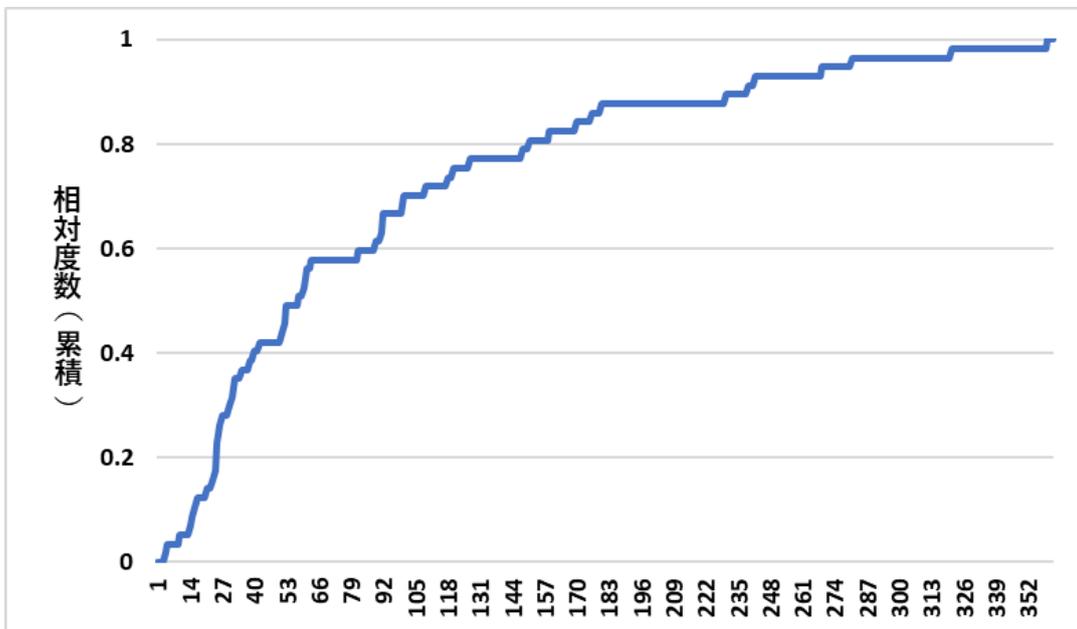


項目：断念 (心理)

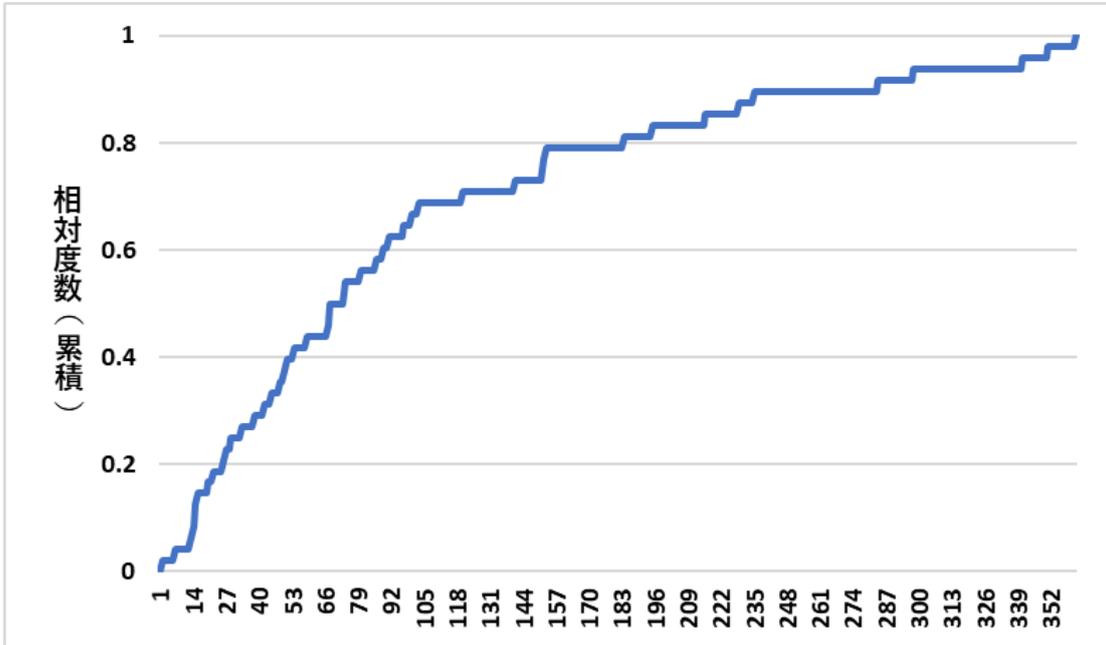
B.3 中越地震災害



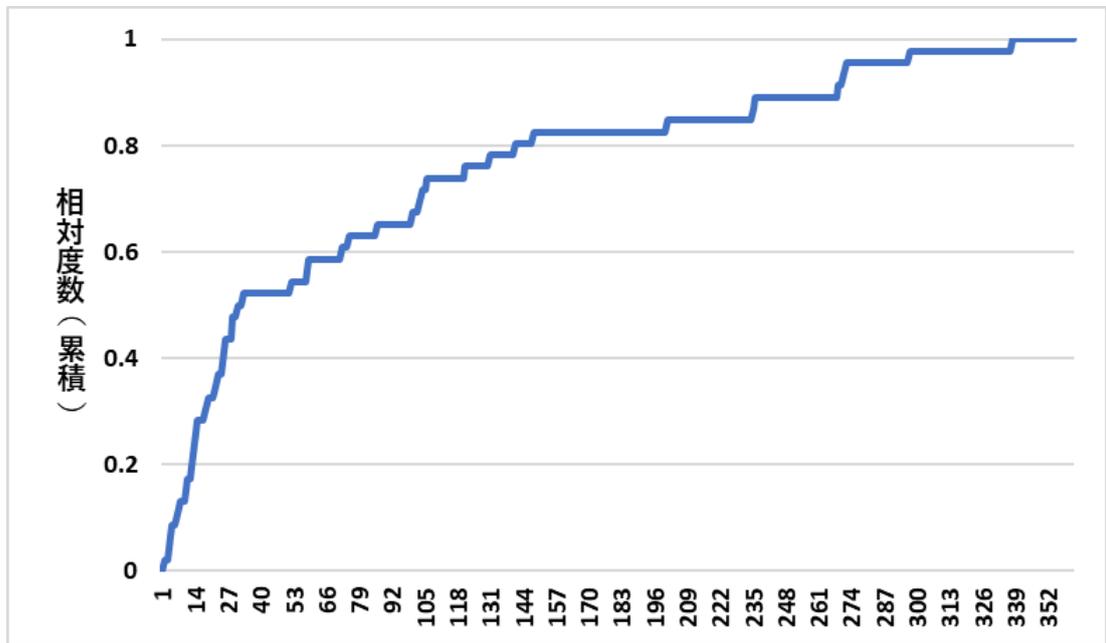
項目：通勤 (生活機能)



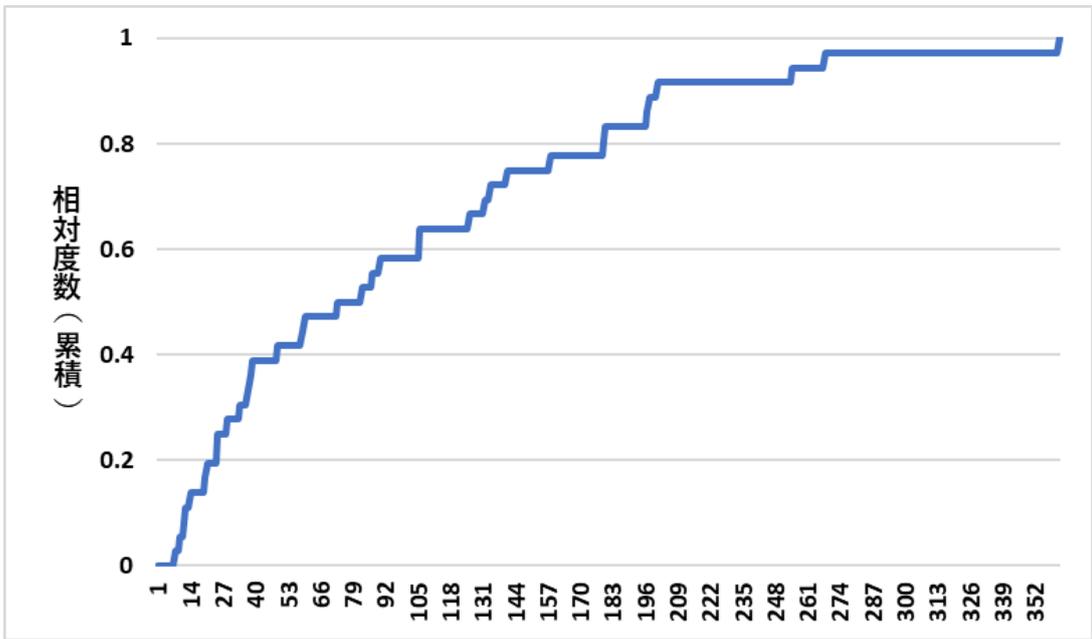
項目：通学 (生活機能)



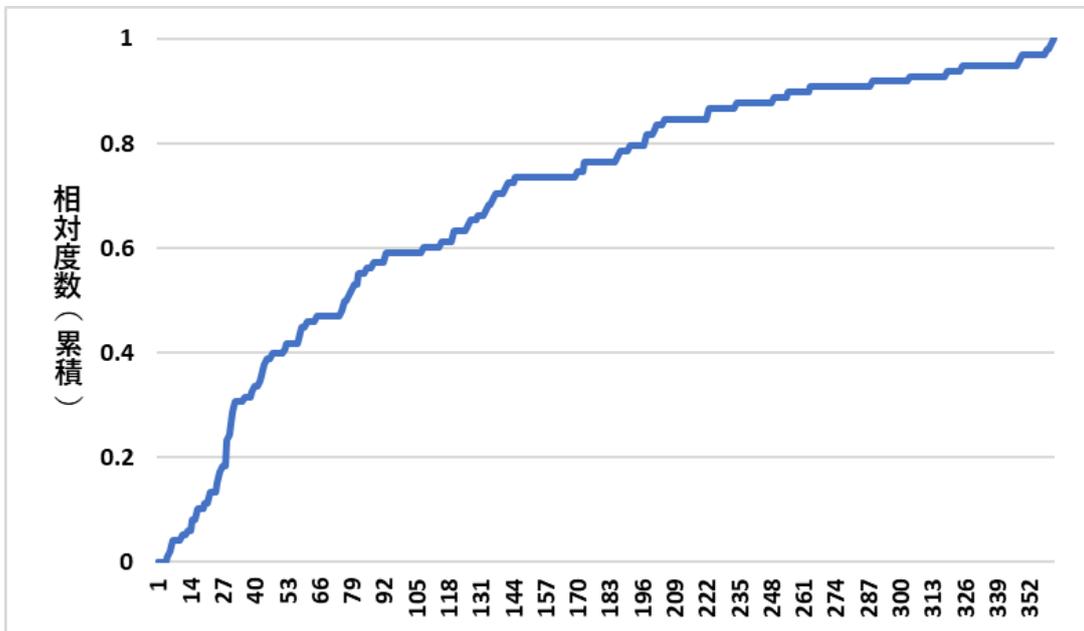
項目：買い物（生活機能）



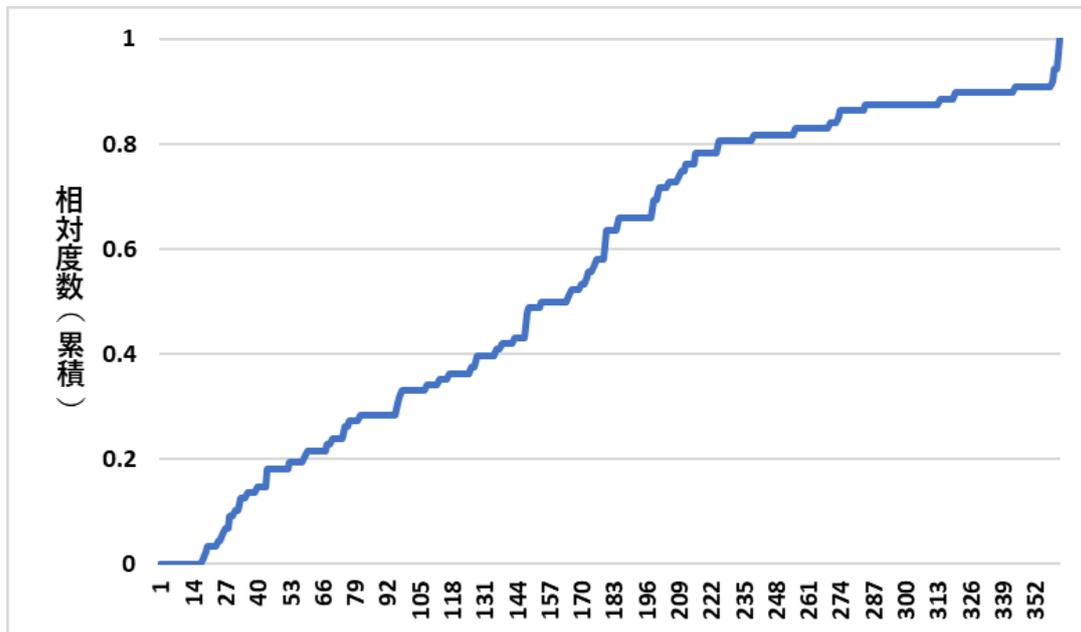
項目：通院（生活機能）



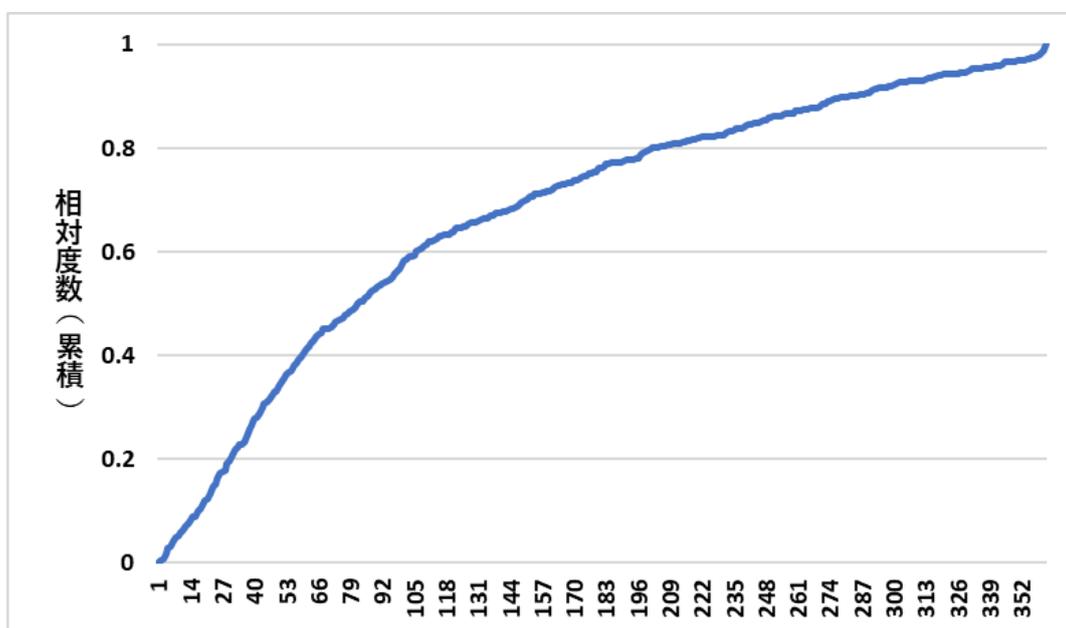
項目：借金 (復旧の資源)



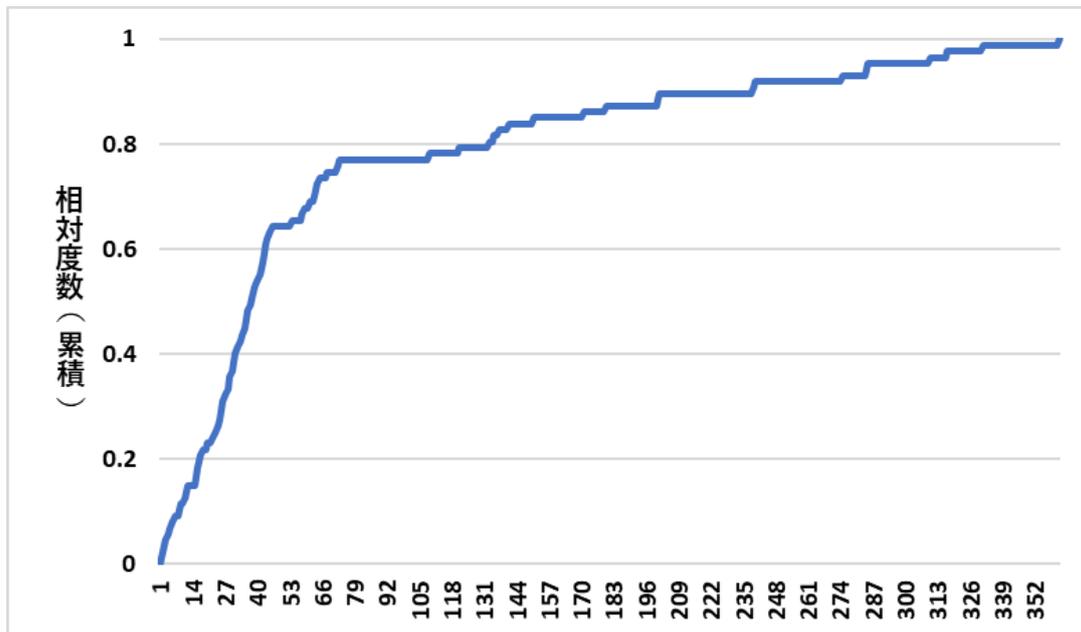
項目：資金 (復旧の資源)



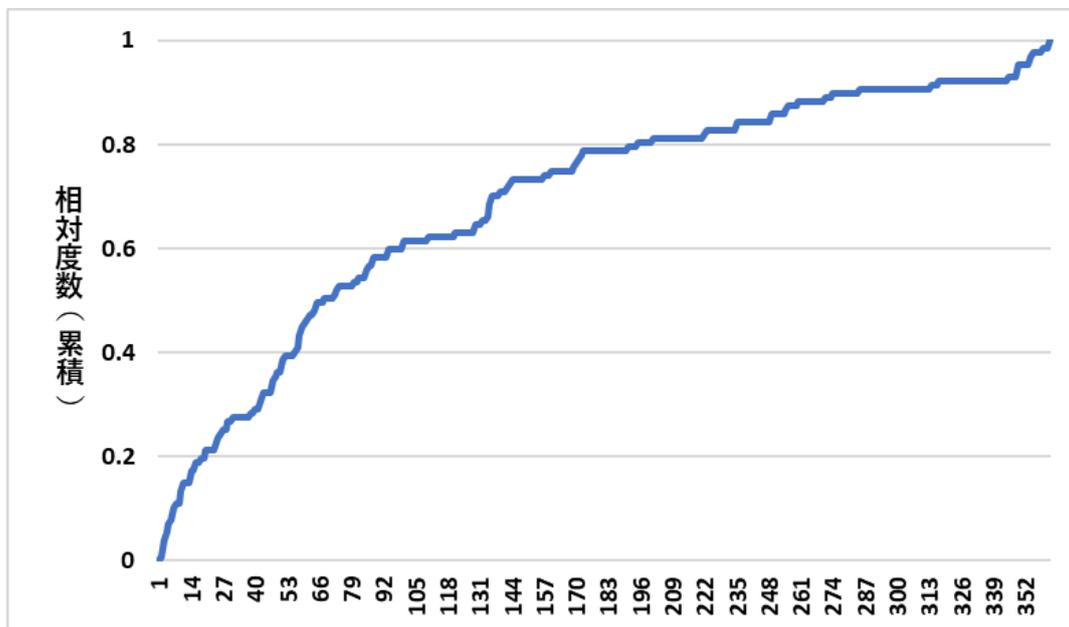
項目：物資 (復旧の資源)



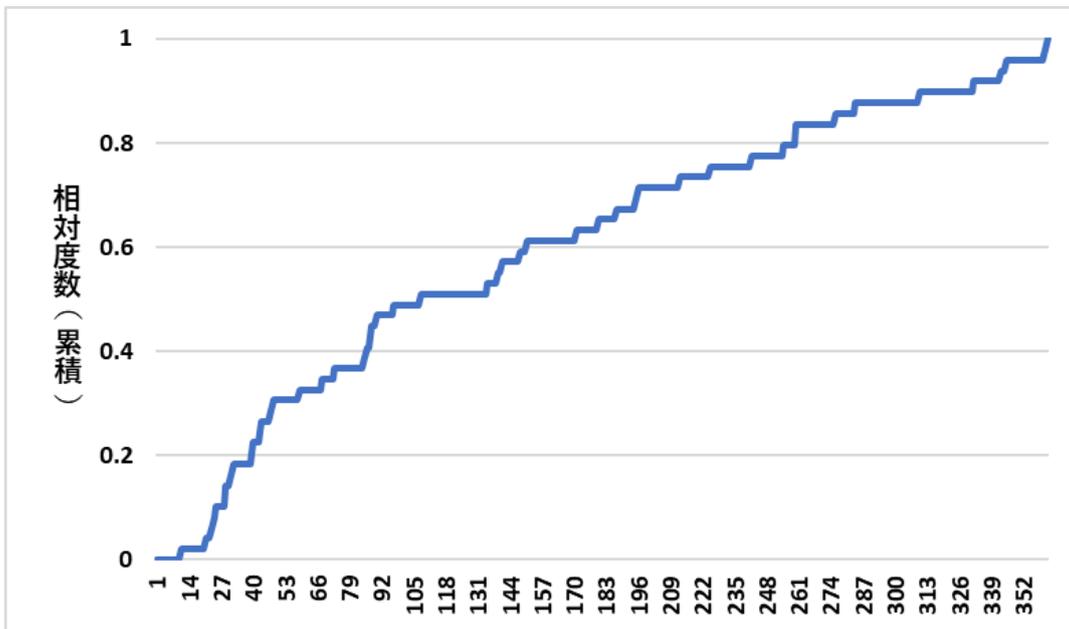
項目：人手 (復旧の資源)



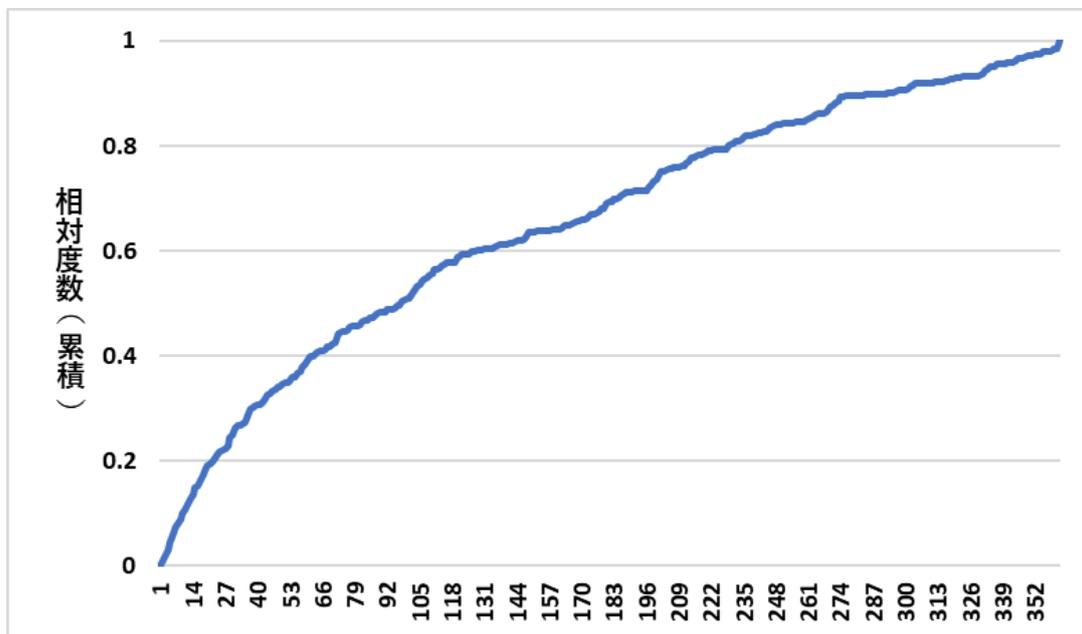
項目：休業 (産業・就労)



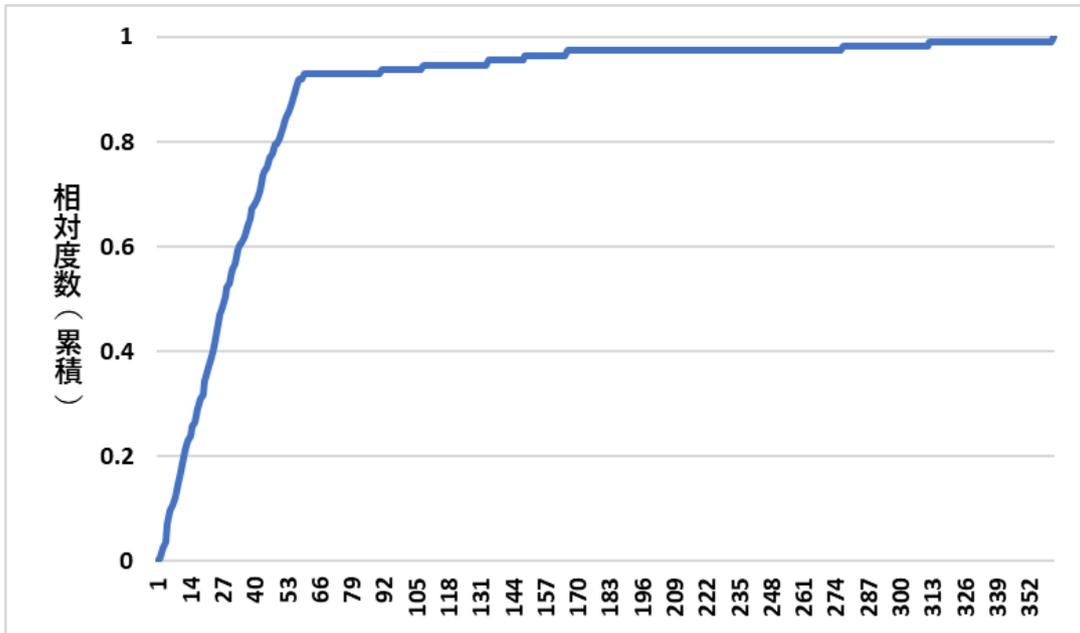
項目：倒産 (産業・就労)



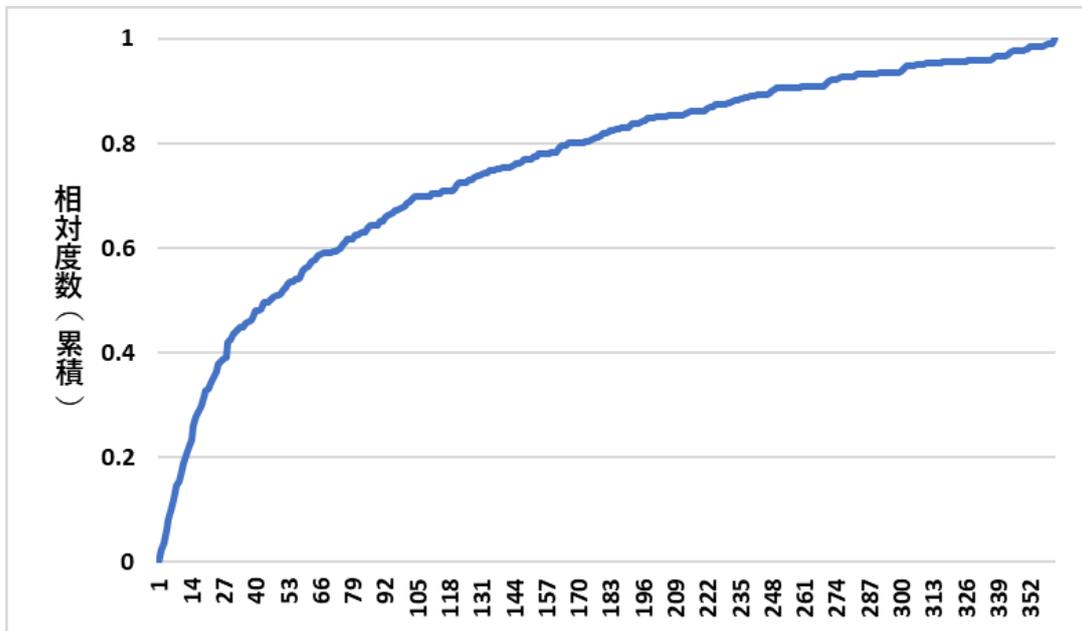
項目：失業（産業・就労）



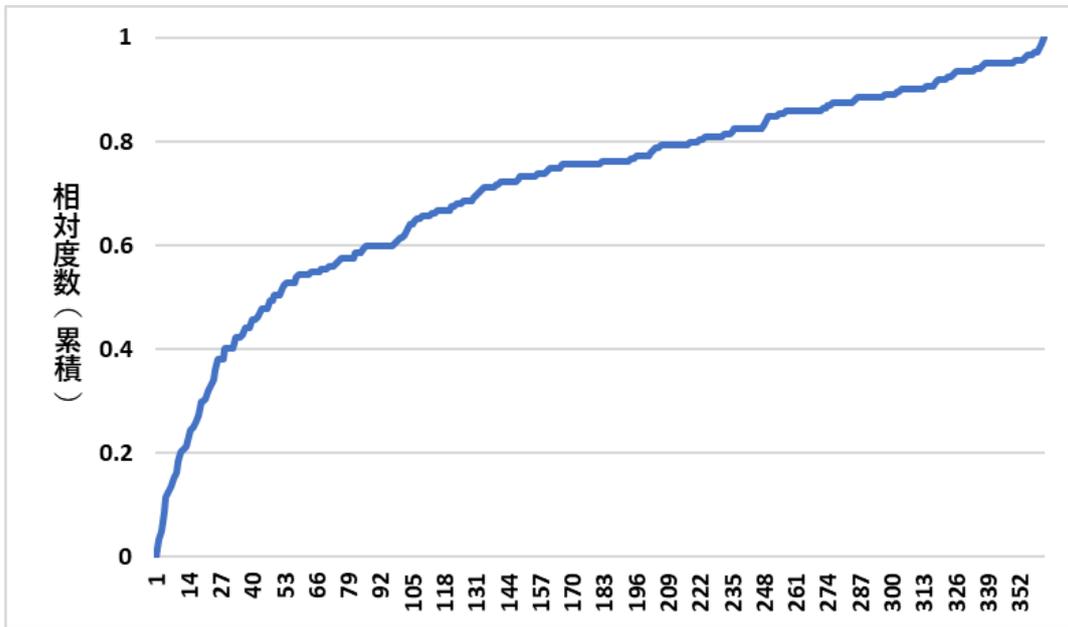
項目：農地（産業・就労）



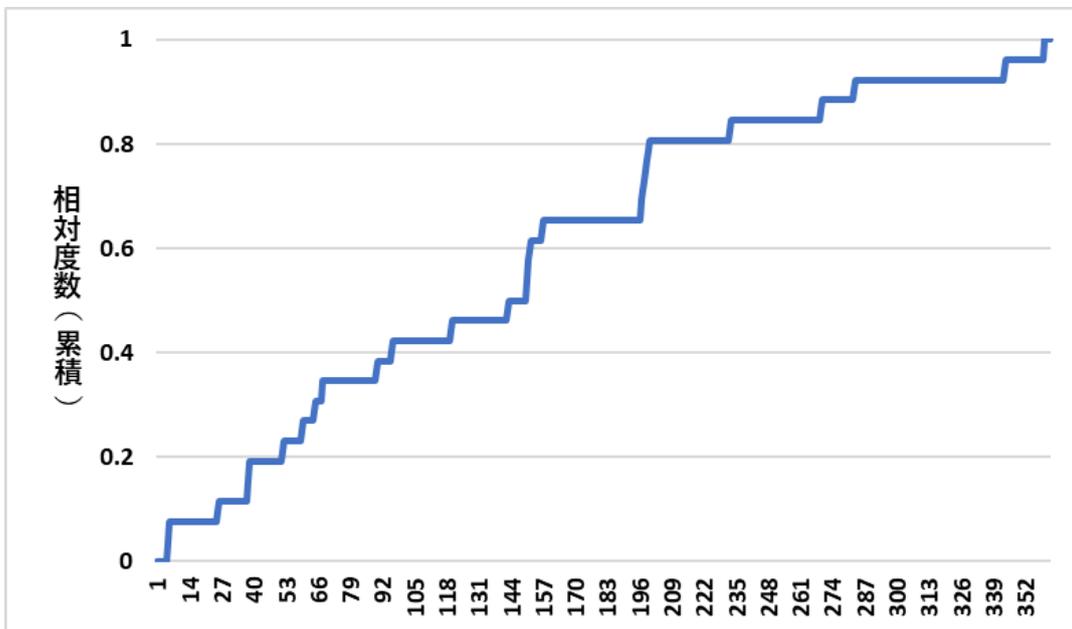
項目：解体 (暮らし)



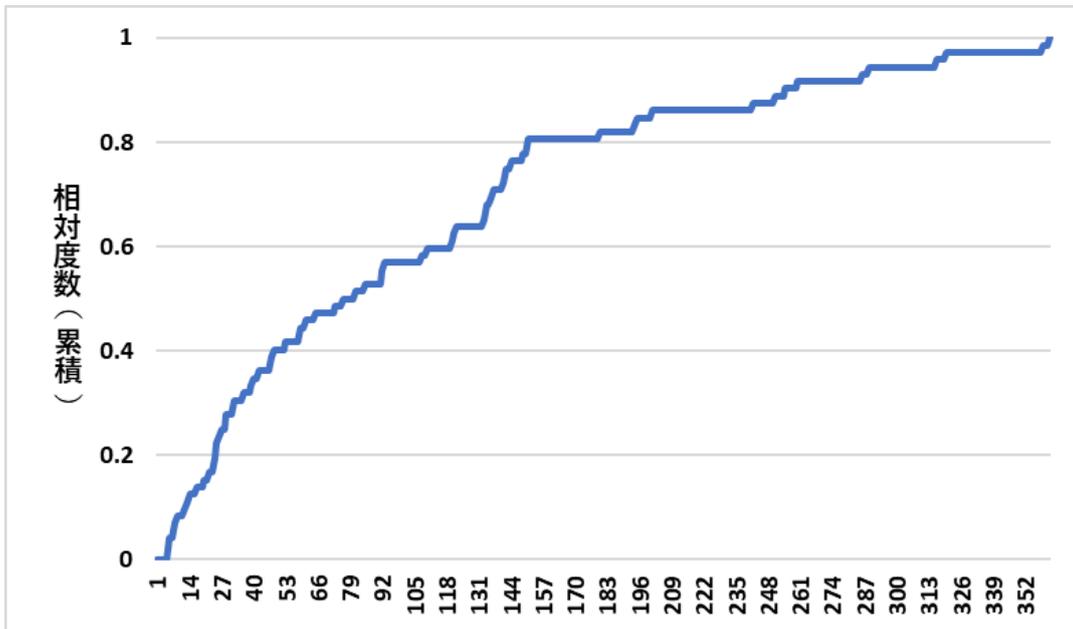
項目：撤去 (暮らし)



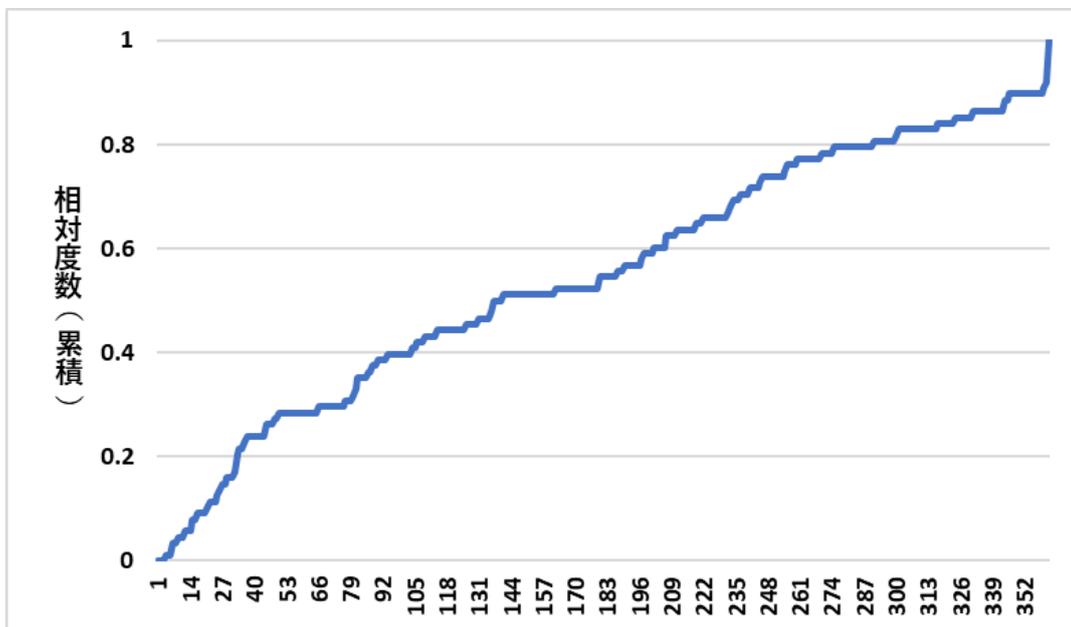
項目：住宅 (暮らし)



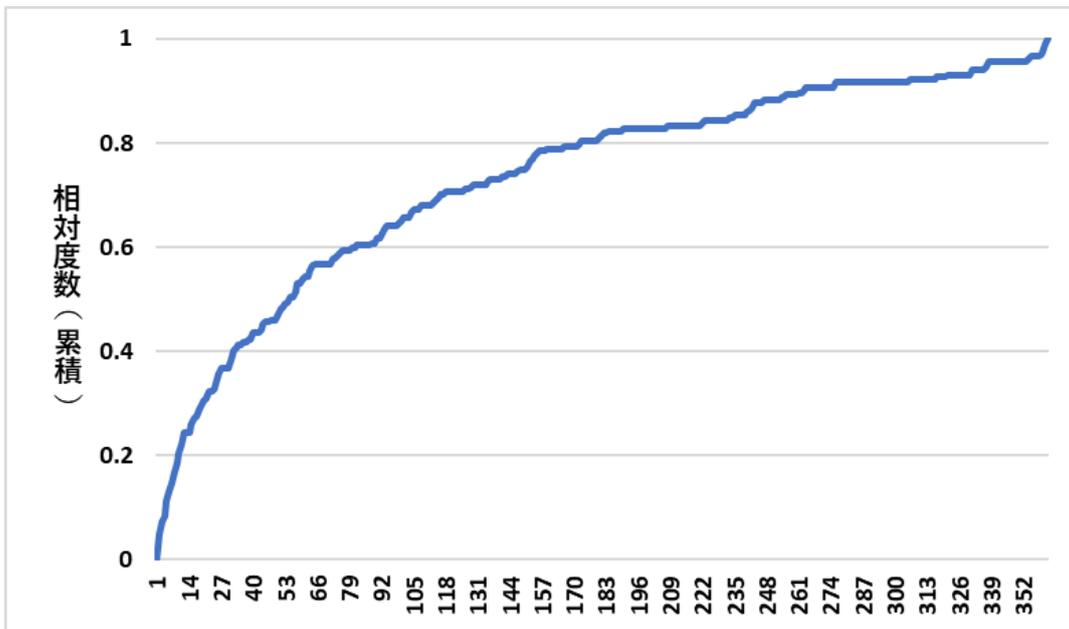
項目：転居 (暮らし)



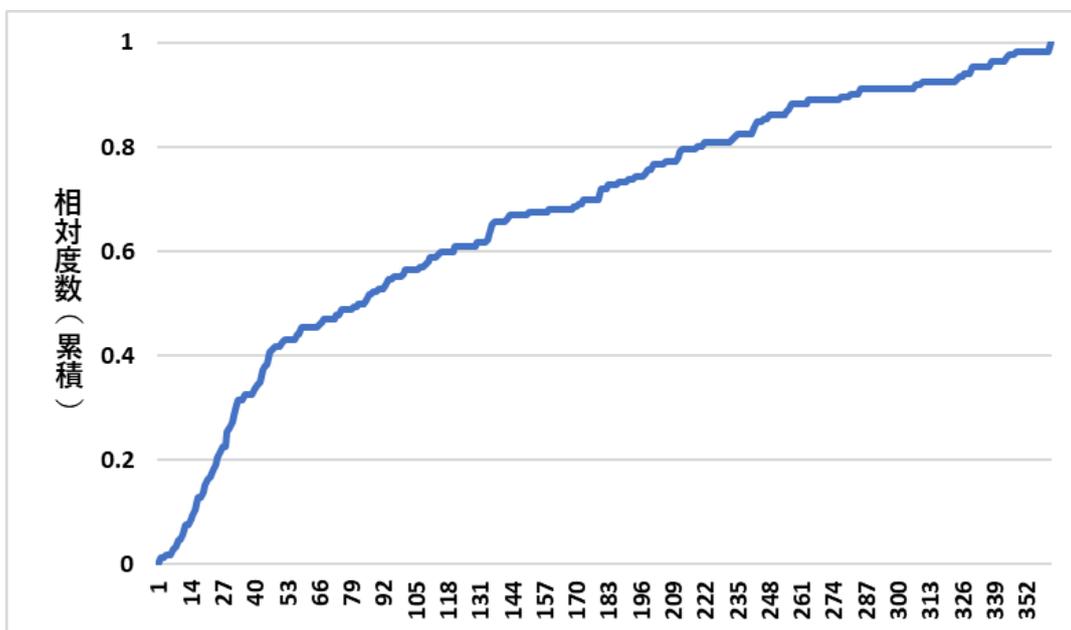
項目：集落（暮らし）



項目：不安（心理）



項目：不便 (心理)



項目：断念 (心理)