



ベイズ推定を用いた災害被災情報の曖昧さ分析と被災規模早期予測による災害対応に関する基礎的研究

小谷, 稔

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2016-03-25

(Date of Publication)

2017-03-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6634号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006634>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



論文内容の要旨

氏 名 小谷 稔

専 攻 市民工学

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

ベイズ推定を用いた災害被災情報の曖昧さ分析と

被災規模早期予測による災害対応に関する基礎的研究

指導教員 飯塚 敦

近年、地球規模での気候変動によって、勢力の強いハリケーンやサイクロンの襲来による風水害、大干ばつによる被害や地震による被害など、想定を上回るような自然災害が数多く発生しており、世界的に自然災害の件数が増加傾向にある。日本においては、地理的・気象的な自然条件から、台風、豪雨、豪雪、洪水、土砂災害、地震、津波、火山噴火などによる災害が発生しやすい国土に加え、東日本大震災以降多発する余震や火山活動の活発化による噴火、近い将来起こるだろうといわれる巨大地震といった、突発的な自然災害に脅威にさらされている。これらの自然災害への対応力を高め、災害リスクの抑制や被害の軽減を図ることが重要とされている。本論文では、災害発生初期段階における情報の不確実性と災害対応の決定時に生じる意思決定者のジレンマに着目し、災害の規模を表わす報告死亡者数から最終死亡者数を推定するモデルの構築を行った。さらに、提案した数理モデルを用いて、過去の地震災害事例への適応評価を行い、防災計画におけるタイムラインへの適応の検討を行った。ここでいう意思決定者のジレンマは、限られた資源の中で災害発生後から生存率が低下していく被災者を最大限救助するために、空振りや恐れず情報が不正確な段階でも迅速に対応するか、対応を見送り情報の正確性が高まった段階で対応するかといったもので、どちらを優先するかによって対応結果の救助者数が異なってくる。これらの関係は一種のトレードオフ関係にあると考えられる。

本論文は、第1章から第7章までであり、以下のようになっている。

第1章では、研究の背景について述べ、災害対応時の意思決定の重要性から被害推定の必要性について述べている。

第2章、第3章と第4章では、災害時に得られる人的被害情報の曖昧さについて例を示し、人的被害情報の経時変化の再現を行った。第2章において、災害発生後から得られる人的被害情報について被災者数が下方修正された事例、行方不明者数の把握の困難さについての事例、情報源の違いによる死亡者数のタイムラグ事例を示し、災害時の情報の曖昧さについて述べている。第3章の後半では、災害時の人的被害情報である負傷者数と死亡者数の経時変化を線形で表わし、災害医療において重要な役割を果たす災害派遣医療チーム(DMAT)の数を制約条件とした派遣モデルを用いた、死亡者数最小化問題を検討した。DMAT派遣の検討を行う際に、災害が発生してからの救助活動において「黄金の72時間」や「72時間の壁」といわれる生存率を再現し、DMATが対象とする救助者情報の不確実性を表現した派遣の検討や、被災地の状況変化を表現した派遣の検討を行った。その結果、死亡者数を最小にするためにはDMATの早期派遣が有効であり、当初派遣した現場から異なる現場へDMATを転用することで、数的制限のあるDMATを有効的に活用できることを示した。しかしながら、災害発生後から得られる人的被害情報の経時変化から、これを線形で表現するのではなく、非線形で表現する試みを第4章で行った。非線形としてワイブル分布を用い、再現した過去の地震災害事例の人的被害情報の経時変化とワイブル分布

(氏名： 小谷 稔 NO. 2)

のパラメータについて考察を行った。

第5章と第6章では、災害発生後得られる人的被害情報である死亡者数から、最終死亡者数を推定し、新たな死亡者数を得ると最終死亡者数を更新・修正するベイズ推定モデルの構築を行い、過去の地震災害事例に適用することで、推定モデルの妥当性について記述した。第5章において、人的被害情報の再現性を確認する際にワイブル確率紙の考えを用いることができたため、得られる情報の誤差およびワイブル分布パラメータの誤差が正規分布に従うと仮定し、ベイズ

推定の数理モデルを確立し、事前分布のパラメータを過去の地震災害事例から設定した。6章において、ベイズ推定の数理モデルを、過去の地震災害事例へと適用し、得られる推定値について考察を行った。その結果、過去の災害事例から設定したベイズ推定の事前分布による推定値の特徴を示し、逐次更新される推定値の評価を行った。

第7章では、災害対応を規定している防災計画について調べ、計画の中において提案した推定モデルが適用できる可能性を示した。防災計画となる自治体の地域防災計画や業務継続計画において、取り入れられているタイムライン(事前行動計画)に着目した。タイムラインは事前に被害発生が予測できるリスクに対し、被害発生前から取り組む事項を時系列に示したものである。この時系列に沿った対応行動を規定する考えは、災害が発生した後の対応行動にも役立つ。災害発生後のタイムラインにおいて、対応行動の設定時間をみてみると、対応行動を決定するための情報が不足している時間帯で、意思決定をしなくてはならないことが言えた。対応行動の目標時間が早めに設定されていることから、推定モデルを国内の地震災害事例に適用することで意思決定に必要な不足した情報を補える可能性を示した。

第8章は、結論である。

以上、本研究では、災害発生時に入手される死亡者数情報の経時変化をワイブル分布で近似し、情報の更新によって最終死亡者数を予測するベイズ推定モデルの構築を行った。提案した数理モデルを過去の地震災害事例に適用することで数理モデルの特性を考察した。また、自治体の防災計画におけるタイムラインにおいて、意思決定に必要な情報を補うために提案モデルが適用できる可能性を示した。しかしながら、災害発生時のタイムラインの効果を十分に発揮するためには、意思決定に必要な情報を収集しなくてはならない。そのためには、情報収集のための技術的革新と、推定モデルの高度化が必要であると考える。

氏名	小谷 稔		
論文 題目	ベイズ推定を用いた災害被災情報の曖昧さ分析と被災規模早期予測による災害対応に関する基礎的研究		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	飯塚 敦
	副査	教授	小池 淳司
	副査	教授	井料 隆雅
	副査		
	副査		印
要 旨			
<p>本論文は、ベイズ推定を用いた災害被災情報の曖昧さ分析と被災規模早期予測による災害対応に関する研究を取りまとめたものである。過去の災害を教訓にして、防災・減災対策が様々な面から取り組まれているが、災害発生後の初期段階における情報の入手は困難であるとともに、入手した情報の不確実性は否めない。一方、二次災害の防止や被害波及の軽減のためには、早期に被害状況を把握し、緊急対応を実施する必要がある。災害発生後の初期段階における対応は、不確実情報に基づく意思決定といえ、対応の迅速性を優先して対応すべきか、情報の正確性を優先して対応を見送るべきかといったジレンマを意思決定者は持つことになる。災害発生直後では、人的被害となる負傷者や死亡者の人数を正確に把握することは困難であるが、時間経過に伴い被害状況を把握していくことで正確な人数を次第に知ることが出来る。この人的被害情報において、負傷者数よりも死亡者数のほうが報道頻度や更新頻度が多いため、死亡者数が災害の規模を表わす指標になり得る。迅速な対応と正確な情報が必要とされる災害発生初期段階において、経過時間に伴い増加していく死亡者数から、最終的な死亡者数(最終死亡者数)を予測できれば、災害時の緊急対応に大きく役立つものと考えられる。そこで、本論文では、過去の多くの地震災害における被災者数情報を用いて、まず、災害被災情報の曖昧さを分析し、次いで、ベイズ推定を用いた被災規模の早期予測手法を提案するものである。最後に、そのような予測手法を用いての災害救援活動の効率化を論じている。</p> <p>第1章は、序論であって、本論文の研究目的を述べている。</p> <p>第2章では、災害発生後から得られる人的被害情報について、被害者数の修正、行方不明者数の把握の困難さ、情報源の違いによる情報のタイムラグの発生などの事例を取り上げ、災害情報の曖昧性について考察している。</p> <p>第3章では、人的被害情報の経時変化を線形で表し、DMAT派遣を例として、最適な派遣に関する検討を行っている。</p> <p>第4章では、人的被害情報の経時変化をより実際に近い非線時間関係で表現し、ワイブル関数の適用性に関して論じている。</p> <p>第5章では、災害対応時の意思決定における被害推定を可能とするように、人的被害情報の経時変化をワイブル分布にあてはめ、その分布を初期段階から情報が得られるたびに最終的な人的被害情報を推定できるベイズ推定モデルを提案している。</p> <p>第6章では、このベイズ推定モデルを利用し、過去の地震災害事例に適用し、推定精度の考察を行っている。災害発生時には、できるだけ早期の段階で人的被害規模の全貌を把握したい。どの段階でどれ程の精度を獲得できるかを定量的に検討している。</p> <p>第7章では、わが国の各自治体などで制定している災害時における施策タイムラインを紹介し、その実行可能性について論じている。被災情報の精度は時間経過と共に向上し、正確な被害規模の把握には災害発生後から相当時間の経過を待たねばならない。このような現実、現在想定されている災害時における施策タイムラインは適合しない場合が多い。これを解決するために、ベイズ推定を用いた被災規模の早期把握手法の適用を論じている。</p> <p>第8章では、以上の成果を結論としてまとめ、今後の課題について述べている。</p> <p>以上、本論文は、ベイズ推定を用いた災害被災情報の曖昧さ分析と被災規模早期予測による災害対応に関する研究を取りまとめたものであって、防災・減災の観点から重要な知見を得たものとして価値ある集積である。提出された論文は工学研究科学位論文評価基準を満たしており、学位申請者の小谷稔氏は、博士(工学)の学位を得る資格があると認める。</p>			