

四国地域における事前復興センサスの可能性と課題

東京大学復興デザイン研究体 羽藤英二, 飯塚卓哉
前田 歩, 萩原拓也
愛媛大学防災情報研究センター 森脇 亮, 矢田部龍一
山本浩司, 新宮圭一

1. はじめに

東日本大震災発災後、防潮堤、高速道路、河川堤防、市街地造成、防災集団移転、災害公営住宅、みなし仮設住宅、除染、中間貯蔵施設、さまざまな基盤整備と、ふるさとへの帰還にむけた取り組みには、膨大な費用と時間がかけている（羽藤ら, 2018）。こうした基盤施設の計画には、防潮堤のように県が高さを決定するものもあれば、高速道路のように国が路線計画をたてるものがあり、自治体単独の計画によって復興が実現するわけではない。その一方で、自治体では、住民の現地再建意向に基づいて、新たな市街地像を議論し、さまざまな施設と道路、住宅の計画を短期間に作成することが求められる。ただし、住民の意向は、段階的に示される復興像や、被災者支援によって大きく変化することになるから、計画の修正が求められることになる。こうした作業は、事後復興においては、大規模災害であれば、家族を亡くした行政職員や市民とともに、大規模な人口流出が続く中、行われることになることから、被災者と非被災者との意識差も大きく、さまざまな問題が発生することになる。たとえば、非被災地域への都市機能の移転は、傷ついた被災地域からすれば受け入れがたい場合があり、しかし一方で被災地域において災害危険区域指定を解除しようとするれば、防潮堤や嵩上げの規模は甚大となり、過大な復興を招き、地域・国家財政を長期的に圧迫することになる。こうした復興計画の策定と事業の推進において、予め備えのないことは出来ないことから、本稿では、被災が予想される地域の被害を抑え、事前に復興事業を先取りすることで、持続的なまちの形を実現することを事前復興と定義し、事前復興のための基礎調査を事前復興センサスとして、その実施方法の提案を試みる。

2. 事前復興センサスについて

事前復興センサスでは、南海トラフ地震などの巨大災害が起こることを予め想定した上で、四国全体の広域的な復興計画と、各自治体・集落の復興計画づくりを事前に行うことを目的に実施するものである。但し、被災した地域の復興そのものは、被災の状況に対応するものであるから、完全に事前に備えることは困難とっていい。事前復興で想定するのは周期的に常襲し、確率的に規模の大きな被害をもたらす災害であり、発災直後の避難を可能にする事前の計画と、復旧・復興期において住民と自治体、県、国が共有すべき地域像を描くことを目的に、事前復興センサスは実施すべきと考える。

2.1 事前復興センサスの対象

事前復興センサスは、地域が想定する最大規模の災害 L2 と、既往第二位相当の災害 L1 を想定して行われる。L2 は 1000 年に一度、L1 は 100 年に一度を想定しており、本稿では南海トラ

Proposal of the Census for Pre-Disaster Recovery Planning and It's Future Challenges

Eiji HATO, Takuya IIDUKA, Ayumi MAEDA, Takuya HAGUWARA(The University of Tokyo),
Ryo MORIWAKI, Ryuichi YATABE, Koji YAMAMOTO and Keiichi SHINGU(Ehime University)

フ地震津波を想定して整理する（河川水害とのマルチハザードとの重ね合わせによる新たな市街地像と事前復興計画の策定が急務なのは言うまでもない）。津波が想定される地域においては、浸水エリアだけでなく、エリア外も含めて被験者を世帯単位で調査することが望ましい。これは、市街地の重心移動を考える際に、非被災エリアにおける用地取得が必要となること、災害の被災エリアは、不確定なものであることから、想定するハザードの外側エリアも含んだ世帯を対象として、訪問調査かウェブ調査のいずれかの方法で、発災時の避難と、被災後の居住地選択を、発災・復旧・復興シナリオを設定し、行うことが望ましい。

2.2 事前復興データプラットフォーム

復興計画の策定においては、1. 地域史料、2. 土地台帳、3. 建物基礎調査、4. 都市計画基礎調査、5. 農地基本台帳、6. 道路台帳などのデータが必要となる。こうしたデータは、災害時に喪失する可能性も高いことから、保管原本に対して、個人情報をもスキミングした上で統計情報としてアーカイブし、事前復興・事後復興期に一貫した仕組みで利用できる体制をつくることが求められる。事前復興センサスデータは、こうしたアーカイブと統合的な利用が可能な形式でプラットフォームに保管されていることが望ましい。特に高規格線道路が十分に整備されていない四国の西南地域や東南地域の各自治体の復興計画は、拠点施設の立地や道路整備、鉄道－BRT 復旧と地域復興のタイムラインでは、県域を超えた連携が求められよう。四国地方整備局のもとで、各自治体と県が連携して、マルチハザードに対する事前復興・事後復興が可能なデータプラットフォームの構築を契機とした合意形成の枠組みづくりが、地域の事前復興には不可欠であり、発災してから、バラバラな計画づくりを進めるよりも、その財政効果は高い。

2.3 事前復興センサスの内容

事前復興センサスは、各地の発災から復旧・復興期に起こる事態の想定と各まちの復興像を作成するために実施するものである。いくつかの災害シナリオと支援シナリオを、回答者が回答可能なプロフィールとして設定し、避難と再建の意識を尋ねることで、これをデータ化し、地域の事前復興像の共有を目的としている。その構成は、1) 世帯票、2) 個人票から成る。1) 世帯票では、世帯の構成と車や自宅の所有形態を、2) 個人票では、災害と復興・支援のシナリオを作成し、実験計画法に基づいて提示した上で、被験者の避難経路と立ち寄り先、避難場所、および復旧期と復興期の自宅再建意向について、a) 地域内再建、b) 地域外再建、c) 自力再建、d) 防災集団移転、e) 災害公営住宅を回答してもらおう。避難においては、発災時に被災者がいる場所によって避難経路や避難場所、誰と一緒に避難するのかが大きく異なる。また、復興に要する時間、補助額によって、被災者の意向が大きく変化することから、こうした要因について、水準を設け、実験計画法によって発災・復興プロフィールを設定し、一人当たり数プロフィールの提示を行い、回答結果を得る。

(1) 事前復興計画における事前避難計画の立案

事前復興センサスを用いて行われる事前復興のプランニングは、事前避難計画と事前住宅復興から構成される。事前復興センサスでは、避難行動と自宅再建の意向について、地域の実情に応じた回答が得られることから、事前復興において、被災者の逃減に向けた、道路拡幅、高台避難広場や垂直避難施設の立地、市街地の改変効果の把握が求められる。避難行動モデルについては、最短経路を通るモデルなどが用いられることが多いものの、東日本大震災時におい

ては、家屋の被災によって出発時刻が遅れたり、家族の安否確認などが起きていたことを考えると、東日本大震災位前の単純な避難モデルに対して、発災後の現実の行動を再現できるモデルの開発が必要不可欠である。また災害時の経路選択を原因とするグリッドロック現象は、場当たり的な経路選択を引き起こし、そのことが道路混雑を悪化させることが知られている。本研究では、こうした点を踏まえて、動学的避難行動モデルを基本に、インプットを道路幅員、避難所位置などとする発災後の時空間ネットワーク上でのスケジューリングを確率的に予測する gRL モデルを用いるものとする。gRL モデルは、避難行動による報酬最大化を基本とする確率モデルであり、先に述べた短視眼的な経路選択を時間割引率で記述するとともに、安否確認のための立ち寄り行動や、津波襲来までの見込み時間 T を考慮できる点に大きな特徴がある。仮想的な災害に対する避難回答結果と、東日本大震災において収集された復興基礎調査における 40 市町村の避難データを教師データとして、データフュージョンによるパラメータリゼーションをおこなうことで、事前避難計画に基づく事業実施が、避難率の向上に与える影響をより正確に予測することが可能になる。

(2) 事前復興計画における事前再建計画の立案

事前住宅復興は、被災すると思しき地域において、予め住民に転居を促すこと、そのための基盤を高速道路整備などと併せて供給することが考えられよう。黒潮町や美波町で進行している事前復興は、役場の移転や町立病院の移転などが既に実施されており、こうした拠点施設を予め安全な地域に再配置することで、立地誘導効果や定住促進が期待できよう。事後復興を先取りすることは、巨大災害後の復興計画の不透明さを払拭する効果があると考えられる。また事後復興においては、復興の都市像が被災者と非被災者によってばらつきが大きく、人口流出も激しくなることから、広域連携が困難になることも少なくない。こうした事態を防ぐためには、被災レベルによって、世帯のライフサイクルステージの節目を迎えて目まぐるしく変化する再建意向を正確に集約し、復興計画の量的・質的見通しを立てておくことは必須といっている。

本研究では、こうした点を考慮し、被災のレベルと復興に要する時間、支援金額や家賃補助を要因として、核用心に水準を設定、実験計画法を援用して復興プロファイルを作成し、プロファイルごとに、地域内再建、地域外再建、自力再建、防災集団移転、災害公営住宅（賃貸）、みなし仮設の選択意向を、各期ごとに尋ねることとしている。事前復興センサスでは、高齢の被験者も多く、アンケートでは欠損がみられること、復興の意向に異質性が存在することから、復興意向の推計にはバイアスが発生してしまわざるを得ない。また、復興期において、事後に個別制度と補助額を場当たり的に決めるのではなく、予め入居時期と補助額に関する制度をトータルで設計する必要が高い。しかしこうした問題に対処するための理論的・実践的方法論が提案され実施されているとは言い難く、事後復興が過大なものになりがちであることもまた事実だ。復興の最適戦略のための理論モデルを定式化し、事前復興センサスを用いて、地域ごとの最適戦略と、広域連携による戦略的復興を予め立案する必要がある。

ここでは EM アルゴリズムを用いることで、欠損と異質性を同時に記述可能なモデルを構築し、パラメータリゼーションを行う、また各地域の単独復興と広域復興における最適復興戦略を、世帯あたりの補助金額と供給する災害公営住宅量、復興に要する期間の組み合わせ最適問題を解くことで、戦略組のパレートフロンティアを示す。これにより、さまざまな復興事業の手番の事前評価が可能となり、復興計画のあり方を、市民や行政担当者が予め理解する一助とすることが初めて可能となる。

3. 調査の実施と今後の課題

今回提案した事前復興センサスは、四国西南地域の 3 市町（八幡浜市・伊方町・愛南町）の協力を得て、2019 年の 8-10 月に現地訪問配布により実施した。調査世帯数は、愛南町家串地区で 46 世帯（82 世帯中）、伊方町三崎地区 83 世帯（103 世帯中）、八幡浜市 380 世帯（14995 世帯中）である。

3.1 事前復興センサスのケーススタディ

事前復興センサスの結果を用いて、推定した避難スケジューリングモデル（Generalized Recursive Logit モデル（Oyama and Hato, 2017））の推定結果を表-1 に示す。推定に際しては、東日本大震災の津波避難を調査した復興基礎調査のデータと事前復興センサスのデータを用いて、それぞれ個別の推定した結果と、融合推定した結果を示す。時間割引率（discount rate）は、短視眼的な意思決定を行っているかどうかを示すパラメータであり、陸前高田ではこの値が優位に小さく、混乱に陥った地域では目の前の状況によって目まぐるしく経路選択が変化していることを示している。一方、家串の事前復興センサスでは、被験者の回答結果は、東日本大震災発災時の陸前高田の行動パラメータとは大きく異なっている。さまざま対策を行った際の避難スケジューリング行動を予測する上では適切なデータを教師データとする必要があると考える。このため両者のデータをプーリングして、時間割引率を陸前高田の値で固定して推定した結果を併せて示す。リンク距離は負の値を示しており、避難計画の評価に有効なモデルが推定できていると判断する。

次に事前復興のための、復興最適戦略の計算フローを図-1 に示す。復興戦略の評価は、道路事業評価などと同様に、戦略実行時と非実行時の便益差 EV に基づいて行うことを考える。最適戦略では地域住民の災害発生時の居住選択モデルを用いて算出される効用の値が、補助金や入居時期、居住地を含む住居タイプによって変化することに着目し、これらの政策変数の組み合わせの中で、便益が最も大きくなる政策の組み合わせを最適化する。この際、効用関数のパラメータベクトルを求解することが必要となる。欠損値と復興に際して価値観の異質性が地域によっては存在することから、こうした点の評価するために、パラメータベクトルの推定プロセスに E-Step と M-Step を設けて、E-Step では欠損値と異質性を記述する各クラスの帰属確率を更新し、更新された欠損値と帰属確率に基づいて、パラメータベクトルの推定を行い尤度関数の最大化を行う。これらの計算プロセスによって、欠損の多いアンケートの補正と、復興意

表-1 避難 gRL モデルの推定結果

explanation variables	(1) 家串			(2) 陸前高田			(3) 家串 + 陸前高田		
	parameter	t-value		parameter	t-value		parameter	t-value	
link length(陸前高田/100m, 家串/10m)	0.030	0.919		-0.120	-7.88	**	-0.012	-1.39	
elevation difference(/10m)	-0.254	-0.653		0.005	0.204		0.004	0.266	
origin node stay dummy	1.77	17.4	**	1.38	16.7	**	1.73	30.3	**
stopping node stay dummy	0.391	2.31	*	0.550	11.4	**	0.766	19.7	**
destination node stay dummy	3.08	18.1	**	3.29	19.3	**	3.47	51.2	**
origin node stay dummy(家串固有)	-	-		-	-		-0.693	-6.64	**
stopping node stay dummy(家串固有)	-	-		-	-		-0.396	-2.18	*
scale parameter ν	-	-		-	-		1.99	11.8	**
discount rate γ	0.927	77.4	**	0.466	14.6	**	(固定)0.466		
Num of Samples		45			300			345	
initial likelihood		-2824.3			-11994.7			-16315.8	
final likelihood		-471.0			-2504.7			-4554.1	
likelihood ratio		0.831			0.791			0.720	

識の異質性の問題を解決することが可能になる。こうした計算プロセスによって、地域便益を最大化する補助金の交付パターンと、域外への移転を認めつつ、住民便益を最大化するための復興計画の土地利用パターンが予め計算できることになる。

図-1 の計算フローに基づいて、各地で計算した、無戦略（一律）配分時に補助金額・入居時期を変化させることでどれだけの便益が得られるかを図-2 に示す。図-2 では、補助金額が高く、入居時期が早いほど、投資額が増えるがその分便益も上がることが示されており、早期復興を十分な補助を併せて行うことが望ましく、また、家串地区で現地復旧を望む声が多いのに対して、補助金の増額より入居時期を早めた方が、便益の増分が大きいことから、財政的な支援を行うことに対して、早期復興を行うための施策を予めとっておくことの財政効果についても地域差があることが窺える。こうした推定結果を用いて、最適復興戦略とその候補を予めス

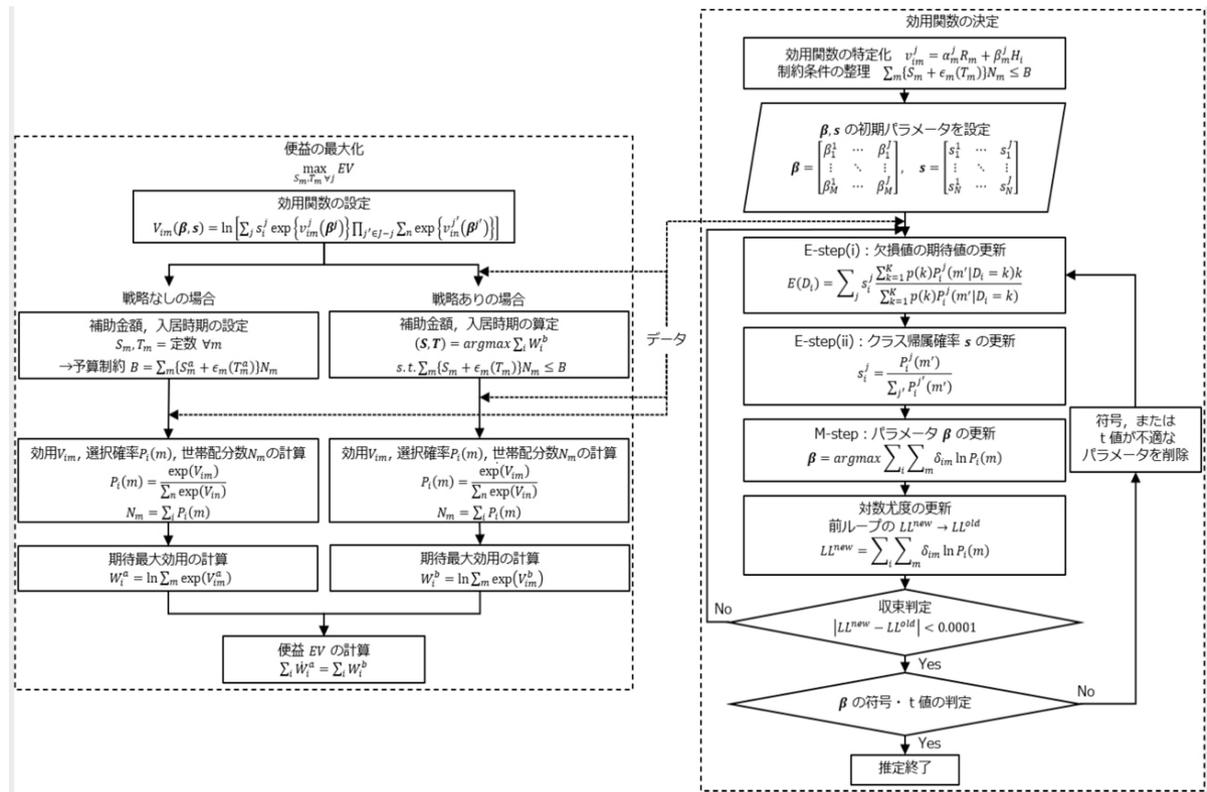


図-1 復興最適戦略の計算フロー

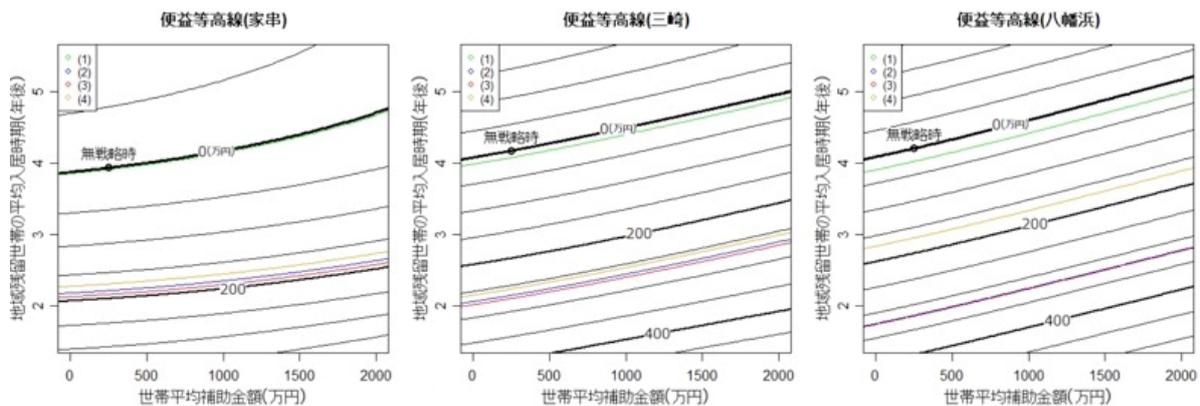


図-2 復興最適戦略の計算フロー

タディを行い、行政サイドのインフラ供給計画と連動させた適正規模の事前復興計画の立案が可能になると考える。

4. まとめと今後の課題

備えていないことはできない。この一点に問題を集約させ、その解決を図るために、復興の定量的な知的基盤をつくることを目的として、事前復興センサスは提案したものである。著者らの被災における復興経験を踏まえるなら、予め災害後の都市像なき場合において、復興の議論の場は紛糾し、復興計画は過大なものとなりがちである。また、このことは近年の過去の災害復興を概観する限り避けがたい事実であろう（羽藤ら，2018）。一方で人命を助ける避難計画の推進においても、想定津波高に目が向くあまり、手詰まり感が地域に蔓延していたり、避難訓練への参加率に一喜一憂している現状がある。重要なのは、現実的で合理的な事前復興の実施である。事前復興の事業効果を予め計量し、四国全体の事前の備えが、事後復興に対して、いかなる財政効果を持つのかを示すことが求められている、また、事前復興センサスを通じて、私たちは住民が無意識に期待している復興像を描くことが可能になるし、そうした復興像をもとに、行政が考える復興プランをより適切なものとなるよう修正していくことも可能になるだろう。一自治体だけで復興計画をたてるのではなく、他地域の連携を図ること、そのために、広域的な高規格幹線道路の建設時に、事前復興の基盤となる土地造成をおこなったり、工事用道路を避難路として整備すること、こうした様々事業を重ね合わせることによって、ストック効果を取ることが求められている。

参考文献

- 1) 東日本大震災合同調査報告 土木編 8 復興概要編（羽藤英二編著）. 2018.
- 2) Oyama, Y. & Hato, E.: A discounted recursive logit model for dynamic gridlock network analysis, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 85, 509-527, 2017.