

## リアルタイム地震被害推定情報の利活用事例

(公)地震予知総合研究振興会 大保 直人  
(NPO 法人)リアルタイム地震・防災情報利用協議会 上村 良澄

Application Examples of real-time earthquake damage estimation information

Naoto Ohbo

Association for the Development of Earthquake Prediction

Yoshizumi Kamimura

Real-Time Earthquake & Disaster Information Consortium

### 1. はじめに

国立研究開発法人防災科学技術研究所(防災科研)が構築したリアルタイム地震被害推定システムは、試験的なシステムの連続稼働を 2016 年 1 月より開始し、震度7を観測した 2016 年熊本地震では、前震、本震両地震とも地震発生後 10 分程度で推定を完了した。評価結果は、本震後の自治体の被害報告や空中写真を用いた建物判読等の実被害と比較すると、熊本県益城町における被害集中地域などの定性的な空間分布はおおむね整合する一方で、被害の量は実被害を過大に評価している傾向が見られたと報告されている<sup>1)</sup>。

推定されたリアルタイム被害推定情報(推定震度分布、推定全壊棟数分布)は、道路交通規制情報を重ねあわせ、災害対応支援に有効な情報として利用された。さらに、地方公共団体がリアルタイム被害情報や各府省庁からの情報を受け取り、国等と相互に情報を共有し状況認識を統一した上で、災害対応における意思決定(避難所の設営、緊急輸送物資の配給等)の支援に活用された<sup>2)</sup>。

このシステムで得られたリアルタイム被害推定情報を民間企業等に提供し、それを利活用した BCP や防災ビジネスへの展開を促進するために、NPO 法人リアルタイム地震・防災情報利用協議会(REIC)は、平成 28 年度にハザード・リスク実験コンソーシアムを立ち上げ<sup>3)</sup>、民間企業約30機関に情報の提供を開始した。

本文では、リアルタイム地震被害推定の概要、提供される情報の内容、さらにこれらの情報を多くの企業で利用して貰うために、情報を集約する考え方、提供できる情報の事例について紹介する。

### 2. リアルタイム被害推定情報<sup>2)</sup>

#### 2.1 概要

本システムでは、被害推定に必要な入力地震動は、防災科所の全国を網羅する強震観測網(K-NET、KiK-net)に加えて、地方公共団体や気象庁の計測震度データ、合わせて約 5300 観測点から地震動情報データを受信し、地震ハザードステーション J-SHIS より提供されている地盤増幅率や関東および東海地域を対象とした広域地盤モデルによる地盤増幅率を利用し、250m メッシュ(日本全国で約 600 万メッシュ)での強震動分布を推定する。

推定震度をもとに、昼間、夜間、時間帯別滞留人口を利用した震度曝露人口を求める。また、推定した強震動分布、被害推定に必要な属性を有する全国建物モデルを利用し、被害関数を適用し、建物全壊棟数や全半壊棟数等の建物被害を推定する。また、建物被害による人的被害推定を行う(表-1 参照)。推定に必要な人口モデルについては、統計的な流動人口を加味した時間帯別の建物内滞留人口モデルを構築し、複数の建物被害関数および人的被害関数を適用し、死者数、重傷者数、負傷者数等の推定を行う。

これらの被害推定は、概ね震度 3 程度以上検知した場合にシステムが稼働を開始し、地震検知後概ね 10

分程度に、Web API(Application Programming Interface)を用いて、2 次利用可能な形式で外部に情報提供する。さらに、システムでは被害関数のパラメータの誤差を確率変数でモデル化し、その確率分布のパラメータを、発災後に得られる一部地域の実際の建物被害棟数を用いてベイズ更新することで推定精度を向上させる被害状況把握の機能も有している。

表-1 建物被害、人的被害推定手法

手法名	建築構造	引用文献	手法名	引用文献	建物被害推定手法
M1	木造、RC造、S造	中央防災会議	P1	中央防災会議 (2012) [5]	M1
M2		堀江 (2004) [6] D4、D2 → 木造 村尾・山崎 (2002) [7] → RC造、S造	P2	中央防災会議 (2012) [5]	M6
M3		堀江 (2004) [6] D3、D1 → 木造 村尾・山崎 (2002) [8] → RC造、S造	P3	佐伯・他 (2001) [13]	M1
M4		村尾・山崎 (2002) [8]	P4	佐伯・他 (2001) [13]	M6
M5		中央防災会議 (2004) [9]	P5	岡田・中嶋 (2015) [14]	
M6		佐伯・他 (2016) [10]	P6	佐伯・他 (2001) [13]	M4
M7		翠川・他 (2011) [11]	P7	中央防災会議 (2012) [5]	M8
M8		清水・他 (2016) [12]	P8	佐伯・他 (2001) [13]	M8

手法	人的被害程度
P1、P2、P3	死者、重傷者、負傷者、自力脱出困難者、避難者
P3、P4、P6、P8	死者、入院者、重傷者、負傷者
P5	死者、重傷者、重傷者、負傷者

## 2.2 提供する情報

被害推定結果は、限定公開 Web サイトにおいて Web GIS を用いて可視化され、汎用的なインターネット上の地図サービスに重ねて閲覧ができる。

利用者は、期間や観測された最大震度、観測点数等の他に、震源地名やマグニチュードの震源に関する情報もキーワードとして推定結果を検索することができる。検索した結果は一覧表となって表示され、それぞれの選択した結果(地震動、震度曝露人口、建物被害、人的被害)に対応する 250mメッシュ図や都道府県別、市町村別の主題図として地図表示される。さらに、震源情報や解析条件等の情報と共に、都道府県別と市町村別の推定結果(震度曝露人口、建物被害、および人的被害)の数値データの一覧が表示され、CSV 形式でダウンロードできる。

また、一般向けに、250m メッシュで推定した市区町村毎の地震動分布や震度曝露人口、周辺地域での過去の被害地震、J-SHIS による地震ハザード情報等を、地図や表を用いて総合的に分かりやすくコンパクトにまとめた J-RISQ 地震速報として公開されている。

被害推定結果は、発災直後の災害対応の意思決定に活用されることを目的としていることから、ブラウザを用いた閲覧のみならず、利用者が独自に構築しているシステム等で速やかに活用できるよう、2 次利用可能な数値データを Web API による情報提供を可能にしている。表-2 に提供している推定情報の一覧を示す。

表-2 推定情報一覧

情報分類	内容	提供情報
強震動分布	250mメッシュ強震動分布取得	数値データ
	最大加速度、最大速度、推定震度、SI値、速度応答スペクトル	
震度曝露人口	250mメッシュ震度曝露人口	数値データ
	行政区別震度曝露人口	メッシュコード別 行政区分コード別
建物被害	250mメッシュ建物被害	数値データ
	行政区別建物被害	メッシュコード別 行政区分コード別
人的被害	250mメッシュ人的被害	数値データ
	行政区別人的被害	メッシュコード別 行政区分コード別

## 2.3 ハザード・リスク実験コンソーシアム

REIC はリアルタイム地震被害推定情報を民間企業等での利用を目的として平成 28 年度にハザード・リスク実験コンソーシアム(実験コンソーシアム)を立ち上げた<sup>3)</sup>。実験コンソーシアムは、防災科研の研究成果を民間企業に情報提供する機関(REIC)とそれを活用する幅広い産業界の企業(約30ユーザ)で構成された。

実験コンソーシアムでは、リアルタイム被害推定情報を受信しているユーザーを交えた、情報の利活用方法の検討会を立上げた。検討会では、各業界、各企業には防災に関する独自のニーズが存在し、そのニーズを実現するために、リアルタイム被害推定情報を基本情報として、独自に保有するデータベースやソフトウェアを駆使しながら、企業の防災対応力の向上、新たな付加価値の創造を目標とした活動を行った。さらに、本格配信の運用に向けた課題とその解決方法等について議論した。

実験コンソーシアムに参加した民間企業の内訳は、建設業、製造業、コンサルティング会社、ソフトウェア会社、道路・電力などのインフラ関連会社、保険会社などであった。

以下に検討会で議論された項目に対するコンソーシアム参加企業の利用目的、今後の取り組み、および要望を以下に示す。

- ① リアルタイム被害推定情報の利活用の目的:約半数の企業が「BCP への利用に向けた検討」、「自社製品・事業への付加価値の創出」、および「自社製品の開発」であった。
- ② 実験内容:リアルタイム被害推定情報の受信し、その情報を閲覧しながら活用可能性を模索する段階の企業もあるが、「市場への戦略的展開の検討」「自社システムおよびデータとの連携検討」「ビジネスモデルの検討」などのかなり具体的に情報を利用した実験が行われた。
- ③ 活用する被害推定情報:多くの機関が「地震動分布」を活用しており、次いで、約半数の機関が「建物被害」のデータを参照した実験を実施した。
- ④ システムや提供データへの要望:配信機能としては、プッシュ型の配信、トリガー条件の変更、メール配信などの追加の要望、システム機能としては、訓練報の配信機能、高度なデモンストレーション機能などの追加の要望、また、配信内容については、応答スペクトルや震源データの情報の配信の要望があった。

## 3. リアルタイム被害推定情報の利活用に向けて

この情報は、GIS ソフトを利用することでデータを効率的に利用出来る。しかし、ユーザーが GIS ソフトを自社で装備していないなど、情報の利活用では、地震発生時に提供される 250m のデータ(例えば、熊本地震本震では、PGA(地表最大加速度)のデータ約 350 万メッシュ)の処理が困難であることが確認できた。そのユーザーからは、特定拠点の情報のみを提供して貰えれば利用価値が高くなるなどの要望があった。

そこで、特定の拠点およびその周辺の強震動情報、建物被害情報、人的被害情報、および暴露人口情報を抽出し、その情報をメールで配信する処理ツールの構築を行った。このツールの構築は、情報配信サーバーの負担が軽減できること、提供情報をカスタマイズして利用者が欲しい情報を提供できれば利用ユーザーの負担が減る。

構築したツールの処理フローを表-3に示す。この処理フローは、拠点が必要とする情報を 250mメッシュから抽出し、その結果を GIS 表示、テキストファイル、および csv ファイルに出力する。現在、実験運用では、この出力ファイルをメールに添付して提供している。今後は特定 PC にFTPを使ってリアルタイムで情報の提供を計画している。

提供できる情報は、特定された拠点に対する

- ① 推定震度のみを抽出する。
- ② 強震動値(地表最大加速度・速度・SI値・推定震度)を抽出する。
- ③ 拠点およびその周辺の暴露人口、建物被害、人的被害を抽出する。
- ④ 速度応答スペクトルを抽出する。

等の抽出した情報をテキストファイル、CSVファイル、およびGISで表示できるファイルを提供する。

自治体が利用する場合は、行政区分が対象と考え



- ① 特定した行政区分の暴露人口を抽出する。
- ② 特定した行政区分の建物被害を抽出する。
- ③ 特定した行政区分の人的被害を抽出する。

等の抽出した情報をテキストファイル、CSVファイル、およびGISで表示できるファイルを提供する。

この処理フローに沿って、地震規模の大きかった熊本地震、大阪府北部地震、胆振東部地震、および山形県沖地震で提供されたリアルタイム地震被害推定情報を特定拠点およびその周辺の 250m メッシュ情報を抽出した結果の一例を GIS 表示結果で紹介する。

### 3.1 山形県沖地震

2019年6月18日22時22分に発生した山形県沖地震は、震源深さ14km、地震規模は6.7、最大震度6強を新潟県村上市、震度6弱を山形県鶴岡市で観測した。内閣府によると人的被害26名(6月19日14時現在)<sup>4)</sup>、国土交通省によると住宅・建築物被害は鶴岡市村上市で危険度判定危険が82箇所、要注意判定は219件と報告されている。またエレベータ協会によると3件の閉じ込めが発生した。下水道被害では、鶴岡市でマンホール周辺等の41カ所で路面変状の発生が確認されたが、函渠の流下機能には影響はなかった<sup>5)</sup>。また、この地震で一部避難所の天井が落下する被害の発生が報告されている<sup>6)</sup>。

図-1は、リアルタイム地震被害推定情報で提供された推定震度情報の内、盛岡市と村上市が特定している避難所の推定震度を抽出し、推定震度分布を示す(青ピン:推定震度5強、黄色ピン:推定震度6弱、赤ピン:推定震度6強)。

この情報は、地震発生後20分で提供され、避難所を設定した自治体担当者が推定震度情報を入手できると、避難所開設時の判断に利用できる可能性がある。さらに、設けた避難所が耐震的に脆弱な構造物の場合には避難所開設を断念するなどの判断に利用できるであろう。

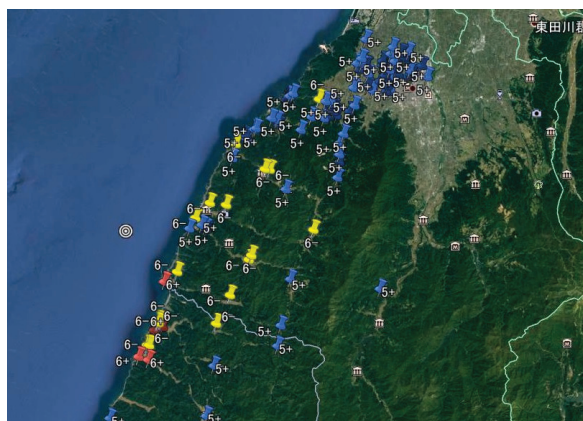
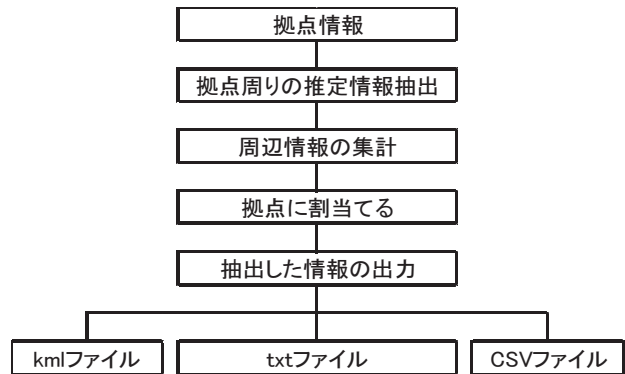
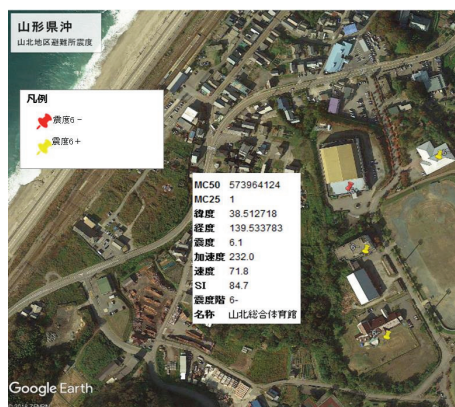


図-1 村上市・盛岡市が設けた避難所の推定震度5強以上分布

例えば、村上市が設けた山北総合体育館避難所は、推定震度6強であった。この建物は、天井の一部が落下したと報道された<sup>6)</sup>。この地点のRT情報で提供された推定震度は6強、最大加速度(232gal)、最大速度(71.8kine)およびSI値(84.7)であった。天井の落下の原因を調べるためには、極めて貴重な情報である。

表-3 推定情報提供の処理フロー

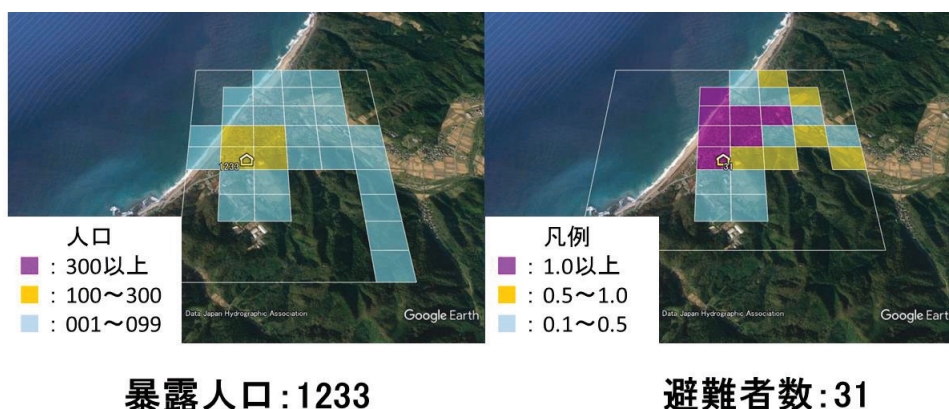




図一2 山北総合体育館の推定震度、推定加速度・速度およびSI値

図一3は、山北総合体育館周辺の暴露人口と避難者数合計と周辺分布を示す。この図は、山北総合体育館を中心としてその四方1kmの範囲のメッシュ(250mメッシュ、4 個)の情報を抽出し、情報がゼロの以上の場合はポリゴンを凡例に沿って色表示し、総数を拠点に割り当てた。

震度 5 以上の暴露人口は 1,233 人、避難者数は 31 名の推定結果であった。両者の数を比較すると人口の 2割の人が避難したことになり、今後避難者の実数との比較も興味ある情報である。



図一3 山北総合体育館周辺の暴露人口・避難者数合計と周辺分布

### 3.2 熊本地震

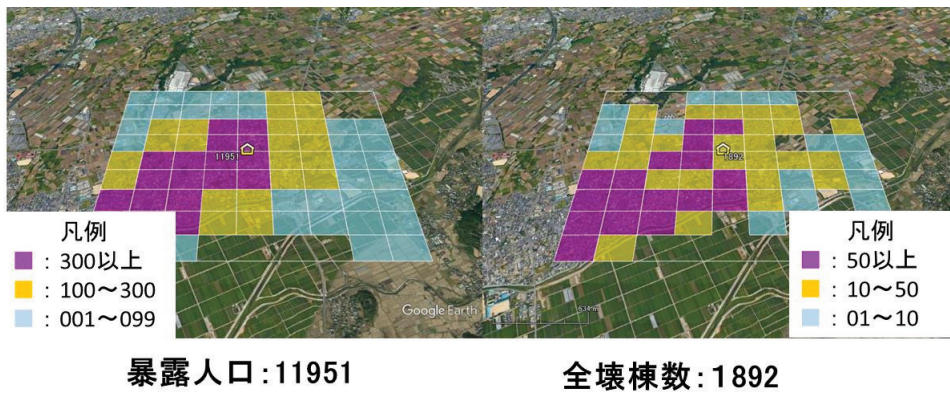
2016年4月16日に発生した熊本地震は、マグニチュード7.8、最大震度7の地震が発生した。この地震による人的被害は死者 273 名、負傷者 1,203 人、全壊棟数約8,600棟、家屋被害約16万棟、避難者約16万人と報告されている<sup>7)</sup>。

この地震では、断層を横切る益城町に被害が集中し、建物被害、暴露人口の推定情報が提供された。この情報を元に益城町役場を中心とし、左右 1km(250m メッシュ 4 個)、2×2km範囲の250メッシュ(81メッシュ)が震度5弱での昼間暴露人口者数、および全壊棟数の集計結果と周辺の250mの値を図一4に示す。

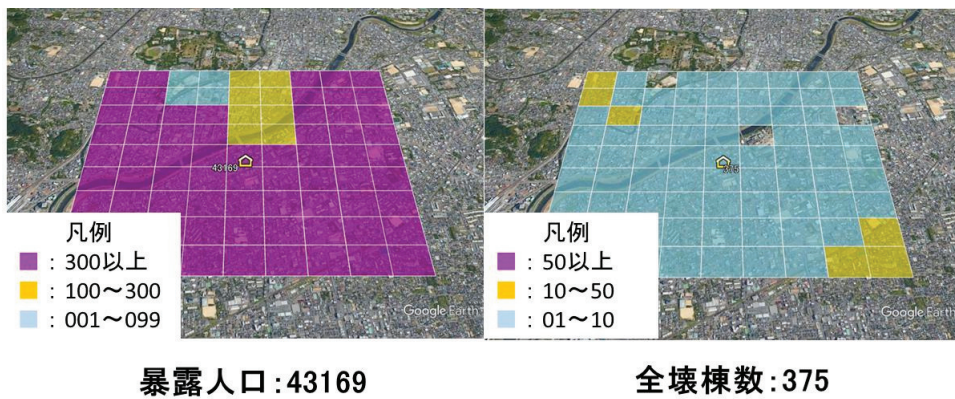
役場周辺の暴露人口の合計は11,951名、全壊棟数の合計は1,892棟である。実際益城町役場に避難した住民の数は、調査はしていないが、避難所として機能させるのが困難な状況が想定される。

図一4、5は益城町役場および災害拠点病院に指定されている熊本医療センター周辺の暴露人口と全壊棟数の結果を示す。これは、益城町役場および災害拠点病院の熊本医療センターを中心とし、周辺 250m メッシュの推定数を抽出しその結果を表示する kml ファイルをGoogleEarth で表示した図である。このファイルをメールに添付して担当者に送付し、このファイルを開く操作をすれば PC 画面に表示される。





図—4 益城町役場種変の暴露人口分布、全壊棟数分布



図—5 災害拠点病院周辺の暴露人口、全壊棟数推定数と集計数

### 3.3 大阪府北部地震

2018年6月18日に発生した大阪府北部地震は、マグニチュード6.1、最大震度6弱の地震が発生した。この地震による人的被害は死者4名、負傷者434名、全壊棟数8棟、半壊棟数87棟、一部損壊棟数27,096棟の被害が発生した。関西地域で発生した地震としては、阪神以来の規模であった。早朝の時間であったため、地震直後は国道、高速道路は点検のため通行止めとなり、大混乱が発生したが1日後には国道高速道路は被害による通行止めはなかった<sup>8)</sup>。

図—6は、災害拠点病院の三島医療センター周辺の暴露人口および全半壊棟数分布を示す。この周辺の250mメッシュ内には300人以上の暴露人口が存在しており、医療センターの2km周辺の人口を集計すると53,008人と推定された。また、周辺に全半壊棟数は1~10棟被害を受けたメッシュは、13メッシュである。

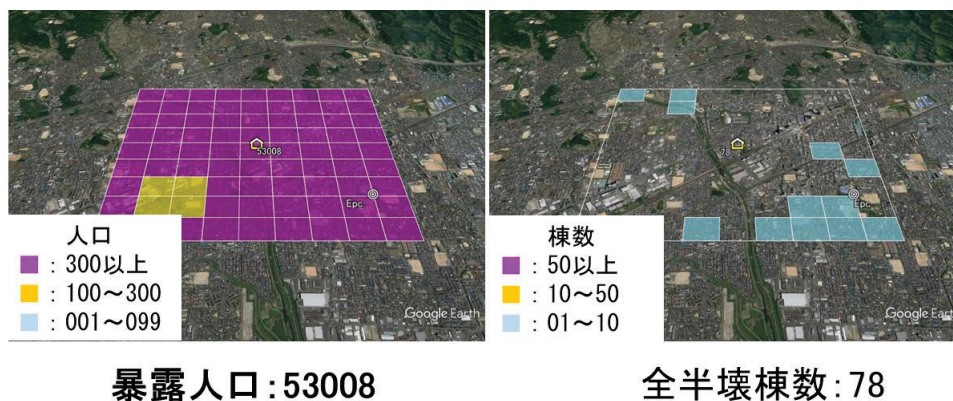


図-6 災害拠点病院三島医療センター近傍の暴露人口および全半壊棟数分布

### 3.4 胆振東部地震

2019年9月6日に発生した胆振東部地震は、マグニチュード6.7、最大震度7の地震が発生した。この地震による人的被害は、死者42人、重傷者31人、軽傷者731人、全壊棟数462、半壊棟数570、一部半壊12,600棟、北海道開発局の集計によれば、地震直後9月7日での最大避難者数は13,111人内札幌市7,257人であった。9月9日の厚真町の避難者数1,086人、むかわ町299人、安平町543人、札幌市309人であった。1月後の10月9日現在で厚真町262人、安平町82人、むかわ町65人であった<sup>9)</sup>。

図-7には、厚真町役場周辺の暴露人口、半壊棟数分布を示す。暴露人口の総数が1,715人で厚真町役場には暴露人口と同じ数の人は避難したことになる。一方、図-8のむかわ町では、暴露人口の約1割以下の避難数となっており、住民は自宅に待機したようである。半壊棟数を比較すると厚真町は推定値より実際が多く、むかわ町は推定値がやや多めの値となっている。

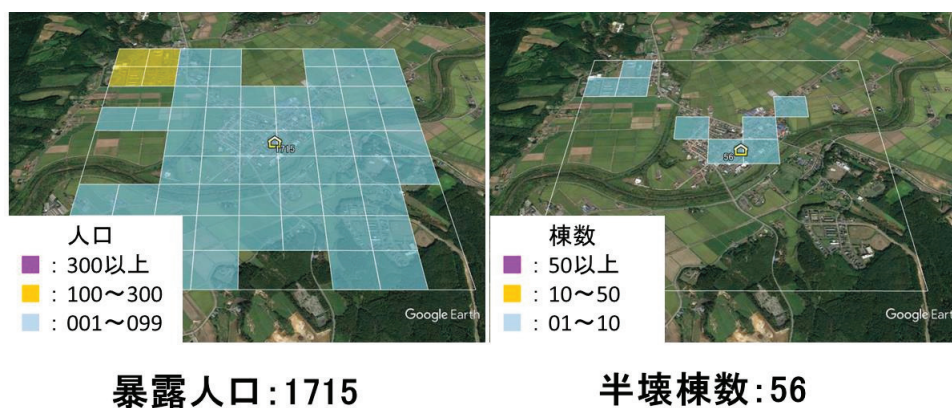
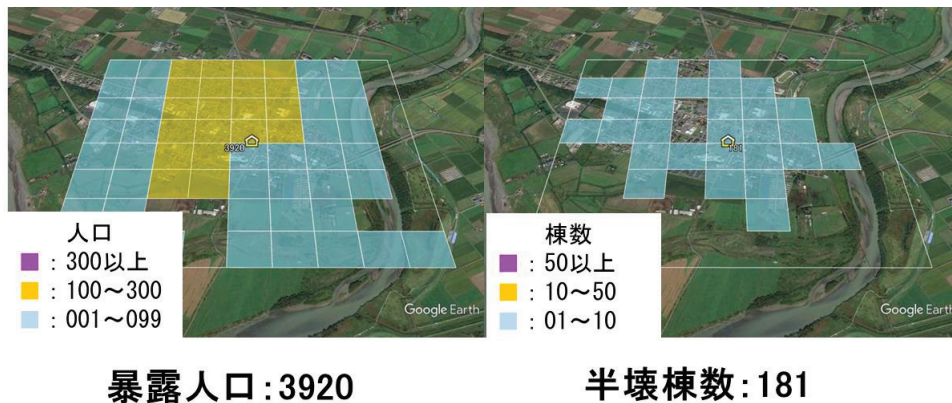


図-7 厚真町役場周辺の暴露人口および半壊棟数分布





図—8 むかわ町役場周辺の暴露人口および半壊棟数分布

#### 4. まとめ

本報は、「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」の「レジリエントな防災・減災機能の強化」における課題5において防災科研が開発した「リアルタイム被害推定システム」から提供される「リアルタイム地震被害推定情報」を民間企業等での利用を目的として平成28年度にハザード・リスク実験コンソーシアム(実験コンソーシアム)を立ち上げるとともに建物、交通物流、インフラ利用分野別のワーキングを形成し社会実装に向けた議論を深めた。

ここで議論された成果を元に、ユーザーのニーズを参考にして特定拠点の情報を提供できるツールを構築し、特定の拠点およびその周辺の強震動情報、建物被害情報、人的被害情報、および暴露人口情報を抽出し、その情報をメールで配信する処理ツールを構築した。

このツールで提供できる情報の事例を紹介した。今後はこの研究成果を広く社会に役立てていくためには、この情報の内容と特徴を広く認知させるとともに、多くの民間企業利活用事例などを紹介する活動がより重要になってくると考えている。

#### 参考文献

- 1) 中村洋光、藤原弘行、高橋郁夫、先名重樹、内藤昌平、東宏樹、功刀卓、青井真:全国を概観するリアルタイム地震被害推定・状況把握システムの開発、第15回日本地震工学シンポジウム、3423-3532、2018
- 2) 藤原弘行、中村洋光、高橋郁夫:リアルタイム地震被害推定・状況把握システムの開発の概要、第15回日本地震工学シンポジウム、2382-2291、2018
- 3) 高橋郁夫、藤原弘行、中村洋光:リアルタイム被害すいて情報の社会実装への取組、第15回日本地震工学シンポジウム、2292-2298、2018
- 4) 内閣府、山形県沖を震源とする地震に係る被害状況等について、令和元年6月19日
- 5) 国土交通省災害情報、山形県沖を震源とする地震について(第9報)、2019年6月25日
- 6) 朝日新聞デジタル、<https://www.asahi.com/articles/ASM6M2GMJM6MUTIL009.html>
- 7) 内閣府、平成28年(2016年)熊本県熊本地方を震源とする地震に係る被害状況等について、平成31年4月12日
- 8) 内閣府、大阪府北部を震源とする地震に係る被害状況等について、平成30年7月5日
- 9) 内閣府、平成30年北海道胆振東部地震に係る被害状況等について、平成31年1月28日