複数の地震における航空写真に基づいた建物被害教師データの構築とその特徴

防災科学技術研究所　社会防災　学生会員　○内藤昌平　正会員　藤原広行　非会員　中村洋光
筑波大学システム情報系　正会員　庄司　学
株式会社パスコ　正会員　下村博之　非会員　山田哲也　非会員　門馬直一

１．目的

災害発生直後に被害状況を迅速に把握する情報を提供することは，災害対応を支援し，復旧を迅速に進める上で重要である．これまで我々は，主に熊本地震直後に取得された航空写真を用いて画像解析や機械学習により建物被害状況を即時把握する手法を開発してきた[1) 2)]．本発表では，開発手法の検証を目的とし，異なる地震における画像を用いて建物の被災度を区分した教師データの構築，およびデータの特徴について述べる．

２．使用した航空写真および被害区分データ作成方法

目視判読に使用した航空写真について**表 1** に記す．これらは主に地震発生直後に固定翼航空機を用いて垂直方向から撮影された航空写真をオルソ処理した画像であり，撮影機材や解像度等の条件がそれぞれ異なる．ただし，大阪府北部地震については航空写真が得られていないため，衛星 Pleiades の画像を使用した．データ作成範囲は，兵庫県南部地震については神戸市東灘区および芦屋市の一部，熊本地震前震については益城町全域，熊本地震本震については益城町を中心とした被害集中域 4 市 5 町 2 村全域[1)]，東北地方太平洋沖地震については仙台市宮城野区，若林区，泉区，および多賀城市における内陸地域（津波浸水域を除く），大阪府北部地震については高槻市，茨木市，枚方市，摂津市，および寝屋川市の一部地域，北海道胆振東部地震については厚真町，むかわ町，安平町，千歳市，および由仁町の一部地域（地すべりによる被害は含まない）である．

各画像を用いて建物 1 棟毎に目視判読を行い，被災度を 4 段階（LEVEL1:無被害，LEVEL2:被害小，LEVEL3:被害中，LEVEL4:被害大）に区分するとともに，形状から木造，非木造に区分した．分類方法は既報[1)]と同一である．また，これらのデータを国土地理院の基盤地図情報（建築物）ポリゴンを用いて GIS データとして整理した（**表 2**）．ただし，大阪府北部地震については対象範囲内の建物数が多い反面，倒壊建物が極めて少なく，かつ画像取得時期が地震後 1 ヶ月以上経過していることから，ArcGIS™ の画像分類機能を用いて画像内のブルーシート領域を自動抽出し，ブルーシートに被覆されていない建物を LEVEL1，ブルーシート面積割合が 50%未満の建物を LEVEL2，50%以上の建物を LEVEL3 とみなし被害区分を算出した．

３．地震動と被害との関係

各地震における観測記録を用いて，リアルタイム被害推定システム[3)]により全国版 250m メッシュ地盤増幅率を用いて IDW 法に基づく空間補間を行い，250m メッシュ毎の推定計測震度および推定 PGV を算出した．ただし，兵庫県南部地震についてはシンプルクリギング法による補間に基づく推定地震動データ[4)]を使用した．続いて，目視判読に基づく被害区分データを用いて 250m メッシュ毎に被災度別の建物棟数を集計し，それぞれの地震における計測震度と被害率との関係および PGV と被害率との関係を算出し，それぞれ標準正規分布，対数正規分布を用いてモデル化した被害率曲線を作成した（**図 1**）．ここで対象とした建物は木造家屋であり，250m メッシュ内に建物数が 10 棟以上存在するメッシュのみ使用している．ただし，兵庫県南部地震については対象範囲における地震動強さがほぼ均一である為，被害率曲線の作成は行っていない．また，大阪府北部地震については木造，非木造の区別を行っていない．なお，熊本地震においては 2 時期の航空写真の比較から建物の建築年代を旧（1978 年以前），新（1979 年以降）に分けてプロットしている．

４．結果に対する考察および今後の課題

複数の地震における航空写真を用いて建物の被災度を 4 区分し，地震動と被害との関係をモデル化した．結

キーワード　リモートセンシング，航空写真，状況把握，被害推定
連絡先　〒305-0006　茨城県つくば市天王台 3-1 防災科学技術研究所　Tel:029-863-7612　Mail:naito@bosai.go.jp

© Japan Society of Civil Engineers

果，熊本地震および兵庫県南部地震におけるLEVEL4被害率が突出していること，東北地方太平洋沖地震ではLEVEL4被害率は少ないがLEVEL3被害率が震度6弱以下の地震動において比較的高くなっていることが分かった．また，大阪府北部地震および北海道胆振東部地震に関しては震度6弱以下では東北地方太平洋沖地震に比べてLEVEL3以上の被害率が少なく，胆振東部地震では震度6強以上でLEVEL4被害が少数ながら確認された．ただし，使用した画像の範囲に応じて地震動分布に偏りがあるほか，上空からの観察において主な判断基準となる屋根の種類が，西日本では瓦屋根が多いのに対し北海道で殆ど瓦屋根の建物が存在しないこと等，建物の地域性による判読精度への影響が考えられるため，現地調査結果との比較等，さらなる検証が必要である．

表1　目視判読に使用した画像

	撮影年	地震発生日付	撮影日付	撮影機関	撮影機材	解像度
兵庫県南部地震	1995	1 月 17 日	1 月 17 日	中日本航空(株)	アナログ	約 4cm
東北地方太平洋沖地震	2011	3 月 11 日	3 月～4 月	(株)パスコ	エリアセンサ	20cm
熊本地震（前震）	2016	4 月 14 日	4 月 15 日	(株)パスコ	ラインセンサ	20cm
熊本地震（本震）	2016	4 月 16 日	4 月 19 日	(株)パスコ	ラインセンサ	20cm
大阪府北部地震	2018	6 月 18 日	8 月 4 日	CNES(仏)	高解像度衛星	50cm
北海道胆振東部地震	2018	9 月 6 日	9 月 11 日	(株)パスコ	エリアセンサ	20cm

表2　各画像を用いて区分した被害区分別の建物数（比率(%)）

	LEVEL1	LEVEL2	LEVEL3	LEVEL4	合計
兵庫県南部地震	1,736 (55.9%)	513 (16.5%)	362 (11.7%)	492 (15.9%)	3,103
東北地方太平洋沖地震	46,744 (86.5%)	5,353 (9.9%)	1,866 (3.5%)	47 (0.1%)	54,010
熊本地震（前震）	11,733 (76.4%)	2,861 (18.6%)	533 (3.5%)	225 (1.5%)	15,352
熊本地震（本震）	240,316 (75.1%)	68,699 (21.5%)	9,057 (2.8%)	2,090 (0.7%)	320,162
大阪府北部地震	212,551 (96.5%)	6,653 (3.0%)	1,094 (0.5%)	0 (0%)	220,298
北海道胆振東部地震	3,146 (97.3%)	51 (1.6%)	13 (0.4%)	20 (0.6%)	3,230

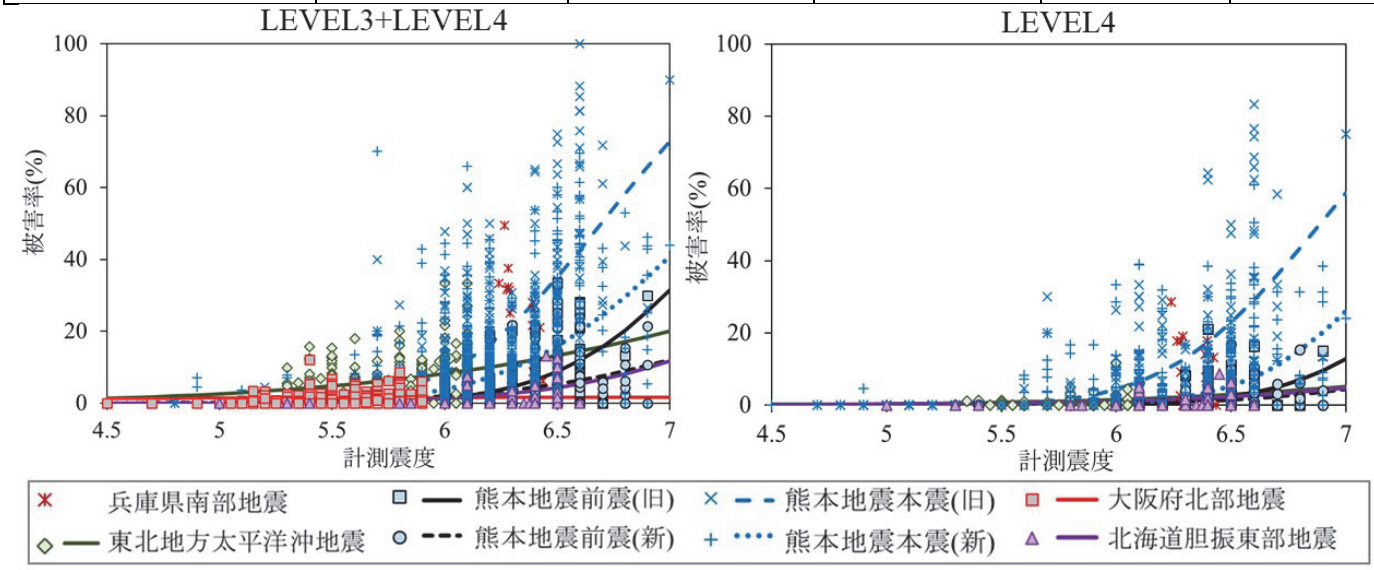

図1　各地震における250mメッシュ毎の建物被害率と計測震度との関係

謝辞

本研究の一部は総合科学技術・イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム)「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法人：JST）によって実施された．

参考文献

1) 内藤昌平，門馬直一，中村洋光，藤原広行，下村博之，山田哲也：航空写真目視判読にもとづく 2016 年熊本地震による建物被害調査，土木学会論文集 A1，Vol.74，No.4，I_464-I_480，2018 .
2) 内藤昌平，門馬直一，山田哲也，下村博之，望月貫一郎，本田禎人，中村洋光，藤原広行，庄司学：熊本地震における航空写真を用いた画像解析手法による建物被害抽出，第 38 回地震工学研究発表会,2018.
3) 中村洋光，藤原広行，髙橋郁夫，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（CD-ROM），PS2-02-47，2018.
4) 庄司学, 寺嶋黎, 永田茂: 下水道埋設管路の地震被害率曲線の構築, 土木学会論文集 A1, Vol.70, No.4, I_921-I_946, 2014.

© Japan Society of Civil Engineers