2011年東北地方太平洋沖地震津波における直下視・斜め視空中写真による家屋被害の検討

東北大学大学院　学生会員　○郷右近　英臣
東北大学大学院　正 会 員　　越村　俊一

1. 序論

2011年3月11日，東北地方太平洋沖でM9.0の大地震が発生した．本地震に伴い発生した津波は東北地方を中心する日本の太平洋沿岸全域を襲い，死者・行方不明者は19,486人に及んだ（警察庁, 2011）．このような広域かつ甚大な被害に対し，緊急救援活動や復旧・復興支援を効率的に展開するには，被災地全域において，実被害の空間分布を迅速かつ定量的に開示する必要がある．

以上の課題に対し，巨視的に被害を把握できるリモートセンシング技術は大きな力を発揮する．最近の衛星写真や航空写真は，空間分解能が数10 cmと非常に高く，家屋一棟毎の被害までも詳細に分析できる．その一方，撮影角や分解能等のような制約条件により，リモートセンシングにより得られる情報には限界がある．リモートセンシングにより得られた情報を，災害救援活動等に実地適用するには，あらかじめそれらの限界を明らかにしておく必要があり，また，人的被害のような，衛星・航空写真では捉えられない情報と，流失家屋被害のように衛星・航空写真により捕捉可能な情報との関係も明らかにする必要がある．

そこで本研究では，航空写真を用いて，目視による流失家屋の被害判読を実施し，人的被害や家屋側面部の被害のような，直上からは判読できない地表の実被害との関係性について検討を行うことを目的とする．

2. 本研究の手順

最初に，被災直後に撮影された国土地理院の航空写真を使用し(国土地理院, 2011)，宮城県津波浸水域（株式会社パスコ, 2011)において，流失家屋の目視判読を行う．津波被災前の家屋位置は，2009年度版のゼンリン電子地図と，国土地理院のWebGISにて公開されている被災前の航空写真により，判定した．そして，以上の判読により得られた流失家屋棟数と人的被害を比較することにより，宮城県内の各行政区毎に，家屋一棟当たりの死者・行方不明者数を推計した．さらに，宮城県若林区では，国土地理院によるヘリコプターからの斜め視空中写真を用いることにより，家屋被害をさらに細かく分類した．

3. 結果と検証

(1) 流失家屋数と人的被害との比較

航空写真の目視判読による家屋被害判読の結果，宮城県浸水域内家屋162,015棟のうち，51,073棟の流失が確認された．次に，流失家屋棟数と人的被害との関係性を，各行政区毎に推計・プロットし(**図–1**)，首藤(1987)による1896年明治三陸地震津波と1933年昭和三陸地震津波における調査結果との比較も行った．各イベント毎に近似曲線を引くと，明治三陸地震津波では流失家屋一棟あたり4.2人 (R^2 = 0.79)，昭和三陸地震津波では1.03人 (R^2 = 0.47)が死亡したのに対し，本震災では流失家屋一棟当たり0.25人 (R^2 = 0.88)死亡という結果が得られた．首藤(1987)によると，明治三陸地震津波のときは，先行する地震が小さくほとんど避難する人がいなかったことや，旧暦端午の節句で津波来襲時に在宅者が多かったため，死亡率が上昇したとのことであるが，本震災では，それらと比較的して，津波の規模の割に，かなり低い死亡率に抑えられたということがわかった．また，近似曲線の相関係数も高く，全体として，避難行動の遅速や成否が表れていると考えられる．

(2) 斜め空中写真による家屋被害の検討

ここまでの分析は，直上から実施したものであり，家屋側面部の被害を考慮できていない．そこで，宮城県若林区の浸水域内建物5072棟を対象として，斜め視空中写真による被害判読を実施し，**表–1**の分類基準に基づき，家屋被害を5段階に分類した(**表–2**，**図–2**)．さらに，家屋の構造により，「木造」，「鉄骨造」，「RC」，「その他」の4種類への分類を実施した．その結果，浸水域内建物5072棟のうち，直下視の判読では残存と判定された建物のうち，軽微な損傷を含む何らかの外傷を受けた建物(Major, Moderate, Slight)は478棟，そのうち構造に被害が達した建物は99棟に及んだことがわかった．つまり，若林区では，航空写真より判読できた流失家屋2270棟よりも，実

リモートセンシング，家屋被害，東北地方太平洋沖地震津波
仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-11-1106，TEL: 022-795-7515，FAX: 022-795-7514

表-1　斜め空中写真による家屋被害分類基準

分類項目	判読基準
Washed away	直下視航空写真判読で，流失と判定した建物
Major	建物の柱や梁のような構造体に被害あり
Moderate	構造体は残存しているが，壁の大部分が破壊
Slight	構造体は残存しているが，壁の一部が破壊
Flooded	浸水は認められるが，構造や壁等に被害なし

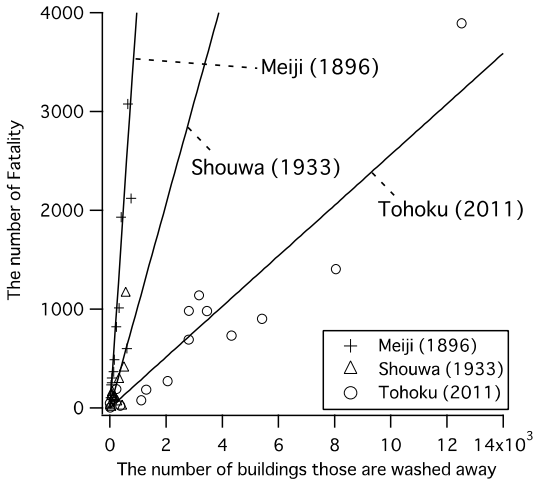

図-1　流失家屋数と人的被害との関係

際には20%多くの家屋が何らかの外傷を受けており，一方で，構造に被害が及んだ建物(Major)は，流失家屋棟数に対し4.4%程度と，それほど多くないことがわかった．また，越村ら（2010）が，2009年サモア地震津波で家屋の悉皆調査を実施した際，流失家屋棟数に対し，何らかの外傷を受けた建物は25.7%，構造に被害が及んだ建物の割合は11.4%と判定しており，以上の二つの事例からは，流失家屋棟数よりも20%〜25%程度多くの家屋が損傷しているということがわかった．一方，構造に被害が及ぶような，甚大な被害を受けた構造物は，流失家屋棟数に対し，およそ4〜11%程度と，それほど多くはない．これは，建物の構造に被害が及んだ時点で，津波に耐えきれずに流失する可能性が高いという事を，示していると考えられる．

4. 結論

本研究では，2011年東北地方太平洋沖地震津波の事例を通して，流失家屋の被害判読を実施した．そして，人的被害や家屋側面部の詳細な被害状況との比較・検討を行った．その結果，本震災では，流失家屋一棟あたり，およそ0.25人が死亡したことがわかった．これは，1896年の明治三陸地震津波の4.2人や，1933年の昭和三陸地震津波の1.03人と比較して，津波の規模の割に，非常に小さな数値である．また，本震災では，流失家屋棟数と人的

表-2　斜め空中写真による家屋被害判読結果

	木造	鉄骨造	RC	その他	不明	総合
Washed away	0	0	0	0	2270	2270
Major	84	11	4	0	0	99
Moderate	222	29	12	0	1	7
Slight	305	47	12	1	7	372
Flooded	1581	333	37	39	13	2003
Unknown	0	0	0	0	64	64
総合	2192	420	65	40	2355	5072

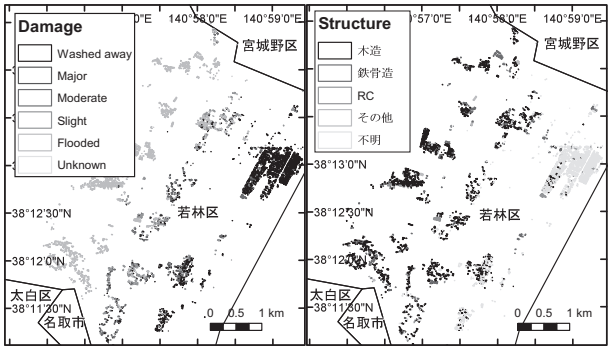

図-2　斜め空中写真による家屋被害判読結果と構造分類

被害の関係をプロットした，図–1における近似曲線の相関係数も0.88と非常に高く，避難行動の遅速や成否が表れていると考えられる．

また，若林区において，斜め空中写真による家屋側面部の被害判読を実施し，家屋被害を5段階に分類した．本結果と越村ら(2010)の二つの結果をまとめると，直下視では残存と判定された建物のうち，流失家屋棟数に対し20%〜25%程度の建物が何らかの外傷を受け，さらに構造に被害が及んだ建物は，およそ4〜11 %程度にのぼることがわかった．

参　考　文　献

株式会社パスコ (2011)：平成23年(2011年)東日本大震災に関する情報, http://www.pasco.co.jp/disaster_info/110311/

警察庁 (2011)：被害状況と警察措置, http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/index.htm

国土地理院 (2011)：平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震正射画像データ(オルソ画像), http://saigai.gsi.go.jp/h23taiheiyo-zort/index.html

越村俊一，郷右近英臣，行谷佑一，西村裕一，中村有吾，Gerard Fryer，Akapo Akapo，Laura Kong(2010)：数値解析・GIS分析・衛星画像解析の統合による津波被災地探索技術　－2009年サモア諸島沖地震津波災害における実践と検証－，土木学会論文集B2（海岸工学論文集, 第57巻）, Vol. 66, No.1, pp.1361-1365, 2010.

首藤伸夫(1987)：津波災害の変遷，東北大学工学部津波防災実験所研究報告