

2012年つくば市竜巻の現地調査と航空写真による建物被害判読

09T0222H 鈴木 賢太郎
指導教員：山崎 文雄

1. 研究の背景と目的

航空機リモートセンシングには対象地域を素早く撮影できる機動性・即時性や、衛星画像に比べて高解像度の画像を得られ、高い雲があってもその下を飛べるという利点がある。そのため地震や洪水などの被害把握に多く用いられている。一方、日本では大規模な竜巻が起きた例が少ないため、竜巻災害に対する航空機リモートセンシングの利用例は少ない。しかし、竜巻は建物の屋根に被害が表れやすいため¹⁾、直下視の航空写真で建物被害の詳細な判読が可能であると考えられる。

そこで本研究では、2012年つくば市竜巻の被災地を撮影した航空写真を用いて建物被害の目視判読を行った。また、目視判読結果を現地調査結果と比較することで竜巻災害に対する航空機リモートセンシングの有効性を検討した。

2. つくば市竜巻と使用する航空写真

2012年5月6日昼過ぎ、茨城県常総市からつくば市にかけて竜巻が発生し、死者を含む甚大な被害を発生させた。気象庁により竜巻の強さを表す Fujita スケールは F3 と推定され、被害範囲や建物被害数も含めて国内最大規模の竜巻災害となった。

本研究では国土地理院が竜巻翌日の5月7日に撮影した解像度 0.20m/pixel の航空写真を用いて建物の被害判読を行った。対象地は竜巻による被害が多くに多かったつくば市北条地区に設定した。図-1は北条地区の主な建物被害について航空写真と現地で撮影した地上写真を比較したものである。Aは屋根が吹き飛ばされた木造建物であるが、このように屋根が大きな被害を受けた場合、航空写真から詳細に被害が把握できる。一方、Bは竜巻が直撃した集合住宅であり、建物側面の窓ガラスが割れ、ベランダの手すりやサッシが損壊するなど大きな被害が出た。しかし、垂直航空写真ではこうした建物側面の被害を把握することはできない。このことから、垂直航空写真では屋根に被害が表れにくい非木造建物の被害を過小評価してしまうことが考えられる。

3. 目視による建物被害判読

被害判読の手順として、まず北条地区の建物輪郭を現地調査結果がある e コミマップ²⁾の住宅地図から作成した。次に、被害判定のレベルを表-1に示す

ように屋根の損壊面積割合を基準に設定して、建物1棟単位で目視による建物被害判読を行った。またこの際、事前写真として Google Earth を用いた。

図-2は目視被害判読結果と航空写真から大まかに推定した竜巻経路を重ね合わせた図である。図-2から竜巻の経路に沿って、被害建物が分布していることが確認できる。また竜巻から距離が近いほど被害が大きい様子が分かる。



図-1 現地写真（左）と航空写真（右）の比較

表-1 本研究で用いた航空写真による被害判定基準

判定	全壊	大規模半壊	半壊	一部損壊
R(%)	$R \geq 70$	$70 > R \geq 50$	$50 > R \geq 20$	$50 > R \geq 20$
凡例				

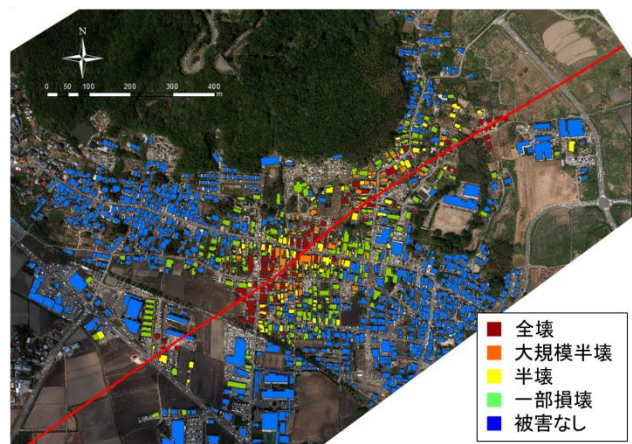


図-2 航空写真の目視判読結果と推定した竜巻経路

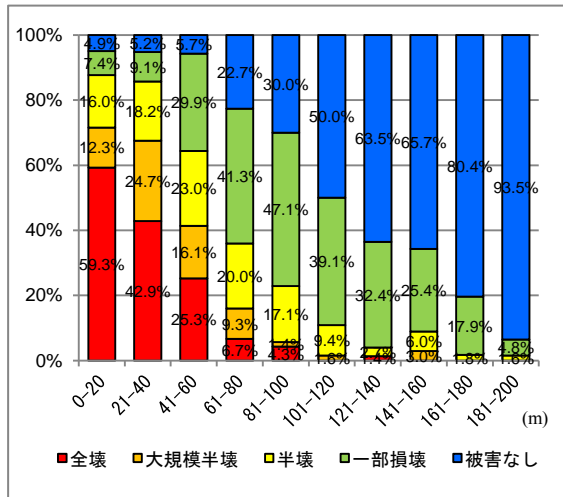


図-3 竜巻中心経路から 20m 間隔の建物被害割合

4. 竜巻の経路と被害分布の関係

建物の被害の分布をより詳しく調べるため、図-2の竜巻の中心経路から 20m ずつ 200m まで平行線を引き、各距離範囲の建物被害率を算出した (図-3)。

図-3 より、竜巻から 40m 以内の区間では屋根が大破した全壊と大規模半壊が 60%以上を占めることから、建物に竜巻による上向きの力が強く働いたと考えられる。一方、竜巻から 100m 以上離れると屋根に被害が見られない建物が半数以上を占め、被害も一部損壊など軽微なものになることから、竜巻の風力による直接的な被害よりも飛来物による損傷など付随的な被害が多くなったと考えられる。

5. 現地調査結果との比較

航空写真の目視判読精度を検証するため、竜巻から 200m 以内の建物を対象につくば市による罹災判定結果との比較するため、木造建物と非木造建物に分けてエラーマトリクスを作成した。表-2 から、木造建物については全壊建物に対してプロデューサー精度とユーザー精度ともに 70%以上と高い値であり、全体として被害を過大評価した建物も過小評価した建物も同程度見られた。一方、非木造建物ではどの被害レベルに対してもプロデューサー精度が低く、全体的に被害を過小評価する傾向が見られた。

そこで、建物の上面だけでなく側面の被害状況を考慮することで罹災判定結果に近づくか調べるため、航空写真による目視判読結果とつくば市消防本部による地上からの外観目視判読結果を比較し、被害判定の大きいものを総合目視判読結果として罹災判定との比較を行った (表-3)。その結果、木造建物においてはプロデューサー精度がわずかに上がった以外に目立った変化は見られなかった。しかし、非木造建物においては全体的に被害の過小評価が減少し、プロデューサー精度が大幅に上昇した。

表-2 罹災判定と航空写真判読結果の比較

		木造建物 建物数: 527 棟				
罹災判定 \ 航空写真	全壊	大規模半壊 + 半壊	一部損壊	被害なし	User's Accuracy	
	全壊	67	13	4	0	79.8%
大規模半壊+半壊	21	50	15	11	51.5%	
一部損壊	4	40	51	42	37.2%	
被害なし	0	8	52	149	71.3%	
Producer's Accuracy	72.8%	45.0%	41.8%	73.8%	Overall Accuracy 60.4%	

		非木造建物 建物数: 85 棟				
罹災判定 \ 航空写真	全壊	大規模半壊 + 半壊	一部損壊	被害なし	User's Accuracy	
	全壊	1	1	0	0	50.0%
大規模半壊+半壊	4	2	2	3	18.2%	
一部損壊	0	5	7	3	46.7%	
被害なし	1	3	12	41	71.9%	
Producer's Accuracy	16.7%	18.2%	33.3%	87.2%	Overall Accuracy 60.0%	

表-3 罹災判定と総合目視判読結果の比較

		木造建物 建物数: 527 棟				
罹災判定 \ 総合目視	全壊	大規模半壊 + 半壊	一部損壊	被害なし	User's Accuracy	
	全壊	77	24	4	0	73.3%
大規模半壊+半壊	14	58	25	11	53.7%	
一部損壊	1	29	82	67	45.8%	
被害なし	0	0	11	124	91.9%	
Producer's Accuracy	83.7%	52.3%	67.2%	61.4%	Overall Accuracy 64.7%	

		非木造建物 建物数: 85 棟				
罹災判定 \ 総合目視	全壊	大規模半壊 + 半壊	一部損壊	被害なし	User's Accuracy	
	全壊	3	2	3	0	37.5%
大規模半壊+半壊	3	6	3	3	40.0%	
一部損壊	0	2	14	23	35.9%	
被害なし	0	1	1	21	91.3%	
Producer's Accuracy	50.0%	54.5%	66.7%	44.7%	Overall Accuracy 51.8%	

6. まとめ

本研究では、2012年5月のつくば市竜巻について航空写真を用いた建物被害の目視判読を行った。

目視判読結果による被害の分布を調べた結果、竜巻に近いほど屋根の被害が大きいことが確認できた。航空写真の目視判読結果を市の罹災判定結果と比較すると、非木造建物の被害を過小評価する傾向が見られたが、木造建物の被害の大きい建物を高い精度の判読できることが確認できた。また、上空と地上の両視点からの目視判読結果を組み合わせることで、多くの建物に対して罹災判定に近い結果が得られることを確認できた。

今後は、海外の事例を含む他の竜巻災害においても、同様の被害判読を行うとともに、画像解析による被害自動抽出も行っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 喜々津仁密：竜巻による建築物の被害形態について、独立行政法人建築研究所
- 2) 防災科学技術研究所：e コミュニティ・プラットフォーム公式サイト、<http://ecom-plat.jp>