

# 航空写真を用いた2012年つくば市竜巻の建物被害判読

## Detection of Building Damage due to the 2012 Tsukuba Tornado Using Aerial Photograph

○鈴木 賢太郎<sup>1</sup>, 山崎 文雄<sup>1</sup>

Kentaro SUZUKI<sup>1</sup> and Fumio YAMAZAKI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>千葉大学大学院 工学研究科 建築・都市科学専攻  
Department of Urban Environment Systems, Chiba University

When a disaster occurs, it is important to grasp damage at an early stage for quick disaster response. Aerial remote sensing can observe stricken areas quickly and detect detailed building damage distribution by strong wind such as a tornado. In this study, building damage by the 2012 Tsukuba tornado was inspected from aerial photographs. Damage inspection result from the aerial photographs was compared with the damage inspection result by the local government in order to verify the accuracy of our interpretation considering the structural type.

**Keywords :** Tornado, Building Damage, Aerial Photograph, Damage Inspection, GIS

### 1. はじめに

災害発生時には、災害対応を迅速に行うために早期に被害を把握することが重要である。災害の早期把握手法としては、航空写真や衛星画像によるリモートセンシングが挙げられる。とくに、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。また、竜巻などの風害は、建物の屋根に被害が表れやすいため<sup>1)</sup>、直下視の航空写真で屋根の被害を判読することで罹災判定に近い判読を行える可能性がある。

そこで本研究では、2012年つくば市竜巻による建物被害を事例として、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、目視判読結果を罹災判定結果と比較することで、直下視の写真判読だけでどれだけ罹災判定に近い判読ができるかを明らかにし、竜巻などの風害による建物被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。さらに、建物構造種別による被害判読結果の相違についても検討した。

### 2. つくば市竜巻と使用する航空写真

茨城県つくば市における竜巻は2012年5月6日昼頃発生し、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、建物被害の目視判読を行った。対象地は竜巻による被害がとくに多かったつくば市北条地区に設定した。





### 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罹災判定データがあるeコママップ<sup>2)</sup>の住宅地図から作成した。次に、本研究に用いる被害判定の指標を、罹災判定に用いられる内閣府の「災害に係る住家の被害認定基準運用指針」<sup>3)</sup>や地震災害において建物被害の目視判読

の指標としてよく用いられるEMS-98を参考にして、表-1に示すような屋根の損壊面積割合:Rを基準として設定した。そして、この基準を目安に航空写真から建物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-1は北条地区の建物の目視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ものである。これより竜巻経路に沿って被害建物が分布している様子が確認できる。また竜巻から距離が近いほど建物が受ける風力が大きいため、被害が増加する傾向が確認できる。

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   |  |  |  |  |

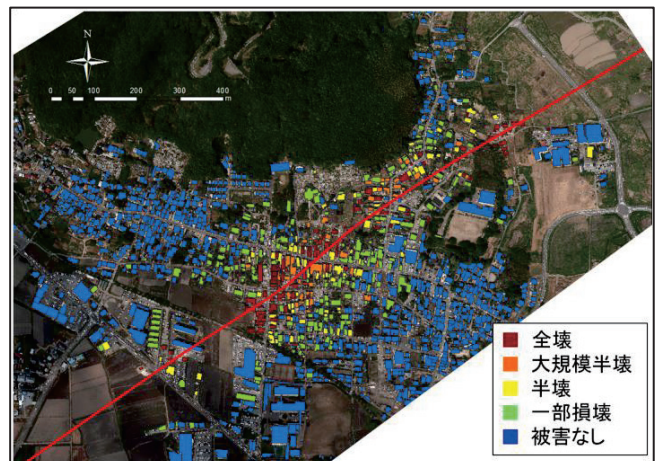


図-1 航空写真による目視判読結果と推定した竜巻経路

表-2 罹災判定と航空写真判読の比較

|             |       | 建物数: 612 棟 |       |       |      |       |
|-------------|-------|------------|-------|-------|------|-------|
| 罹災判定 \ 航空写真 | 全壊    | 大規模半壊+半壊   | 一部損壊  | 被害無   | 合計   | ユーザ精度 |
| 全壊          | 68    | 14         | 4     | 0     | 86   | 79.1% |
| 大規模半壊+半壊    | 25    | 52         | 17    | 14    | 108  | 48.1% |
| 一部損壊        | 4     | 45         | 58    | 45    | 152  | 38.2% |
| 被害無         | 1     | 11         | 64    | 190   | 266  | 71.4% |
| 合計          | 98    | 122        | 143   | 249   | 612  |       |
| プロデューサ精度    | 69.4% | 42.6%      | 40.6% | 76.3% | 全体精度 | 60.1% |



図-2 現地写真(左)と航空写真(右)の比較

A 航空写真判読: 全壊 罹災判定: 全壊

B 航空写真判読: 被害なし 罹災判定: 半壊

#### 4. 現地調査結果との比較

航空写真による目視判読精度を検証するため、屋根に被害を受けた建物の割合が多い竜巻から 200m 以内に含まれる建物を対象に、つくば市による罹災判定結果との比較を行った。判読精度評価は表-2 のようにエラーマトリクスで表した。行列の縦方向で算出した精度がプロデューサ精度で、地上調査から見て実際の被害の何%が正しく判読されたかを示す。一方、横方向で算出したものがユーザ精度で、行った判読の何%が正しい判読であったかの信頼度を表す。また、大規模半壊と半壊は、目視判読結果、罹災判定結果ともに母数が少ないため大規模半壊と半壊は同区分とした。

表-2 からプロデューサ精度、ユーザ精度ともに全壊においては判読精度が高く、小さい被害区分においては判読精度が下がることが確認できる。また、小さい被害区分においては、プロデューサ精度とユーザ精度の差はあまりないが、全壊の区分では、プロデューサ精度がユーザ精度に比べて 10%ほど低いことが確認できる。この原因として、図-2 の A の建物のように竜巻により屋根に甚大な被害を受けた場合、建物全体においても罹災判定で全壊と判定されるほどの大きな被害を受けた建物が多かったが、B の建物のように建物側面に甚大な被害を受けたが航空写真では被害が確認できない建物も存在したことが考えられる。

そこで、A の建物のように屋根に被害を受けやすい木造戸建て住宅と、B の建物のような集合住宅や倉庫、学校などの非木造建物に分けてエラーマトリクスを作成した(表-3, 4)。

表-3 木造戸建て住宅における罹災判定と航空写真判読結果の比較

|             |       | 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  | 被害無   | 合計   | ユーザ精度 |
| 全壊          | 67    | 13         | 4     | 0     | 84   | 79.8% |
| 大規模半壊+半壊    | 21    | 50         | 15    | 11    | 97   | 51.5% |
| 一部損壊        | 4     | 40         | 51    | 42    | 137  | 37.2% |
| 被害無         | 0     | 8          | 52    | 149   | 209  | 71.3% |
| プロデューサ精度    | 72.8% | 45.0%      | 41.8% | 73.8% | 全体精度 | 60.4% |

表-4 非木造建物における罹災判定と航空写真判読結果の比較

|             |       | 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  | 被害無   | 合計   | ユーザ精度 |
| 全壊          | 1     | 1         | 0     | 0     | 2    | 50.0% |
| 大規模半壊+半壊    | 4     | 2         | 2     | 3     | 11   | 18.2% |
| 一部損壊        | 0     | 5         | 7     | 3     | 15   | 46.7% |
| 被害無         | 1     | 3         | 12    | 41    | 67   | 71.9% |
| プロデューサ精度    | 16.7% | 18.2%     | 33.3% | 87.2% | 全体精度 | 60.0% |

表-3 から、木造戸建て住宅については全壊の区分ではプロデューサ精度とユーザ精度ともに 70%以上と高い値であり、両精度の差も 7%と小さくなった。さらに表-2 と比べて大規模半壊+半壊の区分のプロデューサ精度とユーザ精度、一部損壊のプロデューサ精度が改善された。また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、表-4 から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精度が低く、とくに罹災判定で全壊の建物の被害を判読できなかった例があるなど、全体的に被害を過小評価する傾向が見られた。

#### 5. まとめ

本研究では、航空写真を用いて 2012 年 5 月のつくば市竜巻による建物被害の目視判読を行い、建物構造種別ごとに罹災判定と比較した。竜巻の被害の目視判読では、竜巻の経路に沿って被害建物が分布していることや、竜巻から距離が近いほど被害が大きくなる傾向が確認できた。罹災判定との比較では、木造戸建て住宅において、プロデューサ精度、ユーザ精度ともに全壊においては判読精度が高く、小さい被害区分においては判読精度が下がることが確認できた。一方、集合住宅や倉庫、学校などの非木造建物は、どの被害レベルに対してもプロデューサ精度がきわめて低く、全体的に被害を過小評価する傾向が見られた。

以上の結果から、竜巻などの風害においては、屋根に被害が表れやすい木造戸建て住宅の被害把握に航空写真による目視判読が有効であると考えられる。

#### 参考文献

- 喜々津仁密: 竜巻による建築物の被害形態について, [http://www.mrijima.go.jp/Topics/Kouenkai201206/120630\\_Tsuku-ba-tornado-kikitsu.pdf](http://www.mrijima.go.jp/Topics/Kouenkai201206/120630_Tsuku-ba-tornado-kikitsu.pdf)
- 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>
- 内閣府: 災害に係る住家の被害認定基準運用指針, <http://www.bousai.go.jp/hou/pdf/shishinall.pdf>