

ドローン画像でハリケーンの風害を「見える化」 —ブルーシートの面積から建築基準の効果を実証—

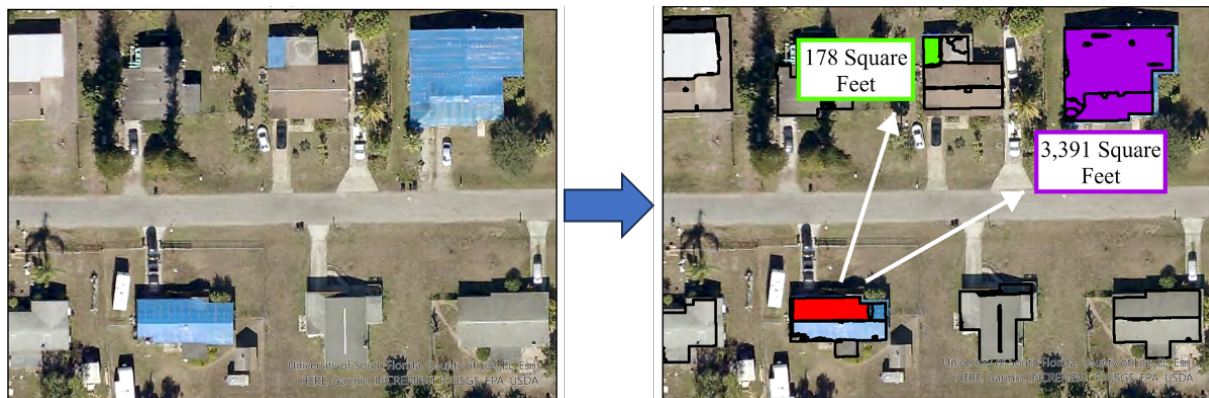
概要

神戸大学大学院経済学研究科の David Wolf（デイビッド・ウルフ）准教授と京都大学大学院地球環境学堂／大学院経済学研究科（併任）の竹内憲司教授の研究グループは、ハリケーン被災後に撮影された高解像度のドローン・衛星画像をオブジェクトベース画像解析（OBIA）で解析し、損傷した屋根を応急的に覆う「ブルーシート」の分布とその面積から、住宅の風害の有無と深刻度を広い地域にわたって特定する新しい手法を開発しました。

この手法を、2017年に米国フロリダ州を襲ったハリケーン・イルマに適用し、2001年に大幅に強化された「フロリダ州建築基準（2001 FBC）」が住宅の風害をどれだけ減らしたのかを検証しました。その結果、新基準に準拠して建てられた住宅は、風害を受ける確率が約 22% 低く、被害が生じた場合でもその深刻度が約 27% 抑えられていることが分かりました。

さらに、補修されないまま売却された被災住宅は、被害を受けていない住宅に比べて価格が 13.3%（約 29,400 ドル）低く、売却そのものも難しくなっていました。本研究は、建築基準の強化が風害の軽減と気候変動への適応に有効な政策手段であることを、大規模なデータに基づいて実証したものです。

本研究成果は、米国経済学会が発行する国際学術誌 *American Economic Journal: Economic Policy* の 2026 年 8 月号（Vol. 18, No. 3）に掲載されました。



図：画像解析のイメージ。ドローン画像から色と形を領域分割によって解析し、ブルーシートであると判断された領域の RGB 情報を用いて、画像全体に渡る被害予測を行う。©神戸大学/David Wolf

1. 背景

米国では、ハリケーン・カトリナ、ハーヴェイ、イアンのように、それぞれ1,000億ドルを超える被害をもたらす大型ハリケーンが常態化しつつあります。気候変動はハリケーンをより頻繁・強力にし、被害を深刻化させています。

ハリケーンは「水（高潮・洪水）」と「風」の両方で住宅に被害を与えます。たとえばハリケーン・イアンの保険金請求では、56%が風害、44%が洪水によるものでした。しかし、これまでの経済学研究の多くは洪水被害に集中してきました。これは、洪水が標高データや水理モデルで被害範囲を予測しやすいのに対し、風害は「どこで、どの程度」発生したのかを広域で特定することが極めて難しかったためです。

一方、風害には堤防やダムのような地域全体を守る大規模インフラが存在せず、対策の責任はほぼ住宅所有者に委ねられています。屋根の補強などの費用は数千ドルに及ぶため、フロリダ州は2001年、包括的な建築基準を改訂し（2001 FBC）、新築や屋根の葺き替えを行う住宅に対し、より強固な屋根と壁の接合、厚い野地板、耐衝撃性の窓・ドアの設置などを義務づけました。しかし、平均約4,930ドルという追加コストに見合う効果があるのかは、これまで明らかではありませんでした。

2. 研究手法・成果

研究グループは、ハリケーン・イルマ通過後に撮影された高解像度のドローン・衛星画像にOBIAを適用し、屋根に張られたブルーシートを用いて、数万棟規模の被災住宅を特定しました。加えて、ブルーシートの面積を被害の指標として数値化し、さらに建築許可の記録も用いて風害であることを裏づけました。この手法により、従来は把握が困難だった風害の分布を、面的に捉えることが可能になりました。

この新しいデータを用い、南フロリダの8郡・100万棟超の住宅を対象に、回帰不連続デザイン(RDD)により、2001 FBC 施行の直前に建てられた住宅と直後に建てられた住宅を比較しました。その結果、次のことが明らかになりました。

- ① 風害を受ける確率の低下：2001 FBC に準拠した住宅は、風害を受ける確率が2〜3パーセントポイント低下しました。被災前の水準（例：リー郡では約9.2%）に照らすと、これは風害リスクを少なくとも約22%引き下げたことを意味します。
- ② 被害深刻度の低減：実際に被害が生じた住宅でも、被害の深刻度が約27〜45%抑えられていました。
- ③ 既存の厳しい基準の効果：マイアミ・デイド郡やブロード郡のように、2001年以前からより厳格な基準（南フロリダ建築基準：SFBC）が導入されていた地域では、2001 FBC の追加効果はほとんど見られませんでした。すなわち、先行して厳しい基準を導入した自治体ではそれらが住宅を守り続けていたことが判明しました。
- ④ 段階的な普及：基準改定の1年以内に建てられた住宅より、2〜3年後に建てられた住宅の方が被害を受けにくく、新基準への完全な適合には時間を要したことが示唆されました。
- ⑤ 住宅市場への影響：約30万件(2015〜2019年)の住宅取引を分析したところ、被害を受けた未修理の住宅は被害を受けなかった住宅より13.3%(約29,400ドル)安い価格で取引され、被害が大きいほど値引き幅も大きく(最大16.8%)になりました。ただしこの値引きは一時的であり、修理が進むおおよそ6〜12か月後には価格差は解消しました。また、被害を受けた住宅は最初の半年間に売却できる確率が19.6〜42.1%低下していました。

3. 波及効果、今後の予定

費用対効果の試算では、2001 FBC に準拠するために必要は費用(平均約4,930ドル)は、保険料の割引などを考慮すると約3.7〜3.8年で回収できると見積もられました。基準強化は、住宅所有者にとっても十分に「元

が取れる」投資であることが示されています。

それにもかかわらず、フロリダ州では推計 250 万戸が 2001 FBC の要件を満たしていません。これは、住宅所有者が気候リスクを過小評価していることや、建築基準の効果に関する情報が十分に伝わっていないことが背景にあると考えられます。本研究は、任意の対策に委ねるだけでなく、義務的な建築基準が広範なリスク低減に有効であることを裏づけています。

本研究で確立した、ドローン・衛星画像から被害情報を抽出する手法は、ハリケーンに限らず地震など他の災害にも応用可能です。詳細な被害データが得られにくい災害現場において、復旧に用いられる空撮画像から被害の全体像を客観的に把握する新たな道を開くものであり、今後の防災・減災政策や気候変動適応策の設計に貢献することが期待されます。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は日本学術振興会 科学研究費助成事業 基盤研究(C) (課題番号 24K04862) の助成を受けて実施されました。

<用語解説>

オブジェクトベース画像解析 (OBIA) : 衛星やドローンなどのリモートセンシング画像を扱う手法のこと。従来の手法がピクセル (画素) 単位での解析を行うのに対して、OBIA では画像の色や形状が似ている領域をひとつのオブジェクトに分割して解析します。

<研究者のコメント>

「気候変動の進展に伴い、ハリケーンをはじめとするさまざまな自然災害の増加が予想されています。本研究の成果を通じて、災害への備えや、気候変動適応に向けた政策デザインに少しでも貢献できれば幸いです。」
(竹内憲司)

<論文タイトルと著者>

タイトル : Are Building Codes an Effective Adaptation to Wind Risk? Evidence from Remotely Detected Blue Tarps (建築基準は風害への適応策として有効か? ドローン画像から解析したブルーシートによる検証)

著 者 : David Wolf (神戸大学大学院経済学研究科 准教授)、Kenji Takeuchi (竹内憲司 / 京都大学大学院地球環境学堂 / 経済学研究科 (併任) 教授)

掲 載 誌 : American Economic Journal: Economic Policy (2026 年 8 月号, Vol. 18, No. 3)

DOI : 10.1257/pol.20240544