

# ドローンで収集した熱赤外面像と可視画像を活用した 広域を対象とした空き家分布推定手法の開発

秋山祐樹\*・飯塚浩太郎\*\*・今福信幸\*\*\*・杉田暁\*\*\*\*

## Study on a Method for Estimating the Spatial Distribution of Vacant Houses Using Thermal Infrared Images and Visual Images Collected by a Drone

Yuki AKIYAMA\*, Khotaro IIZUKA\*\*, Nobuyuki IMAFUKU\*\*\*, Satoru SUGITA\*\*\*\*

In recent years, the number of vacant houses in Japan has continued to increase, and local governments need quick and inexpensive methods to survey the spatial distribution of vacant houses over a wide area. In this study, we extended our previous study, and conducted photography and 3D modeling of a residential area where vacant houses are distributed using a thermal infrared camera mounted on a drone. From the results, we developed a method to determine whether a house is vacant or not on a building-by-building basis by grasping the details of the generation of heat and night light originating from the lives of the residents. As a result, we showed the possibility of observing spatial distribution of vacant houses in a wide area at once, and also clarified the problems to be solved.

**Keywords:** 空き家 (vacant house), ドローン (drone), 3D モデリング (3D modeling), 熱赤外面像 (thermal infrared image), 夜間光 (night light), 機械学習 (machine learning)

### 1. はじめに

近年、日本では全国的に空き家が増加し続けている。平成 30 年の住宅・土地統計調査によると、日本全国の空き家数は約 849 万戸、空き家率は 13.6%に達しており、空き家数・空き家率ともに過去の調査と比較しても、一貫して増加が続いている状況にある。空き家の増加は防災・防犯上のリスク、景観への悪影響、地域全体の魅力・活力の低下など、近隣住民のみならず、地域全体に影響を及ぼすリスクをはらんでいるとされる (浅見, 2014)。

こうした背景から、平成 27 年 5 月には「空家等対策の推進に関する特別措置法」が施行され、自治体には空き家の分布状況に関する情報の把握と、データベースの整備が努力義務として課せられた。しかし、空き家の空間分布を把握する手法は、1 棟 1 棟の訪問による外観目視が中心である。そのため広域の空き家分布の把握には多大な労力と時間、そして

費用を要しており、自治体にとって空き家対策の取り組みを進めていく上で大きな障壁となっている。

この課題に対して、多くの先行研究において空き家の空間的な分布把握が試みられている。しかしこれらの手法の多くは、限定された地域を対象とした個別目視やアンケート調査が中心となっている (益田・秋山, 2020)。そのため、多くの先行研究の手法では前述の課題への対応は困難であるといえる。

#### 1.1. 著者ほかによるこれまでの研究

そこで著者ほかは、住民基本台帳や水道使用量といった自治体が管理している様々なデータ (以下「公共データ」) を活用して、広域を対象とした空き家分布把握に関する研究も実施しており、高い精度で空き家の分布推定が可能になりつつある (秋山ほか, 2021)。一方、公共データは個人情報を含むため、取り扱いに細心の注意を払う必要があることや、目的

---

\* 正会員 東京都市大学建築都市デザイン学部都市工学科 (Tokyo City University)  
〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1 丁目 2 8-1 Tel : 03-5707-0104 E-mail : akiyamay@tcu.ac.jp

\*\* 非会員 東京大学空間情報科学研究センター (The University of Tokyo)

\*\*\* 非会員 大牟田市都市整備部建築住宅課 (Omuta City)

\*\*\*\* 非会員 中部大学国際 GIS センター (Chubu University)

外使用が困難なため、同手法は物理的には全国の自治体で適用が可能なものの、必ずしも全ての自治体で容易に適用可能とは言い難いという課題がある。

そこで著者ほかは、公共データを使用しない手法として、ドローンと熱赤外カメラを組み合わせた機器を活用した空き家の分布調査手法の開発を行っている。秋山ほか（2020）では、比較的高性能なドローンと熱赤外カメラによる上空からの撮影により、広範囲の熱分布の把握が可能なこと、また特に各建物から排出される夜間光と冬季夜間に確認できる排熱は、非空き家判定に有用であることが確認された。さらに撮影の仕方次第では昼間、夜間問わず広域を対象とした 3D モデリングにより、建物単位の空き家判定を高い精度で実施できる可能性が示された。

## 1.2. 本研究の目的

そこで本研究では秋山ほか（2020）の発展的研究として、広域を対象とした空き家分布推定手法の開発を目的とする。具体的にはドローンに搭載した熱赤外カメラを用いて、秋山ほか（2020）よりも広域を対象に撮影を行うとともに、3D モデリングを実施することで、建物単位で居住者の生活に由来する熱や夜間光の発生を詳細に把握し、空き家か否かの判定を実施する。また、自治体より収集した空き家分布調査結果との突合により、本研究で開発する手法の利点や限界を明らかにする。

## 2. 研究対象地域

本研究では研究実施への協力が得られたとともに、空き家分布調査データの提供を受けることができたことから、福岡県大牟田市（以下「大牟田市」）内から研究対象地域を選定した。大牟田市はかつて炭鉱の町として栄えたが、近年では少子高齢化の急速な進展に伴い空き家も増加傾向にあり、住宅・土地統計調査によると 2008 年の空き家率は 15.6%、2013 年は 16.2%、2018 年は 18.1%と一貫して空き家率の増加が続いている状況にある。

大牟田市内の研究対象地域は同市内の「羽山台地区」とした（図 1）。羽山台地区は大牟田市の中心部に近い空き家と非空き家が混在する地区である。な

お研究代表者ほかはドローン飛行許可の包括申請を国土交通省に申請済であるため、図 1 の研究対象地域全域においてドローンの飛行が可能である。また大牟田市役所より以上の地域におけるドローン飛行の許可を得た上で実施した。

## 3. データ収集

### 3.1. データ収集用機器

本研究では秋山ほか（2020）でも使用した機器（ドローン：DJI 社：Matrice 210・熱赤外カメラ：DJI 社：Zenmuse-XT2）を使用した。本調査機器の詳細については秋山ほか（2020）を参考にされたい。

### 3.2. データ収集の実施

本研究では研究対象地域全体のフル 3D モデルを作成するために、まず日中に撮影を実施した。対象地域上空で簡単なグリッド飛行を行い、直下及び斜め撮り撮影にて家屋の壁面などの情報を含んだ空中写真を複数枚取得した（撮影日時：2021 年 1 月 6 日 18 時頃、2021 年 1 月 25 日 8 時頃および 21 時頃）。直下撮影は高度 130m、可視画像のオーバーラップ率は前横両方とも 90%以上、飛行速度は 4.4m/s とした。また、斜め撮り撮影は高度 80m、オーバーラップ率は 85~88%となっており、これは対象範囲の広さとドローンのバッテリー容量を考慮した上で、飛行可能時間内で可能な限り多くの情報を取得するためである。一方、熱赤外線カメラのオーバーラップ率は、可視光の設定を適用した場合、前ラップ率が 70%以上で横ラップ率が 80%以上の設定と一致するようになっている。なお、3D モデルの作成は、3 次元点群ソフトの Metashape Pro（Agisoft 社）を使用した。

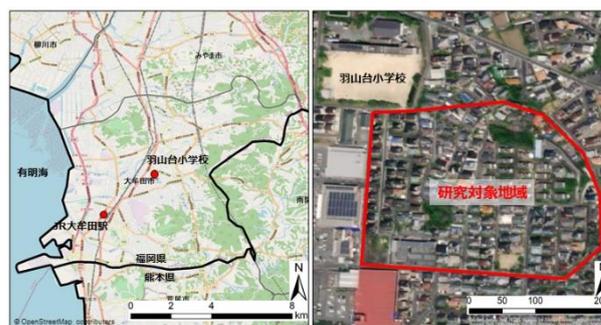


図 1 研究対象地域

## 4. 結果と考察

### 4.1. 日中の撮影成果

図 2 に日中に撮影した結果を元に作成したフル 3D モデルを示す。同結果はフル 3D モデルであるため、撮影範囲全体を全方位からシームレスに観測できる。そのため、住宅ごとの自動車や生活感の有無を把握し、空き家か否かの判断材料として利用できることが確認された。ただし、本研究対象地域のような住宅地の場合、電線が干渉し微小なモデルの崩壊が発生する箇所も確認された。これは手作業やソフトウェア付随の自動検出機能などにより電線を除去することで影響を抑えられるものと期待される。

### 4.2. 夜間に可視光で撮影した結果

夜間の撮影は日没直前の時間（18 時頃）と、太陽光の影響が全く無い夜間（21 時頃）を対象に実施した。図 3 は 18 時頃と 21 時頃の撮影結果に基づくフル 3D モデルである。この結果から、日中の撮影結果では生活感が見られなかった住宅の場合も、夜間の撮影結果から夜間光の発生を見つけることで非空き家であるとの判定が可能になった。

なお、本成果の革新的な点は、フル 3D モデルの構築が困難な夜間においても、フル 3D モデルの構築を可能にした点にある。特に本研究対象地域のように、散乱光が少なく真暗闇に近い状態になる地域の場合、空中写真を用いたモデル作成時に特徴点が得難いという問題がある。そこで日没直前と夜間の撮影結果を同時にモデル化した後に、テクスチャ情報を各時間帯のものに変更することにより、別時間帯の情報を抽出することに成功した。

### 4.3. 夜間に熱赤外で撮影した結果

図 4 に熱赤外線カメラで撮影した結果を示す。撮影結果から家屋の窓などの開口部からの熱放射が顕著に表れており、非空き家において人間が生活をしている様子を判別することができた。ただし、熱画像のフル 3D モデルは、視画像のフル 3D モデルと比較すると鮮明にモデルを構築することは困難であった。これは、熱赤外線カメラの解像度が可視光カメラほど高くないことによるものである。しかし、

今後の撮影方法の改善や、更に高性能な熱赤外線カメラの導入により、熱画像のフル 3D モデルを作成することができる可能性を示すことができた。

### 4.4. 機械学習による空き家自動判別の可能性

3D モデルから目視で空き家・非空き家の判別を行うことは可能だが、今後より広域を対象とする場合、空き家の自動判別を行うことが、作業時間の短縮や判定精度の向上という観点からも重要である。

そこで本研究では機械学習による空き家の自動判別の実現可能性についても検討を行った。本研究ではモデルのテクスチャ情報を用いた画像分類による手法を適用した。夜間光のある場所とない場所でクラスを分類し、多層パーセプトロンによる機械学習を適用した。図 5 にその結果を示す。夜間光が存在する部分の自動抽出に成功しており、家屋から発せられる光を抽出できることが確認された。しかし、街灯の光や建物壁面に散乱する光も抽出することも確認された。秋山ほか（2020）からも空き家・非空き家の判定には、開口部から熱放射の有無を確認することが有効であることが分かっているため、画像から窓枠を抽出する必要があるが、本研究ではそのような手法まで達することはできなかった。今後は



図 2 日中のフル 3D モデル（8 時頃撮影）



図 3 夜間のフル 3D モデル（21 時頃撮影）

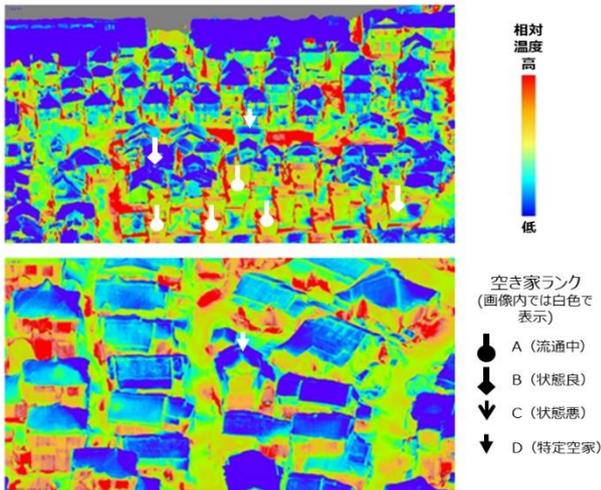


図4 夜間の熱赤外フル3Dモデル(21時頃撮影)

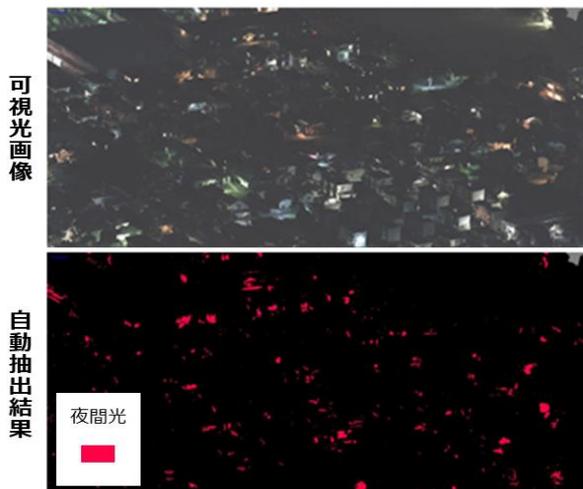


図5 機械学習による夜間光の自動抽出結果

畳み込みニューラルネットワーク(CNN)等のより高度な学習方法を用いることで、家屋の窓を抽出することも可能になるものと期待される。

## 6. おわりに

本研究は秋山ほか(2020)の発展的研究として、空き家の分布推定を迅速かつ安価に行う手法の更なる高度化を目的として実施した。ドローンにより収集した可視光、夜間光及び、熱赤外面像により、広域を一括で観測する方法を開発することができた。特に昼間の可視光画像と夜間光の情報により、居住者の有無をかなりの程度判別可能なことが分かった。生活感や人間活動に直結する光という情報は空き家判定に非常に有効であった。また、それら2つの情報からでは判読できない場合は、熱画像を併用する

ことにより、建物内部の居住者の活動状況が推測でき、より確度を高めることができた。

一方で、飛行方法がデータの品質に大きく影響することも分かった。単純にセンサ性能の問題だけではなく、密集した住宅地では壁面の情報を上手く取得する方法や、地域の状況による飛行方法などの検討が必要となる。また、機械学習による空き家の自動判別では、調査対象となる家屋以外の光や熱の要因をどのように取り除くかが課題として残った。これらの課題は今後検討を進めていく予定である。

## 謝辞

本研究は中部大学国際GISセンター「問題複合体を対象とするデジタルアース共同利用・共同研究拠点2020年度共同研究」(研究課題番号:IDEAS202009)による共同研究の成果である。また、本研究は大牟田市羽山台地区の空き家対策を実施する団体である「羽山台空き家対策プロジェクト」の協力により実現した。さらに、本研究で使用したドローンおよび熱赤外カメラは、公益財団法人住友財団2018年度環境研究助成(杉田・福井,2021)の支援により調達が実現した。以上、ここに記して謝意を表したい。

## 参考文献

- 秋山祐樹・飯塚浩太郎・谷内田修・杉田暁(2020) ドローンにより収集した熱赤外面像と可視画像を用いた空き家分布推定手法の研究,「第29回地理情報システム学会講演論文集」,D24-1-4.
- 秋山祐樹・馬場弘樹・大野佳哉・高岡英生(2021)機械学習による空き家分布把握手法の更なる高度化—機械学習による空き家分布把握手法の更なる高度化—,「日本建築学会計画系論文集」,86(786),2136-2146.
- 浅見泰司(2014)『都市の空閑地・空き家を考える』,プロGRESS.
- 杉田暁・福井弘道(2021)2020年度中部大学国際GISセンター「問題複合体を対象とするデジタルアース共同利用・共同研究拠点」成果報告会,GIS-理論と応用,29(1),39.
- 益田理広・秋山祐樹(2020)日本国内における近年の空き家研究の動向,「地理空間」,13(1),1-26.