

## 建物被害調査画像管理の一元化を可能とする建物自動分類システムの構築 Development of automated building classification system for images on damaged buildings in disaster survey

○中嶋唯貴・富永佳吾・西嶋一欽・友清衣利子

○ Tadayoshi NAKASHIMA, Keigo TOMINAGA, Kazuyoshi NISHIJIMA, and Eriko TOMOKIYO

The authors have been developing a system for automatic classification and visualization of images taken during post-earthquake building surveys. In this study, the authors developed a method to create a database in cyberspace of damage to surveyed buildings by attaching images to the surface of corresponding 3D polygons in cyberspace using the position and orientation information of building images obtained from the photography survey. As a result, building damage images can be managed in cyberspace and the direction of damage, location of damage and extent of damage can be determined in three dimensions from the images projected onto the 3D database. As the database also contains information on the date and time of the images, it is also possible to trace the reconstruction process for each building by limiting the display to the date and time of the image.

### 1. はじめに

災害後には災害情報を含んだ画像データが多数の団体や調査から提供されるが、それらを利用者が各々整理しなければならず、地域全体の状況把握や詳細な分析には多大な労力が必要になる。収集された画像データから建物の被害と被災部位、位置情報を一元化できるようなシステムがあれば、各画像の整理及び被害状況の把握までにかかわる時間を格段に短縮できる。加えて、3D データとして保存されていれば仮想空間において被災状況を調査者以外も情報共有することも可能である。そこで、著者らは、調査画像の自動分類と仮想空間でのデータベース化を目標に、ドローンによる都市の3D 情報化、撮影箇所の位置情報の自動取得、撮影建物の特定、3次元仮想空間へ投影などの手法を開発してきた。本論においてはそれらを統合した自動分類・投影手法を用いた仮想空間における被災都市の建物被害画像3D データベースについて報告する。

### 2. 画像情報データベース構築の手順

仮想空間での都市を再現した画像情報データベース構築の手順を図1に示す。まず、ドローンにより空撮した画像を用い、竹内ら<sup>1)</sup>の手法を適用することで都市のモデル化(3Dポリゴンデータ)を行う。図2にモデル化した都市を示す。次に、被災地調査を実施する<sup>2,3)</sup>。被災地調査は、図3に示すタブレットと9軸センサを内蔵したRTK測位機器(DG-PR01RWS)を用いる。これにより、取得し

た建物の撮影位置・姿勢情報を取得できる。このデータを富永ら<sup>3)</sup>の手法を用い撮影時間を基準に抽出・整理し、撮影時の姿勢推定、撮影範囲内建物の判定、被写建物の被災部位判定を行う。この撮影位置と姿勢データに加え、竹内らの手法を用いて作成した都市モデルを使用し、仮想空間の3次元ポリゴンに撮影画像を投影することで画像情報データベースを構築する。なお、本手法による画像の自動分類精度は表1より76.8%となる

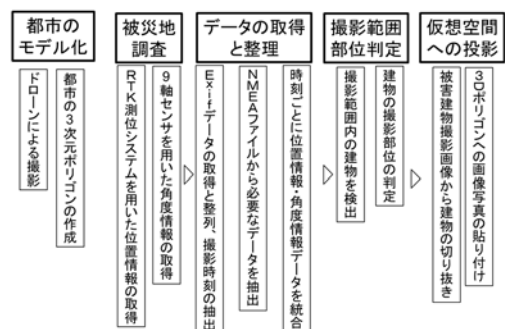


図1 画像情報データベース構築の流れ



図2 都市のデータ<sup>1)</sup>



図3 調査機材<sup>3)</sup>

表1 建物自動判定の精度<sup>3)</sup>

条件	撮影数	除去数	判定数	正解数	正解率
姿勢推定無し	249	3	246	210	85.4%
姿勢推定あり (9軸加速度)				189	76.8%

### 3. 仮想空間における3次元データベース

仮想空間において建物のポリゴンに被害建物画像を貼付けた3次元データベース<sup>4)</sup>は、次のように作成した。竹内<sup>1)</sup>、富永<sup>3)</sup>の手法を用い得られた撮影位置・姿勢データと建物3Dポリゴンを使用し、建物ポリゴンに投影するため、撮影画像内の建物領域のみのトリミングを行う。仮想空間上において撮影範囲を四角錐と仮定すると、四角錐の底面（以下、撮影スクリーンと呼称）が撮影画像と一致する。加えて、撮影対象の建物3Dポリゴンの輪郭を撮影地点・姿勢から算出された撮影スクリーンに透視投影し、撮影画像から撮影スクリーン上に投影された3Dポリゴンの輪郭を切り抜くことで画像内の建物領域を抽出できる。図3に一例を示す。画像から建物部位が抽出されているのがわかる。なお、一連の処理の中で建物3Dポリゴンは計算を簡単にするために建物フットプリントの外接矩形を高さ方向に立ち上げた。トリミングによって得られた画像を撮影画像の建物領域を建物の面によって分割し、それぞれを対応した部位に貼付する。この処理を実行したものが図4である。トリミングされた画像が撮影対象となった建物ポリゴンに表示されているのが分かる。これを被災地内で得られたすべての画像に適用することで仮想空間における建物被害写真の管理が可能になる。

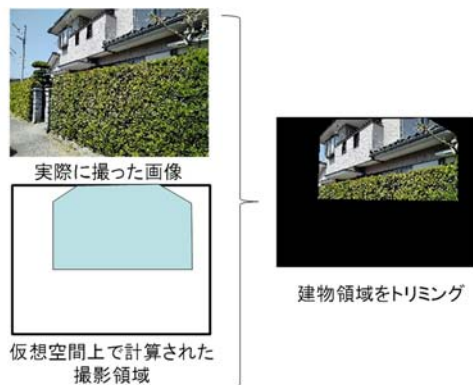


図3 画像からのトリミング

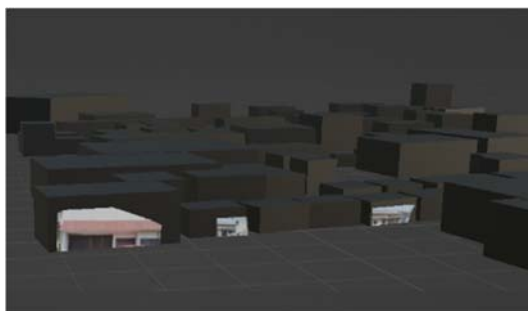


図4 仮想空間でのデータベース<sup>4)</sup>

### 4. 3次元データベースの利用

3次元データベース内に投影された画像は被害発生方向や被害発生個所・被害程度などを3次元で把握できる。また、撮影日時情報も保有しているため、撮影日時を限定して表示すれば各建物の復興過程の追跡も可能となる。加えて、VR技術を利用することで、仮想空間に保存された被災地内を再現が可能となり、被災地での調査実施者以外にも被害状況の広がりを確認することが可能である。

5. まとめ  
本研究において、建物被害調査画像の自動分類を用いた3次元データベースの開発を試みた。画像内の対象建物領域をトリミングし、それらを建物3Dポリゴンの表面に貼付することによって、サイバー空間上において撮影建物ポリゴンへの画像の投影が可能となった。しかし、現段階では精度の高い位置情報と撮影時のタブレットの姿勢情報が得られる画像にのみ適用可能となっている。今後は機械学習を用いた建物領域の切り抜き画像を用い、撮影位置・姿勢を自動修正することで画像トリミング・貼付の精度を改善するとともに、位置情報・姿勢情報を保有していない画像においても画像の輝度やRGBの情報から相互相関をとることで撮影位置・姿勢情報を推定する所存である。

### 謝辞

本研究の一部は、京都大学防災研究所共同研究(2021G-10)の成果である。また国土地理院の電子地図情報を利用した。ここに記して謝意を示す。

### 参考文献

- 1) 竹内崇, 友清衣利子, 高橋徹, 西嶋一欽: 被害調査及び分析のためのドローン空撮写真に基づく建物輪郭抽出 令和3年度京都大学防災研究所研究発表講演会梗概 2022, C123.
- 2) 中嶋唯貴, 富永佳吾, 友清衣利子, 西嶋一欽: 高精度位置・角度情報を用いた被害写真と被災建物の自動統合, 令和3年度京都大学防災研究所研究発表講演会梗概 2022, C121.
- 3) 富永佳吾, 中嶋唯貴, 西嶋一欽, 友清衣利子: 高精度位置・角度情報を用いた被写建造物の被災部位判定, 地域安全学会梗概集(CD-ROM), 50, A-8, 2022, 05.
- 4) 富永佳吾, 中嶋唯貴: サイバー空間における被災都市データベース構築の試み, 日本地震工学会大会梗概集, C-23-4, 2022.1.