

13. 3次元ベースマップによる学内避難経路の量的評価

中村栄治・小池則満・山本義幸

概要

写真から得られる3次元点群データは、地理座標 (x 、 y 、 z) と輝度 (r 、 g 、 b) を要素とする6次元ベクトルの集合体である。UAVにより八草キャンパスを上空から写真撮影して得られた膨大な枚数にのぼる写真から3次元点群データを作成した。学内避難経路を3次元点群データに重ね合わせることで、個々の経路の地理的特徴（高低差や経路長）を量的にコンピュータ上で得ることができた。すなわち、3次元点群データを3次元のベースマップとしてとらえることで、学内避難経路を量的に評価できることを示す。

1. UAVによる写真撮影

1.1 機体とカメラ

図1は本研究で使用したUAV(型番MZ-6、株式会社PRODRONE、名古屋市)である。6枚のプロペラを持ち、ペイロード(リフト可能最大重量)は10kgである。飛行の安定性や操縦性を考えると、ペイロードの半分程度の機材をリフトするのが限度であるため、実際には5kg程度までの機材を搭載した運用になる¹⁾。



図1 UAV (直径約1m)



図2 GPS信号受信アンテナ

地上からUAVの飛行位置を大雑把に把握することはできるが、UAVに搭載したカメラが捉えている撮影範囲を推定することは難しい。そのため、図2に示すように、機体下部に吊り下げられたジンバルの上部にビデオカメラを取り付け、ビデオカメラから機体コントローラ(通称プロポ)に備え付けられたモニタにライブ映像を送るようにした。地上を画像として撮影するスチルカメラはジンバルの下部に取り付け、ビデオカメラと同じ視線方向になるように設定した。撮影に使用したカメラはソニーの α 6000であり、レンズは同社のズームレンズSELFP1650である。焦点距離は24mm(35mmセンサ換算)に固定し、オートフォーカスで連続撮影した。平均撮影枚数は1秒間に2枚程度であった。

1.2 フライトプランとフライト回数

八草キャンパスの特徴は、校舎や管理棟が密集している地区(以降A地区と呼ぶ)と陸上競技場など開けた地区(B地区と呼ぶ)、木々が生い茂っている地区(C地区)に分かれていることである。以下に述べるように、それぞれの地区に適したフライトを行った。

A地区: 建物の高さに合わせ、飛行高度が20~25メートルの範囲で飛行した。建物の周囲を旋回するように飛

行し、建物の側面も撮影できるように飛行した。

B地区：広い空間を効率よく撮影するために、飛行高度を25メートルに固定して井桁になるように飛行した。

C地区：背丈の高い木に衝突しないよう、飛行高度が30メートルを超えない範囲で木々の高さを考慮しながらジグザグで飛行した。

フライト時間、つまり空撮できる範囲はバッテリー容量により決まる。離着陸時間を含めた1回のフライト時間は15分程度であり、空撮時間は12～13分程度であった。広大な八草キャンパス全体の空撮には140フライト必要であった。総フライト時間が30時間を超えることになったため、プロペラを駆動するモータの寿命を考慮して、八草キャンパスの空撮が完了後、6台のモータをすべて新品に交換することになった。

2. 3次元点群データから判明する地形の特徴

2.1 3次元点群データ

図3に八草キャンパスを上空から見下ろした状態の3次元点群データを示す。建物の屋根もすべて点群で表示されており、これがUAVによる空撮写真から得られた点群であることを示している。すべての点は6次元ベクトルであり、最初の3要素は局所座標系の一種である日本測地系(VII系、平面直角座標)の座標である。点群ビューワ(PointoolsやGeoverseなど)を使い図3の点群を読みめば、表示された点群の任意の点をクリックするだけで、その点の地理座標がわかることになる。その他、任意の2点間の距離などもマウス操作で簡単に求めることができる。このように、3次元点群データが得られてしまえば、地理空間に関する情報を、現地で計測することなく、コンピュータ上で容易に取得することができるようになる。



図3 3次元点群データによる八草キャンパス全景（図上方が北を指す）

2.2 地形の特徴

図4は、図3に示す3次元点群データの中央部を左から右（西から東）に沿って切って得られた断面である。キャンパスの東端は西端よりも40mほど高く、西から東に向かって階段状に高くなっていることがわかる。図3と図4において、丸印で示された場所が指定避難場所であるサッカー場である。

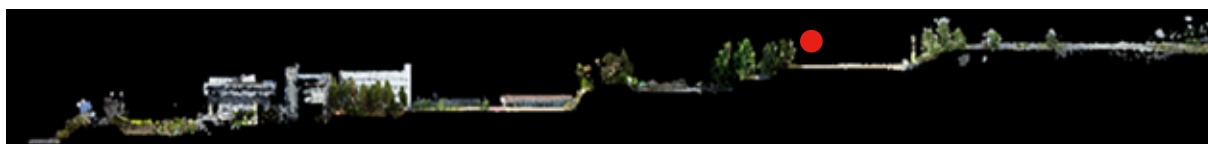


図4 八草キャンパス中央部の東西に沿って切断して得られる地形断面

図4において、校舎や管理棟は左側（西側）に位置しており、20メートル以上高い所に指定避難場所が設けられていることがわかる。

3. 3次元点群のベースマップとしての利点

3.1 避難経路や避難場所の3次元表現

図5は、八草キャンパスの3次元点群データに避難経路と指定避難場所の3次元CADを重ね合わせたものである。避難経路は断面が長方形のストライプで、指定避難場所は巨大な球体が円筒柱の上に付いているオブジェクトで表されている。3次元的に表現できることで、避難経路と建物との関係、指定避難場所の相対的な位置が視覚的に瞬時に把握することができる。図5は点群ビューワ（Geoverse）でのスクリーンショットであるが、点群ビューワ上では自由な視点から点群を表示することができるため、避難経路や指定避難場所について、2次元地図からでは得られないような情報を取得することができる。

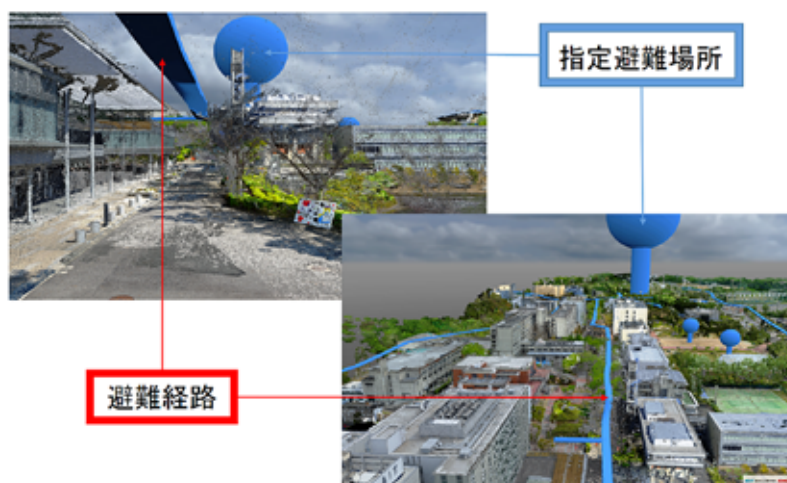


図5 避難経路と指定避難場所の3次元表示

3次元点群をベースマップとして利用することで得られる自由視点の重要性を表す例を図6に示す。図6(a)は避難経路に沿って避難する避難者の視点から指定避難所方向を実際に見た場合の状況を表した写真である。図6(b)は3次元点群データで、この状況を再現した場合である。避難経路は地上から10mの高さにCADで表示されている。指定避難場所は巨大なバルーンで示されており、指定避難場所は総合研究所の白い建物の向こう側に位置していることがわかる。このように、3次元点群データを避難経路や避難場所を示すベースマップとして利用することにより、肉眼では決して知ることができないような情報を得ることができる。



(a) 肉眼で見た場合



(b) 3次元点群データ上で見た場合

図6 避難経路から指定避難所方向を望む

3.2 避難経路の量的評価

3次元点群データをベースマップとして用いることにより、3.1節で述べた定性的な情報が得られるばかりでなく、避難経路の高低差や経路長といった量的な情報を得ることができる。一例を図7に示す。図7(a)は八草キャンパスを上空から俯瞰した図である。①を起点とし②で示された指定避難場所までの経路の一例を示している。図7(b)に示すグラフは、この避難経路の起点からの経路長に対する標高の変化を表したものである。指定避難場所までは滑らかな曲線で表されているが、②で示された指定避難場所にたどり着く直前に、標高が極端に大きく増加している場所がある(図7(b)のグラフ中では破線楕円で示す場所である)。この場所は指定避難場所の入り口へと繋がる階段である。避難場所に近づくほど避難者の数が増えることが考えられ、階段を含むような避難経路は安全性の観点から望ましいとはいえない。このように、避難経路に沿った標高の変化を示すことにより、避難経路の安全性(危険性)を量的に評価することができる。

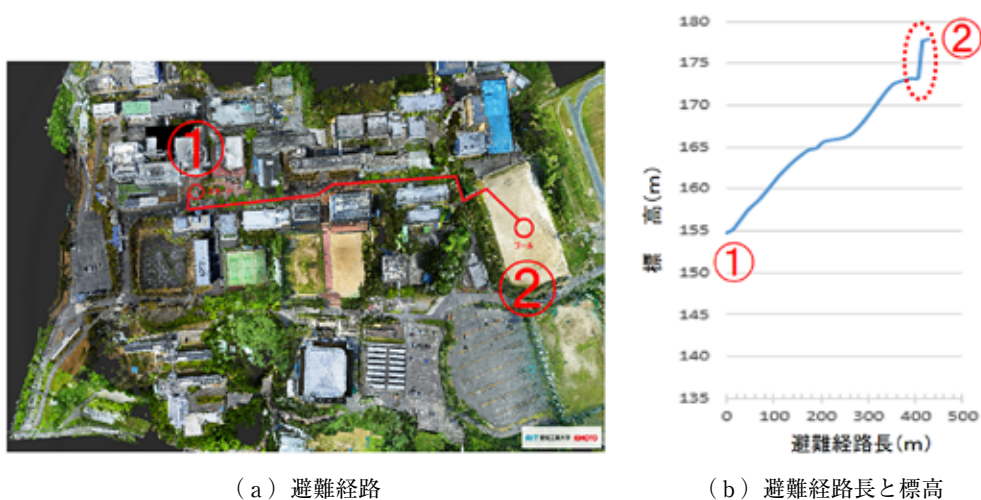


図7 避難経路の量的評価

4. まとめ

UAVによる空撮で得られた写真から3次元点群データを生成し、避難経路を量的に評価するためにベースマップとして利用した。3次元点群データに含まれる個々の点は地理座標を含んでおり、これら点群を点群ビューワで表示してマウスで任意の点を指定するだけで、その地理座標を取得することができる。避難経路を現場で測量することなく、コンピュータ上で短時間に多くの避難経路の経路長や標高を得ることができる。今後、避難経路長や標高以外の量的情報(例えば避難経路の道幅や近隣建物からの距離など)を含めた避難経路の量的評価を行う予定である。

謝辞

点群データとCADデータのUDSフォーマットへの変換を株式会社きもとの羽鳥良子氏に行っていただきました。心から感謝いたします。

参考文献

- 1) 中村栄治, 山本義幸, 環境情報取得におけるUAV活用の検討, 平成26年度地域防災研究センター年次報告書, pp.68-71, 2015年.
- 2) 阪井祐太, 佐藤平, 愛知工業大学大学院経営情報3次元点群データに基づいた避難経路マップ, 愛知工業大学情報科学科卒業論文, 2015年.