ラジコン電動マルチコプターによる空間線量率の三次元計測

早崎有香・濱 侃（千葉大学）・田中 圭(日本地図センター)・近藤昭彦(千葉大学)・山口英俊（SWR株式会社）・
橋詰義晴・早川敏雄(太陽エンジニアリング)

背景

UAV（Unmanned Aerial Vehicle）：無人航空機

利点：人の立ち入りが困難な場所でも調査可能、低空からの詳細な空撮

課題：操縦技術が必要、高コスト

ラジコン電動マルチコプター（マルチローターヘリコプター）

近年、比較的安価で操縦が容易なラジコン電動マルチコプターが普及

測量、環境計測等、様々な分野で急速に利用が拡大

そこで

・ラジコン電動マルチコプターを用いた空間線量率の三次元計測を行った結果について報告

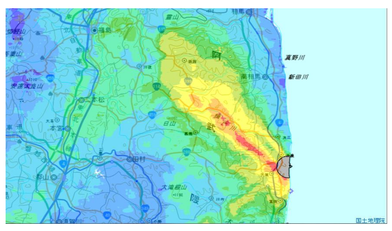
・放射能汚染被害を被った山村における効率的な放射能モニタリングの手法を提案

・原子力災害からの環境回復、復興のためのツールとして活用を図る

対象地域

福島県伊達郡川俣町山木屋地区

東電福島第一原発の北西約40km に位置しており、2011年4月22日に計画的避難区域に指定された。2013年8月8日に居住制限区域、避難指示準備区域の2区域に再編されたが、避難は今もなお継続中である。



（図：放射線量等分布マップ拡大サイト/電子国土 より）

2011 年3 月11 日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故により、大気中へ放出された放射性物質は3 月15 日になると原発から北西の方向に移流拡散し、地表面へと沈着した。

空間線量率計測

①2014年5月31日、6月1日、8月30日

谷津地形を呈する里山小流域

原発事故以前、この谷は畑として利用されていたが、2011 年以降耕作されておらず、除染もまだ行われていない。

②2014年8月11日

水田域（県道62号線脇）

観測時、除染作業が進められており、除染済みの水田域と、未除染の水田域が隣接していた。また、水田内に汚染土の入ったフレコンバックの仮（仮）置き場が存在する

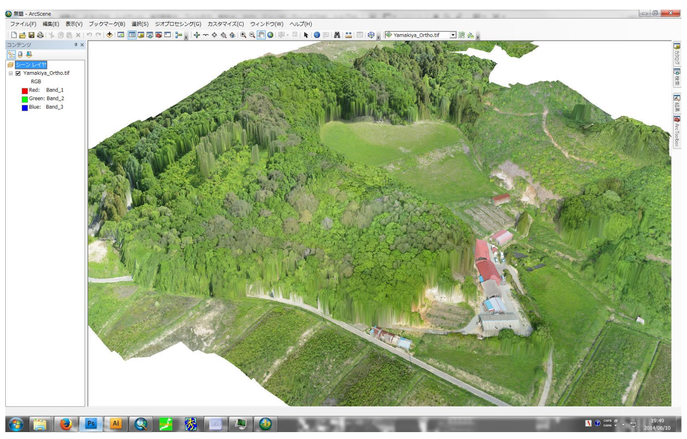
福島県川俣町山木屋地区

フレコンバックの仮置き場

観測方法

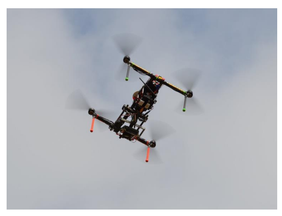
①UAVによる空撮によるオルソ空中写真、3Dモデル作成

UAV(ZionEX700)にデジタルカメラを搭載し、自律飛行により撮影した鉛直写真からSfM（Agisoft Photoscanを利用）を用いてオルソモザイク画像、DSMを作成し、観測地域の土地被覆現況、地形を記録した。



左図

GISソフトウェア（Arcscene）による3D表示。SfMにより作成したDSMデータを用い、オルソモザイク画像を立体的に表示することが出来る。



上図：ZionEX700

②UAVによる空間線量率の測定

A)2014年5月31日及び6月1日観測　ーアンドロイド端末（NEXUS7）搭載ー

UAV（電動マルチコプター：JABO-H601G）に空間線量率計（浜松ホトニクス株式会社C12137）、温湿度・大気圧ロガー（T&D社TR-73U）、GPS ロガー（holux社m-241）を取り付け、飛行しながらNEXUS7に空間線量率・気温・湿度・気圧・緯度・経度を1 秒間隔で記録した。機器の開発は(株)SWR 社による。1回の飛行時間は7分程度であり、計12回観測を行った。観測高度は気温・気圧から層厚の式により求めた。

右図

観測の様子

左図

観測機器のUAV（JABO-H601G）への搭載

B)2014年8月11日、C)8月30日観測　　ー無線システムの実装ー

・それぞれ5回計測。飛行時間は6分/回程度

・UAV（電動マルチコプター：JABO-H601GおよびPHANTOM2）に空間線量率計（浜松ホトニクス株式会社C12137)を取り付け、空間線量率、緯度経度、気温気圧などの観測を行った。XBeeを用いた無線通信により、手元のタブレット端末で、観測した空間線量率と現在地をリアルタイムで閲覧、記録することが出来る。機器の開発は、㈱SWR社による。

右図

無線システムのUAV（Phantom2）への搭載

左図

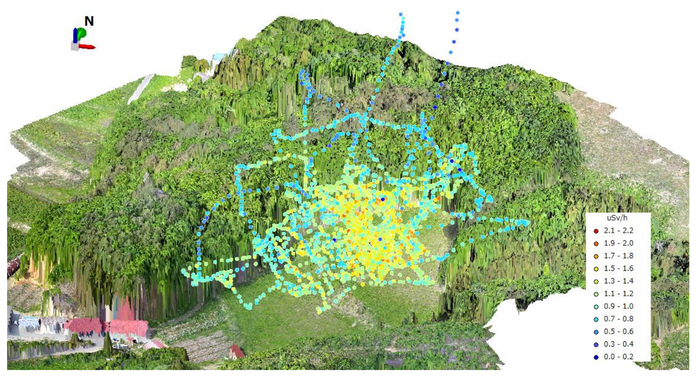
無線システム

→軽量となり小型UAVへの搭載が可能になった

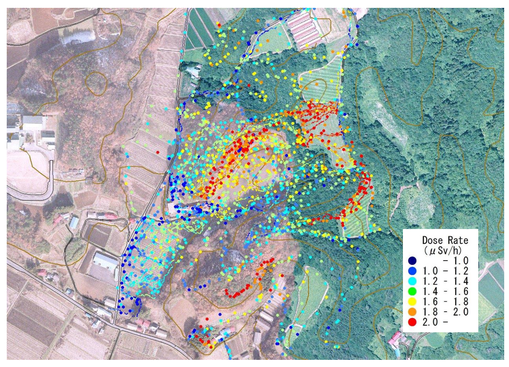
調査結果

A) 2014年5月31日、6月1日

・谷津および斜面林の上空をマニュアルで飛行し、緯度・経度・高度とともにNEXUS7に空間線量率を記録した。空間線量率を三次元空間で可視化することに成功し、谷底上空に空間線量率が高い領域があることが明らかとなった。

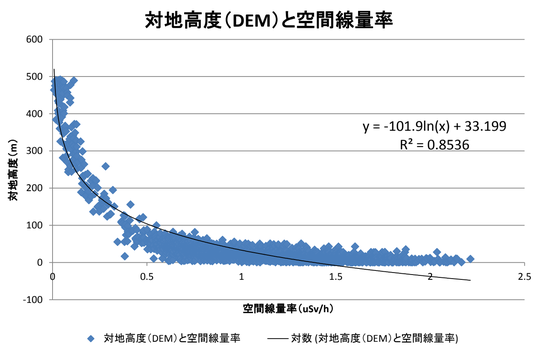


UAV空間線量率観測値の3次元表示（2014年5月31日、6月1日計測）



歩行サーベイによる空間線量率の分布（2012年）

観測高度は地上から約1ｍである。南東向き斜面及び尾根で空間線量率が高い傾向となっている



・すべての観測値を対地高度（機体真下の地表面からの高さ）に対してプロットすると、指数関数的な減衰曲線が得られた。

空間線量計測中の様子（phantom2）

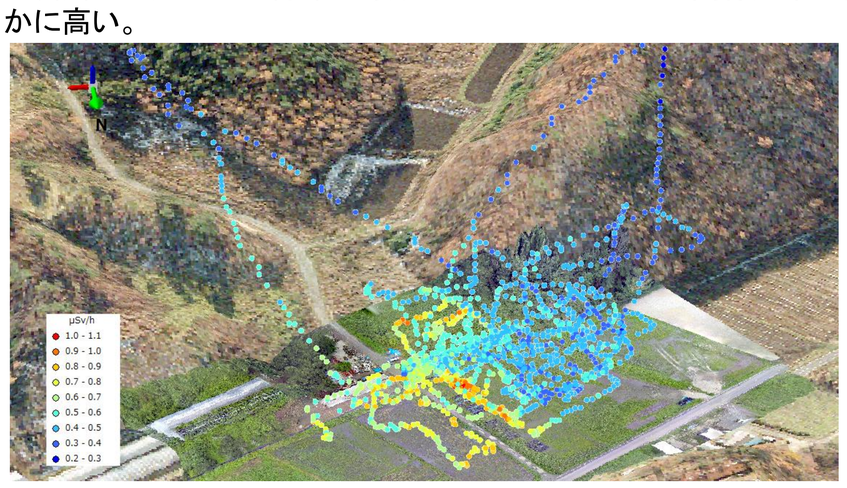
B) 2014年8月11日

・DJI PHAMTOM2+GoPro（アクションカメラ）により撮影した鉛直写真より観測区域のオルソ空中写真を作成した（右写真）。

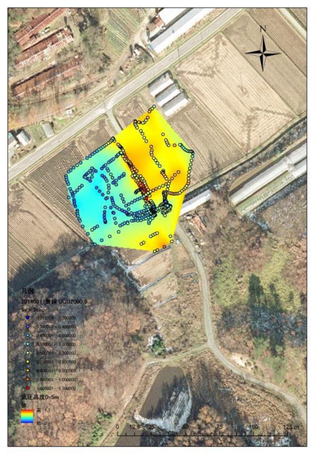
・UAV（JABO-H601G)に無線システムを搭載し、水田上を飛行し、空間線量率の三次元分布を計測した。

・除染済の水田圃場の空間線量率は除染前の圃場と比較して低い。また、仮置きされている除染土壌（フレコンバック）上の空間線量率も明らかに高い。

2014年8月11日GoProにより撮影した画像をもとにPhotoscanでオルソ画像化



2014年8月11日撮影のオルソ画像上にプロットした空間線量率（背景は2007年撮影NTT空間情報オルソ空中写真）



地上5m高の空間線量率

B) 2014年8月30日

・PHANTOM2に無線システムを搭載し、里山流域の谷底と斜面林の樹冠上を飛行し、空間線量率を計測した。

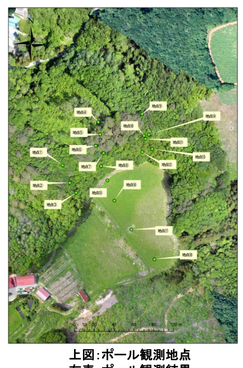
・測量用7mポールに無線システムを取り付け、樹林内および谷底で7m高までの空間線量率を1mごとに計測した。

UAV空間線量率観測値の3次元表示

→谷底で空間線量率が高い傾向

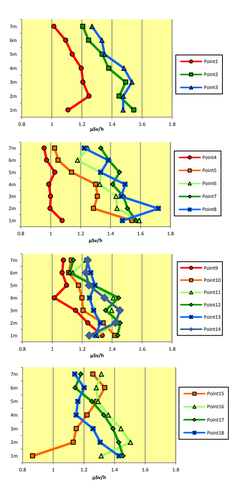
UAV観測値と歩行サーベイ観測値との比較

→UAV観測値と歩行サーベイ観測値との比較を行った結果、谷底ではUAV観測値の方が値が大きく、南東向き斜面では歩行サーベイ観測値の方が値が大きくなる傾向が見られた



上図：ポール観測地点
右表：ポール観測結果

ポール観測の様子



谷底（point16等）

→上部で空間線量率が一定または増加する傾向

南東向き斜面に近い地点では下部に増加傾向

斜面・広葉樹域（point1等）

→比例減少もしくは下部（1~4m間）で一定または増加する傾向

斜面に沈着した放射性物質の影響か

斜面・針葉樹域（point5等）

→比例減少もしくは上部で一定または増加

樹冠に放射性物質が沈着か

おわりに

UAV による測定は現地に到着して数分以内に開始できる。バッテリーを交換することにより繰り返し測定が可能であり、今後の環境回復および帰還・復興の段階の重要なツールとして活用したいと考えている。