

# UAVによる空間線量率マッピングと原子力災害被災地域への適用

CHIBA UNIVERSITY

濱 侃<sup>1</sup>, 早崎 有香<sup>2</sup>, 田中 圭<sup>3</sup>, 山口 英俊<sup>4</sup>, 近藤 昭彦<sup>5</sup>

1. 千葉大学大学院理学研究科, 2. 株式会社メイテツコム, 3. 日本地図センター, 4. SWR株式会社, 5. 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

## はじめに

2011年3月11日に発生した東北太平洋沖地震は東京電力福島第一原子力発電所(福一原発)の事故を誘発し、大量の放射性物質が環境中に放出される事態が発生した。その後実施された航空機モニタリングによる福一原発80km圏の空間線量率の分布に基づき、福一原発から20km以遠の計画的避難区域、緊急時避難準備区域の指定が4月22日に行われた。避難区域となった阿武隈高地は里山が機能していた山村地域であり、きのこや山菜の採取など、マイナーサブシステムと呼ばれる暮らしの総体の一部を構成する生業活動があった。

観測のフットプリントが300~600mの航空機モニタリングは、広域の

空間線量率の分布を地図化することにより、緊急時の対応として避難区域の決定に役立ったといえる。約6年間の避難後、2017年3月に避難が解除され、暮らしが始まる。今後の環境回復、暮らしの復興がより重要性を帯びてきた現在、山林域を含めた、より高空間分解能の空間線量率モニタリングの方法が必要になっている。そこで、本研究では、空間線量率の測定に低空を飛行する小型UAV(Unmanned Aerial Vehicle)を用いることにより、詳細な暮らしスケールの空間線量率の分布を明らかにするための計測技術および地図化手法の確立を目的とした。



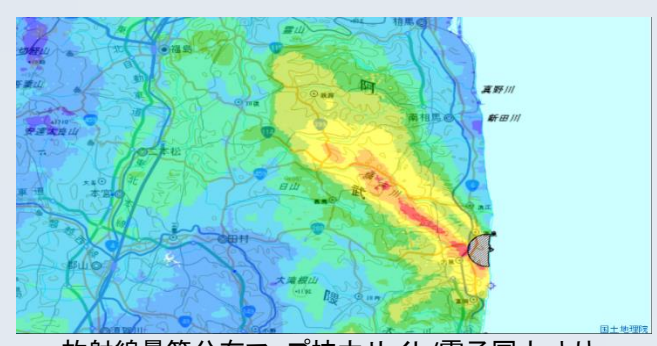
## 対象地域

本研究では、センサーを搭載したUAV(ドローン)を、マニュアル飛行、自律制御により飛行(以下、オートパイロット飛行)させることにより、空間線量率の計測を行った。

マニュアル飛行による計測は、旧計画的避難区域である福島県伊達郡川俣町山木屋地区の水田、たばこ畑で、2014年8月に実施した。おおむね3m/sec以下の飛行速度で、地表面(樹木なども含む)から2~150mの高さで飛行し、任意の位置の空間線量率の計測を行った。

オートパイロット飛行による計測は、福島県双葉郡広野町上北迫地区(旧緊急時避難準備区域)、福島県伊達郡川俣町山木屋地区の山木屋小学校周辺および丘陵の頂部に位置する牧場周辺で、それぞれ2014年10月、2014年11月、2015年7月に行った。飛行速度は5m/sec、飛行高度は離陸地点から一定高度で設定し、上北迫地区150m、小学校周辺60m、牧場周辺30mと計測事例を重ねるごとに、より低空に設定して計測を行った。

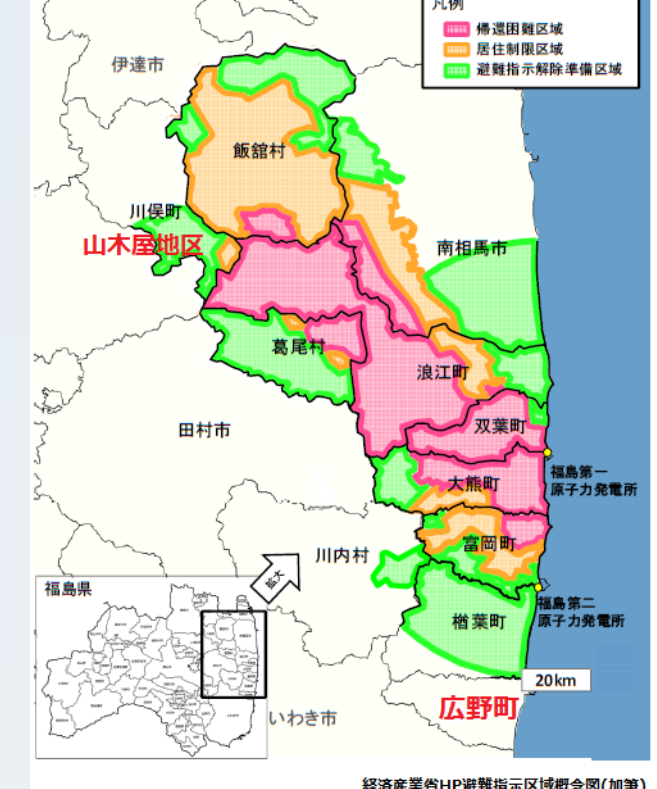
なお、運用する全てのUAVは安全面の考慮から、一回の飛行時間は10分程度とし、バッテリー残量が50%程度になるように運用している。また、広域を対象とする場合は離発着地点を移動させながら、複数回のフライトで測定範囲をカバーした。



放射線量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漂流拡散し、地表面へと沈着した。

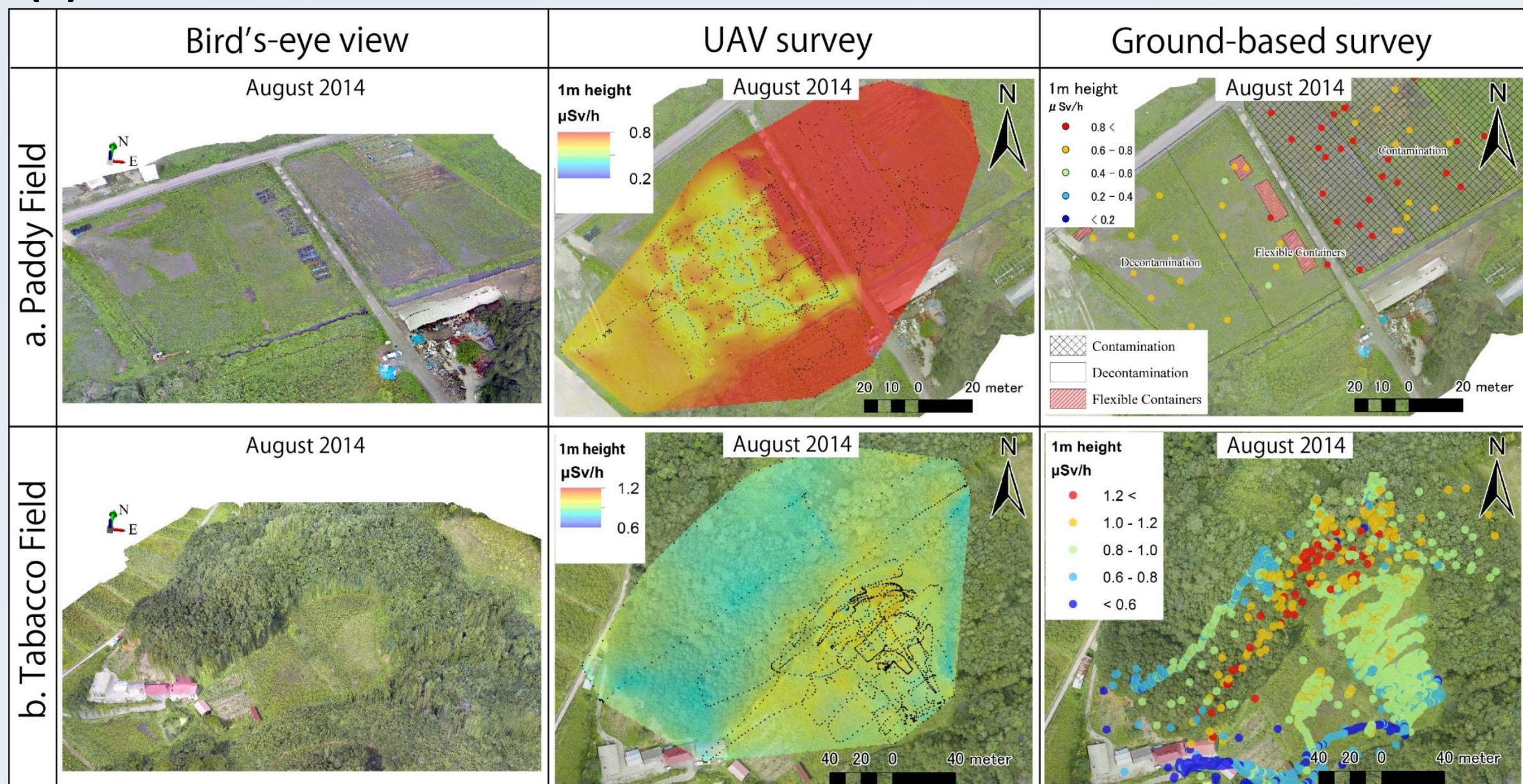


フレコンバックの仮置き場(山木屋地区)



## 調査結果

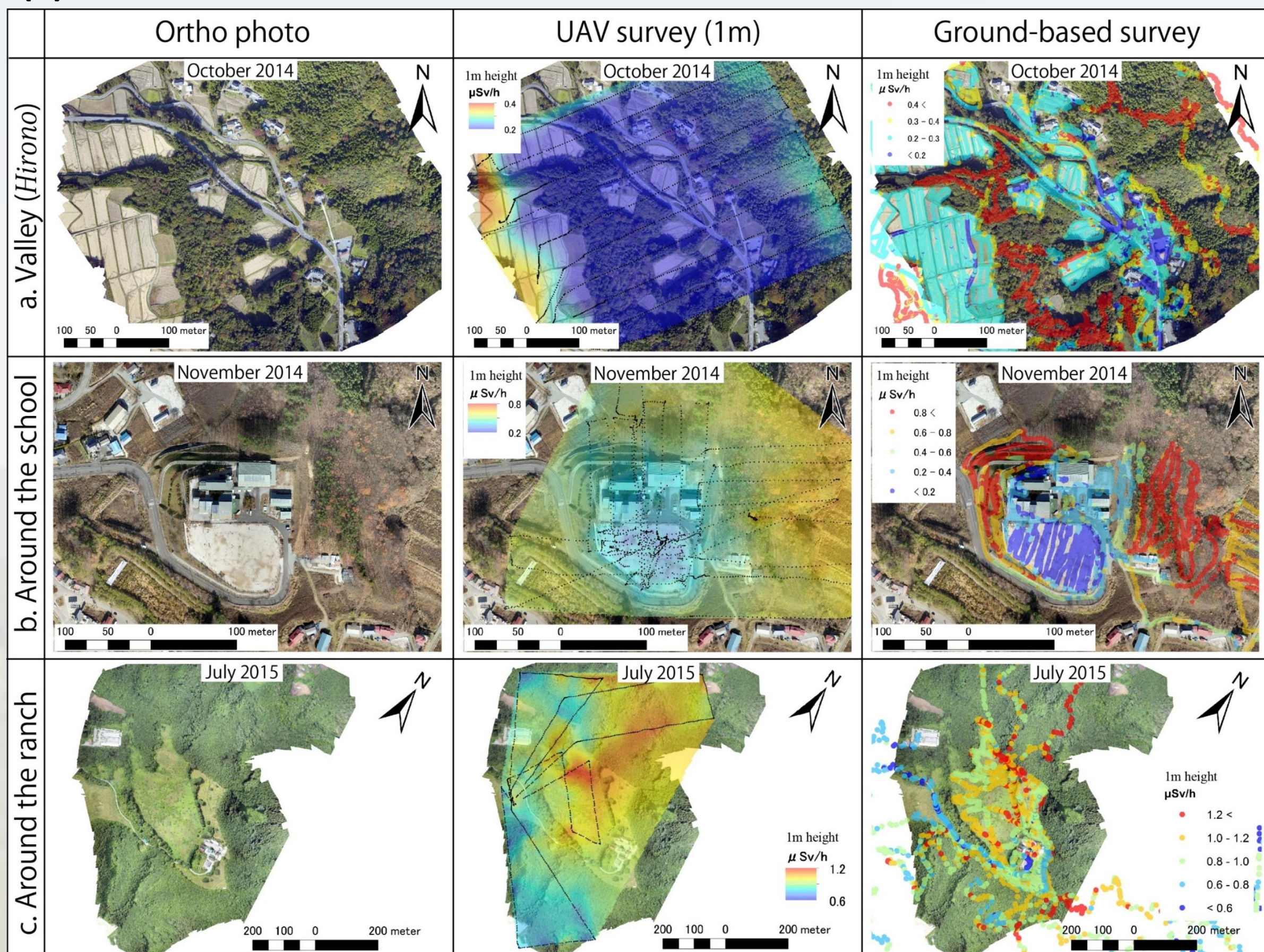
### (1) UAV空間線量率観測結果(マニュアル飛行)



フライトを行った除染作業中の水田での観測結果をみると、UAVサーベイ、歩行サーベイともに除染を終えた圃場の空間線量率は低く、未除染の圃場および除染後の土壌などを詰め込んだフレキシブルコンテナバック周辺の空間線量率は高くなった(上段)。

元たばこ畑では、畑部分の空間線量率が高い計測結果となった。同時に行った歩行サーベイでは、畑周辺部の広葉樹林が生い茂る斜面部分の空間線量率が高い結果となっておりUAVサーベイ(1m)と分布に違いがある。これは、UAVは樹冠上の空間線量率を計測するため、林床部からの放射線は樹冠による遮蔽の影響を受けると考えられる(下段)。

### (2) UAV空間線量率観測結果(オートパイロット飛行)



オートパイロット飛行による計測では、対地高度が150mと最も高かった広野地区での計測結果では、歩行サーベイのような分布を計測できなかった(上段)。一方、対地高度60mより低い高度で計測した山木屋地区の場合、地表面近傍の空間線量率分布を捉えることができた(中・下段)。また、森林部における空間線量率の計測結果は地上1m空間線量率を過小評価する傾向を示した。これは樹冠による放射線の遮蔽によると考えられるが、今後の検討課題である。

避難から約6年を経過した未除染の空閑地では草木が繁茂して、歩行が困難な場所も多い。低空を飛行できる小型UAVを用いた空間線量率の計測は、人の侵入が困難な場所でも空間線量率の分布を計測することができる。

## 観測方法

### A) マニュアル飛行空間線量率観測

UAV(JABO-H601GまたはPhantom2)に空間線量率計(浜松ホトニクス社,C12137)とXbeeを用いた無線システムを搭載し、1秒間隔で空間線量率、緯度・経度、気温、気圧等の観測を行った。観測高度は気温・気圧から層厚の式によって求めた値を使用した。機器の開発は(株)SWR社による。



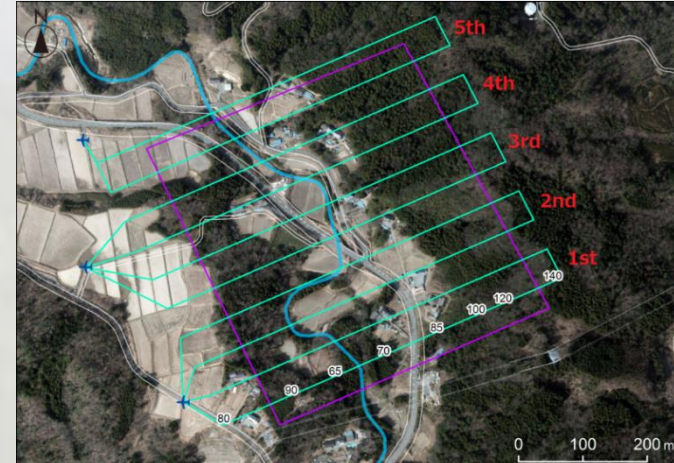
空間線量率計システム

### B) オートパイロット飛行空間線量率観測

UAV(ZionEX700またはQc630)に本研究で開発した空間線量率計システムを搭載し、あらかじめ設定したルート上を、自律飛行により飛行しながら1秒間隔で空間線量率、緯度・経度、気温、気圧等の観測を行った。安全性を考慮し、1回の飛行距離が約1.3km~1.5km以内に収まるよう設定している。飛行ルートはオープンソースであるMission Plannerを用いて作成した。



Mission Plannerで飛行ルートを作成し、UAVに読み込ませる



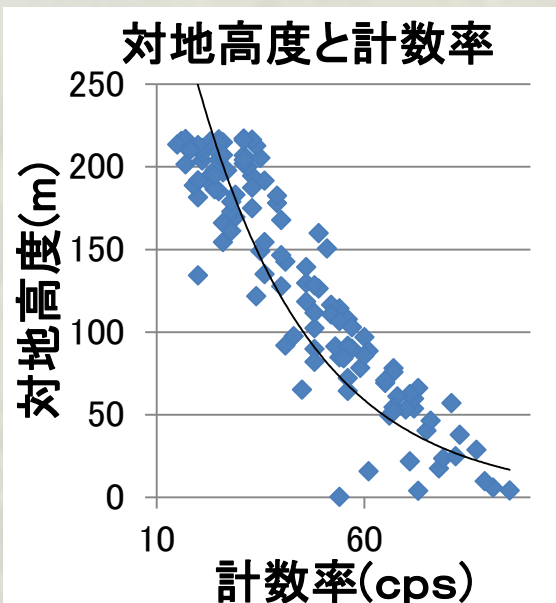
広野町での飛行ルート

### C) 地上1m空間線量率への換算

UAVで上空から計測した空間線量率は、観測地域で作成した鉛直方向の空間線量率の減衰特性(指数関数的減衰)をもとに地上1m高の空間線量率に換算することができる。そこで、対地高度に合わせて地上1mの空間線量率に換算した。

$$D = \frac{D_i * EXP(AF * (H - H_i))}{CD}$$

D: 地上1m高さ空間線量率(μSv/h) D<sub>i</sub>: 観測値(cps)  
H: 基準高度(m) H<sub>i</sub>: 対地高度(m)  
AF: 空気減弱係数(m<sup>-1</sup>)  
CD: 線量換算係数(cps/μSv/h)



対地高度と計数率  
対地高度(m) vs 計数率(cps)

## 提案

2017年3月に避難指示が解除されるが、この土地で暮らすということの諒解を住民だけでなく日本の社会全体が創り出して行かなければならない。そのための基本情報として、また帰還後の外部被曝モニタリングのためにも複数の方法(定点、歩行、走行、UAV等)による地域の空間線量率モニタリングを継続させなければならない。特に、マイナーサブシステムの場合としての里山の放射能モニタリングおよび対策は帰還後の暮らしに必須である。一つの手法としてUAVの利用を提案したい。