

### 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しつつある

#### そこで

- ・ラジコン電動マルチコプター(以下UAVと表記)を用いた空中写真撮影及び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

#### A: 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、避難指示解除準備区域の2区域に再編されたが、避難は今もなお継続中である。山木屋地区では以下の3地点で観測を行った。

##### ①谷津地形を呈する里山小流域(2014年5月31日、6月1日、8月30日)

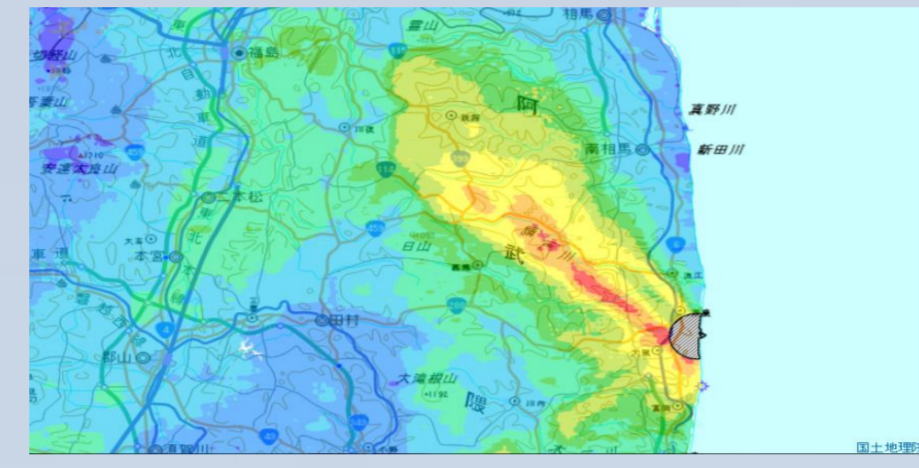
原発事故以前、この谷は畑として利用されていたが、2011年以降耕作されておらず、除染もまだ行われていない。

##### ②水田域(2014年8月11日)

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)仮置き場が存在していた。

##### ③山木屋小学校(2014年11月22~24日)

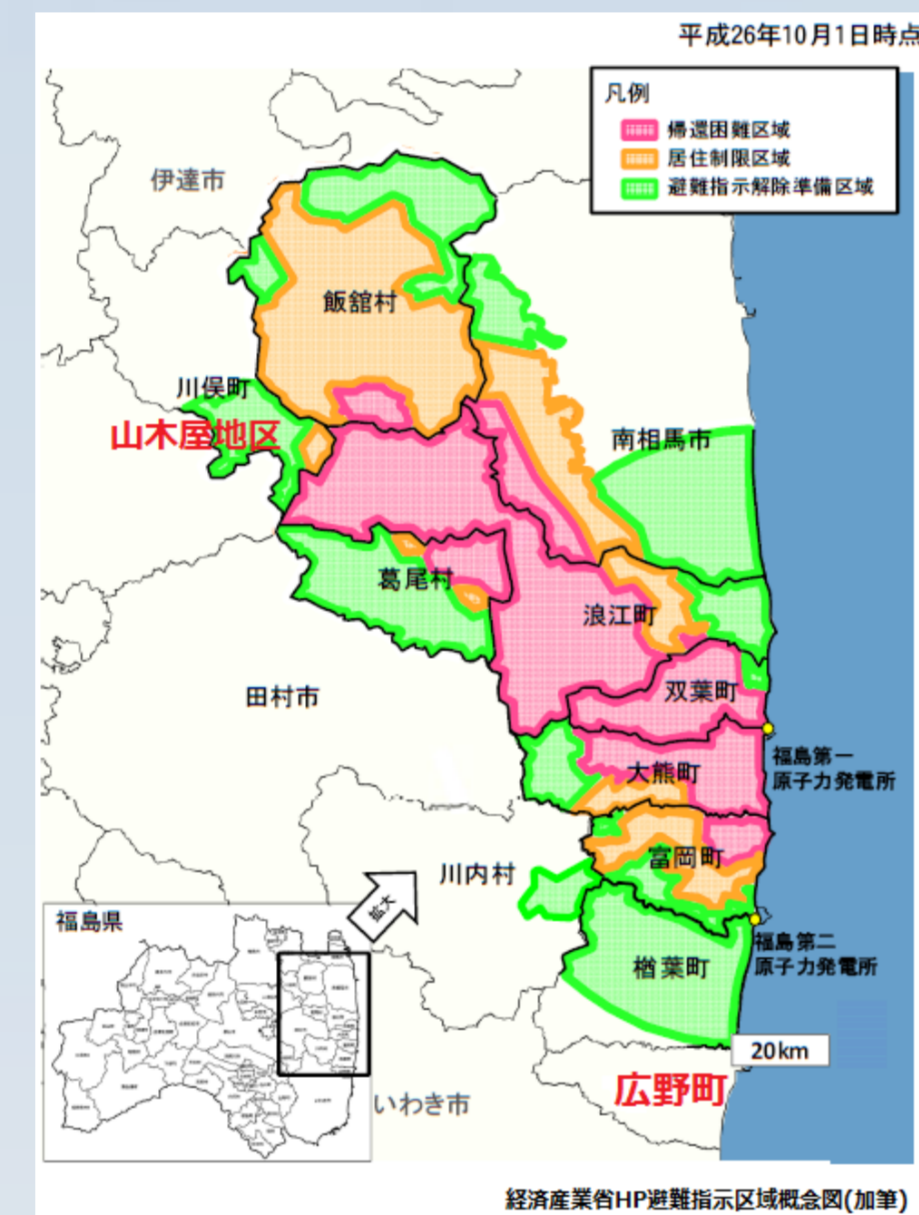
山木屋小学校は、標高560m程度の丘の上に位置しており、北東側に比高20m程度の小山が存在し、樹木が生育している。



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。



フレコンバックの仮置き場(山木屋地区)



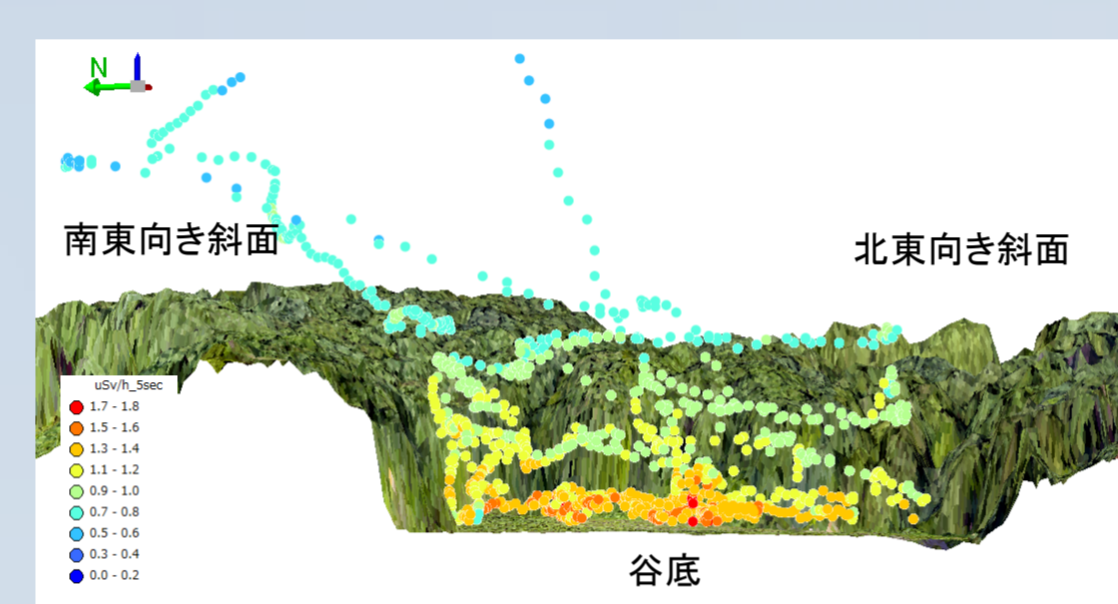
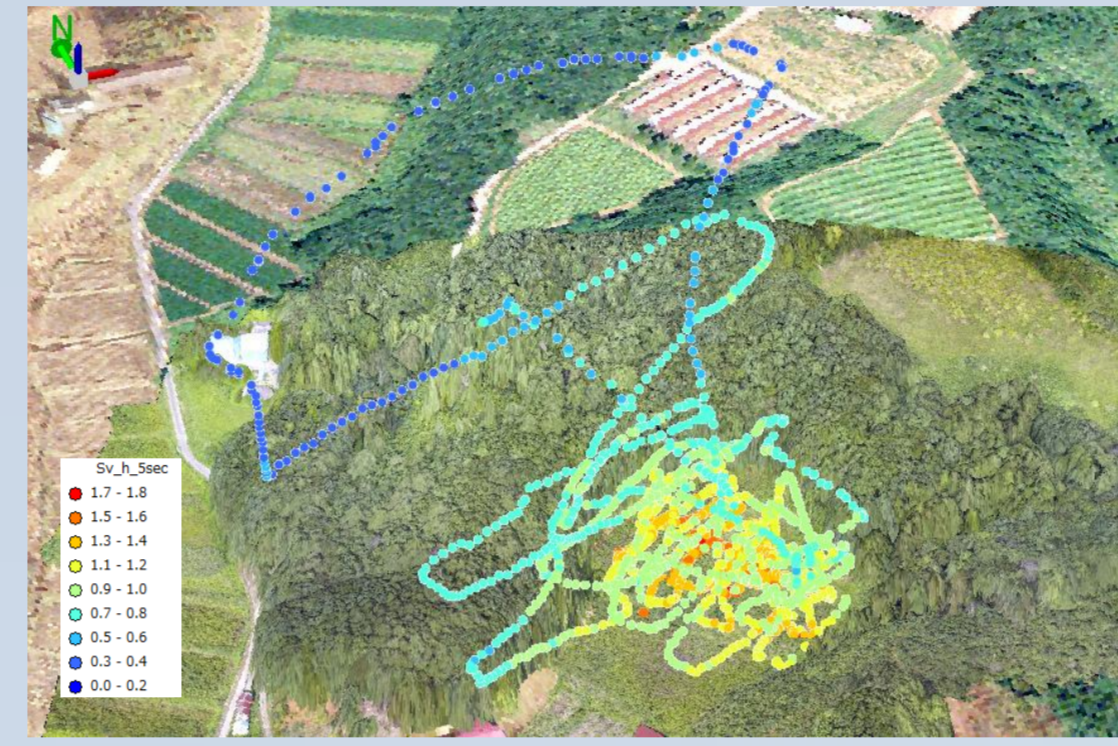
#### B: 福島県双葉郡広野町上北迫地区(2014年10月30~31日)

福島第一原子力発電所の南方約25kmに位置している。事故直後、緊急時避難準備区域に指定され、一時町民全全員が避難を余儀なくされた。避難区域指定は2011年9月30日に解除されたが、2014年11月現在、帰還した町民は、事故前の3割程度にとどまっている。

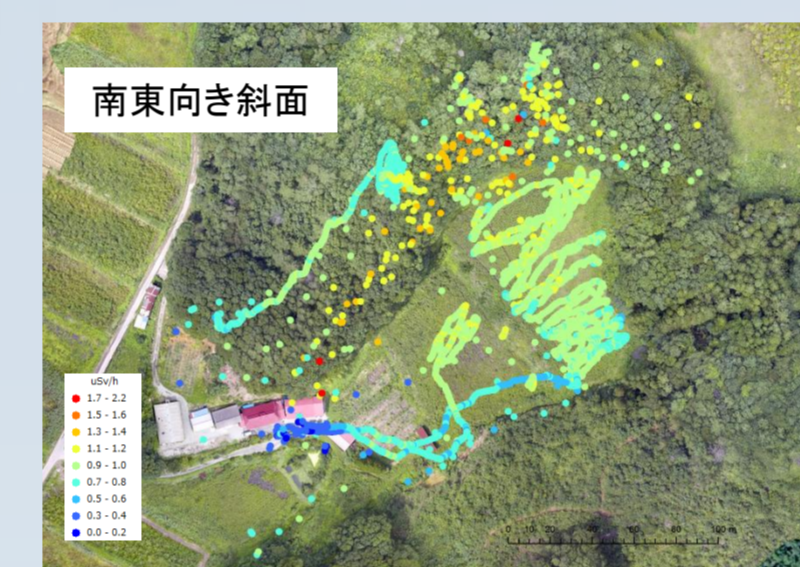
### 調査結果

#### (1) UAV空間線量率観測結果(マニュアル飛行)

##### ①里山小流域



##### ○歩行サーベイ結果○

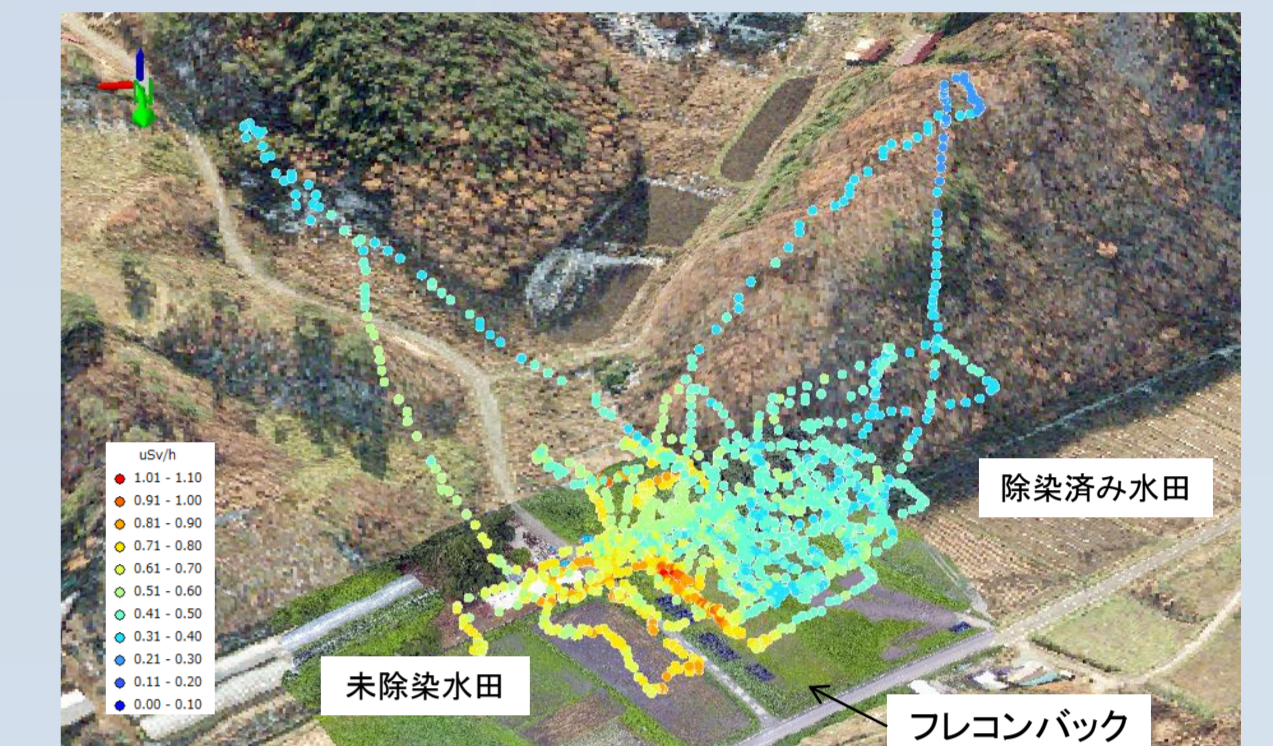


・UAVを用いた観測により、谷底や斜面の上空を含む小流域内の空間線量率の三次元分布を観測することができた。左下図は真横から見た空間線量率の三次元分布である。地形はDSMで表示している。南東向き斜面及び北東向き斜面には樹木が生育しているため、観測は樹冠上空となる。

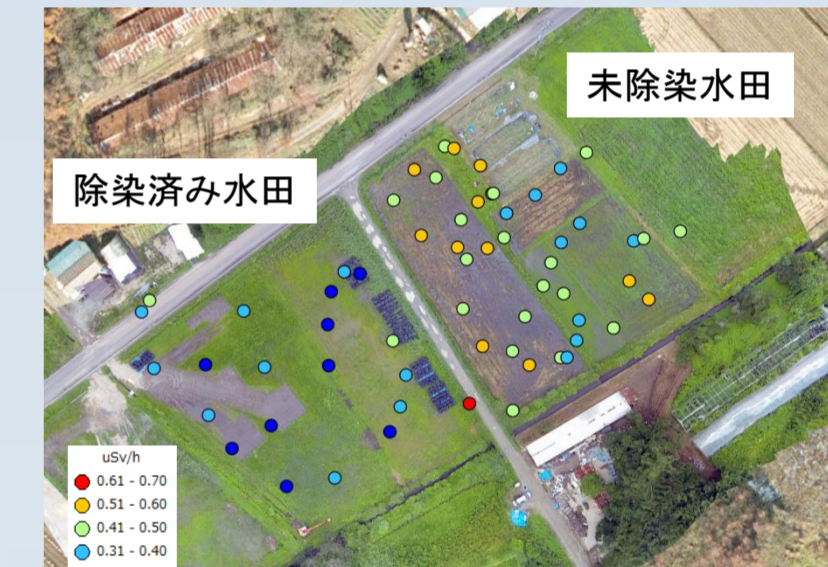
・観測結果から、谷底上空に空間線量率が高い領域が存在すること、南東向き斜面に近いほど空間線量率が高くなる傾向があることが確認できた。さらに、上空に向かい空間線量率が減弱する傾向が確認できた。

UAV観測と並行して、地上において歩行サーベイを実施した。里山小流域では、南東向き斜面において空間線量率が高い傾向が見られる。また、谷底においては、南東向き斜面に近いほど空間線量率が高くなる傾向が見られた。

##### ②水田域



・除染作業が行われた水田(右側)に比べ、除染が行われていなかった水田(左側)で空間線量率が高くなる傾向が見られた。観測時、除染済みの水田内に汚染土の入ったフレコンバックの(仮)仮置き場が存在していた。観測では、そのフレコンバック付近で最も空間線量率が高い値を示した。



水田域では、除染済みの水田で値が低く、未除染の水田で高い傾向が見られた。また、観測最高値はフレコンバック付近であった。

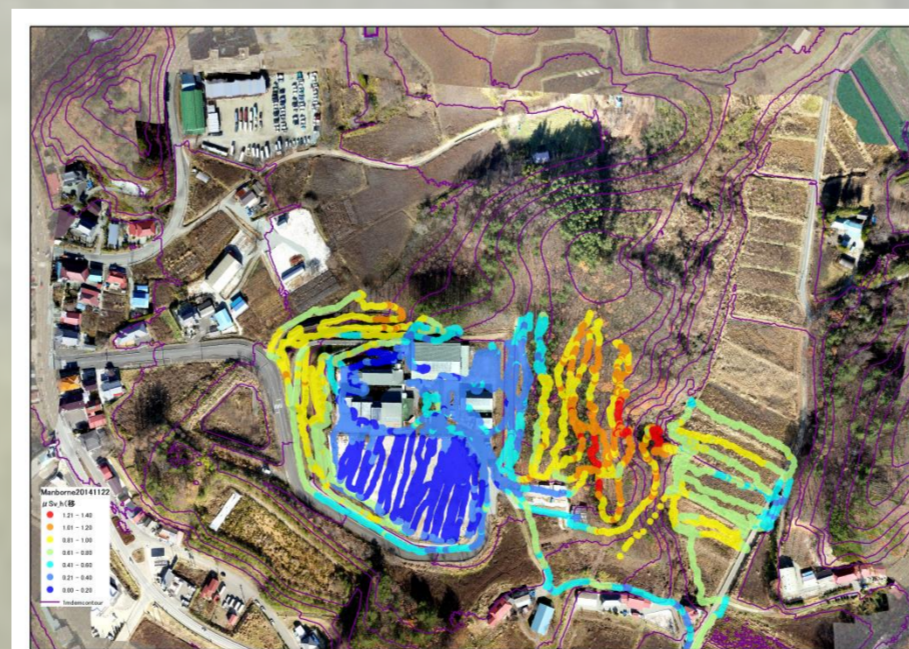
UAVを用いることで観測の困難な樹冠上を含む三次元空間において空間線量率の高密度な観測が可能となった

#### (2) UAV空間線量率観測結果(自律飛行): 地上1m高さ換算

##### 山木屋小学校自律飛行地上1m高さ換算結果



最高値は校舎北東側に位置する森林の南東向き斜面部分で0.714μSv/h、最小値はグラウンド付近で0.262μSv/hであった。全体の傾向として、除染が行われた校舎及びグラウンド付近で空間線量率が低く、南東側の森林や校舎周辺の斜面で空間線量率が高い傾向が見られた。飛行高度は離陸地点を基準にして60mで設定した。

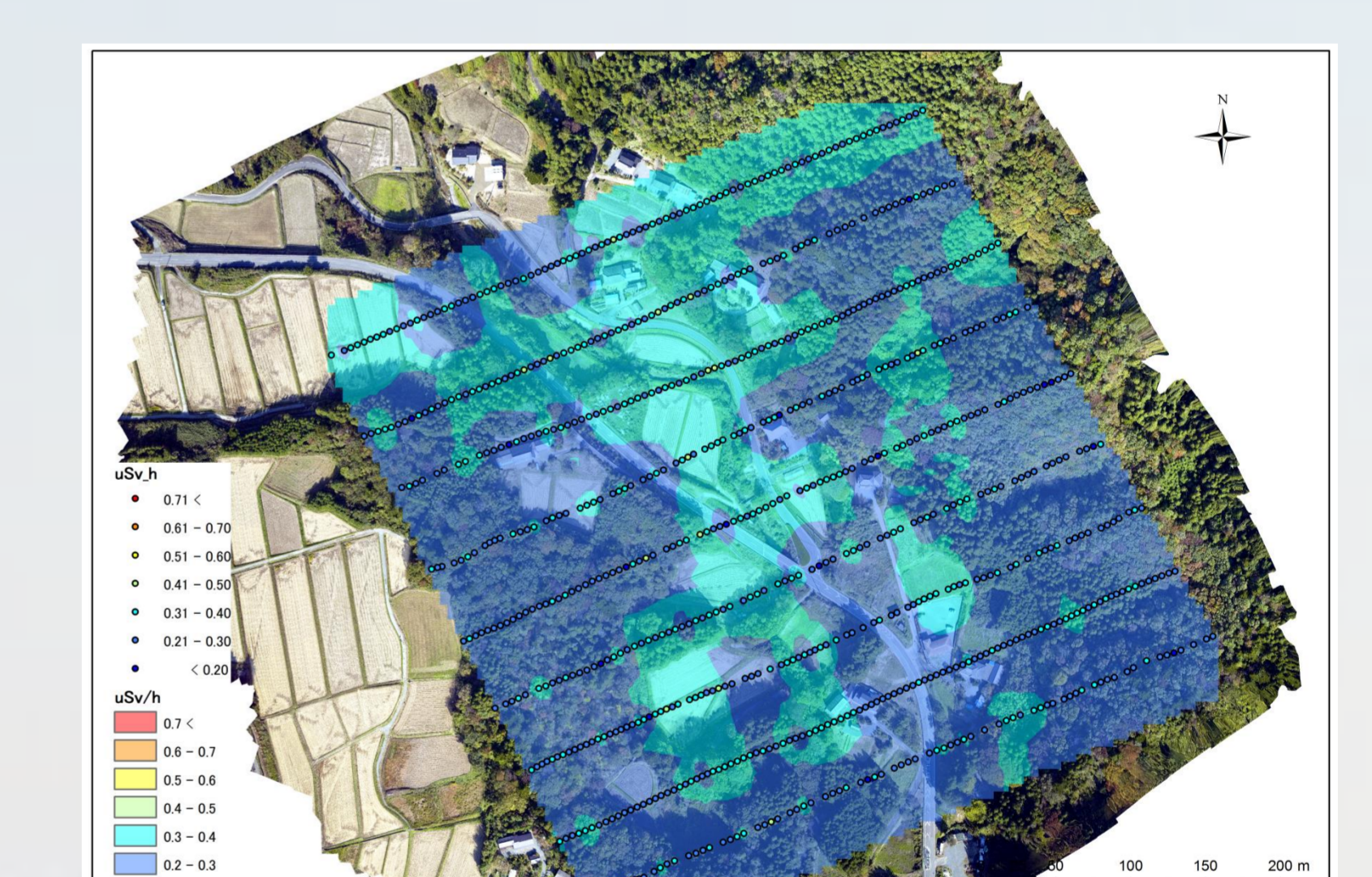


左図は歩行サーベイの結果である。最大値は北東に位置する森林内で1.37μSv/h、最小値はグラウンドで0.111μSv/hであった。また全体の傾向としては、校舎周辺やグラウンドで空間線量率が低く、校舎北東側の森林付近や、校舎周辺の斜面部分で高い傾向が見られる。また校舎北東側に位置する森林付近では特に南東側にむいた斜面において空間線量率が高い傾向が見られる。

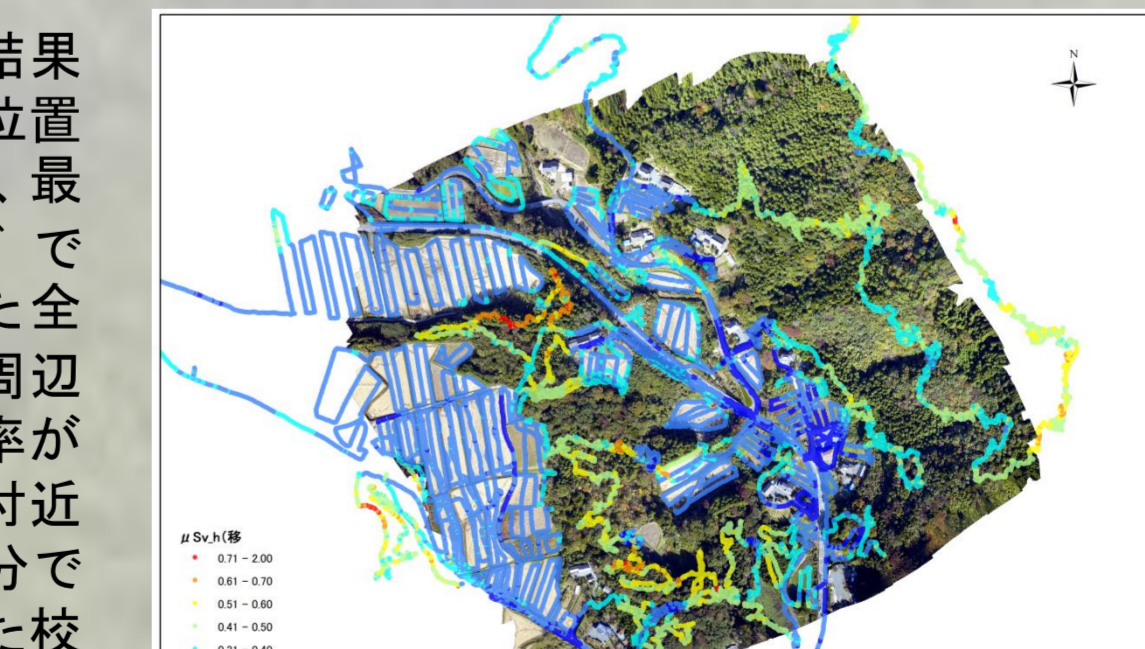
UAV空間線量率換算結果と歩行サーベイ観測結果を比較すると、広野町での観測結果では、歩行サーベイで空間線量率が低い傾向が見られた水田や住宅地周辺で空間線量率が高くなる結果となり、両者に違いが生じたが、山木屋小学校では両者の空間線量率の分布傾向に類似する点が見られた。

小型UAVを用いたモニタリングにより数km<sup>2</sup>程度の範囲における空間線量率の分布の効率的な測定が可能となった

##### 広野町上北迫地区自律飛行地上1m高さ換算結果



最高値は0.462μSv/h、最低値は0.142μSv/hであった。また、全体の傾向として、居住区を含めた谷底周辺で空間線量率が比較的高い傾向が見られた。飛行高度は離陸地点を基準に約150mであった。



歩行サーベイ観測値の最大値は、水田横の畦道付近で1.152μSv/h、最小値は集会所周辺で0.0094μSv/hであった。また全体の傾向として、水田や住宅地付近では空間線量率は低いが、森林内においては高い傾向が見られる。

### 観測方法

#### A) UAV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、気圧等の記録を行った。無線システムにより、手元のタブレット端末で観測した空間線量率や現在地をリアルタイムで閲覧、記録することが出来る。飛行時間は安全面を考慮し、JABOが約5分~7分、Phantom2が約10分程度である。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。機器の開発は株式会社SWR社による。



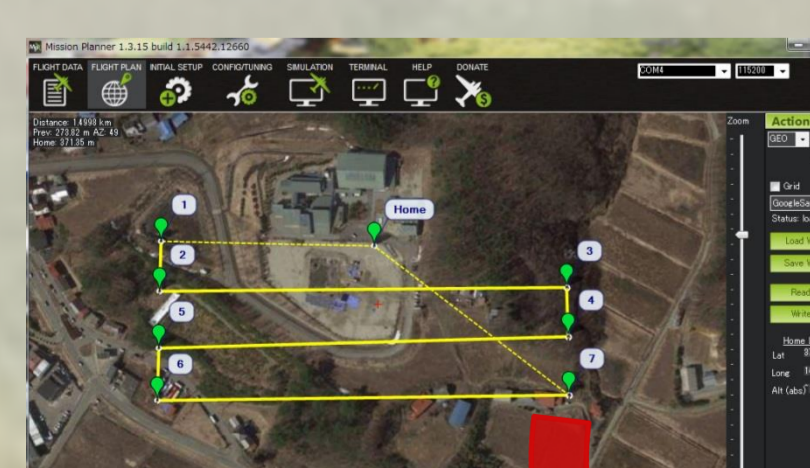
無線システム(Phantom2下の青い袋内に格納)→軽量となり小型UAVへの搭載が可能になった



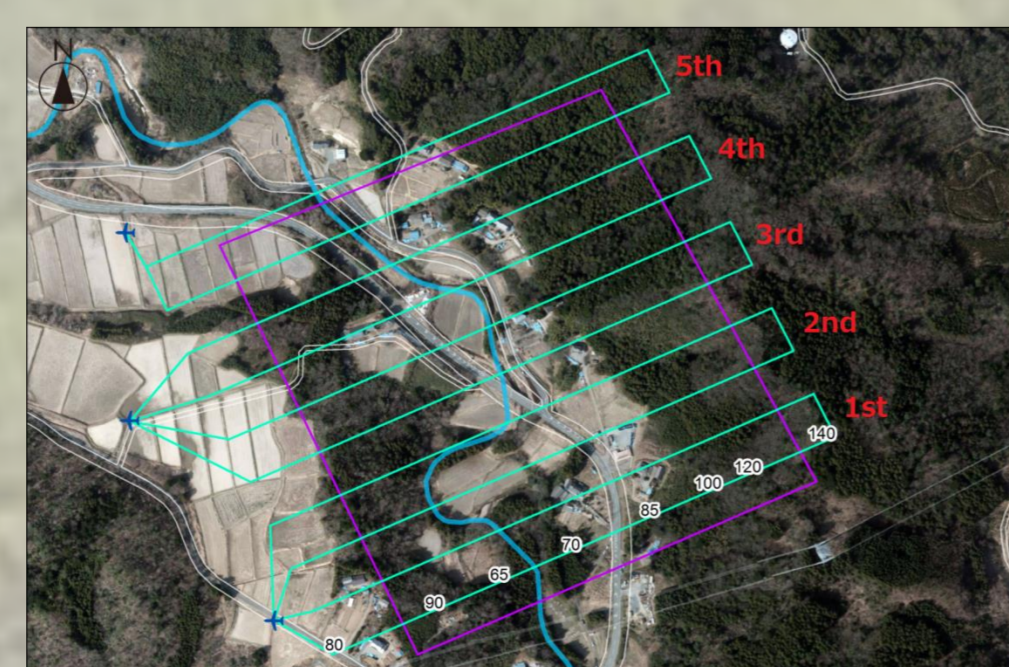
無線システムのUAV(Phantom2)への搭載

#### B) UAVの自律飛行(オートパイロット)による空間線量観測

UAV(ZionEX700またはQC630)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、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。飛行高度は、UAVに搭載されている気圧高度計の値を使用した。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

### おわりに

小型UAVを用いることにより、数km<sup>2</sup>程度の範囲における効率的な空間線量率観測が可能となった。今後は、SfM技術によるDSM作成と飛行高度・ルートの設定、空間線量率の計測を組み合わせた空間線量率計測プロトコルの確立が目標である。