

## 地方自治体でのUAVの活用と問題点

Application and problems of UAV to use for the local government.

\*齋藤 修<sup>1</sup>

\*Osamu Saitou<sup>1</sup>

1.茨城大学

1.Ibaraki University

近年、地方自治体におけるUAVの応用取り組みが少なからず進められている。地方自治体は職員数の削減が顕著である。これは、組織の効率化、スリム化を行うためであるが、災害発生時には技術的な判断や対応に遅れ、初動に遅れを生じる要因になり得るものである。これにより見直しを図る自治体も多いが、雇用費用や人材不足が大きな問題である。このため、安価で効率的なツールとしてUAVの導入が検討されている。たとえば空中からの画像撮影、農業での薬剤散布、送電線点検、防災対策等に利用が拡大されている。茨城県では、不法投棄防止・抑止や海岸侵食調査、ダムなどの構造物長寿命化のための検査ツールとして利用が期待されている。しかし、安全な運用は大きな課題である。UAV利用の現状と問題点を報告する。

キーワード：UAV、地方自治体、防災

Keywords: UAV, local government, disaster prevention

## Solar energy potential assessment and mapping in high-rise building area with UAV spatial modeling

\*Myeongchan Oh<sup>1</sup>, Jin Son<sup>1</sup>, Hyeong-Dong Park<sup>1</sup>

1.Seoul National University

Assessment of renewable energy potential in urban areas is treated as important information in many energy design projects and engineering projects due to a surge of interests in global energy issues. Especially, with spatially restricted areas for energy production corresponding to increasing energy demands, photovoltaic (PV) panels sourced by solar energy can be the one of the most promise alternatives. In this study, we calculated solar energy potential, one of the renewable energy, specifically in urban area, which are fulfilled with artificial objects, with applying UAV (unmanned aerial vehicle) to building spatial model. A variety of spatial data to calculate the solar energy potential are required: environment, orography, and climatology factors. In particular, orography in complex area like cities with many high-rise buildings can be highly influenced as shading effect of these area is significantly affected solar energy potential. In past, these data highly consume both time and expenses to be obtained, however, by recent development of UAV technology, spatial model in high resolution can be easily produced. Because of advantages of UAV, such as easy accessibility to the target site, high resolution sensor, GPS (Global Positioning System) and IMU (Inertial Measurement Unit), it is convenient to generate aerial map and DEM (Digital Elevation Map) with lower expenses. DEM is extracted from overlapped aerial images by stereo depth calculation. With the spatial database, which consist of the spatial model obtained by UAV and other factors directly measured or offered from Korean Meteorological Administration, solar energy potential can be estimated. The analysis module is design with Matlab, which introduces multi-variables such as local solar irradiation data, annual cloud ratio, weather, solar orbit, solar panel information and shadow effect. As a result, the map with total solar irradiation map and solar irradiation map considering panel information are composed, which can be used in the stage of decision-making, such as site optimization for PV power plant system and its potential power generation estimation. To summarize, we designed the potential solar power estimation module, particularly for urban areas with the forest of high-rise buildings. It is expected that this study will help people working in renewable energy area calculating solar energy potential and mapping.

Keywords: Solar energy, Energy assessment, UAV

## 200グラム未満のオートパイロット機「KT200」の試作

KT200: an experimental autopilot drone below 200 grams

\*田中 圭<sup>1</sup>、中田 高<sup>2</sup>\*Kei Tanaka<sup>1</sup>, Takashi Nakata<sup>2</sup>

1.一般財団法人 日本地図センター、2.広島大学名誉教授

1.Japan Map Center, 2.Prof. Emeritus, Hiroshima Univ.

## 1. 製作の動機

最近の小型UAV (Unmanned Aerial Vehicle:日本では、ドローンと言う呼び方が一般に定着)の進歩はすざましく、これを使って空撮や各種の計測機器を搭載して空中計測を行うことが可能となった。しかしながら、ドローン・ブームの影で不適切な使用が社会問題化したため、国土交通省は改正航空法（いわゆるドローン規制法）を平成27年12月10日に施行した。今回の改正法は、航空機の航行の安全に影響を及ぼすおそれのある空港等の周辺の空域や地表又は水面から150m以上の高さの空域、人口密集地（平成22年の国勢調査の結果による人口集中地区）の上空において、無人航空機を飛行させる場合には、あらかじめ国土交通大臣の許可を受ける必要があるというものである。この規制の対象となる無人航空機は、構造上人が乗ることができない飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船のうち、遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができるものであるが、200g未満の重量（機体本体とバッテリーの重量の合計）のものは、規制対象から外されている。しかしながら、現時点で写真測量に用いるカメラを搭載できる200g未満の機体は市販されておらず、あらかじめ設定した飛行ルートを自律飛行できる機種も見当たらない。そこで、200g未満で自律飛行が可能な空撮用の機体を試作した。

## 2. KT200の製作

ここで製作する200g未満の機体は「軽やかに飛ぶ」を掲げてKT200と呼ぶこととする。KT200に求められる性能は、8M pixel以上の画像素子を持つカメラを搭載し、自律飛行で3～5分程度の飛行ができることである。これを可能とするために、下記の部品をインターネット上から調達し、クアドコプター（4つのプロペラを持つマルチコプター）を製作した。使用した部品とその重量は、次の通りである。200mmカーボンフレーム（26g）、モーター4個（12gx4=48g）、ESC4個（2gx4=8g）、フライトコントローラー（APM）及びGPS・コンパス（25g）、5インチカーボンプロペラ4個（4gx4=16g）、受信機（9g）とLiPoバッテリー（44g）であり、合計で200gを下回る。なお、空撮用カメラは取り外し可能な付属品として、改正航空法の200g未満の重量には含まれない。

これによって、任意の場所での空撮が可能となったが、たとえ規制対象とならない機体を飛行させる場合でも、国土交通省が挙げる安全のためのルールを遵守しなければならない。

キーワード：UAV、航空法、200g未満、KT200

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle, Civil Aeronautics Act, below 200 grams, KT200

## 200グラム未満の空撮調査用固定翼機の性能評価

## Evaluation of Foam Plane under 200 grams for Aerial Photo Survey

\*井上 公<sup>1</sup>、中田 高<sup>2</sup>

\*Hiroshi Inoue<sup>1</sup>, Takashi Nakata<sup>2</sup>

1.防災科学技術研究所、2.広島大学名誉教授

1.National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, 2.Hiroshima University

我々は小型UAVを各種自然災害の調査研究やリスク評価・災害の監視・対応に活用するための実験を行っている。昨年(2015年)12月10日に航空法が改正され、無人機の飛行に対する規制が強化された。具体的には、これまで自由に飛行が可能であった人口集中地域の上空や、目視範囲外の遠距離飛行、日の出前や日没後の飛行等が、国交省の事前の許可・承認なしには行えなくなった。これは主として安全確保の観点からの禁止措置であり、必要な規制であるが、UAVの活用の自由度は大きく制限されることとなった。

一方この航空法の改正により新たに規制の対象となる「無人航空機」は、重量200g以上(バッテリーを含み、取り外し可能なカメラ等は含まない)の機体に限られるため、200g未満の機体はこれまでどおり、空港周辺の制限表面と高度150m以上の空域以外は、航空法上は自由に飛行させることが可能である。

また軽量の機体ほど墜落時の危険性も小さく、特に発泡スチロール製で、プロペラが後ろ向きに取り付けられたプッシャータイプの固定翼機の場合は、重量が200g未満であれば、どのような状況の事故でも人や物を傷つける可能性は殆どないと言ってもよい。

そこで我々は、小型UAVの活用の自由度を広げることと、より安全に調査を行うことの二つを目的として、200g未満の発泡固定翼機の能力の評価を実施している。予備的な実験の結果からは、バッテリーを含めて200g弱の機体に30g程度の小型フルHDカメラを搭載した場合、弱風であれば高度50m、時速30kmで5分間、距離2.5kmを飛行でき、狭い範囲の空撮調査には十分実用性があると考えられる。

## 2014年広島土石流前後のUAV画像とその解析

## UAV images of before and after the 2014 Hiroshima debris flow disaster

\*田中 圭<sup>1</sup>、中田 高<sup>2</sup>

\*Kei Tanaka<sup>1</sup>, Takashi Nakata<sup>2</sup>

1.一般財団法人 日本地図センター、2.広島大学名誉教授

1.Japan Map Center, 2.Prof. Emeritus, Hiroshima Univ.

## 1. はじめに

自然災害の多くは、地形が急激に変化する場所に人間が不用意に立ち入ることによって生ずる人災である。2014年8月20日未明に広島市 北部で発生した土石流災害もこの例に当てはまる。土石流は花崗岩山地の山麓緩斜面に広がる住宅地を襲い、75名の犠牲者（災害関連死も含む）を伴う大災害を引き起こした。

本発表では、今回の土石流災害のなかでも特に被害が甚大で多数の犠牲者（全犠牲者75名中41名）を出した広島市安佐南区八木3丁目を対象とし、被災建物の分布とその建築年代の関連を定量的に分析し、都市周辺のスプロール現象による住宅地拡大によってもたらされた本災害の特徴を明らかにすることである。

## 2. 手法

多時期に撮影された空中写真をSfM-MVS (Structure from Motion -Multi-View Stereo) による簡易測量とGISを用いて、被災地域の宅地化の過程を明らかにし、建築時期別に被災建物の立地条件についての詳細な分析を行った。また、八木3丁目上築地地区では土石流発災約10ヶ月前の2013年10月に撮影したUAV撮影画像と土石流発災後の2014年9月に撮影したUAV画像を用いて、土石流が溢流した原因の分析を行った。

## 3. 結果

被害を受けた住宅は高度経済成長期に建築されたものに集中したという一般的な見解は、この期間に建築された建物数の多さから当然であり、間違っているとは言いがたい。しかし、壊滅的な被害を受け、被災後更地化された建物あるいは犠牲者が発生した建物の分析結果からは、高度経済成長期以降にも土石流災害の危険性が極めて高い場所に住宅建築が新たに行われ、大きな被害が発生したことが明らかになった。

キーワード：2014年広島土石流、GIS、UAV

Keywords: 2014 Hiroshima debris flow, GIS, Unmanned Aerial Vehicle

## 多時期近接空撮画像による水稻のフェノロジー観測と生育パラメーターの推定

## Rice Phenology Monitoring and Growth Parameters Estimation Using High Temporal Proximity Aerial Photos

\*濱 侃<sup>1</sup>、望月 篤<sup>2</sup>、鶴岡 康夫<sup>2</sup>、田中 圭<sup>3</sup>、近藤 昭彦<sup>4</sup>\*Akira Hama<sup>1</sup>, Atsushi Mochizuki<sup>2</sup>, Yasuo Tsuruoka<sup>2</sup>, Kei Tanaka<sup>3</sup>, Akihiko Kondoh<sup>4</sup>

1.千葉大学大学院理学研究科、2.千葉県農林総合研究センター、3.一般財団法人 日本地図センター、4.千葉大学 環境リモートセンシング研究センター

1.Graduate School of Science, Chiba University, 2.Chiba Prefectural Agriculture and Forestry Research Center, 3.Japan Map Center, 4.Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

## 1. はじめに

農作物の観測，例えば生育量観測において，衛星を使用した農業リモートセンシング技術は，現地における実測に比べて広範囲を非破壊かつ短時間で計測可能であり，大規模圃場を対象とする際は有効な手法となる<sup>1)</sup>．しかし，これらの広域を対象とした観測は，雲量による観測確実性の低下，任意のタイミングでの観測が困難である点などが課題である．また，圃場内の生育の不均一性を問題とする際は，より空間分解能の高い観測が必要となる．そこで本研究では，圃場内で移植時期，品種，施肥量を変化させた水稻の生育観測について，電動マルチコプターをUnmanned Aerial Vehicle (UAV)として利用し，高時間・空間分解能の可視・近赤外光空撮画像の取得に基づくフェノロジー観測と生育パラメーターの推定を試みた．

## 2. 研究手法

千葉県農林総合研究センターの水稻試験場において，2014年，2015年の2年間，水稻の生長期から成熟期におおむね週1回間隔で観測を行った．この圃場では2筆の水田を48区画に細分し，それぞれの区画で移植時期（全4期），品種（コシヒカリ，ふさおとめ，ふさこがね），施肥量を変え栽培している．観測には，電動マルチコプター（enRoute社：Zion QC630，MEDIX社：JABO H601G，DJI社Phantom2），デジタルカメラ（可視画像：RICOH社 GR，近赤外画像：BIZWORKS社 Yubaflex）を用いて対地高度50mから空撮を行った．オルソモザイク画像の作成は，Structure from Motion / Multi-View Stereo (SfM/MVS) ソフトウェアPhotoScan Professional (Agisoft社)を用いて重なり合う複数枚の鉛直空撮画像より作成した．なお，Yubaflexで撮影した画像は専用ソフト（Yubaflex2.0）で放射輝度に変換後，SfM/MVSソフトウェアでオルソモザイク画像を作成した．その後，作成されたオルソモザイク画像から各区画内の植生指数（NDVIなど）を計算した．その際，NDVIが0以上のピクセルを植生域として土壌・水域を排除した $NDVI_{\text{pure vegetation}}$ （以降， $NDVI_{\text{pv}}$ ）を植生指数の1つとして加えた．水稻の生育状況の実測データ（生育ステージ，草丈，LAIなど）は，千葉県農林総合研究センターの観測値を使用した．

## 3. 結果・考察

NDVIの時系列変化では幼穂形成期前のNDVI上昇量が一時的に小さくなる時期があった．この時期は最高分げつ期とほぼ同じ時期であった．水稻は最高分げつ期に，株内や間の養分や光の受光競争が強くなるため，弱い分げつを中心に穂をつけることなく枯死し，莖数が減少する．この生育特性の影響でNDVIの上昇が一時的に抑制されたと考えられる．また，最高分げつ期は過剰な分げつの発生を抑制するための中干しを行う目安となっている．本研究ではNDVIの時系列変化から最高分げつ期が把握できる可能性を示した．栽培条件において移植時期のみを変えた区画のNDVIの時系列変化に差があり，移植時期が遅い区画ほど移植からNDVIの最大値を記録するまでの日数が短くなった．これは生育期間の気温が高いほど生育が早くなることがNDVIの時系列変化に表れていると考えられる．さらに，移植時期が遅いほど，NDVIの最大値が高くなった．NDVIの値の高いほど生育が良く，一般的には収量の増加が考えられるが，収量の増加は確認されなかった．出穂期周辺の気温が高温になるほど受精障害などの生育障害が発生する頻度が増加することがわかっており<sup>2)</sup>，本研究においても，移植時期が遅いほど出穂期以降の気温が高くなることで，生育障害の影響がより強くなったと考えられる．

水稻の実測データと植生指数との相関関係をもとに，植生指数を用いた出穂前における草丈・LAI推定のための回帰モデルを導いた．その結果， $NDVI_{\text{pv}}$ およびGNDVIで再現性の高い推定式となった．推定結果のRMSEは， $NDVI_{\text{pv}}$ では草丈で0.053m，LAIで0.73，GNDVIでは草丈で0.043m，LAIで0.74と，本研究手法を用いた生

育パラメーターの推定の可能性が示唆された。

#### 謝辞

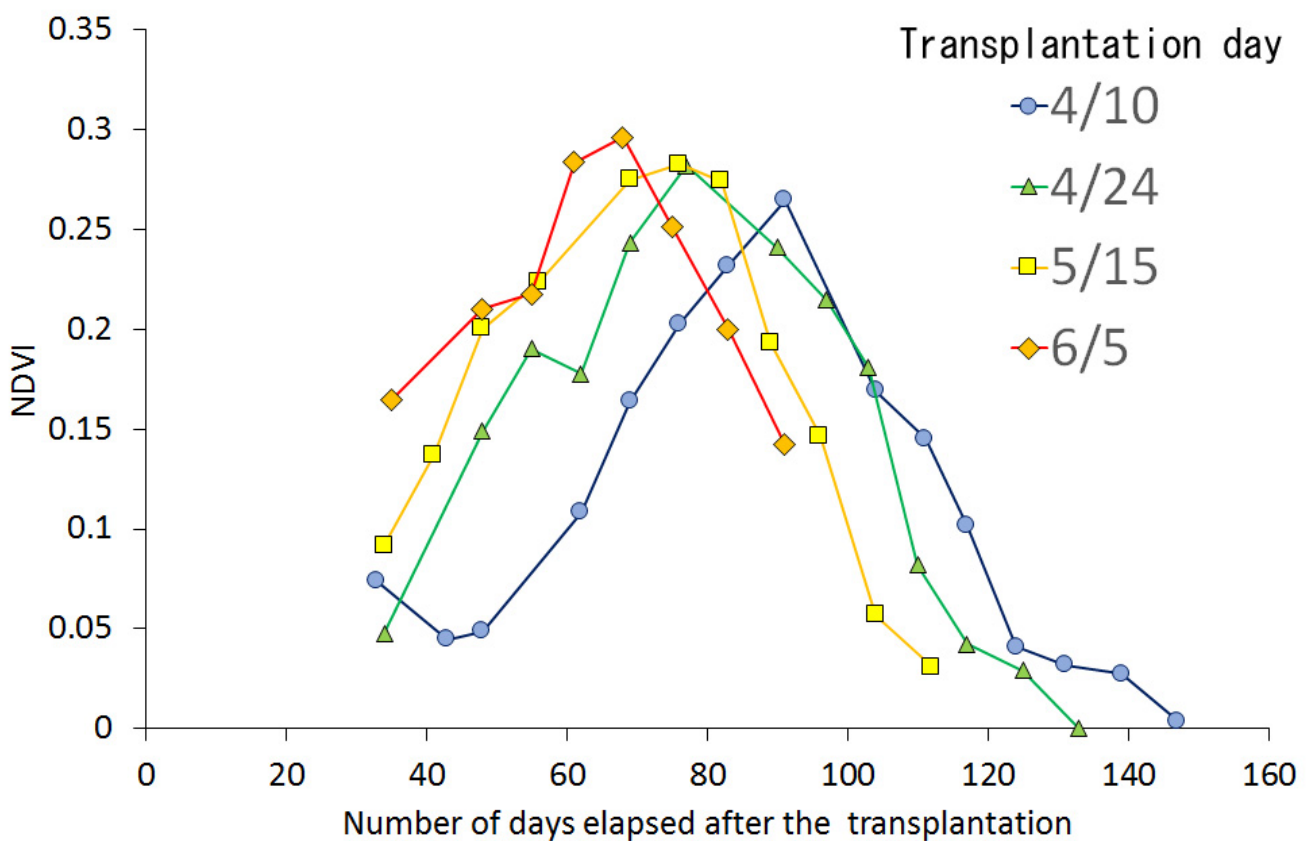
本研究では、千葉県農林総合研究センター水稲温暖化対策研究室の関係諸氏には圃場利用等様々な面でご協力頂いた。ここに記し、感謝を申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 秋山侃・石塚直樹・小川茂男・岡本勝男・斎藤元也・田諭, 2006, 農業リモートセンシングハンドブック, システム農学会.
- 2) 林陽生・石郷岡康史・横沢正幸, 2001, 温暖化が日本の水稲栽培の潜在的特性に及ぼすインパクト (特集: 環境変動とアジアの稲作). 地球環境, 6(2), 141-148.

キーワード：小型UAV、近接リモートセンシング、生育管理、SfM/MVS

Keywords: small UAV, proximity remote sensing, growth management, SfM/MVS



小型UAV, 定点カメラによる印旛沼流域桑納川における外来植物モニタリング  
Monitoring alien plants by small UAV and TLC in Kanno river, Inbanuma catchment

\*浜田 慎也<sup>1</sup>、濱 侃<sup>1</sup>、近藤 昭彦<sup>2</sup>  
\*Shinya Hamada<sup>1</sup>, Akira Hama<sup>1</sup>, Akihiko Kondoh<sup>2</sup>

1.千葉大学大学院理学研究科、2.千葉大学 環境リモートセンシング研究センター  
1.Graduate School of Science, Chiba University, 2.Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

### 1.はじめに

千葉県北西部に位置する閉鎖性水域である印旛沼では、外来植物のナガエツルノゲイトウの侵入と繁殖が認められている。この水草は、特定外来生物に指定されており、生物多様性を損なうだけでなく、水田への侵入等、印旛沼流域における深刻な問題となっている。また、流域内の新川およびその支流では、台風などの大規模な出水時にナガエツルノゲイトウの群落の流れ出し、下流の排水機場に漂着することで排水作業に支障をきたすなど、治水機能への影響も問題となっている。そのため、新川支流の中でも特にナガエツルノゲイトウが群集している桑納川において千葉県印旛沼水循環健全化会議を中心とした産学官民連携の協働駆除作業が試行されている。しかし、群落がどのように拡大し、いつ、どこから、どれくらい流出するのか、といった駆除戦略立案のための基礎的情報については不明な点も多い。そこで本研究では、桑納川において、小型のUnmanned Aerial Vehicle (UAV) を用いて定期的な空撮を行い、Structure from Motion / Multi-View Stereo (SfM/MVS) 技術を用いて高解像度のオルソモザイク画像を作成することにより、ナガエツルノゲイトウの動態モニタリングを行った。また、定点カメラによる連続観測を併用することで、より詳細な動態の把握を試みた。

### 2.研究手法

2015年5月末から2015年10月末まで毎月、桑納川最下流の約765mの観測対象区間の空撮を行った(5/30、6/22、7/25、8/26、9/23、10/29)。小型UAVはenRoute社ZionQC630、カメラはRICOH社GRを使用した。フリーソフトウェアのMission Plannerを用いてオートパイロットで飛行し、対地高度50mから1秒間隔で空撮を行った。UAVで空撮した画像を元にSfM/MVSソフトウェア(Agisoft社 PhotoScan Professional ver1.2)で作成したオルソモザイク画像からナガエツルノゲイトウ群落を判読し、GIS(ArcGIS 10.2)上で河岸に繁茂するナガエツルノゲイトウ群落のポリゴンを撮影時期ごとに作成した。これにより、群落面積、位置、形などを求めた。また、橋の欄干に定点カメラを設置し、河道区間を10分間隔で連続撮影し、生長の様子や流出する群落の確認を行った。

### 3.結果と考察

対象区間全体の群落面積は、5月に1239.8㎡、10月に2080.2㎡となったが、この間に、協働駆除作戦が実施されており、740㎡ほどが駆除されたこと、また降雨などで自然に流出する群落の確認され、トータルで309.7㎡ほどが流出していたため、この間に実質的には約2.5倍に群落が増大したことになる。8/26~9/23の期間で168.2㎡の群落が増大しており、これは9/6~9/10の台風18号に伴った豪雨の影響であると推測される。定点カメラの画像から9/6~9/10に桑納川の水位が上昇し、群落が増大している様子が確認されたが、この期間に消失した群落の個数とは一致せず、定点カメラで観測できない夜間に流出した群落もあると考えられる。群落ごとに面積増大を確認すると、6/22~7/25で増大速度が大きい群落が多かったが、群落ごとに増大速度が大きくなる時期にばらつきがみられた。群落が増大し大きくなると、増大速度も比例して大きくなり、群落面積が増大した観測後期に増大速度が大きくなる傾向が見られた。一方、面積増大率では、5/30~6/22の観測初期に増大率の大きい群落が多かった。桑納川では群落面積の大きさに比例して面積増大量がおおきくなることと、5/30~6/22の生長が速く、その後は次第に定常に近づくことが明らかとなった。これは大規模な防除作業を行う上で、群落の生育が活発になる初夏前に防除作業を行うことで、防除作業量を減らすことができると同時にその後の治水リスクを軽減できる可能性を示唆している。ナガエツルノゲイトウは河岸から切り離され移動後、漂着した先で再び河岸に根を伸ばし、定着することが知られている。観測対象区間では観測期間中に12㎡以上の比較的大きな群落の移動が計8個確認されたが、その群落はすべて桑納川流域には定着せず流出した。この結果から桑納川で



は、比較的大きい群落は移動を始めると再定着せず、そのまま下流の新川に流出し、新川での再定着、群落拡大や排水機場へ漂着することで治水機能に影響を及ぼす可能性が高いと考えられる。一方で2㎡未満の新たな群落の出現が数多く確認され、今後これらの小さな群落の生長、流出が推測される。このことは、桑納川が流域内の群落拡大の源となっている可能性を示唆している。

キーワード：UAV、特定外来生物、産学官民連携

Keywords: UAV, invasive alien species, Industry-academia-government-Citizen collaboration

