

マスタープラン2017における航空観測の提案について

Overview of the proposal to the master plan 2017 on the aircraft observation of climate and earth system sciences

*高橋 暢宏¹、小池 真²、新野 宏²、岩崎 俊樹³、近藤 豊⁴、佐藤 正樹²、坪木 和久¹

*Nobuhiro Takahashi¹, Makoto Koike², Hiroshi Niino², Toshiki Iwasaki³, Yutaka Kondo⁴, Masaki Satoh², Kazuhisa Tsuboki¹

1. 名古屋大学 宇宙地球環境研究所、2. 東京大学、3. 東北大学、4. 国立極地研究所

1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. The University of Tokyo, 3. Tohoku University, 4. National Institute of Polar Research

日本学術会議のマスタープラン2017の公募には日本気象学会から「航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進」を提案している。本報告では、その概要とそれに関連した活動について報告する。

「航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進」の概要

本提案は、大気や海洋、海氷・雪氷、陸面・地形・火山、植生などの生態系を含む地球表層圏システムなどの研究に不可欠な航空機を整備し、気候・地球システム科学研究を推進するものである。

航空機観測は、他の観測手段では難しい多くの物理・化学要素を高精度かつ高時間・空間解像度で機動的かつ直接に観測できるため、プロセスの解明と信頼できる数値モデルの構築に不可欠である。しかしながら、我が国には地球観測専用の航空機が無く、欧米をはじめとする諸外国に比べ航空機観測体制の整備が大きく立ち遅れているため、本提案を行った。

航空機観測で解明が期待される中心的課題は、気候・地球システムとその変動機構である。そのため、ターゲットとしている研究課題も二酸化炭素などの温室効果気体、地球の放射バランスにおいて不確定要素の多いエアロゾルや雲、そして気候変動の応答として注目されている激しい降水現象（集中豪雨や台風）としている。これらについては、人間活動が最も活発なアジア域において観測空白域となっているため、航空機観測が望まれている。

本提案において想定している航空機はMRJである。国産のため改修が容易で、比較的大きなスペースを有するため多くの測器による同時観測が可能であり、専用の航空機とすることで常時利用できる測器の搭載や相乗り観測も可能となり、これまで経費的に航空機を利用できなかった研究者の参加も見込まれる。

翔体観測推進センターが中心となり、外部の支援事務局・機体運営会社の支援のもと、20数名体制で運用する計画である。拠点には全国の専門家からなる航空機観測推進委員会を置き、研究計画の公募・審査・採択・機体運用計画の作成を行うことを計画している。

地球観測の専用航空機について、これまで気象学に特化して説明してきたが、それ以外にも水文学、生態学、海洋・海氷、雪氷、火山・地形ほかの固体地球科学、地表リモートセンシング研究分野でも、アジア域における新しい観測情報の取得のツールを提供し、新分野の開拓に寄与するほか、船舶観測・無人飛行機・数値モデル研究と連携した研究の発展も期待できる。

今後の活動について

今後の活動としては、航空機観測推進委員会の活動をベースとして、活動基盤の強化を図るために関係機関との連携を強化する。

キーワード：航空機観測

Keywords: aircraft observation

航空機による雷放電の観測

Observation of Lightning by Aircraft

*牛尾 知雄¹、佐藤 光輝⁴、菊池 博史¹、妻鹿 友昭¹、吉川 栄一²、中村 佳敬³

*Tomoo Ushio¹, Mitsuteru Sato⁴, Hiroshi Kikuchi¹, Tomoaki Mega¹, Eiichi Yoshikawa², Yoshitaka Nakamura³

1. 大阪大学大学院工学研究科情報通信工学部門、2. JAXA、3. 神戸高専、4. 北海道大学

1. Information and communication engineering department, Osaka University, 2. JAXA, 3. Kobe College of Technology, 4. Hokkaido University

Observation of lightning from aircraft has been used to design a satellite sensor to detect and locate lightning discharge. Optical Transient Detector (OTD), and Lightning Imaging Sensor (LIS) are all designed based on the data obtained in the field campaign using ER2 aircraft NASA and these measurement provides the characteristics of peak amplitude, optical pulse duration, and pulse interval from the illuminated cloud by lightning. Based on the success of these missions, recently GLM (Geostationary Lightning Mapper) was successfully launched into the geostationary orbit and is in operational mode this year. The GLM is expected to give us time and location of lightning discharges with more than 90% detection efficiency, and the data is useful to have early warning to tornado and hazardous phenomena cause by lightning producing thunderstorm.

On the other hand, GLIMS (Global Lightning and Sprite Measurements) mission showed that the multi frequencies observation of optical lightning from space could discriminate cloud to ground and cloud lightning by taking the ratio of amplitude between the different wavelength (Adachi et al. 2016), which is not possible with the GLM sensor.

In this presentation, a proposal on the optical observation of lightning at multiple frequencies with high temporal resolution from aircraft will be presented. Also some scientific and social background are also presented.

キーワード：雷放電、航空機

Keywords: Lightning, Aircraft

活断層研究における航空機リモートセンシング

Airborne remote sensing in active fault research

*鈴木 康弘¹、石黒 聡士²

*Yasuhiro Suzuki¹, Satoshi Ishiguro²

1. 名古屋大学、2. 愛知工業大学

1. Nagoya University, 2. Aichi Institute of Technology

日本の活断層研究は1960年代後半以降に飛躍的な進歩を遂げたが、その背景として、縮尺4万分の1～2万分の1の航空写真の実体視判読が自由に行えるようになったことが大きい。日本全国の航空写真判読に基づく活断層の認定が行われ、1980年に「日本の活断層」、1991年にはその改訂版が刊行された。これにより「活断層発見の時代は終わった」とも言われた。しかしその後1万分の1航空写真が活断層研究にも導入されるようになり、さらに詳細な活断層の発見が相次いだ。

その後、21世紀以降、航空写真とLiDARを組み合わせた活断層研究が開始された。鈴木ほか(2003)は、糸魚川-静岡構造線活断層に関する重点調査観測において、初めて活断層沿いのLiDAR計測を行った。また、糸静線全域において新旧の航空写真を用いて詳細なDEMを作成し、断層変位地形の測量を行い、さらに、POS-IMU計測を併用した縮尺1万分の1航空写真撮影並びに地形計測を行った。

航空写真測量の利点は、①1940年代の地形改変以前の地形を復元できること、②個々の地表対象物を視認して対象物を特定できることである。一方、LiDARの利点は、①植生等に覆われた地域においてもラストパルスを利用することにより地表のDEMを捉えることができること、②地震前後のデータがあれば差分を容易に解析することができることである。一方、航空写真測量の短所は、①解析に専門技術が必要であり、②標定にGCPが必要となることであり、LiDARの短所は、①レーザーの反射地点が厳密には特定できないこと、②技術開発が新しいため1990年代以前のデータは入手できないことなどが挙げられる。こうした長所と短所があるため、航空写真とLiDARを組み合わせて補い合うことが重要である。

2014年神城断層地震後に、Suzuki et al, 2015はLiDAR差分により隆起量分布を明らかにした。さらに震源域において航空写真の再撮影を行い、2002年に撮影した航空写真と比較して、被害が著しかった堀之内地区の地殻変動を解析した。その結果、この地区が局地的に西方へ移動しながら隆起したことが判明し、逆断層運動と調和的であることがわかった。

2017年熊本地震においても、衛星SARのみならず、航空機LiDARデータも地殻変動の検出に大いに役立った。今後はさらに、航空機LiDARと衛星SARと航空写真解析の3つを複合した地殻変動解析方法の高度化が望まれる。

キーワード：LiDAR、航空写真解析、活断層

Keywords: LiDAR, Aerial photograph, active fault

UAVによる課題解決型リモートセンシングの推進

Promotion of solution-oriented remote sensing by the use of UAV

*近藤 昭彦¹、濱 侃²、田中 圭³

*Akihiko Kondoh¹, Akira Hama², Kei Tanaka³

1. 千葉大学環境リモートセンシング研究センター、2. 千葉大学大学院理学研究科、3. 日本地図センター

1. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, 2. Graduate School of Science, Chiba University, 3. Japan Map Center

1960年代に始まった人工衛星による地球観測時代は、その後の衛星および観測技術の進歩とともに、様々な分野における課題解決に対する役割を期待されるようになった。現在では人工衛星リモートセンシングは天気予報や農業等の分野で活用されているものの、投入コストに見合う成果を出すことは、研究者に課せられた課題である。その一つとして、トータルシステムとしてのリモートセンシングがあり、人工衛星だけでなく様々なプラットフォームを組み合わせ、それぞれの利点・欠点をカバーしながら、リモートセンシングを実現していく方向性が考えられる。その実現のためにUAV(Unmanned Aerial Vehicle)を利用したリモートセンシングがある。

UAVには様々な機体があるが、ここでは最近機能の充実が著しいラジコン電動マルチコプターを取り上げ、その応用事例を紹介する。UAVの利用により、人工衛星リモートセンシングの欠点であった長い回帰日数、雲による被覆、といった問題を一定程度回避でき、人工衛星では達成できなかった新たな応用、低コストの運用を実現できる可能性がある。特に課題を持つステークホルダーとリモートセンシング技術者、研究者の接続を促し、協働による課題解決を実現するツールとして活用できると考えられる。

UAVとしてローターを複数持つマルチコプターは、姿勢の安定性、操作の容易さ、コスト等の要件からよく利用されており、ドローンと通称されている。市販の製品ではDJI社（中国）の機体がよく使われているが、最初のドローンは日本のキーエンス社の製品であったと思われる。今後、日本としても応用分野では先を進みたい。

UAVの応用分野として最も活用されているのは測量分野であろう。UAVで撮影した鉛直写真からSfM-MVS技術によりオルソ空中写真、3Dモデルを作成する技術は、公共測量、災害、等の分野で活用されている。筆者等のグループも測量用途の活用を推進するとともに、UAVリモートセンシングとしてカメラ、センサーを搭載し、様々な課題に取り組んできた。今回紹介する課題は、①作物の生育診断、②生態系モニタリング、③地表面温度の計測、④空間線量率計測、⑤その他、である。これらの課題においてUAVにはカメラおよびセンサーを搭載するが、カメラとしてi)可視カメラ、ii)近赤外カメラ、iii)熱赤外カメラ、iv)ハイパースペクトルカメラ、を使用している。センサーとしては温湿度、空間線量率を計測するセンサーを搭載した。

①作物の生育診断

可視・近赤外カメラをUAVに搭載することにより、群落高の分布、NDVI等の植生指標の計測ができ、それらの指標を用いて作物の生育診断ができる。UAVを用いることにより比較的狭い領域であるが、時間分解能が高い画像情報を得ることができ、衛星では困難であった連続的なフェノロジー情報を得ることができるため、作物だけでなく、フラックス研究等への応用も可能だろう。

②生態系モニタリング

UAVで取得した可視画像から外来植物の分布と生育をモニターした結果を報告する。オルソ画像が作成できるため、GIS上で生育や駆除の状況を地図化し、解析することができる。今回は水草のナガエツルノゲイトウの例を紹介するが、研究だけではなく地域、行政との協働による駆除を支援する情報として活用できた。

③地表面温度の計測

市販の熱赤外カメラをUAVに搭載することにより、地表面温度を計測することができる。その応用範囲には

説明の要はないと思われるが、ここでは夏の水田の表面温度とNDVIを組み合わせて、蒸散速度の日変化に関する情報を得た事例を紹介する。

④空間線量率計測

UAVにセンサーを搭載すれば、計測物理量の3次元分布を得ることができる。ここではUAVにガンマ線スペクトロメーターを搭載し、センサー位置における空間線量率から地上1m高の空間線量率マップを作成した事例を紹介する。

UAVは研究者の計測に関する夢を実現するすばらしいツールである。持続的な活用を進めるためには、関連法規を遵守し、安全運用を心がけるとともに、研究者とステークホルダーの接続を促し、社会のツールとして活用できる成果を出す必要がある。

UAVリモートセンシングのコンセプトはほぼ確立したと考えられるため、人工衛星リモートセンシングと組み合わせたトータルパッケージとしての活用法の構築が今後の課題である。

キーワード：UAV、UAVリモートセンシング、作物モニタリング、生態系モニタリング、地表面温度モニタリング、空間線量率モニタリング

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle (UAV), UAV Remote Sensing, Crop Monitoring, Ecosystem Monitoring, Land Surface Temperature Monitoring, Dose Rate Monitoring

近接リモートセンシングによる森林樹冠の3次元構造計測 Forest Canopy Structure Measurement Using close-distance Remote Sensing Technology

*梶原 康司¹、本多 嘉明¹、永井 信²

*Koji Kajiwara¹, Yoshiaki HONDA¹, Shin Nagai²

1. 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター、2. 海洋研究開発機構

1. Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, 2. JAMSTEC

In research on biodiversity, which has drawn attention in recent years, it is said that the diversity of tree species that constitute forests and the three-dimensional structure of forests are closely related to the diversity of the inhabitants. It is thought that grasping the three-dimensional structure of the forest canopy in the target area is important for development of a method to evaluate forest biodiversity by remote sensing technology. On the other hand, the three-dimensional structure of the forest canopy is important as a source of the influence of BRDF on the satellite received signal for the observation of vegetation by satellite remote sensing, and the importance of three-dimensional structure measurement for that has been recognized. So far, authors have used LIDAR and SfM technology to measure the canopy structure in various forests to estimate BRDF in the forest. We believe that the measurement method can be applied to biodiversity evaluation research in many cases.

In this research, we describe what can be clarified for the forest canopy structure measurement at present using the Terrestrial LIDAR, the close-measurement aerial LIDAR and by SfM technology, and the results of organizing the problems to be solved in the future.

キーワード：ライダー、UAV、SfM、リモートセンシング

Keywords: LIDAR, UAV, SfM, Remote Sensing

Pi-SAR2 observation of the disaster areas affected by volcanic eruption and earthquake

*上本 純平¹、灘井 章嗣¹、児島 正一郎¹、梅原 俊彦¹、小林 達治¹、久保田 実¹、浦塚 清峰¹、松岡 建志¹

*Jyunpei Uemoto¹, Akitsugu Nadai¹, Shoichiro Kojima¹, Toshihiko Umehara¹, Tatsuharu Kobayashi¹, Minoru Kubota¹, Seiho Uratsuka¹, Takeshi Matsuoka¹

1. 情報通信研究機構

1. National Institute of Information and Communications Technology

Japan is an area where earthquakes often occur and volcanic activities are active. The sudden eruption of Mt. Ontake in 2014 and the 2016 Kumamoto earthquake are still fresh in our minds. For the estimation of damage scale and the preparation of restoration activities, it is important to quickly grasp the damage situation in disaster areas. However, the direct access to such areas is often difficult due to traffic situation, risk of secondary disaster, and so on. In this context, one of the effective means is the remote sensing from airplane and/or satellite, which allow us to widely observe disaster areas without direct access. Among the remote sensing instruments, the synthetic aperture radar (SAR) is especially interesting due to its capability for operating in day-and-night and all-weather conditions. NICT has developed the airborne SAR named Pi-SAR2 since 2006. Pi-SAR2 can perform full-polarimetric observations of the ground with the spatial resolution of 0.3 m. At the same time, height measurements and/or moving target detection can be performed owing to the interferometric SAR function of Pi-SAR2. Moreover, the onboard SAR processor enable us to send quick look images from the airplane via the commercial satellite network connection within approximately 10 min after the observation. In this presentation, we introduce the Pi-SAR2 observations performed for volcanos and disaster areas affected by earthquakes and discuss the differences between the satellite and airborne SAR measurements.

キーワード：火山、地震、航空機搭載合成開口レーダ

Keywords: volcano, earthquake, airborne SAR