

# 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<sup>1</sup>、小池 真<sup>2</sup>、新野 宏<sup>2</sup>、岩崎 俊樹<sup>3</sup>、近藤 豊<sup>4</sup>、佐藤 正樹<sup>2</sup>、坪木 和久<sup>1</sup>

\*Nobuhiro Takahashi<sup>1</sup>, Makoto Koike<sup>2</sup>, Hiroshi Niino<sup>2</sup>, Toshiki Iwasaki<sup>3</sup>, Yutaka Kondo<sup>4</sup>, Masaki Satoh<sup>2</sup>, Kazuhisa Tsuboki<sup>1</sup>

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<sup>1</sup>、佐藤 光輝<sup>4</sup>、菊池 博史<sup>1</sup>、妻鹿 友昭<sup>1</sup>、吉川 栄一<sup>2</sup>、中村 佳敬<sup>3</sup>

\*Tomoo Ushio<sup>1</sup>, Mitsuteru Sato<sup>4</sup>, Hiroshi Kikuchi<sup>1</sup>, Tomoaki Mega<sup>1</sup>, Eiichi Yoshikawa<sup>2</sup>, Yoshitaka Nakamura<sup>3</sup>

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<sup>1</sup>、石黒 聡士<sup>2</sup>

\*Yasuhiro Suzuki<sup>1</sup>, Satoshi Ishiguro<sup>2</sup>

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<sup>1</sup>、濱 侃<sup>2</sup>、田中 圭<sup>3</sup>

\*Akihiko Kondoh<sup>1</sup>, Akira Hama<sup>2</sup>, Kei Tanaka<sup>3</sup>

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<sup>1</sup>、本多 嘉明<sup>1</sup>、永井 信<sup>2</sup>

\*Koji Kajiwara<sup>1</sup>, Yoshiaki HONDA<sup>1</sup>, Shin Nagai<sup>2</sup>

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<sup>1</sup>、灘井 章嗣<sup>1</sup>、児島 正一郎<sup>1</sup>、梅原 俊彦<sup>1</sup>、小林 達治<sup>1</sup>、久保田 実<sup>1</sup>、浦塚 清峰<sup>1</sup>、松岡 建志<sup>1</sup>

\*Jyunpei Uemoto<sup>1</sup>, Akitsugu Nadai<sup>1</sup>, Shoichiro Kojima<sup>1</sup>, Toshihiko Umehara<sup>1</sup>, Tatsuharu Kobayashi<sup>1</sup>, Minoru Kubota<sup>1</sup>, Seiho Uratsuka<sup>1</sup>, Takeshi Matsuoka<sup>1</sup>

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

## 温室効果ガス観測技術衛星GOSATにおける航空機観測 How the GOSAT program has used airplane observations for its demonstration, calibration, and validation

\*久世 暁彦<sup>1</sup>、須藤 洋志<sup>1</sup>、塩見 慶<sup>1</sup>、片岡 文恵<sup>4</sup>、Iraci Laura<sup>2</sup>、Knuteson Robert<sup>3</sup>、Harlow Chawn<sup>5</sup>、Murray Jonathan<sup>6</sup>、菊地 信弘<sup>1</sup>、橋本 真喜子<sup>1</sup>、Yates Emma<sup>2</sup>、Tanaka Tomoaki<sup>2</sup>、Gore Warren<sup>2</sup>

\*Akihiko Kuze<sup>1</sup>, Hitoshi Suto<sup>1</sup>, Kei Shiomi<sup>1</sup>, Fumie Kataoka<sup>4</sup>, Laura Iraci<sup>2</sup>, Robert Knuteson<sup>3</sup>, Chawn Harlow<sup>5</sup>, Jonathan E Murray<sup>6</sup>, Nobuhiro Kikuchi<sup>1</sup>, Makiko Hashimoto<sup>1</sup>, Emma Yates<sup>2</sup>, Tomoaki Tanaka<sup>2</sup>, Warren Gore<sup>2</sup>

1. 宇宙航空研究開発機構、2. NASA Ames Reseach Center、3. University of Wisconsin、4. リモートセンシング技術センター、5. The Met Office、6. Imperial College London

1. Japan Aerospace Exploration Agency, 2. NASA Ames Reseach Center, 3. University of Wisconsin, 4. RESTEC, 5. The Met Office, 6. Imperial College London

The Greenhouse gases Observing SATellite (GOSAT) is the first satellite program designed to accurately and precisely monitor carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and methane (CH<sub>4</sub>) from space. In-situ and remote optical measurements onboard airplanes have made GOSAT a successful mission as described below.

### (1) Demonstration of GHG column density retrieval from solar scattered light

At the beginning of the GOSAT program, we installed a breadboard model to a high altitude airplane to acquire spectra and to detect and correct light path modifications by aerosols and clouds. We acquired high resolution spectra of O<sub>2</sub>A, CO<sub>2</sub>, and CH<sub>4</sub> at SWIR, but validation without a simultaneous aerosol Lidar measurement was not possible.

### (2) TIR radiometric, spectroscopic and polarimetric calibrations

GOSAT observes wide spectral range radiation between 650 and 1800 cm<sup>-1</sup> from both the surface and the atmosphere. Double difference comparison using spectra acquired by GOSAT, airplanes, and forward calculation can remove model-dependent errors. S-HIS-FTS by the University of Wisconsin onboard ER-2 at 25 km flown over the hot desert of Railroad Valley (RRV) and S-HIS and the Met Office ARIES FTS operated onboard FAAM flown over cold Greenland provided calibration data for detector non-linearity correction. Additionally, high spectral resolution data from air-borne FTSs validated spectroscopic and polarimetric calibrations.

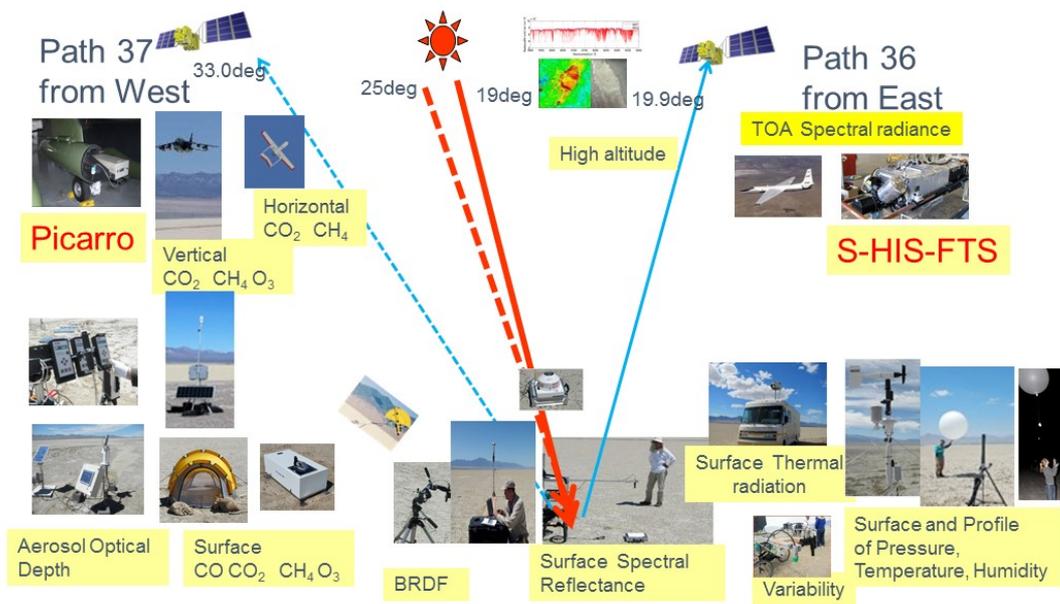
### (3) Validation of GHG vertical profile

A multiplex advantage of GOSAT-FTS can cover both solar scattered light at the SWIR band for column density and thermal radiation from the atmosphere at the TIR band for profile retrieval. NASA Ames' s Alpha Jet Atmospheric eXperiment (AJAX) uses a Picarro spectrometer for the in-situ vertical spiral profiling of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> from the surface to the upper troposphere and coincident flight data for GOSAT over RRV.

In addition to the above applications, airplanes can provide plume emissions with a higher spatial scale to validate amount from point sources.

キーワード : GOSAT、TANSO-FTS、ARIES、AJAX、S-HIS

Keywords: GOSAT, TANSO-FTS, ARIES, AJAX, S-HIS



## Closure between CCN and Cloud Droplet Concentrations for Warm Clouds over Japan Based on In-situ Aircraft Measurements

\*村上 正隆<sup>1</sup>、折笠 成宏<sup>2</sup>、斎藤 篤思<sup>4</sup>、山下 克也<sup>3</sup>

\*Masataka Murakami<sup>1</sup>, Narihiro Orikasa<sup>2</sup>, Atsushi Saito<sup>4</sup>, Katsuya Yamashita<sup>3</sup>

1. 名古屋大学、2. 気象研究所、3. 防災科学技術研究所、4. 気象庁仙台管区气象台

1. Nagoya University, 2. MRI, 3. NIED, 4. JMA

Aerosol particles acting as cloud condensation nuclei (CCN) and ice nuclei (IN) determine the microphysical structures of cloud and precipitation, and affect a short-range precipitation forecast and climate change projection. Also an efficiency of hygroscopic seeding is dependent upon the characteristics of background CCN as well as physico-chemical properties of seeding particles and cloud types. Therefore we investigated the physico-chemical properties and CCN ability of background aerosols and cloud microphysical structures using an instrumented aircraft (B200T) over Shikoku district of Japan in the summers of 2008, 2009 and 2010 as a part of Japanese Cloud Seeding Experiments for Precipitation Augmentation.

Number concentrations of CCN activated at SSw of 1% ranged from 400 –3,000 cm<sup>-3</sup> while number concentrations of CN ranged from 1,000 –30,000 cm<sup>-3</sup> even during the southerly wind periods. The number concentrations of CCN activated at SSw=1% and aerosol particles larger than 0.1 μm showed a good correlation. Estimated hygroscopicity of the atmospheric aerosols was on the order of 0.1. The aerosol size distributions and CCN spectra in the Pacific Ocean region air masses showed that their shapes were similar to those in the East Asia coastal region air masses, but total number concentrations of aerosol particles and CCN number concentrations were about 1/2 of those in the continental/polluted air masses from the East Asia coastal region. These concentrations were much higher than typical values in maritime air masses, but were close to typical values in continental air masses, suggesting that maritime air mass was very much influenced by pollution from Japan and big cities and industrial areas in the East Asia.

Typical maximum cloud droplet number concentrations near cloud bases were 300~1,500 cm<sup>-3</sup>. The ratio of cloud droplet number concentration and CCN number concentration activated at SSw=1.0% increased with decreasing the CCN number concentration and increasing updraft velocity. The estimated maximum SSw near cloud bases ranged from 0.2 ~ 1.0% and also increased with decreasing CCN number concentration and increasing updraft velocity.

キーワード：雲核、雲粒、エアロゾル

Keywords: CCN, Cloud droplet, Aerosols

# バイオマス燃焼から生じたエアロゾル粒子の航空機観測

## Aircraft measurements of biomass burning aerosol particles

\*足立 光司<sup>1</sup>

\*Kouji Adachi<sup>1</sup>

1. 気象研究所

1. Meteorological Research Institute

Biomass burning from forest fire or agricultural burning emits a huge amount of aerosol particles and gases in a global scale. Thus, its influence on the climate and regional pollution are significant. Especially, biomass burning is one of the major sources of light absorbing aerosol particles such as black and brown carbon, and the understanding of their contributions to global climate is critical.

Aerosol particles from biomass burning depend on types of fire, i.e., smoldering or flaming, fuel sources, and evolution after emission. The evolution of biomass burning aerosol after emission is relatively rapid (~hours), and it changes its chemical, physical, and optical properties within smoke through, for example, dilution, condensation, coagulation, cooling, oxidation, and photochemical processes. To understand the effects of biomass burning influences on the atmospheric phenomenon, it is necessary to accurately observe the evolution (or aging) process within smoke. In this study, we measured and collected biomass burning smoke from wild fires in North America during the Biomass Burning Observation Project (BBOP) 2013 aircraft campaign. The BBOP campaign was the aircraft-based field campaign to study the near-field evolution of particulate emissions from biomass burning from July to October 2013.

This study mainly focuses on the measurements using transmission electron microscopy to analyze the physical and chemical changes within biomass burning smoke. This study found tar balls, which are spherical organic particles and were abundant in relatively aged smoke (>several hours from emission). The number fraction of tar balls increased as the biomass-burning plume aged and reached more than half of all aerosol particles with aerodynamic diameter between 100 and 700 nm. Aircraft-base measurement is powerful and almost the only method to measure such rapid processes occurred in high altitude and will be important observation technique in the atmospheric sciences.

キーワード：電子顕微鏡、ターボール、バイオマス燃焼

Keywords: Transmission electron microscope, Tar ball, Biomass burning

## Distributions and temporal changes of greenhouse gases in upper atmosphere observed by aircraft

\*町田 敏暢<sup>1</sup>、青木 周司<sup>2</sup>、松枝 秀和<sup>3</sup>、澤 庸介<sup>3</sup>、石戸谷 重之<sup>4</sup>、梅澤 拓<sup>1</sup>、菅原 敏<sup>5</sup>、後藤 大輔<sup>6</sup>、丹羽 洋介<sup>3</sup>、坪井 一寛<sup>3</sup>、勝又 啓一<sup>1</sup>、中澤 高清<sup>2</sup>、森本 真司<sup>2</sup>

\*Toshinobu Machida<sup>1</sup>, Shuji Aoki<sup>2</sup>, Hidekazu Matsueda<sup>3</sup>, Yousuke Sawa<sup>3</sup>, Shigeyuki Ishidoya<sup>4</sup>, Taku Umezawa<sup>1</sup>, Satoshi Sugawara<sup>5</sup>, Daisuke Goto<sup>6</sup>, Yosuke Niwa<sup>3</sup>, Kazuhiro Tsuboi<sup>3</sup>, Keiichi katsumata<sup>1</sup>, Takakiyo Nakazawa<sup>2</sup>, Shinji Morimoto<sup>2</sup>

1. 国立環境研究所、2. 東北大学、3. 気象研究所、4. 産業技術総合研究所、5. 宮城教育大学、6. 国立極地研究所

1. National Institute for Environmental Studies, 2. Tohoku Univ., 3. Meteorological Research Institute, 4. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 5. Miyagi University of Education, 6. National Institute of Polar Research

More accurate prediction for future levels of atmospheric greenhouse gases such as carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) requires the quantitative understanding of global cycles in these gases. Precise spatial and temporal variations of these gases can reduce the uncertainties of flux estimation at earth's surface. The atmospheric observations of greenhouse gases, however, are not enough in several areas in the world. Measurements in upper atmosphere are, especially, quite limited compared to surface ones. The observed data in upper atmosphere are free from local sources and sinks and thus have representativeness in wide area/region. These data are also useful for validating the vertical transport of global transport models.

Aircraft is one of the most reliable tools to observe the atmospheric compositions in troposphere and lower stratosphere. We will present some examples of aircraft measurements conducted by Tohoku University (TU), Meteorological Research Institute (MRI) and National Institute for Environmental Studies (NIES), Japan. One is the observations of CH<sub>4</sub> concentrations from the lower to upper troposphere over Japan during 1988-2010 based on aircraft measurements from the TU. Second one is the systematic measurements of the atmospheric O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> ratio using aircraft over Japan since 1999 by TU. Last one is the observation project for greenhouse gases using commercial airliner (CONTRAIL) conducted by MRI and NIES since 2005.

キーワード：航空機、温室効果ガス、対流圏、成層圏

Keywords: Aircraft, Greenhouse gases, troposphere, stratosphere

## A research plan of typhoon observation using an aircraft: T-PARCII

\*坪木 和久<sup>1</sup>

\*Kazuhisa Tsuboki<sup>1</sup>

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所

1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University

Typhoons are the most devastating weather system occurring in the western North Pacific and the South China Sea. Violent wind and heavy rainfall associated with a typhoon cause huge disaster in East Asia including Japan. Typhoons are still the largest cause of natural disaster in East Asia. Moreover, many researches have projected increase of typhoon intensity with the climate change. This suggests that a typhoon risk is increasing in East Asia. However, the historical data of typhoon include large uncertainty. In particular, intensity data of the most intense typhoon category have larger error after the US aircraft reconnaissance of typhoon was terminated in 1987. The main objective of the present study is improvements of typhoon intensity estimations and of forecasts of intensity and track. We will perform aircraft observation of typhoon and the observed data are assimilated to numerical models to improve intensity estimation.

In typhoon seasons (mostly in August and September), we will perform aircraft observations of typhoons. Using dropsondes from the aircraft, temperature, humidity, pressure, and wind are measured in surroundings of the typhoon inner core region. Then, more accurate estimations and forecasts of the typhoon intensity will be made as well as typhoon tracks. After a test flight in March 2017, typhoon observations will be made for next 4 years; 2017-2020. The main target area of observation is the south of Okinawa where a typhoon reaches the maximum intensity and often changes its moving direction. This research will advance aircraft observation technique of typhoon in Japan. The aircraft observation will be a breakthrough to improve typhoon intensity estimations. Assimilation of the aircraft observation data to the cloud-resolving model will improve intensity estimations and forecasts of typhoons. This is the first step for the future advanced aircraft observation and will contribute to prevention or reduction of typhoon disasters.

キーワード：台風、ドロップゾンデ、航空機観測

Keywords: Typhoon, dropsonde, aircraft observation

## CPSゾンデを用いた雲粒子観測と航空機観測への適用可能性

### Cloud particle observation using Cloud Particle Sensor and its possibility of application to aircraft observation

\*篠田 太郎<sup>1</sup>、大東 忠保<sup>1</sup>、藤原 正智<sup>3</sup>、川村 誠治<sup>2</sup>、鈴木 賢士<sup>4</sup>、山口 弘誠<sup>5</sup>、中北 英一<sup>5</sup>、高橋 暢宏<sup>1</sup>、坪木 和久<sup>1</sup>

\*Taro Shinoda<sup>1</sup>, Tadayasu Ohigashi<sup>1</sup>, Masatomo Fujiwara<sup>3</sup>, Seiji Kawamura<sup>2</sup>, Kenji Suzuki<sup>4</sup>, Kosei Yamaguchi<sup>5</sup>, Eiichi Nakakita<sup>5</sup>, Nobuhiro Takahashi<sup>1</sup>, Kazuhisa Tsuboki<sup>1</sup>

1. 名古屋大学宇宙地球環境研究所、2. 国立研究開発法人 情報通信研究機構、3. 北海道大学 大学院地球環境科学研究所、4. 山口大学大学院創成科学研究科、5. 京都大学防災研究所

1. Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, 2. National Institute of Information and Communications Technology, 3. Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, 4. Graduate School of Sciences and Technology for Innovation, Yamaguchi University, 5. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

雲内の雲物理過程を理解するためには、レーダなどを用いたりリモートセンシング技術に加えて、粒子の特徴（粒径・相・形状・数濃度）を直接観測により把握する必要がある。雲粒子ゾンデHYVISは気球の浮力により上昇していく際に、フィルム上に落下してきた雲・降水粒子を動画として撮影し、1680 MHz帯の電波を用いて動画データを受信機に転送する測器であり、氷晶粒子の形状の観測や偏波パラメータの検証に有効である。このHYVISを航空機観測に適用（HYDROS : Murakami et al. 1994）しようとする場合、機器の重量、形状に加えてデータ転送の周波数帯（1680 MHz帯での長距離のデータ転送）に課題がある。

近年、Fujiwara et al. (2016) により開発されたCPSゾンデは、近赤外光を射出するダイオードレーザと2つの受光器を内部にもち、粒径が2~80  $\mu\text{m}$ の雲粒子について、数濃度と一部の粒子の粒径と相（液相か固相か）を観測することのできる観測機器である。粒子の数濃度などのテキスト情報を転送するために、通常の業務で使用されるGPSゾンデと同じ400 MHz帯をデータ転送に使用している。また、機器の大きさも十数センチであり、HYVISに比べて重量（~200 g）やコストの点でも航空機観測への適用が有望である。そこで、本研究では、CPSゾンデを用いた初期観測結果を紹介するとともに、航空機観測への適用可能性について議論を行う。

2016年梅雨期に沖縄においてHYVIS+CPSの結合ゾンデを4基と、遮光筒の有無のCPS結合ゾンデ2基を放球した。CPSゾンデはGPSゾンデと結合して放球されるため、雲粒子の特徴とともに、取得時の高度・気温・湿度も同時に観測を行うことができる。これらのCPSゾンデは気球による上昇中のみならず、下降中でも雲粒子の数濃度や粒径・相を観測できており、航空機から投下する形での観測を行うことが可能であることを示した。また、観測される偏光度の値は融解層の上層と下層で明瞭に異なる値を示しており、粒子の相が明確に区別できることを示している。しかしながら、融解層よりも上層での液相（過冷却水滴）の特定を行うことはできない。CPSでは受光部に直達光もしくは地表面からの反射光が到達してしまうことで観測ノイズが生じる。日中の観測では、遮光筒を付けることで観測ノイズを低減できるが、遮光筒を付けることで液相粒子の取得数が劇的に少なくなることを確認した。航空機観測は日中に行われるために、厚い雲層内での遮光筒無しのCPSでの粒子取得量の評価が課題となる。

キーワード：航空機観測、雲微物理、直接観測、CPSゾンデ、雲粒子ゾンデ

Keywords: Aircraft observation, Cloud microphysics, In situ observation, Cloud Particle Sensor (CPS), Hydrometeor Videosonde (HYVIS)