名古屋大学
宇宙地球環境研究所
技術部報告

令和３年度

（2021 年度）

表紙図

南極昭和基地・光学観測棟（合成イメージ）

撮影：　児島　康介　（ISEE 技術部）
第54次 夏隊同行者
第56・58次　夏隊隊員

令和3年度 ISEE 技術部報告集の発行にあたり

平素より技術部の活動に、ご支援とご理解を賜り、ありがとうございます。今年度もコロナウィルス感染症(COVID-19)の影響を受け、技術部報告会は開催せず、報告集のみでの情報発信となります。チーム力を高める技術研鑽や技術交流も十分に実施できず、今年度も内容の薄い報告集となりますが、皆様に技術部の技術力と活動を知っていただく資料となれば幸いです。

ISEE 技術部は名古屋大学全学技術センターの計測制御技術支援室および分析技術支援室に所属する技術職員で構成されます。東海国立大学機構の発足により、近年、全学技術センターを取り巻く環境が大きく変わりつつあります。現時点では、東海国立大学機構の統括技術センター（名古屋大学・岐阜大学 全学技術センターの統合組織）は十分に機能していませんが、機構では文科省の「先端研究基盤共用促進事業（コアファシリティ構築支援プログラム）」が採択され、統括技術センター内にコアファシリティ担当部署が設けられ、分析技術系を中心に共通業務エフォート管理による学内外への技術提供の試行が始まっています。計測制御技術系のエフォート拠出には時間が与えられていると考えていますが、統括・全学技術センター改革の潮流に乗り遅れない体制構築や ISEE 技術部の見える化は急務であり、技術部報告集発行による技術力紹介や研鑽の取り組みなど情報発信に努めております。報告集を自己評価につなげ、技術部の総合力強化の歩みを進めてまいります。
引き続き技術部の活動に、ご支援・ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

名古屋大学 全学技術センター
計測・制御技術支援室 室長補佐
（ISEE 技術部）　民田 晴也

南半球におけるミリ波大気観測装置

技術部　児島康介

はじめに

ある種の分子構造を持つガスは特定波長の電波を自然放射し、その波長はミリ波からサブミリ波となる事が多い。この自然放射される電波の強度を定常観測する事で、当該ガスの濃度変化を掴む事が可能となる。この種のガスのうち、地球大気で重要な役割を果たしているのがオゾンである。宇宙地球環境研究所の大気圏環境変動研究室では、地球大気の反応性気体成分や粒子成分を精度よく観測する事により、環境問題や地球大気科学に関わる諸現象にアプローチしている。

このミリ波による観測に適用できる市販の装置はなく、当グループでは最重要部品となる超伝導素子を国立天文台/大阪府立大学と共同開発し、観測装置を構築してきた。報告者は主に観測装置の総合組立と最適化を担当すると共に、保守作業にも従事してきた。

今回、報告者が技術支援を続けてきた南半球の観測サイトで稼働しているミリ波装置について紹介する。

1. 大気の観測

地球大気を観測する方法は、化学的技法で直接測定する方法と、分光学的に測定する方法に大別される。上空のオゾン濃度を直接測定する方法として、飛行機による直接採取やゾンデを用いる方法がある。このゾンデ観測は重要な基本データであるが、その観測は数日間隔で行われているため、時間的に連続なデータを取得することは困難である。

一方、地上からオゾン濃度を遠隔測定する方法として、紫外/赤外分光法、ライダー法、ミリ波分光法がある[1]。紫外/赤外分光法は太陽光を必要とし、昼間の晴天時のみの観測となる。特にオゾン層の標準的な観測手法である紫外吸収分光法(Dobson 型分光法)は、地上から大気上端までの気柱に含まれるオゾンの総量を観測することが基本である。その為、オゾンの高度分布を求めることは、Dobson 型分光法の単体システムではできない。また、ライダー法(レーザーレーダー法)は、オゾンの高度分布を観測することはできるが、夜間の晴天時しか観測ができず、更に、観測高度は約 50kmとなる。

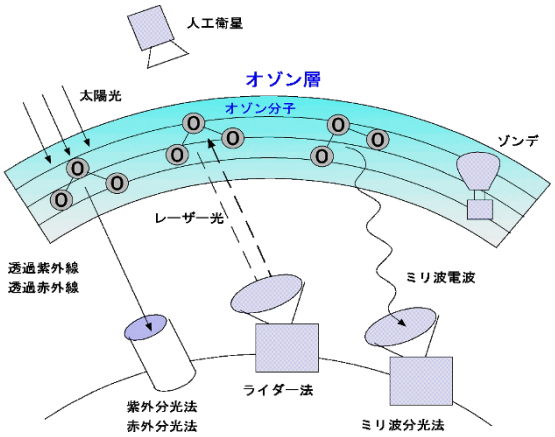


図1　オゾンの観測方法

ミリ波分光法は、電気双極子モーメントを持つ大気分子自身が放射する電波を利用する観測手法である。従って、太陽などの背景光源を必要とせず、昼夜を問わず 24 時間連続観測ができる。

また、受信した電波のスペクトル分布は、大気の圧力と相関関係が成立するので、スペクトル分布を解析することで大気の高度分布が求まる。なお、観測高度は約 80kmまで可能であり、その観測範囲は成層圏から中間圏にまたがる広い領域となる。

尚、ミリ波が大気中を伝搬する際、自由空間伝搬損失以外の伝送損失が生じる。これは酸素ガスと水蒸気による吸収である[1][2]。幸い、その吸収周波数は特定されており、200GHz～300GHz の範囲における吸収損失は比較的小さくなる。

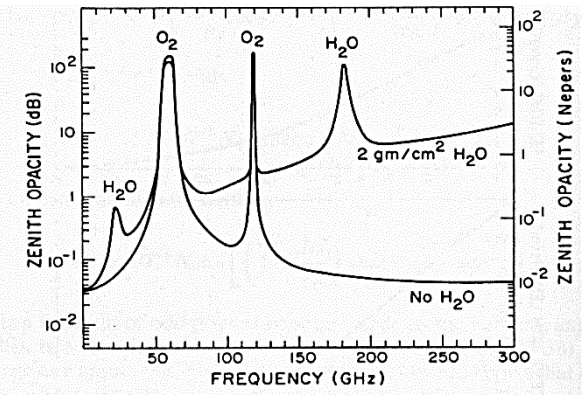


図2　大気の吸収係数

この周波数帯は“大気の窓”の範囲となるが、水蒸気の影響が無視できない。

2 ミリ波大気観測装置の概要

ミリ波大気観測装置に必要な性能として、大気分子の放射する微弱電波が受信できる感度（総合雑音温度）を、第一に挙げることができる[1][5]。そして、受信電波のスペクトル分布を解析する必要性から、周波数と総合利得の安定度も、重要な性能指標となる。この電波は非常に微弱であるため、スペクトル解析の可能な信号強度まで増幅する必要がある。その際に必要な総合利得は約 100dB（電力比で百億倍）となる。この様に高利得な増幅の場合、周囲温度の変化で生じる利得変動を避けることができない。当然、温度ドリフトの様な問題があると正しいスペクトル分布が採取できず、データ解析において無視できない誤差が生じる。

この問題を解決するため、Dicke 型ラジオメータを基本構成とした。この Dicke 型ラジオメータは利得変動の影響を最小限とするために考案された観測装置である[2]。特に電波天文用受信機として多くの実績を持つ装置である[3]～[5]。 Dicke 型ラジオメータの特徴は、低温と高温の標準雑音源を備えることで、観測対象の大気が放射する電波の信号強度を較正する事が可能となる。低温用標準雑音源には液体窒素（77K）で冷却した黒体を用い、高温用標準雑音源には常温黒体（300K）を用いる構成とした。なお、黒体には電波吸収体を使用した。

この様に実際の観測では大気分子が放射する電波と、低温/高温用標準雑音源が放射する白色雑音の三種類を採取している。その際、受信機利得の変動周期よりも短い間隔で、三種類の電波を時分割（スイッチング）して受信する必要がある[1]～[5]。この受信システムを採用することで、利得変動の影響を大幅に減ずることが可能となる。当グループで運用しているミリ波大気観測装置の基本構成を図 3 に示す。

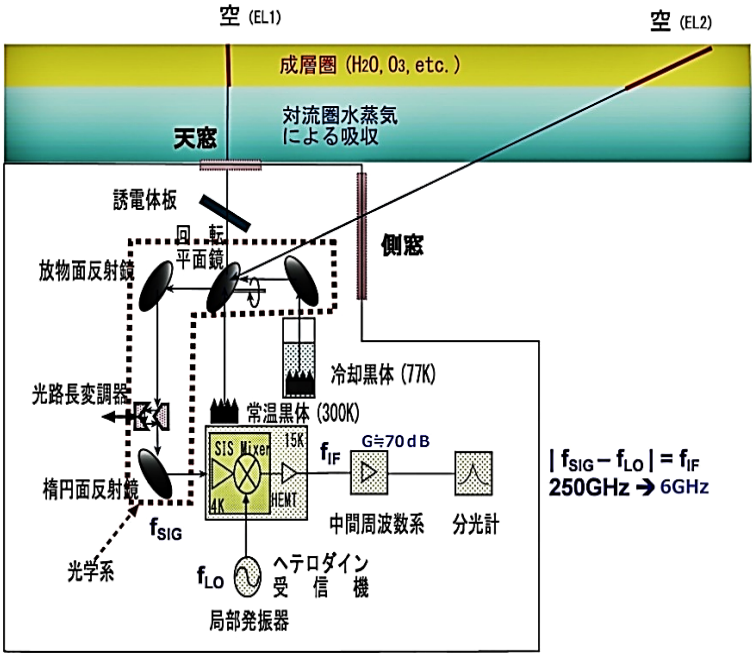


図3 ミリ波大気観測装置の概要

一般にミリ波帯では、受信した電波を直接増幅することは不可能である。そこで、微弱な受信電波を増幅可能な周波数（中間周波数）に変換し、その中間周波数を増幅してスペクトル解析をするシステムとなっている。いわゆるスーパーヘテロダイン受信方式である。なお、本装置の中間周波数は 6GHz に設定した。

この周波数変換で用いるミキサが、本装置の心臓部となる超伝導素子で製作したSIS（Superconductor Insulator Superconductor）である。このSIS素子は、ミリ波/サブミリ波帯で動作する非線形素子の中で最も低雑音となるが、約4Kまで冷却しなければならない[1][5]。また、4Kまで冷却するためには、常温（300K）と熱的絶縁をする必要もある。この熱的絶縁には、真空状態が不可欠となる。

この様にSIS素子を用いる場合、高価で大掛かりなシステムとならざるを得ない。また、SISミキサで得られた 6GHz の中間周波数を最初に増幅する素子は、HEMTである[5]。このHEMTアンプも雑音指数を低減させるため、約 20K程度に冷却して使用する[1][5]。

ここまでミリ波大気観測装置の全体像を概観してきた。本装置を構成する主な要素は以下の様になる。

- SISミキサ(4K で作動)
- HEMTアンプ(20K で作動)
- 常温で使用するアンプとミキサ
- ミリ波帯の局部発振器(Gunn ダイオード, バラクタダイオード, PLL, 他)
- 光学系(電磁ホーンアンテナ, 楕円鏡, 放物面鏡, PLM, 回転反射鏡)
- 冷凍装置(GM-JT 冷凍機, GM 冷凍機、コンプレッサー, チラー, 温度計、他)
- 真空装置(ポンプ, 真空計, 他)

これら構成要素のなかで、SISミキサと光学系(アンテナ系)は、自ら設計・製作をする必要がある。そして、他の構成要素は、一般市販されている製品を流用することが可能である。しかし、市販品を単純に組み合せるだけでは雑音温度の低い観測装置とならない。丁寧な組立・調整が不可欠である。この調整作業に技術職員の存在意義がある。

尚、この観測装置を組立・調整する際に必要な知識は、凡そ以下の様になる。

- 無線工学(高周波部品)の常識
- 高周波計測器の取扱技術
- 真空機器(デュワー, ポンプ)の取扱技術
- 冷凍機(圧縮機, チラー)の取扱技術
- 電気雑音の対策(シールド, アース)
- 光学系(アンテナ系)の軸調整 技術

この様に本観測装置を扱う際、純粋な電気工学の知識だけでは対処できない事が明らかである。

3 観測サイト

観測拠点の選定は、研究上、重要な検討事項である。北半球には多くの研究機関がある為、観測網はある程度は整っている。しかし、南半球は相対的に研究機関が少なく、結果的に観測網が手薄となる。又、1980 年代に南極でオゾンホールの発生が確認されたが、北極では本現象の影響が小さい。

これらの事から、南半球に観測サイトを設置する事となった。図4に大気圏環境変動研究室が運用している観測サイトを示す。 報告者は、これら観測サイトで立上げや保守に従事してきた。 以下、簡単に紹介する[6]。

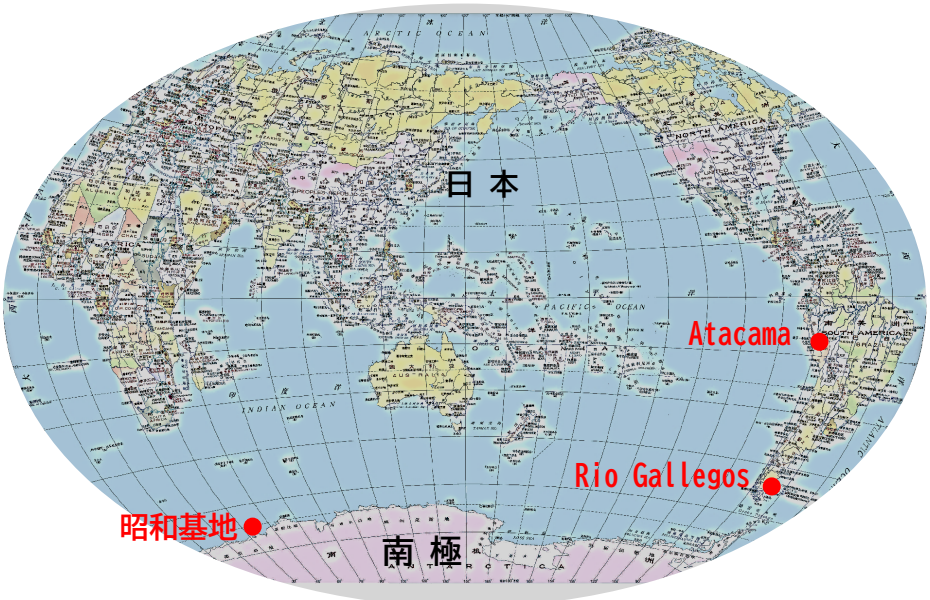


図 4 南半球における観測サイト

・ **アタカマ（チリ）**

アタカマ高地は、アンデスの標高 4,800m に位置する広大な砂漠地帯である。標高が非常に高い事から、大気濃度は薄く、酸素ガス等による吸収損失が低減できる。また、砂漠地帯である為、晴天率が高く、且つ、年間降水量も 100mm 以下である。 従って、対流圏水蒸気による吸収損失も非常に小さくなる。

以上の環境要因から、大気の透過度が良く、微弱な大気分子スペクトルを高感度で観測する事が可能となる。 更に、アタカマ高地の周辺は、大型車両の通行可能な幹線道路が開通しており、アクセス性が良好である。

この様にアタカマ高地は、世界で最もミリ波による大気観測に適したサイトの一つである。

大気圏環境変動研究室のミリ波観測装置は、2005 年から運用を開始した。観測の初期には 180GHz 帯の水蒸気同位体分子や 200GHz 帯の一酸化塩素分子を観測する 1 号機が稼働していたが、現在は 250GHz 帯のオゾンや一酸化窒素分子を観測する 2 号機が稼働している。 報告者は、250GHz帯を観測する 2 号機の組立・調整・据付に従事した。

図5 アタカマの風景

図6 アタカマ観測所

・ **リオ・ガジェゴス （アルゼンチン）**

南米大陸の南端部は南極圏に属する為、南極オゾンホールの勢力圏内に入る。よって、住民にはオゾンホールの影響が南極に限定された特殊事情ではなく、日常の生活に関わる環境問題である。

その為、2010 年 9 月にアルゼンチン共和国レーザー応用技術センター（CEILAP)と共同で、南米最南端に近い南部パタゴニアに大気観測所が設置され、2011 年から 110GHz 帯によるオゾンの高度分布を連続モニタリングする観測が開始された。

この 110GHz帯 観測装置はチリ観測所で稼働していた 1 号機であり、報告者が移転・再組立・調整の技術支援に従事した。

なお本研究計画は、JST-JICA のプロジェクトとして採択されたもので、国立環境研究所のライダー観測グループとともにアルゼンチンおよびチリとの共同研究となっている。

図 7 リオ・ガジェゴス観測所

図 8 110GHz帯 観測装置

・ **昭和基地（南極）**

地球大気を研究する上できわめて重要な鍵を握る地域は極域である。 南極 昭和基地にミリ波観測装置が設置できたのは、国立極地研究所との共同研究による成果である。

昭和基地という限られた環境内で運用する為、小型で省電力のミリ波観測装置が開発され、現在まで中層大気のオゾンや窒素酸化物等の高度分布を 250GHz 帯で連続観測している。

観測装置の立上げは、第 52 次隊（2011 年 1 月）で実施された。

報告者は、第 54 次・第 56 次・第 58 次の夏隊に参加し、装置の保守・改良に従事した。

図 9 昭和基地の主要部

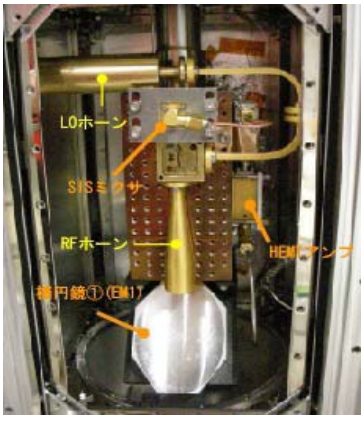


図 10 ミリ波観測装置の内部

図 11 保守作業の一例

おわりに

今回 報告したミリ波大気観測装置は南半球の観測サイトで稼働している装置で、報告者が組立・据付・調整・保守に携わってきた。 報告者は、これらの業務に従事することで、SISミキサや光学系の調整、ノイズ対策、冷凍機や真空装置の取扱い等、多くの技術を体得する事ができた。

最後に技術者として成長する機会を与えて下さった大気圏環境変動研究室の皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

[1]日本分光学会 編:電波を用いる分光, 講談社, 2009 年 4 月

[2]古濱・岡本・増子:人工衛星によるマイクロ波リモートセンシング, 電子情報通信学会, 1994 年 8 月

[3]西村・海部:宇宙の観測 I（現代天文学講座 11), 恒星社厚生閣, 1981 年 10 月

[4]赤羽・海部・田原:宇宙電波天文学, 共立出版, 1988 年 5 月

[5]中井・坪井・福井 編:宇宙の観測 II（電波天文学), 日本評論社, 2009 年 8 月

[6] https://skx1.isee.nagoya-u.ac.jp/research.html

ドローンなどUASの国産化及び計測技術とXAFS解析

岡本渉[1]、八木伸也[2]、堀井樹[3]、山崎高幸[1]、松見豊[1]

([1]名古屋大学 宇宙地球環境研究所　[2]名古屋大学 未来材料・システム研究所

[3]筑波大学理工学群工学システム学類環境開発 ・ 先進的UAV研究事業 AeroFlex)

E-mail: w.okamoto@nusr.nagoya-u.ac.jp

概要

筆者は、大気汚染観測や植生、地形の計測研究を技術支援している。地上や観測船上での観測技術のみならず、ドローンなどのUAS (Unmanned Aircraft Systems)を使い上空の大気観測を行う３次元の観測技術の開発を行っている。また、生命農学研究科や他大学・高専との共同研究で森林生態系の管理・調査や地下の洞窟探査などに関して、ドローンなどのUASを使用した計測技術開発を行っている。搭載機器はレーザースキャナや赤外線カメラなど多岐にわたる。さらにそれらの計測機器の活用のための、ドローンの改造や新たなドローン飛行技術（森林の樹間や洞窟内などの非GPS環境の飛行法）の開発も行っている。現在の大気観測では、リアルタイムでエアロゾル・ガス成分計測を行う。PM2.5に関しては、粒子の直径が2.5μmという定義であり構成している成分については考えられていない。リアルタイム計測では得られない分析を行うために、サンプルを収集し解析システムにかける必要がある。エアロゾル収集装置の開発を進めており、小貝川・菅生沼山焼きでサンプルを収集した。また、収集したサンプルは、あいちSR BL6N1のおいて分析する。また、今年からID発信器の搭載、ドローンの免許制度導入、中国製ドローン禁止など大きな動きがある。高専連合のドローン探査シミュレーションに参加している先進的UAV研究事業 AeroFlexは、純国産UAS開発を目指し、様々な機体の提供を始めた。ここでは、それらの活動を紹介する。

1. レーザースキャナによるCAVE探査

レーザー・ライダーは自動運転車などに搭載され、リアルタイムでの周囲の３次元計測に欠かせない装置となっている。近年では、Apple iPadをはじめ、10万円前後の機器が利用できるようになってきた。写真測量を応用したSfM/MVS撮影による３次元モデル製作は近年多くの分野で利用されている。筆者も、ドローンによる自動飛行、ローバー搭載カメラ、人間が持ち運ぶスタビライザなどで３次元モデルを製作してきた。カメラの4k、6k、8kなど高解像度化にともない、動画による政策の方向も模索している。しかし、原理的に可視領域の波長による制約、ダイナミックレンジの限界、狭小領域の隙間に遮られるなどの問題がある。高専連合との共同開発により、大型ドローン（Matrice600）にレーザースキャナを搭載し、開発を重ねてきた。現在、レーザースキャナは４型となり、ドローンのみならず、ローバーにも搭載され運用されている。

図１　Matrice600 とレーザースキャナ

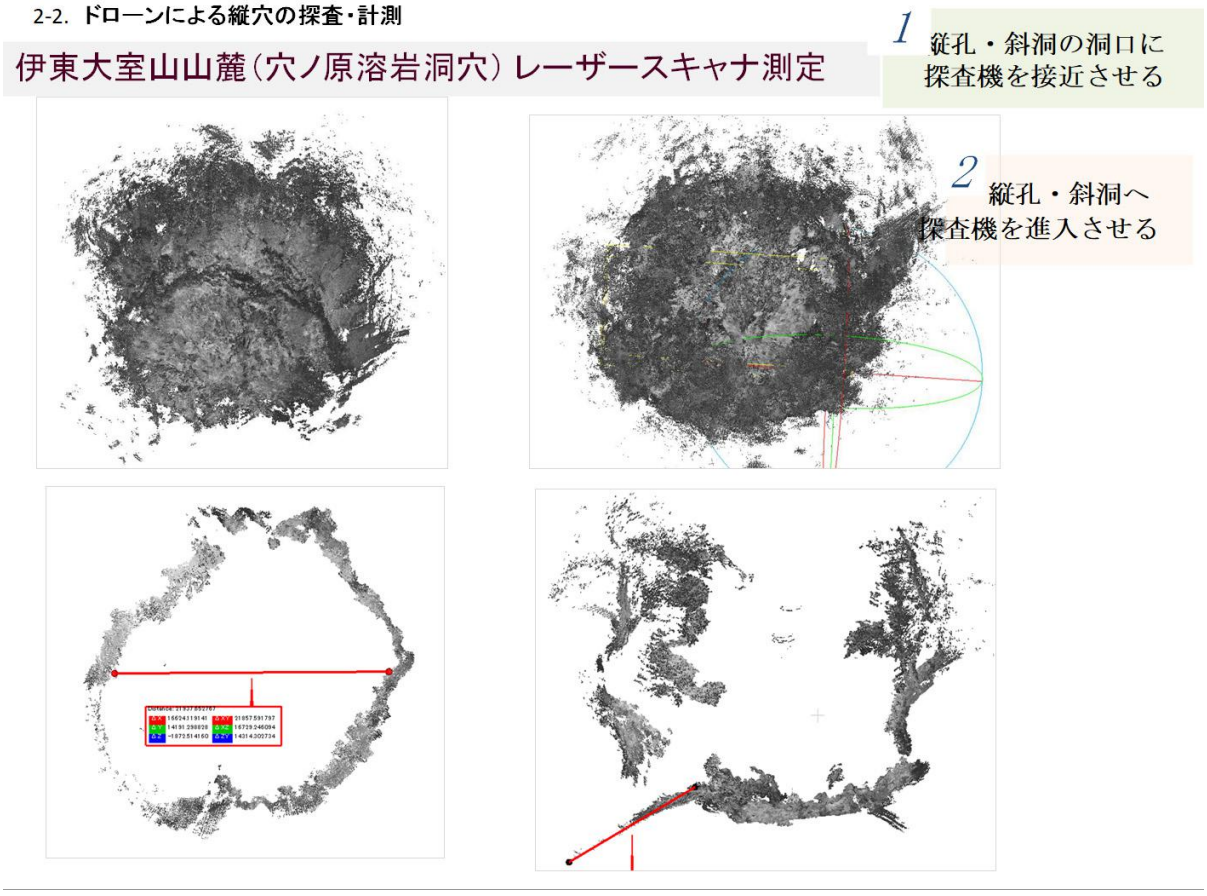


図２　レーザースキャナによる３次元モデル

2. 様々な UAS と、その連携

UAS (Unmanned Aircraft Systems)破綻順に空を飛ぶドローンだけではない。地上を走るローバー、水中を潜る水中ロボットとの連携を目指している。

秋吉台において、大型ドローン（Matrice600）へローバーを搭載し、ドリーネまで飛行して地上探査を行い、さらに回収をした。

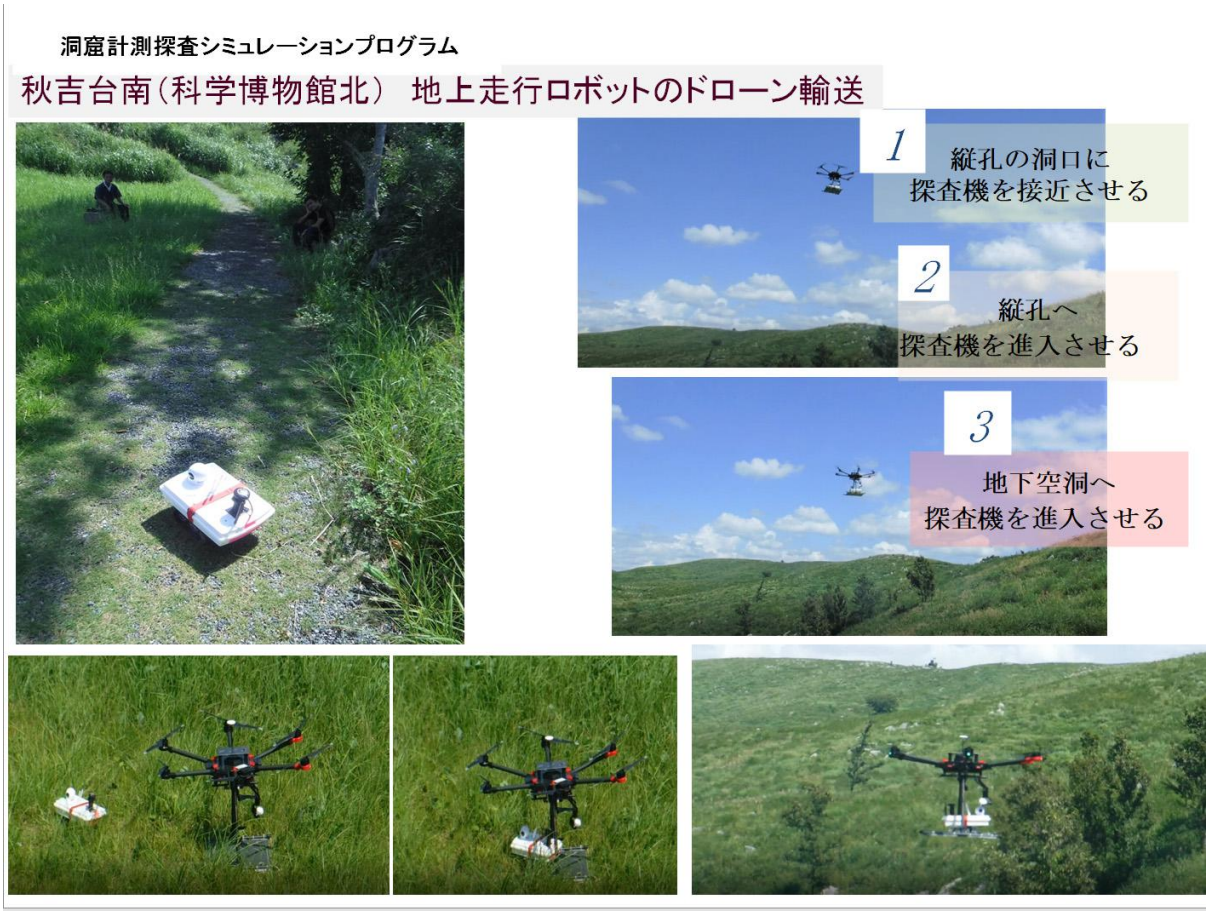


図 3　Matrice600 とローバー

人間が侵入できないような荒れ地へ、ドローンによって空からアクセスする。地上を走行するローバーには様々なセンサを備え付け、探査後は再び回収する。これがローバーのみの場合、現場まで到達するのが困難な局面が多い。空から探査ポイント近くは運ばれることにより、ローバーの活動時間も大幅に延びる。これは単純に、太陽電池パネルを備えた環境測定固定局の設置にも利用できる。

実際に運用テストを行った段階では、様々な課題が浮かび上がった。ローバーの走破性による

活動範囲の狭さに加え、ドローンへ乗り込む際の操縦にもいくらかの熟練を要した。この例のように、空－＞陸のみならず、陸－＞空、陸－＞空—＞陸のような組み合わせも考えられる。ここの期待のデータリンクも、これからの課題である。また、非 GPS 環境での UAS は非常に不安定である。これを解消するには、疑似 GPS 環境の構築や機体のビジョンシステムによる安定化が求められる。筆者は昨年末、壱岐の黒崎砲台跡地下で、非 GPS の ATTI モードで DJI Mavic2Pro の飛行を行った。これにより、地下空間の 3 次元モデルの構築に成功している。

高専連合をはじめとする洞窟シミュレーションプログラムでは、様々なUASのみならず、ローバー、地上走行ロボット、水中ロボットを運用している。現在、NHKとの共同による地底湖ロボット探査も進行している。秋芳洞でのNHKドローン舞台のクラッシュから国の規制が厳しくなり、CAVEでの飛行が制限されている。 GPS環境でのRTKなどによる精度の向上は、土木･建築関係を中心に進められている。共同研究者たちも、RTKポールの運用を日常的に行うようになってきた。これを応用して、非GPS環境下での疑似GPS環境の構築が喫緊の課題となってきた。

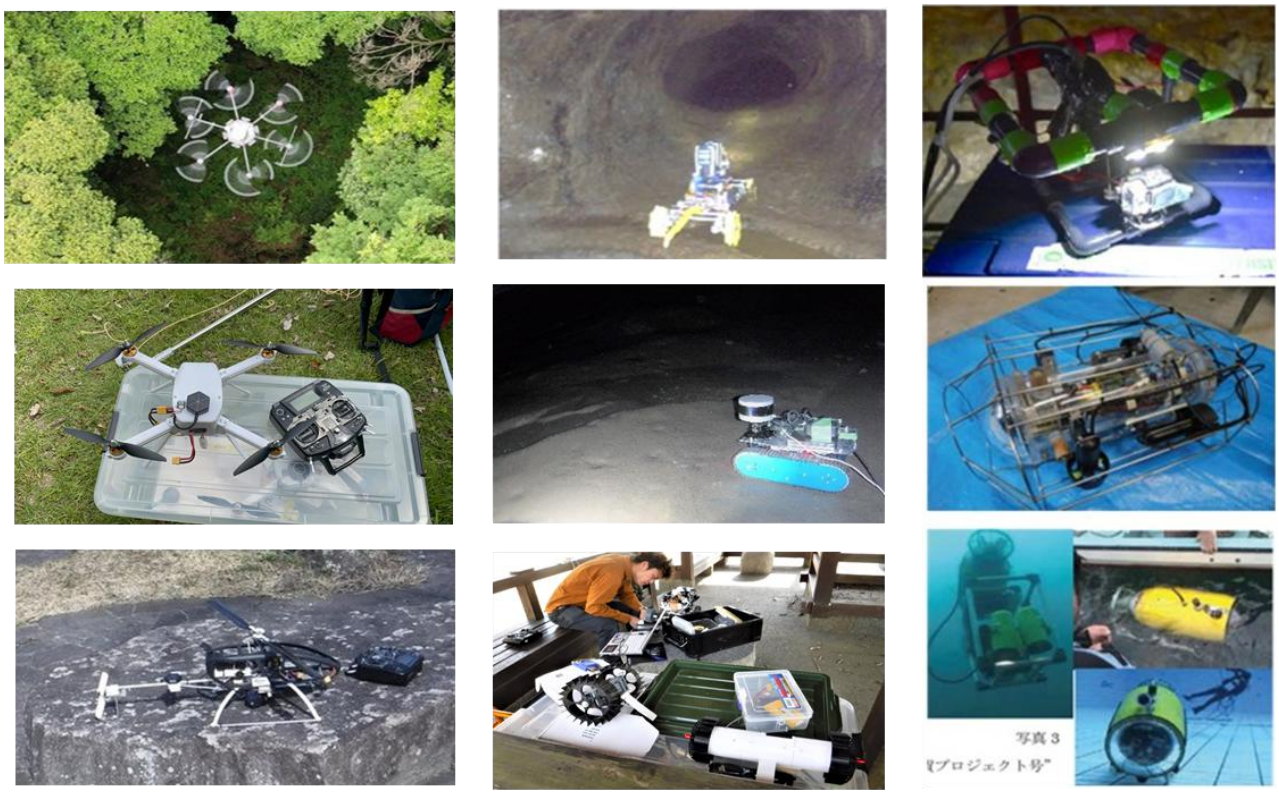


図4　陸海空のロボットたち

3. UASによるエアロゾル収集

名大宇宙地球環境研究所松見グループでは、Panasonicと共同開発した小型PM2.5センサを使い、固定局のみならず個人暴露計、UAS搭載の測定装置を運用している。また、最近ではそれに加え、英国Alphasence社の電気化学センサも大気観測装置に組み込んでいる。これによるエアロゾル、ガス成分のリアルタイム観測が可能になった。しかし、エアロゾルに関しては、その粒径による分類だけである。単純に2.5μmの粒径を持ったものには、様々な成分が考えられる。工場から出る煤煙には硫黄成分を始め、有毒な成分が多いであろう。また、地下鉄はレールと車輪の摩耗により、意外とPM2.5成分が多い。しかし、此方はほとんどが鉄分で占められると思われる。森林に個人暴露計を持ち込むと、意外と数値が上がることに驚く。それに反して、人間が体感するのは爽やかなものである。フラボノイドなどが多いと予想される。

これらのことを定量的に計るためには、実際にその雰囲気で試料を採取して解析しなければならない。筆者は、先進的 UAV 研究事業 AeroFlex と共に、UAS 搭載可能なエアロゾル収集装置を運用している。

こちらは、一定高度で電磁バルブの開閉を行い、ファンによりエアロゾルを吸引する。現在は、フィルターとしてガーゼを用い、一定時間吸引したエアロゾルを吸着させている。

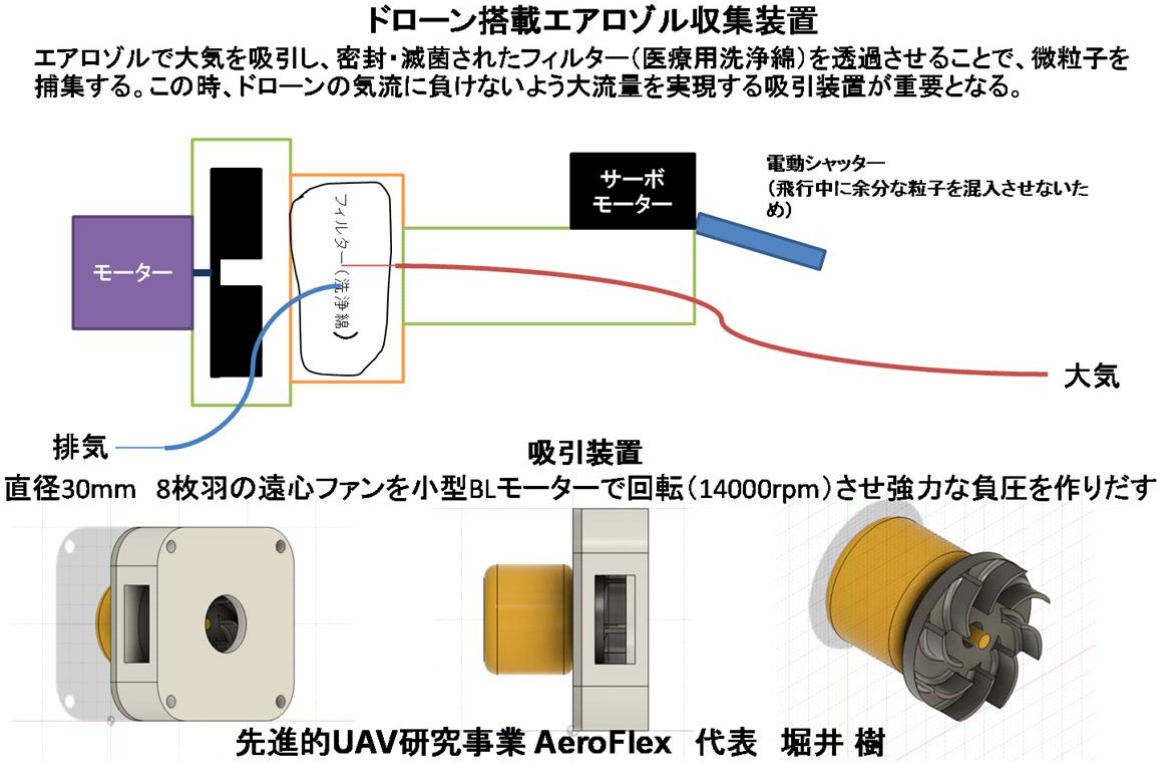
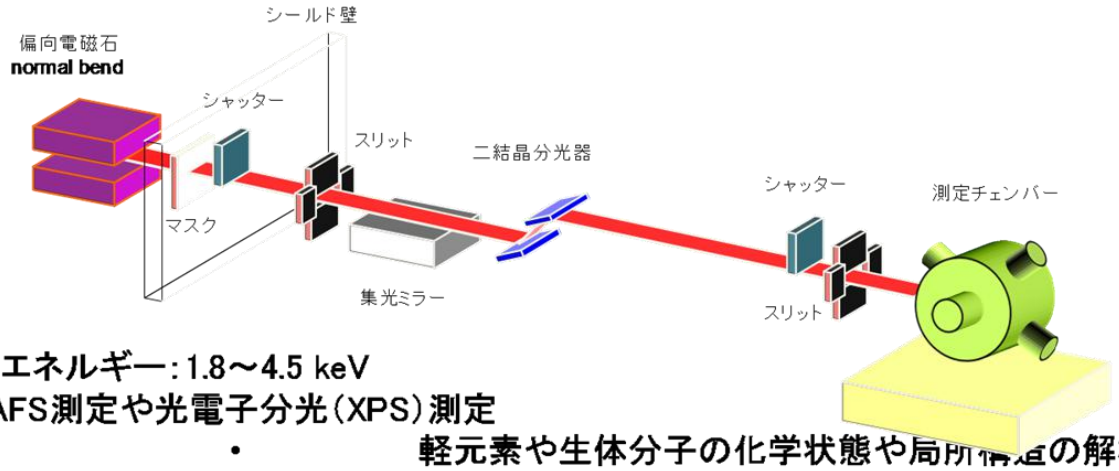


図 5　UAS 搭載エアロゾル収集装置

このエアロゾル収集装置を、DJI Phantom4 に搭載して運用している PM2.5 個人暴露計を搭載しているときから、5mひもによってつるしている。ドローンによるローターの影響を避けるためである。個人暴露計は 700g ほどの重さであった。DJI Phantom4 のペイロードは 1kg 強だが、実際には 700g の個人暴露計搭載で風に流されることも多かった。こちらのエアロゾル収集装置は、紐、バッテリを含めて 240g である。また、宇宙地球環境研究所藤森氏が開発した Arduino による PM2.5 測定器の重さは、130g しかない。

これらの軽量測定器により、今までなら風に流されていたような気象状況での運用も可能となっている。実際にエアロゾル収集装置を、2022 年の小貝川・菅生沼野焼きで使用した。野焼きの煙へ、Phantom4 を侵入させ、エアロゾルの収集に成功した。これを共同研究者の未来研八木教授に、あいちシンクロトロンでの解析を行って頂く。ビームラインは BL6N1 で行い、XAFS 測定により硫黄成分の解析が期待される。



＊ 光エネルギー：1.8～4.5 keV

＊ XAFS測定や光電子分光（XPS）測定

- 軽元素や生体分子の化学状態や局所構造の解析

そのまま測定(He-path XAFS測定システム＋トランスファーベッセルの利用)

- 軟X線利用(Al Kα線以上)のXPS分析：準硬X線利用XPS分析

試料内部(バルク)の情報を得る(軟X線領域では世界初)

ユニークなXAFS測定やXPS測定が可能なビームラインで，他のビームラインでも同一の試料分析が可能なシステムが構築されている

図 6　あいちシンクロトロン BL6N1

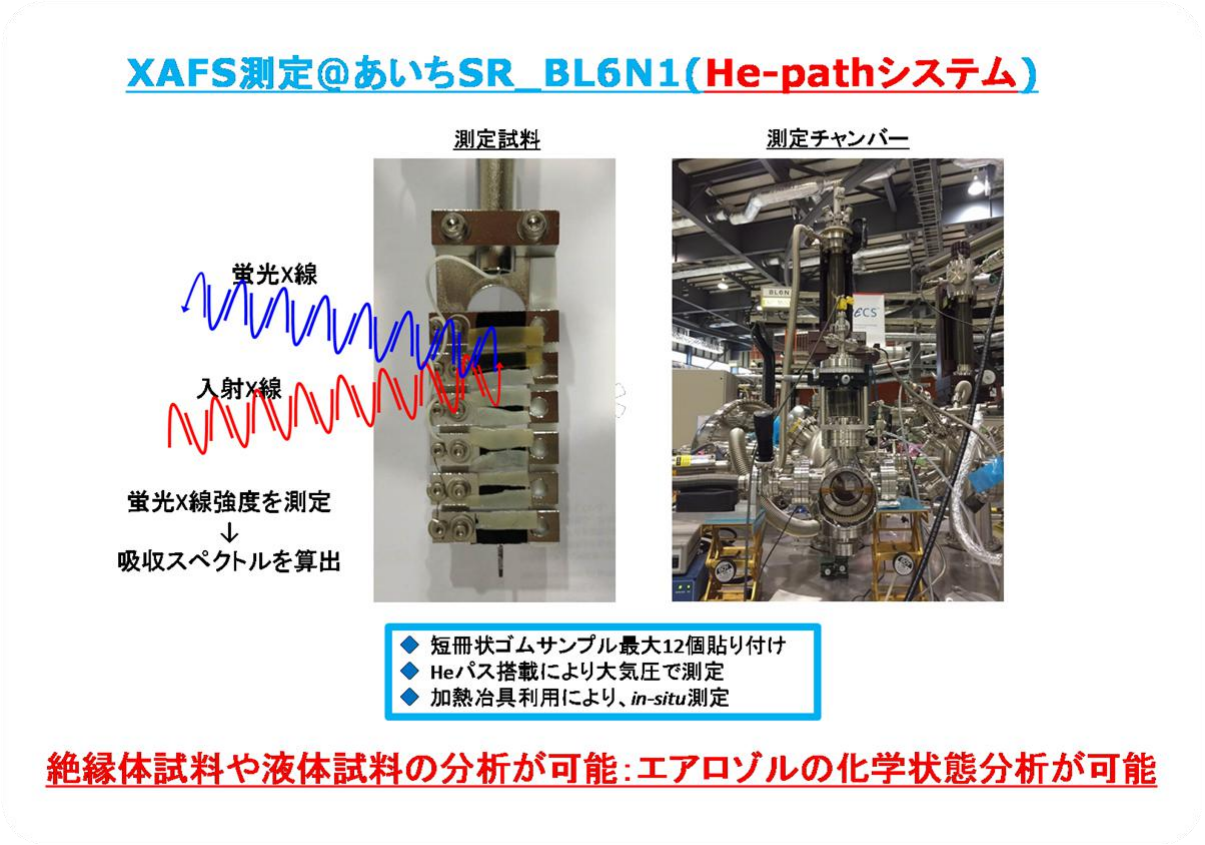


図 7　BL6N1 における XAFS 測定の様子

4. 日本製 UAS の開発

洞窟シミュレーションプログラムで活動を共にしている筑波大 4 回生堀井樹氏が、2021 年 12 月より、先進的 UAV 研究事業 AeroFlex を立ち上げた。現在すでに内閣府のプロジェクト二つを請け負っている。2022 年から中国製ドローン禁止に伴い、国公立大学や研究機関での多くの需要が見込まれる。現在筆者の共同研究者数名が購入済みであり、開発･改良を同時に進めながら運用を行っている。Sony の中型機や小型ドローン蒼天の高価格により、多くの研究者からオファーを受けている。

DJI にないレーザーを使った高度計などの特許もあり、森林や CAVE での今までにない運用の可能性も秘めている。小型測量用「Ibis」は DJI Phantom 相当の機体であり、非 GPS 環境の樹間や CAVE では、新世代レーザーライダーとの連携が期待される。単ローターのヘリは、4 発クアッドコプターより 40%ほど効率が良い。これらの他、固定翼も製作予定である。

図 8 小型 UAS Ibis

図 9　ヘリ型 UAS　Flex2

図 10　中型 UAS　Pathfinder X

5. まとめ（考察と今後の課題）

現在は怪しいパンデミック騒ぎと共に、西側誘導によるウクライナ紛争も進行中である。UAS をはじめ、多くのロボット兵器が投入されている。まさに一寸先は闇の状態の中で、明るい未来を信じ、UAS の平和利用を進めていくことは小職のみならず一般市民の務めであろう。

海外のみならず、国内出張もままならない現状ではあるが、開発や探査の手を止めないで多くの技術者。研究者と連携を深めていきたい。

参考:

1)　第 65 回宇宙科学技術連講演会 OS-15

月惑星の縦孔・地下空洞探査 UZUME 計画

2021 年 11 月 12 日（金）OS-15-6　10:40-12:00

4K07　口頭発表

「UAV を組み込んだ火星の縦孔-地下空洞探査構想と穴ノ原溶岩洞穴における進入離脱飛行実験の解析」

〇岡本 渉（名大）,眞部 広紀（佐世保工業高専）,久間 英樹（松江工業高専）,堀江 潔,大浦 龍二（佐世保工業高専）,堀井 樹,阿依 ダニシ（筑波大）

2)令和 3 年度 第 1 回 東海国立大学機構 技術発表会

口頭発表

06 計測・制御技術

「ドローンなど UAS 搭載機器による大気・植生・地形の計測技術」

計測・制御技術支援室 観測技術グループ

〇岡本 渉，山崎 高幸，藤森 隆彰

装置開発技術支援室 精密加工技術グループ
中西 幸弘

揺れる船上での高精度太陽追尾システムの開発

―性能評価のための波揺れシミュレータ台の製作―

名古屋大学　全学技術センター計測制御技術支援室　観測技術グループ　山﨑高幸

名古屋大学　全学技術センター計測制御技術支援室　観測技術グループ　岡本渉

名古屋大学　宇宙地球環境研究所　松見豊

概要

太陽を追尾しながら大気中の CO2 スペクトルを取得する地上固定観測システムをもとにして、海上のデータ取得を可能にする船上観測システムを開発している。今回は船に搭載した時の太陽追尾の機能を検証するために「波揺れシミュレータ台」を製作した。この装置はリニアステージとモータードライバを用いてステージ台を垂直上下で動かす傾斜台方式で、パソコン上の Excel と Visual Basic Application(VBA)マクロで制御する。まず、実際に搭載する船に並進・角度の加速度センサーを取り付けて航海時の波揺れのデータを取り、その状態を再現したシミュレータ台の上で、大気中の CO2 スペクトルを取得するシステムを稼働させ太陽追尾の性能を確認した。このシステムおよび研究所屋上での実験の様子について述べる。

1. 太陽追尾装置の開発と洋上の観測

この装置は CO2 のカラム濃度を太陽直射光のスペクトルから測定する装置です。これまで地上に装置を置いて国内 6 か所で 2−3 年連続測定の実績を上げてきました。太陽の視直径は 0.5 度でありこれは天体運動で時間にすると 1 分に相当するので地上では数秒に 1 回程度の望遠鏡の動きで十分です。南鳥島に 2019 年設置し、観測を継続しています。そして海洋上の船での計測するプロジェクトが始まりました。図 1 は JAMSTEC 観測船「みらい」船上に搭載したときの記念写真です。船は大きく揺れますし、波の揺れは大型船でも 8 度程度の振幅があるため、技術的には難しいものですが我々は揺れる船上でも高精度に太陽追尾できるように、まずは性能評価のための波揺れシミュレータ台の製作を行うことにしました。

2. 船舶上での太陽追尾の原理

地上では東西南北を固定し、理論的な計算で太陽の方向は求まりますが、船上では方位は自由に変わってしまいます。そこで我々は全天カメラで太陽位置を探査して、太陽方向を向ける方式に装置を改良しました。図 1 のように全天カメラは追尾装置の横に固定しました。図 2 のアクリルドーム内が太陽追尾装置です。望遠鏡と追尾カメラは平行に取り付けられております。追尾カメラに捕獲された太陽方向を向くように、モータ駆動経緯儀が動くように設計されています。

図１　みらいに搭載した太陽追尾装置

図２ 太陽追尾装置

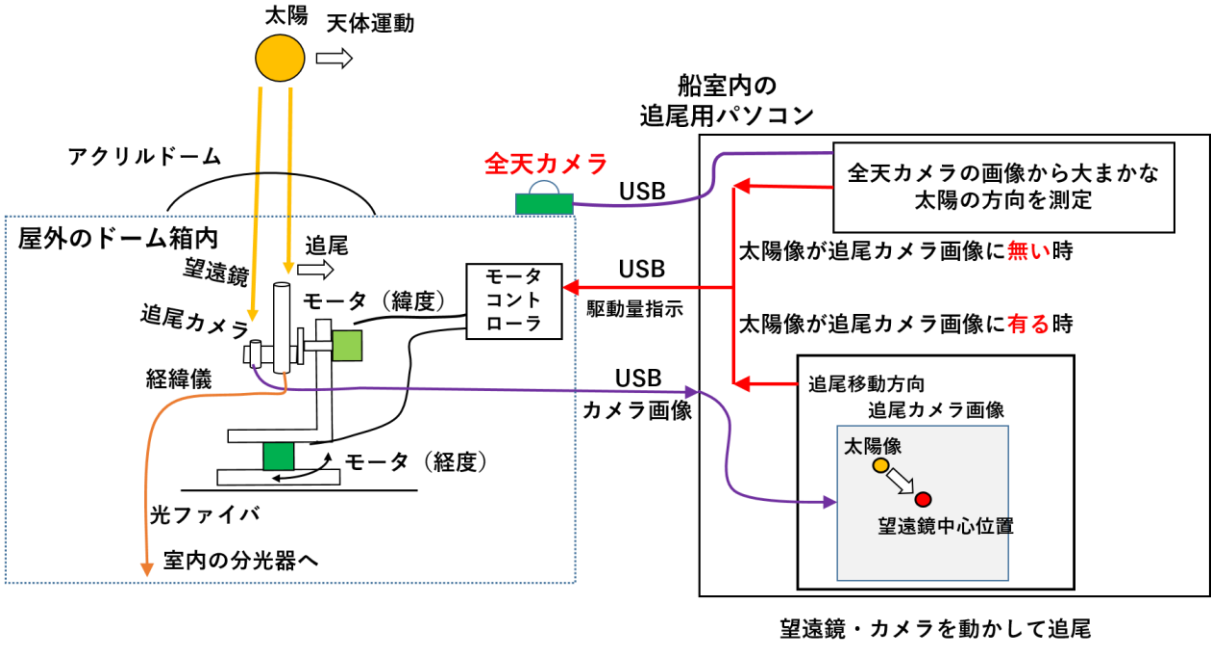


図３　船舶上での太陽追尾の原理

船舶上での太陽追尾の原理ですが、全天カメラの画像から大まかな太陽の方向を特定する方式に改良しました。太陽像が追尾カメラに無いときは、全天カメラで捉えた太陽方向に太陽追尾装置は向きます。追尾カメラに太陽像が有るとき捕獲された太陽方向を向くように、モータコントローラに駆動量を指示します。追尾カメラは毎秒、画像上で望遠鏡中心とズレがあった場合、その方向に動かします。太陽位置はカメラ画像上の太陽像は円形ですがその重心位置を求めております。現在の地上で運用している太陽追尾装置は、画像認識から望遠鏡を動かす動作を繰り返し数回動かして最終的にほぼ一致させています。

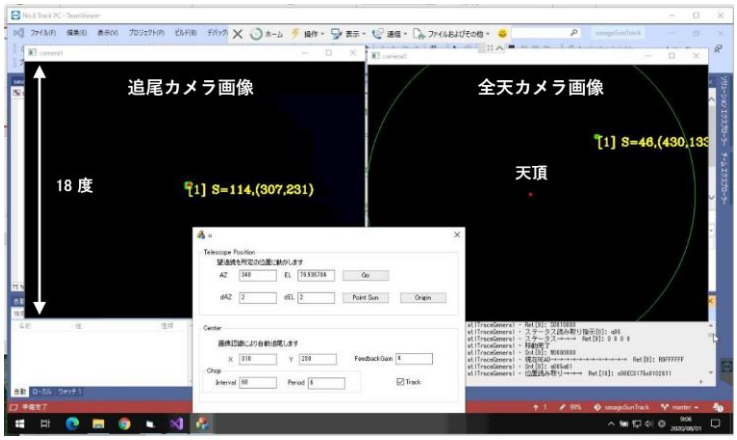


図４　追尾カメラ（左）と全天カメラ（右）

図４の右図は全天カメラ画像です。真ん中は天頂で丸い外円が水平方向となります。緑色の右上の〇が太陽位置になります。図４の左図は、追尾カメラ画像です。望遠鏡中心の赤丸と太陽位置の緑色の〇が重なっているという事は追尾できているという事になります。

3. 波揺れ計測

最初に船がどの程度揺れるか知る必要があるという事になり、９軸加速度センサー【HWT905-TTL MPU-9250】（図５）を購入しました。このセンサーは、ＸＹＺの角度、加速度、角速度が求まります。このセンサーを用いて小型 PC による収集システムを自作し、気象庁観測船船室に設置し（図６）、約３か月実測しました。

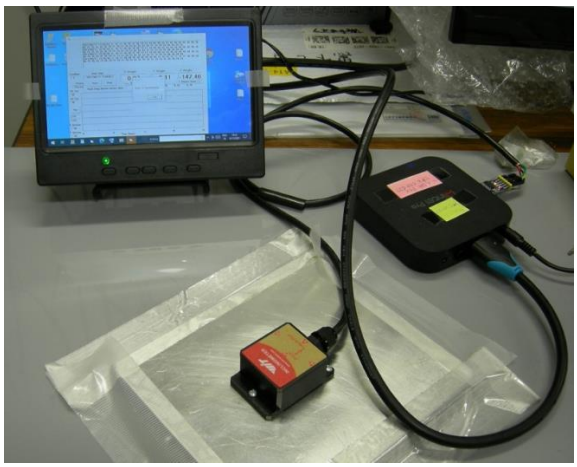


図５　９軸加速度センサー（HWT905-TTL MPU-9250）とデータ処理システム

図６　波揺れセンサー及び太陽追尾装置の凌風丸への設置場所（赤矢印）

赤矢印が波揺れセンサーの設置場所（図 10）及び太陽追尾装置設置の予定場所です。太平洋沖へ出港した船の波揺れセンサーで記録したデータ（2021 年 9 月 8 日）です。上が Rolling 角度、下が Pitching 角度です。晴天時に 7-10 秒程度の周期で振幅は最大 8 度程度であった事がわかりました。

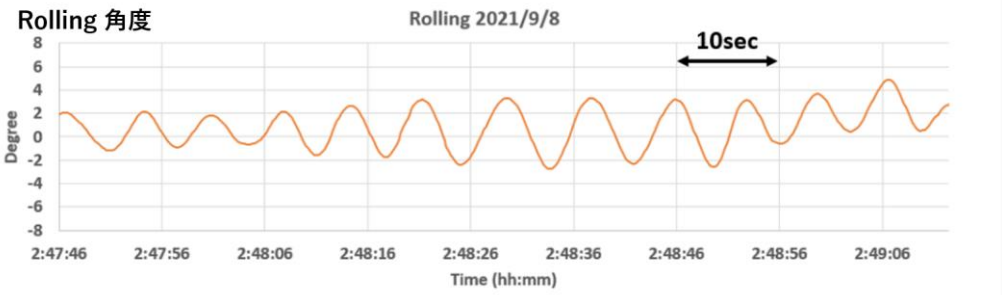


図７　太平洋上の船の Rolling 角度

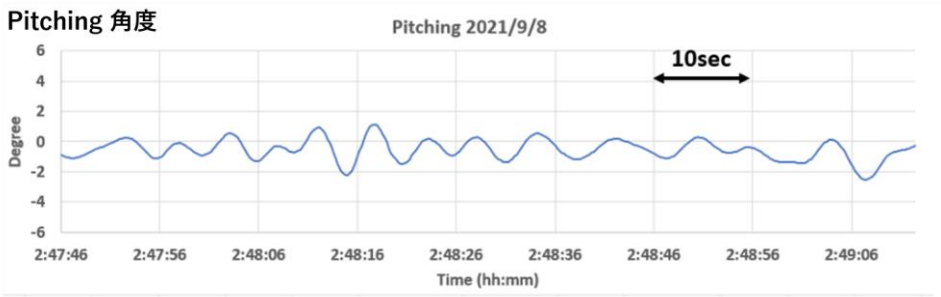


図８　太平洋上の船の Pitching 角度

4. 波揺れシミュレータ台の製作

図９が製作した波揺れシミュレータ台です。リニアステージとモータ駆動部はセット品

で購入しました。ボールねじの長さは 150㎜ です。赤丸位置にリミットセンサーを取り付けました。台はミスミのアルミフレームで組み立て、傾斜台方式としました。揺れシミュレータ台の製作のための材料費は、制御パソコンは除いて全体で 4 万 円程度でした。他主要な部品について説明します。

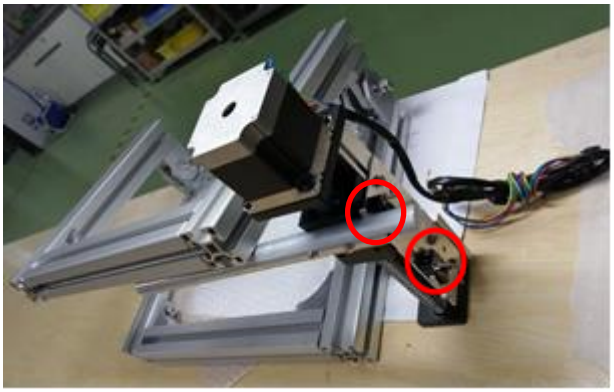


図９　製作した波揺れシミュレータ台（赤丸はリミットセンサー）

位置センサーとしてリニアポテンション抵抗器を使用しました。可動範囲は 100㎜ のものを使いました。

図１０　位置用リニアポテンション抵抗器

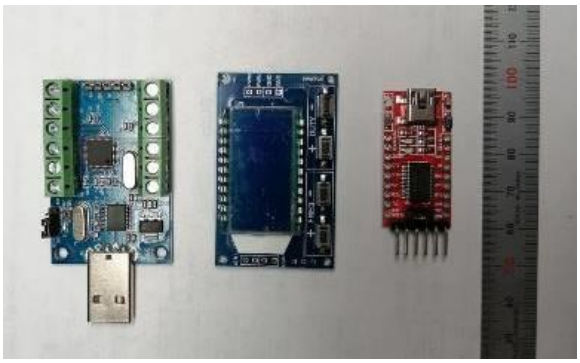


図１１　右：USB シリアル変換器シリアル通信デバイス
中：パルス発生器周波数表示器付き
左：USB A/D データ収集モジュール

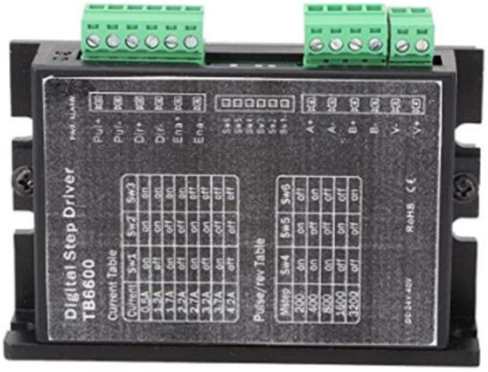


図１２　パルスモーター用ドライバー

図１１（左）の写真が位置検出に用いる USB 位置制御用 A/D データ収集モジュール、図１１（中）がパルス発生器周波数で、1Hz～150kHz のパルスが作れるモジュールで表示器付きです。図１１（右）が USB シリアル変換器でパルス発生器に信号を送るためのモジュールです。

図１２が DC 24-40V で使用できるパルスモータ用ドライバです。今回 24Ｖで使用しました。使用したデバイスは 5V で動作するので、USB ケーブルを通して給電しました。A/D コンバータおよびパルス発生器はシリアル信号で制御します。COM ポートは２つ必要なので USB Hub を使ってノートＰＣと接続しました。

図１３は電源及び各種デバイスを組み込みんだ波揺れシミュレータのコントローラーです。表示用の LED や手動用のスイッチも画面手前に付いています。図１４は研究所屋上で実験した時の「波揺れシミュレータ台」の上の太陽追尾装置です。図１５は波揺れシミュレータで傾斜した様子です。

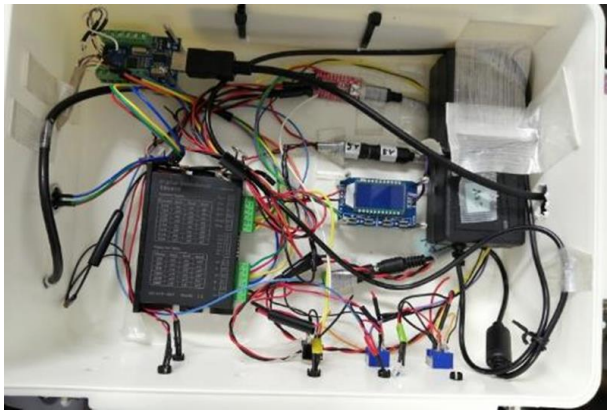


図１３　コントローラボックス

図１４　研究所屋上の「波揺れシミュレータ台」の上の太陽追尾装置

図１５　波揺れシミュレータで傾斜した様子

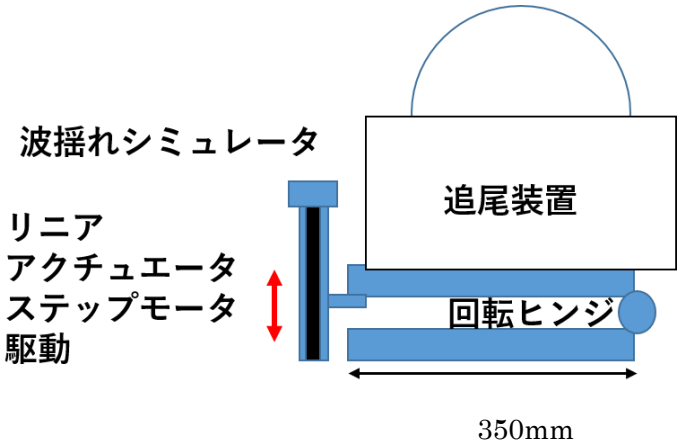


図１６　波揺れシミュレータ台の模式図

図１６は波揺れシミュレータ台の模式図です。このように回転ヒンジを軸として、リニアステージに固定した腕の高さをステップモータ駆動で高さを上下する事でサイン運動を実現します。揺れの再現の制御はパソコン上の Excel と Visual Basic Application(VBA)マクロで行ないました。シリアル通信のライブラリは EasyComm を利用した。ポートを設定は下記の通りです。

① シリアル通信デバイス（ボーレート　9600，パリティビット数 なし，データビット数 8 ，ストップビット数 1） パルス発生器と繋げる

② 位置制御用 A/D（ボーレート　115200，パリティビット数 なし，データビット数 8 ，ストップビット数 1）

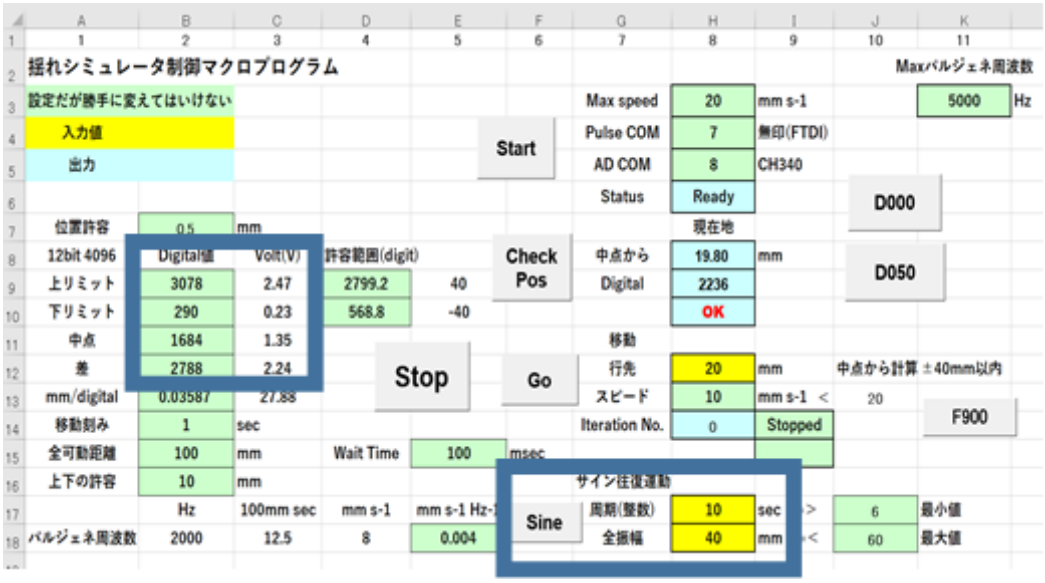


図１７　Visual Basic Application(VBA)マクロ画面

緑色のハッチは制約として設定で安定動作範囲を決められるのですが最大周波数 5kHz、位置許容範囲は 10mm、最短周期は 60sec、最大振幅 60mm として条件を決めました。リミット位置のデジタル値は 5V 電圧をかけその電圧値をデジタルに変換して値を読み取ります。また可動可能距離はリニアポテンション抵抗器の範囲を同じ 100mm です。図 17 の右下の青い四角のところがサイン波形の駆動の制御です。周期設定を 10 秒、揺れ全振幅を 40mm にして、ボタンを押すことによりサイン運動が始まります。傾斜台は 350mm フレーム長なので、下記の式より、約 8 度の傾きとなります。

$$\mathrm{Arctan}(20/350) \times 2 \;=\; 8^{\circ} \quad (\text{程度})$$

図１８　波揺れシミュレータ台を用いた性能評価試験の様子（建物屋上にて）

5. 実験結果

検証試験結果の一例を示します。屋上で波揺れ装置を動かして太陽追尾ソフトで確認しました。下記の画像は揺れで上に持ち上がった時と下に下がった時を表します。S は太陽の Pixcel 面積、括弧内は追尾カメラの Pixel 位置（横、縦）を表します。全画面で 640x400 です。視野は縦のエリアが 400 Pixcel で 18 度です。追尾ソフト上の太陽画像のずれから、太陽直径の 3 倍程度、角度で 1.5° 程度の振幅がありました。

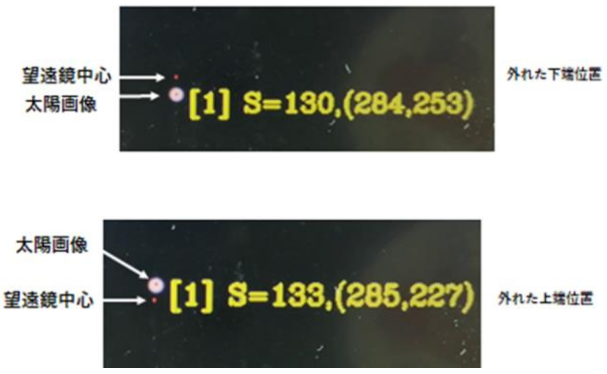


図１９（上）太陽追尾装置が上にあがった時の太陽位置
（下）太陽追尾装置が下にさがった時の太陽位置

6. まとめ（考察と今後の課題）

船の揺れを再現できる「波揺れシミュレータ台」を製作したが、今までの地上用の太陽追尾装置では船の揺れに追いついていない。今後の解決法として第 1 に望遠鏡の角度追尾のレスポンスを高速にするために追尾画像の処理に追尾カメラを使うのをやめ、高速でデータ転送ができる 4 素子の受光器に変えて処理速度を上げる事を検討している。第 2 に、波揺れシミュレータで動作中に追尾カメラの太陽位置を見ているとかなりパターン化している事から、レスポンスを考慮して先回りして適切な位置に持って行く「予測位置」の計算が可能だと考え、太陽追尾処理に「予測」の機能を取り込む事を検討している。アルゴリズムを改良して太陽が入る確率を数倍上げることは可能ではあると思う。

農学部鶏舎内の温湿度リモートモニタリングシステムの開発

○久島萌人　足立匠　民田晴也（ISEE 技術部）高間瑠佳　厚味智子（農学部技術部）

１．はじめに

名古屋大学全学技術センターの命題である全学公平な技術提供に協力するためには、ISEE 技術部のリソース（メンバー個の技術力とチーム力）把握が必須となる。昨年度末、有志規模での ISEE―農学部の技術交流を立ち上げ、通常業務より負荷を下げた実務形式での技術研鑽を開始した。研鑽課題には、農学部の鳥類バイオサイエンスセンター（以下、鳥センター）鶏舎内の温湿度分布遠隔監視システムの提供を取り上げた[1]。本報告では、試作機作成から鳥センターでの試験運用についての概略を紹介する。

２．システム概要

試作システムは、バッテリー駆動の無線データ送信センサユニットを 2 台、データ受信・保存・グラフ描画（Quick Look）を行うデータ収録サーバで構成される（図 1）。取得温湿度データは無線送信（Wi-Fi）され、収録サーバでデータ受信とグラフ表示を行う。これらセンサユニットとサーバは 1 台の無線ルータの配下に接続され LAN を構成している。システム構成図を図 1 に示す。

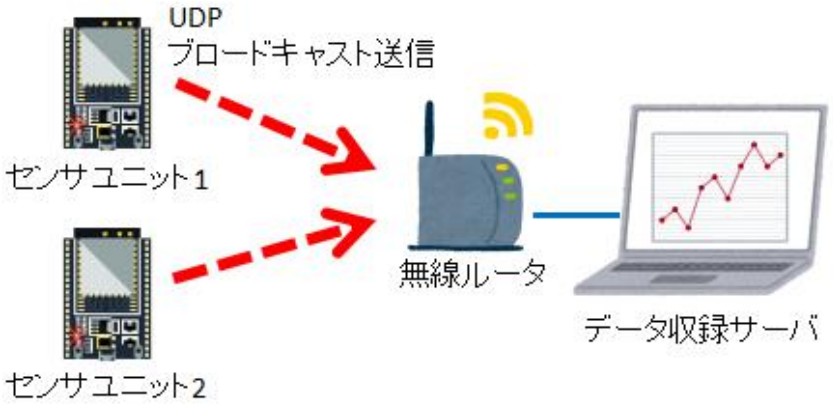


図 1　システム構成図

２．１　センサユニット

センサユニットの外観を図 2 に、ブロック図と動作フローチャートを図 3 に示す。センサユニットは、Wi-Fi モジュール搭載 ESP32-DevKitC-32D 開発基盤[3]と one-wire 式の温湿度センサ（AM2320）[4]で構成される。Wi-Fi の合法利用（電波法）には技適が必要であり、日本の技適登録がある製品を利用している。バッテリー駆動であり、省電力化のためスリープ機能を利用している。まず、①スリープから目覚めると、②Wi-Fi 接続確立（リトライ 5 回； 失敗するとスリープ処理）。③バッテリー電圧監視、温湿度センサAM2320に給電、計測開始（各センサでサンプル平均処理）。計測データを取得（one-wire シリアル方式で温度／湿度バイナリデータ受信）。ESP32 搭載 DSP でテキスト形式に変換（図 4）。④UDPブロードキャストでデータ送信。最後に、⑤設定時間のスリープを開始する。バッテリーは単三電池 3本を採用した（センサユニット作動電圧は 3.0~5.0V）。鶏舎内の床水洗い、野外運用にも耐えられるよう防水ボックスに収納した。各センサユニットは最大 5 台の温湿度センサが接続可能であり、試験観測では 3 台のセンサを接続運用している。無線データ送信はバイナリ送信が効率的であるが、パケットダンプで見やすいようにテキスト形式で送信している。

図２　センサユニット外観

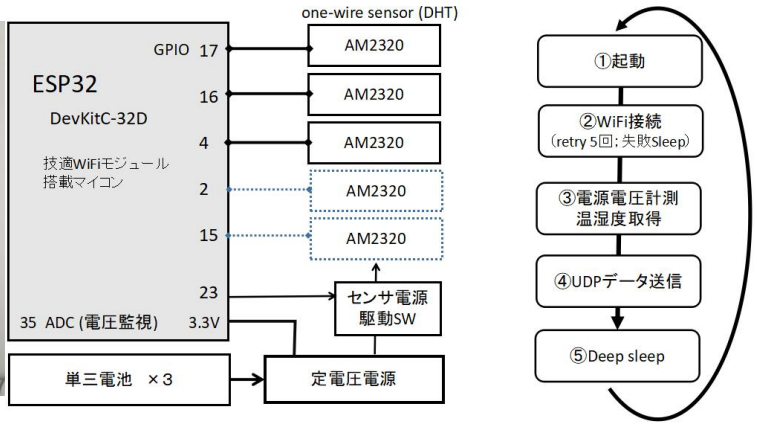


図３　ブロック図（左）　と 制御フロー（右）

test.dat - メモ帳

ファイル(F)　編集(E)　書式(O)　表示(V)　ヘルプ(H)

```
2022/01/18 00:00:58,02,326,1760,2940,1740,2940,1740,2700,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:01:52,01,315,1800,2710,1779,2880,1790,2880,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:02:01,02,316,1770,2940,1740,2940,1740,2700,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:02:56,01,320,1800,2710,1779,2890,1790,2880,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:03:05,02,324,1770,2940,1740,2950,1740,2700,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:03:59,01,320,1800,2710,1779,2890,1790,2890,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:04:08,02,315,1760,2950,1729,2940,1740,2700,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:05:02,01,319,1800,2700,1779,2890,1790,2890,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:05:11,02,315,1760,2950,1740,2940,1740,2690,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:06:06,01,317,1800,2710,1779,2900,1790,2890,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:06:15,02,322,1760,2950,1729,2930,1740,2700,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:07:10,01,321,1800,2710,1779,2890,1779,2890,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:07:18,02,323,1760,2940,1729,2940,1740,2690,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:08:15,01,317,1800,2710,1770,2890,1779,2890,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:08:21,02,327,1760,2940,1729,2940,1740,2700,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:09:18,01,314,1800,2710,1770,2890,1779,2870,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:09:24,02,316,1760,2940,1729,2940,1740,2690,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:10:21,01,315,1790,2710,1770,2890,1779,2890,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:10:28,02,314,1829,2990,1790,2960,1720,2700,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:11:25,01,317,1790,2710,1770,2890,1779,2890,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:11:32,02,317,1760,2960,1729,2930,1729,2700,    ,    ,    ,
2022/01/18 00:12:28,01,317,1790,2710,1770,2890,1779,2890,    ,    ,    ,
```

図４．保存データフォーマット(CSV 形式)

日付，時刻，センサユニット番号、バッテリ電圧、（温度，湿度）×５。
電圧、温湿度値は100倍。データ取得失敗や未接続センサの欄には固定長空白が代入される。UDP通信ではセンサユニット番号以降のテキスト部を受信。

２．２　データ収録サーバ

データ収録は旧型のネットブック PC を再利用している（Lubuntu OS 搭載；図 6）。センサユニットは時刻処理未搭載であり（on chip RTC非使用）、データ収録サーバの時刻情報をUDP受信テキストデータ前に付加し保存する（図4）。利用者のデータ視認性を高めるためリアルタイムグラフ表示を行う。グラフは収録サーバで Web page 更新する仕組みで、同じネットワークゾーンであれば別端末から見ることも可能であり、保存データの回収も可能である。実運用では、Wi-Fi 接続可能な鶏舎屋外から定期的に無線データ回収を行い、電池交換タイミングやセンサ故障など監視している。

２．３　センサユニット初期設定[1]

センサユニットは搭載 Web server を介した設定機能を有している。Wi-Fi 初期設定、センサユニット情報、スリープ時間間隔、温湿度センサ校正（値補値）の設定が可能である。

３．鳥センターでの試験計測

2022 年 2 月 3 日から、鳥センターにて温湿度モニタリングシステムの試験計測を行っている。2 台のセンサユニットおよびデータ収録サーバの配置を図 5,6,7,8 に示す。収録サーバとルータは鶏舎前室に設置し、センサユニット 1,2 は飼育室内の 2 か所のケージ上段に置き、温湿度センサをケージの上段、中段、下段に設置した。予備実験から 1 カ月間バッテリー運用ができるよう見積もり、センサユニットのスリープ間隔（データ取得間隔）は 3 分とした。

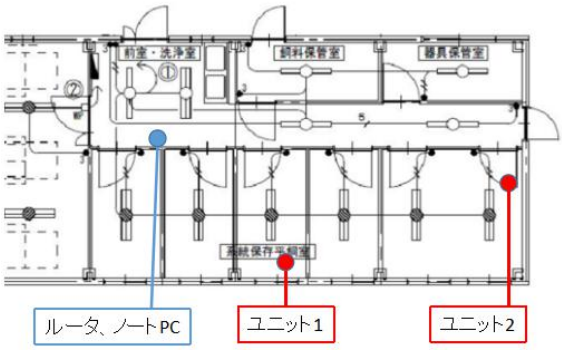


図５ センサユニット設置位置

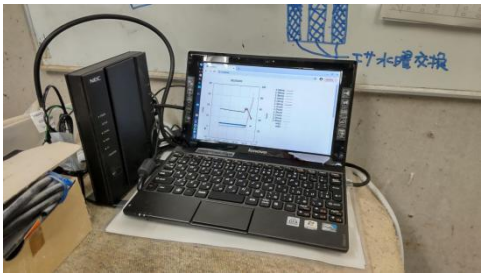


図６ データ収録サーバ（ノート PC）

図７ ユニット 1 設置場所

図８ ユニット 2 設置場所

３．１ 計測結果

2022 年 2 月 13～18 日の温湿度の時系列を図 9 に示す。図中、上から順にケージ上段、中段、下段に設置した計測値を表示する。図から、鶏舎内の気温と湿度の日変化を読み取ることができ、センサユニット 2 の部屋がより湿っていることが分かる。下段は両ユニット共に湿度 100%に張り付き、飽和状態にあることが分かる。飼育室は定期的に水による清掃が行われ、床面が濡れていることが要因であろう。試験計測は現在も継続しており、3 月中旬には気温が上昇、空気に取り込める水蒸気量が増え、下段の湿度も日変化を示すようになり、飽和状態は解消され、床も乾きやすくなったと推察される。また、時系列は 08:30 と 18:00 に定期的な強制空気循環（冷たい乾燥した空気流入）を示唆している。ここで結果を示さないが、水蒸気量（絶対湿度）でも強制換気時に明らかな減少を確認している。センサ設置した飼育室（小部屋ブロック）に空調設備はないが、隣の大部屋ブロック（図 5.ルータ位置の左側の大部屋）は空調があり、大部屋と小部屋をつなぐダクトは解放されている。大部屋の空調管理時間帯に、大部屋からの空気流入があり、大部屋に近いセンサユニット 1 の変化が顕著になっていると考えられる。

３．２ バッテリー電圧と気温センサの精度

バッテリー電圧と計測値の関係を紹介する。図 10 にバッテリーが切れた 2 月 27 日以前の 5 日間の気温・湿度計測値の時系列を示す。センサユニットはバッテリー電圧が 2.7 V まで作動した。但し、バッテリー残量が 3 V を下回ると、気温センサに外れ値が現れる。湿度は外れ値は現れなかった。バッテリーを使い切るまで利用可能であるが、気温の安定性を考慮すると、3V がバッテリー交換の目安であると確認できた。

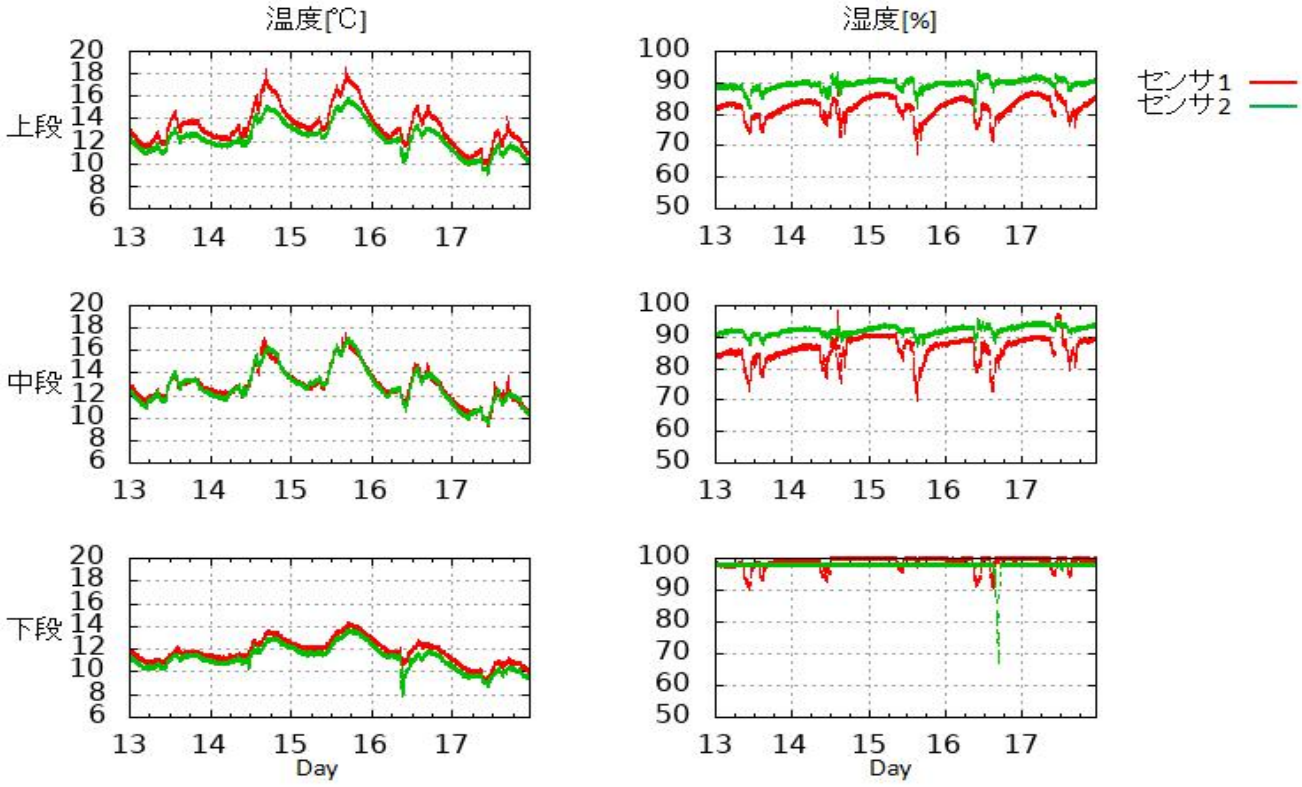


図 9.　2022 年 2 月 13～18 日の気温・湿度の時系列温湿度。
赤：センサユニット１。緑：センサユニット２。

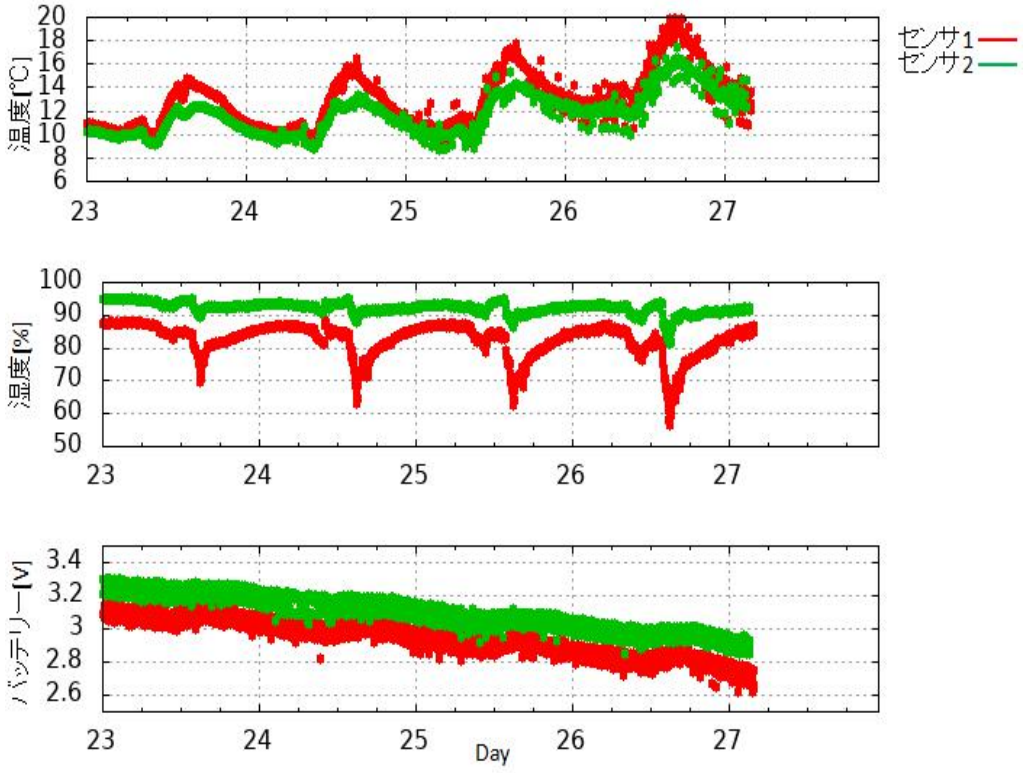


図 10.　2022 年 2 月 23～27 日の気温（上）・湿度（中）・バッテリー電圧（下）

４．センサ検定

鳥センターでの実測前に、温湿度センサ AM2320 の検定を行った。地デジ放送波による水蒸気量観測実験の検証センサとして、研究所共同館 I 屋上で運用中の気象観測機器（VAISALA WXT520）[2]との比較検定を行った。比較は乾燥大気・晴天時、10:00~16:00 の間、WXT520 から水平距離で 2 m 離れた場所にセンサユニットを並べて配置、データを取得した。AM2320　は黒色筐体に温湿度センサ部が格納されており、明らかに日射の影響を受けるセンサであり、日射評価も考慮した比較実験を実施した。比較実験の様子を図 11 に示す。太陽が昇るにつれ、日射があたるセンサ数が増えるセンサ配置である。

図 11　比較計測の様子
太陽が昇るにつれ、図中センサの上から下に順に日射があたるように日陰に配置

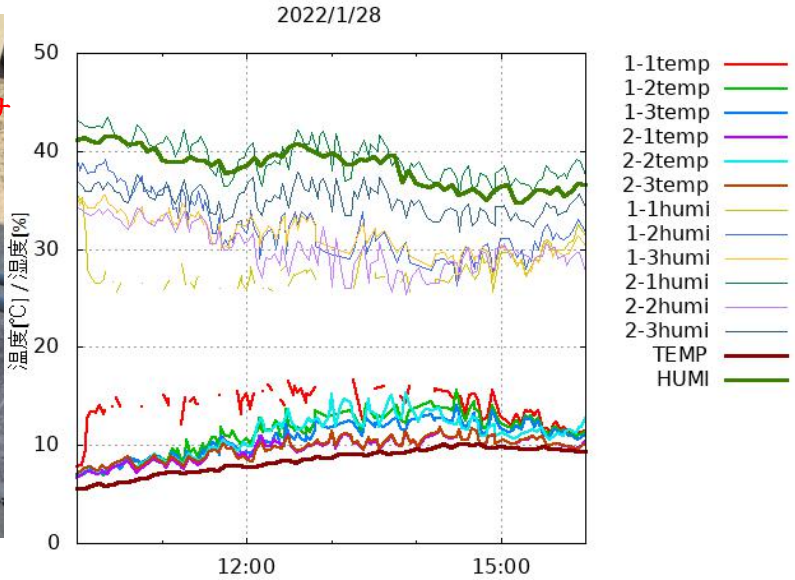


図 12　センサユニットと WXT520 の温湿度の時系列
1-*：ユニット１，2-*: ユニット２の気温(temp)、湿度(humi)
TEMP/HUMI は WXT520 の気温/湿度

４．１　比較結果

AM2320と WXT520 で取得した温湿度の時系列を図 12 に示す。図中の太実線が WXT520 の観測値（真値）である。基本、WXT520 と似た変動を示すが、AM2320に太陽光が当たる時間帯の違いによる差が確認できる。黒色筐体による日射熱吸収が要因であり、日射の影響を織り込んだセンサ性能評価として、次項に水蒸気量（絶対湿度）での比較を紹介する。

４．２　水蒸気量比較

AM2320 と WXT520 から算出した水蒸気量の時系列を図 13 に示す。AM2320 センサ毎に過大と過小オフセットはあるものの、WXT520（黒の実線）とトレンドはほぼ一致している。気象条件の絶対計測により高度な校正が必要であるが、AM2320は屋内の温湿度モニタ用途では十分な性能と考え、センサユニットの校正係数設定では気温、湿度のオフセット値のみを与えることにした（非線形性補正無し）。

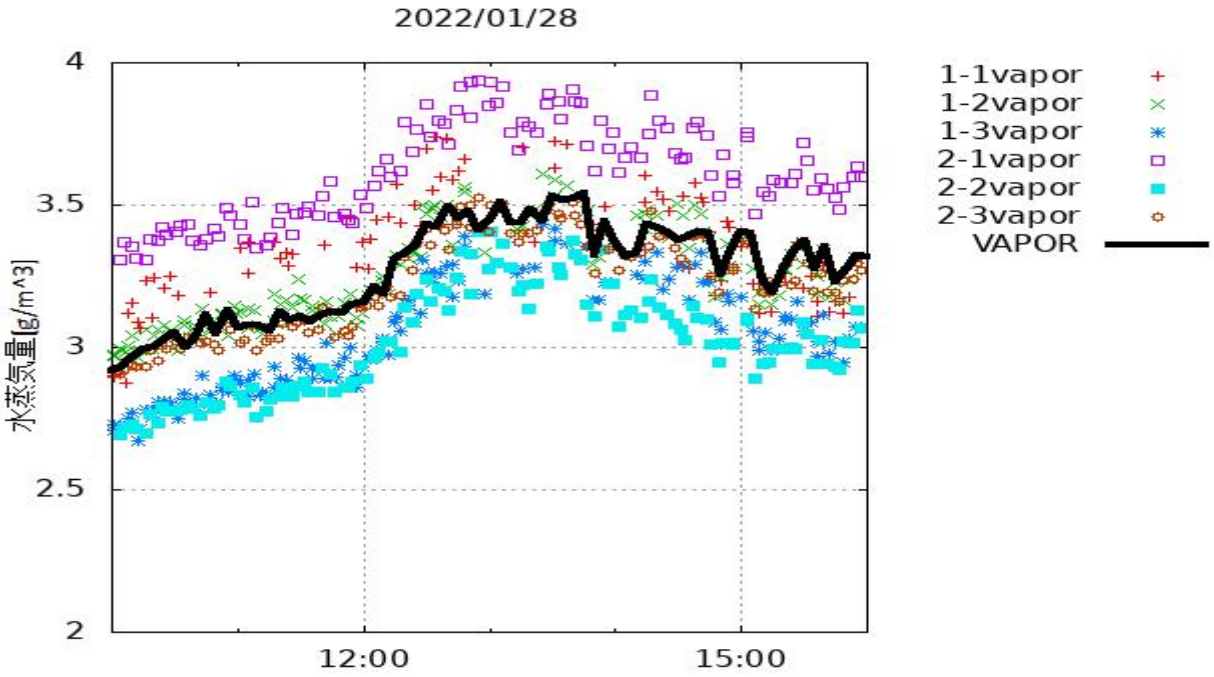


図 13　センサユニットと WXT520 の水蒸気量時系列

５．まとめ

気温・湿度の遠隔監視システムの試作機を開発、鳥センター鶏舎内で試験観測を行い、現在も継続中である。2 月はバッテリーが切れるまでの 3 週間、気温が高い 3 月は 1 カ月稼働している。期間中、ほぼ欠測なく、データ取得できている。鳥センターは通信ネットワーク的に孤島であり、監視システムに外部から接続できず、鶏舎近傍でしかデータ確認できないことや、バッテリー容量から長期間計測ができないといった課題も残る。今後も利用者の意見も取り入れ、ハード・ソフトウェア改修と増設、データ解析での意見交換を行い、技術交流が発展できれば幸いである。

短期間ではあるが、鶏舎内の気温・湿度分布変動の特徴を調べる初期目標は達成できた。気温が低く大気に取り込める水蒸気量が少ない時期に、水蒸気飽和環境での試験観測ができたことは興味深い。システム評価では気温・湿度変化が顕著な環境が最適であるが、特徴的な時期に鶏舎の環境計測ができたことは有意義と考える。今後、過ごしやすい春、梅雨、夏へと移り変わっていきます。鶏にとっての不快指数評価など、試作システムがサイエンスへとつながれば幸いである。また、センサハードウェア提供のみならず、気象観測ノウハウの提供につながるとより有意義な研鑽課題になり得る。

参考文献

[1]　2020 年度宇宙地球環境研究所技術部報告 p9-12
https://tech.isee.nagoya-u.ac.jp/TechReport/TechReport2020.pdf

[2]　VAISALA WXT520　ユーザマニュアル
https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/M210906JA-C.pdf

[3]　Espressif Systems(ESP32-DevKitC-32D データシート)
https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf

[4]　共立プロダクツ(AM2320 センサデータシート)
https://www.kyohritsu.jp/eclib/OTHER/DATASHEET/SENSOR/am2320.pdf

令和 3 年度　東海北陸地区国立大学法人等技術職員合同研修

「電気・電子コース」実施報告

○久島萌人　藤森隆彰　足立匠　児島康介
ISEE 技術部（全学技術センター 計測制御技術支援室）

概要

2021 年 11 月 15 日～17 日にかけて、令和 3 年度東海北陸地区国立大学法人等技術職員合同研修「電気・電子コース」が開催された。今回の電気・電子コースのテーマは、”職場で再現可能な電子技術の習得”である。この研修はマイコン技術の修得を目指したマイコンコースと、電子回路技術の修得を目指したテルミンコースの 2 コースで研修を実施し、マイコンコースの講師を ISEE 技術部の久島、藤森、足立が、テルミンコースのハンダ付け講習を児島が担当したのでその内容を報告する。

1　研修日程

研修は三宅芙沙准教授による特別講義「樹木年輪を用いた過去の太陽活動の研究」から始まり、受講者の職務紹介、専門研修、最後に耐雷試験施設見学を行った。専門研修はマイコンコースとテルミンコースに分かれて講義・実習を行った。研修日程表を図 1 に示す。

時刻 / 月日	13:00	13:20	13:30	13:40	14:40	15:00	16:00	16:15	17:15
11月15日（月）		受付	オリエンテーション	開講式	特別講義 「樹木年輪を用いた過去の太陽活動の研究」 講師 ： 三宅芙沙 准教授 【 オークマ館 オークマホール 】	休憩	研修受講者による職務紹介 【 オークマ館 オークマホール 】	休憩・移動	専門研修 マイコン ： M5Stack の概要 テルミン ： ハンダ付けの理論 【 オークマ館 オークマホール / 201 講義室 】 ※　各コースに分かれて実施

時刻 / 月日	8:30	9:00	12:00	13:00	17:15
11月16日（火）		受付	実習 1 マイコン ： M5Stack による Arduino プログラム実習【 研究所共同館Ⅱ 】 テルミン ： 手ハンダによるテルミン製作【 理学部 E 館 】	休憩・移動	実習 2 マイコン ： M5Stack による Arduino プログラム実習【 研究所共同館Ⅱ 】 テルミン ： 電子回路製作の要点【 理学部 E 館 】

時刻 / 月日	8:30	9:00	13:45	14:00	15:45	16:00	
11月17日（水）		受付	実習 3 および纏め マイコン ： M5Stack による Arduino プログラム実習【 研究所共同館Ⅱ 】 テルミン ： 回路シミュレーションの基礎【 理学部 E 館 】 ※　1時間の昼食休憩を含む	移動	施設見学 耐雷試験施設 外部講師 ： 曽根原健夫さま 【 ナショナルコンポジットセンター 】	休憩・移動	閉講式 【 オークマ館 202 講義室 】

図 1.　研修日程表

2　専門研修内容

＜マイコンコース＞（受講者：6 名）

マイコンコースでは無線通信が可能な ESP32 チップを搭載し、カラー液晶ディスプレイ、プッシュボタン、スピーカ、microSD カードスロット、バッテリーなどの周辺部品が一つにまとまっている M5Stack Gray マイコンモジュール（図 2）を題材に、Arduino IDE（統合開発環境）を用いたプログラミング演習

を行い、マイコンプログラミングに関する基礎知識及び技術習得を目指した。

実習内容としては、まず開発環境の設定から、M5Stack マイコンおよび Arduino IDE の概要の講義を行った。次に M5Stack を用いて以下の機器開発実習を行い、マイコン技術の修得を図った。

・キッチンタイマーの製作

M5Stack の基本機能を中心に制御文や変数などのプログラム（C 言語）の基礎的な部分を解説し、カウント制御やスピーカー制御、M5Stack の画面表示について学んだ。

・非接触温度測定器の製作

LED や距離センサ、温度センサを用いて DIO 制御やアナログ入力制御について実習を行った。

・温湿度リモートモニタリングシステムの構築

M5Stack の無線通信機能を利用して Wi-Fi 接続による温湿度リモートモニタリングシステムの構築を行い、M5Stack の WiFi 接続方法、環境センサからのデータ取得方法、UDP によるデータ送信方法等の技術を習得した。

当初は受講者のレベルに合わせて実習内容を分ける予定であったが、受講者の習熟度が高かったため全員がすべての実習を行った。図 3 に研修の様子を示す。

図 2.M5stack Gray による非接触温度測定器

図 3.　研修の様子

＜テルミンコース＞（受講者：6 名）

電子楽器テルミンを製作する事で、電子回路の設計・製作に関する基礎技術の習得を目指した。

研修内容は主に回路シミュレーションとハンダ付け作業の 2 つで、回路シミュレーションではオームの法則や LED 点灯回路などの初歩的なものから、オペアンプを使った増幅回路やロジック回路などを学び、最終的には発振回路を組み合わせたテルミンの要となる回路のシミュレーションを行った。

ハンダ付け作業では、一般的なリード部品だけでなく、チップ部品や SOIC パッケージといった表面実装部品のハンダ付けに取り組んだ。

尚、ハンダ付けに関する基礎知識は、㈳日本溶接協会が監修した教育用 DVD を利用した。

3　おわりに

今回研修の講師を務めるにあたり、使用する機材の選定や講義内容など研修係で議論を重ね準備を進めた。その中では自分が新たに触れる機器や技術も多くあり、また講義のためには使用機材だけでなくその周囲も含めた知識が必要であり見識も広がった。

受講者アンケートの結果から、受講者は総じて職場の業務に活用できる何らかの知見を得る事ができたと思われるため、研修開催の目的は達成できたと考えられる。

最後になりますが講師を引き受けていただいた先生方や、研修開催にご尽力いただいた研修係の皆様にこの場を借りて感謝の意を表します。

「令和３年度 放射線安全管理講習会」受講報告

全学技術センター 分析・物質技術支援室
（宇宙地球環境研究所 年代測定研究部・放射線安全管理室）
池田　晃子

昨年度に引き続き、新型コロナウイルス感染症拡大防止のため、オンライン開催されることとなった「令和３年度 放射線安全管理講習会」（公益財団法人原子力安全技術センター主催ならびに放射線障害防止中央協議会共催）を、技術部経費にて受講させていただいたので報告する。

【「令和３年度 放射線安全管理講習会」の概要】

講演	講師（敬称略）
Ⅰ 最近の放射線安全規制の動向	深野 重男（原子力規制庁 長官官房放射線防護グループ 放射線規制部門 技術参与）
Ⅱ 電離放射線障害防止規則に基づく放射線管理 -5 月に発生した被ばく事故を受けて-	夏井 智毅（厚生労働省 労働基準局安全衛生部労働衛生課 電離放射線労働者健康対策室 室長補佐）
Ⅲ α 線等放射性医薬品の最近の状況 -線量評価の視点から-	坂下 哲哉（国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 高崎量子応用研究所 上席研究員）
Ⅳ 組織的な事故予防 -安全文化に支えられた安全管理について-	東瀬 朗（新潟大学 工学部 協創経営プログラム 准教授）
Ⅴ NORM に関する最近の話題 -NORM 被ばくに関するデータの調査状況-	岩岡 和輝（国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門 主幹研究員）

昨年度は、会場参加とネット配信のハイブリッド方式であったのが、今年度は配信のみとなり、令和 3 年 11 月 18 日と 25 日の２回配信（内容は同じ）のうち、25 日の配信分を視聴した。ネット配信は、遠隔地からも受講可能であることが最大のメリットであり、非常に有意義な開催手段であると考える。

この講習会は、放射線安全管理における国内外の動向や、関連法令の改正等に関する最新情報を提供しているが、今回は NORM（自然起源放射性物質）による被ばくに関する話題が特に興味深かった。放射線安全管理に必要な最新の知見を得るためにも、今後も毎年受講を希望するものである。

令和３年度　技術部活動報告

技術部では、学内外の技術講習・研修に参加して技術力向上に努め、実習や講習会の講師を担当しています。また、学会や研究会に参加、技術報告や知識向上に努めています。今年度は以下のとおり、法定講習を受講、講演会および安全講習で講師を担当しました。

技術講習・研修（受講）

名称	開催場所	期間	氏名
放射線安全管理講習会	オンライン	R3.11.25	池田 晃子

講演・講習（講師）

名称	開催場所	期間	氏名
宇宙地球環境研究所 放射線業務従事者(継続)のための年次教育	オンライン	R3.5.14 受講者 21 名	池田 晃子
宇宙地球環境研究所 放射線障害予防規程講習会	オンライン	R3.10.19 受講者 1名	池田 晃子
東海・北陸地区国立大学法人等 技術職員合同研修(電気・電子コース) ”M5STACK による Arduino プログラム実習”	オークマ工作機械工学館 （オークマホール） 宇宙地球環境研究所	R3.11.15～17 受講者 6 名	足立 匠 久島 萌人 藤森 隆彰
東海・北陸地区国立大学法人等 技術職員合同研修(電気・電子コース) ”手ハンダによるテルミン制作”	オークマ工作機械工学館 （201講義室） 理学部 E 館	R3.11.15～17 受講者 6 名	児島 康介
旧軍港四市 鎮守府日本遺産シンポジウム “黒崎砲台地下施設跡のドローン飛行探査実験　－観光資源化に向けて－”	ビューポートくれ （大ホール）	R4.3.20	岡本 渉
宇宙地球環境研究所 工作室 安全教育講習会	宇宙地球環境研究所 工作室（101 号室）	随時 受講者 計 2 名	川端 哲也
宇宙地球環境研究所 放射線発生装置安全取扱講習会	古川記念館	随時 受講者 計1名	池田 晃子

技術研鑽・研究課題

課題名	代表(PI)/分担者(CI 技術部のみ)
JAXA 第2回地球観測研究公募 ”衛星降水アルゴリズム改良に資する全球降水データセットの相互比較研究”(FY2019-2021)	PI: 増永 浩彦 (ISEE) CI: 民田 晴也
科研費 挑戦的研究(萌芽) ”産業用ミリ波レーダーと光学式粒径別計数装置を用いた海面砕波観測システムの開発”(FY2021-2023)	PI: 相木 秀則 (ISEE) CI: 民田 晴也

社会貢献

名称	期間	氏名
(公社)日本気象学会 中部支部 幹事	2017.4 - 2022.3	民田 晴也

論文（Article, Letter, Technical report など）

1. 小元久仁夫，藁谷哲也，塩見昌司，大八木英夫，横尾頼子，**池田晃子**，ビーチロック試料の正確な膠結年代の決定方法（2）．名古屋大学 年代測定研究，**4**，9-15，2020.§
2. 小元久仁夫，藁谷哲也，北川浩之，加藤丈典，大八木英夫，小田寛貴，横尾頼子，**池田晃子**，礫岩質ビーチロックの正確な形成年代の決定法(3),名古屋大学 年代測定研究，**5**，6-11，2021.
3. 小元久仁夫，藁谷哲也，**池田晃子**，横尾頼子，塩見昌司，宮崎県北部、島浦島南部の日井の浜に発達する礫岩質ビーチロックの ^{14}C 年代．季刊地理学，**73**，1-10，2021.（査読有）
4. 中村俊夫，南雅代，小田寛貴，**池田晃子**，山根雅子，西田真砂美，若杉勇輝，佐藤里名，澤田陸，酢屋徳啓，北川浩之，名古屋大学タンデトロン AMS ^{14}C システムの現状と利用(2019)．名古屋大学 年代測定研究，**4**，63-71，2020.§
5. 中村俊夫，南雅代，山根雅子，小田寛貴，**池田晃子**，小坂由紀子，西田真砂美,若杉勇輝，佐藤里名，澤田陸，酢屋徳啓，北川浩之，名古屋大学タンデトロン AMS ^{14}C システムの現状と利用(2020)，名古屋大学 年代測定研究，**5**，65-74，2021.
6. R.Garcia，M.Anzorena，J.F.Valdes-Galicia，Y.Matsubara，T.Sako，E.Ortiz，A.Hurtado，R.Taylor，O.Musalem，L.X.Gonzalez，Y.Itow，**T. Kawabata**，K.Munakata，C.Kato，W.Kihara，Y.Ko，S.Shibata，H.Takamaru，A.Oshima，T.Koi，H.Kojima，H.Tsuchiya，K.Watanabe，M.Kozai，Y.Nakamura，Particle identification and analysis in the SciCRT using machine learning tools，*Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A*，doi:10.1016/j.nima.2021.165326，2021.（査読有）
7. T.Ohigashi，K.Tsuboki，T.Shinoda，**H. Minda**，**M. Kyushima**，H.Yamada，and H.Iwai，Mammatus-Like Echo Structures along the Base of Upper-Tropospheric Outflow-Layer Clouds of Typhoons Observed by Cloud Radar，*GRL*，doi:10.1029/2021GL094973.，2021.（査読有）
8. M.Hirose，S.Shige，T.Kubota，F.A.Furuzawa，**H. Minda**，and H.Masunaga，Refinement of surface precipitation estimates for the Dual-frequency Precipitation Radar on the GPM Core Observatory using near-nadir measurements，*J. Meteor. Soc. Japan*，**99(5)**，1231-1252，doi:10.2151/jmsj.2021-060.，2021.（査読有）
9. 堀江潔，**岡本渉**，竹田浩章，大浦龍二，眞部広紀，北海道根室市根室半島チャシ跡群のドローン写真測量と３次元モデル作成の予備実験－歴史文化観光資源の価値高度化を目指して－，佐世保工業高等専門学校研究報告 ,**58**，58-70，2022.
10. 堀江潔，**岡本渉**，大浦龍二，眞部広紀，長崎県壱岐市黒崎砲台跡のドローン写真測量と地下施設跡飛行探査の予備実験－歴史文化観光資源としての活用法検討－，佐世保工業高等専門学校研究報告 ,**58**，78-85，2022.

11. 眞部広紀，久間英樹，**岡本渉**，稲川直裕，阿依ダニシ，堀井樹，堀江潔，大浦龍二，台地カルストの予備測量と縦穴を含むドリーネへの UAV 自律接近実験の検討，佐世保工業高等専門学校研究報告 ,58，94-97，2022.
12. 眞部広紀，前田貴信，**岡本渉**，大規模横穴における UGV と UAV の探査実験サイトの検討，佐世保工業高等専門学校研究報告 ,58，98-104，2022.
13. 眞部広紀，**岡本渉**，堀井樹，堀江潔，大浦龍二，溶岩流の予備測量と縦穴溶岩洞窟洞口への UAV 自律接近実験サイトの検討，佐世保工業高等専門学校研究報告 ,58，108-111，2022.

§：昨年度報告集に未掲載文献

学会・研究集会・国際会議(proceedings)

1. 相木秀則, 近藤文義, **民田晴也**, 産業用ミリ波レーダと光学式粒径別計測装置を用いた海面砕波観測システムの開発, JpGU2021(online), May.30-Jun.6, 2021.
2. S.Nozawa, S.Maeda, T.D.Kawahara, N.Saito, S.Wada, T.T.Tsuda, T.Takahashi, **T.Kawabata**, and C.M.Hall, Atmospheric instabilities in the polar upper mesosphere, JpGU2021(online), May.30-Jun.6, 2021.
3. T.T. Tsuda, K.Hosokawa, S.Nozawa, **T. Kawabata**, A.Mizuno, S.-i.Oyama, J.Kurihara, and K.Nielsen, Aurora and airglow observations by an optical spectrograph at Tromsø, Norway, JpGU2021, online, May.30-Jun.6, 2021.
4. H.Hyodo, T.T.Tsuda, S.Nozawa, T.D.Kawahara, N.Saito, and **T.Kawabata**, Statistical investigation on thermospheric Na based on Na lidar observations at Tromsø, JpGU2021(online), May.30-Jun.6, 2021.
5. 兵藤初美, 津田卓雄, 渡部蓮, 胡錦怡, 野澤悟徳, **川端哲也**, 斎藤徳人, 川原琢也, Na 飽和分光実験におけるスペクトル構造の理論的研究, MTI 研究集会(オンライン), Sept., 2021.
6. 森川千秋, 野澤悟徳, 津田卓雄, 川原琢也, 斎藤徳人, 和田智之, 髙橋透, **川端哲也**, トロムソナトリウムライダーを用いた北極域上部中間圏および下部熱圏における周期 8 時間および 6 時間大気波動に関する研究, MTI 研究集会(オンライン), Sept., 2021.
7. 津田卓雄, 兵藤初美, 渡部蓮, 野澤悟徳, **川端哲也**, 斎藤徳人, 川原琢也, Na 飽和分光実験の理論計算に関する再考, 第 39 回レーザセンシングシンポジウム(オンライン), Sept., 2021.
8. 松原豊, 伊藤好孝, **川端哲也**, 垰隆志, 宗像一起, 加藤千尋, 浅野駿太, 高丸尚教, 大嶋晃敏, 小井辰巳, 柴田祥一, 小島浩司, 土屋晴文, 渡邉恭子, 小財正義, 中村佳昭, SciCRT による太陽中性子観測-観測報告, 日本物理学会 2021 年秋季大会(オンライン), Sept., 2021.
9. 松見豊, 中山智喜, 林田佐智子, 上田佳代, 安富奈津子, 荒木晶, **山崎高幸**, **岡本渉**, 高見昭憲, 藤谷雄二, 入江仁士, 遠隔地で多点展開が可能な PM2.5、Ox、CO、NOx などの大気汚染物質の超小型でローコストな計測装置の開発, 第 62 回大気環境学会年会（オンライン）, Sept. 15-17, 2021.
10. S.Nozawa, T.D.Kawahara, N.Saito, S.Wada, T.T.Tsuda, **T. Kawabata**, and C.M.Hall, Atmospheric instabilities in the polar upper mesosphere (2), 地球電磁気・地球惑星圏学会 第 150 回講演会（オンライン）, Nov., 2021.
11. 中島拓, 後藤宏文, 長濱智生, 野澤悟徳, 大山伸一郎, 三好由純, **川端哲也**, 鈴木和司, **児島康介**, **藤森隆彰**, 水野亮, ノルウェー・トロムソにおけるミリ波分光観測装置を用いた中層大気微量分子観測, 地球電磁気・地球惑星圏学会 第 150 回講演会（オンライン）, Nov., 2021.

12. 南條壮汰，野澤悟徳，細川敬祐，山本雅毅，**川端哲也**，津田卓雄，Tromsø AI：ノルウェー・トロムソにおけるオーロラのリアルタイム検出システム，地球電磁気・地球惑星圏学会 第150回講演会（オンライン），Nov.，2021.
13. 遠山航平，栗田怜，三好由純，細川敬祐，小川泰信，大山伸一郎，齊藤慎司，野澤悟徳，**川端哲也**，浅村和史，多波長から推定する脈動オーロラの降下電子エネルギー，地球電磁気・地球惑星圏学会 第150回講演会（オンライン），Nov.，2021.
14. S.Nozawa，T.D.Kawahara，N.Saito，S.Wada，T.T.Tsuda，and **T. Kawabata**，Study of atmospheric instabilities in the polar upper mesosphere between 80 and 105 km above Tromsoe，The 12th Symposium on Polar Science，online，Nov.，2021.
15. K.Toyama，S.Kurita，Y,Miyoshi，K.Hosokawa，S.Saito，Y.Ogawa，S.Oyama，S.Nozawa，**T. Kawabata** and K.Asamura，Precipitating electron energy of pulsating aurora estimated from all-sky multi-wavelength observation，The 12th Symposium on Polar Science (online)，Nov.，2021.
16. **岡本渉**，眞部広紀，久間英樹，堀江潔，大浦龍二，堀井樹，阿依ダニシ，UAVを組み込んだ火星の縦孔-地下空洞探査構想と穴ノ原溶岩洞穴における進入離脱飛行実験の解析，第65回宇宙科学技術連講演会（オンライン），Nov. 11，2021.
17. 松見豊，中山智喜，林田佐智子，上田佳代，安富奈津子，荒木晶，**山崎高幸**，**岡本渉**，北インドにおける低コストで自動データ転送する小型大気観測装置の30個の展開：Aakashプロジェクト，第26回大気化学討論会（オンライン），Nov. 9-11，2021.
18. K.Toyama，S.Kurita，Y.Miyoshi，K.Hosokawa，Y.Ogawa，S.Oyama，S.Saito，S.Nozawa，**T. Kawabata** and K.Asamura，Precipitating electron energy of pulsating aurora estimated from multi-wavelength optical observations，AGU Fall Meeting 2021 (online)，Dec.，2021.
19. S.Nanjo，S.Nozawa，K.Hosokawa，M.Yamamoto，**T.Kawabata,** M.G.Johnsen，and T.T.Tsuda，Tromsø AI：real-time notification service of auroral appearance in Tromsø，AGU Fall Meeting 2021 (online)，Dec.，2021.
20. **民田晴也**，降雪粒子のミリ波レーダ後方散乱断面積の屈折率特性，日本気象学会2021年秋季大会，三重大学，Dec. 2-8，2021.
21. 南條壮汰，野澤悟徳，山本雅毅，**川端哲也**，Magnar G. Johnsen，津田卓雄，細川敬祐，深層学習を用いたオーロラの出現を通知するウェブアプリケーション，名古屋大学ISEE 研究集会「宇宙地球環境の理解に向けての統計数理的アプローチ」(オンライン)，Dec. 21，2021.
22. 後藤悠介，篠田太郎，**民田晴也**，**久島萌人**，馬場賢治，高橋暢宏，坪木和久，地上設置型 Ka バンドレーダーと GPM/KaPR 及び KuPR の比較検証，名古屋大学ISEE研究集会「GPMおよび衛星シミュレータ合同研究集会」（オンライン），Mar. 4-5，2022.

23. **岡本渉**，**山崎高幸**，**藤森隆彰**，中西幸弘，ドローンなどUAS搭載機器による大気・植生・地形の計測技術，第1回 東海国立大学機構 技術発表会（オンライン），Mar. 7, 2022.
24. **山崎高幸**，**岡本渉**，揺れる船上での高精度太陽追尾システムの開発 ―性能評価のための波揺れシミュレータ台の製作―，第1回 東海国立大学機構 技術発表会（オンライン），Mar. 7, 2022.
25. 松原豊，伊藤好孝，**川端哲也**，垰隆志，宗像一起，加藤千尋，浅野駿太，高丸尚教，大嶋晃敏，小井辰巳，柴田祥一，小島浩司，土屋晴文，渡邉恭子，小財正義，中村佳昭，SciCRT による太陽中性子観測 XXI－観測報告，日本物理学会 2022 年春季大会（オンライン），Mar.，2022.

発行日: 2022 年 3 月 31 日
編集者: 久島 萌人、 民田 晴也

宇宙地球環境研究所
Institute for Space-Earth Environmental Research

名古屋大学 宇宙地球環境研究所 技術部

〒464-8601　名古屋市千種区不老町

https://tech.isee.nagoya-u.ac.jp/