

名古屋大学
宇宙地球環境研究所
技術部報告



令和2年度
(2020年度)

表紙写真

大気温度・風速ナトリウムライダー

オーロラを背景に（ノルウェー トロムソ）

撮影：川端 哲也（技術部）

令和2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。今年度はコロナウィルス感染症(COVID-19)蔓延防止のための名古屋大学活動指針を考慮して、技術部報告会は開催せず、報告集発行のみで技術部の活動を報告します。コロナ禍で見送った技術研修もあり、内容の薄い報告集となりますが、技術部の日頃の活動や技術力を知って頂く資料として少しでもお役に立てば幸いです。

本報告集では、技術紹介に加え、技術力向上のための交流や設備増強などの取り組みを紹介します。近年、技術職員が所属する全学技術センターを取り巻く環境も大きく変わっています。全学技術センターでの人事評価、全学業務エフォート管理が始まり、これまで以上に ISEE 技術部の情報発信（見える化）の重要性が高まっています。技術部に独立して活動する術もなく、部局のご支援を賜りながら研鑽を重ね、迅速・適確な技術支援として還元できるよう、技術報告集を自己評価につなげ、説明責任を果たし、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

CNC フライス盤の導入

川端哲也

(宇宙地球環境研究所 技術部)

1. はじめに

宇宙地球環境研究所（研究所共同館 I）の 1 階には工作室があり、フライス盤や旋盤などの工作機械が設置されている。これらの機械は、研究所で運用している観測装置の保守や開発、実験室で使用される実験装置の製作に利用される。装置を作るには、3 次元 CAD で設計し、2 次元図面を描いてから加工部品を外注することも多いが、組み立て調整の際には、工作機械で追加工することも少なくない。また、簡単な部品や急ぎの時は、外注せず部材から部品を削り出すことも多く、「ものづくり」をする上で工作機械は必要不可欠な道具である。ここでは、2021 年 3 月に新規に CNC ヒザ形フライス盤を導入したので、導入の経緯や機械の特徴を紹介する。

2. 導入の経緯

フライス盤は、工作機械の中でも部品製作や外注部品の追加工に頻繁に使用される加工機である。技術部では豊川キャンパスで使用されていたフライス盤（日立精工，2MW-V，1978 年式）を 2013 年に移設して主に使用してきた。また、2014 年に万能フライス盤（理研製鋼，RTM-1，1966 年式）を宇宙線グループから譲り受け 2 台体制とした。しかしながら、どちらの機械も使用年数が 40 年を越えており、いずれ更新が必要なことから、継続的な観測装置の運用や開発力の維持を考えて、フライス盤の新規購入を提案したところ認められた。

機種を選定する際に、現在、使用しているフライス盤では対応できない加工ができる機械を導入した方が、業務への対応力や将来的な技術力の向上につながると考えて、コンピューター数値制御（Computerized Numerical Control : CNC）が可能な CNC フライス盤を選定した。

3. CNC ヒザ形フライス盤 静岡鐵工所 AN-SRN

CNC フライス盤の中でも、工作室に設置可能なサイズで、クラス最大級の加工エリア（X750×Y450×Z400）を持つ、静岡鐵工所の AN-SRN を選定した。このフライス盤の主軸テーブルは NT40 で、回転数を 6000rpm まで上げられるので、これまで使用してきたフライス盤 2MW-V（NT50,最大回転数 1800 rpm）では、難しかった微細な加工にも対応できる。他にも、AN-SRN にはクイルがついており、板材への穴あけやモミつけ作業がしやすい。また、CNC フライス盤であることから XY 軸を同時に制御することが可能であり、円弧加工や斜

めの直線加工、繰り返しが必要なポケット加工などが対話操作で容易におこなえる。これまでボーリングヘッドに取り替えて加工していた作業や、手動操作を繰り返していた加工が、段取りなしでとりかかれるので、導入したメリットは大きい。

CNC フライス盤の導入に際して、工作室のスペースの関係で、万能フライス盤（理研製鋼, RTM-1, 1966 年式）と 4 尺旋盤（ワシノ, LR-50A, 1964 年式）を搬出した。このうち、4 尺旋盤は工学部で再利用されている。最後に AN-SRN の諸元を以下に示す。

(CNC フライス盤の主な諸元)

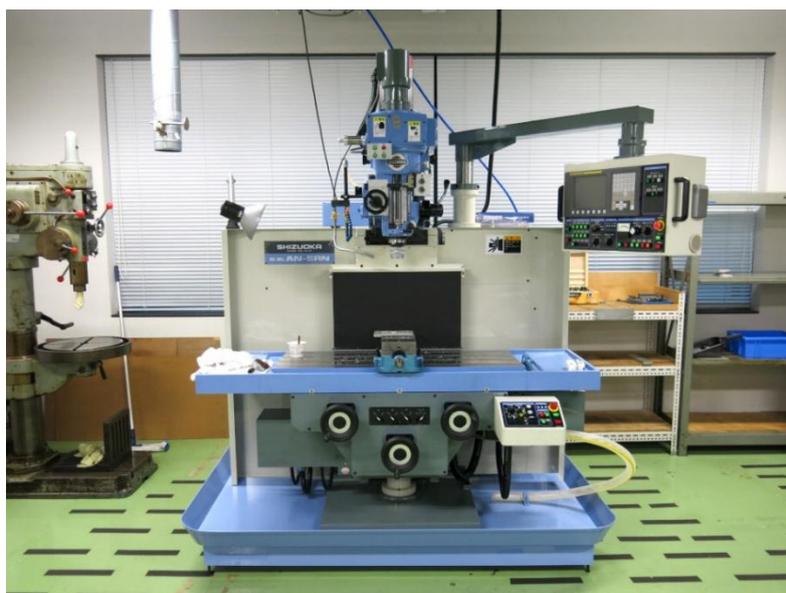
メーカー：株式会社 静岡鐵工所
機 種：CNC ヒザ形フライス盤
型 番：AN-SRN
導入年月：2021 年 3 月

テーブル作業面：1100×400mm
軸移動量：X750×Y450×Z400mm
主軸回転：20～6000rpm
主軸モーター：AC2.2kw

電源容量：AC200V 7KVA
空気圧（ブレーキ用）：0.5Mpa, 100L/min

機械重量：3,000kg
(制御装置)
FANUC OiMF 標準仕様
(加工ガイダンス機能付き)

(オプション)
・リジッドタップ
・切り粉エアブロー
・ヘッドスイッチ box 仕様



研究所共同館 I の工作室に設置された CNC ヒザ形フライス盤 (2021.3.18)

X線望遠鏡用プロテクタの製作

I S E E 基盤研究部門気象大気研究部
研究技術推進員 鈴木和司

1. はじめに

X線天文学において地球では大気に邪魔され観測できず、気球・人工衛星およびロケットを用いて望遠鏡と検出器を載せて大気に影響されない観測をする^[1]。

今回製作のプロテクタは気球を用いた観測に使用する。図1は気球実験用ゴンドラの概要図である。X線望遠鏡の反射ミラー部は多層膜のアルミフォイル200枚を同心円のバームクーヘン状に並べられている。反射ミラー部を覆うプロテクタはX線望遠鏡を設置するベースプレートの外側および内側に配置する。プロテクタは観測装置の組み立て時および観測時に反射ミラー部の損傷を防ぐために用いられる。

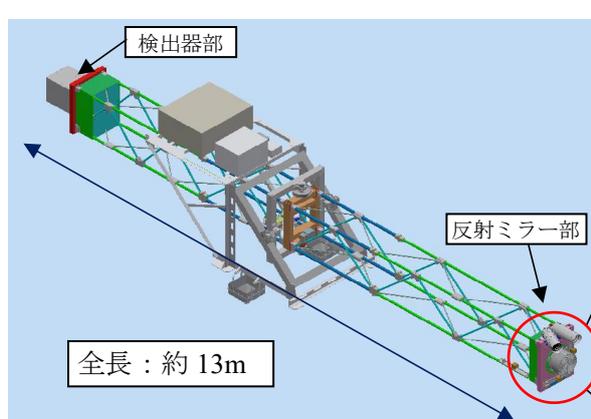


図1 気球実験用ゴンドラ概要図^[1]

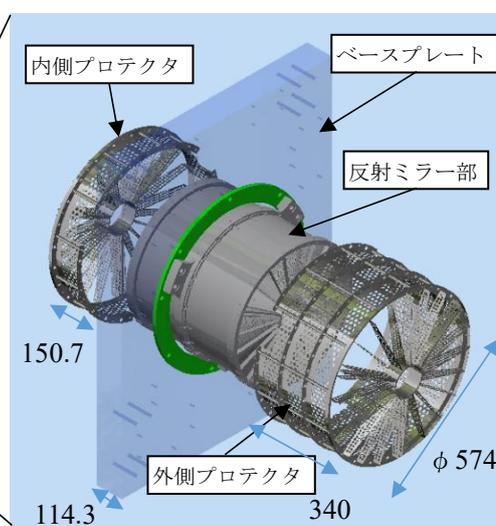


図2 X線望遠鏡プロテクタ概要図

2. 構造設計

プロテクタの構造の必要条件是高度の必要な気球観測においては軽量であり、組立時および地上帰還時におけるミラーの破損を防止することである。

図2はプロテクタの外寸法入りの概略図である。

基本的な構造はパンチングメタルおよびL型フランジをTIG溶接および点溶接で組み立てる形状とした。

材質はステンレス鋼 (SUS304) を使用した。組立後の全体の重量は約 11 kg である。

組立はミラーの保持用くし歯の位置内に補強ステーがはみ出さないことが重要である。また強度の面では外力が加わった場合に 30 mm 以上変形しないことである。パンチングメタルの円筒の座屈補強のため 12 本のパイプ (直径 10mm) を配置した。

図3は外側プロテクタの構造解析結果である。底面を固定し、図上部の45度方向から28kNの力を加えた時の変形を示している。解析の結果、変位は最大2mm程度であった。

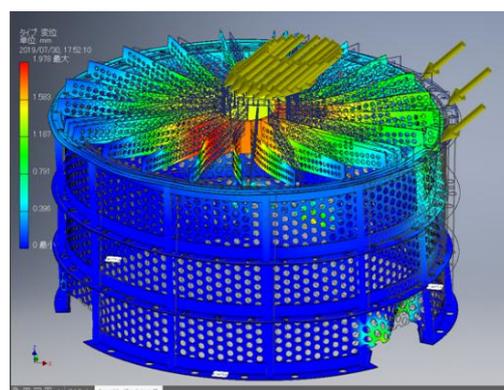


図3 外側プロテクタ構造解析結果
(45度方向から28kNの力を加えた場合の変位)

L型アングルは当初L字材を曲げての作製を目指したところ、変形加工の難しさと平行度出しが困難なため、薄板のリングを溶接しL型アングル形状を製作することとした。

プロテクタ製作は外注とし、不明点を洗い出し製作のための技術的な議論を行い完成した。

3. おわりに

X線望遠鏡の反射ミラー部を保護する構造設計の経験は無かったが、実際に自ら製作可能な設計とした。今現在、薄板材料の切断には、切削（ジグソー・帯鋸盤など）、剪断（プレス・パンチなど）、溶断（ガス・アーク・プラズマ・レーザーなど）、ウォータージェットがある。レーザー切断、ウォータージェット加工は、NC化されており非常に精度良く切断加工が行える。材料を切断後、TIG溶接および点溶接により組立ができる構造をめざした。溶接には必ず歪みを伴うが、点付けを多くすることで、かなりの変形は抑えられると考えられる。

図4は完成品を一時ISEEの工作室で検査しているところである。実際の溶接は点溶接よりも少し長めになっていた。溶接による変色（焼け）は表面処理により除去されている。

図5はISAS/JAXAの実験室内でのX線望遠鏡用ミラーとの仮組立中である。内側に見えるものは薄板がバームクーヘン状に並んだX線望遠鏡用ミラーである。

本装置は、今後アメリカへ移送され気球観測用ゴンドラに設置する予定である。また、観測後のプロテクタ変形を修正するための治具も考案設計中である。



図4 完成品一時検査
(左端は筆者)



図5 ISAS/JAXAでの仮組立
(内部はX線望遠鏡用ミラー)

<参考文献>

1. Abarr *et al.*, XL-Calibur - a second-generation balloon-borne hard X-ray polarimetry mission, *Astropart. Phys.*, **126**, 2021, doi:10.1016/j.astropartphys.2020.102529

GPU 計算機の科学計算への利用

民田 晴也 (ISEE 技術部)

1 はじめに

NVIDIA GPU (cuda toolkit) を利用した計算例を紹介します。本稿は業務紹介を目的とした、薄っぺらい科学的キーワードと雑感を散りばめた拙文です。

粒子後方散乱波から降水強度を推定する降水レーダのホットな技術課題として降雪観測実用化がある。雪など、固体降水粒子の形状や屈折率は千差万別でレーダ降雪観測の高精度化には個々の粒子の後方散乱断面積 σ_b の知見深化が必要であり、昨年度の技術報告では、降雪粒子の立体形状観測機器の開発を紹介した^{[1][2]}。今回、GPU を利用した FDTD 電磁解析法による σ_b 算出、及び、GPU 利用例として衛星搭載センサシミュレーションを紹介する。

2 電磁界解析

2.1 粒子散乱

粒子散乱は入射波長 λ と粒子直径 D の変数であるサイズパラメータ ($a = \pi \frac{D}{\lambda}$) により、次のような使い分けが多い。 $a \ll 1$ の場合はレイリー散乱、 $a \sim 1$ の場合はミー散乱、 $a \gg 1$ の場合は幾何光学近似が使われる。ミー散乱は $a \leq 1$ で球形粒子散乱の厳密解を得る手法である。ミー散乱の冪級数展開を最初の項で打ち切ればレイリー散乱となる^[3]。観測対象が雨の降雨レーダ (3-9 GHz) は $a \leq 1$ となり、粒子散乱をレイリー散乱またはミー散乱で定式化することができる。雨滴粒子は一般的に直径 6 mm 以下で、水の屈折率 (誘電率) で一様に満たされ、落下中の空気抵抗による楕円偏平はあるが球形近似でも十分な精度である。対して、降雪粒子は複雑形状、大きな a 、多様な屈折率分布と、変化に富んだ粒子物性で特徴付けられ、厳密解を求めることが困難であり、離散双極子近似 (DDA: Discrete Dipole Approximation)^[4] や時間領域差分法 (FDTD: Finite Difference Time Domain)^[5] など数値解析的な解の導出が試みられている。

2.1.1 レイリー散乱

波長に対し極微小な粒子に適応できる基礎的な散乱理論であるレイリー散乱、その σ_b は次式で表される。

$$\sigma_b = \frac{\pi^5}{\lambda^4} |K|^2 D^6 \quad (1)$$

λ はレーダ波長、 D は粒子直径、 K は複素屈折率 m に依存する定数 $(m^2 - 1)/(m^2 + 2)$ 。

2.1.2 ミー散乱

平面波 $e^{i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}}$ を球ベッセル関数で部分波展開、粒子表面での入射電界、散乱電界、粒子内部電界の境界条件を数学的に解く手法です。平面波の球面波展開は、

$$e^{i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}} = e^{ikr \cos \theta} = \sum_{l=0}^{\infty} (2l+1) i^l J_l(kr) P_l(\cos \theta) \quad (2)$$

\mathbf{k} は波数ベクトル (伝播方向)、 \mathbf{r} は位置ベクトル、 $J_l(kr)$ は球ベッセル関数、 $P_l(\cos \theta)$ はルジャンドル多項式。数式展開は難解であり、散乱解の導出は参考文献^[3] に丁寧な記述があります。

2.1.3 T-matrix^[6]

数学的に任意形状の散乱解を解く Null-field 法であり、形状は限定されるが source code が配布されている。Green 関数で部分波展開、粒子内部の電磁界がゼロとなる表面境界条件を満たす vector potential を配置した連立方程式を解く手法と理解しています。筆者は T-matrix コードを回転楕円体の散乱解を得るために利用しています。

四半世紀前、環境電磁工学で電磁シールド材とその性能評価技術開発で、微小アンテナ近傍の球面電磁界を Green 関数で平面波展開、各平面波成分の伝搬問題を解き、受信部で合成する手法を利用しました。当時、GPU は存在せず、コンピュータ性能も低く苦労しました。やっと浮動小数点数値演算コプロセッサが CPU に内蔵され、複素演算で Fortran が主流であった頃。

2.1.4 DDA

入射波が励起する双極子モーメント \mathbf{P} を粒子形状に沿って求め、 \mathbf{P} が放射する平面波の総和合成で散乱解を表現する手法と理解している。

$$P_i = \alpha_i (E_{inc,i} - \sum_{j \neq i} A_{ij} P_j) \quad (3)$$

i, j は双極子の通し番号、 $E_{inc,i}$ は i 番目双極子の位置の入射電界成分 (ベクトル量 \mathbf{E} , \mathbf{P} は偏波面固定、交差偏波なしのスカラー表記に簡略化)、 α_i は分極率、 $A_{ii} \equiv \alpha_i^{-1}$

と $\sum_j A_{ij} P_j = E_{inc,i}$ から LU 分解法や反復法を用いて連立方程式を解き P_i を得る ($\mathbf{P} = \mathbf{A}^{-1} \mathbf{E}_{inc}$)。DDA ツールとして DDSCAT が有名であり、適応条件 (反復法の収束条件) は $|m| \sim 1$ 、 $a \ll 25$ 。

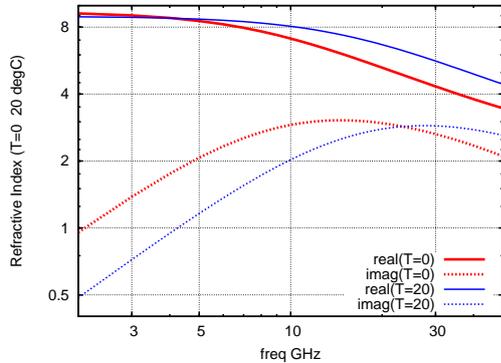


図 1: 水滴 (1 g cm^{-3}) の複素屈折率 (Debye relaxation)。実線が実部、破線が虚部。赤が温度 0、青が 20。

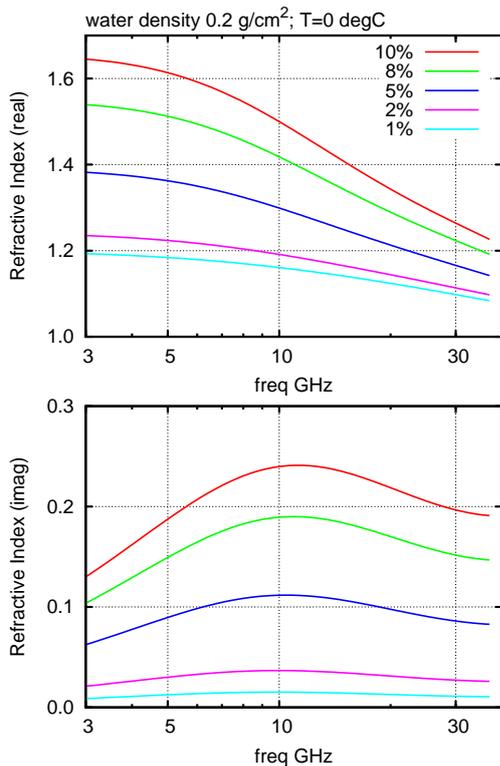


図 2: 雪の複素屈折率の例 (粒子密度: 0.2 g cm^{-3} 、温度: 0、濡れ度: 1, 2, 5, 8, 10%)

今回、適応範囲から外れる大きな m の球形水滴粒子の散乱計算にも DDSCAT を利用してみた。図 1 に Debye 近似 [7] による水滴の屈折率周波数特性を示す。図から水粒子の複素屈折率は 1 よりかなり大きいことが読み取れる。図 2 に密度 0.2 g cm^{-3} の雪の複素屈折率の周波数特性を示し、乾雪の場合、ミリ波、マイクロ波帯では $|m| \sim 1$ となり、DDSCAT の適応範囲にある感触はある。

2.1.5 FDTD

Maxwell 方程式を中心差分で差分化する。電磁界成分は Yee アルゴリズムで格子の線と面上に電磁界を配置 (電界・磁界を空間差分の半値ずらして互い違いに配置)、計算時間ステップを電界と磁界で半分ずらすリープフロッグ方式を用いて電磁界伝播を計算する。微小間隔で差分化することで 1 次差分で打ち切られることが多い、というよりも計算資源を考慮した計算安定条件である。FDTD は気象モデルと同様の計算手法であり、計算空間端からの反射を防ぐ吸収層 (無反射層) を設け、散乱体近傍の電磁界を再現する。平面波の散乱解を得るには近傍電磁界から遠方界への換算が必要である。

FDTD はシンプルで分かりやすいが、3 次元空間での吸収層、近傍界・遠方界変換に幾つかの定式化があり、どの手法が最適かは整理できていない。高次空間差分 FDTD により精度を高めたり、単一周波数に特化することで精度向上できる NonStandard-FDTD も提案されている。NS-FDTD の文献を読むと、空間差分量を波数で最適化することで精度を上げるように感じたが、吸収層の定式化に違いがあり、単純に波長による空間差分量の最適化では無さそうにも読める。今後、NS-FDTD モジュールを作成、違いを学びたいと考えている。

2.2 球形水滴粒子の後方散乱断面積 (FDTD 法の計算評価)

レーダ降雪観測の高精度化・実用化を目標に、波長 30, 12, 8 mm の降水レーダを降雪域で運用、同期地上観測による降雪粒子物性から散乱解を導出、偏波レーダシグナルの再現に取り組んでいる。FDTD 計算評価のため、レイリー散乱、ミー散乱、T-matrix、DDSCAT、FDTD による球形水滴粒子の σ_b の粒径特性を例示する (図 3)。DDSCAT は計算収束した結果のみプロット。DDSCAT の格子サイズはサイズパラメータ a に連動、高い球形近似性を有すが、FDTD は 0.2 mm 格子の一定サイズで球を表現しており小粒子では球とは言えない (正方体近似で体積や σ_b は大きい。高解像度 grid 計算をサボりました)。図 3 は直径 6 mm を超える実在しない水滴粒子の計算比較で、ミー散乱解の確度評価も必要であるが、 σ_b 振動が現れる位置の差、FDTD は振動点で減少幅が大きい傾向は見られるが、概ね一致した特性を示し、FDTD コードは妥当と考える。

降水レーダの波長帯では、大きな降雪粒子はミー散乱 σ_b の振動領域に出現、現実の σ_b 振動、計算手法の違いや計算誤差が混在し、粒子個々の厳密散乱解を得るには課題が多いことを示唆している。降雪粒子の屈折率は粒

子全体で一様ではなく、屈折率分布の見も十分に整理できていない。例えば、融解粒子の端部は融け、深部は凍結している。粒子融解は気温と湿度の影響を受けやすく、環境場の影響も組込まなければならない。結局、必要な計算精度の積み上げができていない。

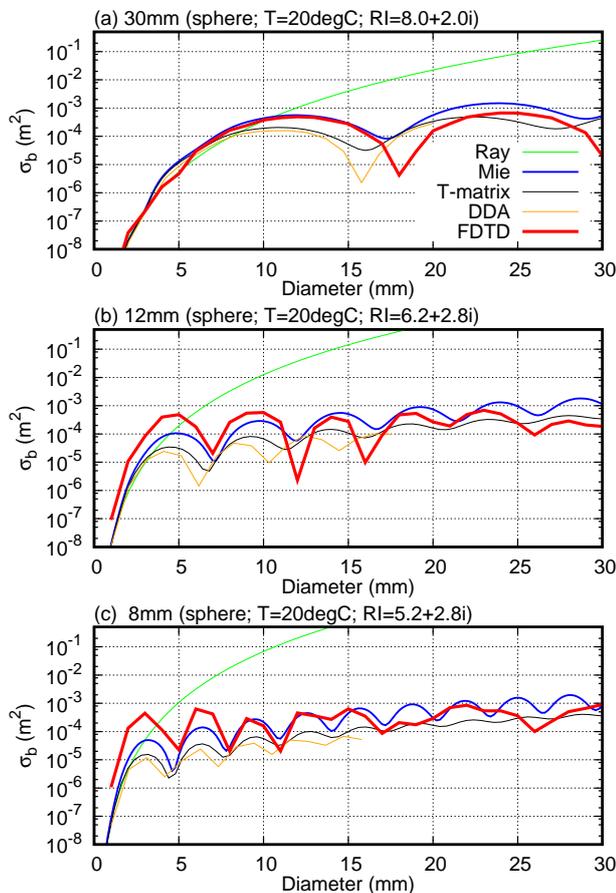


図 3: 球形水滴の粒径と後方散乱断面積の関係 (水滴温度 20)。 (a) 波長 30 mm。 (b) 波長 12 mm。 (c) 波長 8 mm。 緑: レイリー散乱。 青: ミー散乱。 黒: T-matrix。 橙: DDSCAT。 赤: FDTD。

GPU 演算は CPU-GPU 間のデータ転送がボトルネックとなり、GPU 搭載メモリで FDTD 計算が閉じるよう粒子形状を 0.2 mm 格子で解像している。吸収層 10 層、粒子から 3-grid 離れた直方体の表面積分 (境界条件) で遠方界の解に換算するため、粒子格子に 1 辺 30-grid 加えた計算空間を用意している。計算時間は GeForce RTX3060 を用い、3 cm 四方の粒子に約 90 分。実際には 1 cm 四方の粒子が多く、1 分程度であるが、降雪イベント毎に粒子数万個の FDTD 計算は現実的ではない。降雪強度推定アルゴリズムでは粒子物性と σ_b の Look-Up Table 化も必要となり、機械学習 (AI) を利用した降雪粒子物性のクラス分類が解決策となり得る。現時点では、画像識別、粒子形状から等価球形や落下速度推定など単純な試行だけだが、AI の優秀さを実感、将来に期待している。

数値推定では、不正解の場合、あり得ない解を導く傾向が強く、専門性を組合わせた複合 AI で解の妥当性を評価できれば、良い推定値が得られる期待がある。

GPU は AMD Radeon など他社製品もあり、Radeon は価格に対して搭載メモリ容量が大きく魅力的であるが、開発環境に不慣れで、今後の課題である。Intel Xeon Phi は使わなくなり、興味も無くなってしまった。

3 衛星搭載センサシミュレーション

12 年前の計算事例であるが、現在周回中の全球降水観測衛星 GPM 搭載 2 周波降水レーダ DPR (13/35 GHz) とマイクロ波放射計 GMI の打上前センサ評価について過去資料転載で紹介する。数値再現で使う疑似大気データは NICT 沖縄の 5 GHz 偏波降水レーダ COBRA の反射強度と偏波パラメータ (粒子物性と相関) からガンマ分布の雨滴粒径分布を推定、大気環境場はラジオゾンデから作成した。水平 (鉛直) 格子分解能は 500 (200) m。地表面は穏やかで一様海面水温。GMI 高周波 channel (雲、雪、氷晶観測) 評価のため、観測を初期値に雲解像気象モデルも利用したが割愛する。センサ感度をガウス分布と仮定 (図 4)、衛星観測シグナルを数値再現する。

GMI 輝度温度 (降雨のみ) を再現する放射伝達計算では 32 固有成分分解法を利用、疑似大気データセットからビーム入射角積分成分毎に range profile を再構成 (無限一様平面を鉛直積層)、放射伝達を解き、ガウス分布感度特性で積分した。GPU は FDTD のように時空間従属性のある計算より、このような時空間的に独立した計算で威力を発揮する。図 5 にデータセット分解能での輝度温度 (uniform) とガウス分布感度の鉛直下向き衛星搭載アンテナで受信した輝度温度 (Gaussian) の水平分布を周波数毎に示す。このスナップショットは衛星から観た不明瞭感の意味しかなく、工学的意義は uniform/Gaussian 間の scatterplot にあるが本稿では触れない。

図 6 は DPR でどう見えるか? を紹介する。このシミュレーションは 2 周波解析による雨滴粒径分布推定アルゴリズム開発、入射角特性、特に地表面や融解層 (レーダで明るく (強く) 見えるブライトバンド) に斜め入射する場合の評価が目的である。例えば、海面クラッタエコーは衛星直下では薄い、入射角が深くなる swath edge ではレーダビームが鉛直方向に拡がり、エコー幅が厚くなる当然の結果を示している。雪のアルゴリズムが未完成のため融解層より高高度エコーを排除、設計レベルの white noise と伝播減衰は組み込んである。35 GHz は降雨減衰は顕著だが、減衰量の雨滴粒径分布依存性の弱さが利用でき、雪や雲の感度が期待できる。

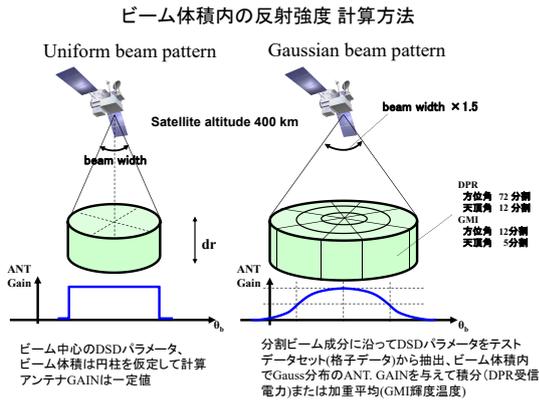


図 4: GPM 衛星搭載 DPR/GMI アンテナパターン定義。
左: 一様感度 (uniform)。右: ガウス分布 (Gaussian)。

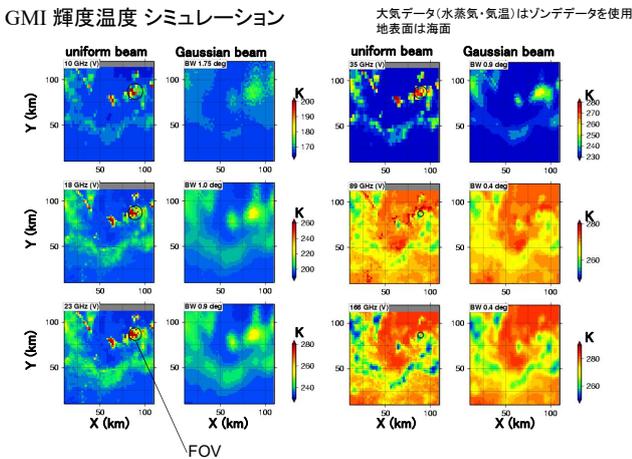


図 5: GMI 輝度温度 (Kelvin) の再現例 (周波数 10/18/23/35/89/166 GHz; uniform と Gaussian beam)。BW はビーム幅。FOV は観測スポットサイズ(ビーム半幅値)。

4 おわりに

雲降水リモートセンシングが業務の背景にあり、昨年は降雪粒子観測機器開発、今回は数値計算について紹介しました。その他、電子メールなどネットワークサービス、初歩的な ICT セキュリティ、フィールド観測および機器遠隔制御、データ通信など担当しています。

アプリ開発は安定性や遠隔操作性を考慮して Character User Interface(CUI) が中心です。画面と操作デザインセンスが必要な Graphical User Interface(GUI) 開発は好みではありませんが、レーダ制御・収録系を専用 hardware から Linux に置換えた時、古典的 X11 ライブラリを利用して、無駄に高負荷でしたが、元々のレーダシステムに合わせ、時計の針が回転するようにエコーを高速描画するプログラミングを楽しんだ経験はあります(15 年前の PC 性能; 描画負荷によるデータ欠損を防ぐため、

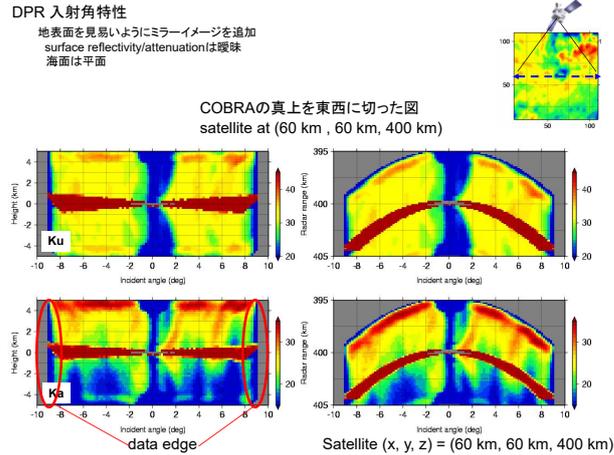


図 6: DPR(Ku/Ka;13/35 GHz) のエコー再現例 (単位 dBZ)。横軸入射角。縦軸は地上高度 (左) 衛星からのレーダレンジ (右)。海面を超えるエコーは海面反射降水ミラーエコー再現。data edge は大気データセット端部。

別 PC で UDP 受信するリアルタイム表示)。開発プラットフォームは Linux、C 言語を得意としますが、各種ライブラリの version up 頻度は高くありません。プラットフォームをご提供頂けますと、ご提供の開発環境で、または最新 OS と開発環境を整備して開発します。

計算機オタクの高周波回路屋です。パソコン歴は 8bit MZ700 から始まり 40 年。近年、回路基板外注時代、老眼で部品は見え、実装 FPGA やマイコン利用が主です。コンピュータ化した機器は故障診断が中心、部品は長納期、季節性ある観測を乗切る経験値を積んでいます。最近のコンピュータ性能は高く、効率を気にしなければ汎用ライブラリで高速動作する便利な時代になりました。ハードウェア開発でも、デジタル化と FPGA 高性能化 (embedded や IPcore 充実) により、入出力ユーザ回路を設計、電子ブロックで適当な embedded peripherals に接続、SDK 提供ドライバを利用して、OS 非搭載 baremetal 設計も容易な、並列処理を意識したソフトウェア技術者の時代へと変わりました。最新技術を学び、低負荷・高安定性・低エネルギー消費につながる効率性と創造性を意識した機器開発を心がけ、時代の流れに取り残されないよう自己研鑽にも励みたいと思います。

参考文献

1. Minda et al., doi:10.1175/JTECH-D-16-0221.1
2. 民田晴也, 久島萌人, ISEE 技術報告集 2019
3. 松山達, doi:10.4164/sptj.43.115
4. Draine and Flatau, <https://arxiv.org/abs/1305.6497>
5. 石元裕史, doi:10.11440/rssj1981.26.283
6. Mishchenko, doi:10.1016/0022-4073(96)00002-7
7. Propov, doi:10.1039/C6CP02195F

ISEE - 農学部技術部 技術交流 ～鶏舎内温湿度分布のリアルタイム遠隔監視～

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

1. 背景

ISEE 技術部 (2015 年 10 月発足) では JAXA 宇宙科学研究所 (ISAS) や北海道大学低温科学研究所 (ILTS) との技術交流を実施してきました。互いの得意技術を学び、困った時に気軽に相談し合える関係を構築することを目的に、2018, 2019 年度は ISAS との技術交流会を ISEE にて開催しました。グループ研鑽 (筆頭著者企画) を振り返りると、2013 年度に本部職員課の [名古屋大学技術職員研修](#)、2013 と 2014 年度は全学技術センター経費で理学部と合同研鑽、2014 年度は北海道大学にて [名古屋大学ー北海道大学技術職員シンポジウム](#) を企画、2015～2019 年度は ILTS 共同研究に採択され、降雪観測実験の傍ら年 2 回 ILTS 技術部と若手を伴い交流、2015, 2016 年度は ILTS 技術部報告会での発表機会を得ることができました。今年度は COVID-19 の影響を受け、学外との交流は困難となり、学内で農学部技術部との技術交流を企画しました。急な申し出に、ご協力を賜りました共著の皆様、この紙面を借りお礼申し上げます。

この技術交流では、技術力向上は勿論、以下のメリットを感じています。

1. 生物・生体分野で利用している技術 (ノウハウ) を学び、ISEE 技術力が生体系で通用するか評価できる機会。更なる技術交流の発展につながる期待。
2. 準備中の令和 3 年度東海北陸地区技術職員研修 (電気電子) の実習課題と技術交流事案がマッチ。実経験を積むチャンス。
3. 全学技術センターの共通業務エフォート管理への対応力シミュレーション。ISEE 技術部が対応可能な既存技術のカスタマイズ提供の試行と意義の調査。

学内交流であり、全学技術センターが課すであろう全学業務エフォート管理への対応調査を兼ね、既存技術転用 ([例 1](#), [例 2](#)) による負荷の少ない疑似業務形態での研鑽を企画しました。外注受注形態の部局外業務は経験豊富で技術力の高い職員の対応が必須となり、汎用技術の少ない ISEE 技術部では既存技術転用でなければ対応困難と予測できます。異分野技術系との研鑽は全学業務シミュレーションに好都合であり、新たな知識と技術を吸収、個とチーム力の強化、相乗効果を期待できるチーム開拓の機会でもあります。技術職員は専門性を高め、信頼を獲得して初めて高度な技術支援を担当できます。研究者とのパートナーシップ構築には、支援業務のバックグラウンドを理解、依頼者と同じゴールを共有することが必要です。今回の研鑽では、異分野バックグラウンドを的確に抑え、満足度の高い技術提供が達成できるか? も課題です。通常業務より大きく負荷を下げ、メンバーが試してみたい技術を加えたテーマとしました。自己研鑽は、実際に利用され役立つもので達成感を楽しめる課題の選択が効果的です。

近い将来必要とする技術力を分析・修得する先読み力も重要で、迅速・的確な技術支援につながります。東海北陸地区技術職員研修の実習対応になりますが、今回の”試してみたい技術”も先読み力のはしりです。達成経験と能力向上は相関関係にあり、自己研鑽での細やかな成功体験の蓄積、また、チーム力が高く効果的な研鑽を実践している組織との情報交換のためにも、技術交流・研鑽を継続できれば幸いです。隣の芝が青く見えるだけでも効果はあると考えます。今後も ISEE 技術部の活動に、ご理解、ご支援、ご協力を賜りますようお願いいたします。

(文中の青字は [hyperlink](#): pdf ではクリックで参考文献をたどれます)

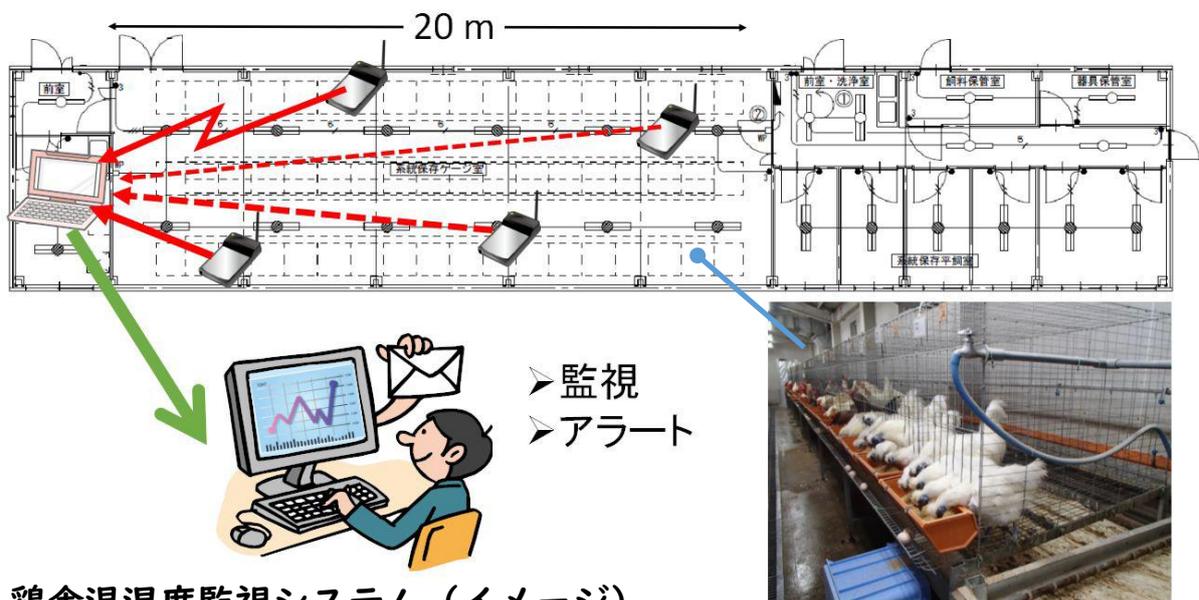
2. 鶏舎内温湿度分布のリアルタイム遠隔監視

技術交流課題を探す中で、**鳥類バイオサイエンス研究センター**（以下、鳥センター）の鶏舎換気システムの制御最適化のため、鶏舎内の温度分布を遠隔監視できると便利との情報を入手、WiFi デバイス(Arduino) 試作と目的が一致、WIN-WIN 関係から研鑽課題とした。温湿度センサへの要望は、鶏舎内は鶏糞や羽が舞い防塵と舎内水洗い時の防水性能、取り回し易さがあった。湿度計測は通気性を確保する必要がある、簡素な防塵対策でセンサの使い捨て運用を考える。可能性は電池駆動で小型化・無配線を提案した。1 デバイス複数センサ接続による高さ分布計測への対応、電源は充電電池や AC アダプタに対応できる設計とした。温湿度センサには製品ばらつきがあり、故障交換を考慮したセンサ校正手法の検討が必要である。

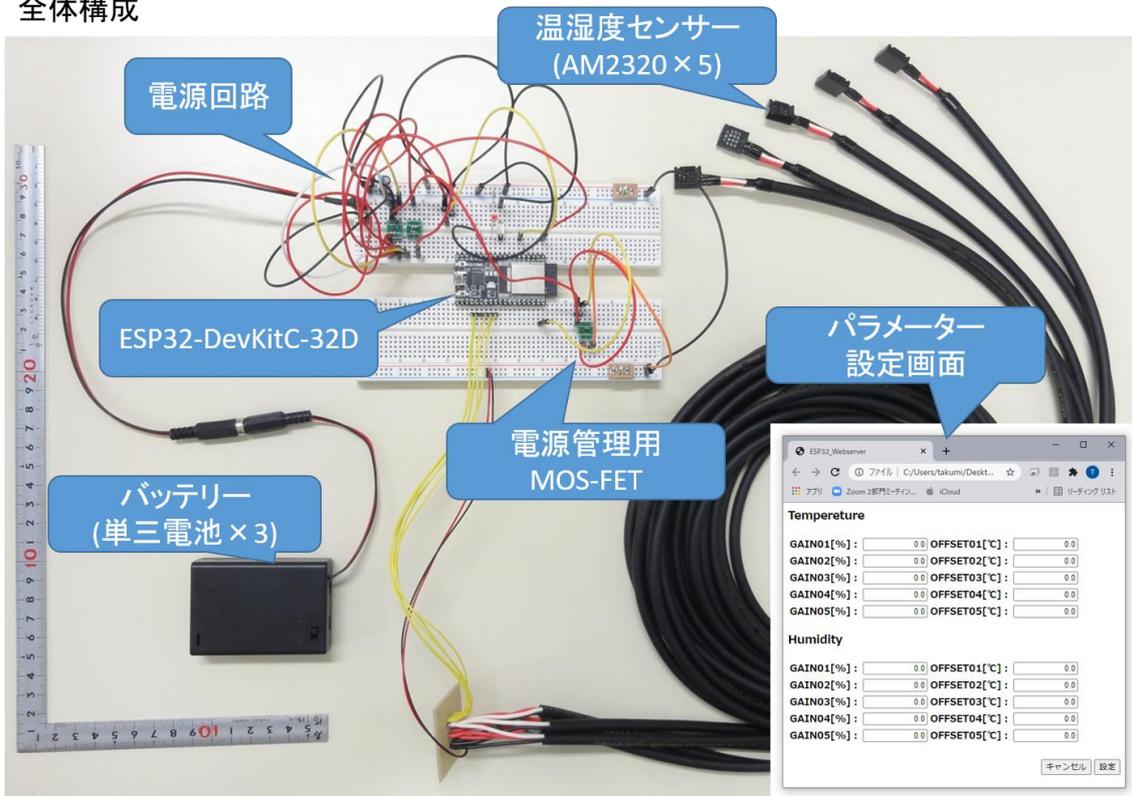
研鑽は2月に立ち上げ、年度内にセンサ試作と電池運用（消費電力）調整、可能なら鶏舎内の通信環境調査を行、次年度に実運用、鳥センター業務改善につなげ、センサ改良フィードバックを得ることを目標とした。温湿度計測自体は容易であるが、課題は鶏舎内でのデータ通信環境にある。計測対象空間は広く長辺 20 m あり（下図参照）、データ収集・表示端末（親機）は鶏舎前室に設置予定で、防塵壁という障害が立ちはだかる。技適を取得した外部アンテナ製品も存在するが、まずは chip 内臓アンテナでの通信性能を調べる。multicast 通信で複数受信端末に対応、鶏舎内作業中に小形デバイスでデータ収集など選択肢を拡げる設計とした。遠隔（在宅）監視対応では、鳥センターはネットワーク的に孤島であり、通信回線は管理棟と農学部 B 館をつなぐ屋外アンテナリンク直結回線のみ（鶏舎は通信環境は無）で、木々が繁る季節は通信不安定となる。この研鑽では運用面でも多くを学ぶことができ、得られる知識と経験は ISEE の僻地観測での活用が期待できる。

3月中旬にブレッドボード上で試作機を組み立て、センサ概要、スリープ運転や UDP 無線通信のデモンストレーション、および、情報共有と新たなアイデアを議論する打合せを行った。現在、回路基板を起し、ハウジング設計に入っている。完成後、研究所共同館での通信試験と性能評価を行う。年度内の作業はここまで、次年度、鳥センターでの試験運用を行うスケジュールとした。試作機の概要を次ページにプレゼンスライド抜粋で掲載する。

ケージスペースと前室間の無線通信確立が困難な場合、安易な手法として WiFi 中継機の利用を考えている。外部アンテナ WiFi モジュールと中継器利用で不安定な場合、一定期間の計測データをメモリ保存し回収する方式が逃げ道であるが、遠隔監視は作業服に着替え鶏舎に入ることなく状況把握ができ、センサ異常に気付きやすいメリットがあり無線通信の実装を目指す。温湿度監視システムの詳細は、次年度の ISEE 報告集に掲載予定です。



全体構成



AM2320

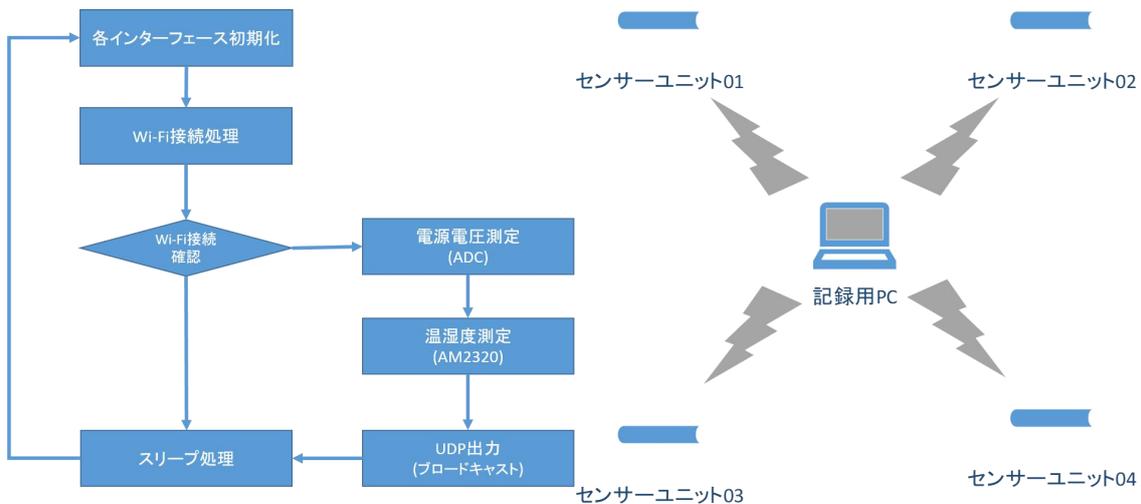
項目	値
電源電圧	5[V] (3.1 ~ 5.5[V])
消費電流	測定時: 0.95[mA] 待機時: 10[μA]
サンプリング間隔	2秒以上
内部ADコンバーター	16[bit]
サイズ	12.1 × 15.5 × 4.5[mm]
通信方式	I ² C / 単線バス(双方向)
出力方式	オープンドレイン
出力データ	湿度16[bit], 温度16[bit]
通信距離	Max 30[m] (@5.1[kΩ]プルアップ)

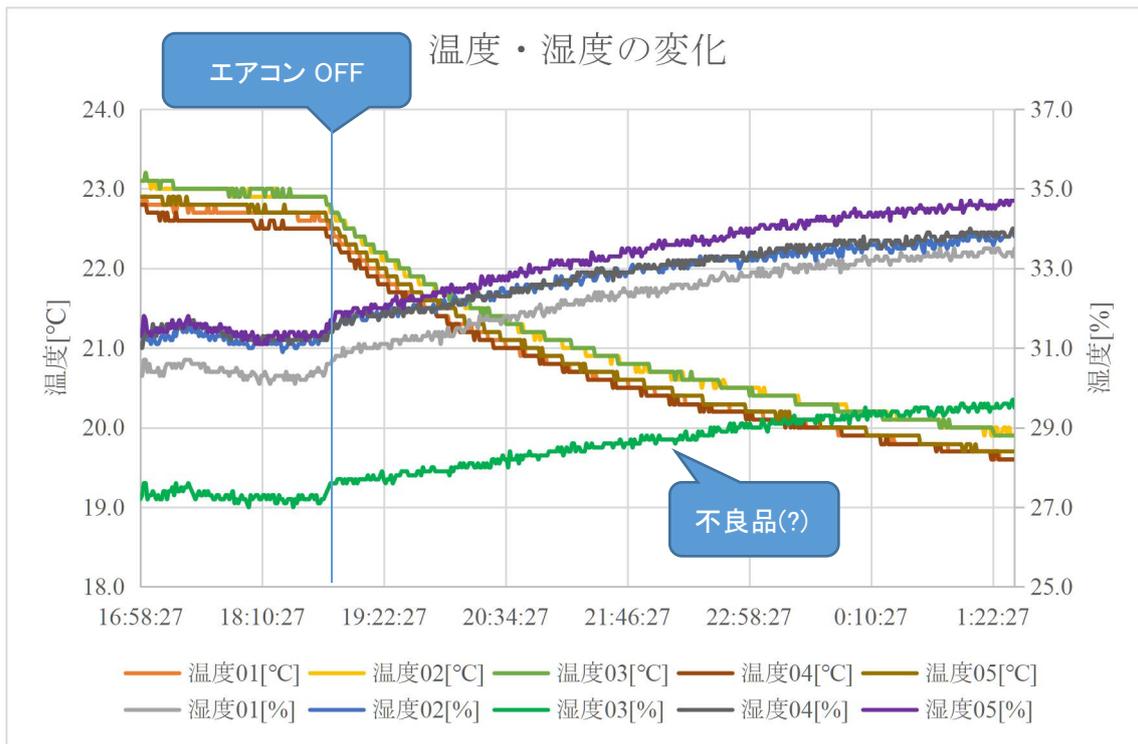
・ 温度センサ

項目	値
測定範囲	0 ~ 99.9[%RH]
精度	±3[%RH](@25[°C])
繰り返し精度	±0.1[% RH]
レスポンス	5秒以内(1/e(63[%]), @25[°C])

・ 湿度センサ

項目	値
測定範囲	-40 ~ +80[°C]
精度	±0.5[°C]
繰り返し精度	±0.2[°C]
レスポンス	5秒以内(1/e(63[%]), @25[°C])





3. センサーモジュール(ブレッドボード版)

ブレッドボードを使用して必要とされるハードウェア及びソフトウェアの検証を行った。

電源は可搬性を考慮しバッテリー式(単三電池 3 本)を採用。その為、マイコンは Deep Sleep 機能で待機時の消費電力を削減し、温湿度センサーは MOSFET を用いて電源管理をすることで、待機電力を削減。また、電源回路の最低駆動電圧を下げる事で、駆動時間の延長を図った。

温湿度センサーはセンサー部がある程度保護されている AM2320 を採用。通信方式は I2C ではなく単線シリアルバスを採用した。これにより 1 台のマイコンで複数個所の温度・湿度を測定可能。

記録用 PC にはブロードキャストでデータを送信。データにはバッテリー電圧、複数の温度、湿度データが含まれる。

上に 1 分間隔で取得した温度と湿度のグラフを示す。各センサーの出力はほぼ同じ変化をしているが、オフセットや微小なゲインの差が見られた。よって、マイコン側である程度補正する必要があると考えられる。また、データ欠損が 5338 個中 8 個発生した為、この点についても対処を考える必要がある。

現在、測定に関するゲインやオフセット、サンプリング周期などを設定するインターフェースとしてマイコン内部で動作する Web サーバー開発を進めている。この設定値は内蔵不揮発メモリに記録され、電源再投入時に参照される。

開発担当：足立

大学におけるドローン講習会に向けた取り組み

○岡本渉¹⁾ 山崎高幸¹⁾ 松見豊²⁾

¹⁾名古屋大学全学技術センター、²⁾名古屋大学宇宙地球環境研究所

Abstract

The development of drones has been remarkable in recent years. However, the national license system has not yet been established. The general public's awareness of drones is also limited. And people do not know where to go to learn how to steer drones. We would like to present the ideal way of drone education at Nagoya University.

1. ドローン教育の背景と経緯

近年、ドローンは軍事・民間を問わず、広く産業利用に供されている。車のような免許証制度はまだなく、20世紀のモータリゼーション前夜の様相を呈している。多くの団体が乱立し、独自の資格を出している。

日本では中国製ドローンを政府・公共機関で禁止する動きがある。機密保持のためには国産を使用するのが望ましい。しかし現状ではドローンの世界シェアの70%を中国製ドローンが占めている。米国製、フランス製はあるものの、コストパフォーマンスでは一歩及ばない。SONYなどが国産汎用ドローンの開発を始めたが、市場に出るのはまだ先である。

ドローンの普及とともに、高校や大学でもドローンを必修にする学校が増えてきた。近くでは岐阜女子大学が、去年から1年全員にドローン必修としている。折からのコロナ騒ぎにより、実際の授業がどのように行われたか不明なものの、注目すべき活動であろう。筆者もドローン検定協会公認指導員資格を取得し、本年度から名大生命農学研究科・農学部の学生に対してドローンの講習を行う予定であった。

しかし、パンデミック騒ぎにより、未だ果たせずにいる。3年前に愛知県近隣の森林研究者の会合で行った講習会を皮切りに、いくつかの簡易講習会を行ってきた。昨年は、宇宙地球環境研究所の技術支援の一環としてNASAのDRAGON_J-ALPSのプロジェクトの観測現場でミニドローンを使った実技講習を行った。

昨年末には、宇宙地球環境研究所の研究所共同研究の一環として、他大学などの地形計測の研究者を含めて座学・実技の講習を行った。この講習会は好評を博し、洞窟などを含む地形計測研究におけるドローン活用の促進に寄与できたと自負している。

これから国家資格が統一されるのか、また免許制度がいつ導入されるか不透明な部分が多い。しかし、ド

ローン自体やその応用は急速に進歩している。制度が整うのを待つのではなく、現在の資格取得を前提とした技能講習を開催するのが望ましい。以上を鑑み、具体的に講習の流れを述べていく。

2. ドローン講習会(座学)

ドローン講習の大雑把な流れとして、まず座学を行ったあと実際に機体を使った実技講習という2つに分ける。まずは座学の流れを見ていく。

・ドローンに関する規制・法令

日本では国土交通省がドローンに関する飛行許可を出している。人口密集地域や飛行場近くでの法令を説明し、実際にDIPS(申請システム)へどのようにアクセスするかを実例を交えながら講義する。

・機体の構造・飛行原理

流体力学から説明し、現場での実例を交えながら、ドローンのサバイバビリティが上がるような実践教育を行う。現在主流のクアッドコプターやヘキサコプターを中心に構造を解説する。

・操縦方法

各MODEの説明をし、基本的な飛行形態を一通り列挙する。現場でいかに通信環境、GPS確保の効率をあげるか解説する。

・ドローンを使った応用例

実際に建設現場でどのように使われているか、各種探査で何が行われているか実例を挙げる。また、基本的な測量や物件投下などのやり方を解説する。

・シミュレータによる訓練

現在のシミュレーターソフトは、FAA(米航空局)

で採用されているほど緻密である。車のレースでは、シミュレーションのチャンピオンが現実のレースでも優勝している。それに加え、実機では危険を伴うような極端なセッティングを施すことも可能である。

・座学試験

講習で行った内容の筆記試験、シミュレータのコースクリアを持って終了とする。

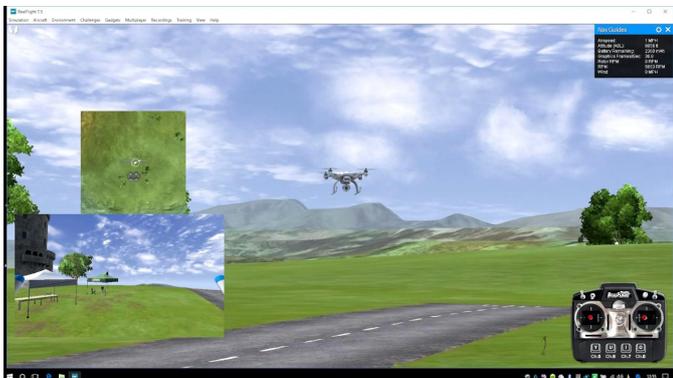


図1 「リアルフライト」シミュレーターの画面

3. ドローン講習会 (実技)

シミュレーターで基本的な操縦を覚えた後、実際に機体を操縦する訓練を行う。流れとしては以下の通りである。

・マイクロ・ドローンによる室内飛行

100g以下のマイクロドローンを使用する。ここ2,3年のIMUの進化はめざましく、非GPS環境下でもドローンは安定して飛行するようになった。初心者でも比較的容易に操縦することが可能である。室内での離発着や8の字飛行など基本的な飛行訓練を行う。



図2 秋吉台洞窟講演会における室内講習の様子

・ミニドローンによる室外飛行

200g以下のミニドローンを使用する。高度をとった飛行やカメラの操作を行う。

・自動飛行、夜間飛行、投下訓練、目視外飛行

基本的な技量の習得状況を見て、応用的な訓練を行う。機体は200g以上の国土交通省申請許可済みの機

体を使用する。



図3 洞窟を想定した壁のサイドエフェクト実演

4 今後の展望

筆者はドローン検定協会後任指導者資格を有し、協会登録すればドローン検定3級を与えることが可能である。これを行うには、大学から協会への正式な申請が必要である。これからのドローン普及を見据え、大学に理解のほどを賜りたい。

参考文献

・ UAVによる堅穴の探索・位置特定・形状測定の手法の検討

(共著：眞部広紀、稲川直裕、久間英樹、岡本渉、前田貴信、坂田玲央)

佐世保工業高等専門学校研究報告(56) 2020年1月

・ 『カルスト台地地表地形と沿岸域の陥没ドリーネの3次元モデル作成を目的としたドローン写真測量の検討』

(共著：眞部広紀、堀江潔、岡本渉、大浦龍二)

佐世保工業高等専門学校研究報告 第57号 pp41-50、2021年1月31日:

・ 『火星のダストデビルを想定したエアロゾル・粉塵の空中/地上採集シミュレーションと写真測量』

(主著：岡本渉、松見豊、八木伸也、中西幸弘、山崎高幸、眞部広紀、阿依ダニシ、堀井樹、堀江潔、大浦龍二)

第64回宇宙科学技術連合講演会

・ 『洞窟などの非GPS環境におけるドローン飛行』

(単著：岡本渉)

山口ケイビングクラブ主催 第27回洞窟講演会・ドローン講習会、2020年12月20日

「令和2年度 放射線安全管理講習会」及び 「放射線取扱主任者定期講習」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

令和2年度は、新型コロナウイルス感染症拡大防止のため、学会や講習会等様々な催事がオンライン開催されることとなった。公益財団法人原子力安全技術センターならびに放射線障害防止中央協議会主催の「令和2年度 放射線安全管理講習会」及び、公益財団法人原子力安全技術センター主催の法定講習「放射線取扱主任者定期講習」の2つの講習を、技術部経費にてオンライン受講させていただいたので報告する。

【「令和2年度 放射線安全管理講習会」の概要】

講演	講師（敬称略）
最近の放射線安全規制の動向	小高 喜久雄（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改正のポイント	高山 啓（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長）
Ⅲ 放射線が拓く植物の謎	中西 友子（原子力委員会委員/星薬科大学学長/東京大学名誉教授・特任教授）
Ⅳ 放射線施設における安全文化の醸成	二ツ川 章二（前公益社団法人日本アイソトープ協会常務理事）
Ⅴ 眼の水晶体に係る法令改正への事業者の取り組みについて	赤羽 正章（国際医療福祉大学医学部放射線医学教授）

令和2年12月21日に東京で開催された本講習会は、インターネットにおいても同時配信され、遠隔地からも受講が可能となった。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、今回は特に令和3年4月1日より施行される「改正電離放射線障害防止規則」に関連する話題が有意義であった。放射線安全管理に必要な最新の知見を得るためにも、今後も毎年の受講を希望するものである。

【法定講習「放射線取扱主任者定期講習」の概要】

放射線取扱主任者に選任されている者に対し、3年に1度の受講義務が課されている本講習は、オンライン受講においては「e-learning講習」と「履修確認テスト」により構成される。e-learning講習はビデオ視聴で、内容は以下のとおり。

項目	内容
<p>1. 放射性同位元素等の規制に関する法律に関する項目（法令）</p>	<p>ビデオ教材 8 本視聴（1 時間 49 分）</p> <p>A-1-1 RI 規制法の最新改正/法令の要点/定義/申請・届出</p> <p>A-1-2 立入検査 施設検査、定期検査、定期確認</p> <p>A-1-3 表示付認証機器、表示付特定認証機器</p> <p>A-1-4 測定/人の測定</p> <p>A-1-5 放射線障害予防規程/放射線障害を防止するために必要な教育及び訓練/放射線業務従事者/健康診断/記帳・記録</p> <p>A-1-6 合併・分割、廃止</p> <p>A-1-7 原子力規制委員会への報告/事業者の義務・責務、放射線取扱主任者</p> <p>A-1-8 特定放射性同位元素の防護/特定放射性同位元素についての報告(登録)制度</p>
<p>2. 安全取扱い等</p> <ul style="list-style-type: none"> ・放射性同位元素等又は放射線発生装置の取扱い及び使用施設等又は廃棄物詰替施設等の安全管理に関する課目 ・放射性同位元素（密封されたものに限る。）の取扱い及び使用施設等（密封された放射性同位元素を取り扱うものに限る。）の安全管理に関する課目 	<p>ビデオ教材 6 本視聴（1 時間 22 分）</p> <p>B-1-1 放射線障害防止に関する教育及び訓練</p> <p>B-1-2 放射線障害予防規程/放射線施設の自主点検と安全管理</p> <p>B-1-3 危険時の措置の充実強化/用語の定義</p> <p>B-1-4 密封された放射性同位元素の安全取扱</p> <p>B-1-5 使用の許可と届出/放射線業務従事者、一時的立入者</p> <p>B-1-6 放射線業務従事者の健康診断/記帳・記録の義務</p>
<p>3. 放射性同位元素等又は放射線発生装置の取扱いに係る事故が発生した場合の対応に関する課目（事故対応）</p>	<p>ビデオ教材 5 本＋演習動画視聴（58 分）</p> <p>A-2-1 事故等の報告</p> <p>A-2-1 盗取（盗難）、紛失/所在不明</p> <p>A-2-2 放射性同位元素の漏水事故/使用施設の火災</p> <p>A-2-3 発生装置による被ばく事故 1/加速装置による被ばく事故 2</p> <p>事故・トラブル事例の参考</p>

令和 2 年 12 月 14 日（月）11:00～12 月 24 日（木）の受講期間中に、上記のビデオ教材を全て視聴した上で演習レポートを書き、受講報告書と共に事業所に提出して、所長による受講確認をもらう。さらに、原子力安全技術センターより出された履修効果確認テストの答案を作成し、受講報告書と併せて原子力安全技術センター提出して、試験が合格点以上であれば受講認定となる。

これだけのビデオ教材を視聴するにはかなりの労力が必要だが、ビデオ 1 本あたりの時間数は短時間であるため、業務の合間を縫っての受講も可能であるので、非常に有効なやりかたであると考え。また、今後も当面は様々な催事をオンラインで行わなければならない状況であるので、そのためのよい参考例にもなると考える。

令和2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・研修参加

講習・研修名	開催場所	期間	氏名
放射線取扱主任者定期講習(法定)	オンライン	R2.12.14~24	池田 晃子
放射線安全管理講習会	オンライン	R2.12.21	池田 晃子

講師

題名	開催場所	期間	氏名
山口ケイビングクラブ 第27回 洞窟 講演会 ドローン講習会 <ul style="list-style-type: none"> ➤ 講演会:洞窟などの非GPS環境におけるドローン飛行 ➤ ドローンの構造・操作方法等(座学) ➤ ドローン実習 	秋吉台科学博物館	R2.12.20	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1名	川端 哲也

共同研究

課題名	代表(PI)/分担者(CI)
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”	PI: 増永 浩彦 (ISEE) CI: 民田 晴也

論文 (Article, Letter, Technical report など)

1. Anzorena, M., R. Garcia, J. F. Valdes-Galicia, Y. Matsubara, Y. Itow, T. Sako, **T. Kawabata**, E. Ortiz, R. Taylor, A. Hurtado, O. Musalem, L. X. Gonzalez, 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, Simulation and experimental validation of optimum read-out electronics design for scintillator bar cosmic ray telescope, *Nucl. Inst. and Meth. in Phys. Res. A*, 991, 165019, doi:10.1016/j.nima.2021.165019, March 2021. (査読有)
2. Tsuda, T. T., C. Li, S. Hamada, K. Hosokawa, S. Oyama, S. Nozawa, **T. Kawabata**, A. Mizuno, J. Kurihara, T. Nishiyama, M. J. Kosch, OI 630.0-nm and N2 1PG Emissions in Pulsating Aurora Events Observed by an Optical Spectrograph at Tromso, Norway, *J. Geophys. Res. Space Physics*, **125**, e28250, doi:10.1029/2020JA028250, December 2020. (査読有)
3. Kawamura, Y., K. Hosokawa, S. Nozawa, Y. Ogawa, **T. Kawabata**, S. Oyama, Y. Miyoshi, S. Kurita, R. Fujii, Estimation of the emission altitude of pulsating aurora using the five-wavelength photometer, *Earth, Planets and Space*, **72**, 96, doi:10.1186/s40623-020-01229-8, July 2020. (査読有)
4. 津田卓雄, 野澤悟徳, 斎藤徳人, 川原琢也, **川端哲也**, 高橋透, 和田智之, 中村卓司, 江尻省, 西山尚典, 津野克彦, 阿保真, 共鳴散乱ライダーによる地球超高層領域の金属原子層の観測, *レーザー研究 (レーザー学会誌)*, **48**, 11, 580-584, 2020年11月.
5. 和田智之, 小川貴代, 斎藤徳人, 津野克彦, 中村卓司, 江尻省, 野澤悟徳, **川端哲也**, 川原琢也, 極地から地球環境を計測するためのライダーの開発, *光技術コンタクト*, **58**, 7, 25-31, 2020年7月.
6. 堀江 潔, **岡本 渉**, 大浦 龍二, 眞部 広紀, 北海道斜里町ウトロチャン(チャンコツ岬上遺跡)のドローン写真測量と3次元モデル作成の予備実験, 佐世保工業高等専門学校研究報告 (56), 13 - 19, 2020.
7. 堀江 潔, **岡本 渉**, 大浦 龍二, 眞部 広紀, 北海道斜里町オロンコ岩チャンのドローン写真測量と3次元モデル作成の予備実験, 佐世保工業高等専門学校研究報告 (56), 21 - 27, 2020.
8. 堀江 潔, **岡本 渉**, 大浦 龍二, 眞部 広紀, 秋田県男鹿市脇本城のドローン写真測量と3次元モデル作成の予備実験, 佐世保工業高等専門学校研究報告 (56), 29 - 34, 2020.
9. 堀江 潔, **岡本 渉**, 大浦 龍二, 眞部 広紀, 古代城柵・岩手県盛岡市志波城のドローン写真測量と3次元モデル作成の予備実験, 佐世保工業高等専門学校研究報告(56), 35 - 40, 2020.
10. 眞部 広紀, 稲川 直裕, 鶴野 瑞穂, 中村 勇仁, 須小 透河, 村上 崇史, **岡本 渉**, 堀江 潔, 大浦 龍二, 白水の池の穴水中洞窟におけるROV探査と周辺地形のドローン写真測量の予備実験, 佐世保工業高等専門学校研究報告 (56), 41 - 46, 2020.

11. 堀江 潔, **岡本 渉**, 大浦 龍二, 眞部 広紀, 登頂禁止の「天空の城」利神城のドローン写真測量と3次元モデル作成の予備実験, 佐世保工業高等専門学校研究報告 (56), 47 - 52, 2020.
12. 堀江 潔, **岡本 渉**, 大浦 龍二, 眞部 広紀, 海食崖に立地するグスクのドローン写真測量と3次元モデル作成の予備実験－沖縄県糸満市具志川城－, 佐世保工業高等専門学校研究報告 (56), 53 - 58, 2020.
13. 眞部 広紀, 久間 英樹, 稲川 直裕, 前田 貴信, 堀江 潔, 大浦 龍二, **岡本 渉**, 春山 純一, 月と火星の縦孔-地下空洞を目指すための地球における洞窟計測探査シミュレーション, 佐世保工業高等専門学校研究報告 (56), 77 - 93, 2020.
14. 眞部 広紀, 稲川 直裕, 前田 貴信, 久間 英樹, 松見 豊, **岡本 渉**, UAV-UGV システムによる縦孔・地下空洞の計測探査シミュレーションの検討, 佐世保工業高等専門学校研究報告 (56), 95-104, 2020.
15. 眞部広紀, 久間 英樹, 梅木 太嗣, **岡本 渉**, 村上 崇史, 堤 紀文, 堀江 潔, 大浦 龍二, ドローンによる竪穴の3D レーザースキャナ測定とSfMMV 写真測量～恵藤穴・こむそう穴・はる穴～, 佐世保工業高等専門学校研究報告 (56), 105 - 114, 2020.

学会・研究集会・国際会議(proceedings)

1. **民田晴也**, **久島萌人**, 篠田太郎, 川島正行, 藤吉康志, 2020: 3 周波レーダ降雪観測－レーダ反射因子の周波数特性－, 日本気象学会 2020 年度春季大会
2. Tsuda T. T., C. Li, K. Hosokawa, S. Nozawa, **T. Kawabata**, A. Mizuno, S. Oyama, and J. Kurihara, A pulsating aurora event observed by an optical spectrograph at Tromso, Norway, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, online, July 2020.
3. Maeda S., S. Nozawa, T. D. Kawahara, N. Saito, T. T. Tsuda, S. Wada, T. Takahashi, **T. Kawabata**, and C. Hall, Study of atmospheric stability in the polar upper mesosphere and lower thermosphere above Tromso by using sodium LIDAR data, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, online, July 2020.
4. Nozawa S., T. T. Tsuda, N. Saito, T. D. Kawahara, S. Wada, Y. Ogawa, H. Fujiwara, T. Takahashi, **T. Kawabata**, C. Hall, and A. Brekke, Statistical study of Sporadic Sodium Layers (SSLs) above Tromso (2), JpGU-AGU Joint Meeting 2020, online, July 2020.
5. 松原豊, 伊藤好孝, **川端哲也**, 埜隆志, 宗像一起, 加藤千尋, 木原渉, 高柚季乃, 柴田祥一, 高丸尚教, 大嶋晃敏, 小井辰巳, 小島浩司, 土屋晴文, 渡邊恭子, 小財正義, 中村佳昭, SciCRT による太陽中性子観測 XVIII - 観測報告, 日本物理学会 2020 年秋季大会, オンライン, 2020 年 9 月.
6. 前田咲穂, 野澤悟徳, 川原琢也, 斎藤徳人, 津田卓雄, 和田智之, 高橋透, **川端哲也**, Hall Chris, 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・下部熱圏における大気安定度の統計研究, MTI 研究集会, オンライン, 2020 年 9 月.

7. **岡本涉**、松見豊、八木 伸也、中西幸弘、山崎高幸、眞部 広紀、火星のダストデビルを想定したエアロゾル・粉塵の空中/地上採集シミュレーションと写真測量, 第 64 回宇宙科学技術連合講演会: 日本航空宇宙学会 (オンライン), 10. 27-30, 2020.
8. 眞部広紀、久間英樹、**岡本涉**、稲川直裕、前田貴信、村上崇史、鶴野瑞穂、阿依ダニシ、堀井樹、小池勇琉、堀江潔、大浦龍二、火星 UAV を想定した縦孔への接近・進入探査シミュレーションの構想, 第 64 回宇宙科学技術連合講演会: 日本航空宇宙会 (オンライン) 10. 27-30, 2020.
9. 眞部広紀、久間英樹、**岡本涉**、稲川直裕、前田 貴信、村上崇史、鶴野瑞穂、阿依ダニシ、堀井樹、小池勇琉、堀江潔、大浦龍二、洞窟に至る、洞窟に降りる、及び洞窟における 3 次元計測と SLAM について, 第 64 回宇宙科学技術連合講演会: 日本航空宇宙会 (オンライン) , 10. 27-30, 2020.
10. 久間英樹、福岡久雄、眞部広紀、**岡本涉**、村上 崇史、3 次元レーザスキャナを用いた洞窟周辺地形の測定, 第 64 回宇宙科学技術連合講演会: 日本航空宇宙会 (オンライン), 10. 27-30, 2020.
11. Nozawa S., T. T. Tsuda, N. Saito, T. D. Kawahara, S. Wada, Y. Ogawa, H. Fujiwara, T. Takahashi, **T. Kawabata**, C. M. Hall, and A. Brekke, Statistical study of Sporadic Sodium Layers (SSLs) above Tromsø (3), 地球電磁気・地球惑星圏学会第 148 回講演会, オンライン, 2020 年 11 月.
12. 前田咲穂、野澤悟徳、川原琢也、斎藤徳人、津田卓雄、和田智之、高橋透, **川端哲也**, Hall Chris, トロムソナトリウムライダーデータを用いた極域 MLT 領域の大気安定度の研究, 地球電磁気・地球惑星圏学会第 148 回講演会, オンライン, 2020 年 11 月.
13. Toyama K., S. Kurita, Y. Miyoshi, K. Hosokawa, Y. Ogawa, S. Oyama, S. Nozawa, **T. Kawabata**, Spatio-temporal characteristics of the precipitating electron energy of pulsating aurora estimated by optical observation, 地球電磁気・地球惑星圏学会第 148 回講演会, オンライン, 2020 年 11 月.
14. 川原琢也、野澤悟徳、津田卓雄、斎藤徳人, **川端哲也**, 和田智之、藤原均、三好勉信、北極域ナトリウムライダーによる中性大気温度・風速観測: 下部熱圏 (80km-200km) と年間観測への拡張, 地球電磁気・地球惑星圏学会第 148 回講演会, オンライン, 2020 年 11 月.
15. Maeda S., S. Nozawa, T. D. Kawahara, N. Saito, S. Wada, T. T. Tsuda, T. Takahashi, **T. Kawabata**, and C. M. Hall, Statistical study of atmospheric stability in the polar upper mesosphere and lower thermosphere above Tromsø by using sodium LIDAR data, The 11th Symposium on Polar Science, online, December 2020.
16. Nozawa S., T. T. Tsuda, N. Saito, T. Takahashi, T. D. Kawahara, Y. Ogawa, H. Fujiwara, S. Wada, **T. Kawabata**, C. M. Hall, and A. Brekke, Statistical study of Sporadic Sodium Layer (SSL) in the polar MLT region, The 11th Symposium on Polar Science, online, December 2020.

17. Tsuda T. T., C. Li, S. Hamada, K. Hosokawa, S.-i. Oyama, S. Nozawa, **T. Kawabata**, A. Mizuno, J. Kurihara, T. Nishiyama, and M. J. Kosch, OI 630.0 nm and N2 1PG emissions in pulsating aurora events detected by an optical spectrograph at Tromso, Norway, The 11th Symposium on Polar Science, online, December 2020.
18. 眞部広紀、久間英樹、稲川直裕、鶴野瑞穂、**岡本渉**、阿依ダニシ、堀井樹、堀江潔、大浦龍二、前田貴信、洞窟計測探査シミュレーションプログラムとUZUME計画、日本洞窟学会大会第46回大会（オンライン）、12.5, 2020.
19. 大東忠保、坪木和久、篠田太郎、**民田晴也**、**久島萌人**、山田広幸、岩井宏徳、2020：台風の上部吹き出し層雲下端の mammatus 状エコー構造、日本気象学会2020年度秋季大会（オンライン）
20. Ohigashi, T., K. Tsuboki, T. Shinoda, **H. Minda**, **M. Kyushima**, H. Yamada, and H. Iwai, 2020: Mammatus-like structure along the cloud base in the outflow layer observed in several typhoons. AGU Fall Meeting 2020, online.
21. Toyama K., S. Kurita, Y. Miyoshi, K. Hosokawa, Y. Ogawa, S. Oyama, S. Nozawa, **T. Kawabata**, Spatio-temporal characteristics of the precipitating electron energy of pulsating aurora derived from multi-wavelength optical measurements, AGU Fall Meeting 2020, online, December 2020.

発行日：2021年3月31日

編集者：久島 萌人、足立 匠



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

<http://tech.isee.nagoya-u.ac.jp/>