公開資料

国際科学技術共同研究推進事業
地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）

研究領域「開発途上国のニーズを踏まえた防災に関する研究」

研究課題名「フィリピンにおける極端気象の監視・情報提供システムの開発」

採択年度：平成 ２８ 年（２０１６年）度/研究期間：６年/
相手国名：フィリピン共和国

終 了 報 告 書

国際共同研究期間*1
２０１７ 年 ４ 月 １９ 日から２０２３ 年 ４ 月 １８ 日まで
JST 側研究期間*2
２０１６ 年 ６ 月 １ 日から２０２３ 年 ３ 月 ３１ 日まで
（正式契約移行日　２０１７ 年 ４ 月 １ 日）

*1 R/D に基づいた協力期間（JICA ナレッジサイト等参照）
*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=JST との正式契約に定めた該年度末

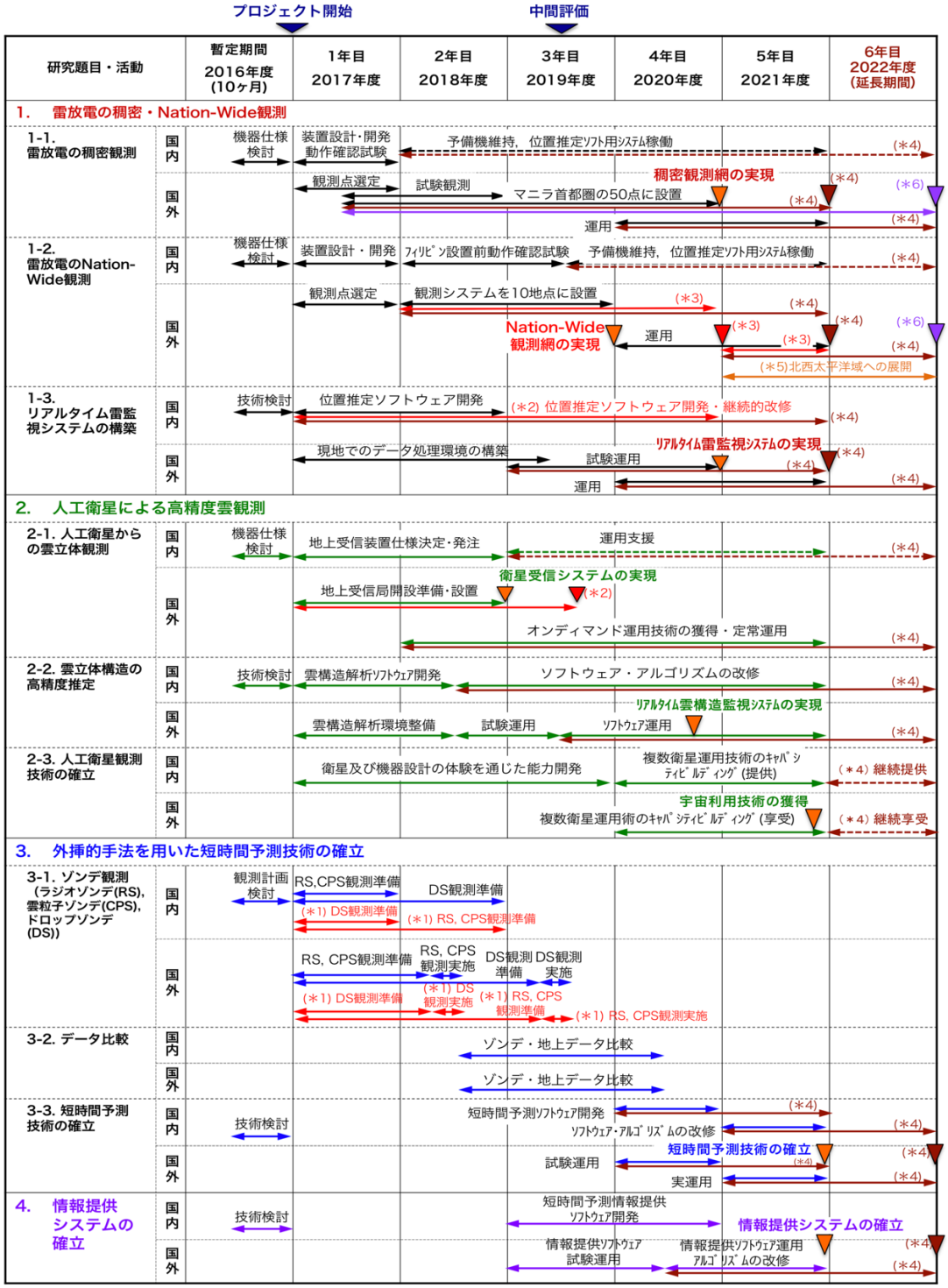
研究代表者： 高橋　幸弘

北海道大学大学院理学研究院・教授

Ⅰ．国際共同研究の内容（公開）

１．当初の研究計画に対する進捗状況

(1)研究の主なスケジュール(実績)



(＊1) 名古屋大学の台風航空機観測プロジェクトとの調整の結果，DS観測をRS, CPS観測に先行して実施することにしたため。
(＊2) 2020年1月末時点での進捗を考慮してスケジュールを変更。
(＊3) COVID-19の影響により，スケジュールを再調整。　(＊4) COVID-19の影響により，スケジュールを再再調整。
(＊5) 北西太平洋域への発展的展開。　(＊6) COVID-19の影響により，スケジュールを再再再調整。

(2)中間評価での指摘事項への対応

中間評価での指摘に対する対応についての進捗は以下になる。

- どのように社会実装に結び付けていくかという観点から、経験的に求められるような関係が得られればよいのだが、そうでない場合、結果を数値シミュレーション等に反映するなど、何か社会実装に結びつける方法を考える必要があるとの指摘を受けた。本プロジェクトでは台風強度と雷放電との間にはそれまで知られていなかったカテゴリーの低い台風についても、経験則が存在することを確認した。またマニラ首都圏の稠密気象観測とAIを組み合わせることで、ケースによっては降雨予測が可能であることを示した。また、社会実装の視点から、気象災害観測に求められる情報を防災学術連携体の参加から得ており、プロジェクトへの反映に心掛けている。
- フィリピン側に衛星の運用のためのアンテナ設置について安全性を楽観視する傾向が見られたとあるが、設置基準等のガイドラインやノウハウ等について、今後相手国に示す予定はあるかとの質問を受けた。本件は、風速に対する建物の堅牢性について述べたものだが、特に台風による風が懸念される同国におけるアンテナ設置時の注意点を整理して伝え、その結果大きな事故は確認されていない。
- 超小型衛星の技術は、必ずしも積乱雲の解析のみに利用できるというものではなく、もっと社会実装のやり易い現象の観測に用いることを考えてはとの指摘を受けた。当該グループは気象観測以外にも様々な計測を試みており、特に農業や環境の計測においてはプランテーションの病害地域を特定する技術などで世界をリードしている。それに基づいた起業まで行っており、現在日本を代表する大企業数社と資金面を含めた連携についての具体的協議を進めている。
- 現在はASTIの研究者と良好な研究開発体制を築き、相手側研究者の能力向上に基づいた各種観測が順調に進んでいるが、将来のルーティン観測体制及び気象業務を考えると、PAGASAへの技術移転は欠かせないと思われる。ASTIとは異なった環境においても機能する好ましい体制の構築に向けた活動をとの指摘を受けた。その点は特に意識して取り組んでおり、衛星に関しては、当該グループの成果によって設置が後押しされた宇宙機関（PhilSA）に管理、運営の移行が進んでいるが、PhilSAとPAGASAの協力関係を促進している。また、雷観測に関しては、PAGASA の当該事業に関係するスタッフとの協議を行うとともに、若手スタッフが作業に参加できるよう配慮しており、最終的な技術移転のための準備を進めてきた。
- 本課題の成果をアジア地域において広範に展開するには、アジア・マイクロサテライト・コンソーシアム（AMC）の活用拡大を是非検討して欲しいとの指摘を受けた。AMCの協議を進め、衛星のデータではなく、マシンタイムを共有する枠組みを作り、その試験運用を行っている。具体的には、AMC に加盟する国が自国の豪雨地域の撮像や、特定地域の雲観測を、他国の衛星に依頼し、即時性の高い情報を取得するなどの試みを行ない、成果を上げている。
- 小型衛星による雲の立体的構造、台風中心部へのドロップゾンデ投入による観測は素晴らしく、これらの結果がハイレベルの学術ジャーナルに掲載されることの期待が述べられた。雲の立体観測に関してはNature系の雑誌（Scientific Reports）に掲載され、ドロップゾンデキャンペーン観測については、近々Nature に投稿する予定で最終点検中である。

(3)プロジェクト開始時の構想からの変更点(該当する場合)

特になし

２．プロジェクト成果目標の達成状況とインパクト（公開）

(1) プロジェクト全体

本プロジェクトのねらいは、これまで極端気象監視・予測に十分活用されてこなかった雷放電情報を独自の観測網で取得し、またどの方法でも困難であった積乱雲や台風の詳細な 3D 形状を人工衛星のオンディマンド運用で観測し、それらのデータを連携して解析することで、極端気象の精密監視を実現し、それを予測につなげる道筋を確立、それらの技術をフィリピン側に移転することである。そのために、台風、フィリピン全土、マニラ首都圏を観測する 3 種類の雷・気象観測網を構築、運用する体制を築き、リアルタイムでそのデータを共有するシステムを作成する。取得されたデータから、台風強度や降雨の短期予測への道筋を示す。また、フィリピンの 50kg 級超小型衛星開発と地上局設置、およびその運用の手法の確立のために、フィリピン側の活動の支援を行い、さらに得られたデータから雲の 3D モデルを作成する手法をフィリピン留学生とともに確立する。こうした、雷・気象観測網と超小型衛星に関する開発・運用をサポートするための、気象ゾンデ観測、航空機観測、地上雲観測の実施・支援も目的としている。

雷・気象観測網の構築・運用は、コロナの影響で作業が中断される中、フィリピン側の精力的な活動により、当初予定のフィリピン国内の観測拠点 60 箇所のうち 8 割の設置が完了し、2022 年度末にプロジェクト期間における設置作業を一旦終了した。この目標の 8 割の観測点は、実用上は目的を達するために十分な性能を達成しており、各種解析は順調に進んでいる。また台風観測網については設置を完了している。こうした観測網のデータを用いた雷放電位置評定のプログラム開発は完了しており、台風付近の雷頻度・分布の解析から、すべてのカテゴリーの台風において雷放電活動と台風強度に相関を見出すなど、世界初の成果をあげている。装置の設置方法はフィリピン側が完全に習得しており、設置場所の技術的検証も含め、高品質のデータ取得が自力でできるようになっている。またデータ解析についても、フィリピン留学生と短期研修参加者にキャパシティビルディングを実施しており、技術移転は 2022 年 9 月末に完了している。一方、コロナによる設置作業時間が約 2 年にわたって大幅に減速していた影響で、観測点に設置する機器の一部（インフラサウンドセンサー、フィールドミルなど）は 2022 年度末までに完了させる計画で鋭意作業を進めている。超小型衛星については、当該グループがフィリピン留学生と共に開発した同国の第 1 号衛星をプロジェクト開始時期（2016 年）に打ち上げ、その運用とデータ解析を留学生らと一体となって実施してきた。2018 年には 2 号機の打ち上げに成功し、その運用は現在も続いている（1 号機は 2020 年に寿命のため運用停止）。現在衛星運用は、帰国した留学生らを中心にフィリピン側のみで行われており、オンディマンドによる台風中心部を狙った拡大撮影を実施するなど、高度な技術を習得している。これらの衛星によるデータ解析はフィリピン留学生とともに実施され、留学生を筆頭著者とした雲の詳細な 3D 観測の報告は、Nature 系の雑誌に掲載された。名古屋大学との共同で実施した航空機観測では、台風の目の中の雲の高解像度撮影を実施し、世界で初めて階段上の構造を 3D で捉えることに成功し、投稿準備を進めている。台風を含む雲のステレオ観測例は 65 例に上り、現在も解析が進行している。一方、衛星のカメラを目標に向けるターゲットポインティングのフィリピン側の精度には課題があり、リアルタイムでの運用を試行するには更なるスキルの向上が必要である。当初目指していた雷・気象および衛星データに基づく、線形的な短期予測については、それらの関係についての定量的・統計的な研究が進み、また一部 AI を用いた予測実験で成果はあるものの、コロナによる装置設置の遅れとそれに伴う観測開始の遅延が響き、即時性の高い予測という点では発展途上にあり、引き続き解析と手法開発を行なっている状況にある。

台風や集中豪雨など、極端気象災害は世界中で甚大化が進んでいることが指摘されている。本プロジェクトでは、これまで本格的な利用がされてこなかった雷放電情報を、気象監視と予測に対する有効性を示し、それを活用することに目処をつけた。また最先端の気

象レーダーや静止気象衛星でも観測が不可能だった、雲の 3D 形状の把握が安価な超小型衛星で可能であることを示した。雷観測網、超小型衛星ともに、従来の気象観測や衛星に比べ、2 桁程度安価であり、開発途上国において大きな貢献が期待されるが、その精度の高さは、先進各国においても重要な気象情報のひとつになることは間違いない。フィリピンなどの熱帯地域での積乱雲観測や台風観測は、日本国内に比べ何倍もの情報を短期間に得る優れた方法でもある。ここで得られた経験は、日本における線状降水帯を含む豪雨被害や台風災害への対策に大きな貢献をすると考えられる。

本プロジェクトは、雷放電観測に経験のある北海道大学理学グループ、超小型衛星で国内随一の成功数・成功率を誇る東北大学工学グループ、熱帯地域の気候研究の中心の一つである東京都立大学の理学グループがタッグを組み、各グループの若手教員・研究者が中心になって、研究開発とフィリピンへのキャパシティビルディングを実施してきた。そこで育ったフィリピン留学生は自国に戻り、ASTI や新設されたフィリピン宇宙庁や UPD などで、同国の最先端科学技術を担う人材として活躍している。本プロジェクトは、アジア 9 カ国 17 機関で取り交わしたアジアマイクロサテライトコンソーシアム(AMC)の活動の一部でもあり、そうした環境の中で、両国の若手が協力するフレームを構築できたことは、今後気象災害に閉じず、広くリモートセンシングや宇宙開発利用におけるアジアひいては世界ネットワークの基礎となるものである。

研究題目 1（雷放電の稠密観測・Nation-Wide 観測）に関して

- 2016 年度から明星電気等の国内企業と共に、P-POTEKA および V-POTEKA の設計を進めてきた。2017 年度は P-POTEKA を 20 式、V-POTEKA を 4 式製造した。これに引き続き 2018 年度は P-POTEKA を 32 式、V-POTEKA を 8 式製造し、9 月に納品が完了した。これによって、P-POTEKA は全 52 式（内、2 式は予備機）、V-POTEKA は 12 式（内、2 式は予備機）の製造を完了させた。P-POTEKA および V-POTEKA は、国内で維持観測をするためにそれぞれ 1 式を予備機として国内に残し、残り全てをフィリピン側に輸送した。
- P-POTEKA に関して、2018 年度に 20 式、2019 年度に 15 式、2021 年度に 3 式、2022 年度に 2 式の、合計 40 式を設置した。本来は 2021 年度中に全ての設置を完了させる予定であったが、COVID-19 の影響から ASTI（フィリピン科学技術省先端科学技術研究所）のメンバーが設置場所に訪問できずにおり、新規設置と観測開始が遅れている。2022 年度に追加の設置を行い、2022 年度末にプロジェクト期間における設置作業を一旦終了することとした。設置できなかった機器に関しては、現時点では予備機としつつも、プロジェクト後も引き続き新規設置を進める方針とした。
- V-POTEKA に関して、2019 年度に 6 式、2022 年度に 1 式の、合計 7 式を設置した。本来は 2021 年度中に 10 式全ての設置を完了させる予定であったが、COVID-19 の影響から ASTI のメンバーが設置場所に訪問できずにおり、新規設置と観測開始が遅れた。2022 年度中に追加の設置を行い、プロジェクト期間終了までに合計 8 式の V-POTEKA をフィリピン全土に配備した。残りの 2 式は、現時点では予備機としつつ、プロジェクト後も引き続き設置の可能性を探ることとした。
- P-POTEKA に組み込む予定のインフラサウンドセンサについて、洞爺湖畔などでの打ち上げ花火を用いた試験観測を実施した。また、インフラサウンドセンサの観測帯域を変更するためのローパスフィルタを開発し、北海道大学で試験観測を実施中である。インフラサウンドセンサおよびローパスフィルタの作製とフィリピンでの P-POTEKA への取り付け作業を並行して進めた。2022 年度に、2 式のインフラサウンドセンサを P-POTEKA に取り付け、観測を開始した。プロジェクト終了後も引き続き、既設の P-POTEKA に追加して取り付けることを目指す。
- P-POTEKA のプレート型センサーによる準静電場観測データを用いて、落雷地点と消失電荷高度および電荷量を推定し、それを 3D 表示するまでの一連のプログラムの統合を

完了した。初期的なデータ解析から、フィリピンで発生した積乱雲の中で、落雷の消失電荷領域が時間によって高度変化することや、特定の斜めの平面に集中する場合があることを発見した。

- 従来の製品に比べ、高い耐久性を持ち、感度を落雷現象に最適化したフィールドミルセンサーを新たに開発した。コロナによって設置開始が遅れていたが、2022 年度中に 7 箇所の P-POTEKA に追加で取り付ける作業を完了した。このセンサーによって得られたデータからは、落雷発生前に積乱雲の発達を捉えることができるので、早期警報へ繋げて行く予定である。残りの 3 式のフィールドミルセンサーに関しては、現時点では予備機としつつ、プロジェクト後も引き続き P-POTEKA への追加設置を目指すこととした。
- V-POTEKA の雷データを 1 時間おきに自動解析して雷発生位置を推定し、ひまわり 8 号で得られた赤外雲画像上にプロットするとともに、その画像を HP に自動公開するような完全自動データ処理プログラムが完成した。これにより、雷活動の準リアルタイムでの監視と情報提供が可能となった。
- 2018 年から 2020 年の 3 年間に発生した台風と、V-POTEKA が検出した雷放電との相関解析を進め、全ての強度カテゴリの台風とで高い相関が認められるとともに、雷活動のピークが台風強度のピークに先行するという明瞭な時間差が確認された。しかも台風の強度カテゴリが弱いほど時間差が小さくなるという世界初の結果も得られた。
- P-POTEKA および V-POTEKA の観測器の概要と設置方法、取得データのフォーマットやデータ解析方法、VLF データから雷放電発生位置を推定する原理とソフトウェア、プレートセンサデータから雷放電中和電荷位置の推定原理とソフトウェア等について、ASTI・PAGASA・UPD の研究者らに短期研修を複数回行い、技術移転を行った。また、複数人の長期研修員を北海道大学に受け入れ、P-POTEKA および V-POTEKA のデータ解析や超小型衛星の雲画像データ解析に関する技術移転を行った。

研究題目 2（人工衛星による高精度雲観測）に関して

- フィリピンの DIWATA-1 衛星による連続雲画像から、雲頂の 3 次元構造を推定する手法に目処をつけた。この画像は数十 m の解像度を持つものであるが、こうした高い解像度の雲の立体撮像は、大型衛星も含めこれまでに例がない。高価な最先端の X バンドあるいは Ku バンドのレーダーでも積乱雲の詳細な撮像は容易ではないことを考えると、安価な衛星による高解像度立体観測は画期的な手段と言え、今後の極端気象観測に大きな変革をもたらすものである。
- 衛星を回転させることで複数の露光の間、対象物を視野内に収める技術の修練を行い、望遠光学系を用いた数 10m 以下の解像度での雲の立体撮像を世界で初めて成功させた。こうした 3D 雲観測手法について論文投稿を行い、Scientific Reports 誌に掲載された（2020 年 5 月）。
- 2022 年 10 月時点で、台風を含む雲のステレオ観測例は 65 例に上り、現在も解析が進行している。一方、衛星のカメラを目標に向けるターゲットポインティングのフィリピン側の精度には課題があり、リアルタイムでの運用を試行するには更なるスキルの向上が必要であるが、技術の向上には目を見張るものがあり、彼ら自身の鍛錬によって、近い将来目標とする精度や安定性が達成されると期待される。
- 2020 年の台風 9 号（Maysak）について、その中心部を狙った超小型衛星によるターゲットポインティング撮影に成功し、これまでにない精緻な台風中心部の 3D モデルを作成した。また、超小型衛星により、積乱雲が対流圏界面を超えて発達したプリュームと思われる構造の観測に成功した。2021 年は台風 2 号、14 号、16 号、22 号について目と壁雲の撮像、トンガ火山噴火の撮像、水蒸気のスペクトル観測を DIWATA-2 で計 27

回実施した。

- 衛星と航空機の同時観測では、ドロップゾンデキャンペーンを実施した 2018 年の台風 24 号の衛星と航空機からのステレオ観測に初めて成功し、台風の目の中の雲の３次元構造の推定を実施した。2021 年には DIWATA-2 と名古屋大学の航空機観測が同時刻に台風 16 号の目の観測に成功した。
- 2018 年 10 月にフィリピンとして 2 機目となる超小型衛星 DIWATA-2 の打ち上げに成功し、運用を継続している。
- 衛星地上運用設備を、2019 年 12 月に設置し試験観測を完了したが、その後不具合が発生した。新型コロナウイルスの影響で修復作業が伸びていたが、2022 年度に完了した。
- 日本（北海道大学・東北大学）が中心になって開発した RISESAT 衛星が 2019 年 1 月に打ち上げられ、2019 年度からは、本格運用を開始し、地上との連携観測やタール火山の観測で活用されている。
- 2020 年と 2021 年に、超小型衛星と地上カメラによる雲の立体撮影キャンペーンを東京および札幌で実施、成功した。

研究題目３（外挿的手法を用いた短時間予測技術の確立）に関して

- 2018 年 9 月に発生した台風 24 号を対象に、航空機によるドロップゾンデ観測を実施した。フィリピンの航空会社 Asian Aerospace 社と協力し、クラーク空港の施設を利用するため、2018 年 2 月に現地調査を行った。2018 年 9 月 25 日－28 日の 4 日間航空機による 63 個のドロップゾンデ観測を実施し、機内からの台風の目の立体撮像に成功した。航空機には ASTI の職員も同行した。事前に日本で航空機観測のデータ解析の研修も実施した。2021 年 10 月 29 日には ASTI や PASAGA を含めた航空機観測に関する国際ワークショップを開催した。
- マニラ首都圏近郊にある PAGASA のタナイ気象台にて、2019 年 7－9 月に 1 日 4 回のラジオゾンデ観測と計 10 回の雲粒子ゾンデの集中観測を実施した。2018 年 9 月にタナイ気象台を訪問し、実施に向けた現地調査を行った。観測は PAGASA や ASTI 職員も実施し、技術移転を行った。集中観測期間中にマニラ首都圏に展開中の P-POTEKA で日雨量 150mm 以上の豪雨が観測され、フィリピンの雨季の集中豪雨時の大気の鉛直分布の観測に成功した。
- 2018 年 7 月に ASTI の屋上にビデオカメラを設置し、雲の連続観測を実施している。
- 台風通過時の気圧変化を測定する微気圧計を 2018 年 8 月にアパリ気象台、2019 年 8 月にビラクとギアン気象台に設置し、連続観測を開始した。
- P-POTEKA の降水量・気温・気圧・風・湿度のデータを用いて機械学習させることによって、マニラ首都圏の降水量の短時間予測を試験的に実施した。強い降水は再現できたが、時間発展させると現実との差があり、改善が必要である。P-POTEKA データを用いた機械学習で降水量の短時間予測の手法は、プロジェクト終了後に ASTI に技術移転する予定である。
- P-POTEKA の気象データの解析からマニラ首都圏の強い降水に先行して、30 分から１時間前に海風と異なる風向に変化する事例が見られ、短時間予測に向けた研究結果が得られた。
- 台風発生時に台風周辺の積乱雲が発達し、雷頻度が急増する特徴を発見した。フィリピンに近い海域で発生する台風に見られる傾向があり、台風発生予測の判断に利用が期待される。
- 当初目指していた雷・気象および衛星データに基づく、線形的な短期予測について

は、上記のように、それらの関係についての定量的・統計的な研究が進み、また一部 AI を用いた予測実験で成果はあるものの、コロナによる装置設置の遅れとそれに伴う観測開始の遅延が響き、即時性の高い予測という点では発展途上にある。プロジェクト終了後速やかに短期予測を実現できるようになることを目指し、引き続き解析と手法開発を行なっている状況にある。

研究題目 4（情報提供システムの確立）に関して

- マニラ首都圏と Nation-wide に展開している雷・気象観測システム P-POTEKA, V-POTEKA で観測している気象データをリアルタイムで表示するウェブサイトを ASTI が 2019 年に作成した。
- 2020 年 8 月に雷放電位置推定するソフトウェアを開発し、Web 上に雷放電位置を表示するシステムを開始した。
- 2021 年には過去 1 時間の雷放電位置推定するソフトウェアを開発し、準リアルタイムで Web 上に雷放電位置を表示するシステムを開始した。
- ASTI が作成したマニラ首都圏に展開している雷・気象観測システム(P-POTEKA)と Nation-wide に展開している雷・気象観測システム（V-POTEKA）が観測している気象データをリアルタイムで表示するウェブサイトの試験運用を実施し、P-POTEKA を設置した地権者に情報提供を行っている。台風監視網の雷放電位置を計算するプログラムを ASTI に技術移転を行い、雷放電位置を準リアルタイムで計算し表示するウェブサイト作成する準備ができている。このため、研究題目 1 で進めた台風強度予測と研究題目 3 で進めた豪雨予測情報を公開するためのプラットフォームを ASTI が準備できている。

(2) 研究題目１：「雷放電の稠密観測・Nation-Wide 観測」（リーダー：高橋幸弘・北海道大学）

①研究題目１の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

本プロジェクトの研究題目１では、マニラ首都圏に稠密配備する雷・気象観測システム（以降、P-POTEKA と記す）と、フィリピン全土に配備する Nation-Wide 型の雷・気象観測システム（以降、V-POTEKA と記す）を日本国内で開発・製造し、フィリピンに輸送後、現地に配備する。それらで得られる観測データから雷活動を監視し、台風や豪雨等の極端気象の直前予測に資する情報を準リアルタイムに得ることを目的とする。以下に、本研究題目の各成果目標の達成状況とインパクトを報告する。

(i) P-POTEKA および V-POTEKA の開発，製造，国内での動作確認試験

1　設計・製造と輸送

P-POTEKA は、気温・湿度・気圧・風向風速・雨量の気象データを得るための気象センサ（POTEKA AWS)、マニラ首都圏およびその周辺数 10 km の範囲で発生する雷放電を検出するためのプレート型センサ、インフラサウンドセンサ、フィールドミルセンサで構成される。一方、Nation-Wide 型の V-POTEKA では、POTEKA AWS に加えて、雷放電からの VLF 帯電波を検出するための VLF 受信器で構成される。2016 年度から明星電気等の日本国内企業と共に、P-POTEKA および V-POTEKA の設計を進めてきた。2017 年度は P-POTEKA を 20 式、V-POTEKA を 4 式製造した。これに引き続き 2018 年度では P-POTEKA を 32 式、V-POTEKA を 8 式製造し、9 月に納品が完了した（図(2)-1)。これによって、P-POTEKA は全 52 式（内、2 式は予備機)、V-POTEKA は 12 式（内、2 式は予備機）の製造を完了させた。

P-POTEKA および V-POTEKA は、国内で維持観測をするために 1 式を予備機して国内に残し、残り全てをフィリピン側に輸送した（図(2)-2)。

以上により、P-POTEKA および V-POTEKA の設計・製造と輸送は、<u>当初の目的を全て達成</u>した。

図(2)-1. 製造完成した P-, V-POTEKA の観測器群と、検収の様子。

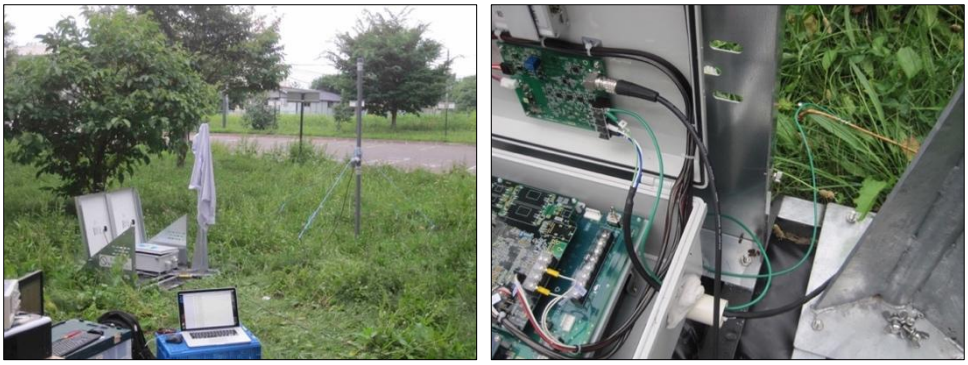
図(2)-2. (左) 輸送を待つ P-, V-POTEKA 観測器群と、(右) 現地での荷物受入れの様子。

2　国内での動作確認試験，予備機維持観測の実施

製造完了した P-POTEKA および V-POTEKA を用いて、国内において動作確認試験を実施し、要求仕様・性能を達成しているか確認を行った（図(2)-3)。その結果、ハードウェアおよびソフトウェアの全てにおいて要求性能を基本的に満たしていることを確認した。一部改修が必要なハードウェア部・ソフトウェア部については、製造元企業である明星電気が適宜無償対応することで、これら問題を解決した。

その後、引き続きの機能検証、耐候性の検証、現地トラブルの迅速対応等を目的として、フィリピンへの輸送から除外していた P-POTKEA および V-POTKA のそれぞれ 1 式を北海道大学敷地内にセットアップし、現在もなお維持観測を継続している（図(2)-4)。

以上により、P-POTEKA および V-POTEKA の国内における動作確認試験と、予備機を用いた維持観測の実施について、当初の目的を全て達成している。


図(2)-3. 国内で実施した動作確認試験の様子。

図(2)-4. 北海道大学の敷地内に設置した P-POTEKA および V-POTEKA。現在も維持観測を実施中。

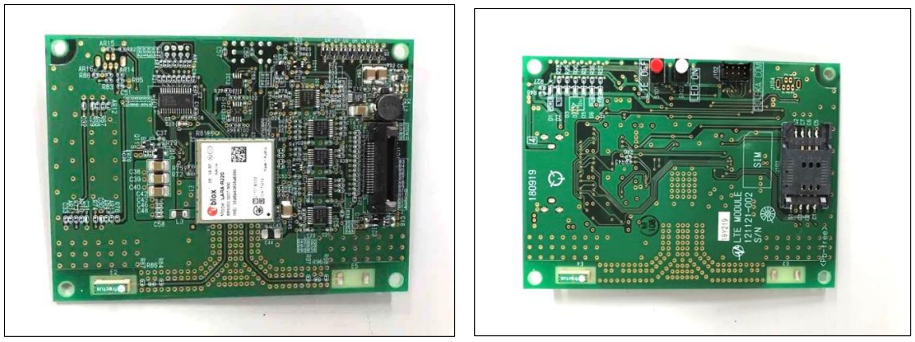
3　予備機器の製造と輸送

本プロジェクトのフィリピン側カウンターパートの ASTI と、プロジェクト実施後に機器を引き継ぐ PAGASA から、観測機器群が故障した場合に備えて予備機器を装備しておきたい旨の要求を受けた。実際に、2020 年台風 19 号（Rolly）の直撃によって Legazpi 局 V-POTEKA の VLF アンテナが破損するなどの被害も出たので、欠測なき観測の継続と破損時の速やかな復旧を第一に考えれば、予備機器を備えておくことは重要である。そこでプロジェクトでは、表(2)-1 に掲げる機器を追加で製造し、予備機器として備えておくことを決定した。

なお、現 P-POTEKA および V-POGEKA はデータ通信のために 3G 電話回線を用いているが、より大容量・高速のデータ転送を可能とするため、LTE 電話回線モジュール（図(2)-5）も新たに 60 式製造することとした。これらは製造・輸送後に、現地にて逐次 3G モジュールを LTE モジュールに換装することとしたが、輸出入手続きに時間がかかりプロジェクト期間終了間際に ASTI に製品が届いた。このため、プロジェクト終了後に逐次置き換えることを目指すこととした。

表(2)-1. 新たに製造した予備機器一覧

品名	数量
P-POTEKA システム 一式	2 台
V-POTEKA システム 一式	2 台
LTE モジュール	60 台
POTEKA AWS	10 台
POTEKA AWS 交換用温湿度センサ	20 台
雨量計	10 台
P-POTEKA 用 プレートセンサ	10 台
P-POTEKA 用 電源通信 BOX	4 台
V-POTEKA 用 電源通信 BOX	4 台
各センサ予備ケーブル	—



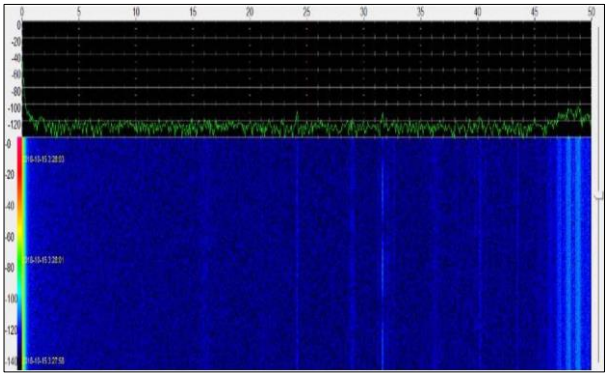
図(2)-5. 新たに製造した LTE モジュール。

(ii)P-POTEKA および V-POTEKA の設置場所選定

1　ノイズ環境測定

P-POTEKA および V-POTEKA を設置するにあたり、候補地が適切なノイズ環境であるかを事前に計測する作業を進めた。持ち運びが容易な簡易計測装置を用いて、DC-50 kHz の周波数帯域でのノイズ環境を計測した（図(2)-6)。P-POTEKA を設置するマニラ首都圏にあっては、DC 付近のノイズレベルが-60 dB 程度、V-POTEKA を設置する場所においては、背景のノイズレベルが-120 dB 程度で、かつ DC-50 kHz 帯において特定の周波数に高いノイズが存在しないことを設置条件とした。これらのノイズ環境計測を進め、最終的な候補地を絞り込んだ。

このノイズ環境測定の結果、P-POTEKA および V-POTEKA の設置場所の決定がスムーズに行われ、当初の目的を達成している。

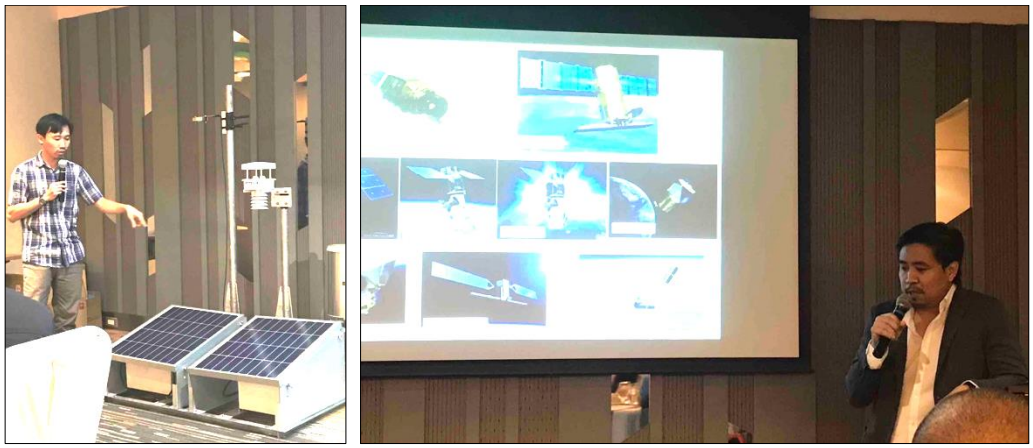


図(2)-6.　（左）ノイズ環境計測を実施している様子。（右）ノイズ計測結果の例。

②　ステークホルダーミーティングの開催

マニラ首都圏の 50 カ所に P-POTEKA を設置するためには、設置場所の土地管理機関からの許可と覚書き（MOU）の締結が必要となる。この手続を簡便化するために、P-POTEKA の設置を通じた本プロジェクトへの貢献に興味を示す機関を一堂に会した、ステークホルダーミーティングを 2018 年 8 月 30 日に実施した（図(2)-7)。このミーティングに 16 の機関から 41 名が参加者したことからも分かるとおり、本プロジェクトへの期待が大きいことを示している。ミーティングでは、ASTI のメンバーが本プロジェクトの目的と観測内容の説明を行うとともに P-POTEKA の実機を披露して、参加を呼びかけた。その結果、多くの機関から設置に向けた手続を開始することが約束された。

このようなステークホルダーミーティングの開催によってマニラ首都圏における P-POTEKA の設置場所候補地の選定作業がスムーズに行われ、当初の目的を達成した。



図(2)-7. 2018 年 8 月 30 日に Novotel Manila Hotel で開催されたステークホルダーミーティングの様子。

(iii) P-POTEKA および V-POTEKA の設置

1 フィリピンでの試験観測の実施

P-POTEKA および V-POTEKA の国内での製造が進む中、それに先行して P-POTEKA および V-POTEKA に共通する重要な基幹装置である電源制御・データ処理装置部分（電源・通信ボックス）の機能評価と、VLF 帯電波受信器による雷観測の検証を主目的として、簡易的な V-POTEKA システムを先行してフィリピンに輸送し、試験観測を 2017 年度に実施した（図(2)-8)。その結果、特に大きな問題なく雷由来の電波を検出し、安定した動作を行うことを確認した。これを受けて、マニラ首都圏における P-POTEKA の配備と、フィリピン全土への V-POTEKA の配備は問題無く進めて良いと判断した。

この試験観測の実施によって、来る本観測をスムーズに実施することができる目処が立ったことから、本項目に関しては当初の目的を達成した。

図(2)-8. マニラ首都圏のサイエンスガーデンで実施した試験観測の様子。

2 P-POTEKA および V-POTEKA の設置

iii-①の成功を受けて、P-POTEKA および V-POTEKA の配備を進めた。

マニラ首都圏の P-POTEKA の設置に関し、2018 年度は合計 20 式の P-POTEKA を配備した（図(2)-9, -10)。続く 2019 年度は、15 式の P-POTEKA の設置を完了させ、合計 35 式の観測体制となった。2018 年度に逐次進めた P-POTEKA の設置と運用の結果、台風シーズンを過ぎても安定した動作が認められた。また、特に機器の損傷などは認められなかった。こ

のため、P-POTEKA の設計変更等は特段必要とすること無く、引き続き 2019 年度以降も製造した P-POTEKA をマニラ首都圏に設置することとした。ASTI では設置作業のための専門スタッフを雇用しており、設置作業の習熟度はかなり高く、1 日で 2 箇所に連続して設置することもあった。2020 年 3 月末時点で合計 40 箇所の設置を完了させる予定であったが、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の影響でマニラ首都圏がロックダウンされ、ASTI のメンバーも設置作業を進めることができなかった。このため 2019 年度末までで 35 箇所の設置に留まったが、残りの箇所は活動再開後速やかに設置を行う予定とした。その後も COVID-19 の事態は膠着状態が続いたが、その中でも P-POTEKA の設置を進め、2021 年度に 3 式、2022 年度に 2 式を配備した。ただし、Valenzuela Brgy. Ugong のサイトでは、敷地内工事の関係から撤去を余儀なくされた。このため、2022 年 7 月現在で、39 式の P-POTEKA が稼働しており、全体（50 式）のうちの 78%に相当する。その後、3 箇所（Las Piñas Dr. Felimon, C. Aguliar Memorial Colleage), (Rescue Emergency Disaster (RED), Pasig), (New Bilibid Prison (NBP), Muntinlupa City)に関しては地権者からの撤去要請があり、2022 年末までに撤去を完了させた。一方、未設置となっている P-POTEKA については、2022 年末に新たに 3 拠点に設置を行なった。

よって、プロジェクト終了までに、合計 39 式（=39 式-3 式+3 式）の P-POTEKA がマニラ首都圏で稼働することとなる。50 式のうち残りの 11 式（撤去分を含む）は、予備機として保管することとした。プロジェクト終了後も日本側チームと ASTI が連携して、予備機を用いた追加の新規設置を目指すこととする。

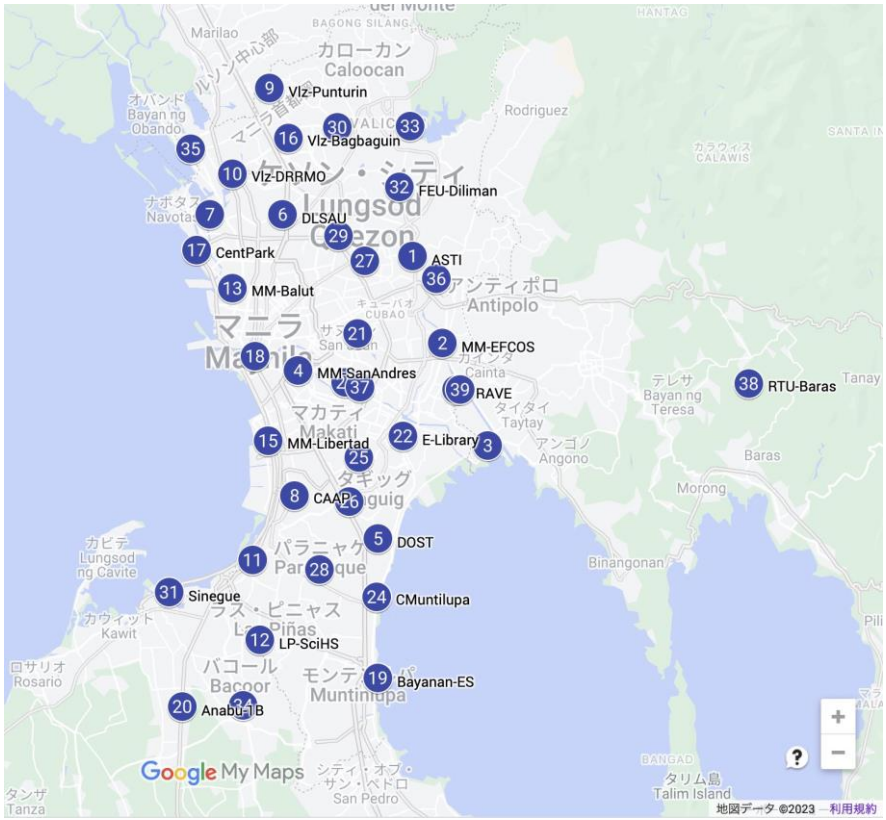
以上のように、設置した P-POTEKA の台数のみで評価すると、プロジェクト終了時の 2023 年 3 月末時点では当初目標の約 80%の達成度となった。

図(2)-9. マニラ首都圏の Pasig RAVE における P-POTKE 設置の様子。地面に P-POTEKA を設置する場合は、有刺鉄線付きのフェンスを設置することで観測機器が盗難・破損被害を被らないよう対策をとっている。

図(2)-10. マニラ首都圏の Rescue Emergency Disaster Pasig における P-POTKE 設置の様子。

表(2)-2. P-POTEKA の設置場所（2023 年 3 月末現在）。

No.	設置箇所名称	設置年月日	緯度（° N)	経度（° E)
1	ASTI	2018/ 06/ 29	14.6471	121.0721
2	MMDA EFCOS	2018/ 11/ 21	14.5987	121.0892
3	MMDA Tapayan	2018/ 11/ 22	14.5414	121.1156
4	MMDA San Andres	2018/ 11/ 23	14.5837	121.0061
5	DOST	2019/ 01/ 22	14.4896	121.0521
6	De la Salle Araneta University	2019/ 01/ 24	14.6705	120.9974
7	MMDA Catmon	2019/ 01/ 28	14.6706	120.9552
8	CAAP	2019/ 01/ 29	14.5141	121.0044
9	Valenzuela Brgy. Punturin	2019/ 02/ 11	14.7409	120.9899
10	Valenzuela DRRMO	2019/ 02/ 13	14.6934	120.9683
11	Las Piñas Elias Aldana Brgy. Hall	2019/ 02/ 20	14.4778	120.9799
12	Las Piñas Science High School	2019/ 02/ 21	14.4331	120.9844
13	MMDA Balut	2019/ 02/ 28	14.6297	120.9687
14	Pasig RAVE	2019/ 03/ 06	14.5729	121.0974
15	MMDA Libertad PS	2019/ 03/ 11	14.5447	120.9893
16	Valenzuela Brgy. Bagbaguin	2019/ 03/ 13	14.7134	121.0009
17	Navotas Centennial Park	2019/ 03/ 14	14.6509	120.9475
18	Unibersidad de Manila	2019/ 05/ 22	14.5917	120.9815
19	Bayanan Elementary School, Muntinlupa City	2019/ 06/ 04	14.4119	121.0522
20	Anabu 1-B	2019/ 06/ 06	14.3961	120.9398
21	Xavier School, San Juan City	2019/ 07/ 08	14.6040	121.0406
22	E. Library, Technological College, Pateros City	2019/ 07/ 11	14.5467	121.0666
23	C3 Building, Mandaluyong City	2019/ 08/ 30	14.5769	121.0335
24	Colegio de Muntilupa	2019/ 09/ 04	14.4575	121.0513
25	NAMRIA, Taguig City	2019/ 09/ 06	14.5354	121.0412
26	Technological University of Philippines, Taguig City	2019/ 10/ 14	14.5107	121.0358
27	PAGASA Science Garden Complex, Quezon City	2019/ 10/ 28	14.6449	121.0444
28	Greenheights Subdivision, Paranaque City	2019/ 10/ 28	14.4728	121.0185
29	Quezon City Science High School	2019/ 12/ 17	14.6589	121.0298
30	Brgy. Nagkaisang Nayon	2020/ 01/ 29	14.7192	121.0285
31	Brgy. Sineguelasan, Bacoor City	2020/ 03/ 12	14.4599	120.9320
32	FEU-Diliman, QC station	2022/ 02/ 14	14.6857	121.0646
33	La Mesa Eco Park, QC station	2022/ 02/ 15	14.7199	121.0706
34	UPHSD-Molino Campus, Bacoor	2022/ 02/ 22	14.3968	120.9744
35	Brgy. Pariancillo, Valenzuela City	2022/ 06/ 02	14.7073	120.9445
36	Brgy. Tanong, Marikina City	2022/ 06/ 30	14.6346	121.0857
37	Rizal Technological University, Boni	2022/ 12/ 20	14.5745	121.0415
38	Rizal Technological University, Baras	2022/ 12/ 27	14.5763	121.2651
39	Rizal Technological University, Pasig	2022/ 12/ 27	14.5734	121.0990



図(2)-11. P-POTEKA を設置した箇所を示す地図。(2023 年 3 月末現在)

一方、Nation-Wide 用の V-POTEKA の設置も同時進行で進めている。2018 年度は、フィリピン大学ロスバニョス校（UPLB）に隣接する農業気象観測所への V-POTEKA の設置を行った（図(2)-12)。同観測所でのノイズ環境調査を 2018 年 6 月に実施し、V-POTEKA 設置に問題ない電磁環境であることを確認した。そこで同観測所への V-POTEKA 設置を 2018 年 11 月 27 日に実施した。現在まで観測システムは問題なく順調に稼働している。そのため、これに続いて 2019 年度はプエルトプリンセサ、レガスピ、ダバオ、ダグパン、ムニョスの合計 5 箇所に V-POTEKA を設置した。2021 年度内に合計 10 箇所への設置を完了させる予定であったが、COVID-19 の影響で ASTI のメンバーの行動が制限されるようになり、設置作業を予定通りに進めることができなかった。しかしながら、2022 年度になるとそれは徐々に緩和されており、2022 年 5 月には新規に 1 式をタクロバンに、11 月にはイロイロに設置した。2023 年 3 月末時点で、合計 8 式の V-POTEKA が稼働している。

2023 年 3 月末現在の V-POTEKA 設置場所のリストは表(2)-3 の通り。また、V-POTEKA の分布を示す地図を図(2)-13 に示す。V-POTEKA は幾度となく台風の直撃を受けたが、レガズピ局で VLF 電波受信用のアンテナが破損したという 1 件のトラブルが起きたものの、それを除いて目立って大きな機器の損傷などは生じていない。このことから V-POTEKA は十分な耐候性を有すことが証明された。

なお、未設置となっている残り 2 式については、予備機とすることとし、プロジェクト終了後も日本側チームと ASTI が連携して、可能な限り新規設置を進めることとした。

以上のように、設置した V-POTEKA の台数のみで評価すると、当初目標の 80%の達成度となった。

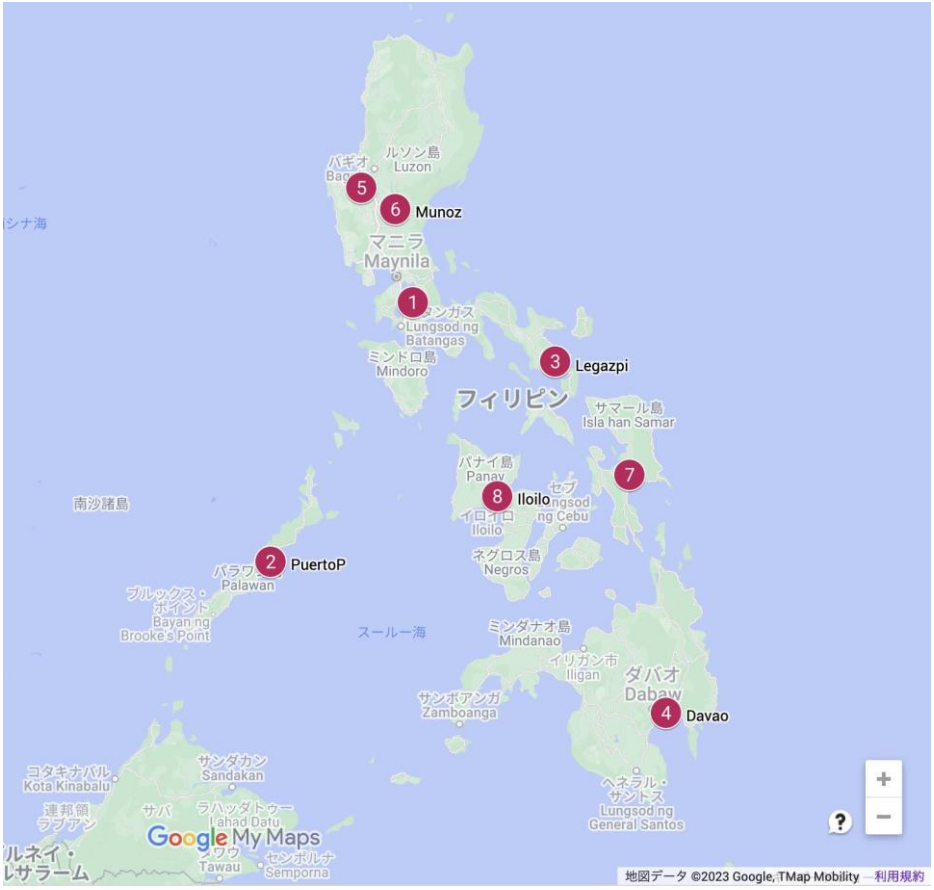
なお、P-POTEKA および V-POTEKA に搭載されている二次電池は、設置からおよそ 2 年半程度経年すると劣化し、十分に充放電できなくなる。このため、初期に設置した P-POTEKA および V-POTEKA では、電源電圧が低下した事による観測停止状態となっている機器が存在する。2021 年からこの事態は多くのサイトで発生し、この点は ASTI も認識していたが、COVID-19 の影響で二次電池交換作業を行うことができなかった。ASTI メンバーの行動制限

が緩和された 2022 年度からは、精力的に保守作業を進め、現在はこれを原因とする観測停止のサイト数は数カ所に留まる程回復を見せている。

図(2)-12. UPLB の農業気象観測所における V-POTEKA 設置の様子。

表(2)-3. V-POTEKA の設置場所（2023 年 3 月末現在)。

No.	設置箇所名称	設置年月日	緯度（° N)	経度（° E)
1	UPLB	2018/ 11/ 27	14.1650	121.2501
2	Puerto Prinsesa, Palawan	2019/ 06/ 18	9.7400	118.7586
3	Legazpi	2019/ 06/ 26	13.1507	123.7283
4	Davao	2019/ 07/ 25	7.1280	125.6549
5	PAGASA-Dagupan	2019/ 11/ 29	16.0870	120.3519
6	PAGASA-Muñoz	2020/ 02 /12	15.7359	120.9368
7	PAGASA-Tacloban	2022/ 05/ 23	11.2300	125.0253
8	PAGASA-Iloilo	2022/ 11/ 09	10.7727	122.5792



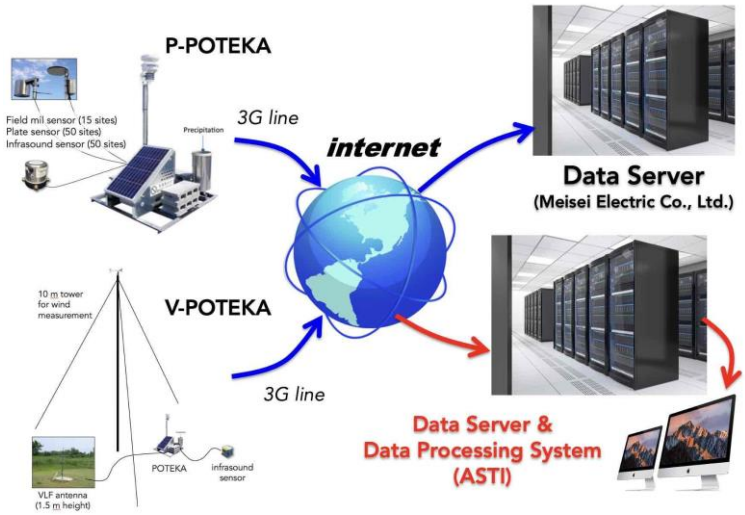
図(2)-13. V-POTEKA を設置した箇所を示す地図。(2023 年 3 月末現在)

3　P-POTEKA および V-POTEKA のデータ配信先更新

2019 年 1 月までは、設置した P-POTEKA および V-POTEKA のデータは全て明星電気のデータサーバにのみ転送され保存されるような仕組みとなっていた。この場合、データ保全と冗長性の観点でリスクが高く、今後のプロジェクト推進に不都合が生じる可能性があった。そこで、P-POTEKA と V-POTEKA に搭載されているソフトウェアの変更と、ASTI のデータサーバにおける受信データの自動処理ソフトウェアを新たにインストールする作業を実施することとした。2019 年 1 月 30 日に北大の研究者 1 名と明星電気の技術者 1 名が ASTI に赴いてソフトウェアの更新作業を実施し（図(2)-14)、無事に P-POTEKA と V-POTEKA のデータが明星電気と ASTI のそれぞれのデータサーバに配信されることを確認した。これにより、データの保存先が二重冗長となり、リスクの低減化が図られた（図(2)-15)。

本項目は当初計画には含まれていなかったが、プロジェクト遂行中に ASTI と協議した結果、高い必要性を認めたため急遽実施することにした。冗長性が確保されたことから、当初目的を上回る成果といえる。

図(2)-14. 2019 年 1 月 30 日に ASTI にて実施したデータ配信先ソフトウェア変更作業の様子。

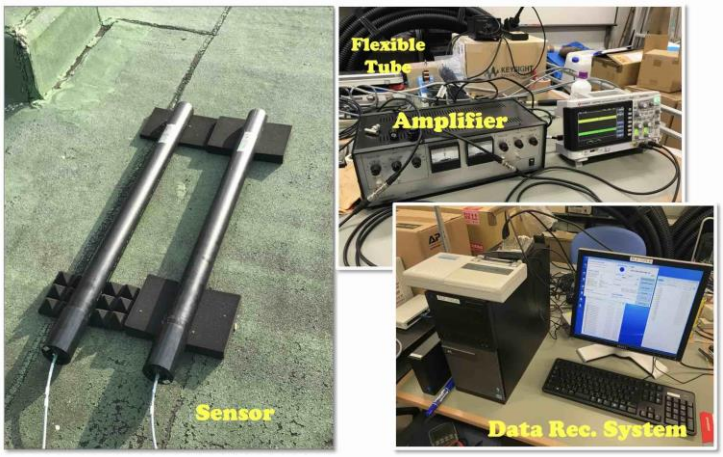


図(2)-15. 2019 年 2 月以降の P-POTEKA および V-POTEKA のデータ伝送・管理体制を示す概念図。

(iv)ELF システム，インフラサウンドセンサ，フィールドミルセンサの試験観測

本プロジェクトでは ELF 波動観測装置を 1 式フィリピンに設置し、観測した波形データから雷放電電荷量を経験的に推定することにしている。ELF 波動観測装置は V-POTEKA を設置している UPLB・農業気象観測所に設置する予定であるが、これに先立ち 1Hz-1kHz の ELF 帯のノイズ環境計測を 2018 年 8 月 29 日に実施した（図(2)-16)。観測所が街中にあるため磁界ノイズレベルは約±250pT と相当高いが、ELF 波動観測が不可能なほどではないため、この場所に設置する方針とした。国内で ELF 波動観測装置のセットアップを進め（図(2)-17)、2022 年 6 月に ASTI に向け輸送を行った。2022 年 11 月 15-17 日にかけて本観測装置を UPLB・農業気象観測所に設置し（図(2)-18)、連続観測を開始した。

図(2)-16. 2018 年 8 月に実施した ELF 帯ノイズ計測の様子。

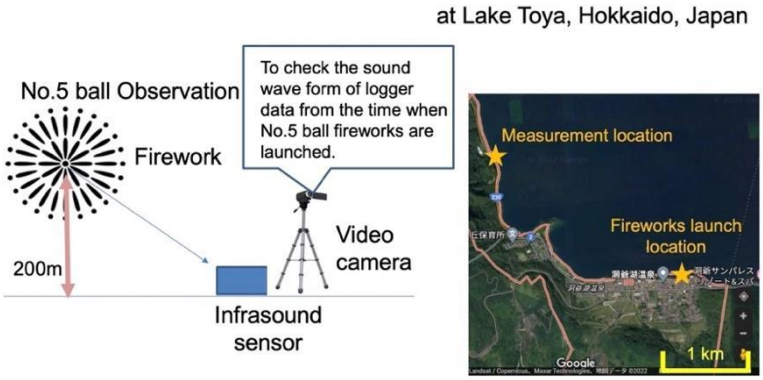


図(2)-17. 完成した ELF 波動観測装置一式。

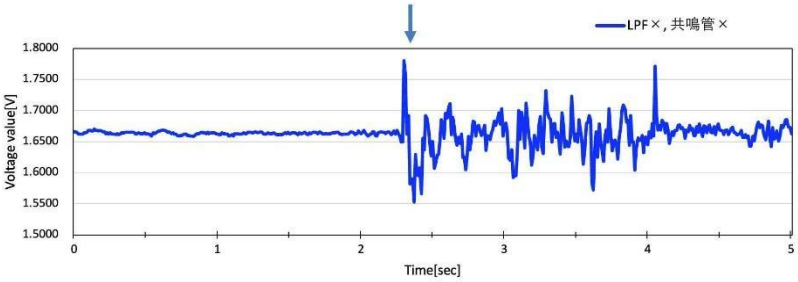
図(2)-18. 2022 年 11 月に UPLB・農業気象観測所に設置した ELF 波動観測装置。

マニラ首都圏に展開している P-POTEKA の全機に、インフラサウンドセンサを追加で取り付けることとしている。この目的は、雷放電の放電エネルギーを推定することと、伝搬速度が音速であることを利用してプレートセンサデータや VLF データよりも高精度に雷放電発生位置を推定することを目的としている。2018 年度には全 50 式のインフラサウンドセンサの調達は完了していたが、その後国内での較正試験と試験観測を進めてきた。洞爺湖での花火を使った較正試験（図(2)-19）や、北大キャンパスからの雷観測（図(2)-20）などを進めた。その結果、雷放電由来のインフラサウンドを計測するには約 10 Hz 以下の周波数帯域が重要で、これに対して元来のインフラサウンドセンサの周波数帯域は 0.1-1000 Hz と広帯域となっていることから、ローパスフィルタ（LPF）で 10 Hz より高い周波数帯域をカットする必要があることを突き止めた。現在、そのためのアナログ LPF 回路を試作しており（図(2)-21)、2022 年 8 月にマニラ首都圏の 3 箇所の P-POTEKA に取り付けて観測を開始した（図(2)-22)。さらに 2022 年 12 月には追加で 3 箇所の P-POTEKA にインフラサ

ウンドセンサを取り付けた。この結果を受けて、残りの 39 式分（=45 式-6 式）の LPF を製作し、2022 年度内に ASTI に輸送して、随時インフラサウンドセンサと LPF を P-POTEKA システムに組み込んでもらう予定である。なお、全 50 式中 34 式のインフラサウンドセンサは、2022 年 6 月に既に ASTI に輸送済みである。残りの 16 式については、国内での試験観測が完了後、2022 年度内に輸送完了した。



図(2)-19. 洞爺湖における花火を使ったインフラサウンドセンサの試験観測の実施概念図。

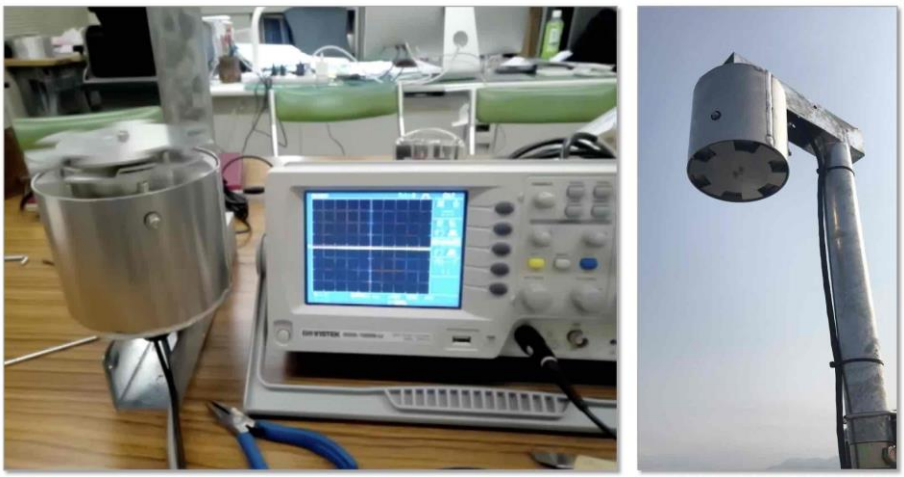


図(2)-20. 北大キャンパスで観測した雷放電由来のインフラサウンド波形データ。

図(2)-21. 試作しているインフラサウンドセンサ用ローパスフィルタ（LPF）回路。

図(2)-22. ケソン市に設置してある P-POTEKA に取り付けたインフラサウンドセンサ。

インフラサウンドセンサに同じく、マニラ首都圏に展開している P-POTEKA の 10 機に、フィールドミルセンサを追加で取り付けることとしている。この目的は、プレート型センサと同様に雷放電の発生位置を 3 次元で推定することと、プレート型センサのデータをフィールドミルセンサのデータで較正することを目的としている。2019 年度には全 10 式のフィールドミルセンサの開発と製造は完了している（図(2)-23)。全 10 機は既に ASTI に輸送済みである。2022 年 10 月には、10 式中 3 式を P-POTEKA に取り付けた（図(2)-24)。さらに、2022 年度内に追加で 4 式のインフラサウンドセンサを取り付け、プロジェクト終了時点の 2023 年 3 月末時点で合計 7 式が稼働している。



図(2)-23. 国内で開発済みのフィールドミルセンサ。

図(2)-24. マニラ首都圏の P-POTEKA に設置したフィールドミルセンサ。(左)MMDA Libertad および(右)TUP Taguig の P-POTEKA に取り付けたフィールドミルセンサ。

以上のように、追加で設置する機器のうち ELF 波動観測装置については設置が完了、インフラサウンドセンサおよびフィールドミルセンサについては、現地への実装を 2022 年度内に進め、ともに 7 式の設置を完了させた。プロジェクト終了後も可能な限り追加配備を進める方針である。

(v) 短期研修の実施

本プロジェクトでは、幾度となく対面式およびオンラインにて短期研修を実施してきた。2018 年 1 月にはカウンターパートである ASTI の研究者を招聘し、試験観測用として国内に残した 1 式の P-POTEKA および V-POTEKA を用いて機器の概要や組立て方法を教授する短期研修を実施した（図(2)-25)。

さらに、P-POTEKA および V-POTEKA で得られるデータのフォーマットや処理方法、気象データの表示方法などを教授するため、2018 年 6 月 28 日から 7 月 3 日にかけて短期研修を北海道大学にて実施した（図(2)-26)。この短期研修のために、ASTI から 4 名の研究者が北大を訪問した。6 月 29 日に北大・久保田から台風やそれに関連する気象現象の説明が行われ、気象データを計算機上で表示させるまでの実習を行った。続いて 7 月 2 日には北大・佐藤が、P-POTEKA と V-POTEKA のデータフォーマット、取得データがデータサーバに送信・保存されるまでの仕組み等について説明が行われ、ASTI に設置する準リアルタイムデータ処理用の計算機を組み立てて、明星電気のデータサーバから cron job を用いた自動データの取得を行う実習を行った。

この他にも 2019 年 3 月 25-26 日には、PAGASA からの研究者が北海道大学を訪れ、ULAT プロジェクトで用いている観測器、データの保存方法、データフォーマット、データ解析方法、保守の方法等についての短期研修を実施した。

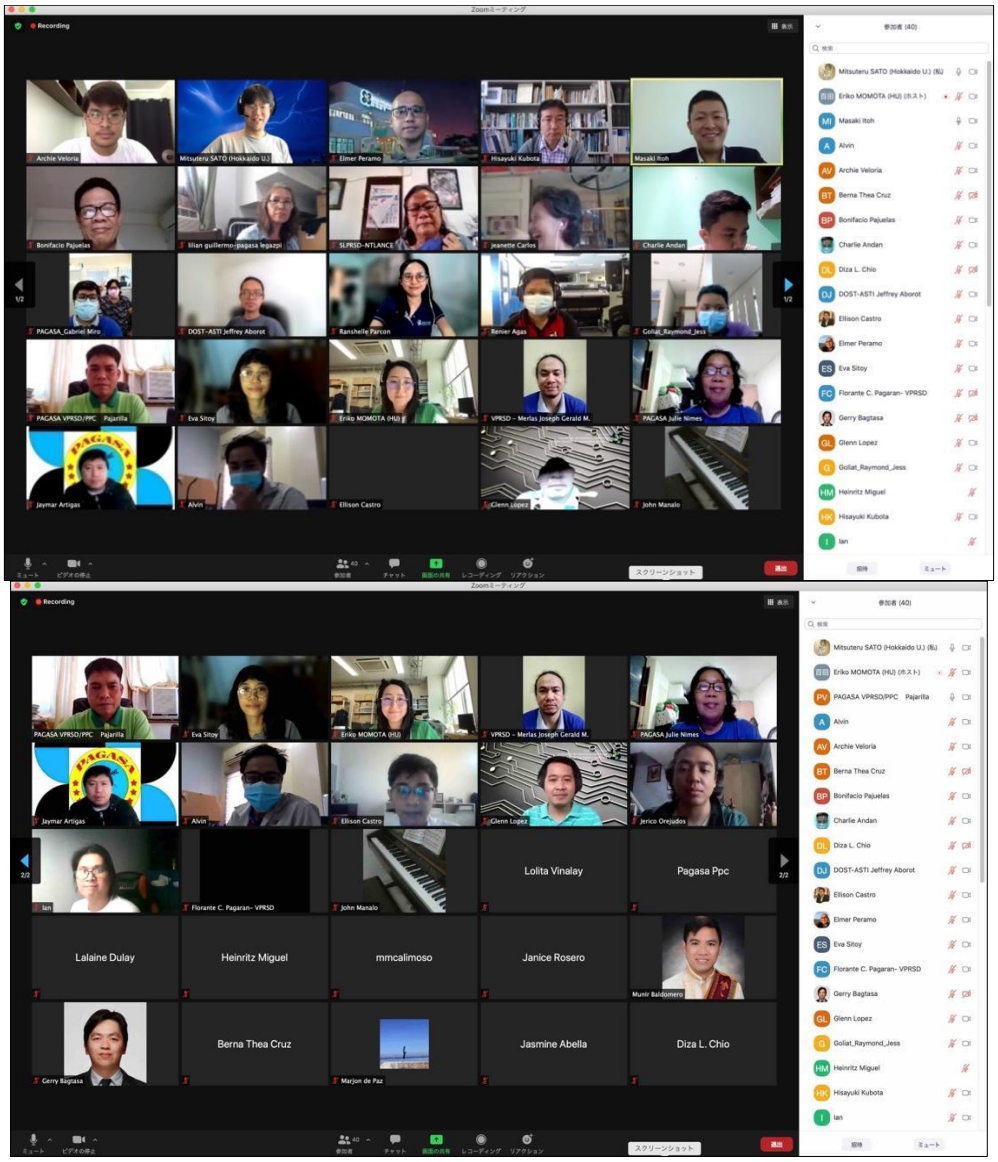
2020 年度以降、COVID-19 の影響から対面式の短期研修を実施することはできなかったが、これに代わって Zoom を用いたオンライン形式での研修を 2021 年 6 月 15-17 日に実施した（図(2)-27)。ASTI 以外にも、PAGASA、UPD などからも多くの研究者が参加し、常時 40 名近くが研修に参加した。この時点までにプロジェクトの進捗が大幅に進んだこともあり、中間のまとめの意味合いも含めて、P-POTEKA および V-POTEKA の観測器の概要、データ取得方法、雷位置推定プログラムの紹介、データ解析によって得られる成果の活用方法などについて紹介し、研修の最後にはフリーディスカッションの時間を設け、今後とるべき方策などについて種々議論を行った。さらに、2021 年 8 月 27 日には PAGASA の研究者に

対して、プロジェクト期間終了後の機器の引継ぎを兼ねて、観測器の保守方法やトラブルシューティングの方法、保守品の入手方法等について研修を実施した。

以上のように、度重なる短期研究をこれまでに実施してきており、その結果 ASTI メンバーの機器の理解、設置方法の習得、取得データの解析方法の理解が大幅に進み、当初目的を十分達成したといえる。

図(2)- 25. 製造完成した P-POTEKA および V-POTEKA を用いた組立て方法の伝授。

図(2)-26. 2018 年 6 月 28-7 月 3 日に北海道大学にて実施した短期研究の様子。



図(2)-27. 2021 年 6 月 15-17 日に実施したオンライン形式の短期研修実施時の参加者集合写真。

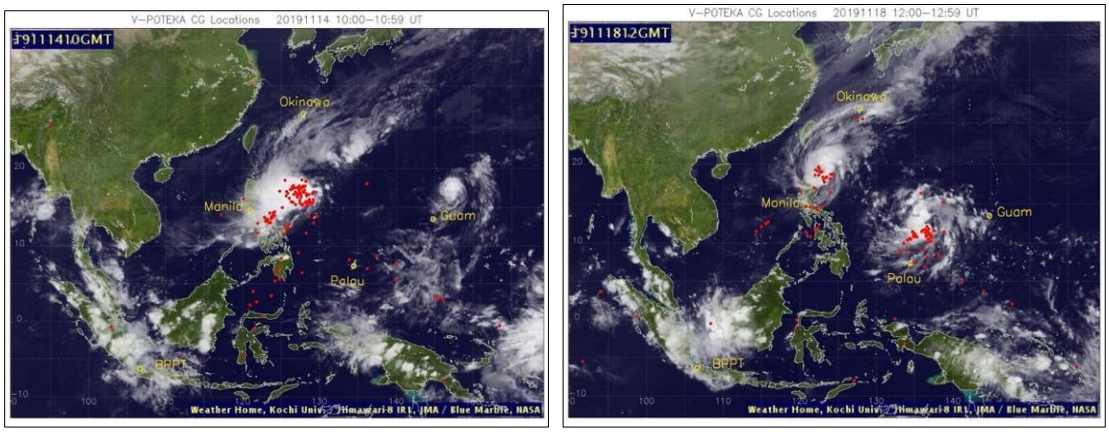
(vi) 雷放電発生位置推定ソフトウェアの開発

フィリピンに設置した V-POTEKA と、他財源で北西太平洋の地域（日本/沖縄，グアム，パラオ，フィリピン/マニラ，インドネシア/セルポン）に展開している簡易型 V-POTEKA から得られる雷放電データを用いて、雷放電発生位置を推定するソフトウェアの開発を進めている。

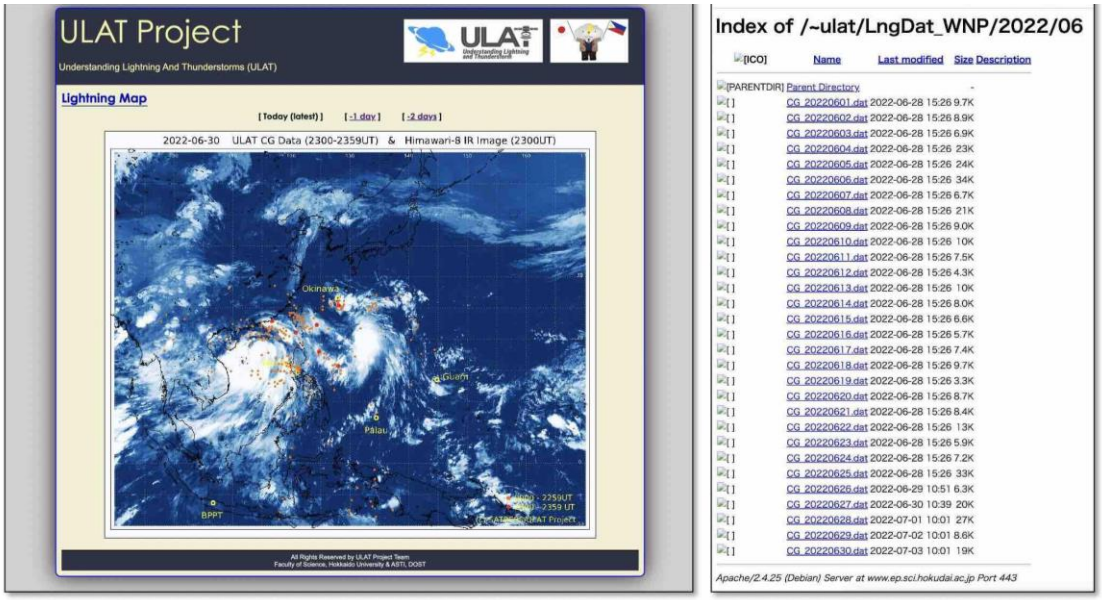
簡易型 V-POTEKA 観測網の VLF データを用いた雷放電の位置検出を行うソフトウェアの開発は、北海道大学に在学していた留学生らの協力のもと、すでに完了している（図(2)-28)。位置推定精度も最高約 30 km を達成している。2021 年度は、このソフトウェアを 1 時間毎に自動で実行し、推定した雷放電発生位置を Web ページで公開する部分の作り込みを完了し、2021 年度からデータ公開を開始した（図(2)-29)。今後は、引き続きソフトウェアの改良を図りさらなる推定精度向上を目指す予定である。また、本ソフトウェアを 2022 年 8 月に ASTI に移管した。ASTI の計算機環境で独自に雷放電位置推定とデータ公開を自動で行えるように整備した。

一方、フィリピン国内に設置した V-POTEKA データを用いてフィリピン国内で発生する雷放電の位置検出を行うソフトウェア開発も進めている。基本的なアルゴリズムは北西太平

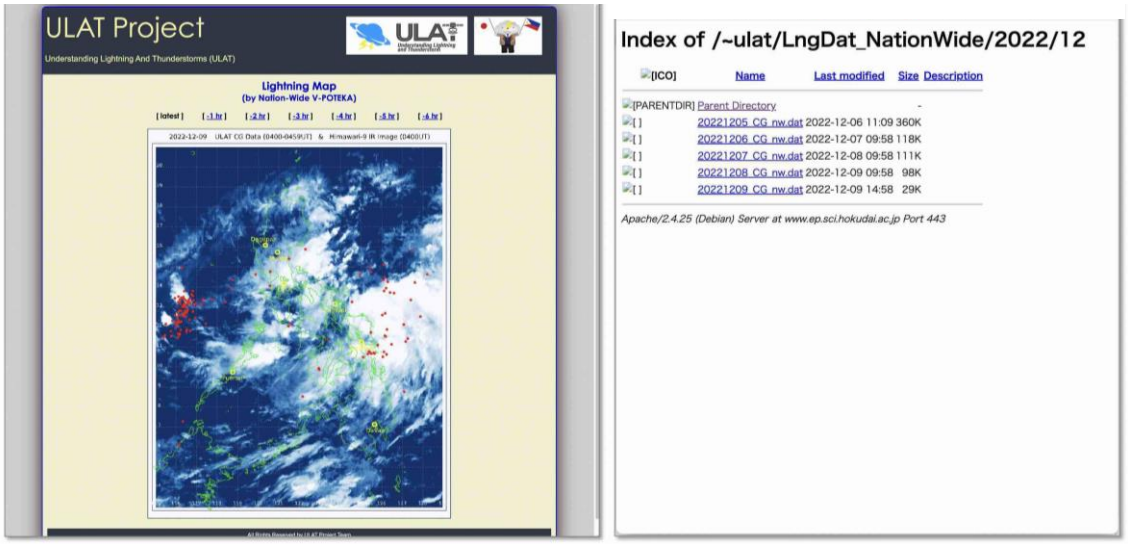
洋域の簡易型 V-POTEKA データ処理のソフトウェアと同一であるが、V-POTEKA の設置地点が異なる点やデータフォーマットが一部異なる点などがある。この必要な改修と自動処理化を 2022 年秋季に完了させ、推定した雷放電発生位置をひまわり 8 号の赤外雲画像に重ねてプロットし、Web ページで公開する部分の作り込みを 2022 年 12 月に完了させた（図(2)-30)。また、北西太平洋域 V-POTEKA と同様に、1 時間毎に自動で雷放電発生位置を推定し Web ページに公開している。これらのソフトウェアは、2022 年 12 月に ASTI に移管されたが、現地の計算機環境で独自に雷放電位置推定とデータ公開を自動で行えるように整備することは 2022 年度内に実施予定である。また、現時点では表(2)-3 の No.1-No.7 の観測点の V-POTEKA データしか雷位置推定に用いていないが、No.8 の V-POTEKA データも含めて雷位置を推定できるようソフトウェアの改修を行い、ASTI と共有した。



図(2)-28. (左)2019 年 11 月 14 日 10-11UT における赤外雲画像と、V-POTEKA データから推定した雷放電位置(赤点)。(右) 2019 年 11 月 18 日 12-13UT における赤外雲画像と推定した雷放電位置。



図(2)-29. （左）Web ページに公開している V-POTEKA から推定した雷放電位置。(右) 準リアルタイムでアーカイブされている雷放電データ（ULAT チームメンバーに限定して公開)。

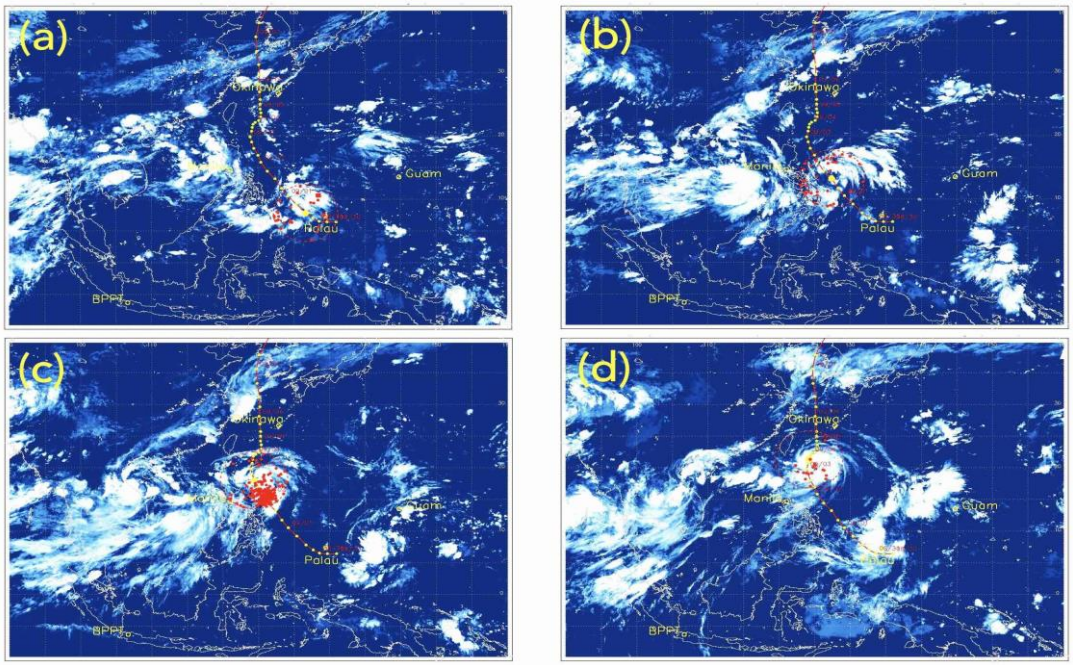


図(2)-30. （左）Web ページに公開している Nation-wide V-POTEKA から推定した雷放電位置。（右） 準リアルタイムでアーカイブされている雷放電データ（ULAT チームメンバーに限定して公開）。

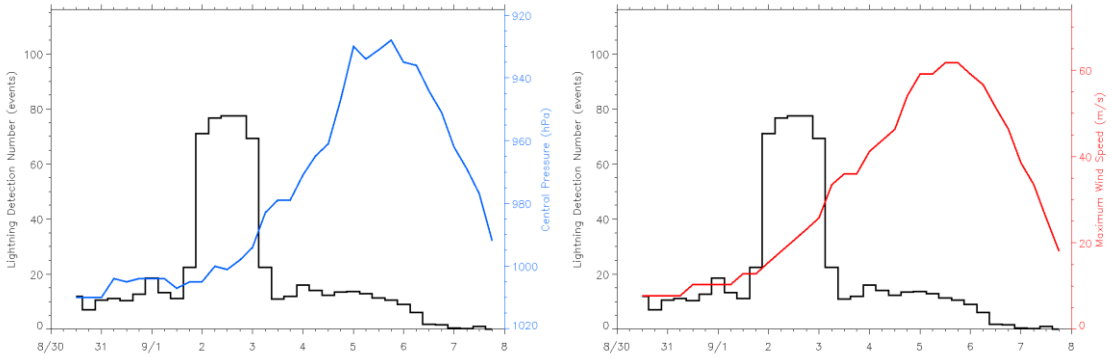
(vii) 台風強度直前予測に向けた雷活動・台風強度との相関解析

簡易型 V-POTEKA で取得された VLF データを用い雷データ（雷放電発生時刻・位置データ）を作成する処理については、観測器の配備が進んだ 2018 年以降現在に至るまで毎日ほぼリアルタイムに行われており、データアーカイブ化が完了している。ULAT プロジェクトの最終目標の 1 つである「台風規模発達の直前予測」にむけた基盤的研究結果を得るため、この雷データを用い、2018 年から 2020 年に発生した台風の強度発達と雷放電発生数との相関解析を進めた。

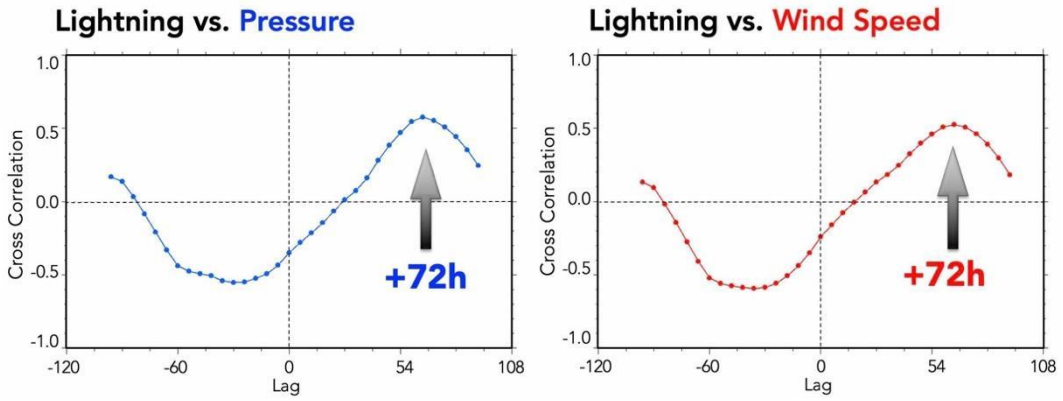
図(2)-31 は、2019 年台風 13 号の例である。台風の発達に伴って、台風の雲領域で雷放電が頻発している様子が確認できる。次に、台風の中心から半径 500km の円内で発生した雷放電を計数し、台風の強度発達との時系列比較を行った（図(2)-32）。この事例では、台風の強度ピークに対して雷数のピークが数日先行している様が確認できる。続いて台風強度と雷数との相関解析を行った結果、この事例では、雷放電発生数は台風の風速と気圧の両者に対してピークが72 時間先行していることが明らかとなった（図(2)-33）。



図(2)-31.　2019 年台風 13 号の中心位置の軌跡と、台風中心から半径 500km 以内の V-POTEKA 検出雷分布（赤点）。青色-白色コンターはひまわり 8 号による赤外雲画像を表す。(a)2019 年 8 月 31 日、(b)9 月 1 日、(c)9 月 2 日、(d)9 月 3 日のもの（赤外雲画像は各日 1500UT、雷は 1200-1800UT のもの）。



図(2)-32.（左)2019 年台風 13 号の気圧の変化(青線)と雷検出数の変化(黒線)。(右）同じく、台風の最大風速の変化(赤線)と雷検出数の変化。24 時間の時間幅で移動平均をとっている。



図(2)-33.　2019 年台風 13 号に関する、台風強度と雷検出数との相関解析の結果。(左)台風の中心気圧と雷数との相関解析結果。(右)同じく台風の中心気圧と雷数との相関解析結果。

表(2)-4. 2018 年から 2020 年に発生した台風のうち 48 の台風事例について、台風強度(気圧、風速)と雷検出数との相関解析を行った結果のまとめ。(左) V-POTEKA の雷データを使用した結果、(右) WWLLN の雷データを使用した結果。

Summary of Cross-correlation Analysis (JTWC vs. V-POTEKA)

	Lightning vs. Pressure		Lightning vs. Wind Speed	
	R	Lag (h)	*R*	Lag (h)
Average	0.56	+40	0.54	+43
Median	0.56	+36	0.54	+36

Summary of Cross-correlation Analysis (JTWC vs. WWLLN)

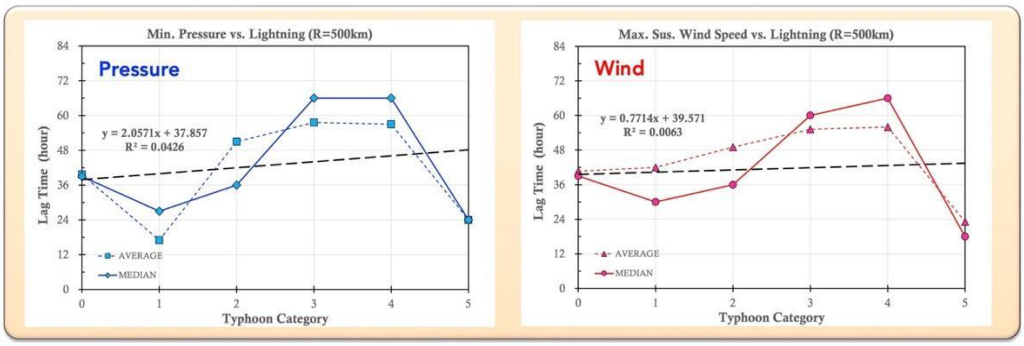
	Lightning vs. Pressure		Lightning vs. Wind Speed	
	R	Lag (h)	*R*	Lag (h)
Average	0.52	+35	0.52	+31
Median	0.51	+36	0.51	+36

同様の相関解析を 2018 年から 2020 年の台風 48 例に対して進めた結果、台風の最低気圧に対して雷放電数は 36-40 時間先行し、台風の最大風速に対して雷放電数は 36-43 時間先行することが明らかとなった（表(2)-4(左)）。この結果を検証するため、V-POTEKA とは別の WWLLN（World Wide Lightning Location Network）雷データを購入し、同様の相関解析を行った。その結果、V-POTEKA とほぼ同様の結果を得ることができ（表(2)-4(右)）、V-POTEKA の結果の正当性が示された。

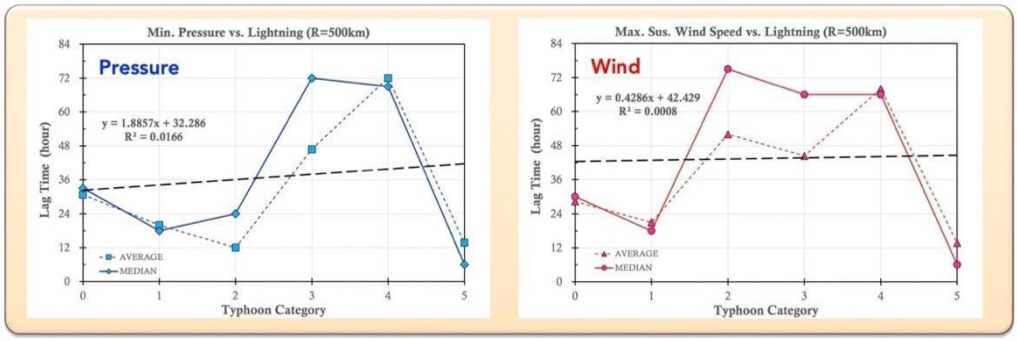
さらに、JTWC（Joint Typhoon Warning Center）の台風カテゴリー分類に従い、48 例の台風をカテゴリー0 から 5 に分類し、それぞれのカテゴリーで雷数の先行時間差（ラグ時間）を推定した（図(2)-34）。その結果、台風のカテゴリーが大きくなるにつれて、ラグ時間も大きくなっていくことも明らかとなった。同様の解析を、WWLLN 雷データを用いて行ったが、V-POTEKA の結果と同様に、台風のカテゴリーが大きくなるにつれて、ラグ時間も大きくなっていくことも明らかとなった（図(2)-35）。この結果は、雷数から台風規模発達の直前予測を行うために最も重要なものであるといえる。

さらに、台風の中心から 500km の円内で検出された雷数の 1 日あたりの頻度（evets/day）を推定した。その結果、台風のカテゴリが大きくなるにつれて、雷の頻度は減少することが明らかとなった。この結果は V-POTEKA の雷データを使っても、WWLLN の雷データを使っても、同様の結果が得られたため、高い確度があると考えられる。またこの結果は、先行研究（*Abarca et al.* [2011], *DeMaria et al.* [2012], *Zhang et al.* [2015], *Wang et al.* [2018]）と一致するものである。

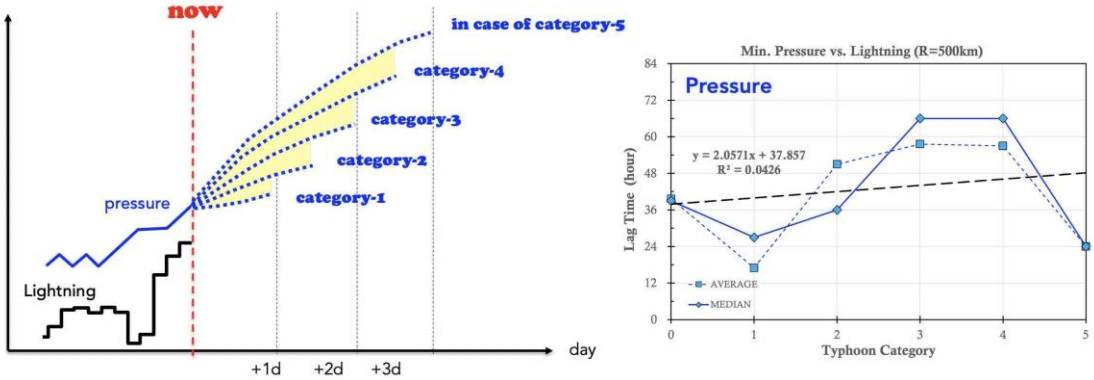
2022 年度は、【研究題目３：外挿的手法を用いた短時間予測技術の確立】の 1 テーマに含まれる、V-POTEKA 雷データを用いた台風強度発達の直前予測を試行する予定である。つまり、図(2)-36 の模式図に示すように、これまでに得られた結果を基にして、V-POTEKA データから得られた台風領域の雷放電発生数の時間変化量から台風強度の時間発達を推定し、台風強度発達の直前予測を行う。さらにこの結果を、【研究題目 4：情報提供システムの確立】で開発中の Web システムに準リアルタイムで自動掲載し、フィリピン国内の防災機関と共有する体制を確立する。



図(2)-34. (左)台風中心気圧と V-POTEKA で検出した雷数との相関解析を行い、台風カテゴリ毎にラグ時間の平均値・中央値を推定した結果。(右)同じく、台風最大風速と雷数のもの。



図(2)-35. (左)台風中心気圧と WWLLN で検出した雷数との相関解析を行い、台風カテゴリ毎にラグ時間の平均値・中央値を推定した結果。(右)同じく、台風最大風速と雷数のもの。



図(2)-36. (左)台風カテゴリ毎のラグタイムの違いを考慮し、現時点の台風気圧変化と雷数の変化から、1-2 日先の台風強度予測を行う模式図。

②研究題目１のカウンターパートへの技術移転の状況

本プロジェクトでは、フィリピンからの複数名の留学生を長期研修員として北海道大学に受け入れ、技術移転を行ってきた。2017 年 10 月から受け入れた国費留学生（=長期研修員）に対し、V-POTEKA で得られた VLF データの解析方法と、雷発生位置推定ソフトウェア開発に関する技術移転を行った。また、2018 年 4 月から受け入れた留学生に対し、気象稠密観測データおよび人工知能の技術を用いた豪雨予測のアルゴリズム開発に関する技術移転を行った。さらに、2019 年 4 月から受け入れた留学生に対して、超小型衛星のデータ処理方法や超小型衛星・地上観測で得られる雲画像データを解析し三次元立体構造を同定する手法に関して技術移転を行った。単に技術の移転に留まらず、十分高い価値のサイエンス成果も創出しており、目的を想定以上に達成したといえる。

一方、数日から1週間程度の期間で、カウンターパートのASTIメンバーや、PAGASA、フィリピン大ディリマン校の研究者に対して技術移転するための短期研修を複数回実施してきた。2018年1月17日から23日にかけての短期研修で、ASTIのメンバーを国内に招聘し、P-POTEKAおよびV-POTEKAを製造した明星電気株式会社において、観測装置の概要と組立て・設置方法などについて技術移転を行った。2018年6月28日から7月3日にかけての短期研修では、P-POTEKAおよびV-POTEKAのデータ処理方法とデータフォーマット、気象データの処理方法などについて、ASTIのメンバーを北海道大学に招聘して技術移転を行った。その後、COVID-19の影響から対面式の短期研修を実施することは困難であったが、2021年6月には、ASTI・UPDなどのメンバーを対象としたオンライン形式の短期研修を実施し、P-POTEKAおよびV-POTEKAで得られるデータの解析方法やデータ処理プログラムに関する技術移転を行った。また、2021年8月にはPAGASAのメンバーを対象としたオンライン研修を実施し、P-POTEKAおよびV-POTEKAの維持・管理方法、データ管理方法に関する技術移転を行った。短期研修の回を増す毎に現地研究者の理解が進むのが明らかで、自力でデータを解析し、成果の社会実装に向けた環境整備と科学的成果創出を行えるレベルに達した。この根拠として、カウンターパートであるASTIや関係する機関（UPD、PAGASA）は、例えば、V-POTEKAのVLFデータを解析し独自に雷放電発生位置を推定するプログラムを完成させ位置評定精度を評価している結果をJCC(Joint Coordinating Committee)会議で報告したり（2021年8月26日開催 第6回JCC ASTIメンバーによる報告)、マニラ首都圏で発生した豪雨の直前に雷数が劇的に増加する現象（Lightning Jump）が存在することを発見した報告をしたり（2022年7月12日開催 第7回JCC フィリピン大学メンバーによる報告)、これら事実から高いレベルに既に達したことを証明している。以上のことから、カウンターパートへの技術移転は、所期の目標を十分に達成したといえる。

③研究題目１の当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし。

④研究題目１の研究のねらい

雷放電を伴う活発な積乱雲の発生と、それに伴う極端気象を監視するため、気象・雷放電観測装置をフィリピンを含む北西太平洋域に展開し、地上観測網を構築する。それにより雷放電活動をリアルタイムでモニターし、積乱雲活動を定常的に監視する手法を確立する。

⑤研究題目１の研究実施方法

フィリピン（先端科学技術研究所(ASTI)、大気地球物理天文局(PAGASA)）の運用する気象ステーションなど10カ所に実運用型の雷・気象観測装置V-POTEKAを展開することでNation-wideの雷放電観測網を新たに構築する。また、マニラ首都圏の50カ所に、実運用型の雷・気象観測装置（P-POTEKA）を設置することで、マニラ首都圏を中心とした稠密観測網を構築する。これと同時に、東南アジア7カ所のVLF電波観測網（AVON観測網）の整備・改良と、Nation-wide雷放電観測網を組み合わせることで、フィリピン全土で発生する落雷の位置を10km以下の精度で同定し、またマニラ首都圏の気象予測の背景となる、台風などの広域（数百kmスケール）の積乱雲活動をリアルタイムでモニターする手法を確立する。AVONは東南アジアで唯一のVLF帯の放電波形観測する多点観測網であり、それを整備・改良することで、フィリピンに接近する台風に伴う雷放電活動を、台風の発生段階から通過後に至るまでの一貫した監視が可能になる。

(3) 研究題目２:「人工衛星による高精度雲観測」（リーダー：吉田和哉・東北大学）

１　研究題目２の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

2-1. 人工衛星からの雲立体観測

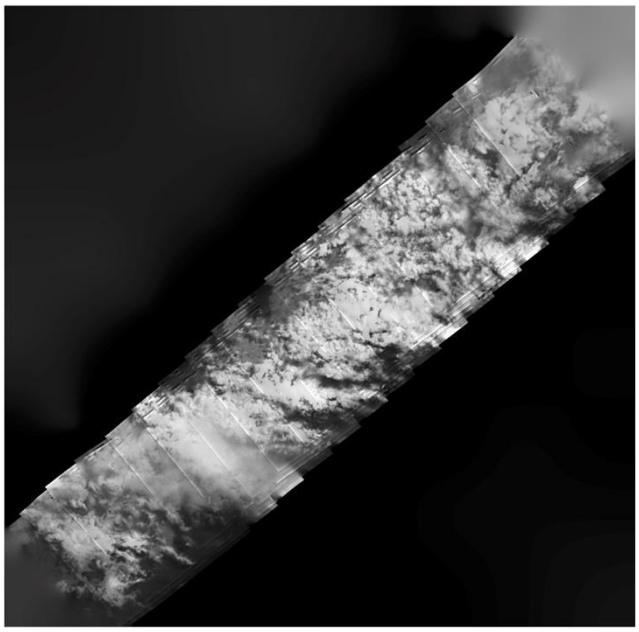
フィリピンが北大及び東北大の当該グループと共同で開発、打上、運用を行っている同国初の 50KG 級の超小型衛星 DIWATA-1 などすでに運用可能な人工衛星（図(3)-1）を運用して、気象情報を取得する作業を日本及びフィリピンの地上局を用いて行った。具体的には、仙台の東北大学理学研究科の建物の屋上に設置された直径 2.4m の S-バンドパラボラアンテナ、及びマニラ首都圏（ケソン）の ASTI の建物の屋上に設置された 3.7m の X-バンドパラボラアンテナ（図(3)-2)、及びそれらに附属する送受信設備を用い、フィリピン人自身による衛星運用プログラムの作成や運用作業によって、世界の任意の特定地域の撮影を行い、それをデータレコーダに記録し、仙台またはケソンの地上局で地上に伝送する作業を繰り返し実施した。

2016 年度には、衛星によって取得された雲画像データを使い、その三次元構造解析の手法の開発に目処をつけた。具体的には、DIWATA-1 の可視・近赤外線イメージャの一つである SMI（視野は衛星直下の地上で約 30 km x 40 km、解像度は約 60 m/画素）を用い、ほぼ直下視の状態で 1 秒ごとに 16 枚連続で短時間露光を行い、雲の連続撮像を行った(図(3)-3)。衛星速度は約 8km なので、雲の任意の点は 4-5 枚の画像に記録されることになる。これらの画像を汎用的な 3D 画像解析ソフトを用いて解析することで、雲頂の 3 次元構造がこれまでにない高い解像度で再現できる見込みが確認された。

観測すべきデータの要求を考慮して、極端気象の計測に貢献できる DIWATA-2 搭載カメラの設計及び地上モデル（EM）の製作をした。DIWATA-2 は、DIWATA-1 の製作経験に基づきフィリピン人学生自身がある程度独立して設計から開発を行うフィリピン最初の人工衛星で、2018 年度に日本の H-IIA ロケットのピギーバック打上げを利用して軌道投入された。

図(3)-1. フィリピン超小型衛星「DIWATA-1」

図(3)-2. 3.7m の X-バンドパラボラアンテナ



図(3)-3. DIWATA-1 による雲の連続撮像

フィリピン国内に設置するパラボラアンテナを含む衛星地上運用設備の仕様決定及び調達を行い、2018 年 3 月にフィリピンへの輸送が完了した。設置場所の候補地を数箇所に絞り、日本の製造業者と共にフィリピン側が視察を行い、土地所有者との最終調整を行なった。2017 年度にパラボラアンテナなど一式をフィリピンへ輸送した。2018 年度には、設置場所を Iloilo 州 Dumangas 市にある Iloilo Science and Technology University の敷地に最終決定し、ASTI、DOST Region6 オフィス、Dumangas 市との間での MOU 署名をした。2019 年 12 月に地上アンテナ設備の設置と試験観測を完了した。衛星地上運用設備は当初高いパフォーマンスを示したが、その後不具合が生じた。コロナ禍でフィリピンへの渡航が難しい状況が続いたが、2022 年 7 月 28 日～8 月 3 日に修理作業を行った。その後、DIWATA-2 の

追尾試験を実施し、S バンドの送受信、X バンドの受信の基本機能が共に正常に動作することを確認した。

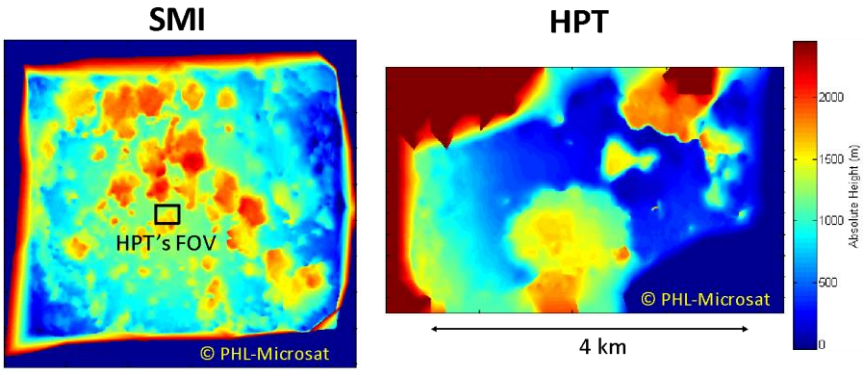
2018 年 9 月 26 日に、航空機ドロップゾンデキャンペーンに同期させて、 DIWATA-1 衛星による台風 24 号（Trami）の中心付近の撮像観測を、台風の位置情報に基づくオンディマンド運用で実施し、目標物を視野に収めて立体観測のための複数回露光に成功した。

2020 年 8 月に、超小型衛星と地上カメラによる雲の立体撮影キャンペーンを東京および札幌で実施し、札幌では同時観測に成功した。2021 年 8 月にはそれを発展させた、同様のキャンペーンを都内で実施した。DIWATA-2 との同時観測から、雲頂高度の推定が可能になった。ただし、コロナ禍による外出制限のため観測が制約を受け、キャンペーン回数を増やせず、2022 年度も同様の観測計画したが、地上観測チームでコロナ感染が発生し、キャンペーン実施を途中で断念した。

2020 年の台風 9 号について、その中心部を狙った超小型衛星によるターゲットポインティング撮影に成功し、これまでにない精緻な台風中心部の 3D モデルを作成することができた。積乱雲が対流圏界面を超えて発達したプリュームと思われる構造の観測に成功した。

2-2. 雲立体構造の高精度推定

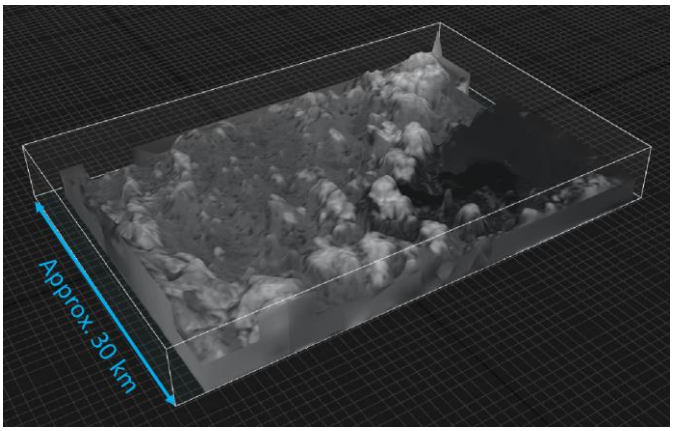
2016 年度にフィリピン衛星 DIWATA-1 衛星の広角スペクトルカメラによって撮影された衛星直下の連続雲画像から、雲の立体構造推定にめどが立っていたが、2017 年度はカメラの視野を特定に雲に固定させた連続撮影画像に基づき、広角及び望遠カメラによる立体構造推定に成功した。望遠カメラによって得られた構造の空間スケールは数 10m と推測されるが、これは雲の立体観測として世界最高クラスの解像度である。ソフトウェアの開発担当は主として日本滞在のフィリピン人学生が担当した。



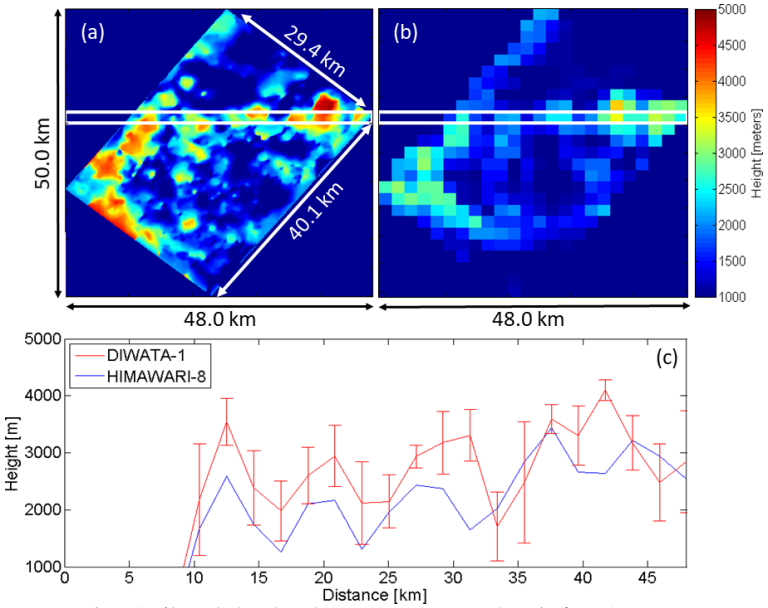
図(3)-4. DIWATA-1 衛星搭載の広角（SMI）及び望遠（HPT）カメラによって得られた雲の立体画像

2018 年度に行った DIWATA-1 による雲頂高度分布の俯瞰図を作成し、さらにその結果を、ひまわり 8 号衛星の熱赤外線画像を用いた別の手法による推定の結果と比較検討した。図(3)-5 に、雲の俯瞰図を示す。高度約 380km を周回する DIWATA-1 衛星に搭載された、可視近赤外領域の撮像装置 SMI で、特定の領域の雲を連続撮影した 30 枚の画像を、3D モデルソフトウェアを用いて雲の輪郭の 3D 構造を表現したものである。解析に用いた衛星画像の地上解像度は約 60 m/画素、視野の大きさは、約 40 km x 30 km である。図 3-2 の左上は、同じものをカラースケールで表現したもので、右上は同じ領域を、静止軌道気象衛星 HIMAWARI-8 に搭載された中間赤外カメラ（波長 11.2 um）による熱赤外線画像から推定した雲頂高度の水平分布である。大局的な構造はほぼ整合的であるが、HIMAWARI-8 の空間解像度は 2 km なので、DIWATA-1 の結果の方が、20 倍以上高い水平解像度を持っている。図(3)-6 の下のグラフは、上図の白線で囲まれた領域の断面図である。全体に DIWATA-1 が高めであるが、概ね傾向は似ていることがわかる（他の例では、HIMAWARI-8 の結果が他の衛星のものより低めになることが知られている)。これらの結果は 2019 年度に論文投稿を行

い、Scientific Reports 誌に掲載された（2020 年 5 月）。第一著者は元フィリピン人留学生で、現在は UPD に戻り、同校で解析環境を整備している。

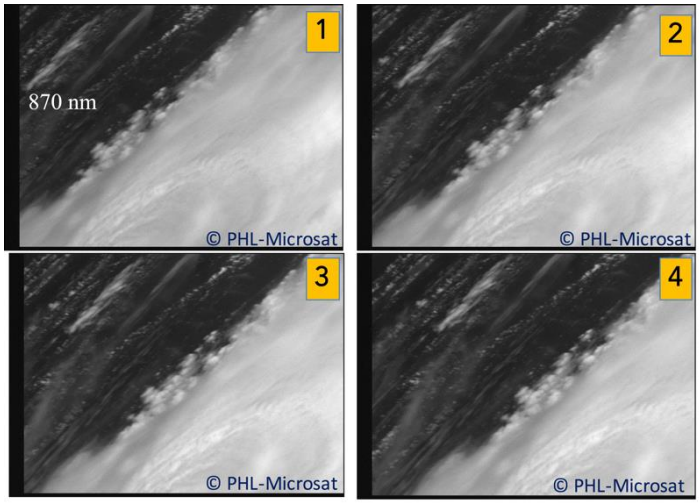


図(3)-5. DIWATA-1 衛星の観測から推定された雲頂の三次元構造

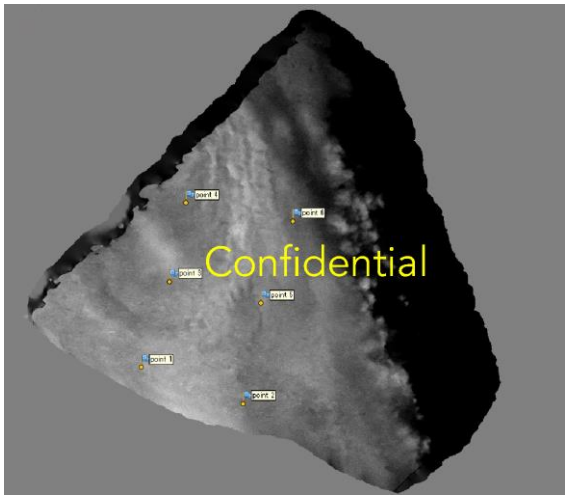


図(3)-6. DIWATA-1 衛星搭載の広角（SMI）カメラによる雲頂高度分布とひまわり 8 号との比較（縦のバーはエラーではなく、ひまわり 8 号の 1 画素相当に範囲における最大最小値を示す。）

図(3)-7 は、2018 年 9 月 26 日に、DIWATA-1 から連写された台風 24 号（Trami）の中心部付近の画像を示す。このデータを使って作成した、台風の目の中の雲の立体モデルを、図(3)-8 に示す。台風の目の中の雲の立体構造を詳細にとらえた世界初の成果である。

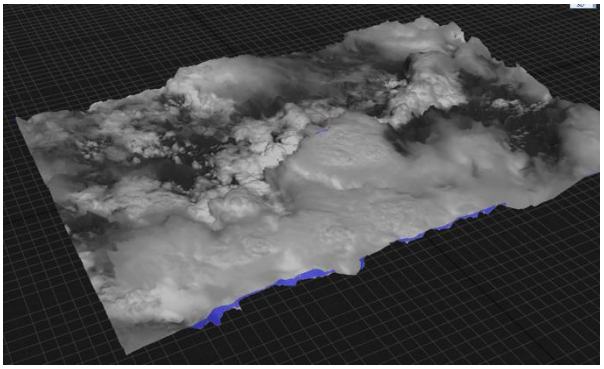


図(3)-7. DIWATA-1 衛星による 2018 年台風 24 号（Trami）の連写画像



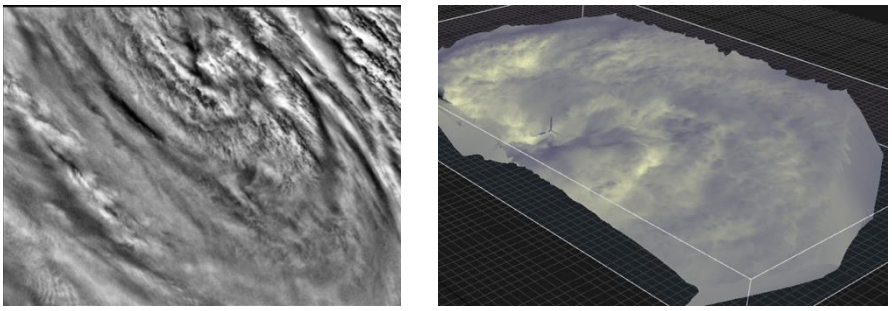
図(3)-8. DIWATA-1 の観測に基づく台風 24 号の目の中の雲の立体モデル

DIWATA-2 でもターゲットを視野中心に固定した観測運用を実施し、得られたデータからこれまでで最も精細な 3 次元広域雲画像を得ることに成功した（図(3)-9）。



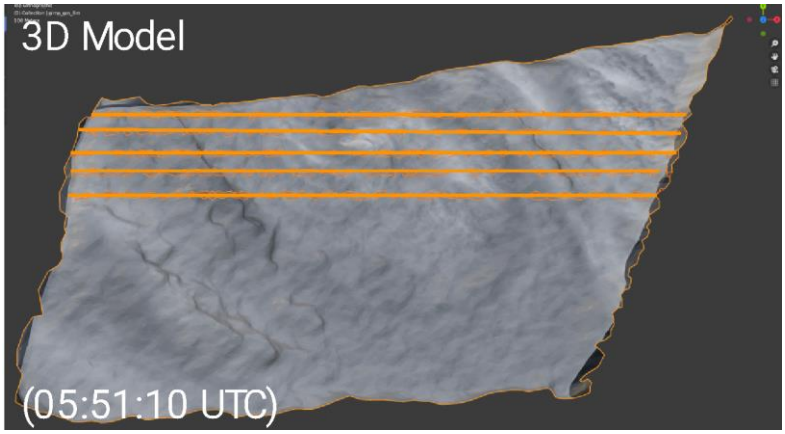
→図(3)-9. DIWATA-2 衛星搭載の拡張解像度カメラ（ERC）によって得られた雲の立体画像。視野は約 60 km x 90 km。

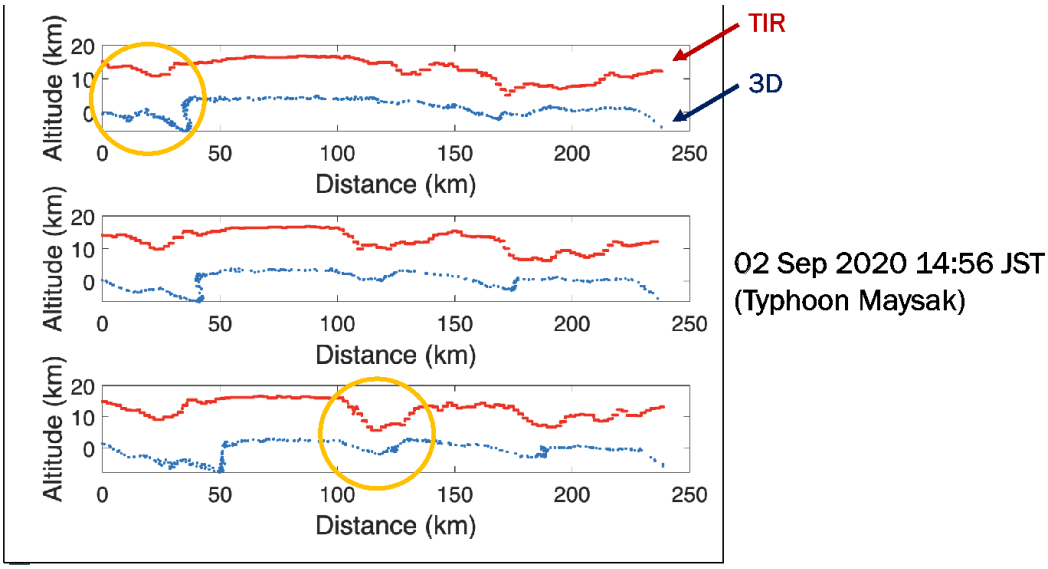
2020 年の台風 9 号について、衛星のオンディマンド運用で得られた中心部の複数の写真から、その立体構造を推定することに成功した。すでに台風の目は衰退した時期であったが、周囲の雲がスパイラル状に中心に向かって雲頂高度を下げている様子を初めて捉えることに成功した（図(3)-10）。



図(3)-10. DIWATA-2 搭載カメラ（ERC）によって得られた台風中心部の画像（左）と推定された 3D 構造（右）

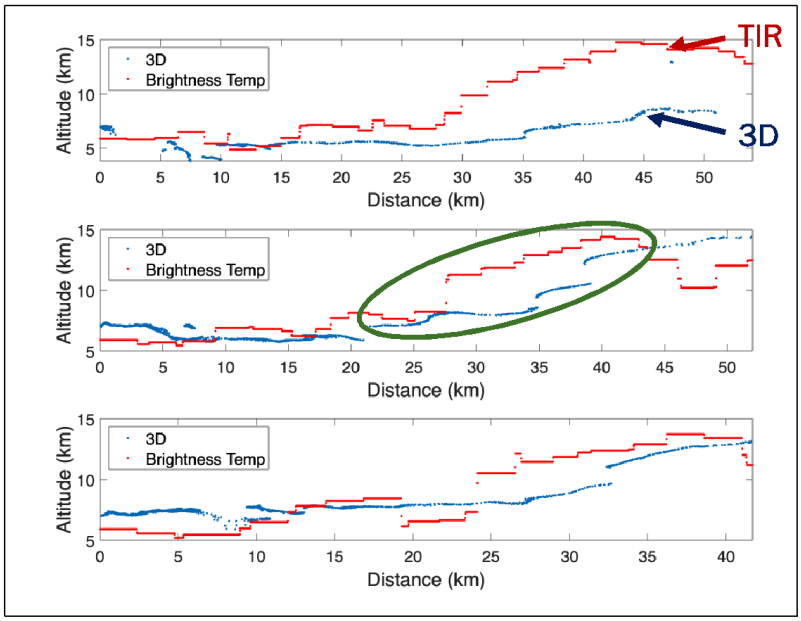
2020 年の台風 9 号について、その中心部を狙った超小型衛星によるターゲットポインティング撮影に成功し、2021 年度はこれまでにない精緻な台風中心部の 3D モデルを作成することができ、フィリピン留学生の博士論文としてまとめられた（図(3)-11)。





図(3)-11. 2020 年台風 9 号（Maysak）の DIAWATA-2 衛星の 3D 撮影（上段）から求めた雲頂高度分布（青線）とひまわり 8 号の熱赤外線カメラデータから推定した高度の比較（下段)。

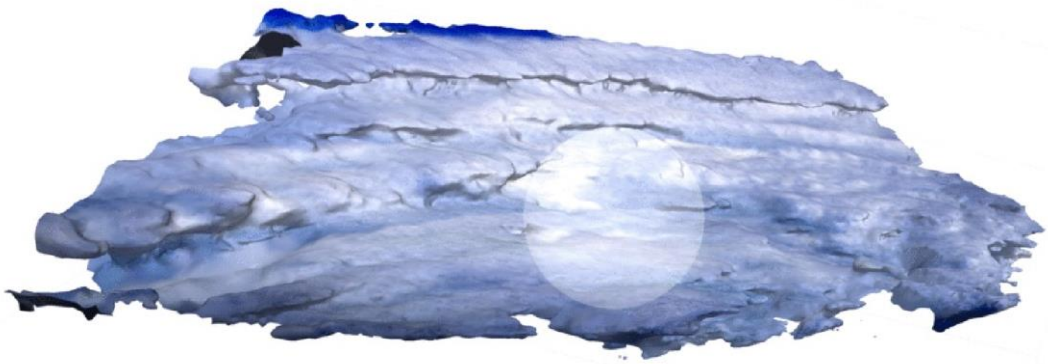
2018 年の航空機観測キャンペーンで得られた台風 24 号(Trami)の 3D 構造を、ひまわり 8 号と比較し、目の内側の階段状構造と雲頂温度分布の差が明らかとなった（図(3)-12)。



図(3)-12. 2018 年 24 号台風（Trami）の航空機 3D 撮像から求めた雲頂高度分布とひまわり 8 号の熱赤外線カメラデータから推定した高度の比較

2021 年台風 2 号、14 号、16 号、22 号について目と壁雲の撮像、トンガ火山噴火の撮像、水蒸気のスペクトル観測を DIWATA-2 で計 27 回実施し、台風 16 号に関しては、名古屋大学の航空機観測と同時間帯の観測を行った。

また、2018 年の航空機キャンペーンによって撮影された、台風の目の中の写真から、詳細な 3D 構造を推定することに成功した（図(3)-13)。目の内部は中心部に向かって階段状に雲頂高度が下がっている様子が世界で初めて発見された（現在論文投稿をチーム内で改訂作業中)。



図(3)-13. 2018 年 9 月 26 日に航空機から撮影された画像から作成した台風 Trami の目の中の構造

さらに、2020 年夏季に実施した、地上観測から、積乱雲の側面の 3D 構造を推定するこ

とに初めて成功した（図(3)-14)。カメラは地上に数 100m 間隔で 5 台設置され、露光のタイミングを同期して 30 秒ごとに撮影を行った。

図(3)-14. 地上に設置されたカメラから撮影された画像から求めた積乱雲側面の 3D 構造

こうした 3D 構造は、台風強度の高精度推定やゲリラ豪雨の発達予測のための有効な情報と考えられ、今後他の推定方法との比較を行い、また降雨との定量的関係を調査する予定である。

上記の成果は現在英文の原著論文として投稿準備を進めており、2022 年度内に以下のトピックスについて投稿する予定であったが、現時点でチーム内で改訂作業が続いている。

- 3D model of typhoon eye estimated by aircraft measurement
- Relationship between eye cloud structure and typhoon intensity
- Relationship between cloud volume and precipitation

2-3. 人工衛星観測技術の確立

フィリピンは 2018 年度より DIWATA-1 を使って 1 日あたり数百枚の撮像を世界各地で継続している。また、ターゲットポインティングで特定領域を視野に入れ、さらに衛星を回転させることで、カメラの視野を特定地域に固定して連続撮影する技術の確立を目指しており、2018 年 9 月 26 日に、台風の中心部を狙った詳細画像の連続取得に世界で初めて成功した。

2018 年 10 月 29 日に、フィリピン人技術者及び学生が主体的に開発を行った DIWATA-2 衛星の打ち上げに成功し、現在も順調に運用が行われている。また日本（北海道大学・東北大学）が中心になって開発した RISESAT 衛星が 2019 年 1 月に打ち上げられたが、2019 年度以降、これら 2 機が本格運用体制に入った。さらに 2021 年 3 月に、ミャンマーの衛星を国際宇宙ステーションから放出することに成功し、初期運用を順調に続けている。

2019 年以降は、DIWATA-2 および RISESAT など超小型衛星と、東京および札幌地区に設置した地上カメラによる積乱雲の立体撮影キャンペーンを実施しており、衛星のターゲットポインティング技術を利用した地上との同時観測に成功している。

2019 年 10 月に日本を襲った台風 19 号が引き起こした河川決壊・洪水の地域を、ターゲットポインティングの技術で撮影することに成功した。さらに、2020 年 1 月に噴火したフィリピン・タール火山周辺地域を、超小型衛星を用い、ターゲットポインティングによって撮影することに成功した。極端気象ではないが、開発したシステム・経験を生かした自然災害監視の成果として重要である。

2016 年 11 月にアジア 9 カ国、16 の大学や宇宙機関など政府の機関が参加し、超小型衛星

の利用を推進する目的で発足したアジア・マイクロサテライト・コンソーシアム（AMC）に関するローカル会合を、2018 年 7 月の北海道大学の Hokkaido Summer Institute 期間、及び 2019 年 3 月にマレーシア・クアラルンプールなどで開催している。“衛星を用いた参画国間の観測要求のプロトコル”に基づく衛星運用システムの構築について協議し、運用手法の原案が AMC メンバーに示され了承された。

2　研究題目２のカウンターパートへの技術移転の状況

2017 年度より、フィリピンの第２号超小型衛星 DIWATA-2 の衛星バス及び搭載機器の開発を通じて、それらの製作についての技術移転を行った。また衛星を回転させることで、カメラの視野を特定領域に対し長時間固定する手法についても指導を行っている。また台風など特定の目標に対し、高精度でカメラの視野に捉え、また衛星を回転させることで、カメラの視野を特定領域に対し長時間固定する手法について基本的な技術を習得するに至った。現在では、フィリピンチームが、0.2 度 ×0.3 度の狭視野に、視直径 0.5 度の月を捉える技術の習得に至っている。

雲の 3D 解析は、日本側スタッフと、日本に滞在中のフィリピン人留学生によって行われており、留学生帰国時には自動的に技術の移転が完了する。

航空機・衛星および地上からの撮像データに基づく、台風の目の雲や積乱雲の 3D 構造推定についての研究で、フィリピンからの留学生（Meryl Algodon）が 2021 年度に博士号を取得し、母国に帰国し、習得した技術を用い、研究と作業を継続する体制ができた。

DIWATA-2 衛星で実施した計 27 回の 2021 年台風 2 号、14 号、16 号、22 号、トンガ火山噴火の撮像、水蒸気のスペクトル観測は、すべてフィリピン側で作業が行われており、衛星および搭載カメラの運用については着実に技術移転が実施されている。

③　研究題目２の当初計画では想定されていなかった新たな展開

- 10 年来留保されてきたフィリピン政府の宇宙機関設置法案が、DIWATA-1 および 2 の成功が後押しする形で、国会両院で可決され、2019 年 8 月にデュテルテ元大統領が署名し、正式に宇宙機関（PhilSA）が発足した。ULAT/SATREPS のフィリピン側代表者で、超小型衛星プロジェクト（PHL-Microsat）の責任者でもある、UPD の Joel Joseph S. Marciano Jr.教授（前 ASTI 所長）が、その宇宙機関の初代長官（閣僚級）に就任した。
- 衛星による 3D 観測を応用した、地上観測に基づく積乱雲側面の詳細な立体構造の推定は、当初の積乱雲の下部の推定を超えており、今後積乱雲の発達を考慮する上で貴重な資料である。
- トンガ火山の噴火や水蒸気のスペクトル観測は、当初予定になかった観測だが、DIAWTA-2 衛星のスペクトル撮像技術を活用したもので、極端気象観測の裾野を拡大し、予測精度を高めるものとして期待のかかる新技術である。

④ 研究題目２の研究のねらい

地上観測などの先験情報に基づいて衛星をオンディマンド運用し、台風や積乱雲の 3D 構造を、従来の衛星の精度やカバー範囲を超えて推定し、台風強度の精密推定や降雨予測に供する。

⑤ 研究題目２の研究実施方法

衛星データを受信する地上局を設置、運用し、既存衛星及びプロジェクト期間中に打上げられる超小型衛星による気象データの受信と解析ができる環境を整える。また、日本の地上局も使った超小型衛星によるオンディマンド運用実験を行い、次世代の衛星運用の技術を確立・修得する。衛星から得られたデータを解析し、豪雨や雷放電予測に有効な衛星観測の手法を確立する。さらに、衛星の軌道運動を利用して雲を複数角度から観測し、その画像から 3D 構造を推定する。

(4) 研究題目３：「外挿的手法を用いた短時間予測技術の確立」（リーダー：松本淳・東京都立大学）

①研究題目３の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

研究題目 1,2,3 は 3 者間で日常的に連絡をとり、豪雨洪水災害の防止軽減という防災目的に向けて、技術実証と社会実装について課題を共有し、最終的な観測と予測の実施体系について共通のイメージにむけて作業を行ってきた。以下に示すように、今回構築した雷・気象観測網と、各種キャンペーンおよび従来観測技術も動員して、豪雨予測に向けた解析を精力的に進めてきた。また、衛星観測も台風強度推定と積乱雲の発達監視という観点から、そこに特化した運用を実施しており、こうした衛星運用は世界的にも極めてユニークである。

(i)ドロップゾンデの試験観測、現地調査

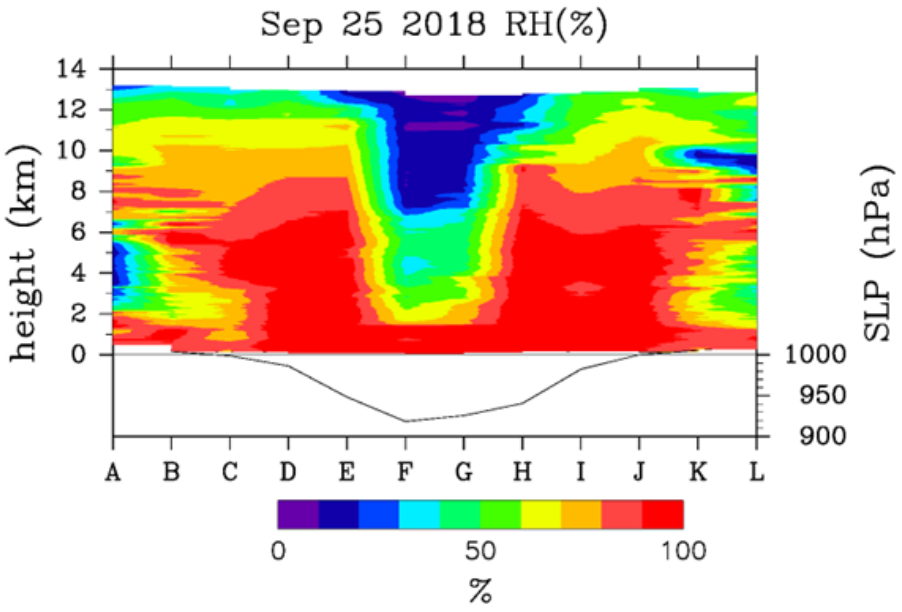
台風強度の短時間予測技術の確立に向けて、台風内部で発達する積乱雲をとらえる目的で、航空機を用いた観測を 2018 年にフィリピン海で計画し、試験観測と現地調査を実施した。航空機観測は、台風内部を飛行し、ドロップゾンデを航空機から投下して気象データを観測する。名古屋大学と共同で航空機観測を実施する計画で、2017 年度は日本周辺で試験観測を実施した。日本に接近・上陸した台風 21 号の眼に突入し、ドロップゾンデを投下して気象データが得られることを確認した。また、台風内部の飛行は、積乱雲が弱い部分を選んで飛行することで、航行が可能であることを確認した。2018 年の航空機観測は、フィリピン海まで飛行し、フィリピンのクラーク空港で 1 泊し、燃料補給と機体整備の実施を計画。フィリピンの航空機会社 Asian Aerospace と協力し、クラーク空港内の Asian Aerospace 社の設備を利用する。2018 年 2 月にクラーク空港を現地調査し、Asian Aerospace 社の格納庫を訪れ、航空機滞在に必要な設備や、当日の観測フライト準備に必要な会議室や気象情報を入手できる環境が整っていることを確認した(図(4)-1)。Asian Aerospace 社とはフィリピン空域内を飛行する許可を得る手続きに関しても確認した。

図(4)-1.クラーク航空の Asian Aerospace 社の格納

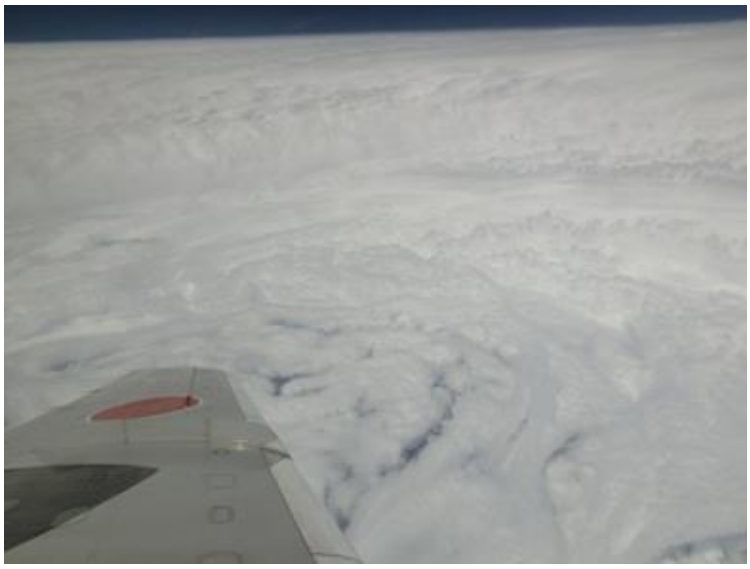
(ⅱ) 航空機を用いたドロップゾンデ観測

名古屋大学と共同で航空機を用いた観測を 2018 年 9 月に実施した。フィリピン海で発生した台風 24 号を対象に 9 月 25 日 - 28 日の 4 日間航空機観測を実施し、台風の目に突入してドロップゾンデを投下する観測を成功させた。25 日は名古屋の小牧空港から離陸し、フィリピンのクラーク空港まで飛行し、17 個のドロップゾンデを投下した（図(4)-2)。26 日はクラーク空港を離陸し、台風観測を行い 22 個のドロップゾンデを投下し、那覇空港に着陸した。27 日は那覇空港を離陸して、15 個のドロップゾンデを投下し、鹿児島空港に着陸した。28 日は鹿児島空港を離陸し、6 個のドロップソンデを投下し、小牧空港に着陸した。

4 日間で 6 回台風の目に突入することができ、25 日 5:03UTC には中心気圧 918hPa のカテゴリー５の台風強度をドロップゾンデで観測し、気象庁がほぼ同じ時刻に衛星の雲画像から観測した中心気圧 915hPa と同程度の値が得られた（図(4)-3)。4 日間の間で台風の目は 50km から 200km 程度まで広がり、台風の中心気圧も 28 日の観測で 960hPa まで弱まった。



図(4)-2. ドロップゾンデで観測した台風 24 号の
相対湿度の断面図と海面気圧（9 月 25 日）



図(4)-3. 航空機で観測した台風 24 号の目

（iii）2018 年台風 24 号の航空機観測に関するワークショップ開催

2018 年 9 月に実施した台風 24 号を対象とした航空機によるドロップゾンデ観測に関する

研究成果について、2021 年 10 月 29 日にオンラインで国際ワークショップを開催した。5 人が研究発表を行ったほか、日本とフィリピン合わせて 50 名が参加し、活発な議論が行われた。

(ⅳ)ラジオゾンデ、雲粒子ゾンデの現地調査

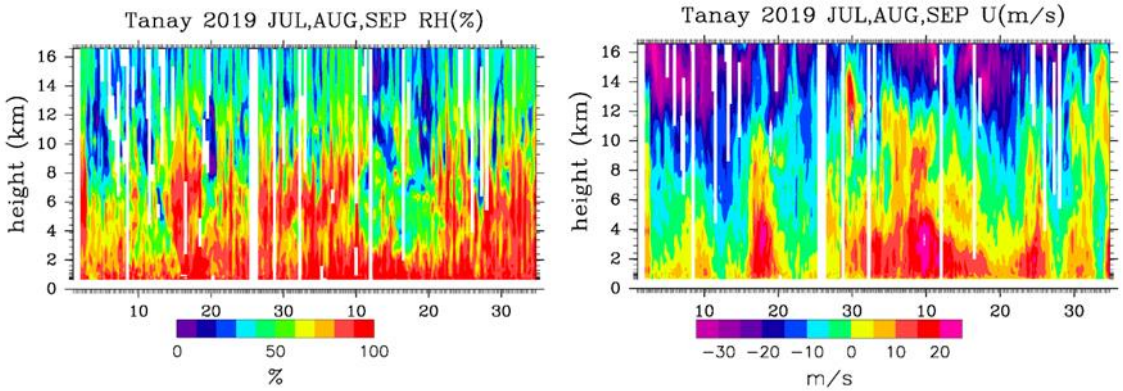
短時間予測技術の確立に向けて、集中豪雨などをもたらす活発な積乱雲内部の気象データを得て鉛直構造を把握する目的で、ラジオゾンデと雲粒子ゾンデの集中観測キャンペーンを 2019 年に実施するため、候補地の PAGASA のタナイ気象台を 2018 年 9 月に現地調査した（図(4)-4)。PAGASA はラジオゾンデを用いた高層気象観測を、現在 7 か所で通常 1 日 1～2 回実施している。短時間で急速に発達する積乱雲を捉えるには 1 日 4 回のラジオゾンデ観測が欠かせない。PAGASA からの要請で、マニラ首都圏で発達して集中豪雨をもたらす積乱雲を観測するため、候補地をセブからマニラ首都圏のタナイに変更した。1 日 4 回のラジオゾンデの強化観測が実施できる環境が整っているか人材や機材を調査した。タナイ気象台では人員の補強が必要であり、PAGASA 本部と調整した。また、放球する風船に必要な水素ガスは、タナイ気象台が提携しているガス供給会社に供給してもらうこととした。雲粒子ゾンデは北大が機材を持ち込み、観測を実施するが、タナイ気象台はマニラ首都圏のケソンから車で通える距離にあり、観測の際、ケソンから通い、雲粒子ゾンデを実施できることを確認した。

図(4)-4. タナイ気象台での現地調査

（ⅴ）ラジオゾンデの集中観測

2019 年 7 月－9 月にラジオゾンデの集中観測キャンペーンを PAGASA のタナイ気象台で実施した(図(4)-5)。通常 1 日 2 回(00,12UTC)のラジオゾンデ観測を PAGASA が実施しているところに 1 日 4 回(00, 06, 12, 18UTC)の強化観測を、7 月 2 日－9 月 2 日について実施した。通常のラジオゾンデ観測では、指定面と特異点のみ通報しているが、集中観測では、1 秒間隔の詳細な観測データを入手した(図(4)-6)。7 月中旬と 8 月前半には、フィリピン周辺の夏季モンスーンが活発になり、雲活動が活発になった。高層気象観測データから、対流圏 5km の高度まで強い西風が吹き、高度 10km の高さまで相対湿度の高い湿った層が広がっていた。8 月 2 日にはマニラ首都圏に展開中の P-POTEKA で日雨量 150mm 以上の豪雨を観測した。

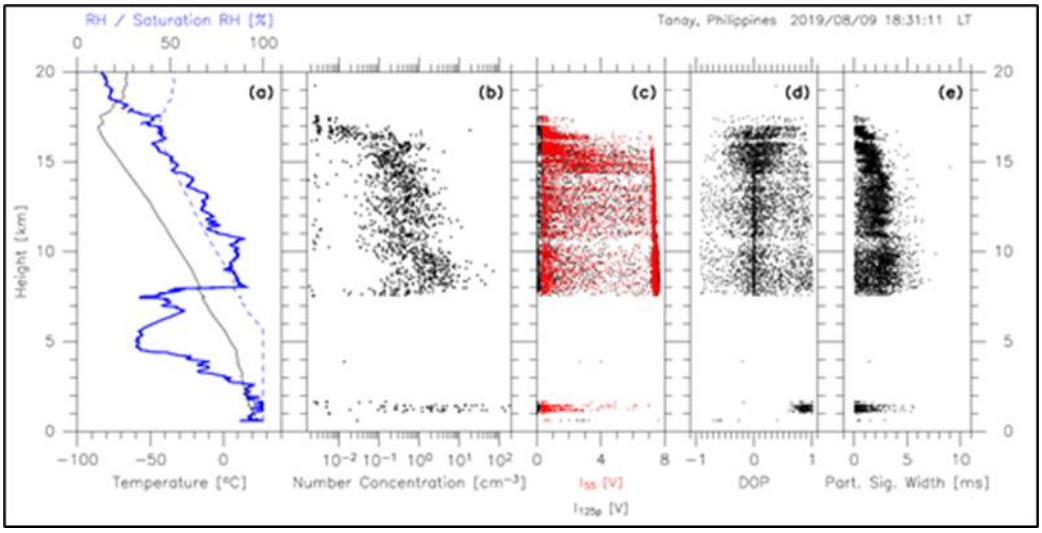
図(4)-5.　PAGASA のタナイ気象台でのラジオゾンデ放球開始(2019 年 7 月 2 日)



図(4)-6.　タナイ気象台で 2019 年 7 月 2 日 – 2019 年 9 月 2 日に実施した、
ラジオゾンデ観測で観測した相対湿度(左)と東西風(右)の鉛直分布。

（vi）雲粒子ゾンデの集中観測

ラジオゾンデ集中観測期間中の 2019 年 8 月に、雲粒子や降水粒子の数密度等を直接測定する目的で、PAGASA のタナイ気象台にて、合計 10 回の気球搭載 CPS 雲粒子ゾンデの飛揚を実施した。はじめの 4 回は日本側が滞在し ASTI 職員と PAGASA 職員に技術指導もしながら観測を実施し、残りの 6 回は ASTI 職員と PAGASA 職員のみで観測を実施した。全 10 回の観測はいずれも成功裏に終了した。図(4)-7 に 2019 年 8 月 9 日 18:31 に放球した結果を示す。この日は前夜から暴風雨に見舞われていたが、観測時には比較的天気は回復していた。下層 1～2 km に水雲、8～17.5 km に氷雲が存在していたことが分かる。なお、滞在期間中には、技術指導のみならず、熱帯気象学に関して教授したり情報交換したりと、ASTI 職員、PAGASA 職員と非常に有意義な時間を過ごした。



図(4)-7. タナイ気象台での 2019 年 8 月 9 日 18:31 の雲粒子ゾンデ観測の結果。（a）気温、相対湿度、(b）雲粒子の数密度、(c）粒子信号強度（数密度と粒子サイズに関係)、(d）偏光度（水滴か氷粒子かを判定)、(e）粒子信号幅（測定状況の監視データのひとつ)、の鉛直分布。

(vii)雲を測定するビデオカメラの設置

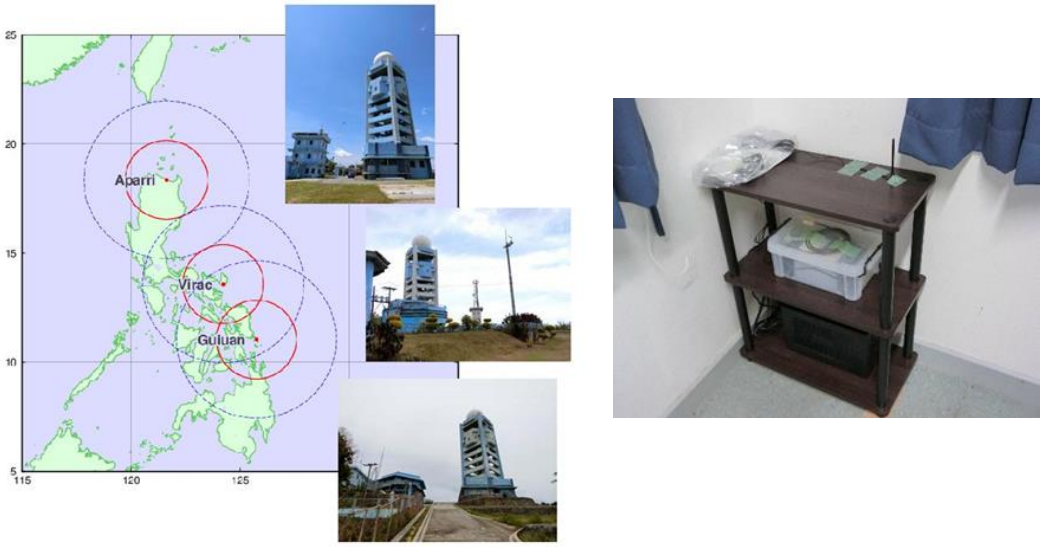
短時間予測技術の確立に向けて、マニラ首都圏で発達する積乱雲を観測するため、2018 年 7 月に ASTI の屋上にビデオカメラを設置した（図(4)-8)。自動的に連続して雲を撮影でき、積乱雲の発達過程や成層圏へ水蒸気を供給していると言われるジャンピングシーラスを視覚的に捉えて理解につなげることを目的としている（図(4)-9)。

図(4)-8. ビデオカメラの設置

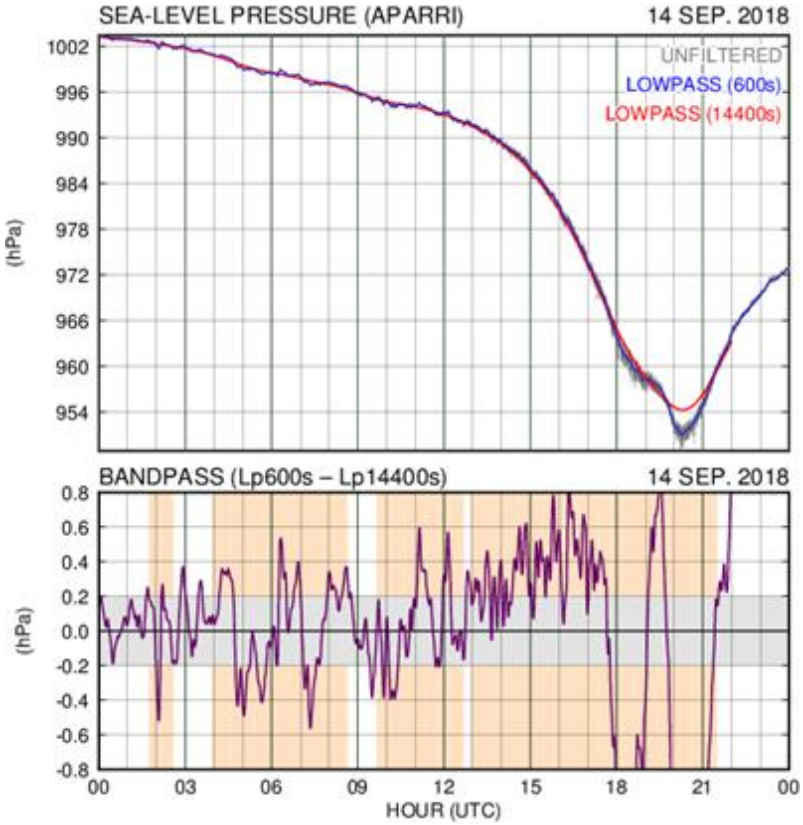
図(4)-9. ビデオカメラで撮影した雲

（viii）微気圧計の設置

台風の強度を正確に見積もる新たな技術を確立する目的で、気象レーダーと高精度の微気圧計を組み合わせた観測を実施するため、アパリ気象台に 2018 年 8 月に微気圧計を設置した（図(4)-10)。2018 年 9 月 15 日に台風 22 号がアパリ気象台の近くを通過し、気圧変化の観測に成功し、気象台で 951hPa まで気圧低下を観測した（図(4)-11)。2019 年 8 月にはビラクとギアン気象台に微気圧計を設置した（図(4)-10)。気圧データは 1 秒間隔のデータが琉球大学のサーバに転送され、ウェブサイトでリアルタイムのデータが見られように設定にした。



図(4)-10. 気象レーダーと組み合わせて、微気圧計(右)を設置したアパリ、ビラク、ギアン気象台(左)。



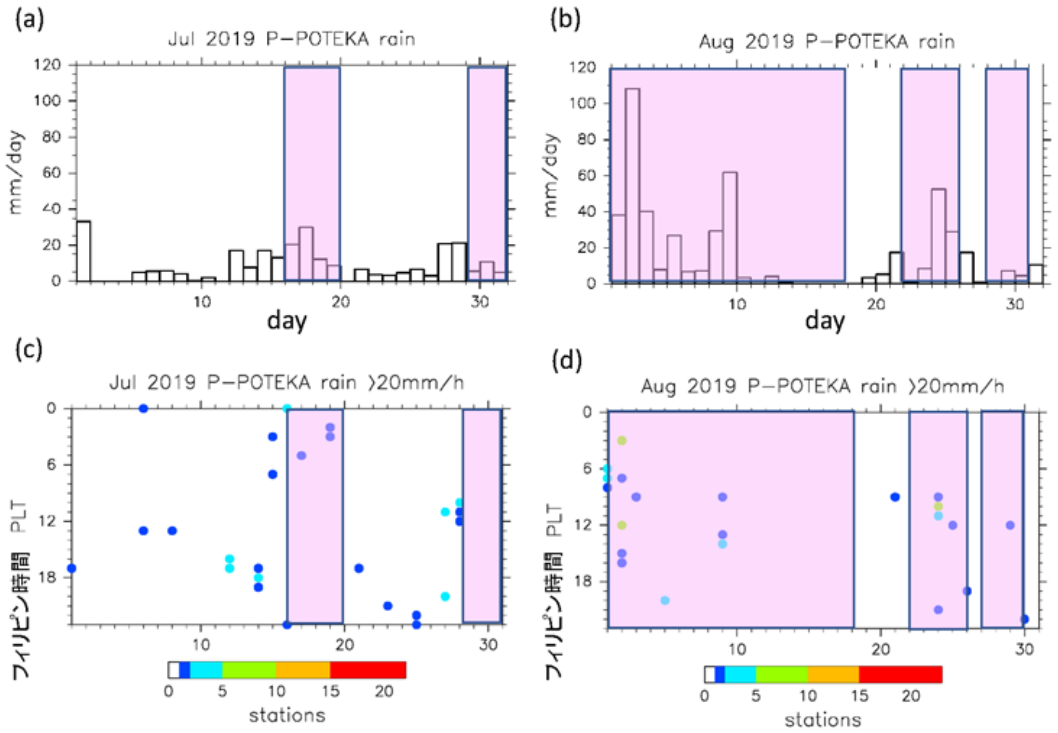
図(4)-11. 台風 22 通過時の気圧変化(9 月 14-15 日)

(ix) データ比較

短時間予測技術の確立に向けて、集中豪雨などをもたらす活発な積乱雲内部の気象データを得て鉛直構造を把握する目的で、夏季モンスーンの最盛期の 2019 年 7 月－8 月にラジ

オゾンデを放球した高層気象観測の集中観測キャンペーンを PAGASA のタナイ気象台で実施した。ラジオゾンデデータから、フィリピン周辺の夏季モンスーンが活発になると対流圏 5km の高度まで強い南西風が吹き(図(4)-12 のピンク色の期間)、マニラでの雲活動が活発化し P-POTEKA で得られたマニラ首都圏の雨量が多くなった(図(4)-12 a,b)。その際、強い雨は 1 日中降っていることがわかる(図(4)-12 c,d)。それに対して南西風が弱いモンスーン不活発期の雨量は少なく、強い雨が降るときは、午後から夜にかけて集中する傾向が見られる。

P-POTEKA のプレート型センサーによる落雷の稠密観測は、落雷位置評定精度が数 100m と V-POTEKA など電磁波を用いた方法に比べて桁違いに高く、また落雷時の消失電荷の量と高度を推定できるという他に類をみない特徴を持つ。こうした詳細な落雷情報と、積乱雲の発達過程や降水との関係を明らかにすることで、落雷情報に基づく降雨量予測の精度を飛躍的に高めることを目標にしている。本課題によってその関係が明らかになれば、すでに手法の確立した V-POTEKA による雷放電観測から、フィリピン全土における高精度降雨予測に繋げられると考え、解析作業を進めている。

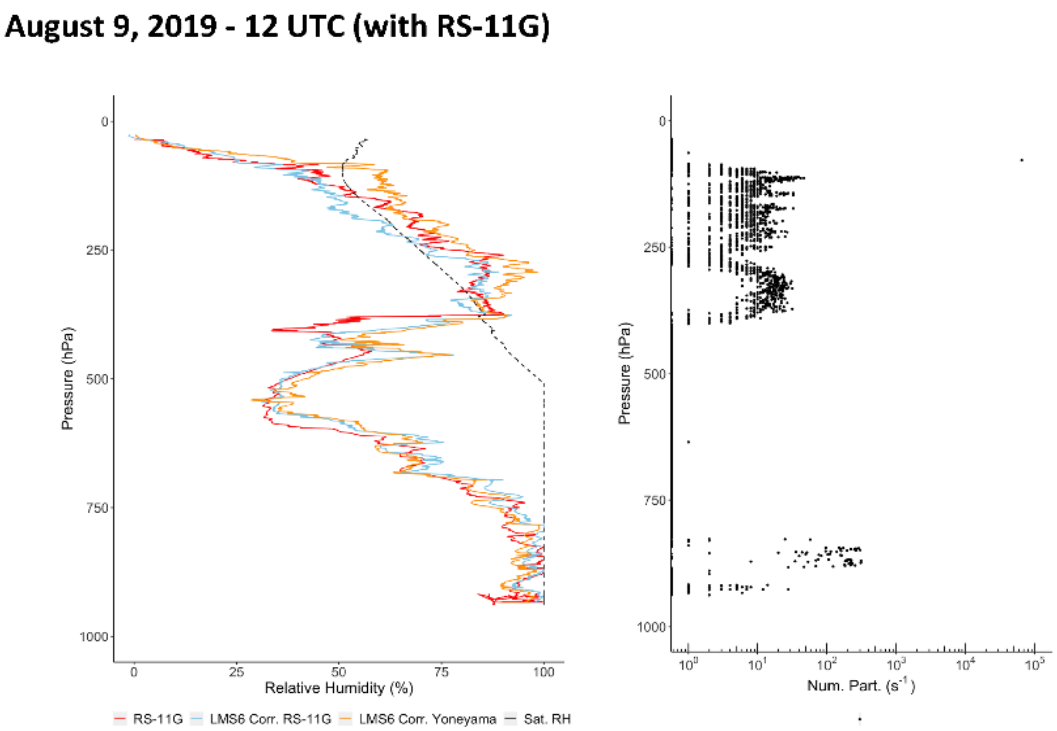


図(4)-12. 2019 年 7 月(a,c)と 8 月(b,d)のマニラ首都圏に設置した 23 地点の P-POTEKA の平均日雨量(a,b)と時間雨量 20mm 以上を観測した時刻の地点数(c,d)。

ラジオゾンデ集中観測期間中の 2019 年 8 月に、雲粒子や降水粒子の数密度等を直接測定する目的で、PAGASA のタナイ気象台にて、合計 10 回の気球搭載 CPS 雲粒子ゾンデの飛揚を実施した。ラジオゾンデと雲粒子ゾンデの観測を用いて、大気場と雲の鉛直分布を比較した。2020 年 8 月 9 日の相対湿度と雲粒子数密度の鉛直分布を図(4)-13 に示す。タナイ気象台のラジオゾンデ(LMS6)は対流圏上部で相対湿度が低い傾向があり、雲粒子ゾンデに付随したラジオゾンデ(RS-11)と Yoneyama et al. (2021)で補正した(図(4)-14)。Yoneyama et al. (2021) で補正した場合のほうが、対流圏上部の相対湿度が改善した。

Yoneyama, K., M. Fujita, A. Seiki, R. Shirooka, S. Yokoi, E. O. Cayanan, C. O.

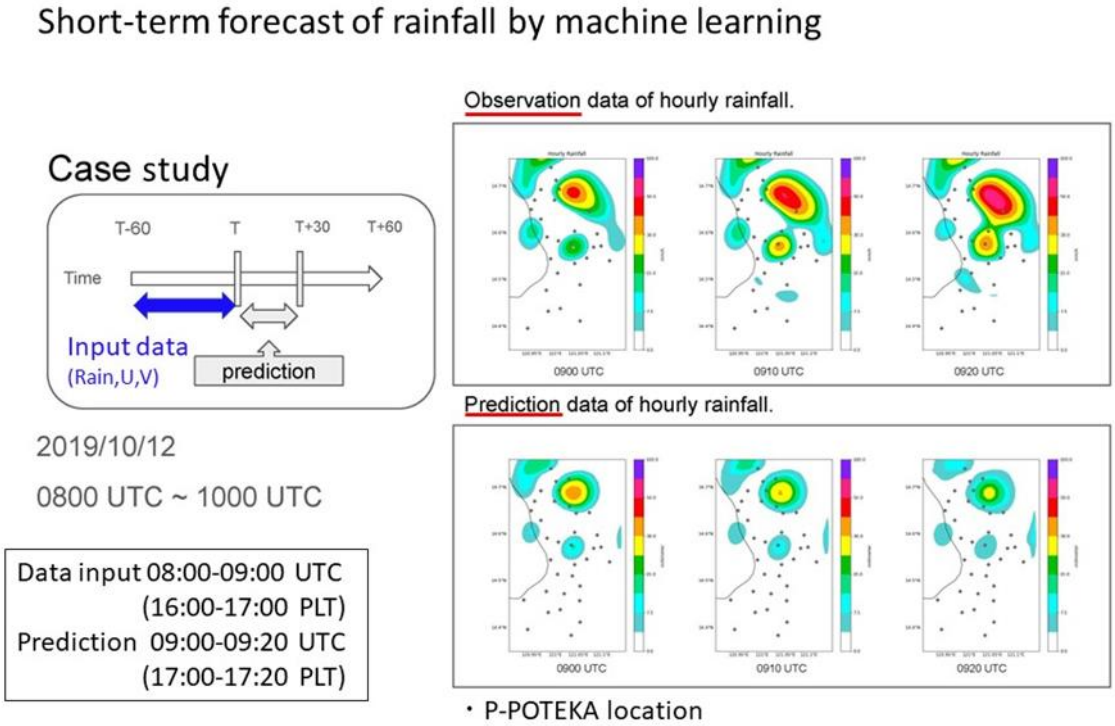
Iglesia and O. C. Cabrera, 2021: Evaluation of LMS6 and RS41 radiosonde humidity data obtained during YMC-Boreal Summer Monsoon study in 2018 and 2020. J. Meteor. Soc. Japan, DOI:10.2151/jmsj.2021-054.



図(4)-13. 2020 年 8 月 9 日 12Z の雲粒子ゾンデに付随したラジオゾンデ(RS-11)(赤線)、RS11 で補正したタナイ気象台のラジオゾンデ(LMS6)(青線)。図(4)-14. Yoneyama et al. (2021) で補正したタナイ気象台のラジオゾンデ (LMS6) の相対湿度分布 (オレンジ線) と飽和相対湿度(黒破線)(左図)。雲粒子数密度の鉛直分布(右図)。

(ｘ)機械学習による短時間予測

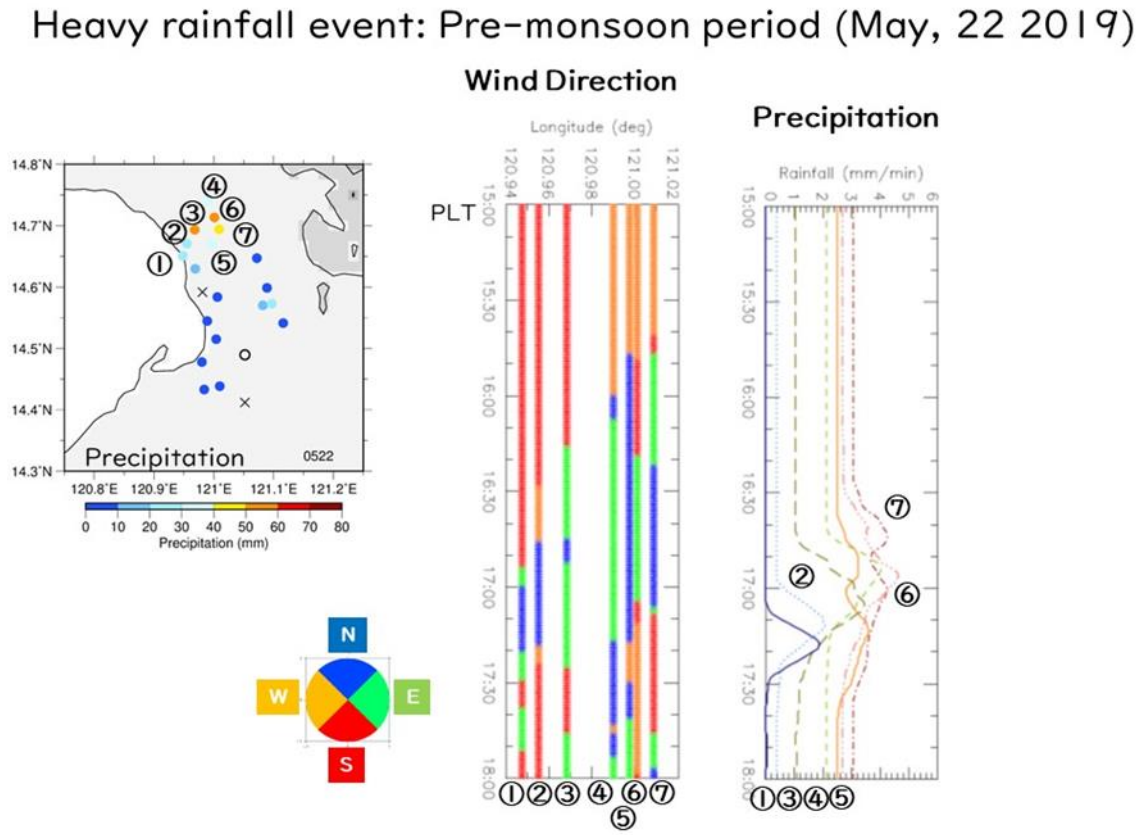
マニラ首都圏に展開している P-POTEKA 搭載自動気象観測装置(POTEKA AWS)で得られた大量の気象データ (降水量・気温・気圧・風・湿度) と機械学習の手法とを用いた、降水量および降水分布の直前予測性に関する基礎研究を進めた。地点降水量を等間隔のグリッドデータに変換し、Conv LSTM (Convolutional Long Short Term Memory)の手法を用いて、7 ヶ月分の気象データを機械学習させた。その学習を基に、過去 1 時間分の観測データから 10 分間隔で 30 分後までの降水量を予測した。2019 年 10 月 12 日 09:00UTC-09:20UTC の 10 分間ごとの降水量の観測値と予測値の例を(図(4)-15)に示す。マニラ首都圏北部の強い降水が良く再現できている。ただし、時間発展させた場合、降水は時間とともに弱くなるのに対して、予測は降水が時間とともに強くなり、時間発展に関して精度改善が必要であることが分かった。



図(4)-15. 2019 年 10 月 12 日 09:00UTC-09:20UTC のマニラ首都圏の 10 分間ごとの降水量の観測値(上段)と予測値(下段)。過去 1 時間分(08:00-09:00UTC))の観測データ入力し予測した。地図中の黒色の点は P-POTEKA 設置点を示す。

(xi)大雨の短時間予測可能性の研究

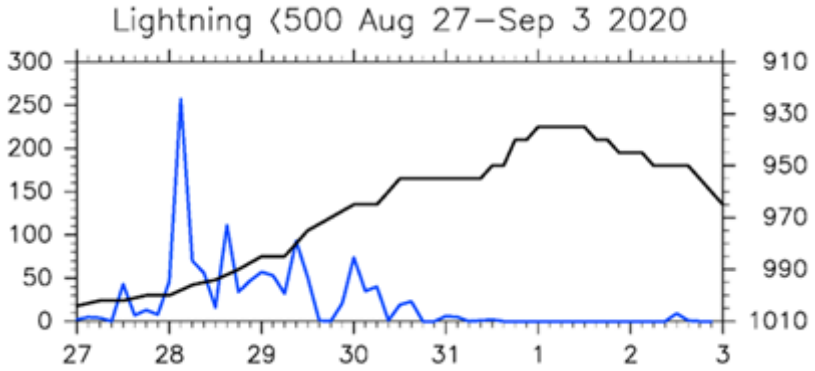
マニラ首都圏の P-POTEKA で得られた 2019 年 5 月 22 日の強い降水に着目し、大雨に先行する環境場の特徴を調べた。2019 年 5 月 22 日の強い降水はマニラ首都圏北部の内陸の⑦地点で 16:40PLT 頃に観測し、その後時間とともに海岸に近い地点に強い降水が移動し、17:20PLT 頃に海岸の①地点で強い降水を観測した(図(4)-16)。マニラ首都圏は西に海岸が位置する地形の影響で、日中に海からの風が吹き、風が日変化する特徴がある。2019 年 5 月 22 日は午後に西あるいは南からの海風が観測されている(図(4)-17)。15:50PLT 頃から内陸の④から⑦の地点で海風とは異なる風向に変化している。これは近くで積乱雲が発達し、強い降水に伴い発生する下降気流が積乱雲から広がり、内陸の④から⑦の地点に到達したと推測できる。④から⑦の地点の強い降水は風向の変化の 1 時間後に観測された。風向の変化は時間とともに海岸に近い地点にも広がっており、強い降水の移動と対応していた。海岸の①地点では風向の変化は 15:50PLT 頃に観測され、強い降水はその 30 分後に観測された。つまり、海風とは異なる風向の変化は、積乱雲に伴った強い降水の 30 分から 1 時間前に発生し、強い降水の先行現象として捉えたことがわかる。



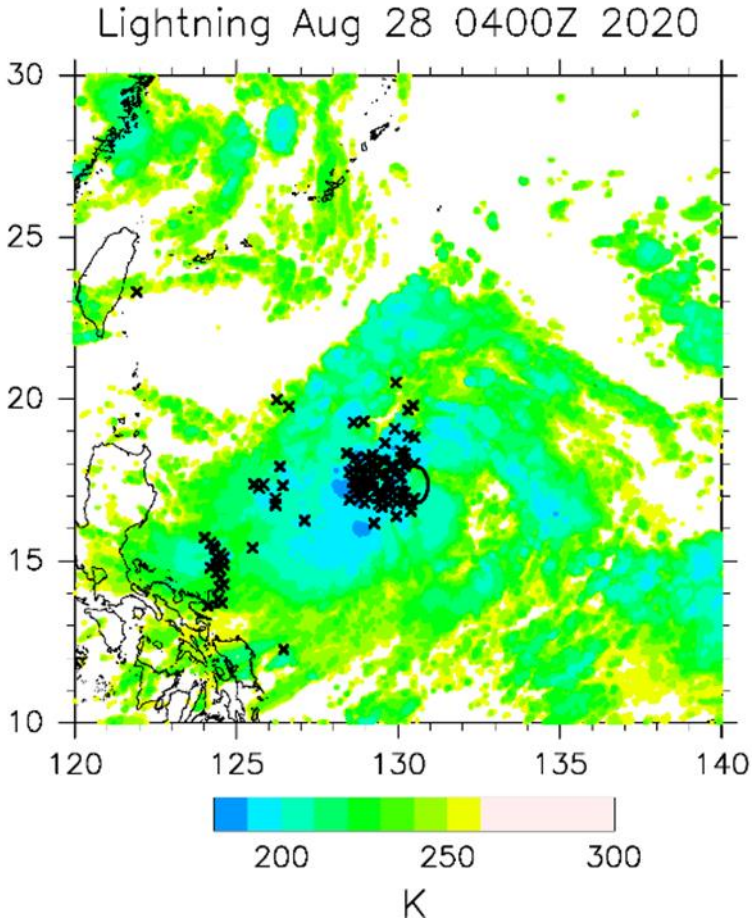
図(4)-16. 2019 年 5 月 22 日 15-18 時 PST のマニラ首都圏の P-POTEKA で観測した降水量分布(左図)。
図(4)-17. ①-⑦の地点で観測した 15-18 時 PST 色分けした風向(中図)と降水量(右図)の時系列。降水量 0mm の軸は①0.00mm、②0.77mm、③2.08mm、④4.24mm、⑤4.99mm、⑥5.35mm、⑦6.11mm にずらし、各地点の降水量変動を見やすくしている（右図)。

(xii)台風発生の予測可能性の研究

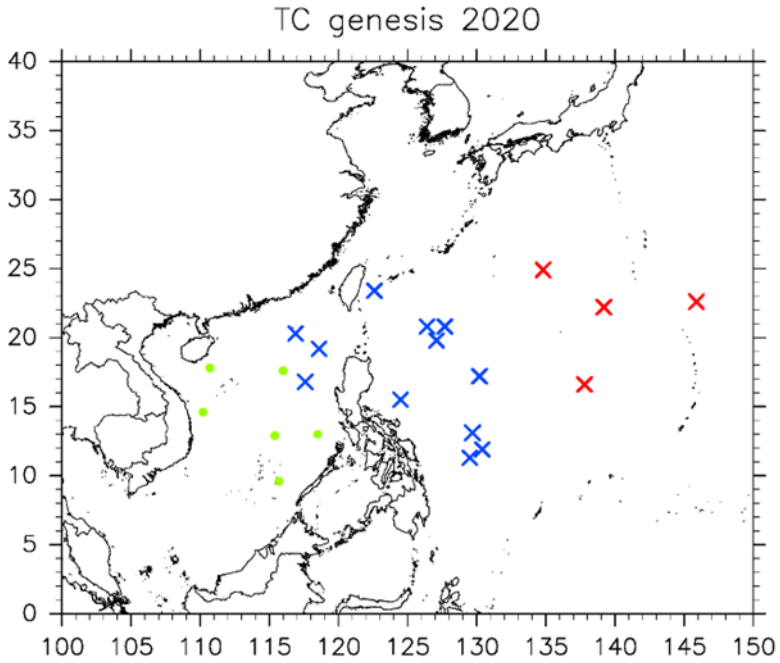
台風監視網のマニラ・パラオ・グアム・インドネシア・沖縄に設置した V-POTEKA データから西部北太平洋域の雷放電の発生位置を計算し、台風発生と雷放電との関係を調べた。2020 年台風 9 号の半径 500km 以内に発生した雷放電数と台風強度を表す中心気圧の時系列を図(4)-18 に示す。熱帯低気圧は 8 月 28 日 06UTC に台風 9 号に発達したが、その直前に雷放電数が最大となっている。台風発生直前の 8 月 28 日 04UTC の気象衛星「ひまわり」の雲画像と 03-04UTC に発生した雷放電の位置を図(4)-19 に示す。熱帯低気圧の中心のすぐ西側の活発な雲域に雷放電が集中していることがわかる。2020 年に発生した台風のうち、前後 1 日以内に雷放電数が急増した台風とそれ以外と分けて図(4)-20 に示した。フィリピン周辺で発生した台風には雷放電数の急増が見られ、特にフィリピンに脅威となる台風発生のシグナルとして、雷放電数の急増の利用可能性が期待される。



図(4)-18. 2020 年台風 9 号の半径 500km 以内の 3 時間の雷放電数(青線)と台風の中心気圧(黒線)。左軸が雷放電数、右軸が中心気圧（hPa）を表す。台風発生は 8 月 28 日 06UTC でそれ以前は熱帯低気圧。



図(4)-19. 8 月 28 日 04UTC の気象衛星「ひまわり」の雲画像(放射輝度温度のコンター)と 03-04UTC に発生した雷放電の位置(×印)。「D」は熱帯低気圧の中心位置を示す。



図(4)-20. 2020 年に発生した台風の位置を示す。台風発生前後 1 日以内に雷放電数が急増した台風(青×)、それ以外の台風(赤×)、雷放電の観測網の外側で発生した台風(緑丸)。

② 研究題目３のカウンターパートへの技術移転の状況

2018 年台風 24 号を対象とした航空機観測では、事前に日本で ASTI の技術者に対して、航空機観測やドロップゾンデを用いた解析手法の研修を実施した。観測時は航空機に搭乗し実際に台風の目を飛行する観測を体験させ、観測の技術移転を行った。ただ、当の ASTI 技術者はその後退職してしまった。航空機観測のデータを用いた研究について、2021 年に ASTI、PAGASA を交えたオンライン国際ワークショップを開催し、情報交換を行い、技術移転を進めることができた。

雲粒子ゾンデ観測手法や取得したデータの知識をカウンターパートに技術移転を行った。10 回の観測のうち、6 回は ASTI と PAGASA の職員のみで雲粒子ゾンデ観測を実施した。ラジオゾンデ観測についても観測手法と取得したデータの知識をカウンターパートにレクチャーして技術移転を行った。集中観測で実施したラジオゾンデと雲粒子ゾンデを用いたデータ比較は積極的にカウンターパート側で解析が行われ、定期的に zoom で情報交換を行い、技術移転を進めることができた。

機械学習については COVID-19 の影響で交流が滞ったため、日本側とカウンターパート側で別々に解析を行ったが、オンライン短期研修を実施し、情報交換を行うことで技術移転を進めることができた。

③ 研究題目３の当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし

④ 研究題目３の研究のねらい

P-POTEKA, V-POTEKA による雷観測データと超小型人工衛星による積乱雲観測データに加え、積乱雲・台風のゾンデ集中観測を行い、それらのデータを統合し外挿的手法を用いた短時間予測技術を確立する。

⑤ 研究題目３の研究実施方法

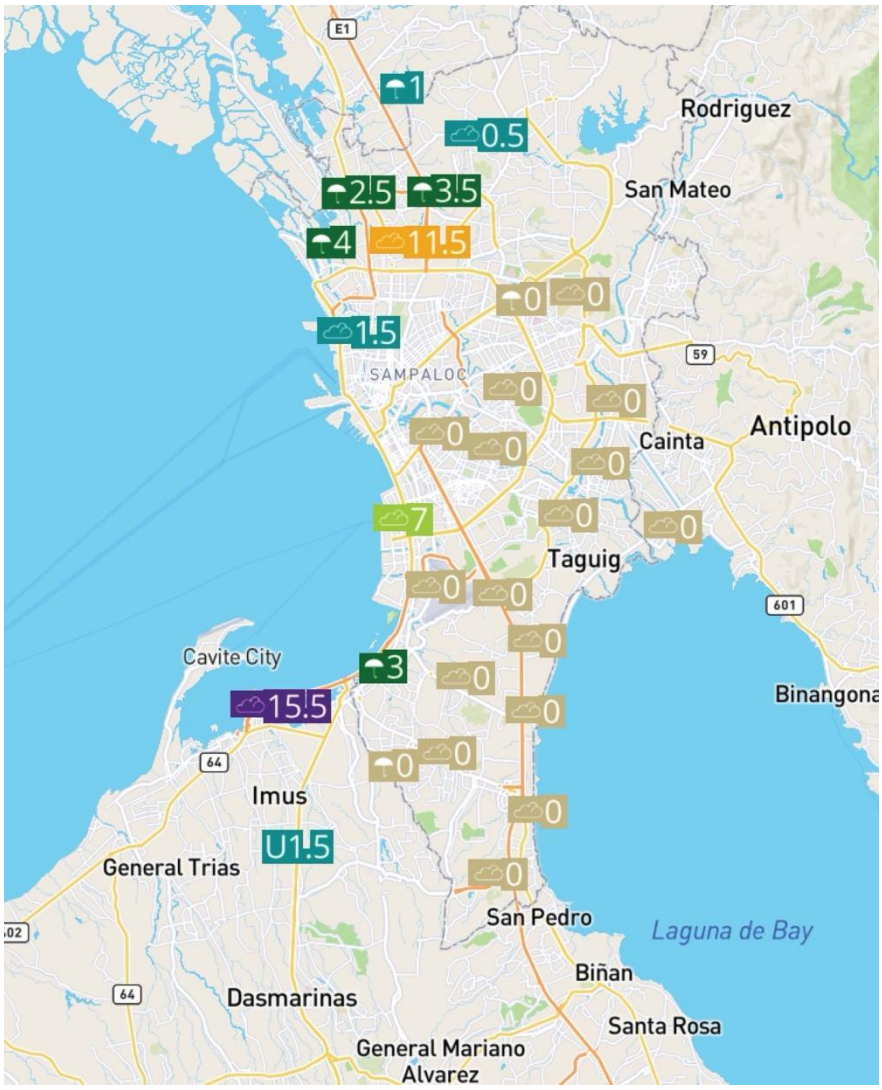
短時間予測技術の確立に向けて、集中豪雨などをもたらす活発な積乱雲内部の気象データを得て鉛直構造を把握するため、ラジオゾンデと雲粒子ゾンデの集中観測キャンペーンを実施する。また、台風強度の短時間予測技術の確立に向けて、台風内部で発達する積乱雲をとらえるため、航空機を用いたドロップゾンデ観測をフィリピン海で行う。それらの結果と雷・衛星観測データを統合して、外挿的手法を用いて極端気象の短時間予測を行う手法を確立する。

(5) 研究題目４：情報提供システムの確立（リーダー：久保田尚之・北海道大学）

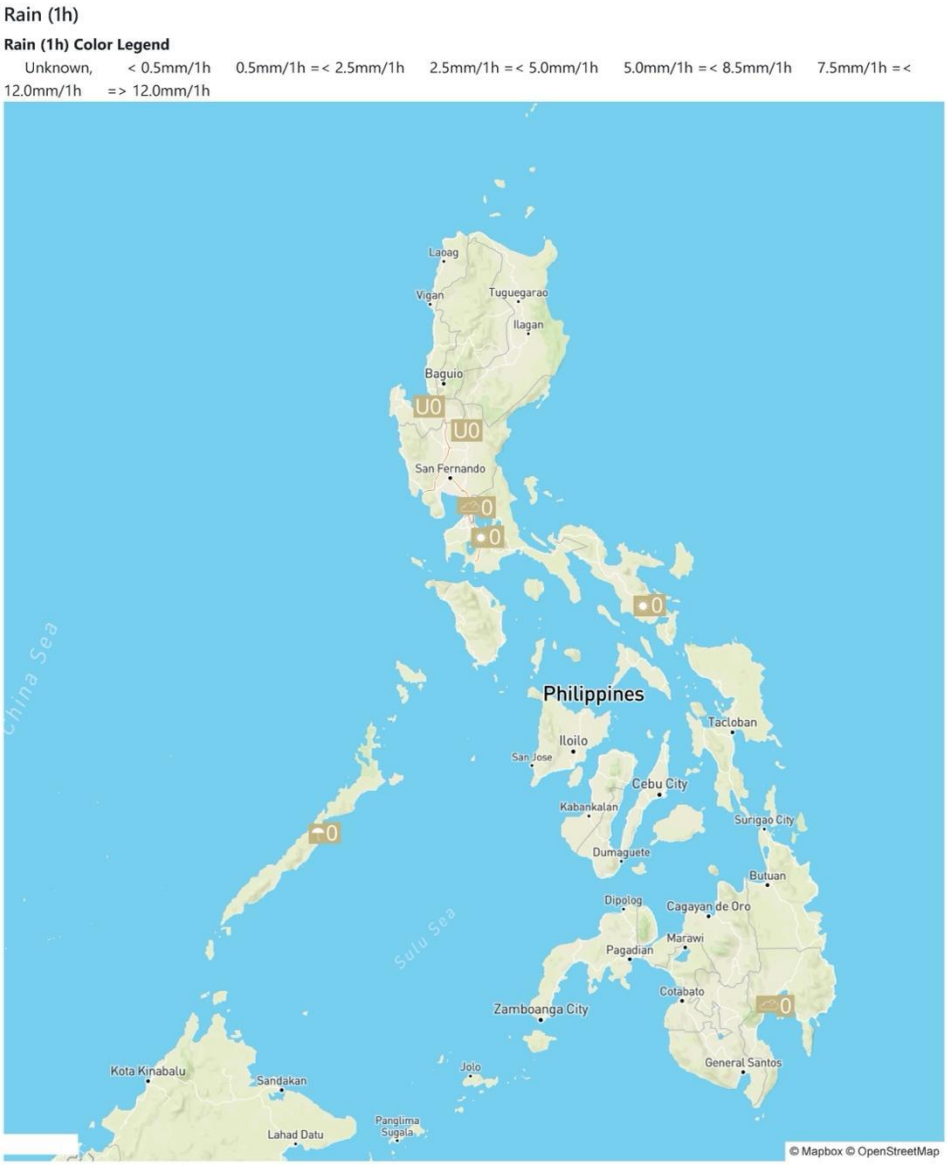
①研究題目４の当初の計画（全体計画）に対する成果目標の達成状況とインパクト

(i) P-POTEKA, V-POTEKA のリアルタイムデータのウェブサイト作成

マニラ首都圏に展開している雷・気象観測システム(P-POTEKA)と Nation-wide に展開している雷・気象観測システム（V-POTEKA）が観測している気象データをリアルタイムで表示するウェブサイトを ASTI で作成した(図(5)-1)。また、ウェブサイトには各地点の気象データの時系列も表示できる。

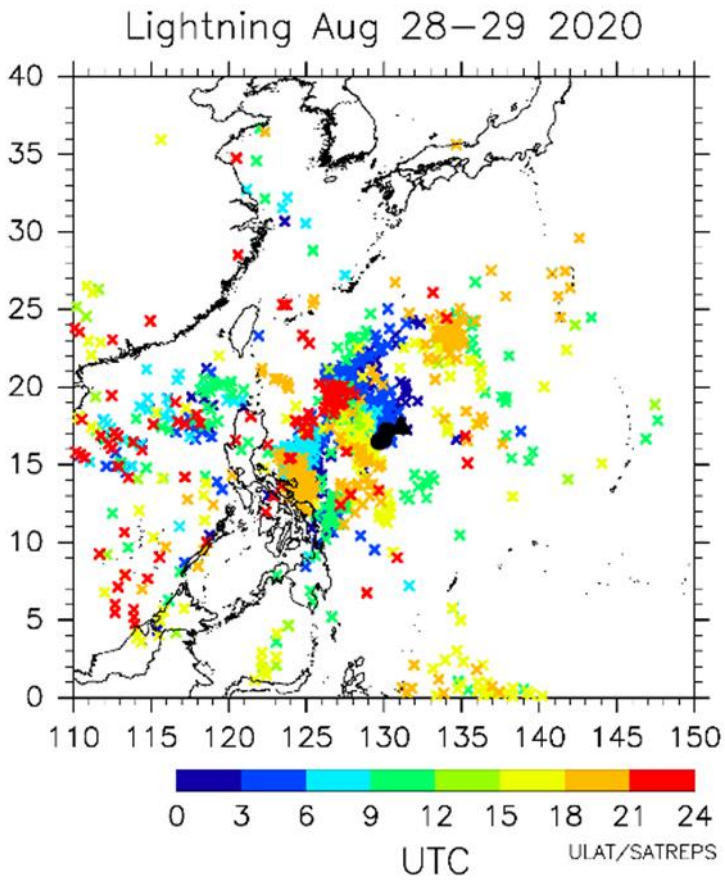


@Mapbox®OpenStreetMap



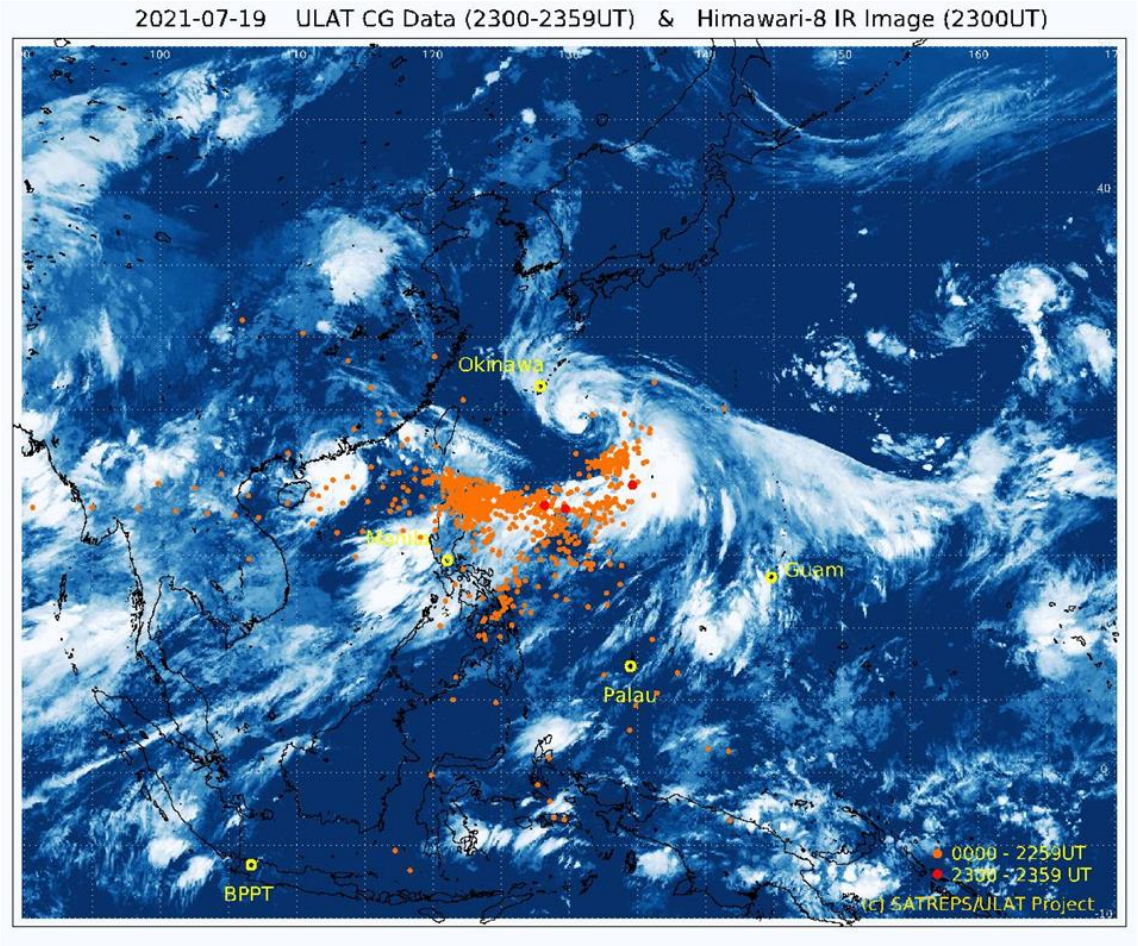
図(5)-1.　P-POTEKA で観測した雨量分布(上)、V-POTEKA で観測した雨量分布(下)。

（ⅱ） 台風監視網の日々の雷放電位置を表示したウェブサイト作成
台風監視網のマニラ・パラオ・グアム・インドネシア・沖縄に設置した V-POTEKA データから雷放電の発生位置を計算し、台風の位置と合わせた図を表示するウェブサイト作成した(図(5)-2)。



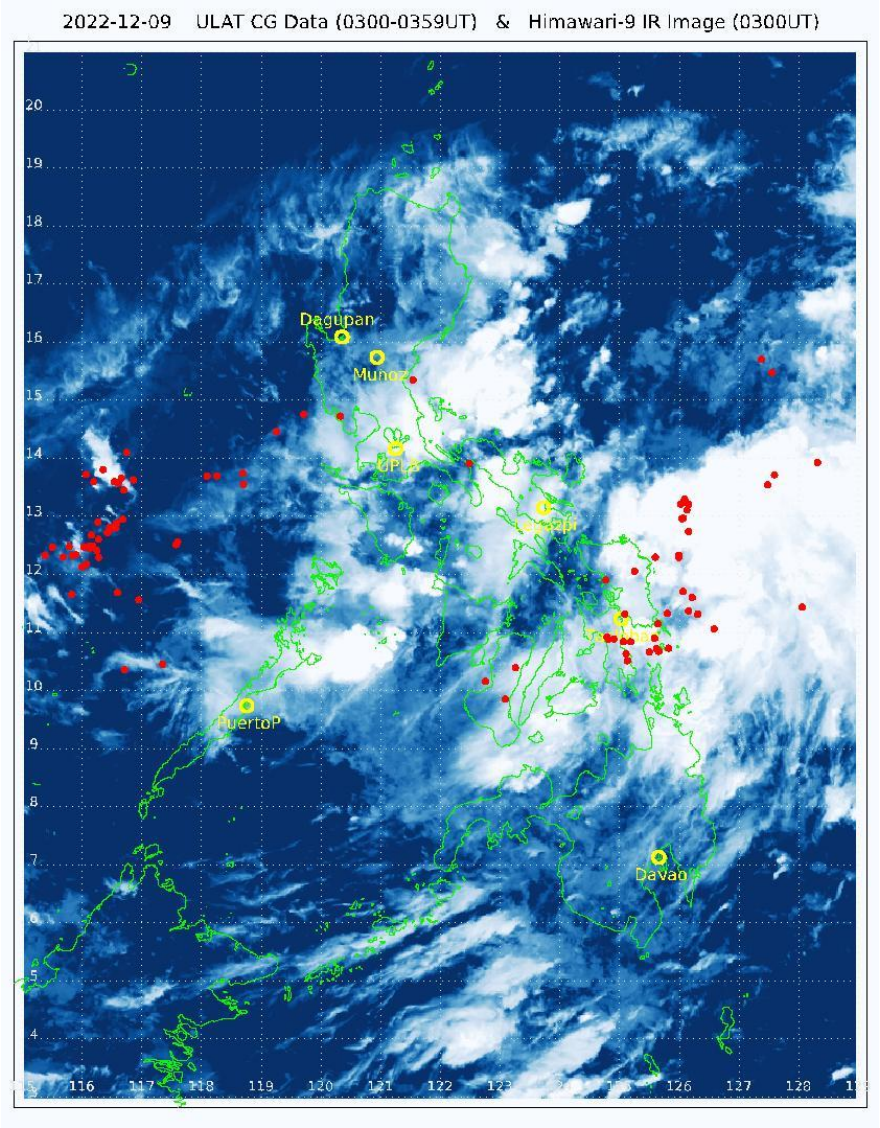
図(5)-2. 2020 年 8 月 28 日一日分の雷放電の位置を×で表示。3 時間ごとに色分け。
熱帯低気圧(▲)、台風(●)の 6 時間ごとの位置を表示。

(ⅲ)台風監視網の雷放電位置を準リアルタイムで表示したウェブサイト作成
台風監視網のマニラ・パラオ・グアム・インドネシア・沖縄に設置した V-POTEKA データから過去 1 時間の雷放電の発生位置を自動的に計算し、図に表示するウェブサイト作成した(図(5)-3)。



図(5)-3. 2021 年 7 月 19 日 23:00-23:59UTC の雷放電の位置(赤丸) と気象衛星「ひまわり」の雲画像、00:00-22:59UTC の雷放電の位置(朱色丸)を表示。台風監視網の V-POTEKA 観測地点 5 カ所を黄色で表示。

(iv)フィリピン Nation-wide の雷放電位置を準リアルタイムで表示したウェブサイト作成
フィリピン国内に設置されている Nation-wide V-POTEKA の雷放電放射 VLF 帯電波データから、過去 1 時間の雷放電の発生位置を自動的に計算し、図に表示するウェブサイト作成した(図(5)-4)。



図(5)-4. 2022 年 12 月 9 日 03:00-03:59UTC の雷放電の位置(赤丸) と気象衛星「ひまわり」の赤外雲画像。Nation-wide V-POTEKA の観測地点 7 カ所を黄色で表示。

② 研究題目４のカウンターパートへの技術移転の状況

日本のメーカーで作成されたリアルタイムの気象データを表示するウエブサイトを、ASTI 内のサーバに立ち上げ、自ら表示するシステムを構築し技術移転が完了した。

フィリピン側での雷放電位置を準リアルタイム表示に向けた雷放電位置の手法は、オンライン短期研修を実施し、情報交換を行ったが、プログラムを習得することが難しかった。北大が作成した雷放電位置を計算するプログラムを提供し、技術移転を進めた。

ASTI が作成したマニラ首都圏に展開している雷・気象観測システム(P-POTEKA)と Nation-wide に展開している雷・気象観測システム (V-POTEKA) が観測している気象データをリアルタイムで表示するウェブサイトの試験運用を実施し、P-POTEKA を設置した地権者に情報提供している。また、台風監視網の雷放電位置を計算するプログラムを ASTI に技術移転を行い、雷放電位置を準リアルタイムで計算し表示するウェブサイト作成する準備ができている。これらの技術移転を受けて、研究題目 1 で進めた台風強度予測と研究題目 3 で進めた豪雨予測情報を公開するためのプラットフォームを ASTI が準備できている。

防災機関に対する伝達の仕方や、防災活動に寄与していくプロセスの構築については、本事業の範囲を越えており、またその部分はフィリピン政府自身が主体的に構築しなけれ

ばいけないものでもある。フィリピンにおいても気象警報情報の発信は、日本の気象庁に相当する PAGASA が担当するが、その情報は、Metropolitan Manila Development Authority(MMDA), National Economic and Development Authority(NEDA), Office of Civil Defense(OCD)（JCC メンバー）および地方自治体で共有される体制となっている。本課題で開発された情報共有システムは PAGASA の予報業務に活かされると同時に、こうした防災関連諸団体で共有され、行政機関が避難の判断や住民へ訴える際に活用される。本事業で確立した情報取得とその共有手段が、気象庁や他の防災団体、宇宙機関の間ですみやかに共有され、地方政府や住民に提供されるよう、フィリピン政府に対しても積極的に助言を行なっていく。

③ 研究題目４の当初計画では想定されていなかった新たな展開

特になし

④ 研究題目４の研究のねらい

集中豪雨や落雷地域の短時間予測に基づく、豪雨・落雷予想のマップ、台風強度の 24 時間前予測値を防災機関に公開するためのウエブサイトを作成する。さらに、フィリピン政府との協議の上で、試験運用の実施を検討する。

⑤ 研究題目４の研究実施方法

国内で短時間予測情報結果の情報を提供するソフトウェアを開発し、フィリピンに移植して試験運用を行う。さらに、試験運用の結果を受けて情報提供ソフトウェアを改修し予測精度の向上を図る。

Ⅱ．国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など（公開）

(1)プロジェクト全体

- カウンターパートの ASTI のプロジェクトメンバーはマネージメント能力が極めて高く、雷放電・気象観測装置のフィリピン国内への展開と取得データの管理は着実に進行している。2019 年度は、ASTI のメンバーと、月に一度の TV 会議を通じて進行状況などの情報を共有し、概ねスケジュール通りに進めることができた。2020 年 3 月以降、新型コロナウイルス感染拡大の影響からスケジュールの遅延が生じているが、TV 会議などを用いて適切に対応できていると考える。
- 2020 年 3 月以降、COVID-19 の影響からスケジュール全体に遅延が生じている。フィリピン側メンバーが職場に行くことが禁止された時期があったこともあり、その結果、装置の設置、メンテナンス、衛星運用など自宅でできない作業に影響が出ていた。しかし新型コロナウィルス感染拡大がおさまってきたことから、POTEKA の設置作業については 2022 年度中に本格的に再開し、新規設置を進めることができた（P-POTEKA39 台、V-POTEKA8 台の設置が完了し、残りの P-POTEKA11 台および V-POTEKA2 台は障害発生時の交換用に保管している）。
- 衛星の基本的な運用、ターゲットポインティングによる連写は、フィリピン側（ASTI）が合計 27 回の観測を成功させるなど、順調に技術が向上している。指導は主にメールやテレビ会議を用いたリモートで行われており、成果を上げている。

(2) 研究題目１：「雷放電の稠密観測・Nation-Wide 観測」（リーダー：高橋幸弘・北海道大学）

- P-POTEKA および V-POTEKA の装置概要と組立て・設置方法等については、ASTI との度重なる打合せと研修を通じて技術継承することができており、ASTI のグループが自力で行えるレベルに達した。しかし、日本からフィリピンへの物品輸送と通関手続きにかかる手続きと期間が想定以上で、設置作業の進捗に多少の影響を及ぼした。物品を小分けにせず、まとまった単位でかつ少ない回数でフィリピンに一気に輸送するよう改善することで、これを克服した。
- 当初想定していた P-POTEKA の設置場所は、ASTI が現有する水位計の設置箇所に同居させる予定であった。しかし、それらの場所の適性やスペースの問題から、50 箇所

を再考することにした。ASTI のグループが積極的に場所選定を行い、ステークホルダー会議を開催するなどして、場所の選定作業がはかどった。

- V-POTEKA の設置場所について、PAGASA が現有する 10 箇所の気象観測拠点に設置することにしている。しかしながら、設置方法やデータ利用に関する細かな点でプロジェクト側と PAGASA 側とで齟齬が生じており、設置がやや遅延気味であった。互いの理解と合意をとりつけるべく、必要に応じて直接会って会議を開催することで、これを克服した。
- P-POTEKA および V-POTEKA の設置状況や現在抱える課題などについては、月に一度の TV 会議を通じて情報共有し議論を行ってきた。その効果もあって研究題目 1 については概ねスケジュール通りに進んでいるが、引き続き細かな点までの現状把握と課題抽出、早めのリスク管理が徹底できるよう情報共有に努めることとした。
- カウンターパートの ASTI のプロジェクトメンバーは非常にマネージメント能力が高く、P-POTEKA と V-POTEKA のフィリピン国内への展開と取得データの管理を自力で着実に実行している。2020 年度は、COVID-19 の影響もあって ASTI のメンバーと定例の会議を行うことは困難であったが、観測機器の運用状況や現在抱える課題などについて電子メールによる情報共有と課題解決を図った。

(3) 研究題目 2：「人工衛星による高精度雲観測」（リーダー：吉田和哉・東北大学）

- 衛星の基本的な運用、ターゲットポインティングによる連写は、フィリピン側（ASTI）が自力で行えるレベルに達しており、またそのデータに基づく雲の立体構造の推定も目処が立っており、当初予定よりも前倒し目標を達成している。
- フィリピン側の経験不足もあり、衛星運用のためのアンテナ設置場所の選定において危険性を楽観視する傾向がみられた。製品を提供する日本のメーカーと綿密に連絡をとり、安全性の確保を第一に場所の選定と設置方法を提案した。目標よりも衛星地上アンテナ設備の導入が遅れたが、既存のフィリピン側の設備で十分な運用ができており、研究開発上は、問題はなかった。設備設置を完了し、試験観測も順調だったが、その後不具合を発生し、コロナ収束後の 2022 年度に改修作業を行い、現在は運用に供している。
- 衛星の基本的な運用、ターゲットポインティングによる連写は、フィリピン側（ASTI）が 0.2 度程度の高精度姿勢制御を実現し、望遠カメラでターゲットを捉えるレベルに達した。2020 年度以降は、COVID-19 の影響でフィリピン側メンバーが衛星運用室に行くことが禁止された時期もあり、その結果、雲撮像のチャンスが非常に限られたが、2021 年度は合計 27 回の観測を実施することができ、今後機会を増やすことができると考えている。DIWATA 衛星の運用などはフィリピン国内で行われており、また論文執筆者である元留学生は、すでに帰国している。そのため指導は主にメールやテレビ会議を用いたリモートで行われているが、その丁寧な指導が十分な成果を上げた一因と判断している。

(4) 研究題目３：「外挿的手法を用いた短時間予測技術の確立」（リーダー：松本淳・東京都立大学）

- 本プロジェクトで実施した航空機観測は、得られた観測経験や気象データを生かして、台風などの極端気象の短時間予測技術の確立を目指している。そのために担当の ASTI 技術員は事前に日本で短期研修を行い、航空機観測にも搭乗し、台風の目に突入する貴重な経験をすることができた。ただ、残念なことに観測直後に当の ASTI 職員は退職してしまい、フィリピン側に経験を生かす機会が失われた。ASTI にはより慎重な人選が必要だった。
- 2018 年度の航空機観測（ドロップゾンデキャンペーン）の事務手続きについて、放置に近い状態が数ヶ月続き、大幅な遅れが生じた。結果的には、観測の好機が 9 月に訪れたため間に合ったが、もし早い時期に観測に適した台風が発生した場合、チ

ャンスを逃す可能性があった。再発を防ぐために、JICA 側とのテレビ会議を高頻度で行うなどの対策をとって効果を上げたが、経緯についての報告書の作成については JICA が承諾したものの、いまだ提出されていない。今後同様の問題を防ぐためにも、経緯の総括を引き続き求めて行くと同時に、各種手続きの進捗について定期的に JICA に確認をとるものとする。

- ラジオゾンデ、雲粒子ゾンデの集中観測の候補地は PAGASA の要請でマニラ首都圏のタナイ気象台に変更し、ASTI と協力して現地調査を実施し、観測を実施した。
- ラジオゾンデ観測と雲粒子ゾンデ観測には、風船に水素ガスを詰めて放球する必要があった。既存のラジオゾンデ観測を実施している PAGASA の気象台を利用した。水素を貯蔵して、充填する設備を利用させてもらい、専門の技術者の協力を得ることで、今回の集中観測を安全に実現することができた。
- これまで取得してきたラジオゾンデ観測と雲粒子ゾンデ観測を用いて、短時間予測技術の確立に向けて積乱雲が発達するのに必要な環境場をフィリピン大学では、自らデータ比較し、解析を進めた。
- 短時間予測技術の確立に向けた降水の短期予測は、降水データを入力した機械学習の手法を開発しましたが、COVID-19 の影響で北海道大学と ASTI が別々に進めていた。2021 年度はオンライン短期研修を実施することでお互いに情報共有することができた。
- PAGASA 側とは気象データの利用については未だに協議中であり、プロジェクト期間中に解決する必要がある。

(5) 研究題目 4：情報提供システムの確立（リーダー：久保田尚之・北海道大学）

- カウンターパートの ASTI は技術力が高く、リアルタイムで気象データを表示するウエブサイトのサンプル情報を提供すると、自前で同様のウエブサイトを立ち上げることができた。
- 北海道大学が作成したリアルタイムの雷放電の位置を表示するプログラムは、COVID-19 で行き来が困難な中でも、2021 年度はオンライン短期研修を実施することで ASTI と情報共有することができた。ただ、短時間の研修では ASTI が雷放電の位置を計算するプログラムを習得することが難しかった。2022 年度は北海道大学でフィリピン周辺の雷放電の位置を計算するプログラムを準備し提供することで ASTI へ技術移転した。

Ⅲ．社会実装（研究成果の社会還元）（公開）

(1)成果展開事例

特になし

(2)社会実装に向けた取り組み

特になし

Ⅳ．日本のプレゼンスの向上（公開）

- 2016 年 11 月にマニラで開催された第 23 回アジア・太平洋地域宇宙機関会議(Asia-Pacific Regional Space Agency Forum: APRSAF)では、本研究グループがフィリピンと共同開発した 1 号衛星 DIWATA-1 を大々的に取り上げたセッションが開催され、本 SATREPS プロジェクトの日本側代表の高橋とフィリピン側代表の Joel Marciano 教授が、若田宇宙飛行士が司会を行うパネルディスカッションに登壇し、超小型衛星の災害活用などの将来について語った(2016 年 11 月)。
- APRSAF ではフィリピン科学技術省のフォルチュナト・デラ・ペニャ大臣が基調講演

を行い、また同会議の記者会見で今後 10 年間にわたり衛星開発・利用に総額数十億円の支援を行う旨を発表した。これらは、同大臣が強く支持を表明している本 SATREPS プロジェクトへの期待によるところが大きい（2016 年 11 月）。

- フォルチュナト・デラ・ペニャ大臣は、本プロジェクトに関わった北大及び東北大のフィリピン人留学生の修士号授与式に参列するためだけに来日し、両大学を訪問し、卒業する学生らを祝福した（2017 年 3 月）。
- フィリピン・マニラで開催されたアジア学術会議でプロジェクトリーダーである高橋が招待講演を行い、会議会場にてフィリピン科学技術省の大臣及び副大臣と面談し、衛星開発における今後の技術協力について協議した（2017 年 6 月）。
- フィリピンに設置した V-POTEKA および他財源で他国に展開している複数の V-POTEKA から得られる雷放電データを用いて、雷放電発生位置を推定するソフトウェアの開発を進めており、マニラ・パラオ・グアム・沖縄の V-POTEKA データから雷放電の発生位置を約 30km の精度で推定できるようになった（2017 年）。
- 2018 年 7 月に ASTI の屋上に雲を測定するビデオカメラを設置し、連続観測を実施していく中で、積乱雲の発達過程や成層圏へ水蒸気を供給していると言われるジャンピングシーラスを視覚的に捉える事ができた（2018 年 7 月）。
- 2018 年 8 月にアパリ気象台に台風通過時の気圧変化を測定する微気圧計を設置し、連続観測を開始した。2018 年 9 月 15 日に台風 22 号がアパリ気象台の近くを通過し、気圧変化の観測に成功し、気象台で 951hPa まで気圧低下を観測した（2018 年 8 月）。
- 2018 年 9 月に名古屋大学の台風航空機観測プロジェクトとの共同で、台風 24 号を対象とした航空機を用いた観測を実施した。フィリピン海にて台風の眼に入りドロップゾンデを投下し大気の鉛直構造の計測を行うと共に、立体構造推定のための航空機撮像を実施した。4 日間で 6 回台風の目に突入することができ、2019 年 9 月 25 日 5:03UTC には中心気圧 918hPa のカテゴリー５の台風強度をドロップソンデで観測し、気象庁がほぼ同じ時刻に衛星の雲画像から観測した中心気圧 915hPa と同程度の値が得られた。4 日間の間で台風の目は 50km から 200km 程度まで広がり、台風の中心気圧も 28 日の観測で 960hPa まで弱まった。今回の航空機観測に関して、フィリピンの現地メディアからのインタビューに加え、国内外のテレビや新聞などで多数報道された（2018 年 9 月）。
- 2018 年 9 月 26 日に、DIWATA-1 から連写された台風 24 号（Trami）の中心部付近の画像データを用いて、台風の目の中の雲の立体モデルを作成した。これは台風の目の中の雲の立体構造を詳細にとらえた世界初の成果である（2018 年 9 月）。
- 超小型衛星 DIWATA-1 を用いたターゲットポインティング技術を駆使し、ドロップゾンデキャンペーンを実施した台風 24 号のステレオ観測に成功した。また、台風の中心部を狙った詳細画像の連続取得に世界で初めて成功した（2018 年 9 月）。
- 2018 年 10 月にフィリピンとして 2 機目となる超小型衛星 DIWATA-2 の打ち上げに成功し、順調に初期運用を行なっている。また、DIWATA-2 の打ち上げに関して、フィリピン国内で多くのメディアに取り上げられた（2018 年 10 月）。
- DIWATA-1 および DIWATA-2 の 2 衛星の開発・打上げ・運用・データ利用の成果が後押しをして、10 年来保留されていた宇宙機関設置法案が国会で可決、大統領が署名し、正式に宇宙機関（PhilSA）が発足した。初代長官（閣僚）に、本プログラムのフィリピン側の代表である、前 ASTI 所長で UPD 教授の、Joel Joseph S. Marciano Jr.が就任した(2020 年 1 月)。
- 衛星画像から雲の 3D モデルを作成する手法について報告した論文が Scientific Reports に掲載された（2020 年 5 月）。
- フィリピンの DIWATA-1 衛星と同等の機能を有するミャンマー超小型衛星 1 号機を、国際宇宙ステーションから放出し、初期運用を開始した（2021 年 3 月）。
- 当該グループの活動が後押しになって設立されたフィリピン宇宙庁と、北海道大学が MOU を結ぶ作業を進め、2022 年 3 月 4 日に締結が実現した（2022 年 3 月）。

- 本プロジェクトに関する 1 件の特許を出願した（2022 年 11 月）。
- 2022 年の 11 号台風について、発達した台風の、鋭く切り立った壁雲（台風の目）の内壁をステレオ観測で連射することに成功した。画像は NHK、フジテレビ、TBS、テレビ朝日のニュース番組で使用され、NHK news web では、アクセスランキングで 5 位を記録した。

Ⅴ．成果発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）

Ⅵ．投入実績【研究開始～現在の全期間】（非公開）

Ⅶ．その他（非公開）

特になし

以上

V. 成果発表等
（1）論文発表等【研究開始～現在の全期間】（公開）
①原著論文（相手国側研究チームとの共著）

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ－おわりのページ	DOIコード	国内誌/国際誌の別	発表済/in press/acceptedの別	特記事項（分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。）
2017	Kubota, H., R. Shirooka, J. Matsumoto, E. O. Cayanan, and F. D. Hilario, 2017: Tropical cyclone influence on the long-term variability of Philippine summer monsoon onset, Prog. Earth. Planet. Sci.	10.1186/s40645-017-0138-5.	国際誌	発表済	
2018	Olaguera, L.M., Matsumoto, J. Kubota, H., Inoue, T., Cayanan, E.O. and Hilario, F.D., 2018.Abrupt climate shift in the mature rainy season of the Philippines in the mid-1990s. Atmosphere 9: 350.	10.3390/atmos9090350	国際誌	発表済	
2018	Olaguera, L.M., Matsumoto, J., Kubota, H., Inoue, T., Cayanan, E.O. and Hilario, F.D. 2018. Interdecadal shifts in the winter monsoon rainfall of the Philippines. Atmosphere 9: 464.	10.3390/atmos9120464	国際誌	発表済	
2018	Akasaka, I, H. Kubota, J. Matsumoto, E. O. Cayanan, R.D. Guzman, F. D. Hiralio, 2018: Seasonal march patterns of the summer rainy season in the Philippines and their long-term variability since the late 20th century, Prog. Earth. Planet. Sci.,	10.1186/s40645-018-0178-5	国際誌	発表済	
2020	Castro, E., T. Ishida, Y. Takahashi, H. Kubota, G. J. Perez and J. S. Marciano, 2020: Determination of cloud-top height through three-dimensional cloud reconstruction using DIWATA-1 data, Sci Rep 10, 7570	https://doi.org/10.1038/s41598-020-64274-z	国際誌	発表済	
2020	Olaguera, L. M., J. Matsumoto, H. Kubota, E. O. Cayanan and F. D. Hilario, 2021: A climatological analysis of the monsoon break following the summer monsoon onset over Luzon Island, Philippines, Int. J. Climatol., 41, 2100-2117	https://doi.org/10.1002/joc.6949	国際誌	発表済	
2021	Manalo, J.A., Matsumoto. J., Takahashi, H.G., Villafuerte II, M.Q., Olaguera L.M.P., Ren, G. and Cinco, T.A., "The effect of urbanization on temperature indices in the Philippines", International Journal of Climatology, 2022, Vol. 42, pp. 850-867	https://doi.org/10.1002/joc.7276	国際誌	発表済	
2021	Olaguera, L.M.P., Manalo, J.A. and Matsumoto. J., "Influence of boreal summer intraseasonal oscillation on rainfall extremes in the Philippines", International Journal of Climatology, 2021, on-line	https://doi.org/10.1002/joc.7495	国際誌	発表済	
2022	Olaguera, L.M.P., Matsumoto. J. and Manalo, J.A. "The contribution of non-tropical cyclone vortices to the rainfall of the Philippines. International Journal of Climatology", 2022, on-line	https://doi.org/10.1002/joc.7950	国際誌	発表済	

論文数	9	件
うち国内誌	0	件
うち国際誌	9	件
公開すべきでない論文		件

②原著論文（上記①以外）

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ－おわりのページ	DOIコード	国内誌/国際誌の別	発表済/in press/acceptedの別	特記事項（分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記ください。）
2017	山下幸三, 久保埜雄貴, 濱田純一, 高橋幸弘, 松本淳, 渡辺聡, 積乱雲監視を目的としたELF-VLF 帯電磁界計測に基づいた雷観測システムの簡易化の検討, システム制御情報学会論文誌, Vol.30, No.11, pp.420-426, 2017	https://doi.org/10.5687/iscie.30.420	国内誌	発表済	
2017	Kurihara, J., Takahashi, Y., Sakamoto, Y., Kuwahara, T., Yoshida, K., HPT: A High Spatial Resolution Multispectral Sensor for Microsatellite Remote Sensing, Sensors, 18, 619, 2018.	DOI:10.3390/s18020619	国際誌	発表済	
2018	Kubota, H., 2018: Comparison of tropical cyclones Haiyan and Talas with tropical cyclones having similar tracks in the past 120 years, Journal of Geography (Chigaku Zasshi), 127, 471-482.	doi.org/10.5026/jgeography.127.471	国際誌	発表済	
2019	Matsumoto, J., L. M. Olaguera, D. Nguyen-Le, H. Kubota, and M. Q. Villafuerte II, 2020: Climatological seasonal changes of wind and rainfall in the Philippines, Int. J. Climatol., 1-15.	10.1002/joc.6492	国際誌	発表済	
2019	Olaguera, L.M., Matsumoto, J., Julie Mae B. Dado, and Gemma Teresa T. Narisma,"Non-tropical cyclone related winter heavy rainfall events over the Philippines: climatology and mechanisms",Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences,2019.11,--,pp.-	10.1007/s13143-019-00165-2	国際誌	発表済	
2019	Olaguera, L.M., and Matsumoto, J.,"A climatological study of the wet and dry conditions in the pre-summer monsoon season of the Philippines",International Journal of Climatology,2019.12,--,pp.-	10.1002/joc.6452	国際誌	発表済	
2019	Matsumoto, J., Olaguera, L.M., Nguyen-Le, D., Kubota, H., and Villafuerte II, M.Q.,"Climatological seasonal changes of wind and rainfall in the Philippines",International Journal of Climatology,2020.01,--,pp.-	10.1002/joc.6492	国際誌	発表済	

2020	Matsumoto, J., L. M. Olaguera, D. Nguyen-Le, H. Kubota, and M. Q. Villafuerte II, 2020: Climatological seasonal changes of wind and rainfall in the Philippines, Int. J. Climatol., 40, 4843-4857	10.1002/joc.6492	国際誌	発表済	
2020	Hilario M. R. A., Olaguera, L. M., Narisma, G. T. and Matsumoto, J. 2020: Diurnal characteristics of summer precipitation over Luzon Island, Philippines. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences.	10.1007/s13143-020-00214-1	国際誌	発表済	
2021	Olaguera, L.M.P., Caballar, M.B., De Mata, J.C., Dagami, L.A.T., Matsumoto, J. and Kubota, H., "Synoptic conditions and potential causes of the extreme heavy rainfall event of January 2009 over Mindanao Island, Philippines", Natural Hazards, 2021, Vol. 109, pp. 2601-2620.	https://doi.org/10.1007/s11069-021-04934-z	国際誌	発表済	

論文数	10	件
うち国内誌	1	件
うち国際誌	9	件
公開すべきでない論文		件

③その他の著作物（相手国側研究チームとの共著）（総説、書籍など）

年度	著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
	該当なし				

著作物数 件
公開すべきでない著作物 件

④その他の著作物（上記③以外）（総説、書籍など）

年度	著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ－おわりのページ		出版物の種類	発表済 /in press /acceptedの別	特記事項
2017	久保田尚之, 2017: 台風からさぐる気候変動, 気候変動の事典, 山川修治・常盤勝美・渡来靖 編, 朝倉書店, 190-193.		書籍	発表済	
2018	松本　淳 2018. 東南アジアの気候学から防災に挑む. 学術の動向 23(7): 20—23		総説	発表済	
2020	Purwadi, Relationship between lightning and activities of the thunderstorm, typhoon, and volcano, Doctor thesis, Hokkaido University		博士論文	発表済	
2020	菅野 将史, トウィーク空電および静電場観測に基づく雷放電の3次元位置と中和電荷量の新推定方法に関する研究, 修士論文, 千葉大学		修士論文	発表済	
2020	野田 明羅, 機械学習を用いた降雨の直前予測, 卒業論文, 北海道大学		卒業論文	発表済	
2022	松本　淳・オラゲラ リンドン マーク 2022. 南アジア・東南アジアにおける各季節の総観気候. 世界の気候事典, 山川修治・江口　卓・高橋日出男・常盤勝美・平井史夫・松本　淳・山口隆子・山下脩二・渡来　靖 編, 朝倉書店, 108—109.		書籍	発表済	
2022	松本　淳・オラゲラ リンドン マーク 2022. 南アジアと東南アジアにおける雨季と乾季の比較. 山川修治・江口　卓・高橋日出男・常盤勝美・平井史夫・松本　淳・山口隆子・山下脩二・渡来　靖 編『世界の気候事典』, 朝倉書店, 110.		書籍	発表済	
2022	Manalo, J.A. Climatological study of roles of vegetation and urbanization on temperature and rainfall in the Philippines		博士論文	発表済	

著作物数 8 件
公開すべきでない著作物 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

年度	研修コース概要（コース目的、対象、参加資格等）、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項
	該当なし		

V. 成果発表等

（2）学会発表【研究開始～現在の全期間】（公開）

①学会発表（相手国側研究チームと連名）（国際会議発表及び主要な国内学会発表）

年度	国内/国際の別	発表者（所属）、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演/口頭発表/ポスター発表の別
2017	国際学会	Sato, M., Y. Takahashi, H. Kubota, E. Momota, and J. Marciano, "Operation of lightning detection network and micro-satellites for nowcast of thunderstorm and tropical cyclone activities", European Geosciences Union General Assembly 2017, EGU2017-11468, Vienna, Austria, April 28, 2017.	ポスター発表
2017	国際学会	Ellison Castro, Joel Marciano, Gay Perez, Kaye Vergel, Yukihiro Takahashi, "Readiness in DOST-ASTI for SATREPS project for development of extreme weather monitoring and alert system in the Philippines", 2017 JpGU Meeting, Makuhari, Japan, May 2017.	口頭発表
2017	国内学会	佐藤光輝, 高橋幸弘, 山下幸三, 久保田尚之, 濱田純一, 百田恵理子, M. Joel, "シビア気象規模発達の直前予測にむけたア ジア域における雷放電観測網の構築", 第142回地球電磁気・地球惑星圏学会, R005-16, 京都, 2017年10月16日.	口頭発表
2017	国際学会	Yukihiro Takahashi, Mitsuteru Sato, Ellison C Castro, Tetsuro Ishida, Joel Joseph Marciano, Hisayuki Kubota and Kozo Yamashita, "Extreme weather monitoring system with combination of micro-satellites and ground-based", American Geophysical Union Fall Meeting, NEW ORLEANS, US, Dec 12, 2017.	ポスター発表
2017	国際学会	Sato, M., Y. Takahashi, K. Yamashita, H. Kubota, J. Hamada, E. Momota, and J.J. Marciano, "Development of lightning observation network in the western Pacific region for the intensity prediction of severe weather", American Geophysical Union Fall Meeting 2017, AE13A-2229, New Orleans, USA, December 12, 2017.	ポスター発表
2017	国際学会	Takahashi, Y., T. Ishida, M. Sato, Y. Sakamoto, G.J. Perez, J.Marciano, and H. Kubota, "3-D cloud monitoring by the micros-satellites in SATREPS project, ULAT", New Dimensions for Natural Hazards in Asia, An AOGS-EGU Joint Conference, NH-A212, Philippines, Feb. 2018.	口頭発表
2017	国際学会	Mitsuteru SATO, Hisayuki KUBOTA, Kozo YAMASHITA, Jun-Ichi HAMADA, Jun MATSUMOTO, Joel MARCIANO, Gay Jane PEREZ, Ellison CASTRO, Yukihiro TAKAHASHI, "SATREPS Project, ULAT, for Development of Extreme Weather Monitoring and Alert System in the Philippines", New Dimension for Natural Hazard in Asia, An AOGS-EGU Joint Conference, Feb 2017.	口頭発表
2018	国際学会	Mitsuteru Sato, Yukihiro Takahashi, Kozo Yamashita, Hisayuki Kubota, Junichi Hamada, and Joel J. Marciano, "ULAT Project: Lightning Observations in the Philippines for the Intensity Prediction of Severe Weather", European Geosciences Union General Assembly 2018, EGU2018-16395, Vienna, Austria, April 10, 2018.	ポスター発表
2018	国際学会	Mitsuteru Sato, Yukihiro Takahashi, Hisayuki Kubota, Kozo Yamashita, Junichi Hamada, and Joel J. Marciano, "Lightning Observations in the Philippines and Western Pacific Region for the Intensity Prediction of Severe Weather", 2018 JpGU Meeting, Makuhari, Japan, May 20, 2018.	口頭発表
2018	国際学会	Alvin Estoquia Retamar, Joel Joseph Marciano, Glenn Vincent Lopez, Felan Carlo Garcia, and Jericho Capito, "Development of a Real-Time Thunderstorm Monitoring and Information System in Metro Manila, Philippines", 2018 JpGU Meeting, Makuhari, Japan, May 20, 2018.	招待講演
2018	国際学会	Mitsuteru Sato, Yukihiro Takahashi, Hisayuki Kubota, Kozo Yamashita, Junichi Hamada, and Joel J. Marciano, "ULAT Project: Lightning Observations in the Philippines and Western Pacific Region for the Intensity Prediction of Severe Weather", Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 15th Annual Meeting, Honolulu, Hawai, June 5, 2018.	口頭発表
2018	国際学会	Mitsuteru Sato, Yukihiro Takahashi, Hisayuki Kubota, Kozo Yamashita, Junichi Hamada, and Joel J. Marciano, "Development of Lightning Observation Network in the Western Pacific Region for the Intensity Prediction of Severe Weather and Tropical Cyclone", 16th International Conference on Atmospheric Electricity, Nara, Japan, June 22, 2018.	ポスター発表
2018	国内学会	Mitsuteru Sato, Yukihiro Takahashi, Kozo Yamashita, Hisayuki Kubota, Junichi Hamada, and Joel J. Marciano, "アジア域雷放電検出網で観測された雷活動と台風強度発達との関係", 第144回地球電磁気・地球惑星圏学会, 名古屋, 2018年11月25日.	口頭発表
2018	国際学会	Mitsuteru Sato, Yukihiro Takahashi, Hisayuki Kubota, Kozo Yamashita, Junichi Hamada, and Joel J. Marciano, "Relation between Lightning and Typhoon Activities in the Western Pacific Region", AGU Fall Meeting 2018, AE13B-2723, Washington D.C., Dec 10, 2018.	ポスター発表
2018	国際学会	Ellison CASTRO, Tetsuro ISHIDA, Yukihiro TAKAHASHI, Kaye Kristine VERGEL, and Francisco Miguel FELICIO, "Reconstructing Three-dimensional Models of Clouds by the Philippines' First Microsatellite, DIWATA-1", 日本地球惑星科学連合2018年大会, A-CG36, 幕張, 2018年5月24日.	ポスター発表

2018	国際学会	Yukihiro Takahashi, Mitsuteru Sato, Hisayuki Kubota, Kozo Yamashita, Jun-Ichi Hamada, Tetsuro Ishida, Junichi Kurihara, Jun Matsumoto, Joel Marciano, Gay Perez, Status of ULAT project for development of extreme weather monitoring and alert system in the Philippines, JpGU meeting, Makuhari, Japan, May 20, 2018.	口頭発表
2018	国際学会	Ellison Caparas Castro, Tetsuro Ishida, Yukihiro Takahashi, Kaye Kristine Vergel, Francisco Miguel Felicio, Reconstructing Three-Dimensional Models of Clouds by the Philippines' First Microsatellite, DIWATA-1, JpGU meeting, Makuhari, Japan, May 24, 2018.	ポスター発表
2018	国際学会	Purwadi, Yukihiro Takahashi, Kozo Yamashita, Mitsuteru Sato, Observation system for thunderstorm development using ground lightning detection network and thermal infrared camera onboard micro-satellites, JpGU meeting, Makuhari, Japan, May 20, 2018.	口頭発表
2018	国際学会	Yukihiro Takahashi, Mitsuteru Sato, Hisayuki Kubota, Kozo Yamashita, Tetsuro Ishida, Ellison Castro, Loren Jay Estrebillo, Doreena Karmina Pulutan, Purwadi, New strategy for monitoring of tropical cyclones and thunderstorms with micro-satellites and ground-based lightning network, 2018 AGU fall meeting , Washington DC, Dec 13, 2018.	ポスター発表
2019	国際学会	Sato, M., Y. Takahashi, H. Kubota, K. Yamashita, J. Hamada, and J.J. Marciano, "Relation between lightning and typhoon activities (typhoon LAN) in the western Pacific region", European Geosciences Union General Assembly 2019, EGU2019-11961, Vienna, Austria, April 11, 2019.	ポスター発表
2019	国際学会	Sato, M., Y. Takahashi, H. Kubota, K. Yamashita, J. Hamada, and J.J. Marciano, "Relation between lightning and typhoon activities (typhoon YAGI) in the western Pacific rsegion", JpGU meeting, Makuhari, Japan, May 28, 2019	口頭発表
2019	国際学会	Olaguera, L. M., J. Matsumoto, H. Kubota, T. Inoue, E.O. Cayanan, and F.D. Hilario, 2019, Decadal Climate Shifts in Summer and Winter Monsoon Seasons in the Philippines, 27th International Union of Geodesy and Geophysics General Assembly, IUGG19-0445. Montreal, July 11, 2019.	口頭発表
2019	国際学会	Olaguera, L. M., J. Matsumoto, H. Kubota, E. Cayanan, and F. Hilario, 2019: Interdecadal shifts in the winter monsoon rainfall of the Philippines, Asia Oceania Geosciences Society 2019, AS03-A001. Singapore, July 31, 2019	ポスター発表
2019	国際学会	Sato, M., Y. Takahashi, H. Kubota, K. Yamashita, J. Hamada, and J.J. Marciano, "Prediction of the typhoon intensity development by monitoring lightning activity", Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 16th Annual Meeting, AS47-A006, Singapore, August 2019	招待講演
2019	国内学会	Sato, M., Y. Takahashi, H. Kubota, K. Yamashita, J. Hamada, and J.J. Marciano, "Relation between lightning activities measured by the V-POTEKA network and intensity development of 2018 Pacific typhoons", 第146回地球電磁気・地球惑星圏学会, 熊本, 2019年10月26日.	口頭発表
2020	国際学会	Yukihiro Takahashi, Mitsuteru Sato, Hisayuki Kubota, Tetsuro Ishida, Meryl Algodon, Ellison Castro, Loren Jay Estrebillo, Purwadi, Gay Perez, Joel Marciano, Kozo Yamashita, Jun Matsumoto, Jun-ichi Hamada, Ground-based lightning and AWS network system for alert of torrential rainfall and typhoon combined with micro-satellite constellation, 2020 European Geoscince Union General Asembly, May 5, 2020	口頭発表
2020	国際学会	Yukihiro Takahashi, Mitsuteru Sato, Hisayuki Kubota, Kozo Yamashita, Tetsuro Ishida, Ellison Castro, Loren Jay Estrebillo, Purwadi, Gay Perez, Joel Marciano, Jun Matsumoto, Jun-ichi Hamada, On-going development of ground observation system for typhoon and thunderstorm activities connected to real-time micro-satellite operation, Japan Geoscience Union Meeting, online, July 2020	口頭発表
2020	国際学会	Yukihiro Takahashi, Mitsuteru Sato, Hisayuki Kubota, Kozo Yamashita, Tetsuro Ishida, Ellison Castro, Loren Jay Estrebillo, Purwadi, Gay Perez, Joel Marciano, Jun Matsumoto, Jun-ichi Hamada, Multi-location meteorological observation system and micro-satellites for extreme weather forecast, Japan Geoscience Union Meeting, online, July 2020.	口頭発表
2020	国際学会	Kubota, H., Y. Takahashi, M. Sato, M. Fujiwara, L. J. de V. Estrebillo, G. V. Lopez, and J. S. Marciano, 2020: Summer monsoon experiment in Metro Manila of Philippines in 2019, Japan Geoscience Union Meeting, online, July 2020	ポスター発表
2020	国際学会	Algodon, M. R. L., Y. Takahashi, H. Kubota, J. J. Marciano, 2020: 3D reconstruction of typhoon and thunderstorm cloud top using airborne and satellite-borne camera, Japan Geoscience Union Meeting, online, July 2020	ポスター発表
2020	国際学会	Sato, M., G. V. C. Lopez, Y. Takahashi, and H. Kubota, Implementation of the ULAT project : Quasi-real time monitoring of lightning and weather in the Philippines, Japan Geoscience Union Meeting, online, July 2020	ポスター発表

2020	国際学会	Sato, M., L. J. Estrebillo, Y. Takahashi, H. Kubota, S. Niwa, G. V. Lopez, and J. Marciano, Relation between lightning activities measured by the V-POTEKA network and intensity development of western north Pacific typhoons, Japan Geoscience Union Meeting, online, July 2020	ポスター発表
2020	国際学会	Estrebillo, L. J. V. , M. Sato, and Y. Takahashi, Lightning geolocation using a ground-based lightning observation network in the western north Pacific, Japan Geoscience Union Meeting, online, July 2020	ポスター発表
2020	国際学会	Kubota, H., Y. Takahashi, M. Sato, M. Fujiwara, L. J. Estrebillo, G. V. Lopez and J. J. Marciano, 2020: Heavy rainfall observation in Metro Manila of Philippines during summer monsoon in 2019, American Geophysical Union Fall Meeting, online, December 2020	ポスター発表
2020	国際学会	Algodon, M., Y. Takahashi, M. Sato, H. Kubota, T. Ishida, K. Yamashita, E. C. Castro, L. J. Estrebillo, Purwadi, G. J. P. Perez, J. J. Marciano, J. Matsumoto, J.-I. Hamada, K. Tsuboki and H. Yamada, 2020: 3D Reconstruction of Typhoon and Thunderstorm Cloud Top Using Airborne Camera, American Geophysical Union Fall Meeting, online, December 2020	口頭発表
2020	国際学会	Sato, M., Y. Takahashi, H. Kubota, L. J. Estrebillo, S. Niwa, Purwadi, G. V. Lopez, and J. J. Marciano, ULAT project : Quasi-real time monitoring of lightning and weather in the Philippines and western north Pacific, AFU Fall Meeting, online, December, 2020	ポスター発表
2020	国際学会	Kubota, H., Y. Takahashi, M. Sato, and G. V. Lopez, 2021: Dense Rainfall and Wide Lightning Observation During Typhoon Ulysses, Philippine Meteorological Society Annual Convention 2021, online, March 2021	口頭発表
2020	国際学会	Olaguera, L. M. P., Manalo, J. A., Matsumoto, J. and Solis, A. L. S. On the spatio-temporal characteristics of the dry rainy season during 2020 over Luzon Island, Philippines. 2021 Philippine Meteorological Society Annual Convention. Online, March 2021	ポスター発表
2021	国際学会	Olaguera, L. M. P., Manalo, J. A., Matsumoto, J. and Solis, A. L. S. 2021. On the spatio-temporal characteristics of the dry rainy season during 2020 over Luzon Island, Philippines. 2021 Philippine Meteorological Society Annual Convention, April, on-line.	口頭発表
2021	国際学会	Manalo, J. A., Matsumoto, J., Nodzu, M. I. and Olaguera, L.M.P. 2021. Diurnal Variability of Urban Heat Island Intensity in Metro Manila, Philippines. Abstract of the Asia Oceania Geosciences Society Annual Meeting: AS09-A034. (August 5, Online)	ポスター発表
2021	国際学会	Sato, M. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.), A. Noda (Hokkaido U.), J. Hamada (Tokyo Metropolitan U.), and G. V. C. Lopez (ASTI), Quasi-real time monitoring of lightning and weather in the Philippines and western north Pacific for the severe weather intensity prediction, EGU General Assembly 2021, online, April, 2021.	ポスター発表
2021	国際学会	Sato, M. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.), and G. V. C. Lopez (ASTI), Lightning activity in western north Pacific measured by the V-POTEKA network and its relation to typhoon intensity, JpGU Meeting 2021, online, May, 2021.	ポスター発表
2021	国内学会	Sato, M. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.), and G. V. C. Lopez (ASTI), Relation between lightning activities measured by the V-POTEKA network and typhoon intensity development, SGEPSS Fall Meeting 2021, online, November, 2021.	口頭発表
2021	国際学会	Sato, M. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.), and G. V. C. Lopez (ASTI), Relation between intensity development of western north Pacific typhoons and lightning activities, AGU Fall Meeting 2021, online, December, 2021.	ポスター発表
2021	国内学会	Hamada, J.-I., Matsumoto, J., Kubota, H., Sato, M., Takahashi, Y., and Vincent, G. 2021. Spatial and temporal variations of heavy rainfall in the Metro Manila, Philippines in the dry-wet transitional season based on a dense surface meteorological observation network. Abstract of the Japan Geoscience Union Meeting 2021, MIS07-P02, June 5, Online.	ポスター発表
2021	国内学会	浜田純一・久保田尚之・松本淳・佐藤光輝・高橋幸弘・Glenn Vincent. フィリピン・メトロマニラにおけるプレモンスーン期の強雨出現の特徴. 第15回MUレーダー・赤道大気レーダーシンポジウム, 9月9日, オンライン.	口頭発表
2021	国際学会	Meryl Algodon(Hokkaido U.), Yukihiro Takahashi(Hokkaido U.), Mitsuteru Sato(Hokkaido U.), Hisayuki Kubota(Hokkaido U.), Tetsuro Ishida(Hokkaido U.), Kozo Yamashita(Ashikaga Univ.), Ellison C Castro((U. Philippines, Diliman), Gay Jane P Perez (U. Philippines, Diliman), Joel Joseph Marciano (PhilSA), Jun Matsumoto (Tokyo Metropolitan U.), Jun-ichi Hamada(Tokyo Metropolitan U.), Kazuhisa Tsuboki (Nagoya U.) and Hiroyuki Yamada (Ryukyu U.), 3D Reconstruction of Typhoon and Thunderstorm Cloud Top Using Airborne Camera, EGU General Assembly 2021, online, April, 2021.	ポスター発表

2021	国内学会	Yukihiro Takahashi (Hokkido U.), Mitsuteru Sato(Hokkido U.), Hisayuki Kubota(Hokkido U.), Tetsuro Ishida(Hokkido U.), Loren J. Estrebillo (U. Philippines, Diliman), Purwadi (Hokkaido U.), Meryl Algodon(Hokkido U.), Gay Perez(U. Philippines, Diliman), Joel Marciano (PhiliSA), Jun Matsumoto (Tokyo Metropolitan U.), Jun-ichi Hamada(Tokyo Metropolitan U.), Scope and progress of ULAT/SATREPS project for extreme weather monitoring in Asia, SGEPSS Fall Meeting 2021, online, November, 2021.	口頭発表
2021	国際学会	Yukihiro Takahashi (Hokkido U.), Mitsuteru Sato(Hokkido U.), Hisayuki Kubota(Hokkido U.), Tetsuro Ishida(Hokkido U.), Ellison Castro (U. Philippines, Diliman), Meryl Algodon(Hokkido U.), Gay Perez(U. Philippines, Diliman), and Joel Marciano (PhiliSA), Coordinated observation system for extreme weathers consisting of AWS network with lightning sensor and micro-satellites, EGU General Assembly 2021, online, April, 2021.	ポスター発表
2021	国際学会	Yukihiro Takahashi (Hokkido U.), Mitsuteru Sato(Hokkido U.), Hisayuki Kubota(Hokkido U.), Tetsuro Ishida(Hokkido U.), Ellison Castro (U. Philippines, Diliman), Meryl Algodon(Hokkido U.), Purwadi (Hokkaido U.) Gay Perez(U. Philippines, Diliman), Joel Marciano (PhiliSA), Jun Matsumoto (Tokyo Metropolitan U.), Jun-ichi Hamada(Tokyo Metropolitan U.), Extreme weather monitoring based on coordinated observation system consisting of groundnetworks and micro-satellites, AGU Fall Meeting 2021, online, December, 2021.	口頭発表
2021	国際学会	Meryl Algodon(Hokkaido U.), Yukihiro Takahashi(Hokkaido U.), Mitsuteru Sato(Hokkaido U.), Hisayuki Kubota(Hokkaido U.), Tetsuro Ishida(Hokkaido U.), Kozo Yamashita(Ashikaga Univ.), Ellison C Castro((U. Philippines, Diliman), Gay Jane P Perez (U. Philippines, Diliman), Joel Joseph Marciano (PhilSA), Jun Matsumoto (Tokyo Metropolitan U.), Jun-ichi Hamada(Tokyo Metropolitan U.), Kazuhisa Tsuboki (Nagoya U.) and Hiroyuki Yamada (Ryukyu U.), 3D Reconstruction of Tropical Cyclone Trami (2018) eye and eyewall clouds observed by Airborne Camera, AGU Fall Meeting 2021, online, December, 2021.	ポスター発表
2022	国際学会	Sato, M. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.), and Glenn Vincent C. Lopez (ASTI), ″Time variation of the lightning activities in typhoon clouds and its relation to the typhoon intensity development″, JpGU 2022 Meeting, Chiba, May 24, 2022.	口頭発表
2022	国際学会	Algodon M. R. L. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), M. Sato (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.), J. Matsumoto (Tokyo Metropolitan U.), K. Tsuboki (Nagoya U.) and H. Yamada (U. Ryukyus) ″3D Reconstruction of Typhoon Trami Using Air-borne images and Isolated Cumulonimbus Clouds Using Multiple Ground Cameras″ JpGU 2022 Meeting, Chiba, May 24, 2022	招待講演
2022	国際学会	Algodon M. R. L. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), M. Sato (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.), S. Muta (Philsa), and M. Medrano (U. Philippines) ″3D Reconstruction of Typhoon Maysak Using DIWATA-2 Microsatellite″ JpGU 2022 Meeting, Chiba, June 1, 2022.	ポスター発表
2022	国際学会	Manalo, J. A. (PAGASA) , Matsumoto. J.(Tokyo Mterop. U.), Takahashi, H. G.(Tokyo Mterop. U.), Villafuerte II, M. Q. (PAGASA), Olaguera L. M. P.(Ateneo de Manila U.), Ren, G.(China Univ. Geosciences), and Cinco, T.A.(PAGASA) ″The urbanization effect on temperature indices in the Philippines from 1951 to 2018″ International Geographical Congress, Virtual, Online, Jul. 18, 2022	口頭発表
2022	国際学会	Takahashi, Y. (Hokkaido U.), Sato, M. (Hokkaido U.), Meryl Regine Algodon (Hokkaido U.), and H. Kubota (Hokkaido U.) ″Lightning Activities in Typhoon Clouds and Their Relation to the Typhoon Intensity Development″, AOGS 2022 Virtual, Online, Aug. 3, 2022.	口頭発表
2022	国際学会	Olaguera, L. M. P. (Ateneo de Manila U.), Manalo, J. A. (PAGASA), and Matsumoto, J. (Tokyo Mterop. U.) ″Influence of boreal summer intraseasonal oscillation on rainfall extremes and monsoon break events in the Philippines″ AOGS 2022 Virtual, Online, Aug. 4, 2022.	口頭発表

招待講演	3	件
口頭発表	26	件
ポスター発表	28	件

②学会発表（上記①以外）（国際会議発表及び主要な国内学会発表）

年度	国内/ 国際の別	発表者（所属）、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演 /口頭発表 /ポスター発表の別
2016	国際学会	Sato, M., C. Shimizu, F. Tsuchiya, N. Honma, Y. Hongo, and Y. Takahashi, ″Future observations of lightning-exciting ELF waves in Asian region for the nowcasting of eevere weather development″, 日本地球惑星科学連合2016年大会, HDS07-06, 千葉, 2016年5月24.	口頭発表
2016	国際学会	Shimizu, C., M. Sato, Y. Takahashi, F. Tsuchiya, Y. Hongo, S. Abe, and A. Yoshikawa, ″Relation between charge amounts of lightning discharges derived from ELF waveform data and severe weather″, 日本地球惑星科学連合2016年大会, HDS07-05, 幕張, 2016年5月.	口頭発表
2016	国際学会	Yukihiro Takahashi, ″Monitoring of thunderstorm and typhoon using lightning detection network and micro-satellites in Southeast Asia″, AOGS 13th Annual Meeting, Beijing, August 3, 2016.	ポスター発表

2016	国内学会	髙橋幸弘、「超小型衛星コンステレーションによる次世代地球モニタリング」、第60回宇宙科学技術連合講演会、函館、2016/9/8	招待講演
2016	国内学会	石田哲朗、「超小型衛星コンステレーションが切り開く新しい地球・宇宙環境計測 」、第60回宇宙科学技術連合講演会、函館、2016/9/8	口頭発表
2016	国際学会	Yukihiro Takahashi, "The scientific scope of microsatellite projects and Venus observations with Akatsuki and ground-based telescopes", Astronomy Special Colloquium , National Central University, Taiwan, October 5, 2016.	招待講演
2016	国際学会	Yukihiro Takahashi, "Great Possibility of Micro-satellite", Geo Smart Asia 2016, Kuala Lumpur, Oct. 18. 2016.	招待講演
2016	国内学会	清水千春, 佐藤光輝, 高橋幸弘, 土屋史紀, 本郷保二, 阿部修司, 吉川顕正, ELF 帯電波観測により推定した雷放電の放電電荷量を用いたダウンバースト現象の予測可能性, 第140回地球電磁気・地球惑星圏学会, R005-P02, 福岡, 2016年11月.	ポスター発表
2016	国際学会	Yukihiro Takahashi, "Development of Philippine Scientific Earth Observation Micro- Satellite", Special session (Small Satellites for Innovation), APRSAF-17, Manila, Philippines, November 17, 2016.	招待講演
2016	国際学会	Yukihiro Takahashi, "Next-generation disaster management using micro-satellites and ground observation network", APRSAF-17, Manila, Philippines, November 15, 2016.	招待講演
2016	国際学会	Yukihiro Takahashi, "Collaborative Promotion of Micro-satellite Utilization by International Consortium", APRSAF-17, Manila, Philippines, November 16, 2016.	招待講演
2016	国際学会	Yukihiro Takahashi, "Nowcast of thunderstorm and typhoon activity based on lightning detection and flexible operation of micro-satellites", AGU(American Geophysical Union) fall meeting, San Francisco, Dec. 14, 2016.	ポスター発表
2016	国内学会	清水千春, 佐藤光輝, 高橋幸弘, 土屋史紀, 本郷保二, 阿部修司, 吉川顕正, "ELF帯電波観測による雷放電の電荷量推定とダウンバーストの予測可能性について", 日本大気電気学会第95回研究発表会, 神戸, 2017年1月.	口頭発表
2017	国際学会	Kubota, H., Y. Takahashi and M. Sato, 2017: Heavy rainfall observation in Metro Manila, Philippines for understanding the relation of lightning activity and tropical cyclone, Japan Geoscience Union Meeting 2017, Japan, May 2017.	招待講演
2017	国際学会	Kaye Kristine Vergel, Yukihiro Takahashi, " Readiness in DOST-ASTI for SATREPS project for development of extreme weather monitoring and alert system in the Philippines", 2017 JpGU Meeting, Makuhari, Japan, May 2017.	ポスター発表
2017	国際学会	Matsumoto, J., Marcelino, V., and Kubota, H. 2017. Changes in extreme rainfall in the Philippines for the 100-year period (1911-2010). Japan Geoscience Union Meeting 2017: MIS05-09, May, Chiba.	口頭発表
2017	国際学会	Olaguera, L. M. P., and Matsumoto, J. 2017. Characteristics of the rainfall over Luzon during the summer monsoon of the Philippines. Japan Geoscience Union Meeting 2017: ACG44-P03, May, Chiba.	ポスター発表
2017	国際学会	Sato, M., Y. Takahashi, H. Kubota, and C. Shimizu, "Deployment Plan of ELF observation system in Asian countries to monitor severe weather development", 日本地球惑星科学連合2017年大会, MIS05-P09, 千葉, 2017年5月22日.	ポスター発表
2017	国際学会	Shimizu, C., M. Sato, and Y. Takahashi, "Characteristics of Downburst Occurrences Derived from Ground-based Lightning and Meteorological Observations", 日本地球惑星科学連合2017年大会, MIS05-P08, 幕張, 2017年5月22日.	ポスター発表
2017	国際学会	Kubota, H., Y. Takahashi, and M. Sato, "Heavy rainfall observation in Metro Manila, Philippines for understanding the relation of lightning activity and tropical cyclone", 日本地球惑星科学連合2017年大会, MIS05-08, 幕張, 2017年5月22日.	口頭発表
2017	国際学会	Hamada, J.-I., J. Matsumoto, S. Mori, M. Katsumata, F. Syamsudin, and K.Yoneyama. "An observational study on lightning activities over the coastal region of Sumatra, Indonesian maritime continent". 日本地球惑星科学連合2017年大会, MIS05-P06, 幕張, 2017年5月22日.	ポスター発表
2017	国際学会	Yamashita, K., H. Kojima, Y. Komori, H. Ohya, Y. Takahashi: Monitoring of lightning activity with the combination of radio observation in ELF-VLF band and electrostatic measurement, JpGU-AGU Joint Meeting 2017, MIS05-P07, May 2017	ポスター発表

2017	国内学会	高橋幸弘, 久保田尚之, 佐藤光輝, 松本淳, 山下幸三, 吉田和哉, "雷放電及び超小型衛星を駆使したフィリピンにおける極端気象の監視・情報提供システムの開発", 日本気象学会, 2017年5月	ポスター発表
2017	国際学会	Yukihiro Takahashi, "Next-generation Earth Monitoring System with Micro-satellites and Ground-based Networks", 17th Conference of the Science Council of Asia, Manila, Philippines, June 15, 2017.	招待講演
2017	国内学会	高橋幸弘, "超小型衛星による極端気象及び海洋観測", 名古屋大学宇宙地球環境研究所研究集会 小型飛翔体による海象観測, 名古屋大学, 2017年7月7日	招待講演
2017	国際学会	Yukihiro Takahashi, "Next-generation remote sensing and applications realized by micro-satellite and its international collaboration", 1st IAA North-East Asia Symposium on Small Satellites, Ulaanbaatar, Mongolia, Aug 23, 2017.	招待講演
2017	国際学会	Matsumoto, J., Villafuerte II, M.Q., Endo, N. and Nguyen-Thi H.A. 2017. Changes in extreme rainfall in Southeast Asia. International Workshop on the Asian Monsoon in a Warmer World, (21 August), Chengjiang, China.	招待講演
2017	国内学会	山下幸三, 大矢浩代, 濱田純一, 岩崎博之, 若月泰孝, 高橋幸弘, 松本淳: ELF-VLF 帯電界と静電界の同時計測に基づいた積乱雲の帯電と放電の監視, 地球電磁気・地球惑星圏学会, R005-P35, 2017年10月	ポスター発表
2017	国内学会	高橋幸弘, "超小型衛星がもたらす異次元の防災情報", 防災推進国民大会, 仙台, 2017年11月26日	招待講演
2017	国際学会	Kubota, H., Y. Takahashi, M. Sato, K. Yamashita, and J. Hamada, "Development of extreme weather monitoring and information sharing system in Metro Manila", UNESCO-JASTIP Joint Symposium on Intra-Regional Water Security and Disaster Management, Manila, November 2017.	口頭発表
2017	国際学会	Kubota, H., Y. Takahashi, M. Sato, K. Yamashita, and J.-I. Hamada, 2017: Development of extreme weather monitoring and information sharing system in Metro Manila, UNESCO-JASTIP Joint Symposium on Intra-Regional Water Security and Disaster Management, The 3rd Symposium on JASTIP Disaster Prevention International Cooperation Research, Philippines, Nov. 2017.	口頭発表
2017	国際学会	Yamashita, K., H. Ohya, Y. Takahashi, M. Sato: Monitoring of lightning activity based on simultaneous measurement of electric field and electric field-change in the Tokyo metropolitan area, AGU Fall Meeting, AE23B-2480, Dec 2017	ポスター発表
2017	国内学会	山下幸三, 岩崎博之, 大矢浩代, 高橋幸弘: 関東圏 VLF 帯電界計測網による雷監視の性能評価, 日本大気電気学会第96回研究発表会, 東京, 2018年01月	口頭発表
2017	国際学会	HISAYUKI KUBOTA1, YUKIHIRO TAKAHASHI1, MITSUTERU SATO1, JUN-ICHI HAMADA, "Heavy rainfall in Metro Manila, Philippines during the summer monsoon associated with tropical cyclone", New Dimension for Natural Hazard in Asia, An AOGS-EGU Joint Conference, Feb 2017.	口頭発表
2017	国際学会	Yukihiro Takahashi, "Status of ULAT and related projects in Asia", The International Post-MAHASRI Planning Workshop, Akihabara, Japan, March 15, 2018.	口頭発表
2018	国内学会	松本　淳:東南アジアの気候から防災に挑む, 日本学術会議公開シンポジウム「文理融合科学から持続可能な未来を考える—世界への日本の貢献—」, 東京, 2018年4月9日	口頭発表
2018	国際学会	Matsumoto, J., Villafuerte II, M.Q. and Kubota, H. 2018. Changes in extreme rainfall in the Philippines from the early 20th century. Asian Extremes: Climate, Meteorology and Disaster in History, May 18, Singapore.	口頭発表
2018	国際学会	Olaguera, L.M., Matsumoto, J., Kubota, H., Inoue, T., Cayanan, E.O. and Hilario, F.D. 2018. Abrupt climate shift in the mature rainy season of the Philippines in the mid-1990s. JpGU Meeting 2018, A-CG37-P01, May 20, 2018	ポスター発表
2018	国内学会	坂本祐二, 桒原聡文, 吉田和哉, 石田哲朗, 栗原純一, 高橋幸弘,「国際宇宙ステーション衛星放出機会を活用した50kg 級衛星DIWATA-1 における国際連携と運用成果」第62回宇宙科学技術連合講演会, 久留米市, 2018年10月	口頭発表
2018	国際学会	Kubota, H., Y. Takahashi, M. Sato, K. Yamashita, J.-I. Hamada, 2018: Observation study of the relationship between lightning activity and tropical cyclone intensity in the Philippine Sea, Japan Geoscience Union Meeting 2018, MIS04-03. Makuhari, May 20 2018	招待講演
2018	国際学会	Kubota, H., Y. Takahashi, M. Sato, K. Yamashita, J.-I. Hamada, 2018: Observation study for understanding the relationship between lightning activity and tropical cyclone intensity in the Philippine Sea, Asia Oceania Geosciences Society 2018, AS31-A084. Honolulu, Jun. 4 2018	招待講演

2018	国際学会	Masa-yuki Yamamoto, Infrasound multi-site observation of thunders 2: test rsults for SATREPS, JpGU meeting, Makuhari, Japan, May 20, 2018.	口頭発表
2018	国際学会	Jun-Ichi Hamada, Jun Matsumoto, Kozo Yamashita, Yukihiro Takahashi, Monitoring for lightning activities and thunder cloud developments over the Tokyo metropolitan area based on electrostatic field and electromagnetic measurements, JpGU meeting, Makuhari, Japan, May 20, 2018.	口頭発表
2018	国際学会	Kozo Yamashita, Yukihiro Takahashi, Mitsuteru Sato, Development of electric field mill kit for multiple measurement of thunderstorm electrification, JpGU meeting, Makuhari, Japan, May 20, 2018.	ポスター発表
2018	国際学会	Rikuto Noguchi, Yukihiro Takahashi, Mitsuteru Sato, Hisayuki Kubota, Estimation of electric charge structure in cumulonimbus in ULAT project in Philippines, JpGU meeting, Makuhari, Japan, May 20, 2018.	ポスター発表
2018	国際学会	Yukihiro Takahashi, Micro-satellite and its Constellation as a New Platform for Space Remote-sensing, AOGS annual meeting, Hawaii, US, June 4, 2018.	口頭発表
2018	国際学会	Yukihiro Tahkahashi, Let’s make “innovation in space”, The Philippines Crossing the Atmospheric Borders, National Science and Technology Week (NSTW) Celebration, July 20, 2018,	招待講演
2018	国内学会	高橋幸弘, 久保田尚之, 佐藤光輝, 松本淳, 山下幸三, 吉田和哉, 濱田純一, ULAT: フィリピンにおける極端気象の監視・情報提供システムの開発プロジェクト, 日本気象学会秋季大会, 仙台, 2018年10月31日	口頭発表
2018	国際学会	Yukihiro Takahashi, On-demand image acquisition system by micro-satellite constellation under international consortium, The 18th Science Council of Asia Conference, Tokyo, Japan, Dec 6, 2018.	口頭発表
2018	国際学会	Yukihiro Takahashi, DEVELOPMENT OF SPECTRAL IMAGING FOR REMOTE SENSING, 1st International Conference on Joint Research Program in Mongolia (ICJPM 2019), Ulaanbaatar, March 11, 2019.	口頭発表
2018	国際学会	Yamada, H., K. Tsuboki, T. Shinoda, H. Kubota, Y. Takahashi, N. Nagahama, K. Shimizu, T. Ohigashi, K. Ito, M. Yamaguchi and T. Nakazawa, 2019: A change in the inner-core structure of Typhoon Trami (2018) as observed through upper-tropospheric aircraft reconnaissance of T-PARCII, Japan Geoscience Union Meeting 2019, Makuhari, Japan, May30 2019.	招待講演
2018	国内学会	久保田尚之, 松本淳, 赤坂郁美, 財城真寿美, 小林茂, 2019: フィリピンの降水量データレスキューから発展した夏季アジアモンスーン変動研究, 2019年春季学術大会要旨集, 日本地理学会, 505. 東京, 2019年3月20日.	口頭発表
2019	国際学会	Yukihiro Takahashi, Mitsuteru Sato, Hisayuki Kubota, Kozo Yamashita, Tetsuro Ishida, Ellison Castro, Loren Jay Estrebillo, Purwadi, Monitoring of typhoon and thunderstorms using micro-satellites and ground-based lightning networks, EGU General Assembly 2019, AS1.38/NH1.16, EGU2019-12625, Vienna, April 9, 2019.	口頭発表
2019	国際学会	Sato, M., Y. Takahashi, H. Kubota, K. Yamashita, J. Hamada, and J. J. Marciano, Relation between lightning and typhoon activities (Typhoon YAGI) in the western Pacific region, EGU General Assembly 2019, X3.75/EGU2019-11961, Vienna, April 11, 2019.	ポスター発表
2019	国内学会	久保田尚之, 松本淳, 赤坂郁美, 財城真寿美, 小林茂, 2019: フィリピンの降水量データレスキューにより発展した夏季アジアモンスーン変動研究, 2019年春季大会予稿集,日本気象学会, A106. 東京, 2019年5月15日.	口頭発表
2019	国内学会	山田広幸, 坪木和久, 篠田太郎, 久保田尚之, 高橋幸弘, 長浜則夫, 清水健作, 大東忠保, 伊藤耕介, 中澤哲夫, 山口宗彦, 2019: 航空機観測で捉えた2018年台風第24号の内部構造の変化, 2019年春季大会予稿集,日本気象学会, B452. 東京, 2019年5月18日.	口頭発表
2019	国内学会	坪木和久, 山田広幸, 高橋幸弘, Ben D. Jou, 篠田太郎, 大東忠保, 山口宗彦, 久保田尚之, 伊藤耕介, 中澤哲夫, 長浜則夫, 清水健作, 加藤雅也, 金田幸恵, 吉岡真由美, 高橋暢宏, 2019: 台風の眼の貫通飛行による中心気圧のドロップゾンデ観測, 2019年春季大会予稿集,日本気象学会, B451. 東京, 2019年5月18日.	口頭発表
2019	国内学会	久保田尚之, 坪木和久, 山田広幸, 高橋幸弘, 篠田太郎, 大東忠保, 山口宗彦, 伊藤耕介, 中澤哲夫, 長浜則夫, 清水健作, Purwadi, 佐藤光輝, 2019: 航空機で観測した2018年台風24号の最盛期の暖気核, 2019年春季大会予稿集,日本気象学会, B453. 東京, 2019年5月18日.	口頭発表
2019	国内学会	赤坂郁美, 財城真寿美, 久保田尚之, 松本 淳, 2019: 19世紀後半のマニラにおける風向と降水量の季節変化, 2019年春季学術大会要旨集, 日本地理学会, P016. 東京, 2019年5月20日.	ポスター発表
2019	国際学会	Kubota, H., K. Tsuboki, H. Yamada, Y. Takahashi, T. Shinoda, T. Ohigashi, M. Yamaguchi, K. Ito, T. Nakazawa, N. Nagahama, K. Shimizu, Purwadi, M. Sato, 2019: Airborne observation of Super Typhoon Trami in 2018 for understanding the intensity of tropical cyclone in the Philippine Sea, Japan Geoscience Union Meeting 2019, Makuhari, Japan, May 28 2019.	招待講演

2019	国際学会	Takahashi, Y., M. Sato, H. Kubota, K. Yamashita, T. Ishida, E. Castro, Purwadi, K. Tsuboki, H. Yamada, T. Shinoda, L. J. Estrebillo, D. K.、Pulutan, 2019: Quasi real-time observation of typhoon and thunderstorms by the system of micro-satellites and ground-based lightning sensors, Japan Geoscience Union Meeting 2019, Makuhari, Japan, May 28 2019.	口頭発表
2019	国際学会	Sato, M., Y. Takahashi, H. Kubota, K. Yamashita, J. Hamada and J. Marciano, 2019: Relation between Lightning and Typhoon Activities (Typhoon LAN) in the Western Pacific Region, Japan Geoscience Union Meeting 2019, Makuhari, Japan, May 28 2019.	口頭発表
2019	国際学会	Estrebillo, L. J. D. V., M. Sato, Y. Takahashi, H. Kubota, K. Yamashita, J. Hamada, and J. Marciano, 2019: Estimation of Lightning Location Using V-POTEKA Lightning Observation Network, Japan Geoscience Union Meeting 2019, Makuhari, Japan, May 28 2019.	口頭発表
2019	国内学会	坪木和久, 山田広幸, 高橋幸弘, 篠田太郎, 大東忠保, 山口宗彦, 久保田尚之, 中澤哲夫, 長浜則夫, 清水健作, 加藤雅也, 金田幸恵, 吉岡真由美, 高橋暢宏, 2019:ドロップゾンデを用いた台風の中心気圧の直接観測, 日本地球惑星科学連合2019年大会プログラム、日本地球惑星科学連合, 幕張、2019年5月28日.	口頭発表
2019	国内学会	山口宗彦, 石橋俊之, 中澤哲夫, 伊藤耕介, 山田広幸, 大東忠保, 長浜則夫, 清水健作, 久保田尚之, 高橋幸弘, 加藤雅也, 金田幸恵, 吉岡真由美, 篠田太郎, 高橋暢宏, 坪木和久, 2019: T-PARCIIのドロップゾンデ観測と気象庁全球予測システムを用いた台風Trami(2018)を対象とする観測システム実験, 日本地球惑星科学連合2019年大会プログラム、日本地球惑星科学連合, 幕張、2019年5月28日.	口頭発表
2019	国際学会	Kubota, H., K. Tsuboki, H. Yamada, Y. Takahashi, T. Shinoda, T. Ohigashi, M. Yamaguchi, K. Ito, T. Nakazawa, N. Nagahama, K. Shimizu, Purwadi, and M. Sato, 2019: Airborne observation of Super Typhoon Trami in 2018 for understanding the mature stage of tropical cyclone in the Philippine Sea, Asia Oceania Geosciences Society 2019, AS14-A037. Makuhari, Japan, May 28, 2019.	口頭発表
2019	国際学会	Yamada, H., K. Tsuboki, T. Shinoda, H. Kubota, Y. Takahashi, N. Nagahama, K. Shimizu, T. Ohigashi, K. Ito, M. Yamaguchi and T. Nakazawa, 2019: A change in the inner-core structure of Typhoon Trami (2018) as observed through upper-tropospheric aircraft reconnaissance of T-PARCII, Japan Geoscience Union Meeting 2019, AAS02-07. Makuhari, Japan, May 28, 2019.	口頭発表
2019	国際学会	Yukihiro Takahashi, Mitsuteru Sato, Hisayuki Kubota, Kozo Yamashita, Tetsuro Ishida, Ellison Castro, Loren Jay Estrebillo, Purwadi, Quasi real-time observation of typhoon and thunderstorms by the system of micro-satellites and ground-based lightning sensors, 2019 JpGU Meeting, Makuhari, May 28, 2019.	口頭発表
2019	国際学会	Hamada, J.-I. (Tokyo Metropolitan Univ.), J. Matsumoto (Tokyo Metropolitan Univ.), K. Yamashita (Ashikaga Univ.), H. Kamogawa (Univ. of Shizuoka), and Y. Takahashi (Hokkaido Univ.), Monitoring for lightning activities and thunder cloud developments over the Tokyo metropolitan area during the 2018 summer. JpGU 2019 Meeting, Chiba, Japan, May 28, 2019.	ポスター発表
2019	国際学会	Matsumoto, J. (Tokyo Metropolitan Univ.), Olaguera, L.M. (Tokyo Metropolitan Univ.), Kubota, H. (Hokkaido Univ.), Inoue, T. (Tokyo Metropolitan Univ.), Cayanan, E.O. (PAGASA), and Hilario, F.D. (PAGASA), Interdecadal Shifts in the Summer and Winter monsoon of the Philippines. The 27th IUGG General Assembly, Montreal, Canada, July 11, 2019.	口頭発表
2019	国際学会	Olaguera, L.M.(Tokyo Metropolitan Univ.), Matsumoto, J.(Tokyo Metropolitan Univ.), Kubota, H. (Hokkaido Univ.), Inoue, T.(Tokyo Metropolitan Univ.), Cayanan, E.O.(PAGASA), and Hilario, F.D.(PAGASA), Interdecadal shifts in the winter monsoon rainfall of the Philippines. Abstract of the Asia Oceania Geosciences Society Annual Meeting : AS03-A001, Singapore, July 31, 2019. (Poster)	ポスター発表
2019	国際学会	Yukihiro Takahashi, Mitsuteru Sato, Hisayuki Kubota, Kozo Yamashita, Tetsuro Ishida, Ellison Castro, Loren Jay Estrebillo, Purwadi, Kazuhisa Tsuboki, Hiroyuki Yamada, Quasi real-time observation of typhoon and thunderstorms using micro-satellites and ground-based lightning networks, 2019 AOGS, Singapore, August 1, 2019.	口頭発表
2019	国内学会	浜田純一（首都大学東京）・松本淳（首都大学東京）・鴨川仁（静岡県立大学）・高橋幸弘（北海道大学）. 大気電界計測による首都圏の雷雲活動に関する研究. 第13回MUレーダー／赤道大気レーダーシンポジウム, 宇治, 日本, 2019年9月9日.	口頭発表
2019	国内学会	高橋幸弘、超小型衛星搭載スペクトル撮像装置による地球監視, 日本光学会, OPJ シンポジウム, 大阪大学, コンベンションセンター, 2019年12月4日	招待講演
2019	国際学会	Yukihiro Takahashi, Mitsuteru Sato, Hisayuki Kubota, Kozo Yamashita, Tetsuro Ishida, Ellison C. Castro, Loren Joy Estrebillo, Purwadi, Meryl Algodon, Gay Jane P Perez, Joel Joseph Marciano, Jun Matsumoto, Jun-Ichi Hamada, Kazuhisa Tsuboki and Hiroyuki Yamada, Development of observation system for typhoon and thunderstorms with micro-satellites and ground-based lightning network, AGU Fall meeting, San Francisco, Dec 9, 2019.	口頭発表

2019	国際学会	SATO, M., Y. Takahashi, H. Kubota, K. Yamashita, J. Hamada, S. Niwa, L. J. Estrebillo, and Purwadi, ″Relation between lightning activities measured by the V-POTEKA network and intensity development of 2018 Pacific typhoons″, AGU Fall Meeting 2019, AE11A-3194, San Francisco, Dec 9, 2019.	ポスター発表
2019	国内学会	浜田純一（首都大学東京）・松本淳（首都大学東京）・井上知栄（首都大学東京）・鴨川仁（静岡県立大）・高橋幸弘（北海道大学），大気静電界観測に基づく東京多摩地域の雷雲活動に関する研究－2019年5月4日降雹事例解析－，日本地理学会2020年春季大会，東京，日本，2020年3月27日～28日.	ポスター発表
2020	国際学会	Yukihiro Takahashi, Mitsuteru Sato, Hisayuki Kubota, Kozo Yamashita, Tetsuro Ishida, Next-generation alerting system for natural disasters using ground network and micro-satellites, Japan Geoscience Union Meeting, online, July 2020.	口頭発表
2020	国際学会	Niwa, S., M. Sato, Y. Takahashi, and H. Kubota, 2020: Estimation of relationship between tropical cyclone intensity and eletrical properties of lightning, Japan Geoscience Union Meeting, online, July 2020	ポスター発表
2020	国際学会	Purwadi, Y. Takahashi, M. Sato, and H. Kubota, 2020: Typhoon energy input estimation using lightning data and backtracing technique, Japan Geoscience Union Meeting, online, July 2020	ポスター発表
2020	国際学会	HAMADA, J-I., J. Matsumoto, T. Inoue, M. Kamogawa and Y. Takahashi, An observational study on thunder cloud activities over Tama, Tokyo based on atmospheric electrostatic field measurements – Case study for the hail storm event in May 4, 2019 –, Japan Geoscience Union Meeting, online, July 2020	ポスター発表
2020	国内学会	久保田尚之, 2020: 長期データから読み解く台風の動向, 防災学術連携体第4回Web研究会, 2020年11月	口頭発表
2020	国内学会	佐藤光輝，雷放電観測網構築とそれを用いた台風・ゲリラ豪雨の予測，防災学術連携体第4回Web研究会，2020年11月	口頭発表
2020	国際学会	Sato M. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.), Loren Joy Estrebillo (Hokkaido U.), Shunsuke Niwa (Hokkaido U.), Purwadi (Hokkaido U.), and Glenn Vincent C. Lopez (ASTI), ″ULAT project : Quasi-real time monitoring of lightning and weather in the Philippines and western north Pacific″, AGU Famm Meeting 2020, online, December, 2020.	ポスター発表
2020	国際学会	Niwa S., M. Sato, H. Kubota and Y. Takahashi, 2020: Estimation of the Relation between the Electrical Properties of Lightning and Tropical Cyclone Intensity in Western North Pacific, American Geophysical Union Fall Meeting, online, December 2020	口頭発表
2020	国際学会	Kanno M., Y. Takahashi, H. Ohya, H. Nakata, M. Sato, H. Kubota and Purwadi, 2020: Estimation of 3D Location and Charge Amount of Lightning Discharges Using SATREPS/ULAT Observation Network in Metro Manila, Philippines, American Geophysical Union Fall Meeting, online, December 2020	ポスター発表
2020	国際学会	Purwadi, Y. Takahashi, M. Sato and H. Kubota, 2020: Correlation between typhoon-related lightning activity and the maximum wind speed near the center examined by back-tracing technique, American Geophysical Union Fall Meeting, online, December 2020	口頭発表
2020	国際学会	Kanno, M., Y. Takahashi, H. Ohya, H. Nakata, M. Sato, Purwadi, and H. Kubota, Estimation of 3D location and charge amount of lightning discharges using SATREPS/ULAT observation network in Metro Manila, Philippines, AFU Fall Meeting, online, December, 2020	ポスター発表
2020	国際学会	Purwadi, Y. Takahashi, M. Sato, and H. Kubota, Correlation between typhoon-related lightning activity and the maximum wind speed near the center examined by back-tracing technique, AFU Fall Meeting, online, December, 2020	ポスター発表
2020	国内学会	久保田尚之, 高橋幸弘, 佐藤光輝, 2021: 台風発生時に観測した雷バーストについて, 第12回熱帯気象研究会, 2021年3月	口頭発表
2021	国際学会	Matsumoto, J. and Olaguera, L. M. P. 2021. Synoptic climatology of the wet and dry conditions in the pre-summer monsoon season of the Philippines. The 34th International Geographical Congress, August, Istanbul, Turkey. (August 17, On-line)	口頭発表
2021	国際学会	Matsumoto, J., Olaguera, L. M. P., Dado, J. M. B. and Narisma, G. T. 2021. Winter time extreme rainfall in the southern Philippines. The 34th International Geographical Congress, August, Istanbul, Turkey. (August 18, On-line)	口頭発表
2021	国内学会	松本 淳 2021. モンスーンアジアの雨と気候. 第41回「気象測器研究会」(October 1, On-line).	口頭発表

2021	国際学会	Sato M. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), S. Niwa (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.), A. Noda (Hokkaido U.), J. Hamada (Tokyo Metropolitan U.), and Glenn Vincent C. Lopez (ASTI), "Quasi-real time monitoring of lightning and weather in the Philippines and western north Pacific for the severe weather intensity prediction", EGU General Assembly 2021, online, April 2021.	ポスター発表
2021	国際学会	Noda, A. (Hokkaido U.), M. Sato (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.), and K. Fukui (Osaka U.), Machine learning prediction of precipitation in Metro Manila, Philippines, EGU General Assembly 2021, online, April, 2021.	ポスター発表
2021	国際学会	Sato M. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.), and Glenn Vincent C. Lopez (ASTI), "Lightning activity in western north Pacific measured by the V-POTEKA network and its relation to typhoon intensity", JpGU Meeting 2021, online, May 2021.	ポスター発表
2021	国際学会	Noda, A. (Hokkaido U.), M. Sato (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.), and K. Fukui (Osaka U.), Machine learning prediction of precipitation in Metro Manila, Philippines, JpGU Meeting 2021, online, May, 2021.	招待講演
2021	国際学会	Niwa, S. (Hokkaido U.), M. Sato (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), and H. Kubota (Hokkaido U.), Estimation of the relation between electrical properties of lightning and tropical cyclone intensity in the western north Pacific, JpGU Meeting 2021, online, May, 2021.	ポスター発表
2021	国内学会	佐藤光輝, 高橋幸弘, 久保田尚之, Glenn Vincent C. Lopez, "V-POTEKA観測網で検出された西部北太平洋における雷活動と台風強度発達との関係性", 第150回地球電磁気・地球惑星圏学会講演会, オンライン, 2021年11月.	口頭発表
2021	国際学会	Sato M. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.), and Glenn Vincent C. Lopez (ASTI), "Relation between intensity development of western north Pacific typhoons and lightning activities", AGU Famm Meeting 2021, online, December 14, 2022.	ポスター発表
2021	国際学会	Noda, A. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.), K. Fukui (Osaka U.), and M. Sato (Hokkaido U.), Machine learning prediction of precipitation in Metro Manila, Philippines, AGU Fall Meeting 2021, online, December, 2021.	ポスター発表
2021	国際学会	Kubota, H. (Hokkaido U.) , Y. Takahashi (Hokkaido U.), M. Sato (Hokkaido U.), Lightning bursts observed in the tropical cyclone during the genesis over the western north Pacific, European Geosciences Union General Assembly, online, April, 2021	ポスター発表
2021	国際学会	Kubota, H. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), and M. Sato (Hokkaido U.), Lightning bursts observed during the tropical cyclone genesis over the Philippine Sea, Japan Geoscience Union Meeting 2021, online, May, 2021.	ポスター発表
2021	国内学会	久保田尚之 (北海道大学), 高橋幸弘(北海道大学), 佐藤光輝(北海道大学), 台風発生時に観測された活発な雷活動, 2021年春季大会, 日本気象学会, オンライン, 2021年5月	口頭発表
2021	国内学会	久保田尚之 (北海道大学), 高橋幸弘 (北海道大学), 佐藤光輝 (北海道大学), 超小型衛星と雷放電・気象観測網によるアジア域観測システムの展開, 2021年春季大会, 日本気象学会, オンライン, 2021年5月	ポスター発表
2021	国際学会	Kubota, H.(Hokkaido U.), Y. Takahashi(Hokkaido U.), and M. Sato(Hokkaido U.), Lightning Bursts Observed During the Tropical Cyclone Genesis Associated with Active Cumulonimbus, Asia Oceania Geosciences Society 2021, online August, 2021	口頭発表
2021	国際学会	Kubota, H.(Hokkaido U.), Y. Takahashi(Hokkaido U.), and M. Sato, (Hokkaido U.), Active lightnings during the tropical cyclone genesis over the Philippine Sea, American Geophysical Union Fall Meeting, online, December, 2021.	ポスター発表
2021	国際学会	Narumi Watabe(Hokkaido U.), Yukihiro Takahashi(Hokkaido U.), Mitsuteru Sato(Hokkaido U.), and Hisayuki Kubota(Hokkaido U.), Estimation of dissipated lightning energy by infrasound measurement, EGU General Assembly 2021, online, April, 2021.	ポスター発表
2022	国際学会	Takahashi, Y., A constellation of micro-satellite for the earth, space, and planetary observation with advanced sensors and operation, JpGU 2022 Meeting, Chiba, May 23, 2022	招待講演
2022	国際学会	Kubota, H. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), and M. Sato (Hokkaido U.) "Lightning activity around the tropical cyclone depending on the distance from the land" JpGU 2022 Meeting, Chiba, May 24, 2022.	口頭発表

2022	国際学会	Kubota, H. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), and M. Sato (Hokkaido U.) ″Case studies of heavy rainfall observed in the Philippines and Malaysia during December 15-18, 2021″ JpGU 2022 Meeting, Chiba, May 24, 2022.	ポスター発表
2022	国際学会	Sato M. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.), and Glenn Vincent C. Lopez (ASTI), ″Time variation of the lightning activities in typhoon clouds and its relation to the typhoon intensity development″, JpGU 2022 Meeting, Chiba, May 24, 2022.	口頭発表
2022	国際学会	Purwadi (BRIN), Y. Takahashi (Hokkaido U.), E. Momota (Hokkaido U.), M. Sato (Hokkaido U.), and H. Kubota (Hokkaido U.) ″The relationship between lightning and the phenmenon of equatorial atmosphere waves on the Maritime continent″ JpGU 2022 Meeting, Chiba, May 24, 2022.	招待講演
2022	国際学会	Watabe N. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), M. Sato (Hokkaido U.), and H. Kubota (Hokkaido U.) ″Development of lightning energy estimationmethod based on infrasound measurement″ JpGU 2022 Meeting, Chiba, May 24, 2022.	ポスター発表
2022	国際学会	Yui, S. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), M. Sato (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.) and M. Kanno (Chiba U.) ″Proposal of a new method for predicting heavy rainfall using an electrostatic field observation system and discussion of its practical feasibility″ JpGU 2022 Meeting, Chiba, May 24, 2022.	口頭発表
2022	国内学会	高橋幸弘、リモートセンシングでさぐる人間活動と自然環境の関係、JpGU 2022 Meeting, Chiba, May 27, 2022	招待講演
2022	国際学会	Takahashi, Y. (Hokkaido U.), Sato, M. (Hokkaido U.), Meryl Regine Algodon (Hokkaido U.), and H. Kubota (Hokkaido U.) ″Extreme weather monitoring system using microsatellite and ground observation network in Asia″, JpGU 2022 Meeting, Online, June 1, 2022.	ポスター発表
2022	国際学会	Hamada, J-I. (Tokyo Metropol. U.), H., Kubota (Hokkaido U.), J. Matsumoto (Tokyo Metropol. U.), M. Sato (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), and Glenn Vincent C. Lopez (ASTI) ″An observational study on the pre-monsoon heavy rainfall in the Metro Manila, Philippines based on a dense surface meteorological observation network″, JpGU 2022 Meeting, Online, June 1, 2022.	ポスター発表
2022	国際学会	Noda A. (Hokkaido U.), M. Sato (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.), and K. Fukui (Osaka U.) ″Machine Learning Prediction of Precipitation in Metro Manila, Philippines″ JpGU 2022 Meeting, Chiba, June 1, 2022.	招待講演
2022	国際学会	Yui, S. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), M. Sato (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.) and M. Kanno (Chiba U.) ″Estimating the lightning charge amount and height basis on the semi-electrostatic field in Manila″ JpGU 2022 Meeting, Chiba, June 1, 2022.	ポスター発表
2022	国際学会	Takahashi, T., Toward construction of on-demand network for micro-satellite constellation, JpGU 2022 Meeting, Chiba, June 1, 2022	ポスター発表
2022	国際学会	Takahashi, T., CONTRIBUTION OF ADVANCED REMOTE SENSING WITH MICRO-SATELLITE TO EARTH OBSERVATION, IGARSS 2022, 19 July 2022	招待講演
2022	国際学会	Sato M. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.), and Glenn Vincent C. Lopez (ASTI), ″Lightning activities in typhoon clouds and their relation to the typhoon intensity development″, AOGS 2022 Meeting, online, August 3, 2022.	口頭発表
2022	国際学会	Sato M. (Hokkaido U.), Y. Takahashi (Hokkaido U.), H. Kubota (Hokkaido U.), and Glenn Vincent C. Lopez (ASTI), ″Relation between lightning activities and the intensity development of western north Pacific″, AGU Famm Meeting 2022, Chicago, December 12, 2022.	口頭発表
2022	国際学会	Kubota, H.(Hokkaido U.), Y. Takahashi(Hokkaido U.), and M. Sato, (Hokkaido U.), Lightning activity during the tropical cyclone genesis, American Geophysical Union Fall Meeting, Chicago, December 13, 2022.	ポスター発表
2022	国際学会	Y. Takahashi(Hokkaido U.), Where there is a will there is a way: Extreme weather monitoring with lightning networkand micro-satellites in SE Asia and Japan, The International Workshop on Climate, Water, Land, and Life in Monsoon Asia, Hachioji, March 6, 2023.	口頭発表
2022	国際学会	Matsumoto, J. (Tokyo Metrop. U.) Where there is a will there is a way: My research life in Monsoon Asia. The International Workshop on Climate, Water, Land, and Life in Monsoon Asia, Hachioji, March 6, 2023.	口頭発表

招待講演	27	件
口頭発表	57	件
ポスター発表	46	件

V. 成果発表等

（3）特許出願【研究開始～現在の全期間】（公開）

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号（未登録は空欄）	登録日（未登録は空欄）	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する外国出願※
No.1	該当なし												

国内特許出願数 0 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	登録番号（未登録は空欄）	登録日（未登録は空欄）	出願特許の状況	関連する論文のDOI	発明者	発明者所属機関	関連する国内出願※
No.1	PCT/JP2022/040908	2022/11/1	予測装置及び予測方法	北海道大学		無			出願中		佐藤光輝 高橋幸弘 久保田尚之	北海道大学大学院理学研究院	

外国特許出願数 1 件

公開すべきでない特許出願数 0 件

V. 成果発表等
（4）受賞等【研究開始～現在の全期間】（公開）

①受賞

年度	受賞日	賞の名称	業績名等 （「〇〇の開発」など）	受賞者	主催団体	プロジェクトとの関係 （選択）	特記事項
2022	2023年2月3日	防災・減災×SDGs 賞 アカデミー&ジュニアアカデミー部門 「グローバル賞」及び「優秀賞」	台風の目の立体構造の観測技術の確立	・北海道大学大学院理学研究院□ ・東北大学大学院工学研究科（共同）□	一般社団法人減災サステナブル技術協会	1.当課題研究の成果である	https://ssmartace.or.jp/disaster-prevention-and-mitigation-x-sustainability-award-2023/

1 件

②マスコミ（新聞・TV等）報道

年度	掲載日	掲載媒体名	タイトル/見出し等	掲載面	プロジェクトとの関係 （選択）	特記事項
2016	2016年8月27日	読売新聞（夕刊）	アジア8か国超小型衛星網	科学面	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2016	2017年1月1日	北海道NHK ニュース	超小型衛星で比の豪雨予測へ	NHKお正月ニュース（北海道版）	1.当課題研究の成果である	
2016	2017年1月23日	北海道新聞（夕刊）	宇宙利用”革命”起こせ	科学面	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2016	2017年2月6日	Asia Research News 2017	Philippines' First Microsatellite Captures Ultra-High-Resolution Images	テクノロジー	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2016	2017年2月28日	朝日新聞（朝刊）	災害監視アジア衛星網構築へ	知の達人たち	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2017	2017年5月18日	日刊まにら新聞	雷レーダーで短時間予報目指す（世界初の方法で減災効果狙う）	表紙面	1.当課題研究の成果である	
2017	2018年2月23日	日刊まにら新聞	雷から集中豪雨などを予報へ （トップレベルの技術確立目指す）	表紙面	1.当課題研究の成果である	
2018	2018年9月26日	CBCテレビ	台風飛行機観測について	イッポウ	1.当課題研究の成果である	
2018	2018年9月26日	ABS-CBN	Japanese weather experts, Pinoy specialist, papunta sa mata ng bagyong Paeng	Patrol PH	1.当課題研究の成果である	
2018	2018年9月27日	NHKテレビ	台風24号飛行機観測について	ニュース7(トップニュース)	1.当課題研究の成果である	
2018	2018年9月27日	NHKテレビ	台風24号飛行機観測について	ニュースウォッチナイン(トップニュース)	1.当課題研究の成果である	
2018	2018年9月27日	NHKテレビ	台風24号飛行機観測について	ニュースチェックイレブン	1.当課題研究の成果である	
2018	2018年9月27日	テレビ朝日	台風24号飛行機観測について	ニュースステーション(トップニュース)	1.当課題研究の成果である	
2018	2018年9月27日	日刊まにら新聞	台風パエンを上空から観測	2面	1.当課題研究の成果である	
2018	2018年9月27日	ABS-CBN	Detalyadong lakas ng bagyong Paeng, aalamin ng mga eksperto	Patrol PH	1.当課題研究の成果である	
2018	2018年9月28日	NHKテレビ	台風飛行機観測について	おはよう日本	1.当課題研究の成果である	
2018	2018年9月28日	テレビ朝日	台風飛行機観測について	ワイド！スクランブル	1.当課題研究の成果である	
2018	2018年9月28日	KBS（韓国放送公社）	台風24号飛行機観測について		1.当課題研究の成果である	

2018	2018年9月28日	インターネットテレビ AbemaTV（アベマTV）	台風24号飛行機観測について	WEB	1.当課題研究の成果である	
2018	2018年10月1日	読売新聞朝刊	台風24号の進路と日本付近の黒潮の流れ		1.当課題研究の成果である	
2018	2018年10月3日	フジテレビ	台風24号飛行機観測について	とくダネ！	1.当課題研究の成果である	
2018	2018年10月4日	TBSテレビ	台風24号飛行機観測について	ビビット	1.当課題研究の成果である	
2018	2018年10月4日	ABS-CBN	Pinoy scientist part of research crew that flew over typhoon Paeng	Future Perfect	1.当課題研究の成果である	
2018	2018年11月28日	日経新聞（朝刊）	アジアの減災を目指す	大学面「グローバル時代を開く」	3.一部当課題研究の成果が含まれる	
2018	2019年2月25日	朝日新聞（朝刊）	地球を含め　北大・超小型衛星群	道内ニュース	1.当課題研究の成果である	
2021	2021年10月28日	PTV News	ULAT study to improve short-term forecast thru lightning strikes in the PH	インターネット	1.当課題研究の成果である	
2021	2021年11月25日	The Manila Times	ULAT study to improve short-term forecast through lightning strikes	インターネット	1.当課題研究の成果である	
2022	2022年9月1日	NHKテレビ	2022台風11号について	NHKニュース7	1.当課題研究の成果である	
2022	2022年9月1日	テレビ朝日	2022台風11号について	報道ステーション	1.当課題研究の成果である	
2022	2022年9月2日	TBSテレビ報道局	2022台風11号について	news23	1.当課題研究の成果である	
2022	2022年9月4日	フジテレビ	2022台風11号について	Mr. サンデー	1.当課題研究の成果である	
2022	2022年8月31日	NHKニュース	2022台風11号について	インターネット	1.当課題研究の成果である	
2022	2022年9月1日	テレビ朝日NEWS	2022台風11号について	インターネット	1.当課題研究の成果である	
2022	2022年9月4日	TBSテレビ報道局	2022台風11号について	インターネット	1.当課題研究の成果である	
2022	2022年9月15日	NNA ASIA	2022台風11号について	アジア経済ニュース	1.当課題研究の成果である	
2022	2023年2月7日	北海道大学	北大・東北大共同開発の地球観測結果が 防災・減災×SDGs 賞 アカデミー&ジュニアアカデミー部門にて「グローバル賞」及び「優秀賞」をW 受賞	北海道大学公式HP	1.当課題研究の成果である	https://www.hokudai.ac.jp/news/pdf/230207_pr.pdf

36 件

V. 成果発表等

（5）ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動【研究開始～現在の全期間】（公開）

①ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年度	開催日	名称	場所 （開催国）	参加人数 （相手国からの招聘者数）	公開/ 非公開の別	概要
2017	2017/5/17	キックオフワークショップ	Luxent Hotel （フィリピン）	62名 （48名）	非公開	1)プロジェクトの概要説明, 2)各グループの概要説明
2018	2018/8/30	ステークホルダーミーティング	Novotel Manila Araneta Center （フィリピン）	62名 （57名）	非公開	プロジェクトの概要説明及びPOTEKA設置場所の希望調査
2021	Oct. 29	Tropical Cyclone Trami mini workshop	online	50	公開	2018年9月25-28日にかけて、T-PARCII (Tropical Cyclone-Pacific Asian Research Campaign for Improvement of Intensity estimations/forecasts) と本プロジェクトの合同で、台風24号（Trami）を対象とした航空機観測によるドロップゾンデ観測を行った。その観測結果に基づいた国際研究発表会を実施した。
2022	2022/10/17	終了評価報告会	ASTI （フィリピン）	30	非公開	プロジェクトの終了報告会を行った。

4 件

②合同調整委員会(JCC)開催記録（開催日、議題、出席人数、協議概要等）

年度	開催日	議題	出席人数	概要
2017	2017/5/17	プロジェクト概要説明 @Luxent Hotel（フィリピン）	60名程度	1)プロジェクトの概要説明, 2)各グループの概要説明, 3) 今後の活動計画（専門家派遣及び機材の調達スケジュール等含む）
2017	2018/2/20	活動報告及び今後の活動計画 @Luxent Hotel（フィリピン）	60名程度	1)各グループの活動報告, 2) 各グループの今後の活動計画（専門家派遣及び機材の調達スケジュール等含む）, 3) 全体の討議検討
2018	2018/8/31	活動報告及び今後の活動計画 @ASTI（フィリピン）	50名程度	1)各グループの活動報告, 2) 各グループの今後の活動計画（専門家派遣及び機材の調達スケジュール等含む）, 3) 全体の討議検討
2018	2019/3/5	活動報告及び今後の活動計画 @ASTI（フィリピン）	50名程度	1)各グループの活動報告, 2) 各グループの今後の活動計画（専門家派遣及び機材の調達スケジュール等含む）, 3) 全体の討議検討
2019	2019/9/9	活動報告及び今後の活動計画 @ASTI（フィリピン）	50名程度	1)各グループの活動報告, 2) 各グループの今後の活動計画（専門家派遣及び機材の調達スケジュール等含む）, 3) 全体の討議検討
2021	2021/8/26	活動報告及び今後の活動計画 @ZOOM	57名	1)各グループの活動報告, 2) 各グループの今後の活動計画（専門家派遣及び機材の調達スケジュール等含む）, 3) 全体の討議検討
2022	2022/7/12	活動報告及び今後の活動計画 @ZOOM	55名	1)各グループの活動報告, 2) 各グループの今後の活動計画（専門家派遣及び機材の調達スケジュール等含む）, 3) 全体の討議検討

7 件

研究課題名	フィリピンにおける極端気象の監視・情報提供システムの開発
研究代表者名（所属機関）	高橋　幸弘 (北海道大学 大学院理学研究院)
研究期間	2016年6月1日～2023年3月31日
相手国名／主要相手国研究機関	フィリピン先端科学技術研究所(ASTI/DOST), フィリピン大学ディリマン校(UPD)

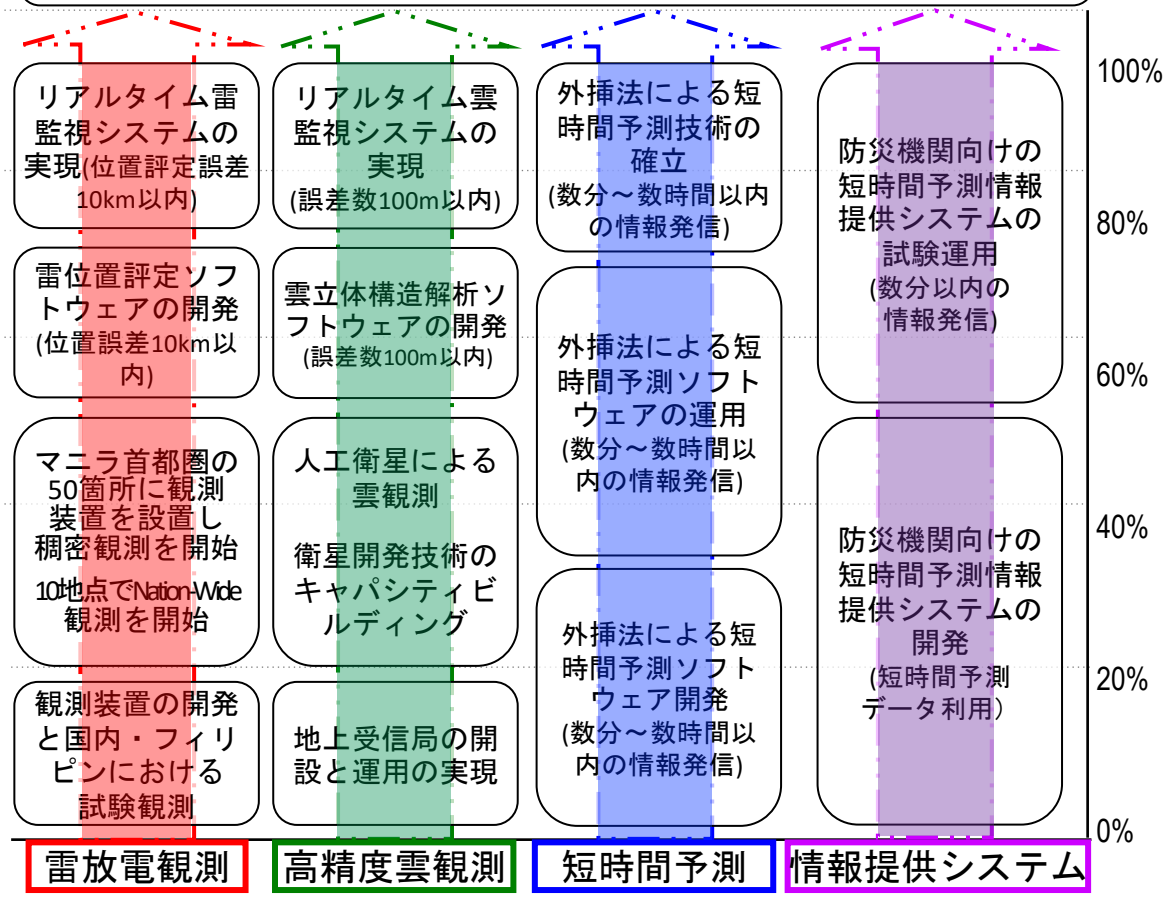
付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	• アジア防災圏の確立 • フィリピンを初めとするアジア圏での宇宙利用を日本がリード • 効果的なインフラ整備への貢献
科学技術の発展	• 日本の減災に開発技術と知見をフィードバック • 気候変動への知見獲得
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	• リアルタイム雷観測システム • 人工衛星を利用した雲監視システム • 外挿的手法を用いた短時間予測技術の確立
世界で活躍できる日本人人材の育成	• アジア圏での宇宙開発，極端気象観測・予測をリードする若手人材の育成
技術及び人的ネットワークの構築	• アジア防災圏の確立 • 衛星開発技術のキャパシティビルディング
成果物（提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど）	• リアルタイム雷観測情報提供システム • 衛星を利用した雲監視システム • 極端気象に対する外挿的手法を用いた短時間予測手法の確立

上位目標

フィリピンをハブとしたアジア防災圏の確立
人間生活と社会基盤が極端気象現象によって被る災害を軽減する

フィリピンの主要都市部への稠密観測システムの展開および安定運用と、自国衛星による雲監視技術の獲得、および社会実装の手法確立

プロジェクト目標

マニラ首都圏における極端気象に対し、雷放電の稠密・Nation-Wide観測と人工衛星による高精度雲観測から外挿的手法を用いた短時間予測を行い、その予測結果を報知する情報提供システムを確立する