

(別紙様式10)

2021年度 北極域研究共同推進拠点 共同研究等報告書

【申請区分】: 萌芽的異分野連携共同研究 共同推進研究
 産学官連携フュージビリティ・スタディ
 共同研究集会 産学官連携課題設定集会

【研究課題名】: 寒冷地における気象ドローンの実験的社会的実装

【研究期間】: 2021年度

【共同研究員】

共同研究員	氏名	所属・職名	専門分野	区分 (注1)
研究代表者 (拠点内外) (注2)	佐藤和敏	北見工業大学・助教	気象学	
研究分担者 (拠点外) (注2)	石原宙	オホーツク流水科学センター	気象学	
研究分担者 (拠点内) (注2)	猪上淳	国立極地研究所・准教授	気象学	
研究協力者 (注2) (注3)	村井克詞	オホーツク・ガリンコタワー株式会 社・研究員		
	岩本勉之	紋別市・主任		
	Lars Isaksen	ECMWF	気象学	
	山崎哲	海洋研究開発機構・研究員	大気力学	

(注2) 拠点内外については、募集要項別添の北極域研究共同推進拠点を形成する3研究施設の研究者リストをご覧ください。

(注3) 計画申請書に含まれていなかった方でも結果的に本共同研究に参画された方(招へい者等)が居られれば、研究協力者として記述して下さい。

【研究の内容】

(1) 概要を400字以内(文字のみ)で記載してください。

近年、多発する極端化気象現象の防災対策を講じるため、高精度の天気予報が社会的に求められている。この予報計算の実施には、世界中で取得された気象観測データが活用されており、特に対流圏から成層圏下層の鉛直気象データを定時に取得するラジオゾンデ観測は予報精度向上に大きく貢献している。しかし、ヘリウムを充填したゴム気球や使い捨て観測機器を用いることから、ヘリウムの減産に伴う高コスト化や海洋などへの環境負荷が大きい問題点があり、代替観測システムを模索する局面にさしかかっている。本研究では、低コストで環境負荷の小さいエコ観測システムとし

て気象ドローンの導入を試みる。具体的には、気象センサーを搭載した気象ドローンについて、様々な気象条件下での室内・屋外実験を通じて運用可能な環境を探索する。また、汎用ドローンに簡易気象測器を搭載し、一定の精度で対流圏下層の継続的な気象観測が可能かを検証する。

(2) 図表や写真も交えて、研究の内容や成果等を 2000 字程度でまとめてください。

2 年目の 2021 年度は、これまでの屋内実験や観測の結果をまとめ査読付き国際誌へ投稿し、論文が掲載された。また、構築したドローンにより気象観測手法を使用し、海氷域上で観測を実施した。英文の国際誌には、2020 年度に北見工業大学の室内施設で実施した屋内実験の結果に加え、北海道東部での屋外実験で明らかになったドローンの観測精度の実験結果をまとめた。本報告書では、2020 年に未報告である新たな研究成果を中心に報告する。

2021 年 3 月 23～25 日に北海道東部の屋外施設(北見市「オホーツク創世研究パーク」)にて、ラジオゾンデ観測と同時に小型気象観測機 iMet を搭載した DJI 社製 Mavic2(以下、M2ED)や民間会社が所有している既存の気象ドローン(日本タイプエス社製「R-SWM」(以下、PF2)、スイス Meteomatics 社製「Meteodrone」(以下、MM-670))による鉛直気象観測を実施した。この観測期間中の飛行高度は、各ドローンで異なる(MM-670:約 750m、M2ED:約 500m、PF2:150m 未満)。図 1 は、期間中の 10 回のラジオゾンデ観測に対する各ドローンによる気象観測の誤差を示している。気温については、M2ED が他のドローンより観測誤差が小さいことから、最も観測精度が良い(図 1a)。PF2 は、観測高度が 150m 未満であるが、気温誤差が比較的小さい。一方、MM-670 は、地表付近では気温誤差が 1°C を越えており、気温誤差が比較的大きいことがわかった。さらに、相対湿度は気温の誤差の影響を受けることから、高温誤差を持つ MM-670 は比較的大きなドライバイアスを持っている(図 1b)。一方、比較的気温の観測精度が良い M2ED や PF2 は、相対湿度の観測誤差も小さい。MM-670 や PF2 では、風速や風向の観測も実施されている(図 1c,d)。

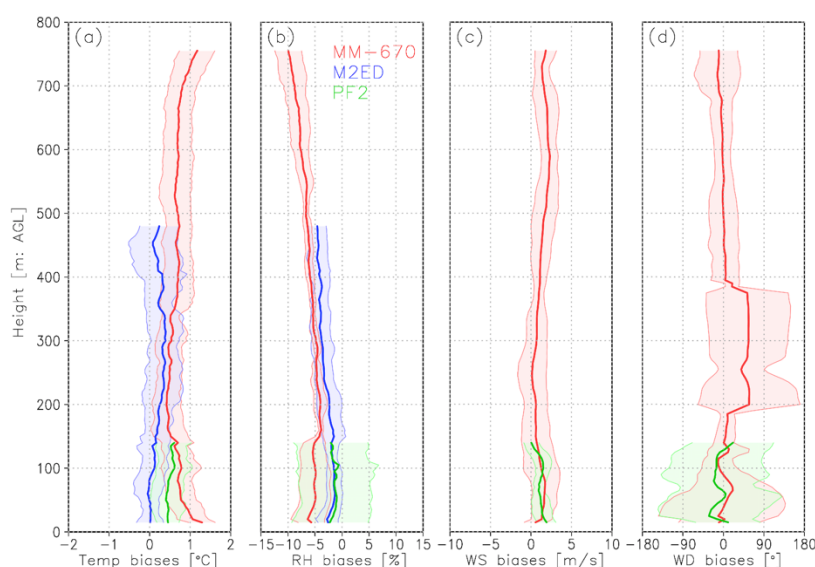


図 1: 2021 年 3 月 23 日から 25 日に 10 回実施されたラジオゾンデ観測に対する各ドローン (MM-670:赤、M2ED:青、PF2:緑) で取得された(a)気温、(b)相対湿度、(c)風速、(d)風向の観測誤差。太線が平均、細線が標準偏差を示している。風速と風向については、PF2 と MM-670 が取得している。

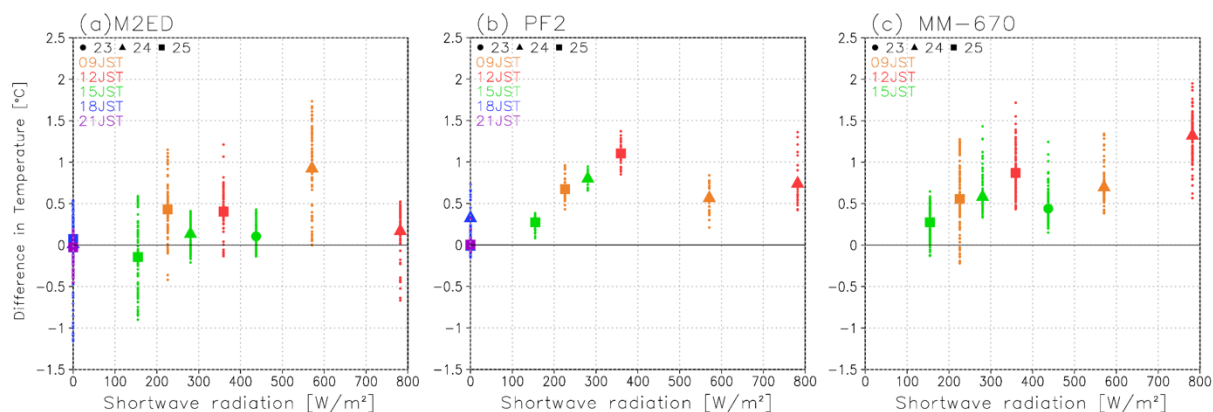


図 2: ゾンデの気温に対する各ドローン (a : M2ED、b : PF2、c : MM670) で取得された気温の誤差と太陽放射の散布図。

表面付近での MM-670 高温誤差の原因を調べるため、気温誤差と太陽放射の散布図を作成した (図 2)。MM-670 の気温誤差は、太陽放射と正の相関傾向が見られており、太陽放射が多くなることで高温偏差が生じることがわかった (図 2c)。一方、気温誤差が小さい M2ED は、太陽放射と気温誤差に関係性は見られなかった (図 2a)。M2ED に装着した小型気象観測機器には、気温センサー部分に太陽放射の影響を軽減するためにリフレクターが塗装されたキャップを装着し、太陽放射による過熱を軽減できたことが、気温誤差を最小にできた一要因と考えられる (図 1a)。

M2ED により気象観測システムは、2021 年夏から初秋の海洋地球観測船「みらい」による北極航海や 2022 年冬季に海上保安庁巡視船「そうや」によるオホーツク海の流氷域航海期間中に運用し、海洋上や海氷上で気象観測データの取得に成功した。また、M2ED に風速計を搭載するため、今年度後半には、機体周辺の気流を可視化する室内実験にとり組み、上昇しながら水平風を観測する技術開発も進めた。その成果を、巡視船「そうや」によるオホーツク海氷上での風の船上観測に応用した。さらに、気象観測機器の小型化を進めており、多くの気象観測機器の搭載が可能となることで、様々な気象観測データの取得が期待できる。

(3) 本共同研究に関する活動・実績等を下表に記入してください。

①研究打合せ、学会参加・集会(注 4)、調査等

(注 4) 研究代表者、共同研究分担者、研究協力者、招へい者によるもの

日程(月日)	日数 (日)	活動内容	場所	研究代表者、共同研究分担者、研究協力者、招へい者の参加者名・部署	参加者数 (人)
2022.03.14	5	屋内施設での飛行実験	北見	佐藤和敏(北見工業大学)	1
2022.02.08	10	巡視船「そうや」船上での気象観測	オホーツク海	猪上淳(国立極地研究所)	1
2022.01.17	3	屋外施設での飛行実験	北見	佐藤和敏(北見工業大学)、猪上淳(国立極地研究所)	2

2021.11.20	2	屋内施設での飛行実験	北見	佐藤和敏(北見工業大学)、猪上淳(国立極地研究所)	2
2021.10.12	1	屋内施設での飛行実験	長野	佐藤和敏(北見工業大学)、猪上淳(国立極地研究所)	2

②研究論文

研究代表者並びに、研究分担者あるいは研究協力者が著者の関連論文がありましたら可能な限り記載ください。

論文が複数ある場合は、そのフォーマットとして論文1の分をコピーして記載してください。

Inoue, J., and Sato, K. (2022): Toward sustainable meteorological profiling in polar regions: Case studies using an inexpensive UAS on measuring lower boundary layers with quality of radiosondes, *Environmental Research*, 205, 112468, 10.1016/j.envres.2021.1124

③研究書等著書

著書名・著者名	出版年月	出版社名
世界気象カレンダー2022(分担執筆:2月担当(猪上淳))	2021年10月	日本プロセス秀英堂株式会社

④特許等出願

特許、実用新案、商標	
該当なし	

⑤研究発表(資料添付も可)

発表年月日	発表者名(共著者を含む)	発表タイトル	発表学会等名称	発表地	招待講演(○)
2022.2.22	佐藤和敏(北見工業大学)、猪上淳(国立極地研究所)	Toward sustainable meteorological profiling using an inexpensive Unmanned Aircraft Systems in polar regions	第36回北方圏国際シンポジウム	紋別	
2021.11.25	佐藤和敏(北見工業大学)	北極域課題解決人材育成講座『北極域科学概論』大気パート	北極域課題解決人材育成講座	オンライン	○(講師)

⑥国際シンポジウム等(資料添付も可)

参加をした主な国際シンポジウム等		
開催時期(年月)	国際シンポジウム等名称	招待講演/議長の有無
該当なし		

⑦本共同研究に関し実施(主催、共催、後援等)したシンポジウム・集会(注6)等(資料添付も可)

(注6) 研究代表者、共同研究分担者、研究協力者、招へい者以外を含む参加募集によるもの

開催日	実施地 (国、県、市など)	形態 (注7)	シンポジウム・集会等名称	目的及び概要	対象者 (注7)	参加人数 (海外(注8))
該当なし						

(注7)

形態:シンポジウム、セミナー、公開講座、ワークショップ、その他

対象:一般、地域、学生、研究者

(注8) 海外機関に所属するもの

⑧本拠点共同研究に係る成果が科学研究費などの外部資金の応募(予定を含む)やプロジェクトに発展した例があればご記入ください。

<ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクト名 ・代表者・関係者(所属) ・関係研究者 ・予定の場合は、(予定)と記載してください 	<ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクトの主な財源 ・金額 	プロジェクト期間	<ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクト概要 (目的・期待効果、規模、参加国等) ・これまでの本共同研究との関連性 (300字程度)
<ul style="list-style-type: none"> ・持続可能な気象観測手法を導入した新たな防災体制 ・代表者:佐藤和敏(北見工業大学) 	<ul style="list-style-type: none"> 科学研究費基金若手研究 350万円 	令和4年~6年	<p>本研究で、再利用可能なドローンを使用し、自然に負荷の少なく精度の高い気象観測の実施に成功した。この研究課題では、本課題で培った観測体制を用いて観測網を構築し、天気予報の精度の向上に応用する。</p>

⑨研究成果が一般社会産業界などに還元(応用)された事例や新しい研究分野の開拓や教育活動に反映された事例(資料添付も可)

<p>タイプエス社が開発する国産気象ドローンの気象センサーの計測誤差について、機体のセンサー取り付け位置などの改良点を明らかにし、当該ドローンの開発に貢献した。</p>
<p>スイス Meteomatics 社製のメテオドローンとの気温精度について、気温誤差が生じている可能性を指摘</p>

し、日本気象を通じて開発企業へ報告される予定である。

⑩その他国際研究協力活動事例

事業名	概要	受入人数	派遣人数
該当なし			

⑪学会賞等受賞、アウトリーチ、取材、その他

年月日	所在・出典・新聞名等	受賞者・関係者(所属)	研究課題名・賞名・内容等
2022.01.27	日刊工業新聞	猪上淳(国立極地研究所)	「市販ドローンで気象計測 極地研 観測専用機より高精度」
2022.01.24	国立極地研究所・北見工業大学共同プレスリリース	猪上淳(国立極地研究所)、佐藤和敏(北見工業大学)	「安価なドローンで高精度気象観測を実現～極域の持続可能な観測網の構築へ向けて～」 https://www.nipr.ac.jp/info/notice/20220124.html
2021.04.01	北海道新聞	佐藤和敏(北見工業大学)	「ドローンで大気観測 北見工大など 防災、データ活用に期待」
2021.03.24	NHK 北海道	佐藤和敏(北見工業大学)	「きめ細かな気象予報へ 北見工大がドローンで上空の観測を実験」

記事コピー等を添付してください。

⑫コロナ禍の影響と対策

本共同研究へのコロナ禍の影響と対策(改善・代替策、計画変更、工夫等)、助成金執行率(%)について記述してください。

影響の事象	対策の有無と内容 (計画変更・中止、改善・代替策、工夫等)
該当なし	