

# 北極域研究加速プロジェクト（ArCS II）について

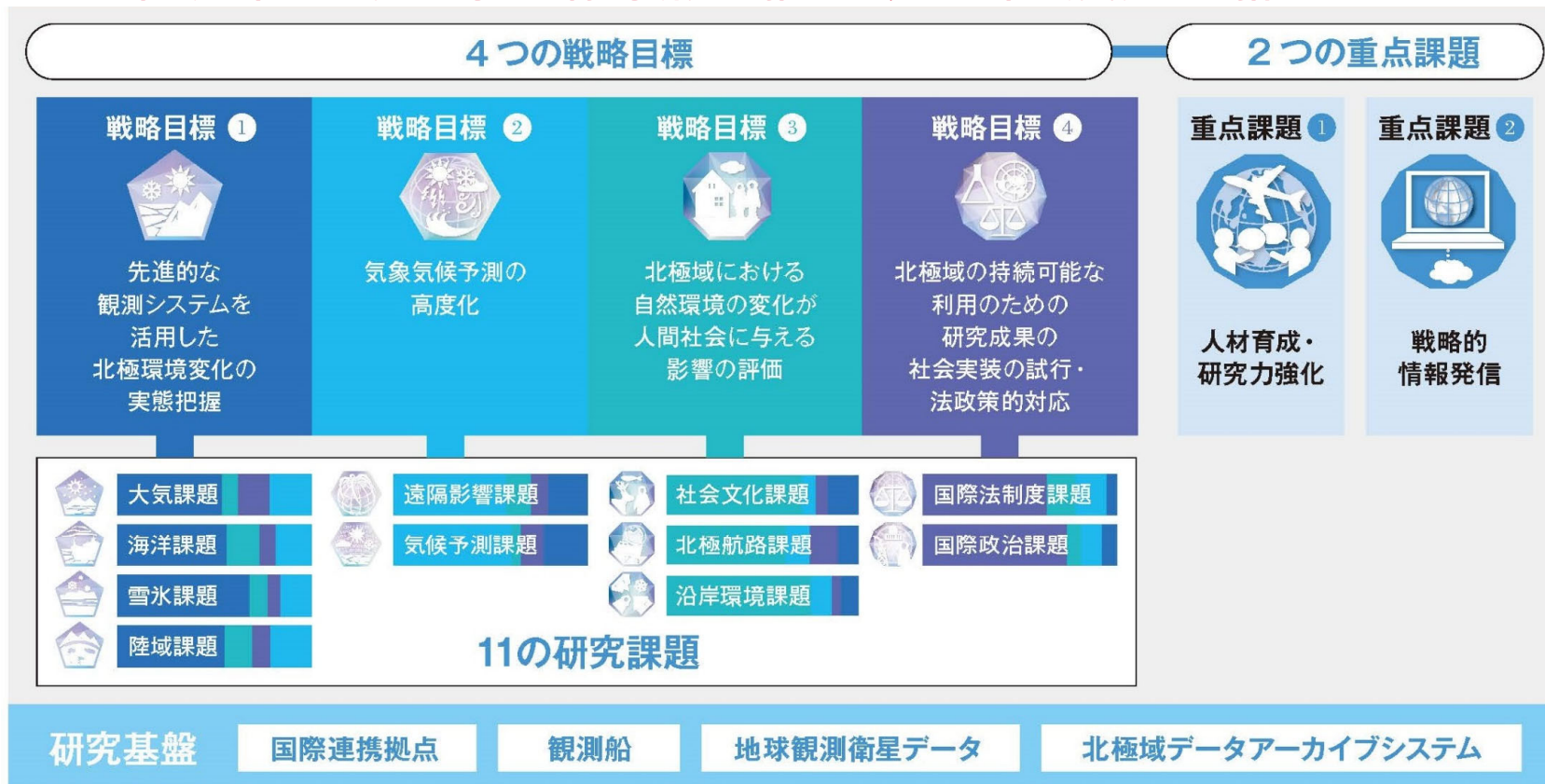
2023年2月13日

大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構  
国立極地研究所 榎本浩之

## プロジェクトゴール

持続可能な社会の実現を目的として、北極域の環境変化の実態把握とプロセス解明、気象気候予測の高度化などの先進的な研究を推進することにより、北極の急激な環境変化が我が国を含む人間社会に与える影響を評価し、研究成果の社会実装を目指すとともに、北極における国際的なルール形成のための法政策的な対応の基礎となる科学的知見を国内外のステークホルダーに提供します。

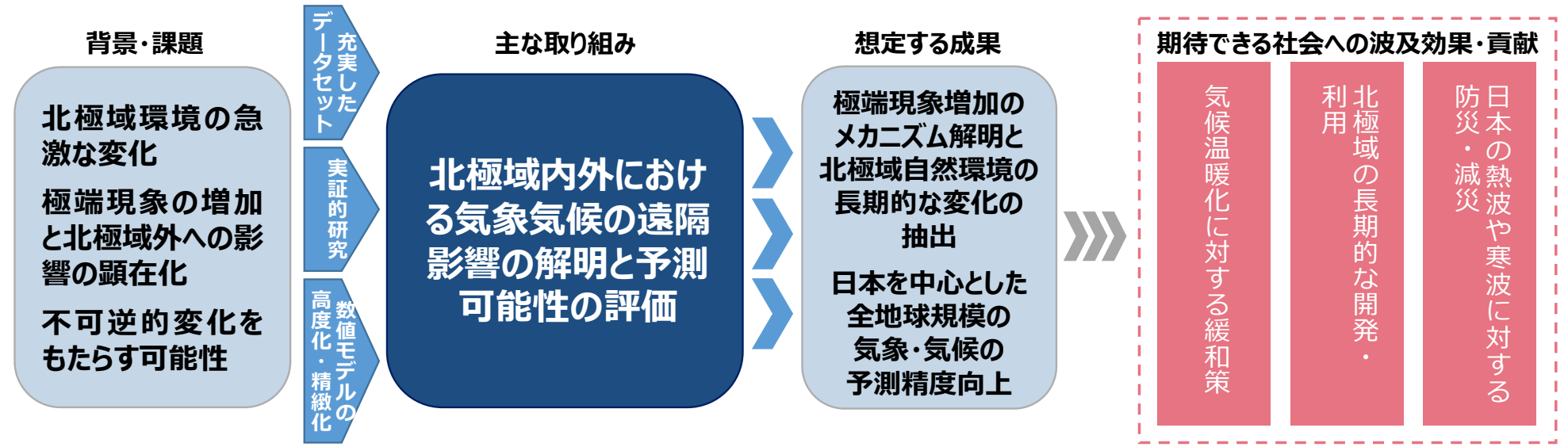
北極域に関する先進的・学際的研究を推進し、その社会実装を目指します





戦略目標②

## 気象気候予測の高度化



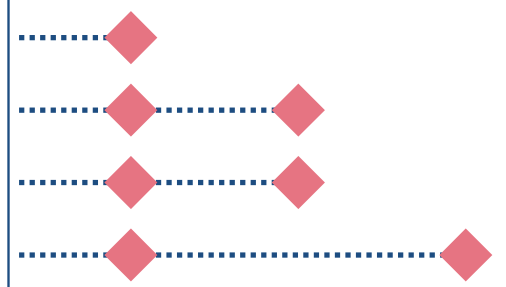
### 主な成果・活動実績

\*プレスリリースあり

**2020-2021年度**

✓ 新型コロナの影響も少なく、計画どおりに進捗

- ③ 微生物が引き起こす赤雪現象の発生を予測する数値シミュレーション
- ⑤ 北極海氷変動の実態把握などに実用的な海氷厚データセットの構築
- ⑥ 極域波浪予測精度向上の鍵となる海氷分布
- ⑦ 北極寒気の動態を定量的に評価する寒冷渦指標の開発\*



## 1 20世紀前半の北極温暖化と中頃の寒冷化の要因解明

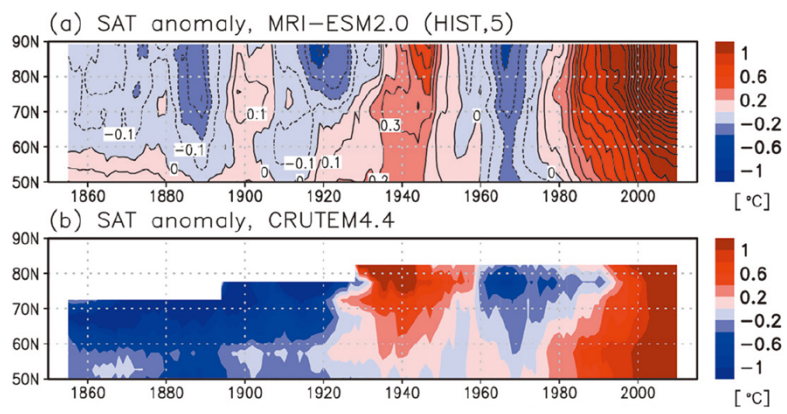


### 概要

20世紀前半の北極温暖化と中頃の寒冷化について、北極の温暖化は、太陽活動・火山活動など自然由来の外部因子と数十年規模の内部変動（大気-海洋-陸面の相互作用により生じる自然の変動）が同程度の大きさで寄与していたこと、北極の寒冷化は、同時期の人間活動によるエアロゾルの増大と数十年規模内部変動が複合的に影響していたことを気候モデル解析から定量的に明らかにした。

### 社会貢献

北極域での気候変動のメカニズムの解明につながるるとともに、北極温暖化の将来予測の信頼性向上に貢献することが期待される。



北緯50～90度での地上気温の変化。気候モデルMRI-ESM2.0による再現(a)と観測値(b)との比較。10年移動平均の帯状平均を示す。1941～1970年を基準とする。出典：Aizawa et al. (2021) Figure 1

### 論文発表・プレスリリース

- Aizawa et al. (2021) <https://doi.org/10.1029/2020GL092336>
- Aizawa et al. (2022) <https://doi.org/10.1029/2021GL097093>
- プレスリリース「20世紀中頃の北極寒冷化は人間活動による大気中の微粒子の増大と気候の自然変動が複合的に影響～北極温暖化の将来予測の信頼性向上に貢献～」(2022年4月7日)

## 2 微生物が引き起こす赤雪現象の発生を予測する数値シミュレーション

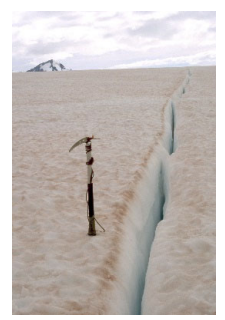


### 概要

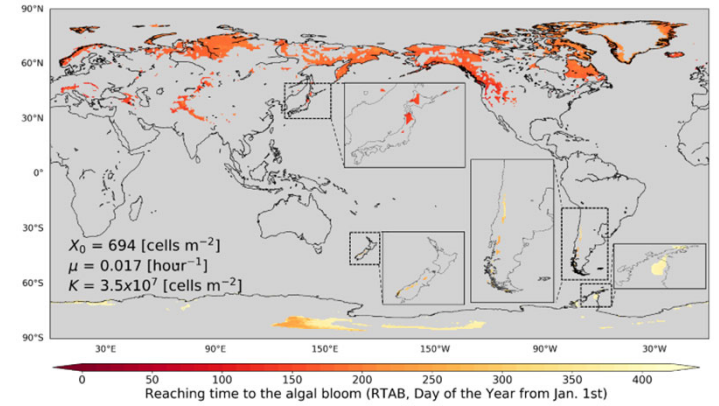
これまで開発してきた雪氷微生物の繁殖モデルを日本の陸域モデルと組み合わせ、全球藻類モデルを構築した。北極圏氷河氷床の現地観測研究に基づいて日本の気候モデルを高度化し、その気候モデルを用いて北極圏を含む全球の環境変化の実態把握を定量的に行うことを目指したものであり、従来は考慮されていなかった雪氷微生物活動（赤雪）の変化を定量的に評価できるようになった。

### 社会貢献

赤雪の発生は積雪・氷河の融解等による気候変動への影響も懸念されるため、その定量的な実態把握と影響評価は、温暖化対策の議論に貢献することが期待される。



アラスカの赤雪現象  
出典：プレスリリース「地球温暖化で赤い雪が広がる？」図1



### 論文発表・プレスリリース

- Onuma et al. (2022) <https://doi.org/10.1029/2021JG006339>
- プレスリリース「地球温暖化で赤い雪が広がる？～微生物が引き起こす赤雪現象を、地球まるごとシミュレーション～」(2022年2月2日)

### 報道等

- 北海道新聞「赤い雪 地球環境に影響！？」(2022年3月12日夕刊)
- 高知新聞「赤い雪 世界各地に出現」(2022年3月13日)

本研究のモデルでシミュレーションした赤雪発生日の全球分布(1980-2014年の平均値) 出典：プレスリリース「地球温暖化で赤い雪が広がる？」図3

## 3 北極寒気の動態を定量的に評価する寒冷渦指標の開発



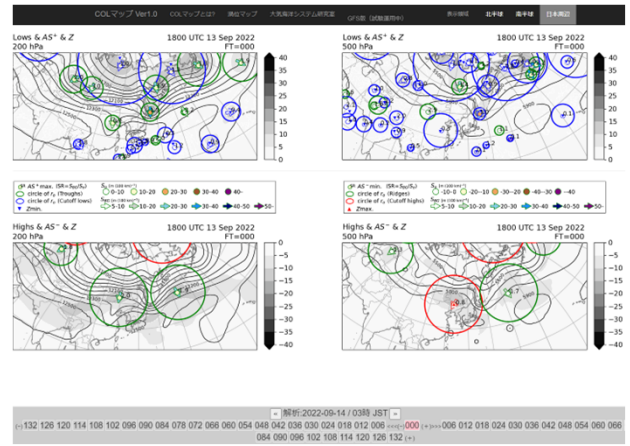
### 概要

北極寒気を指標として寒冷渦（極端現象にしばしば伴う対流圏上層の寒冷低気圧）の中心位置、強度、影響半径に関して客観的に指標化した**寒冷渦指標が完成**した。この指標に基づいて極端現象発現時の分布特性や強度の特性などの評価・検証作業を行い、**極端現象発現指標の導入準備、および解析ツールの公開準備を進めている**。

### 社会貢献

災害をもたらす豪雨・豪雪・竜巻・突風などの極端現象発現予測のリードタイム向上に資する寒冷渦追跡システムを実装した極端現象発現指標の導入により、北極環境変動に関わる短期的な**極端気象予測と防災・減災対策**に貢献することが期待される。

### COL (Cut-off Low) マップ 寒冷渦指標に基づき上空寒気を監視するサイトを公開



出典：COLマップ Ver1.0（2022年9月14日閲覧）  
<http://naos.env.sc.niigata-u.ac.jp/~coluser/>

### 質問事項4-2

寒冷渦指標を極端現象発現指標とするために、現在、寒冷渦指標と大気の状態（大雪、線状降水帯、突風）との対応関係についての解析を行っている。  
社会実装の可能性として、まずは下記①、②について、対象者へのシーズの紹介を予定。  
①民間の気象サービス事業者への技術移転  
②鉄道事業者等が事業実施判断を行う際に活用できる形での技術移転  
③現業機関が行う予測モデルへの活用

### 論文発表・プレスリリース

- Kasuga et al. (2021) <https://doi.org/10.1175/MWR-D-20-0255.1>
- プレスリリース「**極端気象をもたらす寒冷渦を捉える新指標を開発 - 大気の状態を不安定にする陰の立役者の尻尾を捉えた！ -**」（2021年9月15日）

## 4 豪雪をもたらす線状の降雪帯，JPCZの構造とメカニズムを日本海洋上観測により明らかにした



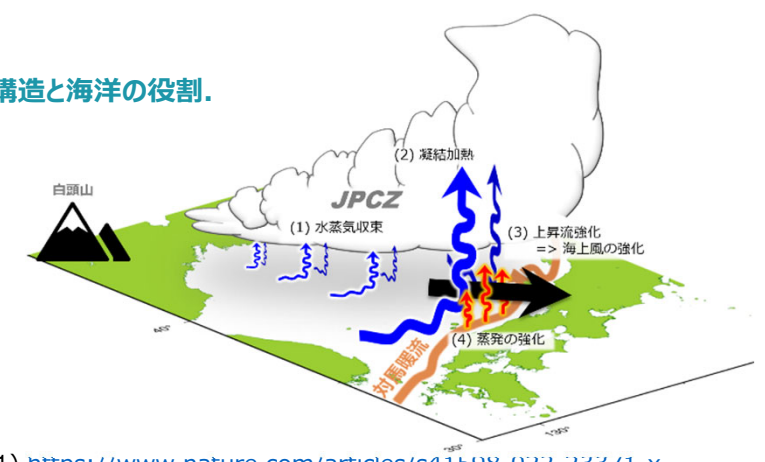
### 概要

日本に豪雪をもたらすJPCZ(日本海寒帯気団収束帯)を横断し、1時間毎の洋上気球観測によってその実態を捉えることに成功した。JPCZは、「大気の川」のような構造を持つ。気流がJPCZに収束することに伴い、周囲の海面から蒸発した水蒸気がJPCZに集中する。日本海の広い範囲の暖かい海面から蒸発した水蒸気がJPCZへ集まりそれが風下へ移動するさまは、たくさんの支流(branch)の水が本流に集まり、下流へと流れる「川」と同等である。JPCZは帯状に伸びることから、いわば「線状の降雪帯」と言える。

### 社会貢献

日本海側の豪雪に関する予測の精度向上、極端気象予測と**防災・減災対策**に貢献することが期待される。

### 観測で示されたJPCZの構造と海洋の役割。



### 論文発表・プレスリリース

- Tachibana et al. (2021) <https://www.nature.com/articles/s41598-022-23371-x>
- プレスリリース「**豪雪をもたらす線状の降雪帯，JPCZの構造とメカニズムを日本海洋上観測により明らかにした**」（2022年12月26日）

## 5 北極海氷変動の実態把握などに 実用的な海氷厚データセットの構築



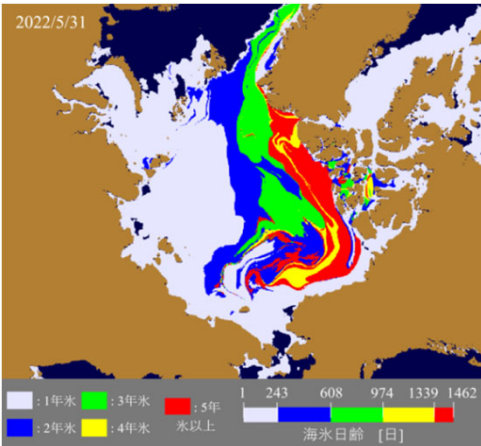
### 概要

独自に作成した毎日の海氷漂流速度データを用いて、海氷の移動軌跡を最長6年過去に遡って追跡することにより、北極海の水氷の年齢や生成場所、移動距離などを特定することが可能になった。海氷年齢は海氷の厚さや夏季の水氷融解速度と強い関係があることを明らかにし、海氷の履歴情報が海氷厚の推定に有効であることを示した。

### 社会貢献

気候予測の高精度化を通して、気候変動に対する適応策などの意思決定・政策決定に貢献する。また、北極海氷予測の高精度化により、北極航路の安全で有効な利用に貢献する。

本研究の知見を基に海氷中期予測の手法を改良し、北極海氷分布予報に反映した。



北極海氷分布予報は、重点課題②北極海氷情報室のウェブサイトを通じて公表している。



海氷年齢分布。水色、青、緑、黄色、赤は、それぞれ1年氷、2年氷、3年氷、4年氷、5年氷以上の海氷である。

出典：北極海氷情報室「北極海氷分布予報2022年第二報」図5 (2022年9月14日閲覧)  
[https://www.nipr.ac.jp/sea\\_ice/forecast/2022-06-30-2/](https://www.nipr.ac.jp/sea_ice/forecast/2022-06-30-2/)

### 論文発表

• Kimura et al. (2020) <https://doi.org/10.33265/polar.v39.3617>

## 6 極域波浪予測精度向上の鍵となる海氷分布



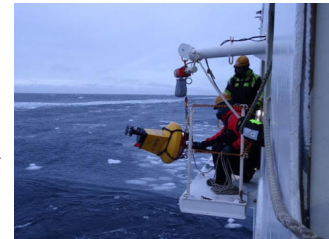
### 概要

波浪ブイによる観測結果と波浪シミュレーション結果の比較により、波浪予測モデルの精度の向上には海氷予測精度の向上が必須であることを明らかにした。

### 社会貢献

夏季開放水域が拡大する北極海では、年々発生する波浪が増大しており、波浪予測精度向上は、北極海における船舶航行の安全確保につながる。また、沿岸地域における波浪の増大は沿岸浸食等を通して地域社会・生活に大きな影響を及ぼす要素であり、その将来影響評価につながる。

波浪ブイによる観測は、海洋地球研究船「みらい」北極航海で実施された。この観測データに基づき、海氷域における波浪の発達過程が明らかとなった。

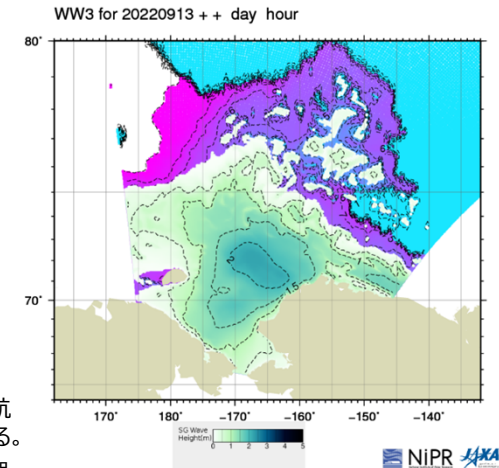


出典：ArCS「2018年度海洋地球研究船「みらい」北極航海」(2022年9月14日閲覧)

<https://www.nipr.ac.jp/arcs/mirai/>

波浪予測モデルによる予測データは、「みらい」北極航海に向け、ADS「VENUS」による配信も行われている。

波浪予測モデルによる波の高さおよび周期  
出典：北極域データアーカイブシステム (ADS) 「VENUS for Mirai」 (2022年9月14日閲覧)  
<https://ads.nipr.ac.jp/venus.mirai/#/mirai>



### 論文発表

• Nose et al. (2021) <https://doi.org/10.5194/tc-14-2029-2020>

## 7 安価なドローンで高精度気象観測を実現



### 概要

安価で取り扱いが容易な汎用ドローンに気象センサーを取り付け、代表的な高層気象観測システムであるラジオゾンデ観測と同等の精度で、大気境界層の気象データを取得可能であることを実証した。

### 社会貢献

北極海やグリーンランドなど気象の鉛直データが不十分な地域において、ドローンを用いて気象観測網が強化されれば、極端な気象現象の高精度予測への貢献が期待される。

**汎用ドローンを用いた極域における気象データの取得**

気象観測データが不足している極域  
ラジオゾンデ観測の補完的な気象観測システムとして、汎用ドローンの活用を検討  
→ 天気予報の高精度化に期待

- 安価な機体価格
- 容易な操縦
- 低運用コスト
- 低環境負荷

**安価なドローンを用いた気象観測のための研究開発**

**開発：**機体の排熱・日射の影響を軽減する放射シールド

**検証：**ラジオゾンデの気象データと同程度の精度を確保

**応用：**厳冬期の気温の逆転層とエアロゾル濃度の観測

観測網が発達していない地域における高精度の気象観測手法として、放射シールドをつけた安価な汎用ドローンを活用する可能性

問題点：気象センサーに対するローターの排熱や日射による熱的影響が、高精度の気象観測データの取得に障害

Toward sustainable meteorological profiling in polar regions: Case studies using an inexpensive UAS on measuring lower boundary layers with quality of radiosondes  
Inoue and Sato (2021) | Environment of Research | DOI: 10.1016/j.envres.2021.112468

出典：プレスリリース「安価なドローンで高精度気象観測を実現」図1

### 論文発表・プレスリリース

- Inoue et al. (2021) <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112468>
- プレスリリース「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～」(2022年1月24日)

### 報道等

- 日刊工業新聞「極地研、市販ドローンで気象計測 観測専用機より高精度」(2022年1月27日)

- ◆ ArCS II に関する詳細な情報は以下のURLをご参照ください。

ArCS II (北極域研究加速プロジェクト)

<https://www.nipr.ac.jp/arcs2/>

- ◆ 北極域に関する国内外の最新の研究成果や②ニュースについては以下のURLをご参照ください。

北極環境統合情報WEB

[https://www.nipr.ac.jp/arctic\\_info/](https://www.nipr.ac.jp/arctic_info/)

- ◆ 日本の北極域研究コミュニティの動向については以下のURLをご参照ください。

JCAR (北極環境研究コンソーシアム)

<https://www.jcar.org/>

ご清聴有り難うございました。