

(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】: 自作固定翼機材を用いた流氷観測システムの構築

【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
研究代表者 (拠点外)	松村寛一郎	東京農業大学・教授	UAV	
研究分担者 (拠点外)	ラム・アブタル	北海道大学・准教授	リモートセンシング	
	一ノ瀬俊明	国立環境研究所	自然地理学	
研究分担者 (拠点内)	的場 澄人	北海道大学・助教	氷河、古気	
研究協力者 (拠点外)	泉 岳樹	東京都立大学・助教	UAV	
	森川浩一	株式会社オイコス・代表取締役	ドローン映像撮影・農薬散布	
	Hitesh Supe	北海道大学環境科学院・博士課程1年	リモートセンシング	
	Ma Pelium	北海道大学環境科学院・研究生	リモートセンシング	

【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。

飛行機型ドローンを製作運用し、その利用可能性を検討した。自動飛行による目視外飛行の実現には、国土交通大臣の承認と電波法である①機材の概要、②日本の法律に適した機材であること、③使用周波数帯が必要となる。北海道大学 IT Prototype Laboratory の協力による通信システムを試作した。2030 年まで人工衛星データの無償供与が欧州宇宙機関から約束されている Sentinel-2 衛星のデータを用いたインド・ムンバイの Agriforetell 社のシステムを用いた植生指数と湿潤指数を流氷上にて取得し、ドローンを用いて撮影したデータとの比較を行った。電源供給を有線で行うために寒冷地での連続飛行を可能とするドローンを岡山の Helvetia 社と開発し、運用の可能性を検討した。有線ドローンは、法律改正による係留凧の扱いになり、人口密集地域や夜間飛行等での事前申請が不要であり、その利用が期待される。(399 文字)

(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。

a. 自作固定翼機材の製作と自動飛行

飛行プランを作成するミッションプランナーソフトとフライトコントローラーを組み合わせることで自動飛行を実現させる方法を習得した。飛行計画を立て、その情報を機材にアップロードすると同時に地形データを読み込ませる方法を手順として確立した。実際には地形データを読み込んでくれない等のトラブルを経験し、その対応方法を試行錯誤した。

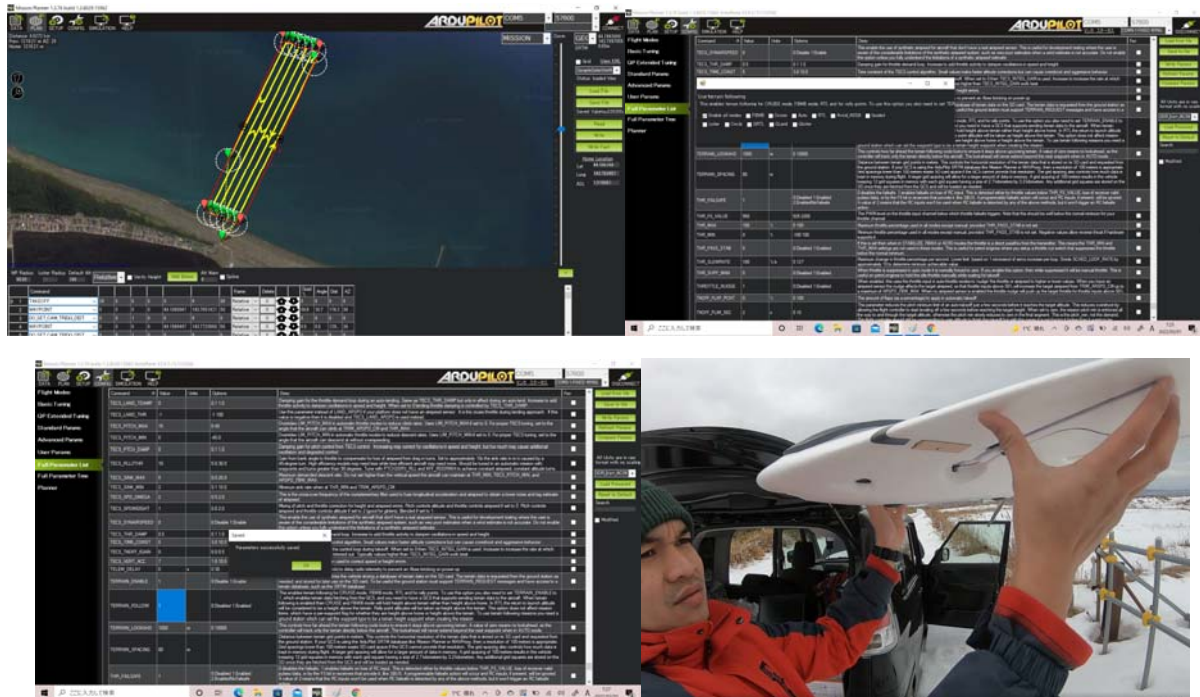


図.ミッションプランナーソフトの設定と重心の設定

Mission Planner, <https://ardupilot.org/planner/>, 2022 年 2 月アクセス

自作固定翼機材を飛行させるために、昨年に続いて万一の事故に備えての保険に加入した。実際の飛行場所については、万一の事態を想定して交通量の少なく、人のいない場所の選定を行った。固定翼機材を飛ばすための広い平坦な空間が存在している。交通量の多い道路に面した場所で飛行させると、万一の際に墜落して通行している車両に衝突する可能性があり、深刻な事態を引き起こす。交通量がほとんどない場所であるサロマ湖の湖口に当たる箇所を昨年に続いて飛行場所として設定した。観測期間中の滞在先は湧別になる。合宿を北海道大学環境科学院のラム博士の研究チームと 1 月 29～30 日に湧別に合宿を行った。自作固定翼機材を飛ばす際に手袋をした手をプロペラで怪我をするという事態が発生した。プロペラが折れたことにより、重大事故へはつながらなかったことが幸いであった。プロペラは、ある程度の弱さが必要であることを確認した。手投げによる離陸時のリスク低減および着陸時の衝撃による破損をさけるために、北海道・常呂町在住の漁師の石垣氏に依頼して漁網を利用した携帯可能な着陸用ネットと離陸ネットを製作した。発射に関してはカタパルト方式や滑車の利用による離陸時の抵抗を減らすことが必要であることを確認した。



図. 漁網を使った着陸用ネットへの衝突風景(上、左下)と発射台(右下)

2022年2月14～18日に湧別にて、北海道大学環境科学院のラム・アブタル博士の研究室のインド人と中国人から構成されるチーム、東京都立大学の泉博士、東京農業大学から構成されるメンバーで合宿を行った。ラム・アブタル博士のチームは、LiDAR ドローンを用いての流氷観測を遂行した。このドローンには、精密な位置情報を計測できる RTK システムが搭載されており、その際に小型軽量の RTK システムにより取得されたデータとの比較を行った。東京都立大学の泉博士は、ドローンを用いた救難活動に実績を有しており、各種の自動飛行プログラムの運用にも経験を有している。泉博士の協力を得て、技術力を生かして、回転翼機材であるファントム 4 の飛行を自動飛行ソフトである Pix4D Capture による連続写真を取得し、Pix4DMapper を用いてオルソ化した。固定翼機材 Parrot Disco の離陸から着陸までの自動飛行を遂行し、飛行方法について習得・実践・習熟した。

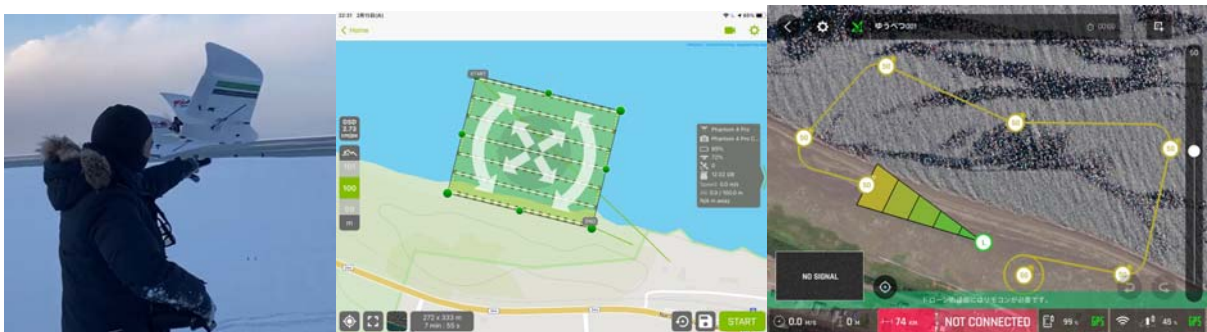


図. 自作固定翼機材離陸の瞬間(左)、Pix4D Capture による自動飛行(中)、Parrot Disco の自動飛行(右)

b. Sentinel-2 衛星による植生指数と湿潤指数を用いた流氷観測の可能性

2030 年まで無償でデータ提供が約束されている欧州の宇宙機関が提供するデータである Sentinel-2 衛星から提供される情報として1週間に1回程度の頻度で 10 メートルの解像度での植生指数(NDVI)と湿潤指数(NDMI)が挙げられる。

$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$ NIR:近赤外域の反射率 R:可視域赤の反射率

$NDMI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$

NIR (Near infrared 835.1-833nm:Band 8)

SWIR (Short wave infrared 1613.7-1610.4nm:Band 11)

インド・ムンバイにある農業関連支援会社である AgriForetell Snipe.社は、直感的に必要な個所と期間を選択することで取得できる仕組みを開発した。ドローンで取得した流氷上の連続写真のオルソ化された画像と比較した。

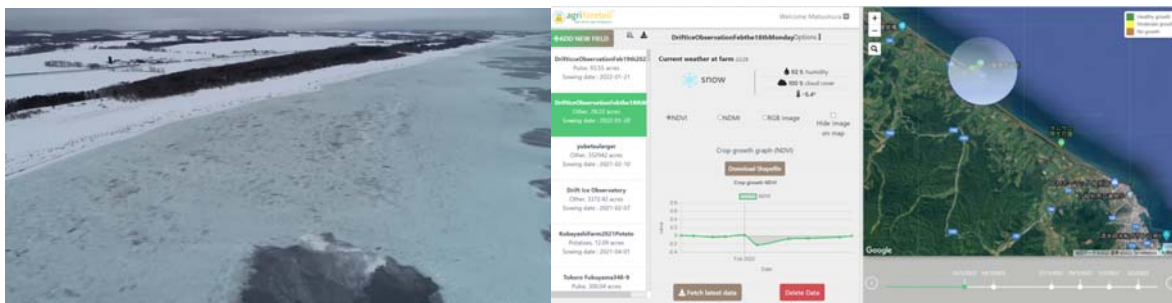


図. 2022 年 2 月 14 日における紋別市郊外の観測地点における流氷の状況と位置

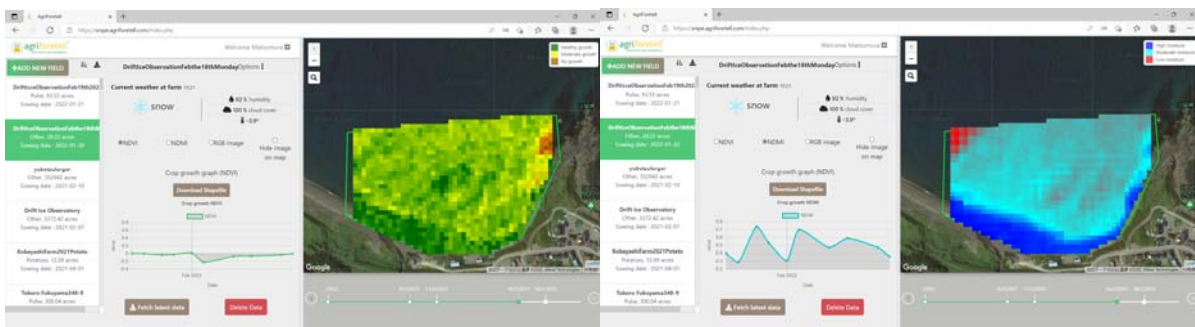


図. Sentinel-2 衛星による 2022 年 2 月 16 日の植生指数(左)と湿潤指数(右)

湿潤指数は、水分の有無を示すものであり、色が濃い青色になるほど水分が多い、すなわち開水面であると理解でき、赤い箇所は水分量が少ない→氷が存在する場所として推計される。ドローンを用いて取得したオルソ化データは 2 月 14 日の時点で取得したもので、人工衛星により取得されたデータは 2 月 16 日で時差が生じている。人工衛星によるデータは、取得できる時期を正確に選択することができないので、連続する数日にわたり、ドローンで撮影できれば、両者の正確な比較が可能となる。流氷観測において隣接する民家の私有地を使わせていただくに際して、民家の方から快諾をいただくことができた。本画像における流氷観測対象地域は、湾内になっており、風の影響を比較的受けにくい場所となっており流氷は移動しないでその場に留まっている状況になっている。

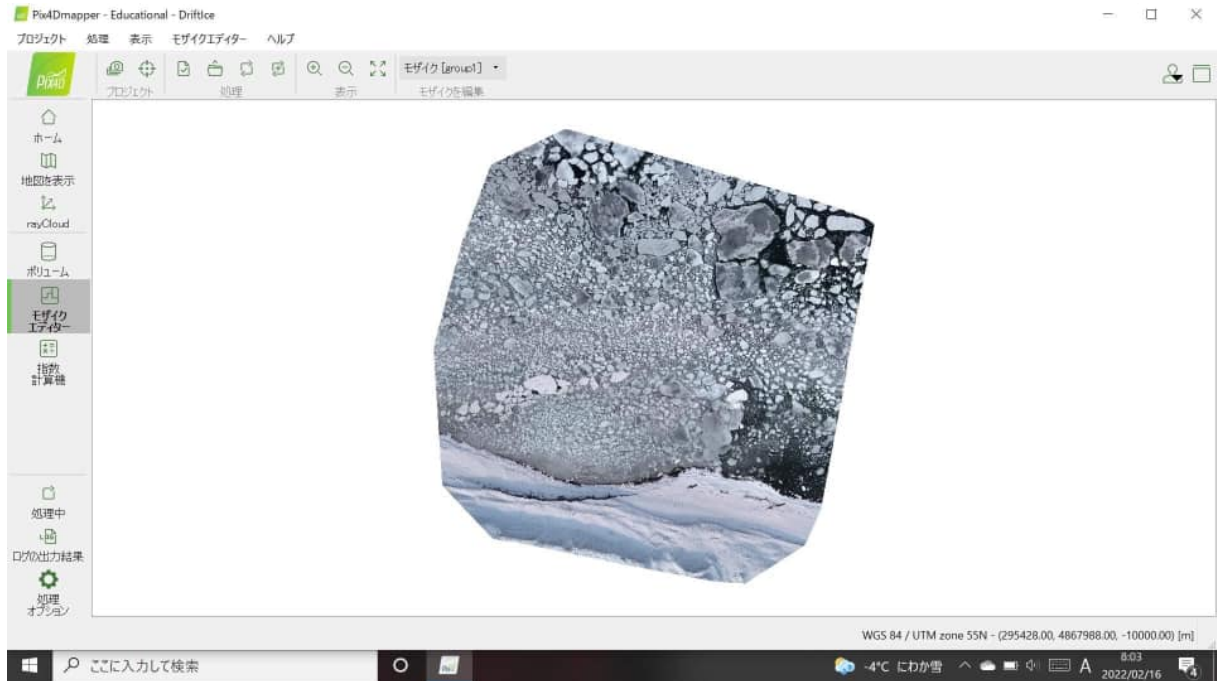


図. オルソ化された流氷 2022 年 2 月 14 日

c. 有線ドローンの可能性

流氷が訪れる時期には気温が氷点下となり、バッテリーを駆動させる条件は厳しい。対応のために事前にバッテリーを温めておくなどの対策がとられているが、飛行している間にバッテリーが冷えてしまうことにもなる。令和 3 年の航空法の改正によれば、有線で接続されたドローンは係留扱いになり、人口密集地域や夜間飛行に関連する許可・承認が不要となったのは大きなメリットといえる

“十分な強度を有する紐等 (30m 以下) で係留し、飛行可能な範囲内への第三者の立入管理等の措置を講じてドローン等を飛行させる場合は、以下の許可・承認を不要としました。

人口密集地上空における飛行(航空法第 132 条第 1 項第 2 号)、夜間飛行(航空法第 132 条の 2 第 1 項第 5 号)、目視外飛行(航空法第 132 条の 2 第 1 項第 6 号)、第三者から 30m 以内の飛行(航空法第 132 条の 2 第 1 項第 7 号)、物件投下(航空法第 132 条の 2 第 1 項第 10 号)

引用:https://www.mlit.go.jp/report/press/kouku10_hh_000201.html“



図. 変圧機と有線ドローン(左)、飛行準備で GPS 取得(中)、飛行中(右)

岡山市に本社のある株式会社 Helvetia 社は、ハードウェア受託開発や電子回路設計を行う会社であり、国際ドローン展にて、有線に信号を流せる展示をされていたことが縁となり、有線で電流を供給されるドローンを開発した。電力量は電圧と電流の積になるので、電圧が高いほど電流を少なくすることにより、電線を軽量化できる。400 ボルトまで電圧を高める装置を用いた。温度管理に注意が必要なバッテリーに対して、電源供給のための発電機を使うことで、長時間の安定した飛行が可能となる。流氷上において、長時間の飛行による定点観測を行うことで流氷の動きを追跡することができる。2022 年の 2 月と 3 月にかけて有線ドローンの実際の飛行実験を遂行した。2 月の段階では、急激な電圧低下によるブレーカー機能が働いたことにより離陸直後に失速の事態が発生し、3 月の段階では、飛行させていたところ、突風の影響により有線とドローンをつなぐアダプターが外れるという事態になった。釣り糸を用いることにより、別にテンションをかける機能を付加することで、有線にかかる負担を減らすことができ、さらに風に対してもより強くなり、さらに1方向だけでなく3方向から支持することでの正確な静止位置の固定による位置固定の可能性が検討された。

株式会社ヘルヴェチア・岡山市、<https://helvetia.co.jp/>

d. LPWA(Low Power Wide Area)通信ユニットの可能性

実際にドローンを飛行させると 500m も離れてしまうと視界において豆粒以下となり操縦は極めて困難となる。目視外飛行には国土交通大臣の承認が必要である。携帯電話をドローンに搭載して通信システムとして利用することは禁止されている。ミッションプランナーソフトによる飛行プログラムを用いて自動飛行による目視外飛行の実現には、国土交通大臣の承認と電波法に抵触しないことが必要で電波法は、①機材の概要、②日本の法律に適した機材であること、③使用周波数帯が必要となる。北海道大学の IT Prototype Laboratory の協力を得て、LPWA(Low Power Wide Area)通信ユニットである IM920 を用いた通信システムの可能性を検討した。

920MHz 無線モジュール IM920、<https://www.interplan.co.jp/solution/wireless/im920/im920.php>

IM920 を Arduino で利用する[Arduino]、

<https://tony-moori.blogspot.com/2017/03/im920arduinoarduino.html>

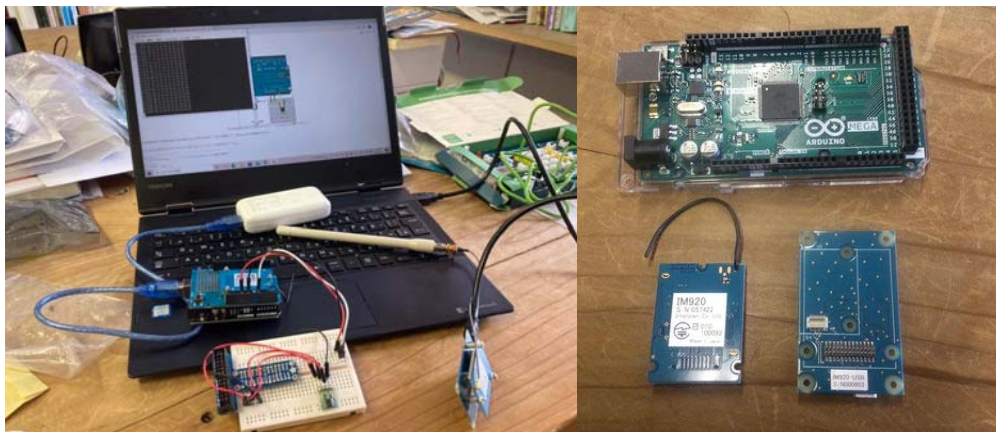


図. LPWA による基地局と移動体搭載ユニット(左)と Arduino Mega(右)

Arduino と呼ばれる電子工作が容易なコンピューター基盤にセンサーと通信ユニット IM920 を接続している。位置情報はデジタルシステムであり、複数のセンサー情報を処理するために MegaArduino を入手しての開発を進めている。最終的な目標としては、ドローンから操縦者へ常に位置情報を伝え、操縦者からドローンへ飛行の中断・再開を伝えることができる仕組みの完成を目指しており、そのシステム内容を国土交通省に説明することで、目視外飛行の実現を目指している。下記のプログラムは下記のプログラムはアナログ信号の気温情報を IM920 ユニットにより通信するものである。

IM920 と Arduino を使った稼働検証済みの気温情報を送信するプログラム

```
/* IM920 Sample Program */
#include <SoftwareSerial.h> //ソフトウェアシリアルを使う際インクルードします
SoftwareSerial IM920Serial(8, 9); //受信 RX をピン 8、送信 TX をピン 9 に割り当てます
int vol=0, vol_new=0, diff, busy;
void setup() {
  IM920Serial.begin(19200); //ソフトウェアシリアル開始。IM920 とは 19200 ボーを指定
  pinMode(10, INPUT);
}
void loop() {
  vol_new = analogRead(0)/4; //アナログ入力0 (A0) の値を読み出し(10bit)
  //vol_new = analogRead(A0)/4; //アナログ入力0 (A0) の値を読み出し(10bit)、8ビットに変換
  diff = abs(vol_new - vol); //前回変化分の絶対値として計算
  //if (diff > 0.1) { //変化が1より大きければ(2 以上)IM920 からデータを送信
  //do {
  //  busy=digitalRead(10);
  while (digitalRead(10) != 0){
    delay(10);
  };
  //while(
    IM920Serial.print("TXDT "); //送信コマンドをシリアルから送出。TXDT の後のスペースに注意
    IM920Serial.println(vol_new, HEX); //引続きデータを HEX 値で送出。CR/LF を付加してコマンドを終端
    IM920Serial.print("¥r");
    vol = vol_new; //今回取得したアナログ値を保持
  delay(2000); //IM920 の BUSY 信号を見ていないので 30ms の時間余裕を取り処置
  }
  //}
```

(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、調査等

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)
2022.2.4	4	研究打合せと学会報告	大阪	松村寛一郎	1
2022.2.14	5	流氷観測	湧別	松村寛一郎、ラム・アブタル、泉岳樹 (東京都立大学)	3
2022.1.28	3	流氷観測	湧別	松村寛一郎、ラム・アブタル	2
2021.12.22	3	研究打合せ	札幌、 東京	松村寛一郎	1
2021.11.26	3	流氷事前観測	オホーツク海 沿岸	松村寛一郎	1
2021.11.2	2	研究打合せ	秋田	松村寛一郎	1
2021.9.30	3	研究打合せ	札幌	松村寛一郎、ラム・アブタル	2
2021.8.2	45	知床半島調査	羅臼	松村寛一郎、森川浩一	2
2021.4.23	3	研究打合せ	札幌	松村寛一郎、ラム・アブタル	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 1

項目	記入要項	回答
(1)著者名(共著者名含む)、発行年、論文タイトル、掲載誌名、巻・号、ページ数、DOI、出版年月日	Kanichiro MATSUMURA, Stanley Anak SUAB, Ram AVTAR, 2022, Pack ice observations by UAV and Sentinel-2 Satellite, Okhotsk Sea and Polar Oceans Research 6, pp.42-45	

論文 2

項目	記入要項	回答
(1)著者名(共著者名含む)、発行年、論文タイトル、掲載誌名、巻・号、ページ数、DOI、出版年月日	Takahiro TOYODA, Yoshiteru KITAMURA, Ryohei OKADA, Kanichiro MATSUMURA, Kensuke K. KOMATSU, Kei SAKAMOTO, L. Shogo URAKAWA and Hideyuki NAKANO, 2022, Sea ice variability along the Okhotsk coast of Hokkaido based on long-term JMA meteorological observatory data, Okhotsk Sea and Polar Oceans Research 6, pp.27-35	

論文 3

項目	記入要項	回答
(1)著者名(共著者名含む)、 発行年、論文タイトル、掲載 誌名、巻・号、ページ数、 DOI、出版年月日	<記入例> Chen H., Yunus A.P., Nukapothula S, and Ram Avtar (2022): Modelling Arctic Coastal Plain Lake Depths Using Machine Learning and Google Earth Engine. <i>Physics and Chemistry of the Earth</i> . (Accepted)	

③研究書等著書

著書名・著者名	出版年月	出版社名

④特許等出願

特許、実用新案、商標	
	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(○)
2021.9.10	松村寛一郎(東京農業大学)・アブタルラム(北海道大学環境科学院)・一ノ瀬俊明(国立環境研究所)・的場澄人(北海道大学低温科学研究所)・森川浩一(株式会社オイコス)	自作固定翼機材を用いた流氷観測システムの構築	環境科学会 2021 年会 (講演要旨集, 42-42.)	オンライ ン	
2022.2.26	松村寛一郎(東京農業大学)	低頻度・低分解能衛星と自作飛行機型ドローンを用いた可視化事業	関西ベンチャー 学会年会	武庫 川女 子大 学	

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
2022 年 2 月 22 日	第 36 回北方圏国際シンポジウム	一般報告

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

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))
-----	------------------	------------	--------------	--------	-------------	------------------

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。

・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	・プロジェクトの主な財源 ・金額	プロジェクト期間	・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)
・アジアにおける作物生産予測に資する研究 ・代表者:松村寛一郎(東京農業大学) ・関係研究者:、アバタル・ラム、(北海道大学地球環境科学研究院)	科学研究費補助金 挑戦的研究(萌芽)研究、315万円	令和4年~6年	固定翼型ドローンを酪農経営に適用し、牧草地管理に資する仕組みの構築。低消費電力・遠距離通信方式(Low Power Wide Area)を用いた国土交通省から有視界外飛行許可の取得を目指す。(審査中)

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)

流氷は日本のみならず世界から多くの人々を魅了している。本研究成果により定期的に流氷の様子を紹介する高精細な動画チャンネルを立ち上げることで地域経済に貢献する仕組みの可能性が見えてきた。自作の飛行機型ドローンを使うことで、低コストでの運用可能性が見えてきた。

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
人材育成プログラム「ウインタースクール」	湧別での流氷観測の研修プログラム、LiDARカメラの運用	10名程度	松村寛一郎、ラム・アブタル

*直前で企画中止

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
2021年4月5日	VISION OKAYAMA 瀬戸内海経済レポート	Helvetia社(岡山市)	寒冷地 OK の有線ドローン開発 航続時間伸び新たな可能性広がる

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)
出張制限	調査遂行時の大人数での会合を避ける工夫