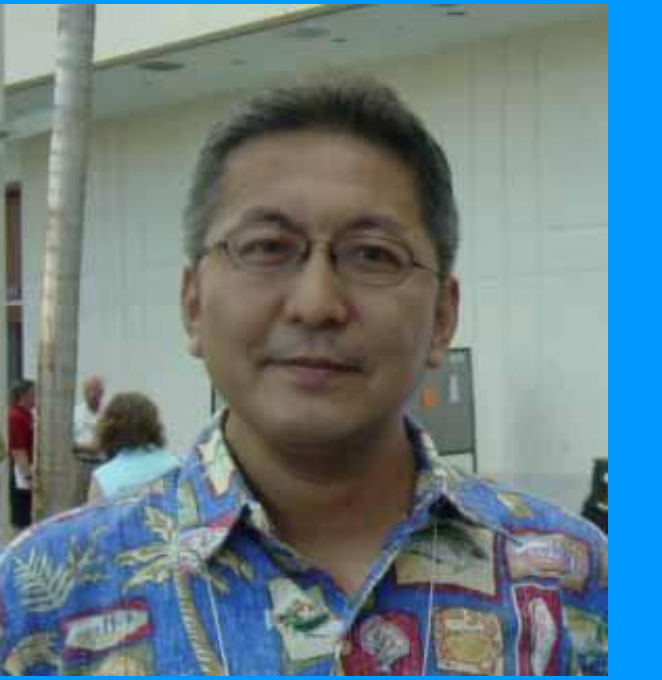


超小型衛星RISAT搭載の海洋観測カメラによる沿岸域観測

○齊藤誠一¹・平田貴文¹・Irene Alabia¹・平澤 享^{1,2}・栗原純一³・高橋幸弘³・坂本祐二⁴・栗原聡文⁴・藤田伸哉⁴・羽生浩介⁴・村田 悠⁴・Morokot Sakal⁴・富尾蓮花⁴・佐藤悠司⁴・Ming-An Lee⁵・望月貫一郎⁶・高橋文宏⁷・村上 浩⁸
(¹北大・北極域研究セ, ²北大・院・水産, ³北大・理, ⁴東北大・航空宇宙工学, ⁵国立台湾海洋大学, ⁶(株)パスコ, ⁷(株)G&LI, ⁸JAXA・EORC)



キーワード：RISAT・海洋観測カメラ・沿岸域観測・CDOM

はじめに

超小型衛星は、大型衛星と比較して短期間で設計ができ、低コストで製作できる。さらに、低コストであるので複数個打ち上げて時間解像度を上げることも可能である。2019年1月18日に超小型衛星RISATの打ち上げに成功し、搭載した海洋観測カメラ(OOC:Ocean Observation Camera)による沿岸域観測を開始したので、初期的な成果を報告する。

超小型衛星RISAT

RISAT(Rapid International Scientific Experiment Satellite)(表1、図1)は、内閣府・最先端研究開発支援プログラム「日本発の『ほどよし信頼性工学』を導入した超小型衛星による新しい宇宙開発・利用パラダイムの構築」(代表:中須賀真一(東大))において、4年間で4~5機を打ち上げる衛星計画の2号機である。RISATは2019年1月18日午前9:50に国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(以下「JAXA」)内之浦宇宙空間観測所からJAXA革新的衛星技術実証1号機(イプシロンロケット4号機)で打ち上げられた。衛星高度は約500kmである。その後、東北大学衛星管制局での同日夜の初回パスにおいて衛星との通信に成功し、衛星の正常動作を確認した。本衛星はその後も順調に初期運用を継続しており、約2年間の理学観測ミッションの準備を進めている。

表1 RISAT仕様

Size and weight	
size	Smaller than W 500 x D 500 x H 500 mm
weight	less than 55 kg
Orbit	
type	Sun Synchronous Orbit
local time	9:00-15:00 (Default LTDN 10:30)
altitude	between 500 - 900 km
inclination	approx. 98 deg
Attitude determination and control	
method	3-axis stabilization
pointing accuracy	< 0.1° (3σ) (Reqs.), < 0.04° (3σ) (Objectives)
pointing stability	6"/s
sensors	star sensor (2), FOG (3-axes), magnetometer (3-axes), GPS receiver (1), course and accurate sun sensors (4n)
actuators	reaction wheels (4) magnetic torquers (3-axes)
Power supply	
solar cells	GaAs multijunction cell 10 series x 5 parallel x 3 panels (Deployable panels and one body panel) 10 series x 1 parallel + 10 series x 2 parallel 9 series x 2 parallel NiMH (3.7Ah, 18V)
battery unit	
max. power generation	> 100 W
max. power consumption	> 50 W
Communication	
command uplink	UHF, 1200bps at Sendai station, Japan
HK downlink	S-Band, 0.1W, 38400bps - max. 500Kbps main: Sendai station, Japan sub: Fukui Univ. of Tech. station, Japan sub: Kiruna station, Sweden
Mission Data downlink	X-band, max. 2.4Mbps main: Fukui Univ. of Tech. station, Japan sub: Sendai station, Japan

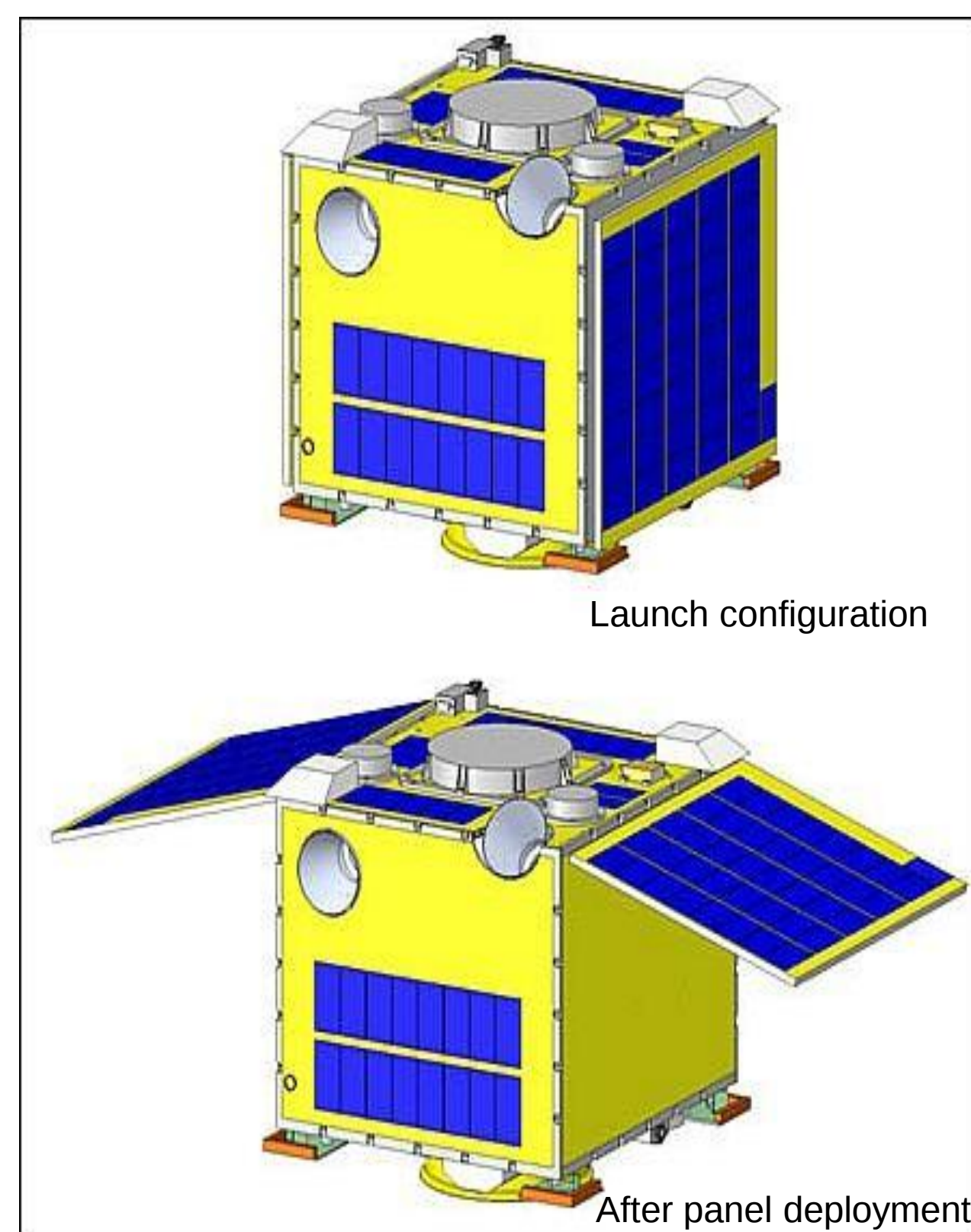


図1 RISAT外観

海洋観測カメラ(Ocean Observation Camera)

RISAT衛星に搭載される理学ミッション機器の一つとして海洋観測カメラ(OOC)(図2、表2)を開発した。OOCは可視域に3バンド405nm, 490nm, 555nm、近赤外域1バンド869nmの計4バンドで観測できる。特に、405nmバンドは、CDOM (Colored Dissolved Organic Matter)測定に焦点をあてて設計した。炭素循環において森林火災同様にインパクトがあると予想されている永久凍土融解によるCDOMの河川から海洋への流出を評価でき、北極海へ流入する河川の河口付近の観測も計画している。869nmバンドは可視域バンドの大気補正のために準備した。バンド幅は10nmに設計した。空間解像度は74mで、観測幅は48kmである(図3)。観測方向は、直下視(Nadir)を基本とし、衛星の運用上可能であれば、海面からの太陽光反射(Sunglint)を避けるために直下から制限なしで傾けた姿勢や、海上の一点をポイントングする姿勢制御なども可能である。

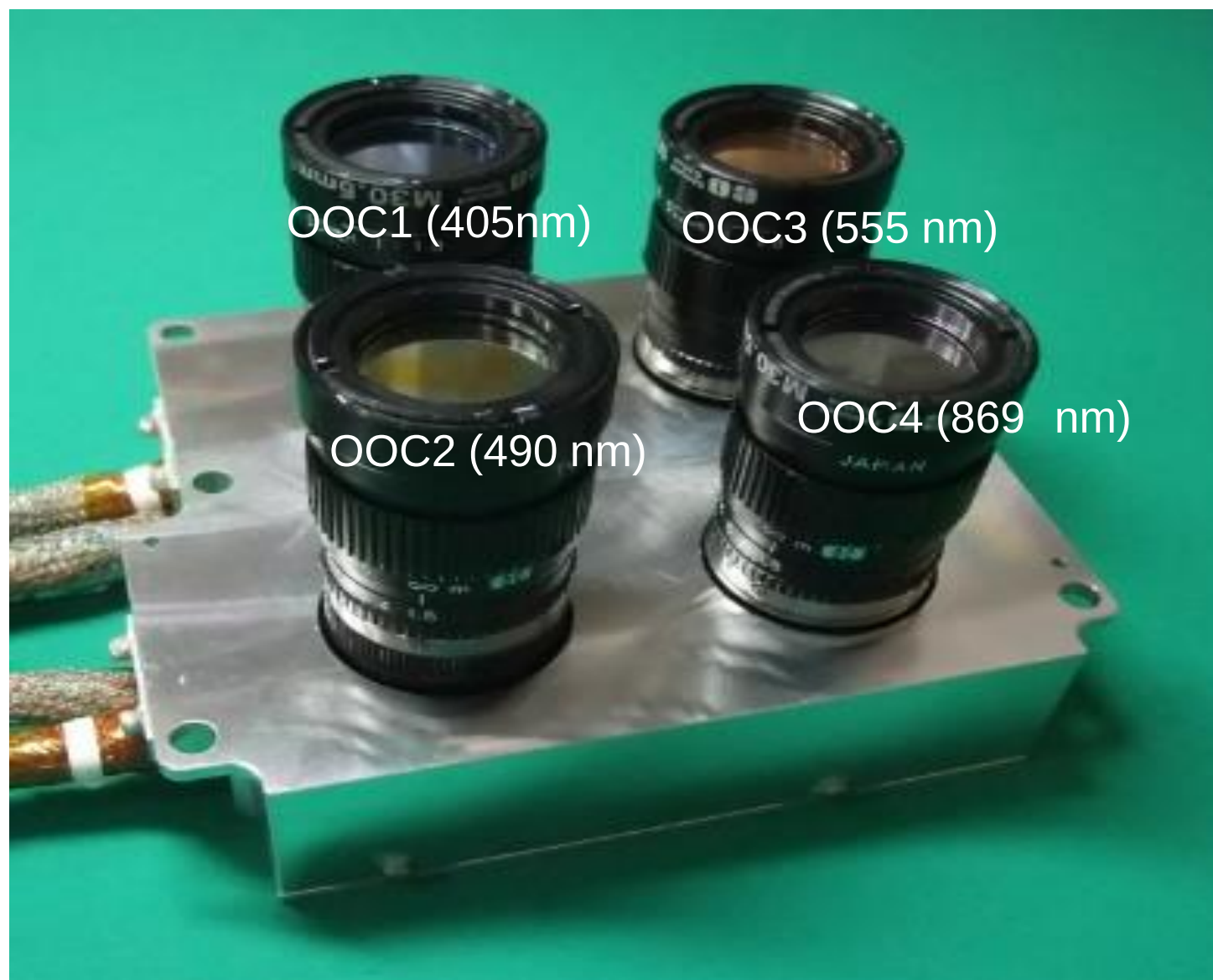


図2 海洋観測カメラ外観

表2 OOCミッション要求仕様

ミッション要求仕様	
観測バンド	4色:405, 490, 555, 869 nm
バンド幅	約10 nm
中心波長シフト	±5 nm以内
視野範囲	数10 km四方以上
空間分解能	100 m以下
視野方向	Nadir、Off-Nadir(20°)、または海上固定点指向
観測頻度	定期的

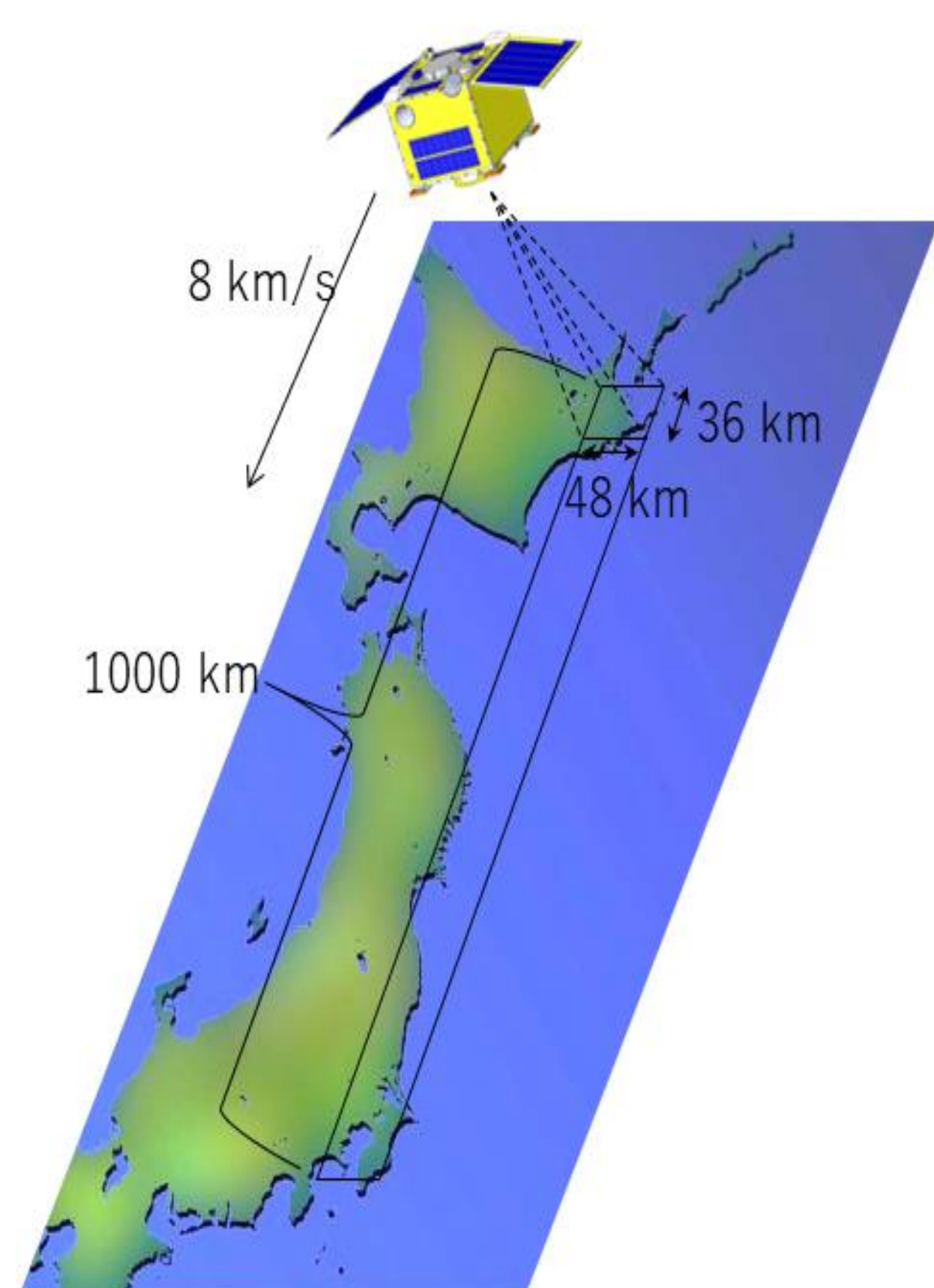


図3 OOC観測予定範囲例

データ・ダウンリンク

撮影後のデータのダウンリンクは、北極域研究センターが函館市国際水産・海洋総合研究センター屋上に設置しているデラ・アクア衛星データを受信しているX-band受信アンテナを利用する(図4:函館局)。この函館局の運用はほぼ定常状態であり、通過時刻がRISAT(9:30)に近いTerra(10:30)と受信時刻のコンフリクトがあり、この時間帯はRISATを優先して運営している。



図4 データ・ダウンリンク受信施設

画像処理手順と観測事例

OOCの画像処理は、4バンドの光学的な歪を除去した後に、869nmバンドを用いて可視域の各バンドの大気補正を行う。その後、クロロフィル量やCDOM光吸収係数などのプロダクトを作成する。最後に幾何補正して解析に利用する。図5にオリジナル画像、レイリー散乱補正画像、海水射出放射輝度画像(大気補正済み)を示す。

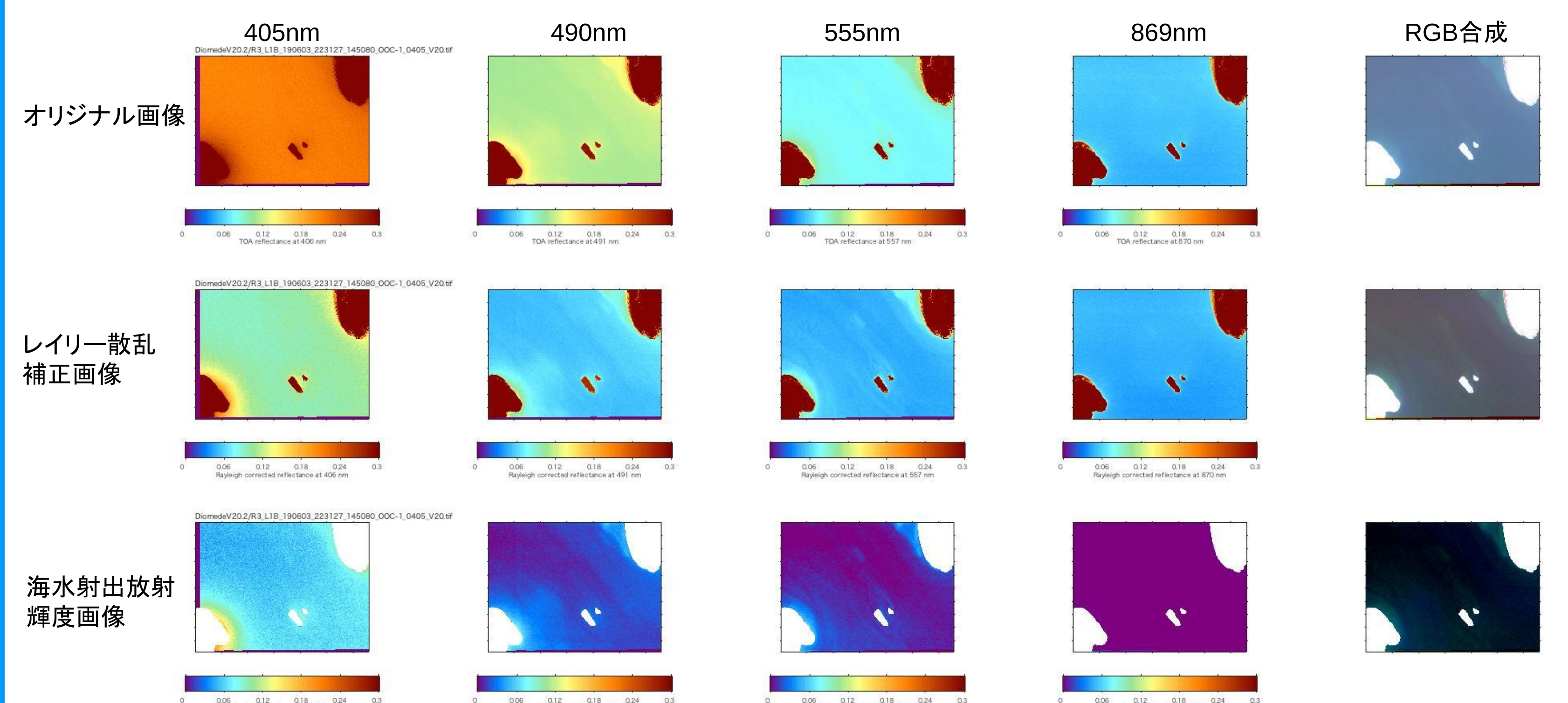


図5 海洋観測カメラ撮影画像(オリジナル、レイリー散乱補正、海水射出放射輝度)

事例として2019年6月3日にベーリング海峡付近を観測したCDOM光吸収係数画像を図6に示す。高濃度のCDOMがベーリング海からチュクチ海へむけて流れている様子が推察できる。中央の島はDiomede島である。また、沿岸域にはより高濃度のCDOM分布も推察できる。今後、定量的に利用するためには、GCOM-C衛星SGLIデータによる同様のプロダクトとの比較や現場データとの照合を含めた検証が必要である。

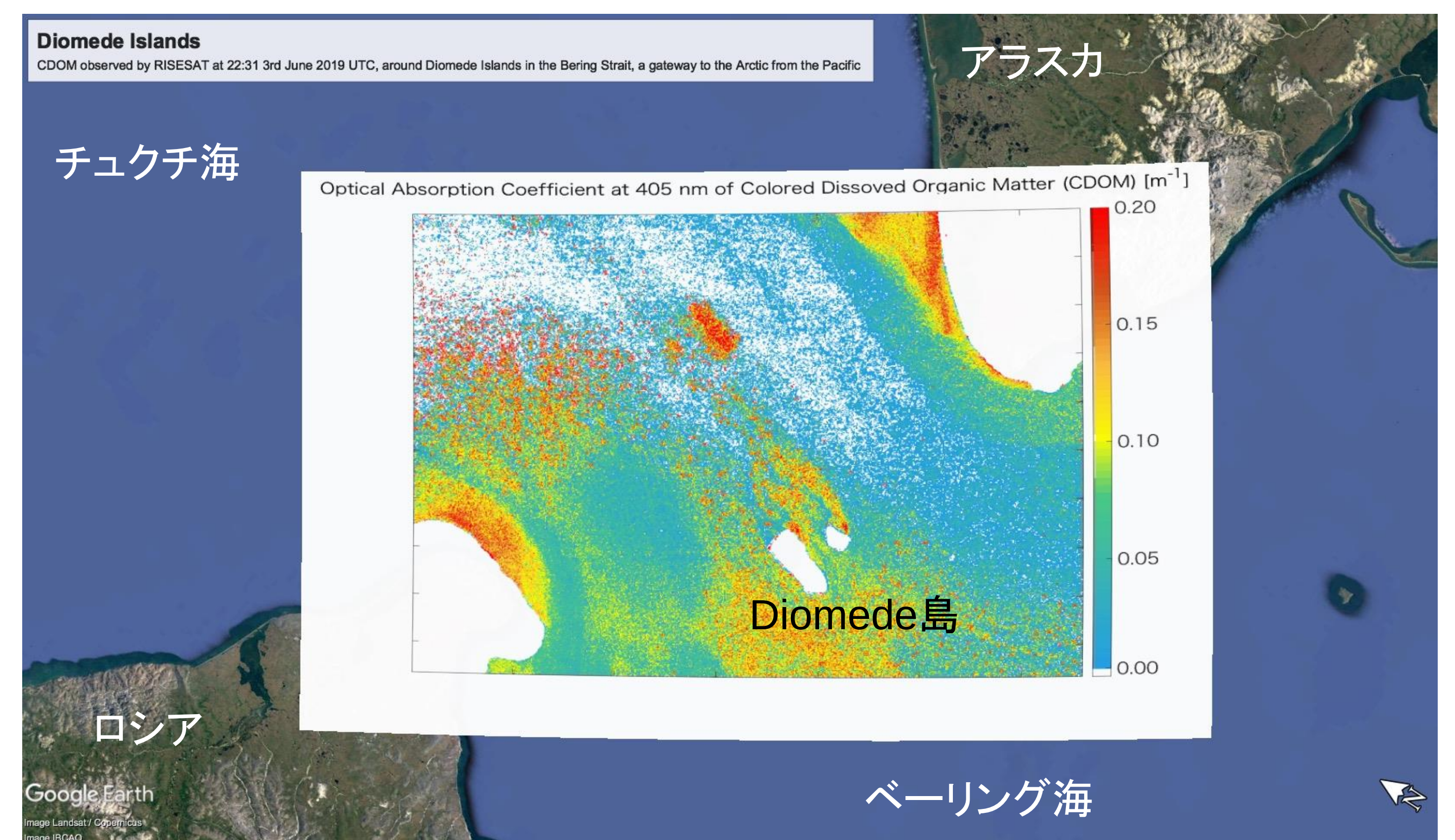


図6 OOCにより取得された405nmにおけるCDOM光吸収係数画像

今後の運用計画

今後、北極海に流入するロシアのレナ川やオビ川の河口付近の観測をはじめ、北極海航路沿いの沿岸域の観測を開始し、超小型衛星を利用した北極域研究へ貢献していく。また、日本沿岸域および台湾沿岸域も観測対象域として観測予定である。