



ドローンを活用した表層流観測

Surface Current Observation Using Drones



Method

System

Field Operation

Maritime Disaster Prevention Center, Japan

RESEARCH & STUDY OFFICE

Seiichi HAMADA



指定海上防災機関(海上保安庁長官指定)

一般財団法人海上災害防止センター

Maritime Disaster Prevention Center

事故対応(火災・油流出・HNS流出等)、資機材保有



訓練(火災・油流出・HNS流出等)



調査研究(火災・油流出・HNS流出等)



報告内容 Contents

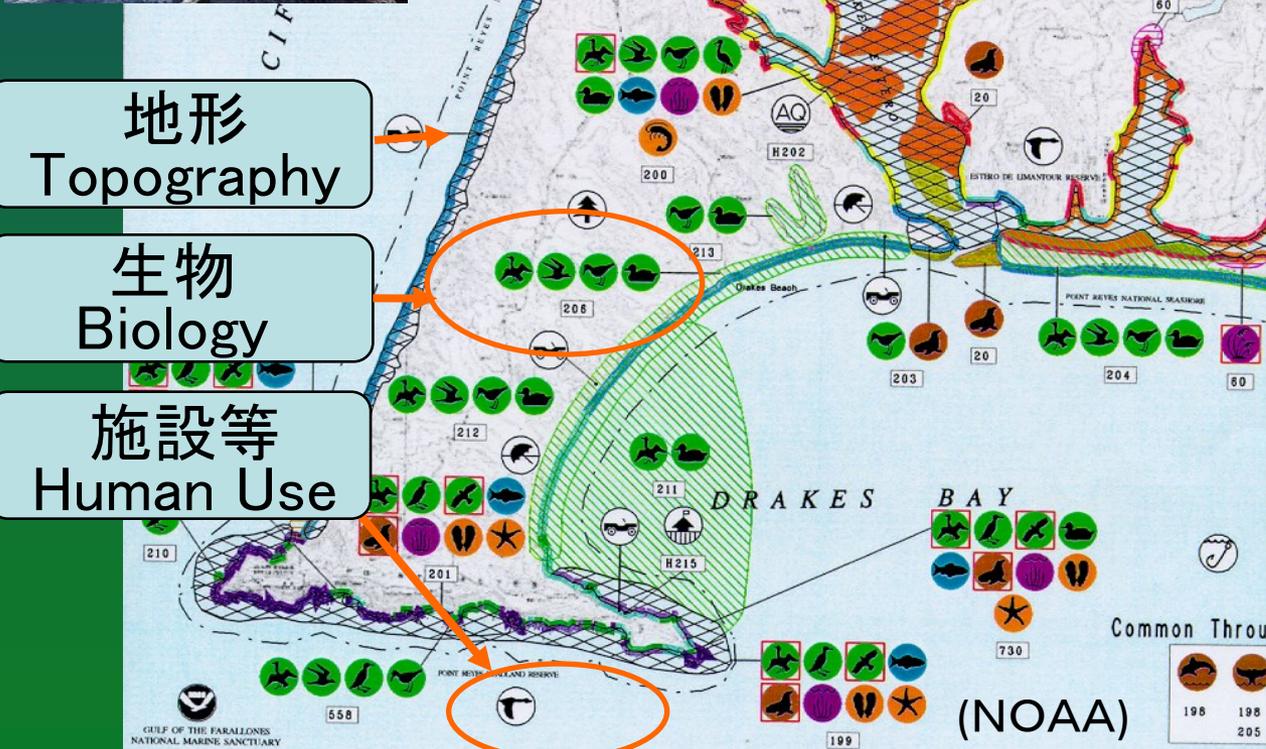
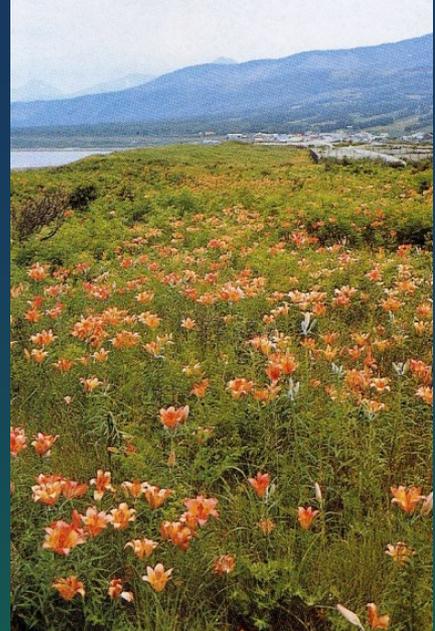
1. 課題・目的（ESIマップ・表層流調査）
2. ドローンを活用した表層流調査方法
 - ① 法令調査
 - ② 機材・システムの検討
 - ③ 海上試験
 - ④ 海岸試験
3. ドローンによる表層流調査の様子（動画）
4. 表層流データ例、データを用いた成果物



1. 課題・目的 ESI マップ

Environmental Sensitivity Index

環境 脆弱性 指標



ESI map ガイドライン



Environmental Sensitivity Index Guidelines
Version 4.0

U.S. Department of Commerce
National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)
National Ocean Service - Office of Response and Restoration
Emergency Response Division
Technical Memorandum NOS OR&R 52

April 2019



Sensitivity mapping for oil spill response



What Would You Protect?

ESI Maps Provide Information to Aid in Prioritizing Protective Measures

Sea turtles may be found foraging along the shore throughout the entire area.

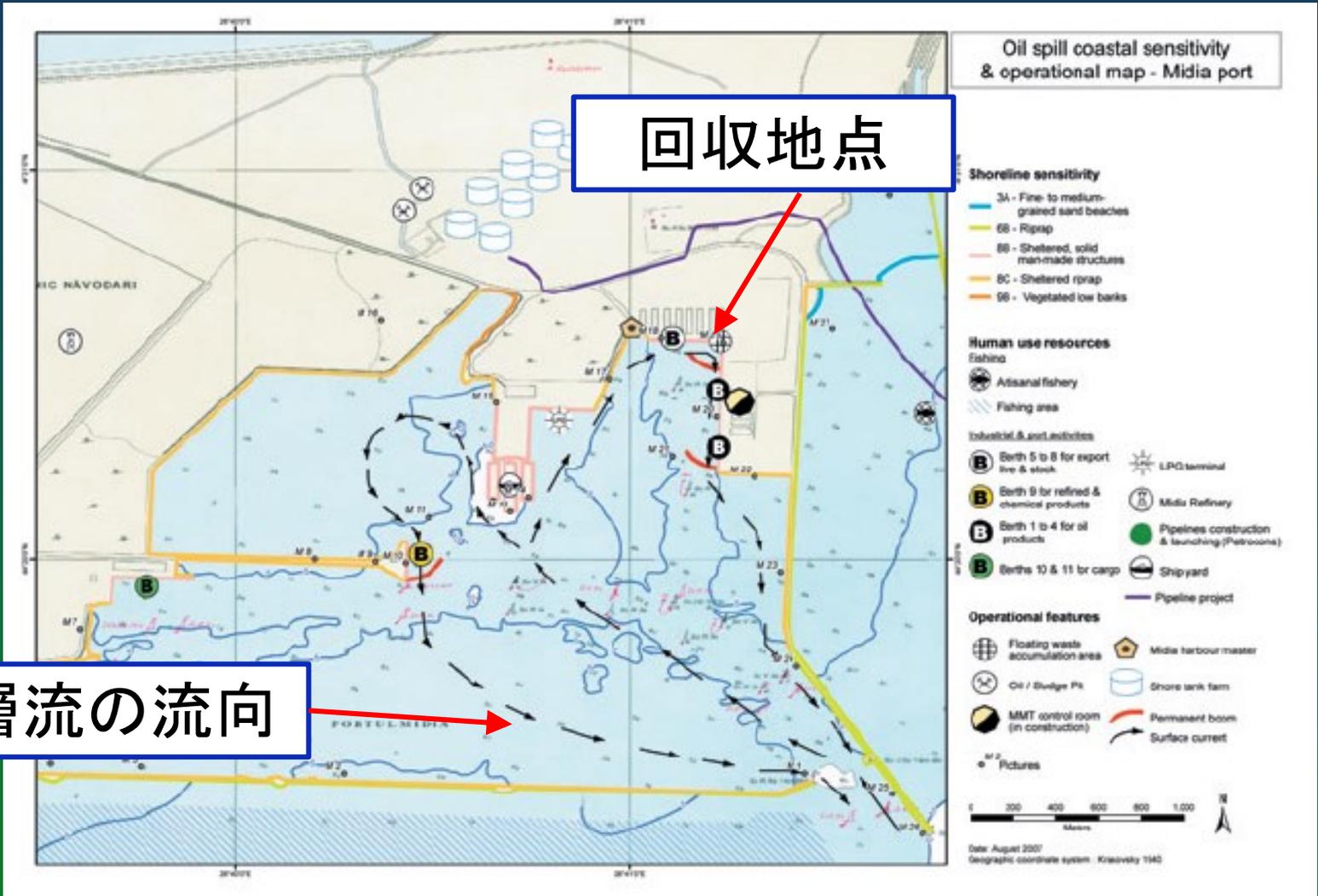
Where would you go first?
What if you do not have enough resources to protect everything?
You need to be able to **PRIORITIZE!**

Oil Spill:
May 8th at 3:40 am during heavy rain storm and high winds

The Challenge of Incomplete Data:
The effectiveness of the ESI relies heavily on input from local experts.
Responders cannot protect something if they do not know it is there!

何を優先的に守るのか？ What would you protect?

Operational ESI map



どのような方法で守るのか？ 表層流が表記

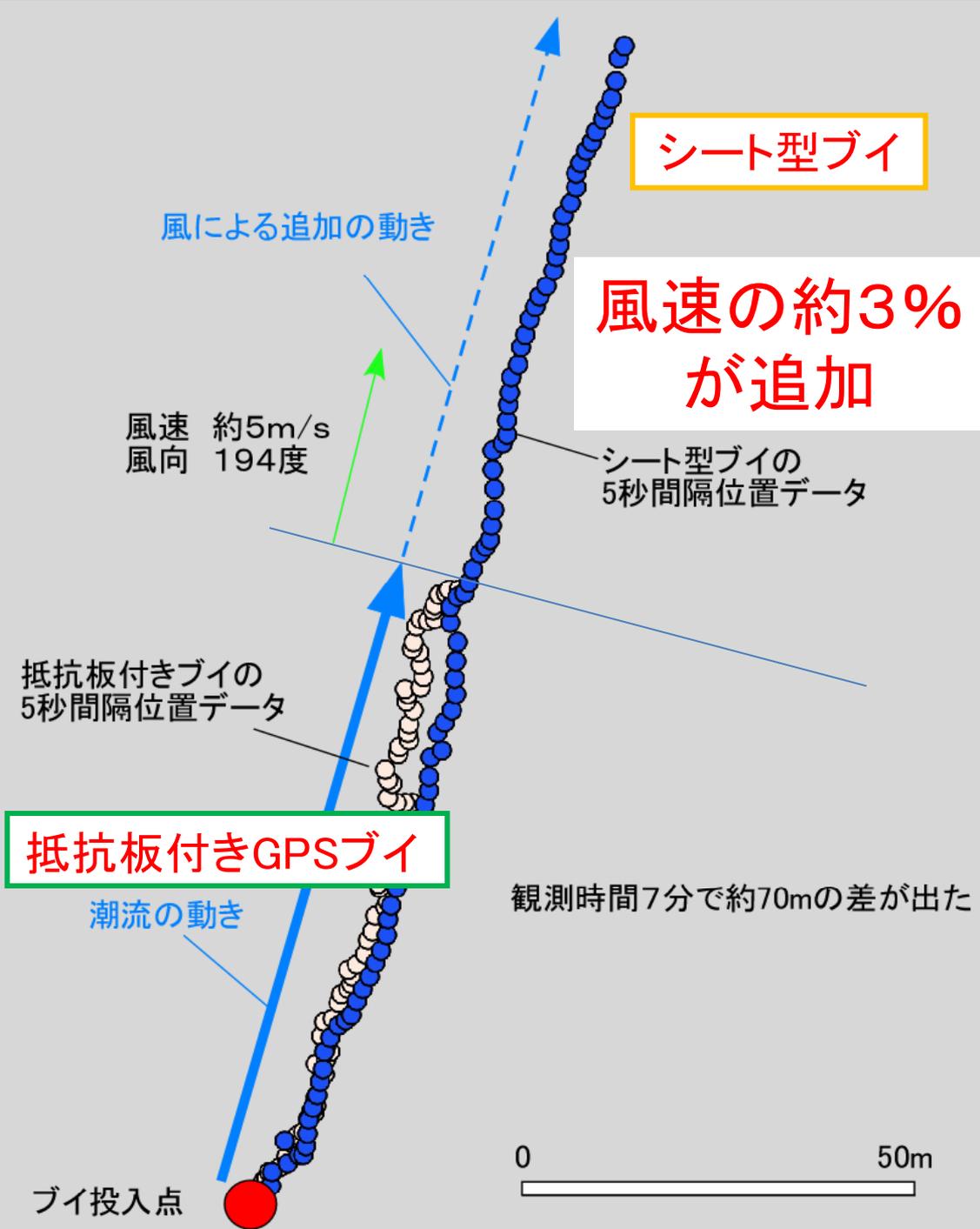
漂流ブイ



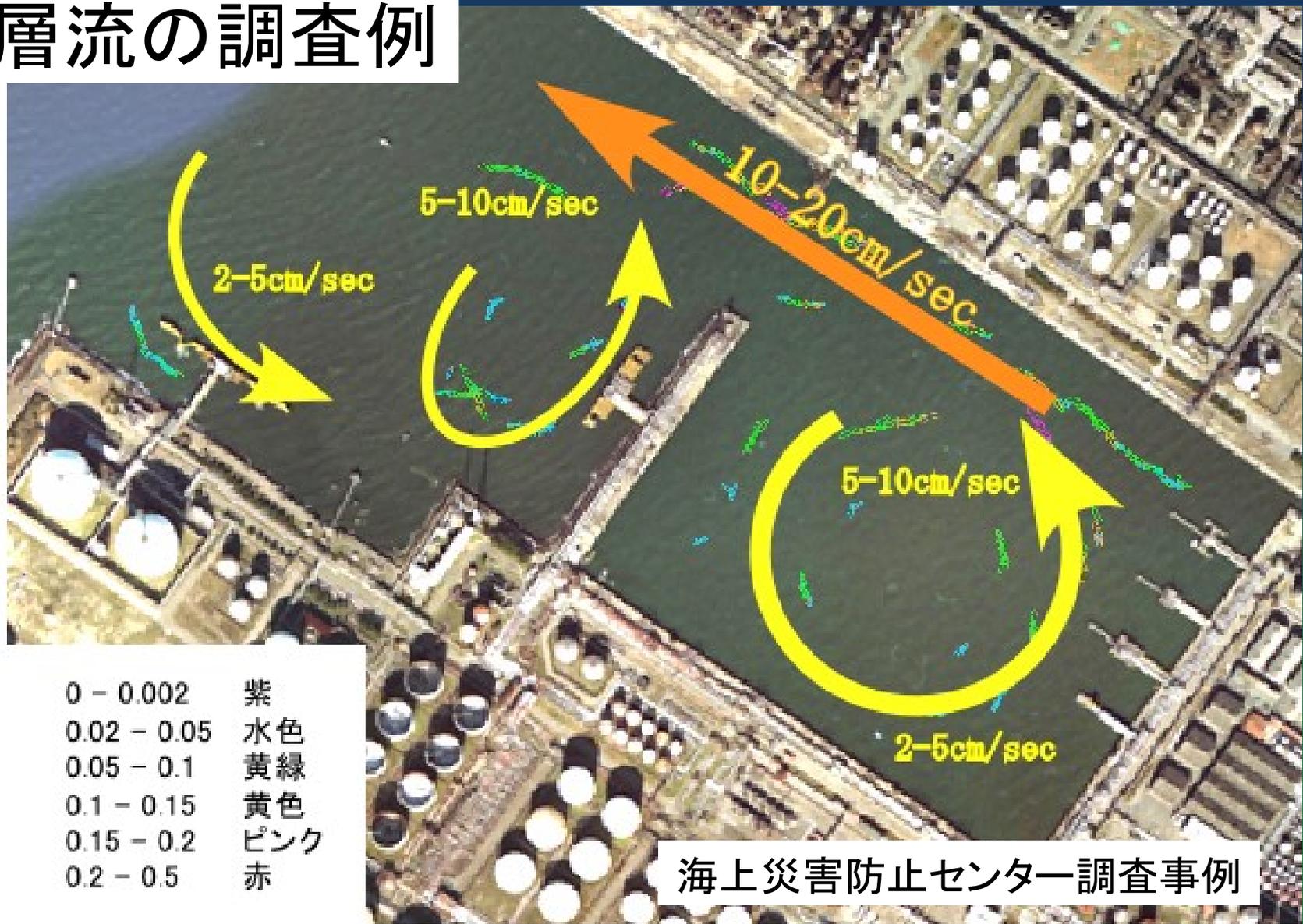
シート型GPSブイ



抵抗板付きGPSブイ



表層流の調査例

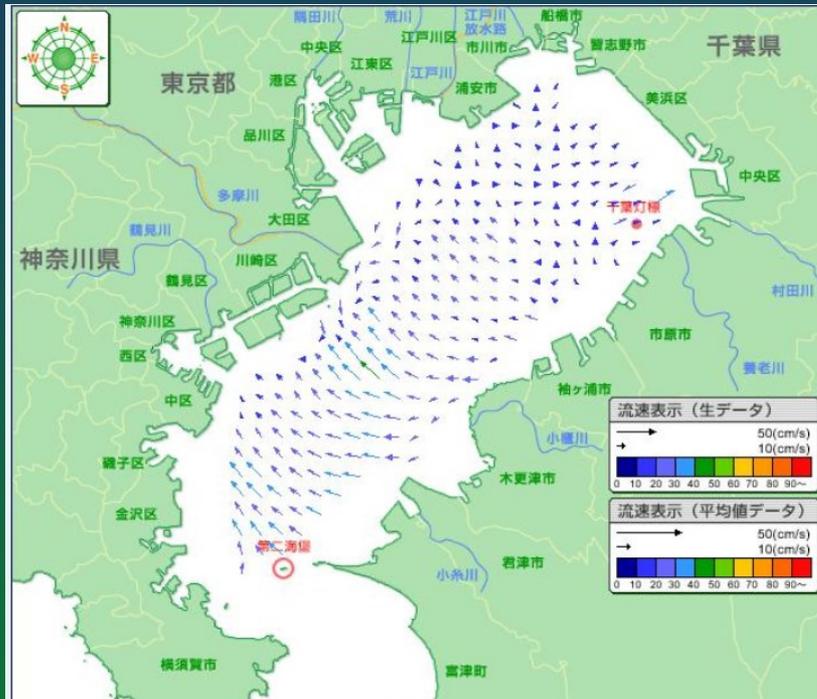


流向と流速をもとに、何分以内にどこで防除が必要か
オイルフェンスが流速に対して有効かなどを予め検討可能

表層流把握の必要性が高いと考えられる海域

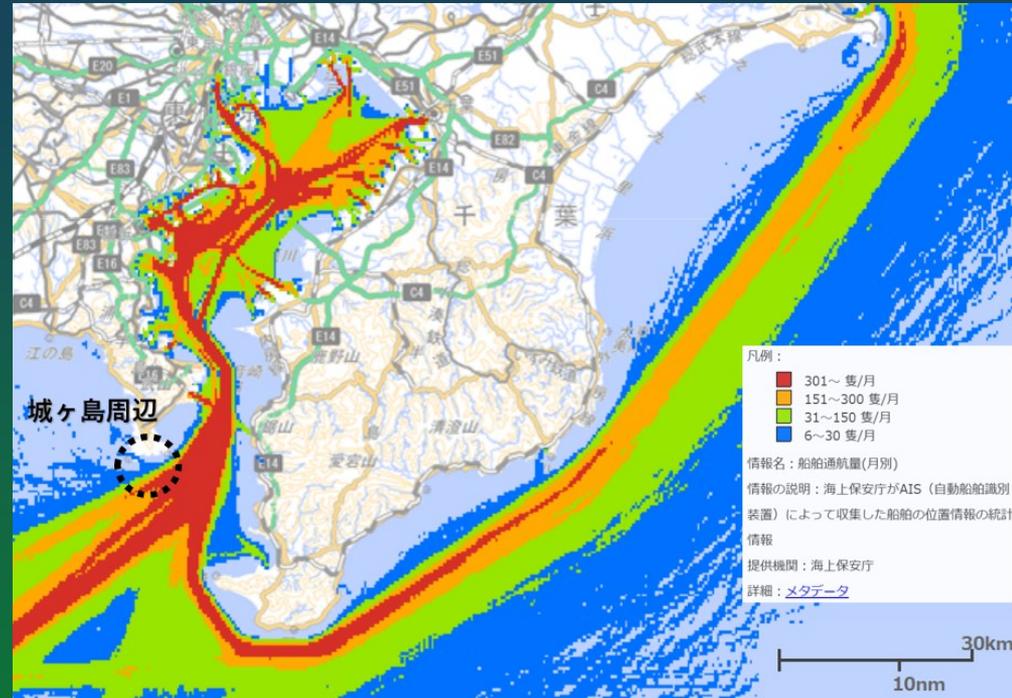
沿岸部・岸壁付近

輻輳海域周辺



東京湾リアルタイム表層流

(国土交通省関東地方整備局、東京湾環境情報センター)



海洋状況表示システム(海しる)

(海上保安庁 海洋情報部)

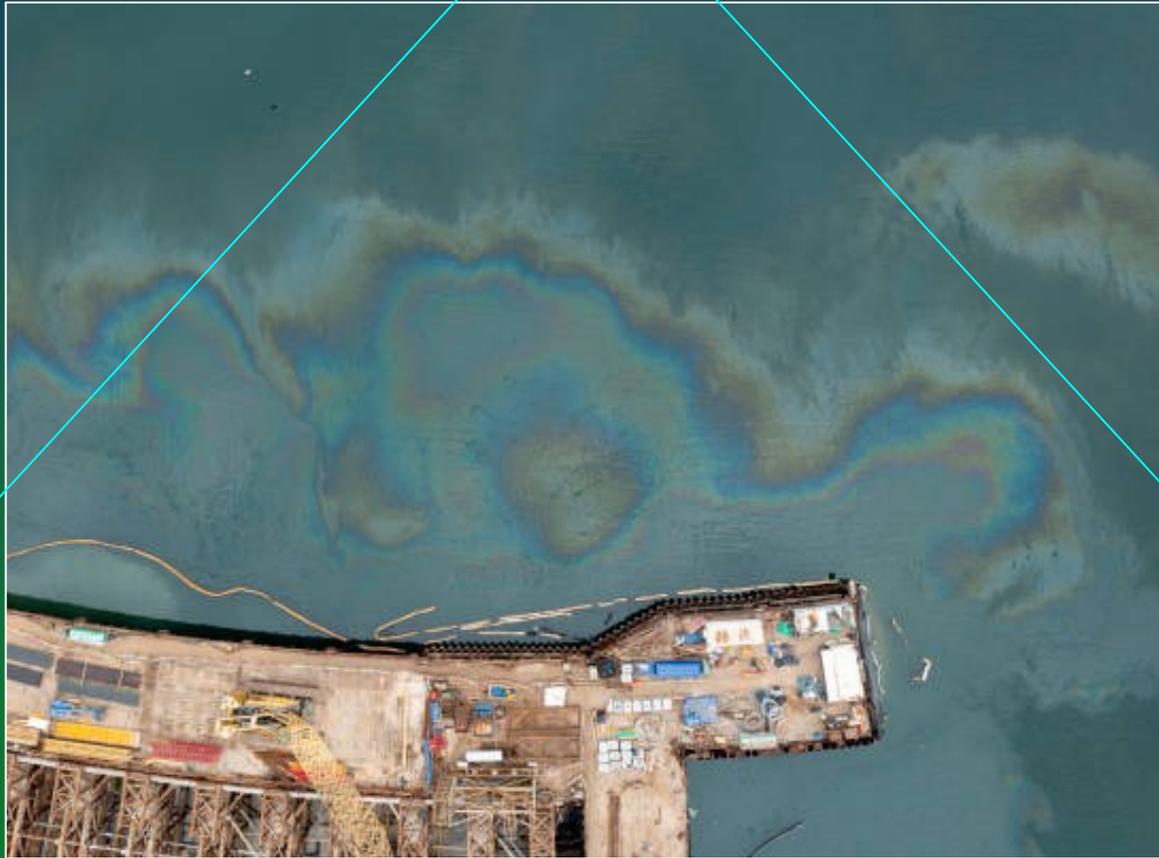
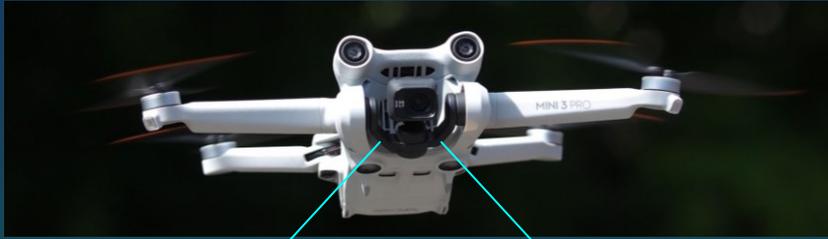
流れが複雑な沿岸部
油流出事故発生の高蓋然性が高い沿岸部

ドローン活用のメリット

項目	従来型 漂流ブイ	ドローン(開発中)
移動速度	 <p>船舶移動に時間を要する 10ノット程度:秒速5m程度</p>	 <p>最大秒速10mで移動可能 調査地点間を速く移動可能</p>
状況把握	流出事故時 水面から油等を把握	上空から俯瞰して流出状況を把握可能
接近性	調査船が安全に航行可能な範囲 水深:数m程度は必要 危険性:人体への影響(ガス等)	ドローンが飛行・着水可能な範囲 水深:数十cm 浅海域も調査可能 危険性:人体に直接影響ほとんどなし
調査船の準備	調査船の調達が必要	海岸から離陸し、ドローンの飛行距離の制約範囲であれば調査可能
機材の消失	調査中に漂流ブイを見失うとブイ機材及びデータが消失する	電波で位置把握するためドローン機材及びデータ消失の可能性が低い
船の影響	調査船舶から出るスクリューの影響に配慮して調査する必要あり	調査船舶から離れた場所に着水するため、スクリュー等の影響を受けにくい

船舶が接近困難な海域等での活用
船舶の準備が困難な場合等における活用

油流出時におけるドローン映像の活用



衛星画像より
安価迅速に
利用可能

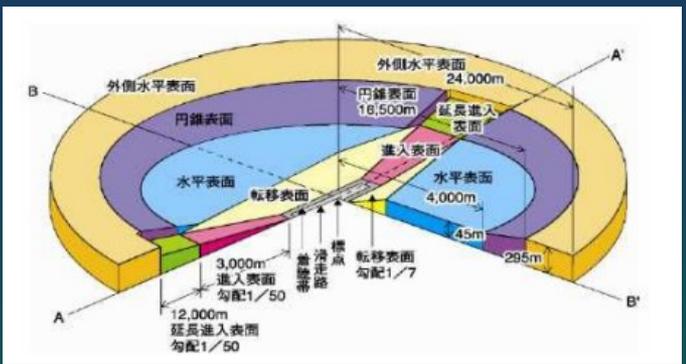
流出状況映像を地図上に重ねて表示可能 ¹³

① 法令調査

航空法(第236条71項)

空港周辺における飛行の制限

- ① 新千歳空港、成田国際空港、東京国際空港、中部国際空港
大阪国際空港、関西国際空港、福岡空港、那覇空港



カテゴリー I ~ III 別の必要事項

カテゴリ 区分	第三者上空	飛行区分・方法		機体認証	操縦者 技能証明	許可承認 申請	飛行計画 通報	飛行日誌 作成	事故等 の報告
		①	②						
III	飛行する	●	●	第一種	一等	必要	必要	必要	必要
	飛行する	●	×	第一種	一等	必要	必要	必要	必要
	飛行する	×	●	第一種	一等	必要	必要	必要	必要
II	飛行しない	●	●	なし	なし	必要	必要	必要	必要
	飛行しない	●	●	第二種以上	二等以上	必要	必要	必要	必要
	飛行しない	●	×	なし	なし	必要	必要	必要	必要
	飛行しない	●	×	第二種以上	二等以上	必要	必要	必要	必要
	飛行しない	×	●	なし	なし	必要	必要	必要	必要
	飛行しない	×	●	第二種以上	二等以上	不要	必要	必要	必要
I	飛行しない	×	×	-	-	不要	推奨	推奨	必要

飛行区分・方法

①：空港周辺の空域、150m以上の空域、催し場所の上空、危険物の輸送、物件投下、総重量25kg以上

②：人口集中地区、夜間飛行、目視外飛行、人又は物件との距離30m未満の飛行

表層流調査は、カテゴリー I で実施可能

(ハードル低い)

② 機材・システムの検討



初期型

調査原理の検討(着水法、浮子法等)
試作機によるドローン調査手法の確認

初期型



小型抵抗板

風速1m/秒で大型抵抗板 飛行不安定

小型抵抗板では風速3m/秒で飛行可

MDPC訓練水槽(静穏)で試験飛行

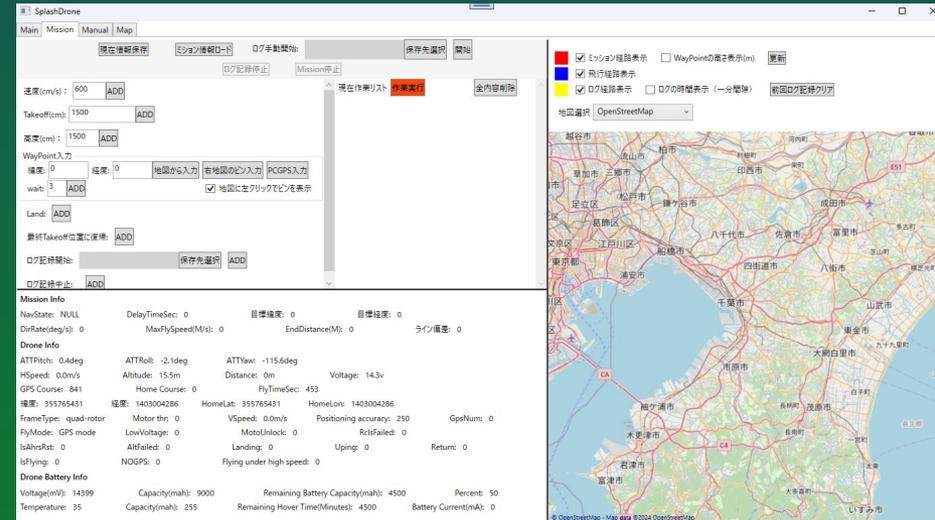


波がない状態であれば、着水離水可能
波高20cmで着水時にバランスを崩した

市販品で表層流調査に応用可能な製品

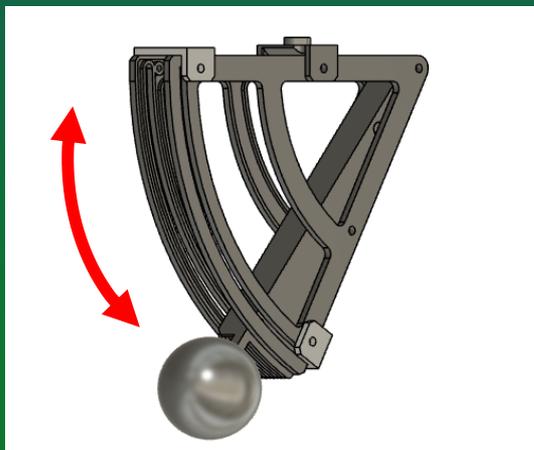


Splash Drone

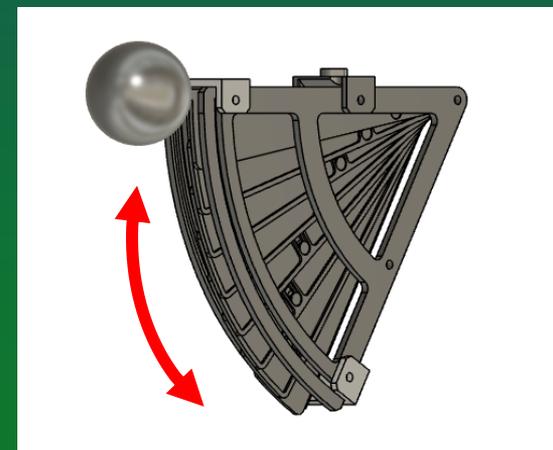


市販品をもとに機材改良(法令遵守)と アプリケーション作成

開発したドローグ



重量60g
プラスチック製



空中移動時は抵抗小

着水時は抵抗大

開発したアプリケーション

The screenshot displays the SplashDrone application interface, which is divided into several sections:

- Top Bar:** Contains tabs for 'Main', 'Mission', 'Manual', and 'Map'. Below these are buttons for '現在情報保存', 'ミッション情報ロード', 'ログ手動開始', '保存先選択', and '開始'.
- Mission Configuration:** Includes input fields for '移動速度' (600 cm/s), 'Takeoff(cm):' (1500), and '飛行高度' (1500 cm). There are also buttons for 'ADD', 'ログ記録停止', and 'Mission停止'.
- WayPoint Entry:** Features fields for '緯度' and '経度', and buttons for '地図から入力', '右地図のピン入力', and 'PCGPS入力'. A checkbox is labeled '地図に左クリックでピンを表示'.
- Log File Name:** Includes a field for 'Land:' and a button 'ADD', and a section for 'ログファイル名' with 'ログ記録開始:' and 'ログ記録中止:' buttons.
- Mission Info:** A table displaying flight parameters such as NavState, DelayTimeSec, 目標緯度, 目標経度, DirRate, MaxFlySpeed, EndDistance, and ライン偏差.
- Drone Info:** A table showing drone status including ATTPitch, ATTRoll, ATTYaw, HSpeed, Altitude, Distance, Voltage, GPS Course, Home Course, FlyTimeSec, 緯度, 経度, HomeLat, HomeLon, FrameType, Motor thr, VSpeed, Positioning accuracy, GpsNum, FlyMode, LowVoltage, MotoUnlock, RclsFailed, IsAhrsRst, AltFailed, Landing, Uping, Return, IsFlying, NOGPS, and Flying under high speed.
- Drone Battery Info:** A table providing battery details like Voltage(mV), Capacity(mah), Remaining Battery Capacity(mah), Percent, Temperature, Capacity(mah), Remaining Hover Time(Minutes), and Battery Current(mA).
- Map:** A map view on the right side showing a flight path over a city area (likely Tokyo). It includes a legend for 'ミッション経路表示', 'WayPointの高さ表示(m)', '飛行経路表示', 'ログ経路表示', and 'ログの時間表示(一分間隔)'. A dropdown menu shows '地図選択 OpenStreetMap'.

・動作内容

- //
- //
- //



入力したミッションをもとに飛行、GPSログ(位置データ1秒間で5回記録)を取得

③ 海上試験 ・ドローンによる表層流調査手法の検討

・従来調査手法(漂流ブイ)と比較



「若山」
消防防災船兼引き船
総トン数
:216トン
最大速力(本実証)
:11.5ノット



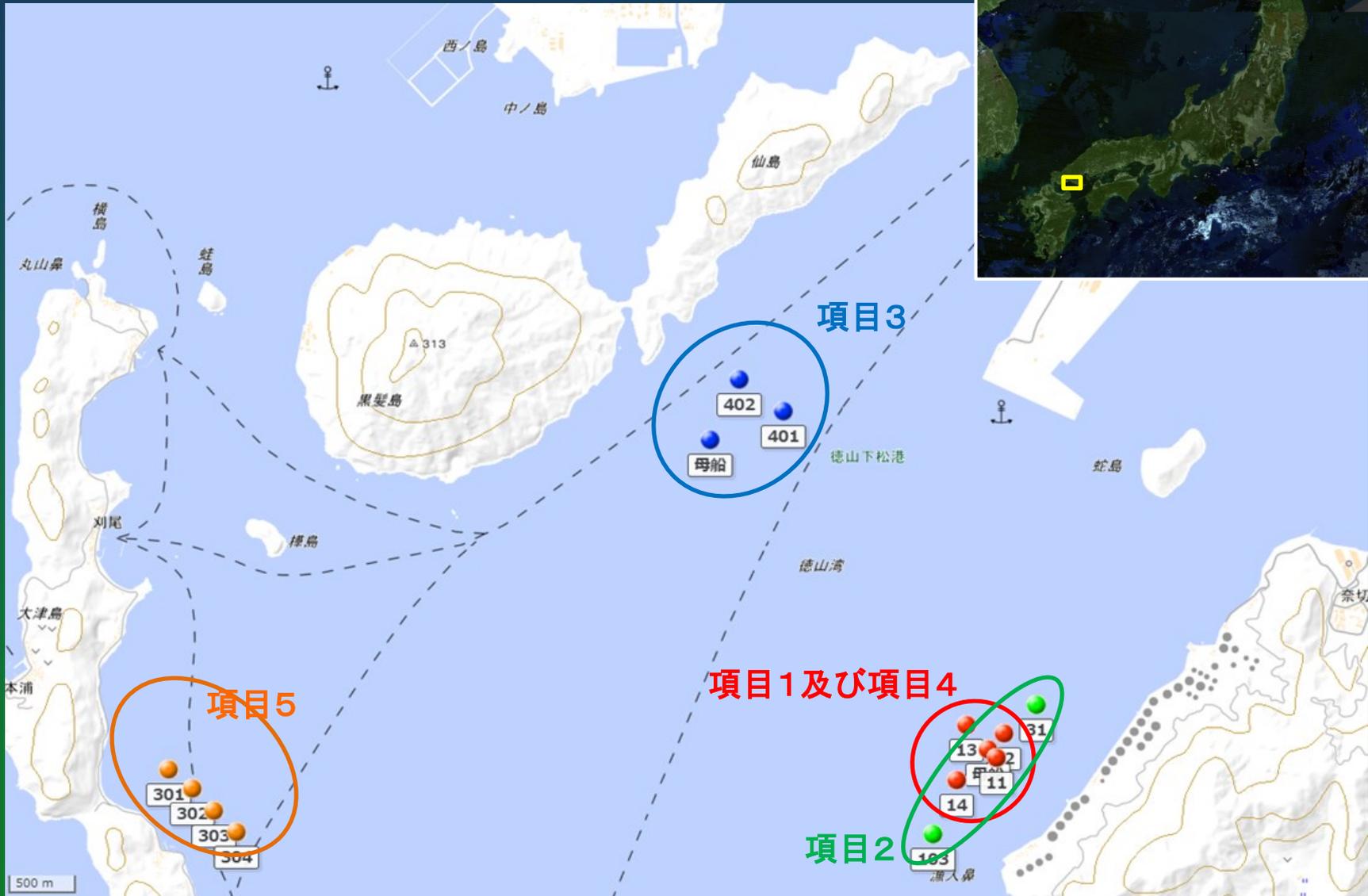
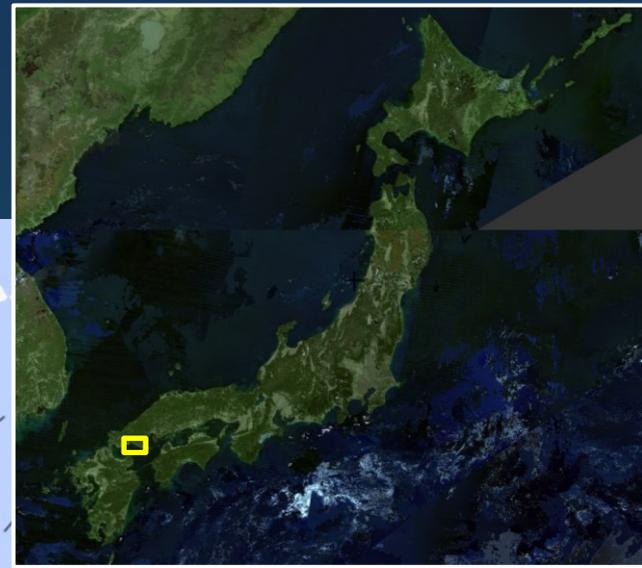
ドローン



漂流ブイ

「若山」を母船として甲板からドローン離着陸、
漂流ブイの投入・回収を行いデータを比較

実施地点(山口県徳山湾)



実証項目1 離陸、着水、帰還の一連動作の実証

下記、①～③を距離100m→200m→300mの計3回実施

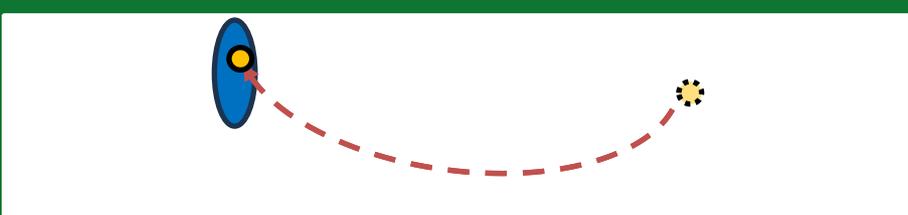
①母船から発進し指定の場所に着水、漂流観測開始



②2分間漂流※して観測



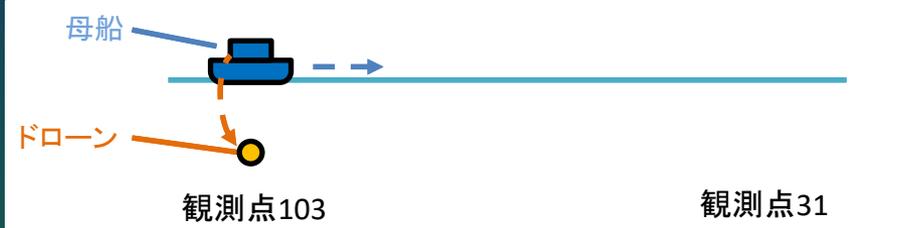
③観測後離水し、母船に帰還



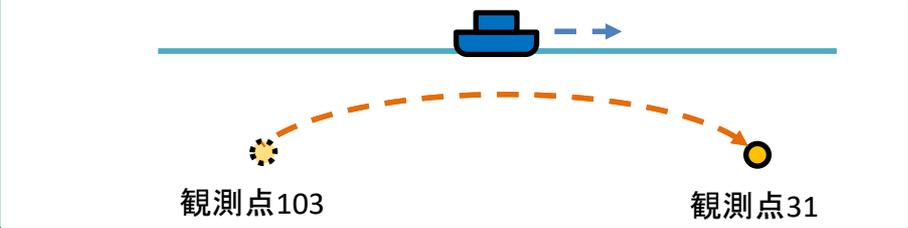
※従来の漂流ブイ調査において、2分間程度の漂流により十分に流速・流向を測定できることを確認している

実証項目2 長距離飛行の実証

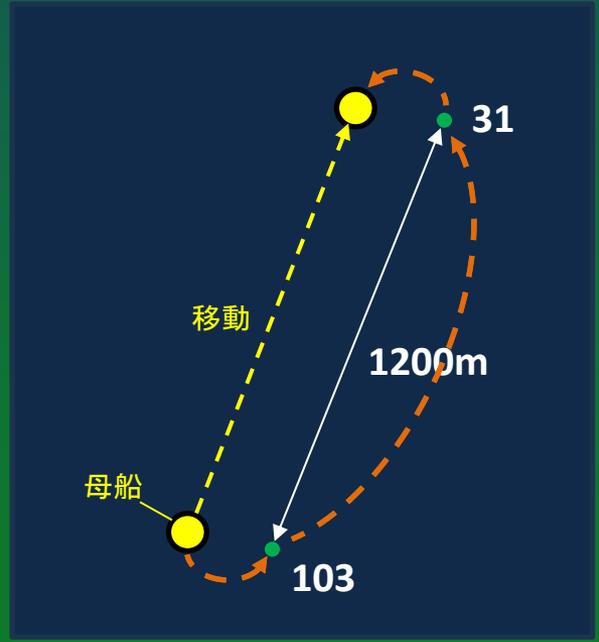
①(ド) 母船から発進し、母船付近の観測点103に着水。漂流観測開始
(船) 観測点31付近に向けて移動



②(ド) 2分間漂流して観測。観測後離水し、観測点31に移動・観測
(船) 引き続き観測点22付近へ移動



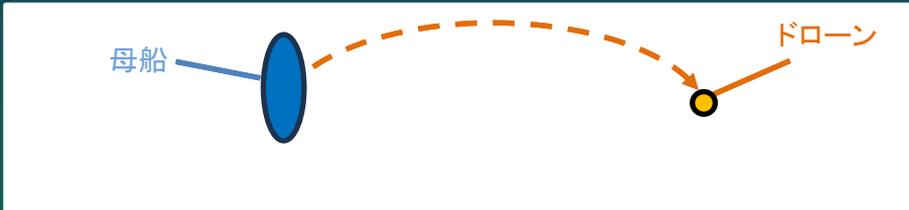
③(ド) 2分漂流し観測。その後母船に帰還
(船) 観測点31付近に到着。ドローン回収



実証項目3 電波到達限界距離の実証

実証項目1と同じ①～③の内容を、長距離(約500m)で計2回実施

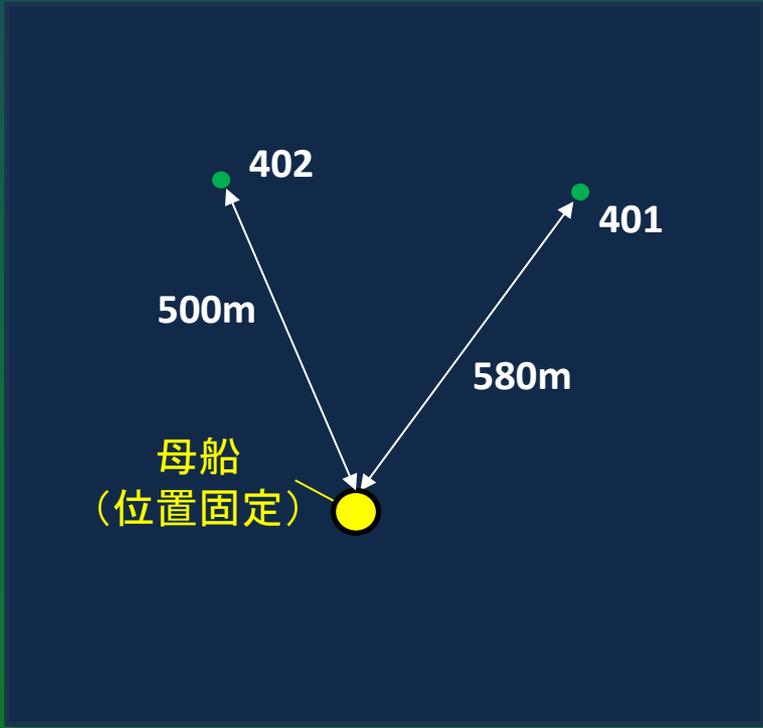
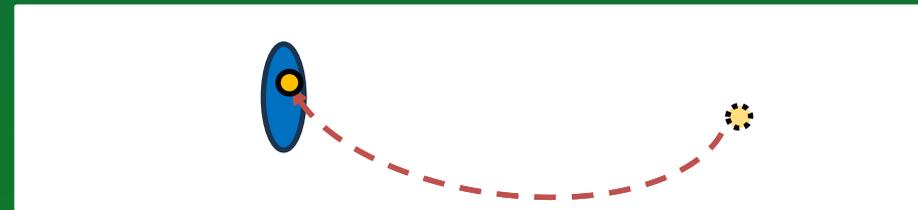
①母船から発進し指定の場所に着水、漂流観測開始



②2分間漂流して観測

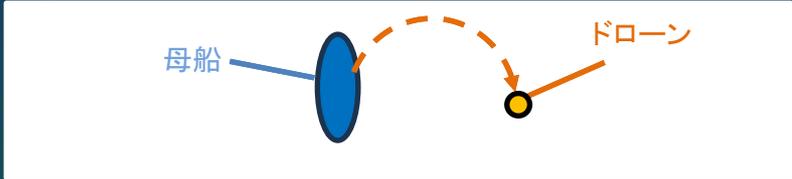


③観測後離水し、母船に帰還

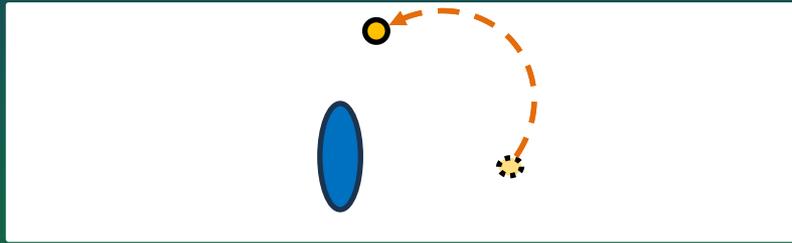


実証項目4 近距離での連続観測の実証

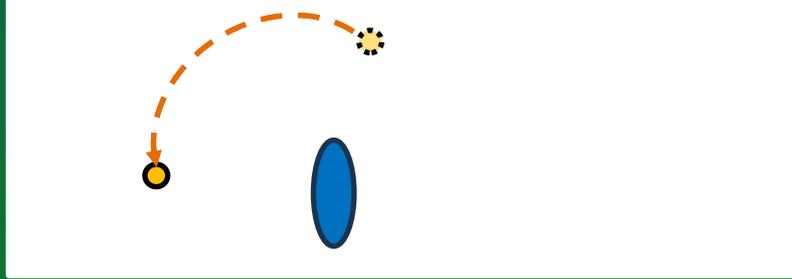
①母船から発進し指定の場所に着水、漂流観測開始



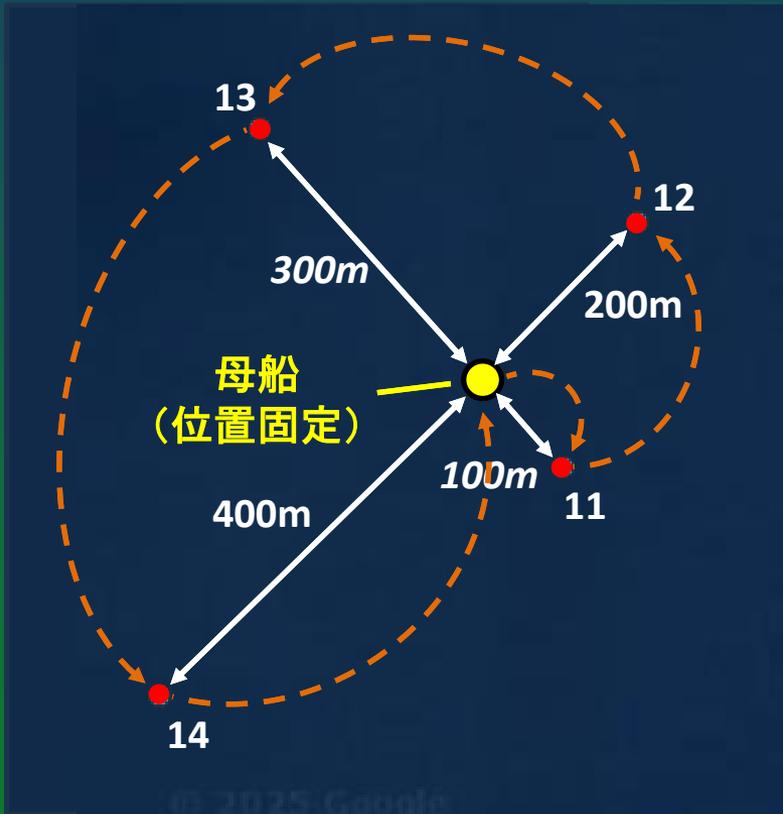
②2分間漂流して観測。次の地点に移動



③ 2分間漂流して観測。さらに次の地点に移動

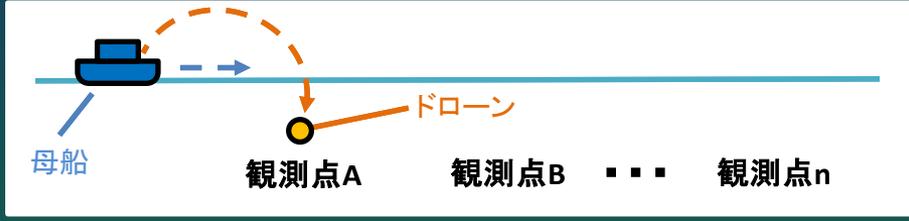


④観測後離水し、母船に帰還

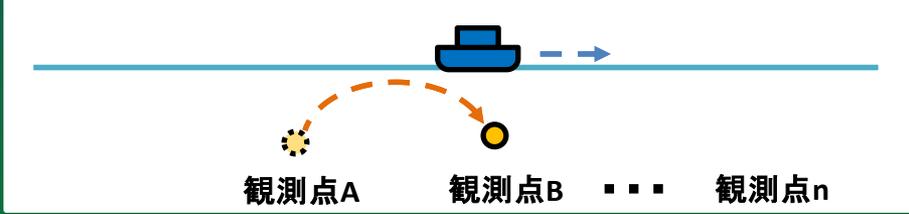


実証項目5 遠距離での連続観測の実証

①(ド) 母船から発進し、遠方の観測点Aに着水
漂流観測開始
(船) 観測点n付近に向けて前進



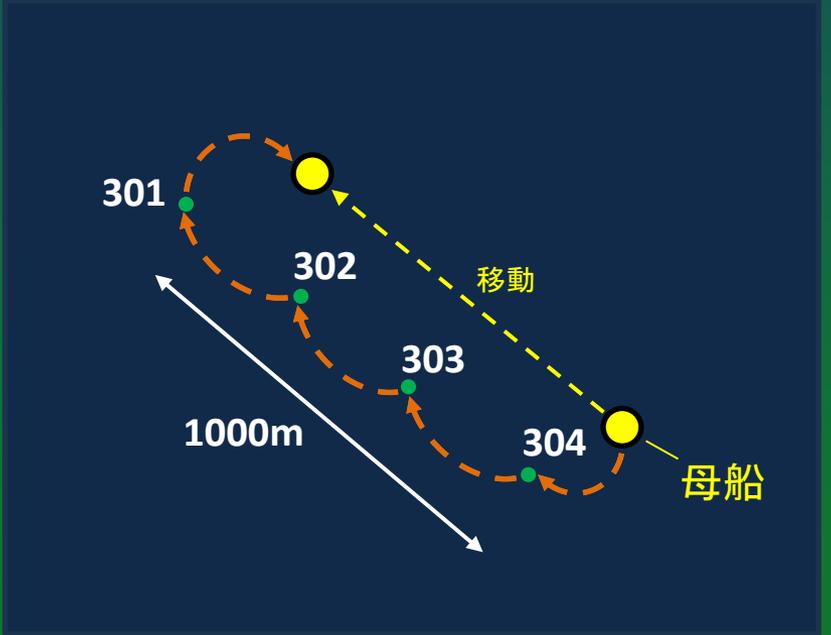
②(ド) 2分間漂流して観測
観測後離水し、観測点Bへ移動
(船) 引き続き、観測点n付近に向けて前進



③(ド) 移動、漂流観測を繰り返し、最終観測点n
まで移動
(船) 引き続き、観測点n付近に向けて前進



④(ド) 2分漂流し観測。その後母船に帰還
(船) 観測点nに到着後、ドローン回収
バッテリー交換



従来調査手法（漂流ブイ）との比較



Splash Drone

従来型漂流ブイ

漂流特性の違いと
現場で測定した風向風速を比較

従来調査手法（漂流ブイ）との比較

	地点名	ドローン着水時 流速流向 knot (m/h) 方位	計測時 風速 m/s	風向	風の影響率
項目1 (上げ潮)	11	0.3knot (554m/h) ESE 114°	4.8	340°	1.18%
	12	0.26knot (480m/h) ESE 122°	3.2	340°	1.13%
	13	0.29knot (538m/h) ESE 104°	5.3	290°	—
項目1 (下げ潮)	11	0.38knot (706m/h) SE 140°	3.8	335°	3.52%
項目2 (上げ潮)	31	0.12knot (222m/h) N 6°	0.5	230°	3.09%
	103	0.14knot (253m/h) N 1°	0.6	95°	4.29%
項目3 (下げ潮)	401	0.41knot (761m/h) SE 143°	4.4	285°	2.40%
	402	0.51knot (937m/h) SSE 154°	5.2	320°	3.02%
項目4 (上げ潮)	11	0.4knot (737m/h) ENE 60°	3.4	300°	—
	12	0.36knot (672m/h) ENE 59°	3.3	300°	—
	13	0.39knot (723m/h) ENE 62°	3.1	300°	—
	14	0.38knot (708m/h) ENE 61°	2.9	300°	—
項目5 (下げ潮)	301	0.22knot (399m/h) SE 135°	2.8	110°	1.47%
	302	0.46knot (860m/h) SSE 162°	2.9	80°	—
	303	0.52knot (970m/h) S 171°	2.2	10°	—
	304	0.29knot (534m/h) W 264°	1.4	340°	—

徳山実証試験平均 2.51%

横須賀実証 2.48%

風の影響率 2.50%

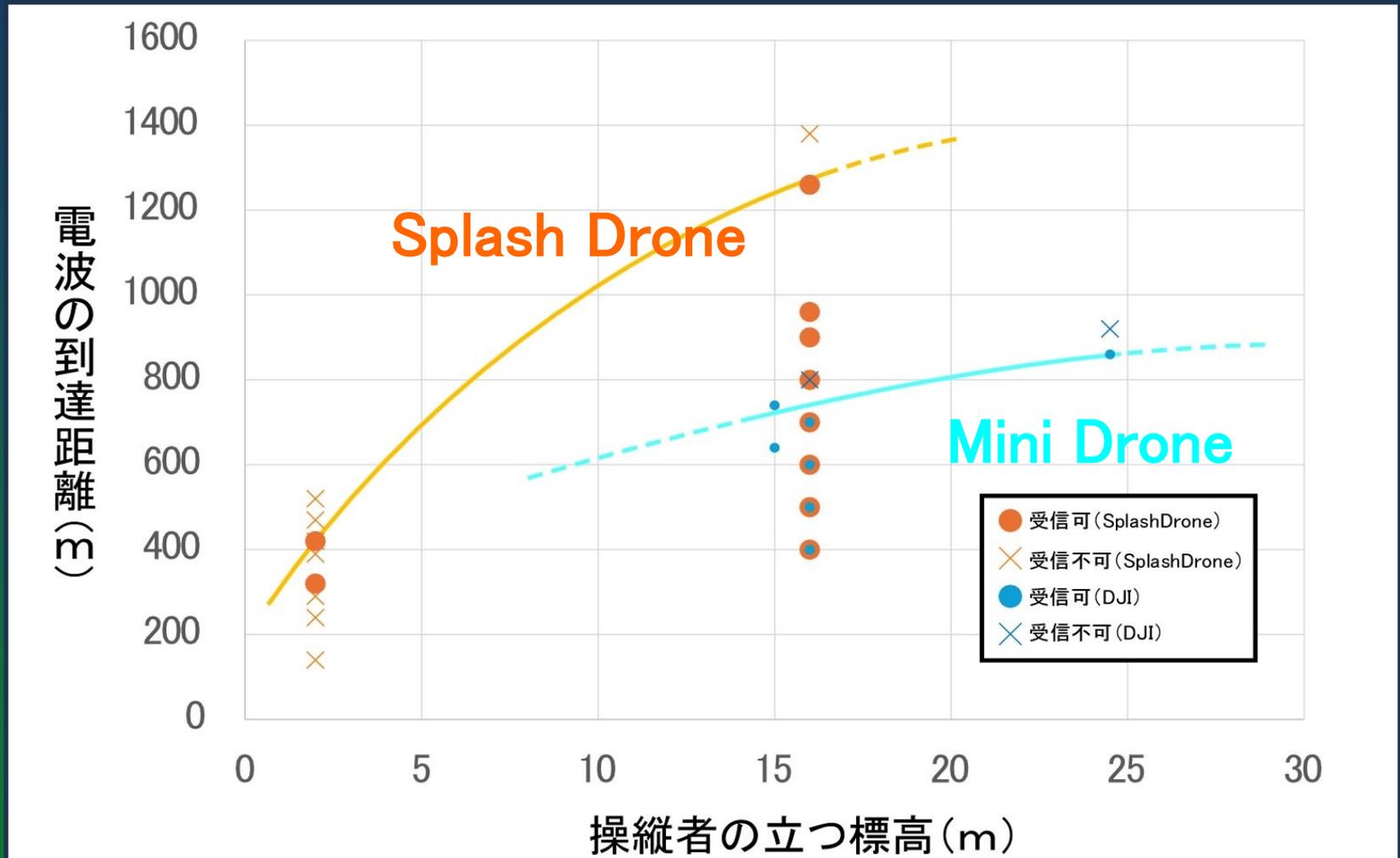
④ 海岸試験 ・ 発信標高による電波到達距離の確認



発信アンテナの標高を変えて伝達距離確認

実証項目 6

発信標高による電波到達距離



アンテナの標高が高いと遠くまで伝達可能

標高15m程度で1200mまで伝達可能

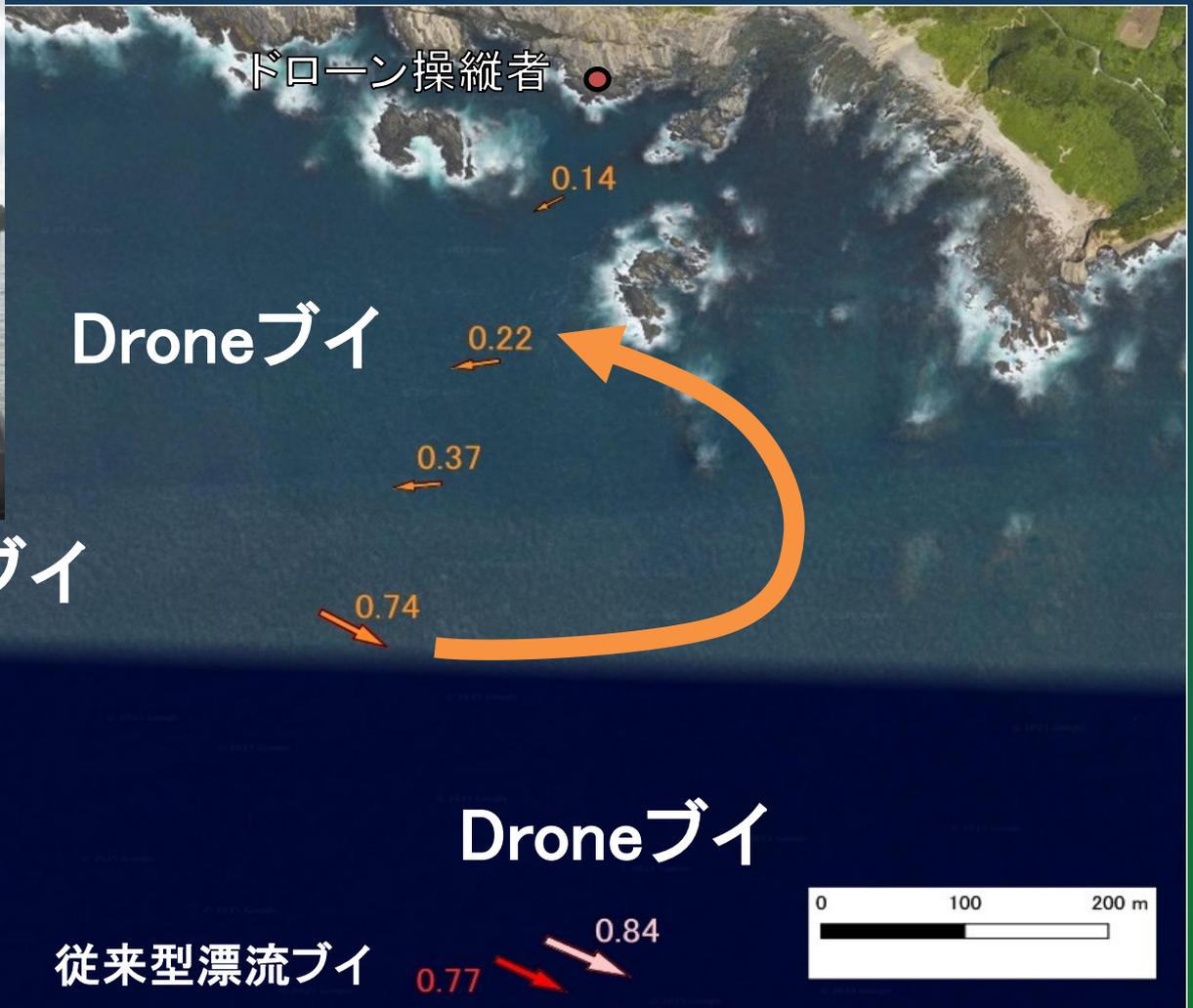
3. ドローンによる表層流調査の様子(動画)



表層流調査の様子→

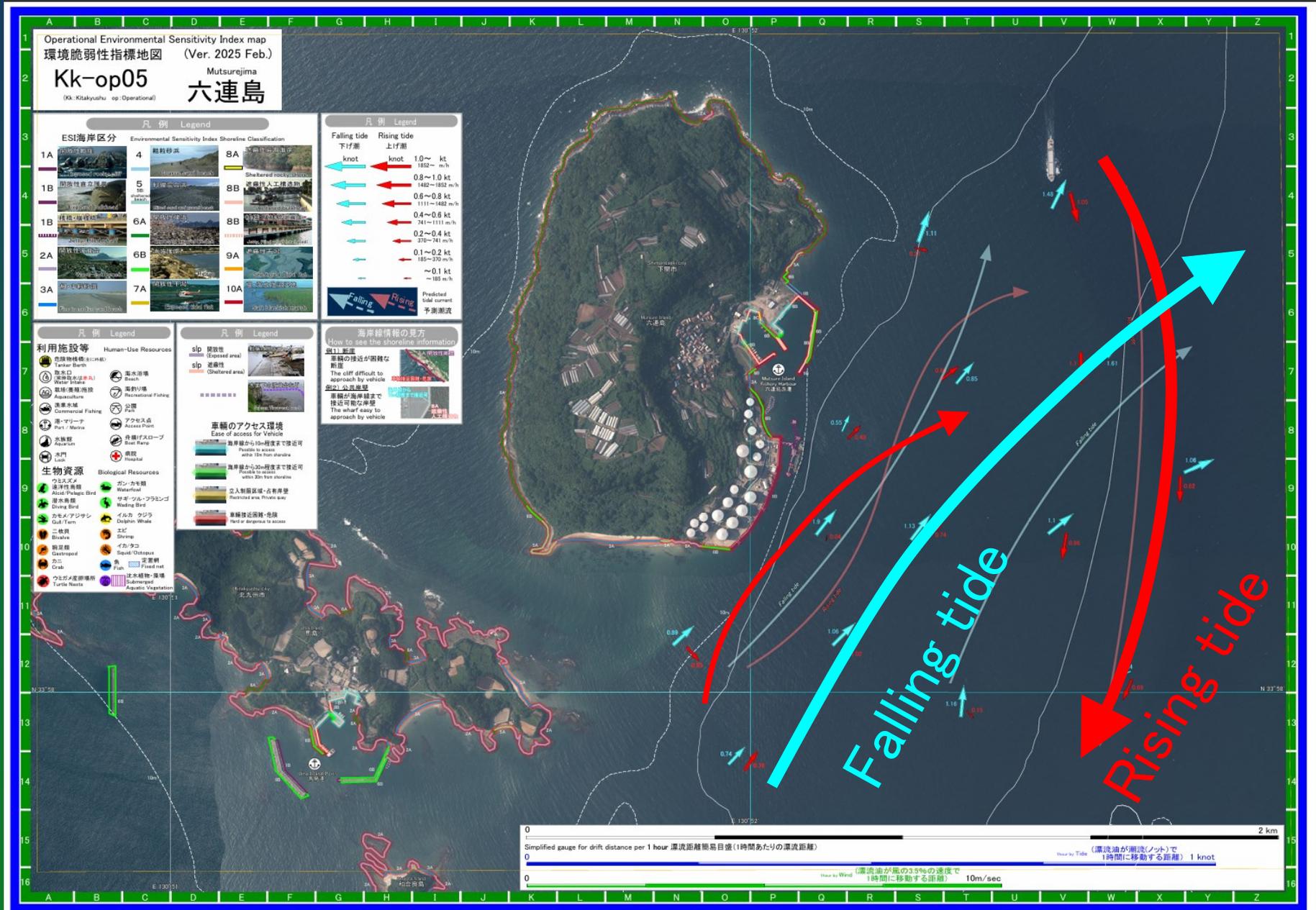


4. 表層流データ例、データを用いた成果物



海岸付近に反流の影響が見られた
沖出し400m程度で沖合と同じ表層流

データを用いたESIマップ (2) 六連島



まとめ

- ・ **輻輳海域周辺**に設定した調査海域（城ヶ島、六連島）において、**海岸からのドローン離発着**による表層流調査を実施できた。（緊急対応時の新たな調査手法を準備できた）
- ・ 調査手法の知見として以下を得た。
 - 開発したドローンは、漂流ブイと比較して**平均2.5%の風速の影響**を受けた（風向風速による補正必要）
 - 使用するドローンでは**標高15m程度から1200m沖まで電波到達**
 - 城ヶ島の例では水際は沖合（400mより沖）の沿岸流と方向が**逆**
- ・ **船舶の接近が困難な場所**（浅い場所、有害ガスが発生している場所など）において、今後ドローンによる表層流調査手法の活用が期待される。