

海洋レーダを活用した沿岸海洋科学の重点化構想

磯辺篤彦・日本海洋学会

【背景】

本年度に、日本学術会議から各学協会に対して、「マスタープラン」(数百億規模?) 提出が求められた。この超大型研究プロジェクトが、学術会議に提出後、「重点課題」に採択されれば、実現に向けて動き出すかもしれない。。。と言われた。

採否とは別に、学協会が、今後10年をかけて実現を目指すべき方向といった意味を持つ。

海洋学会では、中堅・若手による一年間の議論(海の研究, 2013)をもとに、シンポジウムと総会決議を経たのち、外洋課題と沿岸課題を取りまとめた。

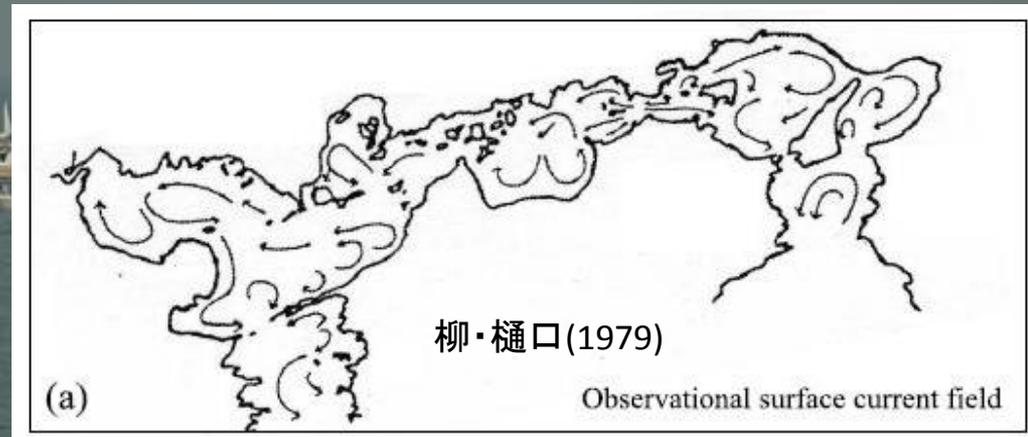
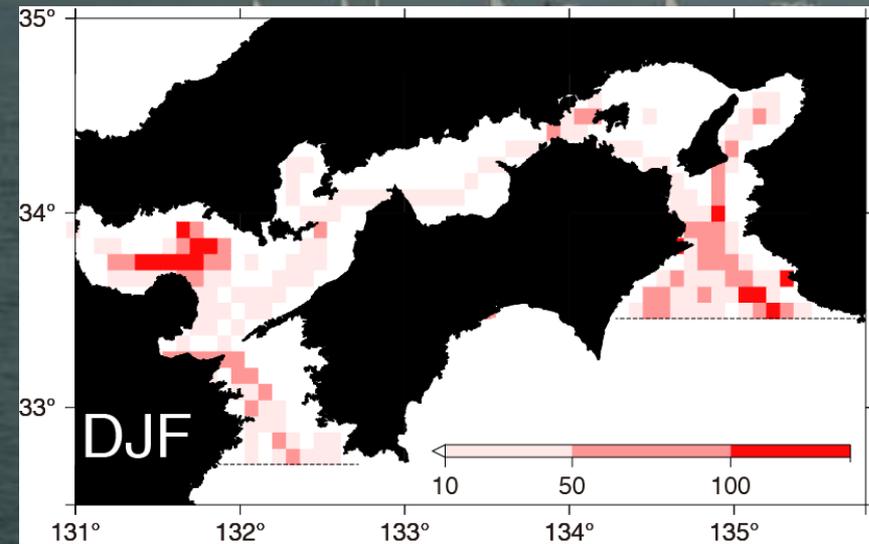
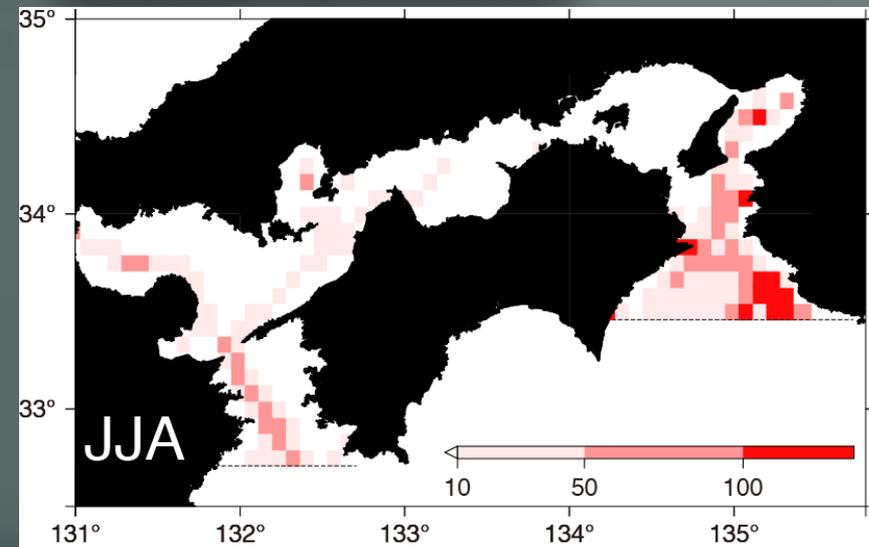
瀬戸内海, 豊予海峡(速吸瀬戸)で撮影

漁業や海運に利用価値が高い沿岸海域を, 係留系などの海洋観測で占有する事は難しい

本提案に至った背景

流速データの蓄積が乏しい沿岸海域では、現代においてなお、季節別の海流分布図すら描くことができない。

【参考】浅海域では、外洋で有効な、水温・塩分データからの流速換算手法(地衡流計算)が使えない。直接測流以外に海流を測る術がない。



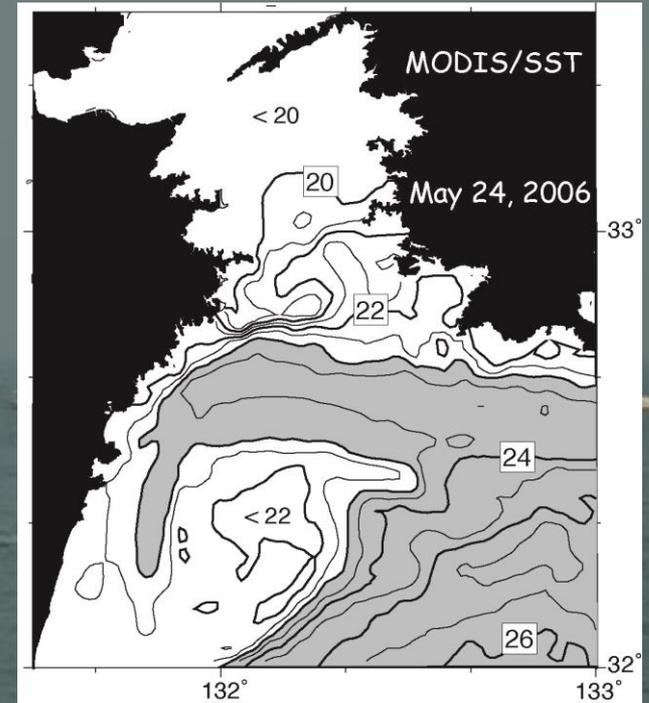
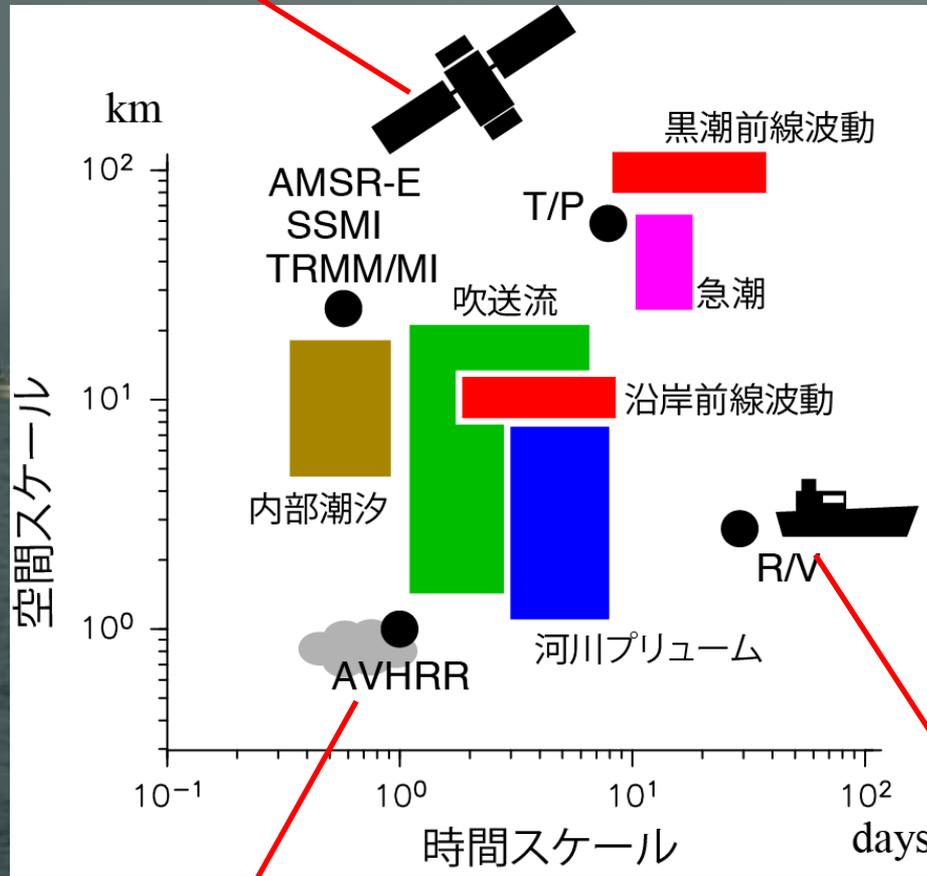
瀬戸内海における観測海流分布図
未だに、この手書きの図が、モデリングの「検証」などに使われている。

日本海洋データセンターにアーカイブされている100年分の、瀬戸内海における夏(上)と冬(下)の海流(流向・流速)データ数(10km格子)

本提案に至った背景

流速のみならず、総じて沿岸海洋過程に適した時空間スケールの観測体制は、世界に存在しない。

衛星観測は、沿岸海洋の観測には、時空間的に粗すぎる



黒潮系水が瀬戸内海に侵入する「急潮」現象を捉えた衛星熱赤外画像(海面水温分布)。現象の時間スケールは数日

雲域に邪魔される衛星熱赤外観測は、時々刻々と変化する沿岸海洋の観測に向いていない

戦前から続く月一度の定線観測体制では、沿岸海洋過程を捉えきれない

本提案に至った背景

海況(水温・塩分・海流)
情報の絶対的な不足

海況数値モデリングの不確実性

- 初期条件にする現在の海況情報が不足
- モデリングの妥当性検証用データが不足

沿岸海況予報の不確実性

- 赤潮予報、貧酸素水塊予報
- 汚染物質の漂流予報
- 海難者漂流予報
- 大型漂流物(流木など)の漂流予報
- ……その他

海洋学の社会貢献に限界

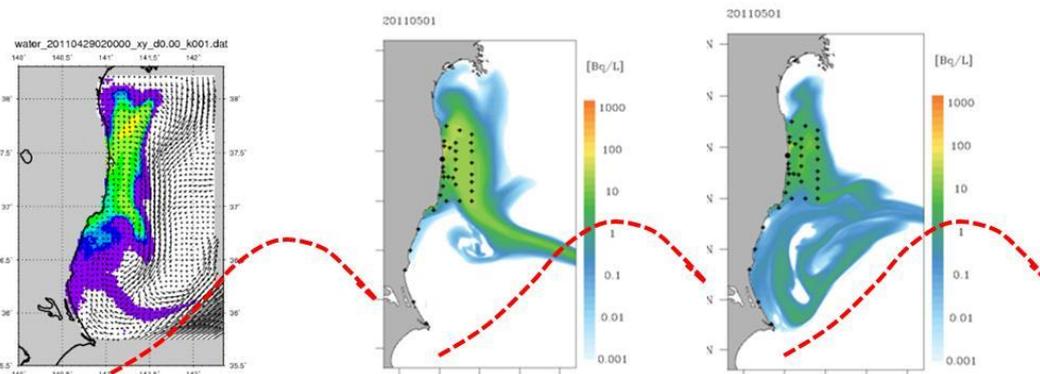
沿岸域は海洋物理研究のフロンティア

- 気候変動に対する沿岸海洋の応答問題
- 河川起源の水循環(ROFIのパラドクス)
- 密度成層を制御するマイクロスケールのダイナミクス
- 海洋前線の不安定とサブメソスケールの渦形成..など

沿岸海洋の化学・生物学研究に波及

- 栄養塩・沿岸生態系の動態(長期変動、短期変動)
 - 瀬戸内海の富栄養化は終わったのか?
- 赤潮やクラゲなど、突然に特定生物が大量発生する謎など

沿岸海洋学の停滞

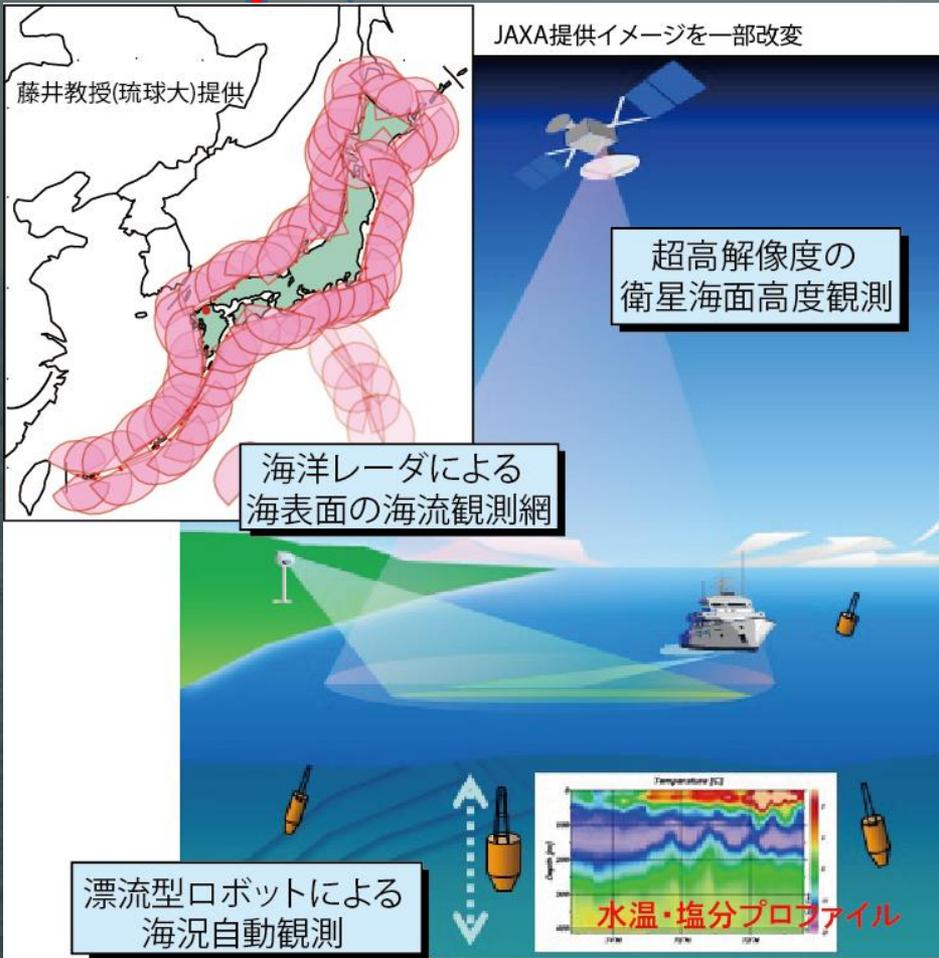


福島第一原発からの放射性核種の拡散シミュレーションでは、モデルによって沿岸域での分布に大きな差異が生じた(日本海洋学会HP)。

本提案の概要

海況(水温・塩分・海流)
情報の絶対的な不足

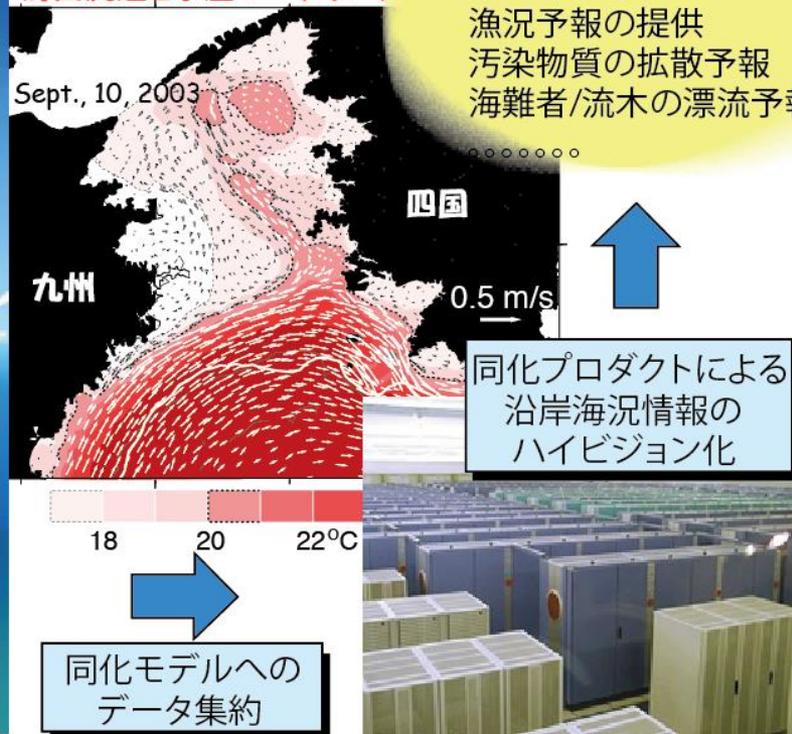
浅海域に特化した全く新しい観測体制を 世界に先駆けて構築する 沿岸海洋科学のブレーク・スルー

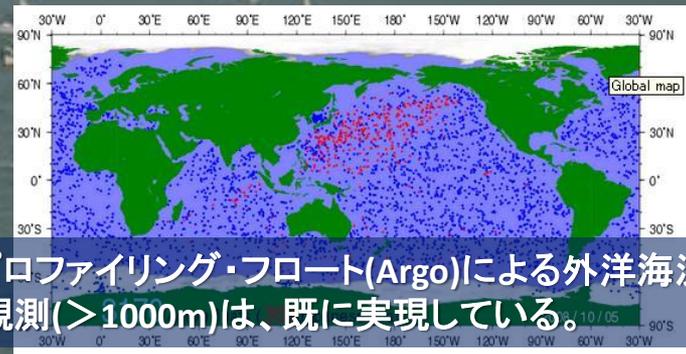
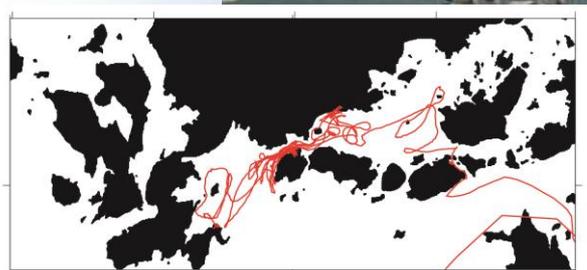
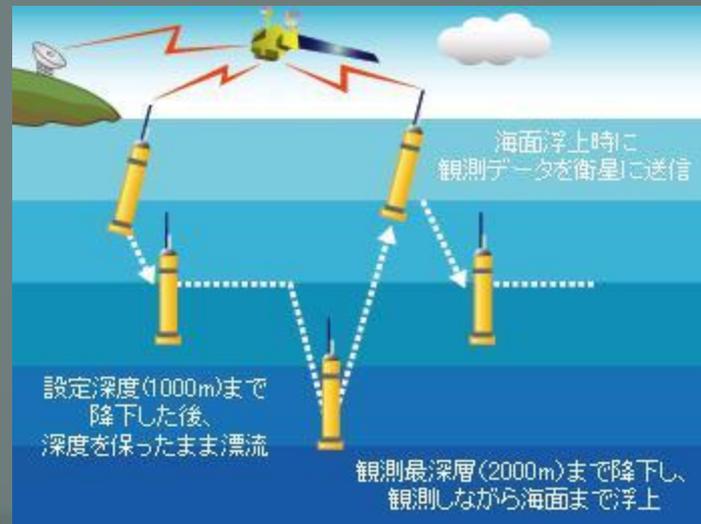


沿岸海洋科学の重点化

日本海洋学会提案

海面流速と水温のモデリング





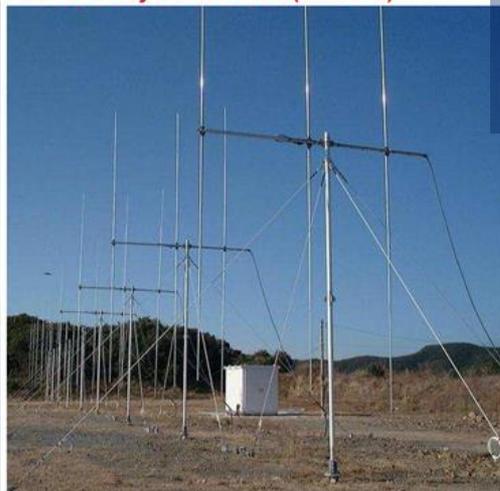
3000基のプロファイリング・フロート(Argo)による外洋海況のロボット観測(>1000m)は、既に実現している。

- 沿岸漁業と共存できる、小型、軽量、かつ安価なプロファイリング(自動昇降)漂流フロートを、産学共同で国産開発。10年後には数百個を展開させ、日本周辺海域を網羅する。
(1億5千万×3年程度で開発可能)
- 水温・塩分(鉛直分布)・位置情報の日配信、接岸防止制御も検討
酸素センサー、クロロフィルセンサー搭載機も開発

小型軽量フロートの試作機と瀬戸内海での投入実験(愛媛大)

海洋レーダによる海表面の海流観測網

DBF Array Antenna (NJRC)



N1; Akashima Site (Tsushima Island)

US Nat'l Surface Current Mapping Plan

350局で全米周辺海域を網羅する計画が進行中
(現在は170基まで設置済み)

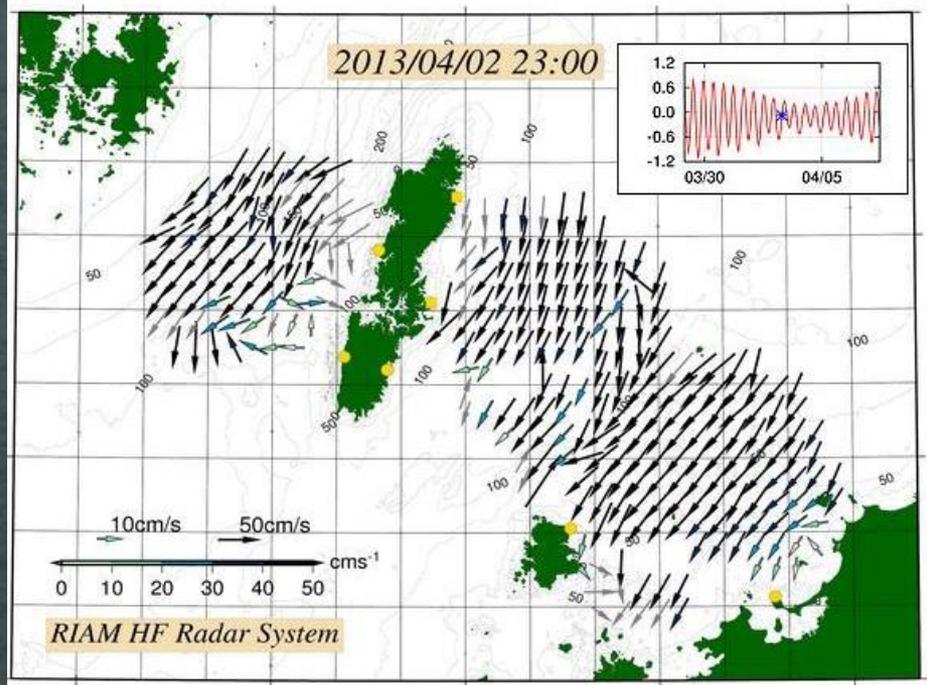
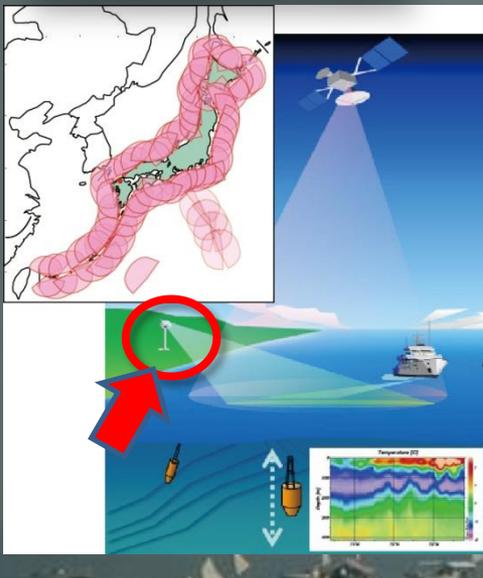


韓半島には25局が設置済み

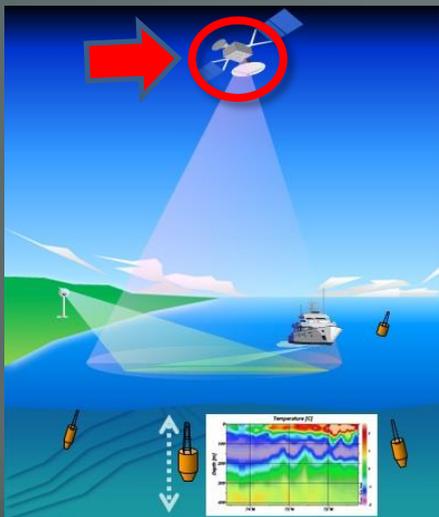
15局で台湾周辺を網羅済み

- 日本周辺海域(EEZ)を海岸設置の海洋レーダーで網羅して、毎時の表面流速データの計測ネットワークを構築
既存局を含め70-100基体制
20億で設置完了+100万/年/基で維持可能

- 沖合100-200kmまでをカバーする。毎時のデータを収集する他、津波警報発令時には観測間隔を密にした監視システムとして運用



超高解像度の衛星海面高度観測



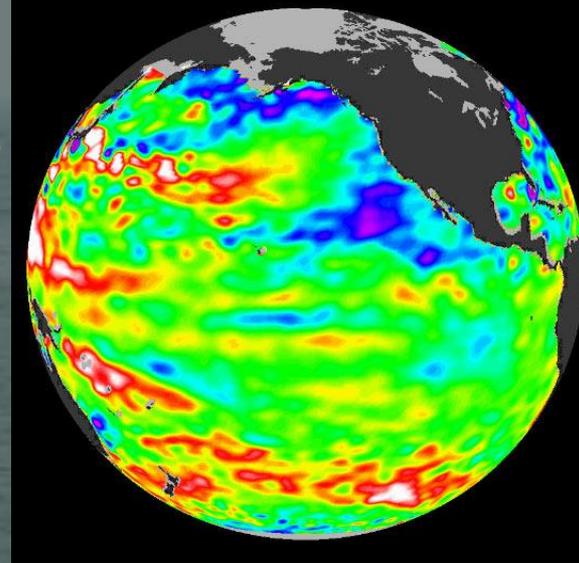
人工衛星による海面高度観測は、雲に邪魔されずに

- 暖水渦や冷水渦の挙動解析
- 海面流速に換算

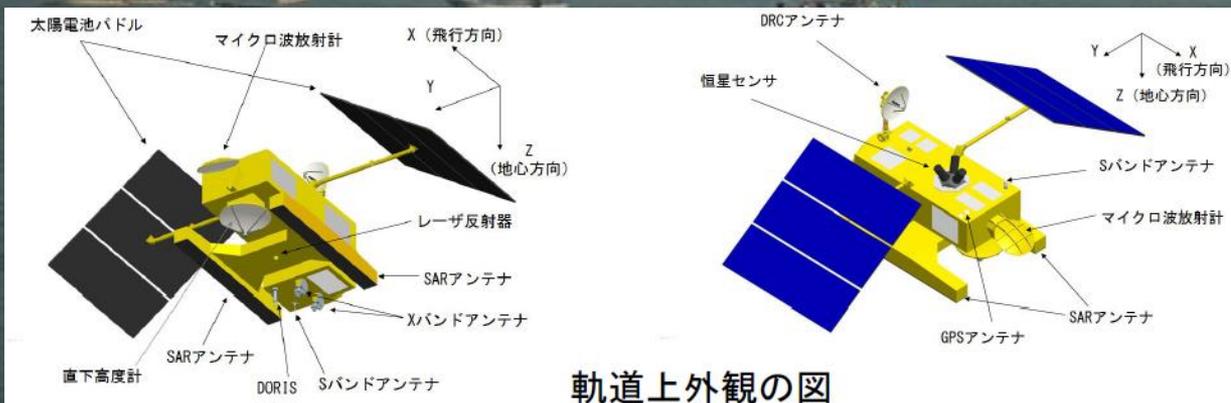
ただし解像度は、

- 200km程度の空間スケール
- 10日程度の時間スケール

沿岸海洋学には利用できない



Difference from Mean Sea Level (mm)
-120 -80 -40 0 40 80 120



JAXAが2019年からの運用を構想している新型海面高度計COMPIRA(解像度5km)は、沿岸海洋研究に利用できる初めての観測衛星

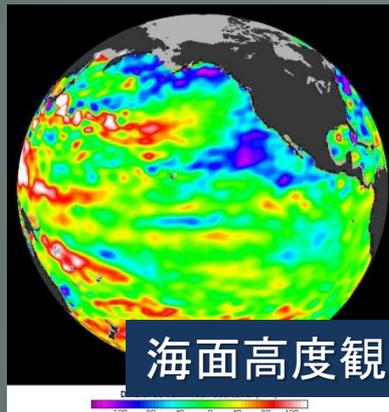
本提案の内容

観測データを集約した同化プロダクトの提供

海況ロボット観測

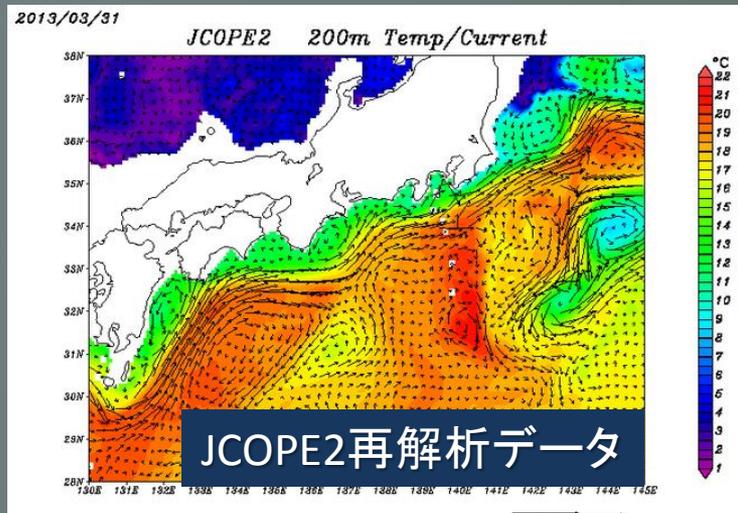


+



海面高度観測

+ ... =

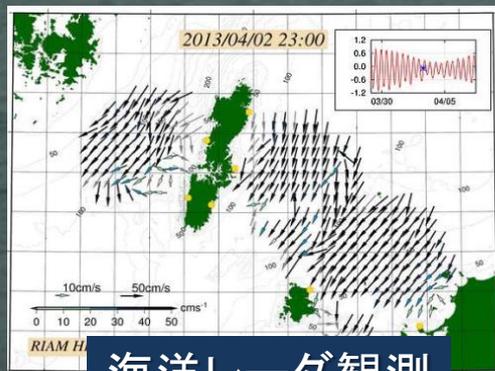


膨大な観測データ群を利用して、計算誤差を自律的に最小化(同化)する数値モデリングは、ほぼ観測データと等価に扱われる数値海況データ(同化プロダクト)を提供する。

我が国の経済水域を網羅する高密な新観測体制

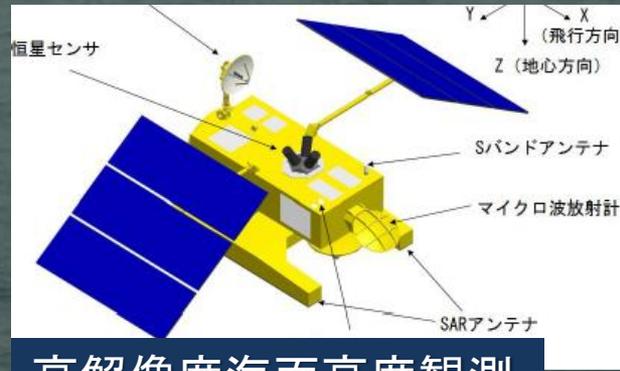


+



海洋レーダ観測

+



高解像度海面高度観測

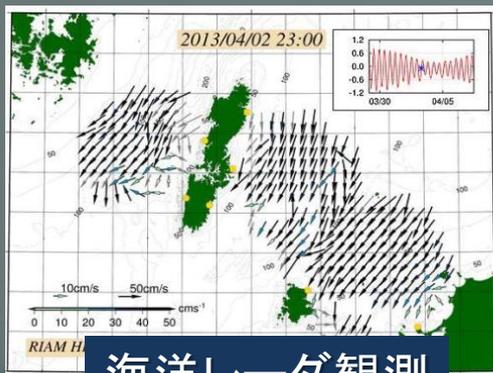
=

沿岸海況ロボット観測

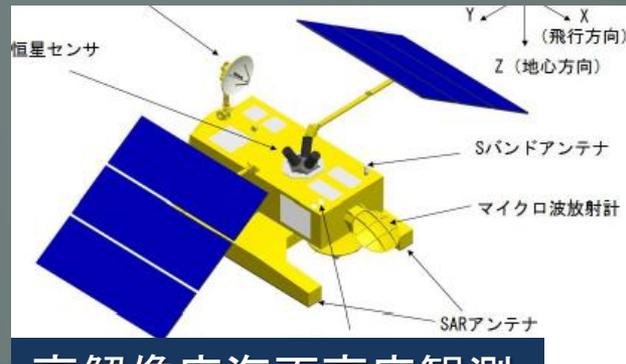
我が国の経済水域を網羅する高密な新観測体制



沿岸海況ロボット観測

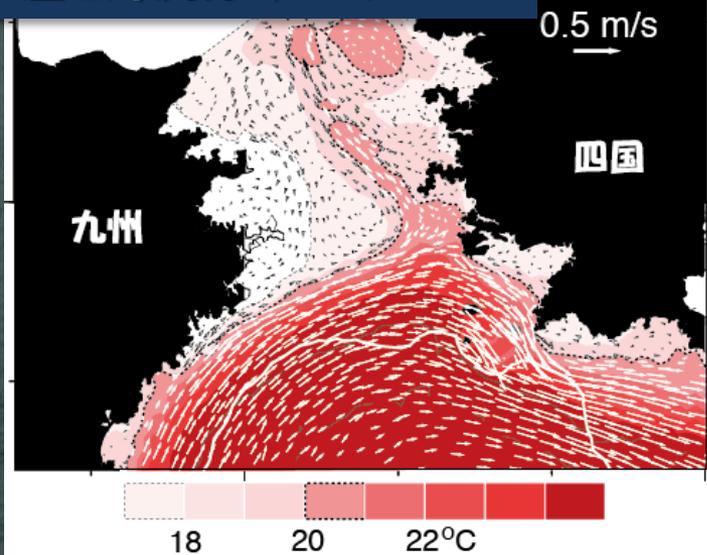


海洋レーダ観測



高解像度海面高度観測

同化プロダクトが提供する海面水温と海流分布のイメージ



本研究計画は、時々刻々と変化する三次元の沿岸海況(水温、塩分、海流流速データ)を、日本全国100m格子毎に、インターネットを介して観測する未来を創出する。

●世界に例を見ない超高解像度の同化プロダクトを、新観測体制の構築から始めるプロジェクト

本提案に至った背景

海況(水温・塩分・海流)
情報の絶対的な不足



海況数値モデリングの不確実性

- 初期条件にする現在の海況情報が不足
- モデリングの妥当性検証用データが不足



沿岸海況予報の不確実性

- 赤潮予報、貧酸素水塊予報
- 汚染物質の漂流予報
- 海難者漂流予報
- 大型漂流物(流木など)の漂流予報
- ……その他

海洋学の社会貢献に限界

沿岸域は海洋物理研究のフロンティア

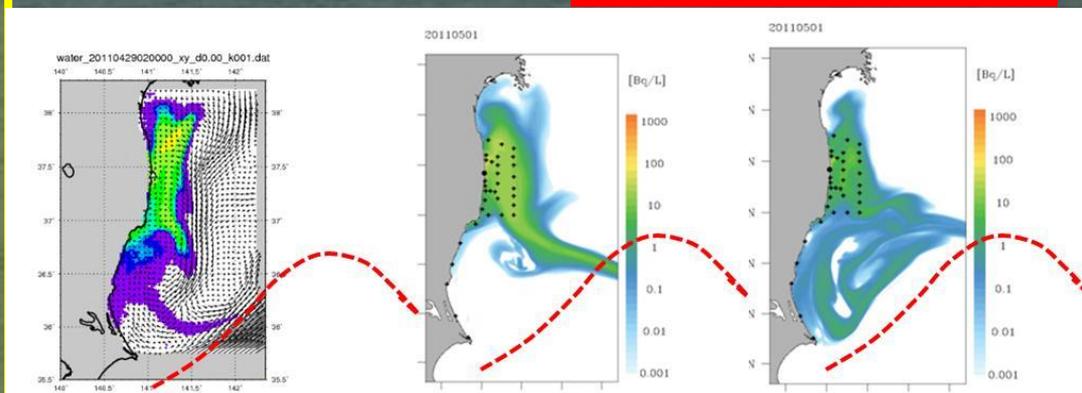
- 気候変動に対する沿岸海洋の応答問題
- 河川起源の水循環(ROFIのパラドクス)
- 密度成層を制御するマイクロスケールのダイナミクス
- 海洋前線の不安定とサブメソスケールの渦..など



沿岸海洋の化学・生物学研究に波及

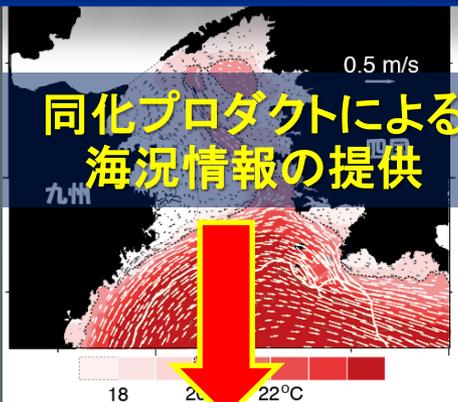
- 栄養塩・沿岸生態系の動態(長期変動、短期変動)
 - 瀬戸内海の富栄養化は終わったのか?
- 赤潮やクラゲなど、突然に特定生物が大量発生する謎など

沿岸海洋学の停滞



福島第一原発からの放射性核種の拡散シミュレーションでは、モデルによって沿岸域での分布に大きな差異が生じた(日本海洋学会HP)。

本提案の意義



海況数値モデリングの確実性向上

- 初期条件にする現在の海況情報が充実
- 豊富なモデリングの妥当性検証用データ

沿岸海洋予報の確実性向上

- 赤潮予報、貧酸素水塊予報
- 汚染物質の漂流予報
- 海難者漂流予報
- 大型漂流物(流木など)の漂流予報
- ……その他

海洋学の社会貢献

ハイビジョン化された沿岸海洋の物理研究

- 河川水の海への拡がりを制御する力学機構が解明
- 密度成層を破壊する物理過程が解明
- 沿岸海洋前線のダイナミックな時空間変動を観測
- 気候変動に対する沿岸海洋の応答研究の展開
- ……その他、多くの未解決テーマに着手・解明へ

統合的観測プラットフォームの充実や、宇宙-海洋連携を謳った次期「海洋基本計画」とも合致

沿岸海洋の化学・生物学研究に波及

- 栄養塩・沿岸生態系の動態解明
- あるはずの生態系短期変動の実態解明
- 赤潮やクラゲなど、突然に特定生物が大量発生する条件
- ……その他、多くの未解決テーマに着手・解明へ

沿岸海洋学のブレークスルー

本提案の他分野への波及

水産学分野への波及

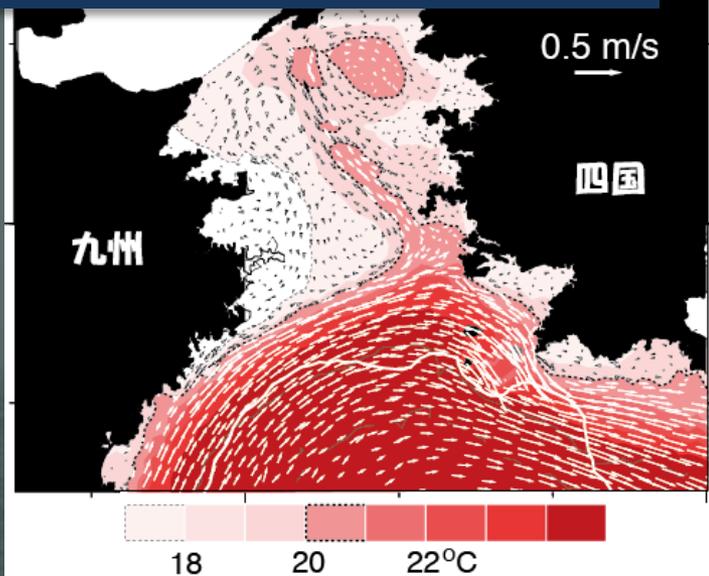
- 餌料生物、有毒藻類、赤潮生物など沿岸生態系数値予報
- 漁況予報 など

工学分野への波及

- 港湾施設の流動解析
- 海洋構造物への流体力解析
- 潮汐潮流発電の適地選定・効率解析 など

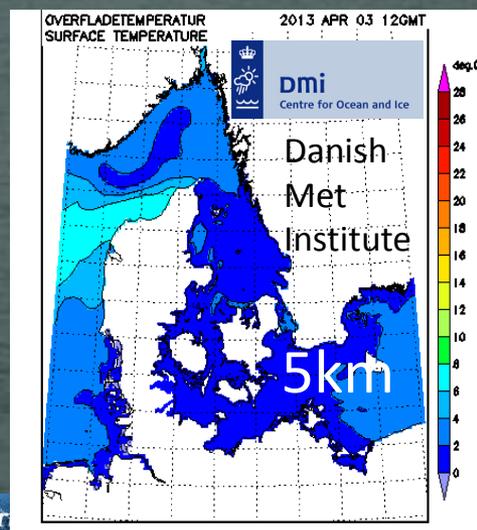
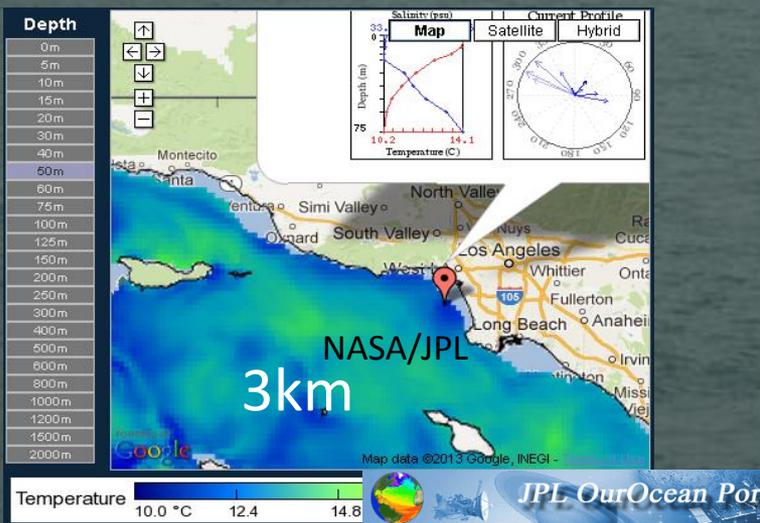
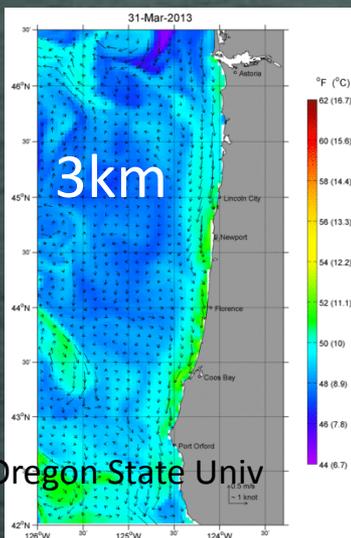
国外の研究動向と当該計画の位置づけ

同化プロダクトが提供する
海面水温と海流分布のイメージ



100m格子の同化プロダクトは、既存観測体制を利用した海外プロダクトの解像度(～数km)と比べ、まさに「**桁違い**」に**高解像度**。しかし、沿岸海洋過程(<数km)には、本来、この程度の解像が必要であるはず

←これを支えるべく、**新観測体制の構築から始める「日本モデル」**



年次計画と経費

年次(計10年)	計画	資金(計72億円)
1, 2, 3	システムの開発と構築 <ul style="list-style-type: none">●プロファイリングフロートの開発●海洋レーダー網の設置(~30基/年)●コンパクト・レーダーの開発●同化プロダクトの準備●同化プロダクトの利用準備 (栄養塩循環・生態系モデル等)	10億円/年 × 3年 <ul style="list-style-type: none">●フロートの開発 1億円/年●レーダー網設置 6億円/年●その他・研究経費 3億円/年
4, 5, 6, 7	システムの試験的運用 <ul style="list-style-type: none">●プロファイリングフロートの多数展開 (100基/年)●海洋レーダー網の運用●同化プロダクトの提供開始●同化プロダクトの利用 (栄養塩循環・生態系モデル等)	6億円/年 × 7年 <ul style="list-style-type: none">●フロートの購入 1億円/年●レーダー保守 1億円/年●その他・研究経費 4億円/年
8,9,10	システムの現業的運用 <ul style="list-style-type: none">●同化プロダクトを含む全システムを 現業機関に移譲●同化プロダクトの利用 (栄養塩循環・生態系モデル等)	

主たる実施機関と準備状況

担当	機関	準備状況:(3)~(4)の段階
統括・全体調整	愛媛大学・九州大学	
サブテーマI:プロファイリングフロート	愛媛大・北海道大・東京海洋大・香川大・広島大・長崎大・鹿児島大・民間委託(産学連携の開発)・ほか	<ul style="list-style-type: none"> ●愛媛大や北大では、沿岸用漂流ブイやプロファイリング機能を持った観測システムをメーカーと共同で開発中 ●左機関は船舶を所有しており、実海域実験を支援 ●外洋のプロファイリングフロートは、国内企業に開発・販売実績
サブテーマII:海洋レーダー	九州大・北海道大・国交省・名古屋大・琉球大・ほか	●左機関は、すべて海洋レーダーの設置と運用・研究開発に実績
サブテーマIII:同化プロダクト	九州大・JAMSTEC・気象研ほか	●外洋循環の同化プロダクトであるDREAMS, JCOPE2, MOVEを提供中
サブテーマIV:同化プロダクトの利用	愛媛大・産総研・東京大・上記全機関・ほか	●東京大が副代表機関である東北マリンサイエンス拠点形成事業と密な連携予定
共同利用体制	<ul style="list-style-type: none"> ●同化プロダクトを、海洋学コミュニティに無償提供 ●フロートとレーダーを無償貸与し、集中観測を支援 	

本計画は、海洋学会の中堅若手研究者による一年の議論の後、パブコメの募集やシンポジウムの開催等の学界合意形成を経て、我が国における海洋学コミュニティの総意として提案するものである。

●海洋レーダー

＞必要不可欠であるとの「プロポーザルの的」ロジックは？

レーダーのデータを利用した場合の、同化プロダクトの飛躍的な精度向上
→証明するためのフェージビリティスタディが不可欠
防災など多目的での運用を兼ねる？

＞将来的には誰が維持・管理するのか？

防災機能を重視し、各県に割り振って分担運用
重要港湾周辺は、国土交通省の地方整備局や海上保安庁
関連大学や研究機関連携の運用コンソーシアム

＞全国に70-100基体制に必要な技術要件は何か？

そもそも何基必要か.

広大な土地を必要としない小型化(電信柱に取り付けられる。。。)

電力の安定確保

他にもありそう..