

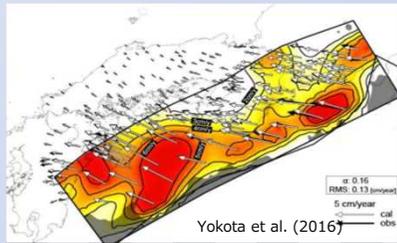
切迫する南海トラフ地震をはじめとした海域巨大地震・津波発生予測の高精度化にむけ、**プレート固着の現状把握とシミュレーションベース推移予測の確立**を目指す。

- このためには、現在不足している**海底の地殻変動観測データ、地震発生帯の構造・物性データ**などを取得するため稠密かつ広域な観測を実施する。
- また、これらのデータを最大活用する**シミュレーションベース推移予測手法を確立する**。
- 観測には海底ケーブル観測網を活用した**連続リアルタイム地殻変動観測システム**や海底広域研究船「**かいめい**」の**3次元地震探査システム**を活用する。
- これに加え、千島海溝など海溝型地震の発生確率が高い海域や沿岸域震源断層での調査を実施する。
- これらの成果を踏まえ、**プレート固着状態とそれに基づく地震発生確率予測の情報発信を目指す**。
- 更に、津波浸水即時予測の高精度化、機動型津波観測システムの開発を進める

## ③プレート固着の現状把握・推移予測手法の開発・評価

調査によって得られるより現実的な地殻構造を取り入れた物理モデルを構築し、より**高精度な地殻変動・津波シミュレーション**を実施するとともに**固着・すべり分布の現状把握とその推移予測手法**を開発し、情報発信の試行を進める。

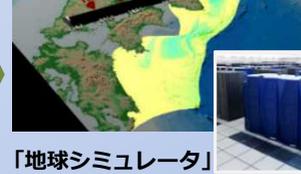
### 固着・すべり分布現状把握



海底地殻変動観測によるプレート固着分布の時間変化の把握

### 固着・すべり推移予測

青が固着していて、黄色がすべっている箇所



「地球シミュレータ」

より現実的なモデルを用いたシミュレーションベースの推移予測の確立

### 南海トラフ地震関連情報への対応

- M8やM7の発生⇒震源域の広がり把握、周辺のゆっくりすべり進展把握&推移の予測、壊れ残りでの地震による地震動&津波のシミュレーション
- ゆっくりすべり発生⇒ゆっくりすべりの現状把握&推移の予測と地震に進展する可能性の評価

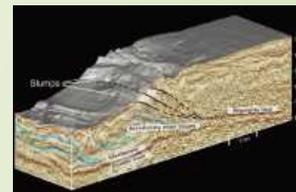
## ①連続リアルタイム海底地殻変動観測システムの開発・展開

次の南海トラフ巨大地震に向け、地殻に蓄積されつつあるプレート固着による地殻変動を広域かつ連続に把握するため、**海底・孔内地殻変動観測システム**を開発・展開し、プレート固着の現状把握と推移予測の高精度化に貢献する。



## ②海域地震発生帯の構造・物性・活動履歴調査

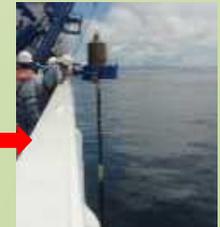
地震発生帯モデル構築のため、緊急性・重要性が高い海域からの**3D・広域地下構造調査**、掘削試料による**震源断層物性解析**を実施するとともに、海溝域巨大地震の**発生履歴調査**を実施する。



3次元海底下構造イメージ



「かいめい」の活用

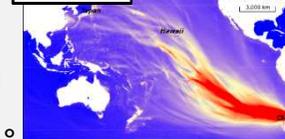


発生履歴調査の採泥装置

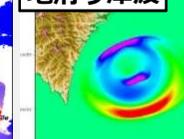
## ④津波予測の高精度化：発生から収束予測まで

様々な津波発生（遠地津波、地滑り、初期過程、収束過程）に対応した即時予測の高度化と予測多様化を実現するとともに、機動型津波観測システムの開発し、地域の実態に合わせた実装を行う。

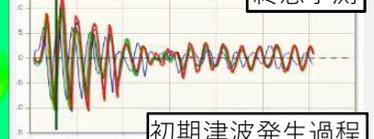
### 遠地津波



### 地滑り津波



### 終息予測



初期津波発生過程

# ① 連続リアルタイム海底地殻変動観測技術の開発・展開

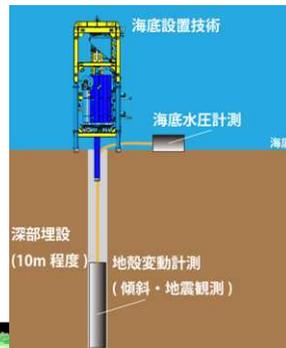


## 目的

- (背景) 南海トラフをはじめとする海溝型地震の発生場の歪蓄積解放の現状把握のためには、海底地殻変動観測データが圧倒的に不足しているのが現状である。一方、近年の南海トラフにおける海底地震・津波観測監視網の展開によって、地震・津波については海域で連続的モニタリングが実現されるとともに、海底水圧観測や海底孔内観測によるプレート間の地震やゆっくりとした滑りに伴う地殻変動の近傍観測の可能性も示されつつある。
- (目的) 海域における地震や海底地殻変動等の観測技術を高度化し、観測網の広域・高密度・多点展開を行うことによって、プレート固着の現状把握とその推移予測を可能とする連続的**海底地殻変動観測データ**を取得し、提供する。
- (アクション1) 海底水圧計による**海底上下地殻変動観測技術**(水圧計現場校正)、**傾斜計・光ファイバー歪計**等連続的**海底地殻変動観測**、**長期孔内観測**(プレート境界近傍の超深部孔内)の**広域展開**。**GPS/A観測の高精度化・広域化・自動化技術の確立**。稠密地震アレイ観測・海底絶対重力計測・光計測技術等の技術開発。
- (アクション2) 高度化された観測点の南海トラフを主軸とした広域・多点展開と長期連続運用により**連続的**海底地殻変動データ**の提供**を行う。
- (20年後の到達点) 水圧計現場校正(各水圧観測点数回の校正)の完了、連続的**海底地殻変動観測**(40点程度)、**長期孔内観測技術**(超深部孔内1点および深部孔内20点程度)、**海底GPS/A観測**(自動化された高精度観測点が10点程度)展開・長期運用がなされている。稠密地震アレイ観測技術が機動的観測に活用されている。

## 研究概要

### 水圧計現場校正(着手済)



### 連続的**海底地殻変動観測技術**(着手済)

BMS浅部掘削孔に**傾斜・光ファイバー歪計**を展開し**海底ケーブル観測網**に**接続・展開**

### 長期孔内観測(着手済)



超深部孔内:プレート境界近傍  
深部孔内:多点展開  
いずれも**海底ケーブル観測網**に**接続・展開**

### 南海トラフを主軸とした技術の展開・長期運用



### 海底GPS/A観測:高精度化、広域化、自動化(次期中期計画中に展開)

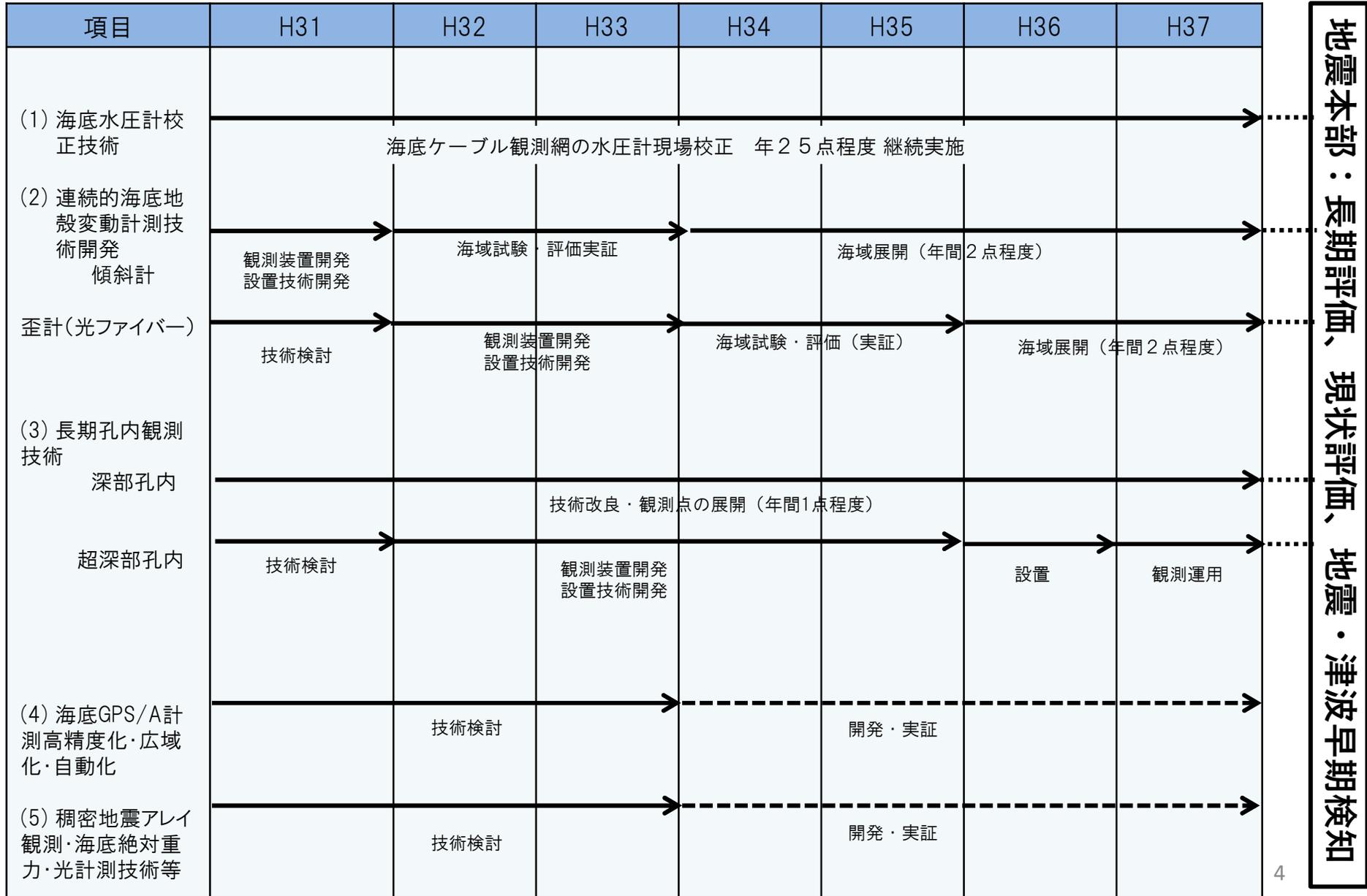
稠密地震アレイ観測技術:(将来に向けた開発)  
自律型無人探査機(AUV)による稠密観測網の自動的・機動的展開、海底絶対重力計測、光計測技術の活用

# ①連続リアルタイム海底地殻変動観測技術の開発・展開



7～10年後の到達点

水圧計較正終了、傾斜計8点、光ファイバー歪計4点、孔内観測点10点からの観測データー



## ②-1 海域地震発生帯の構造・物性・活動履歴調査：地下構造調査



### 目的

- (背景) 過去の観測から南海トラフ地震発生帯の大局的なプレート形状モデルが構築されてきた。一方で稠密な地震・地殻変動観測から低周波地震・微動発生域、プレート固着域などの不均質な分布が明らかになっている。プレート固着状態の推移予測に向けた物理モデル構築には、これら様々すべり特性を規定する構造要因の抽出が必要不可欠である。また、千島海溝、伊豆小笠原海溝およびそのアウターライズ域や内陸から続く沿岸域震源断層などは大局的な構造モデル構築に向けた構造情報が少ないのが現状である。
- (目的) 南海トラフ・日本海溝域において**特徴的なプレート境界すべり様式を規定する構造要因の抽出**、千島海溝、伊豆小笠原海溝、南西諸島海溝において**大局的な構造調査**を行い、プレート固着推移予測に活用する**階層構造的な物理モデル作成に貢献する**。また、得られた構造要因の普遍性と特殊性を評価する
- (アクション1) 南海トラフ：トラフ軸近傍から地震発生帯深部で観測される様々な様式の**ゆっくり滑りの発生域**、およびプレート境界地震の**破壊域セグメント境界域**を中心に高分解能二次元・**三次元調査**を実施する。
- (アクション2) **千島海溝、日本海溝・伊豆小笠原海溝会合部**：海洋プレート沈み込み帯およびアウターライズ地震発生域における**2次元広域地震探査**、および地震観測を実施する
- (アクション3) 沿岸域地震発生帯：海洋プレート沈み込みに伴う陸側プレート変形である**沿岸域の震源断層分布の把握** (3次元高分解能反射法地震探査)
- (アクション4) 解析手法の高度化による既存データの統合解析の推進、および環太平洋域地震発生帯研究の推進

### 研究概要

海底広域研究船「かいめい」3次元地震探査システムを導入

①南海トラフ地震発生帯の大規模3次元調査

②千島・日本・伊豆小笠原海溝広域2次元調査

③沿岸域震源断層調査

④既存データ統合解析、環太平洋域地震発生帯研究

様々な滑り様式を規定する構造要因の抽出

海溝域大局構造把握、アウターライズ震源断層の同定

沿岸域海底震源断層の同定

**構造モデルの高度化**

データ処理・解析研究

データ処理・解析研究

データ処理・解析研究

## ②-1 海域地震発生帯の構造・物性・活動履歴調査：地下構造調査



7～10年後の到達点

南海トラフ微動発生域3D構造、千島・房総大局的2D構造などを取り込んだ階層的列島モデル

項目	H31	H32	H33	H34	H35	H36	H37
①南海トラフ地震発生帯 大規模3次元調査	※海況・天候によって、実施する海域は変更する可能性がある						
	南海トラフ特徴的な滑り様式を規定する構造要因						
②千島・日本・伊豆小笠原海溝広域2次元調査	紀伊半島沖	日向灘		熊野灘		紀伊水道	
	千島海溝全域、日本海溝・伊豆小笠原海溝会合部の大局的構造						
③沿岸域震源断層調査	千島根室沖	千島十勝沖		房総沖・相模トラフ		房総沖・日本-伊豆小笠原海溝	
	沿岸域の浅部震源断層三次元構造						
④-1 既存データ統合解析	別府湾	駿河湾	相模湾	房総沖		日本海	
	海域プレート形状			海域プレート境界物性			
④-2 環太平洋域地震発生帯研究	海外プロジェクトとの連携						

地震本部：長期評価、強震動評価、活断層評価

## ②-2 海域地震発生帯の構造・物性・活動履歴調査：震源断層物質



### 目的

- (背景)、プレート境界断層の物質特性の変化は、多様な地震すべり様式を規定する主要な要因の一つである。したがって、様々な沈み込み帯の各深度における地質物質の産状とその物理・化学特性を把握することが必要である。
- (目的) プレート境界の多様な地震すべり様式を規定する物質的要因の解明：**プレート境界の地質物質**から地震発生帯力学モデルに組み込むことができるパラメータを取得し、**実在する物質特性を反映させた**より現実的な地震・津波シミュレーションの実現に貢献する。
- (アクション1) 海域・陸域の掘削試料から**多様な地震断層すべりの痕跡を様々なスケールで観察し**、沈み込み帯表層～深部の各環境における地質物質変化と変形プロセスを把握する。
- (アクション2) 現実的な変形・反応環境場を再現できる機器を開発。抽出した変形プロセスを**実験的に再現してその物理化学素過程をモデル化**する。
- (アクション3) 地質資料を用いた実験によって得られた結果と地下構造探査データを統合し、**沈み込み帯力学モデルに取り込むための広域化**を図る。

### 研究概要

①地質(構造・変形プロセスの観察、解明)



②実験(物理特性、変形プロセスの解明)

物理・物性モデルの高度化  
(力学・水理学・化学反応)

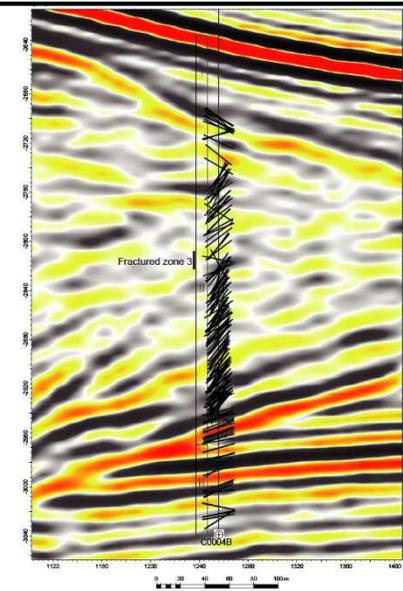
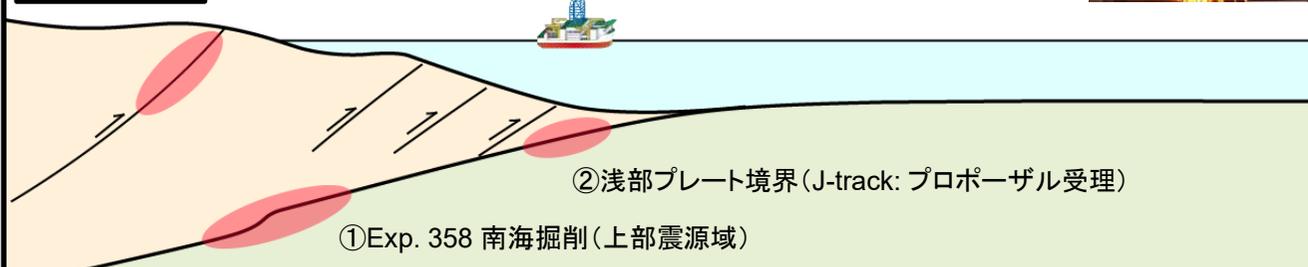
③物質科学と構造探査データの統合



地質資料による摩擦実験

掘削(対象)

③陸域断層(房総・四万十帯)



## ②-2 海域地震発生帯の構造・物性・活動履歴調査：震源断層物質



7～10年後の到達点

南海掘削、日本海溝掘削試料に基づくプレート境界摩擦パラメータ取得

項目	H31	H32	H33	H34	H35	H36	H37
掘削（対象）	海域掘削			→			
	南海深部掘削試料			日本海溝JTRACK試料			
①地質：沈み込み帯の異なる環境下の变形機構の把握	陸域掘削			種子島OST		紀伊半島OST	
	房総OST、MTD						
②実験：現位置環境を再現できる試験機開発・変形再現	海域：南海、陸域：房総・種子島			海域：日本海溝JTRACK、陸域：種子島・紀伊半島			
	南海試料の透水・摩擦試験			JTRACK・陸上掘削試料の透水・摩擦試験			
③物質科学と広域構造探査の融合	深部環境を再現する試験機開発			深部環境下の变形機構の把握			
	手法開発・試験			既存掘削、物理データに適用			

地震本部：長期評価、強震動評価

## ②-3 海域地震発生帯の構造・物性・活動履歴調査：地震履歴



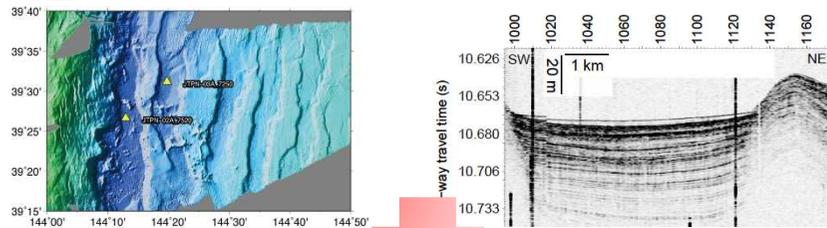
### 目的

- (背景) 沈み込み帯巨大地震の発生は低頻度であるため、長期予測に必要な繰り返しや、発生海域の広がりについて情報が十分でなかった。しかしながら、東北沖地震震源域である海溝軸を含んだ領域で採取した堆積層サンプルから過去の巨大地震性タービダイトの記録が残されていることが明らかにされた。
- (目的) **海底堆積物から**、これまで得られなかった**地震の発生間隔や発生海域の広がり**を、古文書記録、陸上津波記録を超えた時間スケールでデータを取得し、日本の主たる沈み込み帯の地震履歴情報を網羅する。
- (アクション1) 沈み込み帯各海域で、地震性堆積物の**発達状況を詳細地形、サブボトムイメージ**で把握する。
- (アクション2) 「かいめい」のジャイアントピストンコアラ (GPC、40m) を使用し、**長尺の地震記録を取得**、またこれまで技術的にアクセスできなかった**大水深海域もカバー**することにより、**情報の空白地帯なく**取得する。

### 研究概要

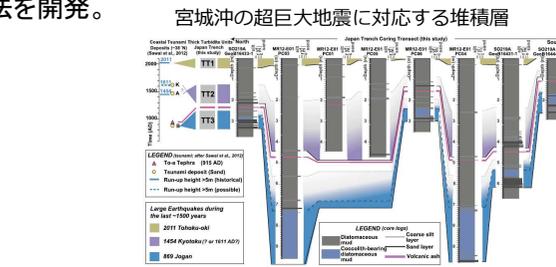
#### 事前情報による調査エリア選定

広域的な地形を参照して区分した海域で、地震性堆積物の地学的背景を把握するため、詳細地形、高解像度サブボトムイメージを取得する。



#### 試料の採取・解析

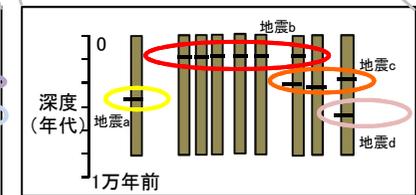
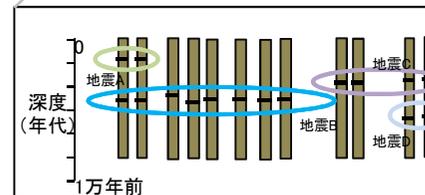
地震性堆積物の分布を把握するため40mGPCにより系統的に試料採取し、解析。地震性堆積物の詳細な年代が必要。大水深堆積物の年代を100年以内の精度で決められる手法を開発。



Ikehara et al., (2016)

#### 海溝域地震性堆積層による長期地震発生履歴情報

各海域の記録を統合し、沈み込み帯全域の地震発生時間分布を把握する。長期予測に資するデータとして提供する。



さらに歴史地震・陸上津波堆積物記録を参照することで、派生的な活用が可能か検討を進める。特に統合した海の地震記録から、**連動型地震**、**地震規模**、**遠地津波**に関する情報を抽出する。

## ②-3 海域地震発生帯の構造・物性・活動履歴調査：地震履歴



7～10年後の到達点

日本海溝、南海トラフにおける過去1万年～5万年の海溝型地震履歴

項目	H31(2019)	H32(2020)	H33(2012)	H34(2022)	H35(2023)	H36(2024)	H37(2025)
深海堆積物の採取: 海域を区分してすすめる。	かいめいGPC調査観測 ↓ 千島海溝・日本海溝			房総沖		東海・熊野灘・室戸沖	
	日本海溝	日本海溝・千島海溝	日本海溝・千島海溝 ↓ JTRACK-PaleoSeismo 日本海溝	房総沖	房総沖/東海沖	東海沖	熊野灘
深海堆積物解析: 技術的にアクセスできなかった海域の地震の高発生頻度エリアや繰り返し周期に関する新たな情報取得。	千島海溝・日本海溝試料処理・解析			房総沖・東海・熊野灘・室戸沖試料処理・解析			
			千島・日本海溝履歴取り纏め			房総・南海	履歴取り纏め

地震本部：長期評価

# ③プレート固着の現状把握・推移予測手法の開発・評価



## 目的

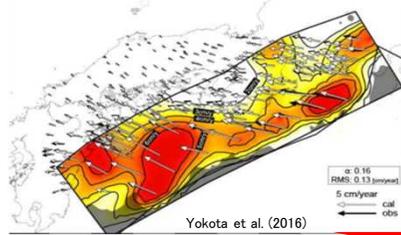
- (背景) シミュレーションベースのプレート固着の現状把握・推移予測が確立されれば、南海トラフ地震をはじめとする大地震の長期評価や南海トラフ地震関連情報の信頼性が向上する。このためには、海陸の地殻変動データからプレート境界等の地下の現状把握を可能とする、より現実的な詳細構造モデルの構築が必須である。また、プレート固着状態の推移を評価するためには、海陸の多様な観測データと地震発生帯力学モデルにもとづいた推移予測システムの構築が必須である。なお、当課題実施には、海底での連続地殻変動観測や地震発生履歴情報、および詳細構造モデルや地震発生帯力学モデル構築のための地下構造情報・物質情報、これらのモデルでの解析・計算のための数理・計算科学的知見と大型高速計算機が必須である。
- (目的) プレート固着の現状把握・推移予測手法の確立と情報発信の試行：プレート内変形も考慮した現実的な地下の詳細構造モデル（誤差を含む）を構築し、地殻変動観測データの同化にもとづくプレート境界断層の固着・すべりの現状把握を行うとともに、地震発生帯力学モデルを構築し、それを用いた推移予測手法（地震発生可能性の定量的表現を含む）を実現する。
- (アクション1) 「かいめい」による3次元構造探査や既存探査データにもとづく、震源域スケールから列島スケールまでの階層的な3次元不均質弾性・粘弾性の詳細構造モデルの構築（誤差の定量化、南海トラフ・相模トラフ・日本海溝・千島海溝等）と、そのモデルによる長周期地震動・地殻変動・津波のシミュレーション：線表(1)(2)。
- (アクション2) 海陸地殻活動データの取得・解析精度向上と固着すべり解析による現状把握・情報発信の試行、ならびに地震発生帯力学モデルの構築と不安定化評価手法の開発と推移予測の試行：線表(3)(4)。

## 研究概要

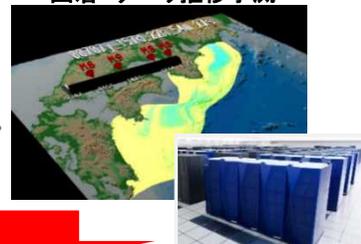
### プレート固着の現状把握・推移予測手法の開発・評価

既存調査ならびに新たな高解像度調査によって得られるより現実的な地殻構造（誤差も考慮）を取り入れた**詳細構造モデルを構築し、より高精度な地殻変動シミュレーションを実施**するとともに、**固着・すべり分布の現状把握とその推移予測手法**を開発する。

固着・すべり分布現状把握



固着・すべり推移予測



### 南海トラフ地震関連情報への対応

- M8やM7の発生⇒震源域の広がり把握、周辺のゆっくりすべり進展把握&推移の予測、壊れ残りでの地震による地震動&津波のシミュレーション
- ゆっくりすべりの発生⇒ゆっくりすべりの現状把握&推移の予測と地震に進展する可能性の評価

### 詳細構造モデルの構築と地震動・津波・地殻変動計算

階層的な構造モデル構築と不均質構造での長周期地震動・震源決定等の解析

弾性・粘弾性不均質を考慮したモデルの構築と地殻変動計算

構造の曖昧さを考慮したすべり分布の推定とすべりの不安定化評価手法の開発

### 海陸地殻活動データ取得・精度向上

海洋・気象の観測データや解析結果を取り込んだ海底地殻変動データ解析の高精度化

### ③プレート固着の現状把握・推移予測手法の開発・評価



7～10年後の到達点

南海トラフでのプレート固着の現状把握・推移予測手法の確立と情報発信の試行

項目	H31	H32	H33	H34	H35	H36	H37
(1) 詳細構造モデル構築、地震動・津波シナリオ計算	相模トラフ・千島海溝・南海トラフ・日本海溝での構造モデル構築と地震動・津波シナリオ計算				構造モデルの改善と三重会合～伊豆・小笠原での地震動・津波シナリオ計算		
(2) 詳細構造モデルでの断層形成・地殻変動計算	数理モデル構築・コード開発		詳細構造での断層形成・断層運動・地殻変動の評価		(1)の各領域モデルを用いた断層形成・断層運動・地殻変動計算		
(3) 地震発生帯力学モデルの構築とすべりの不安定化評価手法開発	地震発生帯力学モデルの構築・すべりの不安定化評価手法についての検討			地震発生帯力学モデルと不安定化評価手法の(4)への導入と力学モデル・評価手法の改善			
(4) データ同化手法の改善・実データへの適用	プレート固着の現状把握と推移予測の試行 (詳細構造モデルを順次導入)			海域地殻変動解析の高精度化、プレート固着の現状把握と(3)の導入で改善した推移予測の試行			

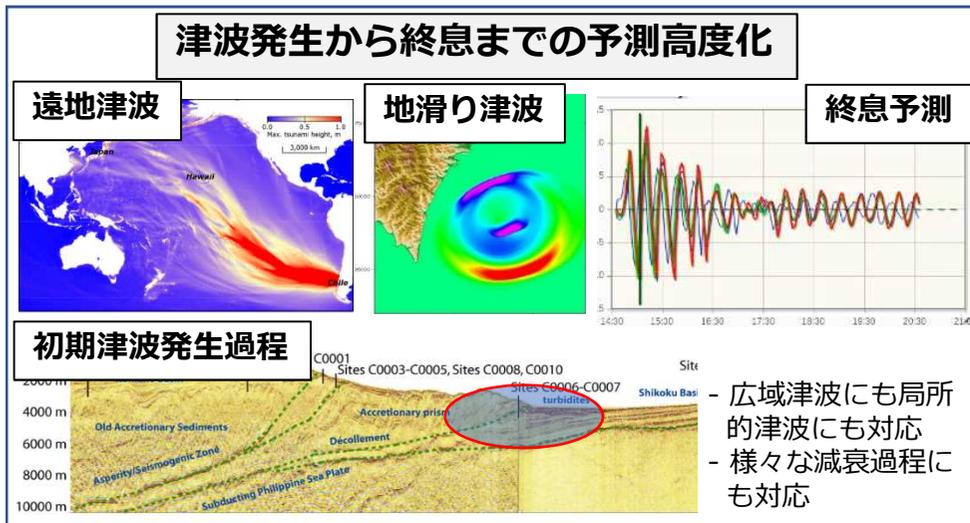
地震本部：長期評価、現状評価、強震動評価、津波評価

## 目的

- (背景) 日本列島は海溝型地震や海域活断層、海底地すべり等、様々な要因によって津波被害を受けるリスクにさらされている。これらの多様な津波現象に対応できる柔軟かつ拡張性のある次世代型津波即時予測システムが必要である。
- (目的) 津波発生から津波被害に至る一連の過程の即時予測とシステム化：様々な津波発生や津波観測プラットフォームに対応すべく、即時予測の高度化と予測多様化を実現、地域の実態に合わせた実装を行う。
- (アクション1) 水圧海域観測網、孔内観測等からの地殻変動観測情報を集約し、プレート境界型地震だけでなく遠地津波や地すべり津波などの多様な津波シナリオを考慮するとともに、初期津波生成過程や津波収束過程も取り込んで、津波発生から終息までの即時津波被害予測システムの高度化を行う。
- (アクション2) 新たな機動型津波観測プラットフォームの開発を通じ、即時津波被害予測システムと合わせたフレキシブルな社会実装を実現させる。

## 研究概要

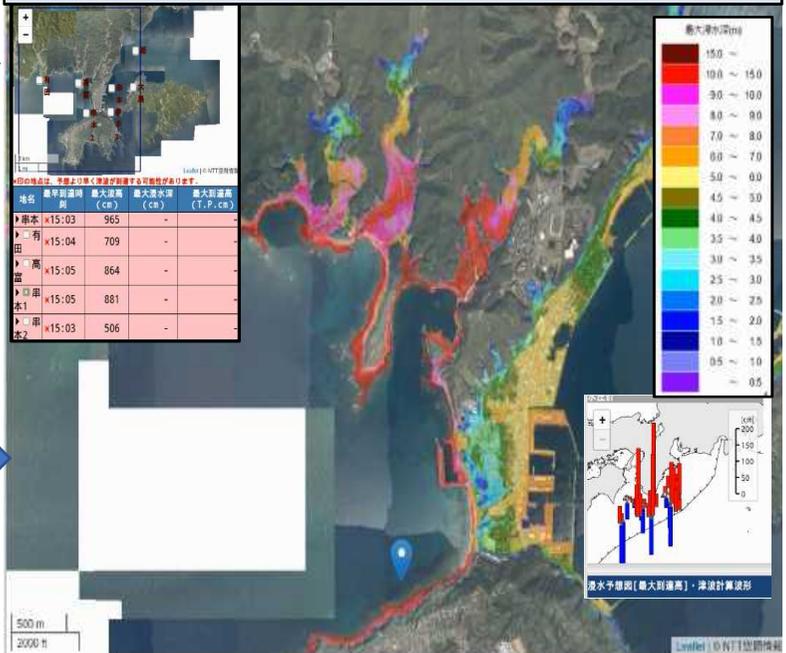
発生から収束までを予測する、次世代型即時津波被害予測システムの開発



津波現象  
実態解明  
と予測の  
高精度化

## 次世代型即時津波被害予測システム構築と社会実装

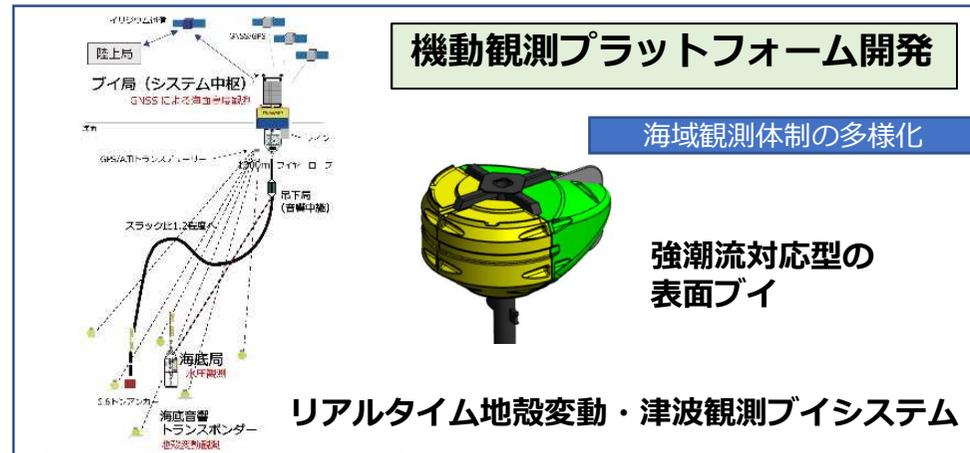
現行システム：津波の到達時刻，沿岸津波高，浸水域  
→ 次世代システム：予測内容の多様化、予測対象の広域化、多様な観測データへの対応



- ・ 家屋被害分布予測
- ・ 長期湛水分布予測
- ・ 津波瓦礫分布予測

実装先に合わせた多様な即時被害予測を実現

## 機動観測プラットフォーム開発



海域観測体制の多様化

# ④津波予測研究



7～10年後の到達点

地震時地殻変動、遠地地震、海底地すべりに対応した津波浸水予測システムの構築・実装

項目	H31	H32	H33	H34	H35	H36	H37
即時津波予測システム高度化	遠地津波シナリオ検討・検証		津波減衰過程モデリング・数値実験			多様化津波シナリオのシステム実装	
	海底地すべり面予測モデルの開発		海底地すべり津波シナリオ構築				
	初期津波発生過程の評価						
機動型津波観測プラットフォームの開発と即時伝送	次世代音響通信機器の高信頼化・検証		総合海域試験		海域実証試験・広域展開		
	機動観測プラットフォーム最適化設計・製作		データ配信システム構築		陸上局整備試験運用		
即時津波被害予測システムへの高度化	各種津波被害予測手法開発		地殻変動データを活用する長期湛水予測手法開発		システム実装地域に向けた課題抽出と実運用最適化		

地震本部：津波評価、津波早期検知