

海底ケーブル観測によるリアルタイム連続地殻活動観測の成果と今後への期待

堀 高峰
 国立研究開発法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC)
 海域地震火山部門
 地震津波予測研究開発センター

南海トラフ地震の発生に伴い、南緯から四国・九州にかけて極めて広い範囲で激しい揺れが生じるおそれがあります。特に沿海岸では津波による甚大な被害が生じる可能性があります。大きな被害が見込まれる地域では、南海トラフ地震に備える必要があります。

南海トラフ地震で大きな被害が見込まれる地域
 南海トラフ地震 想定被害地域

指定基準の概要
 震度4以上の地域
 震度3以上の地域
 震度2以上の地域
 震度1以上の地域
 震度0以上の地域
 震度0以上の地域

南海トラフ地震が発生したら・・・

地震発生 揺れを感じたらまず身を守る行動を

家庭で 揺れを感じたら机の下やテーブルの下、壁際や柱の間に身を隠す。揺れが収まるまで伏せ続ける。

野外で ブロック塀や電柱、自動販売機など、揺れれば倒れるものに近づかない。倒れる危険なものは、揺れが収まるまで離れる。

車中で 揺れを感じたら、道路の端やガードレール沿いに車を止める。揺れが収まるまで車を止めたまま待てる。

地震は一度では終わらないかも
 時間差で発生する巨大地震

南海トラフ巨大地震の想定震源域

過去の地震

- 1944年 震度9.6 昭和東海地震
- 1946年 震度8.2 昭和南海地震
- 1954年 震度8.7 昭和伊豆半島地震
- 1968年 震度8.4 昭和東南海地震

内閣府・気象庁リーフレット

時間差で発生する巨大地震に備えよう～南海トラフ地震臨時情報～

南海トラフ地震の発生可能性の過剰と比べて相対的に高まったと評価された場合に緊急情報が「南海トラフ地震臨時情報」が発せられます。

- 南海トラフ地震の発生可能性の過剰と比べて相対的に高まったと評価された場合に緊急情報が「南海トラフ地震臨時情報」が発せられます。
- 政府や地方公共団体などから呼びかけ等に応じた防災対応をとりましょう。

地震発生後の防災対応の流れ

南海トラフの想定震源域は、その範囲でM6.8以上の地震が発生する可能性が非常に高い。南海トラフの想定震源域のプレート境界で、震度4以上の地震が発生した場合、南海トラフ地震臨時情報(調査中)が発せられる。

発生時

- 発生時: 臨時情報が発せられたら、防災対応をとる必要がある。震度4以上の地震発生時は、揺れが収まるまで伏せ続ける。震度4未満の場合は、揺れが収まるまで伏せ続ける。震度4未満の場合は、揺れが収まるまで伏せ続ける。

発生後

- 発生後: 南海トラフ地震臨時情報(調査中)が発せられたら、防災対応をとる必要がある。震度4以上の地震発生時は、揺れが収まるまで伏せ続ける。震度4未満の場合は、揺れが収まるまで伏せ続ける。震度4未満の場合は、揺れが収まるまで伏せ続ける。

まず何が起きたのか・起きているのか？

地震の場合

- プレート境界地震？
- M8以上？
- 断層すべりの広がり？

ゆっくりすべりの場合

- 断層すべりの広がり？
- 数日～数週間にわたって推移を追いかける

震源域のほとんどが海底

海底リアルタイム観測が必要！

DONET: 地震・津波観測監視システム

2016年DONETの開発・構築を完了し、NIEDに運用移管した。南海トラフ地震発生帯の想定震源域においてリアルタイム長期連続観測を開始した。観測データは、気象庁の他、地方自治体や電力会社などに配信され、緊急地震速報、即時津波予測システムなどに活用されている。

DONET1

- ✓ 2011年8月運用開始
- ✓ 観測点: 22
- ✓ 長期孔内観測システム: 3
- ✓ 海底ケーブル長: 320km

DONET2

- ✓ 2016年3月運用開始
- ✓ 観測点: 29
- ✓ 海底ケーブル長: 500km

観測センサー

- ✓ 強震計
- ✓ 広帯域地震計
- ✓ 圧力計
- ✓ 精密温度計

DONETの特徴

- ✓ **高信頼性**: 基幹ケーブルシステムは、信頼性の高い通信海底ケーブル技術を基に開発
- ✓ **冗長構成**: 2系統のデータ伝送路と給電路を備え、部分的な障害に対して耐力のあるシステム設計
- ✓ **置換機能**: 観測装置は、ROVにより交換、整備、更新等が可能

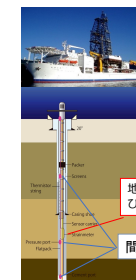
プレート沈み込みに伴う地殻変動観測のための長期孔内観測システムの設置

1. 「ちきゅう」による長期孔内観測センサーの設置

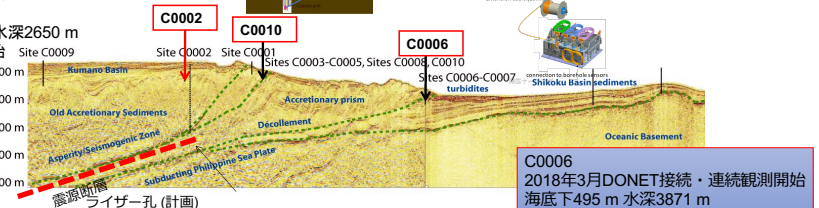


C0002: 海底下980m, 水深1938m
2013年観測開始

C0010: 海底下650m, 水深2650m
2016年観測開始



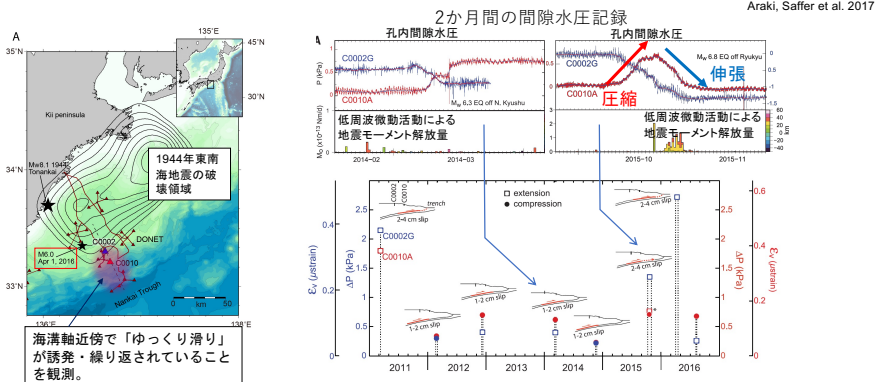
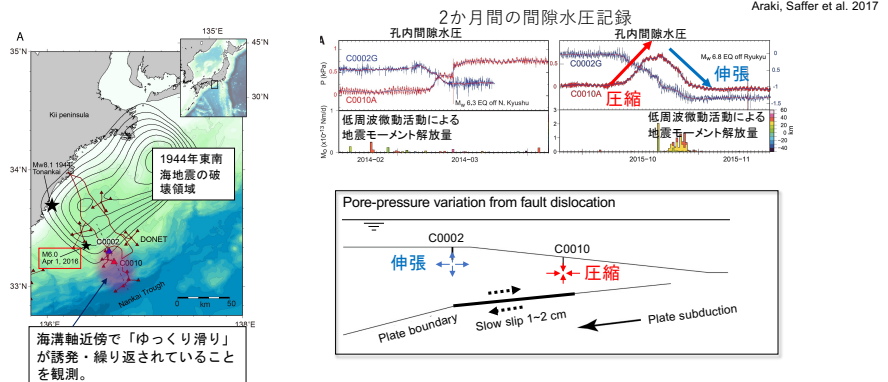
2. 「ハイパードルフィン」によるDONETへの接続



C0006
2018年3月DONET接続・連続観測開始
海底下495m 水深3871m

南海トラフ巨大地震発生帯の海溝軸近傍で誘発・繰り返す「ゆっくり滑り」を観測

南海トラフ巨大地震発生帯の海溝軸近傍で誘発・繰り返す「ゆっくり滑り」を観測



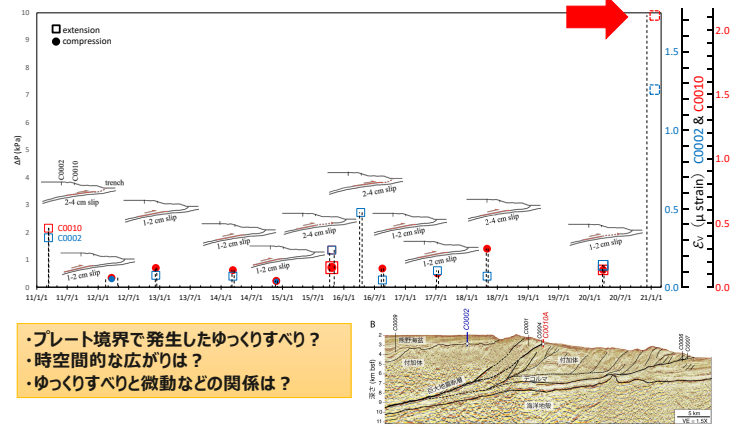
これらの「ゆっくり滑り」によって解放される歪(ひずみ)は、海洋プレートの沈み込みによって発生する歪の30~55%に相当する。

地震本部地震調査委員会、気象庁南海トラフ地震検討会で定例報告

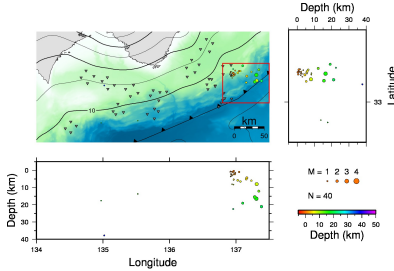
陸上観測網では捉えられないプレート境界浅部の動きをリアルタイム把握

2020/12-2021/02 : 長期孔内観測開始以来最大のゆっくりした変動

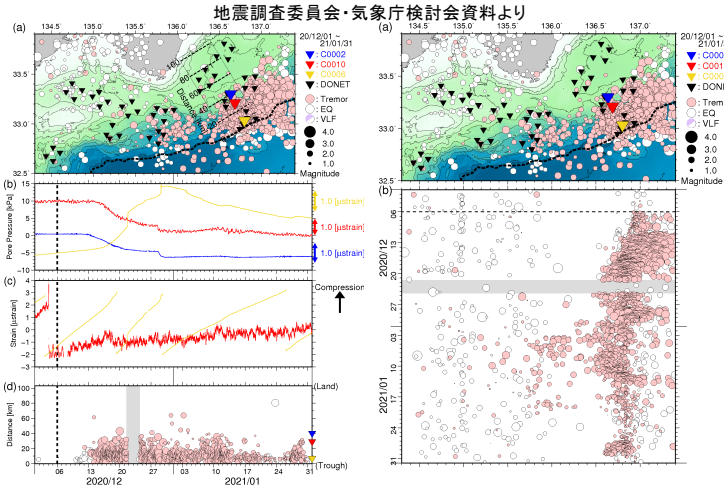
2020年12月6日の時点で、間隙圧およびDONET地震計から南海トラフ軸付近の動きを捉えて気象庁・地震調査委員会に速報資料を送付。(この時点で陸の観測では捉えられていなかった)



- 12/10の速報資料からの抜粋
- 2020年12/6 21時頃からDONET1 B-node およびその東側で超低周波地震が活発化(現在も継続中)
 - 12/9以降、C0002の間隙圧にも変化が出ている可能性



2020/12-2021/02 : 長期孔内観測開始以来最大のゆっくりした変動



南海トラフ地震の発生に伴い、南緯から西緯・九州にかけて極めて長い範囲で新しい現象が生じている可能性があります。特に沿断層では津波による大きな隆起が生じる可能性があります。大きな隆起が見込まれる地域では、南海トラフ地震に備える必要があります。

南海トラフ地震で大きな被害が見込まれる地域

指定基準の概要

南海トラフ地震が発生したら・・・

地震は一度では終わらないかも

1 震源域で発生を待てる

2 断層帯で発生を待てる

3 断層帯の発生に注意しながら通常の生活を送る。

内閣府・気象庁リーフレット

時間差で発生する巨大地震に備えよう ～南海トラフ地震臨時情報～

南海トラフ地震の発生可能性の過小と比べて絶対的に高まったと評価された場合に発令が「南海トラフ地震臨時情報」が発せられます。

地震発生後の防災対応の流れ

発生後

1 臨時情報が発令された場合

2 臨時情報が発令された場合

3 臨時情報が発令された場合

まず何が起きたのか・起きているのか？

地震の場合

- ・プレート境界地震？
- ・M8以上？
- ・断層すべりの広がり？

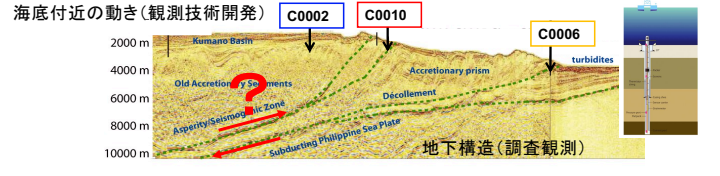
ゆっくりすべりの場合

- ・断層すべりの広がり？
- ・数日～数週間にとわたって推移を追いかける

震源域のほとんどが海底

海底リアルタイム観測が必要！

現状把握・推移予測・モデル構築のための手法開発



海底の動きから地下の動き(プレートの固着・すべり)をリアルタイム(逐次的)に現状把握し、その少し先を予測するための道具作りと適用

現行の地殻変動データ解析手法の問題点

物理モデルの不確かさや観測誤差による推定結果の不確かさの定量的評価ができない

推移予測:リアルタイム(逐次的)に現状把握した結果を粘弾性&断層すべりモデルに入力

- 地下構造モデル情報の不確かさ
 - 媒質の物性
 - 弾性定数・粘性係数
 - 非線形性等.
 - 構造不連続面の形状
 - プレート境界面
 - モホ面etc.

海底地殻変動の観測誤差を考慮した手法開発

- Murakami et al., 2021, Frontier

地下構造モデルの不確かさ(100kmスケール)を考慮したすべり遅れ推定手法開発

- Agata et al., 2021, GJI

まず何が起きたのか・起きているのか？

地震の場合

- ・プレート境界地震？
- ・M8以上？
- ・断層すべりの広がり？

ゆっくりすべりの場合

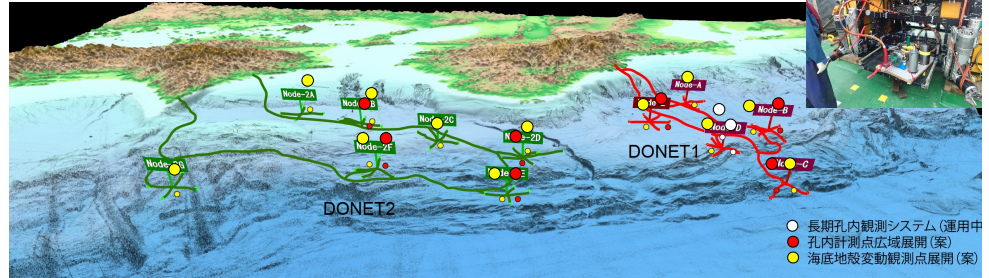
- ・断層すべりの広がり？
- ・数日～数週間にとわたって推移を追いかける

震源域のほとんどが海底

海底リアルタイム観測が必要！

現状把握・推移予測のためのデータ解析手法開発

南海トラフ地震：発生直後に震源域の広がりを捉えるために



DONET: 連続リアルタイム海底地震・津波観測網

- 強震計&水圧計により、発生直後(2時間以内)にプレート境界地震か?震源域の広がりは?に答えられるように: 今後5年以内 (海底地形&3次元地下構造の考慮)
- 曖昧さを考慮した固着・すべりの現状把握と推移予測の試行

南海トラフ地震： 「通常と異なる現象（ゆっくりすべり）」を捉えるために



● 連続リアルタイム海底地殻変動観測網構築 & 現状把握・推移予測へ

- 孔内観測装置展開（現在は熊野沖3点のみ）& DONET接続
- 水圧計現場校正によりDONET津波計を地殻変動観測網に
- 掘削孔内傾斜や海底歪観測、広帯域地震観測での光ファイバー等を活用した新規技術開発

今後5年以内に広域（四国～九州も）展開

時間差で発生する巨大地震に備えよう
～南海トラフ地震臨時情報～

地震発生後の防災対応の流れ

南海トラフ地震が発生したら・・・

巨大地震の発生可能性が普段より高いことを海底リアルタイム観測&現状把握・推移予測で示す

揺れや津波への普段からの備えのレベルを上げてもらえるように

南海トラフ地震の発生に伴い、四国から四国・九州にかけて備えて広い範囲で難しい対策が生じるおそれがあります。特に沿岸部では津波による大きな被害が生じる可能性があります。大きな被害が見込まれる地域では、南海トラフ地震に備える必要があります。

南海トラフ地震で大きな被害が見込まれる地域

指定基準の概要

南海トラフ地震が発生したら・・・

巨大地震の発生可能性が普段より高いことを海底リアルタイム観測&現状把握・推移予測で示す

揺れや津波への普段からの備えのレベルを上げてもらえるように

地震・津波に「備えておいて良かった」という人を増やしていきたい

まず何が起きたのか・起きているのか？

地震の場合

- プレート境界地震？
- M8以上？
- 断層すべりの広がり？

ゆっくりすべりの場合

- 断層すべりの広がり？
- 数日～数週間にわたって推移を追いかける

震源域のほとんどが海底

海底リアルタイム観測が必要！

現状把握・推移予測のためのデータ解析手法開発