

研究プロフィールシート（終了時評価）

研究課題名：沖縄地方の低周波地震の震源決定と発生状況等の調査

研究期間：令和2年度～令和3年度

研究費総額：200,000円（令和2年度100,000円、令和3年度100,000円）

研究代表者：水岸研二（沖縄気象台地震火山課 主任技術専門官）R2年度

崎原裕和（沖縄気象台地震火山課 主任技術専門官）R3年度

研究担当者：川門義治（沖縄気象台地震火山課 地震津波防災官）R2年度

崎濱秀晴（沖縄気象台地震火山課 地震津波防災官）R3年度

古謝秀和（沖縄気象台地震火山課 津波防災係長）R2～R3年度

松代崇（沖縄気象台地震火山課 地震活動調査係長）R3年度

溜渕功史（気象研究所地震津波研究部第二研究室）R2～R3年度

1. 研究の背景・意義 ※現状、問題点、研究の必要性及び緊急性についても記載

現在、気象庁では南海トラフ沿いの深部低周波地震やゆっくりすべりの監視を行い、南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会等の検討に利用している。また近年、南海トラフ沿いだけでなく、東北地方の日本海溝沿いなどでプレート境界の浅部で発生する浅部低周波地震（微動）やゆっくりすべりの研究が盛んに行われている。

しかし、沖縄地方のプレート境界付近で発生するゆっくりすべりや低周波地震活動については、振幅が小さいために気象庁では決定できていない状況である。琉球大学の中村教授は、気象庁の地震波形データを用いて、沖縄地方の低周波地震の震源を自動で決定し、研究材料として利用している。しかし、その事例は限られており、巨大地震を発生させるような固着域の有無は解明されていない。

当台では、令和元年度の地震火山部地震火山技術検討会の調査において、繰り返し相似地震の発生場所と中村教授が決定した低周波地震の発生場所が異なることなどを報告した。

このように、沖縄地方のプレート境界の固着状態を把握するための一つの方法として、低周波地震の活動状況を明らかにすることは重要である。そのためには、低周波地震の震源を自動で決定し、通常地震やゆっくりすべりとの発生場所の関係をさらに調査する必要がある。以上のことから、地方共同研究を提案する。

2. 研究の目的

低周波地震を自動で検出し、低周波地震と通常地震やゆっくりすべり地震との発生場所を明らかにすることにより、沖縄地方のプレート境界の固着状況解明に繋げることを目的とする。

3. 研究の目標

- ・既存の浅部低周波地震の検出プログラムの環境を用いて沖縄地方の低周波地震の震

源決定を行い、低周波地震の発生頻度、発生場所を確認する。

- ・繰り返し相似地震やゆっくりすべりと低周波地震の発生場所を比較する。
- ・低周波地震、ゆっくりすべり、繰り返し相似地震の活動状況の取りまとめを行う。

4. 研究成果

(1) 成果の概要

- ・既存の浅部低周波地震の検出プログラムの環境構築のため、2020年6月頃に端末を購入し、地震火山部ネットワークと接続できるよう設定した。これにより、気象研究所整備のサーバにアクセスし、リアルタイムに処理結果を確認することができるようになった。
- ・浅部低周波地震の検出プログラムについて、1年目においては南海トラフの海底地震観測で設定しているパラメータ（バンドパスフィルタ 2-8Hz）を流用したところ、2020年4月から2021年3月の間で2020年4月の1事例の検出にとどまった。そのため、実際に低周波地震の活動がなかったのか、検出条件によるものかを調査するため、琉球大学の中村教授の低周波地震リストと比較した。その結果、2020年4月はいずれでも検出されたが、2020年6月など検出数に差があることがわかった。
- ・事例を蓄積するため、琉球大学の中村教授の低周波地震リストにある時刻を基に、2016年、2018年、2020年から2021年6月の期間について低周波地震波形の目視による確認および検測を行った。その結果、低周波地震リストにある1010個に対して、低周波地震波形を27個確認し、そのうち検測により17個の震源を決定することができた。低周波地震リストの中には2020年6月頃の沖縄トラフの地震活動によるものが含まれていることがわかった。
- ・蓄積した事例を基に、浅部低周波地震の検出パラメータの調整を行うため、2020年4月3日、6月25日に発生した低周波地震の事例に対してスペクトル解析を行い、卓越周期の確認を行った。その結果、4月3日の事例では低周波地震の卓越周期は1-10Hzで、南海トラフにおける低周波地震と卓越周期はほぼ同じであることがわかった。6月25日の事例ではどの周波数でも定常ノイズとほぼ同じであったことから、バンドパスフィルタの周波数パラメータの調整のみによる改善は見込めないことがわかった。
- ・低周波地震、通常地震、ゆっくりすべり、繰り返し相似地震の活動状況をまとめるため、本研究で決定した低周波地震の震源を用いて検証するには数が少ないことから、比較には琉球大学の中村教授の低周波地震データを用いることとした。また、通常地震についてはプレート境界で発生していると考えられる逆断層型の地震の発生場所、繰り返し相似地震については令和2年までに沖縄気象台で調査した発生場所、ゆっくりすべりについては、西村（2019, 第222回地震予知連絡会資料）「GNSS データから推定された南西諸島の短期的スロースリップイベント」から引用して、それぞれの地震発生場所を比較した。その結果、スロー地震（低周波地震、ゆっくりすべり）と普通の地震（通常地震、繰り返し相似地震）は、発生場所が重ならないようであることを確認した。ただし、波照間島付近では、低周波地震と繰り返し相似地震が近接して発生していることから、両者の地震活動経過図を確認したところ、M4程度の地震の前後に低周波地震が発生して

いる事例があったが、相互の地震への関連は明瞭ではなかった。

- ・既存の低周波地震検出プログラムでは2020年4月3日の1事例の検出で、既存手法のパラメータチューニングによる検出数の向上が困難であった。そこで、既存のエンベロープ相関法に加えて、最大振幅を同時に考慮した自動震源決定手法（ハイブリッド法）を気象研究所で新たに開発し、先島諸島の地震波形に適用した。その結果、2016年5月に66個、2020年4月、6月に32個、それぞれ低周波地震の候補を検出することができた。

(2) 当初計画からの変更点（研究手法の変更点等）

1年目の調査で低周波地震検出プログラムによる検出が1事例にとどまった。

これについて、実際に低周波地震の活動がなかったのか、検出条件によるものかを調査するため、琉球大学の中村教授の低周波地震リストにある時刻を基に、低周波地震波形の目視による確認および検測を行った。

(3) 成果の他の研究への波及状況

なし

(4) 事前・中間評価の結果の研究への反映状況

事前評価の結果では、地方の方が地震波形を解析する力を涵養できるようにすることに留意して進めるよう指摘があった。また、1年目の調査で低周波地震を1事例しか検出できなかった点については、活動がなかったのか、あるいは検知能力の限界なのかといった点も踏まえることや過去の地震波の利用ができないか検討してはどうかというコメントがあった。

そのため、沖縄地方で発生する低周波地震の検測作業を通じた実波形の確認を琉球大学の中村教授の低周波地震リストを基に行った。また、低周波地震波形のスペクトル解析による周波数特性を確認することで、地域的な特徴があるのかを調査した。

(5) 今後の課題

- ・沖縄地方の低周波地震の特性に基づく検出条件や手法を検討する。
- ・繰り返し相似地震、低周波地震、ゆっくりすべりについて、より事例を蓄積して相互関係を調査する必要がある。

5. 自己点検

(1) 到達目標に対する達成度

成果の概要の各項目については、既存の浅部低周波地震の検出プログラムによる自動検出は困難だったが、琉球大学と連携してカタログを整理することで、当初の目的はおおむね達成できたと考える。既存の浅部低周波地震の検出プログラムの環境を用いて、沖縄地方の低周波地震の震源を自動で検出する数を増やすことが難しく、また、検測による低周波地震の震源決定についても容易ではなかった。

(2) 到達目標の設定の妥当性

低周波地震の検出数は少ないものの、低周波地震に関する知見の蓄積を行う上では、本研究の目標設定としては妥当であったと考える。

(3) 研究の効率性（実施体制、研究手法等）について

・Microsoft Teams を利用することにより、気象研究所と沖縄気象台の研究担当者間における連絡や研究内容に関する議論を容易かつ迅速に行うことができた。

・地震火山部ネットワークを介して気象研究所整備のサーバにアクセスすることにより、リアルタイムに処理結果を確認することができ、効率的に研究を実施できた。

(4) 成果の施策への活用・学術的意義

事例は少ないが、現状の地震観測環境で観測可能な沖縄地方の低周波地震データの発生場所を確認できた。本研究は、今後の沖縄地方における低周波地震に関する研究の基礎資料になると考えられ、また、地震中枢（東京、大阪）での将来の検測業務等への展開につながると考える。

(5) 総合評価

沖縄地方における低周波地震の検測作業による実波形の確認や低周波地震波形のスペクトル解析を行うことにより、観測される低周波地震の振幅が小さく定常ノイズに埋もれている事例が見られ、既存の低周波地震検出プログラムによる自動検出が難しいことがわかった。また、通常地震や繰り返し相似地震やゆっくりすべりとの発生場所を比較した結果、スロー地震（低周波地震、ゆっくりすべり）と普通の地震（通常地震、繰り返し相似地震）は、発生場所が重ならないようであることを確認したが、相互の地震への関連性についてはわからなかった。

本研究は、沖縄地方のプレート境界で発生する地震に関しての調査研究の基礎資料になると考えられることや、沖縄職員の技術向上に資することができたことから、この研究を行う意義はあったと考える。

6. 参考資料

6.1 研究成果リスト

(1) 査読論文

なし

(2) 査読論文以外の著作物（翻訳、著書、解説）

・水岸研二・古謝秀和・川門義治・城間康司、野田真彦，沖縄地方の低周波地震の震源決定と発生状況等の調査，令和2年度沖縄技術ノート，沖縄気象台

・崎原裕和・古謝秀和・崎濱秀晴・城間康司・松代崇，沖縄地方の低周波地震の震源決定と発生状況等の調査，令和3年度沖縄技術ノート，沖縄気象台

(3) 学会等発表

ア. 口頭発表

・国際的な会議・学会等

なし

・国内の会議・学会等

水岸研二・古謝秀和・川門義治・城間康司・野田真彦（沖縄気象台），沖縄地方の低周波地震の震源決定と発生状況等の調査，令和2年度沖縄管内調査発表会，2020年11月，沖縄気象台

崎原裕和・古謝秀和・崎濱秀晴・城間康司・松代崇（沖縄気象台），沖縄地方の低周波地震の震源決定と発生状況等の調査，令和3年度沖縄管内調査発表会，

2021年11月，沖縄気象台

野田真彦・水岸研二・古謝秀和・川門義治・城間康司(沖縄気象台)・溜渕功史(気象研究所)，沖縄地方の低周波地震の震源決定と発生状況等の調査，気象庁，令和2年度地震火山技術検討会，2021年2月，東京都港区(オンライン)

崎原裕和・古謝秀和・崎濱秀晴・城間康司・松代崇(沖縄気象台)・溜渕功史(気象研究所)，沖縄地方の低周波地震の震源決定と発生状況等の調査，気象庁，令和3年度地震火山技術検討会，2022年3月，東京都港区(オンライン)

イ．ポスター発表

・国際的な会議・学会等

なし

・国内の会議・学会等

なし

6.2 報道・記事

なし

6.3 その他(4.(3)「成果の他の研究への波及状況」関連)

なし