

日奈久断層帯海域部における超高分解能三次元地震探査 (UHR3D)

— データ取得 —

菊地秀邦*, 須田茂幸 (地科研), 阿部信太郎 (産総研)

Ultra-High-Resolution 3D(UHR3D) Seismic Survey in Hinagu Fault Zone, Yatsushiro Sea, Kyushu, Japan. -Data Acquisition-

Hidekuni Kikuchi*, Shigeyuki Suda (JGI), Shintaro Abe (AIST)

Abstract: To delineate the active fault distribution, an ultra-high resolution 3D (UHR3D) seismic survey which covers 1km x 2km was carried out in Hinagu Fault Zone, Yatsushiro Sea in February 2017. In this survey, four streamer cables of "Autonomous Cable System (ACS)" developed by JGI, Inc. and a boomer source were employed. To acquire high resolution data, the ACS cables were towed at very shallow depth less than 10 cm. Since the ACS does not require cumbersome electrical cablings between the recorder and the streamers, time and labor for deploying/retrieving of streamers can be remarkably reduced. High accuracy GPS navigation system with real-time binning capability also contributed to high maneuverability of the field operation.

1. はじめに

日奈久断層帯海域延長部では、これまで、様々な機関によって音波探査を主体とした海底活断層調査がなされてきた (例えば楮原・他, 2011)。2016年に発生した熊本地震以降は、特に平成28年度の文科省による総合的な活断層調査の一環として、海上ボーリングや年代測定による活断層評価が進みつつある。阿部・他 (2017), 須田・他 (2017)は、これらの調査の一例であるが、ここではその一手法である超高分解能三次元地震探査 (UHR3D) について述べる。

従来の海底活断層調査では二次元測線を約1km~2km間隔の格子状に設定して実施されてきたが、格子状の二次元測線だけでは、測線間の断層の空間的なつながりは各測線での断層位置から推測するしかなく、横ずれ断層の変位量の推定も困難である。また、二次元地震探査では、側方への構造の傾斜が大きい場合、側方からの反射波があたかも測線直下の反射波であるかのごとく現れるので三次元構造の位置や形状を正確には表現できない問題もある。

本調査では、三次元地下構造を正しくイメージするとともに断層の走向および傾斜を空間的かつ詳細に把握するために、地科研が開発した独立型ストリーマケーブル (Autonomous Cable System : ACS), およびブーマー震源を用いた超高分解能三次元地震探査を実施した。本講演ではデータ取得手法について述べる。

2. データ取得概要

熊本県八代海の津奈木町沖海域 (図1)において2017年2月5日から調整を含めて6日間にわたり超高分解能三次元地震探査(UHR3D)を実施した。

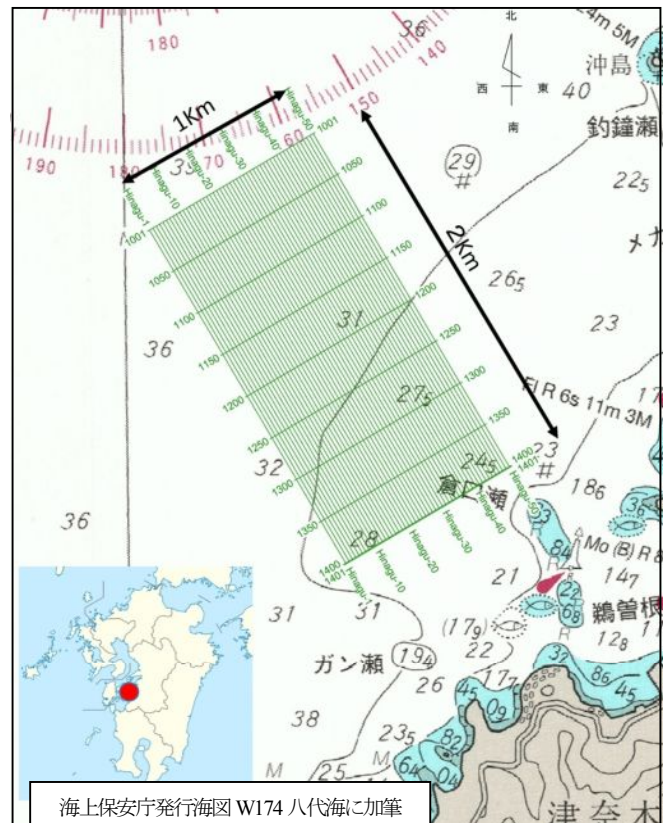


図1 調査海域図

調査海域は長さ2km、幅1km (2km²)、水深は回頭範囲を含めて約8mから約40mであった。ACSを4本曳航し、ブーマーを震源とした3D観測を実施した。観測したセイルライン数は50本、補間測線(インフィル)は10本実施した。ストリーマケーブルを曳航した観測作業は日中に行い夜間は作業を実施していない。冬季の調査であったが海況は比較的に良好で荒天待機は発生しなかった。

3. 観測システムの構成

使用した観測システム(図2)は観測船後部両舷にクレーンを設置して4本のACSを10m間隔で曳航している。ACSは独立型収録装置(図3)とアクティブセクション(図4、受振器内蔵)で構成されている。アクティブセクションは長さ80m、受振器間隔5m、チャンネル数は16chである。受振された信号はデジタル化されて収録装置へ連続的に記録される。

高周波数成分を記録するためにACSにフロートを取り付けて浮力を調整して海面下0.1m以内を曳航し、震源は高周波数成分を発生できるブーマーを用いた(図9, 10)。

ACSは観測船とは単にロープのみで繋がっており、従来のストリーマケーブルのように信号線を船上の観測室に引き込む必要がないのでケーブル投入・揚収のハンドリングは容易である。その効果は曳航するケーブル本数が増えるほど顕著になる。今回の作業では4本のケーブルを投入するのに約15分、揚収に要した時間は約10分と極めて短時間であった。

航測装置としてION Concept社のORCAを使用した(図5)。ORCAはGPSを受信して自船の位置を表示

する他に震源と各ストリーマケーブルのテールブイに装着している相対型GPS(relative GPS : rGPS)により発振点位置と受振点位置を高精度にモニターすることにより、リアルタイムに反射点分布を計算して表示することができる(図6, 7)。これにより、均一な重合数となるようなインフィルの策定が容易となる。



図3 ACSの独立型収録装置

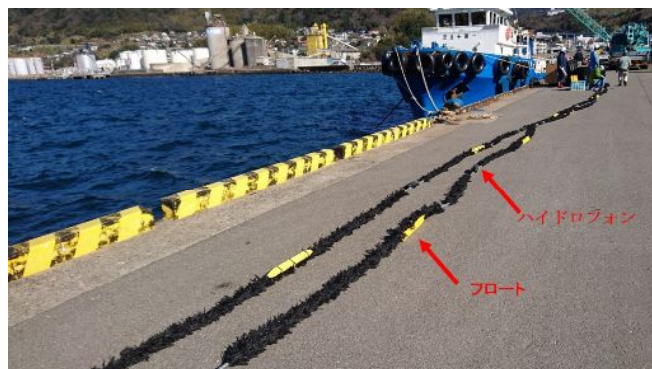


図4 岸壁で準備中のACS アクティブセクション

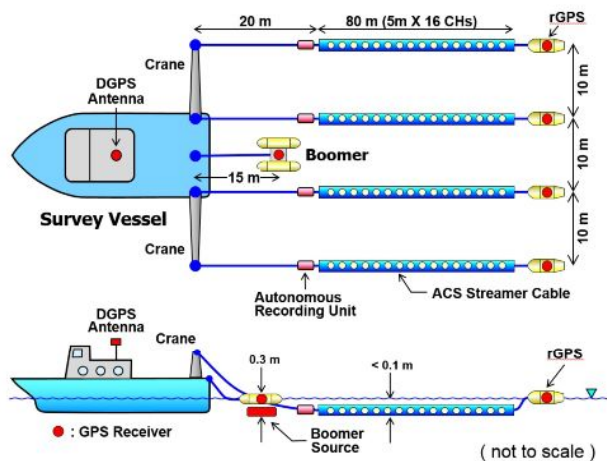


図2 観測システム構成

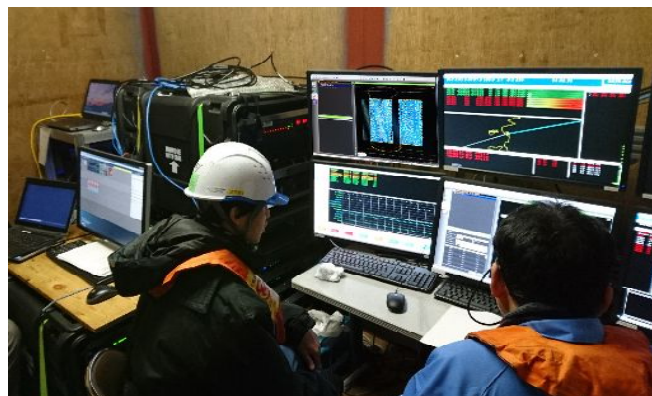


図5 観測室内風景・航測機器ORCA

スワ幅

20m/Sail Line

*記録は連続記録，切り出し作業で記録長を指定

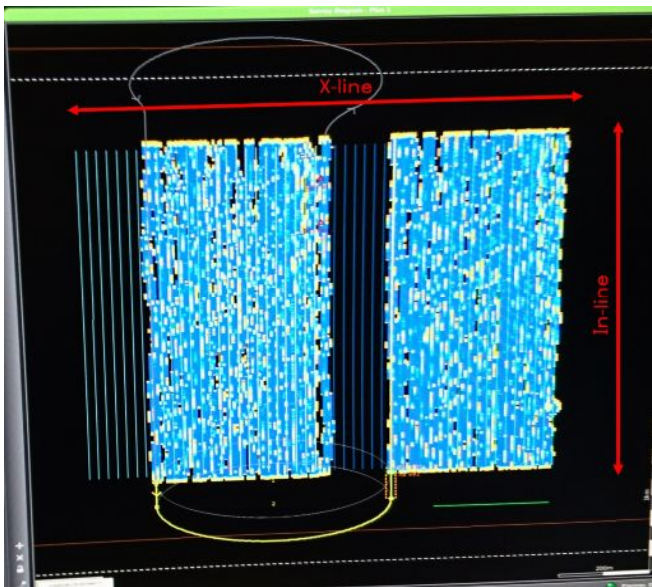


図6 航測装置 ORCA の画像例
観測3日目時点の反射点分布

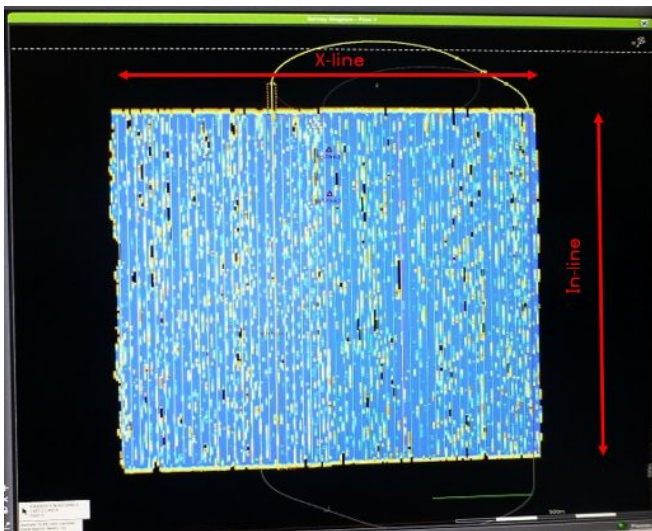


図7 航測装置 ORCA の画像例
観測最終日の反射点分布

4. データ取得仕様

観測船	第十英祥丸 188 トン
ストリーマケーブル数	4 本
ストリーマケーブル間隔	10.0m
ストリーマケーブル深度	0.1m
チャンネル数	16ch×4
発振点間隔	5.0m
ビンサイズ (InLine×XLine)	2.5m×5.0m
サンプル間隔	0.1msec
記録長	0.4sec*
震源/エネルギー	ブーマー/300J
震源深度	0.3m

5. ACS データの切り出し

ACS の特徴として、システムを起動してから連続してデータを内部に記録している。観測作業終了後に震源の発振時刻に合わせて収録装置からデータを切り出す作業が必要となる。切り出し作業は自動化されており、船上での QC 目的としてのショット記録を短時間で確認することができる (図 8)。

本調査のデータ処理に関しては別途講演予稿を参照されたい。

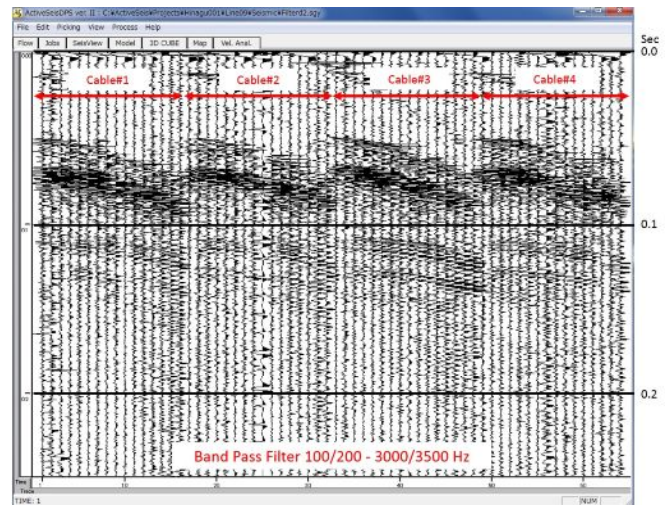


図8 切り出したショット記録例

6. おわりに

今回の三次元調査は極浅層を対象としていることからストリーマケーブルを海面付近で曳航して、震源にブーマーを用いた。従来の海底下約 1 km をターゲットとする 高分解能三次元地震探査システム (HR3D, 例えば猪野・他, 2016) と比較しても、さらに高分解能 (3kHz に達する高周波数成分) な三次元データを取得することができた。HR3D に比べさらに小型・軽量の機器を用いるため、より機動性に富むオペレーションが可能である。

また、小規模な三次元調査であっても風や潮流によりストリーマケーブルを測線に沿って直線的に曳航することは難しく、正確に地下構造を把握するにはリアルタイムに反射点分布を表示できる航測システムは必須である。

海面付近を曳航すると僅かな波浪でも受振器の位置が上下に変動するためにデータ処理の精度に影響を与える。今後は音響測位によるハードウェア的な位置測定およびソフトウェアによる補正が課題である。

参考文献

楮原京子・他(2011)：布田川・日奈久断層帯海域部における高分解能マルチチャンネル音波探査，活断層・古地震研究報告, No.11, p.273-294, 2011.
猪野滋・他(2016)：高分解能三次元反射法地震探査-SoundArray 3D- 新潟県上越沖での実施例,物理探査学会第 135 回学術講演階論文集, 117-120

阿部信太郎・他(2017)：日奈久断層海域延長部における海底活断層調査ー海上ボーリングと高分解能マルチチャンネル音波探査に基づく活動性評価ー，日本地震学会 2017 年秋季大会予稿集（準備中）
須田茂幸・他(2017)：日奈久断層海域延長部における海底活断層調査ー超高分解能三次元探査による断層性状の把握ー，日本地震学会 2017 年秋季大会予稿集（準備中）



図 9 観測船観測風景（天草を背景に陸上から撮影）

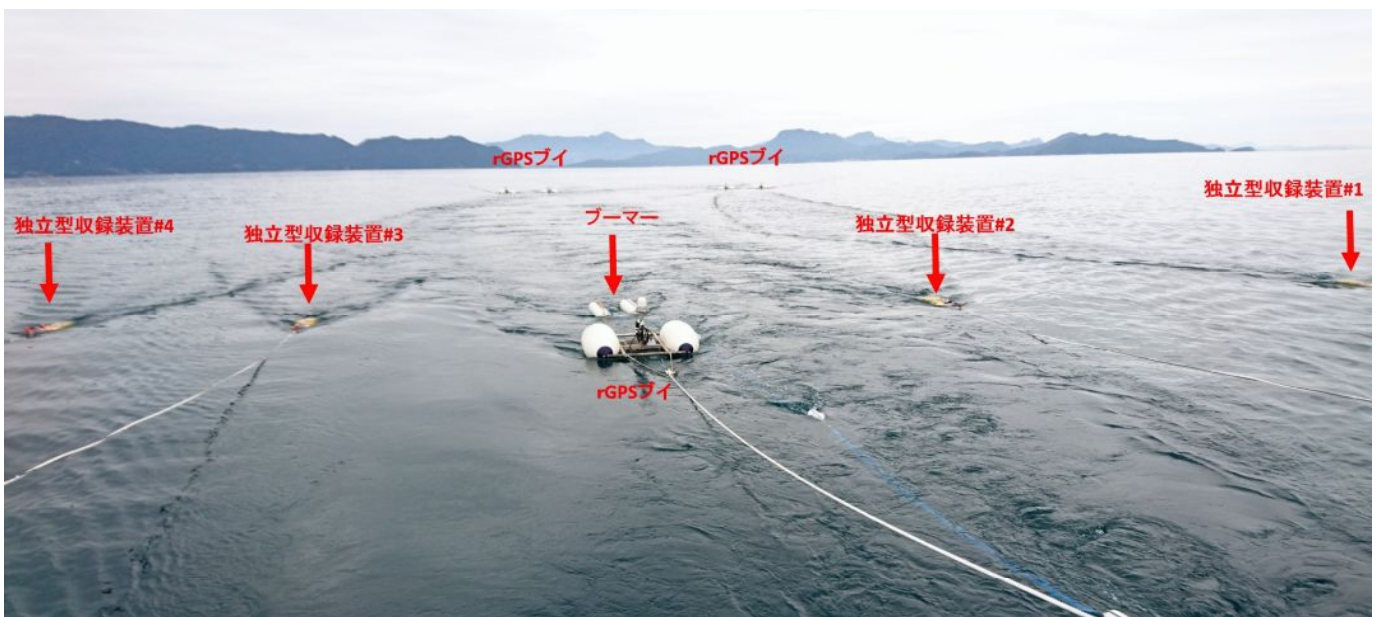


図 10 ACS 曳航状況（観測船の船尾から撮影）