

表層型メタンハイドレート賦存域の 精密地下構造探査 —丹後半島北方海域での高分解能3次元地震探査—

児玉匡史*・横田俊之*・山口和雄*・棚橋学*・浅田美穂*

本研究は、経済産業省のメタンハイドレート研究開発事業の一部として実施いたしました。
関係各位に対し、謝意を表します。

*産業技術総合研究所 地圏資源環境研究部門

目次

1. はじめに
2. データ取得
3. データ処理
4. データ解析
5. おわりに

調査目的

表層型メタンハイドレート(MH)の海洋産出試験の
実施場所の特定のために、海底下のMHの賦存状況、
地下構造に関する基礎情報が必要



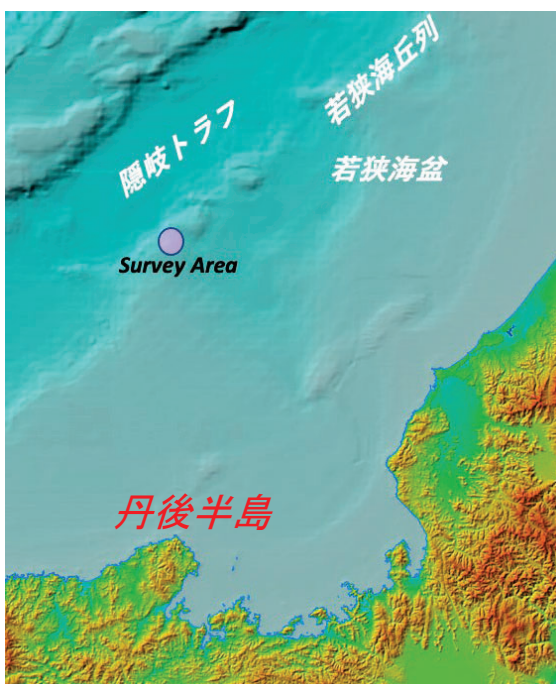
海底面下約200m～300mまでの精密地下構造把握を目的として、
丹後半島北方海域で高分解能3次元反射法地震探査(HR3D)を
実施

HR3D実施中の様子



調査エリア

丹後半島北方海域



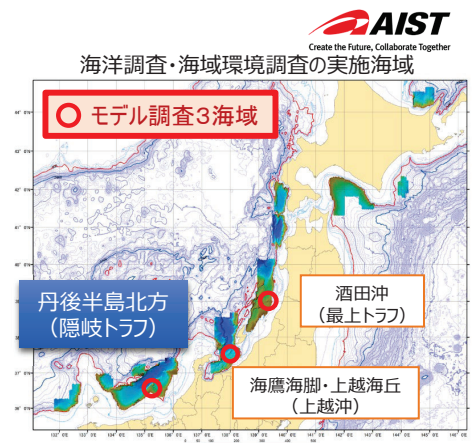
地質図Navi(地理院地図)に加筆

離岸距離
約 90 km
調査海域水深
約 700 ～1,400 m

酒田沖、上越沖と並ぶ
海洋産出試験の実施に向けた
モデル調査海域の一つ

過去の調査

- 海洋電磁探査 (CSEM)
- 掘削同時検層 (LWD)
- 掘削コア試料採取
- ROVを用いた潜航調査
- AUVを用いた音響探査 (地形・地質)



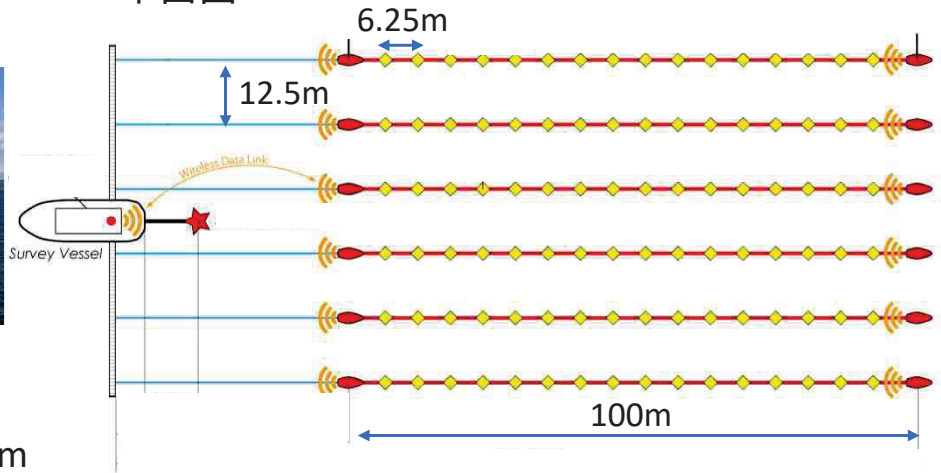
第42回メタンハイドレート開発実施検討会
(2023.11.6)資料5に加筆

2. データ取得 調査手法



調査船「かいり」
総トン数 1,951トン
船体 63m × 14m × 6.6m

平面図



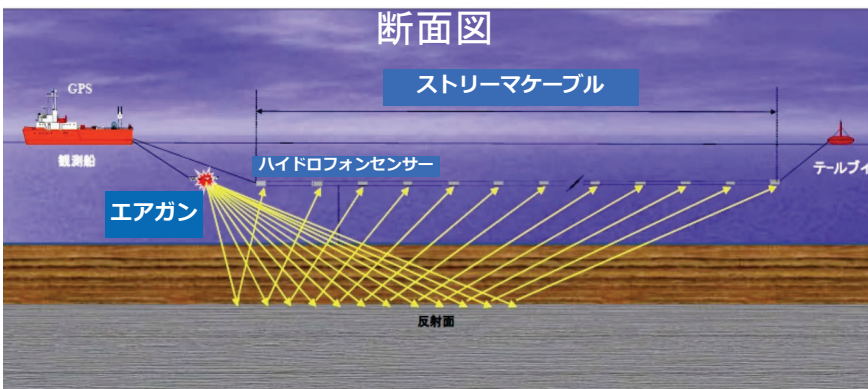
★GIガン(150cu.in.) 震源フロート



ストリーマケーブル ◆ハイドロフォンセンサー



2. データ取得 観測パラメータ(HR3D)



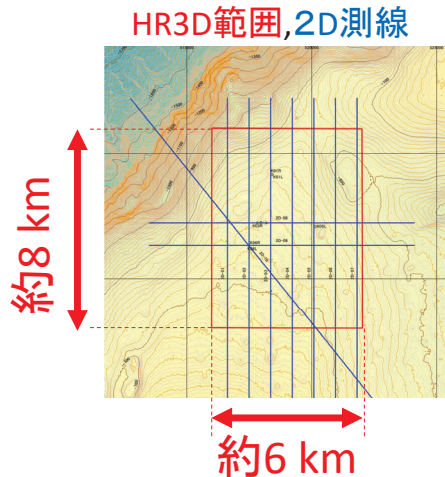
Recording	
レコード長 [s]	3
サンプリング間隔 [ms]	0.25
チャンネル数	96 (16x6)
Low cut filter [Hz]	12
High cut filter	out

震源	
ガン種類	GI-Gun
発震間隔 [m]	6.25
チャンバーサイズ [cu.in.]	150 (45+105)
ガン圧力 [psi]	2000
ガン深度 [m]	2

受振	
受振器	ストリーマケーブル
受振間隔 [m]	6.25
ケーブル間隔 [m]	12.5
最も近いチャンネルまでの距離[m]	45.4
ケーブル長 [m]	100
ケーブル深度 [m]	1.5

2. データ取得

重合数マップ

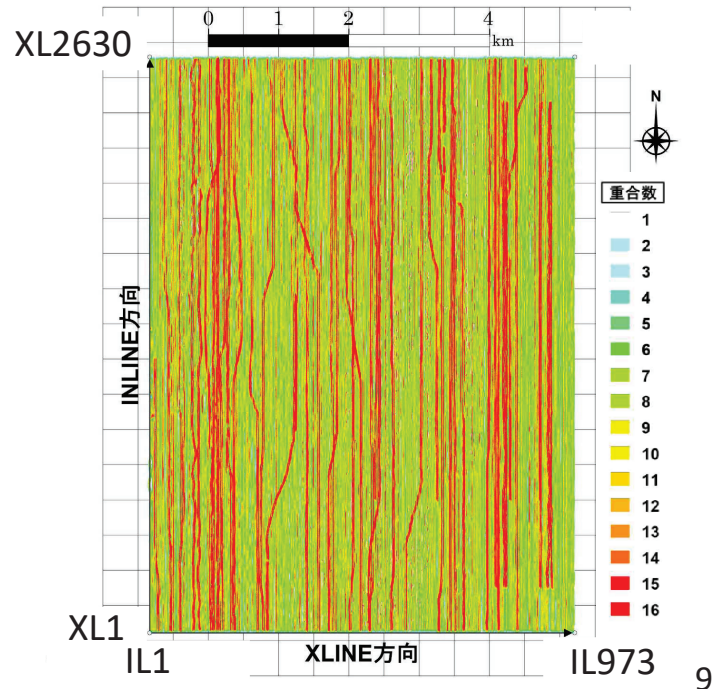


解析グリッド Bin size = 3.125(南北) × 6.25(東西) m²
データ品質を確保するため、各Binでの
重合数(共通反射点の数)は8以上

	測線本数(実績/計画)
HR3D	161/161
Infill	41/--
2D	10/10 ※速度解析のため

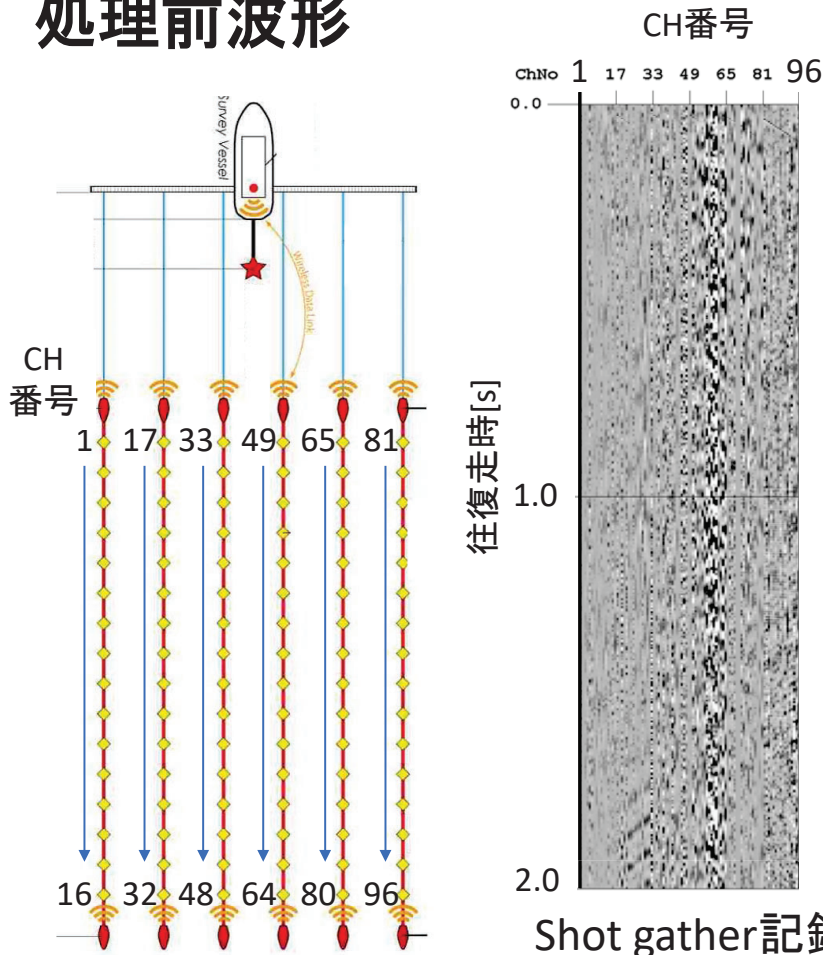
Infill

重合数が不足している観測区間の再測定



3. データ処理

処理前波形

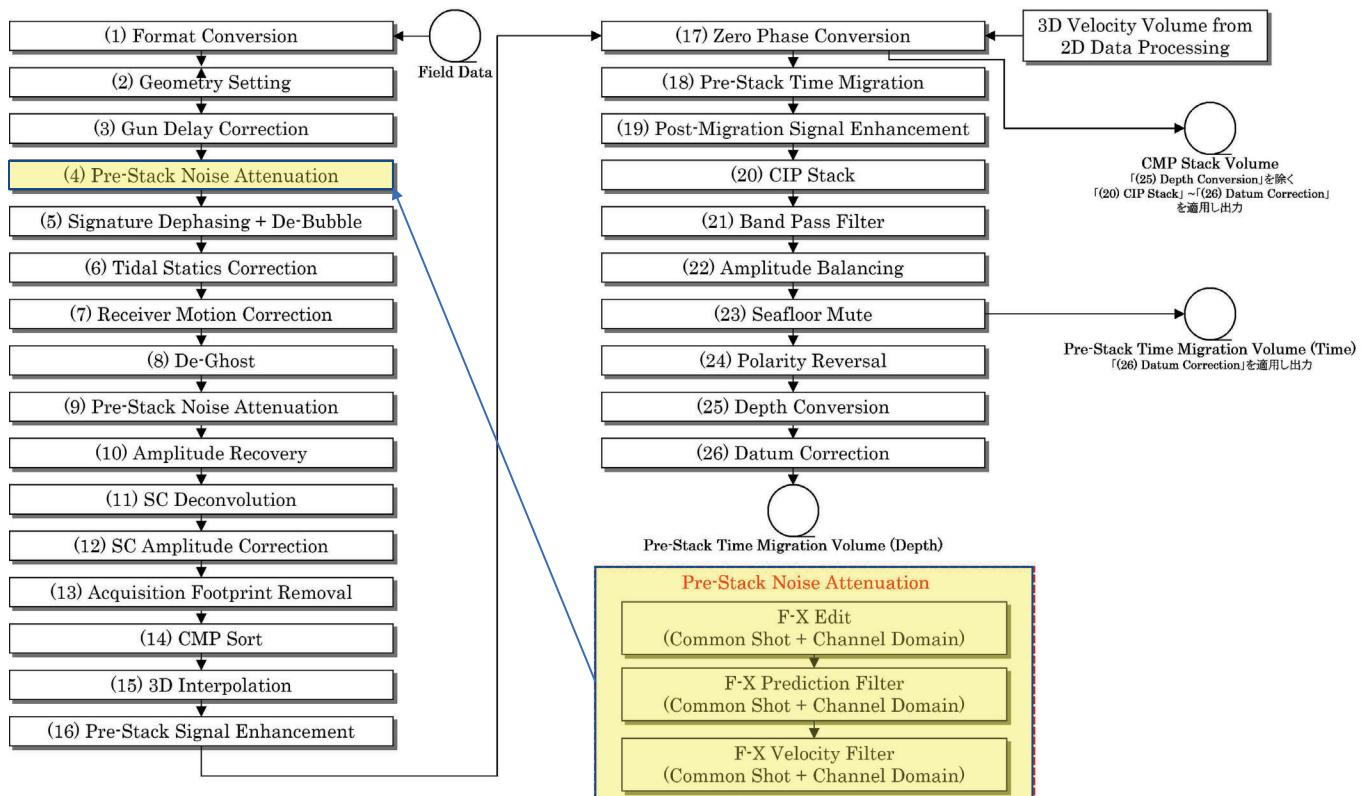


船舶の航行や波浪等に起因する低周波ノイズに反射波が被覆されている



データ処理によるS/N比の改善

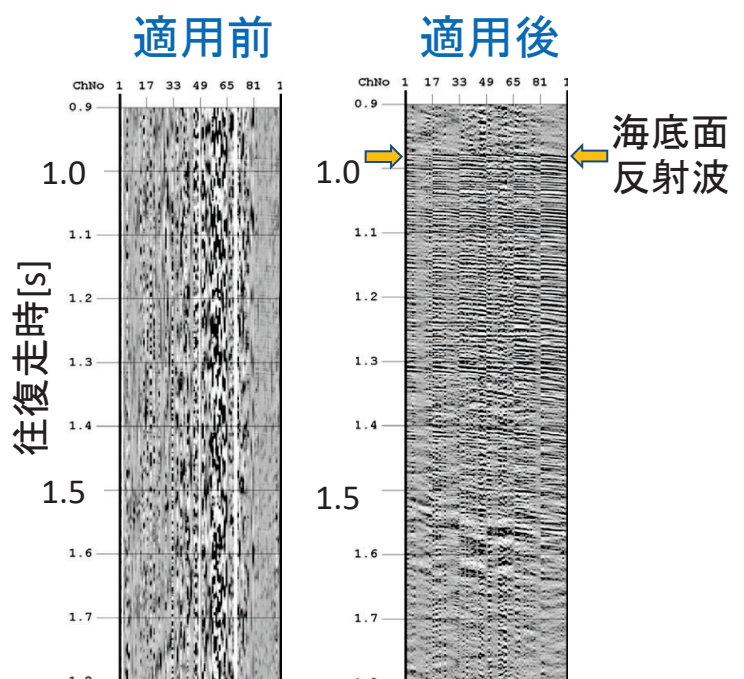
データ処理フロー



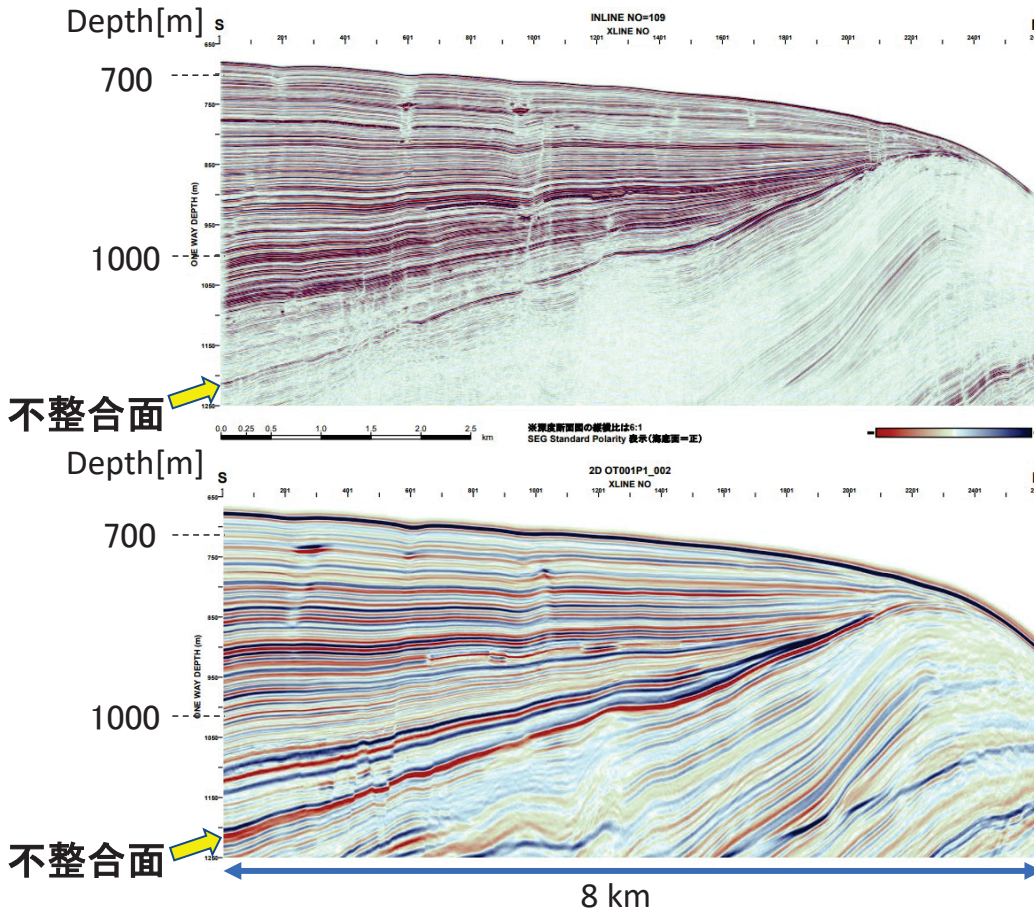
複合型ノイズ抑制処理

複合型ノイズ抑制処理

- F-Xエディット(発振領域)
波浪などによる強振幅成分の抑制
- F-X予測フィルター(発振、共通チャンネル領域)
波浪などによるランダム成分の抑制
- F-X速度フィルター(発振領域)
ケーブルを伝播する線形ノイズなどの抑制



2D震探処理結果との比較



HR3D

海底面下浅部(約200~300m)の高解像イメージによる微細構造の抽出

Ex.

海底面下の断層分布

2D

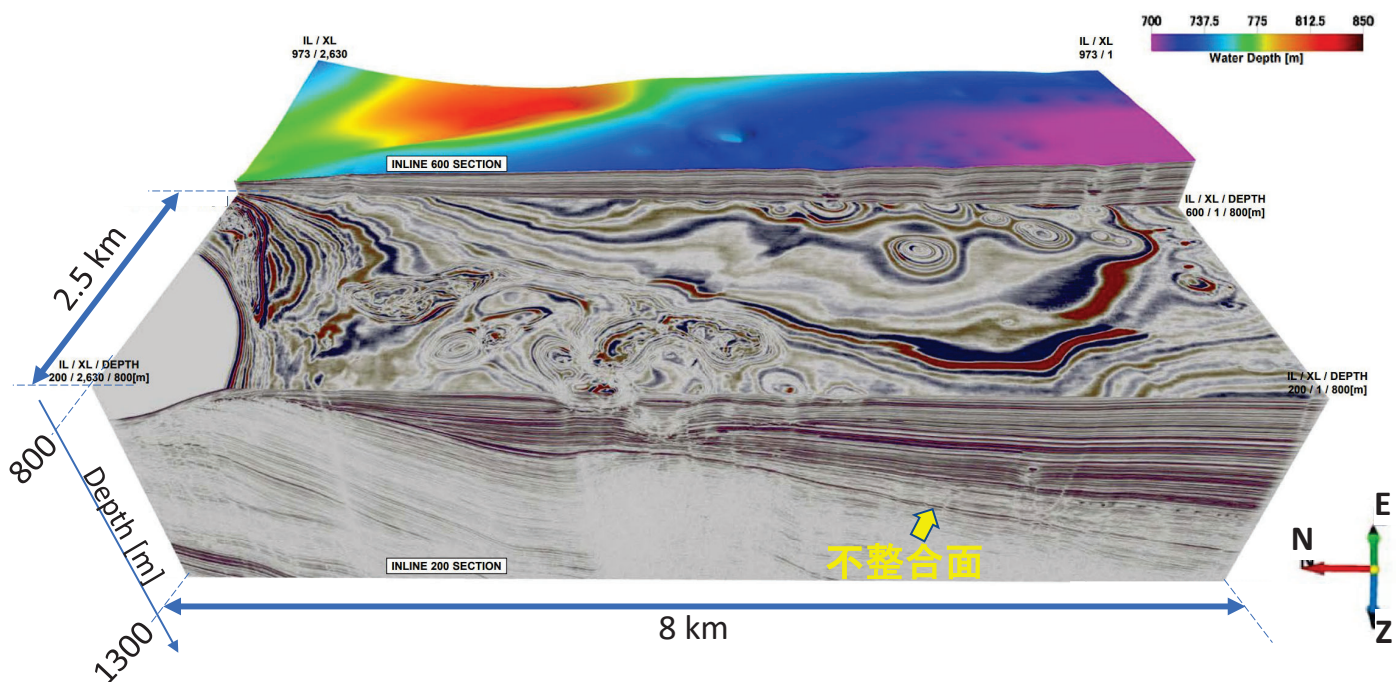
速度解析が目的より深部までイメージング可能

← オパールA/CT境界

縦横比 6:1

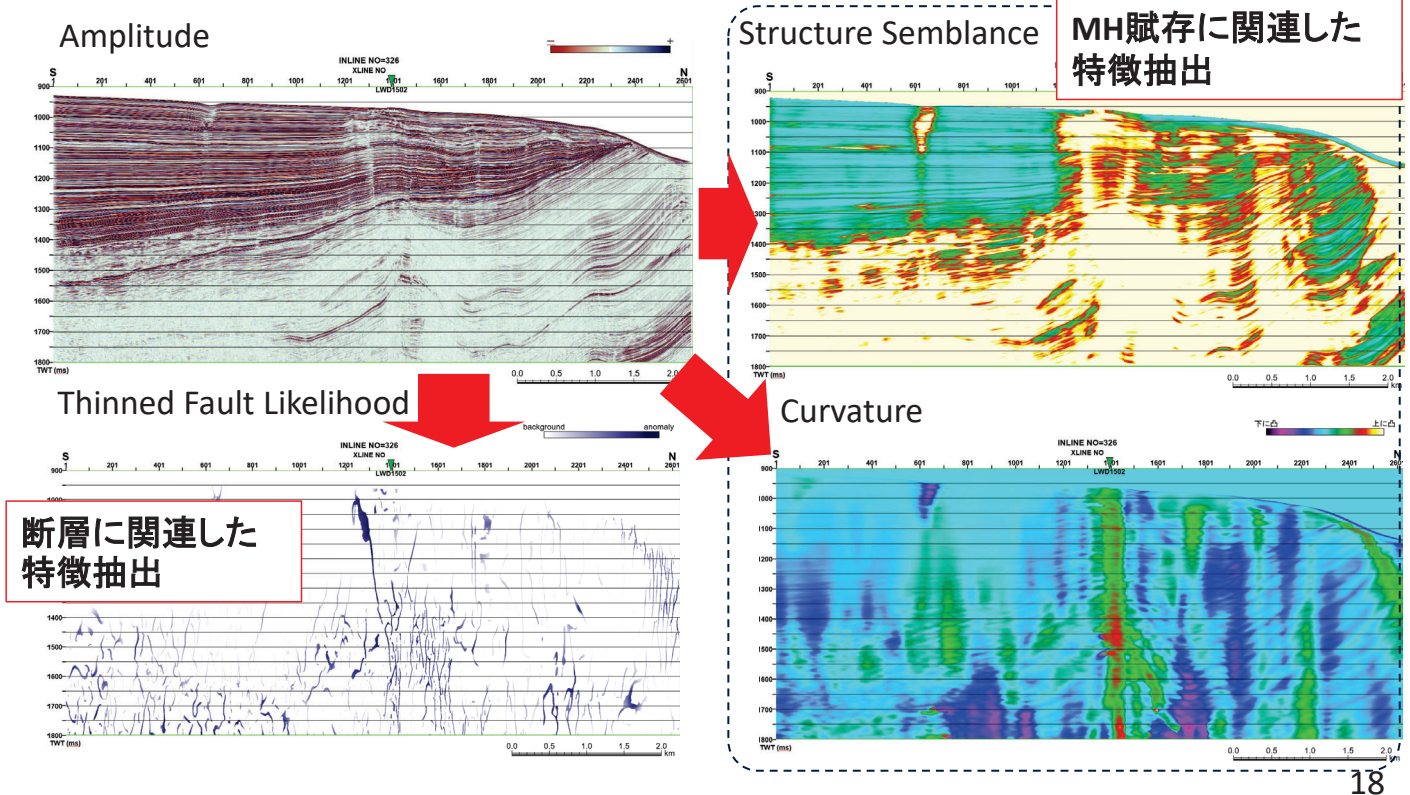
3次元深度イメージ

海底面下浅部の堆積構造、断層、強振幅イベントなど特徴的反射面の空間分布形態の抽出



アトリビュート解析による特徴抽出

アトリビュート: 地震波形に対して、数学的変換を通じて得られる数値



MH賦存に関連した特徴抽出

Structure Semblance

トレース間の波形類似度を計算し、震探記録における非平面的な領域を評価 (成層構造とそれ以外を区別)

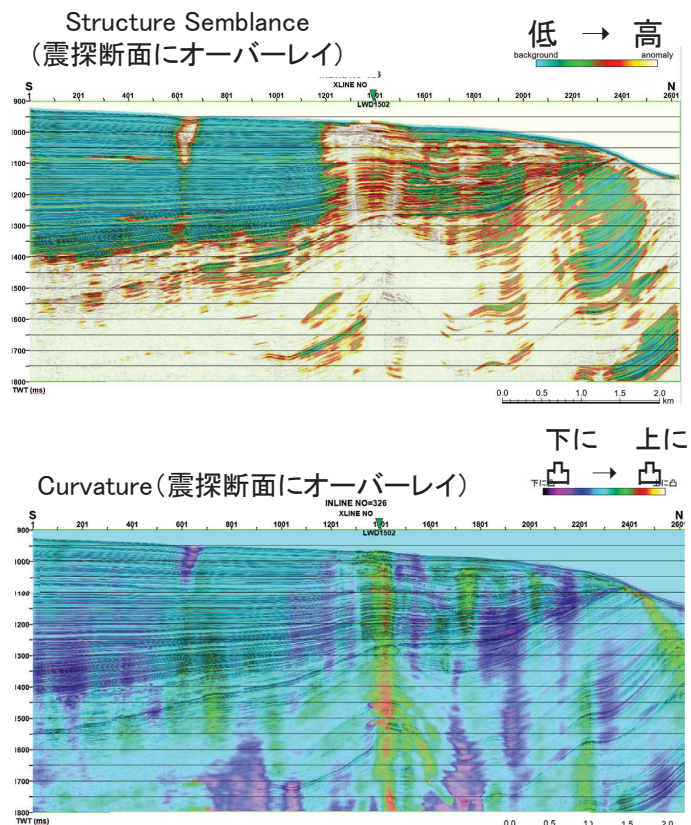
断層・断裂などを可視化

※不整合面以深の精度は低いことに注意

Curvature

震探ボリュームの反射面の曲率を計算し、褶曲・変形を評価

埋没したポックマーク、マウンドなどを可視化

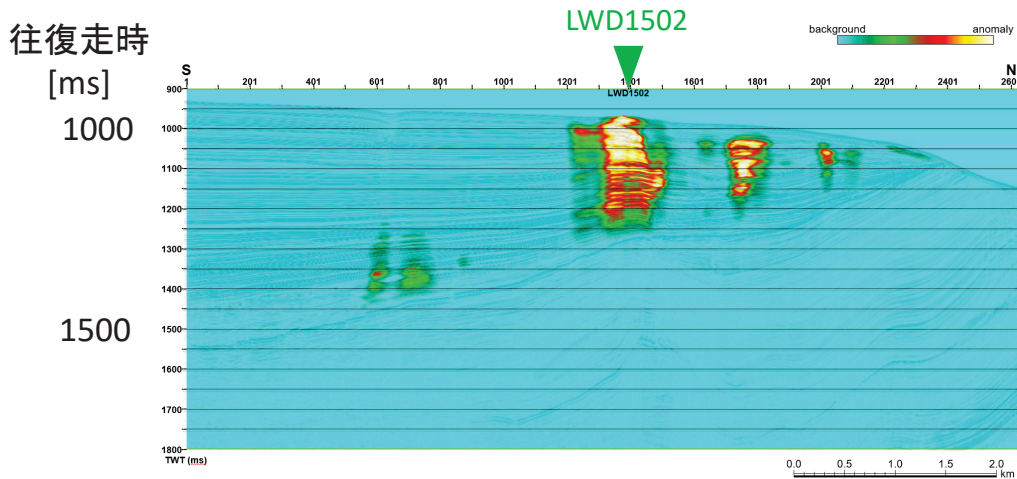


MH賦存に関連した特徴抽出

Structure Semblance × Curvature

非平面的かつ上に凸の特徴を抽出

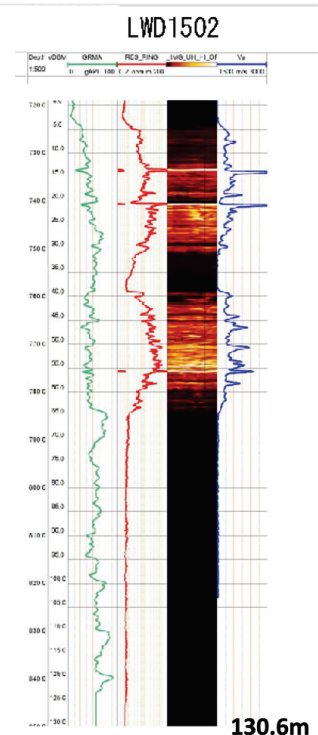
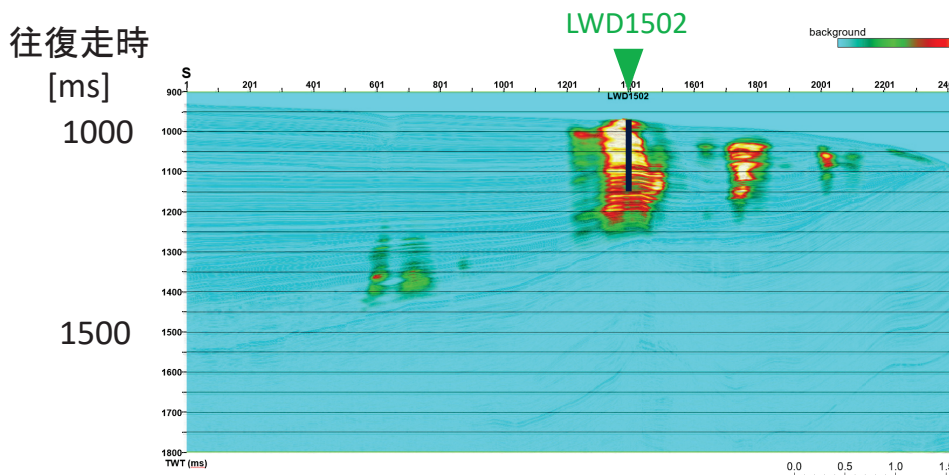
それぞれ流体の上方移動経路と関連するガストムニーおよびMH発達と関連する埋没したマウンドを捉えていると考えられる



※不整合面以深はミュート

MH賦存に関連した特徴抽出

- Gamma Ray (0-100 API)
- Resistivity (0.2-2000 Ohm-m)
- Vp (1500-3000 m/s)



LWD1502の検層データでは、MH層の胚胎を示唆する特徴(比抵抗値高、音波速度の増加、 γ 線低、NMR孔隙率低など)が認められた

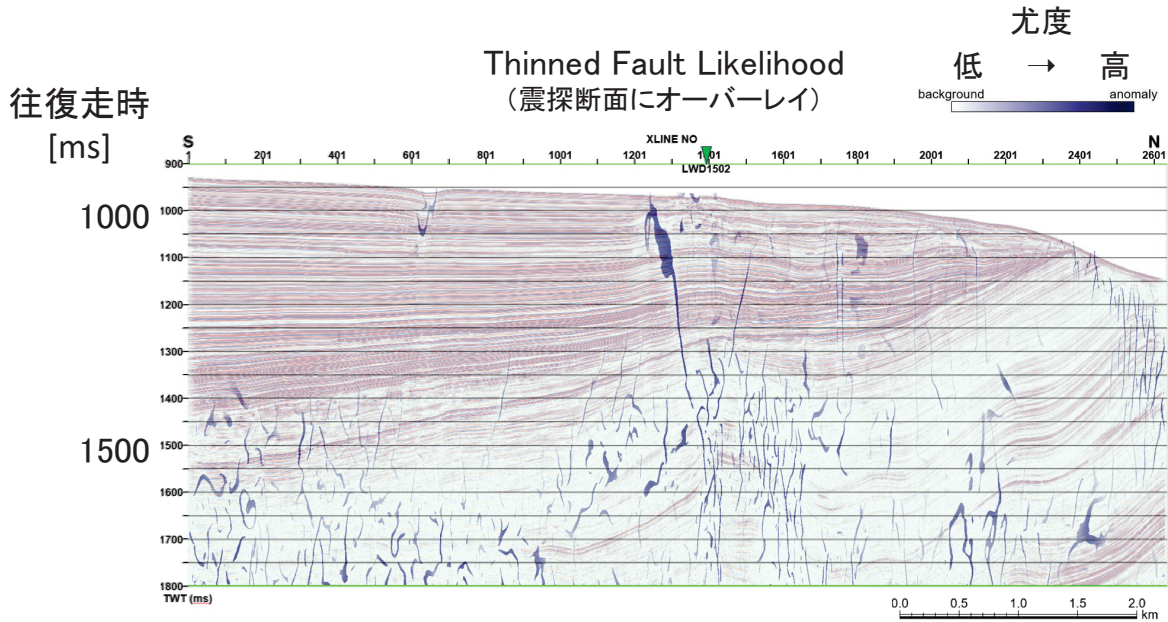
断層・断裂に関連する特徴抽出

Fault Likelihood

震探記録の空間不連続性を定量的に評価し、断層・断裂の尤度を算出

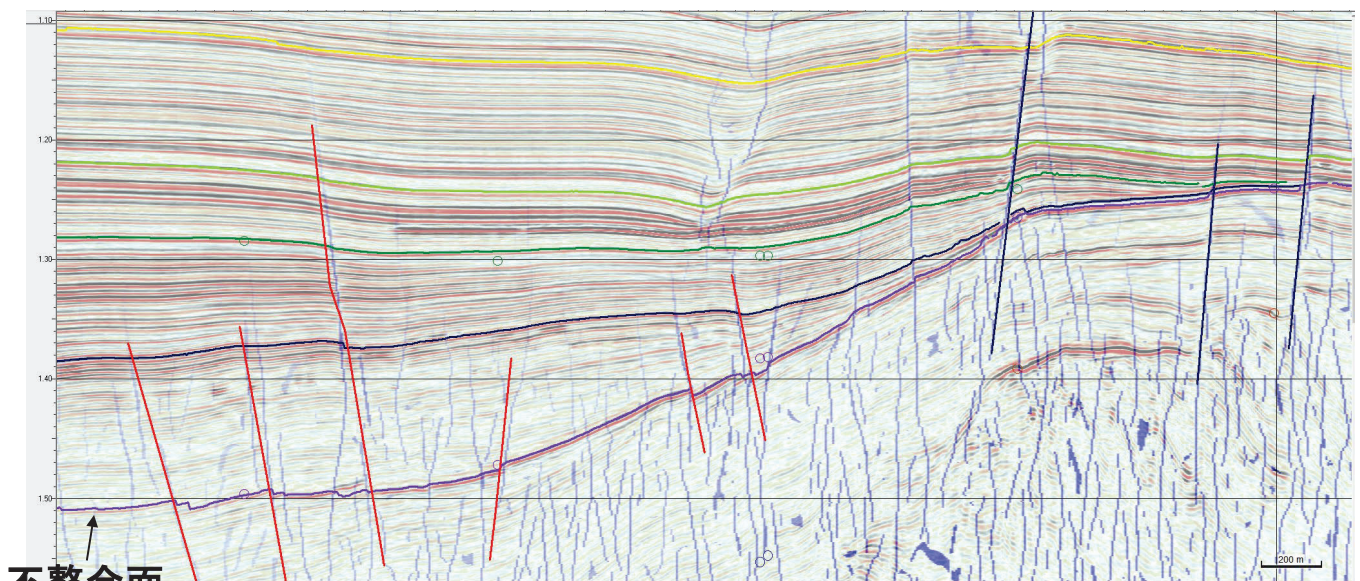
Thinned Fault Likelihood

Fault Likelihoodの局所最大値を抽出し、細線化



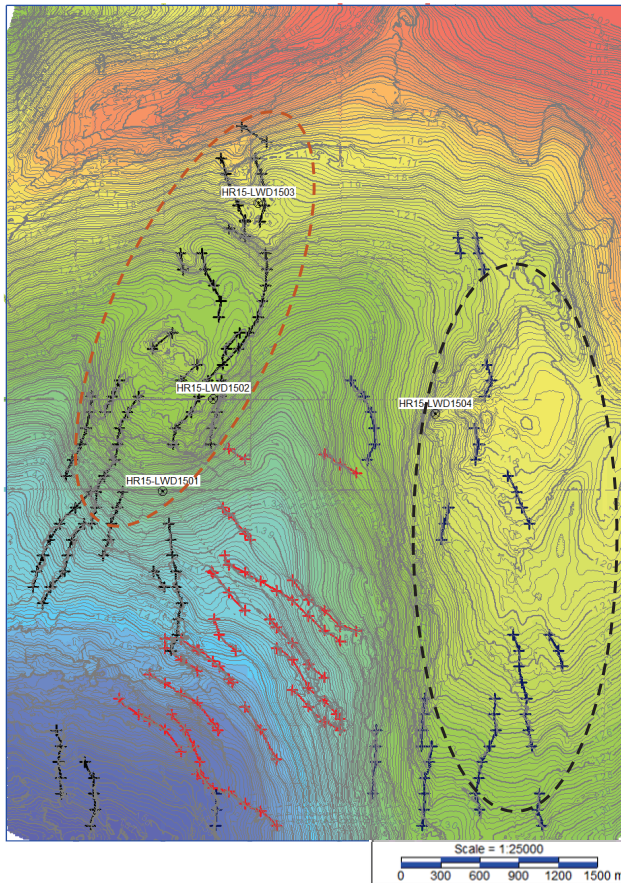
断層解釈への適用

層準解釈を行った震探記録にThinned Fault Likelihoodをオーバーレイし、断層解釈をサポート



断層をよく抽出できる

不整合面上の断層分布



断層分布

黒・・・西側構造の伸びる方向に沿った
走向の断層

青・・・東側構造の伸びる方向に沿った
走向の断層

赤・・・それ以外の断層

1.0
1.5
往復
走時
[s]

西側構造 

西側の北北東—南南西に伸びる
構造的高まり

東側構造 

東側の南北に伸びる構造的高まり

両構造の上位層中ではLWDによりMHの
存在を示唆する特徴が認められている

構造的高まりの形成に伴い断層が発達し、
断層を通して流体(ガス・水)が移動し、
MHの生成につながった可能性を示唆

24

5. おわりに

- 丹後半島北方沖に設定した調査域において、
高分解能3次元反射法地震探査(HR3D)を実施した。
- HR3Dでは海底面付近から海底面下約200~300mまでの
精密地下構造推定を行ったが、MHに起因するBSRは
広域には連続していない。
- アトリビュート解析により、表層型MH賦存に関連する構造、
断層の分布や走向を三次元的に抽出した。
- HR3Dデータと既存の調査データとを統合解析
→賦存量推定を行っている。

25

謝辞

本研究は、経済産業省のメタンハイドレート研究開発事業の一部として実施いたしました。

反射法地震探査データ取得および解析の一部は株式会社地球科学総合研究所が担当しました。