

地質情報展2006 こうち

3D地震探査アニメーションに見る南海付加体の地質構造

森田 澄人¹⁾・倉本 真一²⁾・池原 研³⁾

1. 高知と付加体

2006年の地質情報展は高知市で開催され、室戸半島沖南海付加体の様子を三次元地震探査データのアニメーションで紹介した。高知の来場者の方々には、深海底下の地質構造とそれを可視化する技術を大いに楽しんでいただいた。付加体の展示を高知で行うには特別な意味がある。高知県は日本の付加体地質の原点であり、陸上には四万十帯、海洋には現在形成過程にある南海付加体が存在する。多くの巨大断層が存在し、整然相と異地性岩塊を含んだメランジュ相が混在するなど、地質年代の交錯によって通常の層序学的区分が不可能だった地質を、プレート沈み込み帯で形成される「付加体」という概念で最も体系的に逸早く整理されたのが高知県の四万十帯であり(平, 1981)、以後日本列島の大部分が付加体で構成されていることを導いた。その陸上で見られる付加体の形成場を、現在進行しつつある深海底で実証したのが高知県沖の南海付加体である(Taira, Hill, Firth, *et al.*, 1991; Moore, Taira, Klaus, *et al.*, 2001 など)。四万十帯や南海付加体では現在も継続して精力的に研究が進められており、付加体形成過程における諸現象の解明のみならず、近年は海溝型巨大地震発生帯の研究の上でも重要視されるようになってきた。

2. 室戸沖3D地震探査

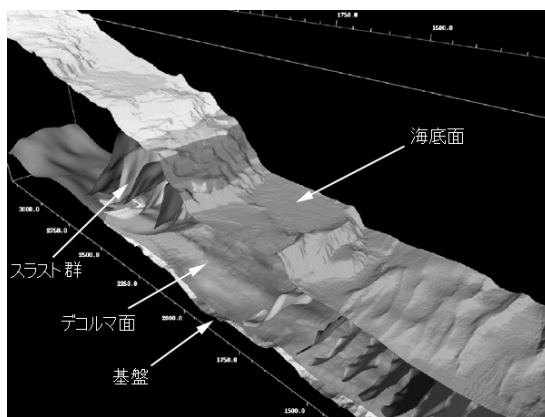
地質情報展での展示に使用したデータは1999年日米共同研究で採取された三次元反射法地震探査のデータである。コロンビア大学の調査船モーリスユイング号により行われた探査は、高知県室戸半島沖の南海トラフにおいて、トラフ底から付加体斜面の中

部に至る80km×8kmの海域を2ヶ月にわたってカバーした。震源は4,276立方インチのチューンドアレイ式エアガンを使用し、240チャンネルの6kmストリーマケーブルを曳航した。さらにディファレンシャルGPS方式を採用したことにより、世界でも最高精度の付加体イメージングに成功した(倉本ほか, 2000)。

3. 3Dボックスには付加体構造のエッセンスが集約

データ処理により再構成された3Dボックス内では、以下のような付加体形成に関わる様々な地質現象が見られる。第1図、第2図及び第3図では3Dアニメーションの一部を紹介する。

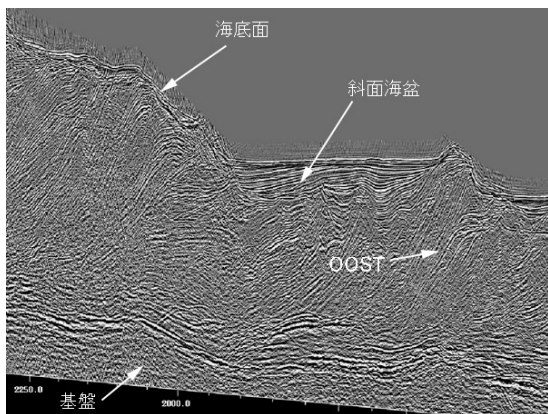
- ・ 変形フロント
- ・ 覆瓦スラスト帯
- ・ デコルマ面



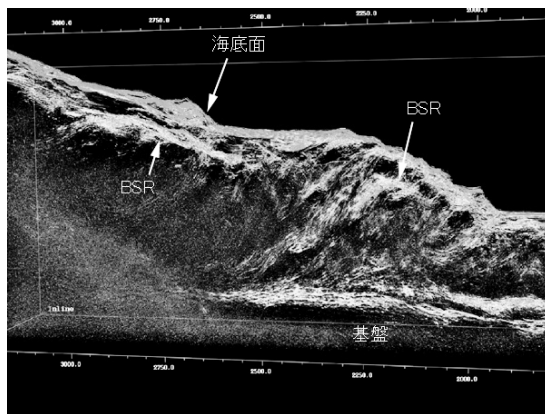
第1図 南海付加体の3D構造解剖図、上位から海底面、スラスト群、デコルマ面、基盤(海洋地殻)を示す。

1) 産総研 地圏資源環境研究部門
2) 海洋研究開発機構 地球深部探査センター
3) 産総研 地質情報研究部門

キーワード: 三次元地震探査, 南海付加体, 高知, 四万十帯, 覆瓦スラスト帯, デコルマ, OOST, BSR, 巨大地震発生帯



第2図 南海付加体の一断面、斜面海盆では陸側落ちの傾斜で特徴付けられる。



第3図 振幅の弱い部分を透明にした3D構造、海底面とそれに平行なガスハイドレートBSRが特徴的な強い反射を示す。

- ・ OOST (アウトオブシーケンススラスト)
- ・ 斜面海盆
- ・ 被覆層 (カバーシーケンス)
- ・ メタンハイドレート BSR

<変形フロント>

トラフ底堆積層の変形の最前線、南海トラフ底を埋積する四国海盆にのった堆積層は、プレート運動のため陸側への押し付けにより剥ぎ取られ、陸側傾斜のスラストを形成する。四国タイプの付加体形成の起点であり、これよりトラフ直交方向の短縮と鉛直方向の厚層化が始まる。

<覆瓦スラスト帯>

継続する沈み込みにともない、付加体最前縁におけるスラスト形成は次々と海側へジャンプを繰り返し、変形フロントは海側へ伝播する。ここでは、連なるスラスト群はほぼ均等の間隔と変位量の断層ブロックで構成され、陸側傾斜のインプリケーション覆瓦構造を示す。

<デコルマ面>

沈み込む堆積層と付加する堆積層の境界、すなわち付加体の底面に相当する。付加体を形成する上で最も低角で最大のスラストとも言える。デコルマ面は最前縁のスラストに始まり、陸側の覆瓦スラスト帯の共通する低位フラット部となる。また、これより下位

の下部四国海盆泥質相では顕著な変形は認められない。デコルマ面の上位よりも下位の方で音響インピーダンス(密度×音波伝播速度)が高いため、地震探査データでは反射波の位相が逆転する特徴を示す。

<OOST (アウトオブシーケンススラスト)>

覆瓦スラスト帯に見られるように、新たなスラスト形成が規則的に海側へ伝播する一般的なスラスト形成を正順序とするならば、これらと順序を異にしながら発達するスラストをOOST(アウトオブシーケンススラスト)と呼ぶ。OOSTは先に形成された覆瓦スラスト群をまとめて切る、より低角で変位の大きなスラストであり、大規模な底付けにより付加体をより厚くする効果を持つ。室戸沖データでは、OOSTで区分された断層ブロックは覆瓦スラストのそれに比べ、より広範囲のユニットを構成する。ここでは、付加体を厚くしながら付加体斜面上に階段状の地形を形成している。活動的なOOSTの上盤側には衝上によって形成された斜面が特徴的である。

<斜面海盆>

OOSTの活動によって衝上したユニットの上面上には、テラス様の堆積盆(斜面海盆)が形成される。衝上が進行すると斜面海盆前縁部が隆起するため、斜面海盆の堆積層は下位ほど勾配の急な陸側傾斜を示すことがしばしばである。

<被覆層 (カバーシーケンス)>

変形が活動的な付加体前縁部に対し、比較的変形活動の穏やかな陸側斜面の表層には被覆層が認められる。室戸沖の当3Dボックス内で実施されたODP190では、被覆層が半遠洋性堆積相であることを確認している (Moore, Taira, Klaus, *et al.*, 2001)。

<メタンハイドレート BSR>

付加体では、陸源性碎屑物に富んでいること、深部流体が上位へ供給されやすいこと、また全体として隆起傾向にあることなどから、炭化水素ガスの集積やメタンハイドレートの形成およびリサイクリングが促されやすい傾向があると考えられる。メタンハイドレートは低温高圧下で安定であり、深海底では比較的表層近くに分布し、その下底部にBSR (海底擬似反射面) と呼ばれる特徴的な反射面を形成する。メタンハイドレートBSRは、その上位と下位の間における音響インピーダンスの逆転から、反射の位相が反転していることが一般的である。室戸沖データでは付加体のほぼ全域にわたりBSRが分布し、巨大スラスト帯では断層と断層ブロック内の地層の傾斜に規制された特徴的なBSR分布を示す (Morita *et al.* 2004)。

4. 海溝型巨大地震発生帯の解明へ

四国沖を含め、南海付加体は常に付加体の先駆的研究対象にある。冒頭に述べたように、現在は海溝型巨大地震発生帯の研究対象にも挙げられる。IODP (統合国際深海掘削計画) においても地震発生帯の研究は高いプライオリティに位置づけられており、2007年秋から開始されるIODP南海地震発生帯掘削 (NanTroSEIZE) ではデコルマ面から派生した分岐断層 (OOSTの一つ) の掘削をはじめとし、物質科学と観測科学の両面からのアプローチが世界で初めて試みられる。海溝型地震発生帯に関わる諸現象の解明に向け新たな展開が期待される。

引用文献

- 平 朝彦 (1981) : 四万十帯の形成過程. 科学, 51, 516-523.
 Taira, A., Hill, I., Firth, J.V., *et al.* (1991) : Proc. ODP, Init. Repts., 131.
 Moore, G.F., Taira, A., Klaus, A., *et al.* (2001) : Proc. ODP, Init. Repts., 190.
 倉本真一・平 朝彦・Bangs, N.L.・Shibley, T.H.・Moore, G.F.・EW99-07, 08乗船研究者 (2000) : 南海トラフ付加体の地震発生帯 (日米3D調査概要), 地学雑誌, 109, 531-539.
 Morita, S., Nakamura, Y., Kuramoto, S., Bangs, N.L. and Taira, A. (2004) : Gas hydrate BSR and possible fluid migration in the Nankai accretionary prism. Proc. Int. Symp. Prism Fluid, 34-41.

MORITA Sumito, KURAMOTO Shinichi and IKEHARA Ken (2007) : Geologic structure of Nankai accretionary prism visualized by three-dimensional seismic examination.

<受付: 2007年3月2日>