

巨大津波＝海底地すべり説2: 陸上での例(現在, 過去)

津波防災第三回EBSZKセミナー

(2019, 10, 7; 駿河台)

小川勇二郎 (元 筑波大学)

fyogawa45@yahoo.co.jp

Oso landslide (NE Seattle, WA ; GSAFiledTrip)

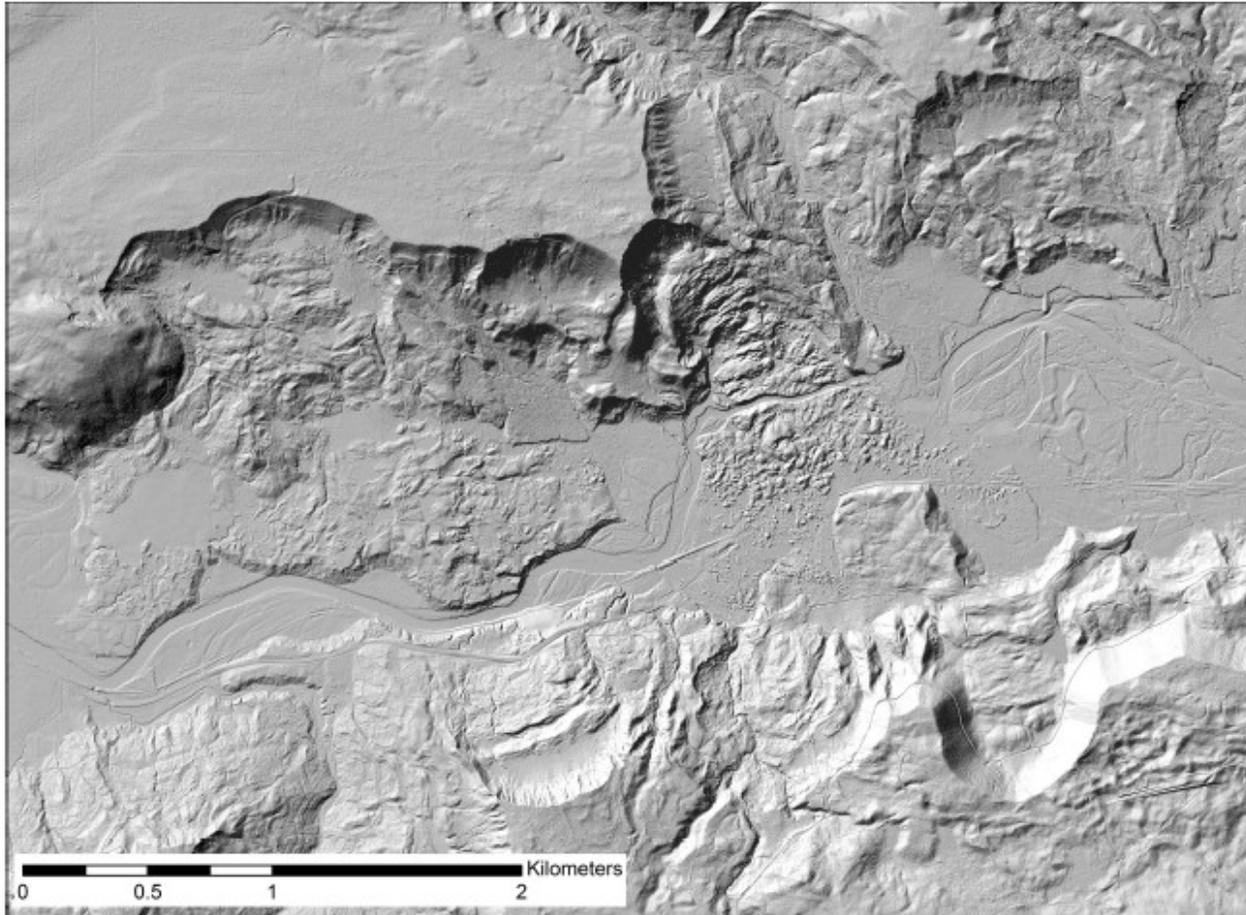


Figure 2: LiDAR derived digital topography context for the 2014 Oso landslide.

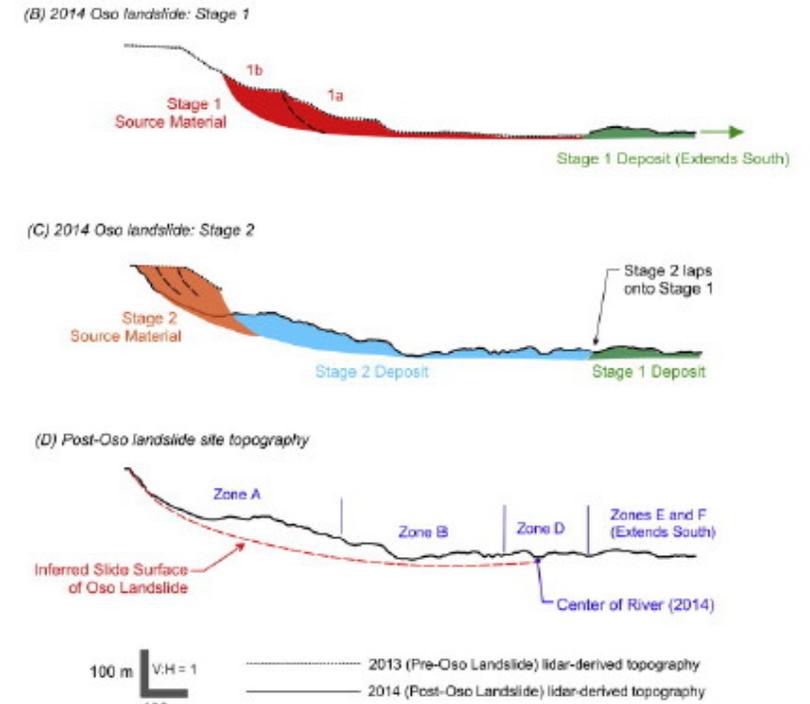


Figure 12: Wartman et al. (2016) Figure 11. Schematic cross section B-B' showing hypothesized failure sequence. The location of the cross section is shown in Fig. 7. (A) pre-Oso landslide topography and tree classes; (B) and (C) stage 1 and stage 2 events; (D) post-Oso landslide topography and location of interpreted landslide zones.

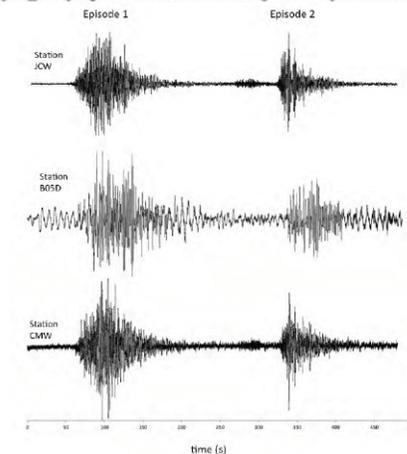


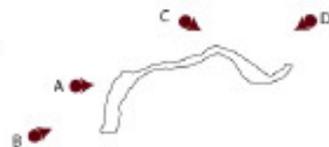
Figure 11. GEER Figure 5.4.1. Velocity-time histories generated by the Oso landslide. The signals were recorded at seismic stations located within approximately 22 km of the landslide site. Velocity values (vertical axis) have been normalized to facilitate a general comparison of the three signals; they are thus relative rather than absolute.

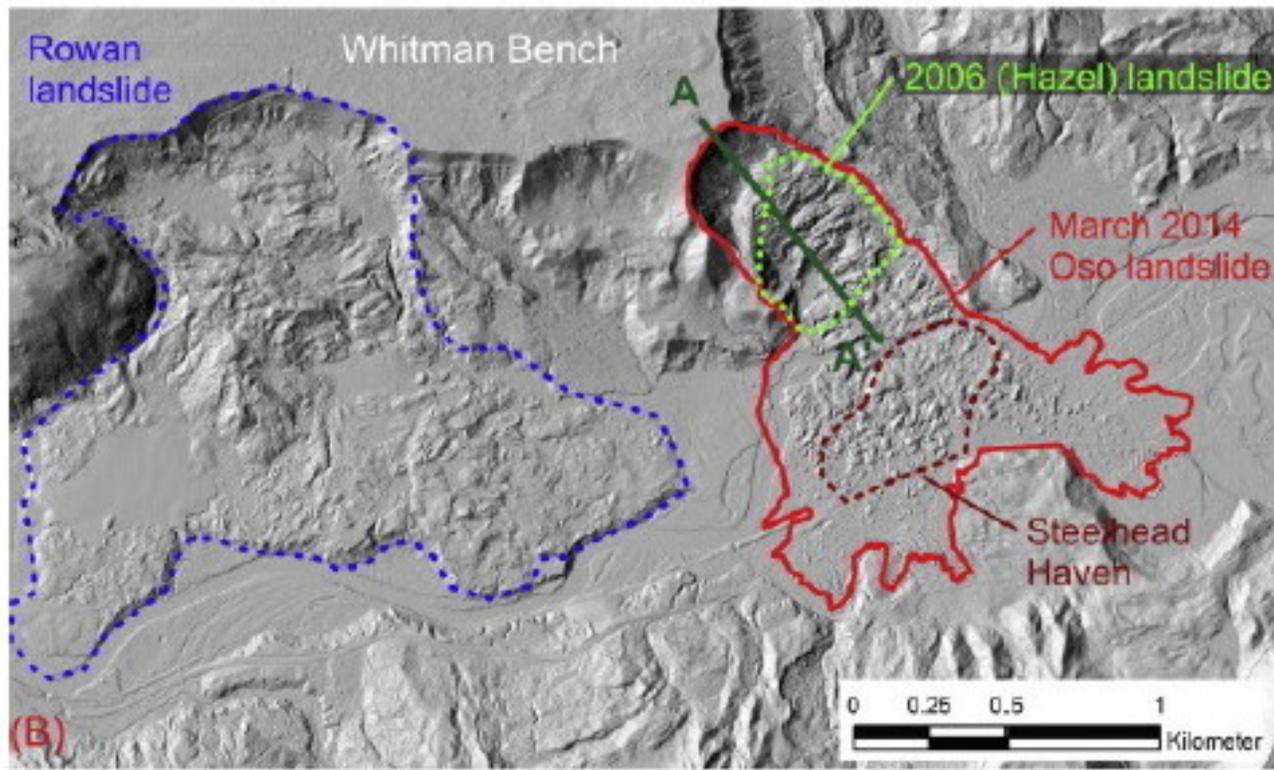
Oso landslide (c. 100 m high river terrace)



Figure 1: Wartman et al. (2016) Figure 1. The 22 March 2014 Oso landslide.

Figure xx. Oblique aerial imagery of channelization through the Oso Landslide. A) Initial channel establishment through the western edge of the deposit. B) Steady incision occurred through headward migration of the initial knickpoint. C) Cutting of the pilot channel along the eastern edge of the landslide deposit. D) Final platform position of the channel at the start of the low-flow summer season in WY2014.





- 火山灰層の風化
- 大雨の後
- 急激, 2度, 低周波

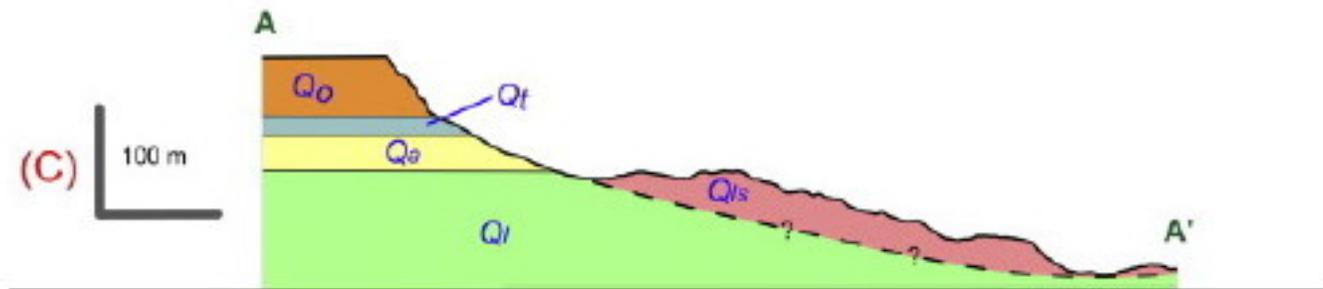
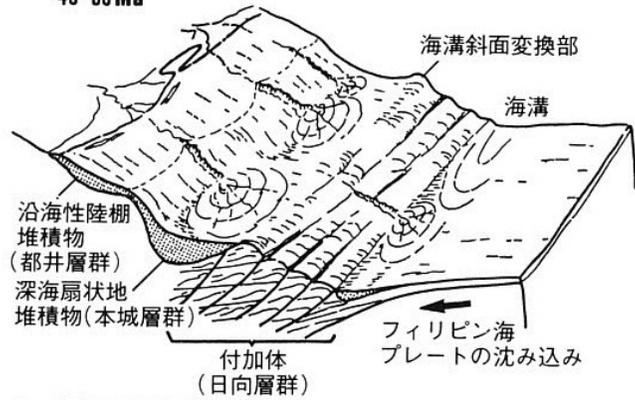
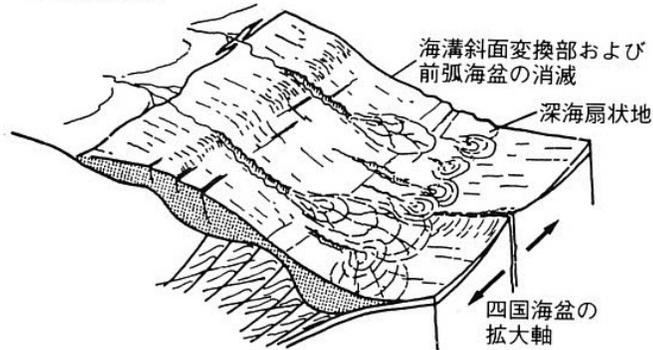


Figure 3: Wartman et al. (2016) Figure 2. (B) Detail of area close to the 2014 Oso landslide showing location of the Rowan landslide and the Steelhead Haven residential community. (C) Schematic cross section A-A' showing position of geologic units. Q_l = lacustrine silt/clay; Q_a = advance outwash (silt/sand); Q_t = till; Q_o = recessional outwash (sand/gravel); and Q_{ls} = 2014 landslide debris.

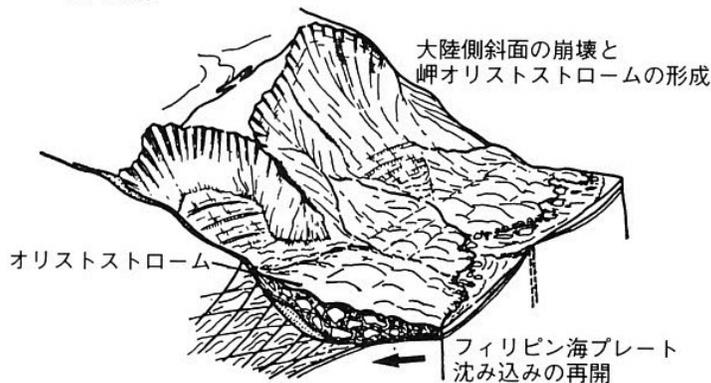
1. 始新世中期-漸新世前期
45-30 Ma



2. 漸新世後期-中新世初期
30-22 (or 21) Ma



3. 前期中新世
21-17 Ma



図XI.3-6 岬オリストストロームの形成過程(酒井,

酒井治孝(1988a,b,c;地質学雑誌)の 岬オリストストロームへの疑念と正解は??

- 多くの証拠がある?
- 1. 浅海化石, 堆積相が, 深海性泥へ大規模に崩落, 地すべりによるものか?
- 2. 多くの褶曲(逆転), 断層, 注入現象?
- 3. すべり面はあるのか? 突き刺されば, なくてもよいのか? 上下方向の変位と海底地すべりの双方がある?
- 4. それらが, 海溝まで落下して, スラストスタックに挟まる?
- 5. 速度, 頻度, 広がりが不明
- 6. 後世変形による不明瞭化? いわゆるメランジュ化??

類似例(房総南端, 千倉層群(鮮新世)の陸側への巨大崩壊;
Yamamoto(2007, IA), Muraoka & Ogawa(2011, GSASP480)など

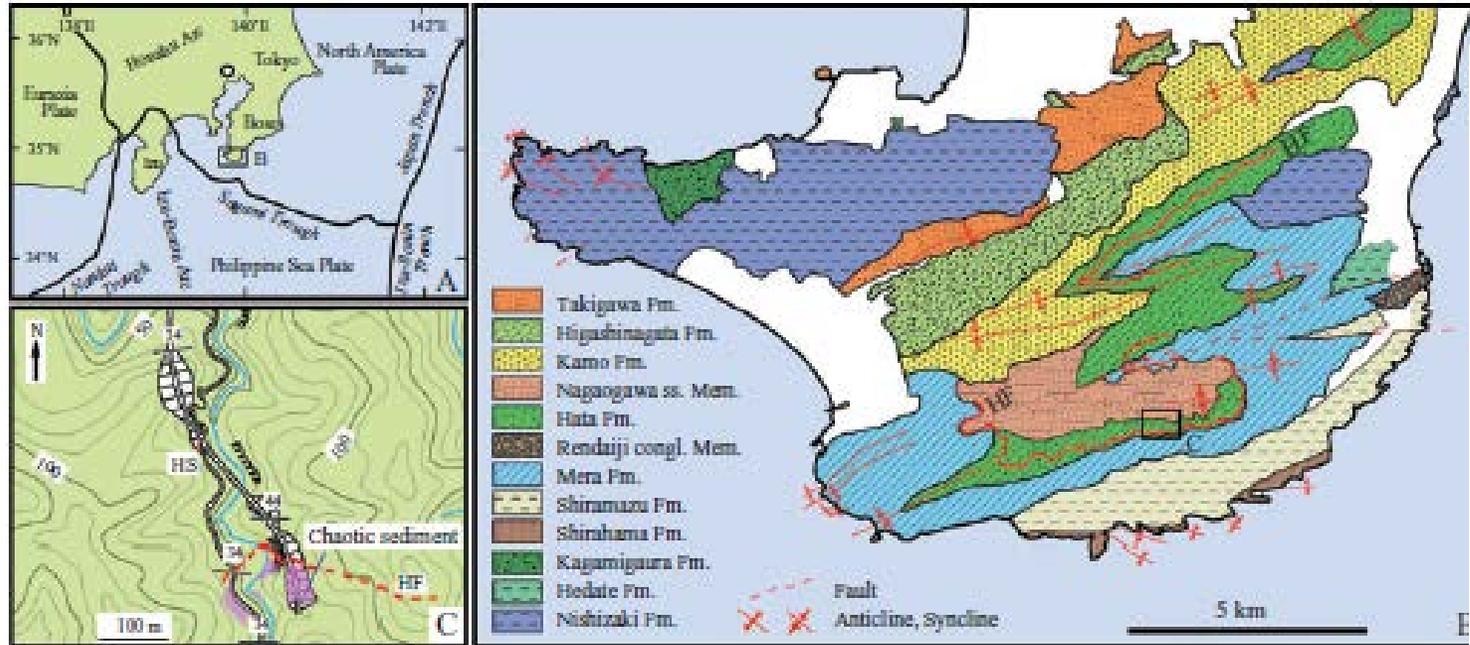


Fig. 1 Location map (a) and geological map (b, simplified after Kawakami & Shishikura 2006) in the southern part of the Boso Peninsula. HF represents a key tuff sequence that can be traced across a wide extent of the study area. (c) Detailed location map. The chaotic sediment is intercalated with coherent layers several meters below the HF unit (red lines).



Fig. 2 Photograph of chaotic sediment within the Hata Formation of the Chikura Group. The sediment contains large blocks (up to 15 m across) of siltstone and alternating beds of sandstone and siltstone, all within a sandy matrix. Smaller blocks (less than 1 m across) tend to be ductilely deformed, whereas the larger blocks show evidence of brittle deformation.

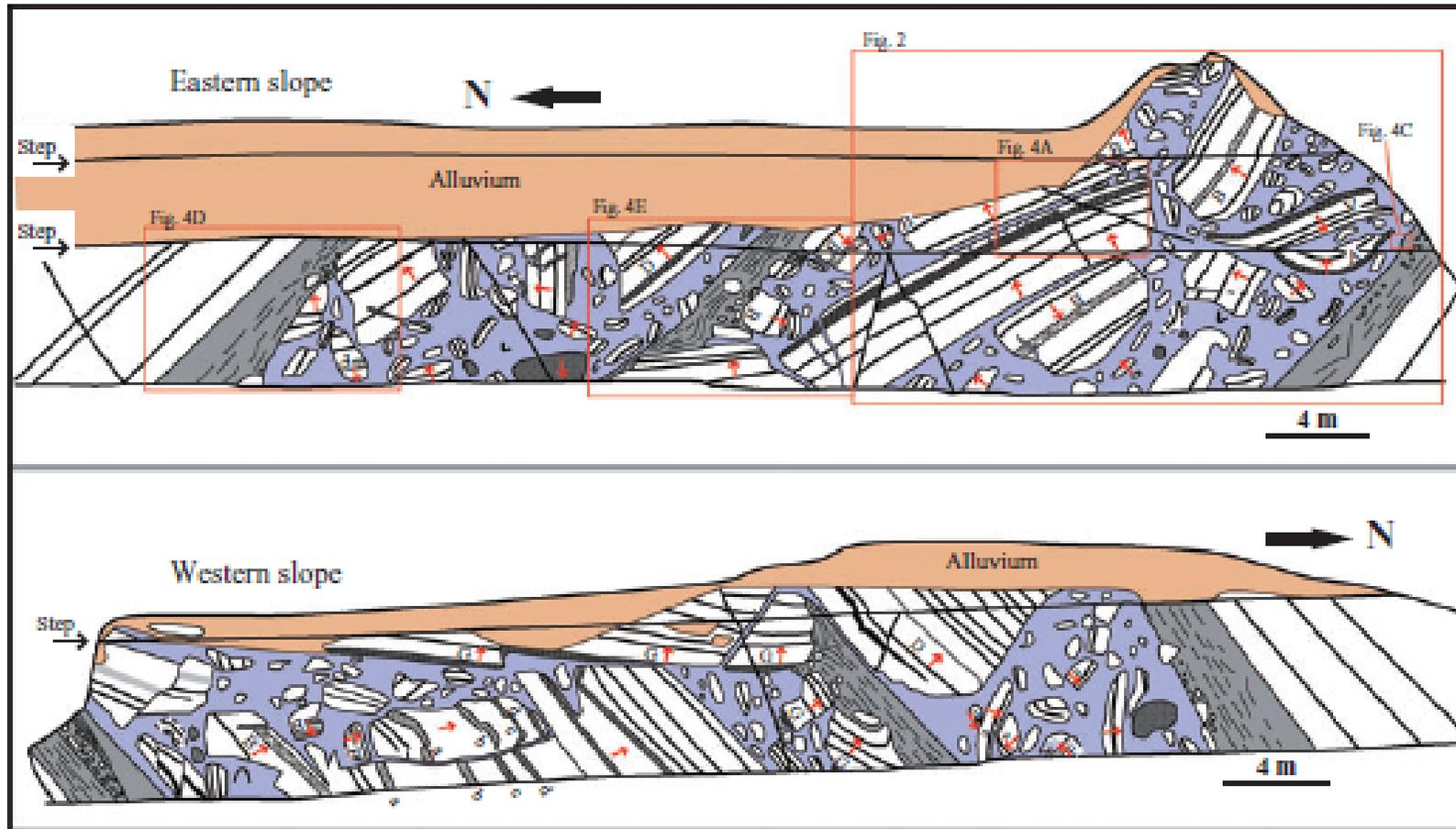


Fig. 3 Sketches of the outcrop exposed within the road cutting. Red arrows indicate younging directions, whereas letters represent individual layers that can be traced among different blocks. Red rectangles represent the areas shown in Figures 2 and 4.

Shikoku Shimanto is full of Quizes, but why?? → Need New Interpretation (see Ogawa, 2019 Gondwana Res.)



Dilek, “Can you identify these??”

- Most people think these are debris flow deposits, or “olistostrome”, but...



- Real mechanism is due to
- “mud pressure”

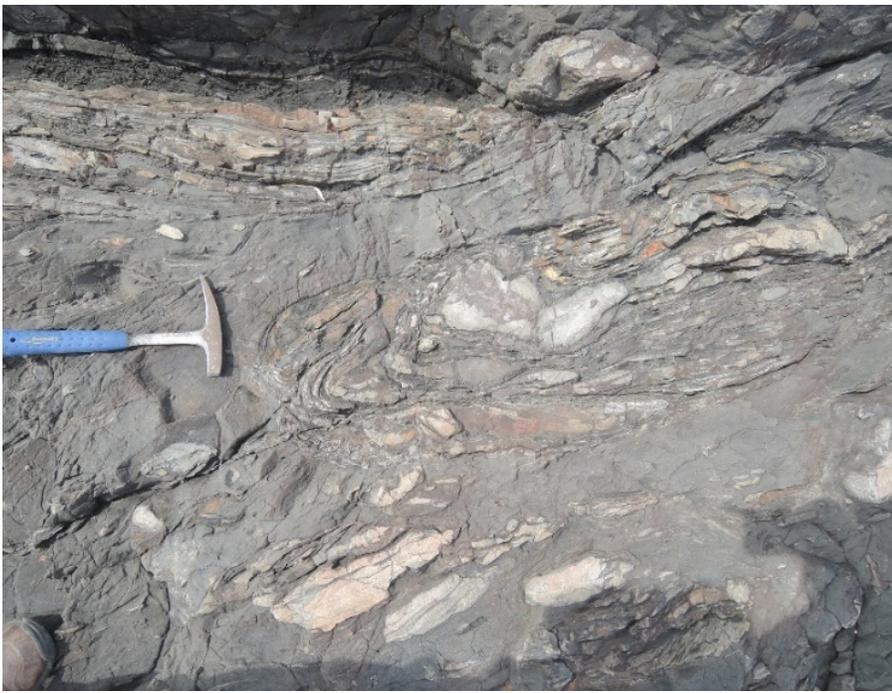


- Transitional relationship, and Chemosynthetic biocommunity mound nearby.

大小さまざまなブロックが一見乱雑に含まれる，始新世の地すべり堆積物。――>岬オリストストロームは大規模な連続的な岩体か？
一般には，局所的だが？



Question mark, indeed!!
(Prof. S. Tonai in an awkward situation...)



- Many flowages, folds, and finally chaotic!
- BUT, is there any systemasis??
- Yes! I believe these are all part of transposed structures.....



さまざまな乱雑滝生物: 多くは砂岩ブロック泥岩基質だが, 三浦房総だけは逆である. Ogawa (2019, Gondwana Res. 参照のこと)



- Nature is Augusto Rodin??
- Or Maillol??



三浦房総の乱堆積物; 泥ダイヤピルのほか, 砂・礫が分断されて基質に含まれる
液状化による分断と注入現象が随所に発達. **地震, 液状化, 地すべり,** が同時に
起こったことを示す.



Look at the matrix. Is it coarser than grain size of block? Or finer??

What does this mean??



When matrix is coarser (sand or pebble-size) than block (siltstone, mudstone), it is by liquefaction, mostly by earthquake shake,

付加体の表面は、たえず崩壊している。最大のポイントは、どこに、いかに、なぜ、デコルマンが形成されるか？である。バルクとしての付加体安定成長論：**ブルドーザーモデル** (Suppe, Davisなどを中心とするプリンストン学派：理論的；JGR1983)



ブルドーザモデルの要点

- 1. クリティカルテイパー(次第に先細りする、楔のつり合い)
- 2. 付加体の重量が重力と側方へ分配
- 3. それが、底面(デコルマン面)での摩擦力につり合う
- 4. 要は、角度一定で成長する
- 5. 陸側斜面の海底表面は侵食の場である

このような成因モデルや過去の付加体研究に、
大規模な突発性海底地すべり(大崩落)は、ほとんど出てこない。
なぜか??

— 過去のものは、陸上に現れるまでに、
侵食されて、失われがち?

— しかし、海溝付近へ落下した斜面崩壊堆積物は、保
存されているのではないか? 海溝オリストストロームは、あつた
のでは?(ただし、面的に形成されない場合は、残りにくい、表
れにくい;地すべり堆積体は、一般には、チューブ状)

— 実例; 酒井治孝氏による「岬オリストストローム」説。(九大修
士論文; 地質学雑誌, 1, 2, 3)

— 三浦房総の中新世・鮮新世の付加体(村岡・小川, GSASPな
ど)

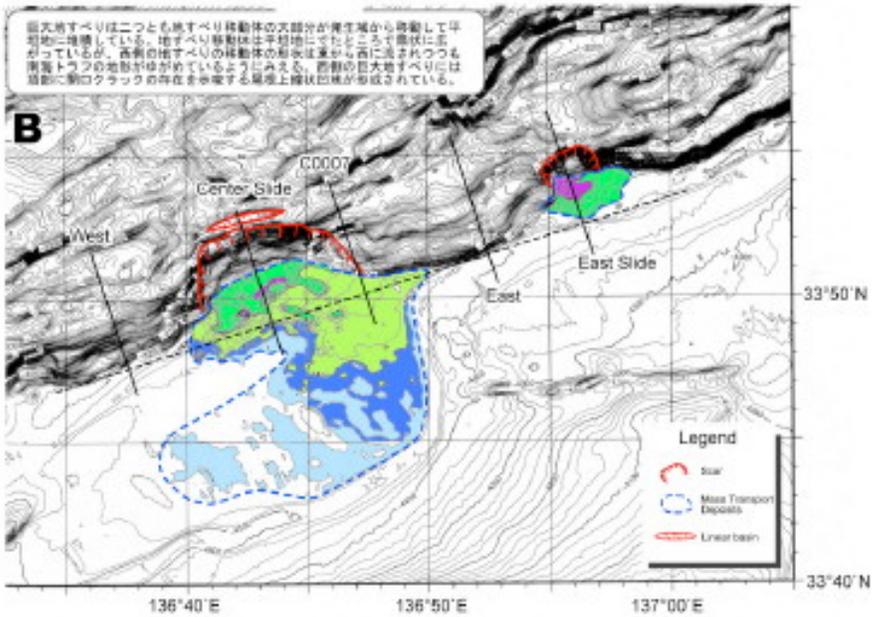


図1 南海トラフの海底地すべり (原図, 横山俊治作成)

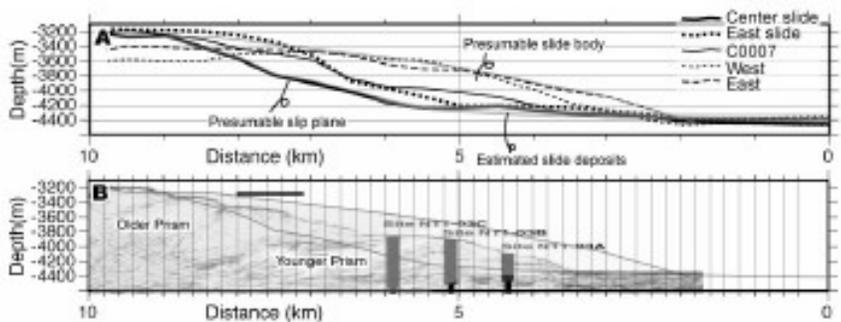


図2 海底地すべりとその周辺の斜面の地形断面と地震探査で見られる地質構造. 地質構造は「Kimura, G., Screaton, E.J., and Curewitz, D., 2007. NanTroSEIZE Stage 1: NanTROSEIZE shallow megasplay and frontal thrusts. IODP Sci. Prosp., 316. doi:10.2204/iodp.sp.316.2007」による. それぞれの地形断面の位置は, 図1に示す.

南海トラフ 最前縁

ハワイ諸島

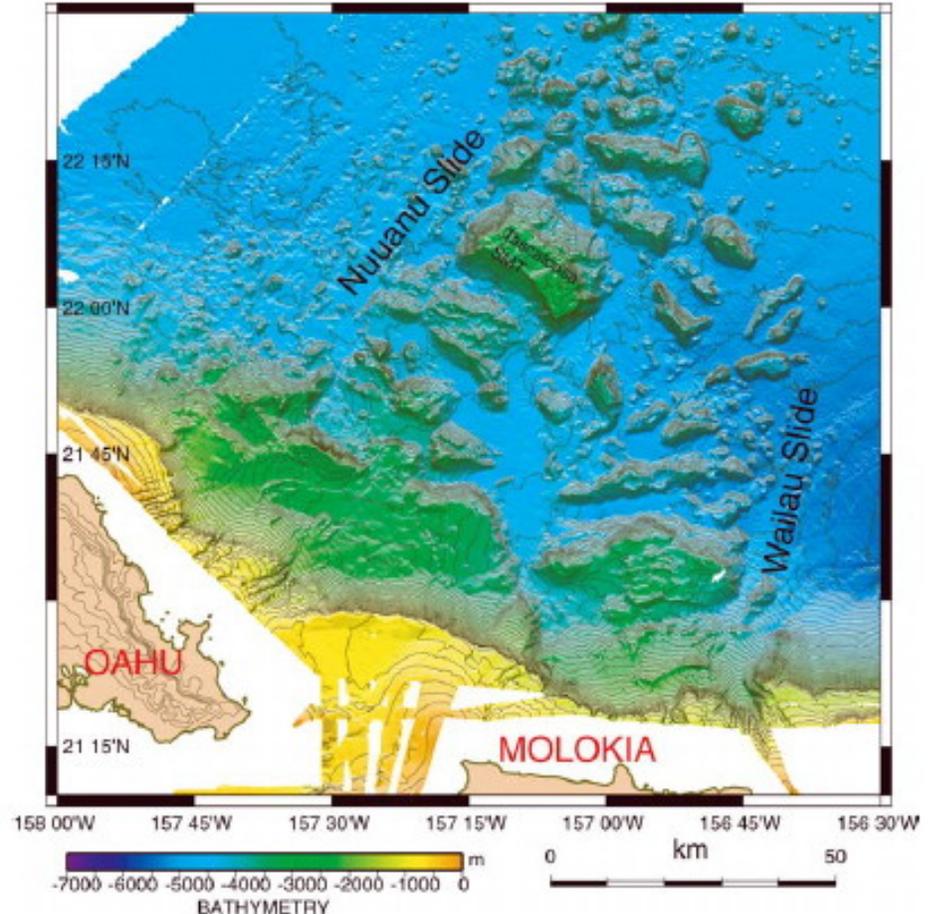


図4 オアフ島北方から派生するNiihau地すべりとモロカイ島北方から派生するWailau地すべり。
Fig. 4 The Niihau and Wailau debris avalanches derived from Koolau, Oahu Island and East Molokai volcanoes respectively.

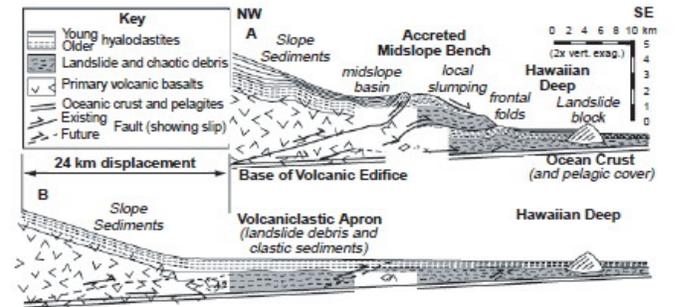
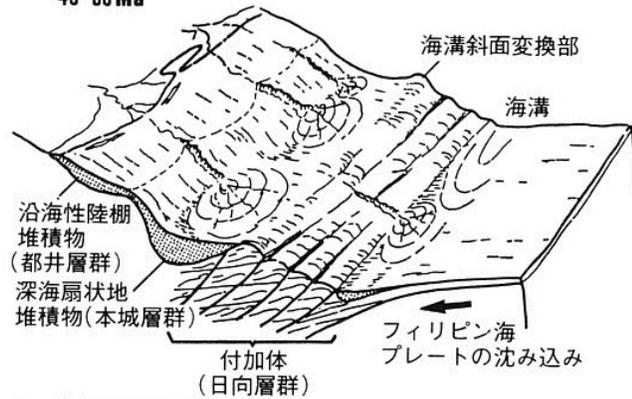
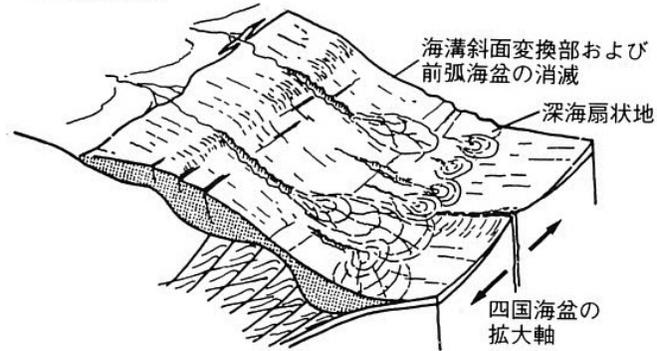


図7 Morgan et al., 2000によるHilina Slump各層断面とその解釈 (OK)
Fig. 7 Model of Hilina Slump along Kilauea's submarine south flank. Showing overthrusting and accretion of the submarine sediments (Morgan et al., 2000)

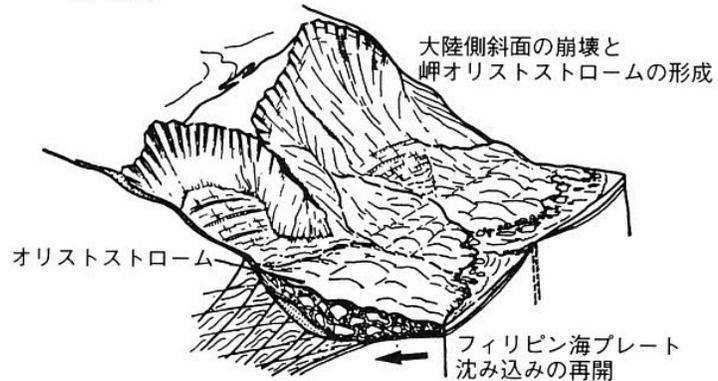
1. 始新世中期-漸新世前期
45-30 Ma



2. 漸新世後期-中新世最初期
30-22(or 21) Ma



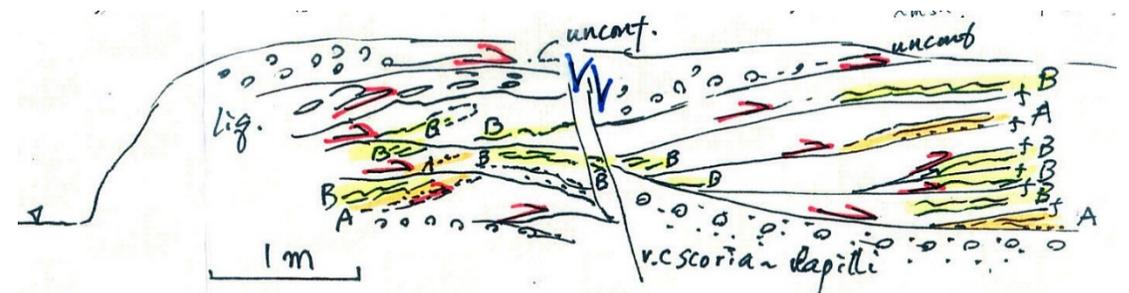
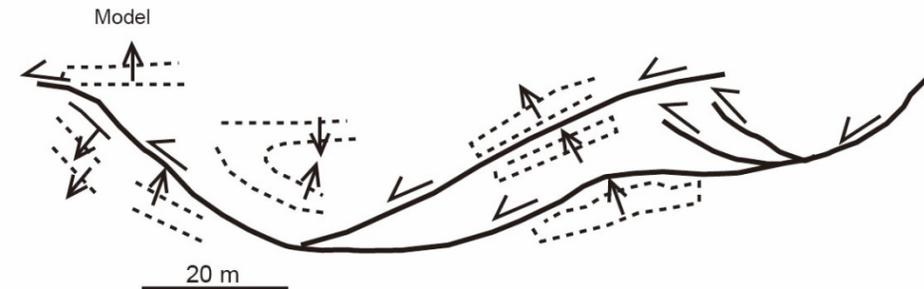
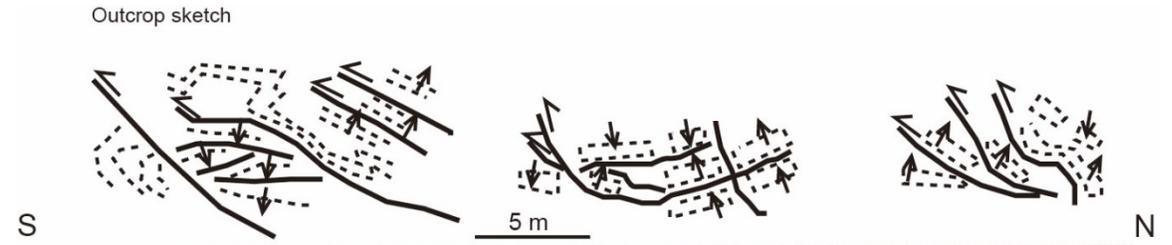
3. 前期中新世
21-17 Ma



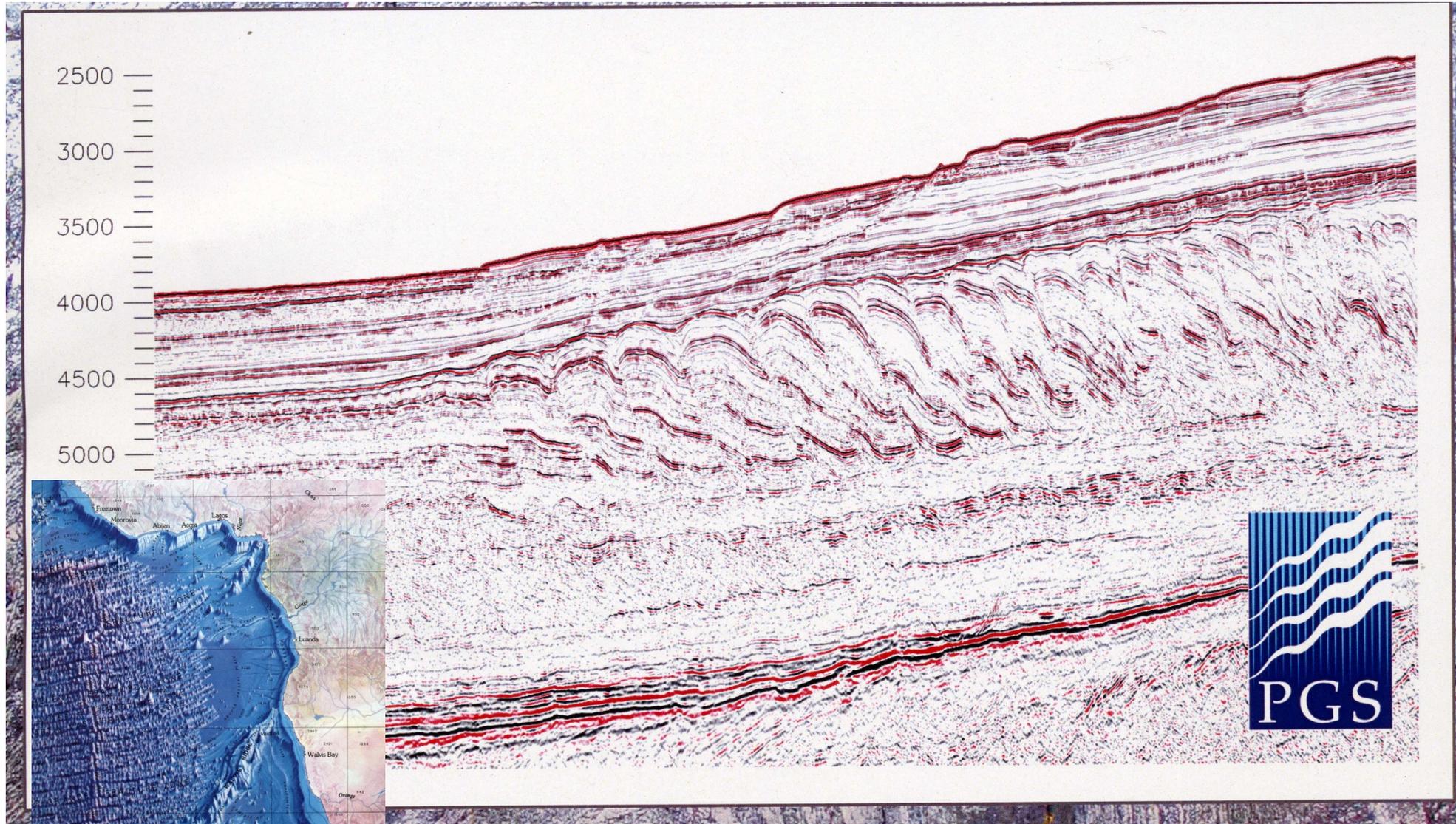
図XI.3-6 岬オリストストロームの形成過程(酒井, 1988c)

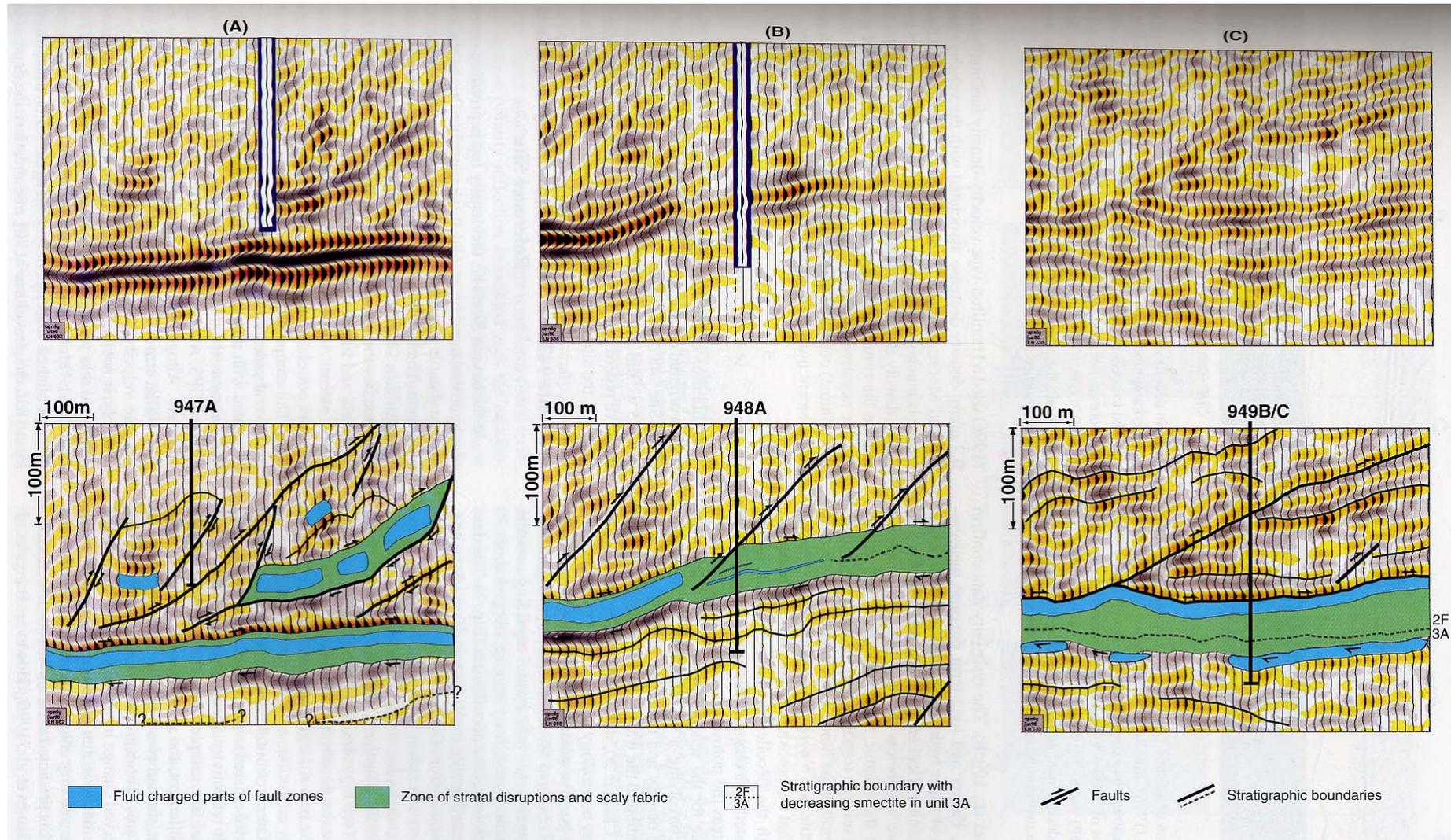
酒井治孝(1988 地質学雑誌, オリストストローム三部作)

三浦房総の例: 大小の地すべり堆積物



アフリカ(ヌミビア)沖の白亜紀層の地すべり性デュープレックス(森田氏の八戸沖に類似)と付加体のそれとの比較:

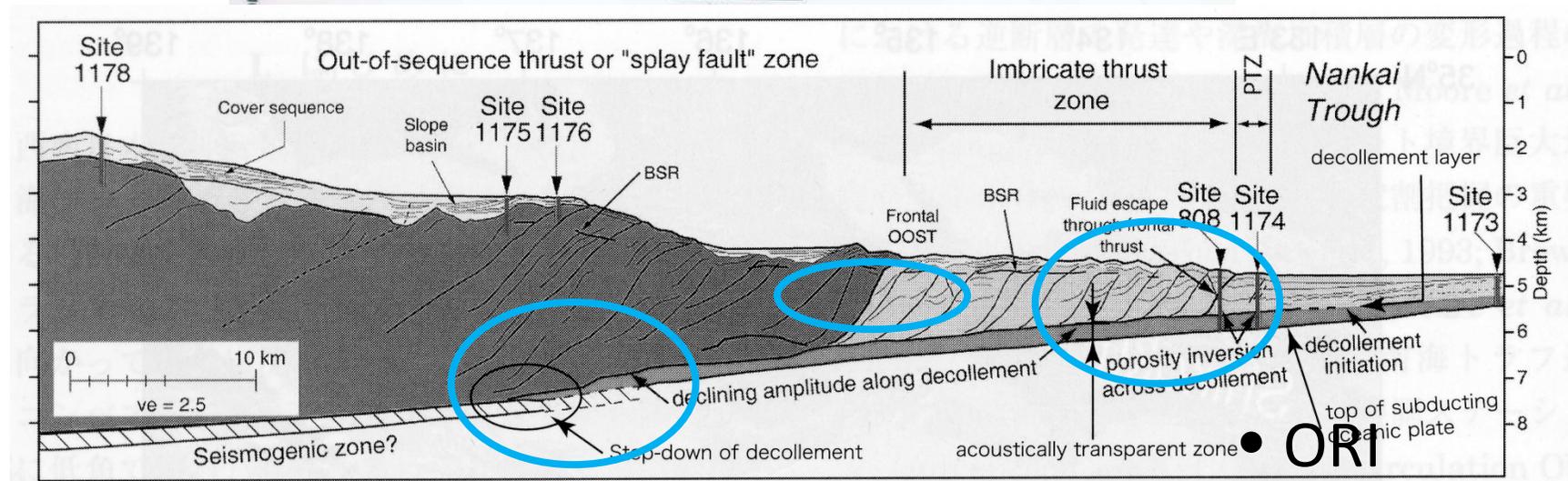
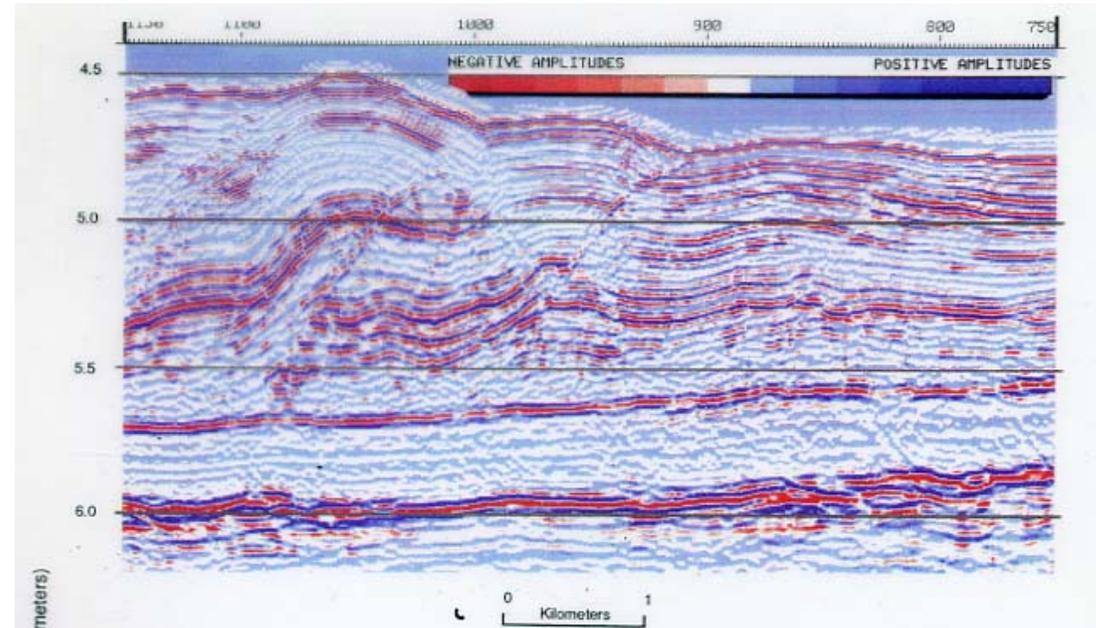




Barbados ODP Leg 154 (Shipley et al., 1998)ブルーは
高間隙水圧の場所

Nankai trough accretionary prism

(Casey Moore, GSA Today)



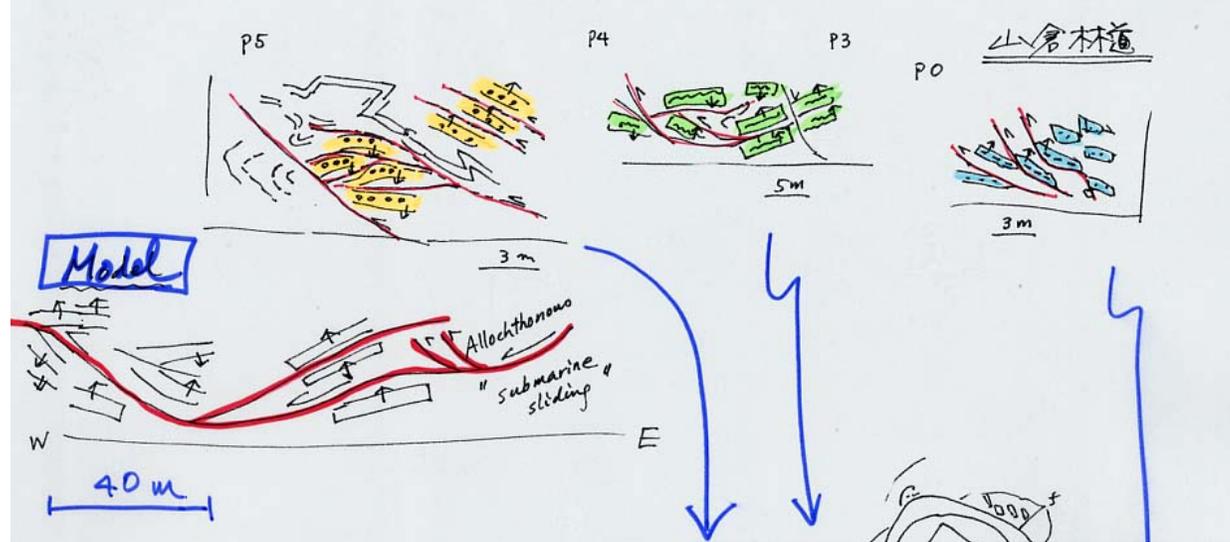
ORI
website

我々にとってのポイントはどこか？

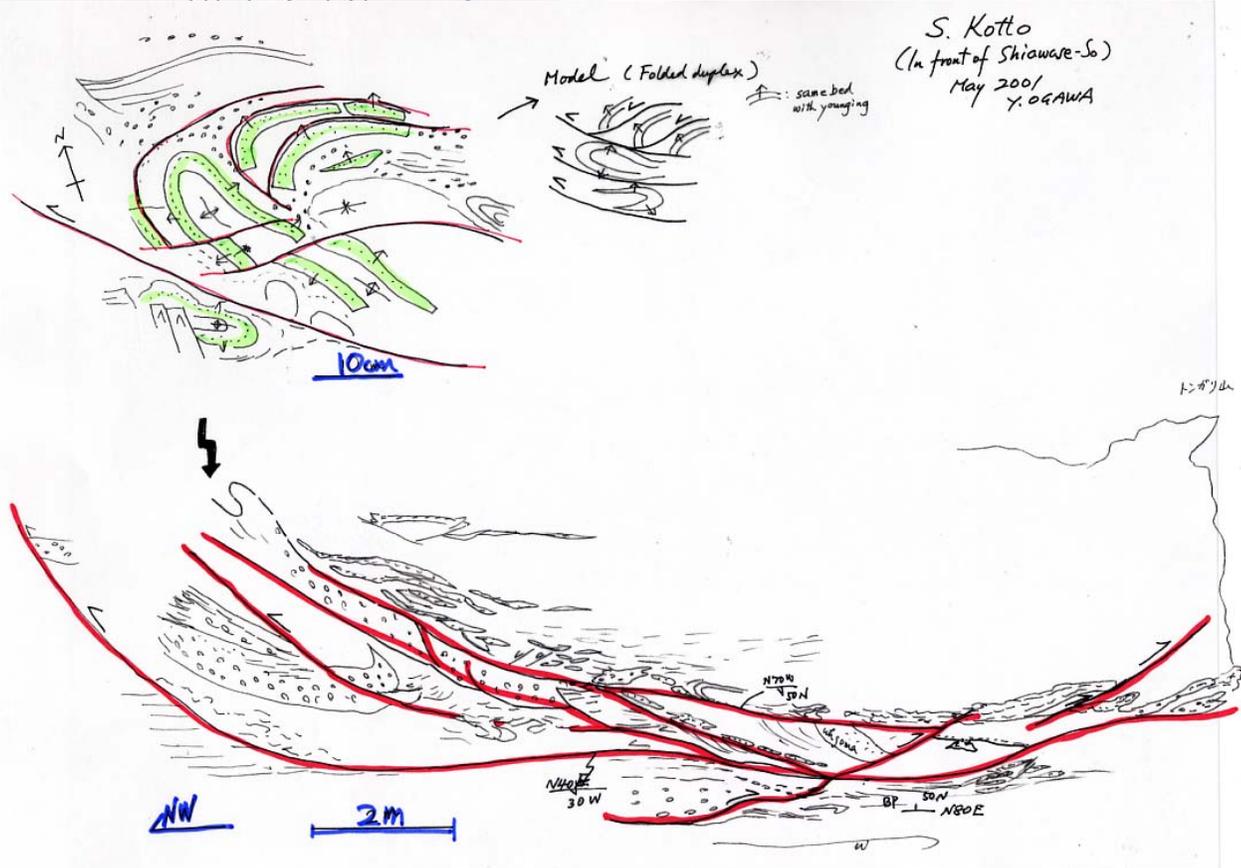
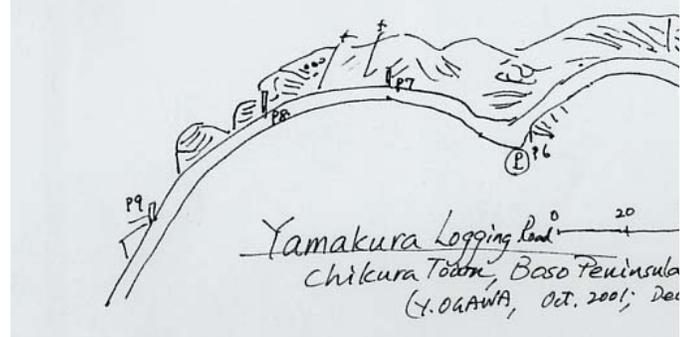
さまざまなサイズミック・プロファイルをみるにつけ、多くの地質的問題点が指摘しうる。

1. 一番肝心なところが見えてない。
2. そこを、陸上地質との対応でカバーする。
3. 露頭第一主義
4. その4次元の復元：その間に、さまざまな問題点が整理されてくる。
5. 重力による下への運動か？それとも水平圧縮による側方・上方への運動か？この永遠の問題に決着をつける。

フィールドを選ぼう。そして、世界の全部を理解しよう。

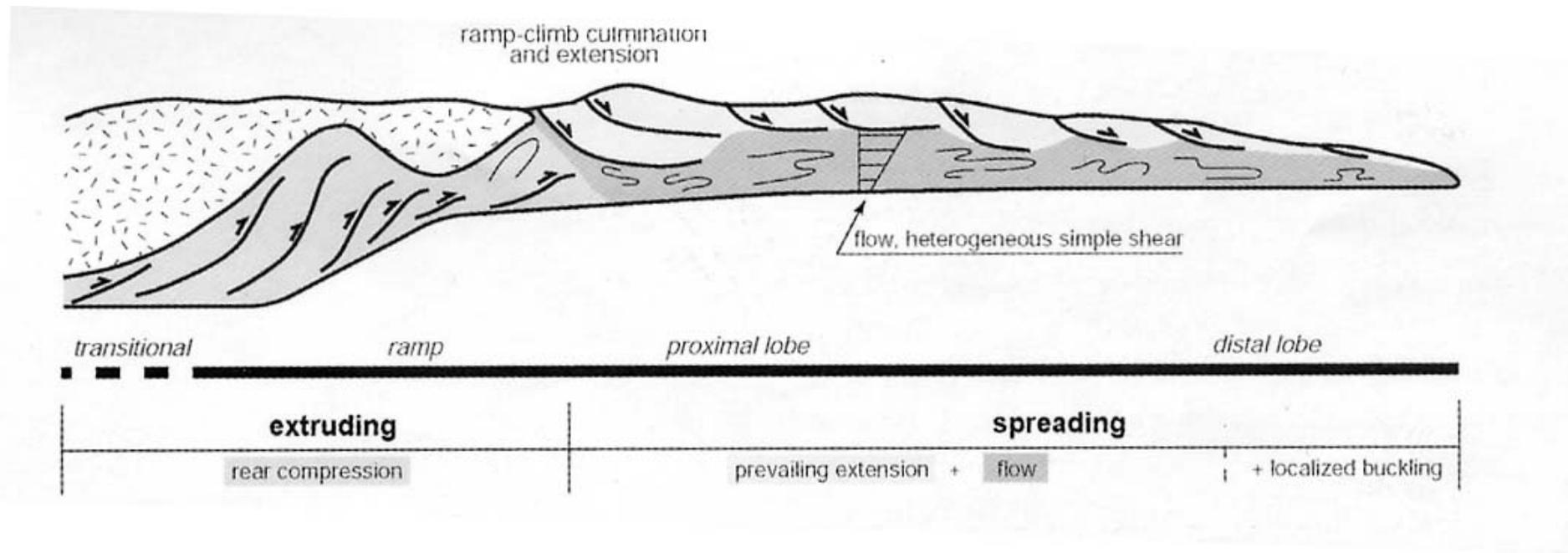


Miura & Boso examples: In 2D outcrops, gravitational? or tectonic? Eternal problem!



Bologna area, Italy (Pini et al., 2004)

Entirely gravitational? No, only the superficial part.



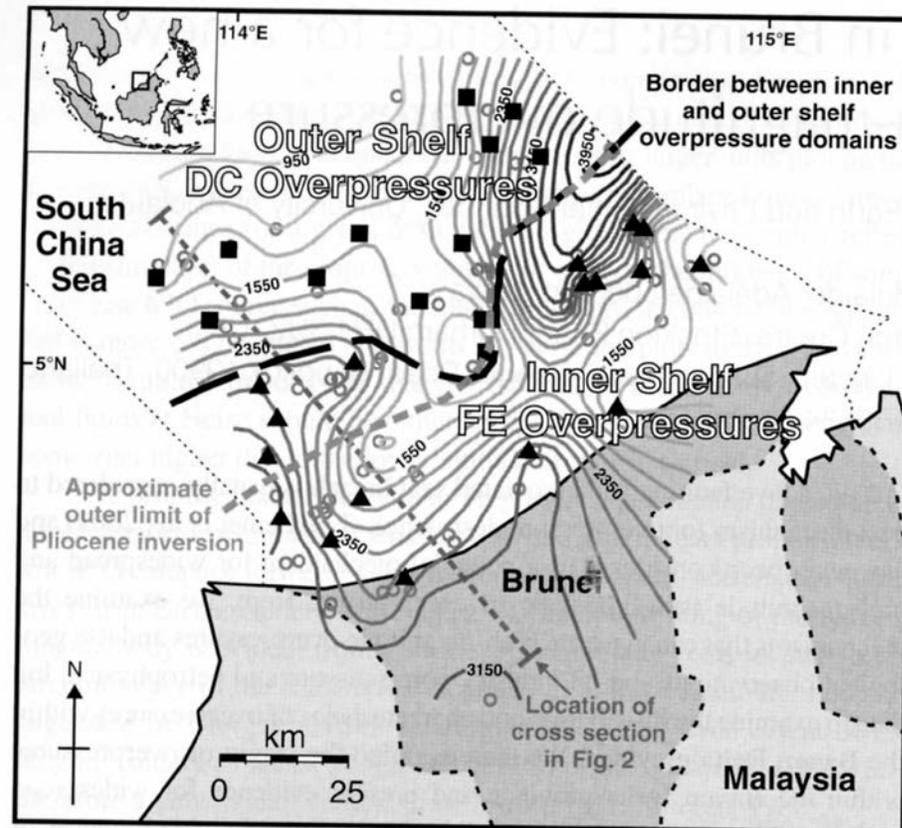


Figure 1. Smoothed depth (meters below seabed) to top of overpressure from 101 wells (gray circles) and location of fields with disequilibrium compaction (DC—black squares) and fluid expansion overpressures (FE—black triangles). Contour interval is 200 m. Note the geographic separation (black dashed line) between fields with disequilibrium compaction (outer shelf) and fluid expansion overpressures (inner shelf), and that this division is in close proximity to the outer limit of Pliocene inversion (gray dashed line).

第一義的には重力だが、水平圧縮も共存する。たいていのものはこれ。暗礁に乗り上げる。。。そこをなんとか打開したい。

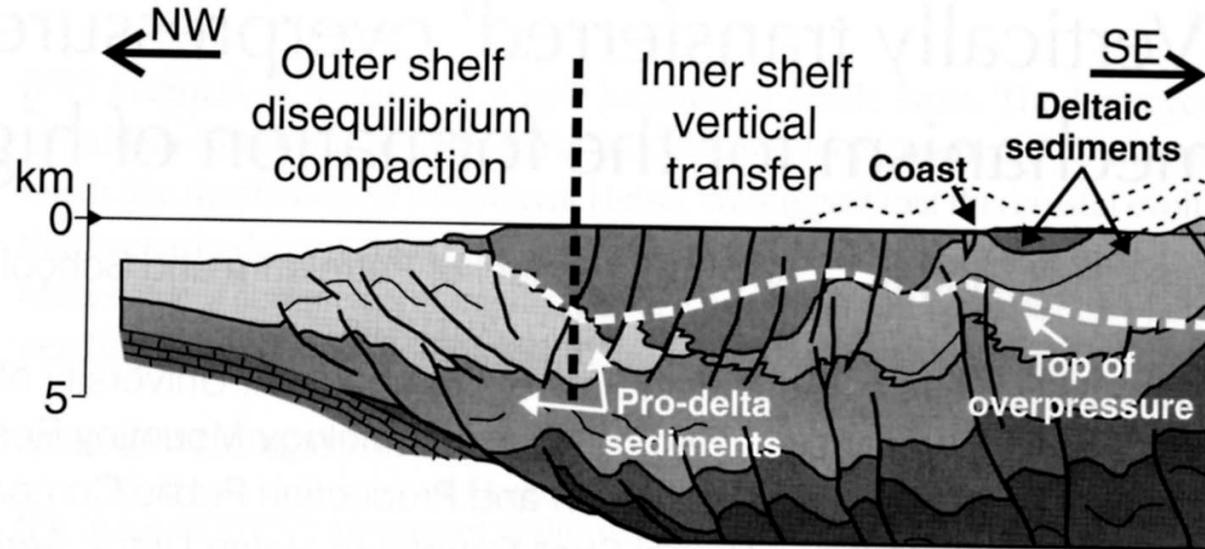
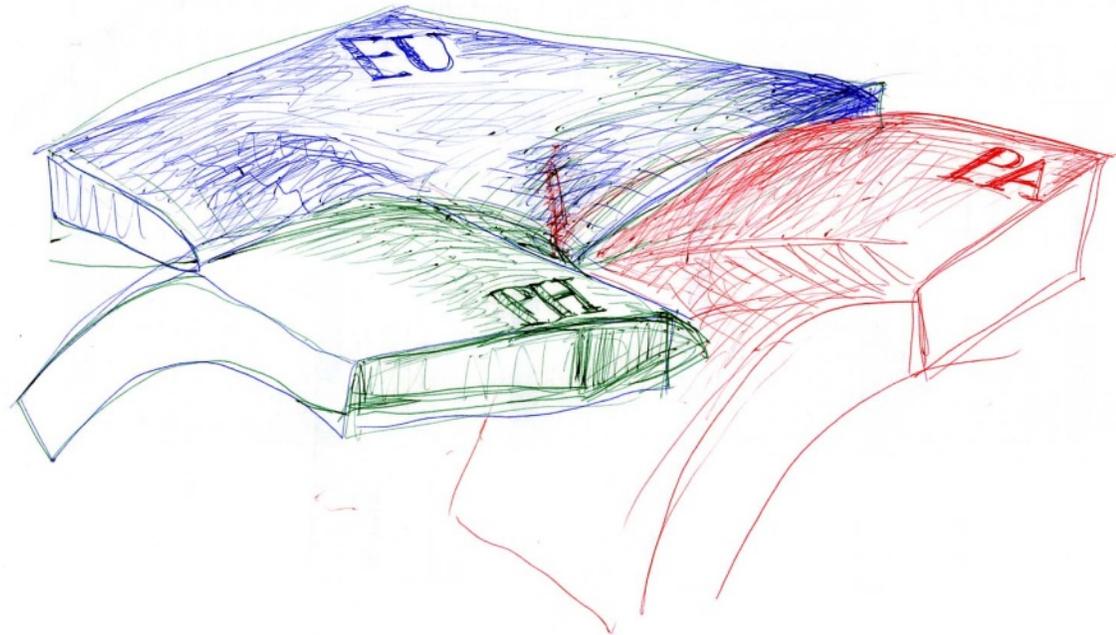


Figure 2. Schematic section through Baram Delta province, including top of overpressures and border between inner and outer shelf overpressure provinces (see Fig. 1 for location). Onset of overpressure in the outer shelf is coincident with the top of the pro-delta shales, whereas overpressures in the inner shelf commence in the overlying deltaic sequences. Overpressures in the outer shelf exhibit porosity-effective stress profiles, indicating disequilibrium compaction (see Fig. 4). Overpressure measurements in inner shelf, taken almost exclusively in deltaic sequences, have a porosity-effective stress signature suggesting overpressuring caused by fluid expansion, or via inversion-related vertical transfer from the pro-delta shales.

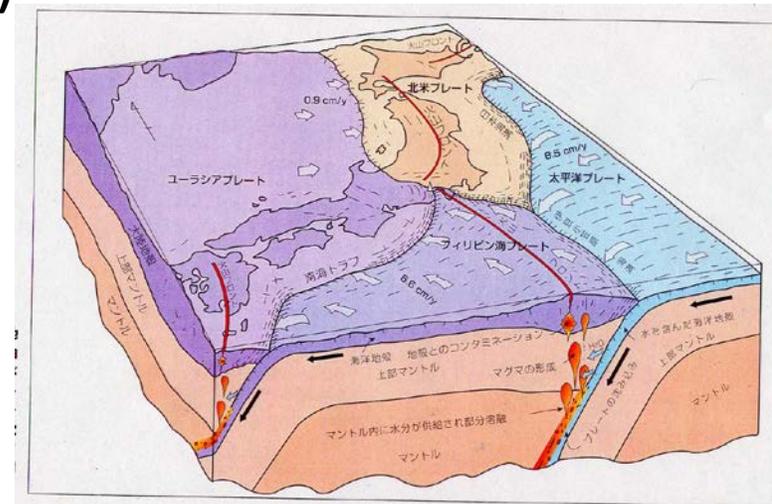
ついで、嶺岡帯の海底延長：房総三重点まで

- 地形、地質、サイズミックプロファイル、潜水船などの第一次のデータはあるが、
- 基本的モデルの検討がいまだし

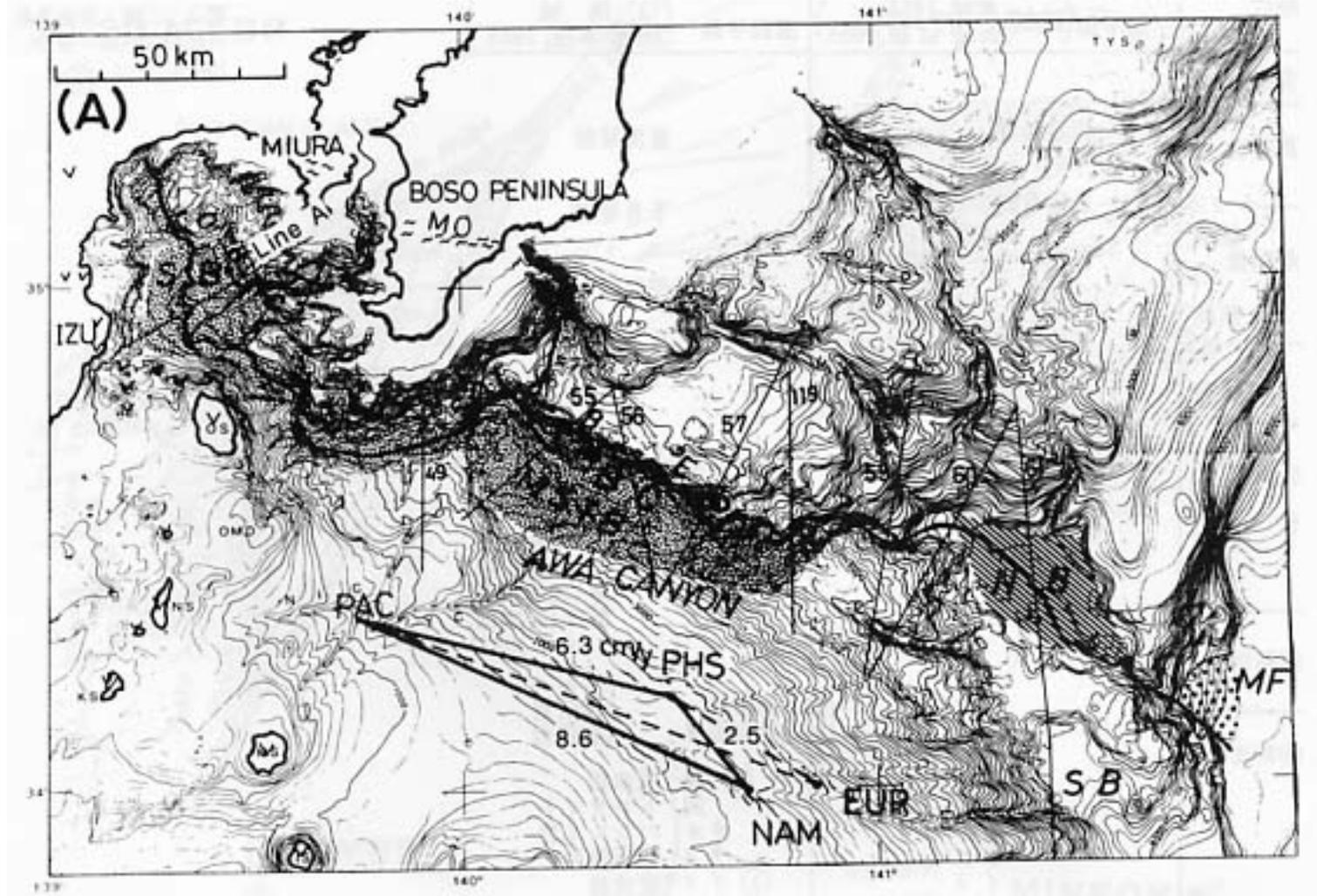


房総三重点のデータ:

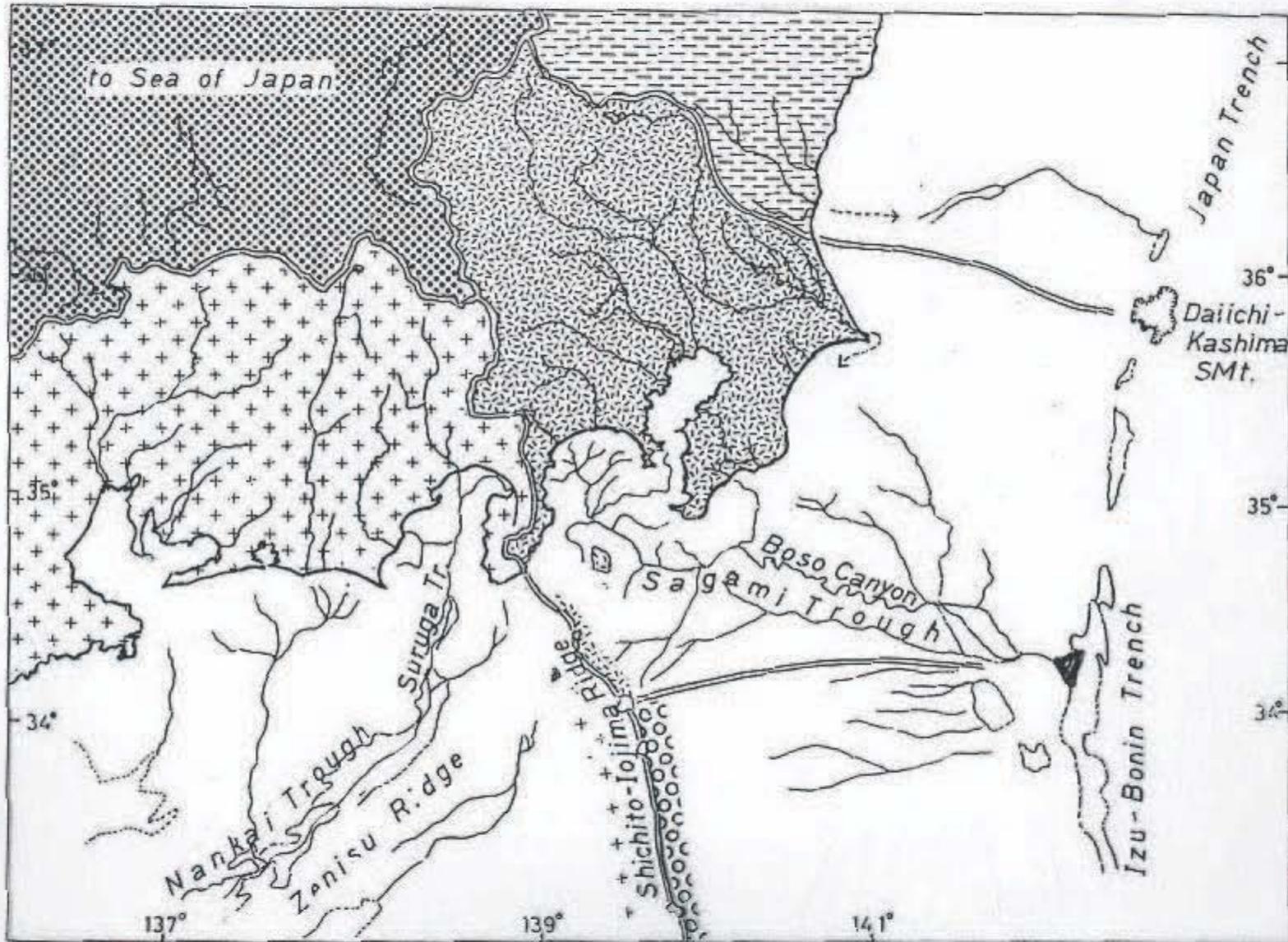
- Ogawa et al. (1989; Tectonophysics)
- Seno et al. (1989; Tectonophysics)
- 岩淵ほか(1990; 水路図誌)
- 地質調査所(本座、玉木ほかの海底地質図)
- Ogawa & Yanagisawa (2011 Springer)
- など極めて興味深い。。。



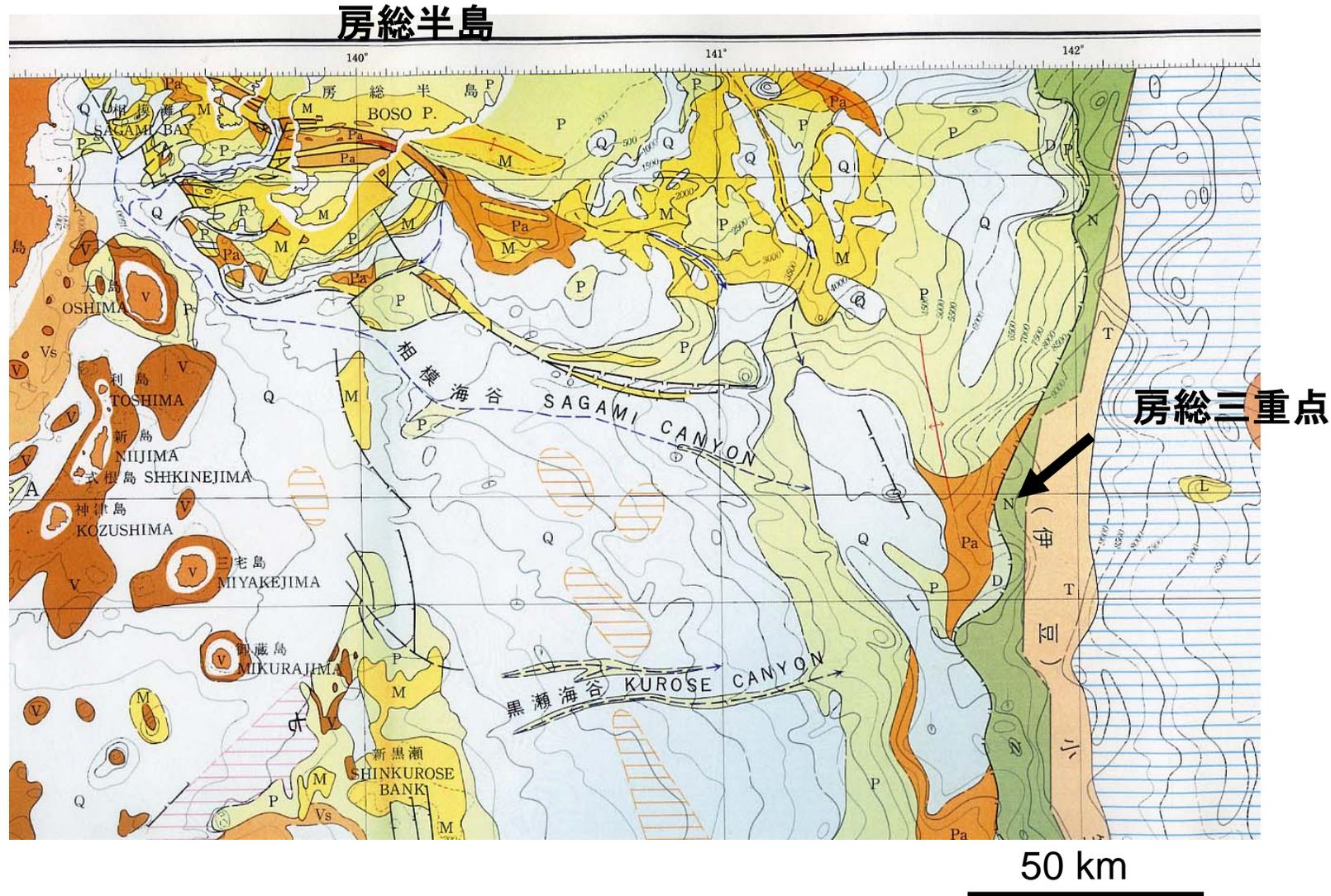
斜め沈み込みが二つ重なる房総南東沖の海溝斜面ではどのような現象が起きているのか??



堆積作用: 関東、伊豆前弧のすべての碎屑物が、途中で付加体を形成するか、ある場合には、三重点に最終的に集まる(小川原図)

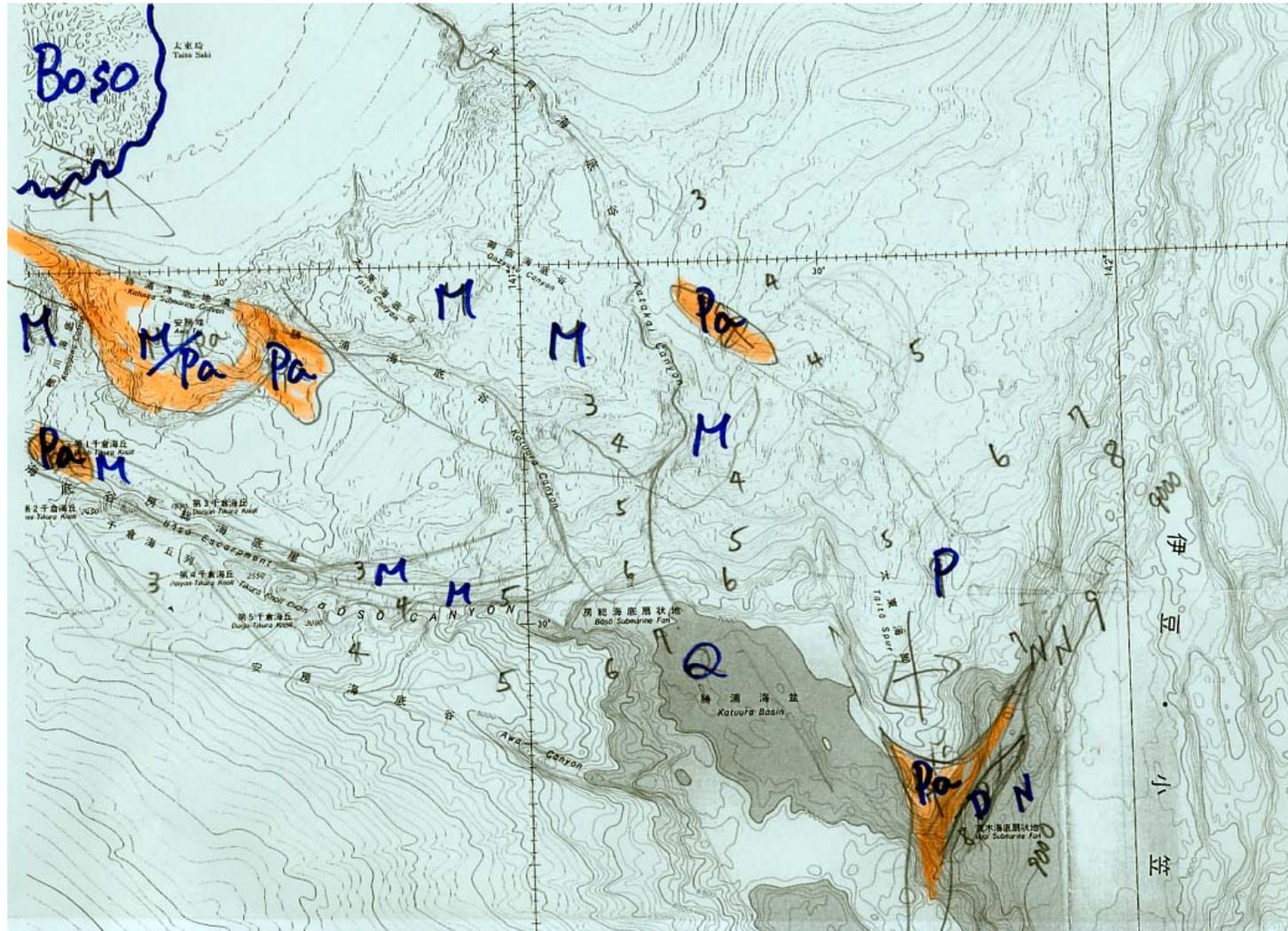


海底地質図：時代を超えて諸作用がインテグレートされている (本座・玉木ほかによる)



要素だけを取り出してみる

(Pa: low-mid? Mioc., M: up Mioc., P: Plioc., Q: Quat., N: Holoc.) 今回、このうちのmid Mioc.(木ノ根層相当層)が確認された。

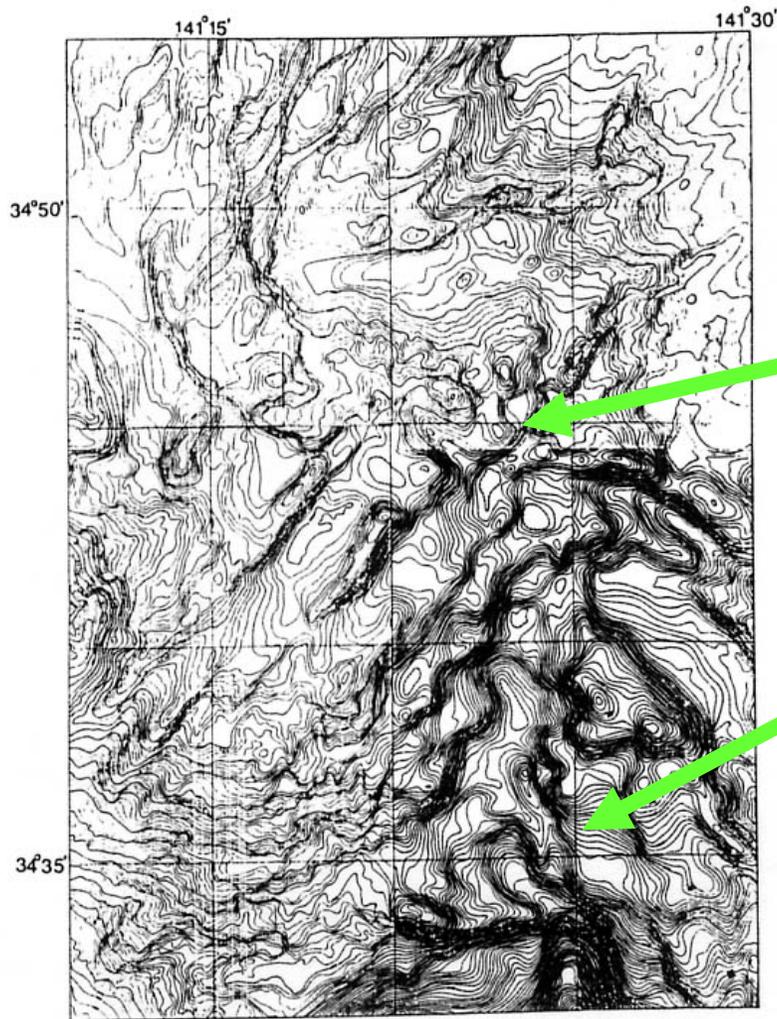


房総沖三重点での大規模崩壊：詳細な地形、内部構造の研究は水路部の岩淵洋氏によって行われた。



Fig. 9. Plate boundaries of the Pacific plate, the Philippine Sea plate and the northeast Japan plate. Thin lines show seismic survey lines.

- 重要な発見：
- 1. プレート境界を特定した。
- 2. 北西側に正断層群を見出した。
- 3. 大規模な崩壊を示した。
- 4. テクトニクス

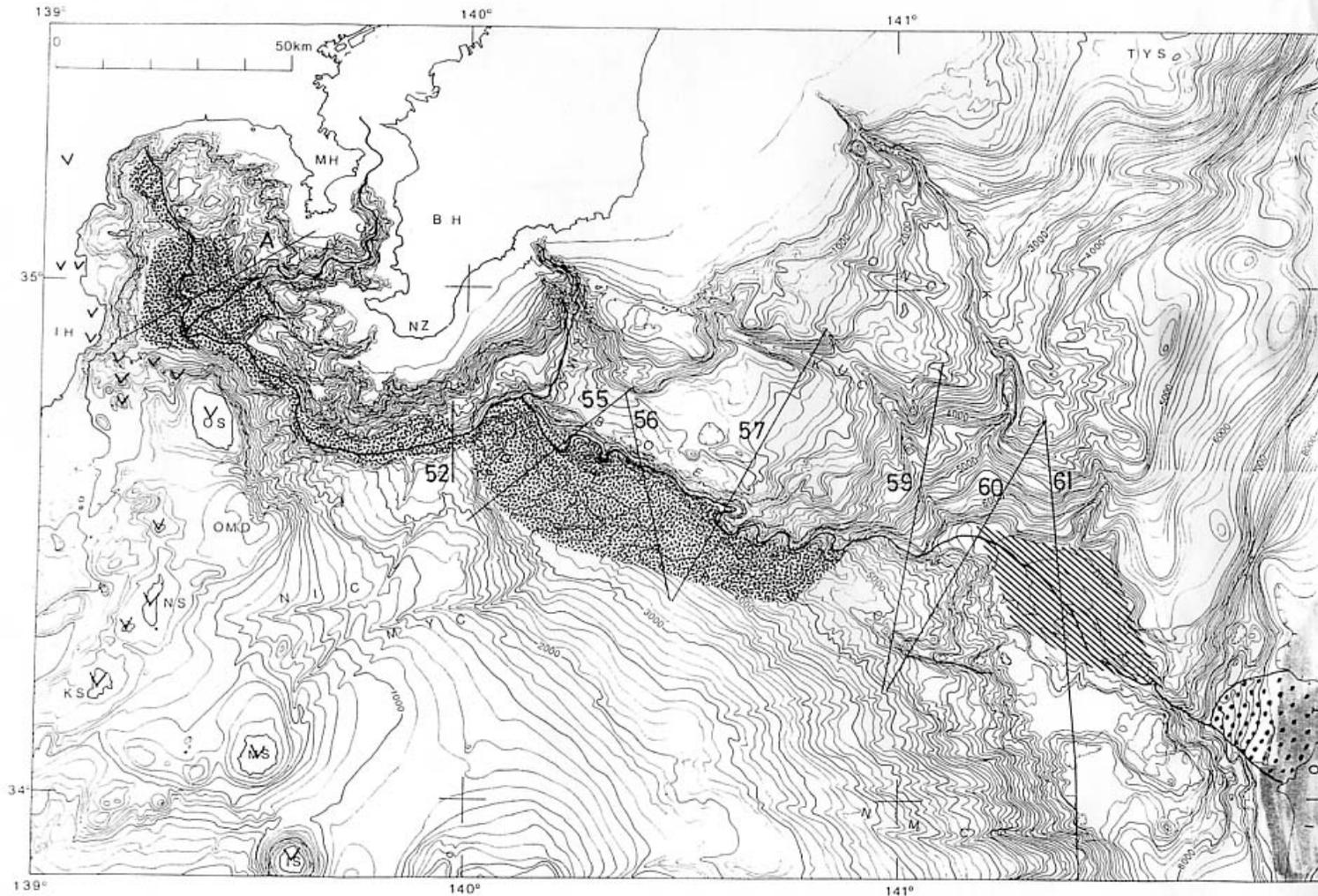


正断層は重力すべりとどう違うのか？

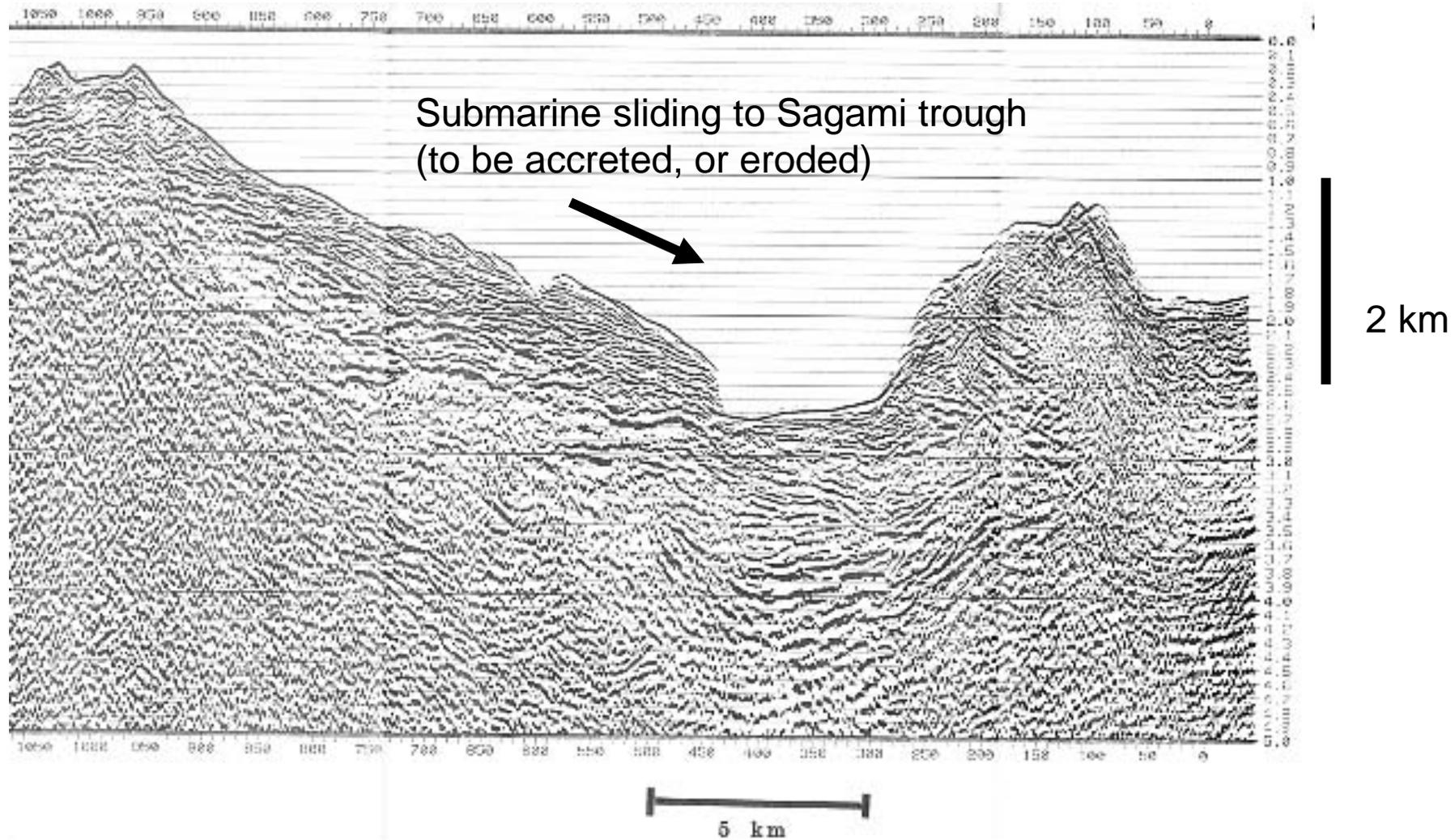
- **正断層**: 直線的、並走する。
- (オリジンが深い; つまりテクトニック??)
- **重力すべり**: 円弧状、横並びになる。(オリジンが浅い; つまり表層の重力)

相模トロフの本格的調査は1984年の日仏KAIKO計画、同年の水路部の調査に始まる。

(ただし、海側に関しては、非常に遅れた・KR99-14まで) (水路部の地形図による)
しかし、潜水船による観察は、1999年のわれわれの調査まで、全く行われてこなかった。



閑話休題(伊豆弧前面の地すべりと付加体)
(徳山ほか, 1999; 火山)
伊豆大島



伊豆大島直南東の伊豆弧前縁の巨大海底地すべり(長さ約5 km、厚さ約400 m)

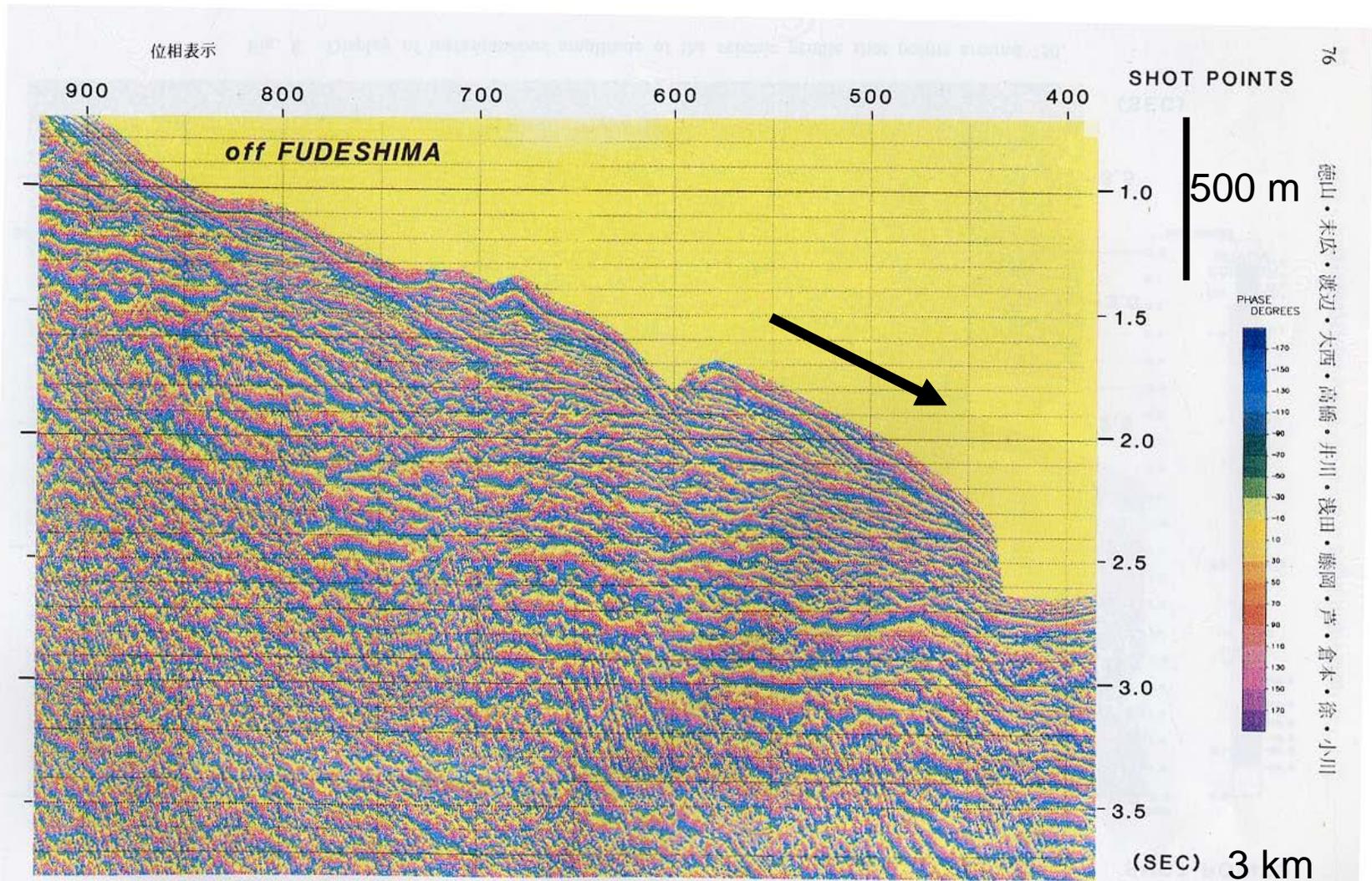
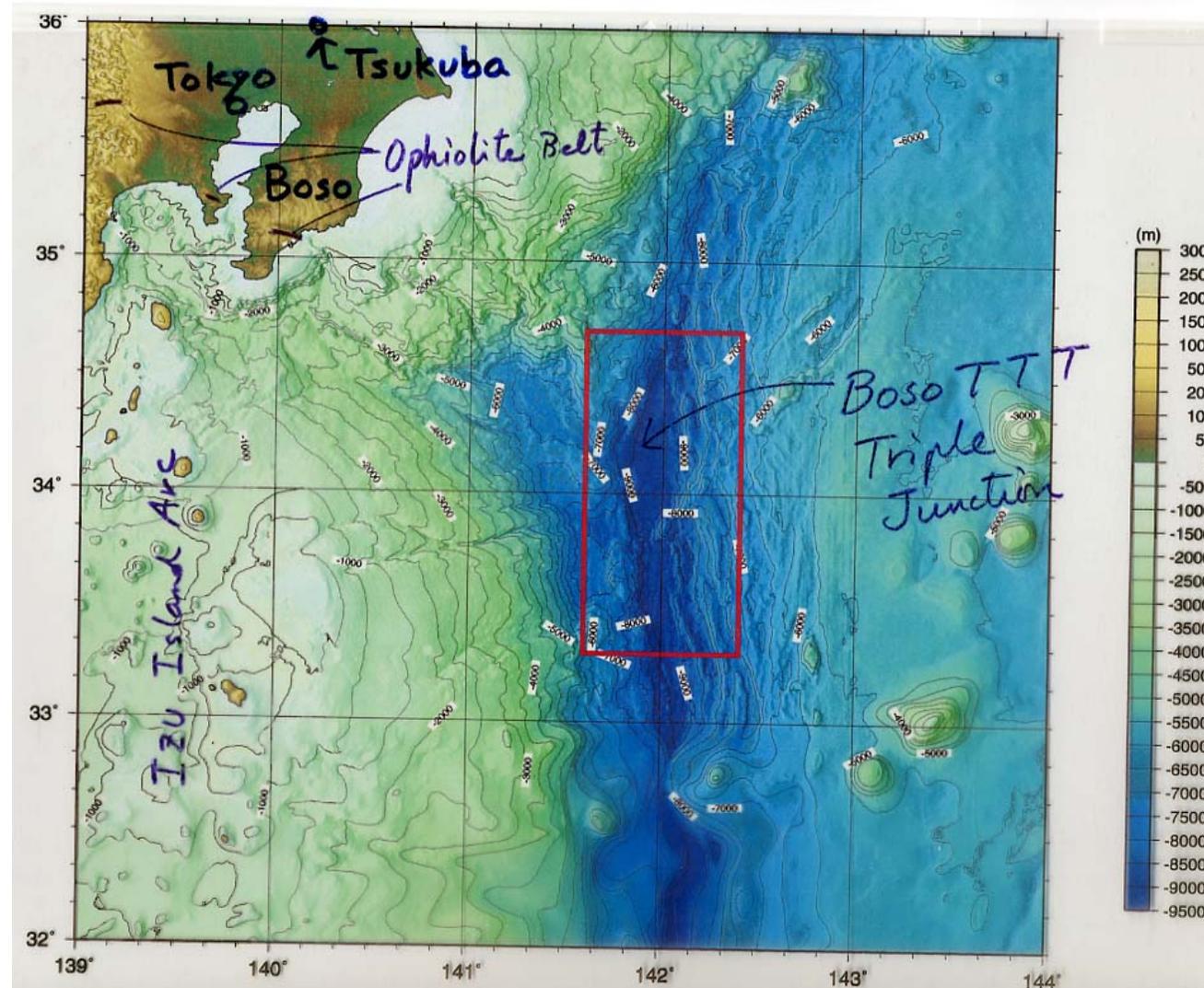


Fig. 9. Display of instantaneous phase of the seismic profile shot points around 750.

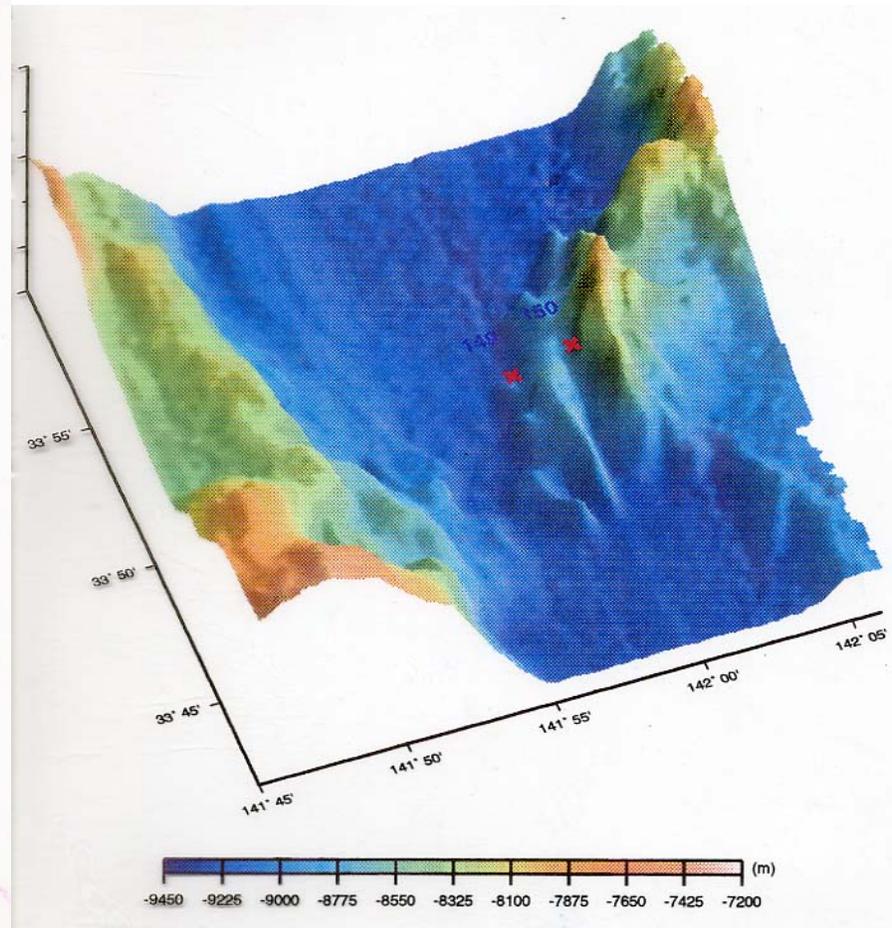
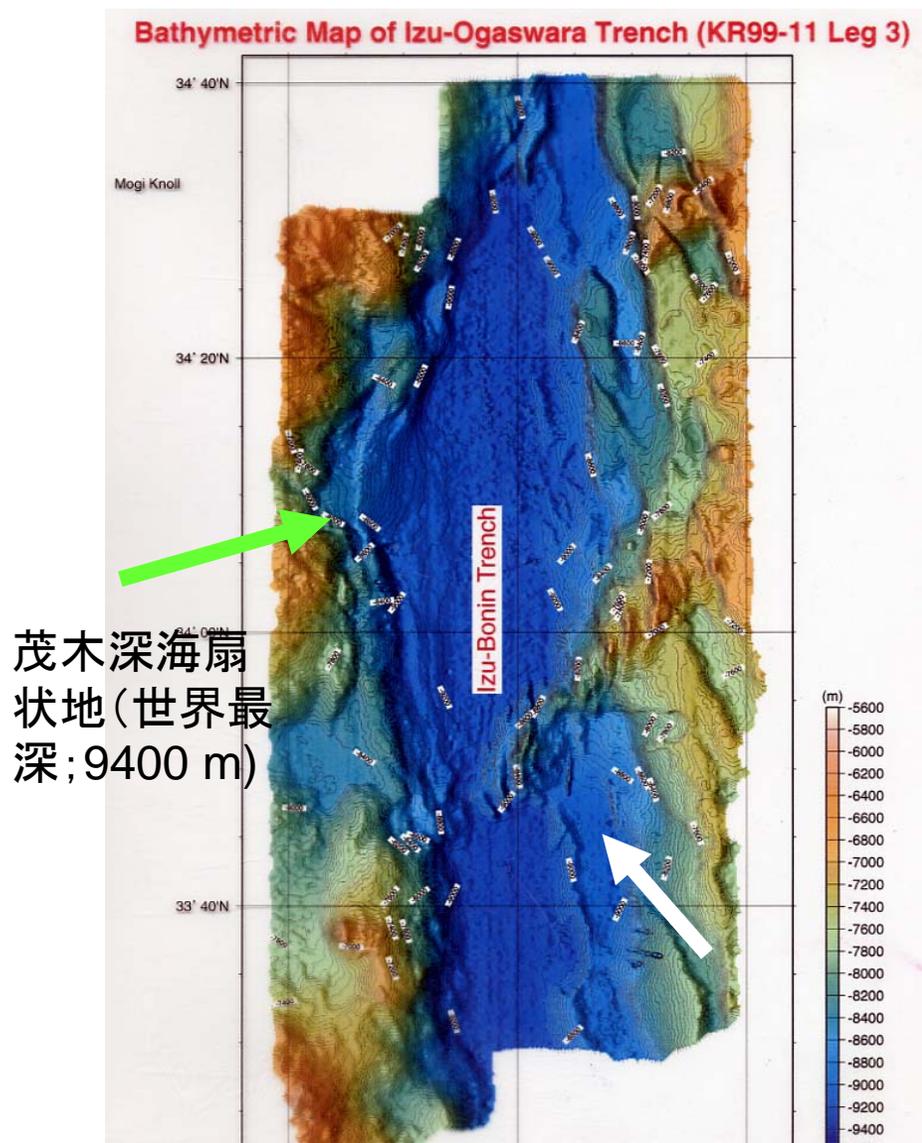
KR99-14 (小川・中西ほか) 「かいいい」「かいこう:10K」を用いた航海



海側と陸側の2点を重点調査

(Ogawa, Nakanishi et al., 1999)

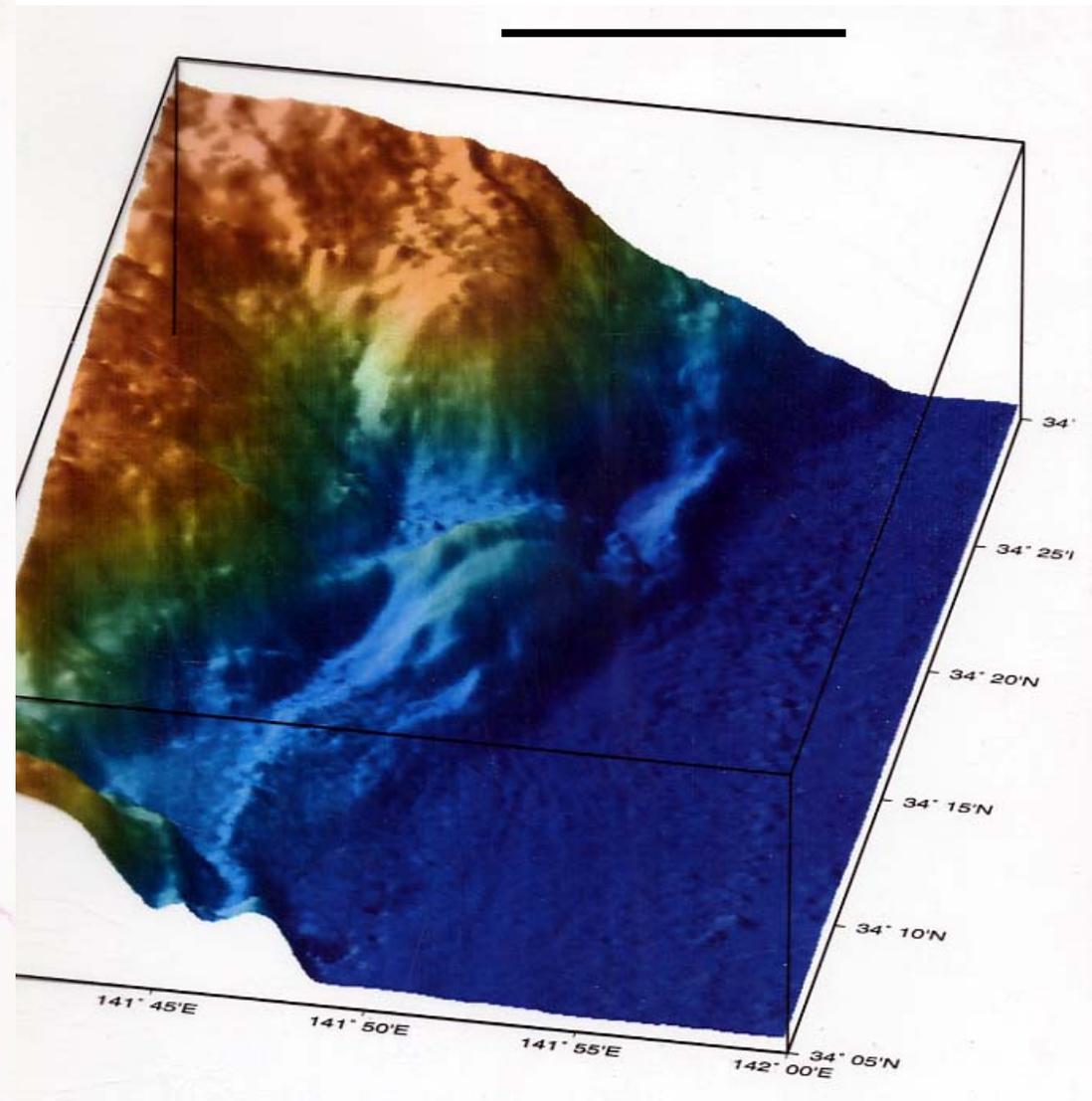
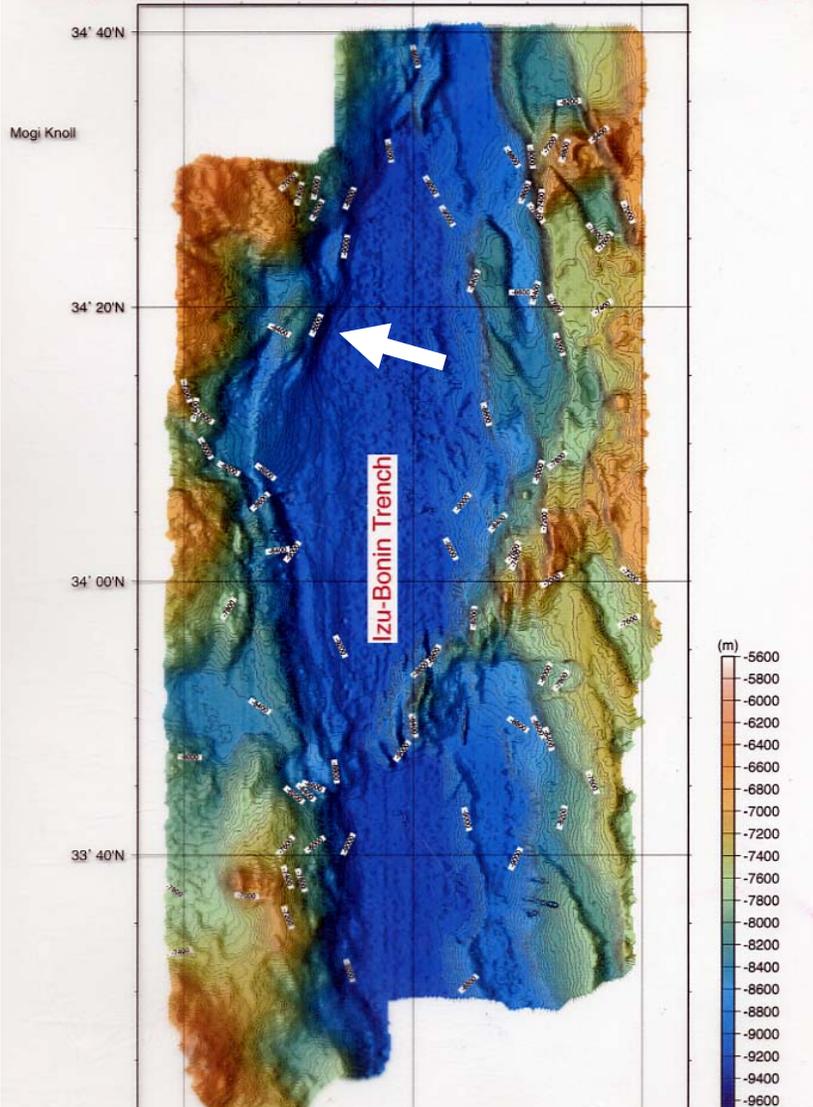
約20 km (V.E.= 10)

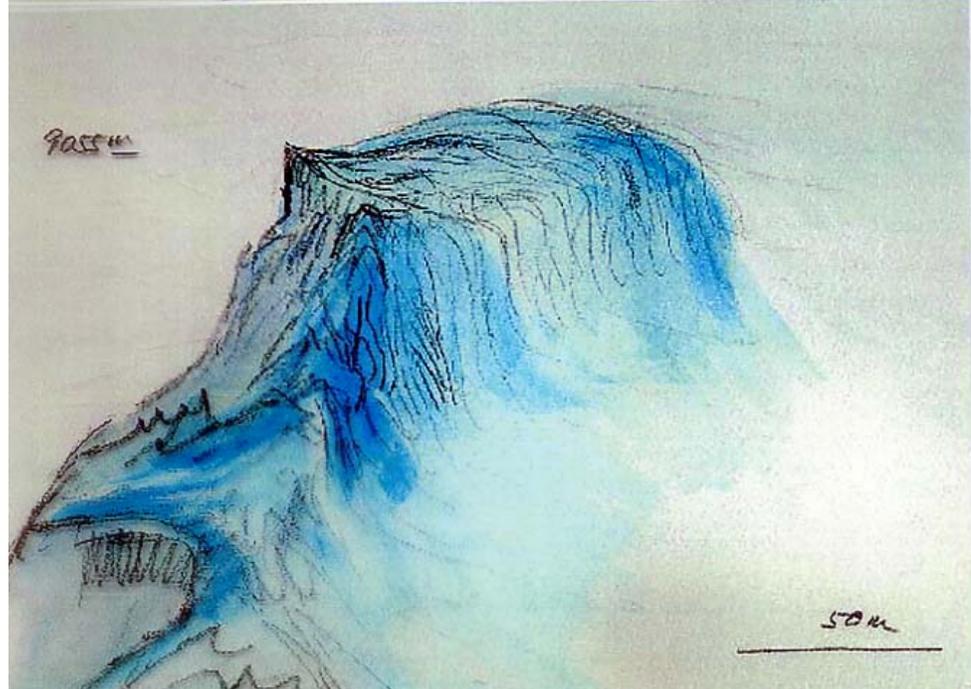
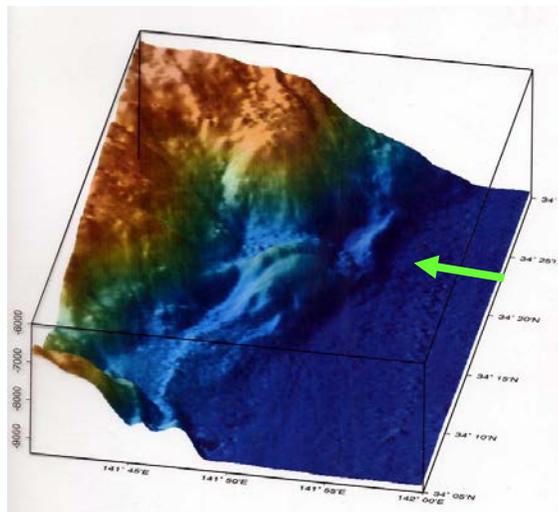
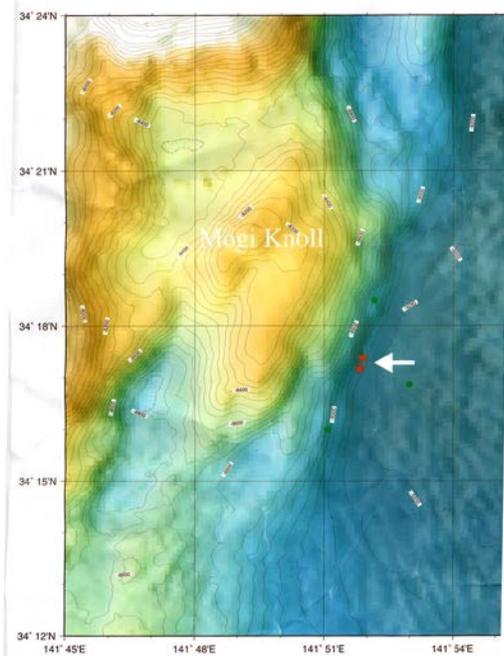


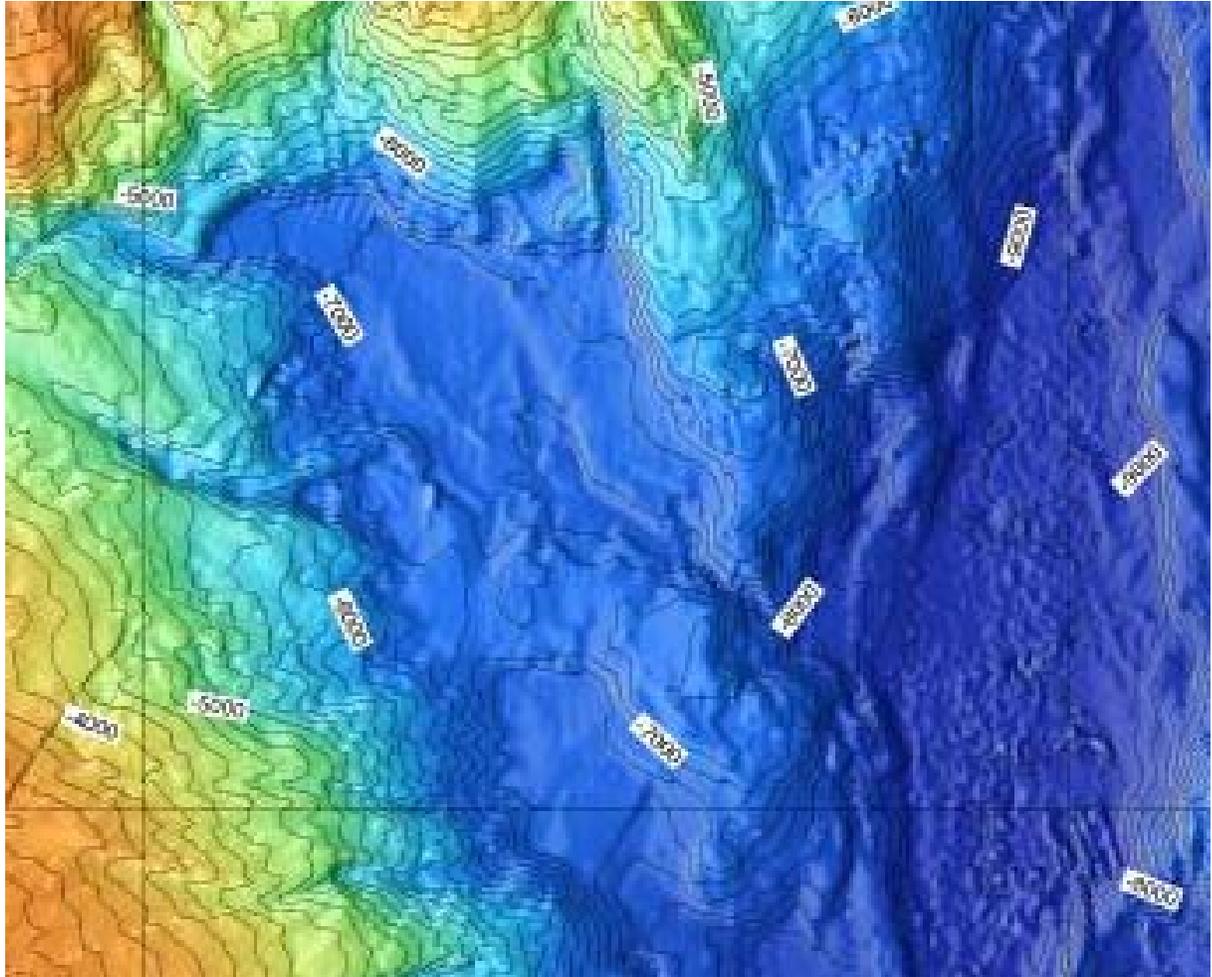
三重点付近の付加体が崩壊している

約20 km (V.E.= 10)

Bathymetric Map of Izu-Ogasawara Trench (KR99-11 Leg 3)







極わずかの試料から年代が求められた。
柳沢幸夫による(珪藻)

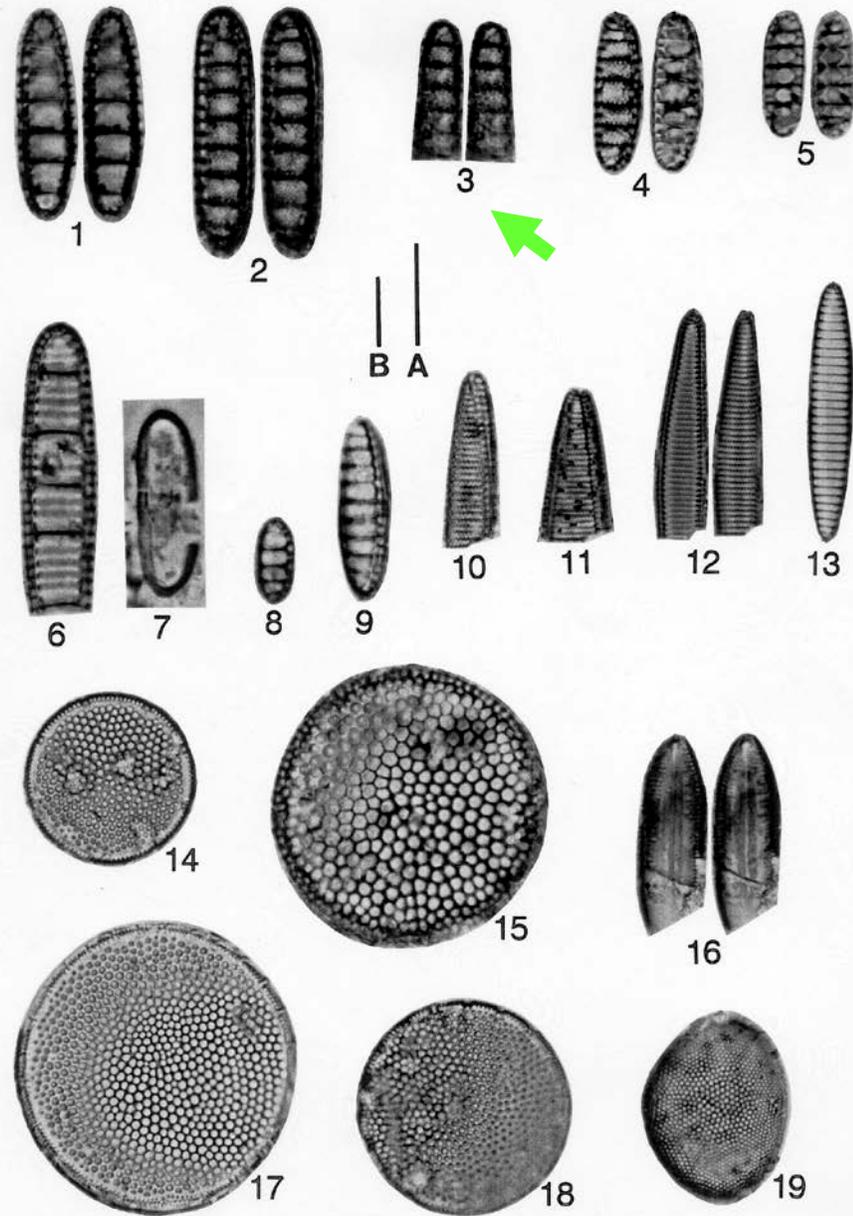
6K#148, R-1 (early mid. Miocene)



6K#151, R-1 (age unknown)



Plate 1



KR99-11, 10K#148, R-001
柳沢幸夫による(発表準備中)

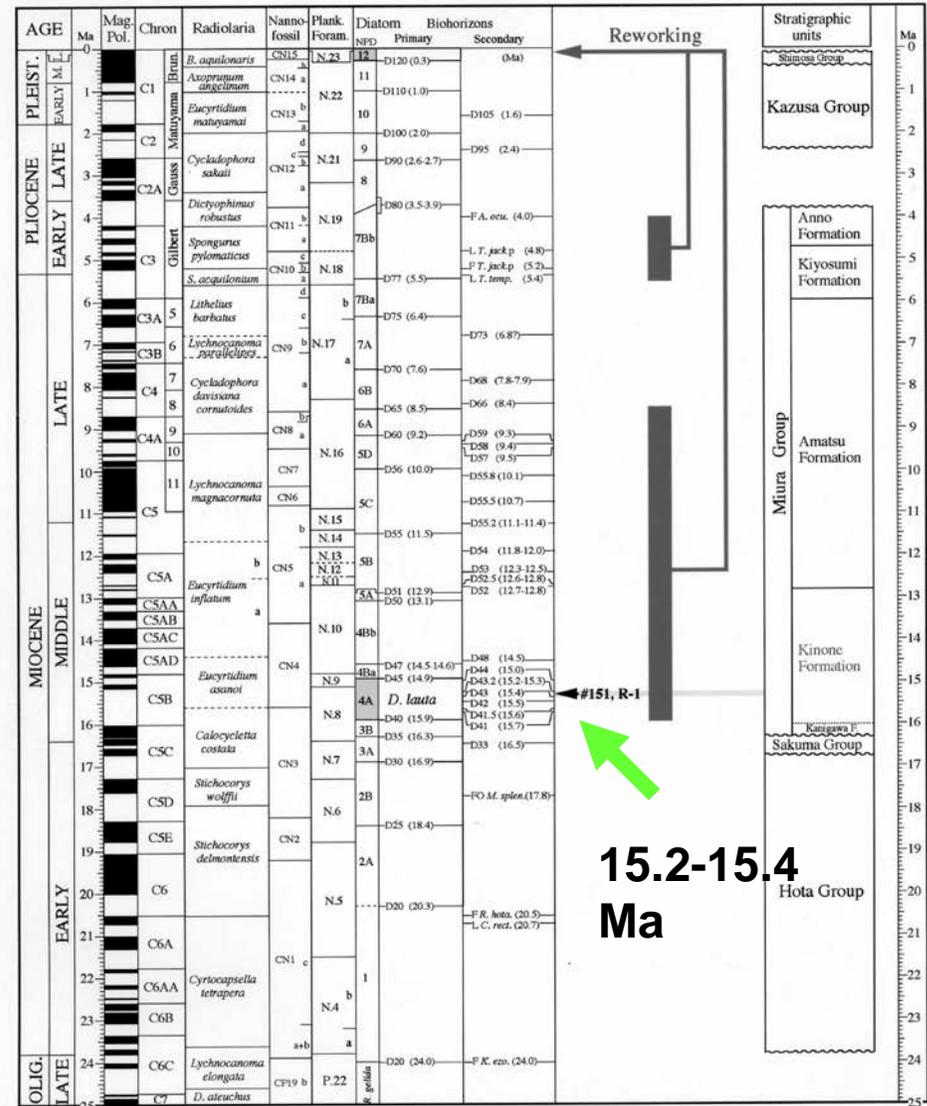
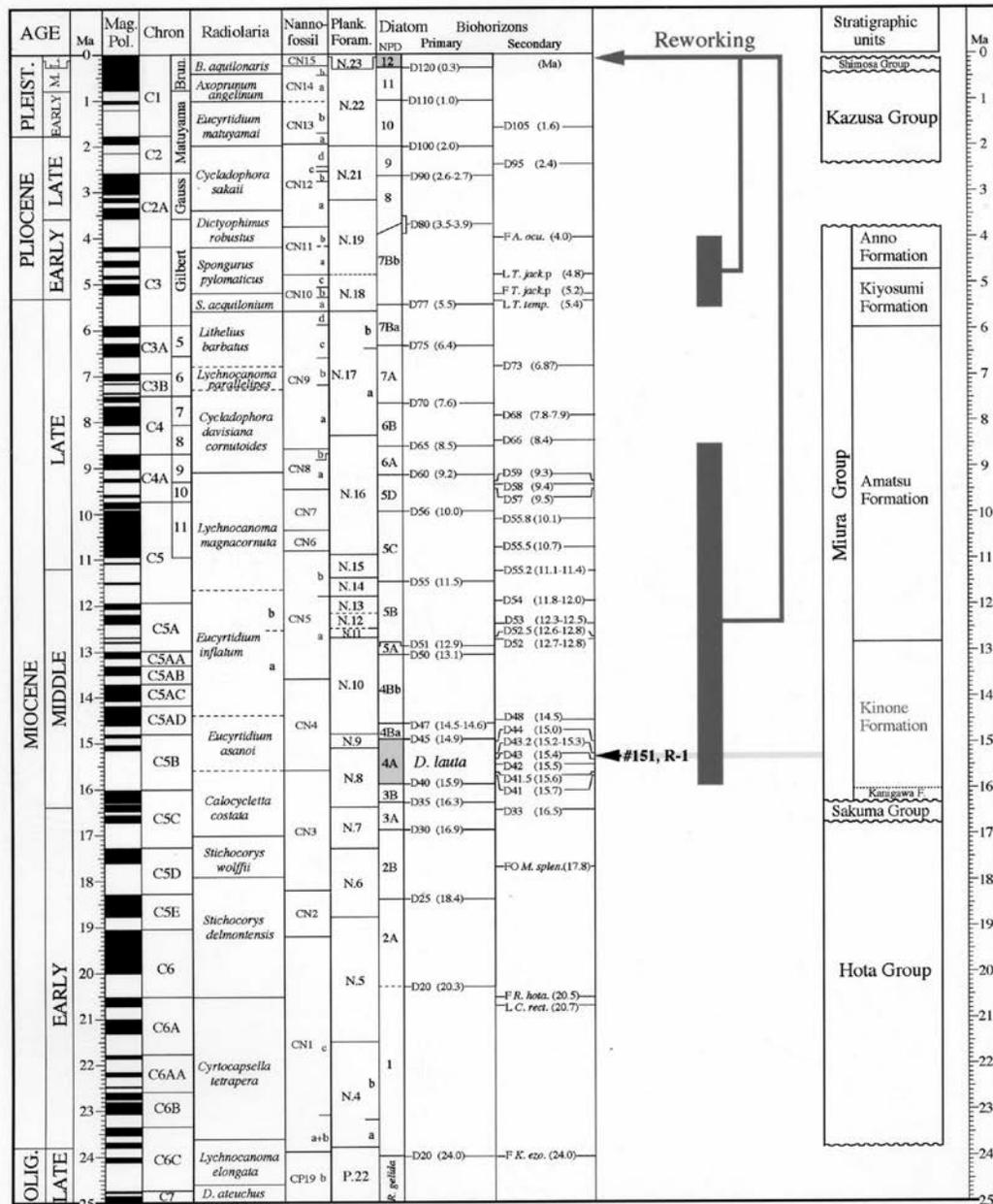


Fig. b Chronostratigraphy of the Neogene sequence in the Boso area

Magnetic polarity time scale: Cande and Kent (1992, 1995), Berggren et al. (1995) and Saito (1999); Radiolarian zonation: Motoyama (1996) and Riedel and Sanfilippo (1978); Nannofossil zonation: Okada and Bukry (1980); Planktonic foraminiferal zonation: Blow (1969). Diatom zonation: Yanagisawa and Akiba (1998).



岩石は4A (15.2-15.4; 中期中新世前期)のみ((木ノ根層相当層))

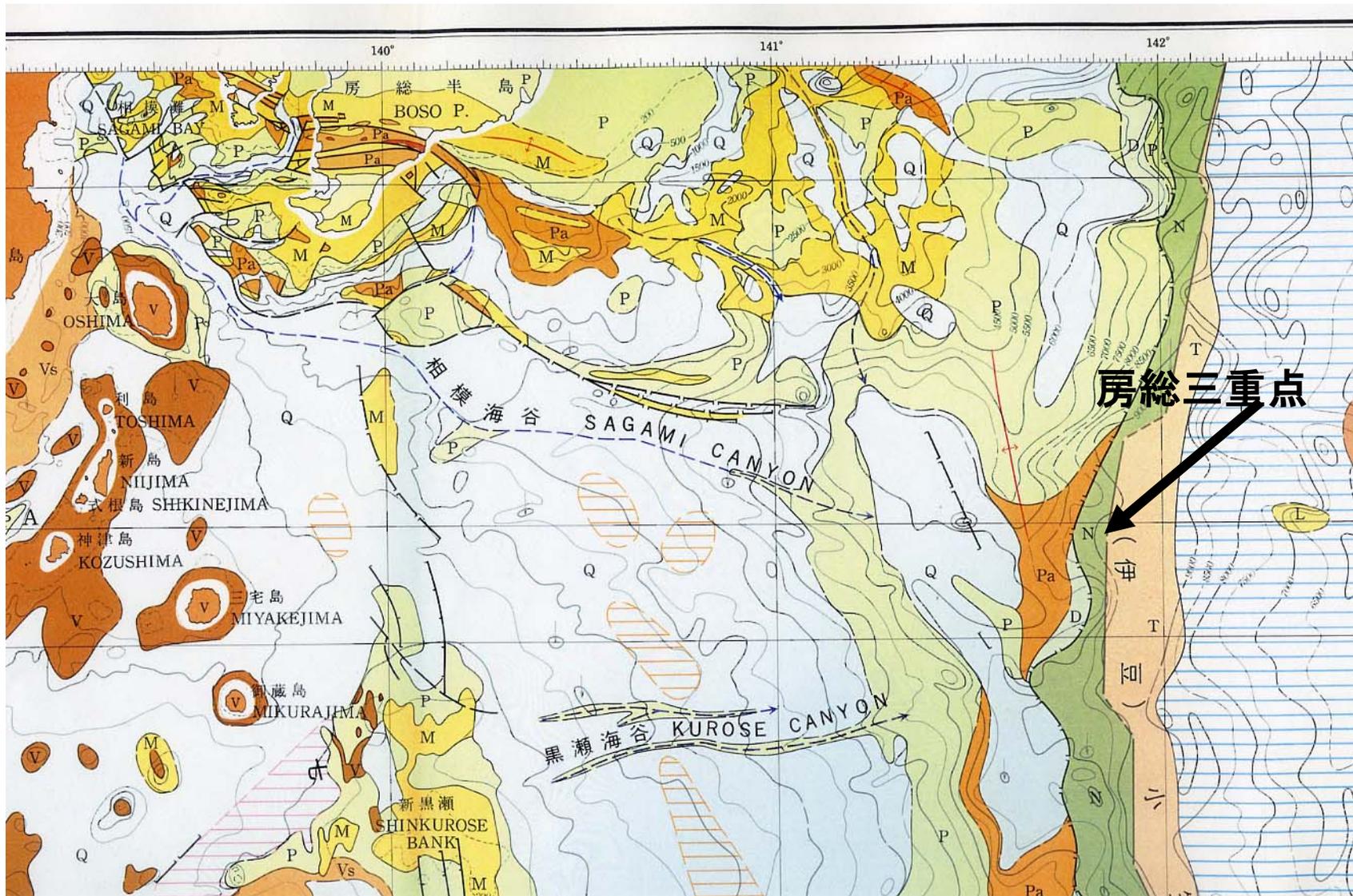
- 他の岩石や堆積物は、すべて0-0.3 Maであり、再堆積種にはそれ以外の時代はない。

- 重大な結論

Fig. b Chronostratigraphy of the Neogene sequence in the Boso area

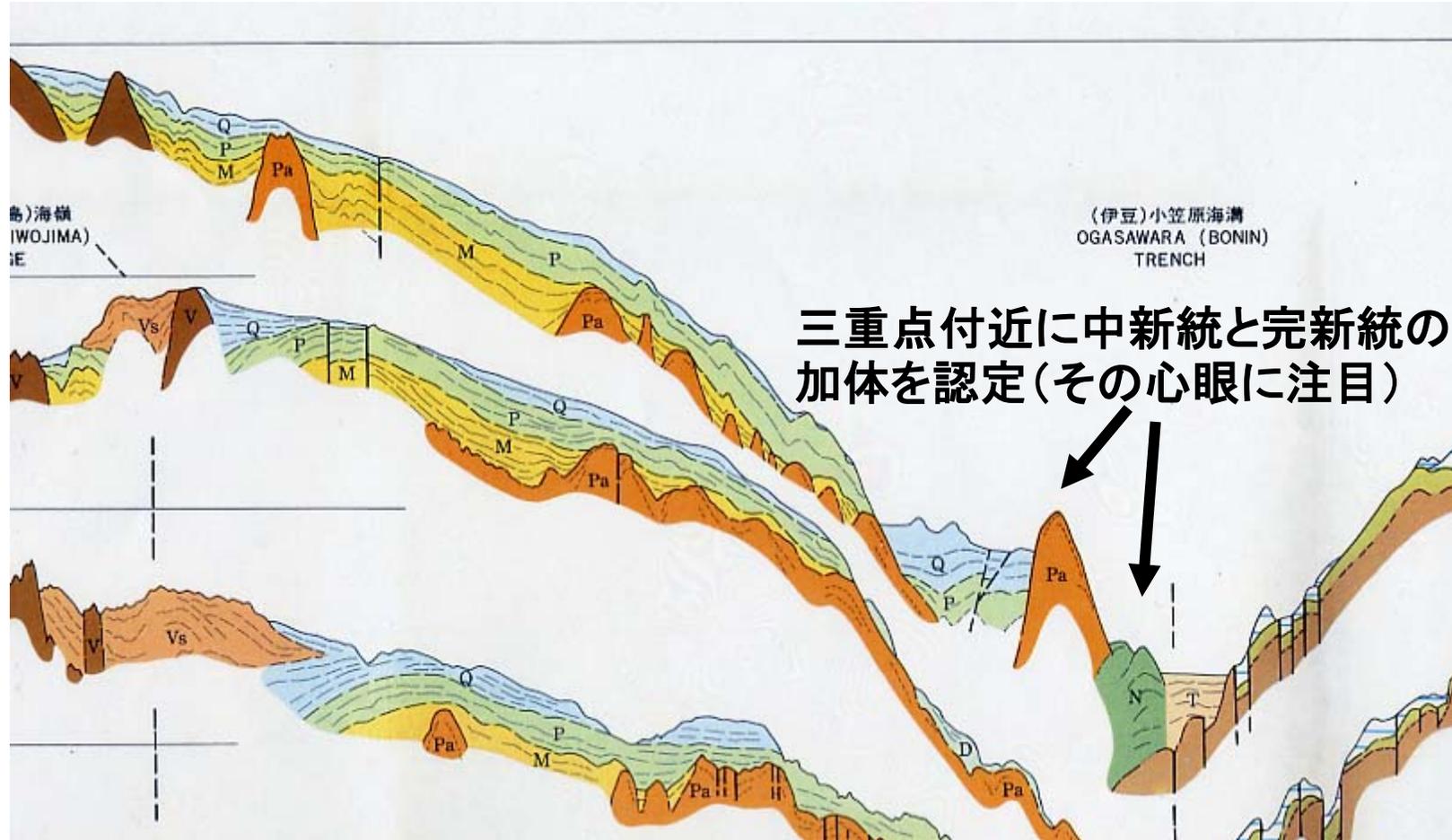
Magnetic polarity time scale: Cande and Kent (1992, 1995), Berggren et al. (1995) and Saito (1999); Radiolarian zonation: Motoyama (1996) and Riedel and Sanfilippo (1978); Nannofossil zonation: Okada and Bukry (1980); Planktonic foraminiferal zonation: Blow (1969). Diatom zonation: Yanagisawa and Akiba (1998).

嶺岡帯はそのまま三重点まで続き、さらに小笠原、マリアナまで続くのか??



地質調査所(1988) (本座、玉木、西村、湯浅、棚橋氏らによる、きわめて精力的な調査、研究)

地質調査所(1988)による海底地質図と断面図



これらは何を物語るか？

- 1. 中期中新世前期(15.2-15.4 Ma)に深海堆積物。その後、前期中新世前期、前期鮮新世にも。ただし、それ以外の堆積は、第四紀の後半(0-0.3 Ma)までない。
- 2. ある時期に堆積するほかは、すべて侵食の時期であった。(特に、後期中新世後期と、第四紀の大半の時期には、堆積の証拠がない。)
- 3. それらが、現在、大崩壊を起こしている。
- 4. 堆積(付加体形成)時期は、きわめて限られる。それ以外は、崩壊あるのみ。
- 5. おそらく、これは、大テクトニクスを示すのであろう。

教訓：お説教(いやだが)

- 1. 深海における堆積は、非常に間歇的である。
- 2. 何らかのテクトニクスを示すらしい。
- (特に、8-5 Ma, 3-1 Maには、三浦・房総半島に、巨大な付加体が形成されている。そこで、堆積物が全てトラップされていたことも考えられる。)
- 3. 堆積のないときは、崩壊だけしている。それは、斜面の傾斜の増大(テクトニックな)によるのだろう。
- 4. 海溝陸側斜面の傾斜の変化は、全体の粘性によるとの説が強い。
- 5. つまり、最終的な重力テクトニクスの成因も、根源は、側方テクトニクスである。