

# 海底に地震の巣を探す



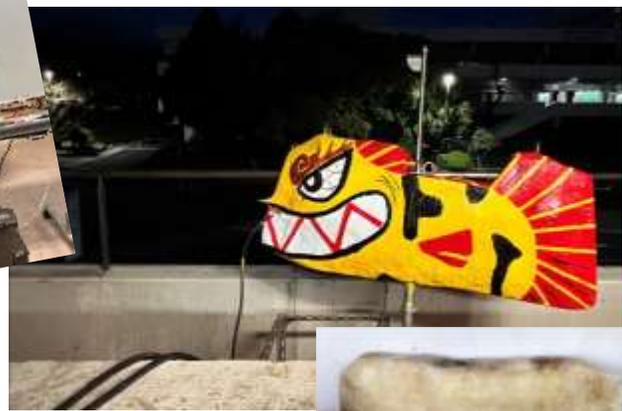
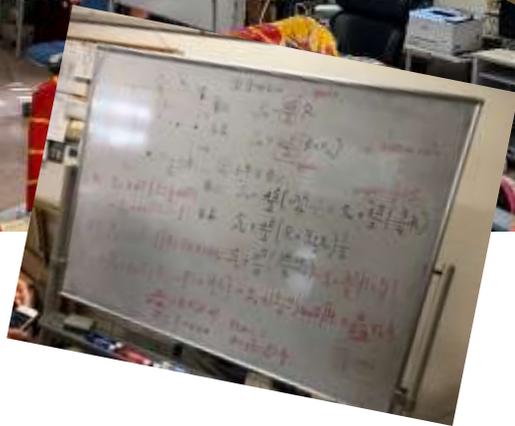
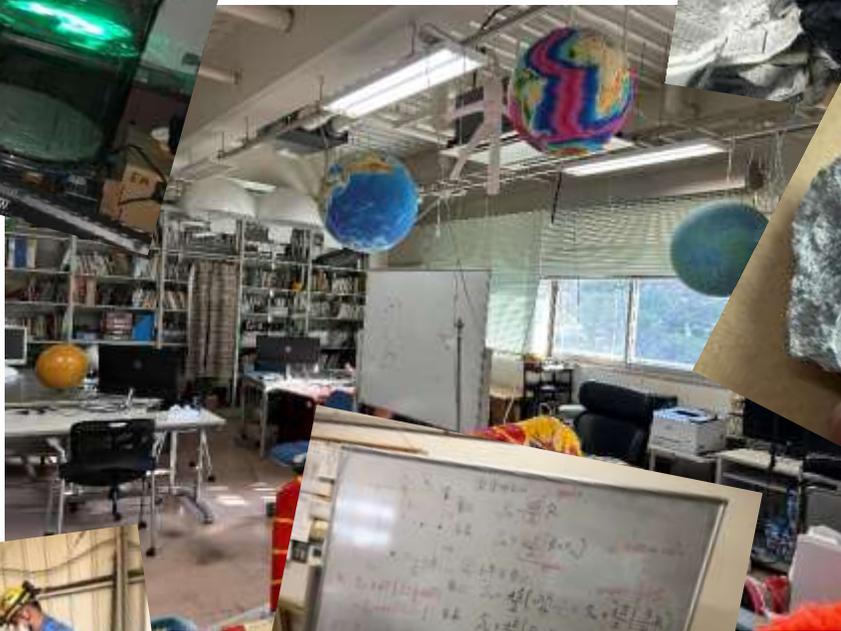
静岡大学理学部 地球科学科 生田 領野

サイエンスカフェ 2025年1月23日

石垣島沖のレジャーボート<sup>1</sup> (沖縄県)

# 自己紹介 生田 領野

- ・静岡大学には2008年～
- ・地球儀は学生に作ってもらっています
- ・高校生と遊んだりもします
- ・人工震源装置を用いて地殻のモニタリング
- ・ベランダに奇怪な魚のオブジェ
- ・ブランコに乗って仕事ができます



# 南海トラフ地震の長期予測

## 南海トラフ地震、30年以内発生確率「80%程度」に引き上げ

サイエンス [+ フォローする](#)

2025年1月15日 22:10



政府の地震調査委員会は15日、日本列島周辺の海溝や陸の活断層で予想される大地震の発生確率の2025年版を発表した。南海トラフ巨大地震は今後30年以内で「80%程度」と評価した。24年版の「70~80%」から上昇した。



地震調査委員会後の記者会見（15日、東京都千代田区）

# 序:「南海トラフ巨大地震」は必ず起こる

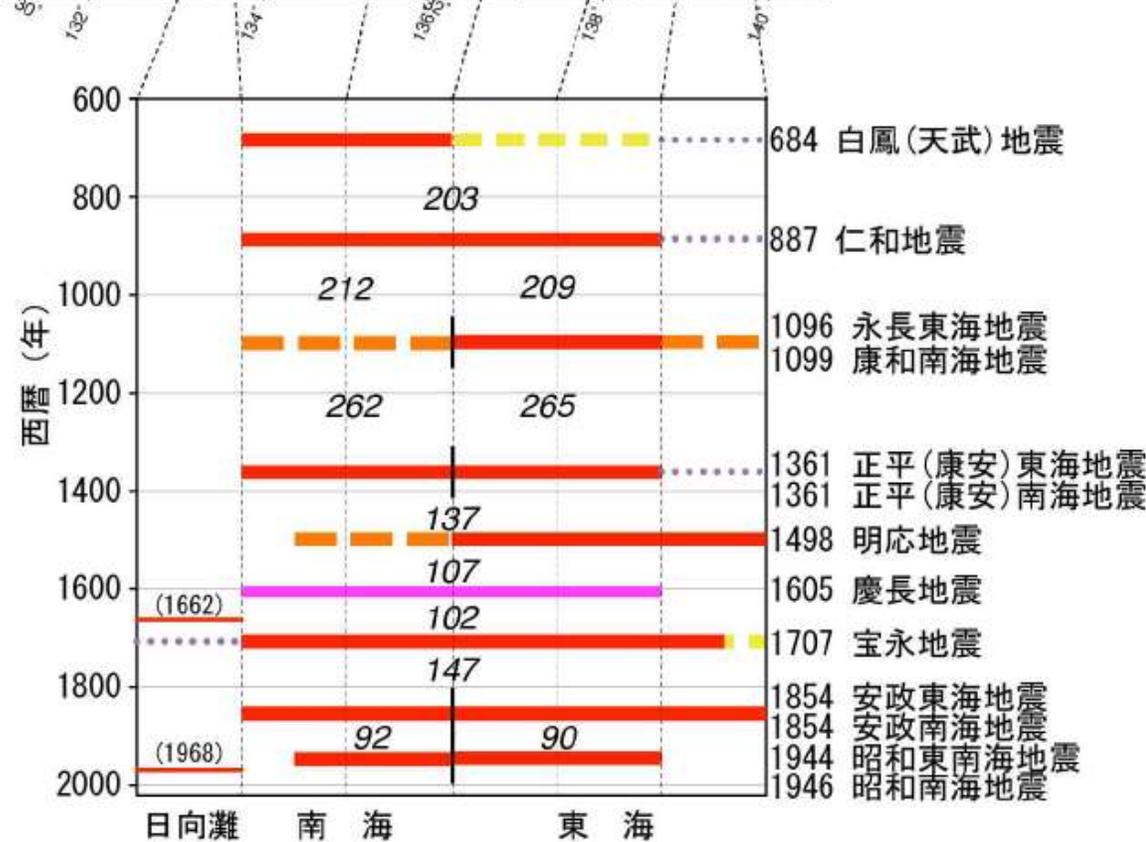
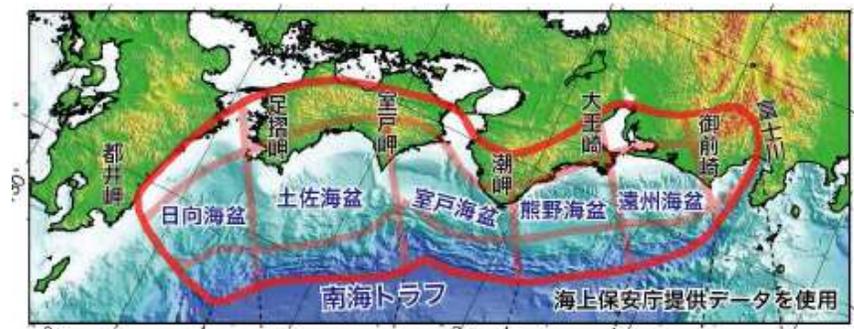
## 根拠1. 東海・東南海・南海地震の発生史

- 確実な震源域
- 確実視されている震源域
- 可能性のある震源域
- ⋯ 説がある震源域
- 津波地震の可能性が高い地震

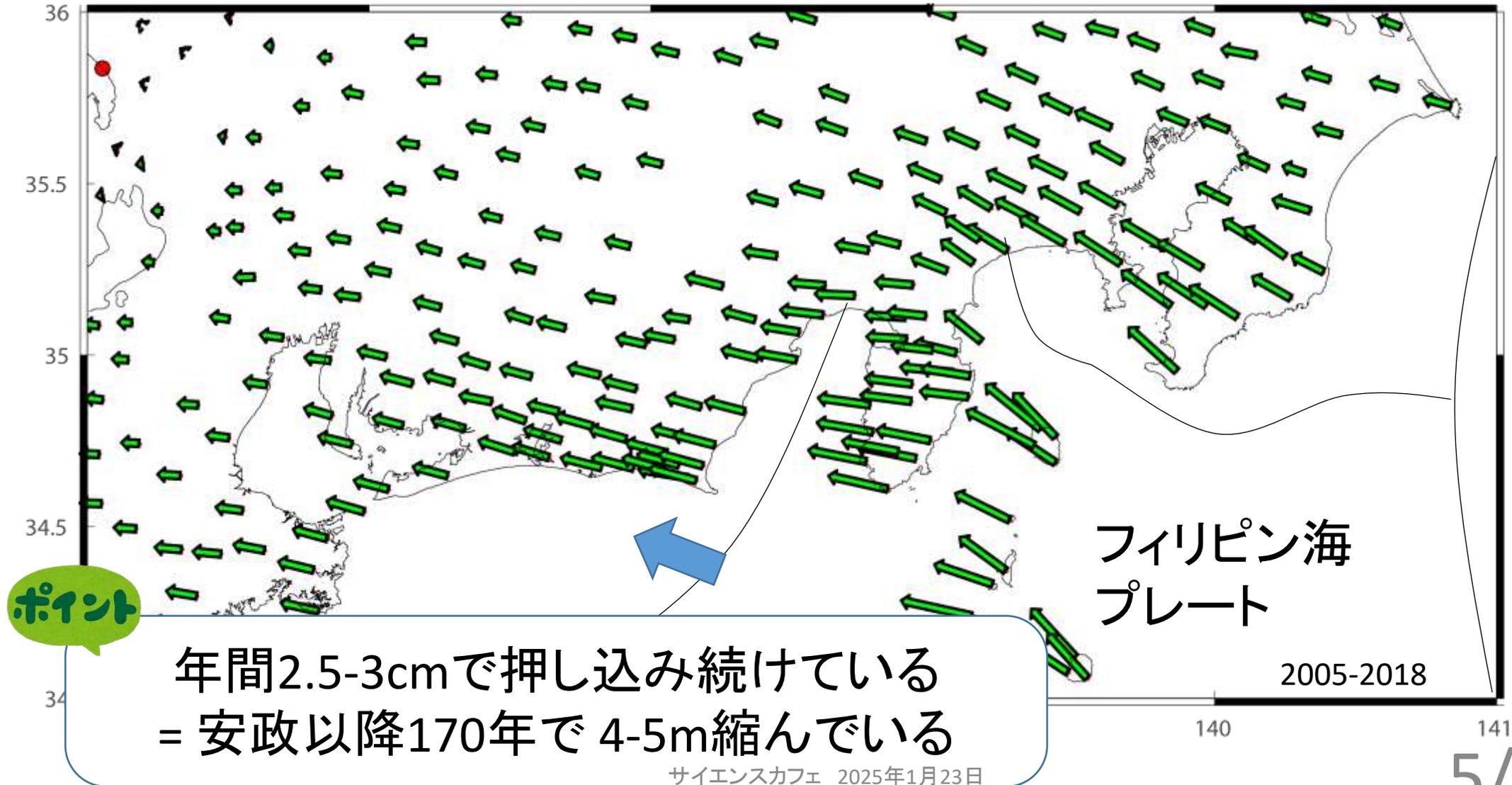
90-250年間隔で発生している

**ポイント**

この場所は巨大な海溝地震が  
起こってきた場所



## 根拠2. プレートの動き



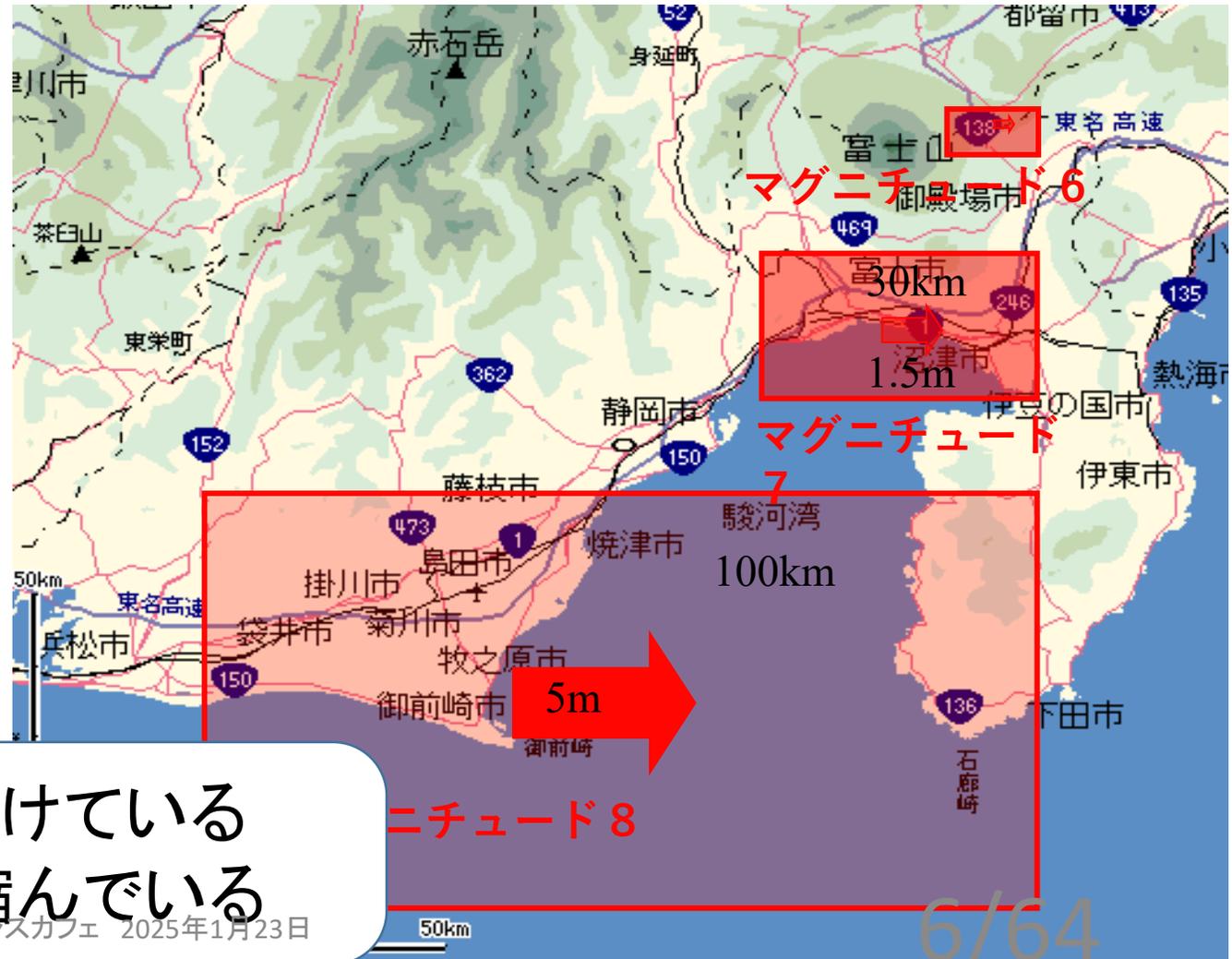
序:「南海トラフ巨大地震」は必ず起こる

## 根拠2. プレートの動き

4-5m  
= マグニチュード8

ポイント

年間2.5-3cmで押し込み続けている  
= 安政以降169年で4-5m縮んでいる



50年間待ちぼうけ。いつ起こる？

正確にはわかりません。  
確率を使った評価しかできていません。

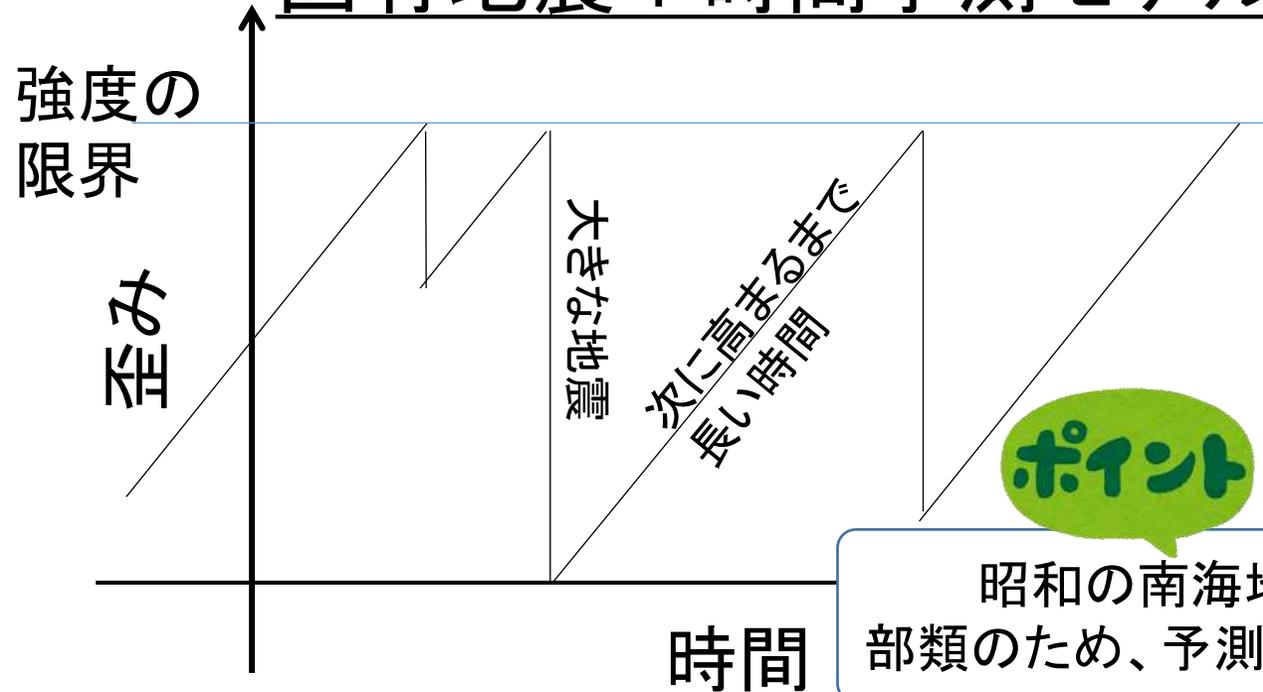
# 序:「南海トラフ巨大地震」は必ず起こる

ポイント

南海トラフ巨大地震の場合  
(プラスアルファ)

小さな(大きな)地震の後は短い(長い)時間間  
隔で起こる(時間予測モデル)

## 固有地震+時間予測モデル

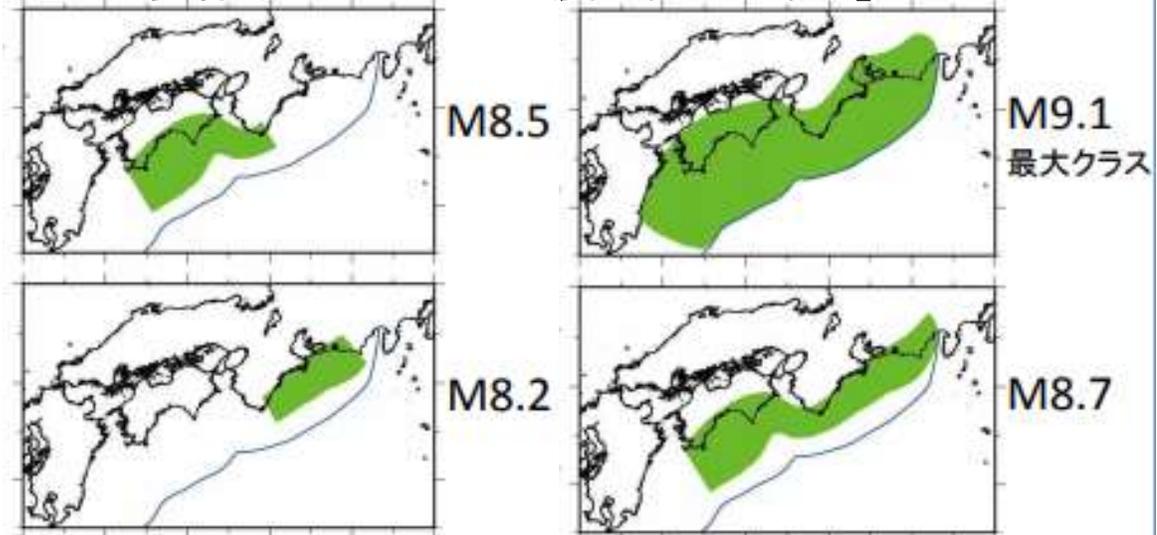


ポイント

昭和の南海地震がこれまででかなり小さい  
部類のため、予測発生間隔が88.2年と小さいが...?

南海トラフ巨大地震  
M8-M9クラス  
70-80%

「多様なパターンの地震が発生しうる」

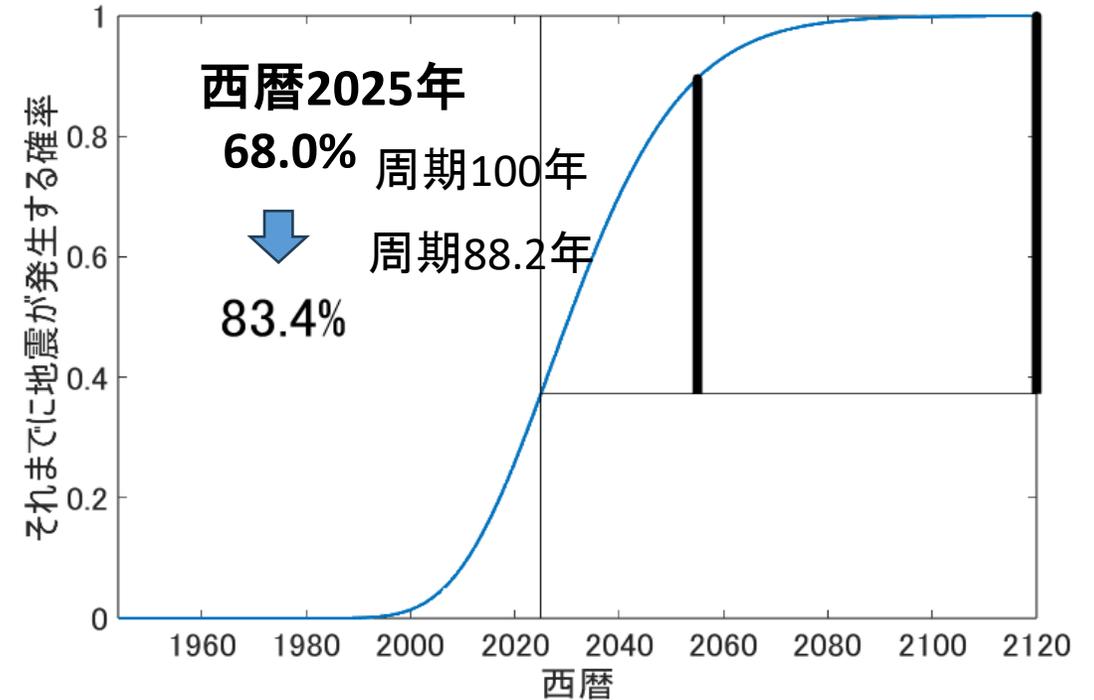
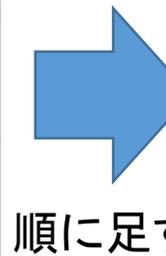
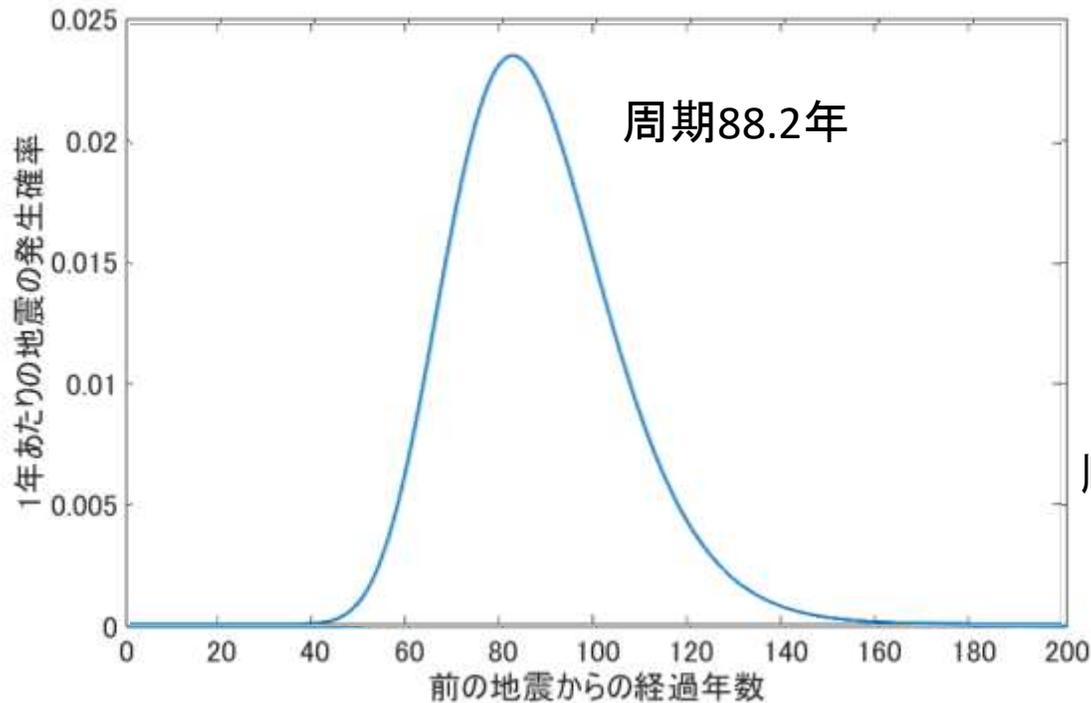


地震調査研究推進本部

# 序:「南海トラフ巨大地震」は必ず起こる

## 確率論的地震動予測地図の作り方

今後30年以内に地震が起こる確率 =  $\frac{\text{(2025年まで起こらず30年後までに起こる)}}{\text{(2025年まで起こらずいつか起こる)}}$



前の地震からの経過時間ごとに地震が起こる確率

その時点までに地震が起こっている確率

ポイント

30年確率は  
仮定した地震の周期次第でかなり変わる

# 目次:

## 前半

- 世界の沈み込み帯とプレート境界型地震
- 比較沈み込み帯学
  - 沈み込みパラメター
  - アスペリティモデル
  - 近年の超巨大地震の例

## 後半

超巨大地震の巣を探す





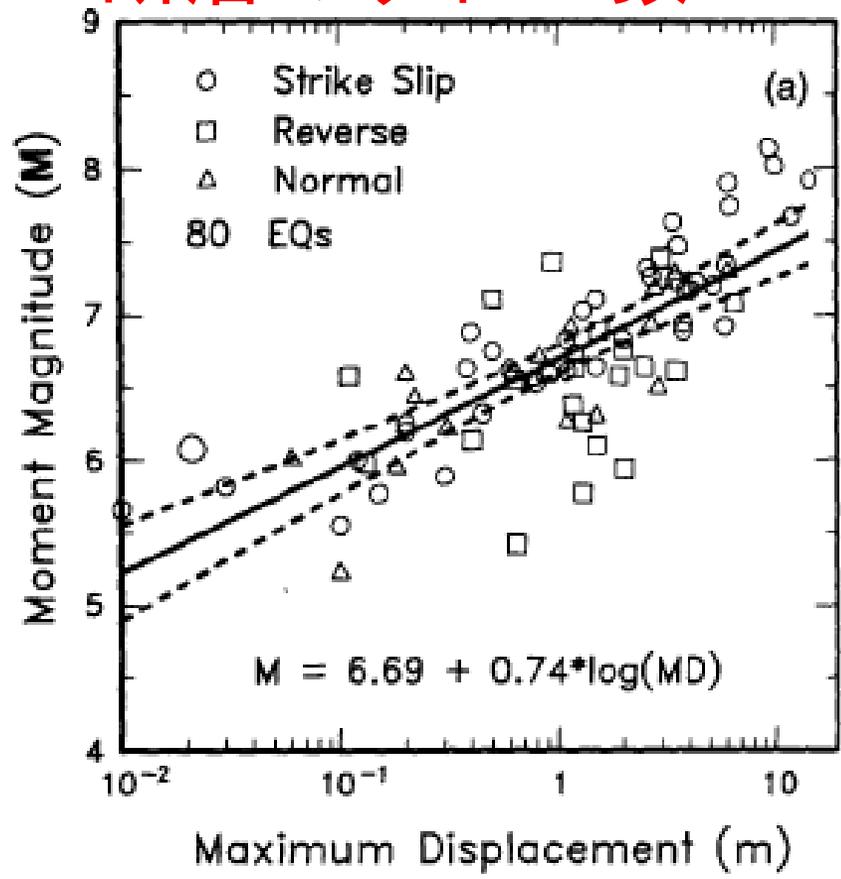
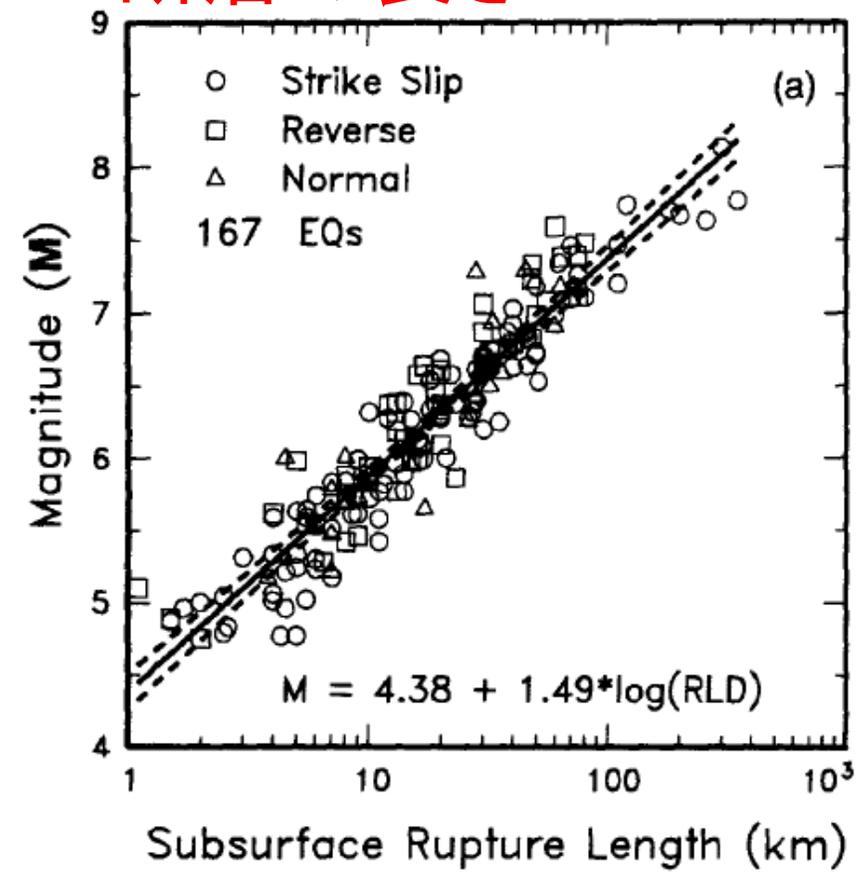
# 超巨大地震

## ⇒ マグニチュード(M)9クラスの地震

地震の規模 ∝ 断層の長さ・ずれ量

断層の長さ ~ 1000km

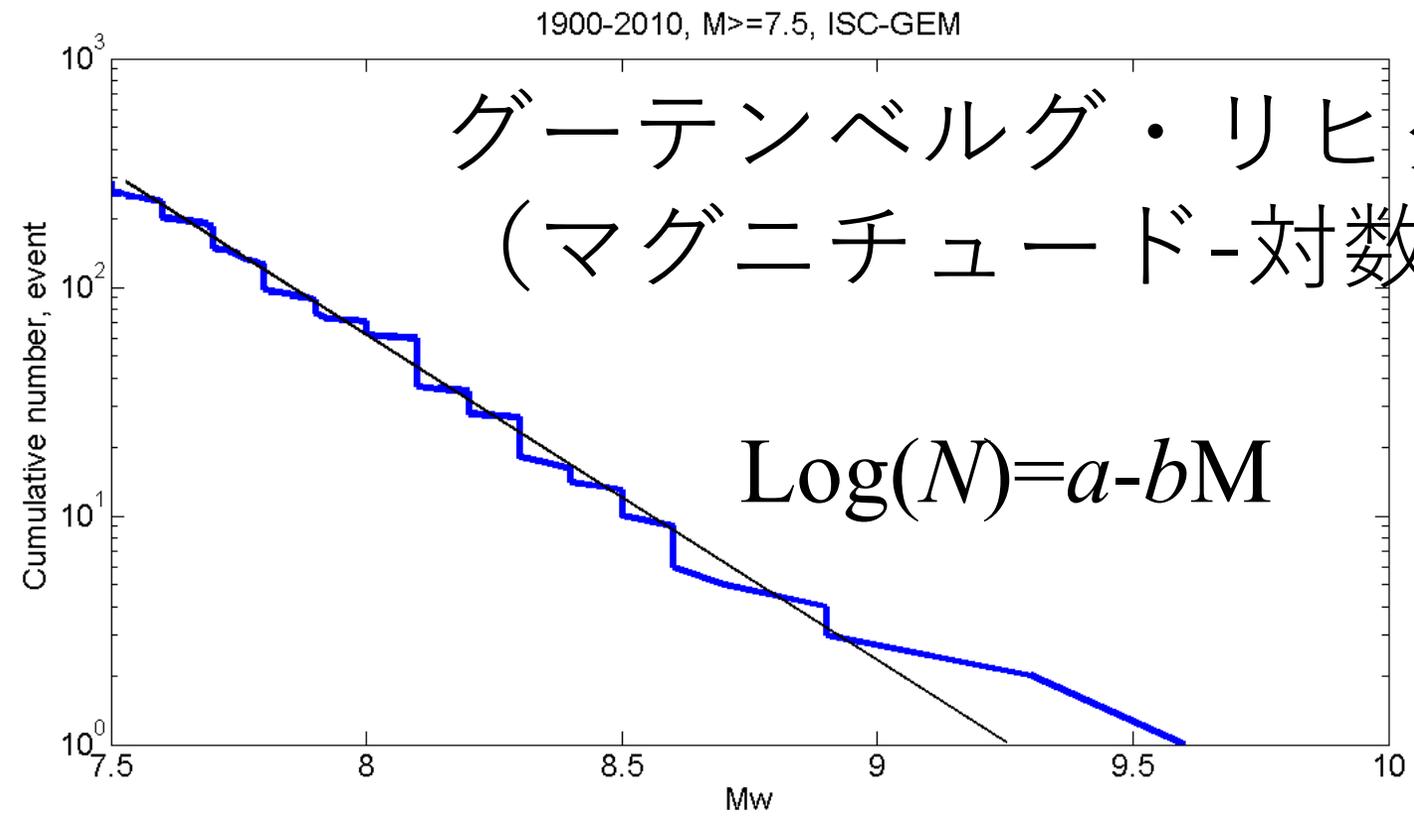
断層のずれ ~ 数10 m





おおきな地震はまれにしか起こらない

# 地球上の100年間の地震のマグニチュードと頻度



# 世界の沈み込み帯とプレート境界型地震

26 Significant Earthquakes where (Primary Magnitude <= 9.6 and Primary Magnitude >= 8.6)

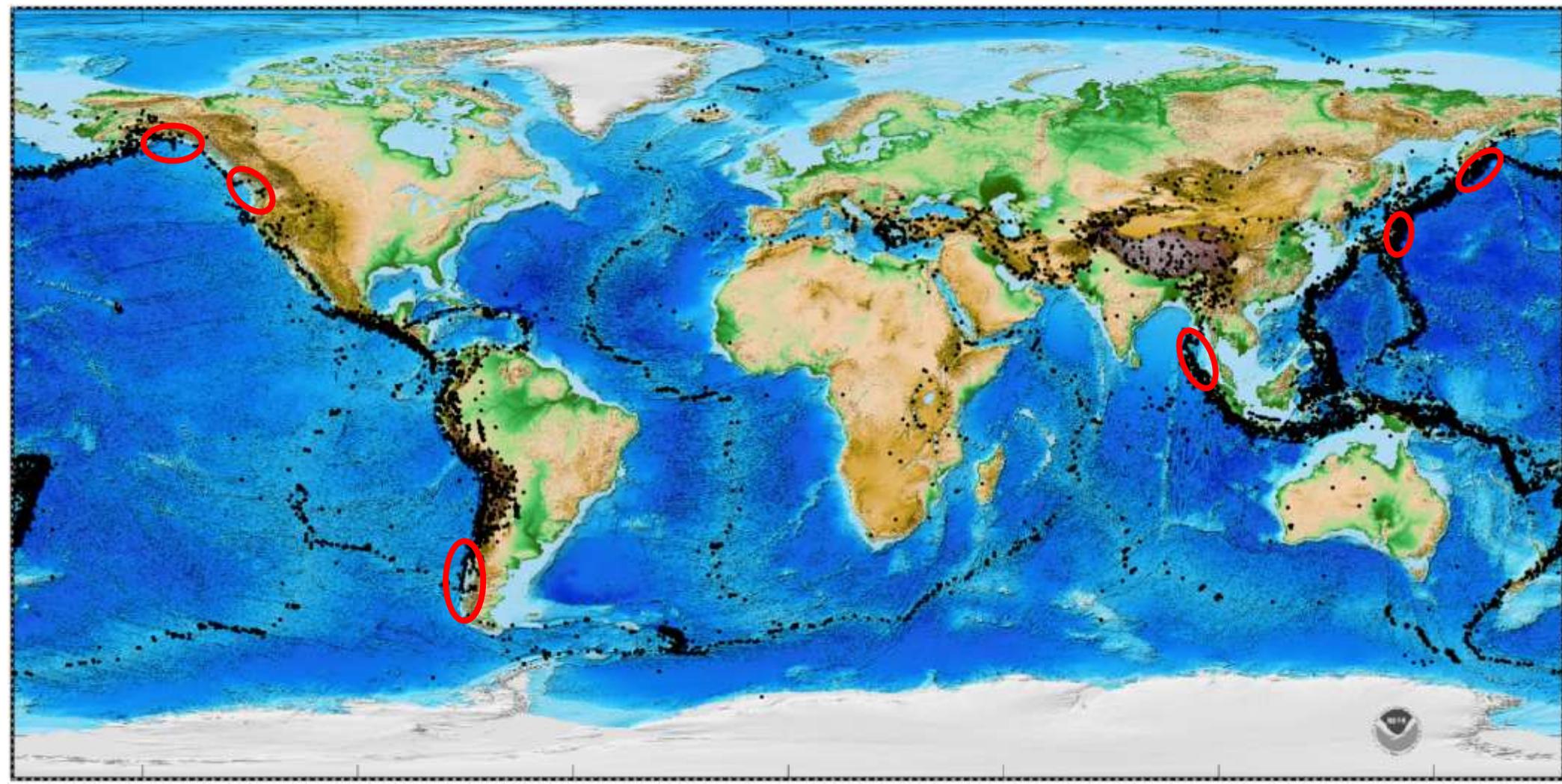
View parameter descriptions and statistical information by clicking on **column headings**.

For additional information about an earthquake event and links to damage photos, click on the links in the **Addl Info** and **Tsu** columns.

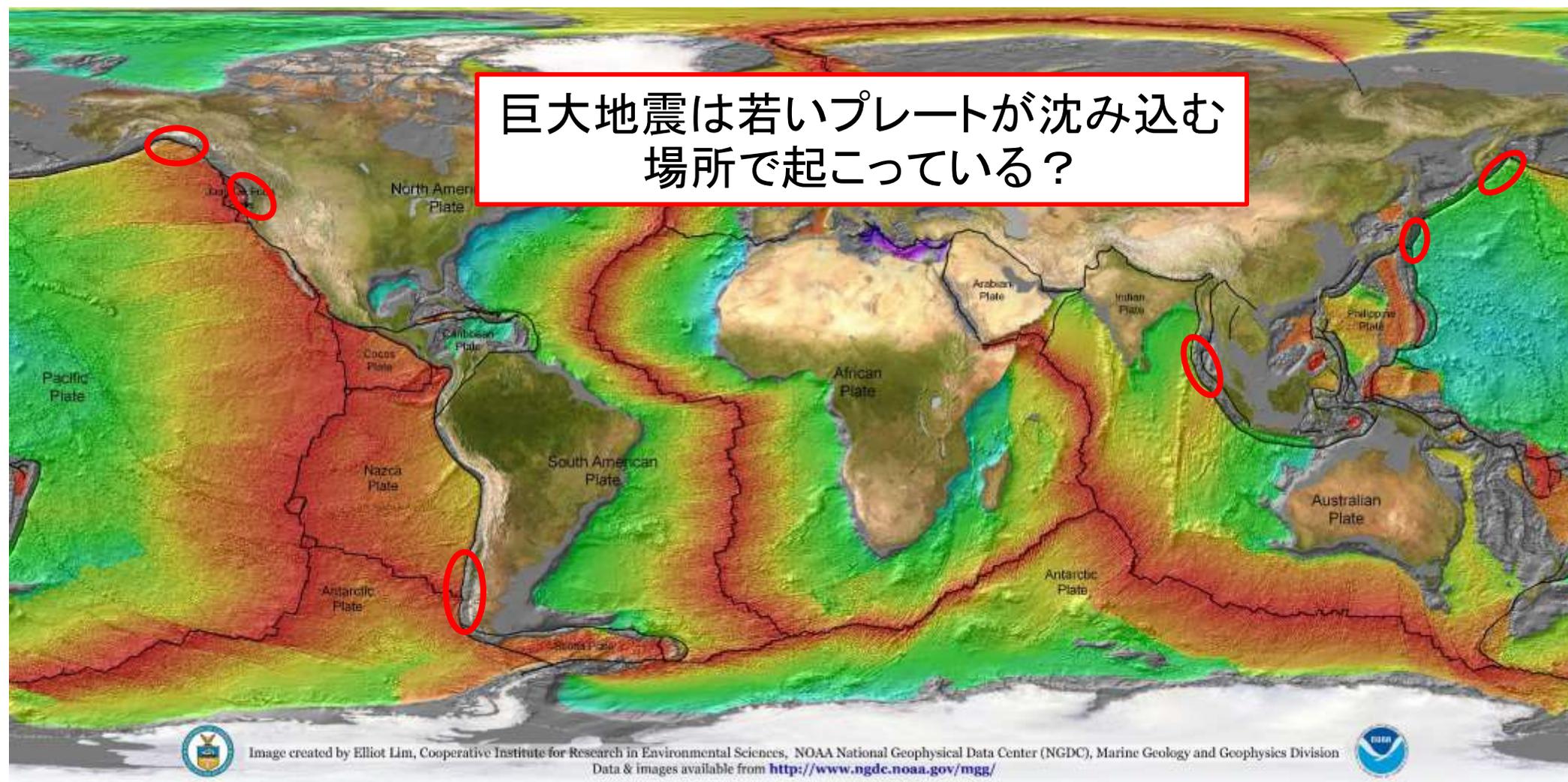
Date						Assoc		Addl EQ Info	Earthquake Location			Earthquake Parameters			Earthquake Effects						Photos			
Year	Mo	Dy	Hr	Mn	Sec	Tsu	Vol		Name	Latitude	Longitude	Focal Depth	Mag	MMI Int	Deaths		Injuries		Damage			Houses Destroyed		Houses Damaged
														Num	De	Num	De	\$Mill	De	Num	De	Num	De	
1960	5	22	19	11	17.0	<a href="#">Tsu</a>	<a href="#">Vol</a>	*	CHILE: PUERTO MONTT, VALDIVIA	-38.143	-73.407	33	9.5	12	2000	4	3000	4	1000.000	4	58622	4		<a href="#">22</a>
1964	3	28	3	36		<a href="#">Tsu</a>		*	ALASKA	61.017	-147.648	33	9.2	10	15	1			284.000	4		3		<a href="#">32</a>
2004	12	26	0	58	53.4	<a href="#">Tsu</a>		*	INDONESIA: SUMATRA: ACEH: OFF WEST COAST	3.316	95.854	30	9.1		1001	4		3	10000.000	4		3		3
2011	3	11	5	46	24.1	<a href="#">Tsu</a>		*	JAPAN: HONSHU	38.297	142.372	30	9.1		1476	4	6152	4	220000.000	4	127511	4	273796	4
1700	1	27	5	0		<a href="#">Tsu</a>		*	CASCADIA SUBDUCTION ZONE	45.000	-125.000		9.0											
1952	11	4	16	58	27.9	<a href="#">Tsu</a>		*	RUSSIA: KAMCHATKA PENINSULA	52.755	160.057	22	9.0	7		1								<a href="#">2</a>
1716	2	6						*	PERU: PUEBLO DE TORATA IN TACNA	-17.200	-71.200	40	8.8	9		3				1				
1812	2	7	9	45		<a href="#">Tsu</a>		*	MISSOURI: NEW MADRID	36.500	-89.600		8.8							3				
2010	2	27	6	34	11.5	<a href="#">Tsu</a>		*	CHILE: MAULE, CONCEPCION, TALCAHUANO	-36.122	-72.898	23	8.8	9	402	3	12000	4	30000.000	4			500000	4
1513						<a href="#">Tsu</a>		*	PERU	-17.200	-72.300	30	8.7	8										
1730	7	8	8	45		<a href="#">Tsu</a>		*	CHILE: VALPARAISO	-32.500	-71.500		8.7	11	2	1				3			3	
1897	9	21	5	12		<a href="#">Tsu</a>		*	PHILIPPINES: MINDANAO, ZAMBOANGA, SULU, ISABELA	6.000	122.000	33	8.7	9						3			3	
1922	11	11	4	32	36.0	<a href="#">Tsu</a>		*	CHILE: ATACAMA	-28.553	-70.755	35	8.7	11	500	3				3			3	
1965	2	4	5	1	21.6	<a href="#">Tsu</a>		*	ALASKA: ALEUTIAN ISLANDS: RAT ISLANDS	51.290	178.550	36	8.7	6						1				
869	7	13				<a href="#">Tsu</a>		*	JAPAN: SANRIKU	38.500	143.800		8.6			3				4			3	
887	8	26				<a href="#">Tsu</a>		*	JAPAN: NANKAIDO	33.000	135.300		8.6			2				3			3	
1609	10	20	1					*	PERU	-11.900	-77.400	40	8.6	8										
1619	2	14	16	30				*	PERU: TRUJILLO, PIURA, SANTA	-7.941	-79.038	40	8.6	9	350	3				3				
1716	2	11	1					*	PERU	-13.700	-76.000	50	8.6	10										
1897	9	20	19	6		<a href="#">Tsu</a>		*	PHILIPPINES: NW MINDANAO: DAPITAN	6.000	122.000	33	8.6	7						1				1
1906	1	31	15	35	51.0	<a href="#">Tsu</a>		*	ECUADOR: OFF COAST	1.000	-81.500	25	8.6	9	1000	3				2			3	
1946	4	1	12	29	1.3	<a href="#">Tsu</a>		*	ALASKA: UNIMAK ISLAND	53.492	-162.832	15	8.6	6										
1950	8	15	14	9	30.0	<a href="#">Tsu</a>		*	INDIA-CHINA				8.6	11	1530	4				20.000	3			
1957	3	9	14	22	31.9	<a href="#">Tsu</a>	<a href="#">Vol</a>	*	ALASKA	51.292	-175.629	33	8.6							1				<a href="#">3</a>



# 世界の沈み込み帯とプレート境界型地震



# 世界の沈み込み帯とプレート境界型地震



# 目次:

## 前半

- 世界の沈み込み帯とプレート境界型地震
- 比較沈み込み帯学
  - 沈み込み帯にも個性がある
  - アスペリティモデル
  - 近年の超巨大地震の例

## 後半

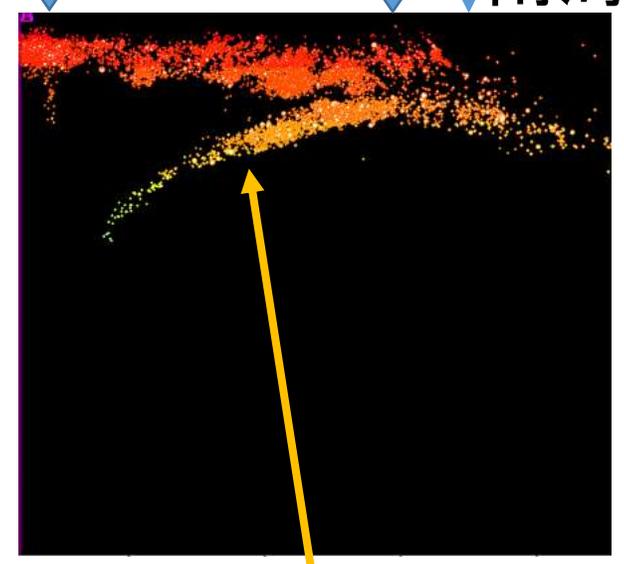
超巨大地震の巣を探す





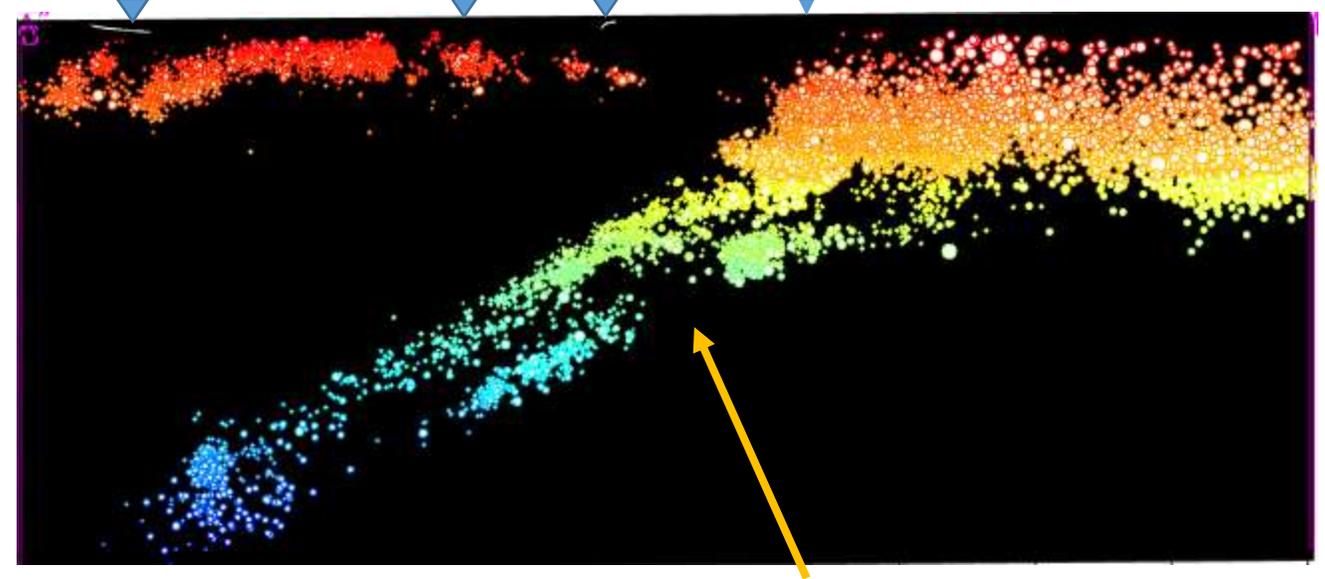
# フィリピン海プレートのひみつ ちょっと珍しいくらい若いプレート

御嶽山 御前崎 南海トラフ



フィリピン海プレート  
2千万歳くらい

新潟 福島 相馬 日本海溝



太平洋プレート  
1億歳くらい



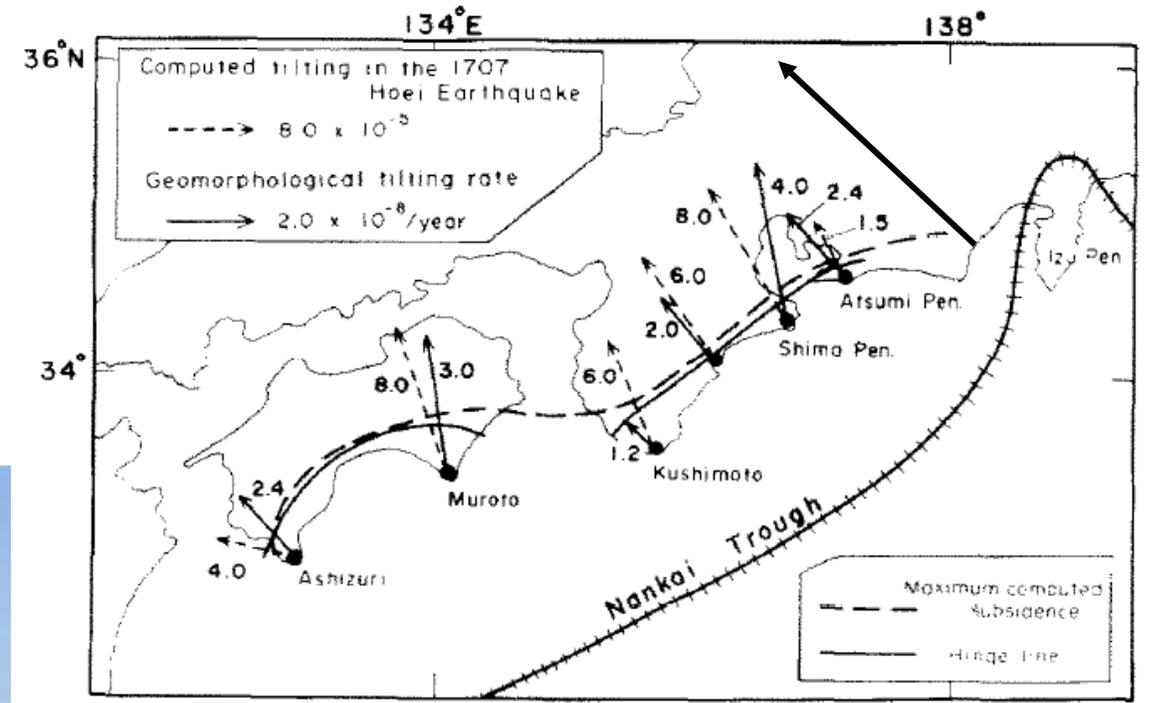
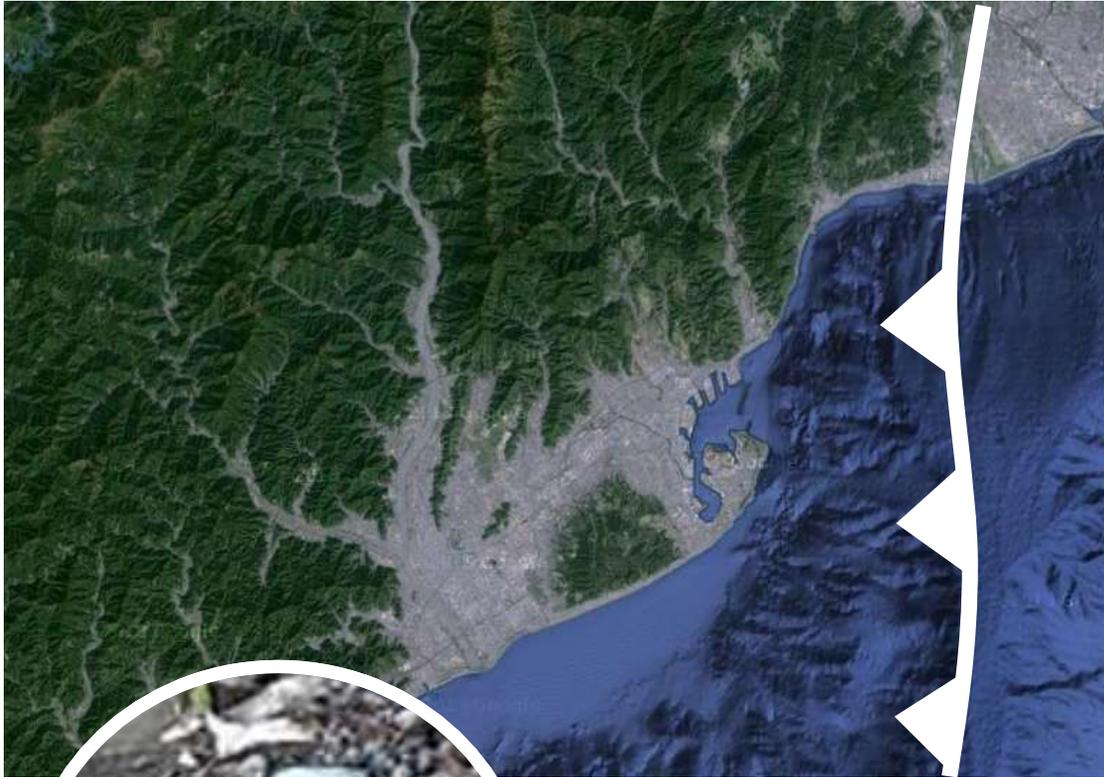
# 突然ですがクイズ

- 左の写真はとある川の源流付近です。
- おかしなところはありませんか？



こっちは安倍川の源流付近

# 答え：源流なのに石が丸い



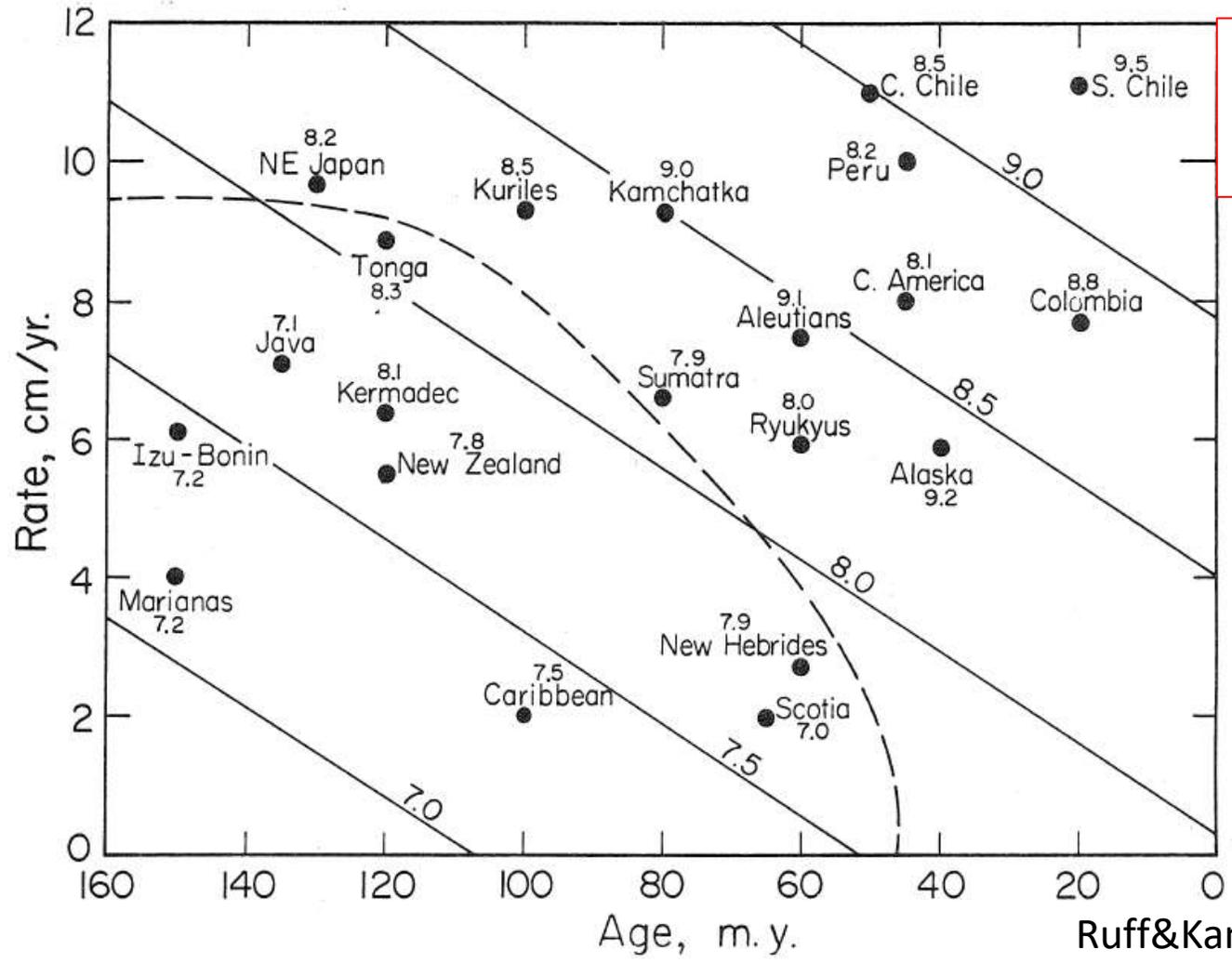
安倍川河口から見た有度丘陵

有度丘陵は10万年前は安倍川の河口



# 『比較沈み込み帯学』

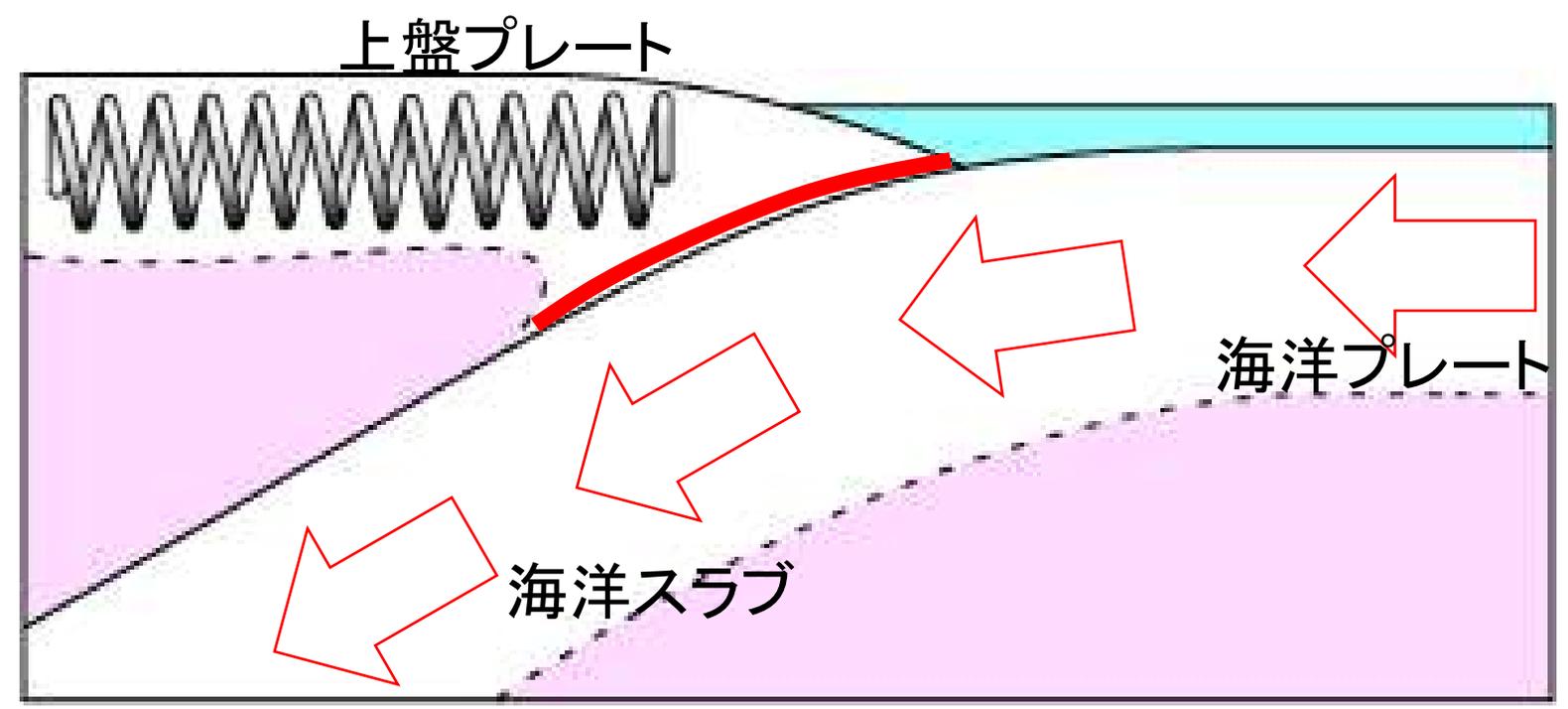
- ・ 沈み込むスラブの年齢とプレート収束速度



20世紀の見解  
「スラブが若く、かつ  
収束速度が速い場所で巨大な地震が生じる。」

Ruff&Kanamori 1980

# 沈み込み地震の基本コンセプト： 海洋スラブによる引きずり込み

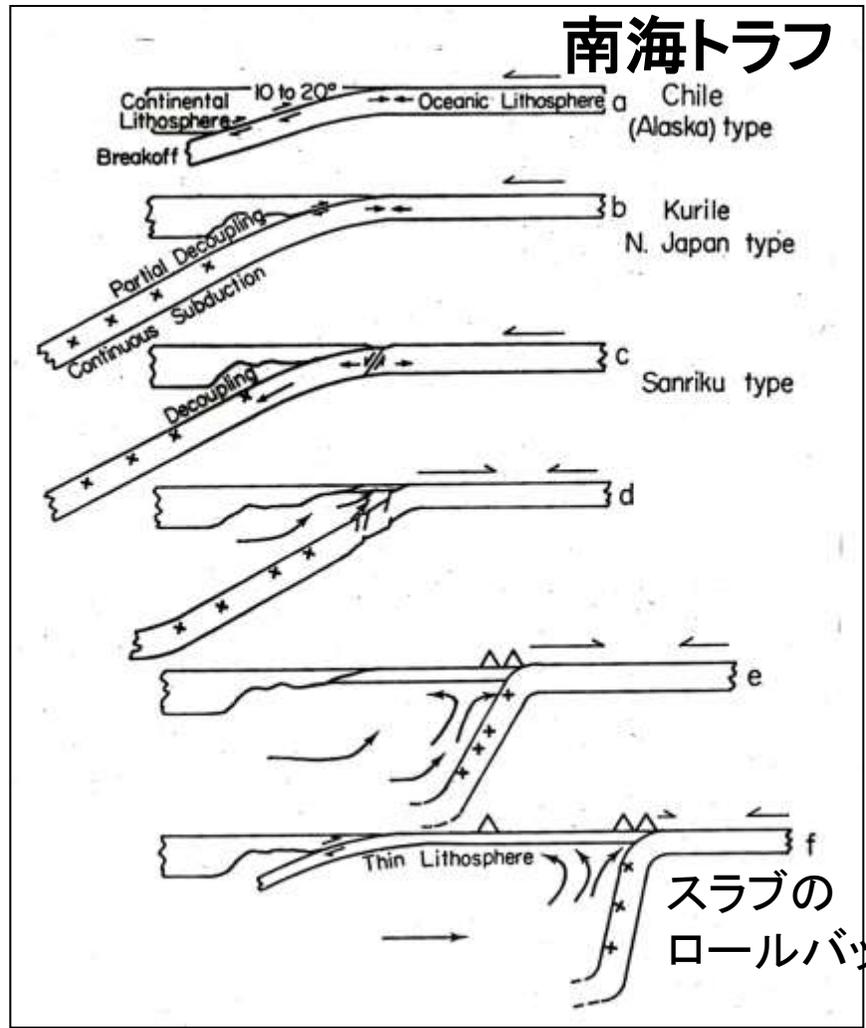


スラブと上盤が  
しっかりくっついていなければ巨大な地震にならない



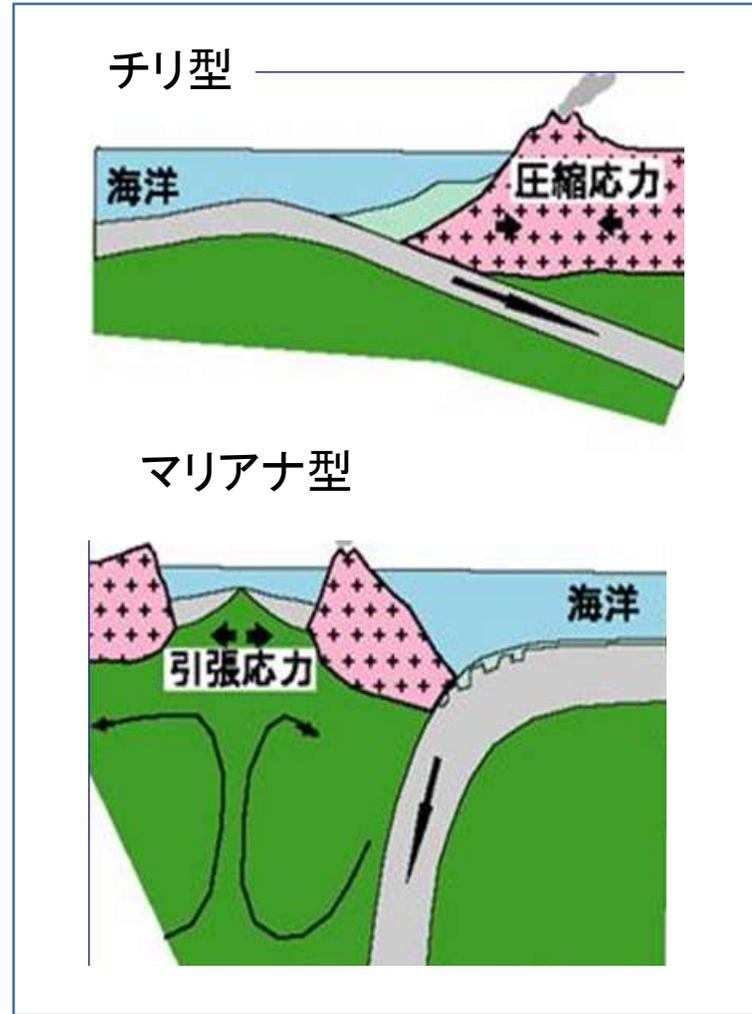
# プレートの年齢(沈み込み角度) ・ 沈み込み速度

巨大地震を  
起こしやすい？



巨大地震を  
起こしにくい？

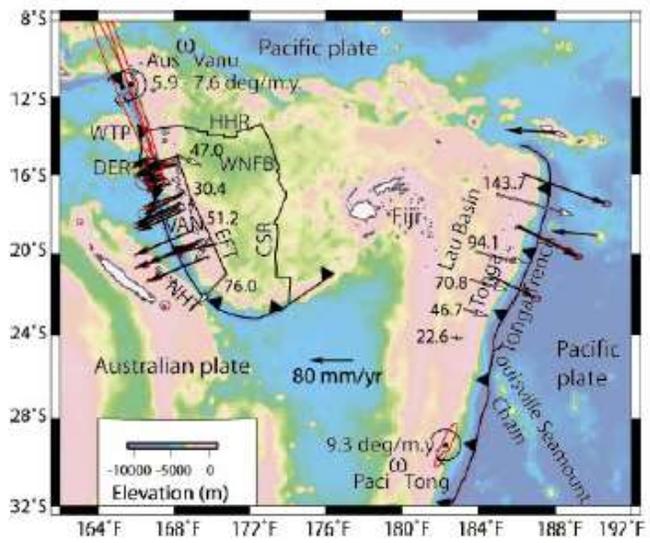
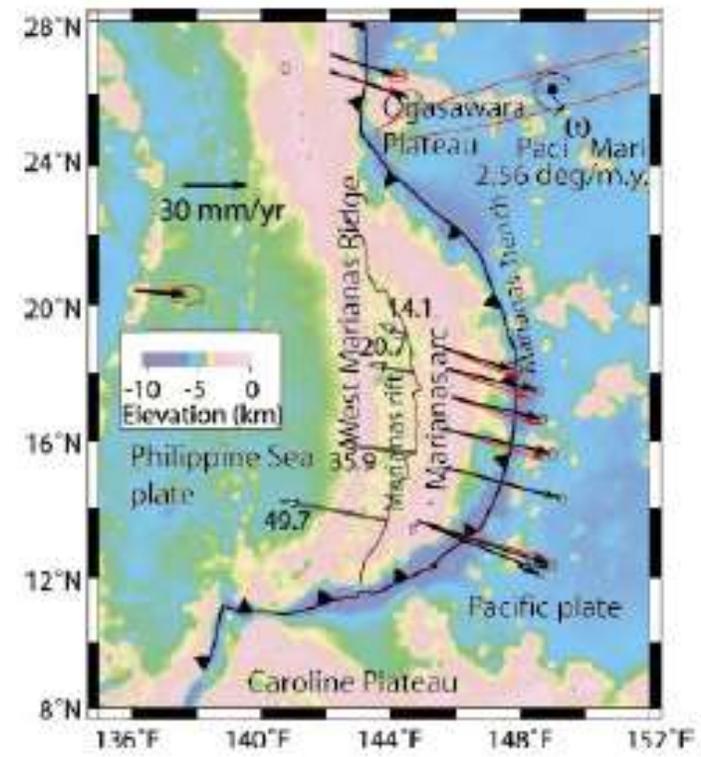
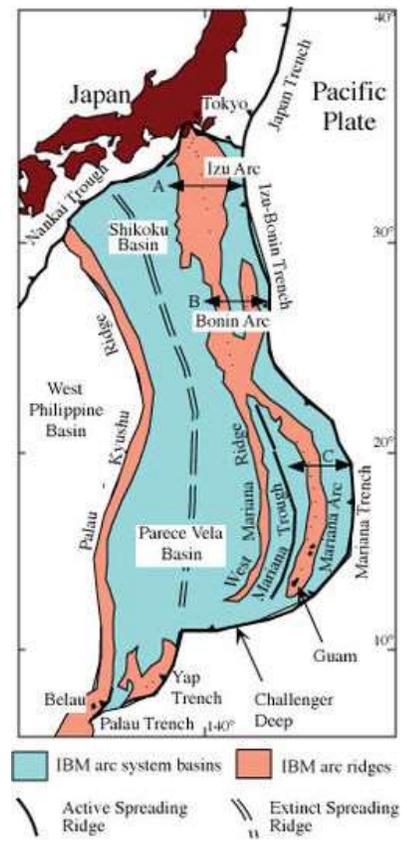
Kanamori (1977)



Uyeda and Kanamori (1979)



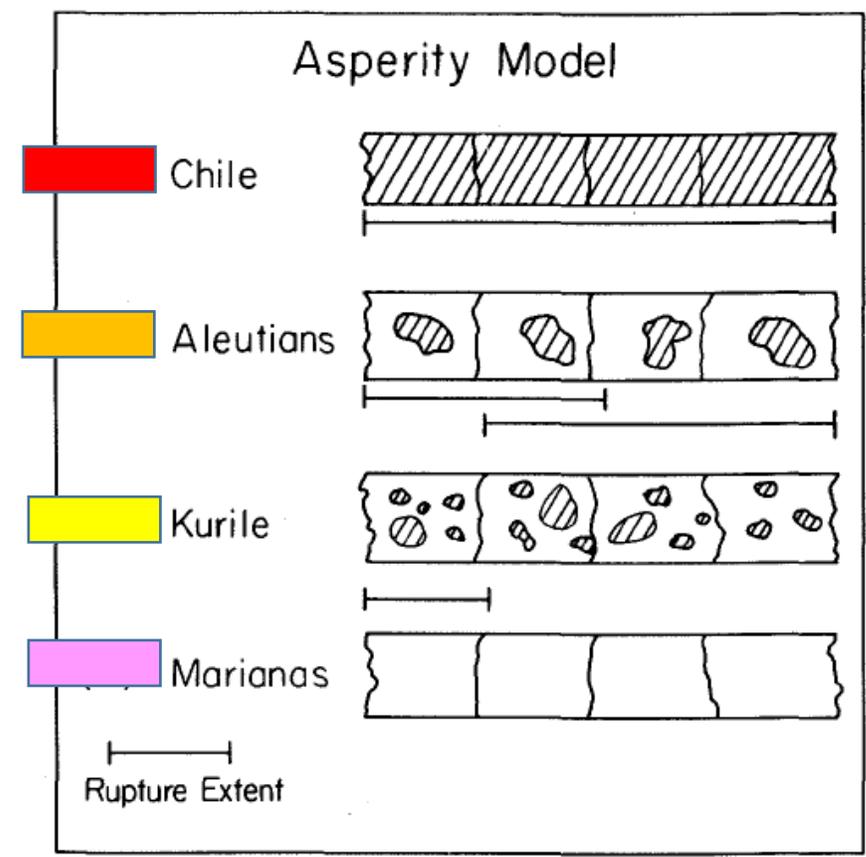
# マリアナ型: 海溝の後退と背弧海盆の拡大



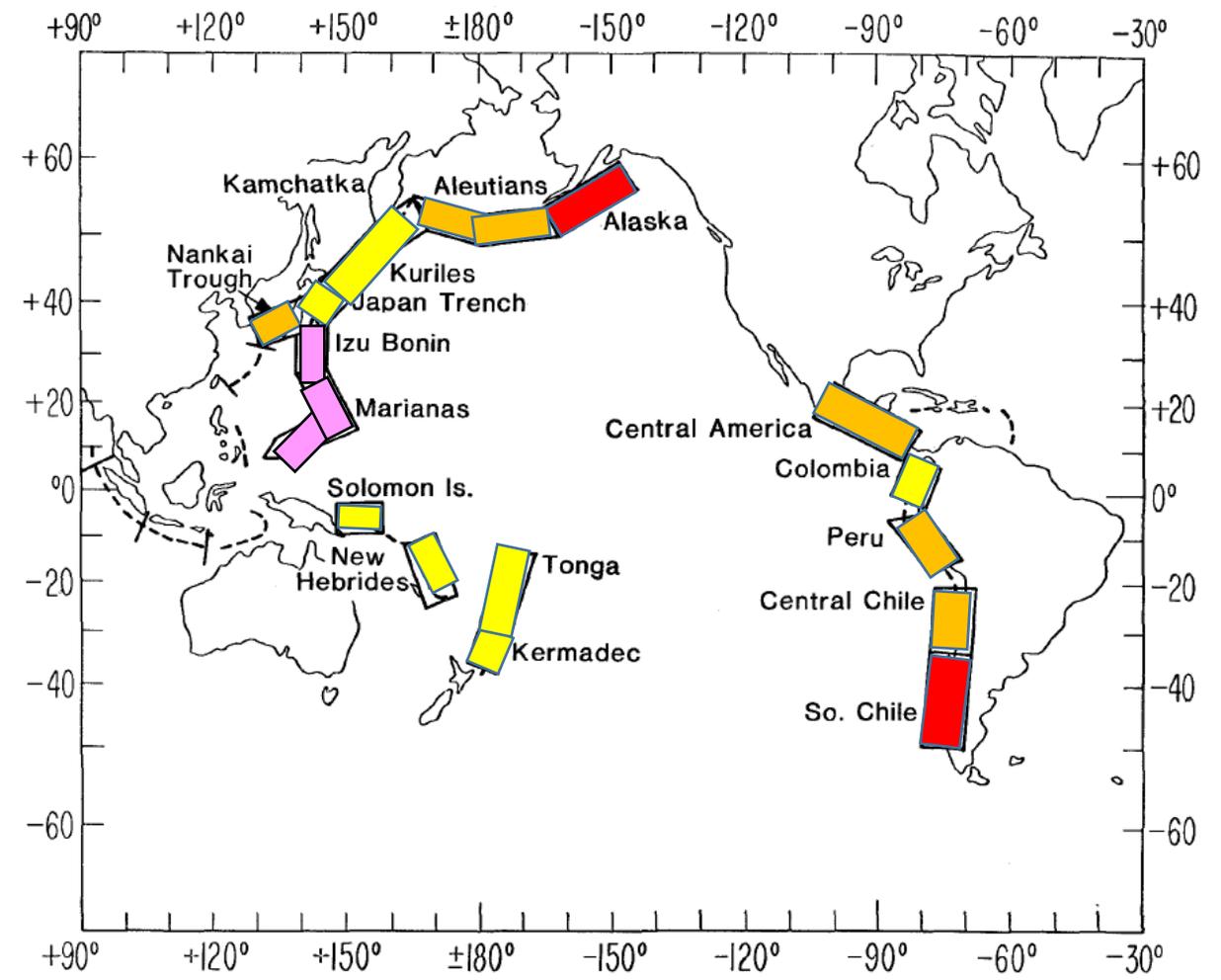
Wallace et al., Geology, 2005

# 巨大地震とアスペリティモデル

沈み込み帯によって、地震のサイズ分布に特徴がある。  
それぞれに固有の「アスペリティ」の分布があるため。



Lay&Kanamori,1981

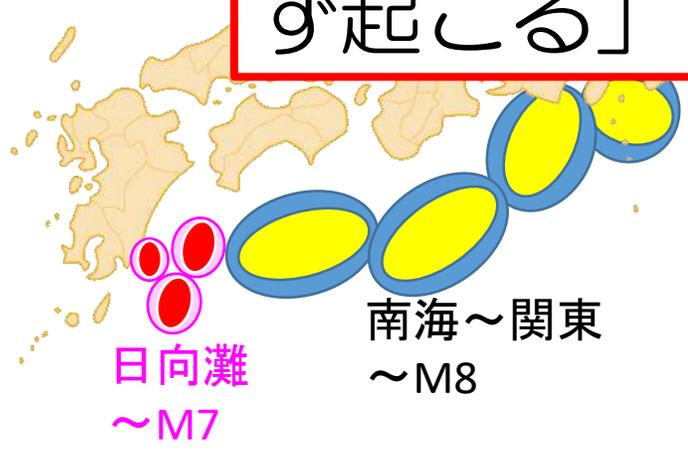


■ チリ型   
 ■ アリューシャン型   
 ■ クリル型   
 ■ マリアナ型

# アスペリティモデル

海溝型地震で強い地震波を放出する場所は予め決まっている (アスペリティ)

アスペリティモデルに基づけば「海溝型大地震が急に起こるようになったり起こらなくなったりはしない。過去に起こった場所では、特定の時間間隔で特定の規模のものが必ず起こる」 (桁の話です)



アスペリティサイズがある模様。(ただし複数のアスペリティが連動することもある)



# 目次:

## 前半

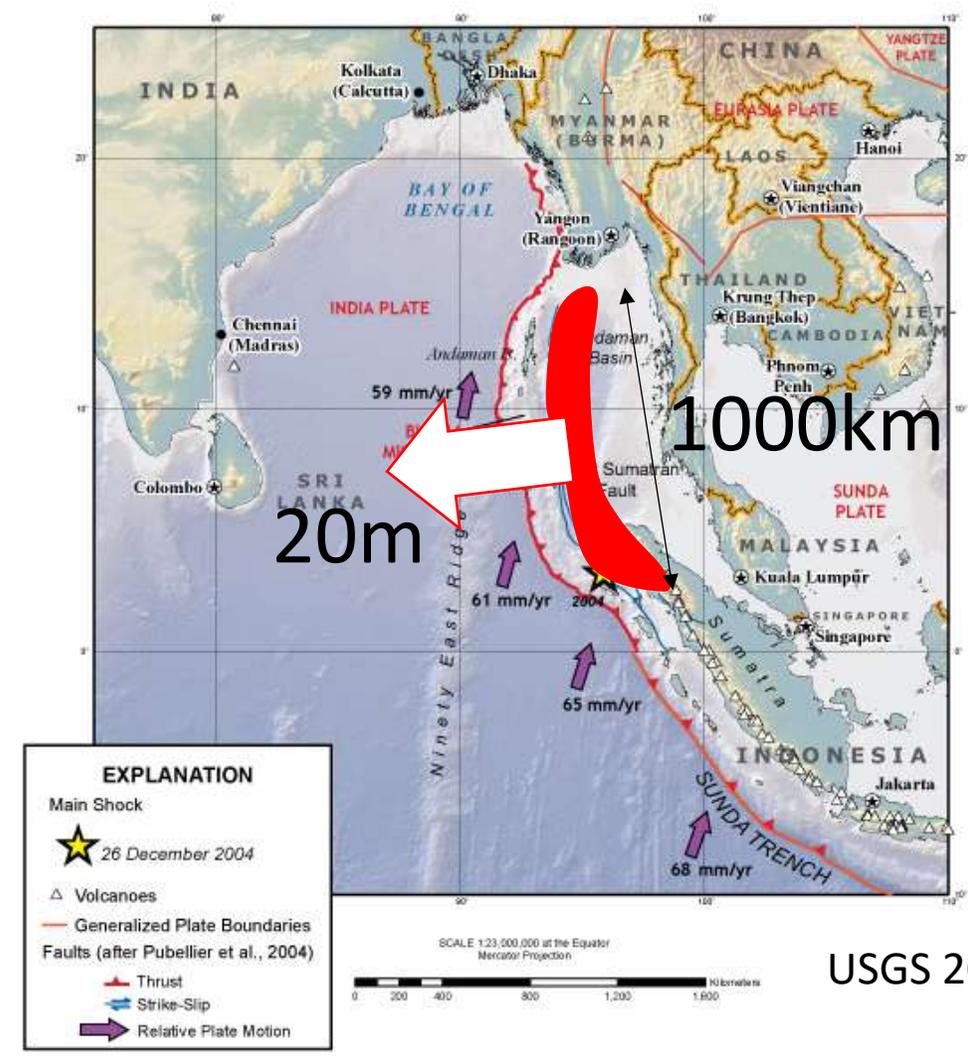
- 世界の沈み込み帯とプレート境界型地震
- 比較沈み込み帯学
  - 沈み込み帯にも個性がある
  - アスペリティモデル
  - 近年の超巨大地震の例

## 後半

超巨大地震の巣を探す

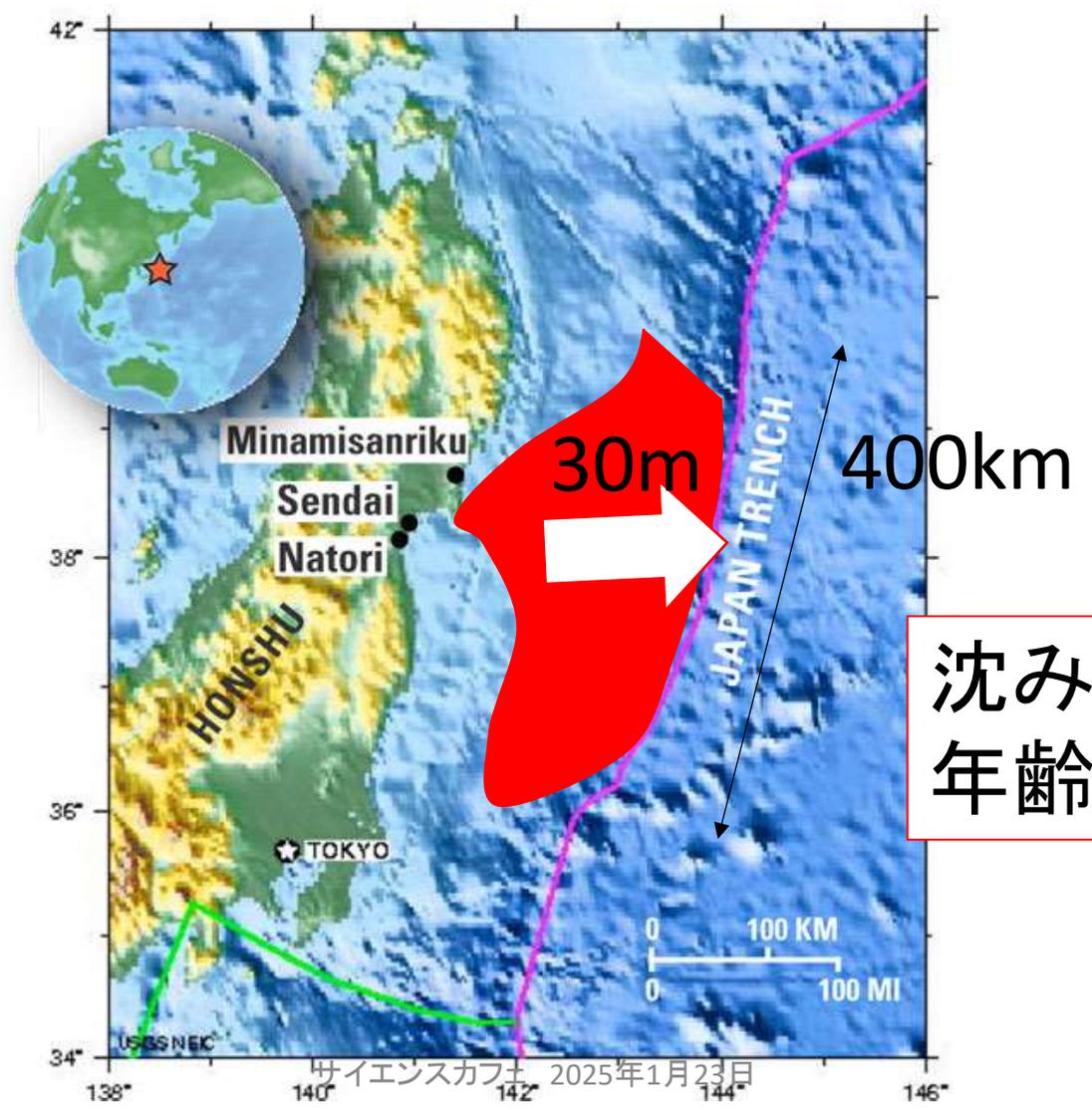


# 2004年スマトラ沖地震



収束速度が  
小さな場所でも起こる

# 2011年東北地方太平洋沖地震



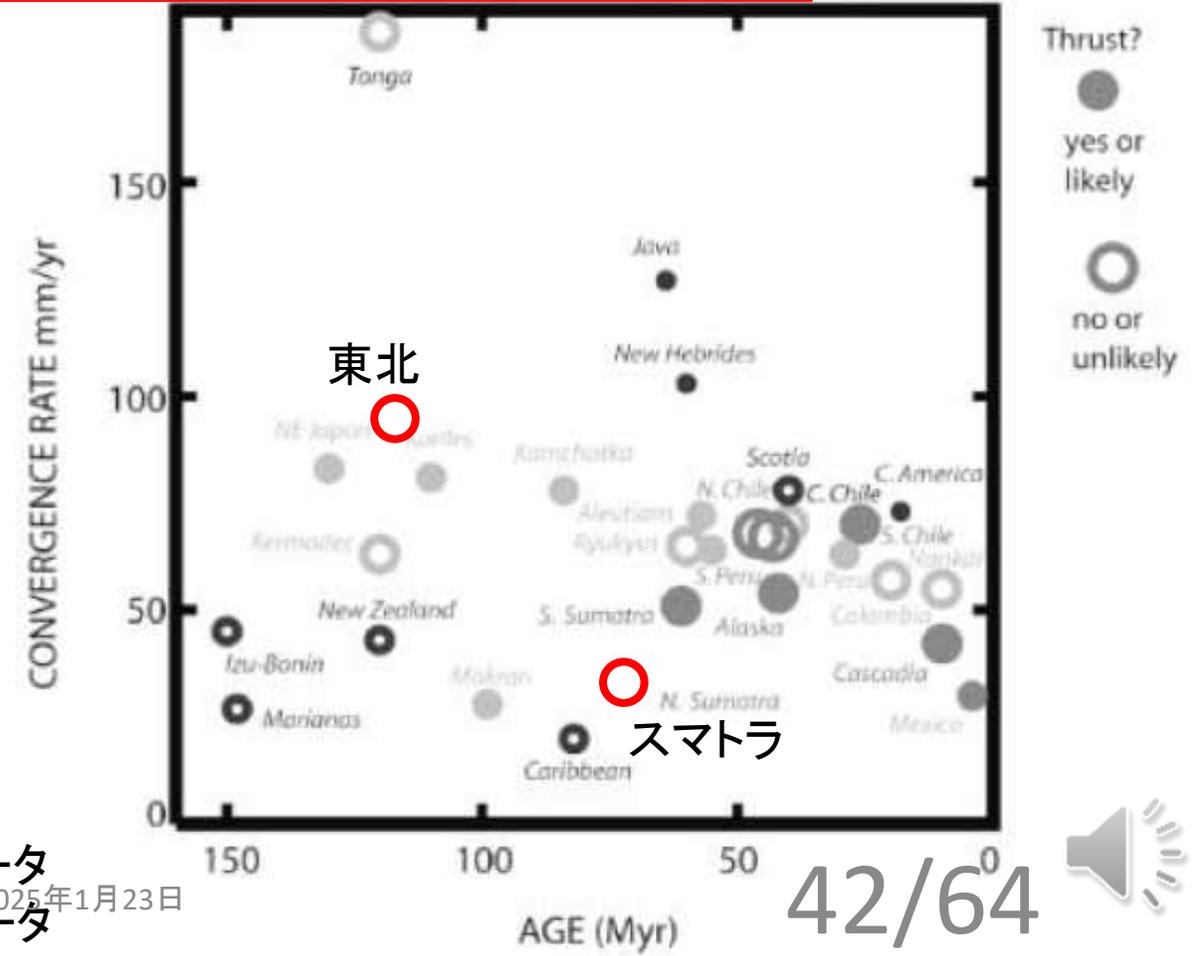
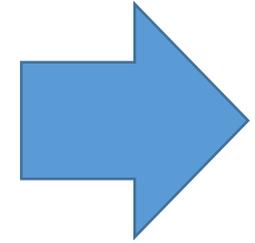
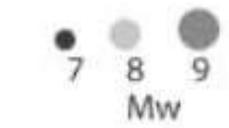
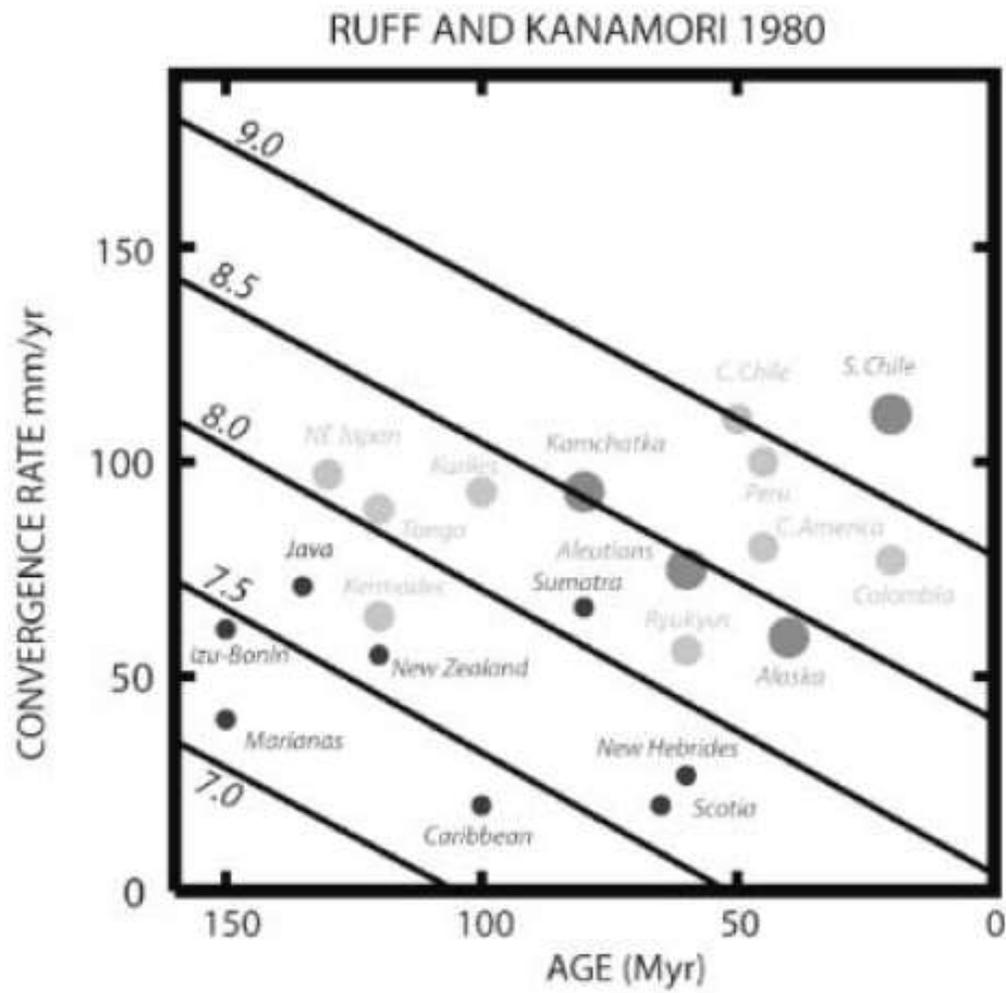
沈み込むプレートの  
年齢が大きくても起こる

# 地震の規模と沈み込み帯の個性の関係: 再訪

- ・ 沈み込むスラブの年齢とプレート収束速度

年代は若ければ大きな地震を起こすが  
収束速度とは関係なさそう。

Stein&Okal 2007



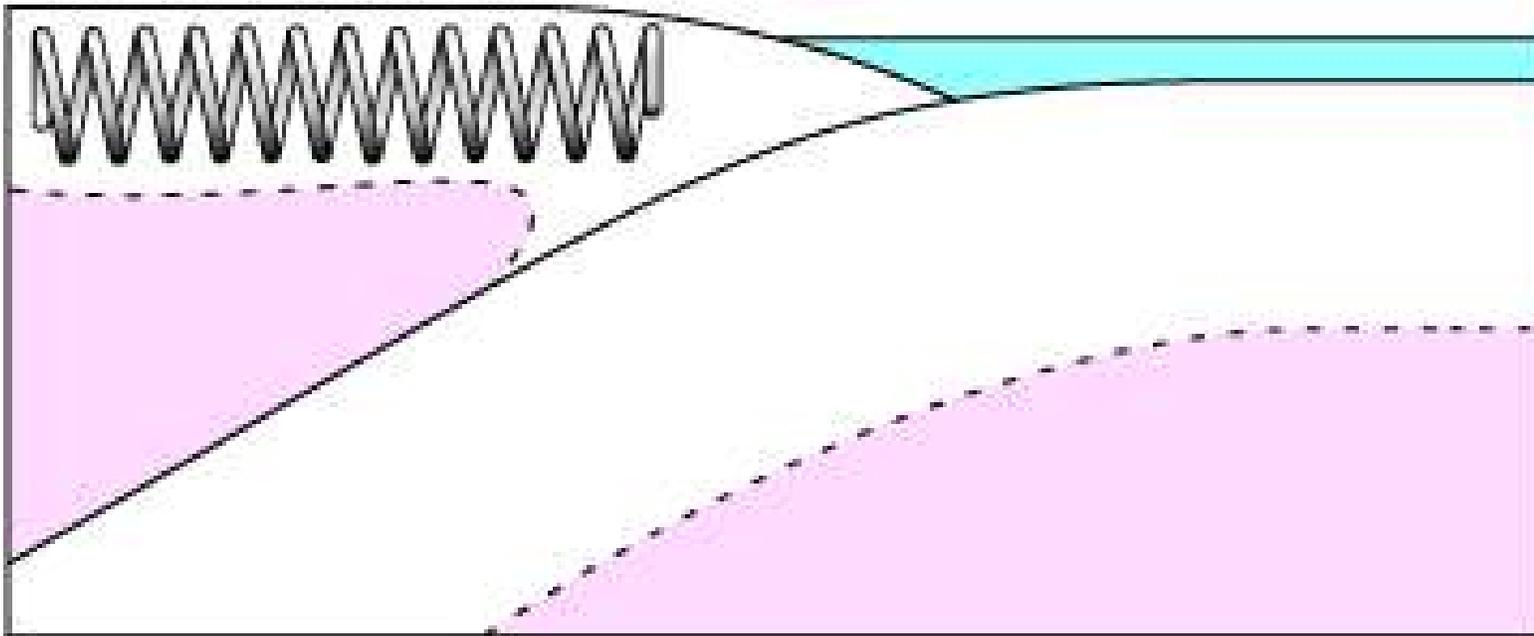
新たなデータ  
正確なデータ  
サイエンスカフェ 2025年1月23日



# プレート境界の多様性と超巨大地震

## • 超巨大地震は

- 沈み込むスラブの年齢が若い方が起きやすいようだ。
- プレート収束速度は関係なさそう。
- スラブの年齢が若くなくても起こる。



結局のところ、「上盤側のプレートがどれだけ押し込まれているか？」をモニターすることが必要



# 目次:

## 前半

- 世界の沈み込み帯とプレート境界型地震
- 比較沈み込み帯学
  - 沈み込みパラメター
  - アスペリティモデル
  - 近年の超巨大地震の例

## 後半

- 超巨大地震の巣を探す



# 海底の動きから探す

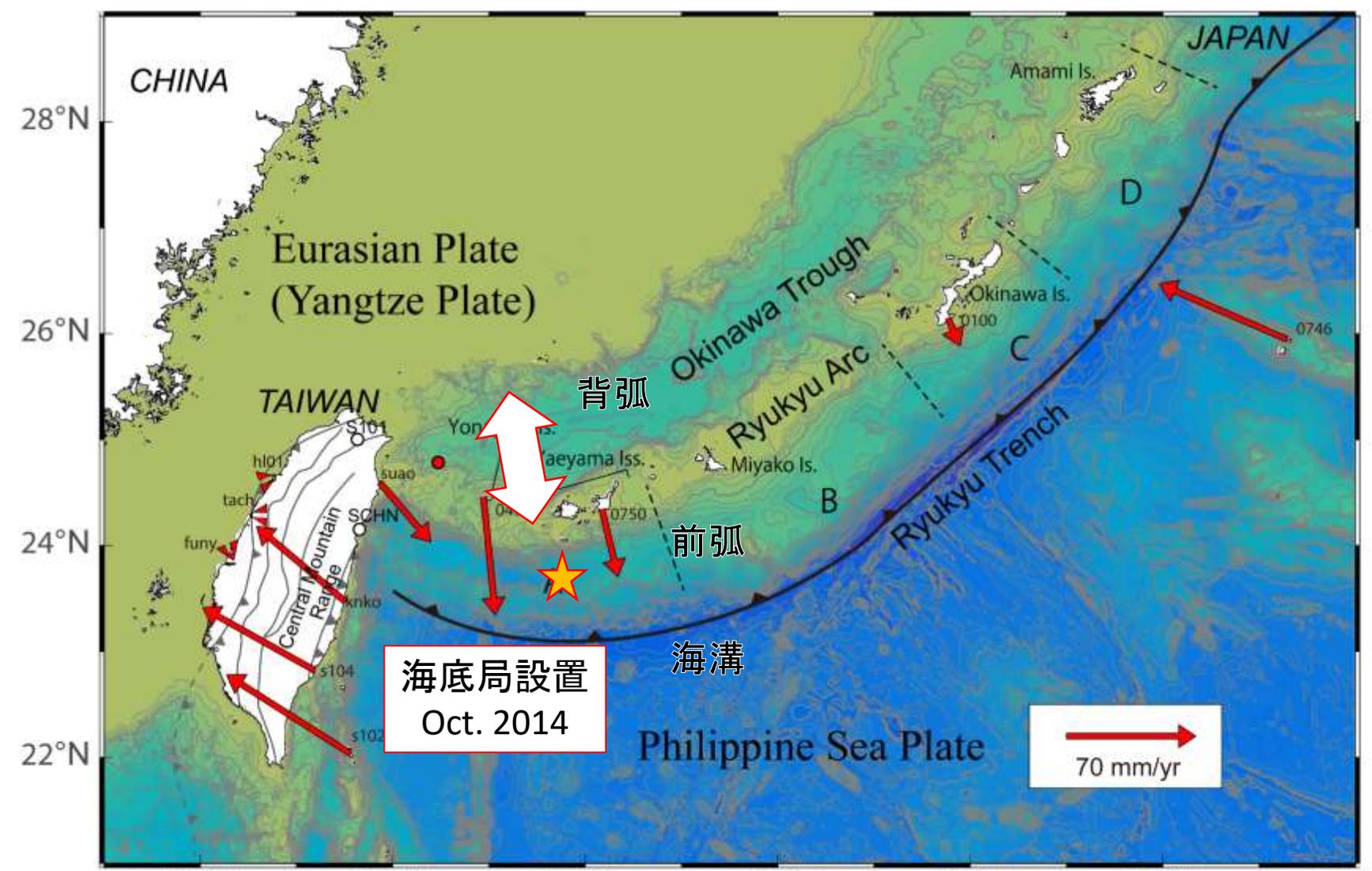
## 海溝型地震の長期評価



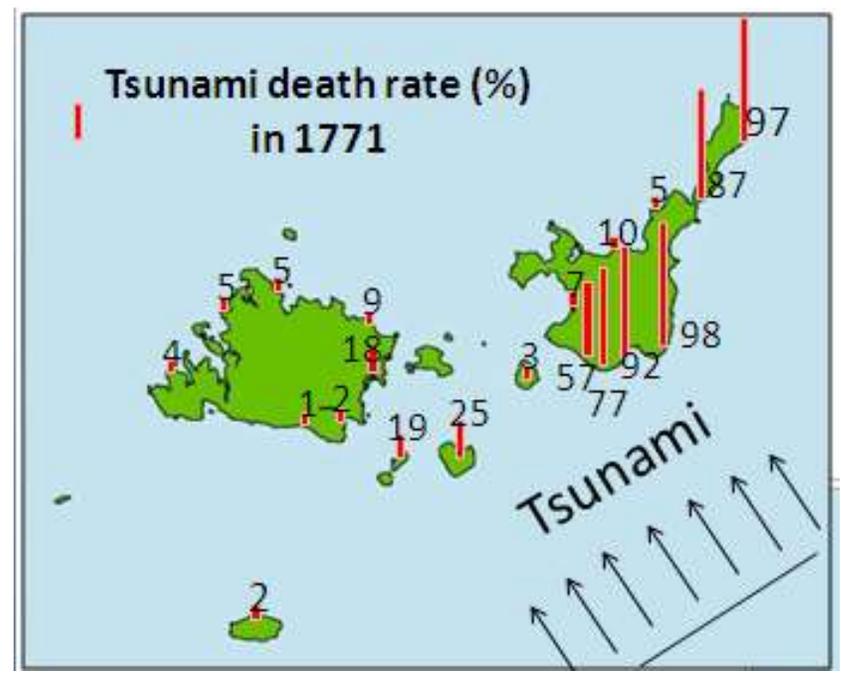
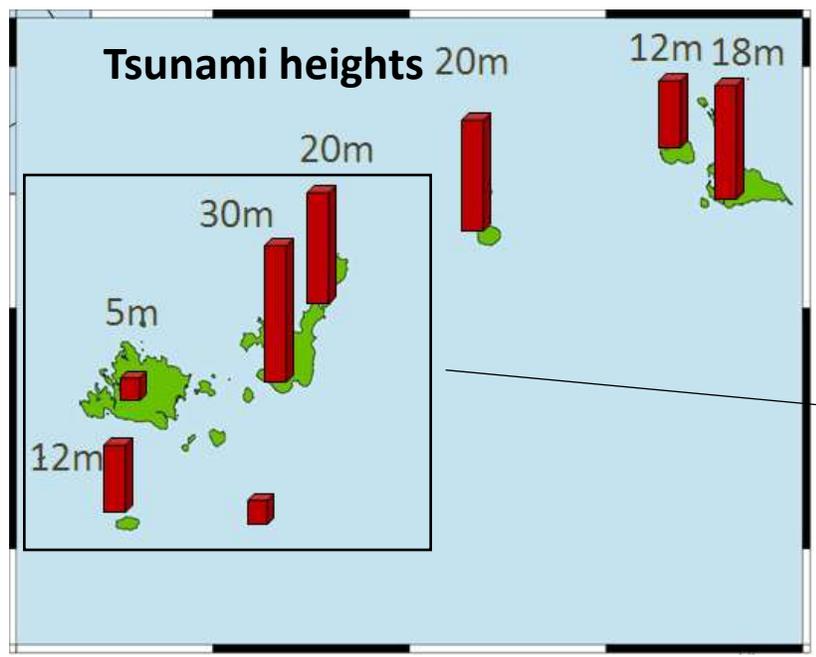
地震調査研究推進本部

# 沖縄 先島諸島と台湾

## 典型的なマリアナ型：背弧拡大域



# 1771年明和の大津波の遡上高と死亡率

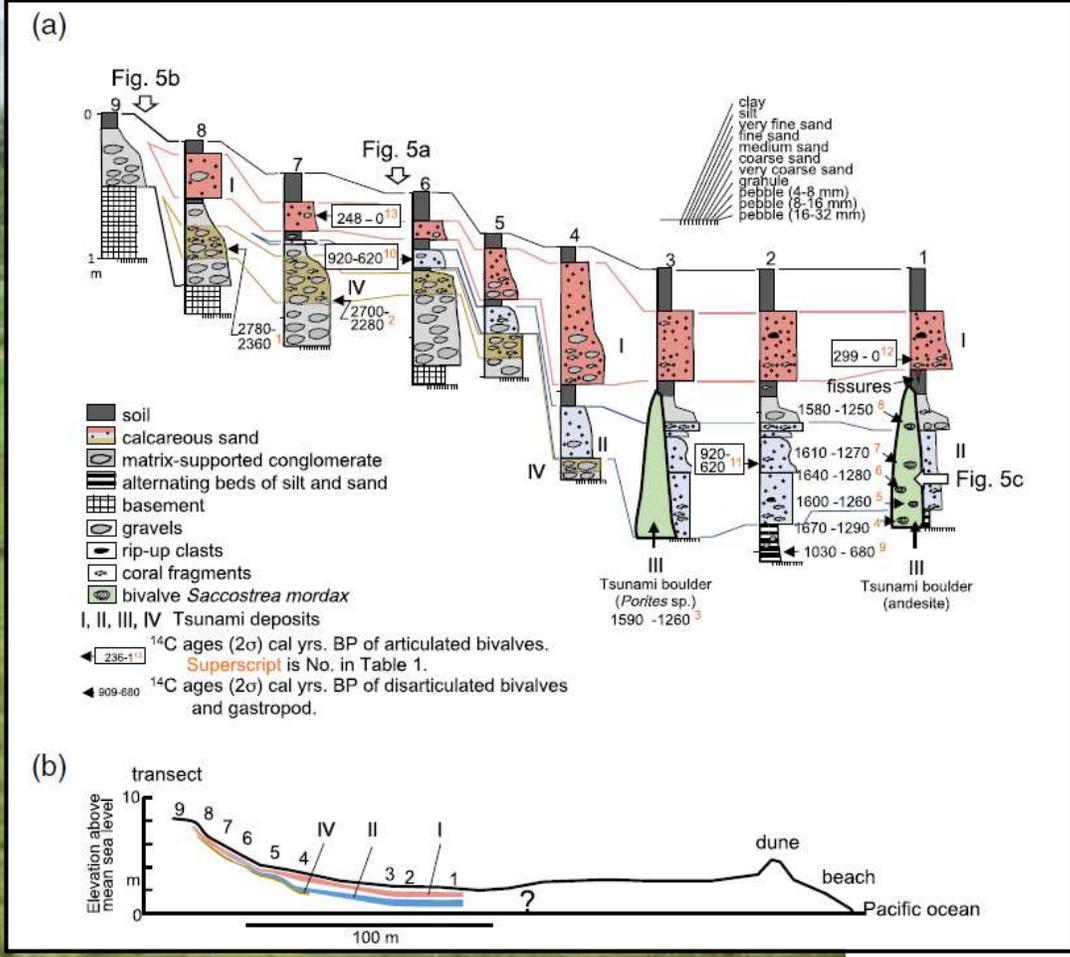


← 大波之時各村之形行書



石垣島北東部、1771年津波堆積層がはっきり観察できる

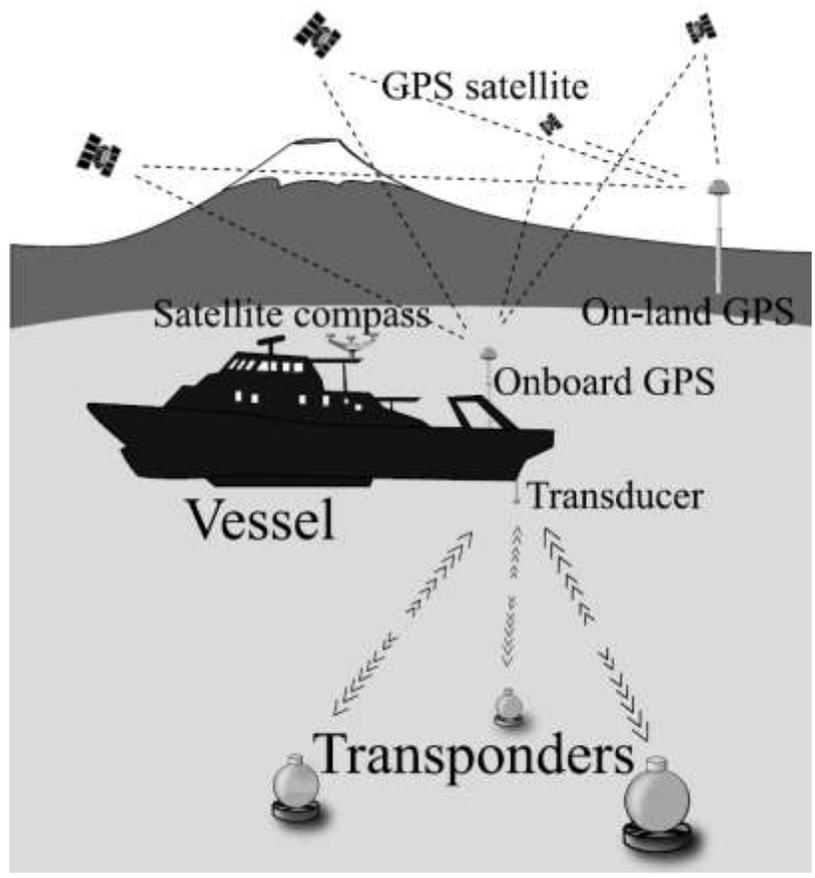
2000年で4回の巨大津波の痕跡



Ando et al. 2018



# 海底の動きを調べる



国土地理院電子基準点



「静岡3」

# 海底の動きを調べる



第二幸徳丸

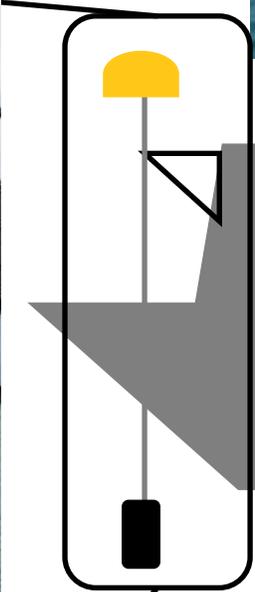


・GNSSアンテナ

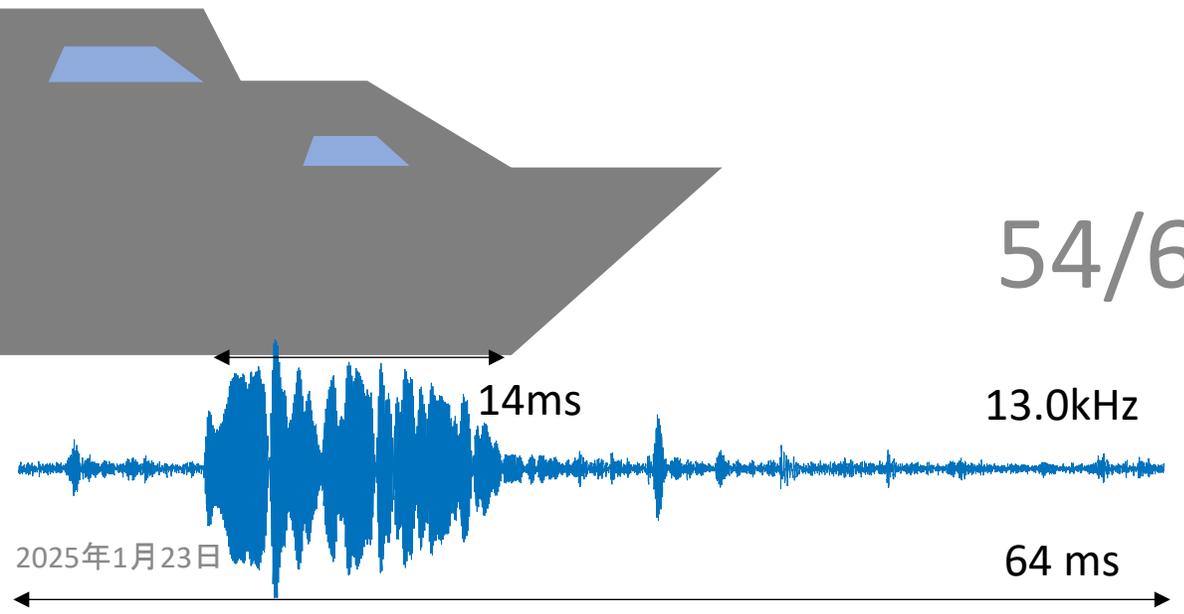
ジャイロコンパス



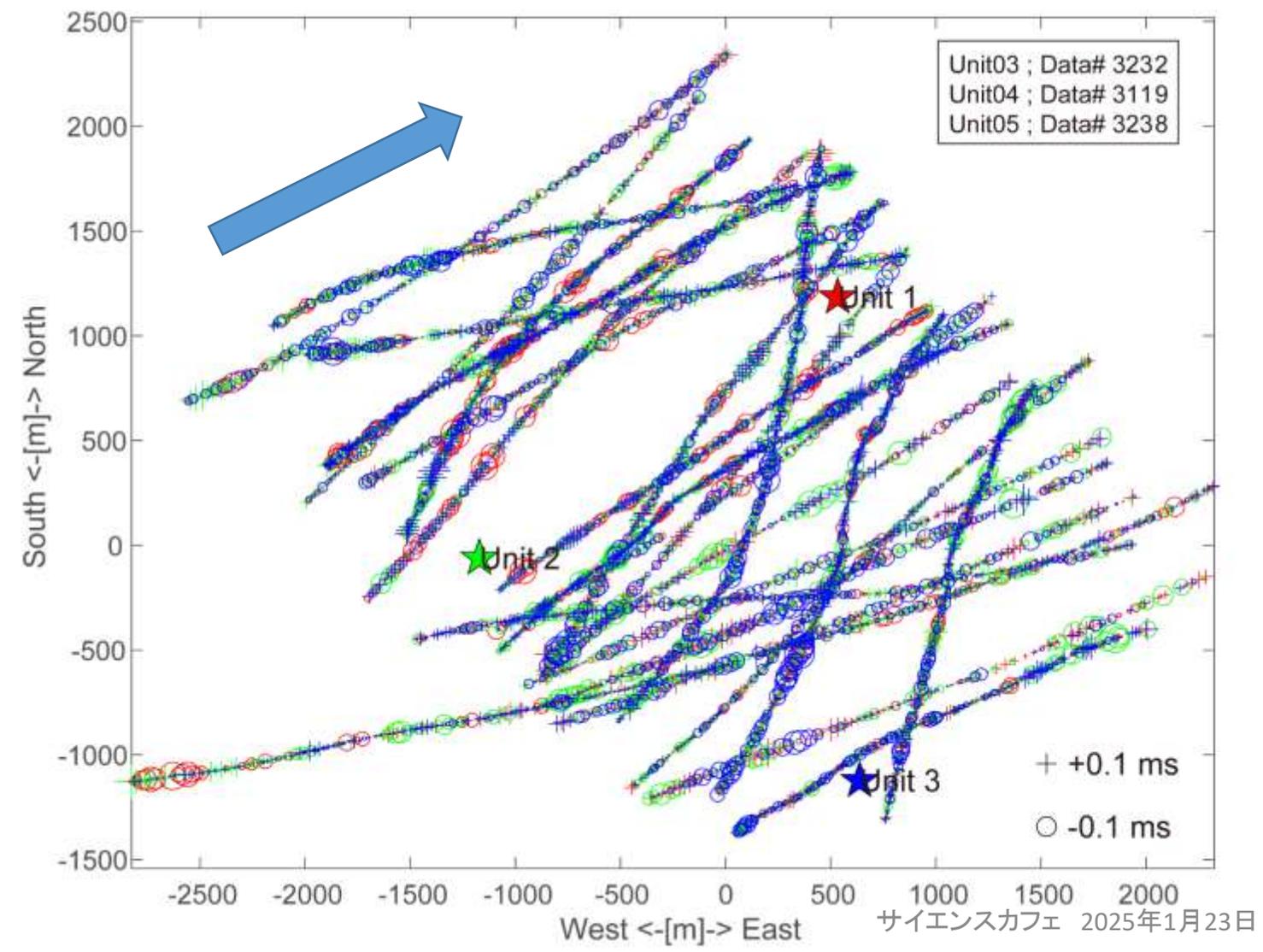
音波  
送受波器



サイエンスカフェ 2025年1月23日

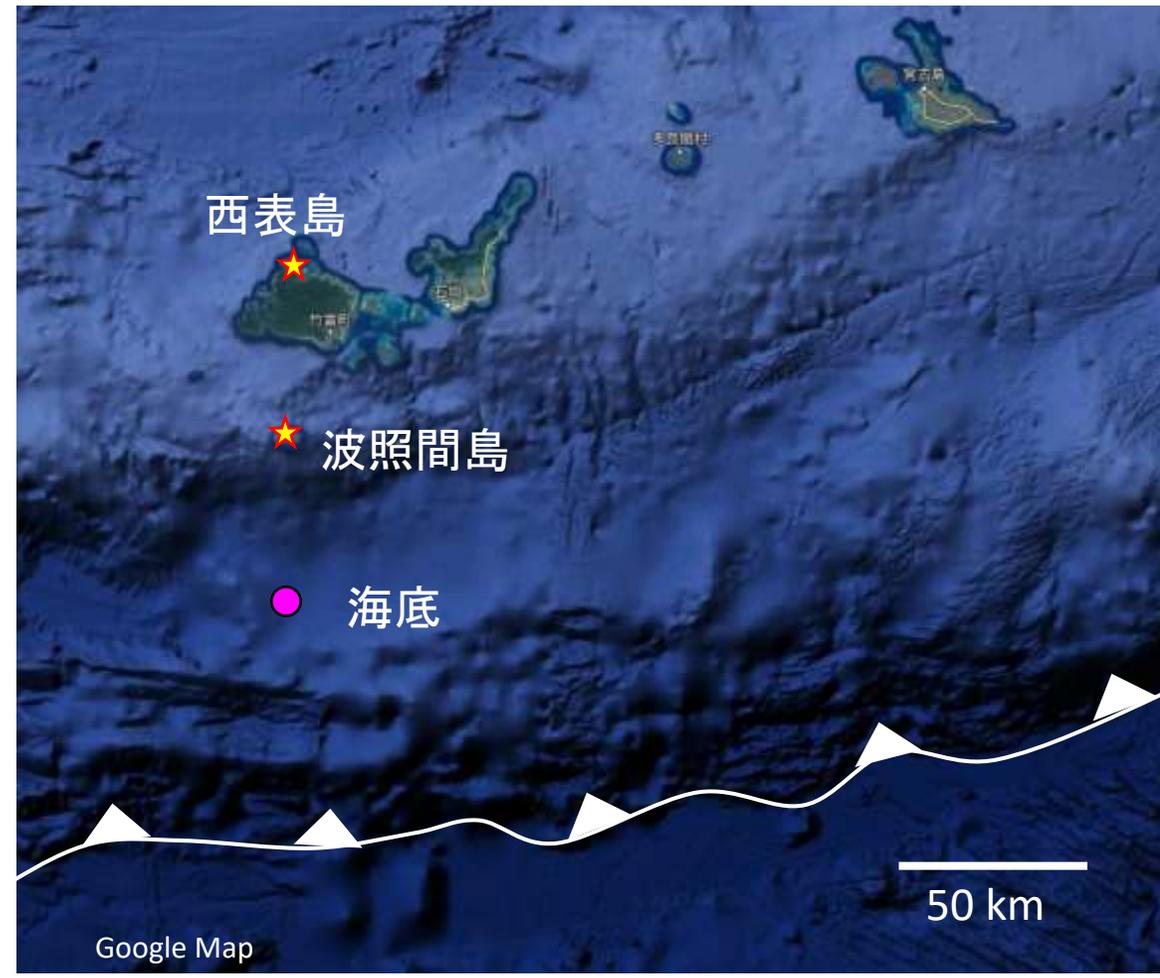
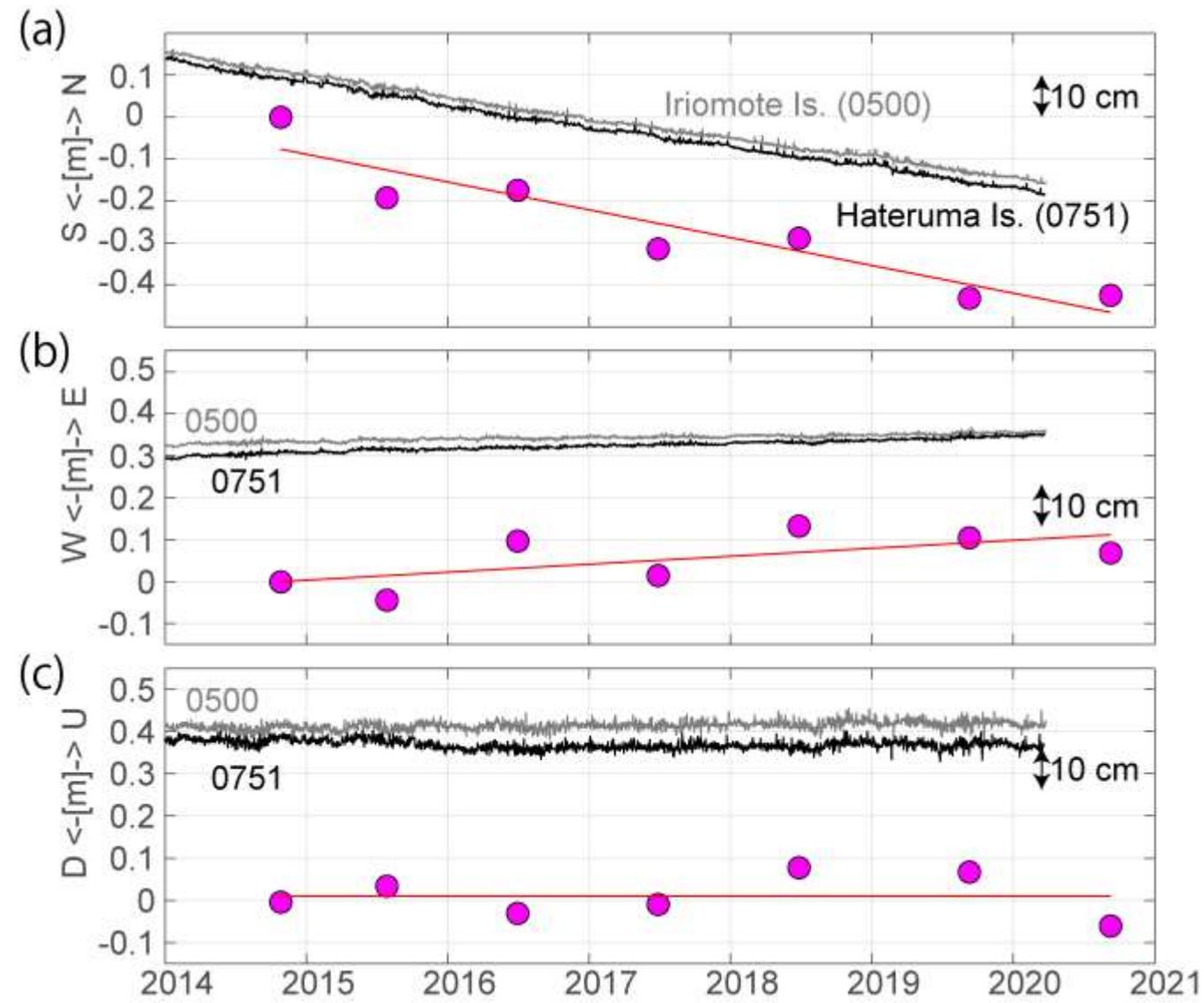


# 航跡 漂流観測

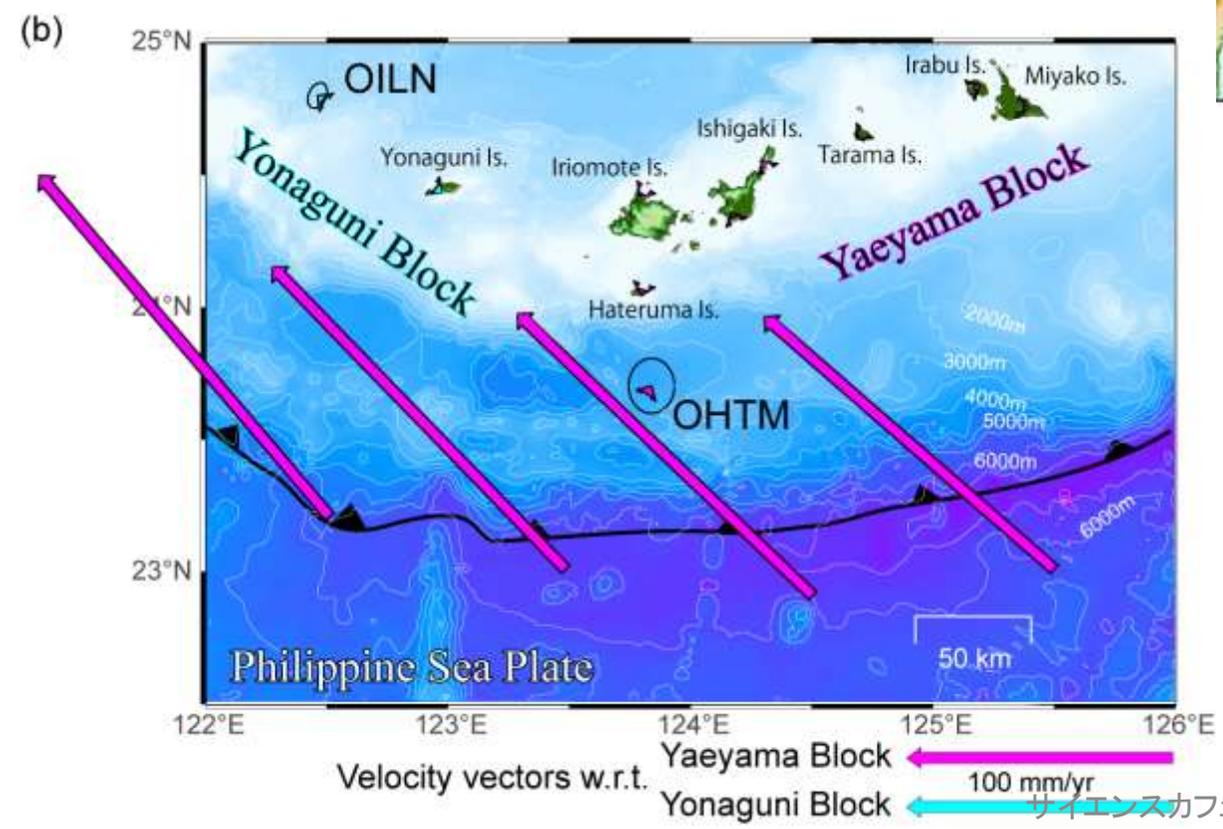
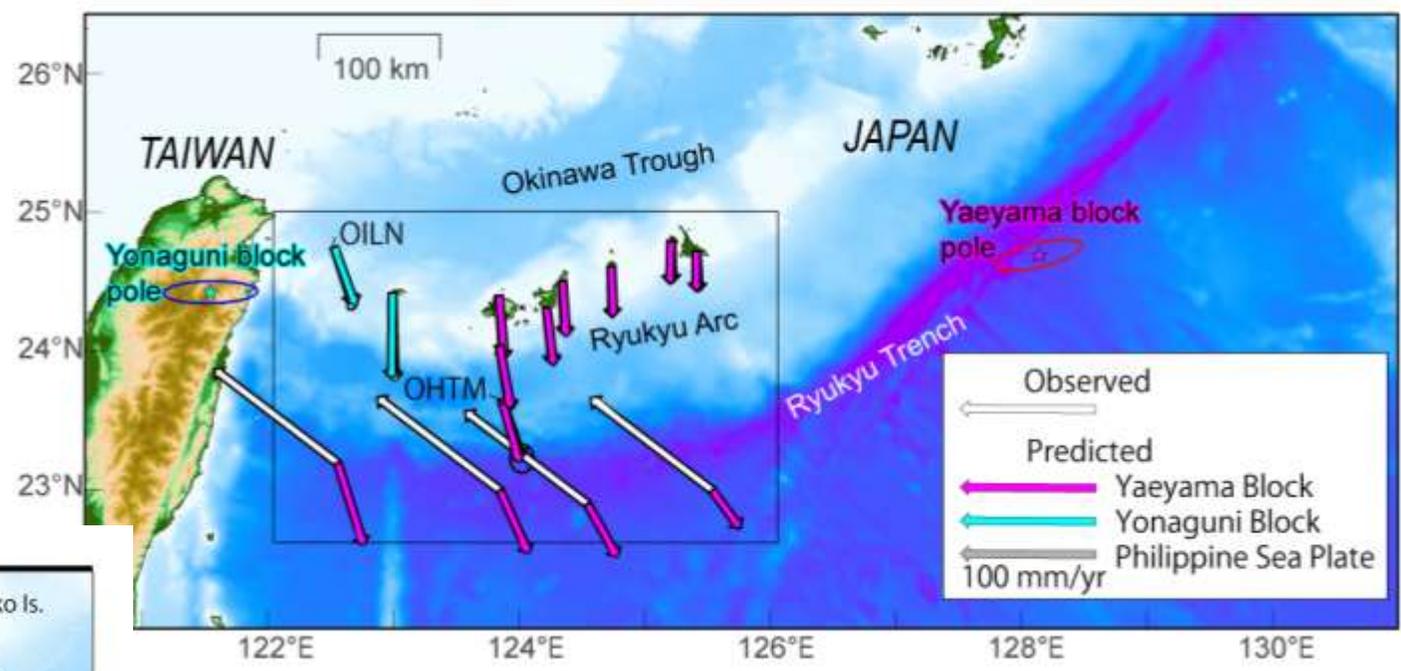


1 観測 = 48時間程度

# 波照間島沖の海底の動き



# 沖縄 先島諸島と台湾

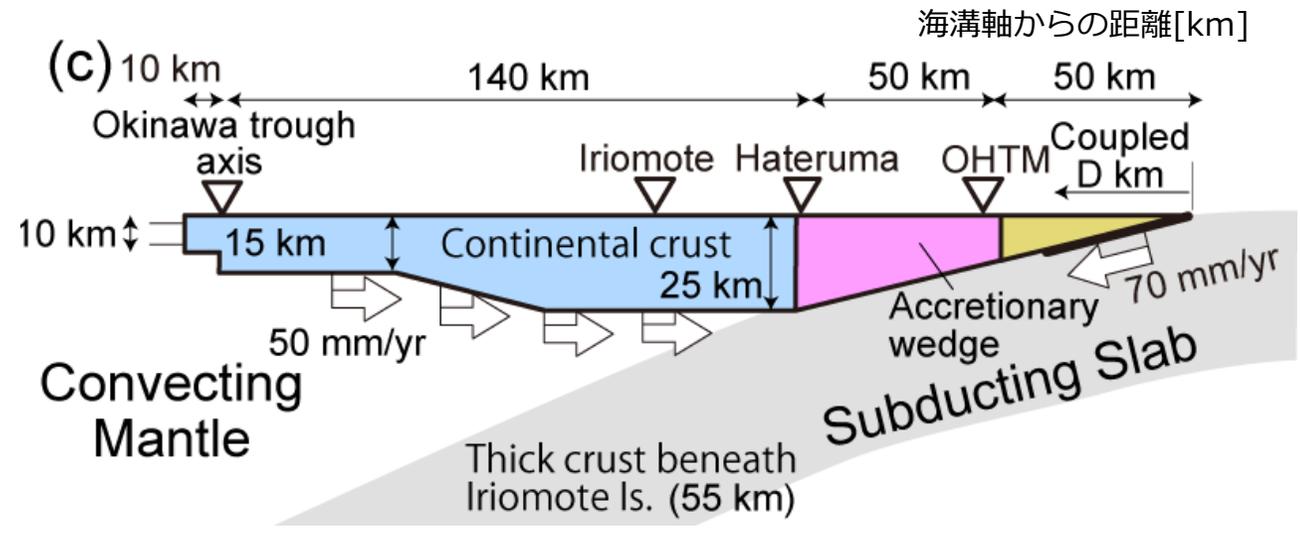
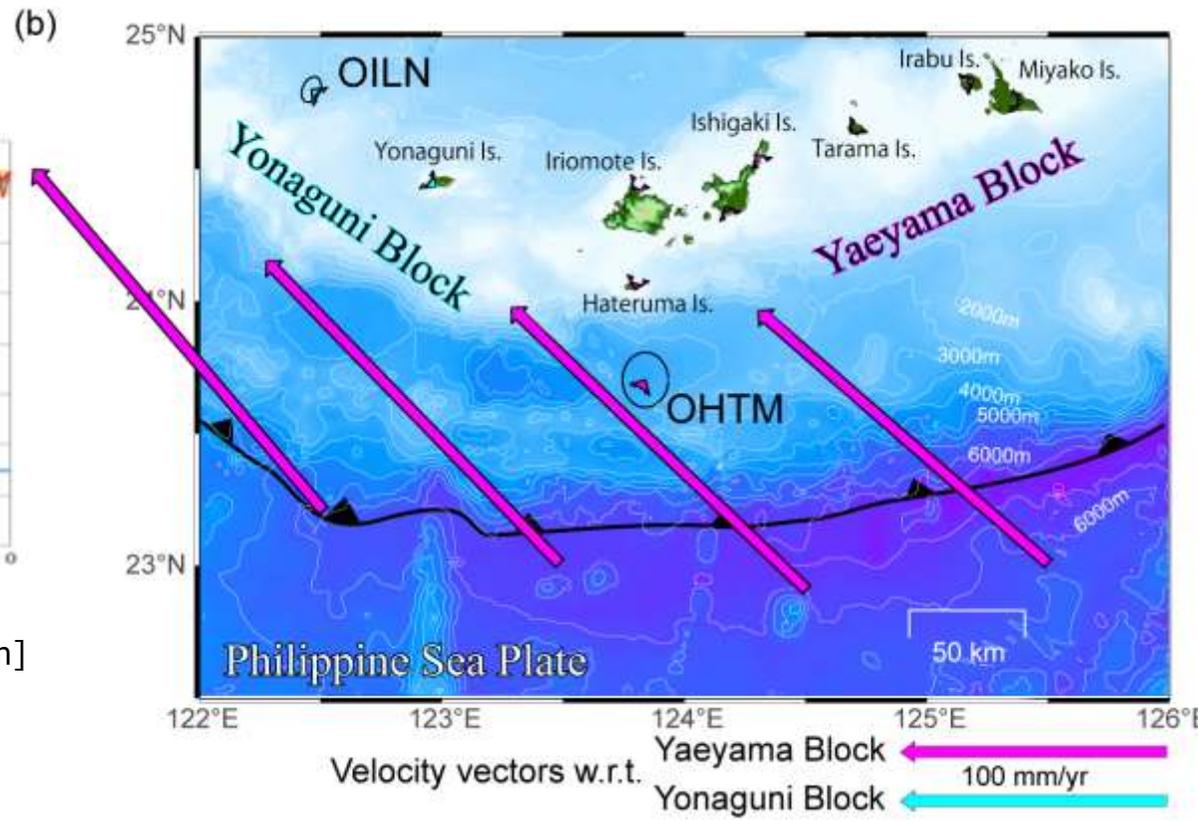
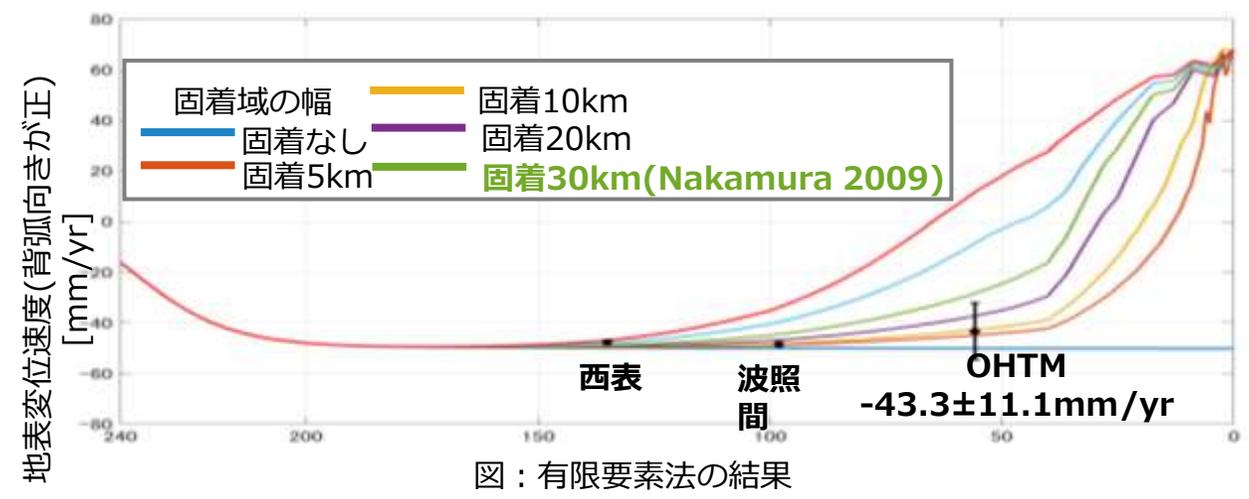


ポイント

海底と琉球弧の間は  
伸びも縮みもしていない



# プレート境界の超巨大地震の可能性

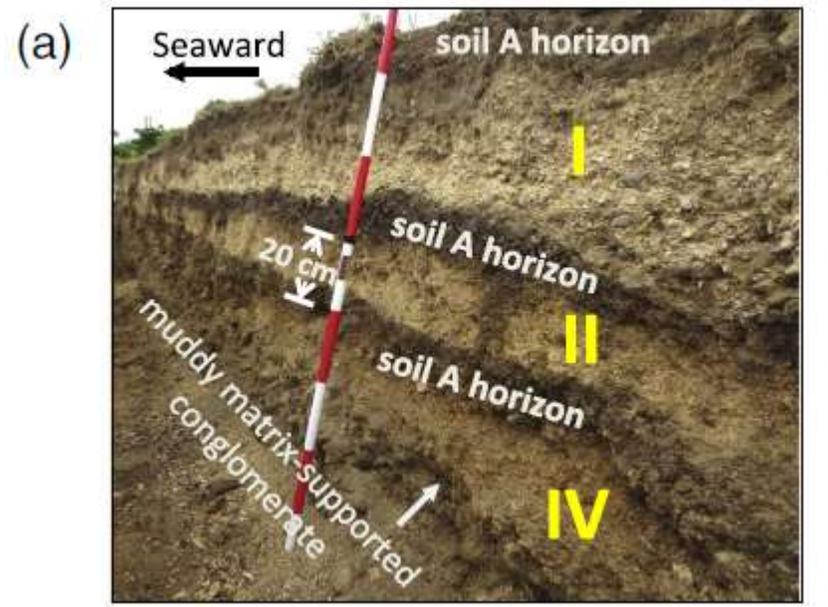
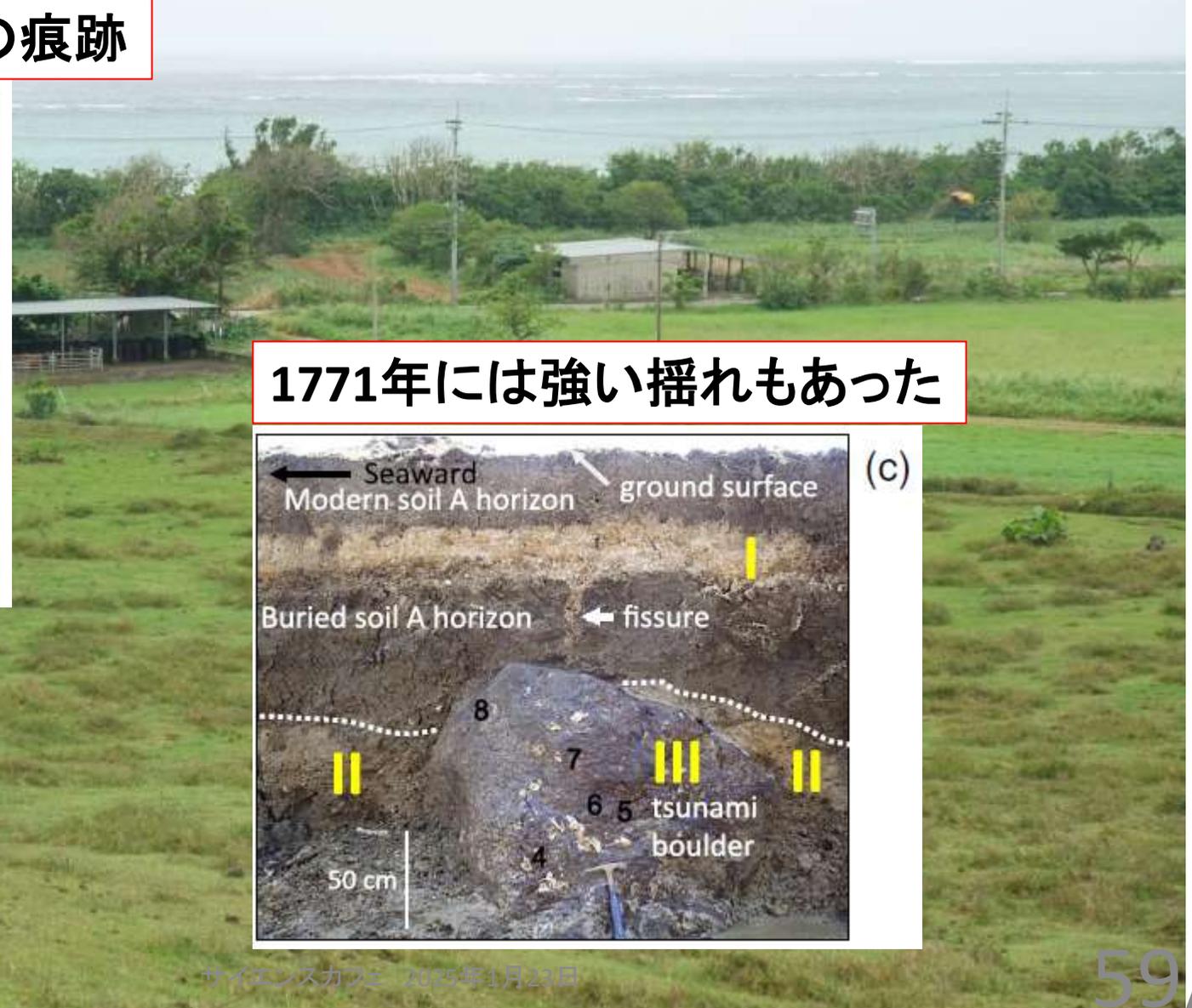


巨大津波を起こす固着は無い

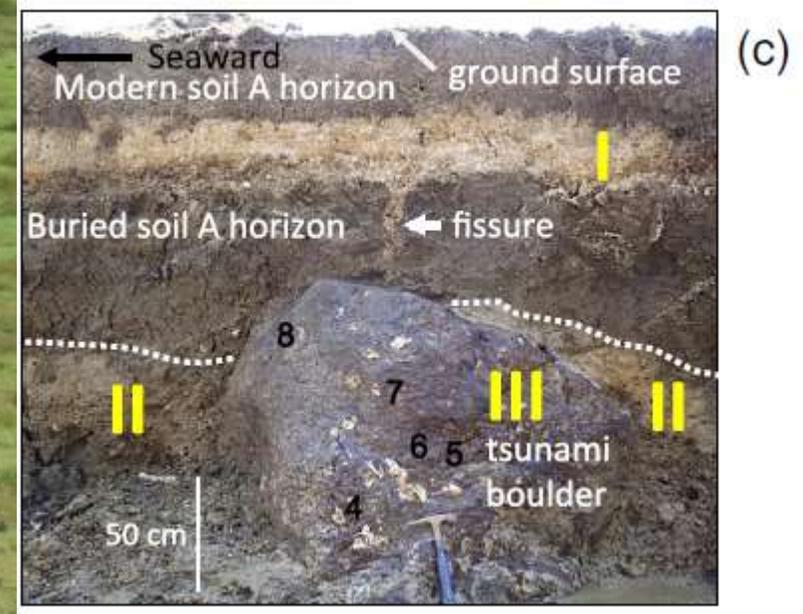
では 繰り返す津波の波源は？

# 石垣島北東部

2000年で4回の巨大津波の痕跡



1771年には強い揺れもあった

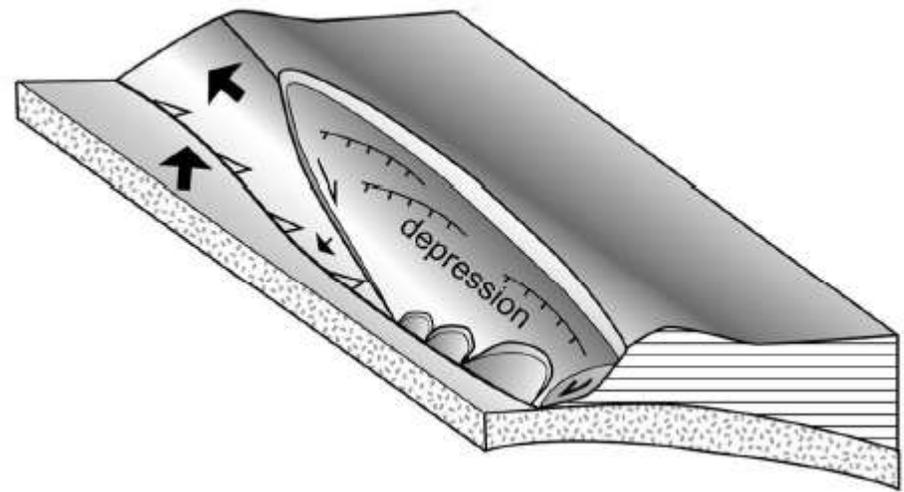
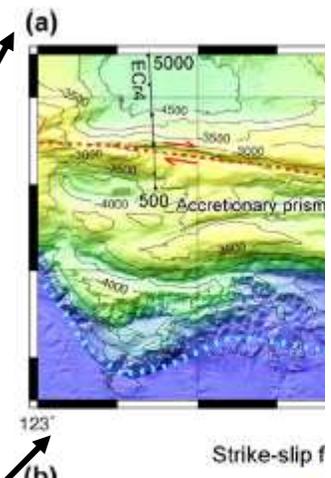
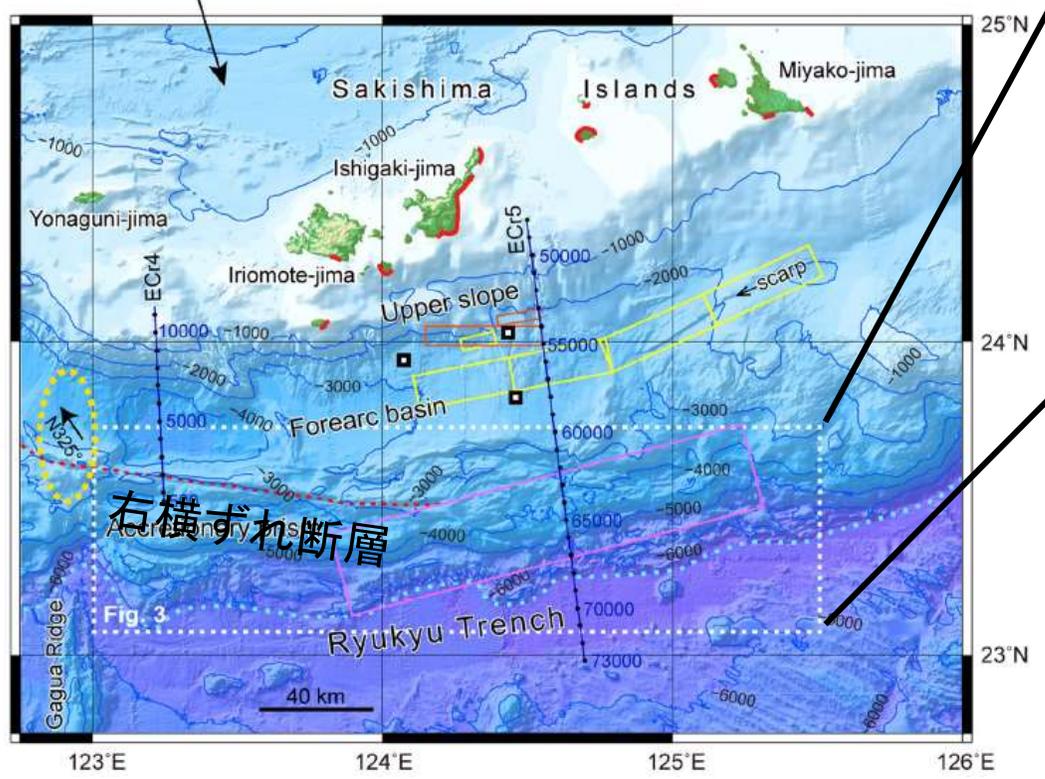


Ando et al.2018

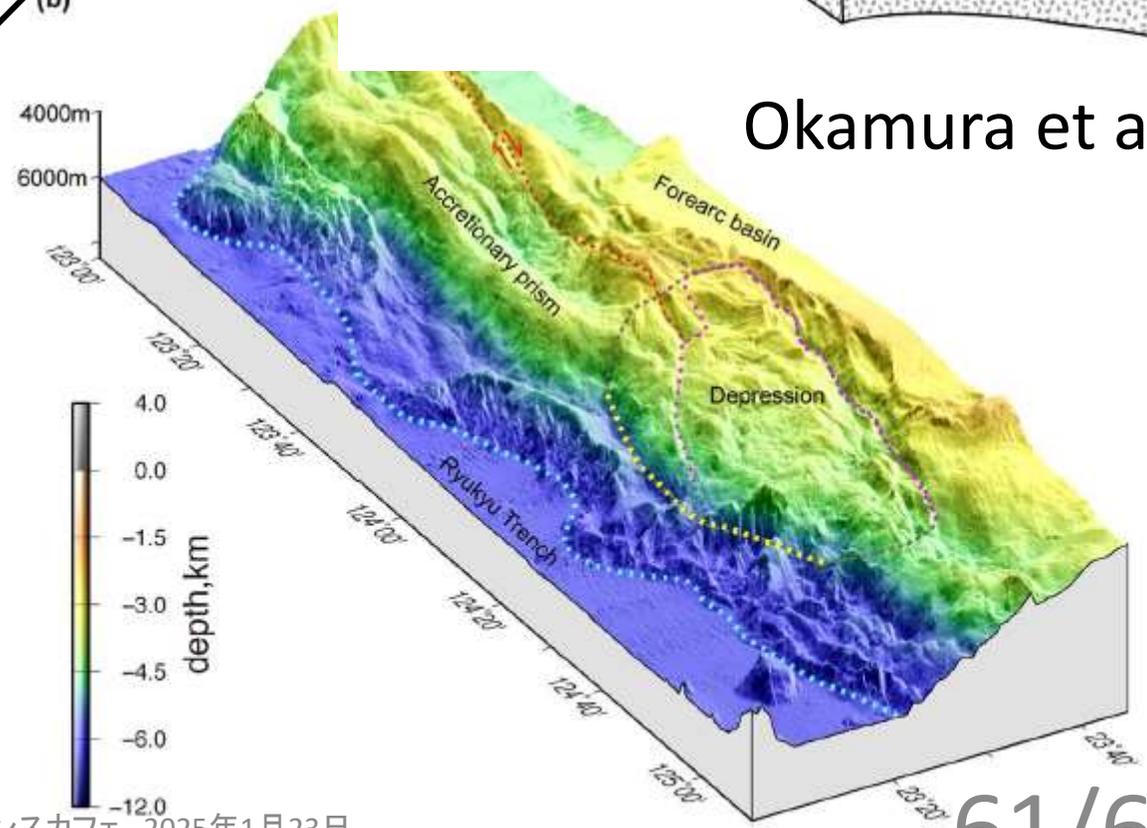


## 2. 巨大地震の巣を探す

### 繰り返す津波の波源は？



Okamura et al. 2018



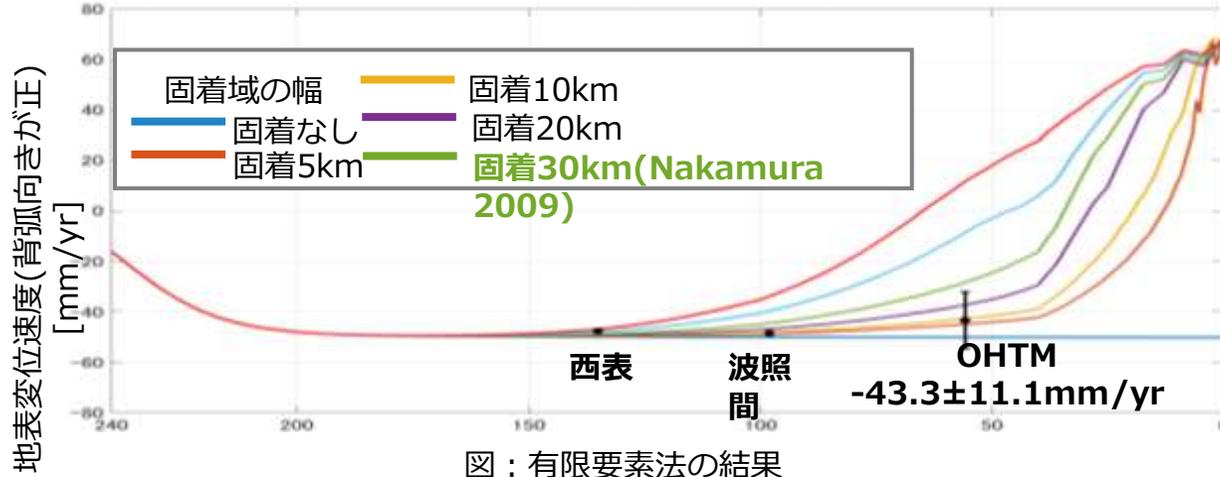
付加帯の成長に伴って  
生じる巨大な海底地すべり  
(横ずれ断層の存在により生じる)



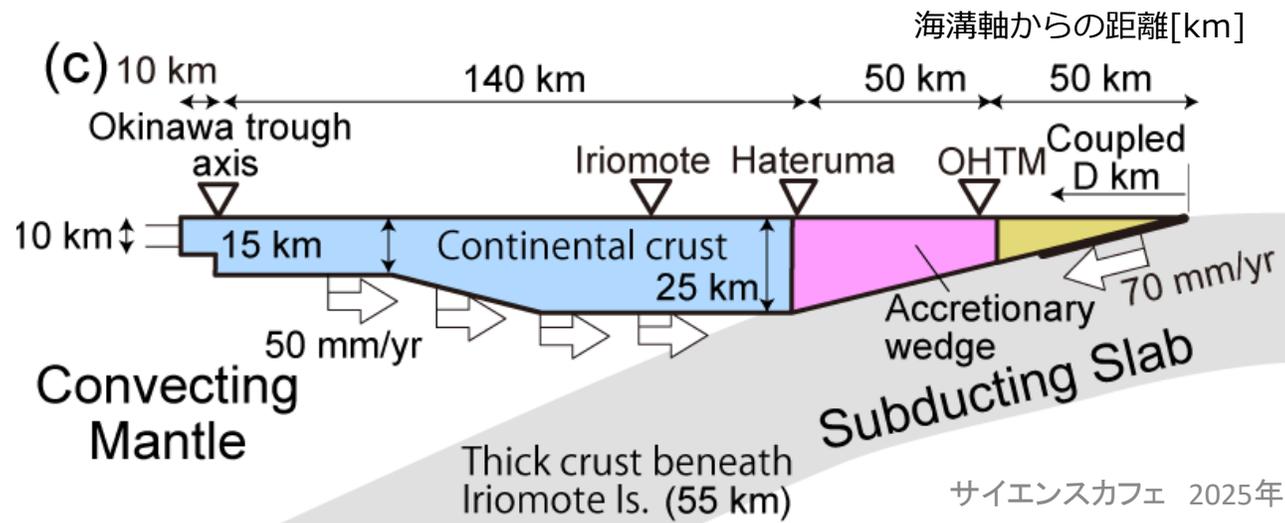
# 津波の原因は。。。

- ・海底を調べる限りは琉球海溝南部では巨大地震は準備されていない
- ・繰り返す津波の原因は前弧プリズムの先端部で生じる海底地すべり？

Okamura et al. 2018



- ・ごく浅い部分だけがほとんど地震波を出さずにすべって津波を起こすプレート境界地震？



# まとめ

- 南海トラフ地震はよく調べられている 発生することが確実な地震
- 世界中には様々な沈み込み帯があるが、必ずしも巨大プレート境界地震が発生するかどうか不明
- 「揺れたら津波！」ではなく いきなり津波が襲来するケースもありうる