

地震学講座

地震学の基礎（地震がわかる）03

平原和朗



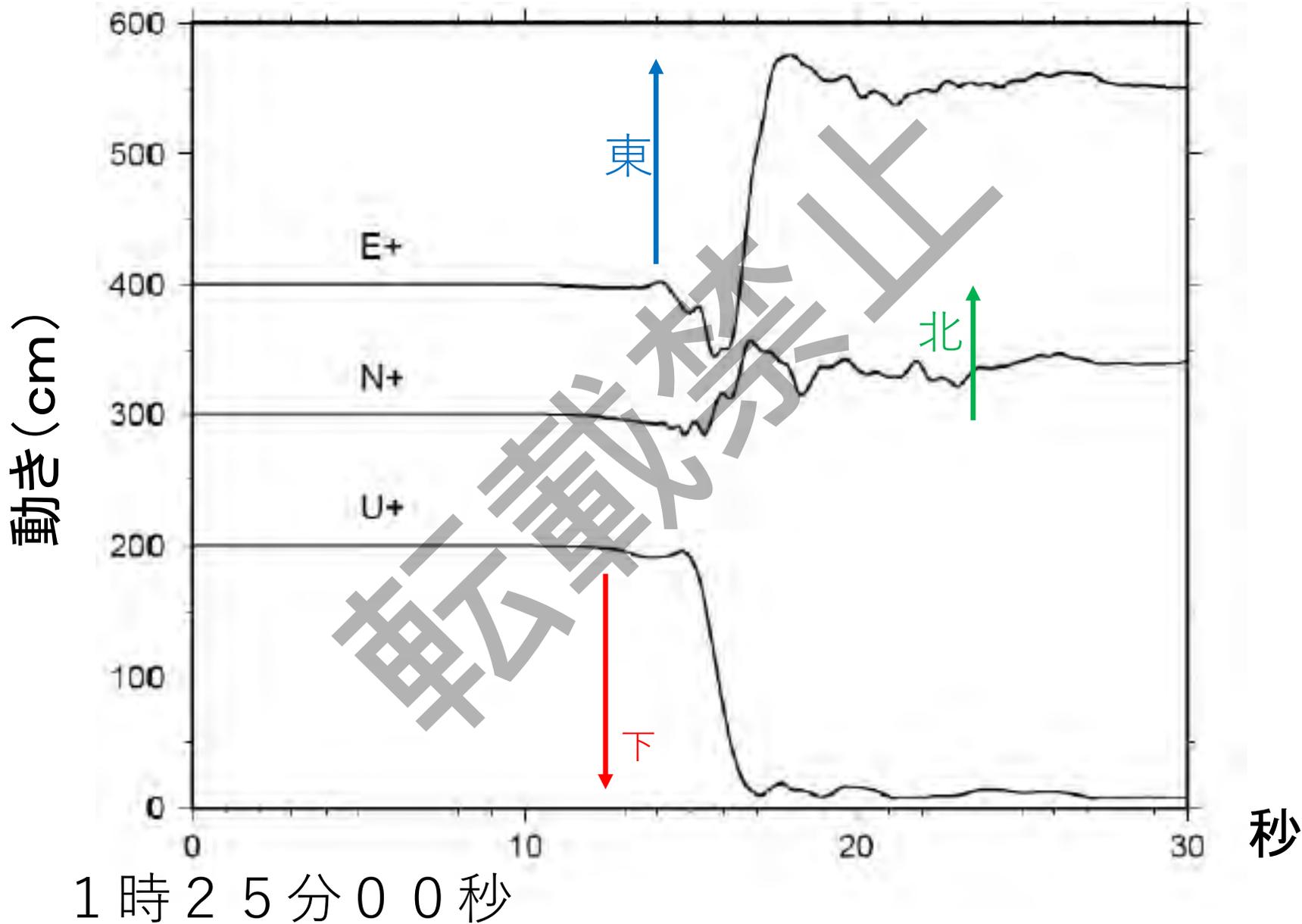
講義予定

- 4月26日 1. 地球の内部構造と大地の動き
- 5月10日 2. 地震って？
- **5月24日 3. 日本の地震活動**
- 6月07日 4. 短・長周期地震動、ゆっくり地震
- 6月21日 5. 東北沖地震 & 南海トラフ巨大地震
- 7月05日 6. 地震予測研究と今後の地震学

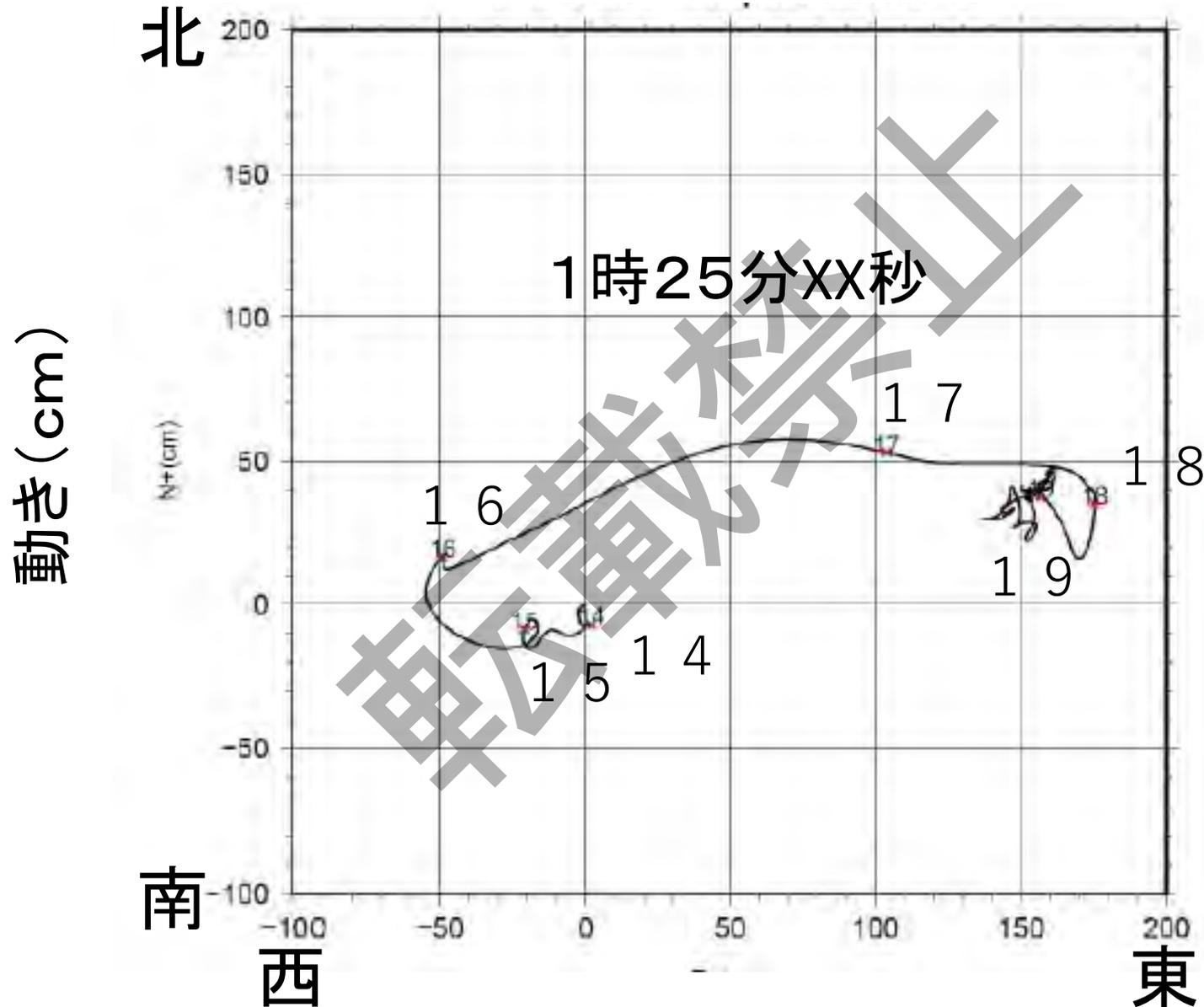
2019年5月24日(金)10:30-12:00

@香川大学創造工学部(林町キャンパス)講義棟1階 3101講義室

西原村役場での地震時の動き



西原村役場での地震時の水平の動き



日本の地震活動

平原和朗

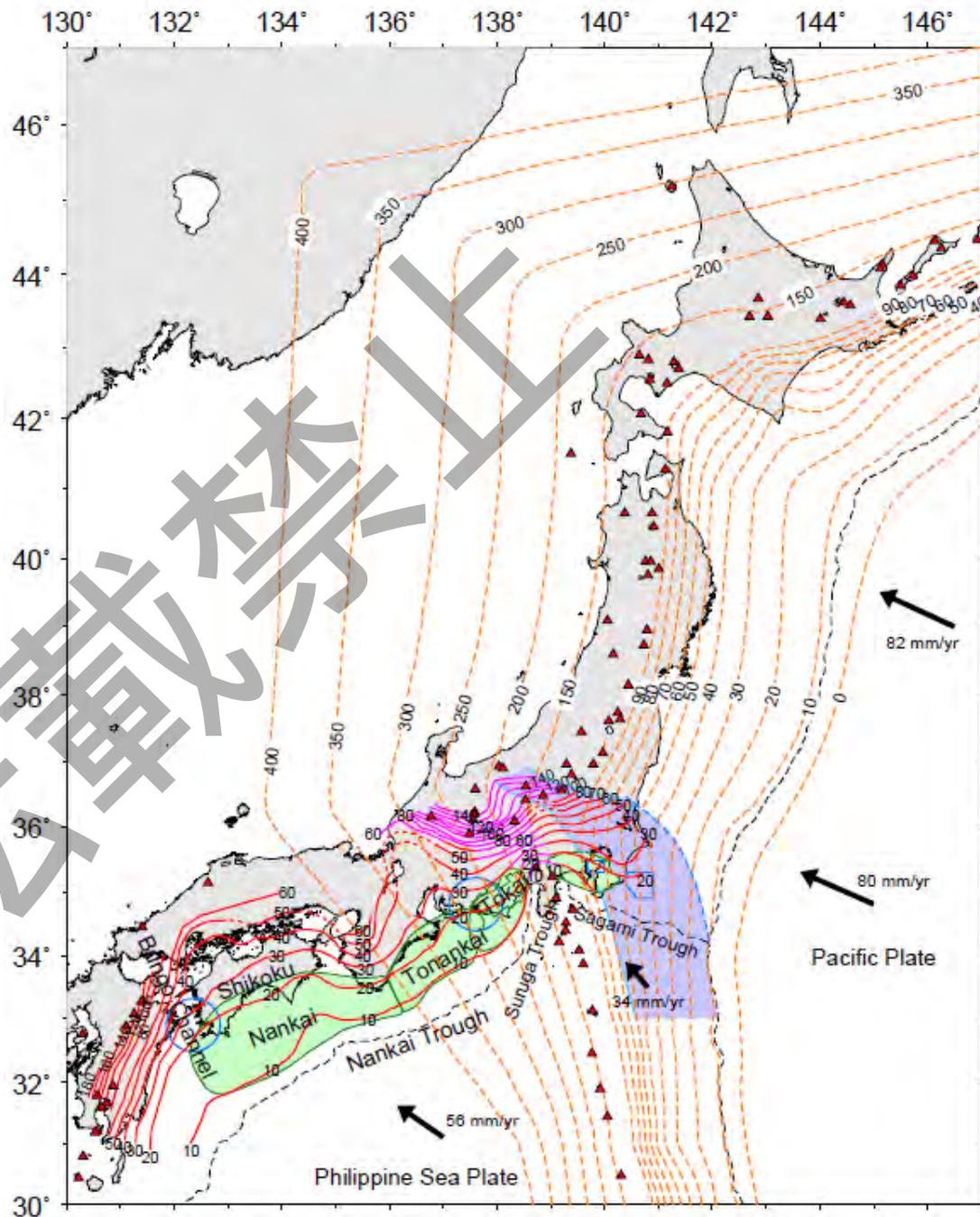


- ・日本の地震活動
- ・日本の被害地震
 - M \geq 8 死者・行方不明者 \geq 3,000 被害地震
 - 日本海溝海溝型地震 \leftrightarrow 内陸地震 \leftrightarrow 南海海溝型地震
 - (869貞観 \leftrightarrow 2011東北 1600天正 \sim 慶長 1891-1948 濃尾 \sim 福井地震)
- ・地震活動 海溝型地震の長期評価報告(地震本部)
 - ・千島海溝沿い: 17世紀(500年間隔地震)
 - ・三陸沖 \sim 房総沖: 2011東北地方太平洋沖地震
 - 689貞観 明治・昭和三陸沖地震
 - ・相模トラフ沿い: 関東地震 江戸地震
 - ・南海トラフ沿い: 発生様式の多様性
 - 内陸地震の活動期
 - 1995年兵庫県南部地震

太平洋・フィリピン海プレート の沈み込み等深度分布

弘瀬 (気象研)

<http://www.mri-jma.go.jp/Dep/sv/2ken/fhirose/ja/PlateConfiguration.html>



日本の地震活動 1997/10/1-2017/12/31

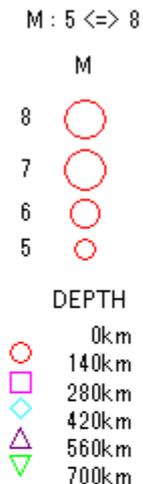
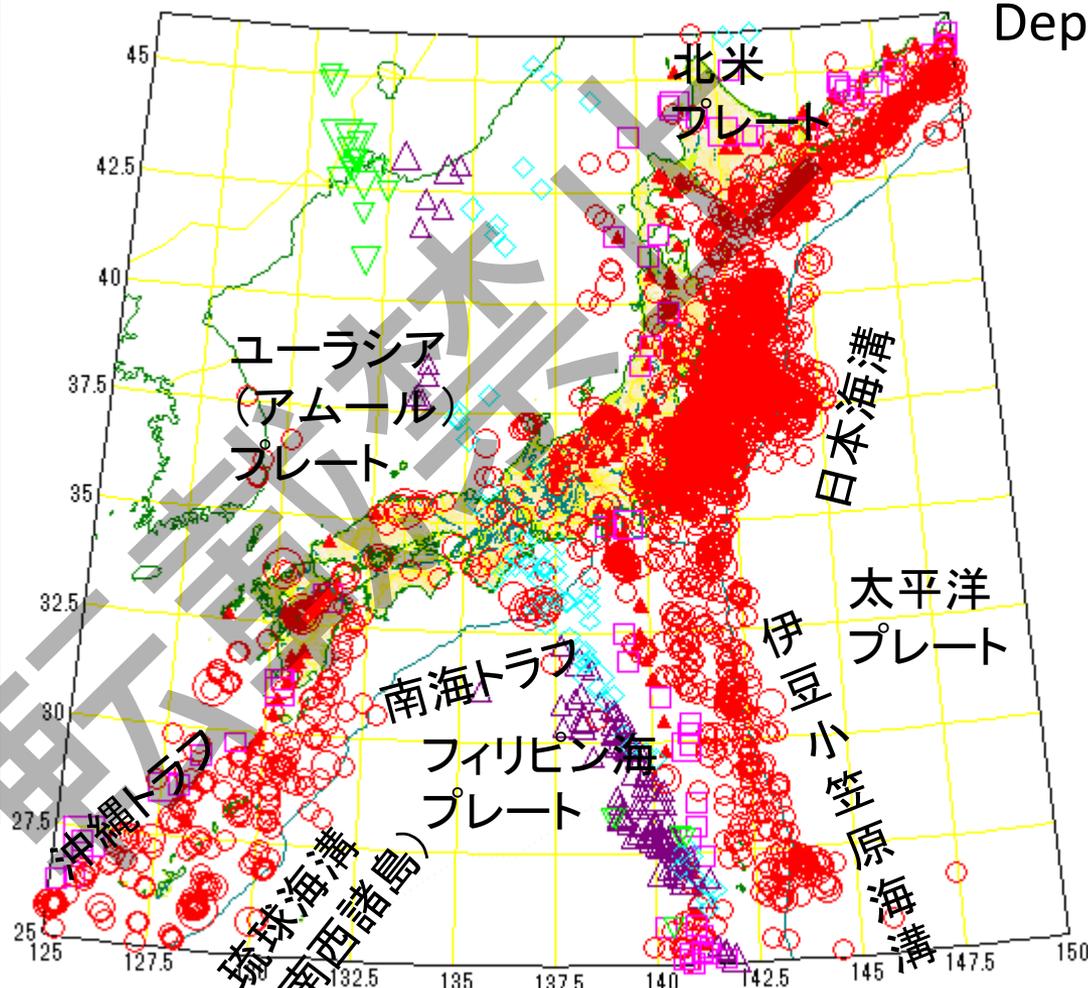
気象庁 地震月報(カタログ編)

1997 10/1 0:0 -- 2017 12/31 23:59

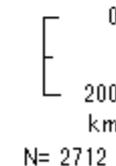
M ≥ 5
Dep 0-700km



グーグルアース



▲ 火山



FILE:vhyp715-2016ruj\Map_zan201701-201803.jma

// SEIS-PC //

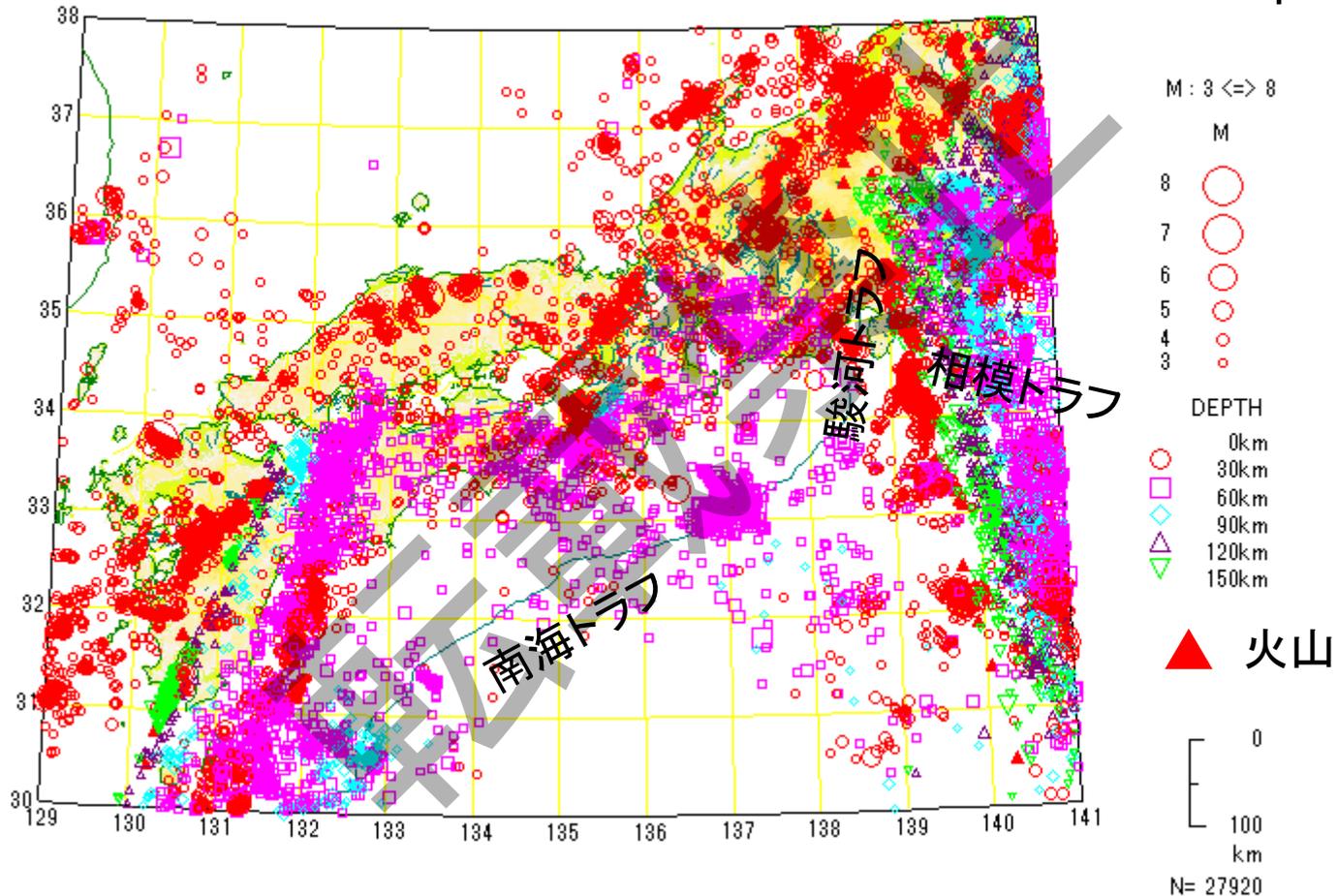
SEIS-PC(石川)により作成

日本の地震活動 1997/10/1-2017/12/31

気象庁 地震月報(カタログ編)

1997 10/1 0:0 -- 2017 12/31 23:59

M \geq 3 Dep 0-150km



FILE:vhyp715-2016.ruj,JMA_zan201701-201803.jma

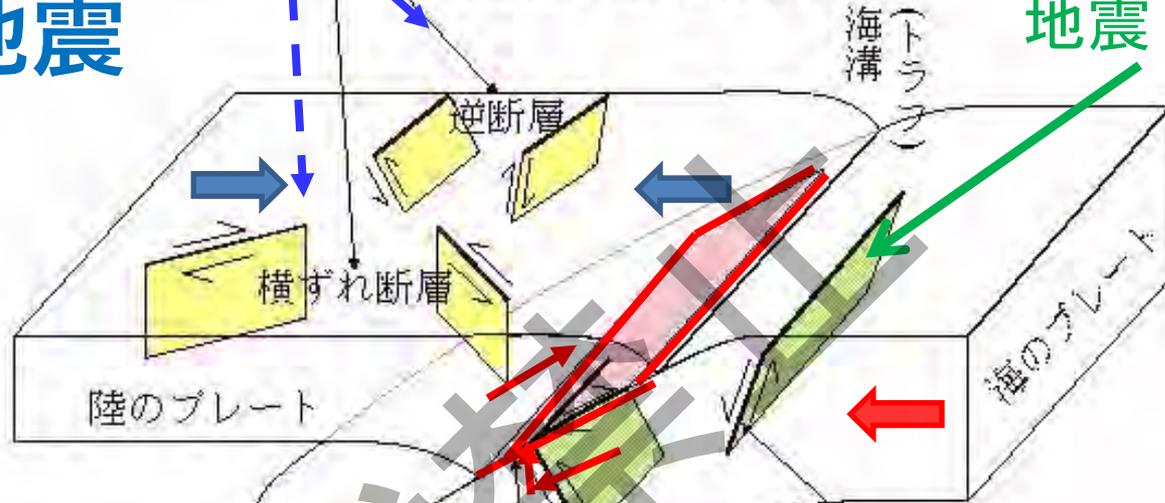
// SEIS-PC //

日本列島周辺で生じる地震のタイプ

内陸地震 活断層

(濃尾地震(1891年)や1995年兵庫県南部地震など)

アウターライズ地震

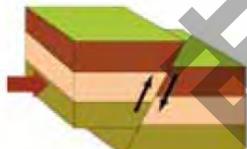
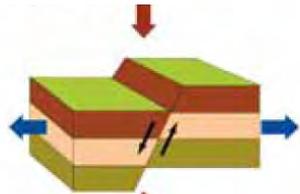


断層運動の種類

正断層

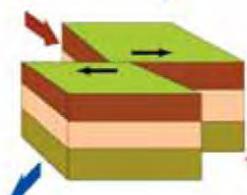
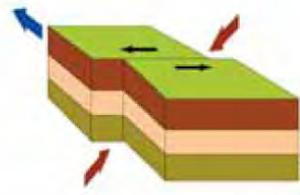
逆断層

断層
 圧縮の力
 張力



左横ずれ断層

右



スラブ内地震

沈み込むプレート内の地震
 (正断層: 1933年三陸地震)

沈み込んだプレート内の地震
 (高角逆断層: 1994年北海道
 東方沖地震)

プレート間(境界)地震、海溝型地震

(低角逆断層: 1968年十勝沖地震, 1923年
 関東地震や南海トラフ沿いの地震など)

2011年東北地方太平洋沖地震

沈み込んだプレート内の深い地震
 (水平断層: 1993年釧路沖地震)

日本の被害地震: データソース

- 日本被害地震総覧

599-2012 宇佐美・他

872地震

- 理科年表 日本付近の主な被害地震年代表(2019)

416-2018 (451地震)

平成17年版より地震の選択基準を原則「死者1名以上または家屋等の全壊(潰)1以上または津波規模1以上」とし1885年まで遡って適用。

1884年まで

日本被害地震総覧と宇津(1999),

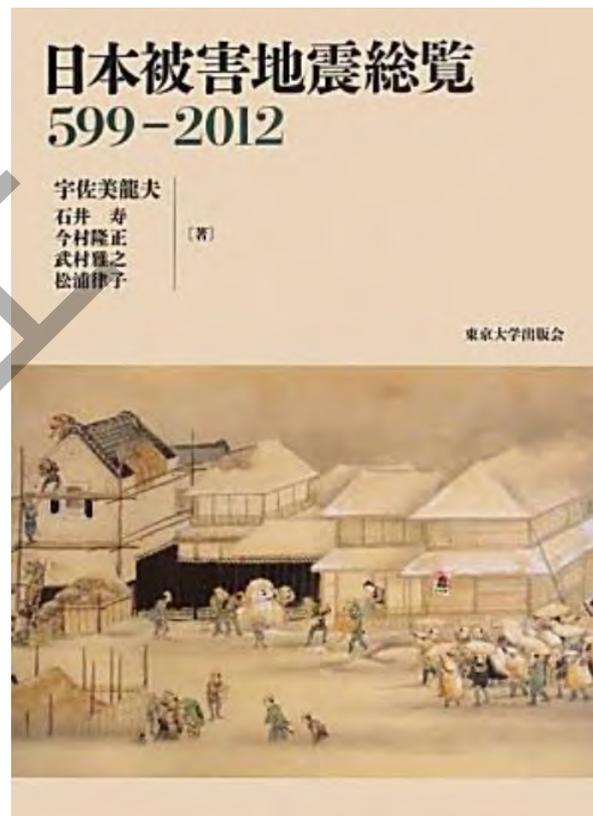
1885年～1992年

茅野・宇津(2001)

1923年～

気象庁 地震月報(カタログ編)

<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/index.html>



番号	西暦 年月日	日本暦 年月日	北緯 °	東経 °	M	Mw	被害等級	地域	名称	津波の規模	被害摘要
1	416 8 23	允恭 5 7 14							遠飛鳥宮付近(大和)		「日本書紀」に「地震」とあるのみ、被害の記述はないが、
2	599 5 28	推古 7 4 27				7			大和		倒潰家屋を生じた。「日本書紀」にあり、地震による被害。
3	679 - -	天武 7 12 -			6.5~7.5				筑紫		家屋の倒潰が多く、幅2丈、長さ3千余丈の地割れを生じた。
4	684 11 29	天武 13 10 14			≒8.25				土佐その他南海・東海・西海地方[3]		山崩れ、河湧き、家屋社寺の倒潰、
5	701 5 12	大宝 1 3 26							丹波		地震うこと3日。若狭湾内の凡海郷が海に没したという。

被害(歴史)地震のM・被害等級

(理科年表 地震関係の諸公式より)

・震度分布の面積から

S4, S5, S6 : 震度4, 5, 6以上の面積(km²)

$\log S4 = 0.82M - 1.0$ 勝又他(1971)

$\log S5 = M - 3.2$ 村松(1969)

$\log S6 = 1.36M - 6.66$ 村松(1969)

・被害等級(宇津、1982)

- 1: 壁や地面に亀裂が生じる程度の微小被害(火山など特殊な場所の地割れなどは除く)
- 2: 家屋の破損, 道路の損壊などが生じる程度の小被害
- 3: 複数の死者または複数の全壊家屋が生じる程度(ただし4には達しない)
- 4: 死者20人以上または家屋全壊1000戸以上(ただし5には達しない)
- 5: 死者200人以上または家屋全壊1万戸以上(ただし6には達しない)
- 6: 死者2000人以上または家屋全壊10万戸以上(ただし7には達しない)
- 7: 死者2万人以上または家屋全壊100万戸以上

津波の規模

(理科年表 地震関係の諸公式より)

・津波の規模 今村・飯田(1958)

規模階級	津波の高さ	被害程度
-1	50cm以下	無被害
0	1m程度	非常にわずかの被害
1	2m前後	海岸および船の被害
2	4~6m	若干の内陸までの被害や人的損失
3	10~20m	400km以上の海岸線に顕著な被害
4	30m以上	500km以上の海岸線に顕著な被害

・津波マグニチュード M_t (Abe, 1981)

ゆっくり動く断層(津波地震)では M が過小評価→津波の高さで M を

$$M_t = \log H + \log \Delta + D$$

H は津波の高さ(m)、 Δ は伝播距離(km) ($\Delta \geq 100$ km) D :定数 ~ 5.8

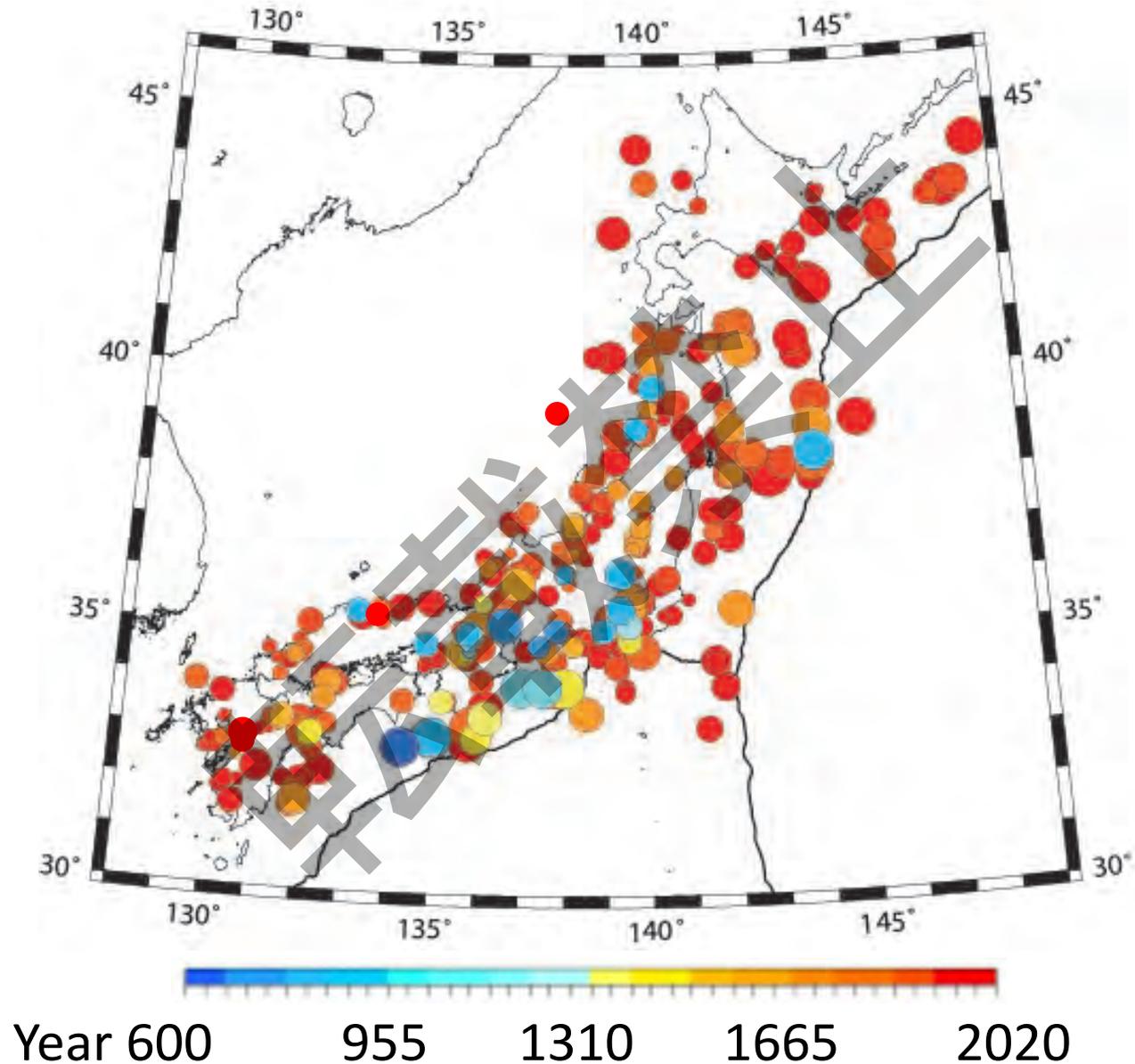
日本付近の主な被害地震年代表 理科年表 例

番号 地域	西暦 名称	日本暦 津波の規模	北緯	東経	M	Mw	被害等級
1	416 8 23	允恭 5 7 14					遠飛鳥宮付近(大和)「日本書紀」に「地震」とあるのみ、被害の記述はないが、わが国の歴史に現れた最初の地震。疑わしきか？
2	599 5 28	推古 7 4 27 7					大和 倒潰家屋を生じた。「日本書紀」にあり、地震による被害の記述としてはわが国最古のもの。
3	679 - -	天武 7 12 -				6.5~7.5	筑紫 家屋の倒潰が多く、幅2丈、長さ3千余丈の地割れを生じた。
4	684 11 29	天武 13 10 14				≒8.25	土佐その他南海・東海・西海地方 [3] 山崩れ、河湧き、家屋社寺の倒潰、人畜の死傷多し、津波来襲して土佐の船多数沈没。土佐で田苑50余万頃(約12km ²)沈下して海となった。南海トラフ沿いの巨大地震と思われる。

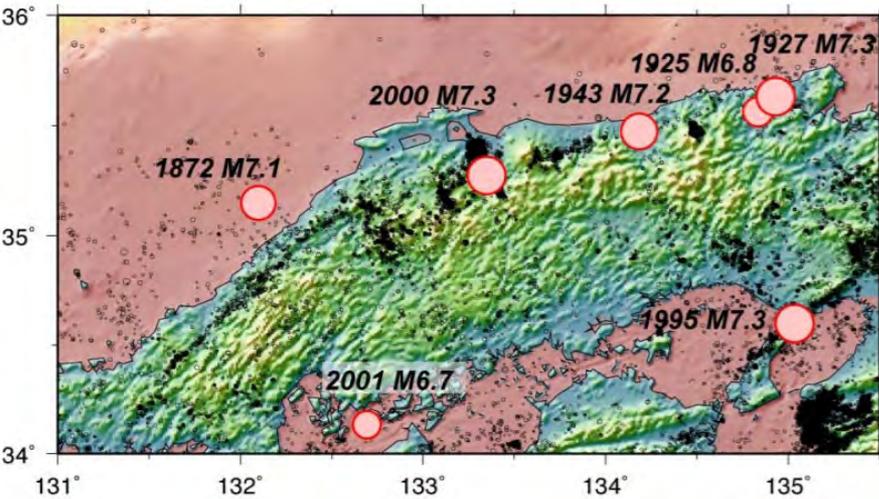
被害地震(死者・行方不明者 ≥ 3,000)

	番号	西暦	日本暦	北緯	東経	M	Mw	被害等級	地域	名称	津波の規模	死者数
1	316	1923 9 1	大正 12	35.3	139.1	7.9		7	神奈川県西部	大正関東地震, 関東大震災	[2]	105,000
2	611	1498 9 20	明応 7 8 25	34	138	8.2~8.4			東海道全般	明応地震	[3]	41,000
3	451	1293 5 27	永仁 1 4 13			≒7.0			鎌倉			23,000
4	423	2011 3 11	平成 23	38.1	142.9	9	9.1	7	三陸沖	東北地方太平洋沖地震: 東日本大震災	[4]	22,118
5	281	1896 6 15	明治 29	39.5	144	8.2		7	三陸沖	明治三陸沖地震	[4]	21,959
6	134	1707 10 28	宝永 4 10 4	33.2	135.9	8.6			五畿・七道	宝永地震	[4]	20,000
7	186	1792 5 21	寛政 4 4 1	32.8	130.3	6.4			雲仙岳		[3]	15,000
8	177	1771 4 24	明和 8 3 10	24	124.3	7.4			八重山・宮古両群島	八重山地震津波	[4]	12,000
9	245	1855 11 11	安政 2 10 2	35.65	139.8	7.0~7.1			江戸および付近	江戸地震		10,000
10	272	1891 10 28	明治 24	35.6	136.6	8		6	岐阜県西部	濃尾地震		7,273
11	404	1995 1 17	平成 7	34.6	135	7.3	6.9	6	淡路島付近	兵庫県南部地震, 阪神・淡路大震災		6,437
12	74	1611 12 2	慶長 16 10 28	39	144	8.1			三陸沿岸および北海道東岸	慶長三陸沖地震	[4]	4,783
13	351	1948 6 28	昭和 23	36.2	136.3	7.1		6	福井県嶺北地方	福井地震		3,769
14	73	1611 9 27	慶長 16 8 21	37.6	139.8	≒6.9			会津			3,700
15	129	1703 12 31	元禄 16 11 23	34.7	139.8	7.9~8.2			江戸・関東諸国	元禄関東地震	[3]	3,300
16	228	1847 5 8	弘化 4 3 24	36.7	138.2	7.4			信濃北部および越後西部	善光寺地震		3,281

日本の被害地震 (理科年表 $M \geq 6$) (684-2016年)

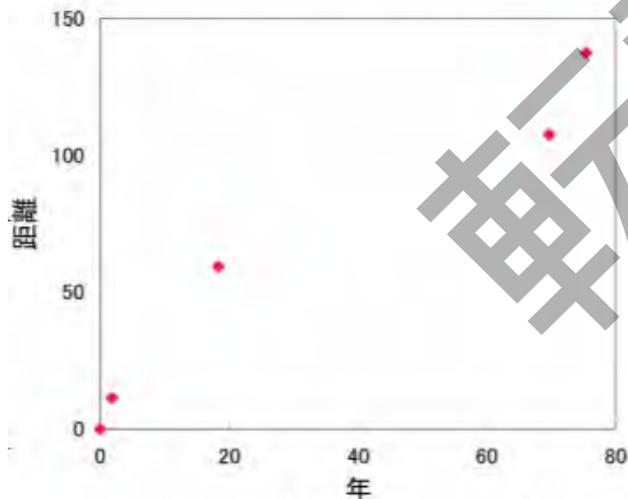


内陸大地震発生の時空間的相関

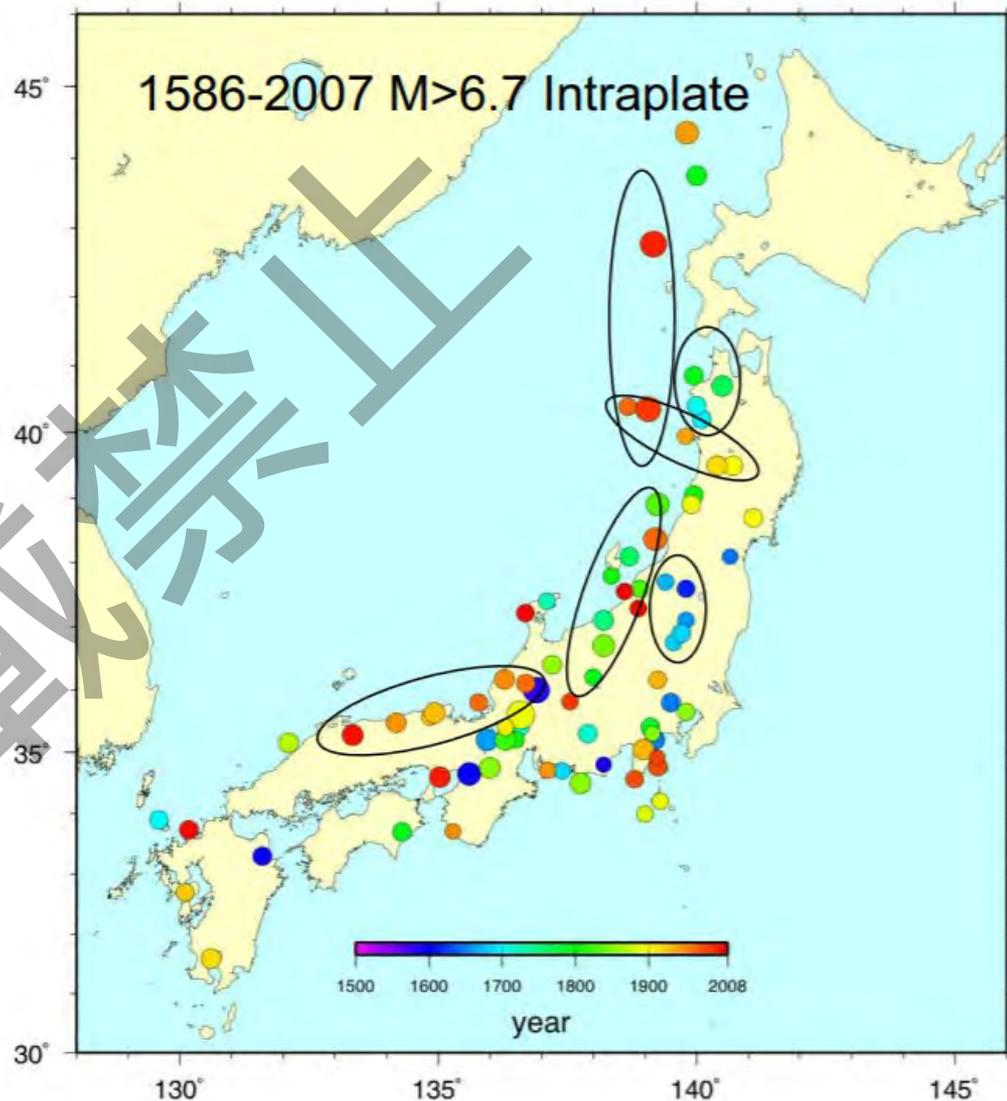


山陰地方における連鎖的な大地震発生図

山陰(1925-2000)



1925年但馬地震を起点とした大地震尾時空間分布

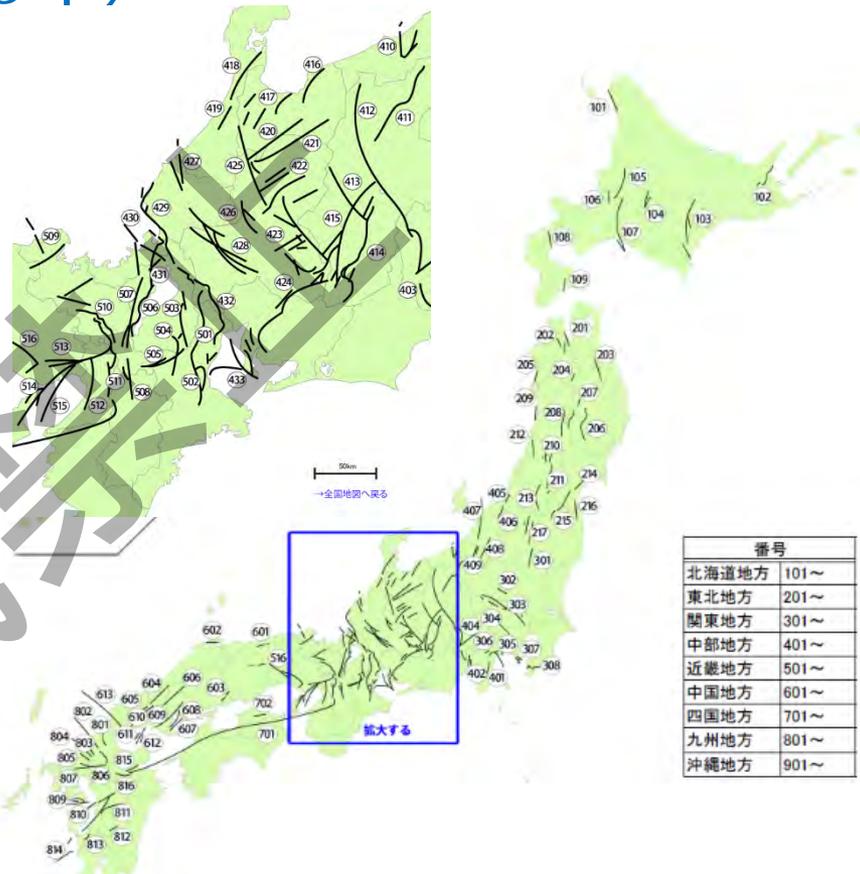
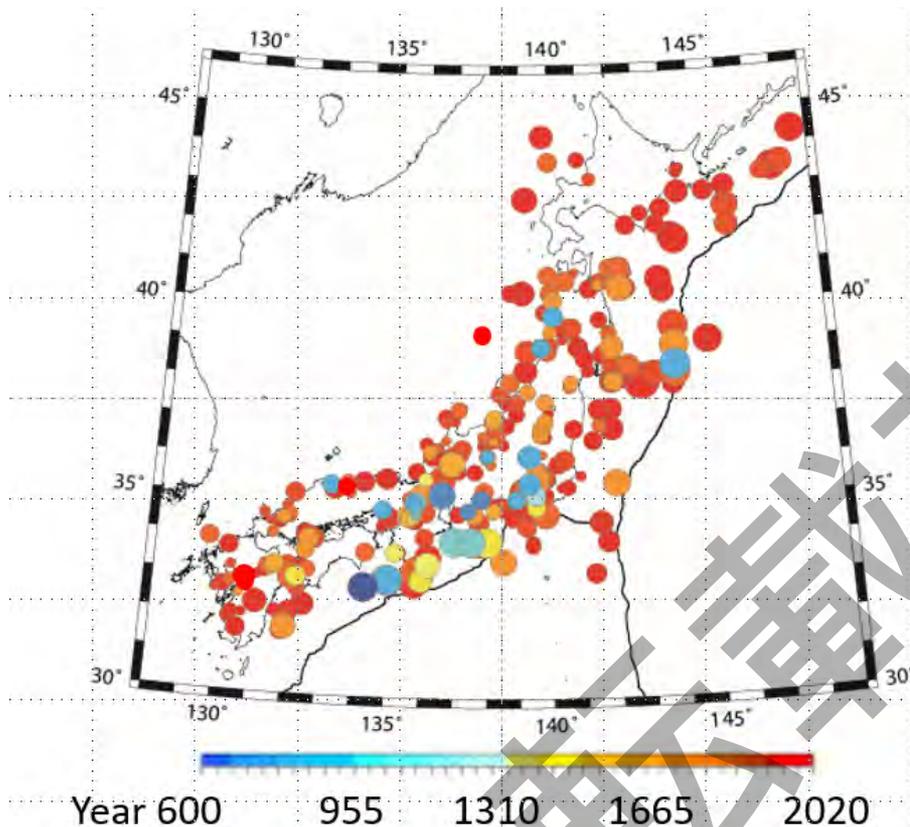


鷲谷(名大)(2008) 予知連会報80

日本の被害地震

(理科年表 M \geq 6) (684-2016年)

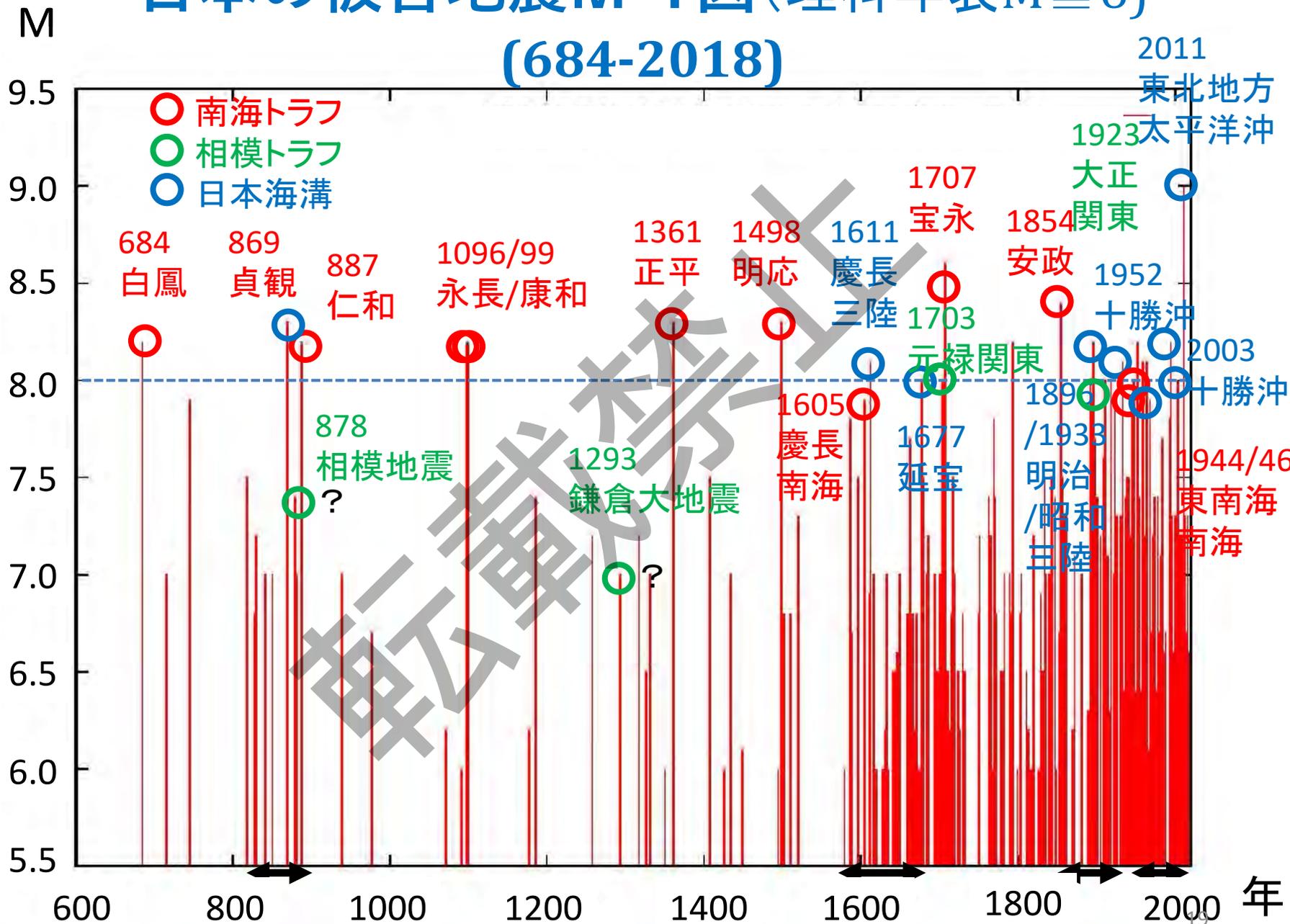
主要活断層帯の概略位置図
地震本部



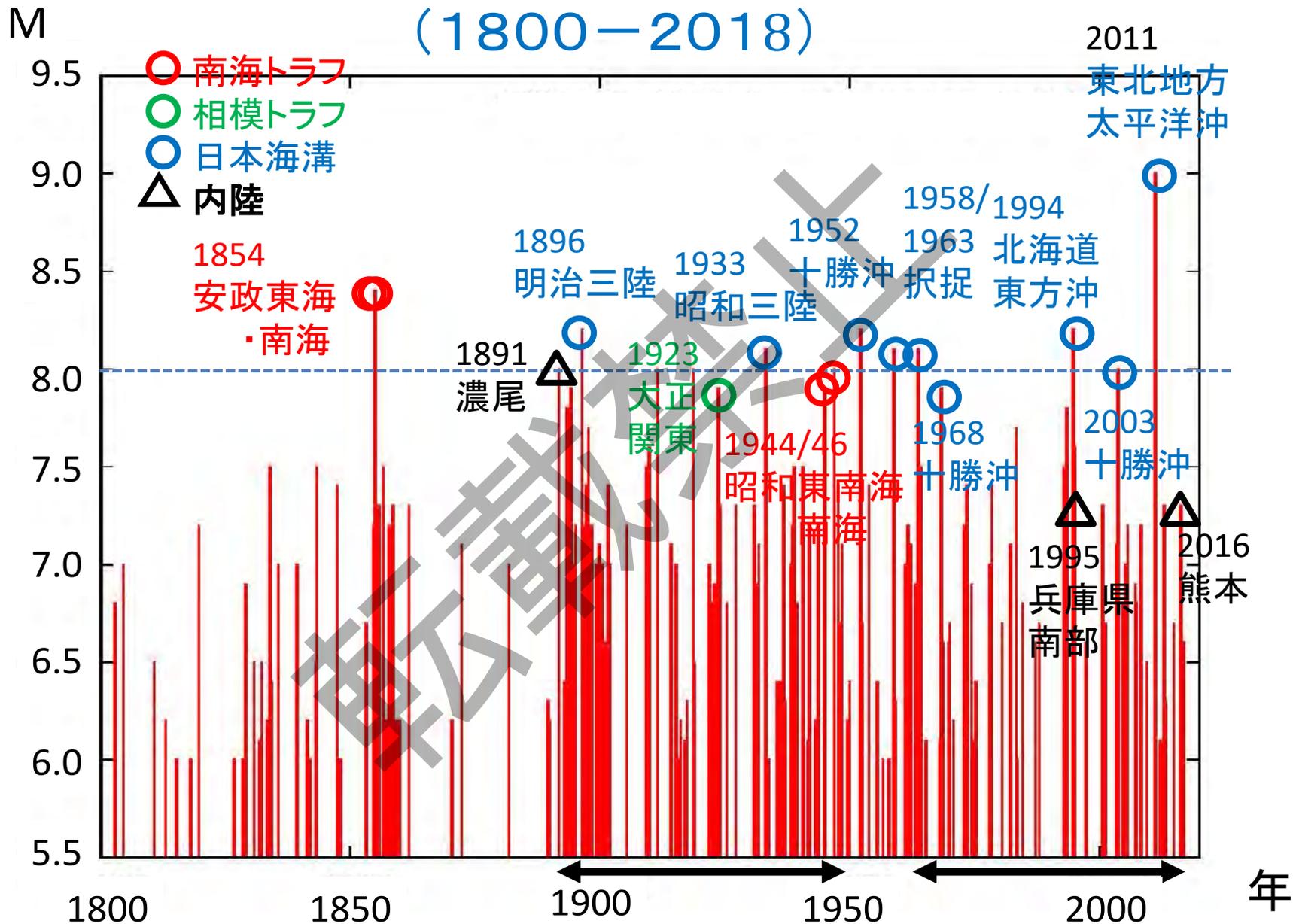
我が国の陸域には約2000の活断層があるとされている。1995年兵庫県南部地震を契機に、政府の地震調査研究を一元的に推進するための機関として地震調査研究推進本部(以下、地震本部)が発足し、様々な調査研究が推進された。全国に多数分布する活断層の調査を効率的に実施するため、活動度や活動した際の社会への影響度等を考慮し、基盤的な調査対象として98断層帯を選定しました※。これを「主要活断層帯」と呼ぶ(後に見直され、現在は114断層帯となっている)。

日本の被害地震M-T図 (理科年表M \geq 6)

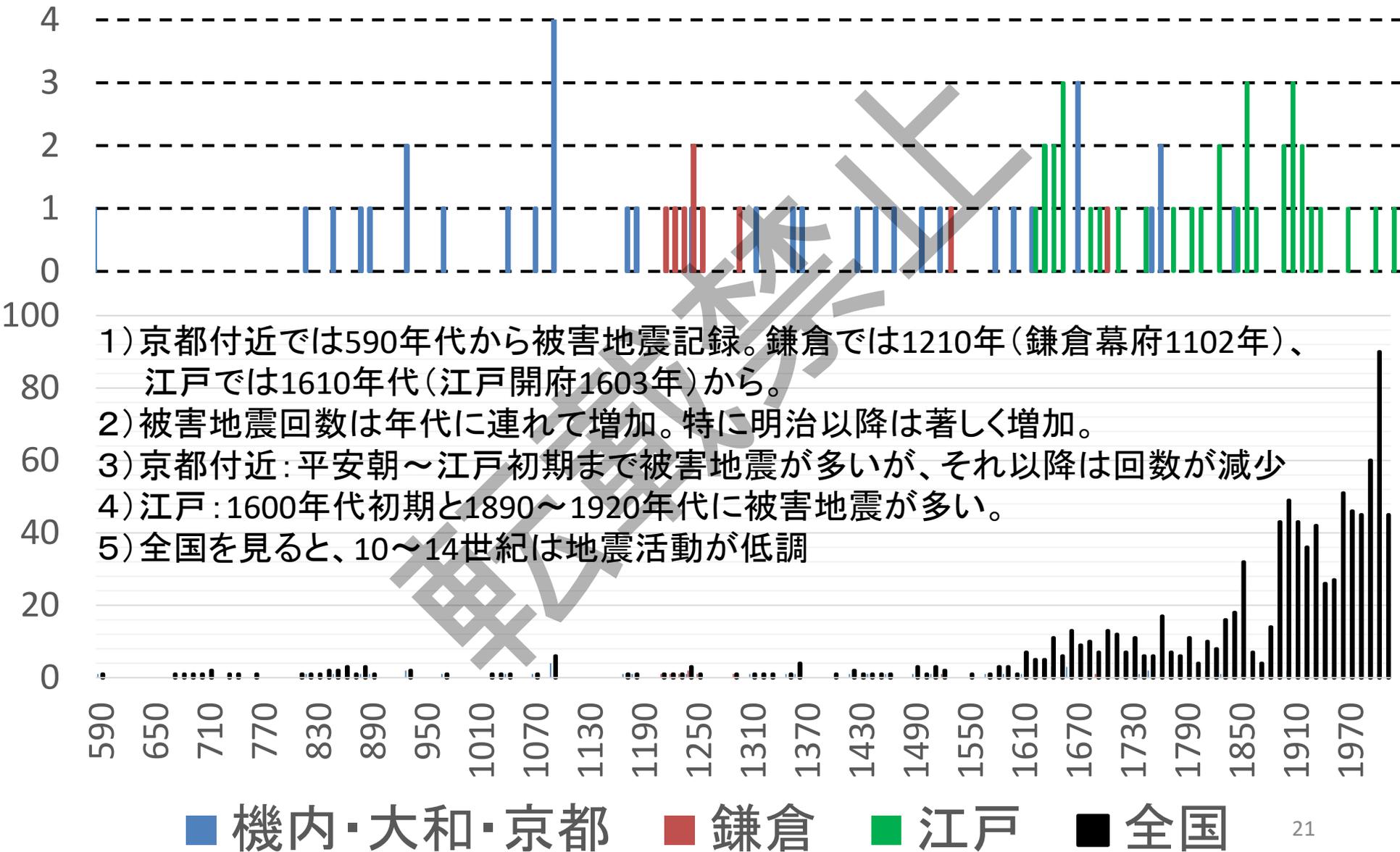
(684-2018)



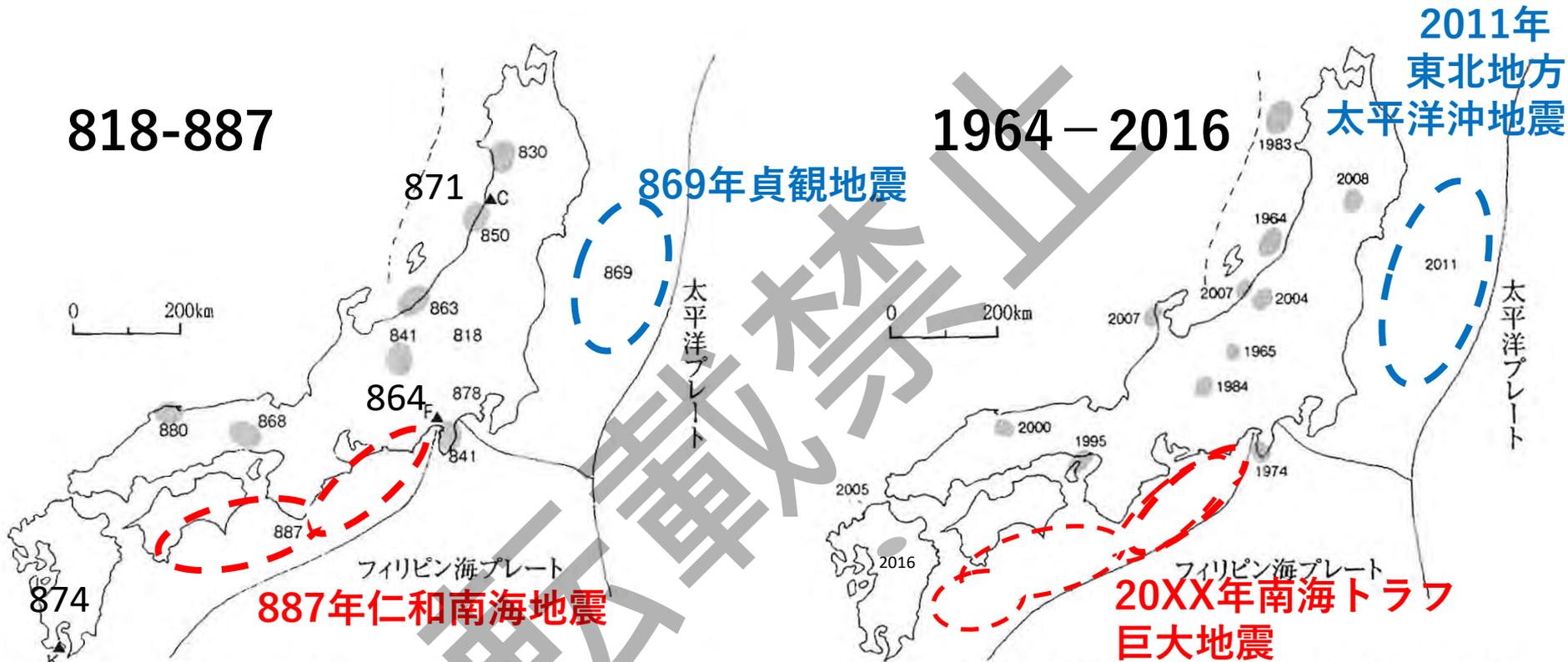
日本の被害地震M-T図 (理科年表M ≥ 6)



10年ごとの被害地震回数 (日本被害地震総覧 599-2012)



海溝型地震 ⇔ 内陸地震 ⇔ 海溝型地震 (日本海溝) (南海トラフ)

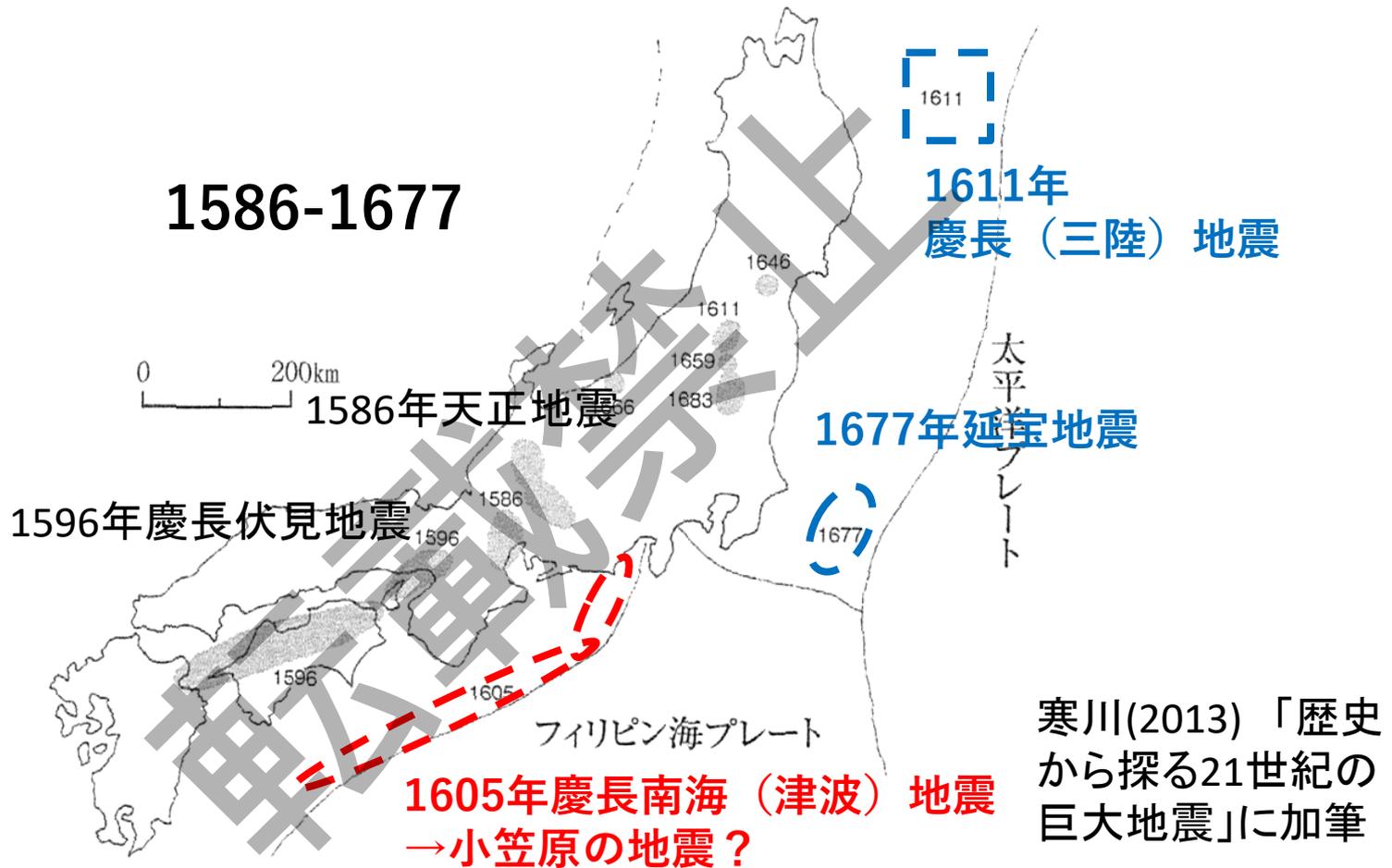


(図 2-3) 9世紀に発生した地震の分布図 西暦で示したのは地震の発生した年で、震源域を推定してアミで示した。活断層から発生した地震を濃いアミ、プレート境界あるいはプレート内部から発生した可能性の高い地震を薄いアミで示した。▲はこの時期に噴火した主な火山で、F：富士山、C：鳥海山、K：開聞岳

(図 2-15) 最近50年間の大地震分布図 西暦で示したのは地震の発生した年で、震源域をアミで示した。活断層から発生した地震を濃いアミ、プレート境界から発生した地震を薄いアミで示した

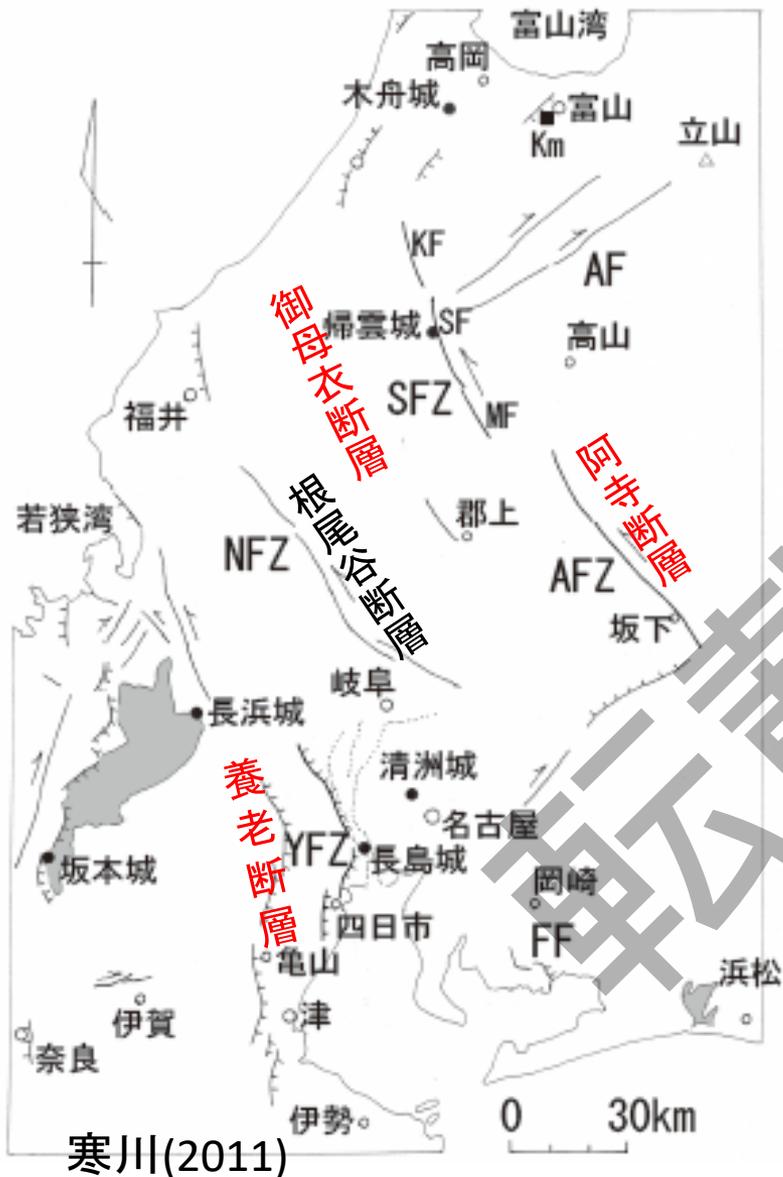
寒川(2013) 「歴史から探る21世紀の巨大地震」に加筆

内陸地震 ⇔ 海溝型地震（南海トラフ） ⇔ 海溝型地震（日本海溝）



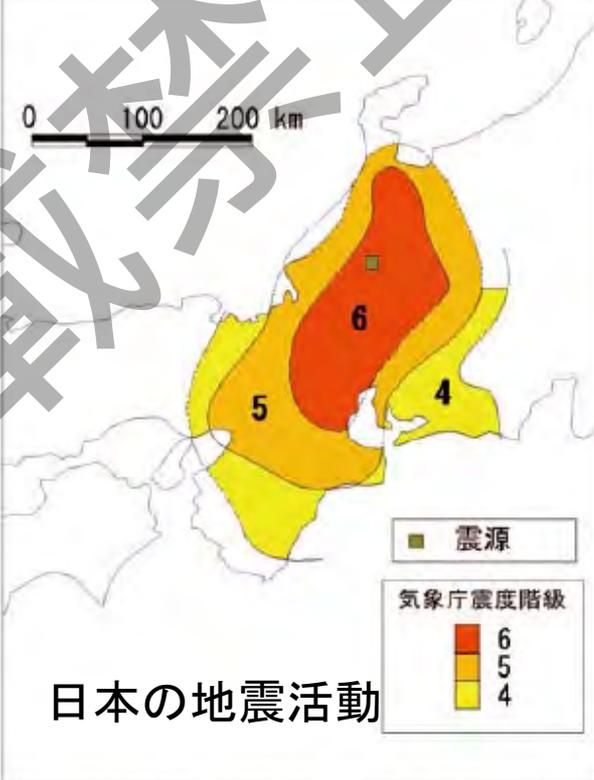
(図 2-6) 天下統一期に発生した地震の分布図 西暦で示したのは地震の発生した年で、震源域を推定してアミで示した。活断層から発生した地震を濃いアミ、プレート境界から発生したと考えられる地震を薄いアミで示した。1611年のプレート境界地震は震源域がまだ不明なので西暦のみ示した

1586年天正地震(M7.8 (M8.2?))



寒川(2011)

畿内・東海・東山・北陸諸道：飛騨白川谷で大
山崩れ，帰雲山城，民家300余戸埋没し，死
者多数．飛騨・美濃・伊勢・近江など広域で被
害．阿波でも地割れを生じ，余震は翌年まで
続いた．震央を白川断層上と考えたが，伊勢
湾とする説，二つの地震が続発したとする説



などがあり，不
明な点が多い．
伊勢湾に津波
があったかも知
れない
(理科年表)

図6-4 天正地震の震度分布図

[宇佐美・大和探査技術株式会社(1994)より作成]

大分→MTL（中央構造線）？→伏見地震

1596年慶長豊後・伊予(?)・伏見地震

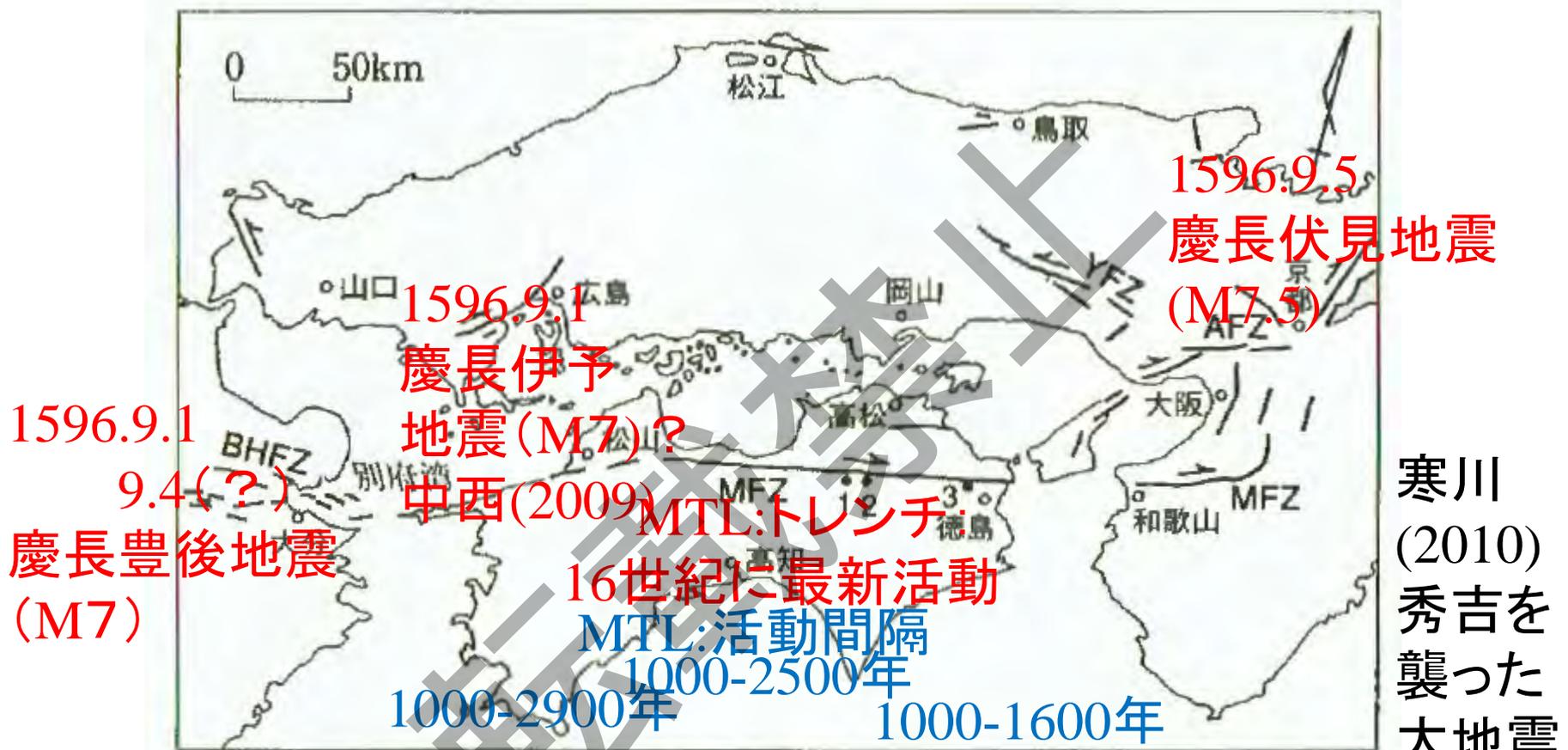
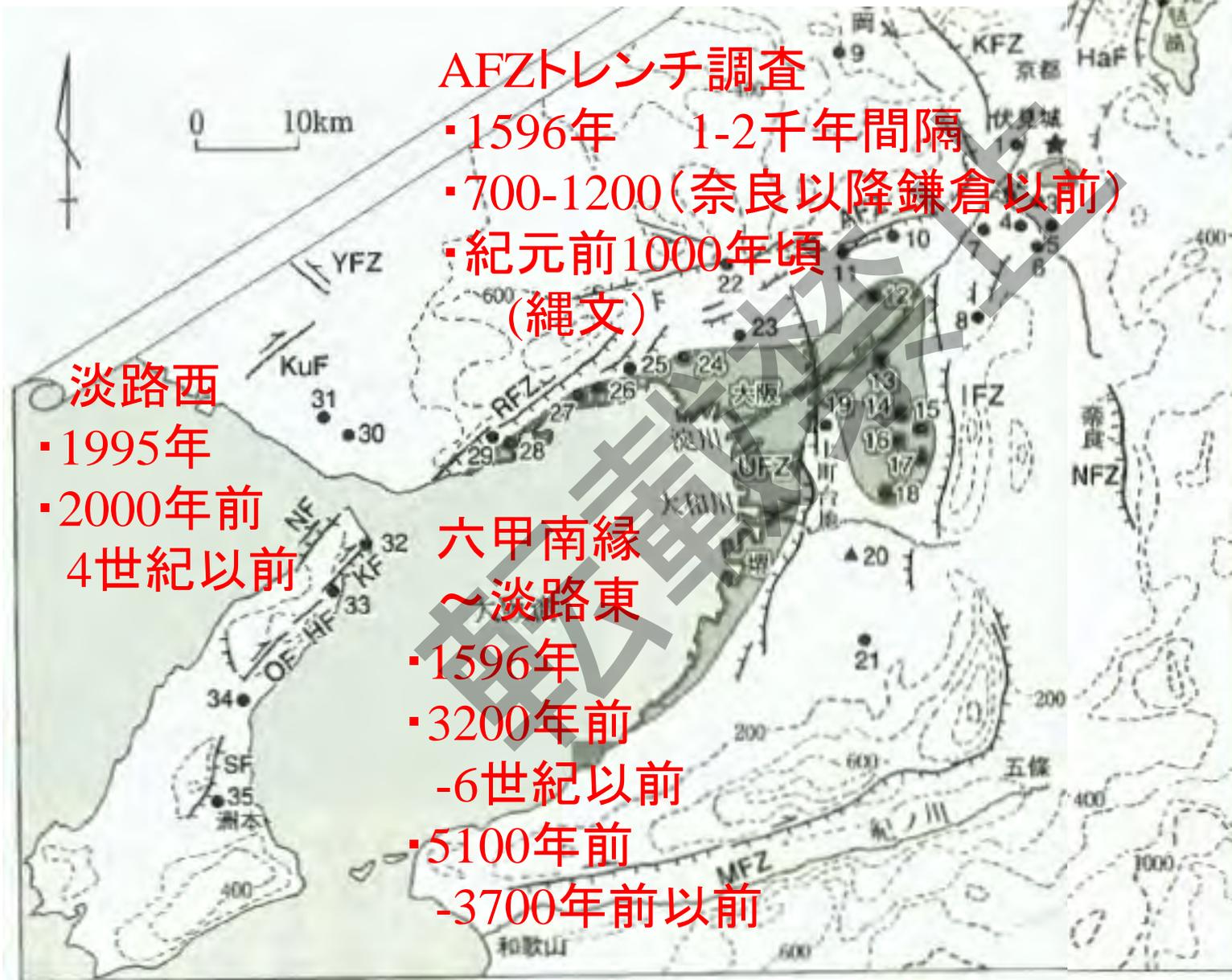


図30 九州北東部から近畿西部までの活断層

太い実線で示したのは活断層で、右ずれ変位を行う大きな断層帯には変位の向きを示す矢印をつけた。

BHFZ 別府-万年山断層帯、MFZ 中央構造線断層帯、AFZ 有馬-高槻断層帯、YFZ 山崎断層帯。1 大柿遺跡、2 丸山遺跡、3 黒谷川古城遺跡

1596年慶長伏見地震(M7.5)



AFZトレンチ調査

- ・1596年 1-2千年間隔
- ・700-1200(奈良以降鎌倉以前)
- ・紀元前1000年頃(縄文)

淡路西

- ・1995年
- ・2000年前
- 4世紀以前

六甲南縁 ～淡路東

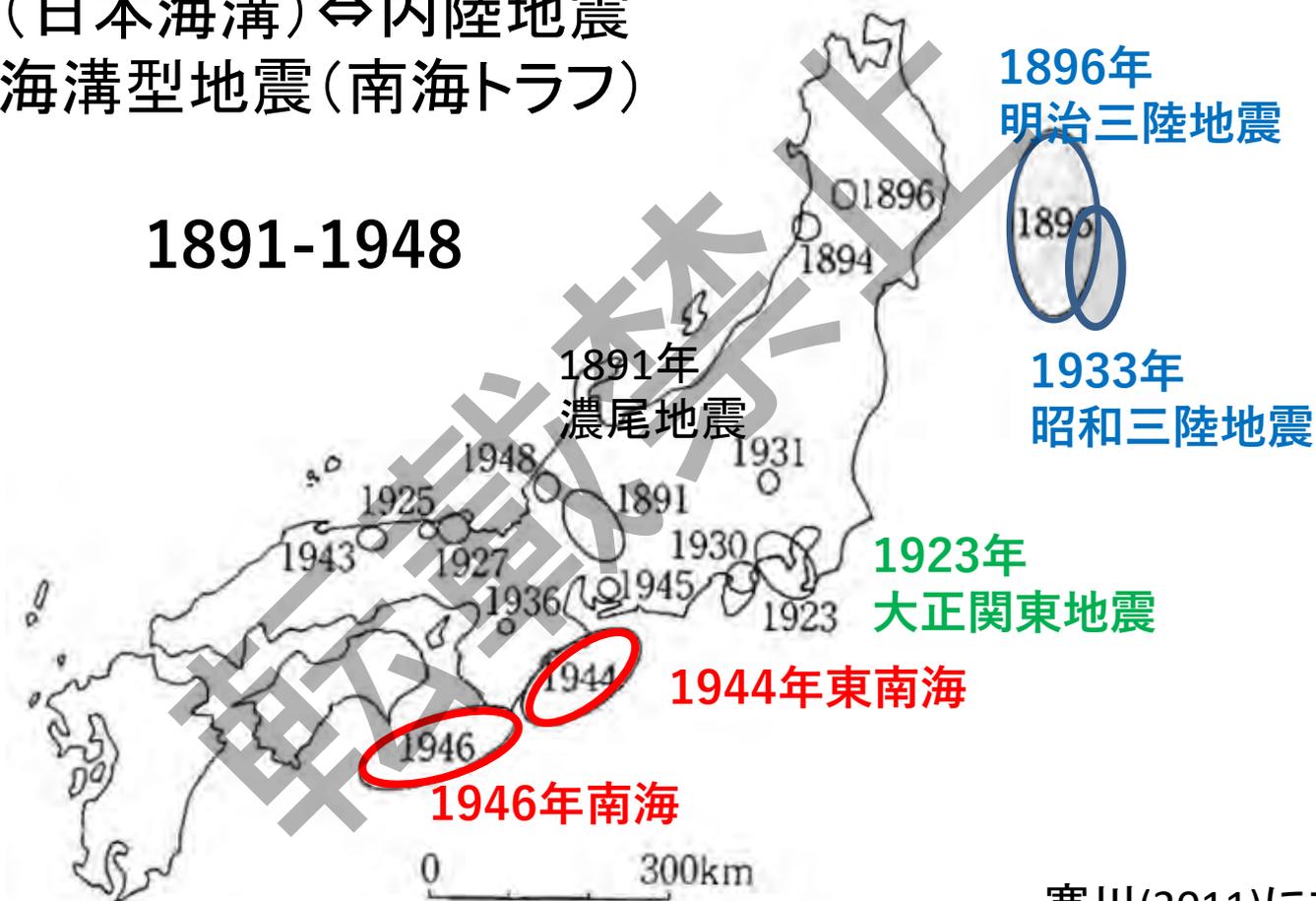
- ・1596年
- ・3200年前
- 6世紀以前
- ・5100年前
- 3700年前以前

1596.9.5
慶長伏見
地震M7.5
の痕跡
(噴砂等)

寒川(2010)
秀吉を襲った
大地震

濃尾地震～明治三陸地震～ 昭和東南海・南海地震～福井地震

海溝型地震(日本海溝)⇔内陸地震
⇔海溝型地震(南海トラフ)



寒川(2011)に加筆

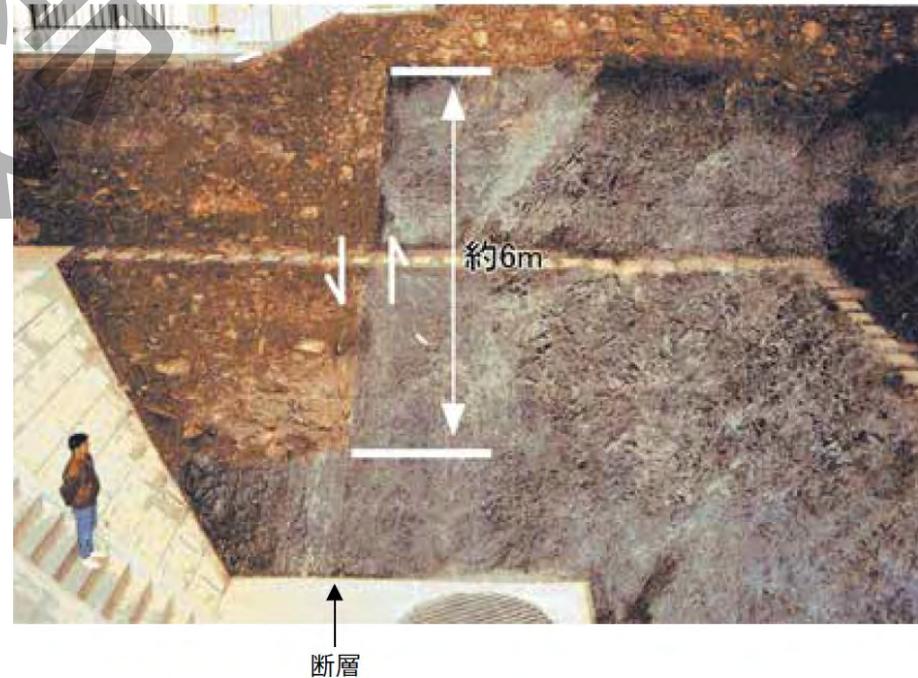
図4-9-1 濃尾地震から福井地震まで
地震の位置をアミで、発生年を西暦でしめした。この他、1896年の
明治三陸地震の範囲内にやや小規模な1933年昭和三陸地震が発生し
ている。

1981年濃尾地震M8

1891年10月28日 明治24年 N35.6 E136.6 M8 被害等級6
岐阜県西部 濃尾地震 仙台以南の全国で地震を感じた。わが国の内陸地震としては最大のもの。建物全潰14万余，半潰8万余，死7273，山崩れ1万余。根尾谷を通る大断層を生じ，水鳥で上下に6m，水平に2mずれた。1892年1月3日，9月7日，94年1月10日の余震でも家屋破損などの被害があった。

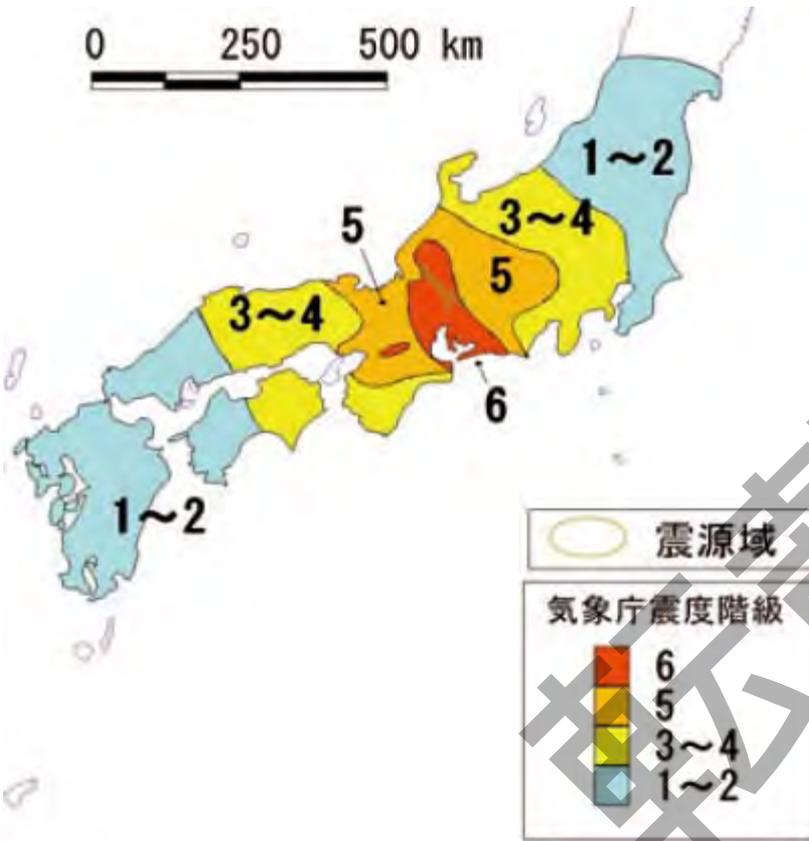


岐阜県根尾村水鳥断層
濃尾断層帯全長80kmの大断層

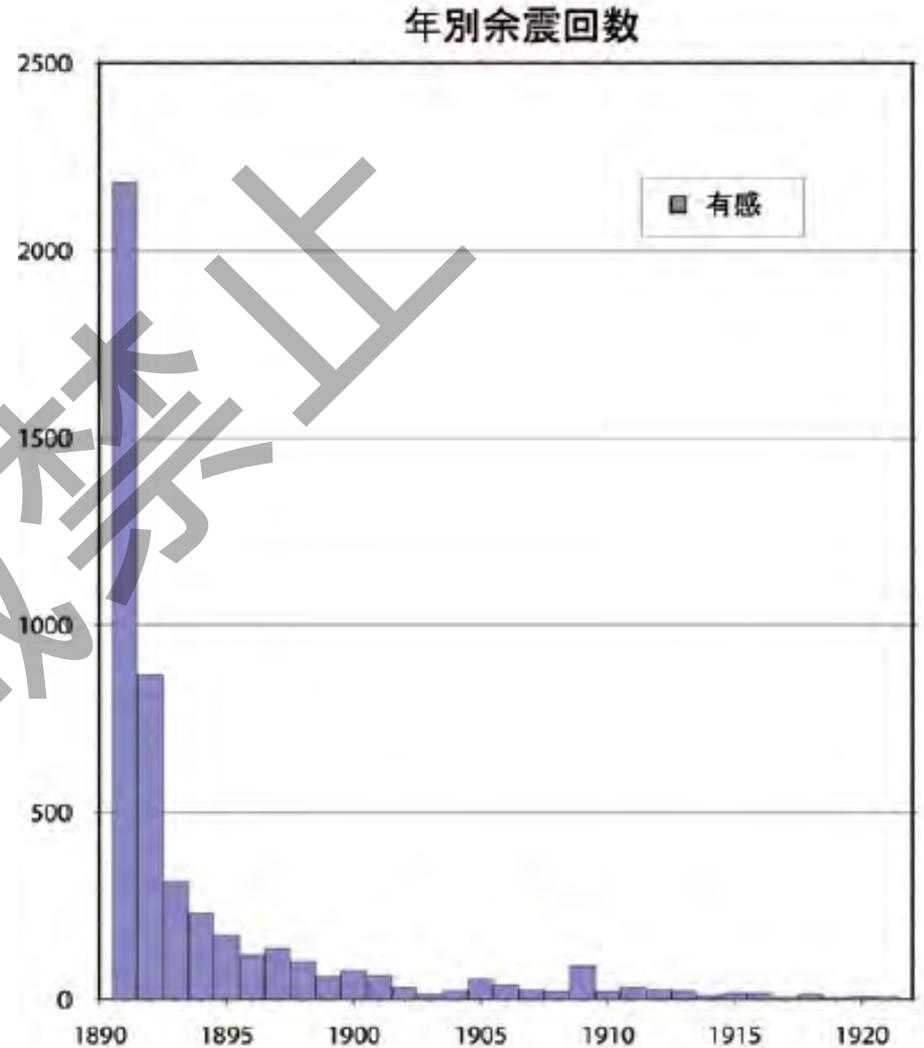


地震がわかる

1981年濃尾地震M8

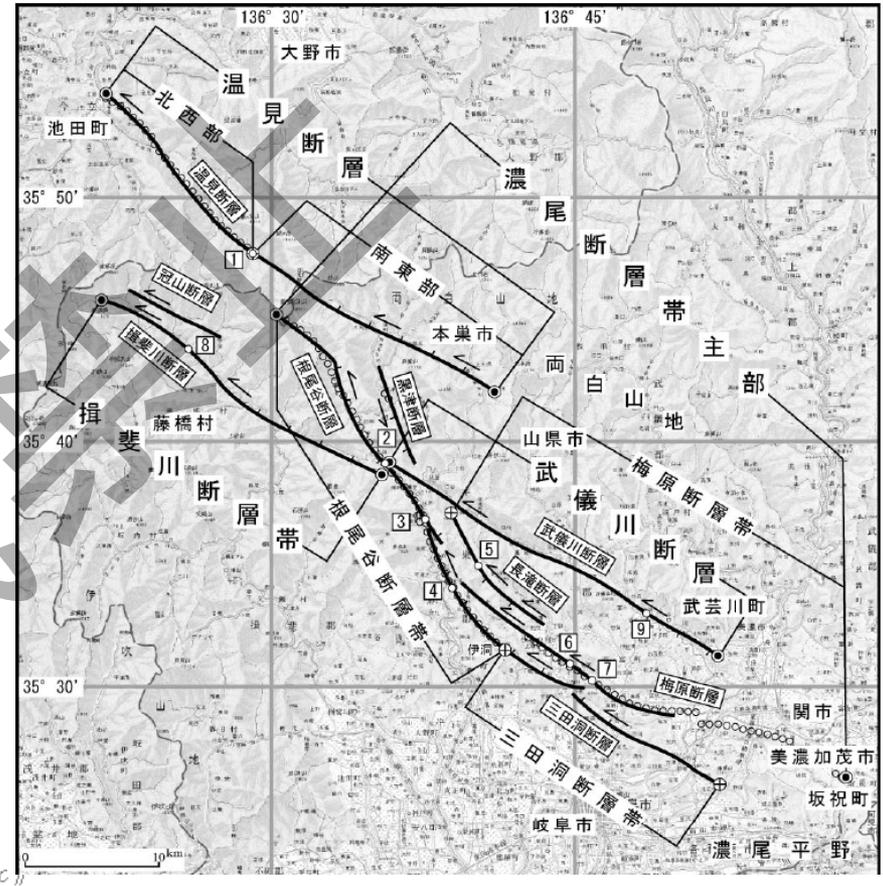
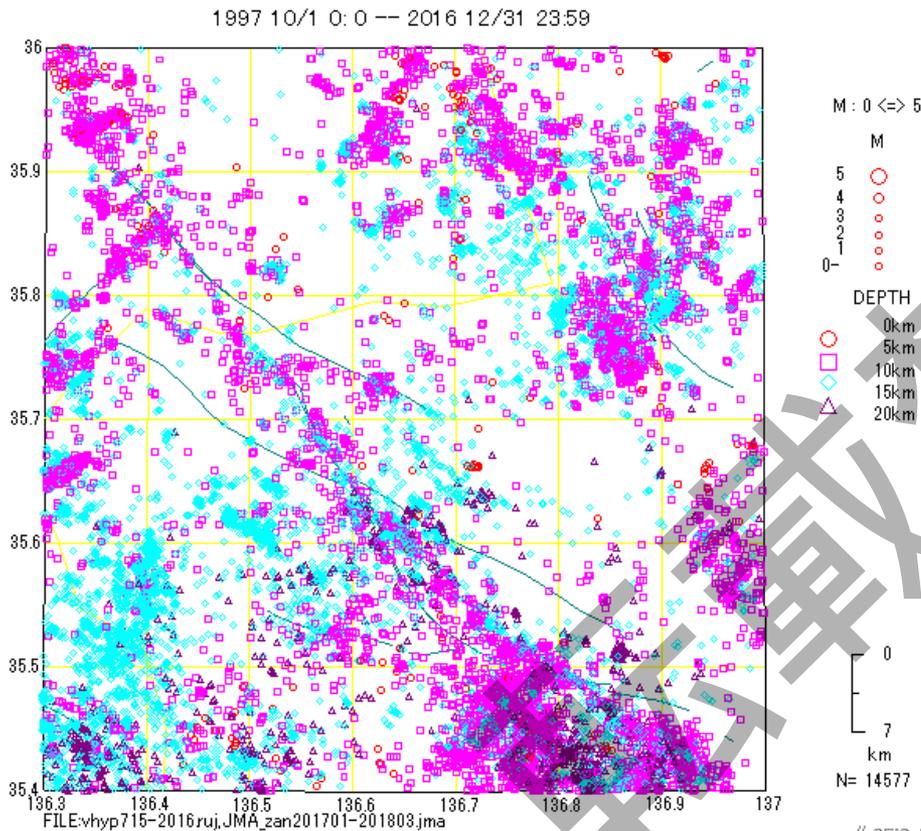


日本の地震活動



岐阜で観測された濃尾j新尾の年別余震回数
(Utsu 他1995から作成)

1981年濃尾地震M8

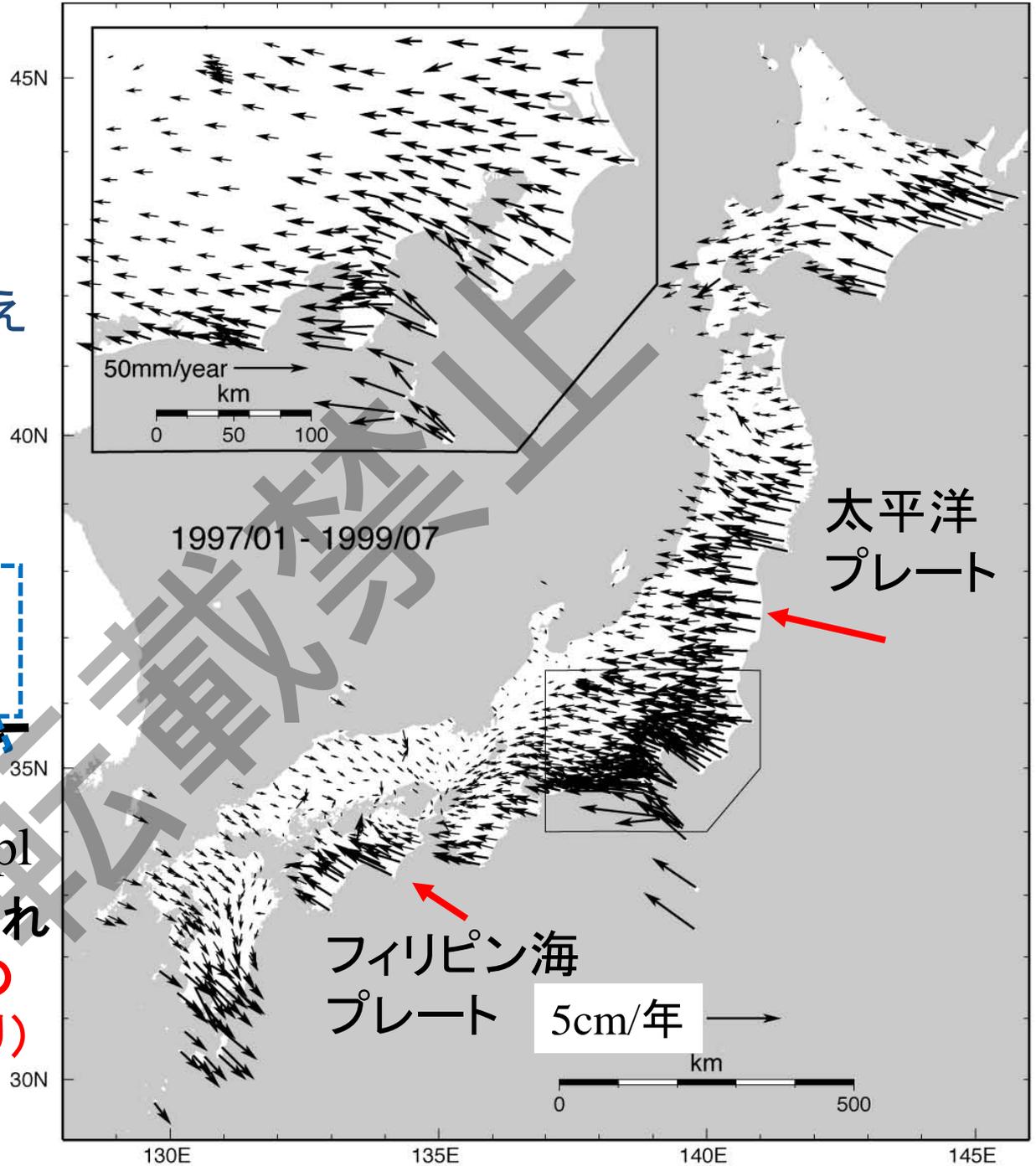
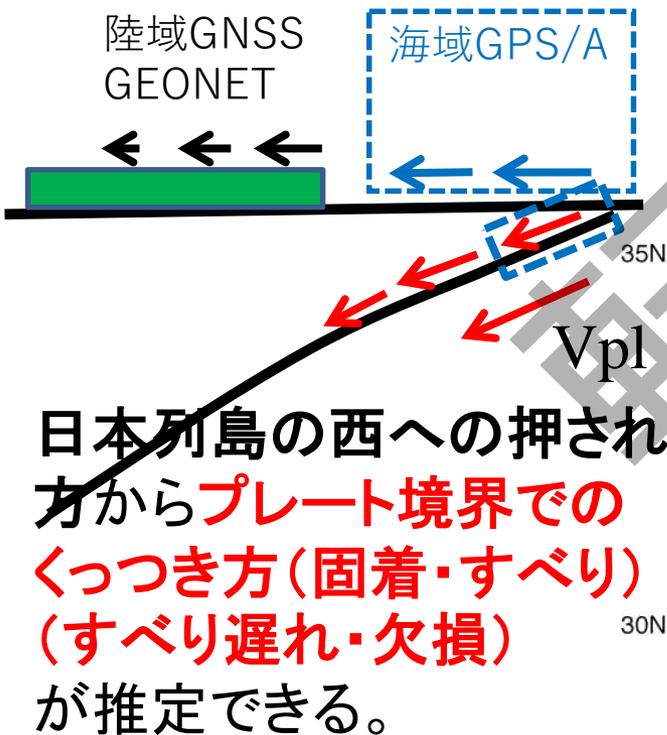


JMA $0 < M < 5$ $dep \leq 20$ km
 1998/10/1-2016/12/31
 現在でも余震活動？

濃尾断層帯(温見断層・根尾谷断層・梅原断層)の位置 地震本部

変動する 日本列島

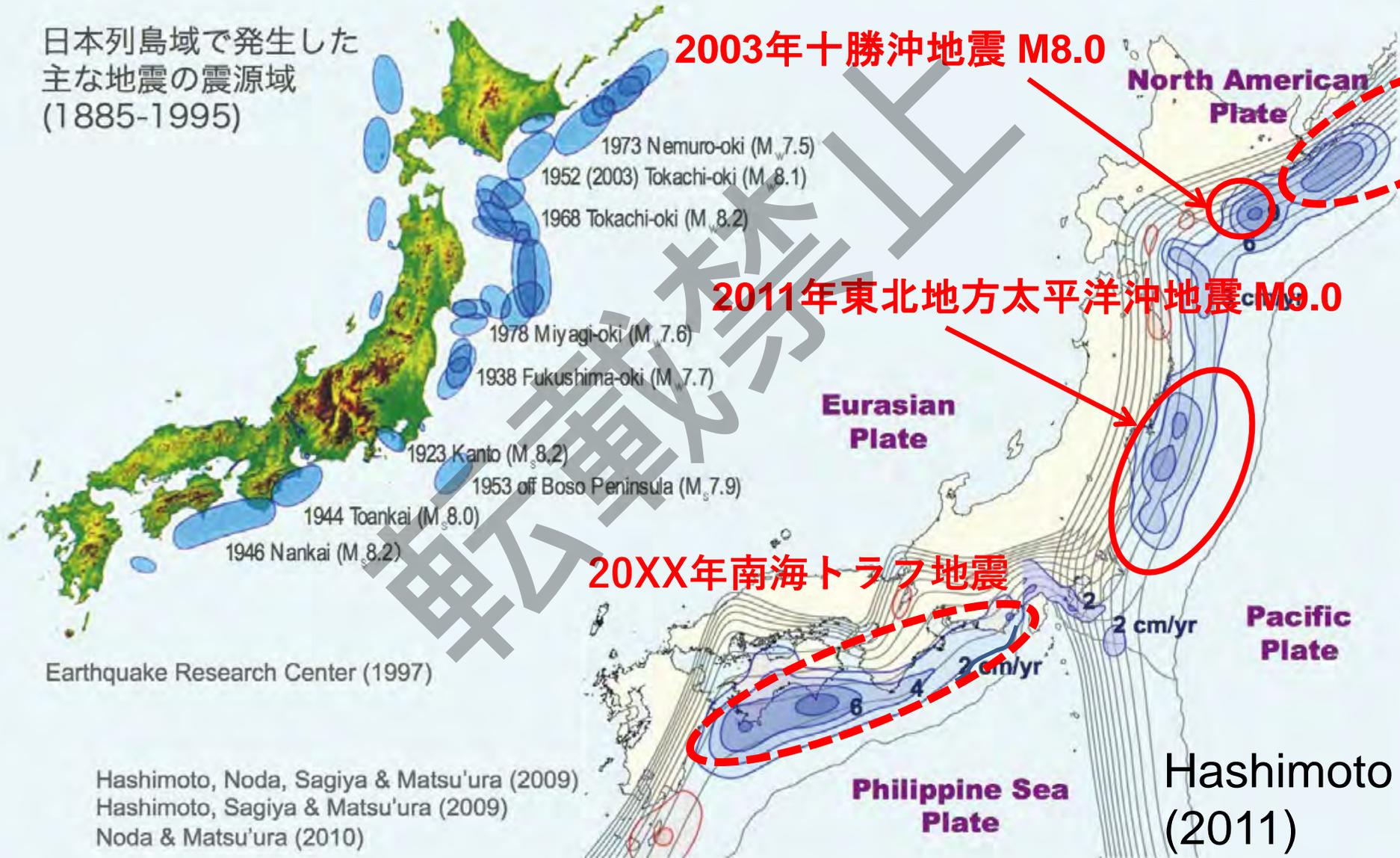
陸域GNSS(全地球航
法衛星システム)で捉え
られた水平変動
1997/01-1999/07
(Sagiya et al.,2000)



日本列島周辺域のプレート境界のすべり遅れ速度分布

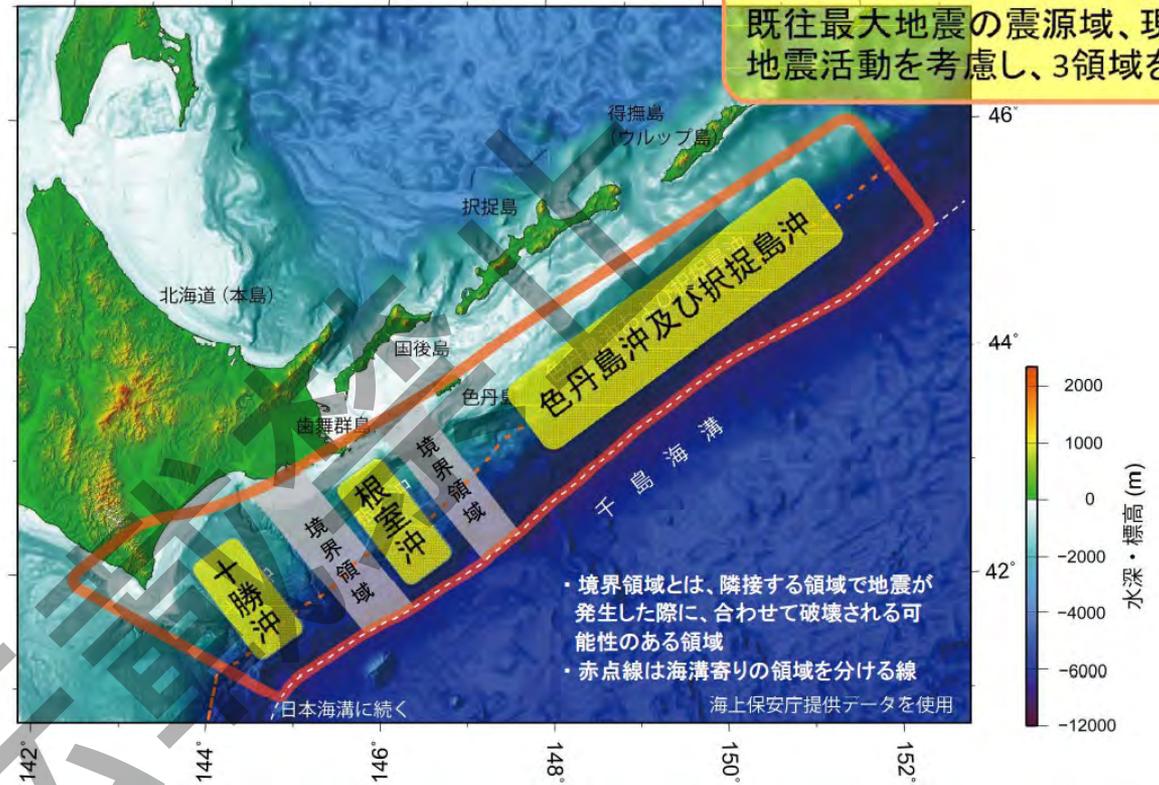
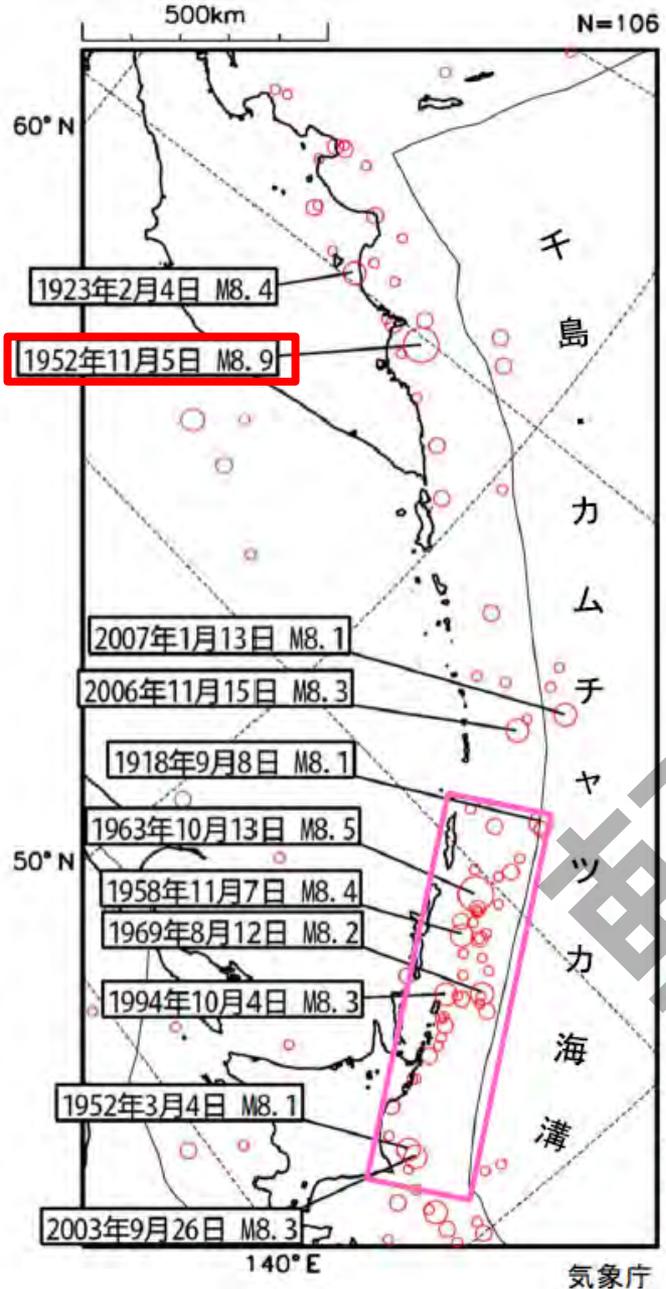
GPS data (1996-2000)

日本列島域で発生した
主な地震の震源域
(1885-1995)



千島海溝沿いの地震活動

長期評価(第3版)



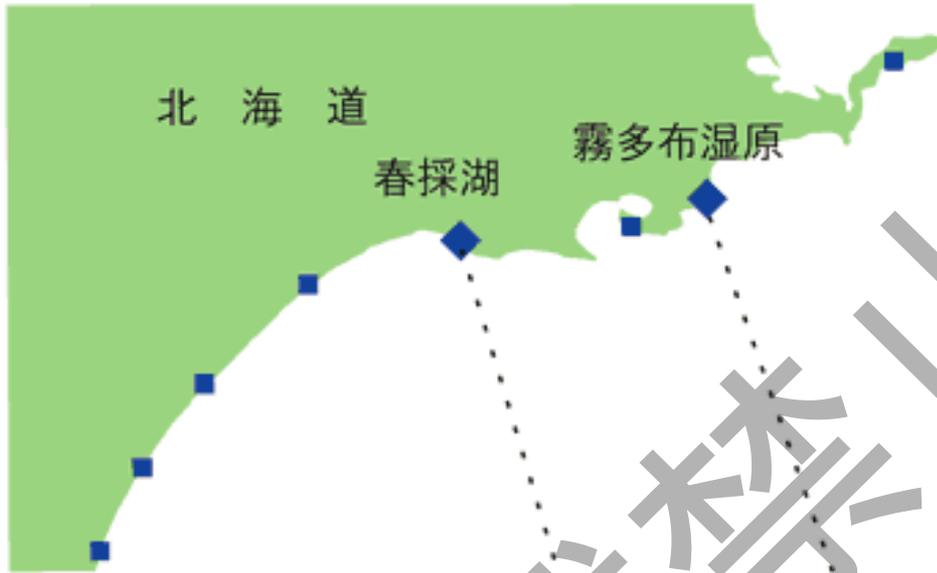
地形の変化、力学条件の変化、既往最大地震の震源域、現在の地震活動を考慮し、3領域を設定

超巨大地震

東北地方太平洋沖地震のような、低頻度で発生するM9クラスのプレート間地震。

北海道本島の東部(十勝・釧路・根室)に巨大な津波をもたらしたと考えられる地震を「**超巨大地震(17世紀型)(500年間隔地震)**」と呼ぶ。

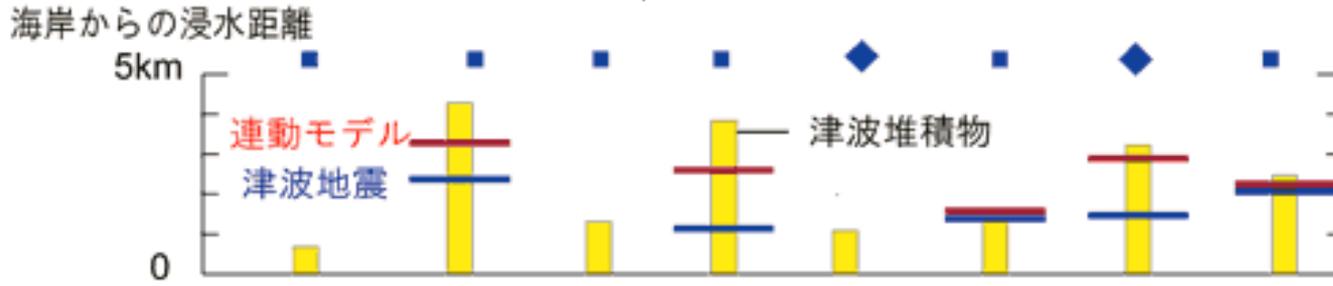
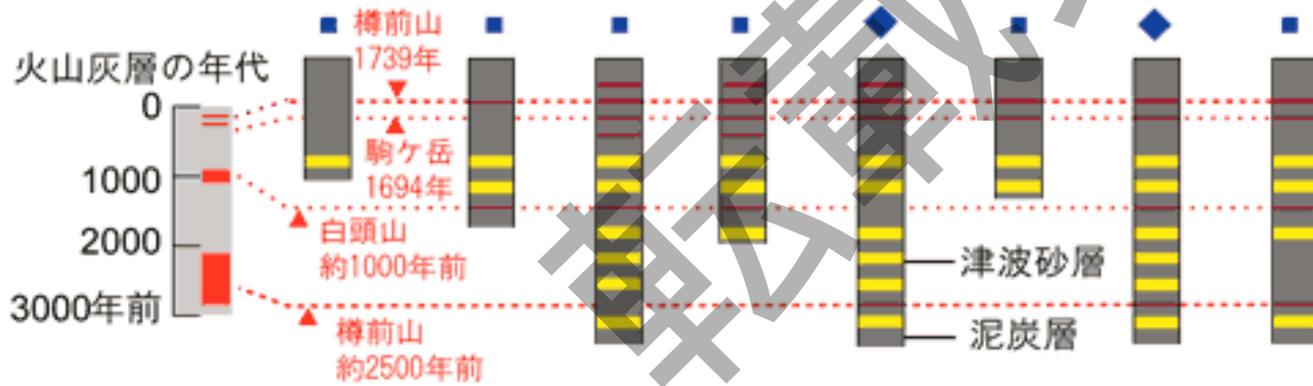
500年毎に超巨大地震が発生！



Nakayama et al.(2003)
Nature, 424, 660-663

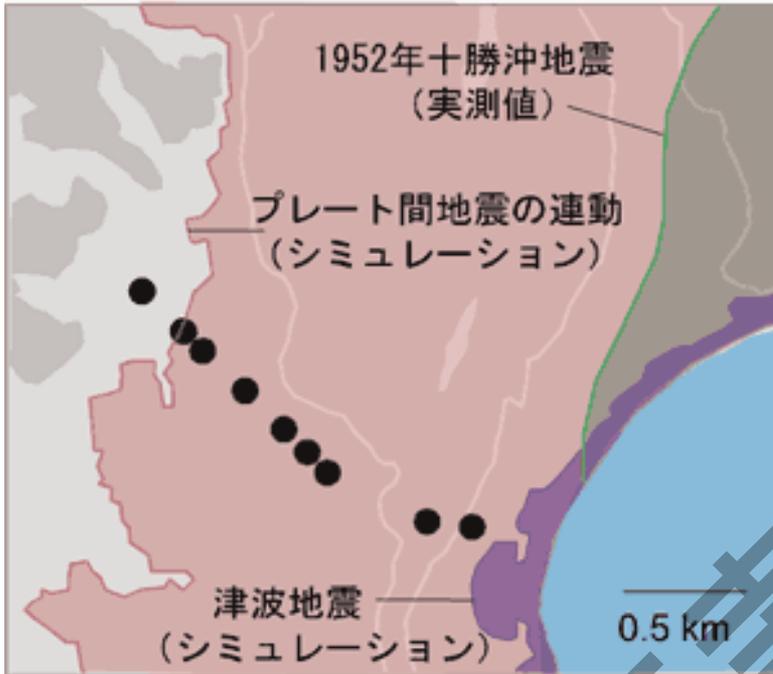
津波堆積物の調査

↓
霧多布湿原: 100年に一度の津波地震では到達できない浸水距離を持つ連動型超巨大地震が2500年間に5回発生
最近は17世紀！

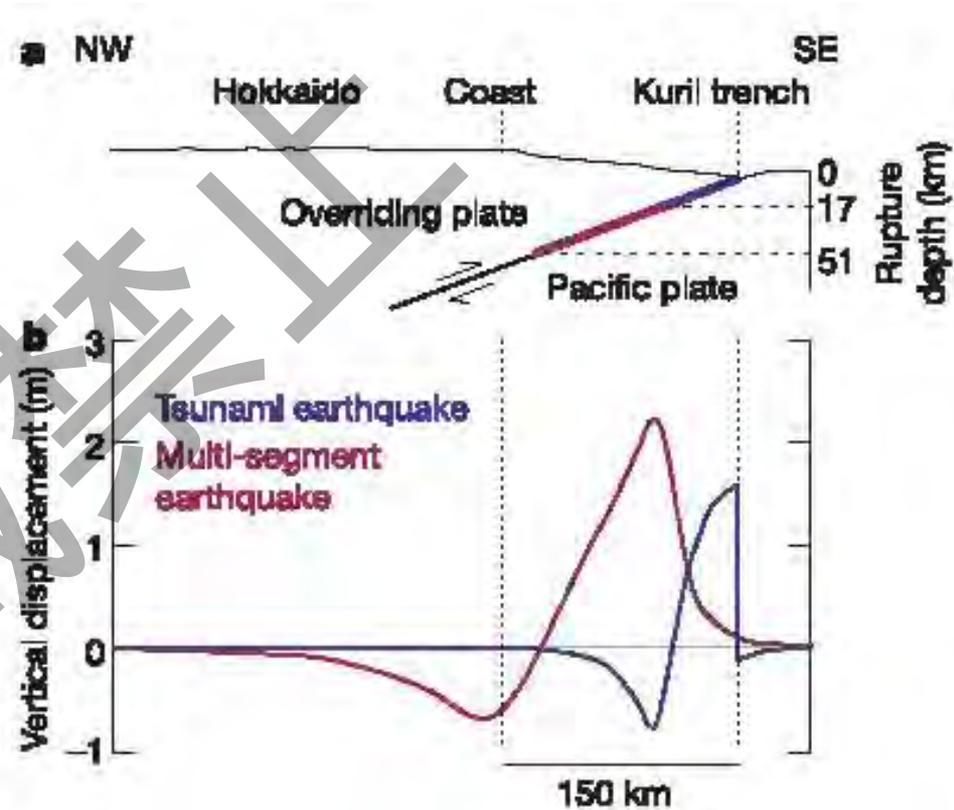


春採湖: 過去7000年間で15層→500年間隔

どの深さまで滑った？



霧多布湿原における津波堆積物の分布とシミュレーションによる浸水域

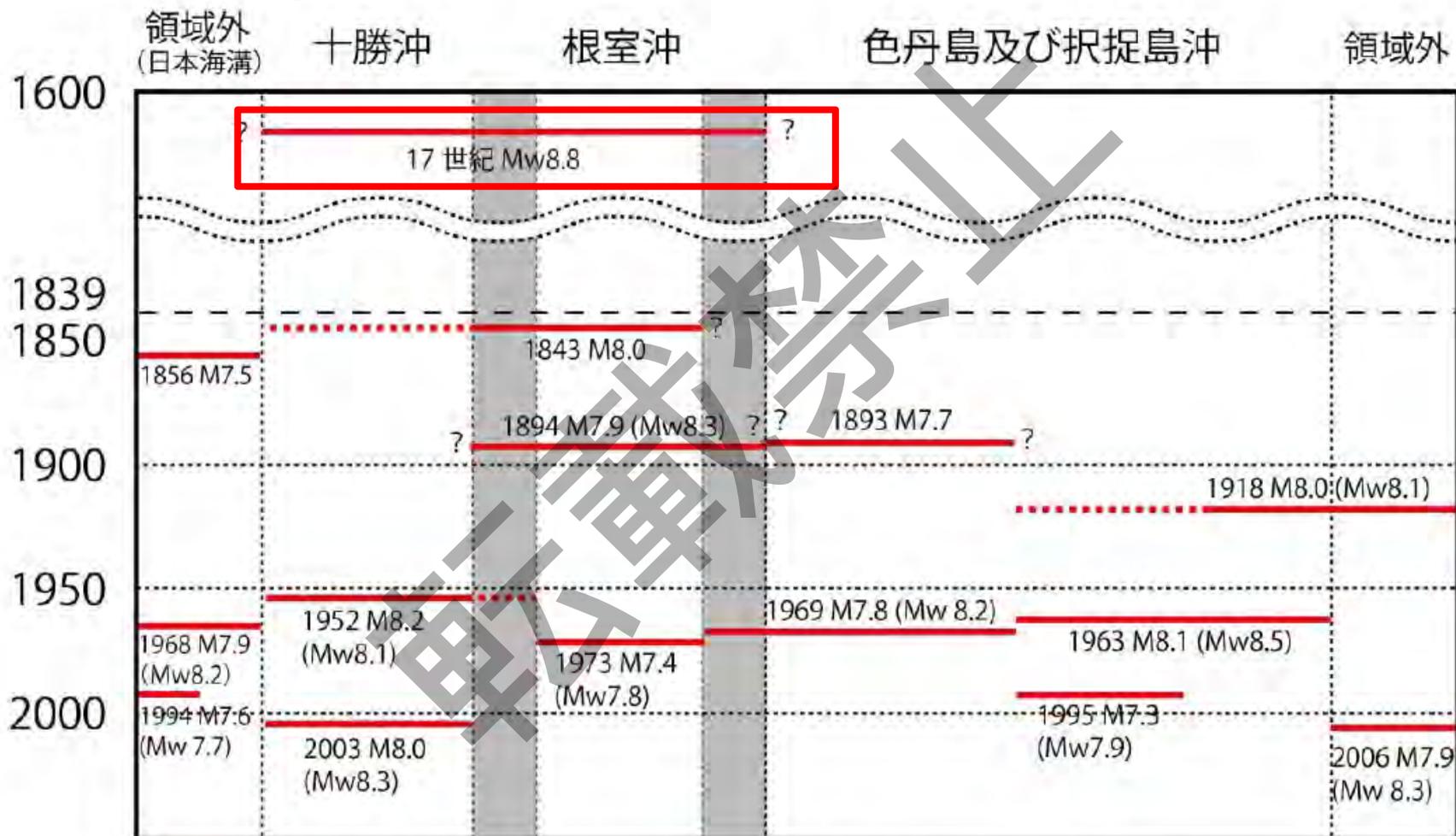


連動 & 深部まですべりが及ぶ必要あり

プレート間巨大地震と超巨大地震(17世紀型)

震源の時空間分布

千島海溝沿いの地震活動 長期評価(第3版)



千島海溝沿いの地震活動

長期評価(第3版)

142°E

144°E

146°E

148°E

150°E

152°E

154°E

千島海溝沿いで近年発生した地震(M7.0以上)
1900-2013

46°N

44°N

42°N

十勝沖

根室沖

色丹島及び択捉島沖

1963/10/13 M8.5

1991/12/22 M7.6

1995/12/4 M7.9

1978/3/23 M7.8

1978/12/6 M7.8

1994/10/4 M8.3

1918/9/8 M8.1

1963/10/20 M7.8

1958/11/7 M8.4

1973/6/17 M7.8

1978/3/25 M7.5

2004/11/29 M7.1

1924/7/1 M7.5

1993/1/15 M7.6

1893/6/4 M7.7

1969/8/12 M8.2

1952/3/4 M8.2

1975/6/10 M7.5

2003/9/26 M8.3

1843/4/25 M8

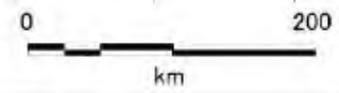
2008/9/11 M7.1

1894/3/22 M7.9

2003/9/26 M7.1

- プレート間巨大地震
- ひとまわり小さいプレート間地震
- 沈み込んだプレート内の地震
- 津波地震
- その他の地震

- 検討対象地震
- 8 ~ 8.5
 - 7.5 ~ 8
 - 7 ~ 7.5



超巨大地震（17世紀型）の評価

長期評価概要
将来発生する地震の評価

領域： 全域

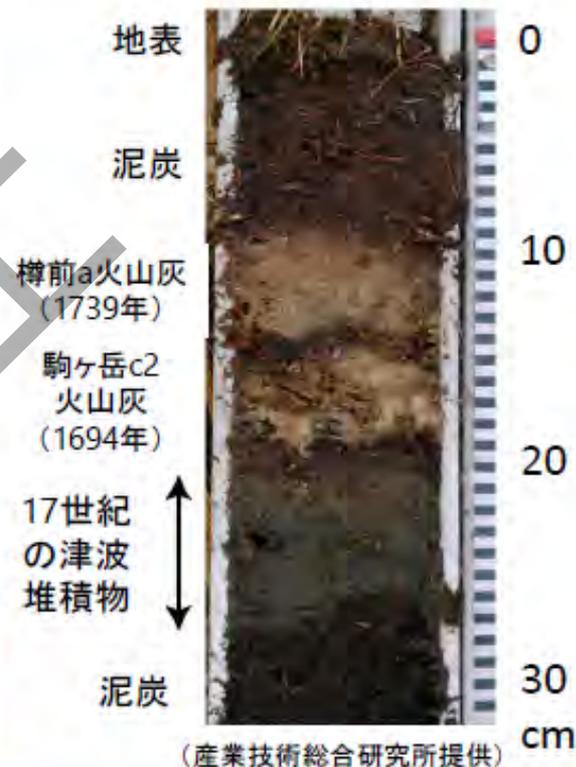
評価に使用した地震： 津波堆積物から推定された地震

平均発生間隔： 約340～380年

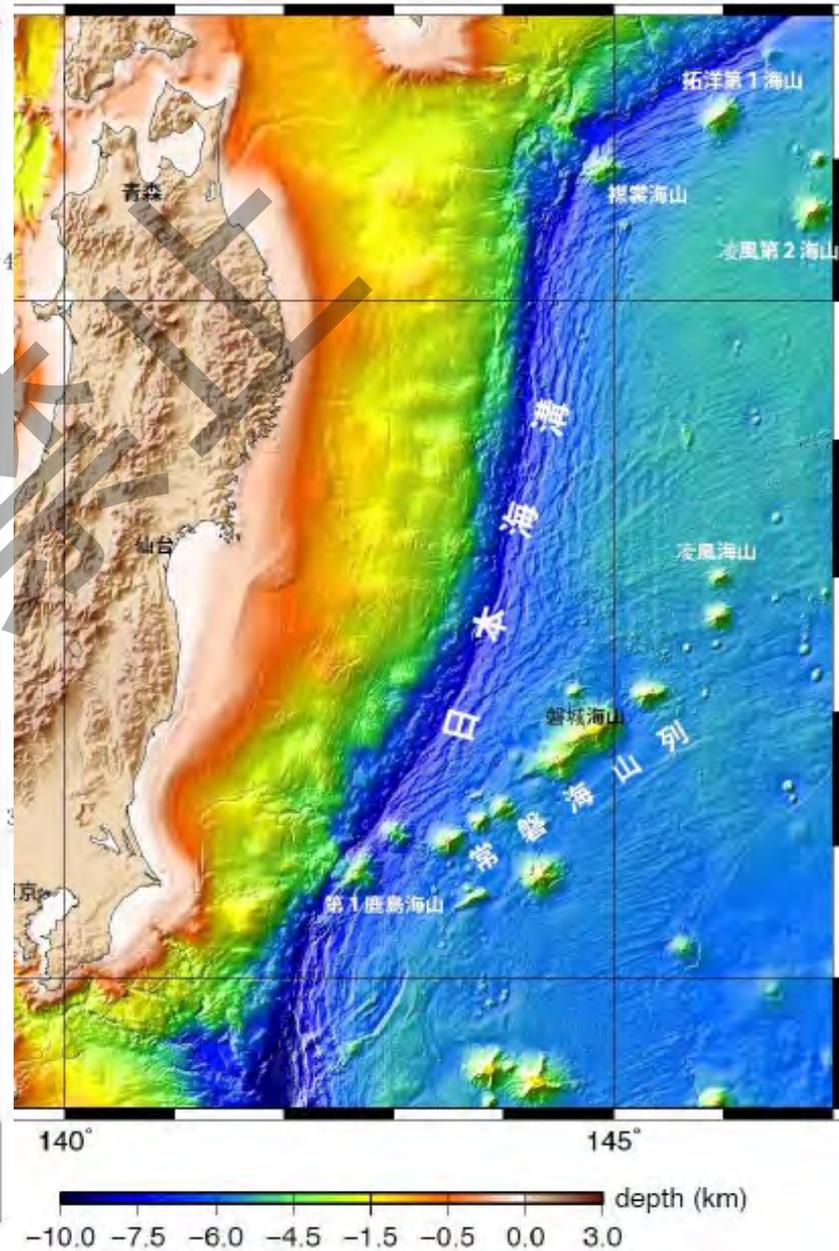
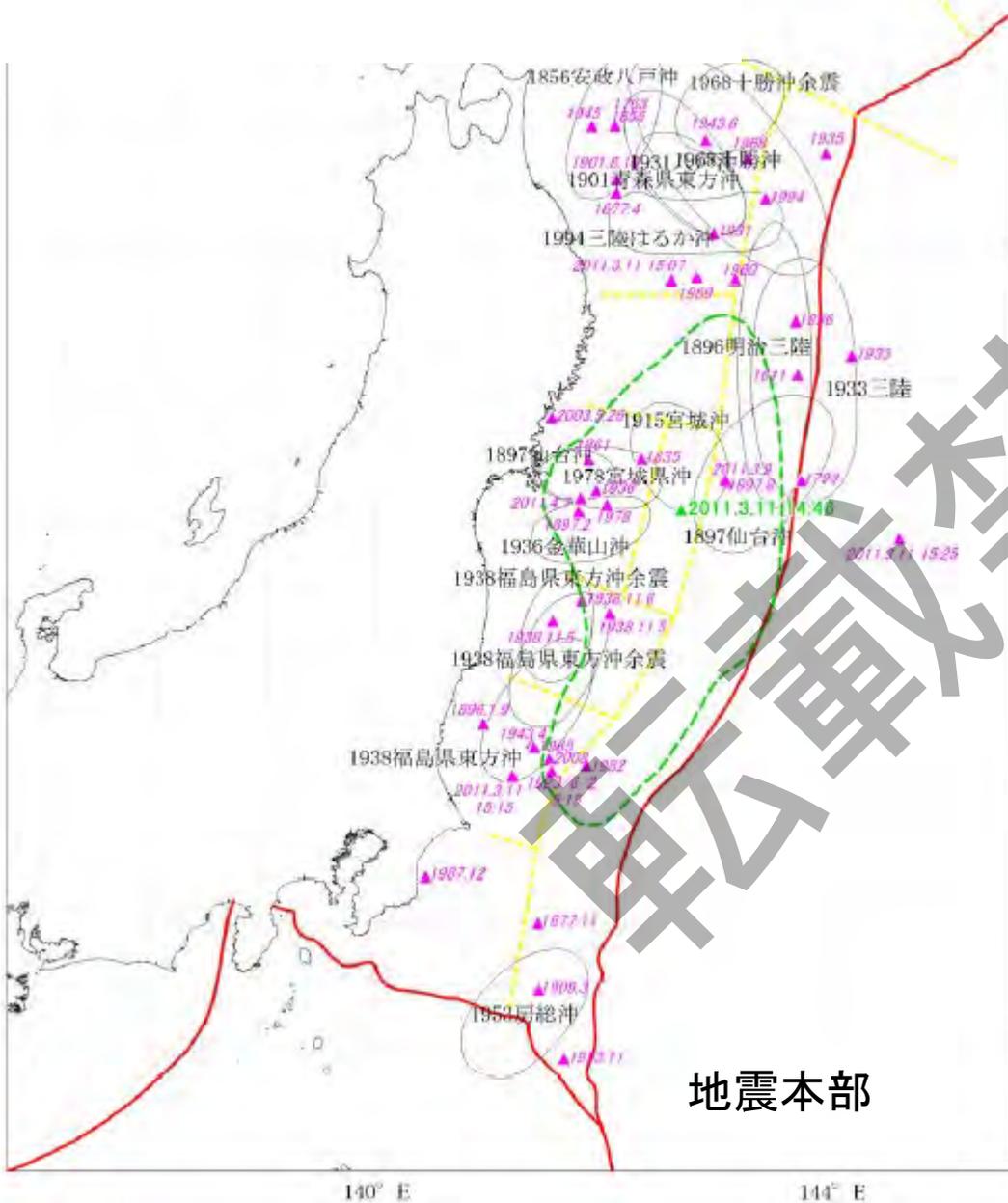
今後30年以内の地震発生確率： 7～40%

地震規模： M8.8程度以上

- 北海道東部太平洋側では、沿岸から1～4km内陸まで浸水するような津波が17世紀に発生したことが津波堆積物から推定されている
- 東北地方太平洋沖地震のように、海溝付近まで破壊が進行する超巨大地震であると評価、規模はM8.8程度以上と評価（第二版では、十勝沖と根室沖が連動するM8.3程度の地震として評価）（中央防災会議の「500年間隔地震」に対応）
- 津波堆積物調査によると、過去6500年間に最多で18回発生
- 個別の発生間隔は約100～800年とばらつくが、平均発生間隔は約340～380年と評価
- 17世紀の発生から、400年程度経過しているため、発生が切迫している可能性が高い

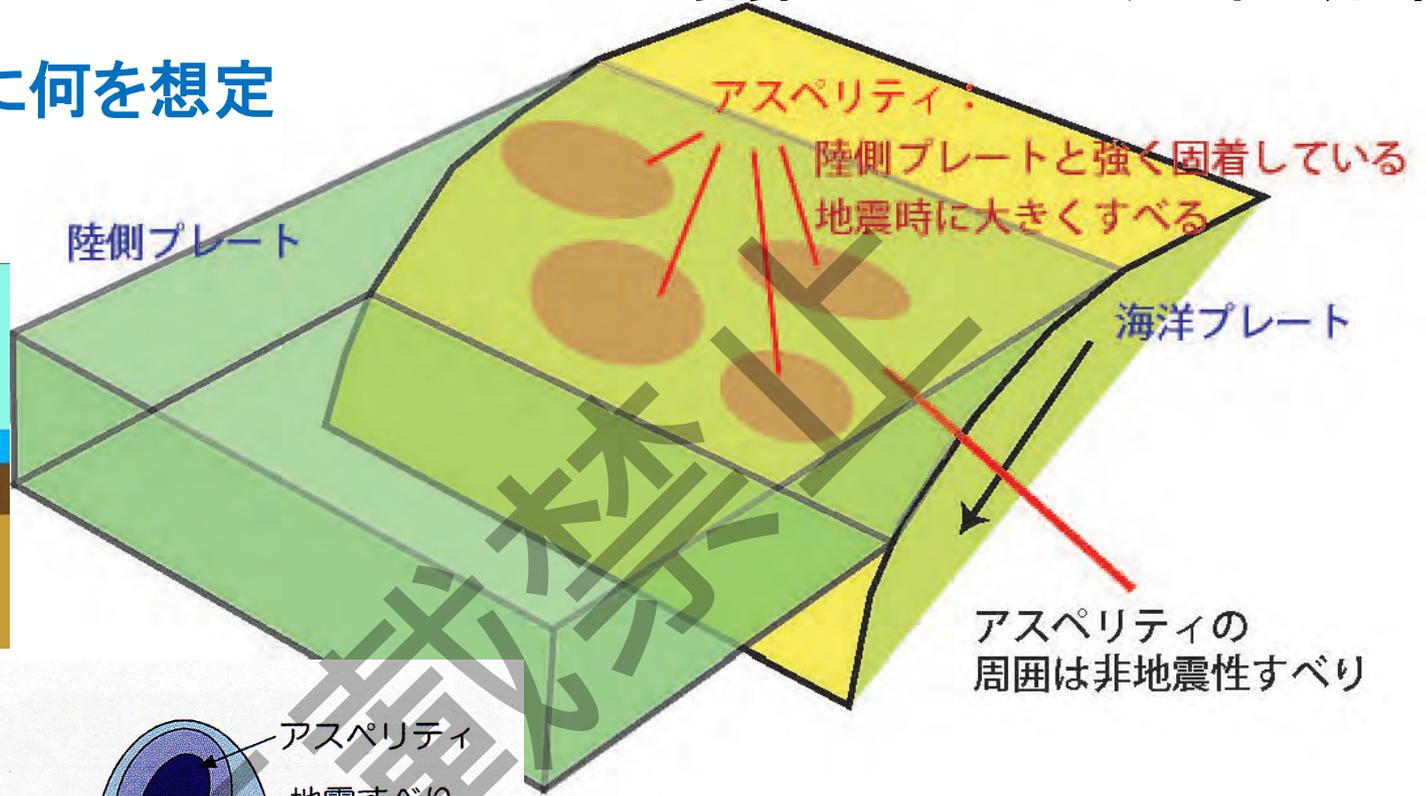
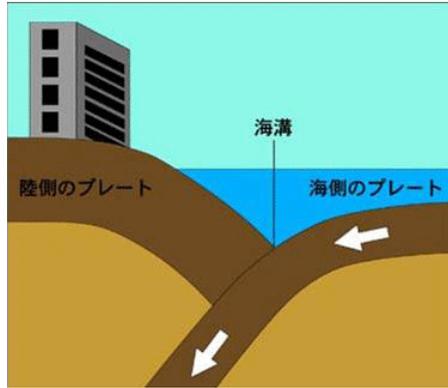


三陸沖～房総沖の地震活動

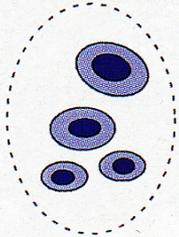


アスペリティモデル：プレート境界でのアスペリティ分布

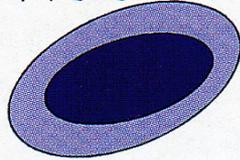
(東北地震前に何を想定していたか)



M~6
日向灘

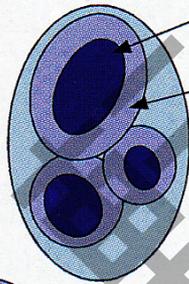


東南海



M~8

三陸沖



M~7

アスペリティ
地震すべり

プレート境界はまだらにくっついている
(くっつき方がちがう)

M7が連動破壊 → M8

→ M9 ?

図4 アスペリティ分布の地域性

東北沖アスペリティー

地震波形の解析から得られた、断層面上ですべり量の大きな領域。通常は固着していて、地震時に急激にずれて地震波を出す領域。

十勝沖地震震源域アスペリティー

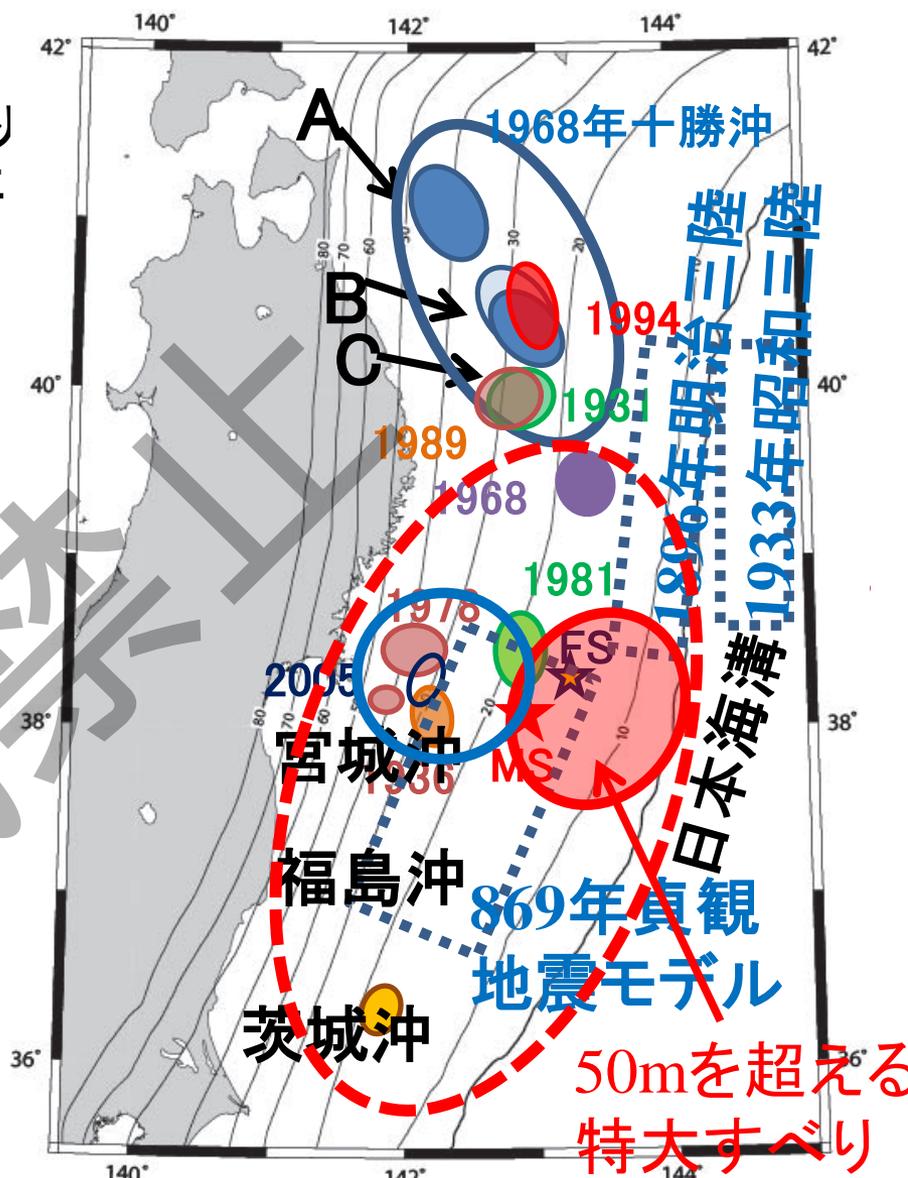
(地震時最大すべり量(平均すべり量))

Y	1931	1960	1968	1989	1994
M	(7.3)	(7.4)	(8.3)	(7.0)	(7.7)
A			9.3 (6.2)		
B	0.9 (0.7)		6.5 (4.3)		4.0 (2.4)
C		1.6 (1.1)	3.0 (2.6)	0.8 (0.5)	

宮城県沖地震

地震発生年月日	前回の地震からの経過年数(年)	地震の規模	備考
1793年2月17日		M8.2程度	連動の場合
1835年7月20日	42.4年	M7.3程度	単独の場合
1861年10月21日	26.3年	M7.4程度	単独の場合
1897年2月20日	35.3年	M7.4	単独の場合
1936年11月3日	39.7年	M7.4	単独の場合
1978年6月12日	41.6年	M7.4	単独の場合

2005年8月16日 27年 M7.2



最大すべりの半分以上のすべり量を持つ領域を塗りつぶしてある

Yamanaka & Kikuchi(2004)

2011年3月9日M7.3(FS) →11日M9.0(MS)

津波高分布

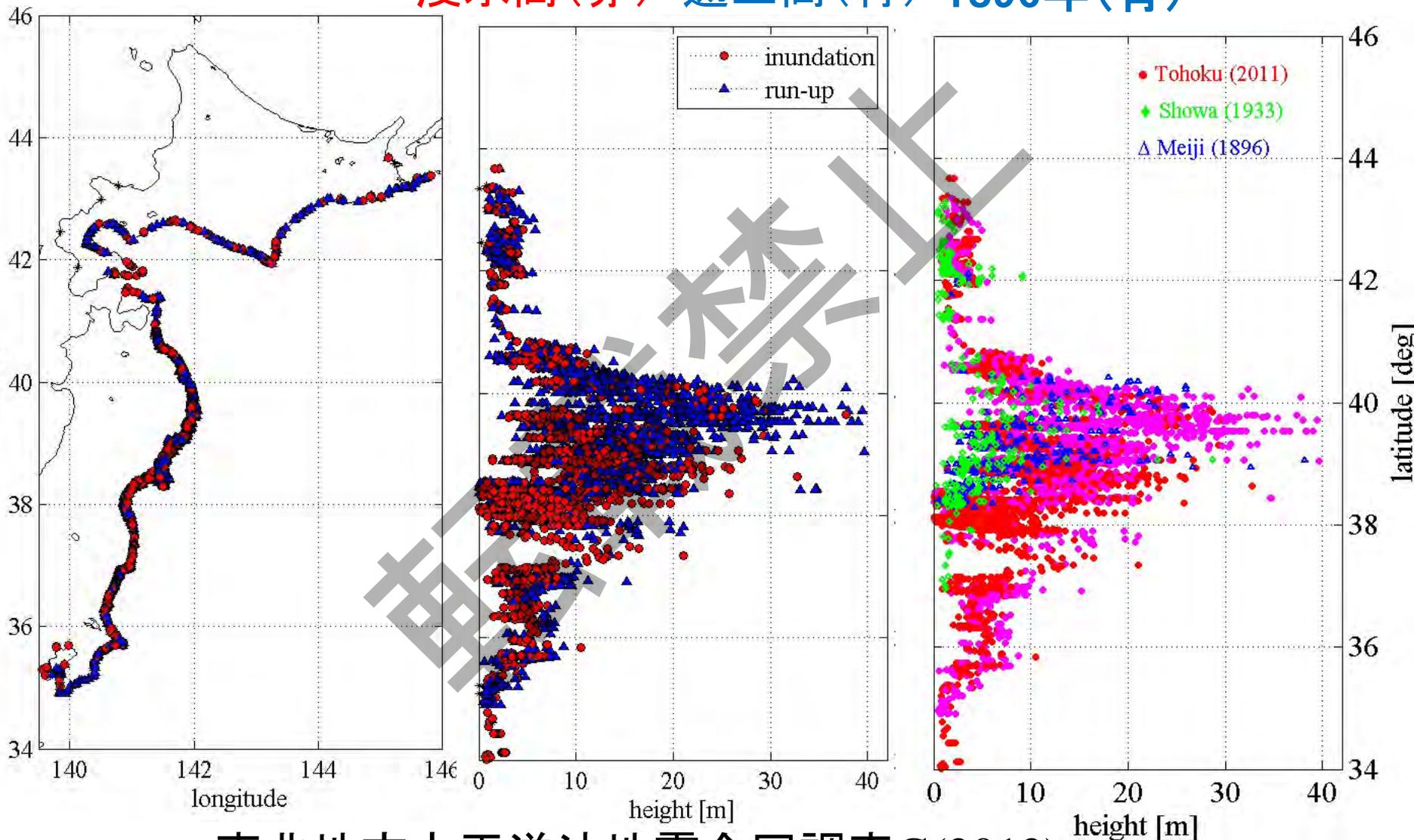
津波高比較

2011年(赤)・1933(緑)

1896年(青)

調査点

浸水高(赤)・遡上高(青)



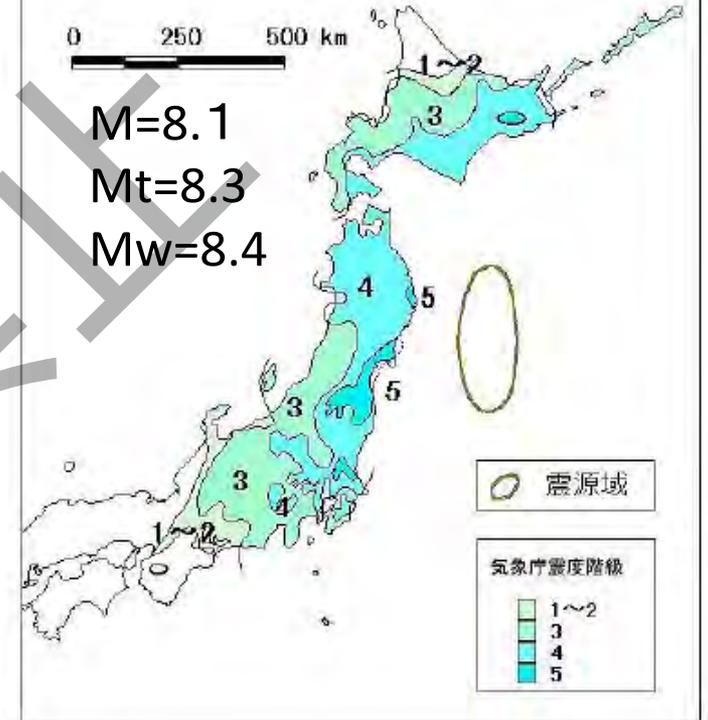
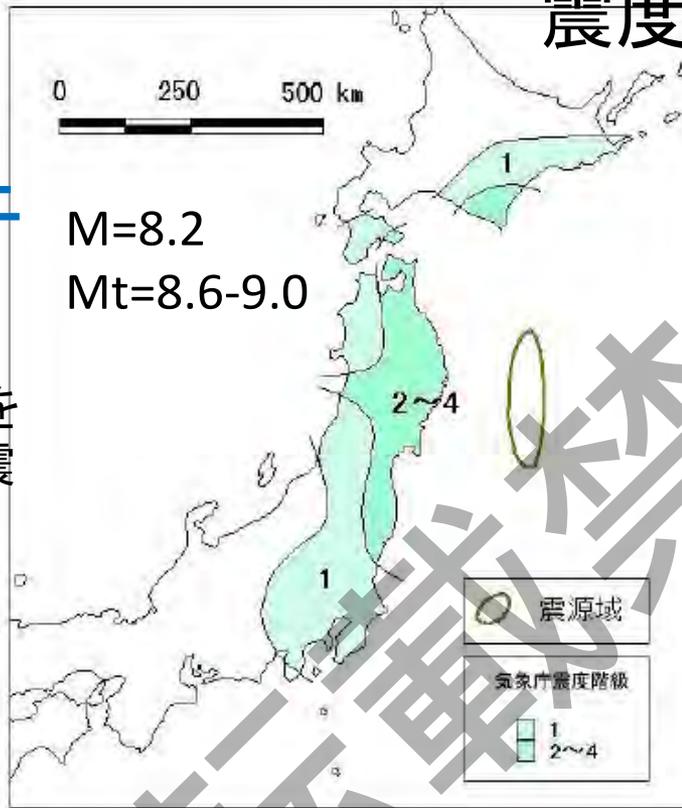
東北地方太平洋沖地震合同調査G(2012)

1896年明治・1993年昭和三陸地震

震度分布

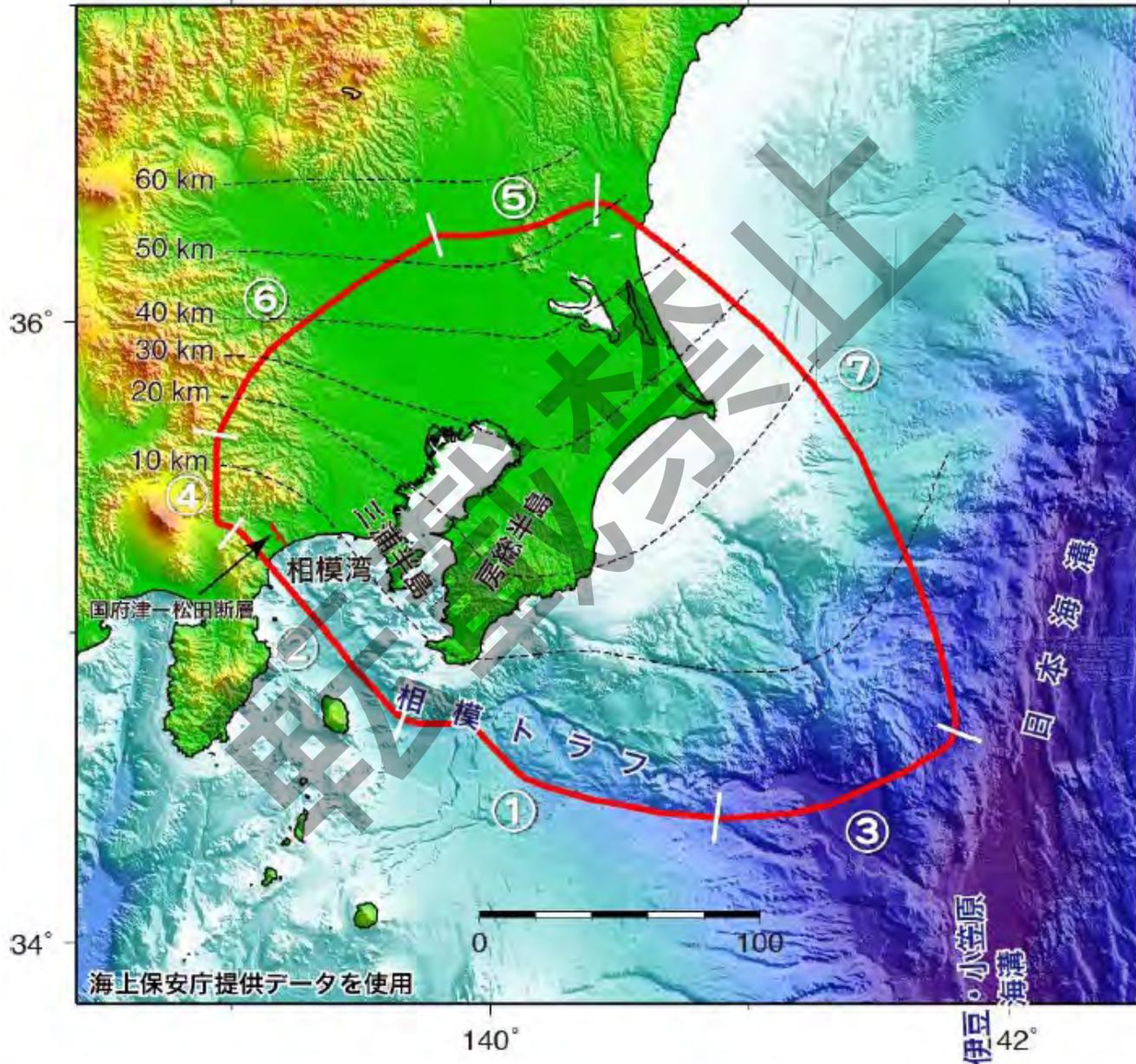
Mt:津波マグニチュード

(阿部, 1988)。津波の
高さの空間分布を
使って算出する地震
の大きさの指標。



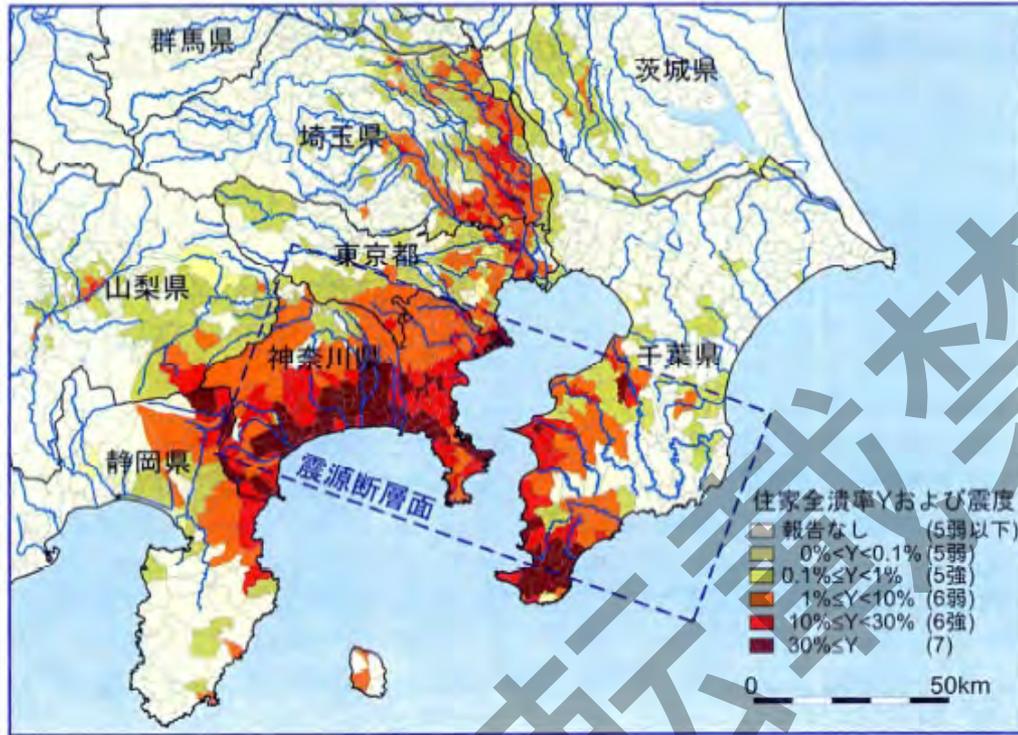
津波地震: 断層が通常よりゆっくりとずれて、人が感じる揺れが小さくても、発生する津波の規模が大きくなるような地震。
1896年の明治三陸地震津波を引き起こした地震が津波地震の例として有名。

相模トラフ沿いの地震活動



相模トラフ沿いの地震活動

1923年大正関東地震



1923年大正関東地震の関東地方における震度分布(武村, 2003)

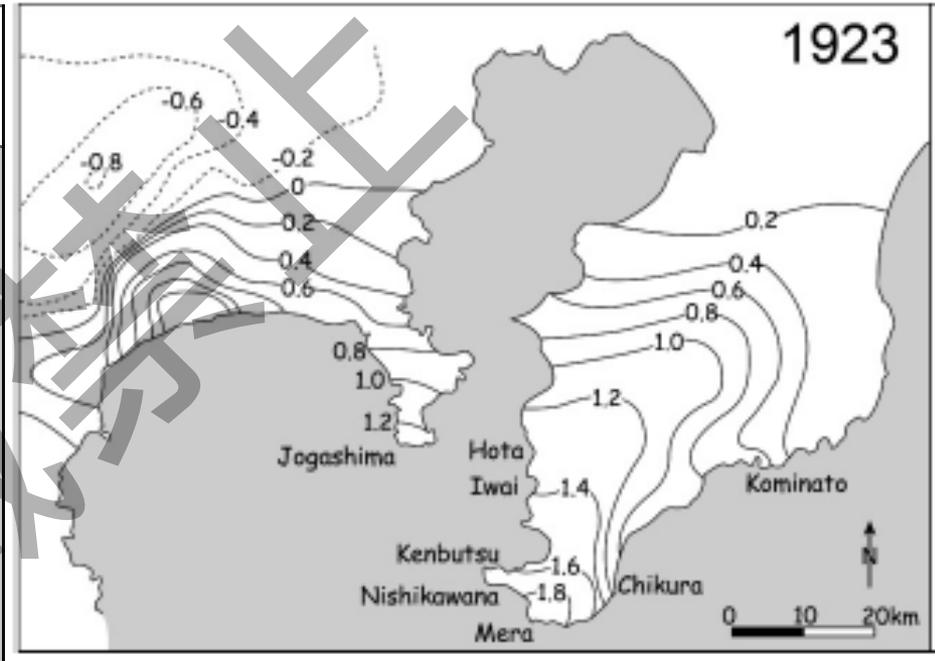
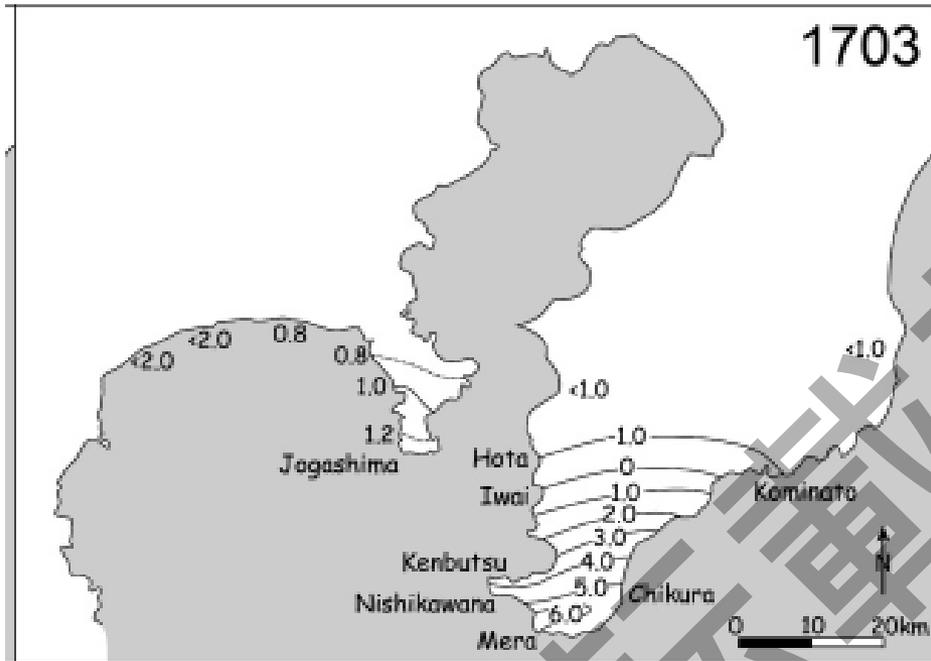
震度分布: 木造家屋の全潰率から求めた市区町村別の震度分布

東京で観測した最大振幅14～20cm. 地震後火災が発生し被害を大きくした. 全体で死・不明10万5千余, 住家全潰10万9千余, 半潰10万2千余, 焼失21万2千余(全半潰後の焼失を含む). 山崩れ・崖崩れが多い. 房総方面・神奈川南部は隆起し, 東京付近以西・神奈川北方は沈下した. 相模湾の海底は小田原－布良線以北は隆起, 南は沈下した. 関東沿岸に津波が襲来し, 波高は熱海で12m, 相浜で9.3mなど.
(地下年表)

相模トラフ沿いの地震活動

1703年12月31日の地震(元禄関東地震)

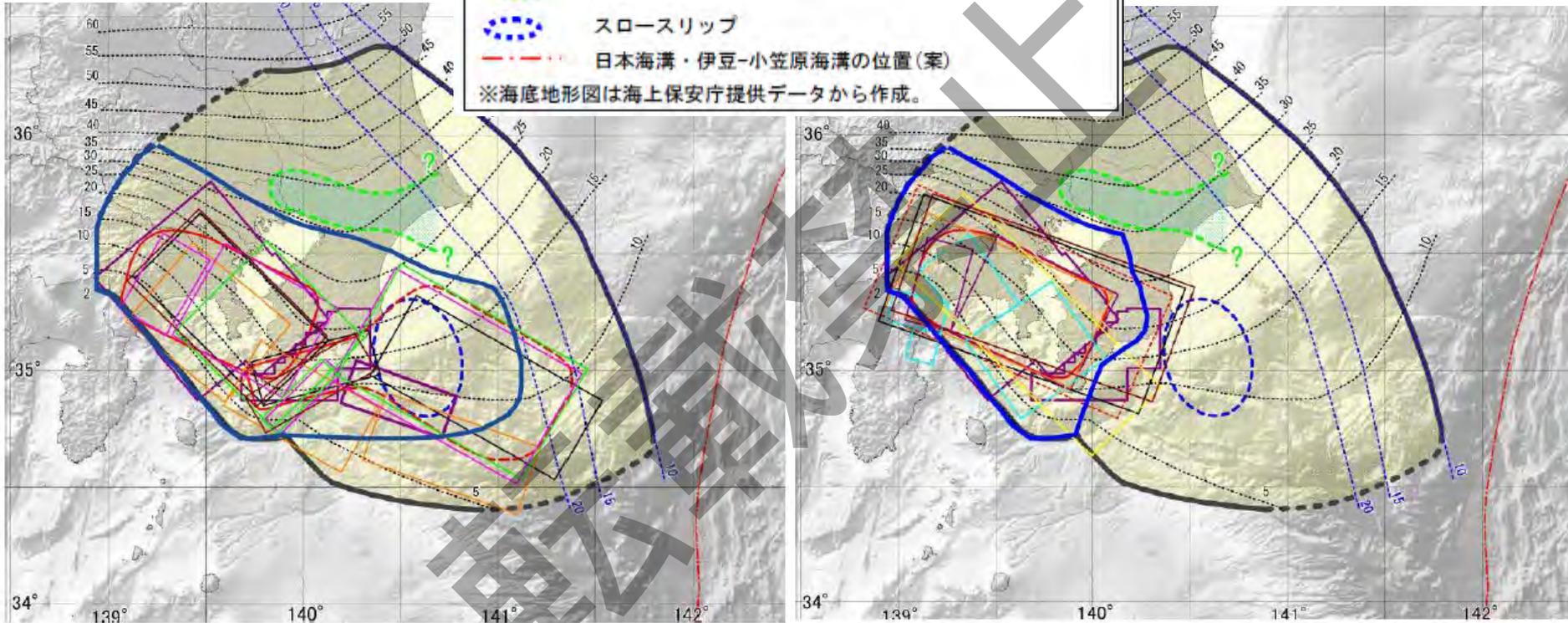
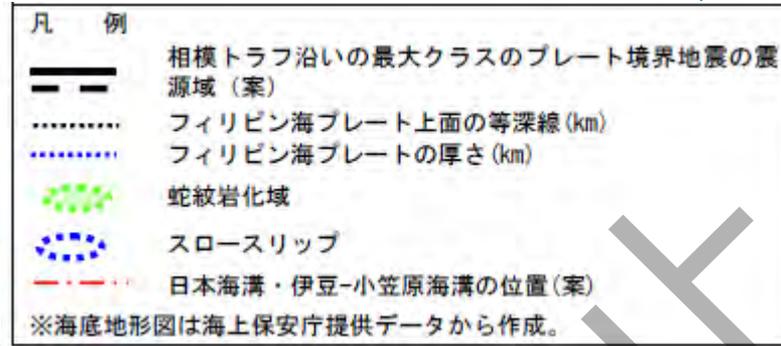
1923年9月1日の地震(大正関東地震)



地殻上下変動

コンターに付した数値の単位はm (宍倉, 2003)

相模トラフ沿いの地震活動



1703年元禄関東地震の震源域図

M7.9~8.2, Mt8.4

川崎から小田原までの宿場はほぼ全滅し、領内の死者は約2300名、房総半島では6500名以上の死者

1923年大正関東地震の震源域

M7.9, Mt8.0, Mw7.9

死者、行方不明者合わせて約10万5千名の被害

相模トラフ沿いの地震活動

○1495年9月12日の地震(明応鎌倉の地震)

1495年9月12日に神奈川県の鎌倉付近を津波が襲い、鎌倉大仏殿に達したとされ、溺死者が200人生じたと言われる。この地震は歴史記録が1点のみで有ること、当時鎌倉に大仏殿は無かった可能性が大きいことから、京都で同日の地震が記録されている(宇佐美・他, 2013)ものの、1498年の東海地方の地震との混同と考えて、実際には被害はなかった地震とされている。伊豆半島東岸の宇佐美遺跡で発見された津波堆積物がこれに対応するとする説(金子, 2012)をとれば、相模トラフ沿いのM8クラスの地震であった可能性も否定できないが、**大仏殿が無かったとすれば信憑性の高い歴史記録の裏付けは無く、1箇所の堆積物調査のみを根拠とする地震となる。**

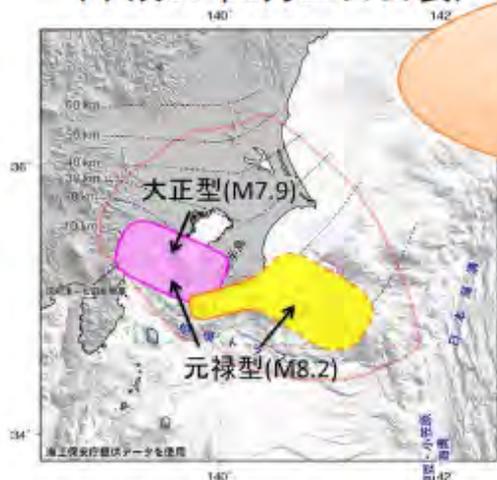
○1293年5月27日の地震(永仁関東地震)

1293年5月27日に、相模湾を震源域とする地震(M7.0)があった。神奈川県の鎌倉付近を強震が襲い、寺社に大きな被害が生じている。死者は、数千とも2万以上ともいわれる。三浦半島の小網代湾では、この時期に対比される可能性のある津波堆積物が発見されており、この地震によって、津波が発生した可能性も指摘されている(Shimazaki et. al., 2011)。また、房総半島の保田低地に分布する離水段丘地形にも、この地震に対比できるものがあることから、地殻変動も生じたと考えられている。そこで、本評価ではM8クラスの地震として扱った。国府津—松田断層においては、曾我原地点におけるトレンチ調査にこの地震に対比できる可能性のある活動の証拠(12世紀以後西暦1350年以前)が報告されている(神奈川県, 2003)。

相模トラフ沿いの地震活動

前回の評価

(平成16年8月23日公表)



- 各領域(大正型・元禄型)で、ほぼ同じ大きさ、ほぼ同じ繰り返し間隔で地震が発生

相模トラフ沿いのM8クラスの地震の震源域の考え方

今回の評価

平成26年4月



- 地形、歴史記録、地震活動等から、震源域となり得る領域を評価
- 多様なパターンの地震が発生

次に発生する地震

	規模	30年確率
元禄型関東地震	M8.1程度	ほぼ0% (ほぼ0%)
大正型関東地震	M7.9程度	ほぼ0%~0.8% (ほぼ0%~2%)

領域ごとに規模、発生確率を評価

()内は、従来の手法でH26年1月時点での確率を計算

	規模	30年確率
相模トラフ沿いのM8クラスの地震	M8クラス全体 (M7.9~M8.6)	ほぼ0%~5%(※)
	元禄関東地震 (M8.2) またはそれ以上	ほぼ0%

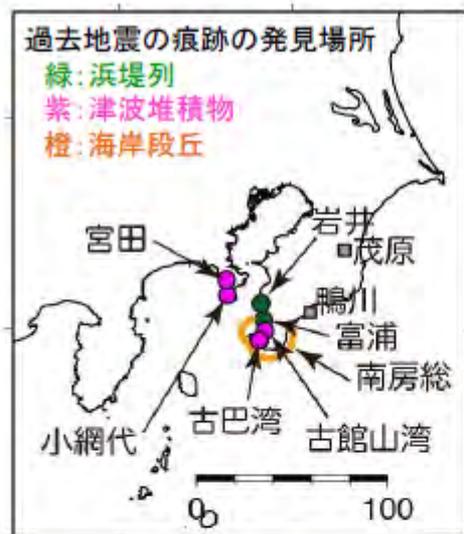
相模トラフ沿いの評価対象領域全域で、不確実性を考慮した手法により規模、発生確率を評価

※データの不確実性を統計的に評価したこと等による変化

相模トラフ沿いの地震活動

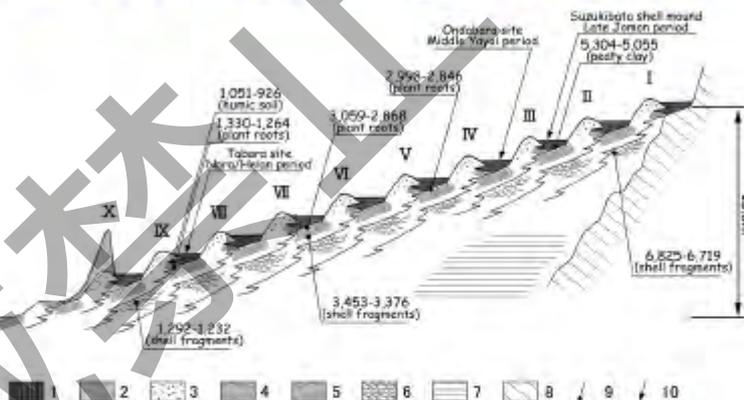
相模トラフ沿いで発生するM8クラスの地震の多様性

・地形・地質データからみたM8クラスの地震の発生履歴



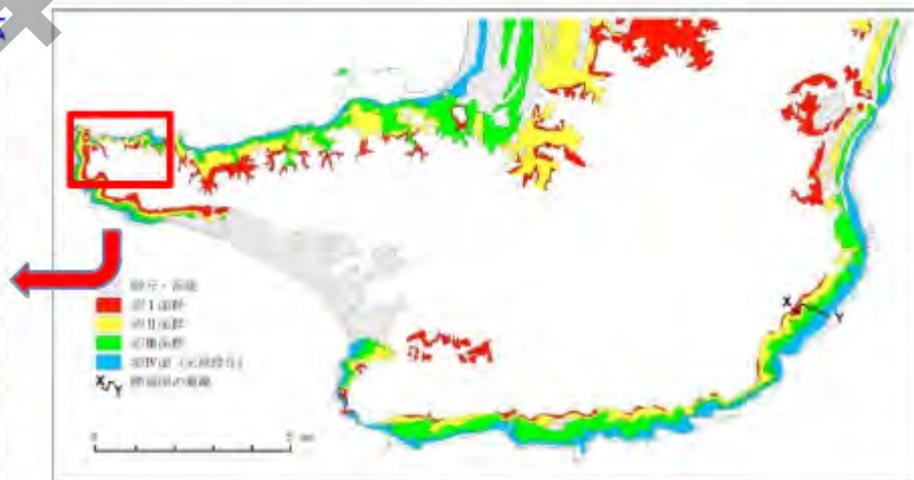
岩井における浜堤列

海岸にほぼ並行する堤。
 大正関東地震(1923年)と同等の震源域をもつ地震によって形成されたものとして評価



南房総の海岸段丘(沼面)

元禄関東地震(1703年)と同等かあるいはそれ以上に広い震源域をもつ地震によって形成されたものとして評価



相模トラフ沿いの地震活動

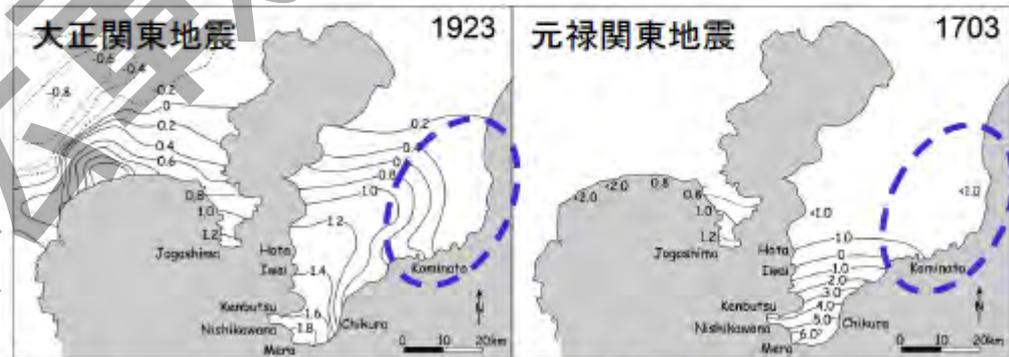
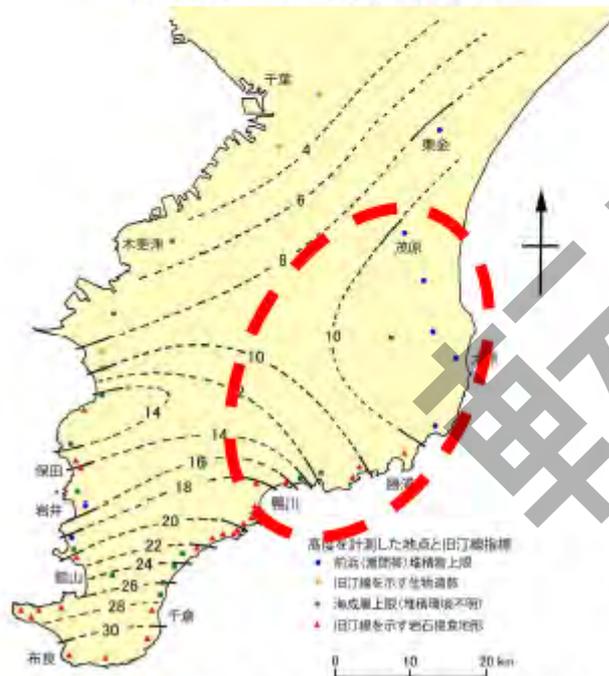
相模トラフ沿いで発生するM8クラスの地震の多様性

・地形・地質データから見られるM8クラスの地震の震源域の多様性(例)

房総半島中部外房側(鴨川から茂原周辺)の完新世段丘

- ・完新世最高位段丘の高度は10~18m
- ・1923年大正関東地震に伴う隆起量小
- ・1703年元禄関東地震では変動がなかったり、むしろ沈降

⇒ 鴨川から茂原周辺を隆起させる大正・元禄関東地震とは別のタイプの地震の存在が疑われる



地震に伴う地殻上下変動

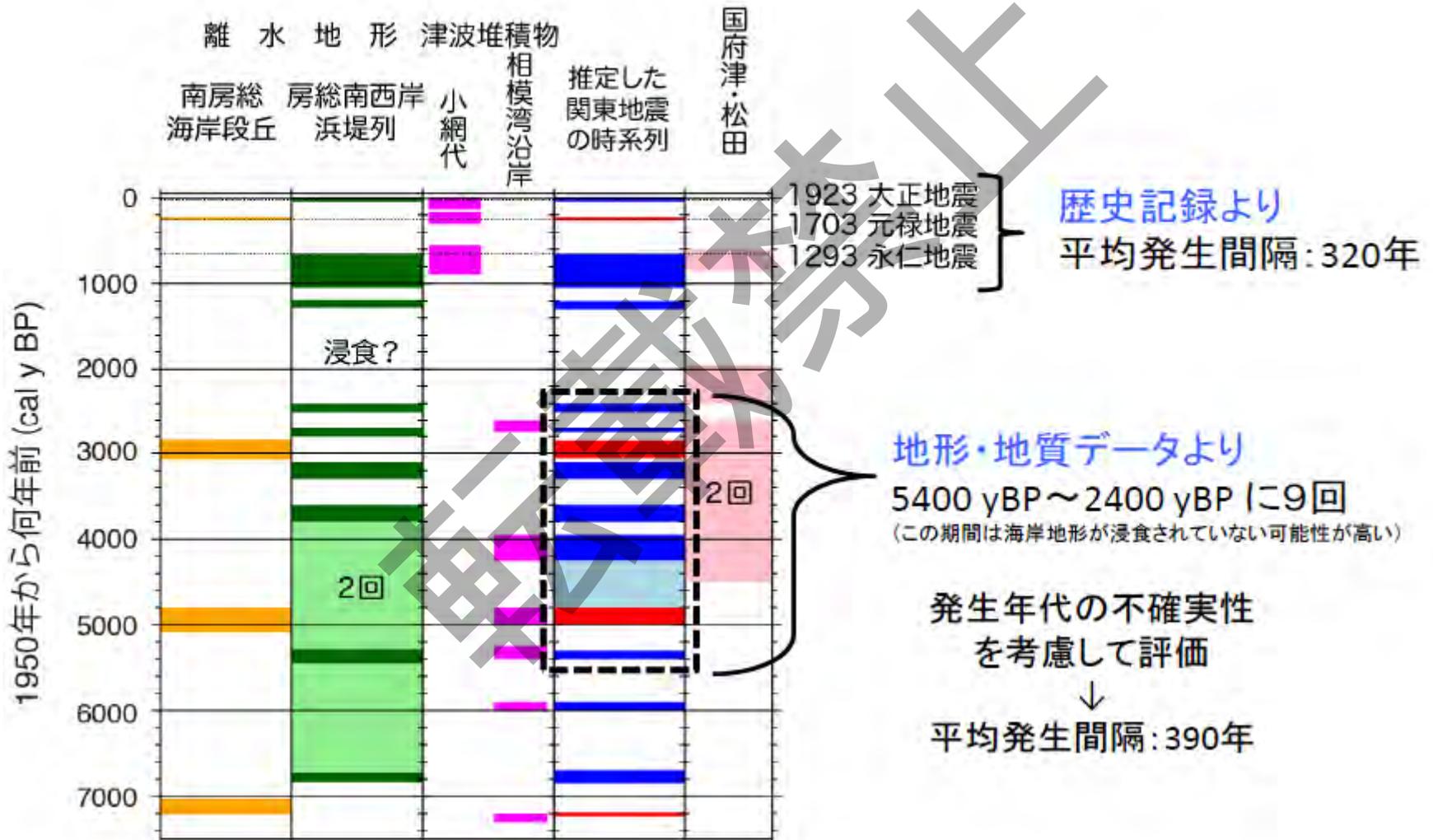
房総半島における完新世最高位段丘の高度分布

※完新世：地質時代区分のうち最も新しいもので、約1万年前から現代までを含む

相模トラフ沿いの地震活動

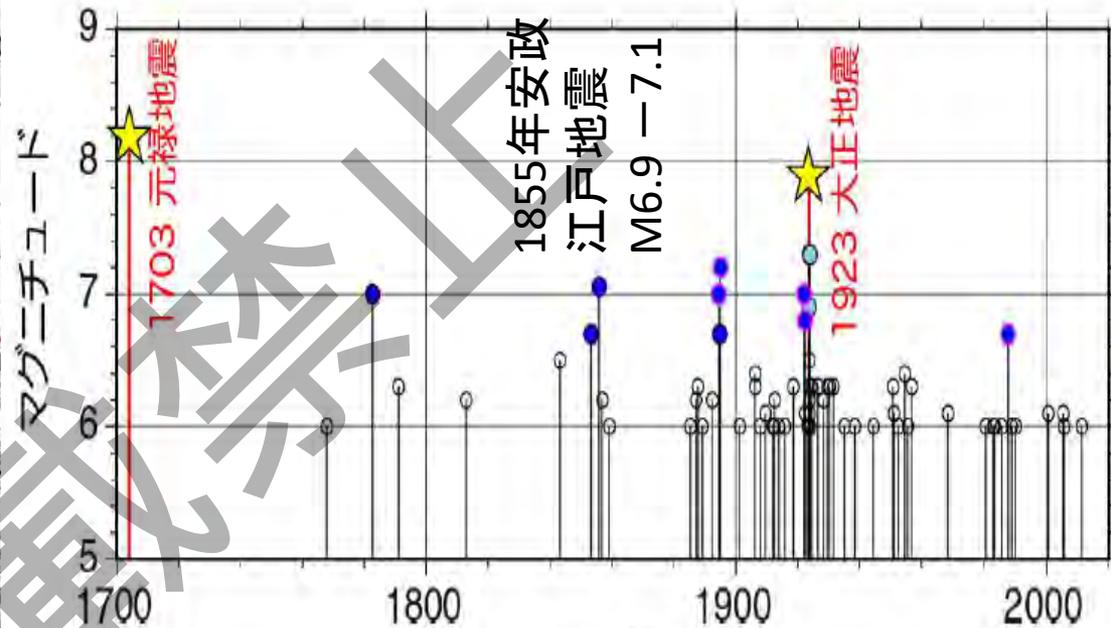
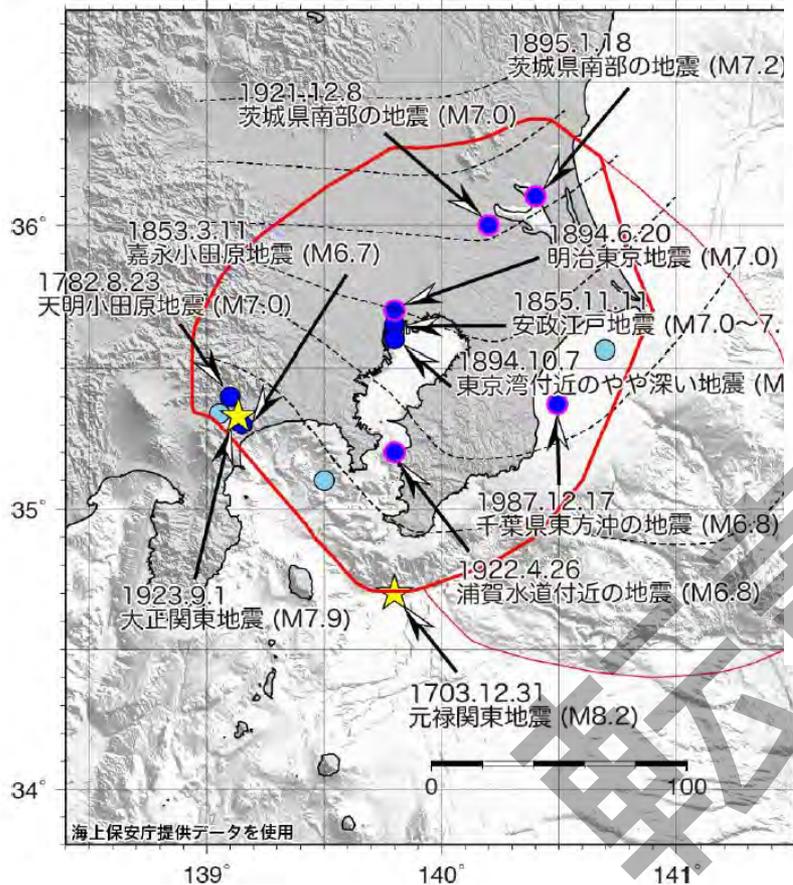
相模トラフ沿いで次に発生する地震

・各種データから推定される相模トラフ沿いのM8クラスの地震の平均発生間隔



相模トラフ沿いの地震活動

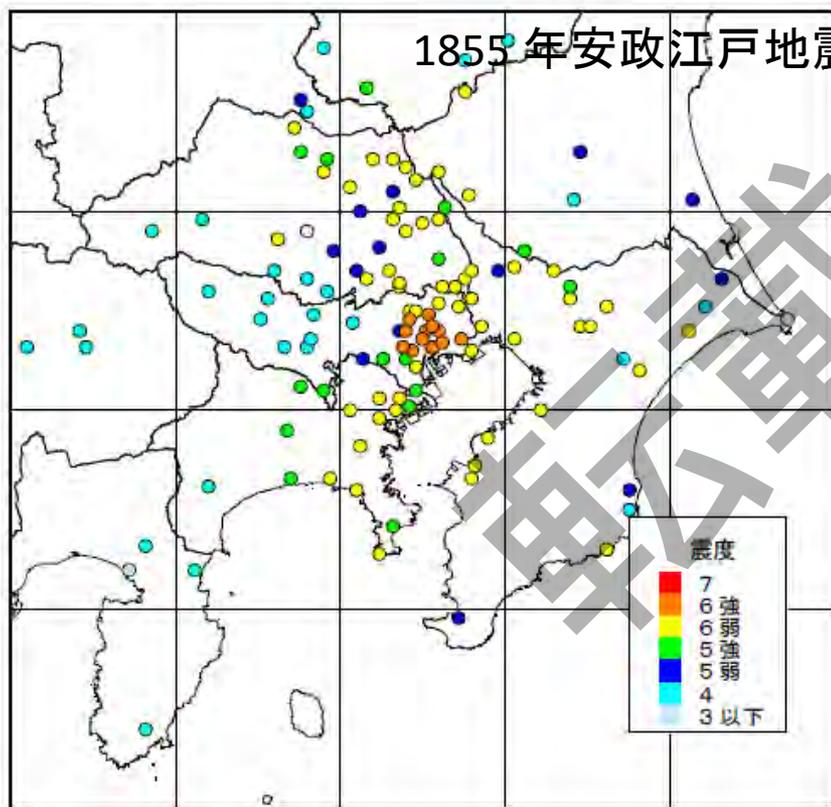
プレートの沈み込みに伴うM7程度の地震



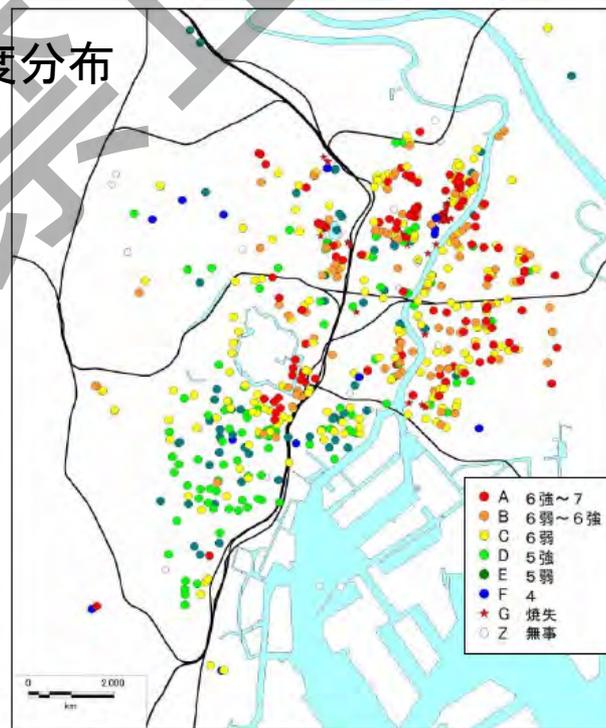
プレートの沈み込みに伴うM7程度の地震(元禄関東地震以降、M6以上)とプレート境界で発生するM8クラスの地震。元禄関東地震以降現在までの間にM7程度の地震が9回発生している。発生間隔はばらつきが大きく、0.3~71年となる。元禄~大正関東地震のサイクル間220年間に8回発生していることより、平均発生間隔を27.5年。

1855年安政江戸地震(M6.9-7.1)

下町で特に被害が大きかった。地震後30余ヶ所から出火したが、風が静かで焼失面積は2.2km²にとどまった。江戸町方の被害は、潰れ焼失1万4千余軒，死4千余。武家方には死約2600等の被害があり，合わせて死は計1万とも。瓦版が多数発行された。（理科年表）

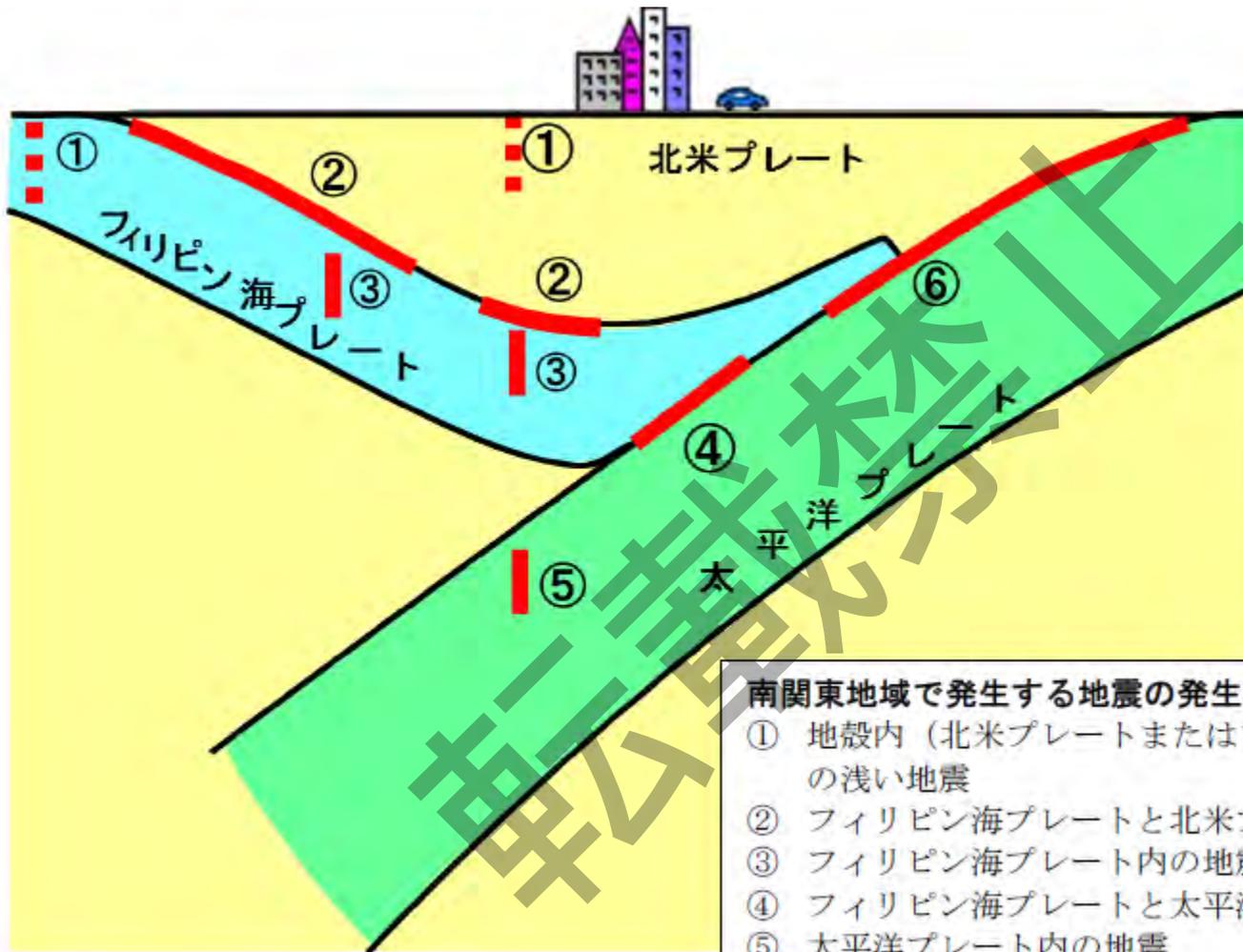


宇佐美(1994)による震度分布



寺社と藩邸の被害分布(首都直下PJ、2012)

南関東地域で発生する地震のタイプ

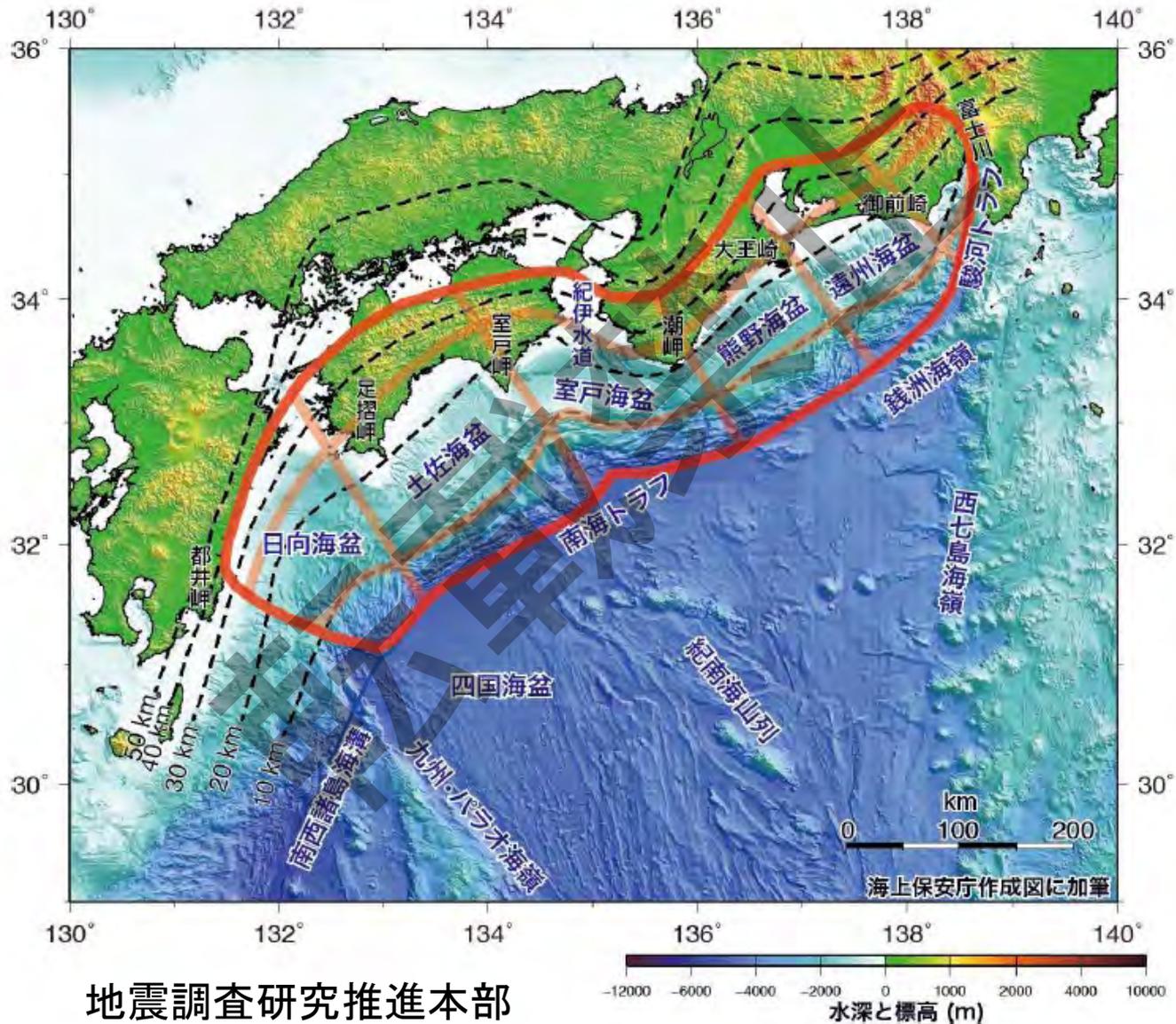


南関東地域で発生する地震の発生場所

- ① 地殻内（北米プレートまたはフィリピン海プレート）の浅い地震
- ② フィリピン海プレートと北米プレートの境界の地震
- ③ フィリピン海プレート内の地震
- ④ フィリピン海プレートと太平洋プレートの境界の地震
- ⑤ 太平洋プレート内の地震
- ⑥ フィリピン海プレート及び北米プレートと太平洋プレートの境界の地震

南海トラフの地震活動

南海トラフ震源域と海底地形



・歴史記録からみた震源域の多様性

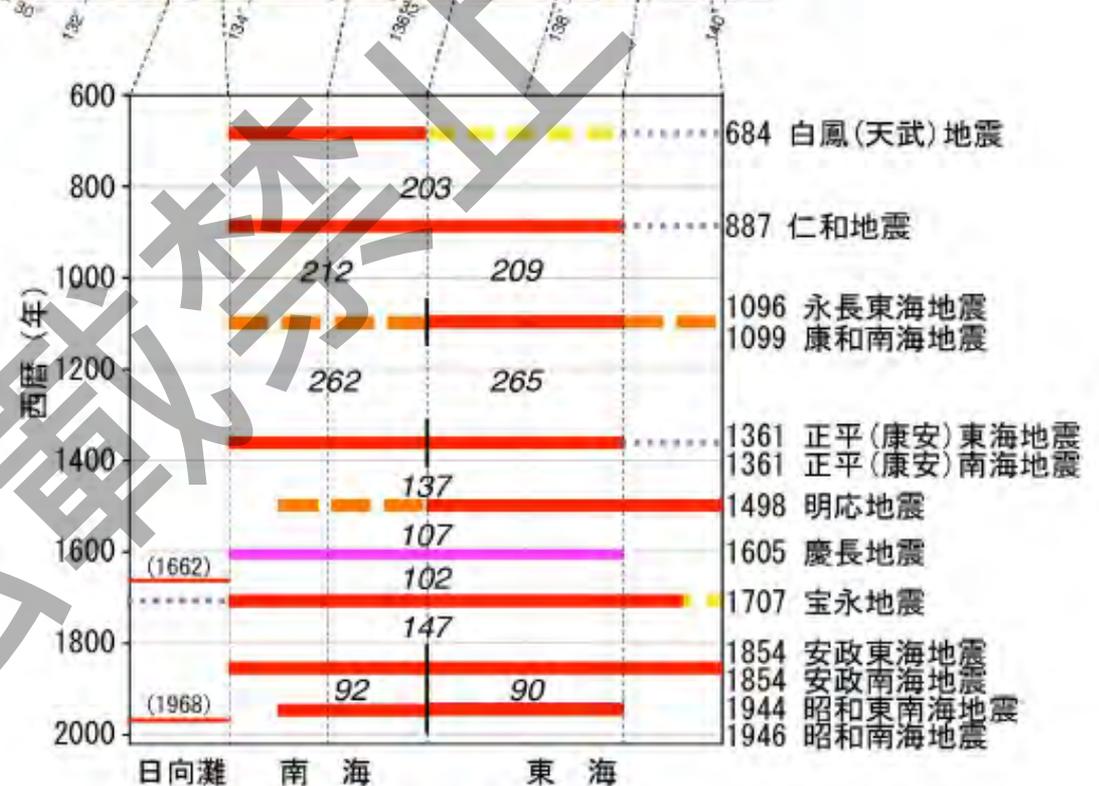


・南海地域の地震と東海地域における地震

- ①同時に起きる場合 (1498年、1707年)
- ②若干の時間差が生じる場合 (1854年、1944・1946年) (30時間 2年)

・東海地域の地震

- ①御前崎より西側で断層のすべりが止まった場合 (1944年)
- ②駿河湾奥まですべりが広がった場合 (1854年)



- 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
- 日向灘のプレート間地震(M7クラス)

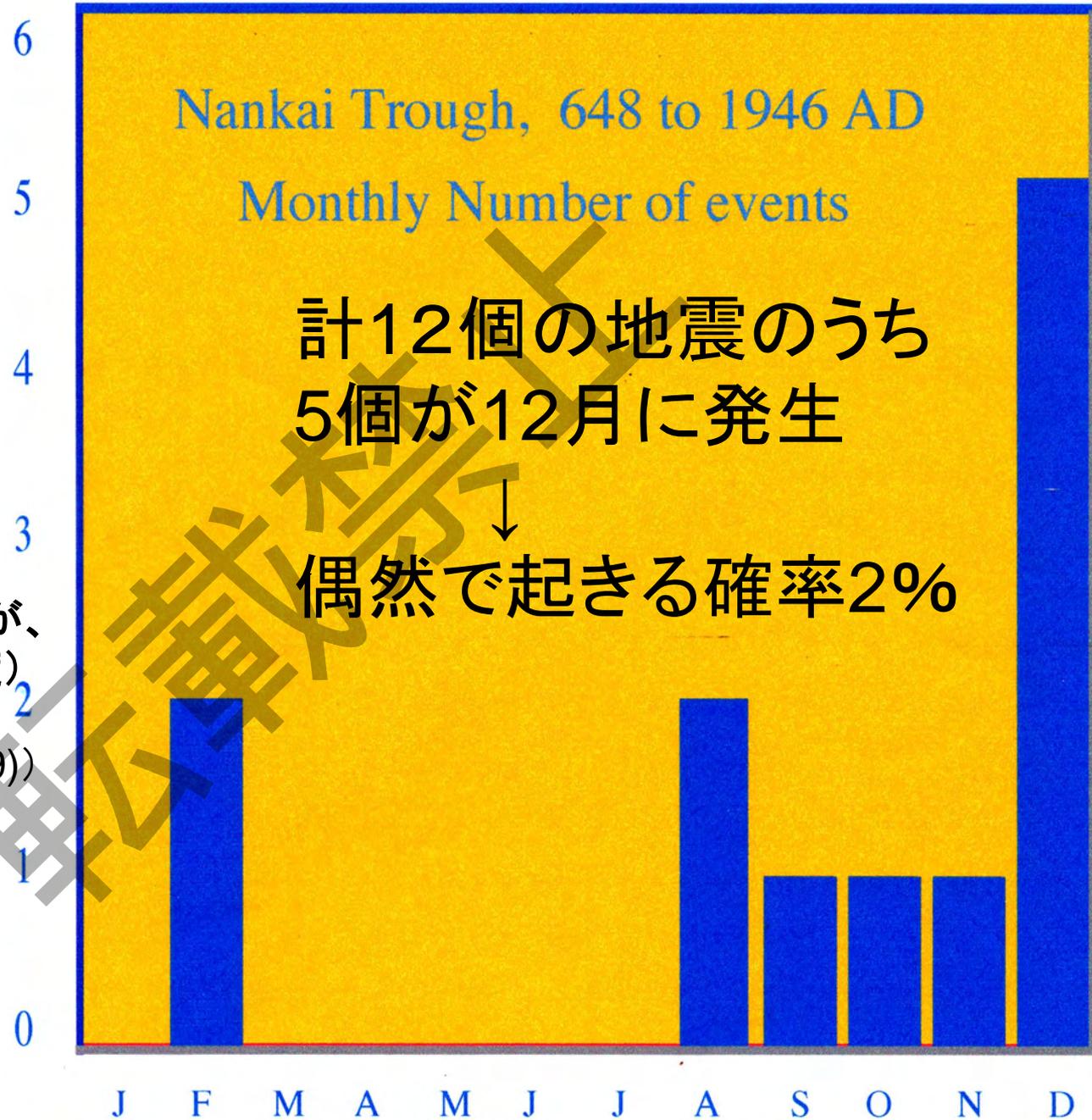
月別地震回数 (南海トラフ)

冬に多い?

大気圧の季節変化が原因?
(冬に高気圧1kPa)

↓
定性的センスとしてはOKだが、
 $\Delta CFF=30Pa$ (地球潮汐程度)
これでは無理か
(Ohtake & Nakahara(1999))

海洋潮汐 ocean tide
Ide & Tanaka (2014)



内陸地震との 連動

南海トラフ巨大地震
→内陸地震

南海トラフ巨大地震
の発生50年前から
後10年間内陸地震
が活発化の傾向

→

1995年兵庫県南部
地震以降活動期

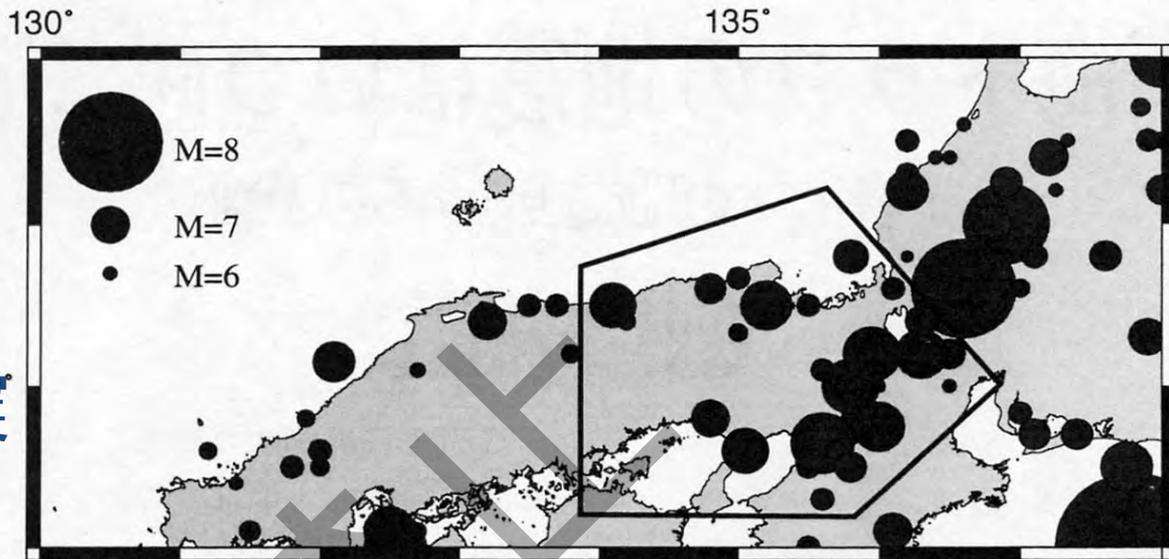


図2 868年以降の被害地震の震央分布。枠内が本文中の「近畿～中国地方東部」に対応。

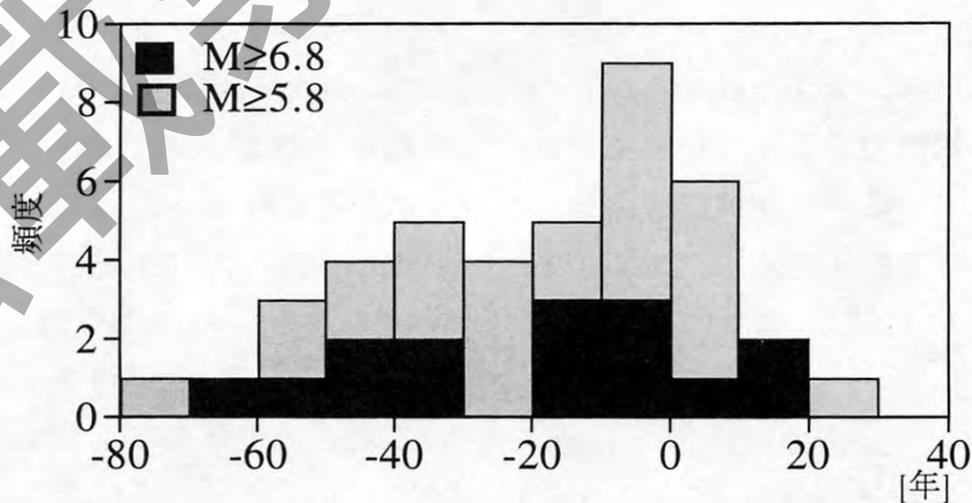


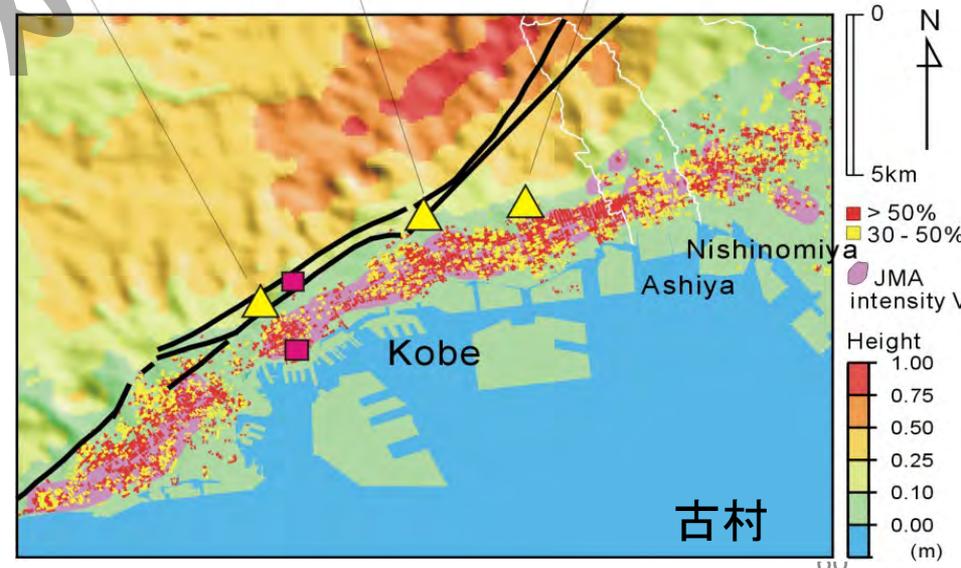
図3 近畿～中国地方東部における南海トラフの地震前後の地震の頻度分布。横軸の0が南海トラフの地震の発生時に対応している。図1に示した8組の南海トラフの地震の前後の地震の重ね合わせ。

Hori & Oike (1996,1999)

1995年兵庫県南部地震M7.3

阪神淡路大震災をもたらした。

活断層の活動によるいわゆる直下型地震。神戸，洲本で震度6だったが，現地調査により淡路島の一部から神戸市，芦屋市，西宮市，宝塚市にかけて震度7の地域（震災の帯）があることが明らかになった。多くの木造家屋，鉄筋コンクリート造，鉄骨造などの建物のほか，高速道路，新幹線を含む鉄道線路なども崩壊した。被害は死6434，不明3，傷43792，住家全壊104906，半壊144274，全半焼7132，など。早朝であったため，死者の多くは家屋の倒壊と火災による。（理科年表）

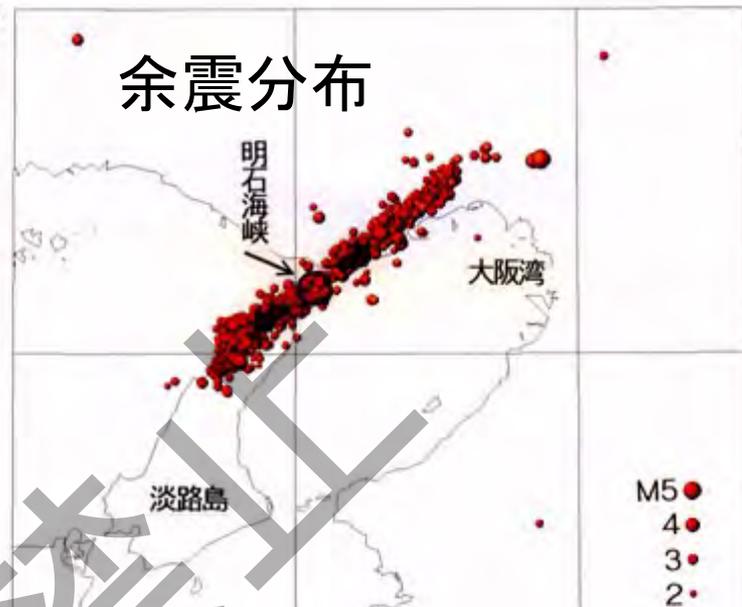


1995年兵庫県南部地震

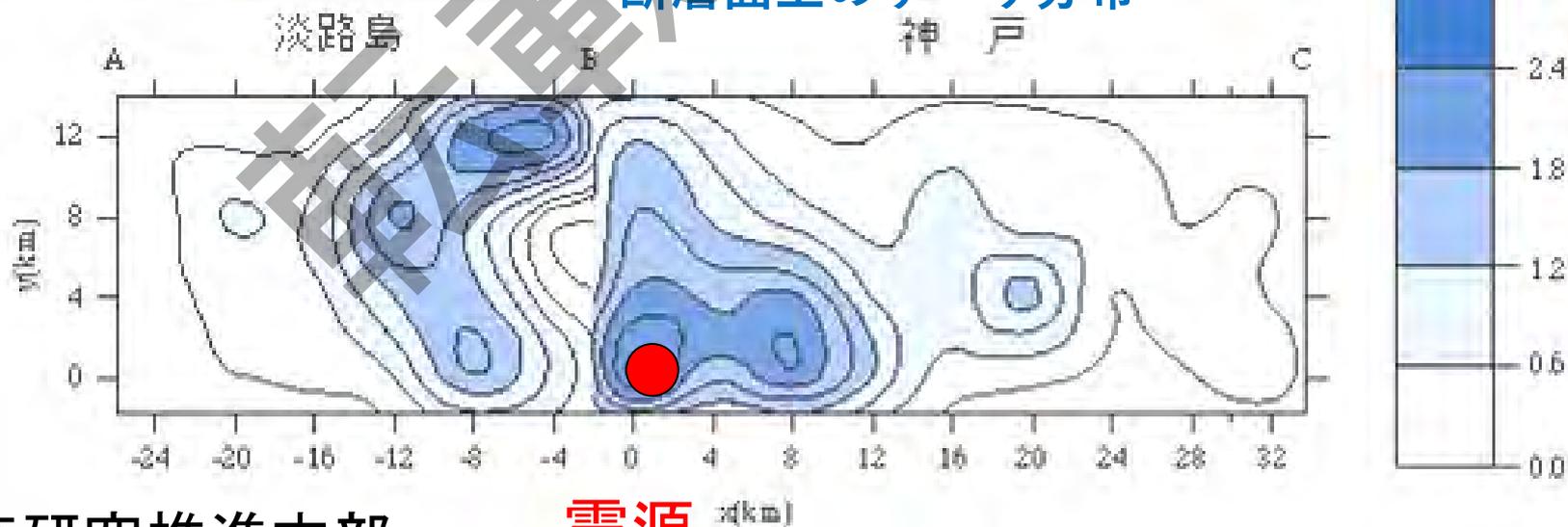


35° N

余震分布



1995年兵庫県南部地震 断層面上のすべり分布



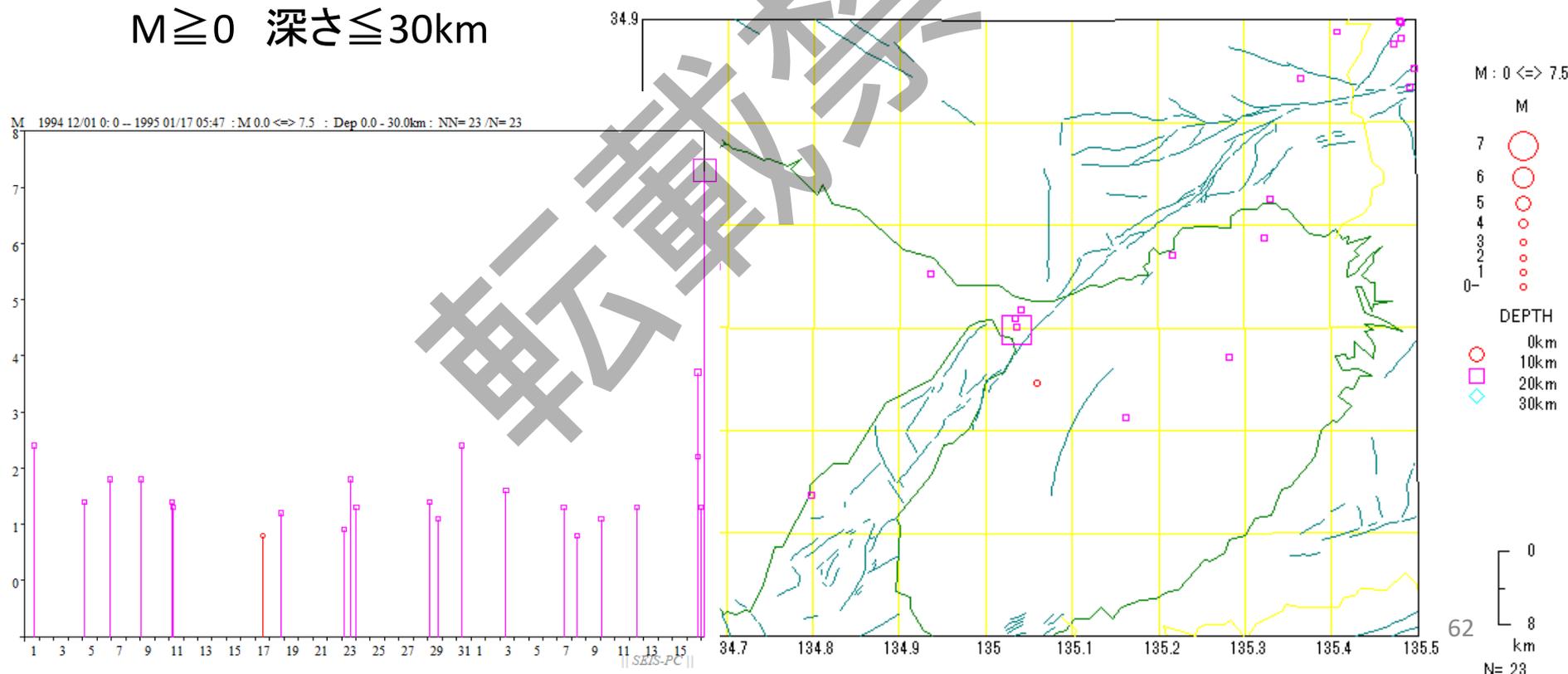
兵庫県南部前震 JMAカタログ

D	H	M	S	緯度	経度	深さ	M	
16	18	28	02.60	34.6007	135.0365	18.4	3.7	
16	18	49	10.90	34.6175	135.0400	11.4	2.2	
16	23	49	11.90	34.6102	135.0335	14.4	1.3	
17	05	46	51.80	34.5983	135.0350	16.0	7.3	本震

1994/12/01/0:00 - 1995/01/17/05:47

1994 12/01 0:0 - 1995 01/17 05:47

M ≥ 0 深さ ≤ 30km



1995年兵庫県南部 地震地表断層



野島断層



(国土地理院提供)

野島地震断層 (小倉)



条痕

落ちなかったバス・善峯寺のお守り



転落を免れたバス。約1週間後にクレーンで降ろされ、以後10年以上も運行した (PHOTO) 朝井 豊



<https://gendai.ismedia.jp/articles/-/34173?page=6>

「落ちなかったバス」

崩落した高速道路から大きく車体を出し、ギリギリのところでこらえている観光バスは、当時世間からそう呼ばれた。

善峯寺のお守り

阪神淡路大震災におけるバス運転手さんの奇跡に伴い、「当病悉除」「靈験あらたかなお釈迦さま」から「息災安穩」の新たな信仰が生まれて、入試合格や交通安全など「おちないお守り」として評判になりました。

<http://www.yoshiminedera.com/omamori/index.html>

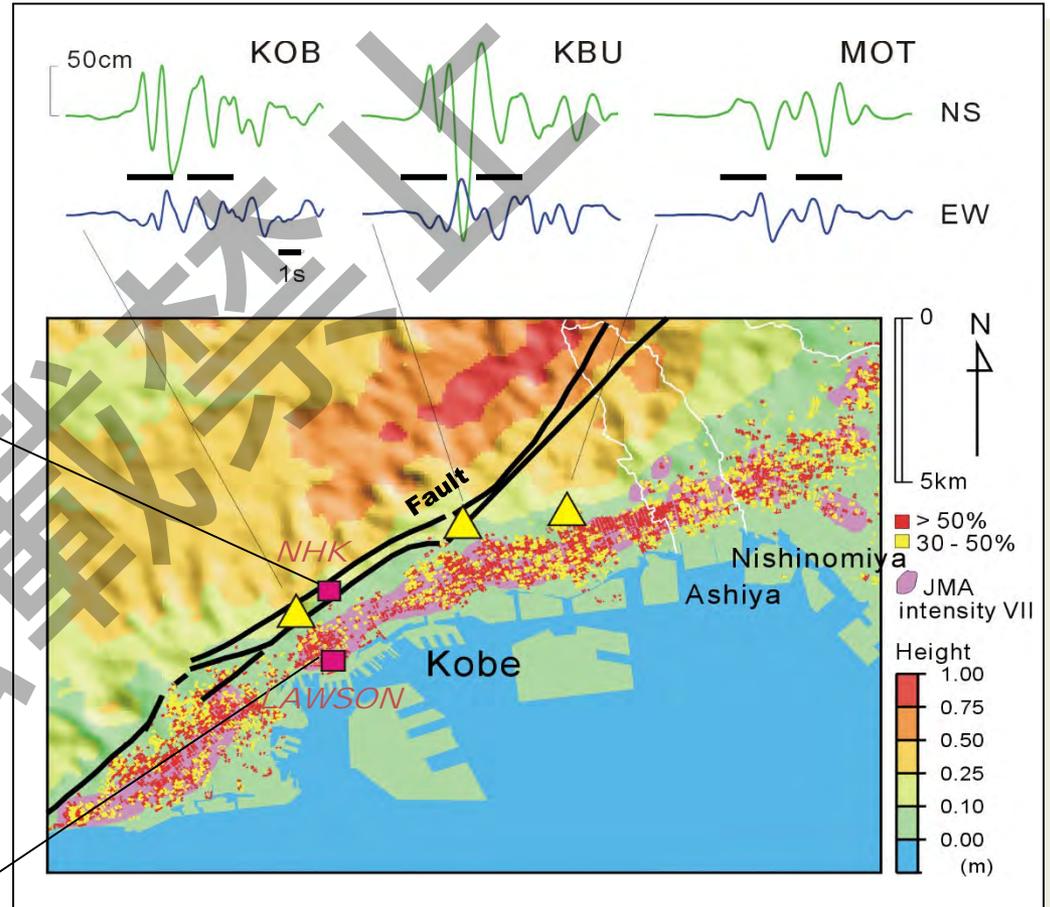
1995年兵庫県南部地震：パルス波(T=1~2s)と震災の帯

古村(東大地震研)

(a) VCR Record



断層近傍での強震動波形

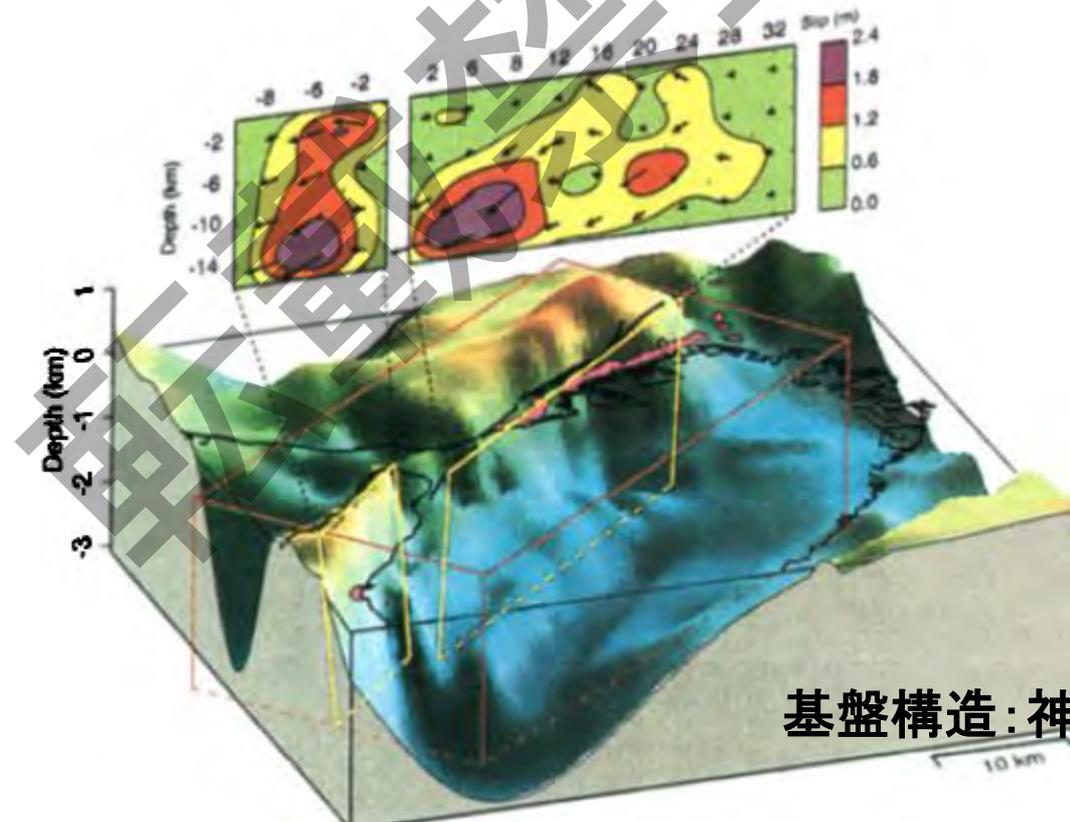
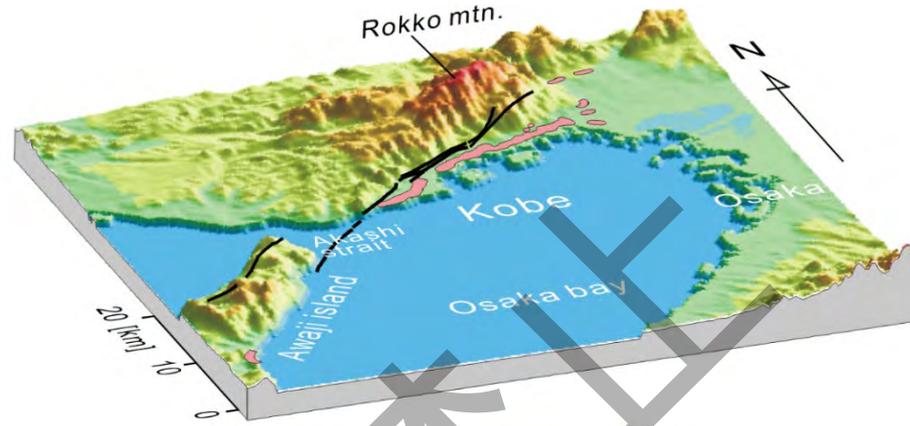


Kikuchi (1995) *Nature*, V377, p19

Kikuchi(1995)

Furumura & Koketsu(1998)

3次元堆積構造と震災の帯 古村(東大地震研)



Furumura &
Koketsu
(1998)

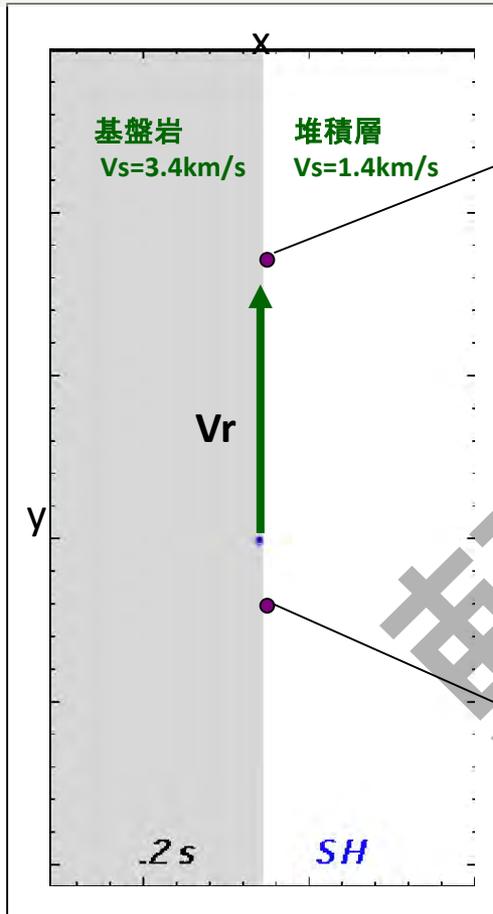
堆積層/基盤岩
境界

基盤構造:神戸-阪神地域

1995年兵庫県南部地震と強震動

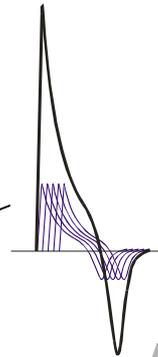
古村(東大地震研)

1. 破壊伝播 ディレクティビティー



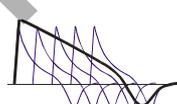
Forward:

Directivity Pulse



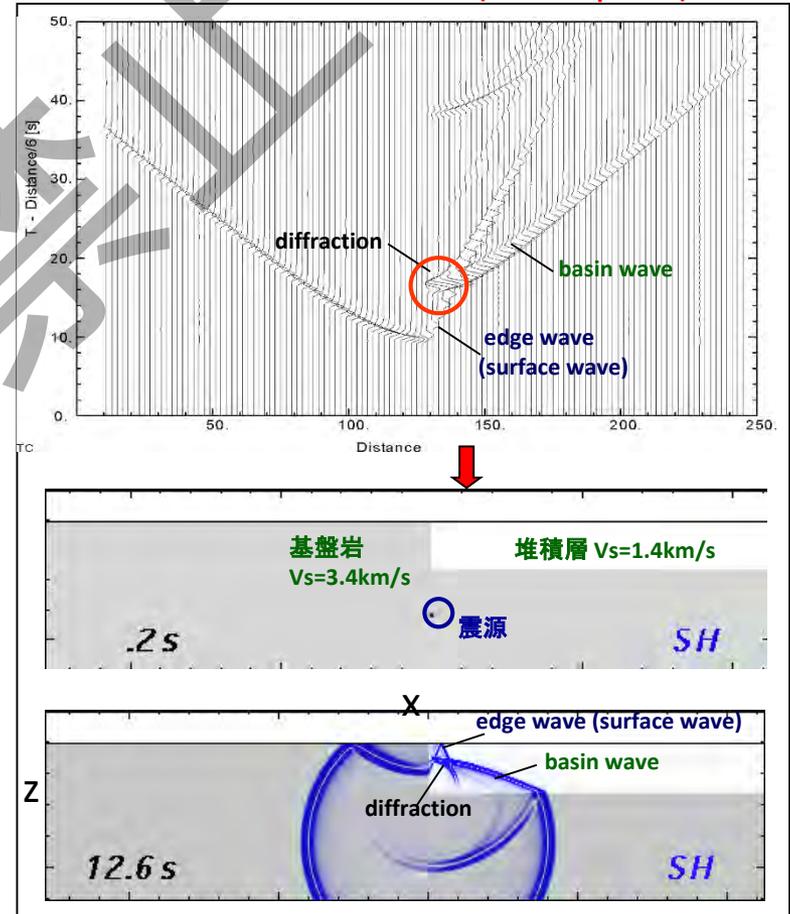
破壊伝播速度:
 $V_r = 0.7 \sim 0.9 V_s$

Backward:



2. Basin Edge Effect

Constructive Interference
(Multi path)



1995年兵庫県南部地震: 強震動シミュレーション

古村(東大地震研)

