

平成 22 年度 第 6 回災害リモートセンシング技術の標準化と高度化に関する研究委員会

話題提供資料

- ・「2008 年パキスタン地震を対象とした ALOS による地すべり抽出解析の一考察」
（古田竜一）
- ・「全国地震動予測地図の基礎データを活用した地震リスク評価」（能島暢呂）

以上

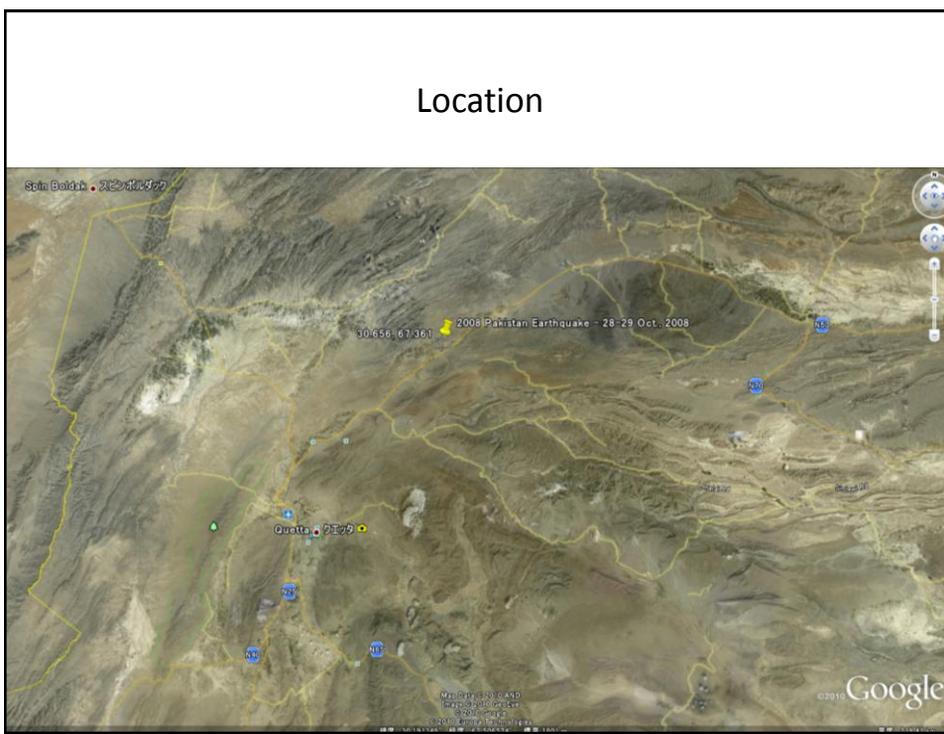
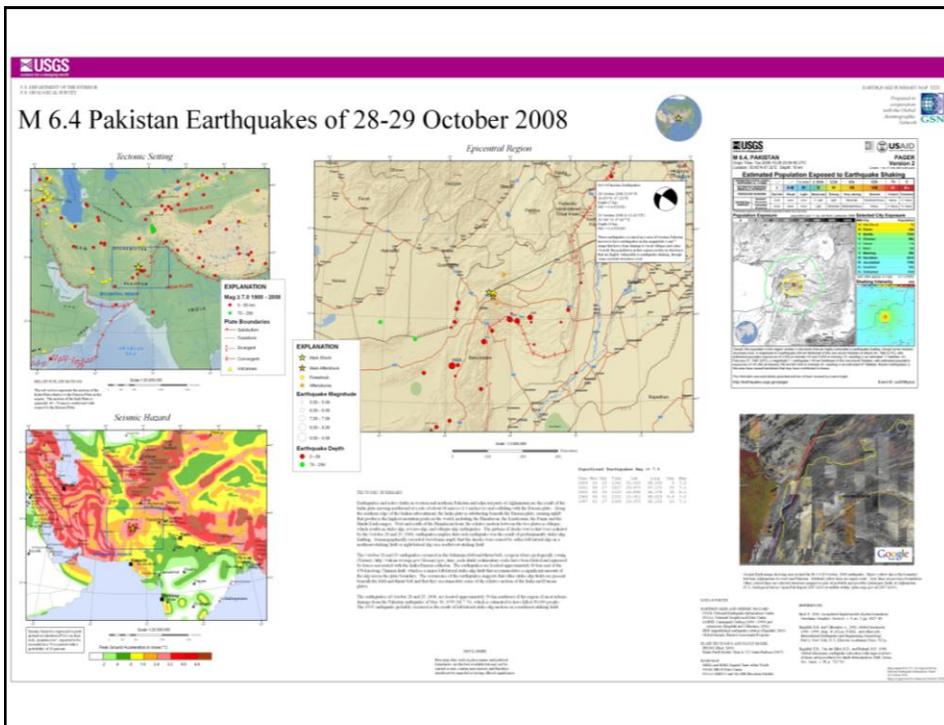
2008年パキスタン地震を対象とした ALOSによる地すべり抽出解析の一考察

(財)リモート・センシング技術センター・研究部
古田 竜一

Details of 2008 Pakistan Earthquake

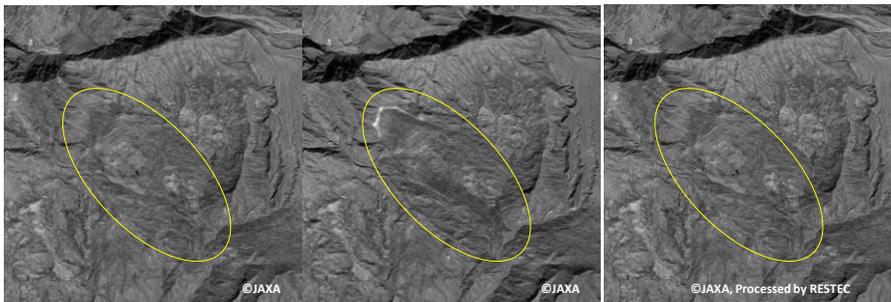
<u>Magnitude</u>	6.4
<u>Date/Time</u>	Tuesday, October 28, 2008 at 23:09:58 UTC Wednesday, October 29, 2008 at 04:09:58 AM at epicenter Time of Earthquake in other Time Zones
<u>Location</u>	30.656°N, 67.361°E
<u>Depth</u>	15 km (9.3 miles) set by location program
<u>Region</u>	PAKISTAN
<u>Distances</u>	60 km (35 miles) NE of Quetta, Pakistan 190 km (120 miles) SE of Kandahar, Afghanistan 195 km (120 miles) NNE of Kalat, Pakistan 640 km (400 miles) WSW of ISLAMABAD, Pakistan
<u>Location Uncertainty</u>	horizontal +/- 4.8 km (3.0 miles); depth fixed by location program
<u>Parameters</u>	NST=166, Nph=166, Dmin=459.3 km, Rmss=1.11 sec, Gp= 25°, M-type=regional moment magnitude (Mw), Version=A
<u>Source</u>	USGS NEIC (WDCS-D)
<u>Event ID</u>	us2008yscs

Source: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/Quakes/us2008yscs.php>



Comparison of optical imagery and SAR imagery

- Learn from landslide of Pakistan earthquake, 2008 -



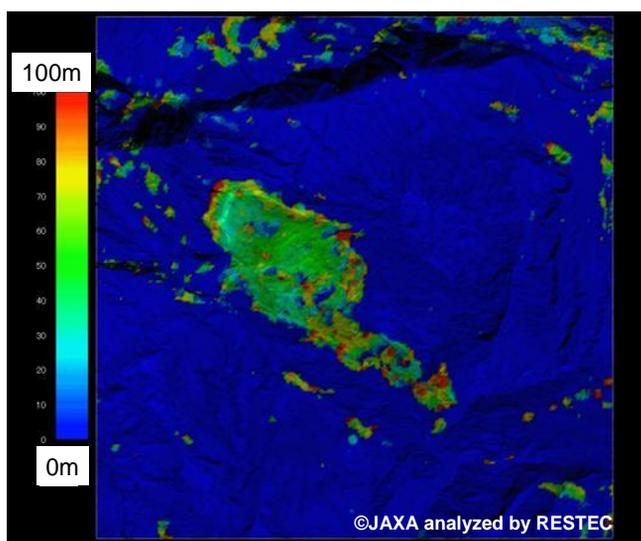
22 September, 2008
(Pre-earthquake)

07 November, 2008
(Post-earthquake)

Comparison of pre- and
post-earthquake
(Animation)

ALOS PRISM imagery of landslide of Pakistan earthquake.

Deformation analysis by PRISM data



Comparison of optical imagery and SAR imagery

- Learn from landslide of Pakistan earthquake, 2008 -



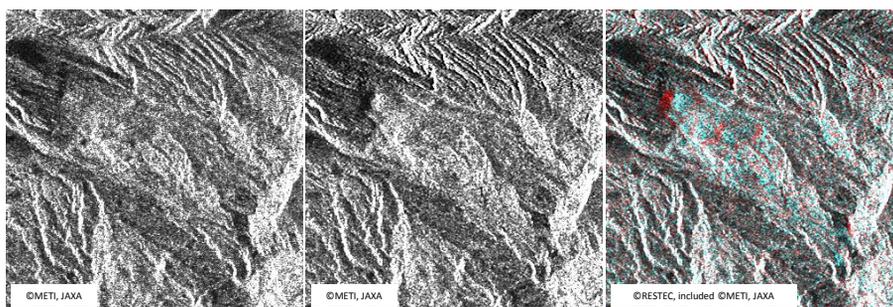
22 September, 2008
(Pre-earthquake)

07 November, 2008
(Post-earthquake)

ALOS AVNIR-2 imagery of landslide of Pakistan earthquake.

Comparison of optical imagery and SAR imagery

- Learn from landslide of Pakistan earthquake, 2008 -



22 January, 2007
(Pre-earthquake)

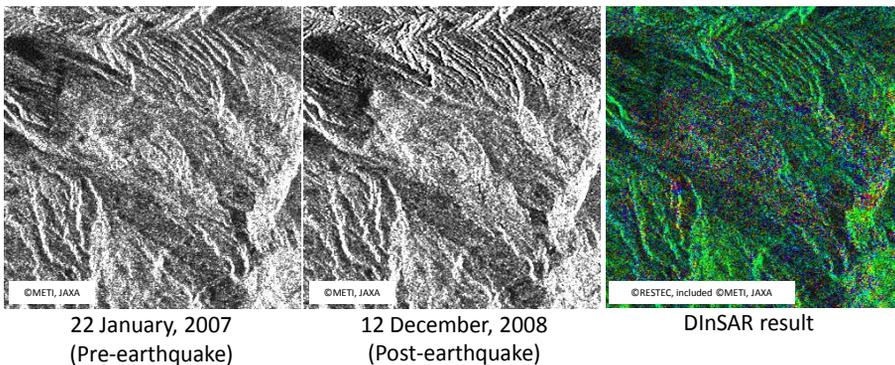
12 December, 2008
(Post-earthquake)

Comparison of pre- and
post-earthquake
(RGB color composite)

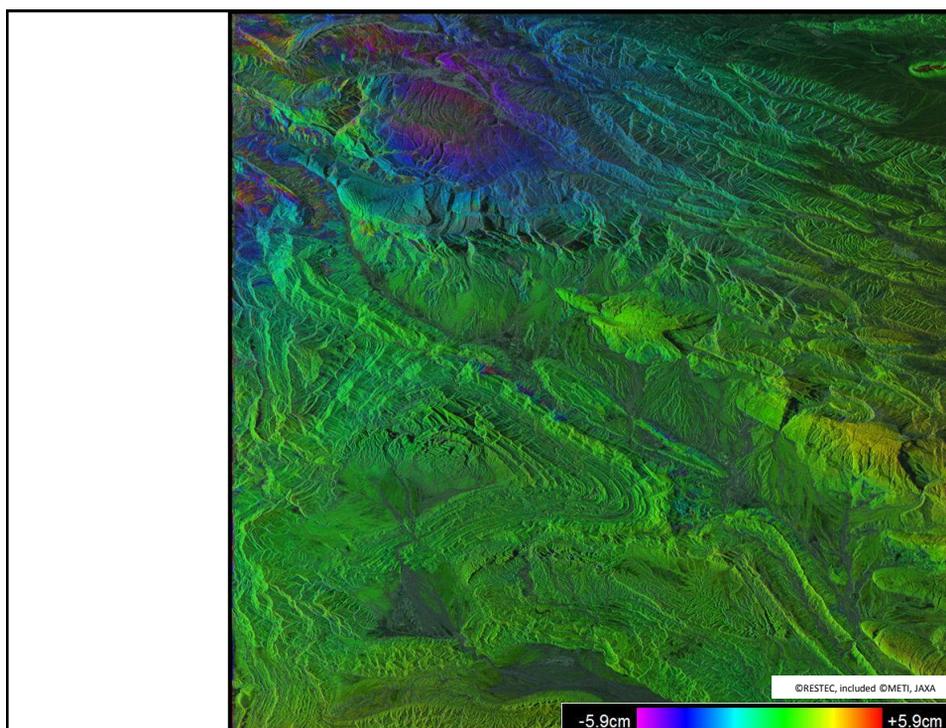
ALOS PALSAR imagery of landslide of Pakistan earthquake.

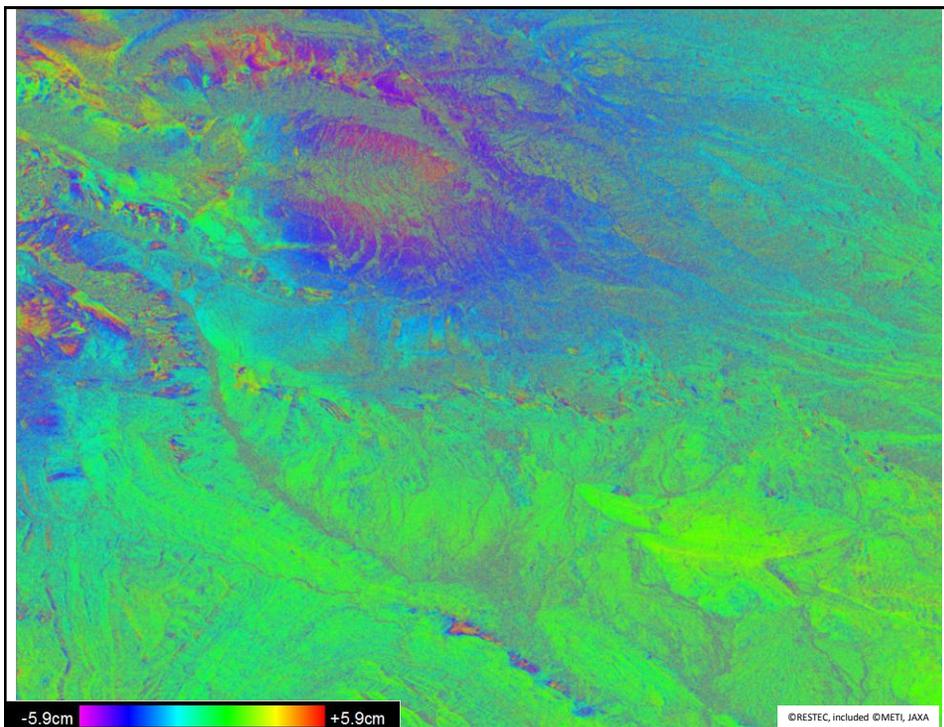
Comparison of optical imagery and SAR imagery

- Learn from landslide of Pakistan earthquake, 2008 -



ALOS PALSAR & PALSAR DInSAR imagery of landslide of Pakistan earthquake.



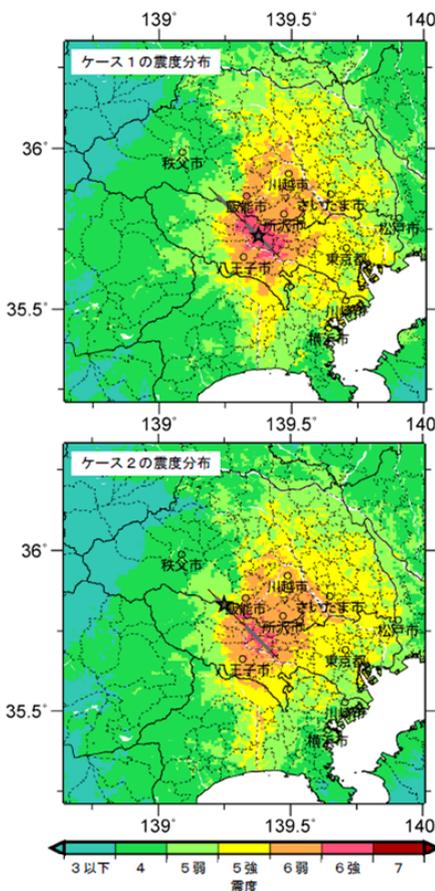


全国地震動予測地図の基礎データを 活用した地震リスク評価

岐阜大学工学部
能島暢呂

震源断層を特定した地震動予測地図

全国一律に手続き化された強震動予測結果の例（立川断層帯の例）



震源断層を特定した地震動予測地図とは、ある特定の地震の破壊のシナリオが生じた場合に各地点がどのように揺れるのかを計算してその分布を地図に示したものです。

今回、全国一律に手続き化された強震動予測手法（レシビ）に基づいて、全国の主要活断層帯で発生する地震の震度分布を予測しました。

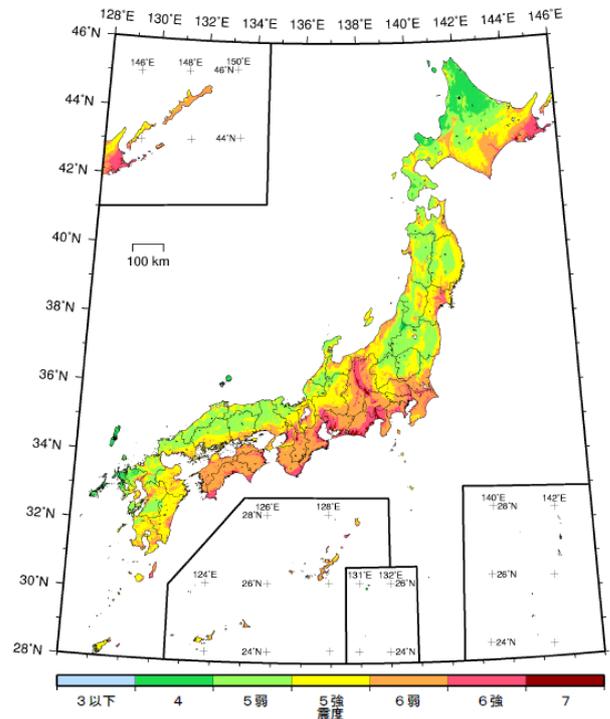
複数の代表的シナリオが想定されており、現象の多様さ・複雑さの一端を知り防災行動に役立てたいものです。左の例では、断層の南東側のアスペリティから破壊が始まるケース1と、断層の北西側のアスペリティから破壊が始まるケース2とが、それぞれ設定されています。

確率的地震動予測地図

今後30年間にその値以上の揺れに見舞われる確率が3%となる震度

確率的地震動予測地図とは、日本とその周辺で発生する全ての地震の位置・規模・確率に基づいて、地震動の「強さ」・「期間」・「確率」の関係情報を扱い、各地点がどの程度の確率でどの程度揺れるのかをまとめて計算し、その分布を地図に示したものです。下の図は、期間と確率を固定して求められた震度分布の例です。

(注：日本領土のうち南鳥島と沖ノ鳥島では、計算に必要な基礎データが整備されていないため、地図が作成されていません。湖沼・河川は、白色に表示されています。)



地震ハザードステーション(J-SHIS)

(防災科学技術研究所)

<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>



地震ハザードステーション
J-SHIS (Japan Seismic Hazard Information Station)

新しい「地震ハザードステーションJ-SHIS」の運用開始について

「全国地震動予測地図」が地震調査研究推進本部地震調査委員会により公表されました。防災科学技術研究所では、「全国地震動予測地図」を、よりわかりやすくウェブ上で閲覧することができるシステムとして、これまで運用してきた「地震ハザードステーション J-SHIS」の大幅な機能アップを実現した新型のシステムを開発しました。新しく開発されたシステムでは、「全国地震動予測地図」として新たに整備された約250mメッシュの全国版「確率的な地震動予測地図」、主要断層帯で発生する地震に対する詳細な強震動予測に基づく「震源断層を特定した地震動予測地図(想定地震地図)」、それらの計算に用いた表層地盤増幅率や深部地盤モデル等を、背景地図と重ね合わせて表示する機能に加え、住所や郵便番号などによる検索機能を強化することにより、調べたい場所での地震ハザード情報を、簡単に閲覧することができるようになりました。また、より専門的なデータの利活用に資するため、地震動予測地図の地図データや計算に用いた断層モデル、地盤モデル等をダウンロードする機能も強化しました。

「地震ハザードステーションJ-SHIS」から公開される地震ハザード情報が、地震防災への意識向上と効果的な地震対策のための基礎資料として活用されることを期待しております。

2009年7月21日
プロジェクトディレクター 藤原広行

地震ハザードステーション J-SHIS の概要

地震調査研究推進本部地震調査委員会において作成が進められていた「全国を概観した地震動予測地図」が完成し、平成17年3月23日に公表されました。防災科学技術研究所では、平成13年4月より特定プロジェクト「地震動予測地図作成手法の研究」を開始し、「全国を概観した地震動予測地図」の作成に資するため、地震動予測地図の作成に必要な要素技術の開発及び地震動予測地図の作成作業を行ってきました。

「全国を概観した地震動予測地図」は、地震発生時の長期的な確率評価と強震動の評価を組み合わせた「確率的な地震動予測地図」と、特定の地震に対して、ある想定されたシナリオに対する詳細な強震動評価に基づく「震源断層を特定した地震動予測地図」の2種類の性質の異なる地図から構成されています。「全国を概観した地震動予測地図」は、兵庫県南部地震の教訓を踏まえ発足した地震調査研究推進本部のこの10年間の調査研究の成果の集大成として位置づけられるものであり、地図の作成に必要なデータまで含めると膨大な量の情報を含んでいます。

防災科学技術研究所では、地震動予測地図の利用に関する検討の一環として、「地震動予測地図工学利用検討委員会」を設置し検討を行ってきました。本委員会がまとめた報告書*では、「全国を概観した地震動予測地図」を最終成果物としての地図そのものだけでなく、その作成の前提条件となった地震活動・震源モデル及び地下構造モデル等の評価プロセスに関わるデータも併せた情報群としてとらえることにより、「地震ハザードの共通情報基盤」として位置づけるべきとの提言がなされました。

この提言を実現するために、防災科学技術研究所では「全国を概観した地震動予測地図」の公開システムの開発を実施し、同報告書により提案された名称を採用し、「地震ハザードステーション J-SHIS」として運用を開始することになりました。J-SHISが「地震ハザードの共通情報基盤」として地震調査研究とその利用者をつなぐ双方の情報交換の場として発展していくことを願っております。

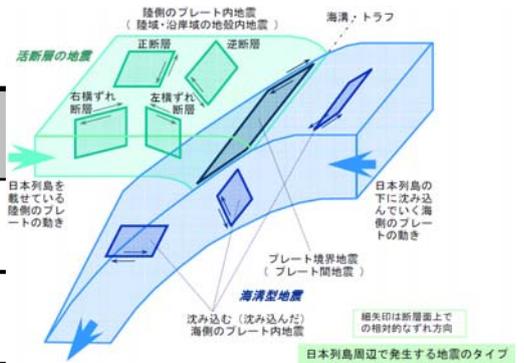
2005年5月9日
特定プロジェクト「地震動予測地図作成手法の研究」
プロジェクトディレクター 藤原広行

*「地震動予測地図の工学利用 -地震ハザードの共通情報基盤を目指して-」:防災科学技術研究所研究資料第258号, 2004. [こちらからご覧いただけます。](http://www.j-shis.bosai.go.jp/)

<http://www.j-shis.bosai.go.jp/JSHIS2/text/outline.html>

表 2.3-1 日本列島とその周辺で発生する地震の分類

陸域および沿岸域で発生する地震	活 主要98断層帯に発生する固有地震
	活 主要98断層帯以外の活断層に発生する地震
	活 主要98断層帯に発生する地震のうち固有地震以外の地震
	陸域で発生する地震のうち活断層が特定されていない場所で発生する地震
	上記のいずれにも分類できないため地域特性を考慮して分類した地震 (浦河沖の震源断層を予め特定しにくい地震)
海溝等のプレート境界やその近くで発生する地震	海溝型地震(プレートの沈み込みに伴う大地震)
	プレート間で発生する地震のうち大地震以外の地震
	沈み込む(沈み込んだ)プレート内で発生する地震のうち大地震以外の地震
	上記のいずれにも分類できないため地域特性を考慮して分類した地震 (日本海東縁部、伊豆諸島以南、南西諸島付近の震源断層を予め特定しにくい地震)



地震調査研究
推進本部(2006)

※網掛け部の地震は、基盤的調査観測の対象となる主要な地震として地震調査委員会が長期評価を実施したもの。

検討内容

対象： 内陸地殻内地震（陸域に発生する浅い地震）

・ 震源断層が特定された地震に関する検討

- 「**主要活断層帯**」と「**その他の活断層**」を対象としたマクロな地震リスク評価
- 「**切迫度**」と「**影響度**」を考慮したリスク指標による想定地震の抽出手法の開発

・ 震源断層を予め特定しにくい地震に関する検討

- 「**震源不特定地震**」の30年発生確率の評価
- 「**震源不特定地震**」を対象としたマクロなリスク評価
- 「**震源不特定地震**」と「**震源特定地震**」のリスク比較

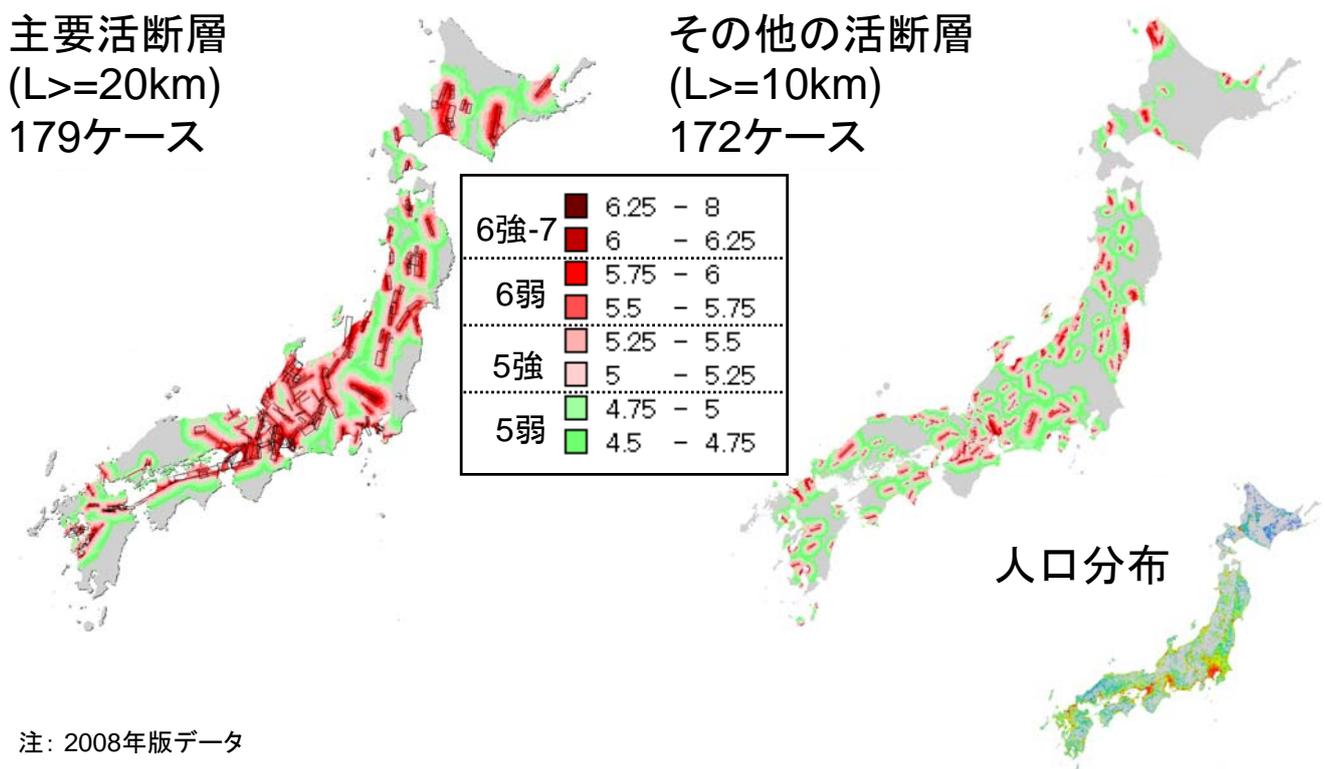
使用データ：地震調査研究推進本部「全国地震動予測地図」の基礎データ
：防災科学技術研究所「地震ハザードステーション(J-SHIS)」より取得

5

内陸地殻内地震（震源断層特定） による震度分布

主要活断層
($L \geq 20\text{km}$)
179ケース

その他の活断層
($L \geq 10\text{km}$)
172ケース



注：2008年版データ

ばらつきを考慮した震度予測

常用対数標準偏差 $\sigma_{ATTE} = 0.53 * \log_{10} e = 0.23$

- 最大速度から計測震度への変換式

$$I_{INSTR} = 2.68 + 1.72 * \log_{10} PGV_S$$

計測震度の常用対数標準偏差 = 0.40

- 変換式のばらつき(0.21)も考慮した計測震度のばらつき

$$\sigma_{TOTAL}^2 = \sigma_{ATTE}^2 + \sigma_{CONV}^2 = 0.40^2 + 0.21^2 = 0.45^2$$

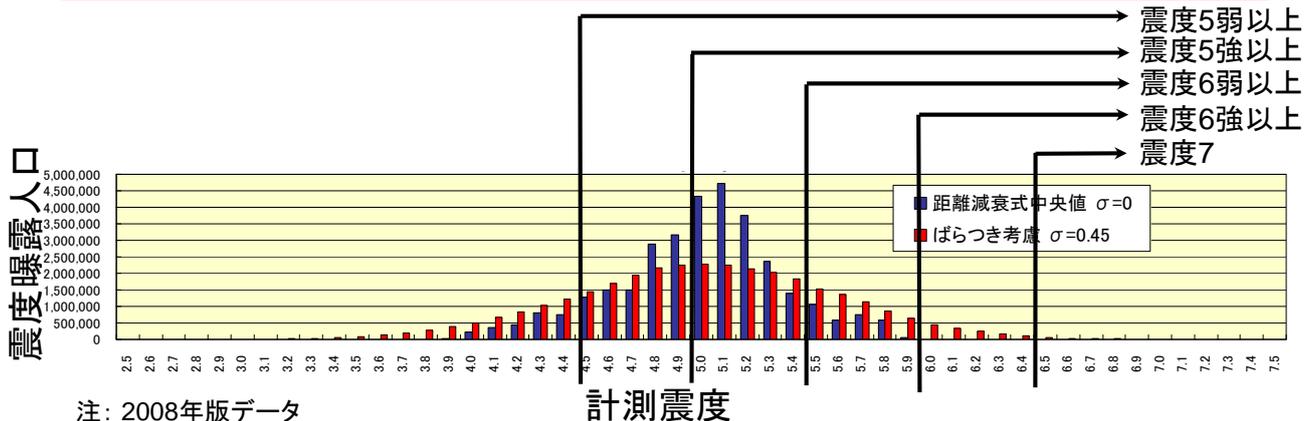
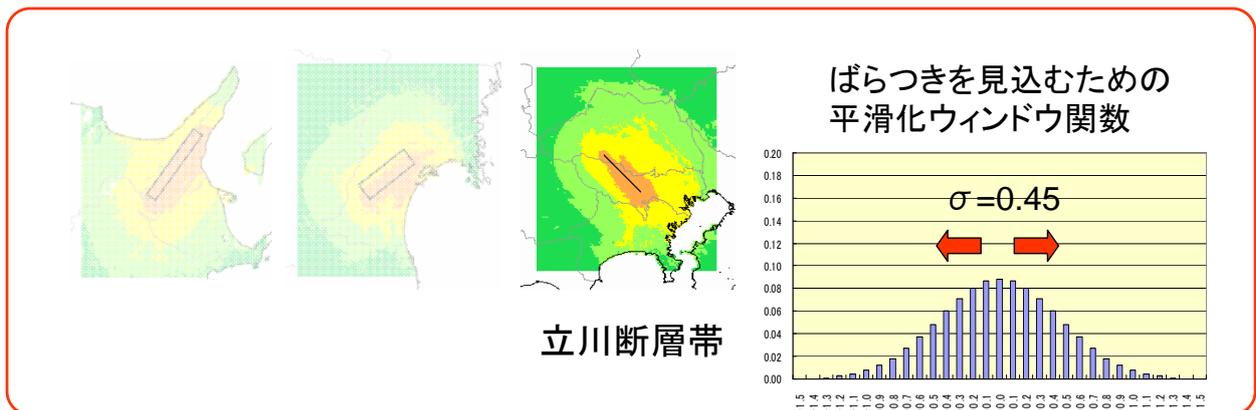
- 空間相関するばらつきとランダムなばらつきに再編成

最大速度の地震間・地震内の標準偏差の比 1:1.5 (翠川ら, 2003)

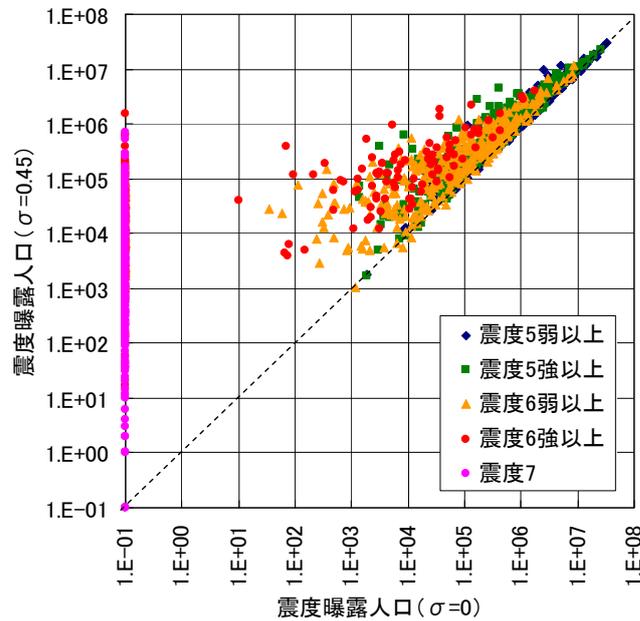
$$\sigma_{ATTE}^2 = \sigma_{INTER}^2 + \sigma_{INTRA}^2 = 0.22^2 + 0.33^2 = 0.40^2$$

$$\sigma_{TOTAL}^2 = \sigma_{INTER}^2 + \sigma_{INTRA}^2 + \sigma_{CONV}^2 = 0.22^2 + 0.33^2 + 0.21^2 = 0.45^2 = 0.22^2 + 0.39^2 = \sigma^{corr 2} + \sigma^{rand 2}$$

震度曝露人口の推計例



ばらつきを考慮しない場合($\sigma=0$)と考慮した場合($\sigma=0.45$)の震度曝露人口の比較 (すべての活断層)

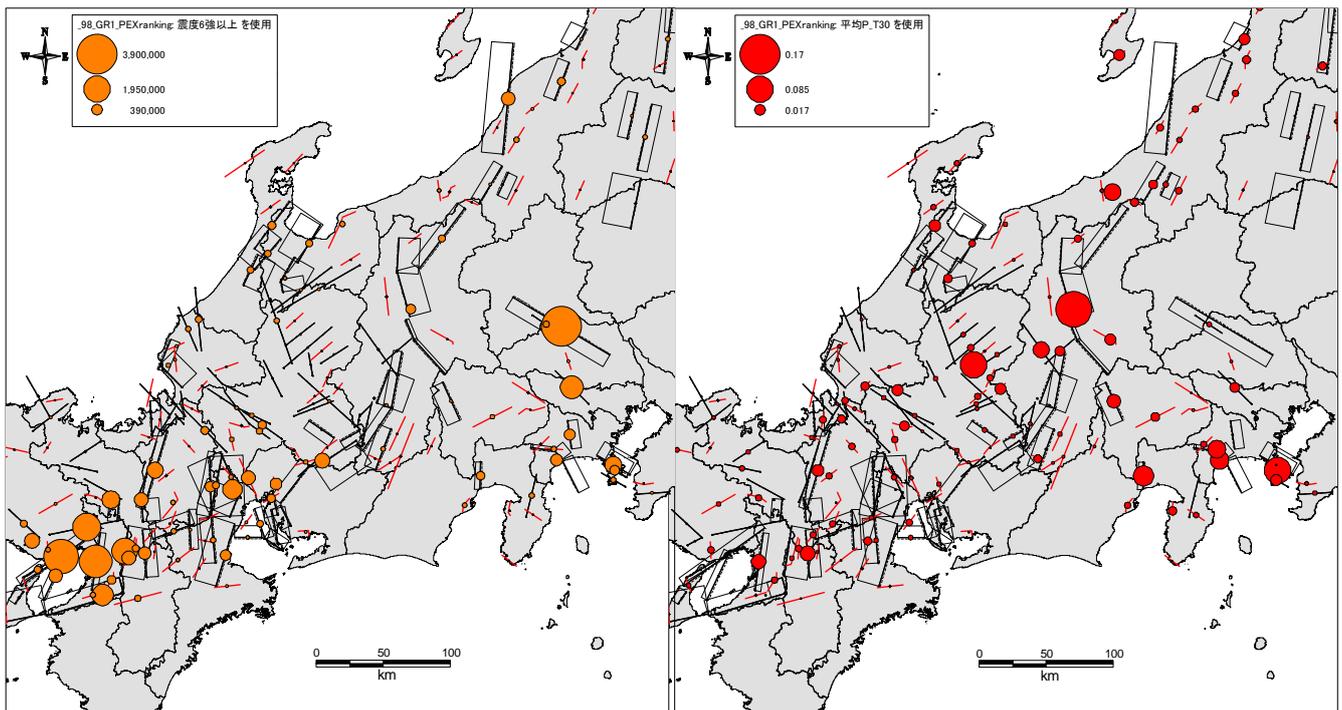


確率ゼロはX軸およびY軸上にプロット

注: 2008年版データ

9

震度曝露人口 (PEX; Population Exposure) と 30年地震発生確率 (平均ケース)



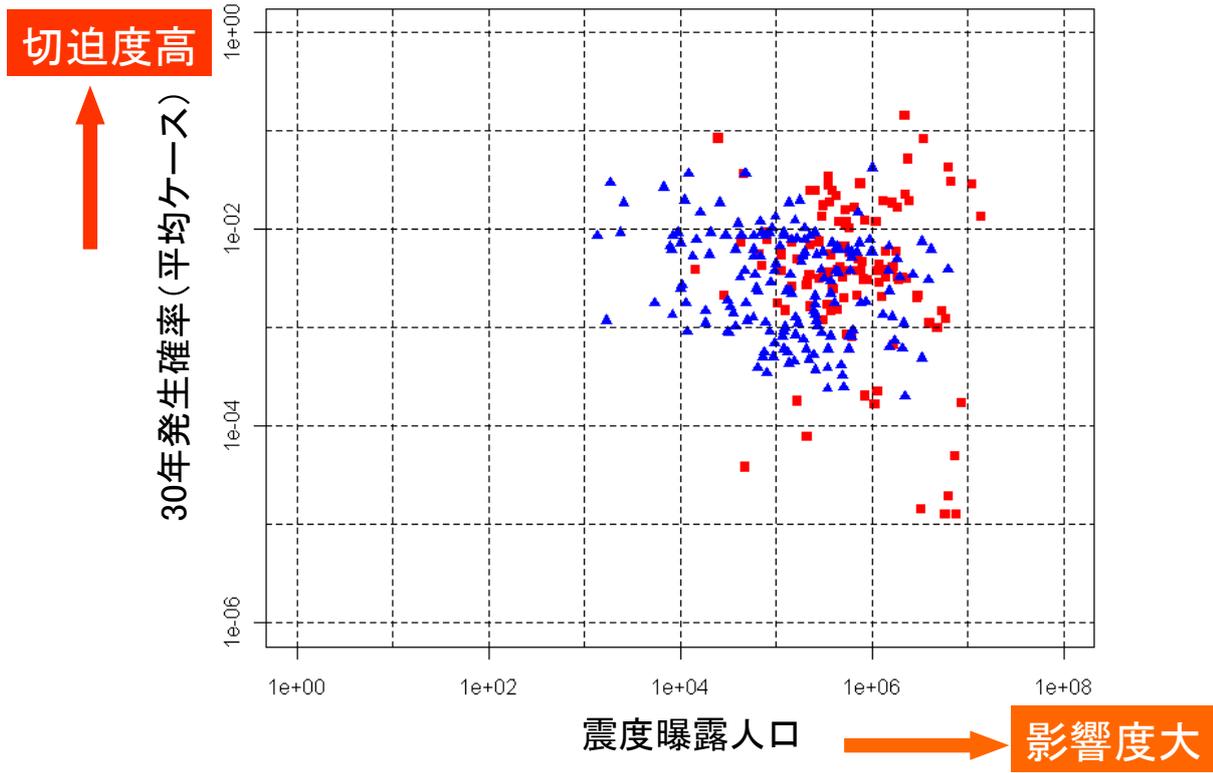
PEX (震度6強以上)

30年地震発生確率
(平均ケース)

10

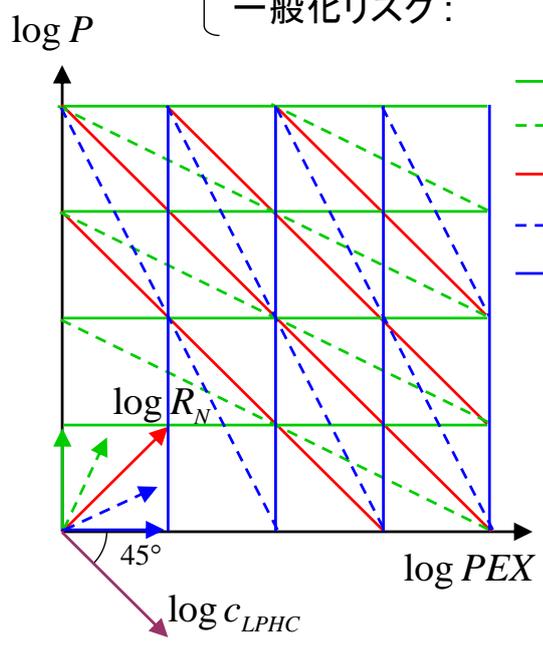
震度6強以上の震度曝露人口と 30年地震発生確率

- 主要活断層 179ケース
- ▲ その他の活断層 172ケース

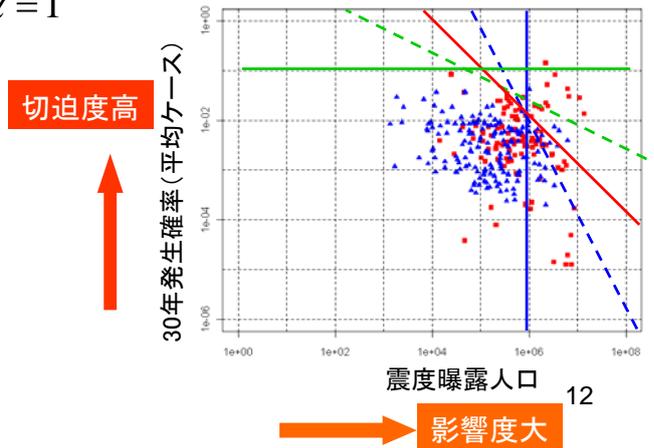


一般化リスク指標 「確率」と「結果」の焦点効果

- 中立的リスク: $R_N = P \cdot PEX$
- 一般化リスク: $R_G(\alpha) = P^{1-\alpha} \cdot PEX^{1+\alpha} = R_N \cdot c_{LPHC}^\alpha$



$$c_{LPHC} = \frac{PEX}{P}$$



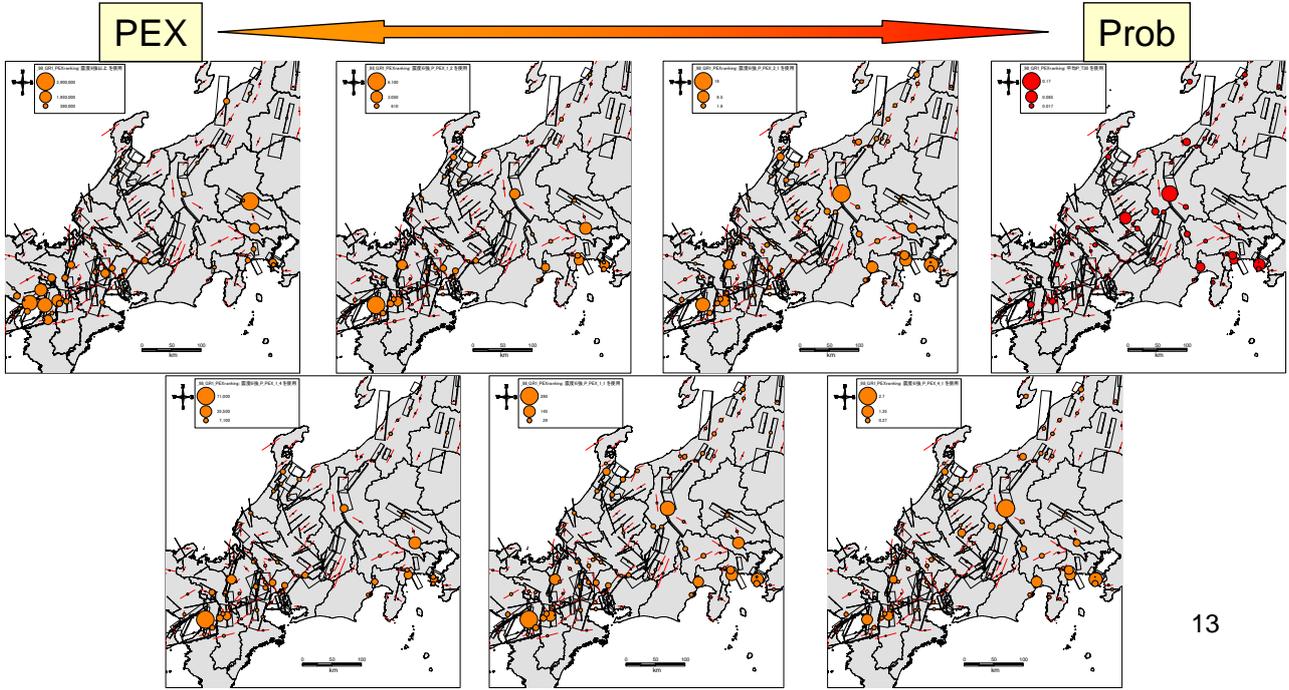
震度6強以上のPEXによる 一般化リスク指標

影響度重視

$$R_G(\alpha) = P^{1-\alpha} \cdot PEX^{1+\alpha}$$

切迫度重視

$\alpha = 1$ 3/5 1/3 0 -1/3 -3/5 -1



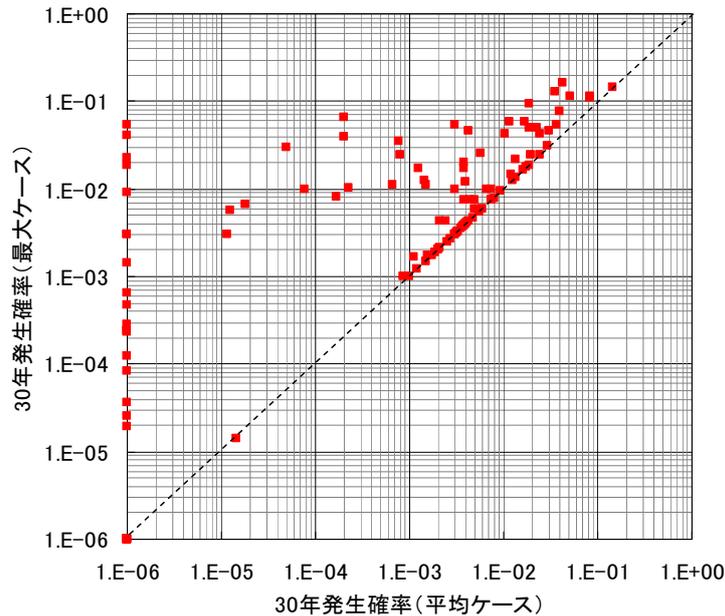
13

表5 震度6弱以上の曝露人口による一般化リスク指標の上位50位のランキング (平均ケース、すべての活断層、 $\sigma=0.45$)

PEX ($\alpha=1$)	PEXProb=4:1 ($\alpha=3/5$)	PEXProb=2:1 ($\alpha=1/3$)	PEXProb=1:1 ($\alpha=0$)	PEXProb=1:2 ($\alpha=-1/3$)	PEXProb=1:4 ($\alpha=-3/5$)	Prob ($\alpha=-1$)
1 3101 関東平野北西縁断層帯主部	3401 上野断層帯	3001 上野断層帯	3001 上野断層帯	4101 糸魚川・静岡構造造断層帯	4101 糸魚川・静岡構造造断層帯	4101 糸魚川・静岡構造造断層帯
2 7901 六甲・淡路島断層帯主部	3401 立川断層帯	3401 立川断層帯	4101 糸魚川・静岡構造造断層帯	3702 三浦半島断層帯主部	3702 三浦半島断層帯主部	5201 阿曾断層帯主部
3 8001 上野断層帯	3601 神蔵・国府津一松田断層帯	3601 神蔵・国府津一松田断層帯	3702 三浦半島断層帯主部	3601 神蔵・国府津一松田断層帯	3601 神蔵・国府津一松田断層帯	3601 神蔵・国府津一松田断層帯
4 7801 有馬一高尾断層帯	3501 駿河湾断層帯	3702 三浦半島断層帯主部	3601 神蔵・国府津一松田断層帯	3601 神蔵・国府津一松田断層帯	3601 神蔵・国府津一松田断層帯	3601 神蔵・国府津一松田断層帯
5 3401 立川断層帯	3501 神蔵・国府津一松田断層帯	3401 立川断層帯	3401 立川断層帯	4301 富士川断層帯	4301 富士川断層帯	4301 富士川断層帯
6 7701 生駒断層帯	3702 三浦半島断層帯主部	4101 糸魚川・静岡構造造断層帯	3501 奈良盆地東縁断層帯	7501 奈良盆地東縁断層帯	7501 奈良盆地東縁断層帯	10067 養老断層帯
7 8101 中央構造線断層帯主部	4101 糸魚川・静岡構造造断層帯	6501 琵琶湖西岸断層帯	6501 琵琶湖西岸断層帯	3401 立川断層帯	10067 養老断層帯	1801 山形盆地断層帯
8 3401 立川断層帯	4101 糸魚川・静岡構造造断層帯	40802 磐国断層帯南東部	4301 富士川断層帯	6501 琵琶湖西岸断層帯	1801 山形盆地断層帯	10054 高田平野東縁断層帯
9 7803 京都一桑名一四日市断層帯	10802 磐国断層帯南東部	4301 富士川断層帯	10802 磐国断層帯南東部	10067 養老断層帯	5201 阿曾断層帯主部	10171 池田湖断層帯
10 6701 養老一桑名一四日市断層帯	10093 津島断層帯	10116 京阪奈正設断層帯	10067 養老断層帯	1801 山形盆地断層帯	6501 琵琶湖西岸断層帯	10024 泉涌断層帯
11 3701 三浦半島断層帯主部	5303 恵那山一旗本山北断層帯	8501 山崎断層帯主部南東部	8501 山崎断層帯主部南東部	10802 磐国断層帯南東部	10802 磐国断層帯南東部	10013 八雲断層帯
12 10116 京阪奈正設断層帯	10117 羽曳野断層帯	10117 羽曳野断層帯	1801 山形盆地断層帯	8501 山崎断層帯主部南東部	8501 山崎断層帯主部南東部	701 黒松内低地断層帯
13 8501 琵琶湖西岸断層帯	5402 加木屋断層帯	10093 津島断層帯	5501 色知断層帯	5501 色知断層帯	3401 立川断層帯	4601 塊峠・神谷断層帯主部
14 5303 恵那山一旗本山北断層帯	3501 富士川断層帯	10067 養老断層帯	601 石狩低地東縁断層帯主部	3703 三浦半島断層帯南東部	4601 塊峠・神谷断層帯主部	7501 奈良盆地東縁断層帯
15 9801 大阪湾断層帯	7803 志保山北断層帯	601 石狩低地東縁断層帯主部	3703 三浦半島断層帯南東部	601 石狩低地東縁断層帯主部	10054 高田平野東縁断層帯	10001 龍口谷断層帯
16 7501 奈良盆地東縁断層帯	0901 鈴鹿百緑断層帯	5501 色知断層帯	10116 京阪奈正設断層帯	4601 塊峠・神谷断層帯主部	5501 色知断層帯	8001 赤井断層帯
17 5402 加木屋断層帯	10115 あやめ池断層帯	10115 あやめ池断層帯	10117 羽曳野断層帯	10054 高田平野東縁断層帯	3703 三浦半島断層帯南東部	10174 暮野島断層帯
18 8204 中央構造線断層帯石越山	0901 山崎断層帯主部南東部	3703 三浦半島断層帯南東部	10115 あやめ池断層帯	4201 糸魚川一静岡構造造断層帯	4201 糸魚川一静岡構造造断層帯	4201 糸魚川一静岡構造造断層帯
19 8001 神蔵・国府津一松田断層帯	0908 名古屋付近断層帯	5303 恵那山一旗本山北断層帯	2001 長町一利府断層帯	5201 阿曾断層帯主部	5201 阿曾断層帯主部	9204 大分平野一由布院断層帯
20 7303 花折断層帯中南部	2001 長町一利府断層帯	1801 山形盆地断層帯	10093 津島断層帯	9502 雲仙断層帯南東部	10171 池田湖断層帯	8501 山崎断層帯主部南東部
21 10093 津島断層帯	601 石狩低地東縁断層帯主部	10088 名古屋付近断層帯	10088 名古屋付近断層帯	10115 あやめ池断層帯	10024 泉涌断層帯	10134 芳井断層帯
22 8501 伊勢断層帯	5501 色知断層帯	2001 長町一利府断層帯	4601 塊峠・神谷断層帯主部	10117 羽曳野断層帯	701 黒松内低地断層帯	10002 奈良盆地東縁断層帯
23 6901 鈴鹿百緑断層帯	3701 三浦半島断層帯主部	5402 加木屋断層帯	4201 糸魚川一静岡構造造断層帯	9204 大分平野一由布院断層帯	3802 磐国断層帯主部	2801 熊川断層帯
24 10802 磐国断層帯南東部	3703 三浦半島断層帯南東部	6901 鈴鹿百緑断層帯	5603 須羽山断層帯	9501 雲仙断層帯北西部	2501 熊川断層帯	5501 色知断層帯
25 10117 羽曳野断層帯	10067 養老断層帯	5603 須羽山断層帯	9502 雲仙断層帯南東部	10401 曾根正設断層帯	9502 雲仙断層帯南東部	10001 龍口谷断層帯
26 3702 三浦半島断層帯主部	6701 養老一桑名一四日市断層帯	702 五日市断層帯	5602 碓波平野断層帯	10091 谷汲木知原断層帯	10013 八雲断層帯	2501 熊川断層帯
27 10068 名古屋付近断層帯	6103 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部	10103 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部	40401 曾根正設断層帯	10091 谷汲木知原断層帯	10134 芳井断層帯	3703 三浦半島断層帯南東部
28 7102 布引山断層帯	9101 山崎断層帯	9101 山崎断層帯	9501 雲仙断層帯北西部	9204 大分平野一由布院断層帯	3802 磐国断層帯主部	10061 霧ヶ峰断層帯
29 6004 濃尾断層帯主部	1801 山崎断層帯	7803 京都一桑名一四日市断層帯	10134 高塚山断層帯	9501 雲仙断層帯北西部	10051 国中平野断層帯	10001 龍口谷断層帯
30 10115 あやめ池断層帯	3102 那岐山断層帯	3102 那岐山断層帯	9203 大分平野一由布院断層帯	8001 長町一利府断層帯	10401 曾根正設断層帯	10079 白鳥断層帯
31 2701 長岡平野西縁断層帯	8302 平井一柳井断層帯	10095 養老山地百緑断層帯	10095 養老山地百緑断層帯	9203 大分平野一由布院断層帯	3802 磐国断層帯主部	6002 龍口谷断層帯
32 8202 中央構造線断層帯	10011 野幌正設断層帯	8702 五日市断層帯	8702 五日市断層帯	5603 須羽山断層帯	5602 碓波平野断層帯	9501 雲仙断層帯南東部
33 10119 坂本断層帯	8901 岩国断層帯	5303 恵那山一旗本山北断層帯	10134 高塚山断層帯	4602 霧ヶ峰断層帯	6002 龍口谷断層帯	6002 龍口谷断層帯
34 7201 赤川断層帯	10092 五日市断層帯	10124 高塚山断層帯	10091 谷汲木知原断層帯	3901 十日町断層帯	3901 十日町断層帯	10091 谷汲木知原断層帯
35 8301 那岐山断層帯	8401 山崎断層帯主部北西部	8401 山崎断層帯主部北西部	10054 高田平野東縁断層帯	10124 高塚山断層帯	9203 大分平野一由布院断層帯	8001 長町一利府断層帯
36 8801 鈴鹿東縁断層帯	8901 岩国断層帯	5602 碓波平野断層帯	3102 平井一柳井断層帯	10171 池田湖断層帯	10115 あやめ池断層帯	3401 立川断層帯
37 2001 長町一利府断層帯	8401 山崎断層帯主部北西部	10401 曾根正設断層帯	2501 熊川断層帯	4602 霧ヶ峰断層帯	6002 龍口谷断層帯	4602 霧ヶ峰断層帯
38 4101 糸魚川・静岡構造造断層帯	9501 雲仙断層帯北西部	10011 野幌正設断層帯	10011 野幌正設断層帯	10024 泉涌断層帯	10174 暮野島断層帯	10029 尾花次断層帯
39 10089 天台阿曾断層帯	10119 中央構造線五糸	401 増毛山地東縁断層帯	401 増毛山地東縁断層帯	701 黒松内低地断層帯	10117 羽曳野断層帯	9501 雲仙断層帯北西部
40 6103 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯	10085 養老断層帯主部	10113 和泉谷断層帯	10113 和泉谷断層帯	10093 津島断層帯	10051 国中平野断層帯	10040 安達木山東縁断層帯
41 8203 中央構造線断層帯石越山	10123 御所谷断層帯	10123 御所谷断層帯	8901 岩国断層帯	10061 霧ヶ峰断層帯	10040 安達木山東縁断層帯	10040 安達木山東縁断層帯
42 10155 福智山断層帯	7101 布引山断層帯	10155 福智山断層帯	3901 十日町断層帯	10113 和泉谷断層帯	5603 須羽山断層帯	3901 十日町断層帯
43 9701 伊勢断層帯主部北西部	10124 高塚山断層帯	6905 養老断層帯主部	6103 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部	10088 名古屋付近断層帯	10124 高塚山断層帯	10142 大原断層帯
44 2101 坂本断層帯	10118 和泉谷断層帯	10113 和泉谷断層帯	4401 加木屋断層帯	401 増毛山地東縁断層帯	10029 尾花次断層帯	5602 碓波平野断層帯
45 8501 山崎断層帯主部南東部	10085 養老断層帯	10113 和泉谷断層帯	10095 養老山地百緑断層帯	8401 山崎断層帯主部北西部	10095 養老山地百緑断層帯	10077 金糸島断層帯
46 9301 富士川断層帯	602 石狩低地東縁断層帯南東部	9502 雲仙断層帯南東部	7101 布引山断層帯	10045 須羽山断層帯	10070 連峰山断層帯	10070 連峰山断層帯
47 3903 赤川断層帯	401 増毛山地東縁断層帯	8301 那岐山断層帯	6103 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯	10001 龍口谷断層帯	10028 龍口谷断層帯	10028 龍口谷断層帯
48 4101 糸魚川断層帯	401 増毛山地東縁断層帯	8301 那岐山断層帯	10092 池田湖断層帯	9102 平井一柳井断層帯	10113 和泉谷断層帯	10113 和泉谷断層帯
49 601 石狩低地東縁断層帯主部	5701 森本一高尾断層帯	6007 武蔵川断層帯	10092 池田湖断層帯	3102 平井一柳井断層帯	10070 連峰山断層帯	10045 須羽山断層帯
50 10118 和泉谷断層帯	7303 花折断層帯中南部	9302 布田川・日奈久断層帯	9302 布田川・日奈久断層帯	10072 日本平断層帯	10094 鈴鹿断層帯	10108 越ヶ峯断層帯

・紙面の都合上、断層名を完全に表示できないので、断層コードをもとに、表1、表2を参照されたい。
 ・セルの色分けについては次の通り。 ■：平均・最大ケースとも確率がほぼゼロ、■：平均ケースのみ確率がほぼゼロ、その他：本文中で言及した断層を断層ごとに同色で塗り分け

30年地震発生確率の平均ケースと最大ケース(主要活断層帯)



確率ゼロはX軸およびY軸上にプロット

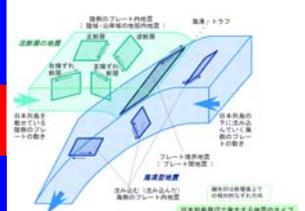
注: 2008年版データ

震源不特定地震に関する検討

- わが国の地震防災対策: 海溝型巨大地震や活断層による地震を重視
被害想定のために特定された活断層は限定的
- 近年, 陸域の震源断層を予め特定しにくい地震が多数発生
 - ・実体が明確でなく, 具体的にイメージしにくい
 - ・発生確率が明示されず, その危険性が認識されにくい
- 「確率論的地震動予測地図(2010年度版)」のJ-SHIS公開データより
 - (1) 陸域の震源不特定地震の30年発生確率(都道府県別)の算定
 - (2) 陸域の震源不特定地震と主要活断層帯・その他の活断層のリスク比較

全国地震動予測地図における地震分類

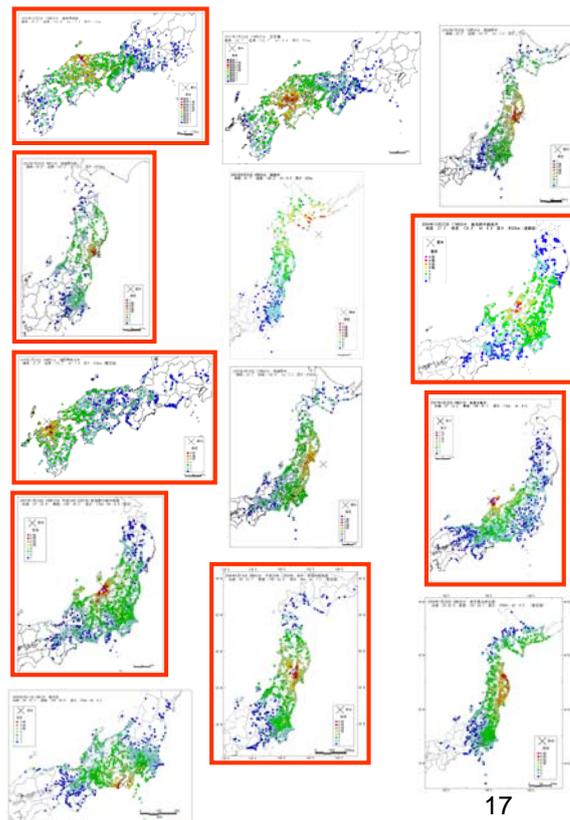
「陸域および沿岸域で発生する地震」	震源断層を特定した地震 (主要活断層帯+その他の活断層)
	震源断層を予め特定しにくい地震
「海溝等のプレート境界やその近くで発生する地震」	震源断層を特定した地震 (海溝型地震)
	震源断層を予め特定しにくい地震



近年の13の被害地震(2000~2009年)

- 2000年鳥取県西部地震 $M_j=7.3$ 【6強】
- 2001年芸予地震 $M_j=6.7$ 【6弱】
- 2003年三陸南地震 $M_j=7.1$ 【6弱】
- 2003年宮城県北部地震 $M_j=6.4$ 【6強】
- 2003年十勝沖地震 $M_j=8.0$ 【6強】
- 2004年新潟県中越地震 $M_j=6.8$ 【7】
- 2005年福岡県西方沖地震 $M_j=7.0$ 【6弱】
- 2005年宮城県沖地震 $M_j=7.2$ 【6弱】
- 2007年能登半島地震 $M_j=6.9$ 【6強】
- 2007年新潟県中越沖地震 $M_j=6.8$ 【6強】
- 2008年岩手・宮城内陸地震 $M_j=7.2$ 【6強】
- 2008年岩手県沿岸北部地震 $M_j=6.8$ 【6弱】
- 2009年駿河湾地震 $M_j=6.5$ 【6弱】

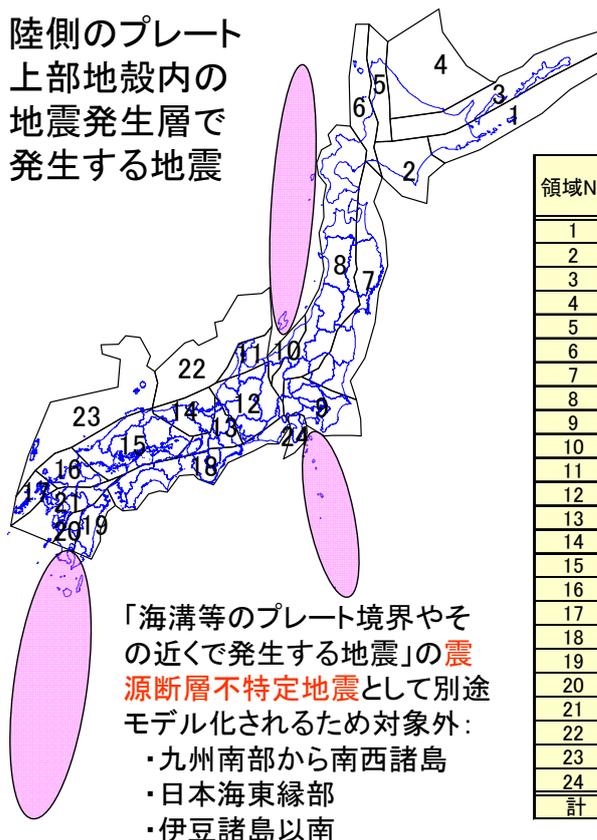
● 発生当時、震源不特定(陸域の浅い地震)



地震予知総合研究振興会「地震加速度情報ページ」より

地震地体構造区分図に基づく24の地域区分

陸側のプレート
上部地殻内の
地震発生層で
発生する地震

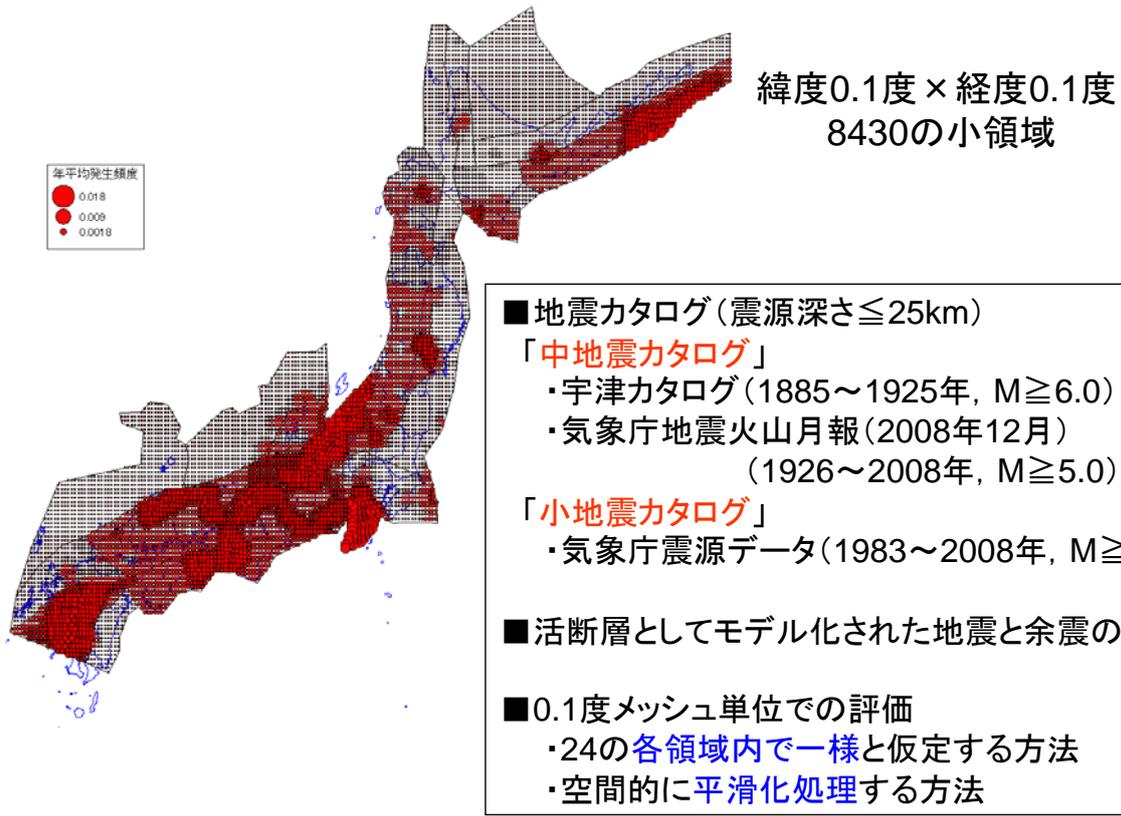


1600年以降に発生した活断層との対応が明確でない地震の最大規模

最小 $M_L=5$ 最大 M_U

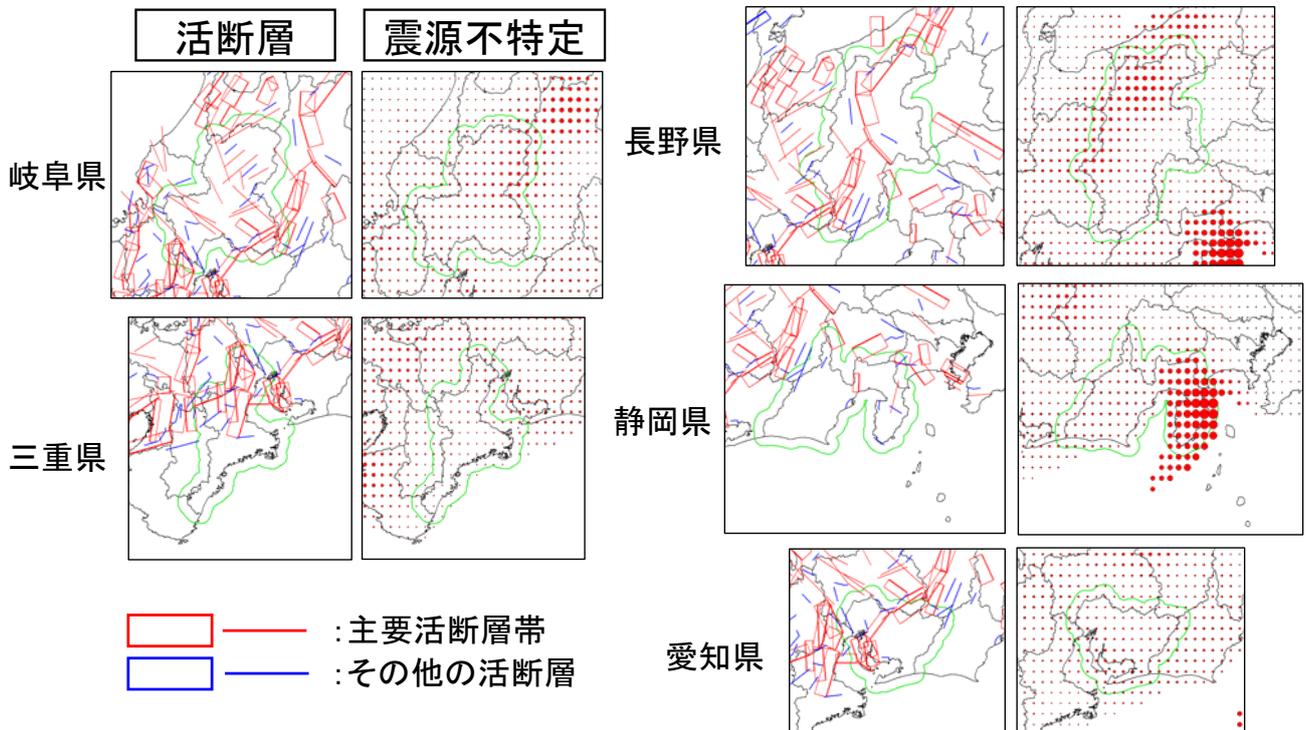
領域No.	垣見マップ最大M	0.1度メッシュ数	最小 M_{mL}	最大 M_{mU}	M個数	モデル地震数
1	6 3/4	501	5.0	6.8	19	9519
2	7 1/4	300	5.0	6.8	19	5700
3	7 1/4	567	5.0	6.8	19	10773
4	6 1/2	694	5.0	6.8	19	13186
5	7 1/4	197	5.0	6.8	19	3743
6	7 1/4	264	5.0	6.8	19	5016
7	7	667	5.0	6.8	19	12673
8	7 1/2	982	5.0	7.2	23	22586
9	7 1/2	320	5.0	7.0	21	6720
10	7 3/4	94	5.0	6.9	20	1880
11	7 1/4	128	5.0	6.8	19	2432
12	8	344	5.0	7.0	21	7224
13	7 3/4	142	5.0	6.8	19	2698
14	7 1/2	193	5.0	6.9	20	3860
15	7 1/2	494	5.0	7.3	24	11856
16	7 1/4	174	5.0	7.0	21	3654
17	6 1/2	110	5.0	6.8	19	2090
18	7	454	5.0	7.0	21	9534
19	7	145	5.0	6.8	19	2755
20	7 1/4	59	5.0	7.1	22	1298
21	7 1/2	265	5.0	6.9	20	5300
22	7	577	5.0	7.0	21	12117
23	6 3/4	695	5.0	7.1	22	15290
24	7 1/4	64	5.0	7.2	23	1472
計	-	8430	-	-	-	173376

M \geq 5.0の地震の年平均発生頻度



19

都道府県内の活断層および 震源不特定地震の震源位置の抽出 (バッファ10km)



都道府県内の地震発生確率の算定

ゲーテンベルク・リヒター(G-R)式

$$\log n(m) = a - bm$$

全領域 $b=0.9$
 $\beta = b \ln 10$

マグニチュードの確率密度関数

$$f_M(m) = \frac{\beta \exp\{-\beta(m - m_L)\}}{1 - \exp\{-\beta(m_U - m_L)\}}$$

m 以上の相対的超過確率

$$p(M \geq m) = P(m \leq M \leq m_U) = \int_m^{m_U} f_M(m) dm$$

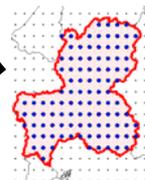
$$= \frac{\exp\{-\beta(m - m_L)\} - \exp\{-\beta(m_U - m_L)\}}{1 - \exp\{-\beta(m_U - m_L)\}}$$

m 以上の年平均地震発生頻度(都道府県集計)

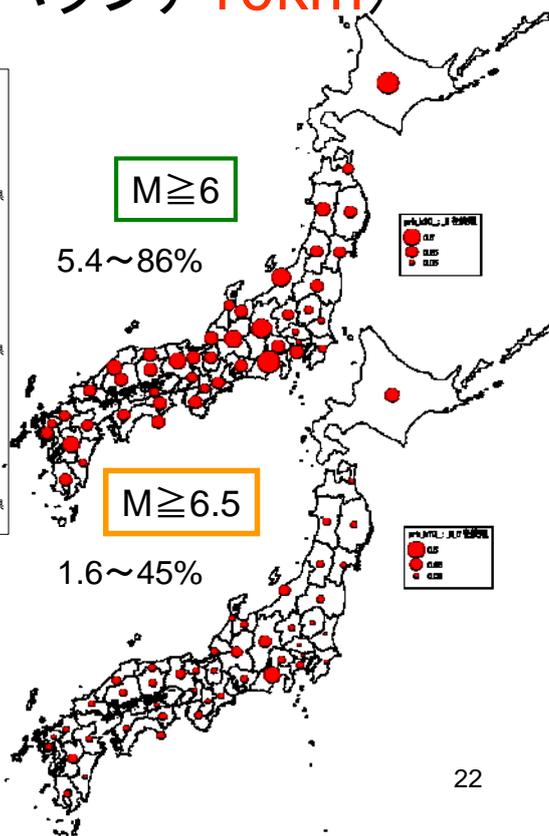
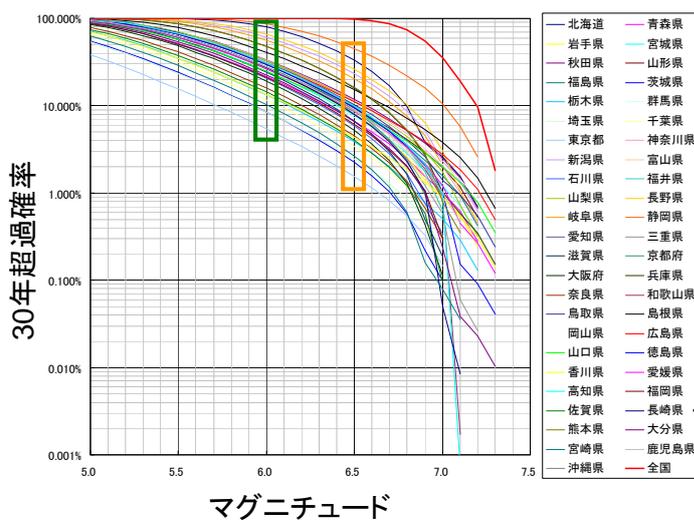
$$v_j(M \geq m) = \sum_{i \in Z_j} v_i p_i(M \geq m)$$

t 年間の m 以上の地震発生確率(都道府県集計)

$$P_j(M \geq m, T = t) = 1 - \exp[-v_j(M \geq m) \cdot t]$$

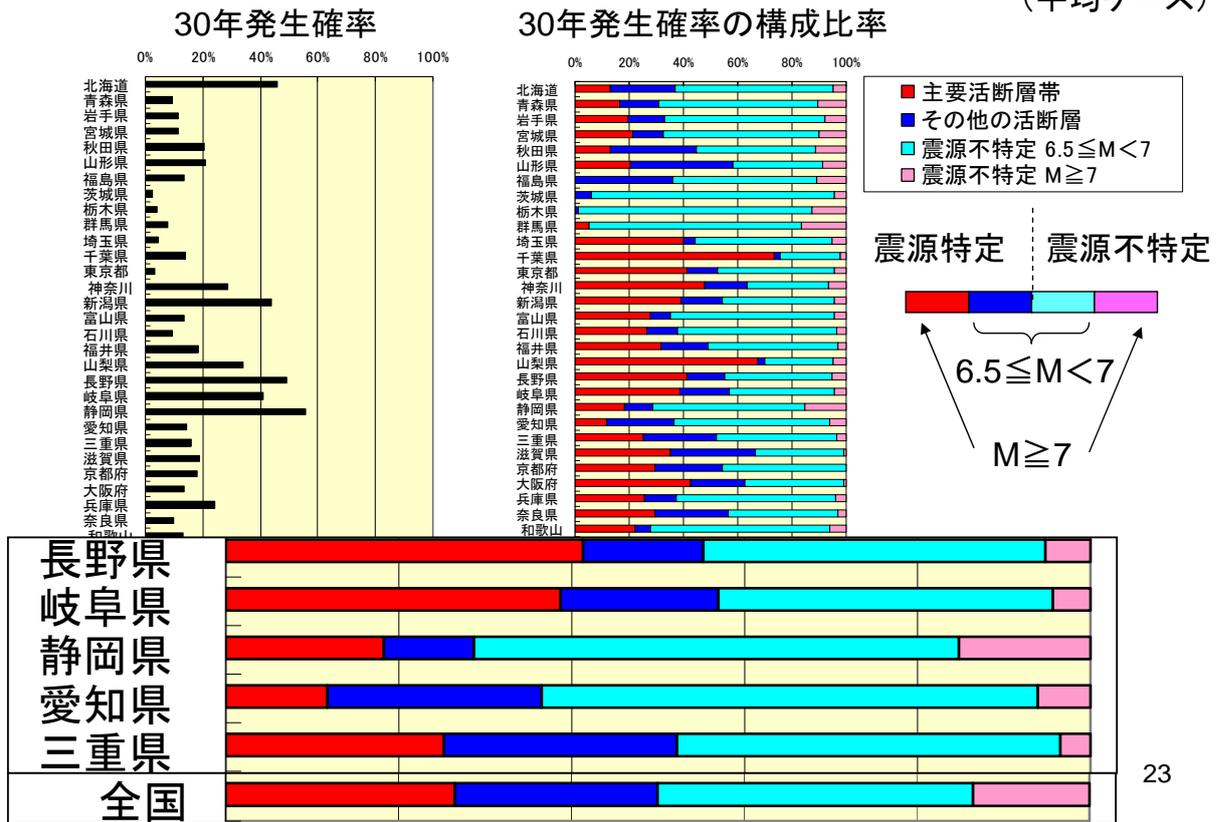


都道府県内の震源不特定地震の 30年地震発生確率(バッファ10km)

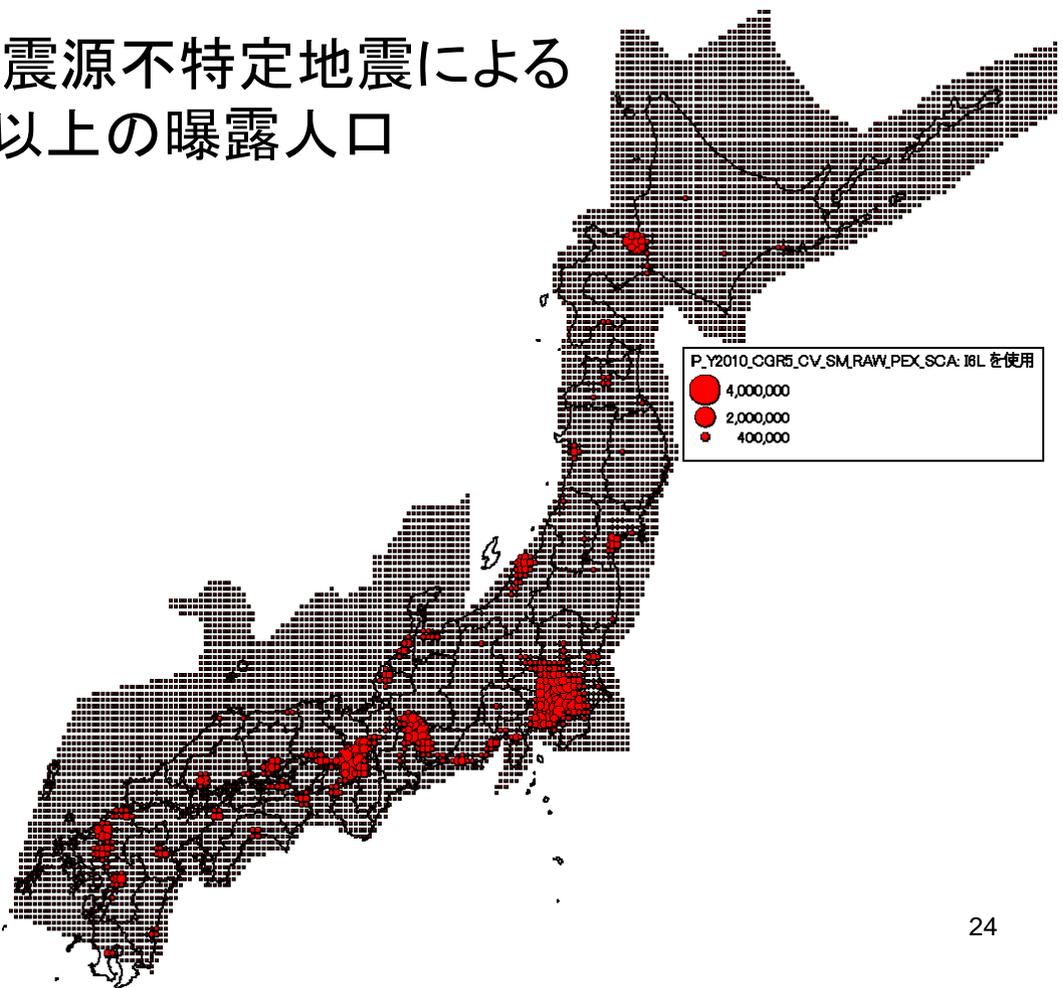


$M \geq m$ の地震の30年発生確率
(沖縄県を除く46都道府県+全国)

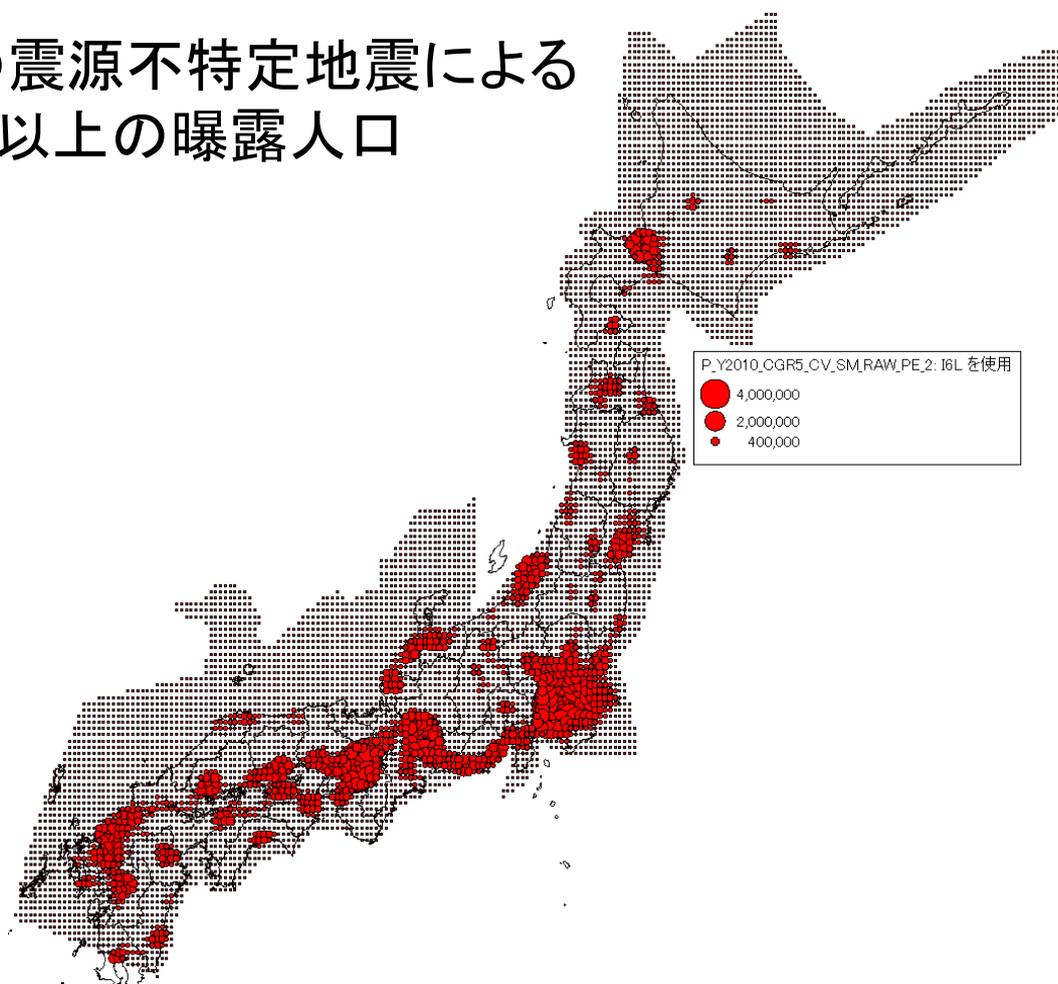
陸域の浅い地震の都道府県別30年発生確率 とその構成比率 (バッファ10km) (平均ケース)



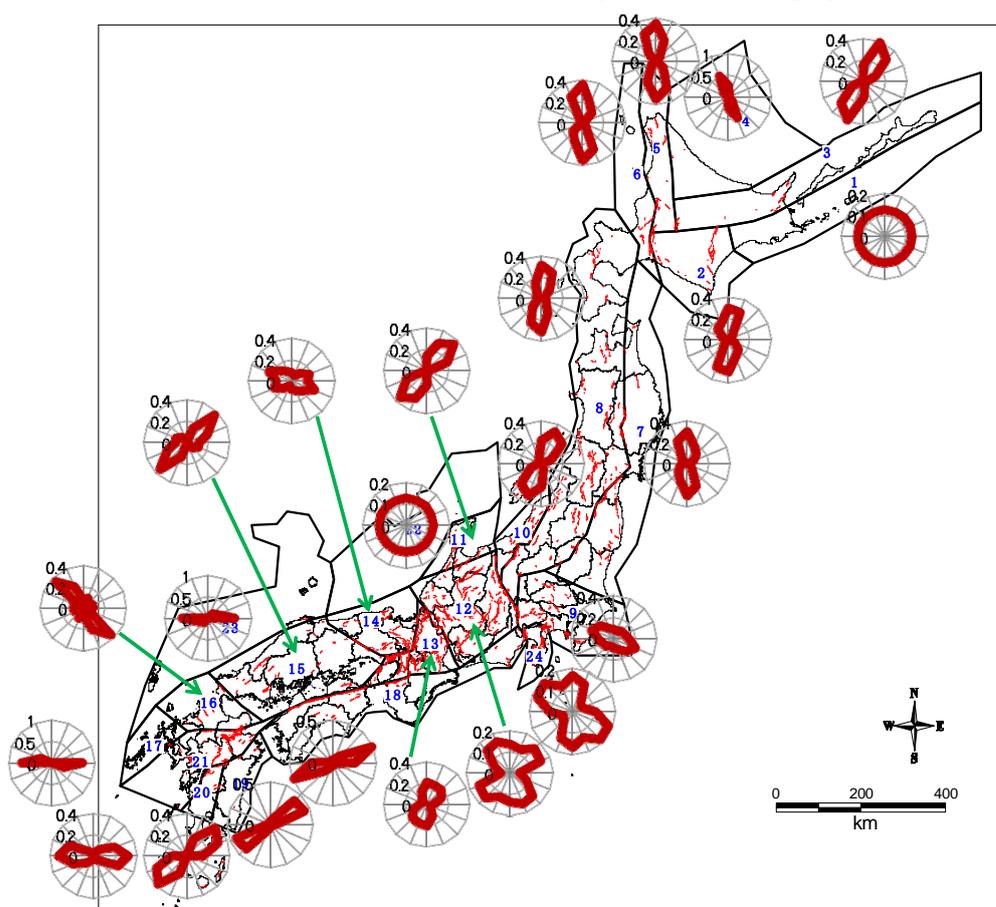
M=6.3の震源不特定地震による 震度6弱以上の曝露人口



M=6.8の震源不特定地震による 震度6弱以上の曝露人口

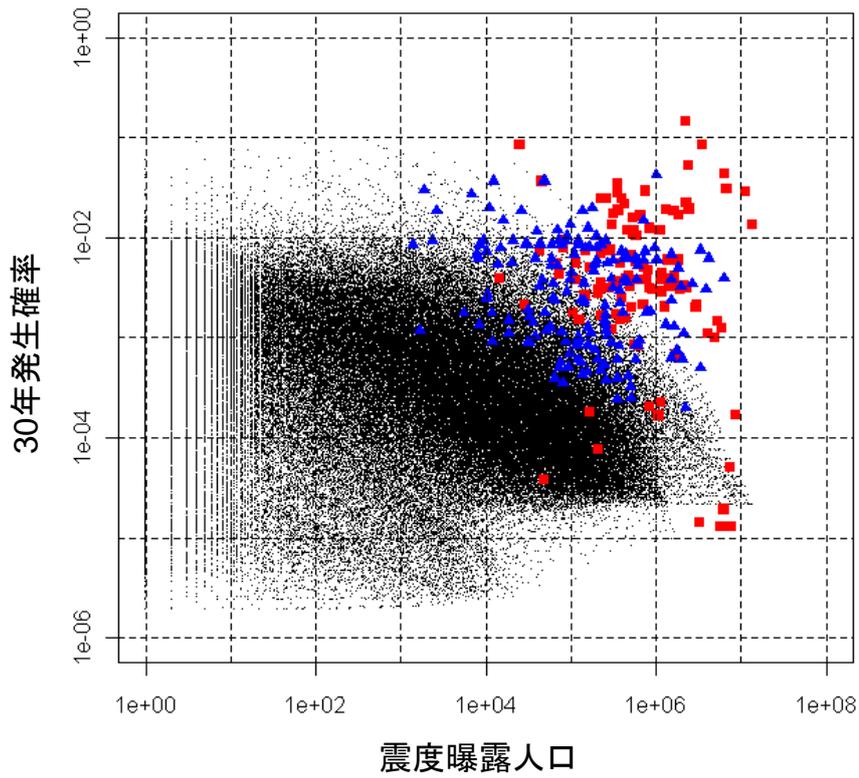


ゾーンと断層走向特性

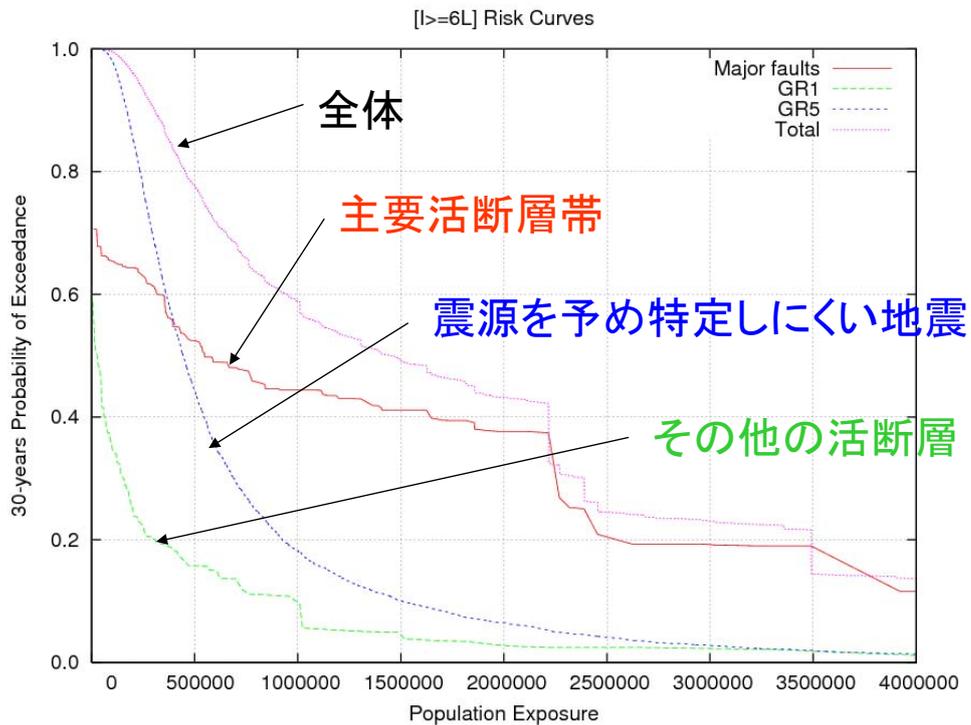


震度6弱以上のPEXと 30年地震発生確率

- 主要活断層 179ケース
- ▲ その他の活断層 172ケース
- ・ 震源不特定地震 約17万ケース

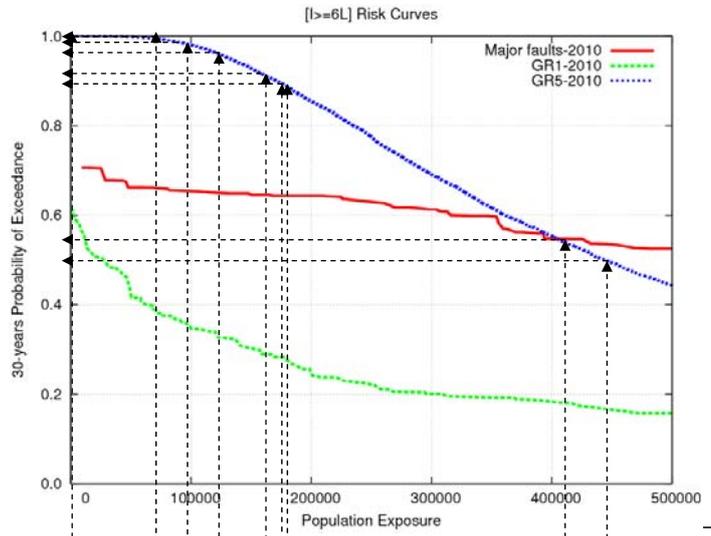


地震リスクカーブ (震度6弱以上の曝露人口)

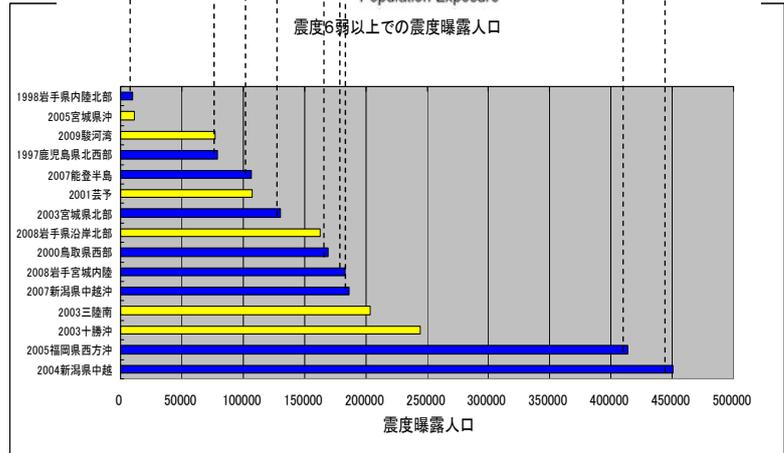


30年間の地震リスクと 既往地震との比較

(震度6弱以上)

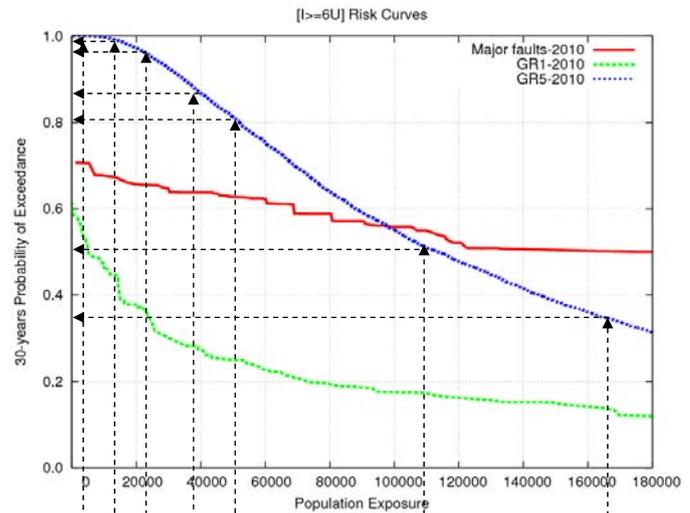


- 陸域で発生した地震
- 海域で発生した地震

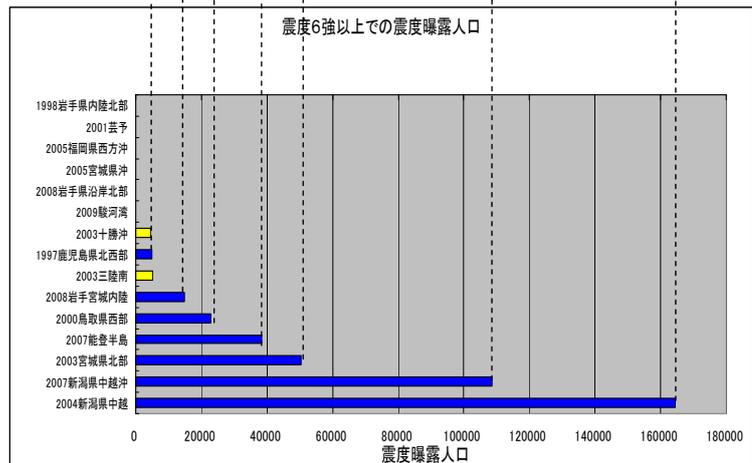


30年間の地震リスクと 既往地震との比較

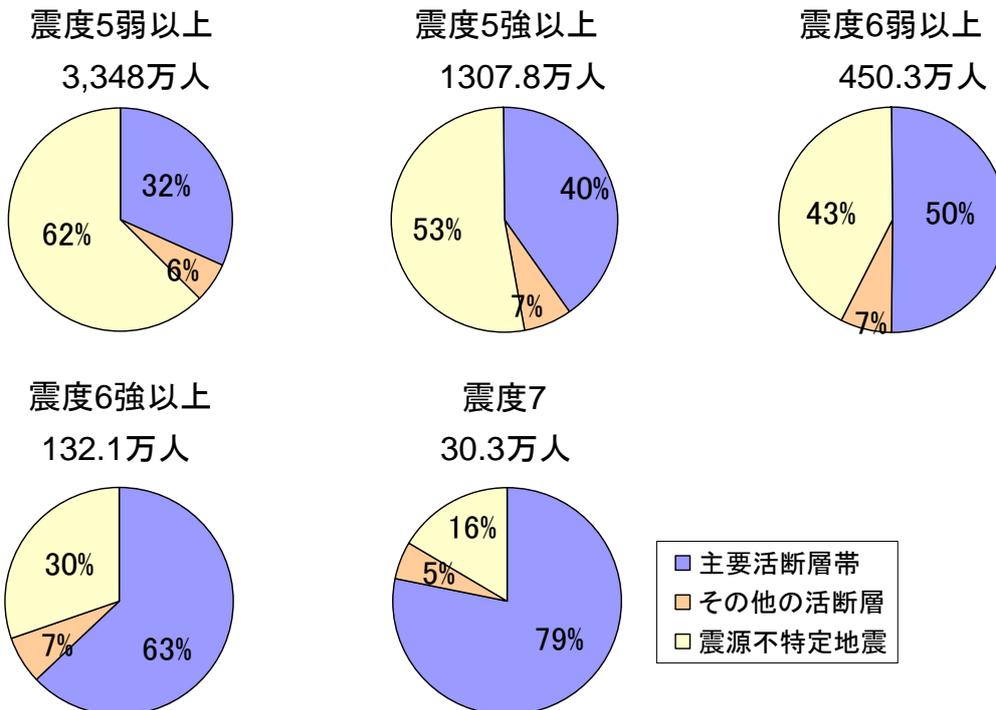
(震度6強以上)



- 陸域で発生した地震
- 海域で発生した地震



地震リスク(30年期待震度曝露人口) に占める割合



31

まとめと今後の課題

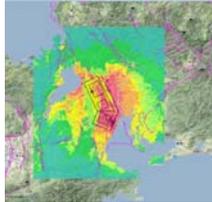
- ・ 「**主要活断層帯**」と「**その他の活断層**」に関する検討
 - 震度曝露人口を用いたマクロなリスク評価を実施
 - 中立的リスク（期待値）に加えて、「切迫度」と「影響度」を考慮したリスク指標を開発
- ・ 「**震源不特定地震**」に関する検討
 - 都道府県別30年発生確率：震源特定地震と同等かそれ以上（5県）
 - 地震リスクカーブでは、小規模災害レベルで支配的
 - 過去10年の地震の規模の超過確率レベル：約50%（震度6弱以上）
 - 内陸地殻内地震の地震リスクに占める割合：43%（震度6弱以上）
- ・ 「**震源不特定地震**」のリスクの適正な認知・評価に向けて
 - 約17万の震源ケースの集約化・シナリオ化
 - **主要活断層帯**の「固有規模以外の地震」に関する研究成果の導入
- ・ 各地域で考慮すべき地震群の抽出
- ・ 代表地点での地震動評価・震度分布

32

詳細法と簡便法による推定震度分布の面積比較とその要因分析

震源断層を特定した地震動予測地図

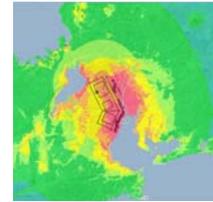
- ✓強震動予測手法による「**詳細法**」
- ✓アスペリティ, 深部地盤構造, 破壊開始点の設定など様々な要因を考慮



詳細法による震度分布

確率論的地震動予測地図

- ✓距離減衰式による「**簡便法**」
- ✓断層全体を均質なものとマグニチュードと断層最短距離に基づく



簡便法による震度分布

揺れの広がりを網羅的に比較・検証した事例がない



両者の揺れの広がりを面積(震度曝露メッシュ数)で比較し, 全体的な傾向について把握するとともに, 相違について要因分析する

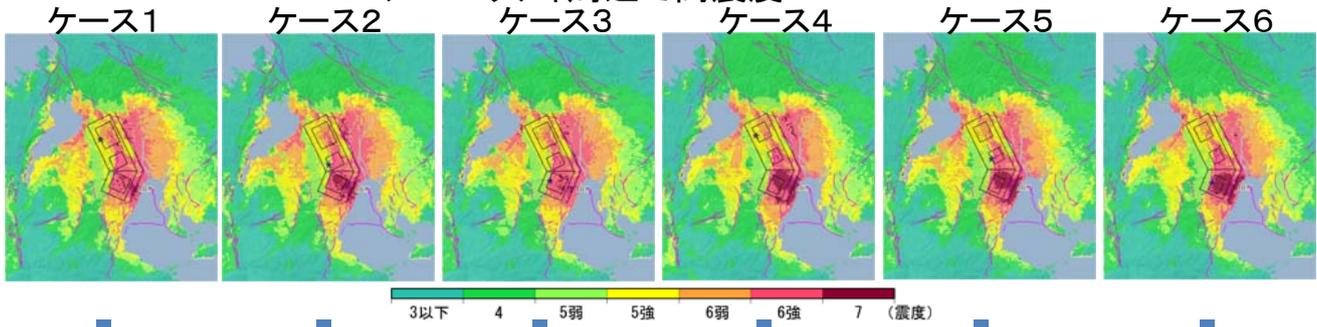
対象とする活断層



- 対象: 主要活断層帯(159断層)
- 使用データ:
 - 4分の1地域メッシュ(250m)データ
 - ・詳細法による地表面震度分布
 - ・簡便法による地表面震度分布
 - ・簡便法による地表面震度の条件付確率分布
- 震度曝露メッシュ数の集計
 - 震度5弱以上
 - 5強以上
 - 6弱以上
 - 6強以上
- 例として…養老-桑名-四日市断層帯

詳細法による地表面震度分布

- ✓複数のケースについて異なる結果が得られる
- ✓アスペリティ周辺で高震度

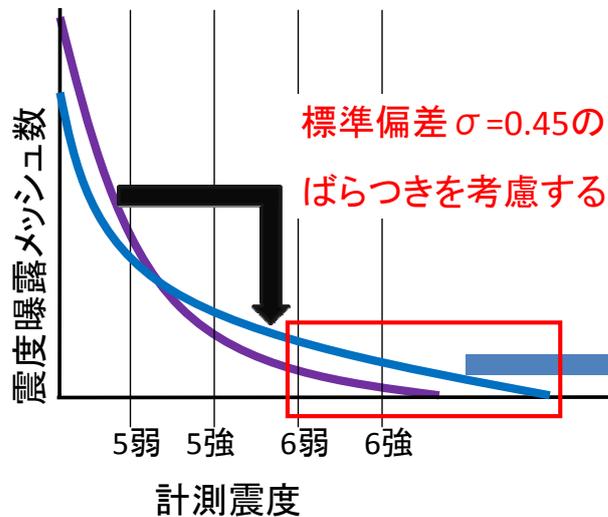
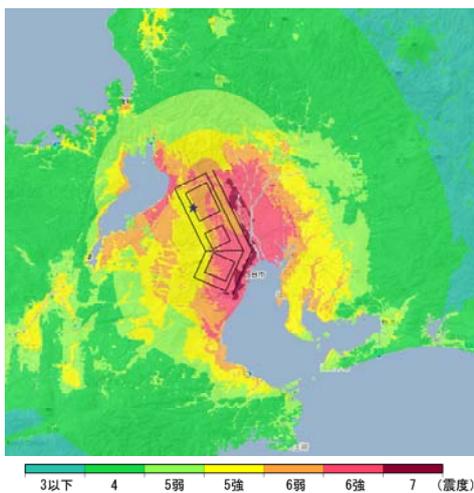


集計方法	震度5弱以上	震度5強以上	震度6弱以上	震度6強以上
①詳細法全ケース Case1	98631	64938	35237	14240
①詳細法全ケース Case2	99773	66902	38061	16136
①詳細法全ケース Case3	96200	62412	35868	15120
①詳細法全ケース Case4	96010	62006	34928	15068
①詳細法全ケース Case5	95094	61198	33800	14986
①詳細法全ケース Case6	93037	59835	32118	14589
②詳細法平均	96458	62882	35002	15023

35

簡便法による地表面震度分布

- ✓距離減衰の傾向が明確に表れている

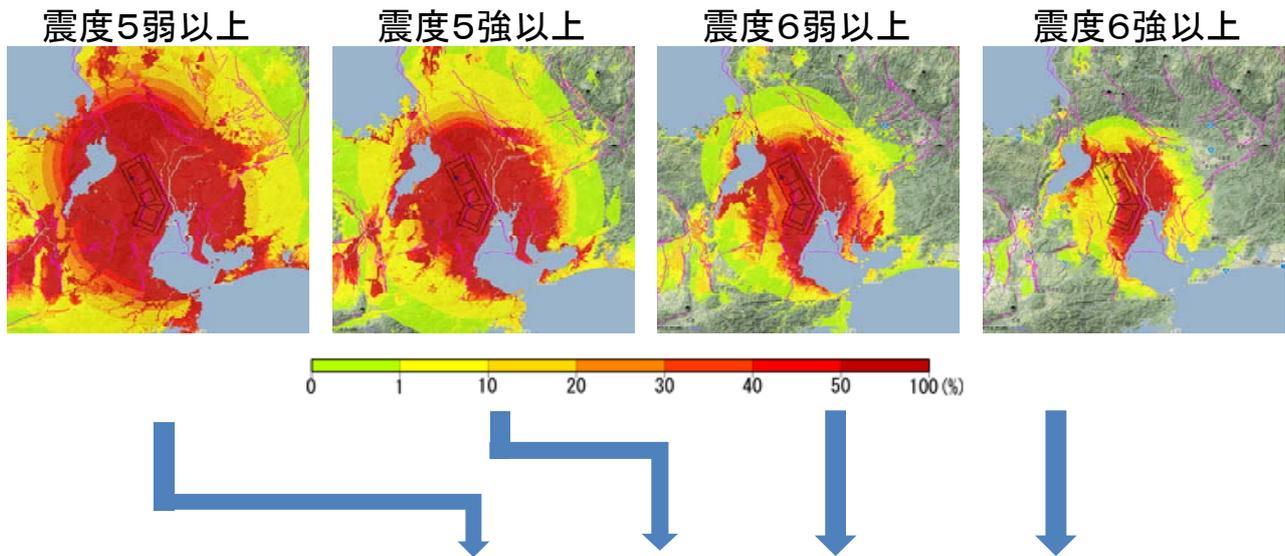


集計方法	震度5弱以上	震度5強以上	震度6弱以上	震度6強以上
③簡便法期待値	206017	116099	55833	24094
④簡便法平滑化	233465	129599	66777	29073

36

簡便法による地表面震度の条件付確率地図

➤地震発生という条件のもとで所定の震度以上となる確率の分布



集計方法	震度5弱以上	震度5強以上	震度6弱以上	震度6強以上
超過確率期待値	232926	127401	64879	27798

➤メッシュ毎の確率を足し合わせることで期待メッシュ数を集計

養老-桑名-四日市断層帯の集計結果

集計方法	震度5弱以上	震度5強以上	震度6弱以上	震度6強以上
①詳細法全ケース Case1	98631	64938	35237	14240
①詳細法全ケース Case2	99773	66902	38061	16136
①詳細法全ケース Case3	96200	62412	35868	15120
①詳細法全ケース Case4	96010	62006	34928	15068
①詳細法全ケース Case5	95094	61198	33800	14986
①詳細法全ケース Case6	93037	59835	32118	14589
②詳細法平均	96458	62882	35002	15023
③簡便法期待値	206017	116099	55833	24094
④簡便法平滑化	233465	129599	66777	29073
⑤超過確率期待値	232926	127401	64879	27798

- ② 詳細法平均 : 設定された複数ケースの震度分布による集計の平均
- ③ 簡便法期待値 : 「計測震度の期待値」による集計
- ④ 簡便法平滑化 : 簡便法期待値による分布にばらつきを考慮
- ⑤ 超過確率期待値 : 震度I以上となる確率で重み付けした集計



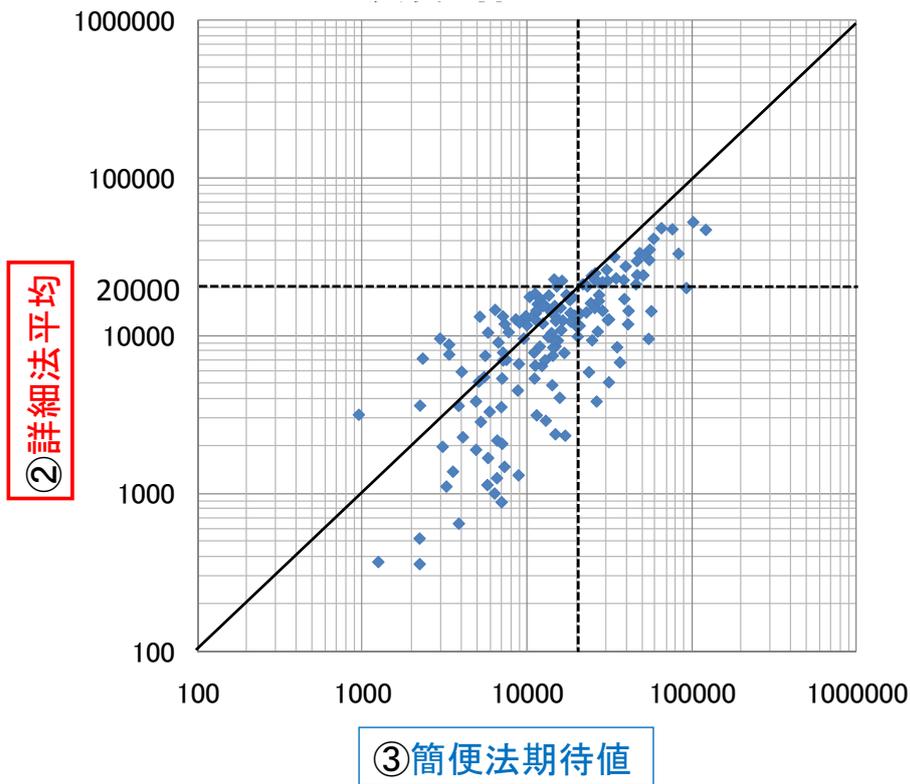
➤全159断層について集計を行う



詳細法と簡便法の面積比較(震度6弱以上)

全般的には・・・

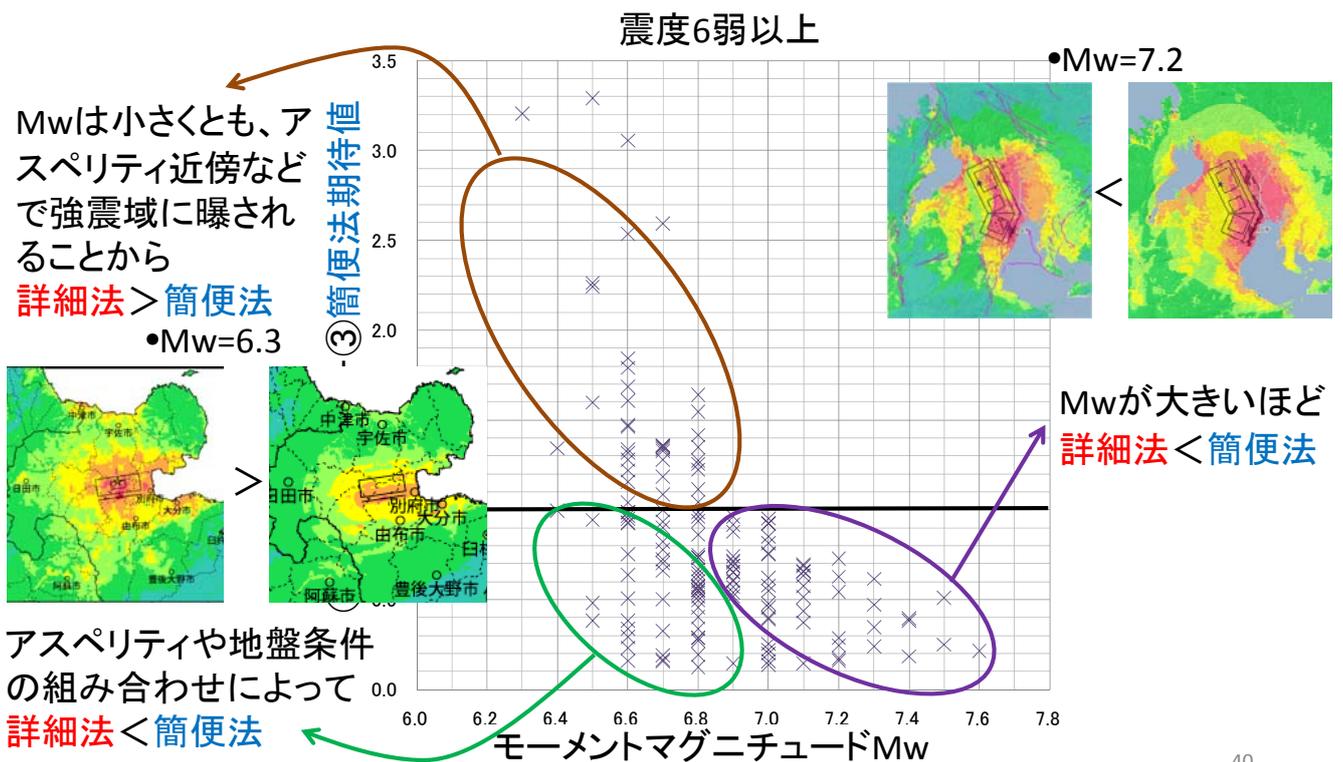
④簡便法平滑化 > ⑤超過確率期待値 > ③簡便法期待値 > ②詳細法平均



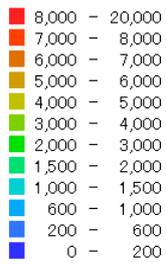
モーメントマグニチュードと詳細法/簡便法の関係

➤断層規模が比較的大きい断層では簡便法による評価が大きい傾向

➡モーメントマグニチュードMwに注目



対象とする基盤面深さ

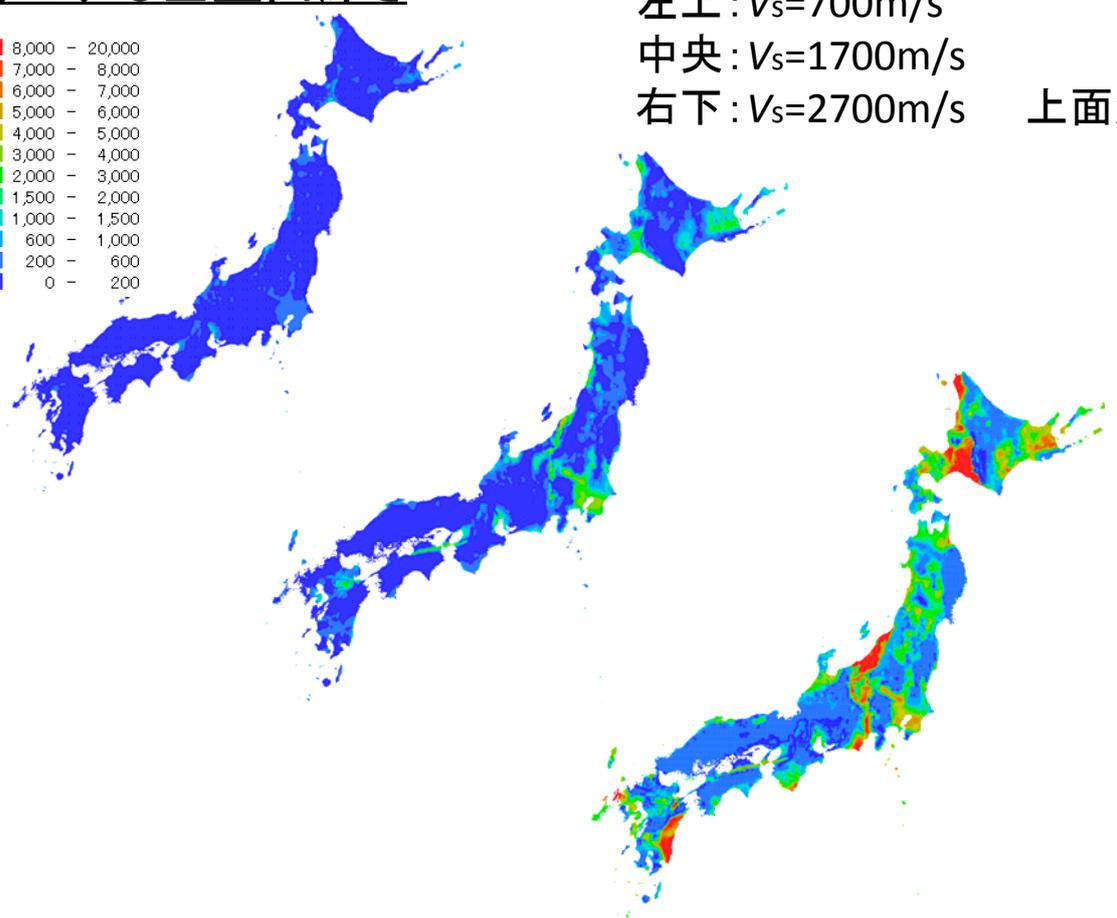


左上: $V_s=700\text{m/s}$

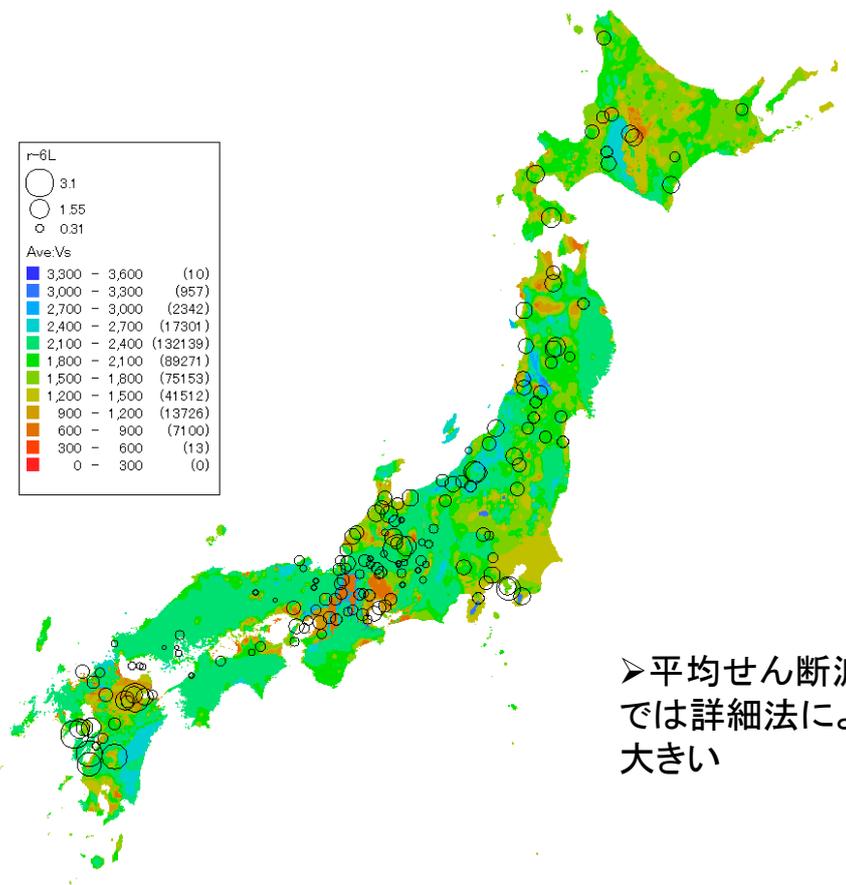
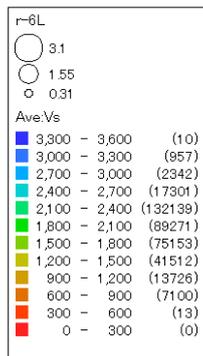
中央: $V_s=1700\text{m/s}$

右下: $V_s=2700\text{m/s}$

上面深さ

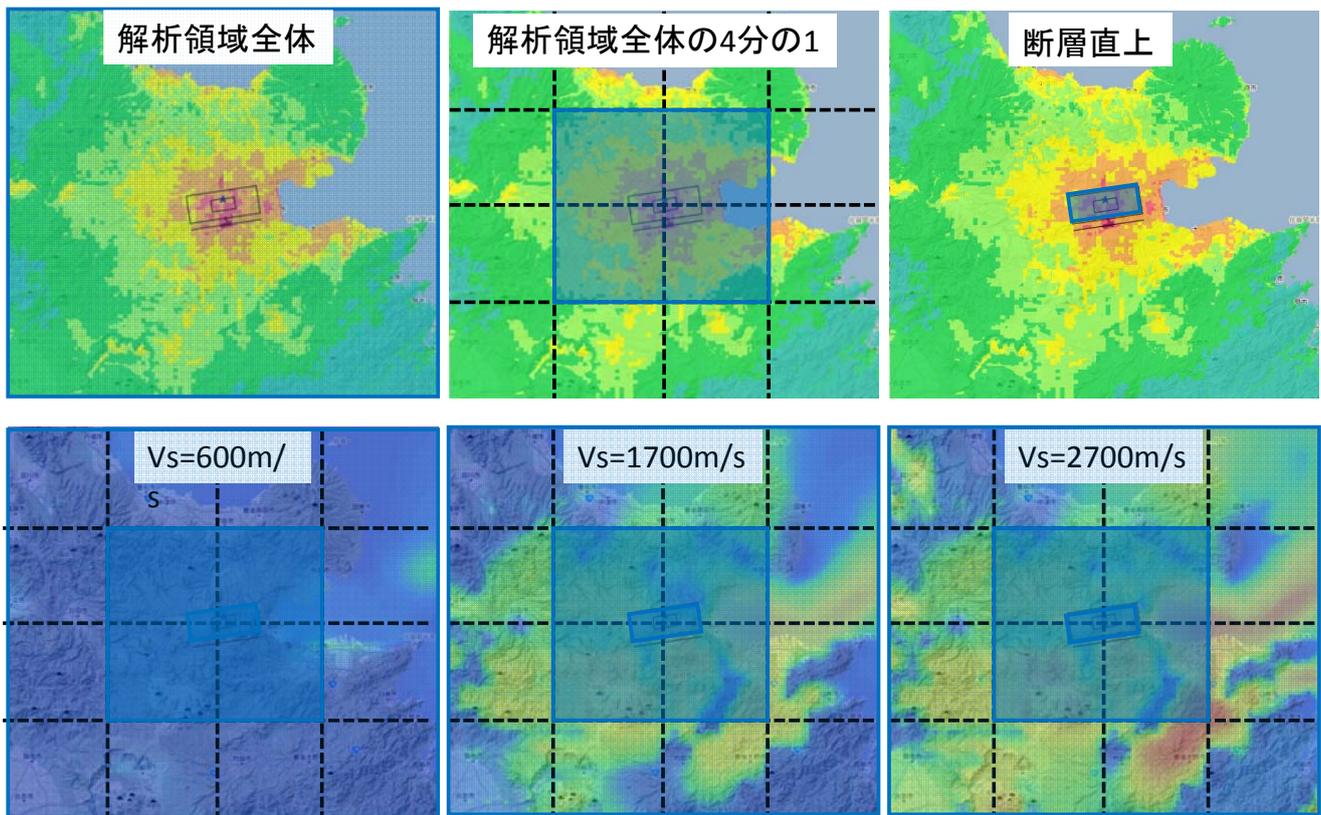


平均せん断波速度と面積比(震度6弱以上)の関係



➤平均せん断波速度が小さい地域では詳細法による面積は相対的に大きい

各基盤面深さと対象範囲(例:大分平野-由布院断層帯西部)

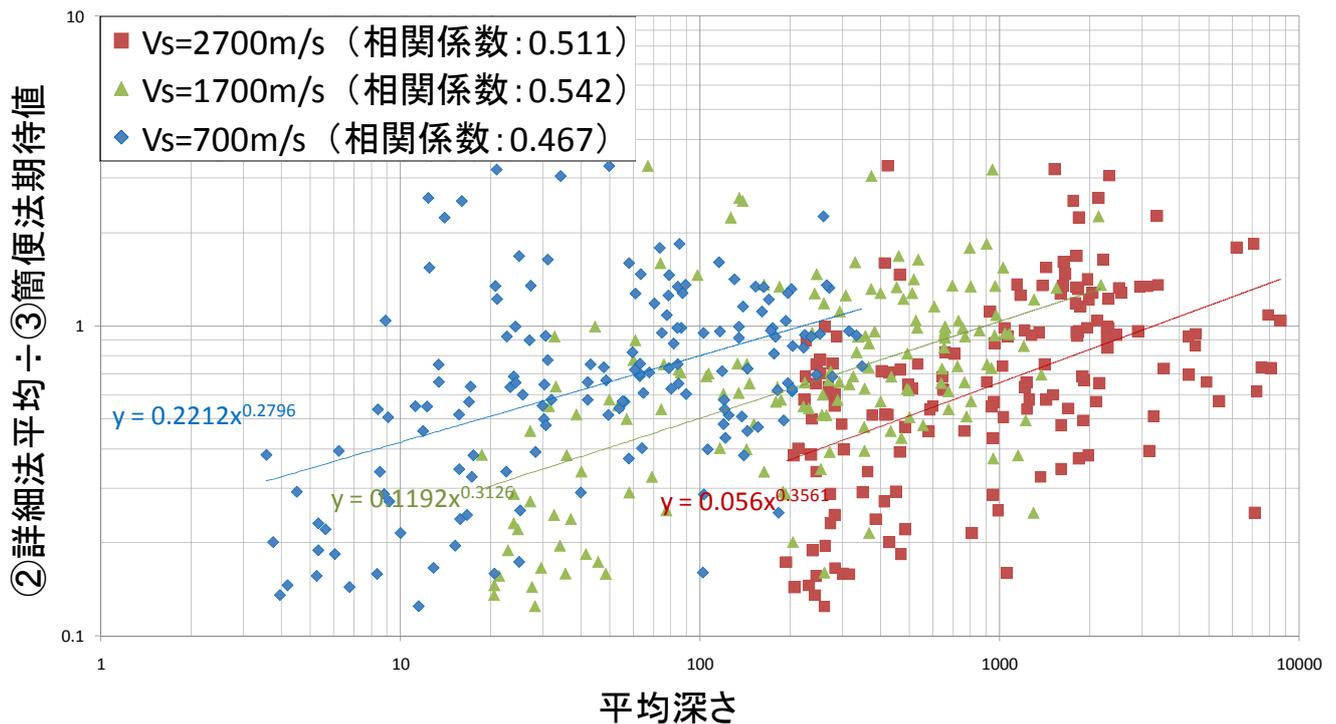


➤各範囲ごとの基盤深さの平均値の集計を行う

43

基盤面平均深さと震度6弱以上の面積比(詳細法/簡便法)

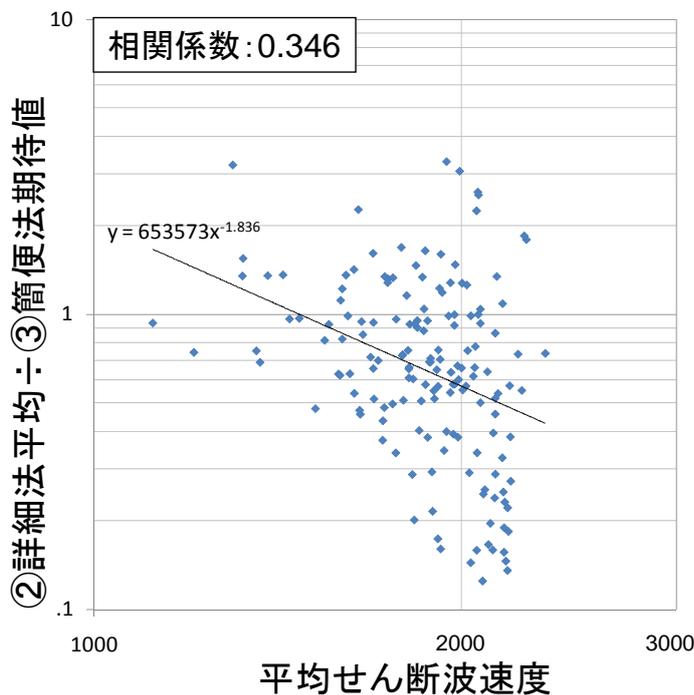
解析領域全体の4分の1



44

平均せん断波速度と震度6弱以上の面積比(詳細法/簡便法)

●解析領域全体の4分の1



45

震度6弱以上における各要因と面積比 (詳細法/簡便法)の関係

●解析領域全体の4分の1

Logr: 面積比(詳細法/簡便法)r
の常用対数

Mw: モーメント
マグニチュード

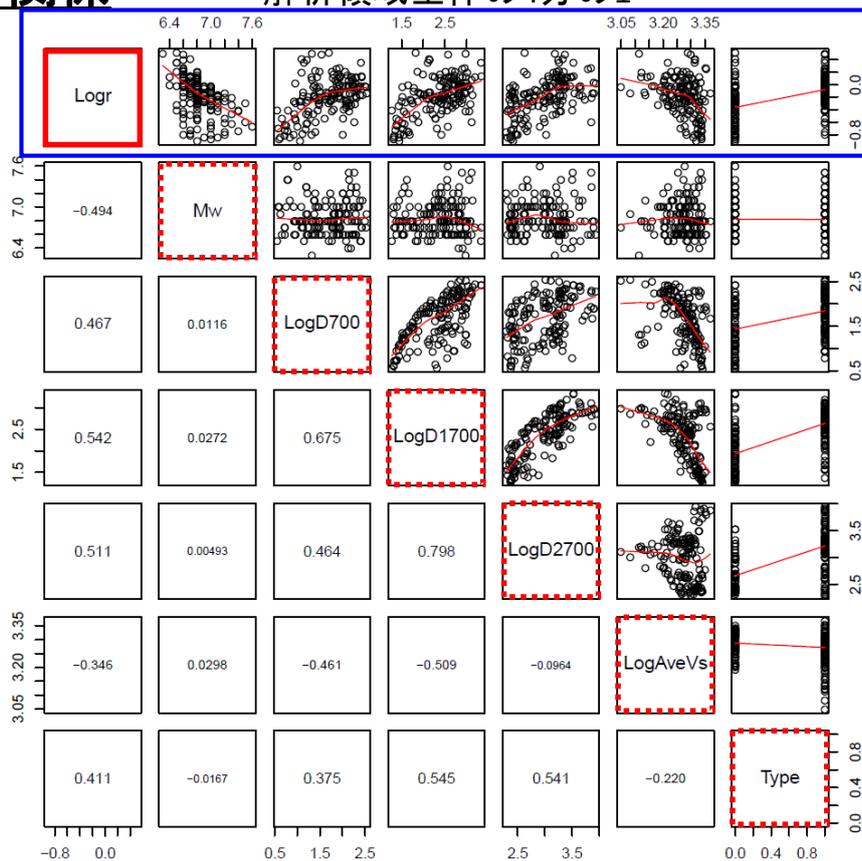
LogD₇₀₀: V_s=700m/s相当の
深さの常用対数

LogD₁₇₀₀: V_s=1700m/s相当の
深さの常用対数

LogD₂₇₀₀: V_s=2700m/s相当の
深さの常用対数

LogAveVs: 600-2700m/s相当
の深さの平均S波速度

Type: 断層タイプ



重回帰分析による面積比 r (詳細法/簡便法)の要因分析

- 目的変数: r (詳細法面積/簡便法面積)
- 説明変数: $M_w, D_{700}, D_{1700}, D_{2700}, AveV_s, Type$

$$\log_{10} r = a + b_1 M_w + b_2 M_w^2 + c_1 \log_{10}(D_{700}) + c_2 \{\log_{10}(D_{700})\}^2 + d_1 \log_{10}(D_{1700}) + d_2 \{\log_{10}(D_{1700})\}^2 + e_1 \log_{10}(D_{2700}) + e_2 \{\log_{10}(D_{2700})\}^2 + f_1 \log_{10}(AveV_s) + f_2 \{\log_{10}(AveV_s)\}^2 + g_1 Type$$

- **AIC**を基準としてモデル選択

47

重回帰分析による回帰係数

		a	b1	b2	c1	c2	d1	d2	e1	e2	f1	f2	g1	AIC	R ² (Adjust)	R
		const.	Mw	Mw ²	LD700	LD700 ²	LD1700	LD1700 ²	LD2700	LD2700 ²	LAveVs	LAveVs ²	Type			
5強	5U-CA	-35.834	-0.569		0.405	-0.107	0.336	-0.098	0.279		24.837	-4.029		-247.40	0.753	0.868
6弱	6L-SA	5.378	-0.622		0.852	-0.242			1.586	-0.215	-1.491		0.102	-48.99	0.571	0.755
	6L-CA	17.416	-4.490	0.279	0.821	-0.228	0.795	-0.187	0.337			-0.226		-98.08	0.687	0.829
	6L-FT	3.099	-0.670		0.175	-0.045	0.911	-0.166				-0.045	0.055	-72.65	0.625	0.791
6強	6U-CA	1.248	-0.955		2.242	-0.652	1.714	-0.331	0.451					230.53	0.472	0.687

SA: 解析領域全体(Study Area)

CA: 解析領域の中央4分の1(Central Area)

FT: 断層面直上(Fault)

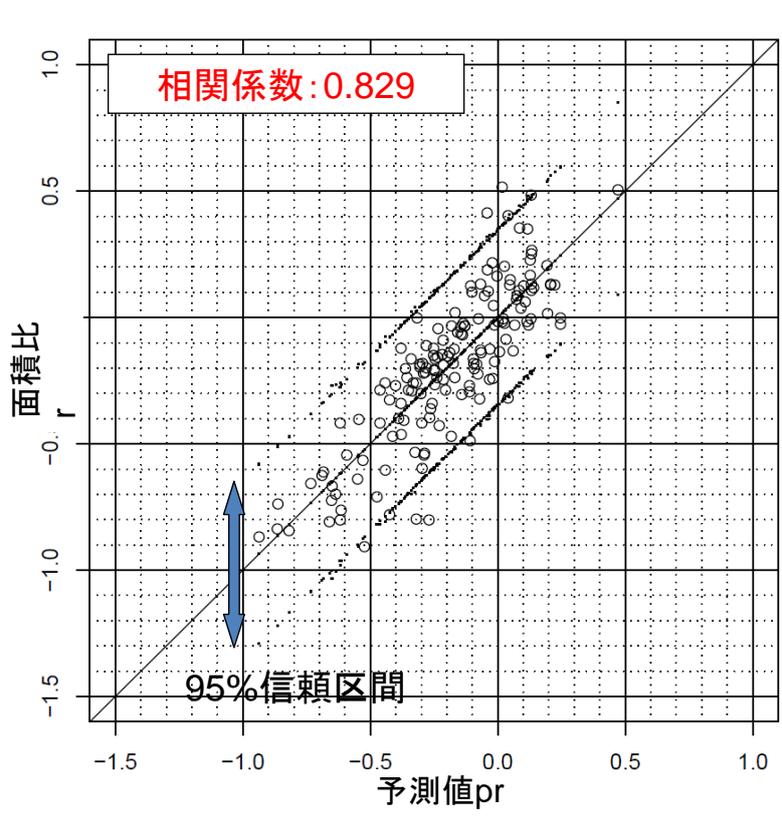
- ※ ●5強以上⇒解析領域が全域をカバーしていないケースあり
- ※ ●6強以上⇒詳細法では局所的に強震域がでるが、分母である簡便法では観測されず正確な値となっていない可能性

6L-CAにおける最適モデル式

$$\log_{10} r = 17.416 - 4.490 \times M_w + 0.279 \times M_w^2 + 0.821 \times \log_{10}(D_{700}) - 0.228 \times \{\log_{10}(D_{700})\}^2 + 0.795 \times \log_{10}(D_{1700}) - 0.187 \times \{\log_{10}(D_{1700})\}^2 + 0.337 \times \log_{10}(D_{2700}) - 0.226 \times \{\log_{10}(AveV_s)\}^2$$

48

震度6弱以上における面積比 r と予測モデル式 (6L-CA)による予測値 pr の比較



- 縦軸: 面積比 r
(詳細法/簡便法)
- 横軸: 最適モデル式
による予測値 pr