



今後の大震災を考える

こうけつ かずき
瀬瀬 一起

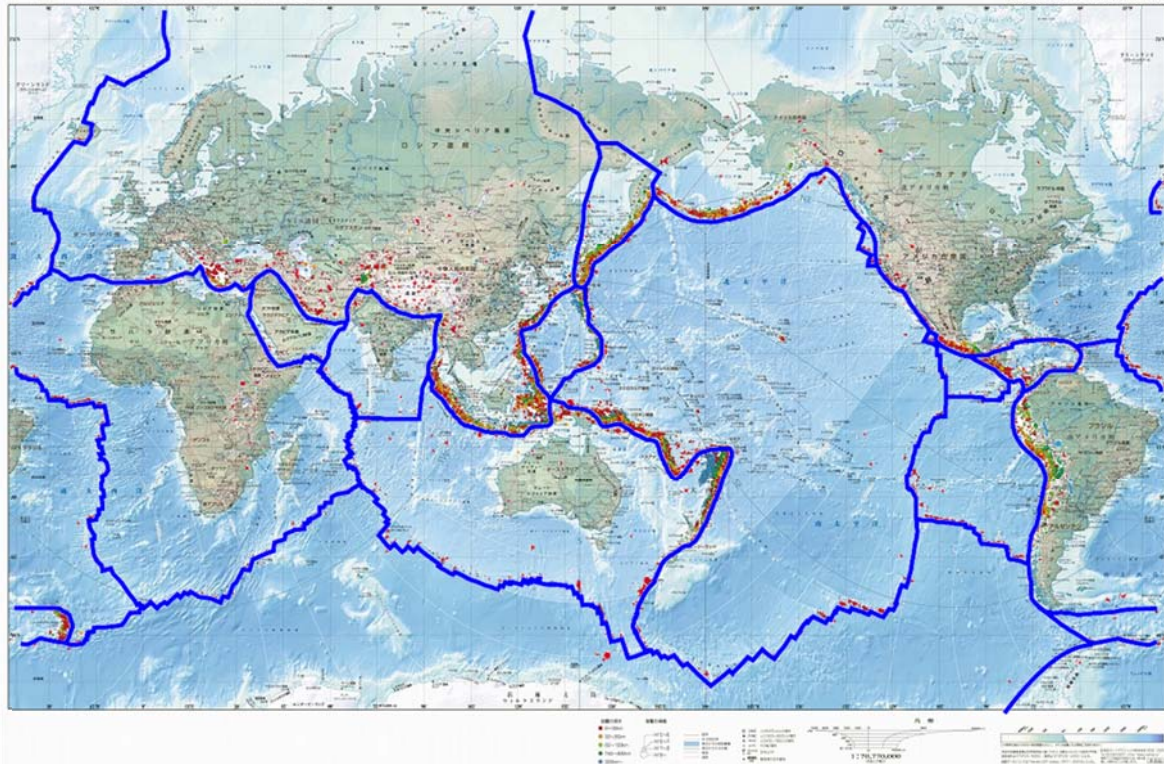
東京大学地震研究所

日本はなぜ地震国なのか？

地震はプレート境界で起きている

世界の震源分布 (1977-2007)

東京大学 地震研究所



3

日本の周辺は...

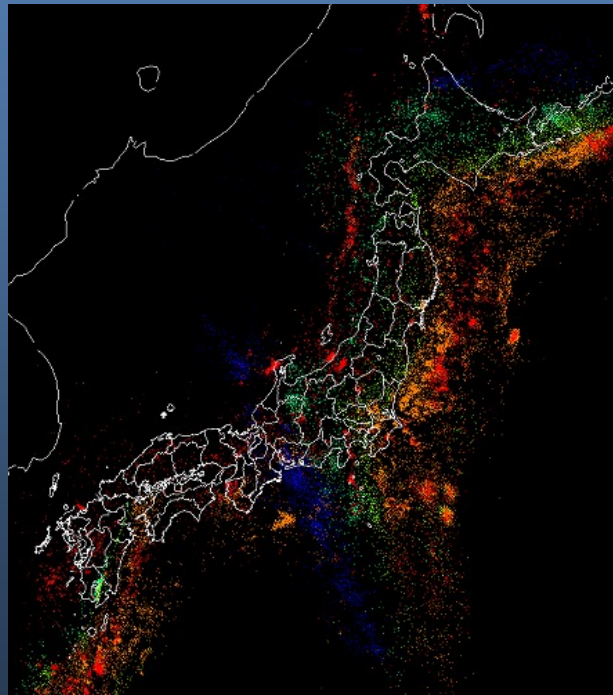


世界の地震の約10%は日本で起きている
(日本の領域が占める面積: 約1%)

日本で1日に起きる地震の数: 約300個
(無感地震も合わせた数)
⇒ 5分に1回発生

4

日本周辺の震源分布

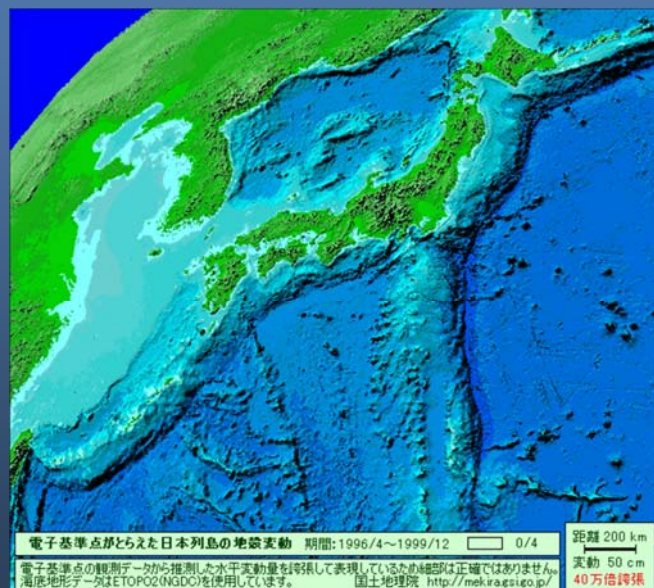
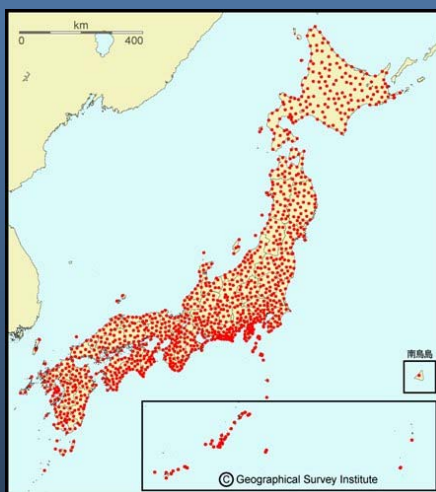


5

ひずみゆく日本

1996年4月から1999年12月までに観測された地殻変動を40万倍に誇張

GPS観測点



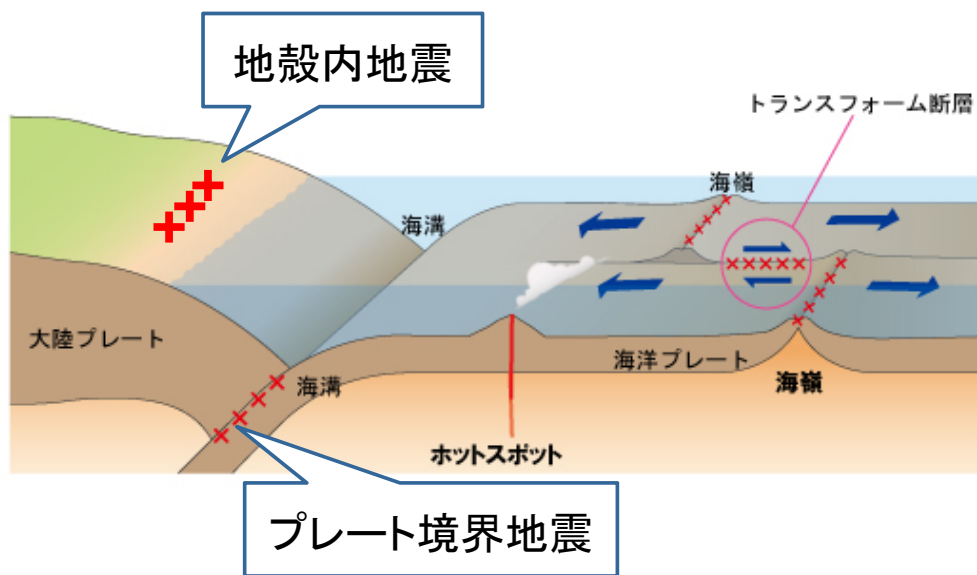
©国土地理院

2つの海のプレートに押されて、日本にはひずみが蓄積される

http://mekira.gsi.go.jp/JAPANESE/crstanime9604_9912b.html

6

日本付近の地震を大別すると



- このほか、海洋プレートの内部で起こるスラブ内地震やアウターライズ地震というタイプがあるが、深かったり遠方であることが多いので、地震動はそれほど大きくない。
- プレート境界・スラブ内・アウターライズ地震を総称して「海溝型地震」と呼ぶ。

7

地震の正体？

- 1995年阪神・淡路大震災 ($M 7$) を引き起こした野島断層

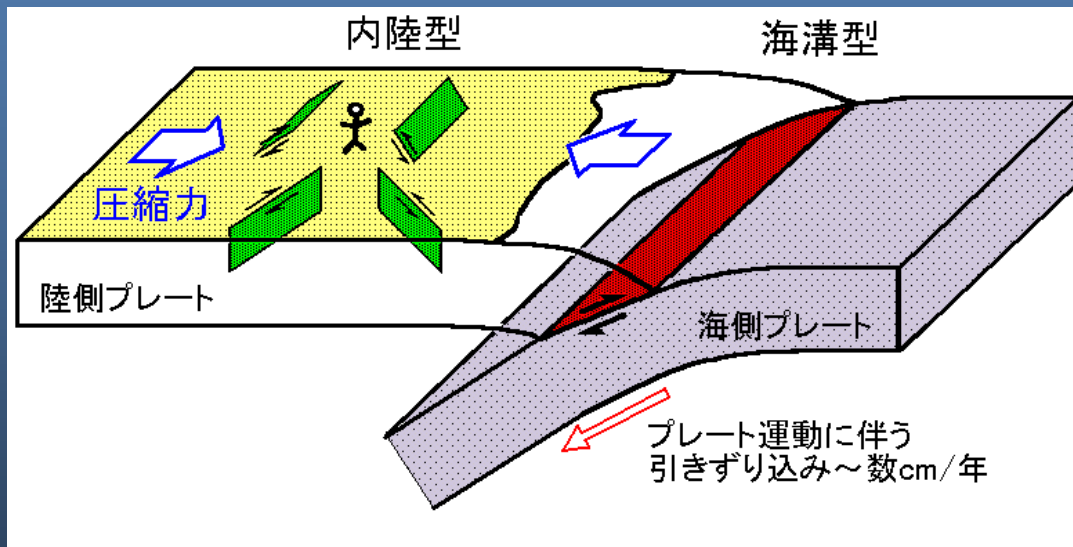


- 1891年濃尾地震 ($M 8$) を引き起こした根尾谷断層



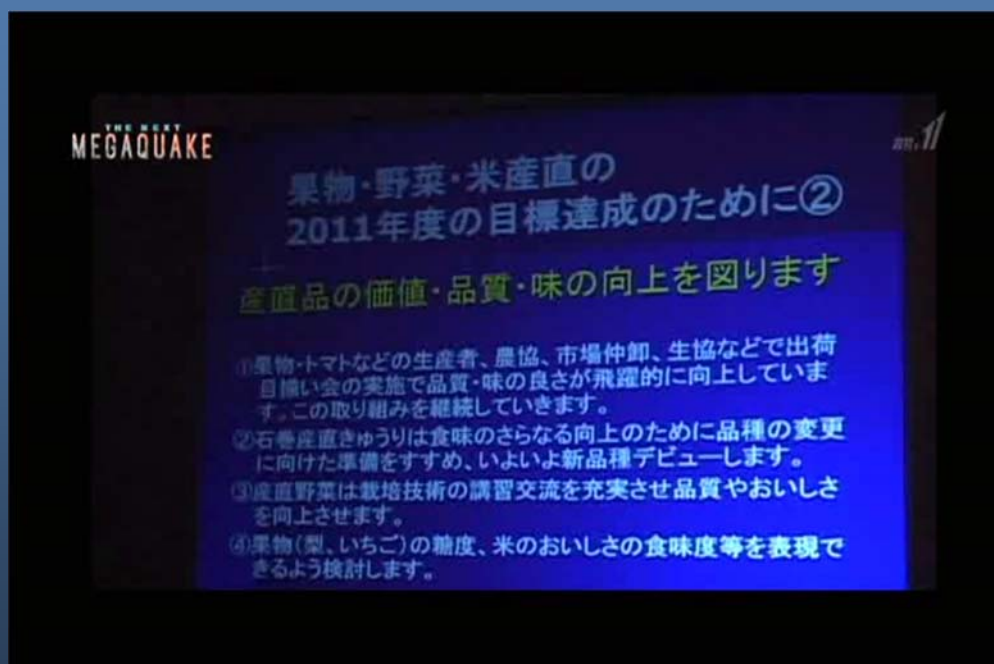
8

プレート境界地震なら....



9

震災を起こすのは地震ではなく地震動 (1)



NHKスペシャル「ネクスト メガクエイク」から

10

震災を起こすのは地震ではなく地震動 (2)



1995年阪神・淡路大震災

- 死者: 6,434 人
- 行方不明者: 3 人
- 負傷者: 43,792 人

圧死8割＋焼死1割 ⇒ 90%の人は自宅が凶器となった

11

東日本大震災では地震動より津波



NHKスペシャル「ネクスト メガクエイク」から

12

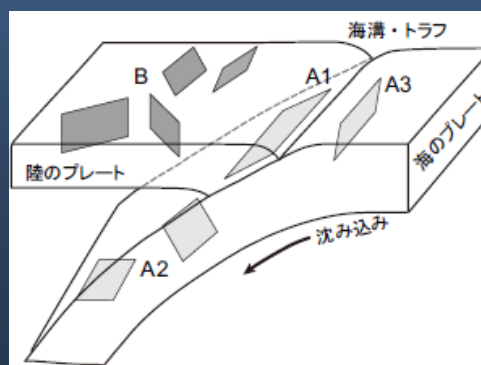
基礎知識1：地震と地震動

- 地震のやや専門的な話になると「地震動」という言葉が出てきます。たとえば「地震動予測地図」。
- 地震という言葉にはふたつの意味があり、字面通り地面が震える（揺れる）現象そのものを表す場合と、そうした現象の原因となる地中の急激な変動を指す場合がある。
- 研究者はほとんどの場合、後者の意味で「地震」を使っており、特に前者を表現したい時は地震動という用語を用いる。
- 「急激な変動」については、地中の断層と呼ばれる面に沿って急激にずれる（すべる）ことであるとわかっている。
- 急激にずれる原動力は、プレート運動により長年蓄積された岩盤のひずみと考えられている。
- 日本付近のプレート運動は「沈み込み」で特徴づけられ、海のプレートが陸のプレートの下に年間数cmの速度で沈み込むという運動をしている。

13

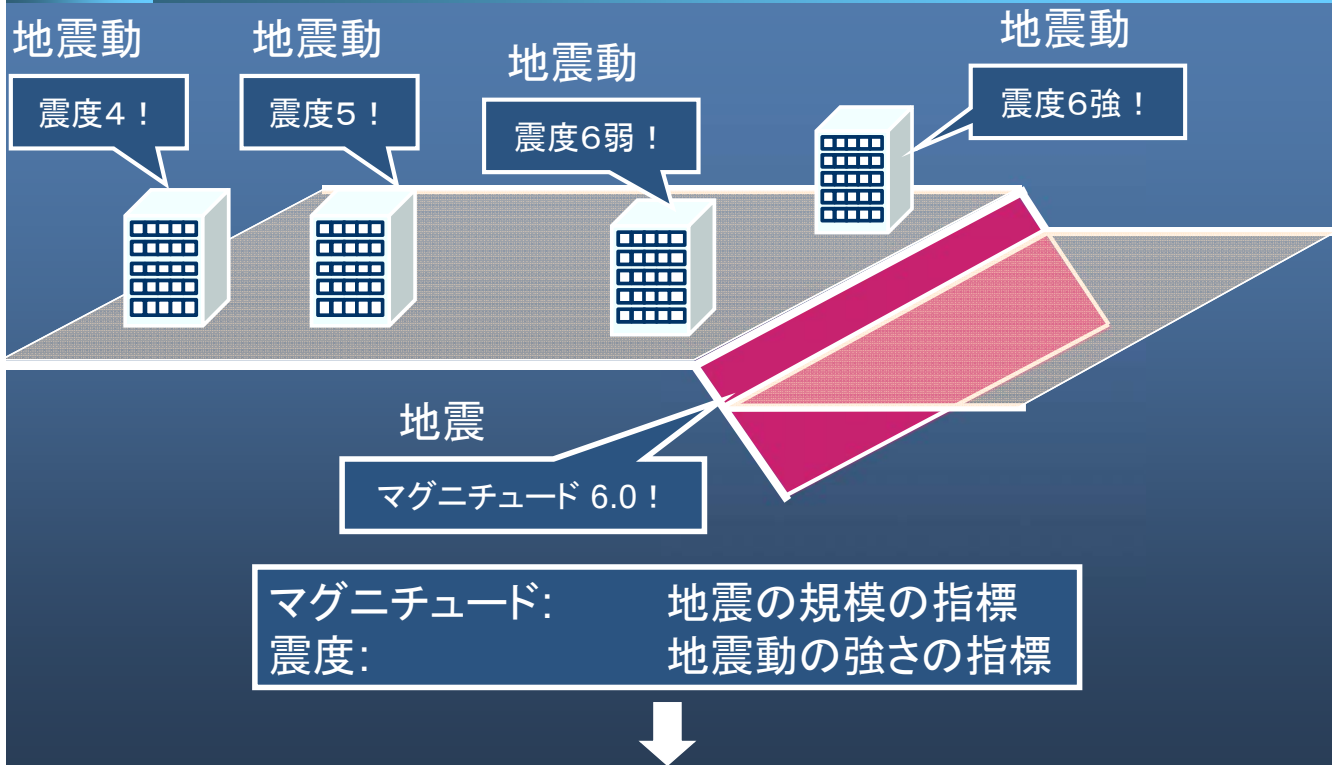
基礎知識2：地震の起こり方

- 沈み込みは第一に、プレート境界という巨大な断層に直接的な影響を与え、プレート境界地震(A1)を発生させる。
- また、プレート境界近くの海のプレート内部にも直接的な影響を与え、スラブ内地震(A2)やアウターライズ地震(A3)を発生させる。
- 沈み込みは次いで、やや離れた陸のプレートの内部にも間接的な影響を与え、地殻内地震(B)を発生させる。
- 地殻内地震に関連する断層のうち、地表からその存在が認められるものは活断層と呼ばれる。



14

基礎知識3: マグニチュードと震度



震災を予測することは震度や津波の高さを予測することである。

15

「科学的な予測には限界がある」
一東日本大震災を例に

16

災害と防災

- 災害には大きく分けて二種類、異常な自然現象による災害と、人為的原因による災害がありますが、多くの場合、前者を指しており、後者とあえて区別するときには自然災害、あるいは天災と呼ばれています。
- 起こってしまった自然災害を防止ししたり減らしたりすることはできませんので、防災は当然、今後起こる将来の自然災害が対象となります。
- 将来の自然災害に対して対策を立て防災を実現するには、その自然災害を引き起こす異常な自然現象を予測しなければなりません。この予測を通して、科学が防災に関係してくることになります。

17

地震の科学の三重苦

- しかし、なにしろ「異常な」自然現象ですから、それを研究する科学にはいろいろな制約や限界があり、その研究成果も大きな不定性を伴ってしまうことが多くなります。
- たとえば、地震の科学には三重苦ともいえる大きな制約があります。第一に、研究対象となる地震は、災害につながるような大地震なら数十から数百キロ規模で非常に大きく、生物学のような実験ができません。
- 第二に、そうすると過去に起こった地震のデータを分析して研究するわけですが、大地震は海で起こるものなら数百年に一回程度、陸で起こるものは数千年に一回程度しか起きないので、なかなかデータの蓄積が進みません。
- 第三に、地震のおおもとは地中の岩盤が破壊する現象で、破壊現象というのは決定論的な理論研究することにも限界があります。

18

地震の科学の制約

- このように地震の科学(地震学)は他の分野, 生物学などだけでなく比較的共通点の多い気象学と比べても, 研究のためのデータや手法に制約が大きく, その研究成果がただちに精度の高い予測につながるような状況にはありません.
- しかし, いったん大地震が起これば社会に大変大きな影響を与えるため, 防災のための予測を社会から強く求められ, 不定性の高い予測でも社会に提供せざるを得ない状況にあります.
- そして, 提供を受けた社会は安全性評価を行い, その結果に基づいて政策などを実行してきました.
- その結果, どのようなことが起こるのかを, 東日本大震災とその中の福島第一原発事故を題材にして, ここでは考えてみたいと思います.

19

科学的予測の経緯

- 地震調査研究推進本部には, 主に科学者で構成された地震調査委員会が設置され, その下にさらに複数の部会があって, 長期評価部会はそのひとつです.
- 地震の発生場所, 規模, 将来的な発生確率についての評価を行うことを「長期評価」と呼んでいます.
- 長期評価部会は右図全体の領域を「三陸沖から房総沖にかけての領域」と呼んで, 長期評価の結果を東日本大震災前に公表していました.



20

三陸沖から房総沖にかけての領域の長期評価の結果

領域または地震名			長期評価で予想した 地震規模 (マグニチュード)	地震発生確率 (注1)			地震後 経過率 (注2)	平均発生間隔 (注1) (上段)
				10年以内	30年以内	50年以内		最新発生時期 (下段：ボアゾン過程を適用 したものを除く)
三陸沖から房総沖にかけての地震	三陸沖から房総沖の 海溝寄り	津波地震	Mt8.2前後 (Mtは津波の高さから求める地震の規模)	7%程度 (2%程度)*	20%程度 (6%程度)*	30%程度 (9%程度)*	—	133.3年程度 (530年程度)* * () は特定海域での値
		正断層型	8.2前後	1%~2% (0.3%~0.6%)*	4%~7% (1%~2%)*	6%~10% (2%~3%)*	—	400年~750年 (1600年~3000年)* * () は特定海域での値
	三陸沖北部		8.0前後	ほぼ0%~0.5%	0.3%~10%	30%~50%	0.43	約97.0年
	固有地震以外のプレート間地震		7.1~7.6	60%程度	90%程度	—	—	41.6年前
	宮城県沖		7.5前後	連動 8.0前後	70%程度	99%	—	11.3年程度
	三陸沖南部海溝寄り		7.7前後		40%程度	80%~90%	90%~98%	—
	福島県沖		7.4前後 (複数の地震が連続する)	2%程度以下	7%程度以下	10%程度以下	—	37.1年
	茨城県沖		6.7~7.2	0.01%~0.8%	90%程度以上	—	0.85	31.6年前
							1.08	105年程度
							—	112.4年前

21

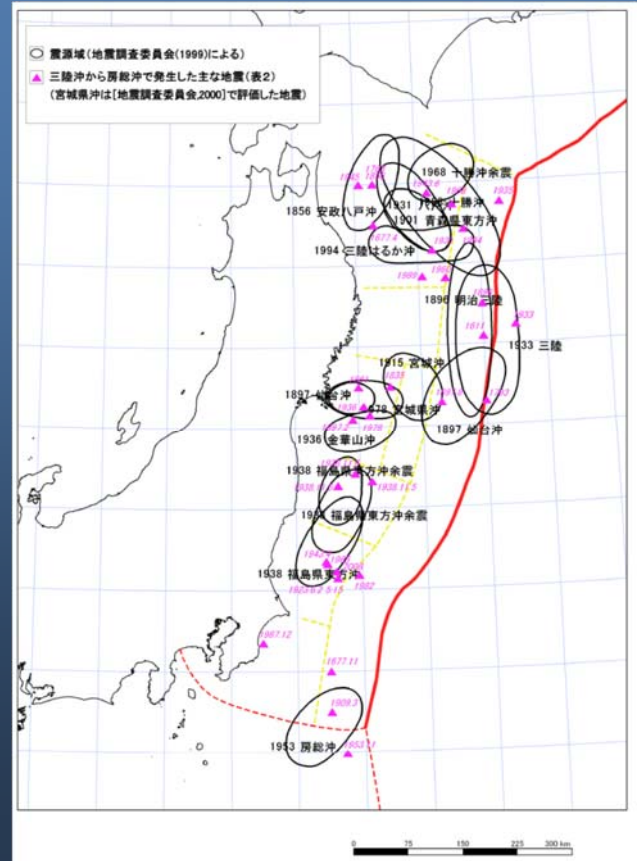
地震の予測と現実

- 【前表の意味するところ】三陸沖から房総沖にかけての領域は、前図に示した三陸沖北部、宮城県沖、福島県沖などの8領域にさらに分けられ、それぞれの領域が独立に地震を起こすという前提に基づいて長期評価されています。唯一の例外が宮城県沖と三陸沖南部海溝寄りの領域で、隣り合うこれらふたつの領域だけは同時に活動してより大きな地震を起こす可能性があり、その場合のMと発生確率も、個別に地震を起こす場合とは別に評価されています。
- ところが、実際に起こった東北地震は前図に示したように、三陸沖中部、宮城県沖、三陸沖南部、福島県沖、茨城県沖と三陸沖から房総沖の海溝寄りという6領域が同時に活動して発生してしまいました。そのため、地震直後に開かれた記者会見で阿部勝征・地震調査委員長(当時)は「4つの想定域が連動するとは想定できなかった。地震研究の限界だ」と述べました。4つというのは勘違いで上記のように6つです。

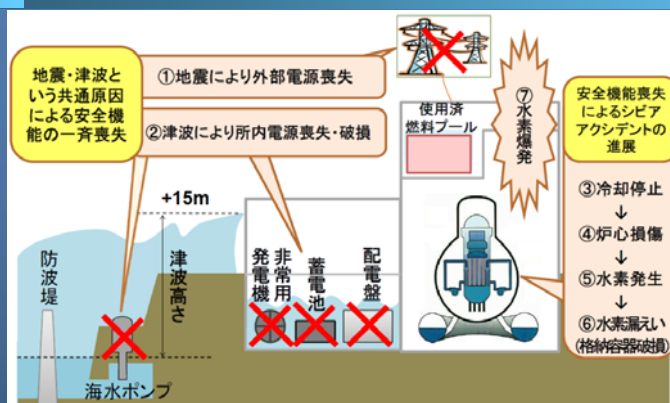
22

なぜこのような予測が行われたのか？

- 前述したように地震学では実験ができないし理論的な研究も難しいので、予測も研究と同じように過去に起こった地震のデータを集めて分析することで行われます。
- 右図が集められたデータです。これを眺めれば、「それぞれの領域が独立に地震を起こす」という前提が概ね正しいことが理解できると思います。
- この前提に関しては、アスペリティモデルや比較沈み込み学といった学問的な仮説が、主流にいる科学者によって提唱されていたため、科学者の間で広く受容されていたという事情も関係しているでしょう。



福島第一原発事故の原因

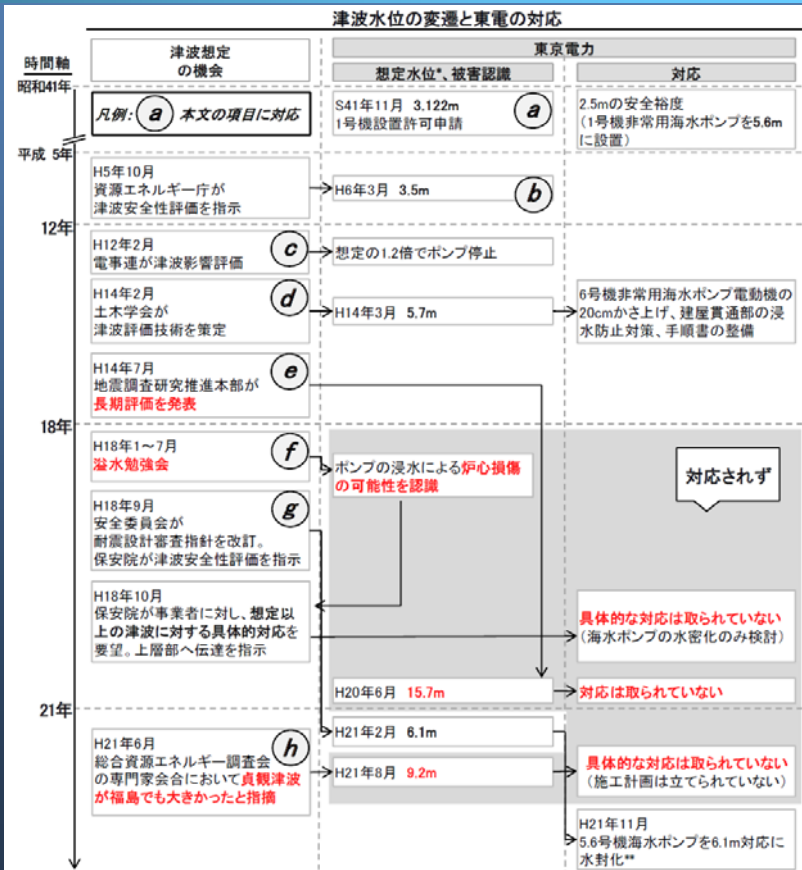


原子力規制委員会が新規制基準を制定するにあたって、福島第一原発事故の原因分析をした結果をまとめたもの

- 送電鉄塔と変電所が地震動で被害を受けて外部電源が喪失しました。所内電源の非常用発電機と蓄電池、および全電源の分配を行う配電盤は津波で海水につかってしまっって機能が停止しました。
- 配電盤がやられてしまっっては、たとえ外部電源が生き残っていても冷却系へそれを供給することはできませんから、福島第一原発事故の主要な原因は東北地震による津波であると考えるのが自然でしょう。

津波安全性評価の経緯

- 国会事故調により詳細に調べられていて、右図のようにわかりやすくまとめられています。
- この図の中で重要で鍵となる津波安全性評価(図では「津波想定」)は、⑤地震本部の長期評価に対する津波安全性評価です。これらについて検討します。



25

検討する上で前提となる科学法則

- それはスケーリング則と呼ばれています。
- 津波の高さに対するスケーリング則は、直後に想定外と言った地震調査委員長が、研究者として作っています。
- それは「マグニチュード M の地震による津波の高さは 10^M (10の M 乗) に比例する」というものです。
- したがって、マグニチュードが 0.1 大きくなると、津波の高さは $10^{0.1} = 1.26$ 倍になります。
- つまり、マグニチュードが大きければ津波の高さも高いということです。

26

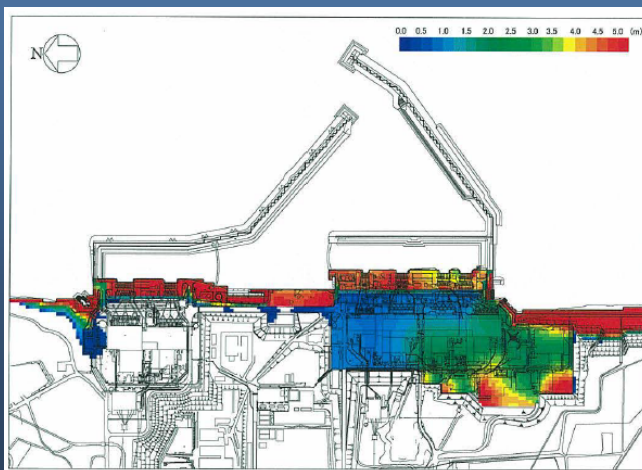
㊦の津波安全性評価

- ㊦の想定地震は、地震本部の長期評価において「三陸沖から房総沖の海溝寄り」の領域で起こり得るとされた $M 8.2$ 程度の津波地震が福島県沖で起こった場合です。
- 東北地震の $M 9.0$ に比べ 0.8 も小さいですから、津波の高さは $1/1.26^8$ (1.26 の 8 乗分)、つまり約 $1/6$ しかないはずです。
- にも関わらず、㊦の津波評価結果は 15.7 mと東北地震時の 15.5 mより大きくなっています。
- これはスケーリング則に反していて科学的に不自然です。

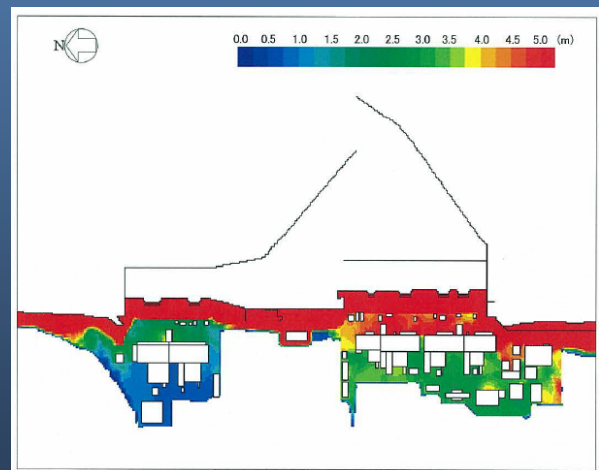
27

この疑問への答え

- 15.7 mは敷地の南側の地点の局所的な値であって、敷地前面ではやはり東北地震時よりだいぶ小さかったのです。



㊦の津波評価



東北地震で実際に起こったこと

津波の予測と現実

- 以上をまとめると、福島第一原発サイトにおける東北地震時の津波は、それ以前に行われたどの津波安全性評価においても科学的に予測できなかった想定外の津波でした。
- 東日本大震災以前の、東北地震に関連した科学的予測と、福島第一原発に関連した津波安全性評価を振り返り、それらを地震の科学の側面から検証してみました。その結果、東北地震とそれに伴う津波は、科学的に見てやはり想定外と言わざるをえないという結論に達しました。

全国地震動予測地図の実力

全国地震動予測地図

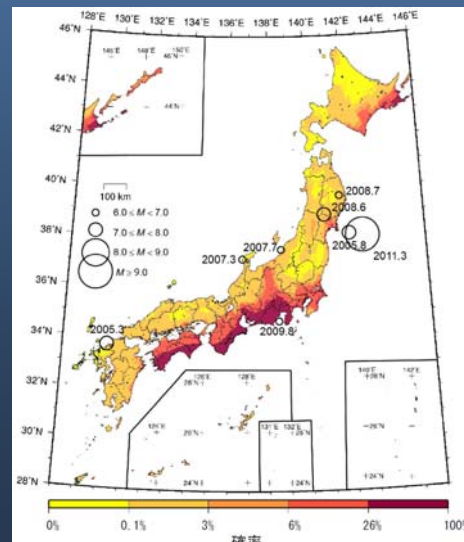
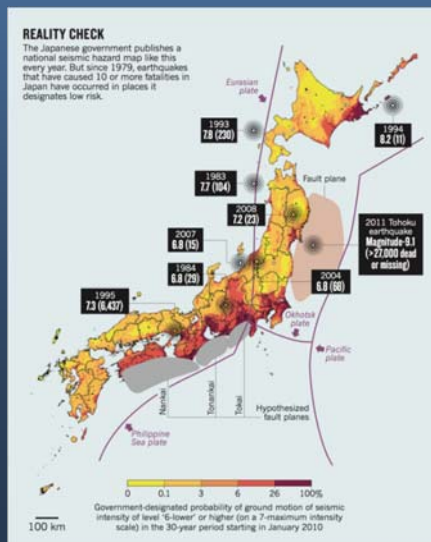
- 全国地震動予測地図とは、日本全国のいろいろな地点が地震による揺れ(地震動)に将来、見舞われる確率を地図に表した政府発行のハザードマップ。
- 全国地震動予測地図に対して、Geller (2011)に始まる世界的な批判の声が上がっている。



31

Geller (2011)による批判

- Geller (2011)による批判とは、震度6弱以上の地震動に見舞われる確率が低い地域で最近の被害地震が起きているというもの(左図)。
- 地震と地震動は別物であるが、大きな震度は概ね被害地震の震央付近に現れるから、Geller (2011)のような比較もそれなりに意味がある。
- 予測地図は過去の地震は予測していないから、もっとも古い2005年版地図とその後の被害地震を比較してみたが、問題点はやはり現れた(右図)。



32

その他の定性的な批判と反論

たとえば, Seismological Research Lettersというアメリカ地震学会のレター誌における論争.

Bad Assumptions or Bad Luck: Why Earthquake Hazard Maps Need Objective Testing

During World War II, future Nobel Prize winner Kenneth Arrow served as a military weather forecaster. "My colleagues had the responsibility of preparing long-range weather forecasts, i.e., for the following month," he wrote. "The statisticians among us subjected these forecasts to verification and found they differed in no way from chance. The forecasters themselves were convinced and requested that the forecasts be discontinued. The reply read approximately like this: 'The commanding general is well aware that the forecasts are no good. However, he needs them for planning purposes.'" (Gardner 2010).

Seismologists often encounter a similar situation when developing earthquake hazard maps, which ideally describe the level of earthquake hazards in a region and provide a scientific foundation for earthquake preparation and mitigation. However, in recent years many large and destructive earthquakes have occurred in places mapped as having relatively low hazard (Kerr 2011). A striking example is the March 2011 M 9.1 earthquake off Tohoku, Japan, which occurred in an area shown by the Japanese national earthquake hazard map as one of relatively low hazard. Figure 1, from Geller (2011), illustrates his point that

The regions assessed as most dangerous are the zones of three hypothetical "scenario earthquakes" (Tokai, Tonankai, and Nankai; see map). However, since 1979, earthquakes that caused 10 or more fatalities in Japan actually occurred in places assigned a relatively low probability. This discrepancy—the latest in a string of negative results for the characteristic earthquake model and its cousin, the seismic-gap model—strongly suggests that the hazard map and the methods used to produce it are flawed and should be discarded.

Similar discrepancies have occurred around the world. The 2008 Wenchuan earthquake (M 7.9) in China occurred on a fault system assessed, based on the lack of recent seismicity and slow slip rates, to have low hazard. Another example is the convergent boundary between Africa and Eurasia in North Africa. The 1999 Global Seismic Hazard Map, which shows peak ground

acceleration expected at 10% probability in 50 years, features a prominent hazard "bull's-eye" at the site of the 1980 M 7.3 El Asnam earthquake. The largest subsequent earthquakes to date, the 2003 M 6.8 Algeria and 2004 M 6.4 Morocco events, did not occur in the bull's-eye or regions designated as having high hazard levels. The 2010 M 7.1 Haiti earthquake similarly occurred on a fault mapped in 2001 as having low hazard, and it produced ground motion far greater than the map predicted.

EVALUATING HAZARD MAPS

...in recent years many large and destructive earthquakes have occurred in places mapped as having relatively low hazard...

In the above cases, the maps significantly underpredicted the earthquake hazard. However, their makers might argue that because the maps predict the maximum shaking expected with some probability in some time interval, the much larger earthquakes and resulting shaking that actually occurred are rare events that should not be used to judge the maps as unsuccessful. So how should we judge a map's performance? Currently, there are no generally agreed-upon criteria. It is surprising that although such hazard maps are widely used in many countries, their results have never been objectively tested.

A basic principle of science is that methods should be accepted only after they are shown to be significantly more successful than ones based on null hypotheses, which usually are based on random chance. Otherwise, they should be rejected, regardless of how appealing their premises might seem.

Results from other fields, such as evidence-based medicine, which objectively evaluates widely used treatments, are instructive. For example, Moseley *et al.* (2002) found that although more than 650,000 arthroscopic knee surgeries at a cost of roughly \$5,000 each were being performed each year, a controlled experiment showed that "the outcomes were no better than a placebo procedure."

Weather forecasts, which are conceptually similar to earthquake hazard mapping, are routinely evaluated to assess how well their predictions matched what actually occurred (Stephenson 2000). Forecasts are also tested to see if they do better than using the average of that date in previous years, or by assuming that today's weather will be the same as yesterday's. Over the years, this process has produced measurable improvements in forecasting methods and results and yielded much better assessment of uncertainties. This conceptual approach is also used by climate modelers, who present and compare the

Have Recent Earthquakes Exposed Flaws in or Misunderstandings of Probabilistic Seismic Hazard Analysis?

by Thomas C. Hanks, Gregory C. Beroza, and Shinji Toda

In a recent *Opinion* piece in these pages, Stein *et al.* (2011) offer a remarkable indictment of the methods, models, and results of probabilistic seismic hazard analysis (PSHA). The principal object of their concern is the PSHA map for Japan released by the Japan Headquarters for Earthquake Research Promotion (HERP), which is reproduced by Stein *et al.* (2011) as their Figure 1 and also here as our Figure 1. It shows the probability of exceedance (also referred to as the "hazard") of the Japan Meteorological Agency (JMA) intensity 6–lower (JMA 6–) in Japan for the 30-year period beginning in January 2010. JMA 6– is an earthquake-damage intensity measure that is associated with fairly strong ground motion that can be damaging to well-built structures and is potentially destructive to poor construction (HERP, 2005, appendix 5). Reiterating Geller (2011, p. 408), Stein *et al.* (2011, p. 623) have this to say about Figure 1:

The regions assessed as most dangerous are the zones of three hypothetical "scenario earthquakes" (Tokai, Tonankai, and Nankai; see map). However, since 1979, earthquakes that caused 10 or more fatalities in Japan actually occurred in places assigned a relatively low probability. This discrepancy—the latest in a string of negative results for the characteristic model and its cousin the seismic-gap model—strongly suggest that the hazard map and the methods used to produce it are flawed and should be discarded.

Given the central role that PSHA now plays in seismic risk analysis, performance-based engineering, and design-basis ground motions, discarding PSHA would have important consequences. We are not persuaded by the arguments of Geller (2011) and Stein *et al.* (2011) for doing so because important misunderstandings about PSHA seem to have conditioned them. In the quotation above, for example, they have confused important differences between earthquake-occurrence observations and ground-motion hazard calculations.

PSHA has two essential ingredients: seismic-source characterization (SSC) and ground-motion characterization (GMC). SSC deals with the earthquakes that might affect some site or area of interest and specifies the locations, sizes, and rates of occurrence for them. GMC is concerned with the estimation of ground motion from all of these earthquakes and its

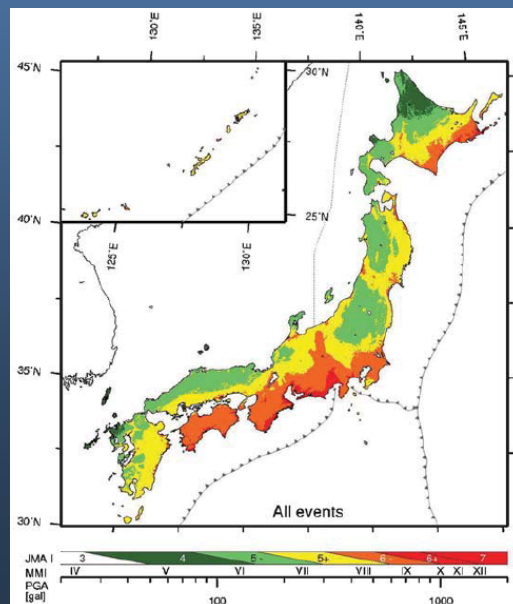
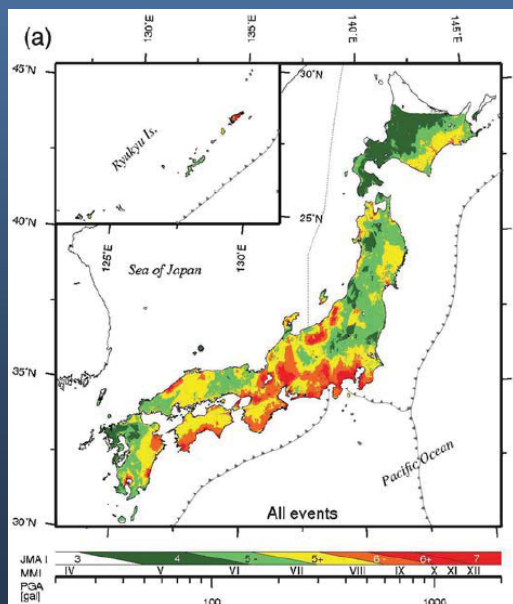
propagation to the site(s) of interest. Even for very specific choices of magnitude M and distance R , however, there is considerable variability of the resulting ground motion, and modern PSHA projects devote considerable time and effort to quantifying these uncertainties. For any site of interest, SSC and GMC are combined in the hazard integral (e.g., Reiter, 1990; McGuire, 2004), which integrates over all magnitudes M and distances R to determine the exceedance rate of a chosen ground-motion measure. This results in the hazard curve, with ground-motion values on the abscissa and their rates of exceedance on the ordinate; when these rates of exceedance are small numbers, they are the same as probabilities of exceedance.

The hazard curves for many sites may be synthesized into a map showing hazard values for a fixed ground-motion/damage-intensity level (a vertical line in hazard space; Fig. 1) or ground-motion values for a fixed hazard level (a horizontal line in hazard space; Fig. 2). Most readers of *Seismological Research Letters* will find Figure 1 to be a very different presentation of hazard from what they are used to seeing. More familiar is the portrayal in Figure 2 (Petersen *et al.*, 2008) that shows the peak ground acceleration (PGA) in California and Nevada for a fixed probability of exceedance of 4×10^{-4} /yr (the 2,500-year PGA), also known as the "2% in 50 years" PGA because it represents the ground motion with a 2% exceedance probability in a 50-year interval. In this format, ground motions tend to become large close to high-slip-rate faults (the San Andreas, e.g., and its principal branches), where many large earthquakes are expected to occur in 2,500 years. We can illustrate this with a highly simplified example in which a single event occurs every 250 years along the same fault segment. In this case, we need to choose the 1-in-10 PGA to reach the hazard level of 4×10^{-4} /year ($1/250 \times 1/10$). This will be a factor of 2–3 times larger than the median PGA value for a single earthquake and leads to the very large PGA values along the high-slip-rate sections of the San Andreas fault system in Figure 2.

The high-slip-rate faults in Japan are the subduction interfaces, with the Philippine Sea plate subducting beneath the Tokai–Tonankai–Nankai coast (at ~ 30 mm/year beneath Tokyo increasing to ~ 50 mm/year beneath the Nankai coast) and the Pacific plate subducting beneath the northern coast of Japan at ~ 80 mm/year. Both of these slip rates are somewhat significantly higher than that for the San Andreas fault, but only

500年間に対する検証

- Miyazawa and Mori (2009)
古文書の記述から算出した, 過去500年間の歴史地震の震度データとその内外挿で作られた分布図(左)を, 2008年起点の50年超過確率10%の予測地図と比較した.



明治以降は実際に観測された震度データがある

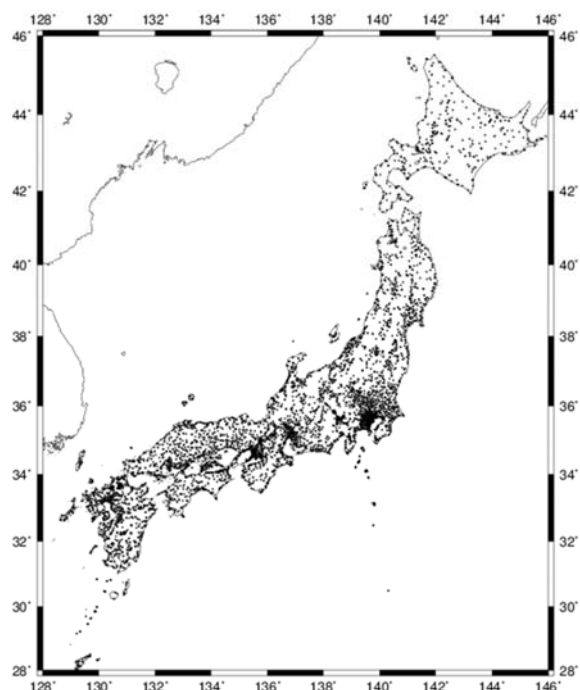
- 観測データは1890年以降の震度データを整理し30年区切りで各観測地点の最大震度を求めるということを行った.
- 全国地震動予測地図も遡って, 1890年, 1920年, 1950年, 1980年それぞれを起点のものを作り直した.

35

観測震度 (1)

- 観測最大震度地図を作成するために以下の震度データを用いた

過去の地震	用いた震度データ
1873～1925年に起きた地震	石垣, 2007
1923～2016年に起きた地震	気象庁

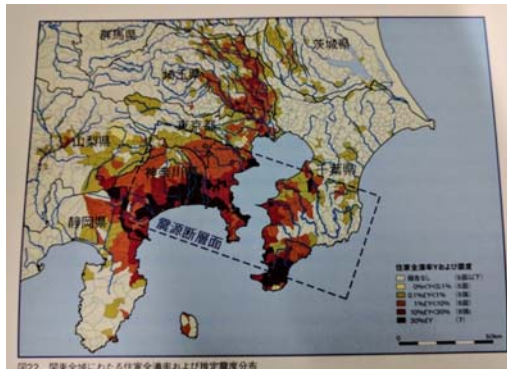


全国の震度観測点(気象庁)

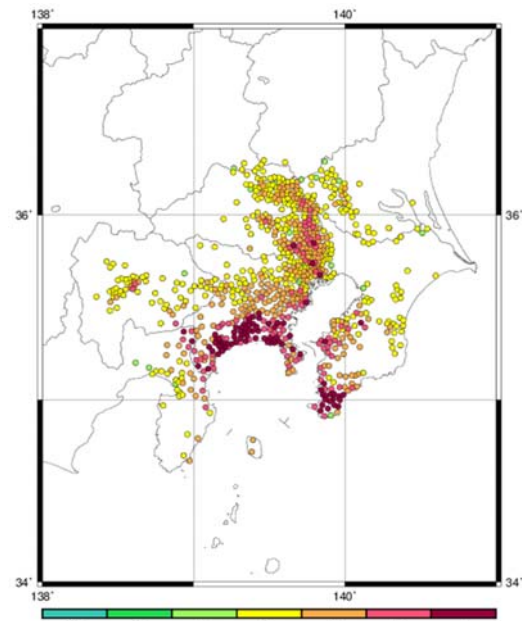
観測震度 (2)

気象庁の震度データだけでは十分なデータを得られなかったため以下のデータを使用した。(その1)

過去の地震	用いた震度データ
1923年昭和関東地震	武村, 2003



1923年大正関東地震による住宅全壊率の分布(武村, 2003)



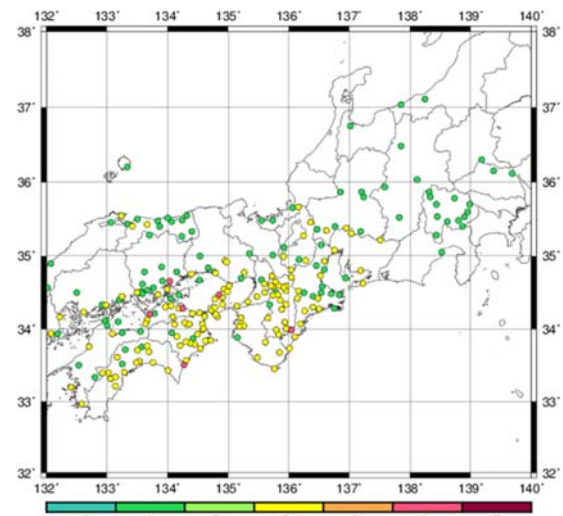
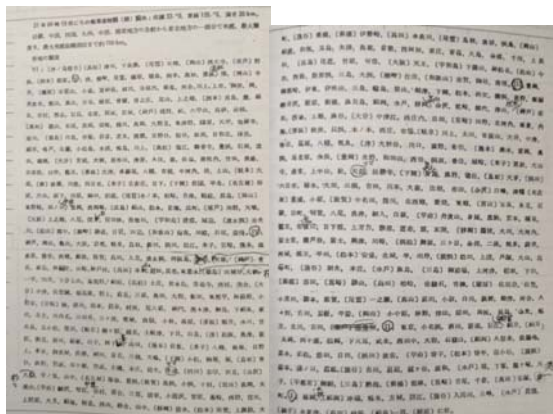
本研究で用いた
1923年大正関東地震の震度分布
図

右図の観測点では関東地震の震度を1920~1949年の最大震度とした。

観測震度 (3)

気象庁の震度データだけでは十分なデータを得られなかったため以下のデータを使用した。(その2)

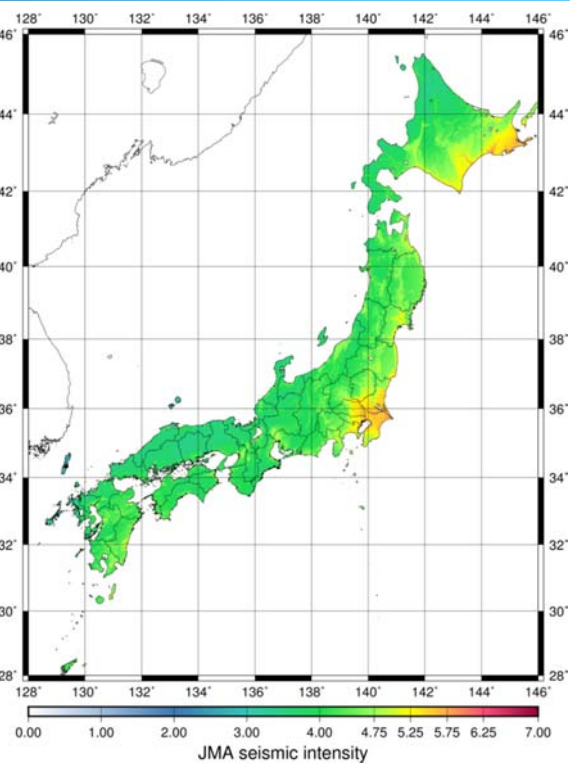
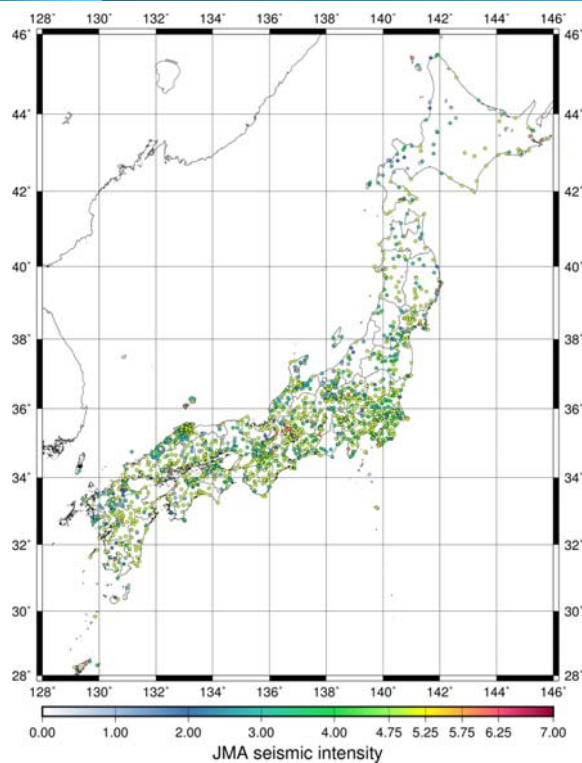
過去の地震	用いた震度データ
1944年昭和東南海地震	宇佐美, 1985
1945年三河地震	原田・他, 2016
1946年昭和南海地震	原田・他, 2016
1948年福井地震	原田・他, 2016



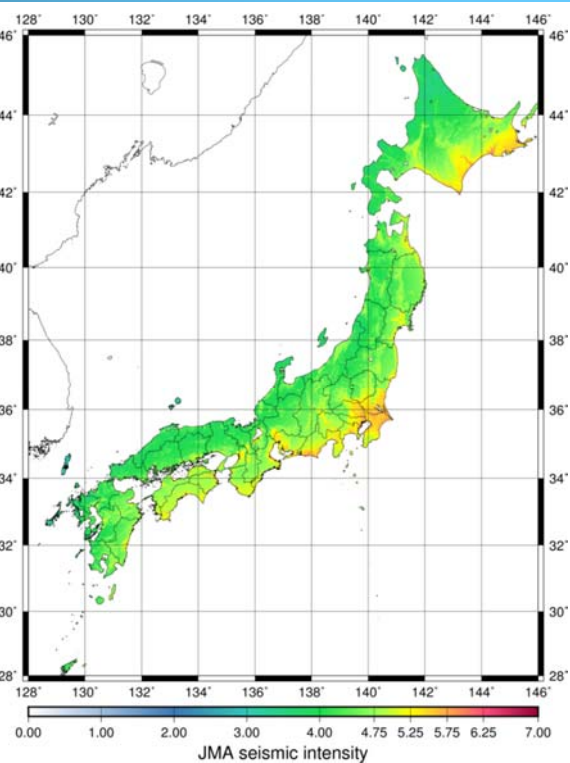
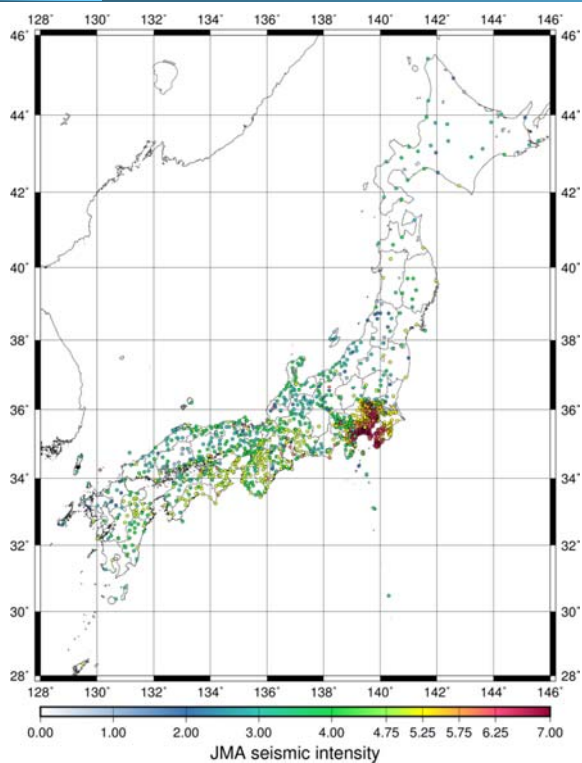
本研究で整理した
1946年昭和南海地震の震度分布
図

中央気象台の観測所ごとにまとめられた震度調査表(宇佐美, 1985)
隣接した観測点で4地震の中の最大値を確認してそれを1950~1979年の最大震度とした。

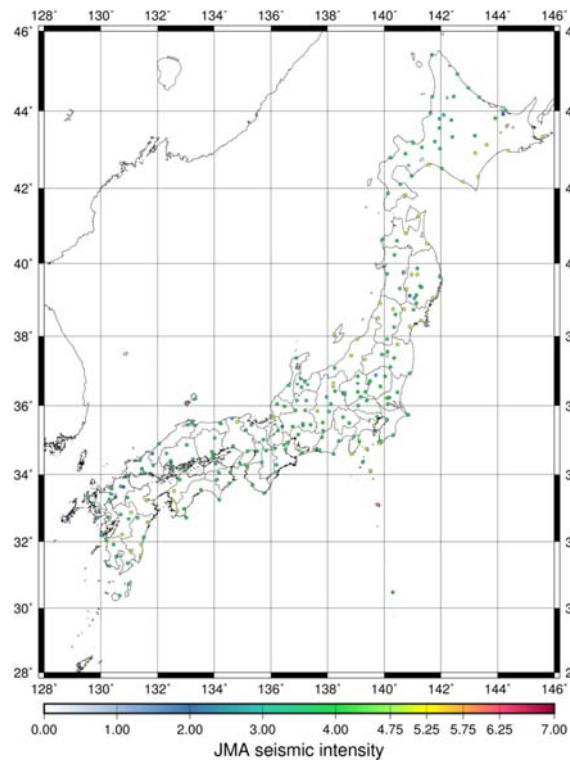
比較 (1890～)



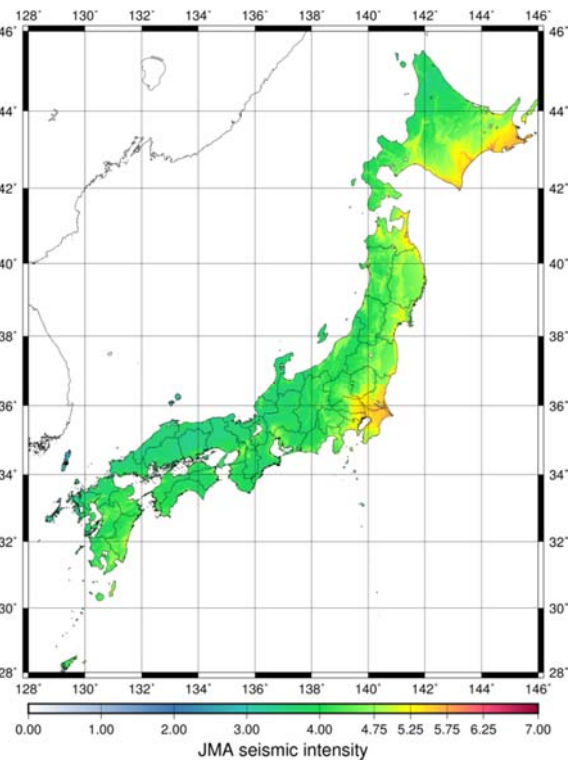
比較 (1920～)



比較 (1950～)

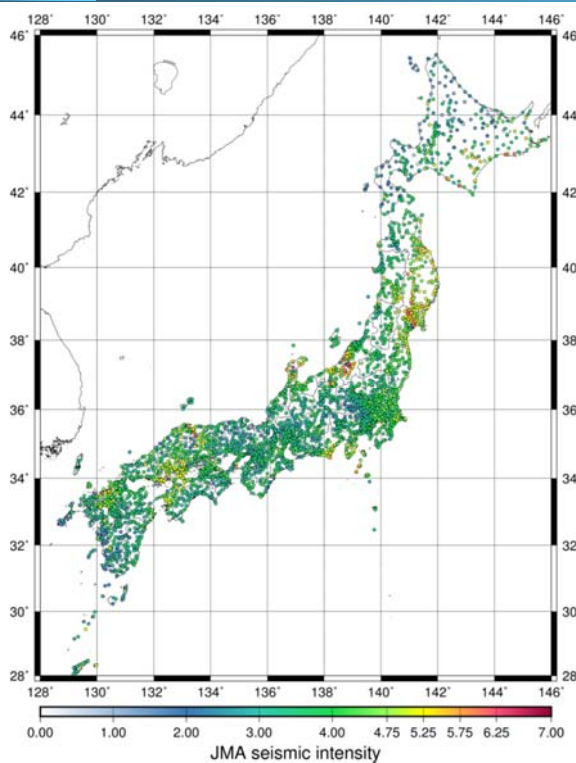


1950～1979年の観測最大震度

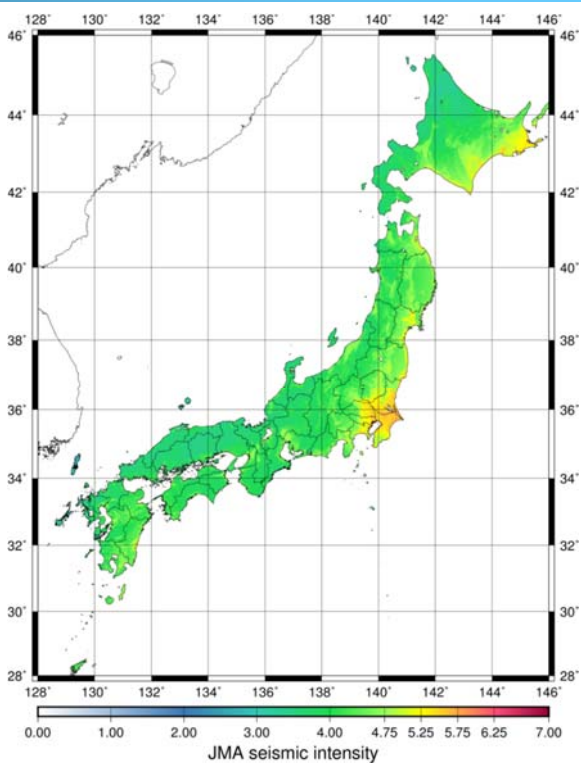


1950年から30年間にその値以上の揺れに見舞われる確率が64%となる震度の分布

比較 (1980～)



1980～2009年の観測最大震度



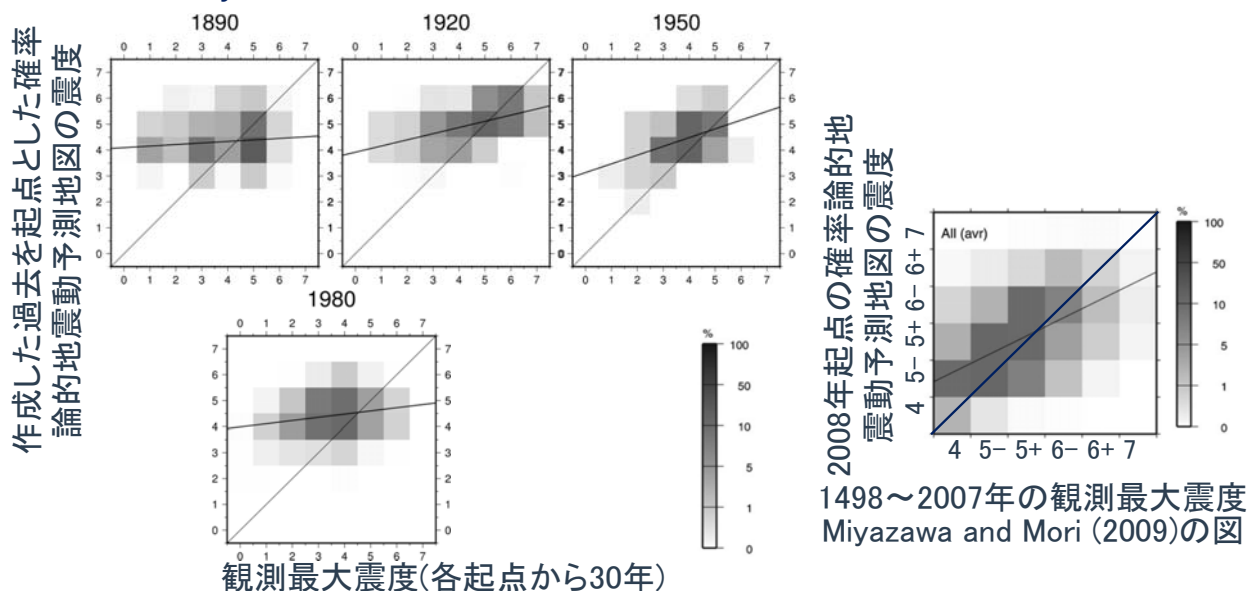
1980年から30年間にその値以上の揺れに見舞われる確率が64%となる震度の分布

この部分のまとめ (1)

各地点における観測震度と予測震度の比較をMiyazawa and Mori (2009)の方法で行う。色の濃さは各期間において全地点に占める割合、太い直線は回帰直線を示す。

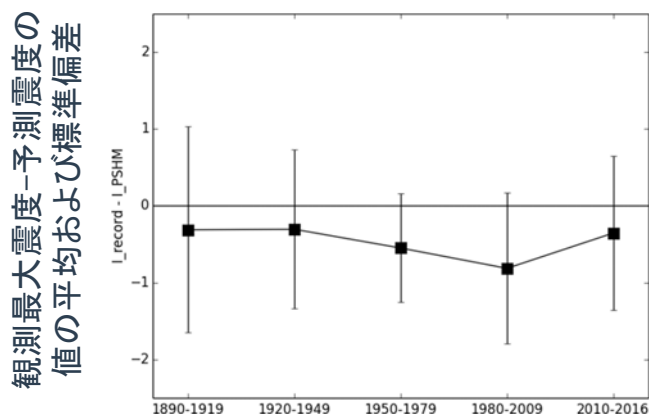
- ・観測震度と予測震度の間に正の相関は確認できた。
- ・しかし回帰直線の傾きは小さく、そのため震度4から5より小さい側では予測が大きい過大評価になっており、逆に大きい側では予測がやや小さい過小評価になっている。

この傾向はMiyazawa and Moriにも見られるが、その程度は小さい。



この部分のまとめ (2)

- ・いずれの期間も平均値は負であり平均として過大予測となっている。
- ・Miyazawa and Mori (2009)に比べばらつきが大きくなっている。



結論

観測最大震度および予測震度に用いた期間(年)

過大評価・過小評価の傾向は500年間を対象としたMiyazawa and Mori (2009)の結果に比べて著しく、確率論的地震動予測地図は30年程度の短い期間では高い予測精度を持たないことを意味する。

ではどうしたらいいのか？

45

現在の地震動予測地図に付けられている付録

付録-2

地震動予測地図をみよう

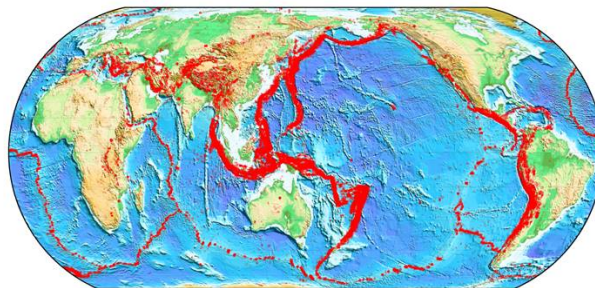
■ はじめに

阪神・淡路大震災をきっかけに設置された地震調査研究推進本部は、地震の被害を少しでも減らすため、地震の調査や研究を推進し、その成果の普及に努めてきました。地震動予測地図はその一端として公表しているものです。ここでは、地震動予測地図をより良く理解し広く活用していただくために、地震動予測地図からわかることや注意点などについて説明します。

■ 全国どこでも強い揺れに見舞われる可能性

地震は世界中どこでも起こっているわけではなく、地震が多発する地域とそうでない地域があります。下の図は、世界地図の上に、1977年1月から2012年12月までに発生したマグニチュード(M)5以上の地震を赤い丸印で示したものです。日本の面積は世界の面積の1%未満であるにもかかわらず、世界の地震の約1割が日本の周辺で起こっています。日本は世界的に見ても地震による危険度が非常に高く、全国のどこでも地震によって強い揺れに見舞われる可能性があります。

世界の震源分布



※ 震源データはアメリカ地質調査所(USGS)、地形データはアメリカ海軍大気庁(NOA)ETOPOSによる。
図はGMT(General Mapping Tools)を用いて作成した。

1

46

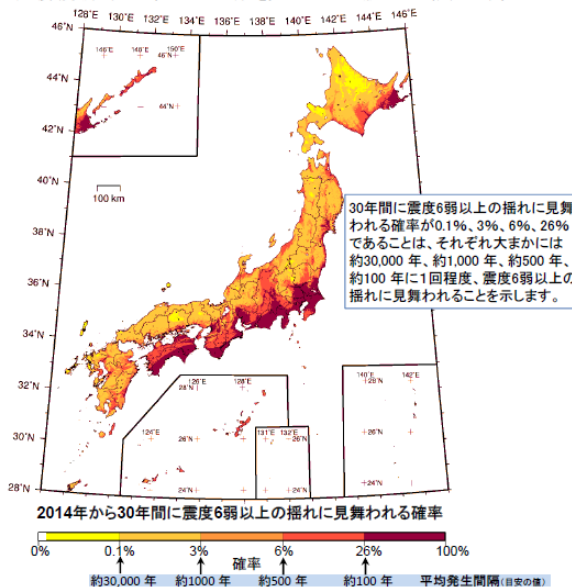
付録2

■ 日本国内で強い揺れに見舞われる可能性

下の図は、「2014年から30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率」を示した地震動予測地図です。なお、図に示されている確率は、「その場所で地震が発生する確率」ではなく、「日本周辺で発生した地震によってその場所が震度6弱以上の揺れに見舞われる確率」です。

地震動予測地図や、地震動予測地図を作成する際に用いられるデータは、地域防災対策、耐震設計、損害保険の料率算定などに用いられているほか、文部科学省では、学校施設の耐震化の優先順位付けや耐震化事業の緊急度の検討にも活用されています。

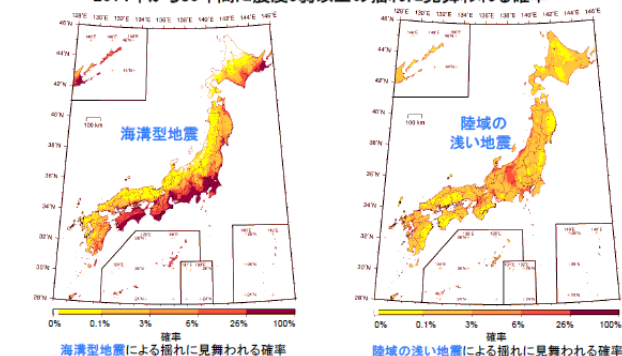
下の図を見ると、世界的に見て地震による危険度が非常に高い日本の中でも、場所によって強い揺れに見舞われる可能性が相対的に高いところ(濃い赤色)と低いところ(黄色)があることがわかります。太平洋側で確率が高い傾向が見られますが、日本全国で強い揺れに見舞われる可能性があるのは前頁で見たとおりです。なお、震度6弱以上の揺れがどのような揺れかについては、5頁を参照してください。次の頁では、地震動予測地図からわかること、図を見るときに注意点について説明します。



2

■ 地震動予測地図からわかること

2014年から30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率



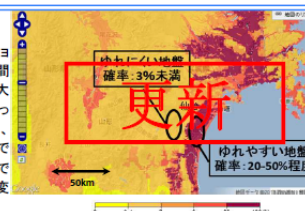
●太平洋側はなぜ確率が高い?

地震には、東北地方太平洋沖地震のように海溝付近で発生する「海溝型地震」と、兵庫県南部地震のように陸域の浅いところで起こる「陸域の浅い地震」があります。左上図は、2頁の地震動予測地図の確率から海溝型地震によるものだけを取り出したもので、右上図は陸域の浅い地震によるものだけを取り出したものです。

日本周辺の太平洋側沖合いには、千島海溝、日本海溝、南海トラフといった、海溝型地震を起こす陸と海のプレートの境界があり、海溝型地震の発生間隔が数十年から百年程度と短いため、左上図のように太平洋側の確率が高くなります。特に、西日本の太平洋側沖合いの南海トラフでは、これまで100年前後の間隔で巨大な地震が発生しており、前回の地震から70年近く経過しているため、西日本の太平洋側で確率が非常に高くなっています。一方、陸域の浅い地震の発生源である活断層の地震の発生間隔は一般に1,000年以上と長いので、右上図のように海溝型地震と比べると確率は全般的に小さくなります。ただし、日本列島には未確認のものも含めて多くの活断層が分布しており、全国どこでも地震が発生する可能性があります。

●地震の揺れやすさの違いの影響

防災科学技術研究所の「地震ハザードステーション」(5頁を参照)を使って、2頁の2013年から30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率の図を拡大して見ると、右図の仙台市周辺のように、場所によって確率が大きく異なることがあります。その原因は、場所によって地盤の揺れやすさが大きく異なるからです。このため、右図の例のように、近接した場所であっても、地盤の揺れやすさによって確率が大きく変わることになります。



3

47

付録2

■ 地震動予測地図を見るときに注意点

●「確率が低いから安全」とは限りません

日本は世界的に見ると地震により大きな揺れに見舞われる危険性が非常に高く、過去200年間に国内で大きな被害を出した地震を調べると、平均して海溝型地震は20年に1回程度、陸域の浅い地震は10年に1回程度起こっています。このため、自分の地域で最近地震がないからといって安心はできません。実際に、阪神・淡路大震災を引き起こした1995年兵庫県南部地震(M 7.3)は、近年ほとんど大きな地震の起こっていない場所でも発生し、大きな被害をもたらしたのです。また、日本国内で相対的に確率が低い地域でも、油断は禁物です。そのような地域でも、1983年日本海中部地震(M 7.7)や2005年の福岡県西方沖の地震(M 7.0)、2007年能登半島地震(M 6.9)のように、ひとたび地震が起これば強い揺れに見舞われ、大きな被害を生じます。

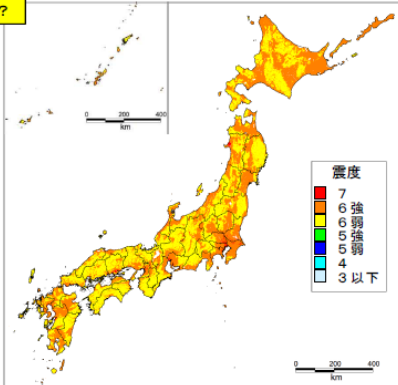
●地震動予測地図には不確実さが含まれています

地震動予測地図は最新の知見に基づいて作成されていますが、使用できるデータには限りがあるため、結果には不確実さが残ります。例えば、地震計が設置されたのは明治以降のたかだか100年少々ですから、近代的観測データがあるのは、これまで地震が起こってきた長い歴史のうちのごくわずかの期間です。また、国内にはまだ詳細な活断層調査が行われていない地域があります。これらのことから、その存在が知られていない地震や活断層がまだ残されている可能性があり、地震動予測地図には不確実さが含まれています。

●直下でM7程度の地震が起こったら?

これまでに発生したM7程度(兵庫県南部地震程度)の地震でも地表に断層が現れないことがありました。そのため、活断層があるとは思われない場所でもM7程度の地震が起こる可能性は否定できません。

では、あなたの家の真下で、もしM7程度の地震が起こったら、どのくらい揺れるのでしょうか?それは、全国各地でM7程度の地震が直下で起こった場合の震度の分布を示した図(この地図は地震動予測地図ではありません)を見るとわかります。同じ規模の地震でも、軟らかい地層に覆われた平野や盆地での揺れが大きくなり、震度6強以上に達することが分かります。



4

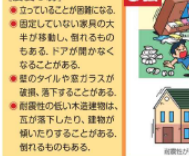
●震度6弱・6強の揺れはどのくらいの揺れ?

2～3頁で「2014年から30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率」の図を示しました。では、震度6弱以上の揺れでどのようなことが起こるのでしょうか?下の図に示すように、耐震性の低い木造建物は、震度6弱では傾いたり倒れたりすることがあり、震度6強ではそのような建物が多くなります(気象庁震度階級解説表による)。

6弱



6強



震度6弱



気象庁HP(http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/shindo_kaisetsu/jma-shindo-kaisetsu-gaiyo.pdf)より

●インターネットでもっと詳しく調べよう

防災科学技術研究所のWEBサイト「J-SHIS 地震ハザードステーション」では、地震動予測地図を見ることができます。全国のすべての地点について、地図を拡大したり、「今後30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率」や、「地盤の揺れやすさ」等を調べることができます。また、全国の主な活断層や海溝型地震の震源域も調べることができます。

なお、個別の活断層で地震が起こった場合に周辺がどのくらいの震度で揺れるかを知りたい方は、J-SHISの想定地震地図や、全国地震動予測地図の別冊2をご覧ください。地震動予測地図は、最新の情報を反映するために毎年更新されています。また、より分かりやすくするための検討が現在行われています。詳しくは地震調査研究推進本部のホームページをご覧ください。

- ◆J-SHIS 地震ハザードステーション <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>
- ◆J-SHISの想定地震地図 <http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/>
- ◆全国地震動予測地図別冊2 http://www.jishin.go.jp/main/chousa/09_yosokuchizu/index.htm#2
- ◆地震調査研究推進本部 <http://www.jishin.go.jp/>

●地震から身を守るために

阪神・淡路大震災では、建物の倒壊が原因で多くの方が亡くなりました。このような被害は建物の耐震化で減らすことができます。住宅の耐震診断や耐震化に補助が出たり、耐震化された住宅の税金が減免されたりすることがあるので、お住まいの自治体窓口を確認しましょう。また、地震時の家具の転倒も危険です。家具の固定などは比較的簡単にできます。まずはできることから備えを進めましょう。

この資料に関するお問い合わせは

文部科学省 研究開発局 地震・防災研究課
(地震調査研究推進本部事務局)

〒100-8959 東京都千代田区霞が関 3-2-2
電話 03-5253-4111(代表) E-mail: jishin@mext.go.jp

5

48

強固な地盤で大きな地震が少ない、安全・安心なビジネスステージ

With firm geological foundations and major earthquakes rare, FUKUSHIMA is a safe and secure place to do business

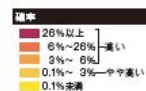
福 島県は、地震や台風による災害が少ないことで知られており、企業のリスクマネジメント上において国内屈指の環境と高い評価を受けています。

今後30年以内に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率は極めて低いとされ、特に阿武隈高地の地盤は堅固で活断層も少なく、地震に対する安全性が極めて高いと言われています。

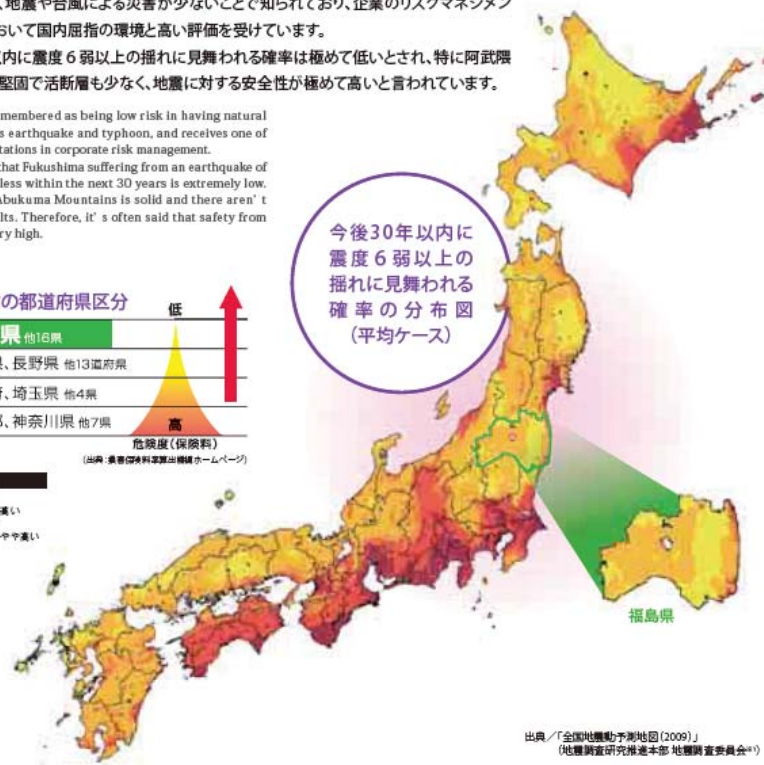
Fukushima is remembered as being low risk in having natural disasters such as earthquake and typhoon, and receives one of the highest reputations in corporate risk management.

The probability that Fukushima suffering from an earthquake of magnitude 6 or less within the next 30 years is extremely low. The ground of Abukuma Mountains is solid and there aren't many active faults. Therefore, it's often said that safety from earthquake is very high.

■ 地震保険の都道府県区分



今後30年以内に
震度6弱以上の
揺れに見舞われる
確率の分布図
(平均ケース)



出典/「全国地震動予測地図(2009)」
(地震調査研究推進本部 地震調査委員会※)