

大 震 災 の 可 能 性

東京大学地震研究所 こうけつ 瀬瀬 かずき 一起

1. はじめに

日本列島とその周辺海域が地球上を占める割合はほんのわずかであるが、世界中で発生するマグニチュード (M) 5 以上の大きな地震のうち、7%から 8%の地震がここで発生する (図 1 左)。日本はこのような地震国であるから、国内どこでも震災の可能性があると考えなければならないが、著しい被害を伴う大震災となると大都市圏、特に首都圏を想定せざるを得ないであろう。

プレートテクトニクスと呼ばれる理論によれば、日本列島はユーラシア大陸にもつながる陸側のプレート (地球の表面を厚さ数十 km で覆う十数枚の岩板) に属しており、その下へ太平洋プレートやフィリピン海プレートが日本海溝・千島海溝や南海トラフ・相模トラフなどから沈み込んでいる (図 1 右)。沈み込む速度は太平洋プレートなら年間 8 cm 程度、フィリピン海プレートなら年間 4 cm 程度とわずかだが、長年継続されることで太平洋プレート・フィリピン海プレートと陸側プレートとの間に大きな歪みが蓄積され、それが瞬時に解放されると海溝型地震が発生する。

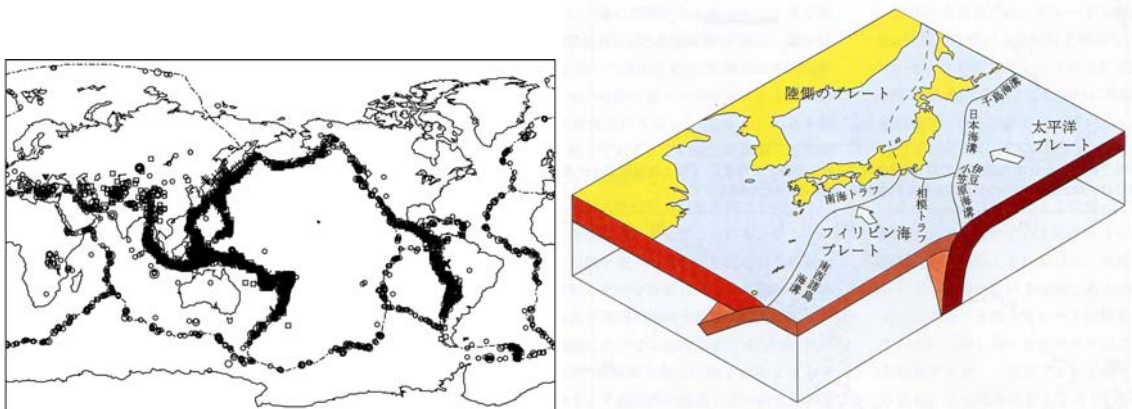


図 1. 2000~2005 年の M5 以上の地震 (左) と日本列島周辺のいろいろなプレート (右) ¹。

¹地震調査委員会 (1999). 日本の地震活動, 追補版, 地震調査研究推進本部, 395 頁.

一方、こうしたプレート運動は、海域のプレート境界からやや離れた日本列島の内陸部にも影響を及ぼす。太平洋プレートは西向きに、フィリピン海プレートは北西向きに陸側プレートを押し込み、陸側プレートはそれに抵抗するので、日本列島の地下には東西方向ないし北西－南東方向に圧縮力がかかることになる。この圧縮力による歪みがやはり蓄積され、地殻内の弱面（活断層）で限界に達して解放されると地震が発生する。阪神・淡路大震災を引き起こした兵庫県南部地震はこの分類に属する。

首都圏は、日本付近の三枚のプレートすべてが出会う三重会合点に近く、国内でもとりわけ地震が多い（図 1 右）。また、地下では陸側プレートを含めた三つのプレートが複雑に交錯している。そのため図 2 に示すように、いろいろなタイプの地震が発生する。こうした地震群の発生可能性とそれらによる揺れについて、2005 年 3 月に発表された「全国を概観した地震動予測地図」²などを基にここでは考えていく。

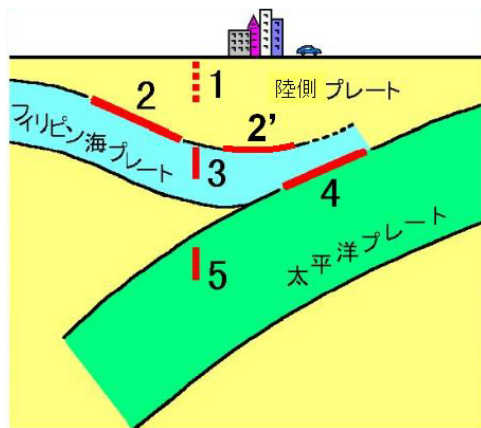


図 2. 首都圏で発生する地震のタイプ³。

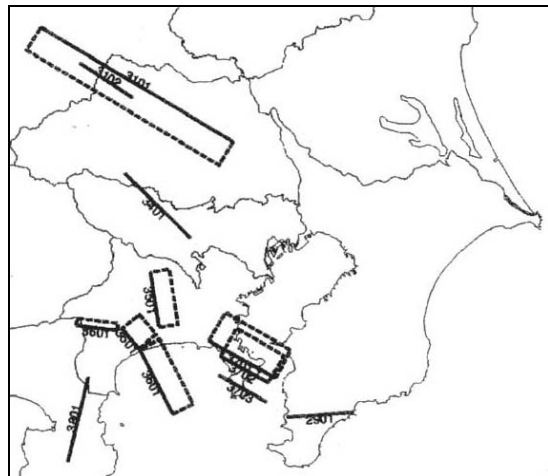


図 3. 首都圏下の堆積層の厚さ分布。

2. 来るべき首都直下地震

いろいろなタイプの地震のうち、まず活断層による地震（図中タイプ 1）を検討しよう。

地震調査委員会²が「主要 98 断層帯」と認定した活断層のうち、首都圏およびその周辺に位

² 地震調査委員会 (2005). 「全国を概観した地震動予測地図」報告書, 分冊 1, 地震調査研究推進本部, 213 頁.

³ 中央防災会議 (2004). 第 12 回首都直下地震対策専門調査会資料, 2-2, 98 頁.

【平成 18 年度日本保険学会大会】

共通論題「大震災と保険」

レジュメ： 瀨瀬 一起

置するものを図 3 に示した。また、それぞれの活断層が今後 30 年以内に地震を発生させる確率が表 1 に示されている。地震調査委員会²は他の自然災害や事故・病気等の同確率と比較して、3% 以上の場合 30 年発生確率が「高い」とし、さらにこの「高い」を 3%～6%、6%～26%、26% 以上の 3 ランクに分けた。表 1 の 9 断層帯では神縄・国府津－松田断層帯がランク 1、武山断層帯がランク 2 に入るだけですので、首都圏周辺の活断層による地震発生確率はそれほど高いわけではないことがわかる。

番号	名称	30 年発生確率
3101	関東平野北西縁断層帯	ほぼ 0%
3102	平井－櫛挽断層帯	0.43%
3401	立川断層帯	1.3%
3501	伊勢原断層	ほぼ 0%
3601	神縄・国府津－松田断層帯	4.2%
3701	衣笠・北武断層帯	0.0047%
3702	武山断層帯	8.4%
3703	三浦半島断層群南部	1.9%
3801	北伊豆断層帯	ほぼ 0%

表 1. 首都圏周辺の主要活断層の 30 年発生確率²。

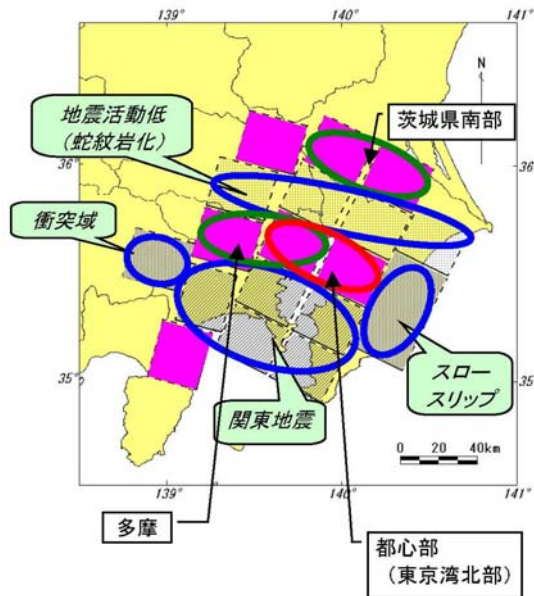


図 4. フィリピン海プレート上面の「首都直下地震」³。

フィリピン海プレートは相模トラフから首都圏の下に沈み込んでおり、そのやや深い部分の上面や内部で発生している地震（図 2 のグループ 2 や 3 の地震）は当然、海溝型地震である。しかし、これら地震は首都東京にとって、地下深い場所ではあるが直下で発生する地震と考えることもできる。中央防災会議³は、その首都直下地震対策専門調査会において活断層による地震だけでなく、図 4 に示すようにフィリピン海プレート上面の地震も検討対象とした。

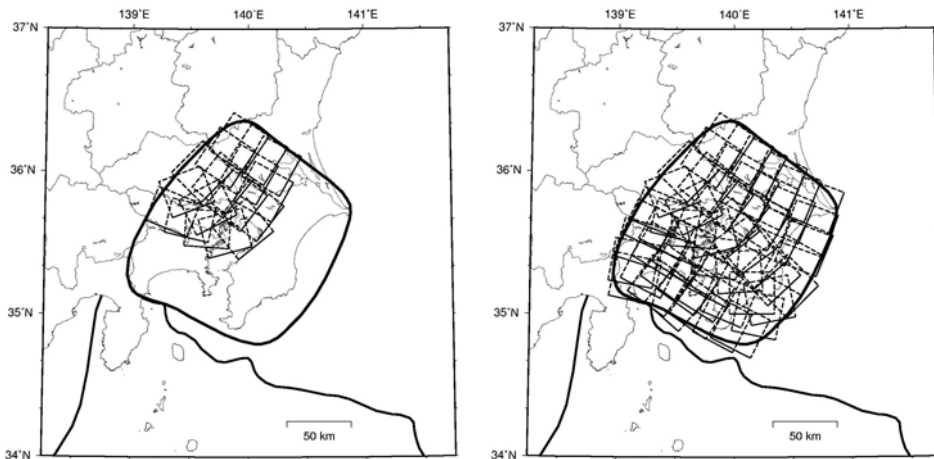


図 5. フィリピン海プレート上面のやや深い地震の断層面²（図 2 のグループ 2、左）。

図 6. フィリピン海プレート内部の地震の断層面²（図 2 のグループ 3、右）。

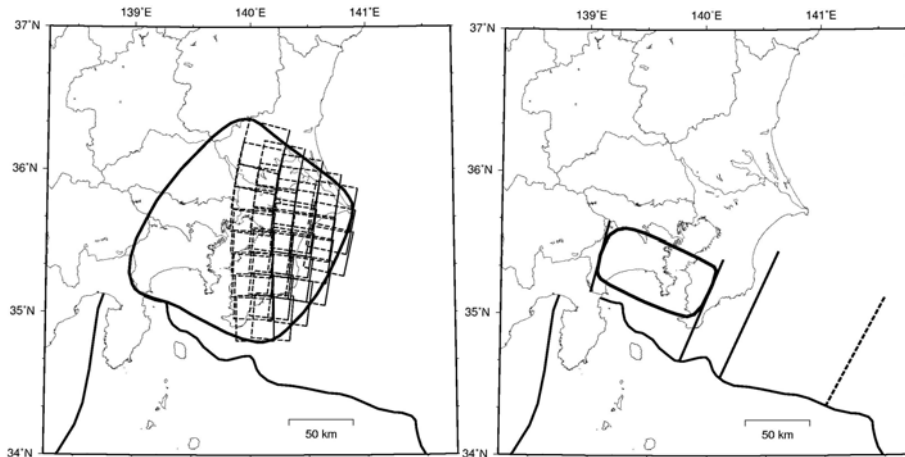


図 7. 太平洋プレート上面の地震の断層面²（図 2 のグループ 4、左）。

図 8. 相模トラフ沿いの震源域²（図 2 のグループ 2）と関東地震の断層面（右）。

図 4 に書き込まれた検討結果によれば、設定された 19 断層面のうち、種々の条件により東京湾北部・多摩地区・茨城県南部の 7 断層面が地震を発生させる可能性が高いと認定された。さらに「首都直下地震対策大綱」⁴（中央防災会議、2005）では、その中でも東京湾北部の 2 断層によるマグニチュード 7.3 の地震が、都心部の揺れが強いなどの理由から、首都直下地震対策の中心となる地震とされた。

地震調査委員会²は、これらフィリピン海プレートのやや深いプレート境界地震（図 5）に発生確率を与えている。ただし、図 4 のように断層面ごとに発生確率の差をつけることはしていない。また、フィリピン海プレート内部の地震（図 6）や太平洋プレート上面のプレート境界地震（図 7）も併せて考慮され、全体の 30 年発生確率には 72% と非常に高い値が算出された。

3. 首都圏に来るべき海溝型地震

首都圏近くで発生する海溝型地震のうちもっとも典型的な地震は、関東大震災を引き起こした 1923 年の関東地震である。この地震の断層面は、相模トラフから沈み込むフィリピン海プレート上面の浅い部分が想定されている（図 8）。この断層面は東側の隣接部といっしょになって、1703 年に元禄地震を起こしている。したがって、地震の発生間隔は 220 年ということになるが、現在は関東地震から 82 年しか経過していないので、地震調査委員会²による 30 年発生確率はわずか 0.065% となっている。しかし、海溝型地震は発生間隔が短いので、20 年延ばして 50 年以内に地震が発生する確率とすると 0.85% まで大きくなってくる。

フィリピン海プレートのうち南海トラフから沈み込む部分に関わる浅いプレート境界地震は、距離的には首都圏からやや離れるが、高い発生確率を持っている。過去の地震の研究から、南海トラフ沿いのプレート境界には図 9 に示す三つの震源域が考えられていて、それぞれが単独で地震を起こすと東から東海地震、東南海地震、南海地震と呼ばれる。

歴史上では、単独だけではなくいろいろな震源域の組み合わせで地震が発生しているので、すべての組み合わせに対して 30 年発生確率が計算されている（表 2）。長い間発生していない東海地震は単独でも 18% という高い確率を持っているが、東海地震を含むすべての組み合

⁴中央防災会議(2005). 首都直下地震対策大綱, 32 頁.

わせの確率を足し合わせると、86%という非常に高い値になる。一方、これら震源域でまったく地震が発生しない30年確率も、2.8%というやや高い値になっている。

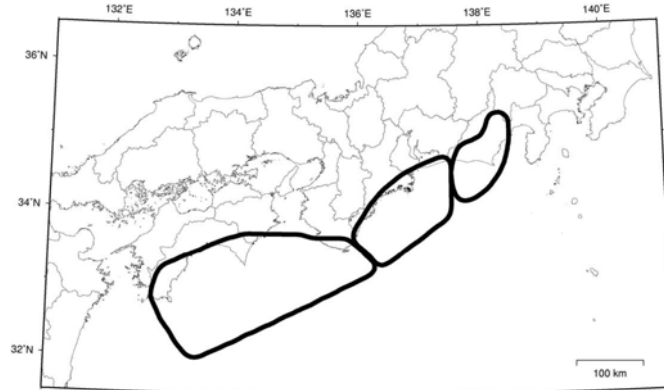


図 9. 南海トラフ沿いの震源域²。

No.	南海地震	東南海地震	想定東海地震	30年確率	50年確率
(1)	×	×	×	2.8%	0.046%
(2)	←→	×	×	2.6%	0.24%
(3)	×	←→	×	4.3%	0.43%
(4)	×	×	←→	18%	1.5%
(5)	←→	←→	×	2.0%	1.1%
(6)	←→	←→	×	2.0%	1.1%
(7)	←→	×	←→	16%	7.9%
(8)	×	←→	←→	13%	7.0%
(9)	×	←→	←→	13%	7.0%
(10)	←→	←→	←→	6.3%	18%
(11)	←→	←→	←→	6.3%	18%
(12)	←→	←→	←→	6.3%	18%
(13)	←→	←→	←→	6.3%	18%
	合計			100%	100%

表 2. 南海トラフ沿いの海溝型地震の30年発生確率²。

4. 首都圏の揺れやすさと被害

来るべき地震が発生したとき首都圏がどのように揺れるかを予測する最適な手法は、地震のタイプごとに異なります。海溝型地震のうちでも前節で解説した浅いプレート境界地震（関東地震、東南海地震、南海地震など）は、比較的短い間隔（100～200年程度）で繰り返して発生しているので、一回前の地震時の揺れの様子がわかっている場合が多くなっている。しかも、このようなプレート境界地震はいつも同じ様式で揺れを生成すると考えられているので（「繰り返すアスペリティの仮説」）、次回の地震時にも前回の揺れが繰り返すと想定

することが可能である。したがって、前回の地震の揺れを詳しく調べることが来るべき地震による揺れの予測につながる。

図 10 は 1923 年関東地震に対するこうした詳しい揺れの調査の一例を示している。震源域の直上に震度 7 や 6 強の領域が広がっているのは当然であるが、現在の東京都東部から埼玉県東部にかけて、震源域から離れているにもかかわらず震度 6 強（一部で震度 7）の領域が存在するのは、来るべき関東地震の揺れを予測する上で重要なポイントとなる。

首都圏はその主要部分が関東平野という、わが国最大の堆積平野の上に立地している。利根川や荒川などの大規模河川が運んでくる軟弱な堆積物が、最大 3,000 メートルを超える厚さで積もっているため、これが地震による揺れを大きく増幅する。また、堆積物の浅い部分（地盤）の性質は、河川に近いかなど地形の影響で、場所により大きく異なる。したがって、首都直下地震による揺れの強さは平野全体で大きいだけでなく、場所により強弱の違いがある。この違いが大震災による被害の複雑な分布につながることになる。

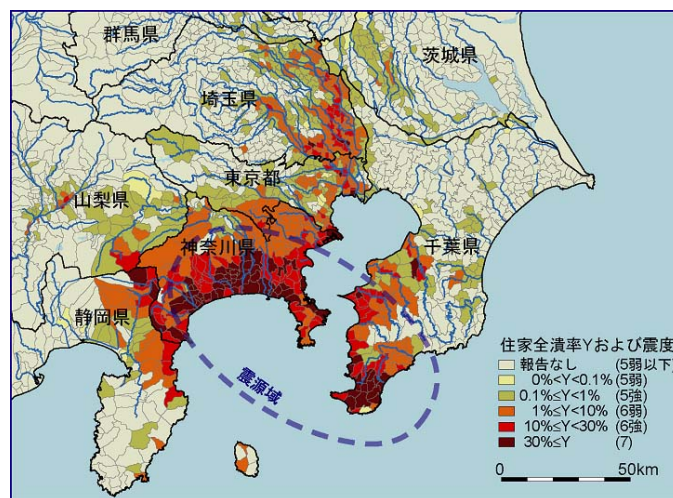


図 10. 1923 年関東地震（関東大震災）の震度分布⁵。

プレート境界地震でも発生間隔が長かったり、前回の地震が古い時代に起ったことにより、前回の地震による揺れの様子がよくわかっていない場合がある。東海地震はそうした例のひとつであり、中央防災会議⁴の「首都直下地震」もこれに当たる。1855年に発生した安政の

⁵ 諸井孝文・武村雅之 (2002). 日本地震工学会論文集, 2, No.3, 35-71.

江戸地震が後者の一回前の地震だとする説があるが、今のところ確実というわけではない。また、発生間隔が千年単位である活断層の地震では当然、前回の地震の揺れの様子はまったくわかっていないし、「繰り返すアスペリティの仮説」も確立しているとはいえない。

これら地震の揺れの予測に対しては、「強震動予測のレシピ」⁶（入倉・三宅、2001）を適用することになる。図 11 は「首都直下地震」（東京湾北部地震）にレシピを適用して得られた断層モデルと、予測の結果となる予想震度分布を示している。断層モデルの直上の東京湾北部の湾岸で震度 6 強が予想されているが、これは震源に近い効果に湾岸の地盤の影響が加味されたものと解釈できる。

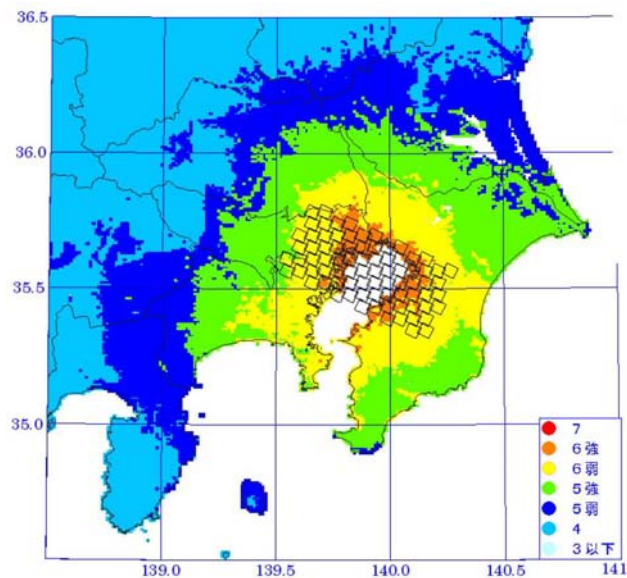


図 11. 首都直下地震（東京湾北部地震）の予想震度分布³。

2003 年 9 月 26 日の十勝沖地震では、長周期地震動と呼ばれるゆっくりした揺れが、震源から 250km 離れた勇払平野で発達し、平野の中の苫小牧にあった石油タンクに被害を及ぼした。この状況は南海トラフ沿いのプレート境界地震と関東平野の関係に類似しており、たとえば東南海地震が起れば関東平野の中の首都圏が長周期地震動に襲われ、高層ビルや東京湾岸の石油タンク、長大橋などに影響を及ぼす可能性が高いと言わざるを得ない。2004 年 9 月 5 日に起きた紀伊半島南東沖地震は、来たるべき東南海地震の震源域に発生したマグニチュ

⁶入倉孝次郎・三宅弘恵(2001). 地学雑誌, 特集号「地震災害を考えるー予測と対策」, 110, No.6, 849-875.

ード7.4の地震である。図12に示すように、この地震により首都圏で周期7～10秒の長周期地震動が発達した。この事実は上記の予測を裏付けていると考えられる。

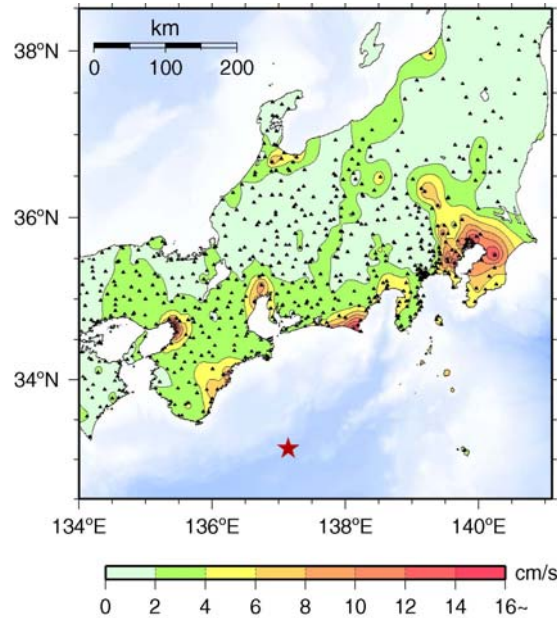


図 12. 2004 年紀伊半島南東沖地震による周期 7 秒の長周期地震動の強さ⁷

5. 最新の研究成果

2002年に始まった大都市大震災軽減化特別（大大特）プロジェクトのテーマI「地震動（強い揺れ）の予測」では、図13に示す4本の測線で大規模な反射法探査を実施し、首都圏下に沈み込むフィリピン海プレート上面の形状を直接的にイメージングすることに成功した。その結果（図13）によれば、フィリピン海プレート上面は従来のモデルより全体的に浅くあるべきで、たとえば東京都下では従来のモデルがほぼ深さ40kmであるのに対して、探査結果は深さ約25kmであることを示している。

もしこれが事実であるとする、首都圏直下地震の震源域である東京湾北部ではプレート上面が約10km浅くなるので、この地震の断層面もそれだけ浅くしなければならない。そうになると首都圏で予想される揺れは図11に比べ、かなり強くならざるを得ないと想像される。上記の反射法探査ではプレート上面だけではなく、堆積平野と地殻最上部を区切る地震基盤もイメージングされている。こうした情報や、既存の各種探査やボーリングなどのデータも

⁷ Miyake, H. and K. Koketsu (2005). *Earth Planets Space*, **57**, 203-207.

併せて解析して、関東平野の新しい高精度の構造モデルが構築された（図 14）。強震動予測レシピ（入倉・三宅、2001）ではこうした構造モデルが長周期の揺れの計算に利用されるので、予測精度の向上に役立つであろう。

また、地面近くのごく浅い地盤の影響は地形地盤分類図を利用して評価されている。従来は 1km メッシュの分類図が用いられていたが、同じく大大特プロジェクトで 250m メッシュの分類図が作成された（図 15）。これも構造モデルとともに強震動の予測精度向上に役立つことが期待される。

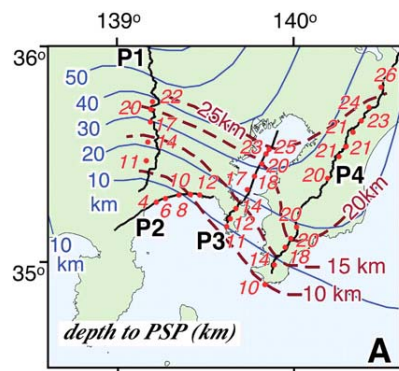


図 13. フィリピン海プレート上面の従来モデルと大大特プロジェクトによる最新モデル⁸。

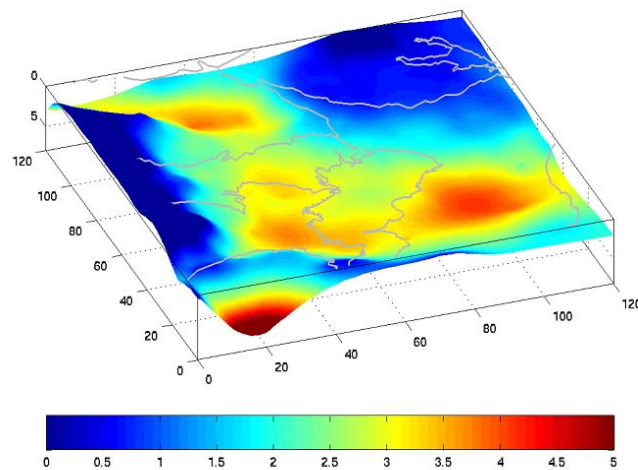


図 14. 関東平野下の堆積層厚さ分布の最新モデル⁹。

⁸ Sato *et al.* (2005). *Science*, **309**, No.5733, 462-464.

⁹ 田中・他 (2005). 日本地震学会講演予稿集, P207.

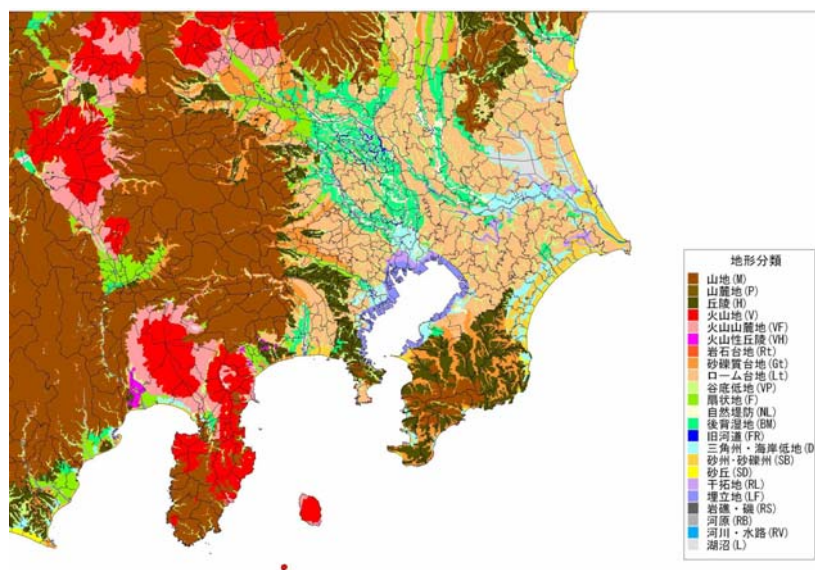


図 15. 首都圏の最新地形地盤分類図 (若松・松岡、2003)。

当「レジュメ」の著作権は日本保険学会に帰属します。