

学 位 論 文

短周期地震動記録に基づく日本列島下の
三次元減衰構造 Q_s ・震源スペクトル・地盤増幅の
同時インバージョンとその応用

3-D Attenuation structure beneath the Japanese islands,
source parameters and site amplification by simultaneous
inversion using short period strong motion records and
predicting strong ground motion

論文博士

東京大学大学院理学系研究科

中 村 亮 一

Ryoichi NAKAMURA

目 次

Abstract	i
要旨	iv
1. 序論.....	1-1
1.1 背景と目的.....	1-1
1.2 既往の研究.....	1-2
1.3 本論文の構成.....	1-4
2. 強震観測データを用いたインバージョン解析.....	2.1-1
2.1 方法.....	2.1-1
2.1.1 定式化及びインバージョン.....	2.1-1
2.1.2 データ.....	2.1-11
2.2 結果及び議論.....	2.2-1
2.2.1 減衰構造.....	2.2-1
a) 区域Ⅰ（北海道）.....	2.2-2
b) 区域Ⅱ（東北）.....	2.2-4
c) 区域Ⅲ（東北南部・関東・甲信越・中部）.....	2.2-6
d) 区域Ⅳ（中部・近畿・中国・四国）.....	2.2-8
e) 区域Ⅴ（中国・四国・九州）.....	2.2-9
f) 議論及びまとめ.....	2.2-10
2.2.2 震源スペクトル.....	2.2-40
a) 震源スペクトル $S_a(f)$ の解像度解析.....	2.2-40
b) 応力降下量 $\Delta \sigma$	2.2-40
c) 議論及びまとめ.....	2.2-44
2.2.3 サイト増幅特性.....	2.2-56
3. 地震動予測.....	3-1
3.1 フーリエスペクトルの再現解析.....	3-1
3.2 点震源を仮定した最大加速度振幅分布予測.....	3-4
3.3 断層の拡がりを考慮した地震動予測.....	3-11

4. まとめ	4-1
--------	-----

参考文献	参考文献-1
------	--------

Appendix 1 減衰構造	A1-1
-----------------	------

Appendix 2 応力降下量一覧表	A2-1
---------------------	------

謝辞

Abstract

Amplitude of short period seismic ground motion decays with focal distance but is affected by 3-D attenuation structure and shows also frequency dependence.

Firstly, the 3-D attenuation Qs structure beneath the Japanese islands, source spectra and site amplification factors were simultaneously obtained in spectrum domain (1-10 Hz) through inversion by using a large number of short period strong motion records of K-NET and KiK-net of the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention (NIED). We used 121,367 seismograms of 1,804 earthquakes recorded during 1997–2007. Secondary, seismic ground motion was predicted by using the obtained 3-D attenuation Qs structure.

The formulation of the inversion is similar to that of Hashida and Shimazaki [1984], but we added site amplification factors for the six groups to unknowns [Nakamura and Uetake, 2002]:

$$\alpha_{ij}^{cal}(f) = Sa_j(f) \cdot Ge g_l(f) \cdot \exp\left\{-\pi \cdot f \cdot \sum [T_{ij}^k / Qs_k(f)]\right\} \cdot \sqrt{\rho_1 V_{s1} / \rho_2 V_{s2}} \quad ,$$

where $\alpha_{ij}^{obs}(f)$ denotes the ground acceleration spectrum, $Sa_j(f)$ is the source acceleration spectrum, Ge is the geometrical spreading factor, $g_l(f)$ represents the site ground amplification factor of the l -th group, $Qs_k(f)$ is the quality factor (attenuation) of the k -th block, and T_{ij}^k is the time spent in block k . Vs and Vp are S and P wave velocity, and suffix 1 and 2 within square root represent observation station and source. The entire study region is divided into rectangular blocks. The attenuation is assumed to be constant in each block, and the summation is made over all blocks that are penetrated by the ray from the j -th earthquake to the i -th station. The block size is taken as $0.2^\circ \times 0.2^\circ \times 20$ km.

We minimize residuals between the observed ground acceleration spectrum α_{ij}^{obs} and the calculated spectrum α_{ij}^{cal} for the initial source acceleration spectrum, site amplification factor and the Qs -value. The initial source acceleration spectrum is given

by using the function by Boore [1983] and the seismic moment provided by F-NET (NIED). For 3-D inversion, we use the ARTB method following Herman [1980].

We classified all the stations into six groups by ground conditions mainly based on S-wave logging data. To avoid a tradeoff between the source spectrum and the site amplification, we fixed the site amplification to 2.0 (free field) for the hard rock site group.

The result of the 3-D attenuation structure Q_s shows that the Pacific plate and the Philippine sea plate have high Q_s ; active volcanoes or volcanic front in shallow areas tend to have low Q_s . In spite of non-volcanoes, large low Q_s zones are estimated along the Hokkaido central axis with North–South trend in the depth of 0–30 km and the Kanto at the depth of 30–60 km. The low Q_s zone along the Hokkaido central axis well corresponds to the low V_s obtained by Nishida et al.(2008) and concordant with metamorphic belt of ophiolites as an accretionary complex had been created since the Cretaceous era at ancient plate boundary. The low Q_s zone beneath Kanto corresponds to serpentine, as inferred from a high Poisson ratio (Kamiya and Kobayashi, 2000). The frequency dependence of Q_s was weak at the low Q_s zones of volcanoes and the Hokkaido central axis.

Stress drop $\Delta\sigma$ was calculated from the obtained source spectrum and seismic moment. The stress drop increases with earthquake depth. Crustal earthquakes and interplate thrust earthquakes of the Pacific plate show significantly different tendencies in this respect; the interplate earthquakes are about 40 km deeper than the crustal earthquakes at the same stress drop level. Stress drop of the crustal earthquake also depends on the fault type, we find that reverse faulting events have the highest stress drop values. Normal faulting events have the lowest, and strike-slip faulting events have intermediate values.

The result of the estimated site amplification in each group shows that the frequency band at which large amplification factors are obtained by the inversion well

agrees with the predominant frequency. This result means that the site amplification could be isolated by the inversion.

We predicted peak ground acceleration (PGA) for some significant earthquakes using the estimated Q_s structure and the stress drop of each earthquake. The PGA distributions quantitatively well reproduced the observations for intermediate earthquakes. It is important to consider the 3-D attenuation structure for seismic ground motion prediction. However, the observation for large earthquake, the 2003 Tokachi-Oki earthquake, could not be explained. For overcoming this problem, we introduced the stochastic green function method considering fault plane source model, and the PGA distribution could be reproduced the observation well.

As mentioned above, we could obtain much new knowledge concerning about 3-D Q_s structure and source parameter by using short period strong motion records and present the method of predicting seismic ground motion using these parameters.

要 旨

短周期地震動は三次元減衰構造の影響を強く受け、地震動が同心円状に減衰しないことが知られている。また、この性状は、周波数によっても異なる。

このことを解明していくため、本研究では強震観測データを用い、三次元減衰構造 Q_s 値、震源スペクトルおよびサイト増幅特性の同時インバージョンを周波数領域で行った。また、得られた構造を用いた地震動予測をおこなった。

インバージョンでは、防災科学技術研究所 K-NET 及び KiK-net の観測開始以来 2007 年 12 月までの M4.0 以上の地震で、同研究所 F-NET のメカニズムが判明している 1,804 地震による 121,367 のデータを用いた。

地震 j による観測点 i での地動の加速度フーリエスペクトル $\alpha_{ij}^{obs}(f)$ は、次のように表すことができる。

$$\alpha_{ij}^{cal}(f) = S_{aj}(f) \cdot Ge g_l(f) \cdot \exp\left\{-\pi \cdot f \cdot \sum \left[T_{ij}^k / Q_{sk}(f)\right]\right\} \cdot \sqrt{\rho_1 V_{s1} / \rho_2 V_{s2}}$$

ここで、 $S_{aj}(f)$ は j 番目の地震の震源での加速度フーリエスペクトル、 Ge は幾何減衰で伝播距離の逆数、 $g_l(f)$ は l 番目の地盤分類グループでの増幅率、 $Q_{sk}(f)$ は k 番目のブロックの Q_s 値、 T_{ij}^k は j 番目の地震による i 番目の観測点までに S 波が k ブロックを通過するのに要する時間である。平方根の添え字 1 及び 2 は、観測点と震源を表す。

インバージョンは ARTB 手法を用いた。観測点は PS 検層データに基づく卓越周期を元に 6 つのグループに分けた。地表 20m の平均 S 波速度 (AVS20) が 1000m/s 以上の硬岩地点に対しては ARTB グローバルイタレーション 1 回毎に増幅を 2.0 に置き換えることにより増幅率を拘束した。

三次元減衰構造 Q_s では、これまで数多く報告されてきたことと同様の結果であるが、太平洋プレート部分で High Q_s であり、活火山や火山フロントに対応して Low Q_s が求まった。またフィリピン海プレートに対応する部分でも High Q_s の傾向が求まった。このほかに、新たな結果として、火山が分布しない場所でありながら Low Q_s が北海道と関東で見出された。北海道の非火山性 Low Q_s は深さ 0-30km において北海道中軸部を南北に延びる新たな結果が得られた。これは Nishida et al. (2008) の強い Low V_s と良い一致を示し、また、古いプレート境界に一致している。また、関東の茨城県と千葉県の間付近の深さ 30-60km 付近に Low Q_s の存在が確認された。この Low Q_s は北西に延びている傾向があり、Kamiya and Kobayashi (2000) が東経 139.4 度線の深さ 35 km 付近に高ポアソン比を報告している部分と一致している。これらの結果は、異常震域現象に関する既

往研究での指摘と整合的である。なお、火山地域と北海道中軸部の LowQs 部分の周波数依存性は弱く、内部減衰の寄与が大きいと考えられる。

次に震源スペクトルとして、短周期領域の地震動に関連が深い応力降下量を求めた。その結果、応力降下量は、深さに強く依存する結果が得られた。内陸地殻内地震とプレート境界地震では両者とも深さ依存性が見られるものの、その傾向が明瞭に異なり、同じ応力降下量を与える深さはプレート境界地震の方が約 40 km 深いことがわかった。これは、内陸地殻内地震では深さ 20 km 程度よりも浅い部分でしか発生せず、プレート境界地震では海溝軸付近の浅所で逆に地震が発生しない傾向と整合的である。また、内陸地殻内地震では地震タイプによる違いが見出され、応力降下量は、正断層<横ずれ断層<逆断層であることがわかった。

地盤の増幅については、PS 検層による卓越周期に良く対応した増幅率が得ることができた。このことは、インバージョンによって増幅率が正しく分離されていることを意味していると考えられる。

従来、三次元減衰構造インバージョンの研究のほとんどが構造を求めることが主目的で、地震動予測の研究は定性的評価が行われる程度であった。今回、上記に示したように震源強度として地震モーメントと応力降下量を説明変数として与えることによって、定量評価を行った。計算された最大加速度分布は、点震源を仮定した場合には中規模の地震では実際の分布を定量的に再現できることがわかった。しかし、2003 年十勝沖地震のような断層の拡がり大きい地震については再現性が悪い。そこで、断層面の拡がり考慮できる統計的グリーン関数手法を導入し、伝播経路として三次元減衰構造を考慮することにより、地震動分布をよくよく再現出来ることがわかった。

以上、本研究では、インバージョンにより求められた構造等や震源パラメータに関する数多くの新しい知見が得ることができた。また、これら用いた地震動の定量評価についても、三次元減衰構造に断層の拡がりを考慮した手法により、より適切に行えることを示すことが出来た。

第 1 章 序論

1.1 背景と目的

短周期地震動は、異常震域現象などのように減衰構造の不均質性の影響を強くうけることが知られている（たとえば、Utsu, 1966）。図 1.1-1(a)は、2001 年岩手県内陸南部の地震（Mj6.4, h=121km）の防災科学技術研究所 K-NET 及び KiK-net の地表の記録による最大加速度分布を示したものである。これを見ると振幅の大きな場所は震央から太平洋側に南北に伸びるように分布しており、日本海側では小さくなっていることがわかり、火山フロント付近で急に減衰している。

一方、地震動の予測に用いられている距離減衰式の多くは、たとえば図 1.1-1(b)に示すように地震動が震央から同心円状に減衰することが仮定されており、上記で示した加速度分布を説明することができない。一部に、このような影響を考慮して補正係数を求めている例もあるが（たとえば、森川ほか, 2003）、その係数は経験的であり、このような現象を物理的に説明するためには三次元減衰構造の解明が重要である。

さらに、同地震について、1 Hz から 10 Hz まで 1 Hz 毎の加速度フーリエスペクトルの振幅分布をみると、図 1.1-2 に示すように短周期側では、上記で示した加速度分布と同様に火山フロントを境にして日本海側では振幅が急に小さくなっていることがわかるが、1 Hz ではそのような現象が顕著でない。また、1 Hz から 10 Hz にかけて短周期になるにつれてコンターの間隔が狭くなっている。これらのことは、スペクトル領域での三次元減衰構造の解明が必要であることを意味し、本研究では、インバージョンによりスペクトル領域での三次元減衰構造の解明を一つ目の目的とするものである。

図 1.1-3 は、ほぼ同じ場所で発生したモーメントマグニチュード M_w が等しい地震の震度分布の例である。同図右の 2005 年の地震は同図左の 2007 年の地震に比べて震度分布の広がり大きい傾向がみられる。これらの地震は M_w が等しいので長周期側の震源スペクトルのレベルは、ほぼ等しいのに対し、2005 年の地震のほうが震度分布の広がりが大きく、短周期励起特性が大きいことを示唆している。そこで本研究では、三次元減衰構造、震源スペクトル及び地盤増幅の同時インバージョンにより求められる震源スペクトルから、短周期励起特性に関係する応力降下量 $\Delta \sigma$ を求めることを二つ目の目的とする。

なお、震源スペクトルとサイト増幅特性はインバージョンにおいて、どちらか一方が実際よりも大きく求まった場合には片方が小さく求まるというトレードオフが生じる。また、観測点全ての増幅率を未知数にすると地表付近の減衰構造とトレードオフが避けられない。そこで、本研究では、観測点を地盤の硬軟によりグルーピングし、震源スペクトルをより正しく評価するために、硬岩のサイト増幅に拘束をかけた同時インバージョンを行うことにより、サイト増幅を評価することを三つ目の目的とする。

最後に応用面として、得られた三次元減衰構造、震源スペクトル（応力降下量）、サイト増幅特性を用いた地震動予測について示す。その際、震源域に拮抗が無視しえない大地震について、断層面を小断層に分割し、小断層ごとに統計的震源モデルを分布させ、断層の破壊過程を考慮して地震動を評価する統計的グリーン関数を導入した評価も行う。

1.2 既往研究

日本列島下の広域的な減衰構造の研究事例を表 1.2-1 に示す。

微小地震記録に基づく日本列島下の三次元減衰構造の研究は、1960 年代以降の大学や防災科学技術研究所などによる微小地震観測網を用いて海野・長谷川 (1984), Sekiguchi (1991), Tsumura et al. (1996,2000) などにより行われた。

一方、震度データを用いた減衰構造の研究は、海野・長谷川(1984)とほぼ同時期に、Hashida and Shimazaki (1984) によって始められた。観測点として気象官署以外に区内観測点によるものも含めて高密度データとすることにより、関東地域や東北地域の減衰構造が求められ、[Hashida and Shimazaki (1985,1987)], さらに他の区域を含め 8 区域の日本列島下の減衰構造が Hashida (1989)としてまとめられた。震度データ自体は、物理量があいまいであるが、気象官署と区内観測点の震度データを用いるために高密度で詳細な構造を得ることに成功している。

その後、インバージョンにおいて逆行列を解かなくてもよい ARTB 手法[Herman (1980)]が、Hirahara (1989)によって地球物理に適用され、大規模な問題が解けるようになった。中村ほか(1994)及び Nakamura et al. (1995)は、この手法で気象官署の震度データを用いて、全国を対象にしたインバージョンを行い、太平洋プレートで明瞭な HighQ を得た。

1995 年兵庫県南部地震を契機に、高密度の各種地震観測網が整備されるようになり、これらを用いた精度の高いトモグラフィーが得られるようになってきた。1997 年 10 月以降、大学、防災科学技術研究所及び気象庁の微小地震観測が一元化され[中村浩二

(2004)], Sekine (2002,2005) は、このデータを含めた 1994 年から 2000 年に発生した地震の速度波形の幅が 2 Hz 及び 5 Hz に相当する場合の波形の振幅を用いて、それぞれの周波数での日本全国の三次元減衰構造 Q_p と Q_s を求めた。一方、Nakamura and Uetake (2000) や中村・植竹 (2002) は、1996 年以降に全国展開された K-NET 及び KiK-net 等の加速度強震記録のフーリエスペクトル振幅を用い、1 Hz~10 Hz の日本全国の減衰構造を 1 Hz 毎に求めた。その後、データの蓄積に伴い、より微細なイメージングが可能となり、ブロックサイズを経度方向 0.2° 、緯度方向 0.2° 及び深さ方向 30 km と小さくして、中村・植竹(2004), Nakamura et al. (2006)及び中村ほか (2006a)は、東北、関東及び北海道のそれぞれについて減衰構造 Q_s を求めてきた。

表 1.2-1 中の震源及び地盤の項目は、各論文中に同時に求められた震源特性や地盤増幅の結果が示されているものである。すなわち、インバージョンでは、震源スペクトルや仮想的な震源加速度（点震源を仮定した場合の震源での加速度）が同時に求められている例がある。これらは、震源の短周期励起特性を示していると考えられる。Hashida and Shimazaki (1987) 及び Hashida (1987) は、震度データを用いたインバージョンの結果から、仮想的な震源加速度と気象庁マグニチュード M_j の関係を深さ別に調べ、深くなるほど同じ M_j に対する仮想的な震源加速度が大きくなる傾向があることを指摘した。中村ほか (1994) は、Hashida and Shimazaki (1987) と同様の震度データを用いた検討から、内陸で発生した深さ 30 km 以浅の地震について仮想的な震源加速度に対する M_j が海域の同じ深さの地震に比べて大きめになっていることを指摘した。また、中村ほか (2006b) は、気象庁による高密度観測の震度データを用いても同様の結果を得ている。なお、Sekine (2002,2005) は、インバージョンで求められる震源スペクトルに対して、応力降下量 $\Delta\sigma$ を 10 MPa と仮定して、地震モーメント M_o を求めているが、深さや地域性について言及していない。しかし、これらのいずれの研究でも同時インバージョンにより震源スペクトルとサイト増幅特性のトレードオフが生じていることが暗に認められている。表 1.2-1 には、本研究も含めたが、本研究は、観測点を地盤の硬軟によりグルーピングし、硬岩のサイト増幅を拘束させた同時インバージョンを行うことにより、このトレードオフを避ける工夫を行うため、表 1.2-1 の震源特性と地盤増幅の項は二重丸として示したものである。

そのほか、短周期強震記録を用いた地震動の震源スペクトルの研究については、解析領域の中の減衰は均一と仮定した佐藤 (2003) や川瀬・松尾 (2004) などのスペクトルインバージョンの研究があり、応力降下量 $\Delta\sigma$ が地域や深さによって大きく変化することを指摘している。しかし、これらの研究では基準となる岩盤観測点の増幅を拘束して震源とサイト増幅のトレードオフを避けているが、減衰構造の不均質性が十分に考慮されていないという課題がある。

応用面として、このようにして得られた三次元減衰構造や震源に係わる成果を利用して、強震動予測や震度データに基づく震源決定の試みなどが行われてきた。

強震動予測として、橋田・島崎 (1986) は、求められた減衰構造から気象庁でマグニチュードが求められた地震に対して震度予測を行い、有感となる地震数（震度 0.5 以上をもたらす地震数）が良く予測できることを示した。また、上述したように、中村ほか (1994) は、1993 年釧路沖地震(M7.5, 深さ 101 km)の異常震域が定性的に再現出来ることを示した。この地震では、北海道の北部よりも、震央から遠く離れた東北太平洋沿岸から関東にかけて高震度となる異常震域があらわれた。

また、Sekine (2002,2005) は、求めた 2 Hz 及び 5 Hz の三次元の Q_p と Q_s を、理論計算 (Pseudospectral method と FDM のハイブリッド) に取り入れることにより、1994 年 6 月 7 日の地震を対象に予測を行い、観測されている速度振幅の上下動が説明できることを示した。

このほか、本論文の主題でないため、詳細には触れないが、三次元減衰構造を用いた応用面として震度データに基づく震源決定がある。橋田・島崎 (1986) は、東北地方の深さ 30 km 以浅の地震を対象に検討し、内陸の地震の浅い地震は比較的精度良く震央が求まることを示した。中村ほか (1997) は、震度データを用いて求めた減衰構造[中村ほか(1994)]を用い、1968 年十勝沖地震について、深さの決定には問題があるが、震央位置は断層面付近に決定されることを示した。さらに、中村ほか (2007a) は、最近の高密度の震度計データから求めた減衰構造[中村ほか(2006)]を用いることにより、東日本内陸部に位置する地震について、深さが議論出来ることを示した。中村ほか(2007b) は、この手法を用いて、1855 年安政江戸地震の震源深さを議論した。

1.3 本論文の構成

第二章では、強震観測データを用いた同時インバージョン解析により求められた三次元減衰構造、震源スペクトル及び地盤増幅を示す。

第三章では、第二章で得られた三次元減衰構造モデル、震源スペクトル及び地盤増幅を用いた地震動の再現予測について示す。

第四章では、得られた成果と今後の課題等についてまとめる。

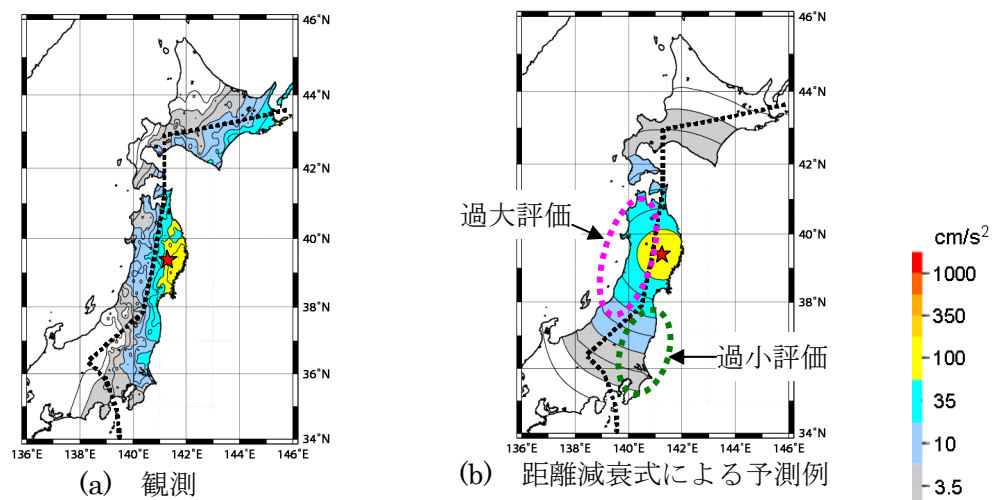


図 1.1-1 最大加速度振幅分布が減衰構造の不均質性の影響をうけた事例と距離減衰式 (司・翠川, 1999) による予測の比較
2001 年岩手県内陸南部の地震 Mj6.4 h=121km

Figure 1.1-1 Example of peak ground motion distribution affected by inhomogeneous attenuation structure. (a) Observation for the 2001 earthquake (Mj6.4, h121km). (b) Prediction by using empirical relation (Si and Midorikawa,1999)

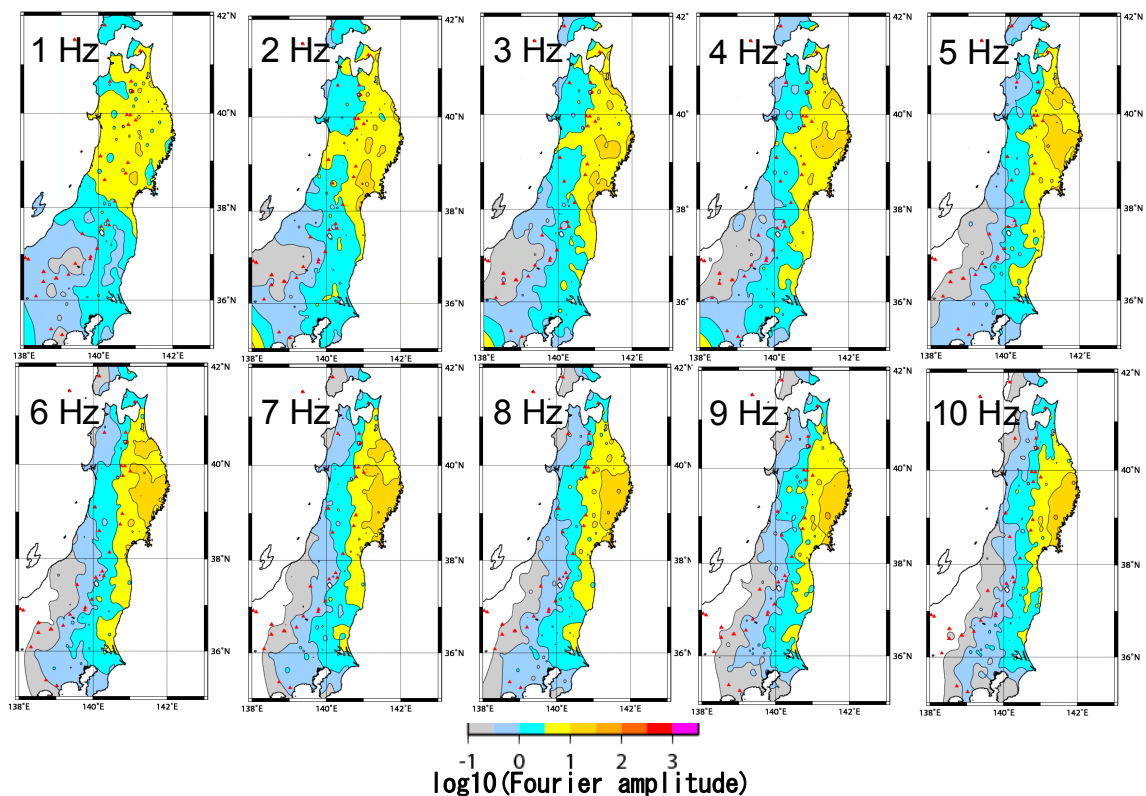
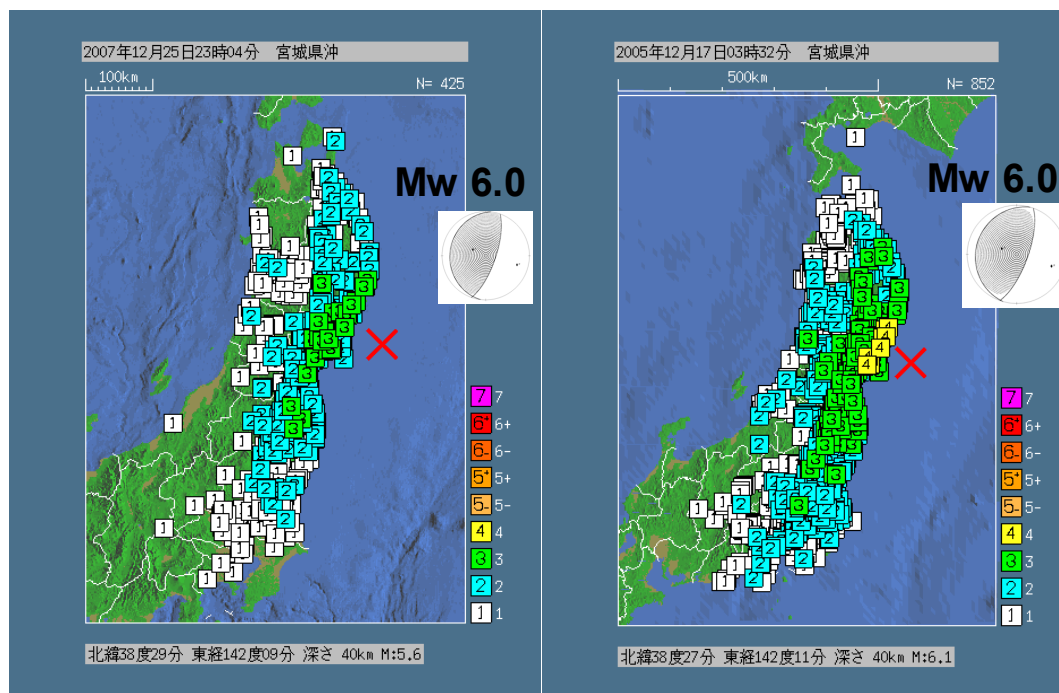


図 1.1-2 最大加速度振幅分布が減衰構造の不均質性の影響をうけた地震 (図 1.1-1 参照) の加速度フーリエスペクトル振幅の分布
2001 年岩手県内陸南部の地震 Mj6.4 h=121km

Figure 1.1-2 Fourier acceleration spectrum amplitude of ground motion by the earthquake of figure 1.1-1 at different frequencies.



(a) 2007 年宮城県沖の地震

(b) 2005 年宮城県沖の地震

図 1.1-3 同じ発生場所・同じ Mw であっても震度分布の広がり異なる事例

<http://www.fnet.bosai.go.jp/>及び <http://www.seisvol.kishou.go.jp/>による

Figure 1.1-3 Example of earthquakes having with defferrent seismic intensity distributions in spite of the similer epicenter and same moment magnitude.

表 1.2-1 日本列島の三次元減衰構造（広域）の既往研究

Table 1.2-1 Previous studies of 3-D attenuation structure in Japan

文 献	地 域	データ	手 法	震 源	地 盤	予 測	備 考
海野・長谷川(1984)	東北	微小地震 観測記録	スペクトル比	×	×	×	$Q_p/Q_s=2.25$ と仮定
Hashida・Shimazaki(1985)	関東	JMA 震度	振幅 (最大値)	△	×	×	Q_s 震源での仮想的な加速度 観測点密度:高
Hashida・Shimazaki(1985)	東北	JMA 震度	振幅 (最大値)	△	×	×	Q_s 震源での仮想的な加速度 観測点密度:高
Tsumura ほか(1996)	東北	微小地震 観測記録	振幅 (スペクトル)	○	○	×	$Q_p(1-20 \text{ Hz})$ 、観測点密度:低
Sekiguchi(1991)	関東	微小地震 観測記録	スペクトル比	×	×	×	$Q_p/Q_s = 2.25$ と仮定 観測点密度:粗
中村・島崎・橋田(1994)	日本列島	JMA 震度	振幅 (最大値)	△	×	△	Q_s 震源での仮想的な加速度 観測点密度:低
中村・植竹(2002)	日本列島	強震記録	振幅 (スペクトル)	○	○	×	$Q_s(1-10 \text{ Hz})$ $0.5^\circ \times 0.5^\circ \times 30\text{km}$
中村・植竹(2004)	東北	強震記録	振幅 (スペクトル)	×	×	×	$Q_s(1-10 \text{ Hz})$ 観測点密度:高 $0.2^\circ \times 0.2^\circ \times 30\text{km}$
Sekine(2002,2005)	日本列島	微小地震 観測記録	振幅 (最大値)	○	○	△	$Q_p, Q_s(2, 5 \text{ Hz})$:ただし波形の読取 観測点密度:高、 $0.5^\circ \times 0.5^\circ \times$ 可変 求めた Q 構造は理論計算に利用
Nakamura ほか、(2005)	関東	強震記録	振幅 (スペクトル)	×	×	×	$Q_s(5, 10 \text{ Hz})$ 観測点密度:高 $0.2^\circ \times 0.2^\circ \times 30\text{km}$
本 研 究	日本列島	強震記録	振幅 (スペクトル)	◎	◎	◎	$Q_s(1-10 \text{ Hz}, 1\text{Hz 毎})$ 観測点密度:高 $0.2^\circ \times 0.2^\circ \times 30\text{km}$

第2章 強震観測データを用いたインバージョン解析

2.1 方法

2.1.1 定式化及びインバージョン

一般に、観測点における地震動 $A(f)$ は、震源特性 $Source(f)$ 、伝播経路特性 $Medium(f)$ 及び観測点サイト特性 $Site(f)$ の積、

$$A(f) = Source(f) \cdot Medium(f) \cdot Site(f), \quad (2.1.1-1)$$

として表すことが出来る。

半無限均質媒質を仮定した場合、震源距離 X において、 $A(f)$ が S 波である場合、遠方近似解から次のように示される。

$$A(f) = Source(f) \cdot Site(f) \cdot X^{-1} \cdot \exp\{-\pi \cdot f \cdot X / (Q_s \cdot V_s)\}, \quad (2.1.1-2)$$

ここで、 V_s は S 波速度で、 Q_s は S 波の Quality factor である。

Q_s や速度構造が不均質媒質の場合には、地震波の経路に沿って次式のように積分を行うことで表すことが出来る [たとえば、宇津(1977)]。

$$A(f) = Source(f) \cdot Site(f) \cdot F \cdot \exp\left\{-\pi \cdot f \cdot \int (dX / (dQ_s \cdot dV_s))\right\}, \quad (2.1.1-3)$$

ここで、 dX , dQ_s 及び dV_s は波線の経路上の伝播距離、 Q_s 値及び S 波速度である。また、 F は幾何減衰及び震源とサイト基盤間の増幅を表す。

本研究では、図 2.1.1-1 のように、地下をブロックに分け、ブロックごとには Q_s が均質と考え、それぞれのブロックの Q 値を未知数として扱う。また速度構造については既知として扱い、球殻成層構造を仮定し、水平方向に均質を仮定する。(2.1.1-3)式の F に含まれる幾何減衰については、球殻成層速度構造から計算される伝播距離の逆数を仮定する。震源とサイト基盤間の増幅についても、その速度構造による震源と観測点基盤の速度インピーダンスに基づくものとする。サイト基盤から地表への増幅率については、本研究では未知数として扱うが、全ての観測点の増幅率を未知数とするとブロッ

クの Q 値とその中のサイト増幅に大きなトレードオフが生じる。そこで、本研究では、観測点をグループにわけ、各グループ毎のサイト増幅率を未知数として加えたものとする。また、震源特性については、各地震毎に未知数とする。しかし、(2.1.1-3)式からわかるように、このままでは、サイト増幅と震源特性の間にもトレードオフが生じる。つまり、図 2.1.1-2 に示すように、サイト増幅が全体に大きく評価された場合、震源特性は全体に小さく評価され、サイト特性が小さく評価された場合には震源特性が大きくなる。そこで硬い岩盤のサイトでは増幅は自由表面のみの 2.0 に拘束をかけるようにする。これらの具体的なデータの扱いについては、「2.1.2 データ」において述べる。

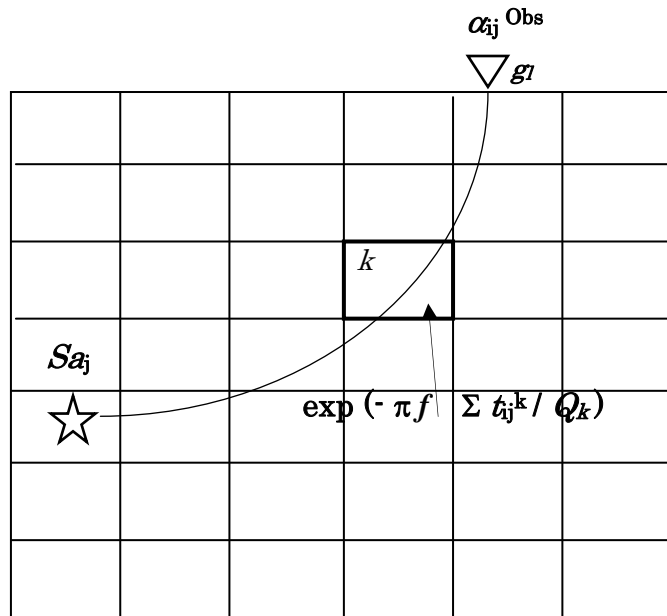


図 2.1.1-1 定式化の概念図

Figure 2.1.1-1 Illustration of formulation

以上の条件を踏まえ、データとして短周期強震記録のスペクトル振幅値を用い、地震 j による観測点 i での地動の加速度フーリエスペクトルを $\alpha_{ij}^{Obs}(f)$ とすると、次のように表すことができる。

$$\alpha_{ij}^{Obs}(f) = S_{a_j}(f) \cdot Ge \cdot \sqrt{\rho_1 V_{s1} / \rho_2 V_{s2}} \cdot g_l(f) \cdot \exp\left\{-\pi \cdot f \cdot \sum (T_{ij}^k / Q_{s_k}(f))\right\} \quad (2.1.1-4)$$

ここで、 $S_{a_j}(f)$ は j 番目の地震の震源（仮想的な点震源から 1 km の距離）での加速度フーリエスペクトル、 Ge は幾何減衰で伝播距離の逆数、 $g_l(f)$ は l 番目のグループのサイト増幅率、 $Q_{s_k}(f)$ は k 番目のブロックの Q_s 値、 T_{ij}^k は j 番目の地震による i 番目の観

測点までに S 波が k ブロックを通過するのに要する時間である。 Σ は j 地震による地震波が i 観測点に達する間に通過したブロックにおける積算である。

平方根で示される部分は震源と観測点基盤の速度インピーダンス比で、 ρ 及び V_s は密度及び S 波速度、添え字の 1 及び 2 のそれぞれは、震源及び地震基盤を意味する。S 波速度 V_s は、気象庁の震源決定に用いられている JMA2001 走時表[上野ほか(2002)]を用いる。密度 ρ については Grand and West (1965)により求められている V_p 速度(km/s)との関係から次式のように仮定した。

$$\rho = V_p / 6 + 5/3 \quad (2.1.1-5)$$

観測点のグルーピングは、地盤の卓越周期に基づくが、詳細は、「2.1.2 データ」の項で述べる。

(2.1.1-4)式において、データ $\alpha_{ij}^{Obs}(f)$ は、1 から 10 Hz の周波数範囲で 1 Hz 毎の加速度フーリエ振幅スペクトルとして与える。未知数は、 $Sa_j(f)$ 、 $Qs_k(f)$ 及び $g_l(f)$ であるが、これらを求めるため、まずそれぞれの初期値 $Sa_{oj}(f)$ 、 $Qs_{ok}(f)$ 及び $g_{ol}(f)$ を与える。これらから計算される加速度フーリエスペクトル α_{ij}^{Cal} は、次式で求められる。

$$\alpha_{ij}^{Cal}(f) = Sa_{oj}(f) \cdot Ge \cdot g_{ol}(f) \cdot \exp\left\{-\pi \cdot f \cdot \sum (T_{ij}^k / Qs_{ok}(f))\right\} \cdot \sqrt{\rho_1 V_{s1} / \rho_2 V_{s2}} \quad (2.1.1-6)$$

(2.1.1-4)式の観測値 α_{ij}^{Obs} と(2.1.1-6)式の計算値 α_{ij}^{Cal} の比の自然対数をとると、

$$\ln(\alpha_{ij}^{Obs}(f) / \alpha_{ij}^{Cal}(f)) = \ln(Sa_j(f) / Sa_{oj}(f)) + \ln(g_l(f) / g_{ol}(f)) - \pi f \sum \left\{ (Qs_k^{-1}(f) - Qs_{ok}^{-1}(f)) \cdot T_{ij}^k \right\} \quad (2.1.1-7)$$

となる。ここで、Hashida and Shimazaki (1984)と同様に、地動の加速度フーリエスペクトル比 r_{ij} 、震源加速度スペクトル比 s_j 、サイト増幅率比 ψ_l 、及び Q 値の逆数の差 δq_k^{-1} をそれぞれ、次のようにおく。

$$r_{ij} = \ln\{\alpha_{ij}^{Obs}(f) / \alpha_{ij}^{Cal}(f)\}, \quad (2.1.1-8)$$

$$s_j = \ln\{Sa_j(f) / Sa_{oj}(f)\}, \quad (2.1.1-9)$$

$$\psi_l = \ln\{g_l(f) / g_{ol}(f)\}, \quad (2.1.1-10)$$

$$\delta q_k^{-1} = Qs_k^{-1}(f) - Qs_{ok}^{-1}(f). \quad (2.1.1-11)$$

データパラメータを \mathbf{d} 、モデルパラメータを \mathbf{m} とし、観測方程式を $\mathbf{d} = \mathbf{Gm}$ とすると、

d, \mathbf{G}, m のそれぞれは、次のように書き表される。

$$d^T = [r_{11}, r_{21}, \dots, r_{N1}, r_{12}, \dots, r_{N2}, \dots, r_{NM}] , \quad (2.1.1-12)$$

$$m^T = [s_1, \dots, s_M, \psi_1, \dots, \psi_L, \dots, \delta q_1^{-1}, \dots, \delta q_K^{-1}] , \quad (2.1.1-13)$$

$$\mathbf{G} = \begin{array}{c} \left. \begin{array}{l} \text{観測点数} \\ Nj \end{array} \right\} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\pi T_{11}^1 & \dots & \dots & \dots & -\pi T_{11}^K \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \cdot & \dots & \dots & \dots & \cdot \\ \cdot & & & & & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot & \dots & \dots & \dots & \cdot \\ 1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \cdot & \dots & \dots & \dots & \cdot \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \cdot & \dots & \dots & \dots & \cdot \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cdot & \dots & \dots & \dots & \cdot \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \cdot & \dots & \dots & \dots & \cdot \\ \vdots & & & & & \cdot & & & & & \cdot & \dots & \dots & \dots & \cdot \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 & \cdot & & & & & \cdot & \dots & \dots & \dots & \cdot \\ \vdots & & & & & \cdot & & & & & \cdot & \dots & \dots & \dots & \cdot \\ \vdots & & & & & \cdot & & & & & \cdot & \dots & \dots & \dots & \cdot \\ \vdots & & & & & \cdot & & & & & \cdot & \dots & \dots & \dots & \cdot \\ \vdots & & & & & \cdot & & & & & \cdot & \dots & \dots & \dots & \cdot \\ \vdots & & & & & \cdot & & & & & \cdot & \dots & \dots & \dots & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & \cdot & & & & & -\pi T_{NM}^1 & \dots & \dots & \dots & -\pi T_{NM}^K \end{bmatrix} \right. \\ \underbrace{\hspace{10em}}_{\text{地震数 } M} \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{\text{地盤分類数 } L} \quad \underbrace{\hspace{10em}}_{\text{ブロック数 } K} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{データ数} \\ \Sigma Nj \end{array} \quad (2.1.1-14)$$

ここで、 d^T, m^T は、それぞれ d, m の転置行列で、 Nj, M, L 及び K は地震 j による観測点数、地震数、観測点を地盤分類でグルーピングした数及びブロック数である。

インバージョンの計算は ARTB [Herman(1980)] を用いる。ARTB は観測方程式 (2.1.1-14) 式の \mathbf{G} マトリックスの逆行列を解く必要が無く、1 行ずつを計算するため、メインメモリーを大幅に節約でき、大領域の問題でも解くことが出来る。

震源での加速度スペクトル、サイト増幅率及び Q_s 値の初期値は以下のようにして与える。

まず、震源での加速度スペクトルの初期値 $Sa_{oj}(f)$ は、Boore(1983)に基づき次式で与える。

$$Sa_{oj}(f) = \frac{MoR(\theta, \phi) PF}{4\pi\rho\beta^3} S(f)P(f), \quad (2.1.1-15)$$

$$S(f)=4\pi^2 f^2 / \{ (1+(f/fc)^2) \} , \quad (2.1.1-16)$$

$$fc = 4.9 \times 10^6 \beta (\Delta\sigma / Mo)^{1/3} , \quad (2.1.1-17)$$

$$P(f) = \{ 1 + (f/fmax)^n \} . \quad (2.1.1-18)$$

ここで、 Mo は地震モーメント(dyne・cm)で、ここでは防災科学技術研究所 F-NET に
よる値、 $R(\theta, \phi)$ はラディエーションパターン[ここでは Boore(1983)に基づき 0.65]、 PF
は水平2成分への寄与ファクター[ここでは Boore(1983)に基づき 0.71]、 ρ は密度、 β は
震源での S 波速度、 $\Delta\sigma$ は応力降下量[ここでは 100 bar]である。 $fmax$ 及び n について
は、それぞれ、12 Hz 及び 3.5 を与えた。

Boore(1983)のスペクトルは、Brune(1970)モデルに基づくもので、短周期領域におけ
る震源スペクトルとして多く利用されている。たとえば、山本ほか(1995)は、このスペ
クトルを基準スペクトルとして用い、観測記録との比からサイトの増幅特性を求めている。

サイト増幅の初期値 g_{ol} については、翠川・小林(1980)の Fig.2 (図 2.1.1-3)において、
地震基盤 (V_s 3 km/s 程度) への入射波に対する表層地盤での地動の増幅率と表層の V_s
の関係が示されており、これを参考に一律 3 を与えた。ただし、地表 20 m の平均 S 波
速度(AVS20)が 1000 m/s 以上となる硬岩地点に対しては、震源スペクトル S_a とのトレ
ードオフをさけるため、インバージョンの ARTB におけるグローバルイタレーション 1
回毎に増幅を 2.0 に置き換えることによって増幅率を拘束するようにした。

減衰構造 Q_s の初期値 $Q_{sok}(f)$ は地域や深さにかかわらず、加藤(2005)が日本各地で求
められたものを参考に周波数 1 Hz で $Q_s(1)=100$ 、10 Hz で $Q_s(10)=600$ 程度となるように
し、 $Q_{sok}(f)=100f^{0.78}$ とした。

ダンピングファクターにおけるデータ及びモデルパラメーター (震源スペクトル、 Q
値、サイトの増幅) に対する標準偏差は、それぞれ、 $\sigma_{DATA}=0.20$ 、 $\sigma_{SOURCE}=1.0$ 、 $\sigma_{SITE}=0.34$
とし、 σ_{MEDIUM} については後述するように周波数ごとに異なり、初期値の逆数の 10 倍
の値とした。ダンピングファクターは、先験的に求める範囲に拘束を加えるものである。

データのダンピングファクター $\sigma_{DATA}=0.20$ は、振幅の自然対数の標準偏差で与えて
いる。片山・佐藤(1984)は、東京大学生産研究所のアレー観測において、距離が 30m 離
れた場所で最大加速度値の変動係数が 0.1~0.2 程度であることを報告しており、変動係
数が 0.3 程度以下のときは、自然対数の標準偏差に近似できる[たとえば、小西ほか(1984)
の p.34-37]ので、これらのことを考慮して $\sigma_{DATA}=0.20$ とした。

震源スペクトルのダンピングファクター $\sigma_{\text{SOURCE}} = 1.0$ は、振幅の自然対数の標準偏差で与えている。川瀬・松尾(2004)が、K-NET, KiK-net の地震記録から応力降下量を求めており、これをもとにして $f_{\text{max}} 10\text{Hz}$, $M_w 5$ としたときに得られる 1 Hz から 10 Hz までの短周期レベル（加速度フーリエスペクトルでフラットになる振幅レベル）の自然対数の標準偏差を求めると 1.05 程度が得られたため、この値を用いた。

Q_s に関するダンピングファクター σ_{MEDIUM} は、 Q_s^{-1} の差に対する標準偏差である。Ustu(1966)は異常震域現象を説明するためには、HighQ は LowQ 部分の 10 倍程度の違いがあり、たとえば HighQ が 300 の場合は LowQ 部分は 30 程度としている。すなわち HighQ 部分の Q_s^{-1} は 0.003 程度、LowQ 部分の Q_s^{-1} を 0.03 程度で、その差として σ_{MEDIUM} は 0.03 程度が想定できる。このことから本研究では、それぞれの周波数の Q_s 初期値の逆数の 10 倍を与えることとした。

サイトの増幅特性のダンピングファクター $\sigma_{\text{SITE}} = 0.34$ については、振幅の自然対数の標準偏差で与えている。中村(1988)は、気象庁震度データの内陸浅発地震を用いて距離減衰式との残差と地盤分類の関係を統計処理で求めた。その結果、地盤分類の違いによる震度の違いは平均的に 1 程度となることを示した。また、嶋(1989)は、「地盤の善し悪しによって震度が 1 程度異なることはしばしば経験されることである」としており、ここでは震度差 1 程度を考慮することとした。震度が、整数であることを踏まえて、図 2.1.1-4 に示すように、震度差 ± 0.5 に対応する加速度振幅の自然対数の差が ± 0.56 になることから、この差を一様分布とすると、

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= \int_{-0.56}^{0.56} (x - \mu)^2 dx = \int_{-0.56}^{0.56} x^2 dx = [1/3 x^3] \\ &= 1/3 \times (0.56^3 - (-0.56)^3) = 0.117\end{aligned}$$

により、

$$\sigma = 0.342$$

が得られる。そこで $\sigma_{\text{site}} = 0.34$ とした。

解析のブロックサイズは $0.2^\circ \times 0.2^\circ \times 30 \text{ km}$ とした。震源から観測点までの波線は、球殻成層とし、気象庁の震源決定に用いられている JMA2001 走時表の S 波速度構造[上野ほか(2002)]を用いて計算した。

ARTB のグローバルイタレーションは 250 回実施した。ここで Q_s の値には求められた Q_s の値が負になった場合にはグローバルイタレーション 1 回ごとに十分に大きな値に置き換えるという拘束を与えた。

一般に、地震波トモグラフィーでは、データ数を増やしても、地震の震源や観測点の分布に偏りがあるため、求められる結果には解像度の良い部分と悪い部分などの違いが生ずる。ARTB 手法は逆行列を求める必要がないため、大量のデータを扱えるという長所がある反面、直接解像度解析ができないという欠点がある。この欠点を補うため、チェッカーボード解像度解析 [Inoue et al.(1990)] を行った。ただし、Q 値及び震源加速度のみを対象として、以下のように実施した。

まず、あらかじめ想定した 1 Hz での震源スペクトル振幅値とチェッカーボード模様 (図 2.1.1-5) の Q 値により観測値を理論的に生成する。地震波線は、実記録を用いたインバージョンと同じものを用い、Qs 値は 100 と 400 の値を交互に与えた。震源スペクトルは小さな値を与えると生成される地震動が小さくなりすぎるため、十分に大きな値とし、一般的な距離減衰式に対する観測記録のバラツキの標準偏差が自然対数で 0.5 前後である[たとえば、Fukushima and Tanaka(1990)など]ことから $0.5 \times 10^7 \text{ cm/s}^2$ と $2.0 \times 10^7 \text{ cm/s}^2$ を各々半数の地震に与えた。また、サイト増幅は自由表面として一律 2.0 とする。このようにして、各観測点での観測加速度を生成した。この生成された観測値を用いて解像度解析のインバージョンを実施した。このときのインバージョンの初期値としては、Qs 値は 160、震源加速度 Sa は、 $1.0 \times 10^7 \text{ cm/s}^2$ とした。

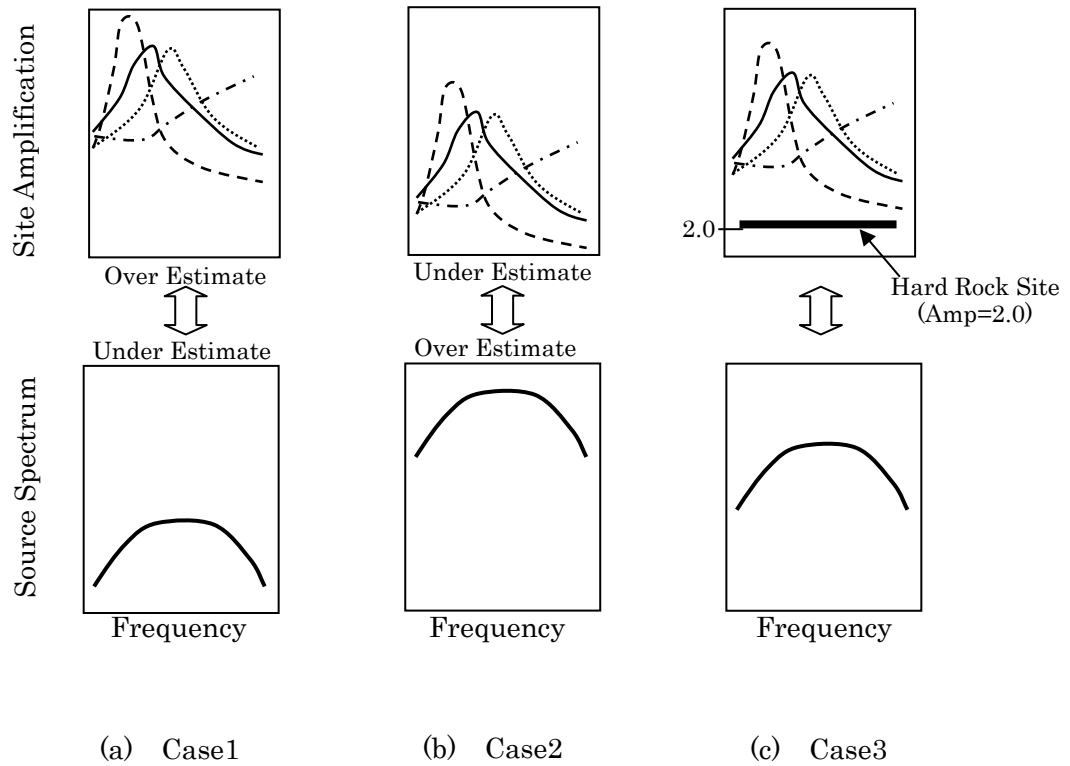


図 2.1.1-2 サイト増幅と震源スペクトルのトレードオフの模式図

ケース 1 : サイト増幅が過大評価され、震源スペクトルが過小評価となる場合。

ケース 2 : ケース 1 と逆のケース。

ケース 3 : トレードオフを避けるため、硬岩サイトの増幅を自由表面の 2.0 に固定。

Figure 2.1.1-2 Illustration of trade off between site amplification and source spectrum

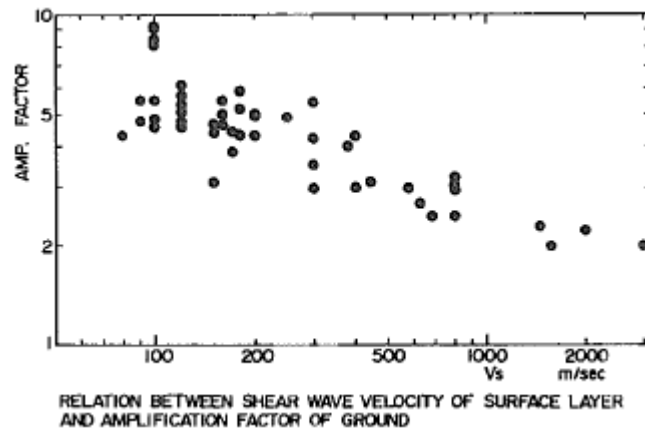


図 2.1.1-3 地震基盤への入射波(E)に対する地表での地震動(2E)の増幅率と表層 S 波速度の関係
[翠川・小林(1980)の Fig.2 による]

Figure 2.1.1-3 S wave velocity of surface layer versus amplification factor between ground surface motion(2E) and the incident motion(E) at the seismic basement rock.

震度	I		II
	↓		↓
	8		25
加速度	8		25
ln(加速度)	2.08	2.65	3.21
中心をゼロ	-0.56	0.0	0.56

図 2.1.1-4 震度差±0.5 に対する加速度の自然対数
Figure 2.1.1-4 Relation between the difference of JMA seismic intensity of ± 0.5 and that of natural logarithm of acceleration.

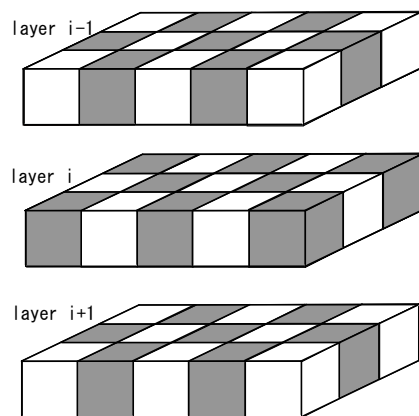


図 2.1.1-5 Q_s 値に関するチェッカーボード解像度解析の与え方

ブロックサイズはトモグラフィー解析と同じ $0.2^\circ \times 0.2^\circ \times 30 \text{ km}$

とし、 $Q_s=100$ と $Q_s=400$ を交互に与える。

Figure 2.1.1-5 Block configuration for a checkerboard test. Low Q_s of 100 and High Q_s of 400 are given in blocks alternatively.

2.1.2 データ

トモグラフィーインバージョンに用いるデータとしては防災技術研究所 K-NET 及び KiK-net 強震計の観測開始以降から2007年12月までの地表の加速度強震記録を用いた。

K-NET 強震計は、1996年5月から運用が開始され、全国での観測点数は地表約1000点であり、特性は、DCから10 Hz 程度までフラットとなっている[Kinoshita(1998)]。また、KiK-net 強震計は、1997年10月から運用され、全国での観測点数は約560点であり、各点の地表と地中2ヶ所に地震計が設置されている。特性は K-NET と同様である。

インバージョンには、逆マトリックスの計算が不要である ARTB 手法を用いているため、日本列島全体を対象にした解析が可能である。そこで、解析領域としては、図 2.1.2-1に示すような日本列島全体を覆う範囲を対象とした。対象とする地震は気象庁マグニチュードMj 4以上、深さ200 km以浅とした。Furumura and Kennett (2001)などは、大陸性地殻でよく観測されているLg波（地殻を伝わる表面波であり、地殻内地震による地震で震央距離100km程度以遠で生成される。）が日本列島でも存在することを報告しており、この影響を避けるため、深さ30 km以浅の地震について、震央距離100 km以内の観測点データのみ用いた。また、それより深い地震については、震央距離500 kmまでとした。その上で、K-NET及びKiK-netで同一である地震を照合し、一つの地震データとした。さらに震源位置については気象庁カタログ（2007年5月までは地震月報、それ以降は速報値）を用い、インバージョン初期値として用いる地震モーメントは防災科学技術研究所 F-NET による値とし、データセットを作成した。

観測点は、6つのグループに分類した。グループ1～4は、(2.1.2-1)式から求められる卓越周期 T_g に基づき、表 2.1.2-1 で示す基準によって分類した。これは、日本道路協会(1980)の地盤分類の1種地盤から4種地盤にあたる。その後、2種地盤と3種地盤は一つにまとめられて、3つに分類されるようになった[日本道路協会(1990)]が、ここでは、4種類の分類を採用した。

$$T_g = 4 \sum_{i=1}^n (H_i / V_{si}) \quad (2.1.2-1)$$

ここで、 H_i 及び V_{si} は i 層における層厚(m)及びS波速度(m/s)である。これらの値は、K-NET 及び KiK-net 観測点のS波検層データに基づく。なお、卓越周期 T_g を算出するための基盤は $V_{si} > 300$ m/s となる層とした。しかし、検層データの最深部で V_{si} が 300 m/s

に達しない場合もあり、その場合には、グループ 4 とした。グループ 5 は、検層データが無いなど不明な点である。グループ 6 は、グループ 1 に属するもののうち、地表 20 m の平均 S 波速度(AVS20)が 1000 m/s 以上の地点である(表 2.1.2-2)。このグループは「2.1.1 定式化及びインバージョン」でのべたように増幅を自由表面の 2.0 として拘束をするためのものである。

解析区域毎に観測点、地震の震央分布及び深さ別・規模別頻度分布を図 2.1.2-2～図 2.1.2-4 に示す。これらの図中における観測点のシンボルは、表 2.1.2-1 に示すとおりである。解析における対象領域、地震数 N_j 、データ数 N_{data} 等を、表 2.1.2-3 に示す。なお、表中には、解析において、インバージョンの結果として、波線が通過したブロック数 N_{blk} も併記した。

用いるデータについては、1 Hz 程度以上の高振動数領域においては地震波の成分間の方位依存性があまりないことが数多く報告されているので [たとえば, Liu and Helmberger (1985)], NS 成分を代表として用いることとした。また、水平動の波形では、図 2.1.2-5 に示すように S 波主要動部は波形全長のスペクトルとほぼ同じであり、S 波が優勢と考えられるためスペクトルの計算には波形全体を用いた。

(2.1.1-1)式での観測点記録の加速度フーリエスペクトル $\alpha_{ij}^{obs}(f)$ は、中心周波数 f を 1 Hz から 10 Hz までの 1 Hz ごととし、それぞれの中心周波数に対して ± 0.5 Hz のフーリエ振幅スペクトルの幾何平均をとることにより与えた。たとえば、5 Hz の中心周波数に対しては、4.5 Hz～5.5 Hz のフーリエ振幅スペクトルの値の幾何平均値とした。

なお、本研究のインバージョンでは 250 回のイタレーションを行うが、図 2.1.2-6 に示すように残差 $\ln(\alpha_{ij}^{obs}(f)/\alpha_{ij}^{cal}(f))$ の標準偏差は 50 回程度で安定した値となることがわかる。

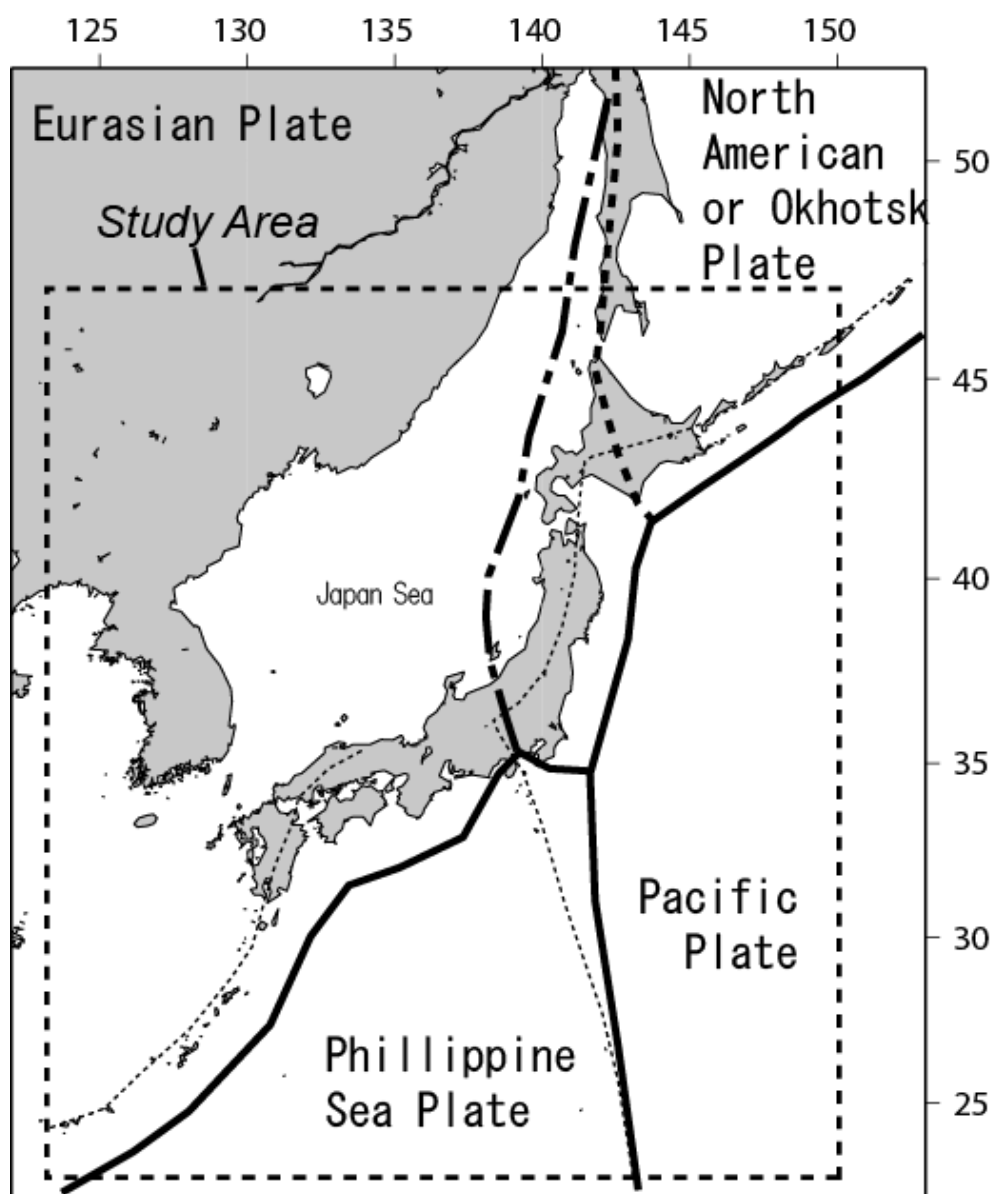


図 2.1.2-1 解析対象範囲（矩形破線枠内）

太線はプレート境界を示す。ただし、ユーラシアプレートと北アメリカプレート（またはオホーツクプレート）間には、破線がかつての境界 [小林 (1983)] で、一点鎖線に 1-2 Ma [中村 (1983)] または 0.5 Ma [瀬野 (1986), 木村 (1986)] にジャンプしたとされる。細点線は火山フロントを示す。

Figure 2.1.2-1 Study area and tectonic environments. The bold solid lines denote plate boundaries. The dash-dotted line denotes the plate boundary between the Eurasian and the North American plates (or Okhotsk plate), which is inferred to jump from the central axis in the Hokkaido [Kobayashi (1983)] as shown by the dashed line at 1-2 Ma [Nakamura (1983)] or 0.5 Ma [Seno (1986), Kimura (1986)].

Table 2.1.2-1 Grouping of observation stations by predominant period of the sub-surface ground structure. The period T_g is calculated by using S-wave velocity obtained from the logging data. Symbols shown in Fig. 2.1.2-2 are also listed

表 2.1.2-1 観測点の卓越周期 T_g とグループ化
シンボルは、図 2.1.2-2 の観測点分布に示す

Group	Number of stations	K-NET	KiK-net	T_g (s)	Frequency (Hz)
1	931	●	●	- 0.2	- 5.00
2	245	▼	▼	0.2 - 0.4	5.00 - 2.50
3	46	▲	▲	0.4 - 0.6	2.50 - 1.67
4	216	■	■	0.6 -	1.67 -
5	136	★		Unknown	
6	14	◆		(AVS20 \geq 1000 m/s: See Table2.1.2-2)	

Table 2.1.2-2 Rock sites of AVS \geq 1000 m/s (Site Group 6)

表2.1.2-2 地表20 m平均S波速度AVS20が1000 m/s以上の地点(グループ6)

観測点コード	観測点名	北緯(°)	東経(°)	AVS20(m/s)
MYG011	牡鹿	38.3052	141.5044	1255
YMG019	上関	33.8455	132.1204	1137
OIT018	蒲江	32.7972	131.9251	1111
YMGH06	宇部	33.9860	131.3036	2100
OITH09	宇目東	32.8452	131.6810	1483
KMMH11	芦北	32.2883	130.5800	1244
TCGH17	藤原 2	36.9823	139.6955	1225
NGSH06	長崎	32.6965	129.8647	1223
OITH05	野津原	33.1492	131.5444	1211
KGWH03	三木	34.2668	134.1508	1207
YMGH01	防府	34.0461	131.5642	1186
IWTH17	川井北	39.6414	141.6013	1057
KOCH10	伊野	33.5280	133.4414	1024
SAGH05	白石	33.1772	130.1069	1000

Table 2.1.2-3 Study area, number of earthquakes, data and blocks ray penetrated.

表2.1.2-3 解析区域・地震数・データ数

東経 (°)	北緯 (°)	地震数 N_j	データ 数 N_{data}	波線通過 ブロック数 N_{blk}
124-150	23-47	1,804	121,367	7,453

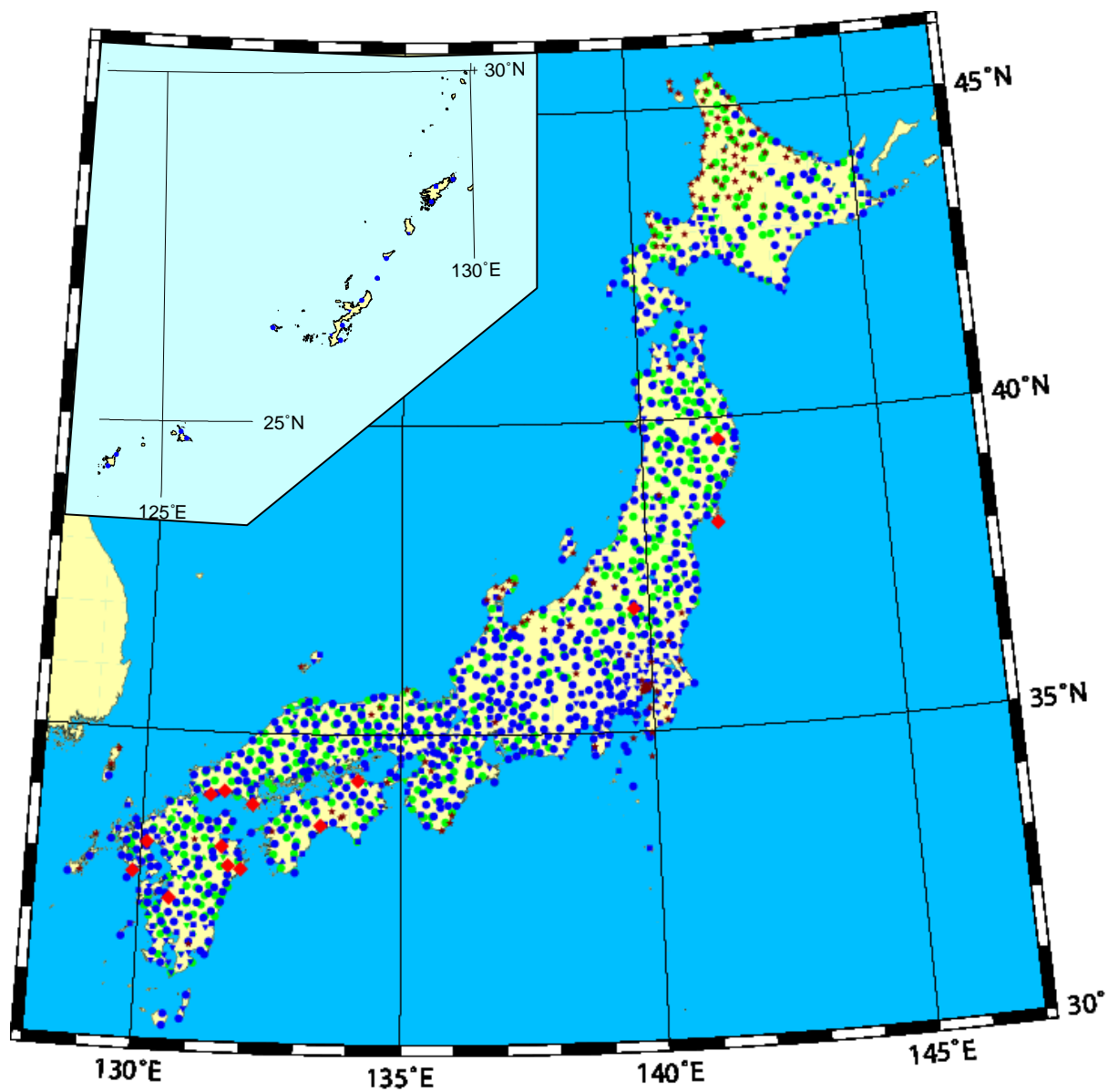


図 2.1.2-2 観測点分布 シンボルは、表 2.1.2-1 参照

Figure 2.1.2-2 Observation stations. The color symbols denote the site groups in Table 2.1.2-1.

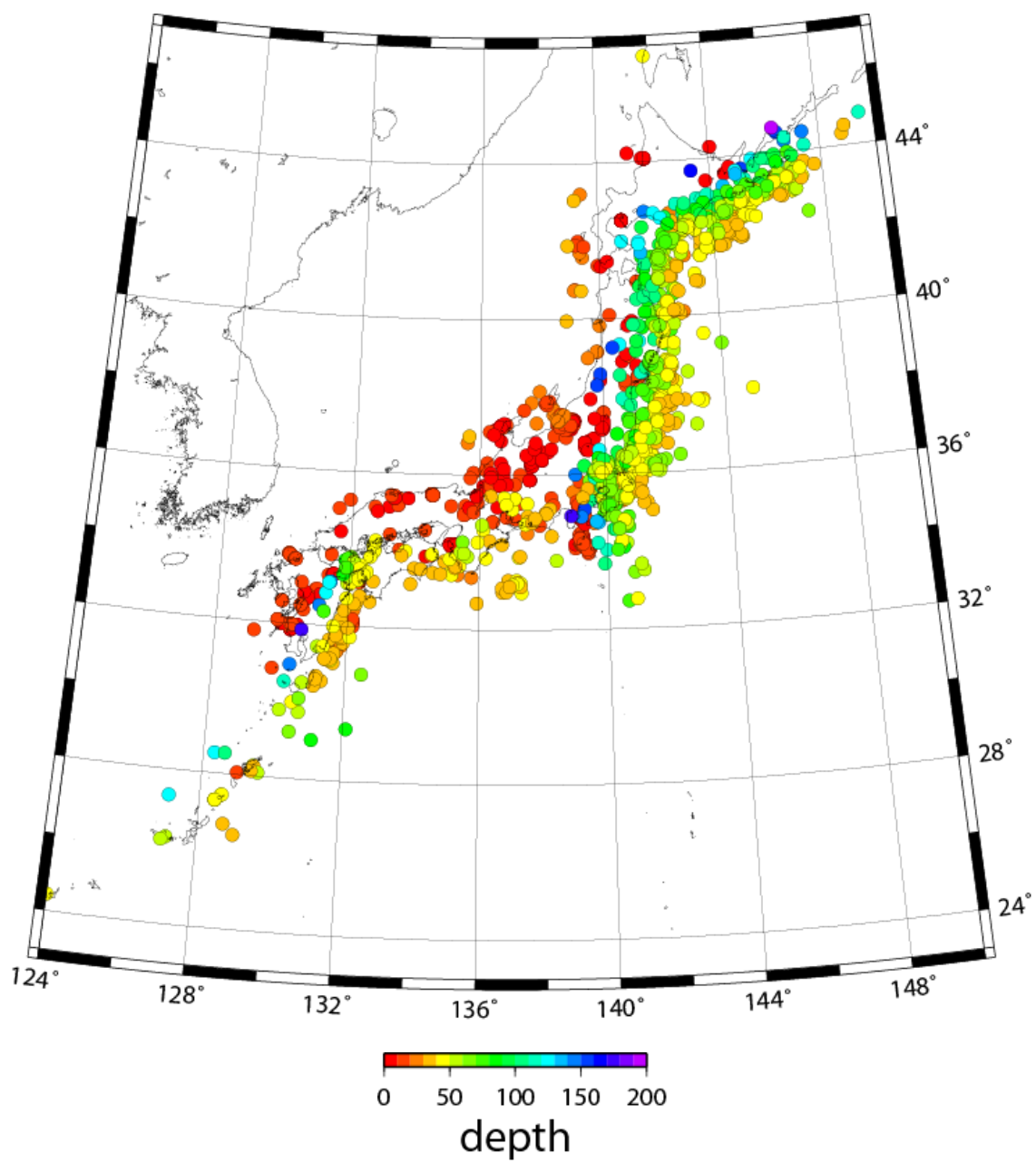
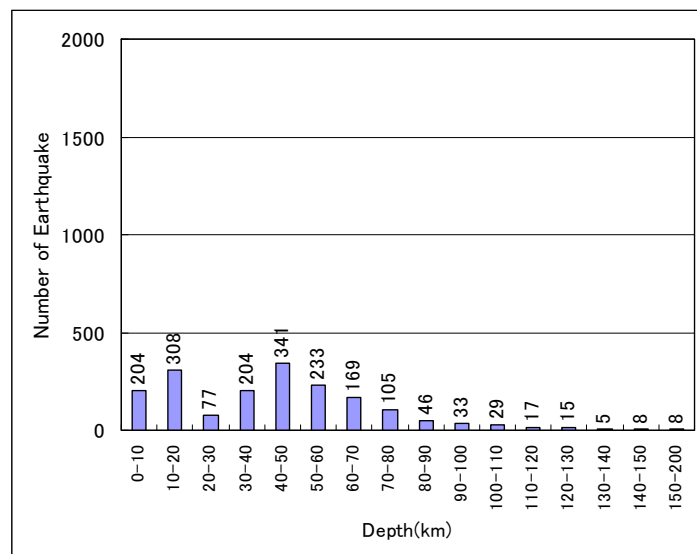


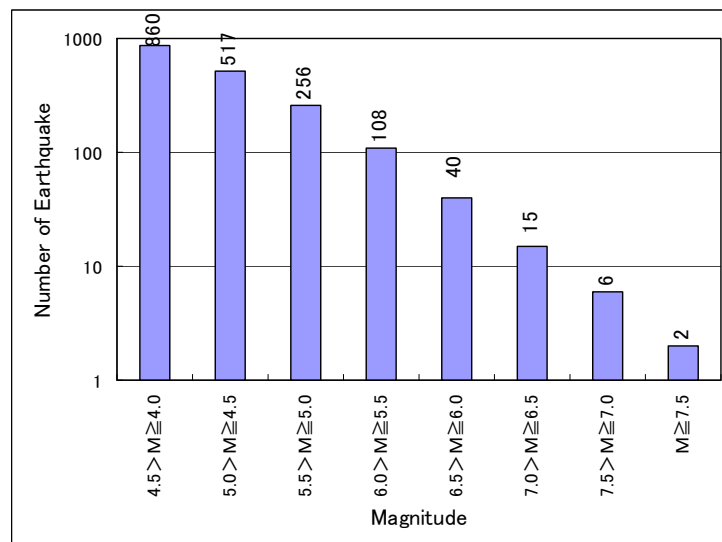
図 2.1.2-3 検討地震の震央分布

Figure 2.1.2-3 Distribution of epicenters of the earthquakes used in this study



(a) 深さ別頻度分布

(a) Number of earthquakes versus depth

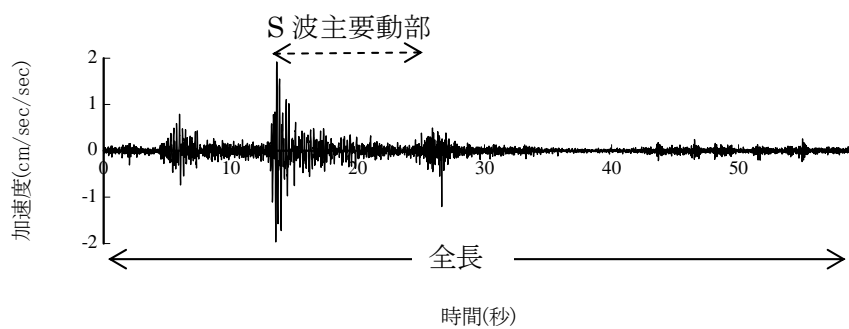


(b) 規模別頻度分布

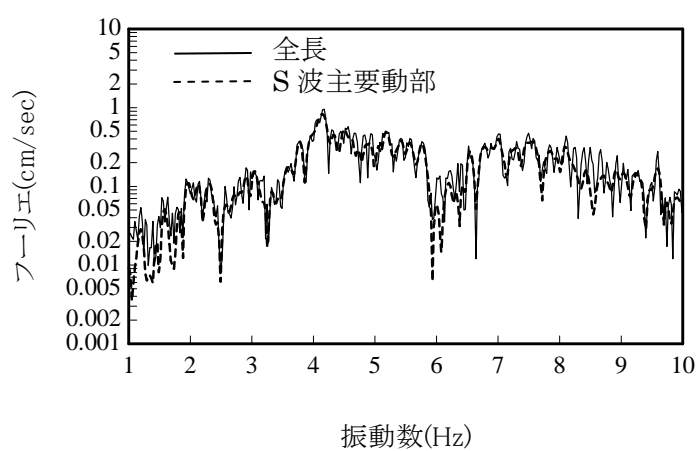
(b) Number of earthquakes versus magnitude

図 2.1.2-4 地震数の頻度分布

Figure 2.1.2-4 Number of earthquakes



(a) 波形



(b) フーリエスペクトル

図 2.1.2-5 波形全長と S 波主要動部のフーリエスペクトルの例
(1996/5/11 の地震, K-NET HYG012 NS 成分)

Figure 2.1.2-5 Example of Fourier spectrum of full wave and S wave main part.

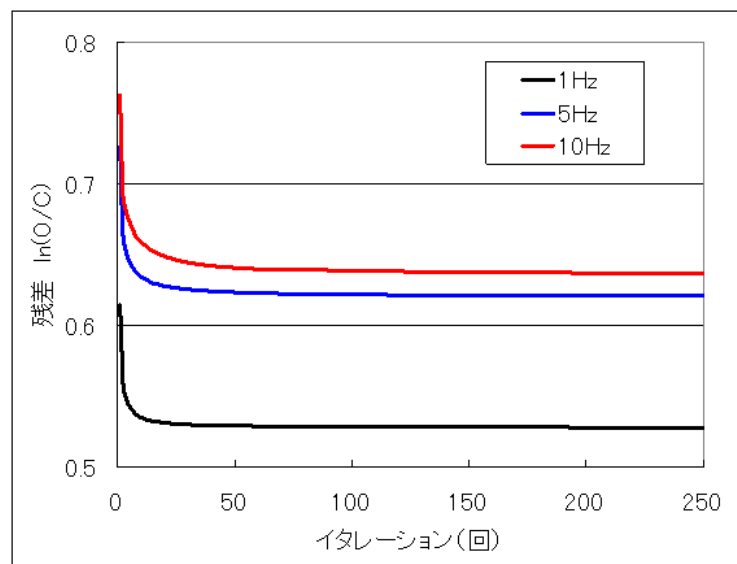


図 2.1.2-6 イタレーションによる残差の標準偏差の変化
 Figure 2.1.2-6 Standard deviation of residual versus number of iterations.

2.2 結果及び議論

2.2.1 減衰構造

減衰構造を図化するにあたって、 Q_s 値あるいは $1/Q_s$ 値等を表示することが従来多く行われてきているが、今回は、地震動の振幅がどの程度の小さくなるかを一目瞭然にわかるようにするため、 $\exp\{-\pi f/Q_s\}$ の値の分布を示すようにした。これは、地震波の1秒間の走時時間の間に、振幅がどの程度減少するかを示すものである。たとえば、0.8 の場合、走時が 10 秒の所（数十キロの伝播距離）では、 $0.8^{10}=0.11$ 、つまり振幅値が 1 割程度になることを意味する。幾何減衰効果を除いた振幅の低減値であり、非常に高減衰である場合、 Q_s 値を示すのに比べて、直感的に分かりやすい。 Q_s 値が大きな値の場合には、値自体が大きく違ったとしても、地震動の減衰には差異がそれほど無いのに対して、 Q 値が小さな値の場合には、少しの違いが地震動の減衰に大きく影響する。対数表示なども考えられるが、意味がつかみにくい。本表示方法は、物理量は明快であり、高減衰地域(Low Q 地域)をより正しく解釈することに有効と考えられる。

チェッカーボード解像度解析結果の概況を図 2.2.1-1 に示す。詳細については、求められた三次元減衰構造とともに Appendix に示す。このうち、Layer-2（深さ 30～60 km）での異なる周波数を比べたもの図 2.2.1-2 に示す。図中の赤い点線は解像度解析であらかじめ与えた Q_{s100} 及び 400 に対して、 $1/Q_s$ が概ね ± 0.001 の範囲に結果が求まり、チェッカーボード模様がほぼ再現出来ている範囲である。これによれば、短周期ほど構造のコントラストが明瞭であることがわかる。10 Hz の周波数で異なる深さを比べたものを図 2.2.1-3 に示す。これらをみると、東北太平洋側の沿岸が High Q_s の傾向がいずれの深さについてもみられ、深くなるほどその領域が西に移っている。これは、太平洋プレートに当たる部分が全体的に High Q_s であることを意味すると考えられる。北海道から関東・中部では火山フロント付近で深さ 90 km に至るまで、Low Q_s ゾーンが見られる。これらの傾向は、Hashida (1987), 中村ほか (1994), Nakamura and Uetake (2000), Sekine (2001) 及び 中村・植竹 (2002) でも報告されており、これらと整合している。深さ 30-60 km において、瀬戸内海付近や伊勢湾から琵琶湖付近で High Q_s の傾向がみられる。

さらに詳しく構造の特徴をみるため、10 Hz の結果を用い、5 つの区域毎に深さ 120 km までの領域を拡大したものを解像度解析結果と共に図 2.2.1-4, 図 2.2.1-7, 図 2.2.1-9, 図 2.2.1-14 及び図 2.2.1-15 に示す。これらは、結果にスムージングをかけていないが、GMT(Wessel and Smith, 1998)の `nearneighbor` コマンド（作図オプション：-I1m, -S40k, 及び -N3）を用いている。これらについて既に報告されてきた異常震域の事例とあわせて、以下、議論する。

a) 区域 I (北海道)

図 2.2.1-4 の解像度を見ると、深さ 0-30 km において陸域部分は非常に良い。深さ 30-60 km においても日本海側がやや悪いが太平洋側では海域においても解像度が良いことがわかる。深さ 60-120 km では陸域太平洋沿岸以外では、解像度は悪くなる。減衰構造の解析結果 (図 2.2.1-4) では次のような特徴が見られる。

深さ 0-30 km では、北海道中軸部を南北に伸びる LowQs が顕著であり、その他活火山や火山フロントに対応した LowQs が見られる。これらが重なる北海道中央部で非常に強い LowQs となっている。

深さ 30-60 km では、火山フロントとの対応がみられるが、この部分での解像度は良い。太平洋プレートの上面の深さ 60 km を UB 60 km として示しているが、これをみると太平洋プレートにあたる部分は HighQs となっていることがわかる。東経 145 度、北緯 42 度付近に強い LowQs の部分が現れているが、解像度解析の良い部分の端にあたり、解が不安定にもとまっている可能性がある。

深さ 60-90 km でも火山フロント付近に沿って LowQs が得られている。洞爺湖付近は深さ 0-60 km 部分では明瞭な活火山にかかわらず LowQs が得られていないが、60-90 km で LowQs となっている。海域では太平洋プレートにあたる部分で HighQs を示す。

深さ 90 km 以上については、解像度が良いと思われる部分をみても特に特徴は見られない。

本区域では、深さ 0-30 km の部分と深さ 30-60 km の結果の違いが非常に大きく、前者では北海道中軸部を南北に伸びる LowQs がみられる。これは、中村ほか (2006a) によって、同じ種類の強震記録を用いたインバージョン手法により明らかにされているものであるが、今回の観測期間を増加したデータによっても同じ結果が得られた。えりも付近は他の研究で LowQs の存在が指摘されてきた[古村・森谷 (1990), 儘田 (1997) など]が、今回の結果は、さらにそれが北に延びていることを示している。火山フロントがこの地域では東西に延び、あきらかに火山性のものとは異なる。この北海道中軸部を通る LowQs 帯は、地理的には神居古潭変成帯 (図 2.2.1-5 参照) などの古い構造帯の方向に整合的である。この LowQs は、Sekine (2002,2005) には見られない。

一方、Nishida et al. (2008) は、北海道中軸部の深さ 25km よりも浅所で -20% のパーテーションを有する非常に強い LowVs の存在を報告しており、上記 LowQs 分布と非常に類似している。

久本 (1977) は、1951 年～1960 年の間に北海道を有感ならしめた顕著地震のすべてを対象に、有感地点であった地点を丁寧に調べている。それをみると、太平洋沖の地震で

は有感域が火山フロント付近を境に南北に顕著に分断されている（図 2.2.1-6(a)参照）が、1959 年積丹沖の地震（M6.2, $h=0$ km）については、図 2.2.1-6 (b)の図から「北海道を南北に二分するのではなく、東西に二分している。」と指摘している。1959 年弟子屈の地震（M6.1, $h=34$ km ; M6.3, $h=39$ km）の震度分布についても北海道中軸部を境に変化しているように見える（図 2.2.1-6 (c)参照）。これらの地震について、同じ震源の強度（震源スペクトル）を与え、本研究で求められた三次元減衰構造（10 Hz）を用いた地震動予測の結果を示す。太平洋沖の地震については、図 2.2.1-6 (a)の左上の 20 番の地震（深さ 91 km）を選んでいる。これらはいずれも、久本(1977)の有感域の特徴を説明していることがわかる。

また、前田ほか (2005) は、この LowQs ゾーンのすぐ西側で発生した 2004 年留萌の地震の強震動は距離 50 km 程度より遠い地点では司・翠川 (1999) よりも有意に小さく、減衰構造の影響を強く受けていることを指摘している。これらの現象は、北海道中軸部の LowQs 帯の存在を支持するものである。

つぎに、この非火山性の LowQs 帯の成因について考えてみたい。

北海道中軸部を南北に伸びる LowQs 帯は、神居古潭変成帯に地理的に対応している。白亜紀には、古北米プレートが北海道西部の古ユーラシアプレートに潜り込み、付加体として蛇紋岩などを含むオフィオライトを形成した [加藤・中川 (1986)など]。また、日高山地では反射構造探査がおこなわれ [伊藤 (2000)など]、その結果をみると地質構造は非常に複雑となっている。

LowQs となる要因としては、液体、溶融体、地震波の吸収物質及び強い散乱体の存在などが考えられる。活動的な火山付近など、液体や溶融体などの物質がある程度の広がりを持っている場合には、本検討で LowQs が検知されることが期待される。吸収物質についての室内実験としては、現在のところ Kern et al.(1997)の室内実験では角閃岩に比べ蛇紋岩が LowQ となっている[Kern et al.(1997)の Fig.5 と Fig.8]ものの、この実験は岩石による弾性波速度と Q 値の異方性の違いをみるためのものであり、岩石による Q 値自体の比較を目的としたものでないため、確定的な事が言えないが、蛇紋岩が LowQs をもたらしめている可能性があることを示している。蛇紋岩化が進んだ場合には高ポアソン比となる [Christensen (1996)]。これにもとづき、Kamiya and Kobayashi (2000) は、関東地方の弾性波トモグラフィーから得られた高ポアソン比部分を蛇紋岩と推定した。Sekine (2002,2005) や Nakamura et al. (2006) は、この高ポアソン比部分に対応して非火山性 LowQs ゾーンが存在することを見いだした。このほかに、蛇紋岩による高減衰の報告と

しては、伊豆—小笠原のサブダクションゾーンに存在する蛇紋岩海山を横切る海底地震計記録が大きく減衰すること [笠原ほか (2003)] が指摘されている。神居古潭帯の蛇紋岩分布は規模が大きく、北海道中軸部を南北に伸びる非火山性 LowQs ゾーンの原因となっている可能性がある。しかし、たとえば舞鶴帯など他の蛇紋岩を産出する地域で必ずしも LowQs になっていないことや、日高山地の反射構造探査等によるとこの地域の地下構造は非常に複雑であることから、散乱やそのほかの原因によることも考えられる。

b) 区域Ⅱ（東北）

図 2.2.1-7 の解像度を見ると、深さ 0-30 km において陸域部分は非常に良い。深さ 30-60 km においても陸域でも比較的良好であり、太平洋側の海域において良いことがわかる。深さ 60-90 km では陸域の日本海側で解像度が悪くなる。

減衰構造の解析結果 (図 2.2.1-7) では次のような特徴が見られる。

深さ 0-30 km では、活火山の分布に対応した LowQs が見られる。火山フロントの東側（太平洋側）は全体に HighQs である。西側（日本海側）では LowQs の部分と HighQs の部分があるが、火山フロントからやや離れた岩木山・寒風山・鳥海山及び月山など第四紀火山周辺で LowQs を示す。火山と火山の間の部分は、火山の部分よりも HighQs の傾向があり、秋田県南部の秋田駒ヶ岳と栗駒山の間は HighQs の傾向である。

深さ 30-60 km では、火山フロントの西側に沿って LowQs ゾーンが見られ、秋田駒ヶ岳と栗駒山の間は深さ 0-30 km と同様に HighQs の傾向となっている。山形県と新潟県の県境付近は LowQs が強く、深さ 90 km 以上に続いているように見える。LowQs 部分は深さ 0-30 km の場合に比べて、火山フロントよりも西側にシフトしている傾向がある。

以上の結果は、扱った期間が違うが同じ種類の強震記録を用いた筆者らの検討[中村・植竹 (2004)] でも同様の結果である。

深さ 0-30 km 及び深さ 30-60 km では火山フロントに対応した LowQs ゾーンが見られるが、Nakajima et al. (2001) は、東北地方の大学や研究機関による地震観測データから東北地方の詳細な Vp/Vs 構造を求めている。その結果では、深さ 25 km において火山付近に高 Vp/Vs (=高ポアソン比) が求められており、今回得られた深さ 0-30 km における減衰構造の分布は、これと非常によく対応している。また、深さ 40 km においては火山フロントに沿いベルト状に高 Vp/Vs が求められている。今回の深さ 30-60 km の減衰構造はこれともよく対応している。すなわち、東北地方の火山や火山フロントに分布する高 Vp/Vs と LowQs は、何らかの物質の同じ状態を違った物理量として現れたもので

ある可能性が高いと考えられる。

このほかに、Nishida et al. (2008)は、浅所で火山分布に対応した LowVs を推定しており、これともよく対応している。

Nakajima et al. (2001) は、活火山の下で高 Vp/Vs となる要因として、温度の影響、H₂O やメルトなどの流体の影響が考えられるとしているが、ここで得られた火山や火山フロントに対応した LowQs 部分は高温で溶融していることが考えられる。

伊神 (1975) は震度分布の特徴から火山フロントで震度分布が急変することを見いだした。図 2.2.1-8 は、その報告の一例について、北海道地域で示したものと同様に三次元減衰構造 (10 Hz) を用いた地震動予測と比較したものである。日本海側の地震についても新潟から山形付近では火山フロント付近で震度分布が変化していることがわかる。また、日本海側の 1964 年の地震については、秋田駒ヶ岳と栗駒山の間で震度の大きい部分が太平洋側までしみだしている。これは、この部分の深さ 0-30 km と深さ 30-60 km で HighQs の傾向となったことに対応している。伊神 (1975) は、火山前線で狭い範囲で LowQs が存在していることを指摘しながらも、狭い範囲にのみ存在するのかあるいは大陸側に向かってある程度の広がりを持っているものか判断できないとした。武村 (1984)は、日本海中部地震の加速度振幅の距離減衰の勾配が一般の距離減衰式の勾配に比べて急であることを示すとともに、太平洋側の地震を調べて、火山フロントの東西の観測点で距離減衰が異なることを指摘した。このように震度分布や加速度振幅分布から、火山フロントに対応した地震波の減衰が古くから報告されてきていた。しかし、火山フロントの西側全体の Qs 値が小さいのか、火山フロント付近で特に Qs 値が小さいのか明らかにされていなかった。一方、Hashida and Shimazaki (1987) は、震度データのインバージョンから LowQs ゾーンと火山の対応が良いことを示したが、そのゾーンはやや広がった結果となっている。一方、Sekine (2002,2005) は、地殻にあたる深さ 10 km において、周波数 5 Hz で火山に対応した LowQs を求めている。しかし岩木山や鳥海山などでは LowQs となっていないなどの違いがある。これは Sekine (2002,2005) は、平面的なグリッドサイズが 0.5°×0.5°であり、本研究ではさらに細かい 0.2°×0.2°サイズを用いていること、また 10 Hz までの短周期領域を扱っていることなどが違いの理由として考えられる。今回の結果では、観測点密度が高く物理量の明確な強震記録を用いたことにより、火山や火山フロント付近に非常に強い LowQs があることが明らかにすることができたと考えられる。

秋田駒ヶ岳と栗駒山の間の深さ 0-30 km 及び深さ 30-60 km で火山フロント付近で有りながら HighQs の傾向が見られた。Tamura. et al. (2002) は東北日本弧の第四紀の火山

を 10 のグループに分類し、それら、個々の火山群直下のマントルウェッジに高温域 (Hot Finger) が分布するというモデルを提唱しており、秋田駒ヶ岳と栗駒山の間は、この高温域と高温域の間の比較的低温の部分に対応している。

c) 区域Ⅲ (東北南部・関東・甲信越・中部)

図 2.2.1-9 の解像度を見ると、深さ 0-30 km において陸域部分は非常に良い。深さ 30-60 km においても日本海沿岸を除いて良好である。

減衰構造の解析結果 (図 2.2.1-9) では次のような特徴が見られる。

深さ 0-30 km では、北緯 37 度付近より北側の磐梯山や那須岳などでは、活火山に対応した LowQs が見られるが、それよりも南西には活動度の高い浅間山も存在するが、これらの火山では明瞭な LowQs は見られない。また富士山や箱根山及び伊豆半島の南端から三宅島にかけた付近で LowQs が現れている。火山フロントから離れた場所としては、房総半島南部付近や東海沿岸付近に LowQs が見られる。相模湾は、フィリッピン海プレート部にあたるが HighQs の傾向であることがわかる。

深さ 30-60 km では、深さ 0-30km で LowQs との対応が見られなかった浅間山などを含めた多くの活火山で LowQs となっている。この地域では、火山フロントの形状は、北東から南西に向かい浅間山付近でほぼ直角に曲がって南南東に続いている。しかしながら LowQs ゾーンは浅間山に達するまえに東経 139 度線に沿って南下している。他方、茨城県と千葉県の県境付近に明瞭な LowQs が存在し、それが西北西に向かって延びる。この場所は火山が存在しない場所である。伊豆半島の南の新島付近で強い LowQs が現れたが、ここは多数の群発地震が発生し、用いたデータにこれらが多く含まれている。インバージョンにおいて、震源スペクトルの初期値を実際よりも過大に与えた場合、群発地震のように数が非常に多くなると、重み付けをしたインバージョンを行っていることになる。解像度解析があまりよくない領域では、このような影響を強く受けることが考えられ、今回 LowQ が強く現れたことも考えられる。

深さ 60-90 km では、北緯 36 度から北側、東経 140 度から西側で LowQs が強い。その他太平洋プレート部分にあたると考えられる部分やフィリッピン海プレートに当たる部分では HighQs の傾向となっている。

深さ 90 km 以上については、解像度が悪く議論できない。

関東地域は、太平洋プレートが東から、フィリッピン海プレートが南から潜り込んでいる [Ishida (1992) など] とされているが、引きちぎられたプレートのブロックが存在する説 [Toda et al. (2008), 江口・堀 (2007) など] もあり、複雑と考えられている。

Hashida and Shimazaki (1985) は、震度データを用いてフィリッピン海プレートなど海洋性プレート部分で High-Qs を求めており、Sekiguchi (1991) は、微小地震観測網のデータを用いて同様の結果を得ている。今回、太平洋プレート部分にあたると考えられる部分やフィリッピン海プレートに当たる部分では HighQs の傾向となったのは、これらの結果と整合的である。また、深さ 30-60km において茨城県と千葉県の県境付近に強い LowQs を得ている。この地域は Hashida and Shimazaki (1985) が得た減衰構造をみても LowQs となっており、整合的である。また、Sekine (2002,2005) もこの地域に LowQs を得ており Kamiya and Kobayashi (2000) の高ポアソン比の部分に対応することを指摘した。Sekiguchi (2001) は、速度構造から Kamiya and Kobayashi (2000) と同様の場所に高ポアソン比を得ている。Nakamura et al. (2006) は、 $0.2^{\circ} \times 0.2^{\circ} \times 20$ km のメッシュサイズで解析を行い、Kamiya and Kobayashi (2000) と同じ場所の断面を調べ、彼らが求めた高ポアソン比部分と、茨城県と千葉県の県境付近から北東に延びる LowQs ゾーンが一致することを示した。この深さはフィリッピン海プレート [Ishida (1992)] の上面付近に位置する。

関東地方の異常震域現象について、Nakanishi and Horie (1980) は、東京湾北部・中部付近の深さ 60-80 km で 1949 年から 1978 年に発生した地震について震度分布を調べ、図 2.2.1-10 に示すように震央よりも西側の東京・横浜・網代・大島などで震度が高くなることを指摘した。彼らはこの現象をフィリッピン海プレートに沿って、地震波が減衰せずに伝わったためと解釈した。

中村ほか (2007) は、関東地域において、深さ 60-80 km で 1997-2003 年の間に発生した M 4.5 以上の地震の震度分布の特徴を調べた。図 2.2.1-11 は、これらの地震の震度分布を地域ごとにわけて示したものである。これらのうち No.3 と No.5 を除く地震は、東京湾北部から茨城県南西部にかけての直線上に分布しており、太平洋プレートと、フィリッピン海プレート [Ishida (1992) など] の境界付近に位置する。メカニズムから No.4 と No.7 は横ずれ成分が含まれている。野口 (1998) は、関東で発生した地震を詳細に検討し、メカニズムによりタイプ分類を行っている。No.4 と No.7 は、野口 (1998) のⅢ' 断面でフィリッピン海プレート内の地震と考えられる横ずれ成分が卓越する B 領域にあたる。この 2 地震と上記 No.3 と No.5 の地震以外はプレート境界の地震と考えられる。東京湾北部で発生した No.1, No.4, No.7, No.8, No.9, No.11, No.13 及び No.14 の地震の震度分布は、東で小さく西で大きい傾向が明瞭である。これは Nakanishi and Horie (1980) の報告と整合的である。一方、茨城県南西部など北側で発生した地震の震度分布をみると、No.2, No.6 及び No.12 などでは北西方向に大きい傾向が見られる。その他、全体をと

おして、東京湾北部から北西方向の軸にした ”くびれ” (図 2.2.1-8 の No.9 の→記号で示す) がみられ、その軸を境にして、北側で発生した地震は北側で震度が大きい傾向があり、南側で発生した地震は南西方向に震度が大きい傾向が見られる。三次元減衰構造の結果 (図 2.2.1-9 参照) によれば、深さ 30-60 km 付近では、南西でフィリピン海プレートに対応する HighQs が見られる。このために東京湾北部の地震の震度分布は東側で小さく南西側に大きくなると考えられる。また、関東を北西-南東方向に伸びる LowQs (図 2.2.1-9 の灰色点線の閉曲線) が存在する。これは震度で東京湾北部から北西方向の軸を境にくびれた部分に対応する。茨城県南西部の深さ 60-80 km で発生した地震 (たとえば No.6 の地震) の震度分布が北西方向に大きい傾向が見られたのは、この関東を北西-南東方向に横切る Low-Qs により、南東方向には地震動が減衰されたためと解釈できる。(図 2.2.1-12)。

図 2.2.1-13 には、これらの地震の分布にあわせ東経 140.1° 線上の深さ 70 km に同じ震源の強度 (震源スペクトル) を与え、三次元減衰構造(10 Hz)を用いた地震動予測の結果を示す。これによれば、関東を北西-南東方向に横切る Low-Qs の北側に震源がある場合には北側で地震動が大きくなることが良く説明される。また、最も震源を南側に与えた場合には伊豆で大きくなる傾向がみられる。しかし震源近傍では再現性があまりよくない。これは離散化したブロックサイズが局所的な再現には大きすぎるためである。

関東地域は堆積層が厚く、震度分布は、その影響を受けることも考えられるが、もし表層の影響であれば、震度の大きくなる場所は少し震源位置が異なっただとしてもが常に大きくなりやすいはずであるが、上記で見られた現象は震源位置の違いで傾向が大きく異なっており、深部の減衰構造の影響が大きいことを示すものであろう。

この地域は、フィリピン海プレートの潜り込みに伴うプレート境界型の巨大地震のほかに、やや深発地震の可能性も指摘されている 1855 年安政江戸地震などの首都圏に大きな影響を与えた地震も発生しており、防災上は表層地盤の増幅の影響だけでなく、三次元減衰構造と異常震域の関係をさらに明らかにすることが重要と考える。

d) 区域IV (中部・近畿・中国・四国)

図 2.2.1-14 の解像度を見ると、深さ 0-30 km において陸域部分は非常に良い。深さ 30-60 km においては日本海側を除いて良好である。深さ 60 km 以深では和歌山付近でやや良いがあまり構造を議論できるような結果ではない。

減衰構造の解析結果 (図 2.2.1-14) を見ると次のような特徴が見られる。

深さ 0-30 km では、富山県と岐阜県北部の飛騨高原付近でやや LowQs である。しかし

ながら、一つ一つの火山について対応は明瞭でない。また、解像度は良くないが、紀伊半島から東海にかけての沿岸に連続する LowQs が見られる。その他、大阪湾周辺で LowQs が求められた。

深さ 30-60 km では、飛騨山地付近に強い LowQs が現れている。また解像度が良くないが日本海側沿岸が LowQs である。深さ 0-30 km において紀伊半島から東海にかけての沿岸に LowQs がみられ深さ 30-60 km に連続している。

フィリピン海プレートの形状については、さまざまな議論があるが、深さ 30-60 km においては伊勢湾から北西方向に屈曲して琵琶湖付近に達するという見解 [たとえば、三好・石橋 (2004), 弘瀬ほか (2007)] があるが、この付近の 30-60 km は HighQs の傾向になっており対応している。

深さ 60 km 以上については、全体的に解像度が良くなく議論できないが、和歌山市付近はやや解像度のよいところにあたり、強い LowQs となっている。

この地域ではフィリピン海プレートに沿った深い地震があまりないためか異常震域関連の報告がなく、今後の研究が待たれる。

e) 区域V（中国・四国・九州）

図 2.2.1-15 の解像度を見ると、深さ 0-30 km において陸域部分は非常に良い。深さ 30-60 km においても陸域日本海側海岸付近を除いて良好である。深さ 60-120 km では瀬戸内から九州内陸部にかけて比較的良い。

減衰構造の解析結果 (図 2.2.1-15) では次のような特徴が見られる。

深さ 0-30 km では、山陰の三瓶山付近、山口県北部の阿武火山群、九州の由布岳や阿蘇山付近に対応する LowQs が見られる。また、桜島付近でも、LowQs がみられる。阿蘇山と霧島山の間は活火山がないが、その部分で HighQs の傾向となっている。

深さ 30-60 km では、火山フロントとの対応が明瞭に見られ、全体的に深さ 0-30 km よりも LowQs である。この深さでは四国北側から瀬戸内にかけてフィリピン海プレートが分布する場所にあたり、その部分では HighQs の傾向となっている。

深さ 60-90 km では、九州の火山フロントの西側に沿って強い LowQs が見られる。この深さではフィリピン海プレートは九州の日向灘沿岸付近から瀬戸内海沿岸付近に分布すると考えられるが、この地域では比較的明瞭に HighQs が得られている。また、解像度が良くないので断定的なことは言えないが周防灘付近にかなり強い LowQs が見られる。また、区域IVでは、この深さに和歌山市付近にも LowQs が見られたが、これらの場所がフィリピン海プレートの形状や傾斜勾配が急激に変化するところに対応して

おり、なんらかの因果関係があるのかもしれない。

深さ 90-120 km では、九州の火山フロントの西側に沿って LowQs が見られる。また、広島と愛媛の間に LowQs が見られるが、この深さはフィリッピン海プレートよりも下に相当すると考えられる。

深さ 120 km 以上については、解像度が悪く議論できない。

九州から琉球弧の地域で深さ 100 km を越えるようなやや深発地震が発生しており、宇津 (1969) は、それらの地震についての異常震域現象を報告している (図 2.2.1-16)。たとえば 1967 年 11 月 28 日に熊本県と宮崎県の県境付近で深さ 130 km で発生した地震は、宮崎県側で震度が高く、四国側でも太平洋側にそって高い震度が広がる性状を示している。本研究では、深さ 30 km 以深で火山フロントの西側で明瞭な LowQs が求まっており、またフィリッピン海プレートが存在すると考えられる場所で HighQs が求まっていることはこれに整合する。1960 年 3 月 4 日と 1967 年 11 月 28 日の地震について、北海道地域等で示したものと同様に同じ震源強度を与えて三次元減衰構造による地震動予測をしたものをカラーの分布図で示す。火山フロントの東側で震度が大きく北東の方向に震度が伸びている傾向が再現できていることがわかる。

また、芸予付近では 2001 年 3 月 24 日に深さ約 50 km の平成 13 年 芸予地震が発生したが、瀬戸・古村 (2002) は、強震動分布が震央の九州側で小さくなることを報告 (図 2.2.1-17) し、差分法による強震動予測をするために、震源の西方のフィリッピン海プレートよりも上位の深さ 34 km から 70 km に LowQ (Qs25 程度) を想定している。本研究で、深さ 60-90 km において周防灘付近にかなり強い LowQs が現れた。この部分は解像度が良くないものの、その存在を支持するものと考えられる。

f) 議論及びまとめ

短周期の地震動から減衰構造を求めたものには、震度データを用いて求められた Hashida (1987) や、5 Hz と 10 Hz の周波数帯の速度振幅を用いて求められた Sekine (2002) などがある。

Hashida (1987) は深さ 0-30 km では東北地方太平洋側で HighQs、日本海側でも LowQs を推定した。また、Sekine (2002) は Qs 構造について火山フロントに対応する場所に LowQ を推定した。本研究で得られた結果は、この傾向と非常に良くあっている。ただし、本研究の高振動数領域においては、上述したように、先行研究とは異なる結果が得られている。北海道を南北に延びる中軸部にきわめて強い LowQs が現れた。しかし、本研究でも 5 Hz の場合 (Appendix 参照) や、それよりも長周期側では、この構造は不明瞭

であり, Hashida (1987) や Sekine (2002) の結果ではそれが現れていない。この地域では、従来の速度構造トモグラフィでは、精度の高い構造がえられてきていなかった（たとえば, Matsubara et al., 2008）。しかし, Nishida et al. (2008) は海洋波浪ノイズを用いて北海道を南北に伸びる非常に強い LowVs を推定することに成功している。これは本研究で得た強い LowQs と良く整合しており、この地域はきわめて強い LowQs, LowVs であることが推定される。

中部地方では、飛騨山地から長野付近にいずれの研究でも LowQs が得られているなど、比較的微細な構造において一致している。

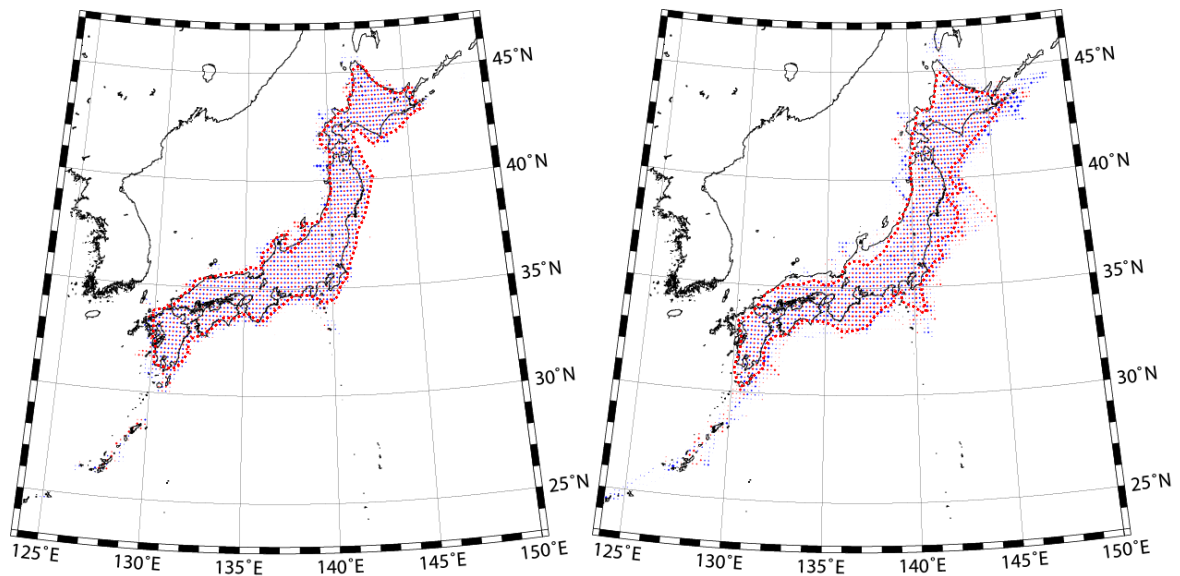
深さ 30-60 km においては、いずれの研究とも火山フロントにそって LowQs が現れ、秋田駒ヶ岳と栗駒山の間は火山フロントの中でも、HighQs の傾向となっており、これらの異なるデータを用いた 3 研究で同じ結果が得られていることは、信頼性が高い結果といえる。茨城県と千葉県の県境付近では本研究では強い LowQs が現れたが、Hashida (1987) も明瞭ではないが、周囲よりも LowQs が求められている。Sekine (2002) はさらに明瞭な結果を与えている。伊勢湾から琵琶湖に抜ける場所周辺もいずれの結果とも HighQs, 紀伊半島の付近で LowQs など整合した結果となっている。

今回、強震計観測記録を用いたが、既往の研究とはデータの種類の異なるのにかかわらず、結果が多く地域で比較的よく一致している。

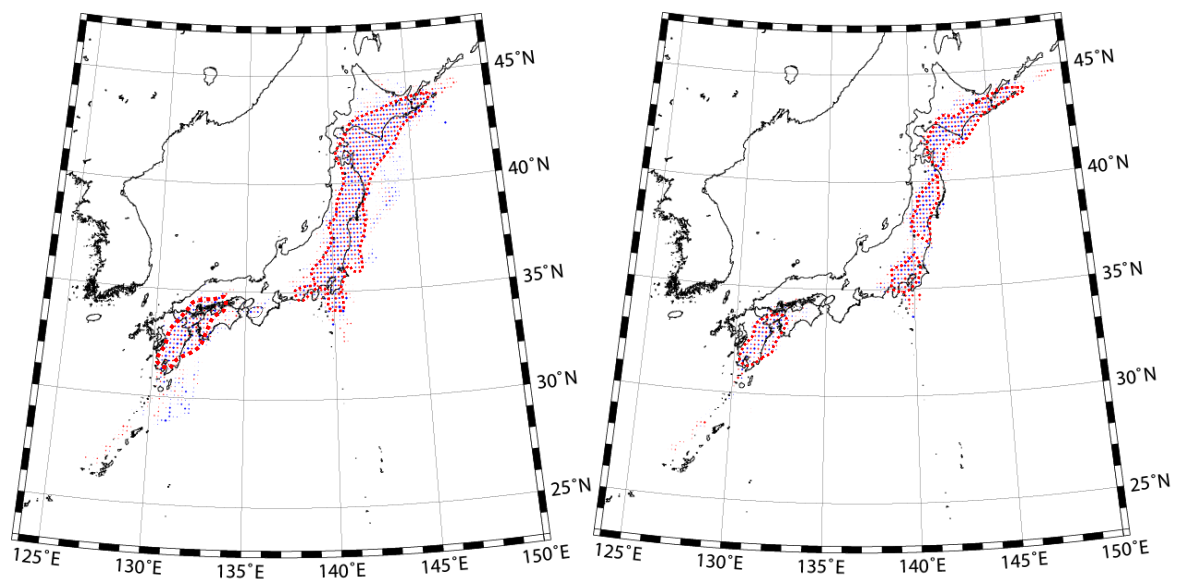
三次元減衰構造についての既往研究は、震度や、観測記録の最大振幅が主なデータであるのに対して、本研究は 1~10 Hz の短周期のスペクトル領域での構造であることに特徴がある。短周期の Qs は、周波数に依存することが知られている。これを見るために本研究で求められた Qs 値を図 2.2.1-18 に示す区域において平均をとったものを図 2.2.1-19 に示す。これによれば、区域によって周波数依存性が大きく変わることがわかる。1 Hz 付近ではおおむね $Q_s=100$ 前後の値をとるが、短周期ほど大きくなり、また Qs の地域による違いが顕著である。HighQs が得られた Layer 1 の区域④⑦⑩及び Layer 2 の⑬をみると、1 Hz で Qs が 100 前後で、10Hz で Qs が約 1000 ないしそれ以上である。一方、LowQs が得られた Layer 1 の区域②⑤及び Layer 2 の区域⑭は 10Hz で Qs が約 300~400 程度である。東北の活火山が存在するブロックのみで平均したものを区域⑫として示したが、さらに Qs が小さくなっていることがわかる。

Hoshiba(1993)は、気象庁の観測記録(EMT76 型速度形)の記録のコード部分を 3 つの区間に分け、コードの生成・現象の仕方を散乱理論のシミュレーションから得られる結果と比べることにより、散乱減衰と内部減衰を分離した。その求められた範囲を図 2.2.1-19 中に平行四辺形で示す。Hoshiba(1993)は、Q が周波数の n 乗に比例する場合、散乱減衰

は $n=1.5$ ，内部減衰は $n=0.7$ 程度と求めている。すなわち，散乱減衰は，内部減衰によるものよりも周波数依存性が強い。周波数依存性の傾向を見ると **HighQs** が求められた地域は周波数依存性が強く，散乱減衰が優勢であり，東北の火山フロントよりも日本海側の区域⑤と⑭などの **LowQs** は，内部減衰が優勢となっていると解釈できる。また区域⑫の活火山の区域はさらに周波数依存が弱い。火山地域は液体または流体が存在するために内部減衰の影響が非常に大きいためと考えられる。一方，北海道中軸部を南北にとおる **LowQs** 帯も周波数依存性が弱い。この地域は非常に複雑な地質構造となっており，散乱を受けやすいとも予想されるが，この結果からは，内部減衰による **LowQs** であることを支持している。



(a) Layer 1 Depth : 0-30 km

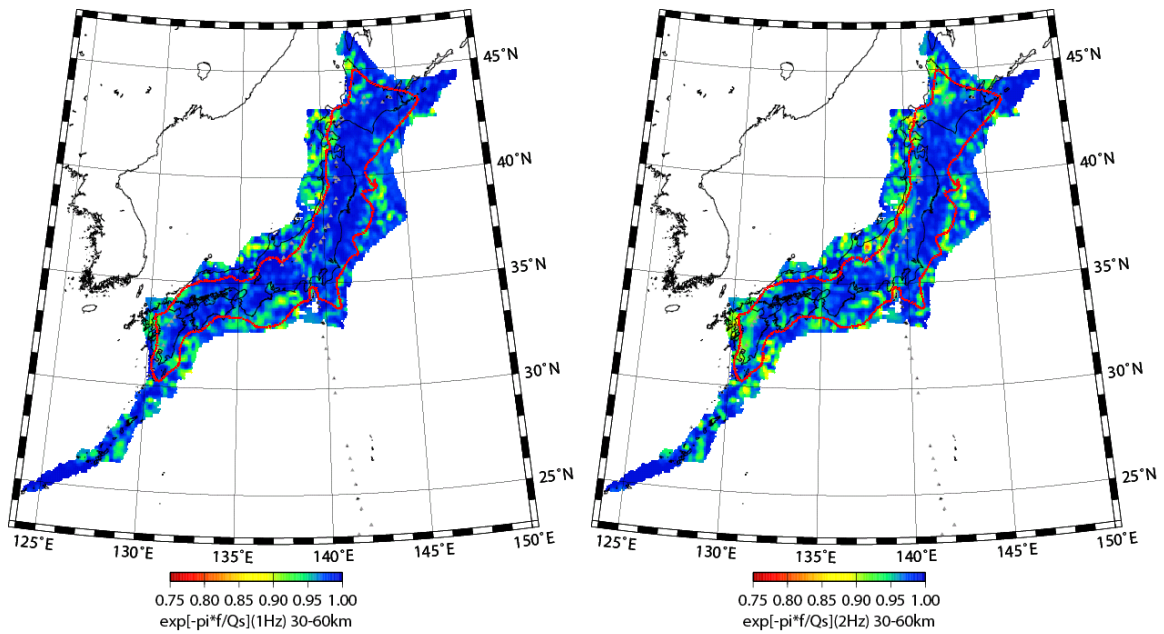


(c) Layer 3 Depth : 60-90 km

(d) Layer 4 Depth : 90-120 km

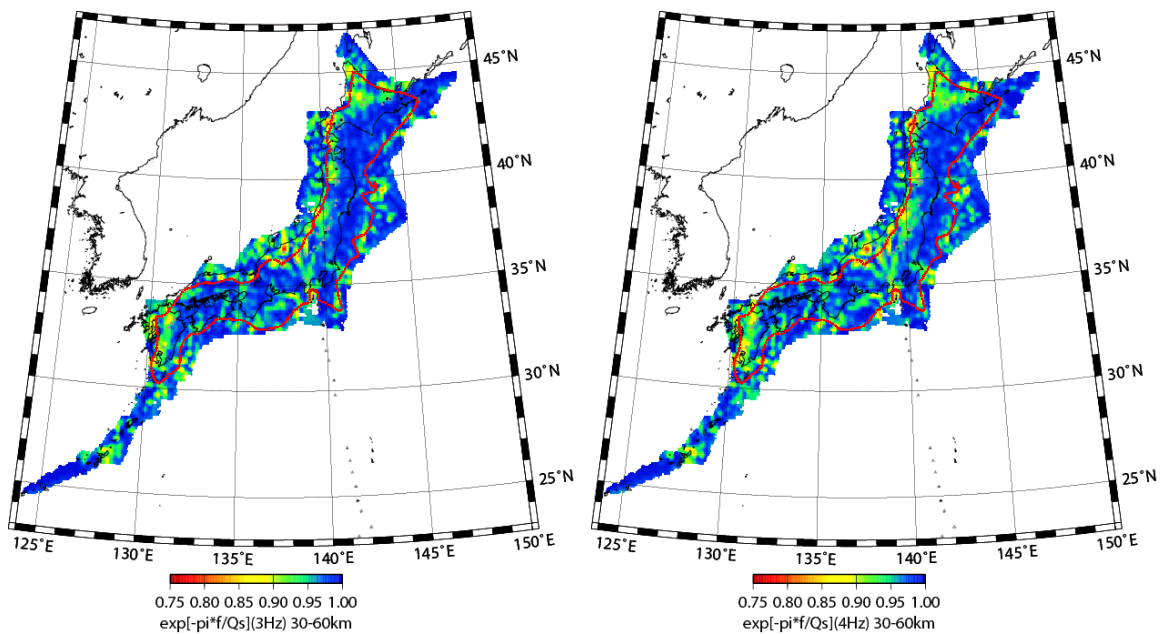
図.2.2.1-1 解像度解析結果 (赤い点線による閉曲線は、解像度の良い部分：拡大図は Appendix 並びに図 2.2.1-4, 7, 9, 14 及び 15 参照)

Figure 2.2.1-1 Result of checkerboard resolution analysis. The red dotted curve denote area be well recreated the checkerboard patterns. (See appendix and fig.2.2.1-4, 7, 9, 14, 15 for details.)



(a) 1 Hz

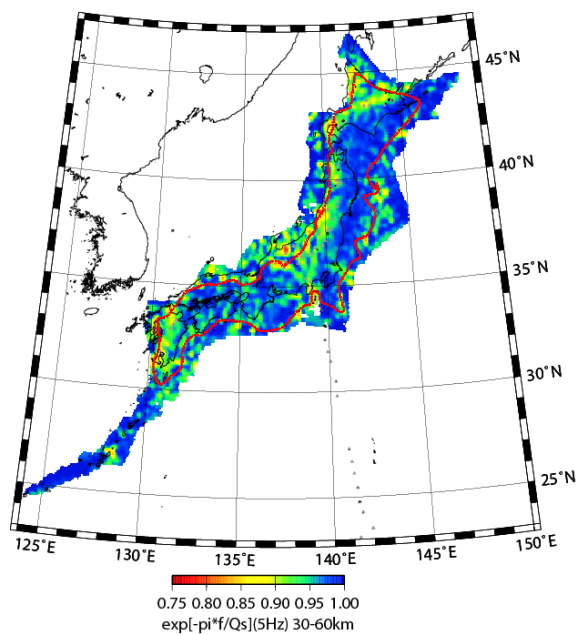
(b) 2 Hz



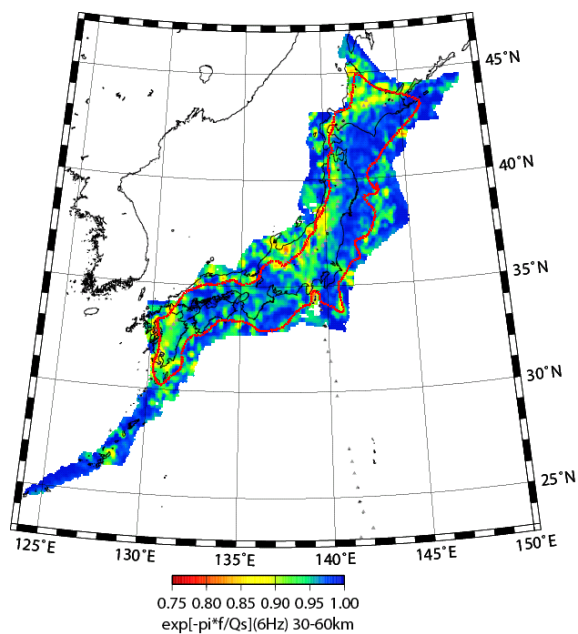
(c) 3 Hz

(d) 4 Hz

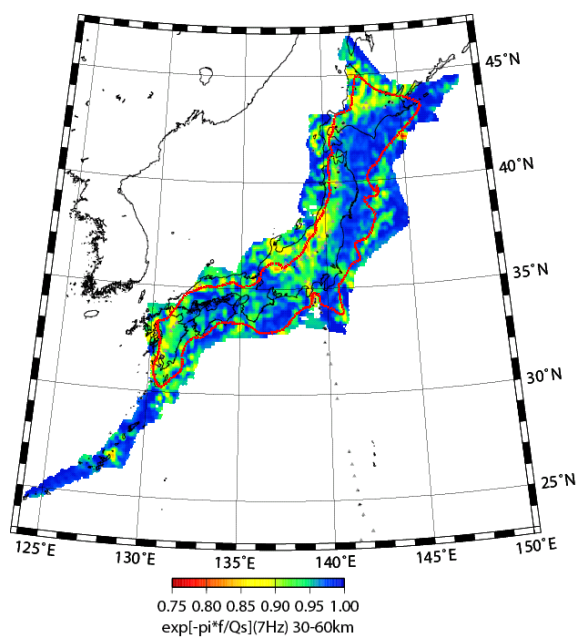
図 2.2.1-2 周波数ごとの減衰構造の比較 Layer2 (深さ 30-60 km)
赤の点線の範囲は、解像度解析の結果の良い部分を示す。
Figure 2.2.1-2 Comparison of the attenuation structure at different frequencies in the depth of 30-60 km. The red dotted curve denote the area well recreated the checkerboard patterns.



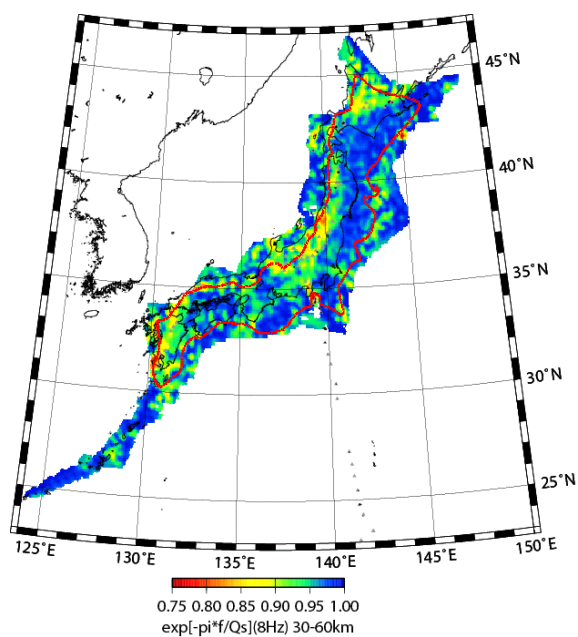
(e) 5 Hz



(f) 6 Hz

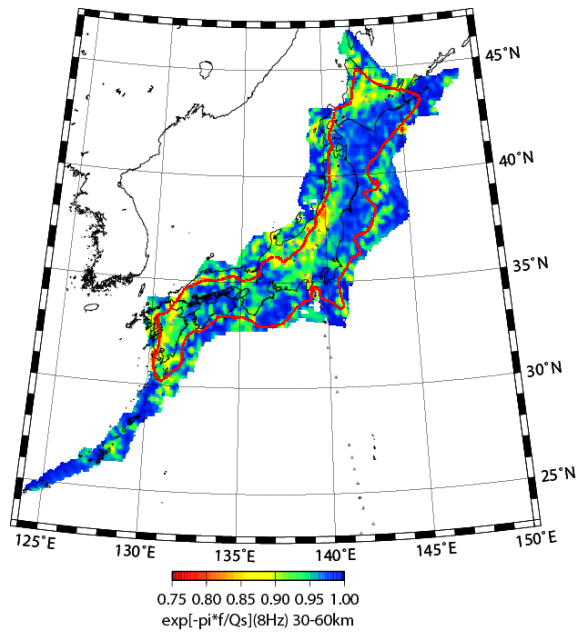


(g) 7 Hz

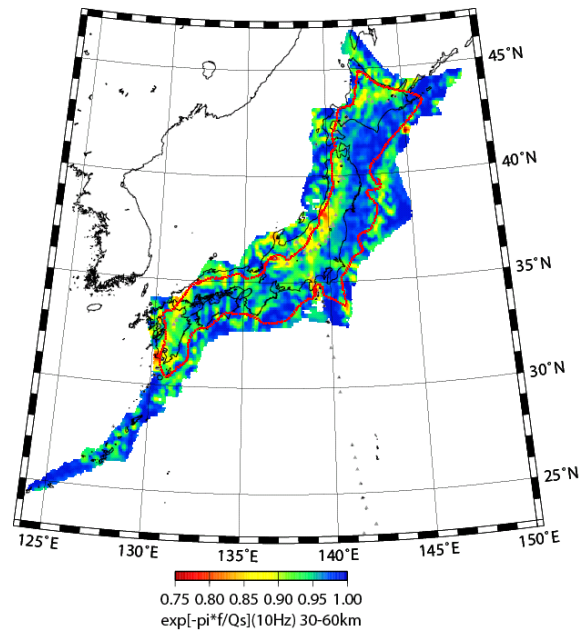


(h) 8 Hz

図 2.2.1-2 つづき
Figure 2.2.1-2 Continued.

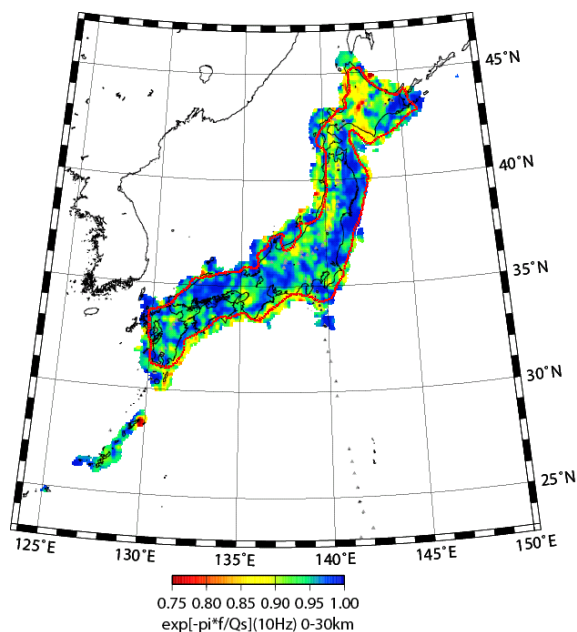


(i) 9 Hz

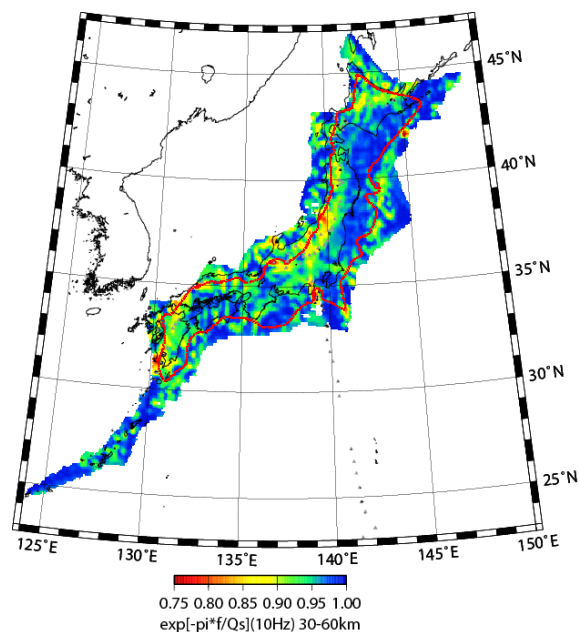


(j) 10 Hz

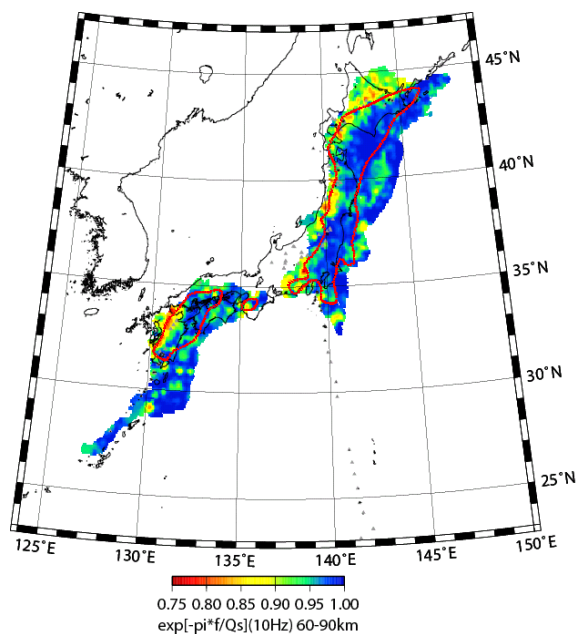
図 2.2.1-2 つづき
Figure 2.2.1-2 Continued.



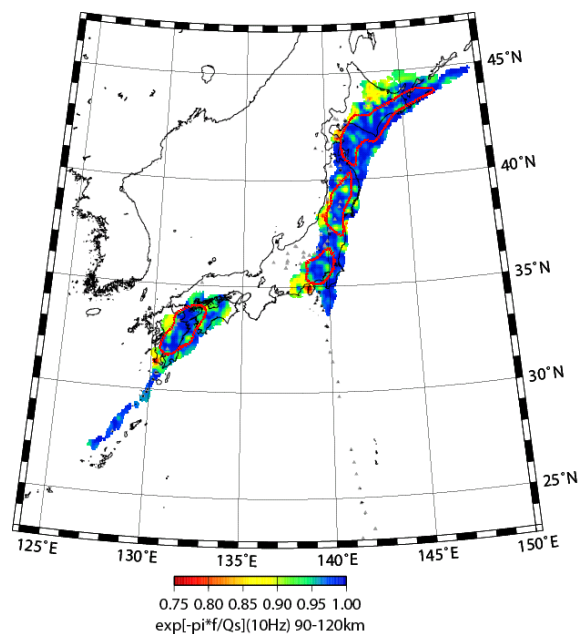
(a) Layer 1 Depth : 0-30 km



(b) Layer 2 Depth : 30-60 km



(c) Layer 3 Depth : 60-90 km



(d) Layer 4 Depth : 90-120 km

図 2.2.1-3 深さごとの減衰構造の比較 (10Hz)

赤の点線の範囲は、解像度解析の結果の良い部分を示す。

Figure 2.2.1-3 Comparison of the attenuation structure in the different depths at 10 Hz.

The red dotted curve denote the area well recreated the checkerboard patterns.

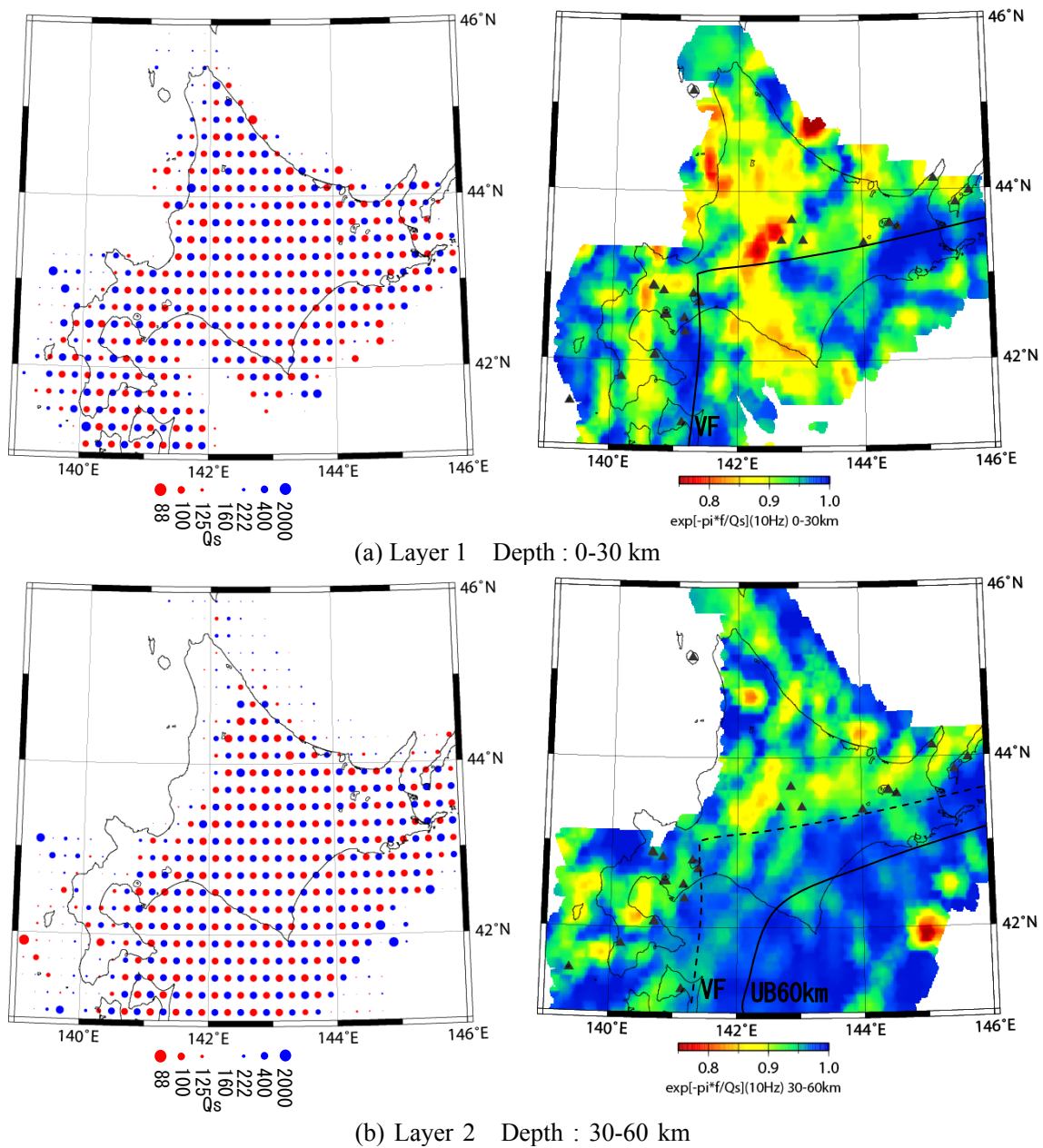
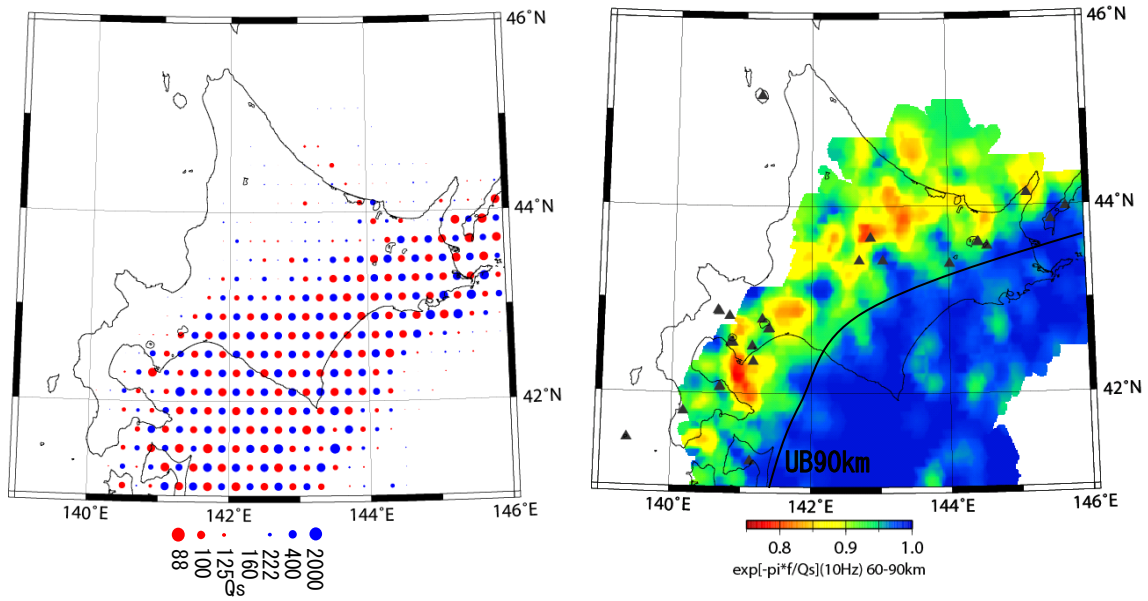
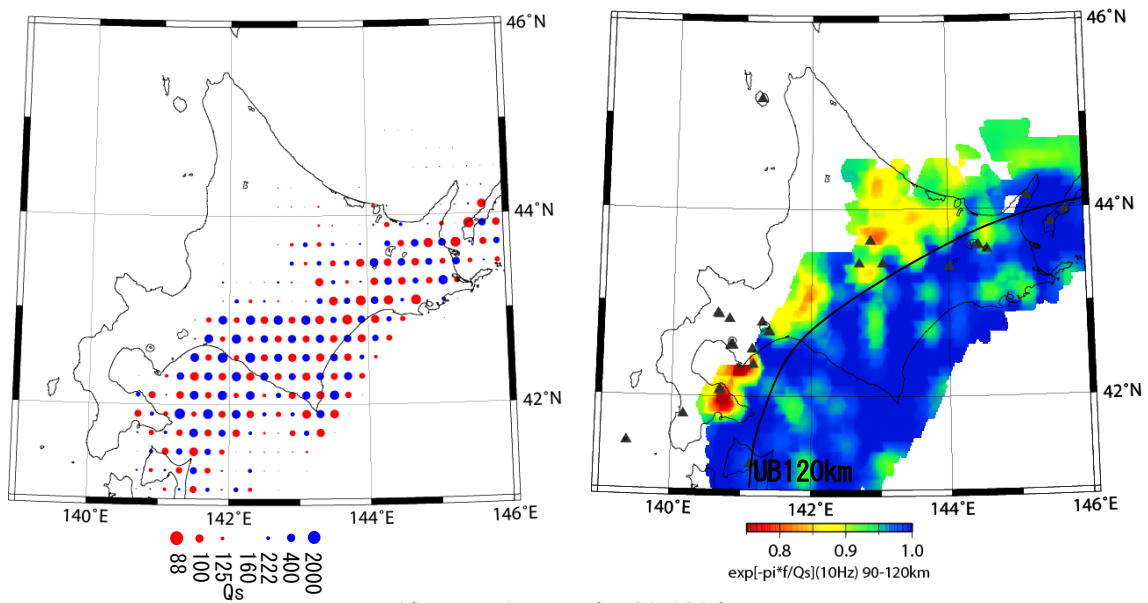


図 2.2.1-4 解像度解析及び三次元減衰構造 区域 I 10Hz

Figure 2.2.1-4 Result of checker board test (left) and the distribution of Q_s at 10Hz (right) beneath the Hokkaido region. VF and UB60km denote the volcanic front and the upper boundary of the Pacific plate at 60 km depth respectively.



(c) Layer3 Depth : 60-90 km



(d) Layer4 Depth : 90-120 km

図 2.2.1-4 つづき

Figure 2.2.1-4 Continued. UB90km and UB120km denote the upper boundary of the Pacific plate at 90 km and 120 km depth respectively.

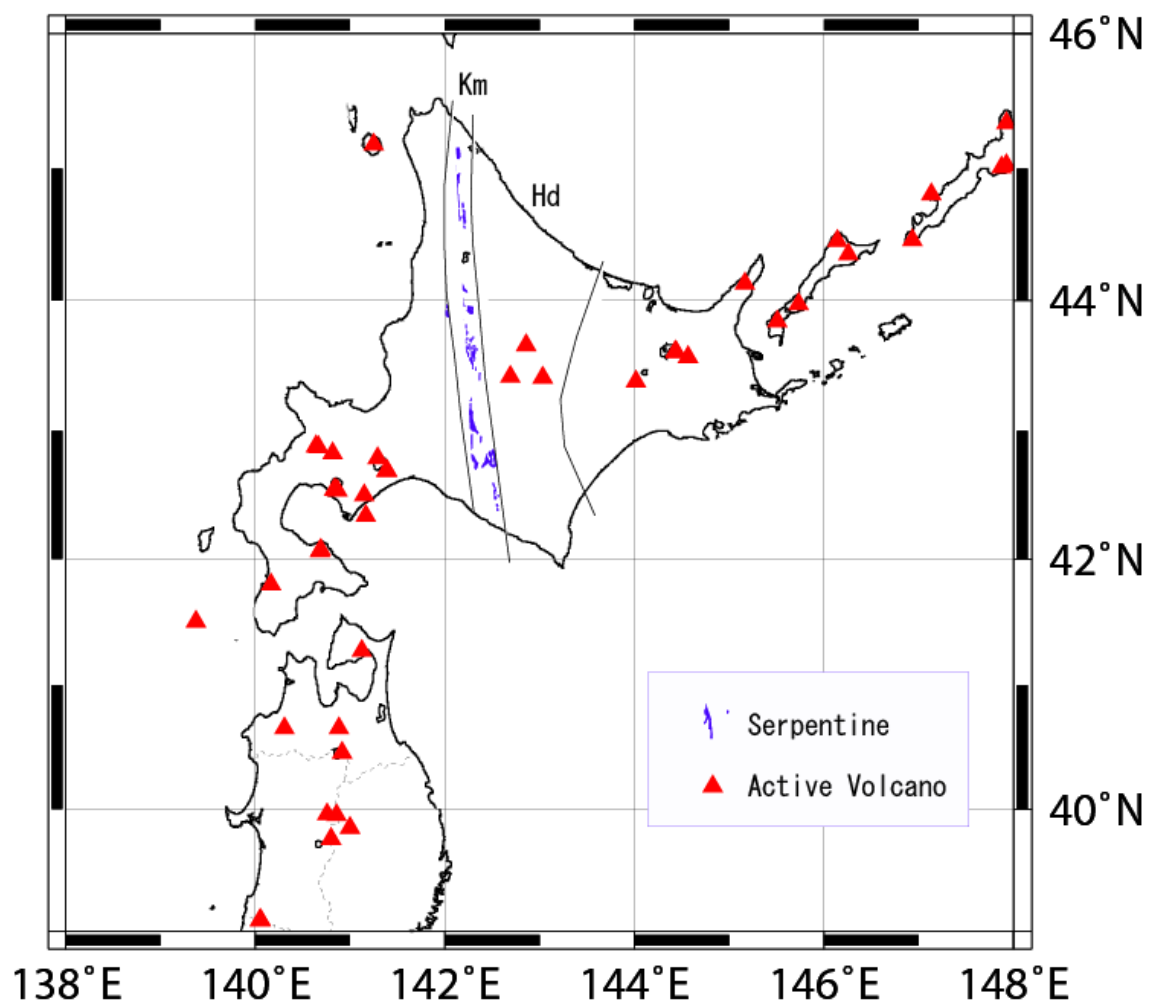
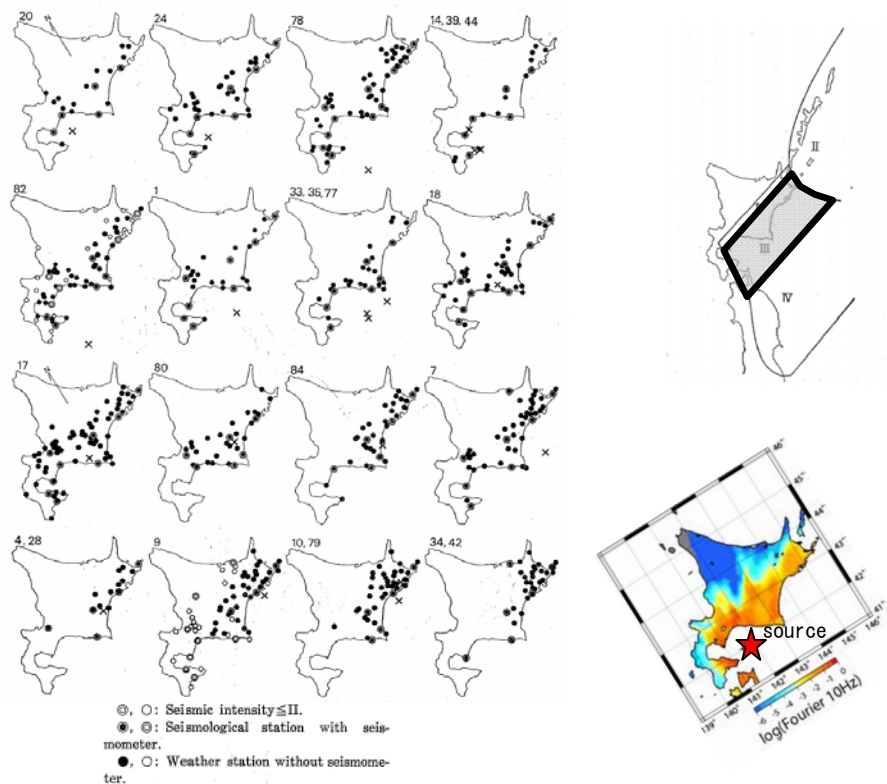


図 2.2.1-5 蛇紋岩と活火山の分布.

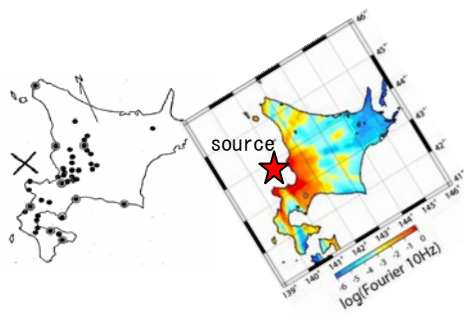
Km : 神居古潭変成帯、Hd : 日高変成帯

Figure 2.2.1-5 Distributions of serpentinite and active volcanoes in Hokkaido.

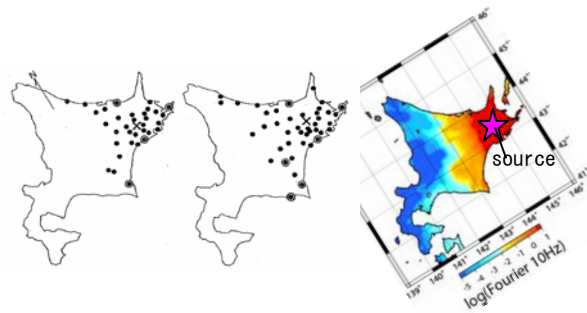
Km : the Kamuikotan metamorphic belt, Hd : the Hidaka metamorphic belt.



(a) Earthquakes at 70-160 km depth occurred at the off-shore of the Pacific ocean.
(The hatched area of the upper-right index map.)



(b) 1959 Nov.8 Shakotan Hanto Oki eq.
(M6.2, h=0 km)



(c) 1959 Jan.31 Teshikaga eq.
left : 07h17m M6.1, h=34 km
right : 05h38m M6.3, h=39 km

図 2.2.1-6 北海道周辺で発生した地震の有感域 [久本(1977)に加筆]と本研究で求められた 10 Hz の三次元減衰構造を用いた地震動予測 (カラーで示す図)

Figure 2.2.1-6 Felt area of earthquakes at (a) off-shore of the Hokkaido at 70-160 km depth, (b) west side at shallow depth and (c) east side at shallow depth [Hisamoto (1977)] and the prediction of seismic ground motion (colored figures) at 10 Hz by using the 3-D attenuation structure obtained in this study. The felt area of (a) divided along the E-W line which correspond to the volcanic front. The felt area of shallow earthquake of (b) and (c) is divided along the N-S line which correspond the LowQs belt at 0-30 km obtained in this study.

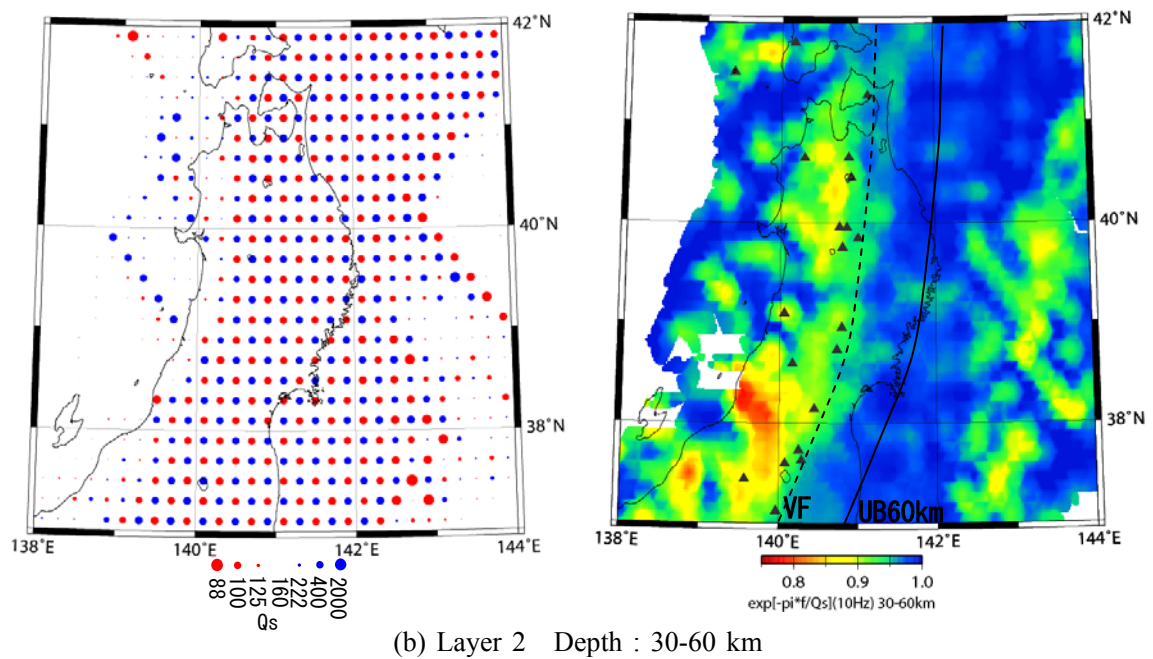
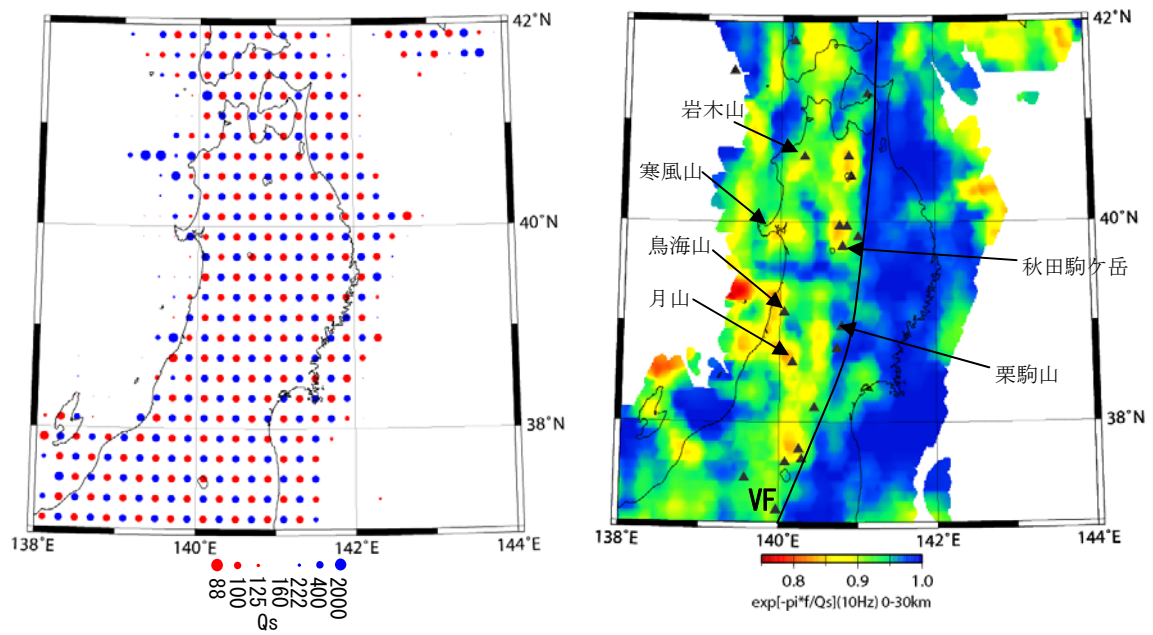
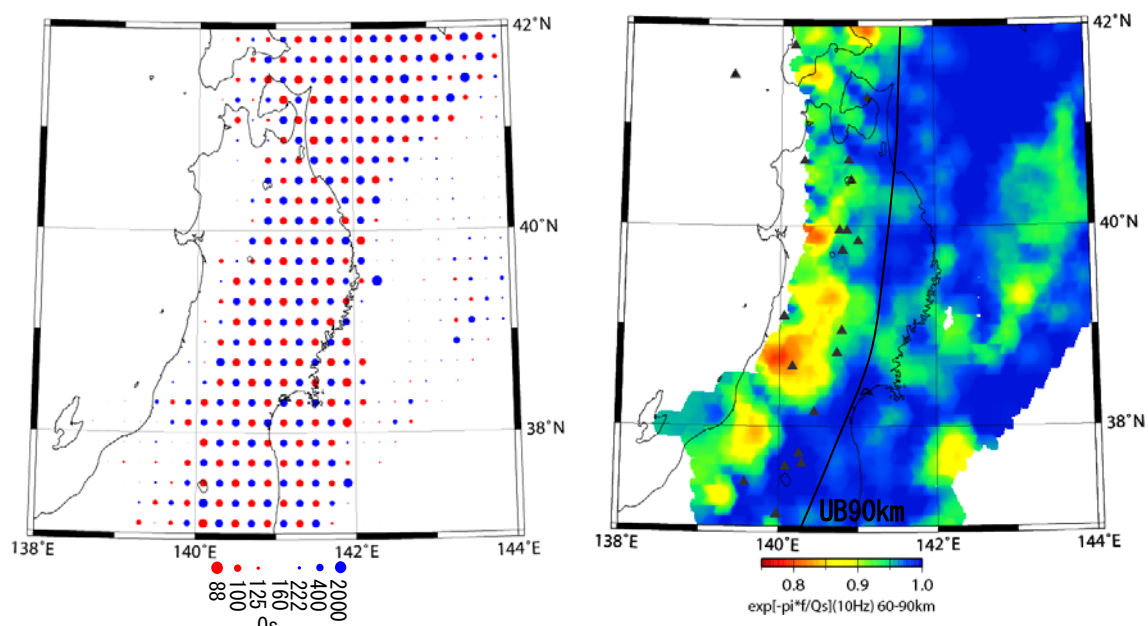
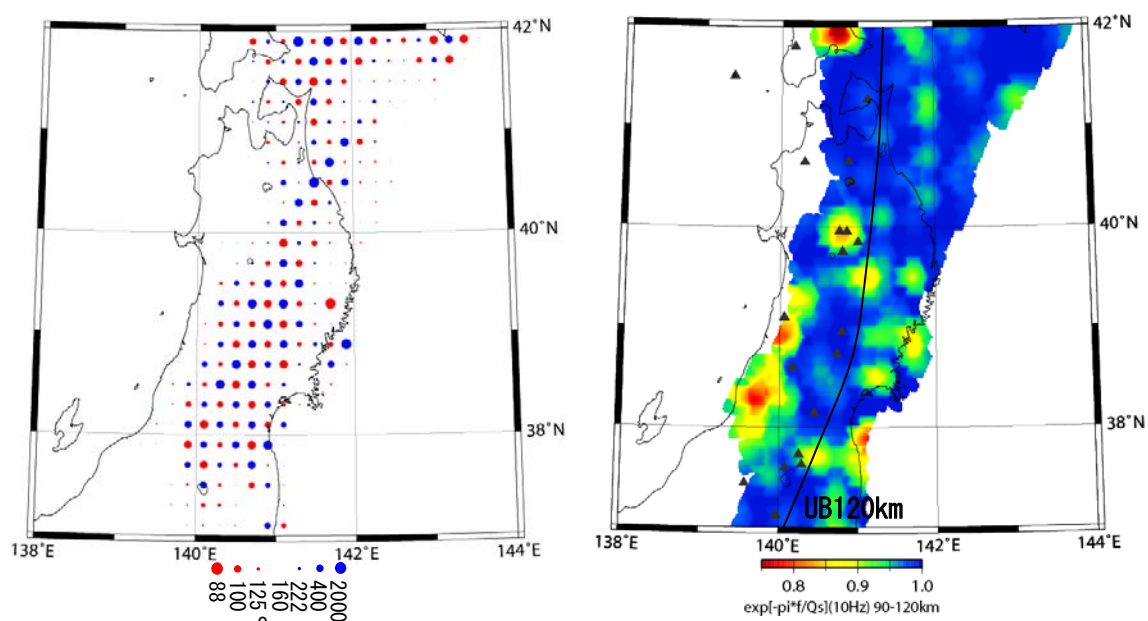


図 2.2.1-7 解像度解析及び三次元減衰構造 区域Ⅱ 10Hz

Figure 2.2.1-7 Result of checker board test (left) and the distribution of Q_s at 10Hz (right) beneath the Tohoku region. VF and UB60km denote the volcanic front and the upper boundary of the Pacific plate at 60 km depth respectively.



(c) Layer3 Depth : 60-90 km



(d) Layer4 Depth : 90-120 km

図 2.2.1-7 つづき

Figure 2.2.1-7 Continued. UB90km and UB120km denote the upper boundary of the Pacific plate at 90 km and 120 km depth respectively.

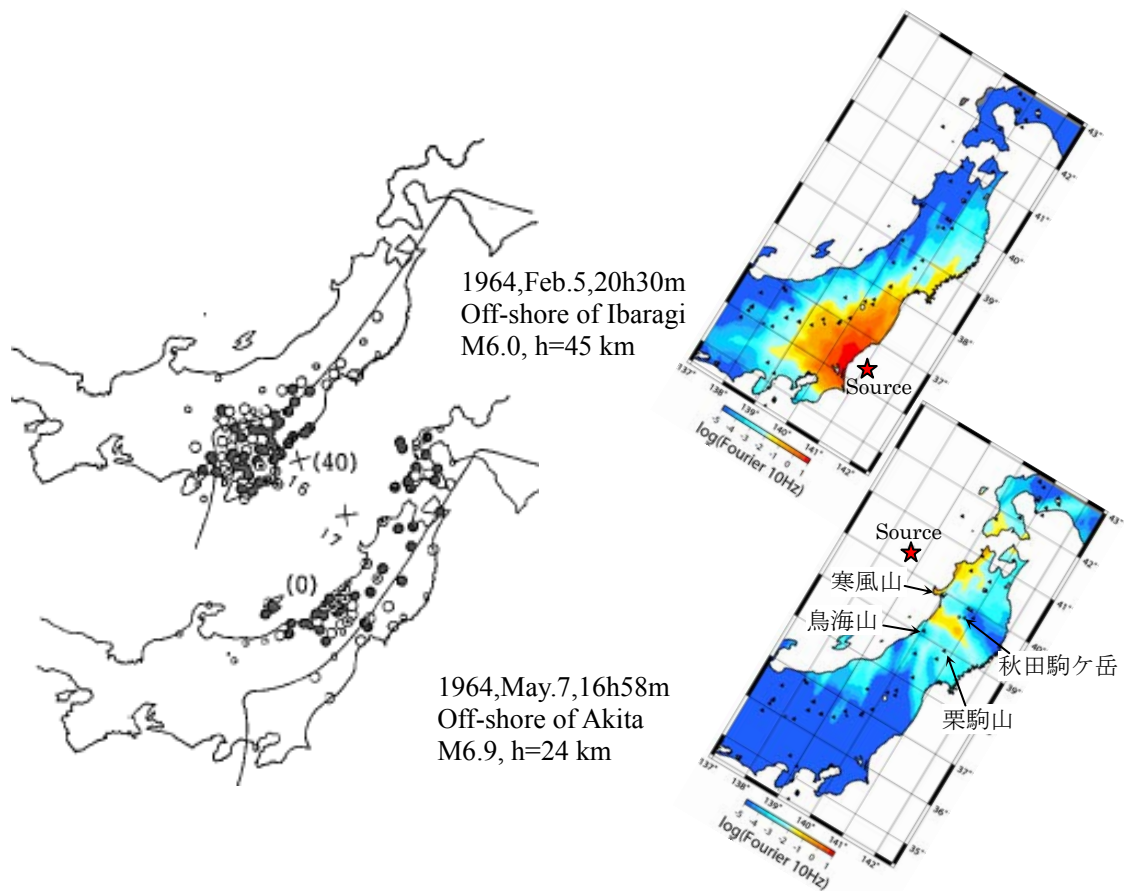


図 2.2.1-8 火山フロントでの震度急変の例 [伊神 (1975)] と本研究で求められた 10 Hz の三次元減衰構造を用いた地震動予測 (カラーで示す図: 黒三角印は活火山で, 第四紀火山の寒風山を加筆)

Figure 2.2.1-8 Examples of distributon at the volcanic front at Tohoku region reported by Ikami (1975) and the prediction of seismic ground motion (colored figures: the solid triangles denote active volcanoes and the Kanpu Mt.) at 10 Hz by using the 3-D attenuation structure obtained in this study.

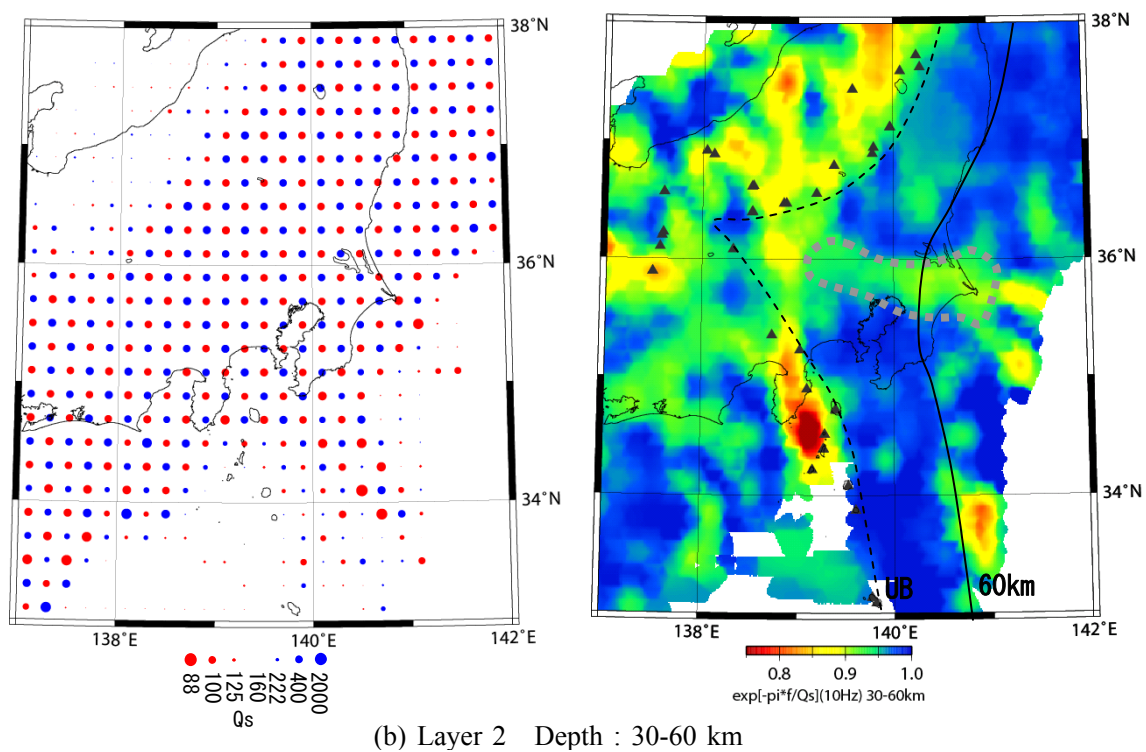
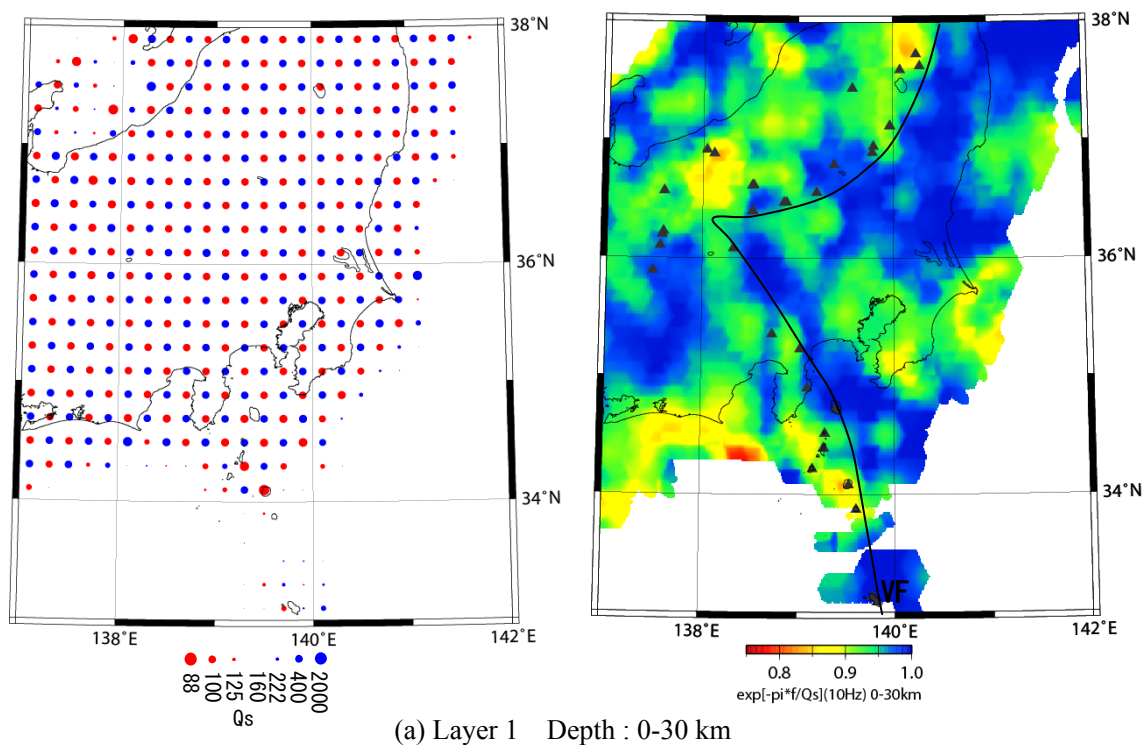


図 2.2.1-9 解像度解析及び三次元減衰構造 区域Ⅲ 10Hz

Figure 2.2.1-9 Result of checker board test (left) and the distribution of Q_s at 10Hz (right) beneath the Kanto and the Chubu region. VF and UB60km denote the volcanic front and the upper boundary of the Pacific plate at 60 km depth respectively.

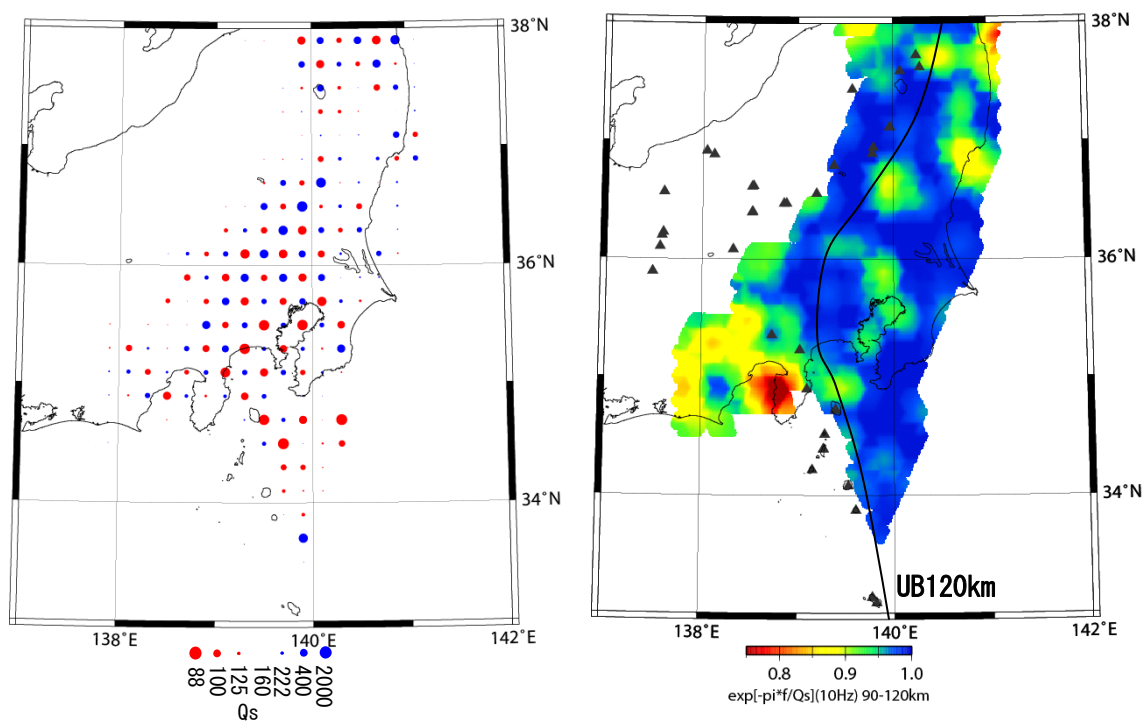
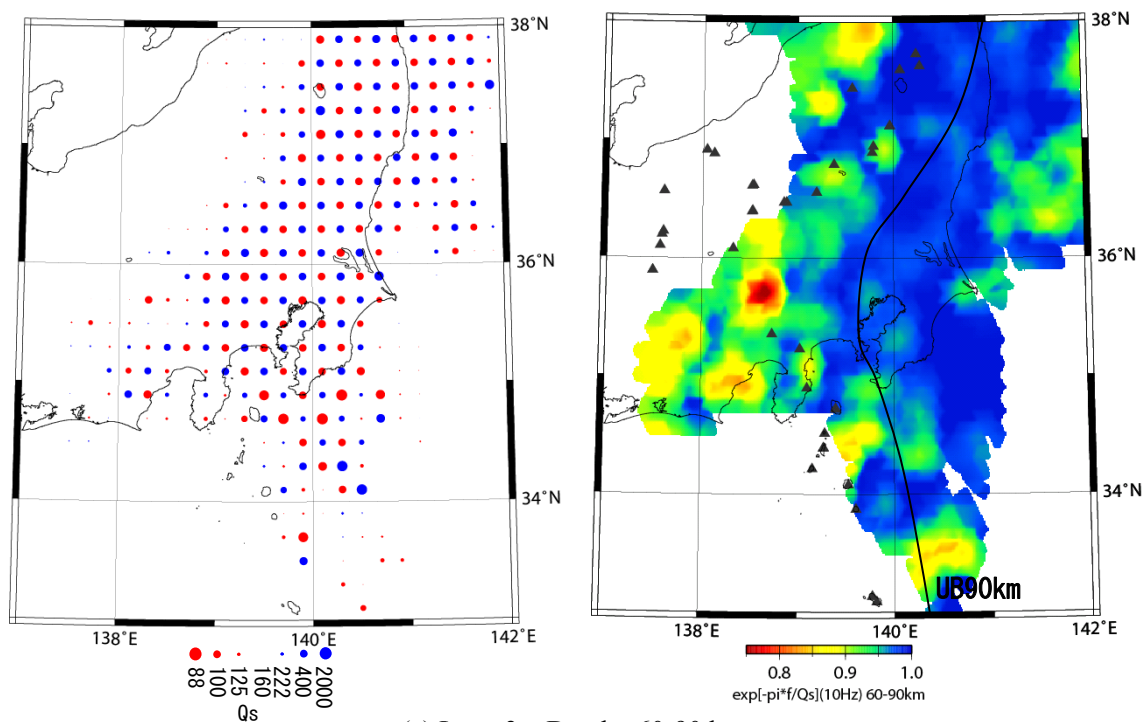
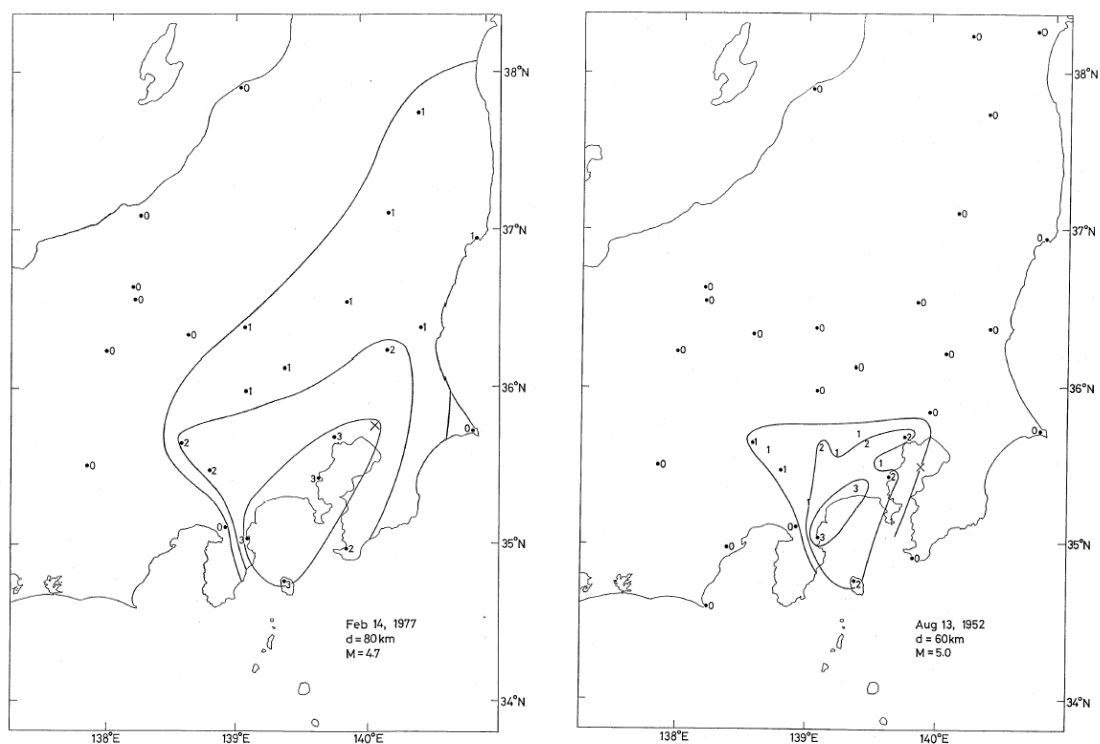


図 2.2.1-9 つづき

Figure 2.2.1-9 Continued. UB90km and UB120km denote the upper boundary of the Pacific plate at 90 km and 120 km depth respectively.



(a) 1977, Feb. 14
North of Chiba pref.
M4.7, h=80 km

(b) 1952, Aug. 13
Tokyo bay
M5.0, h=58 km

図 2.2.1-10 関東地域での震度異常の例 [Nakanishi and Horie (1980)]

Figure 2.2.1-10 Examples of abnormal intensity by the earthquakes occurred at North of Chiba prefecture in depth of 80 km (a) and at Tokyo bay in depth of 58 km. Cross symbols denote epicenter and numerals denote seismic intensity in JMA scale. Area of high intensity distribute in the west side of epicenters.

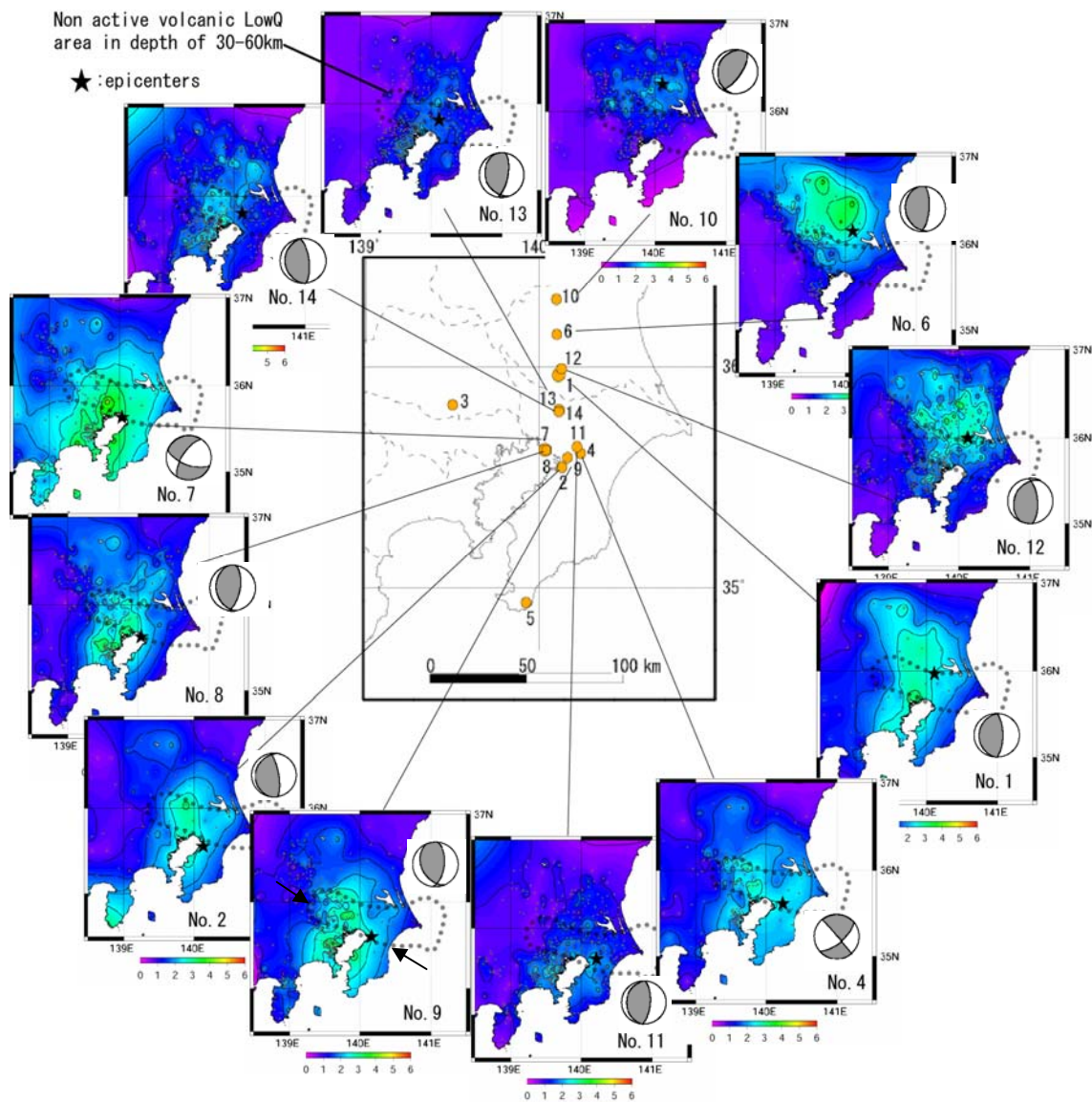


図 2.2.1-11 関東地域での震度異常の例 (深さ 60-80 km, $M \geq 4.5$ 。No.9 の→記号は、震度のくびれ位置の例を示す。図中の三角印は用いた震度点を表す。)

Figure 2.2.1-11 Examples of abnormal intensity from an earthquake at 60-80km depth in Kanto area. No.1,4,7,8,9,11,13 and 14 events derived high intensity in the west side of epicenters and No.2, 6 and 12 events derived high intensity in the North side.

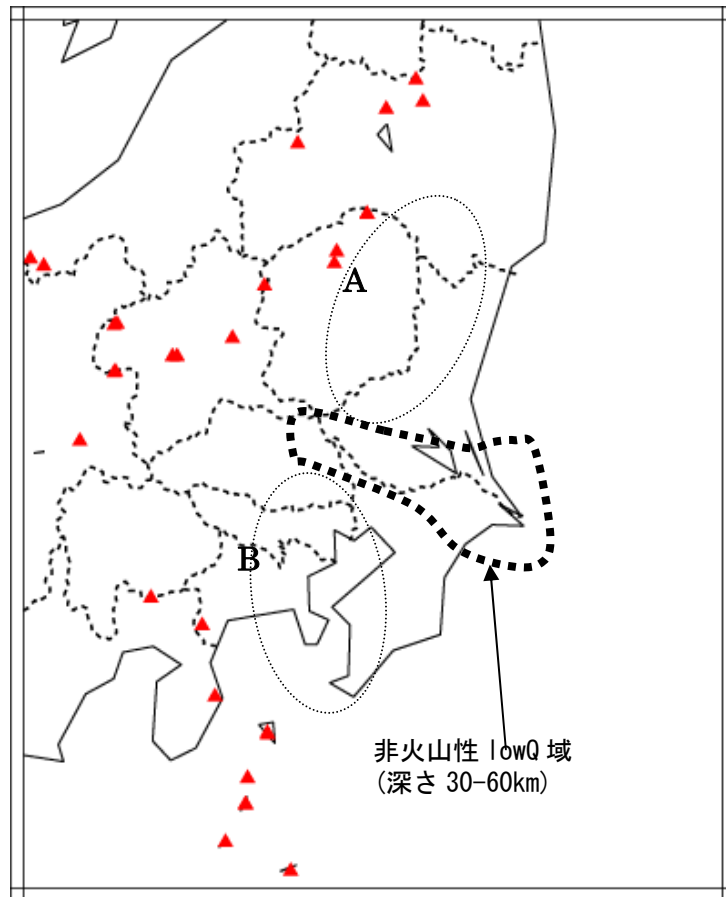


図 2.2.1-12 減衰構造と深さ 60-80 km の地震の震域の特徴 (中村ほか,2007 に加筆 ; 茨城県南西部付近の地震は A 領域で震度大, 東京湾北部付近[千葉県中部]の地震は B 地域で震度大)

Figure 2.2.1-12 Characteristics of seismic intensity distributions in Kanto area by the earthquake occurrence. The earthquakes occurred at the south west of Ibaragi prefecture in depth of 60-80km yield high intensity in North side because of seismic wave to south are intercepted by the LowQs zone shown as dotted closed curve in depth of 40-60km. Also, the earthquakes at North of Tokyo bay yield high intensity at south west side.

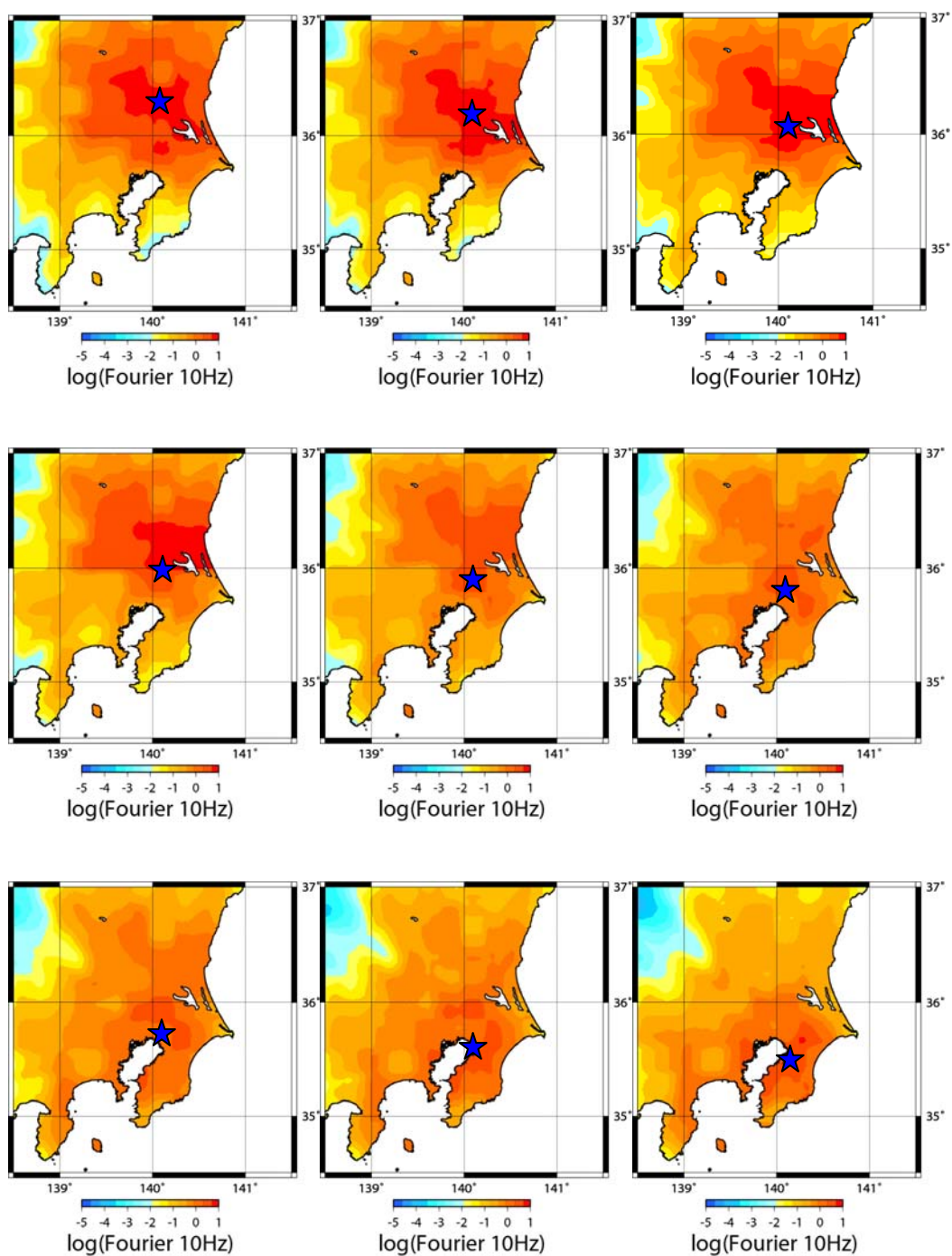


図 2.2.1-13 地震動予測(深さ 70km に地震を想定し, 10Hz の減衰構造を用いた計算)
 Figure 2.2.1-13 Prediction of seismic ground motion distribution at in 10Hz by using 3-D
 attenuation structure obtained in this study.

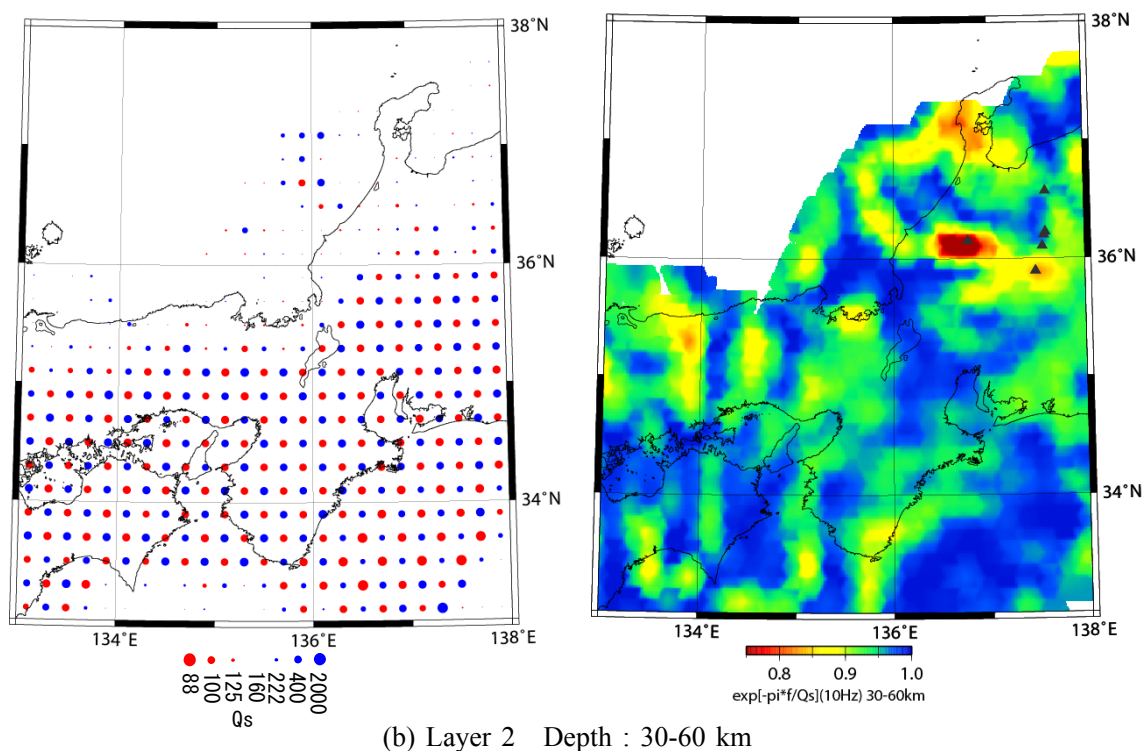
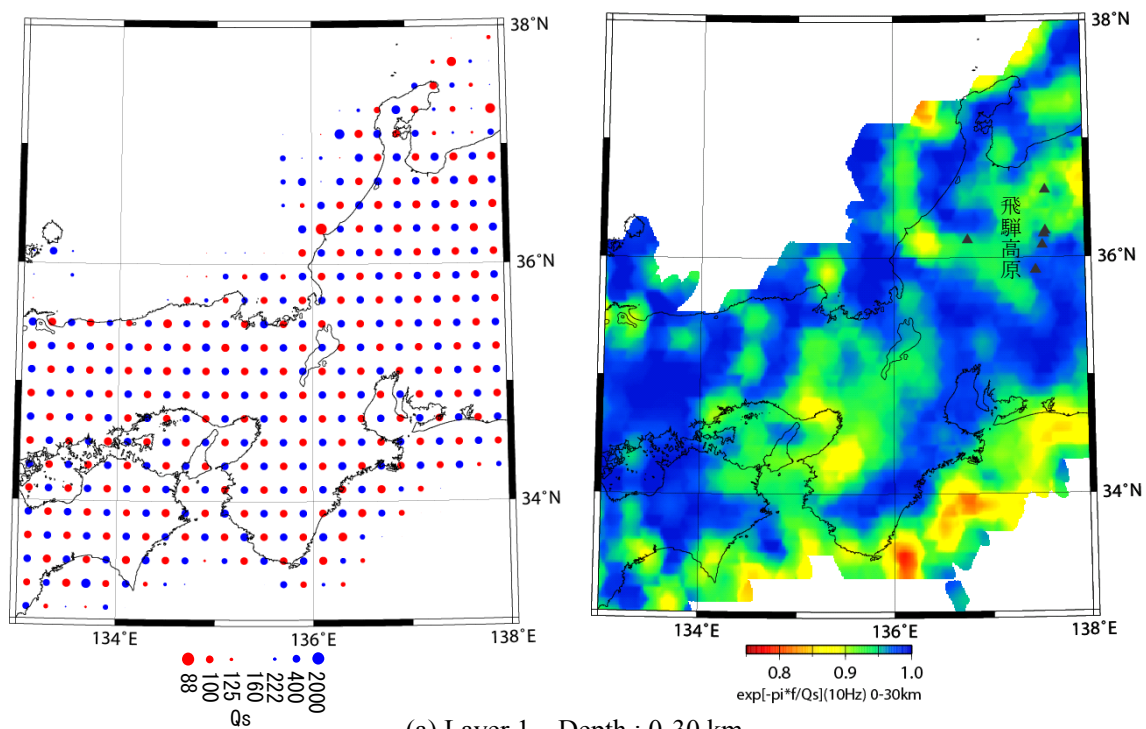


図 2.2.1-14 解像度解析及び三次元減衰構造 区域Ⅳ 10 Hz
Figure 2.2.1-14 Result of checker board test (left) and the distribution of Q_s at 10Hz (right) beneath the Chubu, Kinki, Chugoku and Shikoku regions.

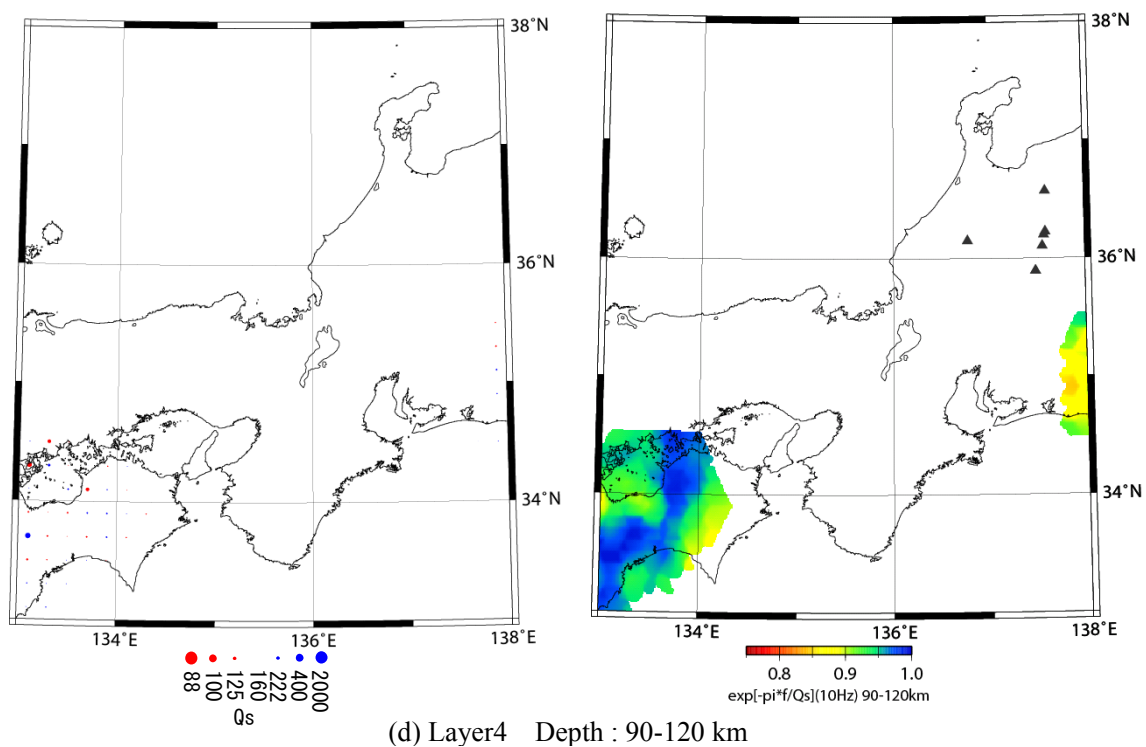
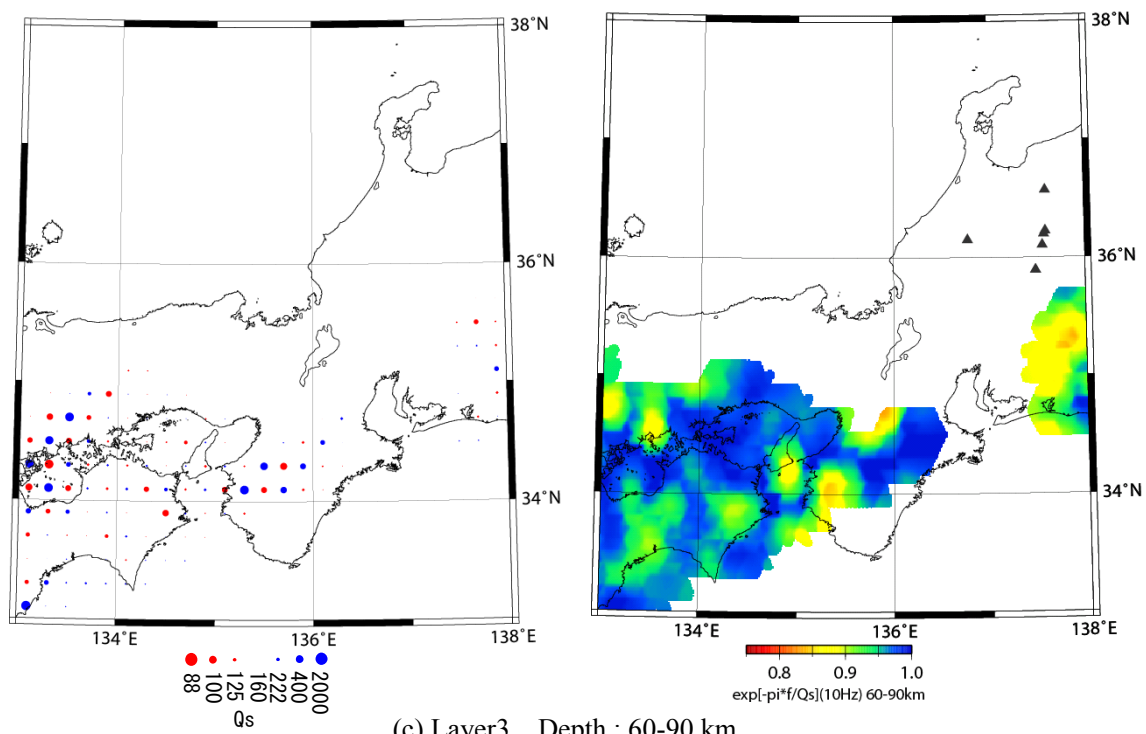
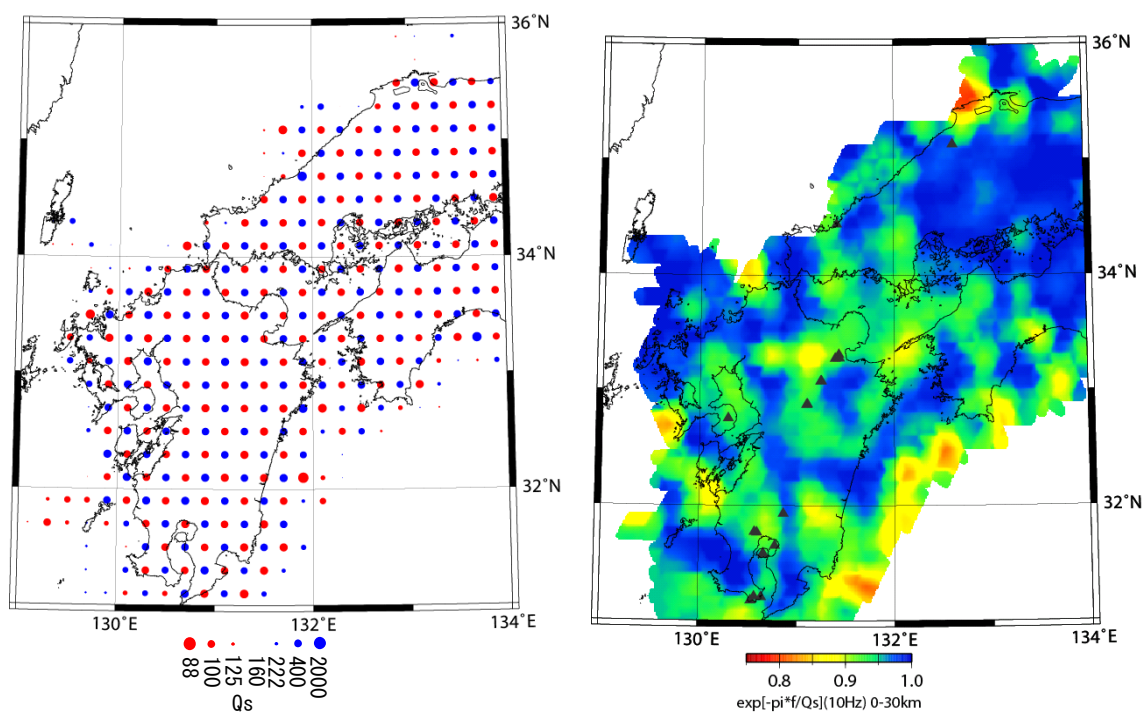
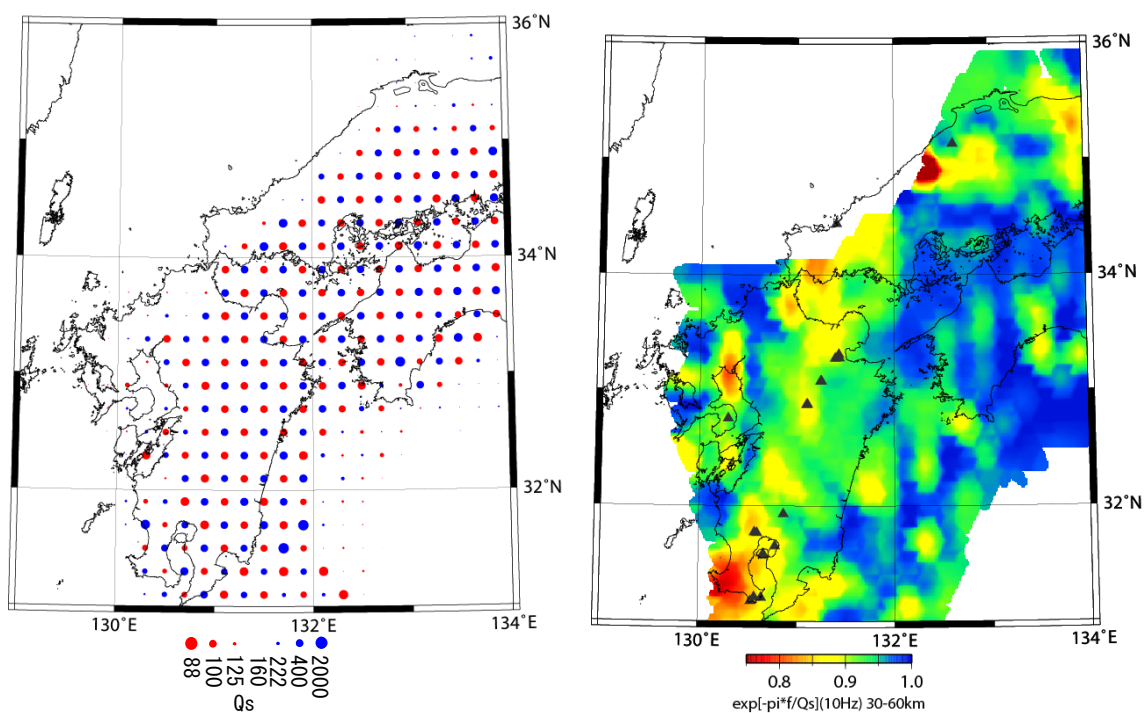


図 2.2.1-14 つづき
Figure 2.2.1-14 Continued

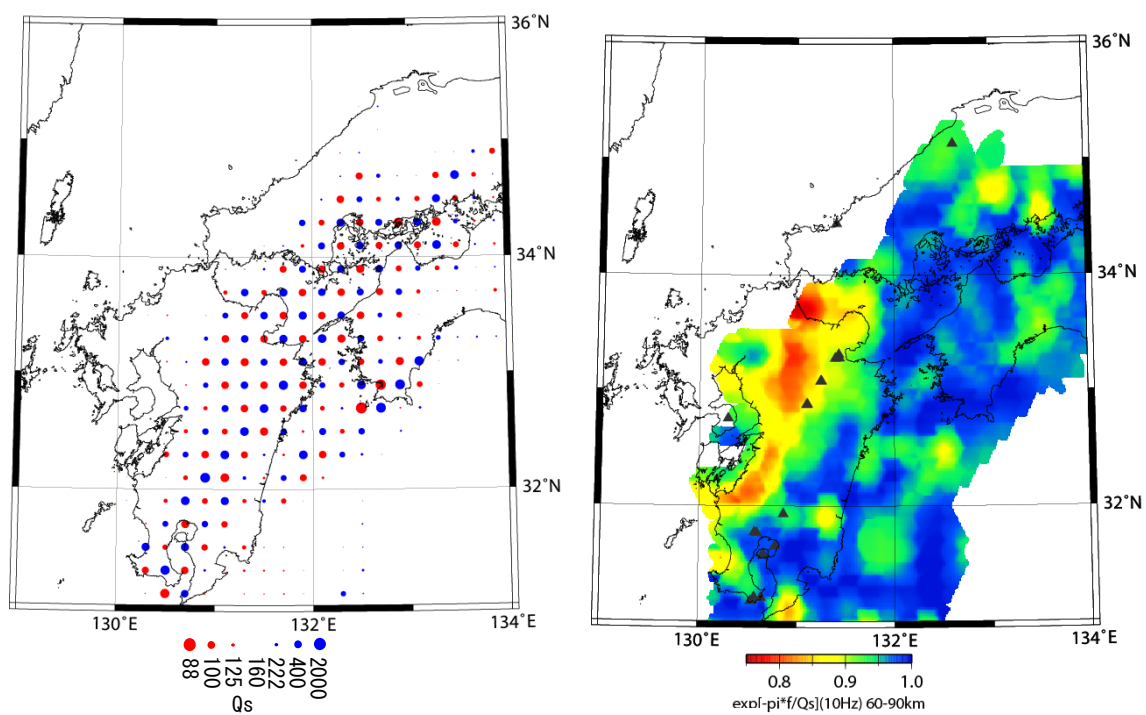


(a) Layer 1 Depth : 0-30 km

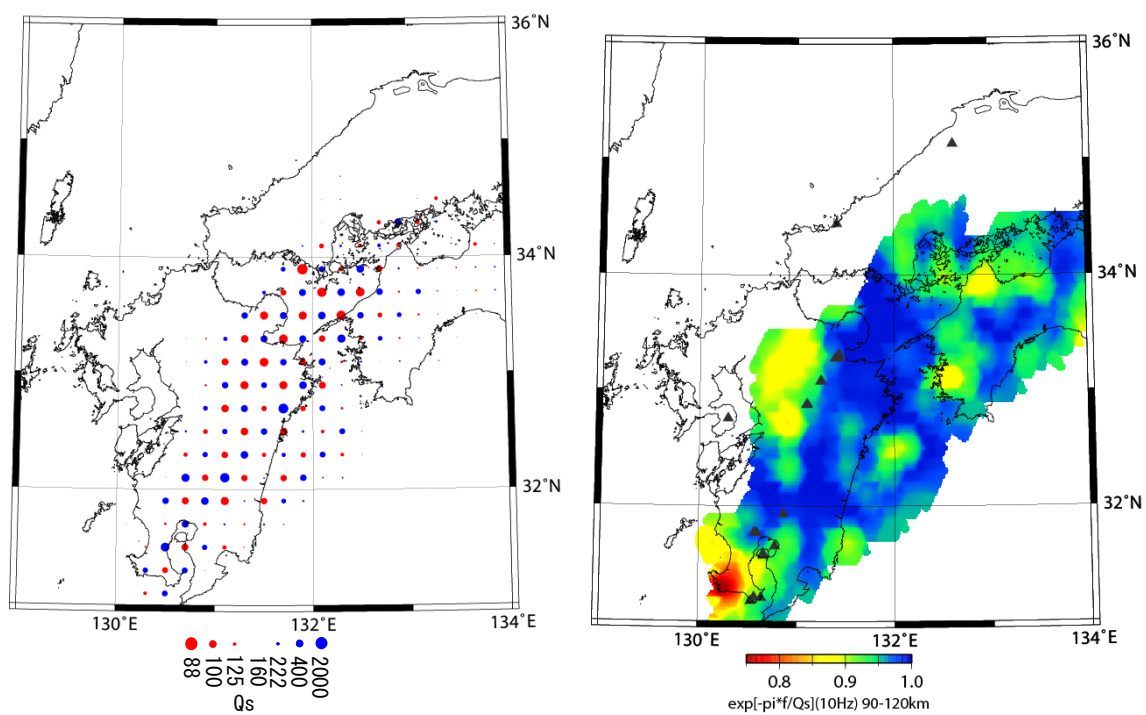


(b) Layer 2 Depth : 30-60 km

図 2.2.1-15 解像度解析及び三次元減衰構造 区域V 10 Hz
Figure 2.2.1-15 Result of checker board test (left) and the distribution of Q_s at 10Hz (right) beneath the Chugoku, Shikoku and Kyushu regions.



(c) Layer3 Depth : 60-90 km



(d) Layer4 Depth : 90-120 km

図 2.2.1-15 つづき
Figure 2.2.1-15 Continued

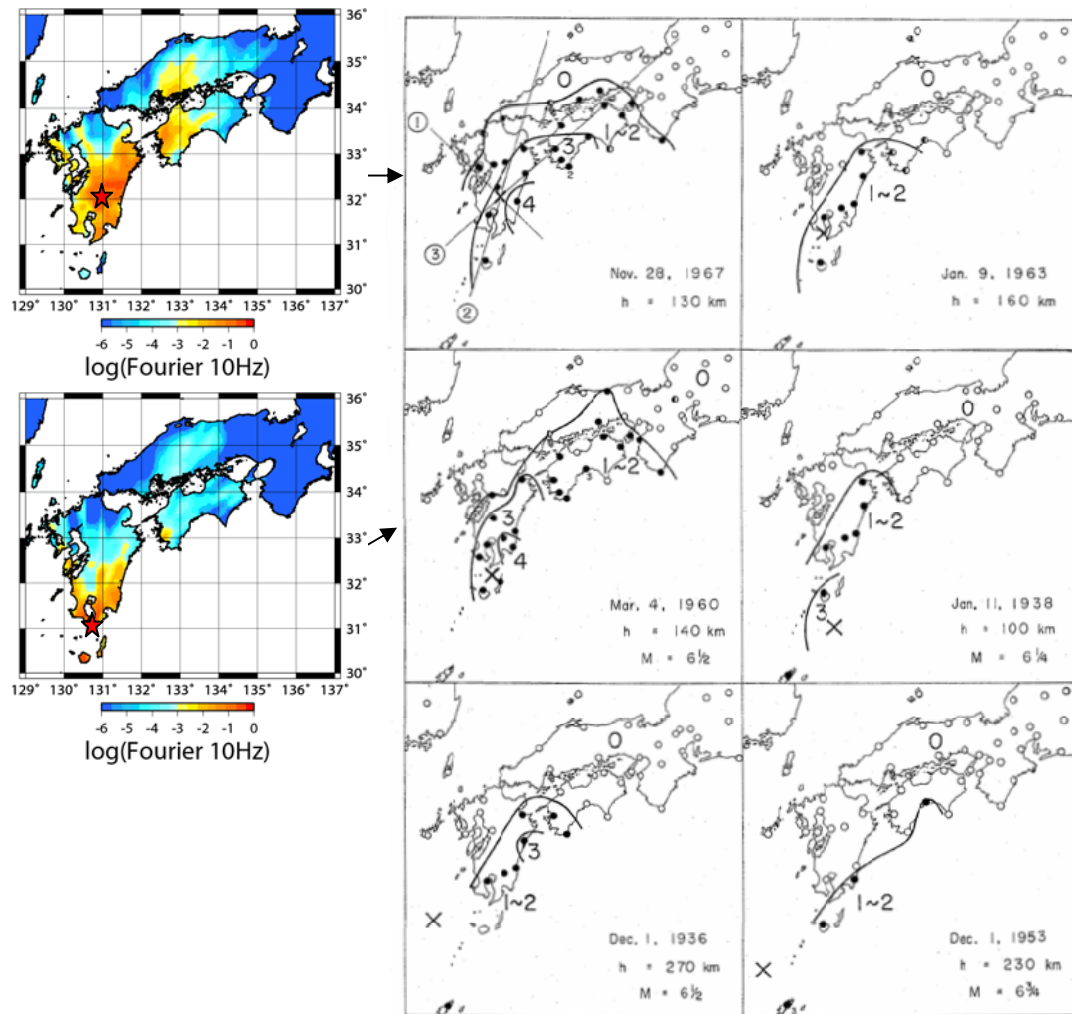
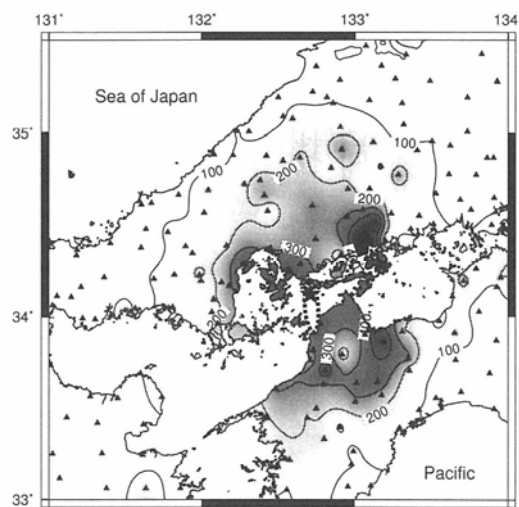
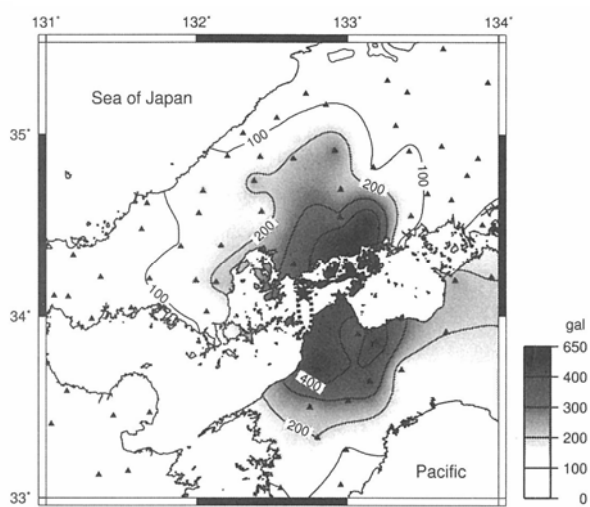


図 2.2.1-16 西南日本の地震による異常震域の例 [宇津(1969)] と本研究で求められた 10 Hz の三次元減衰構造を用いた地震動予測 (カラーで示す図)

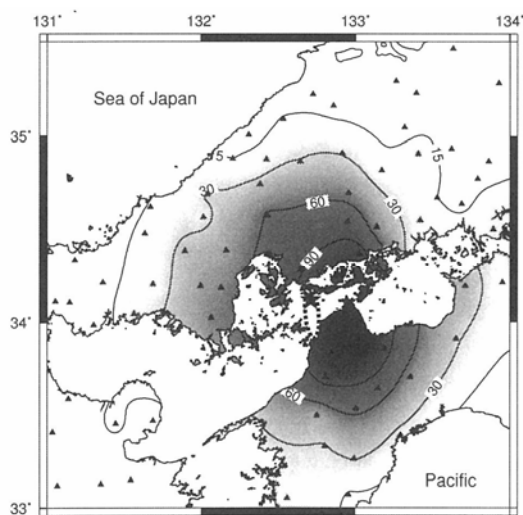
Figure 2.2.1-16 Examples of abnormal intensity distributions of the earthquakes at southwest Japan reported by Utsu (1969) and the prediction of seismic ground motion (colored figures) at 10 Hz by using the 3-D attenuation structure obtained in this study.



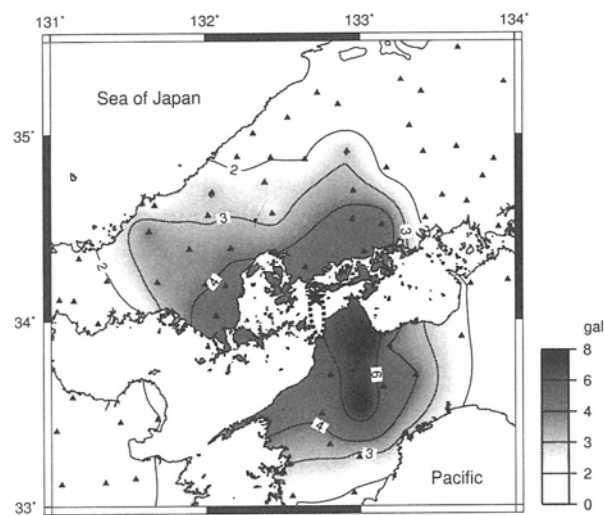
(a) PGA distribution by K-NET seismograms at ground surface.



(b) PGA distribution by the KiK-net seismograms at ground surface.



(c) PGA distribution by the KiK-net seismograms in borehole.



(d) PGV distribution by the KiK-net seismograms in borehole.

図 2.2.1-17 2001 年芸予地震の強震動分布異常 [瀬瀬・古村 (2002)]

Figure 2.2.1-17 Strong motion abnormal distributions by the 2001 Geiyo earthquake after Koketsu and Furumura (2002).

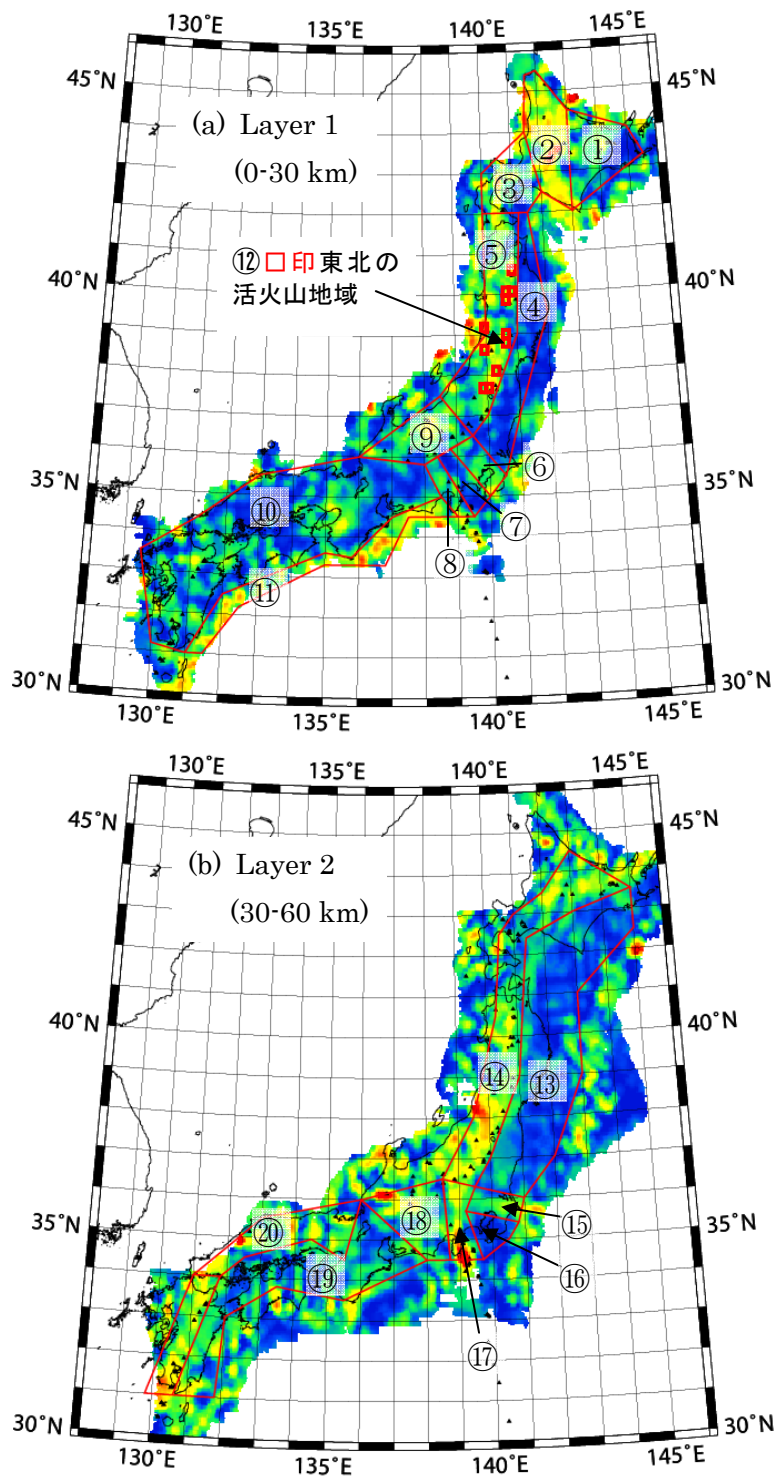


図 2.2.1-18 Q_s の周波数依存性の検討の地域分け

Figure 2.2.1-18 Study area for the frequency dependency of Q_s

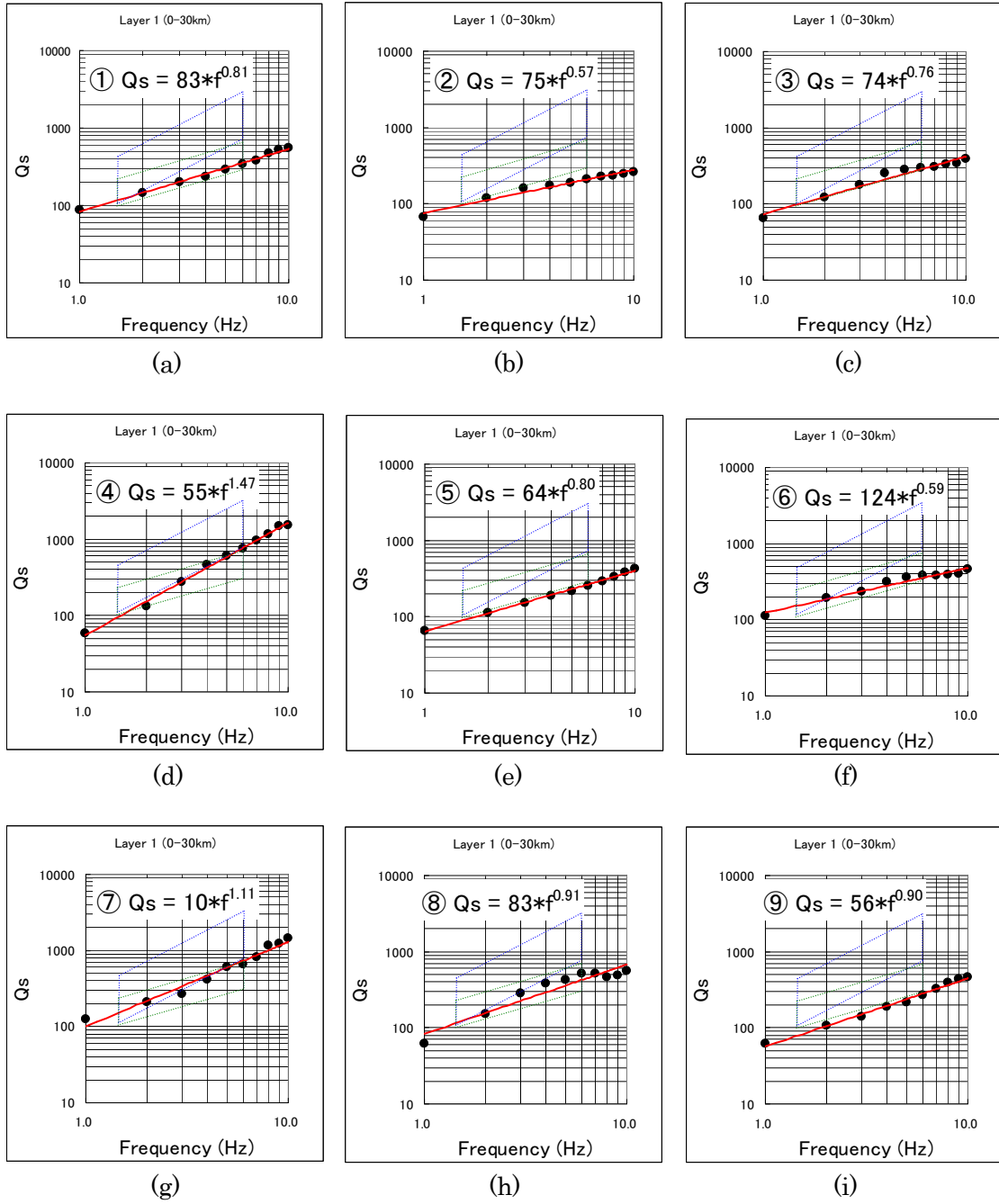
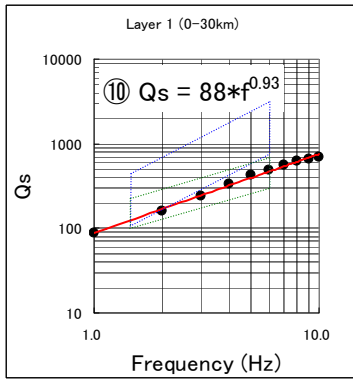
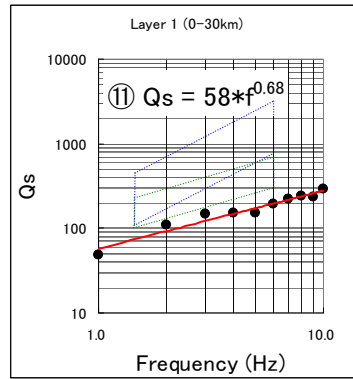


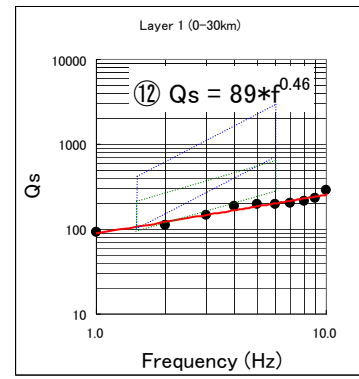
図 2.2.1-19 区域毎(図 2.2.1-18)の平均 Q_s の周波数依存性 (黒丸)。赤い線は、回帰直線で、その係数を各図左上に示す。平行四辺形は、Hoshiba(1993)により求められた内部減衰 (緑色) と散乱減衰 (青色) の存在範囲を示す。
 Figure 2.2.1-19 Average of Q_s in each area shown in figure 2.2.1-18. Red line denote regression line of $Q_s = Q_0 \cdot f^n$. and parallelograms are intrinsic Q (green) and scattered Q (blue) obtained by Hoshiba(1993).



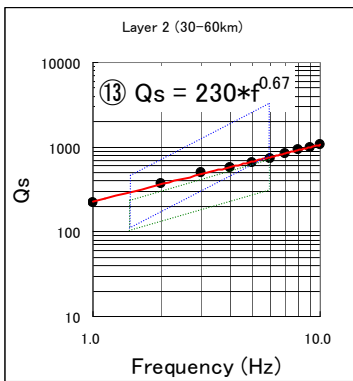
(j)



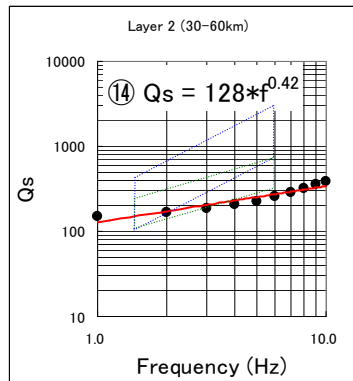
(k)



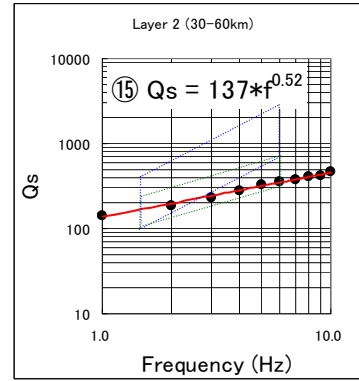
(l)



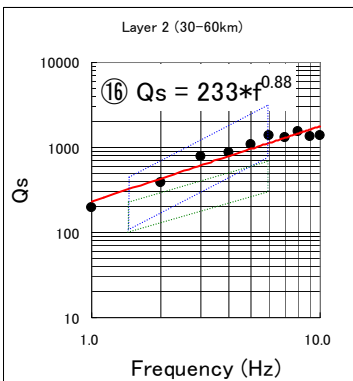
(m)



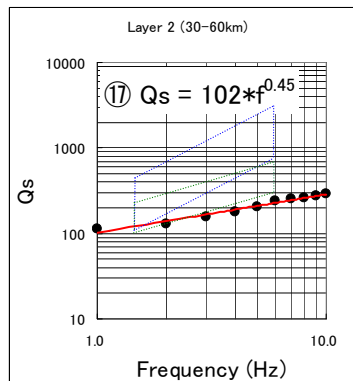
(n)



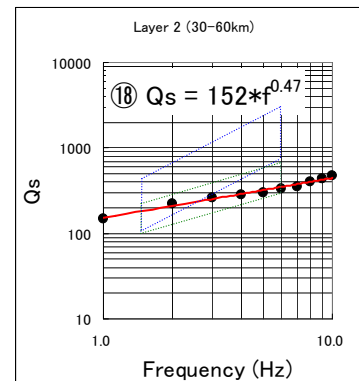
(o)



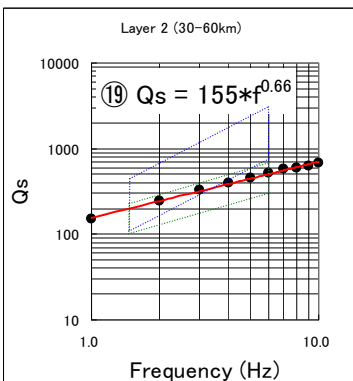
(p)



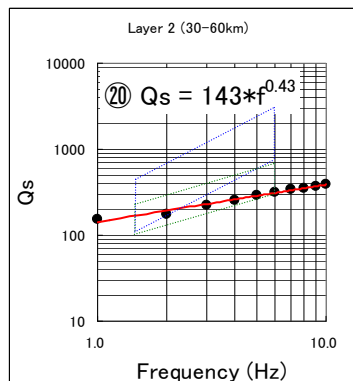
(q)



(r)



(s)



(t)

図 2.2.1-19 つづき
Figure 2.2.1-19 Continued.

2.2.2 震源スペクトル $Sa(f)$

本研究では、三次元減衰構造を用いた地震動予測の応用も目的の一つである。異常震域現象を定性的に説明することは震源の強度を適当にあたえることで評価できるが、定量的に評価していくためには物理的パラメータを与える必要がある。本研究のインバージョンでは震源での加速度スペクトルも同時に未知数として扱っているため、ここでは、まずインバージョンで求められた震源での加速度スペクトルの解像度解析結果を示し、震源の短周期の励起特性にかかわるパラメータとして応力降下量 $\Delta\sigma$ を求めることとする。

a) 震源スペクトル $Sa(f)$ の解像度解析

「2.1.1 定式化及びインバージョン」の項で述べたように震源の加速度(1 Hz を仮定)として $0.5 \times 10^7 \text{ cm/s}^2$ と $2.0 \times 10^7 \text{ cm/s}^2$ を各々半数の地震に与え、生成された観測加速度を用いて Q_s のチェッカーボード解析との同時インバージョンを実施している。その結果を図 2.2.2-1 に示す。ほぼ与えた震源加速度が再現できていることがわかる。

b) 応力降下量 $\Delta\sigma$

短周期の震源スペクトル $Sa(f)$ から Brune (1970,1971) のモデルに基づき、応力降下量 $\Delta\sigma$ などを求める研究が、佐藤ほか (2000)、佐藤・巽 (2002)、佐藤 (2003)、川瀬・松尾 (2004) や鶴来ほか (2006) などによって実施されている。これらの研究は岩田・入倉 (1986) の方法により Q_s が解析領域で均一と仮定した震源特性・ Q_s 値・サイト増幅特性の分離解析に基づいている。Sekine (2002, 2005) は、本研究と同様に三次元減衰構造と同時に震源スペクトルを求めている。彼は応力降下量 $\Delta\sigma$ を 10 MPa と仮定して地震モーメントを求めている。これに対し、本研究では、地震モーメントに F-NET の既知の値を与えることにより、上記に示した佐藤ほか (2000) などの研究と同様、応力降下量を求めようとするものである。佐藤ほか (2000)、佐藤・巽 (2002)、佐藤 (2003) は、スペクトルフィッティングを行い、川瀬・松尾 (2004) はコーナー周波数 f_c を求めた後に、応力降下量を求めている。また、スペクトルインバージョンではサイト増幅率と震源スペクトルは振幅レベルのオフセットでトレードオフがあり、どちらか一方が大きく評価された場合に他方は全体的に小さく求まるが、これらの研究では、基準となる地点をあらかじめ設定しておくことにより拘束をかけている。本研究では、基本的には手法として同様ではあるが、新たな要素を導入した。つまり、インバージョンのイタレーション

の際、表 2.1.2-2 に示す地表 20 m の平均 S 波速度(AVS20)が 1000 m/s 以上となる硬い岩盤が地表付近まで分布するような地点の増幅が自由表面の 2.0 とするような拘束をかけることにより震源スペクトルと地盤増幅のトレードオフを避けている。

本研究のインバージョンで対象とした周波数は、1～10 Hz と狭い帯域であるため、震源スペクトルから地震モーメント Mo 、コーナー周波数 $fc, fmax$ のそれぞれを求めることが出来ない。そこで、地震モーメント Mo は、防災研 F-NET で求められている値を用い、主に短周期レベル（短周期領域で加速度フーリエスペクトルがフラットになる加速度レベル）を対象にして、下記に示すインバージョンの初期値として用いたものと同じ、Boore (1983) の関係式から $\Delta\sigma$ のみを未知数として求める。

$$Sa_{cal}(f) = \frac{MoR(\theta, \phi) PF}{4\pi\rho\beta^3} S(f)P(f), \quad (2.2.2-4)$$

$$S(f) = 4\pi^2 f^2 / (1 + (f/fc)^2), \quad (2.2.2-5)$$

$$fc = 4.9 \times 10^{-6} \beta (\Delta\sigma / Mo)^{1/3}, \quad (2.2.2-6)$$

$$P(f) = (1 + (f/fmax)^n). \quad (2.2.2-7)$$

ここで、 $R(\theta, \phi)$ はラディエーションパターン（ここでは 0.65）、 PF は水平 2 成分への寄与ファクター（ここでは 0.71）、 ρ 及び β は震源における密度及び S 波速度、 $\Delta\sigma$ は応力降下量（未知数：本式での単位は bar）である。 $fmax$ 及び n については、それぞれ、インバージョン初期値に用いた 12 Hz 及び 3.5 を与えた。

スペクトルフィッティングは、遺伝的アルゴリズムを用いて行った。その際の Fitness は次のようにし、Fitness が良い個体を残し、交差、突然変異を行い次世代の個体とした。

$$Fitness = \sqrt{\frac{n}{\sum_{i=1}^n \{\log(Sa_{inv}(f_i)) - \log(Sa_{cal}(f_i))\}^2}} \quad (2.2.2-8)$$

ここで、 $Sa_{inv}(f_i)$ は、インバージョンで求められた震源スペクトルである。周波数 f は 1 Hz から 10 Hz を 1 Hz 毎に与えており、 $n=10$ である。

遺伝的アルゴリズムの条件は、交差率 80 %、突然変異率 1 %、個体数 100、世代交代数 100、ビット数 8 とし、探索範囲は $\log_{10}(\Delta\sigma)$ （単位 bar）の値が 0～3.5 となるようにした。すなわち、 $\Delta\sigma$ が 1 bar から $10^{3.5}$ bar (0.1 MPa から約 300 Mpa) の間を対数軸上で $256(=2^8)$ の分割としたことになる。

同じ観測震源スペクトルに $\Delta\sigma$ を変えた場合のフィッティング例を図 2.2.2-2(a)に、地震規模 Mw が異なる地震のスペクトルフィットの例を図 2.2.2-2(b)に示す。

得られた結果と、川瀬・松尾 (2004) が求めたものとの比較を図 2.2.2-3 に示す。川瀬・松尾 (2004) が求めた地震は、228 地震である。このうち今回照合したものは 196 地震である。照合できなかったものがあるのは、今回の検討が F-NET と K-NET 及び KiK-net の共通に諸元が与えられているものを対象にしている理由による。なお、川瀬・松尾 (2004) は、プレート境界地震、プレート内地震及び内陸地殻内地震に分類し、観測点については、地域性を考慮して第四紀の火山の分布や糸魚川—静岡構造線などで 6 地域に分割して、それぞれの区域で Q_s は一様と見なしてスペクトルインバージョンを実施しているものである。本研究で得られた応力降下量とは正の相関があり整合することがわかる。両者がこのように整合していることは、得られた結果の信頼性が高いことを示していると考えられるが、本研究の方が応力降下量の範囲が小さく求められている。減衰構造を均質に与えるインバージョンでも、震源スペクトルは多くの観測記録からの平均的なものが求まると考えられるが、震源近傍における不均質の影響がある場合や、観測点が減衰構造の不均質性の影響を受ける地域に偏りが生じている場合があれば、正しい応力降下量が求まらないケースが増加し、ばらつきが大きくなると考えられる。三次元不均質性を考慮した本研究の方がばらつきの範囲が小さいのはこのような理由が考えられる。

図 2.2.2-4 に本検討で得られた $\Delta\sigma$ と M_w の関係を示す。 $\Delta\sigma$ は平均的に 10 MPa 程度であるが規模が小さいとバラツキが大きい傾向がある。この傾向は、川瀬・松尾(2004)でも同様の報告をしているが、彼らは、 M 5 相当以上では規模依存性が見えなくなるとしているに対して、本研究では M_w 6.5 程度以上では、平均的 20 MPa~40 MPa 程度であり、それ以下の規模の地震とは傾向を異にする結果となった。川瀬・松尾(2004)は 2002 年 6 月までの地震を扱っており、今回の M_w 6.5 以上の地震はほとんど入っていない。泉谷 (2005)は、鳥取県西部地域や鹿児島県北西部地域および宮城県北部地域で発生した地震について、K-NET および KiK-net の強震記録の短周期震源スペクトル強度と地震モーメントの関係について調べ、もし地震の相似則が成立しているとする短周期スペクトル強度は地震モーメントの 1/3 乗に比例することが期待されるが、実際には相似則が成立しておらず、規模の大きな地震の方が応力一定のモデルから期待されるよりも多くの短周期波動エネルギーを放出したと指摘している。本研究で M_w が大きい場合に応力降下量が大きくなったことと同じ傾向である。

図 2.2.2-5 に、 $\Delta\sigma$ と震源深さの関係を示す。これをみると深さと共に応力降下量が増加する傾向が明瞭である。深さと共に封圧が増加することにより断層面にかかる法線応力が増加することや剛性率の増加によって破壊させる応力が増加することなどによっ

て、このような傾向が現れた可能性も考えられる。しかし、地震発生の環境は、地震タイプによって異なることが考えられる。そこで、次に、地震タイプ分類が比較的容易な内陸地殻内地震と太平洋プレートについて、それらの違いを調べた。

内陸地殻地震については、北海道、本州、四国、及び九州の陸域に位置し、かつ深さ 30 km 以浅の地震とした。また、太平洋プレートのプレート境界地震、プレート内地震については、太平洋プレートの深さ分布を参考にし、メカニズムから判断した。プレート境界地震は、海溝軸に沿った低角逆断層のみを用いた。分類できなかったものについては、ここでは外している。これら分類した地震の応力降下量の分布を図 2.2.2-6 に示す。これらをみると、内陸地殻内地震の場合には、東北日本の日本海側の地震で応力降下量が大きい傾向が見られる。また、プレート境界地震の場合には、海溝軸から離れるに従って、応力降下量が増加している傾向が見られる。プレート内地震の下面の地震は応力降下量が大きめであるように見える。また、タイプ別の応力降下量の深さ依存性について図 2.2.2-6 に示す。これをみると内陸地殻内地震及び太平洋プレートのプレート境界地震については深さ依存性が顕著であることがわかる。プレート内地震については、二重深発地震の上面・下面共に深さ依存性はあまり顕著でない。また、深さと応力降下量の値の関係は、内陸地殻内地震は、明らかにプレート境界とは異なっており、同じ応力降下量を与える場合にプレート境界地震のほうが、平均的に 40 km 程度深いことがわかる。

次に、内陸地殻内地震の応力降下量と Rake 角との関係を深さ別にして、図 2.2.2-8 に示す。Rake 角は、 0° と $\pm 180^{\circ}$ 付近の場合が横ずれ断層タイプ、 -90° 付近が正断層、 $+90^{\circ}$ 付近が逆断層に相当する [Schorlemmer et al. (2005)]。図には角度 60° 毎の移動平均とその標準偏差を加筆してある。これらを見ると、浅い地震ほど顕著であるが、正断層、横ずれ断層、逆断層の順に応力降下量が大きくなる傾向がみられる。

プレート境界地震については、海域での震源深さの震源決定精度がそれほどよくないことが考えられるため、海溝軸からの距離と応力降下量の関係を求めた。それを北海道沖、東北沖及び関東沖の地域に分けて、図 2.2.2-9(a)~(c)に示す。関東沖の地震については、フィリピン海プレートと太平洋プレートの境界地震を外すために 140.2° 以東の地震のみとしている。これらの平均的な線を比較したもの図 2.2.2-9(d)に示す。これらをみると、ばらつきが大きいですが、いずれの地域でも海溝軸からの距離の増大とともに顕著に応力降下量が増大していることがわかる。Bilek and Lay(1998) は、本州沖の 1989 年から 1995 年のプレート境界の地震を調べ、震源深さが増大するとともに、実体波の破壊継続時間が短くなり、破壊伝播速度あるいは応力降下量が増加していることを指摘して

いる。Brune モデルでは、破壊伝播速度はパラメータとして入っていないが、継続時間が短くなると同じ地震モーメントであれば地震動の振幅が大きくなるため Brune(1970,1971)モデルに基づけば応力降下量が大きく見積もられることになる。このことを考慮すると、本研究の結果は Bilek and Lay (1998) の知見と整合していると考えられる。Bilek and Lay(1998) は、青森沖から岩手沖付近のみを対象としているが、本研究の結果は、太平洋側の北海道から関東沖に至るまでのさらに広い範囲でも同じ特徴を有することが明らかにできた。しかし、関東沖においては、図 2.2.2-9(c)に見られるとおり、海溝軸からの距離が遠い場所で周りに比して非常に応力降下量が多い場所がある反面、小さい場所もあり、バラツキが大きい傾向がある。

茨城県沖では、武村ほか (1989) 及び佐藤ほか (2000) が、短周期の励起特性に地域性が見られることを指摘している。図 2.2.2-10 に応力降下量の分布と、これらの指摘の関係を示す (図中の T : 武村ほか, S : 佐藤ほか)。前者の論文では, T の線より北側で大きく、南側で小さいことや、後者の論文では破線で囲まれた領域 S (元論文では reigon-M) で応力降下量が多く、このほとんどが逆断層型であることが報告されている。今回求めた応力降下量は、加速度フーリエスペクトルがフラットになるレベル (短周期レベル) に対応するため、応力降下量が多いことは短周期励起が多いことに対応し、茨城県沖にみられる大きな応力降下量を示す地域が存在する結果は、佐藤ほか (2000) により整合的であるといえる。

茨城県沖において、特に短周期励起が大きい地震が発生することについては、理由は明らかではないが、この地域は、フィリピン海プレートが南東から潜り込んできており、太平洋プレートのプレート境界が、それらの応力を受けていることが原因の一つに考えられる。また、茨城県から千葉県にかけて短周期励起特性が小さくなっている (応力降下量が小さくなっている) 地域は、先に述べた三次元減衰構造の結果では、LowQs にあたる。この地域は蛇紋岩化が進んでいるために塑性化し、応力が蓄積しにくくなっていると解釈することが可能である。

c) 議論及びまとめ

三次元減衰構造と同時インバージョンにより求められる震源スペクトルから応力降下量を求めることは、地震動予測を行う際に役立つパラメータとなるが、それ以外にも、地震の発生の物理的環境についての有益な情報をもたらすと考えられる。そこで、今回は求められた応力降下量について、深さによる違いや地震タイプによる違いなどについて調べた。

内陸地殻内地震では、本研究と同様の Brune モデル (1970,1971) を用いて求めた結果から、 $\Delta\sigma$ に深さ依存性があることが報告されており [佐藤・巽 (2002)], 本研究は、これと整合的な結果である。また、太平洋プレート境界の地震についても、すでに述べたように Bilek and Lay(1998) は、震源深さが増大するとともに、応力降下量が増加している可能性を指摘しており、本研究と整合している。

本研究では、このような既往の知見のほかに、内陸地殻内地震とプレート境界地震の応力降下量の違いや内陸地殻内地震の地震タイプ別による応力降下量の違いなどを明らかにすることが出来た。

内陸地殻内地震とプレート境界地震とを比べると、同じ深さで地震が起こるとすると地殻内地震は応力降下量が大きく、明らかに両者は異なった傾向を有している。内陸の地震では、地震の発生は、地表からせいぜい深さ 20 km 程度に限定されており、それより深い場所では、温度の上昇とともに塑性・流動的となり、地震発生源としての動的破壊が起こらなくなる [大中・松浦 (2002)]。一方、プレート境界の地震は、海溝軸付近の地表から浅いところでは、非地震性すべりや津波地震など、より塑性的なすべりが卓越することが知られており、地表から 20 km 程度の浅いところでは、両者での断層滑りの状況は異なる。今回得られた内陸地殻内地震とプレート境界地震の応力降下量の違いは、このような地震発生に係わる脆性・塑性・流動あるいは断層面の摩擦係数などの環境の違いをあらわしたものと考えることができる。

一方、内陸地殻内地震では正断層・横ずれ断層・逆断層の順に応力降下量が大きくなるという傾向が見られた。このような傾向が観測記録から得られている事例は少なく、McGarr(1984)や佐藤(2003)などで報告されている程度である。地殻内に実現される応力場は、岩石の自重による圧力と断層滑りに関与する偏差応力の重ね合わせであり、鉛直方向の応力が水平 2 方向の応力に対し、正断層の場合には最小、横ずれ断層の場合には中間、逆断層の場合には最大になる[大中・松浦 (2002)]。深さが同一であり、断層面の摩擦力が同一である場合を考えると、断層が動き出すための水平方向の応力は、やはり正断層・横ずれ断層・逆断層の順に大きくなる。応力降下量の違いはこのことが反映されているとみることができる。

今回得た応力降下量は Brune モデル (1970,1971)に基づくものであるが、この論文では実効応力 (effective stress) と呼んでいるものの、このモデルは破壊が瞬間的に伝播するものと暗に仮定しているので必ずしも実効応力でなく (笠原,1983), あえて「Brune の応力降下量」としている論文 (川瀬・松尾 2004)もあるなど必ずしも明快ではない。また、本研究と整合する結果を得ている佐藤・巽 (2002)や佐藤(2003)なども、この Brune

モデルに基づいており、同じ原因によりもたらされた可能性も考えられる。しかし、Bilek and Lay(1998)は、このモデルとは異なった方法によって、応力降下量の深さ依存性を報告しており、本研究と良く整合している。また、内陸地殻内地震で地震タイプ別に求められた応力降下量の違いは、深さを 5km 毎に区切ってもその傾向が現れているため、これは深さ依存性とは独立の現象であるといえる。

以上のことから、同時インバージョンで求められた震源スペクトルから推定された応力降下量は、既往の研究成果とも整合的であり、信頼性が高いといえることができる。さらに、深さ依存性や断層タイプによる応力降下量の違いなど重要な知見が得られたと考える。

このほか震源での短周期励起特性の解明は、地震工学の分野で重要な課題であり、たとえば、最近、断層モデルを用いた地震動評価においては入倉レシピ [入倉 (2004)] で知られる経験的グリーン関数法などでは、その要素地震の応力降下量を正しく見積もる必要がある。本研究で求められた応力降下量は、これらの研究などに役立つと考えられるため、一覧表を **Appendix** に掲載する。

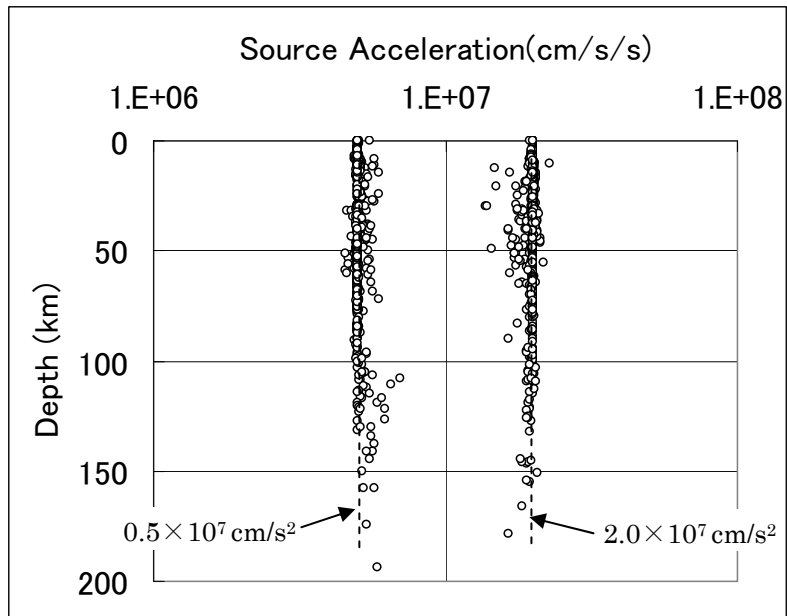
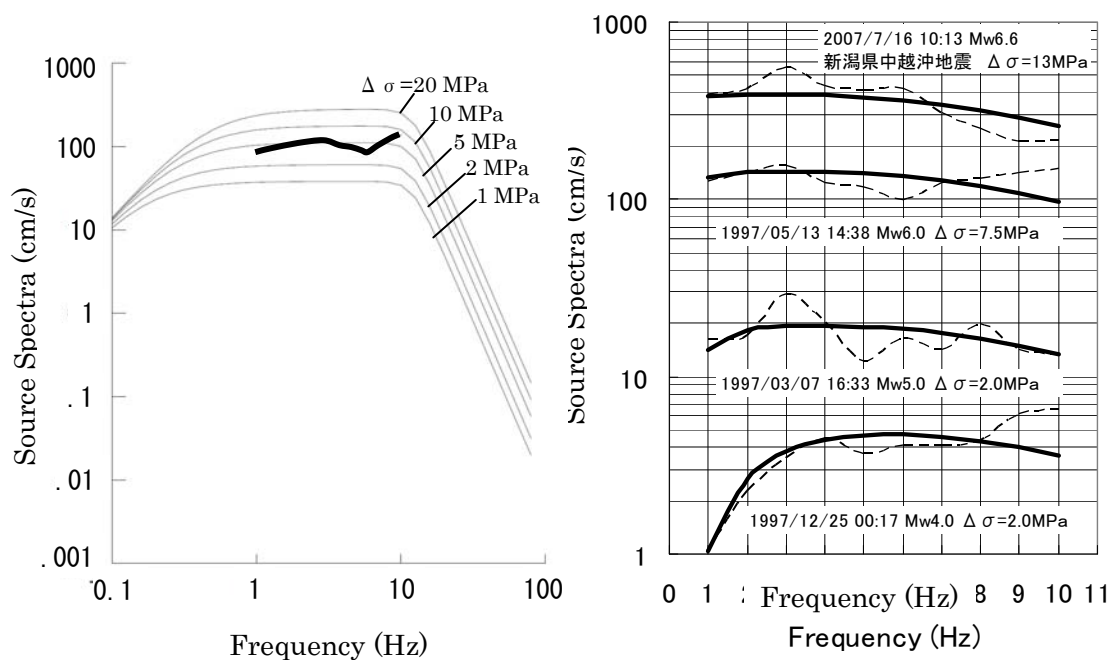


図 2.2.2-1 震源加速度の解像度解析結果 インバージョン解析に用いた地震の震源位置の半々に $0.5 \times 10^7 \text{ cm/s}^2$ と $2.0 \times 10^7 \text{ cm/s}^2$ の 1 Hz の震源スペクトルを与えて地震動を生成し、それをインバージョンで求めた結果

Figure 2.2.2-1 Resolution analysis for Source acceleration. Source spectrum of $0.5 \times 10^7 \text{ cm/s}^2$ and $2.0 \times 10^7 \text{ cm/s}^2$ in 1 Hz were given 50 % of earthquakes respectively.



(a) $\Delta\sigma$ を変えた理論による震源スペクトル（細線）と本研究で用いた 1-10 Hz の観測スペクトルの例（1997 年 5 月 13 日 $M_w6.0$ の地震）

(b) フィッティングの例（ $\Delta\sigma$ は GA で求めた値を用いている。）

図 2.2.2-2 理論と観測に基づく震源スペクトルの対応

Figure 2.2.2-2 Comparison between theoretical source spectrum and observed ones.

(a) Theoretical spectra for various $\Delta\sigma$ and Observed spectrum (March 13, 1997, $M_w6.0$).

Theoretical spectra calculated by using seismic moment obtained by F-net of NIED.

(b) Fitting of theoretical source spectrum and observed one by choosing a proper $\Delta\sigma$ with the GA method.

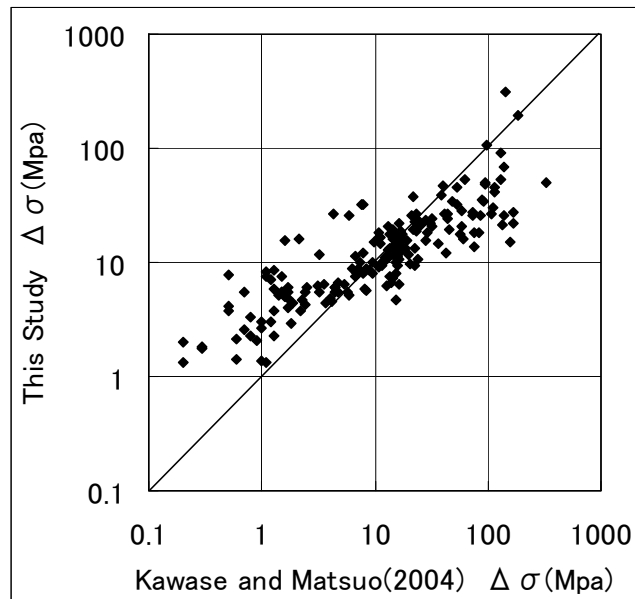


図 2.2.2-3 応力降下量 $\Delta \sigma$ の川瀬・松尾(2004)との比較

Figure 2.2.2-3 Comparison of stress drop $\Delta \sigma$ obtained in this study with Kawase and Matsuo(2004).

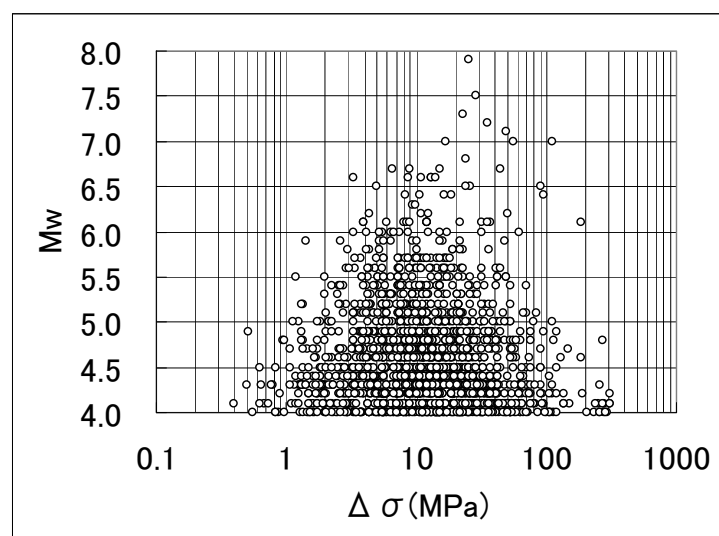


図 2.2.2-4 応力降下量と M_w の比較

Figure 2.2.2-4 Comparison of the stress drop obtained in this study with the moment magnitude M_w .

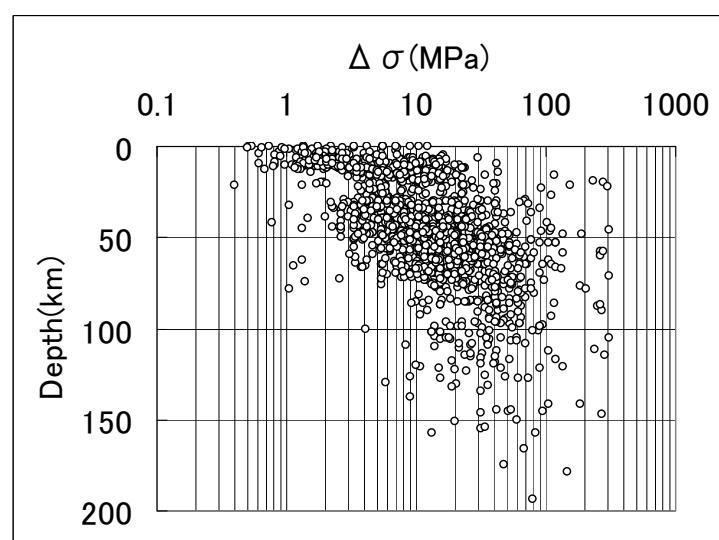


図 2.2.2-5 応力降下量と震源深さの比較

Figure 2.2.2-5 Comparison of the stress drop obtained of the earthquakes in this study with its hypocentral depth.

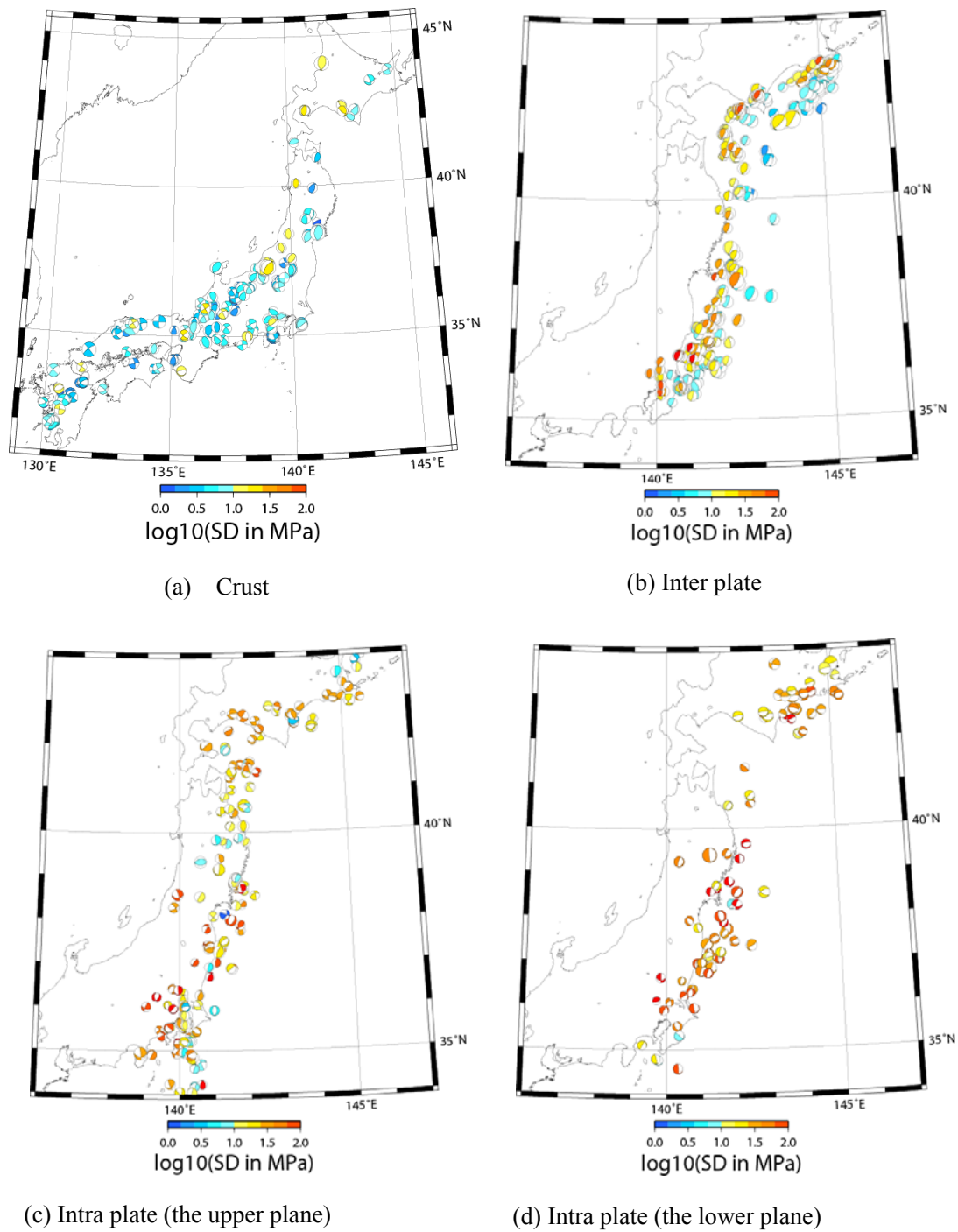


図 2.2.2-6 地震タイプ別の応力降下量分布

Figure 2.2.2-7 Distributions of the earthquakes for examination of the relation about stress drop and the earthquake mechanism. The stress drop obtained in this study is used.

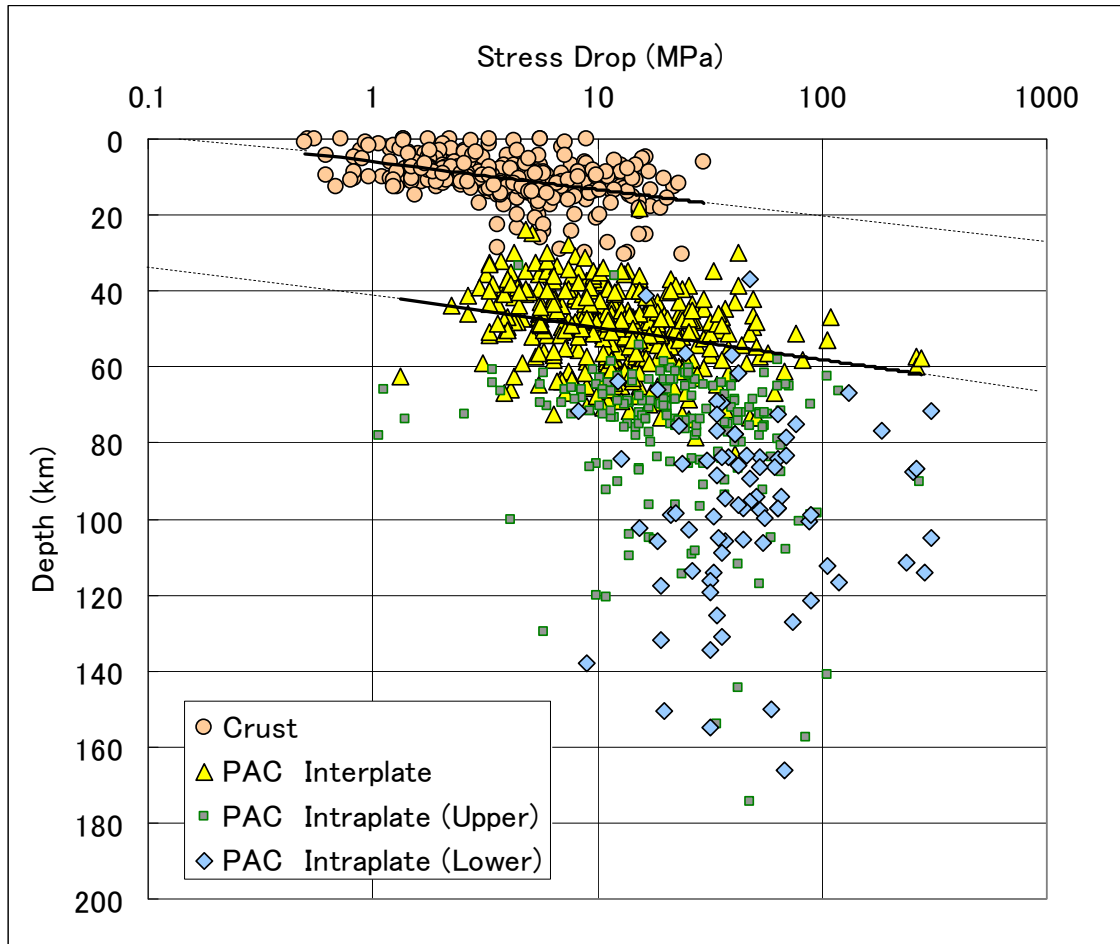


図 2.2.2-7 内陸地殻内地震と太平洋プレートに関連する地震の応力降下量と深さの関係

Figure 2.2.2-7 Relation between the stress drop of the earthquakes shown in figure 2.2.2-6 and its hypocentral depth. The open circles denote the crustal earthquakes. The triangles, the squares and oblique triangles are denote the interplate, the upper and the lower planes of double seismic zone of the Pacific plate respectively.

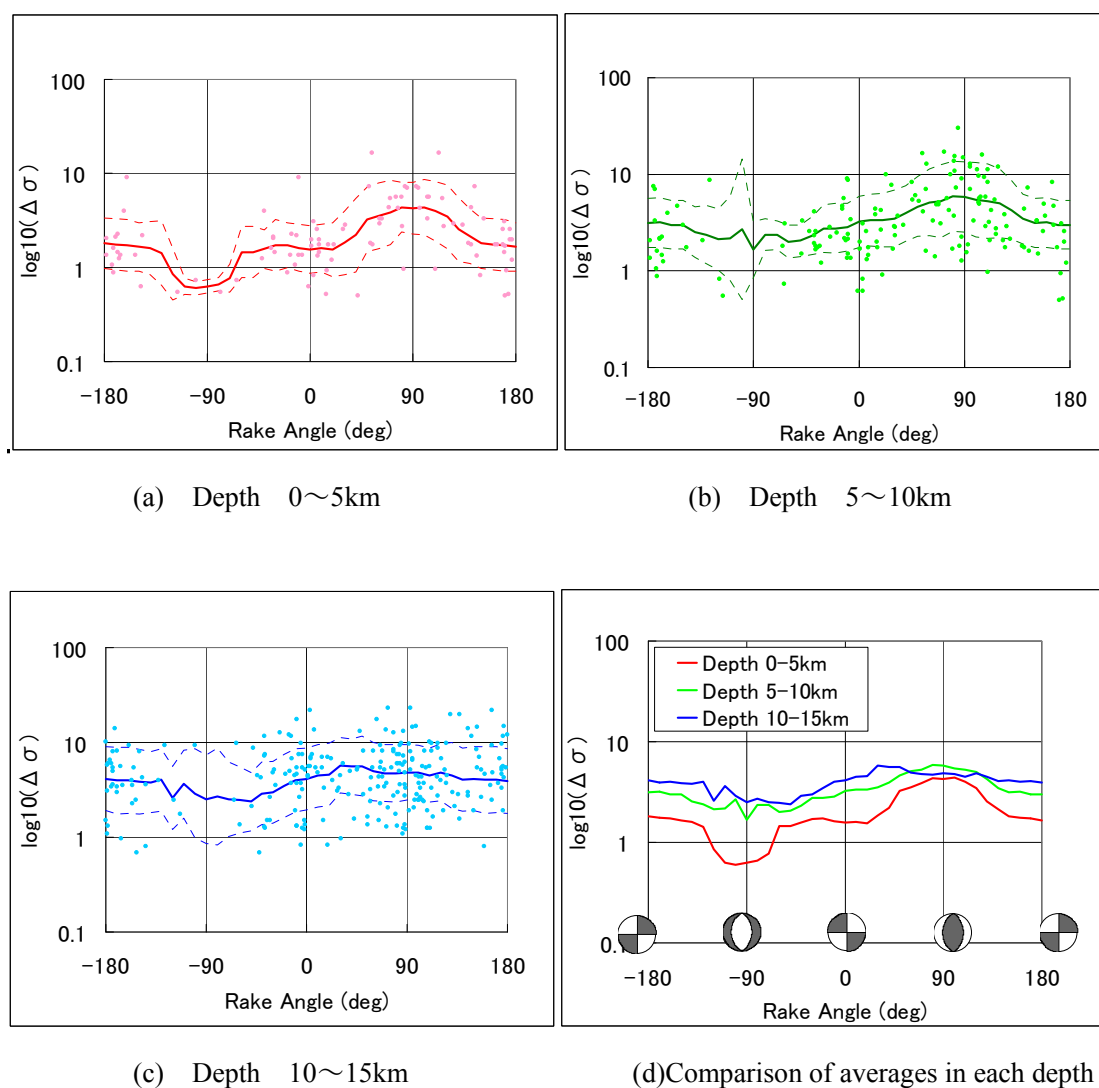


図 2.2.2-8 応力降下量と Rake 角の関係 (a),(b)及び(c)の実線と点線は $\pm 30^\circ$ の移動平均の平均及び標準偏差をあらわす。これらの平均の比較を(d)に示す。

Figure 2.2.2-8 Relation between the stress drop of the crustal earthquakes shown in fig.2.2.2-6(a) and its rake angles. The thick lines and the dotted lines in (a),(b) and (c) are moving average of $\pm 30^\circ$ range and its standard deviation. The averages in each depth are shown in (d).

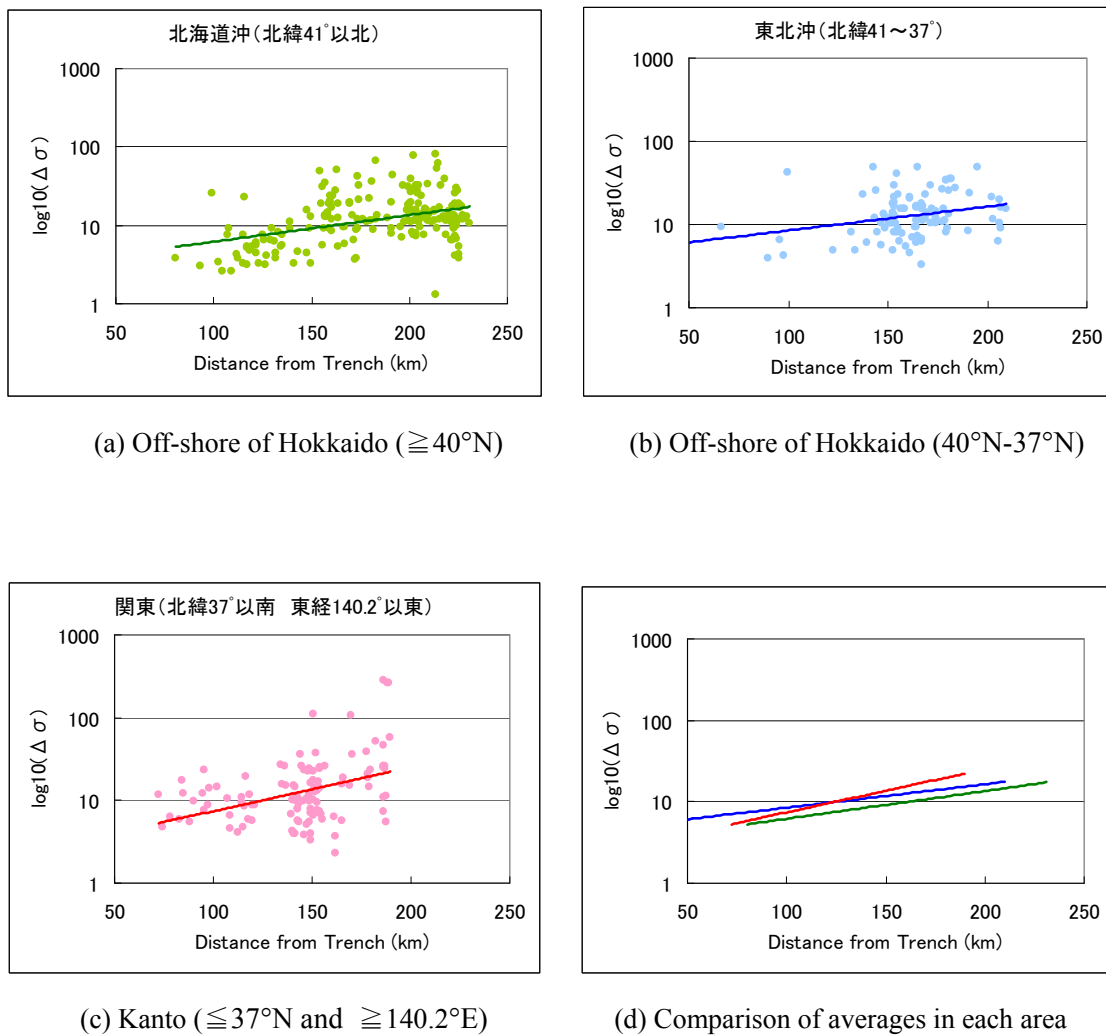


図 2.2.2-9 太平洋プレートのプレート境界地震の応力降下量と海溝軸からの距離
各点は、ひとつの地震をあらわし、実線は回帰直線

Figure 2.2.2-9 Relation between the stress drop and the distance from trench axis of the Pacific plate.

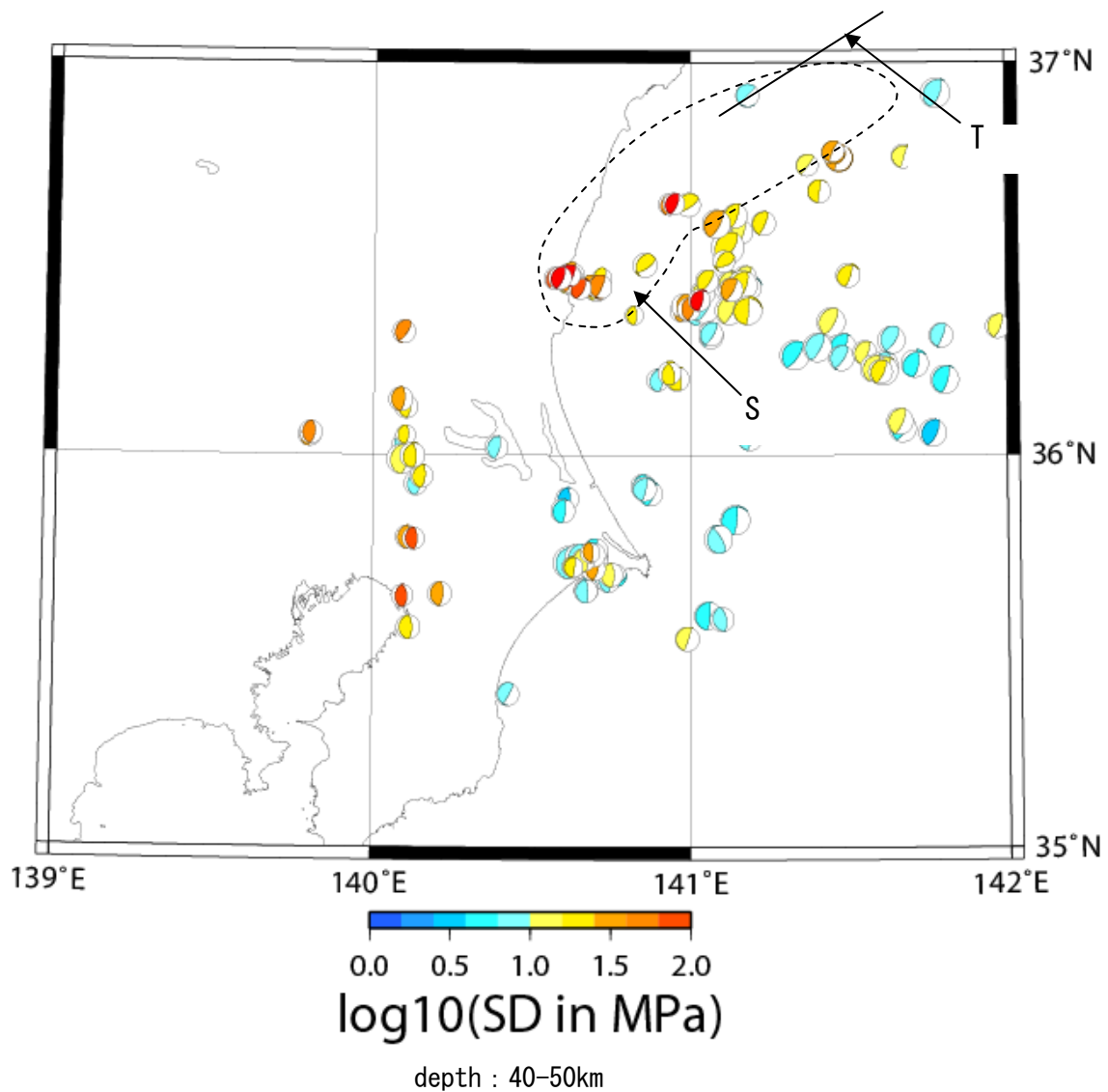


図 2.2.2-10 応力降下量の分布の関東拡大図

T : 武村ほか (1989)による。これより北側で高周波励起特性が大、南側で小と報告。

S : 佐藤ほか (2000)の Region-M で $\Delta\sigma$ が大と報告。

Figure 2.2.2-8 Stress drop distributions of the earthquakes beneath the Kanto area

T : Boundary after Takemura et al. (1989). Short period excitation is large in north side of this boundary. S : $\Delta\sigma$ is large within this area reported by Sato et al. (2000).

2.2.3 サイト増幅特性

基盤への入射波 (E_0) から地表自由表面での地動($2E$)にかけての増幅は、インバージョンにより求められる。「2.1.2 データ」で述べたように、インバージョンでは観測点を 6 グループ (表 2.1.2-3) に分類し、それぞれのグループ毎に増幅率が求めた。得られた増幅率の結果を図 2.2.3-1 に示す。グループ 1 ～ 4 は PS 検層データに基づく地盤の卓越周期によって分類したものであり、グループ 5 は、検層データが無い等により分類できなかったものである。グループ 6 は、表層 20m の平均 S 波速度が 1km/s 以上の地点 (表 2.1.2-2) でインバージョンの ARTB のイタレーション毎に増幅を 2.0 に置き換えることにより拘束をかけたものであり、最終イタレーションの結果は、ほぼ 2.0 付近に増幅率が求まっていることがわかる。

図中には、グループ 1 ～ 4 の卓越振動数範囲を矢印で示した。これらとグループ 1 ～ 4 の結果は次のような特徴がみられる。

グループ 1 については検層の卓越振動数は 5Hz 以上であるが、インバージョンでは短周期ほど大きくなっており、調和的である。

グループ 2 は、あまり明瞭でないが検層による周期である 2.5～5.0 Hz (T_g 0.2-0.4 s) に対応した弱いピークが見られる。

グループ 3 は、2～3Hz 付近で明瞭なピークを有している。S 波検層で 1.67～2.5Hz ($T_g=0.4-0.6s$) に分類したものであり、よく整合している。

グループ 4 は、低振動数で大きくなる傾向が明瞭である。

以上のようにグループ化したそれぞれの卓越周期の範囲に対応する増幅率が求められた。このことは、インバージョンによって増幅率が正しく分離されていることを意味していると考えられる。

観測点一つ一つの増幅率を未知数にすると、Q 構造とのトレードオフが非常に大きくなると考えられるが、今回のようにグループ化することは、この影響をより小さくするのに有効であると考えられる。

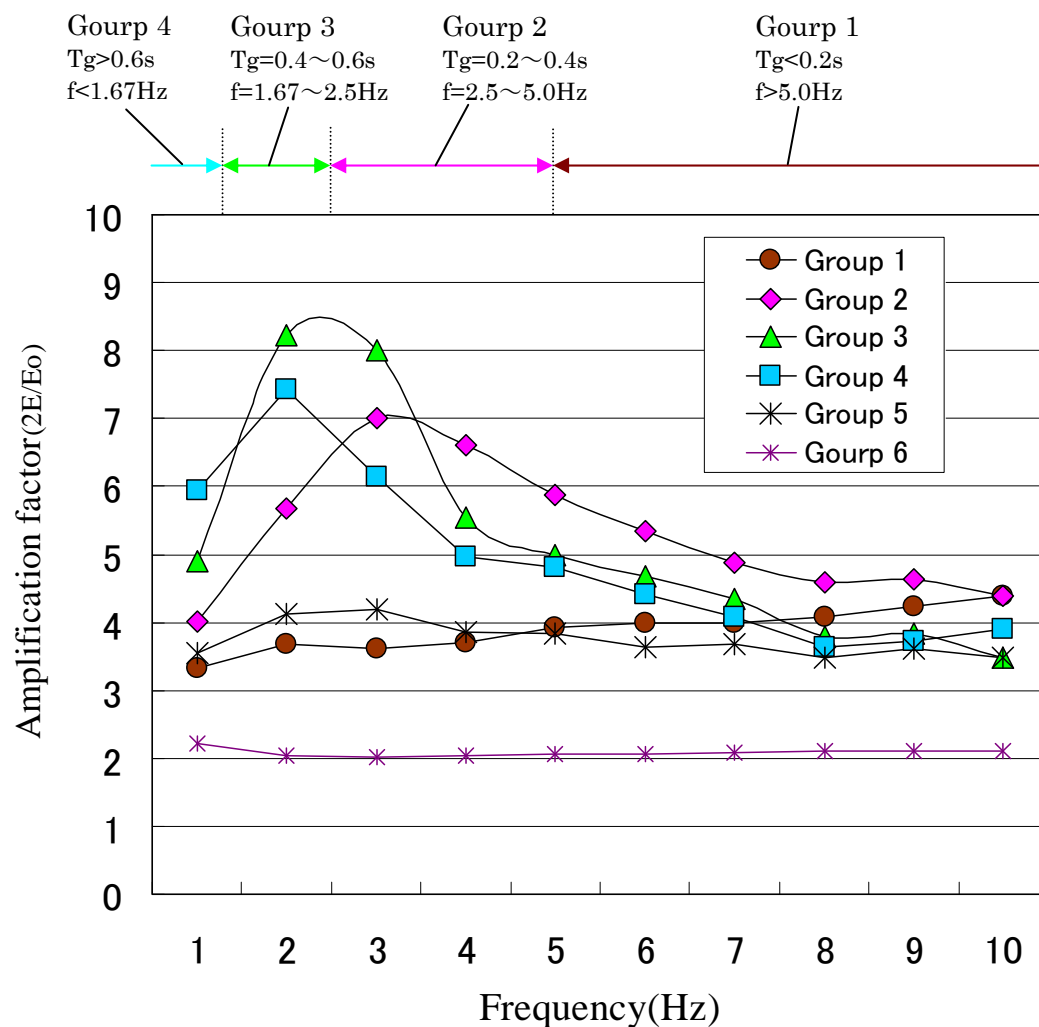


図 2.2.3-1 インバージョンによって得られた地盤分類毎の増幅率

観測点は、検層データから計算される卓越周期（周波数）から、それぞれのグループに分類した(表 2.1.2-2 参照)。各卓越周期の範囲を図の上側に矢印で示す。

Figure 2.2.3-1 Site amplification obtained by the inversion

Observation stations are classified to 6 groups according to the predominant period calculated from the logging data (see Table 2.1.2-2). The arrows above the figure denote the range of the predominant period.

第3章 地震動予測

本研究の手法を用いれば、物理量として加速度フーリエ振幅スペクトルが求められる。そこで、まずインバージョンで用いた地震を用いて、観測によるフーリエ振幅スペクトルの分布が再現出来るかを調べる。次に、工学分野に多く用いられてきた最大加速度振幅 PGA の予測が出来ることを示す。

3.1 フーリエスペクトルの再現解析

2001 年岩手県内陸南部の地震(Mj 6.4, h=121 km)の加速度分布などは、図 1.1-1 及び図 1.1-2 で示したように減衰構造の不均質の影響を強く受けていることが考えられる。この地震について求められた減衰構造を用いた再現解析を行う。

再現解析の計算は、基本的にインバージョンで用いたものと同様であるが、インバージョンでは未知数であったものが、説明変数となっているため、一部重複する部分もあるが、下記に示す。

地動の加速度フーリエスペクトル $\alpha^{Cal}(f)$ は、

$$\alpha^{Cal}(f) = Sa(f) \cdot Ge \cdot g(f) \cdot \exp\left\{-\pi \cdot f \cdot \sum (T^k / Q_{s_k}(f))\right\} \cdot \sqrt{\rho_1 V_{s_1} / \rho_2 V_{s_2}} \quad (3.1.1-1)$$

であらわされ、ここで、 $Sa(f)$ は地震の震源加速度フーリエスペクトルである。 Ge は幾何減衰でインバージョンと同様に伝播距離の逆数をとる。 $g(f)$ は地震基盤からのサイト増幅率である。 $Q_{s_k}(f)$ はインバージョンで求められた k 番目のブロックの Q_s 値、 T^k は S 波が k ブロックを通過するのに要する時間である。 ρ 及び V_s は密度及び S 波速度、添え字の 1 及び 2 のそれぞれは、震源及び地震基盤を意味する。S 波速度 V_s は、気象庁の震源決定に用いられている JMA2001 走時表（上野ほか,2002）を用い、密度 ρ については Grand and West (1965)により求められている V_p 速度(km)との関係から次式により推定する。

$$\rho = V_p / 6 + 5/3 \quad (3.1.1-2)$$

地震の震源加速度フーリエスペクトル $Sa(f)$ は、Boore(1983)に基づき次式で与える。

$$Sa_{oj}(f) = \frac{MoR(\theta, \phi) PF}{4\pi\rho\beta^3} S(f)P(f) \quad , \quad (3.1.1-3)$$

$$S(f)=4\pi^2f^2 / \{ (1+(f/fc)^2) \} , \quad (3.1.1-4)$$

$$fc = 4.9 \times 10^{-6} \beta (\Delta\sigma / Mo)^{1/3} , \quad (3.1.1-5)$$

$$P(f) = \{ 1 + (f/fmax)^n \} . \quad (3.1.1-6)$$

Mo は地震モーメント(dyne・cm)である。 $R(\theta,\varphi)$ はラディエーションパターン、 PF は水平2成分への寄与ファクターであり、それぞれインバージョンと同じ 0.65 および 0.71 を与える。 $fmax$ 及び n についても、それぞれインバージョンと同様に 12Hz 及び 3.5 を与える。 $\Delta\sigma$ は応力降下量である。

計算地点は、各地震の K-NET と KiK-net により観測された場所を対象とし、地盤増幅率は各観測点の卓越周期による地盤分類ごとにインバージョンで求められた値(図 2.2.3-1)を用いる。

求められたフーリエ振幅スペクトルを観測によるものも含めて図 3.1-1 に示す。

振幅分布の形状に着目すると、10 Hz の短周期側では、火山フロントを境に震度が急変している様子がよくシミュレーションでよく再現されていることがわかる。また、1 Hz など長周期側では、短周期側に比べて火山フロントを境にした変化が小さく、またコンターの密度が粗になっていることなどがよく再現されていることがわかる。また、振幅の絶対値についても、多少異なる部分もあるが、概ね再現されていることがわかる。

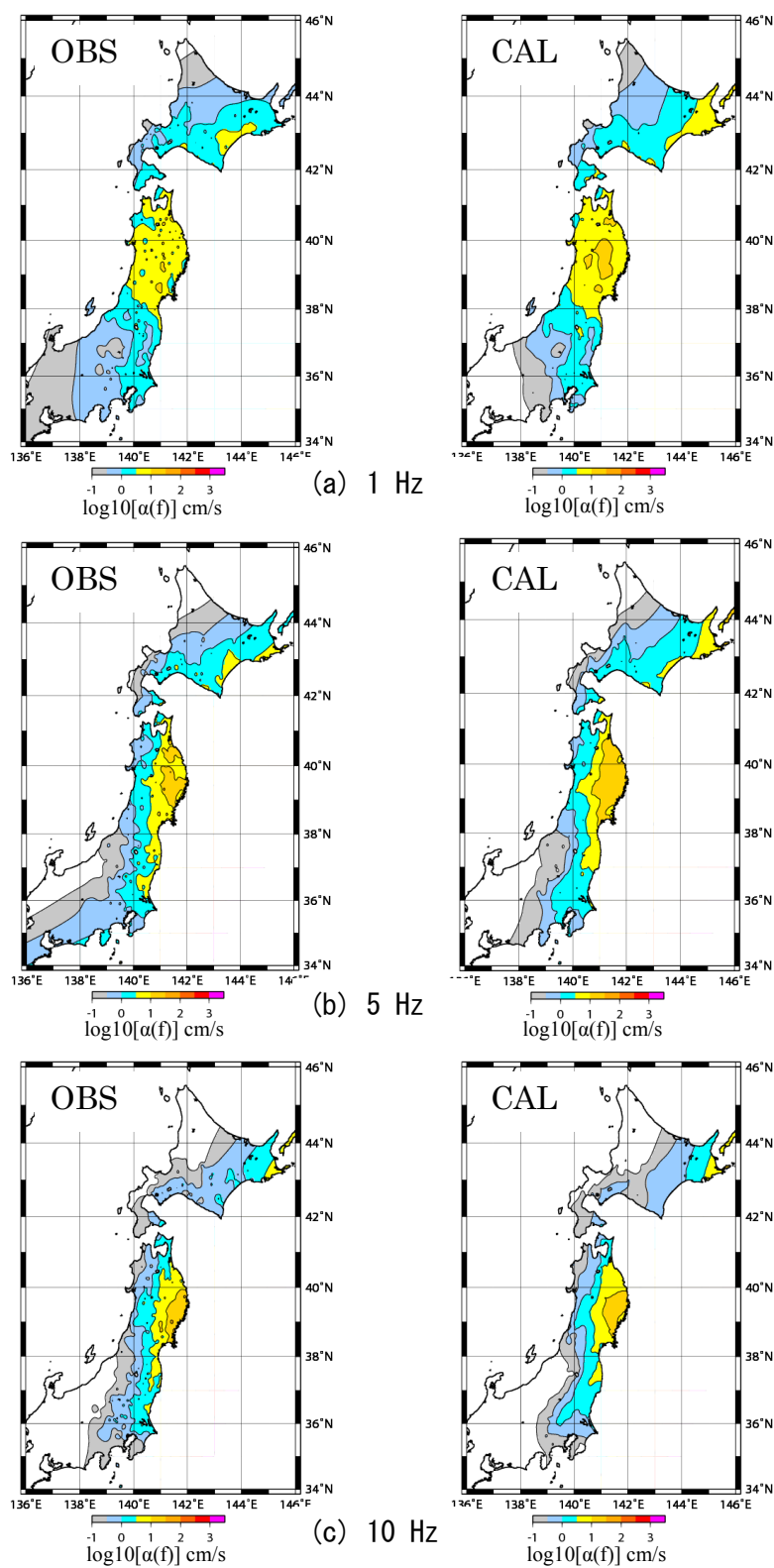


図 3.1-1 フーリエ振幅スペクトル分布の再現解析結果

(左：観測，右：シミュレーション) 2001 年 12 月 02 日 岩手県内陸南部の地震

Figure3.1-1 Result of reproducing Fourier amplitude distribution. Eq.: Dec. 2, 2001

3.2 点震源を仮定した最大加速度振幅分布予測

地震工学分野など応用面では、最大加速度 PGA、最大速度 PGV 分布及び応答スペクトルが地震動予測として多く用いられている。これに対して本研究ではフーリエ振幅スペクトルが得られるが、応用面として用いられたことがなく、また、上記各指標との関係についての研究もみられない。このため、本研究では、最大加速度 PGA との関係に着目して、その関係を調べる。

用いた記録は K-NET の観測開始から 2007 年 8 月の NS 成分の記録である。加速度フーリエ振幅 $\alpha(f)$ ($f=1\sim 10\text{Hz}$ で $\alpha(f)$ は各周期の $\pm 0.5\text{Hz}$ の間を幾何平均した値) と最大加速度振幅 PGA の関係を、図 3.2-1 に示す。また回帰係数と相関係数を表 3.2-1 に示す。回帰式はフーリエスペクトル振幅を y 、最大加速度振幅 PGA を x としたとき、 $\log(y)=a1*\log(x)+b1$ と $\log(x)=a2*\log(y)+b2$ の回帰の係数と、それらの交点を通る平均的な式 $\log(y)=AA*\log(x)+BB$ の係数を求めた。ここで、勾配は幾何平均で $AA=\sqrt{a1/a2}$ である。これから、最も相関係数の高い 8Hz における幾何平均による係数 AA と BB から次の関係式が得られる。

$$\log_{10} \alpha(8\text{Hz}) = 1.1128 \times \log_{10} \text{PGA} - 1.1401 \quad (3.1.2-1)$$

$$\log_{10} \text{PGA} = 0.8986 \times \log_{10} \alpha(8\text{Hz}) + 1.0246 \quad (3.1.2-2)$$

$$(\alpha: \text{cm/s}, \text{PGA: cm/s}^2)$$

上記、関係式から得られた最近発生した著名な地震の最大加速度分布を、観測記録による分布を比較して図 3.2-2～図 3.2-11 に示す。参考として、司・翠川(1999)による予測も示す。また、内陸地殻内地震は Lg 波の影響が 100km の距離程度から現れることが考えられるため、図 3.2-2～図 3.2-6 には距離 100km の円を描いている。

全体にみて、内陸地殻内地震の距離 100km 以遠を除いて、予測の絶対値は観測の値とほぼ整合している。特に、東北日本で発生した 2005 年宮城県沖の地震、2001 年岩手県内陸南部の地震、2003 年宮城県沖スラブ内の地震など島弧に沿って南北に地震動分布が伸びる性状を良く説明していることがわかる。なお、2003 年十勝沖地震は南北に延びる性状を説明しているが、絶対値があまり合っていない。この原因が、この地震の断層面の拡がり大きいものに対して、点震源を仮定したためと考えられる。そこで、これについては、次に断層面の拡がりを考慮した評価を行う。

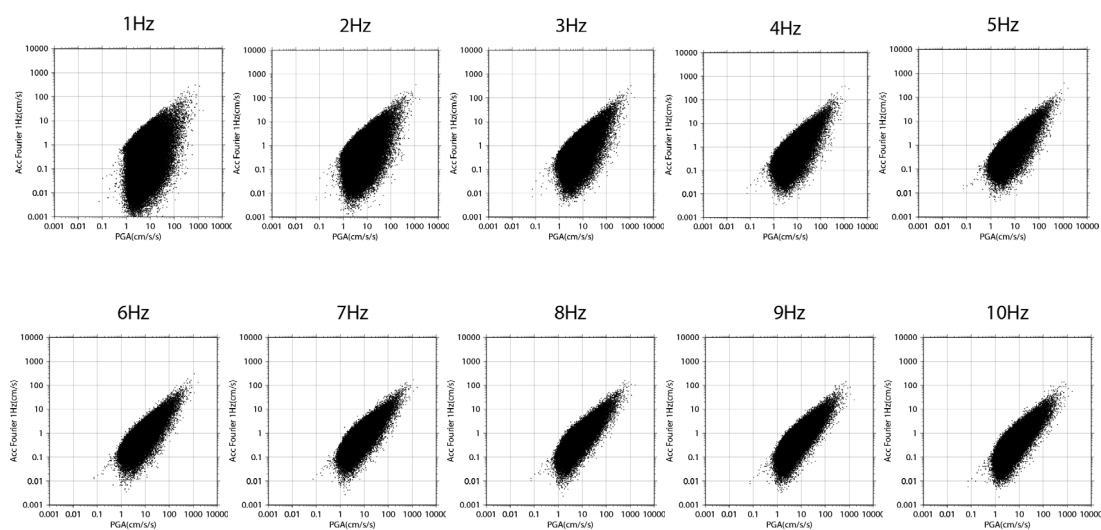


図 3.2-1 加速度フーリエスペクトルと最大加速度振幅(PGA)の関係
8Hz が最も相関が高い

Figure 3.1.2-1 Relation between acceleration Fourier spectrum and peak ground acceleration (PGA).

表 3.2-1 相関係数と回帰係数

回帰係数 a_1, b_1, a_2, b_2, AA 及び BB は、フーリエスペクトル振幅を y 、最大加速度振幅 PGA を x としたとき、 $\log(y) = a_1 \log(x) + b_1$ と $\log(x) = a_2 \log(y) + b_2$ の回帰の係数とその幾何平均 $\log(y) = AA \log(x) + BB$ の係数を意味する。

Table 3.2-1 Correlation coefficient and regression coefficient. a_1, b_1, a_2 and b_2 denote the regression coefficient of $\log(y) = a_1 \log(x) + b_1$ and $\log(x) = a_2 \log(y) + b_2$, where y is Fourier spectrum and x is PGA . AA and BB are geometric mean.

X	Y	相関係数R2	a1	b1	a2	b2	AA	BB
最大加速度	加速度フーリエ 1Hz	0.1485	0.6539	-1.2971	0.2271	1.0119	1.6967	-2.1755
最大加速度	加速度フーリエ 2Hz	0.2234	0.7043	-0.9641	0.3172	0.9600	1.4901	-1.6261
最大加速度	加速度フーリエ 3Hz	0.3368	0.7544	-0.8622	0.4464	0.9436	1.3000	-1.3218
最大加速度	加速度フーリエ 4Hz	0.4513	0.8051	-0.8288	0.5605	0.9267	1.1986	-1.1602
最大加速度	加速度フーリエ 5Hz	0.5422	0.8340	-0.8330	0.6502	0.9272	1.1326	-1.0845
最大加速度	加速度フーリエ 6Hz	0.5972	0.8468	-0.8596	0.7053	0.9455	1.0957	-1.0693
最大加速度	加速度フーリエ 7Hz	0.6353	0.8733	-0.9112	0.7274	0.9700	1.0957	-1.0885
最大加速度	加速度フーリエ 8Hz	0.6563	0.9015	-0.9622	0.7280	0.9900	1.1128	-1.1401
最大加速度	加速度フーリエ 9Hz	0.6414	0.9172	-1.0136	0.6993	1.0108	1.1453	-1.2057
最大加速度	加速度フーリエ 10Hz	0.6256	0.9172	-1.0656	0.6821	1.0422	1.1596	-1.2698

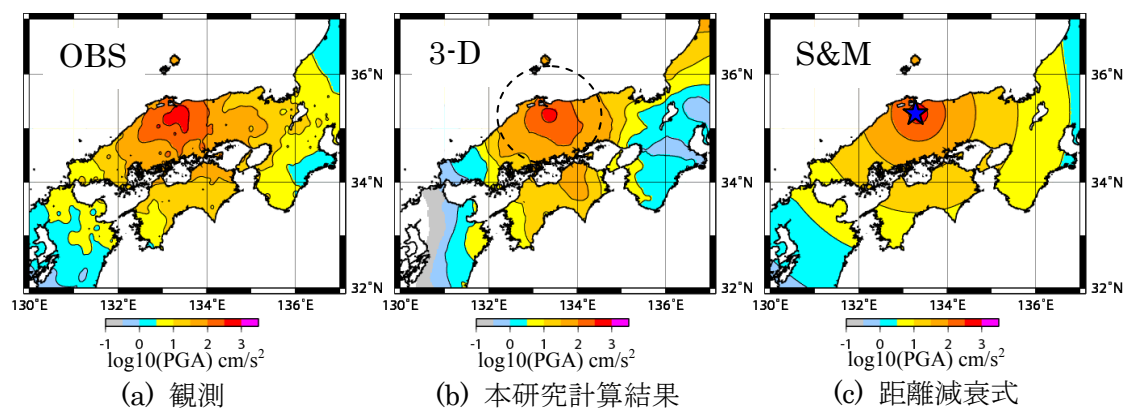


図 3.2-2 最大加速度の再現解析結果 2000 年 10 月 06 日鳥取西部地震

Figure3.2-2 Result of reproducing peak ground acceleration. Eq.: Oct. 6, 2000

“3-D” denotes the result in this study. The prediction by using Si and Midorikawa(1999)’s attenuation relation shown for reference as “S&M”

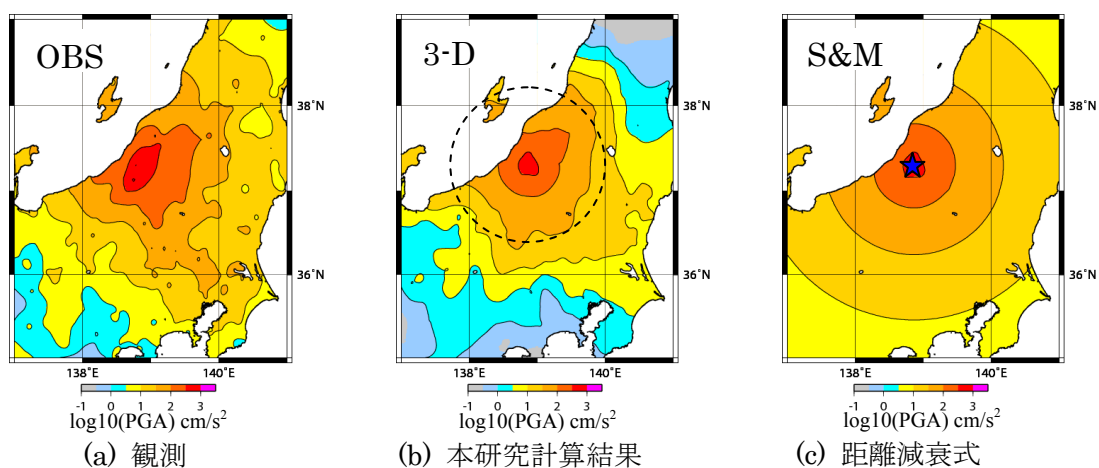


図 3.2-3 最大加速度の再現解析結果 2004 年 10 月 23 日新潟県中越地震

Figure3.2-3 Result of reproducing peak ground acceleration. Eq.: Oct. 23, 2004

“3-D” and “S&M” are same as figure3.2-2.

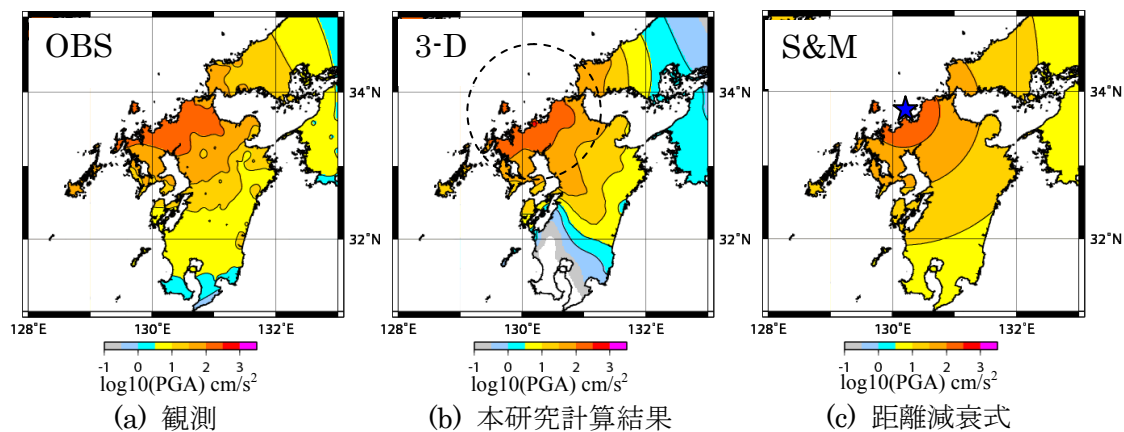


図 3.2-4 最大加速度の再現解析結果 2005 年 03 月 20 日 福岡県西方沖の地震

Figure3.2-4 Result of reproducing peak ground acceleration. Eq.: Mar. 23, 2004

“3-D” and “S&M” are same as figure3.2-2.

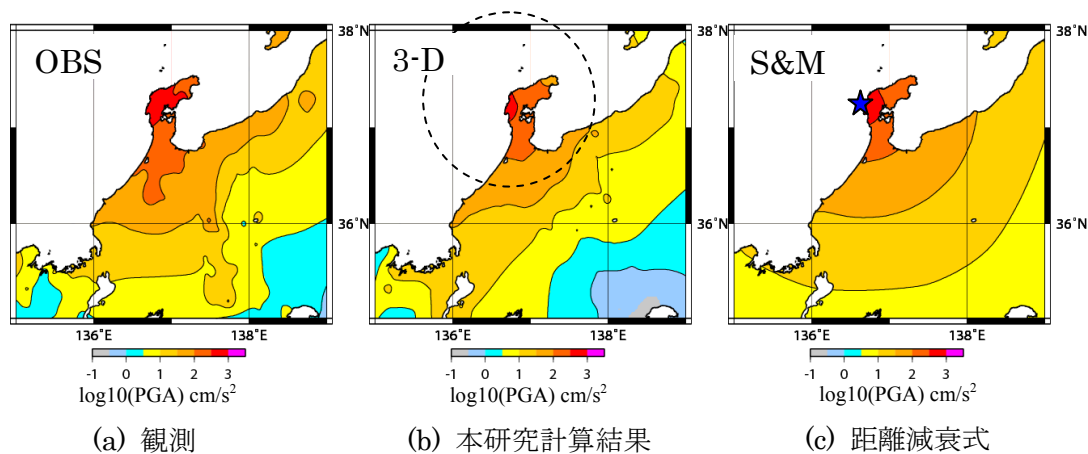


図 3.2-5 最大加速度の再現解析結果 2007 年 03 月 25 日 能登半島地震

Figure3.2-5 Result of reproducing peak ground acceleration. Eq.: Mar. 25, 2007

“3-D” and “S&M” are same as figure3.2-2.

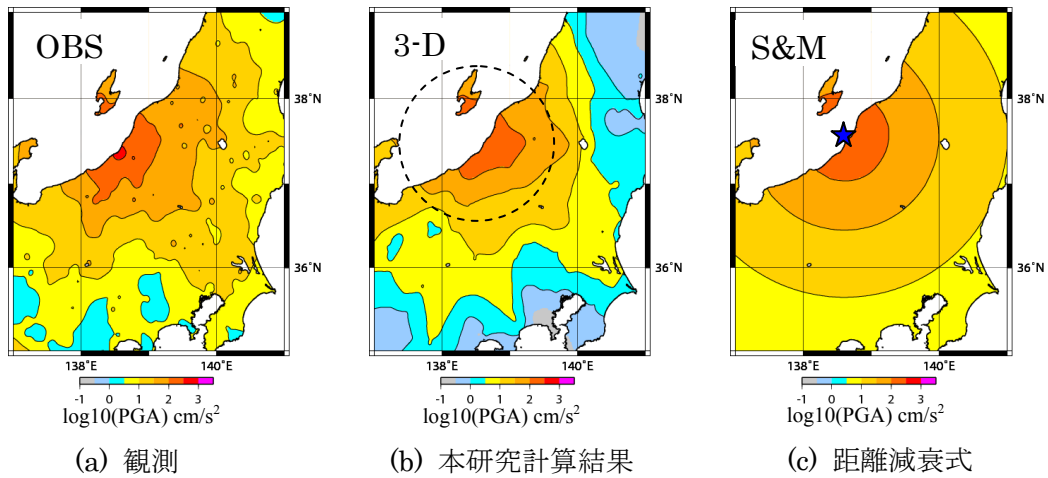


図 3.2-6 最大加速度の再現解析結果 2007 年 07 月 16 日 新潟県中越沖地震

Figure3.2-6 Result of reproducing peak ground acceleration. Eq.: Jul. 16, 2007

“3-D” and “S&M” are same as figure3.2-2.

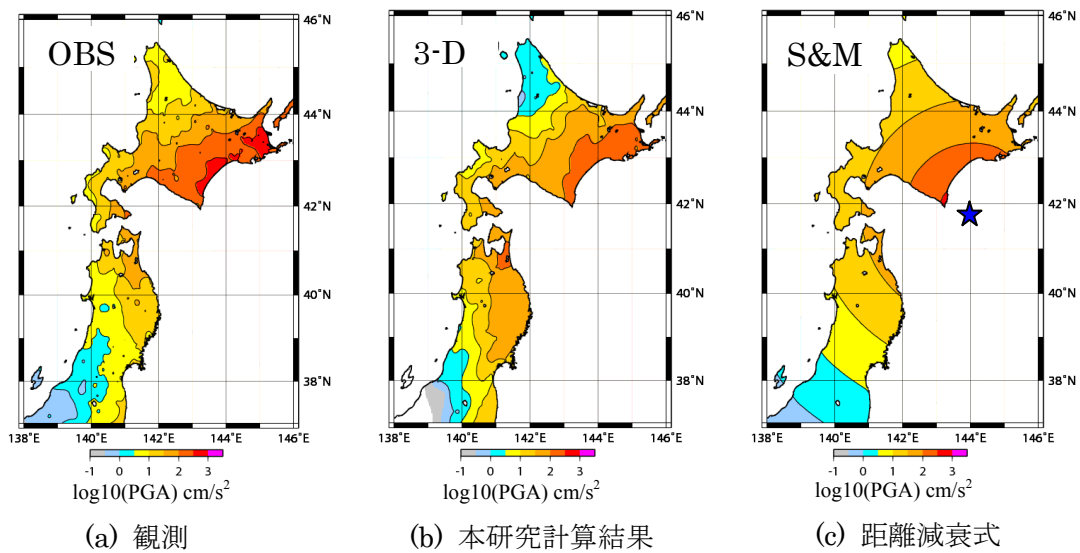


図 3.2-7 最大加速度の再現解析結果 2003 年 09 月 26 日 十勝沖地震

Figure3.2-7 Result of reproducing peak ground acceleration. Eq.: Sep. 9, 2003

“3-D” and “S&M” are same as figure3.2-2.

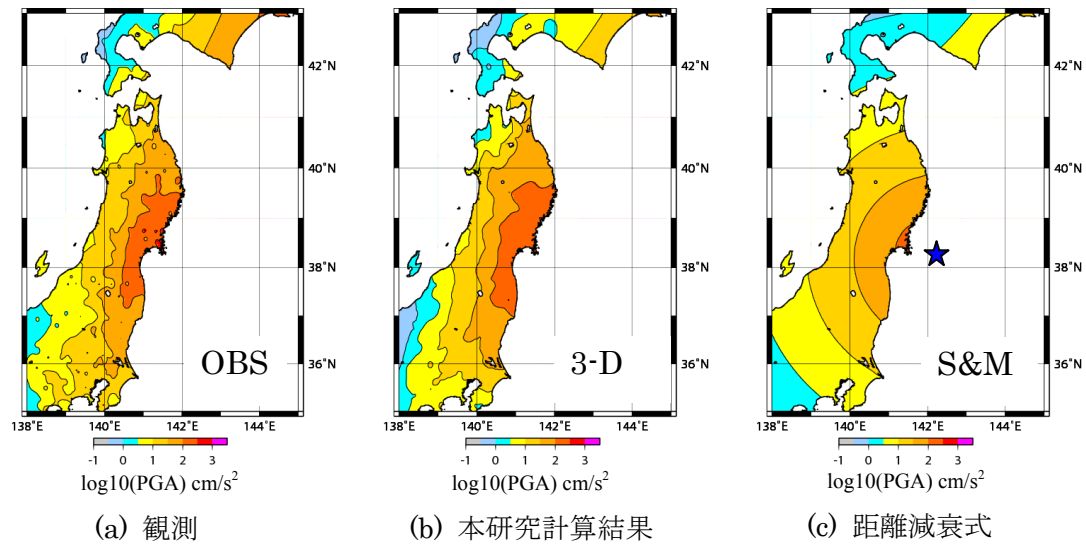


図 3.2-8 最大加速度の再現解析結果 2005 年 08 月 16 日 宮城県沖の地震

Figure3.2-8 Result of reproducing peak ground acceleration. Eq.: Aug. 16, 2005

“3-D” and “S&M” are same as figure3.2-2.

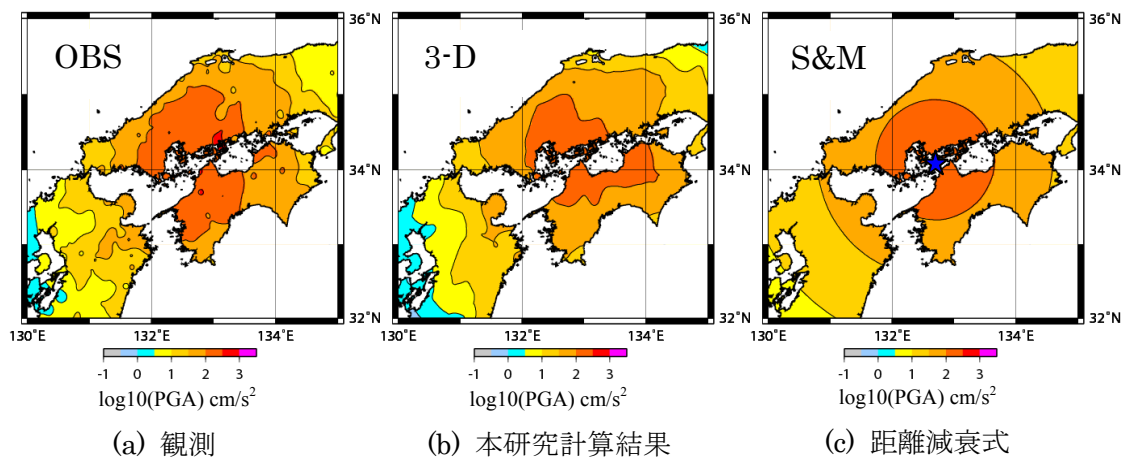


図 3.2-9 最大加速度の再現解析結果 2001 年 03 月 24 日 芸予地震

Figure3.2-9 Result of reproducing peak ground acceleration. Eq.: Mar. 24, 2001

“3-D” and “S&M” are same as figure3.2-2.

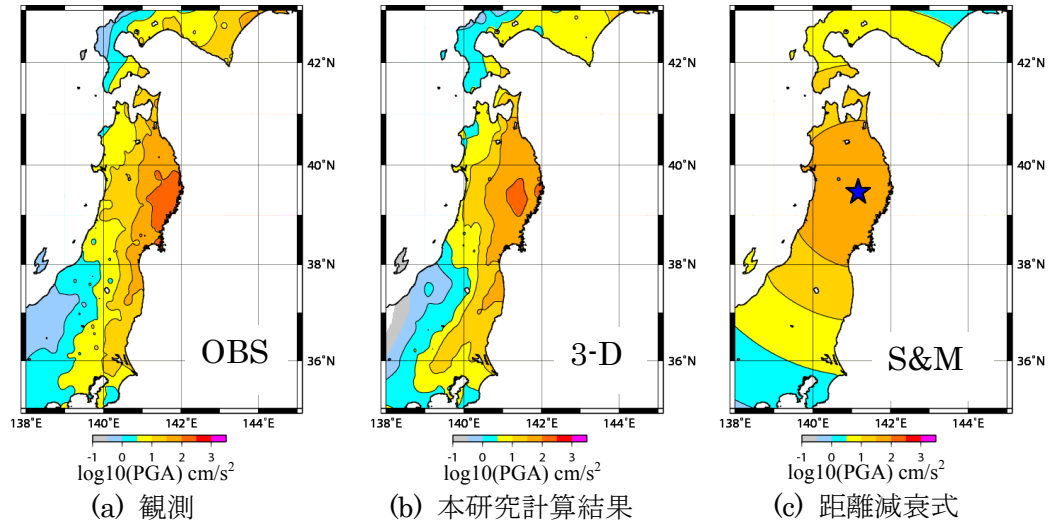


図 3.2-10 最大加速度の再現解析結果 2001 年 12 月 02 日 岩手県内陸南部の地震
 Figure3.2-10 Result of reproducing peak ground acceleration. Eq.: Dec. 2, 2001
 “3-D” and “S&M” are same as figure3.2-2.

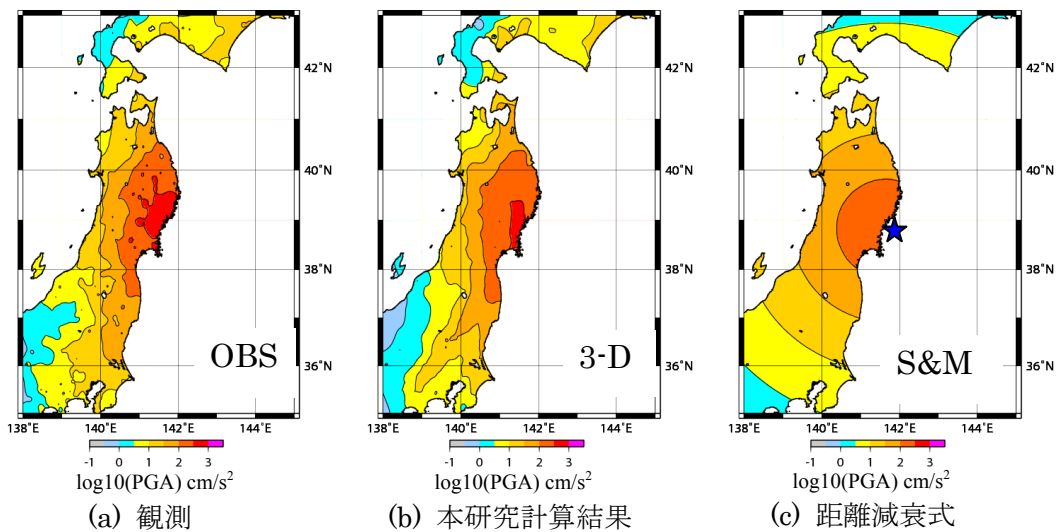


図 3.2-11 最大加速度の再現解析結果 2003 年 05 月 26 日 宮城県沖スラブ内の地震
 Figure3.2-11 Result of reproducing peak ground acceleration. Eq.: May 5, 2003
 “3-D” and “S&M” are same as figure3.2-2.

3.3 断層の拡がりを考慮した地震動予測

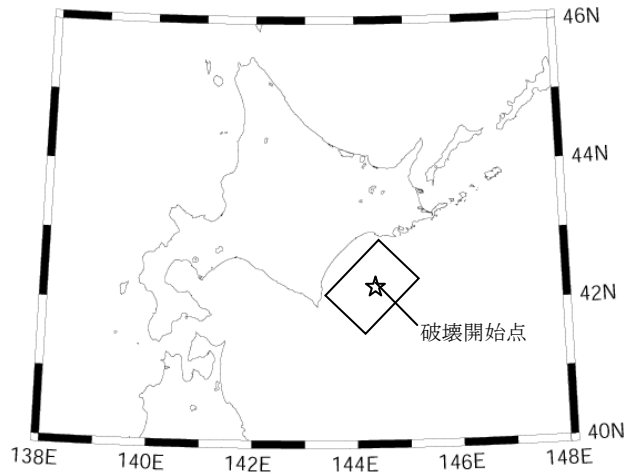
2003 年十勝沖地震の場合、断層面の拡がりが大きく、点震源を仮定した予測は再現性が良くない。そこで、本地震に関して断層の拡がりを考慮した統計的グリーン関数（釜江ほか,1991)による評価を行う。

断層モデルは矩形モデルを考え、1952 年十勝沖地震のパラメータ等を参考にし、**図 3.3-1** 及び**表 3.3-1** に示すように設定する。本来、断層破壊過程に不均質性があり、この影響も考えられるが、断層面に拡がりを考慮することにより点震源仮定から改善されるかどうかをみることを目的とするため、ここでは不均質性は考慮せず、応力降下量は一定とし、インバージョンで得られた値を均等に与える。断層は長さ・幅・滑りに関し、5 分割する。各小領域から観測点までの伝播経路には本研究で得た三次元減衰構造を考慮する。各小領域からの観測点での時刻歴波形は、観測点でのフーリエ加速度スペクトルをインバージョンで求めた三次元減衰構造・地盤増幅率を考慮して得たものとし、その際、スペクトルは 1～10Hz まだが与えられるため、それ以上及びそれ以下については、 ω^2 の勾配で振幅値を減少させる。要素地震の時刻歴波形は、Boore(1987)の手法に基づき、フーリエ振幅の平均が 1 に基準化した波形（**図 3.3-2**）を作成したのちに、上記観測点でのスペクトルに適合させたものとする。その要素地震波形を、破壊開始から各小領域に到達する時間及び各小領域から観測点までの走時の和を時間差として考慮して足し合わせる。これによって大地震の波形を求める。

得られた地震波の最大値の分布図を**図 3.3-3** に示す。点震源を仮定した場合には、釧路付近の震源周辺の地震動や北海道北部では過小評価であり、また岩手県付近は過大評価となっているが、断層の拡がりを考慮した場合には観測値に良く合っており、大きな改善が見られることがわかる。震源に近い北海道東南部では過小評価の部分もあるが、断層面内の短周期の励起特性の不均質性が影響していることが考えられる。

表 3.3-1 計算パラメータ

Figure 3.3-1 Parameters of calculation



基準点東経	145.22
基準点北緯	42.33
地震モーメント M_0	$2.2 \times 10^{21} \text{Nm}$
断層長さ L	130km
断層幅 W	100km
平均滑り量 D	4.0m
断層の傾斜角	20°
走向	220°
断層上端深さ	0km
ライストム	3.5s
破壊伝播速度 V_r	3.2km/s
要素地震分割数	$5 \times 5 \times 5$
要素地震 $\Delta \sigma$	25MPa
要素地震 f_{\max}	12Hz
破壊開始点	断層中央

図 3.3-1 想定断層モデル

Figure 3.3-1 Assumed fault plane

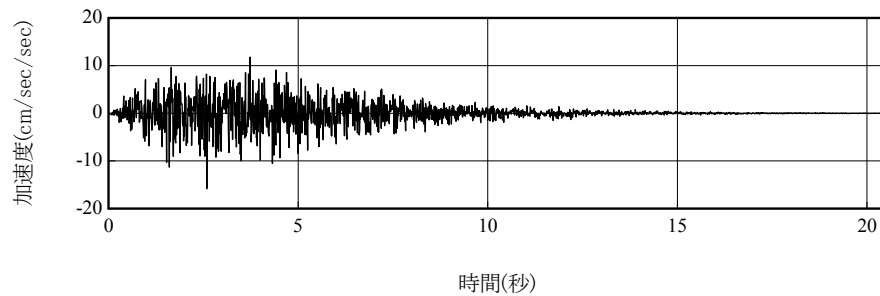


図 3.3-2 要素地震波形（フーリエ振幅の平均が 1）

Figure 3.3-2 Element wave form for the stochastic green function methods

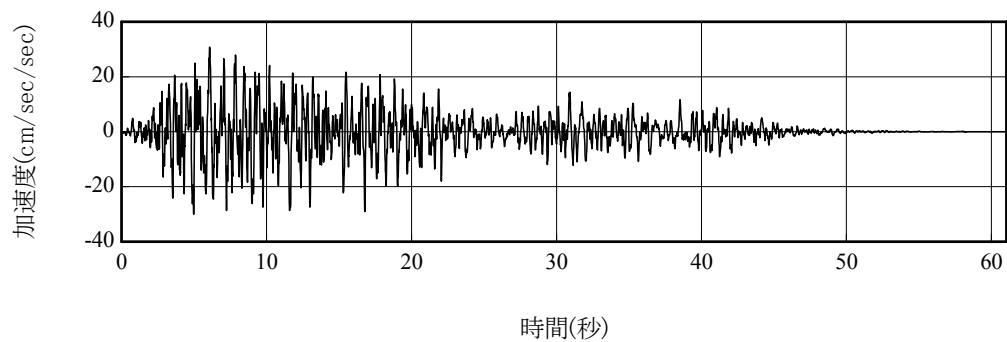
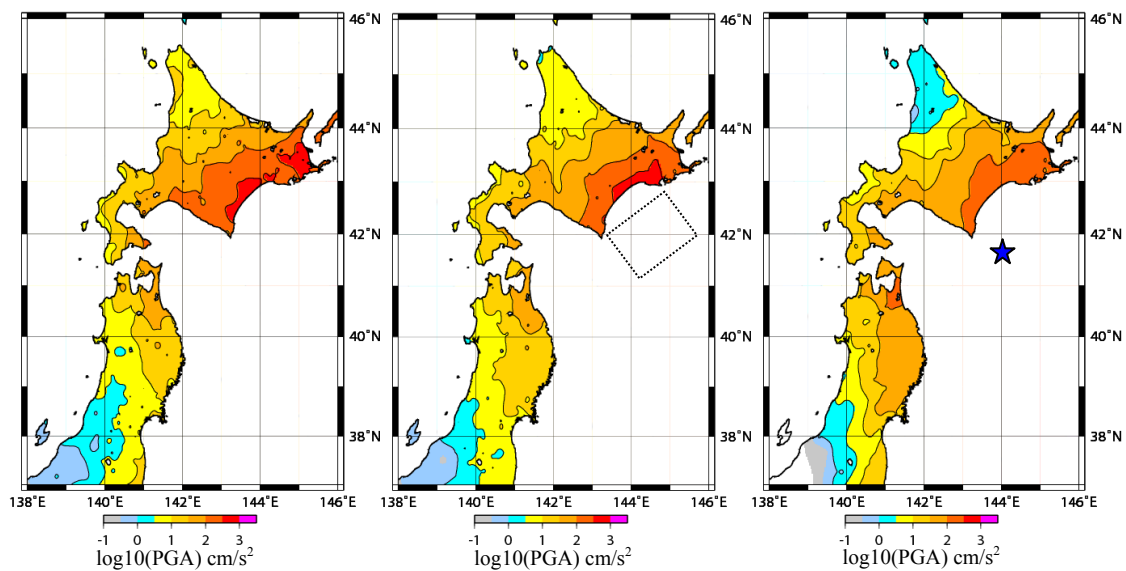


図 3.3-3 合成波形例（AOM020）

Figure 3.3-2 Example of synthesized wave form at AOM020 station.



(a) 観測

(b) 断層面考慮した予測

(c) 点震源の予測

図 3.3-4 2003 年十勝沖地震の断層面を考慮した最大加速度予測と点震源の比較

Figure 3.3-4 Result of peak ground acceleration prediction of the 2003 Tokachi-Oki earthquake. (a) observation, (b) fault plane considered, (c) point source prediction.

第4章 まとめ

本研究では、全国展開された強震記録（K-NET 及び KiK-net）を用いて 1～10Hz の短周期領域での、日本列島下の三次元減衰構造(Qs)、震源スペクトル及びサイト増幅特性について同時インバージョンを行い、その結果を考慮することにより強震動予測をより適切に行えることを示した。

三次元減衰構造 Qs の構造で得られた知見は次のとおりである。

第一に、これまで数多く報告されてきたことと同様の結果であるが、太平洋プレート部分で HighQs であり、活火山や火山フロントに対応して LowQs が求まった。またフィリッピン海プレートに対応する部分でも HighQs の傾向が求まった。

第二に、火山が分布しない場所でありながら LowQs が北海道と関東で見出された。北海道の非火山性 LowQs は深さ 0-30km において北海道中軸部を南北に延び、これは Nishida et al.(2008)の強い LowVs と良い一致を示し、この地域は LowQs, LowVs である。また、関東の茨城県と千葉県の境付近の深さ 30-60km 付近に LowQs の存在が確認された。この LowQs は北西に延びている傾向があり、Kamiya and Kobayashi(2000)が東経 139.4 度線の深さ 35 km 付近に高ポアソン比を報告している部分と一致している。

第三に、上記で得られた結果と従来指摘されてきた異常震域現象を比較し、減衰構造の不均質と整合的であることなどが確認できた。

次に震源スペクトルとして、短周期領域の地震動に関連が深い応力降下量を求めた。その結果、次のような知見が得られた。

第一に、応力降下量は、深さに強く依存する結果が得られた。内陸地殻内地震とプレート境界地震では両者とも深さ依存性が見られるものの、その傾向が明瞭に異なり、同じ応力降下量を与える深さはプレート境界地震の方が約 40 km 深いことがわかった。これは、内陸地殻内地震では深さ 20 km 程度よりも浅い部分でしか発生せず、プレート境界地震では海溝軸付近の浅所で逆に地震が発生しない傾向と整合的である。

第二に、内陸地殻内地震では地震タイプによる違いが見出され、応力降下量は、正断層<横ずれ断層<逆断層であることがわかった。

地盤の増幅については、減衰構造の最表層とのトレードオフが避けられないことから、本研究ではこれを避けるため、地盤を PS 検層による卓越周期で地盤分類を行い、それぞれのグループで増幅率が同じとしたインバージョンを実施した。その結果、最初に与えた卓越周期に良く対応した増幅率が得ることができた。

従来、三次元減衰構造インバージョンの研究のほとんどが構造を求めることが主目的で、地震動予測は定性的評価がわずかにあるのみであった。今回、上記に示したように震源強度として地震モーメントと応力降下量を説明変数として与えることによって、定量評価が可能となった。そこで、予測への適用性について検討することとした。

再現解析については、得られた結果から最大加速度分布を求め、実際の分布を定量的に再現できることがわかった。しなし、点震源を仮定しており、2003 年十勝沖地震のような断層の広がり大きい地震については再現性が悪かった。そこで、断層面の広がり考慮できる統計的グリーン関数を用い、これに伝播経路として三次元減衰構造を考慮することにより、よく再現出来るようになることがわかった。

以上、本研究では、インバージョンにより求められた構造等や震源パラメータに関する数多くの新しい知見が得ることができた。また、これら用いた地震動の定量評価についても、三次元減衰構造に断層の広がりを考慮した手法により、より適切に行えることを示すことが出来た。

今後、本研究を基礎として、より発展・高度化させてゆきたい。そのための今後の課題等について以下に述べる。

本研究では三次元減衰構造を調べるために $0.2^{\circ} \times 0.2^{\circ} \times 30\text{km}$ のブロックサイズを採用した。これは、従来の多くの研究に比べて比較的詳細であるが、実際の不均質性のスケールは、これより小さい場合が少なくないと思われる。データの密度や量が豊富な地域もあり、また今後のデータの蓄積から、地域によっては、より詳細な構造の解明が期待できるであろう。ただし、このような地域を狭い範囲に限定する場合、硬い岩盤サイトが解析範囲に存在しない場合が生ずる。このことを解決するためには、KiK-net 等の深井戸の記録を活用し基準観測点の見直しを計ることや、各観測点での残差に基づく

詳細な増幅評価などをおこなっていくなどの工夫が必要なものと考えられる。

また、本研究ではスペクトル領域といっても 1 Hz から 10 Hz という短周期の比較的狭い周波数範囲をとってきた。これは 1 Hz よりも長周期の場合には、表面波の影響が非常に大きくなることや表層地盤として影響する範囲が深くなってくることから、同じ解析手法やデータの取り扱いが出来ないと考えられたためである。特に、周期数秒の地震動は、深さ数 km にいたる表層地盤の影響が現れるため、たとえば本研究で地盤のグルーピングしたような手法では、扱ったブロックサイズよりも大きな堆積盆地のスケールでの増幅率を想定していく必要がある。このことから 1 Hz よりも長周期の減衰については、FEM や FDM などによるシミュレーションなど本研究とは別の手段が必要と考えられる。

Q_s のほかに Q_p を求めていくことも考えられる。Sekine (2002,2005) は、両者から物質の議論しており、北海道の非火山性 Low Q_s 物質を議論するためには有効かもしれない。ただし、強震動記録から Q_p を推定する場合には、P 波部分のデータ処理や、地盤の増幅が S 波とは異なり、地下水の影響も受けやすいなどの問題が考えられ、方法について十分に吟味していく必要があると考えられる。

構造を求める他に、本研究では、応力降下量の深さ依存性・タイプ別の違いなどを調べたが、大地震の断層面のアスペリティ分布と応力降下量の関係などを調べていくことも考えられる。さらに応用面として強震動予測を行えることを示したが、フーリエ振幅スペクトルと最大加速度振幅の関係の他の各種物理量(最大速度振幅、応答スペクトル、震度など)との関係を構築することにより、たとえば震度分布から応力降下量を推定することが可能であることが指摘出来る。すなわち、歴史地震などでは震度分布が重要なデータであるが、他の手段で地震モーメントが求まっている場合には、歴史地震の応力降下量の議論が出来ると考えられる。これによって、将来、津波地震などの定量的な評価が期待できる。

また応用面として断層の広がりを考慮した地震動評価に三次元減衰構造を考慮できることを示したが、断層の破壊過程の不均質性などを考慮し、より高度化も必要と考えられる。

参 考 文 献

- Abrahamson, N. A., and P. G. Somerville (1996). Effects of the hanging wall and footwall on ground motions recorded during the Northridge earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.* 86, 593-599.
- Bilek, S. L. and T. Lay (1998) Variation of interplate fault zone properties with depth in the Japan subduction zone, *Science*, 281, 1175-1178
- Boore, D. M. (1983) Stochastic simulation of high-frequency ground motions based on seismological models of the radiated spectra, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 73, 1863-1894
- Brune, J. N. (1970) Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquake, *J. Geophys. Res.*, 75, 4997-5009
- Brune, J. N. (1971) Correction, *J. Geophys. Res.*, 76, 5002
- Christensen, N.I. (1996) Poisson's ratio and crustal seismology, *J. Geophys. Res.*, 101, 3139-3156
- 江口孝雄・堀貞喜 (2007) 首都圏直下とその付近でのフィリピン海プレートスラブの形態, *地学雑誌*, 116, 325-369
- Fukushima, Y. and T. Tanaka (1990) A new attenuation relation for peak horizontal acceleration of strong earthquake ground motion in Japan, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 80, 757-783
- 古村孝志・森谷武男 (1990) 日高山脈とその周辺の3次元Q構造, *地震第2輯*, 43, 121-132
- Furumura, T. and B. L. N. Kennett (2001) Variations in regional phase propagation in the area around Japan, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 91, 667-682
- Grant, F. S. and G. F. West (1965) Interpretation theory in applied geophysics, McGraw Hill Book Company, pp.200
- Hashida, T. and K. Shimazaki (1984) Determination of seismic attenuation structure and source strength by inversion of seismic intensity data: Method and numerical experiment, *J. Phys. Earth*, 32, 299-316
- Hashida, T. and K. Shimazaki (1985) Seismic tomography : 3-D Image of upper mantle attenuation beneath the Kanto district, Japan, *Earth and Planetary Science Letters*, 75, 403-409
- Hashida, T. and K. Shimazaki (1987) Determination of seismic attenuation structure and source strength by inversion of seismic intensity data: Tohoku district northeastern Japan arc, *J. Phys. Earth*, 35, 67-92
- Hashida, T. (1987) Determination of three dimensional attenuation structure and source

- acceleration by inversion of seismic intensity data: Japanese Islands, Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, 62, 247-287
- 橋田俊彦・島崎邦彦 (1984) 震度データによる震源位置およびマグニチュードの決定, 日本地震学会講演予稿集, 1, 96
- 橋田俊彦・島崎邦彦 (1986) 震度予測の試み, 歴史地震, 2, 87-95
- Herman, G. T. (1980) Image reconstruction from projections: The fundamentals of computerized tomography, Academic Press, New York, 316
- Hirahara, K. (1988) Detection of three dimensional velocity anisotropy, Phys. Earth Planet. Interiors, 51, 71-85
- 弘瀬冬樹・中島淳一・長谷川昭 (2007) Double-Difference Tomography 法による西南日本の 3 次元地震波速度構造およびフィリピン海プレートの形状の推定, 地震 第 2 輯, 60, 1, 1-20
- 久本壯一 (1977) 北海道の有感域, 地震第 2 輯, 30, 401-414
- Hoshiba, M. (1993) Separation of scattering attenuation and intrinsic absorption in Japan using the multiple lapse time window analysis of full seismogram envelope, Jour. Geophys. Res., 98, B9, 15809-15824
- 伊神輝 (1975) 日本の火山前線下における地震波の減衰, 地震第 2 輯, 28, 61-73
- Inoue, H., Y. Fukao, K. Tanabe and Ogata (1990) Whole mantle P-wave travel time tomography, Phys. Earth Planet. Inter., 59, 294-328
- 入倉孝次郎 (2004) 強震動レシピー-大地震による強震動の予測手法, 京都大学防災研究所年報, 47, 25-45
- Ishida, M. (1992) Geometry and relative motion of the Philippine Sea plate and Pacific plate beneath the Kanto-Tokai district, Japan, J. Geophys. Res., 97, 489- 513.
- 伊藤谷生 (2000) 日高衝突帯-前縁褶曲・衝上断層帯の地殻構造, 石油技術協会誌, 65, 103-109
- 岩田知孝・入倉孝次郎 (1986) 観測された地震波から震源特性・伝播経路特性及び観測点近傍の地盤特性を分離する試み, 地震第 2 輯, 39, 579-593
- 泉谷恭男 (2005) 日本内陸で発生する浅い地震に関する震源スペクトルの相似性についての考察, 土木学会論文集, No.780, I-70, 241-246
- 釜江克宏・入倉孝次郎・福知保長(1991)地震のスケーリング則に基づいた大地震時の強震動予測, 日本建築学会構造系論文集, No.416, 57-70
- Kamiya, S. and Y. Kobayashi (2000) Seismological evidence for the existence of serpentinized

- wedge mantle, *Geophys. Res. Lett.*, 27, 819-822
- 笠原慶一(1983)地震の力学, 鹿島出版会, pp252
- 笠原順三・望月公廣・上村彩・中村美加子・日野亮太・山田知朗・佐藤利典・Peyman P. Moghaddam・西野実・中村恭之・金沢敏彦 (2003) 沈み込み帯の非アスペリティとそれを生じる物質, *地学雑誌*, 112, 814-827
- 片山恒雄・佐藤暢彦 (1984) 多点同時観測記録から求めた地震動特性のばらつき, *土木学会年次学術講演会講演概要集第1部*, 39, 803-804
- 加藤研一 (2005) 地殻・マントルにおける波動伝播と減衰, *地盤震動—現象と理論—*, 日本建築学会, pp.408
- 加藤孝幸・中川充 (1986) 神居古潭構造帯超苦鉄質岩類の由来, *北海道の地質と構造運動*, *地団研専報*, 31号, 119-135
- 川瀬博・松尾秀典 (2004) K-NET, KiK-net, JMA 震度観測点網による強震動波形を用いた震源・パス・サイト各特性の分離解析, *日本地震工学会論文集*, 4, 33-52
- Kern, H., B. Liu and T. Popp (1997) Relationship between anisotropy of P and S wave velocities and anisotropy of attenuation in serpentine and amphibolite, *Jour. Geophys. Res.*, 102, 3051-3065
- 木村学・木川栄一・玉木賢策 (1986) アムールプレートと日本列島—50 万年以降のアジア大陸東部—, *月刊地球*, 8, 716-724
- Kinoshita, S (1998) Kyoshin net (K-NET), *Seism. Res. Lett.*, 69, 309-332
- 小林洋二 (1983) プレート”沈み込み”の始まり, *月刊地球*, 5, 510-514
- 額瀨一起・古村孝志 (2002) 2001 年芸予地震の強震動分布と深部地下構造, *地震第2輯*, 55, 97-105
- 小西一郎・高岡宣善・石川浩 (1984) 構造物の安全性と信頼性, 丸善株式会社, pp.266
- Liu, H. and D. V. Helmberger (1985) The 23:19 aftershock of the 15 October 1979 Imperial valley earthquake: more evidence for an asperity, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 75, 689-708
- Matsubara, M., K. Obara, and K. Kasahara (2008) Three-dimensional P-and S-wave velocity structures beneath the Japan Islands obtained by high-density seismic stations by seismic tomography, *Tectonophysics*, 454, 86-103, doi:10.1016/j.tecto.2008.04.016
- McGarr, A.(1984) Scaling of ground motion parameters state of stress and focal depth, *J. Geophys. Res.* 89, 6969-6979
- 前田宣浩・笹谷努・一柳昌義・山口照寛・高橋浩晃・笠原稔 (2005) 2004 年 12 月 14 日留萌支庁南部の地震, *北海道大学地球物理学研究報告*, 68, 243-253

- 儘田豊 (1997) 北海道日高山脈周辺のコーダ Q 値, 地震 第2輯, 50, 115-118
- 翠川三郎・小林啓美 (1980) 震源域及びその周辺での地表面最大加速度分布の推定, 日本建築学会構造系論文報告集, No.290, 83-92
- 三好崇之・石橋克彦 (2004) 震源分布からみた伊勢湾から四国西部にかけてのフィリピン海スラブの形状, 地震 第2輯, 57, 139-152
- 森川信之・神野達夫・成田章・藤原広行・福島美光(2003)東北日本の異常震域に対応するための距離減衰式の補正係数, 日本地震工学会論文集, 3, 14-26
- Nakajima, J., T. Matsuzawa, A. Hasegawa, and D. Zhao (2001) Three-dimensional structure of V_p , V_s and V_p/V_s beneath northeastern Japan: Implications for arc magmatism and fluids, *J. Geophys. Res.*, 106, 21843-21857.
- 中村一明 (1983) 日本海東縁新生海溝の可能性, 東京大学地震研究所彙報, 58, 711-722
- 中村亮一 (1988) 気象庁データと地盤の対応について, 日本地震学会講演予稿集, No.1, 278
- 中村亮一・島崎邦彦・橋田俊彦 (1994) 震度データトモグラフィーによる日本列島下の三次元減衰構造および広域震度予測, 地震第2輯, 47, 21-32
- Nakamura, R., K. Shimazaki and T. Hashida (1995) Effects of 3-D attenuation structure on seismic ground motions in Japan, 10th European Conference on Earthquake Engineering, Duma(ed.), Balkema, 393-398
- 中村亮一・西村功・渡辺健 (1997) 地震動における三次元減衰構造の影響—遺伝的アルゴリズムを用いた震度データによる震源決定の検討—, 歴史地震, No.13, 5-11
- Nakamura, R. and T. Uetake (2000) Three dimensional attenuation structure and site amplification inversion by using a large quantity of seismic strong motion records in Japan, 12th World Conference on Earthquake Engineering (WCEE), CD-ROM, ID0724
- 中村亮一・植竹富一 (2002) 加速度強震計記録を用いた日本列島下の三次元減衰構造トモグラフィー, 地震 第2輯, 54, 475-488
- 中村亮一・植竹富一 (2004) 強震記録データによる東北地方の三次元減衰構造, 地震第2輯, 56, 4, 447-455
- Nakamura, R., K. Satake, S. Toda, T. Uetake and S. Kamiya (2006) 3-D Attenuation Structure beneath the Kanto District, JAPAN, *Geophysical Research Letters*, vol.33, L21604, doi:10.1029/2006GL027352
- 中村亮一・植竹富一・野口厚子 (2006a) 三次元減衰構造インバージョンによるサイト増幅特性—東北地方北部から北海道における検討—, 日本建築学会大会梗概集 構

造 B2, 21014, 27-28

中村亮一・湯沢豊・菅原正晴 (2006b) 最近の震度データを含むインバージョンによる
三次元減衰構造及び仮想的な震源加速度と気象庁マグニチュード M_j の関係, 第
12 回日本地震工学シンポジウム, 226-229

中村亮一・植竹富一・八代和彦 (2007a) 震度データによる三次元減衰構造を用いた震源
深さ決定の可能性、歴史地震、No.22, 95-100

中村亮一・植竹富一・佐竹健治・遠田晋次・宇佐美龍夫・島崎邦彦・渡辺健 (2007b) 関
東地域の三次元減衰構造・異常震域とそれに基づく 1855 年安政江戸地震の震源
深さの推定, 歴史地震, No.22, 101-107

中村浩二 (2004) 観測網もボーダーレス—一元化データ処理—, ないふる, 日本地震学
会, 43, 6-7

Nakanishi, I. and A. Horie (1980) Anomalous distributions of seismic intensities due to the
descending Philippine Sea Plate beneath the southern Kanto district, Japan, J. Phys.
Earth, 28, 333–360.

日本道路協会 (1980) 道路橋示方書・同解説(耐震設計編)

日本道路協会 (1990) 道路橋示方書・同解説(耐震設計編)

Nishida, K., Kawakatsu, H., and S. Obara (2008) Three-dimensional crustal S-wave velocity
structure in Japan using microseismic data recorded by Hi-net tiltmeters, J. Geophys.
Res., 113, B10302, doi:10.1029/2007JB005395.

野口伸一 (1998) 関東地域の地震活動・発震機構・火山フロントとフィリピン海及び太
平洋プレートの沈み込み, 東京大学地震研究所彙報, 73, 73-103

Petukhin, A., K. Irikura, S. Ohmi and T. Kagawa (2003) Estimation of Q-values in the
seimogenic and aseismic layers in the Kinki region, Japan, by elimination of the
geometrical spreading effect using ray approximation, Bull. Seism. Soc. Am., 93,
1498-1515

大中康譽・松浦充宏 (2002) 地震発生の物理学、東京大学出版会、pp.378

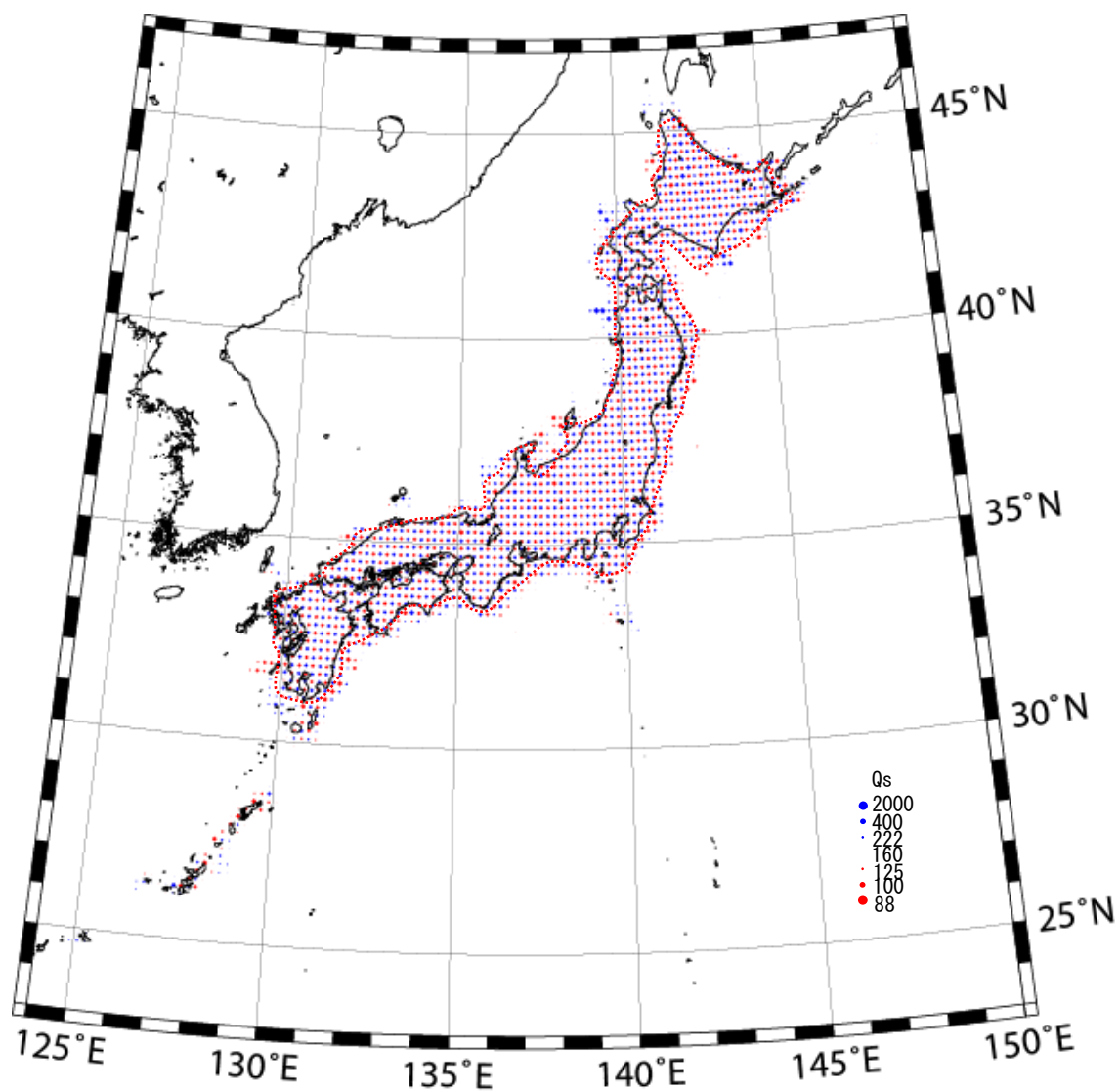
笹谷努・森川信之・前田宜浩 (2002) 1993 年釧路沖地震による強震動記録：震源及び伝
播経路特性の評価, 第 11 回日本地震工学シンポジウム, 112, 583-588

佐藤良輔・阿部勝征・岡田義光・島崎邦彦・鈴木保典 (1989) 日本の地震断層パラメタ
ーハンドブック, pp.390, 鹿島出版会

佐藤智美・小林義尚・八代和彦 (2000) 強震動の高周波フーリエスペクトル特性-fmax
と応力降下量-, 日本建築学会構造系論文集, No.527, 79-87

- 佐藤智美・巽誉樹 (2002) 全国の強震記録に基づく内陸地震と海溝性地震の震源・伝播・サイト特性, 日本建築学会構造系論文集, No.556, 15-24
- 佐藤智美 (2003) 中小地震の応力降下量の断層タイプ・震源深さ依存性及び地域性に関する研究, 土木学会地震工学論文集, CD-ROM(p_048.pdf)
- Sekine, S (2002) Tomographic inversion of ground motion amplitudes for the 3-D attenuation structure beneath the Japanese islands, 東京大学博士論文
- Sekine, S (2005) Tomographic inversion of ground motion amplitudes for the 3-D attenuation structure beneath the Japanese islands, 防災科学技術研究所研究報告、No.68, 137-174
- Sekiguchi, S. (1991) Three-dimensional Q structure beneath the Kanto-Tokai district, Japan, *Tectonophys.*, 195, 83-104
- Sekiguchi(2001) A new configuration and an aseismic slab of the descending Philippine Sea plate revealed by seismic tomography, *Tectonophysics*, 341, 19-32
- 瀬野徹三 (1986) 日本列島の中期更新世－50 万年前に何が起こったか－, 月刊地球, 8, 708-715
- Schorlemmer, D., S. Wiemer and M. Wyss (2005) Variations in earthquake-size distribution across different stress regimes, *Nature*, 437, 539-542
- 司宏俊・翠川三郎 (1999) 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文報告集, No.523, 63-70
- 嶋悦三 (1989) わかりやすい地震学, 鹿島出版会, pp.198
- 武村雅之 (1984) 強震地動, 地盤震動にかかわる今日の課題－日本海中部地震をめぐる－, 第 12 回地盤震動シンポジウム, 日本建築学会, 15-24
- 武村雅之・稗圃成人・池浦友則・植竹富一 (1989) プレーートの沈み込み帯における中小規模地震の震源スペクトルの地域性, 地震 第 2 輯, 42, 349-359
- Tamura, Y., Y. Tatsumi, D. Zhao, Y. Kido and H. Shukuno (2002) Hot fingers in the mantle wedge: new insights into magma genesis in subduction zones, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 197, 105-116
- Toda, S., Stein, R. S., Kirby, S. Bozkurt, S. B. (2008) A slab fragment wedged under Tokyo and its tectonic and seismic implications, *Nature Geoscience*, , doi:10.1038/ngeo318
- Tsumura, N., A. Hasegawa and S. Horiuchi (1996) Simultaneous estimation of attenuation structure, source parameters and site response spectra - application to the northeastern part of Honshu, Japan, *Phys. Earth Planet. Interor.*, 93, 105-121
- Tsumura, N., S. Matsumoto, S. Horiuchi, A. Hasegawa (2000) Three-dimensional attenuation

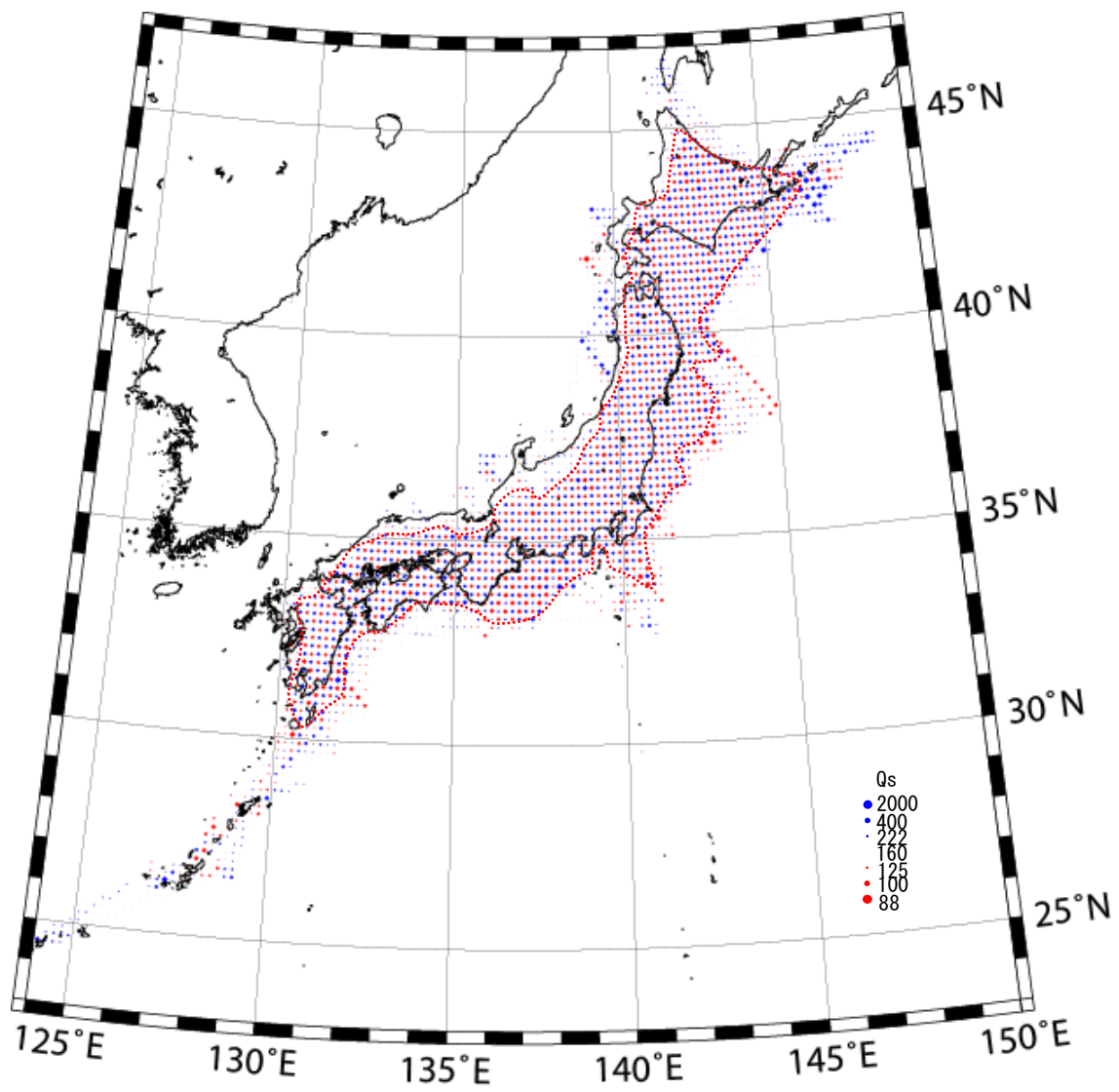
- structure beneath the northeastern Japan arc estimated from spectra of small earthquakes, *Tectonophysics*, 319, 4, 241-260
- 鶴来雅人・岡崎敦・羽田浩二・入倉孝次郎 (2006) 近畿地方で発生する地震の応力降下量の特徴, 第 12 回地震工学シンポジウム, CD-ROM(0068), 378-381
- 上野寛・畠山信一・明田川保・舟崎淳・浜田信生 (2002) 気象庁の震源決定方法の改善ー浅部速度構造と重み関数の改良, 験震時報, 65, 123-134
- 海野徳仁・長谷川昭 (1984) 東北日本弧の三次元 Q_s 値構造, 地震第 2 輯, 37, 217-228
- Utsu, T. (1966) Regional differences in absorption of seismic waves in the upper mantle inferred from abnormal distributions of seismic intensities, *J. Fac. Sci., Hokkaido Univ. ser. □*, 2, 359-374
- 宇津徳治 (1969) 西日本の異常震域, 北海道大学地球物理学研究報告, 21, 65-84
- 宇津徳治 (1977) 地震学, 共立出版, pp.286
- Wessel, P., and W.H.F. Smith (1998) New improved version of Generic Mapping Tools released. *EOS, Trans. AGU*, 79, 579
- 山本みどり・岩田知孝・入倉孝次郎 (1995) 釧路地方気象台における強震動と弱震動に対するサイト特性の評価, 地震 第 2 輯, 48, 341-351



Layer 1 0-30 km

図 A1-1(a) 解像度解析結果

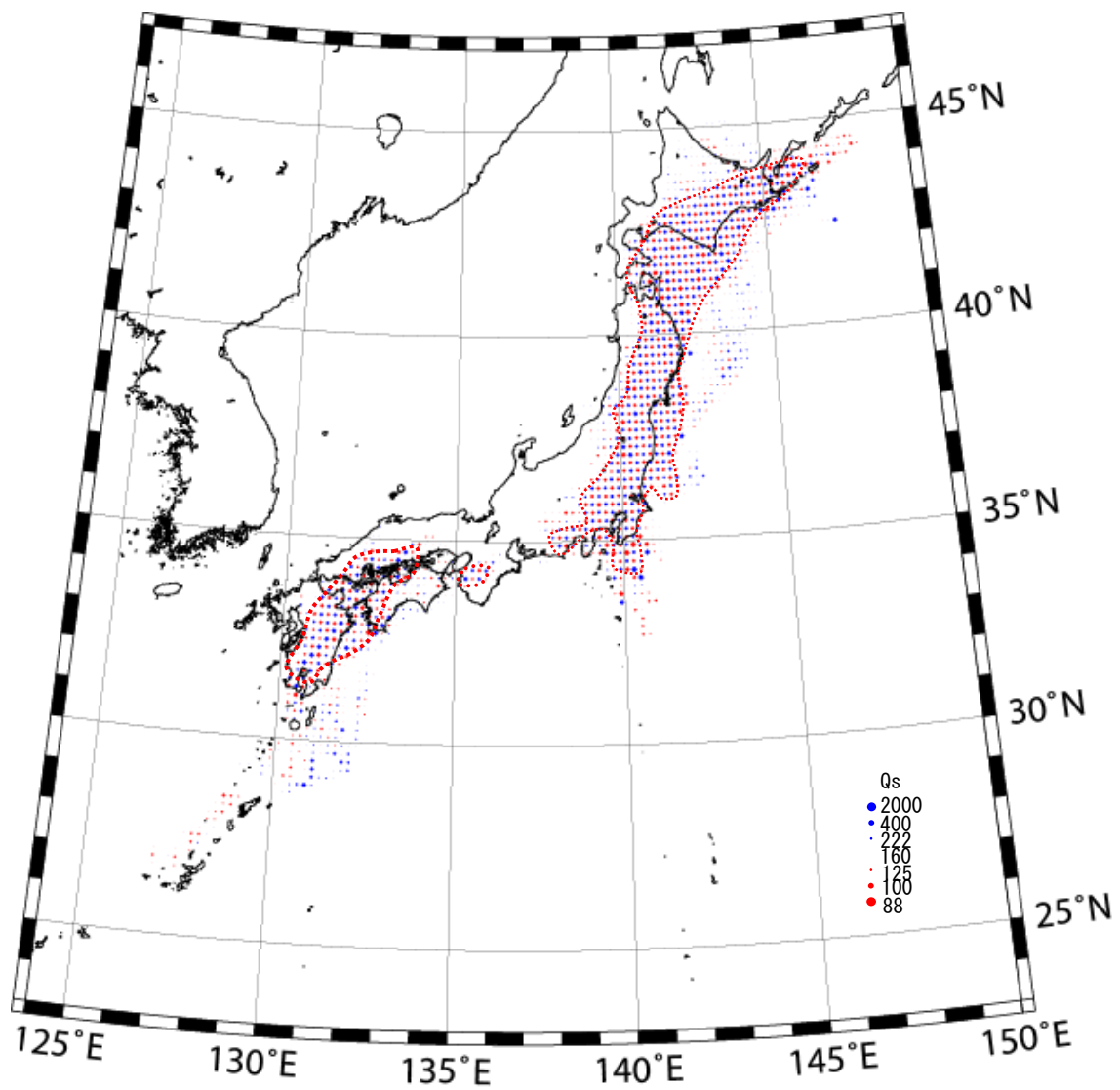
Figure A1-1(a) Result of checkerboard resolution analysis at 0-30 km



Layer 2 30-60 km

図 A1-1(b) 解像度解析結果

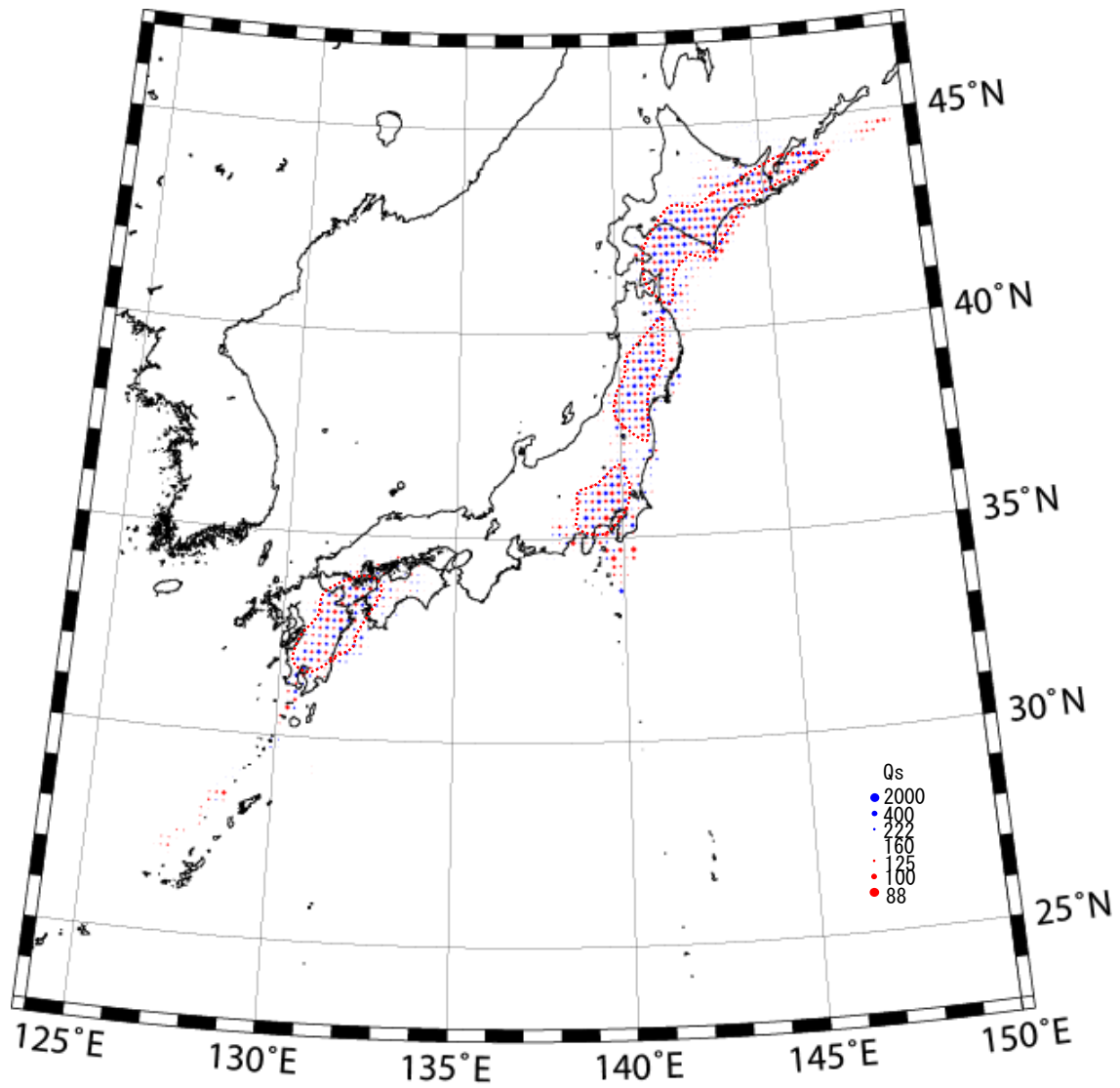
Figure A1-1(b) Result of checkerboard resolution analysis at 30-60km



Layer 3 60-90 km

図 A1-1(c) 解像度解析結果

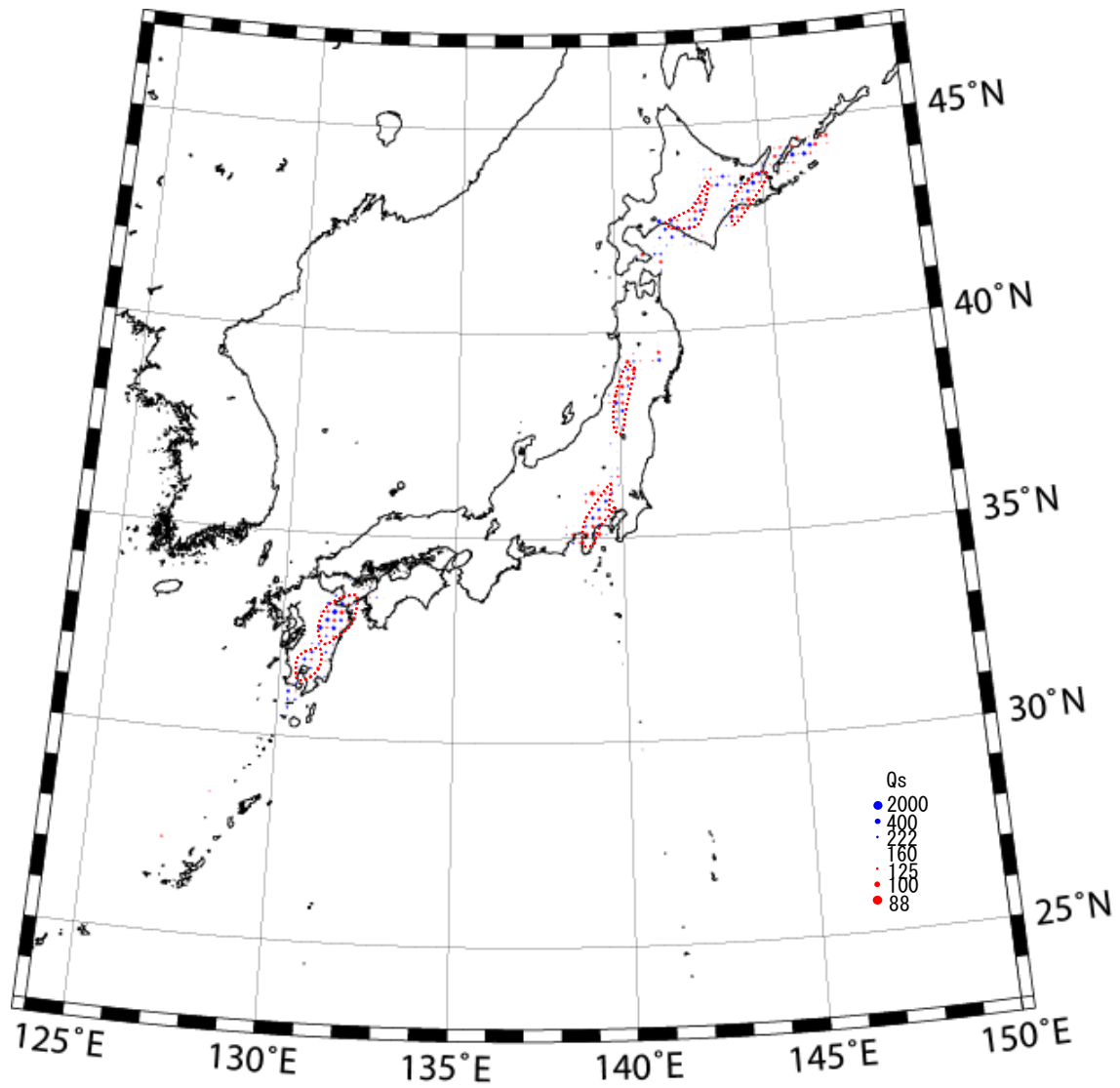
Figure A1-1(c) Result of checkerboard resolution analysis at 60-90 km



Layer 4 90-120 km

図 A1-1(d) 解像度解析結果

Figure A1-1(d) Result of checkerboard resolution analysis at 90-120 km



Layer 5 120-150 km

図 A1-1(e) 解像度解析結果

Figure A1-1(e) Result of checkerboard resolution analysis at 120-150 km

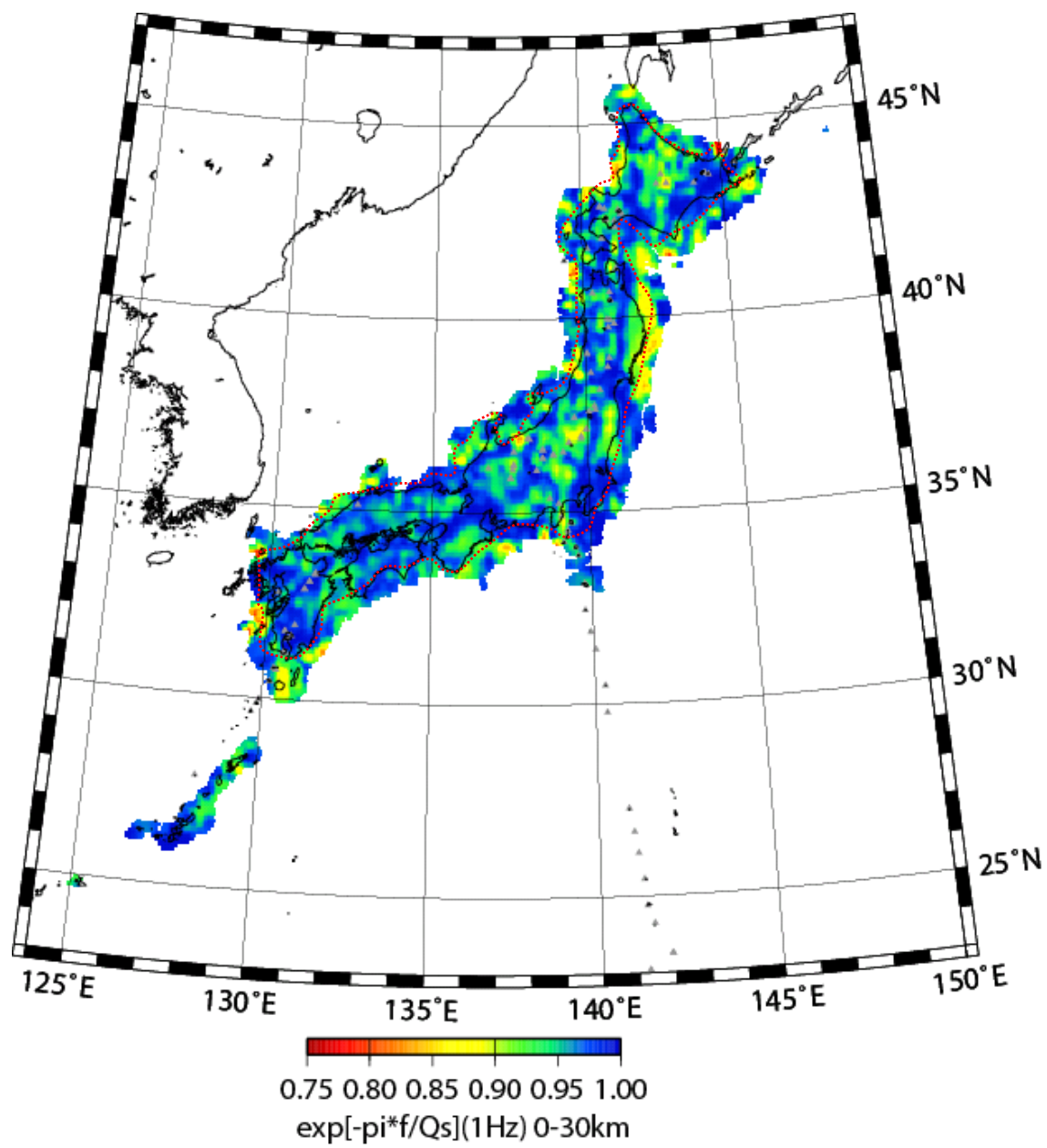


図 A1-2(a) 三次元減衰構造 1 Hz Layer 1 (0-30 km)

Figure A1-2(a) Estimated Q_s distributions of 1 Hz at 0-30 km depth.

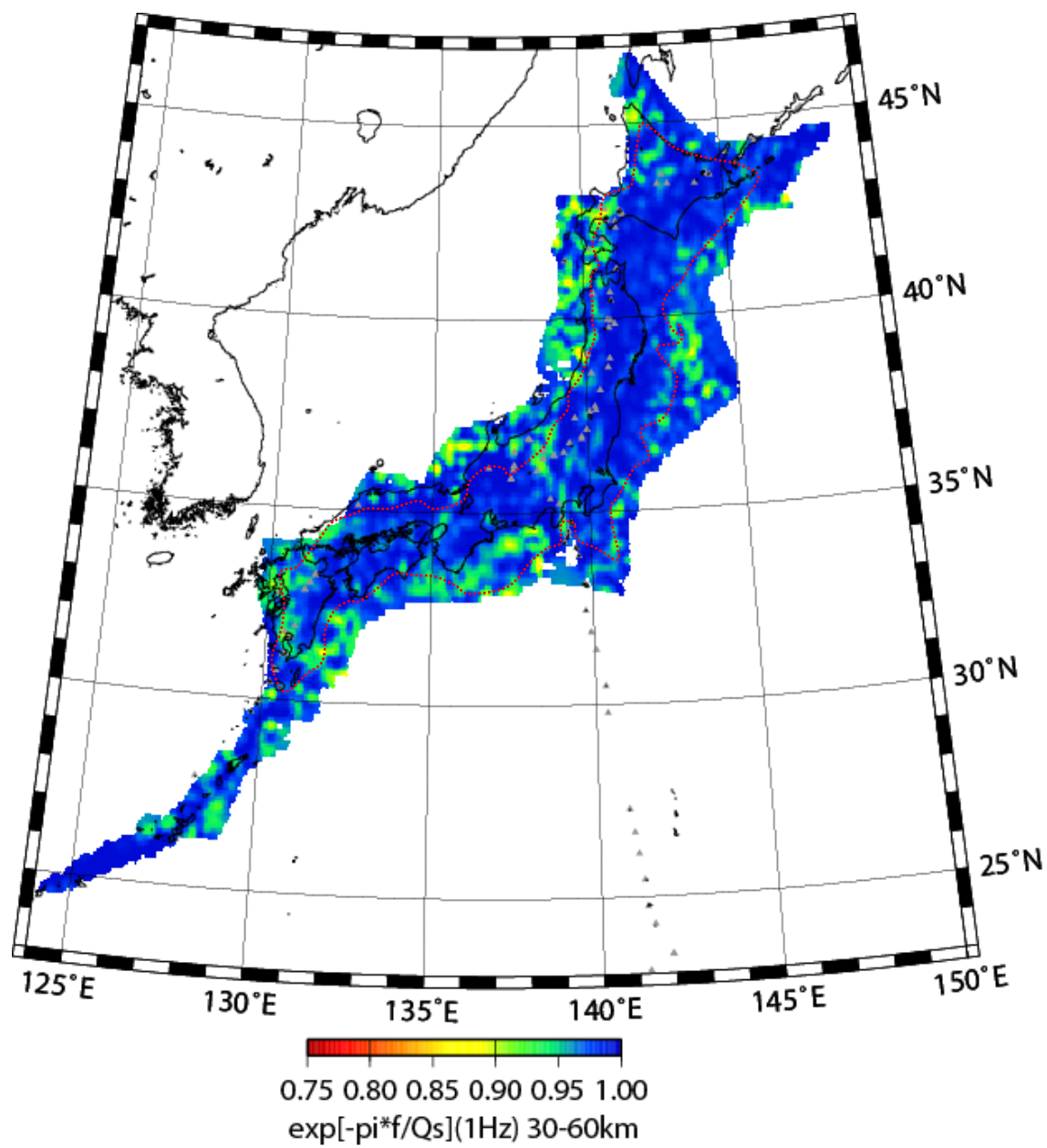


図 A1-2(b) 三次元減衰構造 1 Hz Layer 2 (30-60 km)

Figure A1-2(b) Estimated Q_s distributions of 1 Hz at 120-150 km depth.

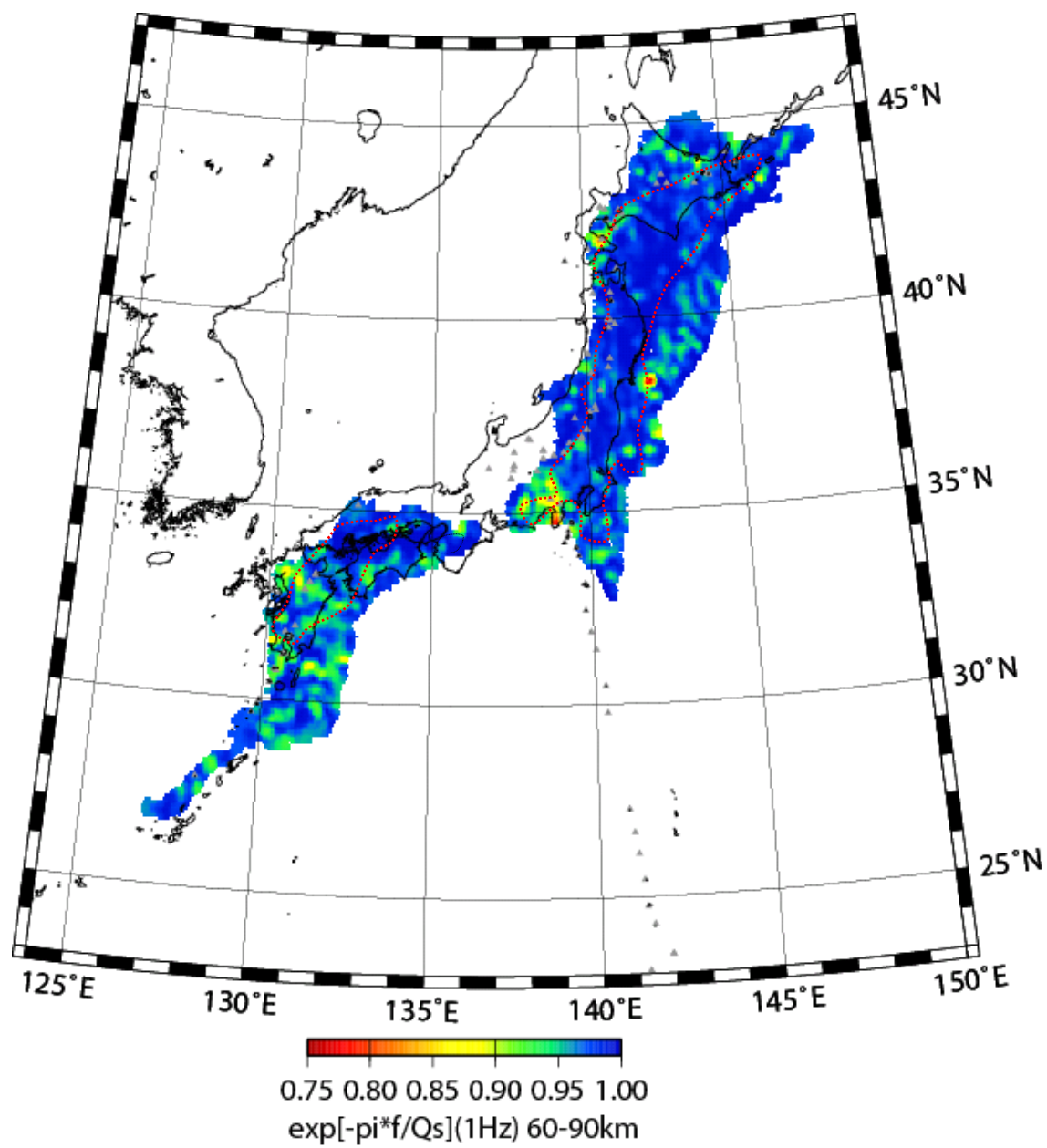


図 A1-2(c) 三次元減衰構造 1 Hz Layer 3 (60-90 km)

Figure A1-2(c) Estimated Q_s distributions of 1 Hz at 60-90 km depth.

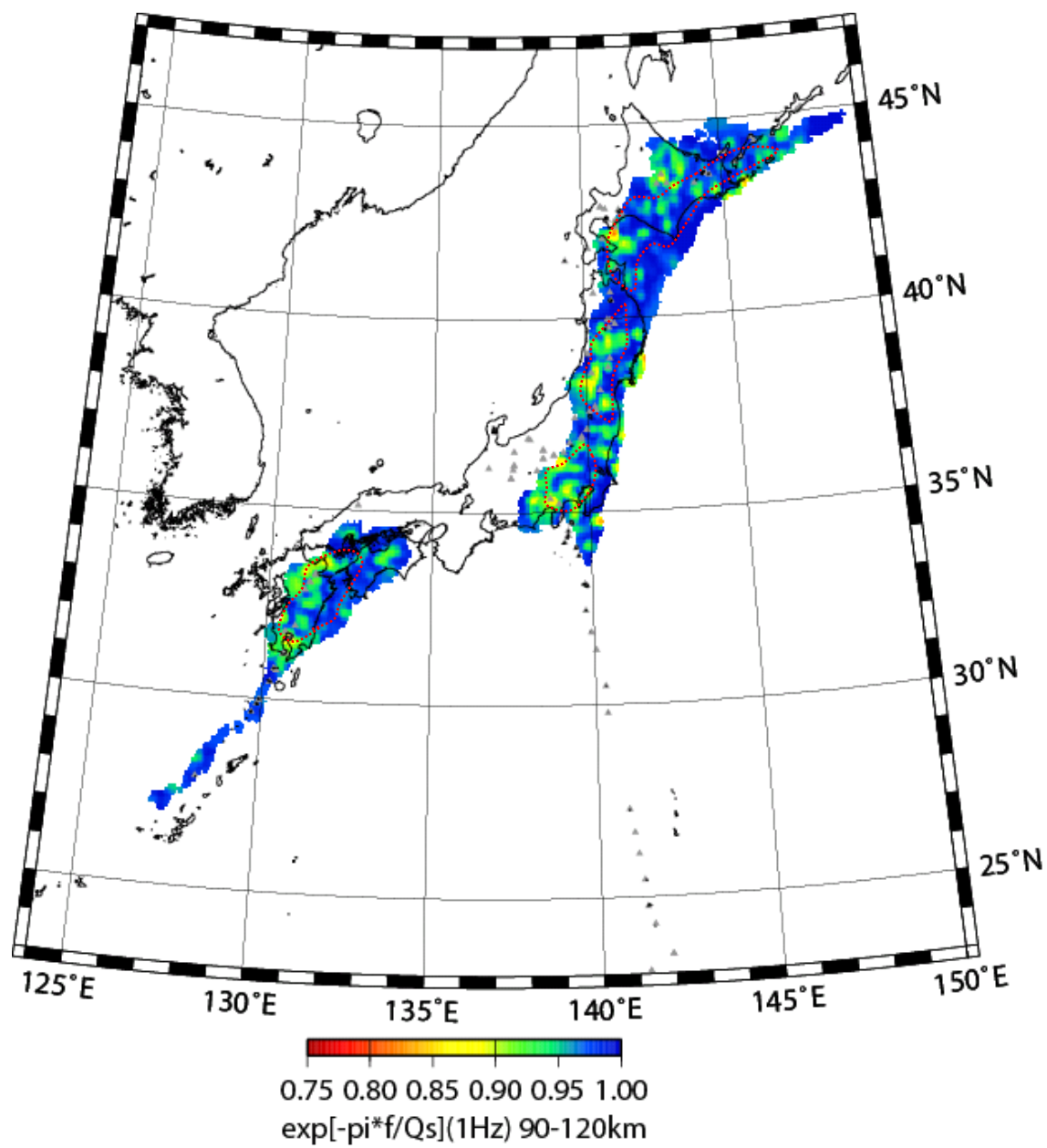


図 A1-2(d) 三次元減衰構造 1Hz Layer 4 (90-120 km)

Figure A1-2(d) Estimated Q_s distributions of 10 Hz at 90-120 km depth.

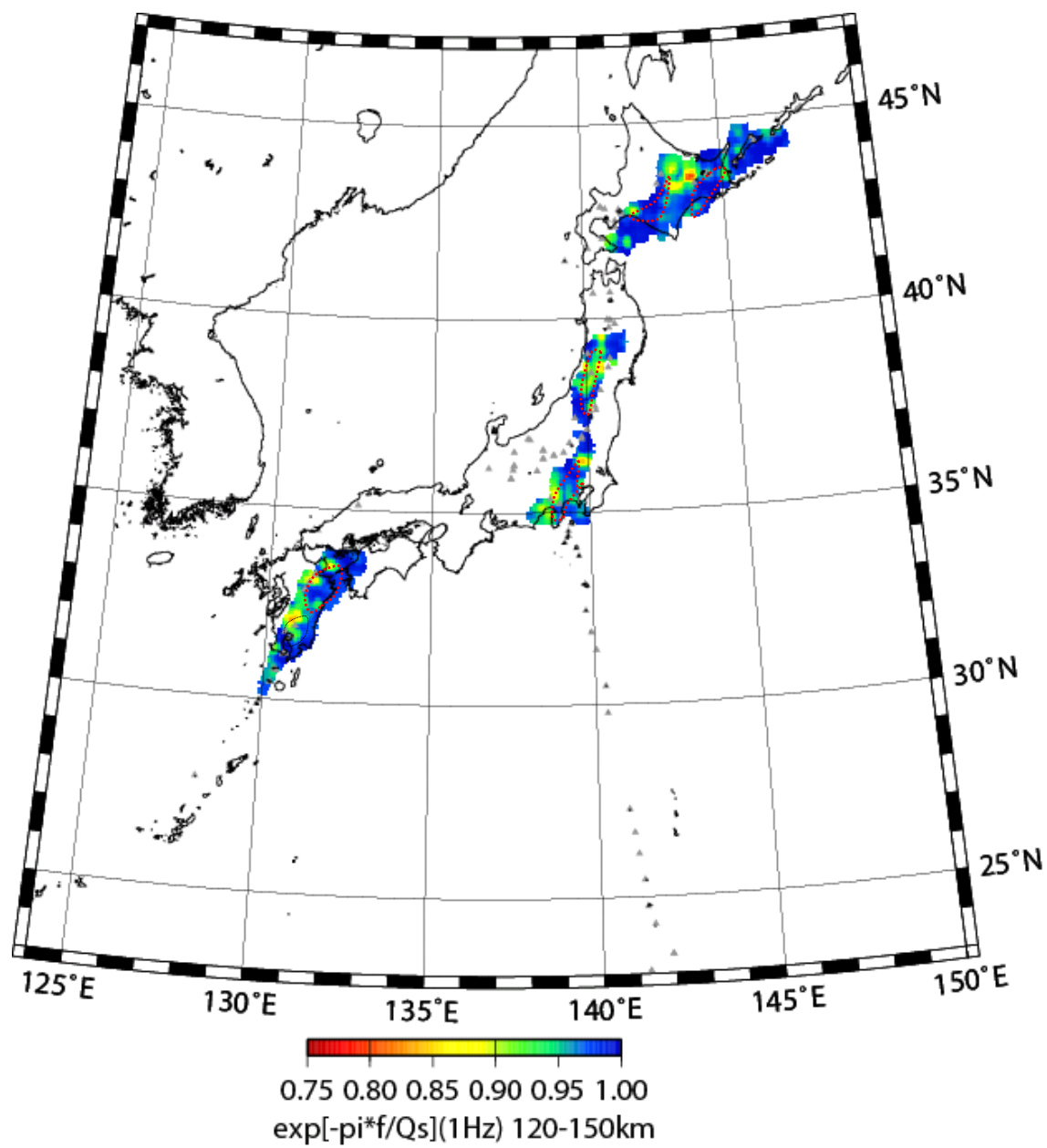


図 A1-2(e) 三次元減衰構造 1 Hz Layer 5 (120-150 km)

Figure A1-2(e) Estimated Q_s distributions of 10 Hz at 120-150 km depth.

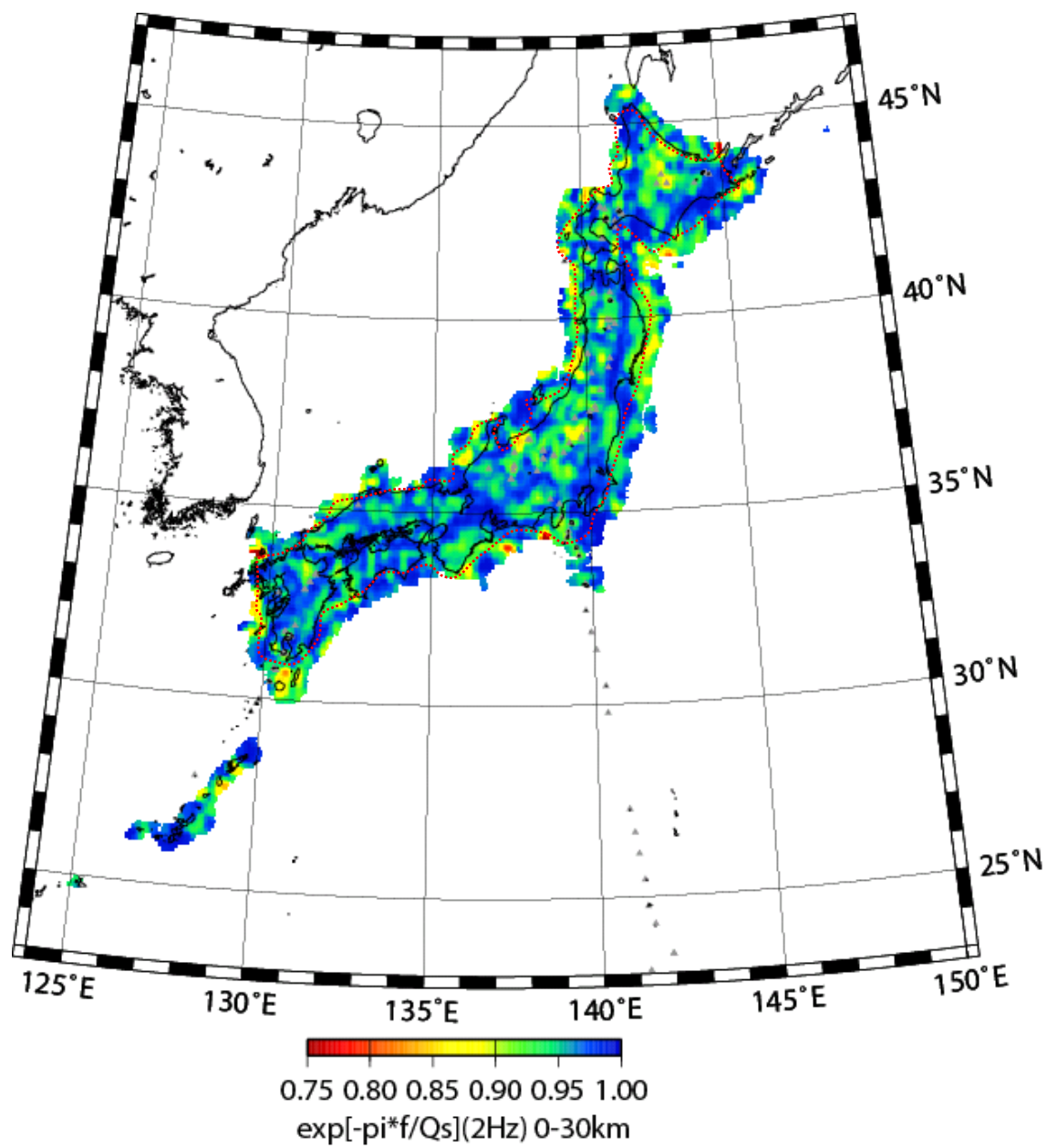


図 A1-3(a) 三次元減衰構造 2 Hz Layer 1 (0-30 km)

Figure A1-3(a) Estimated Q_s distributions of 2 Hz at 0-30 km depth.

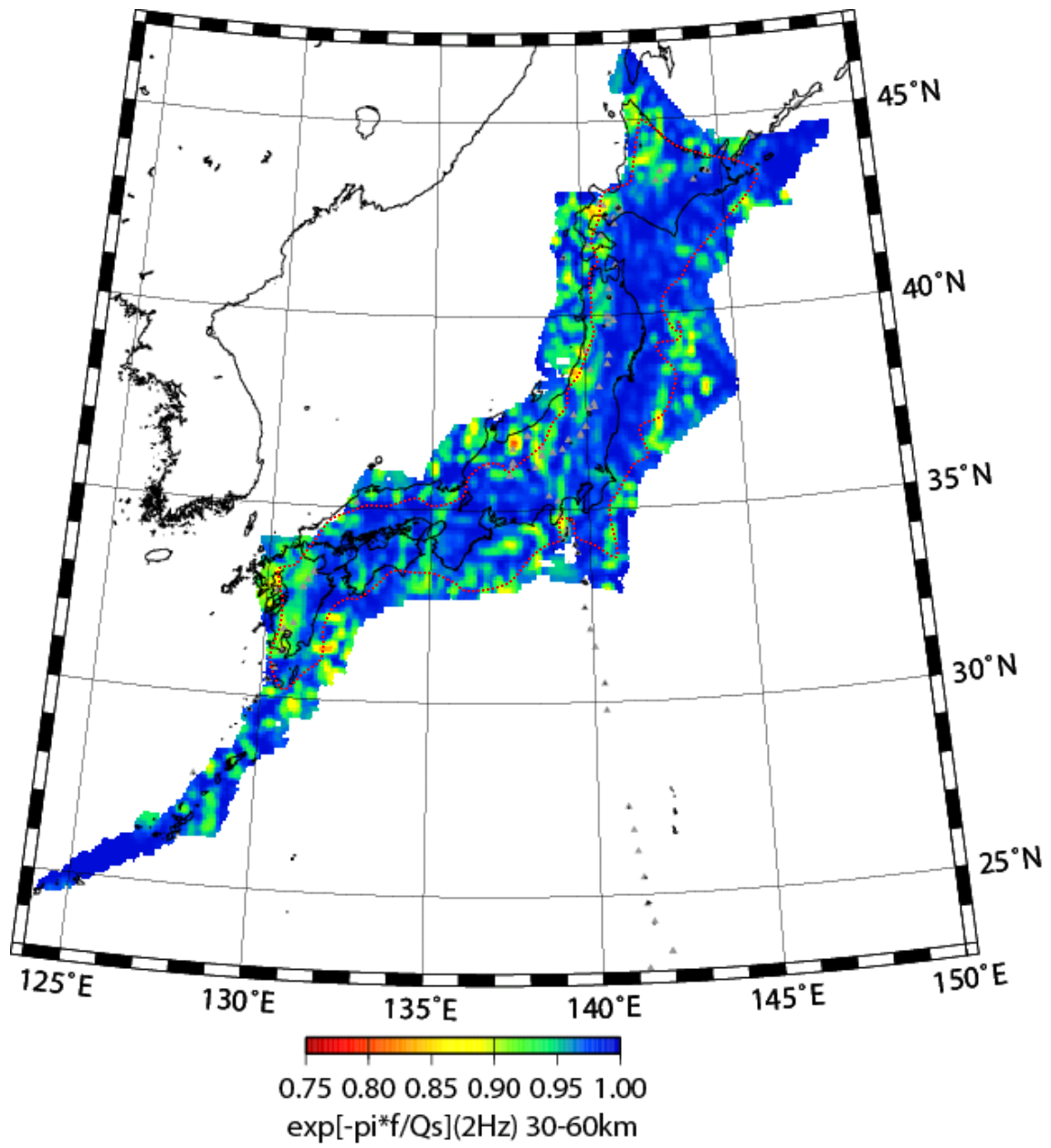


図 A1-3(b) 三次元減衰構造 2 Hz Layer 2 (30-60 km)

Figure A1-3(b) Estimated Q_s distributions of 2 Hz at 30-60 km depth.

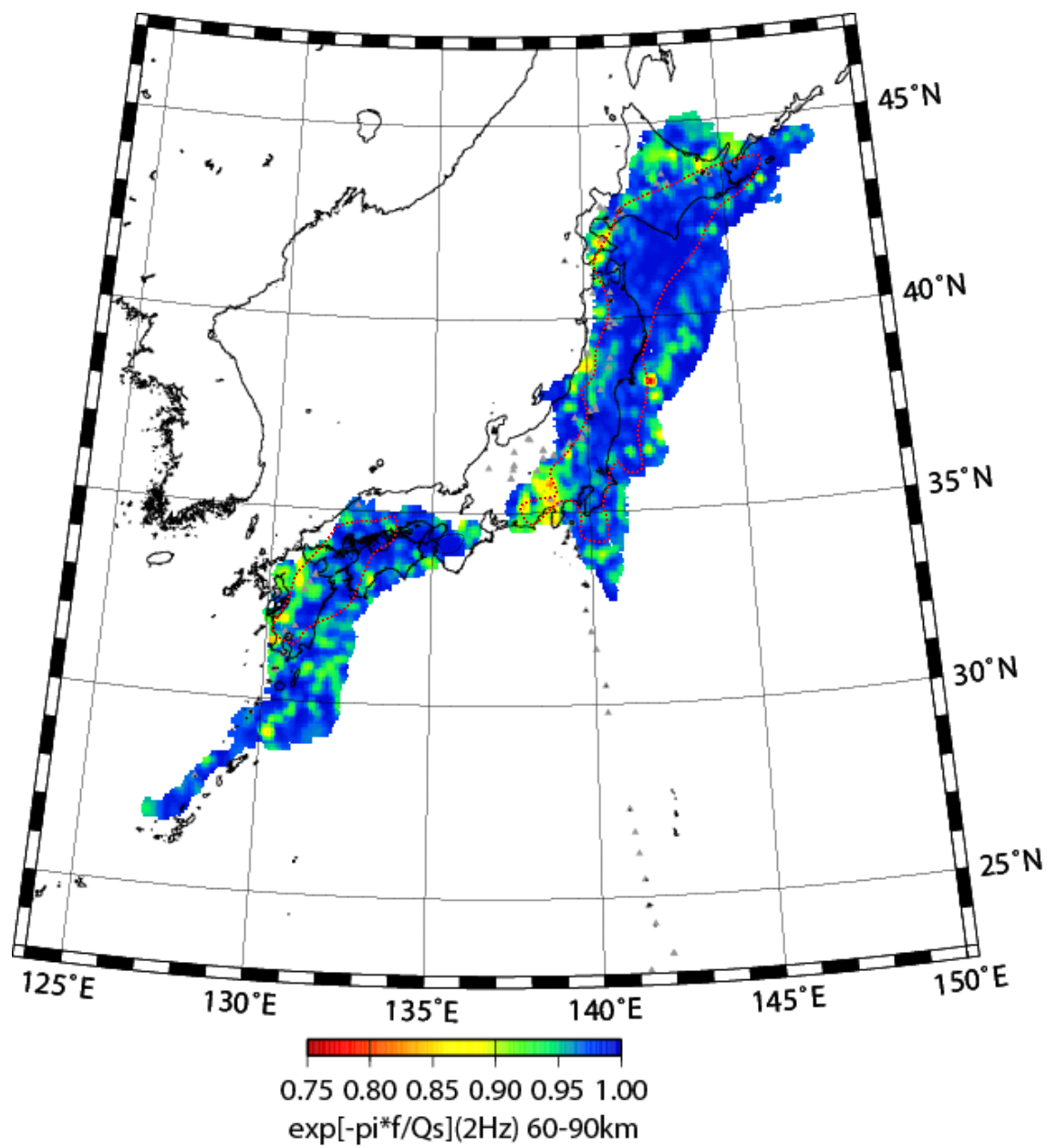


図 A1-3(c) 三次元減衰構造 2 Hz Layer 3 (60-90 km)

Figure A1-3(c) Estimated Q_s distributions of 2 Hz at 60-90 km depth.

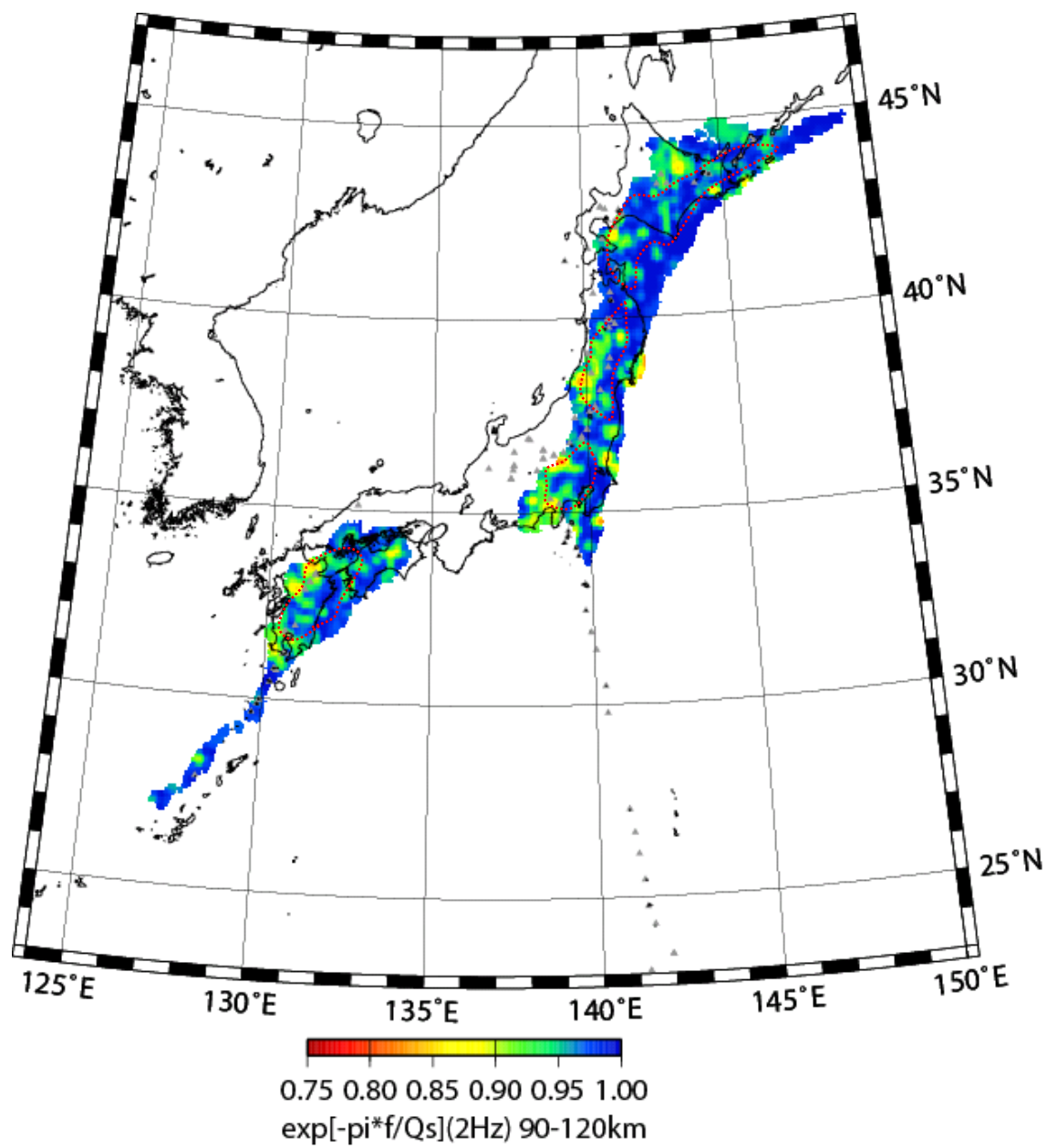


図 A1-3(d) 三次元減衰構造 2 Hz Layer 4 (90-120 km)

Figure A1-3(d) Estimated Q_s distributions of 2 Hz at 90-120 km depth.

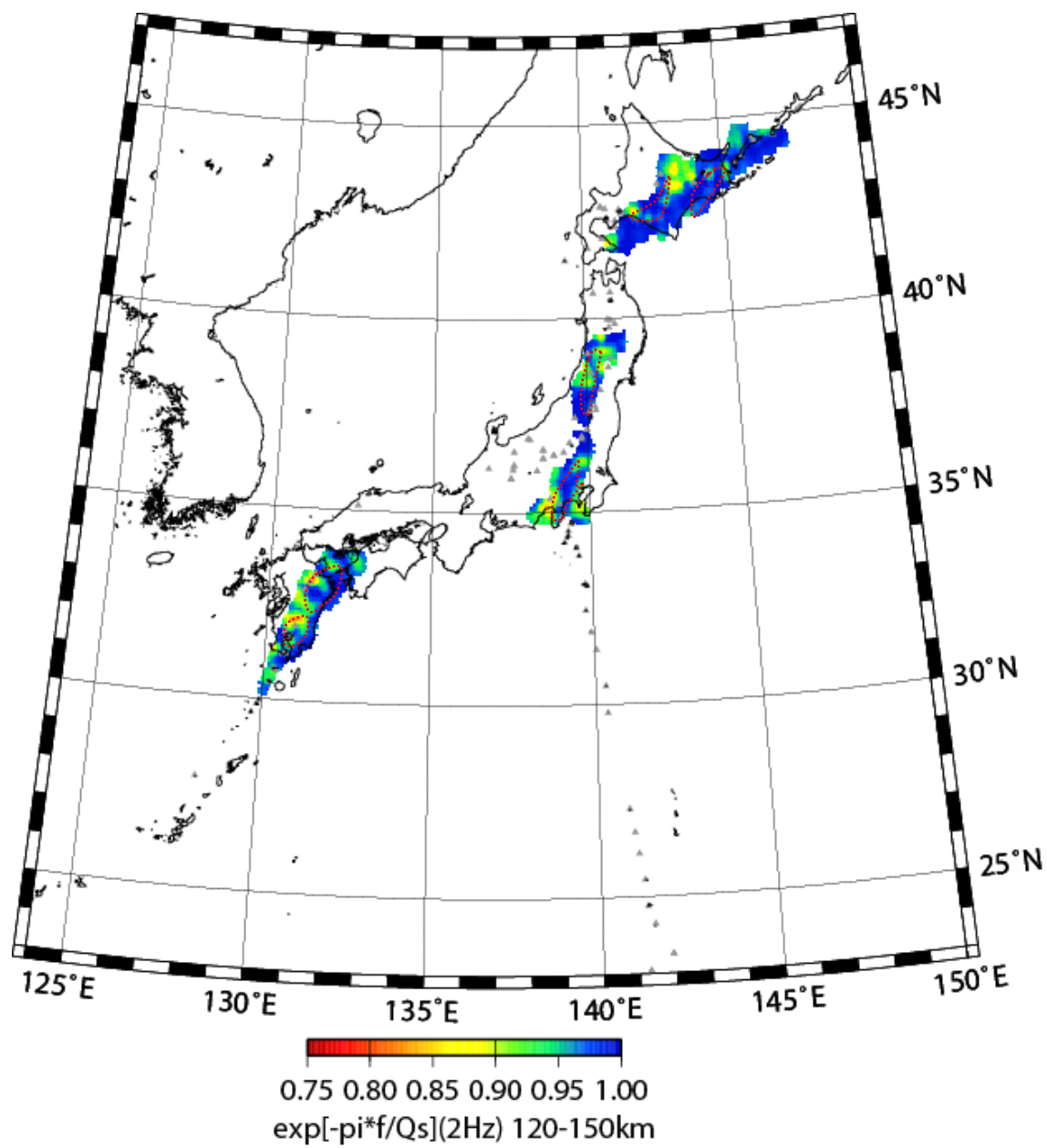


図 A1-3(e) 三次元減衰構造 2 Hz Layer 5 (120-150 km)

Figure A1-3(e) Estimated Q_s distributions of 2 Hz at 120-150 km depth.

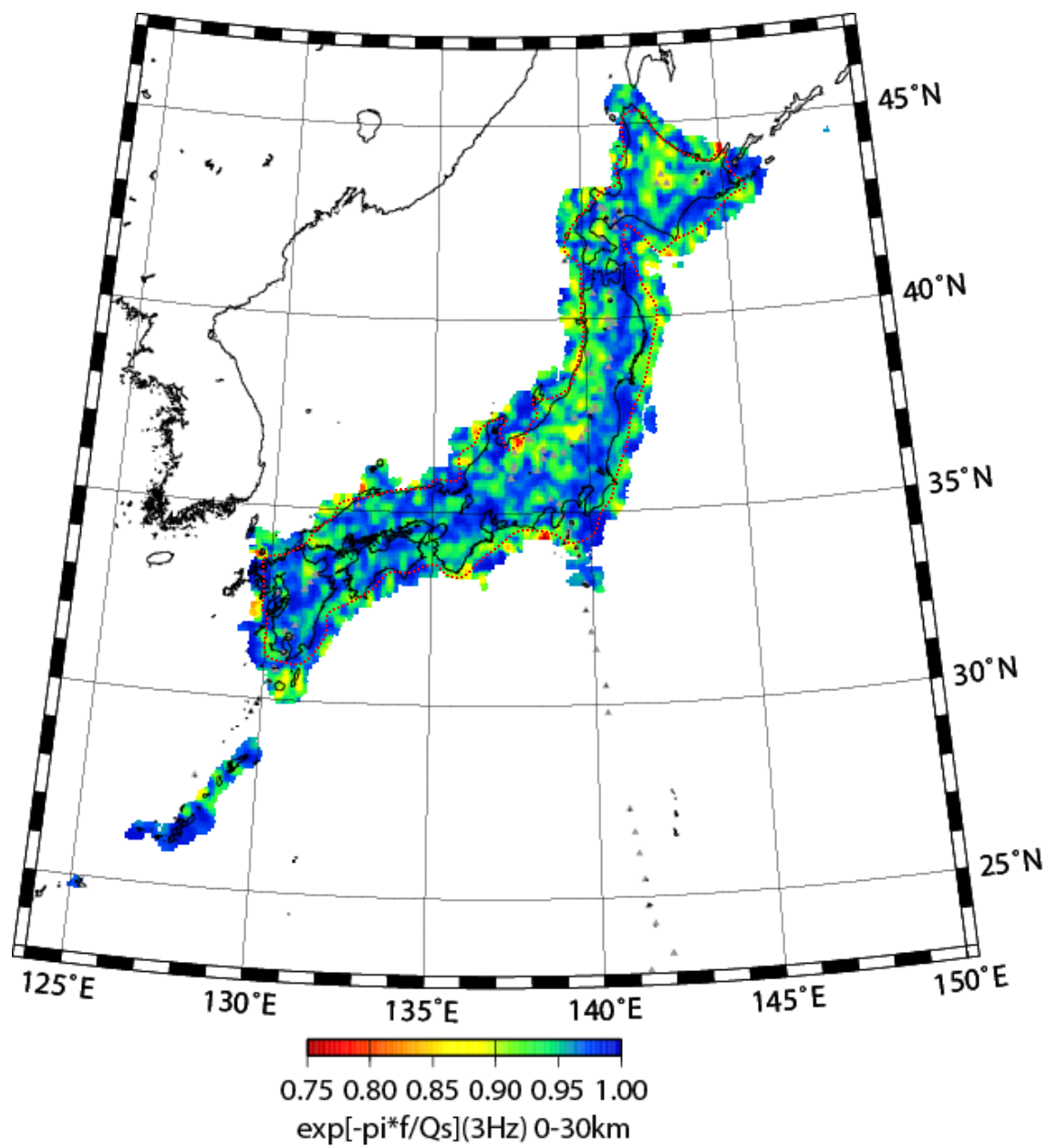


図 A1-4(a) 三次元減衰構造 3 Hz Layer 1 (0-30 km)

Figure A1-4(a) Estimated Q_s distributions of 3 Hz at 0-30 km depth.

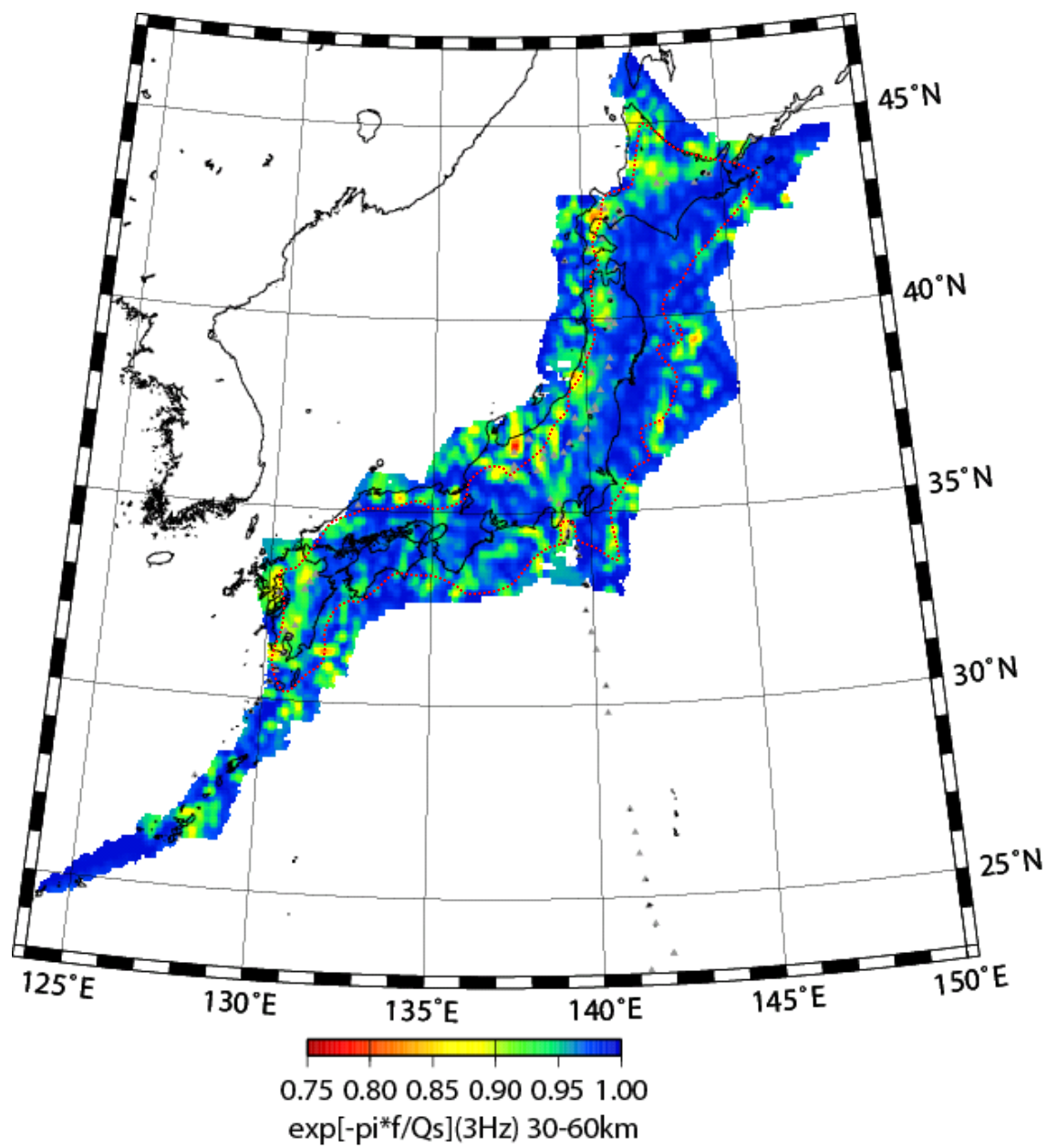


図 A1-4(b) 三次元減衰構造 3 Hz Layer 2 (30-60 km)

Figure A1-4(b) Estimated Q_s distributions of 3 Hz at 30-60 km depth.

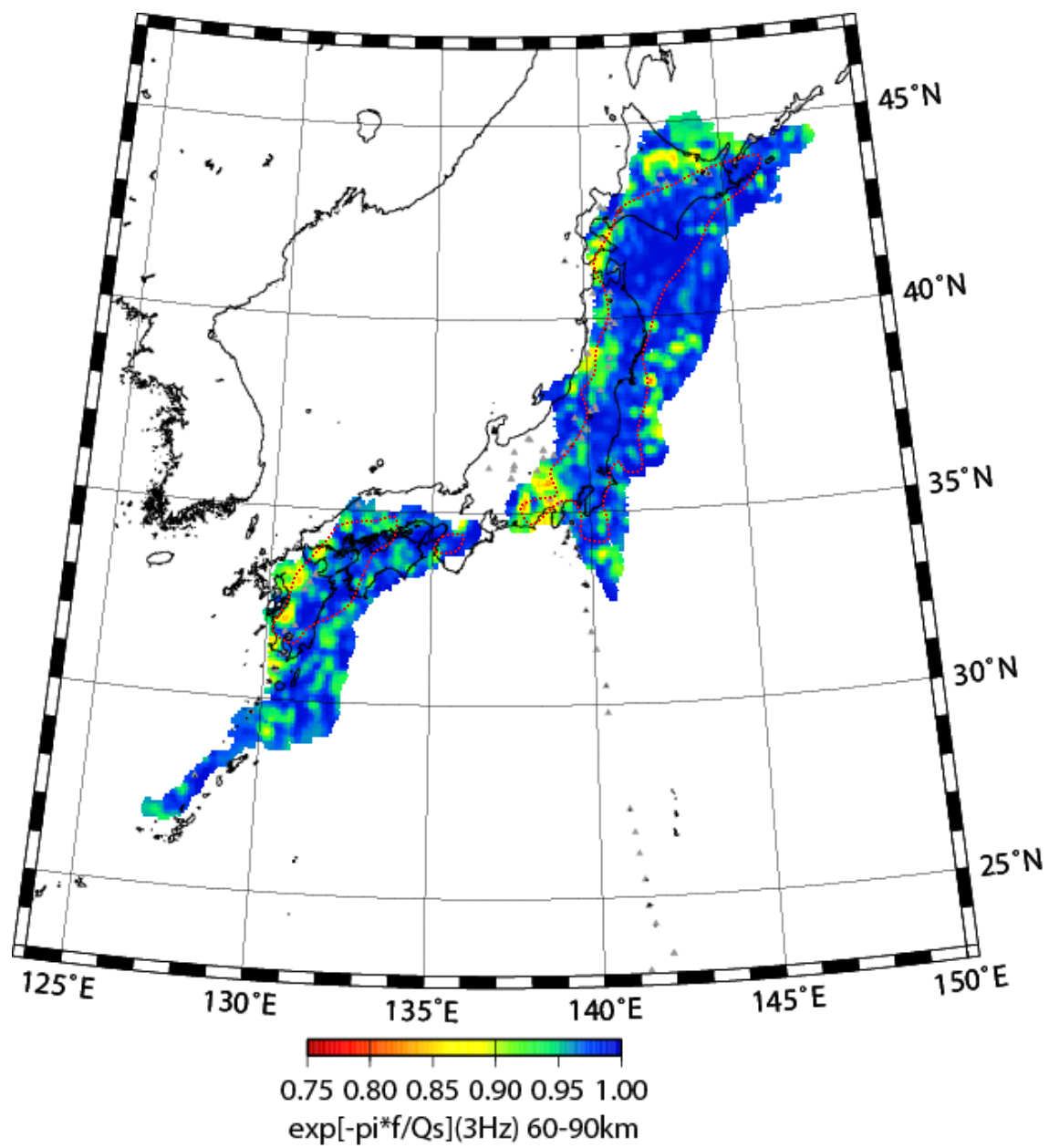


図 A1-4(c) 三次元減衰構造 3 Hz Layer 3 (60-90 km)

Figure A1-4(c) Estimated Q_s distributions of 3 Hz at 60-90 km depth.

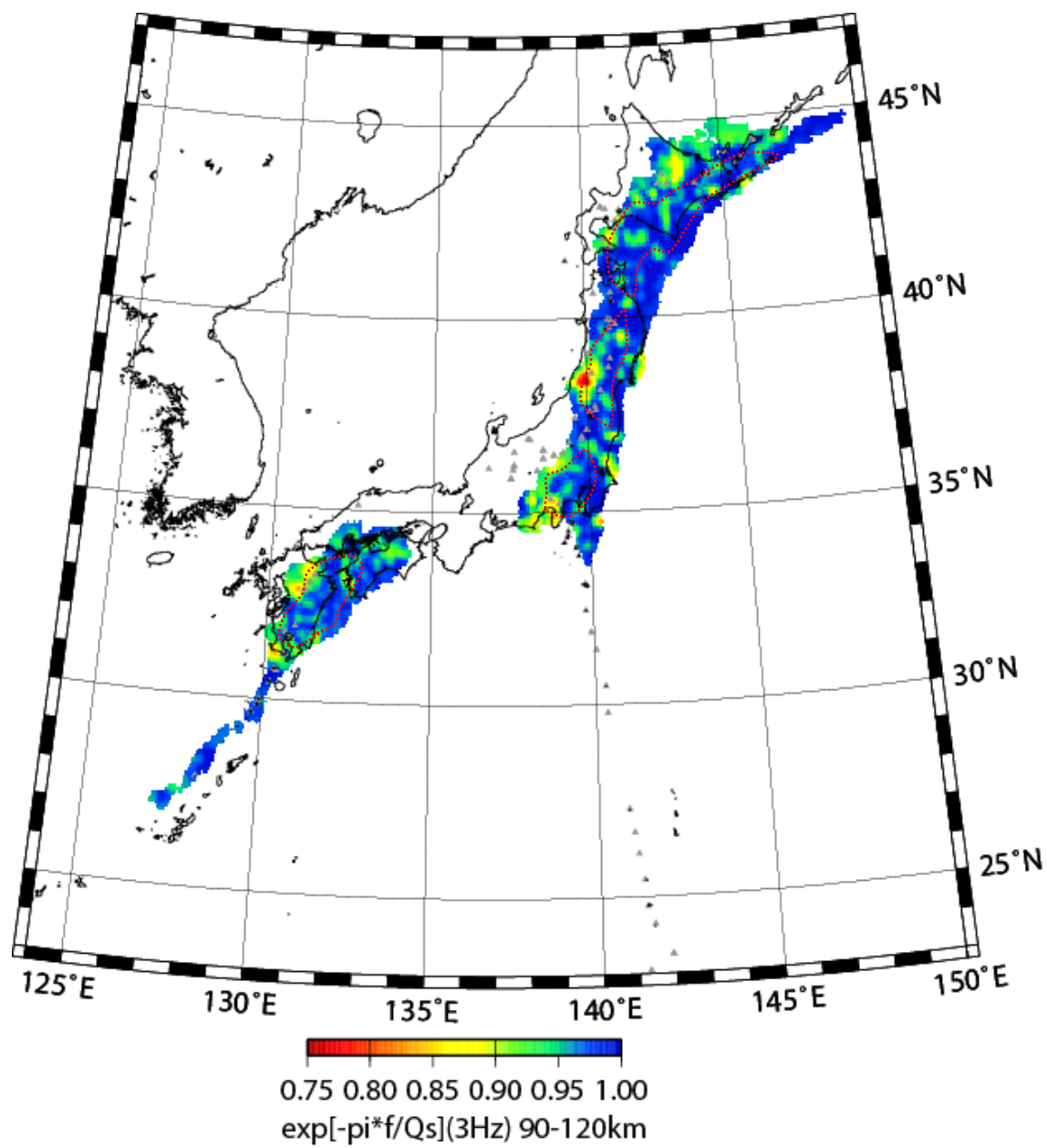


図 A1-4(d) 三次元減衰構造 3 Hz Layer 4 (90-120 km)

Figure A1-4(d) Estimated Q_s distributions of 3 Hz at 90-120 km depth.

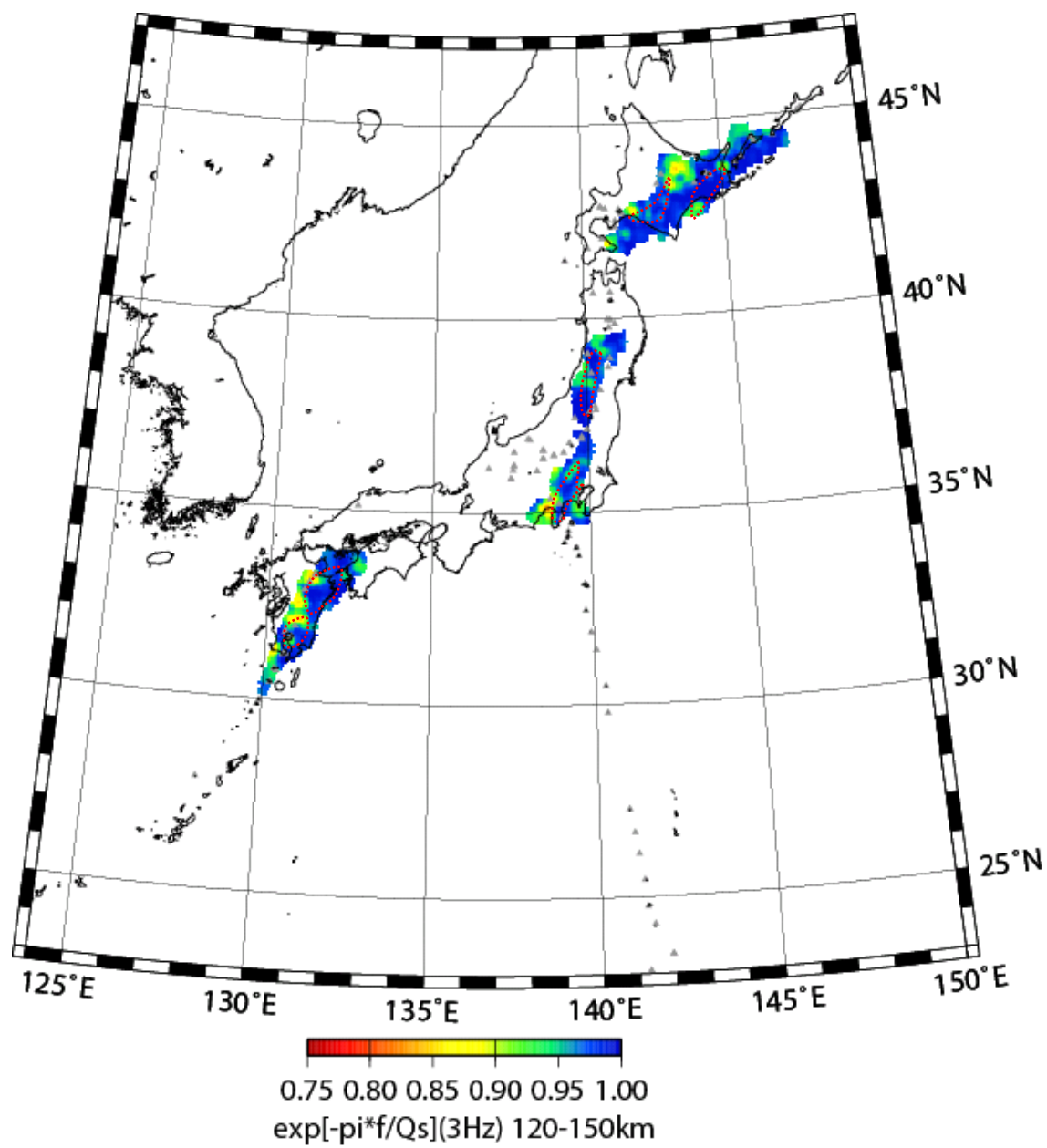


図 A1-4(e) 三次元減衰構造 3 Hz Layer 5 (120-150 km)

Figure A1-4(e) Estimated Q_s distributions of 3 Hz at 120-150 km depth.

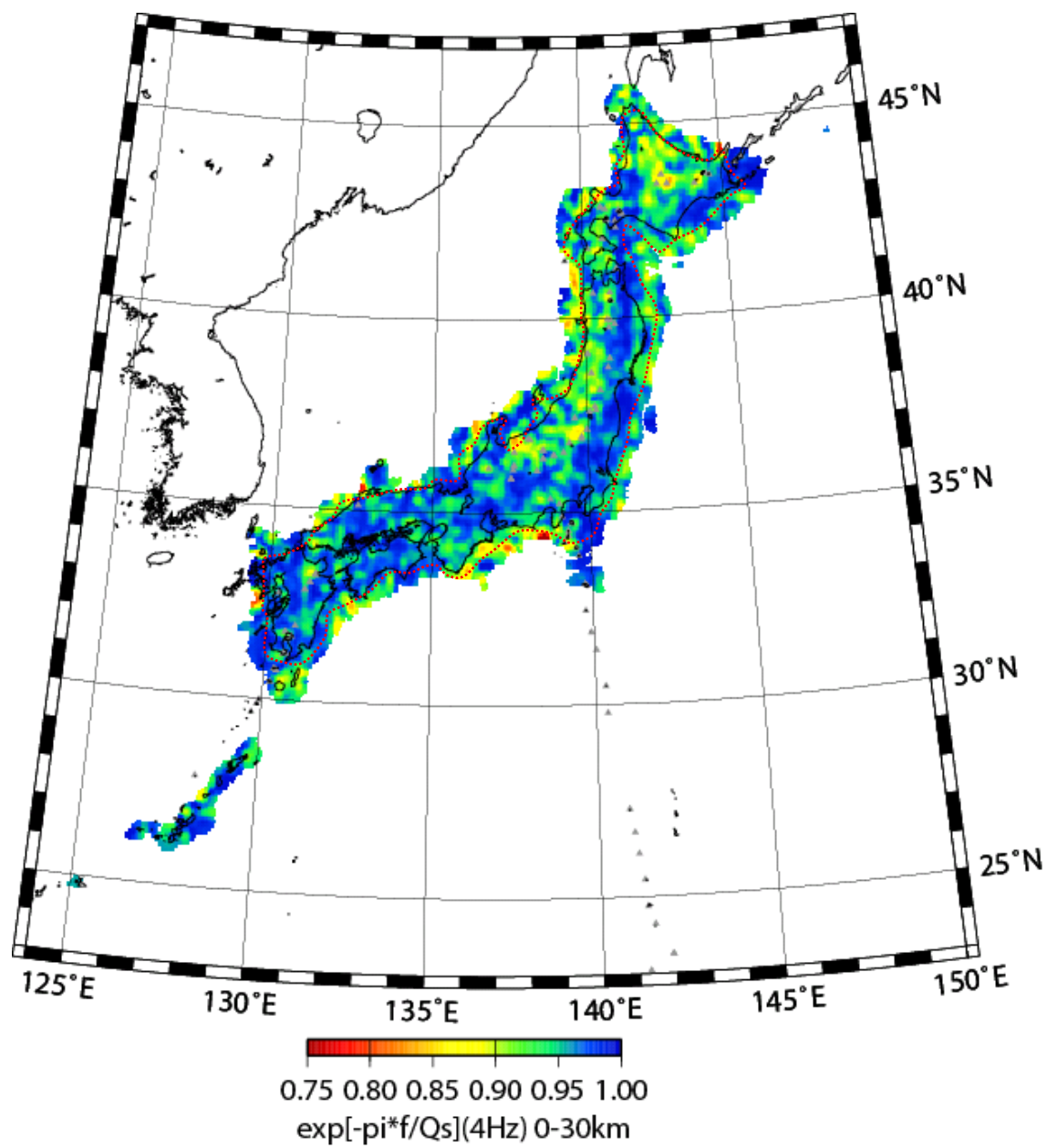


図 A1-5(a) 三次元減衰構造 4 Hz Layer 1 (0-30 km)

Figure A1-5(a) Estimated Q_s distributions of 4 Hz at 0-30 km depth.

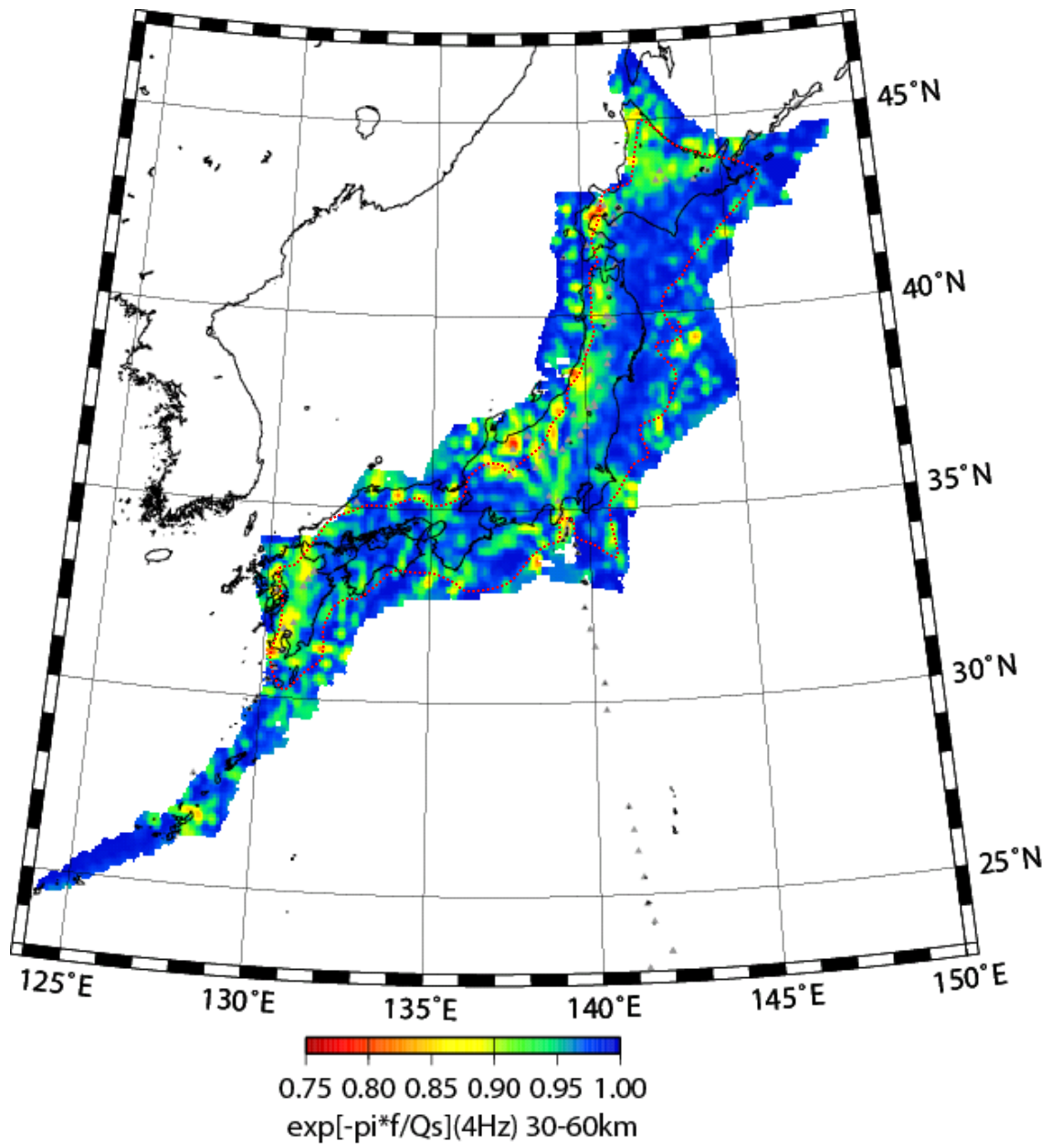


図 A1-5(b) 三次元減衰構造 4 Hz Layer 2 (30-60 km)

Figure A1-5(b) Estimated Q_s distributions of 4 Hz at 30-60 km depth.

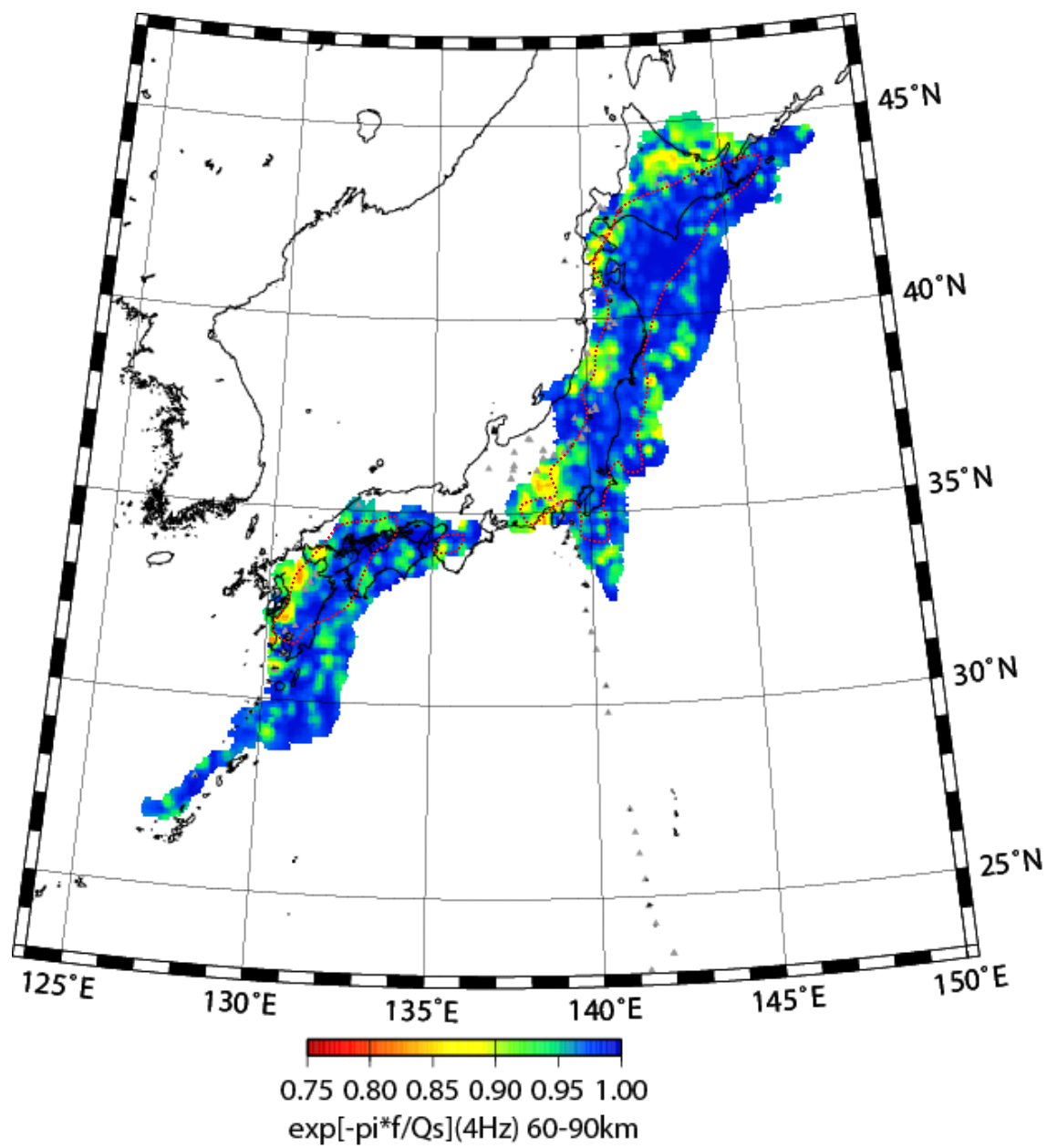


図 A1-5(c) 三次元減衰構造 4 Hz Layer 3 (60-90 km)

Figure A1-5(c) Estimated Q_s distributions of 4 Hz at 60-90 km depth.

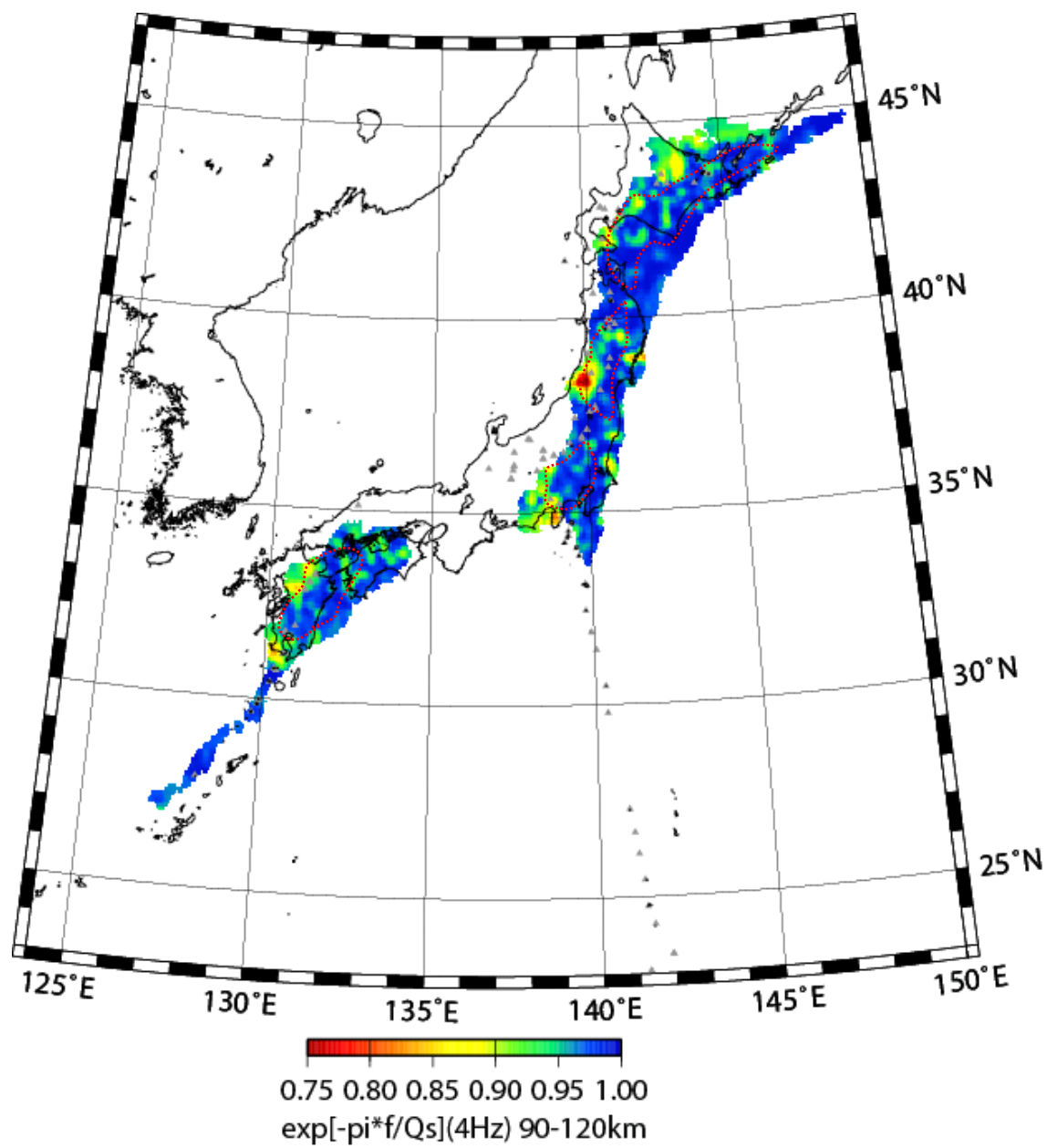


図 A1-5(d) 三次元減衰構造 4 Hz Layer 4 (90-120 km)

Figure A1-5(d) Estimated Q_s distributions of 4 Hz at 90-120 km depth.

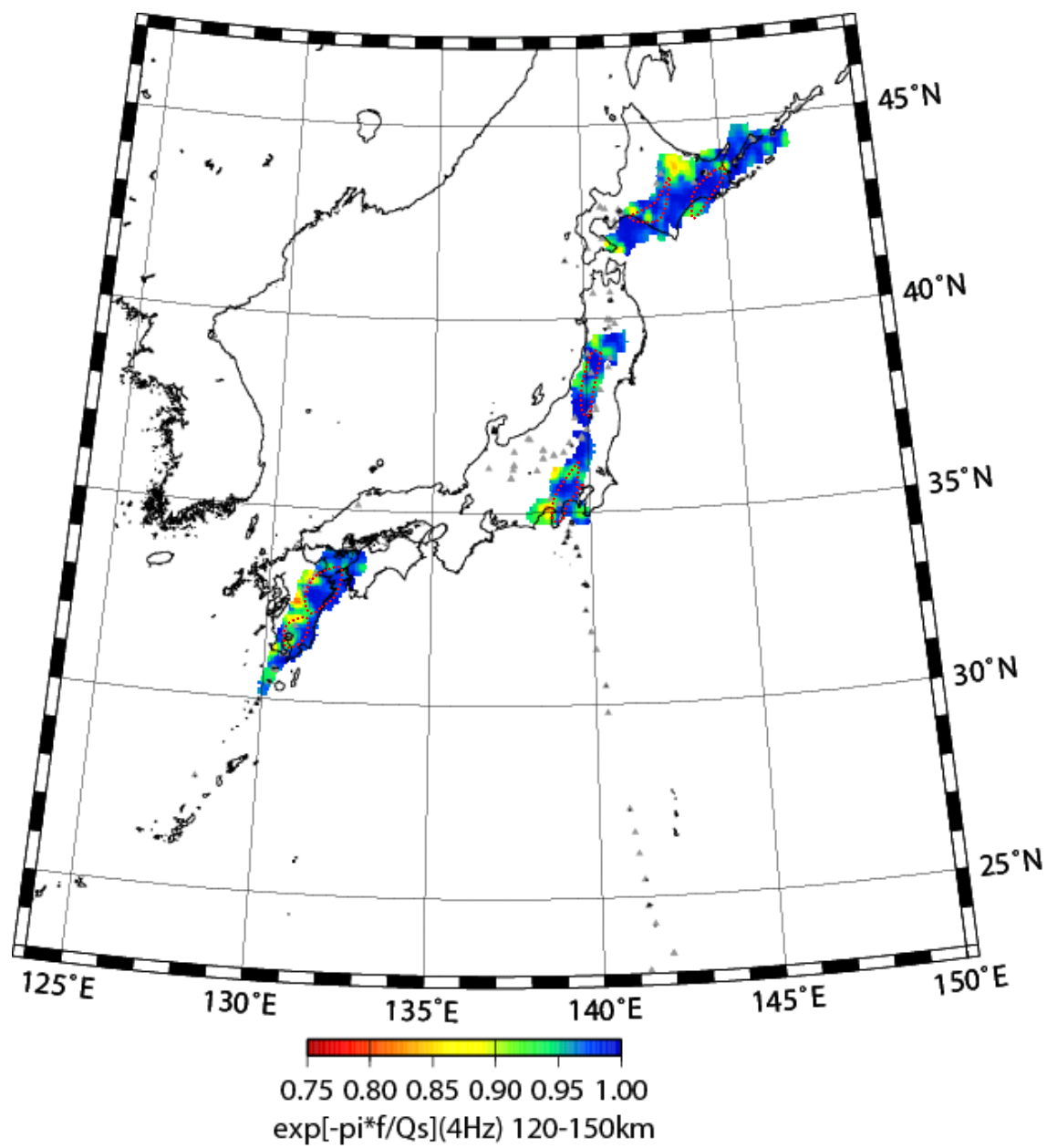


図 A1-5(e) 三次元減衰構造 4 Hz Layer 5 (120-150 km)

Figure A1-5(e) Estimated Q_s distributions of 4 Hz at 120-150 km depth.

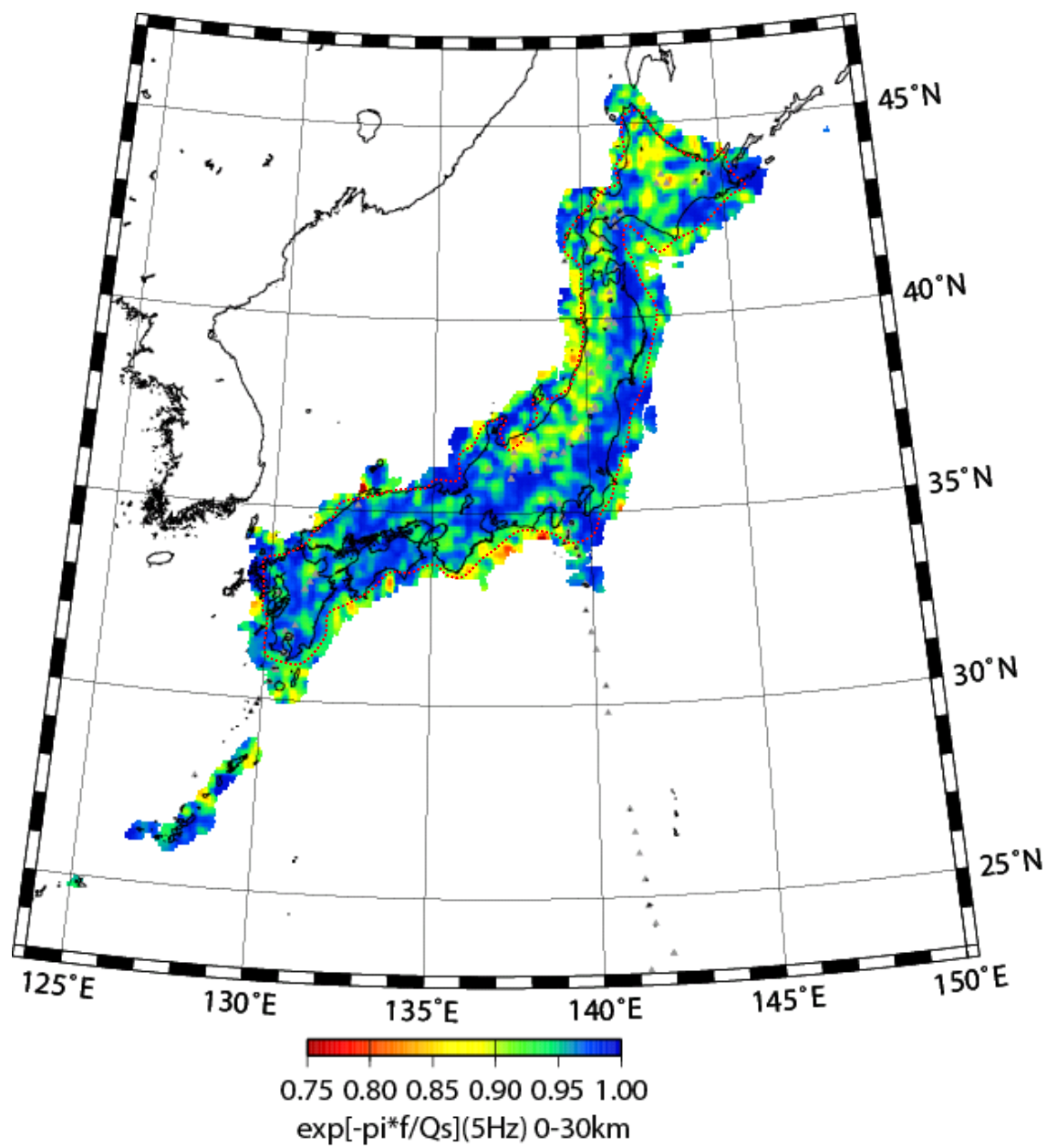


図 A1-6(a) 三次元減衰構造 5 Hz Layer 1 (0-30 km)

Figure A1-6(a) Estimated Q_s distributions of 5 Hz at 0-30 km depth.

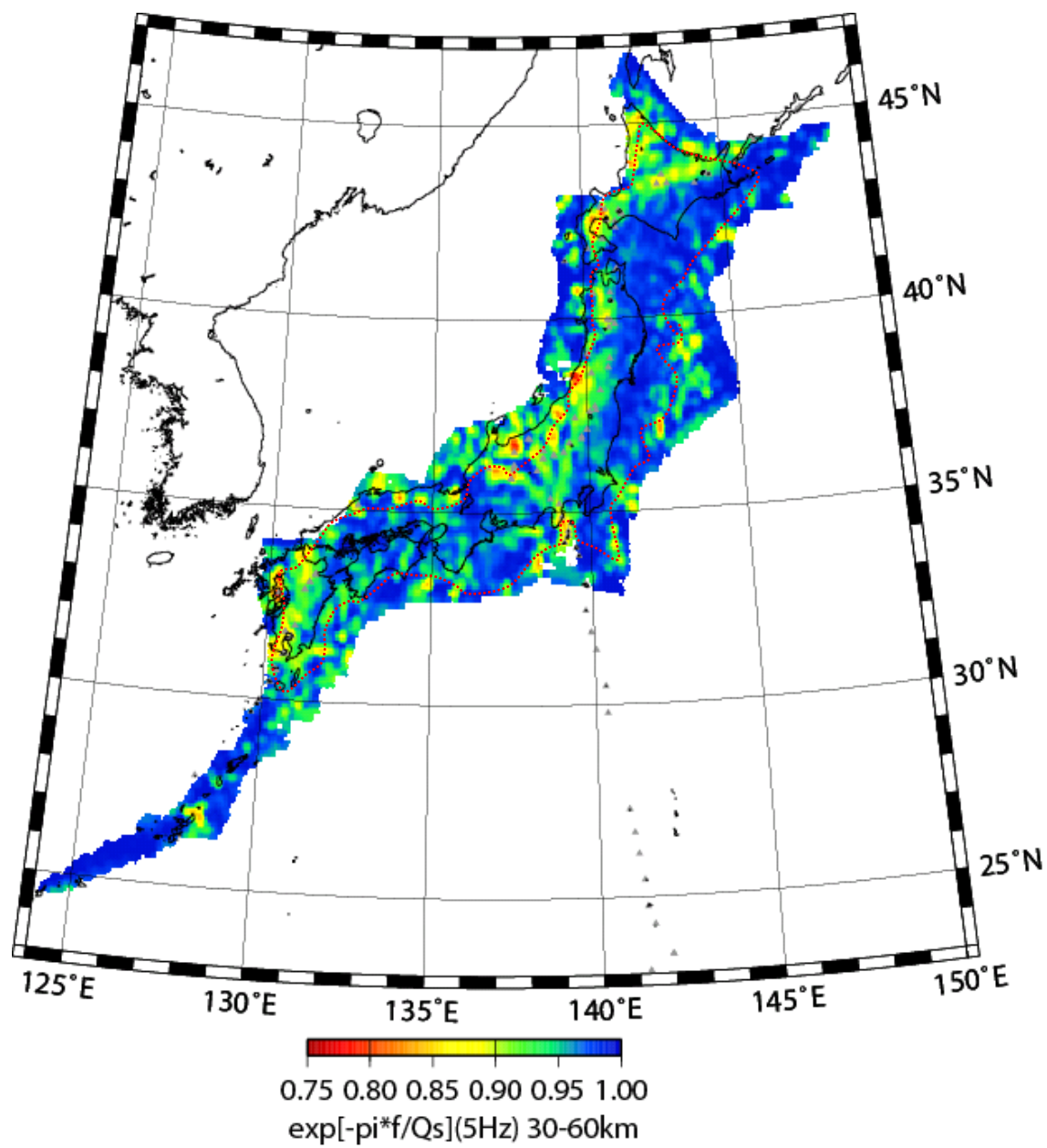


図 A1-6(b) 三次元減衰構造 5 Hz Layer 2 (30-60 km)

Figure A1-6(b) Estimated Q_s distributions of 5 Hz at 30-60 km depth.

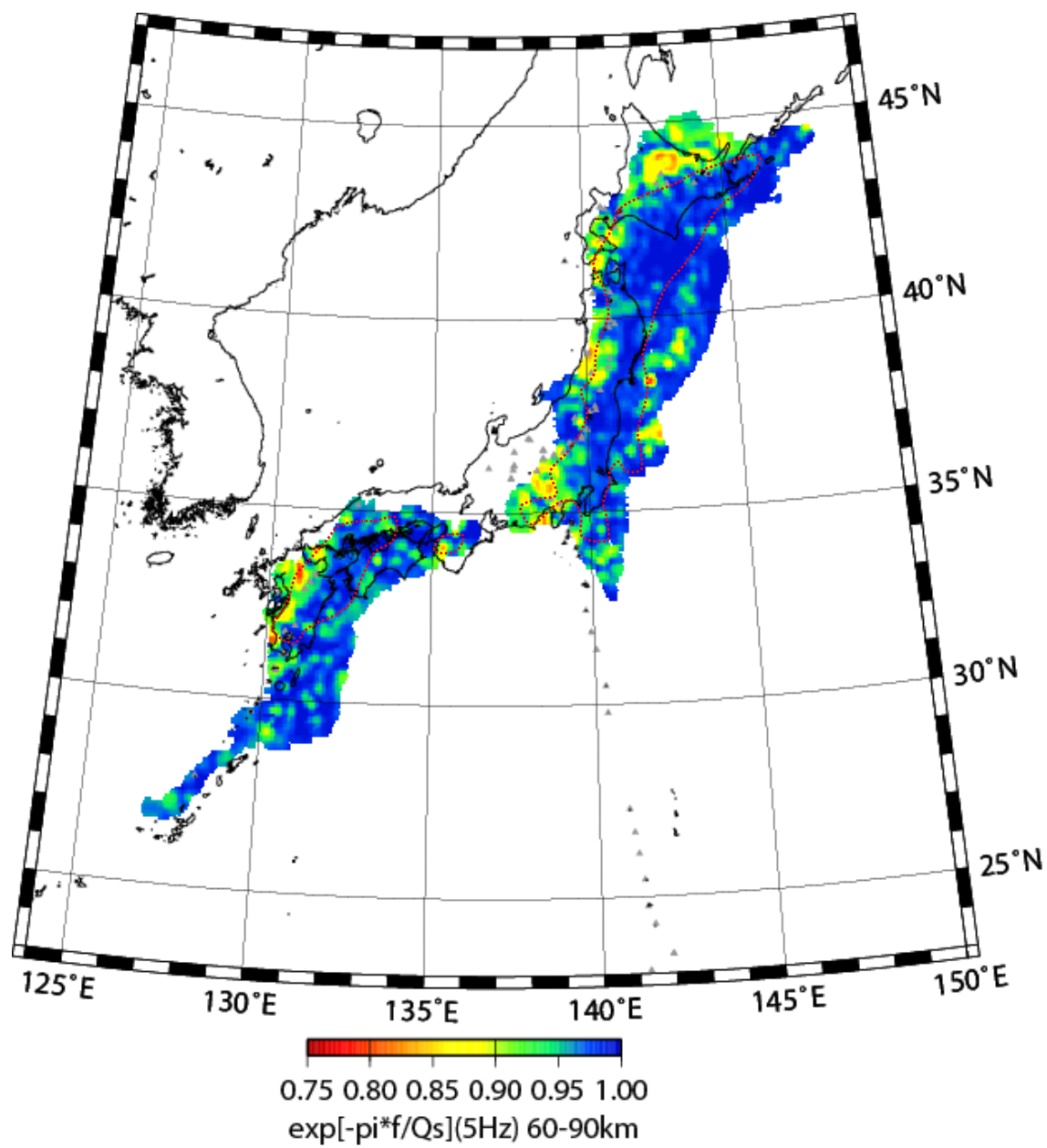


図 A1-6(c) 三次元減衰構造 5 Hz Layer 3 (60-90 km)

Figure A1-6(c) Estimated Q_s distributions of 5 Hz at 60-90 km depth.

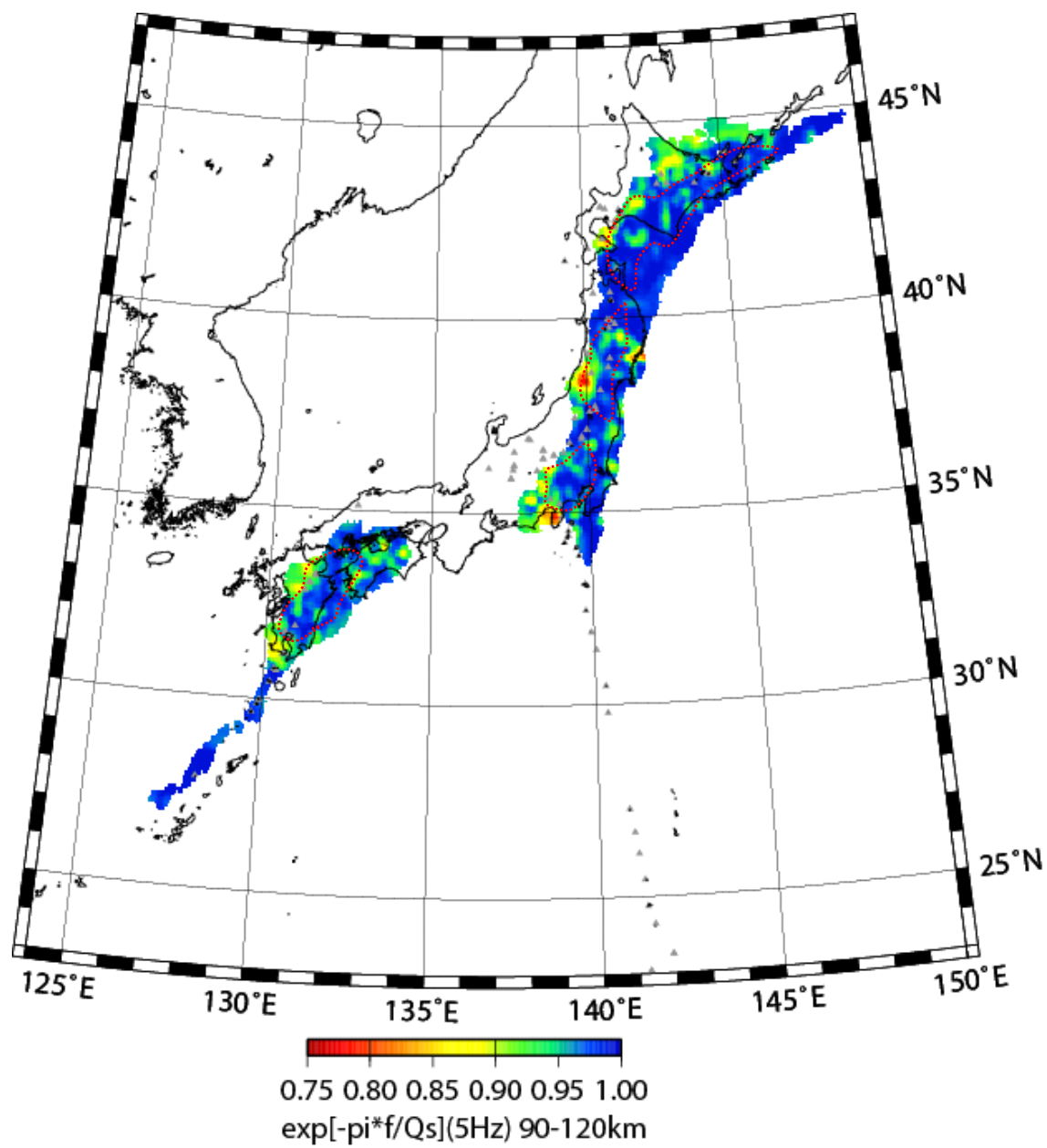


図 A1-6(d) 三次元減衰構造 5 Hz Layer 4 (90-120 km)

Figure A1-6(d) Estimated Q_s distributions of 5 Hz at 90-120 km depth.

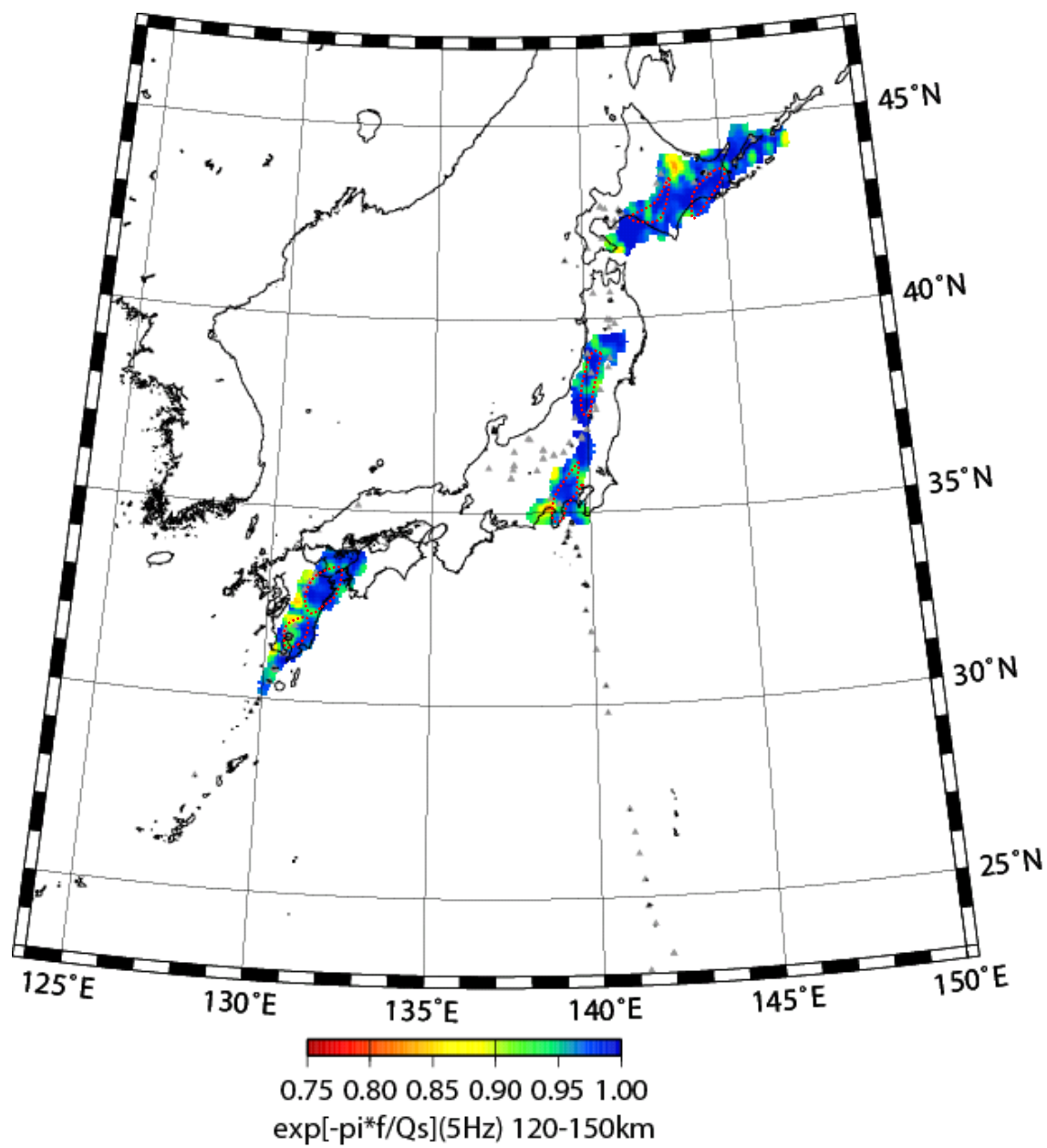


図 A1-6(e) 三次元減衰構造 5 Hz Layer 5 (120-150 km)

Figure A1-6(e) Estimated Q_s distributions of 5 Hz at 120-150km depth.

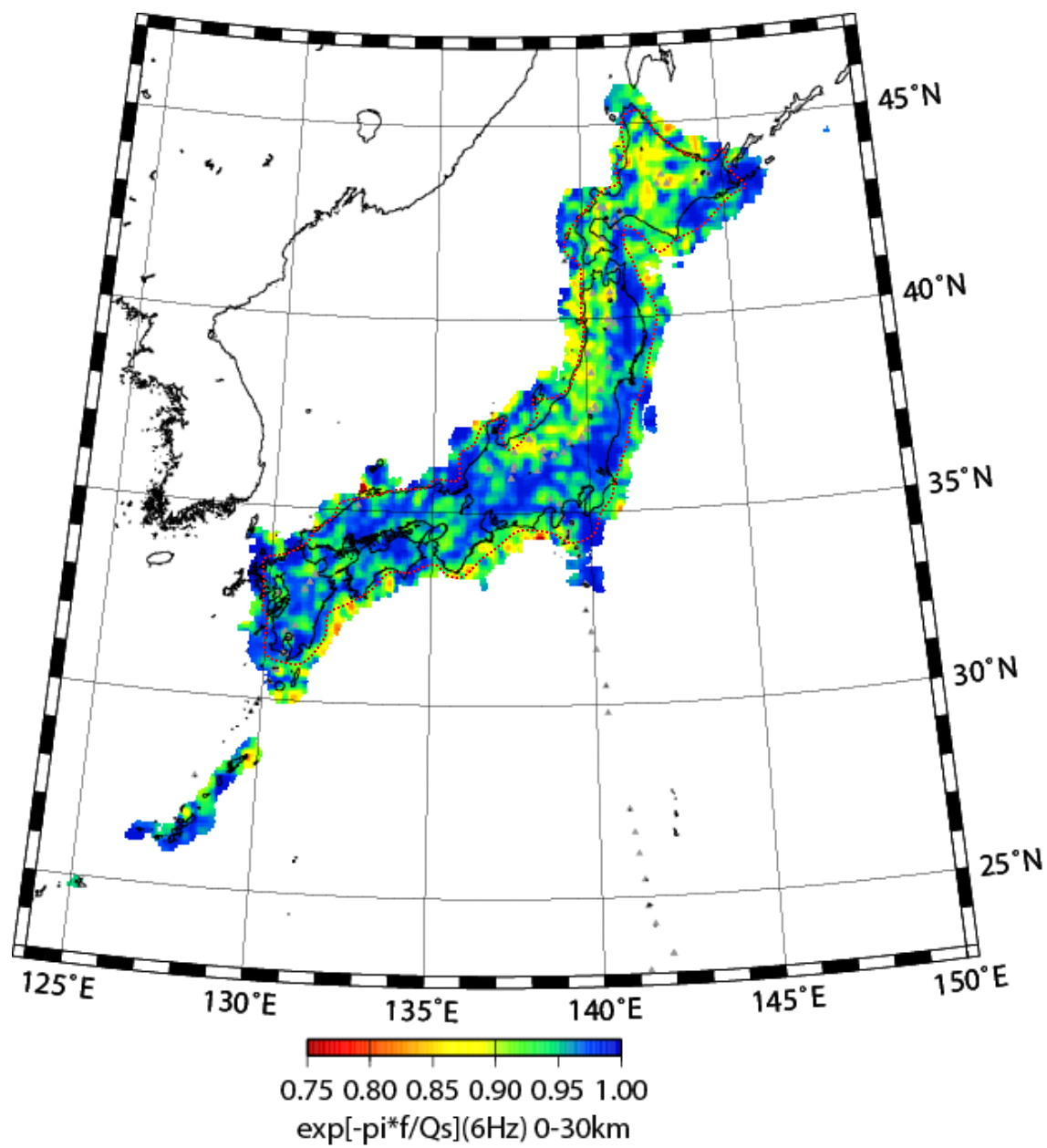


図 A1-7(a) 三次元減衰構造 6 Hz Layer 1 (0-30 km)

Figure A1-7(a) Estimated Q_s distributions of 6 Hz at 0-30 km depth.

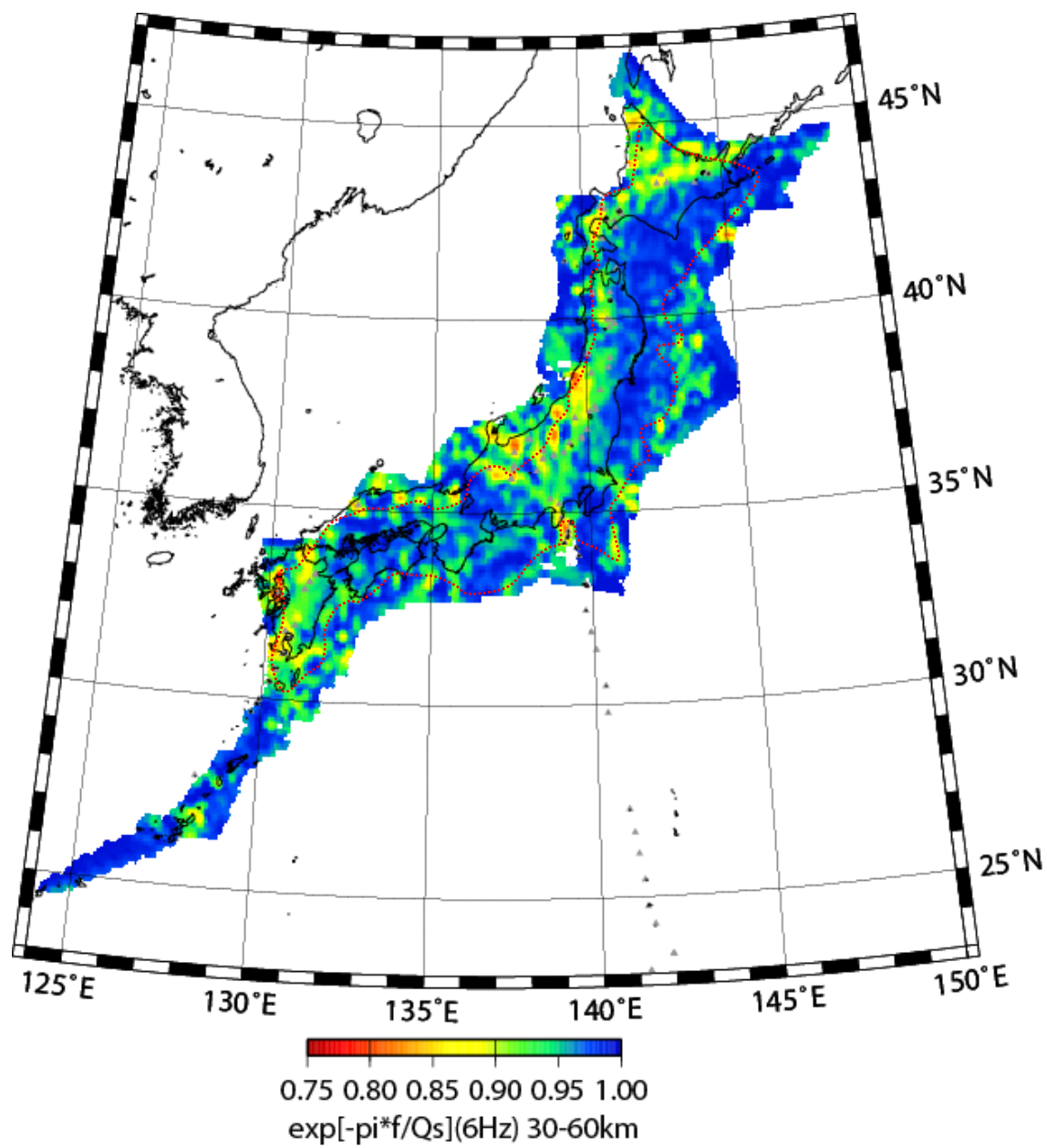


図 A1-7(b) 三次元減衰構造 6 Hz Layer 2 (30-60 km)

Figure A1-7(b) Estimated Q_s distributions of 6 Hz at 30-60 km depth.

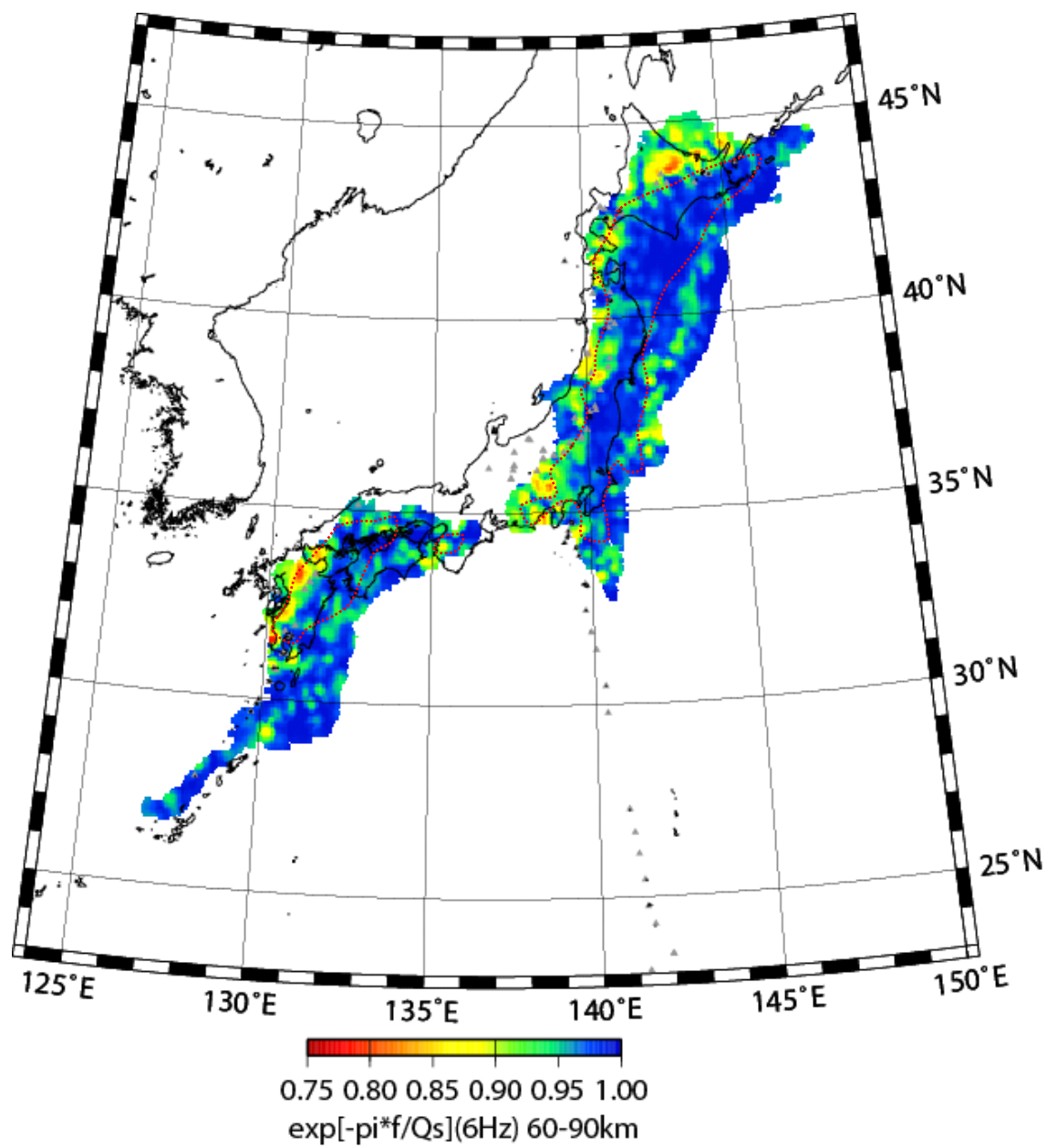


図 A1-7(c) 三次元減衰構造 6 Hz Layer 3 (60-90 km)

Figure A1-7(c) Estimated Q_s distributions of 6 Hz at 60-90 km depth.

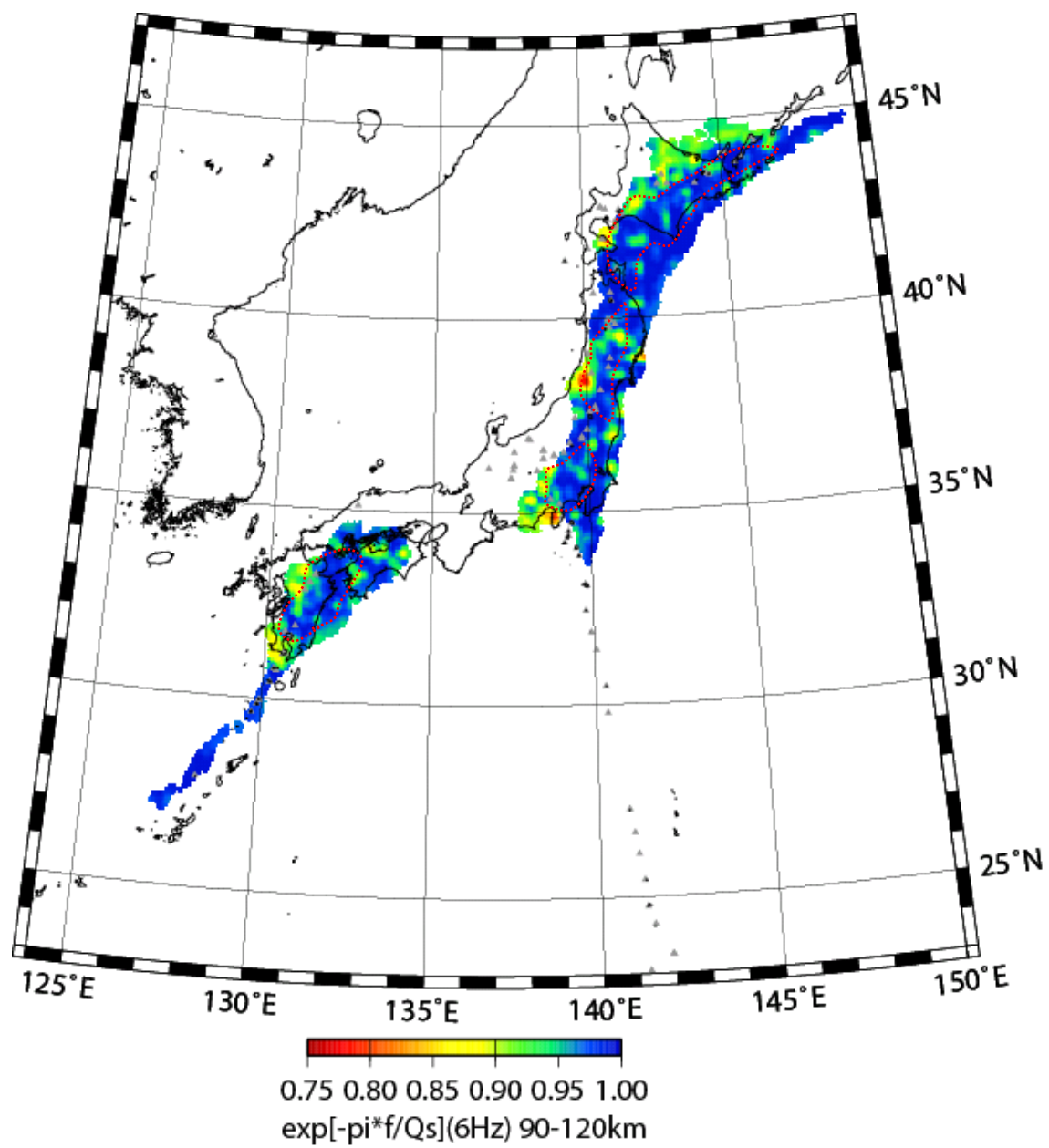


図 A1-7(d) 三次元減衰構造 6 Hz Layer 4 (90-120 km)

Figure A1-7(d) Estimated Q_s distributions of 6 Hz at 90-120 km depth.

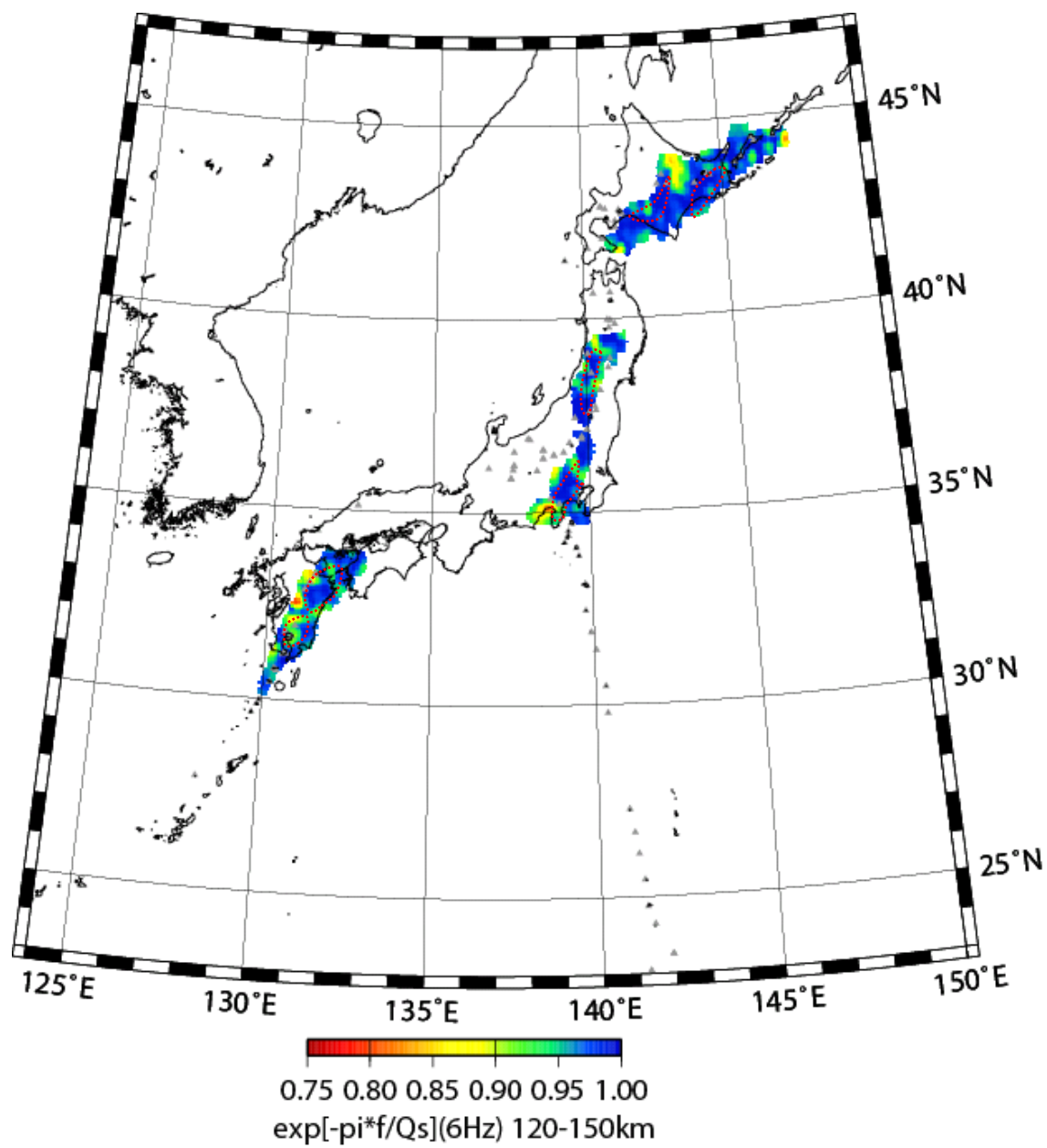


図 A1-7(e) 三次元減衰構造 6 Hz Layer 5 (120-150 km)

Figure A1-7(e) Estimated Q_s distributions of 6 Hz at 120-150km depth.

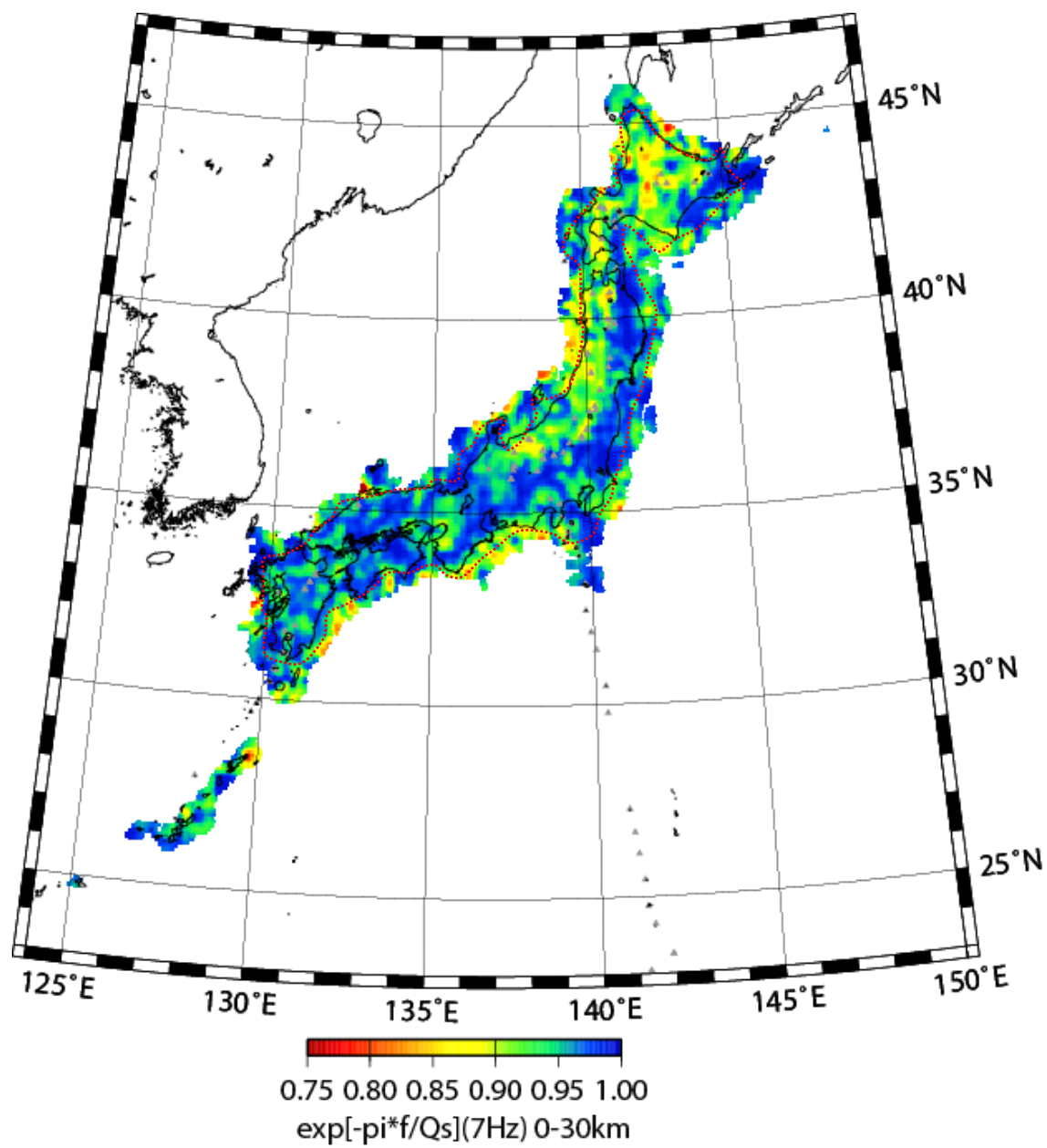


図 A1-8(a) 三次元減衰構造 7 Hz Layer 1 (0-30 km)

Figure A1-8(a) Estimated Q_s distributions of 7 Hz at 0-30 km depth.

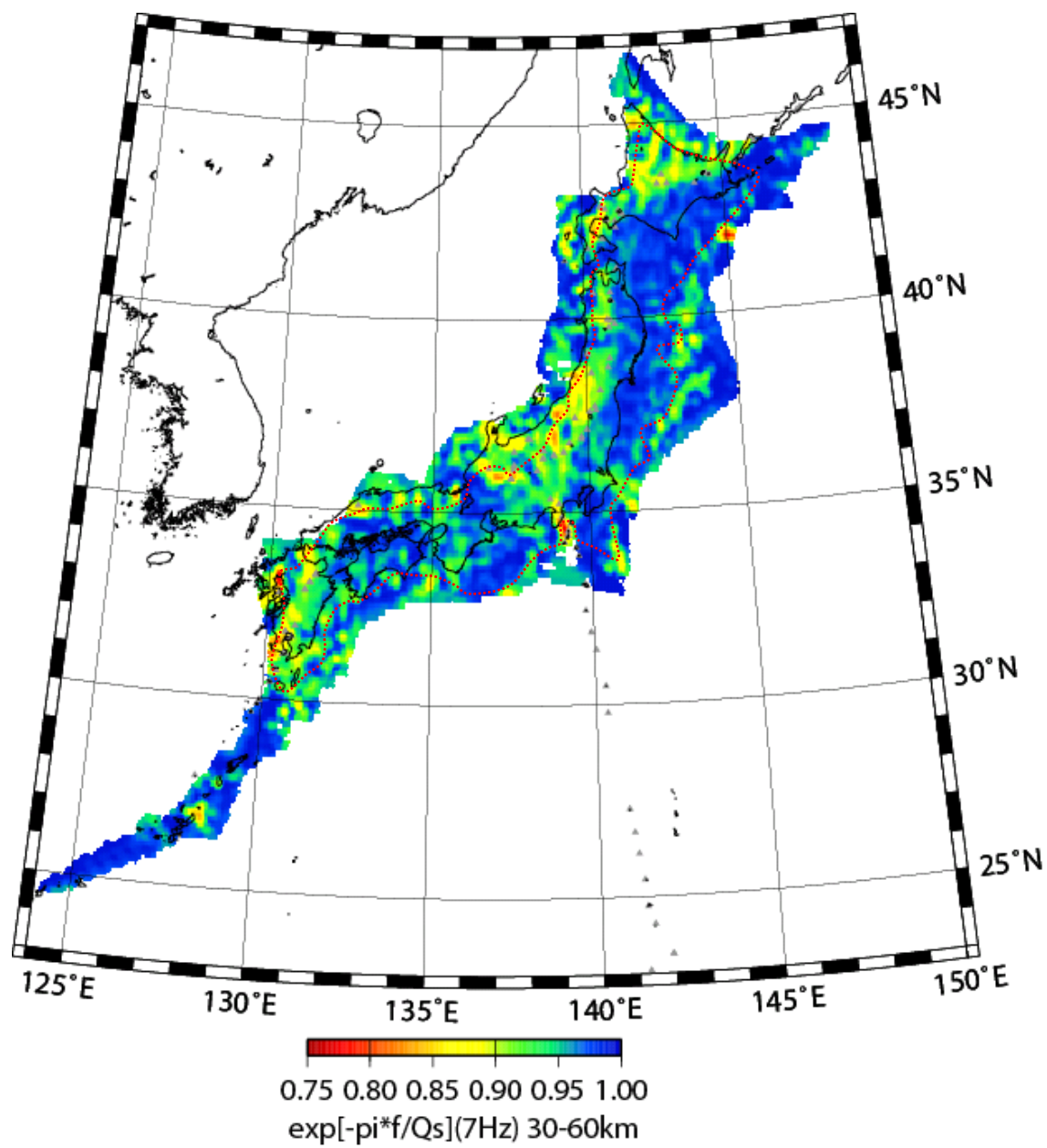


図 A1-8(b) 三次元減衰構造 7 Hz Layer 2 (30-60 km)

Figure A1-8(b) Estimated Q_s distributions of 7 Hz at 30-60 km depth.

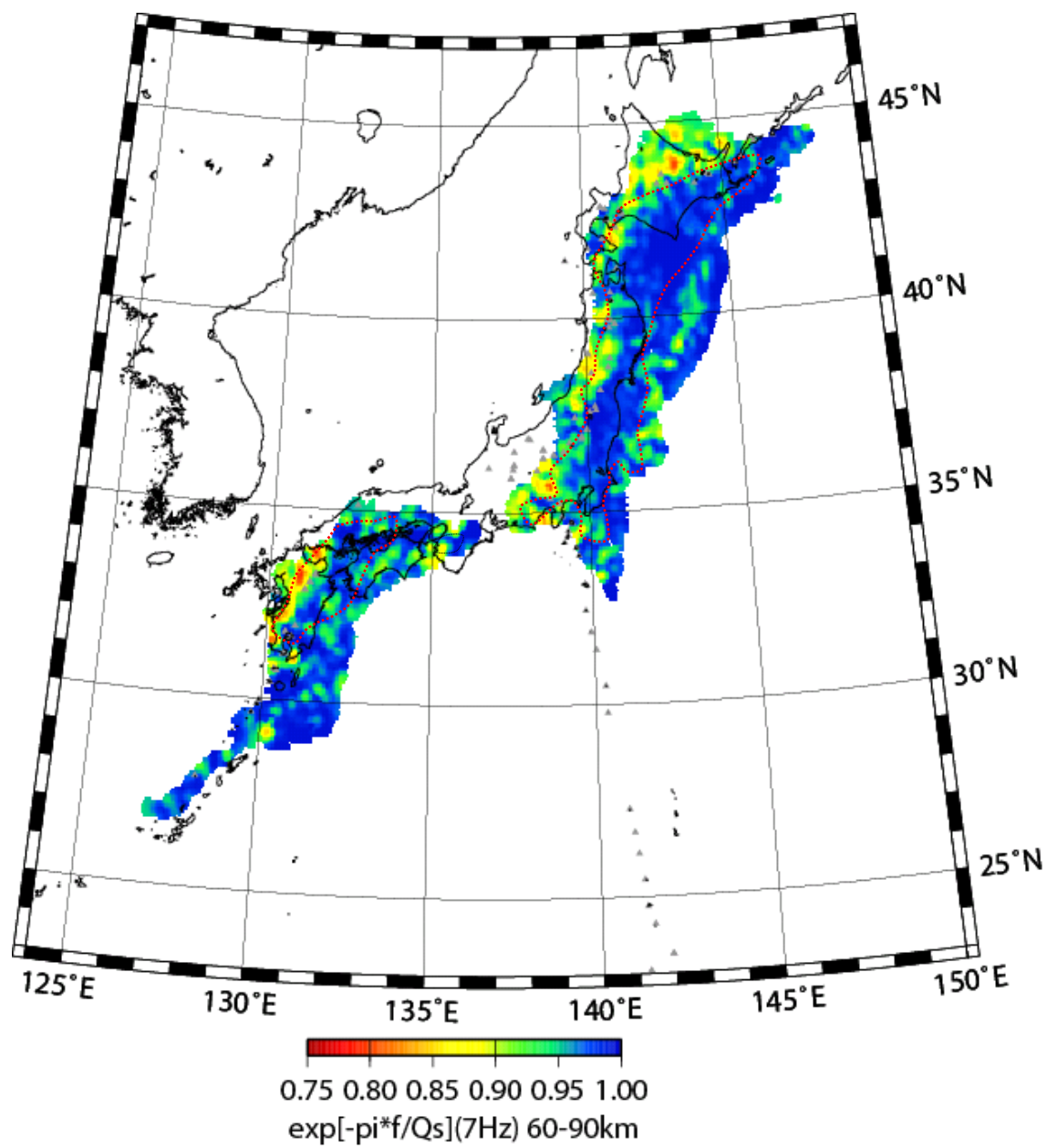


図 A1-8(c) 三次元減衰構造 7 Hz Layer 3 (60-90 km)

Figure A1-8(c) Estimated Q_s distributions of 7 Hz at 60-90 km depth.

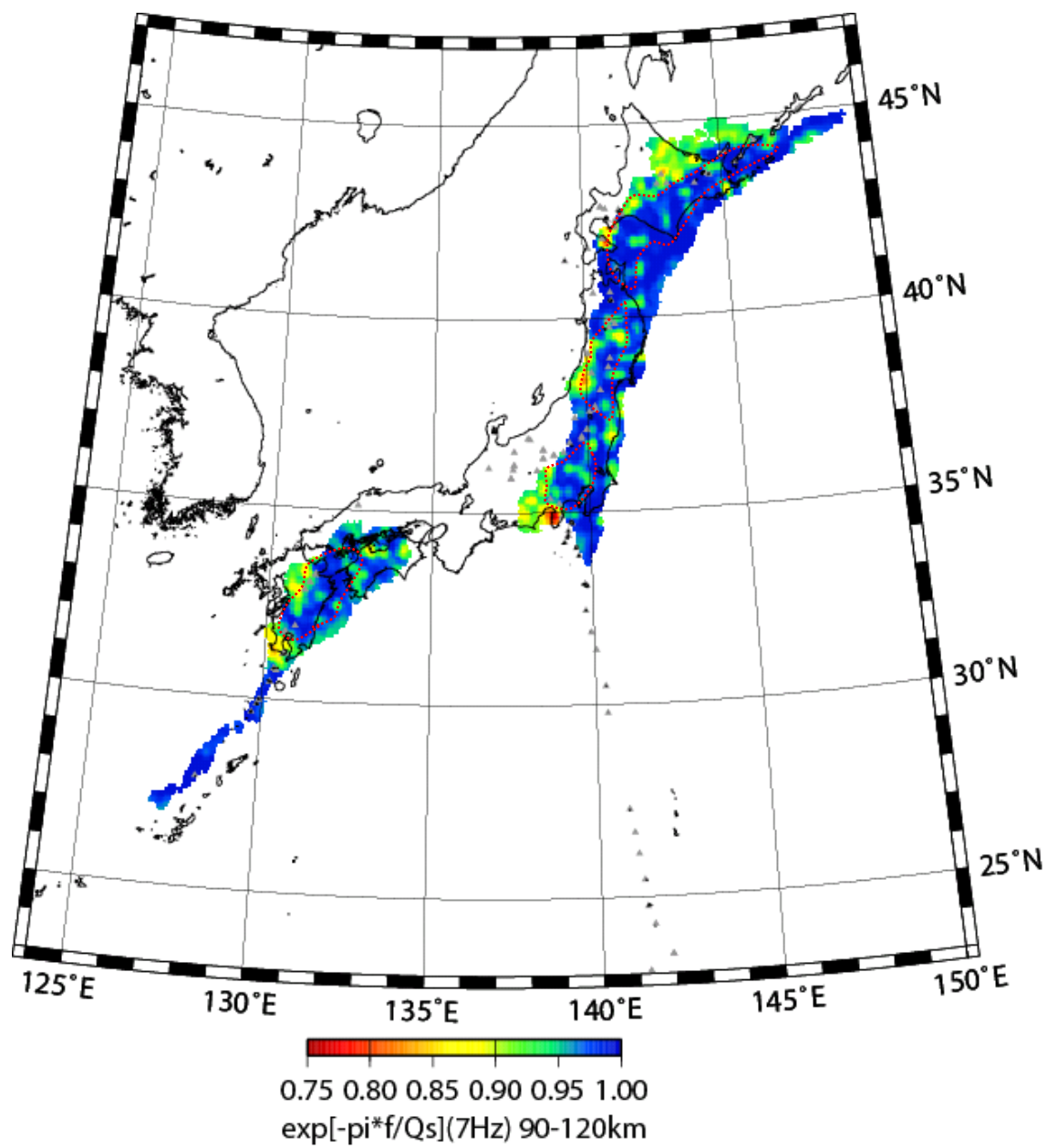


図 A1-8(d) 三次元減衰構造 7 Hz Layer 4 (90-120 km)

Figure A1-8(d) Estimated Q_s distributions of 7 Hz at 90-120 km depth.

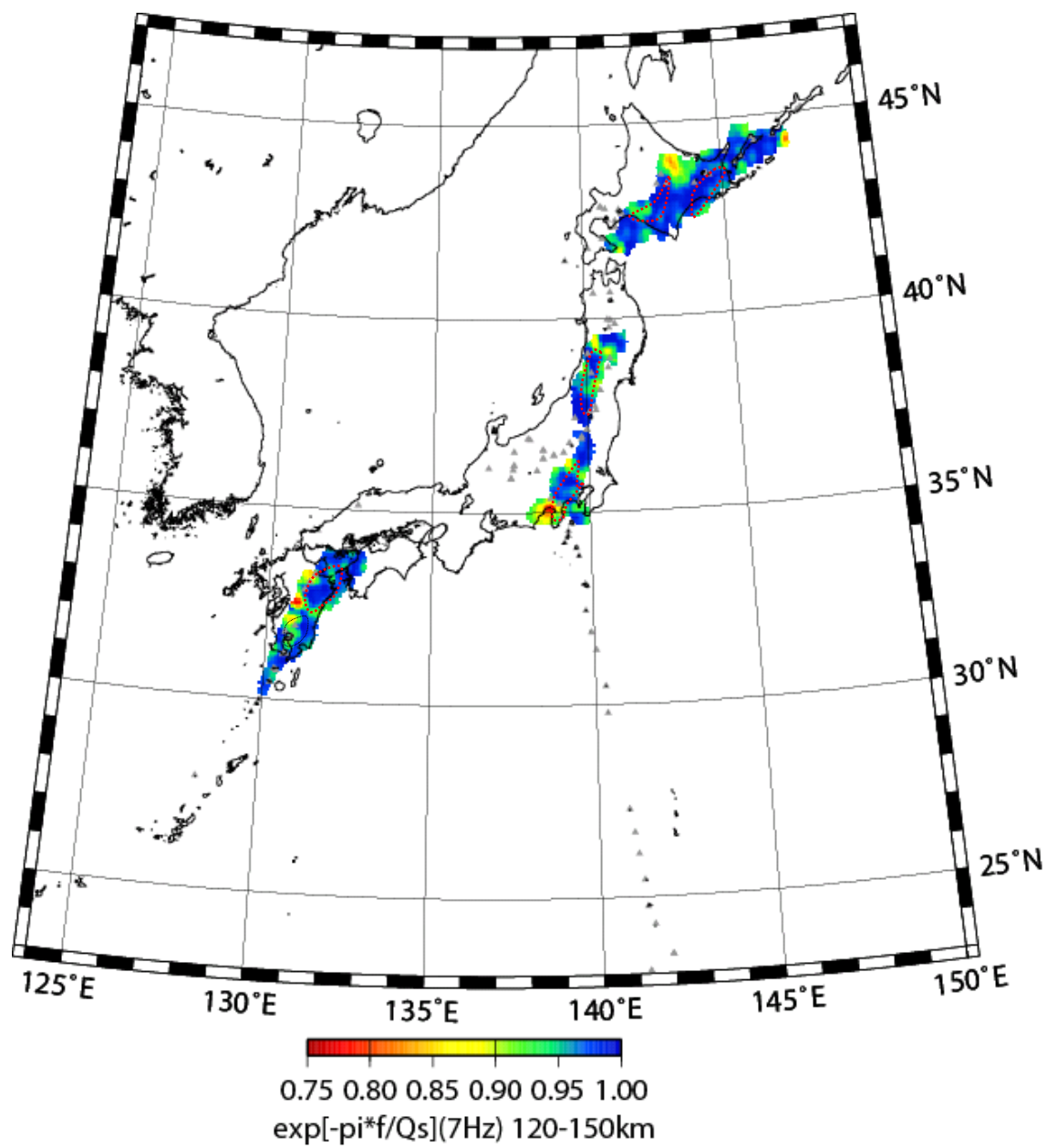


図 A1-8(e) 三次元減衰構造 7 Hz Layer 5 (120-150 km)

Figure A1-8(e) Estimated Q_s distributions of 7 Hz at 120-150km depth.

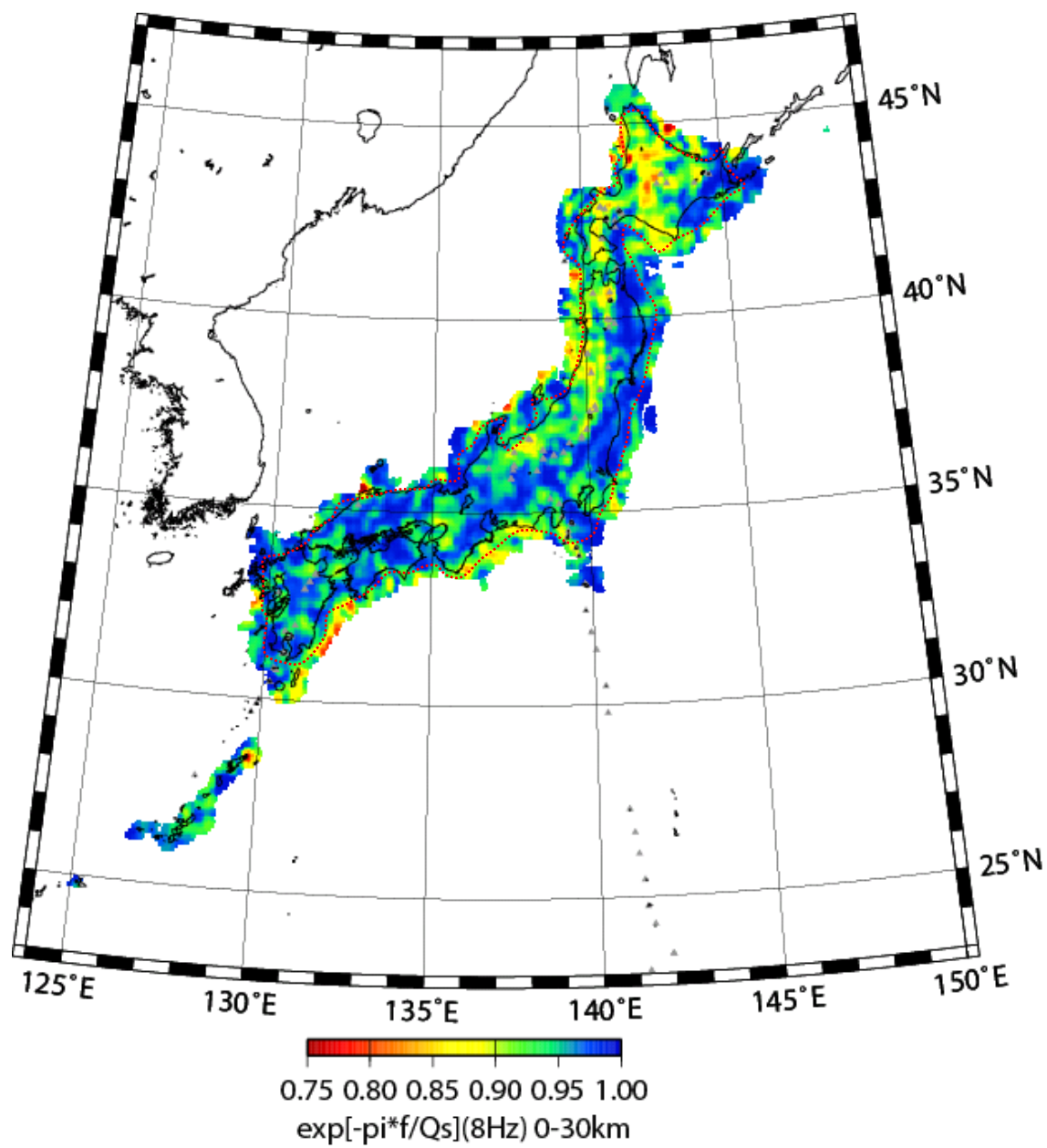


図 A1-9(a) 三次元減衰構造 8 Hz Layer 1 (0-30 km)

Figure A1-9(a) Estimated Q_s distributions of 8 Hz at 0-30 km depth.

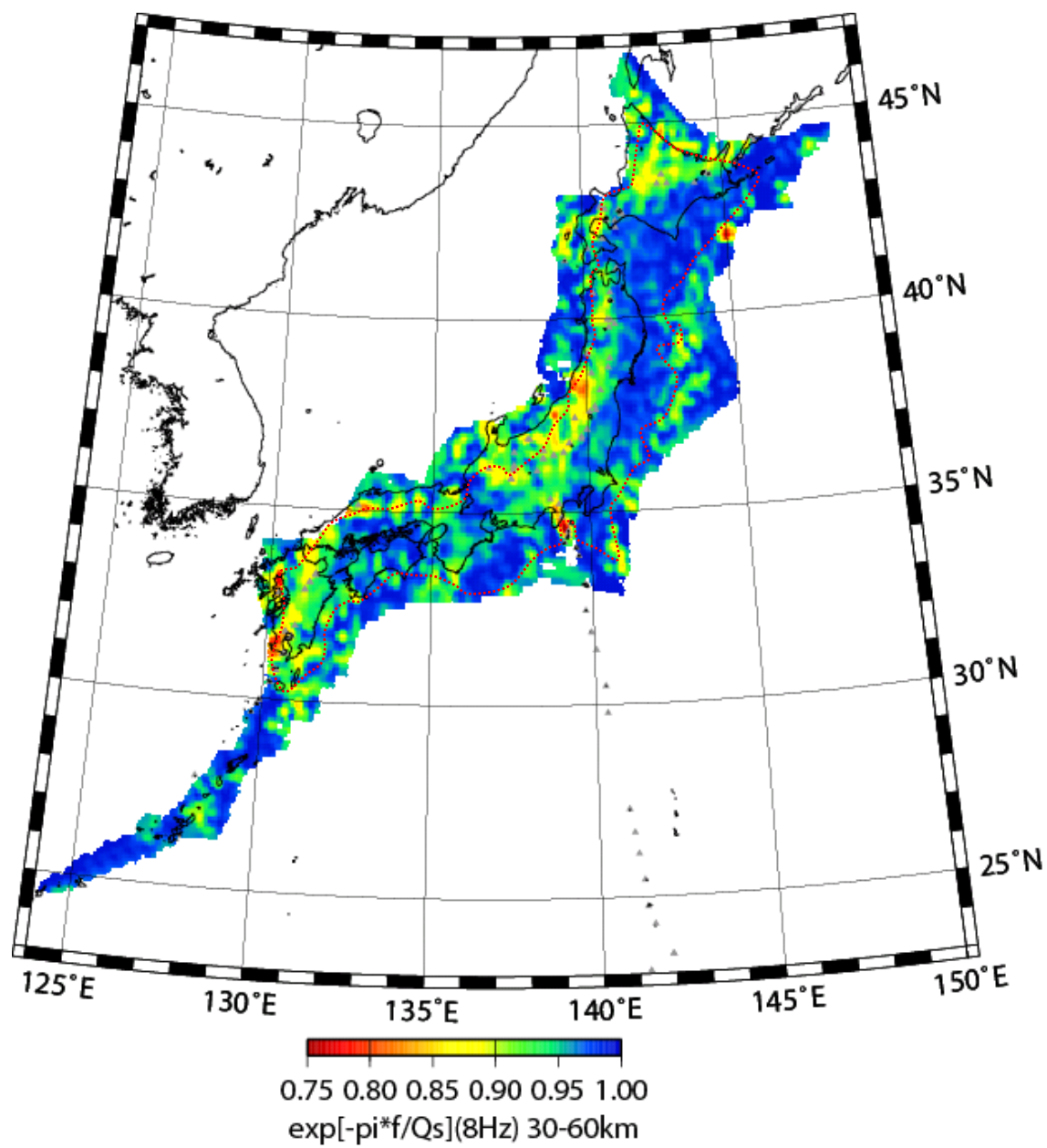


図 A1-9(b) 三次元減衰構造 8 Hz Layer 2 (30-60 km)

Figure A1-9(b) Estimated Q_s distributions of 8 Hz at 30-60 km depth.

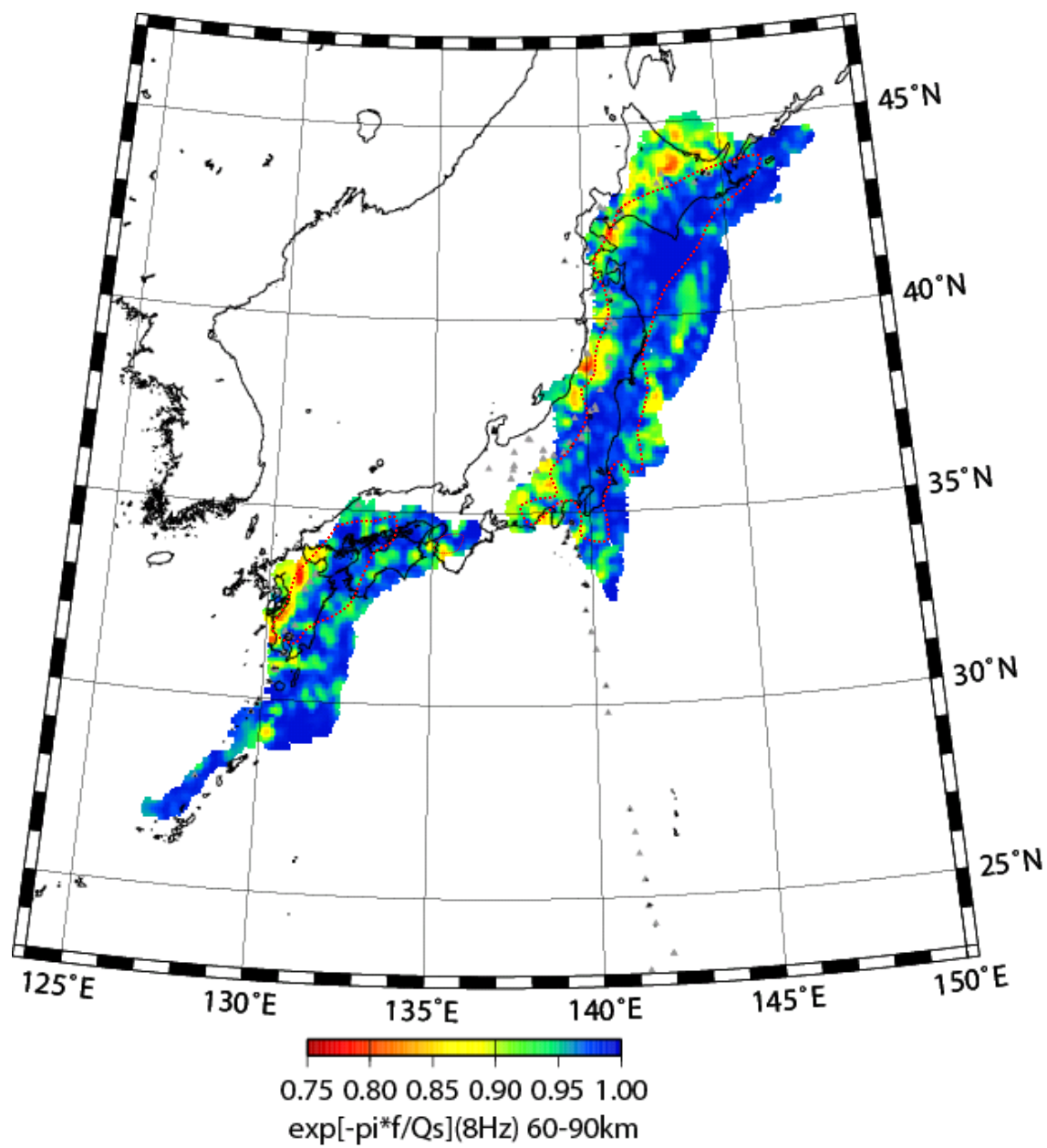


図 A1-9(c) 三次元減衰構造 8 Hz Layer 3 (60-90 km)

Figure A1-9(c) Estimated Q_s distributions of 8 Hz at 60-90 km depth.

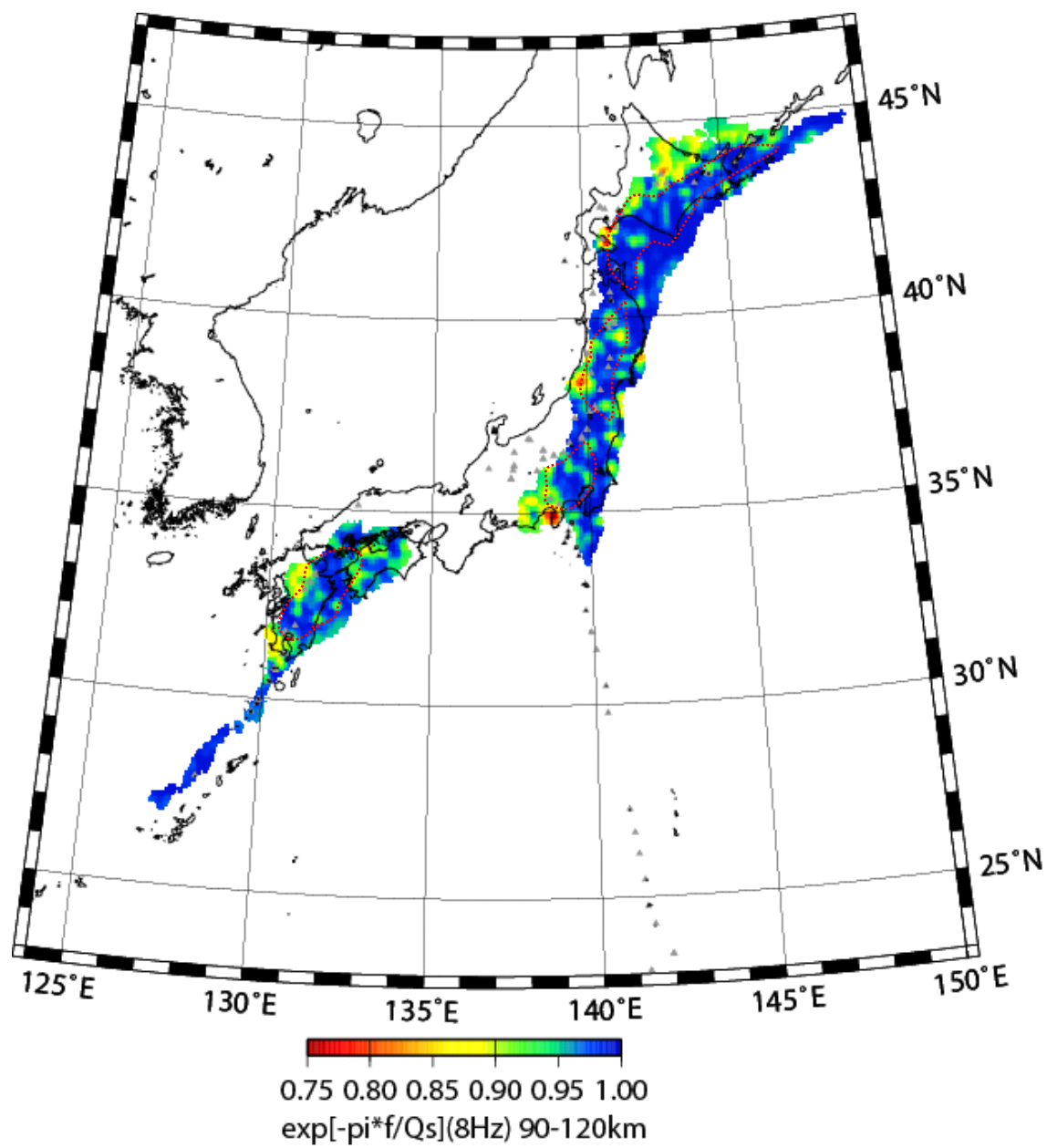


図 A1-9(d) 三次元減衰構造 8 Hz Layer 4 (90-120 km)

Figure A1-9(d) Estimated Q_s distributions of 8 Hz at 90-120 km depth.

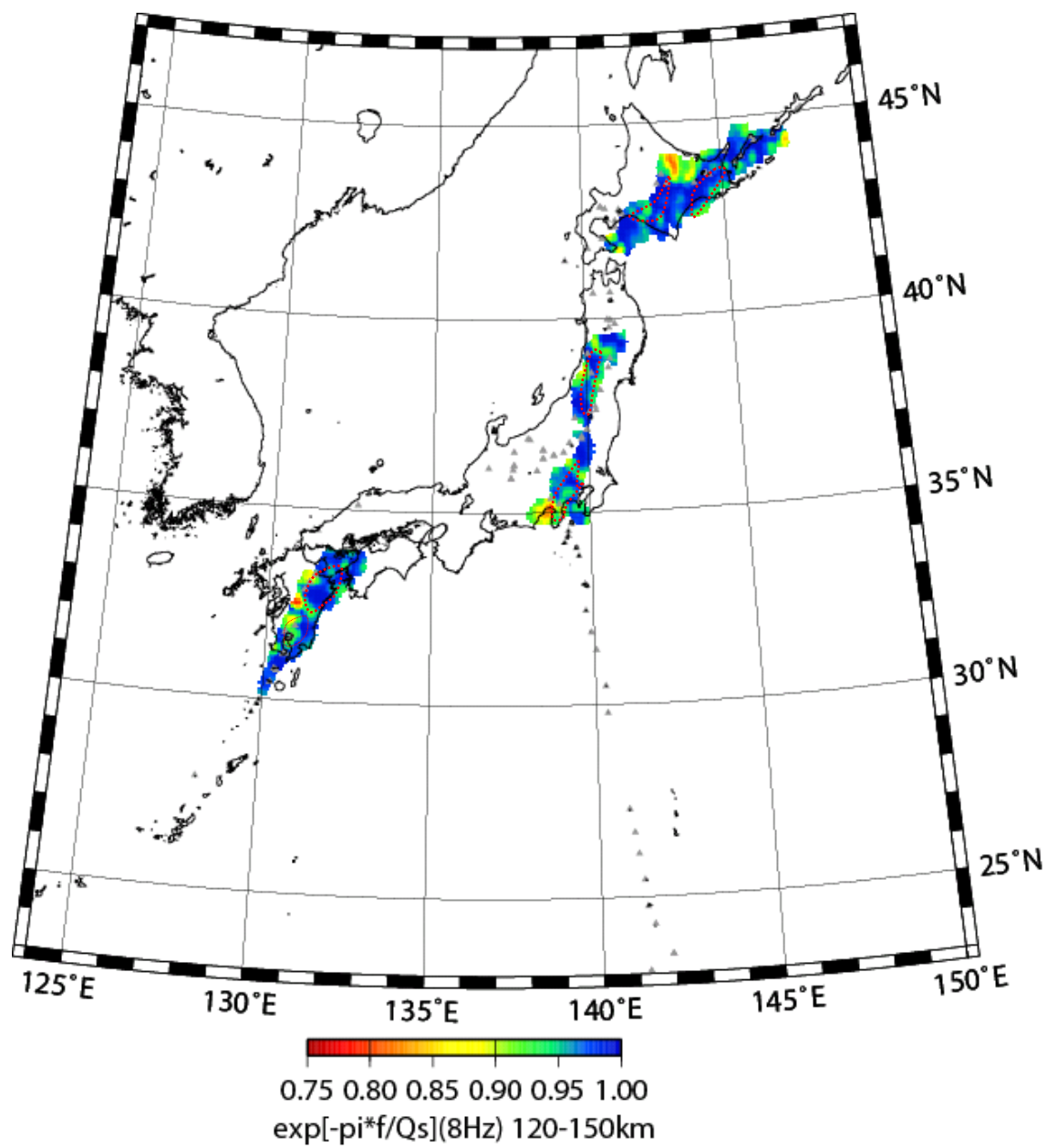


図 A1-9(e) 三次元減衰構造 8 Hz Layer 5 (120-150 km)

Figure A1-9(e) Estimated Q_s distributions of 8 Hz at 120-150km depth.

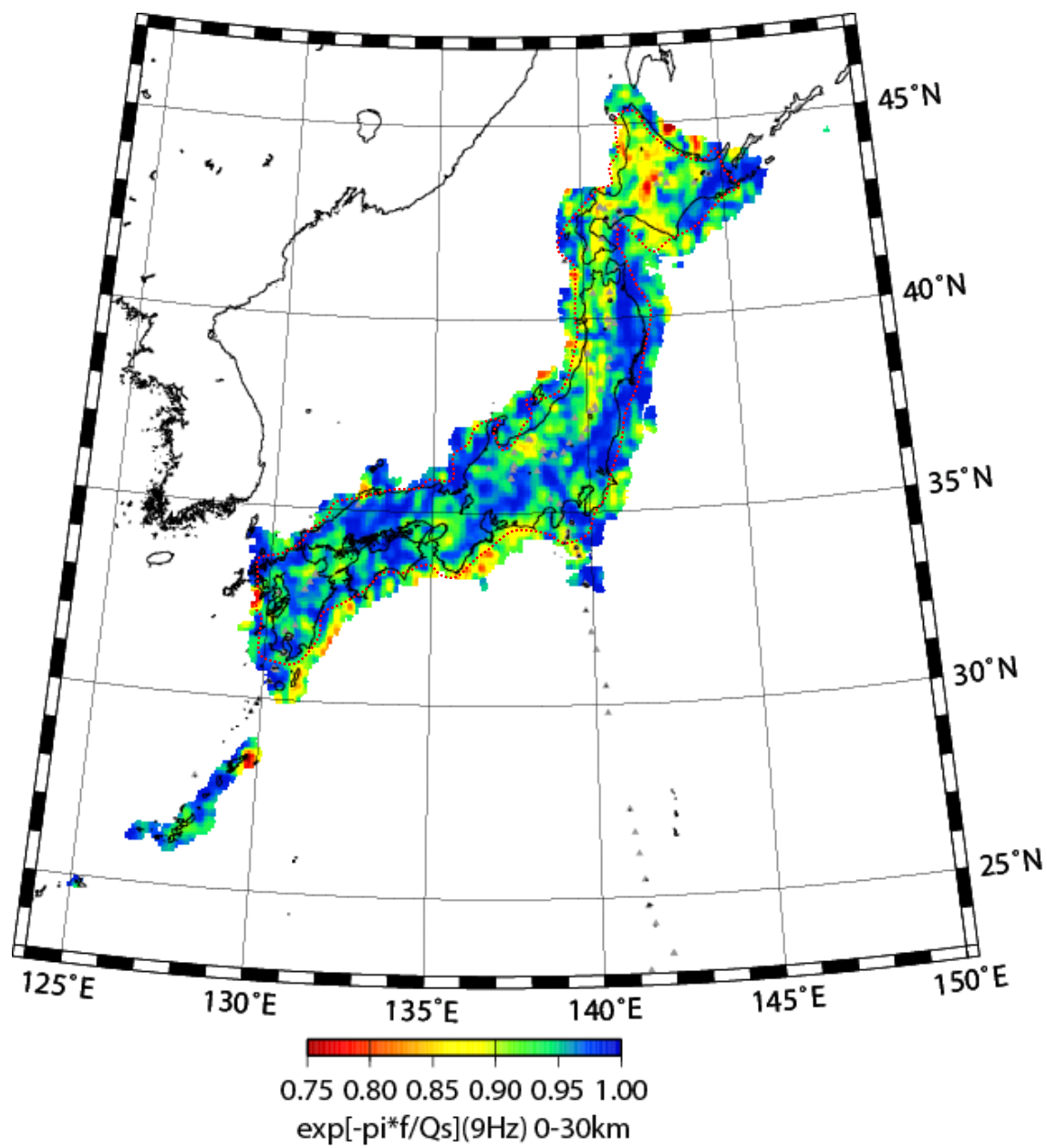


図 A1-10(a) 三次元減衰構造 9 Hz Layer 1 (0-30 km)

Figure A1-10(a) Estimated Q_s distributions of 9 Hz at 0-30 km depth.

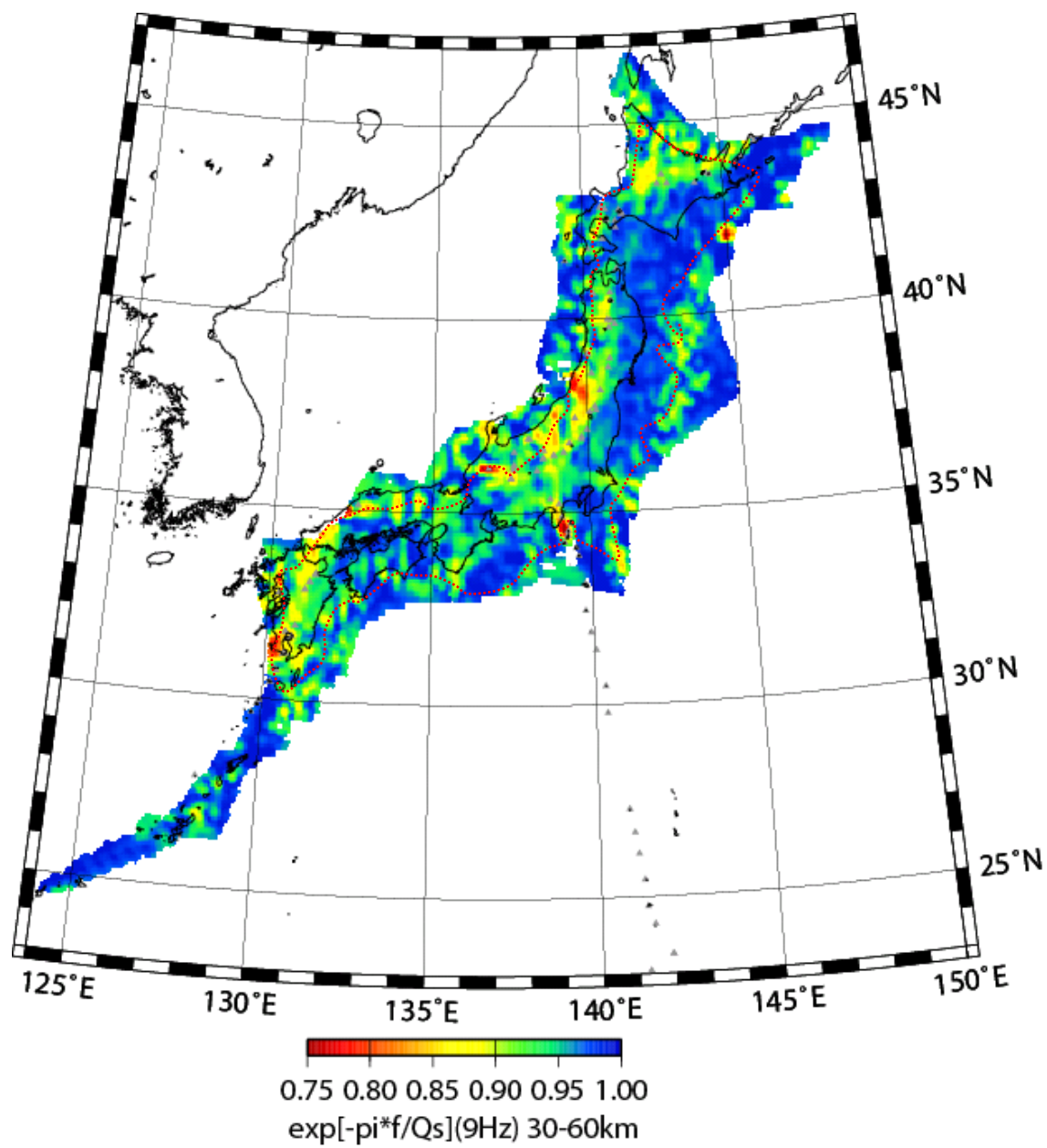


図 A1-10(b) 三次元減衰構造 9 Hz Layer 2 (30-60km)

Figure A1-10(b) Estimated Q_s distributions of 9 Hz at 30-60km depth.

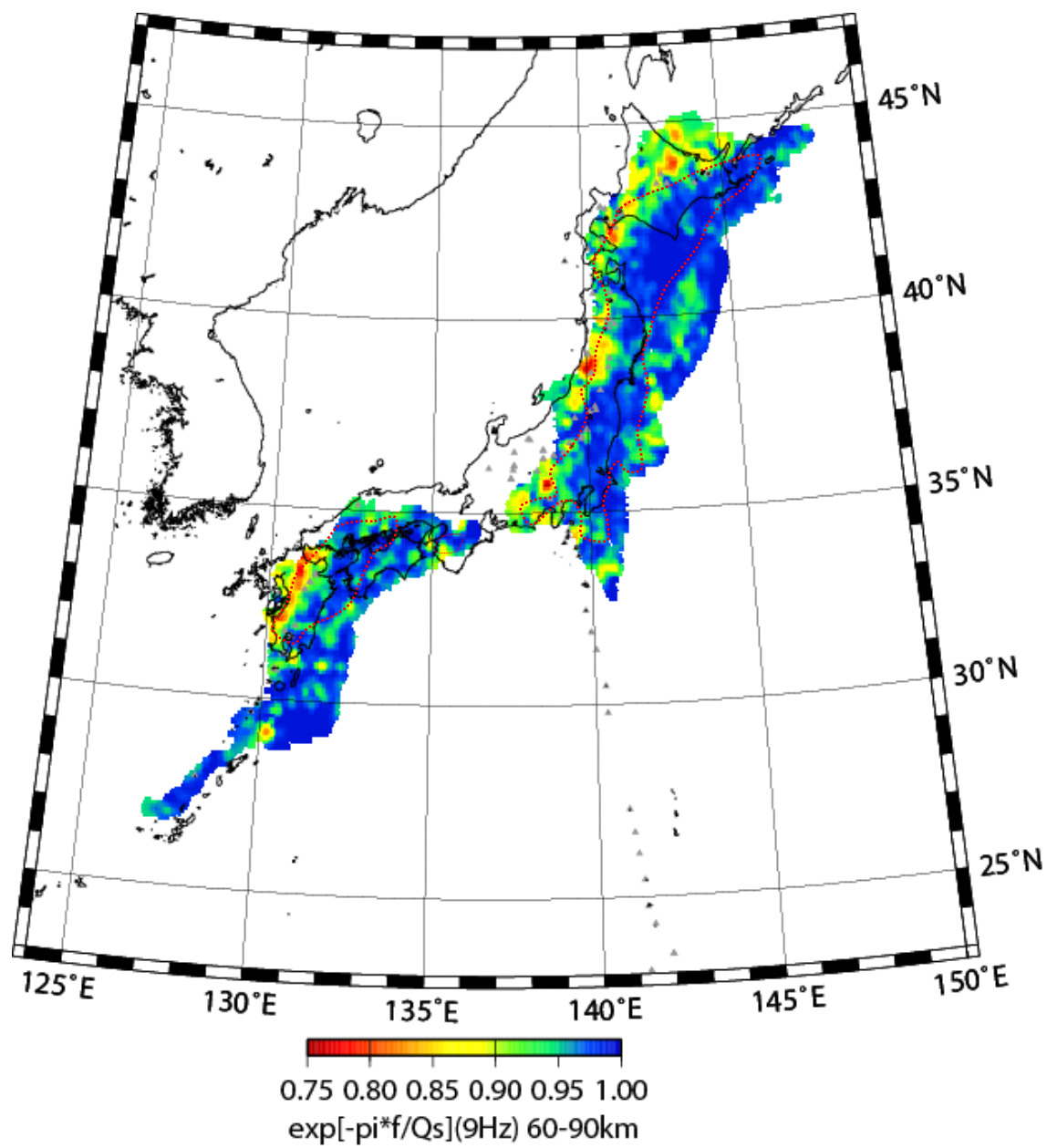


図 A1-10(c) 三次元減衰構造 9 Hz Layer 3 (60-90 km)

Figure A1-10(c) Estimated Q_s distributions of 9 Hz at 60-90 km depth.

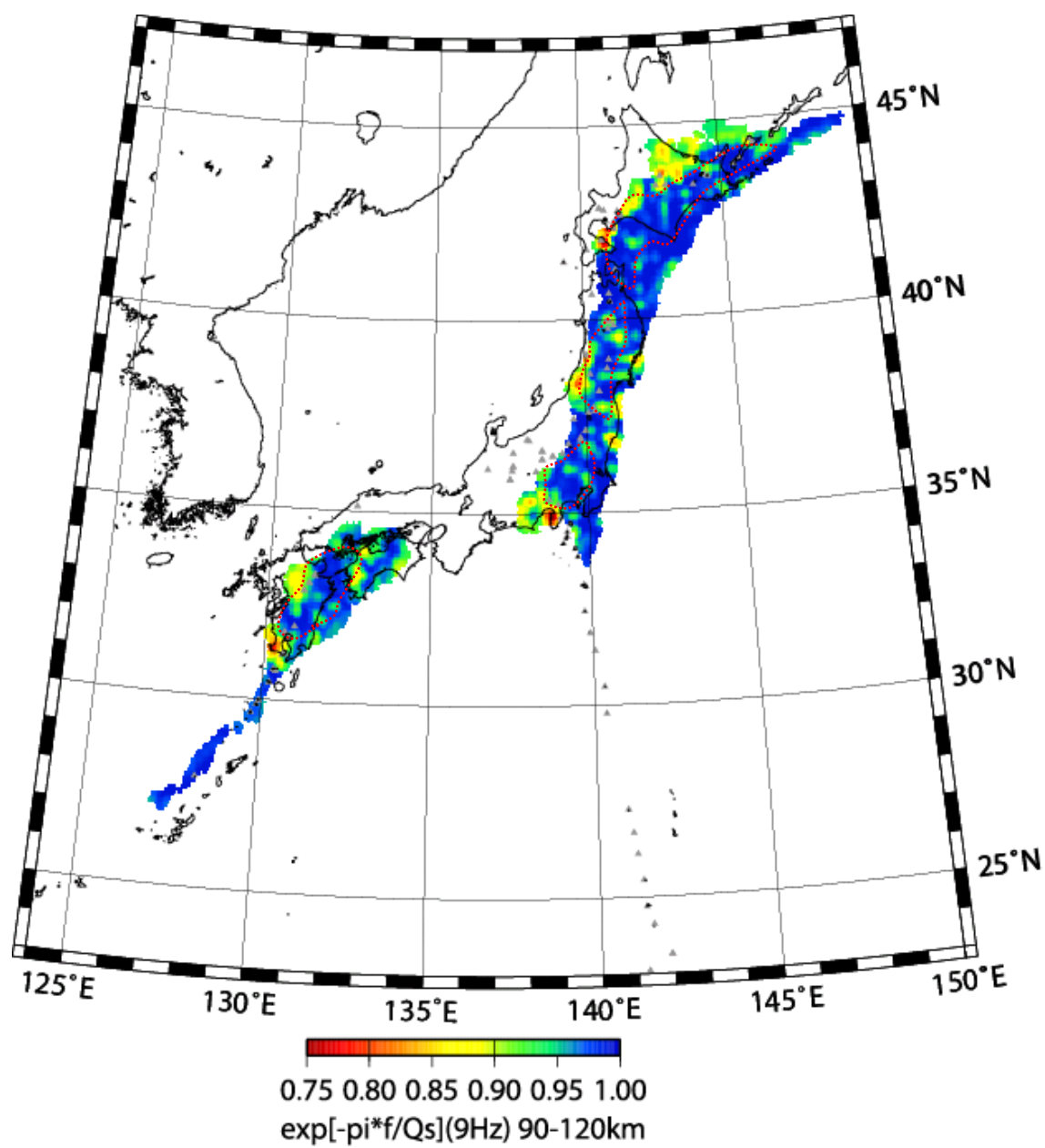


図 A1-10(d) 三次元減衰構造 9 Hz Layer 4 (90-120 km)

Figure A1-10(d) Estimated Q_s distributions of 9 Hz at 90-120 km depth.

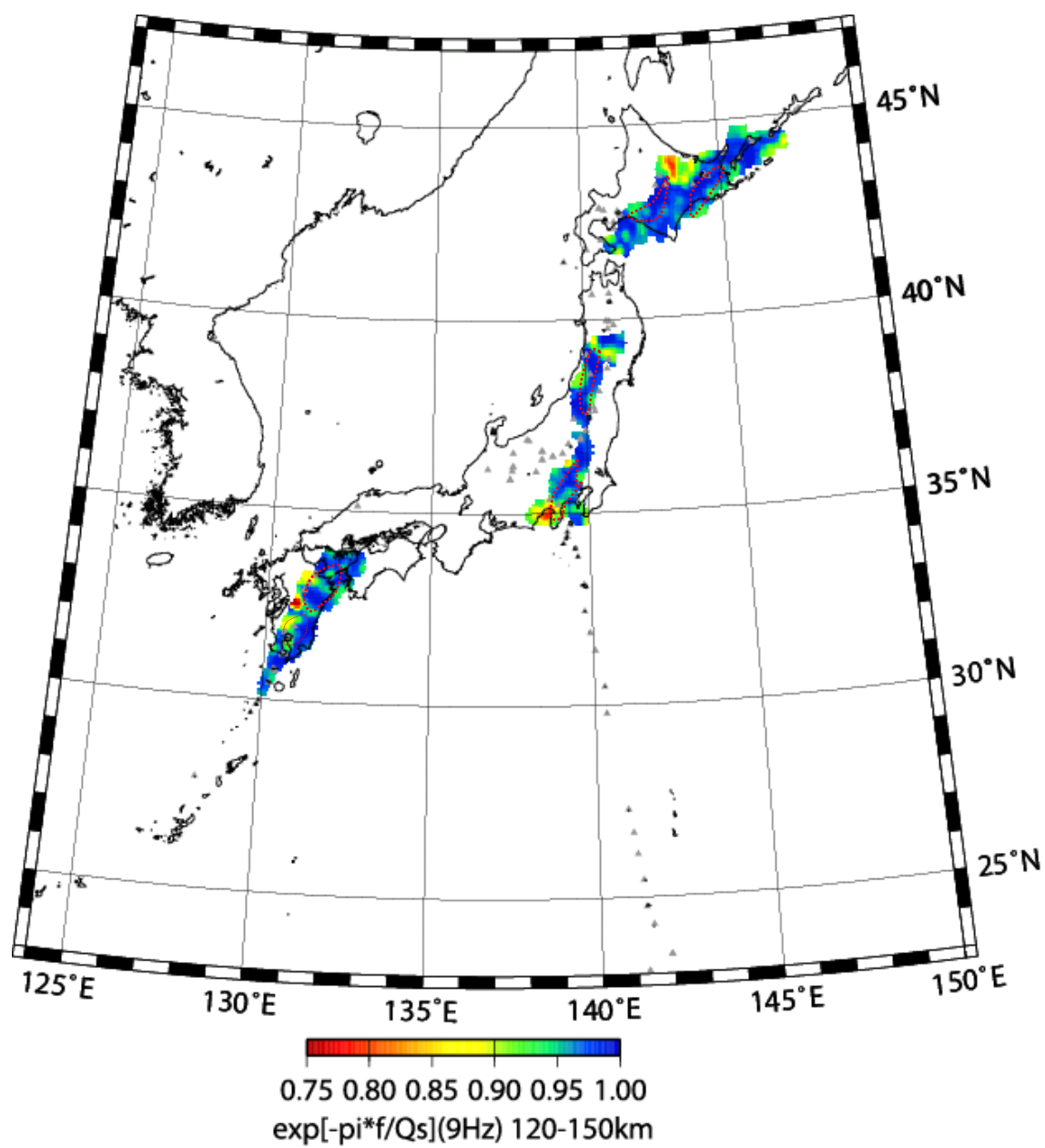


図 A1-10(e) 三次元減衰構造 9 Hz Layer 5 (120-150 km)

Figure A1-10(e) Estimated Q_s distributions of 9 Hz at 120-150km depth.

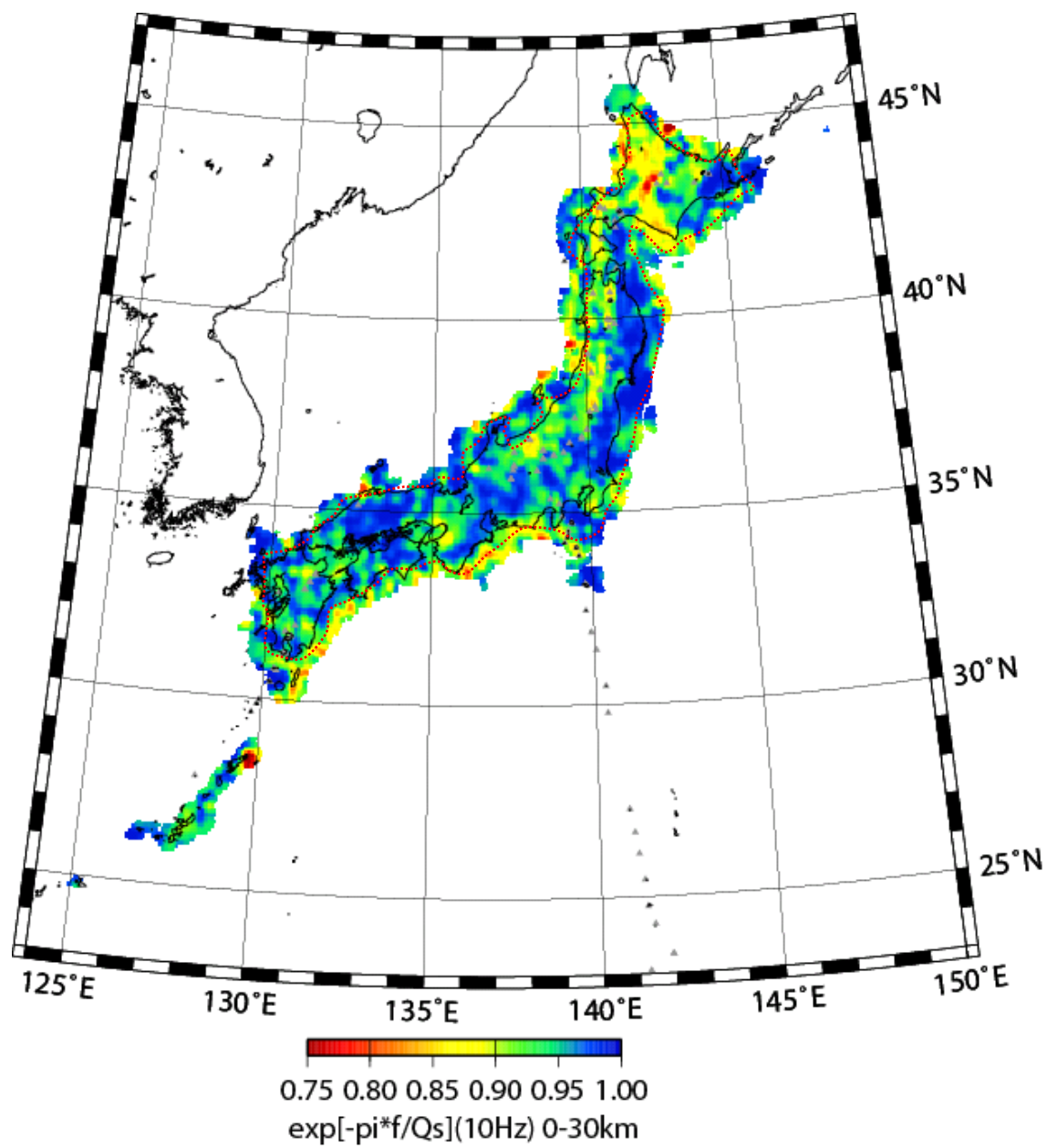


図 A1-11(a) 三次元減衰構造 10 Hz Layer 1 (0-30 km)

Figure A1-11(a) Estimated Q_s distributions of 10 Hz at 0-30 km depth.

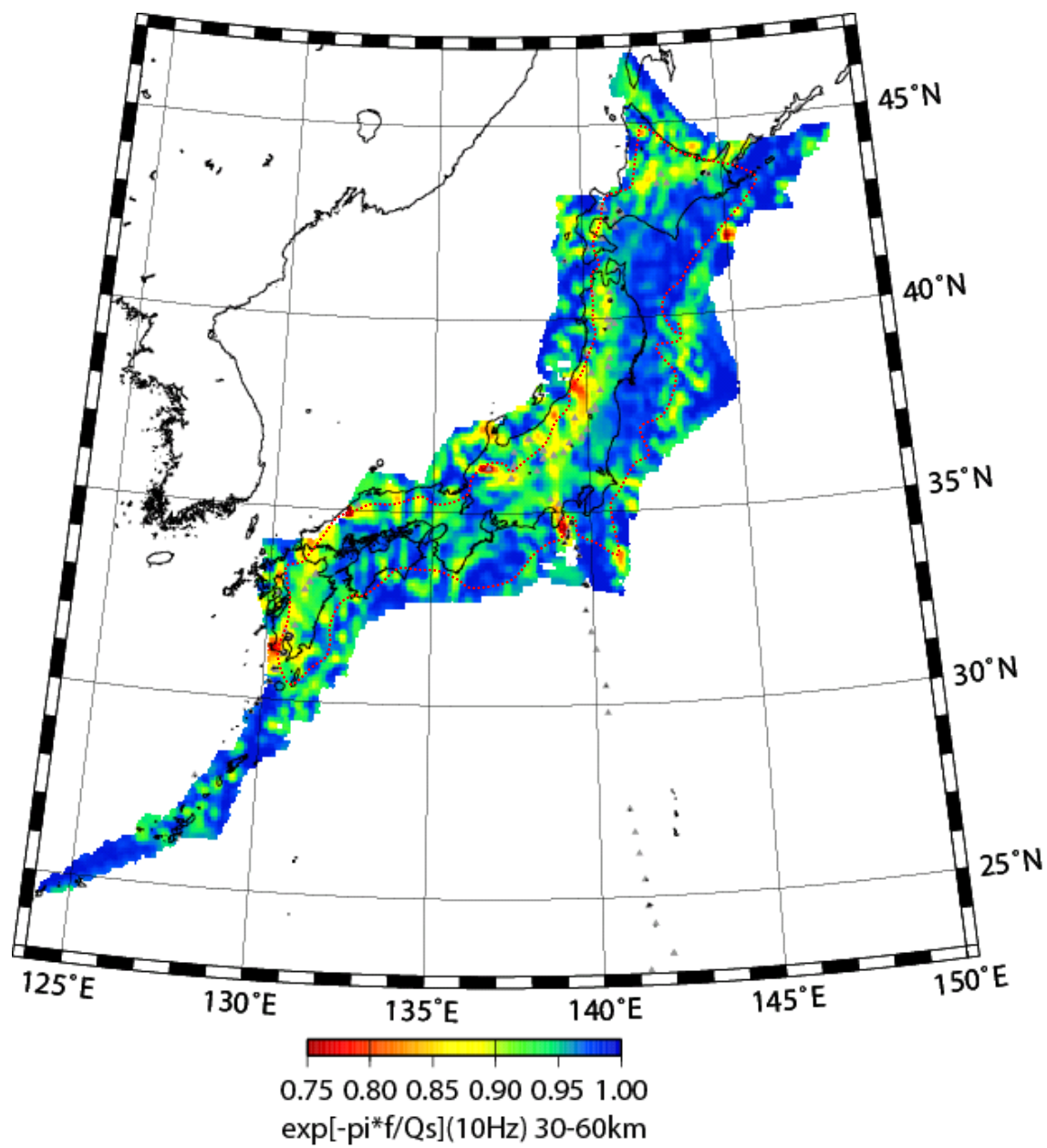


図 A1-11(b) 三次元減衰構造 10 Hz Layer 2 (30-60 km)

Figure A1-11(b) Estimated Q_s distributions of 10 Hz at 30-60 km depth.

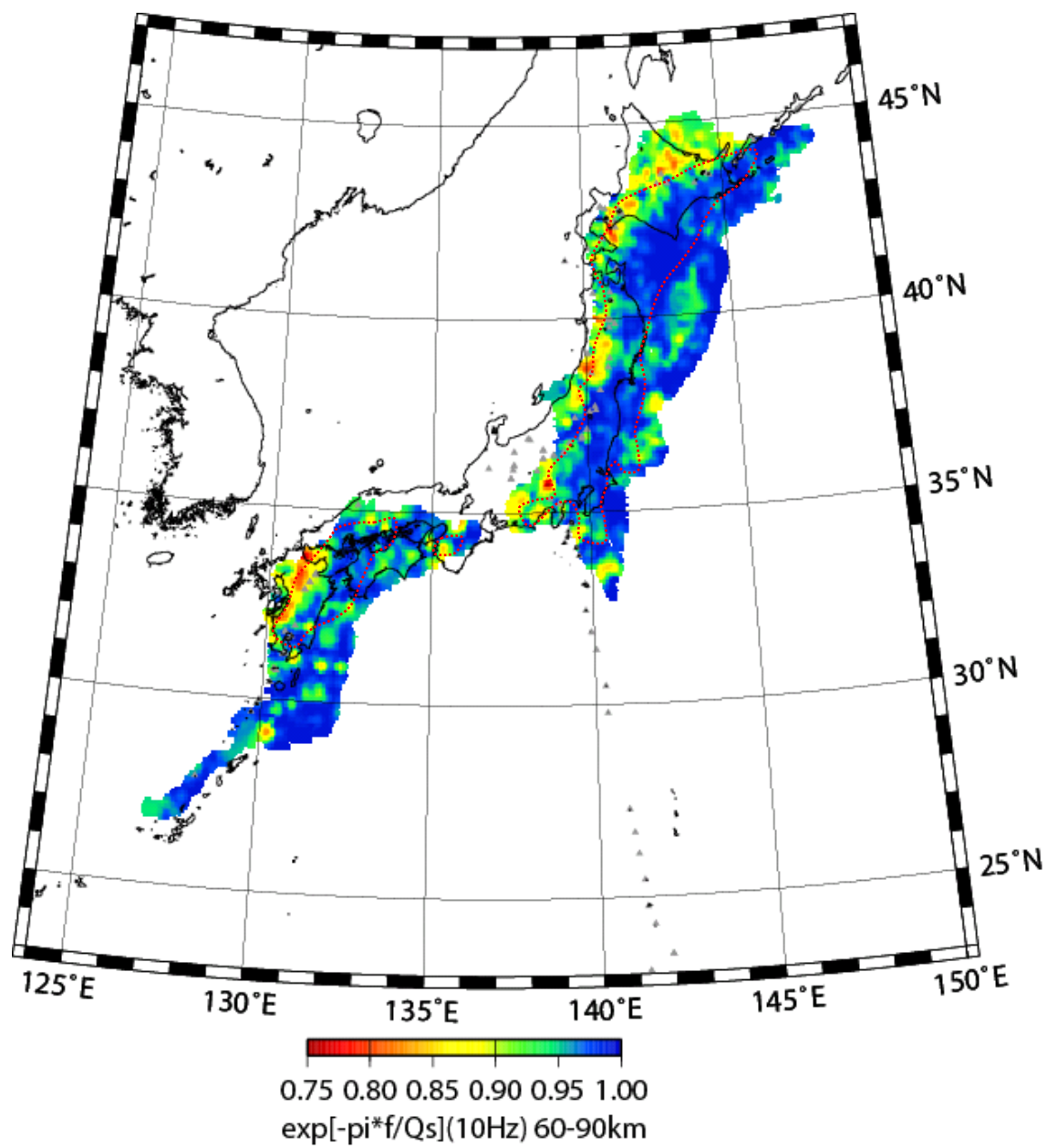


図 A1-11(c) 三次元減衰構造 10 Hz Layer 3 (60-90 km)

Figure A1-11(c) Estimated Q_s distributions of 10 Hz at 60-90 km depth.

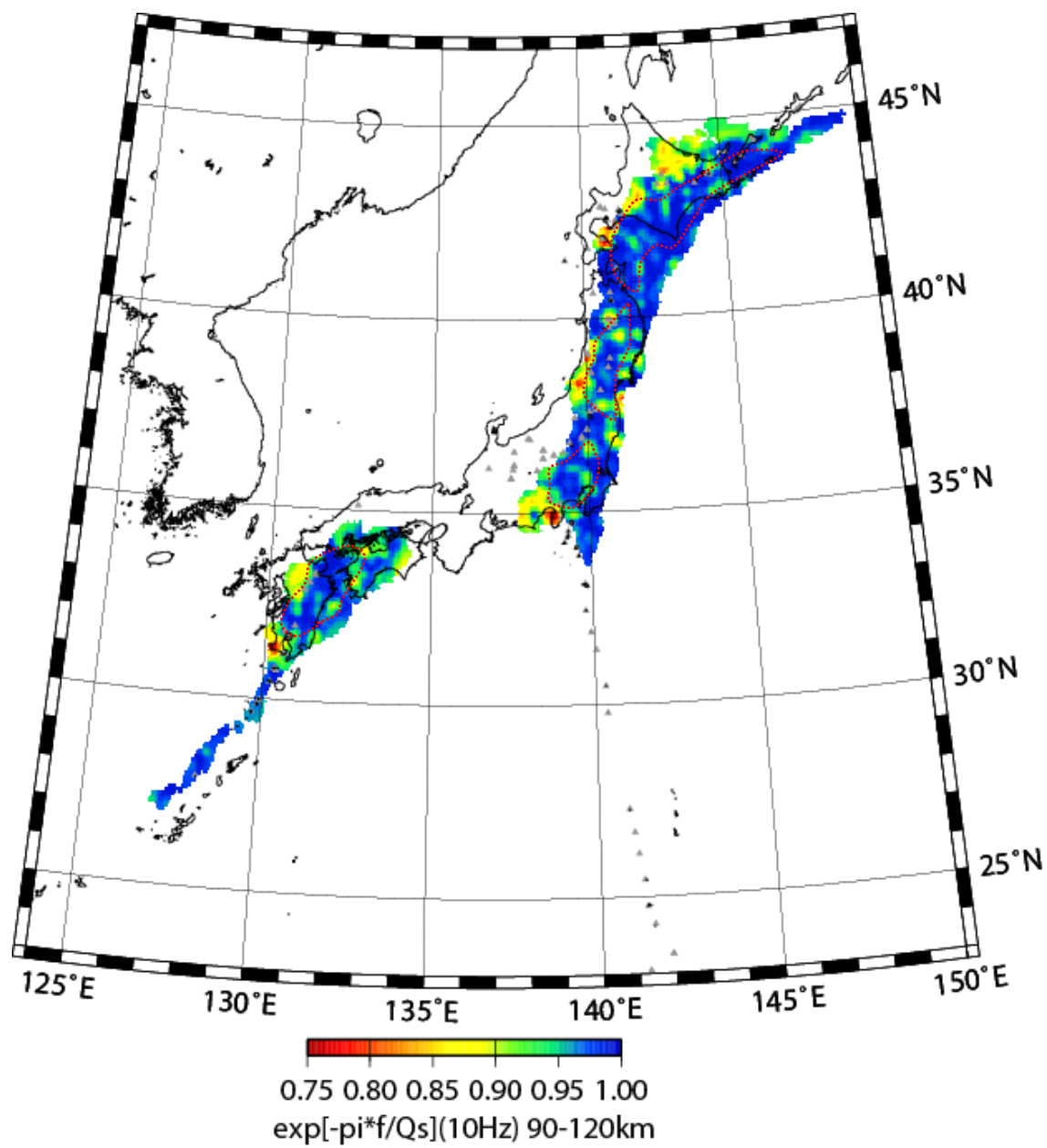


図 A1-11(d) 三次元減衰構造 10 Hz Layer 4 (90-120 km)

Figure A1-11(d) Estimated Q_s distributions of 10 Hz at 90-120 km depth.

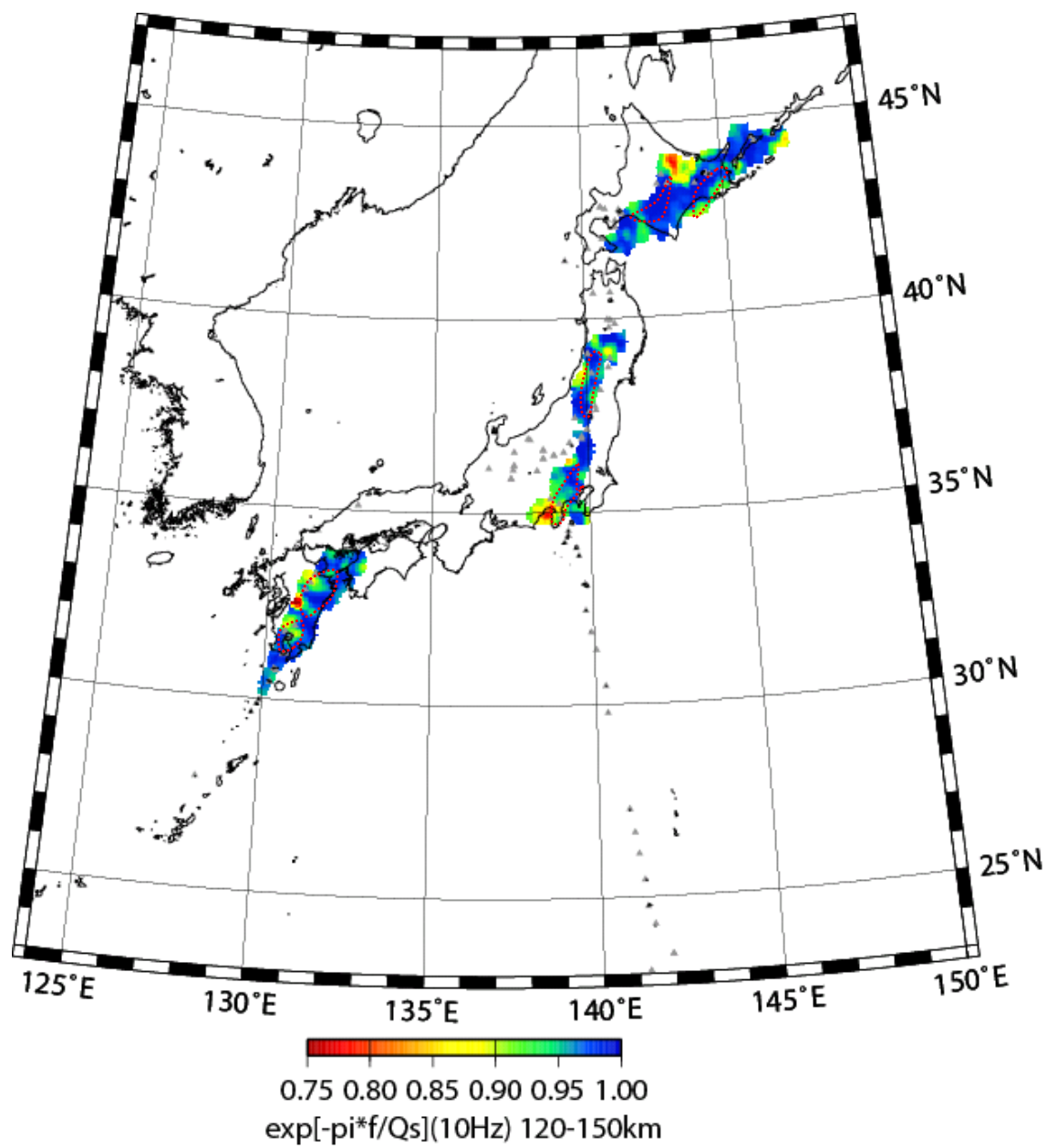


図 A1-11(e) 三次元減衰構造 10 Hz Layer 5 (120-150 km)

Figure A1-11(e) Estimated Q_s distributions of 10 Hz at 120-150 km depth.

Appendix(1) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
1	1997/01/11	14:50:21	131.8948	31.5635	37	1.36E+17	5.2	5.4	26	5.1
2	1997/01/27	15:41:41	131.9583	33.7023	78	1.22E+15	4.0	4.0	20	14.5
3	1997/02/17	05:22:00	140.1395	35.5712	78	1.28E+16	4.5	4.7	60	14.9
4	1997/02/19	10:04:00	140.1447	35.5672	76	6.11E+15	4.2	4.5	45	24.7
5	1997/02/20	05:22:00	141.1552	37.3883	88	1.67E+17	5.4	5.4	145	33.8
6	1997/02/20	16:55:00	142.8742	41.7595	49	1.07E+18	5.9	6.0	124	8.7
7	1997/02/21	17:16:00	141.1178	35.8217	19	1.15E+15	3.9	4.0	8	230.8
8	1997/03/01	04:46:00	140.3470	35.3820	35	1.24E+15	4.1	4.0	16	23.2
9	1997/03/03	14:20:00	139.1558	34.9578	4	1.27E+15	4.2	4.0	13	1.6
10	1997/03/03	17:45:00	139.1653	34.9610	5	2.09E+15	4.2	4.2	11	1.8
11	1997/03/03	20:11:00	139.1795	34.9605	4	1.27E+16	4.8	4.7	30	1.8
12	1997/03/03	22:39:00	140.7203	36.4512	51	1.81E+15	3.8	4.1	31	21.1
13	1997/03/03	23:09:00	139.1578	34.9600	0	6.98E+16	5.5	5.2	37	1.4
14	1997/03/03	23:27:00	139.1723	34.9612	4	1.97E+15	4.3	4.2	10	4.0
15	1997/03/04	00:30:00	139.1712	34.9647	0	3.60E+16	5.2	5.0	47	2.2
16	1997/03/04	12:51:00	139.1697	34.9557	3	2.09E+17	5.9	5.5	53	1.2
17	1997/03/04	23:28:00	139.1647	34.9570	2	2.79E+15	4.1	4.3	7	1.2
18	1997/03/05	22:43:00	139.1550	34.9618	3	1.39E+16	4.9	4.7	20	1.5
19	1997/03/06	13:25:00	139.1633	34.8692	1	3.90E+15	4.1	4.4	9	1.6
20	1997/03/06	15:50:00	139.3805	40.7282	36	2.77E+16	5.1	4.9	50	76.7
21	1997/03/06	19:12:00	139.1652	34.9490	3	1.33E+15	4.1	4.0	6	0.9
22	1997/03/07	02:36:00	139.1578	34.9633	3	4.12E+15	4.1	4.4	19	2.1
23	1997/03/07	10:20:00	139.2383	34.8635	5	1.95E+16	4.6	4.8	17	2.0
24	1997/03/07	16:33:00	139.1472	34.9698	1	2.49E+16	5.0	4.9	19	2.1
25	1997/03/07	21:35:00	139.1657	34.9645	3	8.97E+15	4.5	4.6	16	2.3
26	1997/03/16	14:51:00	137.5252	34.9282	39	2.97E+17	5.9	5.6	206	22.5
27	1997/03/23	14:59:00	140.8218	36.3562	37	4.77E+16	1.5	5.1	128	15.4
28	1997/03/26	17:31:47	130.3590	31.9728	12	1.40E+18	6.6	6.1	53	6.0
29	1997/03/26	18:05:00	130.3973	31.9733	13	9.53E+15	4.6	4.6	40	5.6
30	1997/03/26	21:15:31	130.0128	31.9952	18	2.64E+15	4.3	4.2	22	10.6
31	1997/03/26	22:24:04	130.4350	31.9772	9	1.12E+16	4.7	4.7	33	2.6
32	1997/03/27	05:19:22	130.4188	31.9753	10	1.39E+15	4.0	4.1	18	3.1
33	1997/03/27	21:26:30	130.2927	31.9933	11	1.19E+15	3.7	4.0	13	1.6
34	1997/03/28	02:51:52	130.3208	31.9785	14	1.24E+15	4.2	4.0	12	3.5
35	1997/04/01	00:51:12	132.4420	33.3825	52	1.48E+16	4.7	4.7	71	13.6
36	1997/04/03	04:33:23	130.3220	31.9703	15	1.33E+17	5.7	5.4	41	5.8
37	1997/04/03	06:47:31	132.4315	33.3800	52	3.89E+16	5.0	5.0	93	15.9
38	1997/04/04	02:33:40	130.3925	31.9608	14	1.14E+16	4.8	4.7	39	5.0
39	1997/04/05	13:24:50	130.4037	31.9702	12	3.11E+16	5.2	5.0	45	5.4
40	1997/04/08	02:05:09	132.4002	33.3790	47	1.54E+15	4.1	4.1	31	21.8
41	1997/04/09	23:20:10	130.4110	31.9735	11	2.04E+16	5.1	4.8	45	5.4
42	1997/04/09	23:22:59	130.4242	31.9742	9	1.01E+16	4.7	4.6	37	3.0
43	1997/04/10	13:43:00	139.9475	35.1920	79	1.21E+15	3.9	4.0	11	63.5
44	1997/04/11	08:30:00	140.5363	36.3652	54	3.21E+15	4.3	4.3	40	29.8
45	1997/04/23	10:24:28	130.6357	32.7507	13	3.34E+15	4.1	4.3	28	1.9
46	1997/04/28	20:07:00	141.3898	37.3113	54	5.01E+15	4.5	4.4	44	28.0
47	1997/05/02	04:35:10	131.1533	30.5837	38	1.94E+16	4.6	4.8	7	10.6
48	1997/05/10	02:23:00	140.9698	35.7532	25	1.44E+16	1.7	4.7	20	23.2
49	1997/05/12	07:59:00	141.2463	37.0607	54	2.28E+17	5.7	5.5	143	23.2
50	1997/05/13	14:38:27	130.3027	31.9483	9	1.22E+18	6.4	6.0	47	7.5
51	1997/05/14	08:32:06	130.3442	31.9360	9	2.21E+16	5.1	4.9	36	2.6
52	1997/05/18	06:24:57	130.6402	32.3792	13	8.47E+15	4.8	4.6	52	11.6
53	1997/05/20	13:21:00	139.9988	34.0468	112	1.65E+16	4.6	4.8	17	42.2
54	1997/05/24	02:50:00	137.4998	34.5008	23	1.80E+17	6.0	5.5	29	4.2
55	1997/05/25	06:10:59	130.3172	31.9552	8	3.50E+15	4.4	4.3	27	4.7
56	1997/06/12	09:38:00	141.0168	36.4438	43	2.75E+15	4.2	4.3	36	19.8
57	1997/06/15	13:54:00	144.2073	42.9785	98	6.06E+16	5.1	5.2	68	52.6
58	1997/06/25	18:50:00	131.6662	34.4415	8	5.66E+17	6.6	5.8	35	4.4
59	1997/07/01	12:40:00	144.6515	42.6458	73	3.84E+16	5.1	5.0	67	42.2
60	1997/07/01	18:00:00	139.8703	36.0757	53	1.19E+15	3.9	4.0	54	119.2
61	1997/07/09	18:36:00	140.1255	35.5547	77	3.63E+16	4.8	5.0	94	16.9
62	1997/07/26	18:36:05	130.4363	31.9710	9	3.12E+15	4.3	4.3	23	2.3
63	1997/08/09	05:34:00	139.5015	35.8327	67	3.36E+16	4.9	5.0	141	22.5
64	1997/08/22	17:11:00	140.1033	36.1222	72	4.39E+15	4.3	4.4	38	14.0
65	1997/09/04	05:12:00	133.3765	35.2563	12	3.63E+15	4.5	4.3	33	4.7
66	1997/09/04	05:16:00	133.3767	35.2620	9	6.83E+16	5.5	5.2	42	3.7
67	1997/09/07	02:19:00	135.5207	35.0422	18	1.17E+15	4.3	4.0	42	17.5
68	1997/09/08	08:40:00	140.0022	35.5580	109	6.62E+16	5.1	5.2	151	36.0
69	1997/09/15	12:03:54	131.4615	31.1488	39	1.56E+16	4.6	4.8	13	8.7
70	1997/09/29	23:46:00	140.6952	35.7102	54	7.37E+15	4.3	4.5	20	22.5

Appendix (2) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
71	1997/10/01	07:24:27	142.2828	42.1368	33	1.43E+15	4.1	4.1	5	42.2
72	1997/10/03	13:46:33	144.8192	42.5192	46	3.99E+16	5.0	5.0	27	11.2
73	1997/10/09	06:20:57	145.0175	41.9208	37	1.19E+18	5.8	6.0	18	4.1
74	1997/10/09	12:29:07	144.9583	41.9260	32	5.33E+16	5.3	5.1	10	7.5
75	1997/10/09	13:00:48	144.9570	41.9148	31	9.45E+16	5.2	5.3	5	7.7
76	1997/10/10	05:42:00	138.9427	41.8910	32	1.17E+17	5.2	5.3	27	28.0
77	1997/10/11	14:44:35	138.2695	34.4270	34	3.38E+16	5.1	5.0	63	31.8
78	1997/10/11	18:45:30	142.1672	38.8817	50	8.05E+16	5.2	5.2	20	13.2
79	1997/10/17	04:00:09	146.4607	43.4815	49	7.07E+15	4.7	4.5	12	22.5
80	1997/10/20	23:12:15	140.9807	36.3230	45	4.53E+15	4.3	4.4	49	28.9
81	1997/10/21	19:55:25	138.2275	35.1197	32	2.47E+15	4.5	4.2	66	23.2
82	1997/10/22	18:55:49	146.4787	44.5200	158	2.42E+17	5.6	5.6	12	13.2
83	1997/10/27	04:06:44	140.6060	39.3248	121	1.43E+17	5.1	5.4	40	10.9
84	1997/11/01	20:37:06	139.1045	35.2560	14	1.59E+15	4.0	4.1	22	3.3
85	1997/11/02	07:13:04	139.9088	36.0733	48	3.76E+15	4.4	4.3	56	30.8
86	1997/11/04	10:31:08	139.1040	35.2525	15	1.21E+15	4.1	4.0	21	5.6
87	1997/11/05	18:44:03	141.2323	36.5903	44	1.00E+16	4.7	4.6	50	26.3
88	1997/11/06	05:04:38	144.4483	43.0498	117	2.19E+16	4.9	4.9	55	119.2
89	1997/11/12	04:59:49	146.9105	43.4172	65	1.66E+16	4.8	4.8	19	29.8
90	1997/11/12	08:58:38	130.9727	32.9133	12	4.27E+15	4.3	4.4	21	2.5
91	1997/11/13	12:21:36	146.2260	43.3698	62	1.53E+16	4.9	4.8	29	76.7
92	1997/11/14	02:56:21	139.9087	33.6978	109	1.73E+16	4.8	4.8	8	26.3
93	1997/11/15	13:42:34	141.5127	36.8743	62	1.98E+16	4.9	4.8	86	40.9
94	1997/11/15	16:05:17	145.1135	43.6657	155	1.34E+18	6.1	6.1	76	31.8
95	1997/11/29	09:39:50	139.9010	36.0530	48	6.96E+15	4.5	4.5	78	18.0
96	1997/12/02	03:17:46	138.8512	39.9565	34	1.26E+16	4.9	4.7	25	89.8
97	1997/12/06	15:40:46	140.1075	35.7337	48	1.31E+16	4.8	4.7	65	12.4
98	1997/12/07	08:02:47	140.1083	35.7763	44	1.95E+15	4.3	4.2	35	27.1
99	1997/12/07	12:50:40	141.7430	37.7207	84	1.25E+17	5.4	5.4	128	52.6
100	1997/12/13	15:45:30	142.3398	39.6460	77	8.77E+15	4.7	4.6	46	185.2
101	1997/12/19	22:07:55	136.2243	36.3165	13	3.22E+15	4.5	4.3	30	9.0
102	1997/12/22	06:03:37	146.4435	43.1402	51	5.46E+16	5.1	5.1	19	17.5
103	1997/12/23	01:31:59	142.4627	40.1783	37	1.19E+17	5.2	5.3	60	10.2
104	1997/12/23	04:08:04	143.4805	42.9900	114	4.62E+16	5.2	5.1	63	32.8
105	1997/12/23	15:18:15	140.9538	36.2293	44	3.32E+15	4.3	4.3	24	16.4
106	1997/12/25	00:17:15	130.2917	31.8387	7	9.89E+14	3.9	4.0	16	2.0
107	1998/01/03	03:19:56	145.4370	42.9537	50	3.69E+16	5.0	5.0	36	49.4
108	1998/01/08	23:46:35	137.6718	37.8640	24	1.01E+15	4.2	4.0	5	31.8
109	1998/01/10	14:02:30	130.2890	31.8377	7	4.41E+15	4.2	4.4	23	3.1
110	1998/01/12	14:51:41	136.7628	33.0170	36	1.96E+15	4.0	4.2	11	21.1
111	1998/01/14	02:17:08	140.2328	35.6165	78	2.28E+16	5.0	4.9	108	27.1
112	1998/01/16	10:57:55	140.3192	35.2195	53	5.36E+15	4.7	4.5	74	89.8
113	1998/01/21	00:21:17	146.8975	43.6037	53	3.67E+17	5.3	5.7	26	9.9
114	1998/01/31	00:50:17	142.0772	41.4628	62	2.45E+17	5.3	5.6	92	12.7
115	1998/02/04	20:34:34	142.2675	41.9492	59	9.90E+15	4.4	4.6	16	13.6
116	1998/02/05	19:48:49	145.8033	43.1932	48	4.08E+16	5.1	5.0	29	21.8
117	1998/02/10	01:20:48	137.1192	35.7472	11	1.63E+15	4.3	4.1	46	5.1
118	1998/02/11	11:25:43	142.3898	41.9555	55	3.56E+16	4.9	5.0	40	11.6
119	1998/02/16	23:55:12	143.4810	42.5723	59	3.97E+15	4.2	4.4	19	19.2
120	1998/02/21	09:55:41	138.7957	37.2703	19	3.15E+16	5.2	5.0	42	15.4
121	1998/02/21	22:17:34	139.2873	42.0055	16	9.79E+14	4.2	4.0	8	115.5
122	1998/02/26	02:32:19	141.1147	35.5822	36	2.75E+16	4.7	4.9	14	25.5
123	1998/03/03	09:19:17	144.1180	42.6138	59	1.80E+15	4.0	4.1	9	12.0
124	1998/03/03	16:39:45	130.2927	31.8465	8	9.67E+14	3.8	4.0	12	2.9
125	1998/03/08	09:02:04	141.8098	38.5248	52	3.74E+15	4.3	4.3	20	23.9
126	1998/03/08	13:46:48	139.8558	36.0963	51	6.15E+15	4.6	4.5	98	76.7
127	1998/03/12	04:27:06	142.2225	37.7103	35	2.70E+16	5.1	4.9	57	25.5
128	1998/03/17	08:03:37	141.2545	37.0402	50	8.25E+15	4.5	4.6	41	15.4
129	1998/03/23	18:37:09	141.1820	36.3690	49	1.28E+17	5.4	5.4	101	14.9
130	1998/03/26	11:43:43	147.0897	43.3603	51	5.50E+16	4.6	5.1	17	10.9
131	1998/03/27	15:31:14	130.4690	31.9590	8	4.20E+15	3.2	4.4	26	2.4
132	1998/04/04	01:40:09	138.3803	37.5447	26	7.90E+15	4.6	4.6	27	22.5
133	1998/04/05	10:53:55	138.2725	35.4097	12	4.50E+15	4.6	4.4	38	5.1
134	1998/04/08	10:57:36	141.9983	41.4988	65	4.15E+15	4.3	4.4	9	18.6
135	1998/04/09	02:44:36	140.8802	36.9460	97	1.80E+16	4.7	4.8	91	63.5
136	1998/04/09	14:29:31	144.9902	42.8008	48	2.80E+16	5.0	4.9	47	37.2
137	1998/04/09	17:45:39	141.0172	36.9452	95	1.78E+17	5.4	5.5	171	49.4
138	1998/04/11	19:07:41	140.6693	36.4337	58	7.71E+15	4.4	4.6	72	30.8
139	1998/04/11	20:46:31	132.2348	33.2005	43	1.37E+15	3.9	4.1	15	14.5
140	1998/04/20	10:49:55	130.4805	31.9725	9	3.58E+15	4.3	4.3	30	4.1

Appendix (3) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
141	1998/04/20	18:53:19	143.0988	42.3575	53	2.69E+15	4.0	4.3	10	15.4
142	1998/04/21	13:57:52	141.2165	37.3538	65	6.35E+15	4.5	4.5	51	32.8
143	1998/04/21	19:27:51	139.1800	34.9620	6	4.41E+15	4.5	4.4	12	1.2
144	1998/04/22	04:41:49	139.1877	34.9550	6	2.56E+15	4.2	4.2	9	1.9
145	1998/04/22	10:40:55	139.1828	34.9558	7	1.73E+15	4.4	4.1	10	5.6
146	1998/04/22	17:49:58	139.1890	34.9543	7	1.79E+15	4.5	4.1	10	2.0
147	1998/04/22	20:32:48	136.5632	35.1757	8	6.74E+16	5.5	5.2	92	2.9
148	1998/04/25	18:34:10	139.2267	34.9578	7	1.75E+15	4.3	4.1	12	5.4
149	1998/04/26	07:37:36	139.1735	34.9633	6	3.42E+16	5.0	5.0	33	1.8
150	1998/04/26	12:21:45	140.2347	34.5772	97	2.24E+16	4.7	4.9	29	29.8
151	1998/04/26	15:03:46	139.1833	34.9808	3	8.45E+15	4.7	4.6	18	2.6
152	1998/04/26	22:02:59	139.1878	34.9513	7	1.70E+15	4.2	4.1	10	2.8
153	1998/04/27	06:09:21	139.1920	34.9587	9	1.11E+16	4.7	4.7	23	1.6
154	1998/04/27	07:06:41	139.8700	36.0865	48	1.41E+15	4.0	4.1	52	135.2
155	1998/05/03	10:59:27	139.1812	34.9622	6	3.24E+15	4.2	4.3	8	2.8
156	1998/05/03	11:09:05	139.1758	34.9607	5	2.35E+17	5.9	5.5	55	2.0
157	1998/05/05	17:25:40	139.1932	34.9545	8	1.79E+15	4.3	4.1	7	1.5
158	1998/05/06	07:57:59	135.7688	33.3525	21	3.71E+15	4.4	4.3	14	22.5
159	1998/05/09	05:47:16	131.2092	30.5580	30	3.92E+15	4.4	4.4	5	31.8
160	1998/05/12	03:46:32	143.1088	42.3615	53	1.93E+15	4.0	4.2	11	19.8
161	1998/05/16	03:45:05	139.9227	34.9380	73	1.49E+16	4.8	4.7	94	57.8
162	1998/05/21	06:53:47	142.0447	38.5597	84	2.60E+16	5.0	4.9	65	63.5
163	1998/05/23	04:49:35	131.8422	33.7042	86	1.88E+17	5.4	5.5	180	42.2
164	1998/05/24	04:25:37	130.0762	31.9858	11	2.88E+15	4.2	4.3	14	2.1
165	1998/06/08	08:02:32	139.8898	36.1108	50	1.23E+15	3.9	4.0	51	49.4
166	1998/06/08	16:47:59	141.0560	37.0235	67	2.22E+15	4.2	4.2	47	54.2
167	1998/06/10	16:17:22	135.4155	33.9195	56	3.88E+15	4.3	4.4	58	15.4
168	1998/06/11	11:03:08	139.5132	36.8685	8	9.53E+14	3.8	4.0	7	3.9
169	1998/06/14	22:17:05	140.7490	35.4645	46	3.58E+17	5.7	5.7	53	3.7
170	1998/06/17	05:10:00	139.7590	34.7592	138	8.90E+15	4.5	4.6	11	9.0
171	1998/06/22	16:07:06	129.4795	28.2685	57	1.77E+17	5.2	5.5	5	15.4
172	1998/06/23	22:54:17	136.1263	34.5805	41	5.54E+15	4.3	4.5	86	7.2
173	1998/06/24	23:52:29	140.0983	36.1538	68	1.92E+16	4.7	4.8	98	26.3
174	1998/06/25	06:30:47	139.1620	34.3375	10	1.07E+16	4.5	4.7	5	4.7
175	1998/06/27	15:49:48	143.0685	42.4683	37	2.08E+16	4.2	4.8	28	6.2
176	1998/07/01	02:22:47	137.9148	36.6223	9	3.79E+16	5.0	5.0	29	5.4
177	1998/07/07	04:08:39	131.1203	31.4502	58	3.53E+15	4.2	4.3	27	24.7
178	1998/07/15	07:09:46	139.8902	36.0950	49	9.13E+15	4.5	4.6	79	14.5
179	1998/07/17	05:08:44	130.8657	32.7170	15	4.43E+15	4.2	4.4	42	4.4
180	1998/07/19	01:18:27	140.6185	35.7445	50	2.61E+16	4.6	4.9	14	5.4
181	1998/07/21	12:14:20	140.4255	37.0255	87	1.75E+15	3.9	4.1	42	65.5
182	1998/07/31	10:12:09	140.1553	35.5782	72	1.30E+15	4.0	4.0	23	52.6
183	1998/08/03	20:09:33	139.9952	37.2097	8	4.99E+16	5.2	5.1	45	3.7
184	1998/08/12	09:40:34	137.6513	36.2367	4	6.65E+15	4.6	4.5	10	0.6
185	1998/08/12	15:13:03	137.6282	36.2368	3	2.25E+16	5.0	4.9	23	1.3
186	1998/08/14	14:06:53	137.6267	36.2972	3	2.35E+15	4.2	4.2	6	2.6
187	1998/08/14	19:36:15	137.6257	36.3043	5	1.52E+16	4.7	4.8	21	1.8
188	1998/08/16	03:31:08	137.6257	36.3282	3	1.17E+17	5.6	5.3	39	2.0
189	1998/08/16	23:05:19	141.7585	37.2508	42	8.38E+16	5.3	5.2	77	12.0
190	1998/08/17	10:15:05	137.6175	36.3552	0	2.00E+16	4.7	4.8	20	1.4
191	1998/08/21	22:53:22	144.9640	42.8020	48	1.21E+15	3.9	4.0	10	26.3
192	1998/08/22	03:55:45	137.6487	36.2415	4	9.42E+15	4.6	4.6	16	1.7
193	1998/08/24	23:19:58	141.7603	37.7493	61	3.08E+15	4.4	4.3	31	24.7
194	1998/08/28	14:13:12	137.6413	36.2650	5	1.11E+15	3.9	4.0	5	0.8
195	1998/08/29	08:46:42	140.0293	35.6330	65	9.80E+16	5.3	5.3	168	29.8
196	1998/09/03	16:58:17	140.9012	39.8060	8	7.53E+17	6.2	5.9	42	1.4
197	1998/09/04	08:02:37	131.8605	32.0197	28	1.42E+16	4.6	4.7	15	4.5
198	1998/09/05	10:08:00	137.6272	36.4052	1	1.76E+16	4.9	4.8	18	0.9
199	1998/09/05	12:02:01	137.6243	36.4242	0	2.53E+16	4.8	4.9	14	0.5
200	1998/09/07	05:49:02	145.7152	43.1317	50	5.28E+15	4.2	4.4	17	13.2
201	1998/09/07	16:53:25	137.6632	36.2377	6	1.54E+15	3.8	4.1	11	1.6
202	1998/09/08	08:40:40	140.8502	35.9208	35	8.63E+15	4.3	4.6	18	5.4
203	1998/09/15	08:16:22	132.2303	32.5883	34	4.30E+15	4.2	4.4	11	4.7
204	1998/09/15	16:24:02	140.7600	38.2817	13	3.19E+16	5.2	5.0	36	8.5
205	1998/09/18	17:16:11	137.6417	36.3238	1	1.12E+16	4.7	4.7	19	1.4
206	1998/09/20	06:53:03	137.6272	36.4363	1	5.75E+15	4.4	4.5	10	1.1
207	1998/09/24	17:03:21	134.5663	33.4608	39	1.91E+15	4.2	4.2	37	7.2
208	1998/09/25	06:59:35	141.3717	37.5135	84	1.52E+16	4.7	4.8	77	38.4
209	1998/09/28	02:50:22	131.9162	32.0570	28	5.75E+15	4.4	4.5	12	7.7
210	1998/10/04	02:00:59	141.4555	36.7707	40	4.93E+15	4.6	4.4	45	26.3

Appendix(4) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
211	1998/11/01	03:01:00	140.5992	36.4570	57	1.05E+15	3.8	4.0	49	261.8
212	1998/11/03	16:48:21	141.6383	37.8763	86	1.53E+15	4.1	4.1	28	61.5
213	1998/11/07	14:35:40	142.0507	41.5838	65	5.31E+16	4.8	5.1	15	5.4
214	1998/11/08	21:40:44	140.0385	35.6303	80	1.36E+16	4.7	4.7	104	43.5
215	1998/11/10	11:21:46	132.7363	33.1960	39	2.15E+15	4.0	4.2	33	12.7
216	1998/11/16	08:08:33	137.4160	37.6740	12	1.45E+16	4.8	4.7	15	15.9
217	1998/11/21	01:40:20	141.1903	36.4275	47	5.24E+15	4.5	4.4	19	6.8
218	1998/11/24	04:48:11	141.5507	38.0155	83	5.73E+16	5.2	5.1	117	69.8
219	1998/11/25	02:36:20	141.5973	37.0717	39	1.08E+16	4.7	4.7	48	25.5
220	1998/11/25	10:47:54	136.6362	35.8630	11	1.21E+15	4.0	4.0	30	2.5
221	1998/11/28	00:22:57	140.0910	35.6617	65	3.29E+15	4.5	4.3	76	72.0
222	1998/11/29	21:52:34	141.2082	37.1762	84	2.13E+15	4.2	4.2	38	36.0
223	1998/12/03	05:15:37	140.0323	35.6305	64	3.87E+15	4.2	4.4	54	26.3
224	1998/12/05	01:38:29	135.1472	33.5073	41	1.50E+15	4.0	4.1	38	27.1
225	1998/12/10	00:56:36	143.1003	42.3352	48	2.18E+16	4.6	4.9	31	11.6
226	1998/12/16	09:18:45	131.5887	31.3008	24	1.85E+18	5.7	6.1	20	4.0
227	1998/12/17	21:49:38	141.3830	36.0570	40	4.37E+16	5.1	5.1	31	6.0
228	1998/12/22	19:23:10	140.5163	36.0500	59	2.70E+15	4.2	4.3	21	11.6
229	1999/01/01	23:30:04	131.3505	33.3058	11	1.93E+15	3.9	4.2	8	1.8
230	1999/01/02	01:20:30	141.7095	36.2332	46	6.69E+16	5.1	5.2	18	5.4
231	1999/01/09	12:05:38	147.4258	44.1297	119	1.63E+17	5.5	5.4	27	40.9
232	1999/01/11	09:10:39	136.7438	36.0463	6	4.36E+15	4.6	4.4	28	1.8
233	1999/01/16	15:41:40	141.4100	36.6723	39	4.11E+15	4.5	4.4	29	15.4
234	1999/01/19	02:35:44	141.4667	41.5548	85	8.46E+15	4.4	4.6	19	15.9
235	1999/01/24	09:37:06	131.2900	30.5685	40	6.58E+18	6.6	6.5	82	26.3
236	1999/01/25	05:03:12	132.2838	32.6972	39	1.33E+15	3.9	4.0	11	8.5
237	1999/01/28	10:25:46	137.9825	36.3722	9	1.17E+16	4.8	4.7	34	6.0
238	1999/02/01	01:51:50	141.5258	37.1280	45	8.58E+16	5.3	5.3	91	16.4
239	1999/02/01	02:01:25	141.4810	37.1447	45	1.38E+15	4.1	4.1	36	306.4
240	1999/02/01	04:29:11	146.9993	43.3457	45	4.06E+17	5.5	5.7	26	16.4
241	1999/02/12	03:16:45	135.5585	34.9920	15	9.68E+14	4.2	4.0	79	14.0
242	1999/02/21	10:51:24	140.0093	37.5827	12	1.00E+15	4.0	4.0	14	6.0
243	1999/02/26	14:18:16	139.8527	39.1483	16	7.19E+16	5.0	5.2	27	33.8
244	1999/03/02	23:20:48	132.6488	32.6623	33	3.15E+15	4.1	4.3	13	6.0
245	1999/03/05	15:24:31	142.5120	41.9955	58	4.37E+15	4.3	4.4	11	15.4
246	1999/03/06	12:54:32	142.2847	41.9598	54	1.50E+16	4.5	4.7	27	17.5
247	1999/03/07	10:03:42	145.9635	42.9602	39	2.54E+16	5.1	4.9	20	20.4
248	1999/03/08	10:58:21	140.1092	36.2400	55	1.03E+15	3.8	4.0	28	17.5
249	1999/03/08	17:46:31	139.8373	39.1600	21	1.75E+15	4.3	4.1	10	153.3
250	1999/03/09	12:53:52	131.0192	32.9372	10	2.79E+16	4.8	4.9	53	2.3
251	1999/03/11	20:05:53	141.9230	39.6050	30	4.41E+15	4.8	4.4	53	67.6
252	1999/03/16	16:43:35	135.9312	35.2773	12	1.83E+16	5.2	4.8	85	6.2
253	1999/03/18	21:27:29	142.3558	41.1463	51	3.56E+15	4.4	4.3	12	28.0
254	1999/03/23	05:54:43	141.9635	40.9705	58	2.05E+15	3.8	4.2	8	15.4
255	1999/03/25	00:07:40	135.2540	33.7562	45	5.01E+15	4.3	4.4	66	3.3
256	1999/03/26	08:31:09	140.6155	36.4507	59	4.55E+16	5.0	5.1	97	46.3
257	1999/03/28	01:37:03	139.0073	34.0997	14	3.61E+16	5.2	5.0	8	12.4
258	1999/04/03	03:44:55	130.3158	31.9545	8	3.41E+15	4.3	4.3	26	4.7
259	1999/04/03	05:45:09	142.4837	41.9895	57	1.28E+15	3.8	4.0	8	52.6
260	1999/04/08	18:25:07	142.2847	41.9788	58	2.68E+15	4.0	4.3	7	12.0
261	1999/04/19	03:44:15	140.9085	39.0212	10	5.06E+15	4.5	4.4	22	2.7
262	1999/04/25	18:13:11	140.2960	35.5248	94	4.49E+15	4.3	4.4	76	50.9
263	1999/04/25	21:27:02	140.6220	36.4560	59	6.24E+16	5.2	5.2	125	26.3
264	1999/05/03	02:55:49	142.5382	42.0397	58	1.55E+15	3.9	4.1	6	81.7
265	1999/05/07	21:48:25	138.3388	35.2130	20	1.56E+16	4.9	4.8	52	5.4
266	1999/05/13	02:59:23	143.8710	42.9675	106	1.72E+18	6.3	6.1	151	37.2
267	1999/05/22	09:48:15	139.1772	35.4592	21	1.61E+15	4.3	4.1	43	9.9
268	1999/05/23	17:19:14	146.2717	43.3432	48	2.26E+15	4.4	4.2	22	191.1
269	1999/05/31	12:22:42	144.5945	43.0760	76	2.89E+15	4.3	4.3	24	47.8
270	1999/06/06	06:45:43	145.4388	42.9782	49	2.52E+15	4.1	4.2	9	34.9
271	1999/06/12	07:43:23	141.9393	37.4435	70	1.53E+16	4.8	4.8	63	36.0
272	1999/06/15	16:47:34	146.1935	43.0273	38	5.90E+16	5.3	5.1	23	19.2
273	1999/06/18	16:08:08	141.6843	38.2345	51	1.15E+15	3.9	4.0	25	47.8
274	1999/06/22	01:52:38	146.0230	43.1255	44	2.57E+16	4.9	4.9	19	9.9
275	1999/06/27	19:50:14	139.7843	36.1035	48	1.65E+15	4.1	4.1	62	40.9
276	1999/07/01	13:33:22	142.1067	41.8547	94	2.46E+15	4.1	4.2	10	111.9
277	1999/07/01	20:12:40	142.4628	41.9982	57	3.22E+15	4.1	4.3	9	31.8
278	1999/07/15	07:56:21	140.4410	35.9357	50	5.33E+16	5.0	5.1	77	5.4
279	1999/07/16	02:59:09	133.1943	34.4250	20	2.12E+15	4.5	4.2	78	10.2
280	1999/07/22	18:57:51	140.3848	35.4072	59	4.37E+15	4.2	4.4	11	19.2

Appendix(5) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
281	1999/07/22	22:46:33	143.4733	42.6508	84	8.45E+15	4.6	4.6	50	59.6
282	1999/07/23	06:53:44	141.1885	36.0425	42	1.19E+16	4.6	4.7	23	8.7
283	1999/07/25	13:24:15	131.9495	33.6533	78	1.25E+15	3.9	4.0	39	21.1
284	1999/07/26	11:45:48	141.8840	40.7318	98	2.30E+16	4.7	4.9	35	14.0
285	1999/07/31	07:55:15	130.1700	31.9635	10	1.22E+15	4.0	4.0	19	6.8
286	1999/07/31	13:00:50	142.1355	39.3110	87	1.81E+15	4.2	4.1	25	253.7
287	1999/07/31	13:32:33	142.0477	41.5000	64	9.80E+15	4.4	4.6	9	10.9
288	1999/08/03	00:31:46	142.1038	40.0702	50	2.70E+15	4.3	4.3	26	34.9
289	1999/08/06	01:26:04	140.6125	35.7292	51	5.53E+15	4.1	4.5	7	7.5
290	1999/08/11	18:27:54	139.8063	35.4188	61	9.93E+14	4.0	4.0	34	57.8
291	1999/08/21	05:33:10	135.4705	34.0308	66	2.79E+17	5.6	5.6	261	16.9
292	1999/08/23	19:08:29	142.6615	41.9895	49	3.97E+16	4.7	5.0	19	7.5
293	1999/09/03	07:04:07	142.4328	41.0535	38	5.50E+15	4.4	4.5	14	42.2
294	1999/09/13	05:31:59	141.2582	40.9302	15	1.26E+15	4.1	4.0	13	8.2
295	1999/09/13	07:56:46	140.1598	35.5977	76	1.08E+17	5.1	5.3	103	14.9
296	1999/10/05	06:09:36	142.3497	41.3748	37	2.44E+15	4.3	4.2	23	47.8
297	1999/10/05	09:38:40	142.4295	37.3557	57	3.43E+16	5.2	5.0	57	39.6
298	1999/10/16	17:14:19	141.5343	36.4622	39	3.20E+16	5.2	5.0	49	18.0
299	1999/10/19	22:16:16	141.5003	36.4587	45	9.22E+15	4.8	4.6	37	19.2
300	1999/10/29	14:59:01	138.1933	36.5895	7	2.11E+15	4.2	4.2	15	7.7
301	1999/10/30	06:25:51	133.5028	34.0468	13	6.77E+15	4.6	4.5	64	3.2
302	1999/11/07	03:34:01	135.7942	36.0593	15	1.23E+16	5.0	4.7	41	8.0
303	1999/11/07	21:53:37	140.8063	37.4178	81	6.06E+15	4.5	4.5	52	65.5
304	1999/11/10	03:19:17	130.7977	32.7272	13	2.12E+15	4.2	4.2	71	3.4
305	1999/11/10	05:41:46	130.8013	32.7260	13	1.59E+15	3.4	4.1	26	0.7
306	1999/11/15	10:34:35	142.4277	38.3200	46	2.89E+17	5.7	5.6	111	23.2
307	1999/11/17	07:54:16	142.4037	42.0818	60	1.74E+16	5.0	4.8	52	33.8
308	1999/11/19	15:36:40	140.3098	34.5658	106	8.99E+15	4.4	4.6	6	54.2
309	1999/11/23	05:20:31	140.4918	36.2180	94	2.12E+15	4.2	4.2	41	65.5
310	1999/11/27	21:47:20	140.6213	34.2255	58	3.74E+15	4.5	4.3	12	63.5
311	1999/11/29	21:34:03	137.0265	35.1130	45	1.60E+16	4.8	4.8	166	9.3
312	1999/12/04	03:28:39	140.5013	35.8922	34	3.56E+15	4.3	4.3	30	8.5
313	1999/12/04	14:06:11	140.7683	35.9317	96	1.94E+16	4.9	4.8	120	47.8
314	1999/12/06	07:28:08	141.2867	36.6833	42	1.90E+15	4.3	4.2	23	19.2
315	1999/12/10	10:55:23	140.0827	36.0747	101	1.19E+15	3.8	4.0	18	87.0
316	1999/12/16	22:28:32	139.4248	36.6367	9	1.42E+15	4.3	4.1	42	8.2
317	1999/12/16	22:47:09	139.4300	36.6407	9	2.04E+15	4.2	4.2	41	7.0
318	1999/12/18	22:30:57	143.6637	42.9595	116	4.35E+15	4.4	4.4	22	31.8
319	1999/12/21	10:01:28	139.2022	34.4273	13	3.56E+15	4.4	4.3	6	9.6
320	1999/12/21	23:19:47	144.6002	42.7405	55	2.50E+15	4.1	4.2	17	19.8
321	1999/12/22	20:17:27	131.9917	32.0157	29	2.16E+16	4.9	4.9	32	19.2
322	1999/12/23	00:23:53	131.5308	31.0938	32	7.19E+15	4.4	4.5	15	6.0
323	1999/12/27	00:05:51	139.8540	36.1487	53	2.13E+15	4.2	4.2	67	119.2
324	2000/01/09	13:02:21	141.6638	37.2905	43	5.66E+16	5.1	5.1	83	18.6
325	2000/01/10	17:33:38	140.6772	38.8862	9	2.95E+15	4.1	4.3	13	5.1
326	2000/01/12	11:09:47	140.5875	36.4512	60	2.80E+15	4.3	4.3	78	261.8
327	2000/01/17	20:56:36	131.4048	33.8385	18	9.94E+14	4.1	4.0	60	19.2
328	2000/01/22	06:47:50	140.6948	34.9008	77	2.74E+15	4.1	4.3	8	42.2
329	2000/01/24	21:50:29	141.5382	37.1435	45	4.68E+15	4.4	4.4	43	29.8
330	2000/01/25	18:02:22	145.8545	43.4587	74	6.57E+15	4.6	4.5	23	37.2
331	2000/01/28	20:28:32	141.1430	36.6105	47	1.26E+16	4.6	4.7	48	13.2
332	2000/01/28	23:21:08	146.7443	43.0082	59	1.21E+19	7.0	6.7	88	44.9
333	2000/02/03	04:07:09	137.4847	36.5100	6	1.05E+15	3.8	4.0	20	2.3
334	2000/02/06	04:43:48	139.3662	36.7175	7	2.49E+15	4.3	4.2	22	3.1
335	2000/02/11	16:08:36	140.9038	39.0232	11	1.52E+16	4.9	4.8	37	5.1
336	2000/02/11	20:32:37	142.5783	42.0618	56	4.73E+15	4.1	4.4	6	11.6
337	2000/02/11	20:57:04	139.0440	35.4990	17	2.29E+15	4.4	4.2	50	6.0
338	2000/02/11	22:29:21	141.6538	37.3012	43	3.59E+15	4.2	4.3	33	40.9
339	2000/02/14	22:22:48	142.3338	41.3747	65	2.06E+15	4.3	4.2	14	69.8
340	2000/02/17	23:01:37	129.9872	32.5642	10	1.52E+15	4.0	4.1	25	1.1
341	2000/02/19	22:33:11	143.0237	42.3328	49	8.25E+16	4.7	5.2	24	8.0
342	2000/02/20	22:58:44	144.1177	42.5703	60	6.99E+15	4.6	4.5	18	21.1
343	2000/02/27	00:03:24	135.5480	35.2118	14	9.92E+14	4.1	4.0	62	9.6
344	2000/02/29	19:15:08	138.3297	37.7297	22	2.08E+15	4.3	4.2	9	5.8
345	2000/03/06	16:30:06	140.3873	35.4872	34	1.27E+15	3.8	4.0	17	30.8
346	2000/03/10	09:36:40	138.9945	34.2045	10	2.00E+15	4.2	4.2	7	42.2
347	2000/03/19	12:49:16	138.6120	37.2703	12	5.40E+15	4.5	4.5	17	2.1
348	2000/03/20	06:26:03	141.4817	37.9917	78	3.96E+16	5.1	5.0	125	52.6
349	2000/03/24	23:00:21	136.7535	35.9082	9	1.69E+15	4.2	4.1	41	3.2
350	2000/03/25	22:02:22	138.4927	37.2803	11	1.16E+15	4.1	4.0	8	6.8

Appendix(6) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
351	2000/03/29	17:22:30	140.8227	42.5322	6	2.13E+15	4.2	4.2	10	8.7
352	2000/03/30	02:54:18	140.8212	42.5258	5	1.47E+15	4.3	4.1	11	16.4
353	2000/03/30	03:20:19	140.8263	42.5193	6	2.26E+15	4.1	4.2	9	15.4
354	2000/03/30	05:21:32	140.8218	42.5167	6	2.10E+15	4.2	4.2	7	29.8
355	2000/03/30	09:12:47	140.8217	42.5138	7	7.32E+15	4.5	4.5	9	9.0
356	2000/03/30	17:13:28	140.8148	42.5272	5	3.48E+15	4.5	4.3	11	15.9
357	2000/03/30	18:51:55	140.8327	42.5133	7	3.05E+15	4.2	4.3	10	14.9
358	2000/03/31	23:31:06	140.9970	36.3717	45	2.61E+15	4.3	4.2	34	37.2
359	2000/04/01	03:12:23	140.8280	42.5042	7	2.15E+16	4.9	4.9	28	12.7
360	2000/04/02	21:25:33	131.1217	32.5195	147	1.98E+16	4.6	4.8	217	270.2
361	2000/04/06	10:14:17	140.9723	36.3697	47	2.76E+15	4.3	4.3	39	23.9
362	2000/04/07	15:54:27	138.4003	37.0022	15	2.22E+15	4.3	4.2	13	5.3
363	2000/04/10	06:30:38	140.0600	36.1902	55	1.26E+16	4.8	4.7	145	52.6
364	2000/04/12	00:08:51	139.9535	41.3723	12	1.62E+15	4.3	4.1	12	23.9
365	2000/04/12	03:05:09	140.6745	35.6577	52	1.25E+16	4.3	4.7	15	5.1
366	2000/04/12	04:36:35	140.6718	35.6528	52	5.05E+15	4.0	4.4	16	10.6
367	2000/04/13	06:51:32	142.4295	40.1223	37	2.34E+16	4.9	4.9	26	9.0
368	2000/04/14	21:53:21	139.1482	34.2167	11	4.34E+15	3.5	4.4	8	3.2
369	2000/04/15	02:41:10	135.3860	33.6445	42	2.45E+16	4.9	4.9	139	6.6
370	2000/04/24	02:42:38	141.1737	36.4537	47	4.49E+15	4.4	4.4	19	9.9
371	2000/04/26	04:48:16	140.0122	37.5800	13	4.30E+15	4.5	4.4	27	12.7
372	2000/04/28	11:42:15	135.6367	33.8913	52	3.02E+15	4.3	4.3	77	6.6
373	2000/04/29	18:34:54	131.4865	33.3210	11	3.49E+15	4.2	4.3	41	1.4
374	2000/04/29	20:29:57	140.1018	36.0500	65	9.75E+14	3.8	4.0	23	15.4
375	2000/05/08	18:45:45	140.9800	36.3802	47	7.41E+15	4.5	4.5	71	24.7
376	2000/05/13	18:33:34	144.6645	42.4155	47	2.94E+15	4.0	4.3	5	5.4
377	2000/05/16	04:09:25	135.4983	34.9703	16	2.64E+15	4.4	4.2	90	9.0
378	2000/05/16	19:40:25	140.7130	36.4288	55	1.33E+16	4.8	4.7	104	38.4
379	2000/05/17	12:04:08	132.1763	32.1247	11	1.87E+15	4.1	4.1	16	11.6
380	2000/05/19	02:29:58	132.1733	32.1322	11	3.64E+15	4.4	4.3	18	21.8
381	2000/05/21	23:19:46	143.4887	42.5613	59	3.50E+15	4.2	4.3	28	30.8
382	2000/05/23	08:56:22	132.1523	32.1270	9	2.20E+15	4.2	4.2	16	10.9
383	2000/05/24	19:23:59	142.6725	41.3050	37	1.71E+16	4.6	4.8	18	11.2
384	2000/05/30	23:27:47	141.2535	37.0400	50	2.95E+15	4.3	4.3	33	17.5
385	2000/06/02	15:05:54	135.4042	34.0057	60	2.10E+15	4.1	4.2	68	8.7
386	2000/06/03	13:38:12	141.4457	38.6428	105	2.20E+15	4.1	4.2	35	306.4
387	2000/06/03	17:54:47	140.7465	35.6898	48	1.72E+18	6.1	6.1	173	8.5
388	2000/06/04	01:15:41	141.1075	36.4937	45	1.72E+15	4.0	4.1	15	16.4
389	2000/06/04	20:39:59	141.7510	37.8802	62	5.87E+15	4.6	4.5	53	56.0
390	2000/06/05	09:54:41	136.1103	35.7205	9	7.99E+15	4.9	4.6	58	3.0
391	2000/06/08	09:32:46	130.7620	32.6923	10	2.66E+16	5.0	4.9	108	4.8
392	2000/06/08	18:58:51	130.7585	32.6845	10	1.06E+15	4.0	4.0	61	3.3
393	2000/06/13	01:54:14	144.7180	42.9085	59	1.46E+16	4.7	4.7	39	21.8
394	2000/06/15	20:10:48	132.1155	29.3493	83	1.47E+18	5.8	6.1	75	34.9
395	2000/06/23	17:26:48	140.8560	36.5175	53	1.13E+15	4.2	4.0	35	52.6
396	2000/06/25	15:34:45	131.6305	31.0430	36	1.13E+18	6.0	6.0	110	5.4
397	2000/06/25	16:24:14	131.5705	31.1200	30	9.33E+15	4.4	4.6	8	2.8
398	2000/06/27	10:02:05	139.4665	34.0995	10	2.70E+15	4.0	4.3	6	2.8
399	2000/06/27	11:44:42	139.4650	34.1010	10	1.16E+15	4.0	4.0	6	14.0
400	2000/06/27	14:25:13	139.4380	34.1027	12	2.29E+16	4.5	4.9	8	5.0
401	2000/06/27	16:04:22	139.4207	34.0963	8	9.58E+15	3.9	4.6	8	11.6
402	2000/06/28	10:52:16	139.4088	34.1217	12	4.83E+15	4.2	4.4	5	4.4
403	2000/06/28	12:08:10	139.4068	34.1013	15	2.67E+15	4.2	4.3	5	15.9
404	2000/06/28	12:14:46	139.3953	34.1297	13	2.01E+16	4.7	4.8	5	7.2
405	2000/06/28	12:40:07	139.4200	34.1015	15	7.23E+15	4.6	4.5	7	19.8
406	2000/06/28	14:20:38	139.3653	34.1115	16	1.52E+16	4.6	4.8	5	7.2
407	2000/06/28	15:16:03	139.4120	34.1212	11	2.73E+15	4.3	4.3	5	7.0
408	2000/06/28	15:38:16	139.3817	34.1285	14	1.19E+16	4.7	4.7	7	12.7
409	2000/06/28	18:25:47	139.3598	34.1837	15	8.76E+16	5.2	5.3	8	5.3
410	2000/06/28	22:50:44	139.3702	34.1387	16	9.67E+15	4.4	4.6	5	6.4
411	2000/06/28	23:20:11	139.3315	34.2032	17	1.50E+16	4.4	4.8	5	5.4
412	2000/06/29	01:15:19	139.3673	34.1230	15	4.96E+16	5.3	5.1	6	7.7
413	2000/06/29	01:21:24	139.3180	34.1113	11	2.84E+16	5.1	4.9	8	8.0
414	2000/06/29	01:31:00	139.3785	34.1387	16	9.56E+15	4.6	4.6	6	7.7
415	2000/06/29	02:02:24	139.3742	34.1210	15	1.39E+16	4.4	4.7	8	13.2
416	2000/06/29	07:40:24	139.3278	34.1065	18	1.24E+16	4.5	4.7	6	13.2
417	2000/06/29	08:50:43	139.3718	34.1420	17	1.23E+16	4.5	4.7	5	5.6
418	2000/06/29	10:16:13	139.3702	34.1170	17	3.60E+16	4.9	5.0	7	10.9
419	2000/06/29	12:11:52	139.1615	34.2365	12	7.27E+16	5.4	5.2	7	14.9
420	2000/06/29	13:02:38	139.3365	34.1392	17	1.56E+17	5.5	5.4	11	9.9

Appendix(7) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
421	2000/06/29	13:48:23	139.3673	34.1233	15	1.13E+16	4.5	4.7	6	10.2
422	2000/06/29	13:53:27	139.3647	34.1267	18	7.16E+16	5.2	5.2	5	9.3
423	2000/06/29	14:54:54	139.3678	34.1307	19	3.14E+16	4.9	5.0	7	8.7
424	2000/06/29	15:30:23	139.3605	34.1330	19	2.38E+17	5.7	5.6	9	9.9
425	2000/06/29	17:59:42	139.3640	34.1313	19	1.50E+16	4.7	4.8	6	12.4
426	2000/06/29	18:53:26	139.3435	34.1470	20	2.98E+16	4.9	4.9	8	13.2
427	2000/06/29	22:07:53	139.3600	34.1275	19	2.20E+16	4.9	4.9	8	14.9
428	2000/06/29	23:26:20	139.3077	34.1335	18	6.81E+15	4.5	4.5	6	16.9
429	2000/06/30	00:52:05	139.3417	34.1422	19	8.62E+15	4.8	4.6	7	16.9
430	2000/06/30	01:04:01	139.3328	34.1608	19	3.54E+16	4.8	5.0	8	10.6
431	2000/06/30	01:13:58	139.3657	34.1727	17	1.08E+16	4.3	4.7	5	5.6
432	2000/06/30	01:27:57	139.3403	34.1507	19	4.09E+15	3.8	4.4	8	27.1
433	2000/06/30	10:52:10	139.3317	34.1595	20	1.48E+15	4.2	4.1	6	42.2
434	2000/06/30	18:53:59	139.3063	34.1372	16	8.83E+15	4.5	4.6	8	15.4
435	2000/06/30	20:42:50	139.2692	34.1860	20	4.78E+15	4.7	4.4	6	17.5
436	2000/07/01	02:41:19	139.2713	34.2330	17	3.89E+16	5.0	5.0	5	6.6
437	2000/07/01	03:57:19	139.2618	34.1935	19	6.24E+15	4.7	4.5	5	10.2
438	2000/07/01	05:33:41	141.6617	37.3128	42	1.06E+17	5.2	5.3	73	8.0
439	2000/07/01	16:01:56	139.1935	34.1900	16	2.28E+18	6.5	6.2	9	10.9
440	2000/07/03	04:42:47	139.2543	34.1912	20	4.81E+16	5.1	5.1	5	7.7
441	2000/07/03	05:03:36	139.3435	34.1753	16	3.30E+17	5.6	5.6	12	7.2
442	2000/07/03	12:36:22	139.3572	34.1402	15	1.74E+16	5.0	4.8	5	12.7
443	2000/07/03	14:37:30	133.8843	33.1627	30	9.63E+14	4.2	4.0	18	21.8
444	2000/07/04	15:53:52	139.3440	34.1195	18	1.35E+17	5.7	5.4	5	8.0
445	2000/07/05	06:51:04	139.3392	34.1597	18	2.03E+16	4.8	4.8	5	9.6
446	2000/07/05	08:16:06	141.5167	41.2497	84	3.82E+15	4.0	4.4	20	36.0
447	2000/07/05	11:21:11	139.3162	34.1532	17	6.38E+16	5.2	5.2	7	8.5
448	2000/07/05	12:42:02	139.3225	34.1578	17	2.26E+16	4.9	4.9	5	7.7
449	2000/07/06	13:07:09	139.2743	34.2012	20	1.96E+16	5.0	4.8	5	17.5
450	2000/07/06	13:09:19	142.4505	36.4365	65	2.23E+16	4.8	4.9	58	95.6
451	2000/07/06	23:52:39	139.2735	34.1898	19	1.34E+16	4.6	4.7	5	12.7
452	2000/07/07	03:59:37	139.2308	34.2092	17	2.72E+16	5.2	4.9	6	10.6
453	2000/07/07	11:45:28	139.2418	34.2100	17	8.55E+16	5.4	5.3	7	5.6
454	2000/07/08	22:34:43	139.2810	34.1843	18	2.16E+16	4.8	4.9	5	10.6
455	2000/07/09	01:49:11	139.2927	34.2220	12	1.20E+17	5.5	5.4	5	2.7
456	2000/07/09	03:57:45	139.2305	34.2118	15	7.79E+17	6.1	5.9	8	5.3
457	2000/07/11	02:01:25	140.9590	36.1950	43	9.58E+15	4.5	4.6	62	23.2
458	2000/07/11	13:56:59	139.3240	34.2000	17	6.15E+16	5.1	5.2	5	4.5
459	2000/07/11	22:10:02	139.2575	34.1975	15	6.57E+16	5.0	5.2	5	4.1
460	2000/07/12	01:29:14	140.9352	36.2097	39	5.54E+15	4.6	4.5	56	23.9
461	2000/07/12	12:19:03	139.2863	34.1958	18	5.78E+16	5.3	5.1	5	11.6
462	2000/07/13	04:25:03	139.2793	34.1845	10	9.92E+16	5.4	5.3	5	4.4
463	2000/07/14	07:27:53	139.2027	34.4268	10	2.44E+15	4.6	4.2	5	9.3
464	2000/07/14	19:19:29	139.2785	34.1968	10	1.24E+17	5.4	5.4	5	5.0
465	2000/07/15	10:11:40	139.2620	34.4148	7	1.85E+16	4.8	4.8	7	7.5
466	2000/07/15	10:30:32	139.2418	34.4233	10	1.24E+18	6.3	6.0	21	6.4
467	2000/07/15	15:04:01	139.1862	34.4407	14	1.90E+15	4.5	4.2	6	18.6
468	2000/07/16	01:32:41	139.4152	35.4768	105	1.72E+15	3.9	4.1	42	59.6
469	2000/07/17	08:00:05	133.4212	35.3722	16	1.27E+15	4.4	4.0	58	15.4
470	2000/07/18	21:22:10	139.3382	34.1652	16	4.03E+16	5.0	5.0	5	5.0
471	2000/07/19	05:01:59	140.7503	35.6943	52	1.14E+16	4.3	4.7	7	10.9
472	2000/07/20	06:18:22	139.3015	34.1577	14	8.54E+16	5.3	5.3	5	9.3
473	2000/07/20	14:55:22	144.3425	42.5682	56	1.11E+15	3.9	4.0	29	25.5
474	2000/07/21	03:39:18	141.1187	36.5293	49	1.07E+18	6.4	6.0	355	17.5
475	2000/07/21	07:29:27	141.1178	36.5153	47	1.50E+15	4.1	4.1	34	44.9
476	2000/07/21	14:16:33	141.3217	35.2528	37	2.18E+17	5.7	5.5	42	6.4
477	2000/07/21	20:51:28	145.6935	43.2577	91	3.70E+15	4.3	4.3	35	61.5
478	2000/07/22	20:27:28	139.1648	34.4518	7	4.77E+15	4.4	4.4	5	4.5
479	2000/07/23	01:46:43	134.3352	33.8842	7	9.88E+14	4.1	4.0	16	3.9
480	2000/07/24	02:13:35	139.2840	34.1398	17	5.50E+16	5.2	5.1	5	8.0
481	2000/07/24	06:26:48	139.3427	34.1633	15	1.29E+17	5.4	5.4	5	7.2
482	2000/07/24	06:52:46	139.2242	34.1882	12	3.31E+17	5.7	5.6	6	7.5
483	2000/07/24	17:44:16	139.1988	34.3672	6	3.41E+16	4.9	5.0	8	11.2
484	2000/07/25	16:12:52	139.3327	34.1517	17	4.07E+16	5.0	5.0	5	8.5
485	2000/07/26	03:36:46	139.3690	34.1292	17	6.85E+16	5.1	5.2	5	8.2
486	2000/07/27	10:49:53	139.2920	34.1902	13	2.18E+17	5.8	5.5	7	5.1
487	2000/07/27	11:12:52	139.3107	34.1592	15	1.31E+17	5.4	5.4	5	7.2
488	2000/07/27	15:07:33	139.1650	34.4508	10	1.17E+16	4.8	4.7	11	8.2
489	2000/07/27	15:11:59	139.1428	34.4657	12	1.58E+15	4.3	4.1	5	10.9
490	2000/07/28	13:39:20	139.2052	34.2087	16	2.56E+16	5.0	4.9	9	21.1

Appendix(8) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
491	2000/07/28	22:06:00	139.3722	34.1618	15	2.13E+16	5.0	4.9	9	8.0
492	2000/07/28	22:32:44	139.3198	34.1558	14	4.40E+16	5.0	5.1	10	5.6
493	2000/07/29	01:48:04	139.3265	34.1710	16	6.79E+15	4.5	4.5	6	7.7
494	2000/07/29	06:16:42	139.2742	34.1757	14	2.47E+15	4.2	4.2	6	15.4
495	2000/07/29	07:17:57	139.3152	34.1635	14	3.25E+16	4.6	5.0	8	5.4
496	2000/07/29	21:32:05	139.2557	34.1882	14	6.57E+15	4.6	4.5	6	7.7
497	2000/07/30	00:16:19	139.2355	34.1802	15	2.80E+16	5.1	4.9	7	6.6
498	2000/07/30	01:22:58	142.1145	39.6318	51	1.43E+15	4.1	4.1	38	11.2
499	2000/07/30	09:18:02	139.4020	34.0303	11	4.28E+17	6.0	5.7	8	10.9
500	2000/07/30	14:41:18	140.6270	35.7172	51	1.01E+15	3.6	4.0	5	14.0
501	2000/07/30	17:36:54	139.2422	34.1928	14	1.11E+16	4.5	4.7	6	7.0
502	2000/07/30	21:25:46	139.4108	33.9712	17	5.02E+18	6.5	6.4	9	18.6
503	2000/07/30	21:48:57	139.4040	34.0203	17	3.07E+17	5.9	5.6	9	10.6
504	2000/07/30	22:16:11	139.3463	34.1658	16	3.13E+16	4.8	5.0	5	6.2
505	2000/07/31	10:21:51	139.3103	34.1812	14	1.83E+15	3.4	4.1	6	43.5
506	2000/08/02	20:08:28	131.4523	31.1218	31	1.12E+16	4.5	4.7	15	3.3
507	2000/08/03	06:42:27	139.2852	34.2212	16	6.00E+16	5.2	5.2	5	4.5
508	2000/08/03	14:30:13	131.4638	31.1208	34	1.68E+17	5.3	5.4	43	2.3
509	2000/08/03	16:08:51	139.2160	34.4590	14	9.59E+14	4.1	4.0	5	8.0
510	2000/08/03	21:13:13	139.2525	34.2293	10	1.26E+17	5.4	5.4	5	4.1
511	2000/08/07	14:23:41	131.1147	29.0303	90	3.32E+17	5.3	5.6	34	43.5
512	2000/08/14	16:33:46	140.1468	35.8053	73	1.84E+15	4.2	4.1	60	52.6
513	2000/08/15	08:18:56	131.8783	32.0338	20	3.09E+15	4.3	4.3	7	1.9
514	2000/08/16	00:03:01	139.3538	34.1517	15	6.61E+16	5.1	5.2	5	5.4
515	2000/08/16	00:55:28	139.2833	34.1685	14	7.84E+16	5.0	5.2	5	6.2
516	2000/08/16	02:22:29	139.3133	34.1578	15	6.08E+16	5.0	5.2	5	6.2
517	2000/08/16	02:37:14	139.2630	34.1628	15	6.25E+16	5.1	5.2	5	7.0
518	2000/08/16	04:23:57	139.2958	34.1622	17	1.83E+16	4.4	4.8	5	11.6
519	2000/08/16	05:20:45	146.8713	42.9847	56	8.05E+17	5.9	5.9	76	21.8
520	2000/08/18	02:27:43	129.8060	30.8193	14	1.78E+15	4.2	4.1	7	16.9
521	2000/08/18	10:52:22	139.2407	34.2015	12	4.65E+17	6.1	5.7	6	5.0
522	2000/08/18	22:47:03	141.5528	36.2605	47	1.63E+16	4.8	4.8	48	14.5
523	2000/08/19	16:37:51	139.7877	36.2167	57	1.06E+15	3.8	4.0	41	27.1
524	2000/08/19	21:41:28	141.4803	36.2743	46	1.06E+17	5.5	5.3	115	6.6
525	2000/08/20	02:26:29	147.1712	43.6375	54	3.17E+17	5.8	5.6	68	31.8
526	2000/08/20	16:24:10	139.3890	34.1077	18	2.56E+16	4.9	4.9	5	22.5
527	2000/08/20	22:45:44	139.2105	34.4913	12	2.21E+15	4.2	4.2	5	5.6
528	2000/08/23	23:57:12	139.3730	34.1007	18	7.58E+16	5.0	5.2	5	9.6
529	2000/08/25	22:12:54	131.7973	32.1808	31	4.83E+15	4.2	4.4	31	3.0
530	2000/08/25	22:17:46	144.8948	42.7847	74	7.89E+15	4.5	4.6	54	30.8
531	2000/08/27	00:30:50	142.5503	42.2012	30	3.40E+16	4.8	5.0	23	31.8
532	2000/08/27	08:42:12	140.1267	35.7965	75	9.31E+15	4.4	4.6	75	13.6
533	2000/08/29	11:00:37	139.2277	34.3817	10	2.47E+16	5.1	4.9	8	10.6
534	2000/08/29	12:08:28	139.2393	34.3875	6	5.16E+15	4.7	4.4	5	9.6
535	2000/08/29	16:19:45	145.5522	43.0995	48	6.10E+15	4.3	4.5	23	12.4
536	2000/08/30	10:37:51	139.3872	34.0757	17	1.34E+16	4.6	4.7	5	14.5
537	2000/09/01	06:13:15	140.6122	35.7270	52	6.56E+15	4.2	4.5	17	6.0
538	2000/09/03	20:01:31	146.8413	42.9870	49	1.39E+17	5.3	5.4	49	12.7
539	2000/09/03	21:35:00	142.4003	42.0515	60	1.71E+15	4.0	4.1	20	29.8
540	2000/09/07	14:51:39	132.3623	33.4918	45	1.86E+15	4.3	4.1	81	16.4
541	2000/09/09	20:48:44	139.6187	36.0620	60	4.73E+15	4.3	4.4	98	19.2
542	2000/09/11	07:49:47	139.2193	34.5165	11	7.84E+16	5.4	5.2	22	5.6
543	2000/09/13	19:08:04	145.1453	42.8510	51	4.81E+15	4.4	4.4	44	30.8
544	2000/09/15	23:42:55	140.9760	36.6225	51	1.85E+15	4.2	4.1	54	21.8
545	2000/09/17	14:18:04	140.7797	37.8012	98	1.46E+15	4.0	4.1	58	95.6
546	2000/09/22	07:43:25	140.8565	35.9145	41	1.01E+16	4.4	4.6	33	8.0
547	2000/09/25	11:15:28	130.7703	32.6978	9	1.04E+15	4.0	4.0	39	3.0
548	2000/09/27	06:14:01	146.0348	43.1252	48	5.69E+15	4.4	4.5	33	21.1
549	2000/09/27	10:56:45	132.1593	32.0045	12	9.84E+15	4.4	4.6	9	4.0
550	2000/09/29	08:56:08	139.7065	35.5337	86	1.83E+16	4.6	4.8	101	11.2
551	2000/09/29	09:55:58	139.6838	35.5200	86	7.00E+15	4.2	4.5	43	9.9
552	2000/09/30	23:23:56	139.6817	35.5128	85	1.17E+15	3.7	4.0	8	25.5
553	2000/10/06	13:30:18	133.3490	35.2742	9	8.62E+18	7.3	6.6	79	8.7
554	2000/10/06	22:56:59	133.4240	35.1842	5	1.35E+15	4.2	4.1	17	1.9
555	2000/10/06	23:13:22	133.2902	35.2980	7	1.84E+15	4.2	4.1	25	4.2
556	2000/10/07	06:38:11	133.2962	35.3598	8	3.21E+15	4.4	4.3	28	2.3
557	2000/10/07	08:17:53	133.2853	35.3855	8	1.58E+15	3.8	4.1	6	2.2
558	2000/10/07	08:19:42	142.9763	42.3115	58	1.63E+16	4.4	4.8	32	18.6
559	2000/10/07	12:03:50	133.3112	35.3767	9	2.31E+15	4.3	4.2	29	4.4
560	2000/10/08	13:17:55	133.1502	35.1393	7	4.65E+16	5.6	5.1	68	2.1

Appendix (9) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
561	2000/10/08	20:51:17	133.3107	35.3688	8	3.11E+16	5.2	5.0	54	2.1
562	2000/10/08	20:59:36	133.3042	35.3670	8	1.06E+15	4.2	4.0	26	3.7
563	2000/10/10	21:57:59	133.3072	35.3723	10	4.15E+15	4.4	4.4	51	4.7
564	2000/10/11	15:15:40	139.6898	35.5370	87	2.79E+15	4.0	4.3	62	42.2
565	2000/10/12	05:35:33	139.5945	37.9428	9	1.33E+15	4.2	4.0	38	11.2
566	2000/10/14	20:19:39	140.5188	34.1075	87	1.82E+16	5.0	4.8	94	115.5
567	2000/10/15	20:33:14	143.6423	42.5847	79	1.24E+15	4.0	4.0	49	203.5
568	2000/10/17	22:16:59	133.4262	35.1938	11	2.84E+15	4.5	4.3	63	4.2
569	2000/10/18	12:58:24	139.6815	36.9320	9	6.48E+15	4.7	4.5	80	7.0
570	2000/10/23	17:44:51	140.6093	36.4537	58	1.74E+15	4.0	4.1	38	26.3
571	2000/10/24	08:11:04	140.1093	35.7898	74	5.39E+15	4.2	4.5	84	25.5
572	2000/10/31	01:42:52	136.3215	34.2987	39	1.70E+17	5.7	5.5	299	18.0
573	2000/10/31	04:20:37	139.2043	34.3985	13	2.11E+16	4.9	4.8	16	12.7
574	2000/11/03	16:33:54	133.2935	35.3580	9	5.23E+15	4.6	4.4	54	3.3
575	2000/11/12	14:14:51	139.9535	35.7682	49	2.08E+15	4.0	4.2	32	6.0
576	2000/11/14	00:57:22	144.9412	42.4327	41	7.79E+17	6.1	5.9	140	6.4
577	2000/11/14	04:13:23	140.1295	35.7867	73	1.34E+15	4.1	4.1	36	47.8
578	2000/11/14	12:53:00	144.9278	42.4687	44	2.24E+17	5.4	5.5	85	9.3
579	2000/11/15	23:19:29	144.5603	42.7703	55	7.60E+15	4.5	4.6	52	21.1
580	2000/11/22	03:52:37	131.9413	33.1153	52	1.06E+15	3.8	4.0	29	6.0
581	2000/11/26	16:30:59	140.4242	36.5548	99	1.29E+15	3.8	4.0	41	32.8
582	2000/12/01	03:46:41	132.2238	33.5705	52	2.97E+15	4.2	4.3	75	7.0
583	2000/12/03	06:12:23	142.8600	42.1200	45	1.43E+15	3.9	4.1	18	22.5
584	2000/12/04	10:22:14	128.4385	27.3137	46	1.78E+16	4.7	4.8	5	11.2
585	2000/12/05	01:47:34	141.1425	35.8345	35	3.11E+17	5.5	5.6	131	4.8
586	2000/12/06	15:12:36	143.3893	42.6563	84	2.83E+15	4.0	4.3	53	28.9
587	2000/12/07	23:09:30	133.2878	35.3710	11	1.67E+15	4.3	4.1	54	9.9
588	2000/12/08	06:14:44	144.4382	43.2538	131	3.45E+15	4.3	4.3	39	36.0
589	2000/12/09	02:48:40	141.3208	36.6843	43	1.80E+15	4.1	4.1	36	19.2
590	2000/12/22	19:13:02	147.4093	44.4687	141	1.88E+18	6.1	6.1	89	185.2
591	2001/01/02	19:53:22	138.6015	37.2543	12	5.87E+15	4.5	4.5	39	2.8
592	2001/01/04	13:18:21	138.7687	36.9565	11	7.50E+16	5.3	5.2	80	8.2
593	2001/01/06	11:48:12	137.1172	35.3877	48	1.69E+16	4.8	4.8	171	13.6
594	2001/01/09	13:37:49	132.3573	33.5887	46	1.04E+16	4.7	4.6	152	9.6
595	2001/01/10	19:09:33	131.1328	32.8065	5	1.40E+15	4.1	4.1	48	3.1
596	2001/01/12	08:00:04	134.4900	35.4660	11	7.11E+16	5.6	5.2	71	4.4
597	2001/01/12	18:27:15	134.5117	35.4717	9	1.79E+15	4.1	4.1	24	0.6
598	2001/01/13	23:52:51	134.5042	35.4680	10	1.14E+15	3.9	4.0	30	1.0
599	2001/01/14	08:55:07	134.5085	35.4757	11	2.72E+15	4.3	4.3	44	1.3
600	2001/01/15	23:20:44	134.5108	35.4725	10	6.53E+15	4.7	4.5	42	0.8
601	2001/01/16	04:44:36	142.0078	41.4945	63	3.42E+15	4.1	4.3	28	10.2
602	2001/01/20	05:19:50	134.4792	35.5045	11	5.42E+15	4.8	4.5	51	1.4
603	2001/01/20	05:27:00	134.4840	35.4987	10	1.64E+15	4.3	4.1	28	1.2
604	2001/01/20	06:25:38	134.4910	35.4913	10	1.73E+15	4.1	4.1	36	1.9
605	2001/01/20	07:23:59	134.4887	35.4933	11	4.41E+15	4.7	4.4	44	1.3
606	2001/01/24	00:03:47	134.4842	35.4667	10	5.50E+15	4.4	4.5	52	1.5
607	2001/01/25	19:45:26	134.5397	33.9433	48	9.41E+15	4.5	4.6	131	5.6
608	2001/02/01	01:50:50	134.4975	35.4655	11	1.43E+15	4.1	4.1	30	1.2
609	2001/02/02	08:10:06	139.0715	35.5000	17	2.52E+15	4.5	4.2	60	5.4
610	2001/02/05	04:17:16	140.8745	37.3872	75	4.15E+15	4.4	4.4	106	38.4
611	2001/02/08	14:11:58	134.4942	33.9055	13	2.68E+15	4.5	4.3	52	7.5
612	2001/02/11	01:18:14	140.6487	37.9213	119	1.85E+15	4.0	4.1	61	31.8
613	2001/02/11	09:17:28	133.2967	35.4217	11	2.66E+15	4.5	4.2	39	4.5
614	2001/02/11	12:51:47	142.4105	39.1348	52	1.05E+15	4.2	4.0	37	28.9
615	2001/02/16	02:19:06	134.5138	35.4687	11	1.30E+15	4.2	4.0	38	1.5
616	2001/02/18	16:17:23	139.8873	36.0902	48	2.37E+15	3.9	4.2	59	9.9
617	2001/02/21	03:05:46	131.2647	32.3672	76	1.11E+15	3.8	4.0	24	5.4
618	2001/02/23	07:23:47	137.5488	34.7933	32	2.43E+16	5.0	4.9	179	20.4
619	2001/02/25	14:05:31	139.5893	34.7647	23	4.46E+15	4.5	4.4	35	28.0
620	2001/03/02	07:30:19	135.1448	33.4228	42	1.00E+15	4.0	4.0	38	101.8
621	2001/03/06	14:32:15	140.9940	36.6382	52	1.93E+16	4.7	4.8	141	18.6
622	2001/03/06	19:36:04	131.9387	31.7537	27	6.70E+15	4.5	4.5	19	5.8
623	2001/03/09	03:43:37	131.8195	31.6802	40	4.39E+15	4.2	4.4	9	1.5
624	2001/03/12	06:36:28	131.7048	31.3387	22	1.08E+16	4.5	4.7	13	4.0
625	2001/03/12	11:58:29	140.6647	35.7340	52	5.15E+15	4.2	4.4	21	12.7
626	2001/03/20	20:40:43	141.1237	36.4405	48	9.04E+15	4.4	4.6	57	9.9
627	2001/03/24	15:27:54	132.6937	34.1323	46	1.51E+19	6.7	6.8	540	23.9
628	2001/03/24	22:37:33	132.7087	33.9847	47	1.64E+15	4.0	4.1	48	4.2
629	2001/03/25	19:19:11	132.7293	34.0347	47	4.64E+15	4.5	4.4	128	15.4
630	2001/03/26	02:16:00	132.7005	33.9543	44	1.40E+15	4.1	4.1	108	16.9

Appendix (10) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
631	2001/03/26	05:40:53	132.7092	34.1172	46	4.76E+16	5.2	5.1	190	7.2
632	2001/03/31	04:25:53	139.3708	36.8225	5	2.00E+15	4.4	4.2	21	0.9
633	2001/03/31	06:09:43	139.3750	36.8210	5	3.28E+16	5.2	5.0	76	1.8
634	2001/04/01	17:30:34	139.3630	36.8173	5	2.14E+15	3.8	4.2	38	2.8
635	2001/04/03	04:54:19	141.9212	40.6130	63	1.72E+17	5.6	5.5	254	16.9
636	2001/04/03	21:14:42	132.0172	33.7943	64	1.31E+16	4.6	4.7	162	15.4
637	2001/04/03	23:57:12	138.0943	35.0242	30	8.17E+16	5.3	5.2	227	16.4
638	2001/04/05	07:22:28	141.7708	39.4242	105	5.81E+15	4.3	4.5	96	44.9
639	2001/04/10	10:03:59	140.3477	35.3077	99	1.81E+16	4.6	4.8	125	21.1
640	2001/04/12	16:01:47	141.6770	37.2763	44	5.31E+16	5.1	5.1	156	12.0
641	2001/04/14	08:16:19	145.3808	42.7313	48	2.16E+17	5.6	5.5	91	7.5
642	2001/04/16	19:05:18	135.9173	35.4812	14	1.06E+15	4.2	4.0	59	3.4
643	2001/04/17	09:39:53	141.0888	35.6170	38	2.60E+16	5.0	4.9	63	14.9
644	2001/04/20	01:44:51	139.7760	36.0827	59	1.80E+15	4.1	4.1	111	40.9
645	2001/04/20	19:05:28	145.3932	42.7405	47	2.02E+16	4.7	4.8	33	5.6
646	2001/04/23	09:04:18	143.3715	42.4643	54	7.31E+15	4.3	4.5	67	19.8
647	2001/04/25	23:40:08	132.3390	32.7988	39	4.00E+17	5.8	5.7	267	12.0
648	2001/04/27	02:48:57	145.8753	43.0278	80	1.03E+18	5.9	6.0	216	61.5
649	2001/04/29	10:40:13	142.5337	42.0205	57	8.54E+15	4.3	4.6	56	14.9
650	2001/05/01	22:01:41	139.2440	34.2485	11	5.89E+15	4.7	4.5	7	6.8
651	2001/05/07	23:32:52	128.4408	27.3128	45	4.31E+16	5.1	5.1	7	19.2
652	2001/05/08	06:27:36	143.0932	42.3340	49	8.75E+15	4.6	4.6	79	18.0
653	2001/05/12	12:32:57	131.0763	30.4210	30	2.89E+16	4.6	4.9	7	4.4
654	2001/05/24	13:22:49	140.1540	35.9460	69	5.35E+15	4.4	4.5	85	18.0
655	2001/05/25	09:40:54	148.8133	44.3162	30	8.71E+18	6.9	6.6	34	14.0
656	2001/05/25	15:55:04	140.6660	35.7592	47	4.84E+16	5.0	5.1	62	4.7
657	2001/05/31	05:09:51	140.3962	36.0250	56	2.81E+15	4.1	4.3	5	3.3
658	2001/05/31	08:59:20	139.8077	36.1755	56	1.19E+16	4.7	4.7	171	25.5
659	2001/06/01	00:41:45	138.1075	34.9945	30	1.40E+16	5.0	4.7	159	16.9
660	2001/06/01	11:16:41	138.0997	35.0088	30	2.01E+15	4.3	4.2	44	8.7
661	2001/06/03	11:33:43	138.1032	35.0018	30	2.30E+15	4.5	4.2	52	13.6
662	2001/06/11	13:22:42	141.2647	36.3927	58	7.66E+15	4.6	4.6	85	25.5
663	2001/06/13	02:51:58	135.5972	36.8233	20	1.91E+15	4.5	4.2	7	39.6
664	2001/06/21	13:24:35	142.5505	42.4488	30	1.95E+15	4.1	4.2	25	13.2
665	2001/06/21	21:54:23	142.5437	42.4465	30	4.19E+15	4.3	4.4	60	23.9
666	2001/06/25	01:27:36	139.5420	35.6385	29	1.85E+15	3.8	4.1	37	6.8
667	2001/06/26	18:46:19	147.0575	43.5453	55	4.15E+16	4.9	5.0	44	15.4
668	2001/06/29	06:37:39	142.2715	41.9900	54	2.64E+15	4.0	4.2	15	12.7
669	2001/07/05	22:12:04	145.2595	42.9632	61	3.01E+16	5.1	5.0	78	19.2
670	2001/07/06	03:57:00	140.9480	36.6407	53	1.08E+15	4.2	4.0	62	105.1
671	2001/07/08	12:34:13	140.6852	35.7515	50	1.03E+15	3.7	4.0	11	22.5
672	2001/07/11	02:22:46	139.8932	36.1053	49	1.08E+15	3.9	4.0	50	10.9
673	2001/07/18	07:47:41	141.3927	39.7463	87	3.98E+15	4.3	4.4	70	9.3
674	2001/07/20	06:02:36	139.8125	36.1620	55	2.03E+16	5.0	4.8	213	52.6
675	2001/07/21	09:24:45	140.6938	35.7402	51	2.48E+15	4.2	4.2	8	7.0
676	2001/07/24	09:26:57	141.8893	37.8032	54	3.79E+15	4.6	4.4	67	25.5
677	2001/07/25	05:10:44	131.7837	31.9310	34	3.48E+15	4.3	4.3	19	2.3
678	2001/07/26	03:33:01	139.8028	36.0558	83	2.72E+15	4.2	4.3	91	40.9
679	2001/07/31	13:59:19	141.6620	36.0852	43	2.14E+16	5.1	4.9	79	17.5
680	2001/08/04	20:42:56	141.8065	37.3423	38	2.32E+16	5.0	4.9	92	9.6
681	2001/08/10	15:42:31	135.1185	34.1497	8	2.09E+15	4.2	4.2	43	1.7
682	2001/08/14	05:11:24	142.4365	40.9955	38	3.88E+18	6.4	6.4	407	10.6
683	2001/08/16	05:32:46	142.4593	42.2103	63	3.91E+15	4.4	4.4	63	19.8
684	2001/08/20	13:12:37	124.0058	24.4270	49	7.67E+16	0.0	5.2	6	21.1
685	2001/08/24	18:48:01	142.3815	41.0177	41	5.49E+16	5.3	5.1	167	12.0
686	2001/08/24	21:44:32	132.7325	33.9853	46	1.07E+15	4.2	4.0	90	21.8
687	2001/08/25	22:21:25	135.6600	35.1518	8	2.38E+16	5.4	4.9	98	4.2
688	2001/08/30	05:52:26	131.8372	31.4887	24	2.03E+16	4.7	4.8	22	8.0
689	2001/09/03	00:03:45	141.1482	36.3878	49	5.61E+16	4.9	5.1	70	4.0
690	2001/09/04	23:54:38	141.4728	36.7568	42	3.86E+16	5.3	5.0	210	27.1
691	2001/09/06	01:29:31	132.0260	33.0957	49	3.39E+15	4.3	4.3	76	12.0
692	2001/09/06	10:40:35	141.4747	37.5037	48	2.54E+15	4.3	4.2	71	33.8
693	2001/09/12	17:32:49	131.6350	31.2882	36	3.59E+15	4.2	4.3	19	20.4
694	2001/09/13	05:42:56	136.1965	33.8492	44	1.63E+15	4.2	4.1	54	8.0
695	2001/09/17	11:21:44	131.9938	31.7543	28	2.54E+16	4.9	4.9	23	6.2
696	2001/09/17	20:39:30	142.2547	41.1690	54	1.17E+15	4.1	4.0	25	43.5
697	2001/09/18	04:23:56	139.8110	35.4575	42	5.59E+15	4.4	4.5	96	14.9
698	2001/09/18	06:10:53	140.9792	35.9210	34	5.99E+15	4.6	4.5	18	4.5
699	2001/09/25	04:35:16	140.0987	36.3158	71	6.57E+15	4.4	4.5	110	16.9
700	2001/09/25	04:57:29	140.0947	36.3128	71	3.72E+15	4.4	4.3	116	37.2

Appendix(11) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
701	2001/09/27	18:14:50	137.1255	34.8677	16	2.25E+15	4.3	4.2	79	5.3
702	2001/10/02	17:19:50	141.8142	37.7288	41	2.10E+17	5.5	5.5	240	15.9
703	2001/10/02	21:14:21	135.3308	33.4175	26	3.49E+15	4.6	4.3	28	9.3
704	2001/10/12	00:09:27	142.5218	41.9698	63	3.89E+15	4.2	4.4	35	14.0
705	2001/10/15	01:53:20	135.4243	33.8305	25	1.37E+15	4.3	4.1	44	16.4
706	2001/10/17	00:49:15	139.1930	43.0605	32	8.13E+15	4.7	4.6	27	74.3
707	2001/10/18	06:30:29	139.8558	36.0880	49	3.07E+15	4.4	4.3	116	52.6
708	2001/10/28	12:24:46	141.0852	36.3842	47	1.37E+15	4.3	4.1	67	92.6
709	2001/10/31	06:04:25	128.3248	28.5243	122	1.60E+17	5.3	5.4	12	14.9
710	2001/11/12	20:30:22	142.1392	41.3355	56	5.01E+15	4.5	4.4	45	12.4
711	2001/11/13	16:45:05	142.0693	39.3370	48	9.65E+15	4.8	4.6	110	27.1
712	2001/11/17	01:31:59	140.0795	35.6197	73	1.34E+16	4.6	4.7	112	12.0
713	2001/11/21	19:25:39	142.5902	42.0110	60	1.19E+16	4.6	4.7	101	14.9
714	2001/11/25	05:22:37	141.4118	37.1787	46	1.55E+15	4.5	4.1	62	49.4
715	2001/12/01	11:26:37	139.0413	36.0032	141	4.63E+15	4.2	4.4	72	105.1
716	2001/12/02	22:01:55	141.2632	39.3983	122	5.34E+18	6.4	6.5	500	89.8
717	2001/12/08	04:07:39	139.1458	35.5413	24	6.13E+15	4.6	4.5	85	5.8
718	2001/12/08	07:07:03	139.9565	37.1545	5	6.87E+15	4.9	4.5	51	1.8
719	2001/12/09	05:29:34	129.4890	28.2495	36	1.70E+18	6.0	6.1	9	12.0
720	2001/12/09	13:06:30	139.1535	34.3630	7	9.69E+15	4.7	4.6	13	13.6
721	2001/12/11	18:40:31	144.7368	42.6305	69	8.01E+15	4.7	4.6	56	33.8
722	2001/12/14	21:00:25	142.3327	39.3595	17	1.02E+15	4.4	4.0	20	5.1
723	2001/12/16	13:48:41	139.9428	37.1480	7	3.81E+15	4.4	4.4	40	1.8
724	2001/12/19	00:07:15	139.4945	35.3325	101	1.51E+15	4.0	4.1	45	79.1
725	2001/12/23	01:40:55	140.9705	38.0792	96	9.08E+15	4.5	4.6	134	16.9
726	2001/12/28	03:28:02	135.8925	35.4528	7	2.22E+15	4.5	4.2	18	1.5
727	2001/12/28	10:31:53	137.7498	36.6755	0	1.71E+15	3.8	4.1	16	1.8
728	2001/12/28	13:36:38	141.2795	38.5765	111	1.64E+15	4.1	4.1	71	238.2
729	2002/01/06	18:35:18	141.0295	36.3955	47	1.23E+15	4.0	4.0	52	108.4
730	2002/01/10	00:41:02	139.7270	34.2340	117	3.22E+16	4.9	5.0	81	52.6
731	2002/01/15	21:59:46	140.6128	35.8880	44	6.76E+15	4.5	4.5	23	2.3
732	2002/01/18	16:46:07	139.6230	34.7485	20	1.88E+15	3.9	4.1	18	19.2
733	2002/01/19	18:06:17	147.3573	43.7142	32	3.44E+17	5.8	5.7	61	10.6
734	2002/01/21	08:55:42	144.7770	42.5358	47	1.10E+16	4.7	4.7	38	4.7
735	2002/01/23	12:09:05	142.2357	41.2350	57	1.70E+15	4.1	4.1	41	46.3
736	2002/01/24	16:08:34	133.3215	35.3647	9	5.56E+15	4.8	4.5	57	2.6
737	2002/01/27	16:09:15	142.4127	39.3193	46	8.70E+16	5.5	5.3	187	20.4
738	2002/01/29	08:42:16	141.8333	37.7605	39	5.45E+15	4.3	4.5	26	11.2
739	2002/01/29	08:45:11	141.8225	37.7678	39	1.35E+16	4.8	4.7	87	11.2
740	2002/01/29	18:50:44	140.8830	36.7475	58	9.92E+14	4.0	4.0	37	17.5
741	2002/02/03	05:03:20	140.5060	35.7685	47	1.13E+15	3.8	4.0	14	13.2
742	2002/02/04	06:01:54	135.2445	33.6017	38	2.83E+15	4.3	4.3	38	9.0
743	2002/02/05	19:57:13	140.1060	36.1810	69	6.69E+15	4.5	4.5	122	17.5
744	2002/02/11	10:09:53	141.0892	35.7862	35	7.49E+16	5.2	5.2	101	6.0
745	2002/02/12	22:44:37	141.0827	36.5897	48	1.94E+17	5.7	5.5	301	26.3
746	2002/02/14	10:12:21	142.0625	41.4663	64	1.52E+17	5.1	5.4	188	7.7
747	2002/02/23	11:20:57	140.2677	35.3127	65	1.07E+15	4.0	4.0	28	63.5
748	2002/02/25	22:14:04	140.7297	36.3633	85	9.02E+15	4.7	4.6	117	30.8
749	2002/03/02	20:39:31	142.1580	40.3487	56	3.49E+15	4.5	4.3	71	33.8
750	2002/03/07	04:19:20	142.4935	40.5715	73	2.89E+15	4.5	4.3	82	63.5
751	2002/03/08	22:02:43	131.9838	32.2257	27	2.03E+15	4.2	4.2	22	6.0
752	2002/03/09	12:57:29	141.1250	37.1073	51	1.45E+15	4.2	4.1	43	13.2
753	2002/03/17	01:22:58	143.5095	42.4897	73	8.48E+15	4.7	4.6	106	42.2
754	2002/03/17	03:01:36	139.8768	36.1030	49	1.38E+15	4.1	4.1	76	28.9
755	2002/03/25	22:58:17	132.6150	33.8247	46	1.26E+16	4.7	4.7	185	14.5
756	2002/03/28	10:37:45	140.6980	34.6378	75	2.34E+15	4.6	4.2	7	28.9
757	2002/03/28	12:56:43	141.0997	35.5817	39	1.96E+16	4.6	4.8	9	4.5
758	2002/03/30	19:15:37	142.0642	41.5572	66	1.93E+16	4.5	4.8	22	4.1
759	2002/04/04	08:42:14	142.0088	41.4737	59	2.77E+17	5.4	5.6	217	10.9
760	2002/04/06	01:57:05	132.5300	33.4298	42	3.84E+15	4.4	4.4	110	15.9
761	2002/04/11	21:04:14	142.6905	40.0485	31	1.45E+16	4.9	4.7	73	8.0
762	2002/04/13	19:01:19	139.6617	35.9060	115	2.74E+15	4.1	4.3	38	40.9
763	2002/04/15	15:10:24	141.7270	37.4200	39	2.28E+15	4.3	4.2	20	5.4
764	2002/04/17	09:10:12	140.6143	36.4498	57	1.56E+15	3.8	4.1	30	10.9
765	2002/04/19	07:51:03	131.2962	32.8432	127	2.08E+15	3.8	4.2	56	61.5
766	2002/04/21	06:30:32	142.0928	41.5682	65	2.31E+16	4.8	4.9	123	12.4
767	2002/04/28	10:34:22	136.0770	34.7097	56	3.40E+15	4.1	4.3	119	9.0
768	2002/05/04	20:35:07	140.4063	35.4638	32	2.28E+16	4.8	4.9	73	5.8
769	2002/05/06	17:12:04	142.1513	38.4658	40	2.82E+16	5.0	4.9	145	20.4
770	2002/05/06	18:45:28	131.9820	33.2933	58	3.16E+15	4.2	4.3	80	8.7

Appendix (12) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
771	2002/05/12	10:29:37	141.1532	39.1517	96	9.39E+16	5.2	5.3	184	22.5
772	2002/05/14	14:26:35	127.1408	26.2467	53	1.45E+15	4.4	4.1	5	19.2
773	2002/05/19	05:00:18	140.2127	35.6452	72	9.88E+15	4.6	4.6	133	23.9
774	2002/05/22	05:04:17	146.7407	44.2790	146	2.14E+17	5.7	5.5	70	31.8
775	2002/05/24	19:08:40	131.5538	31.1195	44	7.02E+15	4.6	4.5	20	10.6
776	2002/05/30	14:07:45	142.0467	41.5022	62	2.86E+16	4.8	4.9	127	13.6
777	2002/06/12	21:59:17	146.0740	43.8797	102	1.12E+16	4.6	4.7	21	13.2
778	2002/06/14	11:42:49	139.9772	36.2163	57	2.27E+16	5.1	4.9	213	44.9
779	2002/06/16	04:39:59	141.1977	36.6272	45	3.29E+15	4.4	4.3	76	18.0
780	2002/06/17	15:31:41	142.3037	41.9263	69	3.87E+15	4.2	4.4	35	25.5
781	2002/06/18	16:58:38	131.7082	31.3362	22	5.66E+15	4.5	4.5	21	16.9
782	2002/06/19	18:16:26	141.8043	36.1923	58	8.42E+16	5.4	5.3	67	6.4
783	2002/06/20	08:33:55	140.7020	35.7433	47	1.53E+16	4.7	4.8	29	5.4
784	2002/06/21	23:15:05	142.4683	40.1447	35	5.08E+15	4.5	4.4	66	13.6
785	2002/07/01	15:48:12	141.6120	40.4387	82	2.35E+15	4.1	4.2	61	34.9
786	2002/07/03	18:57:40	142.0470	41.5777	63	2.37E+16	4.7	4.9	37	4.2
787	2002/07/06	06:58:35	136.7785	35.4158	45	1.07E+15	4.1	4.0	64	14.9
788	2002/07/09	22:53:12	141.9722	36.3270	60	1.45E+16	4.8	4.7	46	11.6
789	2002/07/10	23:48:43	142.2532	41.6900	55	1.41E+16	4.8	4.7	120	20.4
790	2002/07/12	22:35:03	142.2808	40.3733	40	1.10E+15	4.3	4.0	29	14.5
791	2002/07/13	21:45:47	140.1240	35.9988	65	2.35E+16	4.8	4.9	184	21.8
792	2002/07/15	17:24:16	129.6267	28.0885	54	5.04E+16	5.4	5.1	5	27.1
793	2002/07/16	04:58:00	131.8197	31.9520	34	8.41E+15	4.6	4.6	58	3.7
794	2002/07/16	20:57:25	132.4962	30.7773	61	1.30E+17	5.2	5.4	50	19.2
795	2002/07/20	05:00:20	140.0930	35.5635	72	2.88E+15	4.0	4.3	17	7.7
796	2002/07/24	05:05:30	142.3158	37.2323	30	2.31E+17	5.9	5.5	273	42.2
797	2002/07/27	17:58:57	140.6178	36.4568	58	9.46E+14	4.4	4.0	80	278.8
798	2002/07/28	20:31:29	143.0683	42.3185	52	3.89E+16	5.0	5.0	139	30.8
799	2002/07/30	01:19:17	141.2383	40.4790	104	4.54E+15	4.3	4.4	64	14.0
800	2002/08/05	06:07:41	145.0070	43.0703	61	1.33E+15	4.3	4.0	43	67.6
801	2002/08/11	07:56:18	137.4535	34.7202	41	1.20E+15	4.1	4.0	47	72.0
802	2002/08/17	22:27:09	141.2715	39.7962	90	1.28E+15	3.9	4.0	44	12.4
803	2002/08/18	09:01:01	136.1772	36.1288	11	2.35E+15	4.7	4.2	39	7.0
804	2002/08/23	11:19:05	142.4053	40.1475	36	3.04E+15	4.5	4.3	59	15.4
805	2002/08/23	12:52:51	140.0440	35.6772	73	1.27E+15	4.1	4.0	21	15.4
806	2002/08/25	03:40:53	146.1195	43.0900	44	1.48E+18	6.0	6.1	130	12.0
807	2002/08/29	18:04:08	142.3218	41.9283	67	2.02E+16	4.7	4.8	92	17.5
808	2002/08/30	14:58:26	148.9382	44.5205	30	7.99E+16	5.3	5.2	25	19.8
809	2002/08/30	21:30:21	130.6483	32.8507	9	9.61E+14	3.6	4.0	21	0.8
810	2002/09/01	02:50:22	142.3030	41.9167	66	3.80E+15	4.2	4.4	21	9.0
811	2002/09/03	07:24:34	142.0027	40.9797	58	2.44E+15	4.3	4.2	34	15.9
812	2002/09/04	18:06:13	136.3458	35.4540	39	1.01E+15	4.3	4.0	64	13.2
813	2002/09/07	06:57:22	139.3372	36.2298	90	1.75E+15	4.0	4.1	81	270.2
814	2002/09/10	19:52:20	141.4498	38.7088	105	1.86E+15	4.2	4.1	55	34.9
815	2002/09/16	00:25:44	142.0297	40.5640	61	1.42E+15	4.1	4.1	34	9.6
816	2002/09/16	10:10:49	133.7393	35.3700	10	5.43E+16	5.5	5.1	75	3.4
817	2002/09/19	04:58:35	141.1438	38.7680	9	9.52E+14	3.9	4.0	32	1.3
818	2002/09/19	13:17:18	131.5355	31.1428	36	2.10E+15	4.3	4.2	9	5.4
819	2002/09/22	09:36:23	137.5003	35.2607	49	9.98E+14	4.0	4.0	64	19.8
820	2002/09/24	09:20:38	130.0015	31.9857	10	9.97E+14	3.8	4.0	16	1.4
821	2002/09/25	14:45:08	131.9463	33.6132	71	2.93E+15	4.0	4.3	92	19.2
822	2002/09/26	19:12:51	142.3165	42.5530	97	3.04E+15	4.4	4.3	50	28.9
823	2002/09/30	10:53:58	140.1057	34.9562	65	5.76E+15	4.2	4.5	30	5.6
824	2002/10/02	16:33:42	146.7438	44.3782	119	7.51E+16	5.1	5.2	32	39.6
825	2002/10/05	07:33:55	140.5527	35.3193	29	1.03E+15	3.7	4.0	5	4.8
826	2002/10/13	19:06:32	132.3565	33.3488	43	1.77E+16	4.9	4.8	191	10.6
827	2002/10/14	23:12:43	142.2808	41.1518	53	1.27E+18	6.1	6.0	334	12.4
828	2002/10/16	13:04:34	140.9028	35.8353	34	3.53E+16	5.0	5.0	48	4.2
829	2002/10/19	05:26:49	142.2273	42.1248	80	2.23E+15	4.4	4.2	60	40.9
830	2002/10/21	01:06:01	141.1235	36.3690	50	1.45E+17	5.4	5.4	202	11.2
831	2002/10/25	05:00:38	139.9588	39.8193	20	1.72E+15	4.5	4.1	49	278.8
832	2002/10/25	19:49:17	141.3742	36.7457	49	1.62E+15	4.1	4.1	18	9.3
833	2002/10/25	23:40:52	130.1963	30.5042	115	1.22E+17	5.2	5.4	40	26.3
834	2002/10/26	19:43:28	141.2052	37.0665	51	5.56E+15	4.6	4.5	91	15.4
835	2002/10/29	08:26:35	142.9953	42.3232	54	2.30E+15	4.2	4.2	40	28.0
836	2002/10/31	12:15:44	142.7313	42.8810	114	4.73E+15	4.2	4.4	48	23.9
837	2002/11/03	10:52:13	142.0093	41.4917	63	2.69E+15	4.0	4.3	14	10.2
838	2002/11/03	12:37:43	142.1387	38.8965	46	3.87E+18	6.3	6.4	364	16.4
839	2002/11/04	04:14:44	142.1322	38.8377	44	1.31E+16	4.8	4.7	70	6.8
840	2002/11/04	13:36:00	131.8695	32.4127	35	3.64E+17	5.9	5.7	289	9.9

Appendix (13) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
841	2002/11/17	13:47:53	136.6735	36.3020	8	5.99E+15	4.7	4.5	55	4.1
842	2002/11/24	05:14:40	142.1033	39.6315	48	9.58E+14	4.1	4.0	36	9.0
843	2002/11/30	16:15:56	145.0117	42.5272	46	8.77E+16	5.4	5.3	77	6.2
844	2002/12/01	18:57:01	143.9657	42.6625	103	1.48E+17	5.5	5.4	219	25.5
845	2002/12/02	08:02:29	141.8807	38.6673	54	2.10E+15	4.3	4.2	54	15.4
846	2002/12/04	08:09:34	137.5937	35.8712	8	2.80E+15	4.5	4.3	43	1.6
847	2002/12/04	14:17:06	143.5190	41.7503	34	9.30E+15	4.7	4.6	32	8.2
848	2002/12/05	00:50:41	142.3178	38.7107	40	8.89E+16	5.3	5.3	147	12.4
849	2002/12/05	00:53:02	142.2618	38.7190	37	1.95E+16	4.9	4.8	115	21.1
850	2002/12/09	03:34:07	141.6575	37.6268	78	1.78E+15	4.3	4.1	77	40.9
851	2002/12/10	20:25:08	144.6718	42.3332	35	1.21E+16	4.8	4.7	28	3.2
852	2002/12/14	04:38:12	141.3683	36.7397	47	1.05E+15	4.2	4.0	43	40.9
853	2002/12/14	05:15:25	141.3720	36.7385	47	1.91E+15	4.2	4.2	47	14.9
854	2002/12/18	00:48:31	142.4515	40.1150	35	4.40E+15	4.2	4.4	46	8.2
855	2002/12/31	19:11:18	141.4895	37.0677	47	3.61E+15	4.4	4.3	52	10.6
856	2003/01/05	18:50:53	141.8210	38.7940	99	6.68E+15	4.5	4.5	119	89.8
857	2003/01/06	13:42:52	142.3522	41.0675	45	2.68E+16	5.0	4.9	108	11.6
858	2003/01/07	03:27:36	143.0562	42.3458	53	1.13E+16	4.7	4.7	99	29.8
859	2003/01/09	13:14:21	141.1283	36.4213	47	1.20E+16	4.7	4.7	143	36.0
860	2003/01/09	22:24:36	141.5832	37.3467	44	4.89E+15	4.4	4.4	51	7.0
861	2003/01/13	13:38:53	141.8235	41.5545	71	1.49E+15	4.2	4.1	33	47.8
862	2003/01/15	18:02:31	142.5545	41.9725	62	4.95E+15	4.3	4.4	45	13.6
863	2003/01/19	04:50:26	137.2412	33.8763	45	1.34E+17	5.6	5.4	57	2.6
864	2003/01/21	13:19:23	141.0290	36.3645	47	4.60E+16	5.1	5.1	124	8.0
865	2003/01/23	21:42:37	137.2708	33.9043	35	4.43E+15	4.5	4.4	37	19.2
866	2003/01/27	16:16:41	142.2802	38.7738	36	1.43E+15	4.6	4.1	54	54.2
867	2003/01/28	15:09:08	143.2595	41.0580	41	8.17E+16	5.0	5.2	29	2.6
868	2003/01/28	20:09:45	142.0722	41.3323	25	3.40E+15	4.6	4.3	13	40.9
869	2003/01/31	09:28:46	140.4392	35.4100	63	2.02E+15	3.9	4.2	9	12.4
870	2003/01/31	17:53:42	140.1033	36.0437	66	9.50E+15	4.5	4.6	141	11.2
871	2003/02/03	04:25:32	142.5633	42.0852	67	2.01E+15	4.1	4.2	55	61.5
872	2003/02/11	18:34:20	136.3402	36.0577	6	1.01E+15	3.9	4.0	28	5.0
873	2003/02/12	22:13:27	139.3890	34.0628	16	1.79E+16	5.1	4.8	9	16.9
874	2003/02/13	04:17:48	144.5298	43.5762	0	9.80E+14	3.6	4.0	12	0.5
875	2003/02/14	10:54:42	140.6512	36.4253	55	1.41E+15	4.2	4.1	84	50.9
876	2003/02/16	12:03:50	141.1492	37.4023	63	4.98E+16	5.2	5.1	249	21.8
877	2003/02/20	06:19:31	140.7608	35.6923	51	5.83E+15	4.4	4.5	21	9.6
878	2003/02/24	02:00:08	142.4408	41.9360	65	2.32E+16	4.7	4.9	94	9.0
879	2003/03/13	03:04:43	127.1175	27.3323	127	1.24E+17	5.4	5.4	7	15.4
880	2003/03/13	12:12:58	139.8557	36.0902	47	2.34E+16	5.0	4.9	247	26.3
881	2003/03/16	00:06:57	141.7443	37.3403	41	2.47E+15	4.7	4.2	52	14.9
882	2003/03/16	14:35:27	143.0057	42.4980	100	1.84E+16	4.7	4.8	124	56.0
883	2003/03/26	04:08:39	132.3058	33.1398	10	1.97E+15	4.5	4.2	50	9.3
884	2003/03/27	10:10:38	142.4165	40.1572	36	8.22E+15	4.7	4.6	69	7.7
885	2003/04/01	12:11:53	135.4695	34.2690	68	9.50E+14	3.9	4.0	39	8.5
886	2003/04/02	01:38:31	132.7197	35.1198	11	1.13E+15	4.4	4.0	41	3.0
887	2003/04/08	04:17:26	139.9088	36.0723	47	2.11E+16	4.6	4.8	182	8.2
888	2003/04/12	13:28:43	130.2633	31.9972	10	1.57E+16	4.9	4.8	68	5.4
889	2003/04/14	12:46:01	143.1190	42.3652	50	2.48E+15	4.3	4.2	41	26.3
890	2003/04/15	23:56:18	131.8007	31.7223	39	6.33E+15	4.4	4.5	21	3.3
891	2003/04/17	02:59:53	142.3418	40.9607	40	1.31E+17	5.6	5.4	242	15.4
892	2003/04/18	00:40:54	143.5073	42.5545	72	6.14E+16	4.4	5.2	80	2.6
893	2003/04/21	10:18:33	140.8492	36.5387	53	5.27E+15	4.4	4.4	112	19.2
894	2003/04/25	07:40:26	141.1390	36.4045	50	2.00E+16	4.7	4.8	118	11.6
895	2003/04/29	10:04:52	142.1278	39.6393	45	1.08E+15	4.3	4.0	53	22.5
896	2003/04/29	20:43:21	144.2252	43.0003	97	3.67E+15	4.3	4.3	58	63.5
897	2003/05/06	23:48:45	139.9045	36.0362	46	2.08E+15	4.2	4.2	133	33.8
898	2003/05/10	11:45:52	140.1097	35.8130	70	1.37E+16	4.6	4.7	155	14.0
899	2003/05/12	00:57:06	140.0857	35.8688	47	7.07E+16	5.3	5.2	284	13.2
900	2003/05/12	00:59:17	140.0693	35.8758	50	7.11E+15	4.6	4.5	184	25.5
901	2003/05/16	18:01:05	140.0673	41.3398	8	3.25E+15	4.5	4.3	21	3.5
902	2003/05/17	23:33:10	140.6507	35.7385	47	1.13E+17	5.3	5.3	196	9.3
903	2003/05/17	23:46:31	140.6563	35.7343	50	2.10E+15	3.4	4.2	5	2.6
904	2003/05/17	23:49:17	140.6435	35.7478	49	2.40E+15	3.9	4.2	13	7.2
905	2003/05/18	03:23:25	137.5958	35.8672	7	7.50E+15	4.7	4.6	110	2.1
906	2003/05/26	18:24:33	141.6507	38.8210	72	3.49E+19	7.1	7.0	628	56.0
907	2003/05/26	22:34:18	141.5975	38.8888	76	8.21E+15	4.6	4.6	130	56.0
908	2003/05/27	00:44:18	141.6618	38.9507	69	1.43E+16	4.9	4.7	145	40.9
909	2003/05/27	10:47:12	141.6752	38.7490	66	6.34E+15	4.1	4.5	53	3.7
910	2003/05/27	13:11:19	141.6720	38.7457	66	5.99E+15	4.1	4.5	51	7.2

Appendix (14) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
911	2003/05/27	21:12:27	141.6343	38.9643	68	1.30E+15	4.0	4.0	58	49.4
912	2003/05/28	06:24:14	141.6215	38.8505	73	6.45E+15	4.5	4.5	79	11.6
913	2003/05/31	01:33:22	141.6175	38.7795	68	9.62E+14	3.8	4.0	35	8.5
914	2003/05/31	02:47:07	139.8078	36.1695	55	1.04E+15	4.0	4.0	89	52.6
915	2003/05/31	03:58:23	131.8690	33.4077	65	3.38E+15	4.5	4.3	105	23.9
916	2003/05/31	18:41:51	141.6160	38.8548	74	1.10E+16	4.6	4.7	127	15.4
917	2003/06/01	05:38:35	141.6092	38.8605	74	2.46E+15	4.3	4.2	77	26.3
918	2003/06/01	07:02:35	141.5893	38.8315	74	9.48E+14	4.0	4.0	51	24.7
919	2003/06/05	02:06:09	137.6507	34.7743	32	3.49E+15	3.9	4.3	34	1.1
920	2003/06/06	11:34:40	140.9912	35.5318	46	1.17E+16	4.8	4.7	20	8.5
921	2003/06/09	18:59:37	140.7025	36.4230	54	9.78E+15	4.7	4.6	146	18.6
922	2003/06/10	16:24:05	141.6677	38.9307	67	1.61E+16	4.9	4.8	156	37.2
923	2003/06/12	04:45:59	139.4342	41.5848	21	2.95E+15	4.5	4.3	14	24.7
924	2003/06/12	19:12:21	142.4752	42.0543	66	3.44E+16	4.0	5.0	21	1.1
925	2003/06/13	10:07:36	137.5290	35.9412	8	1.14E+15	4.2	4.0	51	2.1
926	2003/06/15	20:12:14	142.3313	41.9578	70	2.14E+15	4.0	4.2	19	18.6
927	2003/06/16	18:34:04	141.2623	36.8415	77	2.48E+16	5.1	4.9	218	33.8
928	2003/06/18	13:35:54	143.0708	42.3457	51	2.54E+15	4.2	4.2	64	76.7
929	2003/06/24	00:33:31	131.9293	33.5310	64	2.44E+15	4.2	4.2	34	9.0
930	2003/06/28	20:18:50	141.5768	38.8122	72	3.12E+15	4.4	4.3	95	43.5
931	2003/07/03	08:52:28	144.9538	42.3717	33	5.41E+17	5.9	5.8	143	5.3
932	2003/07/06	08:30:24	135.9432	32.6935	38	1.79E+16	4.6	4.8	34	18.0
933	2003/07/08	13:30:50	145.1133	42.4405	41	1.28E+17	5.3	5.4	73	4.8
934	2003/07/09	02:14:22	136.8462	34.9103	17	1.00E+15	4.1	4.0	82	6.2
935	2003/07/10	02:15:15	130.1035	29.7672	59	1.81E+17	5.3	5.5	15	13.2
936	2003/07/14	07:30:56	141.6545	38.8693	70	1.43E+15	4.4	4.1	49	19.2
937	2003/07/17	11:53:09	141.0440	35.7622	40	4.76E+15	4.2	4.4	12	9.0
938	2003/07/20	02:25:17	140.2858	41.4610	9	1.26E+15	4.1	4.0	25	12.0
939	2003/07/26	00:13:08	141.1642	38.4345	12	1.71E+17	5.6	5.5	63	7.2
940	2003/07/26	07:13:31	141.1710	38.4050	12	1.53E+18	6.4	6.1	62	8.0
941	2003/07/26	07:52:01	141.1632	38.4603	13	4.41E+15	4.6	4.4	59	5.4
942	2003/07/26	10:22:24	141.1647	38.4565	13	1.48E+16	5.1	4.7	61	4.0
943	2003/07/26	14:53:26	141.1678	38.4628	13	3.07E+15	4.0	4.3	31	1.3
944	2003/07/26	16:56:44	141.1895	38.5003	12	9.45E+16	5.5	5.3	64	2.5
945	2003/07/27	13:20:29	141.2162	38.4790	11	1.54E+15	4.2	4.1	34	2.4
946	2003/07/28	04:08:05	141.1497	38.4583	14	2.35E+16	5.1	4.9	59	4.5
947	2003/07/28	16:24:34	141.2447	36.7935	53	1.58E+15	4.6	4.1	74	59.6
948	2003/08/04	20:57:14	140.6130	36.4430	58	3.53E+16	4.9	5.0	198	24.7
949	2003/08/06	21:15:23	147.2648	43.3392	41	3.11E+16	5.0	5.0	40	16.4
950	2003/08/08	09:51:31	141.2265	38.5197	11	3.11E+15	4.6	4.3	45	2.1
951	2003/08/12	09:27:58	141.1775	38.4978	12	1.77E+15	4.3	4.1	52	2.8
952	2003/08/13	10:18:55	142.5013	42.6502	25	2.10E+15	4.2	4.2	22	15.4
953	2003/08/14	23:45:53	133.9805	33.5635	37	4.71E+15	4.6	4.4	97	8.5
954	2003/08/16	10:26:25	143.6113	42.4628	71	1.64E+15	4.3	4.1	73	306.4
955	2003/08/18	15:10:00	137.8295	37.3367	21	9.93E+14	3.9	4.0	13	5.6
956	2003/08/18	18:59:40	140.1088	35.8035	69	1.92E+16	4.8	4.8	201	13.6
957	2003/08/21	00:08:40	140.8962	36.1920	45	1.77E+15	4.0	4.1	36	6.6
958	2003/08/22	22:44:39	141.6530	38.9743	70	3.88E+15	4.6	4.4	106	37.2
959	2003/08/30	09:31:01	145.3348	42.9417	47	7.50E+15	4.2	4.6	38	6.6
960	2003/08/30	19:06:41	142.6710	41.8157	55	1.59E+17	5.4	5.4	157	8.0
961	2003/09/09	01:22:55	142.6198	42.2390	30	1.23E+15	4.0	4.0	21	36.0
962	2003/09/09	09:01:33	140.8755	35.9010	42	8.63E+15	4.4	4.6	32	4.2
963	2003/09/11	04:31:56	143.8910	42.6762	97	3.25E+16	4.9	5.0	147	44.9
964	2003/09/20	12:54:52	140.3003	35.2188	70	3.53E+17	5.8	5.7	360	13.2
965	2003/09/22	06:47:04	141.8290	40.5173	102	3.08E+15	4.1	4.3	45	15.4
966	2003/09/26	04:50:07	144.0785	41.7785	45	8.21E+20	8.0	7.9	446	25.5
967	2003/09/26	06:08:01	143.6915	41.7098	21	1.15E+20	7.1	7.3	9	23.2
968	2003/09/26	11:35:13	144.5593	41.9693	39	5.02E+17	5.8	5.8	134	3.0
969	2003/09/26	12:29:06	143.8612	41.6983	46	1.35E+17	5.2	5.4	54	2.6
970	2003/09/26	19:11:02	144.1842	42.0548	57	8.89E+15	4.6	4.6	15	5.3
971	2003/09/27	05:38:22	144.7280	42.0258	34	1.16E+18	6.0	6.0	152	5.3
972	2003/09/27	17:06:21	144.3418	42.7352	59	1.02E+17	5.2	5.3	99	11.2
973	2003/09/28	01:07:40	144.3722	42.3305	49	3.17E+16	5.1	5.0	98	15.4
974	2003/09/28	07:23:24	142.9690	42.1910	51	6.73E+16	5.2	5.2	157	9.6
975	2003/09/28	09:23:11	143.3205	42.2677	43	3.95E+16	5.0	5.0	95	8.7
976	2003/09/28	13:17:55	144.8118	42.6038	48	2.40E+17	5.5	5.6	92	4.4
977	2003/09/28	21:56:15	144.9340	42.8783	51	1.49E+15	4.0	4.1	23	5.8
978	2003/09/28	23:13:52	144.7897	42.0105	35	2.59E+16	4.9	4.9	33	4.2
979	2003/09/29	11:36:55	144.5530	42.3597	43	4.96E+18	6.5	6.4	275	8.2
980	2003/09/29	16:49:58	144.0552	42.3993	64	1.33E+17	5.5	5.4	154	14.5

Appendix (15) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
981	2003/09/29	19:35:33	144.0465	42.4108	61	1.62E+15	4.2	4.1	29	22.5
982	2003/09/29	23:22:15	144.4810	42.0832	39	1.66E+17	5.7	5.4	117	7.5
983	2003/09/29	23:27:20	144.6817	42.3902	39	1.94E+16	4.6	4.8	31	3.9
984	2003/09/30	08:24:24	144.9882	41.9888	32	2.42E+16	5.0	4.9	13	3.7
985	2003/09/30	12:22:56	138.1247	37.8355	19	1.62E+15	4.3	4.1	18	11.6
986	2003/09/30	13:10:00	140.2245	35.6922	73	2.13E+15	4.3	4.2	33	10.6
987	2003/10/02	01:23:30	144.5528	42.0583	38	7.80E+16	5.2	5.2	52	3.4
988	2003/10/03	13:45:21	143.5428	41.9210	33	3.19E+16	4.9	5.0	44	3.3
989	2003/10/03	20:25:44	143.8517	42.5025	59	3.39E+15	4.2	4.3	32	9.0
990	2003/10/03	20:28:22	141.8855	38.2885	72	3.31E+15	4.2	4.3	40	8.2
991	2003/10/04	05:38:43	142.9188	42.2242	55	1.80E+16	4.7	4.8	69	8.2
992	2003/10/04	08:11:28	141.6862	38.7155	74	4.33E+15	4.5	4.4	106	42.2
993	2003/10/04	23:41:10	142.0557	41.5623	69	2.44E+16	4.7	4.9	50	8.0
994	2003/10/05	00:29:15	137.2803	36.0073	13	3.10E+15	4.5	4.3	96	8.2
995	2003/10/06	08:57:12	140.2832	35.2073	66	1.24E+15	4.1	4.0	7	7.2
996	2003/10/07	01:27:54	142.5390	41.9698	64	9.88E+15	4.5	4.6	83	33.8
997	2003/10/08	02:40:54	144.8012	42.5088	47	5.93E+16	5.2	5.1	70	9.0
998	2003/10/08	18:06:56	144.6698	42.5653	51	9.83E+18	6.4	6.6	208	3.3
999	2003/10/09	00:18:33	144.4293	42.2588	31	1.21E+16	4.9	4.7	57	20.4
1000	2003/10/09	08:15:18	144.7605	42.2530	28	4.12E+17	5.9	5.7	5	7.5
1001	2003/10/09	15:52:59	143.6125	41.6640	25	2.24E+17	5.4	5.5	5	5.1
1002	2003/10/12	03:26:19	143.8212	41.7600	48	2.39E+17	5.5	5.6	98	4.2
1003	2003/10/15	16:30:35	140.0498	35.6137	74	5.15E+16	5.1	5.1	271	21.8
1004	2003/10/18	18:32:02	143.8397	43.4260	8	2.91E+15	4.5	4.3	50	3.3
1005	2003/10/20	08:27:30	145.1650	43.0220	96	1.77E+16	4.7	4.8	52	42.2
1006	2003/10/22	08:21:45	140.0060	37.3490	7	1.08E+15	4.2	4.0	28	2.4
1007	2003/10/23	14:00:37	141.1883	38.4670	12	9.86E+14	4.4	4.0	46	4.4
1008	2003/10/23	23:22:11	141.1338	37.0818	86	1.95E+15	4.3	4.2	80	42.2
1009	2003/10/24	21:02:29	140.2867	35.2150	70	3.26E+15	4.3	4.3	21	6.0
1010	2003/10/28	11:20:03	139.2550	34.8003	12	2.63E+15	4.4	4.2	20	2.1
1011	2003/10/29	06:48:23	147.7323	43.6040	31	5.88E+17	6.0	5.8	78	19.2
1012	2003/10/31	10:06:30	142.6960	37.8322	33	1.42E+19	6.8	6.7	374	6.6
1013	2003/10/31	23:15:10	139.9342	38.5788	158	4.54E+16	5.1	5.1	135	84.3
1014	2003/11/01	04:32:47	142.6657	41.3145	37	6.89E+15	4.6	4.5	31	9.6
1015	2003/11/01	09:26:57	143.2848	37.8293	39	1.89E+16	5.2	4.8	41	16.9
1016	2003/11/01	22:10:08	143.2713	37.7742	46	4.34E+17	6.2	5.7	77	5.6
1017	2003/11/02	08:44:14	144.4093	42.2547	31	1.12E+16	4.9	4.7	54	14.9
1018	2003/11/02	09:35:55	141.6032	38.8720	74	1.47E+15	4.0	4.1	51	16.4
1019	2003/11/02	11:58:16	143.1125	37.8273	44	9.06E+16	5.6	5.3	79	11.2
1020	2003/11/07	02:37:16	143.1610	42.2735	46	1.33E+15	3.9	4.1	15	19.8
1021	2003/11/11	17:30:56	134.9130	33.7652	39	1.68E+15	3.7	4.1	18	5.6
1022	2003/11/14	07:39:20	142.1978	41.8367	70	2.01E+16	4.8	4.8	122	16.9
1023	2003/11/15	03:43:51	141.1652	36.4325	48	3.43E+17	5.8	5.7	369	14.5
1024	2003/11/23	07:00:20	141.1267	35.5750	39	6.75E+16	5.1	5.2	88	11.2
1025	2003/11/24	18:48:11	142.9950	42.3205	55	3.04E+16	4.8	5.0	92	14.0
1026	2003/11/24	21:18:17	143.0025	42.3170	52	1.01E+17	5.3	5.3	216	26.3
1027	2003/11/30	12:45:36	130.3305	31.9742	10	1.21E+16	4.8	4.7	60	2.6
1028	2003/12/03	23:11:15	144.8143	42.3937	35	6.67E+17	5.6	5.8	107	4.1
1029	2003/12/08	16:20:14	142.0543	41.1883	58	2.70E+16	4.9	4.9	98	16.4
1030	2003/12/12	10:46:19	143.0310	42.4848	59	3.59E+16	5.0	5.0	129	16.9
1031	2003/12/12	14:47:31	143.8243	42.4457	87	1.29E+15	4.3	4.0	49	261.8
1032	2003/12/13	12:32:33	134.2980	34.5597	15	3.27E+15	4.6	4.3	88	6.8
1033	2003/12/16	20:41:52	141.6203	41.5355	77	1.44E+15	4.0	4.1	31	38.4
1034	2003/12/18	18:26:41	141.8373	39.7582	58	1.52E+15	4.1	4.1	59	21.1
1035	2003/12/19	06:26:39	146.4422	42.9365	58	1.48E+16	4.8	4.7	34	13.2
1036	2003/12/19	12:49:37	137.9318	38.1440	27	2.93E+15	4.4	4.3	7	111.9
1037	2003/12/22	17:47:07	144.6923	42.3333	34	2.53E+17	5.7	5.6	170	7.5
1038	2003/12/22	21:07:49	138.2547	37.8875	16	3.58E+15	4.7	4.3	13	16.4
1039	2003/12/23	07:44:28	142.1280	41.6235	60	2.56E+15	4.1	4.2	33	25.5
1040	2003/12/23	14:34:40	136.3013	35.6185	9	1.44E+15	4.4	4.1	79	9.9
1041	2003/12/25	22:40:28	144.8037	42.4358	48	2.98E+15	4.3	4.3	31	15.4
1042	2003/12/27	06:35:39	144.4313	42.2617	30	5.13E+16	5.2	5.1	66	7.5
1043	2003/12/29	10:30:55	144.7558	42.4193	39	1.89E+18	6.0	6.2	184	4.4
1044	2003/12/29	19:23:03	142.2073	38.1857	40	1.86E+15	4.2	4.1	31	13.6
1045	2003/12/30	16:35:57	146.9633	43.0278	51	1.22E+17	5.5	5.4	46	9.0
1046	2003/12/31	00:09:50	139.1985	34.2720	11	7.12E+15	4.0	4.5	7	3.4
1047	2004/01/02	13:41:50	144.8163	42.3550	33	1.93E+16	4.9	4.8	38	3.3
1048	2004/01/02	18:22:31	140.4133	34.1818	64	2.94E+15	4.5	4.3	12	9.9
1049	2004/01/04	18:32:49	143.0150	42.3237	51	1.04E+15	3.8	4.0	20	31.8
1050	2004/01/06	07:47:00	142.4910	41.8828	63	4.00E+15	4.0	4.4	20	7.7

Appendix (16) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
1051	2004/01/06	14:50:52	136.7143	34.2157	37	6.74E+16	5.4	5.2	244	10.2
1052	2004/01/11	16:57:27	137.9788	36.3978	8	1.21E+15	4.0	4.0	45	1.8
1053	2004/01/13	05:12:13	143.3740	42.1865	43	1.22E+16	4.6	4.7	27	3.6
1054	2004/01/15	09:10:30	146.1733	43.8562	106	4.68E+16	5.1	5.1	41	15.4
1055	2004/01/19	03:16:23	145.0233	42.8053	49	2.58E+16	4.7	4.9	59	9.3
1056	2004/01/21	03:40:16	143.3640	42.1908	41	4.48E+15	4.2	4.4	15	3.9
1057	2004/01/23	18:01:31	141.1277	37.2625	66	1.01E+17	5.3	5.3	271	20.4
1058	2004/01/26	17:45:37	141.6525	38.9518	70	2.27E+15	4.3	4.2	90	89.8
1059	2004/01/26	21:34:35	141.6538	38.9517	69	1.08E+15	4.1	4.0	45	15.9
1060	2004/01/27	13:20:02	140.6340	32.7252	72	5.55E+16	5.0	5.1	7	20.4
1061	2004/01/27	15:10:52	141.1830	37.1087	84	9.29E+15	4.4	4.6	118	12.7
1062	2004/02/04	04:10:51	140.0788	35.9950	65	3.59E+15	4.2	4.3	126	24.7
1063	2004/02/04	15:08:26	141.8955	40.1437	63	6.20E+16	5.3	5.2	207	21.1
1064	2004/02/08	19:30:18	145.8580	43.0837	47	3.43E+16	4.9	5.0	44	7.7
1065	2004/02/11	16:42:58	144.7018	42.3733	37	1.76E+15	4.1	4.1	15	6.4
1066	2004/02/15	21:52:53	143.1145	42.3565	51	1.94E+16	4.8	4.8	106	19.2
1067	2004/02/17	16:46:26	145.9937	43.0953	46	2.40E+17	5.6	5.6	94	10.2
1068	2004/02/27	11:49:34	141.6198	38.7873	70	7.31E+15	4.6	4.5	103	20.4
1069	2004/02/28	06:37:26	140.3568	35.4392	39	1.30E+15	4.1	4.0	32	32.8
1070	2004/02/29	05:33:02	141.6303	38.9508	72	1.87E+15	4.3	4.1	89	65.5
1071	2004/03/01	21:27:21	130.6313	31.8548	178	1.15E+16	4.6	4.7	58	148.6
1072	2004/03/02	15:47:19	141.3420	40.8082	92	2.07E+15	4.1	4.2	30	10.9
1073	2004/03/03	04:37:57	146.5190	42.8782	37	5.95E+16	5.4	5.1	32	4.1
1074	2004/03/10	05:15:08	141.9877	38.6827	57	2.03E+15	4.4	4.2	69	30.8
1075	2004/03/11	11:34:57	141.0082	36.3220	48	1.04E+17	5.3	5.3	194	11.6
1076	2004/03/11	11:38:00	141.0222	36.3220	46	2.83E+15	4.1	4.3	17	6.6
1077	2004/03/15	07:38:03	138.3935	37.6543	24	8.87E+15	4.7	4.6	39	9.6
1078	2004/03/15	12:59:55	141.7937	36.3035	67	1.21E+16	4.9	4.7	53	12.0
1079	2004/03/18	16:04:34	144.7202	42.3098	32	5.57E+16	5.3	5.1	82	6.0
1080	2004/03/19	02:51:47	141.3355	37.1602	47	1.28E+15	4.1	4.0	26	12.0
1081	2004/03/19	04:25:39	144.0230	42.1078	64	2.40E+16	4.9	4.9	62	12.4
1082	2004/03/26	22:38:21	142.5792	42.0173	63	3.14E+15	4.2	4.3	28	13.6
1083	2004/03/27	00:20:05	144.3718	41.7580	37	7.41E+17	5.8	5.9	102	2.6
1084	2004/03/31	01:28:49	145.4047	42.9832	48	1.36E+15	4.1	4.1	17	14.5
1085	2004/04/03	18:56:57	142.0622	37.1847	38	1.38E+16	4.9	4.7	43	8.5
1086	2004/04/04	08:02:00	141.1540	36.3902	49	8.38E+17	5.8	5.9	348	10.2
1087	2004/04/05	02:39:24	139.6512	36.0472	87	1.50E+15	3.9	4.1	54	15.4
1088	2004/04/06	22:05:12	140.1083	35.8040	65	4.23E+15	4.3	4.4	78	12.0
1089	2004/04/07	22:47:00	140.4837	34.2852	46	4.84E+16	4.9	5.1	116	23.2
1090	2004/04/12	03:06:12	144.9942	42.8322	47	1.45E+18	5.8	6.1	173	12.0
1091	2004/04/12	05:10:41	145.0895	42.8682	47	1.88E+15	4.2	4.1	32	20.4
1092	2004/04/12	14:15:43	145.1037	42.8722	48	1.84E+16	4.8	4.8	60	18.6
1093	2004/04/20	22:26:32	132.2448	33.4683	48	4.89E+15	4.6	4.4	144	16.4
1094	2004/04/21	12:10:40	131.8493	31.5653	25	1.48E+16	4.7	4.7	23	5.4
1095	2004/04/21	12:20:53	131.8377	31.5635	25	5.22E+16	5.0	5.1	25	5.8
1096	2004/04/23	07:16:35	142.4847	40.7408	66	1.81E+16	4.9	4.8	123	18.6
1097	2004/04/27	03:17:24	142.0078	41.3570	62	1.23E+15	4.2	4.0	21	25.5
1098	2004/05/06	22:40:18	145.1230	42.4847	44	8.86E+16	5.4	5.3	66	4.5
1099	2004/05/06	22:43:13	145.1170	42.4758	43	1.87E+17	5.7	5.5	114	5.6
1100	2004/05/07	14:02:24	140.6593	35.3580	47	1.23E+15	4.1	4.0	9	15.4
1101	2004/05/08	09:10:03	140.8618	36.7010	62	1.12E+15	4.2	4.0	89	105.1
1102	2004/05/10	15:38:06	141.4368	37.3405	52	2.05E+15	4.4	4.2	53	14.9
1103	2004/05/13	22:56:02	145.5133	43.8892	130	7.36E+15	4.2	4.5	15	5.8
1104	2004/05/16	00:37:40	141.7565	37.3045	44	7.21E+15	4.6	4.5	60	10.2
1105	2004/05/20	06:04:13	128.4405	27.2978	45	2.17E+16	5.1	4.9	7	34.9
1106	2004/05/21	23:27:10	144.7013	43.7377	0	5.02E+15	4.8	4.4	45	9.0
1107	2004/05/25	06:39:34	140.6343	35.7238	50	9.83E+14	3.8	4.0	8	7.0
1108	2004/05/29	12:47:10	142.0200	37.6645	38	4.55E+17	5.9	5.7	322	8.2
1109	2004/06/01	21:54:50	144.5052	42.5700	56	2.00E+15	4.2	4.2	42	39.6
1110	2004/06/07	13:14:14	144.4313	42.5417	78	1.72E+16	4.9	4.8	108	40.9
1111	2004/06/08	08:05:23	135.0750	34.2142	8	1.56E+15	4.5	4.1	46	1.8
1112	2004/06/08	09:04:51	135.0702	34.2093	8	1.12E+15	4.3	4.0	39	2.1
1113	2004/06/11	03:12:10	143.1308	42.3217	48	8.13E+16	5.2	5.2	190	31.8
1114	2004/06/12	02:05:32	142.1987	40.0330	55	5.84E+15	4.6	4.5	86	28.0
1115	2004/06/13	14:55:57	144.0222	39.2380	65	4.05E+16	5.3	5.0	153	111.9
1116	2004/06/19	14:45:38	142.8372	42.2337	27	1.68E+15	4.1	4.1	8	11.2
1117	2004/06/20	14:39:01	140.8440	33.4655	65	5.52E+16	5.1	5.1	5	12.0
1118	2004/06/27	04:43:24	141.5938	37.4980	45	1.09E+16	4.8	4.7	125	13.6
1119	2004/06/28	11:23:31	141.6127	38.8843	76	1.13E+15	4.1	4.0	43	13.2
1120	2004/06/29	16:05:28	140.1048	35.5000	69	9.78E+14	3.9	4.0	39	21.8

Appendix (17) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
1121	2004/06/30	18:32:31	142.1617	40.9110	52	1.50E+15	4.1	4.1	21	11.6
1122	2004/07/04	03:43:54	141.4827	40.5323	105	1.10E+16	4.5	4.7	88	16.9
1123	2004/07/04	21:31:13	142.4847	42.0498	62	2.71E+16	4.9	4.9	176	38.4
1124	2004/07/05	18:22:47	141.8713	37.9112	42	1.06E+16	4.7	4.7	61	6.4
1125	2004/07/07	23:13:47	145.3623	42.4450	49	2.33E+16	5.0	4.9	44	9.0
1126	2004/07/09	19:54:12	141.0342	39.9150	9	1.73E+15	4.4	4.1	53	4.8
1127	2004/07/10	20:07:06	139.8852	36.0803	48	1.21E+16	4.7	4.7	190	12.7
1128	2004/07/17	15:10:18	140.3560	34.8382	69	2.39E+17	5.5	5.6	293	19.8
1129	2004/07/19	23:37:39	141.6788	36.7610	34	7.34E+15	4.7	4.5	81	11.6
1130	2004/07/20	05:58:40	143.0972	42.5302	98	4.95E+16	5.0	5.1	198	22.5
1131	2004/07/20	11:46:37	140.6040	36.4527	56	2.75E+15	4.1	4.3	62	11.2
1132	2004/07/21	09:11:27	143.3947	40.8590	37	1.34E+17	5.5	5.4	89	4.0
1133	2004/07/21	09:38:19	143.2942	40.8673	30	9.76E+16	5.4	5.3	78	4.2
1134	2004/07/22	17:23:52	141.8228	37.7647	40	3.11E+15	4.5	4.3	29	7.2
1135	2004/07/22	18:45:13	129.0337	26.4422	32	1.65E+18	6.1	6.1	9	12.0
1136	2004/07/26	03:33:58	142.1230	41.0380	64	7.90E+15	4.3	4.6	63	11.2
1137	2004/07/27	00:54:56	137.1080	35.7583	11	2.20E+15	4.5	4.2	114	14.9
1138	2004/07/27	17:44:17	145.3055	42.9430	86	7.51E+15	4.6	4.6	59	52.6
1139	2004/07/28	03:57:46	140.6232	35.7135	49	1.05E+15	3.7	4.0	15	14.5
1140	2004/07/29	13:08:46	143.1033	42.4323	50	9.19E+15	4.7	4.6	85	15.4
1141	2004/07/31	00:44:39	140.3458	34.0497	72	1.49E+16	4.7	4.7	30	11.6
1142	2004/08/01	05:01:28	140.7628	35.6937	47	5.31E+15	4.3	4.4	12	4.0
1143	2004/08/06	03:23:30	140.0555	35.6157	75	1.27E+16	4.6	4.7	200	21.1
1144	2004/08/10	15:13:30	142.1322	39.6740	48	3.28E+17	5.8	5.6	227	10.9
1145	2004/08/10	22:49:23	139.3498	41.7173	23	2.19E+15	4.5	4.2	12	92.6
1146	2004/08/17	12:01:49	143.5003	41.5400	47	4.29E+16	5.1	5.1	54	6.0
1147	2004/08/17	13:16:17	143.4687	41.5313	49	1.34E+16	4.9	4.7	36	12.0
1148	2004/08/17	13:25:11	143.4770	41.5113	47	7.78E+15	4.7	4.6	18	10.6
1149	2004/08/19	20:40:42	141.4613	37.0825	73	1.64E+16	5.0	4.8	191	33.8
1150	2004/08/21	05:33:01	141.4805	35.0382	38	1.27E+17	5.4	5.4	15	10.2
1151	2004/08/22	17:28:20	145.0670	43.3862	91	1.34E+15	4.0	4.1	29	29.8
1152	2004/08/25	01:49:35	139.8943	35.5417	51	3.39E+15	4.4	4.3	119	11.6
1153	2004/09/01	11:49:26	141.7812	36.9222	31	3.62E+17	5.6	5.7	274	8.7
1154	2004/09/03	07:01:21	142.9163	42.2392	54	3.29E+15	4.1	4.3	33	11.6
1155	2004/09/05	03:25:29	142.2975	41.9307	69	1.36E+16	4.5	4.7	78	11.2
1156	2004/09/05	19:07:07	136.7977	33.0332	38	7.54E+19	7.1	7.2	698	34.9
1157	2004/09/05	23:57:16	137.1413	33.1375	44	1.69E+20	7.4	7.5	713	28.9
1158	2004/09/06	05:30:59	136.9055	33.2888	37	3.82E+17	5.9	5.7	116	3.4
1159	2004/09/06	07:48:43	137.1005	33.1853	37	4.75E+15	4.3	4.4	49	26.3
1160	2004/09/06	19:29:19	137.1643	33.2875	40	5.15E+15	4.5	4.4	34	12.7
1161	2004/09/07	08:29:36	137.2928	33.2092	41	6.00E+18	6.5	6.5	551	23.9
1162	2004/09/08	03:36:21	137.1890	33.2253	40	2.06E+17	5.5	5.5	302	17.5
1163	2004/09/08	23:40:07	137.3178	32.9642	43	9.43E+16	5.4	5.3	63	11.2
1164	2004/09/08	23:58:23	137.2875	33.1178	36	1.62E+18	6.5	6.1	296	9.0
1165	2004/09/09	23:36:55	142.3140	41.9347	68	2.02E+16	4.6	4.8	72	9.9
1166	2004/09/10	11:05:54	136.7307	32.9775	30	2.22E+17	5.6	5.5	51	3.9
1167	2004/09/10	13:22:11	143.1023	42.3565	51	2.77E+16	5.1	4.9	175	38.4
1168	2004/09/16	09:16:07	141.5505	40.9748	84	2.12E+15	4.0	4.2	34	18.6
1169	2004/09/21	10:13:17	132.7567	34.2547	48	2.07E+15	4.2	4.2	149	28.9
1170	2004/09/22	20:03:52	141.5630	41.3773	109	1.86E+16	4.8	4.8	154	27.1
1171	2004/10/01	09:59:33	140.8308	37.3212	74	1.83E+15	4.2	4.1	77	23.2
1172	2004/10/04	08:41:22	142.5597	41.9815	62	5.03E+15	4.2	4.4	47	15.4
1173	2004/10/05	08:33:51	136.3782	35.9333	12	4.86E+15	4.8	4.4	84	21.8
1174	2004/10/06	23:40:40	140.0898	35.9888	66	4.52E+17	5.7	5.7	384	11.6
1175	2004/10/07	22:01:35	140.5633	36.2727	59	4.14E+15	4.4	4.4	112	19.8
1176	2004/10/08	04:26:45	143.1177	42.3430	50	5.54E+16	5.1	5.1	134	15.9
1177	2004/10/09	14:44:30	141.5073	42.3238	99	3.36E+15	4.1	4.3	47	89.8
1178	2004/10/10	19:54:01	136.8930	33.0843	32	1.56E+15	4.4	4.1	15	40.9
1179	2004/10/11	05:27:11	140.9872	36.6013	47	1.33E+15	4.4	4.0	98	59.6
1180	2004/10/17	02:19:19	141.4030	36.2747	48	1.08E+17	5.5	5.3	215	9.3
1181	2004/10/17	03:54:41	141.3298	36.2552	49	4.02E+17	5.7	5.7	267	5.6
1182	2004/10/17	07:05:41	137.1910	33.2065	41	4.38E+15	4.8	4.4	31	21.8
1183	2004/10/23	17:56:00	138.8672	37.2925	13	7.53E+18	6.8	6.6	80	13.2
1184	2004/10/23	18:03:12	138.9833	37.3540	9	9.33E+17	6.3	5.9	75	9.3
1185	2004/10/23	18:11:56	138.8295	37.2530	12	4.11E+17	6.0	5.7	73	8.7
1186	2004/10/23	18:34:05	138.9300	37.3063	14	2.93E+18	6.5	6.3	76	9.3
1187	2004/10/23	18:57:26	138.8635	37.2063	8	4.86E+16	5.3	5.1	77	3.3
1188	2004/10/23	19:36:45	138.8243	37.2170	11	4.13E+16	5.3	5.0	69	1.2
1189	2004/10/23	21:44:27	138.9430	37.2728	15	2.31E+16	5.0	4.9	57	3.6
1190	2004/10/23	22:26:48	138.8233	37.3078	17	1.49E+15	4.3	4.1	48	3.0

Appendix (18) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
1191	2004/10/23	22:34:56	138.9345	37.2745	17	3.04E+15	4.4	4.3	43	3.9
1192	2004/10/23	22:57:58	139.0032	37.4225	13	1.46E+15	4.2	4.1	33	3.3
1193	2004/10/23	23:34:45	138.9058	37.3170	20	4.14E+16	5.3	5.0	68	8.0
1194	2004/10/23	23:54:07	138.9997	37.3608	11	1.65E+15	4.0	4.1	25	1.9
1195	2004/10/24	00:53:21	138.9193	37.4178	16	1.28E+15	4.3	4.0	28	4.4
1196	2004/10/24	07:08:12	138.9147	37.2538	13	1.29E+15	4.3	4.0	54	9.9
1197	2004/10/24	07:16:06	138.8708	37.3725	21	1.15E+15	4.3	4.0	35	5.3
1198	2004/10/24	09:28:04	138.8925	37.2165	12	9.85E+15	4.8	4.6	65	7.5
1199	2004/10/24	10:06:00	138.9272	37.3073	10	1.89E+15	4.5	4.2	35	5.1
1200	2004/10/24	10:29:18	138.9283	37.4370	15	1.15E+15	4.1	4.0	25	3.7
1201	2004/10/24	14:21:34	138.8262	37.2450	11	1.36E+16	5.0	4.7	47	3.7
1202	2004/10/24	16:06:31	138.8933	37.2958	12	3.31E+15	4.6	4.3	45	8.0
1203	2004/10/24	23:00:30	138.9472	37.1777	2	1.57E+16	5.1	4.8	29	1.0
1204	2004/10/25	00:28:08	138.8707	37.2025	10	5.21E+16	5.3	5.1	69	9.9
1205	2004/10/25	00:56:15	138.8858	37.2148	10	2.22E+15	4.5	4.2	28	4.5
1206	2004/10/25	01:15:57	141.1622	36.5688	46	4.70E+15	4.5	4.4	82	11.6
1207	2004/10/25	01:27:52	138.7605	37.1650	6	4.16E+15	4.7	4.4	38	4.8
1208	2004/10/25	06:04:57	138.9468	37.3300	15	2.47E+17	5.8	5.6	67	14.5
1209	2004/10/25	06:32:39	138.9507	37.3912	15	1.53E+15	4.3	4.1	36	8.0
1210	2004/10/26	03:32:21	138.8287	37.4025	13	2.16E+15	4.2	4.2	9	1.2
1211	2004/10/27	00:56:42	138.8700	37.2698	13	1.23E+15	4.3	4.0	47	11.6
1212	2004/10/27	10:26:21	138.9132	37.3512	14	1.32E+15	4.3	4.0	49	13.6
1213	2004/10/27	10:30:02	138.8392	37.2330	12	1.05E+15	3.8	4.0	20	3.7
1214	2004/10/27	10:40:50	139.0333	37.2918	12	6.34E+17	6.1	5.8	79	23.2
1215	2004/10/27	12:05:54	138.8768	37.3943	4	2.17E+15	4.4	4.2	29	5.4
1216	2004/10/27	21:27:33	135.2672	33.6415	39	2.74E+15	4.4	4.3	91	8.2
1217	2004/10/30	06:07:06	140.4280	35.3905	57	3.31E+15	4.0	4.3	11	6.4
1218	2004/10/31	23:16:31	144.5222	42.6275	60	2.22E+15	4.2	4.2	41	23.9
1219	2004/11/01	04:35:49	138.9008	37.2118	8	1.75E+16	5.0	4.8	76	5.8
1220	2004/11/04	03:13:21	130.5438	33.0775	14	1.58E+15	4.2	4.1	67	9.3
1221	2004/11/04	05:28:32	131.1598	30.5753	30	2.34E+16	4.7	4.9	10	19.8
1222	2004/11/04	08:57:29	138.9157	37.4303	18	5.64E+16	5.2	5.1	74	15.4
1223	2004/11/04	23:03:11	146.9203	43.4537	60	6.20E+17	5.8	5.8	88	21.8
1224	2004/11/05	13:45:47	142.1082	39.6343	49	1.50E+15	4.0	4.1	52	33.8
1225	2004/11/05	14:56:42	138.8262	37.1767	7	1.65E+15	4.2	4.1	26	2.3
1226	2004/11/06	02:53:21	139.0017	37.3623	0	2.43E+16	5.1	4.9	70	4.2
1227	2004/11/06	15:16:50	139.0037	37.3707	1	3.35E+15	4.5	4.3	52	3.3
1228	2004/11/06	18:25:56	138.7402	37.1562	10	1.58E+15	4.4	4.1	31	3.0
1229	2004/11/06	22:05:11	138.8922	37.3498	13	1.28E+15	4.4	4.0	54	7.0
1230	2004/11/08	03:28:44	141.8742	38.3072	46	1.54E+15	4.1	4.1	50	34.9
1231	2004/11/08	11:15:58	139.0320	37.3960	0	2.24E+17	5.9	5.5	78	5.6
1232	2004/11/08	11:27:10	139.0220	37.3938	0	1.84E+16	5.0	4.8	57	3.3
1233	2004/11/08	11:32:17	139.0468	37.3913	6	2.00E+16	5.1	4.8	71	12.0
1234	2004/11/08	11:43:05	139.0390	37.3825	2	2.85E+15	4.7	4.3	51	7.0
1235	2004/11/08	11:49:34	139.0485	37.3863	1	1.16E+15	4.4	4.0	46	7.2
1236	2004/11/08	12:05:07	139.0335	37.3818	3	9.69E+14	4.3	4.0	31	4.4
1237	2004/11/09	00:07:25	138.4103	33.7877	51	2.53E+17	5.7	5.6	198	9.0
1238	2004/11/09	03:34:56	145.4383	42.9787	47	3.65E+15	4.3	4.3	25	13.2
1239	2004/11/09	04:15:59	138.9993	37.3540	0	9.48E+15	5.0	4.6	71	5.6
1240	2004/11/10	03:43:08	139.0007	37.3697	5	4.37E+16	5.3	5.1	76	7.2
1241	2004/11/10	21:49:19	142.0022	40.9788	57	2.23E+15	4.2	4.2	25	9.0
1242	2004/11/11	02:22:28	134.1853	33.5458	36	1.13E+15	4.0	4.0	31	7.5
1243	2004/11/11	19:02:46	144.4855	42.0803	39	1.85E+18	6.3	6.1	216	4.0
1244	2004/11/14	10:11:35	140.3930	35.4617	32	1.05E+15	3.3	4.0	16	2.8
1245	2004/11/15	02:37:43	144.2087	41.7277	33	4.18E+16	5.2	5.0	44	2.3
1246	2004/11/15	09:39:33	138.9983	37.3843	0	5.37E+15	4.7	4.5	38	2.7
1247	2004/11/19	17:40:47	141.5778	38.8218	75	3.95E+15	4.5	4.4	89	22.5
1248	2004/11/21	09:27:41	130.5547	32.5023	10	2.49E+15	4.1	4.2	64	3.1
1249	2004/11/22	23:57:36	144.2325	41.7330	33	4.37E+16	5.1	5.1	46	2.7
1250	2004/11/27	07:42:37	143.0802	42.3258	51	3.80E+17	5.6	5.7	229	15.4
1251	2004/11/29	03:32:14	145.2755	42.9460	48	3.36E+19	7.1	7.0	315	16.9
1252	2004/11/29	03:36:41	145.2357	42.8837	46	7.03E+17	6.0	5.9	110	5.6
1253	2004/11/29	13:05:56	145.4070	42.9817	48	2.17E+15	4.1	4.2	19	14.5
1254	2004/11/29	17:00:22	145.4090	42.9867	48	2.61E+16	4.9	4.9	46	9.0
1255	2004/11/30	01:36:29	145.3220	42.8585	45	6.89E+15	4.6	4.5	49	12.7
1256	2004/11/30	14:55:08	145.3183	42.9965	48	1.83E+15	4.3	4.1	40	50.9
1257	2004/11/30	20:25:40	145.3167	42.9990	48	1.22E+15	4.1	4.0	25	18.6
1258	2004/12/01	10:32:42	141.6290	38.9092	76	1.86E+15	4.2	4.1	86	54.2
1259	2004/12/01	15:52:27	142.0583	41.5708	63	6.59E+15	4.4	4.5	19	6.8
1260	2004/12/01	23:30:23	135.8105	35.0392	13	1.04E+15	4.0	4.0	95	4.4

Appendix (19) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
1261	2004/12/05	14:26:33	142.0060	40.9735	56	1.63E+15	4.3	4.1	32	19.8
1262	2004/12/06	04:45:30	142.0568	41.4912	65	1.63E+16	4.6	4.8	92	12.7
1263	2004/12/06	23:15:11	145.3428	42.8477	46	1.41E+19	6.9	6.7	319	15.4
1264	2004/12/07	11:31:35	145.1157	42.8813	48	2.45E+15	4.3	4.2	32	23.9
1265	2004/12/07	18:30:28	145.0163	42.9390	51	4.97E+15	4.5	4.4	51	18.6
1266	2004/12/09	02:15:23	140.9342	36.6392	49	1.33E+15	4.2	4.0	76	36.0
1267	2004/12/12	14:28:00	129.1812	31.7668	15	4.10E+16	5.1	5.0	5	12.0
1268	2004/12/13	00:31:43	144.9935	42.9467	52	1.44E+15	4.1	4.1	29	13.2
1269	2004/12/13	04:41:38	142.0208	41.4875	63	5.09E+15	4.2	4.4	23	13.2
1270	2004/12/14	14:56:10	141.6995	44.0767	9	4.44E+17	6.1	5.7	59	16.9
1271	2004/12/14	15:01:18	141.7165	44.0830	9	9.86E+15	4.7	4.6	36	12.7
1272	2004/12/14	16:06:49	141.7125	44.0837	9	3.69E+15	3.9	4.3	11	1.9
1273	2004/12/14	17:54:46	141.6532	44.0925	7	5.64E+15	4.8	4.5	34	16.9
1274	2004/12/15	02:29:51	141.6173	44.0975	0	3.29E+15	4.6	4.3	20	7.0
1275	2004/12/18	23:22:06	141.6702	36.9115	48	1.21E+15	4.3	4.0	28	29.8
1276	2004/12/19	06:32:23	142.9717	42.1988	50	1.16E+16	4.5	4.7	57	7.0
1277	2004/12/19	14:22:45	141.6370	36.2932	62	4.64E+16	5.1	5.1	93	8.7
1278	2004/12/22	00:34:28	145.5090	42.9267	45	3.28E+17	5.7	5.6	139	9.0
1279	2004/12/22	11:56:10	131.1392	30.6865	39	1.01E+16	4.6	4.6	21	25.5
1280	2004/12/23	19:27:43	145.4047	42.9842	47	1.71E+15	4.0	4.1	19	13.2
1281	2004/12/23	21:03:43	138.9528	37.3948	11	2.61E+15	4.5	4.2	60	19.8
1282	2004/12/25	10:23:31	138.9603	37.4057	10	1.88E+15	4.4	4.1	63	14.5
1283	2004/12/28	18:30:36	138.9827	37.3225	8	1.22E+16	5.0	4.7	69	9.6
1284	2004/12/29	22:58:48	142.1797	38.4493	39	2.92E+17	5.5	5.6	159	5.4
1285	2004/12/30	10:53:34	140.9058	37.7602	109	2.17E+15	4.1	4.2	85	36.0
1286	2004/12/30	22:29:45	141.6317	38.9420	73	3.40E+16	5.0	5.0	152	20.4
1287	2004/12/31	17:30:23	142.4717	39.8067	60	2.66E+15	4.3	4.3	81	63.5
1288	2005/01/01	05:13:49	140.9833	36.7835	89	3.64E+16	5.0	5.0	297	47.8
1289	2005/01/02	01:30:26	137.5778	35.8662	6	1.32E+15	4.2	4.0	62	1.5
1290	2005/01/02	12:30:01	131.9338	33.7455	73	2.69E+15	4.2	4.3	78	5.4
1291	2005/01/04	05:06:31	131.5787	35.0333	19	1.06E+15	4.0	4.0	20	10.6
1292	2005/01/06	22:00:38	142.1040	41.4573	61	1.06E+17	5.3	5.3	174	12.0
1293	2005/01/09	18:59:30	136.8508	35.3117	13	3.99E+15	4.7	4.4	124	3.6
1294	2005/01/09	19:30:28	142.4477	42.0410	68	1.99E+15	4.1	4.2	35	14.9
1295	2005/01/09	20:15:45	138.9435	37.2652	10	1.01E+15	4.2	4.0	39	11.2
1296	2005/01/12	22:35:00	142.3282	41.9592	67	3.01E+15	4.0	4.3	15	7.2
1297	2005/01/13	05:03:32	145.5180	42.4090	43	2.79E+16	5.1	4.9	46	8.7
1298	2005/01/16	07:59:40	145.0100	43.0788	61	1.71E+15	4.3	4.1	36	13.2
1299	2005/01/17	16:36:31	145.4213	42.9567	46	3.79E+15	4.6	4.4	34	18.6
1300	2005/01/18	21:50:32	138.9968	37.3707	8	7.09E+15	4.7	4.5	66	13.6
1301	2005/01/18	23:09:06	145.0073	42.8757	50	2.40E+18	6.4	6.2	266	12.4
1302	2005/01/23	08:41:45	142.9718	42.6255	106	7.74E+15	4.5	4.6	85	18.6
1303	2005/01/28	04:49:16	145.0940	42.8783	48	1.19E+16	4.5	4.7	46	8.5
1304	2005/01/31	18:39:48	143.8182	41.7640	48	1.78E+17	5.4	5.5	100	3.9
1305	2005/02/04	01:08:47	135.5115	33.9745	57	1.05E+15	4.0	4.0	35	8.0
1306	2005/02/05	10:16:37	142.0468	36.7417	36	2.19E+16	5.0	4.9	74	9.6
1307	2005/02/06	16:57:09	144.1417	42.2307	60	2.95E+15	4.4	4.3	44	33.8
1308	2005/02/08	11:29:28	140.0862	36.1405	67	2.20E+16	4.8	4.9	248	24.7
1309	2005/02/11	13:26:25	132.1670	32.4383	29	1.58E+15	4.1	4.1	23	7.7
1310	2005/02/12	11:30:15	143.0033	42.3365	55	7.12E+15	4.4	4.5	63	10.9
1311	2005/02/12	21:23:18	142.2730	40.3698	39	1.01E+15	4.0	4.0	17	5.6
1312	2005/02/16	04:46:36	139.8888	36.0385	46	1.33E+17	5.3	5.4	312	15.4
1313	2005/02/18	11:56:00	131.4763	31.6377	39	2.26E+15	4.0	4.2	15	2.0
1314	2005/02/22	20:55:32	132.1307	33.6908	55	1.76E+15	3.8	4.1	91	9.9
1315	2005/02/23	21:58:52	139.8490	36.1078	50	3.59E+15	4.4	4.3	171	33.8
1316	2005/02/25	06:30:37	139.8865	35.6658	106	1.55E+15	3.9	4.1	73	59.6
1317	2005/02/26	21:37:38	142.5962	40.6853	45	3.74E+17	5.7	5.7	259	17.5
1318	2005/02/26	21:53:20	138.1647	37.8027	18	1.47E+15	4.3	4.1	15	7.7
1319	2005/03/02	06:04:30	136.7123	33.0912	39	1.26E+15	4.0	4.0	21	32.8
1320	2005/03/03	13:53:20	144.9918	42.8185	50	3.60E+15	4.3	4.3	35	6.6
1321	2005/03/05	14:58:51	131.3028	31.4615	49	4.21E+15	4.4	4.4	45	12.0
1322	2005/03/08	06:21:27	143.0602	42.5032	55	2.34E+15	4.4	4.2	46	10.2
1323	2005/03/12	03:47:36	144.8600	43.0118	61	1.50E+17	5.1	5.4	100	12.0
1324	2005/03/12	12:20:02	140.0953	35.6403	73	1.41E+15	4.1	4.1	94	50.9
1325	2005/03/12	17:54:01	142.5685	42.0527	46	2.17E+15	4.2	4.2	31	10.6
1326	2005/03/12	22:03:46	139.8305	36.6255	127	2.35E+15	4.1	4.2	66	74.3
1327	2005/03/14	19:49:31	137.0407	33.1667	44	4.36E+15	4.3	4.4	43	17.5
1328	2005/03/16	22:23:35	146.5742	43.3927	46	1.06E+17	5.3	5.3	54	5.4
1329	2005/03/17	07:41:13	139.6907	34.7857	134	3.96E+15	4.5	4.4	47	31.8
1330	2005/03/18	09:38:28	141.1092	44.2337	0	1.35E+16	5.0	4.7	24	12.4

Appendix (20) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
1331	2005/03/19	05:11:27	141.6028	38.8507	74	3.00E+15	3.8	4.3	31	1.4
1332	2005/03/20	10:53:40	130.1763	33.7392	9	7.80E+18	7.0	6.6	60	10.9
1333	2005/03/20	14:32:23	130.0880	33.7967	12	2.97E+15	4.5	4.3	23	1.2
1334	2005/03/20	19:52:02	130.0908	33.8000	13	5.53E+15	4.7	4.5	33	2.6
1335	2005/03/20	20:08:22	130.1053	33.7980	13	1.31E+15	4.4	4.0	42	11.6
1336	2005/03/20	20:38:16	130.1702	33.7462	11	2.17E+15	4.5	4.2	46	4.0
1337	2005/03/21	23:59:21	130.1008	33.7853	12	5.60E+15	4.8	4.5	42	4.4
1338	2005/03/22	15:55:33	130.1768	33.7253	11	3.02E+16	5.4	5.0	54	2.1
1339	2005/03/25	21:03:19	130.1178	33.7865	12	1.14E+15	4.1	4.0	42	9.0
1340	2005/03/27	21:44:07	140.7428	35.6792	49	2.37E+15	4.0	4.2	6	5.6
1341	2005/03/30	04:12:16	142.1960	38.5478	62	2.95E+15	4.4	4.3	63	14.5
1342	2005/04/01	09:41:49	131.5295	31.1102	28	4.12E+15	4.3	4.4	14	5.6
1343	2005/04/01	21:52:13	130.3195	33.6730	12	1.61E+15	4.3	4.1	53	6.6
1344	2005/04/03	17:41:53	139.9470	37.2018	5	3.70E+15	4.5	4.3	63	5.0
1345	2005/04/04	02:57:10	141.7542	37.3728	44	5.50E+16	5.3	5.1	220	14.9
1346	2005/04/05	04:35:26	132.0230	31.9382	34	1.34E+15	4.2	4.1	20	14.9
1347	2005/04/11	07:22:15	140.6212	35.7268	52	9.65E+17	6.1	6.0	365	6.8
1348	2005/04/17	20:09:05	139.9712	35.1558	69	2.59E+15	4.4	4.2	113	40.9
1349	2005/04/20	06:11:26	130.2882	33.6782	14	1.31E+17	5.8	5.4	71	12.0
1350	2005/04/20	06:22:49	130.2892	33.6798	13	5.33E+15	4.7	4.5	57	4.0
1351	2005/04/20	06:44:52	130.2937	33.6808	12	3.68E+15	4.5	4.3	59	4.2
1352	2005/04/20	09:09:42	130.2838	33.6787	13	1.50E+16	5.1	4.8	69	10.2
1353	2005/04/23	00:23:29	138.2965	36.6620	4	1.56E+15	4.1	4.1	45	2.9
1354	2005/04/25	10:19:41	140.6325	35.7137	51	1.74E+15	3.7	4.1	18	16.9
1355	2005/05/02	01:23:57	130.3205	33.6703	11	1.09E+16	5.0	4.7	67	5.4
1356	2005/05/07	00:27:37	141.3025	38.1273	78	1.12E+16	4.0	4.7	40	1.1
1357	2005/05/07	04:52:31	139.4342	35.6343	32	1.54E+15	4.2	4.1	90	7.5
1358	2005/05/11	08:50:39	143.3585	43.7002	166	4.56E+16	5.2	5.1	102	67.6
1359	2005/05/12	04:22:50	132.0197	32.0765	30	4.84E+15	4.5	4.4	33	8.5
1360	2005/05/14	00:14:39	140.5743	36.4507	57	3.47E+15	4.4	4.3	149	57.8
1361	2005/05/15	15:55:23	139.4848	36.6293	9	3.36E+15	4.8	4.3	97	8.2
1362	2005/05/15	19:01:21	140.7025	35.7553	51	2.49E+16	4.7	4.9	58	3.3
1363	2005/05/19	01:33:05	144.7213	42.9207	58	2.22E+16	4.8	4.9	102	36.0
1364	2005/05/19	10:14:26	141.0820	35.5593	33	1.21E+17	5.4	5.4	103	4.7
1365	2005/05/21	07:01:09	142.2575	38.8562	18	1.01E+16	5.1	4.6	25	15.4
1366	2005/05/25	16:49:24	141.1080	36.0097	42	1.79E+15	4.2	4.1	17	5.8
1367	2005/05/25	20:31:31	132.2877	33.3242	54	8.36E+15	4.6	4.6	154	12.7
1368	2005/05/27	03:17:20	133.6970	34.0028	42	1.44E+16	4.7	4.7	171	6.2
1369	2005/05/27	17:07:18	140.5845	38.5342	110	4.80E+16	4.9	5.1	162	14.0
1370	2005/05/30	07:34:34	140.7068	35.6905	51	2.38E+16	4.7	4.9	39	3.9
1371	2005/05/31	11:04:14	131.5452	31.3062	29	4.38E+17	5.8	5.7	30	7.2
1372	2005/06/03	01:32:09	142.0033	41.4932	63	4.77E+15	4.3	4.4	62	28.0
1373	2005/06/03	04:16:41	130.5478	32.4955	11	8.12E+15	4.8	4.6	102	7.5
1374	2005/06/09	09:28:45	140.0803	35.6312	72	7.34E+15	4.5	4.5	145	15.4
1375	2005/06/10	15:26:24	140.2263	35.5933	75	1.87E+15	4.1	4.1	36	15.4
1376	2005/06/16	23:42:18	145.5940	42.9507	43	1.32E+16	4.7	4.7	47	13.2
1377	2005/06/20	01:15:14	140.6947	35.7338	51	3.81E+17	5.6	5.7	276	10.2
1378	2005/06/20	13:03:13	138.5907	37.2293	15	2.16E+16	5.0	4.9	60	3.7
1379	2005/06/20	13:15:31	138.5940	37.2222	13	1.92E+15	4.4	4.2	26	2.7
1380	2005/06/20	14:04:28	136.8563	35.7578	9	5.87E+15	4.6	4.5	99	2.5
1381	2005/06/23	03:42:18	144.3922	42.1465	26	1.50E+16	4.9	4.8	8	12.0
1382	2005/06/24	22:08:27	141.0533	36.4437	46	5.77E+15	4.5	4.5	99	14.0
1383	2005/06/27	00:46:35	142.2557	40.3775	41	2.44E+15	4.1	4.2	37	9.0
1384	2005/06/27	04:16:21	141.0305	36.4763	45	1.59E+15	4.2	4.1	53	9.9
1385	2005/07/02	09:31:46	143.4325	39.5113	40	9.95E+16	5.5	5.3	101	9.3
1386	2005/07/10	08:37:08	141.1348	33.5070	55	5.54E+17	5.8	5.8	51	36.0
1387	2005/07/11	07:27:26	141.0407	36.4145	48	1.65E+16	4.7	4.8	124	10.2
1388	2005/07/11	23:49:02	140.6125	35.7455	49	2.30E+15	3.9	4.2	10	3.5
1389	2005/07/16	15:26:36	140.8343	36.9138	64	2.05E+15	4.0	4.2	42	3.4
1390	2005/07/17	19:50:58	140.4097	35.5127	33	9.50E+14	3.8	4.0	19	5.4
1391	2005/07/22	09:27:02	140.6952	35.7463	50	8.92E+15	4.4	4.6	22	4.0
1392	2005/07/23	16:34:56	140.1385	35.5817	73	9.11E+17	6.0	5.9	442	15.9
1393	2005/07/24	15:23:52	139.3128	35.1017	151	2.08E+15	4.1	4.2	11	19.8
1394	2005/07/24	18:12:54	140.1867	35.2070	66	6.35E+15	4.5	4.5	74	8.5
1395	2005/07/28	19:15:35	139.8463	36.1262	51	2.28E+16	5.0	4.9	260	22.5
1396	2005/07/30	17:49:53	142.1165	40.0762	47	3.08E+15	4.4	4.3	72	25.5
1397	2005/07/31	14:53:36	138.9610	35.5527	22	2.56E+15	4.4	4.2	89	5.8
1398	2005/08/04	15:37:47	141.3142	36.5597	47	1.53E+15	4.4	4.1	66	29.8
1399	2005/08/07	01:05:23	140.1148	35.5595	73	1.35E+16	4.7	4.7	182	19.2
1400	2005/08/07	23:28:54	142.9293	41.5378	29	6.68E+15	4.6	4.5	6	69.8

Appendix (21) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
1401	2005/08/08	00:06:43	141.4457	36.3395	46	1.33E+17	5.6	5.4	243	10.9
1402	2005/08/08	08:44:05	141.2120	36.7867	47	1.21E+15	4.1	4.0	41	10.6
1403	2005/08/10	15:12:09	141.5072	37.0562	78	2.93E+15	4.6	4.3	99	69.8
1404	2005/08/16	08:29:41	143.0418	42.3527	51	9.19E+15	4.6	4.6	89	25.5
1405	2005/08/16	11:46:25	142.2778	38.1495	42	5.43E+19	7.2	7.1	583	49.4
1406	2005/08/17	09:30:40	139.7962	36.4190	90	2.98E+15	4.1	4.3	81	37.2
1407	2005/08/21	11:29:30	138.7118	37.2983	17	1.06E+16	5.0	4.6	66	11.6
1408	2005/08/27	15:46:43	146.8508	43.3550	48	1.11E+16	4.7	4.7	27	17.5
1409	2005/08/30	01:15:26	144.5890	43.1057	77	3.04E+15	4.5	4.3	47	28.0
1410	2005/09/03	01:24:43	141.9763	41.4812	64	3.25E+16	4.9	5.0	132	12.0
1411	2005/09/04	19:06:24	132.0950	33.5040	54	2.40E+15	4.3	4.2	123	19.8
1412	2005/09/06	18:13:09	141.9165	38.2817	45	1.44E+15	4.1	4.1	48	26.3
1413	2005/09/07	13:23:11	139.8963	36.0908	49	1.12E+15	4.1	4.0	83	16.4
1414	2005/09/09	16:15:26	140.9473	35.5903	38	1.74E+16	5.0	4.8	30	6.8
1415	2005/09/11	05:06:50	141.1743	37.0638	50	6.19E+15	4.5	4.5	99	10.6
1416	2005/09/12	04:28:33	142.1858	38.1615	42	9.54E+15	4.7	4.6	75	10.2
1417	2005/09/20	20:39:47	140.1273	35.5998	72	5.02E+15	4.3	4.4	63	9.3
1418	2005/09/21	11:25:08	146.3980	43.7097	103	1.23E+18	6.0	6.0	109	31.8
1419	2005/09/28	20:20:01	140.3600	39.2557	150	1.96E+16	4.8	4.8	97	59.6
1420	2005/10/01	14:06:34	140.4787	35.4372	64	2.71E+15	4.0	4.3	31	27.1
1421	2005/10/03	13:59:07	136.7617	36.1523	1	2.68E+15	4.5	4.3	12	0.5
1422	2005/10/03	16:26:03	142.5202	41.9863	65	5.70E+15	4.2	4.5	32	10.9
1423	2005/10/09	18:14:21	141.6272	38.7818	70	5.82E+15	4.2	4.5	94	19.8
1424	2005/10/12	13:30:14	141.8692	37.9120	43	4.30E+16	4.7	5.1	75	3.3
1425	2005/10/16	16:05:42	139.9375	36.0393	47	3.57E+16	5.1	5.0	250	16.9
1426	2005/10/18	01:13:40	139.1553	40.7488	12	1.02E+17	5.4	5.3	8	22.5
1427	2005/10/18	03:48:26	141.9107	37.9333	43	2.44E+16	4.8	4.9	108	9.3
1428	2005/10/19	20:44:42	141.0432	36.3817	48	3.18E+18	6.3	6.3	421	9.9
1429	2005/10/22	22:12:46	141.1205	37.0797	52	2.06E+17	5.6	5.5	275	8.2
1430	2005/10/24	18:34:53	142.1232	38.4965	39	3.23E+16	4.8	5.0	98	9.3
1431	2005/10/29	08:39:42	145.6625	43.0610	48	4.29E+15	4.7	4.4	51	31.8
1432	2005/10/31	02:31:57	139.8352	36.1307	51	1.47E+15	4.2	4.1	108	40.9
1433	2005/11/01	06:51:54	141.7425	39.8638	70	2.41E+15	4.1	4.2	69	10.2
1434	2005/11/01	11:01:09	140.8137	39.0670	9	5.44E+15	4.6	4.5	58	5.8
1435	2005/11/01	12:47:38	135.0835	33.8242	45	3.35E+15	4.3	4.3	100	16.4
1436	2005/11/02	10:37:55	141.1797	39.4030	94	2.20E+15	4.1	4.2	77	37.2
1437	2005/11/04	01:01:54	138.4780	37.4373	28	7.28E+15	4.8	4.5	54	19.8
1438	2005/11/07	19:35:49	142.8203	40.0985	24	2.25E+16	4.9	4.9	7	4.8
1439	2005/11/08	14:08:14	144.4058	42.5992	62	2.66E+15	4.4	4.2	62	28.0
1440	2005/11/12	06:02:07	140.8563	36.4843	57	1.02E+16	4.6	4.6	127	14.9
1441	2005/11/13	09:25:35	142.0135	39.6143	56	2.77E+15	4.3	4.3	91	39.6
1442	2005/11/15	06:38:52	144.9447	38.0272	45	4.06E+19	7.2	7.0	282	111.9
1443	2005/11/16	06:17:58	141.0655	36.3092	48	1.67E+16	4.8	4.8	104	9.0
1444	2005/11/17	10:53:13	141.0653	36.3032	48	9.08E+15	4.7	4.6	78	8.0
1445	2005/11/22	00:36:31	130.3372	30.9472	146	2.28E+18	6.0	6.2	198	50.9
1446	2005/11/26	15:44:28	139.2078	41.8973	18	1.03E+15	4.2	4.0	10	12.4
1447	2005/12/02	21:54:39	139.8513	36.1340	50	2.28E+15	4.2	4.2	125	23.2
1448	2005/12/02	22:13:07	142.3535	38.0727	40	5.39E+18	6.6	6.5	379	5.0
1449	2005/12/04	01:10:39	130.4385	29.2135	69	8.09E+17	6.1	5.9	27	15.4
1450	2005/12/05	03:03:15	142.6360	40.1673	30	3.42E+16	5.0	5.0	105	6.0
1451	2005/12/08	13:05:35	141.8787	38.7740	68	4.95E+15	4.5	4.4	109	22.5
1452	2005/12/10	18:32:09	132.0473	32.0347	20	6.70E+15	4.5	4.5	21	1.9
1453	2005/12/13	06:01:37	139.4140	43.2085	29	1.25E+17	5.5	5.4	15	29.8
1454	2005/12/17	03:32:13	142.1813	38.4487	40	1.12E+18	6.1	6.0	375	15.4
1455	2005/12/22	05:46:56	143.8563	43.0712	114	4.79E+15	4.3	4.4	61	26.3
1456	2005/12/24	00:50:41	145.7273	43.2300	94	1.42E+15	3.9	4.1	29	42.2
1457	2005/12/24	11:01:55	136.8402	35.2307	43	1.16E+16	4.8	4.7	215	13.6
1458	2005/12/25	20:06:54	141.1540	35.8113	34	3.60E+15	4.3	4.3	13	5.0
1459	2005/12/28	18:46:06	140.0272	36.1817	53	1.41E+16	4.8	4.7	225	31.8
1460	2005/12/28	23:03:36	140.2040	35.6688	67	4.85E+15	4.4	4.4	101	15.4
1461	2005/12/29	00:41:52	145.5505	43.0937	48	7.49E+15	4.5	4.5	33	5.4
1462	2005/12/29	20:23:31	141.8348	39.7583	58	1.41E+15	4.0	4.1	48	11.6
1463	2005/12/31	22:26:42	131.3997	33.1265	123	1.39E+16	4.5	4.7	129	24.7
1464	2005/12/31	23:32:28	140.1352	35.9268	61	2.50E+15	4.1	4.2	48	7.5
1465	2006/01/03	21:26:00	142.6563	41.3193	35	1.67E+16	4.7	4.8	79	9.6
1466	2006/01/04	00:42:39	132.0942	31.7293	44	1.70E+15	4.1	4.1	18	9.9
1467	2006/01/10	10:21:44	143.7082	42.8678	85	3.51E+15	4.2	4.3	68	21.1
1468	2006/01/11	00:07:00	145.2150	43.3988	118	4.08E+15	4.4	4.4	39	19.2
1469	2006/01/14	15:30:09	140.0273	36.1878	52	2.87E+15	4.3	4.3	136	42.2
1470	2006/01/18	23:25:25	142.2000	37.7997	36	1.82E+17	5.7	5.5	249	21.1

Appendix (22) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
1471	2006/01/19	06:53:36	144.7778	43.0345	84	2.31E+15	4.2	4.2	42	26.3
1472	2006/01/22	01:01:50	140.2267	35.9950	42	3.62E+15	3.5	4.3	40	0.8
1473	2006/02/01	04:23:58	142.3087	38.3965	36	5.44E+15	4.5	4.5	73	13.2
1474	2006/02/01	12:15:04	132.3002	33.5098	46	2.15E+15	4.3	4.2	114	15.9
1475	2006/02/01	20:35:53	140.0037	35.7610	101	5.07E+16	5.1	5.1	342	37.2
1476	2006/02/03	13:03:59	141.8815	37.8723	42	6.10E+15	4.5	4.5	96	16.4
1477	2006/02/03	13:37:35	141.6110	36.2148	62	3.90E+17	5.9	5.7	299	12.0
1478	2006/02/03	13:39:25	141.4772	36.2477	53	5.91E+16	4.9	5.1	106	10.6
1479	2006/02/03	14:38:08	141.6023	36.2122	60	1.34E+16	4.9	4.7	99	23.2
1480	2006/02/03	14:41:37	141.5807	36.2202	63	2.28E+16	5.0	4.9	116	14.0
1481	2006/02/03	15:10:03	141.6122	36.2293	63	7.77E+16	5.3	5.2	115	7.7
1482	2006/02/04	00:11:55	129.8798	32.0833	12	2.09E+16	5.1	4.8	46	5.6
1483	2006/02/06	20:26:12	140.3890	36.0190	55	3.04E+15	4.2	4.3	59	7.2
1484	2006/02/09	22:05:20	142.1697	37.7982	35	3.88E+15	4.6	4.4	74	30.8
1485	2006/02/13	17:23:18	139.9308	38.4172	9	6.47E+15	4.8	4.5	54	10.9
1486	2006/02/14	02:00:57	143.1192	42.3647	50	3.39E+15	4.2	4.3	52	10.9
1487	2006/02/16	23:10:45	136.4227	35.6885	14	2.39E+15	4.4	4.2	86	4.8
1488	2006/02/20	02:11:12	129.8760	32.0745	12	1.13E+15	4.1	4.0	17	3.0
1489	2006/02/22	13:37:23	140.1015	35.6057	71	1.40E+15	4.1	4.1	93	39.6
1490	2006/03/02	03:40:11	129.0110	28.0605	15	1.01E+16	4.9	4.6	5	8.5
1491	2006/03/02	22:25:11	136.8560	32.9862	39	2.01E+15	3.9	4.2	15	27.1
1492	2006/03/10	17:55:48	141.1795	36.7280	75	3.73E+15	4.5	4.3	129	76.7
1493	2006/03/12	07:06:44	142.4548	40.1155	35	3.77E+16	5.0	5.0	128	10.2
1494	2006/03/13	12:41:21	140.0995	36.2353	56	1.62E+15	4.1	4.1	103	14.0
1495	2006/03/13	13:06:09	141.7655	36.0565	59	4.26E+16	5.1	5.1	44	4.7
1496	2006/03/13	13:15:31	141.6703	36.0682	56	2.51E+16	5.1	4.9	73	5.8
1497	2006/03/19	16:27:44	141.6472	38.7483	65	3.63E+15	4.1	4.3	69	7.7
1498	2006/03/19	22:47:10	141.6310	38.8205	69	1.42E+15	3.9	4.1	44	5.6
1499	2006/03/22	20:16:15	142.4260	37.8583	36	2.32E+15	4.5	4.2	38	40.9
1500	2006/03/25	07:16:02	142.9830	42.3247	51	1.73E+16	4.8	4.8	83	9.6
1501	2006/03/26	01:51:55	140.6045	36.4518	56	1.26E+15	3.9	4.0	46	5.4
1502	2006/03/27	11:50:26	132.1570	32.6017	35	2.12E+17	5.5	5.5	210	7.2
1503	2006/03/29	19:28:39	141.5482	37.2018	76	9.22E+15	4.8	4.6	152	23.2
1504	2006/04/02	16:22:54	141.8160	38.5322	50	4.75E+15	4.4	4.4	72	8.5
1505	2006/04/02	20:46:48	139.7787	36.2308	59	2.88E+15	4.3	4.3	152	38.4
1506	2006/04/06	15:40:47	140.6768	36.3017	83	1.10E+15	4.1	4.0	58	46.3
1507	2006/04/06	22:30:29	140.2267	35.8218	62	2.02E+15	4.2	4.2	38	5.8
1508	2006/04/09	09:37:10	142.8387	41.5987	51	6.51E+15	4.6	4.5	83	14.9
1509	2006/04/10	09:21:24	141.2798	37.5010	80	9.98E+15	4.7	4.6	156	17.5
1510	2006/04/10	20:25:59	144.9070	43.6153	120	5.58E+16	5.1	5.1	75	9.9
1511	2006/04/11	17:46:05	140.5992	34.6795	66	2.13E+16	5.0	4.9	96	10.6
1512	2006/04/13	13:27:22	142.8938	41.7560	43	1.10E+17	5.3	5.3	145	6.4
1513	2006/04/14	16:33:42	140.4882	35.8658	35	2.66E+15	3.9	4.3	51	4.5
1514	2006/04/17	12:04:50	142.0453	41.5707	67	6.11E+15	4.0	4.5	17	3.9
1515	2006/04/18	19:38:24	144.4053	42.2172	32	1.37E+16	4.8	4.7	69	9.3
1516	2006/04/20	12:40:20	139.7808	36.2312	58	2.23E+15	4.3	4.2	173	135.2
1517	2006/04/21	02:50:39	139.1958	34.9415	7	2.76E+17	5.8	5.6	101	2.9
1518	2006/04/21	03:20:21	139.1952	34.9495	35	3.51E+15	4.5	4.3	65	2.6
1519	2006/04/21	23:17:36	139.2007	34.9412	9	5.69E+15	4.5	4.5	63	2.8
1520	2006/04/22	01:44:24	139.2027	34.8885	1	2.85E+15	4.8	4.3	27	0.6
1521	2006/04/22	02:24:54	132.2725	33.2187	40	1.10E+15	4.0	4.0	57	21.1
1522	2006/04/22	23:35:58	141.8212	38.7027	66	5.77E+15	4.6	4.5	147	119.2
1523	2006/04/24	13:28:14	139.8260	38.2892	154	2.49E+16	4.8	4.9	98	33.8
1524	2006/04/26	14:55:55	142.3210	41.9370	70	1.49E+16	4.5	4.7	70	9.0
1525	2006/04/26	23:10:36	142.5933	42.0328	61	1.58E+16	4.6	4.8	120	11.6
1526	2006/04/29	00:37:28	145.4170	42.9898	47	9.72E+14	4.3	4.0	29	19.2
1527	2006/04/30	13:10:36	139.1070	35.0748	6	2.52E+15	4.5	4.2	51	2.6
1528	2006/05/01	16:00:43	139.7315	36.1360	59	3.99E+15	4.4	4.4	170	19.8
1529	2006/05/02	18:24:31	139.3308	34.9168	15	1.68E+16	5.1	4.8	97	7.2
1530	2006/05/02	18:26:35	139.3327	34.9175	17	1.02E+15	4.3	4.0	49	3.5
1531	2006/05/03	22:07:30	145.0702	42.8352	48	2.27E+16	4.8	4.9	86	12.7
1532	2006/05/06	20:45:41	142.2230	38.4427	38	1.91E+15	4.5	4.2	53	22.5
1533	2006/05/10	10:23:18	139.8828	36.0728	47	1.88E+15	4.2	4.1	82	9.6
1534	2006/05/12	01:09:44	145.8273	42.9275	56	2.93E+16	5.0	4.9	66	24.7
1535	2006/05/12	05:15:21	143.9217	42.3712	58	1.05E+15	3.8	4.0	18	17.5
1536	2006/05/15	01:42:13	135.2210	34.2243	3	3.75E+15	4.5	4.3	81	1.8
1537	2006/05/20	13:57:52	140.1123	35.2028	74	6.80E+15	4.7	4.5	106	16.4
1538	2006/05/21	16:22:35	142.2680	38.7203	39	7.58E+15	4.6	4.6	47	4.8
1539	2006/05/28	20:36:33	131.7973	33.3427	80	2.85E+15	4.3	4.3	164	81.7
1540	2006/06/02	11:31:05	139.2200	34.9122	145	4.33E+15	4.3	4.4	49	42.2

Appendix (23) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
1541	2006/06/06	08:17:54	147.3753	42.4288	60	1.79E+16	4.9	4.8	30	34.9
1542	2006/06/09	06:07:19	140.6697	35.3918	48	3.45E+15	4.2	4.3	22	10.2
1543	2006/06/12	05:01:24	131.4355	33.1353	145	4.06E+18	6.2	6.4	464	95.6
1544	2006/06/12	08:04:19	142.0363	41.4988	72	5.47E+15	4.4	4.5	137	42.2
1545	2006/06/13	11:40:33	143.4215	42.7020	86	1.34E+16	4.7	4.7	139	24.7
1546	2006/06/14	18:30:29	142.9888	42.7492	87	1.21E+15	3.8	4.0	27	15.4
1547	2006/06/16	23:21:19	140.6545	34.7252	54	5.52E+15	4.6	4.5	18	4.7
1548	2006/06/17	13:51:34	142.4647	40.1432	35	6.50E+15	4.6	4.5	88	12.7
1549	2006/06/20	06:47:10	140.1133	35.8073	66	1.33E+16	4.6	4.7	225	18.6
1550	2006/06/22	19:53:14	149.5057	44.8022	111	1.44E+18	5.8	6.1	35	21.8
1551	2006/06/23	19:17:55	131.1158	30.5975	31	2.94E+15	4.1	4.3	7	7.0
1552	2006/06/25	04:52:45	139.7105	36.1122	114	9.86E+14	3.8	4.0	80	287.7
1553	2006/06/25	21:33:14	146.8048	43.9862	79	4.05E+15	4.8	4.4	26	25.5
1554	2006/06/27	23:21:51	140.0597	35.6413	69	1.83E+15	4.0	4.1	48	7.0
1555	2006/06/28	09:40:24	139.9227	35.8937	112	2.37E+15	4.1	4.2	143	105.1
1556	2006/07/01	08:28:13	142.1563	38.4697	40	6.72E+16	5.3	5.2	195	21.1
1557	2006/07/06	02:08:39	142.4308	40.1503	36	8.59E+16	5.4	5.3	167	6.4
1558	2006/07/06	06:11:44	140.7425	38.3912	11	1.63E+15	4.3	4.1	62	2.5
1559	2006/07/09	17:48:08	139.1565	34.3527	11	1.15E+16	4.8	4.7	17	3.4
1560	2006/07/11	15:47:04	142.6758	40.6335	31	5.30E+15	4.5	4.4	63	13.6
1561	2006/07/17	05:01:33	143.4977	42.6700	86	1.31E+15	4.0	4.0	50	29.8
1562	2006/07/17	08:25:04	141.7510	37.3318	42	1.88E+15	4.3	4.1	42	9.0
1563	2006/07/20	10:20:28	143.5748	42.5703	95	1.40E+15	3.9	4.1	48	37.2
1564	2006/07/25	01:14:14	147.1265	43.4740	52	6.33E+15	4.2	4.5	21	9.0
1565	2006/08/01	22:11:42	140.8910	36.3735	48	1.85E+15	4.3	4.1	116	46.3
1566	2006/08/12	20:11:33	141.6458	36.9925	50	2.48E+15	4.5	4.2	57	14.5
1567	2006/08/14	06:00:55	144.1488	42.1497	62	1.77E+15	4.3	4.1	42	42.2
1568	2006/08/17	12:45:20	141.5857	38.8438	75	2.39E+15	4.3	4.2	92	37.2
1569	2006/08/18	00:20:33	141.8567	46.7252	48	2.15E+17	5.9	5.5	62	14.9
1570	2006/08/24	20:33:01	142.0460	41.0403	55	1.97E+15	4.3	4.2	55	31.8
1571	2006/08/27	06:04:10	141.7992	40.7963	102	2.41E+15	4.1	4.2	53	13.2
1572	2006/08/28	12:38:00	145.0137	42.8183	48	3.72E+15	4.3	4.3	48	12.7
1573	2006/08/28	16:45:04	141.1792	36.0847	44	2.96E+15	4.4	4.3	57	13.6
1574	2006/08/31	03:38:09	145.5585	43.7082	105	1.99E+16	4.9	4.8	54	18.0
1575	2006/08/31	17:18:18	140.0248	35.6322	76	1.66E+16	4.8	4.8	263	28.0
1576	2006/09/07	03:06:31	141.0568	35.5903	38	6.46E+16	5.1	5.2	52	4.1
1577	2006/09/07	10:57:38	140.1773	35.6580	69	1.58E+16	4.6	4.8	201	12.4
1578	2006/09/09	19:36:03	142.0358	38.2825	67	1.03E+16	4.9	4.6	184	131.0
1579	2006/09/13	04:31:22	141.1935	36.5843	48	1.24E+15	3.9	4.0	71	20.4
1580	2006/09/14	00:51:19	128.6157	28.5283	108	1.50E+16	4.6	4.8	6	21.8
1581	2006/09/24	07:18:54	145.8402	43.0177	67	1.05E+16	4.9	4.6	54	13.2
1582	2006/09/24	09:26:09	131.6700	31.7467	31	1.55E+15	4.0	4.1	11	2.2
1583	2006/09/26	07:03:48	131.8847	33.5062	70	8.83E+16	5.3	5.3	304	17.5
1584	2006/09/27	07:51:16	131.8917	33.5103	70	1.23E+15	3.8	4.0	57	14.9
1585	2006/09/30	00:37:43	145.2628	43.2578	74	7.75E+15	4.6	4.6	65	28.9
1586	2006/10/02	02:07:23	142.8297	38.5495	56	3.85E+16	5.2	5.0	174	24.7
1587	2006/10/03	22:42:30	135.6502	37.0022	31	4.91E+15	4.6	4.4	49	63.5
1588	2006/10/11	08:58:03	143.0313	37.1945	50	2.97E+17	6.0	5.6	95	3.4
1589	2006/10/12	12:23:09	142.0112	40.9732	56	1.13E+15	3.8	4.0	17	6.4
1590	2006/10/13	08:11:42	143.0600	42.3203	50	1.26E+15	3.9	4.0	23	14.5
1591	2006/10/14	06:38:01	140.3048	34.8948	64	2.62E+16	5.1	4.9	266	36.0
1592	2006/10/14	20:37:27	141.6610	36.8810	51	3.87E+15	4.7	4.4	79	14.9
1593	2006/10/16	11:51:23	142.4115	41.0205	35	3.46E+15	4.5	4.3	75	32.8
1594	2006/10/18	07:53:27	139.9203	35.7027	56	2.35E+15	4.2	4.2	163	20.4
1595	2006/10/21	22:36:38	146.4112	43.4852	57	1.28E+15	4.6	4.0	21	23.2
1596	2006/11/01	02:39:41	143.1735	42.4342	50	9.14E+15	4.3	4.6	76	7.2
1597	2006/11/01	23:21:37	143.1207	42.3303	49	5.13E+16	4.8	5.1	150	11.2
1598	2006/11/06	06:57:15	142.2007	40.0425	41	2.79E+15	4.4	4.3	91	23.9
1599	2006/11/10	07:07:30	147.0167	43.0335	51	7.77E+15	4.8	4.6	17	8.7
1600	2006/11/11	19:45:28	146.3112	43.2908	75	1.23E+15	4.2	4.0	30	54.2
1601	2006/11/14	04:29:21	143.0278	42.8795	108	1.02E+15	3.7	4.0	36	69.8
1602	2006/11/18	01:08:36	132.0237	31.9608	36	5.08E+15	4.3	4.4	32	8.2
1603	2006/11/19	13:29:02	132.4413	33.3475	41	2.03E+15	4.2	4.2	85	18.6
1604	2006/11/22	20:15:11	146.9453	43.9027	96	2.70E+17	5.6	5.6	85	40.9
1605	2006/11/24	01:08:16	140.1670	35.9997	61	3.29E+15	3.9	4.3	54	3.4
1606	2006/11/25	23:07:06	142.0832	39.6997	44	1.16E+15	3.9	4.0	35	2.6
1607	2006/11/30	11:59:14	139.7002	37.4318	4	1.03E+15	4.3	4.0	28	1.5
1608	2006/12/04	06:08:35	140.6540	35.7440	49	1.07E+16	4.5	4.7	87	7.7
1609	2006/12/06	23:04:49	144.8458	42.2373	30	4.74E+16	5.0	5.1	59	5.1
1610	2006/12/09	12:10:50	140.1428	35.8070	65	1.09E+15	4.1	4.0	76	39.6

Appendix (24) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
1611	2006/12/09	12:29:20	140.1402	35.8018	66	4.49E+15	4.2	4.4	154	11.6
1612	2006/12/11	00:28:08	130.6813	29.7258	54	6.23E+17	5.7	5.8	14	10.2
1613	2006/12/14	19:13:47	140.0902	36.0255	64	1.33E+15	3.8	4.0	58	7.0
1614	2006/12/18	16:27:50	141.3168	36.7713	49	9.88E+14	4.3	4.0	35	38.4
1615	2006/12/19	03:28:51	131.5818	31.9833	40	3.09E+15	4.0	4.3	20	5.1
1616	2006/12/19	18:33:03	137.2595	35.2623	15	1.66E+15	4.4	4.1	116	5.4
1617	2006/12/23	04:19:15	145.8708	43.8860	109	6.19E+15	4.2	4.5	11	8.5
1618	2006/12/26	05:17:15	138.1597	37.8732	14	8.43E+15	4.9	4.6	27	8.2
1619	2006/12/26	19:55:35	141.8293	37.7625	40	2.87E+15	4.1	4.3	9	6.0
1620	2006/12/28	09:24:58	141.6255	38.7867	71	3.72E+15	4.4	4.3	110	30.8
1621	2006/12/31	03:42:09	139.2580	34.2275	14	5.21E+15	4.3	4.4	5	3.5
1622	2006/12/31	07:34:40	146.2593	43.2605	46	2.67E+16	5.0	4.9	59	13.2
1623	2006/12/31	08:30:01	140.5673	34.8147	43	2.17E+16	4.9	4.9	106	16.4
1624	2007/01/02	23:17:48	143.0027	42.3132	51	1.78E+15	4.0	4.1	28	11.6
1625	2007/01/04	00:40:04	140.6858	36.4307	53	1.16E+15	4.2	4.0	67	23.2
1626	2007/01/05	06:40:59	139.9567	36.3883	92	1.45E+15	4.0	4.1	126	54.2
1627	2007/01/08	18:59:35	138.9198	37.2668	13	8.36E+15	4.8	4.6	74	17.5
1628	2007/01/09	05:12:04	144.0667	44.2823	9	1.46E+16	4.7	4.7	41	14.0
1629	2007/01/09	13:18:03	139.7983	36.0497	79	3.81E+15	4.3	4.4	197	27.1
1630	2007/01/10	19:19:13	141.2388	36.5535	46	2.34E+15	4.3	4.2	72	13.6
1631	2007/01/10	20:02:48	139.1325	40.7460	21	2.68E+15	4.2	4.3	6	11.2
1632	2007/01/12	05:34:50	147.2232	43.2913	40	1.21E+17	5.2	5.4	54	7.7
1633	2007/01/16	03:17:57	138.8930	34.9382	175	7.46E+17	5.8	5.9	305	47.8
1634	2007/01/16	16:46:59	129.4088	28.1195	33	7.59E+15	4.7	4.6	5	5.0
1635	2007/01/22	02:16:07	136.3372	35.7337	13	2.82E+15	4.5	4.3	78	4.7
1636	2007/01/23	13:07:29	141.0780	39.8225	100	9.81E+15	4.3	4.6	74	4.1
1637	2007/01/25	16:55:22	141.0073	36.9560	85	1.68E+15	4.1	4.1	85	23.9
1638	2007/01/28	06:25:35	139.5397	38.9897	23	9.46E+14	4.3	4.0	30	296.9
1639	2007/02/04	20:59:16	140.1538	35.5902	67	5.17E+15	4.3	4.4	120	10.6
1640	2007/02/05	23:07:53	145.0108	43.0755	62	1.40E+15	4.3	4.1	43	25.5
1641	2007/02/06	21:01:42	131.3950	33.1135	121	1.79E+15	3.7	4.1	48	135.2
1642	2007/02/06	23:15:51	142.1063	37.3275	36	2.23E+15	4.5	4.2	24	10.6
1643	2007/02/17	09:02:56	143.7227	41.7318	40	1.20E+18	6.2	6.0	282	3.3
1644	2007/02/17	09:22:26	143.7343	41.7042	45	7.61E+16	5.1	5.2	43	1.3
1645	2007/02/25	20:41:21	136.9475	33.1217	39	1.21E+16	4.6	4.7	53	15.9
1646	2007/03/03	18:26:13	140.7323	35.6837	48	2.73E+15	4.0	4.3	22	12.0
1647	2007/03/07	21:59:26	140.3048	40.0895	16	1.16E+15	4.2	4.0	51	20.4
1648	2007/03/09	16:00:54	146.9335	43.4412	56	3.37E+15	4.4	4.3	28	10.2
1649	2007/03/12	20:32:09	141.6213	42.7197	145	1.25E+16	4.5	4.7	71	54.2
1650	2007/03/14	22:39:47	140.7105	35.7055	52	1.04E+16	4.7	4.6	82	9.6
1651	2007/03/15	14:43:11	141.3868	41.9448	123	1.37E+16	4.5	4.7	106	19.8
1652	2007/03/17	20:40:23	142.0060	40.9803	56	1.65E+15	4.1	4.1	29	10.6
1653	2007/03/18	10:25:22	144.1763	42.0558	59	2.51E+17	5.6	5.6	125	3.1
1654	2007/03/21	09:19:18	141.4490	41.6648	130	2.90E+15	4.3	4.3	38	20.4
1655	2007/03/22	10:28:55	139.8077	35.9585	78	1.37E+15	4.2	4.1	169	76.7
1656	2007/03/25	09:41:57	136.6860	37.2207	11	1.36E+19	6.9	6.7	31	9.0
1657	2007/03/25	15:43:30	136.7718	37.2940	9	1.25E+15	4.5	4.0	28	5.3
1658	2007/03/25	18:11:45	136.8395	37.3043	13	6.22E+16	5.3	5.2	36	5.4
1659	2007/03/26	07:16:36	136.4893	37.1668	0	4.00E+16	5.3	5.0	31	10.6
1660	2007/03/26	13:47:40	136.6570	37.2703	4	1.55E+15	4.4	4.1	15	2.7
1661	2007/03/26	14:46:34	136.5518	37.1653	9	6.85E+15	4.8	4.5	33	15.4
1662	2007/03/26	18:02:52	136.7007	37.2762	6	1.93E+15	4.6	4.2	24	5.6
1663	2007/03/28	08:08:14	136.7088	37.2223	13	1.03E+16	4.9	4.6	34	6.2
1664	2007/03/28	09:39:18	146.3315	44.6492	194	3.01E+16	5.1	5.0	42	79.1
1665	2007/03/28	10:51:02	136.6118	37.1757	10	1.29E+15	4.6	4.0	30	7.2
1666	2007/03/28	13:05:31	136.6832	37.2820	7	1.13E+16	4.7	4.7	29	2.7
1667	2007/03/30	05:21:27	143.1538	42.2657	47	1.13E+16	4.7	4.7	90	9.0
1668	2007/03/30	18:05:05	146.3213	43.9537	99	2.44E+17	5.6	5.6	72	18.6
1669	2007/03/31	22:32:08	141.5890	38.8672	77	2.44E+16	4.8	4.9	163	14.0
1670	2007/04/02	01:01:41	146.0078	43.1542	73	1.52E+15	4.0	4.1	23	15.4
1671	2007/04/03	05:58:14	140.7102	35.7013	53	2.03E+15	4.0	4.2	11	6.8
1672	2007/04/05	20:39:40	141.1492	38.2028	12	2.34E+15	4.5	4.2	54	3.7
1673	2007/04/06	21:42:10	136.4252	37.0955	7	8.02E+15	4.7	4.6	26	3.5
1674	2007/04/06	23:55:36	136.4342	37.0922	7	2.07E+15	4.3	4.2	16	2.9
1675	2007/04/10	10:23:45	141.6542	38.9613	74	9.48E+14	4.1	4.0	39	98.7
1676	2007/04/10	10:23:45	141.6542	38.9613	74	1.39E+15	4.1	4.1	39	38.4
1677	2007/04/12	21:59:58	142.6610	41.2650	36	1.70E+15	4.6	4.1	40	43.5
1678	2007/04/12	22:50:26	141.1475	38.1995	12	1.99E+15	4.5	4.2	55	3.1
1679	2007/04/14	03:11:04	141.0550	33.6753	55	1.28E+17	5.3	5.4	67	69.8
1680	2007/04/14	05:42:24	141.1940	36.6547	46	6.88E+15	4.6	4.5	132	15.4

Appendix (25) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
1681	2007/04/15	12:19:29	136.4077	34.7912	16	3.94E+16	5.4	5.0	123	7.5
1682	2007/04/15	18:34:45	136.4168	34.7937	17	3.11E+15	4.6	4.3	102	5.4
1683	2007/04/19	00:07:31	141.9467	42.6707	126	1.86E+17	5.6	5.5	305	49.4
1684	2007/04/21	04:37:58	128.6045	27.4392	42	2.90E+17	5.7	5.6	11	16.4
1685	2007/04/23	17:27:21	141.7067	44.0990	10	3.86E+15	4.6	4.4	33	9.9
1686	2007/04/26	09:02:56	133.5847	33.8893	39	4.17E+16	5.3	5.0	310	14.9
1687	2007/04/27	01:37:57	143.6060	42.3738	58	4.35E+16	5.2	5.1	213	21.8
1688	2007/04/28	07:44:09	142.3272	41.9607	69	3.76E+15	4.1	4.4	50	12.7
1689	2007/04/28	09:27:24	136.6257	35.7287	10	1.70E+15	4.6	4.1	100	8.2
1690	2007/04/30	13:36:25	146.4253	42.9015	39	2.89E+15	4.2	4.3	16	8.2
1691	2007/05/02	20:44:38	136.7628	37.3307	7	3.68E+15	4.7	4.3	28	4.2
1692	2007/05/05	01:11:12	136.4170	37.0737	0	1.19E+15	4.5	4.0	28	5.6
1693	2007/05/06	10:09:41	141.4670	36.8843	62	3.29E+15	4.5	4.3	88	18.0
1694	2007/05/07	09:29:05	130.4565	29.9730	49	6.35E+16	5.1	5.2	18	10.2
1695	2007/05/07	23:09:37	142.4962	41.8893	64	5.79E+15	4.3	4.5	81	14.5
1696	2007/05/08	21:01:34	139.8900	36.0603	46	3.99E+15	4.5	4.4	182	14.5
1697	2007/05/11	02:12:27	136.3117	37.1185	11	2.94E+15	4.5	4.3	24	14.5
1698	2007/05/13	08:13:54	132.7922	35.0098	9	3.11E+15	4.6	4.3	73	3.3
1699	2007/05/14	06:59:39	140.9433	36.3415	45	1.07E+15	4.0	4.0	51	11.2
1700	2007/05/14	14:40:05	128.6313	27.4597	40	2.78E+15	4.2	4.3	5	8.5
1701	2007/05/16	05:21:00	142.1907	41.4420	42	3.14E+15	4.5	4.3	86	29.8
1702	2007/05/19	00:59:57	142.0528	41.5628	68	1.30E+17	5.3	5.4	250	9.9
1703	2007/05/25	05:53:36	126.9993	26.1770	54	7.94E+15	4.7	4.6	7	12.0
1704	2007/05/28	12:39:48	131.3647	31.1447	30	1.81E+15	4.1	4.1	12	9.3
1705	2007/05/28	12:39:48	131.3647	31.1447	30	1.81E+15	4.1	4.1	12	7.0
1706	2007/06/01	07:28:58	139.6812	36.0938	59	4.43E+15	4.5	4.4	197	32.8
1707	2007/06/01	11:42:45	137.8950	34.6995	13	1.70E+15	4.3	4.1	54	5.6
1708	2007/06/02	14:43:14	140.0343	36.1345	50	6.95E+15	4.6	4.5	232	32.8
1709	2007/06/04	03:07:17	130.6692	30.0860	60	6.56E+15	4.3	4.5	5	28.9
1710	2007/06/04	13:33:55	139.8638	36.0900	48	3.81E+15	4.4	4.4	147	12.7
1711	2007/06/06	23:05:02	131.4998	33.3350	11	1.77E+15	4.1	4.1	34	1.5
1712	2007/06/06	23:42:50	131.4952	33.3338	11	1.49E+16	4.9	4.7	67	2.6
1713	2007/06/07	00:18:34	131.4962	33.3302	12	1.76E+15	4.2	4.1	45	3.5
1714	2007/06/07	11:19:09	131.4763	33.3257	8	2.56E+15	4.2	4.2	38	1.5
1715	2007/06/07	17:22:16	131.4917	33.3162	9	7.98E+15	4.7	4.6	57	2.1
1716	2007/06/07	20:50:40	131.5120	33.3345	8	9.08E+15	4.7	4.6	60	1.6
1717	2007/06/11	03:45:13	136.6547	37.2442	7	2.04E+16	5.0	4.8	34	4.4
1718	2007/06/12	05:30:11	130.7330	30.5032	59	3.33E+15	4.2	4.3	13	65.5
1719	2007/06/12	14:08:04	142.9090	42.2410	53	2.08E+15	4.0	4.2	34	15.4
1720	2007/06/13	10:49:35	141.8150	38.3477	66	1.12E+15	4.2	4.0	63	50.9
1721	2007/06/16	05:29:00	142.2767	38.8362	45	4.05E+15	4.5	4.4	84	16.4
1722	2007/06/16	05:29:00	142.3000	38.8000	40	2.84E+15	4.5	4.3	84	24.7
1723	2007/06/18	11:22:15	146.3763	43.7717	80	2.35E+15	4.1	4.2	19	15.4
1724	2007/06/22	03:34:14	136.6677	36.8780	8	7.10E+15	4.6	4.5	36	2.1
1725	2007/06/23	07:20:04	142.1847	42.5387	125	3.20E+16	4.9	5.0	183	33.8
1726	2007/06/23	14:57:51	140.4092	34.5927	62	5.88E+15	4.7	4.5	76	13.2
1727	2007/06/23	16:15:30	141.3847	41.8870	126	1.57E+16	4.3	4.8	62	9.0
1728	2007/06/23	23:52:57	140.8033	36.5495	53	1.62E+15	4.2	4.1	100	37.2
1729	2007/06/24	14:57:25	145.5812	42.8537	46	1.16E+15	4.1	4.0	19	12.0
1730	2007/06/27	16:06:28	137.7830	36.8295	0	1.79E+15	3.5	4.1	11	0.7
1731	2007/06/28	18:26:26	139.1870	35.8125	15	1.21E+15	4.1	4.0	83	6.4
1732	2007/06/29	22:56:35	140.4130	34.5912	62	2.30E+15	4.4	4.2	34	14.9
1733	2007/07/01	13:12:06	144.9085	43.5435	132	6.29E+17	5.8	5.8	215	19.2
1734	2007/07/03	23:31:14	140.5992	35.8575	48	7.46E+15	4.5	4.5	53	3.6
1735	2007/07/08	08:44:05	134.8040	33.4328	38	2.54E+15	4.2	4.2	54	10.2
1736	2007/07/10	13:15:25	139.4847	41.8588	15	2.26E+15	4.5	4.2	20	14.9
1737	2007/07/12	17:43:33	142.5492	42.2730	32	1.21E+15	3.7	4.0	22	9.3
1738	2007/07/16	10:13:22	138.6095	37.5568	17	9.30E+18	6.8	6.6	57	13.2
1739	2007/07/16	15:37:40	138.6445	37.5040	23	3.26E+17	5.8	5.6	59	15.9
1740	2007/07/16	17:24:19	135.9473	34.2613	49	6.35E+15	4.7	4.5	197	19.8
1741	2007/07/16	18:19:46	138.5385	37.3732	22	1.38E+15	4.4	4.1	5	0.4
1742	2007/07/16	21:08:02	138.6297	37.5088	20	5.21E+15	4.4	4.4	57	12.0
1743	2007/07/18	16:53:05	138.6153	37.4418	23	4.08E+15	4.3	4.4	50	5.4
1744	2007/07/20	08:58:45	136.4387	37.0372	9	1.24E+15	4.1	4.0	19	2.3
1745	2007/07/20	17:15:22	139.3135	34.7275	4	3.10E+15	4.4	4.3	17	1.4
1746	2007/07/21	16:36:09	140.8673	36.5442	51	1.79E+15	4.2	4.1	65	9.0
1747	2007/07/24	11:38:43	139.0672	35.3025	14	2.09E+15	4.4	4.2	112	5.0
1748	2007/07/25	06:52:04	138.7212	37.5328	24	1.18E+16	4.8	4.7	58	10.6
1749	2007/07/25	09:40:54	142.5245	41.9015	61	1.38E+15	3.8	4.1	17	23.9
1750	2007/07/31	10:22:41	131.8780	32.1633	21	2.81E+15	4.1	4.3	16	1.3

Appendix (26) 地震と応力降下量一覧表

No.	ymd	hms	ram	fai	depth(km)	Mo(Nm)	Mjma	Mw	No. of data	$\Delta \sigma$ (Mpa)
1751	2007/08/03	11:01:16	138.5183	37.3817	20	1.05E+15	4.1	4.0	27	2.1
1752	2007/08/04	02:13:04	141.1820	36.9163	49	4.08E+15	4.2	4.4	60	5.6
1753	2007/08/04	17:03:29	141.6763	38.9512	69	1.24E+15	4.0	4.0	56	8.0
1754	2007/08/09	00:19:42	128.4443	27.3110	44	3.56E+16	5.1	5.0	11	23.9
1755	2007/08/16	07:47:43	140.5590	35.3977	27	5.08E+15	4.4	4.4	42	4.2
1756	2007/08/16	08:20:32	140.5498	35.4055	29	2.56E+16	4.9	4.9	70	4.7
1757	2007/08/16	08:32:31	140.5660	35.3520	24	3.82E+15	4.4	4.4	40	3.7
1758	2007/08/17	00:22:02	140.3445	35.3412	22	4.13E+15	4.4	4.4	44	3.6
1759	2007/08/18	04:14:43	140.3600	35.3495	23	2.45E+16	4.8	4.9	85	4.4
1760	2007/08/18	13:36:37	140.3525	35.3583	24	6.46E+15	4.5	4.5	72	7.7
1761	2007/08/18	16:55:08	140.3452	35.3418	20	5.72E+16	5.2	5.1	91	4.4
1762	2007/08/18	17:06:57	140.3178	35.4263	29	4.42E+15	4.3	4.4	48	3.6
1763	2007/08/18	23:16:00	140.3135	35.4055	26	1.01E+15	4.0	4.0	36	5.6
1764	2007/08/19	02:17:49	142.2788	40.3722	41	2.01E+15	4.2	4.2	54	12.0
1765	2007/08/22	16:26:23	140.8012	41.9738	122	2.98E+17	5.4	5.6	221	44.9
1766	2007/08/24	13:20:12	142.1222	41.4478	63	1.85E+16	4.4	4.8	10	1.3
1767	2007/08/24	21:01:50	135.1013	35.1927	15	9.57E+14	3.9	4.0	55	1.5
1768	2007/08/25	21:57:07	141.4980	40.1372	82	3.10E+15	4.2	4.3	69	10.6
1769	2007/08/26	14:31:10	147.2105	43.5583	49	1.28E+17	5.4	5.4	62	15.4
1770	2007/08/31	10:51:00	137.7520	34.8890	34	1.43E+15	4.3	4.1	85	11.2
1771	2007/08/31	23:36:57	135.6970	35.9163	16	1.22E+15	4.4	4.0	44	5.0
1772	2007/09/03	05:24:55	141.9680	39.7718	67	1.19E+15	4.0	4.0	62	15.4
1773	2007/09/09	14:45:24	142.4357	42.3643	85	1.43E+15	4.2	4.1	49	36.0
1774	2007/09/10	14:29:00	142.5672	41.9895	63	6.66E+15	4.5	4.5	83	14.5
1775	2007/09/21	07:54:26	141.2150	35.2483	35	2.98E+16	5.1	4.9	31	4.0
1776	2007/09/24	17:12:35	129.9695	32.5767	14	1.45E+15	4.1	4.1	53	5.1
1777	2007/10/01	02:21:14	139.1185	35.2255	14	1.37E+16	4.9	4.7	119	6.0
1778	2007/10/06	03:46:06	139.2735	35.4017	32	1.27E+15	4.2	4.0	116	21.8
1779	2007/10/07	22:36:04	140.7263	35.6833	45	2.72E+16	4.8	4.9	94	6.6
1780	2007/10/09	02:10:35	146.7265	43.3528	40	4.41E+17	5.8	5.7	116	18.0
1781	2007/10/09	11:30:47	146.6957	43.3455	44	2.39E+15	4.1	4.2	18	22.5
1782	2007/10/10	00:51:26	143.7403	41.9362	45	6.54E+15	4.4	4.5	21	4.2
1783	2007/10/14	03:07:43	133.2012	35.4308	11	3.35E+15	3.7	4.3	23	0.8
1784	2007/10/17	19:58:42	128.7333	26.7075	39	1.19E+17	5.4	5.4	8	10.6
1785	2007/10/17	22:33:18	139.8230	36.1683	55	1.19E+15	4.1	4.0	142	36.0
1786	2007/10/20	17:36:36	141.3508	37.1565	48	1.23E+15	4.0	4.0	43	11.2
1787	2007/10/20	19:05:50	142.4885	40.1498	34	3.03E+15	4.4	4.3	71	10.6
1788	2007/10/21	02:09:27	131.9683	32.1925	21	4.42E+15	4.3	4.4	13	1.7
1789	2007/10/23	10:22:56	141.6918	37.6823	42	1.57E+15	4.1	4.1	57	29.8
1790	2007/10/28	14:40:03	132.1442	32.2000	17	1.12E+15	3.9	4.0	19	16.4
1791	2007/10/30	13:04:52	145.5837	43.0285	70	1.89E+15	4.2	4.2	46	22.5
1792	2007/11/07	20:05:41	141.6385	38.3268	61	6.64E+15	4.6	4.5	128	13.2
1793	2007/11/10	01:47:26	131.9193	35.2670	18	2.16E+15	4.3	4.2	25	11.6
1794	2007/11/11	19:48:54	139.9023	36.0475	44	3.19E+15	4.3	4.3	159	14.0
1795	2007/11/17	14:56:28	142.2707	42.0205	71	1.45E+15	3.8	4.1	36	10.6
1796	2007/11/20	20:46:28	140.8867	32.7743	44	3.50E+16	5.1	5.0	12	18.0
1797	2007/11/26	22:51:37	141.7568	37.3040	44	7.66E+17	6.0	5.9	344	5.6
1798	2007/11/27	19:22:01	142.3218	41.9172	73	1.06E+16	4.3	4.7	88	6.4
1799	2007/11/29	20:17:49	131.9318	32.7225	47	6.08E+15	4.3	4.5	69	5.3
1800	2007/12/21	14:22:54	136.3492	35.9393	7	2.73E+15	4.5	4.3	55	1.7
1801	2007/11/30	07:27:23	141.1602	35.5050	37	1.34E+16	4.4	4.7	9	2.7
1802	2007/11/30	18:36:58	140.6962	36.4268	53	1.12E+16	4.7	4.7	164	14.5
1803	2007/12/23	18:53:10	142.0402	41.4990	64	1.69E+16	4.5	4.8	114	6.6
1804	2007/12/25	23:04:32	142.1537	38.4833	40	1.31E+18	5.6	6.0	258	4.5

謝辞

東京大学地震研究所島崎邦彦教授には、平成 5～6 年に「地震動における三次元減衰構造の影響に関する研究」をテーマに共同研究員として受け入れて頂きました。当時島崎研究室であった地震研究所宮武隆准教授並びに独立行政法人海洋研究開発機構神谷眞一郎博士には、トモグラフィーの基礎をご教授頂きました。その時期に得ることができた経験・知識は本論文をまとめるにあたっての基礎となりました。また、島崎先生には、お忙しい中、本論全般についての方向付けとまとめ方についてご助言くださり、さらに紹介教員としてご指導頂きました。ここに深く感謝の意を表する次第であります。

地震研究所瀨瀬一起教授には主査としてご指導・ご助言を頂きました。また、島崎先生・宮武先生・古村孝志教授・佐竹健治教授には副査として査読頂きました。先生方に心より感謝申し上げます。

東京電力(株)植竹富一博士には同社主催の「地震動と地下構造研究会」の場で研究させて頂く機会を与えて頂きました。このため、三次元減衰構造の研究をスペクトル領域に発展することができるようになりました。植竹博士をはじめとして、東京電力(株)の地震・地震動に携わってこられた多くの方々には大変お世話になりました。東京工業大学故小林啓美名誉教授・翠川三郎教授・竹中工務店技術研究所小林喜久二博士には、数多くの機会において強震動記録の扱いやサイト増幅特性などについて有益なコメント・ご助言・ご鞭撻を頂きました。

また、東京大学宇佐美龍夫名誉教授・渡辺健博士には、歴史地震の研究における震度分布の特徴の分析の重要性についてお教え頂きました。このことと島崎研出身の気象庁橋田俊彦博士の論文が三次元減衰構造のテーマに興味を抱く大きなきっかけとなりました。佐竹先生・産業技術総合研究所遠田晋次博士・U.S.G.S ロス・スタイン博士には関東地域の減衰構造についての研究を推し進めるきっかけと助言を頂きました。愛知工業大学入倉孝次郎教授・鳥取大学香川敬生教授には西南日本の研究において大変お世話になりました。日本大学工藤一嘉教授には、論文をまとめるにあたり多くのご助言・励ましを頂き、さらに第三系堆積地盤の影響等について貴重なコメントを頂きました。減衰トモグラフィー関係で、防災科学技術研究所関根秀太郎博士には常に議論して頂き多くの情報をお教え頂きました。地震研究所川勝均教授には北海道の中軸部を通る

LowVs 構造についての最新の知見をお教え頂き、地震研究所三宅弘恵助教には減衰の周波数依存性についてアドバイス頂きました。また、学会大会などにおいて、産官学を問わず多くの地震工学に携わられる方々には、本研究の応用面における有益なコメントを頂きました。これらのことは本論をまとめるにあたり、非常に有益でした。以上の方々に心より感謝致します。

本論では、防災科学技術研究所 K-NET、KiK-net の強震記録、F-NET のメカニズム解、気象庁の地震諸元等の貴重なデータを使用させていただきました。関係者の方々の日頃の並々ならぬご苦勞とご努力に深く感謝いたします。

最後に、学友である石油天然ガス金属鉱物資源機構馬場敬博士・秋田大学佐藤時幸教授、東電設計の山下利夫博士・真下貢氏・菅原正晴氏・湯沢豊氏・田中信也氏、私の家族には、常に暖かく応援して頂きました。また、学部・修士時代の恩師の秋田大学乗富一雄名誉教授・狐崎長琅名誉教授・野越三雄名誉教授並びに地震研で共同研究員時代の当時大学院生であった多くの方々には、研究の厳しさや楽しさをお教え頂きました。ここに記して感謝致します。