



2014年伊予灘のスラブ内地震による強震動とフィリピン海スラブの減衰構造

笥, 楽磨

(Citation)

神戸大学都市安全研究センター研究報告, 19:249-255

(Issue Date)

2015-03

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81011491>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81011491>



2014年伊予灘のスラブ内地震による強震動と フィリピン海スラブの減衰構造

Strong ground motions from the 2014 Iyonada intraslab earthquake and the attenuation structure of the Phillipine Sea slab

筧 楽 磨²⁾
Yasumaro Kakehi

概要：2014年3月14日にフィリピン海スラブ内で発生した伊予灘のスラブ内地震 (M_w 6.3, 深さ 78.04 km) による強震動の特徴を, 地震動の面的分布や距離減衰特性の検討, 振幅スペクトルの比較, 直線アレイによる地震波伝播の追跡といった解析によって調べた。その結果, 火山フロントの前弧側では地震波の高周波成分が遠距離まであまり減衰しないのに対し, 背弧側では高周波成分が急激に減衰するという特徴的な空間分布を示すことが明らかになった。これは, 前弧側観測点に到達する地震波は, 高 Q 値のスラブ内を伝播するために高周波成分が減衰しないのに対し, 背弧側観測点に到達する地震波は, 火山フロント下や背弧側の低 Q 値領域を通過することによって高周波成分が減衰するためであると考えられる。

キーワード：フィリピン海スラブ, スラブ内地震, 島弧, 減衰構造

1. はじめに

島弧に特有の地下構造が regional なスケールの強震動分布に与える影響について調べるために, 2014年3月14日に発生した伊予灘のスラブ内地震 (M_w 6.3, 深さ 78.04 km) の強震動の特徴を調べた。この地震は西南日本～九州弧に沈み込むフィリピン海スラブ内で発生したスラブ内地震で, 震源はフィリピン海スラブの屈曲部付近 (屈曲部のやや九州弧より) に位置する (図-1)。解析には, 防災科学技術研究所の K-NET (Kinoshita, 1998), KiK-net (青井・他, 2000) による高密度強震観測データを使用した。

2. 強震動の面的な空間分布と直線アレイによる地震波伝播の追跡

図-2 に周波数別の地表速度の最大振幅の空間分布を示す。0.2～1 Hz の低周波数帯域では, 空間分布の偏りはみられないのに対し, 1 Hz 以上の高周波数帯域では, 九州弧の前弧側 (九州の東岸および四国) や島弧に沿った延長 (中国地方) では振幅が大きいのに対し, 九州弧の背弧側 (九州の西部) やマントルウェッジの部分 (山口県) では振幅が小さく, 振幅の大きい領域が震央の東側に大きく偏った分布をなしていることがわかる。

強震動の空間分布を更に詳しく調べるために, 観測網の高密度さを生かし, 観測点を適宜選び出すことによって, 図-3 に示すような直線アレイ (直線状の地震観測点の並び) をとる。これにより, 地震波が伝播する様子を連続的に追跡することが可能となる。直線アレイの数は6本 (line01～06) で, line01 (中国地方), line02 (四国地方) は, 震央から火山フロントより前弧側に延びる測線で, スラブが低角で沈み込んでいる領域に対応する。line03 (九州) は九州の火山フロントより前弧側に位置し, スラブが九州弧下へ沈み込むのに際して沈み込み角が急激に高角になる, そのなり始めの位置において島弧に沿って延びる測線である。

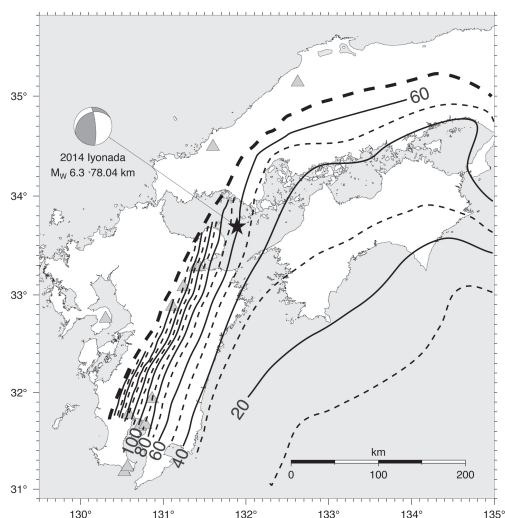


図-1 2014年3月14日にフィリピン海スラブ内で発生した伊予灘のスラブ内地震 (M_w 6.3, 深さ 78.04 km, 星印は震央)。震源情報は気象庁一元化震源に, メカニズムは防災科学技術研究所の F-net 解による。Nakajima and Hasegawa (2007)によるフィリピン海スラブ上面の等深度線をあわせて示す。

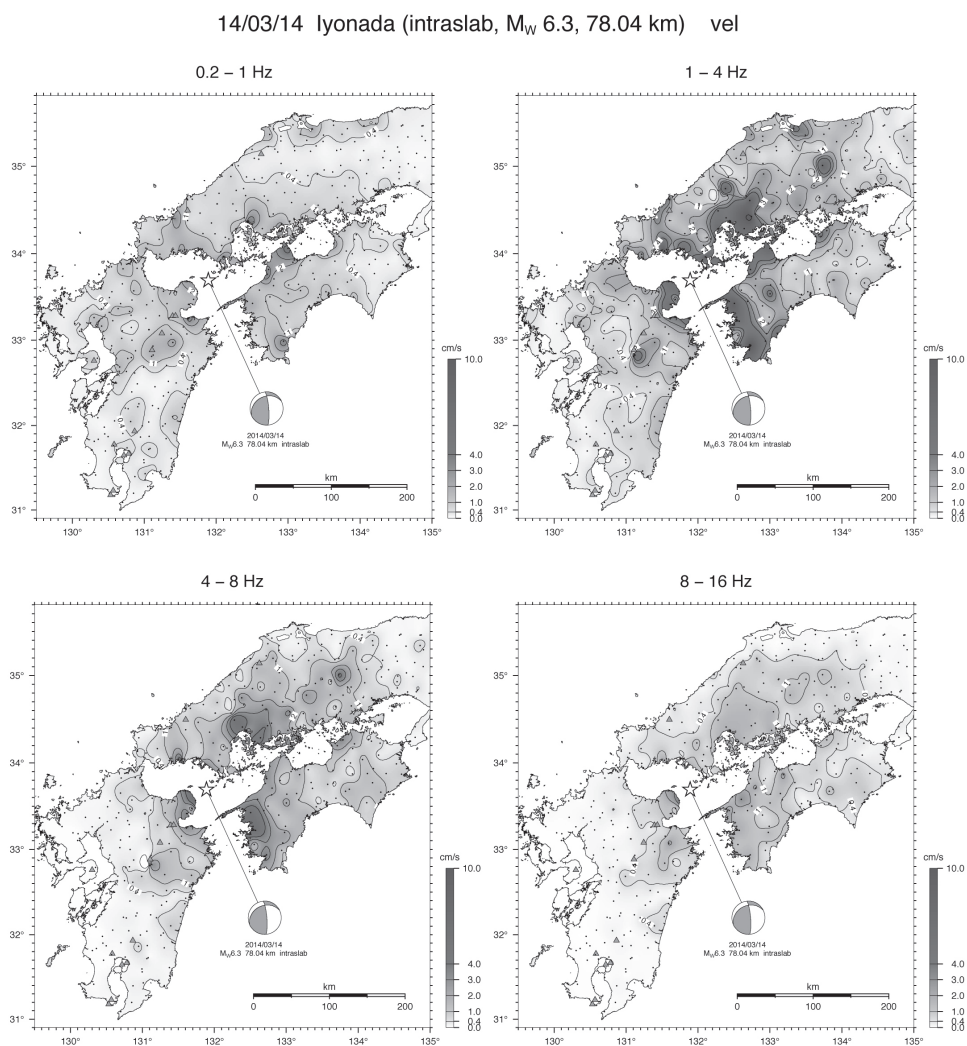


図-2 2014年伊予灘のスラブ内地震による周波数別の地表速度の最大値の空間分布。

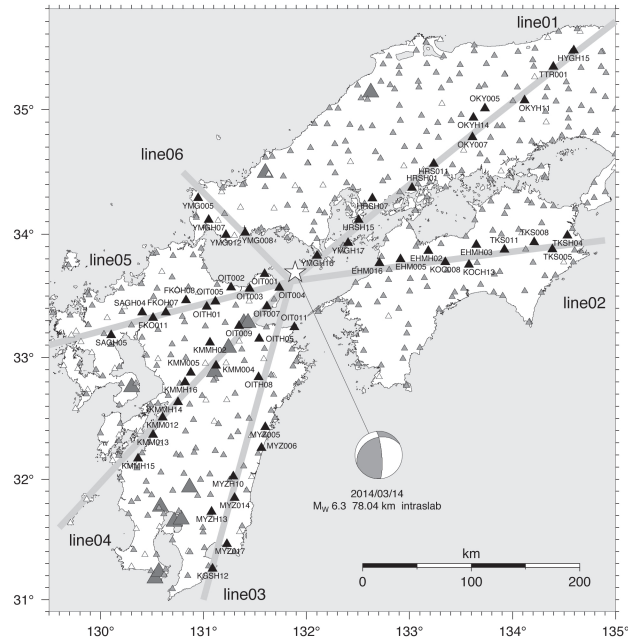


図-3 地震波形の震央距離プロフィールをみるための測線 (line01~06)。

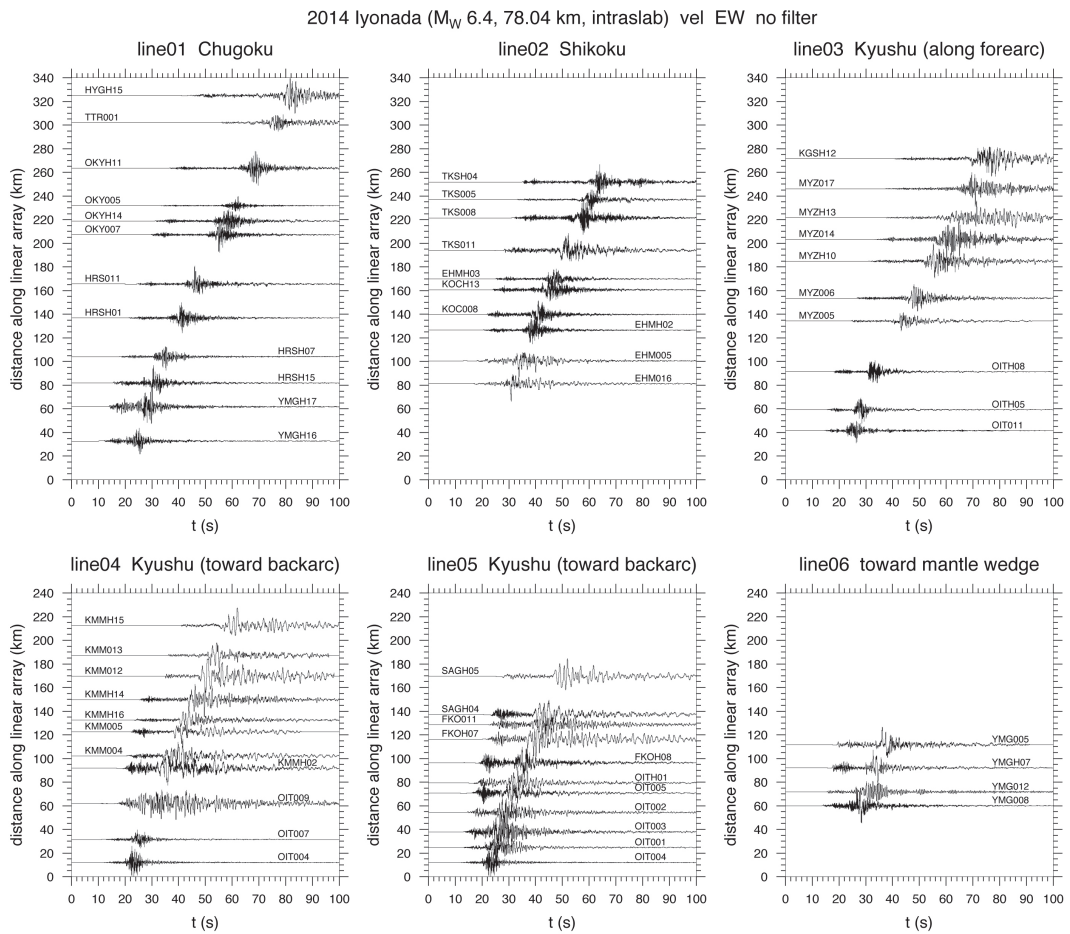


図-4 速度波形 (EW 成分) の測線 line01~06 の震央距離プロフィール。振幅は各観測点の最大値で正規化している。

2014 Lyonada (M_w 6.3, 78.04 km, intraslab)
K-NET & KiK-net (surface) stations

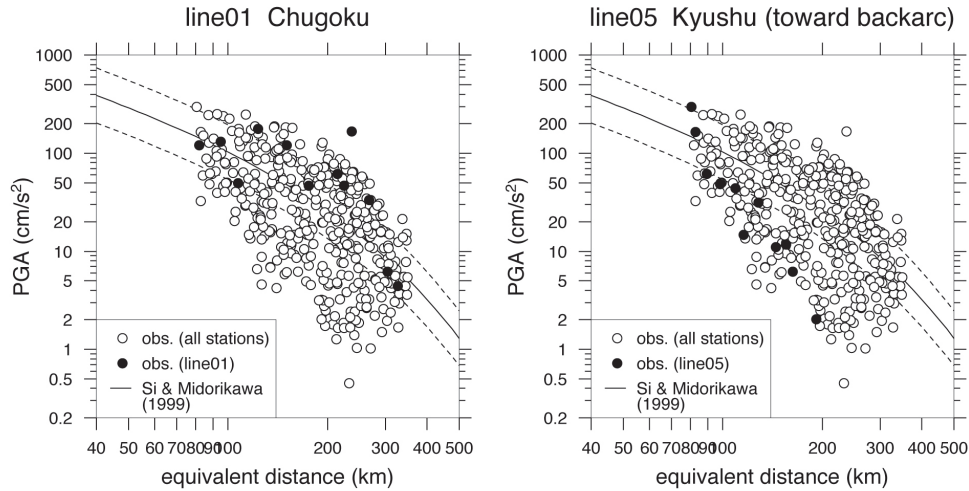


図-5 加速度最大振幅の距離減衰特性。黒丸はその測線の観測値のプロットを、白丸はそれ以外の観測点のプロットを示す（左：line01, 右：line05）。実線は司・翠川（1999）の経験式による予測値を、点線はその誤差範囲（ $\pm\sigma$ ）を表す。

line04（九州）と line05（九州）は震央から火山フロントをまたいで九州弧の背弧側に延びる測線で、スラブが高角で沈み込んでいる領域に対応する。line06 はスラブの屈曲部よりやや西の位置で、震央から背弧側のマントルウェッジに向かって延びる測線である。

図-4 に測線 line01～06 の速度波形（EW 成分）の震央距離プロファイルを示す。前弧側に延びる測線 line01～03 では、地震波の高周波成分が遠距離まで減衰せずに卓越する波形であるのに対し、背弧側に延びる測線 line04～06 では、地震波の高周波成分が背弧側で減衰し、背弧側の波形では低周波成分が卓越するという、著しい違いがあることがわかる。

図-5 は地表加速度の最大値の距離減衰特性を示す。左図には前弧側に延びる line01 の観測値を黒丸で、右図には背弧側に延びる line05 の観測値を黒丸で示す。前者は観測値全体（白丸）の中で、最も振幅の大きい（＝距離減衰の小さい）ところにプロットされるのに対し、後者は最も振幅の小さい（＝距離減衰の大きい）ところにプロットされ、前弧側に延びる測線と背弧側に延びる測線で距離減衰特性に著しい違いがあることが明らかになる。

3. 前弧側と背弧側での地震波形と振幅スペクトルの比較

図-6 に、ほぼ同じ震央距離を持つ前弧側観測点（HRSH01, $\Delta = 129$ km）と背弧側観測点（FKO011, $\Delta = 135$ km）の、速度波形とその S 波部分の振幅スペクトルの比較を示す。前弧側観測点の HRSH01 が高周波成分に富む波形を示すのに対し、背弧側の FKO011 では低周波成分が卓越する波形をしており、その周波数特性の違いは明らかである。さらに振幅スペクトルを比較すると、両者の違いが極めて大きいことがはっきりする。両者の振幅レベルは 2 Hz より低周波数側では同程度であるが、それより高周波数側では、前弧側の HRSH01 の振幅レベルに対し背弧側の FKO011 の振幅レベルが著しく小さく、その振幅比は 5 Hz で約 10 倍、10 Hz で約 15 倍にも達する。

4. 前弧側と背弧側での強震動の違いの成因

以上、さまざまな解析で明らかになったように、2014 年伊予灘のスラブ内地震による強震動は、火山フロントの前弧側では地震波の高周波成分があまり減衰せず、遠距離まで高周波地震波が観測されるのに対し、火山フロントの背弧側では地震波の高周波成分が急激に減衰するという特異な空間分布を示すことがわかった。九州弧下の火山フロント下や背弧側には、顕著な低 Q 値（＝地震波の高周波成分の減衰が強い）領域が存在することが、中村・植竹（2004）、Sekine（2005）による地震波トモグラフィーによる減衰構造の研究によって知られている。背弧側での高周波地震波の減衰は、地震波がこの低 Q 値領域を通過することによって生じると理解される。それに対し、前弧側の観測点の場合、震源から射出された地震波は、この背弧側の低 Q 値領域を通過しないため減衰を受けない。それだけではなく、前弧側観測点は高 Q 値（＝地震波の高周波成分の

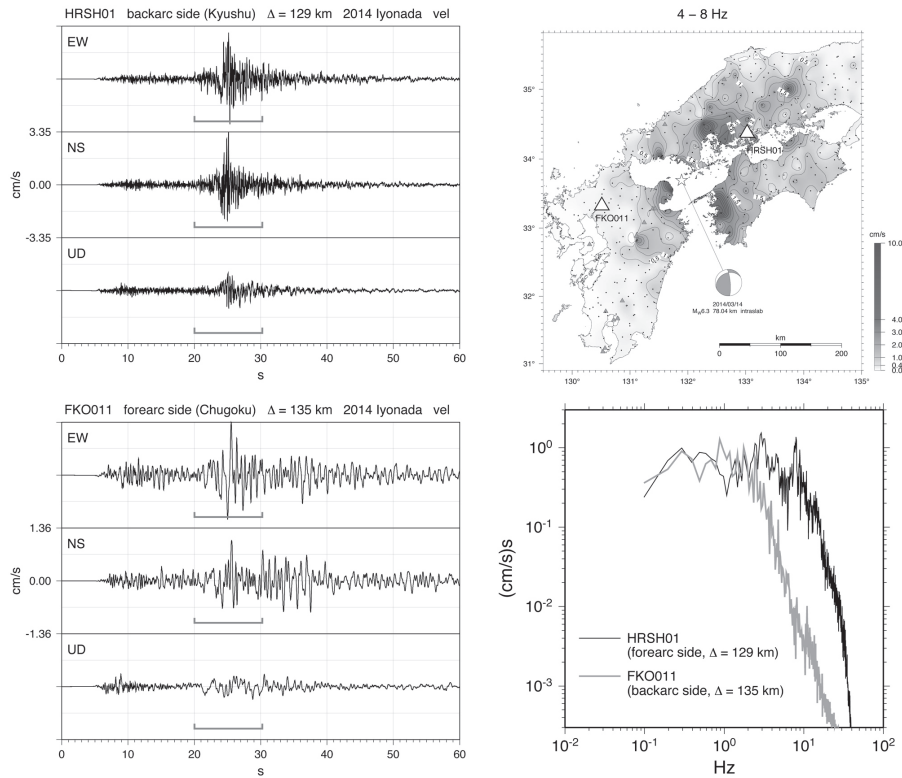


図-6 ほぼ同じ震央距離を持つ前弧側観測点 (HRSH01, $\Delta = 129$ km) と背弧側観測点 (FKO011, $\Delta = 135$ km) の観測速度波形 (左) とその振幅スペクトル (右下) の比較。観測点位置と震央の位置は右上の地図中に、それぞれ三角と星印で示す。地図には 4~8 Hz の地表速度の最大振幅の分布を合わせて示している。速度振幅スペクトルは、速度波形の各成分の S 波部分 10.24 秒間 (波形上に実線で示した区間) の振幅スペクトルを計算し、ベクトル合成したもの。

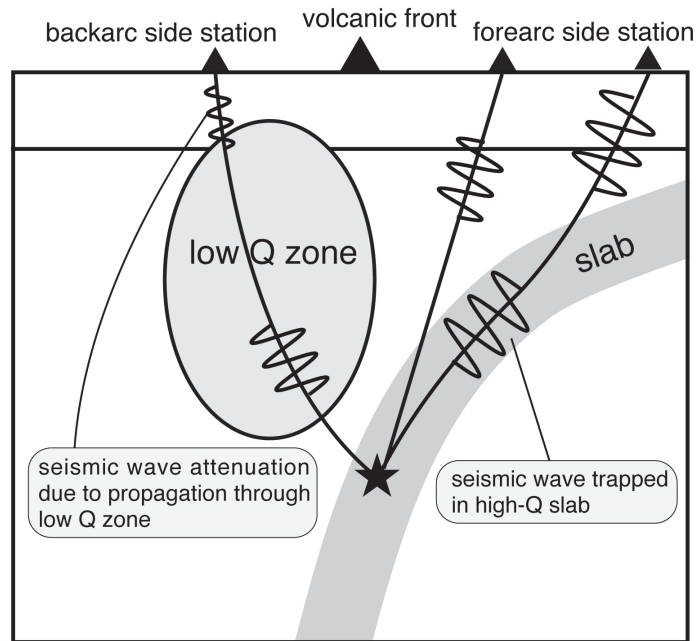


図-7 火山フロント下から背弧側にかけて存在する低 Q 値領域を伝播することによる背弧側観測点での高周波地震波の減衰と、高 Q 値のスラブ内を減衰せずに伝播して前弧側観測点に到達する高周波地震波の概念図。

減衰が弱い) のスラブを通過して地表観測点に到達するため、地震波の高周波成分はあまり減衰しない。これらの効果によって、前弧側と背弧側で、観測される地震波の高周波成分の振幅について著しいコントラストが生じるものと解釈される(図-7)。

火山フロント下や背弧側の低 Q 値領域による背弧側観測点での高周波地震波の減衰は、東北日本弧において宮城県沖で発生するスラブ内地震の高密度強震記録にもみえることが笥・西條(2006)によって報告されている。ただし、東北日本弧の太平洋スラブの場合、スラブの前弧側延長は太平洋となって地震観測点がなく、前弧側の強震データを欠くことが、本研究の西南日本のフィリピン海スラブの場合と大きく異なる。その意味で、本研究が対象とした西南日本の場合、背弧側の低 Q 値による地震波の高周波成分の減衰のみならず、前弧側で高周波地震波が減衰しないという効果が加わる分、東北日本弧の場合に比べて、前弧側と背弧側のコントラストはより強くなっていると言えよう。

謝辞 解析には防災科学技術研究所の K-NET, KiK-net 強震波形データ, F-net メカニズム解のデータ, 気象庁一元化震源データを使わせていただきました。図の作成には GMT (Generic Mapping Tools, Wessel and Smith, 1995) を使用しました。記して感謝いたします。

参考文献

- 青井真・小原一成・堀貞喜・笠原敬司・岡田義光, 基盤強震観測網 (KiK-net), 日本地震学会ニュースレター, **12**, 31-34, 2000.
- 笥 楽麿・西條裕介, 2003 年宮城県沖スラブ内地震による強震動と東北日本弧の減衰構造, 第 12 回日本地震工学シンポジウム論文集, **0025**, 1-4, 2006.
- Kinoshita, S., Kyoshin Net (K-NET), *Seismol. Res. Lett.*, **69**, 309-332, 1998.
- Nakajima and Hasegaw, Subduction of the Philippine Sea plate beneath southwestern Japan: Slab geometry and its relationship to arc magmatism, *J. Geophys. Res.*, **112**, DOI: 10.1029/2006JB004770, 2007.
- 中村亮一・植竹富一, 強震記録データによる東北地方の三次元減衰構造, 地震 2, **56**, 447-455, 2004.
- Sekine, S., Tomographic inversion of ground motion amplitudes for the 3-D attenuation structure beneath the Japanese islands, *Report of the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention*, **68**, 137-, 174, 2005.
- 司宏俊・翠川三郎, 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集, 523, 63-70, 1999.
- Wessel, P. and W. H. F. Smith, New version of the Generic Mapping Tools released, *EOS Trans. AGU*, **76**, 329, 1995.

筆者：笥 楽麿, 理学研究科, 助教

STRONG GROUND MOTIONS FROM THE 2014 IYONADA INTRASLAB EARTHQUAKE AND THE ATTENUATION STRUCTURE OF THE PHILLIPINE SEA SLAB

Yasumaro Kakehi

Abstract

Characteristics of the strong ground motions from the 2014 Iyonada earthquake (MW 6.3, depth: 78.04 km) are investigated from the distribution of ground motions, attenuation curve, comparison of amplitude spectra, and trace of seismic wave propagation along linear arrays. The results show that the amplitudes of high-frequency component of seismic waves are large in the forearc side of the volcanic front, while their amplitudes decay rapidly in the backarc side. This can be interpreted by the attenuation structure of the slab as follows. In case of seismic waves arriving at the forearc-side stations, the amplitudes of high-frequency component are not reduced since they propagate through the high-Q slab. In contrast, in case of backarc-side stations, the amplitudes of high-frequency waves are reduced due to propagating through the low-Q region in the backarc side and beneath the volcanic front.

©2015 Research Center for Urban Safety and Security, Kobe University, All rights reserved.