

Attenuation Curves of Bedrock Motions due to Crustal Earthquakes in Japan and their Near Source Characteristics

*Tomonori Ikeura¹

1. Kajima Technical Research Institute, Kajima Corporation

強震動予測の高精度化に向けてK-NET・KiK-netデータをもとに基盤地震動の距離減衰特性を検討している。この検討でははじめに隣接観測地点のNetworkを用いた方法で広域の距離減衰関数を仮定せずに地震基盤相当の基準観測点に対する相対サイトファクター(RSF)を評価し[池浦(2009), 池浦・加藤(2011)], その結果を用いて観測地震動(OBS)から基盤地震動 $BRM(=OBS/RSF)$ を求めて距離減衰特性を観察してきた[池浦(2010), 池浦・友澤(2012), 池浦(2013), 池浦(2015a), 池浦(2017), 池浦(2018a), 池浦(2018b)]。本報告では1997年以降に我が国で発生したM6以上の内陸地殻内地震29地震について, BRM の周波数4Hz付近における振幅の距離減衰曲線を概観し, 震源近傍における特徴について議論する。

図1では, a.東北・関東, b.中部・関東, c.近畿地方とその周辺, d.中国・九州の地方毎に, それぞれの地域で発生した内陸地震について, 震源距離を r として $\ln(r)$ の多項式近似で評価された周波数4Hz付近の BRM の加速度フーリエ振幅の距離減衰曲線を示しており, 地震発生年月日時分の数値で地震の区別をしている。図1a東北・関東では今年発生した山形県沖地震(201906182222)のみが火山帯の背弧側の地震, それ以外が前弧側の地震であり, 両者の勾配には大きな違いがある。また, 図2b中部・関東は火山帯あるいはその背弧側の地震で占められており, 図1aと比較すると, 背弧側の距離減衰特性が前弧側に比べて急峻であることが確認される。図1c近畿地方とその周辺, および図1dのうち中国地方の地震は極めてよく類似した曲線となり, いずれもS字型の特徴を示す。図1dのうち1997年の鹿児島県北西部の2地震と2016年の熊本の3地震の曲線はよく似た形状であり, 中国地方の3地震との違いが明確である。

これらの図のうち, 近畿・中国地方や東北・関東地方の太平洋側で火山帯から離れた地域で発生した地震で $r=20\sim30\text{km}$ よりも近距離側で振幅が急増する特徴があることは特筆に値する。経験的な方法の地震動評価では距離減衰関数を $(1/r)\exp[-br]$ で仮定することが多いが, この関数形では回帰分析した場合に遠方の特徴で b が決まり上に凸になる曲線となる。このため, 近距離側で下向きに凸になる特徴は再現されない。

もともと $(1/r)\exp[-br]$ は全無限一様媒質を仮定した距離減衰関数であるが, 現実の速度構造としてVJMA2001[上野他(2002)]を用い波線追跡でSH波の透過率[Aki and Richards(1980)](C_{TRS})を算定すると図2のようになる。なお, 震源深さによるインピーダンスの違いは除去している。これによると, C_{TRS} は震源深さの3~4倍程度の震央距離でほぼ0であり, 内陸地殻内地震の深さを20kmとすると直達S波がほぼ0となりつつも到達できるのはせいぜい60~80km前後である。この辺りで観測される地震動は既に様々な反射波と屈折波の合成波群であり, その距離減衰特性をそのまま近距離側に伸ばしても正しい予測とはならない。そこで, 観測地点への直達S波の距離減衰特性につき, 2013/04/13淡路島の地震($M6.3, h=15\text{km}$)を取り上げて検討した結果を図3に示す。図3(1)は r に対する C_{TRS} の分布であり直達S波は約60kmで消失する。図3(2)は C_{TRS}/r の r に対する分布であるが, 直達S波の場合は震源特性が重なることを考慮してS波のRadiation Pattern係数(C_{RPS} ; SHとSVのベクトル和)を C_{TRS}/r に乗じた結果も示した。図3(3)では $f_c=1.3\text{Hz}, 4\text{Hz}, 13\text{Hz}$ の BRM と $C_{\text{TRS}}/r^*C_{\text{RPS}}$ の対応関係を示している。これによると, $C_{\text{TRS}}/r^*C_{\text{RPS}}\geq 0.003$ 程度以上では基盤地震動振幅との間で比例関係が見出せるので, その範囲では直達S波の寄与でモデル化できる可能性がある。

今後は他の地震でも同様の検討を行うとともに, この結果を踏まえて震源近傍における距離減衰特性のモデル化を試みたい。

【謝辞】 防災科学技術研究所K-NET, KiK-netのデータを活用させていただきました。記して感謝します。

【参考文献】 Aki and Richards(1980)Quantitative Seismology, 池浦(2009)地震学会秋季大会, 池浦(2010)地震工学シンポジウム, 池浦(2013)地震学会秋季大会, 池浦(2015)地球惑星科学学会連合大会, 池浦(2017)地球惑星科学学会連合大会, 池浦(2018a)鹿島技術研究所年報, 池浦(2018b)地震工学シンポジウム, 池浦・加藤(2011)地震工学会論文集, 池浦・友澤(2012)地震工学会年次大会, 上野他(2002)験震時報

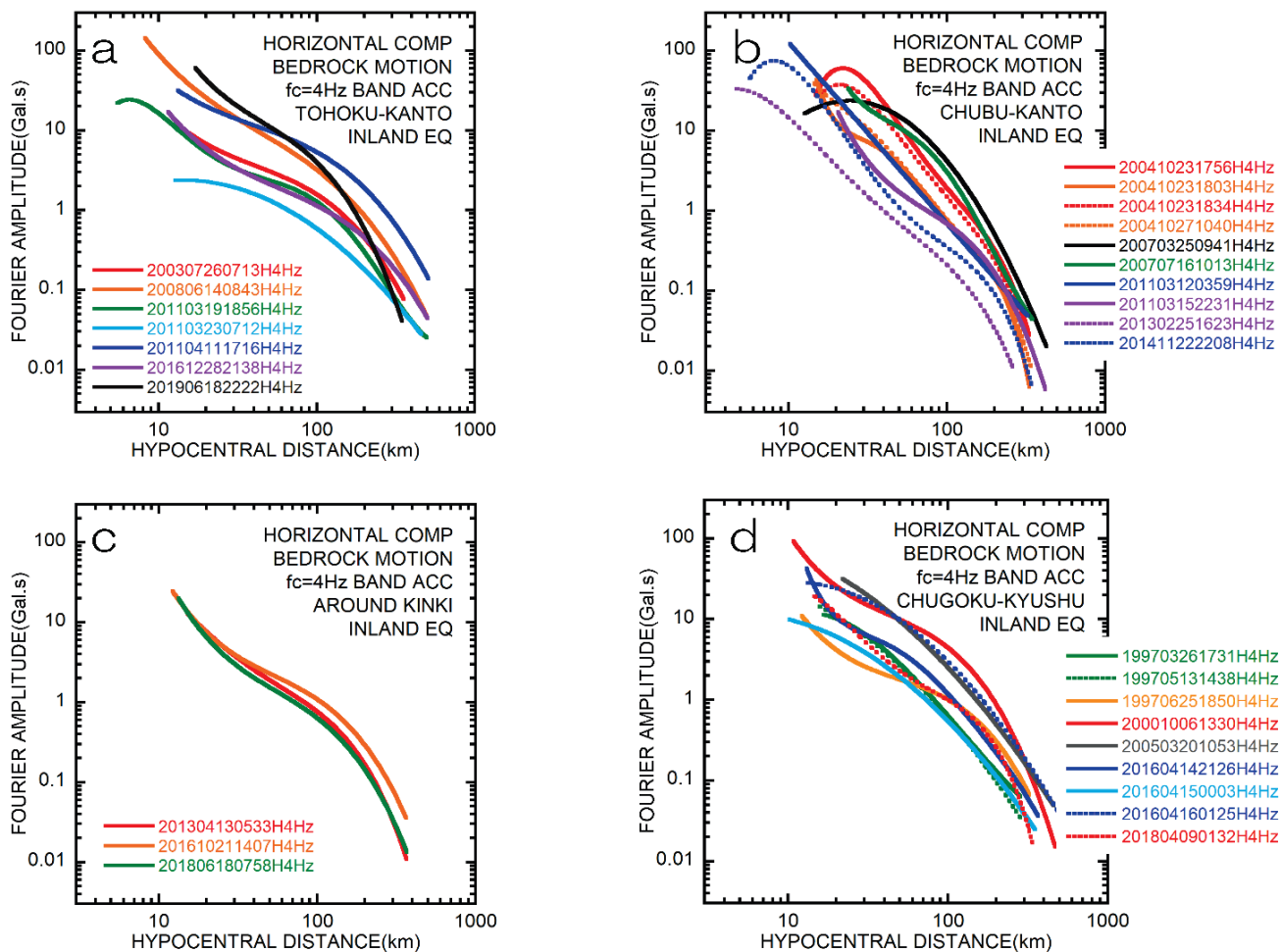


図1 周波数 4Hz 付近における基盤地震動水平成分加速度フーリエ振幅の距離減衰曲線

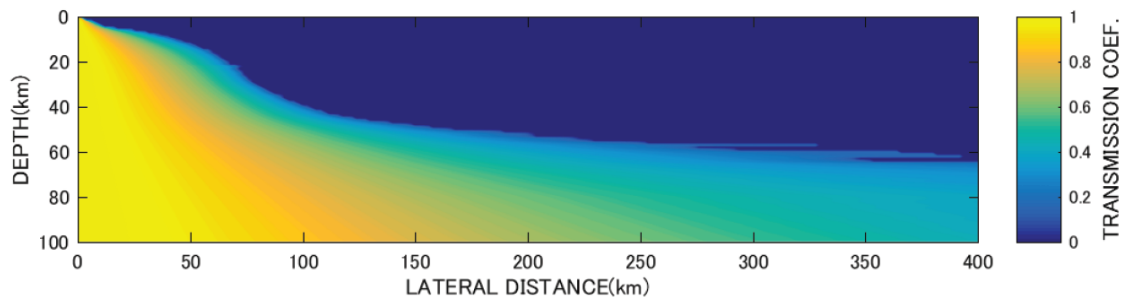
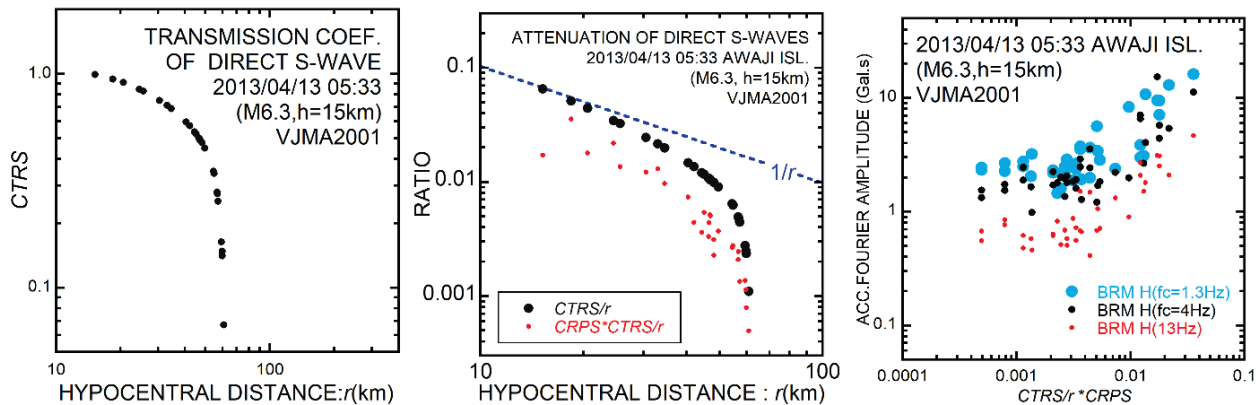


図2 JMA2001 の S 波速度構造に基づく直達 SH 波の透過率



(1) C_{TRS} と r の関係

(2) $C_{RPS} \cdot C_{TRS} / r$ と r の関係

(3) $C_{RPS} \cdot C_{TRS} / r$ と BRM の関係

図3 2013/04/13 05:33 淡路島の地震(M6.3,h=15km)による直達 S 波の距離減衰特性