

加速度応答スペクトルに対する地震タイプの影響に関する検討

東電設計（株）技術開発本部 正会員 安中 正
東京電力（株）建設部 正会員 相京 泰仁

東京電力（株）建設部 正会員 森田 大
東京電力（株）建設部 正会員 原田 光男

1. まえがき

近年の高密度強震観測網（K-NET、KiK-net、気象庁95型震度計観測網）の全国的な展開により、強震動データに基づき距離減衰式の適用性を従来よりも詳細に検討することが可能になってきた。その結果として、加速度応答スペクトル（減衰5%）の距離減衰勾配が震源深さに依存していることが明瞭になった¹⁾。本研究では、距離減衰勾配の震源深さ依存性を考慮した加速度応答スペクトル推定式を設定するとともに、推定式の回帰の際に得られた震源特性を用い、加速度応答スペクトルに対する地震タイプの影響を検討した。

2. データと回帰方法

検討に用いたデータは、K-NET、KiK-net、気象庁95型震度計観測網による1996年6月から2003年12月までの気象庁マグニチュード（ M_j ）5.0以上、震源深さ200km以下の地震に対する記録と、2004年に発生した主な地震（紀伊半島沖地震や新潟県中越地震など）に対する記録である。合計455地震の中で、マグニチュードが比較的大きな28個の地震（ M_j 6.5程度以上を目安）に対して地震断層面が設定されている。

回帰には、距離減衰勾配の震源深さ依存性を考慮した2つのタイプの推定式を用いた。最短距離を用いた推定式は次の通りである。

$$\log SA(T) = C_m(T)M + C_h(T)H_C - (C_{d0}(T) + C_{dh}(T) \cdot H_C) \log(R + C_1 \exp(C_2 M)) + C_0(T)$$

ここで、 $SA(T)$ は周期 T における地表記録の減衰5%の加速度応答スペクトル（水平2成分の幾何平均）、 M は気象庁マグニチュード、 H_C は断層面中心の深さ、 R は断層面と対象地点の最短距離、 C_1 と C_2 は断層近傍での応答スペクトルの頭打ちを表現するための係数である。等価震源距離を用いた式は次の通りである。

$$\log SA(T) = C_m(T)M + C_h(T)H_C - \log X - (C_{d0}(T) + C_{dh}(T) \cdot H_C)X + C_0(T)$$

ここで、 X は断層面と対象地点の間の等価震源距離である。検討対象周期帯は、観測機器の性能の向上とやや長周期地震動に対する関心の高まりを考慮して、0.02秒から10秒とした。

回帰は2段階回帰²⁾により行い、第1段階の回帰で震源特性、地点特性、距離減衰勾配（ $C_{d0}(T)$ 、 $C_{dh}(T)$ ）を決定し、第2段階の回帰で平均的な震源特性（ $C_m(T)$ 、 $C_h(T)$ ）とそれからの偏り（震源補正）を決定した。回帰には、マグニチュード5.0以上、震源深さ120km以下、距離250km以下のデータを用いた。最短距離式の C_1 と C_2 は断層近傍を含むデータに基づいて設定した。回帰係数および誤差と周期の関係を図-1（最短距離式）と図-2（等価震源距離式）に示す。定数項（ $C_0(T)$ ）は、震源補正の全地震に対する平均と地点補正の全地点に対する平均がゼロとなるように設定されており、推定式は、全地点の地表面における平均的な加速度応答スペクトルを推定する式となっている。誤差（ $\sigma(T)$ ）は、地震内（intra-event）のばらつきと地震間（inter-event）のばらつきに分けて評価されており、最短距離式と等価震源距離式ではほぼ同程度となっている。地震間のばらつきは長周期側で小さく、短周期側で大きい。

3. 地震タイプの影響

震源補正を決定した388地震に対して、震源補正と地震タイプ³⁾の関係を検討した。地震タイプ別の平均的な補正係数を図-3に示す。基本的な4タイプについて、地域的特徴を検討し、特有の傾向を示す地域とその他の標準的な地域を区分し、それぞれの平均的な補正を決定した結果である。タイプA-1は深さ60km未満のプレート間地震、A-2は、深さ60km未満のプレート内地震、Bは深さ60km～120kmのやや深い地震（主にプレート内地震、関東の下で一部プレート間地震）、Cは陸域地殻内の浅い地震であり、それぞれに標準的な傾向から外れる地域がある。地震タイプによる変動が短周期側で大きく、長周期側で小さいことは、図-1及び図-2の地震間のばらつきの傾向と対応している。

4. あとがき

距離減衰勾配の震源深さ依存性を考慮した加速度応答スペクトル推定式を設定するとともに、加速度応答スペクトルに対する地震タイプの影響を検討し、地震タイプ別の補正係数を設定した。補正係数の短周期側の変動が大きいことは、この周期帯の推定精度を向上させる上で地震タイプを考慮した推定式が必要であることを示している。

キーワード：応答スペクトル、距離減衰、震源特性、地震タイプ

連絡先：〒110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3 TEL:03-4464-5562 FAX:03-4464-5595

参考文献 1) 安中正・川島 正史・原田 光男：加速度応答スペクトルの距離減衰勾配の震源深さ依存性に関する検討，土木学会第59回年次学術講演会，I-779，1555-1556，2004. 2) Joyner, W. B. and D. M. Boore: Methods for regression analysis of strong-motion data, Bull. Seis. Soc. Am., 83, 469-487, 1993. 3) 安中正：地震タイプを考慮した M_w に基づく加速度応答スペクトル推定式に関する基礎的検討，土木学会第58回年次学術講演会，I-246，494-492，2003.

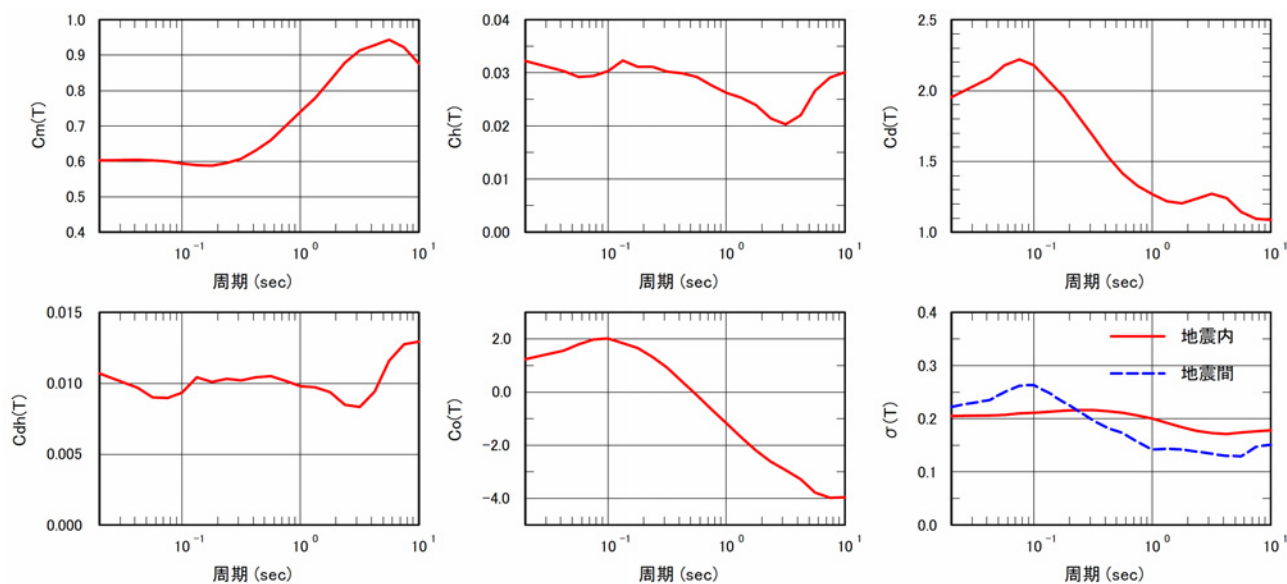


図-1 最短距離を用いた式に対する回帰係数および誤差と周期の関係 ($C1=0.459$, $C2=0.597$)

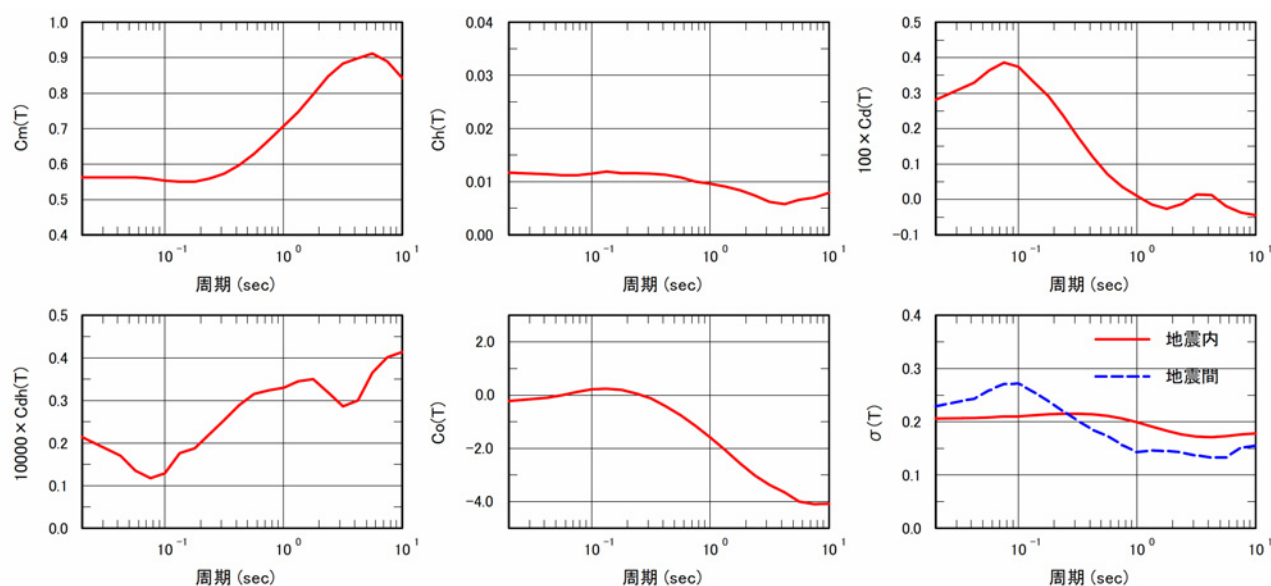


図-2 等価震源距離を用いた式に対する回帰係数および誤差と周期の関係

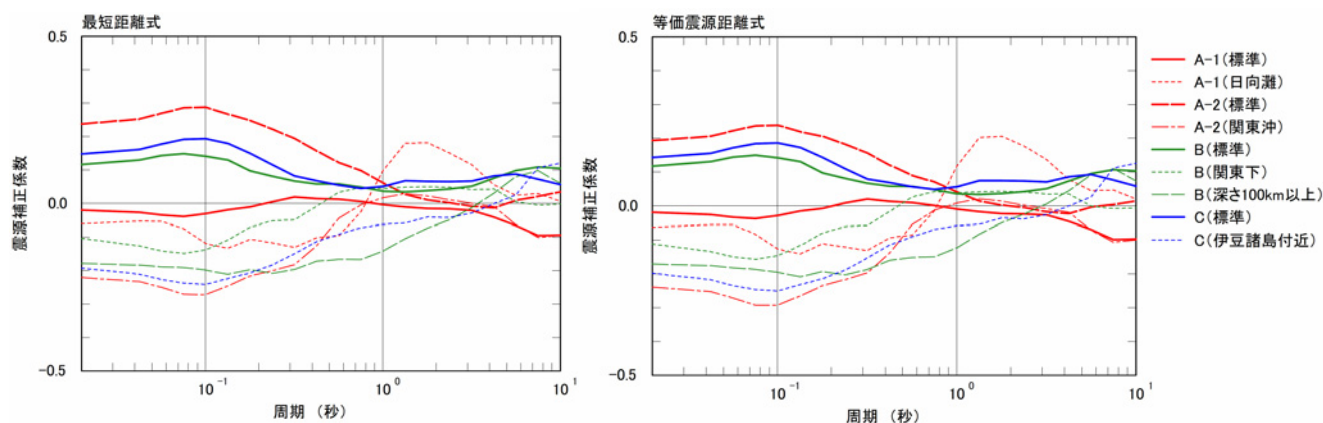


図-3 地震タイプによる補正係数の比較