

NGA プロジェクトの距離減衰式と日本の距離減衰式の比較

正会員 ○西村 利光*

距離減衰 最大加速度 最大速度
NGA プロジェクト 強震動

1. はじめに

アメリカでは、アメリカ全土を対象としたハザードマップや地震動評価 (PGA, PGV および Sa) における新たな地震動強さの予測と改善を目標とする NGA (Next Generation Attenuation) プロジェクトが実施されている。NGA プロジェクトでは、世界中で発生した内陸地殻内地震の強震記録を用いて、5つの研究グループにより大地震による震源近傍域の地震動の飽和現象を取り入れた距離減衰式の構築をおこない、その成果を公表している。本検討では、日本で発生した被害地震の観測記録と、国内における距離減衰式および、米国 NGA プロジェクトによる距離減衰式を比較し、日本で発生した被害地震に対する各々の距離減衰式の精度の検証を行った。

2. 距離減衰式と検証に用いた強震記録

検証に用いた NGA プロジェクトで作成された5つの距離減衰式(以下 NGA 距離減衰式とする)と国内における距離減衰式と、比較に用いた地震動指標の対応表を表1に示す。なお、Idriss(2007)には速度の距離減衰式についての記述がなかったため、PGV については NGA の Idriss(2007)以外の4つの距離減衰式で検討を行った。

表1 使用した距離減衰式

距離減衰式	PGA	PGV	Sa
Boore and Atkinson(2008)	●	●	●
Campbell and	●	●	●
Chiou And Youngs(2008)	●	●	●
Abrahamson And Silva(2007)	●	●	●
Idriss(2007)	●		●
司・翠川(1999)	●	●	
内山・翠川(2006)			●

国内で発生した地震の記録は、K-NET および KiK-net から加速度波形として取得した。速度および応答スペクトルは取得した加速度波形より計算によって得た。比較に用いた日本で発生した地震を表2に示す。

NGA 距離減衰式の中には、上盤効果の影響が考慮されている式がある。したがって、NGA 距離減衰式で計算される予測値には、断層と観測点の位置関係に基づく上盤効果の計算を行うための断層モデルが必要となるため、断層モデルの取得できる地震を使用した。また、各々の距離減衰式の適応距離を鑑みて、比較には断層最短距離

200km 以下の強震観測点を使用した。なお、地盤増幅などに用いる AVS30 は、K-NET の地盤情報が表層 20m までしかないため、最下層の Vs の値が 30m まで存在するものとして AVS30 を求めた。

芸予地震や宮城県沖地震のような深発地震についても比較を行ったが、いずれの NGA 距離減衰式も、精度が悪く深発地震を評価しきれなかった。これは、NGA 距離減衰式が震源の深い地震には対応していないためであると考えられる。このことから、本検証には深発地震は使用していない。

表2 比較に用いた地震

No.	地震名	発生日	Mw	震源深さ
1	鹿児島県北西部地震	1997/03/26	6.1	8km
2	鳥取県西部地震	2000/10/06	6.6	11km
3	中越地震	2004/10/23	6.8	13km
4	留萌支庁北部地震	2004/12/14	5.7	8km
5	福岡西方沖地震	2005/03/20	6.6	9km
6	能登半島地震	2007/03/25	6.7	10km
7	岩手宮城内陸地震	2008/06/14	6.7	8km

3. 日本で発生した地震との比較

各々の距離減衰式の精度の検証には、距離減衰式と各地震動指標の対数誤差の標準偏差を用いた。また、震源近傍を対象とした距離減衰式の精度の検証も行った。なお、震源近傍とした強震記録は、断層最短距離 30km 以下の記録とした。また、全体の強震記録数に対して断層最短距離 30km 以下の強震記録の数が 5%程度と少なかったため、新たに断層最短距離 50km 以下の強震記録を震源近傍とした検証も行った。ただし、震源深さが 30km または 50km を超える場合は、閾値を超えるため検証していない。

図1に距離減衰の比較の一例を示す。横軸は断層最短距離、縦軸は PGA(gal)である。図中の黒実線は NGA 距離減衰式の Chiou and Youngs(2008)の PGA 距離減衰式である。また、使用した記録は岩手・宮城内陸地震の PGA 距離減衰である。ここで、図中の赤丸は上盤効果の補正がある記録である。なお、図には、地盤増幅と上盤効果の補正值が観測点それぞれに距離減衰式が多様多様に求まるため、比較しやすいように地盤増幅と上盤効果を除いた距離減衰式と PGA または PGV の値を示してある。図から、Chiou and Youngs(2008)の距離減衰式は、岩手・宮城内陸地震の PGA 距離減衰をよくあらわしていることがわかる。

Conformity of the attenuation relationships in Japan with those by the NGA-project.

Nishimura Toshimitsu *

しかし、NGA 距離減衰式は、図 1 のように減衰の傾きなど良く表しているものもあったが、図 2 のように距離減衰式の減衰の傾きが地震動指標の減衰の傾きと大きく異なるものもあった。比較検討を行った結果を以下に示す。

3. 1 最大加速度距離減衰式

図 3 に断層最短距離 30km 以下における PGA 距離減衰の対数標準偏差のグラフを示す。横軸は表 2 に示す地震ナンバーである。縦軸は対数標準偏差である。図 1 から、司・翠川(1999)が最も精度が高い距離減衰式であることがわかる。また、NGA 距離減衰式の中では、Chiou and Youngs(2008) が精度の高い距離減衰式であることがわかる。断層最短距離 50km 以下においても同様の傾向を示した。しかし、断層最短距離 200km 以下では、Boore And Atkinson(2008) が最も精度が高い距離減衰式であった。

3. 2 最大速度距離減衰式

図 4 に断層最短距離 30km 以下における PGV 距離減衰の対数標準偏差のグラフを示す。横軸は表 2 に示す地震ナンバーである。縦軸は対数標準偏差である。図 4 から、司・翠川(1999) が最も精度が高い距離減衰式であることがわかる。また、NGA 距離減衰式の中では、Chiou and Youngs(2008) が最も精度が高い距離減衰式であることがわかる。断層最短距離 50km 以下および 200km 以下においても同様の傾向を示した。

3. 3 応答スペクトル距離減衰式

図 5 に断層最短距離 30km 以下における Sa 距離減衰の対数標準偏差のグラフを示す。横軸は周期であり、縦軸は 7 地震の対数標準偏差の平均値である。図 5 から、短周期側で内山・翠川(1999) が最も精度が高い距離減衰式であることがわかる。長周期側で NGA 距離減衰式の中では、Chiou and Youngs(2008) が最も精度が高い距離減衰式であることがわかる。断層最短距離 50km 以下および 200km 以下においても同様の傾向を示した。

4. まとめ

近年、日本で発生した被害地震と、NGA 距離減衰式および日本の距離減衰式の比較を行い、各々の距離減衰式の日本の地震に対する精度を検証した。PGA および PGV 距離減衰については、司・翠川(1999)の距離減衰式の精度が最も良かった。Sa 距離減衰については、短周期側で内山・翠川(2006)の距離減衰式の精度が高く、長周期側で Chiou and Youngs(2008) の距離減衰式の精度が高かった。また、NGA 距離減衰式は減衰の傾きが大きく違うものも多かった。

以上のことから、日本で発生した地震は、国内の距離減衰式でほぼ評価できることがわかる。しかし、NGA 距

離減衰式のほうが、浅発地震の応答スペクトル長周期側での精度が高い点などを考慮すると、NGA 距離減衰式に用いられているような、上盤効果などの補正を入れると精度が上がるのではないかと考えられる。

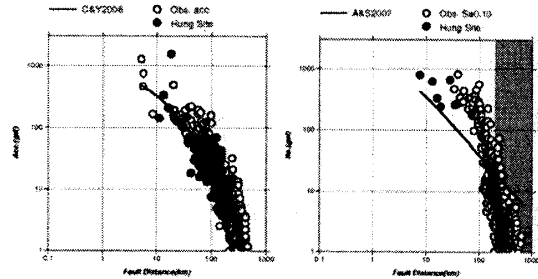


図 1 距離減衰の比較例 図 2 減衰の傾きが合わない例

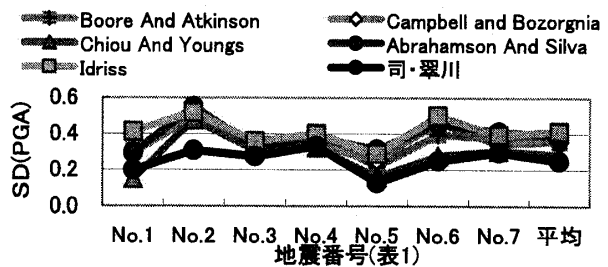


図 3 断層最短距離 30km 以下の対数標準偏差(PGA)

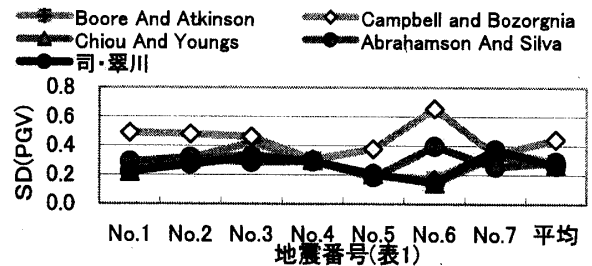


図 4 断層最短距離 30km 以下の対数標準偏差(PGV)

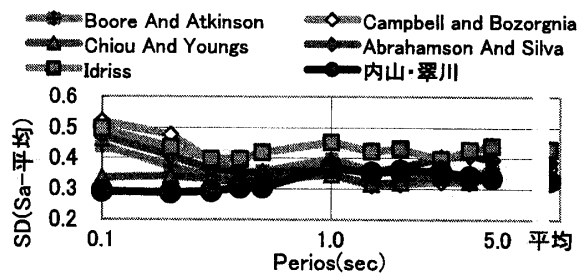


図 5 断層最短距離 30km 以下の対数標準偏差(Sa)

(謝辞) 本検証は、(独)原子力安全基盤機構の委託業務「平成 20～21 年度断層モデルによる強震動評価手法の高度化に関する検討」の成果の一部である。本検証において防災科学技術研究所 K-NET および KiK-net のデータを使用させて頂きました。また、NGA プロジェクト、司・翠川(1999)および内山・翠川(2006)の研究成果を使用させて頂きました。関係各位に記して謝意を表します。