

1854 年安政伊賀上野の地震の震源推定

株式会社 防災情報サービス* 中村 操

On Estimation of Hypocenter of the AD1854 Ansei Iga-Ueno Earthquake

Nakamura Misao

Information Service for Disaster Prevention

230-7 Miroku, Sakura, Chiba 285-0038, Japan

§ 1. はじめに

安政伊賀上野の地震は安政元年(嘉永七年)六月十五日、即ち 1854 年 7 月 9 日に三重県、滋賀県、京都府そして奈良県の県境付近を震源として発生した。地震の規模は M7 1/4 (新編日本被害地震総覧)、1995 年兵庫県南部地震(M7.3)とほぼ同じ規模とされている。震源の深さについては、歴史地震の深さを決めることが困難なため、この地震についても不明である。

前回の報告[中村(2001)]に引き続き、未整理の歴史史料を含めて各地の震度を決める作業を行った。その中に福井市での液状化を記録したものについての裏づけや、三重県尾鷲市での猪鹿垣の被害についての知見が得られたので、それらを含めて再検討を行った。震源から約 100km 離れた地点で震度 5 を推定することができた。これらの知見をもと、地震の規模および深さに関しての検討を行った。

§ 2. 伊賀上野の地震の遠方での史料

地震の被害史料を整理し、被害状況から震度を推定し[図 1]に示した。史料は『日本地震史料』、『新収日本地震史料』、『日本の歴史地震史料拾遺』までを使用した。震度 6 以上の地点は三重県上野市の一部で見られたが、震度 6 程度の地点が東北東-西南西を長軸とする楕円状に分布する。奈良県北部の奈良市、大和郡山市でも地盤の軟弱なところで震度 6 が見られた。楕円の短軸方向は短く、琵琶湖の南側では震度 5.5 があるものの全体ではそれほど大きな揺れではなかった。三重県の中部の名張市、津市で震度 5.5 であった他は 5 程度の揺れであった。

次に、やや遠地の震度を見ていくことにする。江戸では「快晴 寅之刻地震」『御日記』

とある。これは津輕藩江戸屋敷(墨田区緑町)の記録である。また、「暁寅後地頗震」『汲深斎晴陰記』、「十六日雨家信至拳拳親戚友人皆無恙言昨月十四日夕地震只余慶之事は無之由」『安達清風日記』というように「大地震」ととれる表現である。これら 3 史料から、江戸ではまれにある強い揺れと考えることができる。震度 4 程度と考えられる。

金沢城では「六月十五日 一 今暁八半時強き地震有之候に付 各揃之上出席切同席・御家老中等一列 松之間於二之間以御近習頭今暁地震に付奉伺御機嫌候旨申上」『御用方手留』、金沢では城主にご機嫌伺いに登城したことがわかる。やはり、強い揺れを示す記録と考えられる。震度 4 程度と考えられる。

福井城下では金沢より強い揺れに襲われ多くの記述があるが、その大部分は二次史料と考えられ、史料の信憑性に疑問があった。しかし、奈良県添上郡月ヶ瀬村石打の史料『大地震難渋日記』に「是程の事ゆえ伊賀地震と世に申すなり。はや地震荒相撲番付二も、伊賀上野、いせ四日市、大和古市、奈良、越前福井、是等日本の大関なり」とあるように、当時から福井の被害が伝えられていたことを示し、事実と考えることができる。『大地震難渋日記』の著者は石内村の庄屋を勤めた六兵衛、当時 33 才。記録は家族構成から地震前後の畑仕事の様子、地震時の避難の様子などきわめて細かな内容となっており、信憑性の高い史料と考えられる。福井の被害は、その最後の部分に他の地方の噂として記されている。震度 5 程度はあったものと考えられる。

三重県尾鷲市賀田では「大地震、殊二荒々舗、此時猪鹿垣崩大半崩レ、其後雑木山二ヶ所売、右ヲ以猪鹿垣出来」『大地震津浪之事』

* 〒285-0038 千葉県佐倉市弥勒町 230-7

電子メール: misao@ba2.so-net.ne.jp

とあるように、石で積んだ猪垣が大きく壊れたことがわかる。猪鹿垣とは猪、鹿などから田畑の作物を守るために積まれた石垣（積み方は整然とした組み方ではない）を指す。この地方では 1~1.5m ほどの高さに積んだものが標準的であるらしい。近年、三重県中部を震源とした 2000 年 10 月 31 日 01:42 の地震（M5.5, h=44km）では尾鷲市、南島町、紀和町で震度 4、熊野市で震度 3 を記録した。しかし、猪鹿垣の被害は三重県消防防災課、尾鷲市消防防災課に報告がなかった。このことから、猪鹿垣の崩れについては震度 5 以上でないと決定的な被害にはならないと考えられる。

§ 3. 規模の推定

内陸で発生する地震は、地殻内地震とスラブ内地震に分けられる。近年の 4 地震の例で震度の減衰の様子をみる。[図 2]にそれらの震央を示した。震度は表層の地質が影響を及ぼすことが考えられるため、比較する地震は震源が近いものを選んだ。また、[図 3-a], [図 3-b], [図 3-c], [図 3-d]にスラブ内地震、地殻内地震の震度の距離減衰図を示した。この内、1952 年吉野地震（M6.8）と 2001 年芸予地震（M6.7）がスラブ内地震、1995 年兵庫県南部地震（M7.3）と 2000 年鳥取県西部地震（M7.3）が地殻内地震である。

まず、吉野地震、兵庫県南部地震を比較する。規模の差は 0.5 あるにも関わらず、2 つの地震は震央距離 100km で震度 4、250km では震度 3、400km では震度 2 と大きな差が見られない。同様に、芸予地震と兵庫県南部地震の比較でも、100km で震度 4、200km で震度 3 と地震による差は小さい。二つの地震の規模の差は 0.6 である。

このようにやや遠距離の震度をみると、規模が同じであれば、スラブ内地震は地殻内地震より大きな震動を与えることがわかる。このことと、地震動強さの距離減衰特性で、スラブ内地震が地殻内地震より強い地震動を励起するという結果[例えば司・他（1999）]とは整合する。

宇津（1984,1986）は震度の距離減衰について過去の震度データを整理し、次のような震度（I）、震央距離（Δ）、マグニチュード（M）の関係を得ている。日本の太平洋沿岸を除く浅発地震 181 個の震度データから求めた関係を式（1）に示す。また、スラブ内（マントル最上部）地震（深さ 40~80km 程度）132 個の震度データから求めた関係を式（2）に示す。

$$\begin{aligned} I &= I_{100} - b(\Delta - 100) \\ I_{100} &= 1.5M - 6.5 \\ b &= 0.0767 - 0.015M + 0.0008M^2 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} I &= I_{100} - b(\Delta - 100) \\ I_{100} &= 1.5M - 6.1 \\ b &= 0.0523 - 0.0063M \end{aligned} \quad (2)$$

地殻内地震の式（1）とスラブ内地震の式（2）の関係を[図 4]に示した。2 本の曲線は交差し、遠距離ではスラブ内地震の震度が地殻内地震より大きい値を示すことがわかる。

安政伊賀上野の地震の震度の距離減衰を[図 5]に示した。推定した震度のうち「地震」、「大地震」、「強地震」などの表現は震度には変換していない。震央距離 100km の震度を[図 5]から 5.0 と読み、地殻内地震と考えて式（1）より規模を推定すると M7.7 となる。また、スラブ内地震として式（2）より推定すると M7.4、また震度 4.5 と読めば M7.1 が得られる。地殻内地震の規模 M7.7 の震源断層長さは 90km 程度が期待されることになり、地表に投影すると、奈良県北部から三重、愛知県境付近まで震度 6 以上となることが期待されて震度分布図と整合しない。従って、規模 M7.4 のスラブ内地震とするほうが妥当と判断される。

また、紀伊半島南部で近年 100 年間に発生した被害地震は全て深さ 40km 以深である[中村（2001）]こともわかっている。

§ 4. 波形合成法を用いた規模の推定

経験的グリーン関数を用いた波形合成法により、規模 M7.4 の波形を合成し、計測震度を計算した。計算に使用した震源断層の水平位置のみを移動させ、安政伊賀上野の地震の震度分布図と比較することにより、震源の位置を推定した。波形合成のためのスリップ速度関数は、小嶋・他（1997）を使用した。

波形合成には 1998 年 6 月 23 日の三重県中部の地震（M4.2, h=45km）を要素地震として使用した。この地震のメカニズム解を[図 6]に示す。この地震は[地震調査推進本部（1998）]によると、沈み込むフィリピン海プレート内の地震である。計算に用いた地震動は K-Net の観測記録を用いた。地震の規模は § 3 で求めた M7.4 とし、震源断層の基本的パ

ラメータは[防災科学技術研究所 (1998)]を使用し、地震の規模に比例させて断層長さ、幅を拡張した。断層上端の深さはこの地域の微小地震の鉛直分布などから 30km とし、完全にスラブ内に置いた。断層の主なパラメータを[表 1] に示した。震央のみ（ここでは断層上端中央）を[図 7]に示す Case4~Case11 まで変化させ、49 点の震度を計算した。この計算された震度分布図とオリジナルの震度分布図が最も整合する Case を最終結果とした。

安政伊賀上野の地震の震度分布は三重県上野市、鈴鹿市、四日市市、奈良県奈良市、滋賀県水口町などで震度 6 を記録しているが、これらの地点の震度をバランス良く説明できる必要がある。以上のような判断から[図 8] に示す Case11 の震央である東経 136.20、北緯 34.90 を最終結果とした。

§ 5. まとめ

推定された震度分布には 100 km 程度離れた地点で震度 5 が存在し、さらに 300km 以上遠方で有感以上の記述が存在する。これを説明するには、震源がフィリピン海プレート内にあることが期待される。宇津 (1986) による震央距離 100 km の震度と地震規模の関係式から規模 M7.4 が得られる。震央は波形合成による震度分布の推定から三重・滋賀県境付近、深さは 40~50 km (断層上端の深さは 30km) と考えられる。

萩原・他 (1982) は四日市宿の被害を考慮し、木津川断層系の活動が引き金になって、桑名一四日市の断層系が活動したとも考えられる、としている。規模については上野市周辺の震度 6 の領域から M7.2、四日市市周辺のそれから M6.7 をそれぞれ推定している。四日市宿の被害は火災を伴ったため、地震動の揺れの強さを正確に見積もることは難しい。しかも、宿が三滝川の河口に位置することから、軟弱地盤で被害を大きくしたことが考えられる。従って、規模 M7.4 クラスの地震であることから、震源断層の長さは 50km 以上あり、その北東端が四日市平野に接していれば、震度 6 程度になったことは十分考えられる。あえて、桑名一四日市の断層系が活動したと考える必要はない。

また、この地震にはやや大きめの前震が 2 個、余震が 6 個程度あったことが史料から知られている。スラブ内の地震は余震が少ないことが考えられるが、2001 年芸予地震 (M6.7, h=51km) では地震規模 M4 以上が 4 個発生している。安政伊賀上野の地震が比較的浅い

スラブ内地震と考えると、前震、余震の存在も理解できる。

さらに、安政伊賀上野の地震がスラブ内で発生、その結果が半年後の安政東海地震 (M8.4) の発生に影響を与えたとも考えられる。

[表 1] 震源断層パラメータ

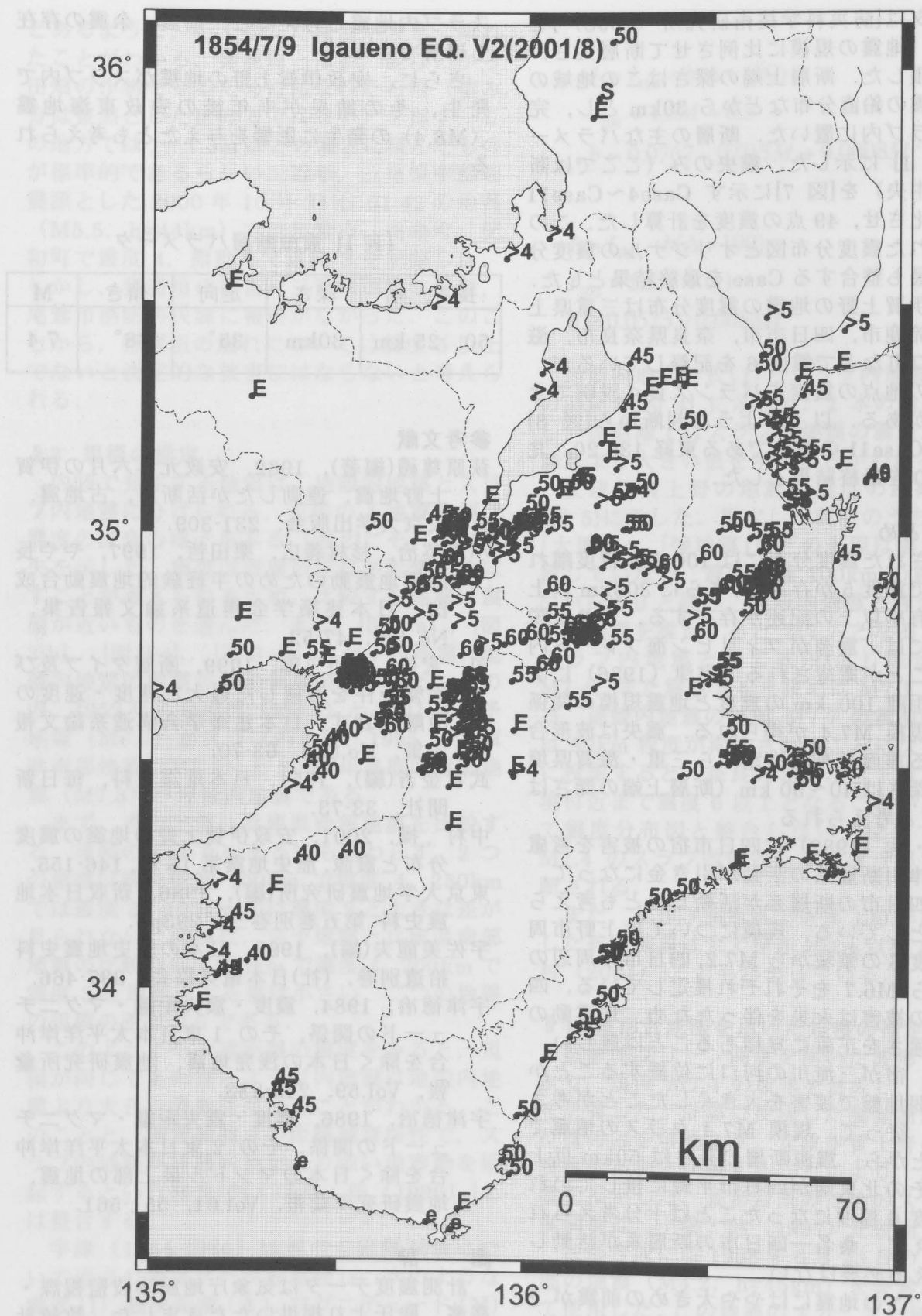
長さ、幅	深さ	走向	傾き	M
50, 25 km	30km	35°	68°	7.4

参考文献

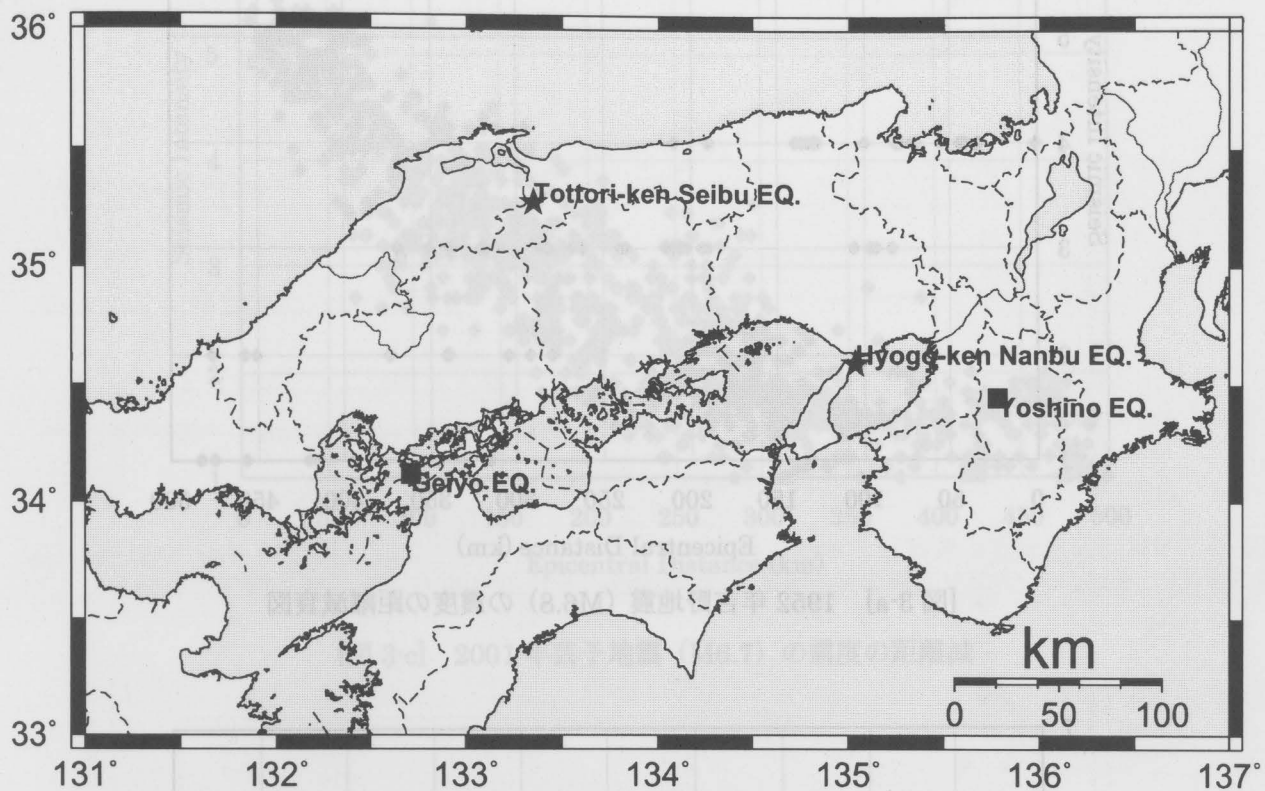
- 萩原尊禮(編著), 1982, 安政元年六月の伊賀上野地震, 連動したか活断層, 古地震, 東京大学出版会, 231-309.
- 小嶋英治, 杉村義広, 栗田哲, 1997, やや長周期地震動のための半経験的地震動合成法, 日本建築学会構造系論文報告集, No.499, 47-52.
- 司 宏俊, 翠川三郎, 1999, 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文報告集, No.523, 63-70.
- 武者金吉(編), 1951, 日本地震史料, 毎日新聞社, 33-73.
- 中村 操, 2001, 安政伊賀上野の地震の震度分布と震源, 歴史地震第 16 号, 146-155.
- 東京大学地震研究所(編), 1986, 新収日本地震史料 第五巻別巻三, 293pp.
- 宇佐美龍夫(編), 1999, 日本の歴史地震史料 拾遺別巻, (社)日本電気協会, 397-466.
- 宇津徳治, 1984, 震度・震央距離・マグニチュードの関係, その 1.東日本太平洋岸沖合を除く日本の浅発地震, 地震研究所彙報, Vol.59, 219-233.
- 宇津徳治, 1986, 震度・震央距離・マグニチュードの関係, その 2.東日本太平洋岸沖合を除く日本のマントル最上部の地震, 地震研究所彙報, Vol.61, 551-561.

謝 辞

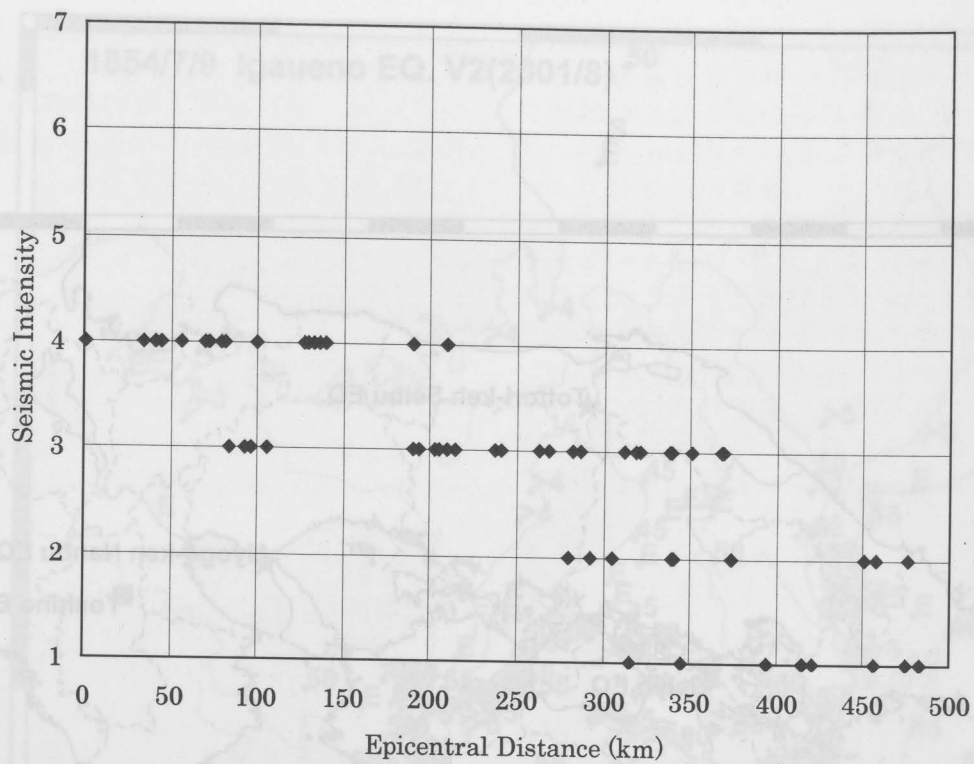
計測震度データは気象庁地震津波監視課・高濱 聡氏より提供いただきました。数値計算に使用した加速度記録は、防災科学技術研究所の K-Net の記録を使わせていただきました。また、二人の査読者の方には有益な助言をいただきました。



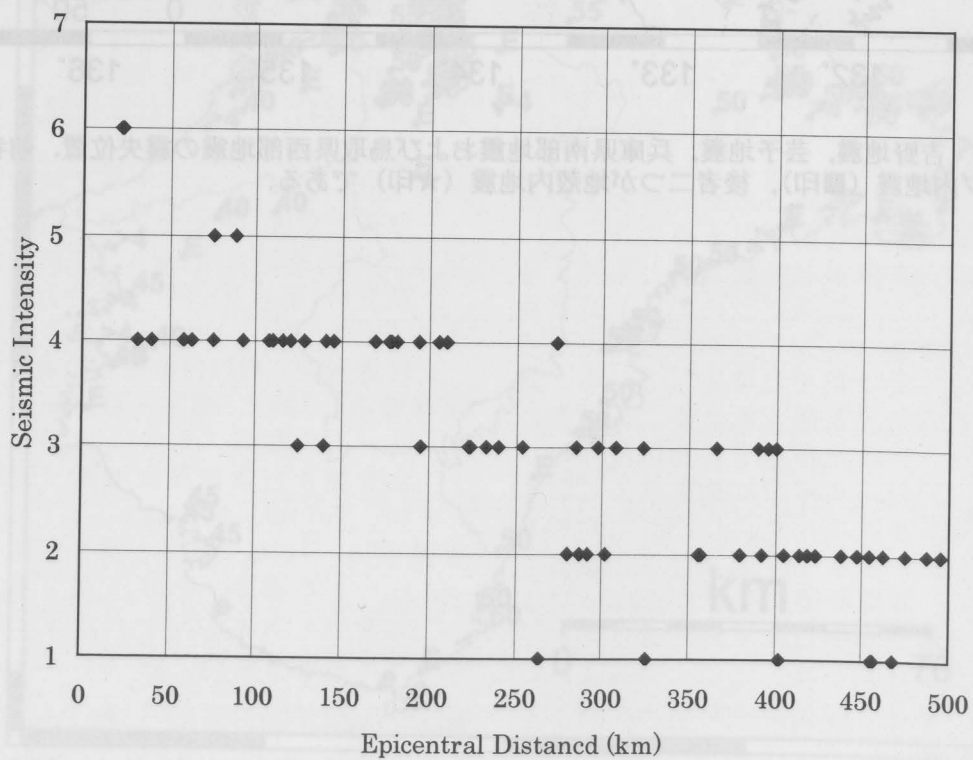
[図 1] 安政伊賀上野の地震の震度分布。二桁の数字は 10 倍した震度を示す。また、“>5”は震度 5 以上であるが、それ以上詳細なことは分からないことを、“e”、“E”は史料に「地震」、「大地震」と記述があることを示す。三重、滋賀、京都そして奈良の県境付近に震度 6 以上の地点が多く存在する。鈴鹿市、四日市市周辺にも震度 6 が存在する（主な市町村の位置については[図 7]参照）。



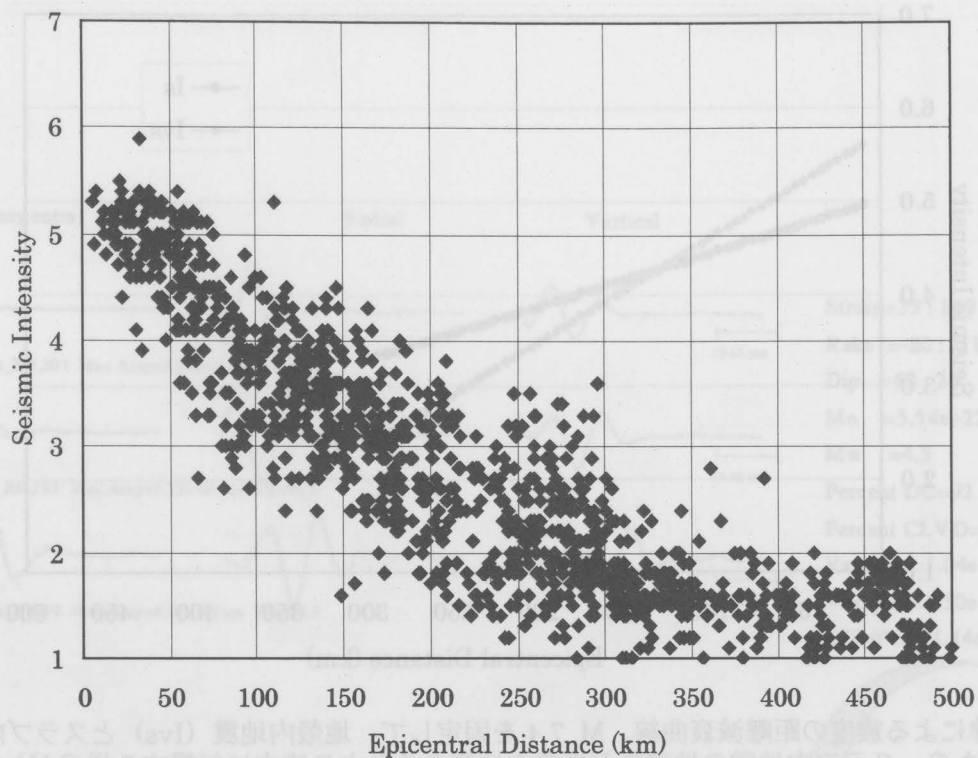
[図2] 吉野地震，芸予地震，兵庫県南部地震および鳥取県西部地震の震央位置．前者二つがスラブ内地震（■印），後者二つが地殻内地震（★印）である．



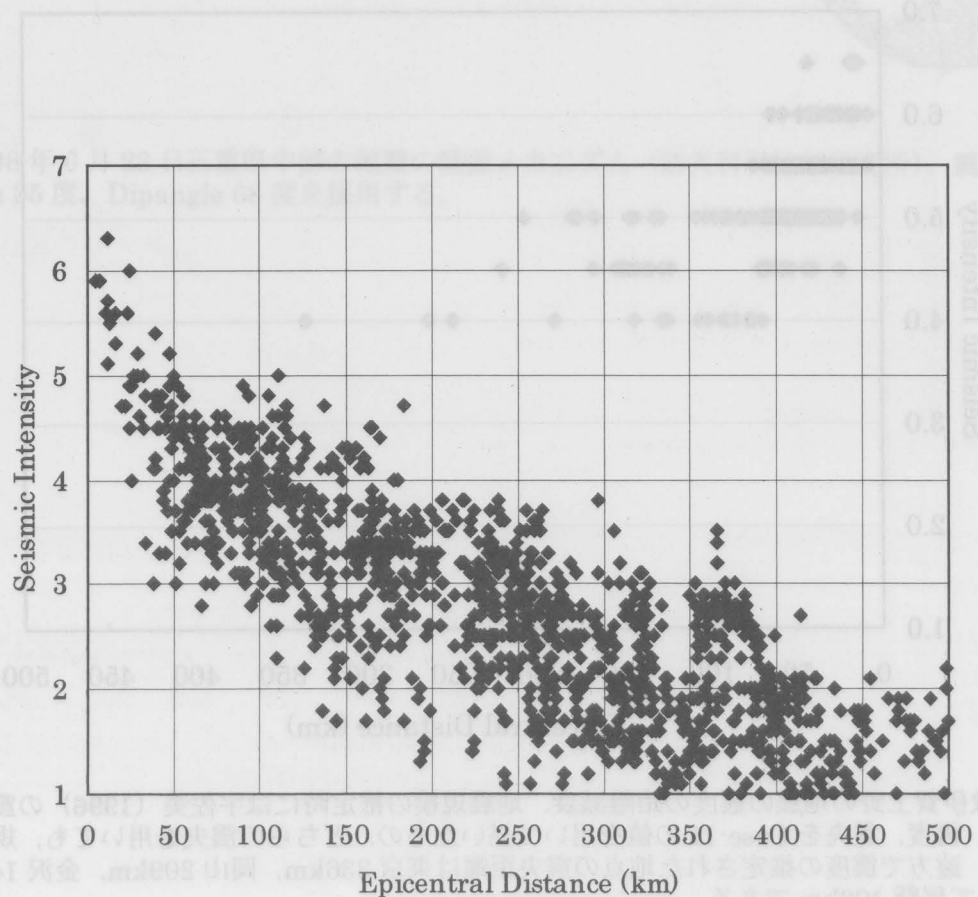
【図 3-a】 1952 年吉野地震 (M6.8) の震度の距離減衰図



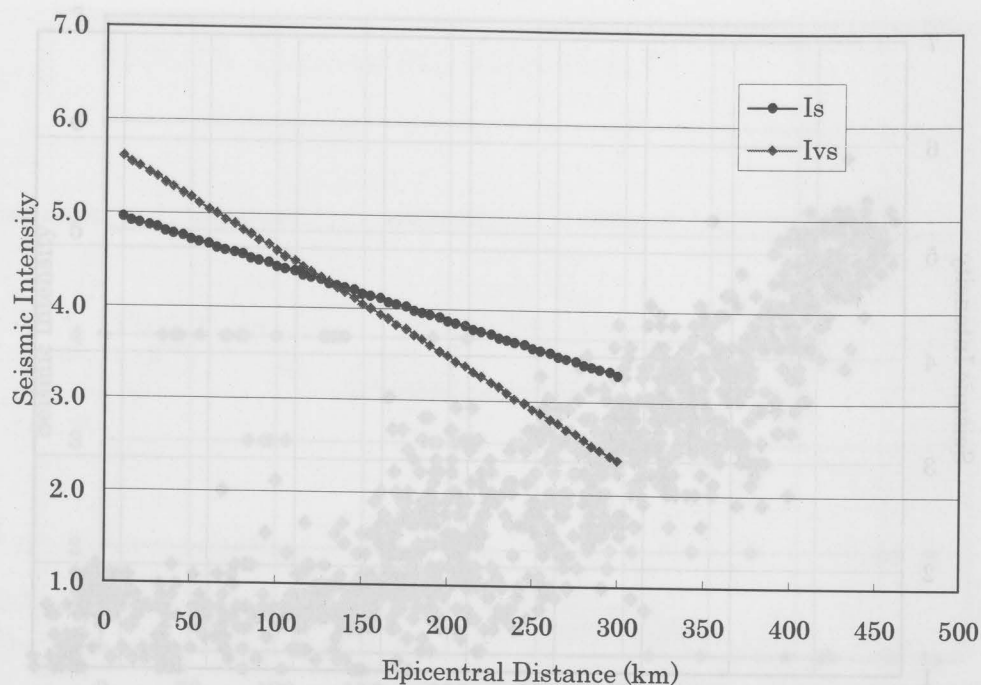
【図 3-b】 1995 年兵庫県南部地震 (M7.3) の震度の距離減衰



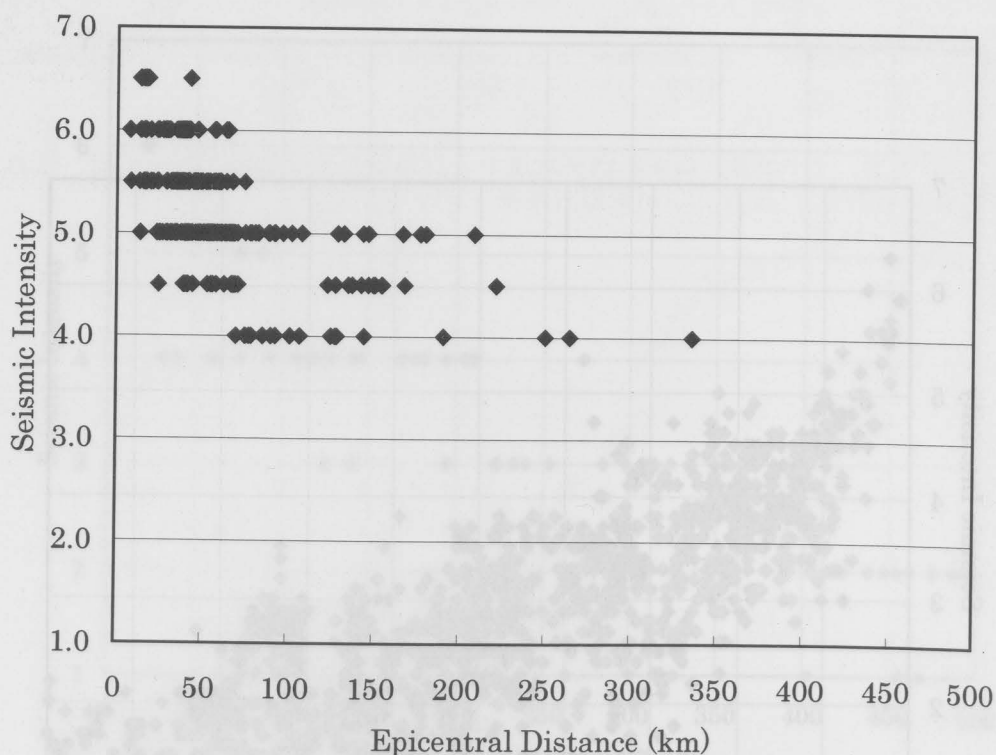
【図 3-c】 2001 年芸予地震 (M6.7) の震度の距離減



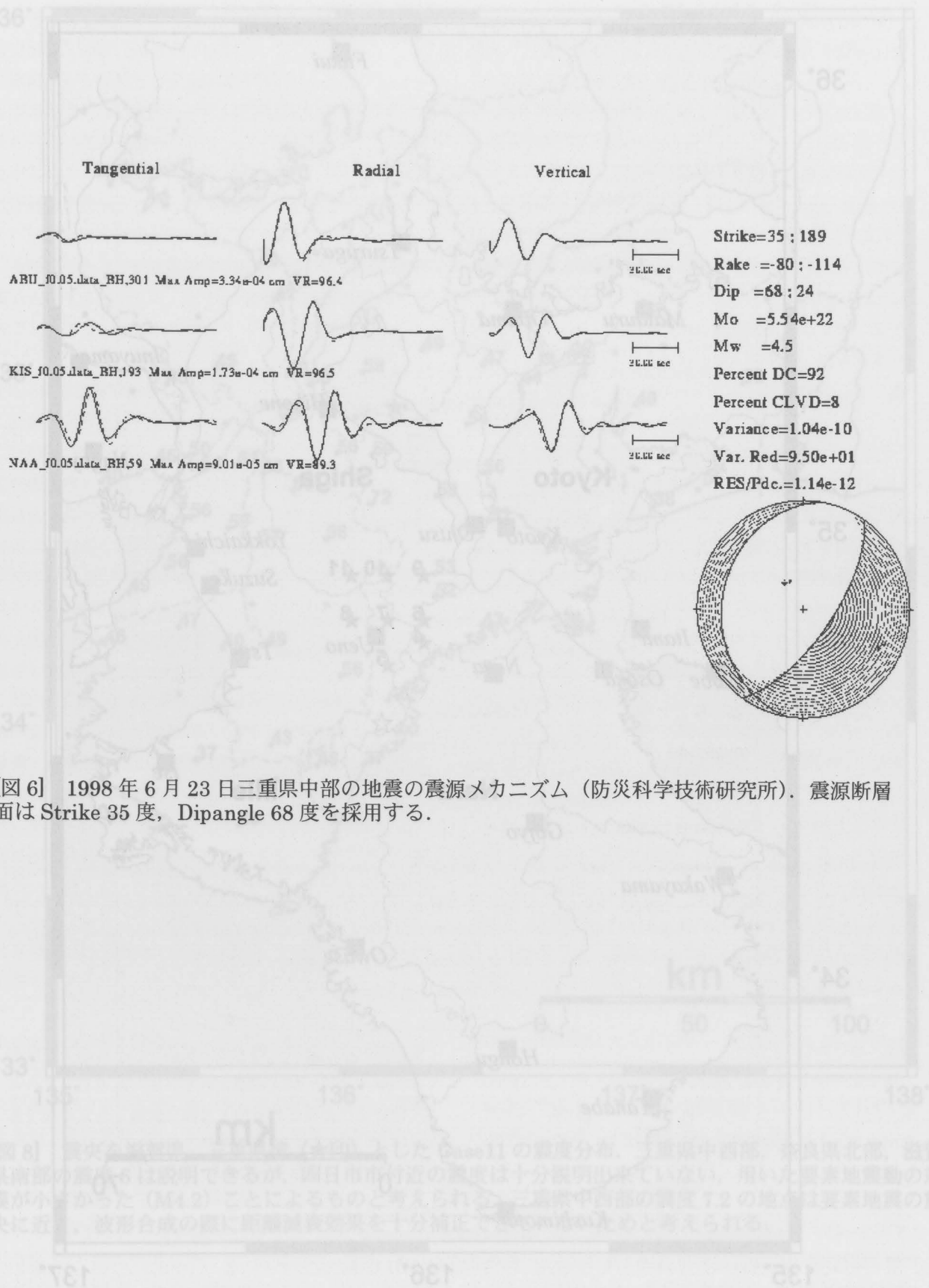
【図 3-d】 2000 年鳥取県西部地震 (M7.3) の震度の距離減衰



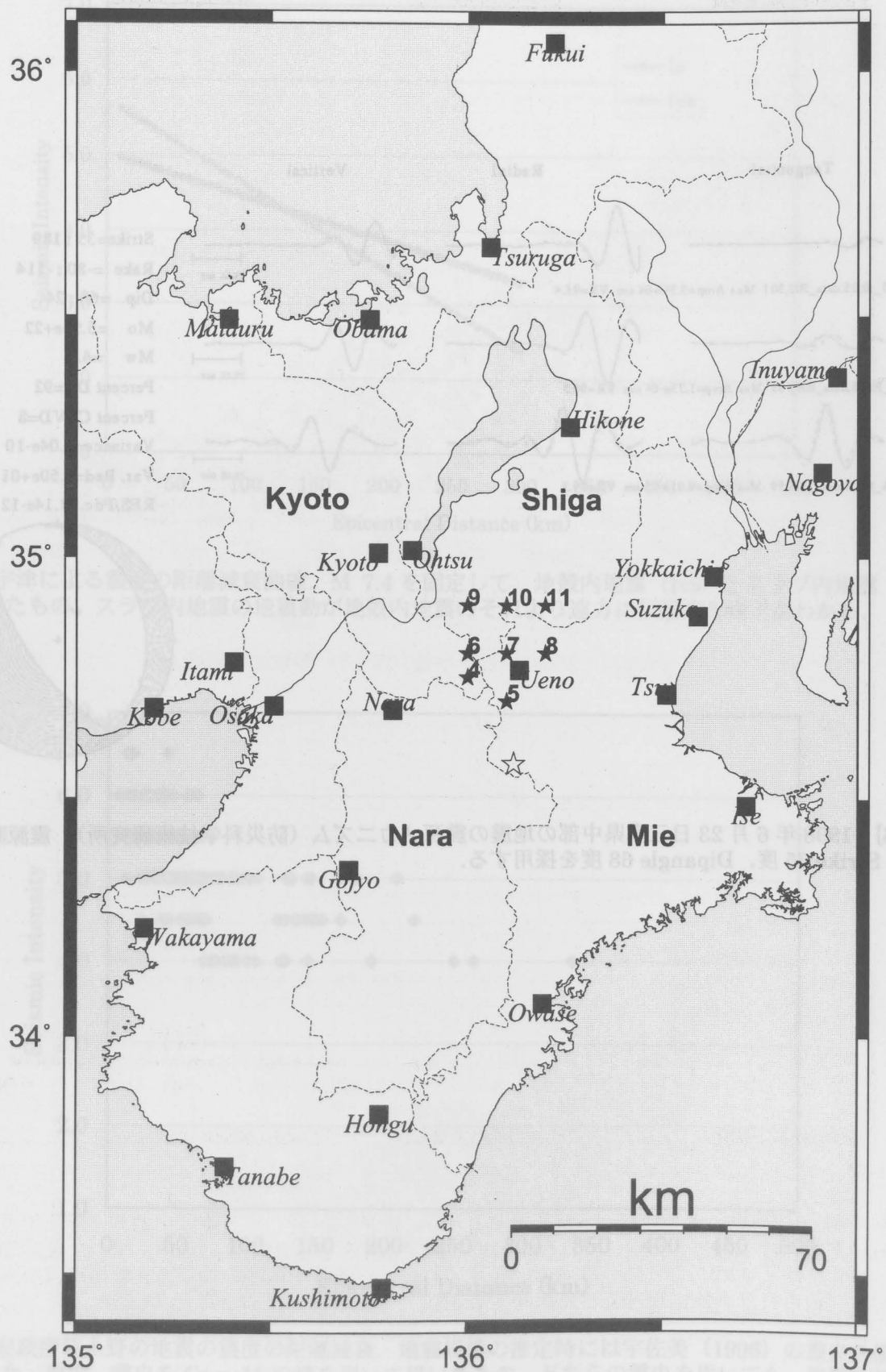
[図 4] 宇津による震度の距離減衰曲線. M 7.4 を固定して, 地殻内地震 (Ivs) とスラブ内地震 (Is) を描いたもの. スラブ内地震の地震動が地殻内地震のそれより遠方に伝播する様子がわかる.



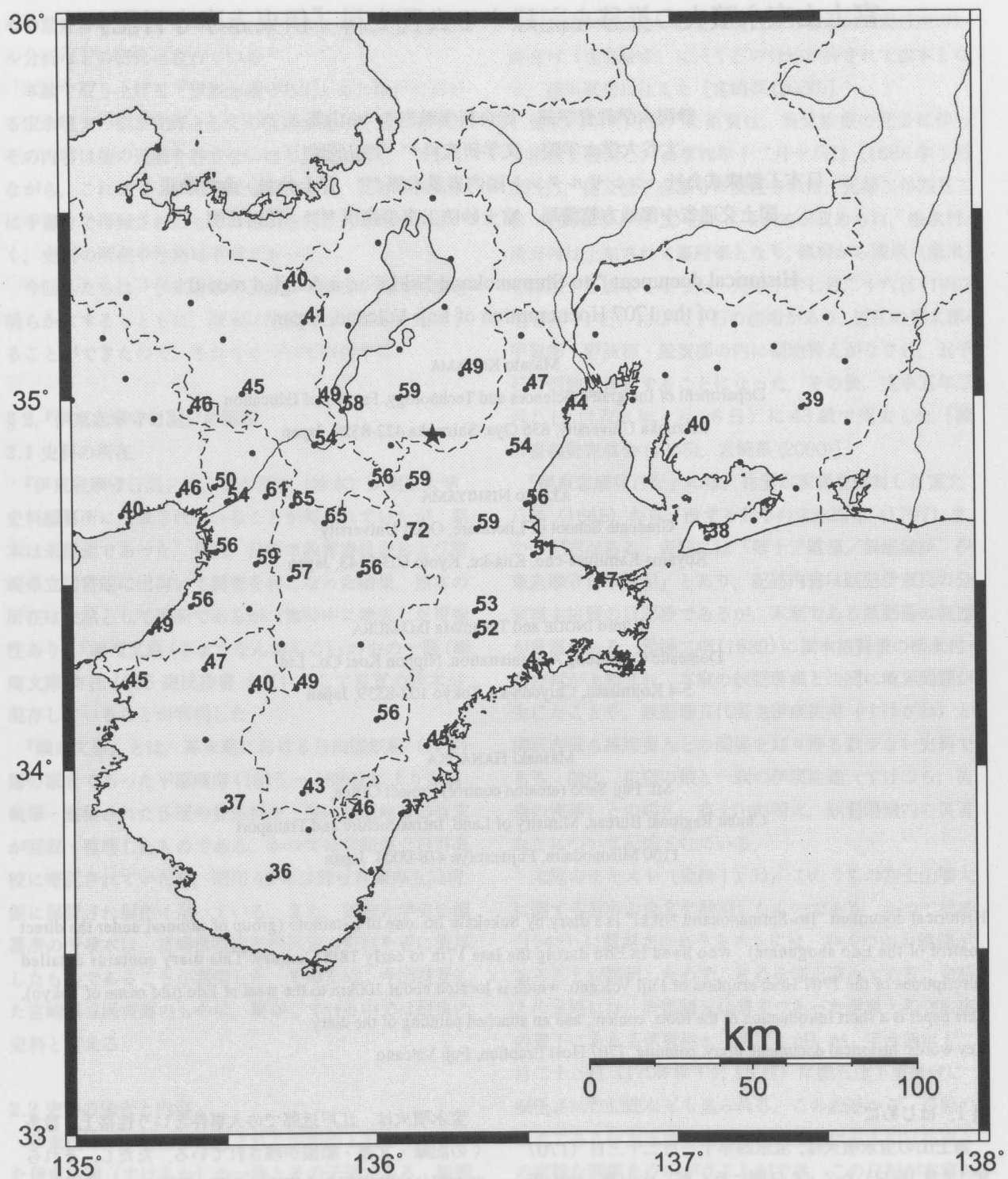
[図 5] 安政伊賀上野の地震の震度の距離減衰. 地震規模の推定時には宇佐美 (1996) の震央を使用し
て検討した. 再度, 震央を Case-11 の値を用いて描いたもの. どちらの震央を用いても, 規模の評価に
変化はない. 遠方で震度の推定された地点の震央距離は東京 336km, 岡山 209km, 金沢 145km, 福井
129km そして尾鷲 102km である.



[図6] 1998年6月23日三重県中部の地震の震源メカニズム(防災科学技術研究所)。震源断層面はStrike 35度, Dipangle 68度を採用する。



[図 7] 波形合成に用いた震源断層上端中央 (Case4~Case11) を黒星印で、要素地震の震央を白星印示す。また、近畿地方の主な市町村を■印で示す。



[図 8] 震央を滋賀県、三重県境 (★印) とした Case11 の震度分布. 三重県中西部, 奈良県北部, 滋賀県南部の震度 6 は説明できるが, 四日市市付近の震度は十分説明出来ていない. 用いた要素地震動の規模が小さかった (M4.2) ことによるものと考えられる. 三重県中西部の震度 7.2 の地点は要素地震の震央に近く, 波形合成の際に距離減衰効果を十分補正できていないためと考えられる.