

7. 濃尾地震の建物被害と地震動特性

7.1 はじめに

濃尾地震では、村松(1963)や飯田(1985)によって詳細な建物被害データが整備されており、地震動強さ分布として、この建物被害から推定した震度分布が示されている。しかし、両者の震度階が同じであると考ええると、震度分布はまったく対応していない。また、震度分布は防災的な観点から非常に重要な地震動強さ分布であるが、最大速度分布は、建物の耐震性能を考える上で重要な指標であると同時に、兵庫県南部地震でみられた周期 1 秒付近が卓越するような地震動特性を反映した一つの地震動強さの指標であり、震源モデルを用いた詳細な強震動評価結果などに対応付けるためにも、濃尾地震の最大速度分布を示すことは非常に重要である。そこで、ここでは、まず、村松(1963)の震度と飯田(1985)の震度との対応関係を検討した上で、兵庫県南部地震の建物被害データに基づいて構築した木造建物の被害率曲線（林・宮腰, 1998）を用いて、既往の震度分布を最大速度分布に読み換えることを試みる。

7.2 建物被害データと推定震度分布

7.2.1 村松(1963)による建物被害データと推定震度分布

村松(1963)は、岐阜県美濃地方の住家全潰率を市町村別に詳細に整理している。この住家全潰率と表 7.2.1 に示す震度階との対応から、震度分布を求めている。ここで、震度とは表 7.2.1 に示した地変震度階であり、気象庁震度階とは異なるものであることに注意する必要がある。また、福井県や愛知県においては、建物被害データが不備であることから、地変や井泉異変などを考慮して図 7.2.1 に示すような震度分布を示している（地震調査委員会, 2001）。これは、地震調査委員会(2001)による「岐阜——宮断層帯の評価」の資料の中でも用いられている。

7.2.2 飯田(1985)による建物被害データと推定震度分布

飯田(1985)は、愛知県、岐阜県、福井県およびその他の府県の住家全壊率と住家半壊率を市町村別に詳細に整理している。この住家全壊率と表 7.2.2 に示す震度階との対応から、図 7.2.2 に示すような震度分布を求めている。ここで、震度とは表 7.2.2 に示したように気象庁震度階と対応するものであり、実際、図 7.2.3 に示す気象庁による震度分布（気象庁, 1983）と概ね対応している。

7.2.3 建物被害データの被災度判定基準

濃尾地震当時の被災度判定基準は、今村(1910)などが指摘しているように、行政上の処分を行うための建物の損害割合に基づく基準と学術的な意味での構造的な被害に基づく基準の 2 つがあった（今村, 1910；小林, 1998）。ここでは、表記上の混乱を避けるため、行政上の被災度を「全壊」「半壊」とよび、学術的な被災度を「全潰」「半潰」とよぶこととする。「全壊」の定義は、「全壊・

全焼・半焼にして修復しえないもの」(村松, 1963)であり、「全潰」の定義は、「建築物の軒または2階建ての建築物の2階床が地に着く」(小林, 1998)ものである。また、後述するように、村松(1963)の建物被害は行政上の被災度、飯田(1985)の建物被害は学術的な被災度であると考えられるため、表 7.2.1 や表 7.2.2 とは異なる表記であるが、以降では、それぞれ、「全壊」および「全潰」とよぶこととする。

村松(1963)と飯田(1985)の2つの建物被害データにおいて集計地域が共通している岐阜県美濃地方に対して、村松(1963)の住家被害率(全壊率+半壊率/2)と飯田(1985)の住家被害率(全潰率+半潰率/2)を比較すると、村松(1963)の住家被害率の方が地域によっては数倍程度大きな値となっている。これは、先に示した被災度判定基準による違いであると考えられる。当時の被災度判定基準としては、行政上の処分を行うための「全壊」と学術的な意味での「全潰」の2つの基準があり、学術的な「全潰」数に比べて行政上の「全壊」数が大きいことは今村(1910)や竹山(1951)などによって指摘されている。これより、村松(1963)の住家全壊は行政上の「全壊」であり、飯田(1985)の住家全潰は学術的な「全潰」と考えられるが、これを墓石の転倒震度と住家全壊(潰)率との関係で確かめてみる。図 7.2.4 に、過去の被害地震における墓石の転倒震度と住家全壊(潰)率の関係式を示す(諸井・武村, 1999)。図より、濃尾地震のものとして、村松(1961)による関係式が示されている。また、同じ内陸の巨大地震である 1948 年福井地震のものとして、谷口・他(1951)による関係式と高橋(1951)による関係式が示されている。福井地震における2つの関係式で、全壊(潰)率 50%の墓石の転倒震度が大きく異なっており、谷口・他(1951)による値の方が大きい。これは、谷口・他(1951)による住家全壊(潰)率は行政上の「全壊」率であり、高橋(1951)による住家全壊(潰)率は学術的な「全潰」率に比較的近いものであること(野畑・他, 2000)から、被災度判定基準の違いであると解釈できる。また、行政上の「全壊」率である谷口・他(1951)による関係式の全壊(潰)率 50%の墓石の転倒震度が、村松(1963)による関係式の全壊(潰)率 50%の墓石の転倒震度とほぼ対応することから、以下の検討では、村松(1963)の住家全壊は行政上の「全壊」、飯田(1985)の住家全潰は学術的な「全潰」と考えることとする。

7.3 震度と最大速度との関係

7.3.1 木造建物の被害率曲線

林・宮腰(1998)によって構築された、兵庫県南部地震の建物被害データによる木造建物の被害率曲線を図 7.3.1 に示す。図中、実線は構造的な被害に基づく 1974 年以前の木造建物の倒壊率曲線であり、飯田(1985)の住家全潰率と対応すると考えられる。また、破線は建物の損害割合に基づく 1950 年以前の木造建物の全壊率曲線であり、村松(1963)による住家全率と対応すると考えられる。図に示した被害率曲線より求められる代表的な被害率に対応する最大速度を表 7.3.1 に示す。

7.3.2 村松(1963)による震度と最大速度との関係

村松(1963)による震度と住家全壊率の関係は、表 7.2.1 より、震度 7 で 90%以上、震度 6 で 75~90%、震度 5 で 35~75%程度である。これらの住家全壊率から、建物の損害割合に基づく 1950

年以前の木造建物の全壊率曲線を用いて最大速度を推定すると、震度 7 で 140 cm/s 程度以上、震度 6 で 100～140cm/s 程度、震度 5 で 60～100cm/s 程度となる。

7.3.3 飯田(1985)による震度と最大速度との関係

飯田(1985)による震度と住家全潰率の関係は、表 7.2.2 より、震度 7 で 30%以上、震度 6 で 20～30%程度である。これらの住家全潰率から、建物の構造的な被害に基づく 1974 年以前の木造建物の倒壊率曲線を用いて最大速度を推定すると、震度 7 で 100 cm/s 程度以上、震度 6 で 85～100cm/s 程度となる。ただし、ここで用いた倒壊率曲線は、1974 年以前の木造建物に対するものであり、木造の耐震規定の変遷を考えると、濃尾地震当時よりも耐震性能が向上した木造建物の被害も含んでいるため、推定した最大速度を大きめに評価している可能性がある。これに対して、野畑・翠川(2002)は、1949 年福井地震における構造的な被害に基づく全潰率と最大速度の関係式を構築しており、この関係式と林・宮腰(1998)による構造的な被害に基づく 1974 年以前の木造建物の倒壊率曲線とを比較すると、福井地震における全壊率 30%は兵庫県南部地震における倒壊率 10%程度と概ね対応することを指摘している。このことを考慮すると、飯田(1985)による震度と最大速度の関係は、震度 7 で 70cm/s 程度以上、震度 6 で 50～70cm/s 程度となる。

7.3.4 村松(1963)と飯田(1985)による震度の対応関係および考察

村松(1963)の震度と飯田(1985)の震度との対応関係について検討する。先に述べたように、村松(1963)の震度は地変震度階であり、飯田(1985)の震度は気象庁震度階に概ね対応しており、両者の震度階は必ずしも対応しない。両者の違いは建物被害の被災度判定基準の違いであって、地震動強さは同じであると考えて図 7.2.1 と図 7.2.2 を見比べると、村松(1963)の震度 5 以上が飯田(1985)の震度 7 に概ね対応すると考えられる。先に示した最大速度との対応関係でみると、村松(1963)の震度 5 以上は 60cm/s 程度以上、飯田(1985)の震度 7 は野畑・翠川(2002)の指摘に従えば 70cm/s 程度以上となり、最大速度においても概ね整合している。以上の震度と最大速度の関係を表 7.3.2 に示す。また、兵庫県南部地震における震度 7 の領域が 100cm/s 程度以上であった(村松, 1995 ; 林・他, 1997) と考えると、その領域は、飯田(1985)の震度 7 より狭く、村松(1963)の震度 6 以上に概ね対応すると考えられる。図 7.3.2 に、村松(1963)の震度分布、飯田(1985)の震度分布、および兵庫県南部地震における震度 7 の領域を同じ縮尺で示す。図中、兵庫県南部地震における震度 7 の領域(大阪管区気象台, 1995)と、濃尾地震の最大速度 100cm/s 程度以上の領域を赤色で示す。図より、兵庫県南部地震に比べて濃尾地震のほうが、最大速度 100cm/s 程度以上の領域が広範囲であることがわかる。

また、ここで示した濃尾地震の最大速度分布は、9 章で示す震源モデルから距離減衰式を用いて推定した最大速度分布とも調和的である。

7.4 まとめ

本検討では、濃尾地震において村松(1963)および飯田(1985)によって示された既往の建物被害デ

ータおよび建物被害より推定した震度分布に対して、震度と最大速度の定量的な関係について検討した。その結果、以下のことが指摘できる。

- 村松(1963)と飯田(1985)による建物被害データで、集計単位が共通する地域での被害率の差や、墓石の転倒震度と住家全壊(潰)率との関係などから、両者の建物被害データは被災度判定基準が異なり、村松(1963)の建物被害データは建物の損害割合に基づくものであり、飯田(1985)の建物被害データは構造的な被害に基づくものであると考えられた。
- 村松(1963)と飯田(1985)による震度分布において、村松(1963)の震度は地変震度階であり、飯田(1985)の震度は気象庁震度階と概ね対応していた。
- 林・宮腰(1998)によって被災度判定基準毎に構築された兵庫県南部地震の木造建物の被害率曲線を用いて、既往の震度と最大速度の関係について検討した。その結果、村松(1963)による震度と最大速度の関係は、震度 7 で 140 cm/s 程度以上、震度 6 で 100～140cm/s 程度、震度 5 で 60～100cm/s 程度となった。一方、飯田(1985)による震度と最大速度の関係は、震度 7 で 70cm/s 程度以上、震度 6 で 50～70cm/s 程度となった。また、村松(1963)の震度 5 以上が飯田(1985)の震度 7 に概ね対応し、そのときの最大速度は 60～70cm/s 程度以上となった。この結果は、9 章で示す震源モデルから距離減衰式を用いて推定した最大速度分布とも調和的であった。
- 兵庫県南部地震における震度 7 の領域が 100cm/s 程度以上であったと考えると、その領域は、飯田(1985)の震度 7 より狭く、村松(1963)の震度 6 程度以上に対応すると考えられ、濃尾地震の方が広範囲であることを示した。
- 今後、墓石の転倒率などの建物以外の被害データなどとの整合性を検討した上で、愛知県、岐阜県、福井県などの市町村別の詳細な被害率を利用して、より詳細な最大速度分布の推定を行う予定である。

参考文献

- 林 康裕・宮腰淳一・田村和夫・川瀬 博 (1997): 1995 年兵庫県南部地震の低層建物被害率に基づく最大地動速度の推定, 日本建築学会構造系論文集, 第 494 号, pp.59-66.
- 林 康裕・宮腰淳一 (1998): 兵庫県南部地震による被害率曲線, 1998 年日本建築学会災害部門パネルディスカッション資料, 地震動の特性と建築物の被害—経験と予測—, pp.15-20.
- 飯田汲事 (1985): 明治 24 年 (1891 年) 10 月 28 日濃尾地震の震害と震度分布, 飯田汲事教授論文選集, 東海地方地震・津波災害誌, pp.115-447.
- 今村明恒 (1910): 明治四十二年姉川地震調査報告, 震災予防調査会報告, 第 70 号, pp.1-64.
- 地震調査委員会 (2001): 岐阜—宮断層帯の評価, 平成 13 年 1 月 10 日.
- 気象庁 (1983): 被害地震の表と震度分布図, p.357.
- 小林啓美 (1995): 福井地震 1948 と地震工学, 地震工学振興会ニュース, No.161, pp.6-9.
- 諸井孝文・武村雅之 (1999): 1995 年兵庫県南部地震による気象庁震度階と住家全壊率の関係, 地

- 震, 第2輯, 第52巻, 第1号, pp.11-24.
- 村松郁栄 (1961): 震害分布と地盤の性質との関係について—特に濃尾地方について—, 岐阜大学学芸学部研究報告 (自然科学), 第2巻, 第5号, pp.559-569.
- 村松郁栄 (1963): 濃尾地震激震域の震度分布および地殻変動, 岐阜大学学芸学部研究報告 (自然科学), 第3巻, 第2号, pp.202-224.
- 村松郁栄 (1995): 震度について, 地震工学振興会ニュース, No.145, pp.57-63.
- 野畑有秀・翠川三郎・宮村攝三 (2000): 1948年福井地震における木造家屋の被害分布の再検討, 地域安全学会論文集, Vol.2, pp.179-186.
- 野畑有秀・翠川三郎 (2002): 木造家屋の被害分布より推定した1948年福井地震における震源近傍の地震動強さ, 日本建築学会構造系論文集, 第553号, pp.27-32.
- 大阪管区気象台 (1995): 1995年兵庫県南部地震とその余震活動, 地震予知連絡会会報, 第54巻, pp.584-592.
- 高橋龍太郎 (1951): 福井地震概説, 地昭和23年福井地震震害調査報告, II 建築部門, 北陸震災特別委員会, pp.1-22.
- 竹山謙三郎・竹ノ内清次・大崎順彦 (1951): 福井平野周辺部に於ける被害率分布について—主として地盤と木造建物の被害との関係—, 地昭和23年福井地震震害調査報告, II 建築部門, 北陸震災特別委員会, pp.29-66..
- 谷口 忠・小林啓美・坂井辰郎 (1951): 物体の転倒構造物の倒壊より推察した福井地震の地動, 地昭和23年福井地震震害調査報告, II 建築部門, 北陸震災特別委員会, pp.23-29.

表 7.2.1 村松(1963)が震度分布推定に用いた震度階と被害との対応関係

地変震度階 (Modified OIS)	1	2	3	4	5	6	7
大森震度階 (OIS)	2～3	3～4	4～5	5～5.5	5.5～6	6～6.5	6.5～7
堤防	いづらか	～50間	50～	100～	200～	～1000～	潰滅
平地道路	なし	～10間～	～50	50～	100～	～400～	攪乱甚
田畑・宅地	なし	いづらか 1畝～	～50間 ～1反	50～ 1反～	数100間 1町～	数10町	同上
山地道路 山崩	なし	～20間～ ～10 ² 間 ²	～50 10 ² ～	50～ ～30 ² ～	100～ ～50 ²	夥し 同上	赤緒
断層線	なし	なし	なし	なし	いづらか	やや著	著
井泉異常	いづらか	相当	大抵	大抵	著	極めて著	大異変
住家全潰率 (但し濃尾地方)	0 (屋壁キレツ)	0%＜	～1%～	～20～	～50～	～80～	～100
地動加速度	～120gal～	～200～	～260～	～320～	～400～	～500～	～700～
気象庁震度階	V		VI			VII	

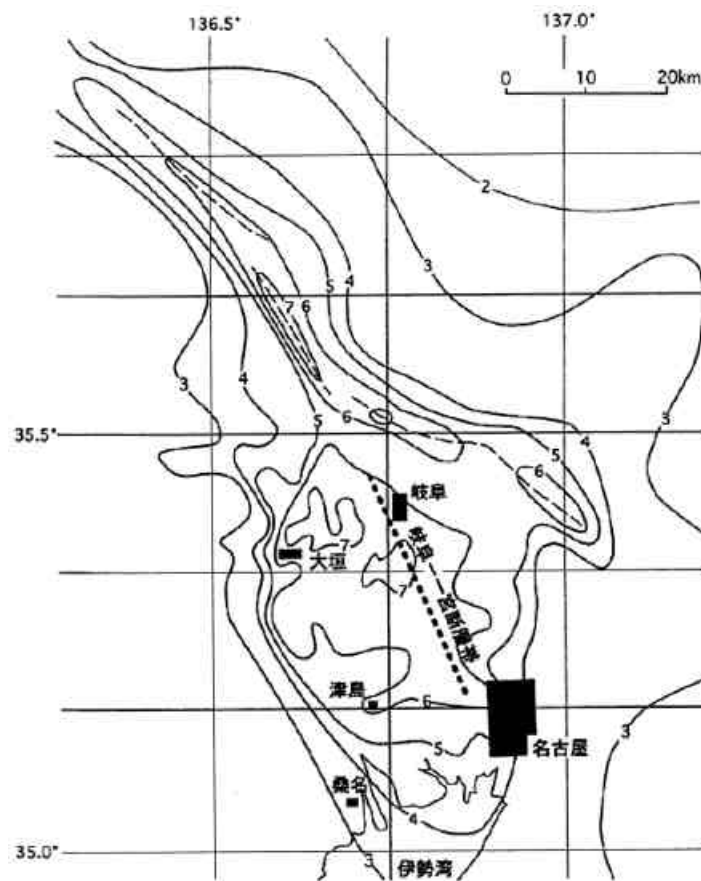


図 7.2.1 村松(1963)による濃尾地震の震度分布 (地震調査委員会, 2001)

表 7.2.2 飯田(1985)が震度分布推定に用いた震度階と被害との対応関係

気象庁震度階	V		VI				VII
地変震度階 (Modified OIS)	1	2	3	4	5	6	7
大森震度階 (OIS)	2~3	3~4	4~5	5~5.5	5.5~6	6~6.5	6.5~7
住家全壊率	0	0%<	~1%~	~10%~	~20%~	20~30%	30%<
断層線	なし	なし	なし	なし	いくらか	やや著	著
堤防破壊	いくらか	~50間	50~	100~	200~	1000~	潰滅
平地道路破壊	なし	~10間~	~50	50~	100~	~400~	攪乱甚
田畑・宅地被害	なし	いくらか 1畝	~50間 ~1反	50~ 1反~	数100間 1町~	数10町	同上
山地道路被害 山崩被害	なし	~20間~ ~10 ² 間 ²	~50 10 ² ~	50~ ~30 ² ~	100~ ~50 ²	夥し 同上	赤緒
井泉異常	いくらか	相当	大抵	大抵	著	極めて著	大異変
地動加速度	~120~	~200~	~260~	~300~	~340~	~380~	400~

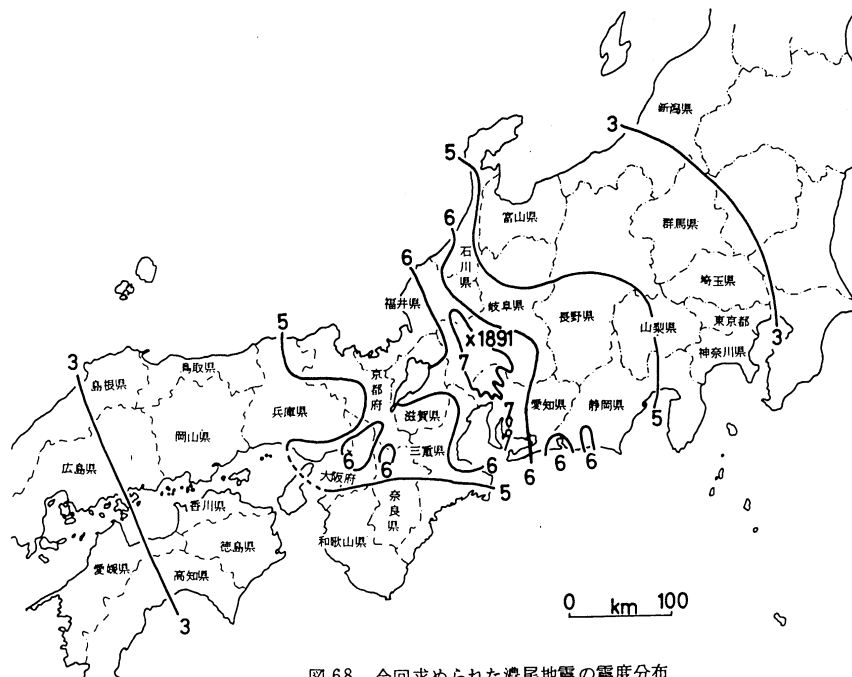


図 68 今回求められた濃尾地震の震度分布

図 7.2.2 飯田(1985)による濃尾地震の震度分布

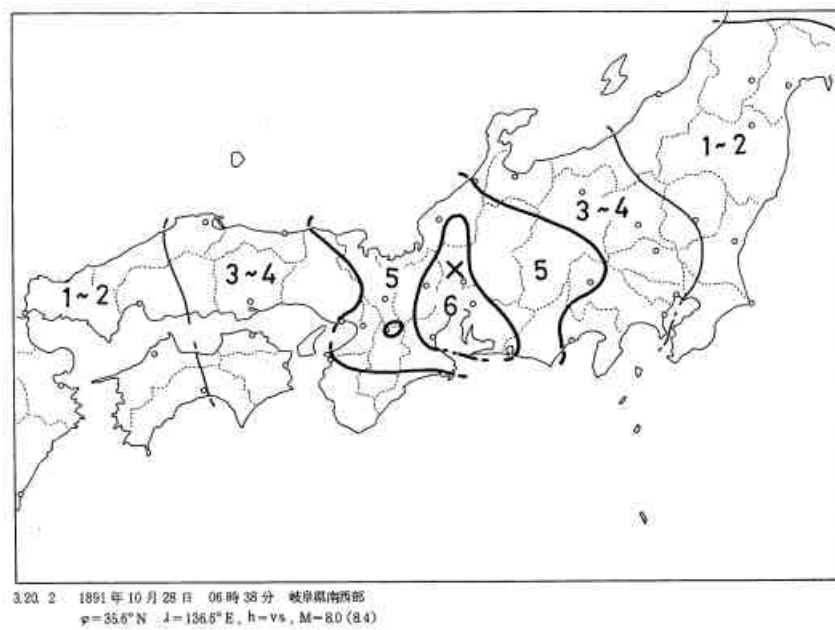


図 7.2.3 濃尾地震の気象庁震度分布 (気象庁, 1983)

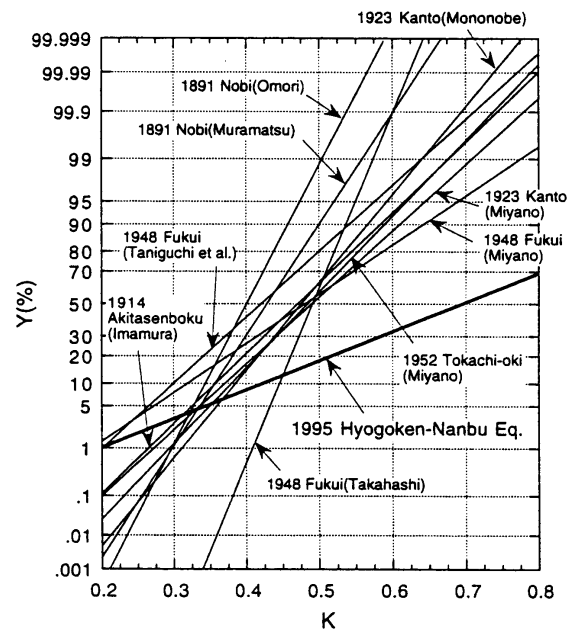


Fig. 6. Comparison of relationships between overturning acceleration of tombstones $K(g)$ and collapse rate of wooden houses $Y(\%)$. The references are shown in the caption for Table 3.

図 7.2.4 墓石の転倒震度と住家全壊率との関係 (諸井・武村, 1999)

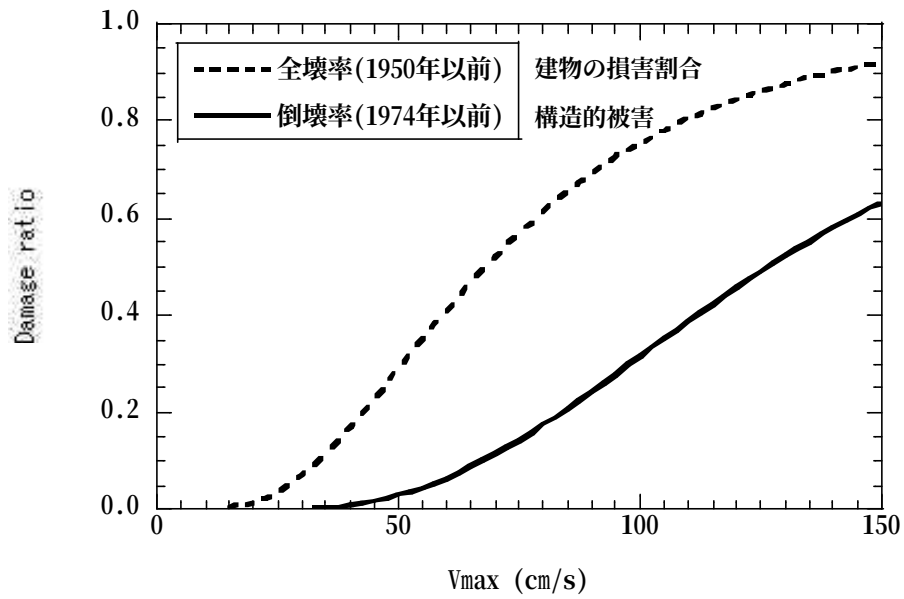


図 7.3.1 兵庫県南部地震の被害データに基づく木造建物の被害率曲線（林・宮腰, 1998）

表 7.3.1 木造建物の被害率曲線から求められる被害率と最大速度

建物の損害割合に 基づく全壊率 (1950年以前)	最大速度	構造的な被害に 基づく倒壊率 (1974年以前)	最大速度
(%)	(cm/s)	(%)	(cm/s)
90	139	30	98
75	99	20	84
35	55	10	67

表 7.3.2 既往の震度と最大速度の関係

震度 村松(1963)	震度 飯田(1985)	最大速度 (cm/s)
7	-	140～
6	-	100～140
5	7	60or70～100
-	6	50～70

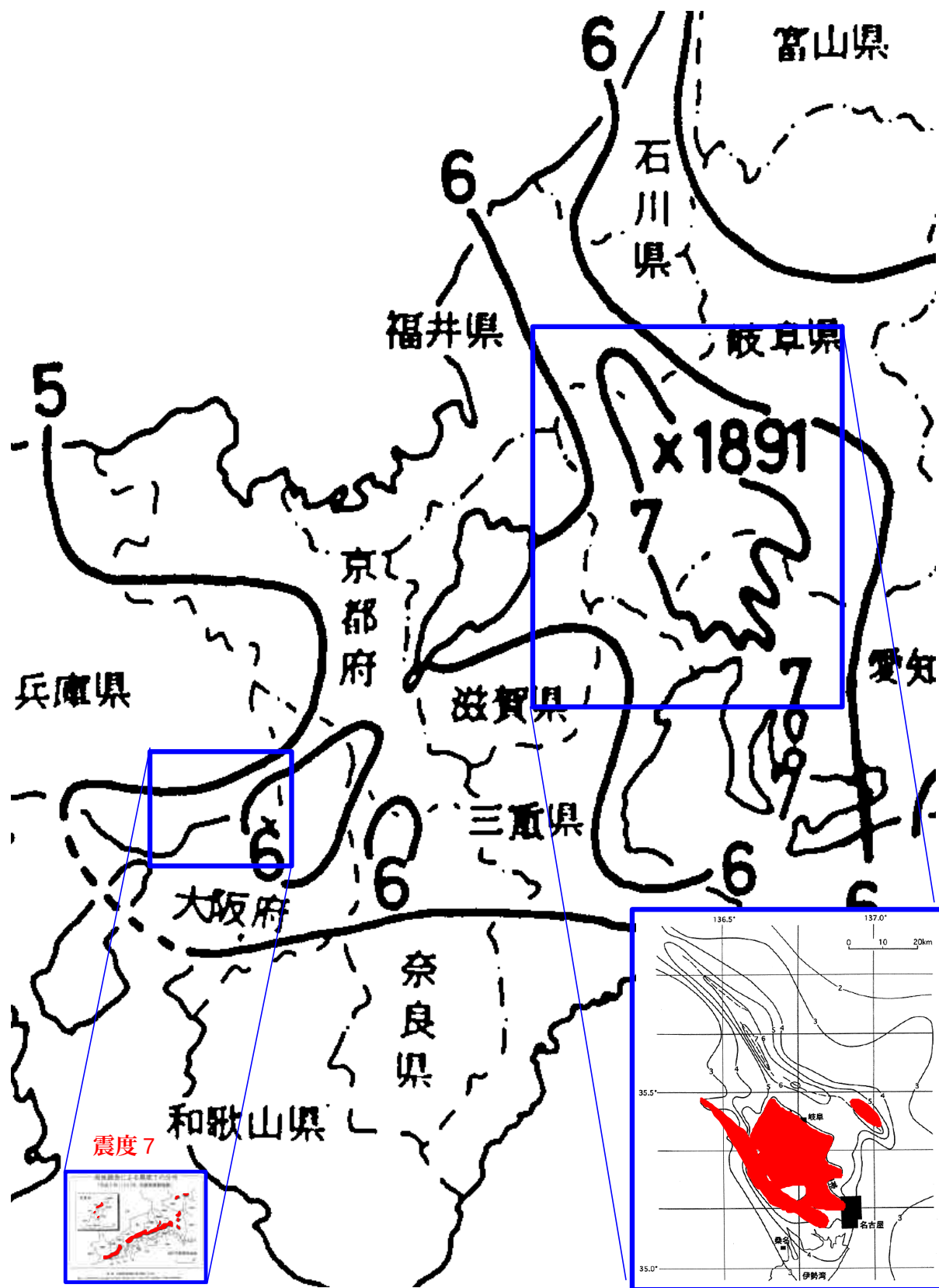


図 7.3.2 濃尾地震の最大速度 100cm/s 以上の領域と兵庫県南部地震の震度 7 の領域との関係