

- 東京大学出版会, (1980)
- (12) Kanamori, H., Determination of Effective Stress Associated with Earthquake Faulting, The Tottori Earthquake of 1943. *Phys. Earth Planet. Inter.*, 5, 426-434, (1972)
- (13) Kishimoto, Y. and Nishida, R. : Mechanisms of Microearthquakes and Their Relation to Geological Structures, *Bull. Disas. Prev. Res. Inst.*, Kyoto Univ., 23, 1-25, (1973)
- (14) 京都大学防災研究所地震予知研究センター・鳥取大学教養部地学教室：米子南方（鳥取－島根県境）に発生した群発地震，地震予知連絡会会報，43, 448-461, (1990)
- (15) 京都大学防災研究所地震予知研究センター・鳥取大学教養部地学教室：鳥取－島根県境付近の地震（1991年8月28日・M=5.9），地震予知連絡会会報，47, 379-386, (1992)
- (16) 黒川 泰，鳥取－島根県境付近の地震について，平成7年度内地留学研究報告書，(1996)
- (17) 国立天文台編：理科年表，丸善，(2002)
- (18) 竹内文朗・佃 為成・西田良平・中尾節郎・渋谷拓郎・渡辺邦彦・西上欽也・尾池和夫：1985年大山火山付近に発生した群発地震について，京都大学防災研究所年報，29, B-1, 39-47, (1986)
- (19) 東京大学地震研究所白木微小地震観測所：中国地方とその周辺の地震活動（1988年5月～1989年10月），地震予知連絡会会報，43, 419-425, (1990)
- (20) 東京大学地震研究所白木微小地震観測所：中国地方とその周辺の地震活動（1989年11月～1990年4月），地震予知連絡会会報，44, 286-293, (1990)
- (21) 鳥取県：鳥取県震災小誌，(1944)
- (22) Nishida, R. : Earthquake Generating Stress in Eastern Chugoku and Northern Kinki Districts, Southwest Japan., *Bull. Disas. Prev. Res. Inst.*, Kyoto Univ., 22, 197-233. (1973)
- (23) 西田良平・中尾節郎・矢部 征：山陰地方の地震活動，京都大学防災研究所年報，17, 69-81, (1976)
- (24) 西田良平：山崎断層周辺の微小地震の発震機構について，鳥取大学教養部紀要，17, 209-234, (1983)
- (25) Nishida, R. : The Mechanism of Occurrences of the Main Shock and Aftershocks of the 1983 Tottori Earthquake and their Relation to the Tectonic Stress Field, *J. General Education*, Tottori Univ., 22, 77-116, (1988)
- (26) Nishida, R. : Characteristics of the 1983 Tottori Earthquake sequence and its relation to the tectonic stress field, *Tectonophysics*, 174, 257-278, (1990)
- (27) 西田良平・岡田昭明・渋谷拓郎：鳥取地方の地震と活断層，(1991)
- (28) 松山和也：1985年大山付近の地震について，鳥取大学教育学部卒業論文，(1989)

4.3 日野町下榎地区の木造建物被害と地震動

松波孝治*・森井雄史*

藤原悌三**・岡本祐果**

はじめに

本地震による被害は地震規模が大きいにもかかわらず少なかった。これは震源域が中国山地の山間部にあり，各集落は固い良好な地盤上にあったことや，多雪地域であり積雪時の荷重を考慮し柱や梁の寸法が通常よりも大きかったことなどが関係しているものと考えられる。しかし，本震震央から南東約10 kmの日野町下榎地区は全建物棟数139棟のうち木造家屋が122棟で，そのほとんどが被害を受けた。また，集落面積がおおよそ300 m×400 mの狭い地区内とはいえ場所による被害レベルの違いが見られた。本稿では，被災直後に行われた木造建物の全数被害調査による被害分布，余震観測記録から評価される同地区内のサイト増幅特性及び常時微動計測から求められる木造住宅の固有振動数を比較検討することにより同地区内の木造建物被害の場所による違いの要因を考察する。

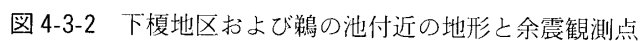
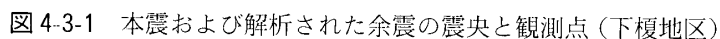
地質・地形の概観

図4-3-1に，本震と解析された余震の震央とともに本研究の対象地区である下榎地区の位置を示し，図4-3-2に下榎とその周辺の地形図を示す。参考文献(1)によれば，下榎地区は，大きく穿入蛇行する日野川が南北に流れる部分の左岸に位置する。周辺の山々は白亜紀末期から古第三紀初期にかけて形成された因美期貫入岩類に属する根雨花

* 京都大学・防災研究所

** 滋賀県立大学・環境科学部

在し、下榎地区はその一つである。谷が崖錐で埋められた埋積谷が多く、山砂鉄採掘による廃砂が集積されている所もある。本地区北側の安原地区はその一つである。下榎地区の表層地質は明らか



ではないが、家庭用井戸の掘削時の資料によれば同地区中央部(図4-3-2の観測点2(ROJ)付近)では地表からおよそ20mで岩着している。花崗岩からなる基盤岩上に大山火山の噴出物である凝灰角礫岩や火山灰、軽石を含んだ層や沖積砂礫層から成っていると考えられる。

下榎地区の西方約2kmには鵜ノ池がある。鵜ノ池にはKik-netの地震計が地中100mと地表に設置されている。今回の地震では計測震度6.6が観測され、鵜ノ池に近い黒坂地区でも木造住宅の被害が大きかった。公表されているKik-net近傍のボーリング資料によれば、地表付近のP波速度は0.86km/s、S波速度は0.21km/s、GL-100mでのP波速度は2.6km/s、S波速度は0.79km/sである。

木造建物被害分布

下榎地区は南側の1区と北側2区の二つの自治会からなる。2区では昭和49年から51年と昭和54年から60年の2期に分けて道路整備が行われ、この時ほとんどの建物が建て替えられたため比較的新しい住宅で占められている。1区は古くからの集落であり、建築年代の古い建物も多く残っている。地震直後の10月8日から10日にかけて2区全120世帯の全建物と、場所的に近い1区の9世帯の建物を対象として外観による被害調査を実施した(小林・他、2001)。全建物棟数は139棟でそのうち木造が122棟と圧倒的に多い。調査項目は部位別被害と構造種別、階数、間口、奥行き、築年数とした。倒壊や大きく傾斜した建物がそれ

ほど多くないため、表4-3-1に示すように部位別被害の状況から建物の被害レベルを7段階に区分した。本地区では地盤変状が原因と見られる建物被害は少なかった。このため被害レベルの判定の際には地盤変状は含まれていない。

下榎地区の被害レベルの分布を図4-3-3に示す。集落面積がおよそ300m×400mの狭い地区内とはいえ場所による被害レベルの差がよく現れている。本地区の北西部の山際近くではレベルが0から1の家屋が多く被害は軽微である。一方、本地区中央部を南北に走る道路沿い西側部分と本地区の南西部分では被害が大きく3から5のレベルの家屋が多い。また、本地区中央部を南北に走る道路とJR伯備線間の地域では一部4から5のレベルのものもあるが概ね1から3のレベルの家屋が多く、本地区では中間的な被害を受けた地域である。この様に、本地区では被害レベルにより概ね三つのエリアに分けることができる。

余震観測によるサイト増幅特性の評価

速度型地震計による余震観測を日野町下榎地区(地表6点)で200年10月15日から12月29日の期間行った。サイト増幅特性の評価には同時観測された地震23個を用いた。マグニチュード(M_J、京大防災研究所地震予知センターによる)の範囲は1.8から3.9で、震源の深さは12km以内である。解析された地震の震央分布を図4-3-1に、下榎地区の観測点配置を図4-3-2にそれぞれ示した。下榎地区は、日野川左岸に形成された河岸段丘上にあり、集落の面積はおよそ400m×300mであ

表 4-3-1 木造建物は被害レベル(DL) 評価基準

被害レベル (DL)	屋根	外壁	基礎	柱	傾斜(rad.)	室内
0	無被害					
1	ずれ	微小クラック			1/500	障子
2	脱落	大クラック	クラック	ずれ		ガラス・襖破損
3		剥離	大クラック		1/100	内壁剥離
4					1/50	
5					1/30	
6	倒壊					

る。観測点 1 (SYU) は山際近くの被害が軽微であったエリアにある。4 (TIK) は日野川に近い。1 から 4 にかけて緩やかに傾斜しており、両者の間の水平距離はおよそ 300 m である。観測点 2 (ROJ) と 3 (NJR) は中間的な被害を受けたエリアに、5 (USI) と 6 (DRN) は被害の大きいエリアにある。それぞれの観測点のサイト増幅特性をスペクトル比法により評価した。この際、山際近くで比較的良好な地盤と考えられる観測点 1 (SYU) を基準点とした。また、観測点間の距離に比べて震源距離が十分大きい地震波の幾何学的減衰、伝播媒質の非弾性によるエネルギーの吸収減衰及び不均質構造による地震波の散乱減衰等の補正は行わなかった。水平動 2 成分 (NS, EW 成分) のスペクトルから水平動スペクトル (H 成分) をベクトル的に合成し、スペクトル比を計算した。解析区間は S 波の立ち上がりから 5 秒間で

ある。その際、両端部分 5 % に taper を持つ Hanning 形の window をかけ、さらに、0.4Hz 幅でスペクトルの平滑化を行った。

図 4-3-4 に、被害レベル分布図と共に各観測点のサイト増幅特性を示す。両者の比較から、次の事が言える。基準点である観測点 1 (SYU) 付近の被害は軽微であり被害レベルは 0-1 である。被害レベルの大きいエリアにある観測点 5 (USI) の増幅特性は、3-5Hz に増幅度 6-7 倍の明瞭なピークを持ち、また同じエリアにある 6 (DRN) の増幅特性も、3-4Hz に増幅度 4-5 倍の明瞭なピークを持つ。一方、被害レベルの中間的なエリアにある観測点 2 (ROJ) の増幅特性は、2-4Hz に増幅度 2-2.5 倍の幅のあるピークを持ち、また同じエリアの観測点 3 (NJR) は 2-3Hz に増幅度 3 倍程度のピークを持つ。なお、日野川近くの観測点 4 (TIK) は付近に木造建物がいないため被害との比較

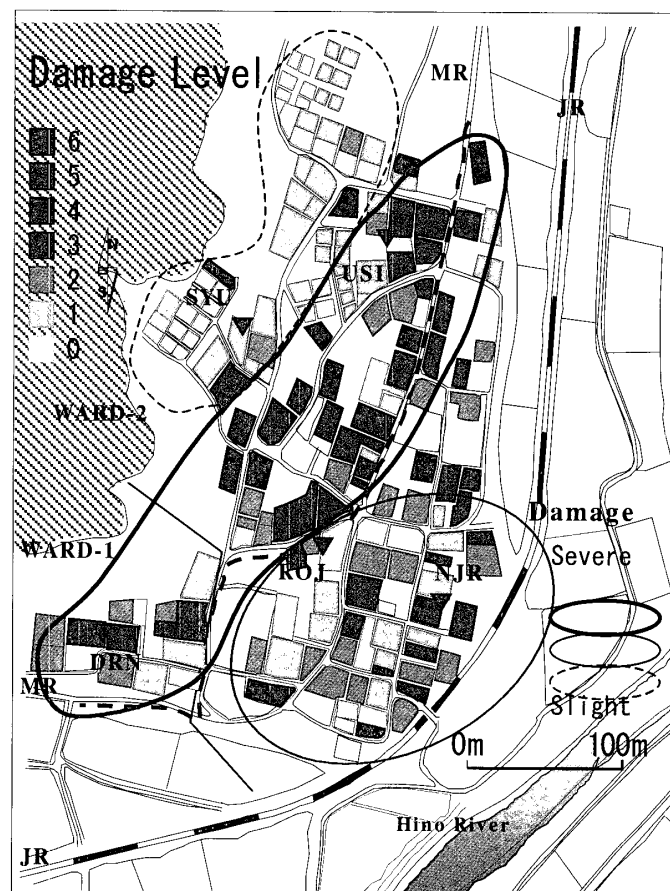


図 4-3-3 木造建物の被害レベルの分布
太線エリア：被害レベル大、細線エリア：被害レベル中、点線エリア：被害レベル小

は出来ない。この様に同地区は2-5Hz帯域に顕著なピークを持つ増幅特性によって特徴づけられ、さらに、この2-5Hz帯域の増幅度と被害レベルの間には良い相関があると言える。

緑川・藤本(2000)は被災地域で常時微動測定を行い、 H/V 比から地盤の卓越周期を求めた。それによると、下榎では0.4秒の結果を得ており、ここでの結果と一致する。

微動計測による木造建物の固有振動数の評価

下榎地区の木造家屋の固有振動数を評価するために、建物の2階床と屋外地盤上に速度計を設置し同時常時微動計測を行った。測定方向は梁間方向と桁行き方向である。3分間の微動計測を5回行った。それぞれ40秒間の記録のスペクトルを計算し、平滑化した後、2階床と地盤上のスペクトルの比をとり伝達関数を求めた。得られた伝達関数の最初のピークの周波数から固有振動数を評

価した。図4-3-5に得られた伝達関数の例を示し、結果を表4-3-2にまとめた。測定された5軒の木造住宅はいずれも修復済みのものである。表4-3-2より、固有振動数は概ね3-5Hzの範囲にあると考えてよい。この固有振動数範囲(3-5Hz)は同地区のサイト増幅特性のピーク周波数帯域(2-5Hz)にほぼ一致する。

おわりに

日野町下榎地区は集落面積がおおよそ300m×400mの狭い地区とはいえ場所による木造建物の被害レベルの差がよく現れている。被害レベルにより概ね三つのエリアに分けることができ、各エリアに余震観測点を設置しサイト増幅特性を評価した。また、常時微動計測を行い、下榎地区の木造家屋の固有振動数を推定した。これらの結果を比較検討することにより以下のような結論を得た。(1)下榎地区は2-5Hz帯域に顕著なピークを持

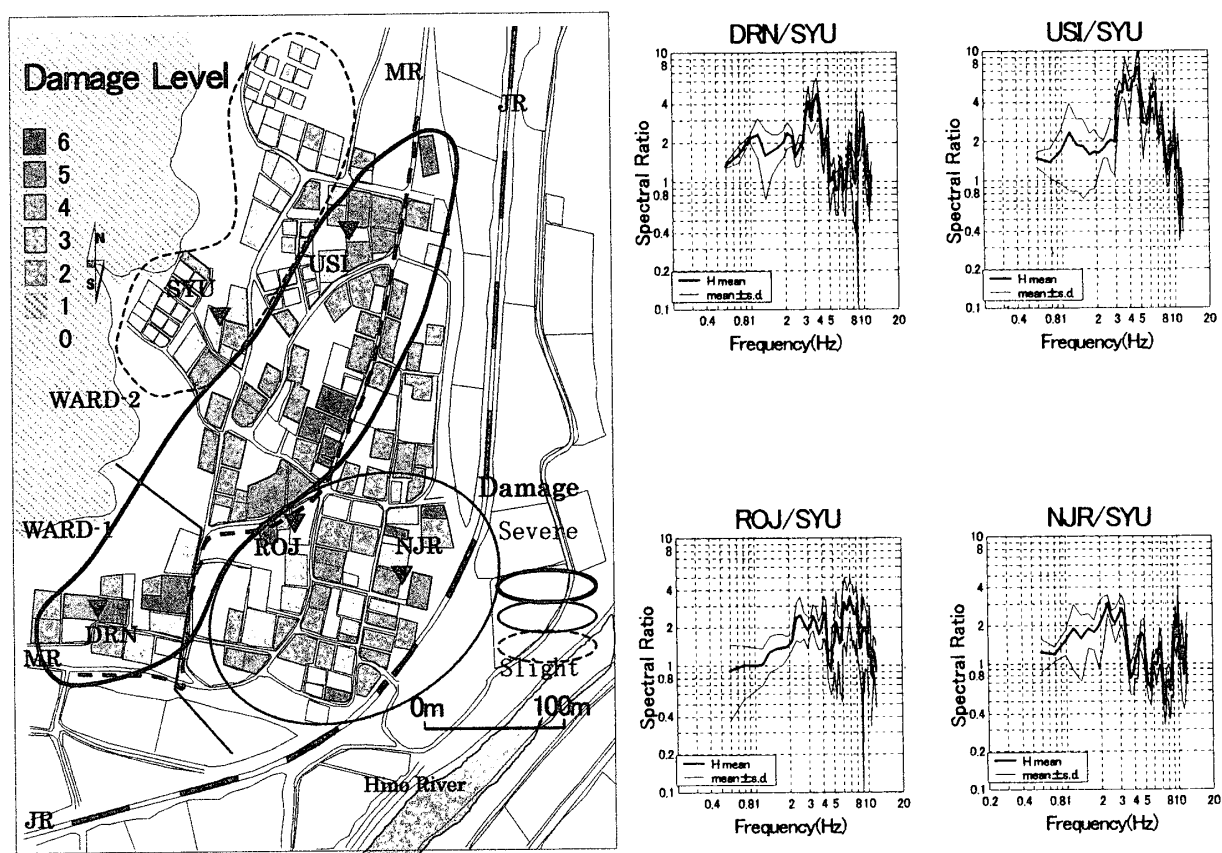


図4-3-4 SYUを基準点とする各観測点のサイト特性

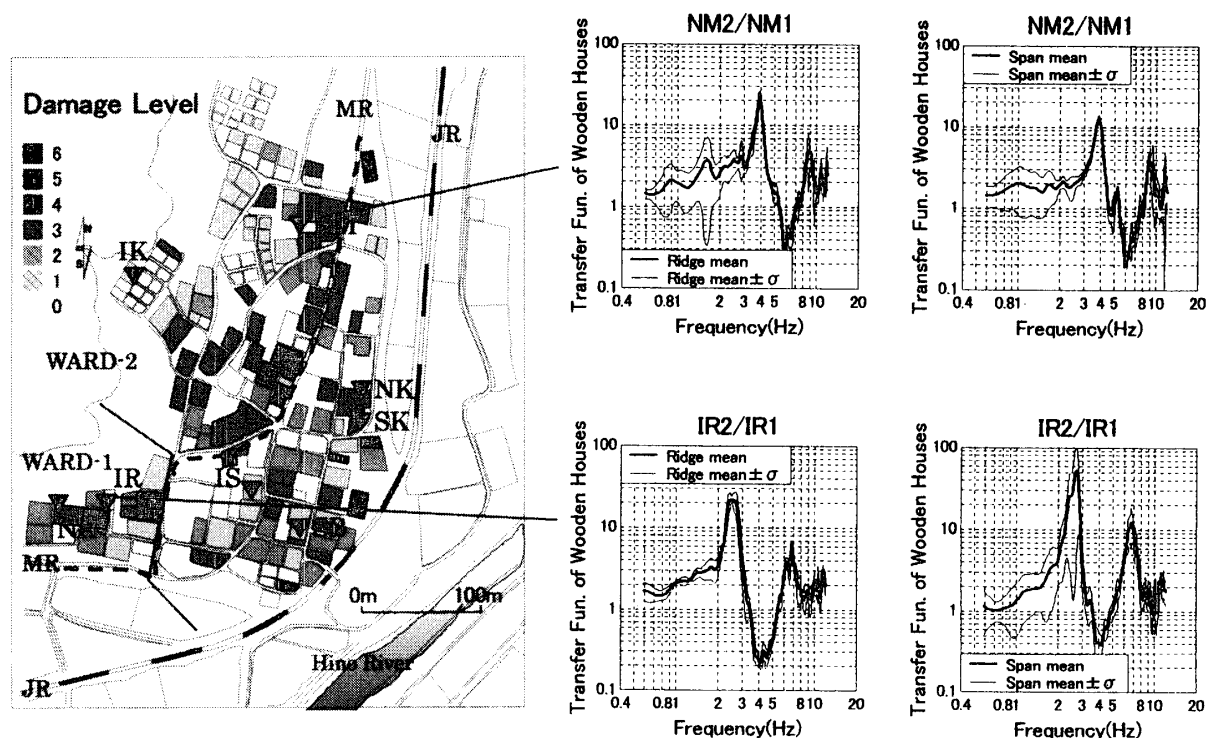


図 4-3-5 木造建物 (NM および IR 邸) の伝達関数
NM1 および IR1 は邸外の地盤上, NM2 および IR2 は 2 階の床土のスペクトルを意味する。

表 4-3-2 修復木造建物の固有振動数

名称	建築年	被害レベル		一次固有振動数 (Hz)		減衰率 (%)	
		日野町	本研究	梁間方向	桁行方向	梁間方向	桁行方向
IS	1984	半壊	1	3.7	4.7	3.9	3.6
NK	1982	半壊	3	5.3	4.2	3.2	4.0
IK	1984	半壊	1	3.9	3.3	3.1	3.6
NH	1895	半壊	3	3.0	3.3	4.7	3.4
SK	1983	半壊	3	4.4	4.2	2.2	3.9

つサイト増幅特性によって特徴づけられる。
この 2-5Hz 帯域の増幅度と被害レベルの間には良い相関がある。

- (2) 下榎地区の木造家屋の一次固有振動数は概ね 3-5Hz の範囲にある。これは(1)のサイト特性において顕著な増幅度を示す周波数帯域 (2-5Hz) とほぼ一致する。
- (3) (1)と(2)から、下榎地区内における木造建物の被害レベルの場所による違いは、木造建物の固有振動数にほぼ一致する 2-5Hz 帯域の地震動の増幅度の違いによるものと考えられる。

最後に、被害調査、地震観測及び微動測定にご協力いただいた下榎地区の住民の方々、日野町役場の関係者に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 鳥取県のすぐれた自然・地形・地質編— (1993) : 鳥取県衛生環境部自然保護課企画発行, 平成 5 年 3 月 31 日発行。
- (2) 小林正実・藤原悌三・福本和正・伊藤雅智・森井雄史・中野要・岡本祐果 (2001) : 日野町下榎地区木造住宅動特性と被害率—鳥取県西部地震調査報告その 1—, 建築学会中国支部大会投稿中。
- (3) 北原昭男・鈴木祥之・後藤正美 (2001) : 木造建

物の被害状況,「木構造と木造文化の再構築」鳥取県西部地震—木造建物被害調査報告—,日本建築学会「木構造と木造文化の再構築」特別研究委員会,2001.3.1,pp.175-199.

- (4) 翠川三郎・藤本一雄(2000):2000年鳥取県西部地震被害調査速報,東京工業大学地震工学研究グループ編,地震工学研究レポートNo.76,2000.11,pp.15-24.
- (5) 林 康裕(2001):地震動強さと木造建物被害,「木構造と木造文化の再構築」鳥取県西部地震—木造建物被害調査報告—,日本建築学会「木構造と木造文化の再構築」特別研究委員会,2001.3.1,pp.200-209.
- (6) 鳥取地震災害資料(1983):米子工業高等専門学校地域防災研究班(昭和57年度文部省特定研究).

4.4 地震被害からみえた木造住宅の地域性

奥田辰雄*

はじめに

平成12年10月6日の鳥取県西部地震では,気象庁等の発表による地震の大きさに対して軸組構法の木造住宅の被害は屋根瓦のずれ・壁のひび割れ・壁の剥落など比較的軽い状況が大半で,被害が木造躯体まで及ぶケースはごくまれであった。

阪神・淡路大震災での木造住宅の甚大な被害により在来構法の脆弱性を指摘されてきたが,鳥取

県西部地震の調査結果から,日野町近傍の木造軸組構法の木造建築の被災状況が軽微であったことは大きな驚きであった。

木造軸組の優秀性

鳥取県西部地震のエネルギーは,阪神・淡路大震災に匹敵するほどで,非常に大きな揺れを観測している。しかし,日野町一帯の木造住宅の被害は入力に対して比較的小さかった。阪神淡路大震災の木造住宅の被害が記憶に新しいが,あのような甚大な被害を受けなかった要因として木造軸組の「造り方」に起因していると思える。

木造軸組の構造安全性

黒坂・根雨地域の街道に面した建物は(街道型),店舗を営む併用住宅も多く存在し,専用住宅においても,通りに面して大きな開口をもうけ耐震要素である壁が間口方向に少なく建物全体としても壁が偏在している。下榎木地区などの郊外型住宅は,地域の伝統的な間取りと思える,道路に面して広い縁側や2間続きの和室を設けた住宅は,やはり壁が少なく偏在している。建築基準法による「壁倍率」で評価すると,壁の配置に偏りがあり十分な壁量が確保できておらず,また住宅の大半は壁材として耐力の評価が低い土壁で施工されてお

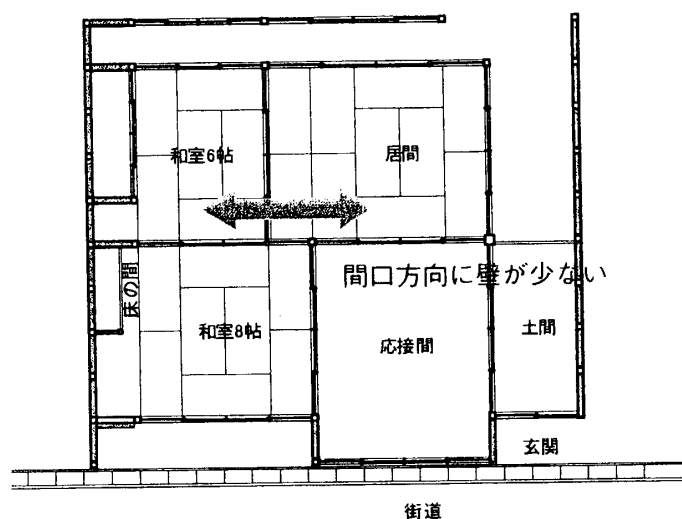
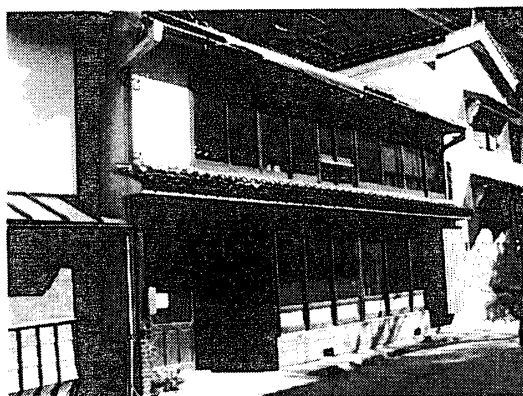


写真4-4-1 図4-4-1 根雨地区の住宅

* 木四郎建築設計室