



## 2007年能登半島地震における強震観測点周辺の 被害状況と地震動との対応性

境有紀<sup>1)</sup>, 野尻真介<sup>2)</sup>, 熊本匠<sup>3)</sup>, 田中佑典<sup>4)</sup>

- 1) 正会員 筑波大学大学院システム情報工学研究科, 准教授, 工博  
e-mail: sakai@kz.tsukuba.ac.jp
- 2) 学生会員 筑波大学大学院システム情報工学研究科, 大学院生  
e-mail: e0311346@edu.esys.tsukuba.ac.jp
- 3) 学生会員 筑波大学大学院システム情報工学研究科, 大学院生  
e-mail: e0311289@edu.esys.tsukuba.ac.jp
- 4) 学生会員 筑波大学大学院システム情報工学研究科, 大学院生  
e-mail: e0311327@edu.esys.tsukuba.ac.jp

### 要約

2007年能登半島地震を対象として、震度6弱以上を記録した全ての強震観測点と5強を記録した一部の強震観測点周辺の被害調査を行った。震度6強を記録した全ての強震観測点周辺で、全壊木造建物が見られた。中でもK-NET穴水と輪島市門前町走出震度計周辺では、木造建物全壊率は20%近くに達していたが、多くは老朽化した建物、1階が商店等で開口部が広い建物であった。震度6弱を記録した観測点は、全壊木造建物が見られたところとそうでないところがあり、同じ計測震度でも被害状況にばらつきが見られた。また、いずれの強震観測点周辺にも非木造建物で大きな被害を受けたものは見られなかった。強震記録を見ると、様々な周期特性をもった地震動が発生しており、中でも周辺に大きな建物被害があり、かつ、1.5~2秒程度とやや長い周期に大きな応答をもった地震動が初めて記録されたJMA輪島は、貴重なデータとなった。収集した建物被害データと観測された強震記録を用いて、建物被害と地震動の性質の関係について検討した結果、強震観測点周りの被害は、概ね建物の大きな被害と相関が高い1-2秒応答で説明できるものであったが、JMA輪島の被害レベルは、やや説明が難しいものであった。

キーワード： 2007年能登半島地震, 地震動, 震度, 建物被害, 強震観測点

### 1. はじめに

2007年3月25日に発生した能登半島地震では、最大震度6強を記録し、木造建物を中心に甚大な被害が発生した。筆者らは、計測震度6弱以上を記録した全ての強震観測点と5強を記録した一部の強震観測点周辺の被害調査を行い、建物被害と地震動の性質の関係を検討するための被害データを収集した。ここでは、その調査結果を報告し、収集した建物被害データと観測された強震記録を用いて、建物被害と地震動の性質の関係について検討を行う。





写真 1.1 中能登町役場鹿西庁舎建物



写真 1.2 震度計の設置状況



写真 1.3 周辺の様子



写真 1.4 周辺の様子



写真 1.5 周辺の様子



写真 1.6 商店のガラスの被害



写真 1.7 木造建物の外装材の剥落



写真 1.8 塀の倒壊

(2) 中能登町末坂震度計（震度 6 弱）

観測点は、中能登町役場鳥屋庁舎建物（写真 2.1）の裏手に設置されている（写真 2.2）。観測点周辺の建物分布を図 3 に示す。円内に大きな地形の変化はない。周辺には 19 棟の建物（うち木造建物 11 棟）がある（写真 2.3～5）。地盤、基礎に軽微な被害（写真 2.6, 7）、外装材の落下、木造建物外壁のひび割れ（写真 2.8）、灯籠の転倒、軽微な屋根瓦の被害が見られるが、大きな被害を受けた建物はない。

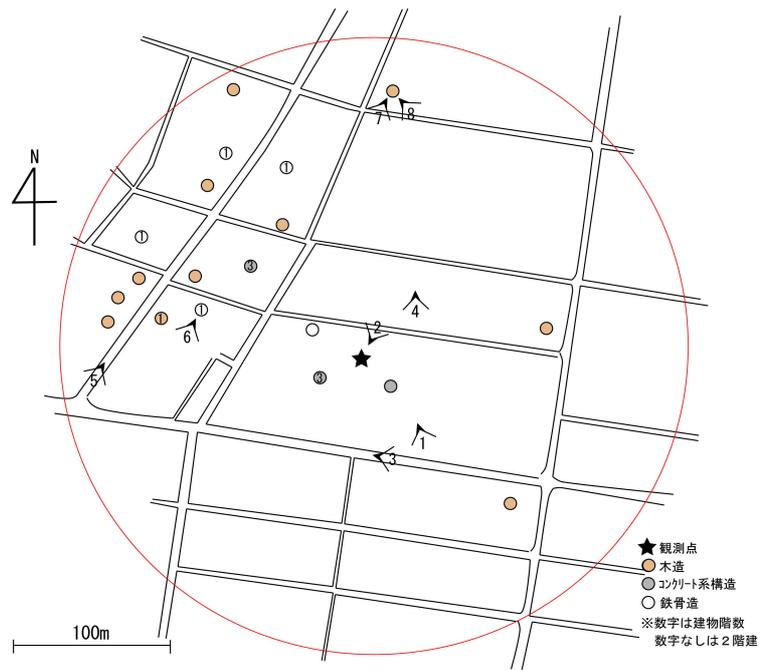


図 3 中能登町末坂震度計周辺の建物分布



写真 2.1 中能登町役場鳥屋庁舎建物



写真 2.2 震度計の設置状況



写真 2.3 周辺の様子



写真 2.4 周辺の様子



写真 2.5 周辺の様子



写真 2.6 地盤の被害



写真 2.7 木造建物の軽微な基礎の被害



写真 2.8 木造建物の外壁のひび割れ

### (3) 七尾市田鶴浜震度計（震度 6 強）

観測点は、七尾市役所田鶴浜支所建物（写真 3.1）の裏手に設置されている（写真 3.2）。役所建物の基礎、周辺の地盤に被害、液状化が見られた（写真 3.3, 4）。観測点周辺の建物分布を図 4 に示す。円内に大きな地形の変化はない。周辺には 133 棟の建物（うち木造建物 112 棟）がある（写真 3.5, 6）。観測点の 150m ほど南を中心に全壊家屋が計 8 棟あり（写真 3.7~9）、木造建物全壊率は 7.1%となったが、全壊した建物はいずれも古く、1 階が商店となっていて開口が大きいものが多い。これ以外にも大きな被害を受けた蔵（写真 3.10）、外壁の大きなひび割れ（写真 3.11）、木造建物の外装材の落下、屋根瓦の破損、ガラスの破損（写真 3.12）が見られた。基礎、地盤の被害が多数あり（写真 3.13）、液状化の跡（写真 3.14）も見られた。

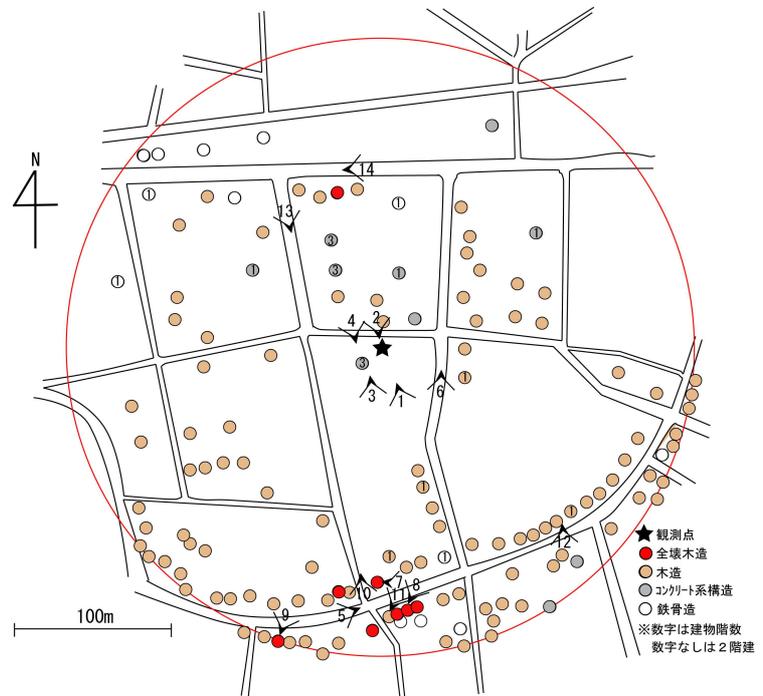


図 4 七尾市田鶴浜震度計周辺の建物分布



写真 3.1 七尾市役所田鶴浜支所建物



写真 3.2 震度計の設置状況



写真 3.3 役場建物周辺の地盤の被害



写真 3.4 役場建物周辺の地盤の被害（電柱の傾き）



写真 3.5 周辺の様子



写真 3.6 周辺の様子



写真 3.7 全壊木造建物



写真 3.8 全壊木造建物



写真 3.9 全壊木造建物



写真 3.10 大きな被害を受けた蔵



写真 3.11 外壁のひび割れ



写真 3.12 ガラスの被害



写真 3.13 地盤の被害



写真 3.14 地盤の液状化の跡

#### (4) K-NET 穴水（震度6強）

観測点は、七尾線穴水駅から北西に400mほどのところにある公園（写真4.1）の隅に設置されている（写真4.2）。観測点周辺の建物分布を図5に示す。円内に大きな地形の変化はないが、観測点のすぐ脇、円内のほぼ中央を横切るように川（図5の水色の部分）が流れている（写真4.3）。周辺には206棟の建物（うち木造建物197棟）があり（写真4.4～8）、観測点の南側と北東側が甚大な被害を受け、全壊した木造建物は37棟（写真4.9～12）、木造建物全壊率は18.8%に達した。ただし、大きな被害を受けた木造建物のほとんどは、老朽化した非常に古い家屋や1階が商店で1階の剛性が極端に低くなっているものである。非木造建物の数は少ない（9棟）が、大破以上の被害建物はない。これ以外にも外壁のひび割れ、落下、ガラスの破損、屋根瓦のずれ、塀の倒壊などの被害も多数あり、蔵の大きな被害（写真4.13）、地盤の被害（写真4.14）や液状化の跡も見られた。

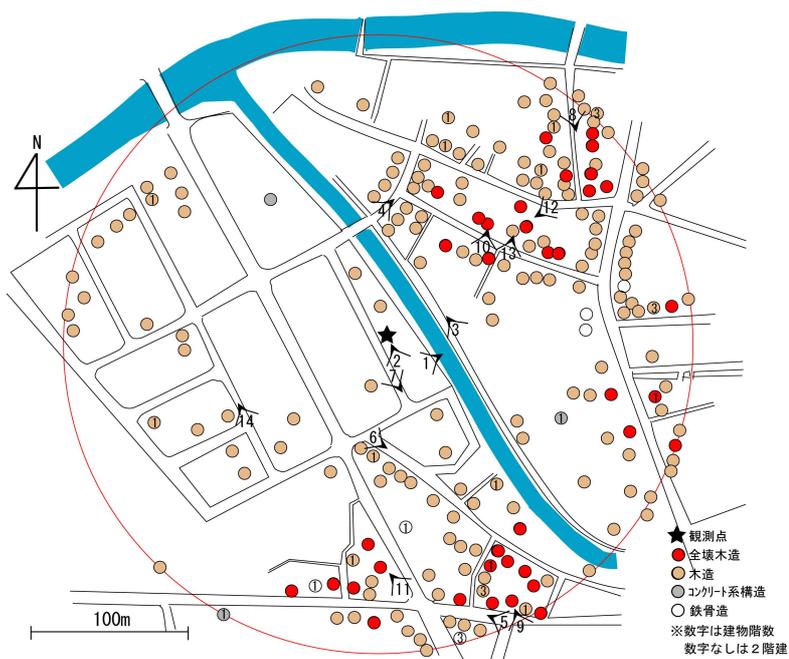


図5 K-NET 穴水周辺の建物分布



写真4.1 K-NET 穴水が設置された公園



写真4.2 K-NET 穴水の設置状況



写真4.3 周辺の様子



写真4.4 周辺の様子



写真 4.5 周辺の様子



写真 4.6 周辺の様子



写真 4.7 周辺の様子



写真 4.8 周辺の様子



写真 4.9 全壊木造建物



写真 4.10 全壊木造建物



写真 4.11 全壊木造建物



写真 4.12 全壊木造建物



写真 4.13 大きな被害を受けた蔵



写真 4.14 地盤の被害

(5) JMA 能登 (震度 6 弱)

観測点は、能登町役場建物 (写真 5.1) の正面玄関を入ってすぐ左の町民談話室の中に設置されている (写真 5.2)。観測点周辺の建物分布を図 6 に示す。観測点が設置されている能登町役場建物のすぐ前は、海になっていて (写真 5.3)、観測点の北東には川が流れている (図 6 の水色の部分) が (写真 5.4)、それ以外には円内に大きな地形の変化はない。周辺には 329 棟の建物 (うち木造建物 294 棟) がある (写真 5.5~7)。地盤に被害が見られるところがあり (写真 5.8)、外壁、基礎のひび割れは見られるが、大きな被害を受けた建物はない。

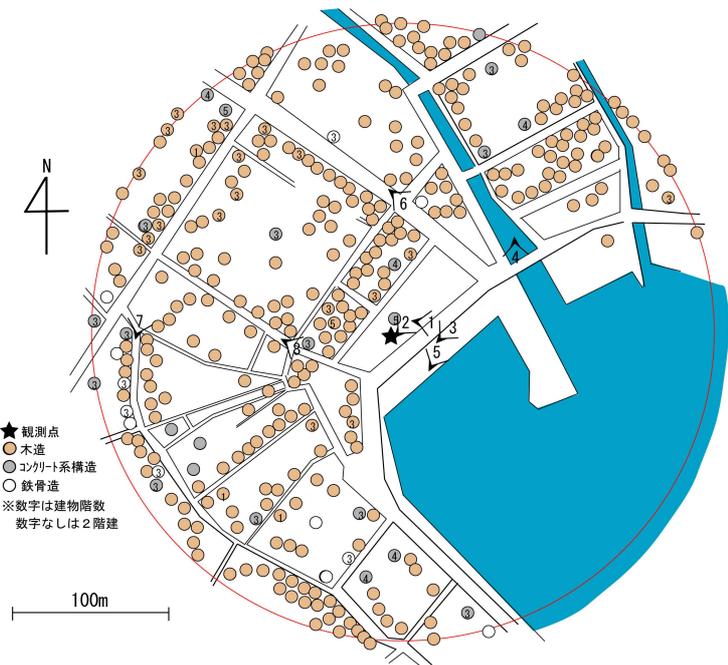


図 6 JMA 能登周辺の建物分布



写真 5.1 能登町役場建物



写真 5.2 JMA 能登の設置状況



写真 5.3 周辺の様子



写真 5.4 周辺の様子



写真 5.5 周辺の様子



写真 5.6 周辺の様子



写真 5.7 周辺の様子



写真 5.8 地盤の被害

(6) K-NET 能都 (震度 6 弱)

観測点は、公立宇出津総合病院建物 (写真 6.1) の南西の敷地内に設置されている (写真 6.2)。JMA 能登から北西に 300m の位置になる。観測点周辺の建物分布を図 7 に示す。観測点の北西がやや小高い丘になっているが (写真 6.3)、それ以外には円内に大きな地形の変化はない。周辺には 228 棟の建物 (うち木造建物 193 棟) がある (写真 6.4~6.6)。外壁、基礎のひび割れは見られるが、大きな被害を受けた建物はない。

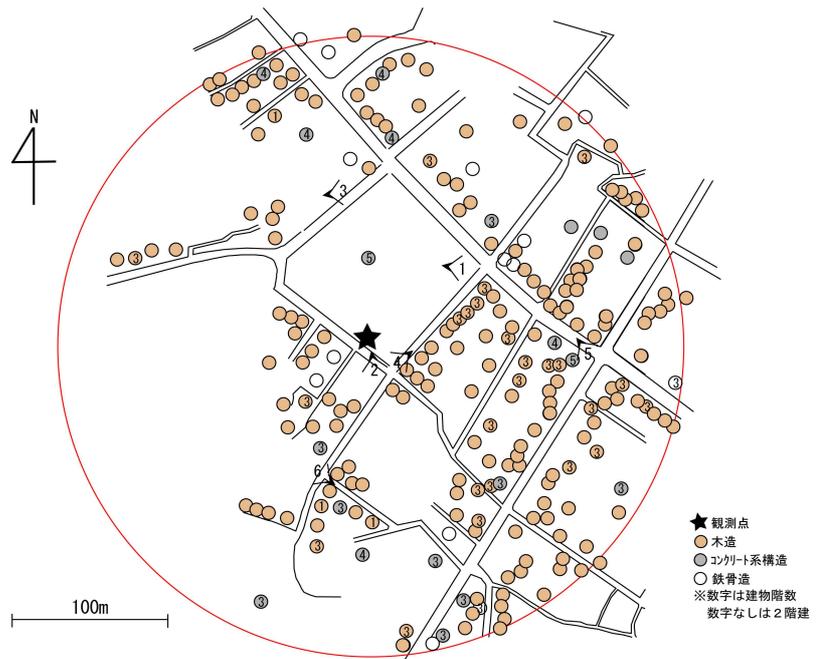


図 7 K-NET 能都周辺の建物分布



写真 6.1 公立宇出津総合病院建物



写真 6.2 K-NET 能都の設置状況



写真 6.3 周辺の様子



写真 6.4 周辺の様子



写真 6.5 周辺の様子



写真 6.6 周辺の様子

(7) K-NET 輪島 (震度 6 弱)

観測点は、市立河井保育所建物 (写真 7.1) の東にある上り坂の途中に設置されている (写真 7.2)。観測点周辺の建物分布を図 8 に示す。円内の南東部は小高い丘になっており、観測点はその中腹にある。周辺には 255 棟の建物 (うち木造建物 239 棟) がある (写真 7.3~6)。観測点の西側と北側に全壊家屋が計 7 棟あり (写真 7.7~9)、木造建物全壊率は 2.9% となった。ただし、観測点は被害建物が分布している場所よりやや高い位置にある。これ以外にも外壁のひび割れ、ブロック塀の転倒 (写真 7.10)、基礎部のひび割れや地盤の被害も見られた。



図 8 K-NET 輪島周辺の建物分布



写真 7.1 市立河井保育所建物



写真 7.2 K-NET 輪島の設置状況



写真 7.3 周辺の様子



写真 7.4 周辺の様子



写真 7.5 周辺の様子



写真 7.6 周辺の様子



写真 7.7 全壊木造建物



写真 7.8 全壊木造建物



写真 7.9 全壊木造建物



写真 7.10 ブロック塀の被害

(8) JMA 輪島 (震度 6 強)

観測点は、輪島地方合同庁舎建物 (の中に輪島測候所がある、写真 8.1) の南の敷地内に設置されている (写真 8.2)。庁舎建物周辺に地盤の被害が見られる (写真 8.3)。観測点周辺の建物分布を図 9 に示す。円内に大きな地形の変化はない。周辺には 284 棟の建物 (うち、木造建物 274 棟) がある (写真 8.4~7)。観測点の北側に全壊家屋が計 13 棟あり (写真 8.8~8.10)、木造建物全壊率は 4.7% となった。ただし、大きな被害を受けた木造建物のほとんどは、老朽化した非常に古い家屋や 1 階が商店で 1 階の剛性が極端に低くなっているものである。これ以外にも古い倉庫建物の倒壊 (写真 8.11)、外壁のひび割れ、基礎部のひび割れ、屋根瓦の被害やブロック塀の倒壊 (写真 8.12) が見られる。

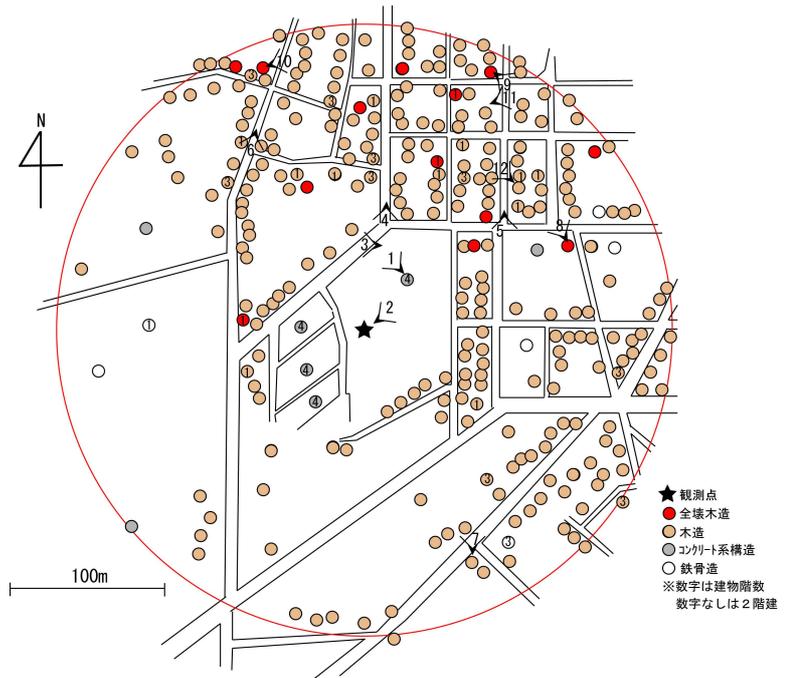


図 9 JMA 輪島周辺の建物分布



写真 8.1 輪島地方合同庁舎建物 (輪島測候所)



写真 8.2 JMA 輪島の設置状況



写真 8.3 庁舎建物周辺の地盤の被害



写真 8.4 周辺の様子



写真 8.5 周辺の様子



写真 8.6 周辺の様子



写真 8.7 周辺の様子



写真 8.8 全壊木造建物



写真 8.9 全壊木造建物



写真 8.10 全壊木造建物



写真 8.11 倒壊した木造倉庫建物



写真 8.12 ブロック塀の被害

(9) 輪島市門前町走出震度計 (震度 6 強)

観測点は、輪島市門前総合支所門前庁舎建物(写真 9.1)の裏手に設置されている(写真 9.2)。庁舎建物周辺の地盤に被害が見られた(写真 9.3)。観測点周辺の建物分布を図 10 に示す。円内に大きな地形の変化はない。周辺には 100 棟の建物(うち木造建物 86 棟)があり(写真 9.4, 5)、全壊した木造建物は 16 棟、木造建物全壊率は 18.6%に達した。特に、観測点北側と西側に全壊建物が多数見られた(写真 9.6~10)。ただし、大きな被害を受けた木造建物の多くは、老朽化した古い家屋や 1 階が商店で 1 階の剛性が極端に低くなっているものであるが、比較的新しい木造家屋にも大きな被害を受けたものがあつた(写真 9.10)。外壁に大きなひび割れが見られた鉄骨造建物は見られたが(写真 9.11)、非木造建物に大破以上の被害はない。これ以外にも寺社建物の倒壊(写真 9.12)、倉庫建物の倒壊(写真 9.13, 14)、外壁のひび割れや落下、屋根瓦の被害(写真 9.15)、基礎部の被害、ブロック塀の転倒(写真 9.16)もあり、地盤の被害(写真 9.17)、液状化の跡(写真 9.18)も多数見られた。

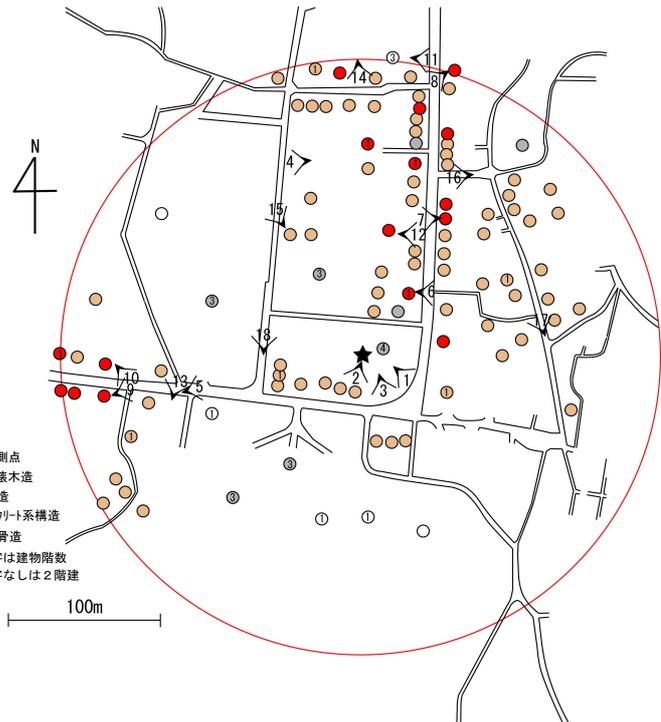


図 10 輪島市門前町走出震度計周辺の建物分布



写真 9.1 輪島市門前総合支所門前庁舎建物



写真 9.2 輪島市門前町走出震度計の設置状況



写真 9.3 役場建物周辺の地盤の被害



写真 9.4 周辺の様子



写真 9.5 周辺の様子



写真 9.6 全壊木造建物



写真 9.7 全壊木造建物



写真 9.8 全壊木造建物



写真 9.9 全壊木造建物



写真 9.10 全壊木造建物



写真 9.11 大きなひび割れが見られる鉄骨造建物



写真 9.12 倒壊した木造寺社建物



写真 9.13 倒壊した木造倉庫建物



写真 9.14 倒壊した木造倉庫建物



写真 9.15 屋根瓦の被害



写真 9.16 ブロック塀の転倒



写真 9.17 地盤の被害



写真 9.18 地盤の液状化の跡

(10) K-NET 富来 (震度 6 弱)

観測点は、志賀町とぎ実験農場 (写真 10.1) の道を挟んだ反対側に設置されている (写真 10.2)。観測点周辺の建物分布を図 11 に示す。円内に大きな地形の変化はない。周辺には志賀町とぎ実験農場の建物以外に建物はほとんどなく (写真 10.3)、木造建物が 3 棟だけある。瓦のずれ (写真 10.4) が見られるが、大きな被害はない。

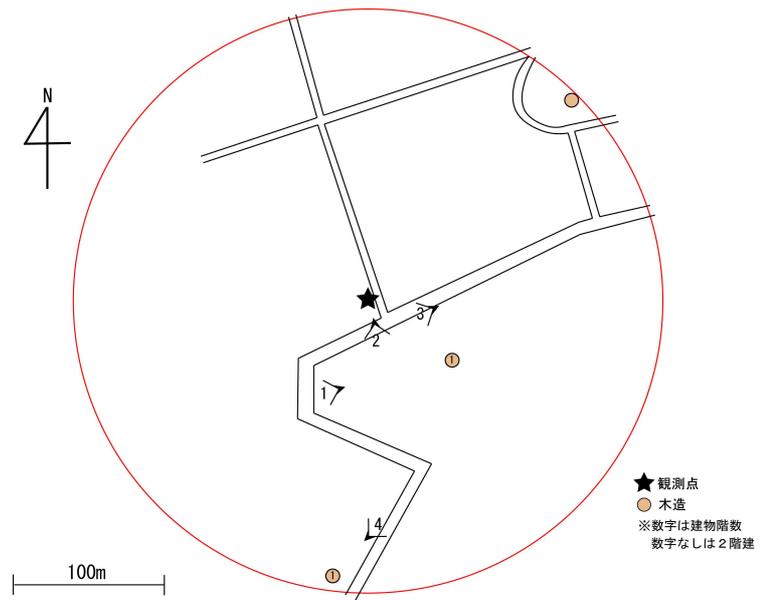


図 11 K-NET 富来周辺の建物分布



写真 10.1 志賀町とぎ実験農場



写真 10.2 K-NET 富来の設置状況



写真 10.3 周辺の様子



写真 10.4 屋根瓦に被害が見られる木造建物

(11) JMA 志賀（震度 6 弱）

観測点は、志賀町役場富来支所建物（写真 11.1）内部の図書室書庫の中に設置されている（写真 11.2）。観測点周辺の建物分布を図 12 に示す。円内に大きな地形の変化はない。周辺には 32 棟の建物（うち木造建物 23 棟）がある（写真 11.3～6）。外壁、土間にひび割れ、屋根瓦に被害（写真 11.6）が見られるが、大きな被害を受けた建物はない。

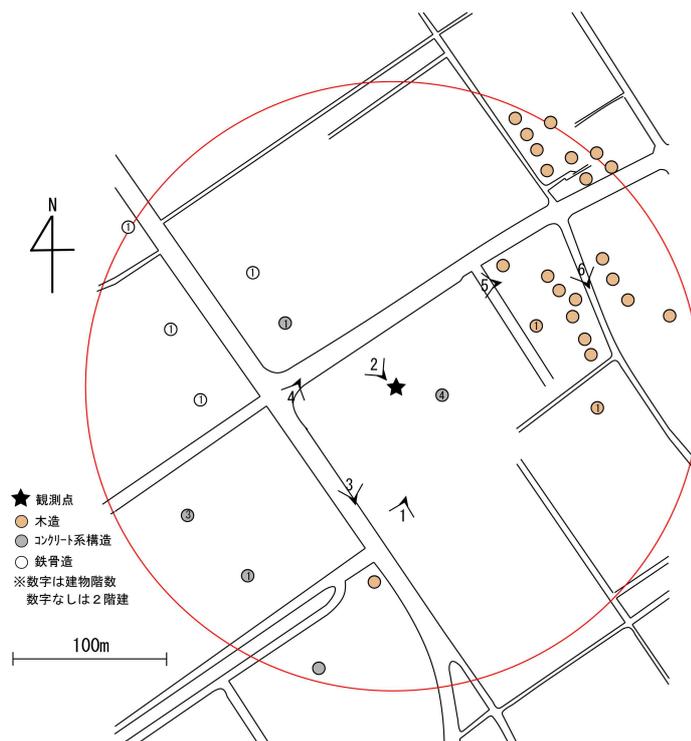


図 12 JMA 志賀周辺の建物分布



写真 11.1 志賀町役場富来支所建物



写真 11.2 JMA 志賀の設置状況



写真 11.3 周辺の様子



写真 11.4 周辺の様子



写真 11.5 周辺の様子



写真 11.6 周辺の様子（屋根瓦の被害）

(12) 志賀町末吉千古震度計（震度 6 弱）

観測点は、志賀町役場建物（写真 12.1）の正面左手に設置されている（写真 12.2）。観測点周辺の建物分布を図 13 に示す。円内に大きな地形の変化はないが、観測点の北側に川が流れている（図 13 の水色の部分、写真 12.3）。周辺には 104 棟の建物（うち木造建物 93 棟）がある（写真 12.4～12.6）。外壁、基礎部にひび割れ、外装材の落下、屋根瓦の被害が見られるが、大きな被害を受けた建物はない。

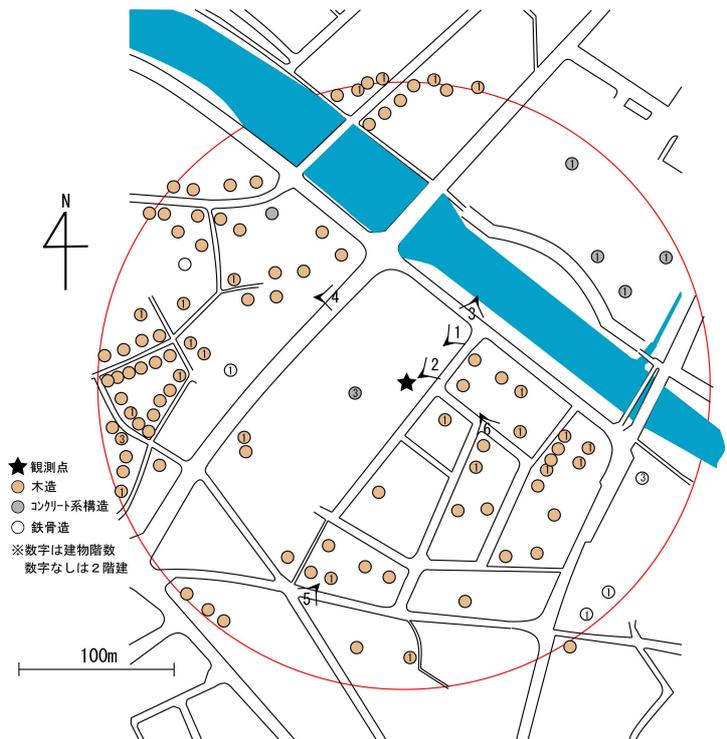


図 13 志賀町末吉千古震度計周辺の建物分布



写真 12.1 志賀町役場建物



写真 12.2 志賀町末吉千古震度計の設置状況



写真 12.3 周辺の様子



写真 12.4 周辺の様子



写真 12.5 周辺の様子



写真 12.6 周辺の様子

(13) K-NET 七尾, 七尾市袖ヶ江町震度計 (震度5強)

両観測点は, 七尾市役所建物 (写真 13.1) の正面右手前に並んで盛土の上に設置されている (写真 13.2). 観測点周辺の建物の分布を図 14 に示す. 円内に大きな地形の変化はない. 周辺には 282 棟の建物 (うち木造建物 224 棟) がある (写真 13.3~6). 外壁にひび割れが見られる建物はあるが, 大きな被害を受けた建物はない.

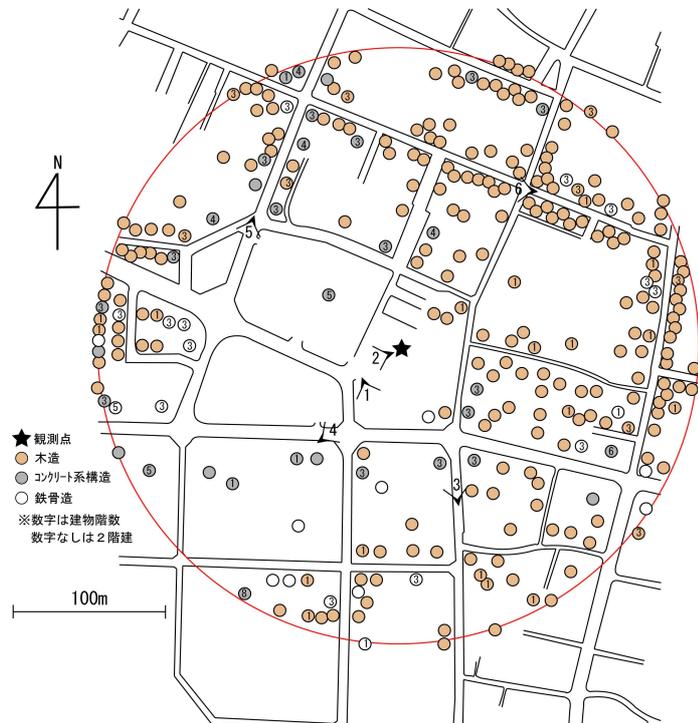


図 14 K-NET 七尾, 七尾市袖ヶ江町震度計周辺の建物分布



写真 13.1 七尾市役所建物



写真 13.2 K-NET 七尾, 七尾市袖ヶ江町震度計の設置状況



写真 13.3 周辺の様子



写真 13.4 周辺の様子



写真 13.5 周辺の様子



写真 13.6 周辺の様子

### 3.2 各観測点周辺の被害のまとめ

被害調査を行った強震観測点周辺の被害率を表 1 に示す。計測震度 6 強を記録した全ての強震観測点周辺で、全壊木造建物が見られた。中でも K-NET 穴水と輪島市門前町走出震度計周辺では、木造建物全壊率は 20% 近くに達していた。ただし、全壊した木造建物の多くは、築年数が経ち老朽化した建物、もしくは 1 階が商店等で開口部が広く 1 階の剛性が低い建物であった。計測震度 6 弱を記録した観測点は、K-NET 輪島周辺で全壊木造建物が見られたが、その他の観測点周辺では大きな被害は見られず、同じ計測震度でも被害状況にばらつきが見られた。ただし、K-NET 輪島は建物が分布している場所よりやや高い位置、坂の途中にある。また、いずれの強震観測点周辺にも非木造建物で大きな被害を受けたものは見られなかった。

表1 被害調査を行なった強震観測点，周辺の被害率，および，地震動強さ指標

強震観測点	Na	Nw	Dw	dw	JMA	PGA	PGV	11-2
K-NET穴水	206	197	37	18.8	6.31	896.1	103.7	6.29
輪島市門前町走出震度計	100	86	16	18.6	6.4	- *2	- *2	- *2
七尾市田鶴浜震度計	133	112	8	7.1	6.2	-	-	-
JMA輪島	284	274	13	4.7	6.12	472.2	98.7	6.39
K-NET輪島	255	239	7	2.9	5.52	546.3	43.9	5.34
中能登町能登部下震度計	98	88	0	0	5.7	-	-	-
中能登町末坂震度計	19	11	0	/ *1	5.5	-	-	-
志賀町末吉千古震度計	104	93	0	0	5.5	-	-	-
JMA能登	329	294	0	0	5.67	261.1	51.8	5.78
JMA志賀	32	23	0	/	5.65	513.7	55.7	5.31
K-NET能都	228	193	0	0	5.55	665.6	25.2	4.83
K-NET富来	3	3	0	/	5.93	933.6	59.2	5.21
K-NET七尾，七尾市袖ヶ江町震度計	282	224	0	0	5.27	217.9	34.9	5.37
兵庫県南部 JR鷹取	545	207	123	59.4	6.48	742.7	157.2	6.63
新潟県中越 JMA小千谷	164	114	2	1.8	6.33	975.0	93.6	6.03
三陸南 JMA大船渡	(171)	(162)*3	0	0	5.84	1106.9	34.5	4.74

Na: 建物棟数, Nw: 木造建物棟数, Dw: 全壊木造建物棟数, dw: 木造建物全壊率(%), JMA: 計測震度, PGA: 地動最大加速度(cm/秒<sup>2</sup>), PGV: 地動最大速度(cm/秒), 11-2: 1-2秒震度, \*1 木造建物棟数が少ないため, 全壊率は算出していない \*2 波形データが得られなかったため算出していない \*3 住宅地図に基づく推定数

#### 4. 観測された地震動の性質と被害との対応

波形データが得られた観測点について，地動最大加速度，地動最大速度，建物被害と相関が高い 1～2秒における弾性応答スペクトルを基にした震度<sup>34)</sup>（以下，1-2秒震度）を表1に示している．5つの観測点で500cm/s<sup>2</sup>を超える大きな地動最大加速度を記録し，K-NET 穴水，JMA 輪島では100cm/s程度の大きな地動最大速度を記録した．加速度波形を図15に，弾性加速度応答スペクトル（減衰定数5%，水平2方向ベクトル合成）を図16(a)に示す．K-NET 輪島，K-NET 富来，K-NET 能都では0.5秒以下の極短周期，K-NET 穴水，JMA 能登，K-NET 七尾では1～1.5秒程度，JMA 輪島では1.5～2秒程度が卓越するなど，1999年台湾集集地震のように単独の地震で様々な周期特性をもった地震動が発生し<sup>5)</sup>，地震動の性質と建物被害の関係を検討するために貴重なデータを提供した地震であったことがわかる．また，JMA 能登とK-NET 能都は，300m程度しか離れていないにもかかわらず，その周期特性は大きく異なる．

弾性加速度応答スペクトル（減衰定数5%，水平2方向ベクトル合成）を過去の強震記録と比較して図16(b)に示す．大きな建物被害と相関が高い1-2秒応答<sup>34)</sup>を見ると，K-NET 穴水，JMA 輪島では1995年兵庫県南部地震のJR 鷹取ほどではないが，2004年新潟県中越地震のJMA 小千谷以上，1-2秒震度も6強となっていて，これが周辺での大きな被害に結びついたと考えられる．しかし，K-NET 穴水とJMA 輪島の木造建物全壊率は，それぞれ18.8%，4.7%とかなりの差がある．JMA 能登は，計測震度，1-2秒震度ともに6強であるが，周辺に大きな被害はない．K-NET 輪島では，卓越周期は0.5秒以下であるが，観測点周辺では全壊木造建物が見られ（木造建物全壊率2.9%），スペクトルを見ると，1-2秒応答は，他の極短周期が卓越した記録より大きい．ただし，K-NET 輪島は，小高い丘の中腹という被害建物が分布している場所よりやや高い位置にあって，半径200m以内の地震動の同一性に疑問がある．K-NET 能都，K-NET 富来では0.5秒以下の極周期が卓越して1-2秒応答も大きくなり，0.1-1秒応答と相関を持つ<sup>3)</sup>計測震度は6弱と高くなったが，大きな建物被害は生じない地震動だった．

以上のように，地震動の性質と周辺の建物被害の関係は，建物の大きな被害が1-2秒応答と対応し，1秒以下の短周期が卓越すれば，0.1～1秒という短周期と対応する計測震度や地動最大加速度は大きくなっても大きな建物被害は引き起こさない，という考え方<sup>34)</sup>で概ね説明できるものであるが，これまでのデータベースになかった1.5～2秒程度が卓越するという周期特性をもったJMA 輪島で1-2秒応答

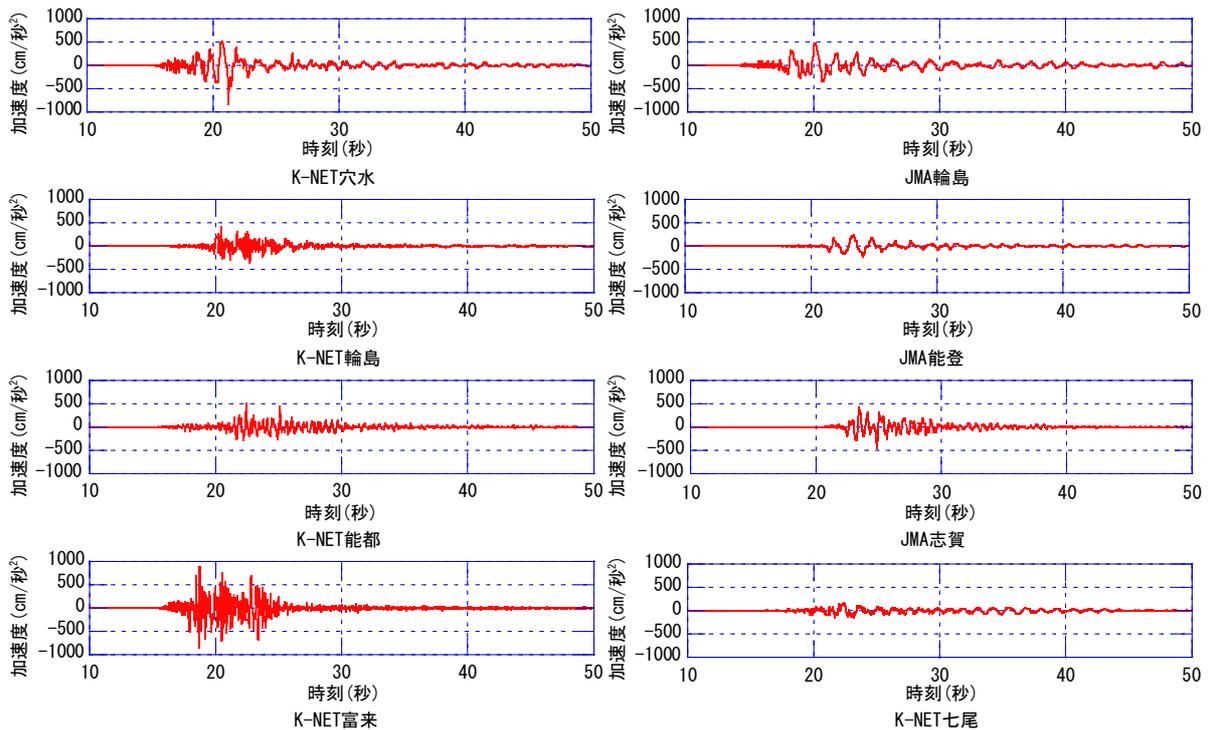
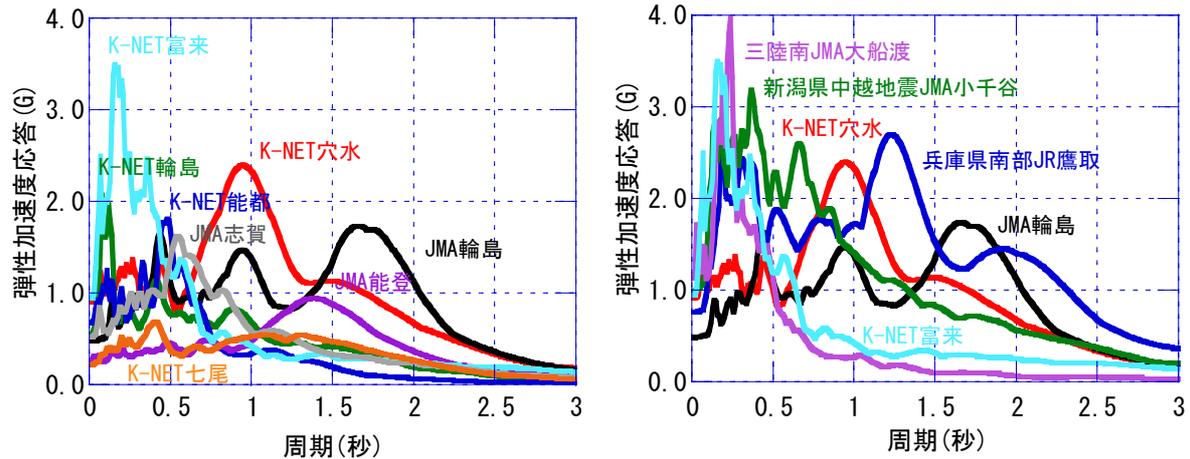


図 15 加速度波形



(a) 2007年能登半島地震

(b) 過去の強震記録との比較

図16 弾性加速度応答スペクトル（減衰定数5%，水平2方向ベクトル合成）

が K-NET 穴水よりやや大きいにも関わらず被害は K-NET 穴水よりかなり小さいなどやや説明が難しい点もある。これは、1-2 秒という建物の大きな被害が対応する周期帯が、過去に発生した大地震の強震観測点周りの建物被害データと強震記録を基に導き出されたものであること<sup>6)</sup>、周辺の木造建物全壊率 59.4%という非常に大きな被害を引き起こした 1995 年兵庫県南部地震の JR 鷹取の記録がたまたま 2 秒程度にも大きな応答をもっていただけ<sup>7)</sup>と考えられ、1-2 秒の代わりに 1-1.5 秒という建物の大きな被害と対応した地震動の周期帯も提案されている<sup>6)</sup>が、今回得られたデータも含めてより綿密な検討が必要となるだろう。

## 5. まとめ

2007年能登半島地震を対象として、震度6弱以上を記録した全ての強震観測点と5強を記録した一部の強震観測点周辺の被害調査を行った。震度6強を記録した全ての強震観測点周辺で、全壊木造建物が見られた。中でもK-NET穴水と輪島市門前町走出震度計周辺では、木造建物全壊率は20%近くに達していたが、多くは老朽化した建物、1階が商店等で開口部が広い建物であった。震度6弱を記録した観測点は、全壊木造建物が見られたところとそうでないところがあり、同じ計測震度でも被害状況にばらつきが見られた。また、いずれの強震観測点周辺にも非木造建物で大きな被害を受けたものは見られなかった。

強震記録を見ると、0.5秒以下の極短周期地震動（K-NET輪島、K-NET富来、K-NET能都）、1秒程度のやや短周期地震動（K-NET穴水）、1.5～2秒程度とやや長い周期の地震動（JMA輪島、JMA能登）と単独の地震で様々な周期特性をもった地震動が発生したことがわかった。中でも周辺に大きな建物被害があり、かつ、1.5～2秒程度とやや長い周期に大きな応答をもった地震動が初めて記録されたJMA輪島は、貴重なデータとなった。

収集した建物被害データと観測された強震記録を用いて、建物被害と地震動の性質の関係について検討した。計測震度6強を観測した全ての観測点周辺で全壊木造建物が見られたが、計測震度6弱を観測した観測点周辺では、同じ計測震度でも被害レベルにばらつきが見られた。1-2秒応答が大きい地震動が発生した観測点周辺では、古い木造建物に大きな被害が見られ、0.5秒以下の周期が卓越した地震動を観測した観測点周辺では、大きな建物被害は見られなかった。よって、建物の大きな被害が1-2秒応答と対応し、1秒以下の短周期が卓越すれば、0.1～1秒という短周期と対応する計測震度や地動最大加速度は大きくなって大きな建物被害は引き起こさない、という考察<sup>3)4)</sup>で概ね説明できるものがあるが、これまでのデータベースになかった1.5～2秒程度が卓越するという周期特性をもった地震動が発生したJMA輪島の被害レベルは、1-2秒応答ではやや説明が難しいものであった。原因はいくつか考えられる<sup>6)7)</sup>が、今回得られたデータも含めてより綿密な検討が必要となるだろう。

## 謝辞

防災科学技術研究所、気象庁、および、鉄道総合技術研究所から波形データの提供を受けました。被害調査の際、現地の方々には被災されていたにもかかわらず、快く対応していただき、様々な資料も提供していただきました。気象庁計測震度を求めるプログラムは、参考文献8)の巻末のリストを基に早稲田大学山田真氏、中村操氏らがコーディングし東京電力植村富一氏が修正したものに手を加えて使わせていただきました。被害調査の準備、道路状況の調査、図の作成など研究室メンバーの支援を受けました。

## 参考文献

- 1) 岡田成幸, 高井伸雄: 地震被害調査のための建物分類と破壊パターン, 日本建築学会構造系論文集, 第524号, 65-72, 1999.
- 2) 1978年宮城県沖地震災害調査報告, 日本建築学会, 142, 1980.2.
- 3) 境有紀, 神野達夫, 瀧瀬一起: 建物被害と人体感覚を考慮した震度算定方法の提案, 第11回日本地震工学シンポジウム論文集, CD-ROM, 2002.
- 4) 境有紀, 神野達夫, 瀧瀬一起: 震度の高低によって地震動の周期帯を変化させた震度算定法の提案, 日本建築学会構造系論文集, 第585号, 71-76, 2004.
- 5) 境有紀, 吉岡伸悟, 瀧瀬一起, 壁谷澤寿海: 1999年台湾集集地震に基づいた建物被害を予測する地震動の破壊力指標の検討, 日本建築学会構造系論文集, 第549号, 43-50, 2001.
- 6) 境有紀, 2007年能登半島地震, 新潟県中越沖地震の強震記録と被害データを加えた建物被害と対応した地震動の周期帯の検討, 日本地震工学会大会-2007梗概集, 480-481, 2007.11.
- 7) 境有紀, 2007年能登半島地震による構造物被害と地震動の関係, 第35回地盤震動シンポジウム 頻発する内陸地殻内地震の地震動とその解釈-新・入力地震動作成手法の使い方と検証(その1)-, 31-40, 2007.11.
- 8) 気象庁, 震度を知る 基礎知識とその活用, ぎょうせい, 1996.

(受理: 2008年4月28日)

(掲載決定: 2008年7月11日)

**Damage Investigation of Surroundings of the Seismic Stations in  
the 2007 Noto-hanto Earthquake and  
Correspondence of Damage to Buildings with Strong Ground Motions**

SAKAI Yuki<sup>1)</sup> , NOJIRI Shinsuke<sup>2)</sup> , KUMAMOTO Takumi<sup>2)</sup> and  
TANAKA Yusuke<sup>2)</sup>

1) Member, Assoc. Professor, University of Tsukuba, Graduate School of Systems and Information Eng., Dr. Eng.

2) Student Member, Graduate Student, University of Tsukuba, Graduate School of Systems and Information Eng.

**ABSTRACT**

We carried out damage investigation around the seismic stations where high JMA seismic intensity scales were recorded in the 2007 Noto-hanto Earthquake. We found heavily damaged wooden houses around all the stations with 6+ JMA scale. The ratios of heavily damaged wooden houses were about 20% around the K-NET Anamizu and Monzenmachi, Wajima city Shindokey, but almost all the heavily damaged wooden houses were very old ones or stores with large openings in the first story. We found no heavily damaged wooden houses around the stations with 6- JMA scale except for K-NET Wajima. We found no heavily damaged non-wooden buildings around all the stations. Strong ground motions which have various kind of period characteristics were observed in this earthquake. In particular, 1.5-2 sec. dominated record was observed at JMA Wajima for the first time as the site with building damage data. Correspondence of strong ground motions with damage to buildings can be roughly explained by the 1-2sec. response which the author proposed as the index representing damageability of strong ground motions. However, in the case of JMA Wajima which had 1.5-2 sec. dominant period, we found some difficulty to explain the actual damage to buildings by the index.

*Keywords* The 2007 Noto-hanto Earthquake, earthquake damage investigation,  
strong ground motion characteristics, JMA seismic intensity scale, seismic station