



2007年能登半島地震における自治体観測点を対象とした 周期1秒前後の速度応答スペクトルの推定

西川隼人¹⁾、宮島昌克²⁾

1) 正会員 舞鶴工業高等専門学校、技術職員 博士 (工学)

e-mail : nisikawa@maizuru-ct.ac.jp

2) 正会員 金沢大学大学院自然科学研究科、教授 工博

e-mail : miyajima@t.kanazawa-u.ac.jp

要 約

本研究では2007年に発生した能登半島地震において本震の地震波形が残っていない自治体観測点を対象に、地震動指標から周期1秒前後の速度応答スペクトルを推定した。最大加速度や計測震度と速度応答スペクトル平均値の関係を調べた結果、これらの地震動指標によって精度良く速度応答スペクトル平均値を評価できることが分かった。続いて、能登半島地震の観測記録を用いて、木造家屋の被害率と相関の高い応答スペクトルの周期帯を調べた結果、周期0.7～1.2秒で最も相関が高いことが明らかになった。最後に自治体観測点を対象に周期0.7～1.2秒の応答スペクトル平均値を推定するとともに被害率との対応を調べたところ、両者には良い相関が見られた。

キーワード： 2007年能登半島地震、自治体観測点、速度応答スペクトル、被害率

1. はじめに

2007年3月25日に発生した能登半島地震では石川県能登半島を中心に広範囲で揺れを観測し、家屋被害は全壊638棟、半壊1563棟、一部破損13556棟、人的被害は死者1名、重傷者72名という甚大なものであった(平成19年6月14日現在)¹⁾。この地震における最大震度は震度6強であり、震度6強が観測された4つの観測点はいずれも能登半島に位置している。これらの観測点周辺では木造家屋などに大きな被害が出ており、特に計測震度が6.4であった輪島市門前町では全壊率が30%以上の地区が見られた²⁾。地震による構造物被害には地震動における周期特性が大きな影響を及ぼすことが報告されており³⁾、過去の研究において周期1秒前後の弾性速度応答スペクトル平均値が構造物の被害率と相関が高いことが指摘されている^{3)、4)}。境ら³⁾は被害データに基づく検討から周期1～2秒における応答スペクトル平均値と構造物被害率との相関が高いことを指摘している。また、吉田ら⁴⁾は木造構造物を対象とした地震応答解析結果から被害率と周期0.5～1.5秒の速度応答スペクトル平均値の相関が高いことを示している。能登半島地震における地震動と構造物被害の関係を調べる上でも、上記の周期1秒前後の応答スペクトルを求めることが重要であると考えられるが、解析の際に必要な本震時の地震波形は輪島市門前町走出をはじめとする石川県の自治体観測点では残っていない。これは石川県の自治体観測点では地震波形データを保存する容量が限られているため、古い波形の上に新しい波形が上書きされてしまうためである。

石川県の自治体観測点では能登半島地震本震時における地震波形記録や最大速度などの情報は残っていないものの、計測震度と最大加速度のデータは収集されている。既往の研究で計測震度や最大加速度などと応答スペクトルに相関があることが指摘されている⁵⁾ことから、自治体で得られている地震動指標である最大加速度や計測震度と応答スペクトルの相関関係を調べることにより、自治体観測点における能登半島地震本震時の応答スペクトルを推定することが可能であると考えられる。

本研究では2007年能登半島地震において地震波形が得られていない自治体観測点を対象に、構造物被害と相関が高いとされる周期1秒前後の応答スペクトル平均値を推定するために、最大加速度と計測震度から応答スペクトル平均値を推定する手法を提案する。また、能登半島地震で地震波形が得られている観測点の記録に基づき周期1秒前後を対象に構造物被害率と最も相関の高い応答スペクトルの周期帯を調べるとともに、提案した手法によって、この周期帯の応答スペクトル平均値を自治体観測点を対象に推定する。なお、対象とする構造物は能登半島地震で大きな被害が生じた木造家屋とする。解析は次の手順で進める。まず、能登半島地震や過去の被害地震の地震波形記録に基づき、最大加速度、計測震度と応答スペクトルの関係を検証し、その検証結果に基づいて自治体観測点における応答スペクトルを推定する手法を述べる。続いて、能登半島地震で観測された波形記録に基づき応答スペクトル平均値と木造家屋の被害率の相関を評価することにより、応答スペクトルにおいて木造家屋の被害と相関の高い周期帯を調べる。最後に被害と相関の高い周期帯を対象に自治体観測点の応答スペクトル平均値を推定し、木造家屋の被害率との対応を検証した。

2. 最大加速度、計測震度と応答スペクトルの関係

2.1 解析データ

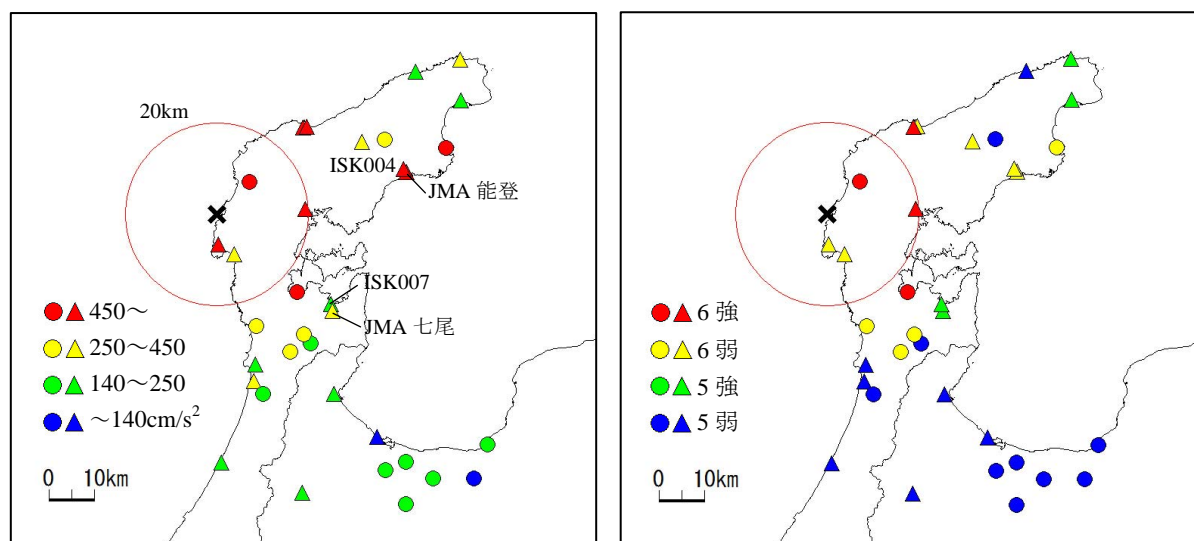
本研究では2007年能登半島地震において震度5弱以上を観測した自治体観測点の応答スペクトルを推定することから、計測震度4.5以上を観測した気象庁、K-NET、KiK-net観測点の記録を解析に用いた。今回、解析対象とした観測点の中で地震波形が得られている19観測点と自治体観測点における計測震度と最大加速度をそれぞれ表1、表2、最大加速度と計測震度の分布図を図1に示す。最大加速度は加速度波形3成分を時刻歴で合成した際の最大値である。図1の最大加速度と計測震度分布を見ると最大加速度が 450cm/s^2 を超える観測点は震央距離が20km(図1の円)よりも2倍以上離れた地域でも見られるが、計測震度6強の観測点は20km以内とそれより数km離れたところに位置している。観測点間距離が数km程度の近接する観測点における最大加速度と計測震度の関係を見ると、JMA七尾とK-NET七尾(ISK007)

表1 2007年能登半島地震において気象庁、K-NET、KiK-netで観測された計測震度と最大加速度

観測点	震度	計測震度	最大加速度(cm/s^2)
K-NET 穴水(ISK005)	震度 6 強	6.3	902.7
JMA 輪島		6.1	473.7
K-NET 富来(ISK006)	震度 6 弱	5.9	945.4
JMA 志賀		5.6	543.6
JMA 能登		5.6	278.4
K-NET 能都(ISK004)		5.6	665.8
K-NET 輪島(ISK003)		5.5	547.6
KiK-net 柳田(ISKH02)		5.5	380.3
JMA 七尾		震度 5 強	5.3
K-NET 七尾(ISK007)	5.2		220.8
K-NET 正院(ISK002)	5.1		182.5
KiK-net 珠洲(ISKH01)	5.1		360.2
K-NET 羽咋(ISK008)	震度 5 弱	4.9	410.7
K-NET 氷見(TYM002)		4.8	180.1
K-NET 大谷(ISK001)		4.8	180.7
K-NET 小矢部(TYM006)		4.6	227.1
K-NET 七塚(ISK009)		4.5	184.8
K-NET 新湊(TYM005)		4.5	166.9
JMA 羽咋		4.5	230.4

表2 2007年能登半島地震において自治体観測点で観測された計測震度と最大加速度⁶⁾

観測点	震度	計測震度	最大加速度(cm/s ²)
輪島市門前町走出	震度 6 強	6.4	1303.8
七尾市田鶴浜町		6.2	745.9
中能登町能登部下	震度 6 弱	5.7	351.7
志賀町末吉千古		5.5	274.3
中能登町末坂		5.5	330.8
能登町松波		5.5	554.7
富山市新桜町	震度 5 弱	4.8	213.8
中能登町井田		4.8	220.5
能登町柳田		4.8	268.4
船橋村仏生寺		4.7	128.1
富山市婦中町笹倉		4.6	156.0
滑川市寺家町		4.6	161.8
射水市加茂中部		4.6	155.3
射水市戸破		4.5	157.2
宝達志水町子浦		4.5	186.3



(1) 最大加速度 (2) 計測震度
 図1 最大加速度と計測震度の分布図(○は自治体観測点、△はその他の観測点、×は震央)

のように最大加速度と計測震度、いずれも大きな違いが見られない観測点もあれば、JMA能登とK-NET能都(ISK004)のように2倍以上最大加速度が異なる観測点もある。このような近接する観測点での最大加速度や計測震度の違いは各観測点の地盤特性の違いに起因するものと考えられる。続いて、表1、2に示す観測点の最大加速度PGAと実効加速度 A_0 の対応(図2)を調べるとともに、表1に示す観測点の応答スペクトルを求めた(図3)。図3の応答スペクトルは水平2成分のベクトル和であり、減衰定数は5%である。ここで実効加速度とは計測震度算出の際に用いる地震動指標であり、次の計算手順で求められる。まず、加速度波形3成分をフーリエ変換し、図4に示すフィルターを掛ける。これを逆フーリエ変換し、3成分の波形をベクトル合成する。ベクトル合成した波形の振幅がある値 A_0 以上となる時間の合計を計算したとき、これがちょうど0.3秒となるような A_0 を求める。この A_0 が実効加速度である。なお、計測震度 I は次の実効加速度 A_0 との関係式によって計算される⁷⁾。

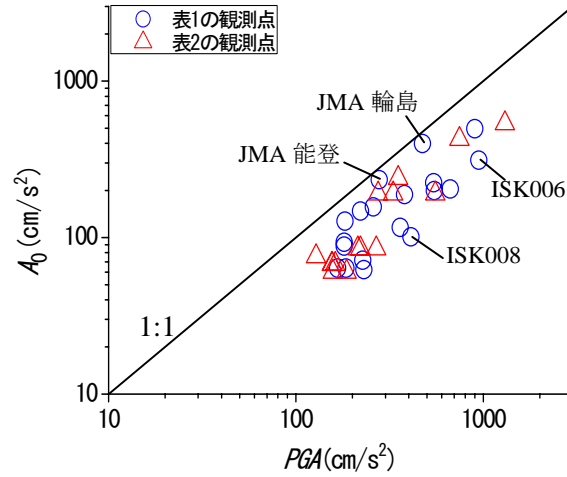


図2 最大加速度PGAと実効加速度 A_0 の対応

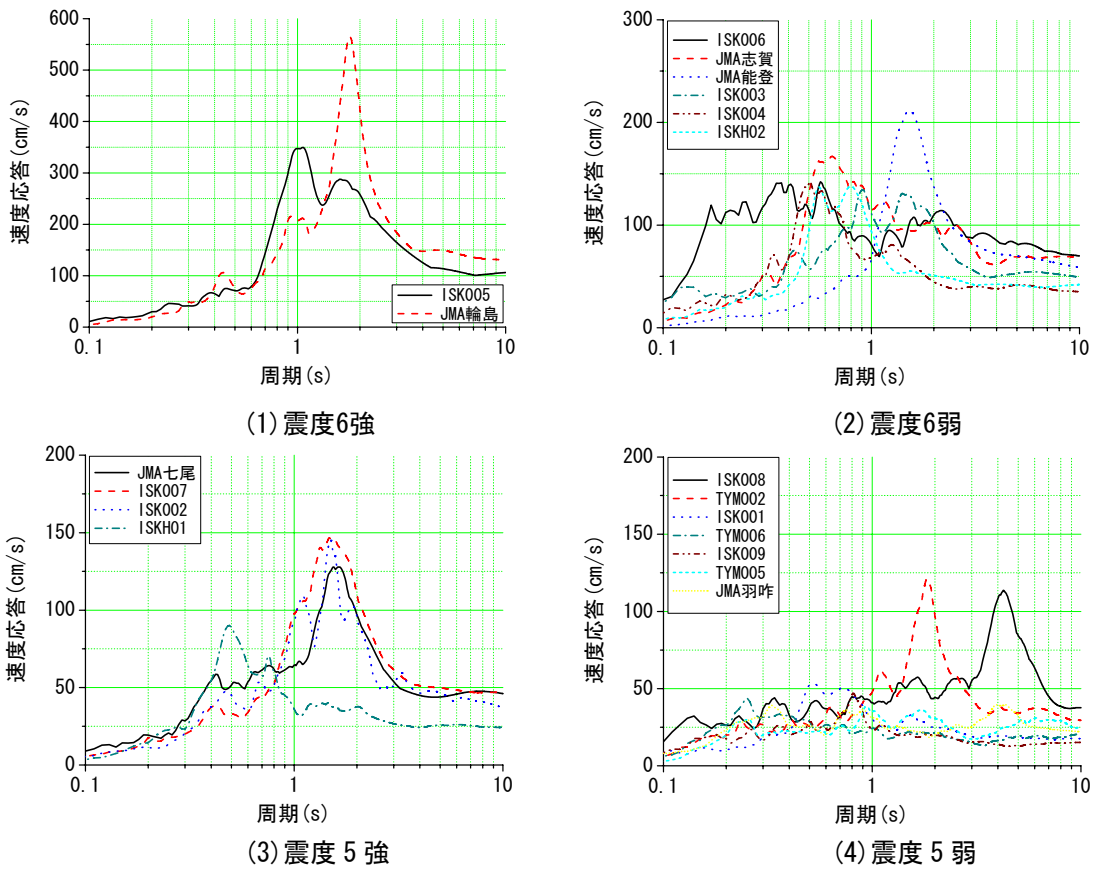


図3 速度応答スペクトル(減衰定数 5%)

$$I=2\log A_0+0.94 \quad (1)$$

図2を見ると図3の応答スペクトルにおいて周期1~2秒での振幅が他の周期に比べて際立って大きいJMA 輪島、JMA 能登は1:1の線の近くにあり、応答スペクトルの振幅が最大の周期(ピーク周期)が短周期にあるK-NET富来(ISK006)やピーク周期が4秒付近にあるK-NET羽咋(ISK008)では1:1の線から離れている。先の4観測点以外の観測点の応答スペクトルの特徴を見ると、ピーク周期が1~2秒に見られるK-NET正院(ISK002)やJMA七尾などではJMA 輪島、JMA 能登ほどではないが、最大加速度と実効加速度の差が小さく、ピークが短周期にあるK-NET小矢部(TYM006)では両加速度の差が大きかった。このよ

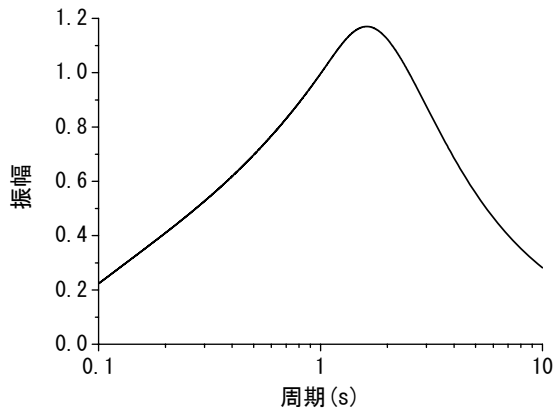


図4 計測震度算出の際に使用するフィルター

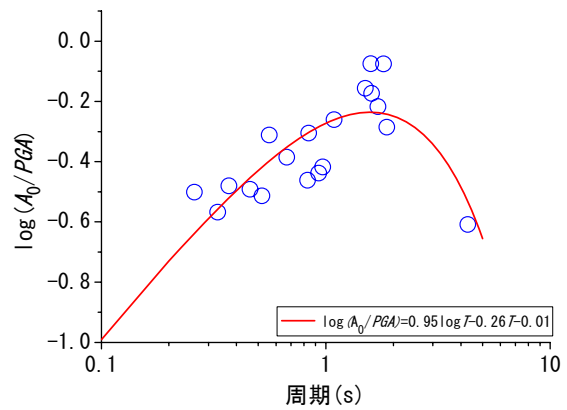


図5 $\log(A_0/PGA)$ と応答スペクトルピーク周期

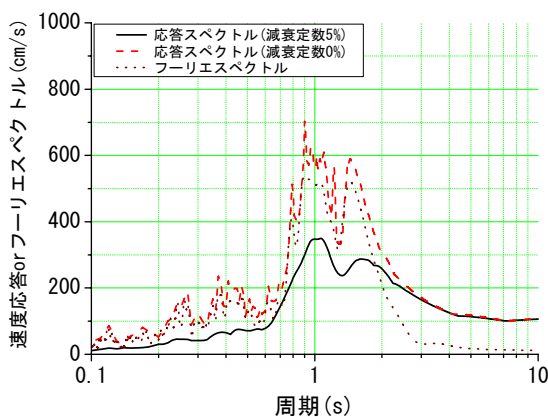


図6 K-NET穴水 (ISK005) の応答スペクトルとフーリエスペクトルの比較

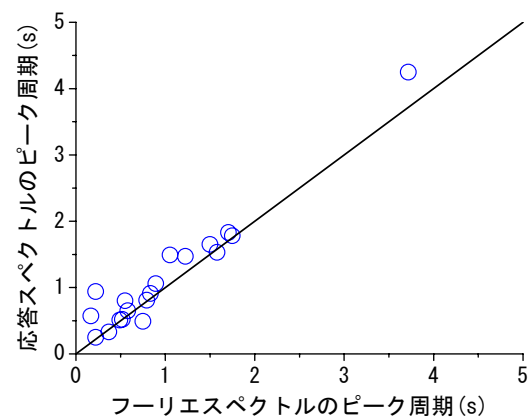


図7 フーリエスペクトルと応答スペクトルのピーク周期の対応

うな最大加速度と実効加速度の差と応答スペクトルの関係を調べるために、 $\log(A_0/PGA)$ と速度応答スペクトルのピーク周期との対応を調べた(図5)。図5の実線は回帰分析で求めたピーク周期 T と $\log(A_0/PGA)$ の関係式によるものである。ピーク周期が短周期から周期1~2秒付近に近づくにつれて $\log(A_0/PGA)$ が大きくなり、1~2秒よりも長周期になると $\log(A_0/PGA)$ が減少している。図5を図4の計測震度算出の際に用いるフィルターと比較してみると、フィルターの振幅の増減と $\log(A_0/PGA)$ の変化が概ね対応していることが分かる。フィルター処理は加速度波形をフーリエ変換したものに対して行うものであり、応答スペクトルに対するものではない。しかし、図6に示すように減衰定数0%の速度応答スペクトルとフーリエスペクトルは近似的な関係にあり⁸⁾、減衰定数5%の速度応答スペクトルとフーリエスペクトルのピーク周期も概ね対応している(図7)。そのため、応答スペクトルのピーク周期が図4のフィルターのピークに近いほど、フィルター処理前の地震波形の最大加速度と処理後の実効加速度の差が小さく、図5に示す関係が得られたものと考えられる。図5に示す $\log(A_0/PGA)$ と応答スペクトルピーク周期の関係が過去に発生した能登半島地震以外の被害地震でも見られるかどうか調べるために震度5弱以上を観測した地震記録を基に解析を行った(図8)。解析対象とした地震記録は表3のとおりである。ばらつきはあるものの、ピーク周期 T と $\log(A_0/PGA)$ の関係式による実線を見ると周期2秒付近で $\log(A_0/PGA)$ のピークがあり、図5と同様に $\log(A_0/PGA)$ と図4のフィルターの振幅の変化が調和的であることが分かる。

ここで $\log(A_0/PGA)$ の物理的な意味を検討する。まず、計測震度 I が最大加速度 PGA と最大速度 PGV の積の関数として表されるものと仮定する。

$$I = a_1 \log(PGA \cdot PGV) + a_2 \quad (2)$$

表3 解析対象とした各地震の記録数

	K-NET	KiK-net	気象庁
2000年鳥取県西部地震	15	12	9
2001年芸予地震	31	13	18
2003年5/26宮城県沖の地震	36	26	23
2003年十勝沖地震	53	34	11
2004年新潟県中越地震	17	7	9
2005年福岡県西方沖地震	12	3	6
2005年8/16宮城県沖の地震	25	12	13
2007年新潟県中越沖地震	14	6	9

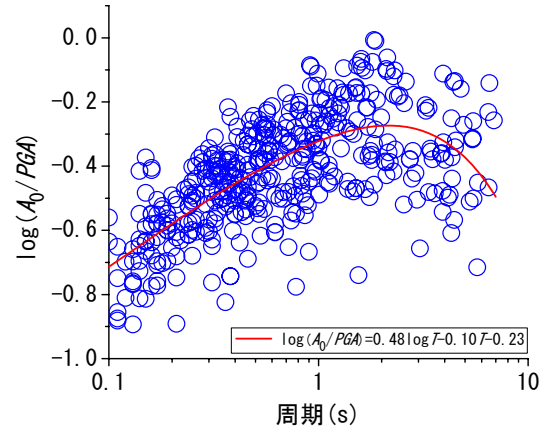


図8 表3に示す地震記録における $\log(A_0/PGA)$ と応答スペクトルピーク周期

藤本・翠川⁹⁾によれば計測震度 I が4~7の範囲では a_1 と a_2 は1前後の値となっていることから、 a_1 と a_2 を1とする。計測震度 I と実効加速度 A_0 の関係式を式(2)の左辺に代入すると次式が得られる。

$$2\log A_0 = \log(PGA \cdot PGV) + 0.06 \quad (3)$$

この式に PGA 、 PGV と地震記録の卓越周期 T_E の関係式 ($T_E = 2\pi(PGV/PGA)$) から得られる $PGV = PGA \cdot T_E / (2\pi)$ を右辺第1項に代入すると以下ようになる。

$$2\log A_0 = \log(PGA^2 \cdot T_E / (2\pi)) + 0.06 \quad (4)$$

式(4)を変形すると

$$\log(A_0/PGA) = 0.5\log(T_E / (2\pi)) + 0.03 \quad (5)$$

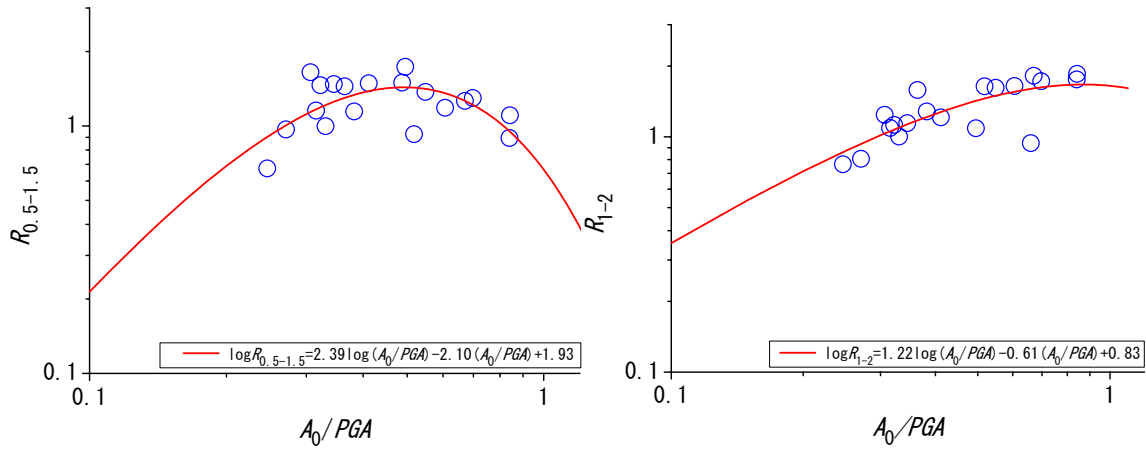
となる。式(5)から明らかなように $\log(A_0/PGA)$ は地震記録の卓越周期 T_E の常用対数と関連する指標といえる。この式はいくつかの仮定に基づいており、また、 A_0 を求める際には図4に示すフィルターによる処理を行っていることから、必ずしも $\log(A_0/PGA)$ が $\log(T_E / (2\pi))$ と正比例の関係になる訳ではない。しかし、地震記録の卓越周期 T_E が応答スペクトルのピーク周期 T と等しいと仮定し、図5、8で周期2秒未満を見ると $\log(A_0/PGA)$ とピーク周期 T の常用対数には正比例の関係が見られることが分かる。

2.2 地震動指標と応答スペクトル平均値の関係

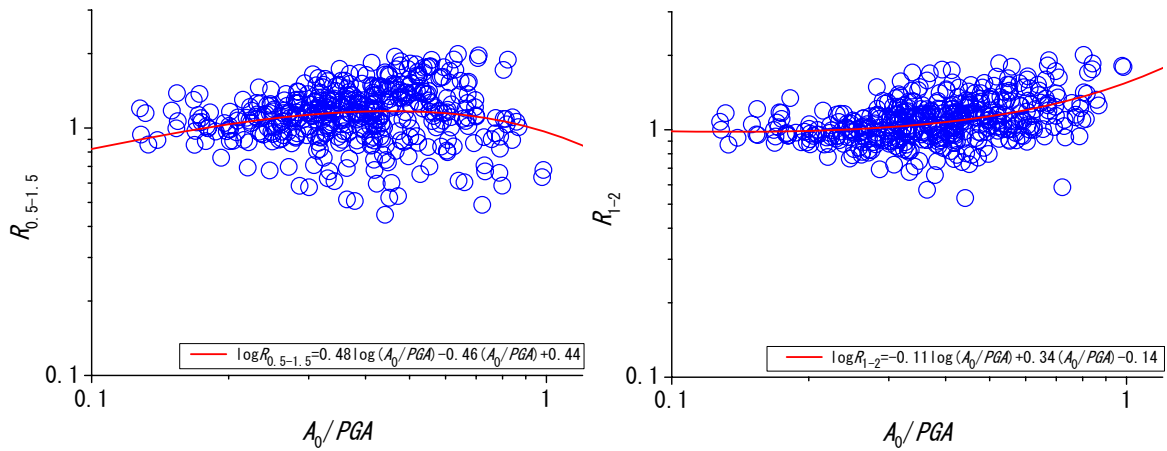
前節で述べたように $\log(A_0/PGA)$ が大きくなるほど、応答スペクトルのピーク周期が周期1~2秒に近づく傾向にあることから、 $\log(A_0/PGA)$ が大きい観測記録から求めた応答スペクトルでは周期1~2秒の振幅が他の周期帯の振幅に比べて相対的に大きいことが推測される。このことを確認するために、地震観測記録ごとに1秒前後の周期帯(下限周期 T_1 、上限周期 T_2)と周期0.1~10秒の速度応答スペクトルの平均値の比 $R_{T_1-T_2}$ (今後、応答スペクトル比と呼ぶ) を求め、 A_0/PGA との対応を調べた(図9)。同図の実線は A_0/PGA と応答スペクトル比を以下の式を用いて回帰分析によって求めた関係式である。

$$\log R_{T_1-T_2} = b_1 \log(A_0/PGA) + b_2 (A_0/PGA) + b_3 \quad (6)$$

ここで b_1 、 b_2 、 b_3 は回帰係数である。2007年能登半島地震の地震記録から求めた A_0/PGA と応答スペクトル比 $R_{T_1-T_2}$ の関係を見ると、周期0.5~1.5秒を対象とした場合は A_0/PGA が0.4~0.6の間にある時に応答スペクトル比 $R_{T_1-T_2}$ が大きく、周期1~2秒を対象とした場合は A_0/PGA が1に近づくほど応答スペクトル比 $R_{T_1-T_2}$ が大きくなっている。能登半島地震以外の地震記録も解析対象にした場合(全地震)は能登半島地震の記録だけを対象にした場合に比べて、ばらつきが大きいものの応答スペクトル比 $R_{T_1-T_2}$ が大きくなる A_0/PGA の区間は同様の傾向を示している。このような A_0/PGA と応答スペクトル比 $R_{T_1-T_2}$ の関係を利用して、周期1秒前後の応答スペクトルと地震動指標の関係式を構築する。 A_0/PGA と応答スペクトル比 $R_{T_1-T_2}$ の関係を考慮した式(7)によって速度応答スペクトル平均値の関係式を求めるとともに、1つの地震動指標のみをパラメータとした関係式(式(8)、(9))を求め、それぞれの予測精度を比較した。



(1) 2007年能登半島地震



(2) 表3に示す全地震

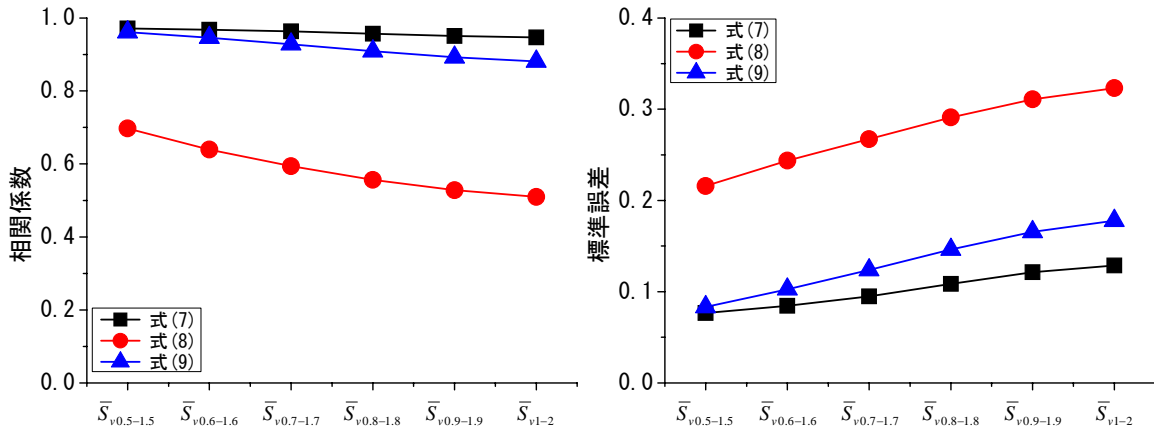
図9 A_0/PGA と応答スペクトル比 $R_{T_1-T_2}$ の関係

$$\log \overline{S_{v_{T_1-T_2}}} = c_1 \log A_0 + c_2 \log(A_0/PGA) + c_3(A_0/PGA) + c_4 \quad (7)$$

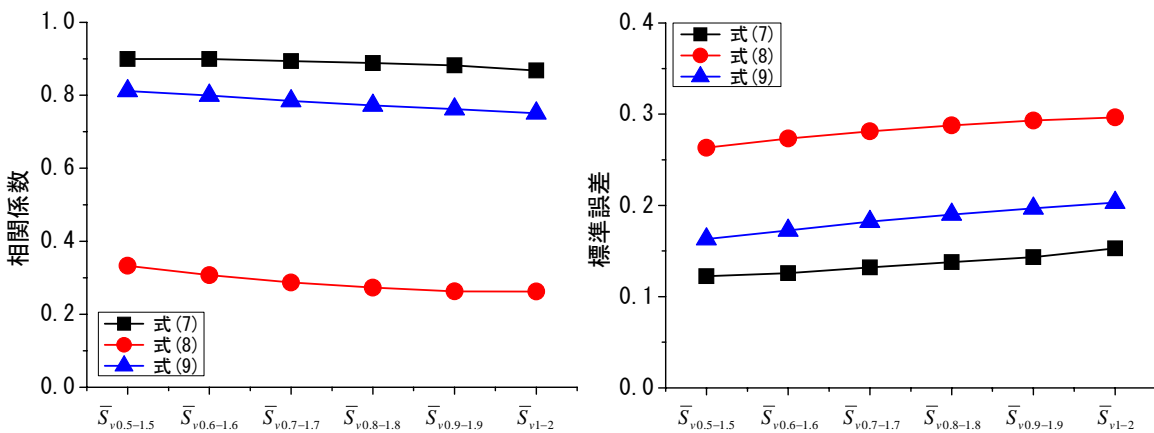
$$\log \overline{S_{v_{T_1-T_2}}} = c_1^A \log PGA + c_2^A \quad (8)$$

$$\log \overline{S_{v_{T_1-T_2}}} = c_1^{A_0} \log A_0 + c_2^{A_0} \quad (9)$$

$\overline{S_{v_{T_1-T_2}}}$ はある周期帯(下限周期 T_1 、上限周期 T_2)の速度応答スペクトルの平均値、 $c_1 \sim c_4$ は回帰係数であり、添え字の A と A_0 は最大加速度と実効加速度に対応している。 $\overline{S_{v_{T_1-T_2}}}$ は下限周期 T_1 、上限周期 T_2 をそれぞれ0.1秒ごとに変化させ、下限周期 $T_1 0.5 \sim 1$ 秒、上限周期 $T_2 1 \sim 2$ 秒の範囲まで計算し、それぞれの $\overline{S_{v_{T_1-T_2}}}$ について関係式を求めるとともに、観測値と予測値の相関係数や標準誤差を算出した。 $\overline{S_{v_{T_1-T_2}}}$ ごとの相関係数と標準誤差を能登半島のみを解析対象とした場合と全地震を対象とした場合ごとに評価した(図10)。まず、能登半島のみを解析対象としたケースを見ると、下限周期が0.5秒、上限周期が1.5秒の $\overline{S_{v_{T_1-T_2}}}$ では本研究で提案した式(7)が実効加速度 A_0 をパラメータとする式(9)より相関係数が若干高い程度であるが、計算対象とする周期帯が長周期側になるほど両式の相関係数の差は大きくなっている。また、最大加速度 PGA をパラメータとする式(8)の相関は他の2式に比べてかなり低い。標準誤差を見ると、いずれの $\overline{S_{v_{T_1-T_2}}}$ でも式(7)の値が他の2式によるものよりも小さな値となっている。全地震を解析対象とした場合においても、本論文で提案した式(7)における相関係数がいずれの $\overline{S_{v_{T_1-T_2}}}$ でも最も高く、標準誤差も小さくなっている。以上の検討から、 A_0/PGA をパラメータに取り入れた式(7)を用いた場合、今回、対象とした周期帯において速度応答スペクトル平均値を最も精度良く推定できることが明らかになった。



(1) 2007年能登半島地震



(2) 表3に示す全地震

図10 観測値と予測値の相関係数と標準誤差

3. 速度応答スペクトル平均値と木造家屋の被害率の対応

3.1 ある周期帯の応答スペクトル平均値と被害率の関係

既往研究^{3), 4)}において速度応答スペクトルの周期0.5~1.5秒や周期1~2秒における平均値と被害率の相関が高いことが報告されているが、今回、対象とする能登半島地震では地震動特性の違いや木造家屋の地域性などにより被害率と相関の高い周期帯が先に挙げた周期帯と異なる可能性がある。ここでは能登半島地震において木造家屋の被害率と速度応答スペクトル平均値において相関の高い周期帯を調べるために、周期0.5~2秒を対象にして、ある周期帯の速度応答スペクトル平均値と被害率の相関係数を求めた。速度応答スペクトル平均値は観測された地震波形記録から求めたものであり、被害率は野尻ら¹⁰⁾の調査結果による値である。この調査は観測点から半径200mの円内の建物に対して行われたものである。速度応答スペクトル平均値は任意の周期帯の下限周期と上限周期を0.1秒刻みで変化させて計算した。速度応答スペクトル平均値と被害率の相関係数の対応を図11に示す。同図から明らかのように下限周期は0.5~1.1秒、上限周期0.8~1.4秒付近で $S_{v T_1-T_2}$ と被害率の相関が0.95を超えており、下限周期0.7秒、上限周期1.2秒の際に相関係数が最大になった(相関係数=0.968)。なお、最大加速度PGAや実効加速度 A_0 、計測震度 I と被害率の相関係数はそれぞれ0.778、0.881、0.823であった。

3.2 自治体観測点における $\bar{S}_{v0.7-1.2}$ 推定値と被害率の対応

先の検討から速度応答スペクトルにおいて周期0.7~1.2秒の平均値が被害率と最も相関が高いことが明らかになった。ここでは自治体観測点を対象に最大加速度と計測震度から周期0.7~1.2秒の速度応答スペクトル平均値 $\bar{S}_{v0.7-1.2}$ を推定するとともに、推定値と被害率 D の対応を検証した。周期0.7~1.2秒の速度応答スペクトル平均値を対象に式(7)~(9)を求めた際に得られた観測値と予測値の相関係数や

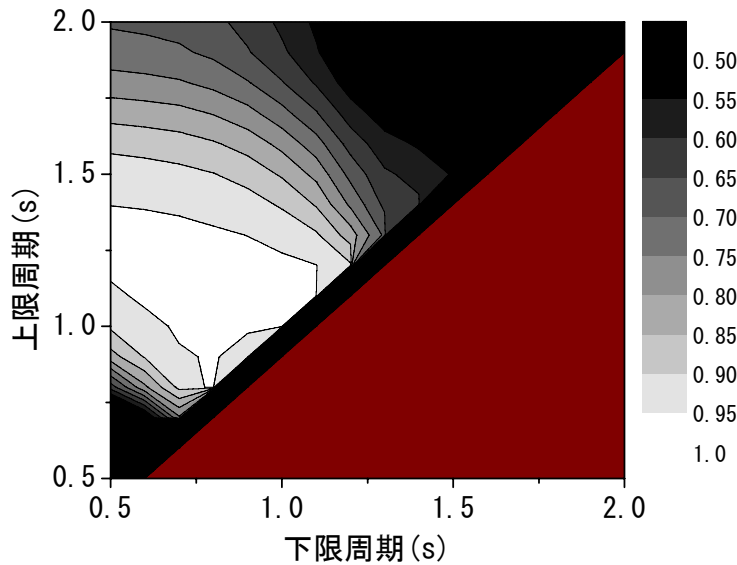


図11 \bar{S}_{v, T_1-T_2} と被害率の相関係数の対応

標準誤差を図12に示す。図12から明らかなように本論文で提案した式(7)を用いた場合、相関係数が最も高く、標準誤差も最小である。

続いて、地震波形が得られている観測点や自治体観測点を対象に推定した $\bar{S}_{v,0.7-1.2}$ と被害率の対応を図13に示す。図中の直線は地震波形が得られている観測点の $\bar{S}_{v,0.7-1.2}$ と被害率の関係式から求めたものである。図13を見ると、自治体観測点を対象に推定した $\bar{S}_{v,0.7-1.2}$ と被害率の関係は観測記録から求めた被害率の関係式とやや対応が悪いものもあるが、全体的に見ればよく対応しており、本論文で推定した自治体観測点の $\bar{S}_{v,0.7-1.2}$ が妥当な値であったことを示す結果となった。

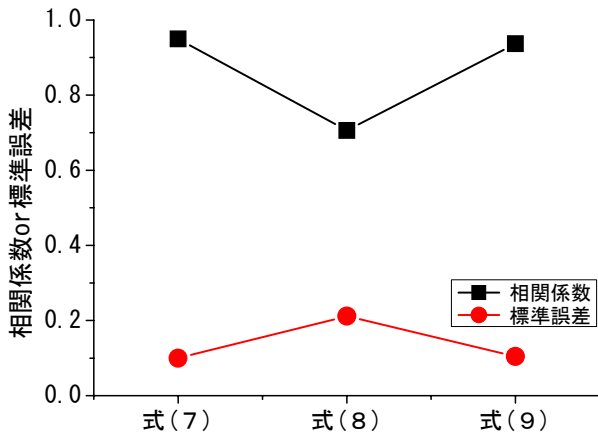


図12 式(7)～(9)によって $\bar{S}_{v,0.7-1.2}$ を評価した場合の観測値と予測値の相関係数と標準誤差

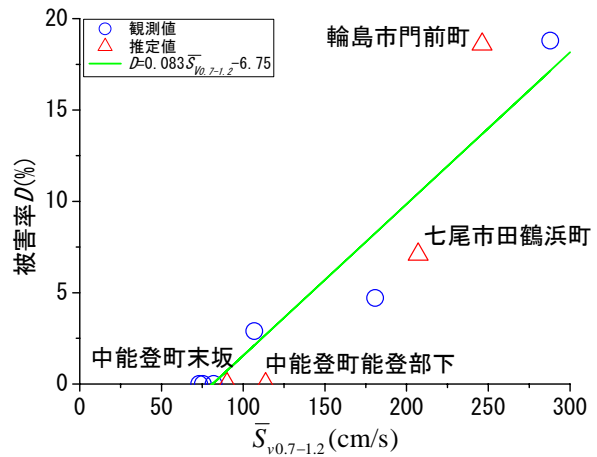


図13 $\bar{S}_{v,0.7-1.2}$ と被害率の関係

4. まとめ

本研究では2007年能登半島地震を対象に地震波形が得られていない自治体観測点の周期1秒前後の応答スペクトル平均値を推定するために、最大加速度と計測震度から応答スペクトル平均値を推定する手法を提案した。また、能登半島地震で地震波形が得られている観測点の記録に基づき構造物被害

率と最も相関の高い応答スペクトルの周期帯を調べるとともに、自治体観測点を対象に提案した手法によって、この周期帯の応答スペクトル平均値を推定した。

まず、能登半島地震や過去の被害地震の地震波形記録に基づき、最大加速度、計測震度と応答スペクトルの関係を検証し、その検証結果に基づいて応答スペクトルを推定する手法を提案した。提案した手法による評価式では最大加速度や実効加速度のみをパラメータとする場合に比べて高い精度で応答スペクトル平均値を評価できることが明らかになった。続いて、能登半島地震で観測された地震波形記録に基づき速度応答スペクトル平均値と木造家屋の被害率の相関を評価することにより、木造家屋被害と相関の高い周期帯を調べた。その結果、速度応答スペクトルにおいて周期0.7~1.2秒の平均値が木造家屋の被害率と最も相関が高いことが判明した。最後に周期0.7~1.2秒を対象に自治体観測点の応答スペクトル平均値を推定し、木造家屋の被害率との対応を検証した。その結果、観測記録から計算した応答スペクトル平均値と被害率の関係式との対応が良いことが明らかになった。

以上のことより、自治体観測点では計測震度と最大加速度しか利用できないことが少なくないが、それらだけを用いても構造物被害と相関の高い周期1秒前後の応答スペクトル平均値を精度良く推定できることを示した。なお、今回対象とした能登半島地震の記録では周期0.7~1.2秒の応答スペクトル平均値と被害率の相関が高かったが、木造家屋の地域性などの影響もあることから、他の被害地震の観測記録についても同様の結果が得られるかどうかは明らかでない。今後は能登半島地震以外の被害地震についても、応答スペクトルにおいて構造物被害と相関の高い周期帯を調べ、地震波形が得られていない自治体観測点を対象に応答スペクトル平均値を推定するとともに、推定した応答スペクトル平均値と被害率との対応を検証する予定である。

謝辞

本研究では解析において気象庁の観測記録と地震・火山月報(防災編)、独立行政法人 防災科学技術研究所の K-NET、KiK-net の観測記録を使用させて頂きました。また、3名の査読者の方から貴重なコメントを頂きました。記して感謝の意を表します。

参考文献と URL

- 1) 総務省消防庁：平成19年(2007年)能登半島地震(第46報)、<http://www.fdma.go.jp/detail/710.html>.
- 2) 社団法人 日本建築学会北陸支部：2007年3月25日能登半島地震の災害調査速報、2007、pp.37-38.
- 3) 境 有紀、神野達夫、瀬藤 一：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、2004、pp.71-76.
- 4) 吉田研史、久田嘉章、川瀬 博、伏見 実：地震応答解析に基づいた木造建物群の被害率関数と破壊力指標の検討、日本建築学会学術講演梗概集、2005、pp.161-162.
- 5) 大井昌弘、野畑有秀、水谷 守、藤原広行：強震記録から見た地震動強さの指標間の関係、第11回日本地震工学シンポジウム論文集、2002、pp.633-638.
- 6) 気象庁：平成19年3月地震・火山月報(防災編)、<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaikyo/monthly200703/200703index.html>.
- 7) 気象庁：震度を知る 基礎知識とその活用、ぎょうせい、1996、53p.
- 8) 大崎順彦：新・地震動のスペクトル解析入門、鹿島出版会、1994、pp.149-151.
- 9) 藤本一雄、翠川三郎：近年の強震記録に基づく地震動強さ指標による計測震度推定法、地域安全学会論文集、No.7、2005、pp.241-246.
- 10) 野尻真介、境 有紀、熊本 匠、田中佑典：2007年能登半島地震による建物被害と発生した地震動の特性、日本地震工学会大会2007梗概集、2007、pp.412-413.

(受理：2007年12月3日)
(掲載決定：2008年4月18日)

Evaluation of Velocity Response Spectrum near period 1s Observed at Local Government Sites during the 2007 Noto Hanto Earthquake

NISHIKAWA Hayato ¹⁾ and MIYAJIMA Masakatsu ²⁾

- 1) Member, Maizuru National College of Technology, Dr. Eng.
- 2) Member, Professor, Kanazawa University, Dr. Eng.

ABSTRACT

In this study, velocity response spectrum near period 1s was evaluated from ground motion indices for local government sites because that ground motion records were not stored in the main shock of the 2007 Noto Hanto Earthquake. Analyzing relationship among *PGA*, *JMA* seismic intensity and average velocity response spectrum, the average velocity response spectrum can be precisely estimated by using these ground motion indices. Next, correlation between average velocity response spectrum and damage ratio of wooden house was examined based on the records of the 2007 Noto Hanto Earthquake. We clarified that the average velocity response spectrum of period 0.7 to 1.2s ($\bar{S}_{v0.7-1.2}$) has the highest correlation to the damage ratio of wooden house. Finally, a good correlation between $\bar{S}_{v0.7-1.2}$ at local government sites estimated by the proposed method, and damage ratio of wooden house was shown.

Key Words: The 2007 Noto Hanto Earthquake, Local Government Sites, Velocity Response Spectrum, Damage Ratio