

能登半島地震速報会 (建物被害について)

金沢大学理工研究域地球社会基盤学系 村田 晶

地震で亡くなられた方々のご冥福を心よりお祈り申し上げます。
被災された、被災されている方々に対し心よりお見舞い申し上げます。

調査地点について (走行ルート①)

1/2 ※走行調査のみ

羽咋市- (国道159) -七尾市-穴水町
-輪島市門前- (海岸ルート走行)
-志賀町富来- 志賀町志賀

1/3 ※**金沢工業大学 須田 達 先生が同行**

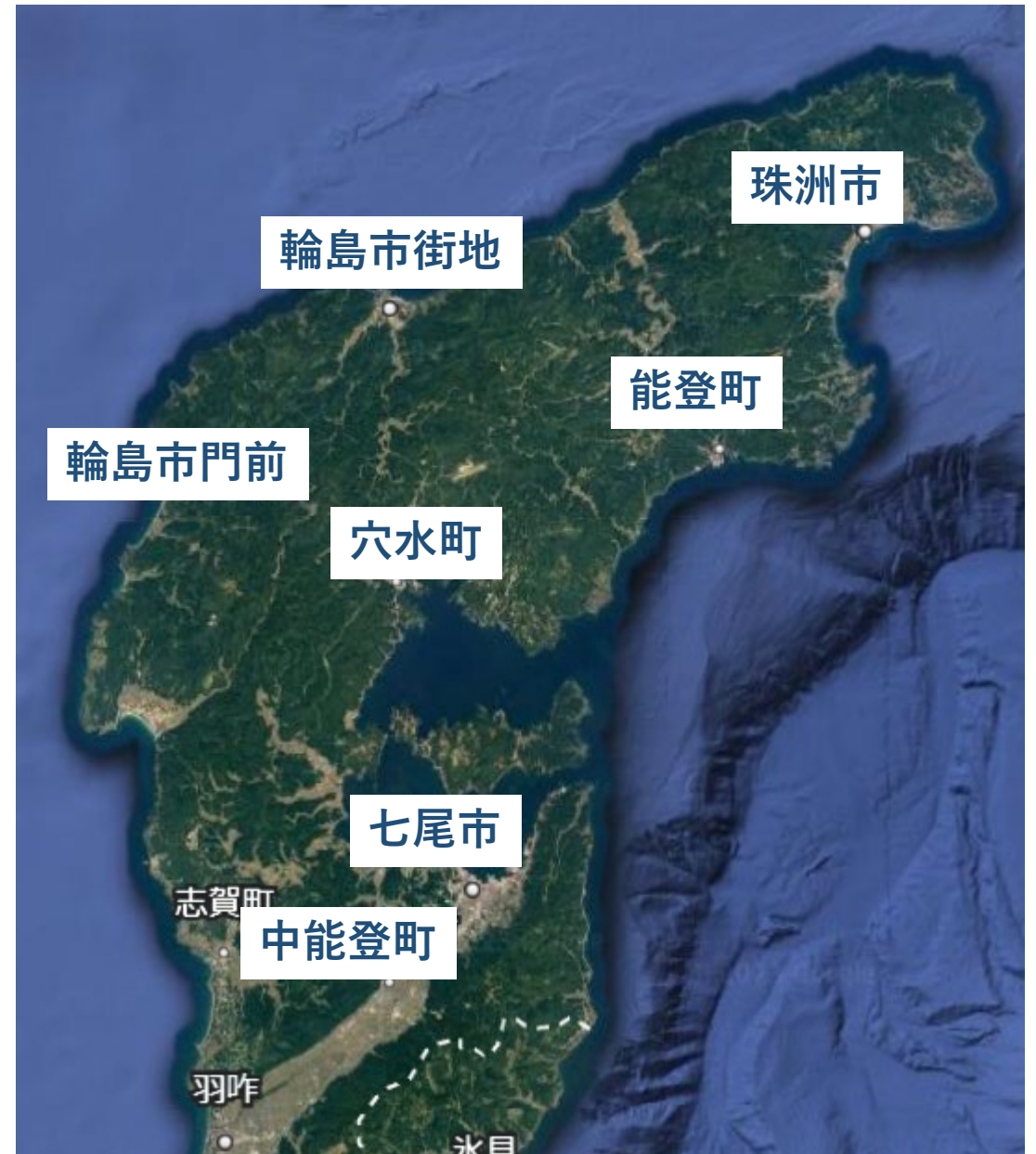
柳田IC- (県道2) -中能登町-七尾市- (国道249)
-穴水町- (国道249) -能登町-珠洲市

1/7

徳田大津IC- (国道249) -穴水町
-輪島市門前 (走出, 道下, 黒島)
-輪島市街地 (河井, 鳳至)

1/24

横田IC- (国道249) -穴水町
-珠洲市 (飯田, 正院, 三崎, 折戸)



調査地点について (走行ルート②)

1/26-27

横田IC- (国道249) -穴水町 (大町)
-珠洲市 (正院) -輪島市門前 (走出, 黒島)

1/29

内灘町-柳田IC- (県道2) -中能登町-志賀町



調査の雑感として①

- 周期 1 ～ 2 秒の成分（キラーパルス）の影響による住宅建物の被害が深刻（特に珠洲市正院，穴水町）
- 周期 3 秒の成分の影響による社寺建築物の倒壊が顕著（珠洲市正院）
- 昨年（5月）の強震，それ以前の群発地震による建物疲労の影響が強く現れている
- 短周期成分が卓越する地域では，揺れの大きさに比して被害程度はそれほど大きくない（志賀町の一部，珠洲市折戸地区，など）

調査の雑感として②

- 旧耐震基準で建築されている建物の損壊程度は極めて深刻，1981年以降の新耐震基準で建てられていると思われる住宅もかなりの損傷を受けているものが多い。ただし，その被害の多くは1981年以降に増改築した建物と思われる。
- 2000年以降に新築されている建物については，震動に起因する損壊については軽微にとどまっているものがほとんど。
- 津波で流されている家屋もあるが，予想していたより家屋は残っている印象。
- 建物敷地地盤の悪さ故，建物損壊としては大破となるものの，倒壊までは至らないことから，生存空間が確保されやすい面もあるのか？

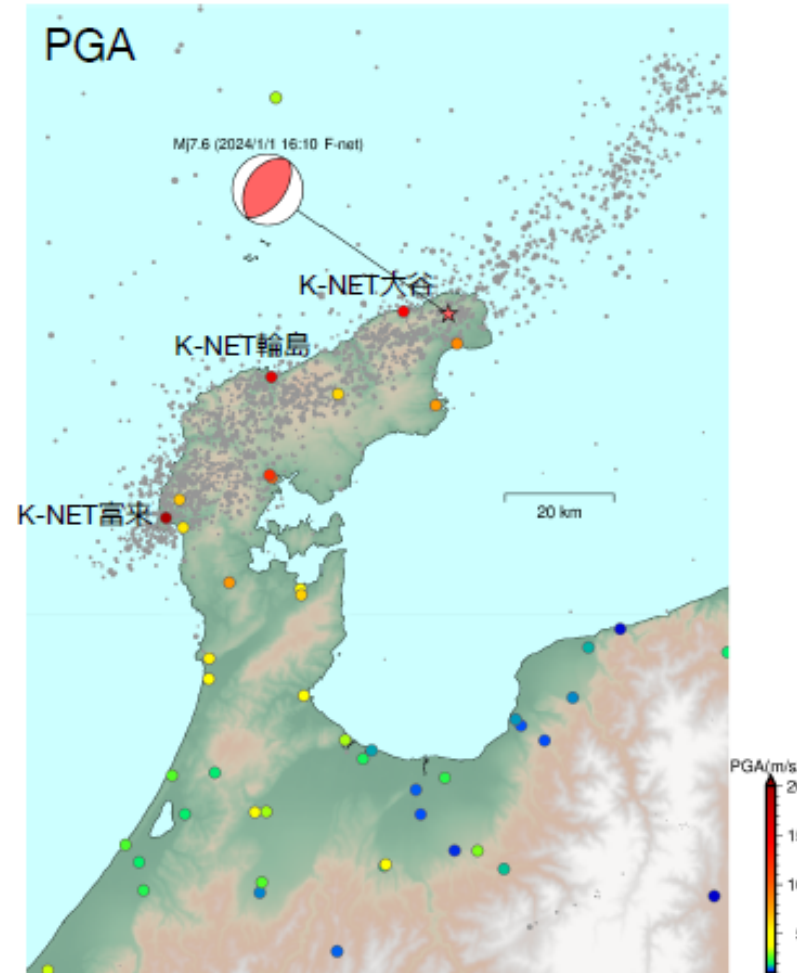
最大加速度／最大速度分布

PGA and PGV in horizontal motions

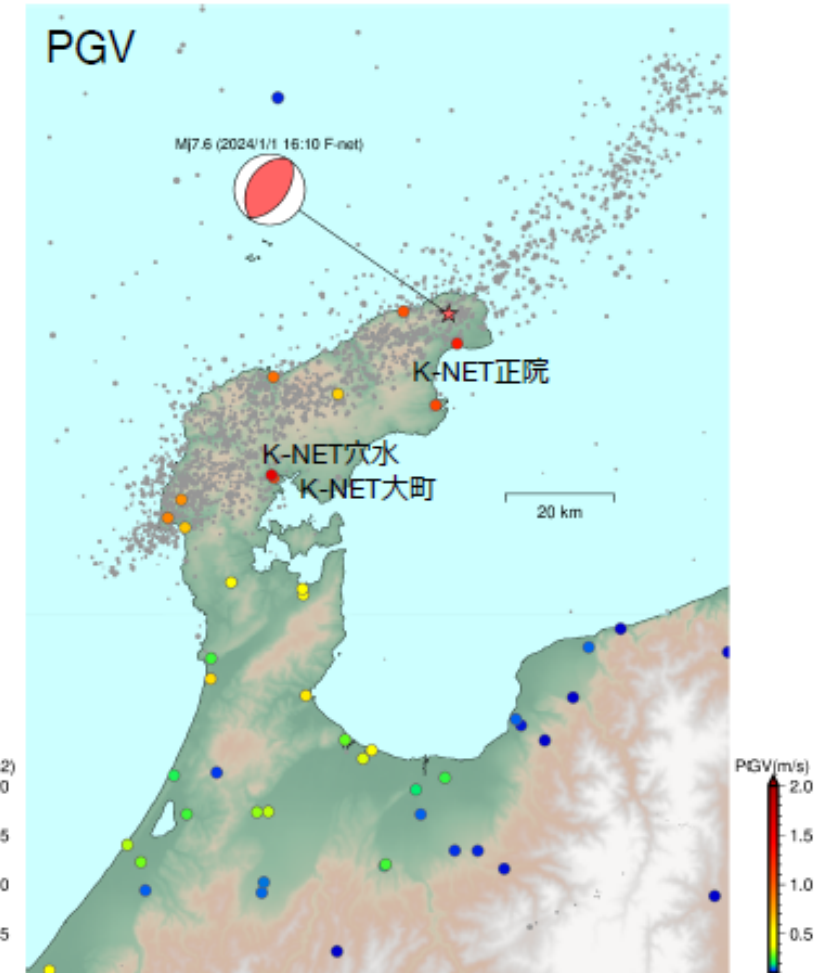
観測点	最大加速度 PGA
K-NET富来 (ISK006)	27.3 m/s ²
K-NET輪島 (ISK003)	16.3 m/s ²
K-NET大谷 (ISK001)	14.7 m/s ²

観測点	最大速度 PGV
K-NET穴水 (ISK005)	1.59 m/s
K-NET正院 (ISK002)	1.31 m/s
K-NET大町 (ISK015)	1.13 m/s

最大加速度 (水平2成分合成)

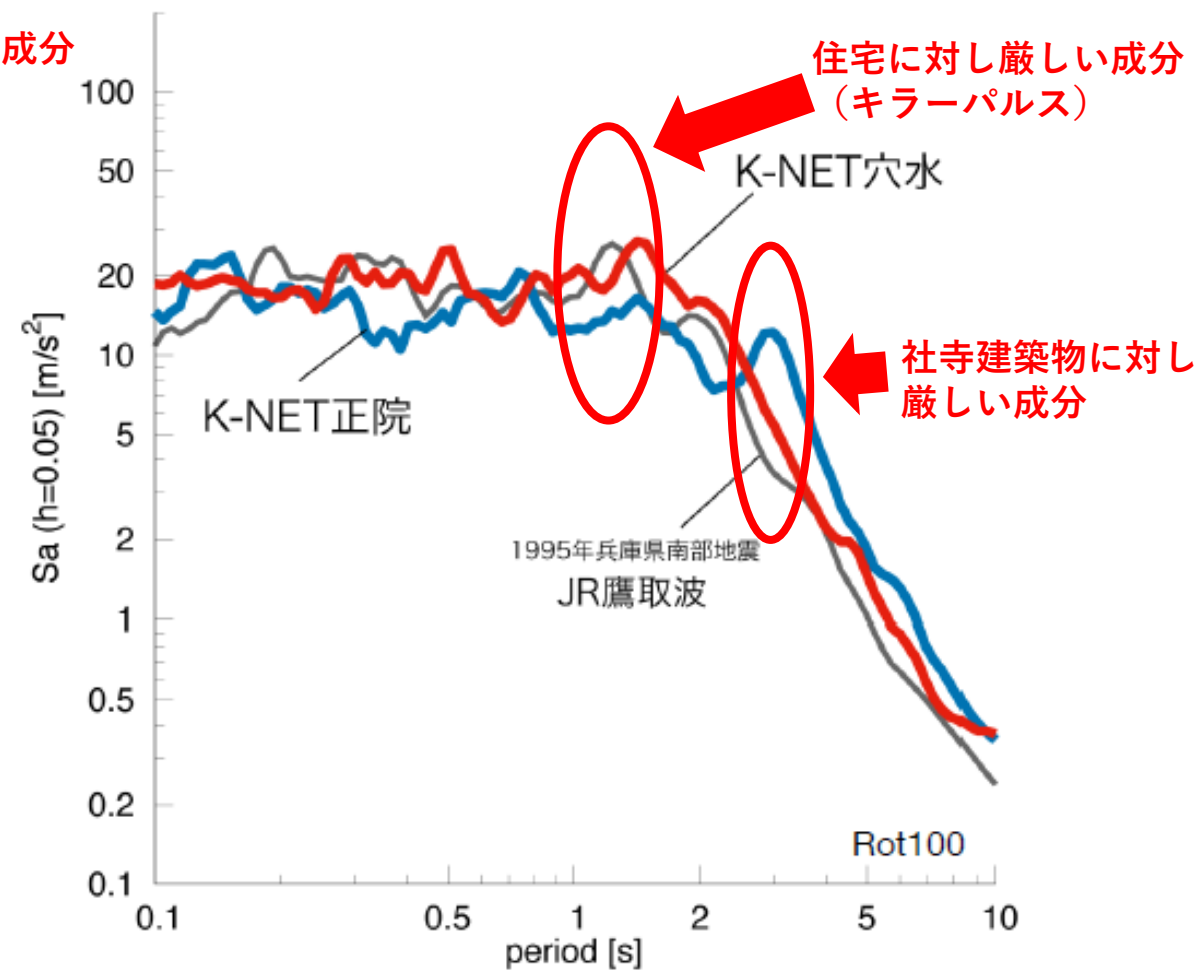
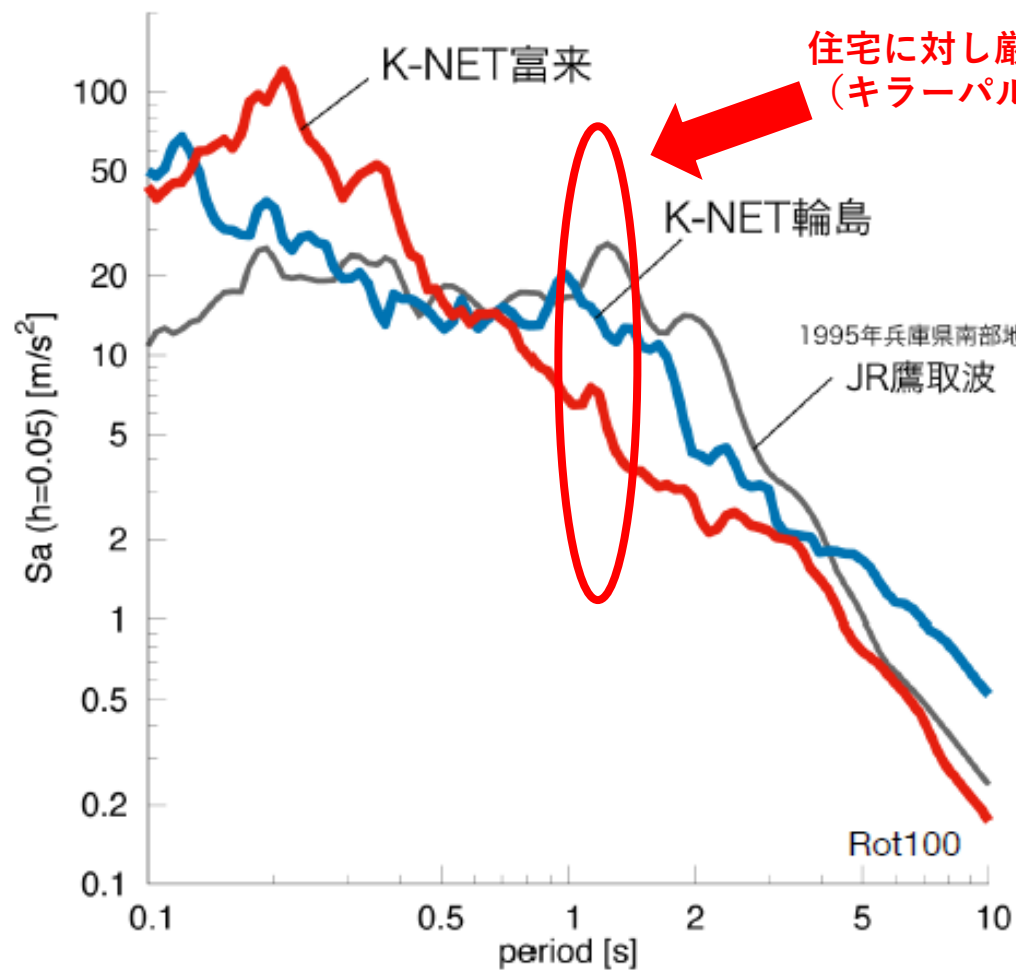


最大速度 (水平2成分合成)



加速度応答スペクトル

- K-NET富来は短周期成分が卓越
- K-NET輪島, K-NET穴水, K-NET正院は1秒付近の応答がJR鷹取波レベル



木造建物の最大応答変形角評価について

木造建物の最大応答変形角を、林らの手法¹⁾, ²⁾を用い、図のようなバイリニア型の復元力特性を持つ、建物モデルに対して求める。この方法は、観測記録による加速度応答スペクトルと、図の復元力特性を地震動に置き換えた性能等価応答スペクトルの対応から、最大応答変形角を求めるものであり、地震動特性と建物の応答の関係が分かりやすい、という利点がある。

図に示す固有振動数 f_e でバイリニアの復元力特性を持つ木造建物モデルの性能を等価な地震荷重に換算した性能等価加速度応答スペクトル S_{ae} ¹⁾は次式で表される。

$$S_{ae} = \frac{C_y g}{\mu F_h}$$

C_y はベースシア係数, g は重力加速度, 有効質量比 μ は0.9¹⁾.
 S_{ae} に含まれる加速度低減率 F_h ²⁾は次式で表される. λ は0.2²⁾, R_y は降伏変形角(1/100)²⁾

$$F_h = \frac{1.5}{1 + 10\{\lambda(1 - \sqrt{R_y/R}) + 0.05\}}$$

以上より, 固有振動数 f_e は以下の関係式¹⁾により求める。

$$f_e = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_y g}{\mu H_e R_y \left\{ \left(1 + 9(R/R_y)^{0.7}\right) / 10 \right\}}} \quad (R \leq R_y) \qquad f_e = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_y g}{\mu H_e R}} \quad (R > R_y)$$

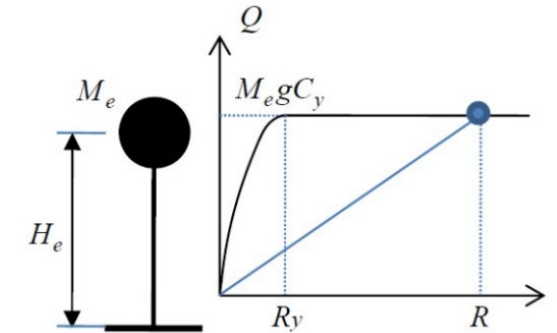


図 木造建物モデルと復元力特性¹⁾

1) Hayashi, Y., Nii, A. and Morii, T. : Evaluation of building damage based on equivalent-performance response spectra, Proceedings of the 14th WCEE, Paper ID 05-01-0407, 2008.

2) 林 康裕 : 性能等価応答スペクトルに基づく建築物の地震荷重評価, 第11回日本地震工学シンポジウム論文集, pp.651-656, 2002.

木造建物の最大応答変形角評価について

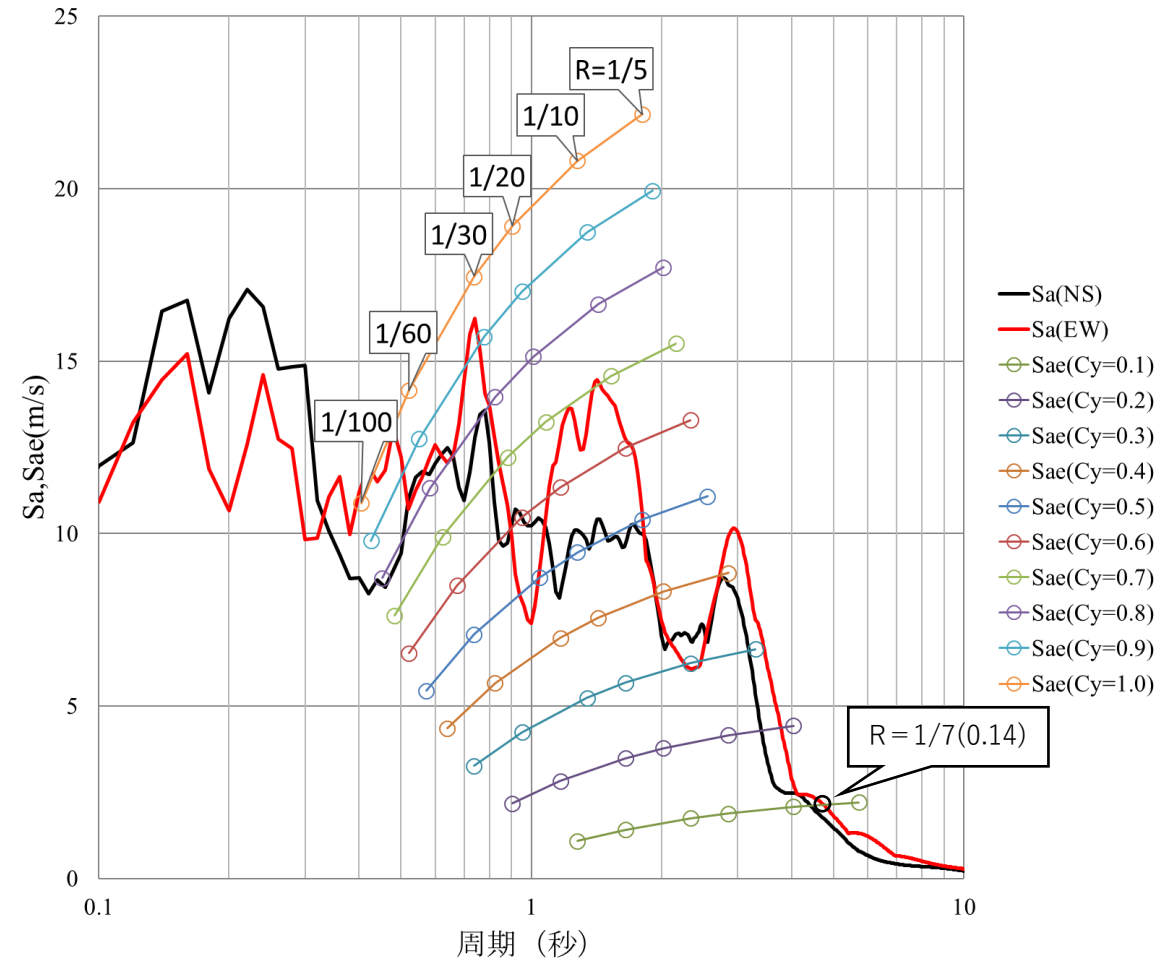
以下の図が、K-NET正院（ISK002）の観測記録から求めた加速度応答スペクトル S_a （図中の赤、黒の実線）と、木造建物の復元力特性と等価な加速度応答スペクトル（性能等価応答スペクトル S_{ae} 、図中の○と線）です。

性能等価加速度応答スペクトル S_{ae} の図は、ベースシア係数 $C_y = 0.1 \sim 1.0$ に対して、最大応答変形角 $R = 1/100 \sim 1/5$ について求めています。

C_y ごとに求めた S_{ae} と観測記録から求めた加速度応答スペクトル S_a の交点に対応する最大応答変形角が、ある C_y の建物モデルに対する、最大応答変形角 R になります。

例えば、ベースシア係数 $C_y = 0.1$ の S_{ae} は、赤い実線の $S_a(EW)$ と $R = 1/5$ と $R = 1/10$ の間の $R = 1/7$ で交わっていることから、最大応答変形角は $R = 1/7(0.14)$ となります。

なお、 S_{ae} が複数の箇所で S_a と交わる場合は、最も大きい最大応答変形角 R を採用しています。

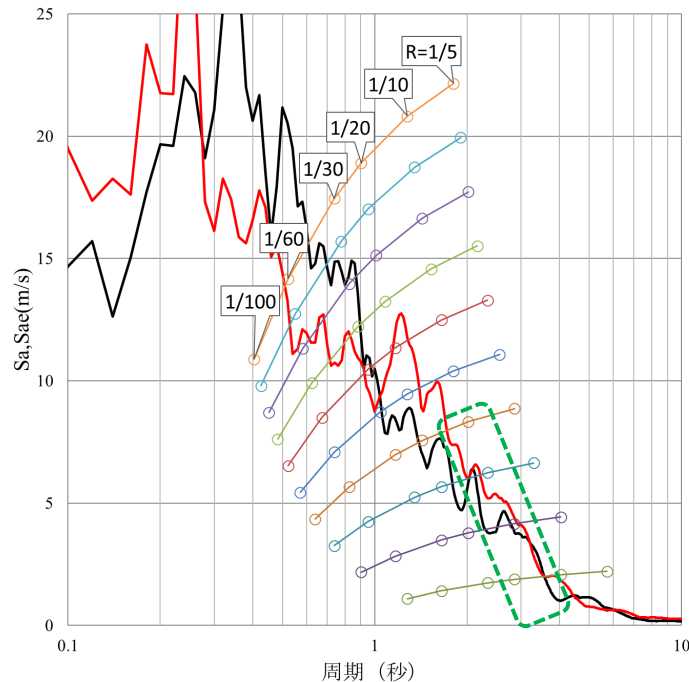


珠洲市の地震観測点のSaとSae

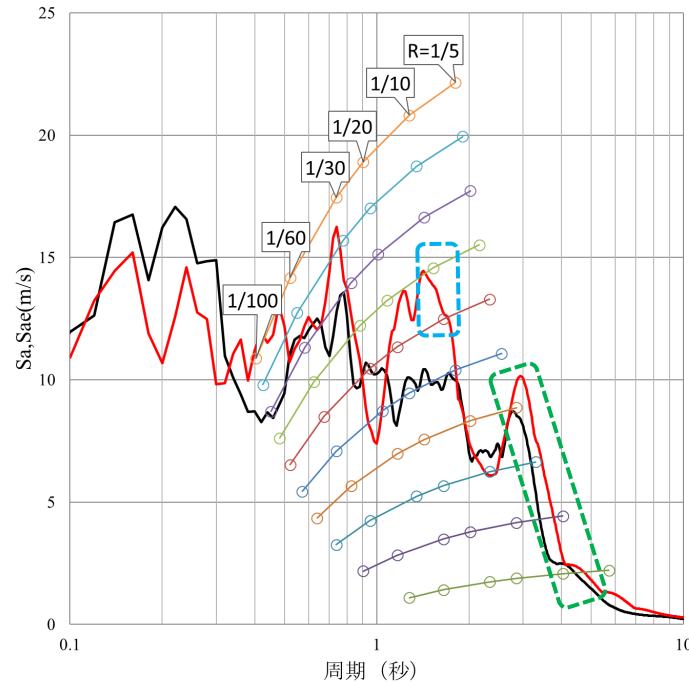
K-NET大谷(ISK001)：図中の破線部分の周期1～4秒の応答スペクトルSaによって、 $Cy = 0.1 \sim 0.4$ の最大応答変形角Rが $1/20 \sim 1/10$ 。

K-NET正院(ISK002)：緑色の破線部分の周期2～5秒の応答スペクトルによって、 $Cy = 0.1 \sim 0.4$ の最大応答変形角Rが $1/10 \sim 1/5$ 。また、青い破線部分の周期1～2秒の応答スペクトルによって、 $Cy = 0.6, 0.7$ の最大応答変形角Rが $1/20 \sim 1/10$ 。

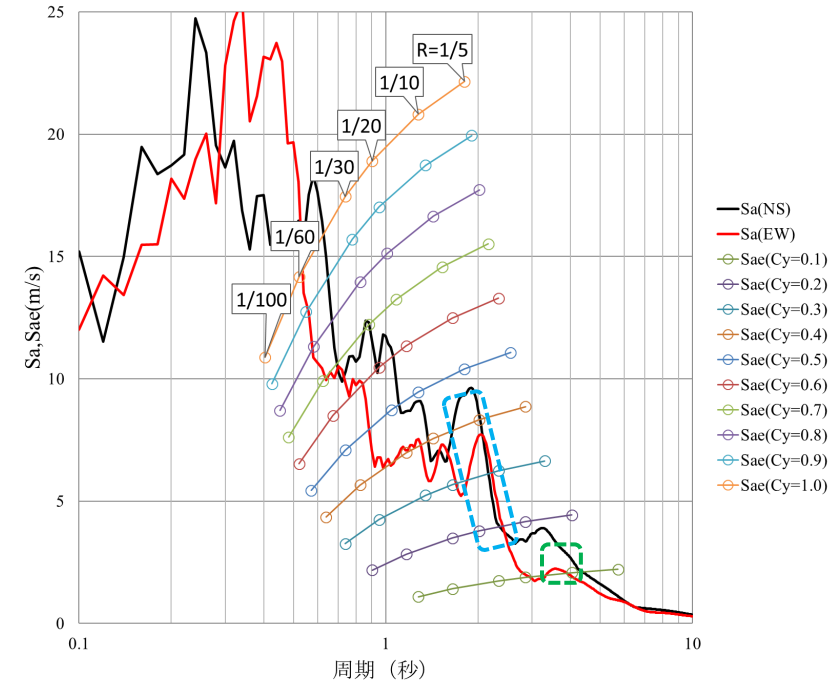
KiK-net珠洲(ISKH01)：緑色の破線部分の周期4～5秒の応答スペクトルによって、 $Cy = 0.1$ の最大応答変形角Rが $1/10 \sim 1/5$ 。また、青い破線部分の周期2～3秒の応答スペクトルによって、 $Cy = 0.2 \sim 0.4$ の最大応答変形角Rが $1/20 \sim 1/10$ 。



K-NET大谷(ISK001)



K-NET正院(ISK002)



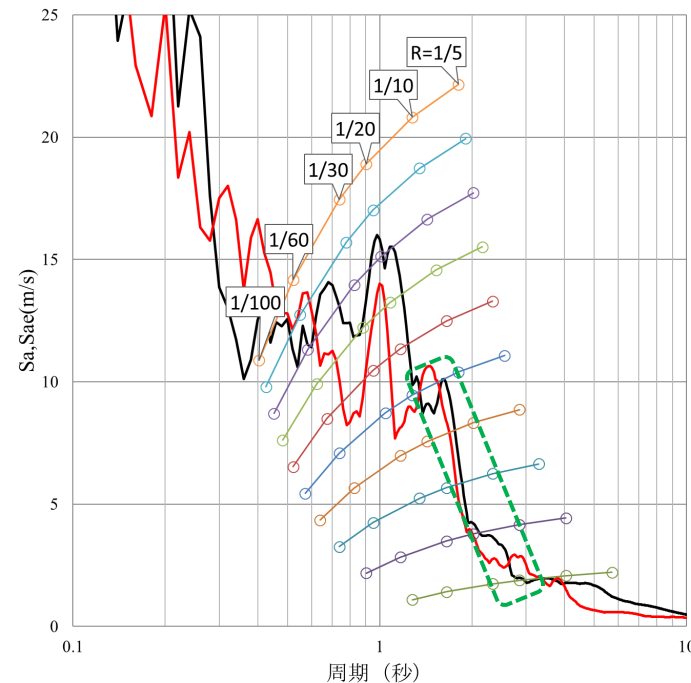
KiK-net珠洲(ISKH01)

輪島市と穴水町の地震観測点のSaとSae

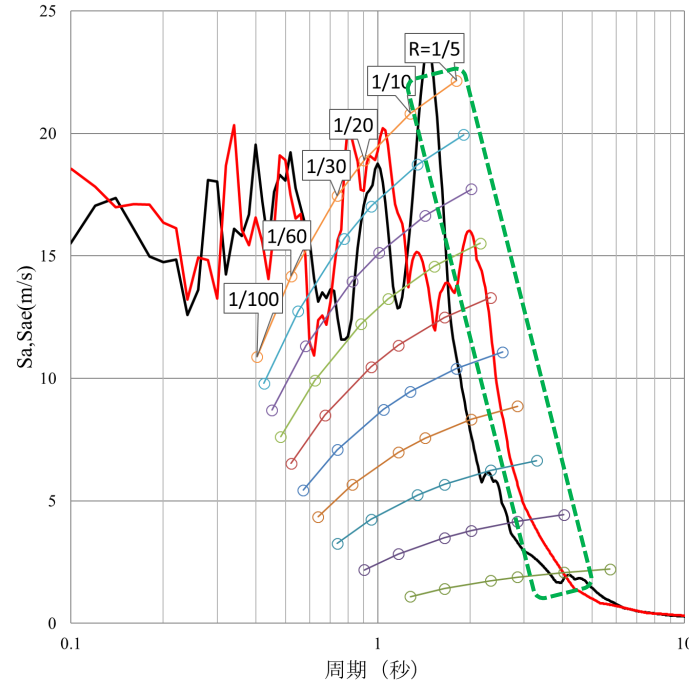
K-NET輪島(ISK003)：図中破線部分の周期1～4秒の応答スペクトルSaによって、 $Cy = 0.1 \sim 0.5$ の最大応答変形角Rが $1/20 \sim 1/10$ になっています。

K-NET穴水(ISK015)：破線部分の周期1～4秒の応答スペクトルが大きいため、いずれのCyでも最大応答変形角Rが $1/10$ 前後の値になっています。

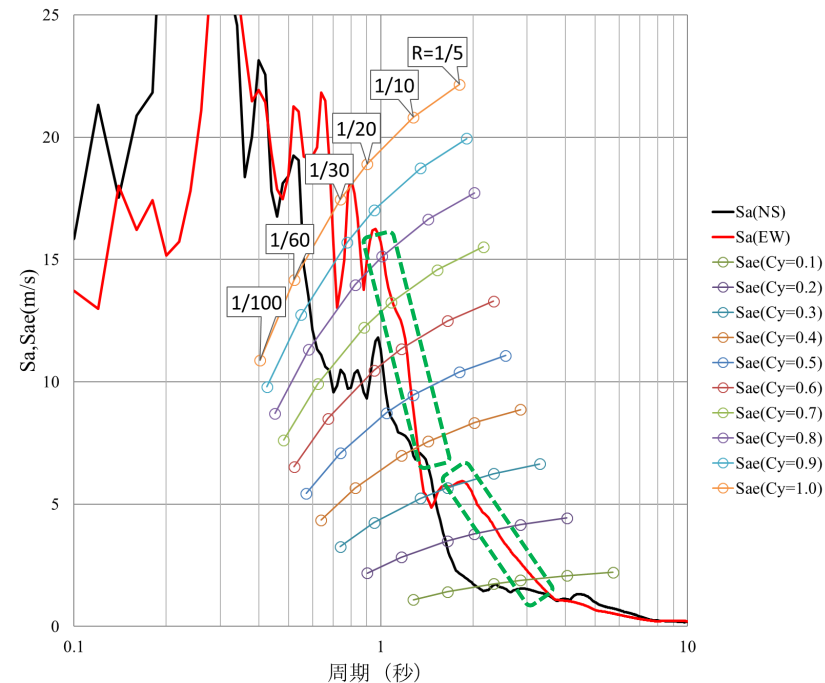
K-NET大町(ISK015)：破線部分の周期1～3秒の応答スペクトルによって、 $Cy = 0.1 \sim 0.8$ の最大応答変形角Rが $1/10 \sim 1/20$ 程度の値です。



K-NET輪島(ISK003)



K-NET穴水(ISK005)



K-NET大町(ISK015)

志賀町の地震観測点のSaとSae

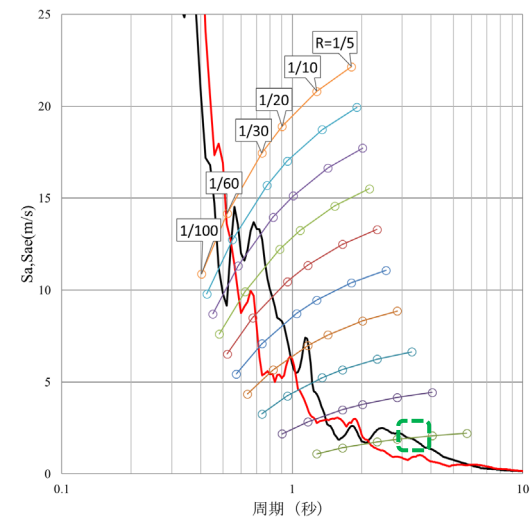
緑色の破線部分の周期3~4秒の応答スペクトルSaによって、K-NET富来(ISK006)、KiK-net富来(ISKH04)、志賀町富来領家町(気象庁)の $Cy = 0.1$ の最大応答変形角Rが $1/20 \sim 1/10$ になっています。

K-NET富来(ISK006)： $Cy = 0.2$ 以上の最大応答変形角Rのほとんどは $1/30$ 未満です。

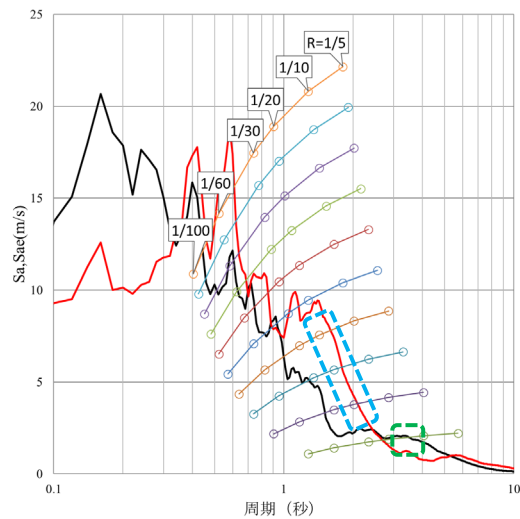
KiK-net富来(ISKH04)：青色の破線部分の周期1~2秒の応答スペクトルによって、 $Cy = 0.2 \sim 0.4$ の最大応答変形角Rが $1/20 \sim 1/10$ 。

KiK-net志賀(ISKH06)：青色の破線部分で、 $Cy = 0.1, 0.2$ の最大応答変形角Rが $1/30 \sim 1/20$ 程度。

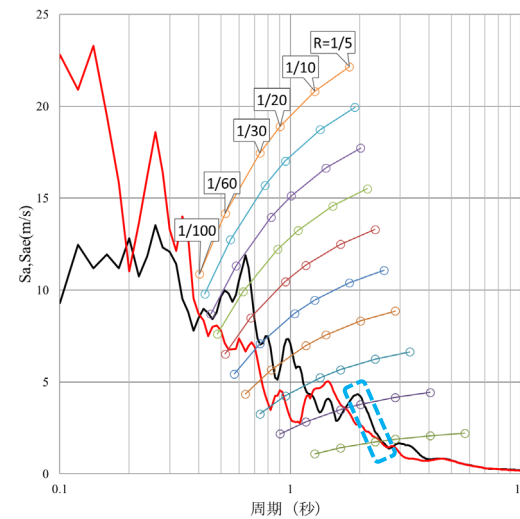
志賀町富来領家町(気象庁)：青色の破線部分で、 $Cy = 0.2$ の最大応答変形角Rが $1/16$ 。



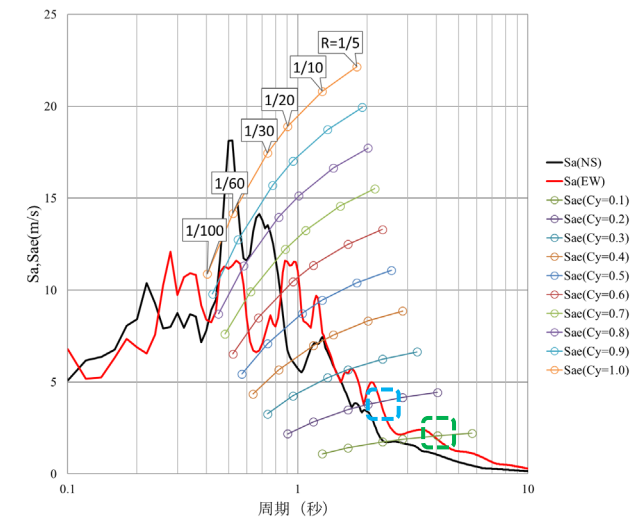
K-NET富来(ISK006)



KiK-net富来(ISKH04)



KiK-net志賀(ISKH06)



志賀町富来領家町(気象庁)

NS成分に対するCyごとの最大応答変形角Rの一覧表

	観測点名	R(Cy=0.1)	R(Cy=0.2)	R(Cy=0.3)	R(Cy=0.4)	R(Cy=0.5)	R(Cy=0.6)	R(Cy=0.7)	R(Cy=0.8)	R(Cy=0.9)	R(Cy=1.0)
珠洲市	K-NET大谷(ISK001)	1/13	1/11	1/12	1/21	1/29	1/29	1/29	1/27	1/38	1/44
	K-NET正院(ISK002)	1/8	1/7	1/5	1/11	1/15	1/30	1/35	1/34	1/137	1/146
	KiK-net珠洲(ISKH01)	1/9	1/15	1/12	1/10	1/27	1/24	1/30	1/46	1/43	1/42
輪島市	K-NET輪島(ISK003)	1/19	1/18	1/16	1/13	1/18	1/18	1/17	1/17	1/70	1/86
穴水町	K-NET穴水(ISK005)	1/12	1/11	1/12	1/10	1/10	1/9	1/8	1/8	1/7	1/7
	K-NET大町(ISK015)	1/39	1/31	1/25	1/25	1/29	1/26	1/51	1/55	1/53	1/52
志賀町	K-NET富来(ISK006)	1/16	1/43	1/37	1/30	1/39	1/41	1/40	1/39	1/53	1/74
	KiK-net富来(ISKH04)	1/13	1/36	1/33	1/41	1/38	1/49	1/58	1/56	1/87	1/83
	KiK-net志賀(ISKH06)	1/26	1/19	1/41	1/39	1/52	1/56	1/52	1/103	1/156	1/158
	志賀町富来領家町(気象庁)	1/29	1/24	1/25	1/24	1/43	1/39	1/36	1/36	1/57	1/54

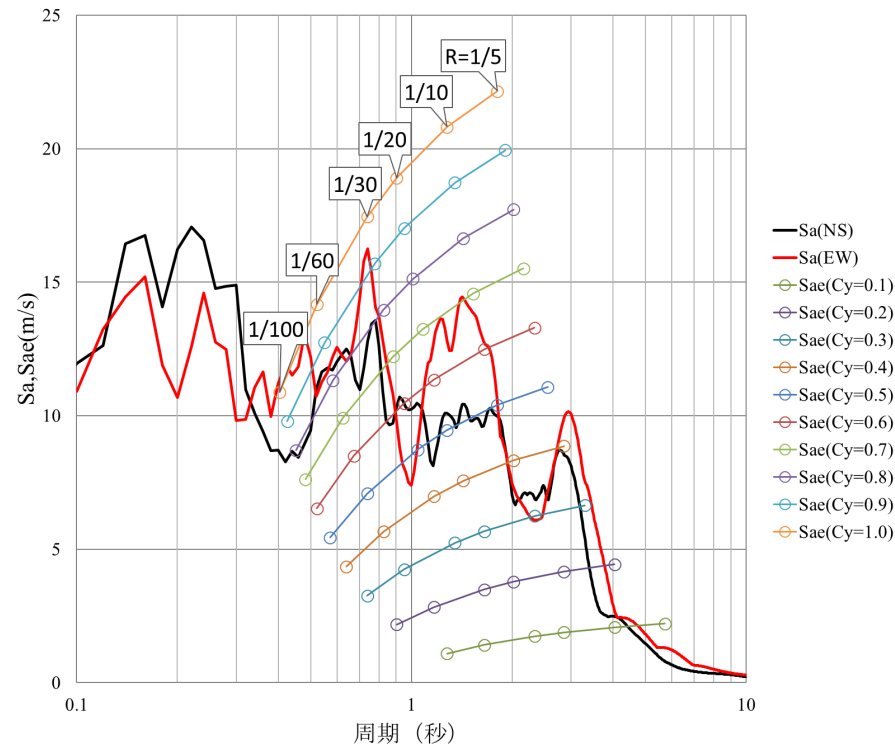
EW成分に対するCyごとの最大応答変形角Rの一覧表

	観測点名	R(Cy=0.1)	R(Cy=0.2)	R(Cy=0.3)	R(Cy=0.4)	R(Cy=0.5)	R(Cy=0.6)	R(Cy=0.7)	R(Cy=0.8)	R(Cy=0.9)	R(Cy=1.0)
珠洲市	K-NET大谷(ISK001)	1/13	1/10	1/11	1/14	1/17	1/17	1/34	1/44	1/65	1/63
	K-NET正院(ISK002)	1/7	1/6	1/5	1/4	1/10	1/9	1/11	1/32	1/32	1/89
	KiK-net珠洲(ISKH01)	1/11	1/14	1/11	1/24	1/42	1/39	1/58	1/61	1/59	1/57
輪島市	K-NET輪島(ISK003)	1/15	1/20	1/17	1/14	1/14	1/24	1/21	1/53	1/53	1/74
穴水町	K-NET穴水(ISK005)	1/10	1/8	1/7	1/6	1/6	1/5	1/5	1/14	1/15	1/14
	K-NET大町(ISK015)	1/16	1/15	1/15	1/23	1/20	1/19	1/20	1/20	1/25	1/25
志賀町	K-NET富来(ISK006)	1/35	1/52	1/48	1/42	1/64	1/57	1/67	1/64	1/62	1/61
	KiK-net富来(ISKH04)	1/23	1/19	1/17	1/16	1/24	1/37	1/50	1/50	1/47	1/44
	KiK-net志賀(ISKH06)	1/27	1/27	1/62	1/73	1/66	1/94	1/95	1/121	1/128	1/125
	志賀町富来領家町(気象庁)	1/11	1/16	1/25	1/24	1/22	1/27	1/67	1/64	1/78	1/130

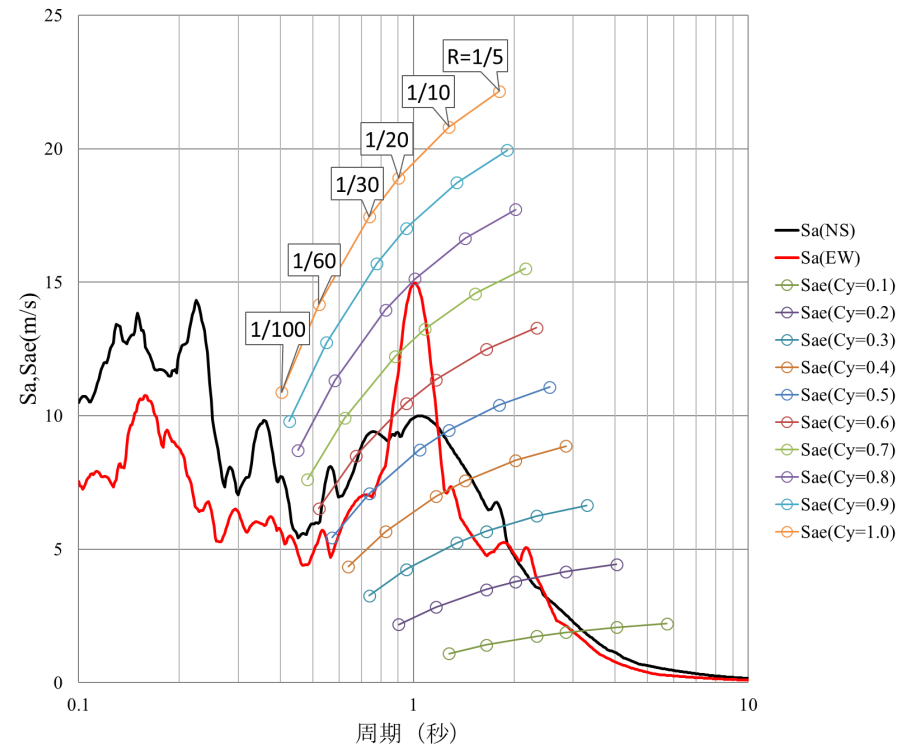
令和6年能登半島地震と令和5年5月5日の地震における K-NET正院(ISK002)の応答スペクトル

令和6年能登半島地震と令和5年5月5日の地震の応答スペクトル S_a (EW成分) を比較すると、周期1秒は令和5年5月5日の地震の方が大きいですが、周期2秒, 3秒, 4秒は令和6年能登半島地震の方が S_a が大きく、周期2秒では1.5倍、周期3秒では**5.2倍**、周期4秒では**3.7倍**大きくなる。

また、最大応答変形角 R については全体的に令和6年能登半島地震の方が大きくなる。



令和6年能登半島地震



令和5年5月5日の地震

輪島市（河井地区）



輪島市（河井地区）



輪島市（門前地区，走出）



輪島市（門前地区，走出）



珠洲市（正院町）



珠洲市（珠洲市役所周辺（飯田町））



珠洲市 (宝立町)



能登町 (宇出津)



穴水町

