

四国地方の KiK-net 地表地震計の設置方位について

岡山県庁 正会員 ○岡本 輝正  
和歌山工業高等専門学校 正会員 辻原 治

1. はじめに

独立行政法人防災科学研究所は基盤強震観測網 KiK-net<sup>1)</sup>を全国に展開しており、約 700 の観測サイトに於いて地表と地下の地盤震動を同時観測し、データをオンラインで集約している。これらのデータはウェブサイトからダウンロードでき、地盤動特性の同定など種々の用途に利用されている。地下に設置された地震計については、設置方位の調整が困難なことから、その埋設方位がずれている場合があり、同研究所によって設置誤差が推定され公開されている。しかし、地下の地震計のみならず、地表地震計についても設置方位に誤差があるケースが指摘されており、前田らは北海道内の KiK-net 地表地震計の設置方位を推定した<sup>2)</sup>。

本研究では、前田らと同様の手法<sup>2)</sup>により、四国地方の KiK-net 地表地震計の設置方位を推定したので報告する。

2. 地震計設置方位推定法の概要

地震計の設置間隔よりも十分に長い波長の地震波を対象とすれば、地中と地表の同じ方向の揺れはほぼ同一と考えられる。そこで、全体の波形のうち 60 秒間を解析区間とし、バターワース型バンドパスフィルタをかけて長周期成分を取り出す。つぎに、ある時刻  $t$  において地表で観測された水平動の 2 成分( $x_s, y_s$ )を、地表地震計の設置方位が  $\theta$  だけずれていると仮定して、式(1)のように座標変換する。この作業をすべての時刻について行って得られた波形と、地中の水平動記録を( $x_B, y_B$ )との相関が最大になるように設置方位ずれ  $\theta$  と時間差  $\Delta t$  を適切に選ぶ。

$$\begin{pmatrix} x'_B(t + \Delta t) \\ y'_B(t + \Delta t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_B(t + \Delta t) \\ y_B(t + \Delta t) \end{pmatrix} \doteq \begin{pmatrix} x_s(t) \\ y_s(t) \end{pmatrix} \quad (1)$$

3. 解析結果

KIK-NET のあるサイトで得られた記録を用いて解析を行った結果について解説をする。地表と地中で得られた地盤震動加速度の水平 2 成分から図-1(a)に示す 40 秒～100 秒の 60 秒間を切り取って解析区間とした。その後、長周期成分を取り出すため、0.02～0.2Hz のバンドパスフィルタをかけたものが図の(b)である。図の(c)は、相関係数が最大となるように方位を補正して得られた波形である。地表地震計の方位の補正前には水平 2 成分の地中と地表の相関係数は NS 成分が 0.79、EW 成分が 0.89 であった。図の(c)で地中と地表の波形を比較すると、相関は明らかによくなっていることがわかる。相関係数は 2 成分とも 0.99 以上となった。このとき推定された設置方位ずれ  $\theta_s$  (真北から時計回りに測った角度) と時間差  $\Delta t$  はそれぞれ-32 度と 0.005 秒である。このような解析を四国地方の各サイト

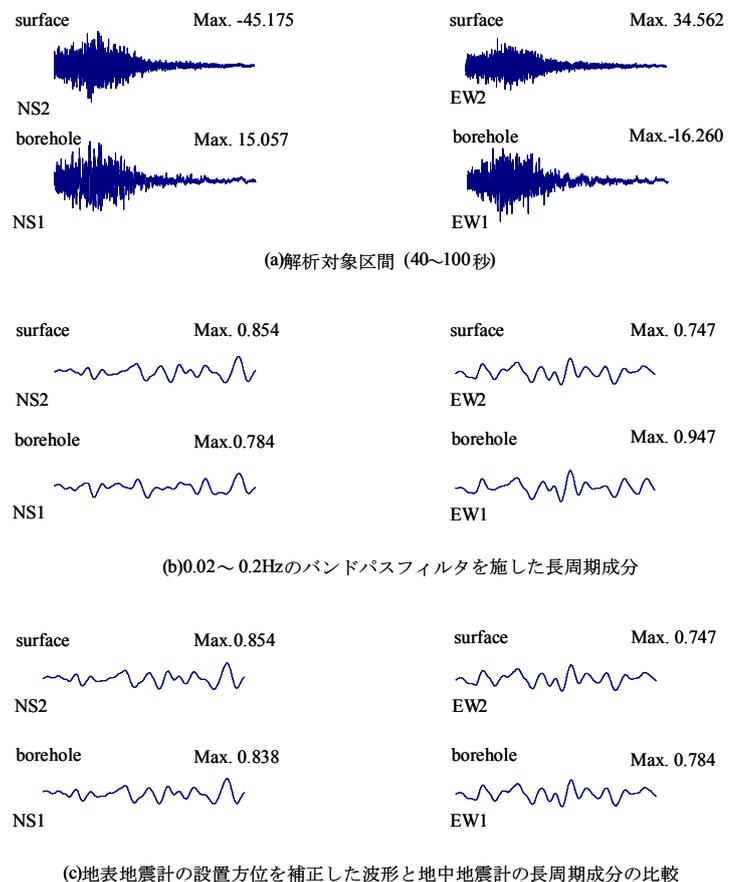


図-1 解析例

表-1 四国地方の KiK-NET 地表地震計の設置方位の推定結果

サイトコード	平均			標準偏差			使用した地震の数	$\theta_B$	備考
	$\theta_s$	$\Delta t$	$\gamma(\text{ave.})$	$\theta_s$	$\Delta t$	$\gamma(\text{ave.})$			
TKSH01	2.3	0.008	0.997	0.6	0.006	0.004	3	3	
TKSH02	-10.3	-0.012	0.995	0.6	0.023	0.006	3	2	
TKSH03	1.0	0.005	0.995				1	2	
TKSH04	4.0	0.003	0.993	1.0	0.003	0.011	3	-4	
TKSH05	3.7	-0.005	0.997	0.6	0.005	0.004	0 3	-6 -2	~2004/1/22 2004/1/22~
TKSH06	-2.0	-0.007	0.997	0.0	0.012	0.004	3	0	
KGWH01	0.3	-0.025	0.991	0.5	0.008	0.008	3	3	
KGWH02	-4.5	0.025	0.983	0.5	0.015	0.016	2	1	
KGWH03	-4.3	0.003	0.995	0.5	0.006	0.006	3	1	
KGWH04	17.5	0.006	0.981	0.5	0.019	0.021	4	4	
KGWH05	1.0	-0.010	0.993	0.8	0.014	0.005	3	0	
KOCH01	11.6	-0.014	0.989	1.0	0.024	0.008	5	3	
KOCH02	7.0	-0.027	0.989	0.8	0.018	0.007	3	1	
KOCH03	-5.3	0.003	0.997	0.5	0.012	0.002	3	2	
KOCH04	-16.3	0.000	0.996	0.5	0.004	0.002	3	-1	
KOCH05	1.0	-0.018	0.985	1.0	0.011	0.008	2 2	-86 2	~2002/6/1 2002/6/1~
KOCH06	-4.8	-0.005	0.995	0.4	0.004	0.007	4	1	
KOCH07	-7.3	0.010	0.990	0.9	0.019	0.011	3	-5	
KOCH08	-0.5	-0.004	0.978	0.9	0.022	0.019	4	-6	
KOCH09	2.0	-0.008	0.983	1.0	0.009	0.018	4	-7	
KOCH10	-	-	-	-	-	-	0	-6	
KOCH11	1.3	0.005	0.989	0.5	0.022	0.008	3	-6	
KOCH12	6.7	-0.015	0.989	0.5	0.007	0.011	3	-1	
KOCH13	1.2	-0.003	0.982	0.4	0.013	0.008	5	1	
EHHM01	22.0	0.008	0.994	0.0	0.003	0.002	2	1	
EHHM02	-5.0	-0.010	0.993				1	5	
EHHM03	-4.3	-0.015	0.996	0.5	0.011	0.005	3	-3	
EHHM04	-3.3	-0.005	0.996	0.5	0.004	0.001	2	1	
EHHM05	-5.0	-0.015	0.999				1	1	
EHHM06	-1.2	-0.006	0.988	0.7	0.005	0.014	5	-1	
EHHM07	5.0	-0.035	0.997				1	0	
EHHM08	4.4	0.008	0.991	0.8	0.007	0.012	5	-2	
EHHM09	4.0	0.001	0.990	0.7	0.007	0.007	4	-2	
EHHM10	-3.0	-0.015	0.997				1	-3	
EHHM11	4.0	-0.030	0.986	0.0	0.014	0.010	3	5	
EHHM12	-1.0	0.010	0.997				1	-1	
EHHM13	-12.0	-0.025	0.999				1	-3	

$\theta_B$  : 地中地震計の設置方位,  $\gamma(\text{ave.})$  : 地表と地下の波形の NS, EW 成分それぞれの相関係数

について行った結果を表-1 に示す。同一サイトで複数の地震による記録を用いて解析したケースについては、 $\theta_s$ ,  $\Delta t$  および地表と地下の波形の相関係数( $\gamma$ )の平均値と標準偏差を示す。方位補正後の相関は非常に高い。

四国地方の KIK-NET のうち、5 度以下の地表地震計の設置方位ずれが約 8 割と推定されるが、ずれが大きいと推定されるサイトもあり、KIK-NET の観測記録を利用する際には注意が必要である。

#### 4. おわりに

ここで示した地表地震計の設置方位は、既に報告されている地下地震計の設置方位<sup>1)</sup>を前提としている。地表地震計の設置方位は直接調査することも可能であり、そのような調査結果による検証も必要である。

謝辞：本研究を行うにあたり、北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻の笹谷努先生には、大変参考になる論文を送って頂いた。また、片家啓氏には数値計算などご助力を頂いた。本研究の一部は、独立行政法人日本学術振興会科学研究費補助金（課題番号：20560456）によった。ここに記して謝意を表す。

#### 参考文献：

- 1) 防災科学技術研究所ホームページ【基盤強震観測網 KiK-net】，<http://www.kik.bosai.go.jp/kik/>，2008/1.
- 2) 前田宜浩・笹谷努・高井伸雄・清水学，北海道内の KiK-net 観測点における地表地震計の設置方位の推定，北海道大学地球物理学研究報告，No.68，p.141-152，2005.