

## 巻末資料 A4

### 3次元有限差分法を用いた

震源メカニズムおよび震源深さが計算波形に及ぼす影響に関する考察

本編 6 章において、3次元有限差分法による 1998 年 4 月 22 日岐阜県美濃中西部の地震の計算の震源パラメータは、気象庁による震源決定のパラメータを使用した。気象庁より公表されている震源パラメータは観測記録の初動のセンスから決定している。一方で防災科学技術研究所 (F-net) より公表されている震源メカニズムは波形が合うように震源パラメータを決定している。表 A4.1 に、気象庁および防災科学技術研究所 (F-net) より公表されている震源パラメータの一覧を示す。傾斜角は両者ともほぼ同様の値が得られているが、走向に関しては気象庁では南南西、F-net では南南東を向いている。また震源深さは気象庁では 10km、F-net では 5km と 2 倍の違いが見られる。震源の深さが浅くなるほど表面波は励起されやすくなると考えられる。したがって、計算結果が震源深さによるものであるか、震源メカニズムによるものであるか分けて検討するため、以下の 4 ケースの震源でパラメータスタディ計算を行った。

- ・ケース 1 震源メカニズム：気象庁によるパラメータ  
震源深さ : 10km
- ・ケース 2 震源メカニズム：気象庁によるパラメータ  
震源深さ : 5km
- ・ケース 3 震源メカニズム：F-net によるパラメータ  
震源深さ : 10km
- ・ケース 4 震源メカニズム：F-net によるパラメータ  
震源深さ : 5km

表 A4.2 に各計算ケースの震源モデルのパラメータの一覧を示す。表 A4.2 のうち、地震モーメントに関しては気象庁による値は公表されていないため、4 ケースすべて F-net の値を用いた。4 ケースのうち、現実の解析結果として公表されているのは、ケース 1 (気象庁) とケース 4 (F-net) である。なお、ケース 1 は本編 6 章の計算結果と同じものである。震源パラメータ以外の計算条件はすべて本編 6 章に示した計算条件と全く同じ条件で計算を行った。なお観測波形と計算波形を比較して示す地震観測地点は、図 A4.1 に示す 29 地点である。

表 A4.1 震源モデルのパラメータ

	緯度	経度	深さ	走向	傾斜	すべり角	地震モーメント
気象庁	35.165°	136.57°	10km	189°	28°	84°	-
F-net	35.165°	136.57°	5km	163°	29°	53°	$6.74 \times 10^{16}$ Nm

図 A4.2 に、震源パラメータによる 4 ケースの計算波形を平面図上にプロットして示した。図 A4.2 より震源深さが 5km であるケース 2 およびケース 4 の計算波形が、震源深さが 10km であるケース 1 およびケース 3 の計算波形に比べて実体波部分の振幅がほぼ大きくなっていることがわかる。これは震源深さが浅いほうが震源距離が短いためである。また後続波についても震源深さが浅いケース 2 とケース 4 では、振幅が大きくなっている。震源メカニズムの異なるケースで見ると、ケース 1 とケース 3、ケース 2 とケース 4 では、F-net によるメカニズムであるケース 3 とケース 4 のほうが、振幅はやや大きい波形となっている。

図 A4.3 に、図 A4.1 に示した 29 地点について観測波形と 4 ケースの計算波形を並べて示した。各地点の各成分において上から観測波形、ケース 1、ケース 2、ケース 3、ケース 4 の順に並んでいる。震源による影響を主要動と後続波(表面波)に分けて考察するため、0 から 15 秒と 15 秒以降に分けて波形を比較することとした。

#### (1) 初動付近の位相に関する比較

0 から 15 秒の間において特に主要動の波の位相に着目すると、震源深さの影響が顕著に現れている。堆積層の影響の小さいと考えられる GIF022 の結果では、NS 成分では計算ケースによる差異はほとんど見られないが、EW 成分、UD 成分においては震源深さを 10km としたケース 1、ケース 3 の結果は観測波形に比べて若干波の到達が遅い。それに対して震源深さを 5km としたケース 2、ケース 4 の結果は、振幅は観測波形に比べて大きい、位相に関してはほぼ対応している。その他の濃尾平野内の地点においても震源深さ 5km としたケースのほうが位相の観点からは観測波形と対応がよく、AIC003 においては、震源深さ 10km のケースでは主要動から後続波までほとんど同じ振幅レベルで 30 秒程度まで続くが、震源深さ 5km のケースでは、主要動の振幅が大きくなり後続波との振幅の差異がはっきりした観測波形と類似した波形形状となっていることがわかる。一方で、計算結果に気象庁と F-net の震源メカニズムの違いによる有意な差異は見られなかった。

表 A4.2 各計算ケースの震源モデルのパラメータ

	緯度	経度	深さ	走向	傾斜	すべり角	地震モーメント
ケース 1	35.165°	136.57°	10 km	189°	28°	84°	$6.74 \times 10^{16}$ Nm
ケース 2	35.165°	136.57°	5 km	189°	28°	84°	$6.74 \times 10^{16}$ Nm
ケース 3	35.165°	136.57°	10 km	163°	29°	53°	$6.74 \times 10^{16}$ Nm
ケース 4	35.165°	136.57°	5 km	163°	29°	53°	$6.74 \times 10^{16}$ Nm

岐阜県美濃中西部

1998.4.22

35.165 °

136.57 °

Mj 5.4

地質図

- 完新統
- 埋新統
- 鮮新統
- 中新統
- 中・古生界
- 三波川変成岩類
- 領家花崗岩類
- 濃州流紋岩類

計算範囲

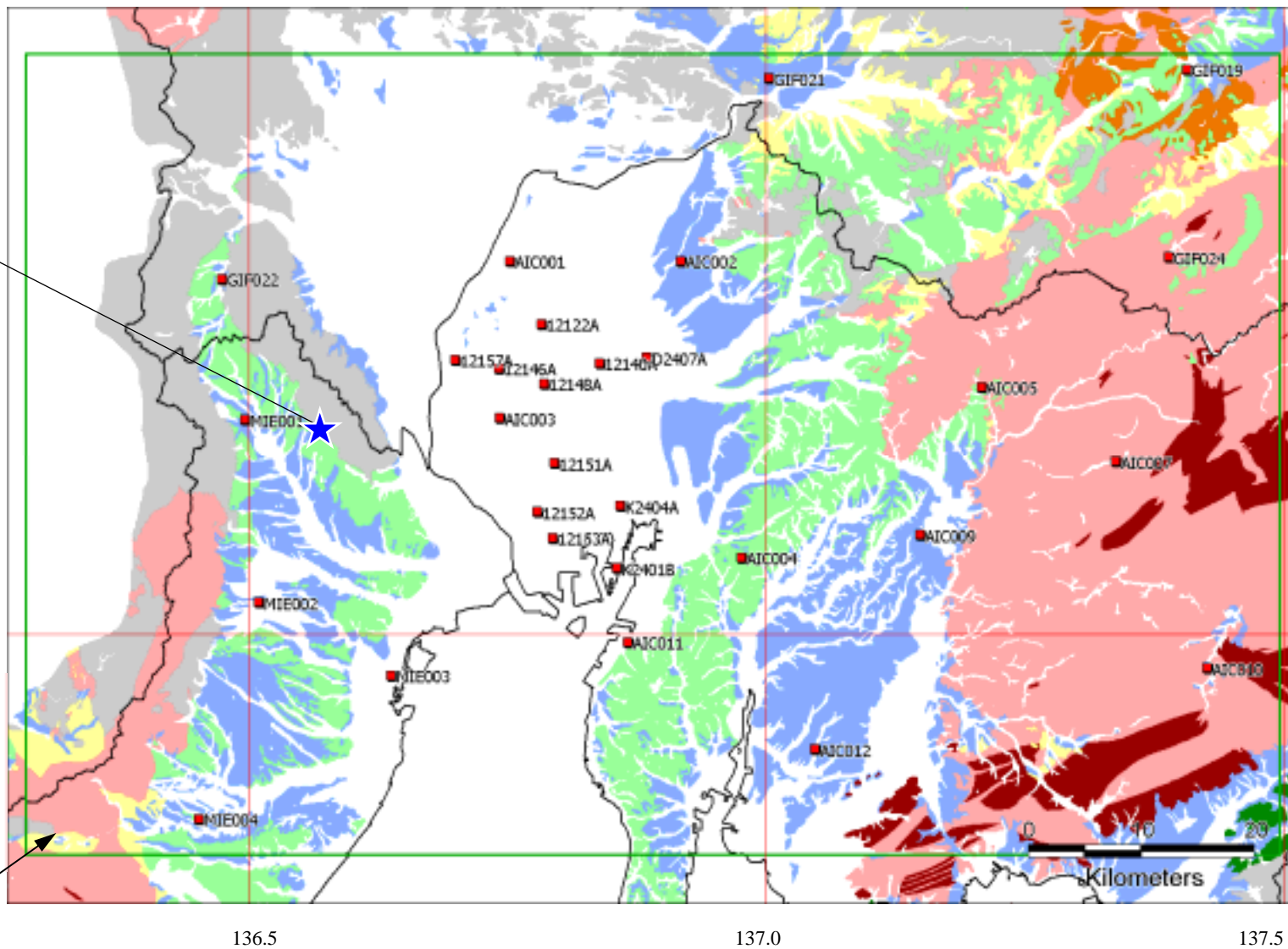


図 A4.1 観測波形との比較に用いた地震観測地点の分布

## (2) 後続波の振幅に関する比較

15 秒以降において後続波の振幅に着目すると、初動付近の位相と同様に震源深さの影響が顕著に現れている。震源深さ 5km としたケース 2、ケース 4 では、震源深さ 10km としたケース 1、ケース 3 と比べて表面波の振幅が非常に大きくなっていることがわかる。特に AIC004 では、0.2kine 程度の振幅で 30 秒程度継続している。一方で、計算結果に気象庁と F-net の震源メカニズムの違いによる有意な差異は、位相と同様ほとんど見られなかった。

## (3) まとめ

以上の比較ついてまとめると以下のとおりである。

初動付近の位相は、震源深さによる影響が顕著に現れる結果となった。震源深さ 5km の場合のほうが、観測波形の位相を満足する結果が得られている。

後続波の位相においても、震源深さによる影響が顕著に現れる結果となった。震源深さ 5km の場合は、表面波の振幅が非常に励起された波形となっている。一方で、震源深さ 10km の波形は、表面波の振幅レベルの点では観測波形とほぼ同等の結果が得られている。

計算結果に気象庁と F-net の震源メカニズムの違いによる有意な差異は、震源深さによる影響ほど顕著に見られなかった。これは、傾斜角が両者ほぼ同等で走向もともに南方を向いたもので、互いに顕著な違いがないことが影響として考えられる。

上記結果からは、震源深さは 5km の方が観測記録の初動付近の位相を満足する。一方で表面波の振幅は、震源深さが 5km の場合では過大に評価した結果となっているが、巻末資料 A3 の、表面波の振幅は実体波の振幅よりも Q 値の影響を受けやすいという知見を考慮すると、堆積層に与えている Q 値を調整することによって、震源深さ 5km の場合で表面波の振幅を合わせることは可能と考えられる。したがって震源メカニズムによる差異は見られなかったが、震源深さ 5km との組み合わせから F-net による震源メカニズムがより現実に近い結果と考えられる。

しかしながら、12122A や 12140A など震源深さによらず観測波形を満足していない地点もいくつか存在しており、地盤モデルを考慮した震源インバージョンにより適切な震源メカニズムを推定することも重要となる。堆積層の Q 値に関しては、今回の検討では計算結果が震源の影響と連動しており、切り離して設定することは難しいことがわかった。今後 Q 値に関する研究成果が望まれるが、精度の高い地震動予測のための地盤モデル作成においては、震源メカニズムを含めて Q 値を推定していくことが重要と考える。

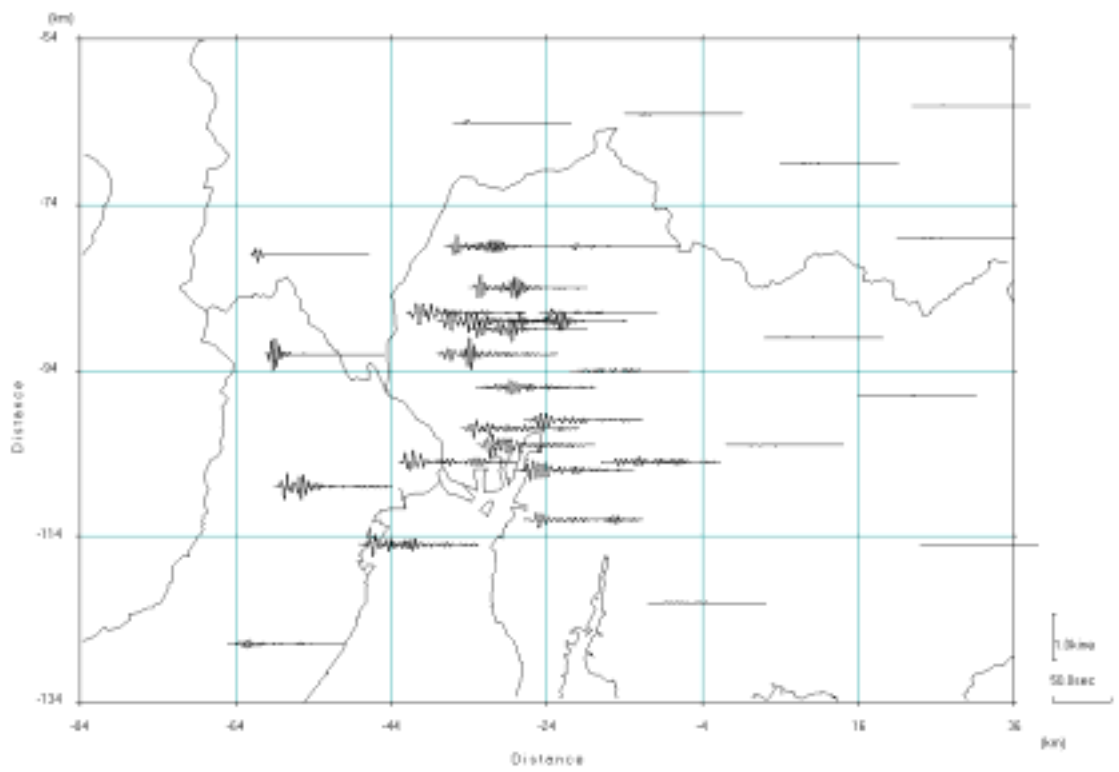


図 A4.2(a) 計算波形の平面分布 (ケース 1、NS 成分)

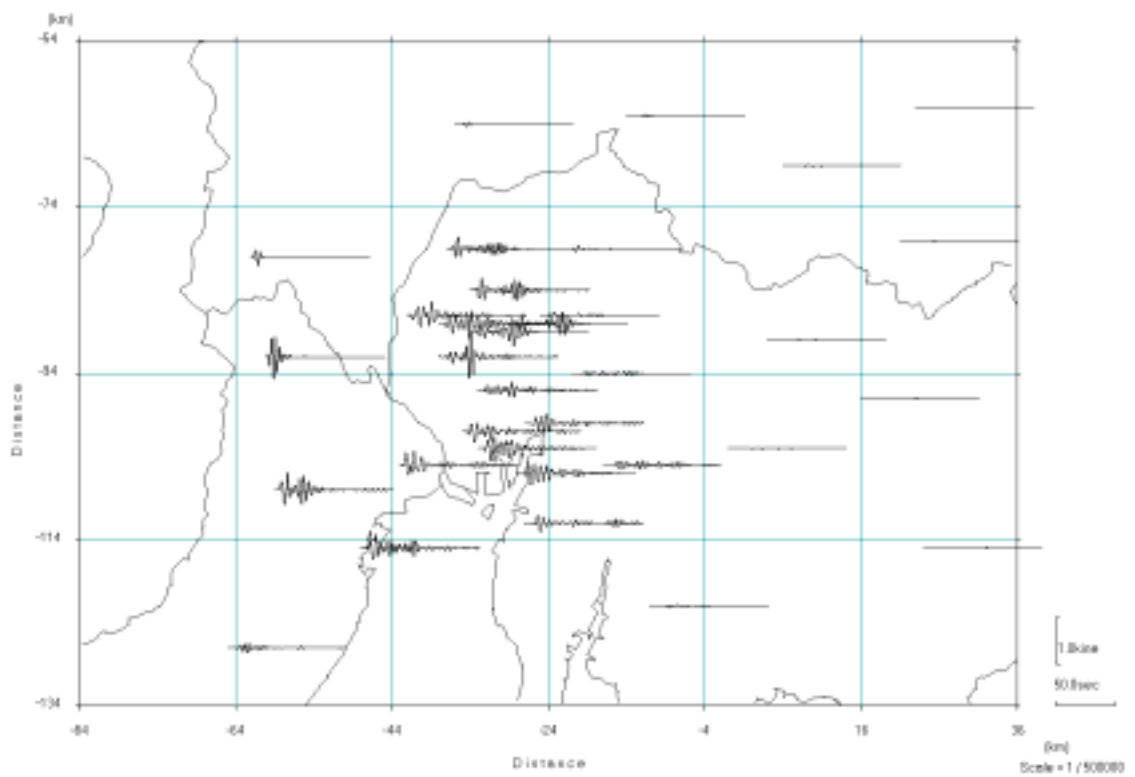


図 A4.2(b) 計算波形の平面分布 (ケース 2、NS 成分)

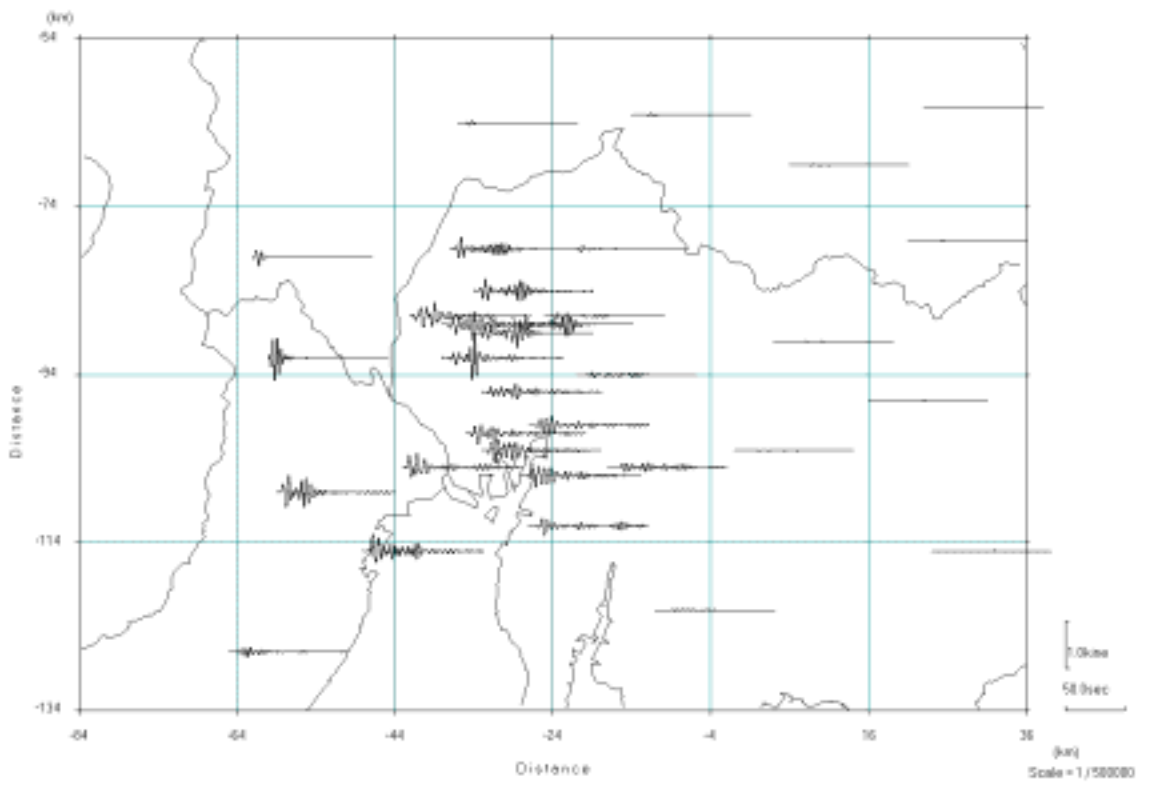


図 A4.2(c) 計算波形の平面分布 (ケース 3、NS 成分)

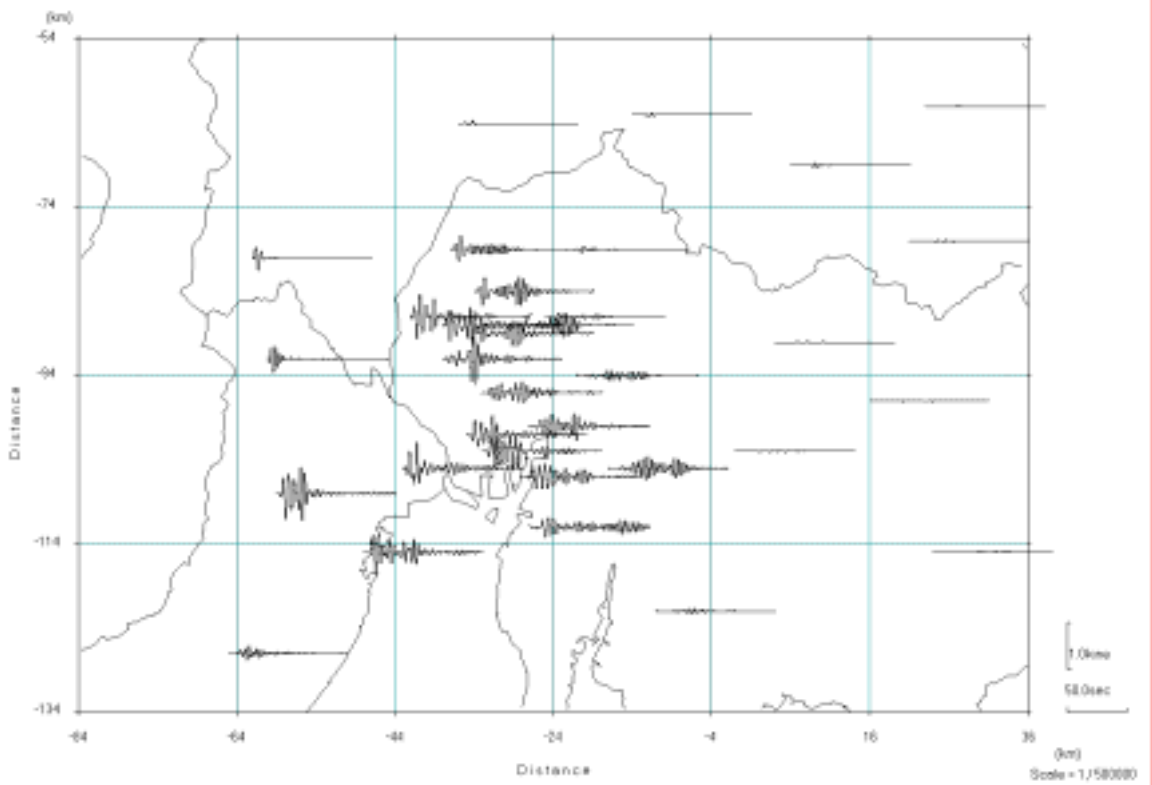


図 A4.2(d) 計算波形の平面分布 (ケース 4、NS 成分)

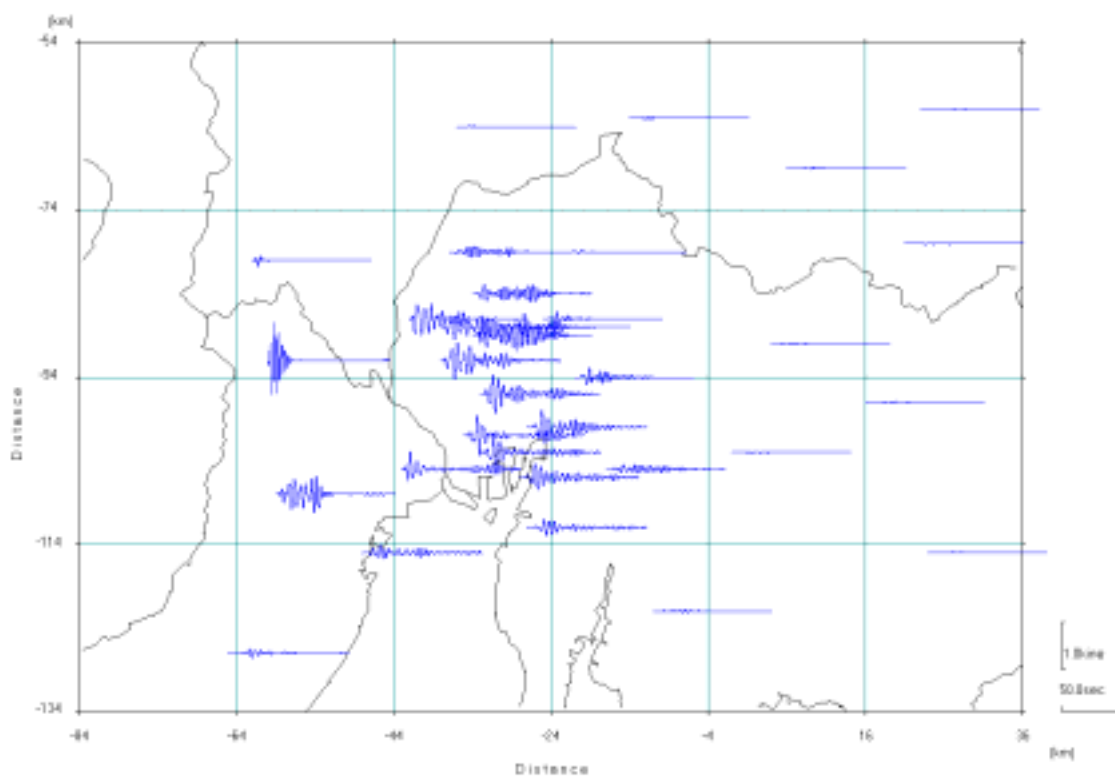


図 A4.2(e) 計算波形の平面分布 (ケース 1、EW 成分)

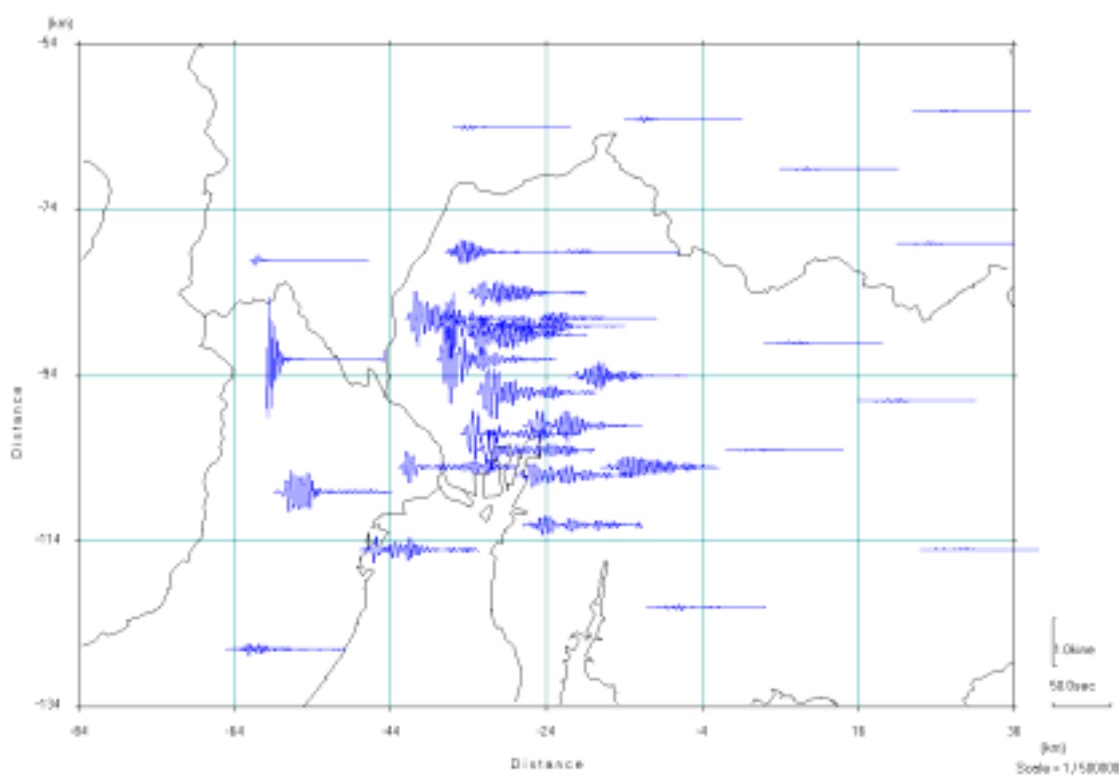


図 A4.2(f) 計算波形の平面分布 (ケース 2、EW 成分)



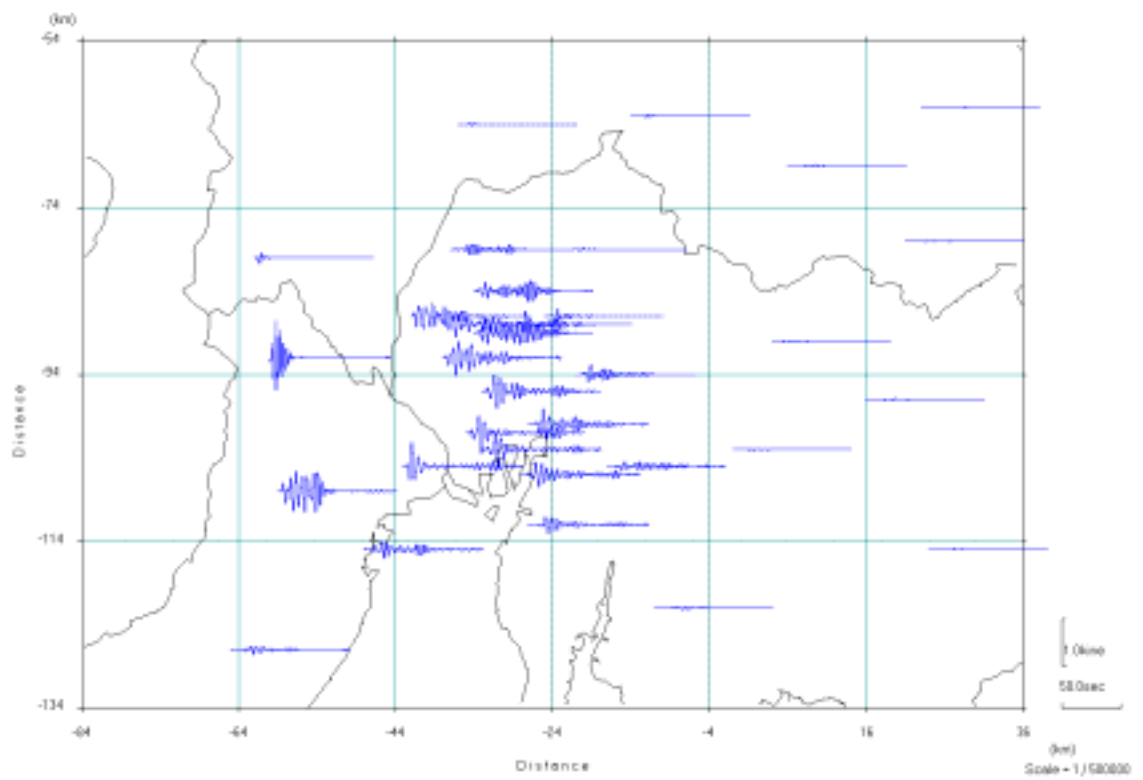


図 A4.2(h) 計算波形の平面分布 (ケース 3、EW 成分)

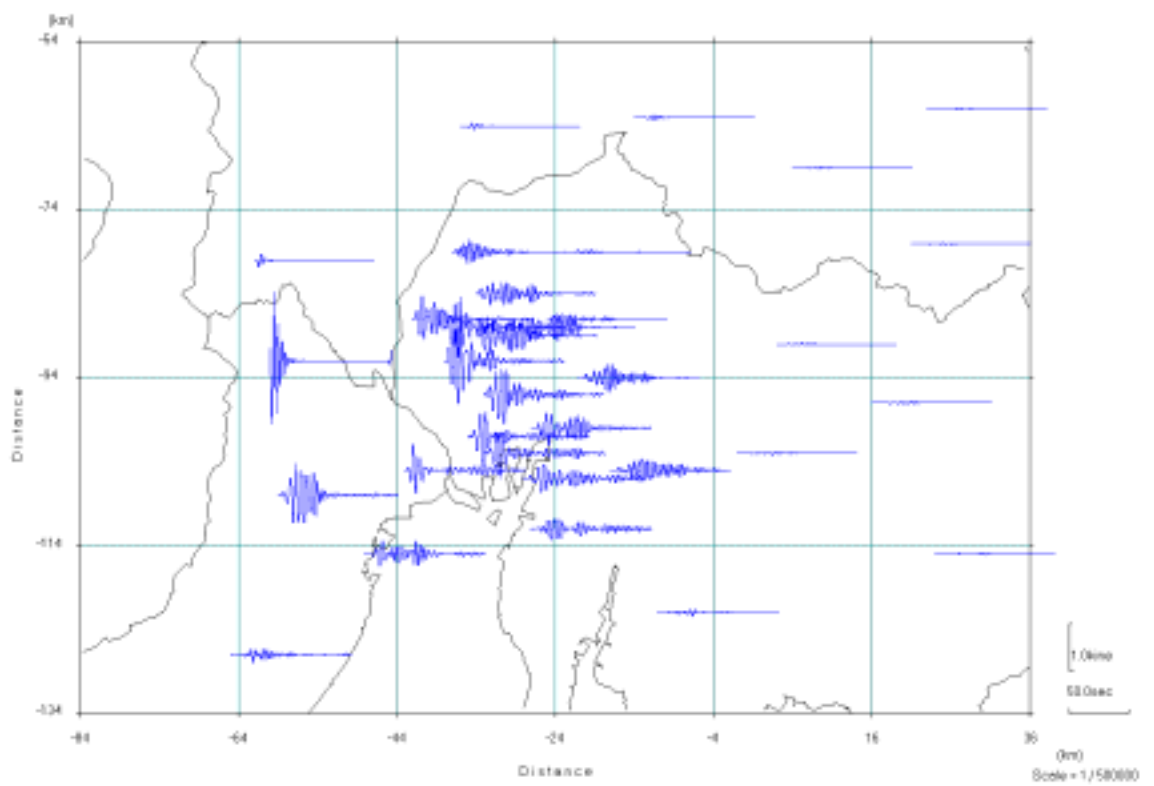


図 A4.2(i) 計算波形の平面分布 (ケース 4、EW 成分)

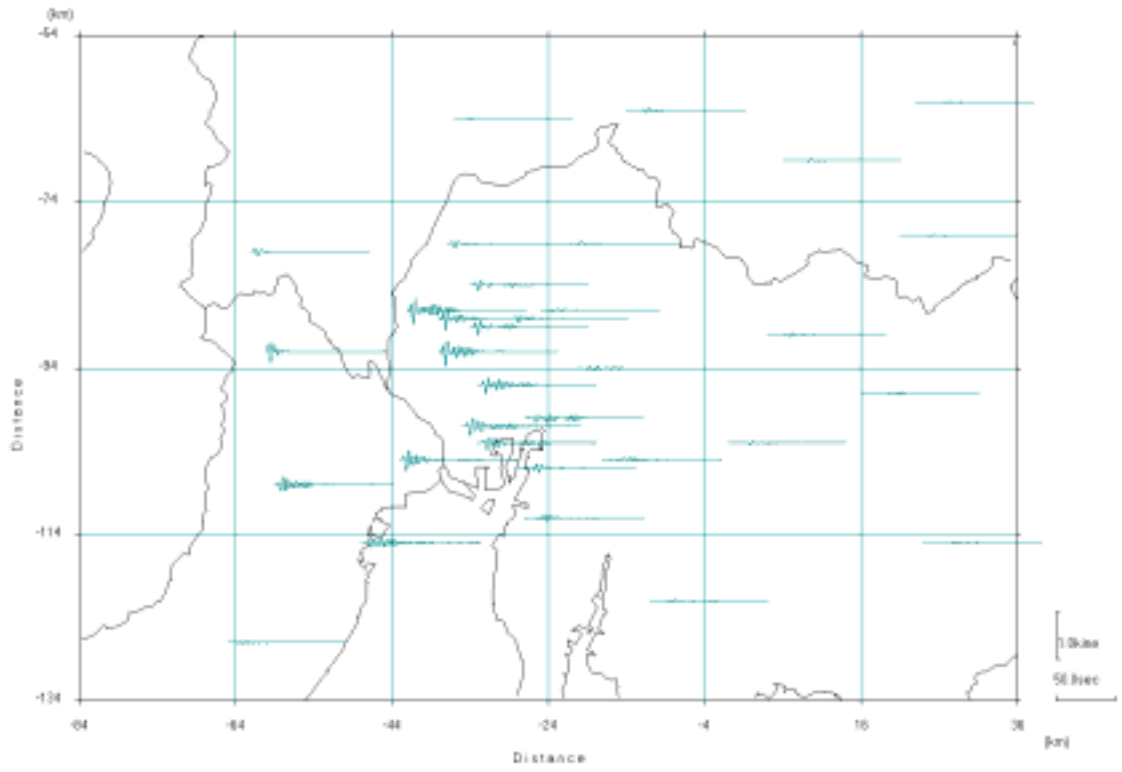


図 A4.2(j) 計算波形の平面分布 (ケース 1、UD 成分)

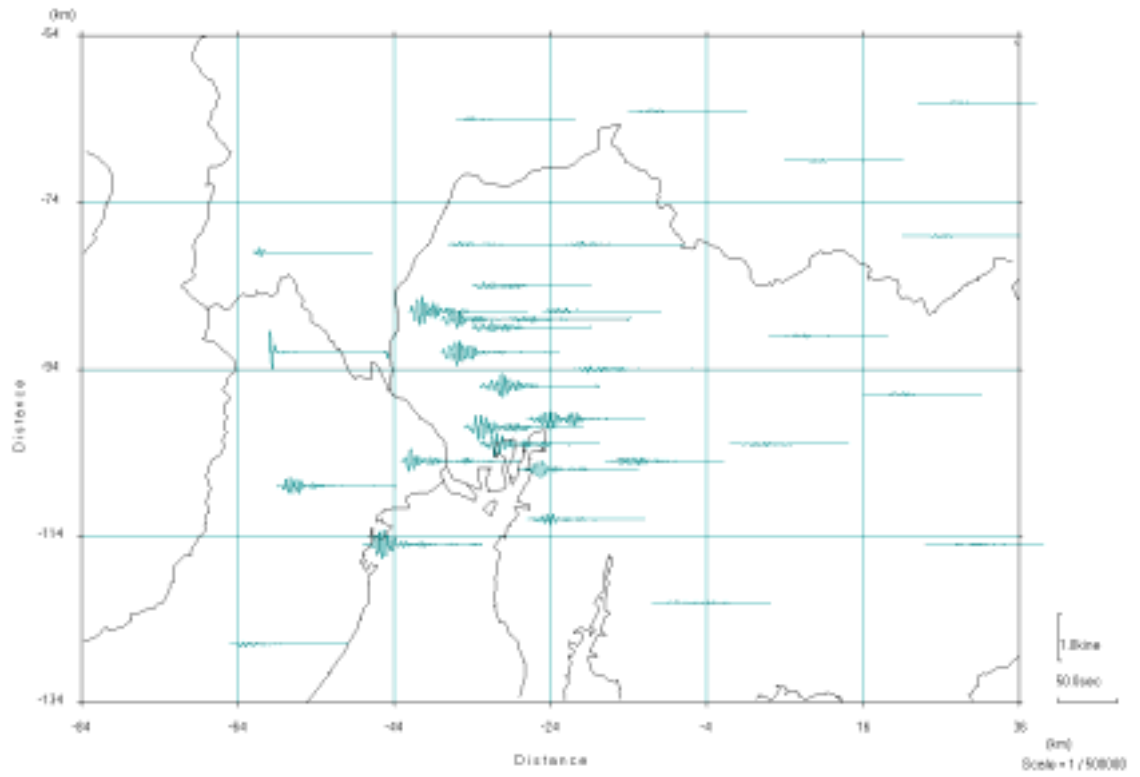


図 A4.2(k) 計算波形の平面分布 (ケース 2、UD 成分)

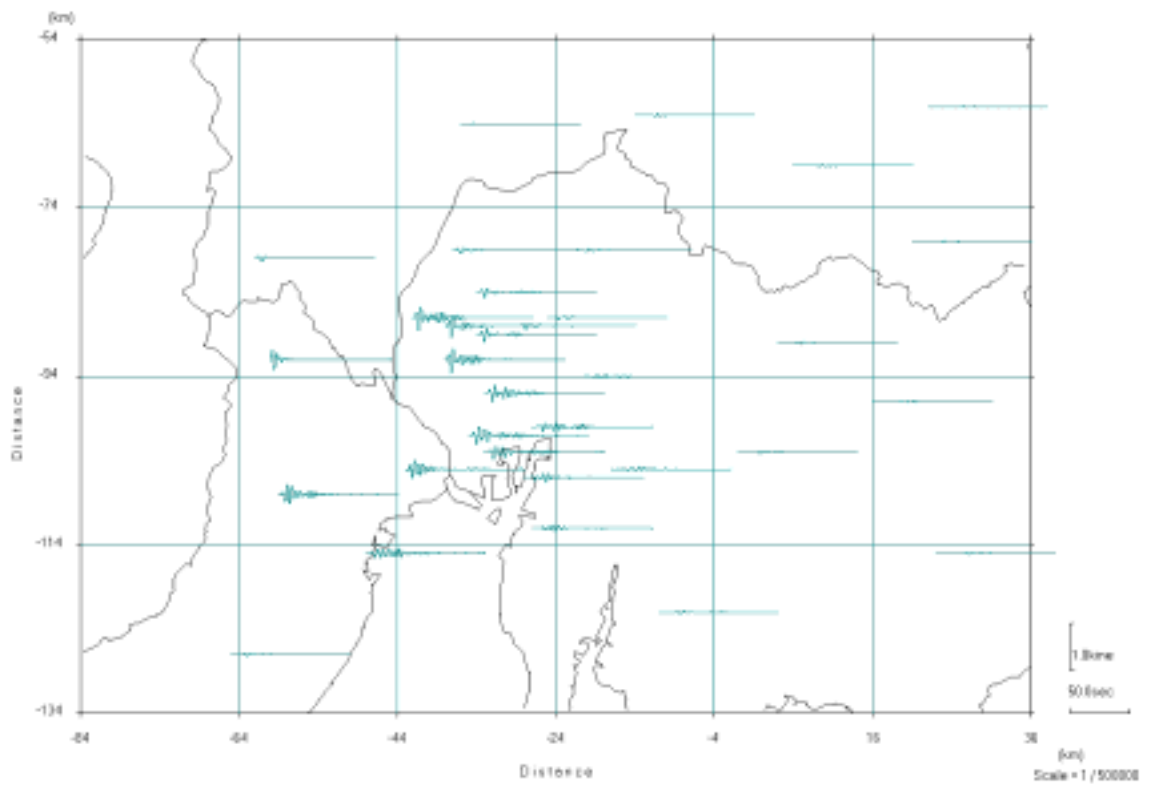


図 A4.2(l) 計算波形の平面分布 (ケース 3、UD 成分)

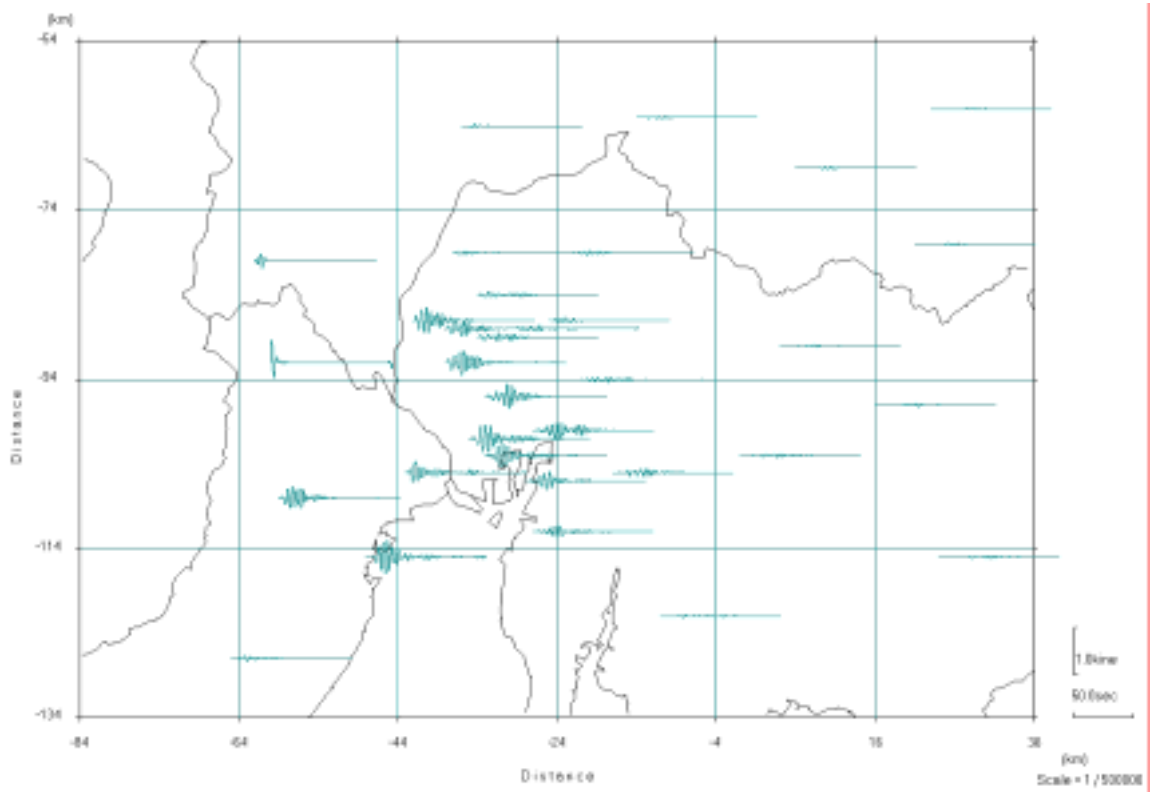
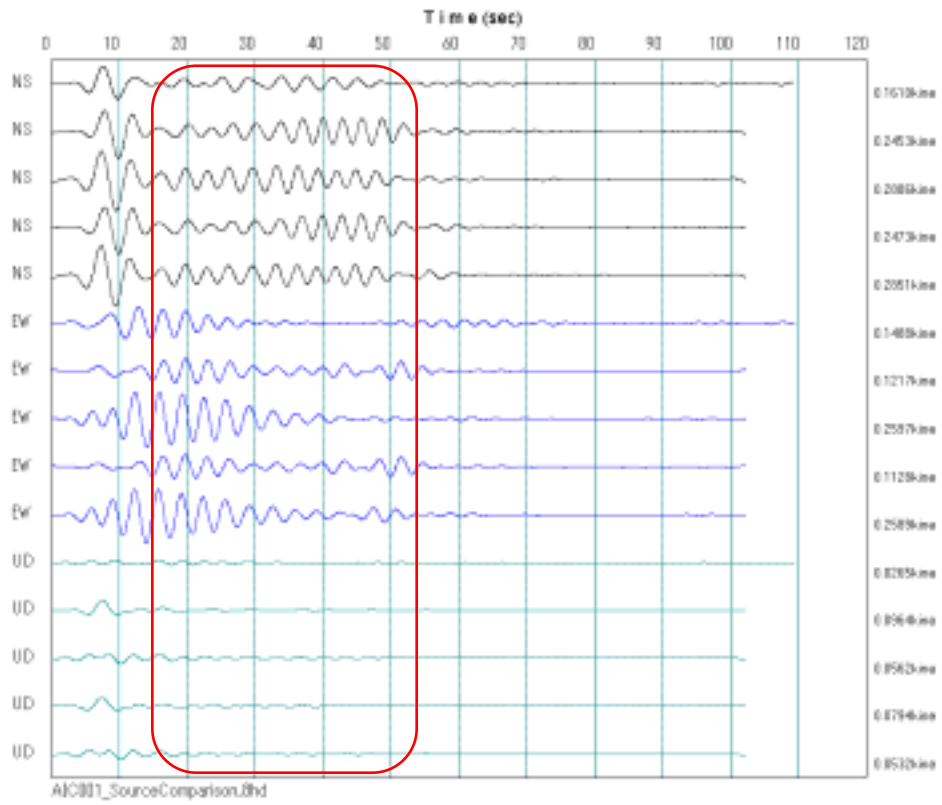
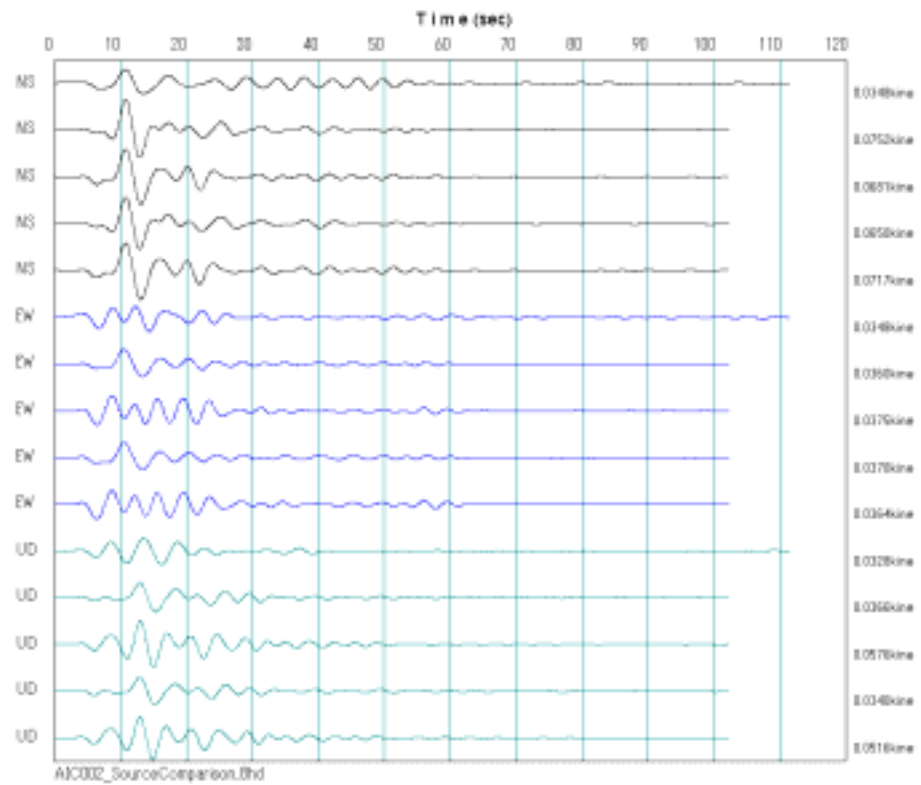


図 A4.2(m) 計算波形の平面分布 (ケース 4、UD 成分)



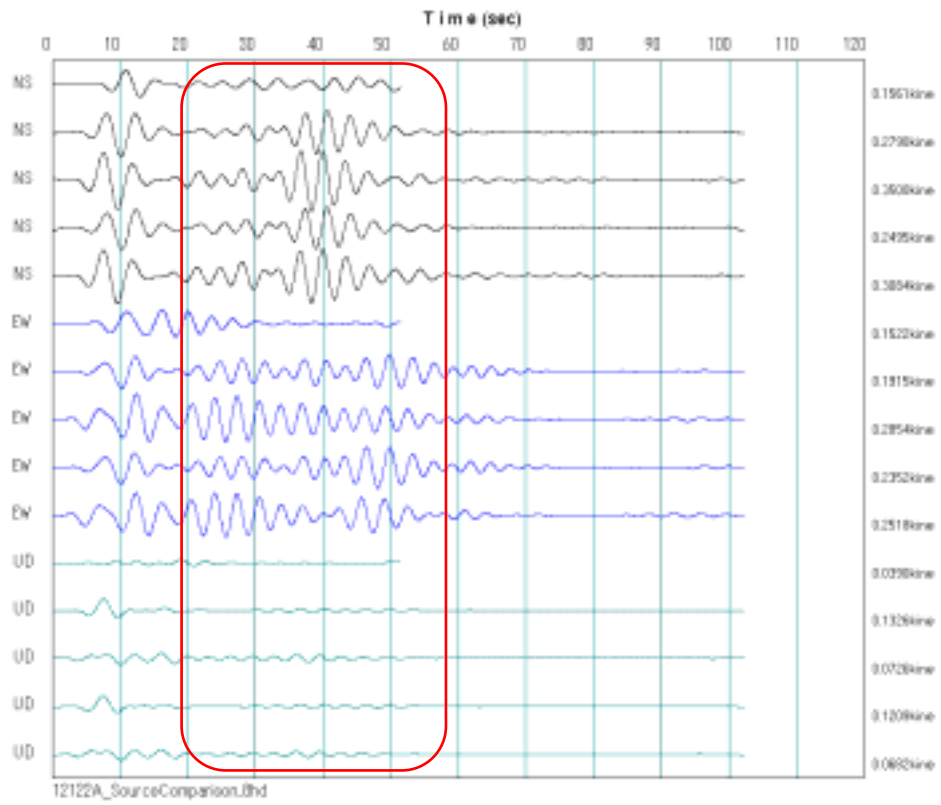
( 1 ) AIC001



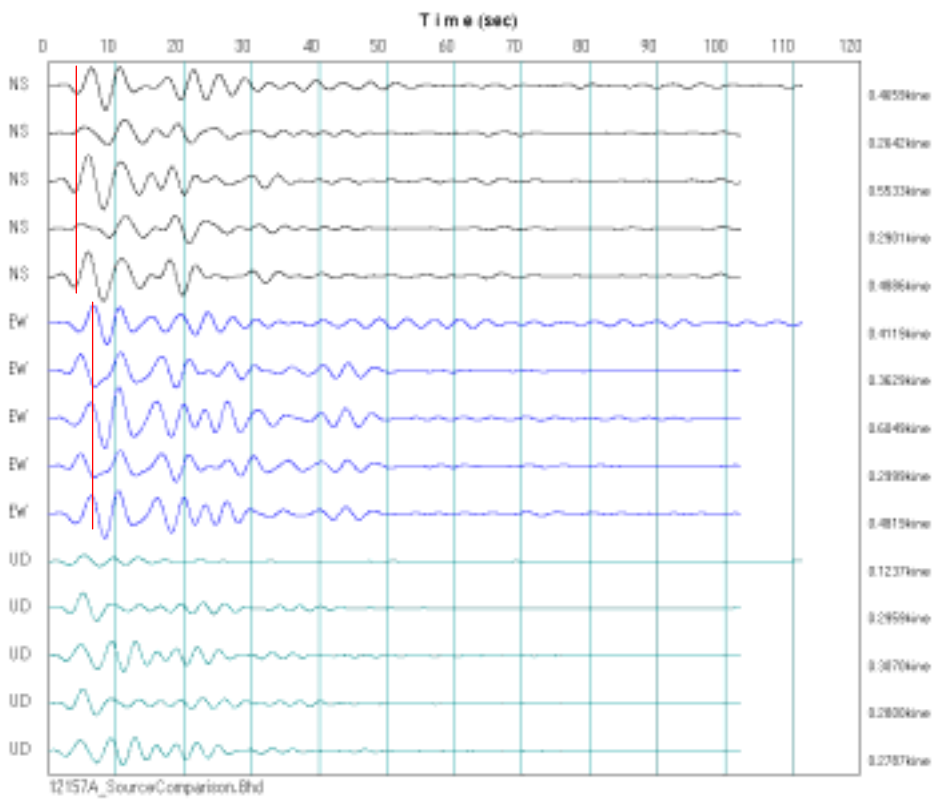
( 2 ) AIC002

図 A4.3 観測波形と計算波形との比較

(上から観測波形、ケース1、ケース2、ケース3、ケース4の順)



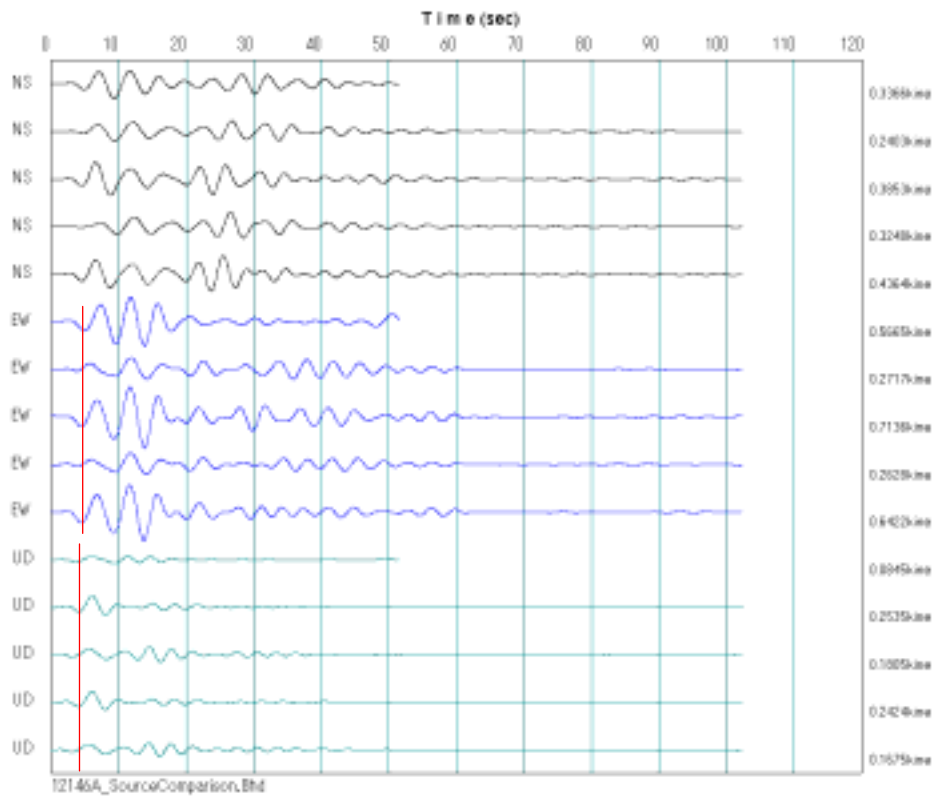
( 3 ) 12122A



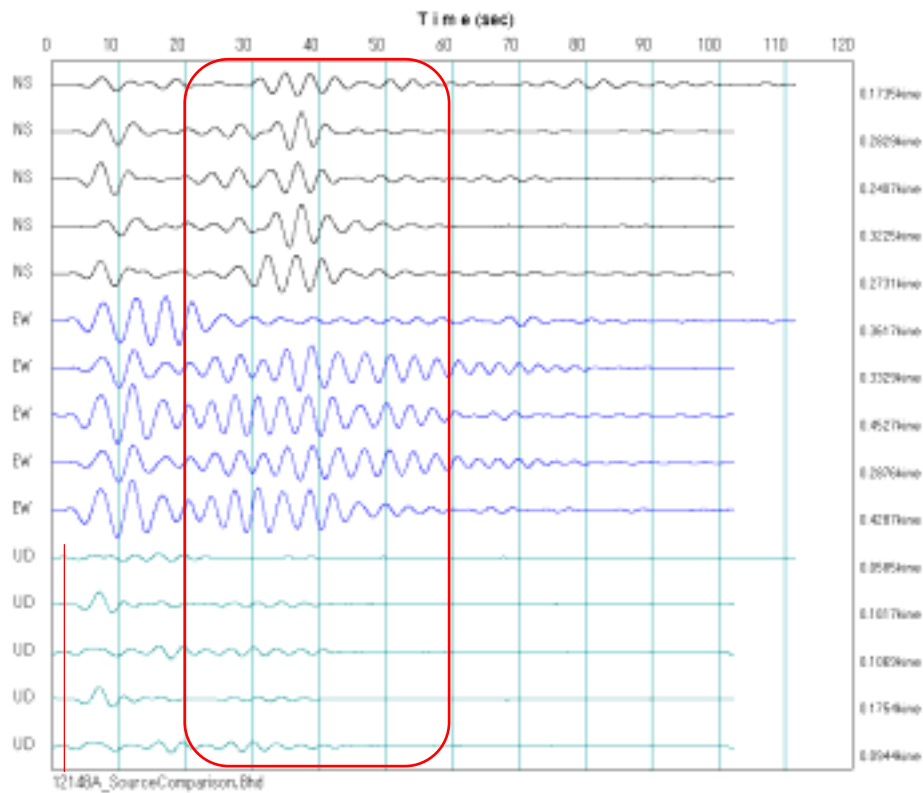
( 4 ) 12157A

図 A4.3 観測波形と計算波形との比較

(上から観測波形、ケース1、ケース2、ケース3、ケース4の順)



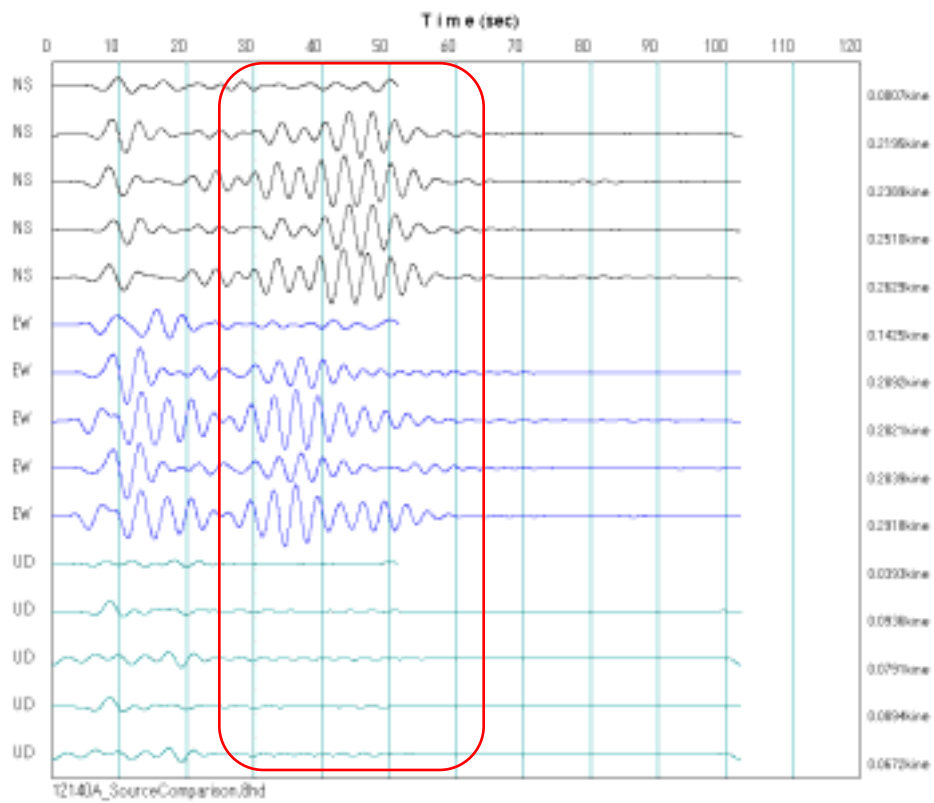
( 5 ) 12146A



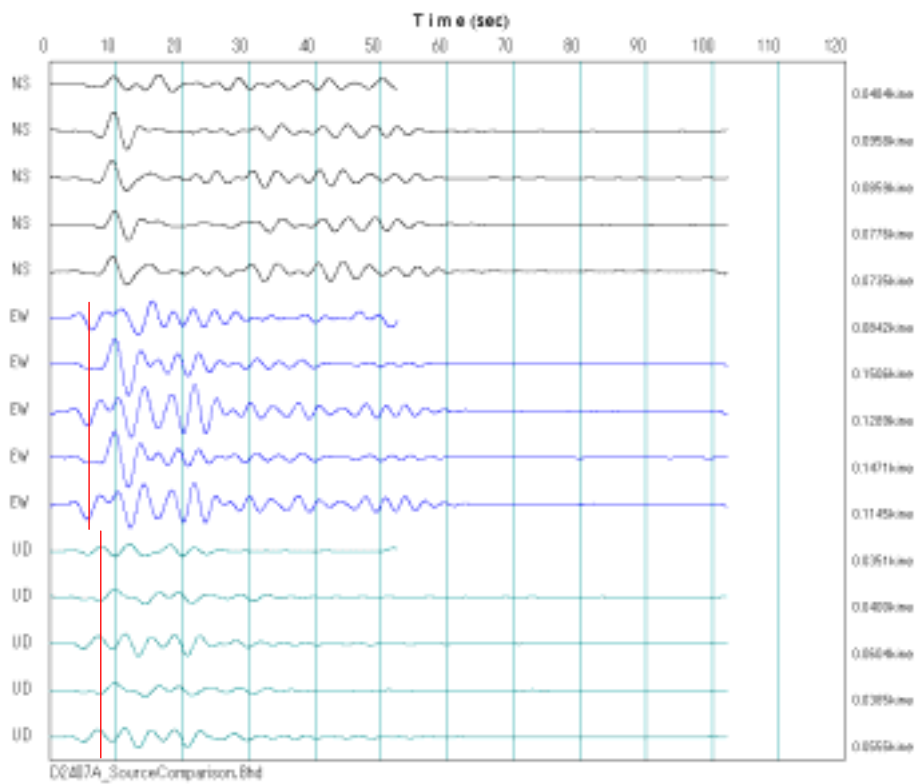
( 6 ) 12148A

図 A4.3 観測波形と計算波形との比較

(上から観測波形、ケース1、ケース2、ケース3、ケース4の順)



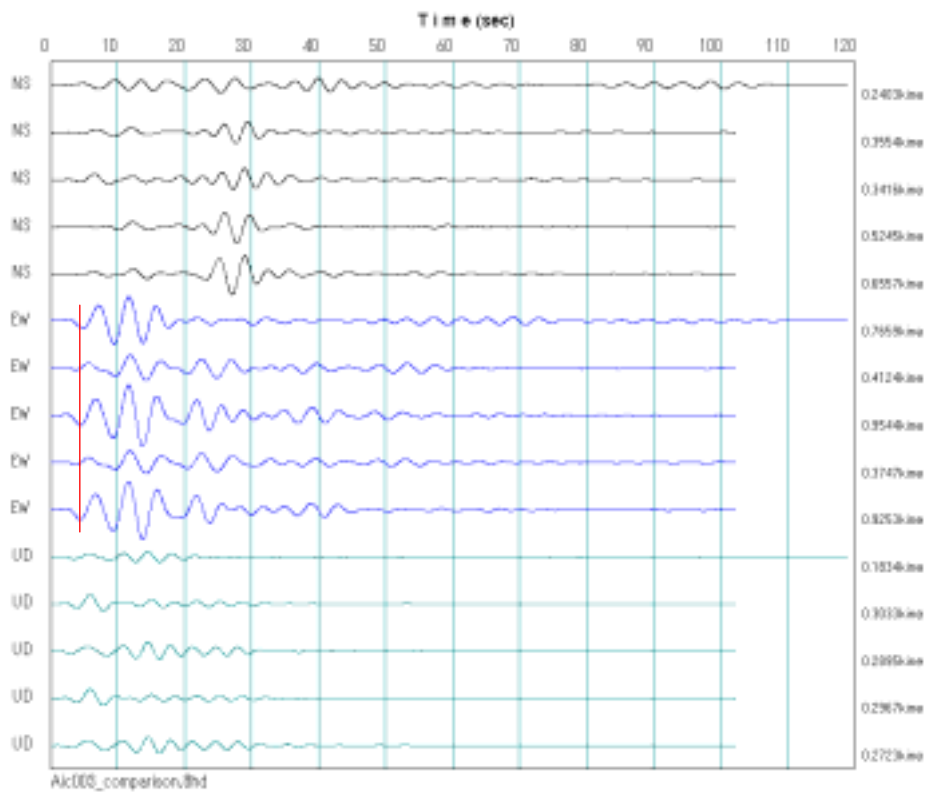
( 7 ) 12140A



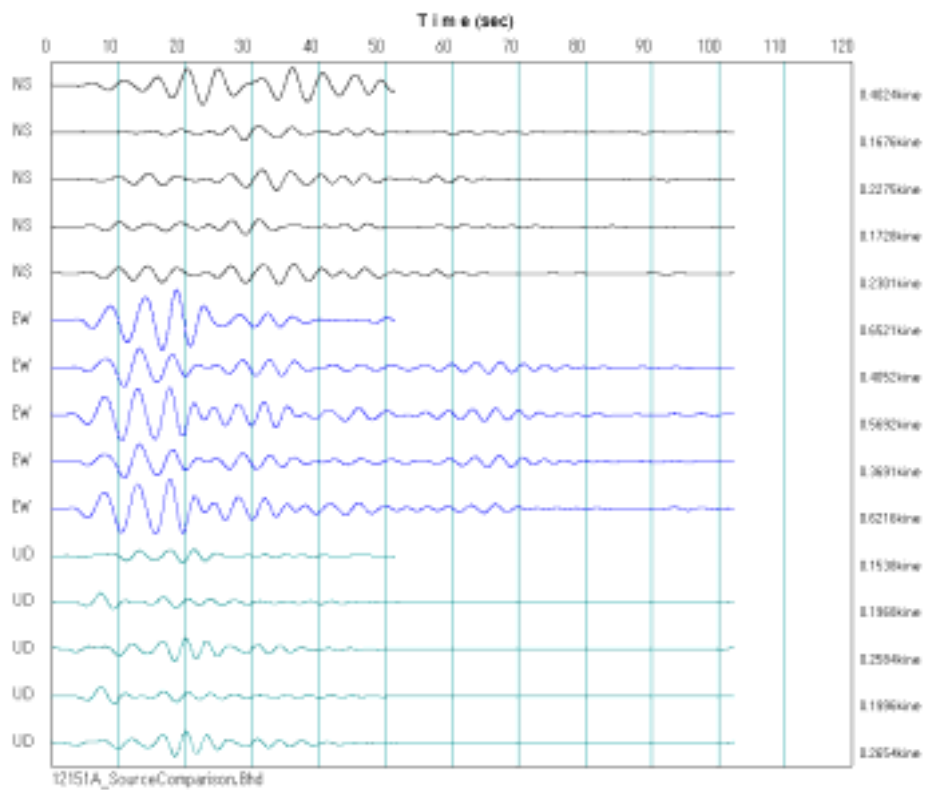
( 8 ) D2407A

図 A4.3 観測波形と計算波形との比較

(上から観測波形、ケース1、ケース2、ケース3、ケース4の順)



( 9 ) AIC003

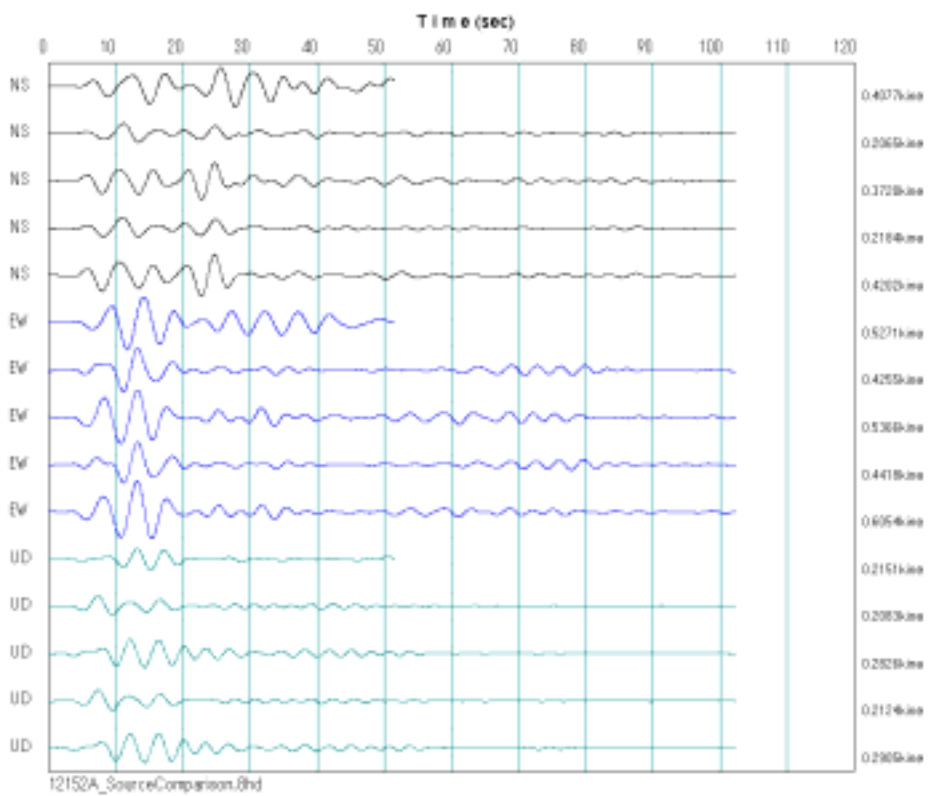


( 1 0 ) 12151A

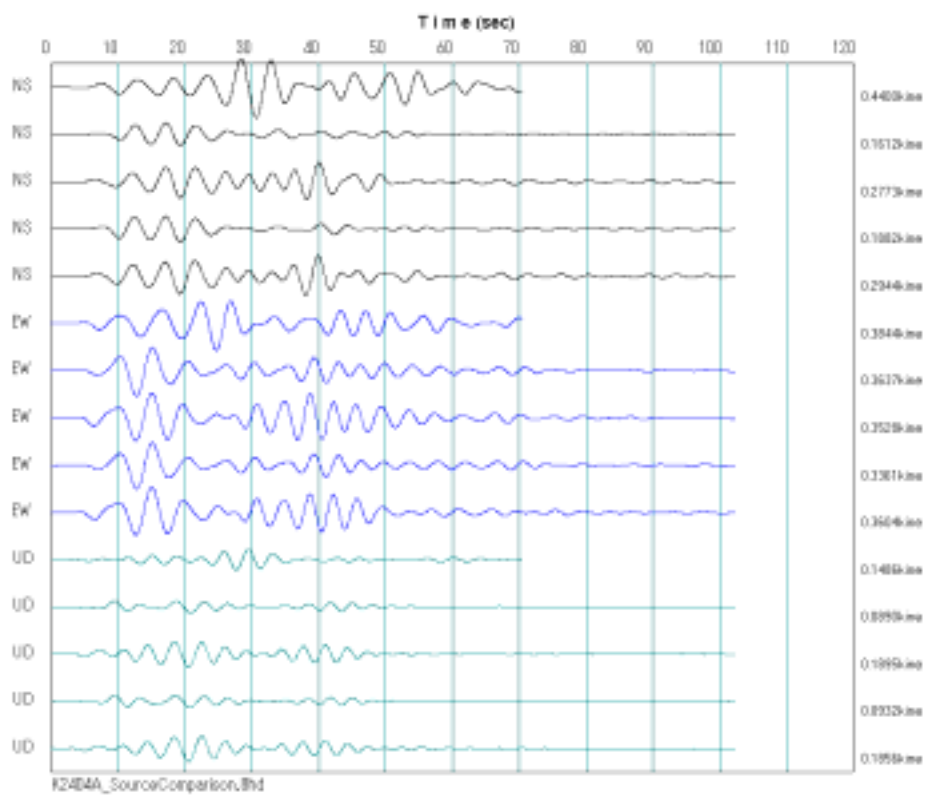
図 A4.3 観測波形と計算波形との比較

(上から観測波形、ケース1、ケース2、ケース3、ケース4の順)





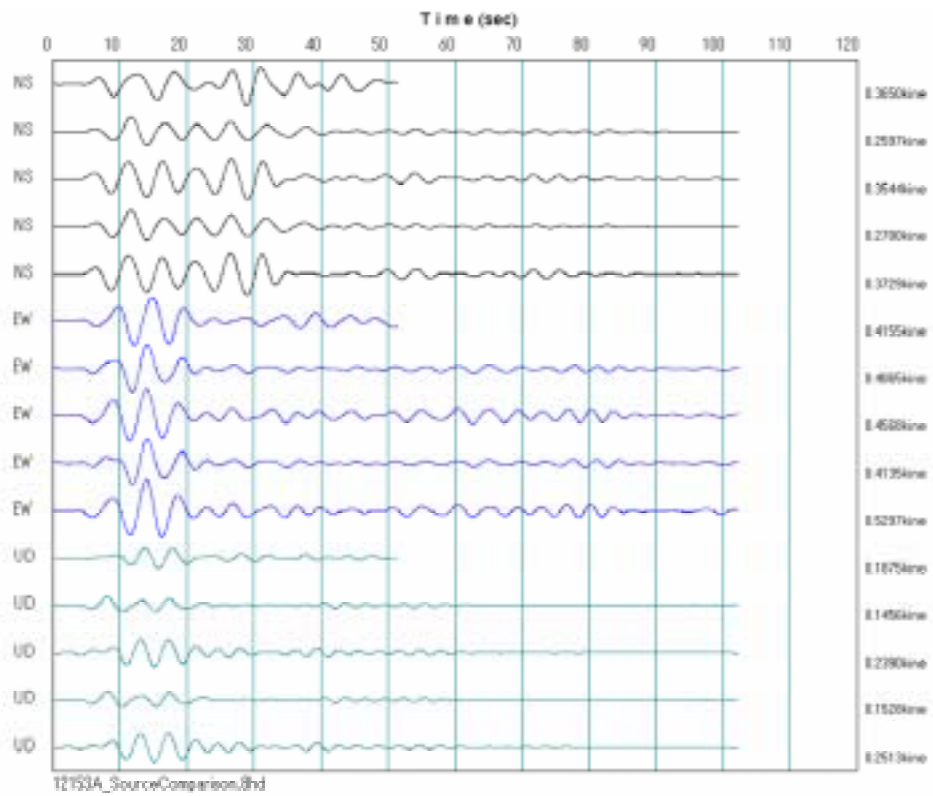
( 1 1 ) 12152A



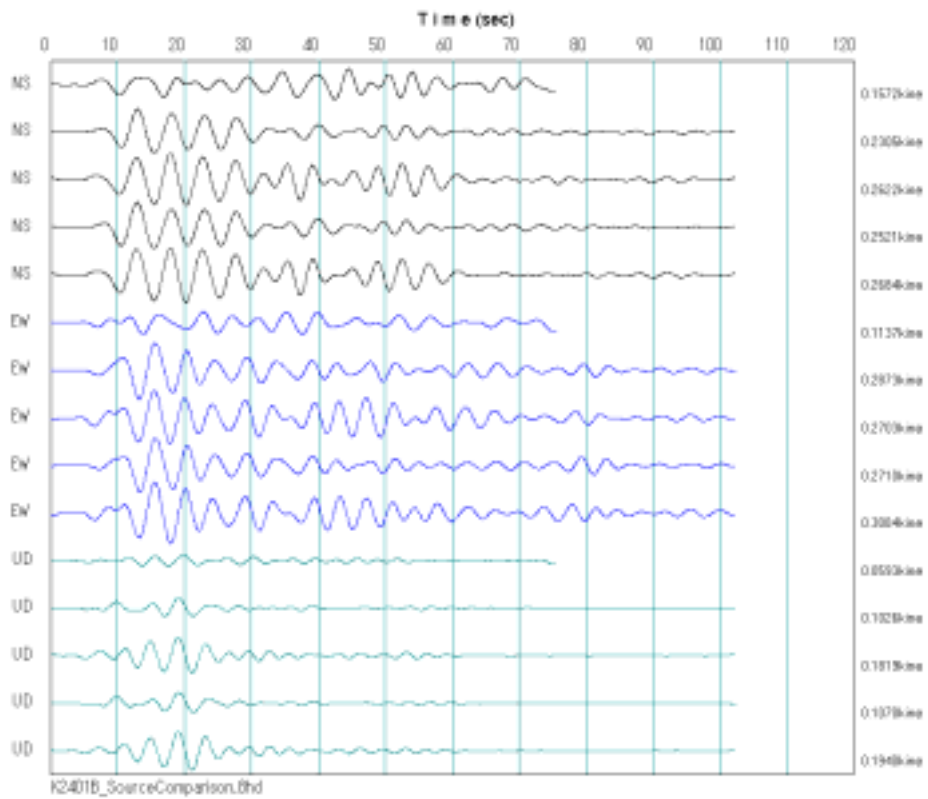
( 1 2 ) K2404A

図 A4.3 観測波形と計算波形との比較

(上から観測波形、ケース1、ケース2、ケース3、ケース4の順)



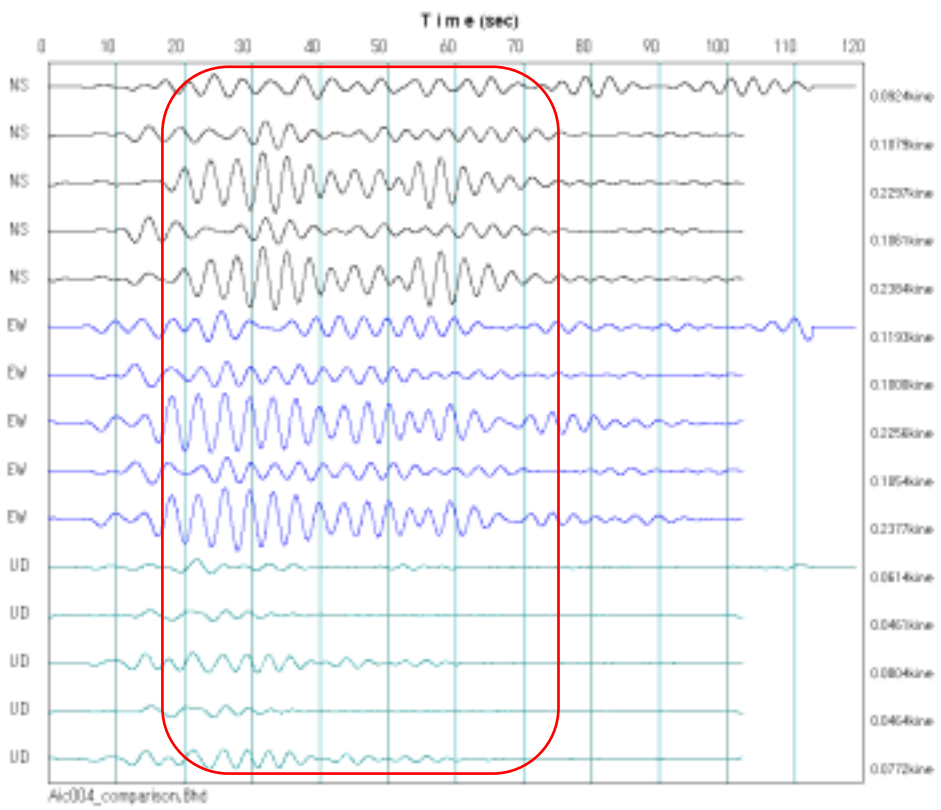
( 1 3 ) 12153A



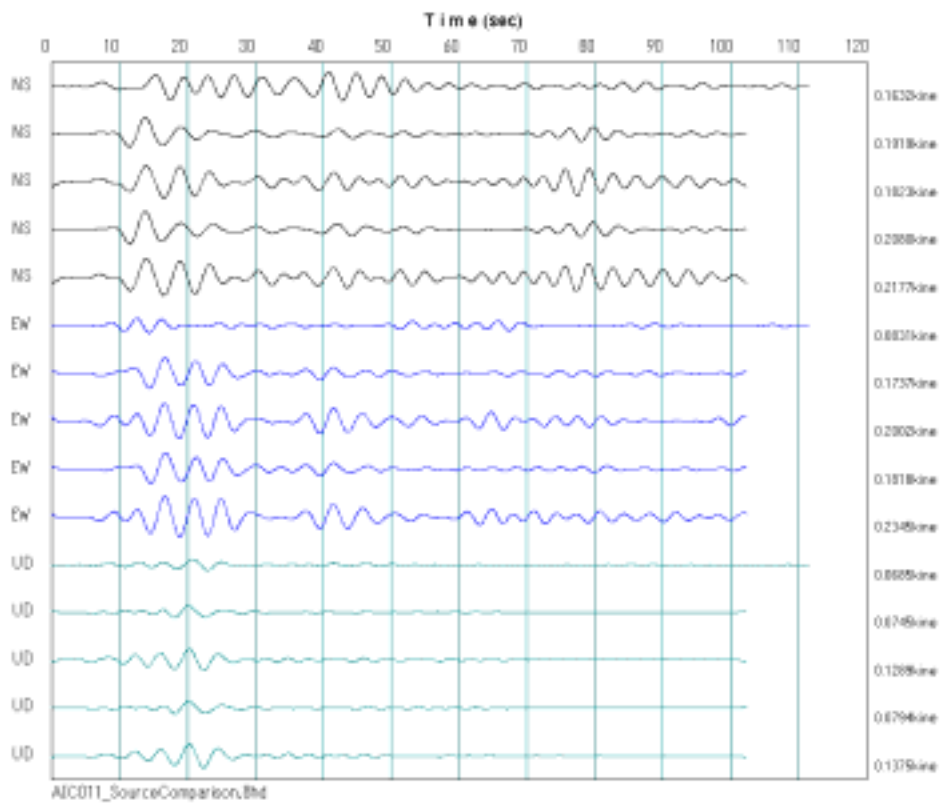
( 1 4 ) K2401B

図 A4.3 観測波形と計算波形との比較

(上から観測波形、ケース1、ケース2、ケース3、ケース4の順)



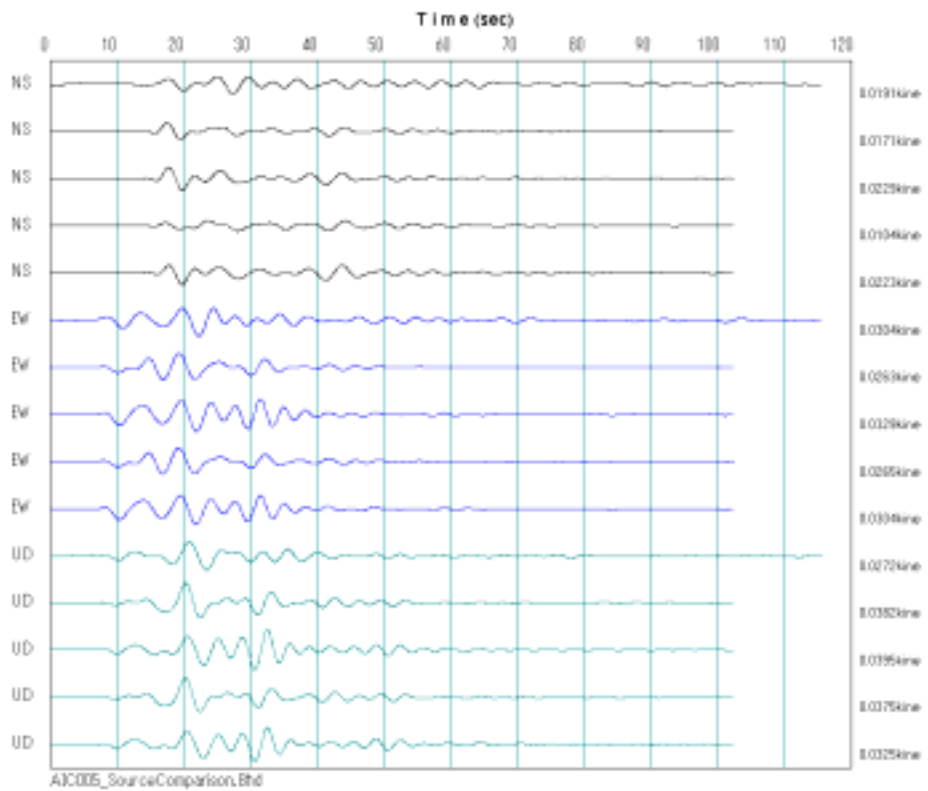
( 1 5 ) AIC004



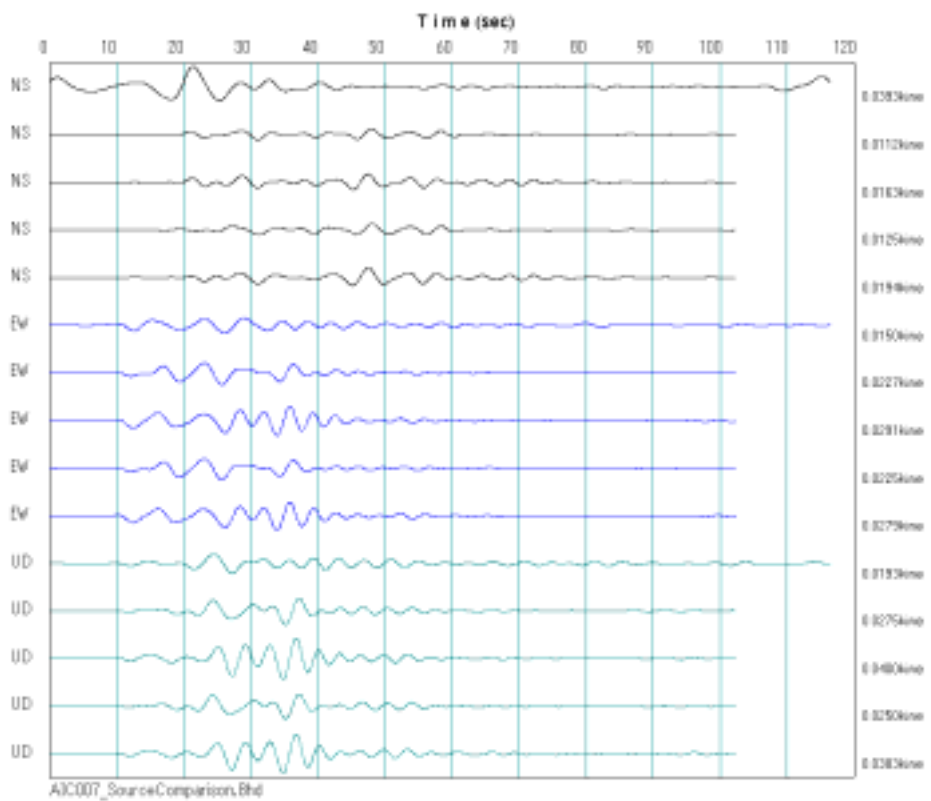
( 1 6 ) AIC011

図 A4.3 観測波形と計算波形との比較

(上から観測波形、ケース1、ケース2、ケース3、ケース4の順)



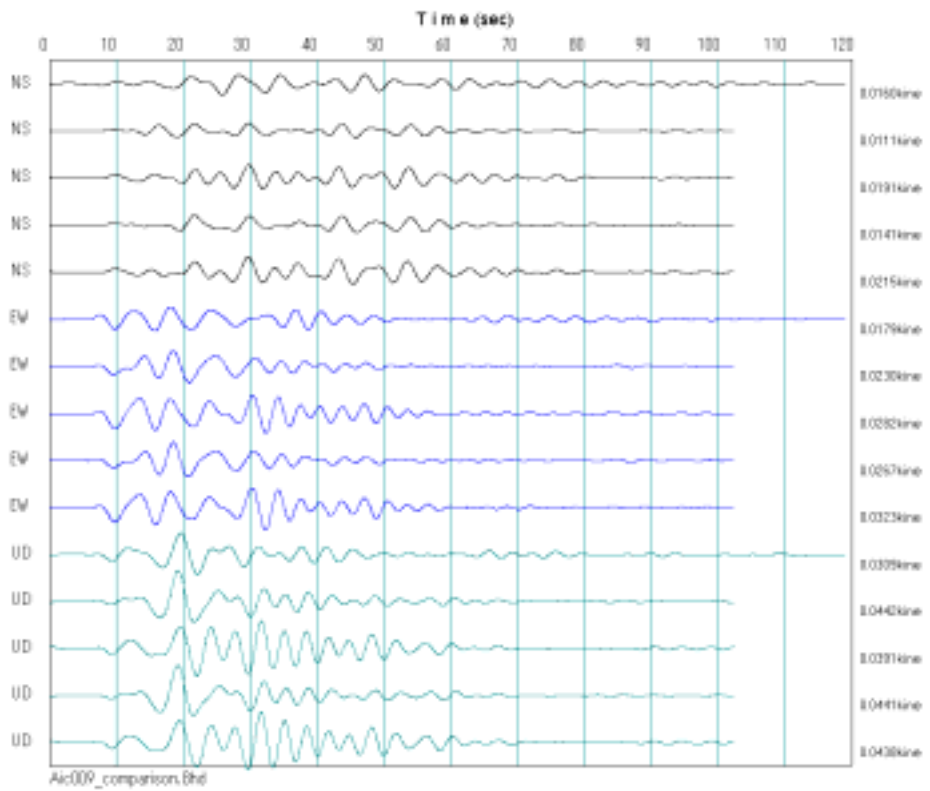
( 1 7 ) AIC005



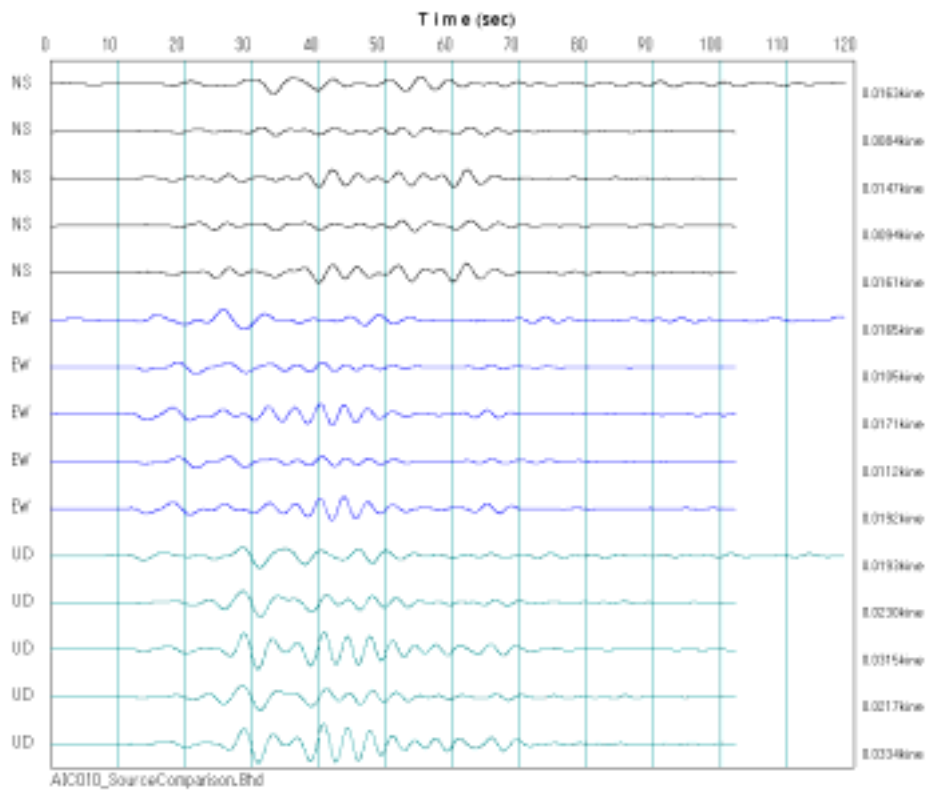
( 1 8 ) AIC007

図 A4.3 観測波形と計算波形との比較

(上から観測波形、ケース1、ケース2、ケース3、ケース4の順)



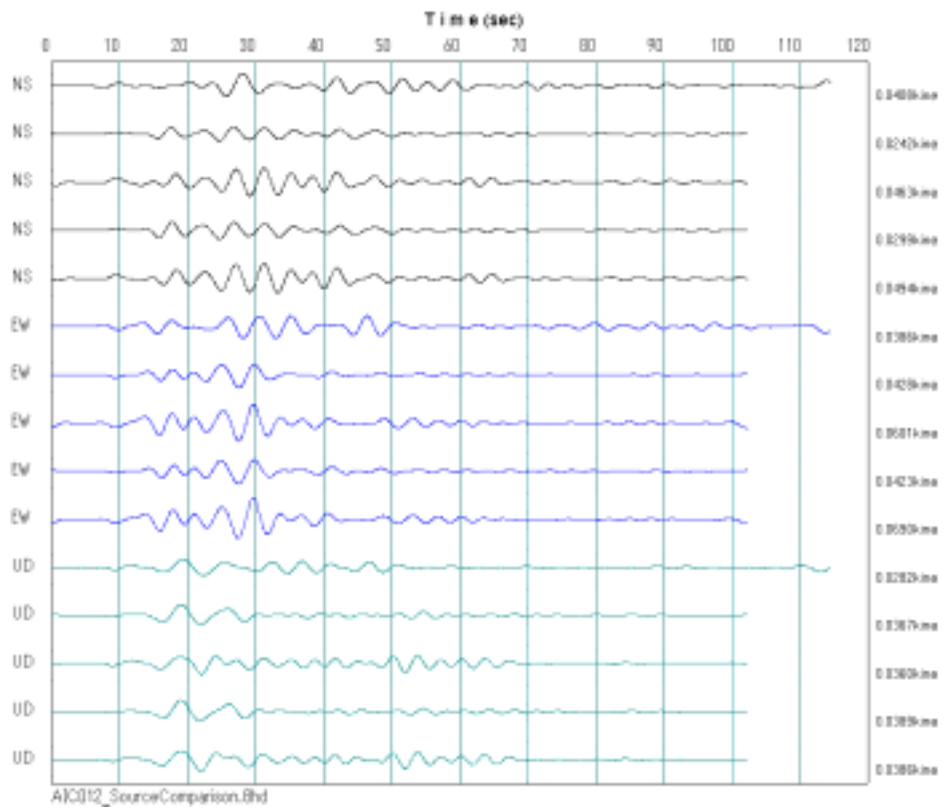
( 1 9 ) AIC009



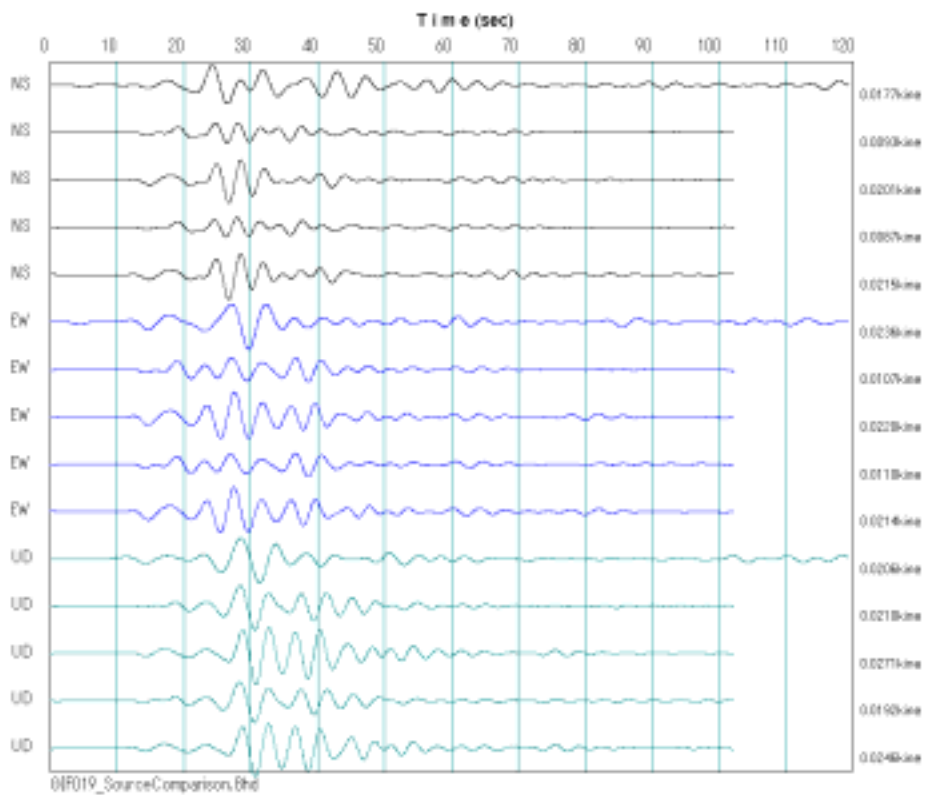
( 2 0 ) AIC010

図 A4.3 観測波形と計算波形との比較

(上から観測波形、ケース1、ケース2、ケース3、ケース4の順)



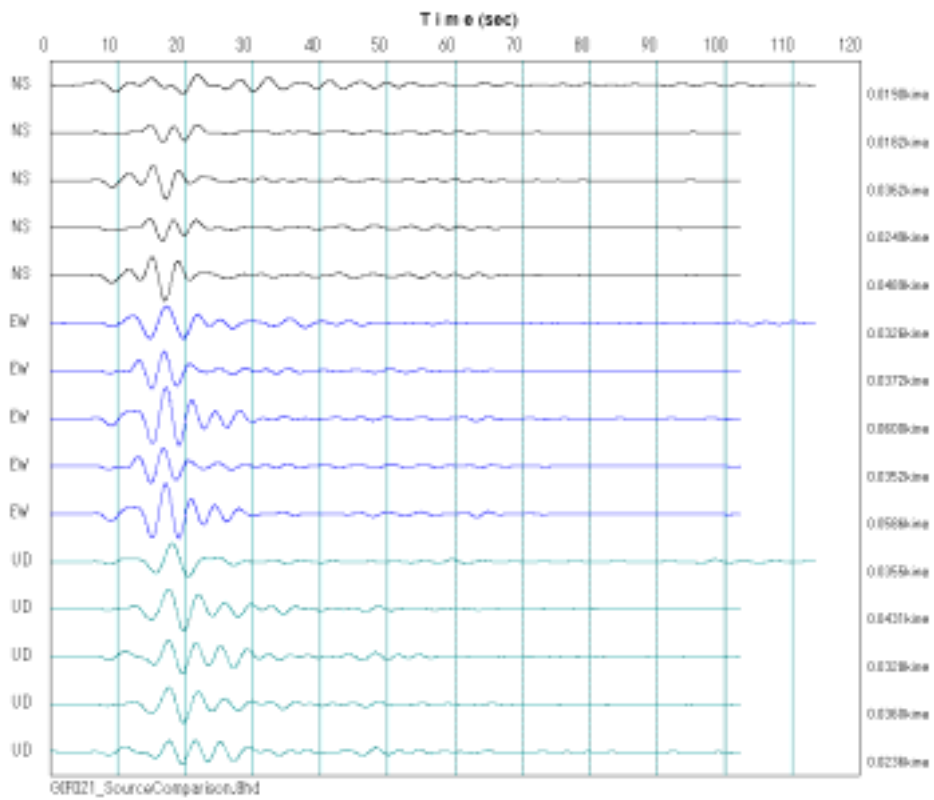
( 2 1 ) AIC012



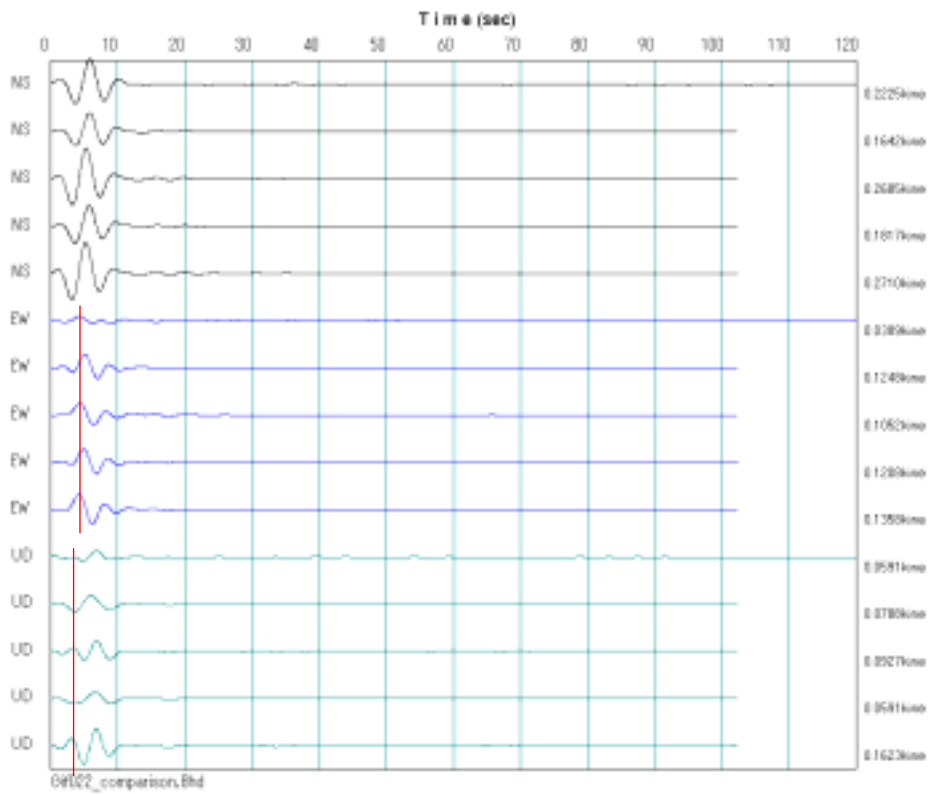
( 2 2 ) GIF019

図 A4.3 観測波形と計算波形との比較

(上から観測波形、ケース1、ケース2、ケース3、ケース4の順)



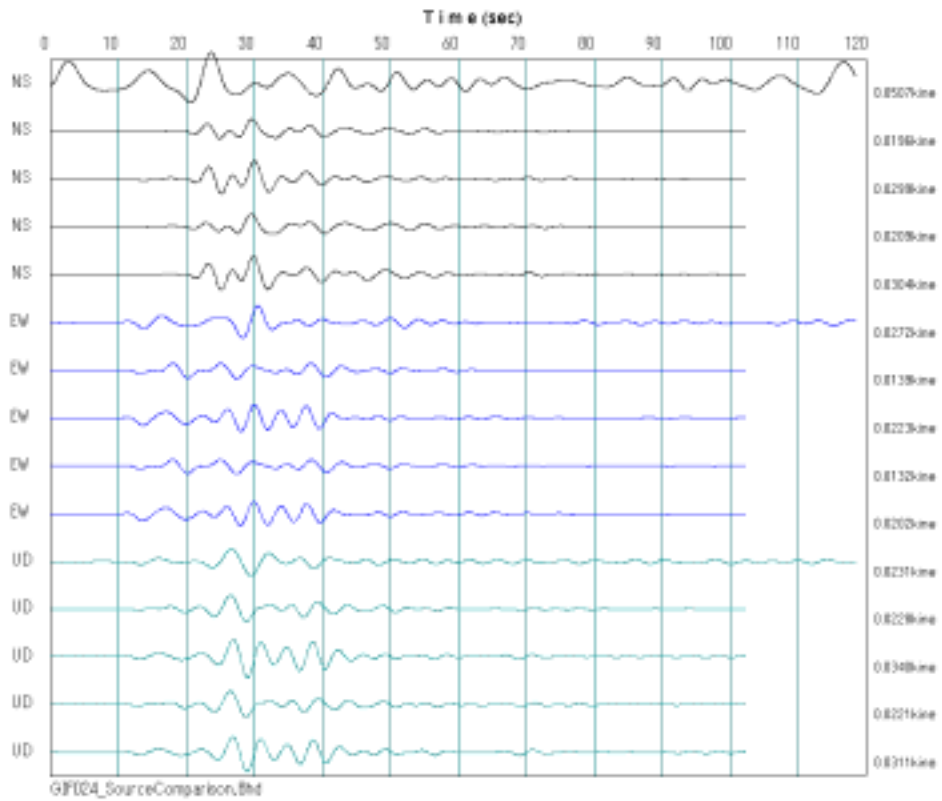
( 2 3 ) GIF021



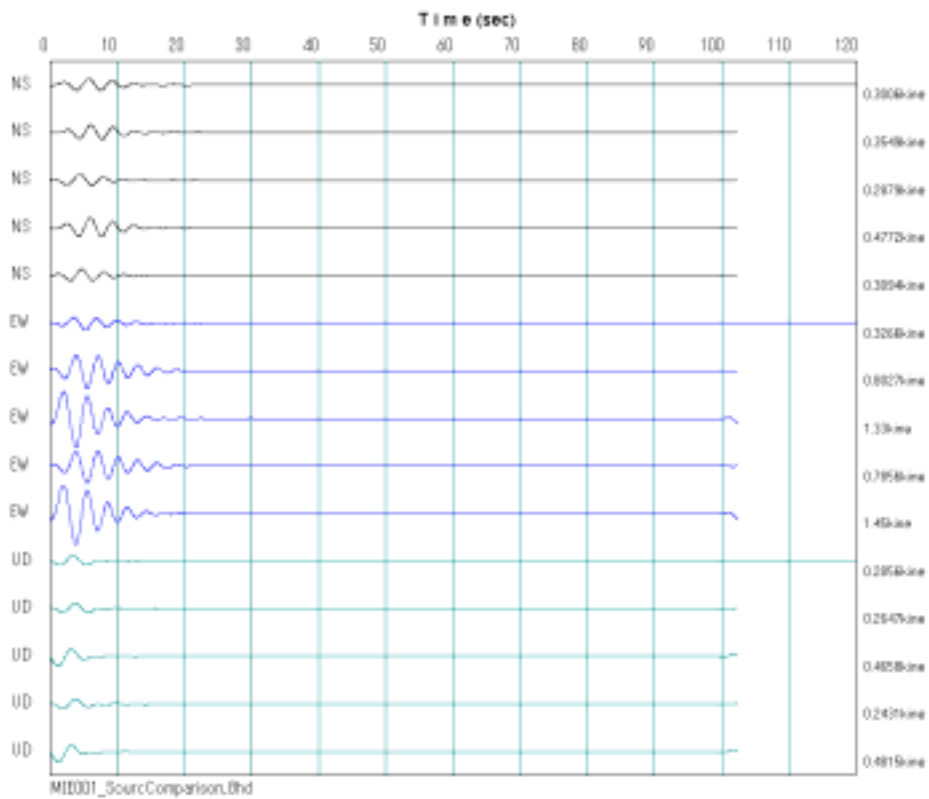
( 2 4 ) GIF022

図 A4.3 観測波形と計算波形との比較

(上から観測波形、ケース1、ケース2、ケース3、ケース4の順)



( 2 5 ) GIF024

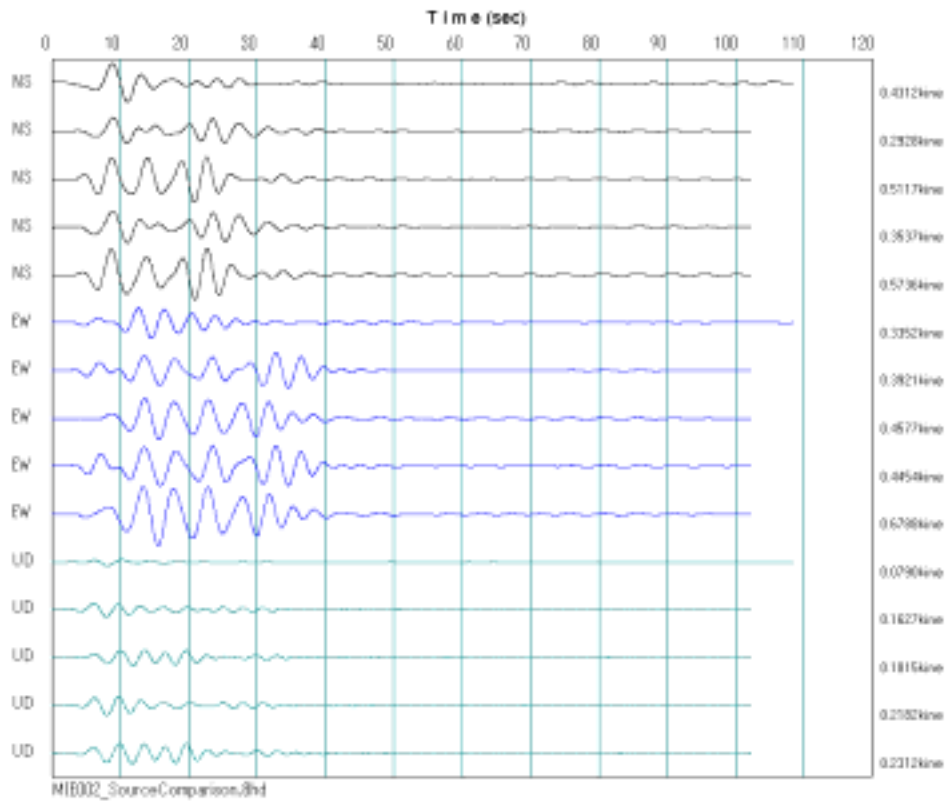


( 2 6 ) MIE001

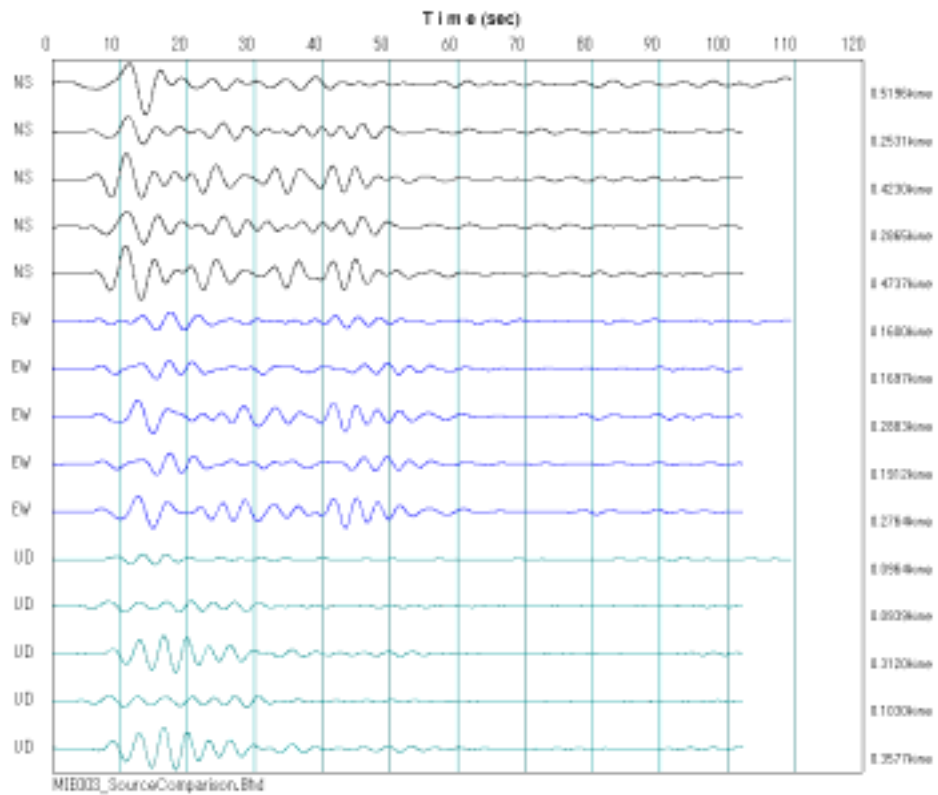
図 A4.3 観測波形と計算波形との比較

(上から観測波形、ケース1、ケース2、ケース3、ケース4の順)





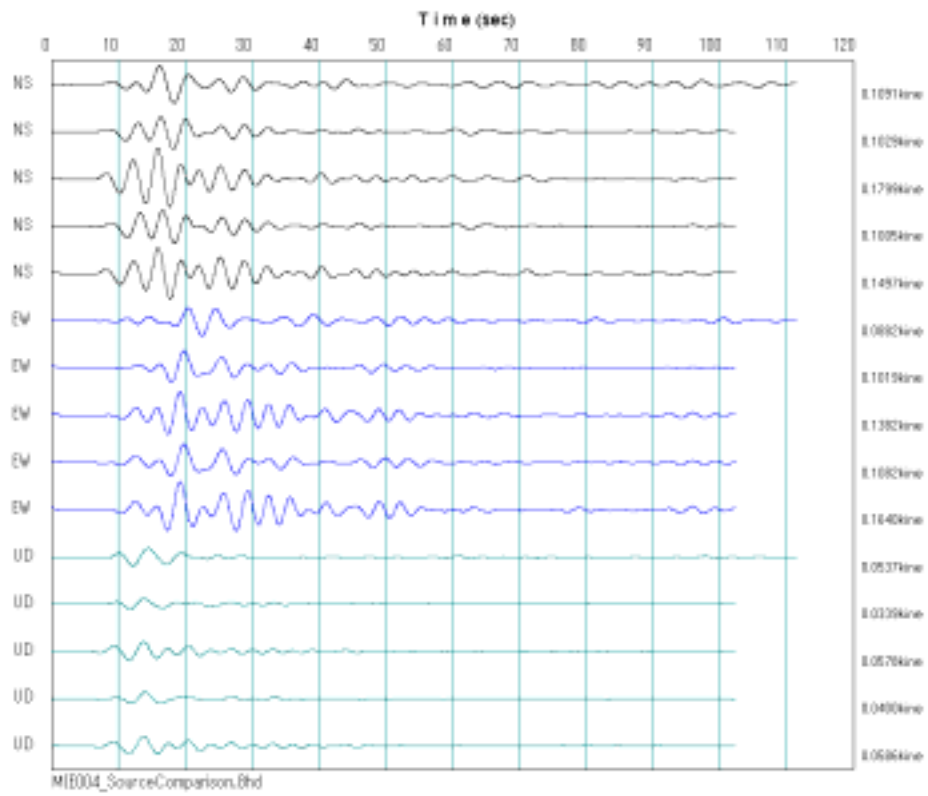
( 2 7 ) MIE002



( 2 8 ) MIE003

図 A4.3 観測波形と計算波形との比較

(上から観測波形、ケース1、ケース2、ケース3、ケース4の順)



( 2 9 ) MIE004

図 A4.3 観測波形と計算波形との比較

(上から観測波形、ケース1、ケース2、ケース3、ケース4の順)