

FREQL の動作シミュレーション例

株式会社システムアンドデータリサーチ

実際の地震で FREQL がどのように動作するかを、直下のケース（ケース 1）と、直下でないケース（ケース 2）の 2 パターンでシミュレーションをおこないました。

* 本シミュレーションには、防災科学技術研究所の K-NET（強震ネットワーク）で観測された一般公開データを用いました。

1. 警報の説明

P 波警報：PI 値による警報。P 波を検知し、危険な揺れを判断し警報を出力します。

PI 警報は弊社の特許技術です。

RI 警報：リアルタイムに震度を計算し、指定した警報レベルを超えると警報を出力します。

本シミュレーションでは、 $RI \geq 4.0$ （震度 4 相当）を設定しました。

リアルタイム震度（RI）は弊社の特許技術です。

* FREQL は 1 台で、P 波でも S 波でも警報を出力することができます。
この機能は弊社の特許技術です。

* FREQL は P 波警報、RI 警報のほか加速度による警報や地震の諸元に基づく P 波も可能です。つまり、1 台で警報の多重化による高い安全性を実現します。

2. 結果

以下の説明は、地震発生時刻を 0 秒として、説明をいたします。

* 図には参考として、緊急地震速報の第 1 報発信と情報受信仮定時刻を記入しました。
第 1 報発信時刻については、気象庁発表のデータを参考にしました。
受信時刻は、情報受信までに数秒から 20 秒かかるという気象庁ホームページ掲載の記述をもとに、伝送時間を 2 秒と仮定しました。

ケース 1 新潟県中越地震 2004 年 10 月 23 日 M6.8 深さ 13km

観測点：小千谷（震央距離 7km） 震度 7 弱

0.0 秒：地震発生

2.4 秒：観測地点で P 波検知 P 波の始まり部分で P 波検知。

2.6 秒：P 波警報 P 波検知後 0.2 秒後に P 波警報発令。

3.3 秒：震度警報 P 波警報発令 0.7 秒後、設定リアルタイム震度レベル 4.0 を越えたところで震度警報発令。

5.0 秒に S 波到達。P 波警報から、2.4 秒。S 波到達後数秒後に主要動のピークを迎えます。

<説明：参照 図 2>

震央距離 7km 地点で観測された地震（直下）波形によるシミュレーション例です。

FREQL は、P 波の始まり後、0.2 秒後に P 波警報を出力しています。P 波警報の 0.7 秒後、地震動は、震度 4 を超え、リアルタイム警報も出力されます。地震の規模が大きく、近距離の地震では、P 波部分でも大きな揺れとなり、本ケースでは、P 波の段階で震度 4 を超えます。P 波警報から 2.4 秒後、S 波が到達し、大きく揺れ始め、数秒後に主要動のピークを迎えます。

緊急地震速報では、S 波到達後、1 秒以上経ってから第 1 報を受信することになります。これは、FREQL の P 波警報後、3 秒以上遅れての情報受信です。

ケース 2 宮城県沖地震 2005年8月16日 M7.2 深さ 42Kkm

(1) 観測点：牡鹿（震央距離 82km） 震度 5 弱

0 秒：地震発生
12.5 秒：観測地点で P 波検知 P 波の始まり部分で P 波検知。
13.4 秒：P 波警報 P 波検知後 0.9 秒後に P 波警報発令。
21.9 秒：震度警報 P 波警報発令 8.5 秒後、設定リアルタイム震度レベル 4.0 を越えたところで震度警報発令。
20.8 秒に S 波到達。P 波警報から、7.4 秒。S 波到達後数秒後に主要動のピークを迎えます。

<説明：参照 図 3>

震央距離が 82km 地点で観測された地震波形によるシミュレーション例です。
FREQL は、P 波の始まり後、0.9 秒後に P 波警報を出力しています。P 波警報の 7.4 秒後、S 波が到達し、大きく揺れ始め、数秒後に主要動のピークを迎えます。このケースでは、S 波が到達してから、約 1 秒後に震度 4 を超え、リアルタイム震度警報も出力しています。

緊急地震速報では、S 波到達後、1 秒弱の時点で第 1 報を受信することになります。これは、FREQL の P 波警報後、約 8 秒遅れての情報受信です。

(2) 観測点：石巻（震央距離 104km） 震度 5 強

0 秒：地震発生
15.7 秒：観測地点で P 波検知 P 波の始まり部分で P 波検知。
16.2 秒：P 波警報 P 波検知後 0.5 秒後に P 波警報発令。
26.0 秒：震度警報 P 波警報発令 9.8 秒後、設定リアルタイム震度レベル 4.0 を越えたところで震度警報発令。
26.6 秒に S 波到達。P 波警報から、10.4 秒。S 波到達後数秒後に主要動のピークを迎えます。

<説明：参照 図 4>

震央距離が 104km 地点で観測された地震波形によるシミュレーション例です。
FREQL は、P 波の始まり後、0.5 秒後に P 波警報を出力しています。震度 4 のリアルタイム震度警報出力直後、P 波警報の 9.8 秒後、S 波が到達し、大きく揺れ始め、数秒後に主要動のピークを迎えます。

緊急地震速報では、P 波到達後、6 秒弱の時点で第 1 報を受信することになります。これは、FREQL の P 波警報後、約 5 秒遅れての情報受信です。

(3) 観測点：仙台（震央距離 129km） 震度 5 強

0 秒：地震発生
19.2 秒：観測地点で P 波検知 P 波の始まり部分で P 波検知。
20.8 秒：P 波警報 P 波検知後 1.6 秒後に P 波警報発令。
33.0 秒：震度警報 P 波警報発令 12.2 秒後、設定リアルタイム震度レベル 4.0 を越えたところで震度警報発令。
32.6 秒に S 波到達。P 波警報から、11.8 秒。S 波到達後数秒後に主要動のピークを迎えます。

<説明：参照 図 5>

震央距離が 129km 地点で観測された地震波形によるシミュレーション例です。
FREQL は、P 波の始まり後、1.6 秒後に P 波警報を出力しています。P 波警報の 11.8 秒後、S 波が到達し、大きく揺れ始め、数秒後に主要動のピークを迎えます。このケースでは、S 波が到達してから、約 0.5 秒で震度 4 を超え、リアルタイム震度警報も出力しています。

緊急地震速報では、P 波が到達してから 2 秒後、FREQL の P 波警報とほぼ同時に第 1 報を受信します。これは、仙台では、オンサイト警報（図 1 参照）の FREQL と、前線警報（図 1 参照）の緊急地震速報の第 1 報受信が、同時であることを意味します。つまり、仙台より震源に近いところでは、FREQL の警報が早いことになるのです。

3. まとめ

- FREQL は、直下の地震に対しても、数秒以上の先行時間が確保できます。
- 震源から遠く離れた、被害発生の可能性が低い地域では、緊急地震速報の方が、早い場合もありますが、被害が発生するような震源に近い地域では、FREQL は、緊急地震速報より確実に早く警報を出力します。
- 今回のシミュレーションでは、緊急地震速報の情報受信時刻を、情報発信後 2 秒と仮定しましたが、さまざまな情報伝達経路を通る場合、経路の数だけ伝送トラブルによる遅れ、あるいは不受信のリスクが高くなります。FREQL は、地震計を置いてあるその場で警報（オンサイト警報）を出しますので、情報不達のリスクが極めてすくない早期地震警報システムです。

以上

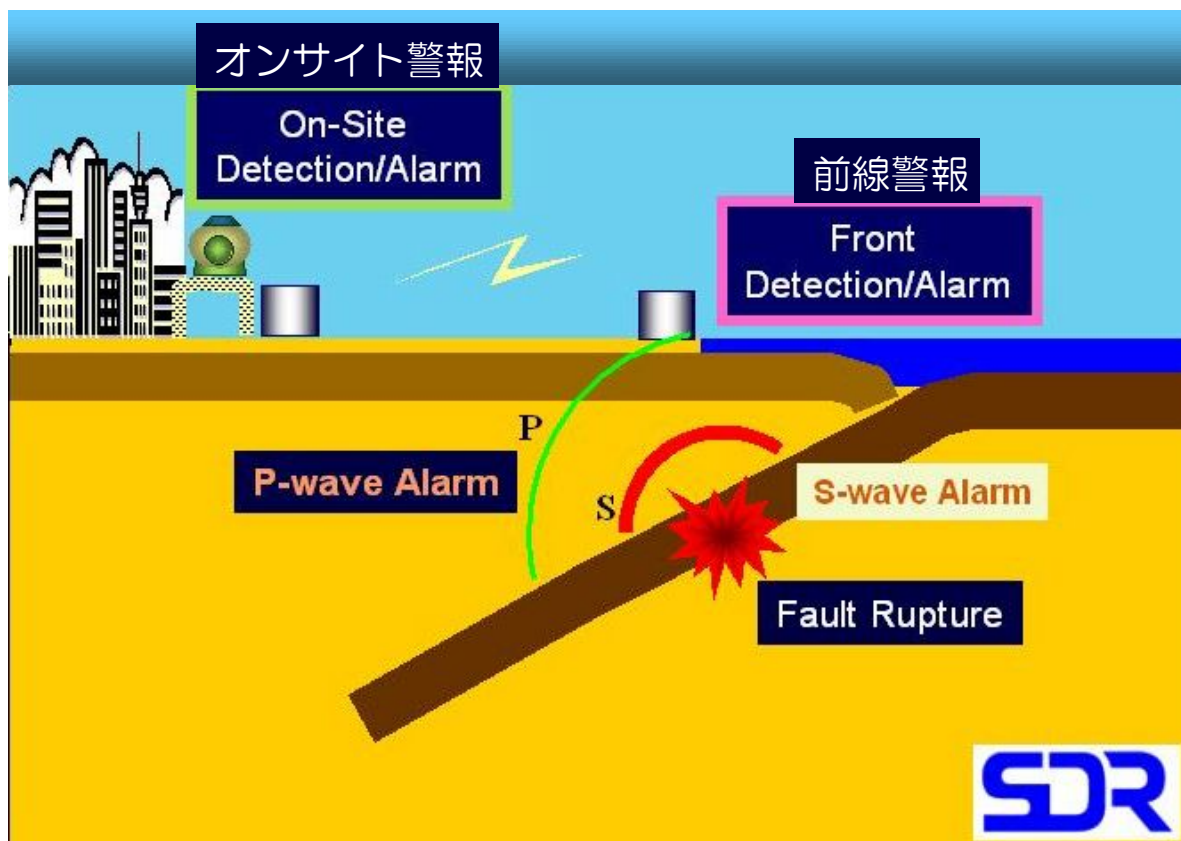


図 1. 地震動早期検知警報システムの概念図

ケース1: 2004年10月23日新潟県中越地震(M6.8) 小千谷(震央距離7km)で観測された加速度波形(K-net) 震度7弱

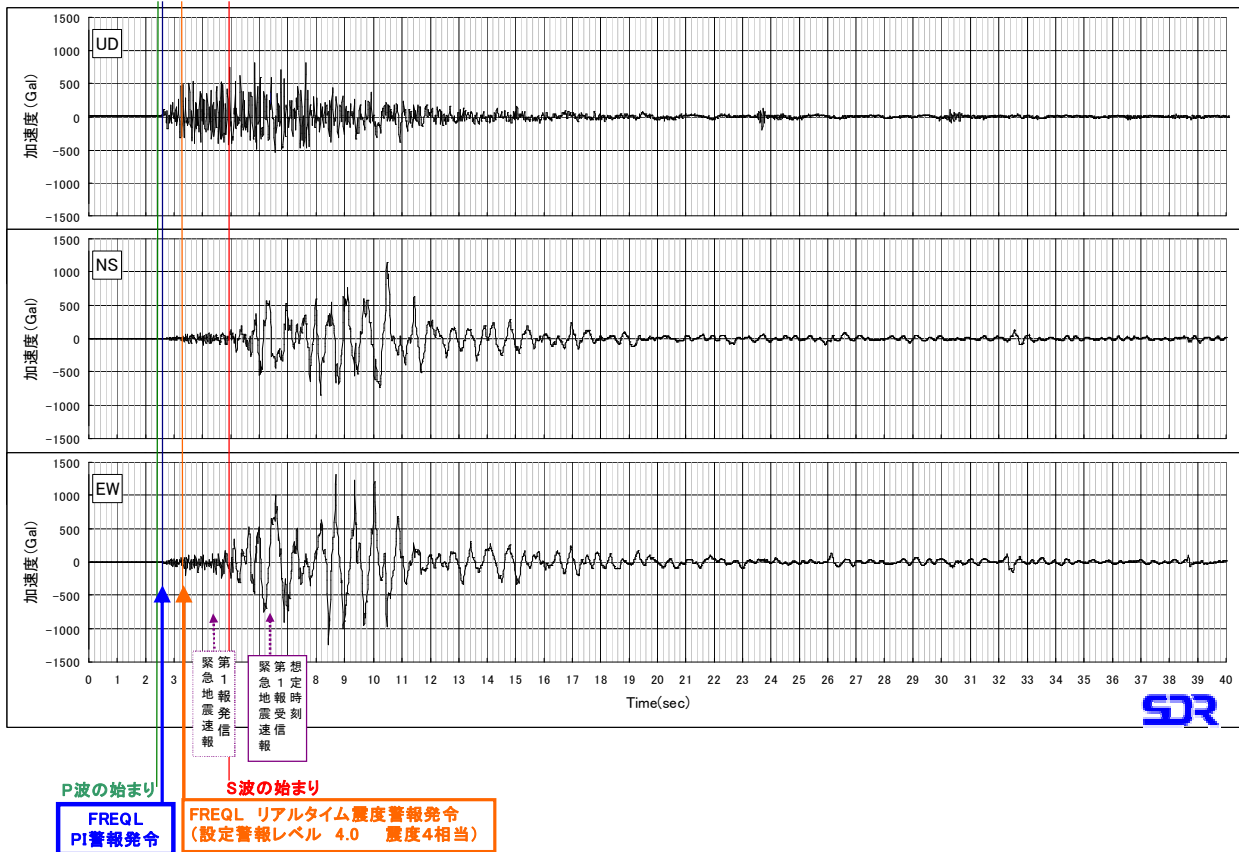


図2. 2004年10月23日 新潟県中越地震 シミュレーション

ケース2: 2005年8月16日宮城県沖地震(M7.2) 杜鹿(震央距離82Km) 加速度波形(K-net) 震度5弱

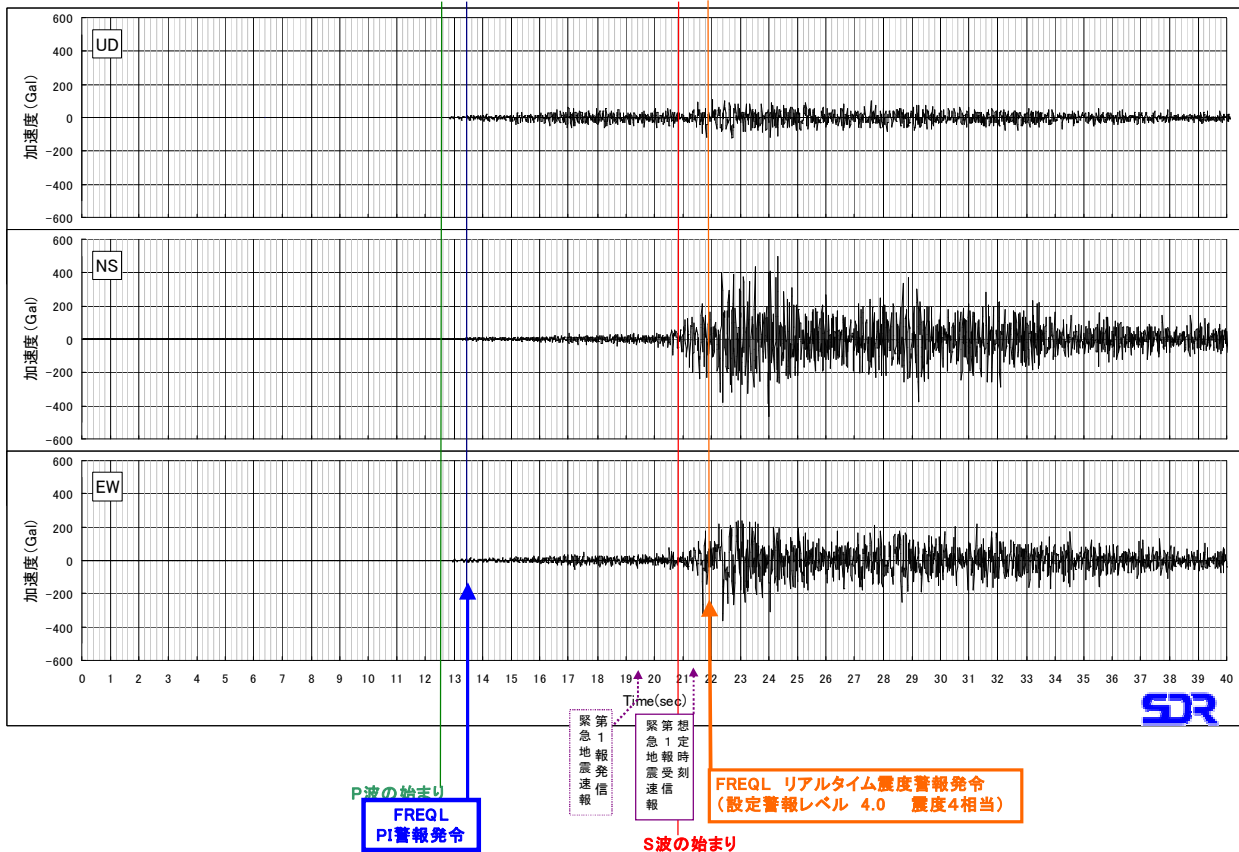


図3. 2005年8月16日 宮城県越地震 シミュレーション (1)

ケース2:2005年8月16日宮城県沖地震(M7.2) 石巻(震央距離104Km) 加速度波形(K-net) 震度5強

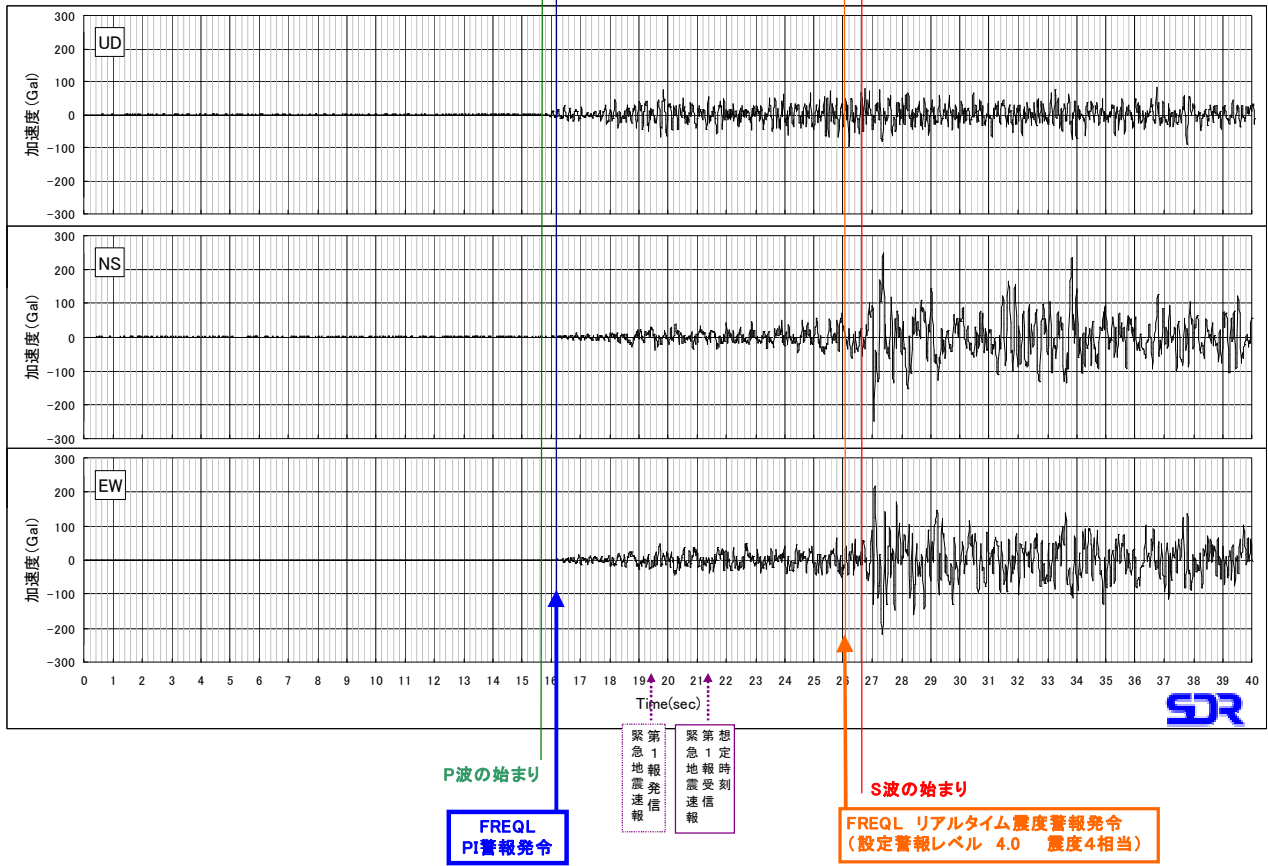


図 4. 2005年8月16日 宮城県越地震 シミュレーション (2)

ケース2:2005年8月16日宮城県沖地震(M7.2) 仙台(震央距離129Km) 加速度波形(K-net) 震度5強

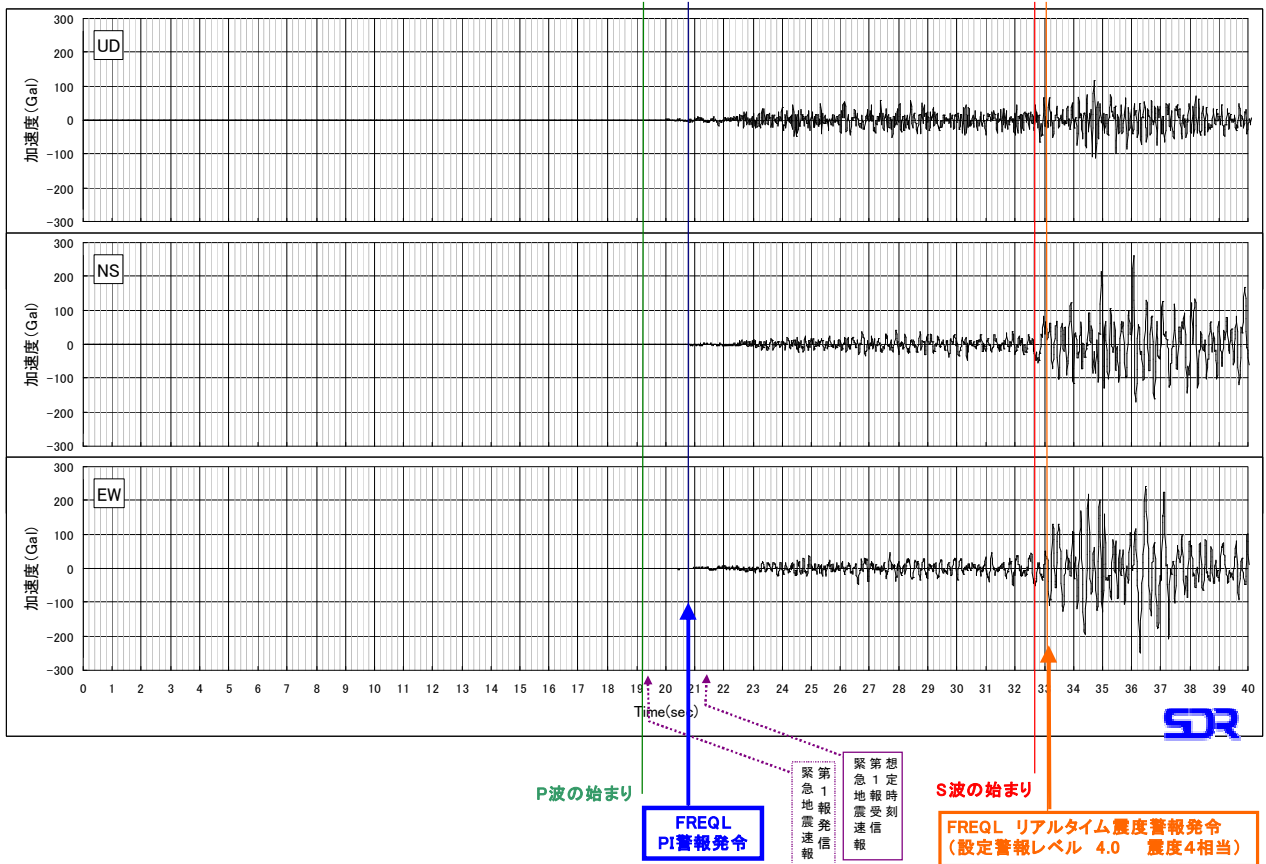


図 5. 2005年8月16日 宮城県越地震 シミュレーション (3)