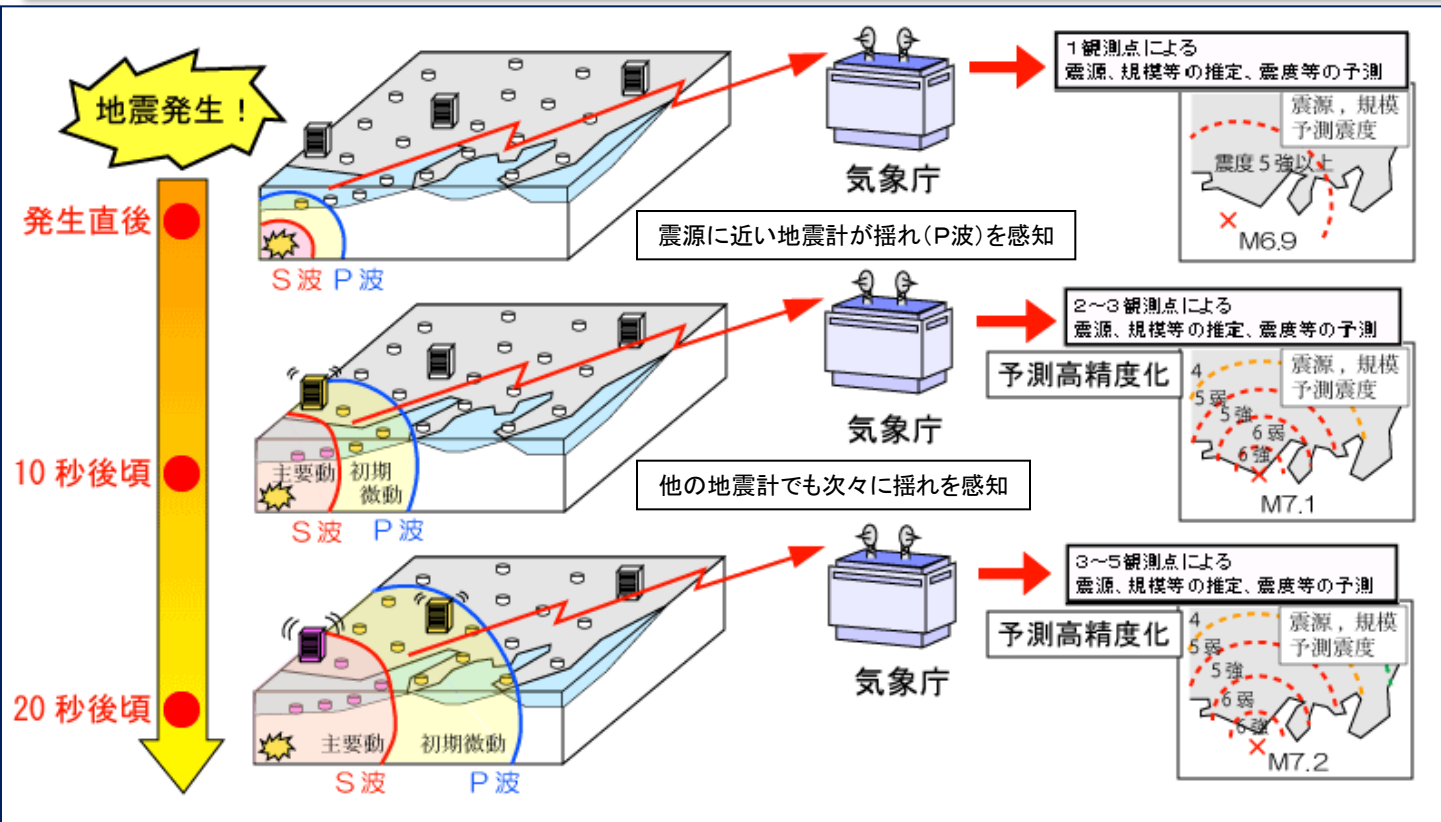


緊急地震速報について

気象庁地震火山部
地震津波監視課

緊急地震速報について

地震の発生直後に、震源に近い地震計でとらえた観測データを解析して震源や地震の規模(マグニチュード)を直ちに推定し、これに基づいて各地での主要動の到達時刻や震度を予測し迅速に発表



単独観測点処理

- ・主成分分析法(地震波の来た方向)
 - ・B-Δ法結果(震央距離)
 - ・P波到達時刻
 - ・変位最大振幅
- 等を現地で波形処理し、結果を気象庁本庁へ送信

複数観測点処理

- 単独観測点処理結果を受けて、気象庁本庁で処理
- ・震源の位置
 - ・地震の規模を推定

- ・各地の震度
- ・到達時刻(S波)を予測

精度の良い続報を発表

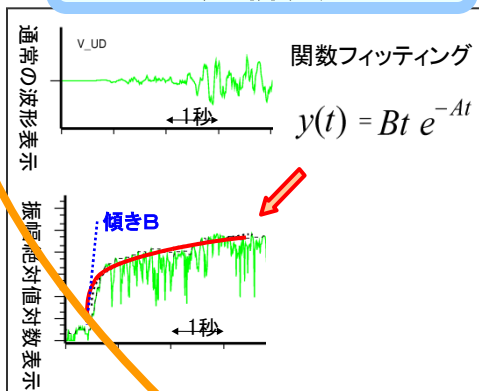
緊急地震速報

*時間がたつにつれ精度は良くなるが、強い揺れには間に合わない

- 震度5弱以上を予測した場合に一般向け緊急地震速報を発表(原則1回のみ)
- 予測した震度には±1程度の誤差あり
- 震源に近い地域では、緊急地震速報が強い揺れに間に合わない

緊急地震速報の震源決定処理の流れ

単独観測点を用いた解析
B-Δ法・主成分
分析法

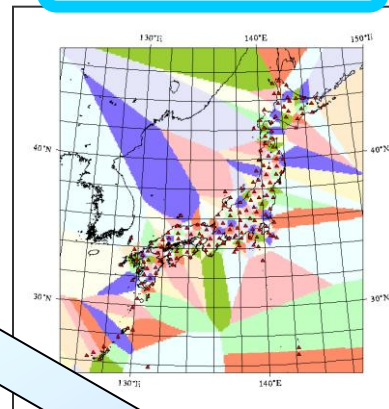


傾きBはマグニチュードに依存せず、震央距離が小さいほど大きくなる

多機能震源処理

現地観測点での処理結果を利用

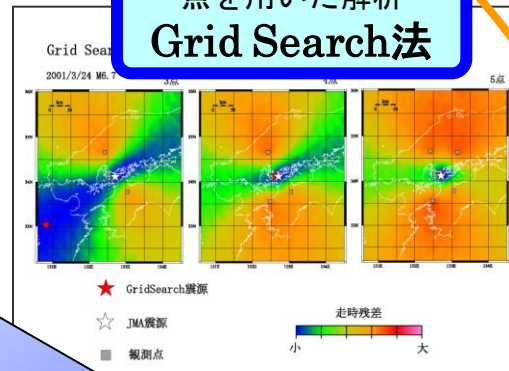
1~2地点の観測点を用いた解析
Territory法



震源・マグニチュードの優先度

震源：多機能型の解析<着未着法<EPOS
マグニチュード：着未着法<多機能型変位振幅 or EPOSのMの大きい方

3~5地点の観測点を用いた解析
Grid Search法

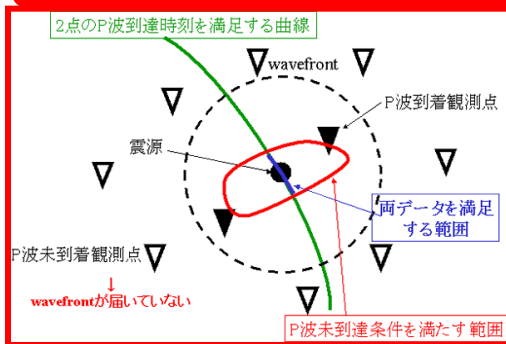


EPOS震源処理

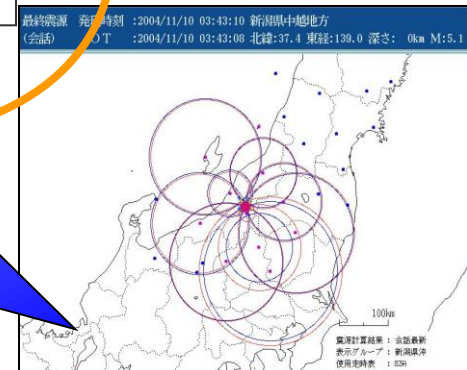
複数地点の観測データを用いた解析
EPOSにより
自動処理した震源

着未着法処理

Hi-net観測点を用いた解析
着未着法（防災科研で開発）



時間経過とともに精度が向上

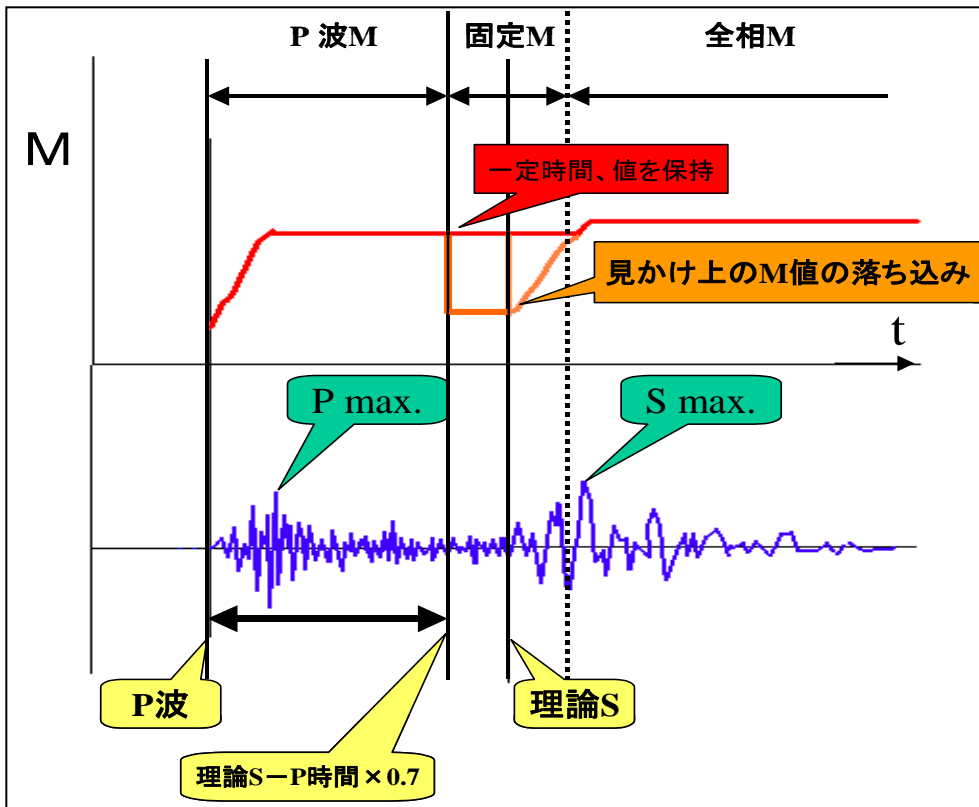


EPOS：地震活動等総合監視システム

マグニチュードの計算

最新の震源 + 各観測点から毎秒届く最大振幅からマグニチュードを計算

P波しか観測していない時点でも算出(S波到着時間の理論値で計算式を切替え)



最大振幅値

- ・ 変位(加速度を2階積分)を用いる。
- ・ 水平・垂直3成分のベクトル合成。

P波M式

$$0.72 \times M = \log(A) + 1.2 \times \log(R) + 5.0 \times 10^{-4} \times R - 5.0 \times 10^{-3} \times D + 0.46$$

全相M式

$$0.87 \times M = \log(A) + 1.0 \times \log(R) + 1.9 \times 10^{-3} \times R - 5.0 \times 10^{-3} \times D + 0.98$$

M : マグニチュード

A : P波部分の最大振幅[10 μ m]

R : 震源距離[km]

D : 震源の深さ[km]

M計算式は時間経過に伴い、P波M式 \Rightarrow 固定M式 \Rightarrow 全相M式 へと移り変わる。

(固定M式: P波M式の値を継続して用いるという意味)

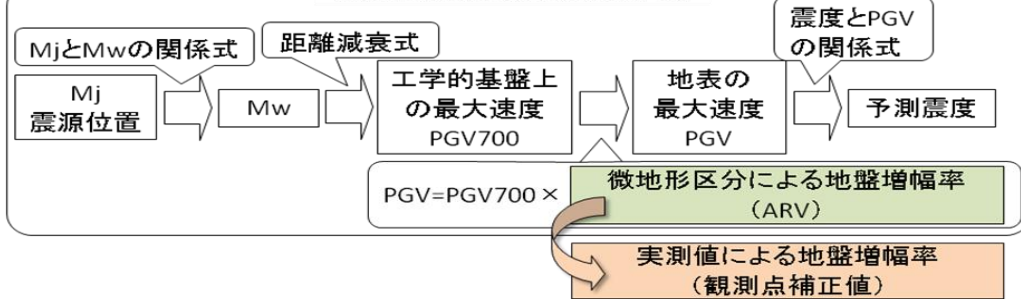
◎固定M式から全相M式へ移行するための条件(いずれかを満たせばよい)

1. 全相M > P波M
2. 理論S波の時間から固定Mにより推定される破壊継続時間が過ぎている場合
3. 理論S波の時間から(P波最大振幅を観測した時間 - P波検測値)を過ぎている場合

マグニチュードの値は、全観測点毎のM値の中央値(対象は最大5観測点)
偶数点数の場合は真ん中2点の平均値

震度予測方法

緊急地震速報の震度予測



震源要素、M

1. 震度推定地点までの断層最短距離算出

★Mと断層長(L)の経験式(宇津の式: $\log(L) = 0.5M - 1.85$)を使って、断層長を求め、震源距離から断層長の半分を差し引いた距離を断層最短距離とする
(震源距離が断層長の半分より近い観測点は最短距離を3kmとする)

2. 震度推定地点での工学的基盤上の最大速度の推定

★司・翠川(1999)の経験式(最大速度の距離減衰式)で、基準基盤の最大速度を推定(全国震度観測点: 約4350点)

$$\log(PGV_{600}) = 0.58Mw + 0.0038D - 1.29 - \log(x + 0.002810^{0.50Mw}) - 0.002x$$

PGV_{600} : 基準基盤(S波速度600m/s)の最大速度(m/s)・・・水平動2成分のうち大きい方の値

Mw: モーメントマグニチュード

D: 震源の深さ(km)

* MwとMjmaの変換式

x: 断層最短距離(km)

Mw = Mjma - 0.171 (宇津: 1982)

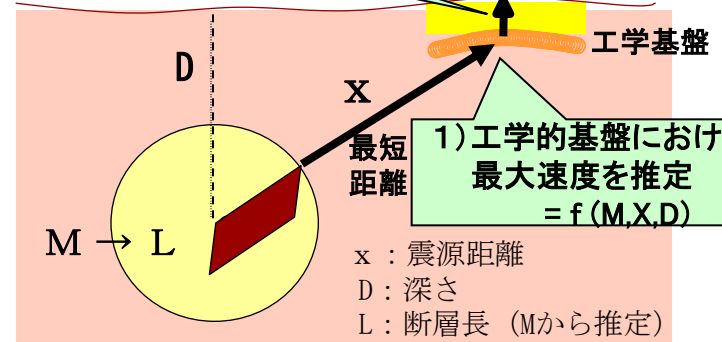
★ PGV_{600} を松岡・翠川(1994)に基づき、工学的基盤面($V_s = 700\text{m/s}$)に合わせてように0.9倍して、 PGV_{700} を算出する。

3. 地表面での最大速度の推定

★ 微地形区分による地盤増幅率(ARV)を2. で求めた最大速度に乗じる
過去の震度観測データから求めた経験的な地盤増幅率(観測点補正值)を一部の観測点(約6割)についてARVの代わりに適用している。

3) 地表の最大速度から震度に変換

2) 地盤増幅率をかける。



100gal超え

固定値での震度予想「最大震度5弱程度以上と推定」

1点・2点検知

点震源による震度予想(XX程度以上)

3点以上検知

断層長考慮による震度予想(震度XXからXX)

4. 震度推定地点の計測震度を推計

★ 翠川・他(1999)を用いて地表面での計測震度へ変換
(深さ150km以下の地震についてのみ震度予想を実施)

$$I_{\text{INSTR}} = 2.68 + 1.72 \log(PGV) \quad (4 < I_{\text{INSTR}} < 7)$$

I_{INSTR} : 計測震度

PGV: 地表における最大速度(cm/s)・・・水平動2成分合成した最大速度

緊急地震速報の警報と予報

警報

(強い揺れが予想される地域を発表)

2観測点以上の観測値に基づき、最大震度5弱以上を予測した地震について、震度4以上を予想した地域に対して発表。

震源地（震央位置）、地震の規模（マグニチュード）、震度4以上が予想される地域（全国188地域に分割）等を発表。

ある地域で、震度3以下の予測が震度5弱以上になった場合、対象全地域に後続報を発表。

テレビ、ラジオ、携帯電話（エリアメール）等を通じて気象庁が提供する。

入手手法により、放送や報知される地域は異なるが、**報知する基準は原則として同じ。**

* 予想される地震動の大きさが震度6弱以上である地域は地震動特別警報に位置付け(2013年8月30日～)

予報

(予想震度、強い揺れの到達予想時刻などを発表)

マグニチュード3.5以上を推定、または震度3以上を予想した場合に発表。

1観測点だけで100galを超える加速度を観測した場合に発表。

震源地（震央位置）、地震の規模（マグニチュード）等を気象庁が発表。事業者が、予想震度等を付加して提供。

予想した内容が一定基準変化する度に、複数回（時に10回以上）発表。

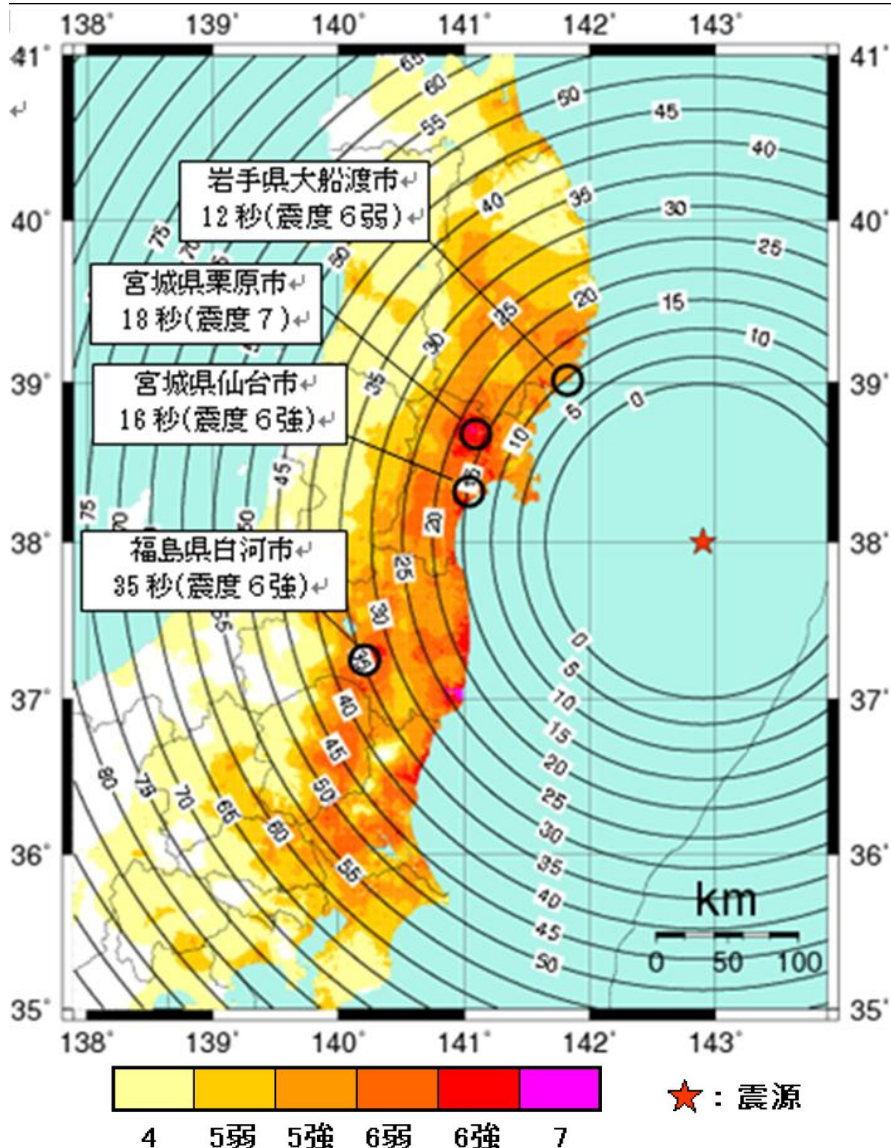
気象庁が発表する震源情報をもとに、専用の受信端末や表示ソフトウェアを通じて民間の配信事業者等が提供する。

特定の場所や任意の基準で、**利用者ニーズに合わせて報知させることができる。**

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震に対して発表した緊急地震速報

地震波検知から5.4秒後に緊急地震速報(予報)を、8.6秒後に緊急地震速報(警報)を発表

発表時刻等	地震波検知時刻	地震波検知からの経過時間(秒)	震源要素				発表から主要動到達までの時間(秒)						予想した最大震度	警報の発表	
			北緯	東経	深さ	M ₀ ・マグニチュード	宮城県石巻市	宮城県栗原市	福島県浪江町	茨城県高萩市	栃木県宇都宮市	東京都千代田区			
地震波	14時46分40.2秒														
1	14時46分45.6秒	5.4	38.2	142.7	10km	4.3	6	19	19	35	49	67	1		
2	14時46分46.7秒	6.5	38.2	142.7	10km	5.9	4	18	18	34	48	66	3		
3	14時46分47.7秒	7.5	38.2	142.7	10km	6.8	3	17	17	33	47	65	4		
4	14時46分48.8秒	8.6	38.2	142.7	10km	7.2	2	15	16	32	46	63	5弱	○	
5	14時46分49.8秒	9.6	38.2	142.7	10km	6.3	1	14	15	31	45	62	4		
6	14時46分50.9秒	10.7	38.2	142.7	10km	6.6	0	13	14	30	43	61	4		
7	14時46分51.2秒	11.0	38.2	142.7	10km	6.6	0	13	14	29	43	61	4		
8	14時46分56.1秒	15.9	38.1	142.9	10km	7.2	-	8	9	24	38	56	4		
9	14時47分02.4秒	22.2	38.1	142.9	10km	7.6	-	2	2	18	32	50	5弱		
10	14時47分10.2秒	30.0	38.1	142.9	10km	7.7	-	-	-	10	24	42	5弱		
11	14時47分25.2秒	45.0	38.1	142.9	10km	7.7	-	-	-	-	9	27	5弱		
12	14時47分45.3秒	65.1	38.1	142.9	10km	7.9	-	-	-	-	-	7	5強		
13	14時48分05.2秒	85.0	38.1	142.9	10km	8.0	-	-	-	-	-	-	5強		
14	14時48分25.2秒	105.0	38.1	142.9	10km	8.1	-	-	-	-	-	-	6弱		
15	14時48分37.0秒	116.8	38.1	142.9	10km	8.1	-	-	-	-	-	-	6弱		

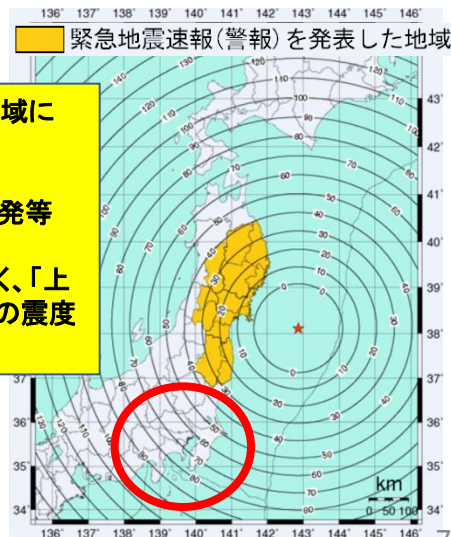


以下の調査研究の推進

課題:より広域の震度5弱以上を観測した地域に続報が発表できなかった。

⇒・震源断層の広がり早期推定手法の開発等

- ・震源・Mを介在させる震度予測だけでなく、「上流」のリアルタイム震度を用いて「下流」の震度を予測する手法



緊急地震速報(警報)の発表から主要動到達までの時間及び推計震度分布図

等時コンターは、発表してからS波到達までの時間(秒)

緊急地震速報が適切に処理出来ない可能性がある地震

- マグニチュード8程度を超えるような巨大地震
 - ・ マグニチュードの飽和
 - ・ 即時的な震源域の広がり の把握が困難
- 近接してほぼ同時に発生する複数地震
 - ・ 観測値の適切な分離が困難
- 地震観測網から離れた場所で発生した地震
 - ・ 震源決定精度の低下
- 深発地震
 - ・ 異常震域を適切に予測することが困難