

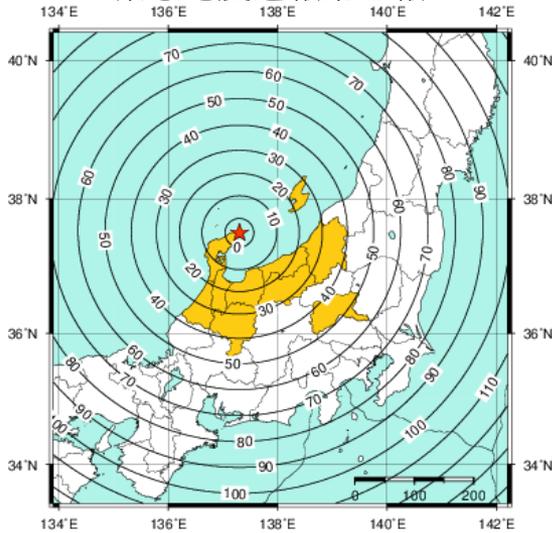
# 令和6年6月3日06時31分の 石川県能登地方の地震に対する 緊急地震速報の検証

気象庁 地震火山部  
令和6年6月12日

# 発表した緊急地震速報（警報）と地震の概要

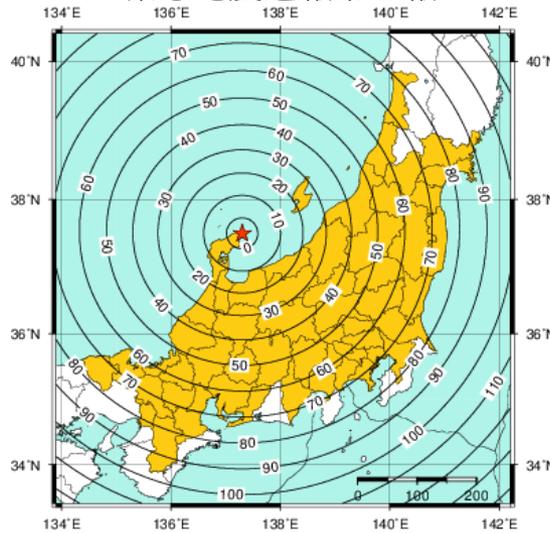
- 6月3日06:31に石川県能登地方でマグニチュード（M）6.0の地震が発生し、石川県能登で震度5強、新潟県上越及び新潟県中越で震度4を観測したほか、東北地方から中国・四国地方にかけて震度3～1を観測。
- 地震検知から4.8秒後に緊急地震速報（第1報）を、検知から5.3秒後に緊急地震速報（第2報）を発表。
- とくに第2報では、地震の規模（M）を7.4と推定し、26都府県の56予報区で震度4以上の揺れを予想しましたが、震度予測は過大でした。

緊急地震速報第1報



緊急地震速報(警報)を発表した地域 ★: 震源 (速報値)

緊急地震速報第2報



発生した地震の震度分布及び震源要素



発表時刻	06時31分47.0秒 (地震波検知から4.8秒後)
震源要素	北緯37.5度 東経137.3度 マグニチュード(M) 6.5
予測震度	6弱程度 石川県能登 4程度 富山県東部、新潟県上越、富山県西部、石川県加賀、新潟県佐渡、長野県北部、新潟県中越、岐阜県飛騨 3から4程度 群馬県南部

発表時刻	06時31分47.5秒 (地震波検知から5.3秒後)
震源要素	北緯37.4度 東経137.5度 マグニチュード(M) 7.4
予測震度	6弱から7程度 石川県能登 5強から6弱程度 新潟県上越 5強程度 新潟県中越 5弱から5強程度 富山県東部、富山県西部、新潟県佐渡、長野県北部、石川県加賀 等

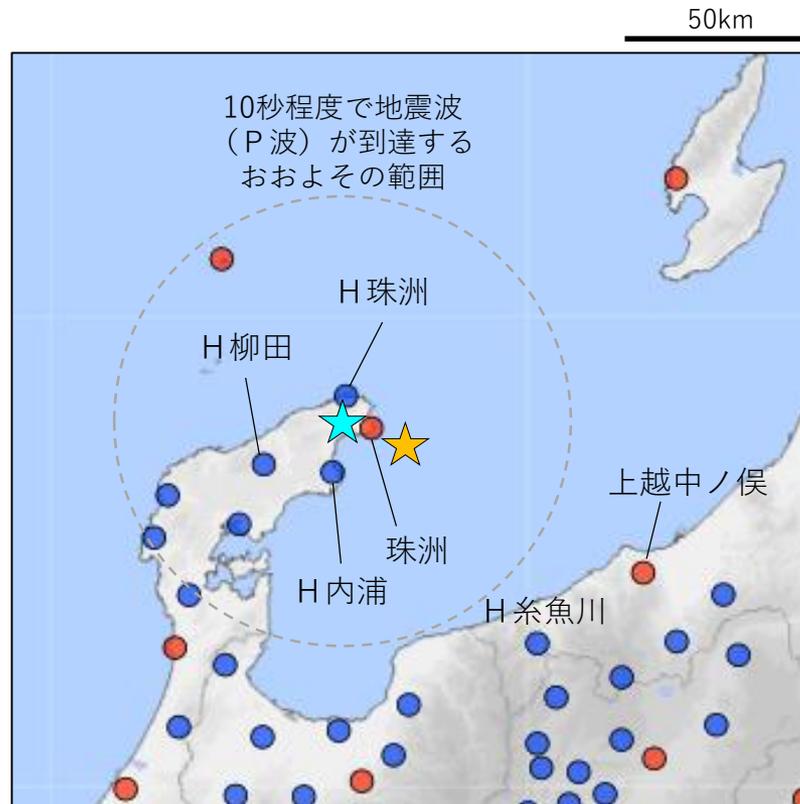
発生時刻	06時31分40.3秒
震源要素	北緯37.47度 東経137.30度 マグニチュード(M) 6.0

# 地震の規模を過大に推定した理由（概要）

- 今回の地震は、以下の特徴がありました。
    - (A) 能登半島の先端部で発生し、緊急地震速報発表時には、震源付近およびその西側の地震観測点しか利用できなかった
    - (B) ほぼ同じ場所で、ほぼ同時刻に地震が連続して発生した
  - このことから、震源の推定が不安定になり、一時的に、求められるべき震源よりも20km南東側（富山湾）に震源を推定しました。
  - この影響により、到達したS波の振幅をP波の振幅として扱うこととなったため、地震の規模を過大に推定しました。
- 
- 今回発表した緊急地震速報では、まず地震の震源を推定し、その後に規模を推定しました。
  - 緊急地震速報では、震源及び規模を迅速に自動推定するために、地震波データが全て揃ってから精密に震源決定する場合とは異なる処理を取り入れています。
  - 具体的な処理は例えば以下の通りであり、それぞれに技術的限界があります。
    - (A) 震源から近い2～3の地震計に地震波が到達した段階で、震源の推定を行う。  
この場合、観測点配置に偏りが生じると、震源の推定がやや不安定になる
    - (B) 空間的に離れた場所で時間的に近接して地震が発生した場合、複数の地震を分離して処理を行う。  
空間的にも時間的にも近接して地震が発生した場合、震源の推定がやや不安定になる
    - (C) S波（主要動）の最大振幅の出現まで待たず、より早く到達するP波（初期微動）の最大振幅から規模を推定する場合がある。  
P波の振幅はS波の振幅に比べて小さいため、仮にS波をP波と誤認してその振幅から規模を求めると、過大評価する可能性がある

# 震源を富山湾に推定した理由

- 緊急地震速報では、地震発生直後の観測点が少ない状態でも震源決定を行うようになっている。
- 通常の震源決定と同じく、震源を観測点を取り囲んでいれば震源精度は向上するが、震源を中心として観測点の配置に偏りがある場合は、震源の推定がやや不安定になる。
- 今回の地震では地震発生後10秒程度まで、震源の西側（能登半島）の観測点にしか地震波が到達しておらず、これらの観測点のデータしか震源決定に活用できなかった。
- 結果的に、震源の推定がやや不安定になった。



地震波データが揃ってから行う精密な震源解析では、震源の東側の観測点も用いるため、安定的に震源を求めることができる。

しかし、地震発生後数秒で震源を求める場合、その時点で地震波が到達している震源ごく近傍（珠洲、H珠洲）及び西側（H内浦、H柳田）の観測点のみで震源を求めるため、推定がやや不安定になる。

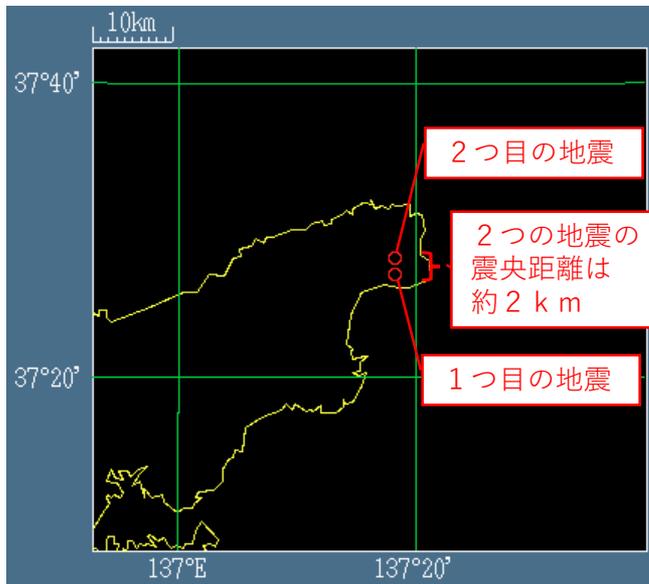
## 震源と観測点配置の分布図

- ★ 暫定震源（求められるべき震源）
- ★ 警報第2報で推定した震源
- 気象庁観測点
- Hi-net観測点

# 2つの地震が発生したことによる影響

(B)関連

- 今回の地震では、約1秒差でほぼ同じ場所で地震が連発した。
- その結果、通常以上に震源決定が困難であった。



## 2つの地震の震央の位置関係

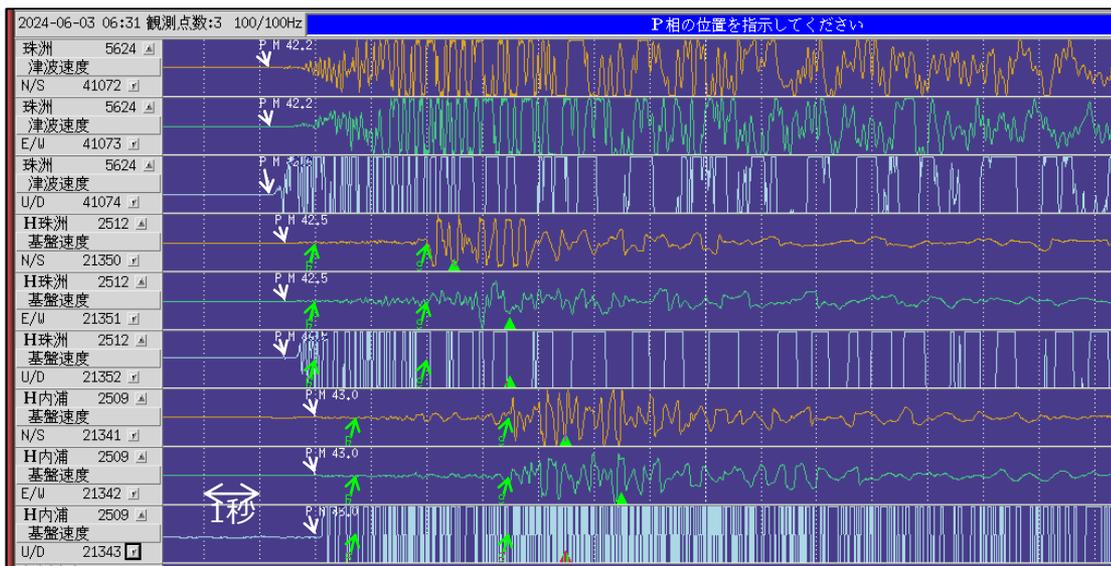
### 1つ目の地震

発生時刻	06時31分39.6秒
震源要素	北緯37.45度 東経137.30度 マグニチュード(M) 不明※ ※ 2つ目の地震より小さい

### 2つ目の地震

発生時刻	06時31分40.3秒
震源要素	北緯37.47度 東経137.30度 マグニチュード(M) 6.0

約1秒差で  
ほぼ同じ場所で  
地震が発生



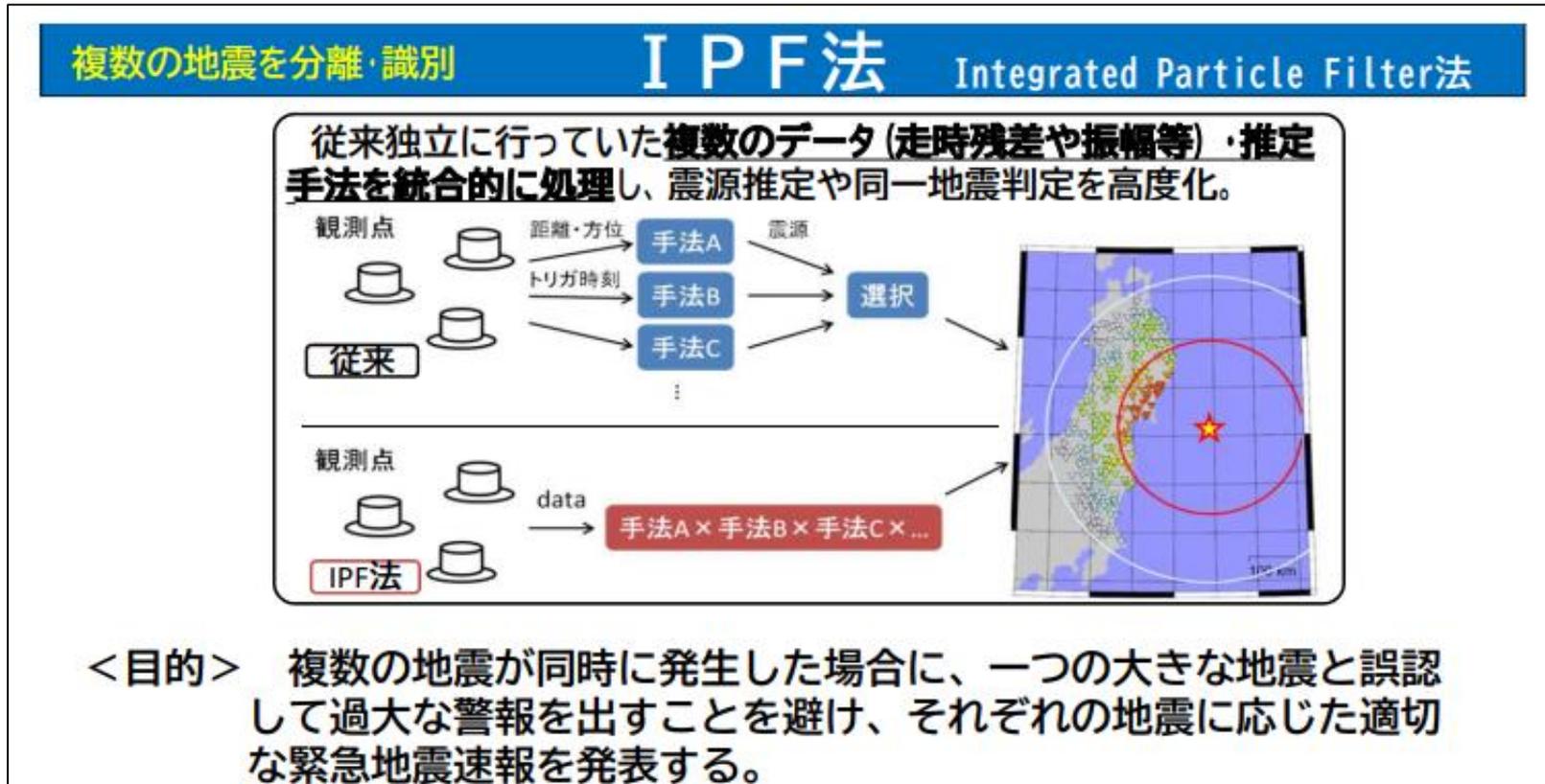
## 震源に近い観測点の地震波形

1秒程度の時間差に2個の地震（白の矢印で示す部分が1つ目の地震のP波、緑の矢印で示す部分が2つ目の地震のP波及びS波を示す）が発生しており、震源位置もほぼ同じ（2km程度の水平距離）であった

2つの地震の波形が重なり、震源決定が難しい

# IPF法で2つの地震を分離できなかった理由

- 今回のようなほぼ同じ場所、ほぼ同時（ごく短時間）に地震が続発する場合、2個の地震と判別することは大変難しく、IPF法を用いても1個の地震として処理が行われる



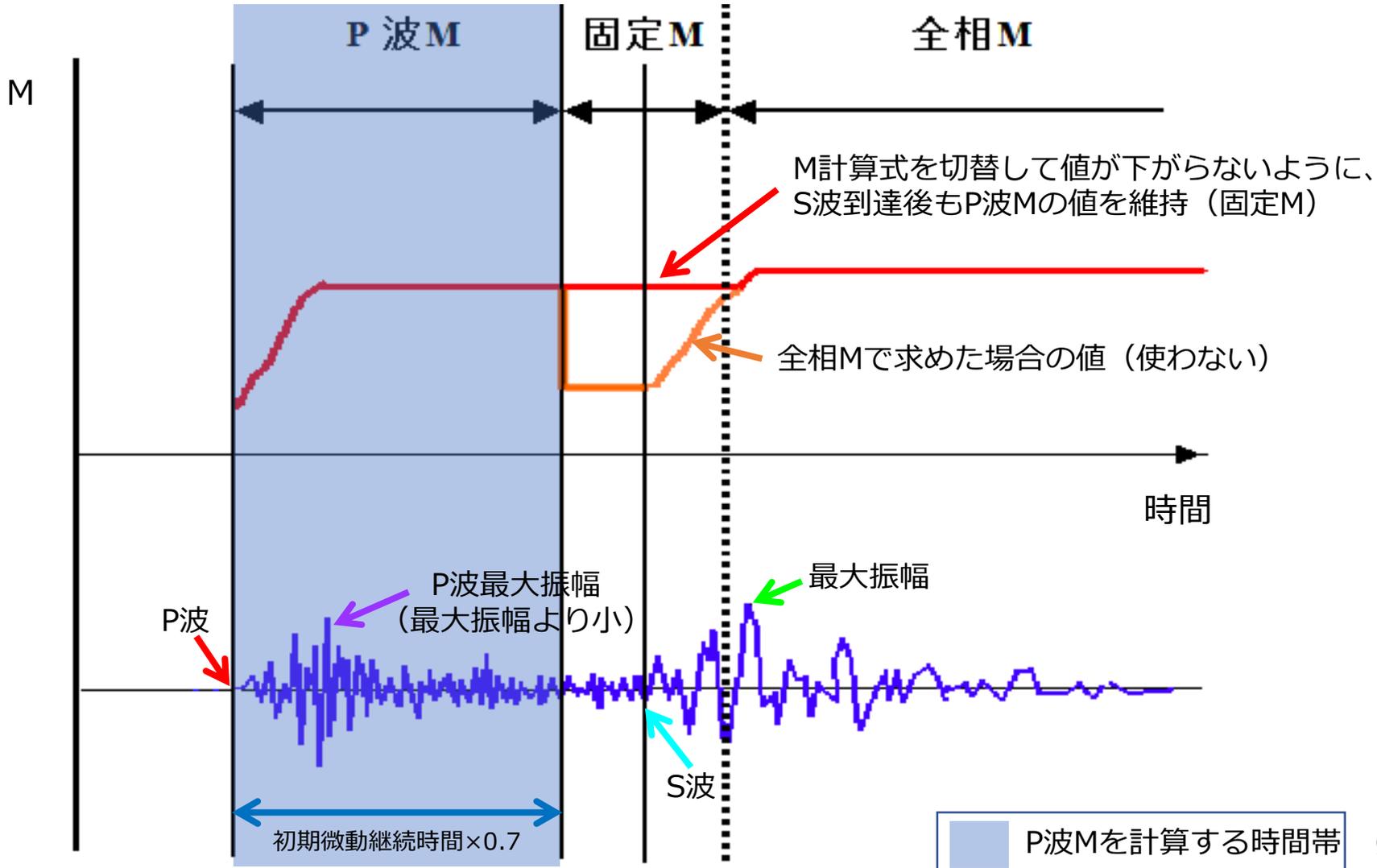
※ IPF法が効果を発揮するのは、別々の場所でほぼ同時に地震が発生する場合（例：石川県能登と長野県北部で同時に地震が発生など）

※ ほぼ同じ場所、同じ時刻で続発する地震については、規模の大きな地震（振幅の大きな地震）1個の地震として処理して震度予測を行っても、見逃し（本来発表すべき警報を出せない）のおそれはほぼ無い

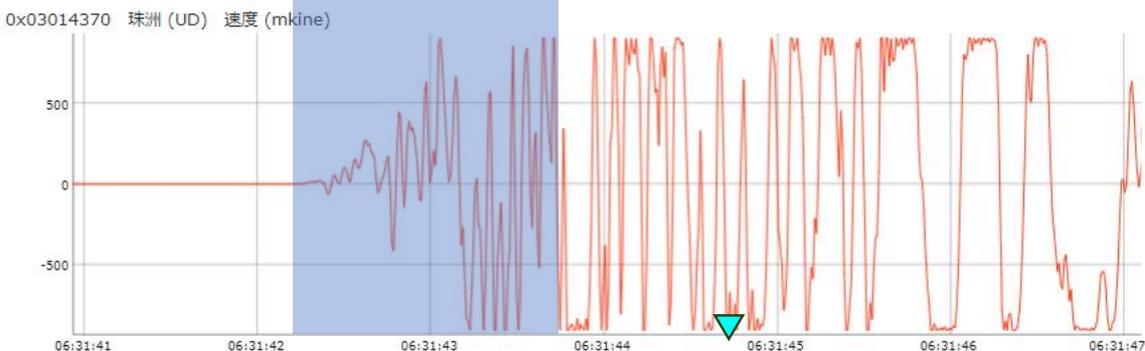
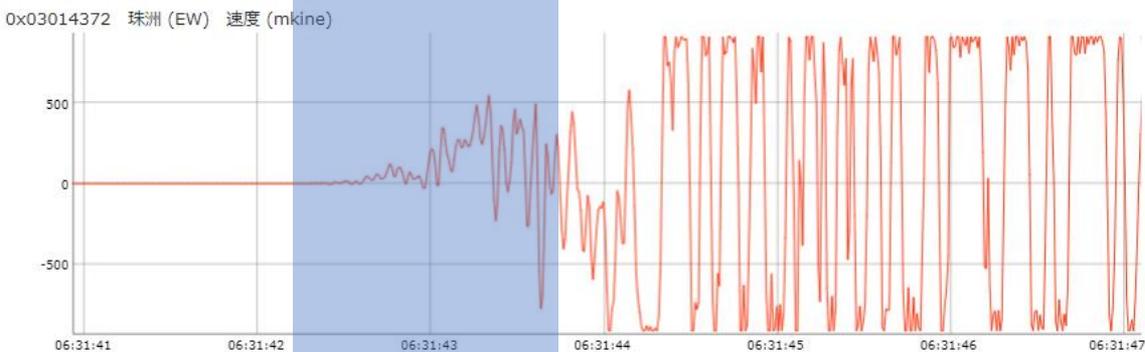
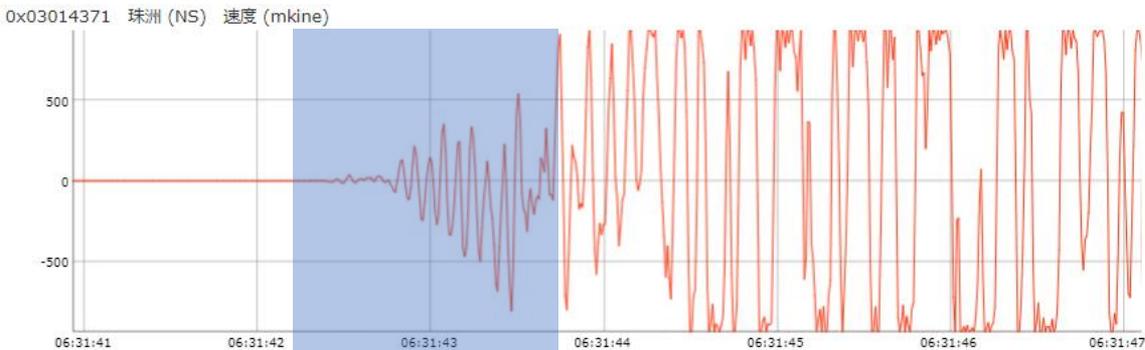
マグニチュードが大きくなった理由

# 緊急地震速報におけるマグニチュード計算処理

- “観測点から震源までの距離”と“観測点の振幅データ”からマグニチュード (M) を計算する。
- 緊急地震速報では、地震検知直後の早い段階でMを推定するためのP波M式、S波を含む地震波形全体からMを推定する全相M式の2種類のM式を使用している。

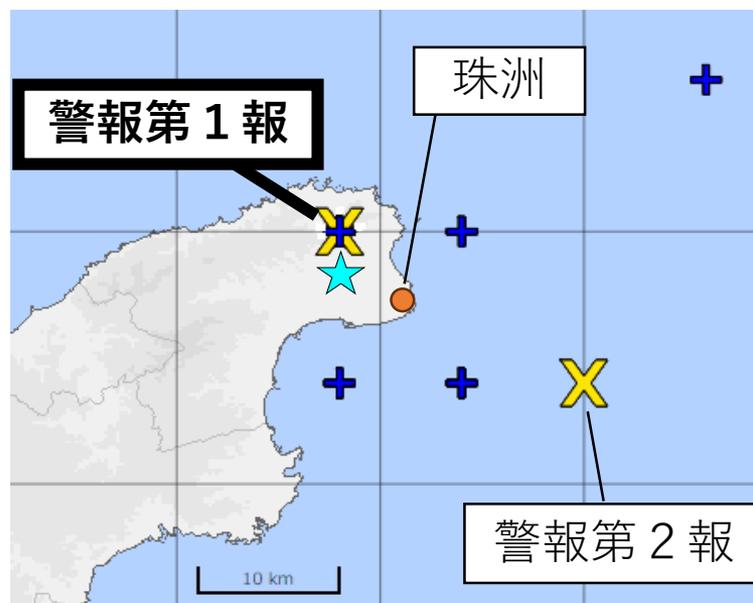


# 珠洲観測点の波形とP波M計算（警報第1報）に用いた時間帯



M6.0の地震によるS波時刻

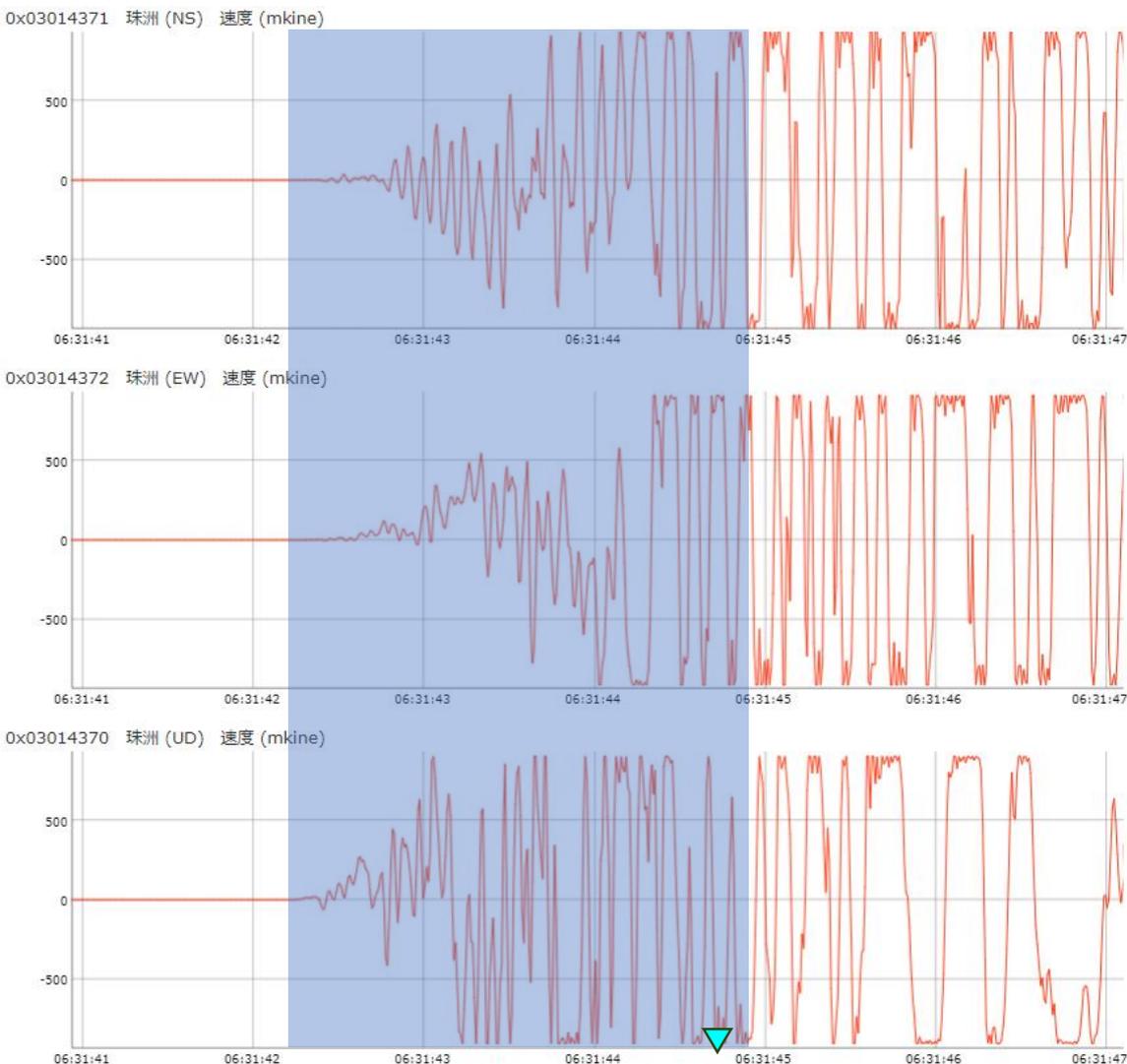
警報第1報 M6.5



- + 一連の緊急地震速報（予報）で推定した震央の位置
- ★ M6.0の地震の震央の位置

警報第1報の震源から計算した珠洲観測点のP波M計算時間：06:31:42.21 ~ 06:31:43.73

# 珠洲観測点の波形とP波M計算（警報第2報）に用いた時間帯

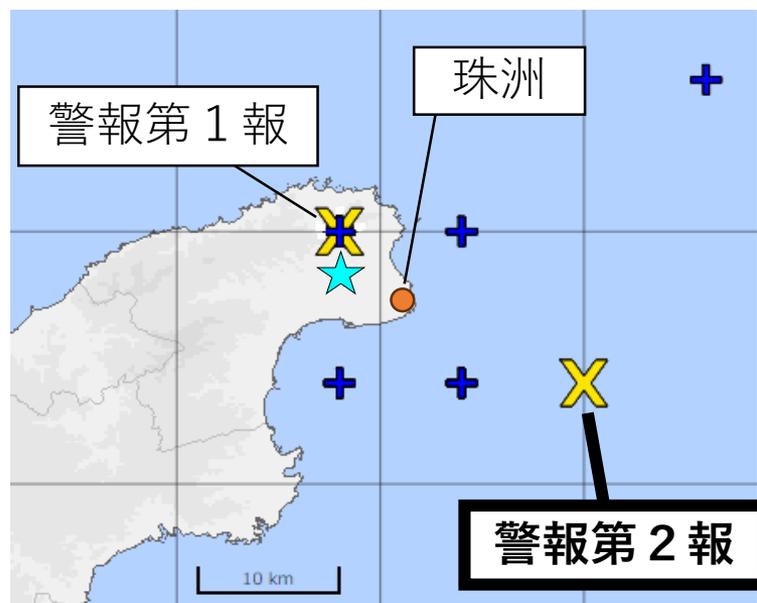


M6.0の地震によるS波時刻

警報第2報の震源から計算した珠洲観測点のP波M計算時間：06:31:42.21 ~ 06:31:44.87

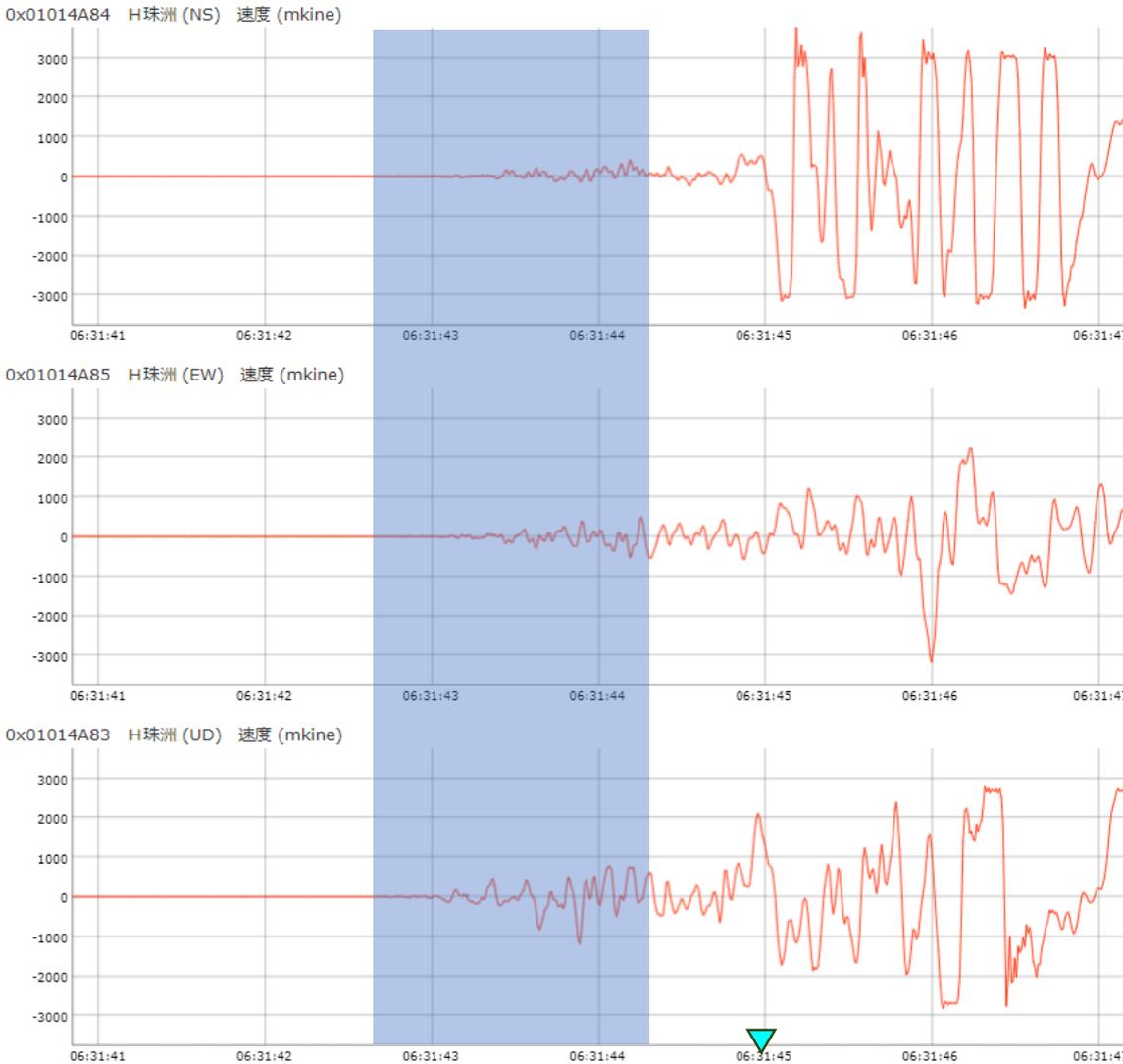
- 推定した震源が観測点から遠ざかるように移動したことにより、P波M計算時間が1.52秒から2.66秒に伸びた結果、S波の振幅を使ってP波M計算が行われ、Mが過大評価された。

警報第2報 M7.4



- + 一連の緊急地震速報（予報）で推定した震央の位置
- ★ M6.0の地震の震央の位置

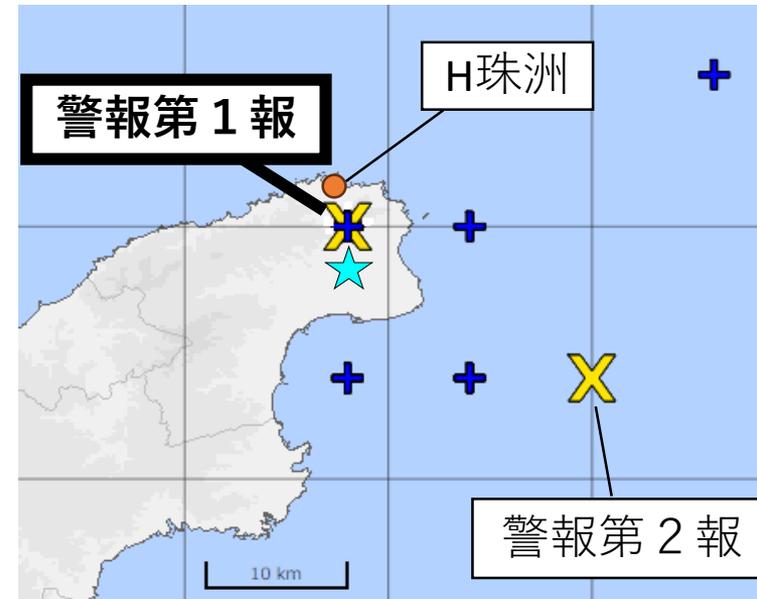
# H珠洲観測点の波形とP波M計算（警報第1報）に用いた時間帯



M6.0の地震によるS波時刻

警報第1報の震源から計算したH珠洲観測点のP波M計算時間：06:31:42.64～06:31:44.32

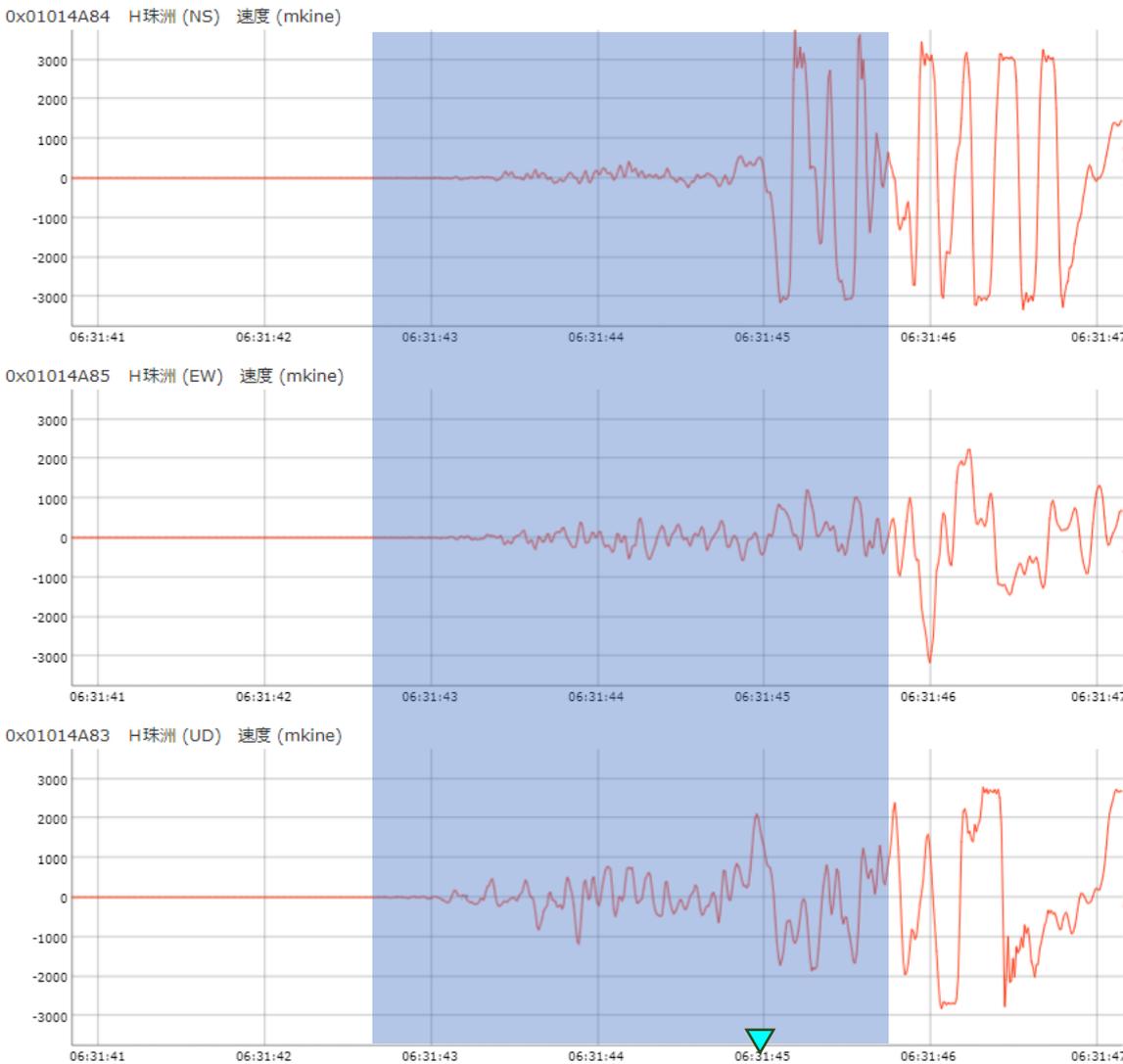
警報第1報 M6.5



- + 一連の緊急地震速報（予報）で推定した震央の位置
- ★ M6.0の地震の震央の位置

「H珠洲」は防災科学技術研究所のHi-netの観測点

# H珠洲観測点の波形とP波M計算（警報第2報）に用いた時間帯

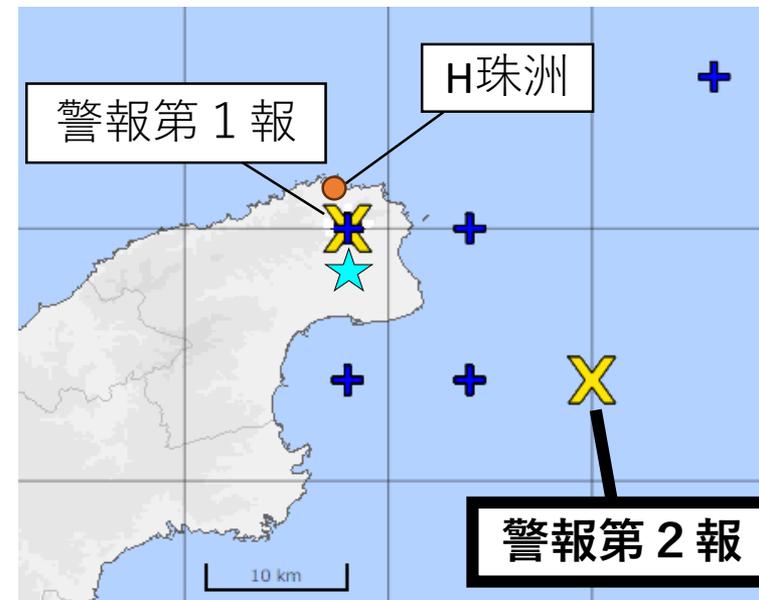


M6.0の地震によるS波時刻

警報第2報の震源から計算したH珠洲観測点のP波M計算時間：06:31:42.64 ~ 06:31:45.72

- 推定した震源が観測点から遠ざかるように移動したことにより、P波M計算時間が1.68秒から3.08秒に伸びた結果、S波の振幅を使ってP波M計算が行われ、Mが過大評価された。

警報第2報 M7.4



- + 一連の緊急地震速報（予報）で推定した震央の位置
- ★ M6.0の地震の震央の位置

「H珠洲」は防災科学技術研究所のHi-netの観測点

# (参考) 緊急地震速報のM及び各観測点M

緊急地震速報のMは観測点Mの中央値（最大5点）としている

予報	M	羽咋	珠洲	H珠洲	上越中俣	舩倉島	H柳田	富山立山	H輪島門前	H内浦
1	NaN	---	---	---	---	---	---	---	---	---
2	1.0	---	6.1[S]	---	---	---	---	---	---	---
3	1.0	---	6.4[S]	---	---	---	---	---	---	---
4 (警報第1報)	6.5	---	6.9[S]	6.1[S]	---	---	---	---	---	---
5 (警報第2報)	7.4	---	8.1[P]	7.4[P]	---	---	---	---	---	6.8[P]
6	7.4	---	8.4[F]	7.4[F]	---	---	---	---	---	7.0[P]
7	6.7	---	7.0[S]	6.7[F]	---	---	6.0[P]	---	---	6.6[F]

[P]P波M  
[F]固定M  
[S]全相M

# まとめ

- 今回の緊急地震速報の震度予測が過大となったことは、震源がややずれた場所に推定されたことに起因するものですが、
  - ①震源と観測点との位置関係
  - ②複数の地震の発生（時間的に空間的にも近接）
  - ③震源のすぐ近傍に規模推定を行う観測点があったという複数の条件が重なり合ったために発生したものです。これらの条件が全て重なることは多くはないと考えられます。
- 今回のような例はあるものの、短時間で情報発表を行う緊急地震速報において、IPF法自体は地震が複数発生した場合にも適切に分離できる現時点で最も有効な手法であり、この手法を変更する予定はありませんが、今回のような過大予測を防ぐために、不断の技術開発を進める必要があります。
- 気象庁では引き続き、緊急地震速報の精度向上に努めてまいります。