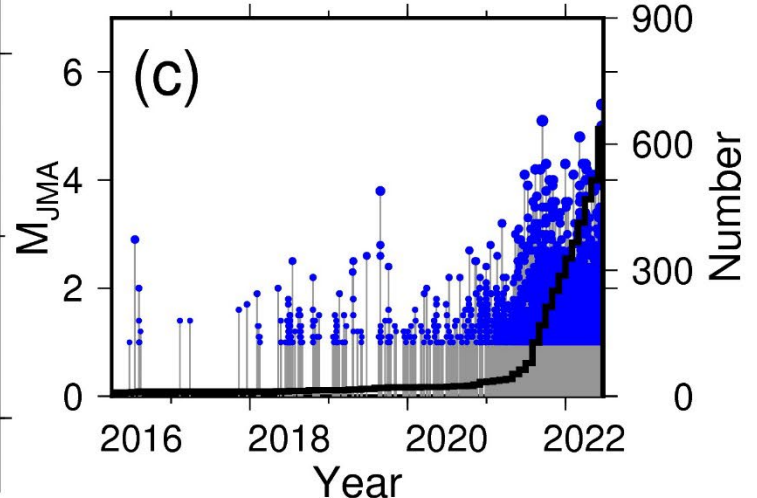
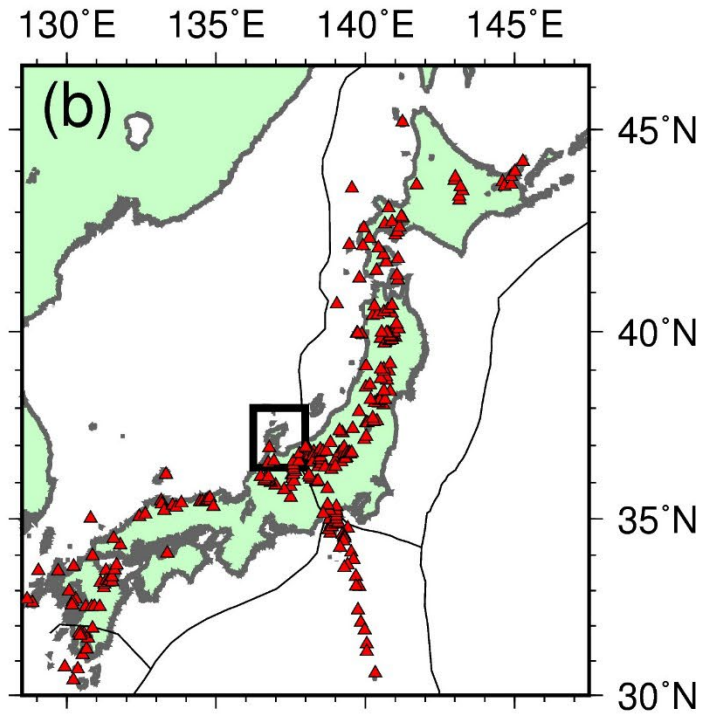
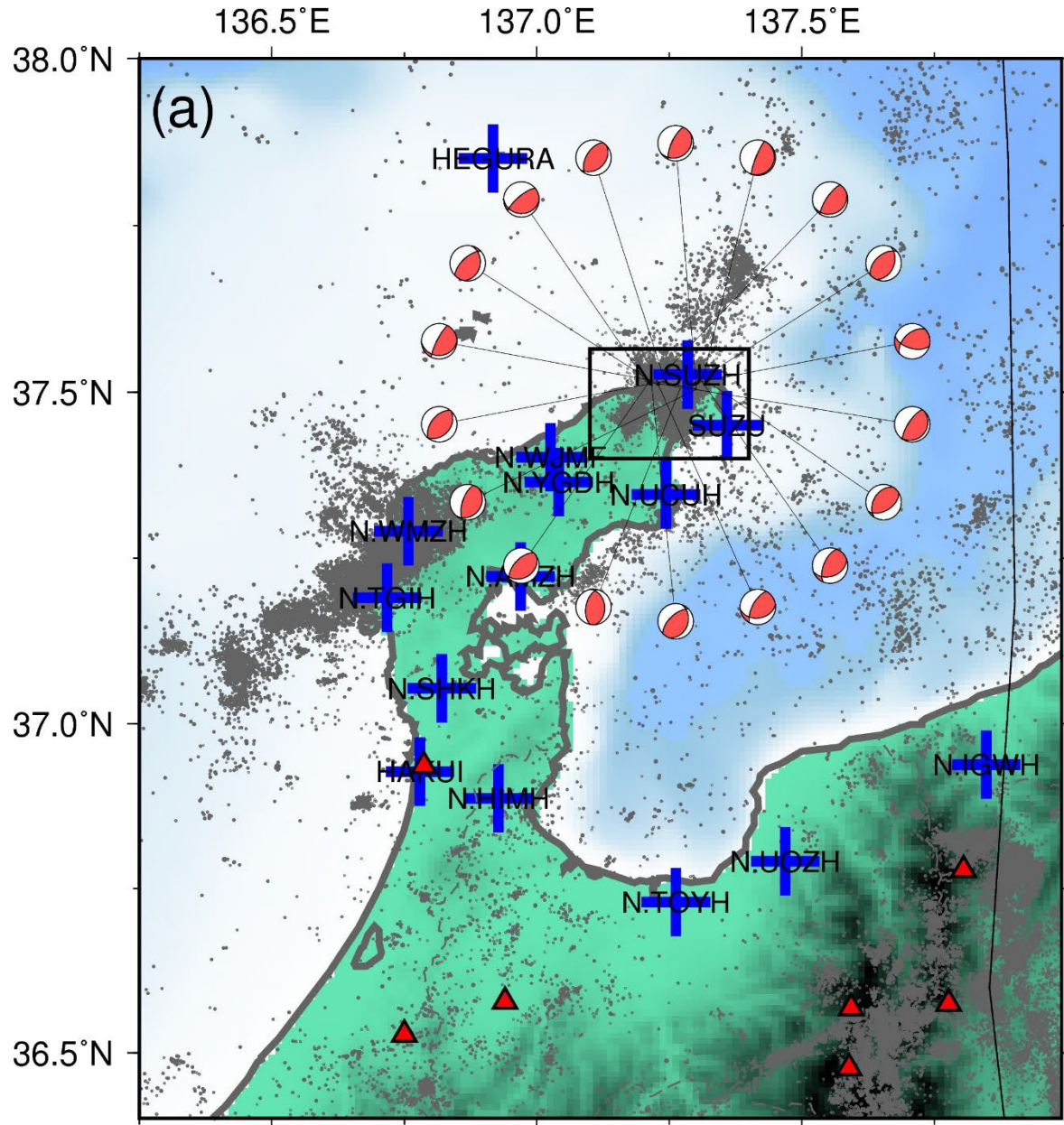


波形相関に基づく  
石川県能登地方の群発地震の  
高精度震源分布と地震波反射面

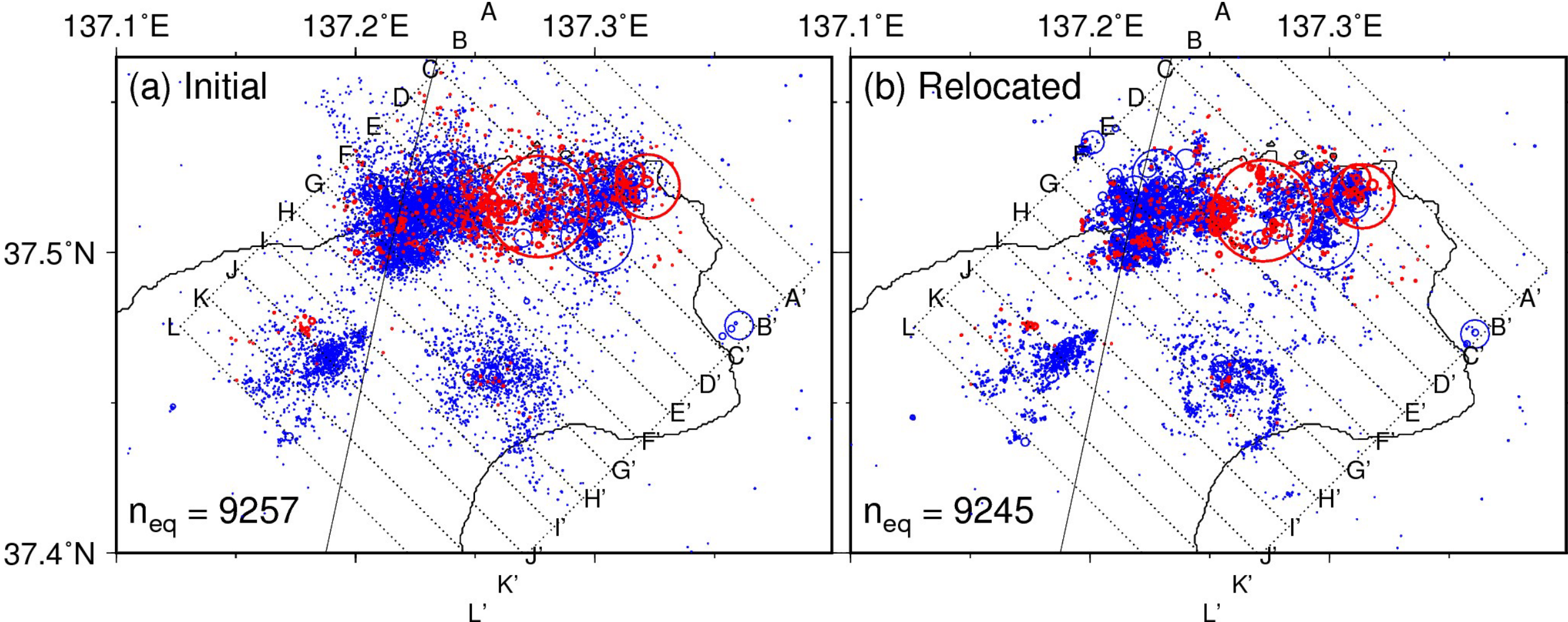
東北大学大学院理学研究科

# 波形相関解析に使用した観測点

期間：2003-2022/7/2



# 波形相関データを用いた震源の再決定



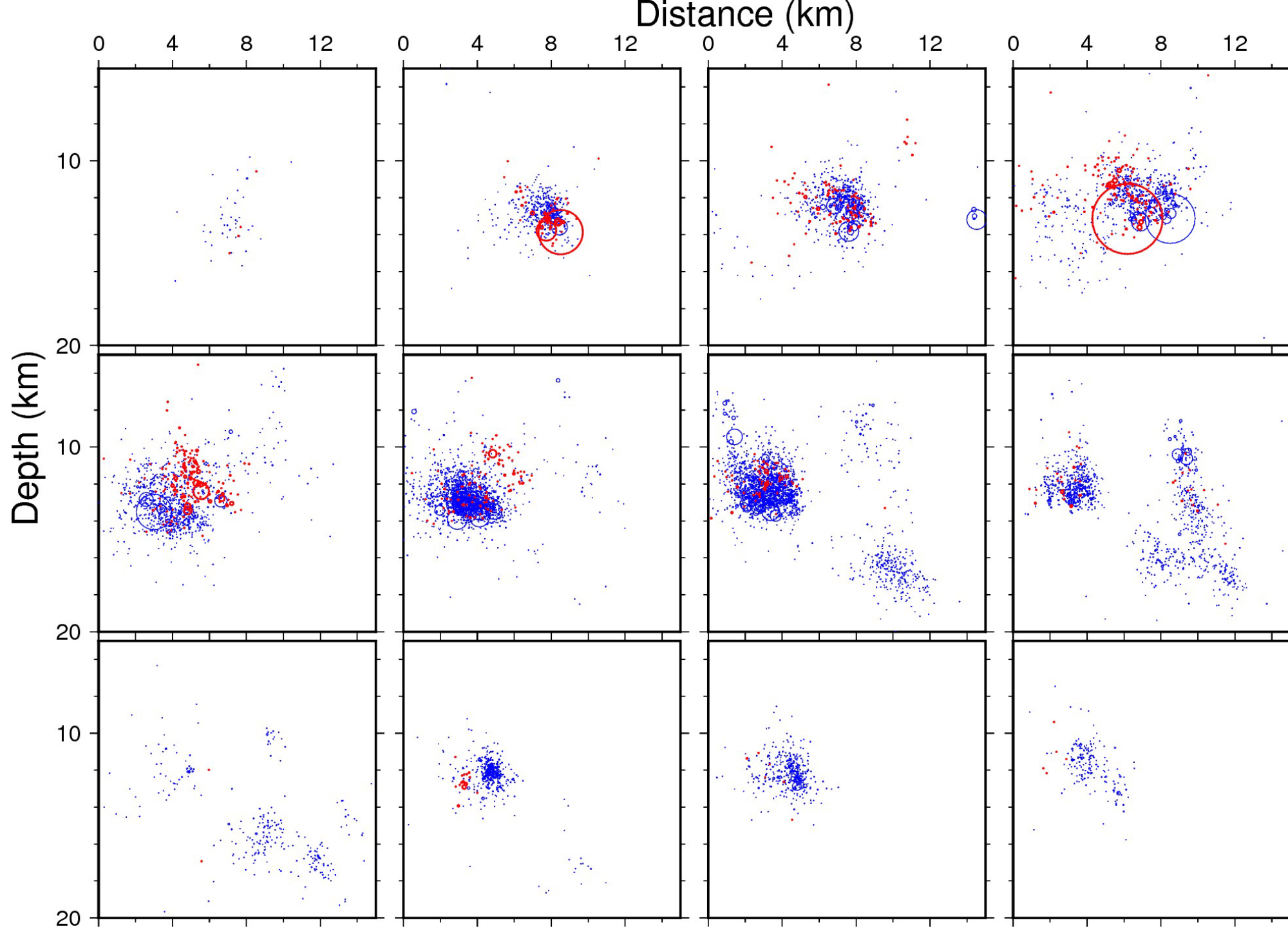
9257個の  $M_{JMA} \geq 1$  の地震のうち、9245個を再決定できた

- ・使用データ数 (differential arrival times)
  - カタログ P波: 235,167; カタログ S波: 236,745
  - 波形相関 P波: 18,413,904; 波形相関 S波: 14,056,290

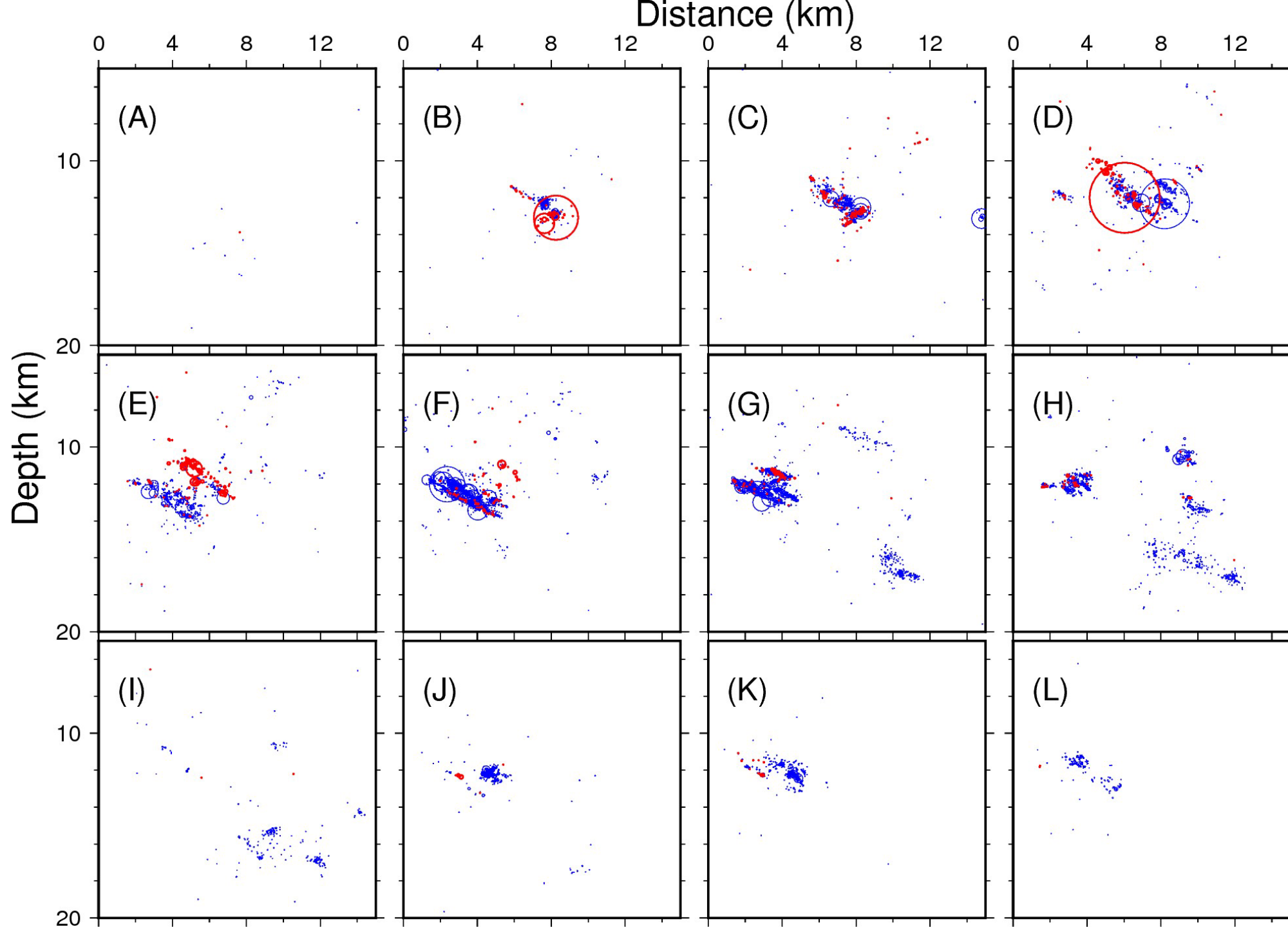
青 : 2022/6/19 M5.4地震前 (8578個)

赤 : 2022/6/19 M5.4地震後 (667個)

# 初期震源 (断面図)



# 再決定震源 (断面図)

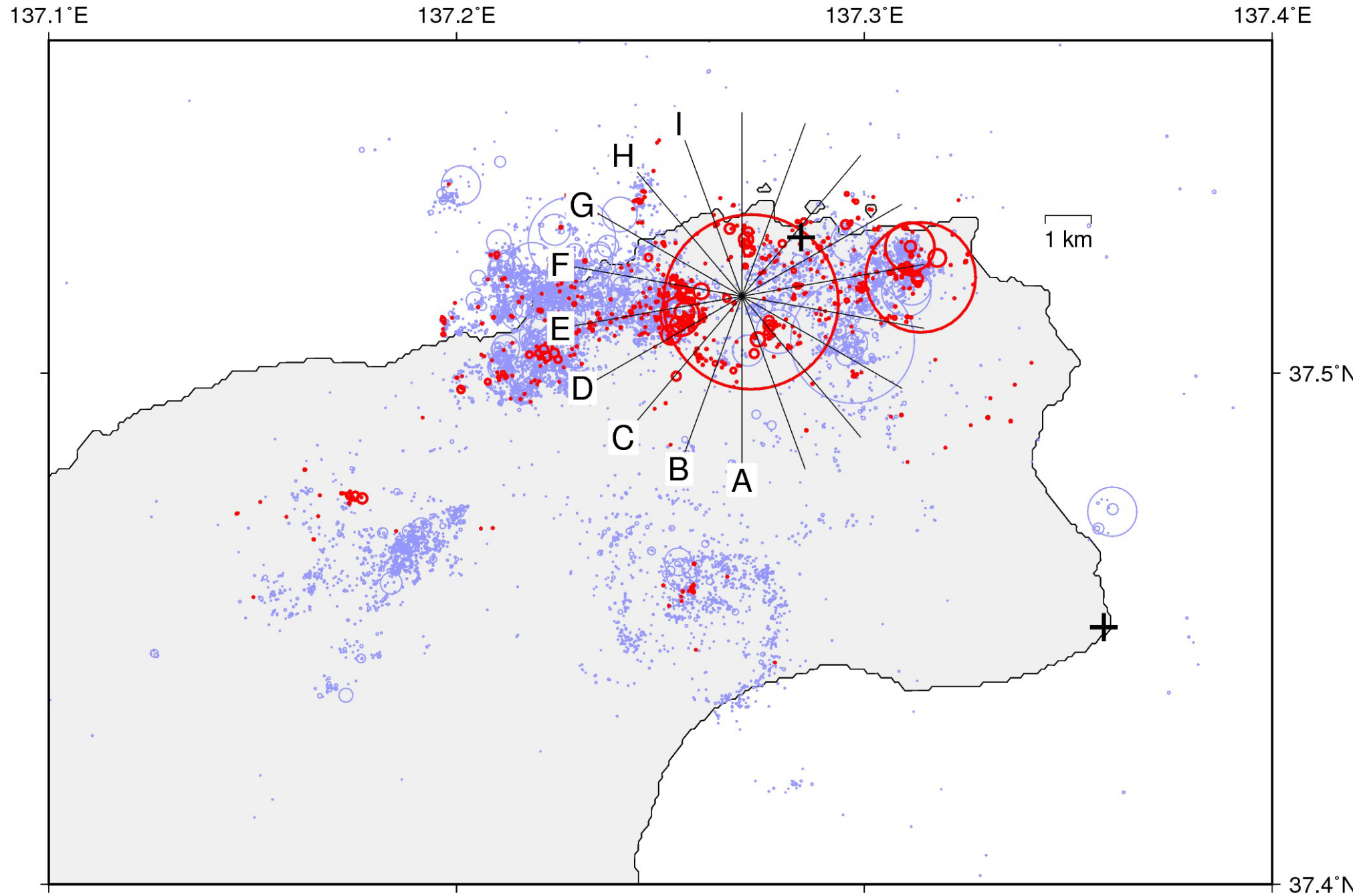


青 : 2022/6/19  
M5.4地震前  
赤 : 2022/6/19  
M5.4地震後

・赤：  
2022/6/19 M5.4  
と、それ以降の地震

震源域北側の東西  
2つのクラスター  
の間付近で発生

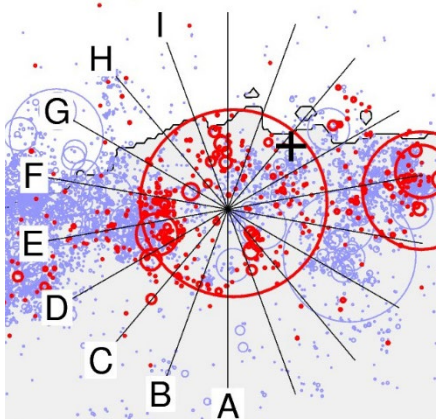
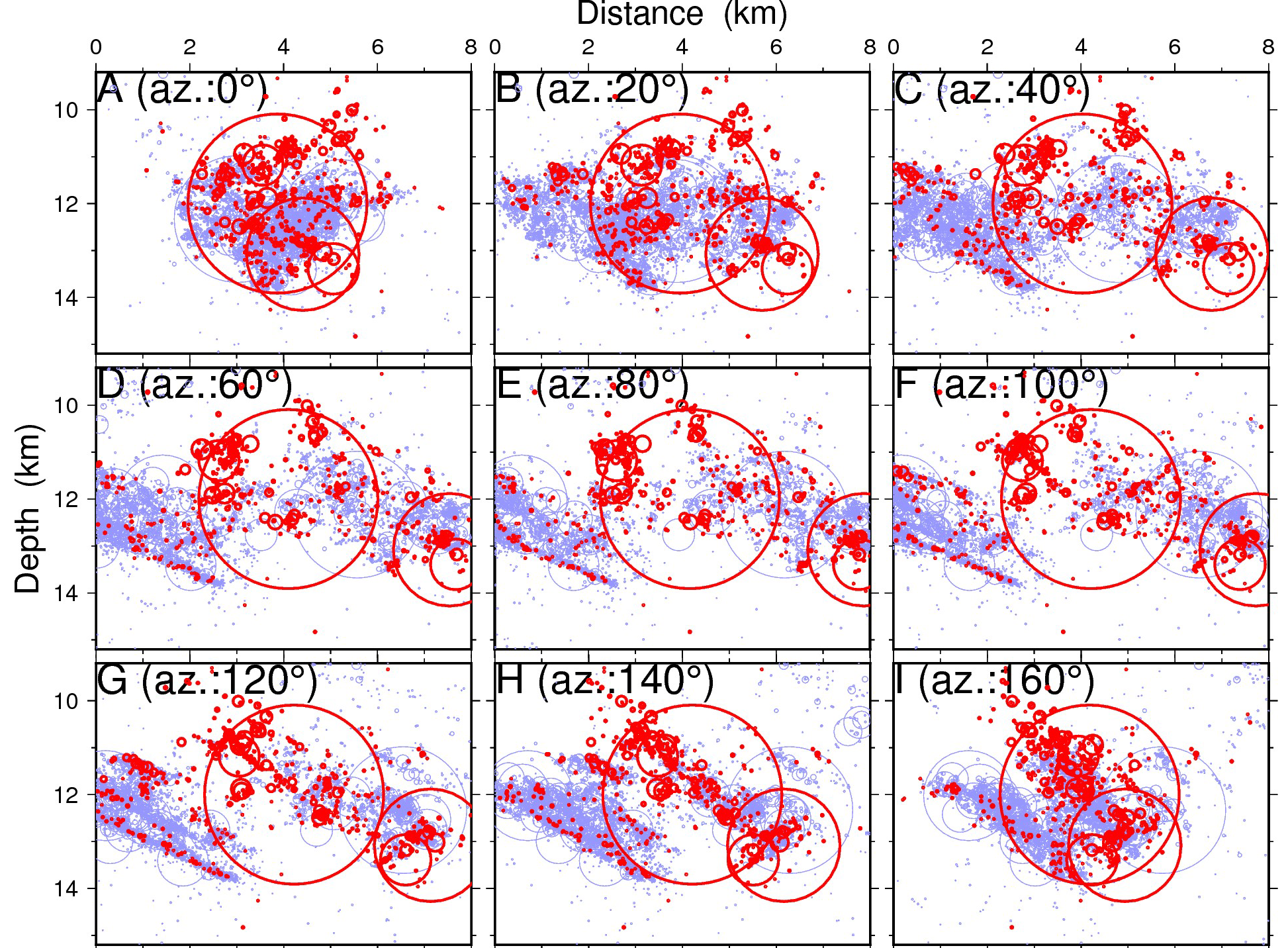
・青：  
2022/6/19 M5.4  
以前の地震



・赤：  
2022/6/19 M5.4  
と、それ以降の地震

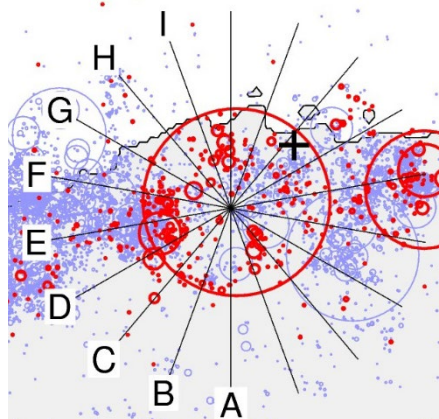
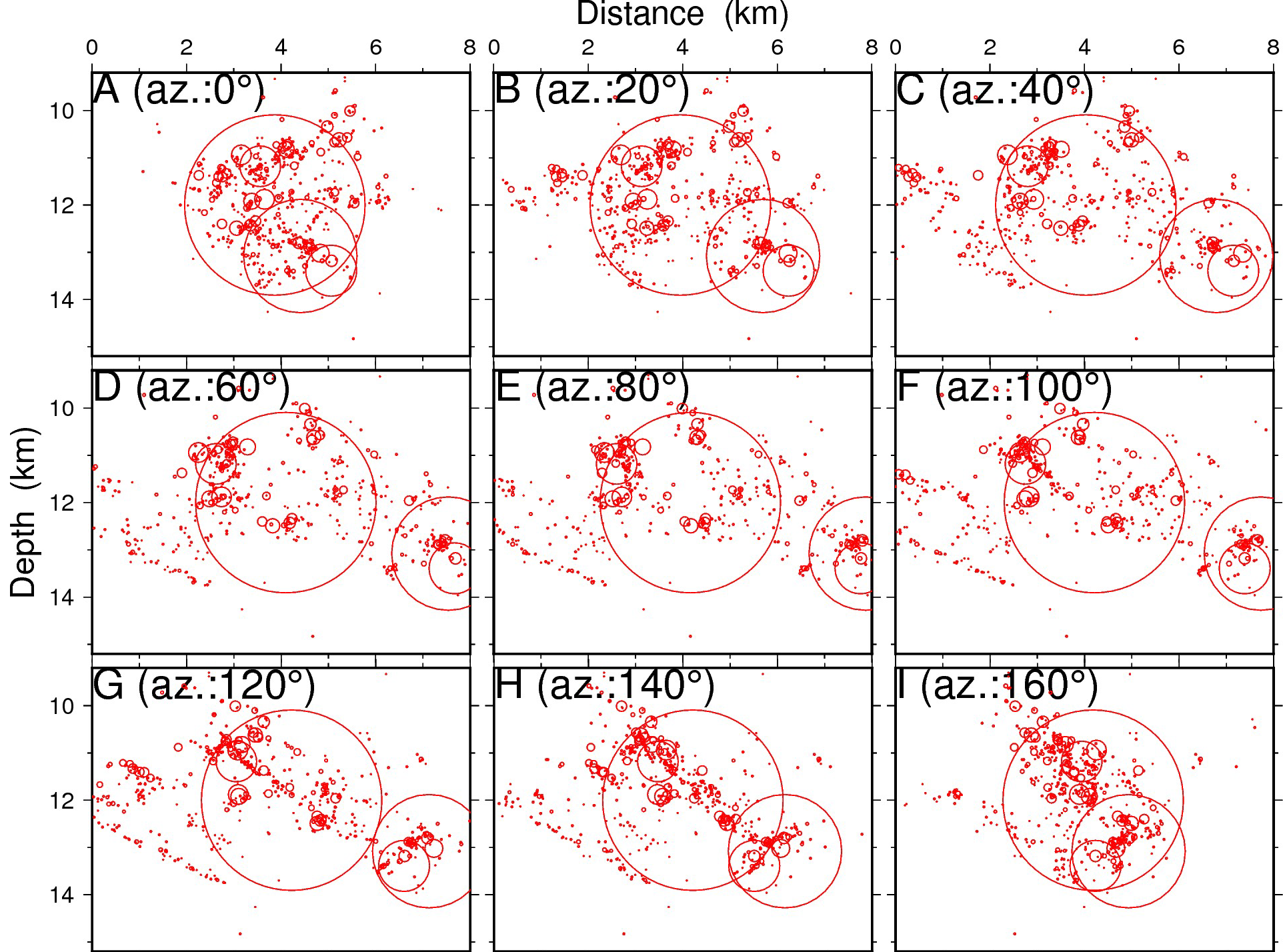
震源域北側の東西  
2つのクラスター  
の間付近で発生

・青：  
2022/6/19 M5.4  
以前の地震



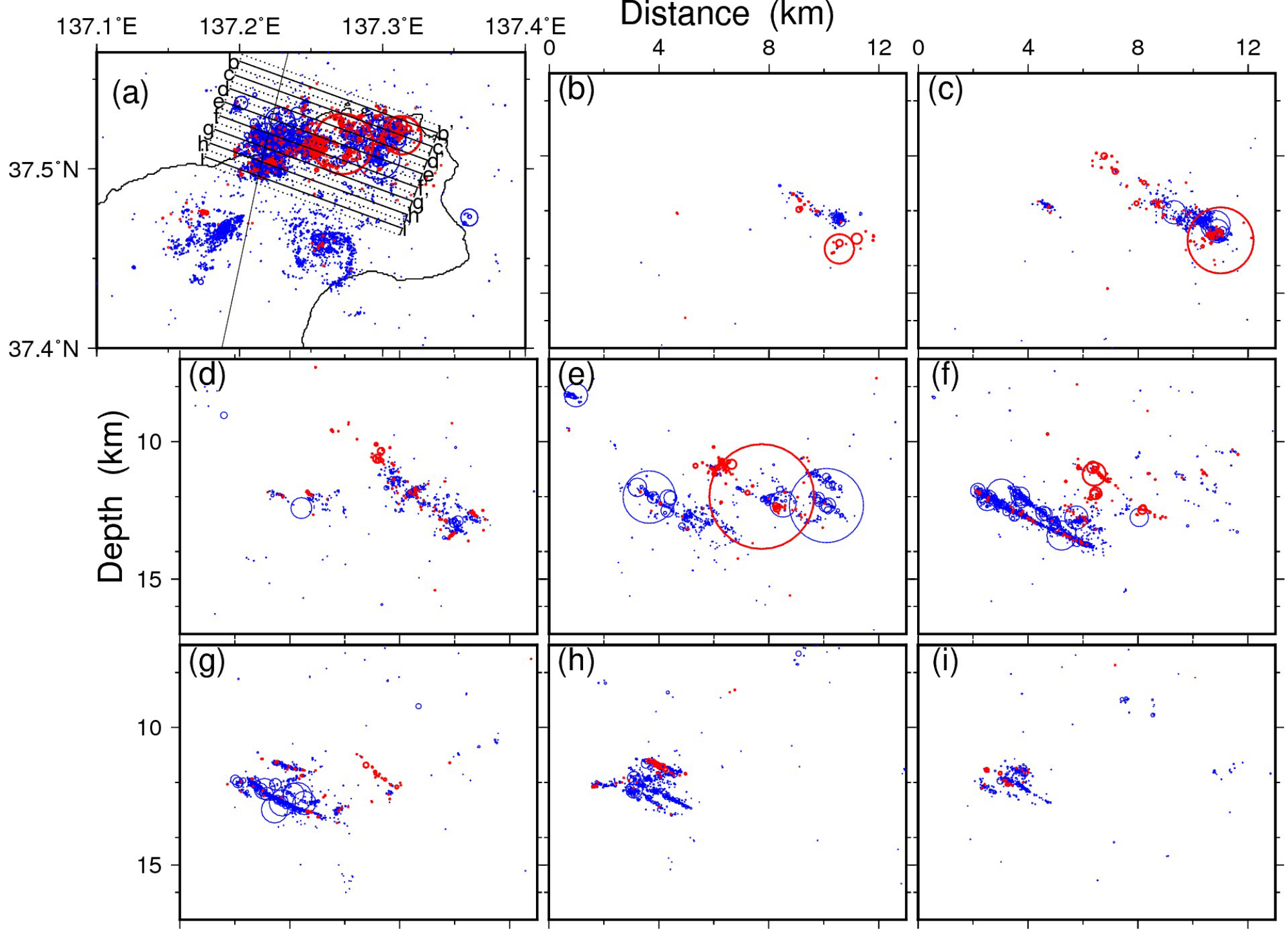
・赤：  
2022/6/19 M5.4  
と、それ以降の地震

震源域北側の東西  
2つのクラスター  
の間付近で発生

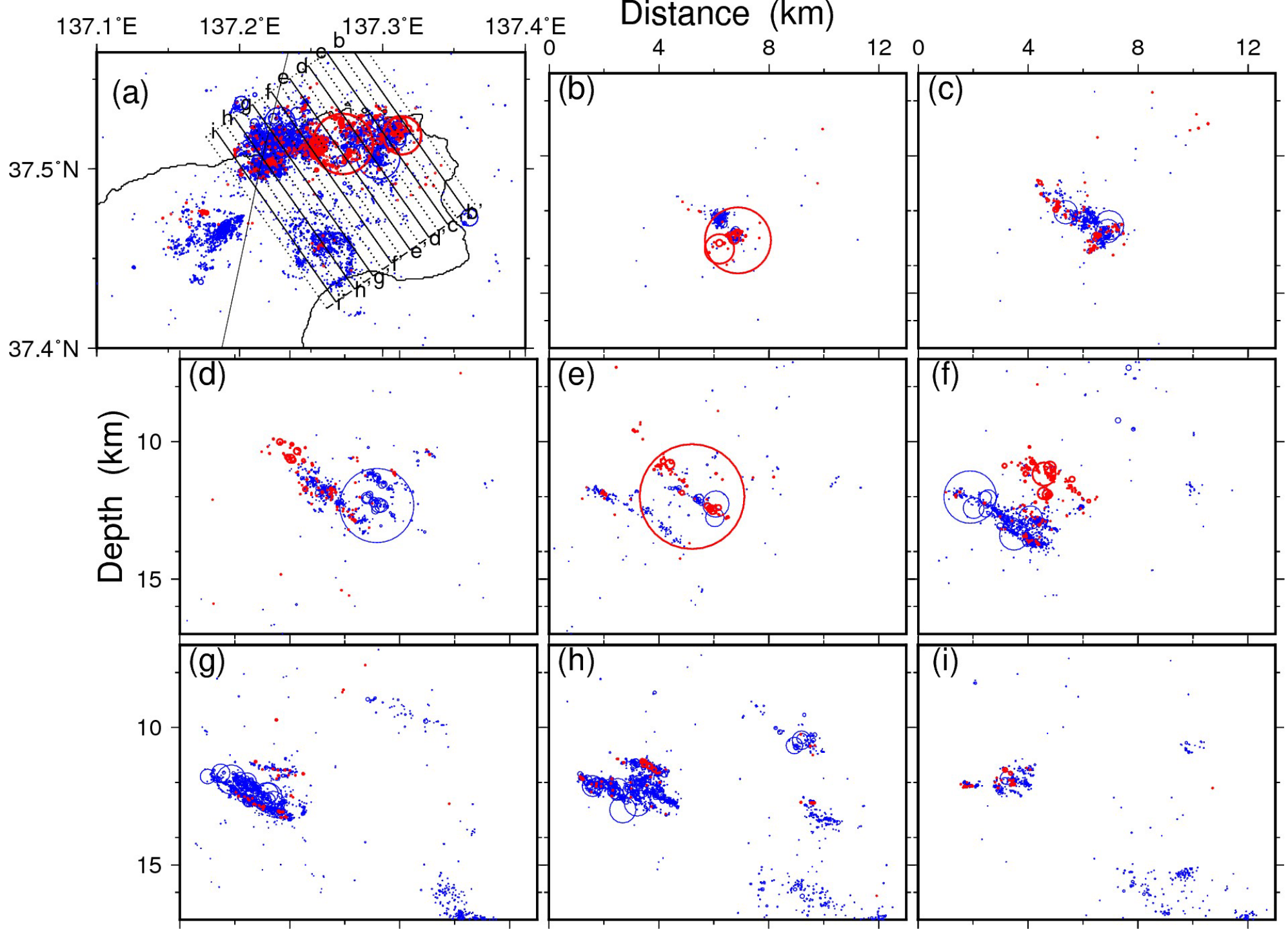




群発地震震源域北側では、複数枚の面で地震が発生している

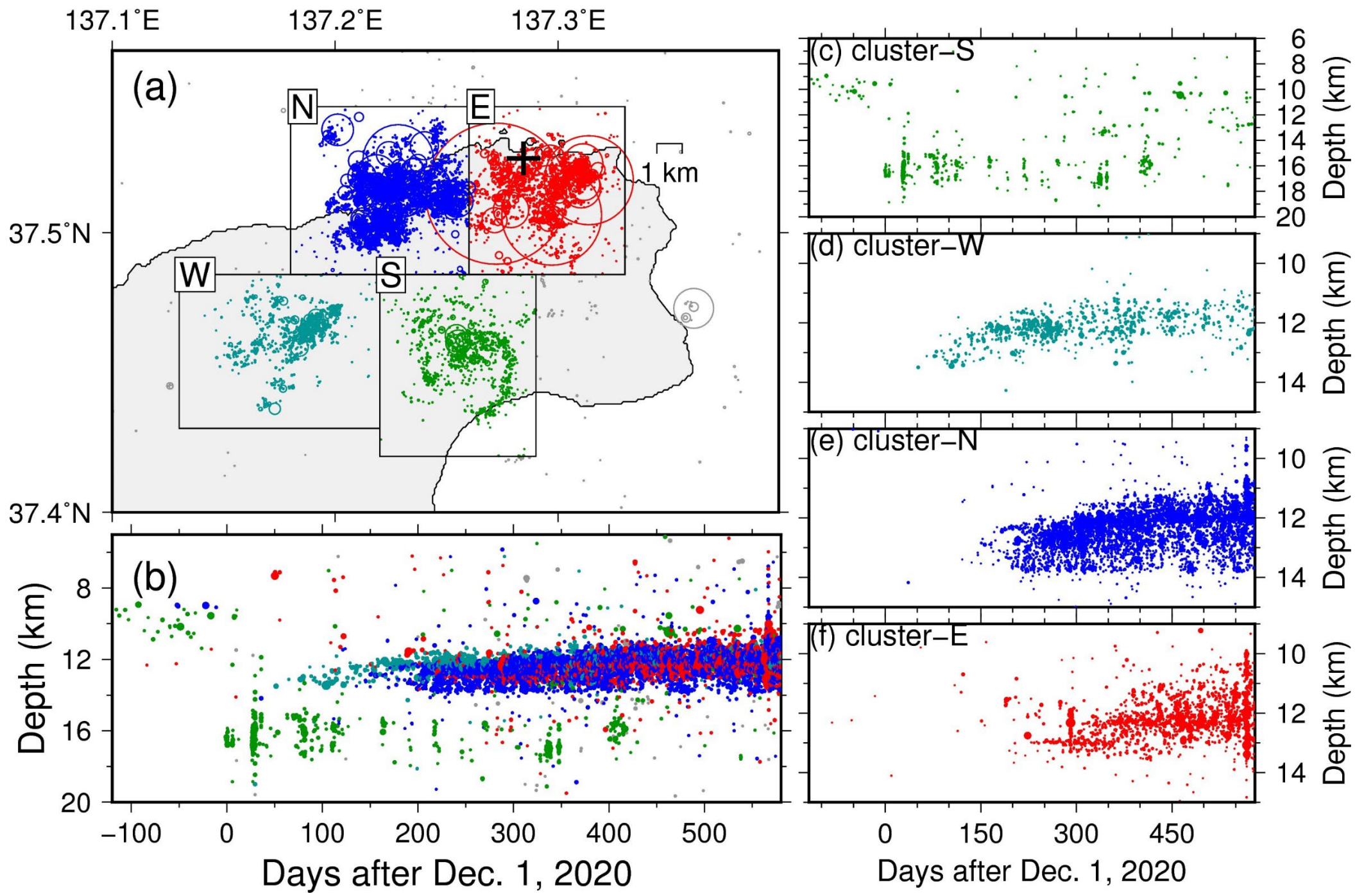


群発地震震源域北側では、複数枚の面で地震が発生している



地震発生域は全体として浅部側に拡大

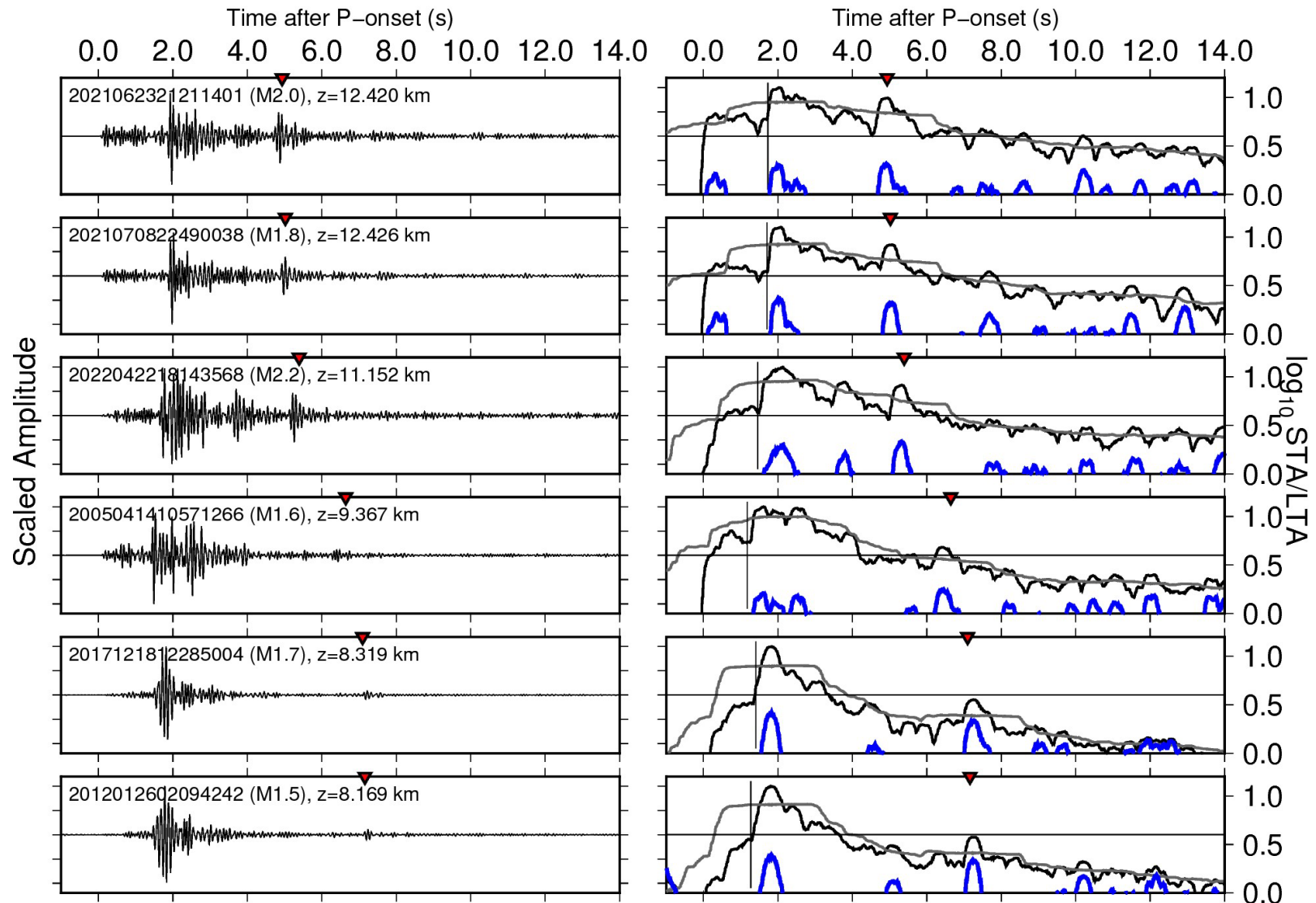
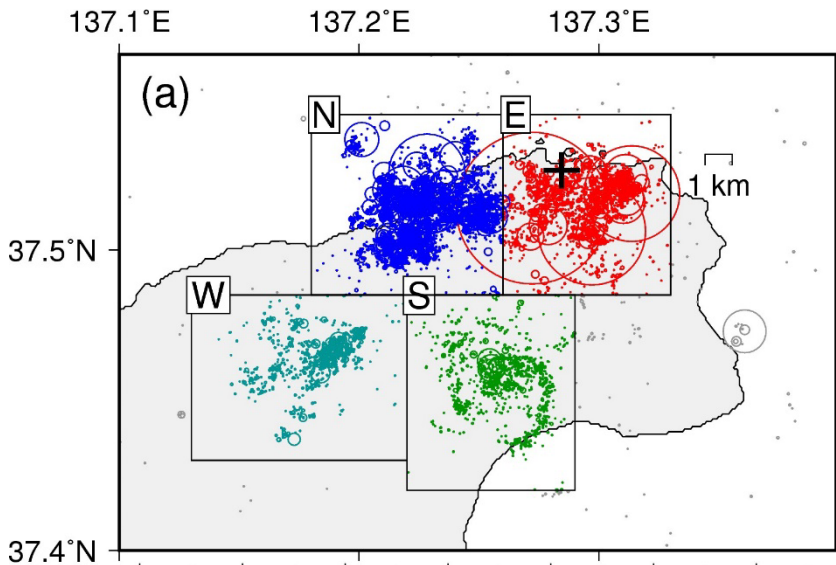
⇒地震発生に深部から浅部への流体移動が関係？



# 地震波反射面の検出

短期平均エンベロップ (黒; 0.33 s)と長期平均エンベロップ (灰; 2.67s)の差を用いて反射波を強調 (青)。  
周波数帯域: 8- 16 Hz

クラスタ Nを近傍観測点 (N.SUZH)で調べると、孤立した反射波がみえる



赤三角：推定した点で反射が起こった場合の反射波の到着時刻

# 反射点の推定

SxS反射を仮定して、  
back projectionにより  
反射点を探索

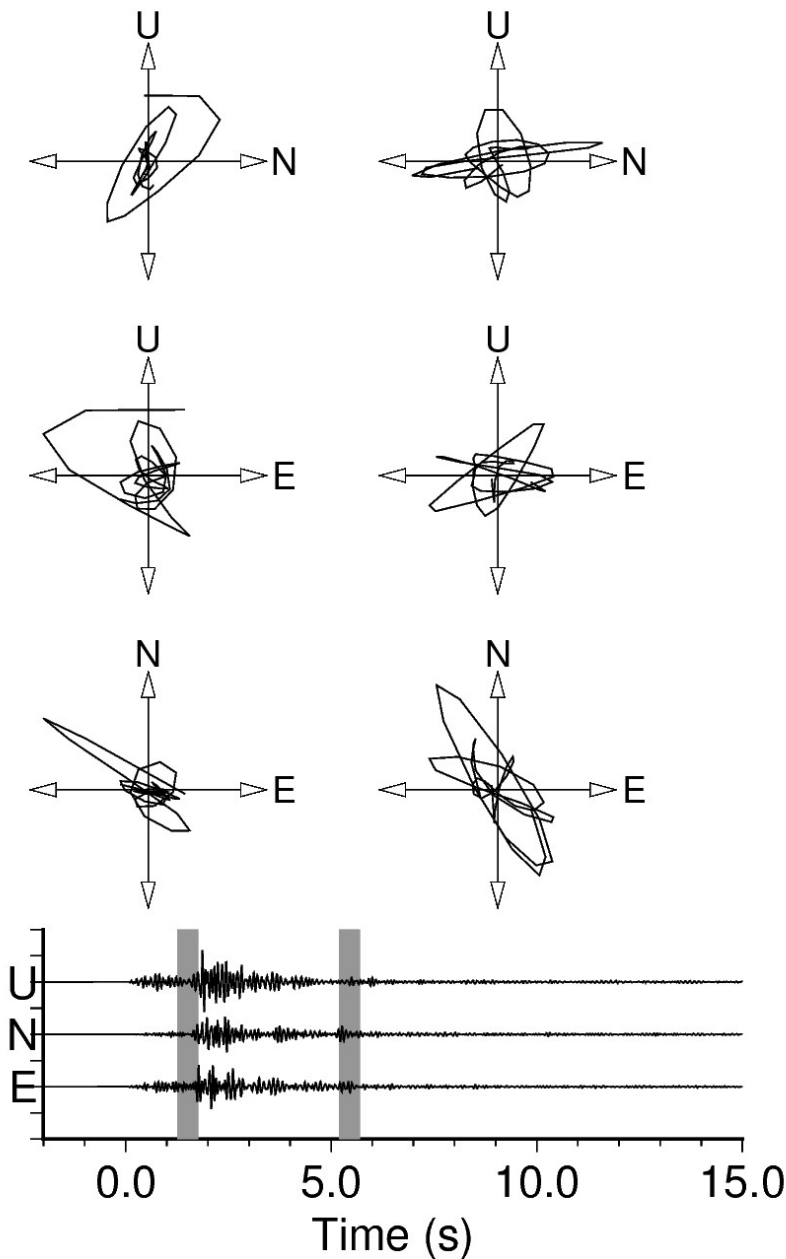
クラスタ Nの1203  
個 ( $M_{JMA}$ )の再決定  
震源を使用

日本では反射波を用いた構造  
推定が活発に行われている  
(Inamori et al., 1992;  
Matsumoto & Hasegawa,  
1996; Doi & Nishigami,  
2007; Kosuga, 2014; Aoki  
et al., 2016)

2022042218143568

Direct S (t=1.46s)

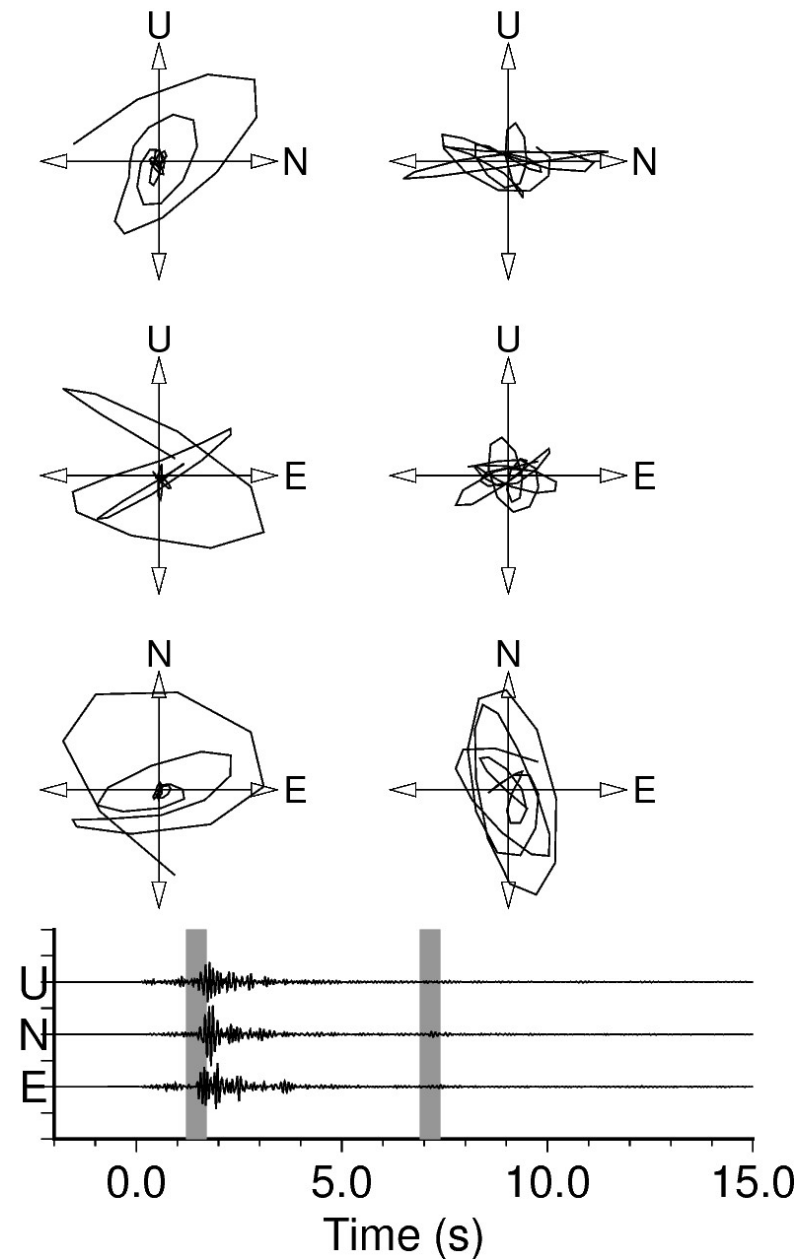
Reflected S (t=5.3926s)



2017121812285004

Direct S (t=1.41s)

Reflected S (t=7.0969s)

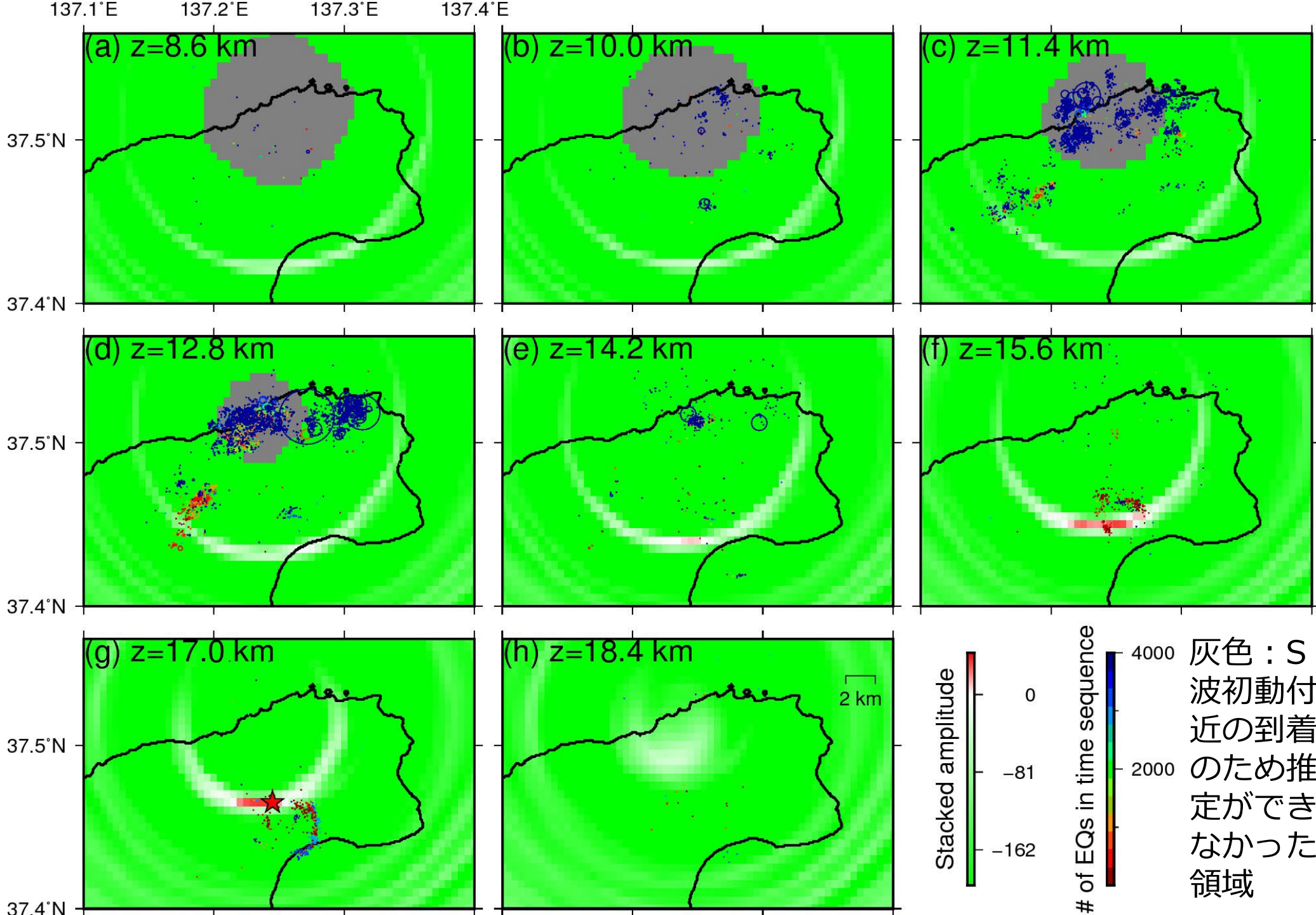


東北大資料

一連の地震活動が開始したクラスタ S 最深部付近に反射点を推定

クラスタ S では他クラスタよりも深部で地震が発生しており、特徴的な環状分布 ⇒ マグマ貫入に関連した構造？

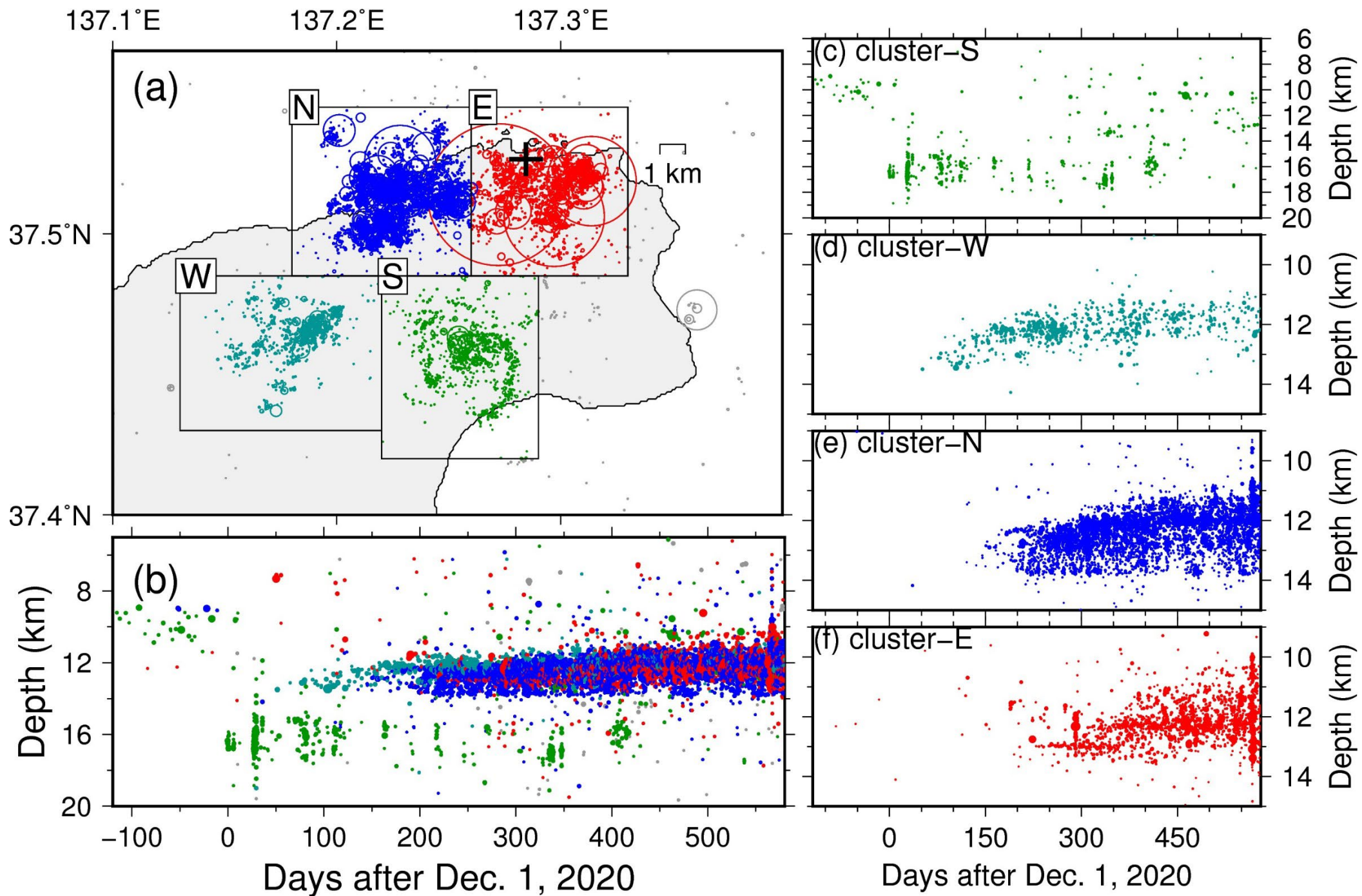
東北大資料



灰色：S波初動付近の到着のため推定ができなかった領域

地震発生域は全体として浅部側に拡大(再掲)

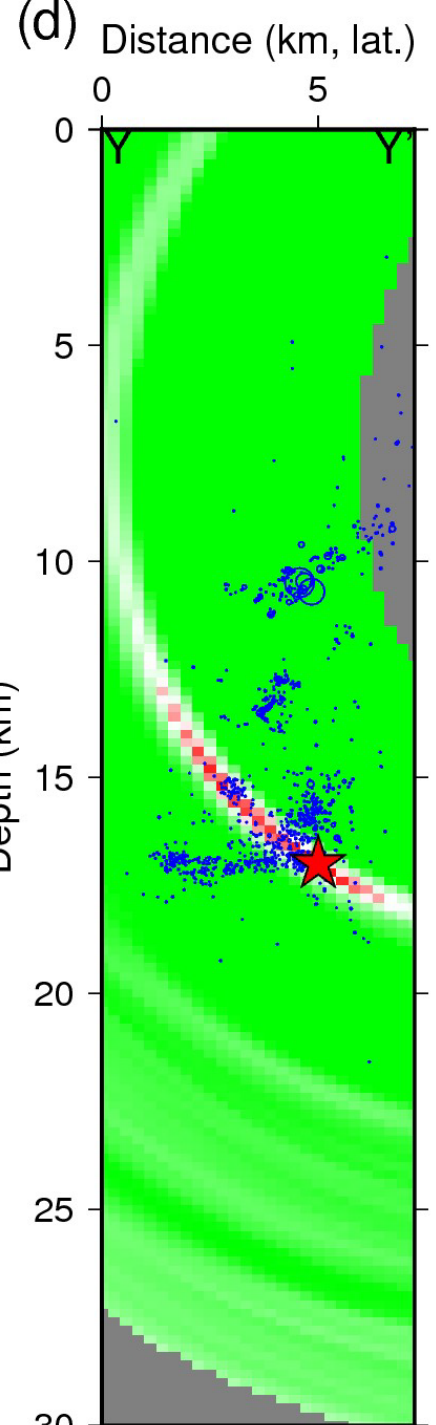
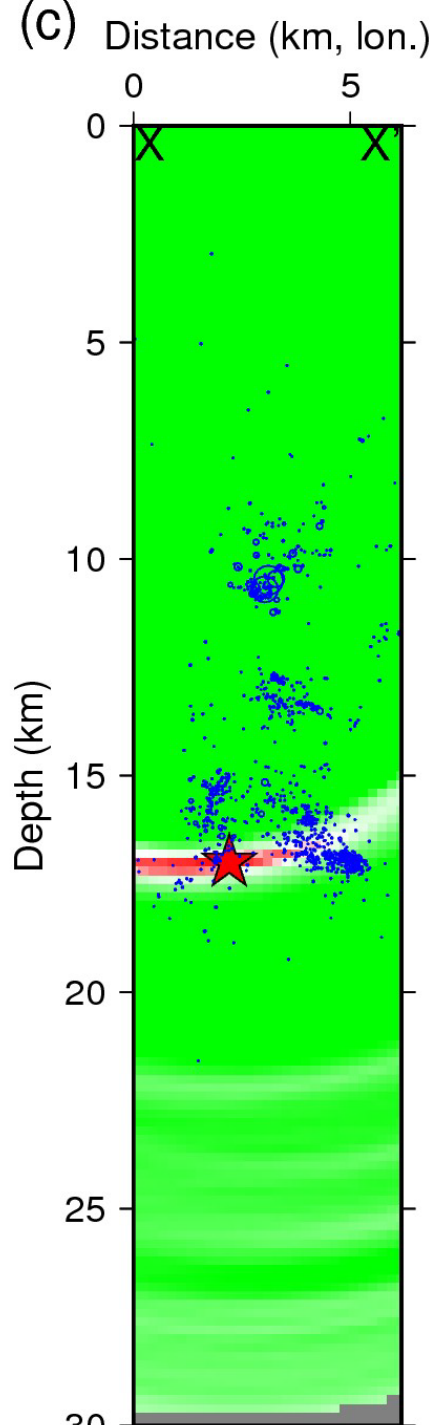
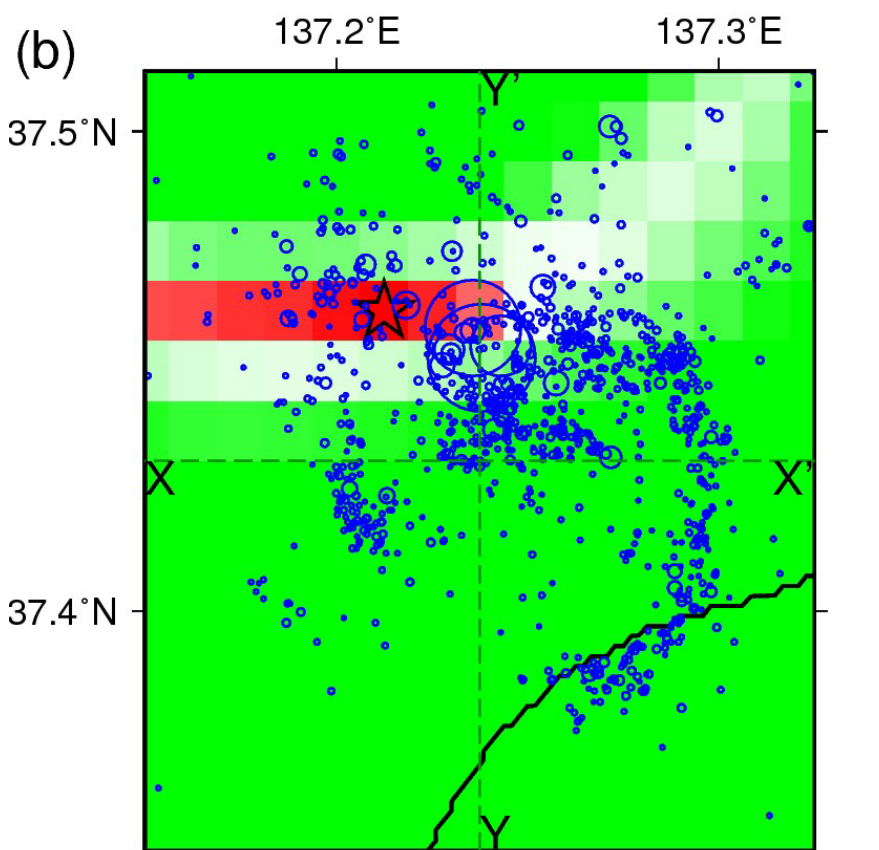
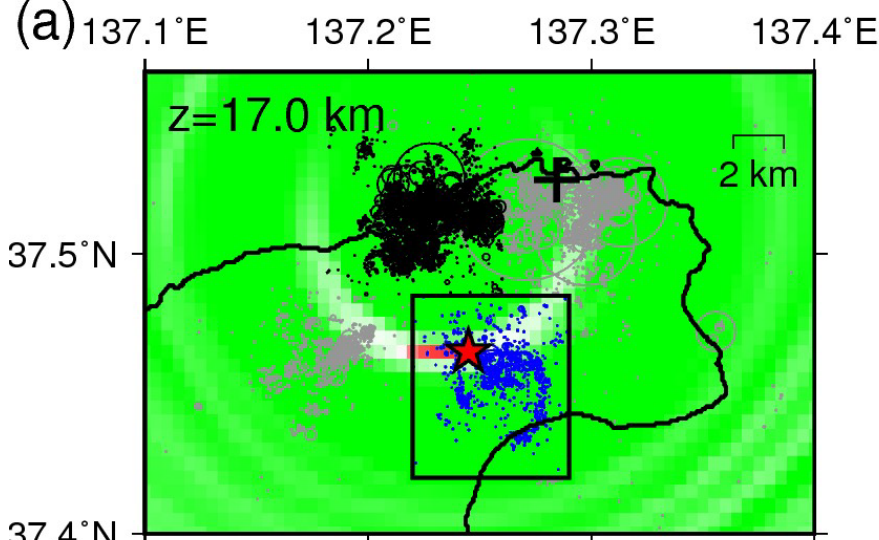
⇒地震発生に深部から浅部への流体移動が関係?



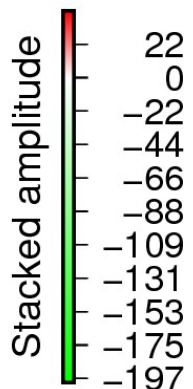
一連の地震活動が開始したクラスタ S 最深部付近に反射点を推定

クラスタ S では他クラスタよりも深部で地震が発生しており、特徴的な環状分布 ⇒ マグマ貫入に関連した構造？

東北大資料



灰色：S 波初動付近の到着のため推定できなかった領域





以下、補足資料

# 期間を分けた解析: 反射面は安定的にクラスタ Sの地震発生域最深部付近に推定されている

各 300個の地震  
を使用

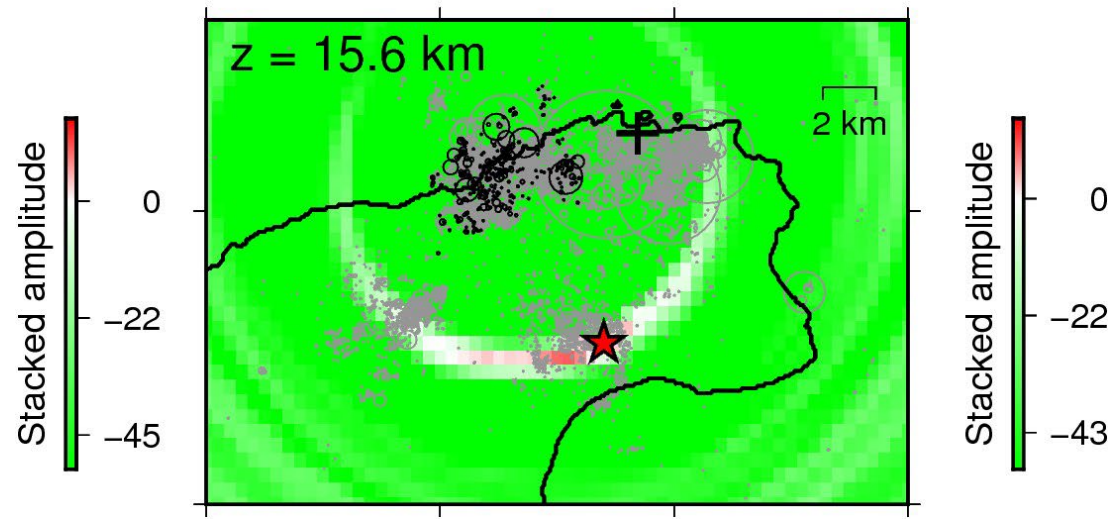
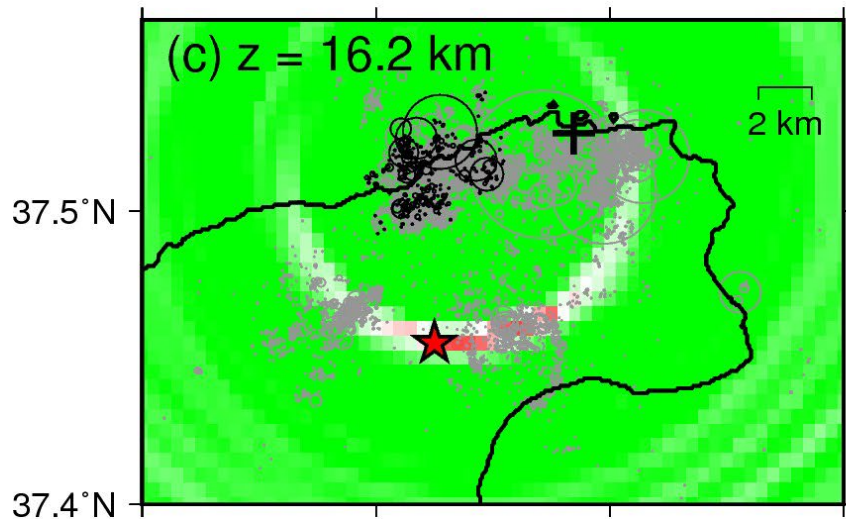
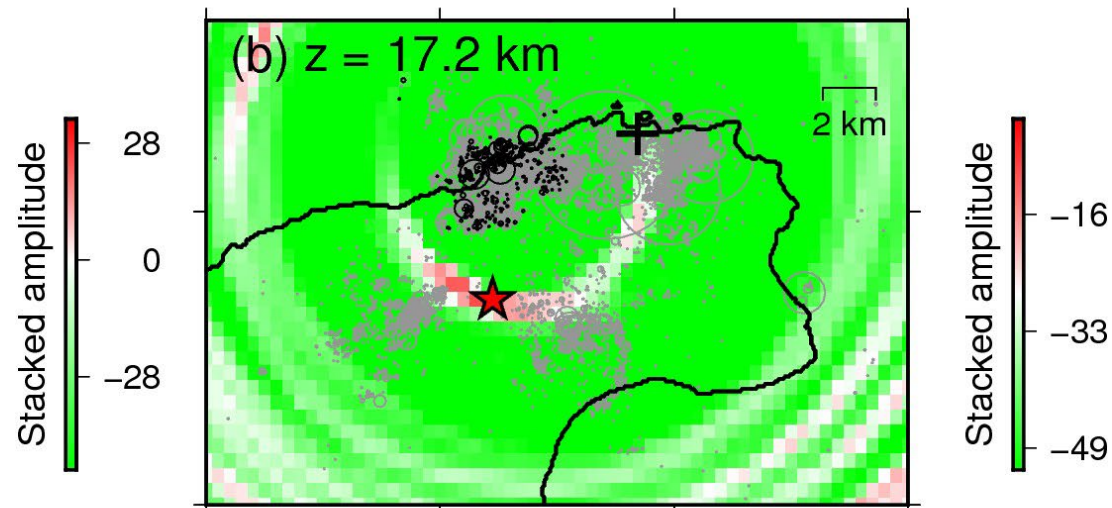
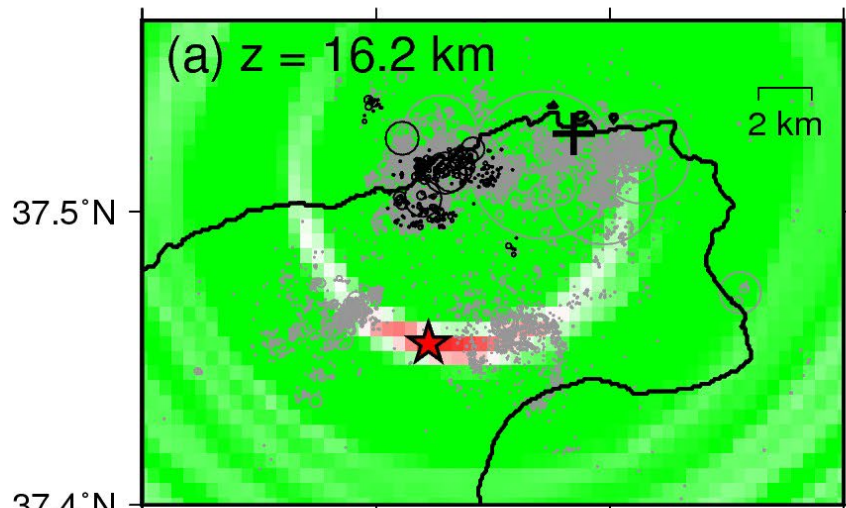
(a) 2005-4/15  
- 2021/10/5

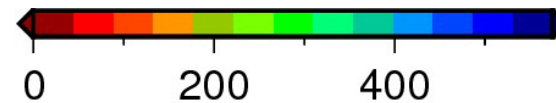
(b) 2021/10/5  
- 2021/12/30

(c) 2022/12/30  
- 2022/4/6

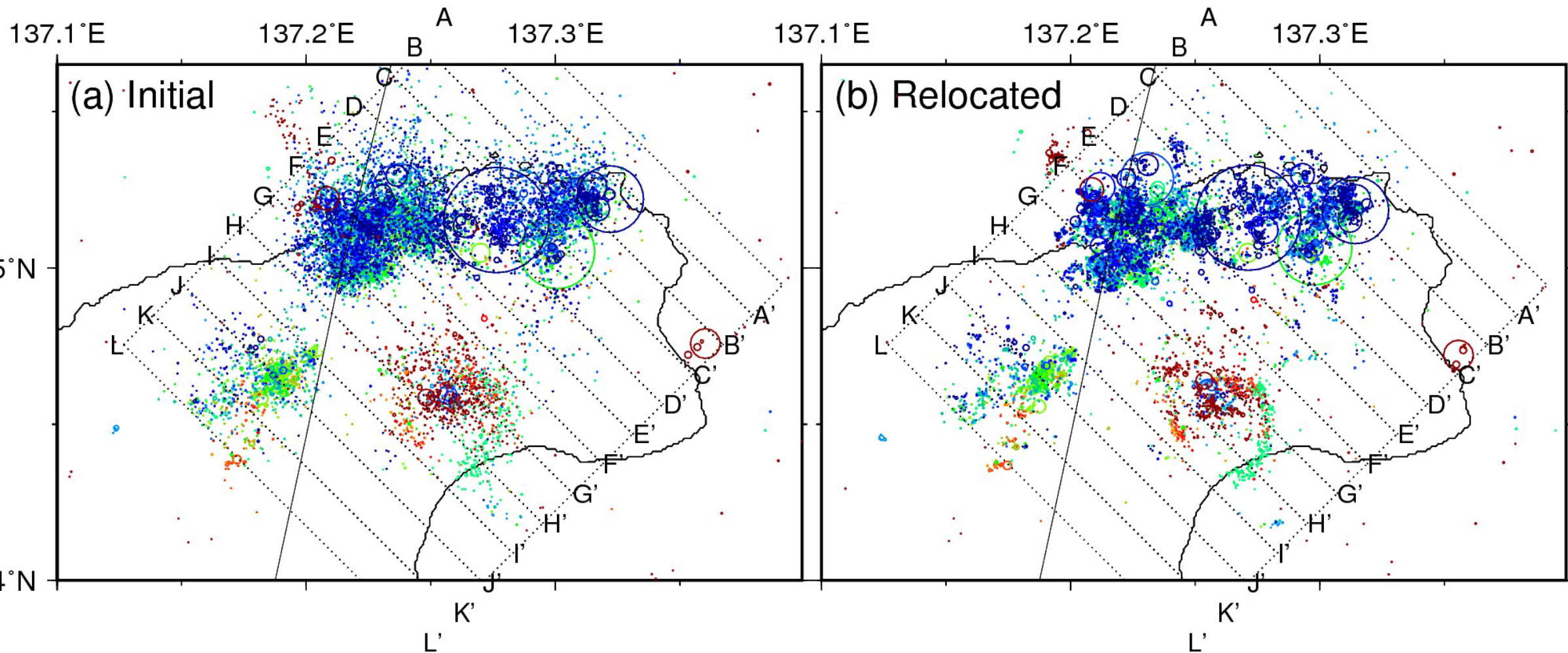
(d) 2022/4/8 -  
2022/6/25

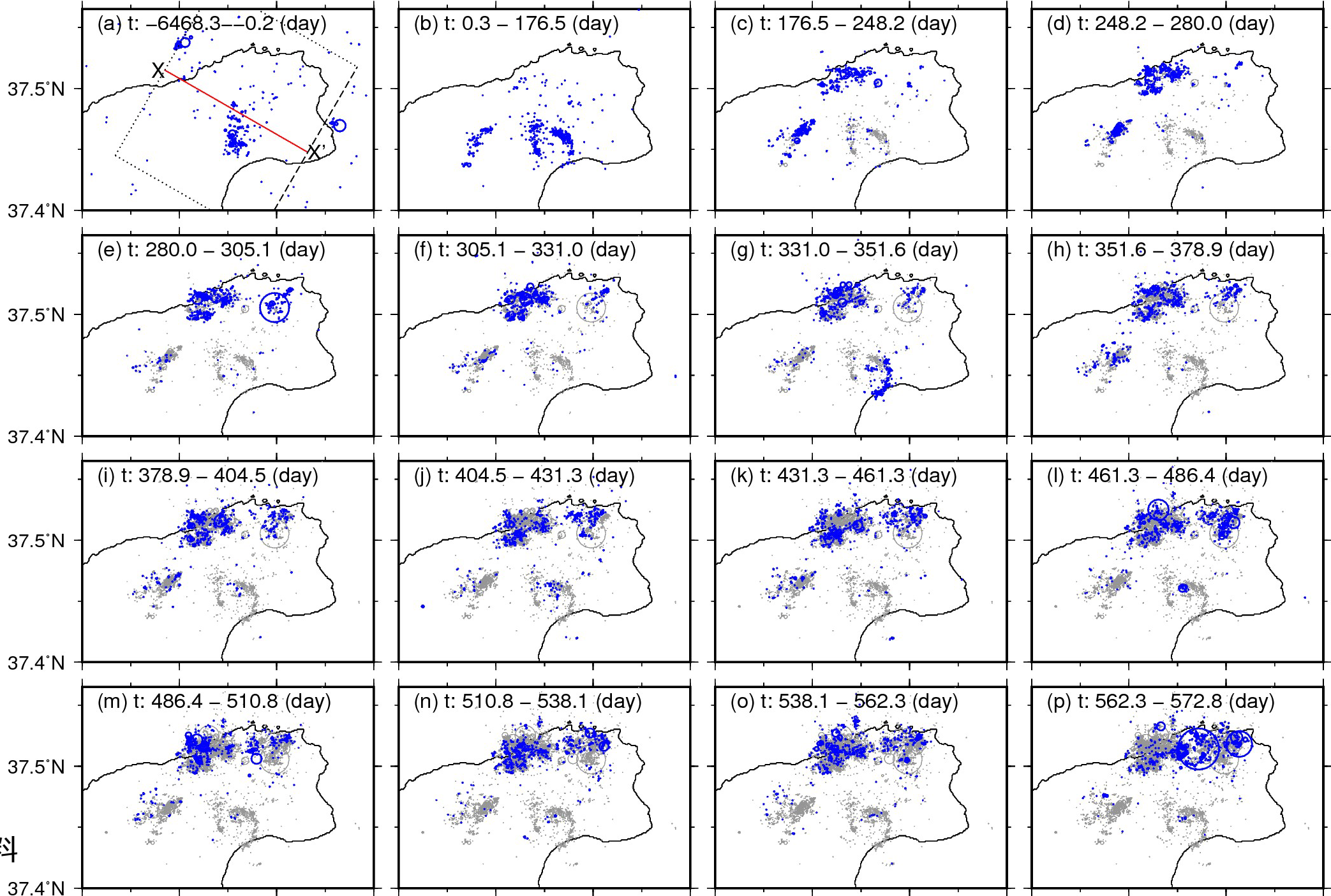
137.1°E 137.2°E 137.3°E 137.4°E

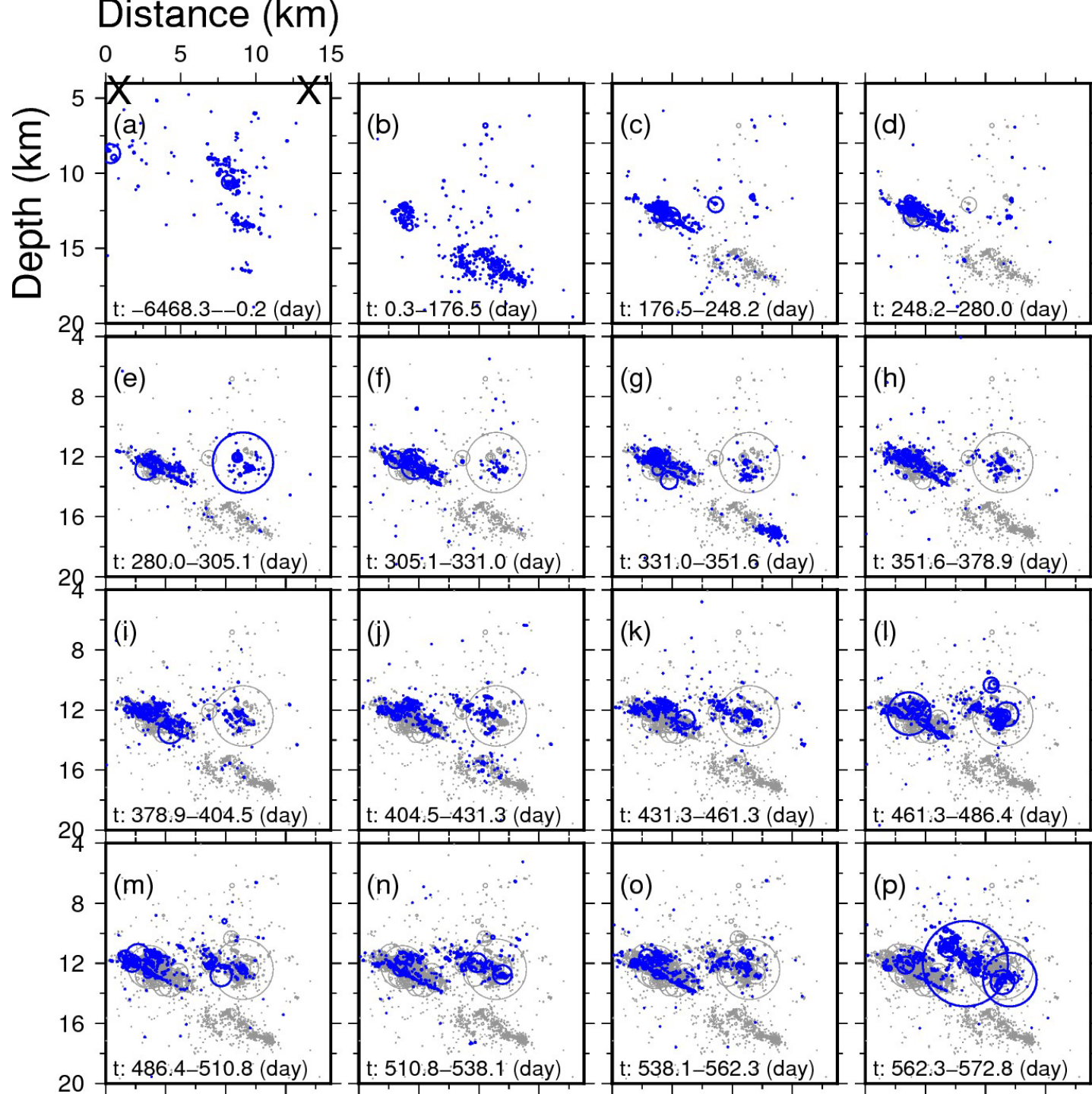




Days after Dec. 1, 2020

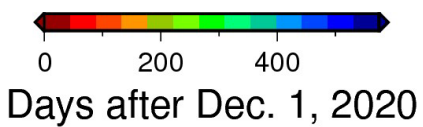




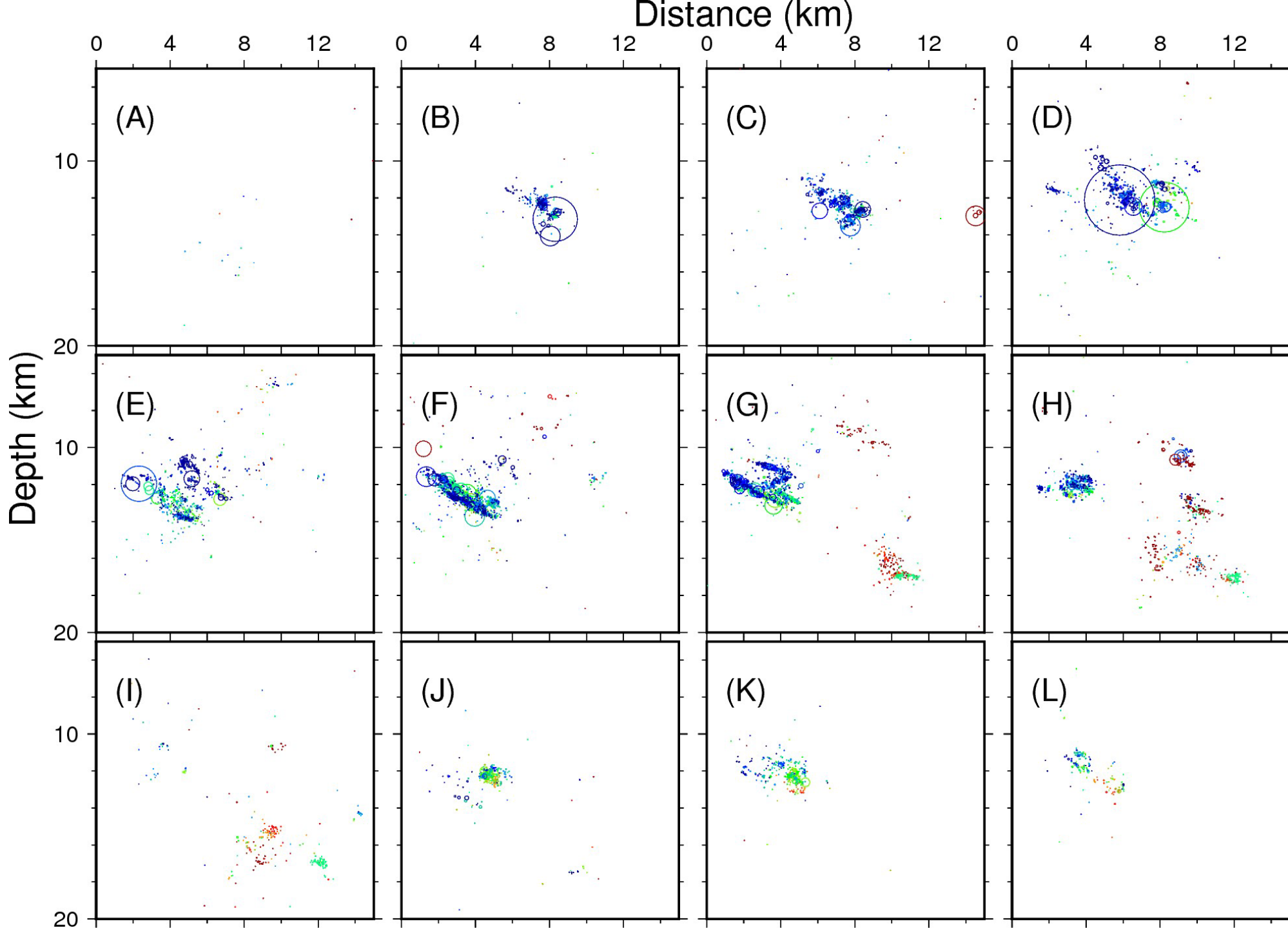


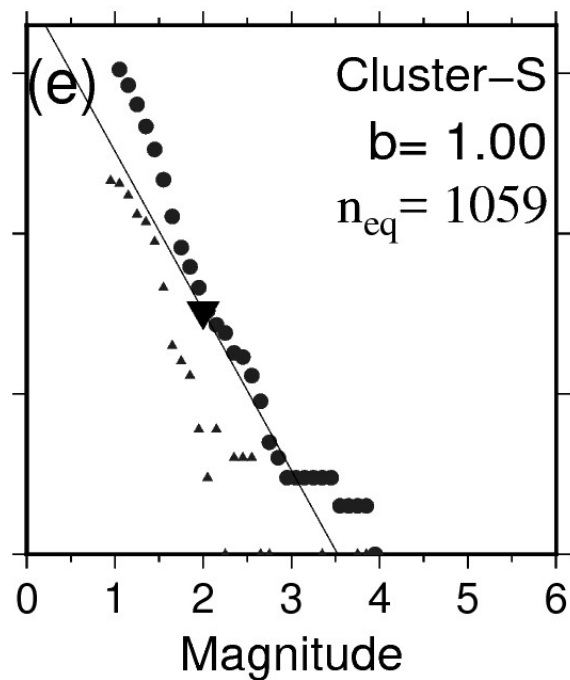
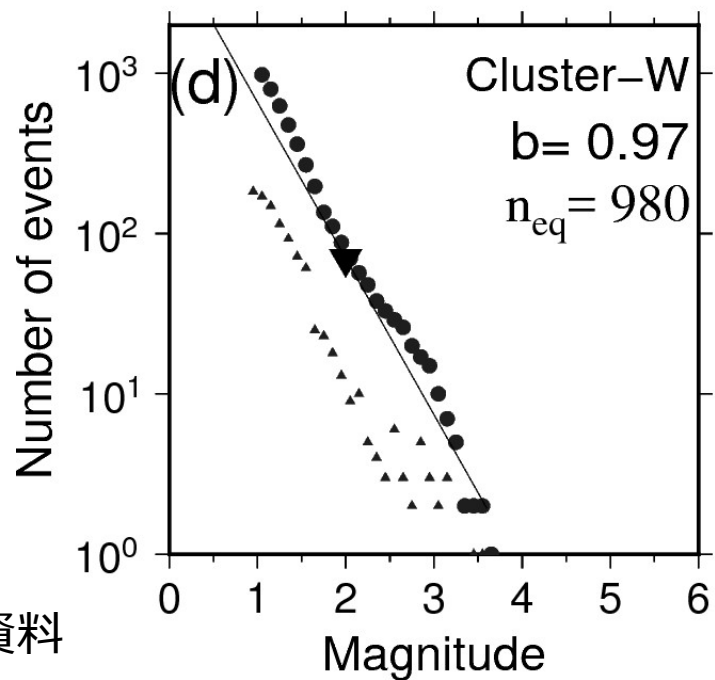
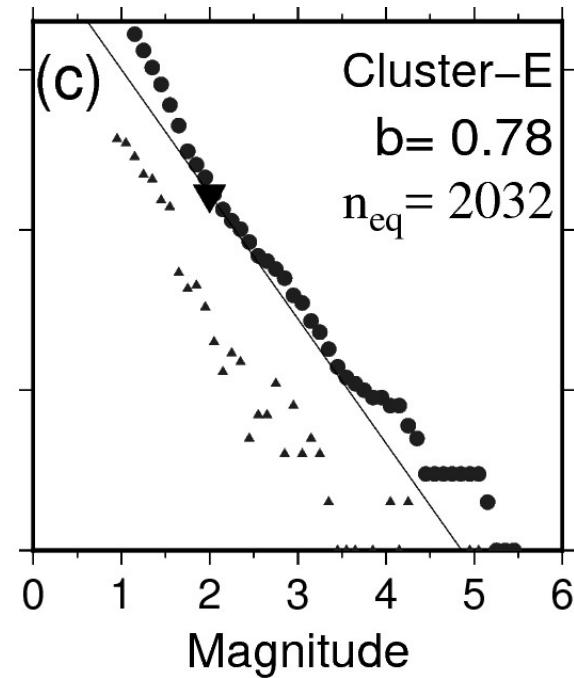
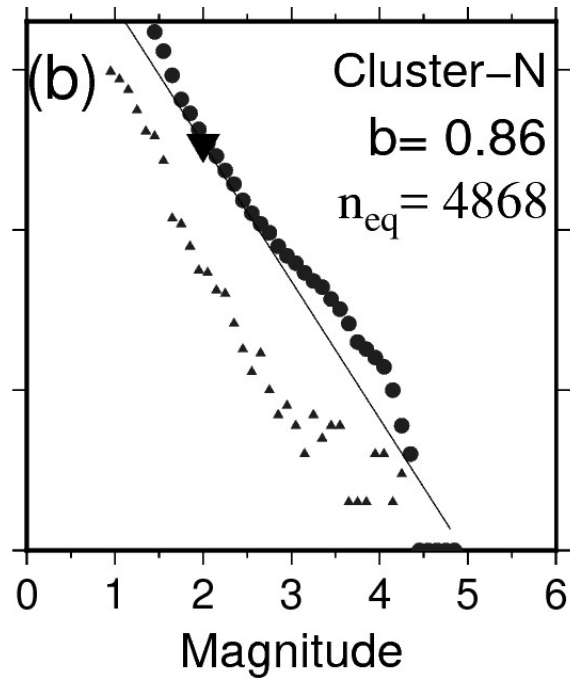
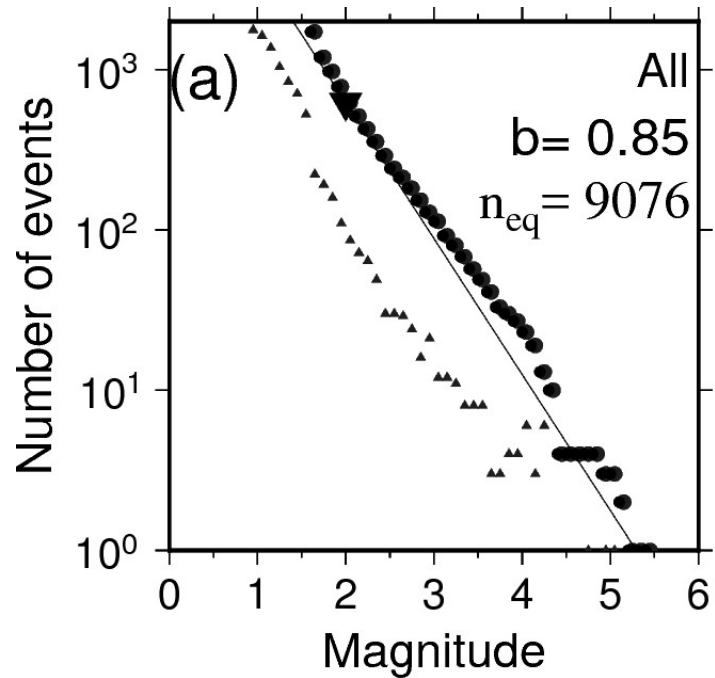
一連の地震活動が開始したクラスタ S 最深部付近に反射点を推定

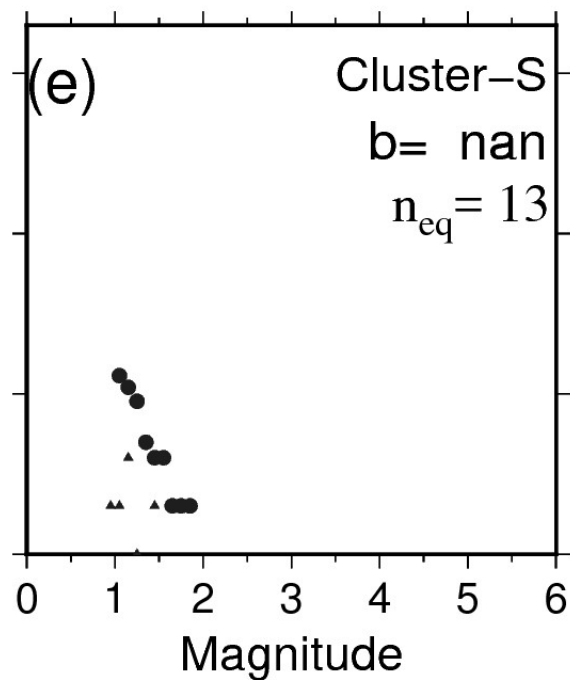
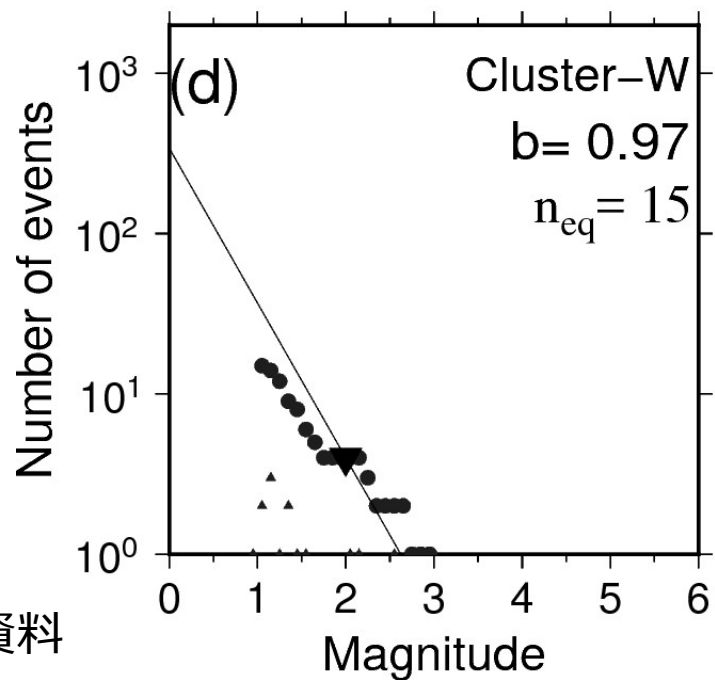
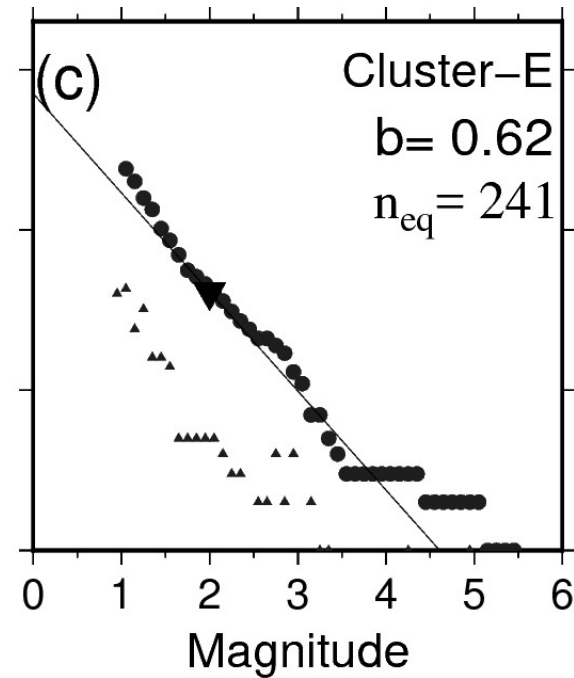
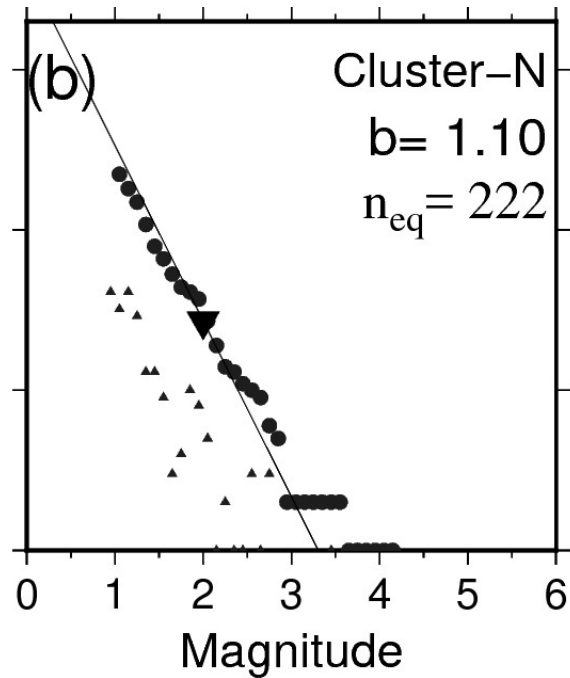
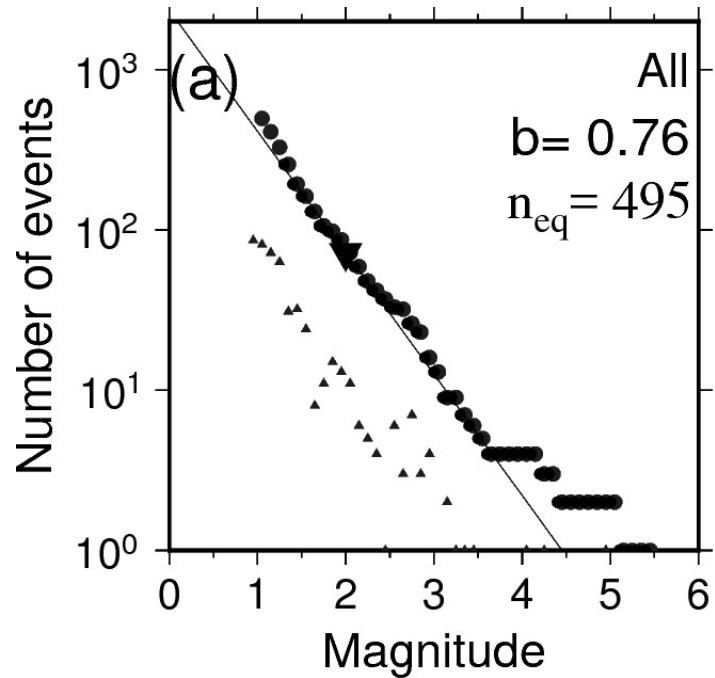
クラスタ S では他クラスタよりも深部で地震が発生しており、環状分布



東北大資料







2022/5/20 M5.4地震後