

地下天気図[®]の見方

2023.10.1

地下天気図[®]とは？

- 地震活動を天気図の低気圧，高気圧になぞらえて視覚的に表現したもの
- 低気圧とは相対的に地震活動が低下（静穏化）している事（図上では青色で示される）
- **すでに複数の国際学術雑誌にその有効性が認められ、論文として多数掲載され、科学的手法の有意性が認められている**
- 高気圧とは相対的に地震活動が活発化している事（図上では赤色で示される）
- 地震は静穏化領域の周辺部で発生する事例が多い
- 一般に青色の部分が消えた後（静穏化が終了した後）に地震が発生する可能性が高い事が経験的に知られている
- ただ、静穏化の最盛期に発生した例も複数存在する
 - 2018年大阪北部地震、2010年ハイチ地震など
- 地震活動が活発化して発生する事もある
 - 2023年トルコ地震など

地下天気図®はRTM/RTL法という アルゴリズムを使用しています

- RTM法とは、長尾年恭が東海大学在籍中に開発した新しい地震活動評価のためのアルゴリズム
- RTL法はロシアで開発されたアルゴリズムで、RTM法はRTL法を一部変更したアルゴリズム
- **Rは距離(region)**、**Tは時間(time)**、**Mは地震の大きさ(magnitude)**を表す
- RTMの値は**R**、**T**、**M**の積として定義される
- 解析対象地点の**近傍で最近大きな**地震が発生するとRTMの値が大きくなる
- 静穏化の異常とは、**近くで最近地震が少ないね** という事意味 <— **これが青い所**

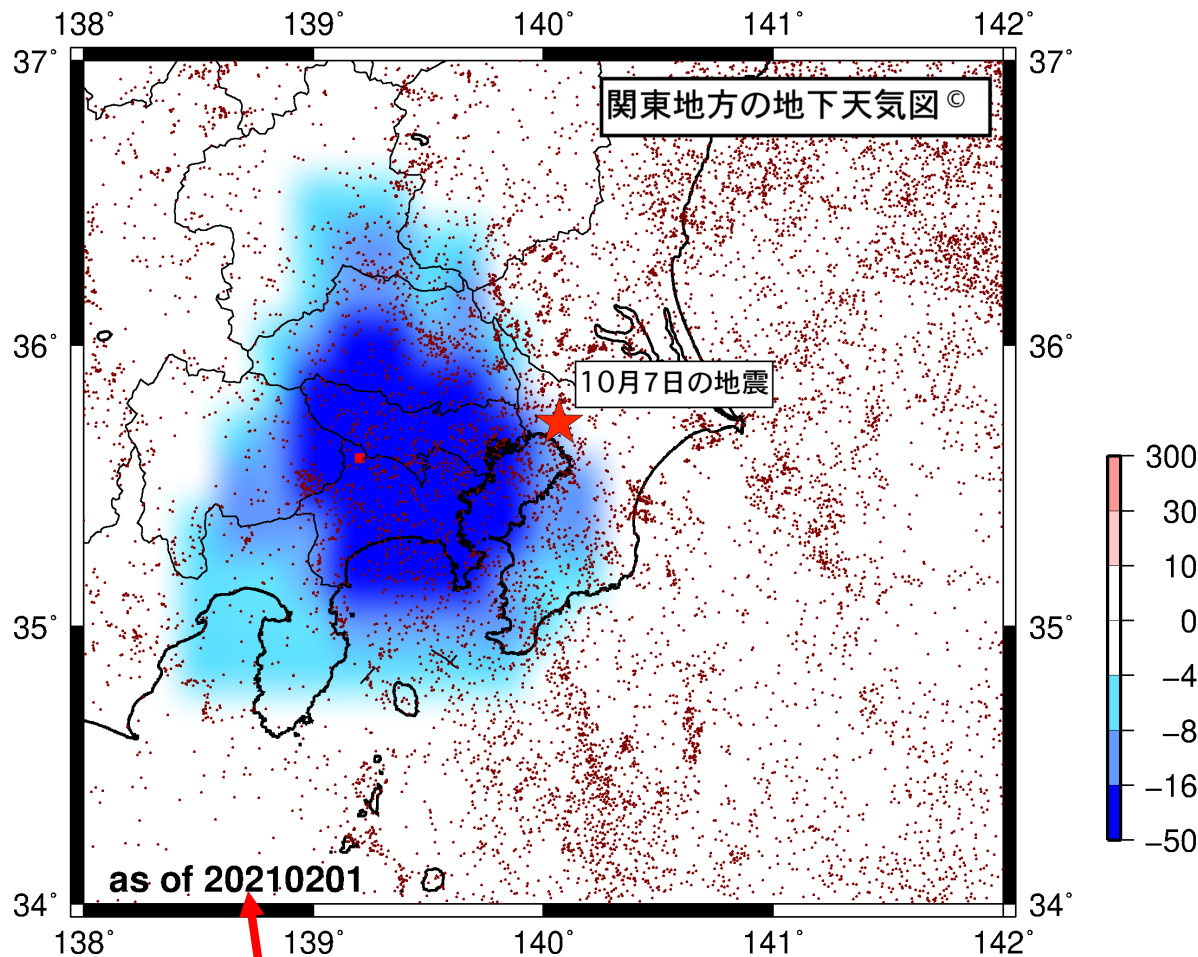
どのような図があるのか？

• 通常の地下天気図[®]

青色の所
地震活動が静穏化

この時は静穏化の最盛期から
8ヶ月後に東日本大震災以降
初めて東京で震度5強を観測
する地震が発生した

経験則では、静穏化が最大と
なり、それが終息してから地震
が発生するケースが多いが、
静穏化進行中に発生したケー
スも存在する



2021年2月1日時点という意味

どれくらいの時間精度か？

- 地下天気図だけでは、数日ー1週間の精度は難しい
(そのため我々はアテネ大学物理学部と協力し、新しい統計物理学的な手法で発生時期予測の精度向上を目指しています)
- 1～2ヶ月から1年程度の発生時期の幅が存在する
- 発生する地震の**マグニチュードが大きい場合は静穏化現象が長く続く傾向あり**
- 地震発生は異常が消えてから発生する場合が多い
- 異常の中心ではなく、**異常の周辺部**で発生する事が多い
- **活発化して発生する場合は活発化の異常が続いている時に発生したケースが多い**

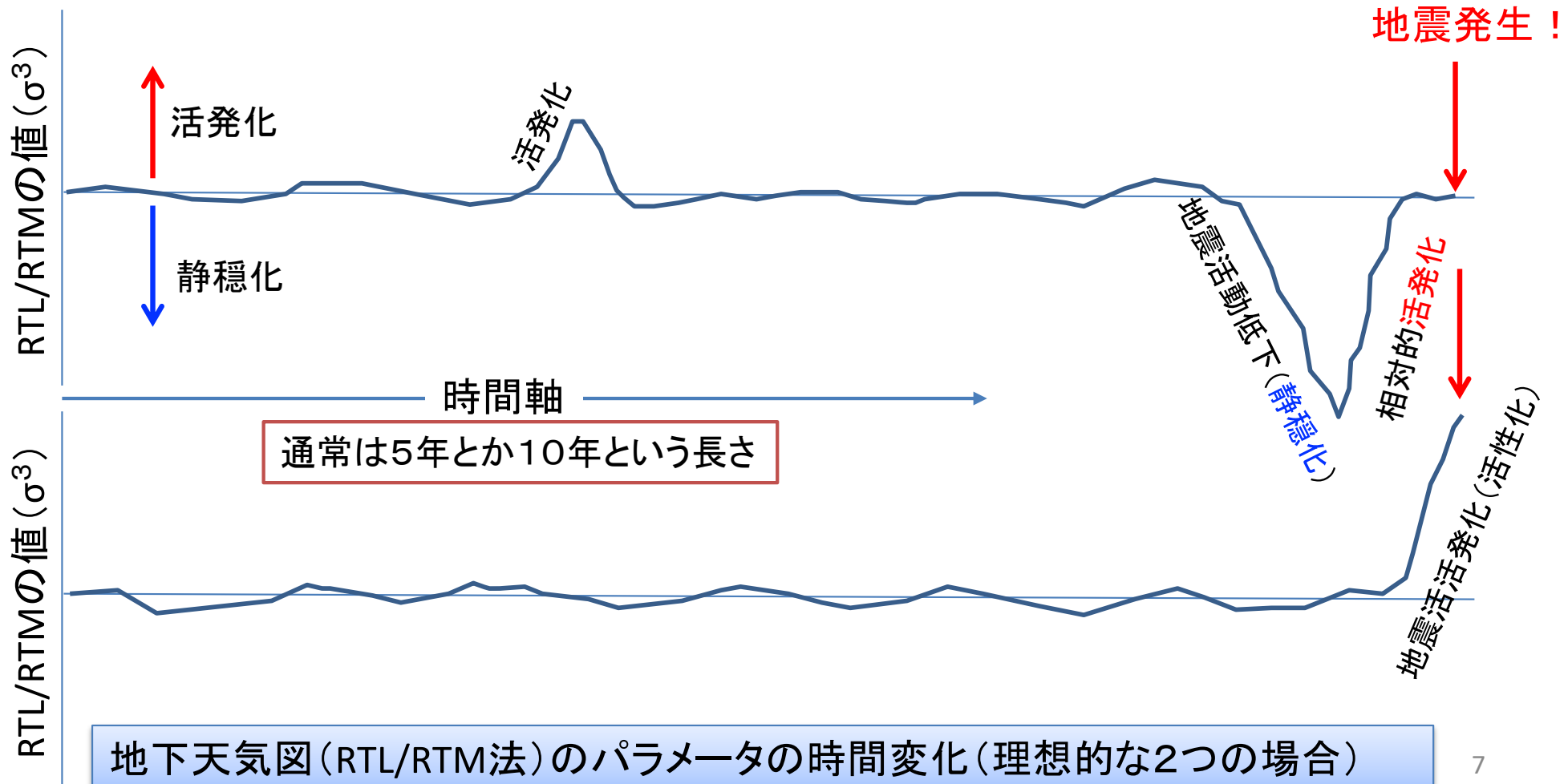
実はもう一つ重要なグラフがあります

- 地下天気図そのものは空間的な、ある日時における地震活動を表現していますが、どのような時間変化をしてきたかについての情報はありません。
- 毎月の図を見比べる事が出来れば、変遷がわかりますが、1枚の図を見ただけでは地震活動の変遷はわかりません(静穏化が開始しつつあるのか、あるいは終了しつつあるのか等)
- そのため、ある地点における**時間変化**(時系列変化)というものが重要となります(横軸が時間となる)

地下天気図の時系列とは？

- ある地点（たとえば東京，京都，名古屋など）における地震活動の静穏化や活発化の推移を表現したものです

RTMやRTLの値が”8”というのは、時間的にも 2σ 、空間的にも 2σ 、地震の大きさも 2σ の異常があった事を意味します（ σ :シグマは標準偏差）

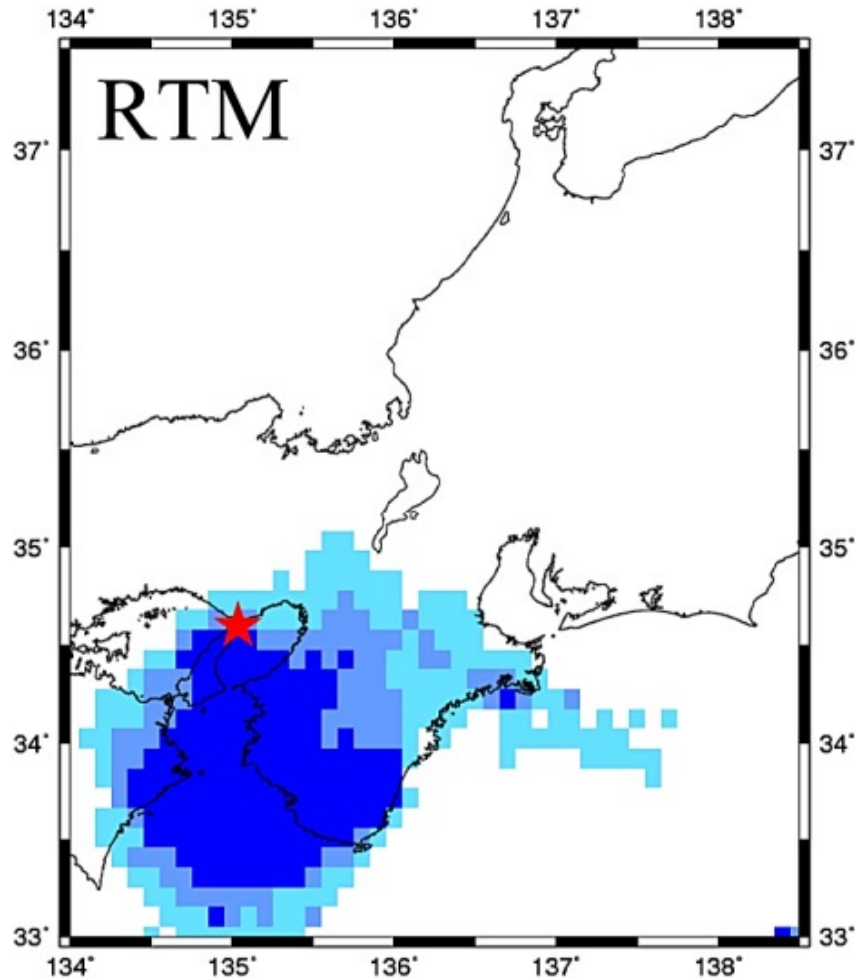


つまり地下天気図を評価するには

- 空間的な地下天気図だけでなく、その時系列データ(時間的な変化)を同時に見ていく必要があります
- アニメーションも併用して、時間変化をより視覚的に表現する事も逐次行っていく予定です
- 通常天気図と違い、青い静穏化異常が消えてから地震が発生する可能性が高いという事を頭の片隅に置いておいてください

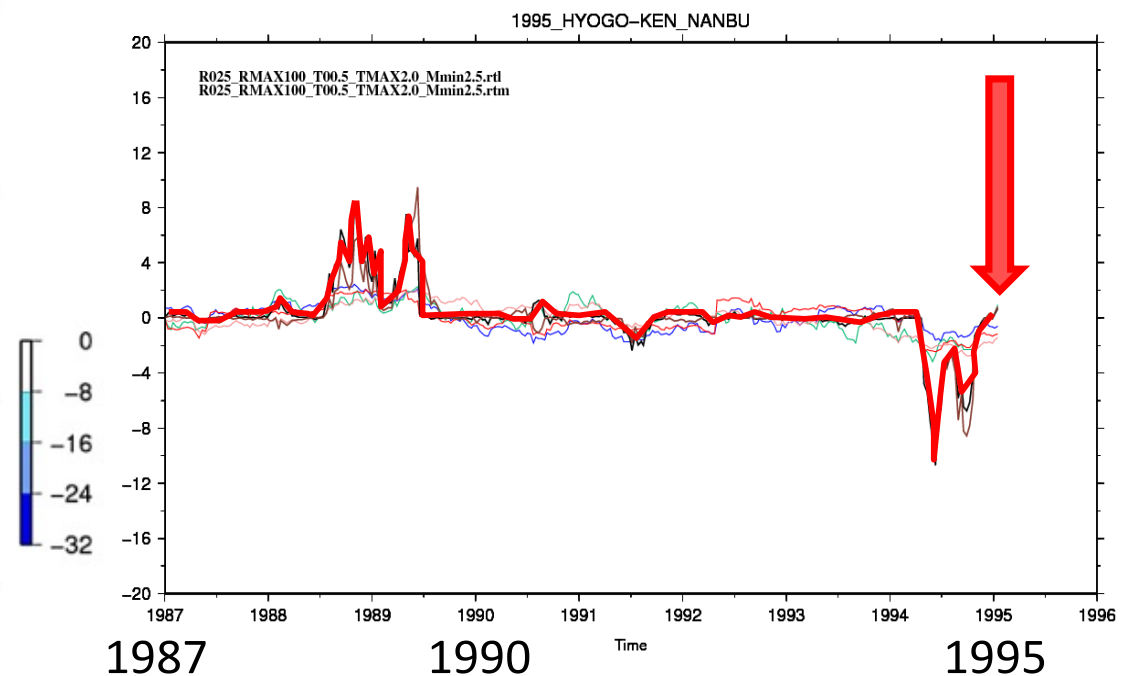
時間変化の具体例(阪神大震災)

— 静穏化終了後に地震が発生 —



阪神大震災(1995)前のRTM値の時間変化

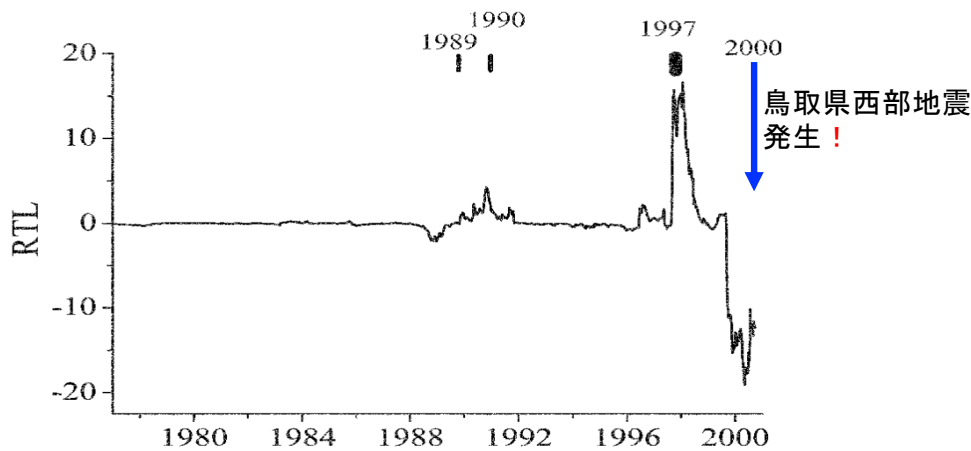
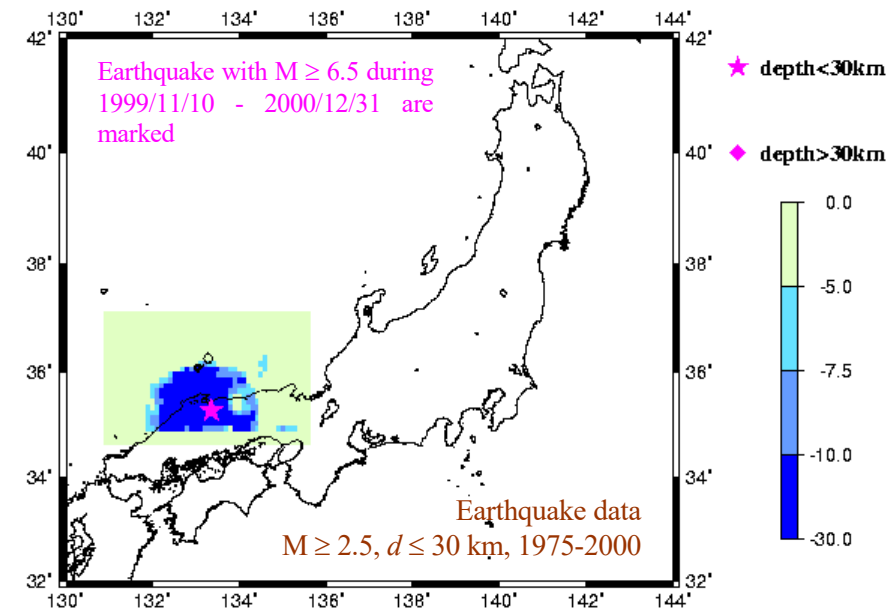
地震発生！



出典：Huang, Q., Sobolev, G.A., T. Nagao, 2001. Characteristics of the seismic quiescence and activation patterns before the M=7.2 Kobe earthquake, January 17, 1995. *Tectonophysics* 337, 99-116.

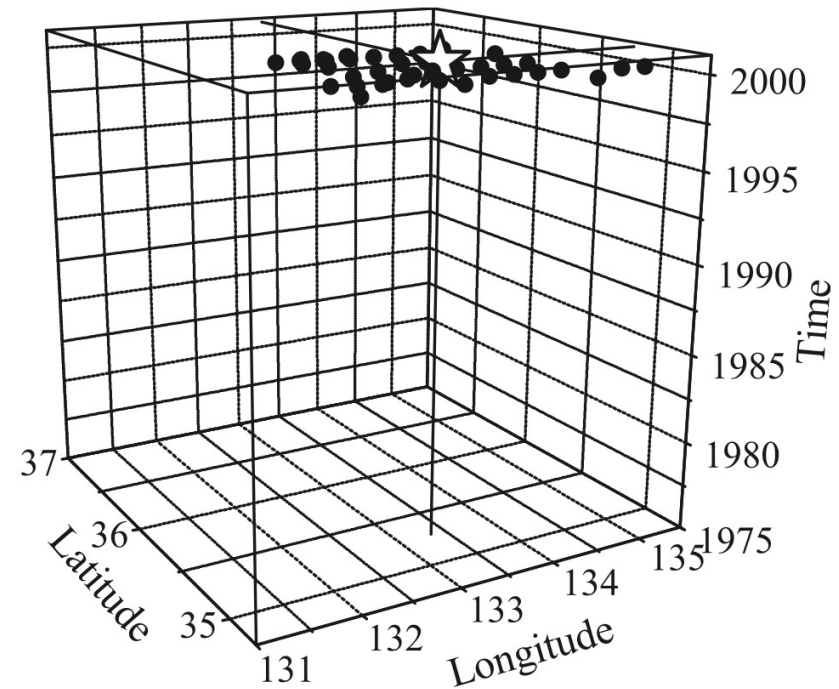
2000年10月6日 鳥取県西部地震(M7.3)

静穏化が戻りつつある時に地震発生



静穏化領域の3次元表示

静穏化は地震発生の直前だけに震源域で発生していた
それ以外の時期には静穏化は発生していなかった

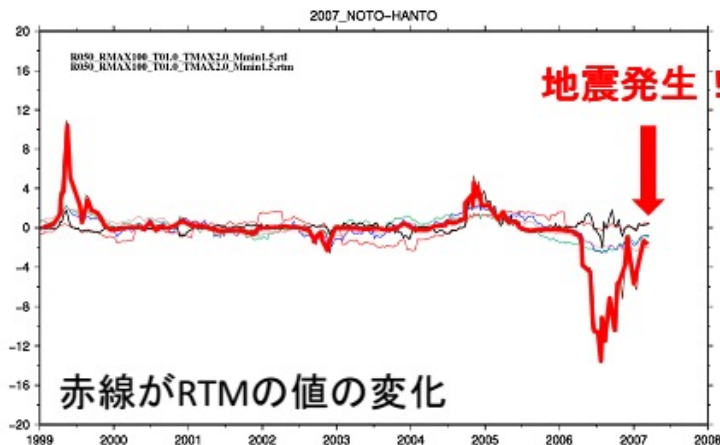
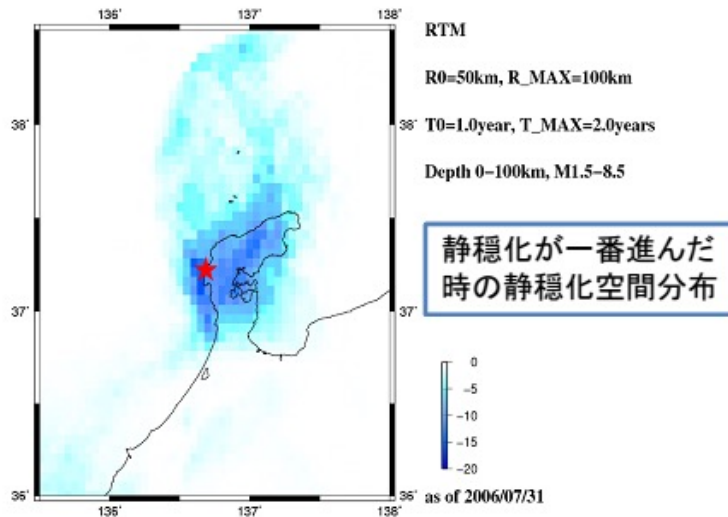


出典: Huang, Q. and T. Nagao, Seismic quiescence before the 2000 M=7.3 Tottori earthquake. *Geophysical Research Letters*, Vol. 29, No. 12, 10.1029/2001GL013835, 2002.

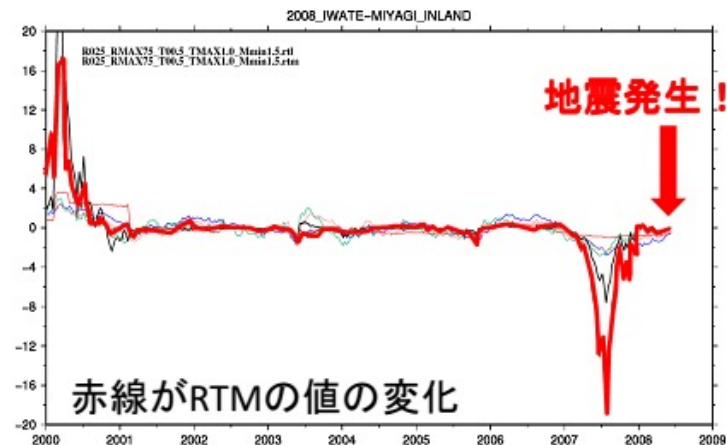
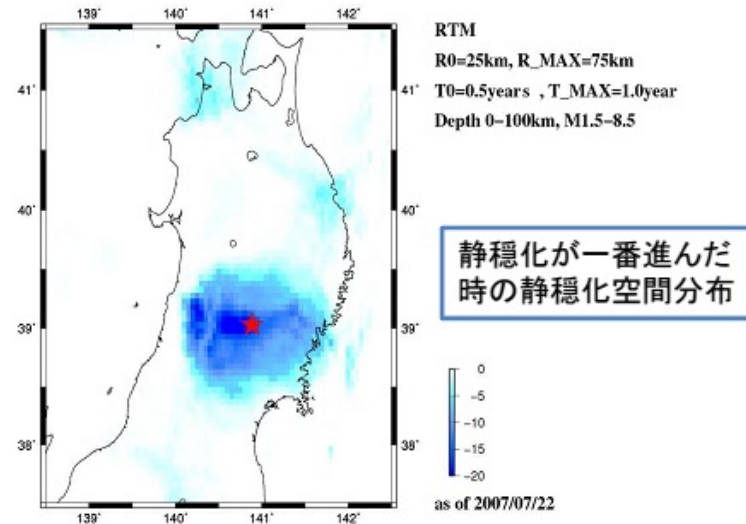
時間変化の具体的な例

— 静穏化終了後に地震が発生！ —

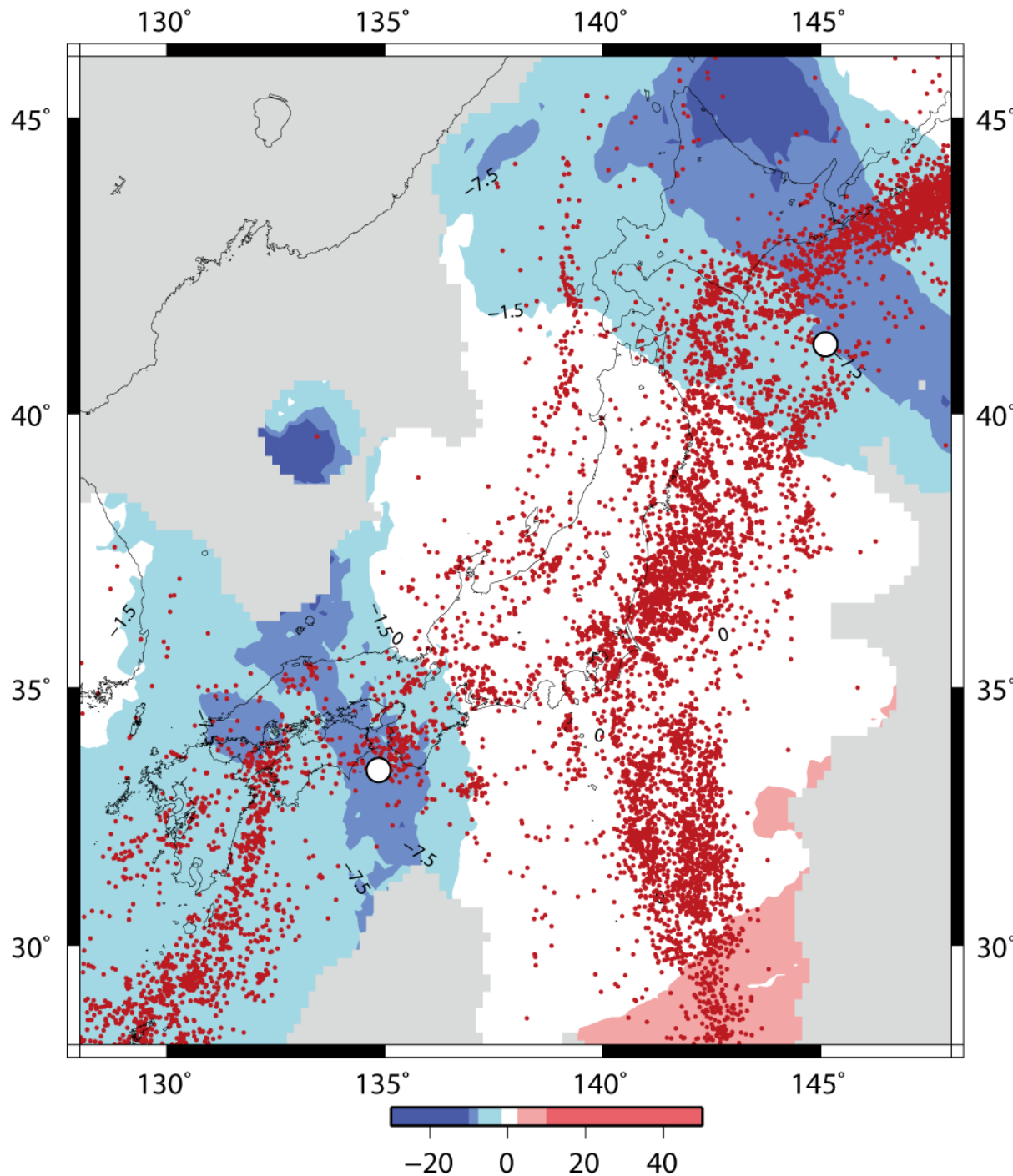
2007年, 能登半島の地震
(M:6.9)



2008年, 岩手宮城内陸地震
(M:7.2)



出典 : Nagao, T., A. Takeuchi and K. Nakamura, A new algorithm for the detection of seismic quiescence: introduction of the RTM algorithm, a modified RTL algorithm, *Earth Planets Space*, 11, 63, 315-324, 2011.

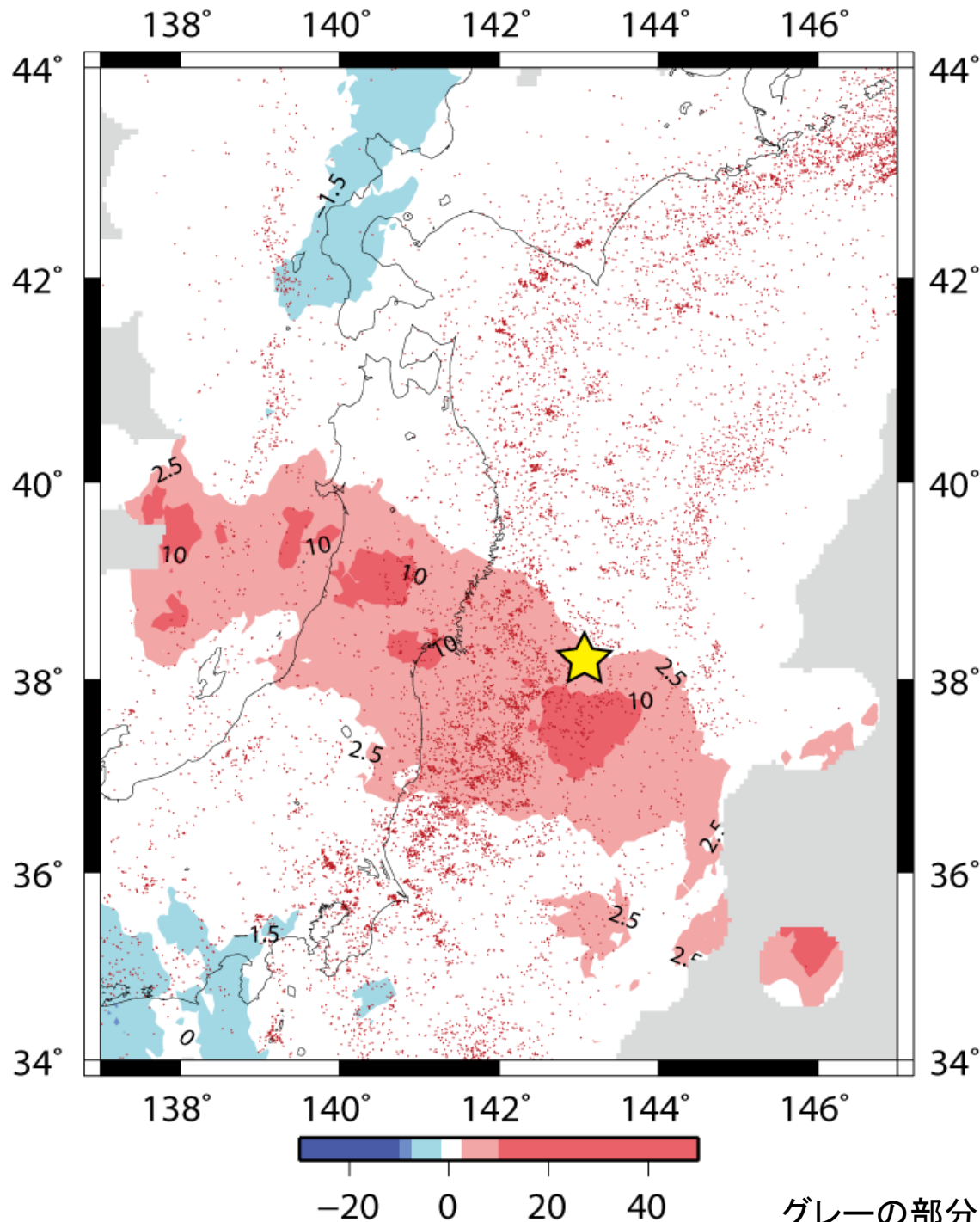


東日本大震災前に観測されていたRTM値の異常
 (日本列島全域にわたる地震活動の静穏化)

非常に巨大な地震であったため、通常の静穏化あるいは活発化という単純な評価は事前には不可能であった

日本列島全体で地震活動静穏化が進行していた事が地震発生後に判明

グレーの部分は地震活動が存在しないため評価できない地点

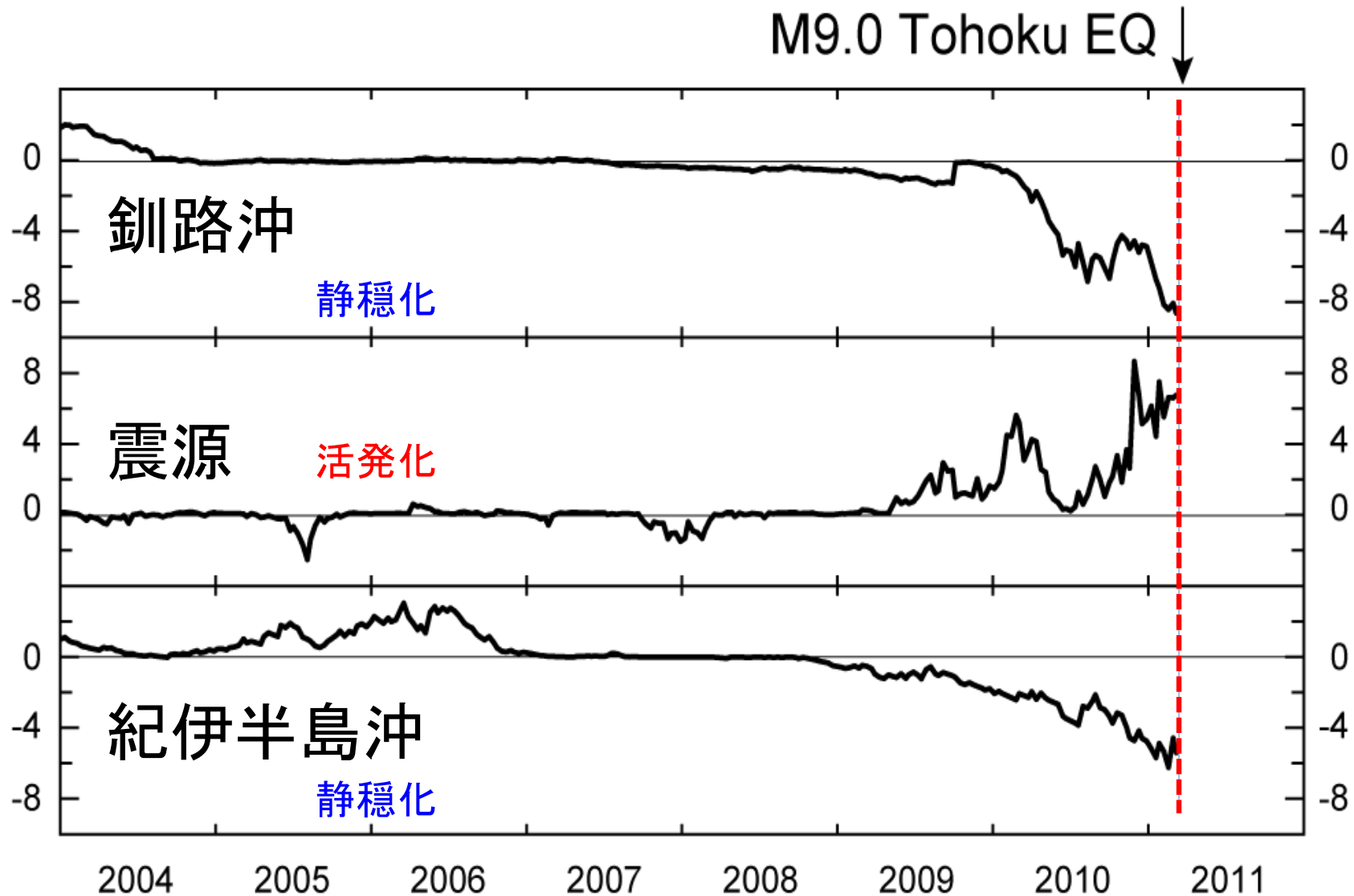


東日本大震災前に観測されていたRTM値の異常 (震源近傍での地震活動の活性化)

細かく見ると東日本大震災の前には東北地方に帯状に地震活動が活発化していた領域が出現。地震活動活発化は2年ほど前に開始し、一度元に戻ってから、2度目の活発化の最中に発生。活発化していた領域は、太平洋プレートの沈み込みの方向と一致していた。

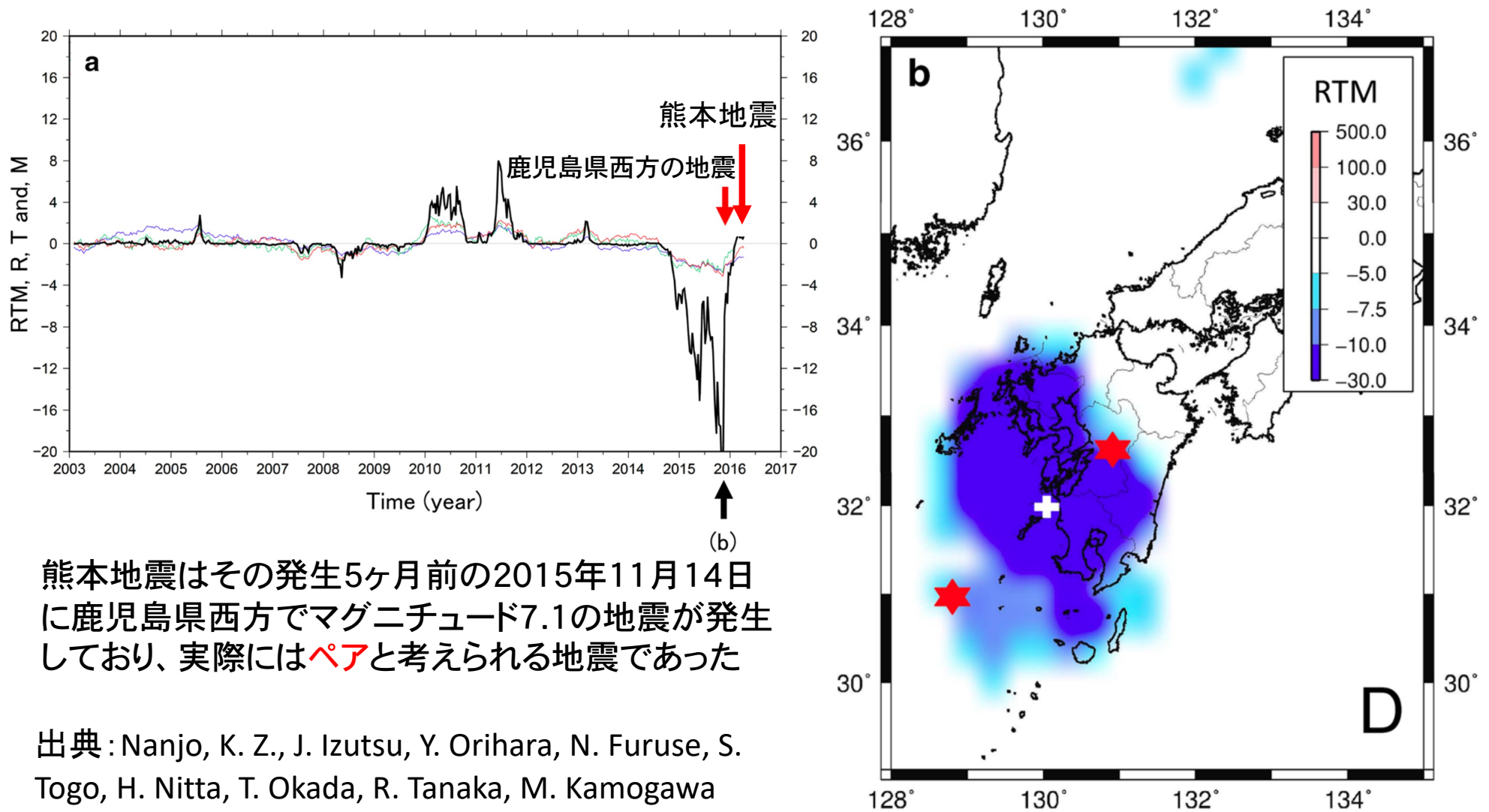
グレーの部分は地震活動が存在しないため評価できない地点

東日本大震災における地下天気図の時系列変化のまとめ



北海道(釧路沖)や紀伊半島沖では地震活動静穏化が進行し、震源付近では活発化していた事が地震発生後に判明した

熊本地震前の静穏化の異常のピーク (地震発生約半年前)



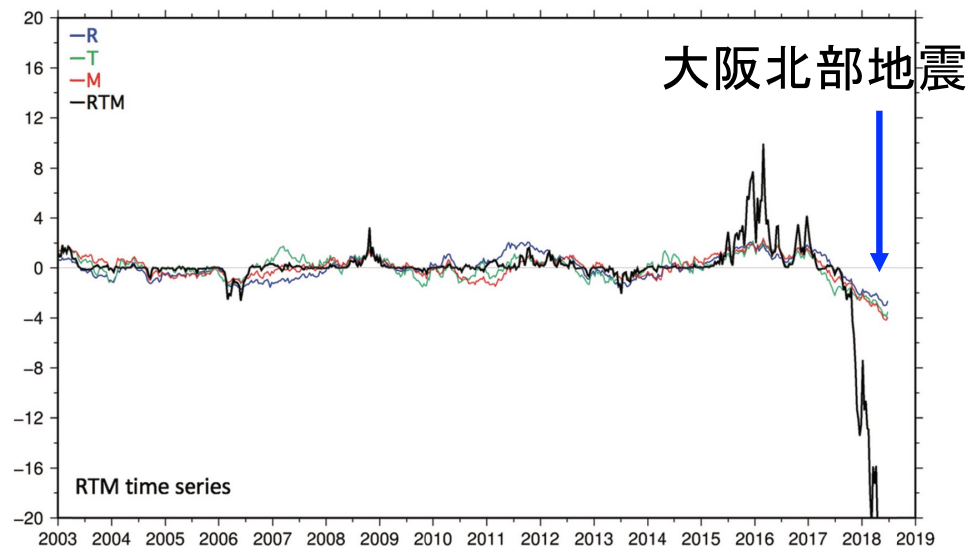
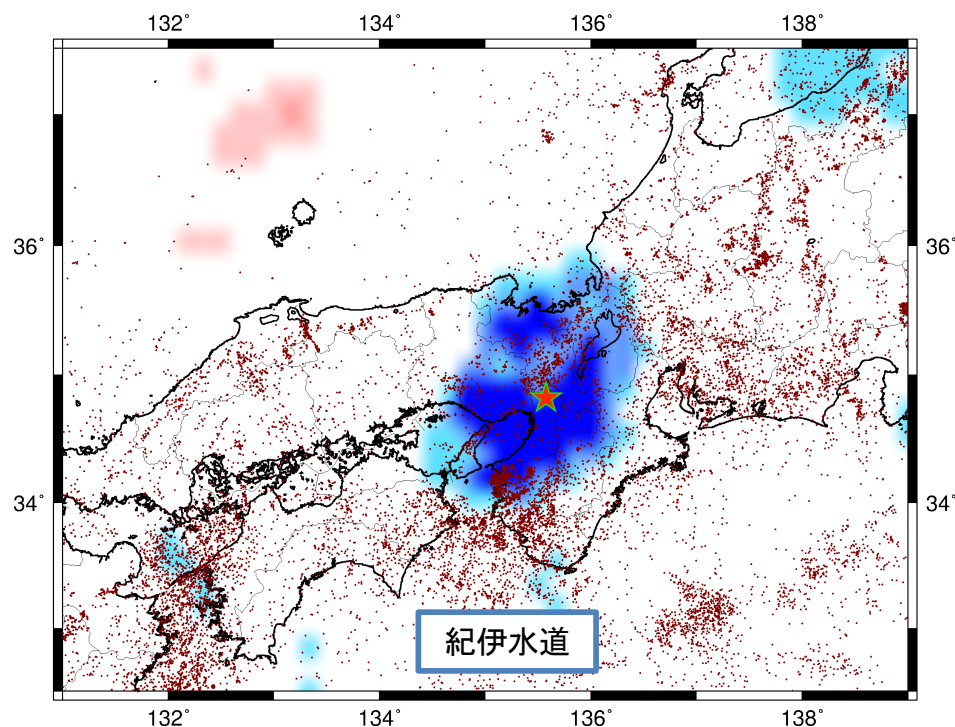
熊本地震はその発生5ヶ月前の2015年11月14日に鹿児島県西方でマグニチュード7.1の地震が発生しており、実際にはペアと考えられる地震であった

出典: Nanjo, K. Z., J. Izutsu, Y. Orihara, N. Furuse, S. Togo, H. Nitta, T. Okada, R. Tanaka, M. Kamogawa and T. Nagao, Seismicity prior to the 2016 Kumamoto earthquakes, *Earth, Planets and Space*, 68:18, DOI 10.1186/s40623-016-0558-2, 2016.

熊本地震は2016年4月に発生したが、静穏化のピークは、その約半年前であった 15

2018年6月18日 大阪北部地震(M6.1) 静穏化が最も進んだ時に発生

大阪北部地震はマグニチュードに
比較して、かなり静穏化の面積が
大きかった
実は同時期に紀伊水道で**スロー
スリップ**が発生していた



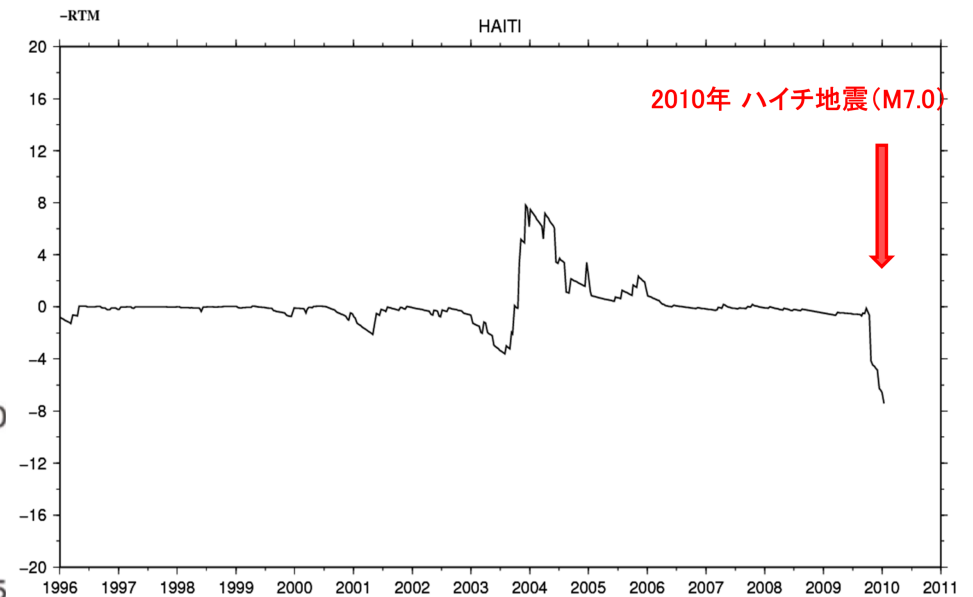
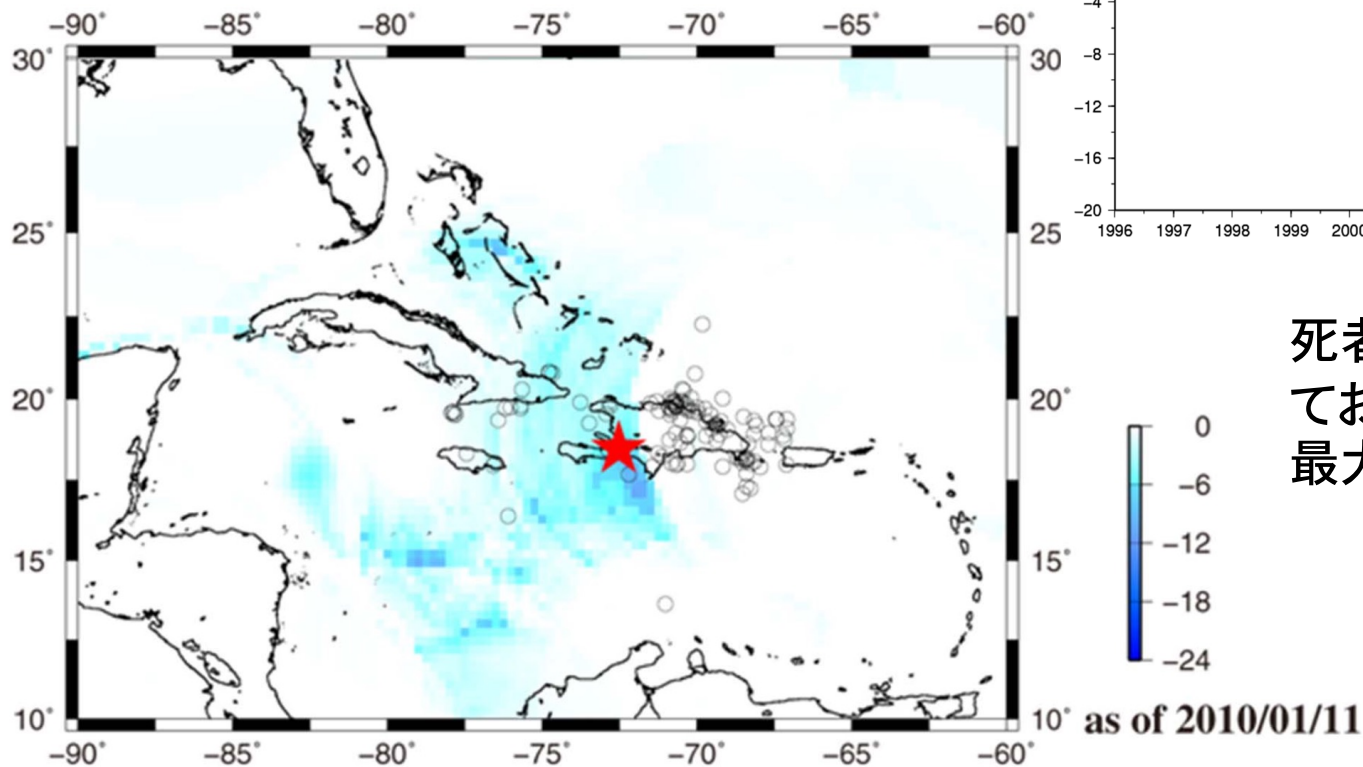
300
30
10
0
-4
-8
-16
-50
as of 20180618.

紀伊水道でM7クラスの
スロースリップ開始

出典:長尾年恭, 井筒 潤, 2018年6月に発生した大阪北部地震(M6.1)に先行した地震
活動の静穏化異常, 東海大学海洋研究所研究報告, 40, 18-24, 2019.

2010年1月12日 ハイチ地震(M7.0)

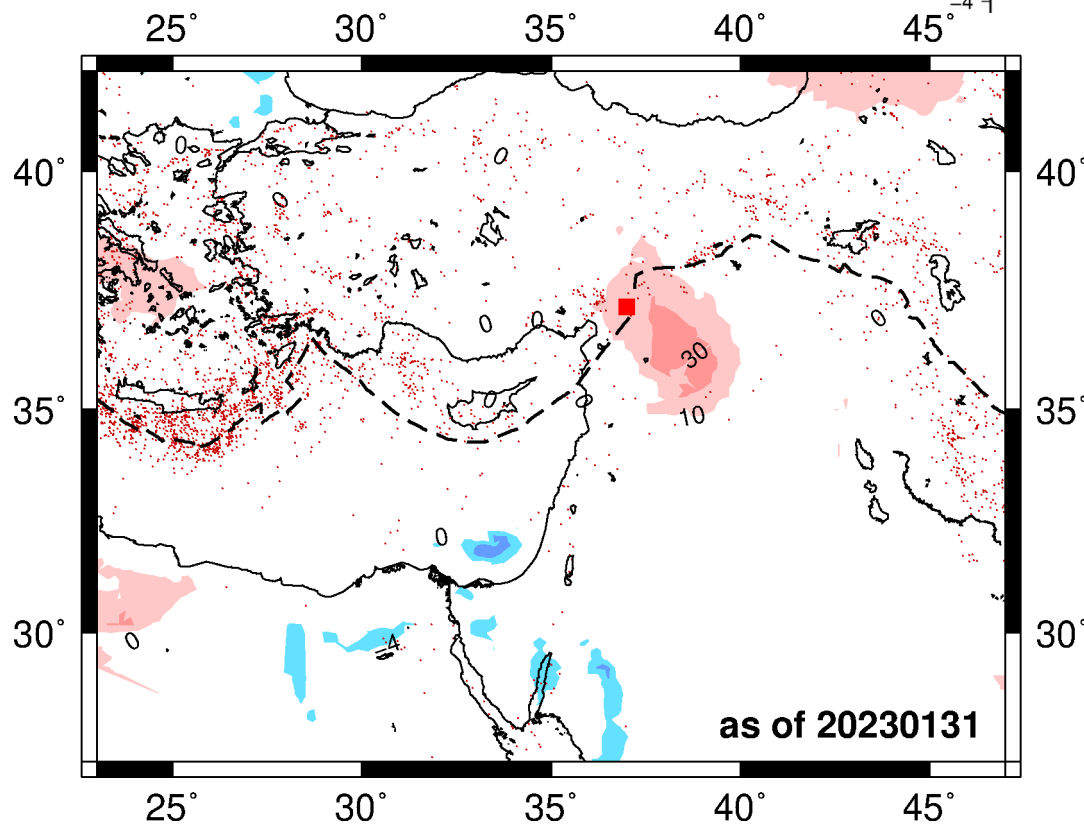
ハイチ地震は地震活動静穏化中に発生



死者は31万6千人程と報告されており、活断層型の地震としては最大の死者を出した

2023年トルコ・シリア地震

トルコ・シリア地震は2023年2月6日に発生、マグニチュード7.8という関東大震災と同様なプレート境界の巨大地震であった



トルコ地震発生の40日ほど前から地震活動度が明らかに活発化していた事が判明

地下天気図で異常が事前に確認できなかった M7クラスの被害地震 (1995年以降)

- 2004年10月23日 新潟県中越地震(M6.8)
- 2005年3月7日 福岡県西方沖地震(M7.0)
- 2007年7月16日 新潟県中越沖地震(M6.8)
- 2018年9月6日 胆振東部地震(M6.7)

は事前には異常を検知できなかった