

地震予知研究の海外での動向と内閣府委員会でのコンセンサス

2017年2月1日

東海大学海洋研究所
地震予知・火山津波研究部門
長尾年恭



自己紹介 長尾年恭(ながお としやす)

現職: 東海大学教授 海洋研究所・所長 地震予知・火山津波研究部門長

出身地: 東京

1988~1995: 金沢大学理学部助手

1996~2016.3: 東海大学海洋研究所地震予知研究センター

2016.4~: 東海大学海洋研究所・所長、地震予知・火山津波研究部門・部門長

2006~2007: 東京大学地震研究所・客員教授

第22次日本南極地域観測隊, 越冬隊(1981-83)に参加

1991年, アテネ大学物理学部で地電流を用いた地震予知研究に従事

専門: 電磁気学的な手法による地震発生直前予測の研究

統計物理学・パターンインフォマティクスによる短・中期地震予測の研究

地震防災啓発活動・耐震補強の推進、地球熱学

委員等: 大阪府ならびに大阪市特別参与(2012-13) 大阪府市エネルギー戦略会議

内閣府・南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会(2012-13)

内閣府・南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会(2016-)

地震学会、地震予知検討委員会委員(2001-2014)

統合国際深海掘削計画(IODP)日本代表理事(2004-2008)

国際測地学・地球物理学連合(IUGG)

地震・火山噴火に関する電磁現象WG(EMSEV)事務局長(2001-)

東大地震研 地震・火山噴火予知研究協議会委員(2009-)

一般財団法人『強靱な理想の住宅を創る会』代表理事(2014-)

一般社団法人『レジリエンスジャパン推進協議会』理事(2014-)

一般社団法人『日本地震予知学会』理事・副会長(2014-)

短期・直前予知研究の世界の動向

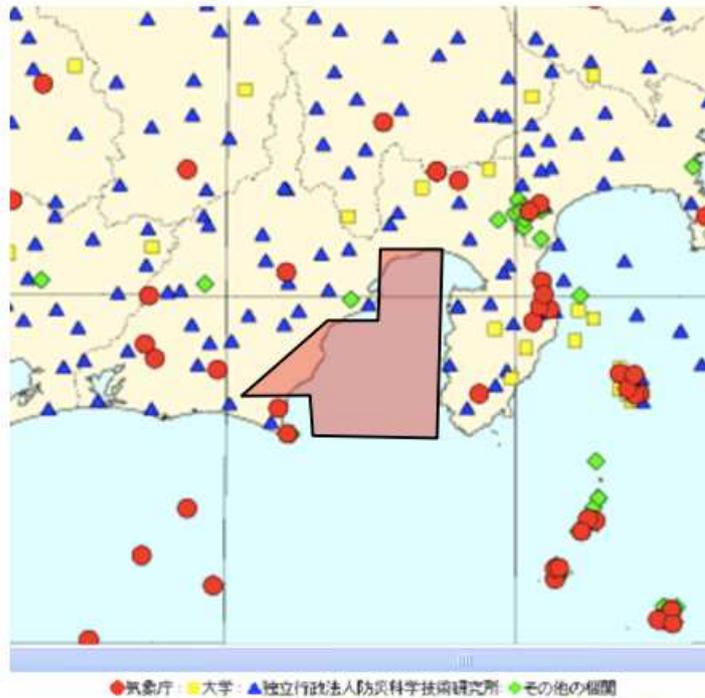
- 地震学、測地学以外の研究者(統計物理学、超高層・大気物理学等)の参入
- 地震活動度解析で統計物理学的なアプローチが活発化した(長距離相関という概念の導入)
 - 巨大地震は偶然には発生しない
- 統計的有意性のある先行現象に関する論文が複数出版
- ただ、統計的有意性がある先行現象を用いても、正確な予測は現時点では極めて困難である事も事実
- フランスに続き、中国も**地震発生予測を目指した人工衛星**を2017年7月28日に打ち上げ(唐山地震の記念日:41年前)
- 国際測地学・地球物理学連合(IUGG)内でも**EMSEV** (Electromagnetic Studies of Earthquakes and Volcanoes)が中心となり電磁気学的な地震発生予測・火山噴火予知研究を推進

内閣府委員会委員のコンセンサス

- 南海のほうが、東北沖より前兆すべりは出やすい
- これはアスペリティの単純さに大きく依存
- もし想定東海地震震源域のアスペリティが1つであれば100%前兆すべりは出現する(井出委員、掘委員)
- *b*値変化などの地震活動度変化を追跡するためにも、駿河湾に海底ケーブル地震計が必須
- 1492年の明応の地震は津波地震の可能性大. どこが破壊したかも不明
- 記録にある南海トラフ沿いの地震だけでも多様性に富む
- 歴史的事実としては過去1500年間、東海地震単独では発生していない
- **基礎となる情報**がなければ、科学は何も言えない

実は駿河湾は地震観測の空白域！

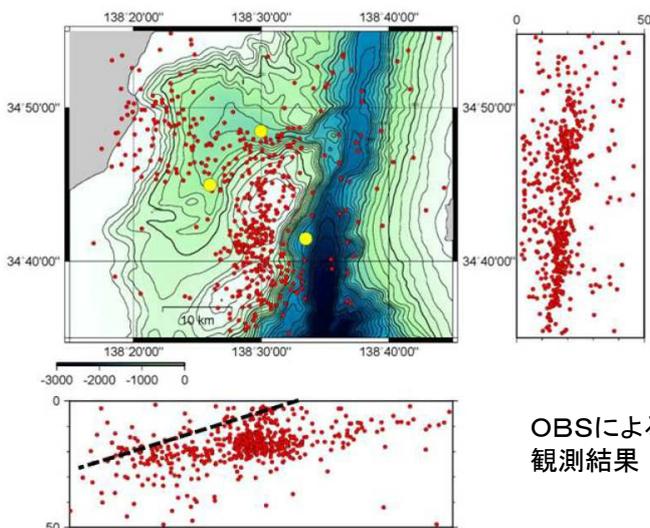
東海地域における地震観測点(●:気象庁 ▲:防災研)



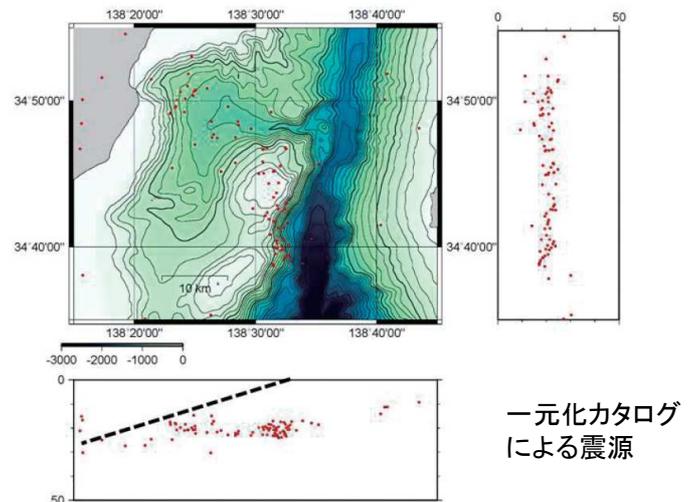
駿河湾には海底ケーブル式地震計が置かれた事はない

東海大による駿河湾内でのOBS観測

ETASモデルを適用するためにはバックグラウンドのサイズミシティーがある程度高い必要がある(同一期間で15-20倍ほどの地震を観測)



OBSによる
観測結果



一元化カタログ
による震源

東海大学の小型観測船とOBSを用いた駿河湾内での微小地震観測。駿河湾はHi-netで十分カバーされていると考えられているが、同一観測期間内で3点のOBSを併用した場合には約10倍の地震数を検知している。先行的な地震活動変化を抽出するためにも、今後オンライン化が望まれる(2012年10月から13年5月まで。気象研究所と東海大学との共同研究の一環として実施)。

(馬場ほか、自己浮上式海底地震計(OBS)を用いた駿河湾石花海周辺海域における連続地震観測
東海大学海洋研究所報告, 36, 23-29, 2015.)

http://www.scc.u-tokai.ac.jp/~289077/bulletin/files_for_bulletin/36_23-29baba.pdf

地震予知研究に足りないもの

地震・火山活動監視の研究の統合化

地下を『**視る**,**診る**,**看る**』



日本有数の自然災害が近未来に発生
地震、津波、火山だけでなく地滑り、
土砂災害等も
経済災害という視点の欠如

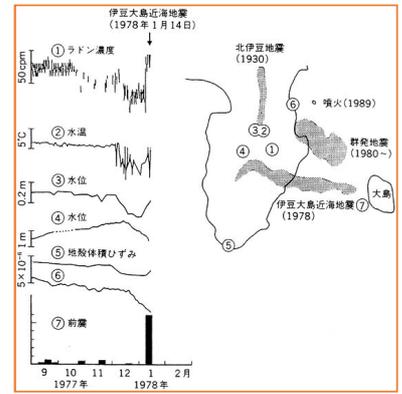
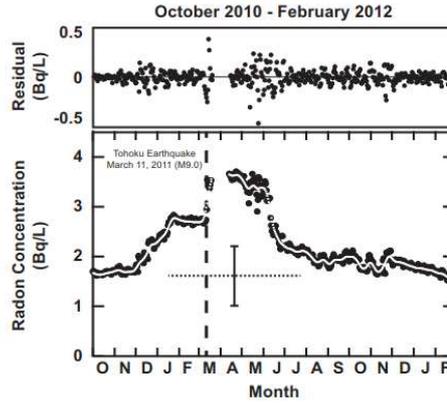
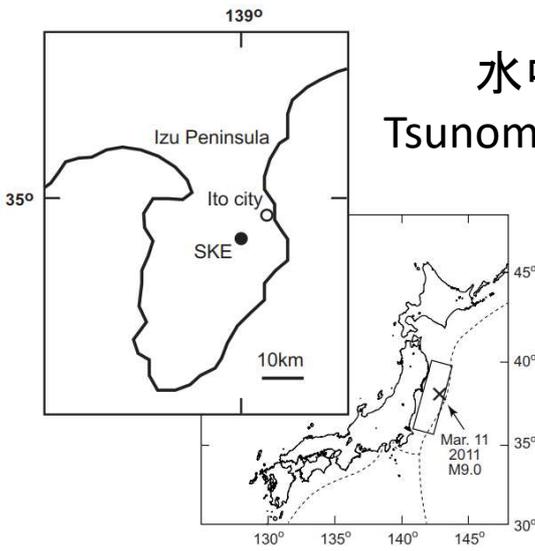
五感を使って地下を監視

- 聴覚 ー > 地震計(CTスキャン、聴診器)
- 触覚 ー > GPS(体重計、触診)
ー 国が実施しているのは主にこの2つ ー
- 嗅覚 ー > 火山ガス監視(味覚を含む)
地下水成分(水位)監視
- 視覚 ー > 火山監視カメラ・潮位計
- さらにレントゲン(電磁気観測:MRIに相当)

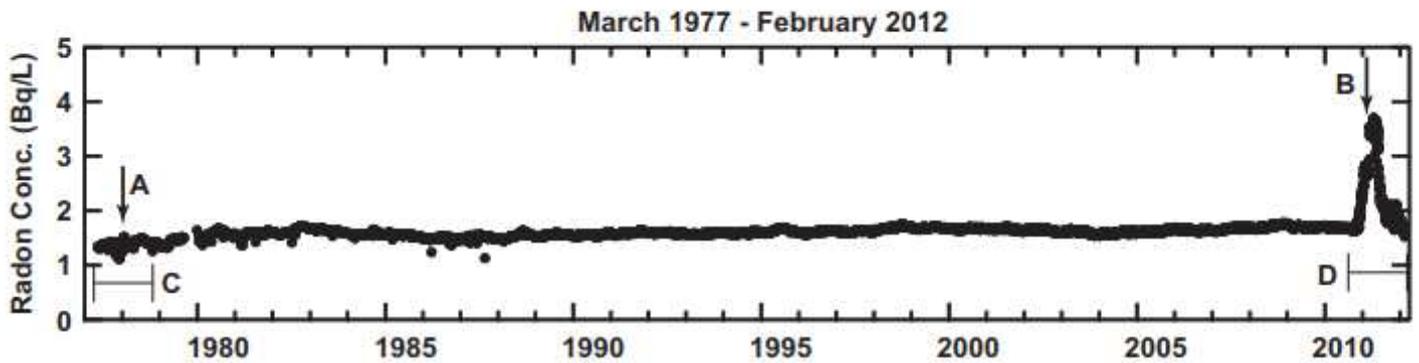
これらの観測をIT技術を用いてわかりやすく情報発信していく!

水中ラドンの異常

Tsunomori & Tanaka (2014)



1978年の伊豆大島近海地震は複数の“前兆”が観測されたとして、1995年頃までの大学の予知研究紹介の表紙を飾っていた



1978年の伊豆大島近海地震以降、30年ぶりに観測された地下水中のラドンの異常

キーポイントは“複合的監視”

- b値 (中規模地震と小地震の発生割合)変化
- 中規模の地震が潮汐と同期して発生
- 地殻変動(GPSで検知)
- 地震活動の静穏化・活性化
- 大気中のラドン濃度変化
- 地下水位・温度の変化
- 電離圏異常を含む各種電磁気学的異常
- 前震活動 (震源の移動を含む)

青色：数年オーダーの変化

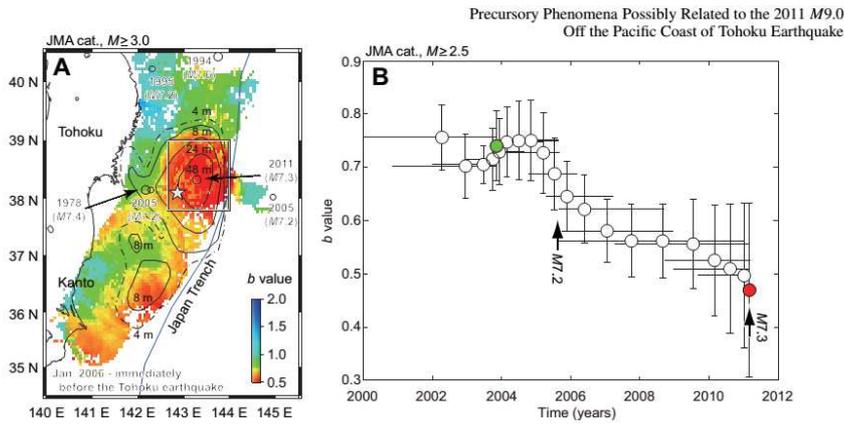
緑色：数ヶ月オーダー

赤色：数日オーダー

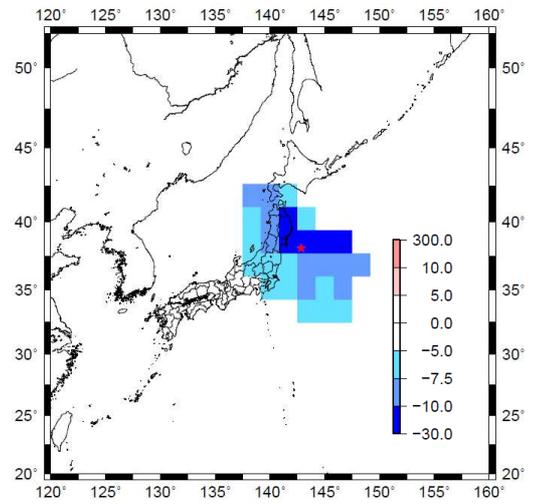
311の前に観測されていた各種異常現象

再解析・再着目: 2011年東北地方太平洋沖地震前の先行現象

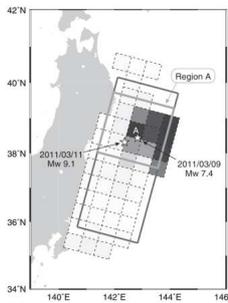
地震活動度 (数年~10年オーダーの変化)



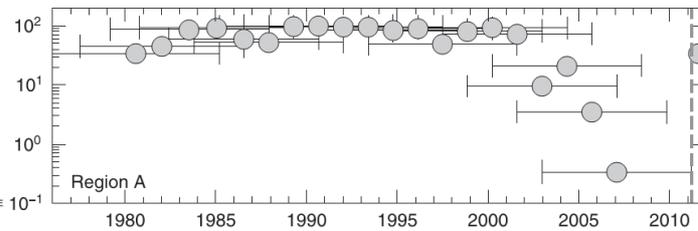
b値の長期的な低下(Nanjo et al., *GRL*,2012)



震源付近での地震活動の長期的な静穏化 (RTM法: 東海大)

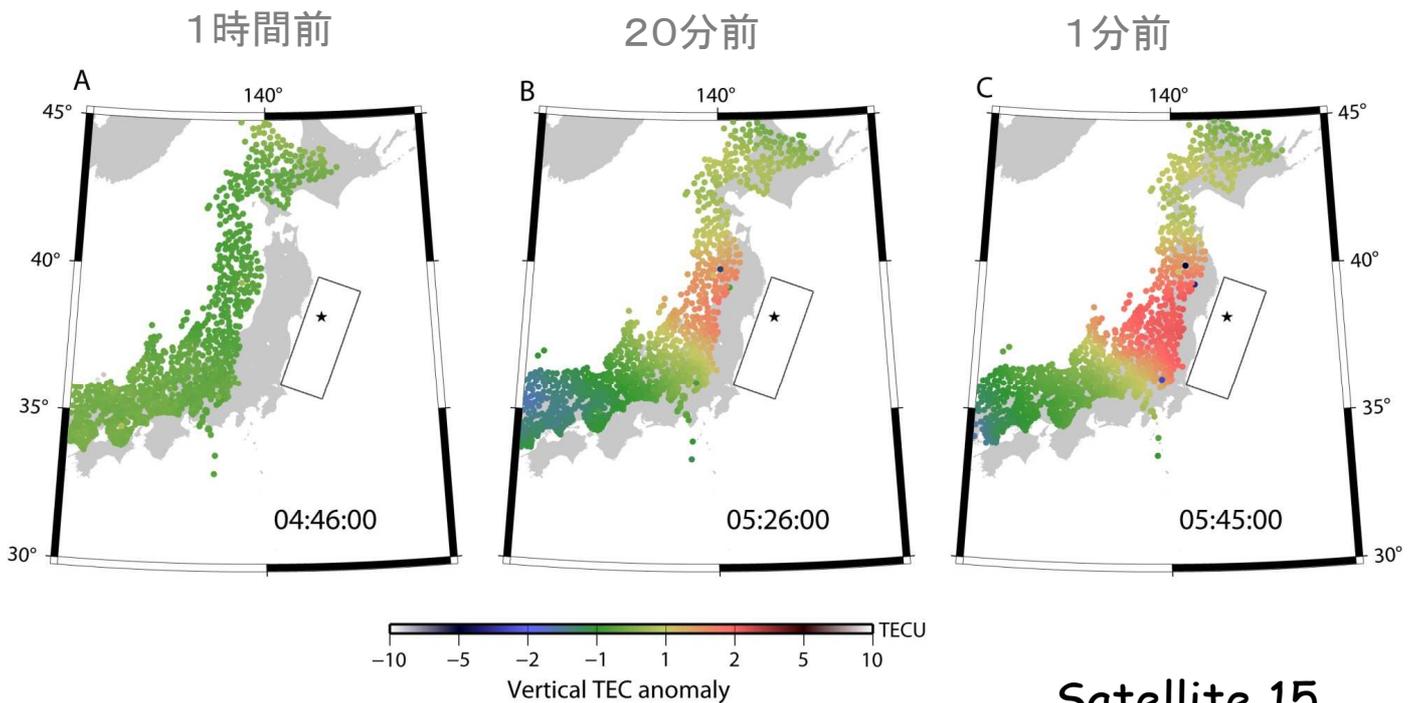


中規模地震の潮汐との同期 (Tanaka, *GRL*,2012)

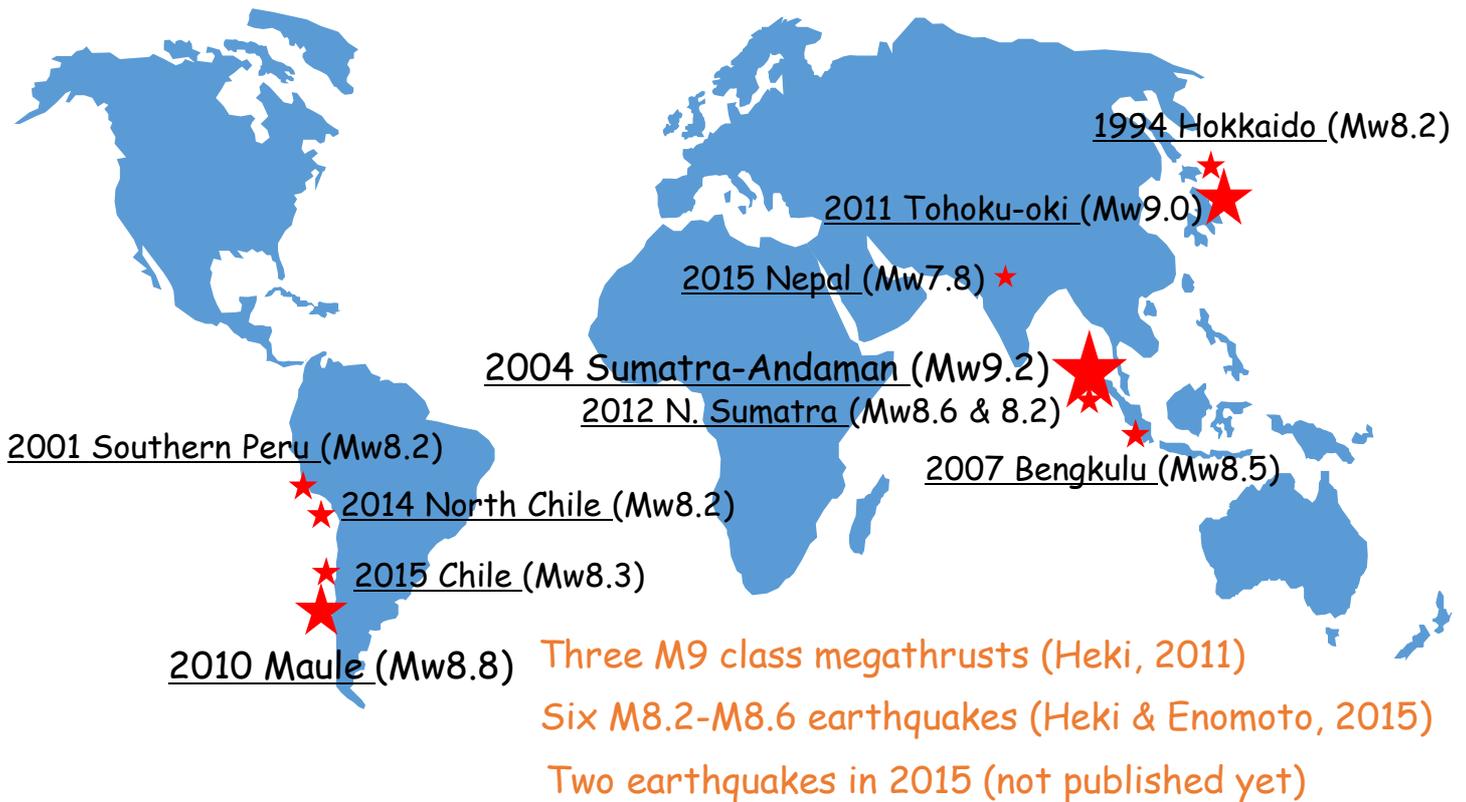


GPS衛星による全電子数の異常(Heki, 2011)

Positive TEC anomaly precedes the earthquake

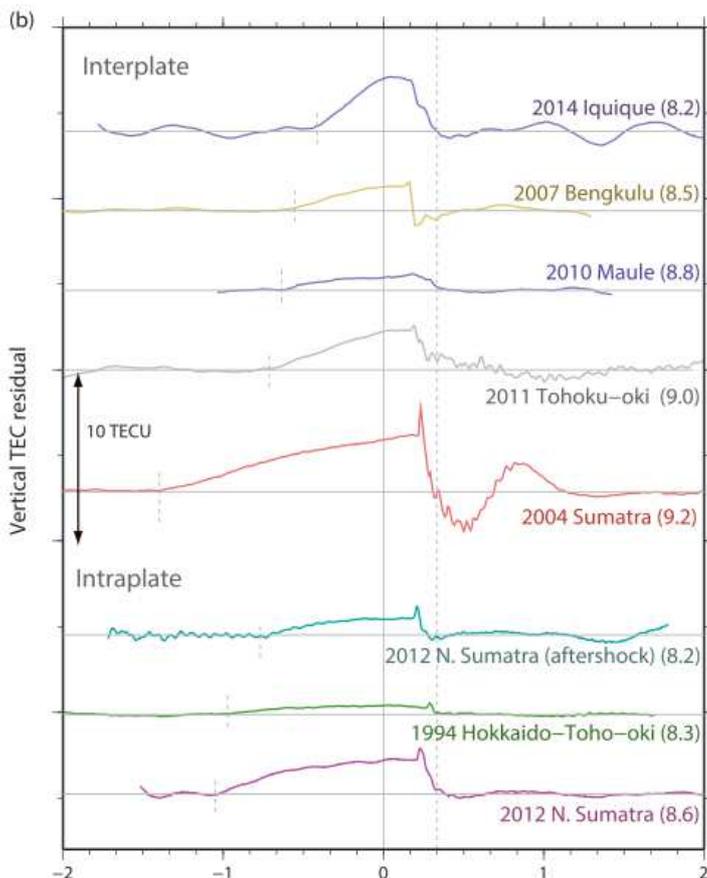


これまで11個の地震で同様な異常を観測 (M_w 7.8-9.2)



データの折れ曲がりをAICで
定量的に検出

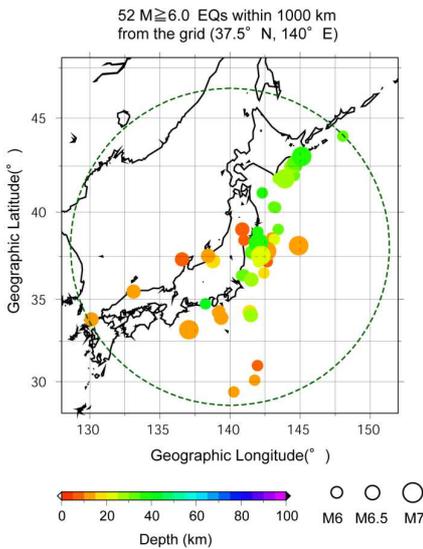
日置らによる巨大地震 (M_w 8.2以上) のVTECの直前の折れ曲がり



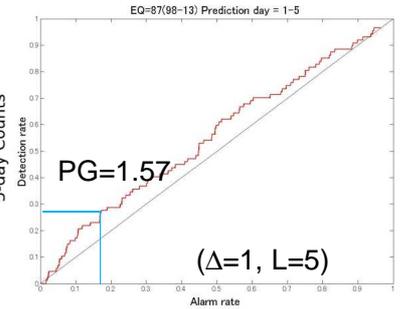
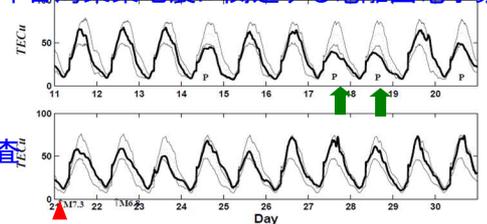
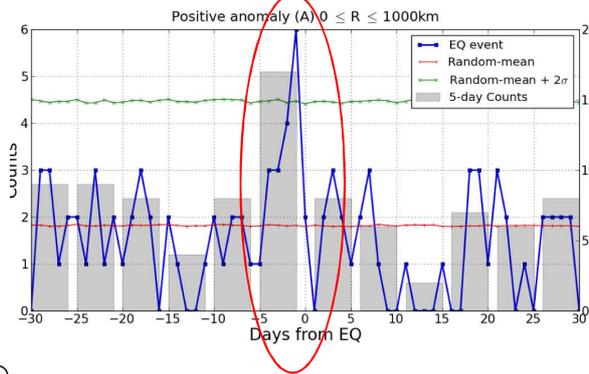
- 東北地方太平洋沖地震の40分前に電離層電子密度が震源域上空で上昇
- フィッティングカーブのとり方による人為的な現象との批判
- そこでフィッティングカーブを用いる事なく、地震発生前のデータだけで折れ曲がりが存在する事を定量的に証明
- 現時点でGNSSデータが使える M_w 8.2以上の地震では例外なくこの”折れ曲がり”が直前に出現
- 変化量はバックグラウンドTECと M_w とに相関

地震に先行する電離圏電子数異常

1999年台湾集集地震に関連する電離圏電子数異常



日変化パターンの異常と地震との相関を調査



統計解析 : 1998-2010

52EQs with $M \geq 6.0, D \leq 40 \text{ km}$

地震の1-5日前に有意に電離圏総電子数(TEC)が増加 (Especially, 1 days before)

- ✓震源距離依存性 あり
 - ✓マグニチュード依存性 ($M \geq 5.8$) あり
- Kon et al., J.Asian Earth Sciences, 2011

MED解析 : 1998-2013

87EQs with $M \geq 6.0, D \leq 40 \text{ km}$

地震前兆の情報を含む。
最大確率利得は約2。
地震予測パラメータとして利用可能。

Hattori et al., EMSEV, 2016

地震発生予測実用化のための提言

● 地震予測は防災の一部

東海地震では津波到達時間が短く、緊急地震速報も適応外
短期・直前地震発生予測は防災の最後の砦
複数の先行現象検知で実用的な発生予測が実現できる可能性も存在

● 地震予知不可能説からの脱却

近年の高品質なデータをもとに、いまいちど既存の手法に立ち戻る必要あり
伝統的な地震・測地学データを新たな目でみる必要あり
地震・測地学とは違う分野にも視野を広げる必要あり

● 国の大規模観測インフラの活用

国の地震・GPS稠密観測網のビックデータマイニングだけで多くの先行現象が発見可能
インフラ投資なしのデータマイニング人材の育成のみで大きな効果

● 準科学データの活用

科学用途でないデータにも予測技術として実用性があり、労力対効果が高い

● 地震・火山のホームサイエンティストの育成

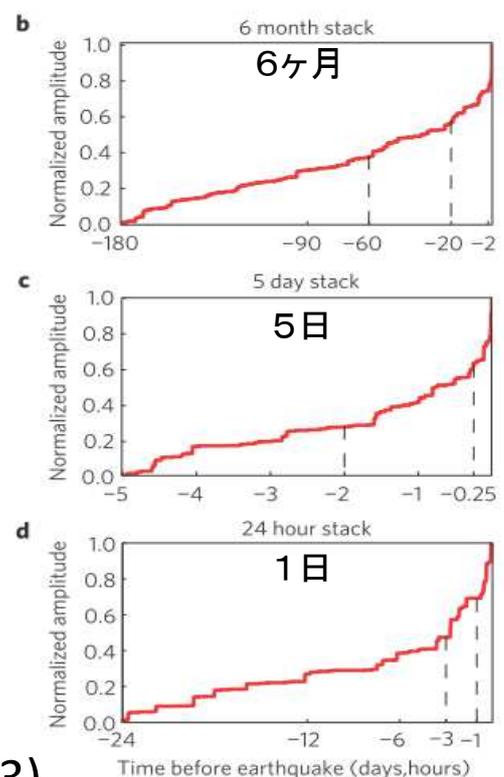
それではどうすべきか

- 短期・直前予知研究者のポストの不足
 - > 研究費はある程度確保できるが
研究者がいない！
- 10年程度のプロジェクト(細く、長く)
- 少なくとも良いから継続的な予算
- 地球科学者(2-3名)、コンピュータ技術者(1名)、物理学者(1名)程度のチーム
- 防災の一環としての位置付け(予知か防災かは間違い！)

本当に地震予知は不可能なのか？

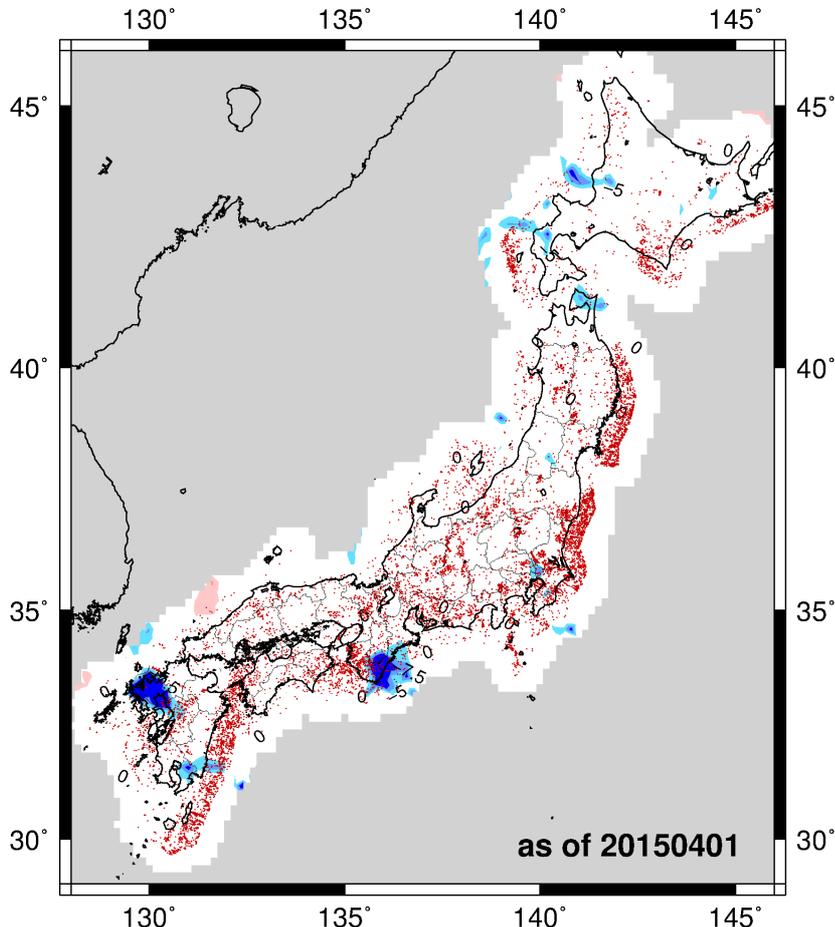
ここ数年の研究の急激な進展

- 先行現象に関する統計的有意性の確認
- 明らかな前震というものが存在
- 日本とアメリカの地震カタログを使いM6.5以上のプレート間地震31個のうち、25個で本震へ向けての地震活動の加速を検出

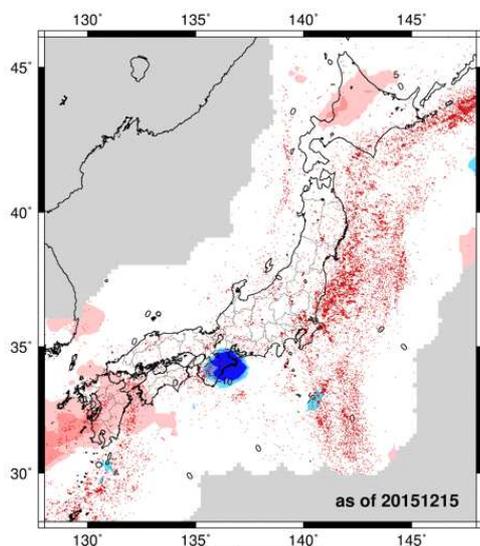


地下のムービー を撮ろう！

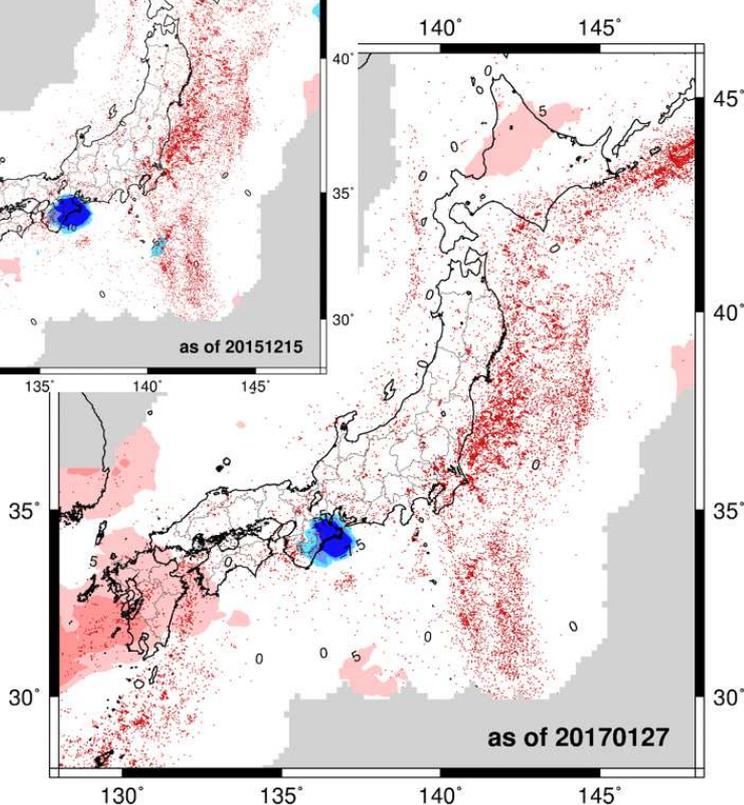
Hi-netが稼働して以降の詳細な
地震カタログを使用



東海大学で実施中の「**地下天気図**」プロジェクト
地震活動の異常がどのように推移しているかを可視化

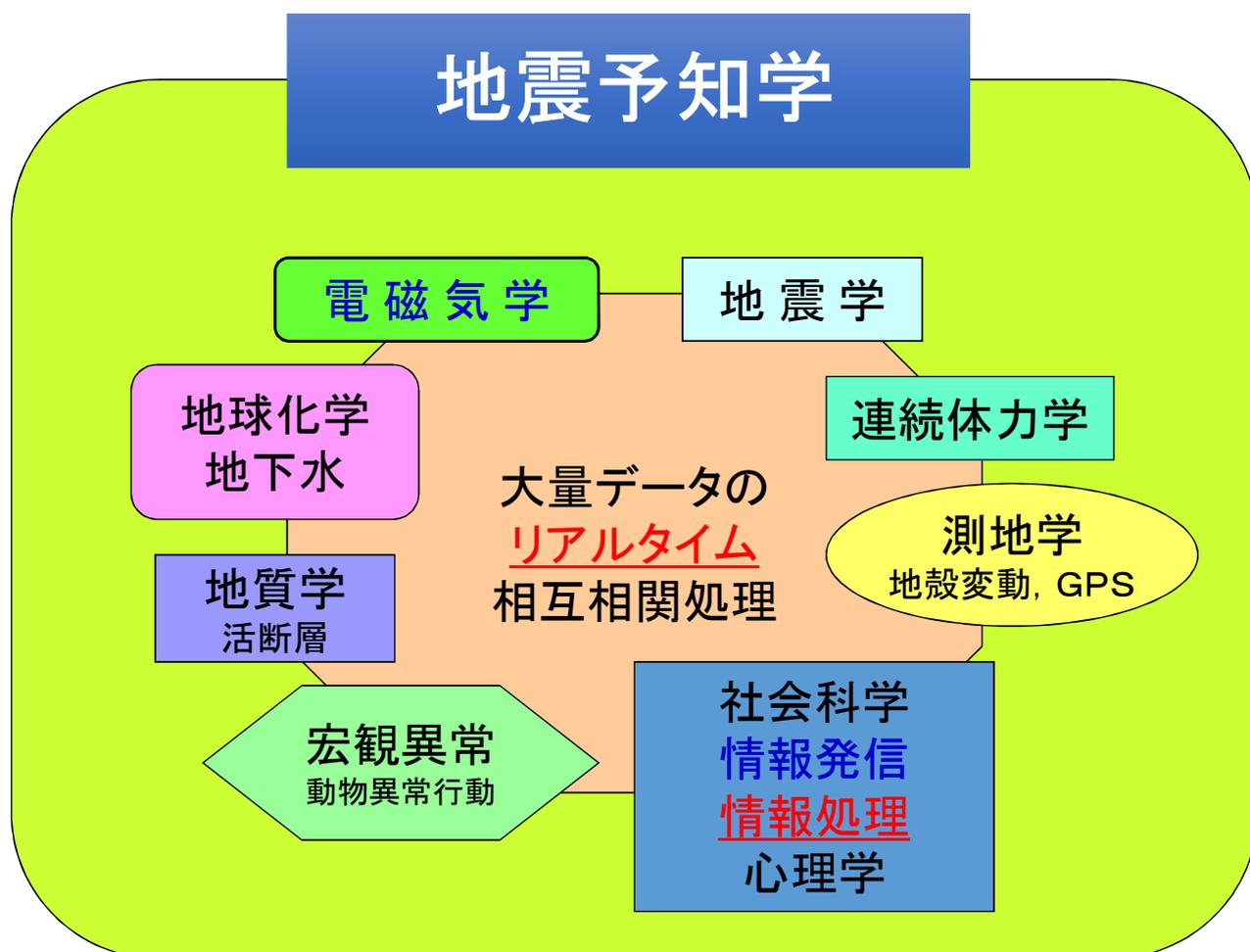
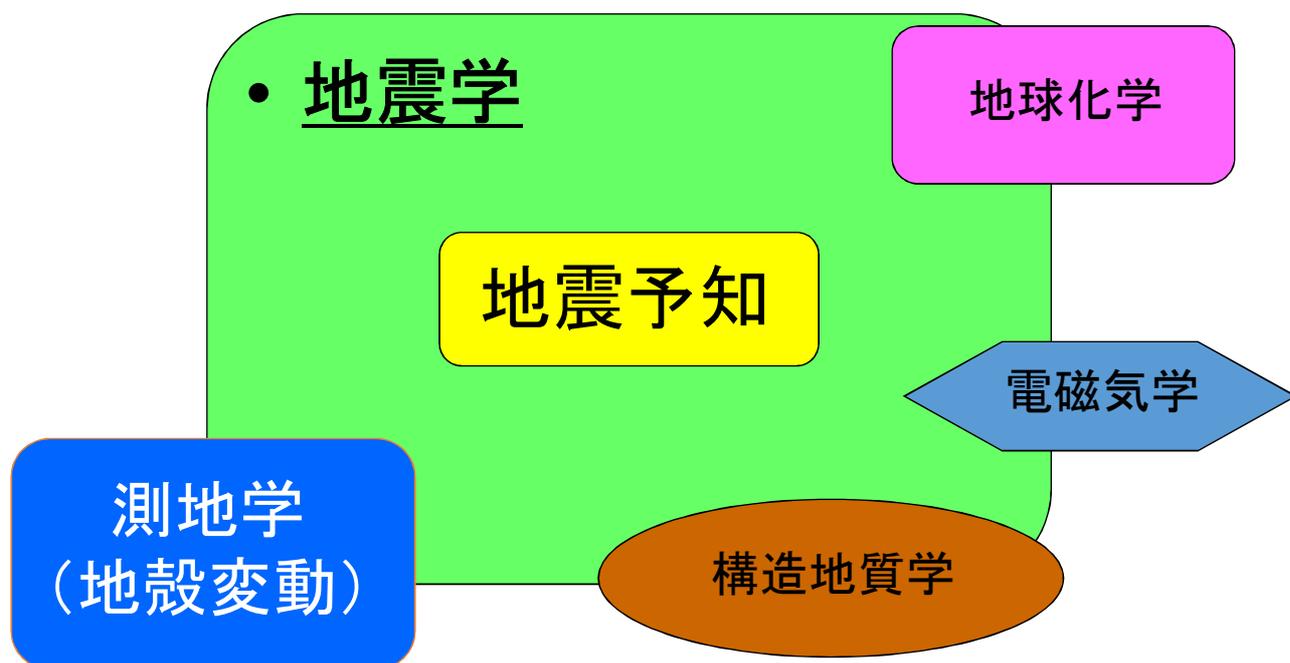


海域における大地震(M7以上)を
対象とした解析



1月27日時点の
地下天気図

古典的な地震予知研究の概念



2011年東北地方太平洋沖地震を事例にした確率的地震発生予測

宇津（1979）の考えを2011年東北地方太平洋沖地震に適用

A: GPS地殻変動は5年以内の確率を1/10（仮定値）

B: b値や潮汐も5年以内の確率を1/10(仮定値)

C: 地下水は3ヶ月以内の確率を1/10(仮定値)

→ 上記3つの事象が**独立な**「異常」だった場合、**3日以内に57%, 30日以内の場合93%の確率**で大地震が発生するという計算結果が算出できる

今後の研究で上記仮定値を算出できるようになれば
実用的な確率的地震発生予測にも道が開ける