

大規模地震の先行現象に関する最新の研究内容2

—特に電磁気学的先行現象—

2016年11月1日

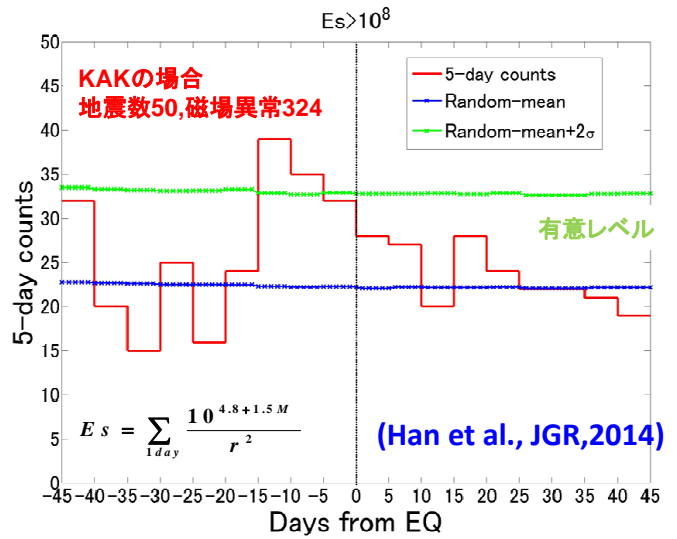
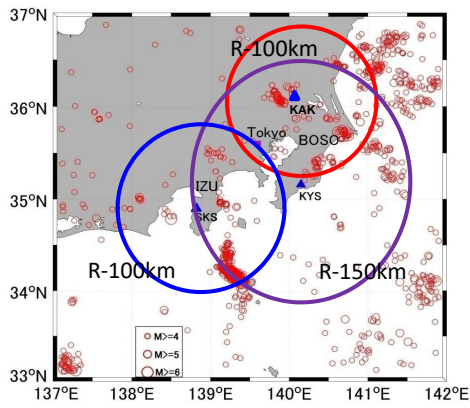
東海大学海洋研究所
地震予知・火山津波研究部門
長尾年恭

電磁気観測による予測可能性について

—先行現象の観測的研究とその統計評価—

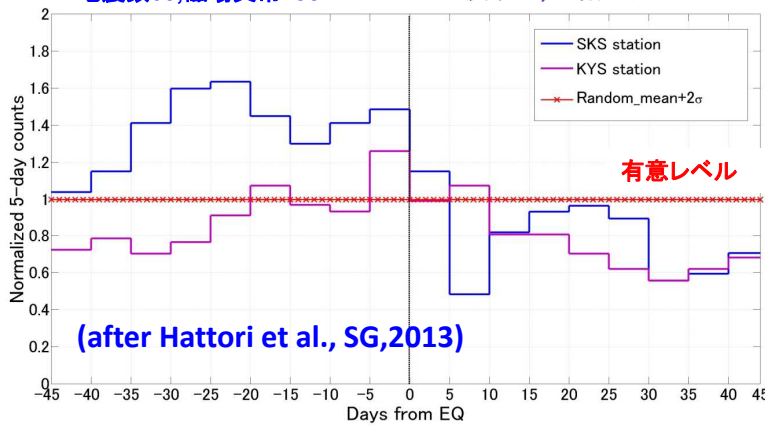
- 2000年代に入り、デジタル収録技術の急速な進歩もあり、これまで困難だった色々な解析手法が適用できるようになった
- 事例解析だけでなく、気象庁柿岡地磁気観測所等のデータの長期間の統計解析の結果、地震と地磁気変動に有意な統計的相関が存在する事が示された
- 電磁現象発現メカニズムについても、ポジティブホール拡散説の実験的証明がなされた (Takeuchi and Nagao, 2013)
- 2000年三宅島噴火とそれに関連する激しい地震活動および2000年・2007年房総スロースリップ時に地殻変動・地震活動と明瞭に関連する電磁現象が観測された (Uyeda et al., Takahashi et al., 2007)
- 本報告は主に千葉大学・服部研究室での成果を中心にとりまとめた

統計解析(2000-2010年)



SKSの場合
地震数60, 磁場異常235

KYSの場合
地震数92, 磁場異常287

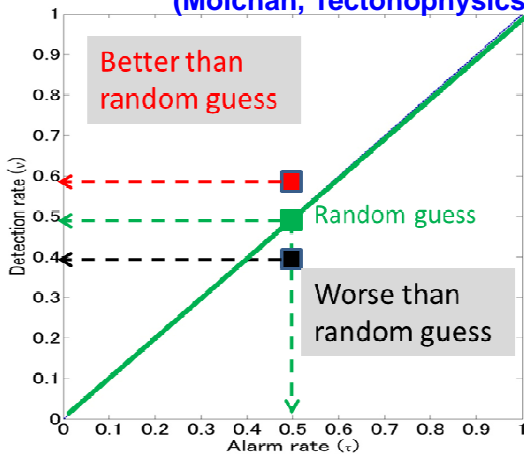


Z成分の異常変動日(10年間の統計に基づく)とEs>8.0以上の地震活動日との相関解析。ランダム平均+2σが有意レベル。

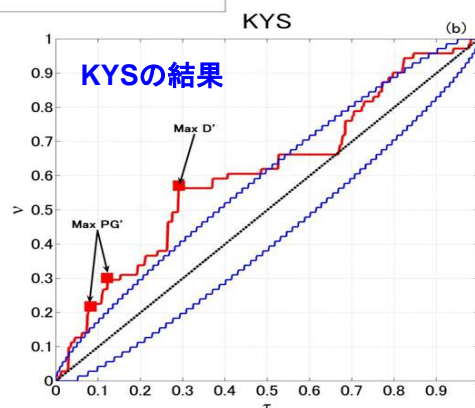
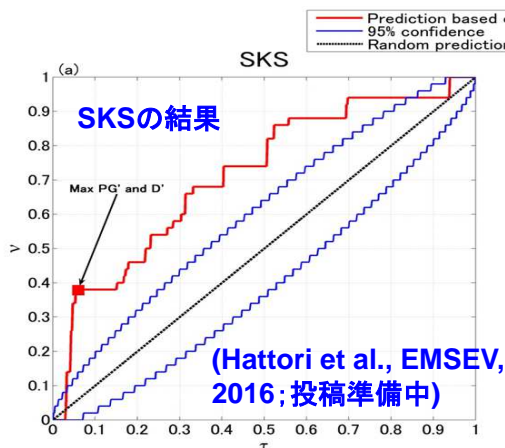
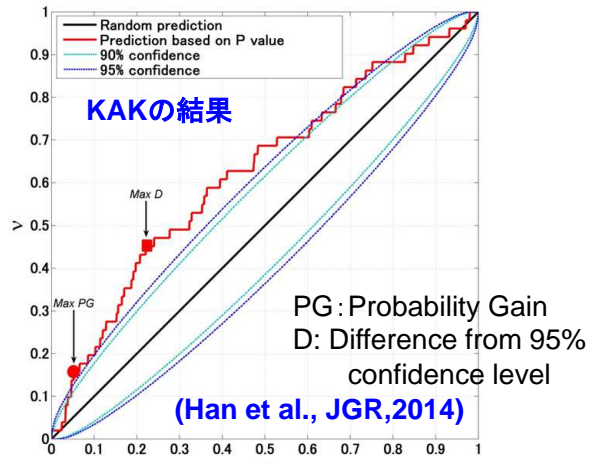
ULF磁場の異常変動は地震後よりも前に有意に出現する傾向にある。Kakiokaと房総KYSに関しては先行時間は1-2週間程度で火山性の地震が多い伊豆SKSでは先行時間は1ヶ月以上となる。

短期予測指標としての有効性

(Molchan, Tectonophysics, 2011)

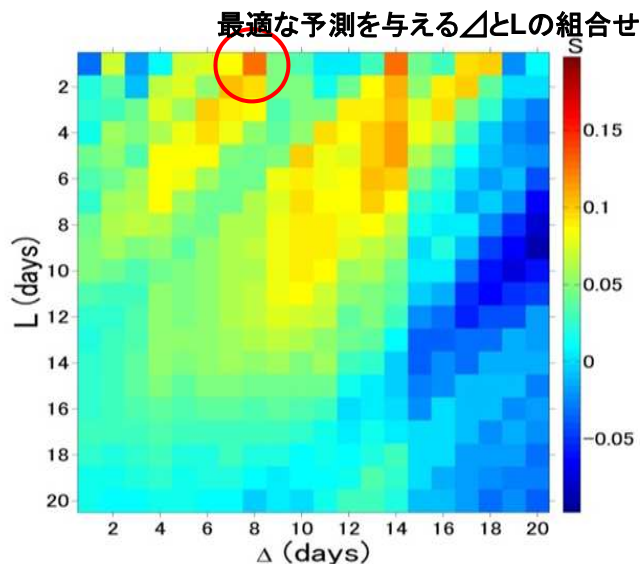
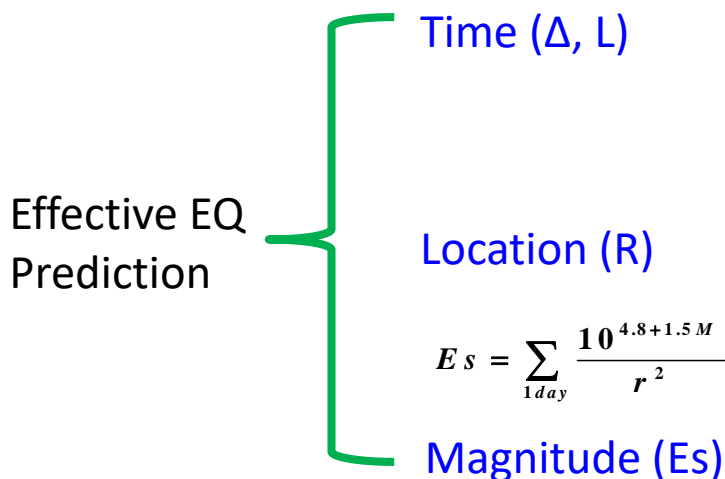


Molchan's Error Diagram解析



ULF磁場異常はランダム推定より明らかにかつ有意に地震に関連する情報を含んでおり、短期予測指標として有効

最適パラメータの調査



$$E = f(\Delta, L, R, E_s)$$

KAK観測点に対する最適パラメータは $\Delta=8, L=1$ となる

(Han et al., GJI, accepted)

まとめ

- 地震に先行するULF電磁気現象は存在するk可能性が極めて高い。
- 0.01~0.1Hz帯のZ(鉛直)成分に顕著に出現する。
- $E_s > 10^8$ の地震活動日に先行してULF磁場活動度が有意に増加する。
- ULF磁場異常は地震前兆の情報が含まれており、その確率利得は3~8倍程度。
- モルチャン・エラー・ダイアグラム解析をすることで確率利得やランダム推定やその95%有意レベルからの距離を最大にするパラメータを決定可能。

Reference list

Hattori, K., ULF geomagnetic changes associated with large earthquakes, *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 15, 329-360, 2004.

Hattori, K., Han, P., Yoshino, C., Febriani, F., Yamaguchi, H., Chen, C.-H., Investigation of ULF Seismo-Magnetic Phenomena in Kanto, Japan During 2000-2010: Case Studies and Statistical Studies, *Surveys in Geophysics*, 34, 293-316, DOI 10.1007/s10712-012-9215-x, 2013

Hattori, K., Han, P., Zhuang, J., On the ULF seismo-electromagnetic studies in Japan, 13th Annual Meeting of Asia Oceania Geosciences Society, July31-Aug. 5, 2016, Beijing China

Han, P., Hattori, K., Hirokawa, M., Zhuang, J., Chen, C.-H., Febriani, F., Yamaguchi, H., Yoshino, C., Liu, J.-Y., and Yoshida, S., Statistical analysis of ULF seismo-magnetic phenomena at Kakioka, Japan, during 2001-2010, *J Geophys. Res.*, SPA, 119, 4998–5011, doi:10.1002/2014JA019789., 2014

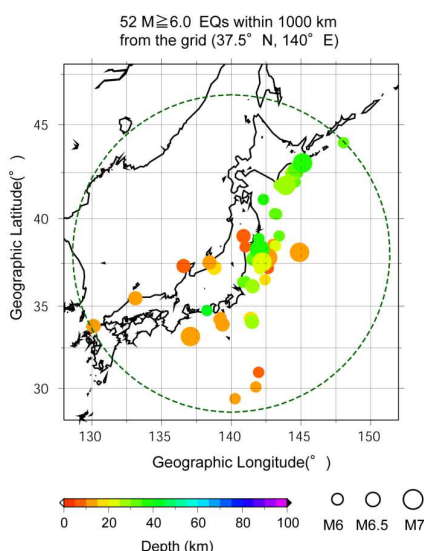
Han, P., Hattori, K., Zhuang, J., Chen, C.-H., Liu, J.-Y., and Yoshida, S., Evaluation of ULF seismo-magnetic phenomena in Kakioka, Japan by using Molchan's error diagram, *Geophysical Journal International*, 2016 accepted

Takahashi, I., Hattori, K., Harada, M., Yoshino, C., and Isezaki, N., Anomalous Geoelectrical Signals Observed at Southern Boso Peninsula, Japan, *Annals Geophysics*, 50, 123-135, 2007.

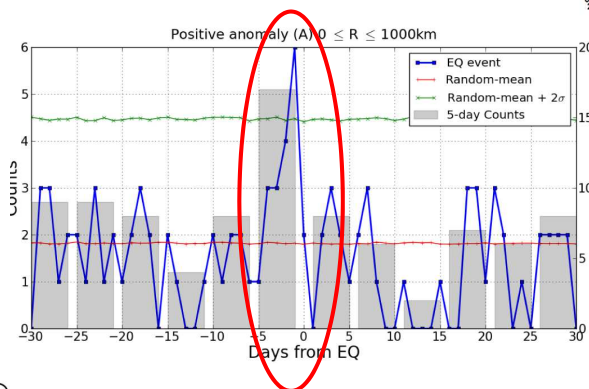
Takeuchi, A., and T. Nagao, Activation of hole charge carriers and generation of electromotive force in gabbro blocks subjected to nonuniform loading, *J. Geophys. Res. Solid Earth*, 118, 915–925, doi:10.1002/jgrb.50111, 2013.

Uyeda, S., M. Hayakawa, T. Nagao, O. Molchanov, K. Hattori, Y. Orihara, K. Gotoh, Y. Akinaga, and H. Tanaka, Electric and magnetic phenomena observed before the volcano-seismic activity 2000 in the Izu Island Region, Japan, *The proceeding of the National Academy of Sciences, USA (PNAS)*, vol. 99, No. 11, 7352-7355, 2002.

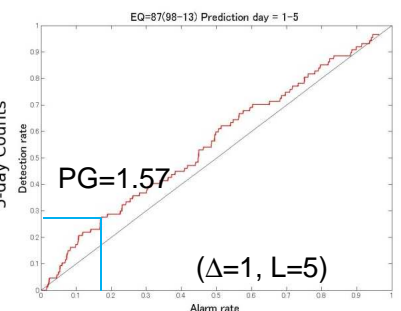
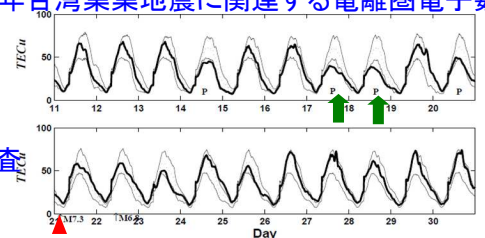
地震に先行する電離圏電子数異常



日変化パターンの異常と地震との相関を調査



1999年台湾集集地震に関連する電離圏電子数異常



統計解析 : 1998-2010

52EQs with $M \geq 6.0$, $D \leq 40$ 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 $M \geq 6.0$, $D \leq 40$ 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。

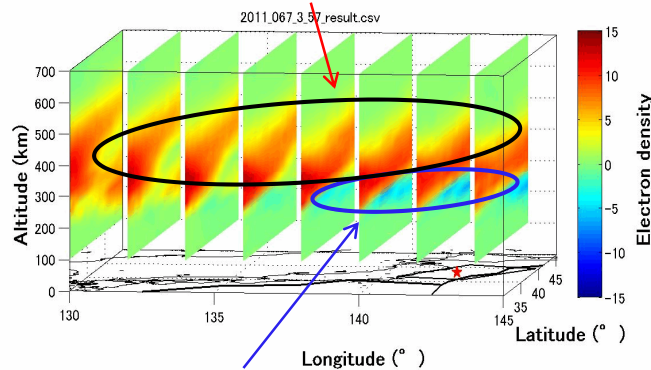
Hattori et al., *EMSEV*, 2016

GIM-TEC* 異常日のトモグラフィー結果

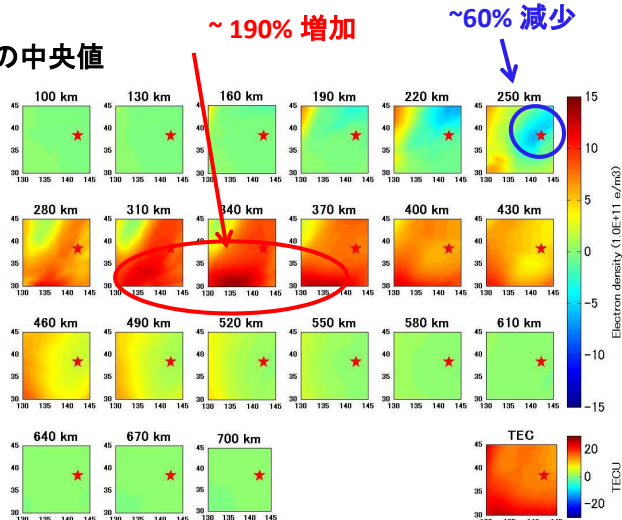
(13:00 LT on March 8)

差分画像 = 観測値 - 過去15日の中央値

電子密度の増加 (+190%)

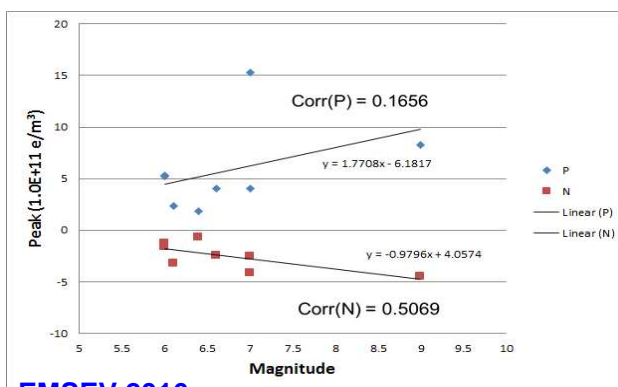


電子密度の減少 (~60%)



Hirooka et al., 電気学会誌2015

Tomographic results EQ with $M \geq 6.0$, $D \leq 40$ km over 1998-2010 + The 2011 Tohoku EQ (M9.0) ... Total 53	rate
EQ with the similar structure for EQs with GIM-TEC* anomalies within 7 days before the EQ satisfied the condition	14 / 28
EQ with the similar structure for EQs with duration more than 10 hours/day	6 / 7



Hattori et al., EMSEV 2016

まとめ

- 地震に先行する電離圏電子数の異常変動は存在する。
- 日本付近ではM6以上の浅い地震の1~5日前に電離圏総電子数(TEC)が有意に増加する。
- 電離圏電子数異常には地震前兆の情報が含まれており、その確率利得は2倍程度。
- 3次元トモグラフィー解析から震央上空約250kmで電子密度が減少する領域が、その上空では電子密度が増加する領域ができる傾向がわかった。増減割合は地震の規模に比例する傾向がある。

Publication list

Kon, S., Nishihashi, M., Hattori, K., Ionospheric anomalies possibly associated with $M \geq 6.0$ earthquakes in the Japan area during 1998-2010: Case studies and statistical study, *Journal of Asian Earth Sciences*, 41, 410-420, 2011 (doi:10.1016/j.jseaes.2010.10.005).

Hirooka, S., Hattori, K. , and Takeda, T., Numerical Validations of Neural-Network-based Ionospheric Tomography for Disturbed Ionospheric Conditions and Sparse Data, *Radio Sciences*, 46, RS0F05, doi:10.1029/2011RS004760, 2011.

廣岡伸治、市川卓、服部克巳、韓鵬、吉野千恵、劉正彦、2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)に先行する電離圏異常の時空間分布、*電気気学会論文誌基礎・材料・共通部門誌*, 136, 265-271, 2016 (DOI: 10.1541/ieeefms.136.265)

Hattori, K., Han, P., Hirooka, S., Liu, J-Y., Assessment of Ionospheric precursory signatures before large earthquakes over Japan area, *Int'l 2016 EMSEV Workshop*, Aug. 25-29, 2016, Lanzhou, China