

Fast Earthquake Characterization using a Single Three Component Seismic Station by Machine Learning Techniques

*Luis Hernan Ochoa Gutierrez¹, Luis Fernando Niño Vasquez¹, Carlos Alberto Vargas Jimenez¹

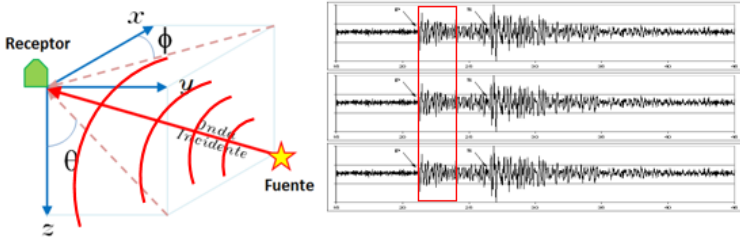
1. Universidad Nacional de Colombia

Earthquake early warning alerts generation is very useful, especially for the city of Bogotá-Colombia, given the social and economic importance of this city for the country. Based on the information from the seismological station “El Rosal” , which is a broadband and three components station, located very near the city that belongs to the Servicio Geológico Colombiano (SGC) a Support Vector Machine Regression (SVMR) model was developed, using a Normalized Polynomial Kernel, using as input some characteristics of the initial portion of the P wave used in earlier works such as the maximum amplitude, the linear regression coefficients of such amplitudes, the logarithmic adjustment parameters of the envelope of the waveform and the eigenvalues of the relationship between the three seismogram components of each band.

The model was trained and evaluated by applying a cross-correlation strategy, allowing to calculate the magnitude and location of a seismic event with only five seconds of signal. With the proposed model it was possible to estimate local magnitude with an accuracy of 0.19 units of magnitude, epicentral distance with an accuracy of about 11 km, the hipocentral depth with a precision of approximately 40 km and the arrival back-azimut with a precision of 45°. Accuracies obtained in magnitude and epicentral distance are better than those found in earlier works, where a large number of events were used for model determination, and the other hipocentral parameters precisions obtained here are of the same order.

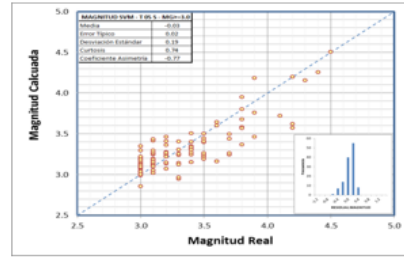
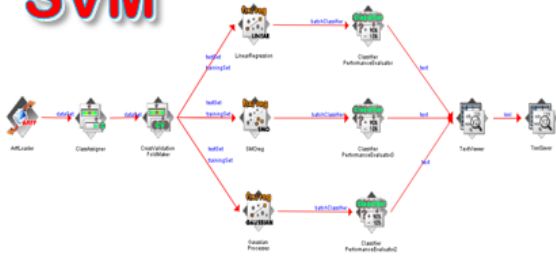
This research work makes a considerable contribution in the generation of seismic early warning alerts, not only for the country but for any other place where proposed models here can be applied and is a very good starting point for future research.

Keywords: Early Warning, Support Vector Machines (SVM), Fast Seismic Characterization, Seismology, Bogotá-Colombia



Early Warning

SVM



Groundwater macroscopic anomalies and earthquake: a case study in Xichang, South-west China

*Zheming Shi¹

1. China University of Geosciences Beijing

Earthquake prediction is a debating topic in the world. One of the focused points is that whether there existed observable and identifiable precursors? What's the objective definition of "anomalies" and what's the quantitative physical mechanism links these precursors to earthquakes. However, anomalies are always reported before and after some major earthquakes. Identify the nature of these anomalies and understand the possible role as precursor will certainly benefit for the debating. Large scale macroscopic anomalies were reported in Xichang area during 2002. And we conducted a field survey in order to indentify the nature of these anomalies and their possible role as precursor. According our investigation, although the groundwater and animal anomalies have no relationship with the strong earthquake, they are surely controlled by the tectonic activity in that area. Because both of the temporally and spatially distribution of groundwater and animal anomalies had related with the tectonic setting and the tectonic activity which get from the seismo-geological and geodetic studies. So the anomalies in Xichang area are the result of the increasing tectonic activity in the Sichuan-Yunnan block. And the groundwater may play as good indicator for the activity in tectonic.

Keywords: macroscopic anomalies, groundwater, earthquake

A Novel Calculation for Estimating Earthquake of Magnitude > 7

*Cheng-Yin Wu¹

1. Taipei Municipal Yongchun Senior High School

The earthquake has always been the major issue of the cities near the earthquake zone. The unpredictability of earthquake has raised the attention on developing earthquake early warning systems (EWS).

This study uses earthquake waveform data from IRIS (Incorporated Research Institutions for Seismology). By using the seismic analysis code (SAC) to process and to analyze the seismic waveform data. This study reveals that the frequency component of the first arrived complete P wave can be used to estimate the magnitude of an earthquake. A low-pass filter with cutoff frequency 3Hz is used to preprocess the waveform signal. We use Fast Fourier Transform to turn time domain data into frequency domain data. The spectrum is then obtained and can be used to identify the characteristic of the frequency component of the first arrived complete P wave. An empirical linear relation is found, and this linear relation can be used to estimate the magnitude of earthquakes.

Our result shows the magnitude of an earthquake, therefore, possible to be estimated at the very beginning of an earthquake event. This method is beneficial for minimizing the damage in order to prevent unnecessary loss.

Keywords: P wave, Fourier Transform, Linear Regression

Precursory microseismic quiescence preceding the 2016 M_L 6.6 Meinong earthquake in southern Taiwan

*Hsin-Chieh Pu¹

1. Central Weather Bureau, Taiwan

Before the Meinong earthquake in southern Taiwan, a spatiotemporal seismic gap is roughly found. During this seismic gap, only four earthquakes were located by the Central Weather Bureau Seismological Network 24 bits (CWBSN24), whose magnitude of completeness (M_C) is about M_L 1.2 in the area of the Meinong earthquake. In order to specify the range of this spatiotemporal seismic gap, this research examined the duration and spatial scale of this seismic gap. Then this seismic gap is characterized as an undoubted low seismicity rate. Here, this low seismicity was kept about 90 days before the Meinong earthquake and localized within an area with a radius of 12 kilometers from the hypocenter of this strong earthquake. Particularly, this kind of low seismicity rate could be only found before this strong earthquake. For this reason, this low seismicity should be associated with the Meinong earthquake. This low seismicity appeared before the Meinong earthquake is obvious as the data was extracted from the seismic catalog whose magnitude lower than M_L 1.5. Therefore, this research suggested that this low seismicity is characterized as the behavior of microseismicity. Between after this low seismicity and the Meinong earthquake, some foreshocks were found. According to the process of a principle rupture cycle, this low seismicity could be the intermediate-term quiescence. The spatial scale of this quiescence is similar with the previous observations for some strong earthquakes. In practice the seismic quiescence had been found before some strong earthquakes and used for earthquake precursor. For earthquake precursor in southern Taiwan, this research indicates that the useful precusory signal of seismic quiescence may be buried in microseismicity which is monitored by a dense seismic network and was difficult to observed in the past.

Keywords: Meinong earthquake, seismic quiescence, microseismicity

南海トラフ沿いのフィリピン海スラブ内地震活動の b 値の時空間変化

Space-time variation of the b value in the Philippine Sea slab along the Nankai Trough

*楠城 一嘉¹、吉田 明夫²

*Kazuyoshi Nanjo¹, Akio Yoshida²

1. 静岡県立大学、2. 静岡大学

1. University of Shizuoka, 2. Shizuoka University

稠密な地殻変動観測網、地震観測網が展開されている中で、南海トラフ巨大地震の発生を迎えるのは初めてである。フィリピン海プレートが沈み込む南海トラフ沿いは、太平洋プレートが沈み込む日本海溝沿いと比べてカップリングの様相や付随する現象が異なるので、2011年東北地方太平洋沖地震の前に観測された“前兆”が同じように観測されるとは必ずしも言えない。しかし、1944年東南海地震、1946年南海地震の前には広域で地震活動の静穏化(木村・岡野, 1995; 青木・吉田, 2001)が観測されており、次の南海トラフ地震の前にも静穏化現象が観測される可能性が高いと考えられる。では、2011年東北地方太平洋沖地震の前に、その大すべり域で観測された顕著な b 値の低下(Nanjo et al., 2012) についてはどうだろうか。2004年スマトラ地震の際にも、破壊域で地震前に b 値の小さかったことが知られていることから(Nanjo et al., 2012)、南海トラフ地震の前にも、震源域での b 値の低下が観測される可能性は十分あると推定される。ただし、南海トラフ沿いの地震活動は低いので、 b 値の変化を、三陸沖のように詳細に追跡できるかどうかはわからない。そこで、我々は、近年の地震データを用いて、南海トラフ沿いの海域で、どの程度、 b 値の空間分布とその変化が解析できるか調べた。まだ暫定的ではあるが、すべり欠損速度が大きいと推定されている熊野灘や四国直下が(Yokota et al., 2016)、低 b 値域にあたっていることや、一方、紀伊半島の潮岬南方海域は b 値が比較的大きいこと、また、各海域の b 値の経年変化にはそれぞれ異なった特徴が見られるという興味深い結果を得たので、それらについて報告する。

なお、西南日本では地殻内地震活動が比較的活発なので、内陸の各地域における地震活動の b 値の変化を調べるのも有意義と思われる。カップリングの弱화에伴う地殻内応力の減少を示す b 値の増大が観測される可能性も考えられる。

キーワード：地震活動、グーテンベルク・リヒター則の b 値、南海トラフ

Keywords: seismicity, b value of the Gutenberg-Richter law, Nankai Trough

M_w 8.0以上の地震に先行した地震活動の長期静穏化

Long-term seismic quiescence before shallow great earthquakes with M_w 8.0 or larger between 1990 and 2014

*勝俣 啓¹

*Kei Katsumata¹

1. 北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター

1. Institute of Seismology and Volcanology, Hokkaido University

1990年から2014年までに発生した M_w 8.0以上、100km以浅の地震は、global CMTカタログでは23個存在するが、本研究では、それら23個の地震に先行して地震活動の長期静穏化があったかどうかを調べた。地震活動の時間変化を調べるためにISCの震源カタログを用いて、1964年1月1日から各地震の本震までに発生した深さ60km以浅、実体波マグニチュード(m_b)5.0以上の地震を解析した。Zhuang et al. (2002)が開発したStochastic declustering法を用いてデクラスター処理した後、ZMAP法を使用して地震活動度の変化を詳細に調べた。その結果、23個の地震の内、 m_b 5.0以上の地震がほとんどない領域に発生した4個を除く19個の全てにおいて、継続時間が10年程度以上の長期静穏化が見つかった。

キーワード：地震活動、地震活動の静穏化、巨大地震

Keywords: seismicity, seismic quiescence, great earthquake

余震等の活動とその予測情報

Operational forecast of large event after major earthquake

*岡田 正実¹

*Masami Okada¹

1. 個人

1. none

はじめに

大規模な地震災害が発生すると、多数の住民が避難生活を送り、体調を崩したり、亡くなる方が出ることがある。阪神・淡路大震災（1995年）の死者6434名のうち、919名は自治体が認定した「震災関連死」である。熊本地震（2016年）では、犠牲者の半数以上が「震災関連死」であった。

気象庁は、1998年以後15個の大地震について、余震の確率予測を実施した。地震調査委員会は、昨年8月に報告書「大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方」（以下、報告書）を発表し、大地震直後の情報では、『揺れの強かった地域では、1週間程度、同程度の地震に注意して下さい。』等と記すことにした。これは、従来より高いレベルの注意・警戒を喚起するものである。

地震の規模・震度を過小予測すると、地震時の被害を増大させる恐れがある。一方、多数の避難生活者がいる状況では、過大予測に伴う過度な避難行動で、健康悪化や震災関連死の可能性が高まる。情報ではこれら両面を配慮し、人的被害を減らすことに努める必要がある。

以下、内陸直下の大地震を念頭に、大地震後の地震活動予測情報について検討する。要点は以下のとおりである。

1. 後続の最大地震

防災活動にとって最大地震の規模は重要な要素である。報告書（表2）の内陸浅部M6.5以上の大地震（36個）で、その後7日以内に先行大地震より大きなもの（本震）が発生したのは熊本地震のみである（Fig. 1, 黒色）。同程度のもの（M差0.3以内）は2例（灰色）だけで、残り33例では後続地震が0.4以上小さい。報告書に紹介されている海外事例も参考にしても、M6.5以上の内陸地震の後の対応は、従来の方針（先行大地震より一回り小さい余震に対する注意喚起）が妥当であり、報告書の方針は過大な注意・警告の傾向が強い。

2. 確率予測の扱い

報告書では、低い予測確率が安心情報と誤解され得ることから、確率表記を中止したために、大地震の危険度が住民に伝わらない。本来ならば、『発生確率が小さくても、相応の割合で大地震が発生する。』ことを繰り返し説明し、確率予測への理解を得るのが望ましい。余震活動等が最も活発なときに、『同程度の地震に注意してください。』などと、定性的な予測情報を繰り返すことには疑問を感じる。なお、このような定性的な情報は、予測結果の統計的検定ができない。

3. 地震活動予測の表現

今回の変更には、『確率予測では、どう対応すればよいのか分からない。』との声が反映したと推察される。しかし、提案された予測情報は確率予測に比べて情報量が劣る。別形式の表現として、予測期間中の最大地震Mを確率分布で表示することが考えられる。結果図では、『最大地震Mがどの程度になりやすいか』、『Mの予測精度はどの程度か』などが容易に分かる。天気予報では、通常の予報に加え、降水確率予報や高解像降水ナウキャストなどが並行実施されている。地震予測でも、文章表現による注意喚起と同時に、余震発生確率や最大地震規模分布なども出し、多様なニーズに対応するのが望ましい。

4. 予測結果の検証とモデル改良

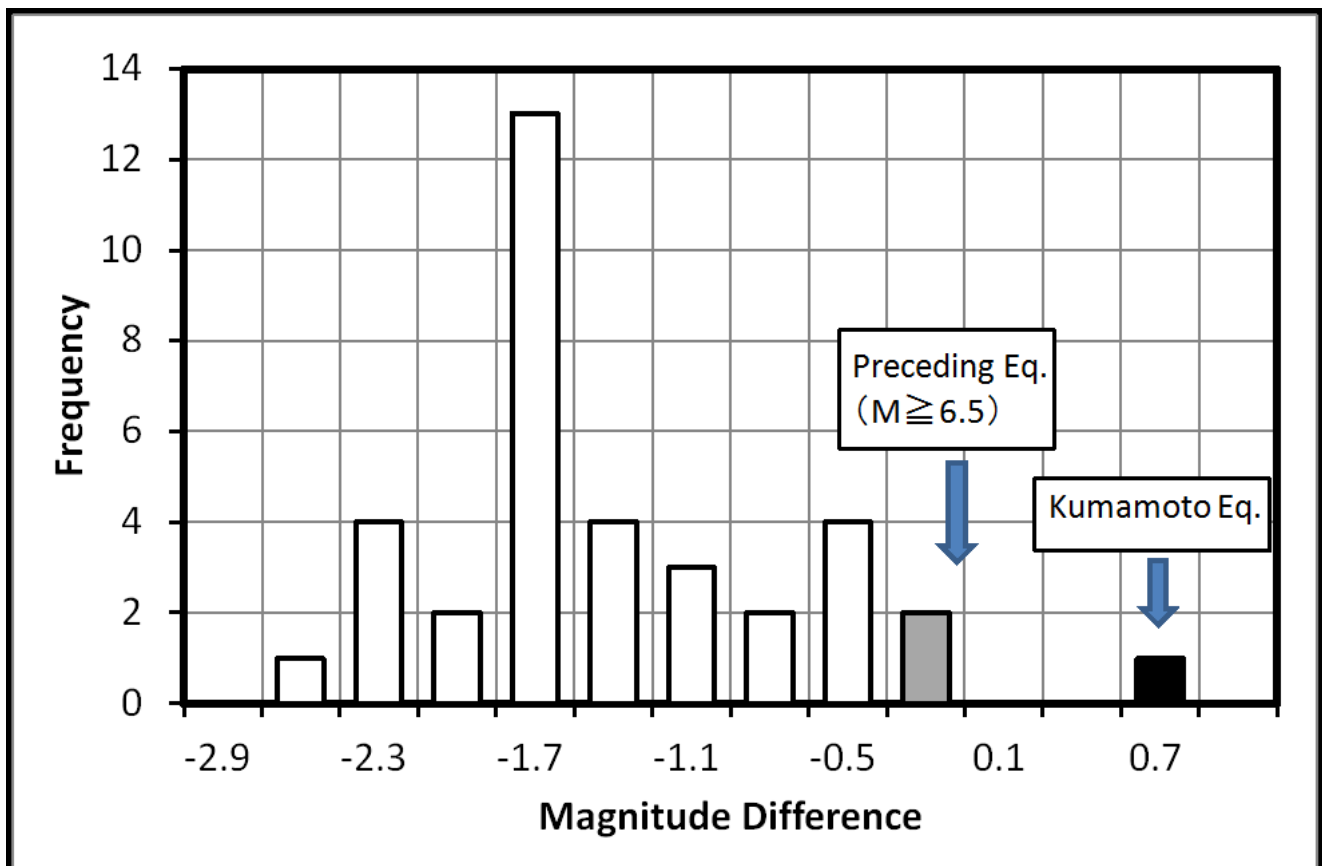
予測精度及び信頼性の向上には、予測結果の検証・評価とモデル改良が不可欠である。ラクイラ地震（2009, Mw6.3, 死者300名以上）の予測を検証した国際委員会は、公的機関の予測について、『過去事例を用いた事後予測、及び将来起きるかもしれない地震を対象とした事前予測を実施し、予測の信頼性を確認す

ること』を勧告している。気象庁の予測結果を統計検定し、その精度や妥当性を評価する必要がある。新たに導入する、ETASモデルを用いた新方式でも、運用までに乱数実験で検証し、信頼性を明確にする必要がある。

Fig. 1. Magnitude difference between the maximum event within the next 7 days and the preceding major shallow inland earthquake of M6.5 or larger in Japan.

キーワード：地震予測、余震活動予測、震災関連死

Keywords: earthquake forecast, forecast of aftershock, earthquake related death



2011年東北地方太平洋沖地震前の3ヶ月間に観測された発生までの3段階の過程(2)

The 3-stage earthquake generation process observed during 3 months before the 2011 Tohoku earthquake (2)

*末 芳樹¹

*Yoshiki SUE¹

1. なし

1. none

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震では、広帯域地震観測網F-netが2010年12月下旬から2011年1月中旬、続いて2月中旬から3月初旬と2度の欠測観測点の増加後、本震となった。そこで地震発生までの凡そ3カ月間に中部地方～伊豆小笠原諸島と北海道中央部で挟まれる領域での観測事象を集め挙動を調べた。本報告は同題目[1]の続報である。

2. 解析

地震発生までの凡そ3カ月間は以下の3段階から成っていた。

<第1段階、2010年12月中旬～2011年1月28日頃>

解説：長年に亘る陸側プレートによる歪蓄積の最終段階であり、2011年1月28日頃に歪蓄積の限界に到達し東北地方が西進を停止した。ほぼ同時に海側プレートである太平洋プレートも西進を停止した。これに先立つ凡そ1.5ヶ月間に東北および中部地方を主とした日本列島の広い領域で通常見られない動きが発生した。これらは主に歪を蓄積する領域で発生した。

観測事象：

- ・2011年1月28日頃、長年西方へ移動していた東北地方が西進を停止した [2,3]。1月27日には海側プレートである太平洋プレートの西進が停止し、以後、本震まで動きを止めた [4]。この変化に先立つ凡そ1.5ヶ月間に以下の状況が観測された。
- ・2010年12月中旬、岩手県沿岸部の地下水で異常値が観測された。12月22日には父島近海でM7.4のプレート内地震が発生した。2011年1月、箱根山直下で低周波地震が多数発生した。
- ・F-netは、2010年12月下旬より欠測観測点が増加し2011年1月14日に最多の4か所となった。これらは、三陸沿岸～北海道南部(2カ所)および能登～伊豆諸島(2カ所)の2つの領域である [6]。
- ・GNSS観測によると、2011年1月5日に日本列島全域が南方へ、1月23日には日本列島の広い地域が西方へ動いた [5]。

<第2段階、2011年1月29日頃～3月2日頃>

解説：西進を止めた陸側プレートは、この段階で動く方向を反転させた。この結果、太平洋プレートに対するそれまでの従属的な動きと変わり反発力を増大させた。これはプレート境界に於いて剪断力を増加させ、結果として震源域付近のスロースリップ等の活発な活動を生んだ。震源域に近い陸地でも変化が観測された。

観測事象：

- ・1月28日頃に西進を停止した陸地は、翌29日頃より移動方向を180度変え徐々に東に動いた [2,3]。
- ・1月29日から震源域付近でスロースリップが観測された。この動きは、2月19日頃より傾向を変化させながら3月9日の三陸沖地震M7.3の直前まで続いた [7]。
- ・2月13日～2月末日に本震の破壊開始点付近でM5以上の地震が複数発生した [7]。
- ・2月16日より3月2日にF-netの欠測増加があり、2月18日に最多の4か所となった。これらは三陸沿岸～北

海道南部（3カ所）および岐阜県（1カ所）からなる [6]。

<第3段階、2011年3月8日頃～3月11日(本震)>

解説：第2段階で活動のあった三陸沖で地震活動が再開し本震に至った。同時期に三陸沿岸部でもGNSSに動きが見られた。

観測事象：

- ・3月8日、GNSSによる観測で東北地方の東方および下方への大きな動きが見られた [5]。
- ・3月9日、三陸沖地震M7.3が発生し、その後もM6クラスの地震が続いた。
- ・3月11日、東北地方太平洋沖地震M9.0が発生した。

3. まとめと議論

・大地震の前には、陸地に設置されたGNSSやF-netに変化が現れる。これらの変化は、海溝軸付近の活動と同期している場合がある。

・2011年東北地方太平洋沖地震は、ここに示す3つの段階から成っていた。

・海溝型地震では、陸側プレートの圧縮歪が限界点に到達することが地震発生前の通過点になっていると思われる。これは、GNSSによる観測で陸側プレートの進行方向の反転として認識される。2011年の巨大地震では、2011年1月28日頃（本震の凡そ1.5ヵ月前）に起きたと考えられる。

4. 参考文献

- [1] 末, 2016, JpGU, SSS30-P14.
- [2] 神山, 2012, 地盤工学会東北支部総会講演会.
- [3] 鶴田 et al., 2012, JpGU, SSS32-07.
- [4] 武田, 2011, 日本地震学会秋季大会, A32-11.
- [5] Chen, C-H. et al., 2014, Journal of Asian Earth Sciences, 80, 165-171.
- [6] 末, 2013, JpGU, SSS30-P01.
- [7] 内田 et al., 2014, 日本地震学会広報誌, nf-vol97.

キーワード：東北地方太平洋沖地震、F-net、GNSS

Keywords: 2011Tohoku earthquake, F-net, GNSS

電磁的な観測網で地震・噴火の予知が可能

We were able to predict a foreshock and a main shock in an FM observation network by Kumamoto earthquake.

*國廣 秀光¹

*Hidemitsu Kunihiro¹

1. なし

1. none

地震という自然現象を予知する事は困難とされていますが、地震予知は可能です。自然現象には常に原因があり、その結果として現象が発生しています。この原因が掴めれば結果を予知できるのです。そこで、私達は地震の原因を把握すべく大地の観測を始めました。ところが、地震計では地震発生直前の微動からしか判りません。そこで、前兆証言の多い電波や電磁気の観測を始めました。現在は、地表の電磁界変化を掴むため観測網まで敷設して観測中です。これは、地上を伝搬中の電磁波変化に注目したもので、特にFM放送電波の直接的な観測網は、気象変化やスプラディックE層等の影響を除けば、地下からの直接的な影響による電磁界変化やノイズを読み取ることができます。

その例として長野地震、福島地震、淡路島地震、そして熊本地震があります。特に熊本地震では前震と本震の前兆が明確に現れていました。電磁観測の基本理論は「物が動けば電磁気が発生する」と言う、エネルギーと電磁気の原則通りですが、観測例にも、地震現象は地殻内での軋轢によって大きな電磁気変化が発生しています。特に、1週間程前に現れる大きな変化現象を利用すれば、時間的に余裕を持った災害予防情報となり得ます。そこで、上記他の観測例を開示しますが、電磁観測には噴火も地殻に大きな変化を及ぼす事が観測データに現れている事が判りました。この現象は沖永良部島の噴火から電磁変化が始まり、鹿児島西、熊本・大分、そして鳥取地震へと続きました。地殻変化の移動は半年クラスの時間を要するようですが、確かに噴火と連続地震の関連性を示す一連の電磁変化が現れています。観測データと関連図をご覧ください。（観測グラフは、横軸＝時間、縦軸＝電界強度、色＝観測局）

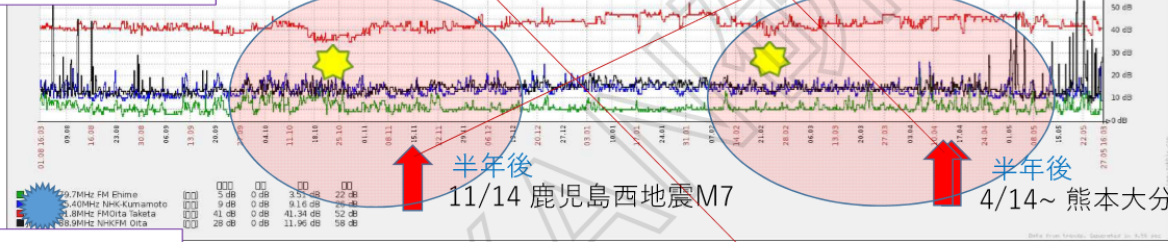
キーワード：地震予知、電磁観測、噴火観測網、電磁界

Keywords: Foretelling an earthquake, Electric wave observation, An observation network of Eruption, An electromagnetic field

口之永良部島の噴火から、半年後に鹿児島西M7
 その半年後に熊本-大分地震M7.3が発生！
 今度は10月？

予測通り

② 2015/8/1~2016/5/27



① 2014/8/1~2015/8/1

