

## 東北地方太平洋沖地震に伴う磁場変動の解析

# 藤井 郁子 [1]; 歌田 久司 [2]; 平原 秀行 [3]; 仰木 淳平 [4]; 高橋 冬樹 [5]; 海東 恵美 [4]; 源 泰拓 [6]  
[1] 気象大学校; [2] 東大・地震研; [3] 気象庁地磁気観測所; [4] なし; [5] 地磁気観測所; [6] 気象庁地磁気観測所

### Geomagnetic field variations associated with the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

# Ikuko Fujii[1]; Hisashi Utada[2]; Hideyuki Hirahara[3]; Jumpei Ogi[4]; Fuyuki Takahashi[5]; Megumi Kaito[4]; Yasuhiro Minamoto[6]

[1] Meteorological College; [2] ERI, Univ. Tokyo; [3] Kakioka, JMA; [4] none; [5] Kakioka Magnetic Observatory; [6] Kakioka Magnetic Observatory, JMA

Geomagnetic field variations observed at 19 sites from December, 2010 to April, 2011 were analyzed to investigate signals associated with the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake that was occurred at 5:46 UT on March 11, 2011.

As a first step, we attempted to remove variations of main field and ionospheric/magnetospheric origin from the data which are uncorrelated to the earthquake. A procedure using a stochastic filter and one using a Kalman filter were tested resulting in large residual amplitudes at distant sites from a reference site. Log-term variations in the residual were relative to that of the reference data in the stochastic filter approach and that make it difficult to investigate a long-term variation associate with the earthquake.

The Empirical Orthogonal Function method (EOF, or also known as the Principal Component Method) was applied to the data set. Data gaps shorter than 30 minutes were temporally filled in the EOF analysis so that a larger portion of the data was analyzed. The time period used in the EOF analysis ranged from December 1, 2010 to March 11, 2011. Four (X, Y, Z and F) or two (X and Y) components were used.

Choices of the components or a small portion of the sites made no fundamental difference in the results. We briefly describe our results below.

No particular dominant modes were seen in the eigen values of the covariance matrix.

Spatial distributions of the first and second modes suggest that these are in-phase variations in the Japan region. The third mode shows latitude dependency in the Y component except the Chichijima observatory. Higher modes are dominated by a few components. Therefore, variations whose spatial scales are smaller than the Japan region are scattered in the higher modes.

The residuals is computed by removing the first and second modes from the data.

No unusual variations are seen at first glance before the earthquake occurred. A trend variation just before the earthquake, which is claimed in GPS-TEC variations, is subtle.

Three vector components at Esashi changed at the same time as the earthquake, but no changes are seen at 19km-apart Mizusawa suggesting it is not of earthquake origin. The geomagnetic field at Kakioka slightly changed then, but effects of earthquake tremors might be remained according to the observation record at Kakioka.

The geomagnetic field at the eastern Japan started to slowly vary just after the earthquake. It might be difficult to detect a variation of mechanical origin out of this change, because Utada et al. (2011) and Zhang et al. (2014) showed the magnetic field changes when the tsunami occurred off shore.

The F component at Kakioka increased with unknown cause before the starting time of the GPS-TEC variation of tsunami origin.

The geomagnetic variations at most of the sites show variations at or after the starting time of the GPS-TEC variation of tsunami origin and those variations seem to be consistent with the GPS-TEC variation.

No substantial variations in the Z component are seen when the tsunami arrived at the sites of Honsyu island. That at Chichijima shows a clear periodic variation after 6:40 UT. A small variation caused by Tsunami induction may be seen in the F difference between Kakioka and Kitaura.

As a rough summary, pre- and coseismic changes are not substantial and the variation of Tsunami origin is detected.

2011年3月11日5:46UTに発生した東北地方太平洋沖地震に伴う変動を調べるため、2010年12月~2011年4月の全国19観測点の磁場1分値計70成分を解析した。

まずは、地震と無関係な電離圏・磁気圏起源の変動成分と主磁場成分を除去することを考える。確率差分法、カルマンフィルター法を試したが、参照点と観測点の距離が離れるにつれ残差が大きくなった。また、確率差分法では、残差のトレンドは相対的なものとなり、トレンドに反映されるような異常変動があったのかどうか解析できなくなる。

これらの問題を解消するため、Empirical Orthogonal Function法(EOF法あるいは主成分法)を適用することにした。30分以内の欠測はARフィルターで一時的にうめ、なるべく多くの観測値を解析できるようにした。解析期間は2010年12月1日から3月11日7:15UT(北浦観測点停止時間)あるいは11日23:59UT(水沢観測点停止時間)となった。全成分を使った場合とXY成分のみの場合の2種類の計算を行った。

北浦観測点の有無、ZF成分の有無で、結果に根本的な差は見られなかった。以下に主要な結果を示す。

共分散行列固有値からは、とびぬけてパワーが強いモードがないことがわかった。

上位モードの空間分布を見ると、第1モードと第2モードが日本規模でほぼ一様に作用する広域変動となっている。第

3モードは主にY成分の緯度依存性を示しているが、父島だけ値が小さくなっており、父島Y成分の寄与は第4モードに現れる。それ以上の高次モードは、少数の成分への寄与を中心としている。従って、地域的な変動や局所的な変動は高次モードに分散して取り込まれている。

1分値から第1モードと第2モードを除去した残差を調べた。

2010年12月から地震直前には、特に目を引く変化があるようには見えない。TECで言われている本震発生前のトレンド変化も、あまり顕著ではない。

地震発生時には、江刺の3成分が5:47に変化しているが、19km離れた水沢には見られず、地球物理的なシグナルではない可能性が高い。柿岡には発生直後にわずかなパルスが入っているが、地震直後のデータには地震動の影響が残っている可能性がある。

地震発生直後から、江刺や水沢で明瞭に、南は柿岡まで、ゆっくりとした変動が始まるのが見える。Utada et al. (2011) と Zhang et al. (2014) が、津波が沖合で発生した時、領域内の磁場が変動することを指摘していることを考慮すると、co-seismic な力学現象起源の変化とみるのは難しいかもしれない。

地震発生直後から、TEC変動発生時刻(5:53ごろ)までの間に、柿岡Fには明瞭な正のピークがあり、北浦、大多喜でも見えるかもしれない。津波誘導磁場とは時刻と地理的分布がかみ合わないと思われ、原因は不明である。

TEC変動発生時刻(5:53ごろ)にほとんどの観測点でゆるやかな変動が始まり、その後、大きな変化が起こる。電離層震央からの距離に比例するように観測点を並べかえると、東北から離れる方向に伝播しているので、Tsugawa et al. (2011) が報告したTEC擾乱が同心円状に広がっていくのを見ていると思われる。磁場変動は震源からの方角によって波形が異なっているが、これもTEC擾乱と調和的である。

観測点が一番近い検潮所に津波実体波が到達した時刻付近のZ成分の変動を目視で見た限りでは、本土の観測点では顕著な変化はない。父島では6:40くらいから明瞭な周期的変動が始まる。柿岡と北浦のF成分の差を見ると、津波到達による変化がわずかに見えるかもしれない。

これらの特徴から、地震発生前の変化と地震と同時の変化では顕著なものは検出されず、発生直後に津波が作る磁場変動(津波誘導磁場とTEC変動による磁場変化)は検出できていると思われる。