

平成 20 年岩手・宮城内陸地震の余震に伴う 地磁気オフセット信号の観測

大久保寛*¹ 須山裕太*¹ 竹内昭洋*² 宇津木充*³
笹井洋一*⁴ 中村行信*⁵ 竹内伸直*⁶

*¹ 首都大学東京 *² 東海大 *³ 京大理 *⁴ 東京都
*⁵ 細倉金属 *⁶ 秋田県立大

A study about the geomagnetism offset signal with Observation of Offsets of Geomagnetic Field
Induced by Aftershocks of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake in Northeast Japan

Kan Okubo*¹ Yuta Suyama*¹ Akihiro Takeuchi*² Mitsuru Utsuki*³
Yoichi Sasai*⁴ Yukinobu Nakamura*⁵ Nobunao Takeuchi*⁶

*¹Tokyo Met. Univ. *²Tokai Univ. Earthquake prediction Res. Center *³Kyoto Univ.
⁴Tokyo Metropolitan Government *⁵Hosokura Metal Mining Co. Ltd. *⁶Akita Pref. Univ.

abstract

In the seismo-magnetics it is very important to clarify the existence of the co-seismic electromagnetic field changes. Since March 2004, we have observed three components of the geomagnetic field using a pair of fluxgate magnetometers in the Hosokura underground mine in northeast Japan. For seismomagnetic observations with higher sampling rate, we employed flux-gate magnetometers whose specifications are the measurement accuracy of 0.01 nT with the sampling interval of 1/16 sec in Hanayama near the fault region. In this study, we present some observation results of Earth's magnetic field offset changes due to the piezomagnetic effect caused by earthquake faulting in aftershocks of 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake.

1 まえがき

地震現象と電磁気現象には因果関係があるとされ、100年以上も議論が続いているが、明確な結論は出ていない。地震現象と電磁気現象に関連性があるとして、時間的に分類すると、地震発生前、地震発生時、地震波伝搬時がある。地震発生前の電磁界変動は、地震現象と電磁界変動現象との因果関係が明確になっていないことから、地震発生前の電磁気現象がその後に発生した地震と関連していることを証明することは難しい。一方、地震発生時、地震波伝搬時については、地震の発生時刻や到達時刻が特定されているので関連を見つけやすい。これまでの地震に伴う地磁気変化の観測としては、地震の発生前後で地磁気の値が変動したことが報告されていた [1]。しかし、この報告ではサンプリング時間が 10 分であり、地震発生と同時に観測された信号を得ることはできていなかった。ところが、Okubo ら [2] は平成 20 年岩手・宮城内陸地震において、断層運動に伴って変化する地磁気信号を観測することに成功した。これは世界で初めての断層運動に伴う地場変動の観測結果である。この観測では震源から 26km の観測地点において 0.5 秒のサンプリング時間でフラックス磁力計による測定が行われていた。一方、いまだに本地震の余震が多く発生しており、さらに観測を行うことで、余震に対しても断層運動に伴う地場変動が観測できる可能性がある。ただし、余震は本震に比べマグニチュードも大幅に小さく、地震時の断層運動にかかる時間も短いため、さらに細かいサンプリング時間で観測を行う必要がある。本研究では、平成 20 年岩手・宮城内陸地震において、断層運動に伴って変化する地磁気信号を観測する

ことに成功した細倉観測地点と、断層により近い花山に磁力計を設置し、観測・解析を行う。この花山観測地点のサンプリング時間は1/16秒であり、これまでの観測よりも細かいサンプリング時間での観測が可能である。断層運動のピエゾ磁気効果の立証により、磁場観測による緊急地震警報の迅速化や断層運動のモニタリングが期待できる。

2 地球磁場観測

2.1 観測システム

細倉観測地点の地磁気観測にはフラックスゲート磁力計を用いている。この磁力計は、センサ部と電子回路部で構成されている。この磁力計を地上と地中の二ヶ所に設置している。これにより、地上と地中の地磁気の同時観測が可能である。地中部の観測では、地中観測室から坑道に沿って約100m奥にセンサ部を設置し、ケーブルにより地中観測室内に設置した電子回路部に信号を送り、観測を行っている。一方、地上部の観測は、センサ部分を地表面から約1m下に埋設し、ケーブルにより地表面上に設置した電子回路部に信号を送り、観測を行っている。観測信号の記録は、地中部は0.5秒サンプリング、地上部では1秒パルスに同期して記録している。地中部、地上部のどちらにおいても地磁気の方法成分は、南北成分がX分力、東西方向がY分力、鉛直成分がZ分力である。

花山観測地点の地磁気観測にもフラックスゲート磁力計を使用している。観測信号の記録は、0.0625秒サンプリング測定で、GPSによる時刻同期を行っている。地磁気の方法成分は、南北成分がX分力、東西方向がY分力、鉛直成分がZ分力である。

2.2 観測地点

2.2.1 細倉観測地点

細倉観測地点(北緯38度48分30秒、東経140度53分10秒、図1中、HK)は宮城県北西部の栗原市鶯沢にある細倉金属鋳業株式会社が管理する休止鋳山に細倉地中電磁界観測室を設けている。観測には高感度のフラックスゲート磁力計を設置している。磁力計のサンプリング時間は0.5秒である。また、地上へケーブルを敷設し、GPSによる時刻の同期を行っている。

2.2.2 花山観測地点

花山観測地点(北緯38度49分39秒、東経140度50分38秒、図1中、HY1)(北緯38度47分41秒、東経140度48分39秒、図1中、HY2)は、細倉観測地点より断層に近い場所であり、サンプリング時間1/16秒での観測を行っている。観測計にはフラックスゲート磁力計を設置している。

2.2.3 鶯沢観測地点

花山観測地点では地磁気のみを観測であるため、比較として鶯沢観測地点(北緯38度48分14秒、東経140度53分42秒、図1中、UZ)の0.01秒サンプリングの速度データを参照した。

2.3 ピエゾ磁気

岩石に圧力を加えることにより、その岩石の持つ帯磁率及び残留磁気に変化する。外部磁界による磁化と、圧力による磁化を示す(図2)。外部磁界による磁化は、岩石に対して外部から磁界が加わった際、岩石内の磁気モーメントが外部磁界と同じ方向を向くことによって、岩石自体に磁気の変化が生じる。圧力による磁化は、岩石に対してある方向から圧力が加わった際に、岩石内の磁気モーメントが圧力が加わった方向に対して垂直

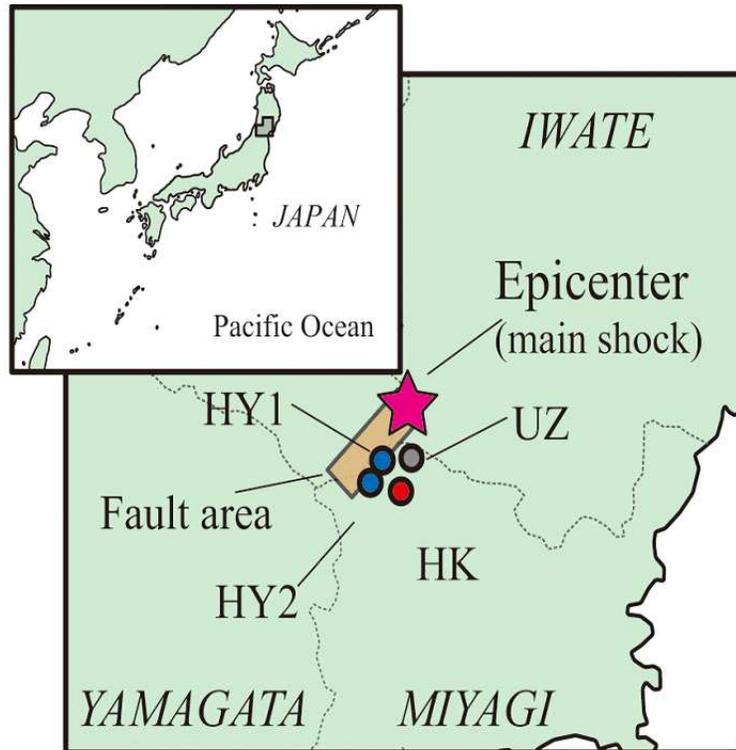


図 1: 観測地点
Observation station

方向を向くことによって、岩石自体に磁気の変化が生じる。これらの磁気は、残留磁気として残る。このときの、圧力による磁気変化をピエゾ磁気という。

地震断層運動に伴う磁場変動の発生メカニズムとして、このピエゾ磁気が考えられている。断層運動によるピエゾ磁気変化信号は、剪断歪応力の解放により発生する。数百年から数千年もの間蓄えられたピエゾ磁気が、地震断層運動によって解放されていく (図 3)。

3 観測結果

3.1 観測波形

2009年1月24日07時08分37.61秒に発生した地震時の地磁気観測波形を示す。本地震は宮城県北部(北緯38度51分25秒, 東経140度47分20秒)の深さ4.5kmを震源とするマグニチュード2.6の地震である。震源からHKまでの距離は10.0km, HY1までは5.8km, HY2までは7.2kmであり、地磁気観測には適した地震であると言える。花山観測地点における地震発生時刻を含む1分間の地磁気の観測波形を示す(図4)。また、花山観測地点では地磁気のみを観測であるため、比較として鶯沢観測地点(UZ)の0.01秒サンプリングの加速度データを参照した。鶯沢観測地点から震源までの距離は10.9kmである。また、20秒間の鶯沢観測地点(UZ)の速度と花山観測地点(HY)の地磁気Z分力とそれの5サンプリング点の移動平均、10サンプリング点の移動平均をとったもの示す(図5)。図5から、地震波到達前に徐々に地磁気の変化が起きていることがわかる。一方、地磁気X分力, Y分力では変動はごくわずかであり、Z分力で観測されたほど顕著な変動は見られなかった。

また、震源地と観測点が非常に近いため、地震波によって磁力計が揺れたことで発生した信号も重畳されている。そこで、2008年07月24日に発生した岩手県沿岸北部地震の観測データを用いて、磁力計センサ自体の

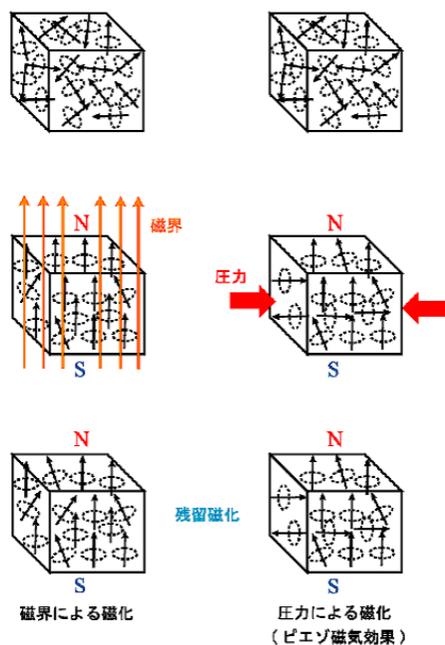


図 2: ピエゾ磁気効果による磁場変化のモデル
 Model of magnetic field change by piezomagnetic effect(a)

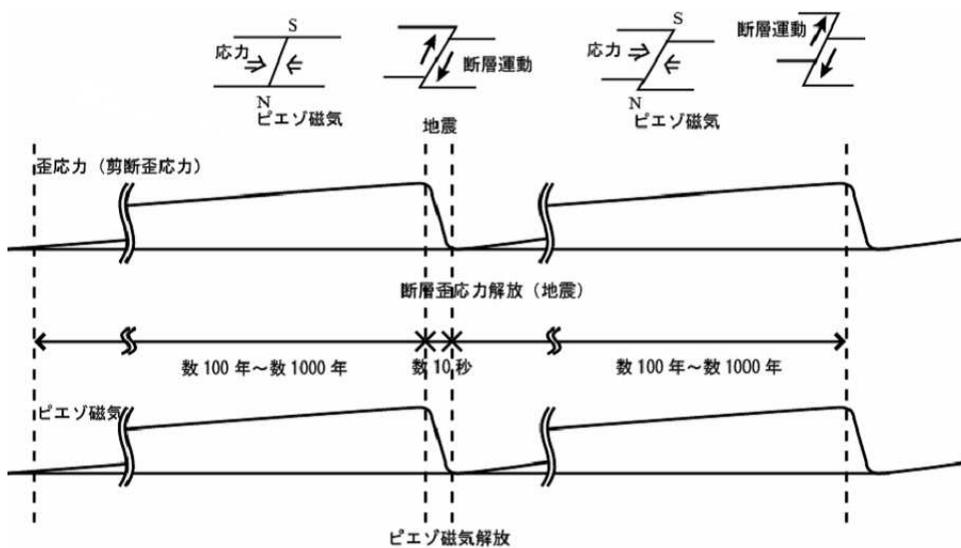


図 3: 地震断層運動に伴うピエゾ磁気効果による磁場変化モデル
 Model of magnetic field change by piezomagnetic effect caused by earthquake faulting

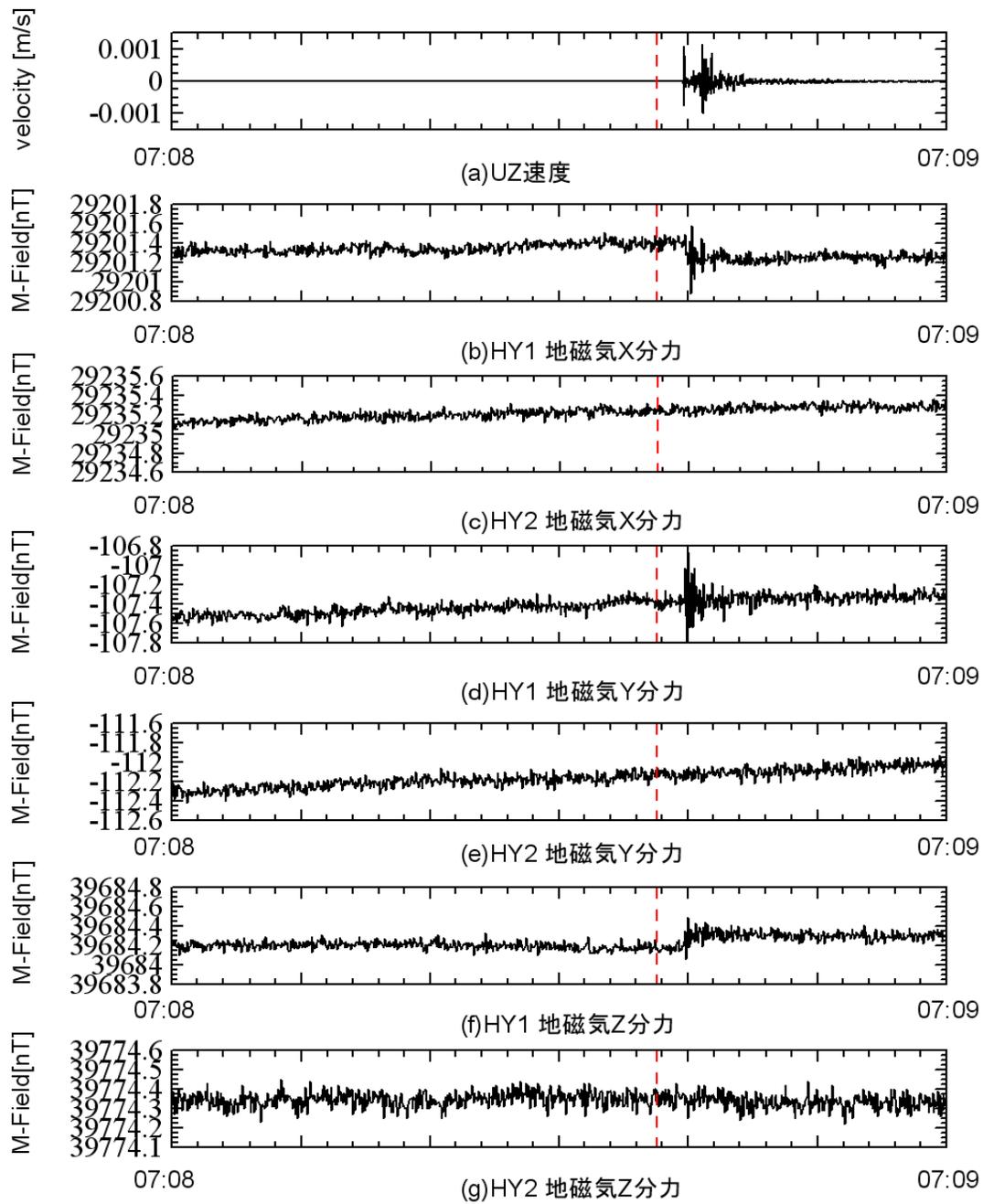


図 4: 地震発生時刻前後における HY での地磁気観測波形

Observed signals of geomagnetic fields before and after the earthquake occurrence at Hanayama station.

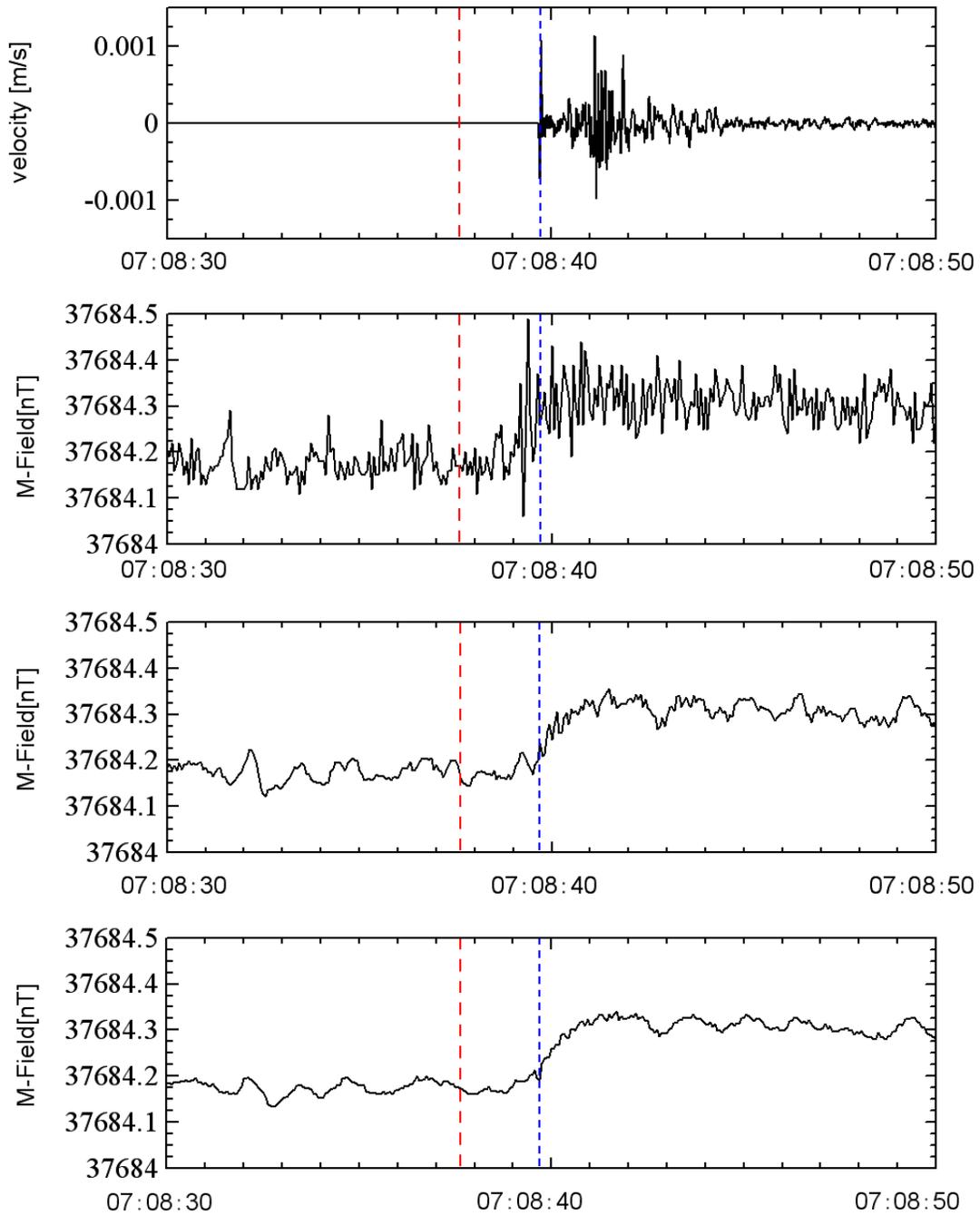


図 5: 観測波形 (上段から, 鶯沢観測地点 (UZ) における速度, 花山観測地点 (HY) における地磁気 Z 分力, 5 点移動平均, 10 点移動平均

Observed signals (velocity at UZ, z component of geomagnetic field at HY and ant their moving average.

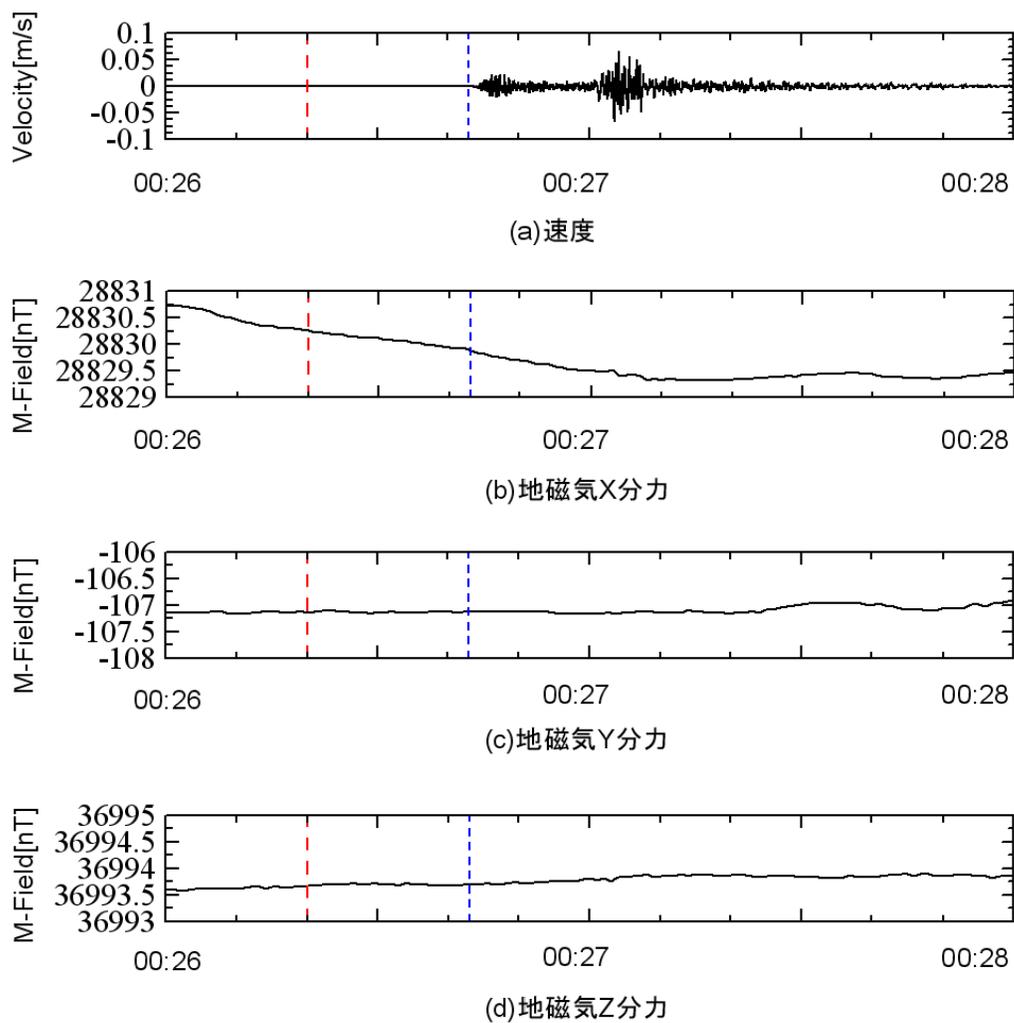


図 6: 観測地点から離れた場所で起こった地震の地磁気観測波形

Magnetic field (M-field) signals during 0:26-0:28 JST on July 24, 2008. An earthquake of M 6.8 occurred at 00:26:19.7 JST, of which epicenter was ca. 121 km from Hosokura, and focal depth was 108 km. (a) the vertical component of the seismic waves. (b) the NS component of the magnetic field. (c) the EW component of the magnetic field. (d) the vertical component of the magnetic field.

地震動による信号について検討する(図6)。この図では、地震発生時刻を破線、地震到達時刻を短い破線で示している。図6の地震は、地震規模が大きいが震源距離が遠い地震の例で、マグニチュード6.8、深さ108km、細倉観測地点との震源距離は約162kmである。震源距離が離れているので、地震発生時には信号は見られない。また、地震波到達時においても顕著な変化は見られない。したがって、図4で観測されたオフセット信号は、地震波によって磁力計が動いたことで発生した信号はでないと考えられる。

3.2 考察

本研究で観測した2009年1月24日07時08分37秒に発生した平成20年岩手・宮城内陸地震の余震によって、余震時においても磁場が変動することを示せた。HY1で観測された磁場信号がHY2で観測されない理由としては、震源までの距離がわずかだが遠いこと(磁場強度は距離の3乗で減衰する)、ピエゾ磁気効果で発生する磁場は方向依存性があるためという理由が考えられる。また、全ての余震についてオフセット信号が観測されるわけではない。花山観測地点で観測された地磁気変動も、細倉観測地点では見られない場合もある。これらのことから、ピエゾ磁気効果で発生する磁場変動には、距離、マグニチュード、向きが関係していると思われる。

4 まとめ

本研究で、余震発生時にも断層運動に伴う磁場変動が生じることを示せた。本研究結果は、地震発生時の断層運動に伴ったピエゾ磁気効果による磁場信号の存在を強く支持するものである。しかし、現在のところ、観測地点付近で発生した地震例が少なく、より詳細な検討を行うためにはデータが少ないので、今後も観測を行い、より多くのデータを得る必要がある。

参考文献

- [1] Johnston, M. J. S., R. J. Mueller, and Y. Sasai, Magnetic Field Observation in the Near-Field the 28 June 1992 Mw7.3 Landers, California, Earthquake, Bull. Seismol. Soc. Am., 84, 792-798, 1994
- [2] K.Okubo,N.Takeuchi,M.Utsugi,K.Yumoto,Y.Sasai, Direct Magnetic Signals From Earthquake Faulting: IWATE-MIYAGI Earthquake Of M7.2,JAPAN, IAGA2009