

地震に先行する電磁気異常現象に関する分析

辻本知範¹・松永昌太²・福井勝則^{3*}・大久保誠介³

¹東京大学大学院 工学系研究科地球システム工学専攻 修士課程 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

²国際地震予知研究会 (〒202-0014 東京都西東京市富士町4-4-7-602)

³東京大学 工学系研究科地球システム工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

*E-mail: fukui@geosys.t.u-tokyo.ac.jp

地震の前後に観測される電磁波の発生は興味深いことと考えられており古くから研究され、数百年あるいは一説によれば千年以上も前の先人が認知していた可能性すらある。しかしながら、これまでの報告をみると相当な混乱があるし、場合によっては報告内容が互いに矛盾している場合さえある。現象は極めて複雑であり、電磁波の発生原因を単純明快に説明することはほとんど不可能に思われてきた。そのために地震の予知に役立てようとしても疑いの目を持って見られがちであった。本研究ではラジオの電波 (AM 波) に含まれるノイズを検知し解析した結果について報告する。ノイズは地震に先だつこと1, 2週間前にもっとも良く観察されることが多い。よってこの方法は、地震予知の手段の一つとして有望と考えている。

Key Words : earthquake, forecast, electromagnetic phenomena, radio wave, noise

1. はじめに

花崗岩の圧縮試験に際して、ピーク強度の前後で電磁波が発生することは広く知られている¹⁾。トンネル²⁾や鉱山³⁾においても、岩盤破壊にともなって電磁波が観測されたとの報告がある。より規模が大きい地震においても、地電位の異常^{4),5)}や電磁波⁶⁾⁻⁸⁾が観測されることが報告されている。このように、岩石や岩盤の破壊に先立って何らかの電磁気的な異常現象が生じて、その結果として電磁波が観測されることはほぼ確実といえる^{9),10)}。しかしながら、電磁気的現象の詳細についてはよくわかっておらず、どのような周波数帯域の電磁波をどのような計測装置で測定するのが最も有効かについて定説がないのが現状といえる。

本研究では、日本各地に多数設置されている電磁ノイズ観測装置による、過去の観測データを検証し、地震前に観測された電磁ノイズの分析・検討を行った結果について述べる。

2. 電磁ノイズ観測装置および観測方法

AMラジオの放送波は、音声波形を包絡線とする周波数500 ~ 1600 kHzの電波であり、受信機では包絡線検波

等の復調を行って音声波形を再現する。放送波に高周波ノイズが混入しても復調の段階でノイズは消えるため、図-1に示すように復調した波形と受信した波形の差を取ると、高周波ノイズが比較的明瞭に観察できる。

電磁ノイズ観測装置では、この原理を利用し、850 kHzのAM波を対象とし、電界強度 52.2 dB μ V/m (低閾値) 及び 58.3 dB μ V/m (高閾値) の2つの閾値を設け、このレベルを超える高周波ノイズをイベント数として計数した¹¹⁾。なお、イベント間には1 msのデッドタイムを設けた上で、イベント数を集計した。

図-2(a)のように、アンテナと一体化した電磁ノイズ観測装置はインターフェースを経由してパソコンに接続され、そのデータを図-2(b)のようにモニターで表示する他、電子メールで逐次データを送信し、1個所で集

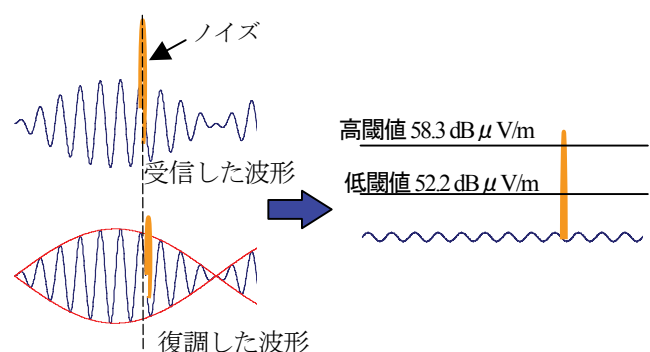


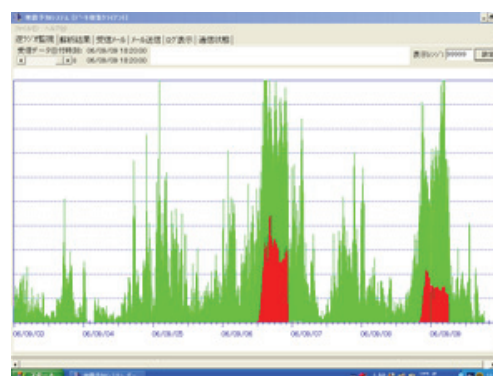
図-1 電磁ノイズの観測方法

中管理するシステムとなっている。測定装置全体の概略図を参考までに図-2(c)に示す。なお、電磁波ノイズ観測装置は表-1に示すように、日本各地 33ヶ所に設置されている。

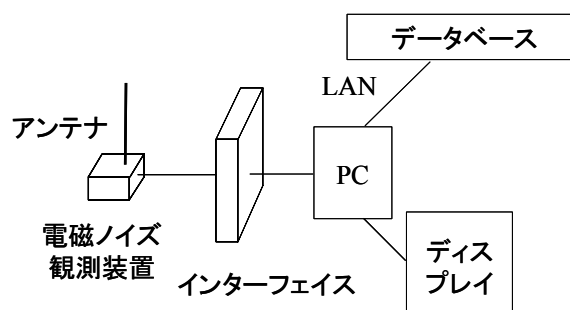
一例として、2004年の盛岡観測点において観測された高周波ノイズのイベント数を、1年間を通じて平均した結果を図-3に示す。低閾値の1時間あたりのイベント数は、夜間（20時から7時まで）には20万回/時弱とほぼ一定であるが、8時から徐々にイベント数は増加し、16時付近で最大値（50万回/時）となり、その後減少した。すなわち、昼間の人間の活動が活発なときに多くなり、夜間の人が寝静まったときに少なくなる傾向が見て取れる。高閾値のイベント数も回数は1/10以下であるが、低閾値と同様の傾向を示している。このことから、電磁ノイズ観測装置は主に生活ノイズをも測定していることが推定できる。このように、イベント数には日変化が観測されるため、以下では1日の総イ



(a) 電磁ノイズ観測装置



(b) ディスプレイ



(c) 観測装置の概略図

図-2 電磁ノイズ観測装置

表-1 観測地点			
No.	場所	緯度(N)	経度(E)
1	北海道釧路市	42度 58分 41秒	144度 24分 35秒
2	北海道苫小牧市	42度 37分 38秒	141度 35分 52秒
3	岩手県盛岡市	39度 44分 24秒	141度 07分 17秒
4	宮城県仙台市	38度 18分 52秒	140度 54分 19秒
5	新潟県十日町市	37度 07分 25秒	138度 45分 26秒
6	茨城県大井町	36度 06分 25秒	140度 34分 17秒
7	埼玉県さいたま市	35度 52分 18秒	139度 39分 24秒
8	東京都東村山市	35度 46分 39秒	139度 29分 26秒
9	東京都西東京市	35度 43分 53秒	139度 33分 57秒
10	東京都港区	35度 39分 29秒	139度 44分 00秒
11	東京都世田谷区	35度 38分 32秒	139度 36分 46秒
12	東京都世田谷区	35度 38分 28秒	139度 36分 54秒
13	神奈川県鎌倉市	35度 19分 09秒	139度 33分 25秒
14	神奈川県小田原市	35度 16分 37秒	139度 10分 53秒
15	山梨県甲斐市	35度 39分 51秒	138度 30分 24秒
16	千葉県市川市	35度 45分 02秒	139度 54分 08秒
17	千葉県千葉市	35度 36分 45秒	140度 11分 28秒
18	東京都新島村	34度 22分 23秒	139度 15分 07秒
19	静岡県静岡市	35度 00分 22秒	138度 31分 49秒
20	静岡県榛原町	34度 45分 01秒	138度 14分 26秒
21	静岡県菊川市	34度 45分 50秒	138度 05分 11秒
22	静岡県浜松市	34度 47分 31秒	137度 41分 41秒
23	愛知県大府市	35度 01分 01秒	136度 58分 15秒
24	三重県伊勢市	34度 29分 09秒	136度 42分 50秒
25	石川県七尾市	37度 02分 36秒	136度 57分 21秒
26	京都府京都市	35度 04分 19秒	135度 45分 50秒
27	大阪府高槻市	34度 50分 03秒	135度 36分 45秒
28	和歌山県橋本市	34度 18分 31秒	135度 35分 22秒
29	和歌山県印南町	33度 49分 22秒	135度 13分 42秒
30	兵庫県北淡町	34度 33分 22秒	134度 56分 31秒
31	広島県広島市	34度 23分 45秒	132度 29分 41秒
32	高知県土佐市	33度 26分 57秒	133度 26分 39秒
33	鹿児島県鹿屋市	31度 22分 43秒	130度 49分 50秒

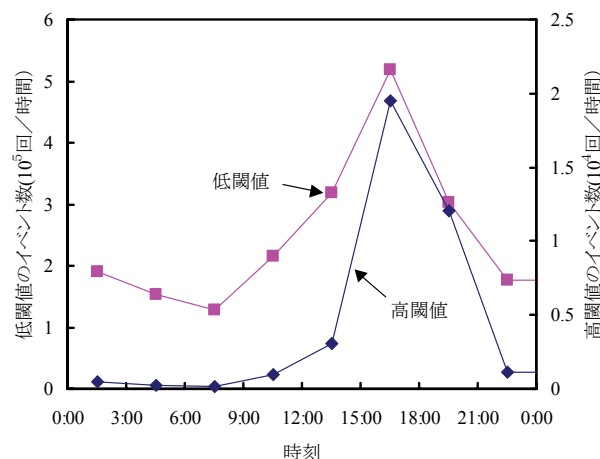


図-3 盛岡観測点におけるイベント数の年間平均

ベント数を用いることとする。

地震のデータ（発生日時、大きさ、震源位置など）は、防災科学技術研究所のF-net（広帯域地震観測網 <http://www.fnet.bosai.go.jp/freesia/index-j.html>）の地震メカニズム解を用いた。

3. 地震に先行する電磁ノイズの観測結果

2005年8月16日宮城県沖地震（北緯 38.2° ，東経 141.3° ，マグニチュード7.2）の際の盛岡観測点における，1日ごとの総イベント数を図-4に示す。図-4(a)に示

した低閾値の結果では，7/5から7/13まではイベントはほとんど計測されていないが，7/14から8/1にかけてイベントが増減を繰り返しながら観測されており，8/7付近では8,000万回／日の最大値をとった後に減少する傾向がみられ，8/16に至って地震が発生している。図-4(b)に示した高閾値の場合でも低閾値に比べ，イベント数は1/50程度であるが，低閾値とほぼ同様の傾向がみられた。すなわち，地震の約1ヶ月前からイベント数の増加がみられ，10日前にピークを迎えてその後収束傾向となった後に地震が発生した。

2003年7月26日宮城県沖地震（北緯 38.4° ，東経 141.17° ，マグニチュード6.4）の際の仙台観測点におけ

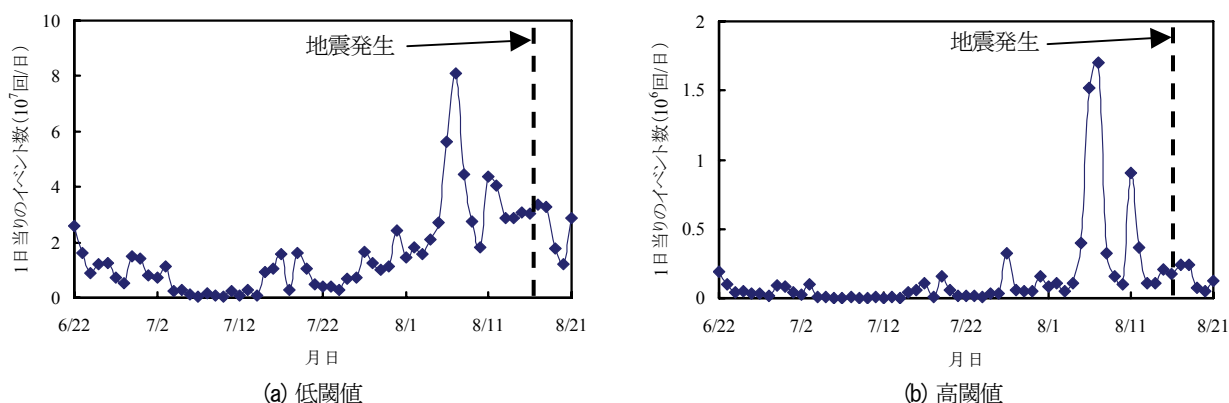


図-4 盛岡観測点における総イベント数の日変化（2005年8月16日宮城県沖地震の前後）

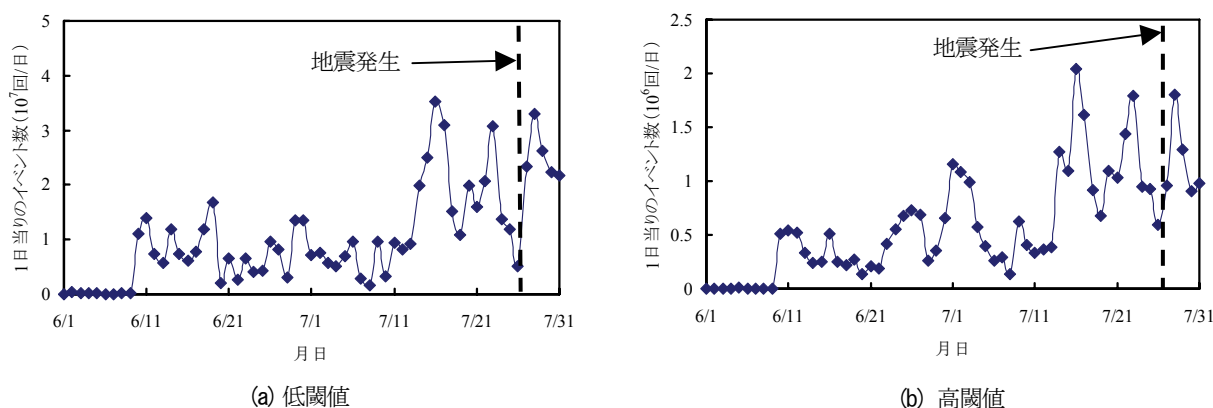


図-5 仙台観測点における総イベント数の日変化（2003年7月26日宮城県沖地震の前後）

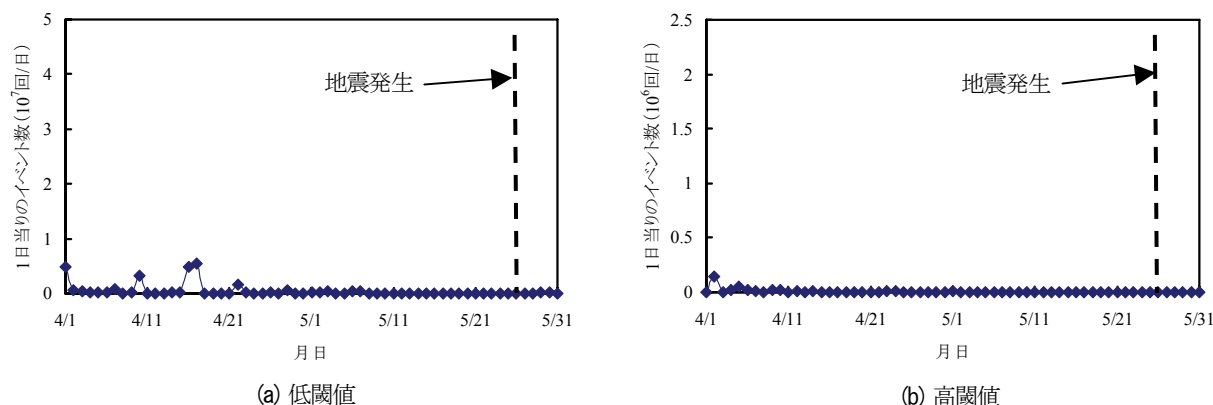


図-6 仙台観測点における総イベント数の日変化（2003年5月26日金華山付近の地震の前後）

る、1日ごとの総イベント数を図-5に示す。図-5(a)に示した低閾値の結果では、6/11から観測されるイベント数が平均1,000万回/日程度と前述の例に比べ高くなった。7/8からイベント数の増加傾向が見られ、7/16には3,500万回/日の最大値を取った後、減少傾向が見られたが、7/23に再上昇し、その後減少した後に地震が発生した。

図-5(b)に示した高閾値の場合も低閾値に比べ、イベント数は1/20程度で同じような傾向がみられた。観測地点により、イベント数の絶対値や通常観測されるイベント数に違いはあるが、地震の約1ヶ月前からイベント数の増加がみられ、ピークを迎え、収束傾向となった後に、地震発生というパターンは共通していた。

2003年5月26日金華山付近の地震（北緯38.8°，東経141.68°，マグニチュード7.0）の際の仙台観測点における1日ごとの総イベント数を図-6に示す。マグニチュードは7.0の大規模地震で、観測地点から震源地までの距離が100km以内の地震であるにもかかわらず、低閾値および高閾値ともに顕著なイベント数の増加は観測されなかった。

地震が発生した前後の電磁ノイズのイベント数を調べたところ、図-4や図-5以外にも地震の前にイベント数が増加し、ピークをとった後に減少し、やがて地震を迎えるといった事例が多く、多くの地点でみられた。しかしながら、図-6に示したように地震の前にこのような傾向が必ずしも観測されるのではなく、地震によってはイベント数に変化がない事例や、明確なピークがないまま地震発生となった事例もあった。

4. 電磁ノイズのイベント数と地震の大きさの関係

対象とした地震は2003年から2005年までの間に、観測点から200 km以内で起こった地震の中で、地震前に明確に、電磁ノイズのイベント数の増加と減少（山型）

が観測された事例を表-2に示す。2003年7月26日宮城県沖地震と2005年8月16日宮城県沖地震に関しては、盛岡観測点および仙台観測点ともにイベント数の増加が観測されたため、それぞれの観測点において増加開始日とピークを観測した日を記載した。

表-2のデータを用い、縦軸を地震のマグニチュードとして、イベント数が増加し始めた日を起点とした地震発生日までの日数（●）と、ピークを観測した日を起点とした地震発生日までの日数（◆）を横軸としたものを図-7に示す。ばらつきは見られるものの、マグニチュードが大きくなるに従って、イベント数が増加し始めた日から地震発生日までの日数は増加し、ピークを観測した日から地震発生日までの日数は減少する傾向がみられる。

図-8には、マグニチュード M とイベント数が増加しはじめてからピークに達するまでの日数 D の関係を示すが、両者の間には直線的な関係がみられ、直線近似すると式(1)となった。

$$M=0.147D+4.7 \quad (1)$$

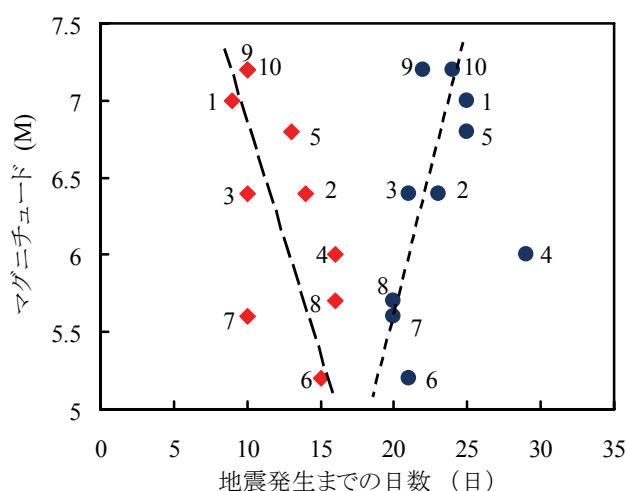


図-7 マグニチュードと地震発生日までの日数。

図中の数字は表-2の番号を表す

表-2 使用した地震データの諸元

No.	地震名称	年日	観測点からの距離(km)	深度(km)	マグニチュード(M)	観測地点	イベントの増加時から地震までの日数(日)	イベントのピーク時から地震までの日数(日)
1	金華山付近地震	2003/5/26	114	60	7.0	盛岡	25	9
2	宮城県沖地震	2003/7/26	141	12	6.4	盛岡	23	14
3	宮城県沖地震	2003/7/26	25	12	6.4	仙台	21	10
4	房総半島沖地震	2003/9/20	80	80	6.0	市川	29	16
5	福島県沖地震	2003/10/31	166	33	6.8	仙台	25	13
6	岩手県沖地震	2004/2/4	83	70	5.2	盛岡	21	15
7	岩手県沖地震	2004/8/10	77	50	5.6	盛岡	20	10
8	千葉中央部地震	2005/7/23	38	90	5.7	市川	20	16
9	宮城県沖地震	2005/8/16	190	40	7.2	盛岡	22	10
10	宮城県沖地震	2005/8/16	121	40	7.2	仙台	24	10

5. 異方性に関する検討

これまでに観測されたイベント数の増加は必ずしも観測点が震源地から近い方が観測されやすいというわけではなく、各観測地点によって感度が良い／悪い方位が存在する可能性がある。

仙台観測点周辺で発生した地震でその震源方向によって反応に明瞭な違いが発生した。先ほど反応が見られない例として、図-6に2003年5月26日金華山付近地震（北緯 38.8° ，東経 141.68° ，マグニチュード7.0）を挙げた。その際の仙台観測点と震央との位置関係を図-9(a)に示す。このとき震央から観測点までの距離は85 kmであった。他方、2004年5月29日福島県沖地震（北緯 37.8° ，東経 142.0° ，マグニチュード5.9）の際の仙台観測点における、1日ごとの総イベント数を図-10に示す。その際の仙台観測点と震央との位置関係を図-9(b)に示す。このとき震央から観測点までの距離は121 kmであり、図-6に示した事例と比較して、距離が長く、規模が小さいにもかかわらず、イベント数の異常が観測された。図-9(c)に、2003年5月26日金華山付近の地震の震源を▲で、2004年5月29日福島県沖地震の震源を■で示す。この図の結果では、仙台観測点は東側の地震に対しては感度が悪く、南側の地震に対しては感度が良い傾向があることがわかった。このことは観測地点によって感度が良い／悪い方位が存在する可能性を示唆している。電磁波の発生源が方向性を持っている原因のひとつとして、ある面から電磁波が発生していることが考えられる。ある面が滑りつつある断層に沿ったものと考えるのは無理がないと考える。

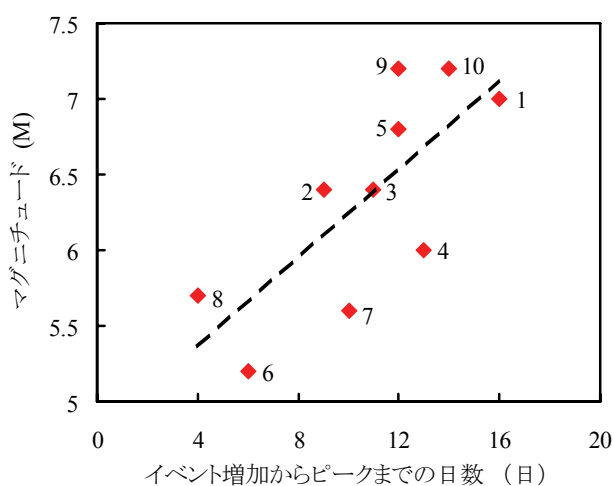
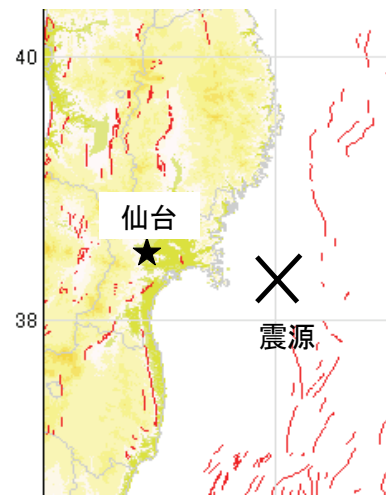
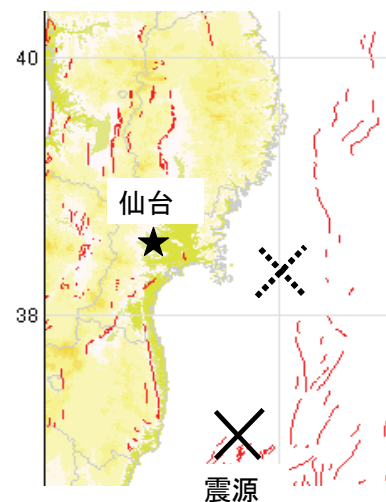


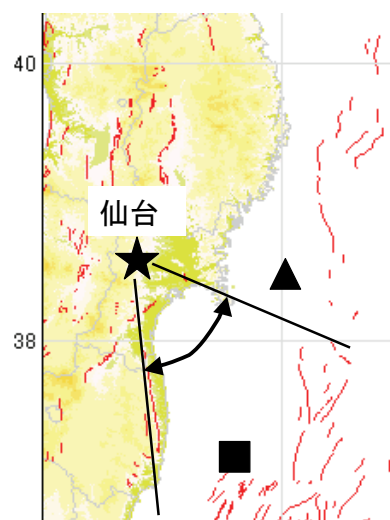
図-8 マグニチュードとイベントが増加し始めてからピークに達するまでの日数。図中の数字は表-2 の番号を表す



(a) 2003年5月26日金華山付近の地震

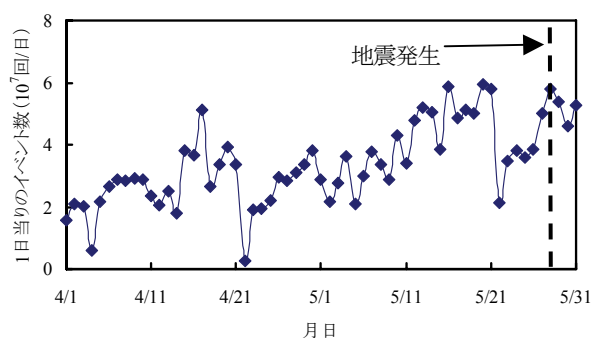


(b) 2004年5月29日福島県沖地震

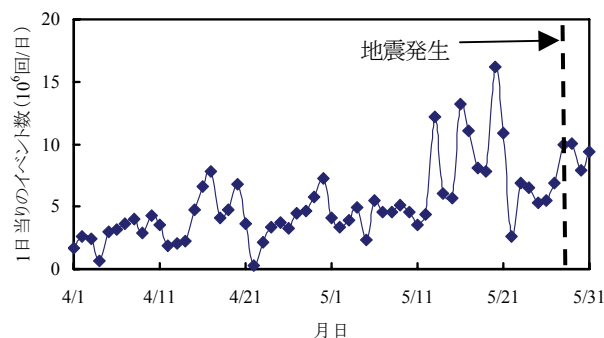


(c) 仙台観測点と各地震の位置関係

図-9 仙台観測点における異方性



(a) 低閾値



(b) 高閾値

図-10 仙台観測点における総イベント数の日変化 (2004年5月29日福島県沖地震の前後)

6. まとめと今後の課題

本研究ではデータの一部しか示さなかったが、地震前に何らかの原因によって高周波の電磁ノイズが観測される場合が多いこと、また地震の規模が大きいほど電磁ノイズが観測される期間が長くなっていること、観測地点によっては感度が良い／悪い方位が存在する可能性があることを示した。

地震前の電荷発生・伝播メカニズムについて未解明な部分が多いという点が挙げられる。この点に関しては、室内での岩石破壊実験や他の周波数帯域での観測結果とのクロスチェックを行うことで解決していきたいと考えている。また、規模の大きい地震はそう頻繁に起こるものではなく、どうしてもサンプル数が少なくなってしまう。この点に関しては、全国多数ある電磁ノイズ観測装置をさらに増設する必要がある。多くの観測地点で継続して観測を続けることでサンプル数は増えていくものと考えられる。今後もさらなる分析を進め、地震前における電磁氣的異常現象の特徴を明らかにしていきたい。

参考文献

1) 福井勝則, 大久保誠介, 寺嶋卓文: 一軸圧縮試験における岩石からの電磁波の発生, 資源と素材, Vol.117, pp. 703-710, 2001.

2) 福井勝則, 大久保誠介, 金田實: 発破時に発生する電磁波の観測, 第11回岩の力学国内シンポジウム, A19, 2002.

3) Frid, V.: Rockburst hazard forecast by electromagnetic radiation excited by rock fracture, *Rock Mech. and Rock. Engng.*, Vol. 30, pp. 229-236, 1997.

4) Varotsos, P. and Alexopoulos, K.: Physical properties of the variations of the electric field of the earth preceding earthquakes I, *Tectonophysics*, Vol. 110, pp. 73-98, 1984.

5) Varotsos, P. and Alexopoulos, K.: Physical properties of the variations of the electric field of the earth preceding earthquakes I determination of epicenter and magnitude, *Tectonophysics*, Vol. 110, pp. 99-125, 1984.

6) Gokhberg, M.B. and Morgounov, V. A.: Experimental measurement of electromagnetic emissions possibly related to earthquakes in Japan, *J. Geophys. Res.*, 87, B9, pp. 7824-7828, 1982.

7) Warwick, J. W., Stoker, C. and Meyer, T. R.: Radio emission associated with rock fracture: possible application to the great Chilean earthquake of May 22 1960, *J. Geophys. Res.*, Vol. 87, B4, pp. 2851-2859, 1982.

8) Sobolev, G. A.: Application of electric method to the tentative short-term forecast of Kamchatka earthquakes, *Pageoph.*, Vol. 113, pp. 229-235, 1975.

9) 池谷元何: 地震の前, なぜ動物は騒ぐのか, pp. 215-235, NHK ブックス, 1998.

10) パリティ編集委員会編: 地震の科学, pp. 130-147, 丸善, 1996.

11) 辻本知範, 松永昌太, 大久保誠介, 福井勝則: 地震に先行する電磁気現象に関する検討, 資源・素材 2006 (福岡) 企画発表・一般発表(A)(B)講演資料, pp. 43-44, 2006.

ANALYSIS OF PRE-EARTHQUAKE ELECTROMAGNETIC PHENOMENA/ABNORMALITY

Tomonori TSUJIMOTO, Shota MATSUNAGA, Katsunori FUKUI and Seisuke OKUBO

Electromagnetic emission is one of the most dramatic and most intensely studied manifestations of earthquakes. Pre-earthquake electromagnetic phenomena have been reported for centuries, even millennia. However, there is great confusion and even greater controversy among the previous reports because it seems nearly impossible to imagine that such diverse phenomena could have a common physical cause. This explains why reports on pre-earthquake phenomena are regarded with suspicion in the scientific community. In this study, noise contained in radio wave (AM) was detected and analyzed. It was found that noise level is gradually increasing and then decreasing before an earthquake. Maximum noise level was commonly observed one to two weeks before the earthquake. The proposed measuring system could be a future promising method to forecast earthquakes.