

## 十勝沖・根室沖大地震予知のための電磁気観測

茂木 透, 高田真秀, 笠原 稔 (北海道大学地震火山研究観測センター),  
山口 透 (理化学研究所), 長尾年恭 (東海大学地震予知研究センター)

### Electromagnetic monitoring to predict Tokachi-oki and Nemuro-oki large earthquake.

Tohru Mogi, Masamitsu Takada, Minoru Kasahara (Institute of Seismology  
and Volcanology, Hokkaido University), Tohru Yamaguchi (RIKEN),  
Toshiyasu Nagao (Earthquake Prediction Research Center, Tokai University)

#### 1. はじめに

北海道南部から千島地域では千島海溝に沿って、頻繁にM8クラスの地震が起こっている。この地域の地震は、えりも岬沖からウルップ島沖間の6つの区域で、震源領域が重なりもせず、隙間もあけずに17年~25年位の間に次々と起こるといった特徴がある。近年でも、1952年から1973年まで一連の活動があり、6つの区域でM7.4~M8.2の大地震が次々と起こった(宇津, 1977)。その後、休止期間なしに、1978年から再び一連の活動が始まっていると考えられ、1995年までに十勝沖と根室沖の区域以外では大地震が起こっている。一方、十勝沖・根室沖地域では地震活動が低調である(第1図, 笠原, 1998)。千島海溝沿いに起きる地震では、地震の前に発生区域に地震活動の静穏化がみられることがあり(Katsumata and Kasahara, 1999)、さらに、この区域(第1図, 区域B, C)では放出地震モーメントも周囲に比べ著しく小さいことから、近い将来大地震が発生する可能性のある地域として、重要な監視対象地域である。この区域は陸域の観測網から最も近い位置にあることから、各種観測による前兆現象の検証の実験場でもあり、北海道の地震予知研究最大のターゲットである。

これまでも1994年北海道東方沖地震の際に、震源領域で地震活動が低調になったり、陸域でも顕著な地殻変動が発生5年前より観測されている。従って、今後、十勝沖・根室沖地域で同様の変化がみられるかどうか、地震観測、地殻変動観測による監視を続けていく必要がある。これらの観測では、数年と言った時間スケール、いわゆる中期予報の可能性はあるが、直前予知の可能性については、他の方法も必要であろうということで、この地域で電磁気観測も行われることになった。

#### 2. 北海道での電磁気変動モニタリング

北海道内での地震予知をめざした地電位変動モニタリングは、東京大学地震研究所により1987年に浦河地域、1988年に弟子屈地域で始められた(Kinoshita, et al., 1989)。これらは、NTTの電話線を使い、6本の長基線(基線長10~20km)での地電位差変動を観測するものであり、いわゆるVAN法を検証する目的で行われた。その結果、弟子屈-虹別間の観測線では釧路沖で発生する地震の前にVAN法の経験則を満たす地電位差変動が観測されたと報告されている(Uyeshima et al., 1989)。これらの地域では、本州に設置された観測点に比べノイズレベルも低くよい記録が取られている。それらの観測を引き継ぎ、北海道大学では、1996年2月より道東の虹別(NIJ)および6月からえりも(ERM)において地電位変動観測およびフラックスゲート磁力計による地磁気変動観測を始めた(第2図)。虹別では長基線6本(基線長5~10km)、

短基線 6 本（長さ 100m 程度）で地電位変動観測をしており、えりもでは当初は長基線 5 本、短基線 5 本で地電位変動観測をしていたが、電話線の光ケーブル化がすすみ、現在、長基線は 1 本のみ観測可能である。えりもの短基線の一方の電極は、地殻変動観測坑内に設置されている。

2000 年 8 月には、北海道大学と理化学研究所地震国際フロンティア研究とが共同で、根室 (NMR)、厚岸 (AKK)、浦幌 (URH) にも観測設備を設置した (第 1 図)。この新設地域では、それぞれの地域にある北海道大学の地震・地殻変動観測所とそれから 5~10km の離れた 2 地点、合計 3 箇所づつ、互いに直交する 2 方向に短基線（長さ 50~100m 程度）を置いた。このように複数の観測点を置くことにより、観測された地電位変動が局地的な変動であるのか地域的な広がりをもった変動であるのかを判断できると考えられる。また、各電線、電極は 1m 位の間隔で平行に 2 本づつ置き、両方の変動が同じであることをチェックすることにより、個々の電極により発生するノイズを調べられるようにした。長基線による観測は、観測点間を結ぶ電話線を用いて行っている。現在は、根室 1 本、浦幌 1 本である。また、浦幌には 12 月にフラックスゲート磁力計を設置した。

厚岸の 1 箇所および浦幌の 1 箇所は、電話線も電力線も引かれていない場所に設置した。これらの点では、電力は太陽電池で供給し、テレメータは携帯電話を用いている。携帯電話はアンテナをつけることにより人里から離れた所でも受信状態を改善できる。このような観測方法が可能であれば、人里から離れたノイズの少ないところに短基線を置くことができる。

観測に用いているロガーは、アドシステム製 SES93 (NIJ, ERM) および SES96 (URH の瀬多来) および白山工業製 LS3300 (他のすべての点) を用いている。現在のところ、データはほとんどの地点で 10 秒サンプリングであるが、浦幌の磁力計データのみ 1 秒サンプリングである。データは、北海道大学および理化学研究所において 1 日毎にダイアルアップで吸い上げている。

### 3. これまでの主な観測結果

#### (1) 虹別地域

地震研究所による観測期間中の 1988 年 5 月 12 日から 12 月 31 日までの間に、弟子屈一虹別間の長基線では、42 個の地電位変動が観測され、そのうち釧路沖で発生する地震に対応する地電位変動が 31 個観測されたと報告されている (Uyeshima et al., 1989)。1996 年以降では、観測が比較的安定していた 1998 年および 1999 年の 2 年間のデータを調べたところ、すべての観測線で同時に SES らしい地電位変動 (VAN 法ではその経験則に従うものを SES ということになっているが、ここでは単にそれに似た地電位変動のことを以下単に SES ということにする。) が見られるケースはあまり多くはないようである (年数回程度)。1999 年 5 月 30 日に見られた変動の例を第 3 図に示した。S3, S4, S5, S6 の複数の短基線に変動が見られたが、長基線のデータでは見られなかった。(S1, S2 は感度鈍くおかしな動きをするので、おそらく何処が接触不良であろう。) このあと、6 月 13 日に M5.1 の地震が震央距離約 20km (深さ 160km) のところで起こってはいるが、他の場合は必ずしも地震との対応は明らかではない。

#### (2) えりも地域

えりも地域での地電位変動の例 (1999 年 8 月 12 日) を第 4 図に示す。この例では短基線 3 本 (あとの 2 本は接触不良) と長基線 1 本で見られる。短基線では 3 本共明

際に見えるが、長基線では不明瞭である。全観測線でこのような変動が見られた回数は、1998年には28回（欠測が1月半あり）、1999年には48回である。（現在のところ、外部磁場変動と関係なく、全観測線でみられる地電位変動という以外、ここで言うSESの明瞭な基準を決めていないので、SESとみなすかどうか判定の難しいものもあり、この回数は一応のめやすであり変わる可能性がある。）ただし長基線は、しばらく中断していて1999年7月から再開している。えりもの周辺は非常にサイスミシティも高いので、SESとどのような地震とが対応しているのか判断するのは難しい。ここでは、1999年について震源距離200km（震央距離ではない）以内でM4.5以上の地震とSES発生時間との関係を第1表に示した。えりも地域は測点1箇所しかなく、このような変動が局地的なものか地域的な広がりをもつ変動かどうか、今のところ判断できない。

### （3）新設地域（根室地域、厚岸地域、浦幌地域）

それぞれの地域の電極設置は2000年8月中に行ったが、観測点により電源の問題等により観測開始は遅れ、すべての点で観測が始まったのは11月下旬からである。

根室地域は8月11日から観測を始めたが、その直後8月16日に北海道東方沖地震（M5.9）が起こった。この地震に対しては、根室地域の2箇所（もう1箇所は測定器不良により欠測）で地震発生直後に地電位変動が見られた（第5図）。地震の発生時刻は5:20:44、北大の根室観測所での地震波の到着時刻は5:21:02である。その時は1秒サンプリングで観測していた根室東観測点での地電位変動の開始時間は5:21:14と12秒の違いがみられた。変動の大きさは、南北方向で2mV、東西方向で0.5mV程であった。また根室西観測点では、こちらは10秒サンプリングであるが、5:21:11の値が、南北方向で1mV、東西方向で5mV程変化した。地震発生直後の地電位変動は、スマトラ断層での観測でも見られており、ほぼ地震波の到着時刻と同じ時に起こると考えられている（茂木・他、1999）。今回の場合、根室東観測点の方が震源に近く地震波は観測所より早く届いたと考えられるにもかかわらず、12秒も遅れているのは時計が遅れていた可能性が大きい。この地震の前には目立った地電位変動は見られなかった。

11月14日に厚岸沖の厚岸観測所から震央距離50km位の所で浅いM5.9の地震が発生した。このときは厚岸地域の2箇所でも観測が行われていたが、地震直後の地電位変動は観測されなかった。これは、この時点ではロガーの前に2秒のハイカットフィルターが入っていたためと考えられる。茂木・他(1999)ではスマトラ断層の観測において、このようなフィルターの影響を調べている。現在のところ、この地震の前にも明瞭なSESは観測されていないようである。

## 4. まとめ

近い将来発生が予想される十勝沖・根室沖大地震の直前予知をめざして、道東地域の5地域で地電位変動および地磁気変動の観測を始めた。今までのところ、どの点も比較的ノイズも少なく良好な観測ができそうである。ただ、接触不良等でおかしな変動をする観測線もあるので、今後再設置する必要がある。また、虹別やえりもでも複数の地点に観測点を置く予定である。

まだ始めたばかりなので各地点での変動の特徴が把握できていないが、観測を続けることにより、特に地震発生や地殻変動と地電位変動との関連性を考えていきたいと思っている。

参考文献

笠原稔, 3つのプレートの相互作用する地域(北海道周辺)の地震予知研究, 月刊地球, 新地震予知研究, 海洋出版, p.16-21, 1998.

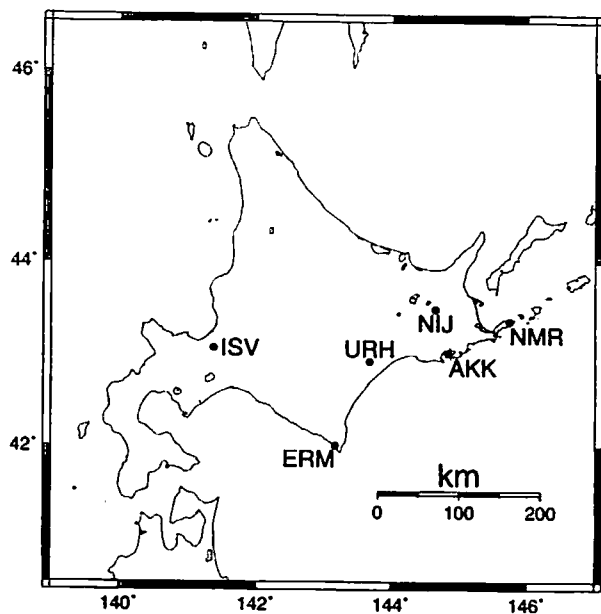
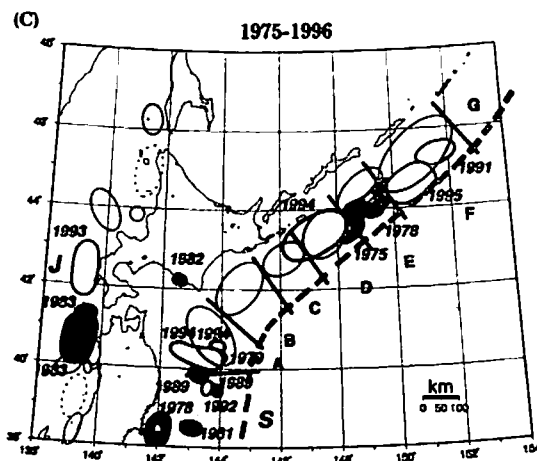
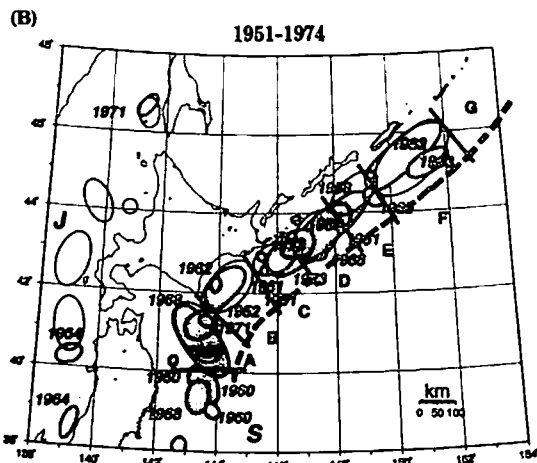
Katsumata, K. and Kasahara, M., Precursor Seismic Quiescence before the 1994 Kurile Earthquake (Mw=8.3) Revealed by Three Independent Seismic Catalogs., PAGEOPH, 155, p.443-470, 1999

Kinoshita, M., M. Uyeshima and Seiya Uyeda, Earthquake Prediction Research by Means of Telluric Potential Monitoring, Progress Report 1: Installation of Monitoring Network., Bull. Earthq. Res. Inst., 64, p.255-311, 1989

茂木透, 田中良和, 長谷英彰, Edy M. Arsadi, Djedi S. Widarto, 長尾年恭, 上田誠也, スマトラ断層での地電位変動観測(2), CA研究会1999年論文集, p.179-186, 1999.

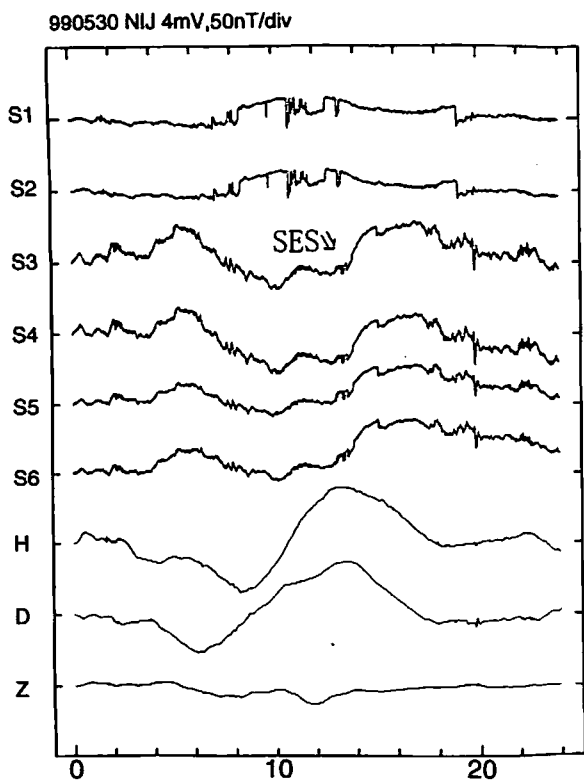
宇津徳治, 地震学, 共立出版, p.157, 1977.

Uyeshima M., M. Kinoshita, H. Iino and Seiya Uyeda, Earthquake Prediction Research by Means of Telluric Potential Monitoring, Progress Report 2: Preliminary Study on Teshikaga Channel 2 Signals and the Seismicity in the Region off Kushiro. , Bull. Earthq. Res. Inst., 64, p.487-515, 1989

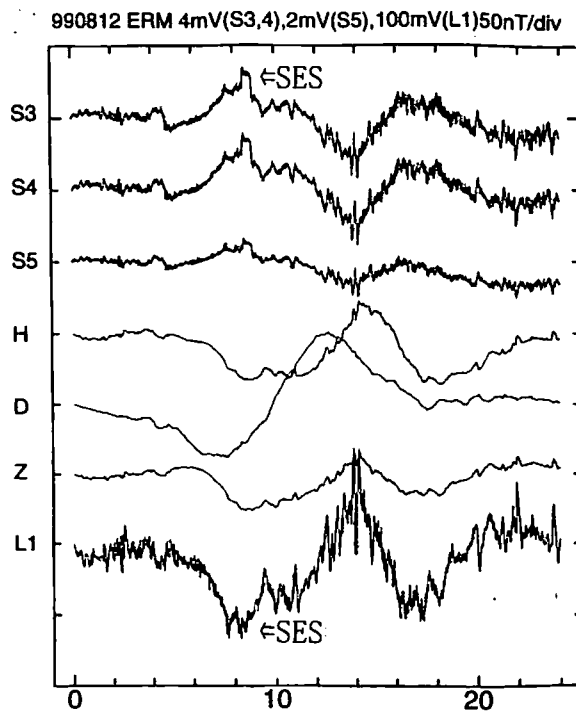


第2図 地電位変動および地磁気観測地点

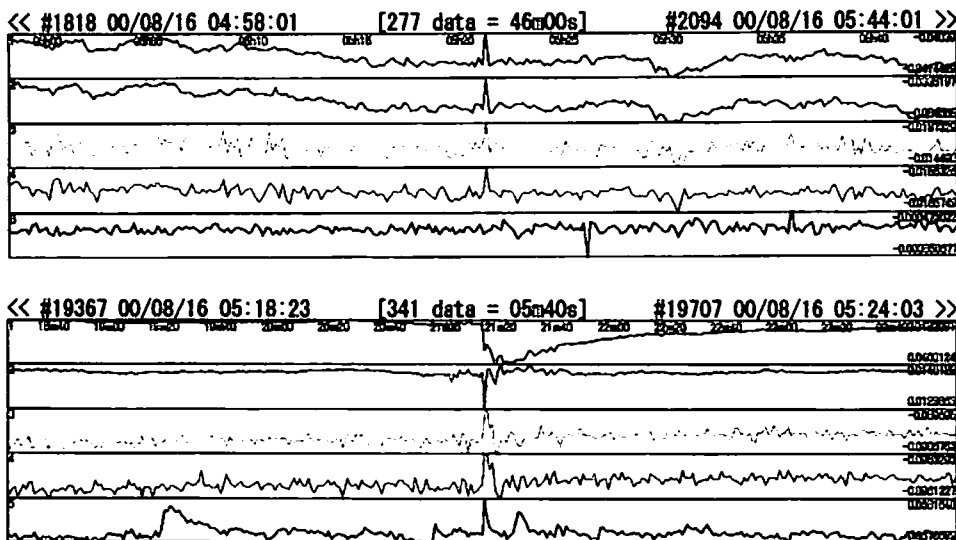
第1図 北海道周辺のプレート境界に発生した浅い地震の震源領域



第3図 虹別地域の地電位変動記録例



第4図 えりも地域の地電位変動記録例



第5図 根室地域の2地点での2000年北海道東方沖地震直後の地電位変動記録  
 上図：根室東地点(10秒サンプリング)，下図：根室西地点(1秒サンプリング)

第1表 1999年えりも地域での地電位変動と地震(M>4.5, r<200km)との対比

| SESの観測された日・時間<br>月・日・時間 |                   | えりも周辺の地震(北大観測点により決められた M.>4.5, r<200kmの地震)<br>発生日 時間 マグニチュード 震源距離、震源の方向：S：海底下, L：陸地下 |                |       |
|-------------------------|-------------------|--|----------------|-------|
| 1月                      | 2日 10 ?           |  |                |       |
|                         | 3日 15             |  |                |       |
|                         | 4日 10-13          |  |                |       |
|                         | 11日 11 小          |  |                |       |
|                         | 16日 17 小          |  |                |       |
|                         |                   | 19日 2:35:45  | M5.6, 169km    | SW:S  |
|                         | 23日 15 小          |  |                |       |
|                         | 31日 6-10-20 連続    |  |                |       |
| 2月                      | 1日 1-2, 9-11      |  |                |       |
|                         | 2日 6-10, 22-      |  |                |       |
|                         | 3日 -10,           |  |                |       |
|                         | 4日 2, 10          |  |                |       |
|                         | 5日 7-8, 11, 16-19 |  |                |       |
|                         |                   | 9日 9:19:38   | M.5.5, 68.4km  | NE:L  |
|                         | 25日 4-12          |  |                |       |
|                         | 28日 6-16          |  |                |       |
| 3月                      | 5日 12-13          |  |                |       |
|                         |                   | 5日 15:24:32  | M.4.8, 79.6km  | W:S   |
|                         | 6日 4-20           |  |                |       |
|                         |                   | 6日 12:54:32  | M.5.0, 89.3km  | W:S   |
|                         | 16日 17            |  |                |       |
|                         |                   | 18日 21:27:30   | M.4.8, 130km   | SSW:S |
|                         |                   | 19日 2:55:41  | M.5.9, 135km   | S:S   |
|                         | 22日 2-16          |  |                |       |
|                         | 23日 14-20         |  |                |       |
|                         | 28日 18-20         |  |                |       |
| 4月                      |                   | 3日 5:45:10   | M.4.5, 79.0km  | W:S   |
|                         | 5日 23             |  |                |       |
|                         | 6日 12-18          |  |                |       |
|                         | 8日 14             |  |                |       |
|                         |                   | 8日 18:25:08  | M.4.5, 90.2km  | W:S   |
|                         |                   | 11日 0:16:28  | M.5.0, 159.2km | E:S   |
|                         | 12日 14 小          |  |                |       |
|                         | 14日 11-14         |  |                |       |
| 5月                      | 6日 18-20          |  |                |       |
|                         | 9日 21 小           |  |                |       |
|                         |                   | 13日 2:59:22  | M.6.7, 166km   | NE:L  |
|                         |                   | 17日 6:20:01  | M.5.0, 83.9km  | W:S   |
| 6月                      | 1日 10 小           |  |                |       |
|                         | 7日 10-18          |  |                |       |
|                         | 9日 12-14          |  |                |       |
|                         |                   | 15日 17:13:39   | M.5.1, 186km   | NE:L  |
|                         |                   | 17日 20:23:23   | M.4.5, 190km   | SSE:S |
| 7月                      | 1日 2, 20          |  |                |       |
|                         |                   | 1日 13:33:21  | M.4.9, 136km   | W:S   |
|                         |                   | 1日 20:12:41  | M.4.7, 98.6km  | W:S   |
|                         | 3日 13, 21-        |  |                |       |
|                         | 4日 -18まで頻発        |  |                |       |
|                         | 6日 21-22          |  |                |       |
|                         | 13日 4-6, 12, 22   |  |                |       |
|                         | 14日 2-4, 8-9      |  |                |       |
|                         |                   | 19日 18:10:40   | M.4.5, 84.4km  | W:S   |
|                         | (14日15時からL記録あり)   |  |                |       |
|                         | 22日 8 L?          |  |                |       |
|                         |                   | 22日 22:46:33   | M.5.2, 115km   | NE:L  |
|                         | 23日 10 L?         |  |                |       |
| 8月                      | 12日 8:30-9:00 Lあり |  |                |       |
|                         | 13日 7:30-8:00 Lあり |  |                |       |
|                         |                   | 23日 15:11:26   | M.5.3, 64.9km  | SE:S  |
|                         |                   | 23日 19:08:30   | M.5.1, 64.6km  | W:S   |
| 9月                      |                   | 3日 7:04:05   | M.5.1, 158km   | S:S   |
|                         | 17日 7-8 Lあり       |  |                |       |
|                         | 18日 10-11         |  |                |       |
| 10月                     | 3日 4-9 L?         |  |                |       |
|                         |                   | 3日 6:08:39   | M.6.0, 213km   | S:S   |
|                         |                   | 5日 6:09:36   | M.4.7, 101km   | SW:S  |
|                         |                   | 24日 18:48:50   | M.4.5, 168km   | ENE:S |
|                         | 28日 8-14 L?       |  |                |       |
|                         | 29日 9-10 Lあり      |  |                |       |
| 11月                     | 3日 5, 12, 13 小 L? |  |                |       |
|                         |                   | 17日 7:54:16  | M.5.5, 86.1km  | W:S   |
|                         | 25日 9-10 Lあり      |  |                |       |
|                         | 26日 5-6 L?        |  |                |       |
| 12月                     |                   | 7日 17:33:22  | M.4.9, 158km   | NE:L  |
|                         | 12日 1 小 L?        |  |                |       |
|                         |                   | 18日 22:30:57   | M.5.0, 165km   | NE:L  |
|                         |                   | 21日 23:19:48   | M.4.6, 151km   | ENE:S |