

地電位差の標準偏差に基づく短期的地震警報の可能性

宮腰潤一郎、塩崎一郎（鳥取大学工学部）
中村正男、瀬戸憲彦（東京大学地震研究所）

Possibility of Warning to the Local People of the Impending Large Earthquakes
Using the Standard Deviations of the Electric Potential Difference Observed in Wakayama

Jun'ichiro Miyakoshi, Ichiro Shiozaki (Faculty of Engineering, Tottori University)
Masao Nakamura, Norihiko Seto (Earthquake Research Institute, University of Tokyo)

はじめに

地震発生に数日から数時間先行して現われるとされている電氣的・磁氣的或いは電磁氣的な先行現象は、地下水現象などと共に短期的先行現象に分類されている。この短期的先行現象観測に基づく地震予知は、構造物等への災害軽減には殆ど寄与することはないであろう。しかしながら、もしこの手法が成功したならば6000人以上の死者をだした兵庫県南部地震（神戸地震）のような家屋崩壊による悲劇は無くすることができであろう。

1984年、山崎断層に発生した $M=5.3$ に関連すると考えられるPreseismic, Coseismicな電場変化を、観測壕内に設けた長さ20m程度の短電極間で観測することに
(1)
成功した後、1991年、島根県東部に発生した $M=4.5$ の地震に関連すると思われるPreseismicな電場変化を、たまたま震央のごく近傍に設けていた電極間隔60m程度の観測点で観測することができた。

これらの成果に基いて、1991年8月から和歌山市における短基線地電位差観測を開始した。短基線（短電極間隔）による非高感度地電位差観測は、その安定性、 S/N 比等の点で有利であることはこれまでの観測によって明らかである。この度は1994

年,1995年の観測結果を標準偏差を用いて整理した結果について報告すると共にこの手法の有効性を強調したい。

観測及び観測結果

地電位差観測を行っている和歌山市は紀伊半島の北西に位置し、その北側には中央構造線が東西に走っている。また紀伊半島のすぐ南にはフィリピン海プレートの潜り込み帯が連なっている。このような位置関係のためか和歌山市周辺のSeismicityは常に異常に高い。和歌山市周辺はフィリピン海プレートの潜り込みのセンサーになっているとの⁽²⁾指摘もある。第1図に和歌山市および紀伊半島の位置を、第2、第3図に1994年、1995年の西日本におけるSeismicityを示した。なお1995年には兵庫県南部地震とその余震が発生している。地電位差の観測は東京大学地震研究所付属の地震観測所構内に設けられた横壕を利用して行い現在も継続中である。第4図に観測所の位置を、第5図には壕内の電極の配置を、第1表にはその組み合わせを示した。第4図にみられるように和歌山市内には電車が走っており、日中は強い電場ノイズが存在するが、夜間(01h30m~03h00m)には消滅することが瀬戸たちによる従来の地電流観測から判明している。第6図には彼等の電極配置を、第7図には彼等の観測結果の例を示した。記録から明らかな様に深夜01時30m~03時にはノイズは全く見られない。我々の地電位差の観測はデジタル方式によって10分間隔で行いその結果について、

$E_m(d)$: mチャンネルの、00hから24h00mまでの平均値、
 $E_m(n)$: 同じくmチャンネルの、01h30mから03h00mまでの平均値、
 $SD_m(d)$: mチャンネルの、0h00mから24h00mまでの標準偏差、
 $SD_m(n)$: 同じくmチャンネルの、01h30mから03h00mまでの標準偏差
を計算した。

第8図に $E_m(n)$ の例を示す。ノイズのない夜間の測定値を使っているにもかかわらず変動が大きく、もし先行現象があったとしても見出すことは極めて困難であろうと思われた。そこで、測定間隔が30分であった1992年、1993年には地震の先行現

(3)
象の影響を分離することができなかつたが(第9図)、測定間隔を10分に改めた夜間の測定値の標準偏差の3、5、6チャンネルの値、 $SD_m(n)$ ($m=3, 5, 6$)の1994年の値および1995年の $SD_m(n)$ 、($m=2, 3, 4, 5, 6$)をプロットしたものが第9図及び第10図である。各図には上部に紀伊半島沖及び紀伊水道をふくみ和歌山市周辺に発生した地震のうち $M=3$ のものを、下部には和歌山市における日雨量を、示した。

第9図にはところどころに欠測がみられるが、各チャンネルとも通常の値はおよそ1mV、せいぜい2mVあるいはそれ以下である。ところが5月31日、9月12日、10月8日、11月10日、突然2mV以上の値を示している。そしてその後に $M=4$ の地震発生あるいは $M=3$ クラスの地震の群発が生じている。一方、第10図では4月10日、5月12日、9月3日11月15日に突然5mV以上の大きな値になり、そのあとに $M=4$ の地震発生あるいは $M=3$ クラスの地震の群発がみられる。しかし1月17日には和歌山市から約45kmの地点に兵庫県南部地震(神戸地震)が発生しているがそれに先行するような $SD_m(n)$ の顕著な増大は観測されていない。一方6月末から8月下旬へかけては $M=3$ クラスの地震発生が全くなく静穏な状態が続くがその間は $SD_m(n)$ も1mV程度の値を示している。また2月初旬には各チャンネルとも値が急に減少していることが認められる。

考察

標準偏差の急増はなぜ生じたのであろうか。或いは人為的電気ノイズが原因ではなかろうか。このことを調べるため、1994年に $SD_m(n)$ が急増した時として、10月10日、10月11日の3チャンネルの地電位差の10分間隔の生の測定値を、第11図に、1995年の $SD_3(n)$ が急増した時として9月2日、3日、4日の3チャンネルの地電位差を第12図に示した。またそれぞれの図には和歌山市における時間雨量を図

の下部に示した。第12図には10月11日に5 mm/hour以下程度の降雨がみられ、電位差は減少している。一方第13図の9月3日には全く降雨はない時期から電位差の急な減少が生じている。おそらくこれらの変化がSDm (n) の急増を招いたのであろう。JR西日本によれば当日の列車運行は平常通りであったし電車がつくる電氣的ノイズのパターンはこれらとは全く違っているのでこれらの異常な変化の原因は電車ではないと考えられる。この他、地中を流れる人為的電流としてはガス会社が埋設管保護のため電位を与えているが流れる電流はせいぜい数mA程度であり無視できよう。

地下に埋められた導電性のパイプがノイズ源になっているとの説もあり、我々が知らないノイズ源の存在の可能性を全く否定することはできないが、図にみられる変化は人為的なものではないと判断される。

第14図、第15図は雨の影響をみたものである。これらは日雨量が10 mm/day以上の場合についてそのときのSDm (n)、あるいはSDm (d) の値をプロットしたものである。SDm (d) はおそらく雨によりレールの漏れ抵抗値が減少したためであろう、降雨時には1 mV以上の値となるが、SDm (n) は1 mVを超えることはない。このことは大量の降雨があり、かつ地震活動が静穏な7月3日、4日のSDm (n) を示す第16図にもあらわれている。すなわち30 mm/hour以上の降雨がありまた7月3日には雷すらも発生しているにもかかわらず、SDm (n) はそれほど大きな変化はしていない。

なおこれら顕著なSDm (n) の変化があった時はいずれも外部磁場の変化は静穏であり Kpも小さかった。9月2日から4日までの鹿屋地磁気観測所の記録を第17図に示す。

さて何がこの様な地震発生に先行する電場変化を生じたのであろうか。電場変化はすべてのチャンネルにあらわれるわけではなく3チャンネル、5チャンネル、6チャンネルに顕著に現われている。すなわち第3電極の電位変化に起因していることは明らかである。そして第18図に示したように、Varotsos⁽⁴⁾ が重要視した電位差と電極間隔との間の比例関係は成立していない。この事実とかつて地下揚水時の電場変化を観測し

帯に近いことなどを考え併せ、流動電位現象である可能性が強いと考えた。すなわち、

流動電位係数 C は

$$C = \frac{\epsilon \zeta}{\alpha \mu}$$

ζ : ζ ポテンシャル
 α : 電気伝導度
 ϵ : 電媒定数
 μ : 粘性

(6)
のように表わされるが、第3電極周辺の

電気伝導度が他と大きく違っているためであろう。

(7)
第18図はフィリピン海プレートが紀伊半島沖で沈み込んでいることを考慮して流動電位の関係を模式的に示したものである。なお第11図でSDm (n) が1995年2月初めに減少しているのは兵庫県南部地震の余震の数がこの時期に減少していることと対応しているのであろう。

結語と今後の問題

地震予知に要求されているように 発生場所 発生時刻 地震のマグニチュード のすべてを予め知ることは困難としても、せめて短期的前兆現象を観測することによって住民に Warning をすることができれば少しでも人的被害をへらすことができるだろうというのが研究の趣旨であった。その意味では短電極間隔で地電位差を地電位差を観測しその標準偏差を用いるこの手法は第10図にみられるように必ずしも個々の地震に対応するものではないが、人為的ノイズが大きい和歌山市においても観測可能であり、その簡便性の点で極めて有用であると言えよう。

しかし観測期間が短いため観測された電場変化の大きさと地震のマグニチュードとの関係を見出すことはできていないし測定間隔10分が最適かどうかについても未検討である。これらは今後の課題である。

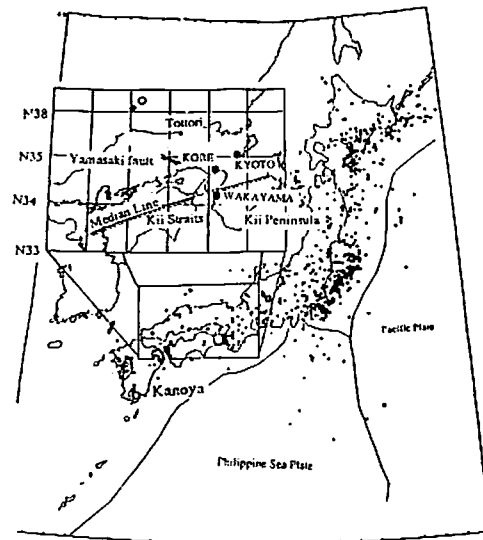
参考文献

- (1) Miyakoshi, J., 1986. Anomalous Time Variation of the Self-Potential in the Fractured Zone of an Active Fault Preceding the Earthquake Occurrence, *J. Geomag. Geoelectr.* 38 1015-1030.
- (2) 溝上恵, 中村正夫, 1996, 和歌山平野の群発地震活動と震源偏削の意義, 変動帯日本における陸上ポーリング候補地選定論文集, 19-33.
- (3) Miyakoshi, J., I. Shiozaki, M. Nakamura and N. Seto, 1994. Observation of the Geoelectric Potential Difference in Wakayama between Multi-Channelled Grounded Electrodes of Short-Spacing in the Hope of Detecting an Precursor, In M. Hayakawa and Y. Fujinawa (Editor) *Electromagnetic Phenomena Related to Earthquake Prediction*, Terra Sci. Pub. Tokyo, pp.55-70.
- (4) Varotsos, P. and K. Alexopoulos, 1984. Physical Properties in the Variation of the Electric Field of the Earth Preceding Earthquakes, *J. Tectonophysics*, 110, 73-98.
- (5) 長尾年恭, 1996, 私信.
- (6) 石戸経士, 杉原光彦, 菊地恒夫, 1992, 地熱レーザーモニターング, 物理探査, 第45巻第6号, 522-534.
- (7) Tarney, J., K. Pickering, R. Knipe and J. Dewey, Ed., 1991, *Fluids in Subduction Zones*, The Royal Society Publisher

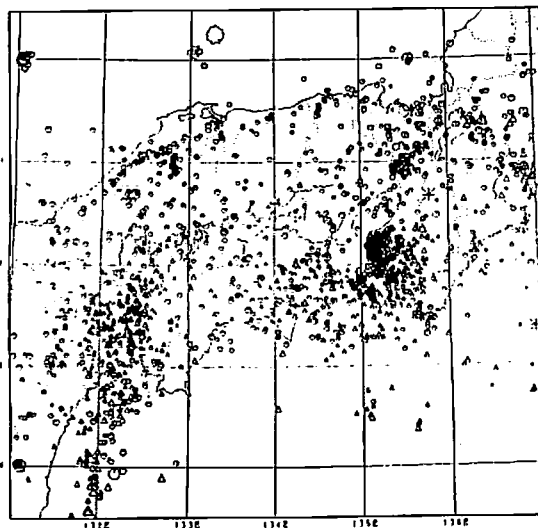
第1表 電極の種類とその組み合わせ及び電極間距離

electrodes	Composition	Position
0	Pb-PbCl ₂ rod	Concrete well in the observation cave
	Carbon rod	
1	Pb-PbCl ₂ rod	Ground in the observation cave
	Carbon rod	
2	Pb-PbCl ₂ rod	Ground in the observation cave
	Carbon rod	
3	Pb-PbCl ₂ rod	Slope over the observation cave

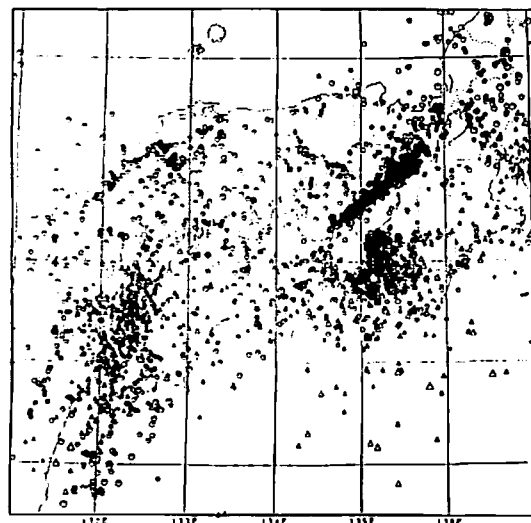
Channel No	Electrode	Distance
1	P ₁ -P ₀	3 m
2	P ₂ -P ₀	15 m
3	P ₃ -P ₀	3 m
4	P ₂ -P ₁	20 m
5	P ₃ -P ₁	5 m
6	P ₃ -P ₂	10 m
7	C ₁ -C ₀	3 m
8	C ₂ -C ₀	15 m
9	C ₂ -C ₁	20 m



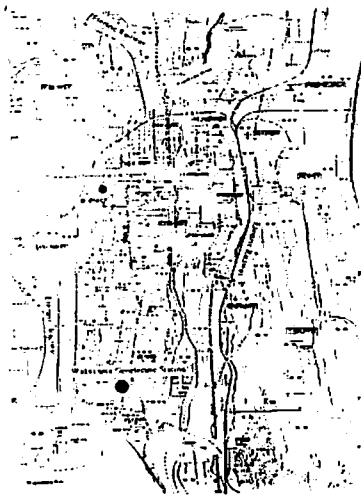
第1図 和歌山市, 神戸市, 中央構造線, 紀伊半島の位置



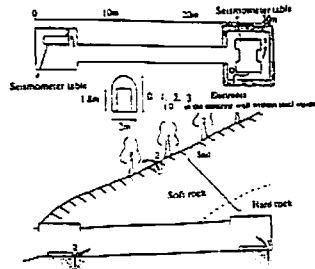
第2図 1994年のSeismicity (大阪管区気象台)



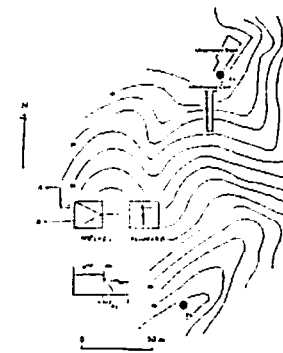
第3図 1995年のSeismicity (大阪管区気象台)



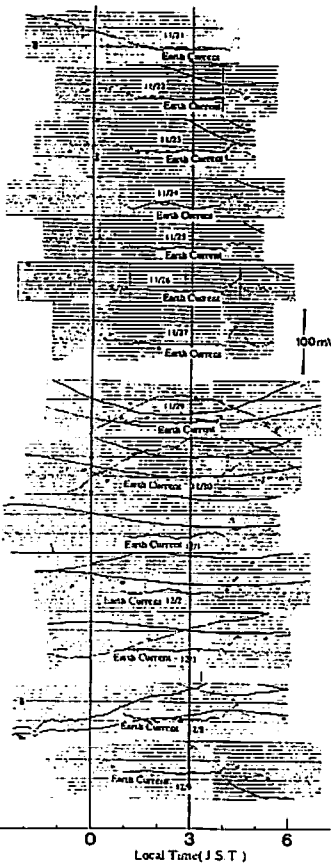
第4図 地電位差観測点、和歌山気象台および電車レール位置図



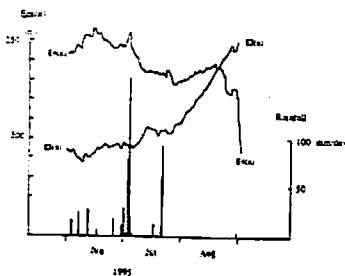
第5図 電極配置図



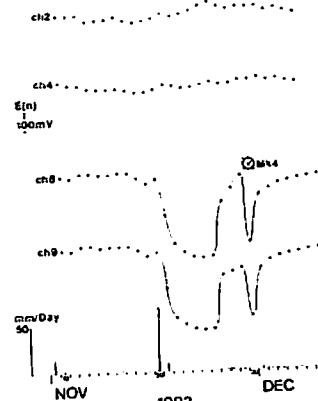
第6図 中村、瀬戸等による地電流観測システム



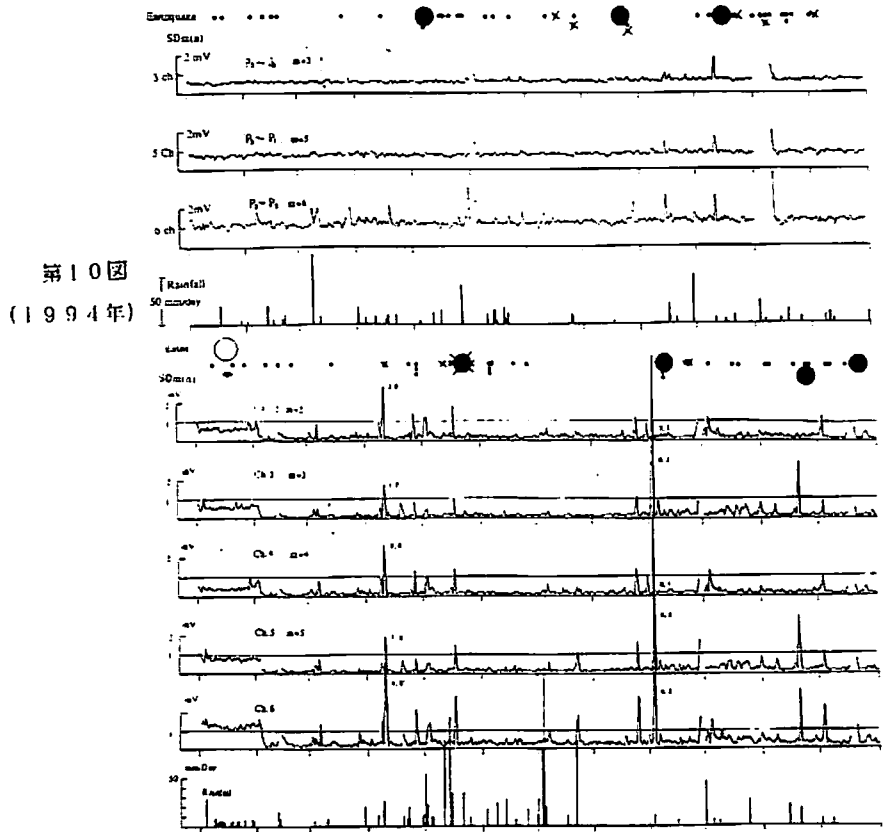
第7図 中村、瀬戸等によって得られた地電流等の記録例



第8図 地電位差夜間値の平均値の変化例

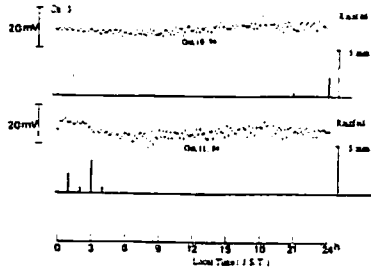


第9図 測定間隔が30分であった1993年当時における地電位差夜間値の標準偏差の変化

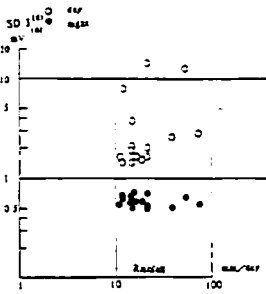


第10図 (1994年)

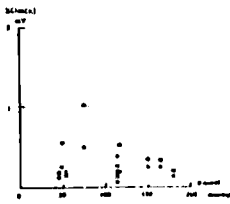
第11図 地電位差夜間値の標準偏差の変化(1995年) 図の上部に和歌山市付近、紀伊水道、紀伊半島沖に発生したM=3以上の地震および兵庫県南部地震を、下部には和歌山市における日雨量を示す



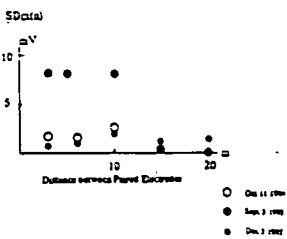
第12図 チャンネル3の生の値のプロット



第14図 降雨日の地電位差の標準偏差(1994年)

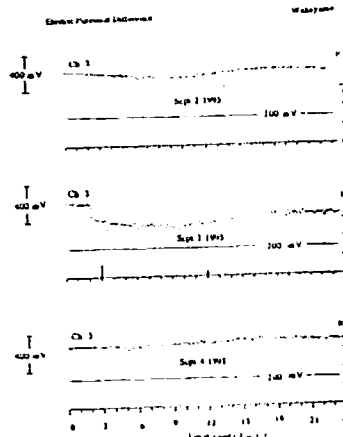


第15図 降雨日の地電位差の標準偏差(1995年)

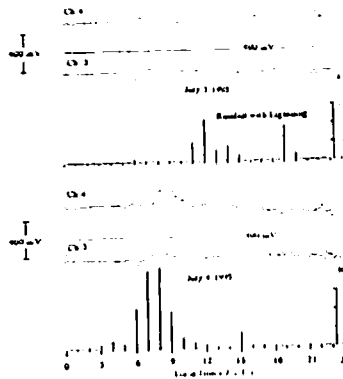


第17図

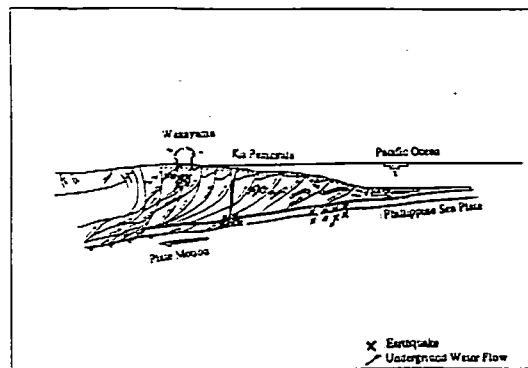
地震発生前にあらわれたSDm (n) の大きさとその電極間隔



第13図 チャンネル3の生の値のプロット



第16図 チャンネル3、チャンネル4の生の値のプロット



第18図 和歌山市において観測された電場変化を流動電位によるものであるとして模式的にあらわしたもの