

和歌山市における短スパン地電位差夜間値の標準偏差の急増について

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

Sudden Increase of the Daily Standard Deviation of the Geoelectric Potential Difference after the Midnight Observed in the Seismically Active Wakayama Area of Southwestern Japan

J. Miyakoshi, I. Shiozaki (Inst. of Earth Sciences, Tottori Univ.)
M. Nakamura, N. Seto (Earthq. Res. Inst., Univ. of Tokyo)

1. はじめに

兵庫県南部地震による悲惨な被害を現地で或は各種の映像によって目のあたりにした人々にとって地震予知、特に短期的予知の成功は最大の願望である。予知は困難としてもせめて短期的レンジの警告が(例えそれが非公式のものであっても)実施されておれば—それを信頼するか否かは各々の市民に委ねられるわけであるが—土木 建築方面の被害軽減は不可能としても、6000人を超える死者の数は大きく減らすことができたのではなかろうか。

これは我々固体地球電磁気研究者に与えられた課題でもある。

地震に先行する電磁気現象の発現については古来多くの例があり例えば松代地震では少なくともCoseismicに発光現象が観測されているし兵庫県南部地震に際しても多くの電磁气的現象が発生したとの報告がある¹⁾。またギリシャでは地震に先行する電位差(S E S) 観測によって地震予知に成功したとの論文すらある²⁾。

電磁气的先行現象に関しては、その発生メカニズムを大規模な岩石破壊に伴う電磁エミッションであるとする考えがある一方³⁾、深部地下水の流動に伴う流動電位であるとする考えもある⁴⁾。さらにその信号伝搬の機構に関しては芳野や早川たちの研究がある⁵⁾⁶⁾。それらの何れに関しても断層破碎帯の存在が大きく関わっており、従って震源のごく近傍には断層破碎帯は必ず存在しておりそこでは先行現象は発生していて、状況さへ許せばそれは観測可能であろうし、これを基にして、少なくともその地域の人々へ地震発生危険を警告することは可能ではなかろうか。警告実施の具体的手法としては、アナログ量ではなく、観測値に基づくデジタル量に対して、経験則、モデル計算等により警告実施のためのしきい値を設定して行うことになろう。

このような観点から我々は地震に先行する電磁気現象検出のための観測場所として和歌山市 ($\lambda=135^{\circ}10'E, \varphi=34^{\circ}10'N$) を選び地電位差観測を行うこととした。和歌山市は微小地震活動が常時異常に高い地域として知られており例えば1994年には $M \geq 3$ の地震が7個発生している。また紀伊半島を経て四国へ延びる中央構造線の紀伊半島西端に位置しておりこの地域の断層破碎帯の配列はすべてほぼ東西方向で中央構造線にだいたい平行している。電磁環境に関しては、直流電化されたJR線が近くにあるために日中は人工擾乱が大きい、深夜特に01~03時30分の間はノイズは殆ど完全に消失することが瀬戸によるこれまでの地電流観測によって明らかになっている。

2. 観測

地電位差観測は電極の性能比較の目的も兼ねて鉛・塩化鉛電極、炭素棒電極の2種類の電極合計7本を、組み合わせて9チャンネルとして使用した。電極の設置場所は東京大学地震研究所の御好意により、和歌山地震観測所構内の地震観測用壕を使用させていただくことができた。第1表に電極の組み合わせを、第1図にその埋設位置を示した。地下水浸透の影響を受けぬ安定な基準電極としての役割を期待して鉛・塩化鉛電極1本を観測壕内のコンクリート壁(鉄筋なし)中に設置した。図に示したように電極間の距離はせいぜい20m程度である。電極間隔を短くすることはSESを観測する感度の点では不利であるが1984年の山崎断層における観測経験を参考に、むしろSESに混入する人工ノイズを小さくすることを目指したものである。

観測は1991年8月に開始した。当初の記録は各チャンネルの電位差を30分間隔で測定しアドバンテストTR-2724Fデジタル記録計のフロッピーデスクに記録する方式であったが1993年8月以後は測定間隔を10分に改めた。

3. 測定結果、

山崎断層における経験によれば地震に先行する地電位差変化は数10分或は数時間の継続時間を持つ緩やかなものかもしれないし或は間欠的に継続するパルス的な変化かもしれない。そこで測定値を基に各チャンネル毎に以下のような量を計算して地震発生との関連性を探ることとした。

E(d) :	0h ~ 24h (全一日) の間の地電位差の平均値
E(n) :	01h ~ 03h (深夜の静穏時) の間の地電位差の平均値
SD(d) :	0h ~ 24h (全一日) の間の地電位差の標準偏差
SD(n) :	0h ~ 03h (深夜の静穏時) の間の地電位差の標準偏差

1991年の観測開始時の測定時間間隔は30分であった。

第2図に1991及び2年における観測結果の一部を示す。

図中に示した地震のデータは気象庁による関西地区の観測結果を大阪管区気象台が10日毎に纏めて発表されたものであり、和歌山市付近とされているものは

$135^{\circ}05'E = \lambda = 135^{\circ}15'E$, $3410' = \varphi = 3416.4'$ の範囲のもので、深さは約10Kmである。

図によれば和歌山市付近のM \geq 3クラスの地震発生に先行してSD(n)が急増したように見えるが第3図を参照するとこれはむしろ降雨のため地電位差が変化し、それがSD(n)の急増をもたらしたと考えるべきであろう。第4図に降雨の際の変化を示したが降雨によって地電位差が変化するときと変化しないときがあってはっきりしない。

2種類の電極の比較は、第2図を参照すると特性にそれほど大きな違いはないが、鉛・塩化鉛電極の方がはやい電場変化に対する追従性はよさそうである。降雨の標準偏差に与える影響をできるだけ小さくするためには電位測定の間隔を短くする方が有利と考えられる。時間間隔を短くすることによってもし間欠的なSESがあったとしてもそれを検出することが可能になろう。

このような考えのもと1993年8月からは電位差の測定間隔を10分とした。

第5図にP3電極を含むチャンネル、第3、第5、第6チャンネルの1994年における変化を示す。第6図は1994年におけるSD3と降雨との関係を示す図である。

SD3(n)が降雨の影響を全く受けないことは明らかである。

4. 考察

第6図に見られる降雨によるSD3 (d)の増大はレール洩れ電流の増加によるものであろう。ところで第5図に見られる様にSD3 (n)は降雨の影響を受けることなくおよそ0.6 mVの値を保っていたが10月11日突然1.8 mVに増加し翌日には再びもとのレベルに戻っている。当時、和歌山市付近では雷の発生はなかった。このことは第7図に示した天気図からも明らかである。また当時 $\Sigma Kp = 10-$ で外部磁場は静穏であった。

SD3 (n)の急増を何らかの人為的ノイズがその時突然発生したためとする可能性を全く捨てることはできない。しかしむしろそれより第5図の下部に示したように10月16日08h21m、1994年に和歌山市付近に発生したものの最大の中での地震(M=4.5)或はその後に発生したM=3.0の地震に先行する電場変化であったと考えたい。第8図に10月11日の第3チャンネルの10分毎の値を示した。人為的ノイズが消滅した夜半過ぎに電位が異常な減少をしている。地震発生日の8月16日の08時20分の地電位差の値の変化には異常はみられなかった。

ところで、第5図にはところどころに欠測が見られる。このうち6月1~2日と11月1~9日は記録用フロッピーディスク取り替えの遅れによるものである。3月27日のものは全チャンネルに突然発生したBLACK-OUTのためである。恐らくこの時の各チャンネルの電位は1v以上を示していたと思われる。BLACK-OUTは自然に回復し翌日からは正常な記録に戻った。この原因は不明であるが、或は5月8日17h02m、和歌山市のすぐ西の紀淡海峡に発生したM=4.8、深さ12.6 Kmの地震に先行する電場変化であったかもしれない。1月31日発生したM=4.3の地震は和歌山県の中部に発生した深さ約60 Kmのものであった。

5 結論と今後の計画

測定間隔を10分とした後、和歌山市における短スパン地電位差観測によって得られた結論は以下の通りである。

1. コンクリート壁中の電極を一方の電極とする第3チャンネルの標準偏差 SD3は降雨により、SD3 (d)は1~10 mVの変動をするがSD3 (n)は1 mVをこえることはない。
2. 1994年10月11日、SD3 (n)は突然増大して1.8 mVの値を示し翌日は元のレベルに戻った。これは10月16日 和歌山市付近に発生したM=4.5の地震の先行現象であったと考えられる。
3. 電位の測定間隔を30分として行った1993年8月以前は、降雨の影響がSD (n)に混入するために先行現象の検出は困難である。

今後も更に観測を続けたいと考えている。そして具体的には以下の様な計画を考えている。

測定間隔を1分とし日中の測定時間を13時から15時とする。

こうすることによって地震に先行する電場変化の検出率を高めることができようし更に測定電位と電極間隔との比 ($\Delta V/L$)、測定電位と地震のマグニチュードとの関係 ($\Delta V \sim M$)、測定電位と震源距離との関係等を追及することが可能になり、降雨が多く電磁ノイズが大きい地域における地震先行現象検出のための地電位差観測手法の確立に資することができるであろう。

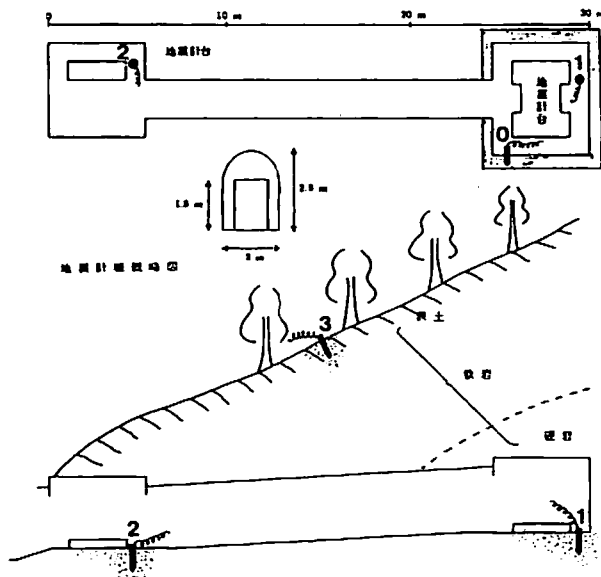
参考文献

1. 佃為成、大地震の前兆と予知、朝日ニュース ショップ、1995
2. Varotsos,P.,K.Alexopoulos,K.Nomicos and M.Lazaridou , Official earthquake prediction procedure in Greece, *Tectonophysics*,152,193-196,1988.
3. 山田功夫、高野雅夫、地震の先行現象としての電磁気現象の発生機構、*Conductivity Anomaly 1991年論文集*、181~187、1991、
4. Ishido,T. and H. Mizutani, Experimental and theoretical basis of electrokinetic phenomena in rock-water system and its applications to geophysics, *J. Geophysical Res.* ,Vol. 86, 1763~1775, 1981.
5. Yoshino,T. and I.Tomizawa, Observations of low-frequency electromagnetic emission as precursor to the volcanic eruption at Mt. Mihara during November, 1986,*Phys. Earth and Planet. Interiors*, 57, 32--39, 1989.
6. Hayakawa et al, Direction finding of precursory radio emission associated with earthquakes ; A proposal, *Phys. Earth Planet. Interiors*, 77 ,1993.
7. Miyakoshi,J. , 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, 1986.

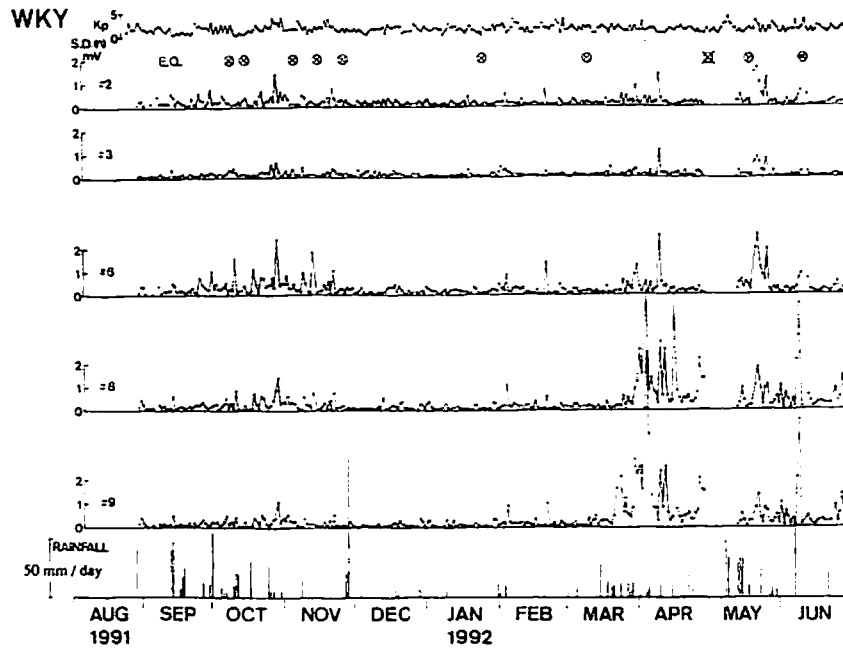
第1表 電極の種類とその組み合わせ

electrodes.	Composition	Position
0	Pb-PbCl ₂ rod	Concrete wall 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

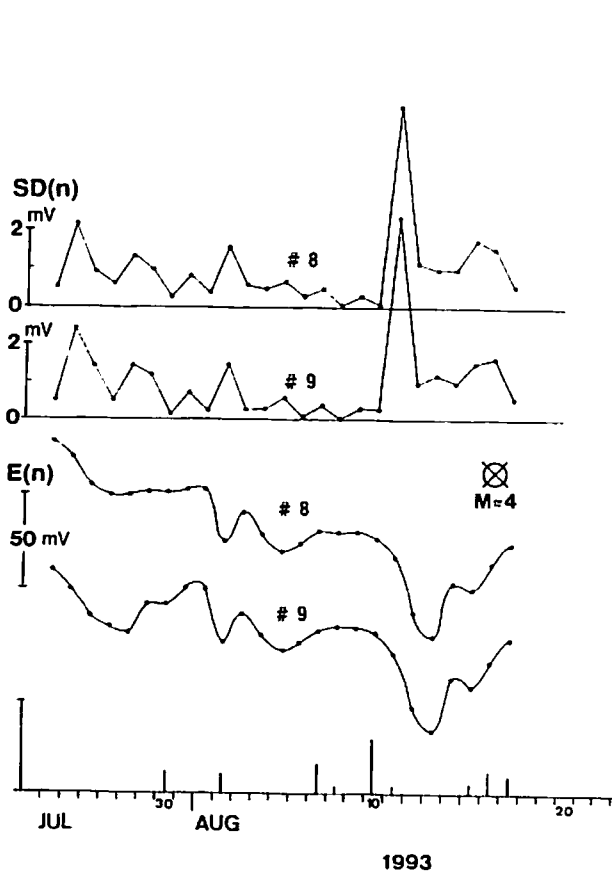
Channel No	Electrode
1	P ₁ ~P ₀
2	P ₂ ~P ₀
3	P ₃ ~P ₀
4	P ₂ ~P ₁
5	P ₃ ~P ₁
6	P ₃ ~P ₂
7	C ₁ ~C ₀
8	C ₂ ~C ₀
9	C ₂ ~C ₁



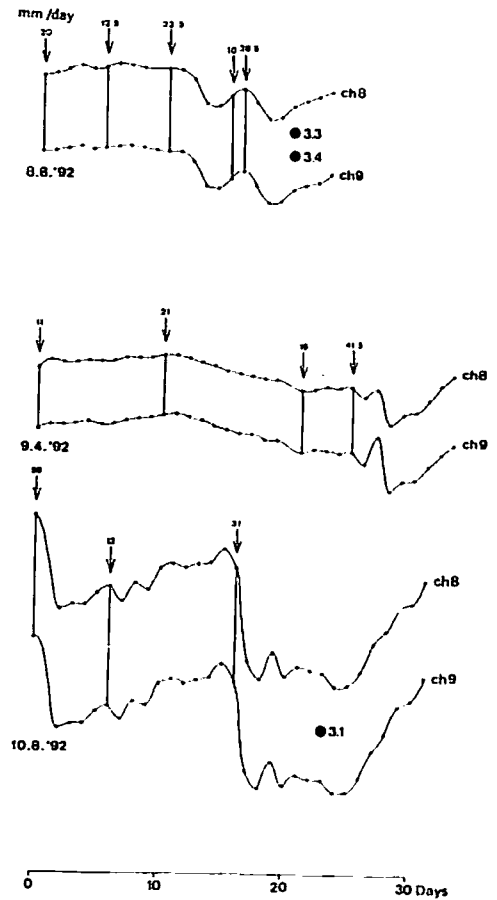
第1図 電極設置位置



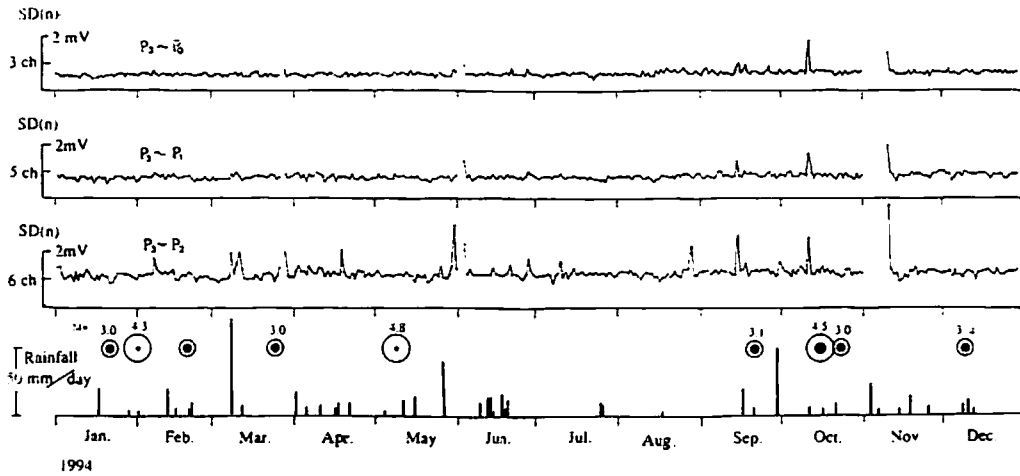
第2図 測定結果 ($\Delta T = 30$ 分)、日雨量 (10 mm以上) Kpインデックス、和歌山市近傍の地震 ($M \geq 3$) を示す



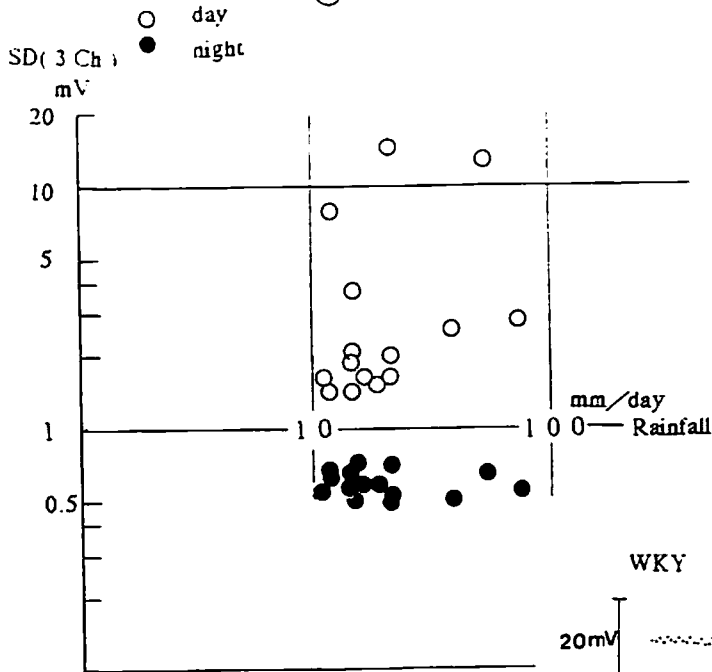
第3図 測定結果 ($\Delta T = 30$ 分)



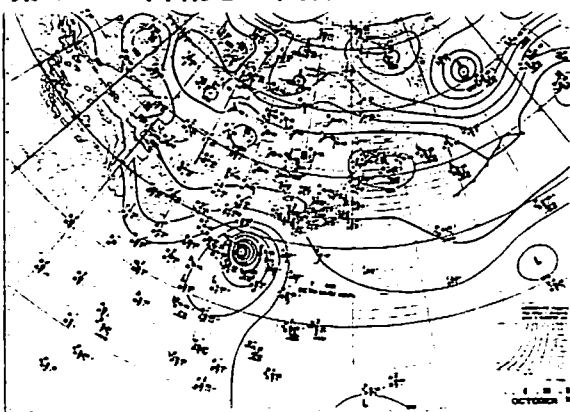
第4図 降雨時の電位変化
数字は日雨量



第5図 測定結果 ($\Delta T = 10$ 分) 図の下部に日雨量 (10 mm以上) と和歌山市付近の地震 ($M \geq 3.0$) 及び和歌山県下と紀伊水道の地震 ($M \geq 4.0$) を示す



第6図 降雨との関係 ($T = 10$ 分)



第7図 日本付近の地上天気図

第8図

1994年10月11日の第3チャンネルの変化 ($\Delta T = 10$ 分) 比較のため10月10日のものも示した