

## 地震に伴う電磁放射現象と予知に関する研究

THE EM EMISSION PHENOMENA AS A PRECURSOR OF EARTHQUAKES  
AND THE POSSIBILITY OF EPICENTER LOCATION PREDICTION

芳野 赴 夫

TAKEO YOSHINO

電気通信大学

UNIVERSITY OF ELECTRO-COMMUNICATIONS

**Abstract** This paper presents the observation results of electromagnetic emissions which appear before the first shock of earthquakes as the precursor, and include to examine the source mechanism of this phenomena. Also this paper shows one of the example of successful result of the earthquakes and its epicenter point prediction experiment by means of the multipoint direction finding networks which set up around Tokyo area since 1983.

**Keyword** Earthquake Prediction, Natural EM Emission.

### 1. はじめに

1972年頃からソビエト連邦では、地震直前に広帯域の電磁放射の存在することが発見され[1]、特にGOKHBERG等が1979年のイラン中部地震(M=7.4)の際に1200km離れたコーカサスのトンネル内で、VLF, LF, MF帯の背景雑音レベルが、地震一時間前から上昇して、地震発生直後に元のレベルに復帰する現象を発見している[2]。この現象は地震直前予知に応用できることを示唆しており、1980年1月より四月まで、長野県菅平の電気通信大学菅平宇宙電波観測所とソ連科学アカデミー地球物理研究所との日・ソ共同研究を行った。

この期間中にソ連側から研究者一名が交換科学者として、菅平などに滞在し、日本側の観測機器を利用して観測を開始した。1980年3月31日16じ33分に京都府を震央としてM=7、震央の深さ480kmの

地震が発生し、震央より約250km離れた菅平の81kHzの受信機は、地震発生前約40分頃から本震までの間、背景雑音レベルが図1に示すように10-15dB上昇し、そして地震の瞬間に元のレベルに復帰したことを記録した。

同時に200Hz-10kHzの広帯域ホイスラー波観測機の記録も、上記の81kHzのノイズレベルが上昇している期間中に、通常観測されない1kHz以下の周波数帯に無数の散発的なノイズが観測されており、これも地震発生と同時に止まったことが観測されている。これは今後のこの電磁放射機構を考える上で、大変大きな示唆を与える重要な現象と考えられる。

この現象を受信した周波数81kHzは、前述のソビエトの例をみても、実際の現象はVLF, LF, MF帯にわたって広範囲に発

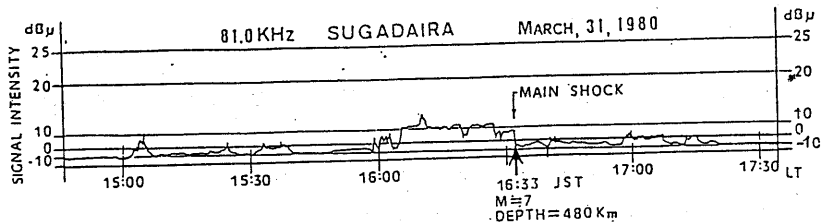


図1 菅平宇宙電波観測所において観測した1980年3月31日の電磁放射

生していると考えられるが、我が国には国内に数多くの無線送信局が数多くあり、現在最も混信の少ない窓周波数として、この81 kHzを選んだのである。現在はカラーTVのカラー同期発信機の3倍周波数の混信が認められるため、これを避けるために82 kHzを受信している。

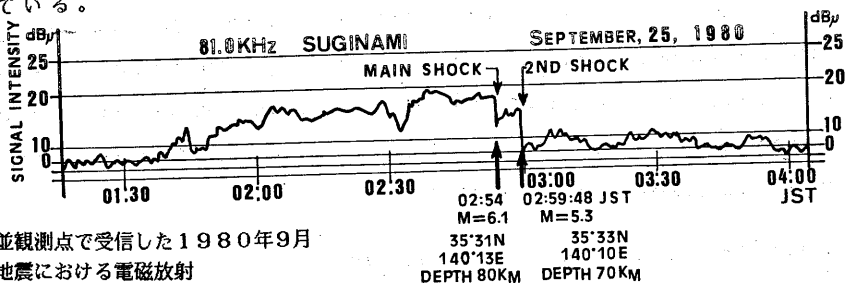


図2 杉並観測点で受信した1980年9月25日の地震における電磁放射

他の81 kHzによる観測例は1980年9月25日2時54分で、この地震は大きな本震のあと約5分後に大きな余震を伴っていた。本震はM=6.1、余震はM=5.3で震央位置は千葉市周辺であり、震央の深さは夫々80、70 kmであった。この時の受信観測点は震央から55 km西北西の杉並受信点であった。背景雑音のレベルは図2に示すように、本震1時間前より15-20 dB上昇し、本震と共に5 dB下がったものの5分後の大きな余震まで高いノイズレベルを保ち余震と同時にもとのレベルに復帰した。その後にもこの様な連続的なノイズレベルの増加は、1981年1月28日12時47分の茨城県南西部地震を始め、現在までに11例が観測されている[3]。

1983年にフランスの研究者達(LEF EUVRE, PARROT et al)は筆者とこの問題について検討した結果、幾つ

かの興味ある現象を人工衛星、電離層、地上において取得していた[4][5][6]。著者はPARROT et alによる論文[6]に述べられている現象が最も興味を引く。それはESAの準科学衛星GEOS-2のVLF電磁界データを検討したところ、たまたま衛星が南インド洋のケルゲレン島を通

る磁力線上にあった時、1978年11月3日6時42分、ケルゲレン島近海で発生したM=4.7、の地震に際して、GEOS-2

に搭載したVLF磁界センサーは、図3の様に地震前のVLF放射磁界を記録した。そして周波数150-450 Hzでは約5時間10分前に放射を開始し、約2時間前にもとのレベルに復帰している。しかし、周波数が高くなるにつれて放射の現れる時間が地震発生時刻に近づき、1350 kHz以上では、我々が得た81 kHzのデータと同様に、本震の約一時間前から放射を開始し、本震と同時にもとのレベルに復帰するモードになっていることは、大変興味がある[5]。

ソビエトの研究グループ(GOKHBERG et al)も、1982-83年にかけてフランスの科学衛星ARCAD-3号に搭載された電界センサーが、日本上空で地震

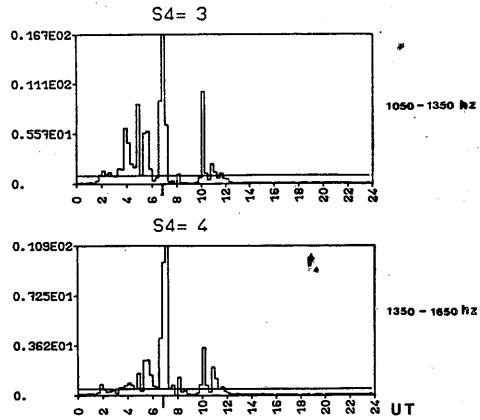
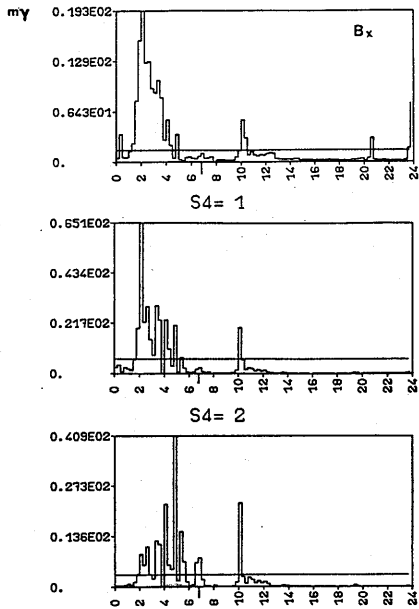


図3 1978年11月3日西インド洋ケルゲレン島近海地震の際の、準静止衛星GEO S-2の磁場センサーのデータ。周波数が低いほど早い時期にエミッションが発生している。

発生前約8時間くらいから電子密度の現象を観測していたことを報告している[私信1984]。

## 2. 震央の予知実験

1981年以来、著者等は81-82 kHzにおいて幾つかの地震直前の放射を観測した。これらの観測結果に基づき、我々は東京地方を中心に方向探知用の新しい多点観測網を設置し、地震直前における震央の位置の予知の可能性について研究を始めた。その第一歩として我々は東京都杉並区、埼玉県杉戸、栃木県足尾、長野県八ヶ岳の四箇所に観測点を設置し、1982年9月より連続データ受信を開始した。各観測点は東西、南北方向に夫々直径1m、50回巻の静電シールド付直交ループアンテナが設置され、夫々20 dBの前置増幅器を通して2代の受信機に接続されている。受信機の出力は2方向のデジタル出力と、クイックルック用のアナログ出力端子が取付けられている。

今日までで、唯一の震央位置の事前予知の成功例は1983年2月27日21時14分

茨城県南西部で発生したM=6.3、震央の深さ40 kmの典型的な直下形地震において得られた。この時の震央の位置と各観測点の位置は図4の通りで、震央は図中のX点の位置にあった。図5はこの時の受信記録で、残

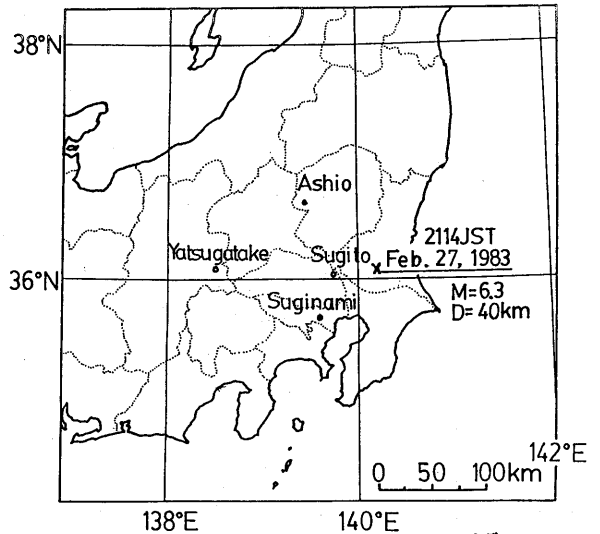


図4 1983年2月27日の地震における観測点と震央の位置

念ながら震央に最も近い杉戸の東西方向のセンサーは前置増幅器のトラブルで作動して居なかった。ここに示す様に82 kHzの最初の異常放射は杉戸の南北センサーと杉並の東西センサーが、本震に約8時間前の12時3

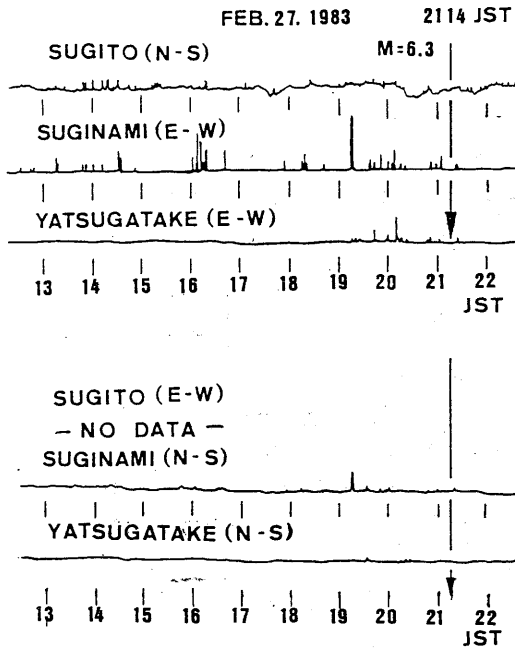


図5 1983年2月27日の地震における、杉戸、杉並、八ヶ岳観測点における受信記録

7分に記録し始めた。震央からの距離は夫々36kmおよび56kmである。この地震の場合、本震までの間、数分から10分位のパルス時間巾で時々放射が起こっており、両地点で同時に受信されている。この時の地磁気は静穏で(Q4A)、Kp指数は1-3であった。人口雑音は極く局所的であり、杉戸の南北成分は16時以降は次第に消失した。杉並では図5に示すように、南北センサーの出力レベルは常に東西センサーより6-20デシベル低く、そして八ヶ岳の東西センサーの出力は約80kmの高さのD電離層が日没となった時以降に異常放射が受信し始めている。しかし南北センサーの出力はその期間中東西レベルに比較して非常に低い。八ヶ岳の19時15分以後の観測値と杉並の観測値との

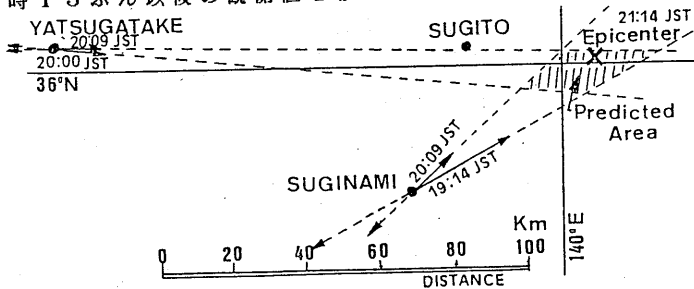


図6 1983年2月27日の地震におけるでんじ放射波の到来方向のベクトル合成の結果と震央の位置。

同期性は非常によい。この現象は八ヶ岳と信凹の距離が150kmあることを考慮すると放射波の伝播モードが電離層伝播モードであることを示唆するものとして興味深い。

著者等がこれらの放射強度の観測値を用いてベクトル合成法によって震央方位の探知を行った結果を図6に示す。杉並では19時14分とそして20時9分のデータ、八ヶ岳では20時と20時9分のデータを用いて計算を行った。杉戸のデータは参考として計算からは除外した。その結果は図6に示すように直径約20kmの斜線を施した領域が限定され、しかも震央はX点に示されるように、この領域内にあった。

### 3. 東京周辺に設置した震央予知の為の多点観測網

現在、著者等は東京地方を中心に、地震発生直前予知と震央位置の推定を行う可能性の追及と、昭和56・57年度の文部省科研費をもとに、実用化するための多点受信観測網システムを実験的に整備しつつある。

図7に現在の受信観測点の配置場所を示す。放射源の検出の為のベクトル合成計算システムは、次のように構成されている。

(1) 図8に現在整備を進めている観測システム系のブロック図を示す。各地点の南北および東西方向の両アンテナの出力は夫々の受信機に接続され、夫々の検波出力は8ビットA-D変換器を通過してデジタル信号となり、自動的にマイクロコンピュータに取

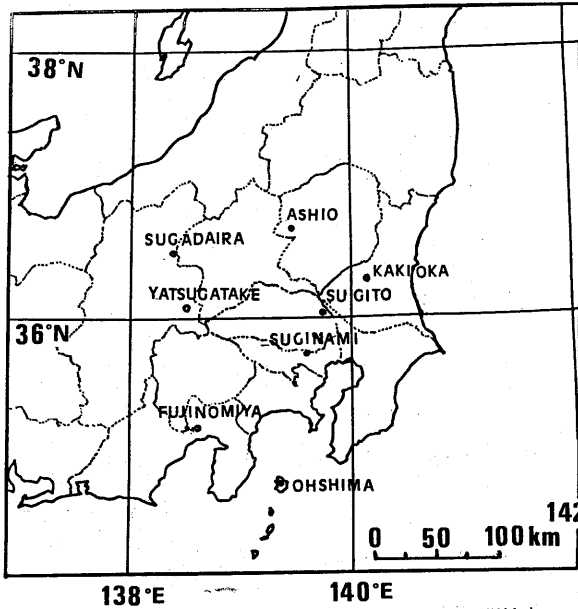


図7 1986年2月現在の東京付近の多点観測地点  
りこまれ、このデータはデータテープに記録  
するとともに、近い将来には、テレメータ回  
線で警報センターの主コンピューターに接続  
する。

(2) 両方向の信号レベル値は、自動的に  
両アンテナの指向性パターン、各受信機のけ  
んば特性、各受信点の固有なテレメータ係数等  
は、自動的に校正される。

(3) 各地点のコンピューターによる夫々  
の地点のベクトル合成の計算結果は、(1)  
で述べたようにテレメータ系又はデータ  
テープで、警報センターの中央コンピューター

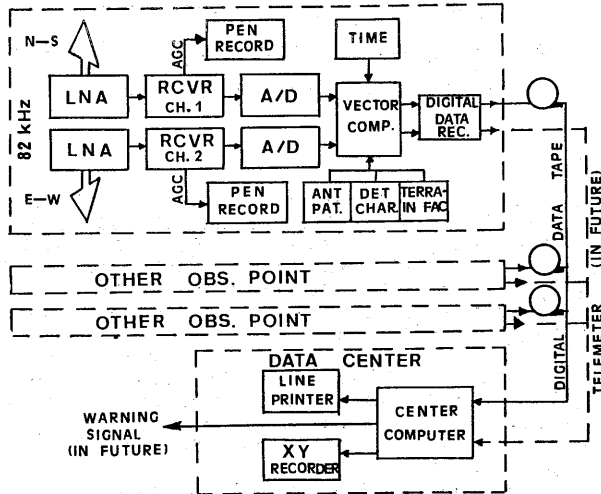


図8 自動震央観測装置のブロック図

一に伝送され、発信源の方位と、各受信地点  
間の相関係数が、高速プリンターとXYプロ  
ッターに出力される。この結果をみたのちに  
地震による放射であるかどうか判定され、  
各地点の方位がある方向に一致し、高い相関  
係数が示された時、警報が発せられる。

一例として、図9に我々のたてん観測網に  
おける受信点の一つである、大島地点で観測  
した一ヵ月間の雑音の発生状況と、月平均背  
景雑音値にたいする偏差値を示す。左側は南  
北センサー、右側は東西センサーの出力値で  
この図で明らかなように、多点観測システム  
は人口雑音の混信を抑圧したり、除去するた  
めに有効な手段であることが明らかである。  
人口雑音は局地的な現象として現れるのが常  
であるので、各地点間の一部の相関係数が極  
端に低く出た時は、その地点のデータをオミ  
ットすることにより人口雑音による誤報を、  
ある程度抑圧できると考えている。

#### 4. 結論

本論文において、81-82 kHz帯にお  
ける電磁放射を多点方向探知システムを用い  
た観測による、地震直前予知の可能性につい  
て述べた。現在までの、この研究の結果を見  
ると、震央のおおよその位置推定を含んだ地  
震予知に使用出来る可能性のあることが、十  
分示唆されていると考えられる。この研究か  
ら、我々は2つの異なる形の放射の存在する  
ことを発見した。1つは図1、図2に示す連  
続放射型であり、そして他の1つは図5に示  
すインパルス型である。図10に1984年  
9月14日の木曾御岳山地震で発生した、典  
型的なインパルス型のエミッションの1例を  
示す。この地震の深さは3.8 km、M=6  
9であった。この震央は、我々の観測網の外  
側で150 km以上離れていたため、方向探  
知は不可能であった。これらの2つのタイプ

の放射を比較した時震央の深さは、前者はお  
凡そ30 km以上であり、後者は30 km以  
下の時に観測されている。

我々の過去の研究結果から、地震の前く現  
象として観測される幾つかの典型的な放射特  
性を列記すると、

(1) 観測できる地震の規模は $M=6$ 以上  
であるが、直下型で観測点が震央に近く浅い  
場合には $M=5.5$ でも放射波の強度がバック  
グラウンド・ノイズのスレシオールドレ  
ベルを越えて検知可能となる場合がある。

(2) 震央は陸地内にある場合のみ検出可  
能。震央が海底にある場合には、ELF帯の  
数例を除いて検知不能であった。

(3) 1983年2月27日の地震にお  
ける観測結果では、八ヶ岳地点の受信が日没後  
に成ってから可能となった点からみて、この  
放射波は伝離層伝播をしていることが示唆さ  
れる。

(4) 連続型放射は震央の深さが約30 km  
以上の深い場合で、インパルス型は約30 km  
以下の浅い場合である。

この研究の将来の課題としては、次のよう  
な諸点について説明を試みなければならない

(1) この以上放射の放射機構と放射源の  
説明。例えばその放射源が伝離層高度なのか  
又は震央を含む断層内にあるのか、そして地  
表と断層の境界線は放射波に対してスリット  
アンテナを形成して、低損失の放射を可能と

しているのかなどの問題点の説明。(2)  
テレメトリーシステムの改良。

(3) どの位の放射レベルが観測され、方  
向探知範囲の一致が得られた時に、どのよう  
な形で予知警戒を発令出来るのか。その標準  
値の決定。

(4) 観測点の増加。

(5) 観測周波数帯域の拡大と、拡大に伴  
う各周波数ごとの現象の研究。

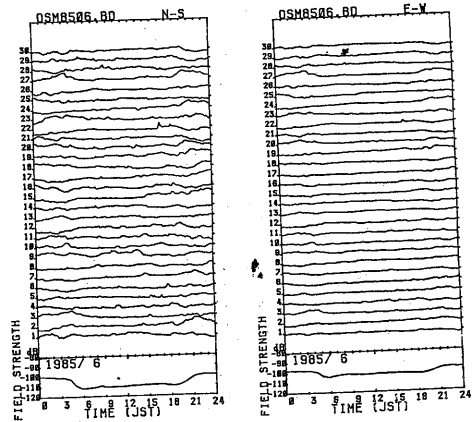


図9 大島観測点における85年6月  
の1ヶ月の電磁放射記録

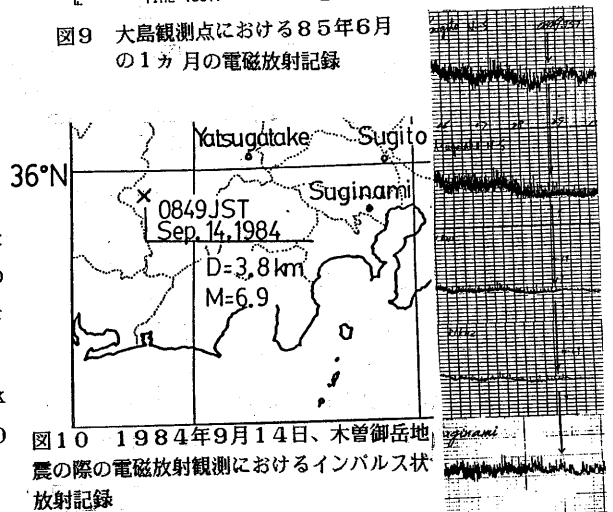


図10 1984年9月14日、木曾御岳地  
震の際の電磁放射観測におけるインパルス状  
放射記録

## 5. 謝辞

この研究に際して、東大地震研の行武 毅  
小山の両氏、名大理の水谷 仁、京大理（現  
高知大理）の小川利雄の各氏による有効な助  
言と観測協力、及び実際の観測と機器開発に  
多大の努力を賜った電通大の富沢一朗、柴田  
喬の諸氏に対し深甚なる謝意を表する。

## 文 献

- [1] Dachenko E.A., Ulomov V.I., Chernysheva S.P., 1972, Dokl. Akad. Nauk Uzb. SSR, 12, 67.
- [2] Gokhberg M.B., Morgounov V.A., Aronov E. L., 1979, Dokl. Akad. Nauk. USSR, 248, 1977
- [3] Gokhberg M.B., Morgounov V.A., Yoshino T., Tomizawa I., 1982, J. of Geophys. Res. 87, B9, 7824-7828.
- [4] Parrot M., Lefeuvre F., 1984, Results of ARCAD-3 Project---, CNES, ESA, France.
- [5] Parrot M., Lefeuvre F., Corcuff Y., Godefroy P., 1985, Annales Geophysicae, 3, EGS.
- [6] Parrot M., Lefeuvre F., 1985, Annales Geophysicae, 3, EGS.
- [7] Yoshino T., Tomizawa I., Shibata T., Annales Geophysicae, 3, 727-735.