

地震に伴う電磁放射現象の 公衆電話回線による観測データ収集システム

伍井 力・岡沢 康裕*・富澤 一郎
瀬尾 洋一・芳野 越夫

Data Collection System via Public Telephone Line for Observations of Earthquake-Related Electromagnetic Emissions

Chikara ITSUI, Yasuhiro OKAZAWA*, Ichiro TOMIZAWA,
Yoichi SEO and Takeo YOSHINO

Abstract

A quasi-realtime data collection system via public telephone line is newly developed for the earthquake-related electromagnetic emissions. The system consists of a micro-computer with an A/D converter and a modem at the local station for data sampling, storage, and control, and of a central micro-computer with a modem and a mass-storage at the Chofu campus of UEC. The local equipment has already been provided at Sugadaira, Oshima and Sugito. As a result of this development, the speed of data availability is much more improved compared to the conventional system, and the reliability of data collection is also improved. When the data transmission rate is measured under the real condition using 2400bps modems, the effective rate varies from 964bps for Sugadaira station to approximately 1380bps for Oshima and Sugito stations depending on the quality of the telephone lines. Therefore, one day data can be transmitted in approximately 5 minutes for each station.

1. はじめに

1972年頃ソビエト連邦では、地震直前に広帯域の電磁波放射現象が発見された¹⁾。これは、Gokhberg等が観測した1979年のイラン中部地震の際に1,200 km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の1時間前から上昇して、地震発生直前に元のレベルに復帰する現象からも裏付けられている²⁾。電磁放射現象が地震の直前に現われることから、この現象を地震直前予知に応用できることが示唆されている³⁾。1980年1

月より4ヶ月間、長野県の本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が行われ、その期間中の1980年3月31日に京都府で発生したM=7、震源の深さ480 kmの地震の際に、震央より250 km離れた菅平の81 kHzの受信機において地震発生前約40分頃から本震までの間、背景雑音レベルが10~15 dB上昇し、そして地震の瞬間に元のレベルに復帰する現象を記録している³⁾。

1981年以来、本学においては関東地方を中心とした数カ所に観測機器を設置し、自然電波観測による地震予知の可能性について、芳野を中心とした研究

が進められている。その研究の第一歩は、東京都杉並、埼玉県杉戸、栃木県足尾、長野県八ヶ岳の四カ所を観測点とした自然電波観測の開始である。これら多点による電磁波の観測は、地震そのものを予知するばかりでなく、地震の震央の事前予知をも目的とするものであり、今までの研究においては、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40km典型的な直下型地震において震央の事前予知が成功しており、八ヶ岳、杉並両地点における放射強度の測定値を用いたベクトル合成によって計算された電磁波の放射地域は、地震の震央と一致していた⁷⁾。

このような背景のもとに、本学菅平宇宙電波観測所では自然電波観測による地震予知の可能性について現在もなお研究を続けている。

現在の受信観測点は、杉戸、柿岡、大島、富士宮、菅平の5つである。各観測点における従来の観測システムのブロック図を図1に示す。各観測点では東西、南北方向にそれぞれ直径60cm 50回巻の静電シールド付きループアンテナが設置され、20dBの前増幅器を通して、それぞれ受信機に接続されている。受信周波数は無線送信局等の人工電波による混信が、現在最も少ない窓周波数として82kHzを用いている⁸⁾。また、杉戸、大島、菅平の3つの観測所では、36Hzおよび1.5kHzによる観測も行われている⁷⁾。

これらの各観測点で観測されたデータは、従来、

ループアンテナ
(N/S)

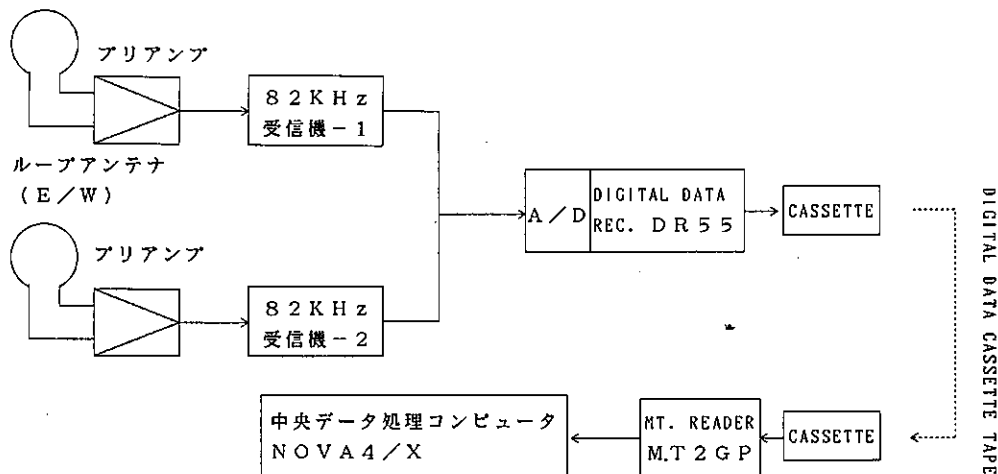


図1 従来の観測システムブロック図
Blockdiagram of the conventional observation system.

デジタル・カセット・レコーダによってカセット磁気テープへ記録してこれを約2週間毎に菅平宇宙電波観測所へ郵送し処理していた⁶⁾。しかし、この方法では、データ処理を行うのはデータが郵送されて来るまで待たねばならず、また各観測点にはテープの入れ替えおよび郵送をするのに人手が必要であった。さらにテープの交換が都合で遅れたりして、データの欠損などが出るがあった。そこでこの問題を解決するために、観測データの公衆電話回線を通じた転送システムを開発した。このシステムは、各観測点にハンドヘルドコンピュータを置き公衆電話回線に接続したモデムの制御を行い、オンラインで観測センターの主コンピュータに直接転送する方式を採用した⁷⁾。

現在までのところ、杉戸、大島、菅平の3つの観測点に、公衆電話回線によるデータ収集システムの設置を完了している。

以下にこのデータ収集システムについて説明し、さらに実際の運用面からこれを評価する。

2. 観測データ収集システム

2.1 各観測点でのデータ取り込み・収集システムのハードウェア

今回開発した、新しいデータ収集システムの各観測点でのブロック図を図2に示す。

各観測点では観測データ取り込み、観測センター(主局)へのデータ転送等の制御を行うために、セ

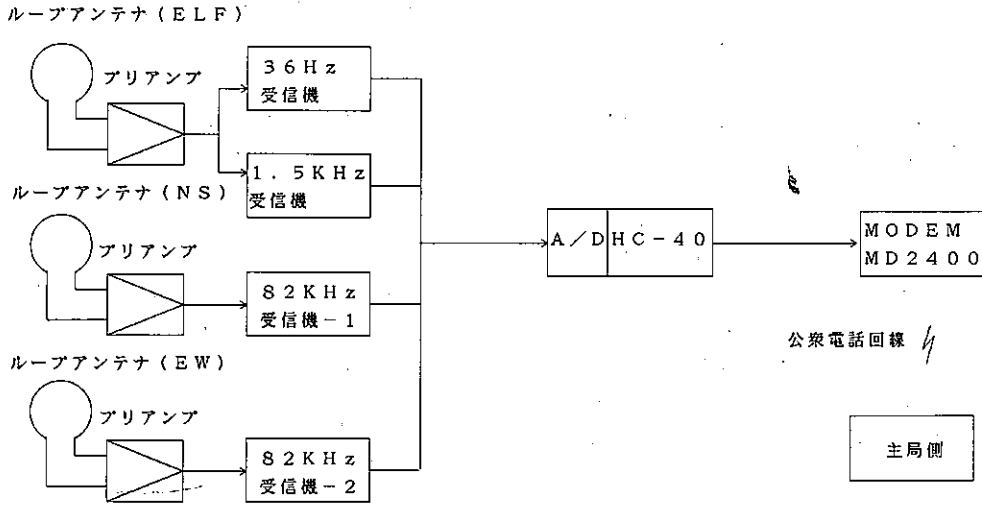


図2 各観測点の新しい観測システムブロック図
Blockdiagram of the newly developed observation system.

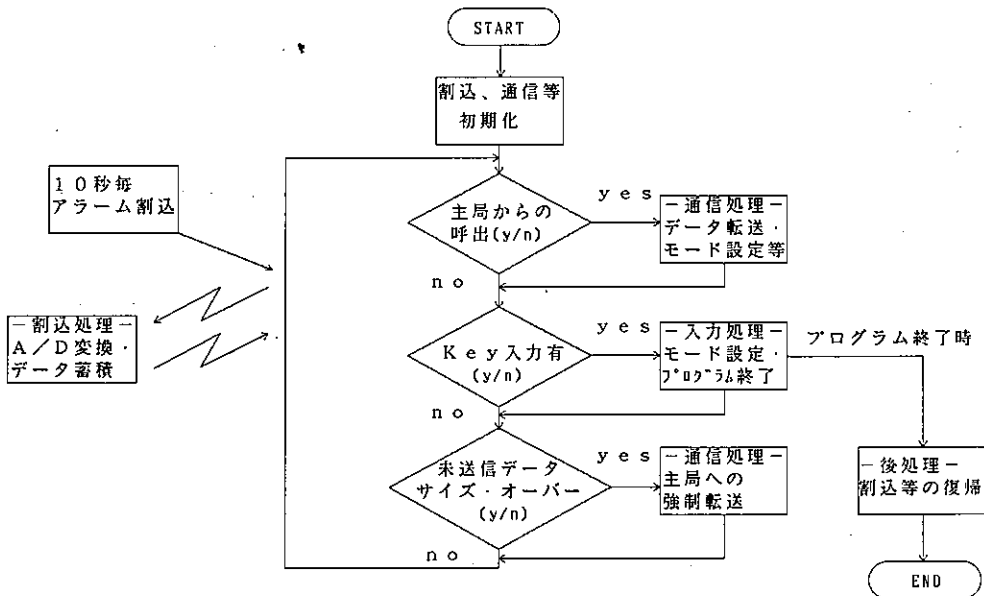


図3 各観測点でのデータ収集プログラム概略フローチャート
Simplified flowchart of data collection and transmission control at each observation station.

イーコーエプソン社の8 bit ハンドヘルドコンピュータ HC-40 およびモデムとして立石電気の MD 2400 A/F を導入した。以下に本システムにおいて拡張した機能も含めその仕様を示す。

- (1) 従来、データ記録を行ってきたデジタルカセットレコーダと同一のファイル形式を実現する。
- (2) 低消費電力とし、停電時は電池による駆動を可

能とする。

- (3) 1 日以上データを格納可能とする。
- (4) モデム自体に誤り訂正機能 (MNP 機能[®]) を有し、伝送誤りを極力低くする。
- (5) 伝送プロトコルの採用により、さらに伝送誤りを小さくする。
- (6) ホスト側から観測点のコンピュータを制御可能

とする。

- (7) データは完全に連続性を有し、データの転送中も欠測しない。

2.2 各観測点でのデータ収集システムのソフトウェア

図3に、各観測点でのプログラムの概要をフローチャートで示す。プログラムにはCP/M上でコンパクトでかつ高速な処理可能なTurbo-Pascalおよびアセンブラを使用した。

プログラムの主な仕様を以下に示す。

4チャンネル分 [82 kHz (N/S), 82 kHz (E/W), 1,525 Hz, 36 Hz] の観測データは8 bit A/D変換後ファイルに取り込む。このとき、受信機電源電圧(2 V)を監視し停電時にはファイルに停電情報を書き込む。このA/D変換のサンプリングはHC-40の10秒毎に発生するAlarm割り込みを基準に行う。

データの記録形式は、従来より用いているデジタル・カセット・レコーダ(ティアック社DR-55)の記録形式を一部拡張した形式をとり、原則として1日分のデータを(38 kByte)記録できるようにした。実際にはHC40のRAMディスクの容量から2.5日分までの記録が可能である。

各種設定情報(地点番号、サンプリングレート、入力レンジ、ホストの電話番号)は、別ファイルに登録しており、キー操作によっていつでも変更でき

る。また、これらの設定情報は、ホスト側からも変更できる。ホスト側から受信点側の設定を変更するときには、区別をつけるためにそれまでのデータを保存し、新しいデータファイルを作成する。

ホスト側から現在観測中のデータの転送要求があった場合には、これを転送し、その時点から新しいデータファイルを作成し、データの取り込みを行う。データの転送がうまく行かなかつたり、設定情報を変更したような場合には、ホスト側から保存データの転送要求を送信するので、HC40からは保存データを転送し、データの取り込みは現存のデータファイルのまま続行する。

データ転送時の通信プロトコルは、独自の方式を採用し、1ブロック長256 Byteで、誤り検出にはサムチェックを採用している。

2.3 観測センター(主局)のシステム

調布の電気通信大学内に設置した観測センター(主局、以下ここではホスト側と呼ぶ)のデータ収集システムブロック図を図4に示す。

ホスト側では、各観測点(以下ここではHC側と呼ぶ)からのデータの収集および解析等の後処理を行うために、セイコーエプソン社の16 bit パーソナルコンピュータPC-286 Vを導入した。データの蓄積には、外付け式の40 MByteハードディスクを使用し、カセットスリーマを使って定期的にバック

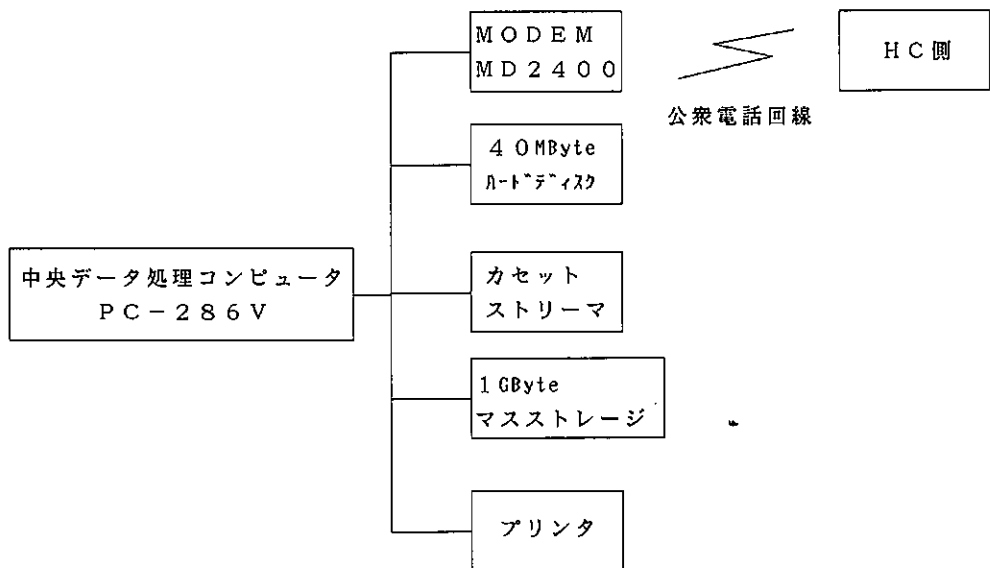


図4 観測センターのデータ収集システムブロック図
Blockdiagram of the data collection system at the main station.

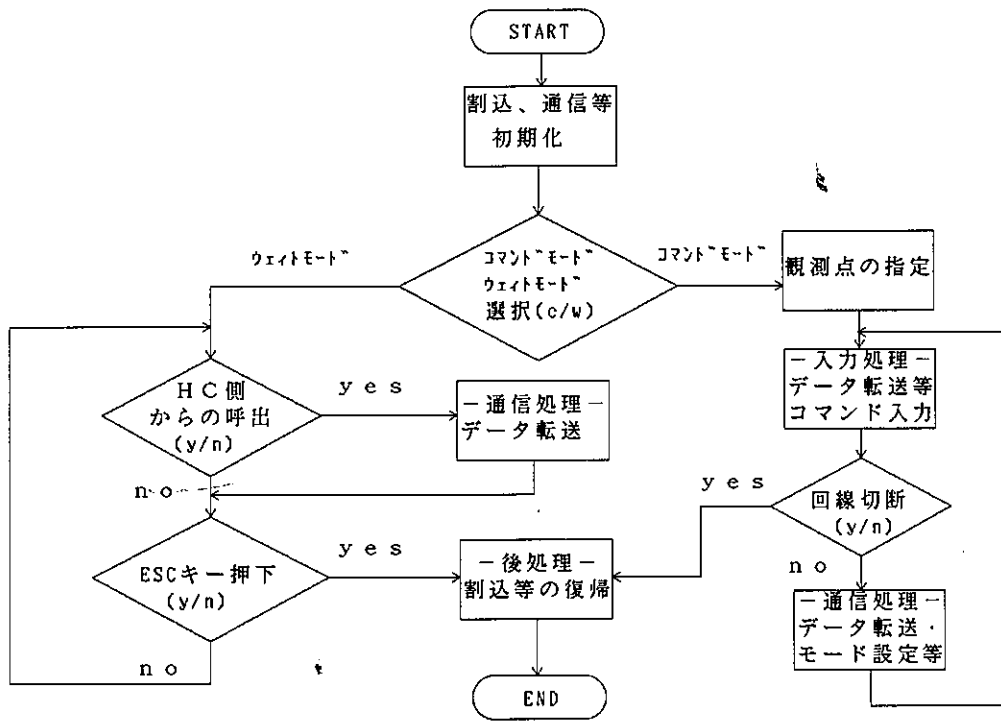


図5 主局でのプログラム概略フローチャート
Simplified flowchart of data collection and control at main station.

アップをとっている。また、長期的保存データベースの格納は、DATを使用したマスメージを使用している。

図5に、調布の電気通信大学構内の観測センター（主局）でのデータ収集・設定制御プログラムの概略フローチャートを示す。

以下に、データ収集設定制御を実現するための主局でのプログラム仕様を記す。

ホスト側には、コマンドモードおよびウェイトモードの2つのモードがあり、ウェイトモードでは、HC側からのファイル転送要求を待ち、コマンドモードでは、ホスト側からHC側のモードの変更、時刻の設定、ファイルの転送、HCに登録してあるホスト側の電話番号の変更、HC側の保存データの削除、回線の切断を指示することができる。

ファイル転送を要求したときには、保存ファイルを転送するか、現在データを取り込み中のファイルを転送するかを選択できる。

ホスト側プログラムでは転送および設定制御中のハングアップ対策のために、CRTの垂直同期信号割り込みによってタイマー制御を行い、HC側との通

信中にホストからのコマンド送信後、5秒以上たってもコマンドもデータも送ってこない場合には、タイムアウトとする。

3. 観測データ収集システムの評価

このオンライン・データ収集システムを開発するきっかけは以下の通りであった。

- (1) データ収録テープの交換を6日毎に行わねばならず、人手を必要とした。
- (2) データ収録テープを交換する人の都合などにより、データの欠損が起こることがよくあった。
- (3) データが2週間毎にまとめて郵送されるため、実際に地震が起こったときに、その前後のデータを参照したり解析したりするには、データが郵送されてくるまで待たなければならず、機動性において劣っていた。

これらの問題点については、このオンライン・データ収集システムによってそれぞれ以下のように解決された。

- (1) テープの交換作業がなくなったので、一度システム稼働すると、テープの入れ替えにもなう

表1 実効データ転送速度
Effective data transmission rate.

観測点	距離	モデム速度	MNP使用	実効速度	1日分データ転送時間
菅平	150 [km]	2400 [bps]	ON	964 [bps]	5分10秒
大島	100 [km]	2400 [bps]	OFF	1372 [bps]	3分40秒
杉戸	50 [km]	2400 [bps]	OFF	1387 [bps]	3分36秒

人手は不要である。

- (2) データの転送時も割り込み処理によりデータの取り込みを行なうので、システムダウンによるデータの欠損および誤操作による欠損を除いて完全に連続したデータの収集が可能となった。
- (3) データはその日のうちに収集が可能となった。しかも、データ収集を中断せずにいつでも転送できるので、機動性が保証できるようになった。また、今後の自動的に収集するシステムの構築が可能である。

このオンライン・データ収集システムでの実際のデータ転送速度を調査するために1989年2月27日～3月8日までの10日間、データ収集時に実測して平均した結果、表1のようになった。

全体的に、モデムの転送速度が2400bpsであるのに、実際にはそれ以下の数字になっている。これは、バイナリデータの転送にはなんらかのプロトコルが必要であり、このためデータ転送時にXMODEMに準拠した独自通信プロトコルによってハンドシェイクしているためである。ただし、菅平のデータ転送には、モデムの機能であるMNPクラス5を使用していて、大島および杉戸ではMNPは外している。これは、菅平の場合、接続距離が長く、公衆回線にノイズが多く、エラーが発生しやすいためである。MNPは、アメリカのマイクロコム社が開発したネットワーク用のプロトコルであり、データの転送時に、モデム同士でエラーコレクションを行ない通信エラーがなるべく起こらなくする機能を持つ⁸⁾。しかし、上のデータからもわかる通り、MNPを使用する場合は、使用していない場合に比べて約7割の転送速度しか実現できない。これは独自の通信プロトコルの上にさらにMNPのプロトコルのオーバーヘッドがかかるためである。実際に何度かMNPを外して菅平のデータ収集を行ってみたが、伝送誤りが多発し、MNPを使用した場合よりさらに伝送速度の低下が起こったためMNPを

表2 各観測点毎の通信エラーの回数
Number of communication errors for each station.

観測点	チェックサムエラー	タイムアウト
菅平	0回/1336block	2回/1336block
大島	1回/1336block	2回/1336block
杉戸	3回/1334block	1回/1334block

採用した。これに対して杉戸、大島の場合は、MNPを外してデータ収集を行った場合でも転送誤りが少なく、MNPによる転送速度に比べて早くなることからMNPを外している。

そこでMNPによって通信エラーが起こる率が減るかどうかを比較するために、各観測点毎の通信時のエラーの回数を表2に示す。

ここで、タイムアウトは文字通りデータ転送中にタイムアウトになった場合で、伝送が完全に停止してしまう状態を言う。また、チェックサムエラーとはXMODEMのプロトコルで回復可能な程度のエラーであり、その直後に自動的に同一ブロックの再送処理を行なっている。

上のデータから、MNPを使用すると理論通りチェックサムエラーが起こらなくなることがわかる。しかし、タイムアウトは、MNPの有無に関わらず同程度に起こっている。したがって、タイムアウトエラーは、収集システム自体に起因する問題と推定されるが、現在この原因について追求を行っている。また、毎日のデータ収集時毎に、接続される電話回線経路が異なっている可能性があり、その回線の品質も当然異なると考えられる。実際に、菅平の通信をMNPを外して行なってみたときには、大島や杉戸に比べて、格段に多くのチェックサムエラーなどが起こっていた。チェックサムエラーは、電話回線の品質の良し悪しに大きく影響される。したがって10日間のデータだけから判断するのは、早計

であるかも知れない。このことを考え合わせると、MNPを使用するかどうかは、その観測点の電話回線の品質によって判断するのが妥当である。今後さらに転送誤りについてのデータを集積し、MNPの採用基準について明確にする必要がある。

実際に運用した経験からこのシステムで以下の問題点が出てきた。

- (1) HC-40のメモリーの制約上の問題で、データを2日半程度しか記録できない。そのために、必ず2日に一度の頻度でデータの取り込みを行わなければならない。
- (2) HC-40は、バッテリーによる駆動もできるが、内蔵バッテリー容量は小さいので、長時間の停電などがあつたときには単体ではシステムダウンしてしまう。そのため停電の頻度が高い観測点では、外部にバックアップ電源が必要である。システムダウン時には、主局からの制御が不可能となるので、それに対応するにはやはり人手が必要である。
- (3) データの取り込みに際して、主局側のコンピュータをオペレーションしている人のミスによって、データの欠損を生じてしまう可能性がある。実際にこの原因によってデータ欠損が起こったこともあつた。

これらの問題点のうち、(2)については、今後各観測点にバックアップ電源を設置する予定である。

(1)(3)については、主局側プログラムを改良して、毎日定時に主局側から自動的にデータを読み込みに行くなどにより一層の自動化を計画中である。

4. ま と め

オンライン・データ収集システムの開発・導入によって、当初の目的の、(1)データをその日のうちに利用できるようにする、(2)観測点での人手を必要としなくする、(3)データの欠損をなくする、に関しては、ほぼ満足できる結果が得られた。また、このシ

ステムでの実効的な転送速度は、1380 bps(MNP使用時は960 bps)程度まで実現でき、1日分のデータの転送が約4分(MNP使用時は約5分)でできるようになった。現在、実際の運用上の問題点に関して改良を行っており、近い将来の完全自動データ収集システムの構築を目指している。

謝 辞

観測システムの設置を許可して頂いた、東京大学地震研究所伊豆大島火山観測所の方々に感謝する。本研究の一部は、昭和63年度科学研究費63601015(代表者芳野起夫)によっている。

参考文献

- 1) Dachenko, E. A., Ulomov, V. I., and Chernysheva, S. P.: "Anomalies in the atmospheric electron density as a possible precursor of Tashkent earthquake", Dokl. Akad. Nauk. Uzb. SSR, 12, 67 (1972)
- 2) Gokhberg, M. B., Morgounov, V. A. and Aronov, E. L.: "On high frequency electromagnetic radiation during seismic activity", Dokl. Akad. Nauk. USSR, 248(5), 1077 (1977)
- 3) Gokhberg, M. B., Morgounov, V. A., Yoshino, T., and Tomizawa, I.: "Experimental measurement of electromagnetic emissions possibly related to earthquakes in Japan", J. Geophys. Res., 87, 2851-2859 (1982)
- 4) Yoshino, T., Tomizawa, I., and Shibata, T.: "The possibility of using a direction finding technique to locate earthquake epicenters from electromagnetic precursor radiation", Annales Geophysicae, 3, 727-730 (1985)
- 5) 芳野起夫: "地震に伴う電磁波現象と予知に関する研究", 電子通信学会技術報告, EMCJ85-115(1986)
- 6) 亀井喜宏: 昭和61年度電気通信大学卒業論文 (1987)
- 7) 岡沢康裕: 昭和62年度電気通信大学修士論文 (1988)
- 8) 立石電気株式会社: "MD2400F ユーザーズマニュアル" (1988)