

# 地震直前予測への新しい試みと静岡住民から見た東海地震観

東海大学地震予知研究センター

長尾年恭

## はじめに

東海地震はまだ発生していないにもかかわらず、すでに“名前”のついている世界で唯一の地震です。つまり、地震予知の3要素(いつ、どこで、どれくらいの)のうちの「どこで、どれくらいの」という事についてはすでに予測されている訳です。

「予知」という言葉が世間で取り上げられる時に、実は研究者と一般市民との間で大きなギャップのある事が1995年の阪神大震災を契機にクローズアップされました。つまり一般には「いつ」に関して、数日ないし数時間といった「直前の予知」を予知と考えているのですが、研究者は「予知」という言葉により複雑な意味をもたせていたのです。阪神大震災は「長期的に」予測されていましたが、そのような予測は現実には役に立たなかったのです。

## 物事を理解することとそれがいつ発生するかを知ること

地震学の進歩により、我々の地震現象そのものに対する理解は格段に深まりました。そして地震現象が極めて複雑な現象である事も分かり、逆に“予知”が困難である事が喧伝されるようになりました。我々は地震について、それがどこで発生するのか、どのような統計的性質があるのか、といった事は、極めて良く分かるようになりました。

つまり、

- 1) 地震は急激な断層運動の結果 である。そして、
- 2) 断層運動はプレート運動の結果 である。そして
- 3) プレート運動はマンテル対流が原因 である。そして
- 4) マンテル対流は地球が冷えつつけている事を示している という事を知っています。

しかし、地震が“いつ”発生するのかを予測する事は、これらの地震のしくみを完全に理解しても、難しい訳です。つまり、“いつ”を知るには、何らかの前駆的現象が存在しない限り、統計的な議論から一步も踏み出す事はできないのです。あまりたとえは良くありませんが、ある講演会場に100人の方がいらしたとします。「100年後には90%を超える方は亡くなっているだろう」という予測は医学の急激な進歩が無い限りほぼ“当たる”と考えられます。これがいわゆる“長期的予測”です。例えば“1年後の?月X日の天気”は統計的にしか予測できません。それに対し、“5分後に雨が降るか”は、窓を開けて空を観察すれば、かなりの確度で予測する事ができます。文部科学省の地震調査研究本部では地震の長期予測(評価)しか行わない(行えない)という方針ですが、我々はいわゆる長期予測より、何らかの前駆的現象を用いる短期予測のほうが、その結果を評価する事も可能であるし、ある意味より容易であると考えています。“地域で今後30年間に大規模地震が発生する確率は30%”という予測は地震が発生しても、発生しなくても良い訳です。つまり長期予測の結論というものは評価する事が極めて困難であるという本質的な問題を含んでいるのです。

## 東海地震想定震源域の拡大

2001年6月、中央防災会議は、東海地震の想定震源域をこれまでより西に拡大し、ナス型とする事を発表しました。これこそ過去30年以上の地震研究、地震予知研究の成果の賜物で、東海地震像がより具体的に示された訳です。これにより、強化地域の見直しも実施され、現在に至っています。静岡県はすでに相当程度ハードウェアを含めた対策が進んでいますが、新たに強化地域に指定された地域では、これからが正念場といったところでしょう。また名古屋市などでは、何十万人にも上る帰宅困難者といった新たな問題が発生しています。

しかし静岡では、確かに住民の方は「最近東海地震の報道が多くなったね」という会話はするものの、現実には情報過多であまりに“危機感”に慣れっこになってしまい、逆に防災意識の低下が見受けられます。特に高校生、大学生は“生まれてからずっと地震が来る”と言われ続けて

いる訳です．つまり人生の全てで“地震が来る”と言われている訳ですから，彼らにとっては無限の時間“地震が来る”と言われ，実際には“地震は来ない”訳です．ですから“もう東海地震は来ないのでは”という印象を持っている学生が多数いるのです．我々は巨大地震のような低頻度大規模災害への上手な対処法をまだ知らないようです．

### 地震予知研究の歴史と現状

わが国の地震予知の組織的研究は，いわゆる“ブループリント”と呼ばれる文章の成立に始まりました（1962年）．その中で，各種観測網が整備され，相当の科学的知見がえられてきましたが，残念ながら短期（事前）予知に成功した例はありません．そのような状況の中で阪神大震災が発生し，現在の状況を生むに至ったのです．しかし，一方では東海地震の監視は実行中です．

現時点では，もし東海地震が $M > 8$ であれば，短期予知の可能性はあるが，阪神のような直下型地震の予知は現状では期待できないというのが共通認識だと思います．私は阪神以後の風潮である「地震予知は困難だからやめよう」というのは大きな間違いで，「これまでのやり方のまずかった部分を修正して，より一生懸命地震予知研究を推進しよう」というのが筋だと思いますが皆様いかがでしょうか？そして地震予知研究は全国土が地震発生帯である日本ができる最大級の国際貢献の一つであると確信します．

そして，地震学以外の分野では実は地震予知研究は極めて盛んになっているのです．ここでは短期・直前予測に関する電磁気学的な地震予知研究について紹介したいと思います．

### 電磁気学的な地震予知研究

1980年代に入り，パソコン技術の飛躍的進歩により，それまで不可能とされていた高速でのデジタルデータ取得が可能となりました．1995年の阪神大震災では実は様々な電磁気学的な異常が観測されていたのです．このうち最も驚くべき事は地震の前にその上空の電離層に異常が観測されるというものです．地震は地下の現象であり，電離層に異常が観測されるというのは，にわかには信じがたい事だと思いますが，統計的にも有意であることが判明しています．これに関連し，フランスでは2004年に地震予知のための人工衛星が国家プロジェクトの最優先項目として打ち上げがすでに決定しています．

私どもでは1996年から2001年まで「理化学研究所・地震国際フロンティア研究」を実施してきました．そして全国に約40の地電流，3成分地磁気観測点を展開してきました．この中で最大のイベントとなった2000年夏の三宅島噴火に始まる伊豆諸島での激しい群発自身活動に伴いどのような電磁気学的な変動が観測されたか紹介したいと思います．本論に入る前になぜ電磁気的な手法が有効なのかを説明したいと思います．一例として1990年代になってソビエト連邦（当時）からもたらされた情報を紹介します．1979年，ソ連によるアフガニスタン侵攻という事件があり，モスクワオリンピックがボイコットされるという事件があった事をご記憶されている方も多い事と思います．当時アフガニスタンに進行したソビエト軍はNATO軍の攻撃に備え，全天を防空レーダーで監視していました．そうこうしているうちに全てのレーダーに突然妨害電波が観測され出したのです．当然の事ながらソビエト軍はNATO軍の攻撃があるものと思い，あやうく核戦争一歩手前まで行ったとの事でした．そして約2日間続いた妨害電波は，隣国のイランで発生したM7.0の地震とともに消失したのです．この事実は1990年代に入り，ペレストロイカのもとでようやく西側研究者にもたらされました．このような事からソビエトでは1980年代には地震に関連する電磁放射の存在がおぼろげに推察され，軍の指導のもとで，この分野の研究が開始される運びとなったのです．このため旧ソビエト連邦の諸国は「電磁気学的な地震予知研究」という観点では現在でも世界の最先進国なのです．

また1995年の阪神大震災の時には以下のインタビューが残されています．電気通信大学の芳野起夫は阪神大震災発生時に震央付近を走行していたトラックの福山通運・高橋淳一運転手より，中波のラジオ関西（558kHz，20kW）の雑音状況についての証言を詳細にまとめました．氏は元電話級アマチュア無線技師の経験があり，幸いにも極めて明確に雑音レベルの変化を記憶していました．芳野によれば

「高橋運転手は1月17日午前1時頃、約6トンの鋼材を積み福山市郊外の福山通運貨物ターミナルを名古屋にむけて出発した。途中福山東インターから岡山インターまで山陽自動車道を走り、次いで備前インターまで国道2号を、備前インターから再び山陽自動車道に戻った。その後山陽姫路東インターで国道2号線に下り、5時頃東加古川付近に差し掛かった。高橋運転手は長距離トラック・ドライバーの常で、眠気防止を兼ねて中波放送を聞きながら運転を続けていたが、この時はいつもの通り神戸に接近するにつれラジオ関西(JOCR, 神戸, 558kHz)を受信しながら走行した。東加古川付近を過ぎる頃、最初に放送に雑音が混入しているのに気付いた。明石市を過ぎる頃からノイズレベルが放送波レベルに近くなり、非常に耳障りとなった。このような事は以前に経験した事が無かったので、不思議に思いプレチューンしたプッシュスイッチを押して、阪神で受信可能な1MHz前後の他の放送局5局を試しに受信してみたところ、550kHzから1.6MHzまでのすべての放送波帯内で同様のノイズの混入が観測された。

不思議に思った高橋運転手は558kHzに戻し、このノイズはどこまで行けば消えるかとそのままにして走行を続けた。5時20分頃舞子を通り垂水に入った途端、急に強烈なノイズが受信された。この時思わずボリュームをしばって前と同じ程度のレベルに調整し、そのまま走行を続けた。この後数回、他の放送局の電波に切り換えてみたが、常に中波放送帯すべてに渡り強力なノイズでまったく放送内容は聞き取れない状態であった。その後、JR兵庫駅付近で急に放送内容が判明できる程度にノイズレベルが下がり、神戸市兵庫区に入ると再び前と同程度のノイズレベルに戻った。その後神戸市東灘区を通過する頃一層レベルが上がり、そして高架橋崩壊部分を通じた直後の5時46分、強烈な振動にハンドルを取られて左右に振り回され、夢中で急停止し、何事が起こったかを確認し安全を確かめると直ちに車外に出た。その後15-20分後に車に戻ったところ、つけっぱなしであったラジオが地震発生を告げているのが聞こえた。すなわち本震発生直前に放射されていた激烈なノイズは消えていたのである(一部省略)。」

このように地震時に、ほぼその断層直上を走行していたと考えられる車両からの雑音レベル変化の報告はおそらく初めてのものと思われます。芳野は本文で「常に一般大衆が聞いている中波放送帯で、時ならぬ強烈なノイズが混入し始めた時には、直下型大地震の予兆である可能性が非常に高いと言える事を示唆している。」と述べています。なお電磁気学的な地震予知研究全般については著者が2001年に総合的な研究報告を出版(地震予知研究の新展開, 近未来社)していますので興味のある方はぜひご参照ください。またほとんどの電磁気学的な研究は純粋の地震学者ではなく、物理学者や天文学者、超高層物理学者等により開始された事も特筆すべき特徴だと思います。また研究を開始したきっかけが偶然であった観測も存在します。

本論では特に2000年の夏に三宅島の噴火で始まった伊豆諸島での激しい群発地震活動に先行したULF帯の電磁界異常を例として報告したいと思います。

### 2000年夏、三宅島噴火に始まる伊豆諸島での激しい地震活動

三宅島の地震活動は、2000年6月26日突然開始し、およそ2ヶ月の間続きました。ほぼ同時に伊豆諸島の広い範囲で群発地震活動も活発になりました。この群発地震活動ではマグニチュード6(以下M6と表記)クラスの比較的規模の大きな地震がいくつか発生しています(図1)。人工衛星による地殻変動(GPS)データでは神津島-新島間の距離が約2ヶ月の間におよそ90cm伸びていた事も判明しました。我々は、この群発地震活動に先行して観測された電場、磁場の異常について報告したいと思います。

### 地電位差および地磁気の変化について

我々は新島で1997年暮より地電位差観測を、2000年初頭より伊豆半島で3成分磁力計3台を用いたアレー観測を行っていました。地電位差観測では電極は鉛 塩化鉛電極を用い、20ビット分解能で観測していました(1LSB=20 $\mu$ V)。図2は新島観測点の3年間の地電位差データおよび伊豆半島の地磁気データです。ここで示したのは地電位差データの生データではなく、0.01Hz帯(ULF帯)でのスペクトル強度の変化です。また地磁気データは後述するPCA(Principal Component Analysis, 主成分解析と呼ばれる手法を適用した後のデータです。いずれも今回の群発地震活動の始まる約二ヶ月前から通常とは明らかに違う変化をしていた事がわかります。そして地電位データがこのような顕著な変動を示したのは観測開始以来始めてのものでした。また群発地震活動開始後の欠測は、地震活動と台風により観測点が土砂の下に埋まったためです。なお

磁力計はロシア製のトーション型 3 成分磁力計を使用しています (分解能 1pT) .

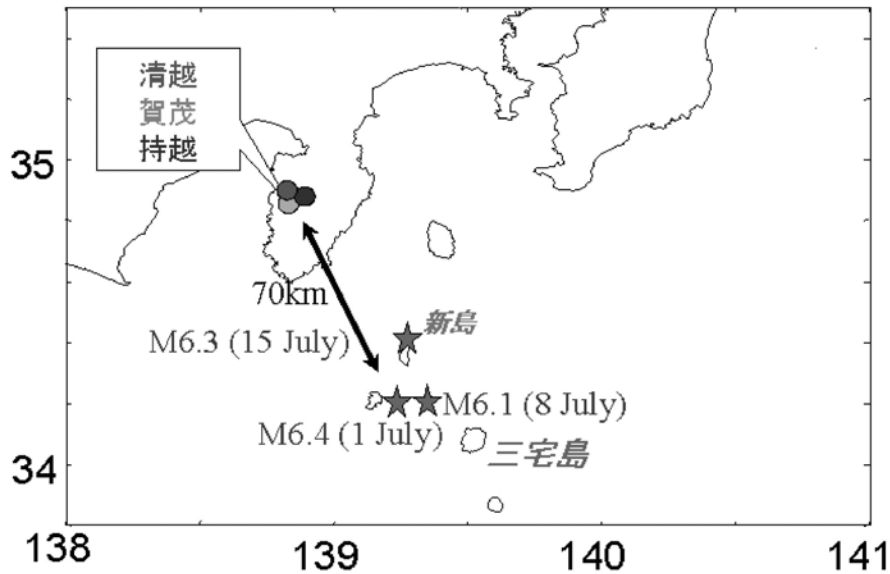


図1 2000年6月のM6以上の地震と観測点分布

#### 地磁気データの主成分解析

多くの地震の前兆的变化が様々なノイズに埋もれてしまうという従来の経験から、今回はPCA (Principal Component Analysis, 主成分解析) と呼ばれる手法を伊豆半島の地磁気三観測点のデータに適用しました。一般に地磁気や地電位差データには1) 太陽活動に起因する地磁気変動(磁気嵐など)およびその誘導電流, 2) 人工ノイズ, 3) それ以外のもの(地震活動に関連する地磁気変化を含む) から構成されると考えられています。

主成分解析では信号源(前述のグローバルな地磁気活動による変化, 人工ノイズ, それ以外の成分など)を区別するために、今回は地磁気3成分のうち南北成分のデータを用い、0.01Hz帯および0.1Hz帯で解析を実施しました。主成分解析では原理的に測定系の数だけの成分にシグナルを分離できる事が知られています(この場合、3箇所の地磁気データがあるので3つの成分となる)。言い換えれば3地点間の磁場の関係を調べることで、異なる起源を持つ(と推定される)3つの成分に分離することが出来ます。図2はこのようにして求めた3番目の固有値の時間変化です。図2において3番目の固有値の値は、地電流データと同期するように4月下旬以降それまでより大きくなっている事が判ります。また期間中に発生した3つのM6クラスの地震において、いずれもその直前に固有値の値が急激に増加していた事も判りました。さらに固有値の大きさから、もしこの変動が地震先行シグナルであったとすると、磁場変化の大きさは $10^{-1}$  nT程度か、それ以下であった事を意味しています。

これまでの地震予知研究は、色々な観測を続けていれば、“大きな”前兆的变化が観測されるであろうという考え方で進められてきた傾向があります。確かに直下型の大きな地震の場合、シグナルは非常に大きく現れるだろうから、従来の解析方法でも異常な電磁気的变化に気が付く可能性もありました。しかし我々が学んだことは「地震に関する前駆的電磁場変動は極めて小さい」という事ではなからうかと思えます。今回、我々はPCAを解析に用いましたが、新しい情報理論を用いた解析は、これまで見えなかった微小なシグナルの分離に効果的であることを示したと考えています。

#### 終わりに

電磁気学的な地震予知研究は国際的にはますます盛んになっています。このような動きを受け、地球物理最大の国際組織であるIUGG(国際測地学・地球物理学連合)では、地震学会、火山学会、電磁気学会にまたがる国際的なワーキンググループ(EMSEV; Electromagnetic Studies of Earthquakes and Volcanoes)を設立し、活動を開始しました。地震予知は確かに困難な研究ですが、不可能ではありません。着実に研究を進歩させていきたいと思えます。

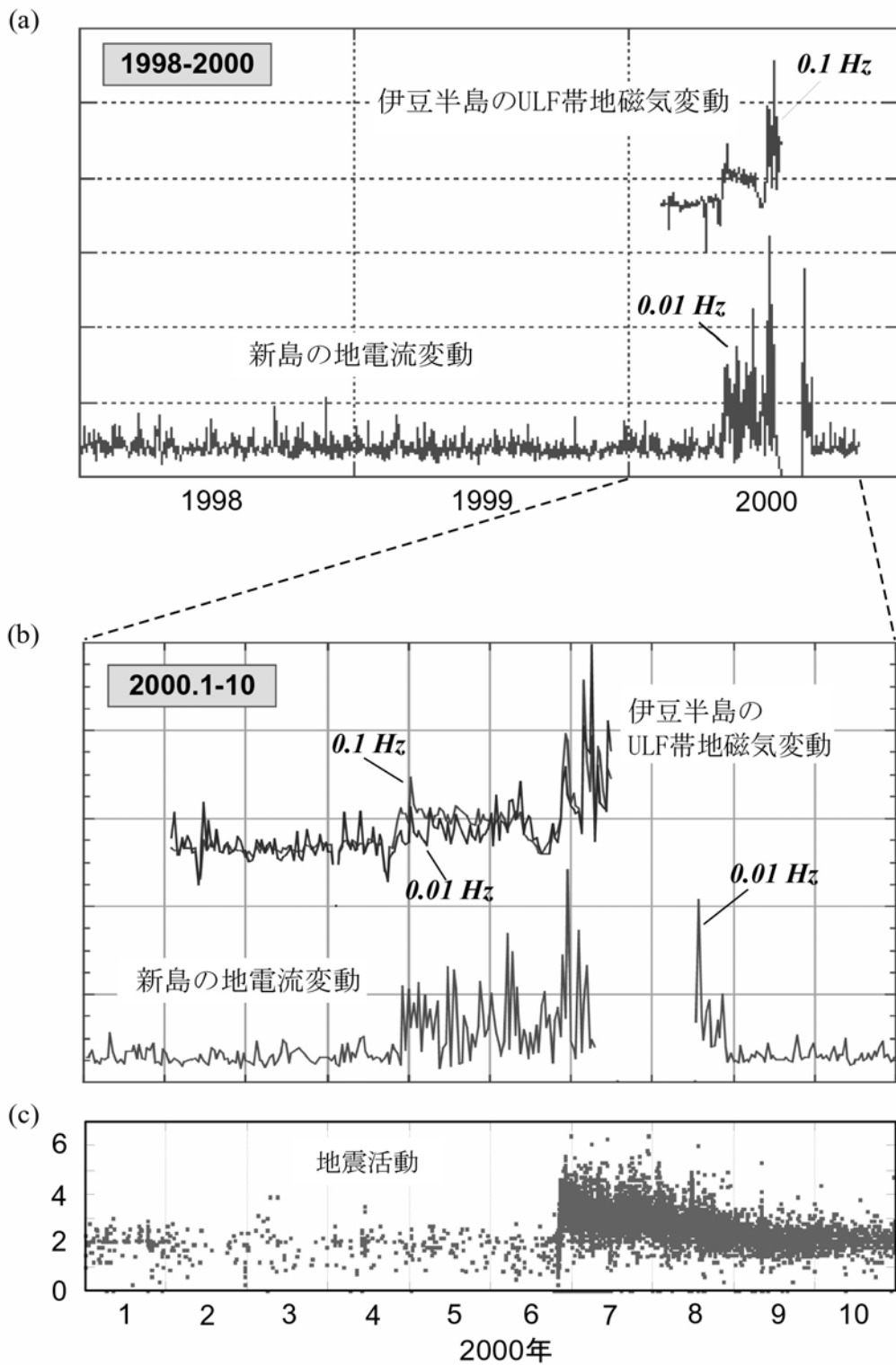


図2 新島および伊豆半島で観測された地電流と地磁気の変化。

(a) 3年間のデータ

(b) 2000年の拡大図。

(c) 気象庁による地震活動の推移。縦軸は発生した地震のマグニチュードを示す。