

2501 電磁気的地震先行現象の観測と統計評価による他種の先行現象との比較

担当者 長尾年恭 (nagao@scc.u-tokai.ac.jp)

- ・実施機関名

東海大学海洋研究所

- ・研究目的

2000年代に入り、デジタル計測技術の飛躍的進展もあり、電磁気学的な現象をハイサンプリングで大量に記録できるようになってきた。その結果、いくつかの観測項目で、地震先行現象と考えられる報告が数多く出版されるようになった。特に衛星観測は短期間で事例収集が容易である事から、統計的に否定しがたいと考えられる報告が複数かつ独立になされている。しかしながら、それらのほとんどは地震から異常を評価したもので、いわゆる4象限の窓(1:異常ありー地震あり、2:異常なしー地震あり、3:異常ありー地震なし、4:異常なしー地震なし)を全て評価したものは、我々の知る限り3つの論文しか存在しない。そこで本研究では各種電磁気異常の統計的検定のためのデータベース作成を目的の一つとする。このデータベース作成では電離層関係の異常(電離層電子密度・温度、GPS-TEC等)収集・分類等の作業が重要となる。電離層関係の研究は短時間で多数の事例収集が可能であり、統計的検定にこの種のデータを欠く訳にはいかない。このため、後述する謝金で雇用予定のPDには電離層データ解析も可能な人間を採用する。作成されたデータベースは、地震研から提案される『先行現象による地震発生予測の定量的評価』課題へ提供し、相互に連携しながら先行現象の統計的有意性に関する研究を推進する。

次にこれまでの研究を通じ特に有望と思われる3種類の観測を推進する。その一つは、北海道大学を中心に実施されてきたVHF帯電波の伝搬異常観測である。これまでは北海道を中心に実施してきたが、本研究計画では、それ以外の地域(東北南部、東海および九州)でも観測網を展開し、事例収集のスピードアップを図る。2つ目は技術的な問題から中断していたVLF帯パルス電磁波観測システムを現在の技術で新規開発し、VHF帯および以下に述べるDC-ULF帯と同時に観測する。このVLF帯パルス電磁波観測は故・浅田敏先生が開発されたもので、特に強い空間的有意性(換言すれば、先行現象が将来の震央から到来しているように見える)と時間的有意性(地震発生の数日前に現象のピーク)が存在する(Asada et al., 2001, EPS)。当時はパソコンハードディスクや記録フォーマット(FAT16)等の制限で、先生の死後観測を中断せざるを得なかったが、今こそ日本発のオリジナルかつ極めて有望な先行現象の研究として再開すべきと考えている。

本研究ではVHF帯、VLF帯の観測だけでなく、これまで東海大学、北海道大学および共同研究機関が観測を行っていたDC-ULF帯観測についても統計的評価に組み込めるよう事例収集に努める。これらの観測をできるだけ同じ場所で行うことにより、それぞれの周波数帯での地震に伴う異常発生の特徴も調べる。そして衛星ー地上観測連携による地圏ー大気圏ー電離圏結合研究が地震先行現象の研究に重要な意味を持つ事を示していく。

なお本研究課題は全国連携課題として東海大学、北海道大学、東京大学地震研究所および九州大学の先行現象に関心を持つ協議会メンバーの総意として提案するものである。

地震先行現象とは、地震発生が差し迫った時期にはそうでない時期に比べて発生しやすいという傾向のある何らかの観測事象である。古くより様々な例が報告されてきたが、そのような事象に続いて必ず地震がおこるというものでもないし、地震の前には必ずその事象がおきるというも

のでもない。不均質な断層面の滑り破壊である地震発生に至る道筋の多様性が認識されている現代では、先行現象と地震に1対1に近い関係がないのはむしろ当然ともいえる。しかし、地震の発生に有意な相関がある先行現象が存在するのならば、地震発生の確率予測に寄与できることは当然であるし、また、地震発生に至る準備過程に関する重要な情報でもある。

どちらの観点においても、相関の有意性だけでなく、その先行現象のもつ予測能力の特徴が重要な情報である。例えば、空振り率の低い先行現象は、フィジカルに「壊れかけている」という意味での準備プロセスの存在を示唆し、空振り率の高いものは、「载荷を一步進めた」というテクニクな準備過程や、あるいは低確率でのトリガ要因にすぎない可能性が高いだろう。また、見逃しや空振りは「あたりはずれ」の観点であるが、予測がどれだけ「濃い」情報であるかも重要である。たとえば、予測期間を非常に長くとれば、見逃しも空振りも少い大地震の予測は可能であるが、完璧に「あたる」場合でもランダムな予測に対する確率ゲインが1を大きく越えず、「薄い」情報である。予測の濃さを定量する方法として、例えば、なんらかの現象にもとづいて「地震がおこりやすい」という警報がだされた時空間内でおこった(デクラスタ後)の予測対象規模の地震の総数を、警報がだされた時空間の総体積で除した密度が考えられるが、これは、予測の防災・減災への有効な活用法を考えるために決定的に大事な量である。最近では、業務として発行されている地震発生の予測マップもあり、予測能力を適切に定量評価することは社会的にも必要である。

かつては、統計的な評価や特徴づけがおこなえるほどの事例データがある先行現象はなかったが、近年では、衛星観測等、多くの事例がとれ、統計的な有意性が示された例もある。また、地震活動やスロースリップの観測・解析の向上によって、様々なタイムスケールでの地震先行現象を示唆する研究結果が続出しているが、これも統計評価のできる事例数が可能である。また、CSEP等での評価実験が進んでいる地震活動の統計モデルも予測能力という観点からは、先行現象に基づく予測と比較することができるはずである。先行現象による予測は「警報 ON」「警報 OFF」の二値であることが多いが、その場合でも、実績にもとづけば、「警報 ON」「警報 OFF」を地震の発生確率密度に読みかえられる。

本課題では、先行現象の有意性の検証だけでなく、それにもとづく予測能力を、種々の定量的指標で特徴づける。予測は様々な形でだされるが、なるべく普遍的に適用できる評価法の開発をめざす。予測が対象とする地震の大きさや予測期間によって、指標値のとりうる範囲は大きく変わってくるので、目安(例えば、ランダムな予測、完璧にあたる仮想的な予測、先行現象を利用しない統計モデルによる予測などで得られる指標値)の提示等で、予測能力を直感的に理解できるよう工夫する。予測能力を定量的に把握する手段を整備しておくことは、社会とのコミュニケーションだけでなく、研究者間のコミュニケーションにおいても喫緊の課題である。また、本課題では、評価法の開発と同時に、これまでに先行現象として提案されているものを用いて予測マップを試行的に作り評価を行なう。評価試行の対象としては、地震活動の静穏化/活発化、潮汐同期、GPSデータ、電離層異常等、事例数の稼げるものを予定している。

本課題では、レトロスペクティブな予測に対して評価を行なうので、好成績であったとしても、必ずしも手法の有効性を証明できたことにはならないが、評価の手法は、プロスペクティブな予測に対してもそのまま適用できるはずである。また、本課題においては、各種の先行現象の異常抽出、異常にもとづいてなんらかの基準で予測をだす作業がおこなわれるが、その過程で開発さ

れたプログラム群を結合すれば、観測データが更新されるに従って自動的にプロスペクティブな予測を発行することもでき、先行現象によるプロスペクティブな予測の検証実験への道を開くことにもなる。

さらに、異常検出の基準と、異常を予測に変換するアルゴリズムをパラメタ化して、予測評価のプログラムと結合して、評価結果をフィードバックすることによって、(設定したパラメタリゼーションの範囲内に限定されるが)予測手法の最適化を行うことができる。これは、先行現象の研究にとって有用なツールであるとともに、最適化された予測の評価は、(最適化するパラメタで十分な自由度が確保できていると仮定すれば、という但し書きはつくが)、その先行現象自体のもつ予測能力の評価であるとみなすこともできる。そこで、本課題では、単に予測の評価を試行するだけでなく、異常抽出から予測評価までのステージをフィードバックループとして実行する統合システムの開発も目標とする。