

## 地震短期予測研究のための地電流解析ポータルの開発

豊島 良美\* 石川 千里\* 高田 雅美\* 長尾 年恭† 城 和貴\*

\* 奈良女子大学大学院人間文化研究科

† 東海大学地震予知研究センター

### 概要

本稿では、地電流を用いた解析システムの開発について述べる。このシステムは、解析結果の収集と研究者の支援を目的としている。これらの目的を達成するために必要な機能について検討を行い、その検討を基にシステムを構築する。そして、構築したシステムが機能要求を満たすかの確認を行う。

## Development of telluric current analysis portal for short-term earthquake prediction

Yoshimi Toyoshima\* Chisato Ishikawa\* Masami Takata\* Toshiyasu Nagao† Kazuki Joe\*

\* Graduate School of Humanities and Sciences, Nara Women's University

† Earthquake Prediction Research Center, Tokai University

### Abstract

In this paper, we present the development of an analysis system for telluric current data. By using the proposed system, analytical results are collected to support researchers. Necessary functions are examined to construct the proposed system. We also verify that the system satisfies these necessary functions to meet the demands.

## 1 はじめに

内閣府の防災白書によると、1998年から2007年までの10年の間に世界で発生したマグニチュード6以上の地震のうち、約2割が日本で起こっている[1]。地震による被害を最小限に食い止めるためには、正確な地震予測が必要とされる。

地震予測には、長・中期予測、短期・直前予測がある[2]。これらの予測は、どれも、被害軽減のために役に立つものである。しかし、長・中期的な予測で得られる予測では、その地域の建物の耐震性を重点的に高めるなどの対策は取れても、危険な場所からの避難など、直接的に被害を減らす対策を行うことはできない。

地震予測とは異なるが、地震発生から揺れが到達するまでの間に危険を回避する行動を取るための補助システムとして、緊急地震速報がある[3]。しかし、この速報は地震の発生後に出されるものであるため、揺れが到達するまでの時間差は長くても十数秒から数十秒と極めて短く、震源が近い場合は情報が間に合わないこともある。

これらに対して、短期予測は、数週間前から数日前に地震の発生を予測することを目的としている。短期予測が実用化されれば、安全な場所へ事前に避難しておくことが可能になり、地震による人的被害を特に抑えることができると考えられる。現在行われている研究手法は、地震観測や地殻変動観測などの力学的変化

の観測、電磁場の変動などの電磁気的変化などを観測し、解析することで予測を行おうという取り組みがされている[4]。しかし、実用化できるほど精度の高い短期予測法は確立されていない。また、観測されたデータにノイズが混じっていることが多く、解析が困難となる。

そこで、本研究では、既存の複数の予測法から得られる結果を用いたデータマイニングを行うことで、より精度の高い短期予測を行うことを最終目標とする。複数の予測法を組み合わせることによって、ノイズによる影響があっても十分な精度の予測が行えると考えられる。そのためにはまず多くのデータを収集する必要がある。その際、収集されたデータは利用しやすい形式で保存されていることが望ましい。ゆえに、本稿では、データの解析を行い、必要データを保存・収集できるシステムの構築を行う。また、予測研究を行っている研究者は、データ管理や、解析がデータ増加に追いつかないといった問題を抱えている。そのため、構築するシステムは、それらの問題を解決する支援システムとしても利用できるようにする。

提案するシステムは、観測されたデータの保管と解析、解析結果の保存機能を持つ。必要なデータは複数の解析手法によって得られる結果であるため、様々な解析手法を1つのシステム上で適用できるようなものを想定している。

ただし、本稿では、電磁気学的な手法による予測法に関する部分のみを構築する。現在は電磁気学的な手法による予測法、その中でも地電流について取り組んでいる。よって以降では基本的に電磁気学的手法による地震短期予測法について述べる。

## 2 システム要求

システムを構築するにあたり、どのような機能を実装すればよいかを検討する。システムは、解析結果データの収集と研究者の支援を目的とする。システムで収集するデータに関しては、構築するシステム以外で利用する予定はない。そのため、開発者側が利用可能な形式であり、特徴的な現象が起こった日時を特定できるものであれば問題ない。しかし、研究の支援を行うためには、システム全体が、現状の研究の進め方に沿ったものである必要がある。よって、本節では、研究者の支援のために、実際の研究の進め方を検討し、必要な機能を検討する。

本稿では、電磁気学的予測法に関するシステム構築を目的とするため、電磁気学的な研究手順と問題点について検討を行う。

電磁気学的現象を用いた短期予測研究は、測定機器で観測を行い、それぞれのデータに適した解析を加え、解析結果から何らかの前兆現象を見つけ出すという手順で行われる。研究者らは日々観測されるデータを逐次的に解析したり、過去の観測データを様々な手法で解析し、実際に発生した地震の情報との関連性を調査することで、より確実な予測法を模索している。また、逐次処理によって有効だと考えられる解析手法が見つかった場合には、日時やパラメータを前後させつつ、機械的に解析処理を一括適用する。

解析するデータは、毎日観測されているため、量が膨大である。そのようなデータに対して、様々な手法を試行錯誤しながら適用し、解析するためには、膨大な時間が必要となる。そのため、観測されたデータの保存、および、解析と解析結果を保存するシステムの開発が望まれている。

以上で述べた研究手順や問題点を考慮すると、システムには「データ記録」「データ検索・取得」「データ解析処理の適用」「解析結果管理」「一括処理」の5機能が必要であると考えられる。

## 3 システム構築

2節で説明した機能を実現するために開発するシステムについて説明する。本稿の対象は、システムのGUIの開発、つまりユーザインタフェースとそれに付随する属性データ検索機能の開発である。

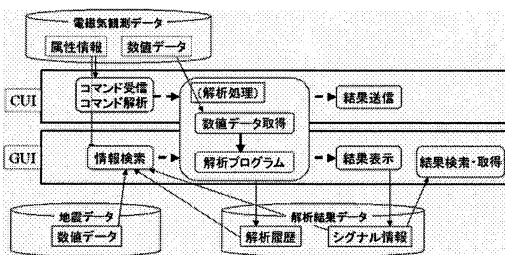


図 1: システムの全体像

### 3.1 システムの全体像

システムの全体像は図1の通りである。円柱で示しているのはデータであり、それ以外は行われる処理を示している。

GUI インタフェースと検索プログラムは全て Java で開発を行う。Java を採用する理由は、動的にウェブページを生成できる JSP (JavaServer Pages) や、サーバサイドプログラムを容易に作成可能なサーブレットが存在すること、標準で XML パーサを備えていることにある。

開発するシステムのうち、データの検索や解析処理など、ユーザインタフェース (UI) 以外はサーバ上で動作させる。サーバ上で動作させることによって、解析結果のデータを直接サーバに保存してもらうことができる。このことは、データの収集目的を達成するための利点にもなる。

### 3.2 データの仕様

保存するデータは大きく分けて2種類ある。1つは観測した数値データそのものであり、もう1つは観測所の名前や緯度・経度、観測しているデータの種類など、観測地点に関する情報である。以降では、前者を数値データ、後者を属性データと表現することにする。数値データは日々増えていき、データサイズが膨大なものとなるので、バイナリ形式で保存したものを圧縮し、さらにインデックスファイルを作成する。

属性データに関しては、同じ観測地点でも複数の機器や観測間隔で観測を行っている所や、保存する項目自体が変更される可能性がある。また、観測データの種類によっても記録項目が異なる。このように構造が複雑なデータを記録するものとして、柔軟な記述が可能な XML が適していると考え、保存形式として採用する。

属性データのうち、図1で属性情報にあたるデータについては、検索効率を上げるために3種類に分けて保存する。

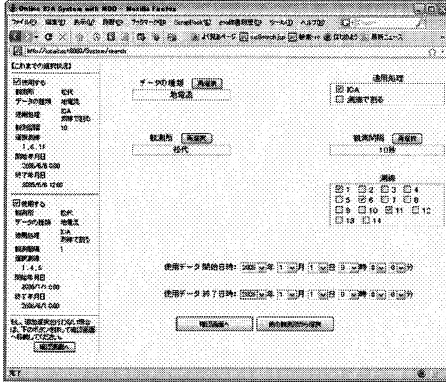


図 2: インタフェース例

### 3.3 インタフェース

本システムで開発するインタフェースは主に 2 種類ある。それは、データの検索条件を指定するためのものと、解析結果を表示するためのものである。検索インタフェースでは、検索するデータの選択、もしくは取得するデータの範囲指定を行うことができる。一方の結果表示インタフェースでは、解析結果のグラフ表示や、グラフの一部を拡大表示すること、発見した現象の情報を保存することができる。図 2 は開発したインタフェースの 1 例である。

このシステムの処理の流れは図 1 の通りである。GUI 側に関して言えば、まず、ユーザはウェブブラウザ上で解析を行うデータの指定を行い、指定通りの解析を数値データに加え、その結果をウェブブラウザ上に表示させる。そして、特徴的な現象を発見した場合にはその部分の選択を行い、現象についてのデータを保存する。保存したデータは、解析指定と同様、ブラウザ上で条件を指定することで検索を行う。

## 4 構築したシステムに関する考察

ここでは次の 2 つについて述べる。まず、3.2 項でデータを 3 ファイルに分割して保存すると述べたが、XML データファイルの分割が実際にどの程度検索の効率を向上させているかを、比較実験を行うことで示す。そして、2 節でシステムの機能要求について書いたが、実際にその機能要求を満たすシステムが構築できているかどうかの考察を行う。

### 4.1 データ分割による効果

データを分割することによって、3.2 項で述べたような検索の効率が向上することを確認する。そのため

OS	Microsoft Windows XP Professional Version 2002 Service Pack 3
CPU	Intel (R) Pentium (R) D CPU 2.80 GHz
メモリ	512MB RAM
Java	1.6.0.10-beta
XML	1.0

表 1: 実験環境

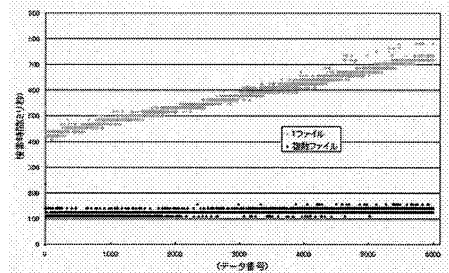


図 3: データタイプから検索した場合の結果

に、全てを 1 ファイルに記述したデータと、複数ファイルに分けて記述したデータを用いて検索時間の比較を行う。

実験に用いた環境は表 1 の通りである。

実験に使用するデータは、保存形式以外は全く同じものを作成する。

全データを 1 つにまとめた場合と 3 種類に分割保存した場合の検索時間は図 3、図 4 のようになった。図 3 はデータタイプから検索を始めた場合の結果であり、図 4 は観測所から検索を始めた場合の結果である。横軸は 1 ファイルに記述した場合にファイルの先頭に近いデータから順に 1, 2, ... とつけた番号で、縦軸は時間 (ミリ秒) である。図 3、図 4 のグラフから、1 ファイルの場合はファイルの最後に保存されているデータになればなるほど検索時間が伸びていることがわかる。一方、複数ファイルの場合はほぼ一定の時間でデータを取得することができている。また、ファイルの先頭付近に保存されているデータでも、検索時間に 2 倍以上の差がある。原因の 1 つとして、1 箇所分のデータを取得する検索の中に、記録されている全観測所名、または全データタイプ名を取得する検索が含まれることが考えられる。この場合、ファイルの最初から最後までを検索しなければデータを取得することができないため、1 回に参照するファイルサイズが検索時間に影響する。本提案システムにおいて、この処理は最初に提示する選択肢に影響するものであるため、なくすことはできない。そのため、プログラムを最適化しても検索時間を半分以下にすることは難しい。さらに、データが保存されている位置によって検索時間が長くなる

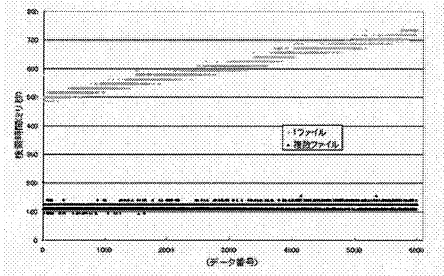


図 4: 観測所から検索した場合の結果

問題点を解決することはより困難である。

## 4.2 システム機能についての考察

2節で検討したシステム要求を構築したシステムが満たしているかの確認を行う。データ記録については、XMLとバイナリの記録方法を使い分けることによって適切な形で保存を行うことができた。データ検索・取得については、記録に対応した検索方法を開発したことによって、適切な検索を行いたいという要求を満たす。データ解析処理については、処理方法を指定すれば、ユーザが細かい設定を行わなくてもシステムが自動的に処理を開始するように開発されている。これによって、ユーザが指定しなければならない条件を減らすことができ、効率よく解析を行うことができる。本稿では、地電流の解析処理のみについて論じているが、必要に応じて他の解析方法を追加することは可能であるので、十分に要求を満たすシステムとなっている。データ解析処理については、本稿では地電流の解析処理を実装したが、必要に応じて他の解析方法を追加することは可能であるので、十分に要求を満たすシステムとなっている。一括処理については本稿では扱っていないが、コマンドとAPIでの利用が可能である。よって要求を十分満たしていると考えられる。

以上より、2節で挙げた5機能全てをシステムは備えている。

## 5 まとめ

本稿では、地震短期予測研究に利用できるシステムを構築した。システムを構築するにあたり、まずは必要となる機能についての検討を行った。その後、検討した要求を踏まえ、実際にシステムの構築を行った。そして、複数ファイルに分割したことによる検索効率の向上を確認した。また、実際に構築されたシステムが要求を満たしているかの考察も行い、構築したシステムが要求を全て満たしていることを確認した。

本稿では、地電流についてのみ扱った。今後の課題として、他の手法やデータタイプについても実装していく必要がある。

## 参考文献

- [1] 平成 20 年版 防災白書：  
<http://www.bousai.go.jp/hakusho/h20/index.htm>
- [2] 上田誠也：地震予知はできる，岩波書店 (2001)。
- [3] 気象庁 緊急地震速報について：  
<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/EEW/kaisetsu/index.html>
- [4] 防災科学技術研究所：<http://www.bosai.go.jp/>
- [5] Uyeda, S.: Introduction to the VAN method of earthquake prediction, Critical Review of Van, Sir Lighthill, J.(Ed.), pp.3-28, World Scientific, London, Singapore(1996).
- [6] Fukuda, K., Koganezawa, M., Shoumo, H., Nagano, T. and Joe, K.: Detecting Seismic Electric Signals by LVQ based Clustering, PDPTA2001, pp.1305-1311(2001).
- [7] 小金山美賀, 長尾年恭, 城和貴. ニューラルネットを用いた地電流データからの電車ノイズ除去, 情報処理学会論文誌:数理モデル化と応用, Vol.42, No.SIG14, pp.124-133 (2001).
- [8] 小金山美賀, 庄野逸, 長尾年恭, 城和貴. ICAを用いた地電流データからの電車ノイズおよび地震前兆シグナルの分離, 情報処理学会論文誌:数理モデル化と応用, Vol.43, No.SIG7, pp.92-104(2002).
- [9] 沢小百合, 小金山美賀, 庄野逸, 長尾年恭, 城和貴. ICAを用いた2観測点の地電流データに影響を及ぼす電車ノイズの抽出とその統計的評価, 情報処理学会研究報告:数理モデル化と問題解決, MPS42-24, pp.95-98(2002).
- [10] Blaschke, T. and Wiskott, L. CuBICA: Independent Component Analysis by Simultaneous Third- and Fourth-Order Cumulant Diagonalization. (2003).
- [11] Ishikawa, C., Watanabe, C., Nagao, T. and Joe, K.: Extracting Seismic Electronic Signals from the Telluric Current Data for the Nigata Chuetsu Earthquake by ICA, Vol.11,PDPTA, pp.488-494(2005)
- [12] Ishikawa, C., Kamo, H., Nide, N., and Joe, K.: Design of an Integrated Database System for Short-term Earthquake Prediction, vol.II,PDPTA, pp.853-859, 2006.]