

LVQを用いた地電流データ解析

福田 京子* 小金山 美賀*

長尾 年恭† 城 和貴*

kyochan@ics.nara-wu.ac.jp

* 奈良女子大学 理学部 情報科学科 † 東海大学 地震予知センター

概要

我々の研究グループでは、VAN法を用いて観測した地電流データをニューラルネットにより自動的に解析し、短期地震予知を行う研究に着手している。既にバックプロパゲーション法による電車ノイズと地震前兆シグナルの分離に成功したが、本稿では、バックプロパゲーションの課題である膨大な計算時間短縮の解決策として、LVQによる地電流データ解析を提案する。その予備実験として、地電流データをいくつかのカテゴリーに分類するためのLVQの構築と、その検証について報告する。

Telluric Current Data Analysis by Learning Vector Quantization

Kyoko Fukuda* Mika Koganeyama* Toshiyasu Nagao† Kazuki Joe*

* Nara Women's University † Tokai University

Abstract

Aiming at short prediction of earthquake, we have proposed the use of neural networks for analyzing telluric current data observed by VAN method. We succeeded to make train noises be separated from telluric current data by back propagation method. In this paper, we propose a telluric current data analysis method by using Learning Vector Quantization, and show preliminary experiment results for categorization of telluric current data.

1 はじめに

地震の多い日本において、短期地震予知は大きな課題である。現在、短期予知を行う手法は確立されておらず、短期地震予知は不可能だとも言われている。一方、同じ地震国であるギリシャでは、1993年にVAN法[1][2]による短期地震予知が成功し、市内の過半数の建物が全半壊したにもかかわらず、死者0人という成果があげられた。そこで日本でも地震国際フロンティア[6]の研究グループによって、VAN法を用いた研究が始まり、現在に至っている。VAN法とは、地表面に流れる微弱直流波である地電流の中から、地震前兆シグナルを検出することによって地震予知を行う方法である。地電流観測に含まれるノイズとシグナルを区別するためには同一地点で直交方向に最低2本ずつ(合計4本)の長さ30~200mオーダーの側線と、最低2本の長さ数kmに達する側線(長基線)が必要となる。これに

よってはじめて電極の不安定性や近傍で発生したノイズ、降雨などの影響を除去することができる。しかし、日本では地電流データの90%を電車ノイズが占めるため、微弱な電流である地震前兆シグナルの発見が難しいという問題があった。そこで、バックプロパゲーション学習則によるニューラルネットを用いたデータ解析が本研究グループで提案された。バックプロパゲーションとは、任意精度の非線型関数の近似が保証されているニューラルネットの学習法である。解析の結果、電車ノイズと地震前兆シグナルの分離に成功し[5]、これからの地震予知研究に非常に有益な結果が得られた。現在、科学技術庁地震国際フロンティアでは、全国42箇所各8方向、もしくは16方向の地電流の計測を行っているが、バックプロパゲーションによるニューラルネットでは学習時間が非常に長いため、長野県松代の1地点2方向のデータのみしか利用されておらず、実用的な短期地震予知システムの構築には技術的な問題点

が多い。そこで今回、これらの膨大なデータを処理するために、計算時間が少ないと知られているLVQ[3]による学習、認識手法を提案し、本稿はその予備実験について報告する。

2 地電流データとLVQ

2.1 地電流データ

地球表層部には微弱な電流が流れており、これを地電流という。岩石に圧力がかかると、破壊前に電流が流れることが室内実験で確かめられている。地震も一種の岩石破壊であり、この事実を地球に応用しようとしたのがVAN法である。長さ40cm、太さ3cm程度の鉛-塩化鉛平衡電極が深さ約2mに埋蔵され、2地点間の電位差を測定する。データは10秒ごとに測定され、1日1回地震国際フロンティアに転送される。長基線観測ではNTT専用回路を導線として使用することによって、遠距離間の地電位差測定を可能にしている。現在、国内に観測点は42地点あり、各観測点は8チャンネルまたは16チャンネルとなっている。

2.2 LVQ

LVQ (Learning Vector Quantization 学習ベクトル量子化) とは、複数のデータをひとまとめにし、パターンを分類して情報圧縮を行おうとするものである。LVQは2層構造ネットワークで、大量のデータをコンピュータに与え、学習を行い、新しいデータがどのグループに属するか分類をするものである。それぞれのグループに1つ以上の参照ベクトルを作り、全てのデータからの平均距離をとる。そしてそれぞれのグループの参照ベクトルを決定した後、新しく入力されたデータがどのグループに属するかを、最も近距離にある参照ベクトルで判断するという手法である。

2.3 LVQを使った地電流データ解析の有効性

現在、地電流の観測は10秒間に1回の割合(1日8640回)で行われている。しかし、データ量が膨大になるため、本研究グループのバックプロパゲーション

によるデータ解析では、1日のデータを300フレームに区切り、フレームごとに解析を行っている。また一度の学習に使用するデータ量も現在1週間分だけである。より実践的なシステムを実現するには、できるだけ多くのデータを学習させ、地震前兆シグナルや自然波をより正確に認識することが重要である。また、将来、全国42箇所の観測地点において地震予知をするためには、全ての観測データの解析が必要であるため、そのデータ量は膨大になる。LVQは計算時間がバックプロパゲーションより圧倒的に短いことが知られているので[4]、一度に大量のデータが処理可能であると考えられる。そこで、一日の地電流データをフレームで区切らずに8640次元のデータとして利用し、また学習に使用するデータも一週間分だけではなく、更に長期間の観測データを利用する。これによって正確なパターン分類がLVQによって実現できると期待している。

3 LVQ構築と実験

地震前兆シグナルをLVQに認識させるために、まず過去の地電流データを解析し、LVQによってクラス分けを行った。

3.1 準備

入力層に、入力ベクトルとして1999年1月の松代地点の1チャンネル分のデータを投入した。投入するデータを学習用データと呼ぶ。

$$x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_{31})$$

全ての入力ベクトルの中からできるだけ散らばったところにあるデータを選びだし、最終的にN個のデータを選び出し、参照ベクトルの初期値とする。次に、その参照ベクトルに基づいて、学習用データをN個のカテゴリーに暫定的に分類する。

3.2 入力層・出力層の構成

各ニューロンの参照ベクトルと入力ベクトルとの距離を計算する。出力層のj番目のニューロンと入

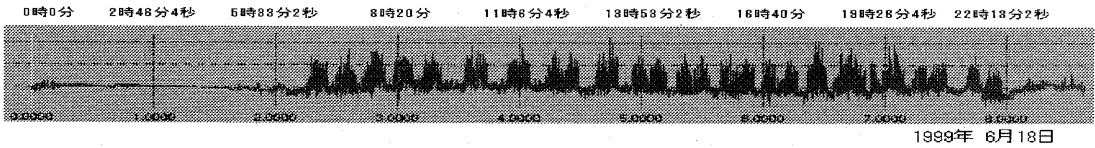


図 1: 雨の日の松代の地電流データ

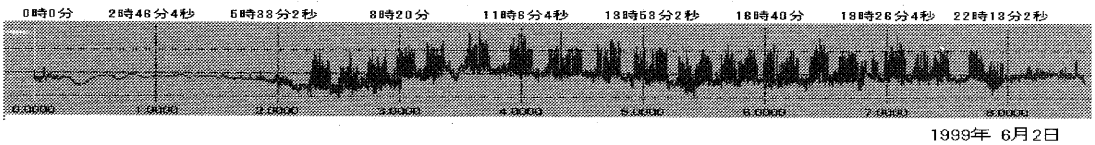


図 2: 晴れの日の松代の地電流データ

カベクトルとの距離は、次式で与えられる。

$$d_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - w_{ji})^2}$$

ここで、 w_{ji} は入力層の i 番目のニューロンと出力層の j 番目のニューロン間の参照ベクトルである。 d_j が最小となる、つまり入力ベクトルと参照ベクトルの距離が最小となるニューロンを選択する。カテゴリー分けした入力ベクトルと参照ベクトル間の距離を全て求め、参照ベクトルを比較する。正しく認識された場合とそうでない場合とで参照ベクトルの更新式を異なるように設定する。

$\Delta w_{ji} = +\eta(x_i - w_{ji})$: 正しく認識された場合

$\Delta w_{ji} = -\eta(x_i - w_{ji})$: 誤って認識された場合

また、ある 2 つの参照ベクトル同士が一定以上の距離よりも近づけば、1 つに融合する。このとき、カテゴリーも融合させる。このように参照ベクトルを学習していく。

3.3 実験

まず、地電流データに影響する条件の一つとして、天気注目した。1999 年 1 月から 10 月まで、各日の降雨量を調べ、天気によって地電流に変化はないか

とグラフにし、目で見えて観察した。その結果、一般的に雨天時のデータは晴天の日のデータよりも、変動が少ないという特徴が容易に読み取れた。図 1 は 1999 年 6 月 18 日 (雨天)、図 2 は 1999 年 6 月 2 日 (晴天) の松代地点でのデータである。そこで雨天の日と、晴天の日の違いを LVQ で認識可能かを見極めることを主眼とした。まず 1999 年 1 月のデータを学習用データとして入力し、参照ベクトルは 10 個 ($n = 10$)、 η は 0.01~0.5、学習回数は 50 回~100 回と設定し学習させた。学習後、10 個のうちの 2 個が融合して、参照ベクトルは 9 個となった。次に学習済参照ベクトルを用いて、1999 年 1 月から 10 月のデータを LVQ に入力したところ、図 3 で示されるように大きな 3 つのカテゴリーに分類された。これは、春、梅雨時期、夏の季節によって分類されると考えられ、各カテゴリーの地電流データの平均値がおおよそ 5.0mA ずつ変化が見られた。しかしながら、当初期待していた降雨時/晴天時のカテゴリー化は得ることができなかった。

3.4 考察

地電流データは、一般的に地震の前兆波形だけでなく、地球規模の影響による波形、人間の生活の影響による波形、電車のノイズによる波形など、さまざまな波形で構成されており、短期地震予知の自動化のためにはその中から地震の前兆波形だけを抽出しなければならない。今回、地電流データが大きく

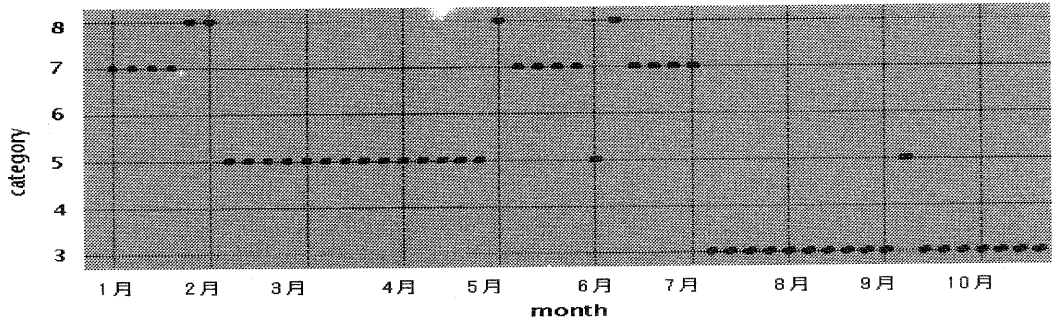


図 3: 1999 年:LVQ によって分類された 1 月から 10 月までのデータ

季節毎によって分類されたが、より詳細な様々な要因(曜日 週末/平日、気象 等)によって、地電流データを解析には至らなかった。そこで 現在、FFT によってフィルタリングをかけ、周波数成分でデータ解析を行なっている。

4 結論

本研究グループでは、工学的手法による VAN 法を用いた地震予知の自動化を提案し、既にバックプロパゲーションによる 電車ノイズと地震前兆波の分離を成功させている。現在、科学技術庁地震国際フロンティアでは、全国 4 2 箇所各 8 方向、もしくは 16 方向の地電流の計測を行っているが、バックプロパゲーションによるニューラルネットでは学習時間が非常に長いため、実用的な短期地震予知システムの構築には技術的な問題点が多い。より実践的なシステムを実現するには、できるだけ多くのデータを学習させ、地震前兆シグナルや自然波をより正確に認識することが重要である。LVQ は計算時間がバックプロパゲーションより圧倒的に短いことが知られているので、一度に大量のデータが処理可能であると考え、これらの膨大なデータを処理するために、LVQ による地電流の解析を提案した。今回の実験では、1999 年 1 月~10 月の長野県松代市の地電流データに対し、LVQ を利用したデータ解析を適用して、大まかな三種類のカテゴリーに分類できることは確認されたが、様々な細かい要因(曜日、週末/平日、気象等)による解析は困難であった。現在 FFT によって地電流データを周波数成分に分け、各

周波数成分について LVQ を用いた解析を行い、詳細な地電流解析を推進している。

参考文献

- [1] VAROSTOS, P and K. ALEXOPOULOS: *Physical properties of the variations of the electric field of the preceding earthquakes, I.* Tectonophysics, No.110, pp.73-98 (1984).
- [2] VAROSTOS, P and K. ALEXOPOULOS: *Physical properties of the variations of the electric field of the preceding earthquakes, II, Determination of epicenter and magnitude.* Tectonophysics, No.110, pp.95-125 (1984)
- [3] T.Kohonen : *Learning Vector Quantization for Pattern Recognition* ,TKK-F-A601,Helsinki U.(1986)
- [4] 横田まなみ,片桐 滋 ,Erik McDermott: *learning in an LVQ-Based Phoneme Recognition System*, 信学会技報,SP88-104,PP.65-72(1988)
- [5] 小金山 美賀,長尾 年恭,城 和貴: *Removing Train Noise from Telluric Current Data by Neural Networks for Automatic Short-term Earthquake Prediction in Japan*,PDPTA,Vol.II.pp.659-665(2000). I
- [6] 地震国際フロンティア : <http://yochi.iord.u-tokaki.ac.jp/eprc>