

LVQを用いた地電流データ解析II

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 地震予知研究センター

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ている。前回、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長野県松代地点のデータを用いて提案した。本稿では、前回の問題点であった電車ノイズの影響がほとんどない新島のデータを用いて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 II

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 our last paper, we proposed a telluric current data analysis method by using Learning Vector Quantization for current data for Matsushiro. In this paper, we will show preliminary experiment results for categorization of telluric current data for Izu islands earthquakes.

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。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、本研究グループでは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手法を提案し、電車ノイズと地震前兆シグナルの分離に成功した[5]。

現在、科学技術庁地震国際フロンティアでは、全国42観測点、各8方向もしくは16方向で10秒間に1回の割合(1日8,640回)で地電流の計測を行っており、過去5年間に収集された地電流データ量は数TBにのぼっている。一方、バックプロパゲーション学習則を用いたニューラルネットは、高い汎用的な学習認識能力を有する反面、学習に要する膨大な計算量が、実用的なシステムの構築を妨げる主要因となっている。そのため、当該手法を用いたアプリケーションでは、構築方法に様々な工夫がなされているのが普通である。本研究グループの提案している地電流データからの電車ノイズ除去フィルターに

においても、時系列データである地電流データを小区間窓でスキャンし、ピープホールのな学習認識を行っている。この方式では、特定地域の特定期間の地電流データ解析は可能なことが判明したが、これを単純に拡張して、大域的な短期地震予知システムに発展させることが可能であるかどうかは、計算量とコストとのトレードオフの問題があり、極めて困難であると予想される。

LVQ(Learning Vector Quantization) はパターン認識の分野ではニューラルネットの一種と考えられており、音声認識研究への適用などが知られている。LVQの特徴は、認識対象によっては、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の学習認識能力に迫るものがある反面、学習に要する計算量が圧倒的に少ないことである [4]。そこで本研究グループでは、一日の地電流データを小区間で区切らずに 8,640 点の時系列データとして用い、LVQ を利用したクラスタリングを行うことで、地電流データの解析を行う手法を提案した [7]。

文献 [7] では、文献 [5] 同様、長野県松代観測点の地電流データを利用したが、文献 [5] のバックプロパゲーションによるニューラルネットでは、同観測点 1999 年 8 月 20 日の地電流データのみを学習データとして用いたのに対し、1999 年 1 月～10 月の約 10 ヶ月分の地電流データの解析を行った。しかしながら、この時の解析では地震前兆波を検出するための特徴抽出は得ることができず、10 ヶ月分の地電流データを季節による分類が可能であることを示したにすぎなかった。

松代観測点は、全国 42 個所の観測点の中でも、電車ノイズの影響を最も鮮明に受けるところの一つであり、LVQ による地電流データ解析の最初の事例としては不適切であったと我々は判断し、別のデータ・セットによる解析を試みることにした。そこで、我々は平成 12 年の三宅島噴火前後に地震が観測された新島観測点の地電流データに着目した。新島の地電流データには、電車ノイズがほとんどあらわれておらず、平成 12 年 7 月 1 日ならびに 7 月 9 日のマグニチュード 6.1 ならびに 6.4 の地震に対する地震前兆波が専門家によって確認されている。さらに、新島の地震に関しては、地震国際フロンティアの別のアプローチによるデータ解析においても、10mHz 前後の帯域で地震前兆と考えられるデータが検出されており、LVQ の地電流データ解析への最初の事例として適していると判断した。

以下、新島の地電流データに LVQ を適用して解析を行った結果について報告する。

2 LVQ 構築と実験

2.1 準備

2.1.1 地電流データの補正

まずはじめに、地電流データを観察し、機器の故障などによる欠損部分の除去を行った。除去方法として、全データの各時点について微分値を計算し、極度に変化している時点について平滑化を行った。また、低周波成分が含まれていないデータは欠損データと判断し、実験には使用していない。

2.1.2 参照ベクトル生成

次に、入力層に、入力ベクトルとして新島の地電流データ (2000 年度の 3 月から 11 月) の 1 チャンネル分のデータを投入する。

$$x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_{240})$$

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。

入力ベクトルとして、

- ・補正を行った地電流データ
 - ・FFT をかけた周波数成分のデータ
 - ・周波数成分毎のデータ
- とそれぞれのデータセットを作成した。

2.1.3 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力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

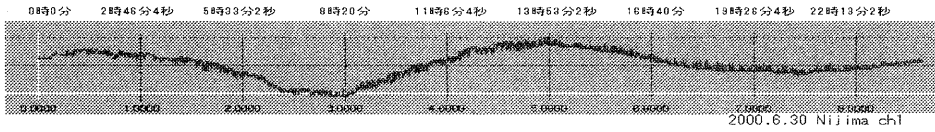


図 1: 6月30日の地電流データ

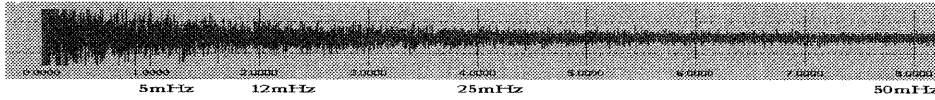


図 2: 6月30日 周波数成分に変換した地電流データ

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。

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

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

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、カテゴリも融合させる。このように参照ベクトルを学習していく。参照ベクトル学習後、全てのデータについて各参照ベクトルとのユークリッド距離を計算し、最も近距離にある参照ベクトルと同じカテゴリとしてクラスタリングを行う。

2.2 実験

今回使用した新島のデータは、電車ノイズの影響をほとんど受けてないデータである。また、三宅島の噴火に伴い地震が発生したために、地電流データには顕著に地震前兆波が表れていることが専門家によって確認されている。そこで、LVQを使って地震直前の地電流データを分類できないかという実験を行った。まずはじめに、地電流データをそのままLVQに投入し、クラスタリングを行った。参照ベクトルの初期数は20個に設定し、学習回数は50回～70回に設定した。最終的に数個(2～10個)のカテゴリに分類した。しかし、地震発生前の数日間のみ分類はされなかった。次に、全てのデータをFFTにかけて周波数成分に変換し、再びクラスタリング

を行った。図3はFFTをかけた地電流データである。しかし、これらについても期待した結果を得ることができなかった。そこで、地震発生前日までの特徴を得るために、Xgraphを使ってFFTをかけた地電流データを観察した。解析を行っていき、ある特定の周波数領域に着目した。図4は地震前兆が見られない普段のデータの8mHzから12mHzの周波数をグラフ化したものである。それに対して図5は地震発生前日(6月30日)の8mHzから12mHzの周波数をグラフ化したものである。

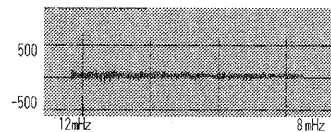


図 3: 正常のデータ 8mHz～12mHz

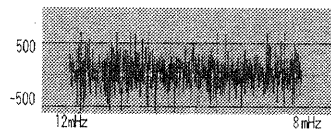


図 4: 地震発生前日データ (2000.6.30) 8mHz～12mHz

地震直前(6月30日)のデータの振幅が非常に大きいことが分かった。そこで全てのデータに対して

8 m Hz から 12 m Hz の周波数のみを取りだし、新たなデータセットを作成した。そして全データのクラスタリングを行った。その結果、ある程度の地震発生直前のデータが正常のデータから分類することに成功した。

2.3 考察

今回、電車ノイズの影響をほとんど受けていない新島のデータ解析を行った。7月1日の地震発生直前までに地震前兆波があると専門家によって確認されている。その結果、LVQでは周波数成分を特定すれば非常に有効な結果が得られることが分かった。しかし、今回の地震前日全てが同じカテゴリに入ったわけではない。つまり、異常であることは分かるが、それが同じ特徴として扱われていない。地震前兆波形の特徴を断定するには未だ解析が必要である。ではその特徴をどのようにして見つけるかが今後の課題であり、より詳細な周波数成分毎の観察を行う必要があると考えている。

3 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。しかし、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ので、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。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による地電流データの解析を提案している。今回の実験では、2000年3月～11月の新島の地電流データに対し、ある特定の周波数成分のみを使い、LVQを利用したデータ解析を適用して、地震直前の地電流データを分類できることが確認された。LVQは特徴をつかむと非常に有効な手法であり、今回のように特定の周波数領域を発見し、LVQを適応させることが必要だと考える。どのようにその特定の周波数領域を発見するかは今後の課題であり、全てのデータの特定の周波数を同時に見比べるようなシステムの構築を現在行っている。

参考文献

- [1] Uyeda,S.: *Introduction to the VAN method of earthquake prediction*,in *Critical Review of VAN (ed.Sir James Lighthill)*, World Scientific, London, Singapore,3-28.(1996)
- [2] NAGAO,T.,Uyeshima,M. and Uyeda,S.: *An independent check of VAN's criteria for signal recognition*,Geophys.Res.Lett.23,1441-1444(1996)
- [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*, PDPTA2000, 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>
- [7] 福田京子,小金山美賀,城和貴: *LVQを用いた地電流データ解析*, 情報処理学会 第32回MPS研究会, 2000-MPS-32, pp.25-28(2000)