

RBFN法を用いた自然界の時系列予測についての一考察

Consideration of Forecast of Time Series of the Natural World
that uses RBFN Method

渡邊 達男

Tatsuo WATANABE

1. 序論

自然界の現象は大変複雑で、その予測を行うことが出来れば、人類に計り知れない恩恵を与える可能性がある。最近の非線形科学は少しずつであるが、予測が困難であった様々な自然現象を予測する技術を作りつつある。

複雑な自然現象の全てを予測するのは不可能に近いが、比較的単純化された自然現象の一側面を予測するのは、最近ではそう難しくない。沢山の予測器が考えられており¹⁾、その予測器の性質を考え、上手にパラメータを選ぶと、ある程度の予測が可能である。

自然界ではなく、簡単な数式モデルでは最近の予測器は非常に良く予測ができる。カオスのような、一見予測が困難なモデルでも良い予測が可能である。

その中でカオス研究から生まれた幾つかの予測器を筆者は筆者なりに調べて来た^{2,3)}。

昨年は動径基底関数ネットワークに関する若干の性質を報告した³⁾。

今回は昨年度に続き、動径基底関数ネットワーク法に関して、性質を簡単に調べ、その後、幾つかの気象現象を予測したので、簡単に報告する。

2. 動径基底関数ネットワーク

動径基底関数ネットワーク (Radial Basis Function Network) とは変形された2層ニューラルネットワークの一種で、動径基底関数という局在化された基底関数を重ね合わせるにより、任意関数補完の方法として考えられて来た。

M.Casdagli⁴⁾はRBF法をカオス的時系列予測問題に応用した。

今、時系列 $x(0), x(1), \dots, x(t)$ を要素を持ったベクトル $\mathbf{v}(t) = \{x(0), x(1), \dots, x(t)\}$ に対して、次の式を考える。

$$x(t+1) = \sum_{i=1}^M \lambda_i \Phi(|\mathbf{v}(t) - \mathbf{c}_i|) \quad (1)$$

ここで、 λ_i は重み、 \mathbf{c}_i はセンターと呼ばれる点、 Φ は基底関数である。

基底関数 Φ には幾つかのものが使われる。よく使われるものに、ガウシアン関数があり、

$$\Phi(r) = \exp(-r^2/b) \quad (2)$$

で与えられる。

シンプレートスプライン関数、

$$\Phi(r) = r^{2k+1} \log r \quad (3)$$

ベル型関数、

$$\Phi(r) = \frac{1}{1 + \cosh(br)} \quad (4)$$

等もある。今回はガウシアン関数(2)を用いて計算した。

RBFNを用いて時系列を予測する場合には、あらかじめ既に知られている時系列(データと呼ぶ)を用いて重み λ_i を計算する。 λ_i は2層ニューラルネットの結合係数に相当するが、学習を用いて決定するのでは無く、一般には式(1)にデータ時系列を代入し、連立方程式を解くと、 λ_i が求められる。

今回の報告では、データ時系列を用いて、 λ_i を決定する方法を用いた。

センター \mathbf{c}_i は任意である。センターはベクトルで、一般的には時系列 $\mathbf{v}(t)$ と同じ次元でなくてはならない。

上記の方法はスタンダードRBFNと呼ばれているが、式(1)に線形項を加えたアフラインプラスRBFN(APBFN)もある。この方法はノイズ成分を線形項に吸収できるので、ノイズを含む時系列に有効である¹⁾。

$$x(t+1) = \mathbf{A}v(t) + \mathbf{B} + \sum_{i=1}^M \lambda_i \Phi(|v(t) - c_i|) \quad (5)$$

3. センターについて

センター c_i は任意であるが、無作為に選ぶと発散したりして計算できない。また計算できたとしても、予測は良くない。

ロジスティック写像、

$$x(t+1) = ax(t)(1-x(t)) \quad (6)$$

に関して、幾つかのセンターを用いて予測を行った結果を報告する⁵⁾。

(1) $[0, 1]$ の乱数を用いてセンターを作成した場合。(2) センター c_i 内の成分は同じ値で、 $[0, 1]$ で等間隔にした場合(相空間にセンターをプロットすると、対角線上に並ぶ場合)。(3) センターを相空間内プロットすると空間内に等間隔一様に分布する場合。(4) データ時系列の時間を反転した時系列を用いた場合。(5) 時系列そのものを用いた場合。の5つを試みてみた。計算が成功し、予測が可能であったのは(5)のみであった。どうして、等間隔 c_i で計算できないかは不明である。

(5)を用いて、ロジスティック写像の予測を行った結果を図1に示す。

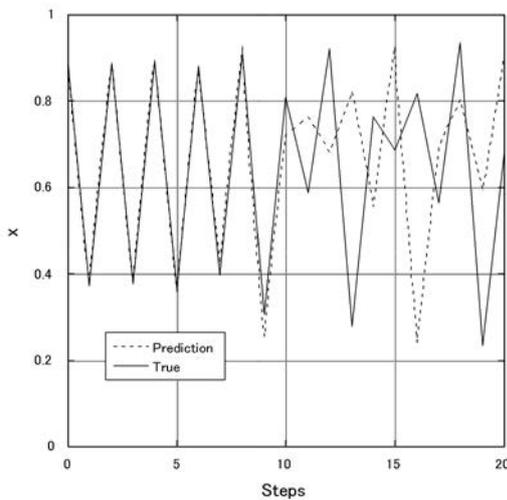


図1 ロジスティック写像の予測

図を見ると10ステップあたりまでは良く予測できていることがわかる。

4. 気象現象の予測

3で、センターはデータ時系列そのものを用いることが良いので、今後はデータ時系列をセンター c_i に用いることにする。

実際の自然界の現象の予測として、無数の選択があるが、今回は比較的周期的で簡単な気象現象の予測を行ってみた。気象現象を選ぶ理由としては、周期が1年単位であり、特に大きな異常気象が無い限り現象が安定しているからである。人為的な影響が含まれる、経済やその他の社会的な予測も可能であるが、今回は気象現象に限定した。

(1) 月平均気温の月変化の予測

月平均気温は1年単位で周期的に変化し、予測が簡単であると思われるので、RBFNにより予測を行った。栃木県小山市の月平均気温の予測を図2に示す⁶⁾。

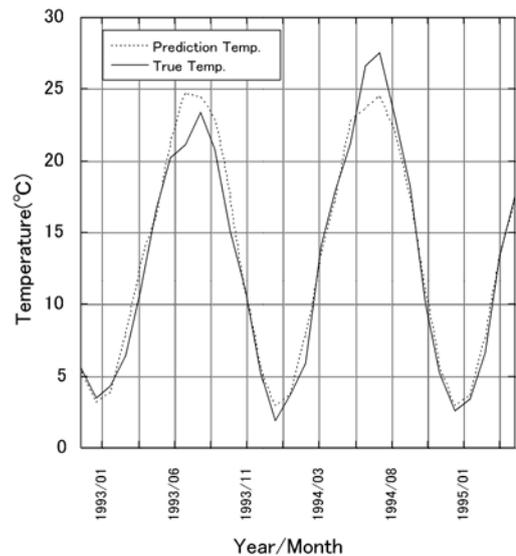


図2 小山市の月平均気温の予測

予測は、1990年1月から1992年12月までのデータを元に、1993年1月から1995年5月までを予測している。センターの次元は12である。

図を見ると、大変良く予測できているように見える。夏の時期の気温が1993年は高めに1994年は低めに予測している。また冬の気温はほぼ予測できている。僅か2年間のデータ時系列で次の2年間は予測できているように思える。

だが、月平均気温は毎年かなり正確に周期的に変化して、あまり変動が無いように思われる。し

たがって予測が難しいとは思えないが、RBFFNはこのように正確に予測できる。
 センターの次元であるが、12より少なくしても予測はある程度できる。しかし12にすると最も良く予測できる。

(2) 月間降水量の月変化の予測

月平均気温は予測が容易であったが、次は月間降水量の月変化の予測を行った⁶⁾。降水量を選んだのは、気温よりは周期性が悪いだろうということで、予測のテストにはちよつど良いということと、データが簡単に手に入る為である。

気温と同様に、栃木県小山市の月間降水量の月変化の予測を図3に示す。

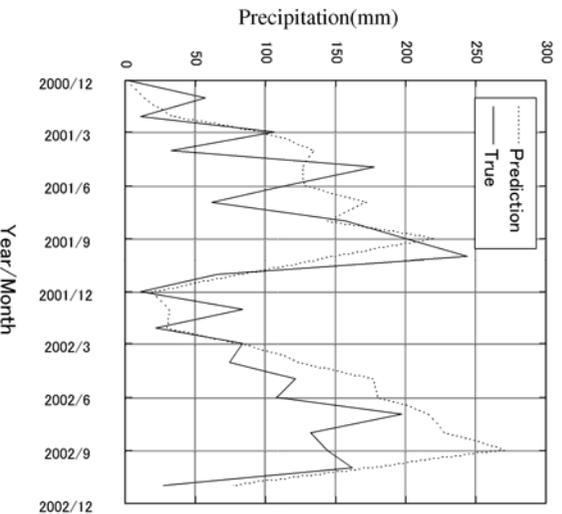


図3 小山市の月間降水量の予測

予測は1990年1月から2000年12月までのデータを元に、2001年1月から2002年12月までを予測している。センターの次元は12である。

図を見ると、年単位の大きな変化は予測できている。特に1年目(2001年)はほぼ予測できていると思われる。ただし、月ごとの微妙な上下は追従できていないことがわかる。さらに、2年目(2002年)は予測をしてよりも実際の降水量は少ない。

月間降水量は気温に比べて不規則で予測に必要なとするデータ時系列を11年と多めに取った。降水量は農作物等の直接影響があるが、2年目の小雨は予測はできていない。小雨の年を含むもつと

多くの時系列データを用いて予測を行わないと無理であろう。既にある時系列パターンで予測しているので、自然界の予測は多くのデータ時系列を必要とする。

今回のデータは気象庁のホームページから参照させていただいたが、1990年以降のデータしかない⁶⁾。

(3) 台風の年間上陸数の年変化予測

次に、台風の日本への年間上陸数を予測してみた。

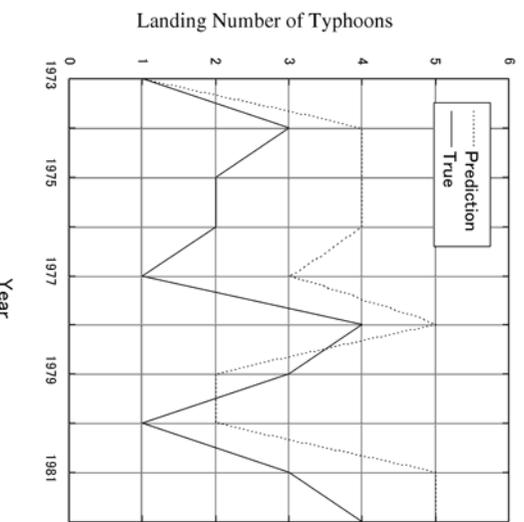


図4 台風の年日本上陸数の予測

図4に台風の年間上陸数の年変化の予測を示す⁷⁾。

図は1950年から1973年までの年間台風日本上陸数をデータとして、1974年から1982年までの上陸数を予測している。

図を見ると、だいたいの傾向は予測しているように見える。例えば1977年は減少して、1978年は増加するという傾向、また1980年は少ないという傾向を予測しているように見える。しかし、1975年から1977年は2個多く予測しており、傾向は予測しているが、絶対数は当たり外れがあるように思える。

この予測ではセンターの次元は3とした。理由は最初に筆者の目で全体の傾向を観察し、3年周期があるのでとは予想をたてた。そこで次元を3とした。

他の次元で予測を行ったり、他の年で予測を行うと、なかなか傾向もつかめない悪い結果となる。しかし、時系列のある程度の規則性を考慮に入

れて、センターの次元を決定し、その上で予測を行うとある程度の予測ができると思われる。

最後に予測の計算を行う際に使ったパラメータで、ガウシアン関数のパラメータ b について述べる。

パラメータ b は予測に敏感に関与していると思われる。

b を大きく取ると予測結果は全てゼロになってしまい、 b を小さく取ると発散する場合がある。

b の取り方でも予測が大きく変わる。

この依存性は調べる予定である。

5. 結論

RBFN を用いて、センターの選び方に関して若干の調査をした。さらに気象現象の若干の予測を行った。その結果センターは時系列そのものを用いるのが良い。また気象現象の予測は、単純な気温変化は非常に良く予測できるが、少し複雑になると、傾向は捉えられるが、値そのものは予測は難しい。

パラメータ b の値は慎重に選ぶ必要があることがわかった。

簡単に RBFN を用いて調査したが、他の予測器との比較を行いたい。

参考文献

- 1) 合原一幸編：カオス時系列解析の基礎と応用、産業図書(2000)。
- 2) 渡辺他：小山高専紀要38 (2006) 101.
- 3) 渡辺：小山高専紀要39 (2007) 107.
- 4) M.Casdagli:Physica D,vol35 (1989) 335.
- 5) 合原一幸編：カオスセミナー、海文堂(1994)。
- 6) <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 7) <http://www.fukuoka-jma.go.jp/fukuoka/chosa/taifu/sekkin.html>