

CS-118

カオス理論の短期予測への応用

関西大学総合情報学部 学生会員 森崎 美紀 関西大学総合情報学部 正会員 広兼 道幸
 関西大学総合情報学部 正会員 古田 均 関西大学総合情報学部 近藤 博

1. まえがき

毎年、大型台風に見舞われるわが国では、強風に対する高層ビルや長大橋のような大規模な構造物の安定性の確保が重大な課題とされている。従来から、振動制御方法としてフィードバック制御^①が提案されてきたが、この方法は負荷や外乱を受けてから制御をかける受動的な遅れ制御であり、速応性に限界があることが指摘されている。近年、強風によって振動が引き起こされる構造物に対して、エネルギーを供給して積極的に振動を制御しようとする、能動的なアクティブ制御が注目を集めている^②。このように能動的な制御を実現するためには、制御対象に対する負荷や外乱の変化を事前に予測することが重要な課題である^③。

本研究では、アクティブ制御を実現するための重要な課題である予測問題に対して、様々な時系列データの短期予測に使われているカオス理論の適用可能性を検討した。その際、C言語を用いてテセレーション法による短期予測システムを構築した。実際に観測された季節風の風速データを用いて、構築したシステムによる短期予測を行い、予測の精度などの面から、アクティブ制御へのカオス理論の適用可能性について言及する。

2. 短期予測システムの構築

本研究では、カオス理論を応用した短期予測システムを実際に構築した。構築したシステムの流れを図-1に示す。同じ時間間隔でサンプリングされた時系列データを、タケノコの埋め込み定理を用いて多次元状態空間に再構成し、最新のデータを含むデータベクトルの近傍に位置するデータベクトルを用いて、局所的に再構成を行い短期予測を実施する。

3. 風速の短期予測

構築した短期予測システムを風速の時系列データに適用し、実際に短期予測を行った結果について述べる。今回使用したデータは、0.05秒の時間間隔で観測された季節風の風速データであり、10分間継続して観測された12000件のデータである。

観測された時系列データから埋め込みによってアトラクタを再構成するため、データベクトル

$$(y(t), y(t-\tau), y(t-2\tau), \dots, y(t-(n-1)\tau))$$

を作成するために埋め込み次元 n と遅れ時間 τ を設定する必要がある。今回は、時系列データであることから、元の力学系の次元の関係と視覚的なわかりやすさを考慮して、3次元への埋め込みを行った。また、遅れ時間 τ については、0.05秒、0.10秒、0.15秒、0.20秒の4ケースについて検討する。風速時系列データの中で、10000件目までのデータを用いてアトラクタを再構成した。これらの埋め込み結果により、遅れ時間を小さくすれば、点があ

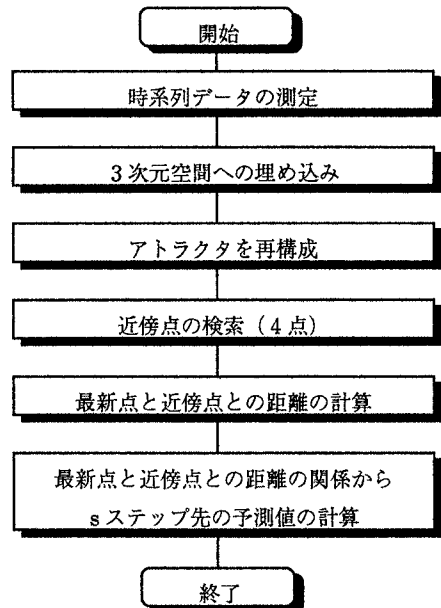


図-1 システムの流れ

カオス、 テセレーション、 短期予測、 時系列データ、 風速

☎ 569-11 高槻市霊仙寺 2-1-1

TEL 0726-90-2438

FAX 0726-90-2438

る軌道に集中する傾向があり、軌道から逸脱しないというカオスの振る舞いとも読み取れる状態になる。逆に遅れ時間を大きくすれば、3次元上に点が散在する傾向があり、雑音とも読み取れる状態になることが分かった。その様子を図-2・図-3に示す。

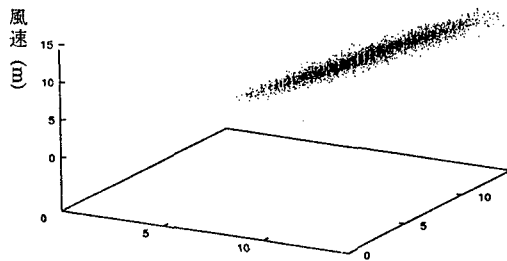


図-2 季節風による風速の埋め込み ($\tau=0.05$)

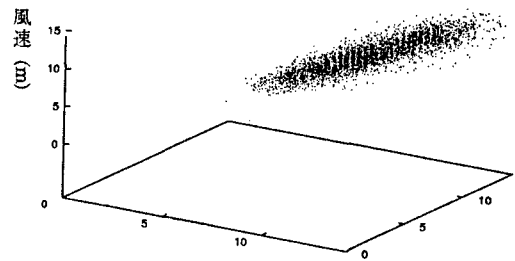


図-3 季節風による風速の埋め込み ($\tau=0.20$)

10000件目のデータを最新の観測データとして、10001件目以降のデータを1ステップ毎、すなわち0.05秒刻みで連続100回予測する。この時、1ステップ予測を行うごとに新たな観測データを追加し、アトラクタの更新を行う。季節風による風速の時系列データについて、遅れ時間を $\tau=0.05$ 、 $\tau=0.10$ 、 $\tau=0.15$ 、 $\tau=0.20$ と変化させて予測を行った。これらの結果より、3次元空間への埋め込みにおいて、点がある軌道に集中して軌道から逸脱しないという、カオスの振る舞いとも読み取れる状態になったとき、すなわち、遅れ時間 $\tau=0.05$ 秒の時が最も精度よく予測できた。その様子を図-4、図-5に示す。

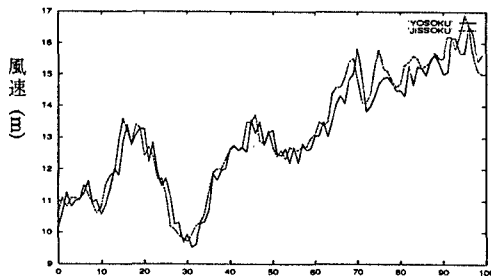


図-4 季節風による風速の予測結果 ($\tau=0.05$)

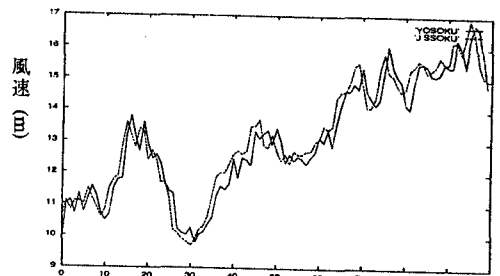


図-5 季節風による風速の予測結果 ($\tau=0.20$)

以上のことを定量的に検証するため、実測値と予測値の相関関係を計算した。結果は遅れ時間 $\tau=0.05$ の時の相関関数は0.97980、 $\tau=0.20$ の時の相関関数は0.97753となった。値にあまり差が見られないが、遅れ時間 $\tau=0.05$ 秒の時に最も1に近い値となっていることがわかる。

4. あとがき

実際に、C言語を用いて短期予測システムを構築し、季節風の風速データで短期予測を行い、予測の精度について検証した。実際の風速データの予測にカオス理論を適用して明らかになったことは、遅れ時間を短くすれば、点がある軌道に集中している様子が伺え、カオスの振る舞いが強くなると考えられること。相関関数を求めて定量的に比較すると、遅れ時間 $\tau=0.05$ 秒の時が最も精度よく予測できたということである。

参考文献

- 1) 寺野 寿郎 : 実用ファジィ制御技術、電子情報通信学会、1991.10.
- 2) 山田 登志郎・澤本 佳和 : アクチュエータのストローク長を制約条件としたファジィ弾塑性地震応答制御、ファジィ建築土木応用シンポジウム公演論文集、日本ファジィ学会、pp.75-89, 1993.3.
- 3) 五百旗頭 正・木村 孝 : カオス・ファジィコントローラ=カオス応用戦略、オーム社、pp.125-132, 1993.10.