

風速予測システムの構築に関する研究 ～ カオス理論と GMDH 理論の比較 ～

関西大学大学院 学生会員 瀬戸口光宏
関 西 大 学 正 会 員 古 田 均
関 西 大 学 正 会 員 広 兼 道 幸

1. はじめに

建築物の高層化に伴い、風による高層建築物の振動が問題となっている。現在、多くの高層建築物は、その建築物自体に振動制御装置を設置している。しかし、現在の振動制御方法は、風が吹き、振動が起こってから制御するという、受動的なものである。また、関西国際空港連絡橋・明石海峡大橋などの長大橋では、風速を計測し、その大きさにより交通規制を行っている。この際、実際の風速と観測された風速との間に、時間的ずれが生じるので、適切な交通規制が行われない場合も生じる。これらの問題を解決するためには、建築物や橋梁自体の構造を考え直すだけでなく、制御や規制などに有効な精度の高い風速予測が必要である。

そこで本研究では、不規則な振る舞いを見せる「風」を対象として、風速予測を行うことを目的とする。ここでは、「不規則な振る舞い」の評価に適しているカオス理論による風速予測システムと、少ない入出力データで複雑な多変数非線形系の同定が可能な GMDH 理論による風速予測システムの比較を行った。

2. カオス理論

決定論的カオスとは、一見不規則な振る舞いが、実は明確な決定論にしがっている現象である。カオスの振る舞いは、ある時点での状態（初期値）が求まれば、その後の状態は一意的に決定されるが、振る舞いがあまりにも不規則なため、初期値のわずかな違いが、後々大きな違いになる「バタフライ効果」を引き起こすという特徴を持っている。このバタフライ効果のため、カオス理論による予測は、短期予測には適しているが、長期予測には適さない。

カオス理論による予測手法は、まずデータをタケンスの定理に従い、一定の遅れ時間をとって、 n 次元状態空間への埋め込みを行い、アトラクタを生成する。つぎに、局所空間の点の振る舞いに注目した局所再構成法により、近未来の予測を行う。局所再構成法としては、グラムシュミット直交化法、テセレーション法、局所ファジィ再構成法などが知られている。

本研究では、最も予測の精度の高かった局所ファジィ再構成法をカオス理論による風速予測システムに適用している。

3. GMDH 理論

GMDH 理論は、A.G.Ivakhnenko によって提案された。GMDH 理論では、入出力関係がモデルの関数系が特定できない非線形である場合に、2 変数の 2 次式による部分表現式を階層的に組み合わせて非線形なモデル推定式を得る。GMDH 理論の最大の特徴は、層を重ねることであり、このため、より正確な推定モデルを生成することができる。

GMDH 理論による予測手法について述べる。風速の時系列データの予測手法は、まず一定の時間をずらし、何組かの入力変数と、1 組の出力変数を用意する。次に、式 (1) のような 2 変数の部分表現式を構成する。

キーワード カオス理論, GMDH 理論, 風速, 予測

関西大学 総合情報学部 (〒565-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1 TEL 0726-90-2438 FAX 0726-90-2493)

$$z = c_0 + c_1x_p + c_2x_q + c_3x_p^2 + c_4x_q^2 + c_5x_px_q \quad (1)$$

本研究では、まずデータを学習用データと評価用データに分割し、学習用データを用いて回帰分析を行い、部分表現式の係数を求め、評価用データを用いて、式(2)により2乗誤差を求める。

$$E = \sum (y - z)^2 \quad (2)$$

各階層で得られた2乗誤差のうち、最小のものを E_1 、前層での最小2乗誤差を E^* として、式(3)の不等式を満足する時、アルゴリズムを終了する。

$$E_1 > E^* \quad (3)$$

アルゴリズムの終了後、得られた部分表現式を階層的に組み合わせて、最終的な推定モデルを得る。式(3)の不等式を満足しない場合には、中間変数 z を用い、入出力データを生成し、次の層に移り、同様の操作を繰り返す。

3. カオス理論とGMDH理論の比較

本研究では、代表的なカオスの例であるロジスティック写像の予測(図1)と季節風の風速の予測(図2)を、GMDH理論と局所ファジィ再構成法を用いて行い、その結果から両手法の比較を試みた。

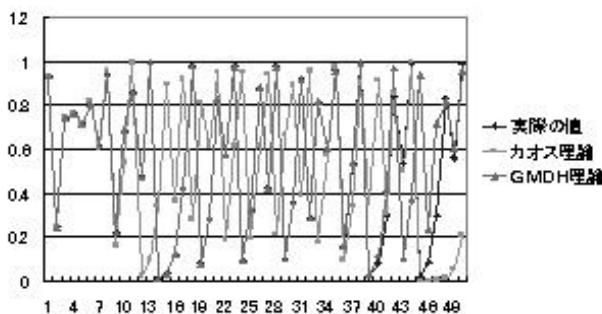


図1 ロジスティック写像の予測値の推移

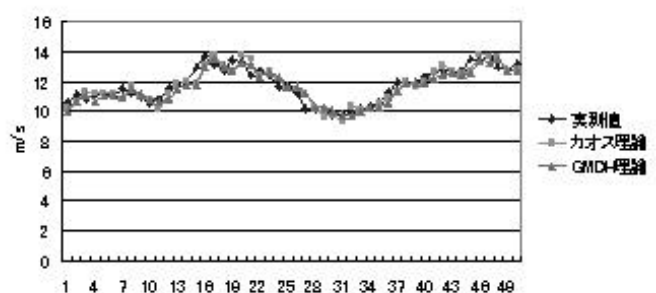


図2 風速予測の予測値の推移

ロジスティック写像の予測においては、カオス理論による予測では12件目以降で相関性をほぼ失ってしまうのに対して、GMDH理論による予測では40件近くまで相関性を失うことなく、GMDH理論による予測の方が圧倒的に精度が高かった。

また、季節風の風速の予測においては、カオス理論による予測もGMDH理論による予測も、どちらも誤差が小さいが、平均的に見ると若干カオス理論による予測の方が精度が高かった。

4. あとがき

本研究では、風速の短期予測を対象にカオス理論とGMDH理論の比較検討を行った。風速予測システムの構築において、カオス理論とGMDH理論のどちらも、短期予測を行う上では有用である。今後の展開として、GMDHの部分表現式の係数にファジィ数を用いたファジィGMDHを予測に応用し、予測値に幅をもたせ振動制御に適用することを考えている。