

CS-83 カオス理論を用いた構造物のファジィ振動制御法

関西大学 学正会員 野村 泰稔

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

近年、構造物は長大・高層化の傾向にあり、特に我が国では地震や台風の常襲地帯であるため構造物の耐風・耐震設計は極めて重要となってきた。本研究では振動制御の方式としてファジィ振動制御法について検討する。今回、構造物が振動する最大の要因である外力を風荷重と考え、風の将来予測を行うことによりファジィ振動制御法の精度向上を試みる。具体的には、風速をカオス的挙動をする時系列データとみなし、この短期予測手法として、局所ファジィ再構成法を利用し、1 ステップ先の風速を予測する。そして、この予測値からファジィ制御ルールにより制御力を決定し、風速(観測値)が与えられると同時に制御力を発生させ、構造物の相対応答変位や速度を軽減させることを考える。そして本方法の有効性を確かめるために数値シミュレーションにより本方法の有効性について検討を加える。

2. 手法の説明

2.1 決定論的カオス

従来、周期性のない複雑な現象のほとんどは、偶然性に支配された(初期値が決まれば、その後の状態がすべて原理的に決定される)微分方程式や差分方程式から、一見不規則で複雑な振る舞いがしばしば生成される。これが、力学系の決定論的カオスである。

2.2 局所ファジィ再構成法

最新の観測によって選ばれたデータベクトル $z(t)$ をタケンスの埋め込み定理を用いて n 次元再構成状態空間にプロットし、その近傍ベクトルを $x(i)$ とする。そしてこれらのデータ $x(i)$ の、 s ステップ先の状態を $x(i+s)$ とする。そして予測すべき s ステップ先のデータベクトル $z(T+s)$ の予測値を $\hat{z}(T+s)$ とする。もし観測された時系列データの振る舞いが決定論的カオスであれば、状態 $x(i)$ の s ステップ後の状態 $x(i+s)$ への変化は、決定論に支配されたダイナミクスに基づいていると考えられる。

2.3 ファジィ振動制御法

規則の前件部を構造物の応答として後件部を制御力とする。構造物の応答として用いる値は今回、相対応答速度とした。ファジィ制御を実際に適用するには、ファジィ制御ルールをどのように作成するかが問題となるが、制御に関する熟練者や専門家の経験や知識を必要とする場合が多い。今回本研究では以下のようなファジィ制御ルールを用いた。また制御力を決定するための非ファジィ化は高さ法を利用し、式(1)に示す。

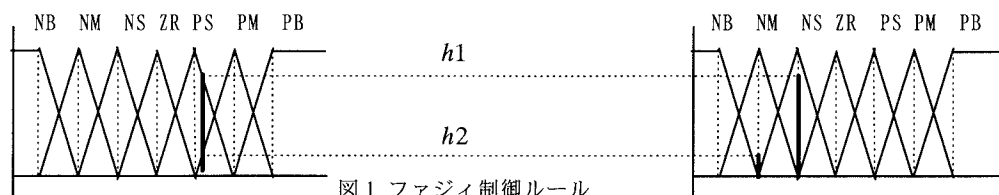


図1 ファジィ制御ルール

カオス理論, ファジィ振動制御, 短期予測

関西大学 総合情報学部 (〒569-1095 高槻市霊仙寺町 2-1-1 Tel0726-90-2438 Fax0726-90-2493)

$$\text{制御力} = \frac{h_1 \cdot ZS + h_2 \cdot ZM}{h_1 + h_2} \quad (1)$$

3. 数値シミュレーション

風荷重、制御力を振動方程式に代入する。振動方程式は式 1 に示す。

$$M \cdot u(t)'' + C \cdot u(t)' + K \cdot u(t) + x(t) + r(t) = 0 \quad (2)$$

M : 構造物の質量 C : 減衰係数 K : ばね定数 $u(t)''$: 構造物の相対応答加度
 $u(t)'$: 構造物の相対応答速度 $u(t)$: 構造物の相対応答変位 $x(t)$: 外力(風荷重)
 $r(t)$: 制御力

である。この式をルンゲ・クッタ法で応答解析していくと構造物の相対応答変位、相対応答速度が求まる。
 図 2 に相対応答変位を示す。

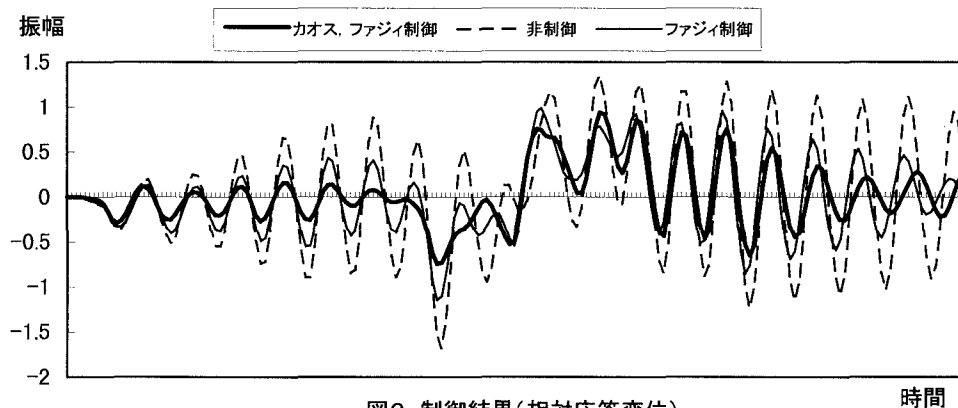


図2 制御結果(相対応答変位)

4. 結果の考察と課題

従来のファジィ振動制御よりカオス理論を用いたファジィ振動制御の方がよい結果が得られた。理由としては、外力がカオスの挙動をする時系列データであり、短期予測ができたことが挙げられる。従来のファジィ振動制御よりも制御力の発生時間が 1 ステップ早く、外力(観測値)が発生すると同時に制御力を発生させたことが最大の要因である。今後の課題として地震波についても同様に振動制御を行うことを試みる必要がある。

参考文献

- 1) 五百旗頭 正・菅谷 正康・藤本 泰成・鈴木 新語 : カオスの時系列の短期予測のための局所ファジィ再構成法, 日本ファジィ学会誌, Vol.7, No.1, pp186-194, 1995