

I-479

Fuzzy理論に基づいた振動制御手法

東京電機大学 大学院 学生員○梅原健生
東電設計(株) 技術開発本部 正員 松島 学
東京電機大学 理工学部 正員 松井邦人

1.はじめに

本研究ではFuzzy理論の考え方をもとに、簡単な制御規則を設定し、振動を制御するFuzzyフィードバック制御について検討するものである。

2.制御システム

本研究で対象とした構造物は、図1に示すような1質点系モデルである。

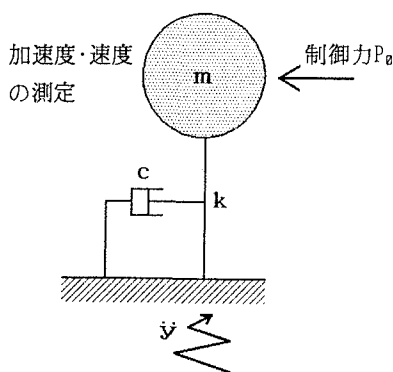


図1 対象モデル

時刻 t における制御力は、 $t - \Delta T \sim t$ 時間内に質点で観測された相対加速度・相対速度の平均値をもとに決定する。Fuzzy制御はFuzzy推論に基づいて行われるものであり、Fuzzy制御は、(IF~THEN)形式(もし~ならば~せよ)で表現される制御規則を用いて行われる。本研究で設定した制御規則を図2に示し、この制御規則に基づいた制御力決定のシステムを図3に示す。

rule 1(相対加速度)

IF Acc=LM₁ THEN $f_1=w_1 \cdot LPP_1$
IF Acc=MM₁ THEN $f_1=w_1 \cdot MPP_1$
IF Acc=SM₁ THEN $f_1=w_1 \cdot SPP_1$
IF Acc=ZE₁ THEN $f_1=w_1 \cdot ZEP_1$
IF Acc=SP₁ THEN $f_1=w_1 \cdot SMP_1$
IF Acc=MP₁ THEN $f_1=w_1 \cdot MMP_1$
IF Acc=LP₁ THEN $f_1=w_1 \cdot LMP_1$

rule 2(相対速度)

IF Vel=LM₂ THEN $f_2=w_2 \cdot LPP_2$

IF Vel=MM₂ THEN $f_2=w_2 \cdot MPP_2$

IF Vel=SM₂ THEN $f_2=w_2 \cdot SPP_2$

IF Vel=ZE₂ THEN $f_2=w_2 \cdot ZEP_2$

IF Vel=SP₂ THEN $f_2=w_2 \cdot SMP_2$

IF Vel=MP₂ THEN $f_2=w_2 \cdot MMP_2$

IF Vel=LP₂ THEN $f_2=w_2 \cdot LMP_2$

図2 制御規則

ここで、 w_i は制御力決定に関する重みである。図3-a)は、時刻 $t - \Delta T \sim t$ において観測された相対加速度や相対速度の平均値を(負で大きい(LM_i),負で中位(MM_i),負で小さい(SM_i),零(ZE_i),正で小さい(SP_i),正で中位(MP_i),正で大きい(LP_i))など、どのFuzzy変数に属するかにより、入力のFuzzy変数Acc, Velとその適合度 μ_1 (Acc), μ_2 (Vel)が得られることを示している。図3-b)では、設定した制御規則により、それに対応する制御力のFuzzy変数(正で大きい(LPP_i),正で中位(MPP_i),正で小さい(SPP_i),零(ZEP_i),負で小さい(SMP_i),負で中位(MMP_i),負で大きい(LMP_i)) f_1, f_2 が求まることを示している。ここで、入力のFuzzy変数に対する出力のFuzzy変数の設定は、加速度は質量 m ・速度は質量と円振動数 $m\omega$ を乗じて力 f_i に変換できるものと仮定した。制御力決定であるが、図3-c)は制御力はそのメンバーシップ関数 $\mu(f)$ の重心となることを示している。ここで、 $\mu(f) = \mu(f_1) \vee \mu(f_2)$ であり、制御力 P_0 は式(1)で求められる。

$$P_0 = \frac{\int \mu(f) \cdot f df}{\int \mu(f) df} \quad (1)$$

図3-d)は、この P_0 を ΔT 時間内に加えたことと等価な力積となるような、三角形制御力を加えて制御を行うことを示している。

3.適応例

対象を短周期構造物($T=0.3$)・長周期構造物($T=1.0$)とし、入力波としてEl-Centro波を最大加速度300galになるよう調整し、時間刻み $\Delta t=0.02$ secで動的解析(Newmark β 法($\beta=1/6$))を行った。図4-a), b)は $\Delta T=0.1$ secとしたときの絶対加速度と変位の制御例で

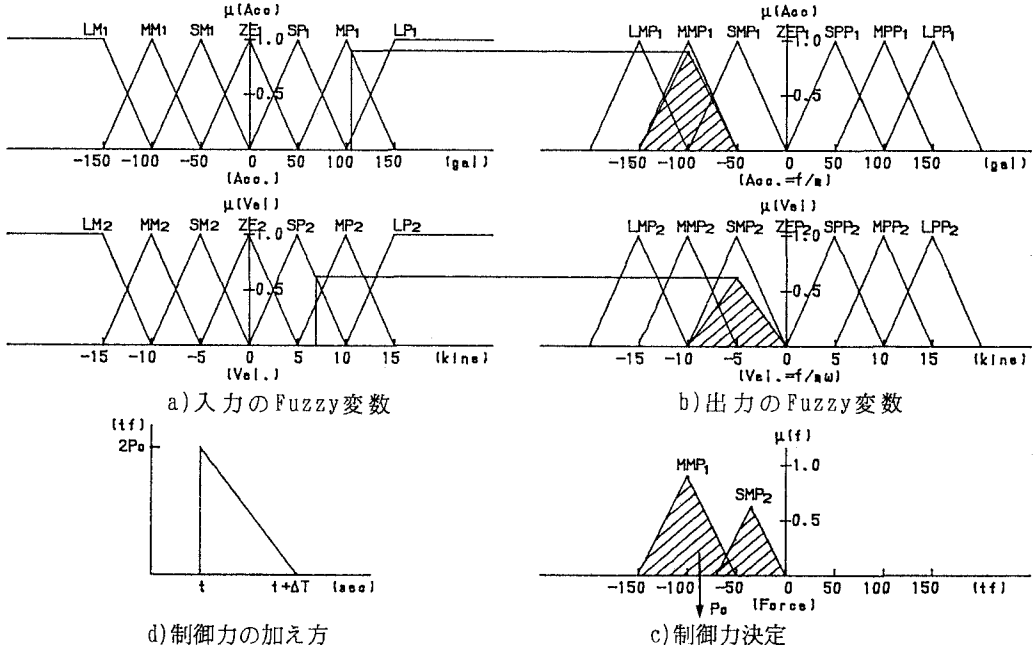


図3 制御力決定のシステム

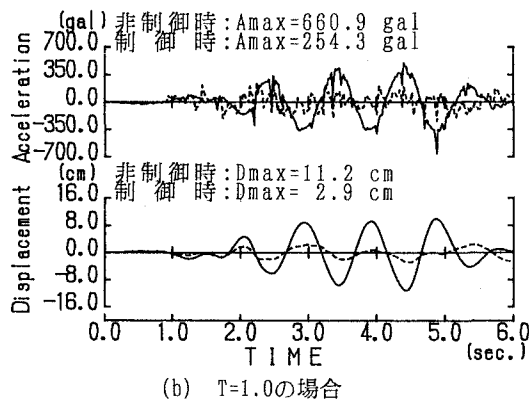
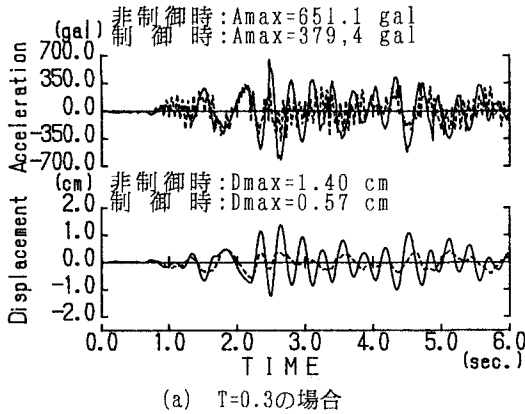


図4 制御例

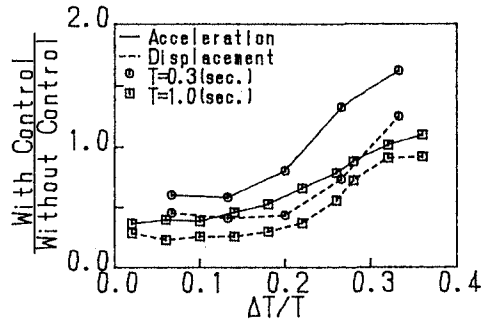


図5 ΔT の制御に与える影響

あり、図中に実線で示したのが、非制御時の波形である。制御を行うと、短周期および、長周期の構造物の最大値は、絶対加速度・変位ともに小さくなっており、制御されていることが分かる。しかし、短周期の構造物より長周期の構造物の方が制御し易いようである。ここで、 ΔT は制御に何らかの影響を与えられるため、その影響を調べたのが図5である。この図は縦軸に、絶対加速度と変位の非制御時と制御時の最大値の比を、横軸は $\Delta T/T$ で無次元化したものを取っている。この図を見ると $\Delta T/T \leq 0.2$ で良く制御されており、 ΔT は固有周期の20%以下に設定した方がよいと言える。