

振動レベル波形のデジタルシミュレーション(その2)

神戸大学 正 北村泰寿 西松建設 正〇繁縄章吾

1. まえがき

本文は、前報(昭和58年当支部年講)に引き続き公害用振動計の指針の応答をデジタル計算機を利用してシミュレーションする方法を示したものである。前報では計算式の誘導と基本的な特性について報告したが、本文では計算式に若干の改良を加えるとともに、実際問題への適用における二、三の問題点について述べる。

2. 回路要素の計算式

図-1において、前報と同様に、炉波器、補正特性回路、整流器および指示計を計算式の対象とする。前報では、整流器と指示計を結合回路として設計し、指針の動特性の切換え^{注)}は指示計の減衰定数を変えることによって実現した。しかし、このような設計では指針の立ち下り特性に問題のあることが判明した。このため、本研究では指針の動特性を整流器の時定数(τ)の変更によって実現し、指示計の回路定数は指針の動特性とは無関係とした。得られた回路要素の計算式をまとめると以下のようになる。なお、炉波器および補正特性回路については前報と同一である。

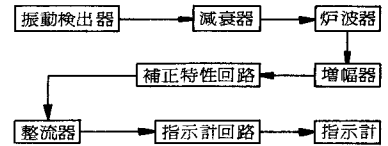


図-1 公害用振動計の構成

1) 炉波器 90%以上の周波数に対して、 -12 dB/oct の減衰をもつ2次ローパスフィルタ(L.P.F.)として設計する。

$$y(nat) = (1 - 2e^{-a\tau} \cos a\tau + e^{-2a\tau})x(nat - at) + 2e^{-a\tau} \cos a\tau y(nat - at) - e^{-2a\tau} y(nat - 2at)$$

ただし、 $x(t)$, $y(t)$ は入力および出力時系列、また $a = 400.3345$ である。

2) 補正特性回路 約4.5%で最大値をとり、20%での減衰が約8dBとなる振幅変化特性をもつ2次のL.P.F.として設計する。

$$y(nat) = Kx(nat) - Ke^{-cat} \{ \cos bat + (c/b) \sin bat \} x(nat - at) + 2e^{-cat} \cos bat y(nat - at) - e^{-2cat} y(nat - 2at)$$

ただし、 $b = 11.0585$, $c = 26.0328$ 、またKは利得を1にするための定数である。

3) 整流器 1次のL.P.F.として設計する。

$$y(nat) = (1 - e^{-at/\tau})x(nat) + e^{-at/\tau} y(nat - at)$$

4) 指示計 前報での回路定数に若干の修正を加え、2次のL.P.F.として設計する。

$$y(nat) = (1 - 2e^{-fat} \cos gat + e^{-2fat})x(nat - at) + 2e^{-fat} \cos gat y(nat - at) - e^{-2fat} y(nat - 2at)$$

ただし、 $f = 13.696$, $g = 10.272$ である。

注) 本研究で使用した公害用振動計はJIS規格以前のもので、指針の動特性はfast(τ≐0.125s)、slow(τ≐1.0s)の切換えになっている。一方、JIS規格では、動特性はslow(τ≐0.6s)のみとなっている。

3. 実際問題への適用における二、三の問題点

本計算式の正当性を検討するため、図-2に示すようなフローチャートに従って計算値と実測値を比較した。

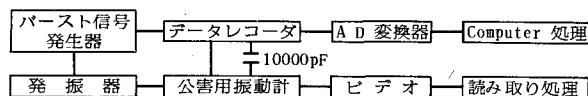


図-2 実験のフローチャート

1) 指針の立ち下り特性 図-3は周

波数 31.5Hz、継続時間1秒のバースト信号を入力したときの応答である。同図において、実測の立ち下り(slow)は時定数 $\tau=1.0^{\circ}$ の計算結果より急な立ち下りとなっている。また、同図には、 $\tau=0.6^{\circ}$ (JIS規格)の応答も示したが、整流器の時定数に依存して立ち下り特性が変わることがわかる。

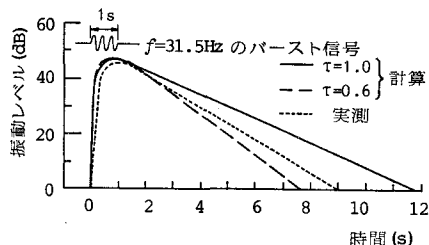


図-3 指針の立ち下り特性

2) サンプリング間隔 各回路要素の計算式におい

て、係数項はいずれもサンプリング間隔 Δt の関数となっている。図-4は補正特性回路の周波数応答(実測)とJIS規格を示したものであるが、 Δt の値によってはJIS規格の範囲から逸脱することがわかる。同図より、この逸脱周波数はほぼ $1/5\Delta t \sim 1/5.4\Delta t$ Hzとなっている。したがって、処理する時系列データの主要周波数域とデータ長より最適なサンプリング間隔を選定する必要がある。なお、上記の逸脱周波数以下では計算値は実測の補正特性回路の周波数応答と一致しており、JIS規格も満足している。

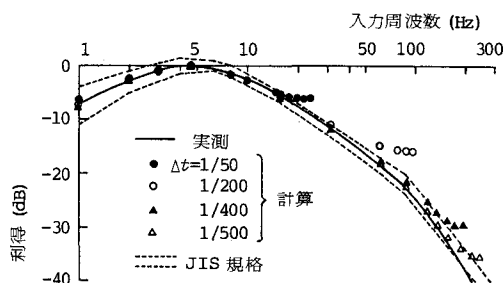


図-4 サンプリング間隔の影響

3) 継続時間とレベル低下 図-5は、単一バースト信号の継続時間を変化させて、応答のレベル低下を示したものである。図中の理論値は整流器の応答で次式によって求まる。

$$\Delta L = 10 \log_{10}(1 - e^{-T/\tau})$$

ただし、 ΔL は応答のレベル低下(dB)、 T はバースト信号の継続時間(秒)である。また、同図においてVAL(加速度レベル)は理論値とよく一致しているが、VL(振動レベル)の計算値は、継続時間

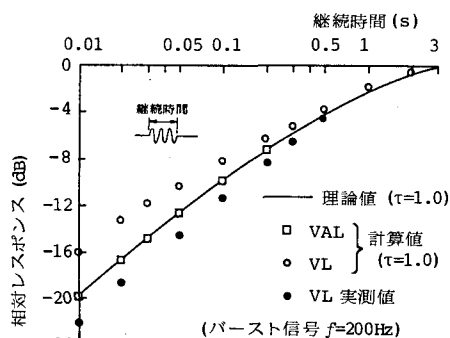


図-5 継続時間とレベル低下

が短くなるとともに理論値より大きくなっている。VLのレベル低下がVALのそれより少なくなる傾向は市販の公害用振動計でも得られており、補正特性回路の過渡現象に起因している。なお、図-5において、実測値は計算値より小さなレベル低下を示しているが、図-3の立ち下り特性とは逆の現象となるため、時定数の問題ではない。この点については、設計規格を満足している計算式の問題ではなくて、本研究で使用した公害用振動計の回路特性に問題があるものと推察される。