

インパルス精密騒音計のデジタルシミュレーション

山口大学工学部 正〇国松 直 山口大学工学部 正 中川浩二
山口大学工学部 小嶋直哉 宇部興産(株) 今村 威

1. はじめに 近年、住宅地近傍における建設工事が多くなり、建設工事中に生じる騒音対策が望まれている。その中で、特に発破音やくい打ち機による打撃音は非常に高いピークレベルと、極めて短い継続時間を持ち衝撃音として定義される。筆者らは先に騒音計のデジタルシミュレーション¹⁾を報告したが、今回は衝撃音評価に使用されるインパルス精密騒音計を対象に、音圧波形入力に対して音圧レベル、騒音レベルを算出するシミュレーションプログラムを作成した。

2. インパルス精密騒音計 騒音計の主要構成部分は耳の特性に近くなるように周波数補正特性回路と指示特性回路からなる。インパルス精密騒音計とは指示特性としてimpulse特性を備えた精密騒音計を意味する。impulse特性は指針の指示特性が5msの立ち上がり時定数と150msの減衰時定数を持ち、一般に用いられている立ち上がり時定数125msのfast特性より非常に早く立ち上がる。指示特性のシミュレーションについては文献1)を参照されたい。

3. 周波数補正回路のシミュレーション 文献1)においては、JIS C 1502(普通騒音計)で規格された騒音計の周波数補正特性(A特性)を満足するように設計を行った。しかし、精密騒音計の場合にはJIS C 1505の規格を満足しなければならない。JIS C 1505のA特性(実線)とその許容範囲(破線)を図1に示した。また図中の1点鎖線はJIS C 1502の許容範囲であり、その範囲が狭くなっていることがわかる。本研究ではこの許容範囲を満足するシミュレーションプログラムを作成した。

文献1)ではA特性を2次のハイパスフィルターとして設計し、JIS C 1502の規格に対してその設計は十分に満足のいくものであった。しかし、JIS C 1505の規格に対して、この設計では100Hz以下および5kHz以上で許容範囲内に納まらない。そこで、この規格を満足するために1次のハイパス、2次のハイパス、1次のローパスフィルターの組合せとして設計した。各フィルターの設計はすべてデジタルフィルター理論²⁾による。以下にその結果を示す。

1次のハイパスフィルター

$$y_{1i} = K_1 (b_{10}x_i + b_{11}x_{i-1}) - a_{11}y_{1i-1}$$

ここに、 x_i 、 y_{1i} はそれぞれiステップ目の入力および出力時系列である。また各係数は以下の式で与えられる。

$$b_{10}=1, b_{11}=-1$$

$$a_{11}=-\exp(-\omega_1\Delta t), \omega_1=2\pi f_1$$

2次のハイパスフィルター

$$y_{2i} = K_2 (b_{20}y_{1i} + b_{21}y_{1i-1} + b_{22}y_{1i-2}) - a_{21}y_{2i-1} - a_{22}y_{2i-2}$$

$$b_{20}=\omega_3-\omega_2$$

$$b_{21}=-((\omega_3-\omega_2)+(\omega_2\exp(-\omega_3\Delta t)) - \omega_3\exp(-\omega_2\Delta t))$$

$$b_{22}=-((\omega_2\exp(-\omega_3\Delta t)) - \omega_3\exp(-\omega_2\Delta t))$$

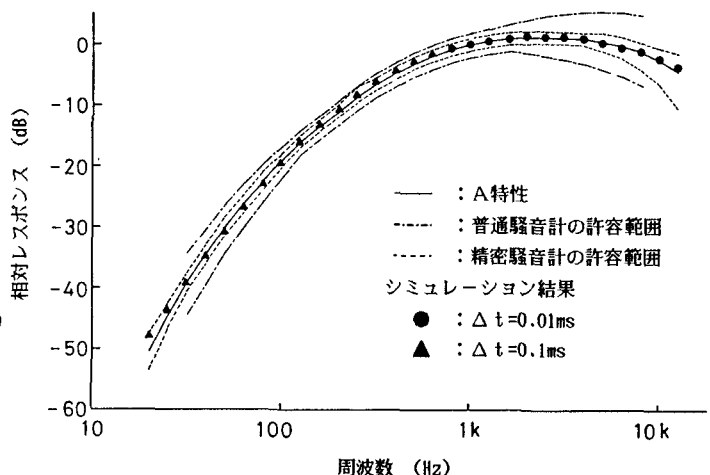


図1 周波数に対する相対レスポンス

$$\begin{aligned} a_{21} &= -(\exp(-\omega_2 \Delta t) + \exp(-\omega_3 \Delta t)) \\ a_{22} &= \exp(-(\omega_2 + \omega_3) \Delta t) \\ \omega_2 &= 2\pi f_2, \quad \omega_3 = 2\pi f_3 \end{aligned}$$

1次のローパスフィルター

$$\begin{aligned} y_{3i} &= K_3 (b_{30} y_{2i} + b_{31} y_{2i-1} \\ &\quad - a_{31} y_{3i-1}) \\ b_{30} &= 0, \quad b_{31} = 1 - \exp(-\omega_4 \Delta t) \\ a_{31} &= \exp(-\omega_4 \Delta t), \quad \omega_4 = 2\pi f_4 \end{aligned}$$

$f_1 \sim f_4$ は折点周波数、 $K_1 \sim K_3$ は利得を1にするための定数である。

アナログ音圧波形をデジタル変換するためのサンプリング時間 Δt により規格を満足するために折点周波数とKの値を若干変更しなければならない。今回は $\Delta t = 0.1\text{ms}$ 、 0.01ms の2つについてJIS規格を満足する値を求めた。表1はその結果である。図2の●は $\Delta t = 0.1\text{ms}$ 、▲は $\Delta t = 0.01\text{ms}$ の場合のシミュレーション結果であり、規格に適合していることがわかる。

4. 発破音への適用 図2は1自由面発破により生じた音圧波形を爆源から150mでインパルス騒音計(リオン製 NA-61)を用いて記録した音圧波形である。この音圧波形からわかるように発破音は極めて短い継続時間をもつ衝撃音であることがわかる。図3は図2の音圧波形入力に対するデジタルシミュレーションによる騒音レベルの時刻歴を示した図である。この時刻歴の最大値が騒音レベルと呼ばれる。

これらの値が実際にインパルス精密騒音計の指示値と一致しているかを数例について検討した。データレコーダに記録された音圧波形を騒音計へ入力アダプタ(リオン製 UV-03)を介して再入力し、その指示値を読み取った。表2に指示値とシミュレーション値を示した。表からシミュレーションプログラムにより算出された音圧レベル、騒音レベルは騒音計の指示値と約1dB以内で正確に再現しているといえる。なお、このときの Δt はすべて0.1msである。

5. まとめ 本研究は衝撃音対策に対するアプローチとしてインパルス精密騒音計のデジタルシミュレーションプログラムを作成した。今後は種々の音圧波形を記録し、それらの記録から周波数分析、音圧レベル、騒音レベルの算出を行い、その対策を検討していく予定である。

- 参考文献** 1) 国松他：日本鉱業会春季大会講演概要集、pp.283-284、1987
2) 成田：ディジタルシステム制御、コロナ社

表1 折点周波数と利得を1にするための定数

Δt (ms)	折点周波数 (Hz)				利得を1にするための定数		
	f_1	f_2	f_3	f_4	K_1	K_2	K_3
0.1	37	140	650	7500	0.8	$1.1/(\omega_3 - \omega_2)$	1.1
0.01	27	140	650	7500	1.0	$1.1/(\omega_3 - \omega_2)$	1.1

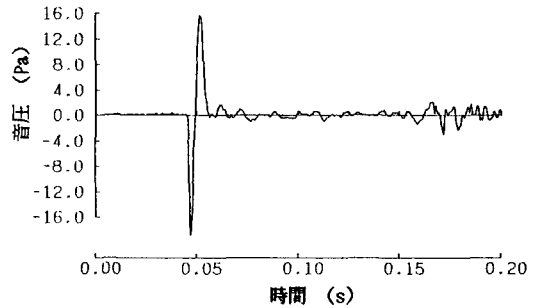


図2 発破音の音圧波形

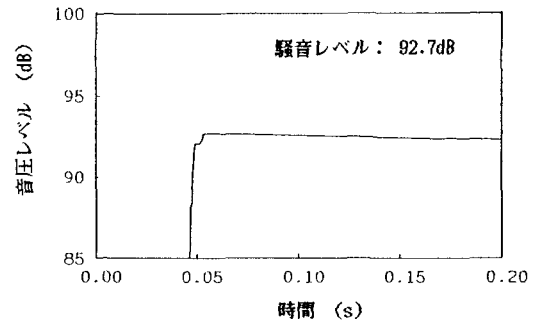


図3 騒音レベルの時刻歴

表2 シミュレーション値と騒音計の指示値の比較

シミュレーション値 (dB)		騒音計の指示値 (dB)	
音圧レベル	騒音レベル	音圧レベル	騒音レベル
96.1	74.8	95.5	74.2
101.9	80.5	101.2	79.9
108.4	84.1	108.0	84.3
98.5	74.0	98.8	74.0
104.3	76.7	104.1	76.8
108.9	92.7	108.7	92.5