

1. はじめに

地震工学の分野では、加速度波形を積分して速度波形や変位波形を算定する場合がある。また、地震計の特性が、測定された振動に対して不適当と考えられるときは、測定波形を補正して真の振動により近い波形を推算することも行われる。これらの計算は地震計の特性を変換する計算で置き換えて得る。ここでは、このような計算を、データ個数の多寡やサンプル時間間隔の不揃いに拘らず、実行し得る計算法とその数値計算例を示す。

2. 計算方法

入力加速度波形（真の加速度波形）を $\ddot{y}$ として、実地震計（固有円振動数 ω_1 ，減衰定数 h_1 ）の運動方程式は次式で表現できるものとする。

$$\ddot{x}_1 + 2h_1\omega_1\dot{x}_1 + \omega_1^2 x_1 = m\ddot{y} \quad \dots\dots (1) \quad m \text{は地震計の型によって定まる定数。}$$

一般には(1)式の x_1 又は $\dot{x}_1$ が地震計の出力として測定される量である。ここでは、 x_1 を観測波形とし、これをもとにして仮想地震計（固有円振動数 ω_2 ，減衰定数 h_2 ）の出力波形を推定することを考える。

まず、次の微分方程式を満たす x_2 を算定する。

$$\ddot{x}_2 + 2h_2\omega_2\dot{x}_2 + \omega_2^2 x_2 = n x_1 \quad \dots\dots (2) \quad n \text{は仮想地震計と実地震計の型の組合せで定まる。}$$

次に、 x_2 をもとに次式で定義される量 X を算定する。

$$X = \ddot{x}_2 + 2h_1\omega_1\dot{x}_2 + \omega_1^2 x_2 \quad \dots\dots (3)$$

(2)式を(1)式に代入して x_1 を x_2 で置き換え、さらに(3)式によって x_2 を X で置き換えると次式が得られる。

$$\ddot{X} + 2h_2\omega_2\dot{X} + \omega_2^2 X = n m \ddot{y} \quad \dots\dots (4)$$

これから X は、真の加速度（ $\ddot{y}$ ）入力に対する仮想地震計の出力に等しいことがわかる。即ち、実地震計の出力 x_1 は、(2)及び(3)式の計算によって仮想地震計の出力 X に変換された。

(4)式の右辺の係数 n は、この仮想地震計の型によって定まる定数であり、これから n の値を定めることができる。

表-1は、実地震計と仮想地震計の型別組合せに対する n の値を示したものである。

表-1 係数 n

Type of Real Seism. ω_1, h_1	Type of Virtual Seism. ω_2, h_2	Coefficient n
A	A	ω_2^2 / ω_1^2
A	V	$2h_2\omega_2 / \omega_1^2$
A	D	$1 / \omega_1^2$
V	A	$\omega_2^2 / 2h_1\omega_1$
V	V	$2h_2\omega_2 / 2h_1\omega_1$
V	D	$1 / 2h_1\omega_1$
D	A	ω_2^2
D	V	$2h_2\omega_2$
D	D	1

*) A, V and D show Acc., Vel. and Dis. Type of Seismometer respectively.

(2)及び(3)式の計算は、データ個数やサンプル時間間隔によって制約を受けないし、小さな容量の計算機でその実行が可能である。この計算によって、波形の微分、積分及び地震計の動特性に起因する波形歪の補正を行なうことができる。

3. 数値計算例

ここでは、加速度、速度、変位が数式で表現できる図1(a)(b)(c)に示すような波形の地動を真の振動波形とした場合の計算例を示す。図1(d)はこのような地動を固有振動数 $f_1=1$ Hz，減衰定数 $h_1=0.3$ の模擬地震計で測定したときの波形を計算したものである。計算時間間隔は $1/100$ 秒，データ長は20秒である。模擬地震計の特性は不良で真の加速度波形にくらべて歪んだ波形となっている。図1(e)(f)(g)はそれぞれ図1(d)の波形を本計算法で補正して求めた加速度、速度、変位の波形である。それぞれの仮想地震計の特性は図中に掲示した。これらの波形は、真の波形をよく近似していることがわかる。なお、計算は6KB程度のRAMを持つマイコンで行った。

4. あとがき

ここに示した地震計の特性変換の方法はシンプルで、また実時間にもその計算を行なうことが可能である。近年

のA/D変換技術やマイコン技術と結びつけて、この計算を実時間で行い、従来の地震計の性能を高めて安定した特性をもつ長周期地震計などの製作や、一つの地震計を設置することで、適正な3台の地震計によると同等な加速度、速度、変位の出力を同時に得ることなどが期待される。

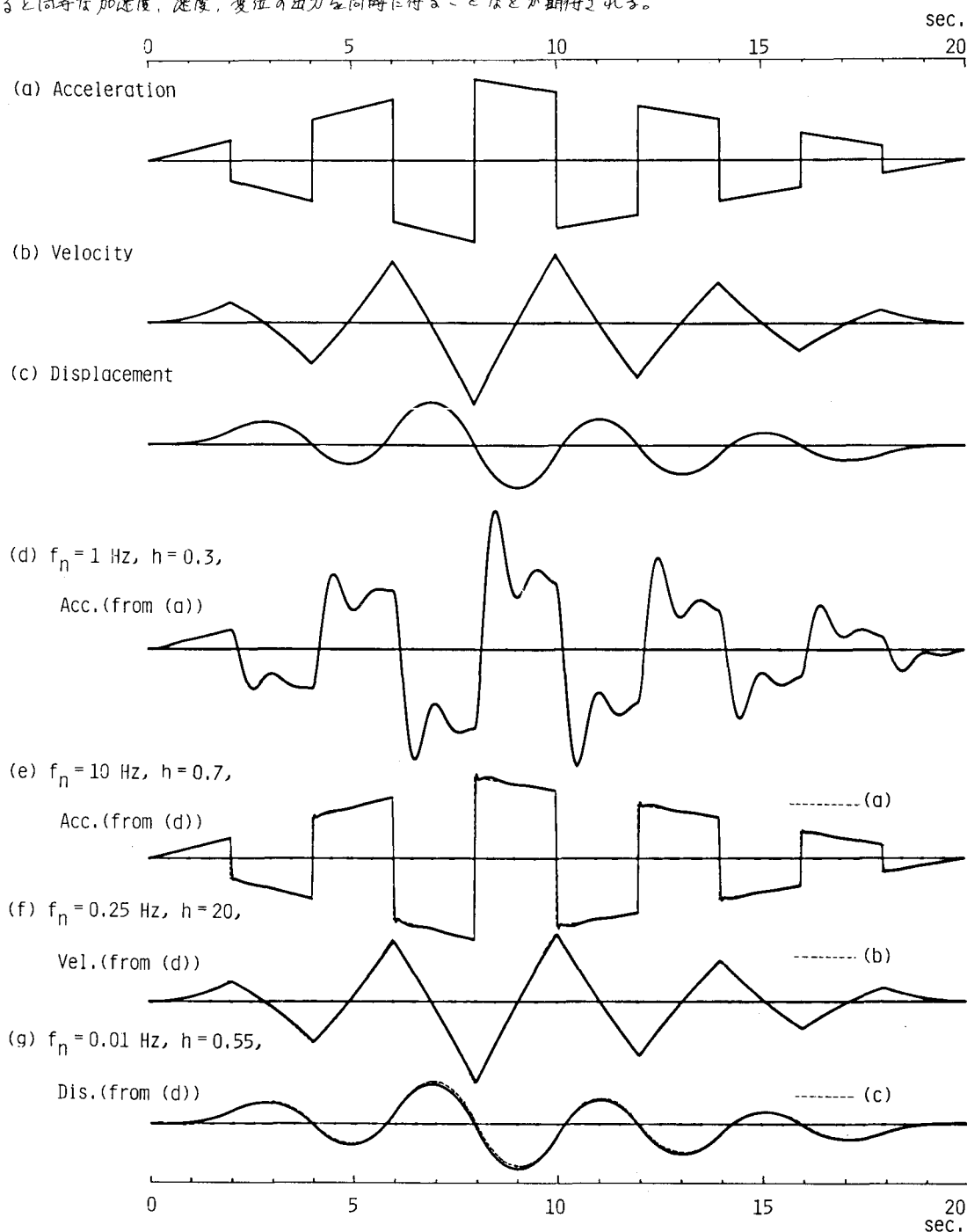


図1 計算例

CAL. : Acc. = 1 gal, Vel. = 1 kine, Dis. = 1 cm