

国鉄技研 正員 中村 豊

国鉄技研 正員 斎藤明夫

沖電気(株) 正員 橋本民雄

1. はじめに 地震計出力特性を変換する計算法を以前発表した⁽¹⁾。これは観測波形をもとにして仮想的に考えた地震計の出力波形を算定するもので、波形の微分、積分及び感度特性の補正などの処理をリアルタイムで行なうことができるという特徴を有する。ここではこの方法に基づいて試作したマイコン利用の特性変換器について報告する。

2. 特性変換法の概要⁽³⁾ 実際に使用した地震計及び仮想的に考えた地震計の固有円振動数と減衰定数をそれぞれ ω_1, h_1 、及び ω_2, h_2 とする。また実地震計の振子の運動方程式が次式で表わされるものとする。

$$\ddot{x}_1 + 2h_1\omega_1\dot{x}_1 + \omega_1^2 x_1 = m\ddot{x} \quad (1) \quad (m \text{ は実地震計の種別により表-1のように与えられる。})$$

ただし x_1 は振子と地盤の相対変位である。出力 x_1 の係数係を入力とする仮想地震計の応答 $(x_2, \dot{x}_2, \ddot{x}_2)$ を計算する。

$$\ddot{x}_2 + 2h_2\omega_2\dot{x}_2 + \omega_2^2 x_2 = n_1 x_1 \quad (2) \quad (n_1 \text{ は実地震計と仮想地震計の種別組合せで規定される。})$$

(2)を(1)に代入して x_1 とその導関数を消去すれば、次式となる。

$$\ddot{X} + 2h_2\omega_2\dot{X} + \omega_2^2 X = n_1 m \ddot{x} \quad (3) \quad \text{ただし} \quad X = \ddot{x}_2 + 2h_1\omega_1\dot{x}_2 + \omega_1^2 x_2 \quad (4)$$

(1)と(3)を比較すれば、 X が仮想地震計の出力に比例していることが判る。仮想地震計の種別によって $n_1 m$ は表-1のように与えられる。従って n_1 は実地震計と仮想地震計の種別組合せで規定され表-2のようになる。 $x_2, \dot{x}_2$ 及び $\ddot{x}_2$ は(2)の計算結果であるから(4)は容易に求まる。地震計の出力としては振子と地盤の間の相対変位を出力するものと、相対速度を出力するものの2通りが通常考えられる。従って実地震計から仮想地震計への変換には大きく4ケースに分けられる。 n_1 はこのうち実地震計も仮想地震計も相対変位を出力する型の場合である。

3. 変換器の仕様 2で述べた方法は、本質的に自由度系の応答を計算することと同じであり、データを逐次受け入れて計算することが出来るためにリアルタイム処理が可能である。また微分、積分及び感度特性の補正が与えるパラメータを変更するだけで全く同一に取り扱える。この方法をマイコンに組み込んで特性変換器を実現した。図-1及び図-2にそれぞれ本器の外観図及びブロック図を示す。1台のマイコンを使った試作器であるため、入力は1チャンネルに限り、出力は3チャンネルまで同時に出力できるように考えた。また、実地震計の特性が不明の場合でも、実地震計の特性に仮想地震計の特性を付加するという形で処理できるように、2.(4)の演算を省略するケースも考えた。本器の主な仕様は次の通りである。

- (1)本器への入力は1チャンネル、出力は3チャンネルまで可能でディジタル、アナログいずれの信号も処理できる。アナログ入力の場合は本器内蔵のAD変換器で12ビットの整数値に変換される。内部の演算は32ビット浮動小数型である。またアナログ出力の指定に対して計算結果をDA変換する。
 - (2)入力信号のサンプル周波数は出力が1チャンネルの場合10~200 Hzの間で可変である。テレメータされた信号を処理することを考え、外部時計信号に同期して動作することを基本としているが、内部の時計でも動作する。
 - (3)本器のプログラムはROM化されている。特性変換に必要なパラメータは任意に設定可能で、設定されたパラメータはバッテリバックアップされたRAMに書き込まれる。
 - (4)本器の電力供給が停止してもRAMの内容が保持されている限り、復電時に処理は自動再スタートする。
- 本器は1タイムステップの演算に出力1チャンネルあたり4~5 msを要するため、耐震工場でホウに行なわれている1/100秒のサンプル間隔で3チャンネル同時に出力することはできない。

4. 本器による変換例 図-3はアナログデータレコーダに記録された地震速度波形を本器によって仮想変位計

の出力特性に変換した波形と実測変位波形を比較したものである。仮想変位計は実変位計と同一に設定した。
 図-3のS部分から本変換器による変換処理が始まっている。入力の増減が若干シフトしているため積分波形が安定するまでに変位計の固有周期と同程度の時間(10秒)を要している。出力波形が安定したあとの時刻で両変位波形を比較すると、実測波形がA点で飽和している点を除いて細部までよく一致している。なお実測した波形は遅延メモリを経由してデータレコーダに記録されたものであり、遅延のためのAD変換精度は8ビットである。本器は12ビット精度のAD変換器を内蔵しているため、地震計の出力を直接入力した場合は上の例よりさらに高い精度が期待できる。

5. あとがき 本器によれば比較的長周期の変位計を構成することは容易で、取り扱いやすい短周期地震計を利用した長周期の地動観測がある程度可能になるものと考えられる。また本器は、走行車両による橋梁のためめの計測にも使用できるものと考えられ、従来のためめ計測の簡略化、増力化が期待できる。これについては、本器によるテストを行なって確認したいと考えている。

謝辞：本変換器の試作は、国鉄の耐震研究プロジェクト「鉄道土木構造物耐震強化の研究委員会（委員長：岡本舜三博士）」の中で行なわれたものである。関係の方々に心からの謝意を表します。

(1) 中村豊「地震計の特性と変換器の数値計算法」土木技術研究集刊, 1979.10 (2) Nakamura, Y. 「A Method for Numerical Calculation of Dynamic Characteristics Conversion of Seismometers」, JNCEE Vol. 2, 1980.9 (3) Nakamura, Y. 「Dynamic Characteristics Conversion of Seismometers」, ICCCE (ASCE), 1981.5

表2 係数 n_1

Combination		n_1
'real' ω_1, h_1	'virtual' ω_2, h_2	
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

表-1 係数 m

Kind	Type	x-output	$\dot{x}$ -output
A		ω^2	$2h\omega$
V		$2h\omega$	1
D		1	*

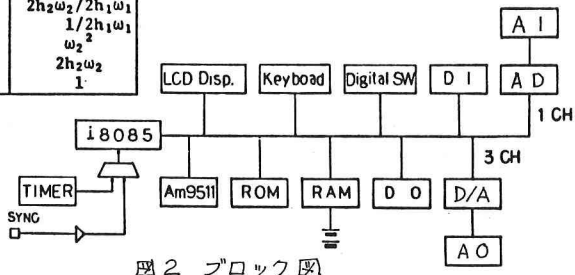


図2 ブロック図

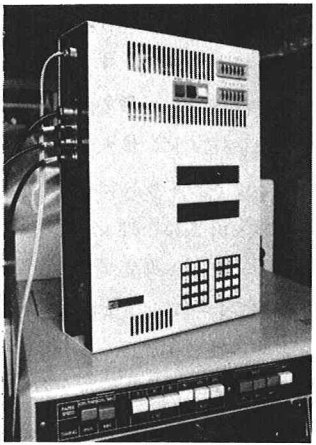


図1 装置外観図

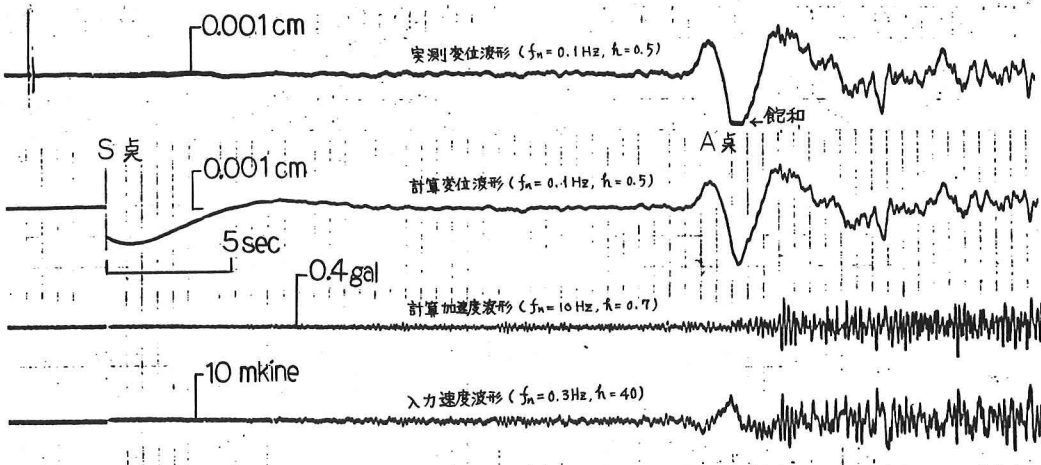


図3 本変換器による変換例