

## ポータブル振動記録装置の試作

Development of a Portable Vibration Recorder

荒井 紀 博\*

Toshihiro ARAI

## 1. ま え が き

騒音や公害振動の計測方法としては、区役所などが行なっているように、現場に指示騒音計や公害振動計を持って行き、メータの指示値を直読するという方法もあるが、研究のためには直読では不十分でやはり騒音や公害振動そのものをいったん記録し、あとで種々の方法で分析する必要がある。

高級テープレコーダやデータレコーダを使用すれば騒音や公害振動の精密な記録ができるが、これらのレコーダは可搬型とはいえかなり重量があり、電源まで考えると簡単に持ち歩けるとはいえない。ところが騒音や公害振動の研究には多くのデータを集めることも重要であり、そのためには精度が多少劣っても簡単に持ち歩いて記録のできる計測器も必要である。

騒音は大体 30~10000 Hz の記録ができれば良いので、中級家庭用テープレコーダでも特性的に十分間に合う。そこでこれと指示騒音計を持って行けば十分な記録ができる。しかし公害振動は 1~100 Hz 程度の振動であるため、普通のテープレコーダでは周波数範囲の点で記録不可能であるし、さらにドロップアウトも考慮するとどうしてもデータレコーダのような FM 記録方式を用いなければならない。

そこで今回 FM 変調および復調回路を自作し、FM 変調回路の出力を上記家庭用レコーダに記録する方法を試みたところ良好な結果を得たので以下に報告する。

## 2. 回路構成

今回は特に公害振動の記録を目的として、1) プリアンプ 2) 記録アンプ 3) 再生アンプを自作した。

1) **プリアンプ** これはチタバリ型加速度ピックアップ用のプリアンプであり、FET とシリコントランジスタから成るブートストラップ回路によって十分な高入力インピーダンス特性となっている。ゲインは 0 dB および 20 dB の切換えが可能である。

2) **記録アンプ** これはプリアンプの出力を増幅し、FM 変調してテープレコーダに記録するためのアンプである。本機の回路は図 1 a に示す通りである。アンプの次段に入っているローパスフィルタはカットオフ周波数が 100 Hz で減衰特性が 40 dB/dec のアクティブ型で

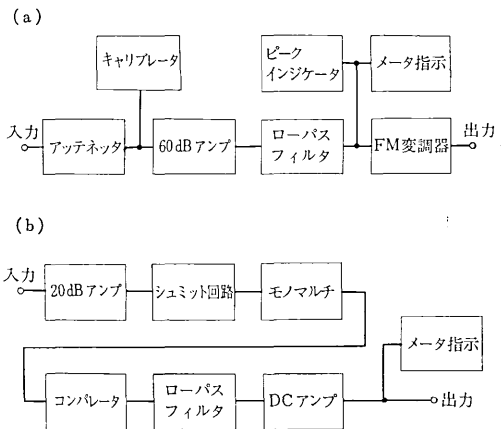


図 1

ある。公害振動の測定には 1~100 Hz の周波数範囲で良く、ピックアップや取付台の固有振動数とか強い音波による影響などを排除するためにも 100 Hz 以上はすみやかに減衰させるのが望ましいとされている。

FM 変調器にはマルチバイブレータ型を用いた。中心周波数は高い方が望ましいが種々のポータブルテープレコーダの周波数特性から見て 3000~5000 Hz が適当であると思われる。本機では可変として一応 3800 Hz に設定した。

付属回路には加速度レベルを直読するためのメータ指示回路、そのメータを校正するためのキャリブレータ、およびピークインジケータがある。メータ指示回路は FET ソースフォロウの出力をブリッジ整流したものであり、メータの時定数は約 1 秒とした。ピークインジケータはメータでは指示できないような瞬間的な過大入力により記録が飽和してしまうのを防止するために備えたものである。ピークインジケータはシュミット回路と発光ダイオードから成り、瞬間的な信号に対しても確実に追従することができる。本機ではフルスケール+2 dB で点灯するようにセットした。

3) **再生アンプ** これはテープレコーダから再生された FM 変調波を復調し、増幅するためのアンプである。FM 復調器は FM 方式のデータレコーダに良く用いられているパルスカウンタ型復調回路である。本機の回路を図 1 b に示す。先づ FM 変調波は 1 段増幅されたの

\* 東京大学生産技術研究所 第 2 部

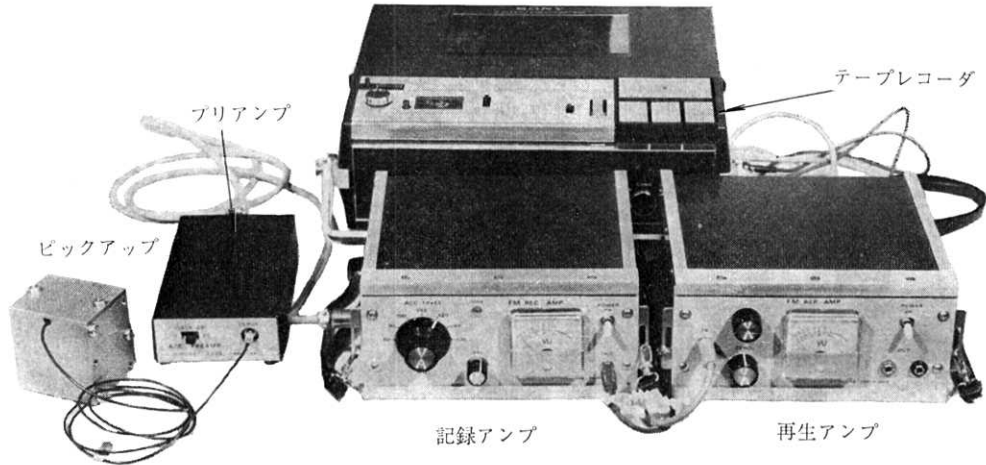


図 2

ち、シュミット回路で方形波列に変換される。この段でテープレコーダのドロップアウトや周波数特性などによる AM 成分は完全に除去される。次に方形波列は単安定マルチバイブレータで一定幅のパルス列に変換される。あとはこのパルス列をローパスフィルタで積分すれば復調波形が得られるのであるが、本機では単安定マルチにオペアンプ IC を用いたため両極性のパルス列が得られ、そのまま積分すると出力は 0 になってしまうので単安定マルチの次段にロジックレベルの出力を持つコンパレータを入れて片極性としている。ローパスフィルタは減衰特性が 40 dB/dec のアクティブ型 1 段であるが、本機の出力はペンオシロや電磁オシロに記録されるので、記録器のメカニカルなローパス特性に期待すればこの程度の減衰特性で十分と思われる。復調された信号は次の DC アンプで増幅されて出力となる。DC アンプの入力は中心周波数による DC 成分を打消すためにオフセット調整が可能となっている。出力インピーダンスは各種の記録器に適合するように十分低くなっている。本機にも記録アンプと同様なメータ指示回路があり、加速度レベルの値を読むことができる。

電源は記録アンプ再生アンプとも内蔵の乾電池を定電圧回路で安定化して使用している。記録アンプの電源の一部は更に安定化されてプリアンプに供給されている。

本機は図 2 に示すように 3 つのアンプを別々のケースに収めてある。記録アンプと再生アンプは一つにまとめることもできるが、実際に現場で記録するには記録アンプだけを持って行けば良く、携帯に便利のように今回は別々のケースに収めた。記録アンプと再生アンプはともにオペアンプ IC を全面的に用いて小型軽量化に努めた。また、いずれも特殊部品は一切使わず極く一般的に入手できる部品を用いて安価にまとめた。

### 3. 特 性

1) 周波数特性 トラッキングアナライザを利用してプリアンプ、記録アンプ、再生アンプをすべて直結した状態で本機の総合周波数特性を XY レコーダに描かせた。結果を図 3 に示す。この特性は公害振動の記録には十分であるといえる。

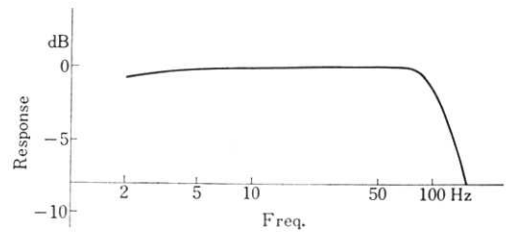


図 3

2) SN FM 記録方式で考えられるノイズとしては、電気回路から発生するノイズ、ワウフラッタによるノイズ、キャリアークによるノイズがある。本機の場合はすでに述べたように再生アンプのローパスフィルタの減衰特性が不足のためキャリアークによるノイズが大きく、記録器としてキャリア周波数までも十分応答するオシロスコープやレベルレコーダを使用した場合には 15 dB の SN しか得られなかった。しかしペンオシロや電磁オシロを使用した場合にはメカニカルなローパス特性によりキャリアを十分減衰させることができた。実際に記録器として三栄測器のレクチグラフを使用して SN を測定したところ 37~45 dB という値が得られた。この程度の SN であれば実際の簡易測定には十分であるといえる。また、このときのノイズ波形は 7.4 Hz の規則正しい波形であった。この周波数は今回使用した SONY TC 4805 型テープレコーダを 9.5 cm/s のテープスピードで作動させたときのモータの回転数と完全に

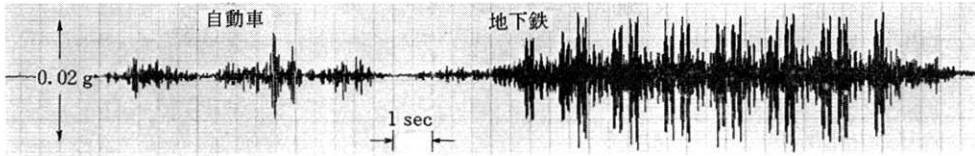


図 4

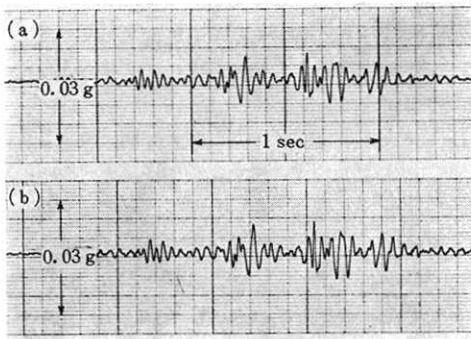


図 5 (a) 試作機 (b) テープレコーダ

一致する。従ってこのノイズはワウフラッタによるものといえる。ワウフラッタは記録時にも再生時にも同様に発生するため全体としては両者が重り合って大きくなったり、打消し合って小さくなったりする。そのため 37~45 dB といった幅のある値となったのである。なお本機のプリアンプまでを含めた電気回路だけの SN はレクチグラフを用いて実測したところ 57 dB であった。従って本機で問題となるノイズはテープレコーダのワウフラッタの大ききで決まってしまう、本機と組合わせて使用するテープレコーダは特にワウフラッタ特性に重点を置いて選択する必要がある。

3) その他の特性 以上データレコーダとして特に重要と思われる 2 点について実測したが、この他の一般的な特性を含めて本機の性能を表 1 にまとめた。

4. 測定例

本機を用いて二、三の振動記録を行なった。その結果



図 6



図 7

表 1

周波数特性	1~100 Hz (-2 dB)
SN	35 dB 以上
測定範囲	60~120 dB 加速度レベル (0.001~1 g)
最大出力	10 Vpp (100 kΩ 負荷) 10 mA (10Ω 負荷)
大きさ、重量	
プリアンプ	85×160×45 mm 0.2 kg
記録アンプ	195×200×90 1
再生アンプ	195×200×90 1
電源	記録アンプ、再生アンプ共内蔵 006 P (9V) × 4

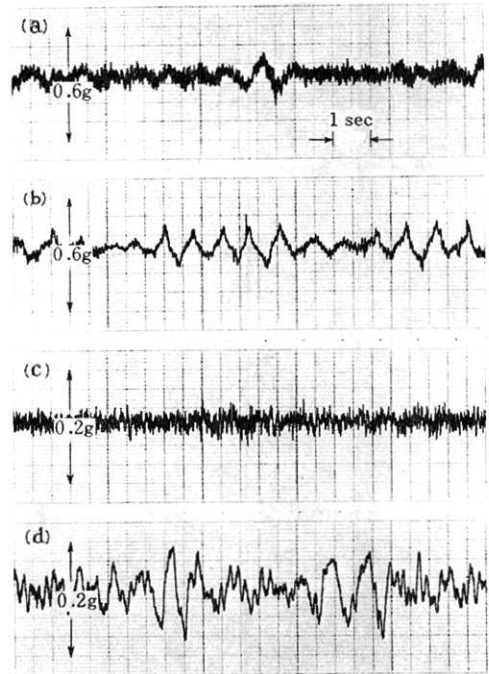


図 8

(a) 上下振動, (b) 横ゆれ, (c) 前後振動, (d) 座席

を図 4~8 に示す。

図 4 は永代通りの東陽町付近における路面の振動である。この道路の下には地下鉄東西線が走っており、また測定点付近には都電の線路が道路を横切っているため地下鉄が通過するときや線路を自動車乗り越えるときの路面の振動が記録できた。この測定では比較のためにリ

研 究 速 報

オン VM 12 型公害振動計とテアック R 200 型データレコーダの組合せで同一地点で同時計測を行なった。両者の波形を図 5 に示す。これは都電の線路を車が乗り越えたときの振動であるが、両者の波形は完全に一致しており、本機が十分実用になることを示している。

図 6 は自動車が突起を乗り越えたときの車体の振動であり、この波形からバネ上、バネ下の共振が測定できる。またこのとき座席の上に加速度ピックアップを埋め込んだ板を置きその上に腰をかけ、座席から人体に伝わる振動を記録した。その結果を図 7 に示す。

図 8 は新幹線車両の振動の記録例である。この記録は新横浜と小田原の間ではほぼ最高速度で走行していると思われるときに行なった。図の a～c の振動は床の上に加速度ピックアップを置いて検出した。また d の座席の振動は図 7 のときと同様な方法で検出した。

## 5. おわりに

FM 方式の記録アンプや再生アンプを自作し家庭用ポータブルテープレコーダと組合せて低周波成分の振動記録を行なったところ、データレコーダと大差ない結果が得られた。また本機は一人で容易に携帯、操作ができるため今後の公害振動データの集録に大いに役立つものと期待される。なおまだ試みてはいないが、最近のカセット型テープレコーダの性能が著しく向上しているので、これを用いることにより更にコンパクトなものとなるであろう。

最後にこの速報を書くにあたり大野助教授から有益なご助言をいただいた。また実験には亙理研の西山氏や大野研の鈴木氏にご助力をいただいた。ここに深く感謝する。

(1973 年 3 月 20 日受理)

