

ミニコンを利用したフーリエ変換解析

(株) 福山コンサルタント 佐藤 進
○田中純輔

1. はじめに

近年、エレクトロニクス技術の発達とともに、小型軽量のコンピュータ（いわゆるミニコン）が大量かつ安価に供給されるようになった。本稿はこれらミニコンを主体として、オンラインの入力バッファに予取の波形記憶装置を接続したフーリエ変換解析システムについて述べる。

2. システムの機種構成

図-1はシステムの機種構成を示したものである。システムの中核となるミニコン（9825A, HP社）は卓上計算機であり、科学技術計算に使用するだけでなく、適当なR/Mおよびインターフェースカードを添付により、各種の応用測定システムのコントローラとしても使用可能である。ユーザーメモリは8Kバイトから最大31420バイトまで拡張できる。使用プログラム言語は対話形式のHPLと称されるもので、変数も英大文字1字で命名すること、複素数による演算が直接行えないことを除いては、ほぼPASCALと同程度の機能と有するプログラム言語である。

入力装置としてキーボードを有し、タイプライター方式で入力される。出力装置として、LED（発光ダイオード）使用の2文字ディスプレイと16文字/行の熱転写式プリンターを内蔵しており、入力されたカタカナ、アルファベット、記号および数字を5×7のドットマトリックスで表示およびプリントできる。

補助記憶装置として、M/Cカートリッジ機構を内蔵している。カートリッジは最大350Kバイトの容量をもち、データプログラムへのロード/ロードの他に、R/M（リードライトメモリー）の内容を全一つのファイルにロード/ロードすることができるようになっている。

また、インターフェイスを介して種々の周辺機器（カードリーダー、プロッター、ミニプリンター等）と接続が可能であり、本システムではプロットングライタを接続している。

アナログデータの入力バッファとして使用している波形記憶装置は、記憶容量が1K（1024ビット）のRAMメモリをもち、アナログ入力に対して20KのA/D変換装置を内蔵している。A/D変換は、1データ毎8ビットで行い、そのサンプリングタイムは2μsec～55μsecの間でステップで選択できるようになっている。また、記憶した波形は内蔵のA/D変換装置により常時出力され、オシロスコープでモニターできるようにしている。その他、波形の平均化、アンペリシストグラム、パルスタイムヒストグラムの機能が組み込まれており、システムの応用性を高めている。

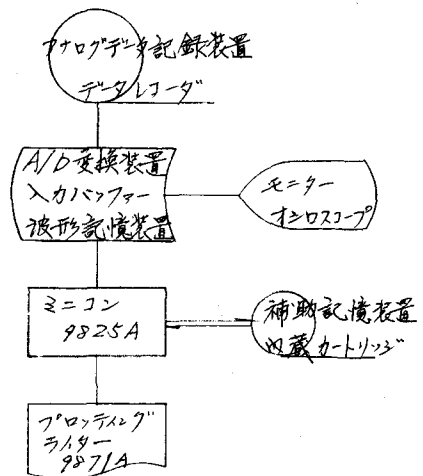


図-1 システムの機種構成

3. スペクトル解析プログラム

スペクトル解析の理論およびプログラミングの手法についての説明は成書があり、詳しく述べてあるので本稿では省略する。プログラムの中心となるフーリエ変換の手法は、クーリィ(J. W. Cooley)とトゥーキー(J. W. Tukey)の提唱する高速フーリエ変換(Fast Fourier Transform, FFT)法による。

FFT法では、データ個数が 2^n 個の場合には極めて高速に変換を行うことができる。本システムでもデータ個数が 2^n 個について処理を行うこととし、データ個数が 2^n 個でない場合は、データの末尾に0を追加して 2^n 個にした後、処理を行うようになっている。データ個数が 2^n 個の場合、変換に要する時間は、 $n \cdot 2^n$ に比例することが知られている。本システムでは、データ数1024個のとき約2分を必要とする。表-1は本システムで処理する場合のデータ個数と時間の関係を示したものである。

図-2はプログラムのフローチャートを示したものである。処理データの組合せ、処理段階の選択および中間結果のファイルリング、プリントアウトの選択はコントロールプログラムによって行うことも、キーボードからのマニュアル操作によって行うこともできるよう準備されているので、処理の規模によって使い分けることができる。

以下フローチャートに従って説明すると、①データレコード等からのアナログデータは波形記憶装置のA/D変換部でデジタルデータに変換された後、順次コアメモリーに貯えられ、所要のデータ個数に達したならば、オシロスコープに波形を表示し、オペレータの指示によってミニコンへ転送される。②転送された時系列データは内蔵カートリッジにファイルされる。③FFT法によって求められたフーリエ係数は一組の内蔵カートリッジにファイルしておく。(記憶容量の関係で以後の処理はファイルされたフーリエ係数を参照しながら行う)。④クロスパワースペクトル、伝達関数、相互相関数は、別途用意されたデータ組合せファイルと参照するが、またはオペレータの指示による組合せの後に計算される。

4. 解析例

コンクリート構造物の振動試験の一として行った、重錘落下試験で得られた波形と解析例として図-3に示す。上段ZIN-PLUTの波形は載荷装置にセットした荷重計から得られたものであり、下段OUT-PLUTは構造物にセットした

表-1 処理時間(単位:分)

データ個数	512	1024	2048	4096
パワースペクトル	1.0	2.2	5.0	20.0
クロスパワースペクトル	2.0	4.5	10.0	40.0
自己相関	2.0	4.5	10.0	40.0
相互相関	3.0	7.0	15.0	60.0
伝達関数	2.5	5.0	11.0	40.0
図入/図出	1.0	2.0	4.0	8.0

注) データ4096個の場合、分割してファイルと転送しながら変換を行うため長時間を要する。

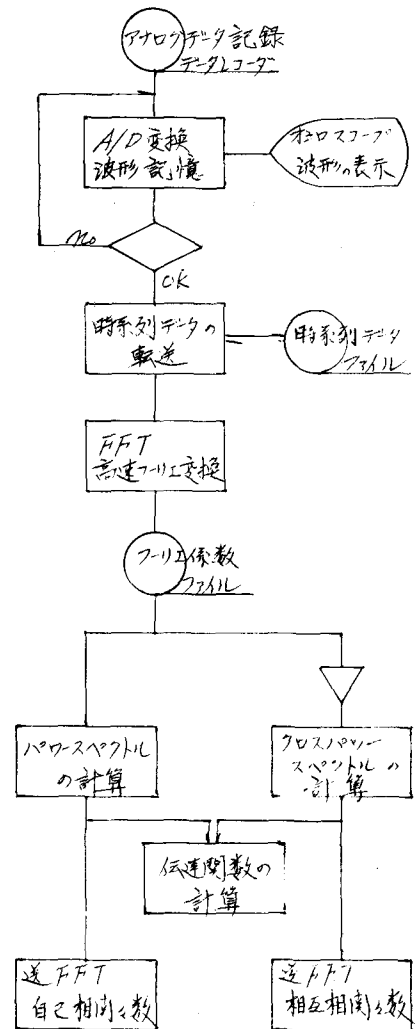


図-2 システムフローチャート

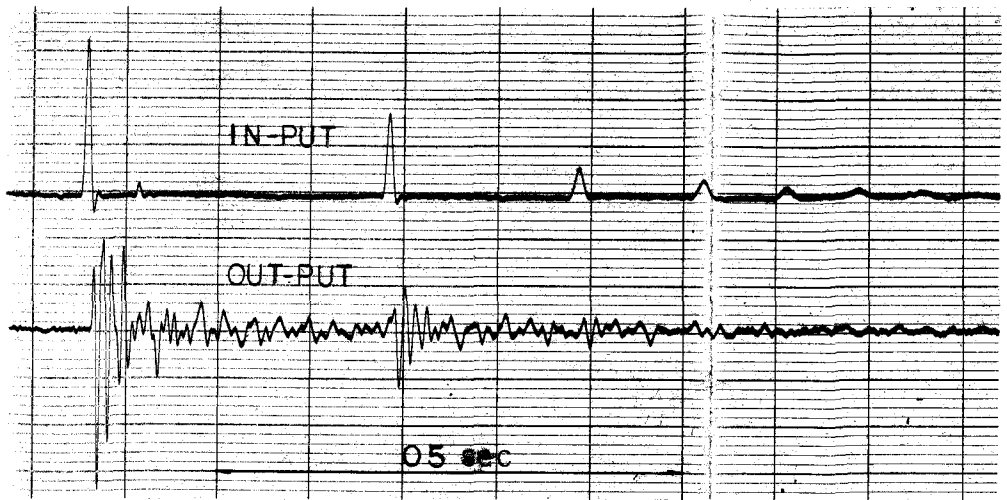


図-3 解析波形

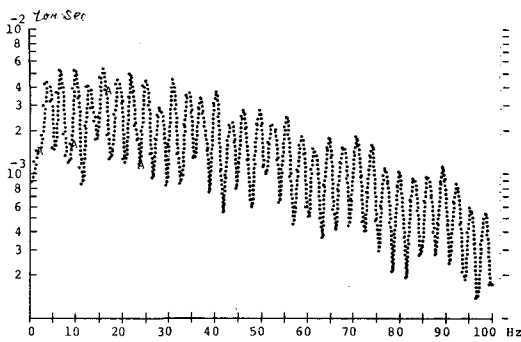


図-4 IN-PUT. パワースペクトル

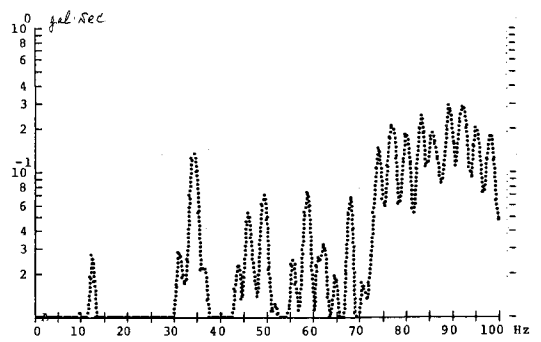


図-5 OUT-PUT. パワースペクトル

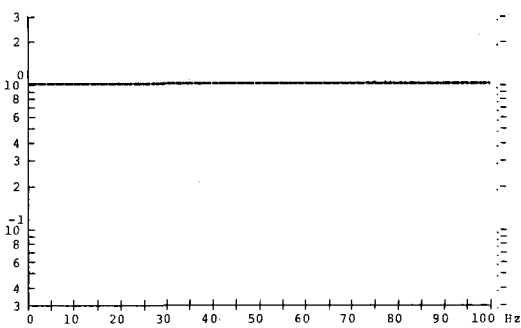


図-6, IN-PUT. 伝達関数

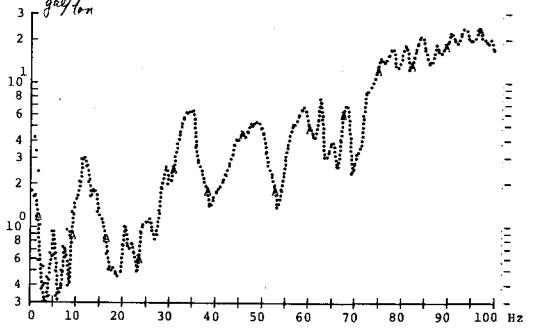


図-7, OUT-PUT. 伝達関数

加速度計によって得られた加速度波形である。波形記録から、重錘がバウンドしており、応答波形はオノ波による振動とバウンド（オノ波以後）による振動が重畳合とっていることがわかる。この両者についてパワースペクトル（データ個数 1024 個、サンプリング時間 2 sec）を求め図-4、図-5に示した。

図-4、図-5では、スペクトル分布に規則的な変動（リップル）がみられるが、この変動は重錘のバウンドに起因するものであり、本来の、オノ波だけによるスペクトル分布とは関係のないものである。そこでコンピュータについて、エンベロープに対する比（伝達関数）を求め、検討を行うことにした。図-6、図-7は伝達関数である。図-6は EN-アンプ自身による比であるが、全周波数について一定になっている。また、図-7には図-5にみられたリップルが消えて見やすいスペクトル図になっている。また、図-6のスペクトル分布は、理想的インパルスにパワースペクトルを示すものであるから、図-7は理想的インパルスによる応答振動のパワースペクトル図と考えられる。

5 おわりに

すでにフーリエ解析システムとして、高性能な機器が多数提供されている現在、ミニコンを用いて、フーリエ変換に長時間（100 秒以上は必要とする）を要するシステムを開発することは、それ自体に大きな意味をもつとは思えない。しかし、既成のシステムから得られる解析結果は、既成品であるがゆえの便利さと不自由とを感ぜさせる。特に解析結果を保存したり、報告書に記載するためには、かなりの労力をかけて加工する必要がある。本システムはこのような不満から我々を開発してくるものであり、今後の処理システムのとりまき方向を示すものとする。今後ともミニコンの柔軟性と汎用性を大いに活用して、システムの充実に努めていきたい。

参考文献

- 1) J. S. Bendat, A. G. Piersel; 得丸英勝訳: ランダムデータの統計的処理, 培風館 1976
- 2) 大崎順彦; 地震動のスペクトル解析入門, 辰島出版会 1976