

JAERI-M

6 2 5 2

ハイブリッド 計算機による多変数相関及び
スペクトル解析コード(MLCOSP)

1975年10月

尾熊律雄・藤井義雄・白井甫積・渡辺光一

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

ハイブリッド計算機による多変数相関及びスペクトル
解析コード (MLCOSP)

日本原子力研究所東海研究所原子炉工学部
尾熊律雄 藤井義雄 白井甫積 渡辺光一

(1975年9月5日受理)

本報告書は、東海研究所に設置されているハイブリッド計算機用につくられた多変数相関関数及びスペクトル密度関数の計算コードを広く利用者に供するため、その使用法を中心にまとめたものである。

この解析コードでは、多変数の実験データを解析する際に生ずる入出力データ処理の繁雑さをなくし、かつ見通し良く解析を進めることができるように、ハイブリッド計算機の持つ機能及び端末装置を有効に利用した種々の工夫がなされている。それらを要約すると次の通りである。

- ・実験データの入力はデータレコーダから直接ハイブリッド計算機のアナログ部に入力して取ることができる。
- ・計算結果をすべて図形の形でディスプレー面に表示し必要なものをハードコピーで取ることができる。
- ・一連の操作手順がディスプレー面に書き出され、それに従って計算機との対話形式で解析を進めて行くことができる。又、必要な入力データはすべてキーボードからインプットでき、解析結果を見ながらケーススタディを行なうことができる。

Computer Code MLCOSP for Multiple-Correlation
and Spectrum Analysis with a Hybrid Computer

Ritsuo OGUMA, Yoshio FUJII, Hozumi USUI and
Koichi WATANABE

Division of Nuclear Engineering, Tokai, JAERI

(Received September 5, 1975)

Usage of the computer code MLCOSP(Multiple Correlation and Spectrum) developed is described for a hybrid computer installed in JAERI.

Functions of the hybrid computer and its terminal devices are utilized ingeniously in the code to reduce complexity of the data handling which occurs in analysis of the multivariable experimental data and to perform the analysis in perspective.

Features of the code are as follows;

- Experimental data can be fed to the digital computer through the analog part of the hybrid computer by connecting with a data recorder.
- The computed results are displayed in figures, and hardcopies are taken when necessary.
- Series-messages to the code are shown on the terminal, so man-machine communication is possible. And further the data can be put in through a keyboard, so case study according to the results of analysis is possible.

目 次

1	序論	1
2	解析手法の概説と計算アルゴリズム	3
3	解析コードの概要	7
3 - 1	コードの構成	7
3 - 1.1	メインプログラム (MLCOSP)	7
3 - 1.2	初期条件設定サブルーチン (INTIAL)	7
3 - 1.3	高速サンプリングサブルーチン (FSAMPL)	10
3 - 1.4	低速サンプリングサブルーチン (ADCONV)	11
3 - 1.5	相関関数計算サブルーチン (MULCOR)	12
3 - 1.6	相関関数グラフィックプロットサブルーチン (MPLOTC)	12
3 - 1.7	スペクトル密度計算サブルーチン (SPECTR)	15
3 - 1.8	スペクトル密度グラフィックプロットサブルーチン (MPLOTS)	15
3 - 2	制約条件	19
4	本解析コード使用に当ってのハイブリッド計算機の操作法	20
4 - 1	ハイブリッド計算機の概要	20
4 - 2	ハイブリッド計算機の起動	20
4 - 3	コード使用に当ってのアナログ部及びロジック部の準備	24
4 - 4	解析コード使用手順にそった計算機の操作法	28
5	応用例	38
5 - 1	大洗照射水ループ (OWL- ϕ) データの相関解析	38
5 - 2	TCA の炉雑音データのスペクトル解析	39
5 - 3	NSRR の炉雑音データのスペクトル解析	39
6	結論	50
7	謝辞	50
8	参考文献	50
9	アpendix	51
9 - 1	スペクトル計算に使用されているウィンドーについて	51
9 - 2	ノイズアリエス効果について	53
9 - 3	コードリスト	55

1. 序 論

原子炉及び原子力プラントへの相関解析、スペクトル解析の応用はシステムの特性解析に当っての実験的アプローチの最もオーソドックスな方法の一つとして従来から積極的に行なわれて来た。例えば炉心部の伝達関数の測定、原子炉プラント全体の動特性測定、炉雑音解析、原炉診断技術、等動特性に関連した種々の面に使用されている。それは物理的特性の実験的実証においても、実験で得た時系列データにもとづく、システムモデル構成においても、線型システムに基盤をおく限り相関解析スペクトル解析が実験データと数式モデルの媒介として基本的に必要な情報処理だからである。

ここにまとめた解析コードは、当研究室に設置されている E A I ハイブリッド計算機を使って、多変数の相関、スペクトル、及びコヒーレンシィ関数を計算するためのもので、ハイブリッド計算機の持つ機能、及び端末装置を有効に利用し、解析、さらにはデータ処理に当って種々の便宜が得られる様工夫されている。

近年我々が対象とするシステムの傾向は増え大型化して複雑になって来ている。例えば、原子炉プラントについて見ると、プラント全体の特性を調べるためにには、中性子束、圧力、温度、流量……等各部のさまざまな変量を時には 10 変数以上も取ることが必要となる。このような解析変数の増加は一般に計算機の演算時間の増加にも増して、入力データ作成までの繁雑さ、出力データの増加、事後のデータ処理のわずらわしさ、等のために多大な労力をついやす事がしばしば生じて来る。特に多変量相関、スペクトル解析結果の考察においては関数相互の比較、検討が不可欠であり、その過程を経てはじめて物理的解釈、システムの構造を明らかにして行くことが可能でありそのためのデータ処理は一般に龐大なものとなる。

本解析コードは、前述した様に多変数システムの解析に際して特に顕著になって来ているデータ処理の繁雑さをさけ、目的に応じて見通し良く解析できるよう作られており大約次の特徴を備えている。

1. 実験データの入力はデータレコーダーから直接ハイブリット計算機のアナログ部に入力して取ることが出来る。アナログ部のロジックタイマーによってデータのサンプル値間隔は任意に設定することができる。
2. 計算結果はすべてディスプレー面に図形の形で表示され、表示方法は解析の目的に応じて数種類選択できるようになっている。又、必要に応じてラインプリンターに数値を書き出すこともできる。
3. 計算上の種々のパラメータはすべて、ディスプレー面に映し出された一連の解析結果を目で確かめながらキーボードから、インプットできるようになっておりケーススタディが極めて容易である。
4. 必要な解析結果はすべてその場でハードコピーにより取ることができる。
5. 本解析コード使用に当っての計算機の操作方法は、各ステップですべてディスプレー面に命令、コメントが書き出される様になっており、計算機との対話形式で解析を進めて行くことができる。

本解析コードを用いてすでにいくつかの実験データの解析もなされており、この報告書は解析コードを広く利用者に供するため、その使用法を中心にまとめたものである。本報告書は、第2章ではコードに組み込まれた計算アルゴリズムを理解する上での最小必要限度のことが述べてある。第3、4章では、解析コードの内容と実際に解析を進めていく上での必要な計算機の操作手順、計算機との対話法を説明してある。第5章では、本解析コードを使った応用例を三つあげ、解析を進める上での参考とした。又、9章には参考のために本解析コード全部のリストをつけておいた。

2. 解析手法の概説と計算アルゴリズム

相関及びスペクトル解析に必要な事項について概説し、本解析コードで使われている計算アルゴリズムを述べる。

1) 相関関数 (Multiple Correlation)

- $x_i(\omega)$ (ω : 事象) を確率変数とする時、 $x_i(\omega), x_j(\omega)$ の共分散は次の様に定義される。

$$E(x_i(\omega) - Ex_i(\omega))(x_j(\omega) - Ex_j(\omega))$$

- 又、共分散関数を使って、相関係数は次の様に表わされる。

$$r_{ij} = \frac{E(x_i(\omega) - Ex_i(\omega))(x_j(\omega) - Ex_j(\omega))}{\sqrt{E(x_i(\omega) - Ex_i(\omega))^2 \cdot E(x_j(\omega) - Ex_j(\omega))^2}} \quad (2-1)$$

- x_i, x_j の相関係数を r_{ij} とする時、この二つの変数の間の線型関係と相関係数には次の関係式が存在する。

$$\min_{a,b} E(x_j - ax_i - b)^2 = (1 - r_{ij}^2) E(x_j - Ex_j)^2 \quad (2-2)$$

- 不規則変動をする定常時系列データを $\{x_i(s); s = 1, 2, \dots, N\}$ とする時、 $x_i(s)$ の自己共分散関数 $R_{x_i x_i}(\ell)$ は次式によって与えられる。

$$R_{x_i x_i}(\ell) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{s=1}^N (x_i(s+1) - m_{x_i})(x_i(s) - m_{x_i}) \quad (2-3)$$

$$\ell = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$m_{x_i} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum x_i(s)$$

又、 $x_i(s), x_j(s)$ の相互共分散関数は次式で与えられる。

$$R_{x_i x_j}(\ell) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{s=1}^N (x_i(s+1) - m_{x_i})(x_j(s) - m_{x_j}) \quad (2-4)$$

• 計算アルゴリズム

$\{x_1(s), x_2(s), \dots, x_K(s); s = 1, 2, \dots, N\}$ を K 次元時系列データ、LAGH を最大遅れ時間 $\{c_{ij}(\ell); \ell = 0, 1, 2, \dots, LAGH\}$ を共分散関数とする時

$$\left\{ \begin{array}{l} m_{x_i} = \frac{1}{N} \sum_{s=1}^N x_i(s) \\ m_{x_j} = \frac{1}{N} \sum_{s=1}^N x_j(s) \end{array} \right.$$

$$\left| \begin{array}{l} c_{ij}(\ell) = \frac{1}{N} \sum_{s=1}^{N-1} (x_i(s+1) - m_{x_i}) (x_j(s) - m_{x_j}) \\ \ell = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm LAGH \end{array} \right. \quad (2-5)$$

ここで共分散関数推定の精度を確保する上で、次の条件が課せられる。

$$LAGH \leq \frac{N}{5} \sim \frac{N}{10}$$

グラフィックディスプレーには、得られた共分散関数を次式で正規化して表示する。

$$CN_{ij}(\ell) = \frac{C_{ij}(\ell)}{\sqrt{C_{ii}(0) \cdot C_{jj}(0)}} \quad (\ell = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, LAGH) \quad (2-6)$$

II) スペクトル密度関数

I) 得た共分散関数をフーリエ変換してスペクトル密度関数を求める。まず、フーリエ変換可能な条件として共分散関数は次式を満たしていなければならない。

$$\sum_{\ell=-\infty}^{\infty} |R_{x_i x_j}(\ell)| < \infty \quad (2-7)$$

この時共分散関数と、スペクトル密度関数の関係は、

$$P_{x_i x_j}(f, \Delta t) = \Delta t \sum_{\ell=-\infty}^{\infty} \exp(-i 2\pi f \ell \Delta t) R_{x_i x_j}(\ell) \quad (2-8)$$

$$R_{x_i x_j}(\ell) = \frac{1}{2\Delta t} \int_{-\Delta t}^{\Delta t} \exp(i 2\pi f \ell \Delta t) P_{x_i x_j}(f \cdot \Delta t) df \quad (2-9)$$

で与えられる。

○計算アルゴリズム

相互共分散 $C_{j1}(m)$, ($m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm LAGH$) に対して、 $m = LAGH$ の時

$$C_{j1}(LAGH) = \frac{1}{2} C_{j1}(LAGH) \quad (2-10)$$

と置きなおし、 $j = 0, 1, 2, \dots, k$, $l = j, j+1, \dots, k$, $r = 0, 1, \dots, LAGH$ に対して、

$$\begin{aligned} Q_{j1}(r) &= \sum_{m=-LAGH}^{LAGH} C_{j1}(m) \cos(2\pi \frac{r}{2 \cdot LAGH} \cdot m) \Delta t \\ &- i \sum_{m=-LAGH}^{LAGH} C_{j1}(m) \sin(2\pi \frac{r}{2 \cdot LAGH} \cdot m) \Delta t \end{aligned} \quad (2-11)$$

を求める。但し

$$C_{j1}(-m) = C_{j1}(m) \quad (m=1, 2, 3, \dots, LAGH)$$

ここで得られたスペクトル密度関数に対して次の二種類のウィンドーをかける。

a) ハニング ウィンドー (Hanning Window)

$$a(0)=0.5 \quad a(1)=a(-1)=0.25 \quad a(2)=a(-2)=0$$

b) 赤池 ウィンドー

$$a(0)=0.625 \quad a(1)=a(-1)=0.25 \quad a(2)=a(-2)=-0.0625$$

$$P_{j1}(r) = \sum_{n=-2}^2 a(n) Q_{j1}(r-n) \quad (2-12)$$

$$\text{但し}, Q_{j1}(-n) = Q_{j1}(n) \quad Q_{j1}(LAGH+n) = Q_{j1}(LAGH-n)$$

で \cdot は共役複素数を表わす。この時の $P_{j1}(r)$ が $P_{j1}(r/2 \cdot LAGH \cdot \Delta t)$ の推定値となる。

二通りのウィンドーをかけて得られたスペクトルの推定値をもとに次の式に従って精度評価が行われる。

$$\left| \frac{P_{bij}(r) - P_{ajj}(r)}{P_{ajj}(r)} \right| \quad / \quad 0.43 \sqrt{\frac{LAGH}{N}} > 1 \quad (2-13)$$

となる周波数の近傍では、二つの推定結果に著しい相違があり、スペクトルの変化が大きいことを示している。解析コードではこの式の左辺を Significance と定義してこの値が 1 を越えた時はスペクトル推定値とあわせてその情報を出力するようになっている。スペクトル計算結果は、ハニングウィンドーをかけた場合の値のゲインをディスプレー面に表示するようになっており、Significance が 1 を越えた場合はスペクトル推定値のディスプレー面への表示個所に印で示すようになっている。

iii) コヒーレンシイ (Coherency)

時系列データ $\{x(s), z(s); s=1, 2, 3, \dots, N\}$ に対して線型モデルフィッティングを行なった場合を考える。この時の周波数応答関数の推定値を $A(f)$ とすると、 x に $A(f)$ を作用させた時の出力 y は x から z への線型に対応する部分を表わし、 z と y の差分は雑音及び x から z への線型関係にない部分の和として表わされる。

$$\therefore z(s) = y(s) + n(s) \quad (2-14)$$

従って相関関数での関係は、

$$R_{zx} = R_{yx} + R_{nx} \quad (2-15)$$

となり、 n と x は独立であるから、 $R_{nx}=0$ 、スペクトル密度関係上での関係式は

$$P_{zx} = P_{yx} = A(f) \cdot P_{xx} \quad (2-16)$$

出力のスペクトル密度関係及び線型系の入出力関係式は

$$P_{zz} = P_{yy} + P_{nn} \quad (2-17)$$

$$P_{yy} = |A(f)|^2 \cdot P_{xx} \quad (2-18)$$

で与えられる、(2-16)、(2-18)を用いて、コヒーレンシィは次式で定義される。

$$r^2(f) \triangleq \frac{P_{yy}}{P_{zz}} = \frac{|A(f)|^2 P_{xx}}{P_{zz}} = \frac{|P_{zx}|^2}{P_{zz} \cdot P_{xx}} \quad (2-19)$$

この様に、コヒーレンシィはシステムの線型予測が雑音と非線型性によって劣化させられる程度を示しており、周波数上で見た時の相関係数となっている。

◦ 計算式

推定されたスペクトル密度関係 $P_{jj}(r)$ を (2-19) 式に代入し、

$$CH_{jj}(r) = (C(r)^2 + S(r)^2) / (P_{jj}(r) \cdot P_{11}(r)) \quad (2-20)$$

$$\text{但し, } P_{jj}(r) = C(r) + i \cdot S(r)$$

で与えられる。

3. 解析コードの構成

3-1 コードの構成

本コードはアナログ信号のA/D変換、又はデータカード形式での入力データの読み込み、相関関数及びスペクトル密度の計算、さらにその結果のディスプレー面へのプロットに至るまで、ディスプレーターミナルを介して、計算機との対話形式を取りながら一貫したデータ処理が成される様に作成されている。又、本コードは多変数データの処理を前提としている関係上プログラムの容量はかなり規模が大きくなっている。そのため、本コードでは、機能毎に数個のサブルーチンに分割し、ディスクメモリに格納し、実行時に個々のサブルーチンをコアメモリに転送し実行する、いわゆるオーバーレイ方式を採用している。ここで使用されている主要なサブルーチン及びその機能を要約して述べると次の通りである。

- メインプログラム (MLCOSP) プログラム全体の流れのコントロール
- 初期条件設定サブルーチン (INTIAL) 入力データの読み込み、データファイルの登録
- 高速サンプリングサブルーチン (FSAMPL) データの高速サンプリング
- 低速サンプリングサブルーチン (ADCONV) データの低速サンプリング
- 相関関数計算サブルーチン (MULCOR) 自己相関及び相互相関関数計算
- 相関関数グラフィックプロットサブルーチン (MPLOTC) 相関関数計算結果を正規化してディスプレー面にプロット
- スペクトル密度計算サブルーチン (SPECTR) パワースペクトル及びクロススペクトル計算
- スペクトル密度グラフィックプロットサブルーチン (MPLOTS) パワースペクトル及びクロススペクトル密度関数、コヒーレンス関数のディスプレー面へのプロット。

以下に各サブルーチンの機能を詳細に述べる。又 Fig. 3-1 には本コードの構成を示す。

3-1-1 メインプログラム (MLCOSP)

メインプログラムはあらかじめ決められた順序に従ってサブルーチン化されたプログラムをディスクからコアメモリへ転送し、そのプログラムを実行開始するものであり、極めて簡単な構成になっている。本コード実行中はこのメインプログラムのみがコアに常駐される。尚、各サブルーチン間で共通に使用される入力パラメータはコモン (COMMON) 方式及びディスクデータファイルの方式を用いている。Fig. 3-2 にメインプログラムとオーバーレイ方式によるサブルーチンのメモリ配置を示す。

3-1-2 初期条件設定サブルーチン (INTIAL)

MLCOSP コードをスタートするとまず、INTIAL サブルーチンがオーバーレイ、ワーキングエリアに転送されプログラムの実行が開始される。このサブルーチンで読み込まれる入力パラメータは次の通りである。

N ; 1 チャンネル当りのデータ個数

K ; 変数の数 (チャンネル数)

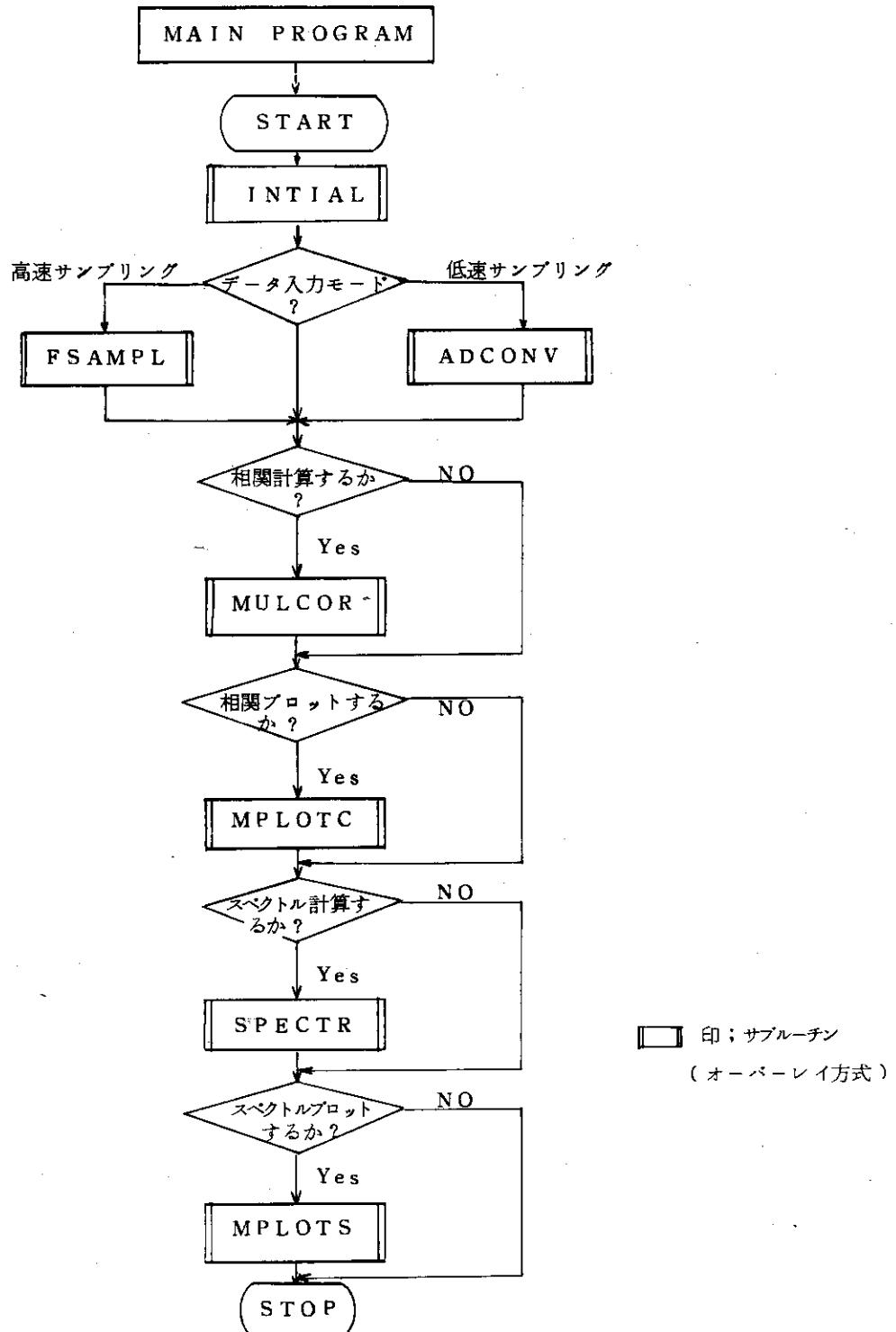


Fig. 3.1 コードの構成

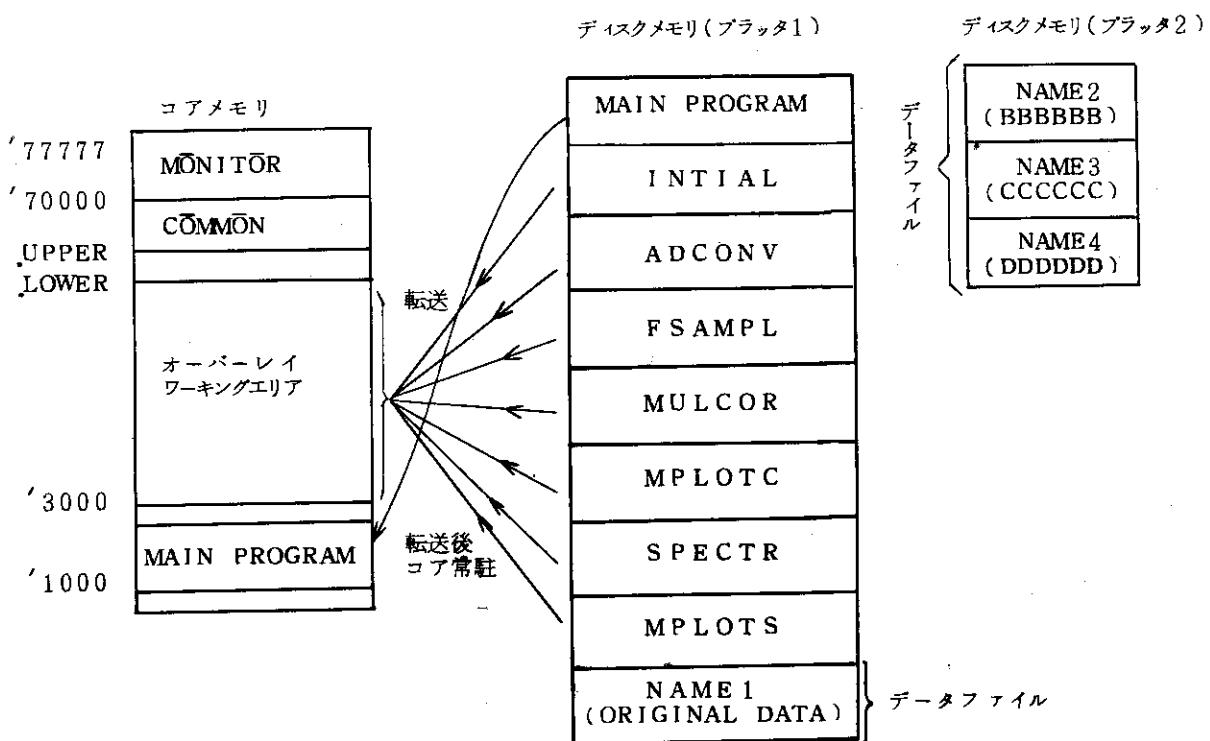


Fig. 3.2 各サブルーチンのメモリ配置

LAGH; 相関関数計算 (スペクトル計算) シフト数

DELT; サンプリング間隔 (sec 単位)

本コードを通じて登録されるファイルの名称及び容量を Table 3.1 に示す。又、サブルーチン INITIAL のフロー・チャートを Fig. 3.3 に示す。

Table 3.1 データ・ファイルの構成

ファイル記号	ファイル名	ロジカルユニット	プラッタ No.	容 量	用 途
NAME 1	AAAAAA (6文字任意設定可)	'21	1	123,200語	各チャンネル毎の オリジナル・データ格納用
NAME 2	BBBBBB (固定名称)	'22	2	123,200語	①100サンプル毎のデータブロック格納用 ②SIGNIFICANCE (P3) 格納用
NAME 3	CCCCCC (固定名称)	'23	2	237,600語	相関関数計算結果格納用 (ノーマライズなし)
NAME 4	DDDDDD (固定名称)	'24	2	237,600語	①相関関数計算結果格納用 (ノーマライズあり) ②スペクトル計算結果 (P1, P2) 格納用

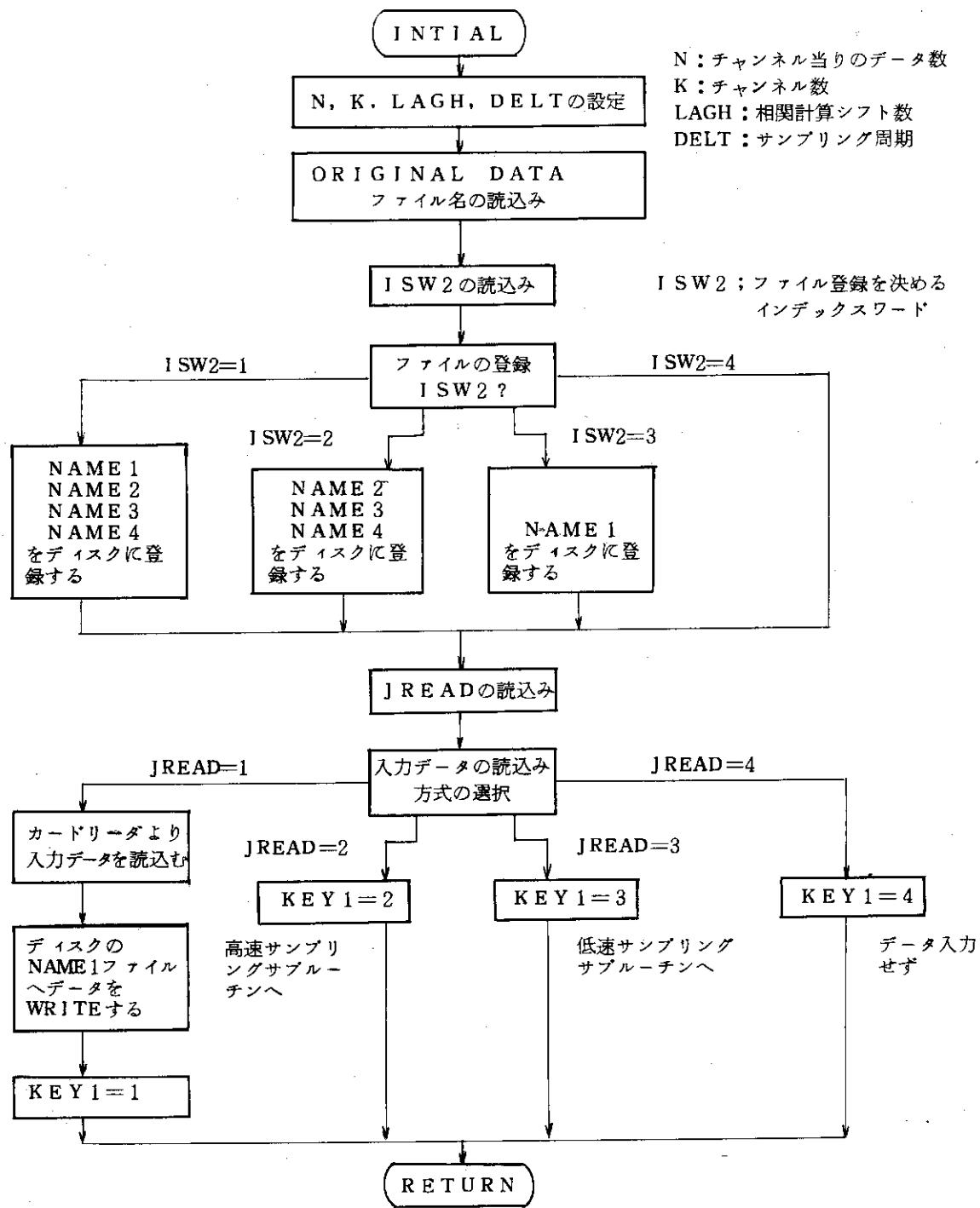


Fig. 3.3 INITIAL サブルーチンのフローチャート

3-1-3 高速サンプリングサブルーチン (FSAMPL)

INITIAL サブルーチンで高速サンプリング方式が選択された時 (KEY1=2), INITIAL サブルーチンに引続いてこのサブルーチンがコアメモリに転送され実行開始される。高速サンプリングにはアナログ演算部の BCD カウンタ等のロジック回路を使用し、入力チャンネル数やサンプリング間隔を決定している。A/D 変換されたデータの転送には DMA チャンネルを

使用し、データは一担コアメモリに格納されるが、サンプリング終了後各チャンネル毎のデータに編集し直し、ディスクのオリジナルデータファイル（NAME 1）に転送、格納される。コアメモリの容量に制限があるため、この方式でデータを集録する場合のデータ数Nとチャンネル数Kの間の関係は

$$N \times K \leq 12000$$

で制約される。但し、最大データ数は $N_{max} = 4000$ 、最大チャンネル数は $K_{max} = 15$ である。本サブルーチン使用の際のアナログ部のパッチングは 4-3 章に記載してある。又、このサブルーチンのフローチャートを Fig. 3.4 に示す。

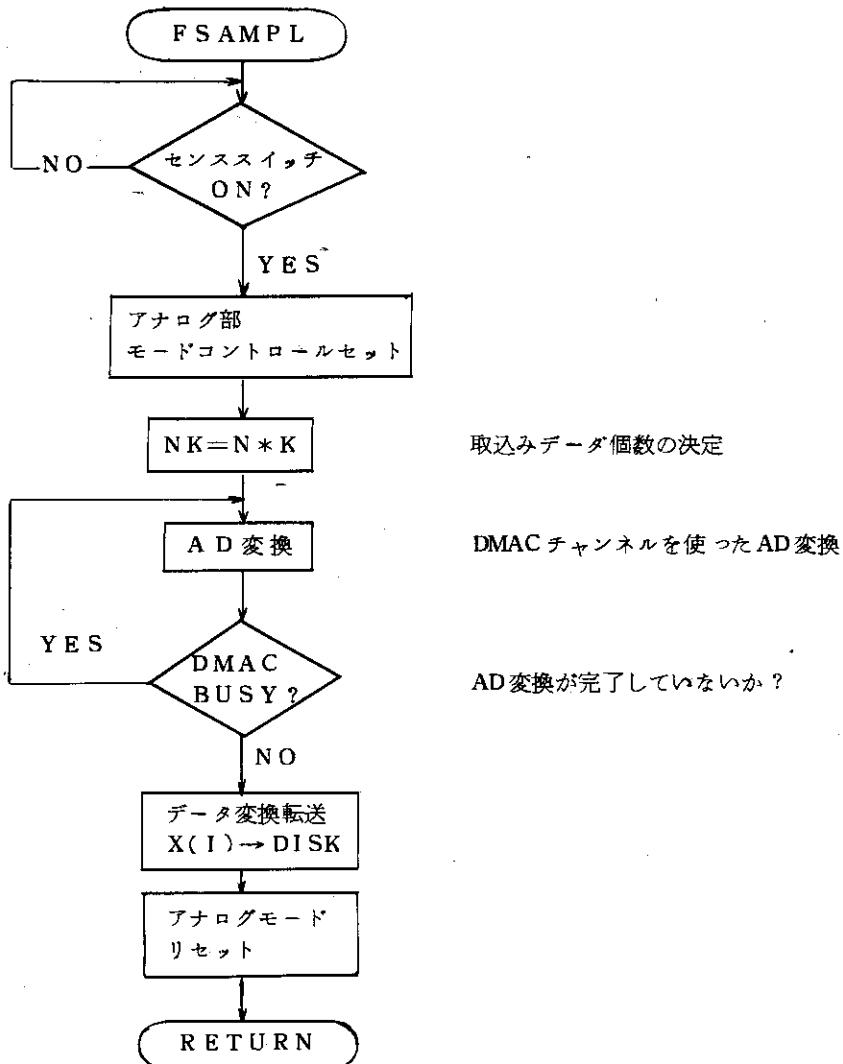


Fig. 3.4 高速サンプリングサブルーチンのフローチャート

3-1-4 低速サンプリングサブルーチン (ADCONV)

INITIAL サブルーチンで低速サンプリング方式が選択された場合 (KEY 1=3)、INITIAL サブルーチンに引続いて、このサブルーチンがコアメモリへ転送され実行開始される。

このサブルーチンのサンプリング間隔の決定はロジック部のクロックパルスとセンスラインを使用して行なっている。このパッチングの詳細は 4-3 章の Fig. 4.3 に示す。

高速サンプリングサブルーチンと異なる点は、センスラインとA/D変換サブルーチンの使用にあるが、サンプリング中に、ディスクへのデータ転送を行なうため、サンプリング間隔をあまり短くする事が出来ない欠点がある。しかし、サンプリングされたデータを100サンプル毎にコアメモリからディスクへブロック転送を行なうため、サンプリングデータ数、及びチャンネル数の制限はディスクメモリの容量で決まる。従って高速サンプリング方式よりも多くのデータ数を処理することが可能である。本サブルーチンでは、 $N_{max} = 4000$, $K_{max} = 15$ $DELT \text{ min} = 0.3 \text{ sec}$ 迄使用可能である。

Table 3.2 に高速サンプリングと低速サンプリングサブルーチンとの相違点をまとめた。

Fig. 3.5 に低速サンプリングサブルーチンのフローチャートを示す。

Table 3.2 低速サンプリング・高速サンプリングサブルーチンの性能比較

サブルーチン名	サンプリング周期	サンプリングデータ数N	チャンネル数K	ディスク転送	サンプリング方式
低速サンプリングサブルーチン ADCONV	0.3 sec以上	4000データ/ チャンネル (最大)	15(最大)	100サンプル毎に コアメモリからディ スクへブロック 転送する。	パルストレインセンス入力
高速サンプリングサブルーチン FSAMPL	10 μS以上 (1チャンネルの場合) $K \times 10^{-3} \text{ sec}$ 以上 (2チャンネル以上の 場合)	4,000データ/ チャンネル (最大)	15(最大) 但し $N \times K = 12,000$ の制限がある。	全サンプリング終了後コアメモリからディスクへ転送する。	パルストレインBCDカウント

3-1-5 相関関数計算サブルーチン (MULCOR)

INITIALサブルーチンでカードリーダからデータ読み込み (KEY1=1) 或いは、データを新たに入力せず相関計算等を再計算する場合 (KEY1=4) は、INITIALサブルーチンに引続いて又、アナログデータの読み込みの場合はFSAMPLあるいはADCONVに引続いて相関計算サブルーチンがディスクからコアメモリに転送され実行開始される。

このサブルーチンの最初の部分に相関計算を行なうか否かの選択があり、キーボードからの設定により、このサブルーチンをスキップして次のルーチンに進むことも可能である。

Fig. 3.6 に相関計算サブルーチンのフローチャートを示す。

このサブルーチンでは入力チャンネルの各々について2章の(2.5)式を用いて、自己相関関数及び各チャンネル間の相互相関関数を計算している。

3-1-6 相関関数グラフィックプロットサブルーチン (MPLOTC)

相関関数計算サブルーチンが終了すると、続いてこのサブルーチンがコアメモリへ転送され実行開始される。このサブルーチンの最初の部分にプロットを行なうか否かの選択があり、不必要な場合にはこのサブルーチンをスキップして次のサブルーチンに移ることができる。

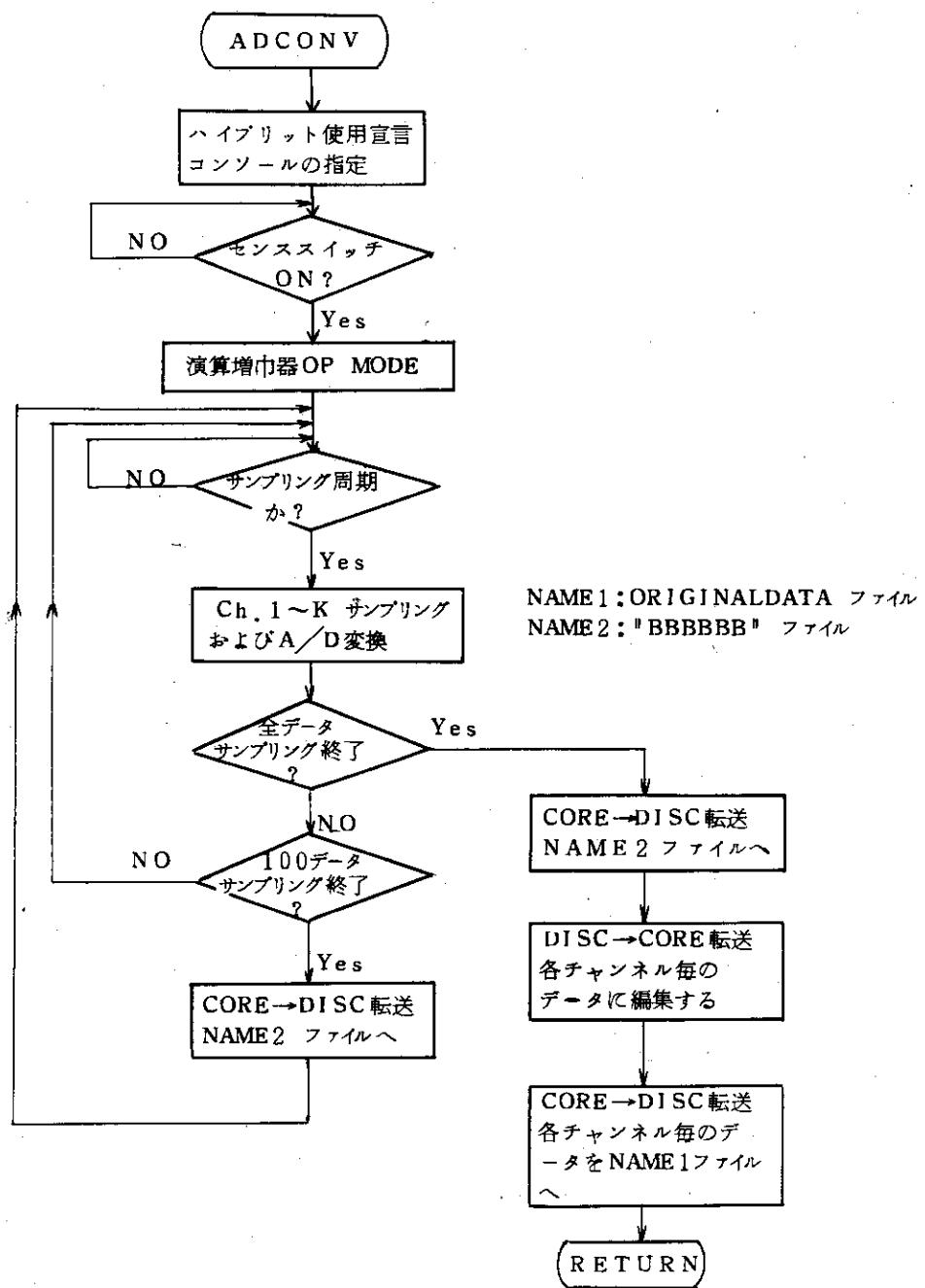


Fig. 3.5 低速サンプリング・サブルーチンのフローチャート

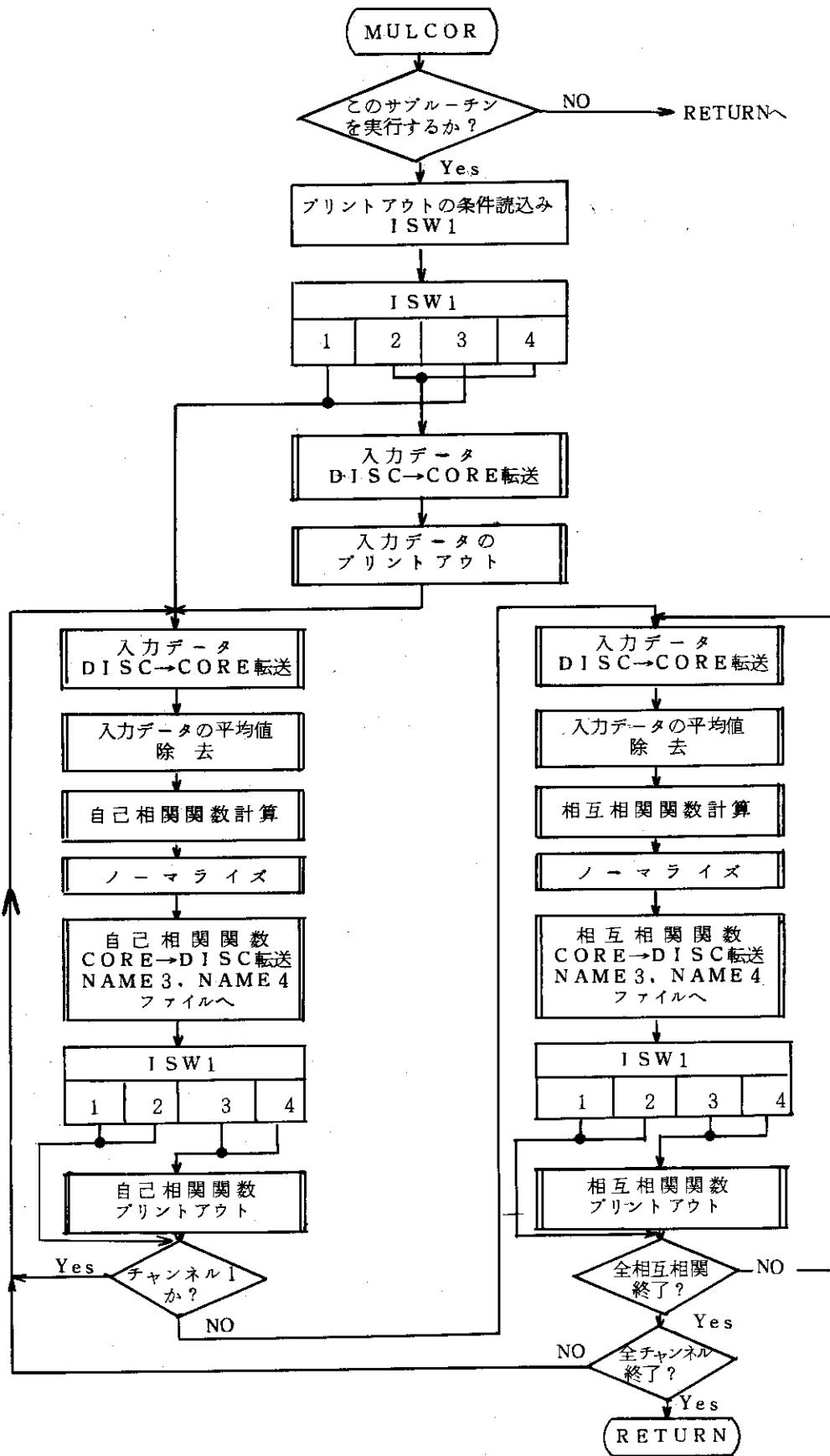


Fig. 3.6 相関計算サブルーチンのフローチャート

ディスプレー面にプロットされる相関関数は2章(2.6)式に従って正規化されたものであり、プロットの方法には大きく分けて次の3つの方法がある。これらの方の選択はすべてキーボードからの操作によって実行可能である。

(1) 任意の相関関数のプロット; FREE CHOISE PLOT

チャンネルナンバーを指定して任意の自己相関あるいは相互相関関数をプロットする。

(2) 連続的な相関関数のプロット; SEQUENTIAL PLOT

任意のチャンネルから任意のチャンネルまでの自己相関及び相互相関関数を1画面に4個ずつ連続的にプロットする。

(3) 特定チャンネルに関する相関関数のプロット; SPECIFIED CHANNEL PLOT

任意に指定したチャンネルについて自己相関及び相互相関関数をプロットする。この場合さらに2つのプロット方式が選択できる。その1つは(2)と同じ方法であり、もう1つは投影方式により視覚上立体的に表示したもので1画面に8個までプロットする。

Fig. 3.7 に相関関数プロットサブルーチンのフローチャートを示す。

3-1-7 スペクトル密度計算サブルーチン (SPECTR)

相関関数プロットサブルーチンに続いてこのサブルーチンがコアメモリへ転送され実行開始される。このルーチンの最初の部分にスペクトル密度計算を行なうか否かの選択があり不要な場合にはこのサブルーチンをスキップして次のサブルーチンへ進むことができる。

このサブルーチンではすでに計算されている自己及び相互相関関数のフーリエ変換計算を行ないスペクトル密度を計算している。計算にはハニングウィンドーと赤池ウィンドーを用い、各々に対してスペクトル計算を行ない結果を比較して精度チェックを行なっている。計算結果の両ウィンドーをかけた結果と、その精度評価値 (SIGNIFICANCE) を書出しているが、ディスクメモリへの格納はハニングウィンドを用いた結果についてのみ行なっている。計算結果はディスクメモリのNAME4ファイル (DDDDDDD) にスペクトル密度を、NAME2ファイル (BBBBBBB) へSIGNIFICANCEを格納している。Fig. 3.8 にスペクトル密度計算サブルーチンのフローチャートを示す。

3-1-8 スペクトル密度グラフィックプロットサブルーチン (MPLOTS)

スペクトル密度計算サブルーチンに続いてこのサブルーチンがコアメモリに転送され実行開始される。このサブルーチンの最初の部分にスペクトル密度のグラフィックプロットを行なうか否かの選択があり、このサブルーチンをスキップして次のサブルーチンへ進むこともできる。計算結果のプロットはパワー及びクロススペクトルのゲインと各変数間のシンプルコヒーレンシィについて行われる。

プロットの方法は大別すると次の2つの方式がある。

(1) 任意チャンネルのスペクトル密度プロット; FREE CHOISE PLOT

指定したチャンネルナンバーのスペクトル密度をプロットする。

(2) 連続的なスペクトル密度のプロット; SEQUENTIAL PLOT

チャンネル1から最終チャンネルまでのパワー及びクロススペクトル密度を順次プロットする。

スペクトル密度プロットでは、縦軸(ゲインの値)及び横軸(周波数の値)を必要に応じて

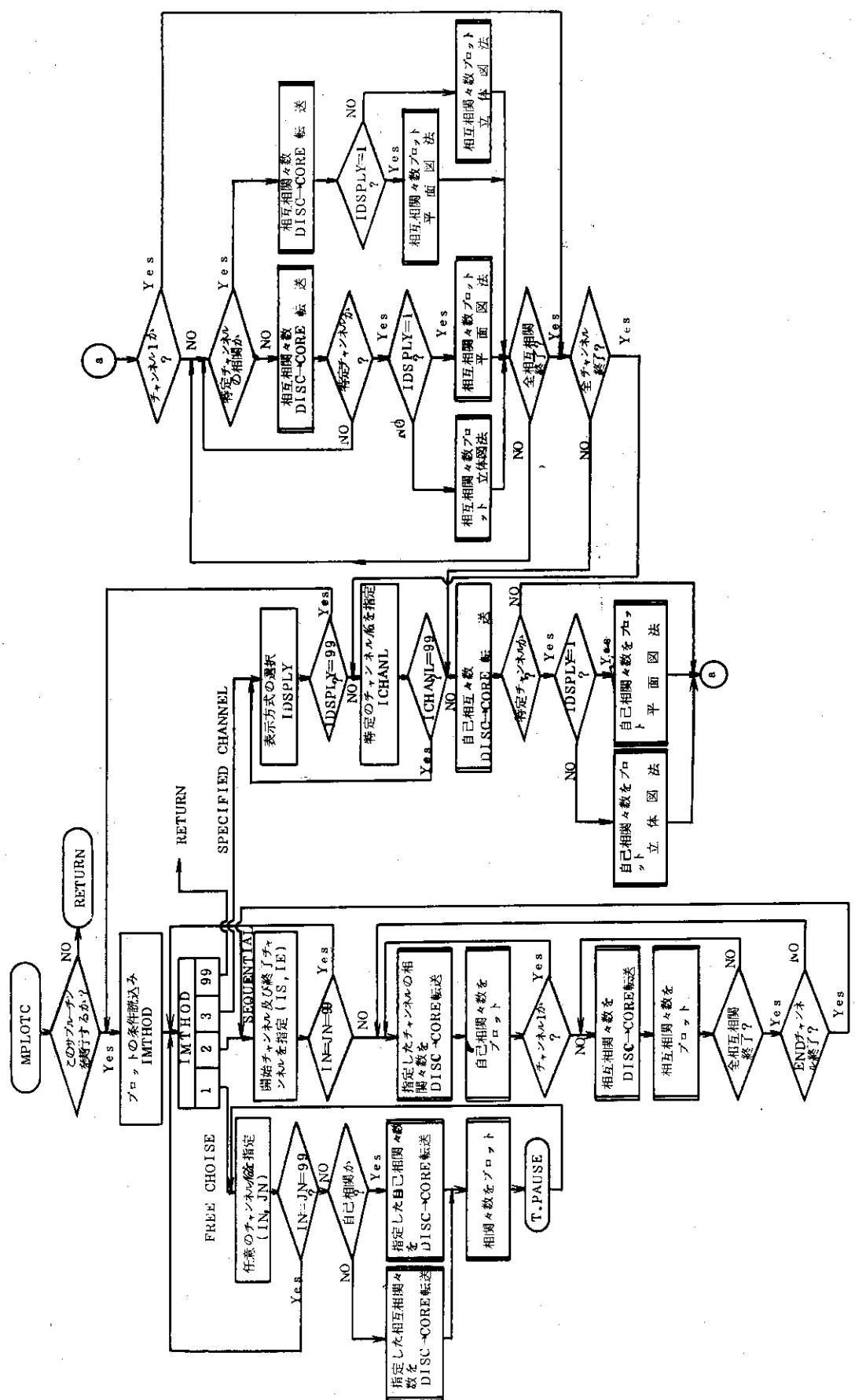


Fig. 3.7 相関関数プロットサブルーチンのフローチャート

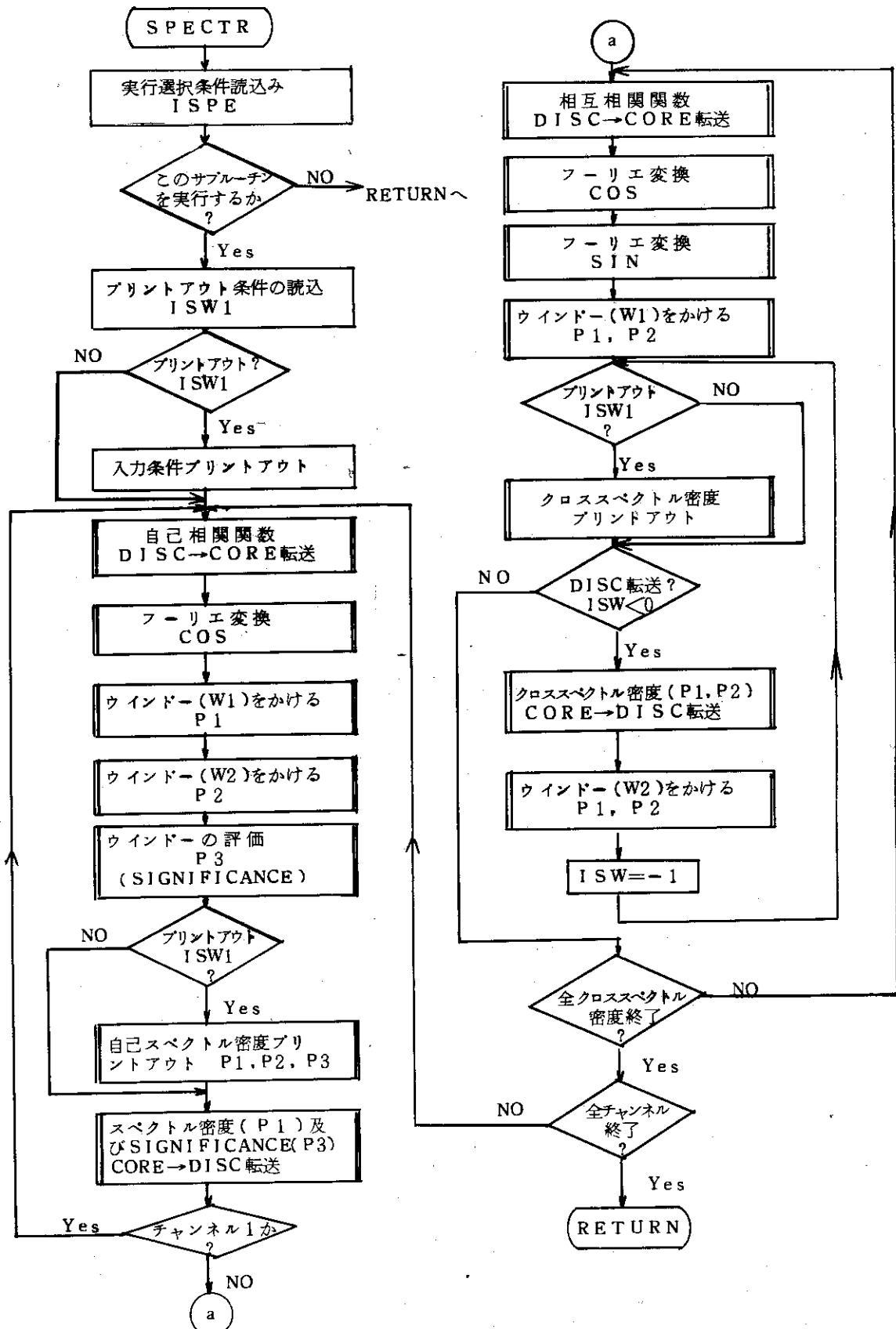


Fig. 3.8 スペクトル密度計算サブルーチンのフロー・チャート

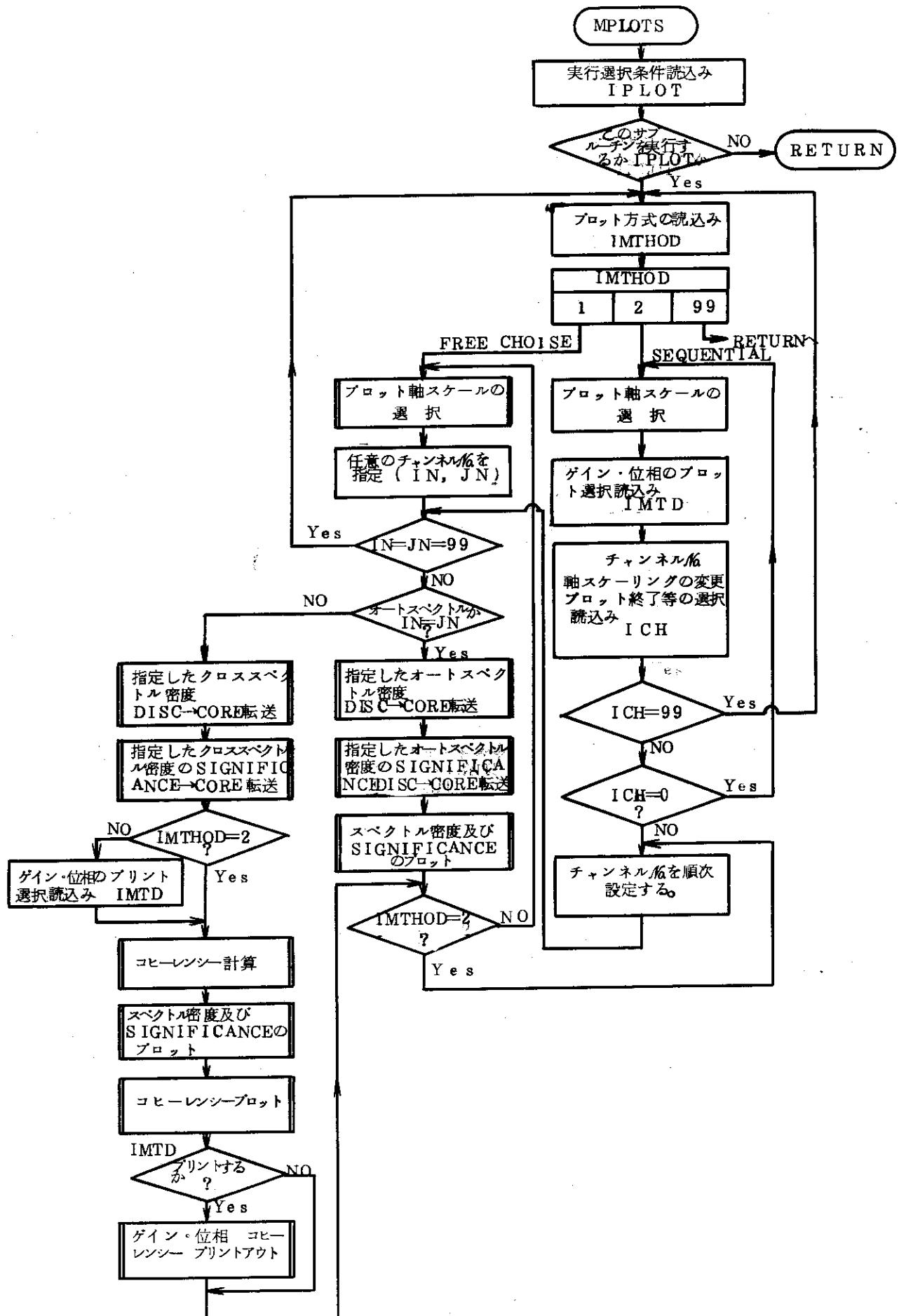


Fig. 3.9 スペクトル密度プロットサブルーチンのフローチャート

リニアスケール、ログスケール及びデシベルで表示する様になっており、キーボードからの入力により表示法を任意に選択できる。クロススペクトル密度のプロットはゲイン特性のみを表示する様になっており必要に応じて、ゲイン、位相及びコヒーレンシイをキーボードからの選択によってプリントアウトすることも可能である。

Fig. 3.9 にこのサブルーチンのフローチャートを示す。

3-2 制約条件

本解析コードの使用に際して、主にディジタル計算機のコア容量からくる種々の制約条件が存在する。以下に各項目に関する条件をデータ読込の方法（低速サンプリングと高速サンプリング）に応じて述べる。

i) 低速サンプリング又はカードリーダからのデータ読込みの場合

- $N \leq 4000$ 1 チャンネル当たりのデータ個数
- $K \leq 15$ 変数の数（チャンネル数）
- $LAGH \leq 500$ 相関及びスペクトル計算のシフト数
- $DELT \geq 0.3$ サンプル値間隔（但し、カードリーダからの読込みの時はその時の条件に従って任意にとることができる）。単位は秒

ii) 高速サンプリングによるデータ読込みの場合

- $N \times K \leq 12000$ 同時に $N \leq 4000, K \leq 15$
- $DELT \geq K \times 10^{-3}$ 但し $K \geq 2$
- $LAGH \leq 500$

上記で明らかな様に特に高速サンプリングによるデータ読込みの場合、いくつかのパラメータにわたっての制約条件があるので特に注意を要する。尚、この場合のサンプル値間隔の決定についての詳細は 4.3 章に述べられている。

4. 本解析コード使用に当ってのハイブリッド計算機の操作法

4.1 ハイブリッド計算機の概要

ハイブリッド計算機とは、ひとつのシステムとしてアナログ演算部とディジタル演算部とが、リンクケージ装置を介して電気的に接ながっているものである。

本解析コードに使用しているハイブリッド計算機は、EAI (Electronic Associates, Inc.) のPACER-600システムである。

この計算機システムのアナログ演算部 (EAI-681) は、アナログ部として加算器、加算積分器、トランク／ストア加算器、乗算器、関数発生器、コンパレータ、ポテンショメータ等があり、これにアンドゲート、BCDカウンタ、モノステーブル・タイマ、汎用レジスタ、ディジタル押ボタン等のパラレルロジック部とで構成されている。さらにリンクケージ部としてAD及びDA変換器がもうけられている。ディジタル演算部 (PACER-100) は、1語が16ビットで32K語のコアメモリから成っている。

又、ディジタル周辺装置として磁気ディスク装置が設置されており、1プラッタは1143K語の記憶容量をもち、本装置は可動ヘッドと固定ヘッドの2つのプラッタから成立っている。

システムの入出力装置としては、カードリーダ、紙テープリーダ／パンチャー、8チャンネルレコーダ、XYレコーダ、シンクロスコープそれに本計算機システムをコントロールするディスプレーターミナルが設置されている。このディスプレーターミナルは計算結果のプロットやメッセージを表示する。またキーボードからはシステムのコントロールをすることができる。これにはハードコピーがつながっていて必要に応じてコピーができる。

4.2 ハイブリッド計算機の起動

① アナログ部の操作

4-3章に述べるよう必要なパッチングをしたパッチパネルをアナログ部にセットしたら、次の手順でFig. 4.1に示すコントロールキーボードを操作する。

- ① コンソールの[ENG]ボタンをランプが点灯するまで押し続ける。
- ② コンソールのPOT ADDRESS の[KEY]ボタンを押す。（ランプが点灯していれば押さなくともよい）
- ③ コントロールキーボードのCLOCK RATE を[10⁶]に、LOGIC MODE を[R]にセットする。
- ④ TIME SCALE を[N], [SEC] (Normal Second) にセットする。
以上のようにセットしたのち、演算開始の時にアナログモードの[OP]ボタンを押す。

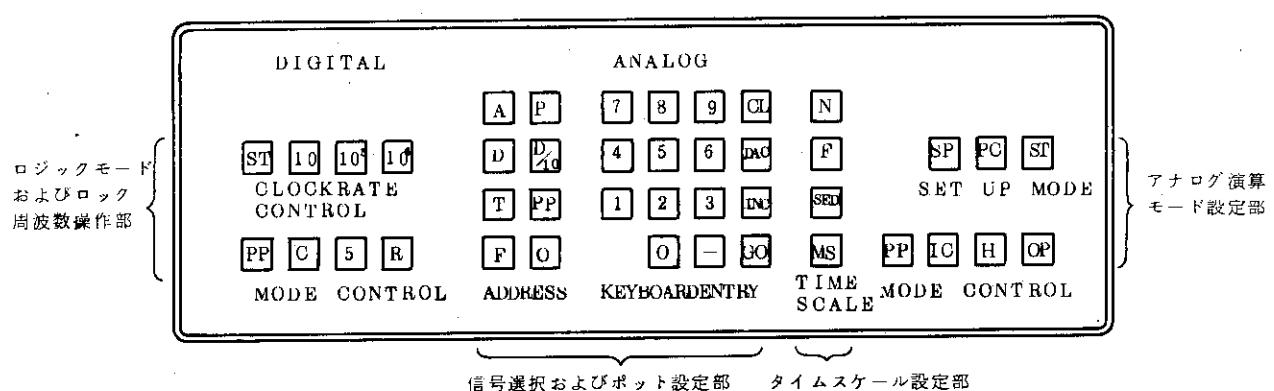


Fig. 4.1 アナログコントロールキーボード

⑤ ディジタル部の操作

ディジタル部の演算は Fig. 4.2 に示すコントロールパネルの操作によっておこなわれる。

ディジタル演算をはじめる前にモニターモードにしなければならないが、それは次の手順でおこなう。

- ① EXECUTE の (RUN) スイッチを下げる
- ② RESET (I/O), (COMP) のスイッチを一時下げる
- ③ DISPLAY REGISTER のキーを全部上げる
- ④ (P) のキーを一時下げる
- ⑤ ENTER のキーを一時下げる
- ⑥ EXECUTE (RUN) のスイッチを上げる

以上の操作を行なうとディスプレーターミナル画面に "M—" の表示が出る。これがモニターモードである。モニターモードになると、演算のコントロールはすべてディスプレーターミナルのキーボード操作によって行なうことができる。

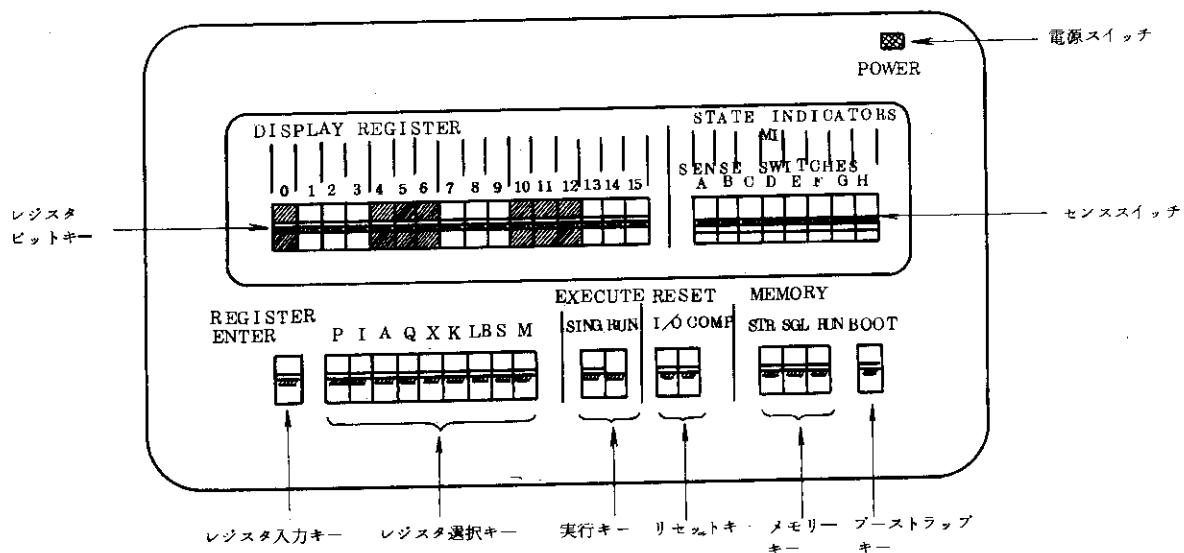


Fig. 4.2 ディジタル演算部コントロールパネル

(c) ディスクからのプログラムの読み出し

磁気ディスクに登録されているプログラムをディジタル部のコアに読み出して実行させる。例えば、ディスクにすでに登録されているプログラム“NAMEXX”を読み出しスタートさせるには、次の順に従がってキーボード操作を行う。

M - (モニターモードであること)

L, NAMEXX, 2 1 ↴ ↴ はReturn を表わす。

NAMEXX CI P1 } 計算機の応答
L D }

G, 1 0 0 0 ↴ 演算開始

(NAMEXXというプログラムが実行される)

(d) インタラクティブユーティリティの使用法

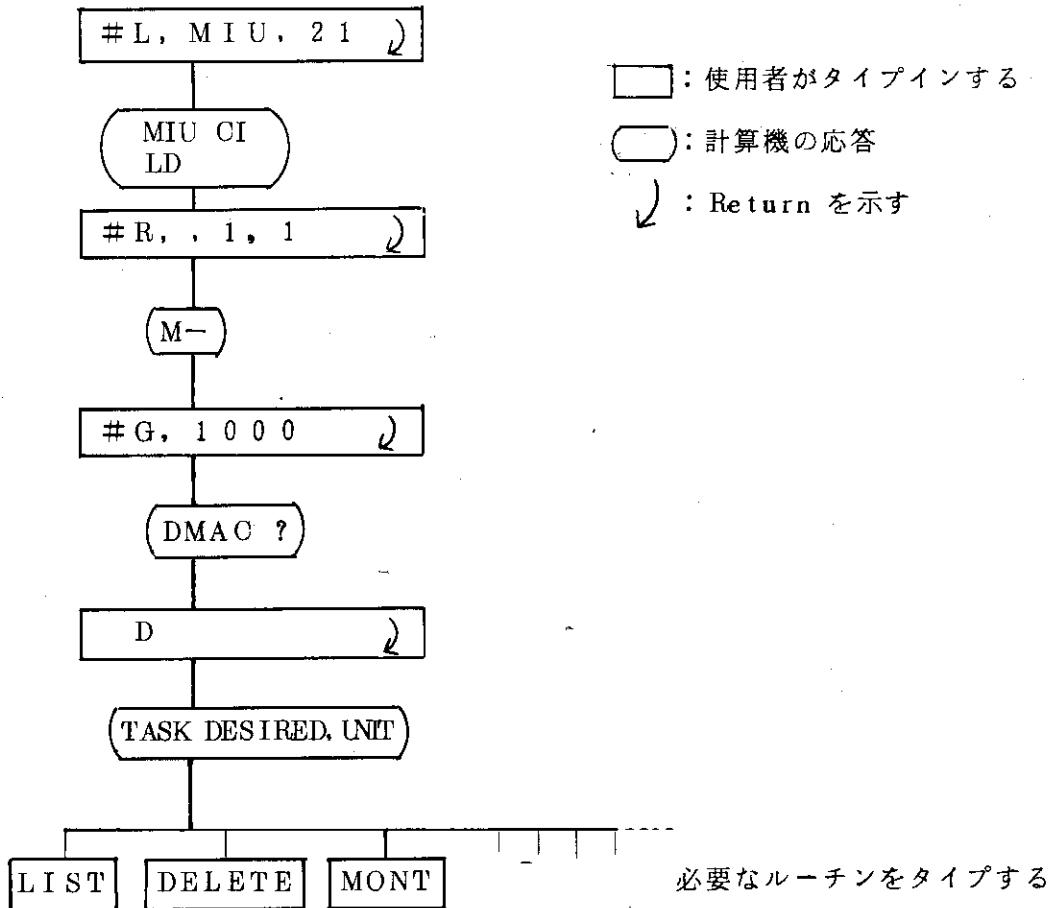
ディジタル演算のソフトウェアの中に磁気ディスクとの読み出しや書き込みのためのMIU (Moving head disc file Interactive Utility) ルーチンが用意されているが、本解析コードを使用する上で必要なルーチンは

- ① LIST ディスクに登録されているファイル名のリストアップ
- ② DELETE ディスクに登録されているファイル名の消去
- ③ MONT モニターモードへのリターン

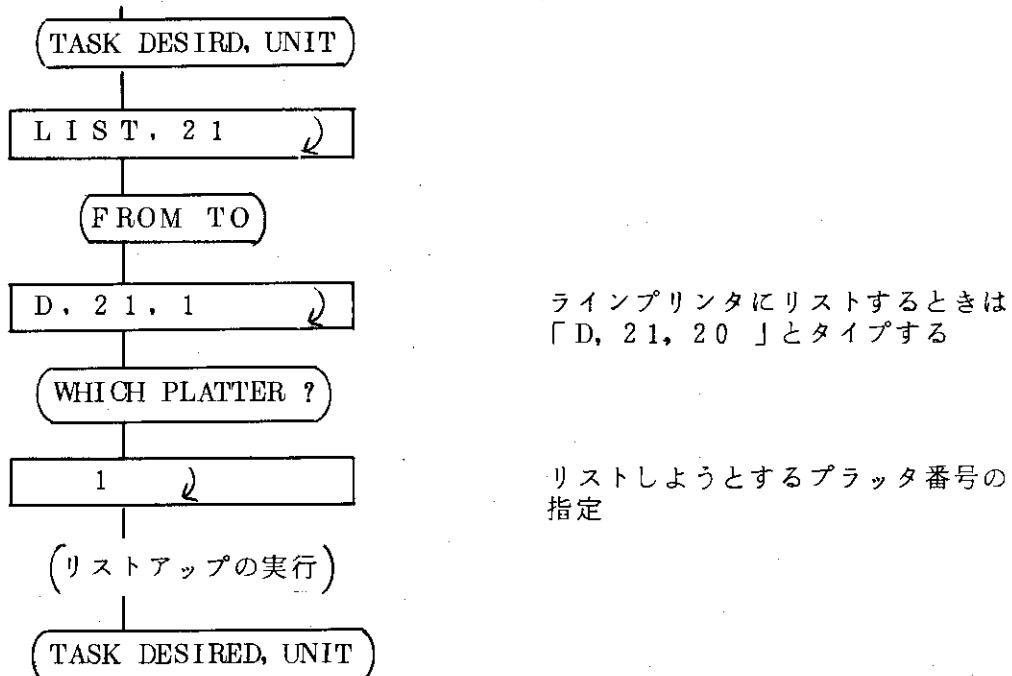
であり、これらのルーチンのキーボード操作をフローシートで示す。

はじめにモニターモードにおいてMIUルーチンを、ディスクからディジタル部のコアにロ

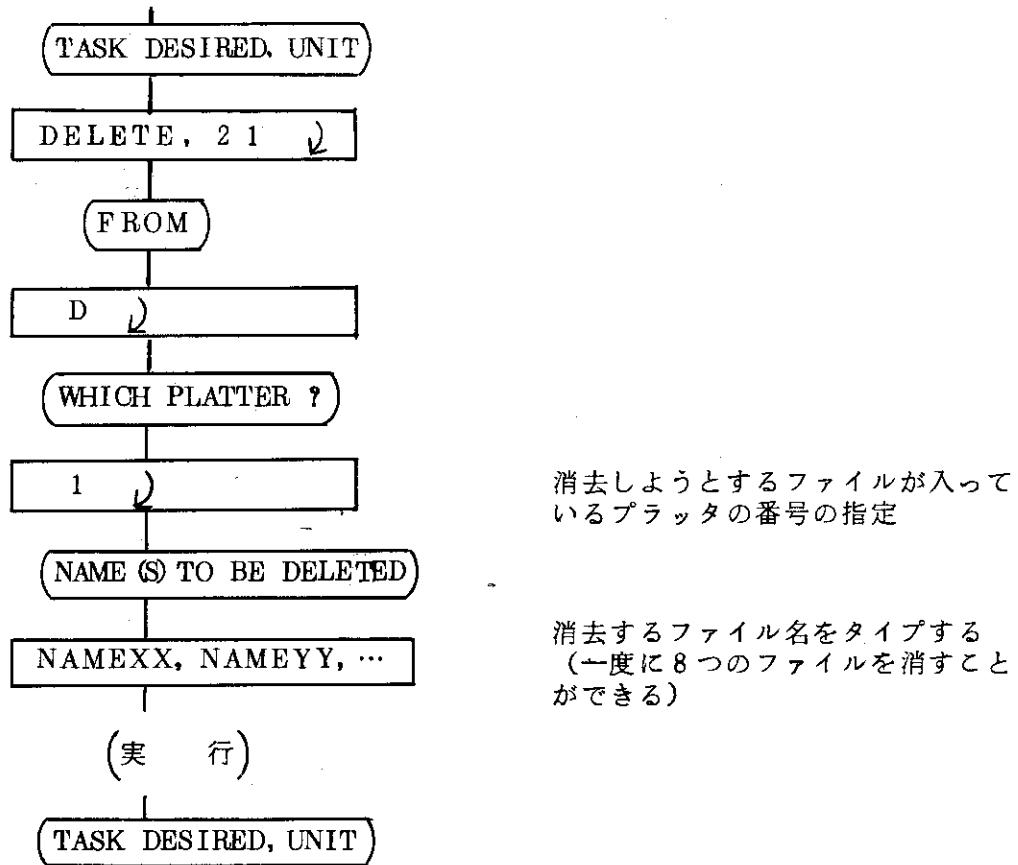
ードする。



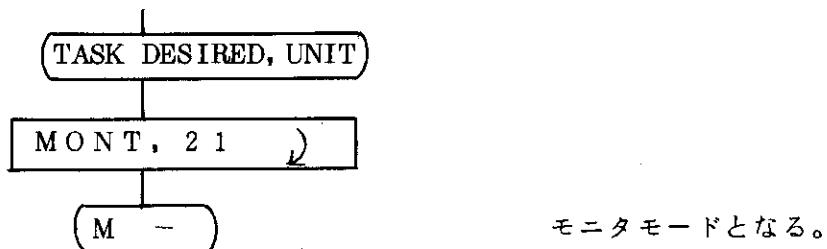
① LIST ルーチン



⑩ DELETE ルーチン



⑪ M O N T ルーチン



⑩のDELETE ルーチンは4-4章で述べるデータファイルを消去する場合に使用する。

4.3 コード使用に当ってのアナログ部及びロジック部の準備

入力データがアナログ量である場合、即ち、ハイブリッド計算機のアナログ部に動時性モデルを組んでシミュレーションスタディを行ったり、あるいは、すでにデータレコーダに集録された実験データを解析する場合にはリンクージ部のA D変換器を通してサンプリングによってデジタルデータへの変換がなされる。以下にデータ読み込みに必要なアナログ部及びロジック部のパッチングについて述べる。

① アナログ部のパッチング

データレコーダに集録されているデータをA D変換器を通してサンプリングする時の必要なアナログ部のパッチングをFig. 4.3に示す。(但し、データレコーダの出力は±1 Vとする)

ここでは 1 チャンネル分の結線について示されているが、その時のチャンネル数に応じて同様の結線を行えばよい。

⑥ ロジック部のパッティング

3-1 章で述べた様に A/D 変換には高速サンプリングと低速サンプリングの 2 通りがある。各々のロジック部のパッティングは次の通りである。

・低速サンプリング

通常のサンプリングはこの方法で行われるが、このサンプリングの最小時間間隔は 0.3 秒ときめられている。今、サンプリング間隔を 0.5 秒とすれば、ロジック部のモードコントロール/タイマートレインの「 C_i 」に 10^3 PPS のパルスを入力し、カウンタ A の設定を 499 としカウンタ B を 1、カウンタ C を 0 とする。こうすると、1 秒間 1000 パルスのうちカウンタ A では 499 パルスを数え、カウンタ B で次の 1 パルスを数える。したがってカウンタ B では 500 パルスに 1 回、つまり 0.5 秒に 1 パルスを得ることになる。これを微分器を通しモノステーブルで波形整形をして、ディジタルプログラムで決められたセンスラインへ接なぐとサンプル信号となる。Fig. 4.4 にパッティング図を示す。（本プログラムで使用しているセンスラインのチャンネルナンバーは 0 番である。）時間間隔を変更するには、タイマーのレジスタを変える。1 秒のサンプリングにしたい時には、「 C_i 」に 10^3 PPS が接ながっているとして、カウンタ A は 999 に、カウンタ B を 1 にセットすれば、この B の出力パルスが 1 秒間隔となる。

サンプリング間隔 T は次式によって決まる。

$$T = \frac{A + B}{C_i} \quad (\text{秒})$$

A : カウンタ A の設定置

B : カウンタ B の設定置

C_i : 入力のクロックパルス (PPS)

・高速サンプリング

高速の A/D 変換を行う場合は、パッチパネル上の ADC コントロールエリアにある“ DMC ”端子にパルストレインを与えなければならない。このパルストレインはロジック回路を使って、サンプリング間隔、チャンネル数およびチャンネル間の周期を決定する。単に繰返しパルスを入れただけでは多チャンネルを使用した場合、パルス周期毎にチャンネルがきりかわり、その周期だけ遅れてサンプリングされるため同時性がなくなり、解析に支障があるので注意を要する。但し 1 チャンネルのみ A/D 変換する場合はこの限りでない。パルストレインを Fig. 4.5 に示す。

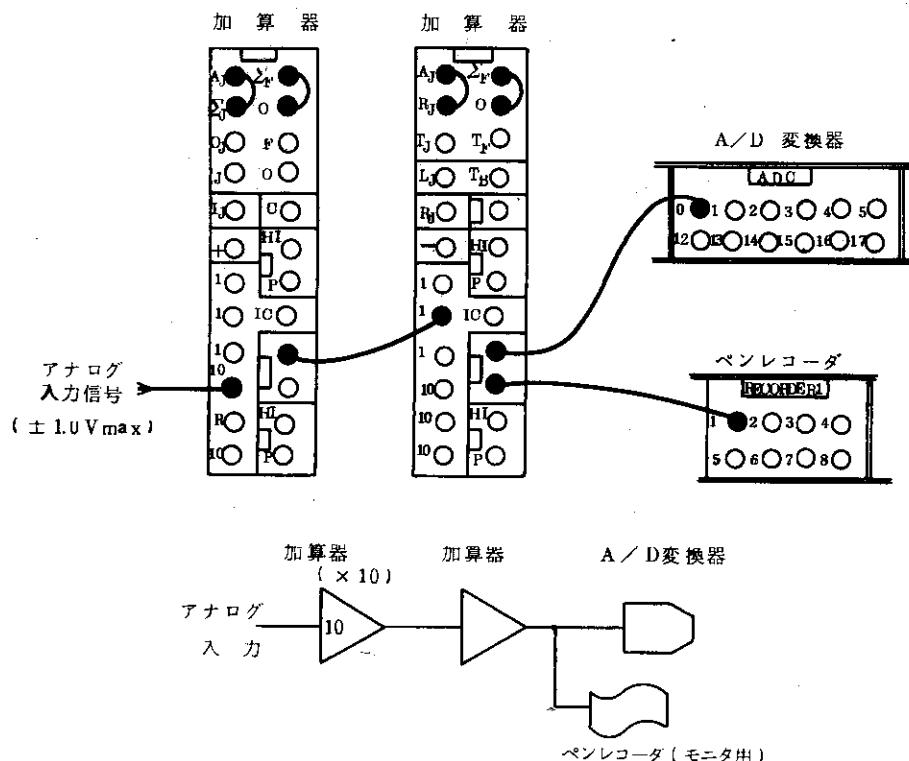


Fig. 4.3 アナログ部パッチング（1チャンネルのみ）

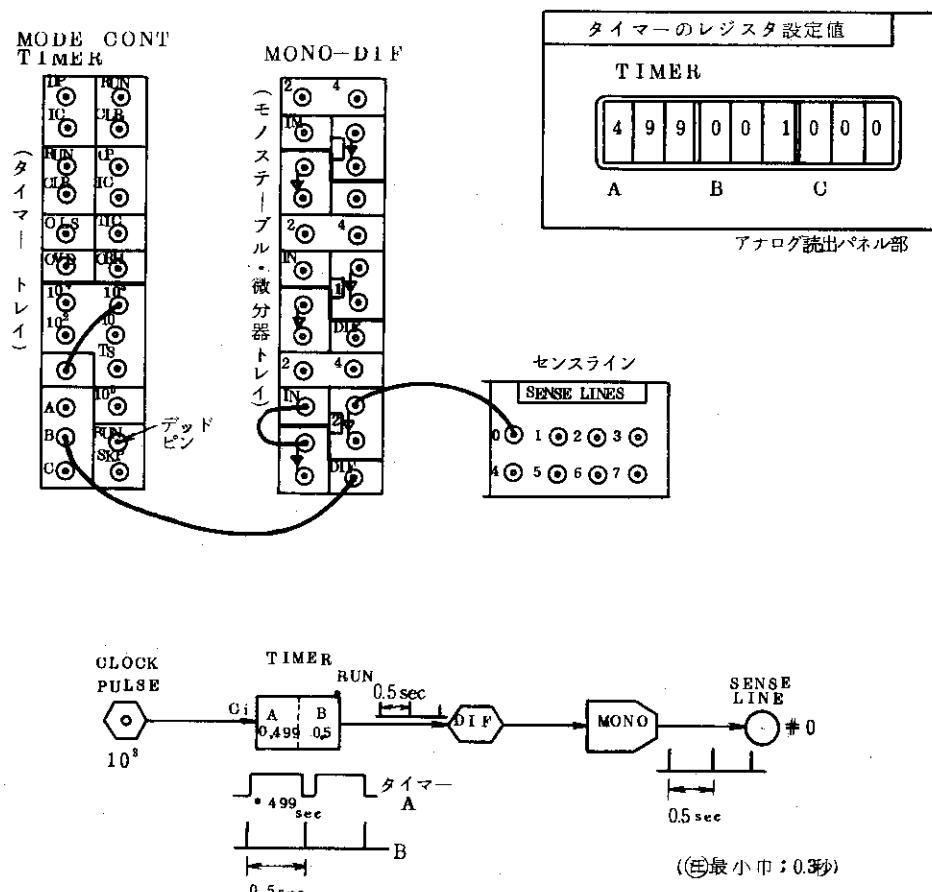


Fig. 4.4 サンプリングのパッチング

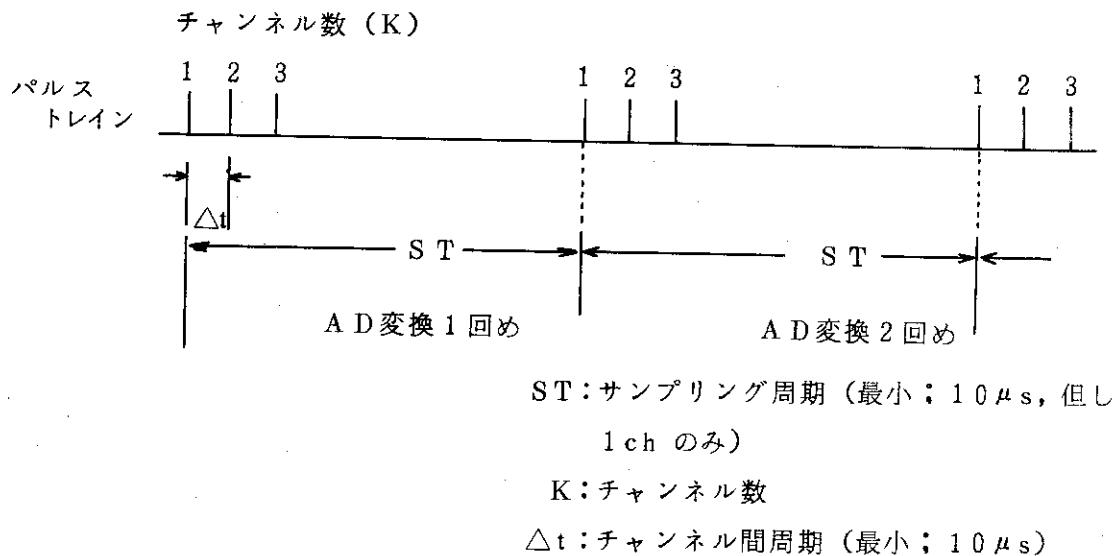


Fig. 4.5 パルストレイン (3 チャンネルの場合)

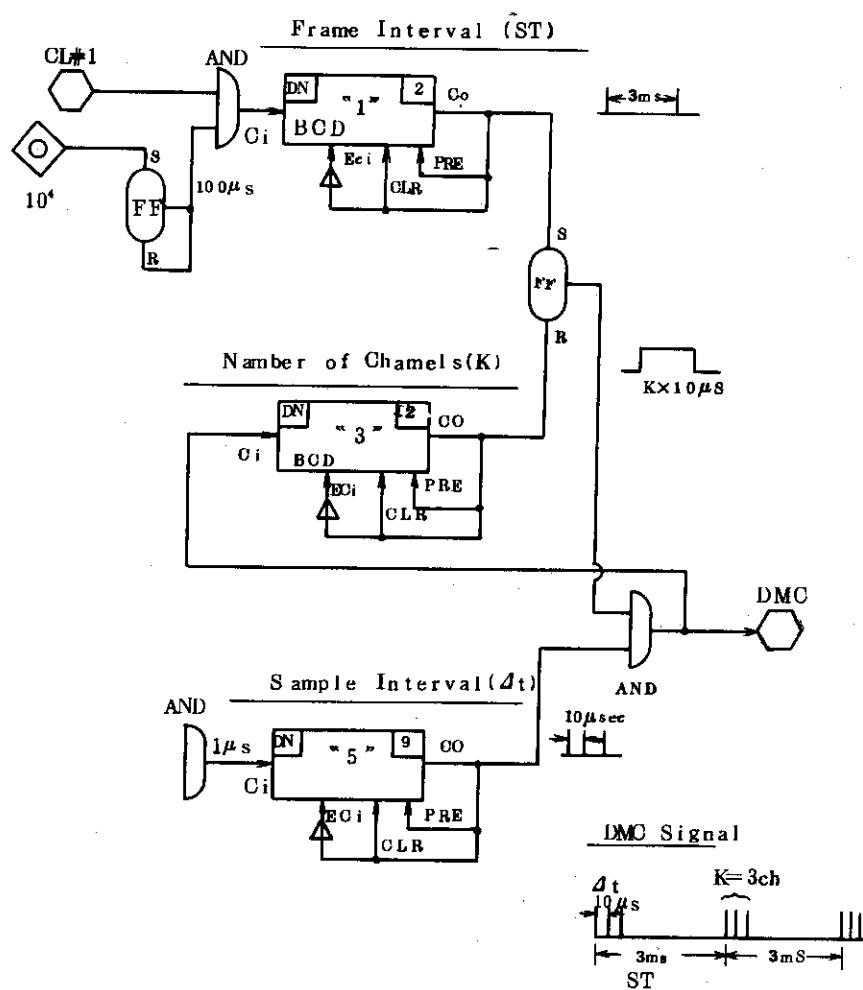


Fig 4.6 パルストレイン発生回路

データの同時性の観点からチャンネル数とサンプリング間隔の関係式は次の通りである。

$$\frac{\Delta t \times K}{ST} < 0.01 \quad (1\%)$$

A D 変換を 2 チャンネルとしたときの最小サンプリング間隔を算出すると

$$ST > \frac{C \times K}{0.01} = \frac{10^{-5} \times 2}{0.01} = 2 \times 10^{-3} \text{ (sec)} = 2 \text{ msec}$$

となる。

C : クロックパルス 10^5 PPS とすればその周期
は 10^{-5} sec となる。

(高速サンプリングによるデータ取込は、4 0 0 0 データで最大 3 チャンネルに制約されて
いるが、本解析コードとは別に高速サンプリングプログラムが用意されており、これを使用
すれば最大 10 チャンネルの A D 変換が可能となる。その場合のサンプリング間隔を計算す

$$\text{れば } ST > \frac{10^{-5} \times 10}{0.01} = 10 \times 10^{-3} \text{ つまり } 10 \text{ msec となる。})$$

Fig. 4.6 にパルストレイン発生回路を示す。

4.4 コードの使用法

4-2, 4-3 章で述べたすべての準備が完了後、本コードの実行を開始する。プログラム
実行のプロセス、データ処理に必要なパラメータや各種の選択条件はすべてディスプレイター
ミナルに表示され、それに従ってキーボードから必要な情報を与えることによりプログラムは
進行する。

以下に具体的な操作手順をディスプレイ表示に従って順次説明する。

1) ディスクメモリから本コードのメインプログラムをコアメモリへ転送し実行開始

4-2-① 章で述べた方法で次の様にキーボード操作をする。

L, MLCOSP 21 ↵ ↵ は Return を表わす。

MLCOSP CI P1
LD } 計算機の応答

G, 1000 ↵
INITIAL CI P1
LD } 計算機の応答

2) 計算上の条件を入力

プログラムの実行が開始されると次のメッセージがディスプレー面に表示される。

PROGRAM FOR COMPUTING MULTIPLE
CORRELATION AND SPECTRUM

THIS PROGRAM HAS FOLLOWING RESTRICTED
CONDITION

- * MAX NUMB. OF VARIABLES..... 15
- * MAX NUMB. OF DATA SAMPLE..... 4000
- * MAX NUMB. OF LAG..... 500

TYPE IN

- * N NUMB. OF DATA SAMPLES
- * K NUMB. OF VARIABLES
- * LAGH..... MAX LAG
- * DELT..... SAMPLING INTERVAL (F TYPE)
- ** N, K, LAGH, DELT **

計算上の条件に応じて、キーボードから例えば次の様に入力する。

1	0	0	0	,	2	,	1	0	0	,	0	0	0)
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

↑ ↑ ↑ ↑
 N N LAGH DELT

ここで、サンプリング間隔DELTの単位は秒で与える。

3) データファイル名を入力

サンプリングしたデータを格納するオリジナルデータファイル名 (NAME1) を設定する。ファイル名は 6 文字の任意の名前で良く、データを読み込む毎に新しいファイル名を登録することができる。又、1つのファイル を登録しそのファイル名を共通に使用する方法を取っても良い。前者はディスクメモリのプラッタにオリジナルデータを保存しておきたい場合に用いるが、プラッタの記憶容量の制限により登録できるファイル数に制限がある。

ディスプレーには次のコメントが表示され必要なファイル名をインプットする。ここですでに登録されているファイルを使用する場合はそのファイル名をインプットする。

TYPE IN THE ORIGINAL DATA FILE NAME "NAME1"
NAME1:FILE NAME OF ORIGINAL DATA (TIME SERIES DATA)

ファイル名の設定例

AAAAAA)

4) 相関、スペクトル計算結果等を格納するデータファイルの登録

本コードでは、オリジナルデータ、相関、スペクトル計算結果等を格納するためNAME1～NAME4までの4つのデータファイルを使用している。そのうち、NAME1だけはユーザーがファイル名を設定することができ、他の3つのファイルはプログラム中で自動的にネイミングされる様になっている。従ってNAME2～NAME4は最初に1回だけ登録する必要があり2回目からは常に同じファイル名を共有して使うことになる。そのため本コードではオリジナルデータのみが（異なるファイルを作れば）保存可能であり、相関、スペクトル計算結果は次のデータについて計算すると消されてしまう。

ディスプレー面には次のメッセージが表示され、必要な数値をインプットする。

```
SELECT FILE ASSIGN CONDITION
1:ASSIGN ALL FILES
2:ASSIGN NAME2, NAME3, NAME4
3:ASSIGN NAME1 ONLY
4:NOT ASSIGN
```

5) データの入力方式の選択

4) に続いて次のメッセージがディスプレー面に表示される。

```
SELECT FOLLOWING NUMBER FOR ORIGINAL DATA INPUT CONDITION
1:FROM CARD READER
2:FAST SAMPLING FROM ANALOG COMPUTER
3:NORMAL SAMPLING FROM ANALOG COMPUTER
4:NOT READ (DATA IS ALREADY FILED)
** JREAD **
```

各方式について手順を述べる。

1: カードリーダからの読み込み

カードリーダにデータカードをセットしカードリーダのパワー及びスタートボタンのオンを押す。キーボードから1をインプットしRETURNを押すとデータの入力を開始する。

2: 高速サンプリングによる読み込み

キーボードから2をインプットしRETURNを押すとFSAMPLサブルーチンがディスクメモリからコアメモリに転送され次のメッセージが表示される。

```
DATA SAMPLE START ; SENSW(A) ON
```

ここで、アナログ計算機の準備完了を確認し、アナログ計算機を“OP”モードにする。（データレコーダからのデータの読み込みの場合にはこれをスタートさせる。）この状態でセンススイッチAをONにすると高速サンプリングが開始される。サンプリングが終了するとアナログ計算機は自動的に“PC”モードになる。

3: 低速サンプリングによる読み込み

キーボードから 3 をインプットし RETURN を押すと ADCONV サブルーチンがディスクメモリからコアメモリに転送される。この方式はサンプリング間隔が 0.3 秒以上の場合に使用される。以下の手順は高速サンプリングの場合と同じである。

4 ; データ読みなし

データファイルがすでに作成されている時は 4 をインプットして次に進む。

6) 相関計算プログラム

5) によってデータ入力が終ると、次のメッセージがディスプレー面に表示され、相関計算を行うか否かの選択をキーボードからインプットする。

MULTIPLE CORRELATION PROGRAM

SELECT FOLLOWING NUMBER

1; CALCULATE CORRELATION
2; NOT CALCULATE

** ICOR **

ここで 2 が選択されると 8) のステップに進む

7) ラインプリンタへの出力条件の選択

上記に続いて次のメッセージがディスプレー面上に表示され、オリジナルデータ及び相関関数計算結果の数値をラインプリンタに出力するか否かで必要な値をインプットする。

TYPE IN PRINT OUT CONDITION FOR LINE PRINTER

* ISW1 1; NOT PRINT
2; PRINT OUT ORIGINAL DATA
3; PRINT OUT CORRELATION
4; PRINT OUT BOTH DATAS

** ISW1 **

この入力が終ると相関計算が開始される。

8) 相関関数結果のプロット

相関関数計算が終了すると MPLOT C サブルーチンがディスクメモリからコアメモリに転送され、次のメッセージがディスプレー面に表示される。

PLOT THE MULTIPLE CORRELATION

SELECT THE NUMBER

1; PLOT THE CORRELATION
2; NOT PLOT

** IPLOT **

ここで相関関数計算結果をプロットするか否かの選択を行い 1 又は 2 をインプットする。
プロットしない場合にはステップ 10) に進む。

9) プロット条件の選択

上記 8) で 1 をインプットすると続いて次のメッセージがディスプレー面に表示される。

```
PLOT THE MULTIPLE CORRELATION
SELECT THE NUMBER FOR PLOTTING METHOD
1;FREE CHOISE
2;SEQUENTIAL PLOT
3;SPECIFIED CHANNEL
99;END OF THE JOB
** IMTHOD **
```

解析の必要に応じて適宜方式を選択する。

1; FREE CHOISE を選択した場合

続いて次のメッセージがディスプレー面に表示される。

```
PLOTTING METHOD IS "FREE CHOISE"
TYPE IN CHANNEL NUMBER (IN, JN) OR
TYPE IN 99, 99 IF END OF THE PLOT
** IN JN **
```

ここで必要なチャンネルナンバー (IN, JN) をインプットすることによって、それに対応した相関関数がプロットされる。(5章 Fig. 5.9 参照) 又、この方式のプロットを終えたい場合は

99, 99)

インプットすることによってステップ 9) の頭にもどる。

2; SEQUENTIAL PLOT を選択した場合

続いて次のメッセージがディスプレー面に表示される。

```
PLOTTING METHOD IS "SEQUENTIAL PLOT"
TYPE IN START AND END CHANNEL NUMBER
OR TYPE IN 99, 99 IF END OF THE PLOT
** ISTAT, IEND **
```

ここではプロットしたいデータの最初と最後のチャネルナンバーを入力する。ディスプレー面には、相関関数が平面状に 4 個ずつプロットされる。又、この方式のプロットを終えたい場合には、

99, 99)

とインプットすることによってステップ9)の頭にもどる。

3; SPECIFIED CHANNEL を選択した場合

そのチャンネルに関連した相関関数をすべてプロットする。この場合、次のメッセージに示されている様に平面表示と立体表示の選択がなされる。

```
PLOTTING METHOD IS "SPECIFIED CHANNEL"
SELECT THE PLOTTING FORMAT
1; PLAIN DISPLAY
2; THREE DIMENSIONAL DISPLAY
OR TYPE IN 99 IN END OF THE PLOT
** IDSPLY **
```

続いて次のメッセージが表示され、必要なチャンネルナンバーをインプットする。

```
PLOTTING METHOD IS "SPECIFIED CHANNEL"
TYPE IN CHANNEL NUMBER
OR TYPE IN 99 IF END OF THE PLOT
** ICHANL **
```

この方式を終えたい場合は

99)

とインプットすることによって9), 3; SPECIFIED CHANNELにもどる。

99;END OF THE JOB を選択した場合

相関関数のプロットがすべて終了した場合又は、不必要的場合、この選択によって次のスペクトル計算に進む。

10) スペクトル計算

スペクトル計算サブルーチンSPECTRがディスクメモリからコアメモリに転送され実行開始すると次のメッセージがディスプレー面に表示され、スペクトル計算を行うか否かの選択をしてキーボードからインプットする。

```
MULTIPLE SPECTRUM PROGRAM
```

```
SELECT THE NUMBER
```

```
1; CALCULATE THE MULTIPLE SPECTRAM
```

```
2; NOT CALCULATE
```

```
** ISPE **
```

ここで2が選択された場合には、ステップ11)に進む。1を選択しスペクトル計算を行う場合、さらに次のメッセージが表示される。

```
TYPE IN
PRINT OUT CONDITION FOR LINE PRINTER
1;NOT PRINT OUT
2;PRINT OUT SPECTRUM
```

スペクトル計算結果をラインプリンタにアウトプットするか否かの選択を行う。入力を終るとスペクトル計算を開始する。

11) スペクトル密度関数のプロット

スペクトル計算が終了するとスペクトル密度関数プロットサブルーチンSPECTRがディスクメモリからコアメモリに転送され実行開始する。ここで、次のメッセージがディスプレー面上に表示され、スペクトル密度関数をプロットするか否かの選択をする。

```
PLOT THE M SPECTRUM AND COHERENCY

SELECT THE NUMBER
1; PLOT THE SPECTRUM
2; NOT PLOT
** IPLOT **
```

2を選択した場合には、これで本コードのプログラムの実行をすべて終了する。1を選択すると続いて次のメッセージが表示される。これに従って、スペクトル密度関数のプロット方式を選択する。

```
PLOT THE POWER SPECTRUM

SELECT THE NUMBER FOR PLOTTING METHOD
1; FREE CHOISE
2; SEQUENTIAL PLOT
99; END OF THE JOB

** IMTHOD **
```

1;FREE CHOISEを選択した場合

続いて次のメッセージが表示されスペクトル密度関数をプロットする際の縦軸、横軸のスケーリング方法の選択を行う。

** AXIS SCALING CONDITION **

X AXIS 1...LINEAR 2...LOG
 Y AXIS 1...LINEAR 2...LOG 3...DB

* TYPE IN THE SCALING NO

2, 2 ↴ ←---キーボードからの入力の1例

続いて次のメッセージが表示され、チャンネルナンバーを入力する事によってスペクトル密度関数のゲイン特性がプロットされる。

PLOTTING METHOD IS "FREE CHOISE"

TYPE IN CHANNEL NUMBER (IN, JN)
 OR TYPE IN 99, 99 IF END OF THE PLOT
 99, 0 IF CHANGE THE SCALING CONDITION

** IN, JN **

1, 1 ↴ ←---チャンネルNoの入力例

ここで、縦軸、横軸のスケーリング条件を変更したい場合は

99, 0 ↴

又、この方式のプロットを終了する場合は

99, 99 ↴

をキーボードからインプットすれば良い。前者の場合、再度スケーリング条件の選択のメッセージが表示される。後者の場合、スペクトル密度関数のプロット方式の選択の所にもどる。ここで、二つの変数の間のクロススペクトル密度関数をプロットする場合、チャンネルナンバーは必ず大きい方から入力することになっているので注意を要する。
 クロススペクトル密度関数プロットの入力例

3, 1 ↴

チャンネルナンバーがインプットされると次のメッセージが表示され、ゲイン、位相、コヒーレンスの計算結果をラインプリンターにプリントアウトするか否かの選択を行う。これらの値をプリントアウトする場合は、1を、又しない場合は1以外の任意の数をタイプインする。

* IF PRINT OUT THE GAIN, PHASE AND COHERENCY
 TYPE IN 1

以上の各条件の入力が終ると、スペクトル密度関数がプロットされる。又、クロススペクトルの場合さらに2変数間のシンプルコヒーレンシィがプロットされる。

2; SEQUENTIAL PLOT を選択した場合

スペクトル密度関数の表示方法及び手順はFREE CHOISE の場合と同じであるが、この方法が選択されると、スケーリング条件、ラインプリンタへのプリントアウト条件の選択に続いて次のメッセージがディスプレー面に表示され、プロットしたいチャンネルナンバーをインプットする。

```
* TYPE IN CHANNEL NO OR
0 IF CHANGE THE SCALING CONDITION
99 IF END THE PLOT
```

あるチャンネルナンバーが選択されるとこのチャンネルに関連したスペクトル密度関数を順番にすべてプロットする。スケーリングの条件を変更する場合は0を、又この方式を終える場合は99をインプットする。99を選択した場合はプロット方式の選択にもどる。

99;END OF THE JOB を選択した場合

本コードのプログラム実行をすべて終了し

```
STOP 0000
```

がディスプレー面に表示される。

◎補足事項

(1) ハードコピーの取り方

ディスプレー面に表示されたプロットカーブをハードコピーしたい時は、ハードコピー装置のコピーボタンを押す。本コードでは計算結果が表示されるとその状態でプログラムはポーズしており、表示された結果を見て必要に応じてコピーを取れば良い。

(2) ディスプレー面の消去

ディスプレー面に画かれた図形及びメッセージ等の消去には2種類ある。

- I 通常の場合、キーボード上の[PAGE]を押すとどんな場合でも画面は消去される。
- II ディスプレー面に図形が表示されプログラムがポーズの状態になっている場合、キーボード上のPAGE以外のキーを押すと画面が消去され、プログラムは次に進む。

(3) 操作ミスをした場合の対策

プログラム中には不条理なインプットをした場合にそのむねをディスプレー面に表示し再度インプットする様にバックアップがもうけられている個所がある。それ以外の所で操作ミスをし、プログラムの実行が不可能となった時は、ステップ1)にもどってプログラムを再スタートする。この時、例えばスペクトル密度関数プロットの際に操作ミスをした場合、それまでの相関、スペクトル計算結果は各データファイルに格納されているので、スペクトル密度関数プロットサブルーチン[MPLOTS]までは各サブルーチンをスキップして行けば良い。

ここでキーボードよりインプットデータをキーインし[RETURN]を押す前に誤まりに気

付いた時は後から数えてその文字又は、数値までの個数回だけ **(RUBOUT)** キーを押し再度インプットすれば良い。

(4) ディスクファイルの消去

オリジナルデータファイルはユーザーの希望に応じて、個有の名前を 6 文字で付けて、原理的にはいくつでも登録することができる。しかし、ディスクメモリの容量に制限があるから、多くのファイルを作成するとそのうち容量をオーバーする。この時は、4-2-④章の DELETE を使って、不必要となったファイルを消去する。

5. 応用例

本解析コードを使ってすでに種々の実験データの解析がなされている。ここでは解析例として、相関解析を主体とした大洗照射水ループ(OWL-φ)データ解析及びスペクトル解析を主体としたTCA, NSRRの炉雑音解析結果について述べる。

5-1 大洗照射水ループ(OWL-φ)データの相関解析

OWL-φはJMT-Rの炉内照射ループOWL-1のモックアップ試験装置として製作されたもので、現在Y-516デジタル計算機システムによる計算機制御が行われている。Fig. 5.1にはOWL-φのブロック図及びここで述べる解析に当っての実験データの計測点を示している。実験はOWL-0の動特性測定及び制御系の改善を目的として行われたもので、プラント各部の制御系をはずし操作バルブから独立でランダムな外乱を与え、各変数の平均値のまわりでの時間的変化をデータレコーダに記録した。ここでは多くの実験ケースの中からTable 5.1に示した変数の組で成された実験データの相関解析について述べる。Fig. 5.2はこの実験データの記録である。ハイブリッド計算機へのデータ読み込みはAD変換されカードにパンチされたデータをカードリーダーから読み込んだ。この時の相関計算に要した時間は約30分であった。3-1章でも述べたように得られた相関関数のディスプレー表示は二つの変数の間の相関の様子を細かく見るための相関関数1個づつの表示と相関関数相互の関連性を見るための多数の相関関数の同時表示を選択できるようになっており、後者の場合さらに平面表示と立体表示が選べる。Fig. 5.3～Fig. 5.8は1～3チャンネルの各変数の相関を立体表示したものである。この表示によると相関関数相互の比較が極めて容易でありプラントの特性を把握する上で有益である。例えばFig. 5.3, Fig. 5.4において T_1 の T_{1n} 及びCV14-15に対するムダ時間、さらには T_1 とCV11, CV12, CV13の各操作バルブとの相関が小さい事等種々の関係を容易に理解することができる。ここで特に T_1 とCV14-15のみの相関関数を取出して様子を見たい時は2つの変数のチャンネルナンバーを選択することによってディスプレー面に表示することができる。Fig. 5.9に T_1 とCV14-15の相関関数を示している。これによって相関関数をさらに細かく見ることができる。

この様にディスプレー面への種々の形で表示することによって特に多変数システムの場合、システム全体の大まかな特性を把握することができ、それ以後のデータ処理、解析がより容易になる。

Table 5-1 OWL-0同定実験での測定変数

番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
変数名	L_1	P_2	T_3	T_4	T_5	T_8	F_1	F_3	T_2	F_2	T_{15}	CV12	CV13	CV19

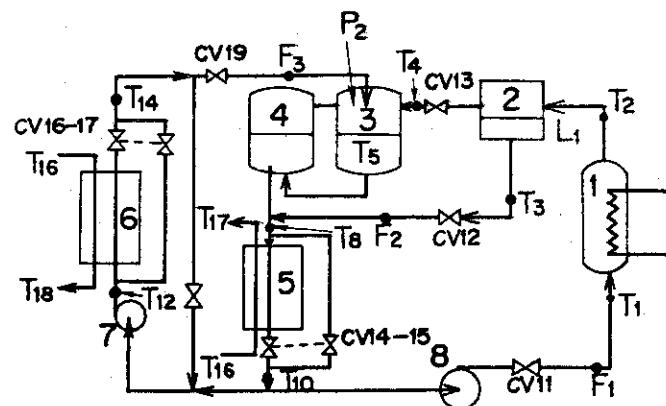


Fig. 5.1OWL-φ プラントのブロック図

1. 蒸気発生器 2. セパレータ 3. ジェットコンデンサー
 4. サージタンク 5. メインケーラー 6. コンデンサーケーラー
 7. コンデンサーループポンプ 8. メインループポンプ

5-2 TCAの炉雑音データのスペクトル解析

TCAで炉雑音の測定が行われた。この時の炉心構成及び計測条件は次の通りであった。燃料は $\text{PuO}_2 - \text{UO}_2$ 燃料で富化度 3 %, 炉心構成は 20×20 の格子でピッチが 2.225 cm , 臨界状態での水位は 682.4 mm であった。又 Fig. 5.10 には測定系のブロック図を示している。得られた炉雑音のデータはデータレコーダに集録された。本コードによる解析はデータレコーダの出力をハイブリッド計算機アナログ部にインプットし, 3-1章で述べた高速サンプリングサブルーチン, FSAMPL によってデータをサンプルし相関及びスペクトル解析を行なった。Fig. 5.11 ~ Fig. 5.13 は相関関数結果, Fig. 5.14 ~ Fig. 5.15 はパワースペクトルの計算結果を示している。スペクトル解析結果から折点周波数を測ると $1.2 \sim 1.5 \text{ c/sec}$ の値を得る。この値から炉定数 β/ℓ を求めると

$$\frac{\beta_{\text{eff}}}{\ell} = 1.1 \sim 1.3 \times 2 \times 3.14 = 6.9 \sim 8.168$$

が得られる。尚、パルス法で測定された結果は $\frac{\beta}{\ell} = 7.14$ となっており、スペクトル解析結果もほぼ一致した結果が得られている。

5-3 NSRRの炉雑音データのスペクトル解析

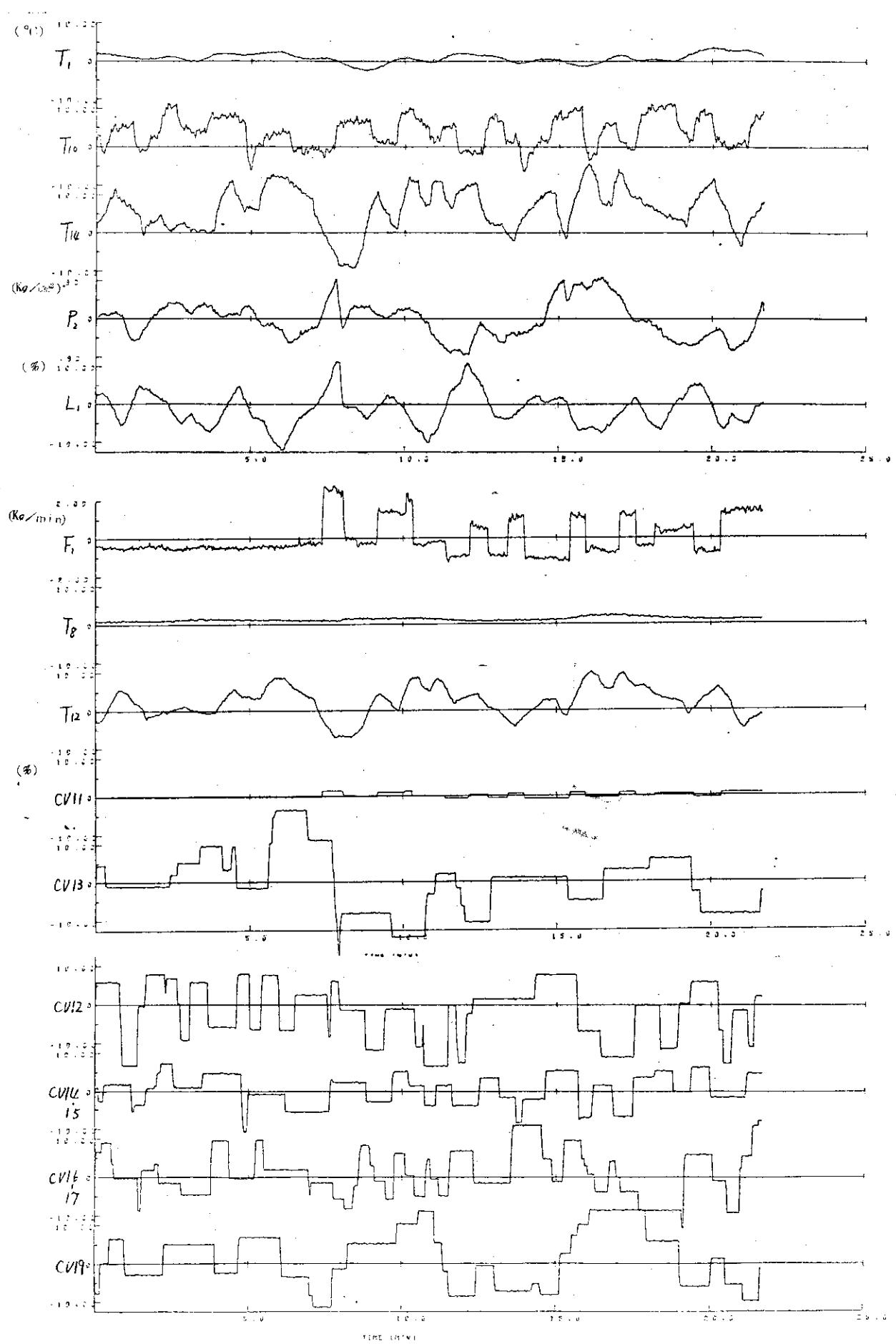
前節と同様な方法によって NSRR 臨界試験時の炉雑音データのスペクトル解析が行われた。ここでは検出器を炉心部と炉外の二ヶ所に置き、各々の信号のパワースペクトル及びクロススペクトルを計算し、スペクトル密度関数のゲイン特性から β/ℓ を求めた。炉物理的な解析結果からの予測値は

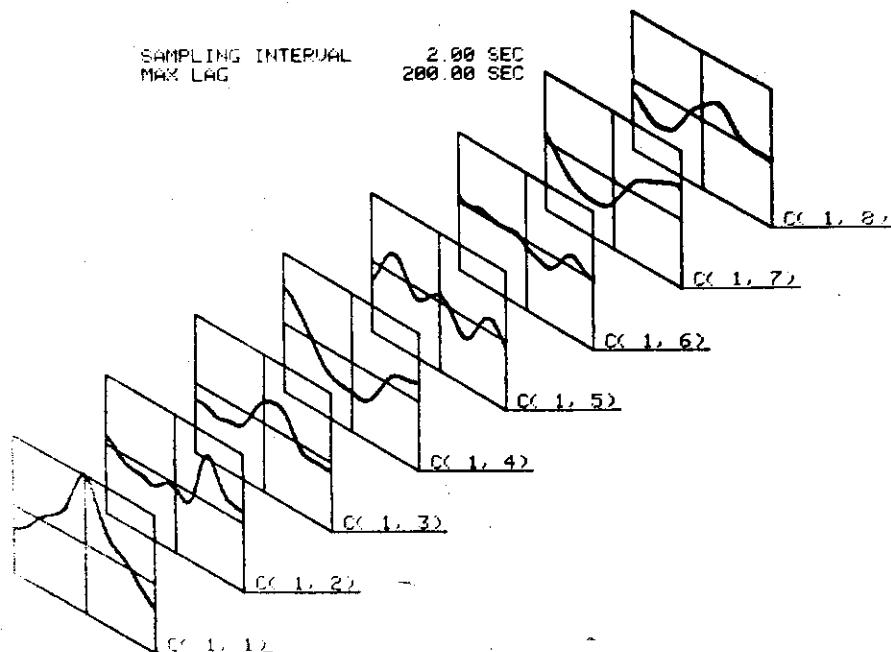
$$\frac{\beta}{\ell} = 243.33 \text{ (rad/sec)} \doteq 38.7 \text{ (c/sec)}$$

であった。Fig. 5.16～Fig. 5.18には出力30Wの時の炉雑音の解析結果を示す。炉雑音の理論によると高周波領域でのゲイン特性は-40db/decの直線勾配にのるからこれに合わせて折点周波数を求める。

$$\frac{\beta}{\ell} = 30 \sim 40 \text{ (c/sec)}$$

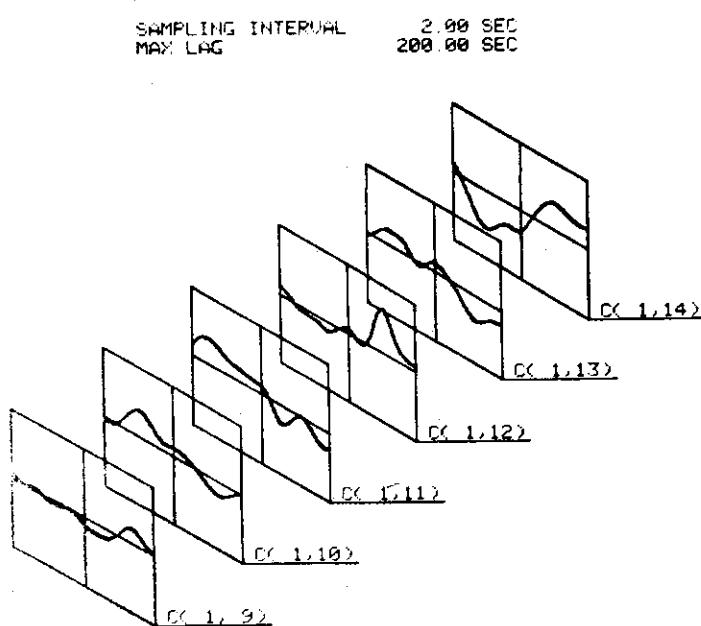
が得られ、計算と良い一致を示している事がわかる。

Fig. 5.2 OWL- ϕ 実験データ



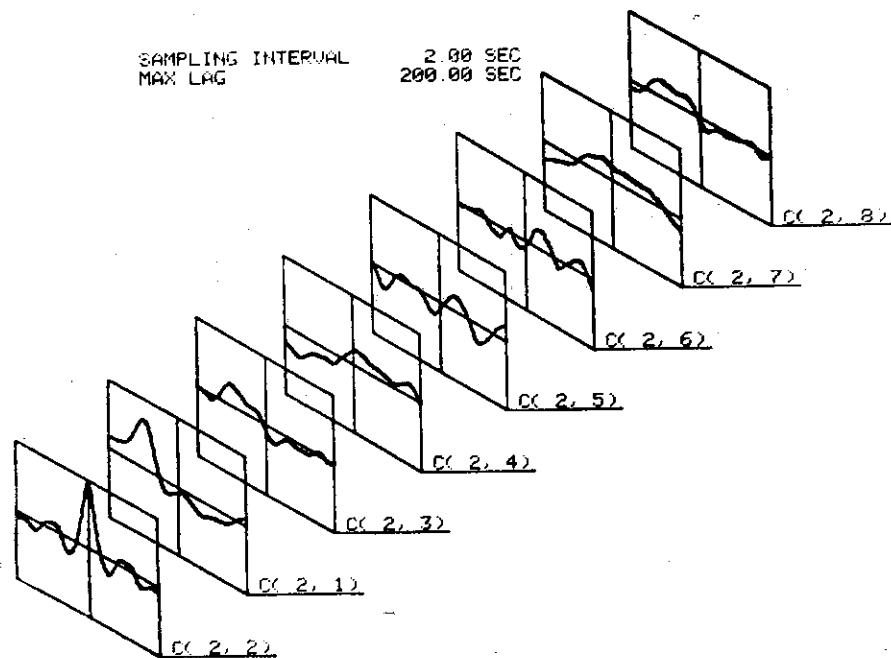
ch.no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
variable	T1	T10	T14	P2	L1	F1	T8	T12	CV11	CV13	CV12	CV ₁₅ ¹⁴	CV ₁₇ ¹⁶	CV19

Fig. 5.3 OWL-O データの相関解析
ESTIMATED MULTIPLE CORRELATION FUNCTION



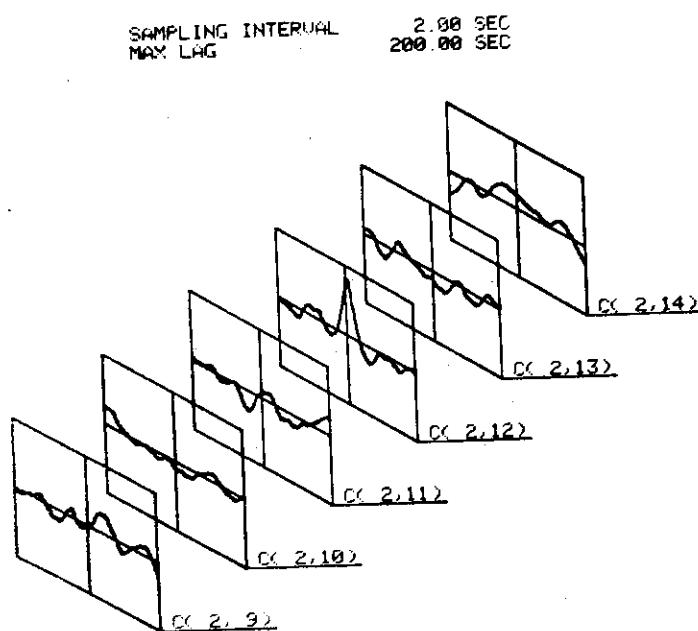
ch.no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
variable	T1	T10	T14	P2	L1	F1	T8	T12	CV11	CV13	CV12	CV ₁₅ ¹⁴	CV ₁₇ ¹⁶	CV19

Fig. 5.4 OWL-O データの相関解析
ESTIMATED MULTIPLE CORRELATION FUNCTION



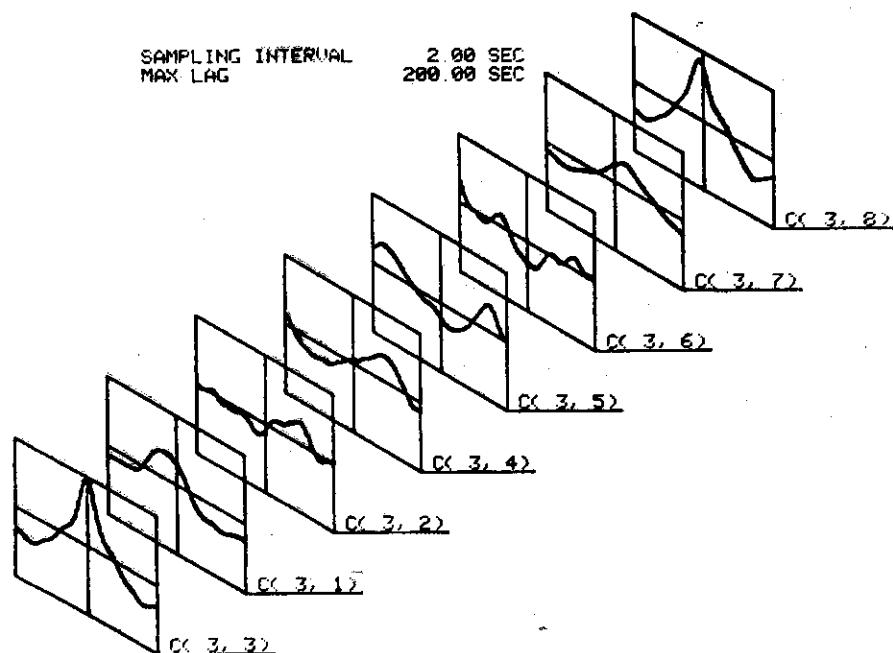
ch.no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
variable	T1	T10	T14	P2	L1	F1	T8	T12	CV11	CV13	CV12	CV ₁₅ ¹⁴	CV ₁₇ ¹⁶	CV19

Fig. 5.5 OWL-O データの相関解析
ESTIMATED MULTIPLE CORRELATION FUNCTION



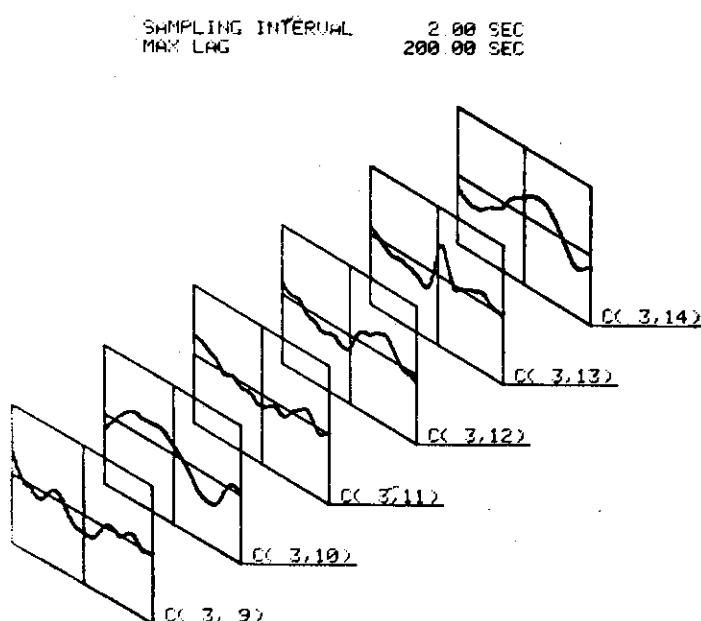
ch.no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
variable	T1	T10	T14	P2	L1	F1	T8	T12	CV11	CV13	CV12	CV ₁₅ ¹⁴	CV ₁₇ ¹⁶	CV19

Fig. 5.6 OWL-O データの相関解析
ESTIMATED MULTIPLE CORRELATION FUNCTION



ch.no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
variable	T1	T10	T14	P2	L1	F1	T8	T12	CV11	CV13	CV12	CV ₁₅ ¹⁴	CV ₁₇ ¹⁶	CV19

Fig. 5.7 OWL-O データの相関解析
ESTIMATED MULTIPLE CORRELATION FUNCTION



ch.no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
variable	T1	T10	T14	P2	L1	F1	T8	T12	CV11	CV13	CV12	CV ₁₅ ¹⁴	CV ₁₇ ¹⁶	CV19

Fig. 5.8 OWL-O データの相関解析
ESTIMATED MULTIPLE CORRELATION FUNCTION

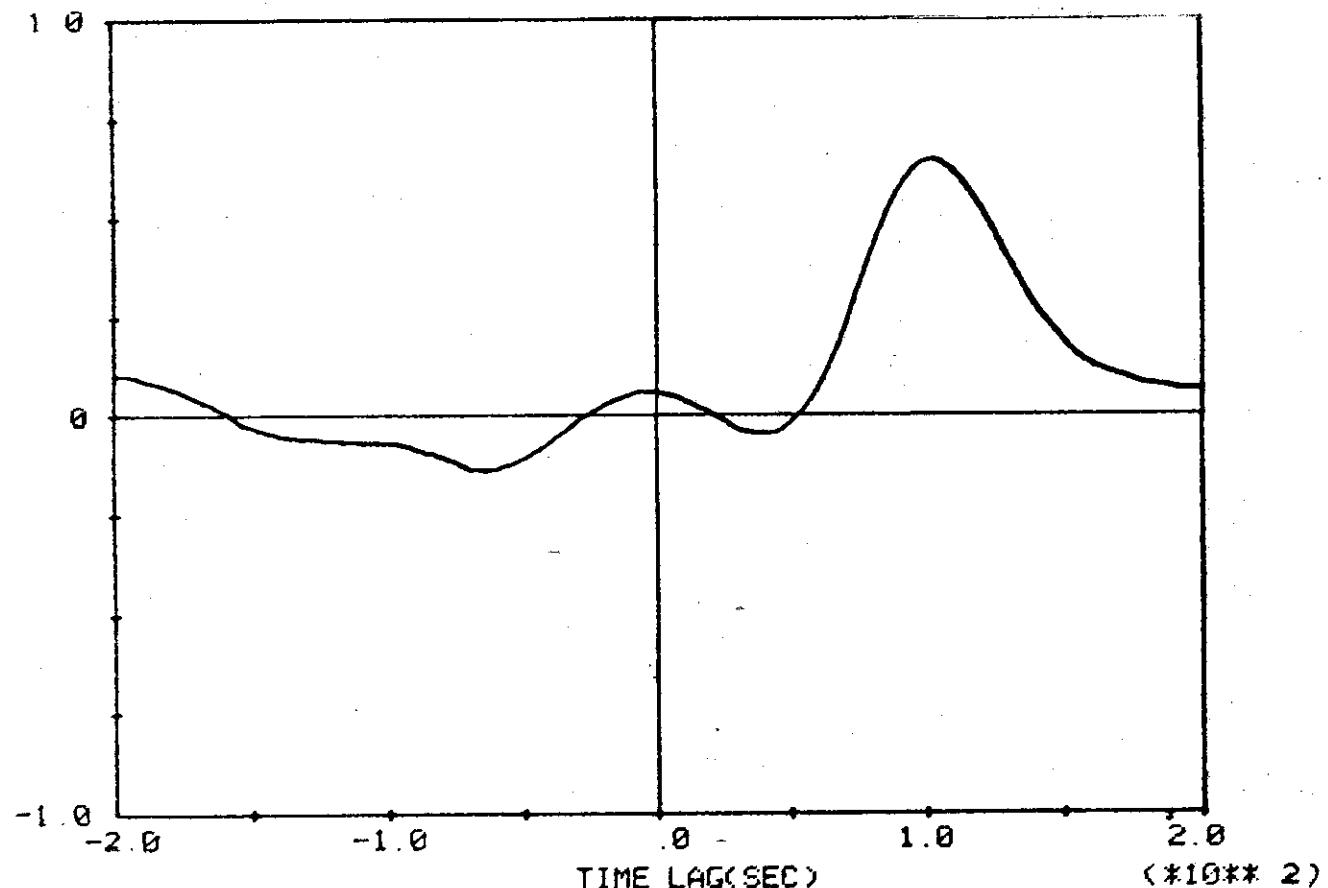


Fig. 5.9 OWL-O データの相関解析
CROSS COVARIANCE FN. (1, 12) (T_1 , CV14-15)

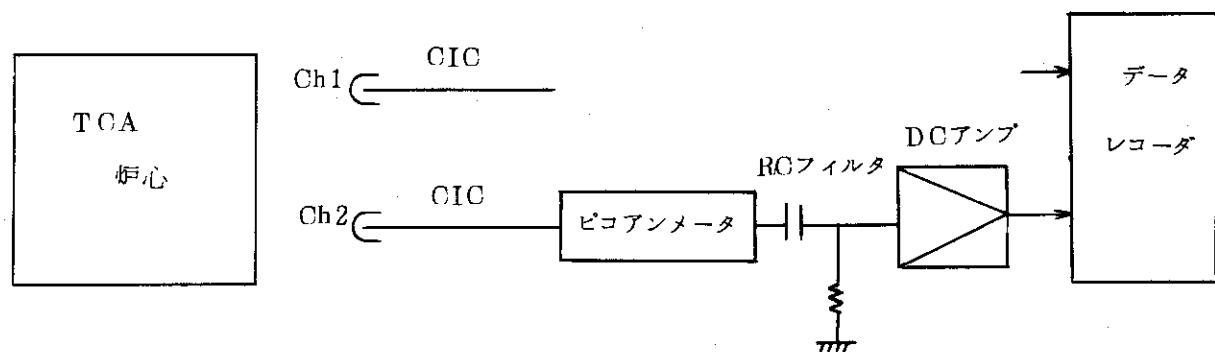


Fig. 5.10 TCA 堀雜音データ測定系

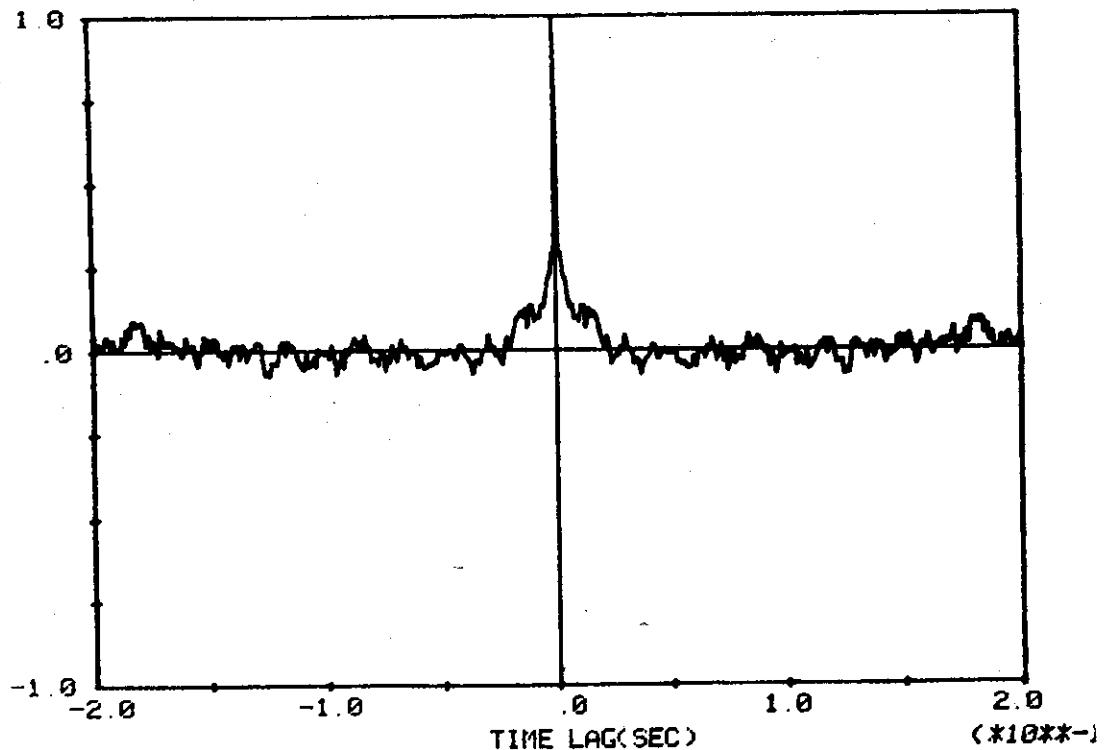


Fig. 5.1.1 TCA炉雑音データの相関関数
AUTO COVARIANCE FN. (1, 1)

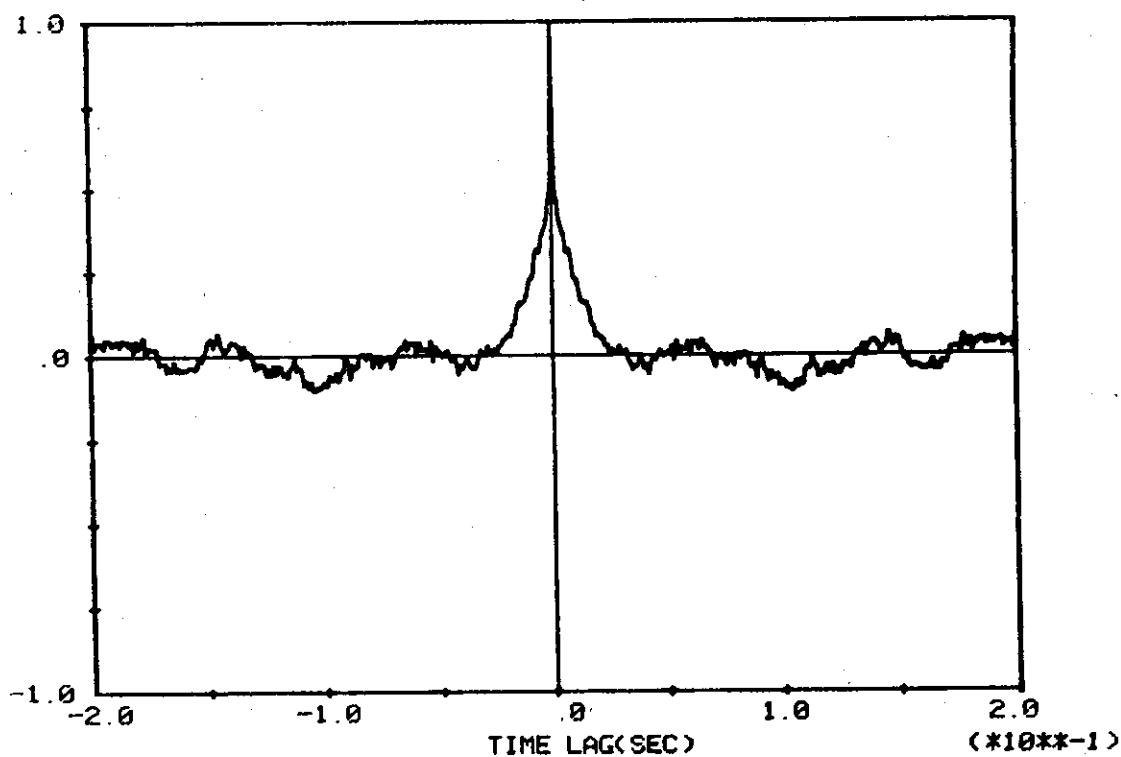


Fig. 5.1.2 TCA炉雑音データの相関関数
AUTO COVARIANCE FN. (2, 2)

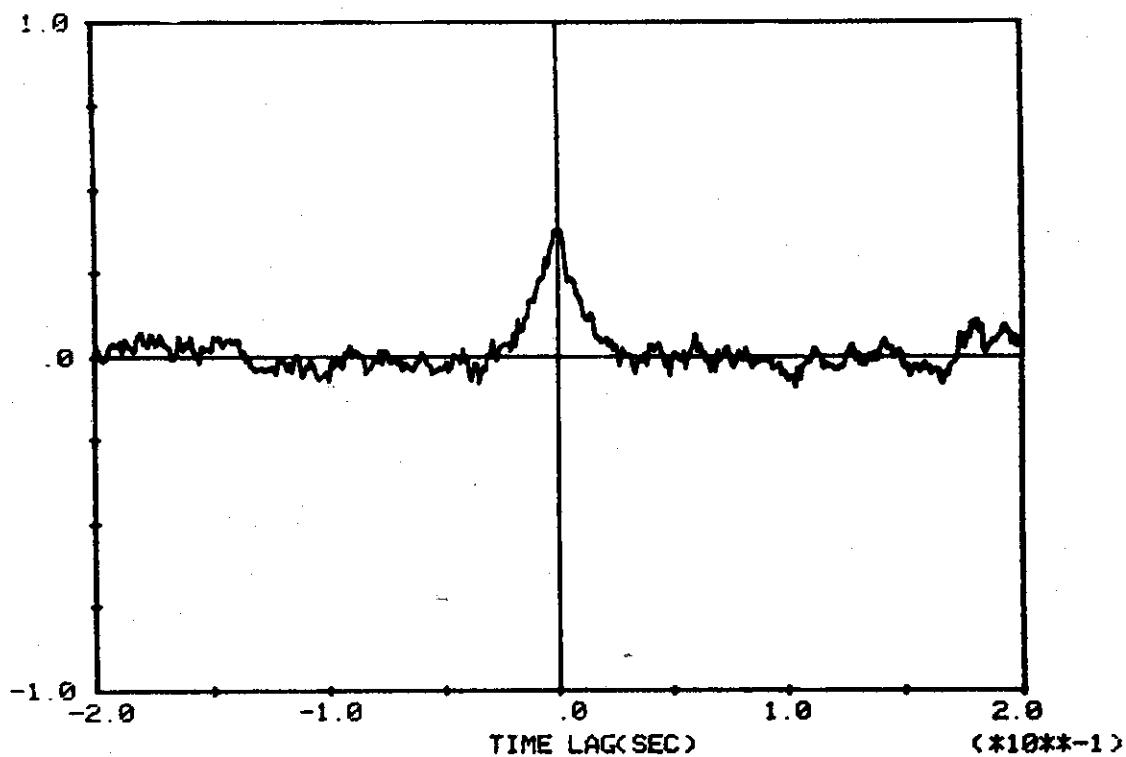


Fig. 5.13 TCA炉雑音データの相関関数
CROSS COVARIANCE FN. (2, 1)

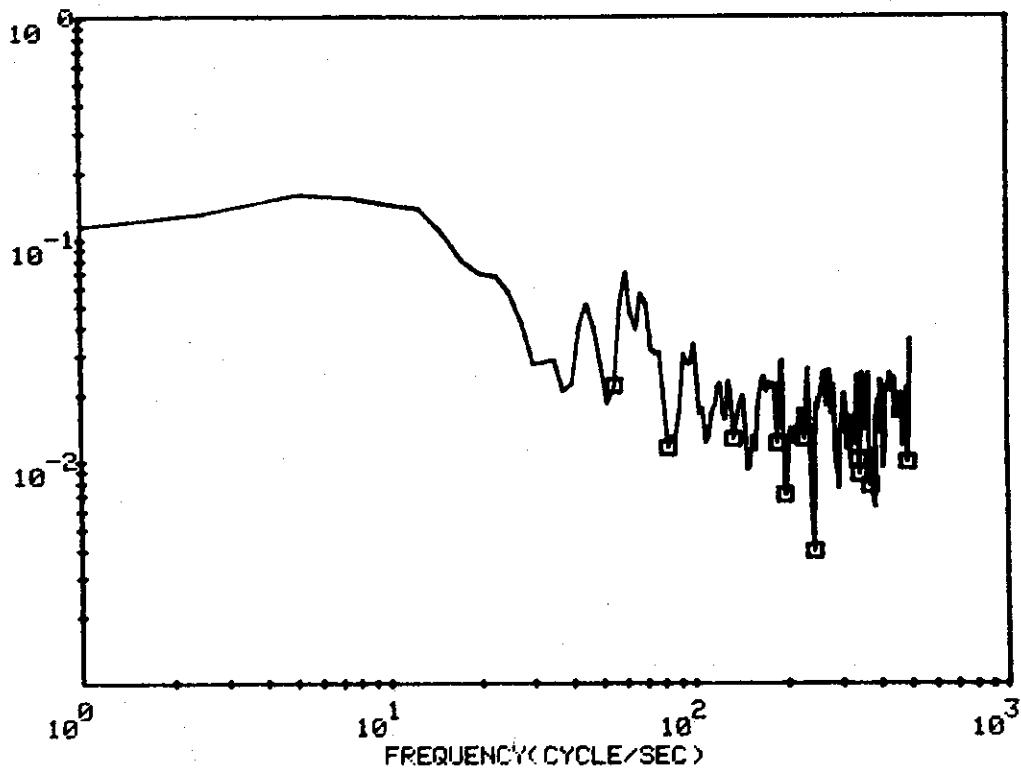


Fig. 5.14 TCA炉雑音データのスペクトル
POWER SPECTRUM F (1, 1)

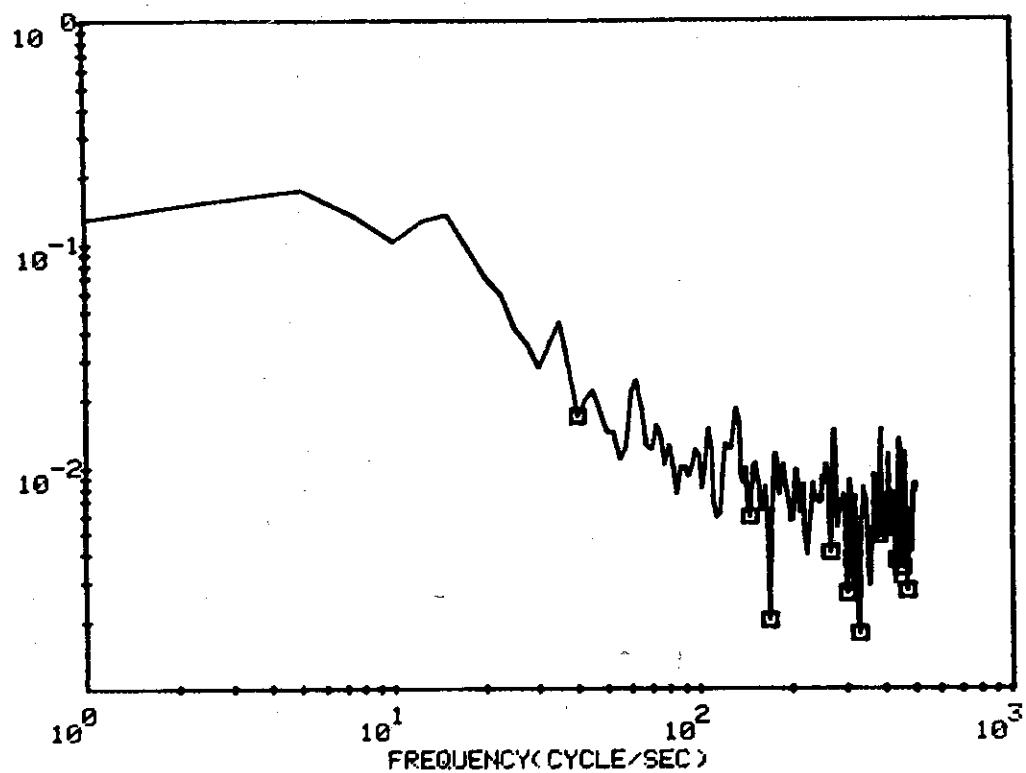


Fig. 5.15 TCA 噪音データのスペクトル
POWER SPECTRUM P (2, 2)

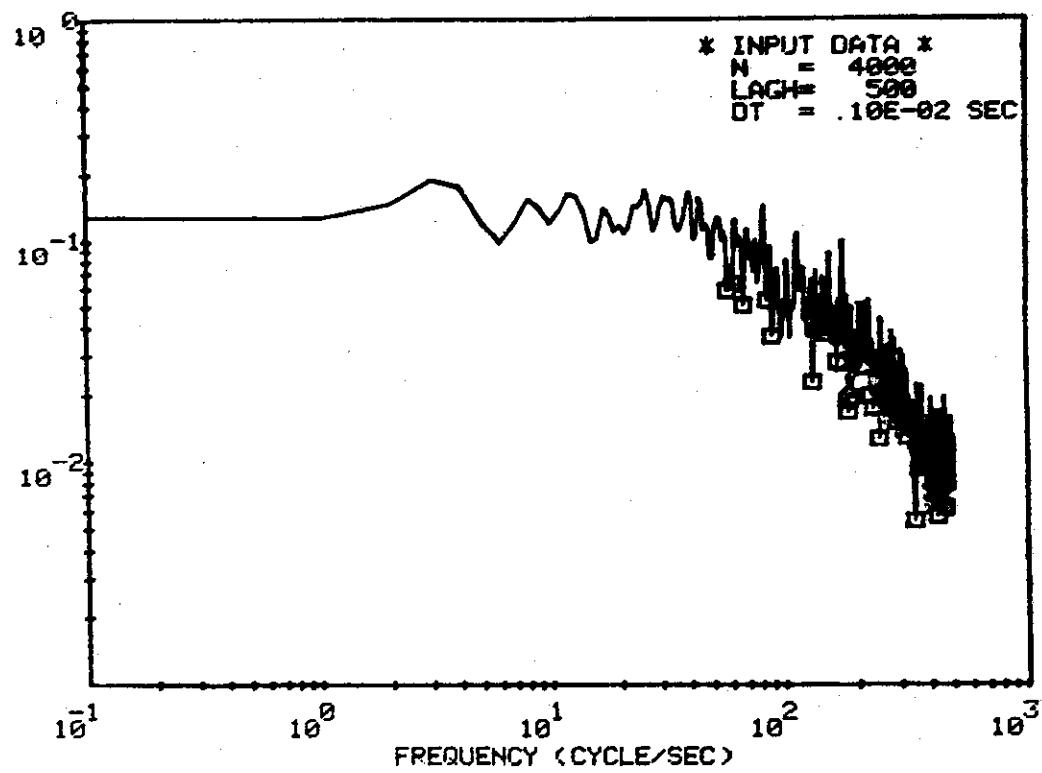


Fig. 5.16 NSRR 噪音データのスペクトル
POWER SPECTRUM P (1, 1)

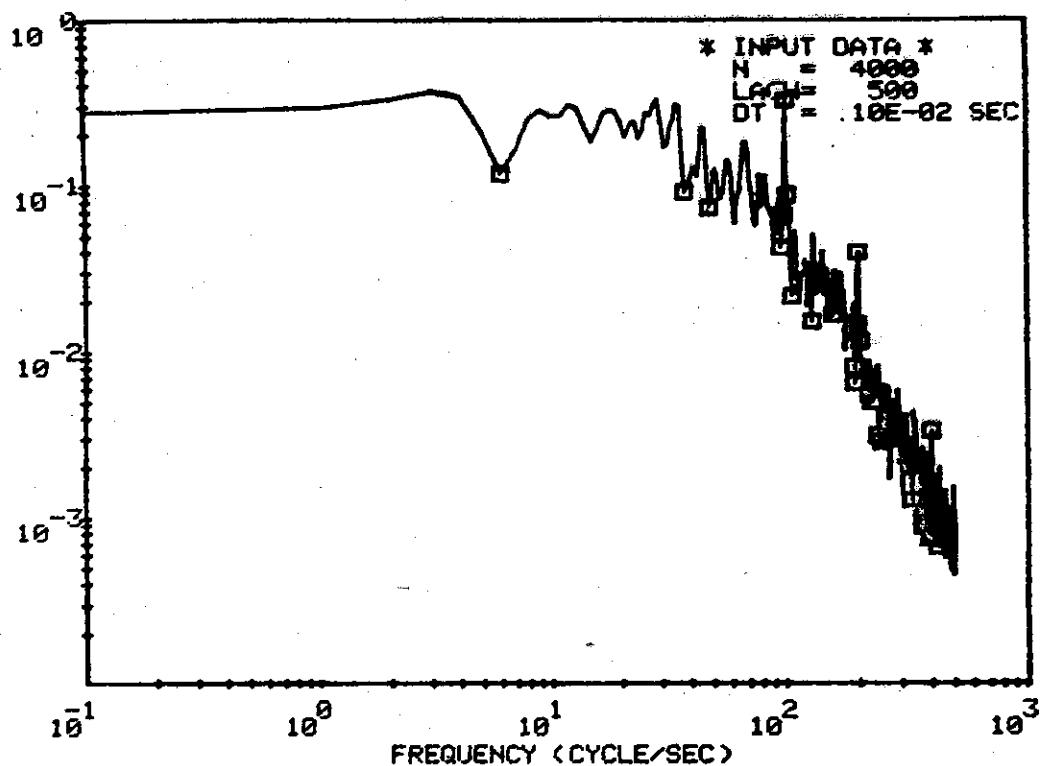


Fig. 5.17 NSRR炉雑音データのスペクトル
POWER SPECTRUM P (2, 2)

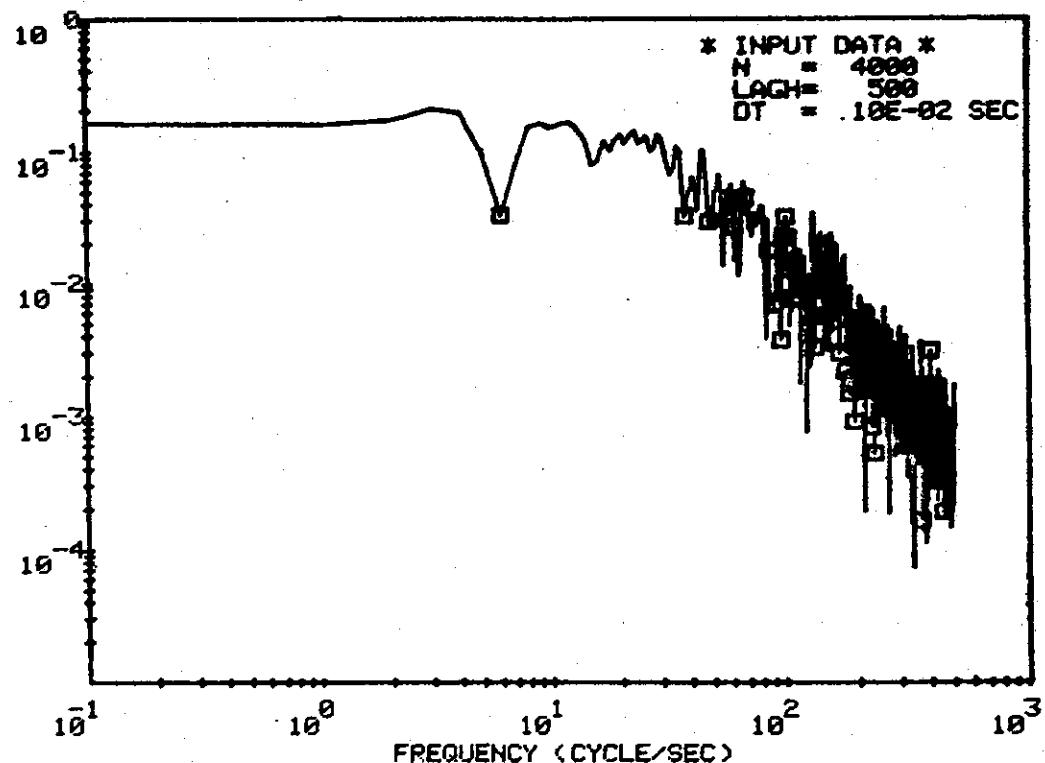


Fig. 5.18 NSRR炉雑音データのスペクトル
CROSS SPECTRUM P (2, 1)

6. 結 論

本解析コードは、多変数相関及びスペクトル計算とその結果のディスプレー面への表示を計算機との対話形式を取りながら一連の流れに従ってユーザーが容易に進めることができるよう作成されている。相関及びスペクトル計算の方法やコードはすでに多くのものが開発されている。本解析コードでは、それらの中から最もオーソドックスな、相関計算とその結果のフーリエ変換 (Blackman - Tukey) といった方法を取りスペクトル計算の際のウィンドーはハニングウィンドーと赤池ウィンドーを用いており、相関、スペクトル計算の中で必要な部分は参考文献 1 に掲載されているプログラムを参考とした。

本解析コードを使用してすでにいくつかの実験データの解析が成されており、特に厖大な実験データの計算処理にほとんど入手をわずらわさないこと、データ処理と解析をケーススタディをくり返しながら同時に遂行できること等の点で種々の便宜が得られることが示されている。又、本報告書 4 章の手順に従ってユーザーは希望に応じた方法でデータ処理、ケーススタディを計算機との対話形式で進めることができ、相関、スペクトル解析はもとよりシステムの動特性解析、同定あるいは実験計画等にも応用することができる。

7. 謝 辞

本報告書 5 章、応用例の掲載に当っては J P D R 開発室鶴田晴通氏並びに反応度安全開発室稲辺輝雄氏から、解析検討結果と適切な資料の提供をいただいた事を記しことに謝意を表します。

8. 参考文献

1. 赤池、中川 "ダイナミックシステムの統計的解析と制御" S 4 7.4 サイエンス社
2. 高橋安人 "システムと制御" S 4 5.7 岩波書店
3. 磯部 孝 "相関関数およびスペクトル" 1968.2 東京大学出版会
4. 渡辺光一 "ハイブリッド計算機の使用法と主要性能 (PART I アナログ演算部編)"
5. 尾熊律雄 "PLOT 10 サブルーチン"
6. 藤井義雄 "オーバーレイプログラムの使用法"

6. 結 論

本解析コードは、多変数相関及びスペクトル計算とその結果のディスプレー面への表示を計算機との対話形式を取りながら一連の流れに従ってユーザーが容易に進めることができるよう作成されている。相関及びスペクトル計算の方法やコードはすでに多くのものが開発されている。本解析コードでは、それらの中から最もオーソドックスな、相関計算とその結果のフーリエ変換 (Blackman - Tukey) といった方法を取りスペクトル計算の際のウィンドーはハニングウィンドーと赤池ウィンドーを用いており、相関、スペクトル計算の中で必要な部分は参考文献 1 に掲載されているプログラムを参考とした。

本解析コードを使用してすでにいくつかの実験データの解析が成されており、特に厖大な実験データの計算処理にほとんど入手をわずらわさないこと、データ処理と解析をケーススタディをくり返しながら同時に遂行できること等の点で種々の便宜が得られることが示されている。又、本報告書 4 章の手順に従ってユーザーは希望に応じた方法でデータ処理、ケーススタディを計算機との対話形式で進めることができ、相関、スペクトル解析はもとよりシステムの動特性解析、同定あるいは実験計画等にも応用することができる。

7. 謝 辞

本報告書 5 章、応用例の掲載に当っては J P D R 開発室鶴田晴通氏並びに反応度安全開発室稻辺輝雄氏から、解析検討結果と適切な資料の提供をいただいた事を記しことに謝意を表します。

8. 参考文献

1. 赤池、中川 "ダイナミックシステムの統計的解析と制御" S 4 7.4 サイエンス社
2. 高橋安人 "システムと制御" S 4 5.7 岩波書店
3. 磯部 孝 "相関関数およびスペクトル" 1968.2 東京大学出版会
4. 渡辺光一 "ハイブリッド計算機の使用法と主要性能 (PART I アナログ演算部編)"
5. 尾熊律雄 "PLOT 10 サブルーチン"
6. 藤井義雄 "オーバーレイプログラムの使用法"

6. 結 論

本解析コードは、多変数相関及びスペクトル計算とその結果のディスプレー面への表示を計算機との対話形式を取りながら一連の流れに従ってユーザーが容易に進めることができるよう作成されている。相関及びスペクトル計算の方法やコードはすでに多くのものが開発されている。本解析コードでは、それらの中から最もオーソドックスな、相関計算とその結果のフーリエ変換 (Blackman - Tukey) といった方法を取りスペクトル計算の際のウィンドーはハニングウィンドーと赤池ウィンドーを用いており、相関、スペクトル計算の中で必要な部分は参考文献 1 に掲載されているプログラムを参考とした。

本解析コードを使用してすでにいくつかの実験データの解析が成されており、特に厖大な実験データの計算処理にほとんど入手をわずらわさないこと、データ処理と解析をケーススタディをくり返しながら同時に遂行できること等の点で種々の便宜が得られていることが示されている。又、本報告書 4 章の手順に従ってユーザーは希望に応じた方法でデータ処理、ケーススタディを計算機との対話形式で進めることができ、相関、スペクトル解析はもとよりシステムの動特性解析、同定あるいは実験計画等にも応用することができる。

7. 謝 辞

本報告書 5 章、応用例の掲載に当っては J P D R 開発室鶴田晴通氏並びに反応度安全開発室稻辺輝雄氏から、解析検討結果と適切な資料の提供をいただいた事を記しことに謝意を表します。

8. 参考文献

1. 赤池、中川 "ダイナミックシステムの統計的解析と制御" S 4 7.4 サイエンス社
2. 高橋安人 "システムと制御" S 4 5.7 岩波書店
3. 磯部 孝 "相関関数およびスペクトル" 1968.2 東京大学出版会
4. 渡辺光一 "ハイブリッド計算機の使用法と主要性能 (PART I アナログ演算部編)"
5. 尾熊律雄 "PLOT 10 サブルーチン"
6. 藤井義雄 "オーバーレイプログラムの使用法"

9. アペンドイックス

9-1 スペクトル計算で使用されているウインドーについて

今、実験データ $\{x(t) \mid t \leq \frac{T}{2}\}$ に対して $\{x(t)\}$ の相関関数及びスペクトル密度関数を求める場合、理論上は二つの不可能な操作が介在している。一つは実験データが無限長であること、他の一つはフーリエ変換の際の積分範囲が無限大であることである。

実験データではこれが満たされていない為、相関関数及びスペクトル密度関数の推定値にバツキやバイアスをもたらす。

推定値は

$$C_{xx}(\tau) = \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t)x(t+\tau) dt \quad (9-1)$$

で与えられる。但し

$$\text{Max } |\tau| = \tau_m$$

この時スペクトル密度関数の推定値は次式で与えられる。

$$P_{xx}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} C_{xx}(\tau) d(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau \quad (9-2)$$

ここで $d(\tau)$ はウインドーと呼ばれ、相関関数推定値が $|\tau| \leq \tau_m$ でのみ意味を持つことから $d(\tau)$ が必要となる。通常のウインドーをかけない場合を do-nothing window と言いつ

$$\begin{aligned} d(\tau) &= 1 & |\tau| \leq \tau_m \\ d(\tau) &= 0 & |\tau| > \tau_m \end{aligned} \quad (9-3)$$

となっている。

i) スペクトル密度推定の際のバイアス

相関関数及びスペクトル密度関数の推定値の期待値は

$$\begin{aligned} E \{ C_{xx}(\tau) \} &= C_{xx}(\tau) \\ \therefore E \{ P_{xx}(\omega) \} &= \int_{-\infty}^{\infty} C_{xx}(\tau) d(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} P_{xx}(\omega') D(\omega - \omega') d\omega' \quad (\text{Parseval の定理より}) \end{aligned} \quad (9-4)$$

但し

$$D(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} d(\tau) e^{-j\omega\tau} d\tau \quad (9-5)$$

ここで $D(\omega - \omega')$ は ω を中心周波数を持つ狭帯域幅の窓で、その帯域幅は $1/\tau_m$ に比例する。この窓を通ったものが (9-4) 式の $E \{ P_{xx}(\omega) \}$ である。

今 $D(\omega - \omega')$ 内で $P_{xx}(\omega')$ が一定なら

$$\begin{aligned}
 E\{P_{xx}(\omega)\} &= P_{xx}(\omega) \int_{-\infty}^{\infty} D(\omega - \omega') d\omega' \\
 &= P_{xx}(\omega) \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} d(\tau) e^{-j(\omega - \omega')\tau} d\omega' d\tau \\
 &= P_{xx}(\omega) \int_{-\infty}^{\infty} d(\tau) d\tau \int_{-\infty}^{\infty} e^{-j(\omega - \omega')\tau} d\omega' = P_{xx}(\omega) \int_{-\infty}^{\infty} d(\tau) \delta(\tau) d\tau \\
 &= P_{xx}(\omega) d(0)
 \end{aligned} \tag{9-6}$$

従って $d(0) = 1$ なら

$E\{P_{xx}(\omega)\} = P_{xx}(\omega)$ となるが実際には
 $D(\omega - \omega')$ 内で $P_{xx}(\omega')$ は一定ではない
 のでバイアスが残る。

$$B(j\omega) = E\{P_{xx}(\omega)\} - P_{xx}(\omega) \tag{9-7}$$

以上のことからバイアスを小さくするために
 は τ_m を大きくすることが必要である。

ii) スペクトル密度推定の際の分散 σ_{xx}^2

今 $\{x(t)\}$ が正規分布に従うと仮定し、さらに $P_{xx}(\omega)$ がウィンドーの帯域幅内で変化しないとする

$$\begin{aligned}
 \sigma_{xx}^2 &\sim \frac{2}{T} \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} D^2(\omega - \omega') P_{xx}^2(\omega') d\omega' \\
 &\sim P_{xx}^2(\omega) \frac{2}{T} \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} D^2(\omega') d\omega' \\
 &\sim \frac{2}{We T} P_{xx}^2(\omega)
 \end{aligned} \tag{9-8}$$

$$\text{但し } \frac{1}{We} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} D^2(\omega') d\omega' \tag{9-9}$$

We はウィンドーの等価帯域幅に比例するから

$$We = \frac{K}{\tau_m} \tag{9-10}$$

$$\therefore \sigma_{xx}^2 \sim \frac{2\tau_m}{KT} P_{xx}^2(\omega) \tag{9-11}$$

従って分散を小さくするためには $|\tau_m| \leq T$ とすることが要求される。

以上のように i) と ii) の結論は相矛盾する。一般にこの妥協点として

$$\tau_m = \frac{T}{5} \sim \frac{T}{10} \tag{9-12}$$

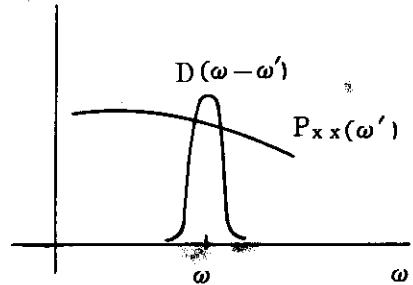


Fig. 9-1 ウィンドーの意味

とする。これが2章の(2-6)式の理由である。

III) ウィンドーの選択

(9-3)式で述べたdo-nothing windowは周波数領域で見ると、Fig. 9-2のようにになっており、 $D(j\omega)$ の側波帯が大きく、しかも負の部分を持つ。従ってスペクトル計算の際、たまたま $P_{xx}(\omega)$ のピークが側波帯の部分にあったとすると、パワースペクトルの値が負になることがある。このような側波帯の問題を改善するために、等価帯域幅を多少犠牲にしても側波帯をなくするような種々のウィンドーが提案されている。本解析ではHanning Windowを使用してスペクトル計算を行なっている。

又、赤池氏はウィンドーを別の観点から、即ち(9-7)式で述べたバイアスを小さくするという観点からウィンドーを求めている。ここで赤池ウィンドーはスペクトル密度関数推定の際の精度チェックとして使用されている。

9-2 ノイズアリエス効果

データのサンプリング間隔を Δt とする時、関数 $f(t)$ のサンプル値 $f^*(t)$ は

$$f^*(t) = \frac{1}{\Delta t} \sum_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{j K\Omega t}$$

但し $\Omega = 2\pi/\Delta t$

ラプラス変換 ほどこすと

$$F^*(j\omega) = \frac{1}{\Delta t} \sum_{-\infty}^{\infty} F(j\omega + jK\Omega)$$

即ち、 $F^*(j\omega)$ は周期 Ω の周期関数となっている。サンプリング定理によると、サンプリング間隔 Δt は信号の持っている有効最大周波数の $1/2$ 以下でなければならない。従ってデータサンプルの際、サンプリング定理を満たしていない時、周期関数の性質からスペクトル上に $k\Omega$ だけ離れた値が重畳される結果となる。

雜音についても同様の効果が生ずる。このようにサンプリングによって主たる周波数領域に雜音スペクトルが重畳されることをノイズアリエス効果という。

基本領域に重畳される周波数は $k\Omega$ 土のものが土のに重畳される関係にある。

例 α c/sec の単調波ノイズについて見ると、サンプリング間隔 Δt の時

$$-\frac{1}{2\Delta t} < f < \frac{1}{2\Delta t} \text{ に於いて}$$

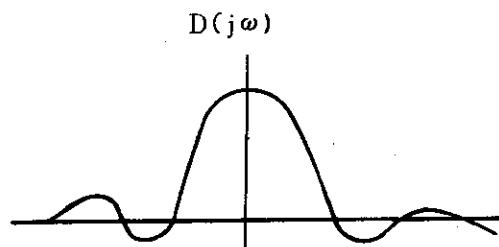


Fig. 9-2 Do nothing window の
パワースペクトル

$$\frac{k}{\Delta t} \pm f = \alpha$$

なる関係式が得られる。fはアリアス効果の現れる周波数である。アリアスノイズの振幅はもとのノイズのそれに等しい。

アリアス効果の除去には、データサンプリングの時、前置フィルターをつけて容易に除去できる。

フィルターは

$$G_f(s) = \frac{1}{T_f s + 1}$$

ここで T_f は $\Delta t / 2$ であれば良い。

APPENDIX-3 CODE LIST

PAGE 1 C ***** PROGRAM MLCOSP *****

```

C ***** 1975.6.16 *****
C ***** MAIN PROGRAM *****
C
COMMON NAME1(3),NAME2(3),NAME3(3),NAME4(3),N,K,LAGH,DELT,M,KEY1
DATA NAME2(1),NAME2(2),NAME2(3)/2HBB,2HBB,2HBB/
DATA NAME3(1),NAME3(2),NAME3(3)/2HCC,2HCC,2HCC/
DATA NAME4(1),NAME4(2),NAME4(3)/2HDD,2HDD,2HDD/
C
      CALL OVRLAY(6HINITIAL,122502)
      IF(KEY1.EQ.1) GO TO 100
      IF(KEY1.EQ.2) GO TO 101
      IF(KEY1.EQ.3) GO TO 102
100  CALL OVRLAY(6HMULCOR,146254)
      CALL OVRLAY(6HMPLOTC,16754)
      CALL OVRLAY(6HSPECTR,122634)
      CALL OVRLAY(6HMPLOTS,120610)
      STOP
101  CALL OVRLAY(6HF5AMPL,152045)
      GO TO 100
102  CALL OVRLAY(6HADCONV,130470)
      GO TO 100
      END

```

```

C
OVRLAY SUBROUTINE
SUBROUTINE OVRLAY(NAME,LOC)
CALL QMOND(22,123,1)
CALL QMOND(21,123,NAME)
CALL QMOND(20)
LA LOC
STA .100
L .100,2
RETURN
100 ADR @
END

```

.POOL	00506
.LOWER	02335
.UPPER	67755
.C	67756
OVRLAY	01163
.PST	02121
.FAT	02275
QMOND	01220
SB00	01220
SYSERR	02070
.WRI	02200
.FPA	02105
DN	

PAGE 1 C ***** SUBROUTINE INITIAL SET *****

```

C ***** 1975.6.13 *****
SUBROUTINE INITIAL
COMMON NAME1(3),NAME2(3),NAME3(3),NAME4(3),N,K,LAGH,DELT,M,KEY1
DIMENSION X(4001)

C
CALL BEGIN(9800,1)
1000 WRITE(1,50)
CALL ERASE
WRITE(1,1)
WRITE(1,2)
WRITE(1,2)
WRITE(1,3)
WRITE(1,2)
WRITE(1,2)
WRITE(1,1)
WRITE(1,4)
WRITE(1,5)
WRITE(1,6)
ACCEPT 7,N,K,LAGH,DELT
M=100
N1=N+1
CALL ERASE
WRITE(1,11)
WRITE(1,12)
READ(2,13) (NAME1(I),I=1,3)
103 WRITE(1,60)
ACCEPT 40,ISW2
IF(ISW2.EQ.1) GO TO 101
IF(ISW2.EQ.2) GO TO 102
IF(ISW2.EQ.3) GO TO 101
IF(ISW2.EQ.4) GO TO 700
GO TO 103

C
C NAMING AND ASSIGN
101 CALL QMOND(22,121,1)
CALL QMOND(23,121,NAME1,3,88)
CALL QMOND(24,121,NAME1,88,1400)
IF(ISW2.EQ.3) GO TO 700

C
102 CALL QMOND(22,122,2)
CALL QMOND(23,122,NAME2,3,88)
CALL QMOND(24,122,NAME2,88,1400)

C
CALL QMOND(22,123,2)
CALL QMOND(23,123,NAME3,3,88)
CALL QMOND(24,123,NAME3,88,2700)

C
CALL QMOND(22,124,2)
CALL QMOND(23,124,NAME4,3,88)
CALL QMOND(24,124,NAME4,88,2700)
CALL ERASE

C
700 WRITE(1,70)
WRITE(1,71)
ACCEPT 40,JREAD
IF(JREAD.EQ.1) GO TO 104

```

PAGE 2 C ***** SUBROUTINE INITIAL SET *****

```

IF(JREAD, EQ, 2) GO TO 900
IF(JREAD, EQ, 3) GO TO 800
IF(JREAD, EQ, 4) GO TO 500
GO TO 700

C
104 CALL QMOND(22,'21,1)
CALL QMOND(21,'21,NAME1)
CALL QMOND(22,'22,2)
CALL QMOND(21,'22,NAME2)
DO 100 II=1,K
READ(6,20) (X(I),I=1,N)

C
C      WRITE TO DISC
CALL QMOND(18,'21,X(1),X(N1))
100 CONTINUE
KEY1=1
GO TO 600
900 KEY1=2
GO TO 600
800 KEY1=3
GO TO 600
500 KEY1=4
600 RETURN

C
1 FORMAT(1H ,37(1H#))
2 FORMAT(1H ,1H#,35X,1H#)
3 FORMAT(1X,1H#,3X,50HPROGRAM FOR COMPUTING MULTIPLE!,2X,1H#/ ,1X,1H#
1,35X,1H#/ ,1X,1H#,3X,50HCORRELATION AND SPECTRUM!,8X,1H#)
4 FORMAT(///,1H ,70HTHIS PROGRAM HAS FOLLOWING RESTRICTED CONDITION!
1/)
5 FORMAT(1H ,70H* MAX NUMB. OF VARIABLES.....15!/ ,1X,50H* MAX. NUMB.
1 OF DATA SAMPLE....4000!/ ,1X,50H* MAX NUMB. OF LAG.....500!
2)
6 FORMAT(///,1H ,20HTYPE IN!/ ,1H ,70H* N.....NUMB. OF DATA SAMPLES!
1/,1H ,70H* K.....NUMB. OF VARIABLES!/ ,1H ,70H* LAGH...MAX LAG!/ ,1
2H ,70H* DELT...SAMPLING INTERVAL (F TYPE)!//,1H ,60H** N, K, LAGH,
3 DELT **!/ )
7 FORMAT(3I5,F10.5)
11 FORMAT(/,70HTYPE IN THE ORIGINAL DATA FILE NAME "NAME1"!)
12 FORMAT(/,5X,70HNAME1 ! FILE NAME OF ORIGINAL DATA(TIME SERIES DATA
1)!,/)
13 FORMAT(3A2)
20 FORMAT(6F12.5)
40 FORMAT(I5)
50 FORMAT(/,50HPUSH THE PAGE ON KEY BOARD!)
60 FORMAT(/,70HSELECT FILE ASSIGN CONDITION!//,50H1 ! ASSIGN ALL FIL
1ES!,/,50H2 ! ASSIGN NAME2,NAME3,NAME4!,/,50H3 ! ASSIGN NAME1 ONLY!
2/,50H4 ! NOT ASSIGN!,/)
70 FORMAT(/,70HSELECT FOLLOWING NUMBER FOR ORIGINAL DATA INPUT CONDIT
1ION!,/,70H1 ! FROM CARD READER!/70H2 ! FAST SAMPLING FROM ANALOG
2COMPUTER!/70H3 ! NORMAL SAMPLING FROM ANALOG COMPUTER!/70H4 ! NO
3T READ (DATA IS ALREADY FILED)!)
71 FORMAT(/,50H** JREAD **!,/)

END

```

,POOL 00072	
,LOWER 40612	
,UPPER 67755	
INITIAL 22502	
,C 67756	
BEGIN 24522	,FER 36223
,FWR 40321	,CKM 36122
,FCB 32014	,FOR 36267
ERASE 24706	SVENIN 37631
,FAC 31233	SVENOT 37600
,FAR 31003	,FPA 37505
,FRE 40361	,CAS 37211
,FDT 35707	,FST 37521
QMOND 27212	SEVERR 40201
,FAT 40402	MSGFLG 40011
,L11 30772	DN
,M11 30777	
TEK001 27053	
,C12 30077	
,M22 30616	
VECTOR 25100	
ALPHA 25021	
,L22 30601	
,D22 30726	
,A22 30630	
CHOUT 27117	
,C21 30112	
HOME 24757	
,PIE 35731	
TEK003 26500	
TEK002 25153	
,S22 30646	
,SIN 30224	
,COS 30251	
,M22 30664	
,A11 31004	
,D11 31133	
,M11 31071	
,S11 31036	
SA00 27117	
SB00 27212	
SYSERR 30062	
,WRI 40224	
,RTPNT 40442	
,ADAT 40537	
,NORM 30567	
,NORM 30567	
,N22 30750	
,BPON 30755	
BPOFF 30762	
,N11 31214	
,L33 30772	
,H33 30777	
,A33 31221	
,M33 31226	
SE00 31233	
IOCONT 31233	
,FIO 31244	
SC00 31244	
,CKS 36237	
,FLT 36245	
,HRW 35752	

PAGE 1 C HIGH SPEED ANALOG TO DIGITAL CONVERSION PROGRAM

C 1975-6-3
 C H. USUI
 C

SUBROUTINE FSAMPL

LOGICAL SENSE

COMMON NAME1(3),NAME2(3),NAME3(3),NAME4(3),N,K,LAGH,DELT,M,KEY1

SCALED FRACTION SX(12003)

DIMENSION X(4001)

C CALL QBHYINC(IERR,681,681)
 CALL QSC(0,IERR)
 CALL QSC(1,IERR)
 CALL QSSECN(IERR)
 CALL QSRUN(IERR)

C WRITE(1,2)
 3 IF(SENSW(1)) GO TO 4
 GO TO 3

C 4 CALL QSIC(IERR)
 CALL QSDLY(500)
 CALL QSOP(IERR)
 CALL QWELL(1,,TRUE,,IERR)

C NK=N*K
 5 CALL QRDMAS(SX,0,K,NK,IERR)
 6 CALL QRDMSI(IVAL)
 IF(IVAL.GE.2) GO TO 6

C CALL QMOND(22,'21,1)
 CALL QMOND(21,'21,NAME1)

C N1=N+1
 DO 100 I=1,K
 DO 200 J=1,N
 J1=I+(J-1)*K
 X(J)=SX(J1)
 200 CONTINUE
 CALL QMOND(18,'21,X(1),X(N1))
 100 CONTINUE

C CALL QSPC(IERR)
 CALL QWELL(1,,FALSE,,IERR)
 CALL QSTOP(IERR)
 CALL QSCLR(IERR)

C RETURN
 2 FORMAT(/,70HDATA SAMPLE START / SENSE(A) ON/,/)
 END

*POOL	00061	
*LOWER	64117	
*UPPER	67755	
FSAMPL	52045	
.C	67756	
GSHYIN	52703	
QSC	53072	
QSSECN	52461	
QSRUN	52612	
.FWR	63626	
.FCB	55342	
SENSW	54521	
GSIC	52643	
QSDLY	52484	
QSOP	52636	
QWCLL	52541	
QRDMAS	53175	
QRDMSI	53234	
QMOND	53337	
.C42	54250	
.H22	54345	
.FDT	61235	
.QSPC	52650	
QSSTOP	52616	
QSCLR	52622	
CPU	53071	
QSSECF	52452	
QSSECM	52475	
QSSECS	52465	
QSMSF	52443	
QSM5M	52471	
QSMSS	52461	
QSMSN	52440	
QSELCN	53051	
QTRANS	53307	
QSOD	52650	
QSRT	52654	
QSH	52664	
QSST	52660	
QSPS	52671	
QSSP	52671	
QSPP	52654	
QSEIC	52616	
QSEOP	52612	
.GRCI	53164	
QCNSTB	53041	
QBASE	53174	
QUPRLM	53066	
QCONNO	53050	
.QAT	53270	
QSTDIA	53303	
SB00	53337	
SYSERR	54207	
.WRI	63531	
.C24	54224	
.RTPNT	63747	
.ADAT	64044	
.NORM	54316	
NORM	54316	
.L22	54330	
.A22	54357	
.S22	54375	
M22	54413	
D22	54455	
N22	54477	
BPON	54584	
BPOFF	54511	
FPA	63012	
FIO	54572	
FAR	55131	
SC00	54572	
CKS	61544	
FAT	63707	
FLT	61552	
HRW	61257	
FER	61530	
CKM	61427	
FOR	61574	
SVENIN	63136	
SVENOT	63105	
CAS	62516	
FST	63026	
SEVERR	63506	
FRE	63666	
MSGFLG	64116	
DN		

PAGE 1 C *** SUBROUTINE FOR A/D CONVERSION ***

```

SUBROUTINE ADCONV
LOGICAL KAZ,SENSW
COMMON NAME1(3),NAME2(3),NAME3(3),NAME4(3),N,K,LAGH,DELT,M,KEY1
DIMENSION X1(101,15)
DIMENSION X(2001)
DIMENSION Y(2001)
DIMENSION Z(15)

C
1000 CALL QSHYIN(IERR,681,681)
CALL QSC(0,IERR)
CALL QSC(1,IERR)
N1=N+1
MK1=M*K+1
I=1
II=1
WRITE(1,100)
10 CONTINUE
IF(SENSW(1)) GO TO 11
GO TO 10

C
C MAKE DATA SAMPLING PERIOD
11 CALL QMOND(22,'22,2)
CALL QMOND(21,'22,NAME2)
CALL QSOP(IERR)
12 CALL QRSLI(0,KAZ,IERR)
13 CALL QRSLI(0,KAZ,IERR)
IF(.NOT.KAZ) GO TO 13

C
C A/D CONVERSION
CALL QRBADR(Z,0,K,IERR)
DO 14 JJ=1,K
14 X1(II,JJ)=Z(JJ)*10.0
II=II+1
II=II+1
IF(I,GT,N) GO TO 15
IF(II,GT,M) GO TO 16
GO TO 12

C
16 IN=1
DO 17 JJ=1,K
DO 17 II=1,M
Y(IN)=X1(II,JJ)
IN=IN+1
17 CONTINUE

C
C WRITE TO DISC
CALL QMOND(16,'22,Y(1),Y(MK1))
II=1
GO TO 12

C
15 IN=1
DO 19 JJ=1,K
DO 19 II=1,M
Y(IN)=X1(II,JJ)
IN=IN+1

```

PAGE 2 C *** SUBROUTINE FOR A/D CONVERSION ***

```

19 CONTINUE
C
C      WRITE TO DISC
CALL QMOND(16,122,Y(1),Y(MK1))
CALL QSPC(IERR)
WRITE(1,101)
C
J0=0
DO 20 JJ=1,M
I1=1
I2=M
CALL QMOND(22,122,2)
CALL QMOND(21,122,NAME2)
C      READ FROM DISC
23 CALL QMOND(17,122,Y(1),Y(MK1))
J1=J0+1
DO 22 I=I1,I2
X(I)=Y(J1)
J1=J1+1
IF(I,EQ,N) GO TO 24
22 CONTINUE
I1=I1+M
I2=I2+M
GO TO 23
C
24 IF(JJ,GT,1) GO TO 25
CALL QMOND(22,121,1)
CALL QMOND(21,121,NAME1)
C      WRITE TO DISC
25 CALL QMOND(16,121,X(1),X(N1))
C
J0=J0+M
26 CONTINUE
RETURN
100 FORMAT(/,7HDATA SAMPLE START, ANACON OR 8 SENSW(A) ON/)
101 FORMAT(//,12HSAMPLING END,/)

END

```

,POOL	00052	
,LOWER	43324	
,UPPER	67755	
ADCONV	30470	
,C	67756	
QSHYIN	32034	
,QSC	32223	
,FWR	43033	
,FCB	34547	
SENSW	33726	
QMOND	32375	
,QSOP	31767	
GRSLL	31726	
,L33	33465	
QRBADR	31653	
,L22	33274	
,M22	33387	
,H22	33311	
,FDT	40442	
QSPC	32001	
,QAT	32326	
QSOD	32001	
QSRT	32005	
,QSH	32015	
QSST	32011	
QSIC	31774	
QSPS	32022	
QSSP	32022	
QSPP	32005	
QSRUN	31743	
QSSTOP	31747	
QSCLR	31753	
QSEIC	31747	
QSEOP	31743	
QTRANS	32345	
QRCI	32315	
QSELON	32202	
QCNSTB	32172	
QBASE	32325	
QUPRLM	32217	
QCONNO	32201	
,CPU	32222	
GSTDIA	32341	
SB00	32375	
SYSERR	33245	
,WRI	42736	
,NORM	33262	
,NORM	33262	
,A22	33323	
,S22	33341	
,D22	33421	
,N22	33443	
,BPON	33450	
,BPOFF	33455	
,RTPNT	43154	
,ADAT	43251	
,L11	33465	
,H11	33472	
,A11	33477	
,S11	33531	
,M11	33564	
,D11	33626	
		,N11 33707
		,H33 33472
		,A33 33714
		,M33 33721
		,FPA 42217
		,FIO 33777
		,FAR 34336
		SC00 33777
		,CKS 40751
		,FAT 43114
		,FLT 40757
		,HRW 40484
		,FER 40735
		,CKM 40634
		,FOR 41001
		SVENIN 42343
		SVENOT 42312
		,CAS 41723
		,FST 42233
		SEVERR 42713
		,FRE 43073
		MSGFLG 43323
		DN

PAGE 1 C ***** SUBROUTINE FOR MULTIPLE CORRELATION *****

```

SUBROUTINE MULCOR
COMMON NAME1(3),NAME2(3),NAME3(3),NAME4(3),N,K,LAGH,DELT,M,KEY1
DIMENSION X(4001)
DIMENSION Y(4001)
DIMENSION C1(502),C2(502)
DIMENSION SM(15),CO(15)
DIMENSION PARAMT(10)

C
1000 CALL BEGIN(9600,1)
CALL ERASE
102 WRITE(1,1)
WRITE(1,2)
WRITE(1,2)
WRITE(1,3)
WRITE(1,2)
WRITE(1,2)
WRITE(1,1)
WRITE(1,4)
WRITE(1,5)
ACCEPT S1,ICOR
IF(ICOR.EQ.1) GO TO 101
IF(ICOR.EQ.2) GO TO 100
GO TO 102
101 WRITE(1,8)
WRITE(1,9)
ACCEPT S1,ISW1
N1=N+1
LAGH1=LAGH+1
LAGH2=LAGH+2
PARAMT(1)=N
PARAMT(2)=LAGH
PARAMT(3)=K
PARAMT(4)=DELT
GOTO(221,210,221,210),ISW1
C INITIAL CONDITION INPUT + ORIGINAL DATA PRINT OUT
210 WRITE(16,50)
WRITE(16,51)
WRITE(16,52)N,LAGH,K
WRITE(16,53)
CALL QMOND(22,'21,1)
CALL QMOND(21,'21,NAME1)
C
DO 220 II=1,K
CALL QMOND(17,'21,X(1),X(N1))
WRITE(16,54)II
WRITE(16,55)(X(I),I=1,N)
220 CONTINUE
C
C COVARIANCE COMPUTATION
221 CALL QMOND(22,'23,2)
CALL QMOND(21,'23,NAME3)
CALL QMOND(22,'24,2)
CALL QMOND(21,'24,NAME4)
CALL QMOND(16,'23,PARAMT(1),PARAMT(10))
CALL QMOND(16,'24,PARAMT(1),PARAMT(10))
DO 10 II=1,K

```

PAGE 2 C ***** SUBROUTINE FOR MULTIPLE CORRELATION *****

```

CALL QMOND(22,'21,1)
CALL QMOND(21,'21,NAME1)
DO 20 K1=1,II
C READ FROM DISC
CALL QMOND(17,'21,X(1),X(N1))
20 CONTINUE
C
C MEAN DELETION
CALL SMEADL(X,N,XMEAN)
SM(II)=XMEAN
C
C AUTO COVARIANCE COMPUTATION
CALL CROSCE(X,X,N,C1,LAGH1)
C
C NORMALIZATION
C0(II)=C1(1)
CX0=C0(II)
CALL CORNOM(C1,C2,LAGH1,CX0,CX0)
C WRITE TO DISC
CALL QMOND(16,'23,C1(1),C1(LAGH2))
CALL QMOND(16,'24,C2(1),C2(LAGH2))
GOTO(130,130,140,140),ISW1
C
C AUTO COVARIANCE PRINT OUT
140 WRITE(16,162) II,II,SM(II)
WRITE(16,163)
CALL PRCOL2(C1,C2,1,LAGH1,1)
130 IF(II,EQ,1) GO TO 10
C
IM1=II-1
CALL QMOND(22,'21,1)
CALL QMOND(21,'21,NAME1)
DO 11 JJ=1,IM1
C READ FROM DISC
CALL QMOND(17,'21,Y(1),Y(N1))
C
C MEAN DELETION
CALL SMEADL(Y,N,XMEAN)
C CROSS COVARIANCE COMPUTATION
CALL CROSCE(X,Y,N,C1,LAGH1)
CALL CROSCE(Y,X,N,C2,LAGH1)
C
C NORMALIZATION
CX0=C0(II)
CY0=C0(JJ)
CALL CORNOM(C1,X,LAGH1,CX0,CY0)
CALL CORNOM(C2,Y,LAGH1,CX0,CY0)
C WRITE TO DISC
CALL QMOND(16,'23,C1(1),C1(LAGH2))
CALL QMOND(16,'23,C2(1),C2(LAGH2))
CALL QMOND(16,'24,X(1),X(LAGH2))
CALL QMOND(16,'24,Y(1),Y(LAGH2))
GOTO (11,11,12,12),ISW1
C
C CROSS COVARIANCE PRINT OUT
12 WRITE(16,165) II,JJ
WRITE(16,166)
CALL PRCOL4(C1,X,C2,Y,1,LAGH1,1)

```

PAGE 3 C ***** SUBROUTINE FOR MULTIPLE CORRELATION *****

```

11 CONTINUE
10 CONTINUE
100 RETURN

C
1 FORMAT(1H ,37(1H*))
2 FORMAT(1H ,1H*,35X,1H*)
3 FORMAT(1H ,1H*,3X,50HMULTIPLE CORRELATION PROGRAM!,4X,1H*)
4 FORMAT(/,60HSELECT FOLLOWING NUMBER!//,60H1 / CALCULATE CORRELATI
10N!,/,60H2 / NOT CALCULATE!)
5 FORMAT(/,60H** ICOR **!/)
8 FORMAT(//,70HTYPE IN PRINT OUT CONDITION FOR LINE PRINTER!//,70H*
1 ISW1 1 / NOT PRINT!/,9X,60H2 / PRINT OUT ORIGINAL DATA!/,9X,60H
23 / PRINT OUT CORRELATION!/,9X,50H4 / PRINT OUT BOTH DATA!/
9 FORMAT(/,1H ,70H** ISW1 **!/)
31 FORMAT(1B)
50 FORMAT(1H1,20HMULTIPLE CORRELATION)
51 FORMAT(1H0,17HINITIAL CONDITION)
52 FORMAT(1H0,2HN#,I5,5X,5HLAGH#,I5,5X,2HK#,I5)
53 FORMAT(1H0,13HORIGINAL DATA)
54 FORMAT(1H0,10HCHANNEL # ,I3,/ )
55 FORMAT(1H ,9X,6F10.5)
162 FORMAT(//1H0,14HAUTOCOVARIANCE,5X,6HCIJ(L),5X,2HI#,I5,5X,2HJ#,I5,
*X,5HMEAN#,E15.5)
163 FORMAT(1H0,4X,1HL,8X,6HCIJ(L),5X,10HNORMALIZED)
165 FORMAT(//1H0,16HCROSS COVARIANCE,5X,6HCIJ(L),5X,2HI#,I5,5X,2HJ#,I5
*)
166 FORMAT(1H0,4X,1HL,5X,6HCIJ(L),8X,10HNORMALIZED,4X,6HCJI(L),8X,10HN
*ORMALIZED)
END

```

```

C
C *** SUBROUTINE FOR COVARIANCE COMPUTATION ***
SUBROUTINE CROSOC(X,Y,N,C,LAGH1)
DIMENSION X(N),Y(N),C(LAGH1)
AN=N
BN=1.0/AN
DO 10 I=1,LAGH1
I=I-1
T=0.0
IL=N-I
DO 20 J=1,IL
J=J+I
20 T=T+X(J)*Y(J)
10 C(I)=T*BN
RETURN
END

```

```

C
C *** SUBROUTINE FOR MEAN DELETION ***
SUBROUTINE SMEADL(X,N,XMEAN)
DIMENSION X(N)
AN=N
XMEAN=SUMF(X,N)/AN
DO 10 I=1,N
10 X(I)=X(I)-XMEAN
RETURN
END

```

PAGE 1 C

```

C
C *** SUBROUTINE FOR NORMALIZATION OF COVARIANCE ***
SUBROUTINE CORNOM(C,CN,LAGH1,CX0,CY0)
DIMENSION C(LAGH1),CN(LAGH1)
DS=1.0/SQRT(CX0*CY0)
DO 10 I=1,LAGH1
10 CN(I)=C(I)*DS
RETURN
END

```

```

C
C *** FUNCTION SUMF(X,N) ***
FUNCTION SUMF(X,N)
DIMENSION X(N)
SUMF = 0.0
DO 10 I=1,N
10 SUMF=SUMF+X(I)
RETURN
END

```

```

C
C *** SUBROUTINE TO PRINT OUT 2 VECTORS ***
SUBROUTINE PRCOL2(P1,P2,INDI,INDL,ISHIFT)
C THIS SUBROUTINE PRINTS VECTORS
C (P1(I),P2(I),I=INDI,INDL)
C COLUMNWISE IN THE FORMAT
C (I-ISHIFT,P1(I),P2(I),I=INDI,INDL).
C
DIMENSION P1(INDL),P2(INDL)
DO 61 I=INDI,INDL
IM1=I-ISHIFT
61 WRITE(16,62) IM1,P1(I),P2(I)
RETURN
62 FORMAT(1H ,I5,2X,2E14.5)
END

```

```

C
C *** SUBROUTINE TO PRINT OUT 4 VECTORS ***
SUBROUTINE PRCOL4(P1,P2,P3,P4,INDI,INDL,ISHIFT)
C THIS SUBROUTINE PRINTS VECTORS
C (P1(I),P2(I),P3(I),P4(I),I=INDI,INDL)
C COLUMNWISE IN THE FORMAT
C (I-ISHIFT,P1(I),P2(I),P3(I),P4(I),I=INDI,INDL).
C
DIMENSION P1(INDL),P2(INDL),P3(INDL),P4(INDL)
DO 61 I=INDI,INDL
IM1=I-ISHIFT
61 WRITE(16,62) IM1,P1(I),P2(I),P3(I),P4(I)
RETURN
62 FORMAT(1H ,I5,2X,4E14.5)
END

```

,POOL	00102	
,LOWER	66013	
,UPPER	67755	
MULCOR	46254	
,C	67756	
BEGIN	51446	
ERASE	51632	
,FWR	65522	
,FCB	57143	
,FAC	56362	
,FAR	56732	
,C12	55023	SE00 56362
,H22	55745	IOCONT 56362
,L22	55730	,FRE 65562
,FGO	63036	,PIO 56373
QMOND	54136	SC00 56373
,FDT	63110	,CKS 63440
SMEADL	50631	,FLT 63446
CROSCO	50414	,HRW 63153
CORNOM	50723	,FER 63424
PRCOL2	51133	,CKM 63323
PRCOL4	51261	,FOR 63470
,FAT	65603	SVENIN 65032
,D22	56055	SVENOT 65001
,M22	56013	,FPA 64706
,A22	55757	,CAS 64412
SUMF	51045	,FST 64722
,S22	55775	SEVERR 65402
SQRT	55150	MSGFLG 66012
,L11	56121	DN
,H11	56126	
TEK001	53777	
VECTOR	52024	
ALPHA	51745	
CHOUT	54043	
,C21	55036	
HOME	51703	
,FIF	63132	
TEK003	53424	
TEK002	52077	
,SIN	55353	
,COS	55400	
,A11	56133	
,D11	56262	
,M11	56220	
,S11	56165	
SA00	54043	
SB00	54136	
SYSERR	55006	
,WRI	65425	
,RTPNT	65643	
,ADAT	65740	
,NORM	55716	
,NORM	55716	
,N22	56077	
BPON	56104	
BPOFF	56111	
,N11	56343	
,L33	56121	
,H33	56126	
,A33	56350	
,M33	56355	

PAGE 1 C ***** CORRELATION PLOT SUBROUTINE *****

```

C ***** 1975.6.18 *****
SUBROUTINE MPLDTC
COMMON NAME1(3),NAME2(3),NAME3(3),NAME4(3),N,K,LAGH,DELT,M,KEY1
DIMENSION CN1(502),CN2(502)
DIMENSION PARAMT(10)

C
1000 WRITE(1,12)
CALL BEGIN(9600,1)
CALL ERASE
27 WRITE(1,1)
WRITE(1,2)
WRITE(1,2)
WRITE(1,3)
WRITE(1,2)
WRITE(1,2)
WRITE(1,1)
WRITE(1,24)
WRITE(1,25)
ACCEPT 5,IPLOT
IF(IPLOT,EQ,1) GO TO 26
IF(IPLOT,EQ,2) GO TO 200
GO TO 27

C
26 CALL QMOND(22,124,2)
CALL QMOND(21,124,NAME4)
CALL QMOND(17,124,PARAMT(1),PARAMT(10))
LAGH=PARAMT(2)
K=PARAMT(3)
DELT=PARAMT(4)
LAGH1=LAGH+1
LAGH2=LAGH+2
23 CALL ERASE
WRITE(1,28)
WRITE(1,29)
WRITE(1,4)
ACCEPT 5,IMTHOD
IF(IMTHOD,LE,0) GO TO 23
IF(IMTHOD,EQ,99) GO TO 200
IF(IMTHOD,GT,3) GO TO 23
GO TO(20,30,40),IMTHOD

C
C ***** FREE CHOISE PLOT *****
20 CALL BEGIN(9600,1)
CALL ERASE
22 WRITE(1,6)
WRITE(1,7)
ACCEPT 8,IN,JN
IF(IN,LE,0) GO TO 21
IF(IN,EQ,99) GO TO 51
IF(IN,GT,K) GO TO 21
IF(JN,LE,0) GO TO 21
IF(JN,GT,K) GO TO 21
GO TO 60
51 IF(JN,EQ,99) GO TO 23
21 WRITE(1,9)
GO TO 22

```

PAGE 2 C ***** CORRELATION PLOT SUBROUTINE *****

```

60 IF(IN.EQ.JN) GO TO 90
  IF(IN.LT.JN) GO TO 80
C
  INDEX=(IN-1)*2+2*JN
  CALL QMOND(22,'24,2)
  CALL QMOND(21,'24,NAME4)
  CALL QMOND(17,'24,PARAMT(1),PARAMT(10))
  DO 70 I=1,INDEX
    CALL QMOND(17,'24,CN1(1),CN1(LAGH2))
  70 CONTINUE
  CALL QMOND(17,'24,CN2(1),CN2(LAGH2))

C
C   CROSS COVARIANCE PLOT
  71 CALL PLCOR(CN1,CN2,LAGH,DELT,IN,JN)
  GO TO 20
C
  80 INDEX=(JN-1)*2+2*IN
  CALL QMOND(22,'24,2)
  CALL QMOND(21,'24,NAME4)
  CALL QMOND(17,'24,PARAMT(1),PARAMT(10))
  DO 81 I=1,INDEX
    CALL QMOND(17,'24,CN2(1),CN2(LAGH2))
  81 CONTINUE
  CALL QMOND(17,'24,CN1(1),CN1(LAGH2))
  GO TO 71
C
  90 INDEX=(IN-1)*2+1
  CALL QMOND(22,'24,2)
  CALL QMOND(21,'24,NAME4)
  CALL QMOND(17,'24,PARAMT(1),PARAMT(10))
  DO 91 I=1,INDEX
    CALL QMOND(17,'24,CN1(1),CN1(LAGH2))
  91 CONTINUE
  DO 92 I=1,LAGH1
    CN2(I)=CN1(I)
  92 GO TO 71
C
C ***** SEQUENTIAL PLOT *****
  30 CALL BEGIN(9600,1)
  CALL ERASE
  CALL PLCOR4(CN1,CN2,0,0.,0,0,0)
  31 WRITE(1,10)
  WRITE(1,11)
  ACCEPT A,IS,IE
  IF(IS.GT.IE) GO TO 103
  IF(IS.LE.0) GO TO 103
  IF(IS.GT.K) GO TO 101
  IF(IE.LE.0) GO TO 103
  IF(IE.GT.K) GO TO 103
  GO TO 100
  101 IF(IS.EQ.99) GO TO 102
  GO TO 103
  102 IF(IE.EQ.99) GO TO 23
  103 WRITE(1,9)
  GO TO 31
  100 CALL QMOND(22,'24,2)
  CALL QMOND(21,'24,NAME4)
  CALL QMOND(17,'24,PARAMT(1),PARAMT(10))

```

PAGE 3 C ***** CORRELATION PLOT SUBROUTINE *****

```

DO 150 II=1,IE
CALL QMOND(17,124,CN1(1),CN1(LAGH2))
IF(II.GE.IS) GO TO 104
GO TO 152
104 DO 151 L=1,LAGH1
151 CN2(L)=CN1(L)

C
C      AUTO COVARIANCE PLOT
CALL PLCOR4(CN1,CN2,LAGH,DELT,II,II,1)
152 IF(II.EQ.1) GO TO 150
IM1=II-1
DO 153 JJ=1,IM1
CALL QMOND(17,124,CN1(1),CN1(LAGH2))
CALL QMOND(17,124,CN2(1),CN2(LAGH2))
IF(II.LT.IS) GO TO 153

C
C      CROSS COVARIANCE PLOT
CALL PLCOR4(CN1,CN2,LAGH,DELT,II,JJ,1)
153 CONTINUE
150 CONTINUE
CALL TPAUSE
GO TO 30

C
C ***** SPECIFIED CHANNEL PLOT *****
40 CALL BEGIN(9600,1)
CALL ERASE
CALL PLCOR3(CN1,CN2,0,0.,0,0,0,0)
CALL PLCOR4(CN1,CN2,0,0.,0,0,0)
42 WRITE(1,13)
WRITE(1,14)
ACCEPT 5,IDSPLY
IF(IDSPLY.LE,8) GO TO 42
IF(IDSPLY.EQ,99) GO TO 23
IF(IDSPLY.GT,2) GO TO 42
50 WRITE(1,15)
WRITE(1,16)
ACCEPT 5,ICHANL
IF(ICHANL.LE,0) GO TO 41
IF(ICHANL.EQ,99) GO TO 40
IF(ICHANL.GT,K) GO TO 41
GO TO 43
41 WRITE(1,9)
GO TO 42

C
43 CALL QMOND(22,124,2)
CALL QMOND(21,124,NAME4)
CALL QMOND(17,124,PARAMT(1),PARAMT(10))
DO 160 II=1,K
CALL QMOND(17,124,CN1(1),CN1(LAGH2))
IF(II.EQ,ICHANL) GO TO 44
GO TO 45
44 DO 161 L=1,LAGH1
161 CN2(L)=CN1(L)

C
C      AUTO COVARIANCE PLOT
IF(IDSPLY.EQ,1) GO TO 46
CALL PLCOR3(CN1,CN2,LAGH,DELT,II,II,K,1)
GO TO 45

```

PAGE 4 C ***** CORRELATION PLOT SUBROUTINE *****

```

46 CALL PLCOR4(CN1,CN2,LAGH,DELT,II,II,1)
45 IF(II.EQ.1) GO TO 160
  IM1=II=1
  DO 162 JJ=1,IM1
  IF(JJ.EQ.ICHANL) GO TO 163
  CALL QMOND(17,'24,CN1(1),CN1(LAGH2))
  CALL QMOND(17,'24,CN2(1),CN2(LAGH2))
  IF(II.NE.ICHANL) GO TO 162
C
C  CROSS COVARIANCE PLOT
  IF(IDSPLY.EQ.1) GO TO 47
  CALL PLCOR3(CN1,CN2,LAGH,DELT,II,JJ,K,1)
  GO TO 162
  47 CALL PLCOR4(CN1,CN2,LAGH,DELT,II,JJ,1)
162 CONTINUE
160 CONTINUE
  IF(IDSPLY.EQ.2) GO TO 49
  CALL TPAUSE
  49 CALL BEGIN(9600,1)
  CALL ERASE
  CALL PLCOR3(CN1,CN2,0,0.,0,0,0,0)
  CALL PLCOR4(CN1,CN2,0,0.,0,0,0)
  WRITE(1,17)
  GO TO 50
C
163 CALL QMOND(17,'24,CN2(1),CN2(LAGH2))
  CALL QMOND(17,'24,CN1(1),CN1(LAGH2))
  IF(IDSPLY.EQ.1) GO TO 48
  CALL PLCOR3(CN1,CN2,LAGH,DELT,JJ,II,K,1)
  GO TO 162
  48 CALL PLCOR4(CN1,CN2,LAGH,DELT,JJ,II,1)
  GO TO 162
200 RETURN
C
  1 FORMAT(1H ,37(1H*))
  2 FORMAT(1H ,1H*,35X,1H*)
  3 FORMAT(1H ,1H*,3X,50H PLOT THE MULTIPLE CORRELATION!,3X,1H*)
  4 FORMAT(/,50H** IMTHOD **/,/)
  5 FORMAT(I5)
  6 FORMAT(/,50H PLOTTING METHOD IS "FREE CHOISE"!/,50H TYPE IN CHANNEL
    1 NUMBER (IN,JN)!/,50H OR TYPE IN 99,99 IF END OF THE PLOT!/)
  7 FORMAT(/,50H** IN,JN **/,/)
  8 FORMAT(2I5)
  9 FORMAT(/,50H NO SUCH CHANNEL NUMBER!,/,50H ONCE MORE TYPE IN CORRECT
    1 NUMBER!/,)
10 FORMAT(/,50H PLOTTING METHOD IS "SEQUENTIAL PLOT"!/,50H TYPE IN S
    1TART AND END CHANNEL NUMBER!,/50H OR TYPE IN 99,99 IF END OF THE PL
    OT!/,)
11 FORMAT(/,50H** ISTAT,IEND **/,/)
12 FORMAT(/,50H PUSH THE PAGE ON KEY BOARD!/)
13 FORMAT(/,50H PLOTTING METHOD IS "SPECIFIED CHANNEL"!/,50H SELECT T
    HE PLOTTING FORMAT !/,50H 1 : PLAIN DISPLAY!/,50H 2 : THREE DIM
   ENSIONAL DISPLAY!/,50H OR TYPE IN 99 IF END OF THE PLOT!/,)
14 FORMAT(/,50H** IDSPLY **/,)
15 FORMAT(/,50H TYPE IN CHANNEL NUMBER           !/,50H OR TYPE IN 99 IF EN
    1D OF THE PLOT!/,)
16 FORMAT(/,50H** ICHANL **/,)
17 FORMAT(/,50H PLOTTING METHOD IS "SPECIFIED CHANNEL"!/,)

```

PAGE 5 C ***** CORRELATION PLOT SUBROUTINE *****

```
24 FORMAT(//,60HSELECT THE NUMBER!//,60H1 ! PLOT THE CORRELATION!/,60H
12 ! NOT PLOT!/)
25 FORMAT(50H** IPLOT **!,/)
26 FORMAT(//,50HPLOT THE MULTIPLE CORRELATION!)
29 FORMAT(///,60HSELECT THE NUMBER FOR PLOTTING METHOD!//,50H1 ! FREE
1 CHOISE!/,50H2 ! SEQUENTIAL PLOT!/,50H3 ! SPECIFIED CHANNEL!/,50H9
29 ! END OF THE JOB!/)
END
```

PAGE 1 C

```

C
C *** SUBROUTINE FOR PLOTTING THE MULTIPLE CORRELATION ***
C *** CODED BY R. OGUMA 1975 2-26 ***
SUBROUTINE PLCOR(C1,C2,LAGH,DELT,IN,JN)
DIMENSION C1(501),C2(501),TT(5)
LAGH1=LAGH+1
CALL BEGIN(9800,1)
CALL ERASE
CALL SCALE(1.0,1.0,112.0,98.0)
CALL AXIS(0,0,0,0,800.0,600.0,100.0,75.0,1,1)
FL=LAGH
TL=FL+DELT
TL=ALOG10(TL)
IF(TL.LT.0.0) GO TO 1
ITL=TL
GO TO 2
1 ITL=TL+1.0
2 FIE=10.0**ITL
IE=FIE
DT=T/FIE
TT(1)=DT
TT(2)=0.5*DT
TT(3)=0.
TT(4)=0.5*DT
TT(5)=DT
YA1=1.0
YA2=0.
YA3=-1.0
CALL SCALE(1.0,1.0,912.0,690.0)
CALL AXIS(-800.0,-600.0,800.0,600.0,100.0,75.0,0,0)
CALL SCALE(1.0,1.0,512.0,390.0)
CALL AXIS(-400.0,-300.0,800.0,600.0,100.0,75.0,0,0)
ST=0.0
DX=400.0/FL
DO 120 I=1,LAGH1
C1(I)=C1(I)*300.0
120 C2(I)=C2(I)*300.0
CALL VECTOR
C=C1(1)
CALL TPLOT(0.0,C,0,0)
DO 130 I=1,LAGH
I1=I+1
C=C1(I1)
ST=ST+DX
CALL TPLOT(ST,C,1,0)
130 CONTINUE
ST=0.0
C=C2(1)
CALL TPLOT(0.0,C,0,0)
DO 140 I=1,LAGH
I1=I+1
C=C2(I1)
ST=ST+DX
CALL TPLOT(ST,C,1,0)
140 CONTINUE
CALL ALPHA

```

PAGE 2 C

```

CALL SCALE(1,0,1.0,112.0,730.0)
CALL TPLOT(0.,0.,0,0)
IF(IN.EQ.JN) GO TO 200
WRITE(1,10) IN,JN
GO TO 300
100 WRITE(1,20) IN,JN
300 CALL SCALE(1,0,1.0,75.0,85.0)
CALL TPLOT(0.,0.,0,0)
WRITE(1,30) (TT(I),I=1,5)
CALL SCALE(1,0,1.0,450.0,55.0)
CALL TPLOT(0.,0.,0,0)
WRITE(1,40)
W=40.0
WW=705
CALL SCALE(1,0,1.0,W,WW)
CALL TPLOT(0.,0.,0,0)
WRITE(1,50) YA1
WW=WW-300.0
CALL SCALE(1,0,1.0,W,WW)
CALL TPLOT(0.,0.,0,0)
WRITE(1,50) YA2
WW=WW-300.0
CALL SCALE(1,0,1.0,W,WW)
CALL TPLOT(0.,0.,0,0)
WRITE(1,50) YA3
CALL SCALE(1,0,1.0,870.0,55.0)
CALL TPLOT(0.,0.,0,0)
WRITE(1,60) ITL
CALL TPAUSE
RETURN
10 FORMAT(50HFIG.      CROSS COVARIANCE FN.(!,I2,1H,,I2,1H))
20 FORMAT(50HFIG.      AUTO COVARIANCE FN.(!I2,1H,,I2,1H))
30 FORMAT(5(F5.1,9X))
40 FORMAT(50HTIME LAG(SEC)!)
50 FORMAT(F4.1)
60 FORMAT(50H(*10**!,I2,1H))
END

```

```

SUBROUTINE PLCORS(CN1,CN2,LAGH,DELT,IN,JN,K,IX)
DIMENSION CN1(501),CN2(501)
IF(IX.NE.0) GO TO 100
I=0
II=0
GO TO 200
100 I=IX+I
II=II+1
CALL PLOT3(CN1,CN2,LAGH,DELT,IN,JN,I,K)
IF(I.LT.8) GO TO 300
I=0
CALL TPAUSE
300 IF(II.LT.K) GO TO 200
II=0
I=0
CALL TPAUSE
200 RETURN
END

```

PAGE 1 C** 3-DIM. CORRELATION PLOT SUBROUTINE

```

SUBROUTINE PLOTS(C1,C2,LAGH,DELT,IN,JN,IX,K)
DIMENSION C1(501),C2(501)
LAGH1=LAGH+1
FLAG=LAGH
IF(IX,NE,1) GO TO 100
CALL BEGIN(9600,1)
CALL ERASE
XL=100.
YL=80.
XLMB=XL
YLMB=YL
C** VARIABLE PLOT ANGLE (DEG)
DEG=40.0
FL=LAGH
T=FL+DELT
CALL TPLOT(50,0,750,0,0,0)
WRITE(1,1)
CALL TPLOT(56,0,710,0,0,0)
WRITE(1,2) DELT,T
100 CALL SCALMV(IX,SX,SY)
CALL SCALE(1.,1.,SX,SY)
CALL VECTOR
DX=XL/FLAG
DO 10 I=1,LAGH1
C1(I)=C1(I)*YL
10 C2(I)=C2(I)*YL
CALL ROTDEG(XL,X0,Y0,DEG)
CALL ROTDEG(XLM,XM0,YM0,DEG)
YB=Y0+YL
YM8=Y0-YL
YYB=YM0+YL
YYM8=YM0-YL
CALL TPLOT(X0,YM8,0,0)
CALL TPLOT(X0,YB,1,0)
CALL TPLOT(XM0,YYB,1,0)
CALL TPLOT(XM0,YYM8,1,0)
CALL TPLOT(X0,YM8,1,0)
CALL TPLOT(X0,Y0,0,0)
CALL TPLOT(XM0,YM0,1,0)
CALL TPLOT(0.,YL,0,0)
CALL TPLOT(0.,YLM,1,0)
XCON=X0+15.0
XCOM=X0+130.0
YCOM=YM8+25.0
CALL TPLOT(X0,YM8,0,0)
CALL TPLOT(XCOM,YM8,1,0)
CALL TPLOT(XCON,YCOM,0,0)
CALL ALPHA
WRITE(1,3) IN,JN
CALL VECTOR
ST=0.
C=C1(1)
CALL TPLOT(0.,C,0,0)
DO 20 I=2,LAGH1
C=C1(I)
ST=ST+DX

```

PAGE 2 C** 3-DIM. CORRELATION PLOT SUBROUTINE

```

CALL ROTDEG(ST,X,Y,DEG)
Y=Y+C
CALL TPLOT(X,Y,1,0)
20 CONTINUE
ST=0,
C=C2(1)
CALL TPLOT(0.,C,0,0)
DO 30 I=2,LAGH1
C=C2(I)
ST=ST+DX
CALL ROTDEG(ST,X,Y,DEG)
Y=Y+C
CALL TPLOT(X,Y,1,0)
30 CONTINUE
CALL ALPHA
IF(IX,NE,K) GO TO 200
CALL TPAUSE
200 RETURN
1 FORMAT(70HFIG. ESTIMATED MULTIPLE CORRELATION FUNCTION!)
2 FORMAT(8X,30HSAMPLING INTERVAL!,F10.2,4H SEC,,12X,20HMAX LAG!,10X
1,F10.2,4H SEC)
3 FORMAT(2HC(,I2,1H,,I2,1H))
END

```

```

SUBROUTINE ROTDEG(X1,X,Y,DEG)
RAD=3.1415927*DEG/180.0
X=X1*COS(RAD)
Y=X*SIN(RAD)
RETURN
END

```

PAGE 1

```

SUBROUTINE AXISVL(LAGH,DELT,TT,YV)
DIMENSION TT(5),YV(3)
FL=LAGH
T=FL+DELT
TL=ALOG10(T)
IF(TL.LT.0.) GO TO 1
ITL=TL
GO TO 2
1 ITL=TL=1.0
2 PIE=10.0**ITL
IE=PIE
DT=T/PIE
TT(1)=DT
TT(2)=-0.5*DT
TT(3)=0.
TT(4)=0.5*DT
TT(5)=DT
YV(1)=1.0
YV(2)=0.
YV(3)=1.0
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE SCALMV(I,X,Y)
C**   DX...X AXIS INCR.
FI=I
DX=100.0
Y0=60.0
X0=0.
CK=0.7
X=X0+FI*DX
Y=CK*X+Y0
RETURN
END

```

```

C**** SUBROUTINE FOR PLOTTING THE 4-CORRELATIONS ***
C**   CODED BY R. OGUMA 1975 4-3
SUBROUTINE PLCOR4(C1,C2,LAGH,DELT,IN,JN,IX)
DIMENSION C1(501),C2(501)
IF(IX.NE.0) GO TO 100
I=0
GO TO 200
100 I=I+IX
CALL PLOT4(C1,C2,LAGH,DELT,IN,JN,I)
IF(I.GE.4) I=0
200 RETURN
END

```

PAGE 1

```

SUBROUTINE PLOT4(C1,C2,LAGH,DELT,IN,JN,NOI)
DIMENSION C1(501),C2(501)
01=283.0
02=585.0
03=791.0
04=195.0
LAGH1=LAGH+1
IF(NOI>2) 100,200,201
201 IF(NOI,EQ,3) GO TO 300
GO TO 400
100 CALL BEGIN(9600,1)
CALL ERASE
SX=01
SY=02
GO TO 500
200 SX=03
SY=02
GO TO 500
300 SX=01
SY=04
GO TO 500
400 SX=03
SY=04
500 CALL SCALE(1.,1.,SX,SY)
CALL AXIS(-200.,-130.,400.,260.,100.,65.,1,1)
CALL TPLOT(-200.,-130.,0,0)
CALL VECTOR
CALL TPLOT(-200.,130.,1,0)
CALL TPLOT(200.,130.,1,0)
CALL TPLOT(200.,-130.,1,0)
CALL TPLOT(-200.,-130.,1,0)
FL=LAGH
T=FL*DELT
TL=ALOG10(T)
IF(TL,LT,0.) GO TO 600
ITL=TL
GO TO 700
600 ITL=TL-1.
700 FIE=10.*ITL
IE=FIE
DT=T/FIE
T0=0.
T1=-DT
T2=DT
YA1=-1.
YA2=1.
ST=0.
DX=200./FL
DO 10 I=1,LAGH1
C1(I)=C1(I)*130.0
10 C2(I)=C2(I)*130.0
C=C1(1)
CALL TPLOT(0.,C,0,0)
DO 20 I=2,LAGH1
C=C1(I)
ST=ST+DX

```

PAGE 2

```
      CALL TPLOT(ST,C,1,0)
20 CONTINUE
      ST=0.
      C=C2(1)
      CALL TPLOT(0.,C,0,0)
      DO 30 I=2,LAGH1
      C=C2(I)
      ST=ST+DX
      CALL TPLOT(ST,C,1,0)
30 CONTINUE
      CALL ALPHA
      IF(NOI,NE,4) GO TO 40
      CALL TPAUSE
40 RETURN
      END
```

,POOL	00120	
,LOWER	40242	
,UPPER	67755	
MPLOTC	06754	
,C	67756	
,FWR	37751	
,FCB	31372	
BEGIN	17471	
ERASE	17655	
,FAC	30811	
,FAR	31161	
QMOND	25621	SYSERR 26471
,L22	30127	,WRI 37654
,C21	26627	,RTPNT 40072
,H22	30144	,ADAT 40167
,FGO	35265	,ATAN2 27304
,E11	30328	,ALOG 27711
,FDT	35337	,NORM 30115
PLCOR	13810	,NORM 30115
PLCOR4	16407	,BPON 30303
TPAUSE	17726	,BPOFF 30310
PLCOR3	14370	,N11 30572
,FAT	40032	,L33 30350
SCALE	22321	,H33 30355
,AXIS	20055	,A33 30577
,C12	26614	,M33 30604
,M22	30212	,SE00 30611
ALOG10	27672	ZOCONT 30611
,S22	30174	,PRE 40011
,E21	26506	,PIO 30622
,D22	30254	,SC00 30622
,N22	30276	,CKS 35667
VECTOR	23483	,FLT 35675
TPLOT	21545	,PHR 35402
,A22	30156	,PFER 35653
ALPHA	23324	,PCKM 35552
PLOT3	14543	,PFOR 35717
SCALMV	16304	,SVENIN 37261
ROTDEG	15725	,SVENOT 37230
,COS	26766	,FPA 37135
,ATAN	27625	,CAS 36641
AXISVL	15772	,FST 37151
PLOT4	16510	SEVERR 37631
,FIG	35361	MSGFLG 40241
,L11	30350	DN
,H11	30355	
TEK001	25356	
,CHOUT	25526	
,HOME	17735	
,CHIN	25422	
TEK003	25003	
,A11	30362	
,S11	30414	
TEK002	23456	
TEK007	21755	
,POINT	23307	
TEK006	22510	
,M11	30447	
,SIN	26741	
,D11	30511	
SA00	25422	
SB00	25621	

PAGE 1 C ***** SUBROUTINE FOR MULTIPLE SPECTRUM *****

```

C ***** 1975.6.17 *****
C ***** SPECTR *****
      SUBROUTINE SPECTR
      COMMON NAME1(3),NAME2(3),NAME3(3),NAME4(3),N,K,LAGH,DELT,M,KEY1
      DIMENSION C(502),S(502),G(502)
      DIMENSION FC(502),FS(502),P1(502),P2(502),P3(502)
      DIMENSION A1(10),A2(10)
      DIMENSION PARAMT(10)

C
      1000 WRITE(1,50)
      CALL BEGIN(9800,1)
      CALL ERASE
      13 WRITE(1,1)
      WRITE(1,2)
      WRITE(1,2)
      WRITE(1,3)
      WRITE(1,2)
      WRITE(1,2)
      WRITE(1,1)
      WRITE(1,51)
      WRITE(1,52)
      ACCEPT 56,ISPE
      IF(ISPE.EQ.1) GO TO 40
      IF(ISPE.EQ.2) GO TO 100
      GO TO 13
      40 WRITE(1,55)
      ACCEPT 56,ISW1
      IF(ISW1.EQ.1) GO TO 41
      IF(ISW1.EQ.2) GO TO 41
      GO TO 40
C     WINDOW W1 DEFINITION
      41 MLA1=2
      A1(1)=0.5
      A1(2)=0.25
C     WINDOW W2 DEFINITION
      MLA2=3
      A2(1)=0.625
      A2(2)=0.25
      A2(3)=-0.0625
      CALL QMOND(22,'23,2)
      CALL QMOND(21,'23,NAME3)
      CALL QMOND(17,'23,PARAMT(1),PARAMT(10))

C
      N=PARAMT(1)
      LAGH=PARAMT(2)
      K=PARAMT(3)
      DELT=PARAMT(4)
      LAGH1=LAGH+1
      LAGH2=LAGH+2
      IF(ISW1.EQ.1) GO TO 12
C     INITIAL CONDITION PRINT
      WRITE(6,60)
      WRITE(6,61)
      WRITE(6,62) N,LAGH,K
      WRITE(6,63)
      CALL PRCOL1(A1,1,MLA1,1)

```

PAGE 2 C ***** SUBROUTINE FOR MULTIPLE SPECTRUM *****

```

        WRITE(6,64)
        CALL PRCOL1(A2,1,MLA2,1)
C
12 CALL QMOND(22,'24,2)
        CALL QMOND(21,'24,NAME4)
        CALL QMOND(22,'22,2)
        CALL QMOND(21,'22,NAME2)
        CALL QMOND(16,'24,PARAMT(1),PARAMT(10))
        CALL QMOND(16,'22,PARAMT(1),PARAMT(10))
        DO 10 II=1,K
C
C     AUTO COVARIANCE READ FROM DISC
        CALL QMOND(17,'23,C(1),C(LAGH2))
        DO 20 I=1,LAGH1
20 G(I)=C(I)+C(I)
        G(I)=0.5*G(I)
        G(LAGH1)=0.5*G(LAGH1)
C
C     F=COS TRANSFORMATION
        CALL FGRCO(G,LAGH1,FC,LAGH1)
C
C     SPECTRUM SMOOTHING BY WINDOW W1
        CALL AUSP(FC,P1,LAGH1,A1,MLA1)
C
C     SPECTRUM SMOOTHING BY WINDOW W2
        CALL AUSP(FC,P2,LAGH1,A2,MLA2)
C
C     TEST STATISTICS COMPUTATION
        CALL SIGNIF(P1,P2,P3,LAGH1,N)
        IF(ISW1.EQ.1) GO TO 21
C
C     AUTO SPECTRUM AND TEST STATISTICS PRINT OUT
        WRITE(6,65) II,II
        WRITE(6,66)
        WRITE(6,67)
        CALL PRCOL3(P1,P2,P3,1,LAGH1,1)
C
C     AUTO SPECTRUM STORE TO DISC
21 CALL QMOND(16,'24,P1(1),P1(LAGH2))
        CALL QMOND(16,'22,P3(1),P3(LAGH2))
        IF(II.EQ.1) GO TO 10
C
C     CROSS COVARIANCE READ FROM DISC
        IM1=II-1
        DO 11 JJ=1,IM1
        CALL QMOND(17,'23,C(1),C(LAGH2))
        CALL QMOND(17,'23,S(1),S(LAGH2))
C
C     F=COS TRANSFORMATION
        DO 30 I=1,LAGH1
30 G(I)=C(I)+S(I)
        G(I)=0.5*G(I)
        G(LAGH1)=0.5*G(LAGH1)
        CALL FGRCO(G,LAGH1,FC,LAGH1)
C
C     F=SIN TRANSFORMATION
        DO 31 I=1,LAGH1
31 G(I)=S(I)-C(I)
        G(I)=0.5*G(I)
        G(LAGH1)=0.5*G(LAGH1)
        CALL FGERSI(G,LAGH1,FS,LAGH1)
C
C     SMOOTHING BY WINDOW W1
        ISW=1
        CALL CROSSP(FC,FS,P1,P2,LAGH1,A1,MLA1)
33 IF(ISW1.EQ.1) GO TO 34

```

PAGE 3 C ***** SUBROUTINE FOR MULTIPLE SPECTRUM *****

```

C   CROSS SPECTRUM PRINTOUT
  WRITE(6,69) II,JJ
  IF(ISW,NE,1) GO TO 260
  WRITE(6,166)
  GO TO 268
260  WRITE(6,268)
268  WRITE(6,167)
      CALL PRCOL2(P1,P2,I,LAGH1,I)
  34 IF(I8W,LT,0) GO TO 11

C   CROSS SPECTRUM STORE TO DISC
  CALL QMOND(16,124,P1(1),P1(LAGH2))
  CALL QMOND(16,124,P2(1),P2(LAGH2))
C   SMOOTHING BY WINDOW W2
  ISW=1
  CALL CROSSP(FC,FS,P1,P2,LAGH1,A2,MLA2)
  GO TO 33
11  CONTINUE
10  CONTINUE
100 RETURN
  1 FORMAT(1H ,37(1H*))
  2 FORMAT(1H ,1H*,35X,1H*)
  3 FORMAT(1H ,1H*,5X,58HMULTIPLE SPECTRUM PROGRAM!,5X,1H*)
50  FORMAT(/,58HPUSH THE PAGE ON KEY BOARD!)
51  FORMAT(/,60HSELECT THE NUMBER    !,/,60H1 / CALCULATE THE MULTI
        PLE SPECTRUM!,/,60H2 / NOT CALCULATE!,/)
52  FORMAT(60H** ISPE **!,/)
53  FORMAT(//,20HTYPE IN!,/,70HPRINT OUT CONDITION FOR LINE PRINTER!
        1//,10X,20H1 / NOT PRINT OUT!/,10X,50H2 / PRINT OUT SPECTRUM!/)
56  FORMAT(15)
60  FORMAT(1H1,58H **** MULTIPLE SPECTRUM ****!)
61  FORMAT(1H0,17HINITIAL CONDITION)
62  FORMAT(1H0,2HNE,1S,5X,5HLAGH#,1S,5X,2HKN#,1S)
63  FORMAT(1H0,12X,9HWINDOW W1/1H ,4X,1HI,11X,9HA1(I))
64  FORMAT(1H0,12X,9HWINDOW W2/1H ,4X,1HI,11X,9HA2(I))
65  FORMAT(//1H0,8HP(I,I,JJ),5X,3HI#-1S,3X,3HJJ#-1S)
66  FORMAT(1H0,7X,14HPOWER SPECTRUM)
67  FORMAT(1H ,4X,1HI,8X,8HPOWER W1,8X,8HPOWER W2,2X,12HSIGNIFICANCE)
166 FORMAT(1H0,7X,14HCROSS SPECTRUM,8X,2HW1)
266 FORMAT(1H0,7X,14HCROSS SPECTRUM,8X,2HW2)
167 FORMAT(1H ,4X,1HI,5X,11HCO=SPECTRUM,1X,13HQUAD=SPECTRUM)
END

```

PAGE 1 C

```

C *** SUBROUTINE TO COMPUTE SMOOTHED CROSS SPECTRUM ***
SUBROUTINE CROSSP(FC,F8,P1,P2,LAGH1,A,LA1)
C THIS SUBROUTINE COMPUTES SMOOTHED CROSS SPECTRUM)
C FC,F8= OUTPUTS OF FGERCO AND FGERSI
C P1,P2= REAL AND IMAGINARY PART OF SMOOTHED CROSS SPECTRUM
C LAGH1= DIMENSION OF FC, F8 AND P1, P2
C A= SMOOTHED COEFFICIENTS
C LA1= DIMENSION OF A(LESS THAN 11)
DIMENSION FC(LAGH1),F8(LAGH1),P1(LAGH1),P2(LAGH1)
DIMENSION A(LA1)
DIMENSION FC1(S21),FS1(S21)
LA=LA1-1
LAGSHF=LAGH1+2*LA
C FC SHIFT=RIGHT BY LA FOR END CORRECTION
CALL ECORCO(FC,LAGH1,FC1,LAGSHF,LA1)
C REAL PART SMOOTHING
CALL SHOSPE(FC1,LAGSHF,A,LA1,P1,LAGH1)
C FS SHIFT=RIGHT BY LA FOR END CORRECTION
CALL ECORSI(FS,LAGH1,FS1,LAGSHF,LA1)
C IMAGINARY PART SMOOTHING
CALL SHOSPE(FS1,LAGSHF,A,LA1,P2,LAGH1)
RETURN
END

```

```

C *** SUBROUTINE FOR END CORRECTION ***
SUBROUTINE ECORCO(FC,LAGH1,FC1,LAGSHF,LA1)
C FC SHIFT=RIGHT BY LA FOR REAL PART END CORRECTION
DIMENSION FC(LAGH1),FC1(LAGSHF)
LAGH2=LAGH1+1
LA=LA1-1
DO 100 I=1,LAGH1
I1=LAGH2-I
I2=I1+LA
100 FC1(I2)=FC(I1)
LA2=LAGH1+LA
DO 110 I=1,LA
I1=LA1-I
I2=LA1+I
I3=LA2-I
I4=LA2+I
FC1(I1)=FC1(I2)
110 FC1(I4)=FC1(I3)
RETURN
END

```

PAGE 1 C

```

C *** SUBROUTINE ECORSI ***
SUBROUTINE ECORSI(FS,LAGH1,FS1,LAGSHF,LA1)
C FS SHIFT=RIGHT BY LA FOR IMAGINARY PART END CORRECTION
DIMENSION FS(LAGH1),FS1(LAGSHF)
LAGH2=LAGH1+1
LA=LA1=1
DO 100 I=1,LAGH1
I1=LAGH2-I
I2=I1+LA
100 FS1(I2)=FS(I1)
LA2=LAGH1+LA
DO 110 I=1,LA
I1=LA1-I
I2=LA1+I
I3=LA2-I
I4=LA2+I
FS1(I1)=-FS1(I2)
110 FS1(I4)=-FS1(I3)
RETURN
END

```

```

C *** SUBROUTINE FOR SPECTRUM SMOOTHING ***
SUBROUTINE SMOSPE(X,LAGSHF,A,LA1,Z,LAGH1)
C SPECTRUM SMOOTHING BY THE FORMULA
C Z(I)=A(0)X(I)+A(1)(X(I+1)+X(I-1))+...+A(LA)(X(I+LA)+X(I-LA))
C I=0,1,...,LAGH1
C ACTUAL X(I) IS SHIFTED TO THE RIGHT BY LA FOR END CORRECTION.
DIMENSION X(LAGSHF),A(LA1),Z(LAGH1)
LA=LA1=1
DO 10 I=1,LAGH1
I0=I+LA
SUM1=0.0
DO 11 J=1,LA
J1=I0-J
J2=I0+J
11 SUM1=SUM1+A(J+1)*(X(J1)+X(J2))
10 Z(I)=A(1)*X(I0)+SUM1
RETURN
END

```

PAGE 1 C

```

C *** SUBROUTINE FOR FOURIER TRANSFORM (GOERTZEL METHOD) ***
C SUBROUTINE FGERTZ(G,LGP1,FS,LF1)
C FOURIER TRANSFORM (GOERTZEL METHOD)
C THIS SUBROUTINE COMPUTES FOURIER TRANSFORM OF G(I), I=0,1,...,LG AT
C FREQUENCIES K/(2*LF), K=0,1,...,LF AND RETURNS SIN TRANSFORM IN
C FS(K).
C DIMENSION G(LGP1),FS(LF1)
C LG=LGP1+1
C LF=LF1+1
C REVERSAL OF G(I), I=1,...,LGP1 INTO G(LG3-I)    LG3=LGP1+1
C IF(LGP1.LE.1) GO TO 110
C LG3=LGP1+1
C LG4=LGP1/2
C DO 100 I=1,LG4
C   I2=LG3-I
C   T=G(I)
C   G(I)=G(I2)
C 100 G(I2)=T
C 110 PI=3.1415926536
C     ALF=LF
C     T=PI/ALF
C     DO 10 K=1,LF1
C       AK=K+1
C       TK=T*AK
C       CK=COS(TK)
C       SK=SIN(TK)
C       CK2=CK*CK
C       UM2=0.0
C       UM1=0.0
C       IF(LG.EQ.0) GO TO 12
C       DO 11 I=1,LG
C         UM0=CK2*UM1-UM2+G(I)
C         UM2=UM1
C 11   UM1=UM0
C 12   FS(K)=SK*UM1
C 10 CONTINUE
C     RETURN
C     END

```

```

C *** SUBROUTINE TO COMPUTE SMOOTHED AUTO SPECTRUM ***
C SUBROUTINE AUSP(FC,P1,LAGH1,A,LA1)
C THIS SUBROUTINE COMPUTES SMOOTHED AUTO SPECTRUM,
C FC, OUTPUT OF FGERCO
C P1, SMOOTHED SPECTRUM
C LAGH1, DIMENSION OF FC AND P1
C A, SMOOTHING COEFFICIENTS
C LA1, DIMENSION OF A (LESS THAN 11)
C DIMENSION FC(LAGH1),P1(LAGH1),A(LA1)
C DIMENSION FC1(521)
C LA=LA1+1
C LAGSHF=LAGH1+2+LA
C FC SHIFT=RIGHT BY LA FOR END CORRECTION
C CALL ECDRCO(FC,LAGH1,FC1,LAGSHF,LA1)
C SMOOTHING
C CALL SMOSPE(FC1,LAGSHF,A,LA1,P1,LAGH1)
C RETURN
C END

```

PAGE 1 C

```

C *** SUBROUTINE FOR FOURIER TRANSFORM (GOERTZEL METHOD) ***
SUBROUTINE FGERCO(G,LGP1,FC,LF1)
C FOURIER TRANSFORM (GOERTZEL METHOD)
C THIS SUBROUTINE COMPUTES FOURIER TRANSFORM OF G(I), I=0,1,...,LG AT
C FREQUENCIES K/(2*LF), K=0,1,...,LF AND RETURNS COSIN TRANSFORM IN
C FC(K).
DIMENSION G(LGP1),FC(LF1)
LG=LGP1-1
LF=LF1-1
C REVERSAL OF G(I), I=1,...,LGP1 INTO G(LG3-I)    LG3=LGP1+1
IF(LGP1.LE.1) GO TO 110
LG3=LGP1+1
LG4=LGP1/2
DO 100 I=1,LG4
I2=LG3-I
T=G(I)
G(I)=G(I2)
100 G(I2)=T
110 PI=3.1415926536
ALF=LF
T=PI/ALF
DO 10 K=1,LF1
AK=K-1
TK=T*AK
CK=COS(TK)
CK2=CK+CK
UM2=0.0
UM1=0.0
IF(LG,EG,0) GO TO 12
DO 11 I=1,LG
UM0=CK2+UM1-UM2+G(I)
UM2=UM1
11 UM1=UM0
12 FC(K)=CK*UM1-UM2+G(LGP1)
10 CONTINUE
RETURN
END

C *** SUBROUTINE FOR SIGNIFICANCE TEST ***
SUBROUTINE SIGNIF(P1,P2,P3,LAGH1,N)
C SIGNIFICANCE TEST
C P1, SPECTRUM SMOOTHED BY WINDOW W1
C P2, SPECTRUM SMOOTHED BY WINDOW W2
C P3, TEST STATISTICS
C LAGH1, DIMENSION OF PI (I=1,2,3)
C N, LENGTH OF THE ORIGINAL DATA
DIMENSION P1(LAGH1),P2(LAGH1),P3(LAGH1)
LAGH=LAGH1-1
H=LAGH
AN=N
HAN=H/AN
SD2=0.43*SQRT(HAN)
SD3=1.0/SD2
DO 10 I=1,LAGH1
T=P2(I)/P1(I)-1.0
10 P3(I)=ABS(T)*SD3
RETURN
END

```

PAGE 1 C

```

C *** SUBROUTINE TO PRINT OUT VECTOR P1(I) ***
SUBROUTINE PRCOL1(P1,INDI,INDL,ISHIFT)
C THIS SUBROUTINE PRINTS VECTOR (P1(I),I=INDI,INDL)
C COLUMNWISE IN THE FORMAT (I=ISHIFT,P1(I),I=INDI,INDL).
DIMENSION P1(INDL)
DO 61 I=INDI,INDL
IM1=I-ISHIFT
61 WRITE(6,62) IM1,P1(I)
RETURN
62 FORMAT(1H ,15,E14.5)
END

```

```

C *** SUBROUTINE TO PRINT OUT 2 VECTORS ***
SUBROUTINE PRCOL2(P1,P2,INDI,INDL,ISHIFT)
C THIS SUBROUTINE PRINTS VECTORS
C (P1(I),P2(I),I=INDI,INDL)
C COLUMNWISE IN THE FORMAT
C (I=ISHIFT,P1(I),P2(I),I=INDI,INDL).
DIMENSION P1(INDL),P2(INDL)
DO 61 I=INDI,INDL
IM1=I-ISHIFT
61 WRITE(6,62) IM1,P1(I),P2(I)
RETURN
62 FORMAT(1H ,15,2X,2E14.5)
END

```

```

C *** SUBROUTINE TO PRINT OUT 3 VECTORS ***
SUBROUTINE PRCOL3(P1,P2,P3,INDI,INDL,ISHIFT)
C THIS SUBROUTINE PRINTS OUT VECTORS
C (P1(I),P2(I),P3(I),I=INDI,INDL).
C COLUMNWISE IN THE FORMAT
C (I=ISHIFT,P1(I),P2(I),P3(I),I=INDI,INDL).
DIMENSION P1(INDL),P2(INDL),P3(INDL)
DO 61 I=INDI,INDL
IM1=I-ISHIFT
61 WRITE(6,62) IM1,P1(I),P2(I),P3(I)
RETURN
62 FORMAT(1H ,15,2X,3E14.5)
END

```

.POOL	90110	
.LOWER	53117	
.UPPER	67755	
SPECTR	22634	
	,C 67755	
	,FWR 52626	
	,FCB 44321	
BEGIN	36602	
ERASE	36766	
	,FAC 43540	
	,FAR 44110	
	,L22 43106	
	,H22 43123	
QMOND	41272	
	,C21 42172	
PROCOL1	36212	
	,A22 43135	
	,FDT 50214	
	,M22 43171	
FGERCO	35304	
	AUSP 35225	
SIGNIF	36005	
PROCOL3	36437	
	,S22 43153	
FGERSI	32513	
CROSSP	31300	
PROCOL2	36312	
	,FAT 52707	
ECORCO	31377	
SMOSPE	32234	
ECORSI	31714	
	,N22 43255	
	,C12 42157	
	,D22 43233	
COS	42534	
SIN	42507	
SQRT	42304	
ABS	43052	
	,L11 43277	
	,H11 43304	
TEK001	41133	
VECTOR	37160	
ALPHA	37101	
CHOUT	41177	
HOME	37037	
	,FIF 50236	
TEK003	40560	
TEK002	37233	
	,A11 43311	
	,D11 43440	
	,M11 43376	
	,S11 43343	
SA00	41177	
SB00	41272	
SYSERR	42142	
	,WRI 52531	
	,RTPNT 52747	
	,ADAT 53044	
	,NORM 43074	
	NORM 43074	
BPON	43252	
BPOFF	43257	
	,N11 43321	
	,L33 43277	
	,H33 43304	
	,A33 43326	
	,M33 43533	
	SE00 43540	
	IOCONT 43540	
	,FRE 52666	
	,PIO 43551	
	SC00 43551	
	,CKS 50544	
	,FLT 50552	
	,HRW 50257	
	,FER 50530	
	,CKM 50427	
	,FOR 50574	
	SVENIN 52136	
	SVENOT 52105	
	,FPA 52012	
	,CAS 51516	
	,PST 52026	
	SEVERR 52506	
	MSGFLG 53116	
	DN	

PAGE 1 C ***** SUBROUTINE FOR PLOTTING THE SPECTRUM *****

```

C ***** 1975.6.17 *****
      SUBROUTINE MPLOTS
      COMMON NAME1(3),NAME2(3),NAME3(3),NAME4(3),N,K,LAGH,DELT,M,KEY1
      DIMENSION P1(502),P2(502),P3IN(502),P3JN(502)
      DIMENSION P3(502),P4(502)
      DIMENSION PARAMT(10)
      DIMENSION CH(502)
1000 WRITE(1,52)
      CALL BEGIN(9800,1)
      CALL ERASE
27  WRITE(1,1)
      WRITE(1,2)
      WRITE(1,2)
      WRITE(1,3)
      WRITE(1,2)
      WRITE(1,2)
      WRITE(1,1)
      WRITE(1,24)
      WRITE(1,25)
      ACCEPT 5,IPLLOT
      IF(IPLLOT.EQ.1) GO TO 26
      IF(IPLLOT.EQ.2) GO TO 200
      GO TO 27
26  CALL QMOND(22,124,2)
      CALL QMOND(21,124,NAME4)
      CALL QMOND(17,124,PARAMT(1),PARAMT(10))
      N=PARAMT(1)
      LAGH=PARAMT(2)
      K=PARAMT(3)
      DELT=PARAMT(4)
      LAGH1=LAGH+1
      LAGH2=LAGH+2
23  CALL ERASE
      WRITE(1,53)
      WRITE(1,54)
      WRITE(1,4)
      ACCEPT 5,IMTHOD
      IF(IMTHOD.LE.0) GO TO 23
      IF(IMTHOD.EQ.99) GO TO 200
      IF(IMTHOD.GT.2) GO TO 23
      GO TO(20,30),IMTHOD
***** SEQUENTIAL PLOT *****
30  CALL AXSEL(NOPTH,NOPTV)
      WRITE(1,201)
      ACCEPT 5,IMTD
35  WRITE(1,210)
      ACCEPT 5,ICH
      IN=0
      JN=0
      KN=0
      ICK=0
      IF(ICH.EQ.99) GO TO 23
      IF(ICH.EQ.0) GO TO 30
      IF(ICH.GT.K) ICK=1
      IF(ICH.LT.0) ICK=1
      IF(ICK.EQ.1) GO TO 35

```

PAGE 2 C ***** SUBROUTINE FOR PLOTTING THE SPECTRUM *****

```

250 IF(ICH,NE,1) GO TO 220
JNE1
IN=IN+1
IF(IN,GT,K) GO TO 35
GO TO 50
220 IN=ICH
JNEJN+1
KN=KN+1
IF(JN,LE,IN) GO TO 50
JNEICH
INSKN
IF(IN,GT,K) GO TO 35
GO TO 50
C
C ***** FREE CHOISE PLOT *****
26 CALL AXSEL(NOPTH,NOPTV)
22 WRITE(1,8)
WRITE(1,7)
ACCEPT 8,IN,JN
50 IF(IN,LE,0) GO TO 21
IF(IN,EQ,99) GO TO 51
IF(IN,GT,K) GO TO 21
IF(JN,LE,0) GO TO 21
IF(JN,GT,K) GO TO 21
IF(IN,LT,JN) GO TO 21
IF(IN,EQ,JN) GO TO 90
GO TO 80
51 IF(JN,EQ,0) GO TO 20
IF(JN,EQ,99) GO TO 23
21 WRITE(1,9)
GO TO 22
C
60 INDEX=(IN-1)**2+2*JN
CALL DISCR2(NAME4,PARAMT,P1,P2,LAGH2,INDEX)
CALL DISCR1(NAME2,PARAMT,P3JN,LAGH2,JN)
CALL DISCR1(NAME2,PARAMT,P3IN,LAGH2,IN)
DO 40 I=1,LAGH1
PP=P3JN(I)
IF(PP,LT,1.0) GO TO 40
P3IN(I)=1.5
40 CONTINUE
IF(IMTHOD,EQ,2) GO TO 255
WRITE(1,201)
ACCEPT 5,IMTD
255 CALL CRSSPE(P1,P2,P3,P4,LAGH)
CALL PLAUT(NOPTH,NOPTV,LAGH,DELT,P3,P3IN,IN,JN,N,CH)
INDEX=(IN-1)**2+1
CALL DISCR1(NAME4,PARAMT,P3IN,LAGH2,INDEX)
INDEX=(JN-1)**2+1
CALL DISCR1(NAME4,PARAMT,P3JN,LAGH2,INDEX)
CALL PLCOH(P3IN,P3JN,P1,P2,CH,IN,JN,LAGH,DELT)
IF(IMTD,NE,1) GO TO 207
WRITE(16,202)
WRITE(16,203) IN,JN
WRITE(16,204)
DO 205 I=1,LAGH1
IM1*I=1
CH(I)*CH(I)*3.0/2.0

```

PAGE 3 C ***** SUBROUTINE FOR PLOTTING THE SPECTRUM *****

```

PSSS=P1(I)**2+P2(I)**2
P3(I)=SQRT(PSSS)
WRITE(16,206) IM1,P3(I),P4(I),CH(I)
205 CONTINUE
207 IF(IMTHOD.EQ.2) GO TO 250
GO TO 22
C
90 INDX=(IN-1)**2+1
CALL DISCRE1(NAME1,PARAMT,P1,LAGH2,INDX)
CALL DISCRE1(NAME2,PARAMT,P3IN,LAGH2,IN)
CALL PLAUT(NORTH,NORTY,LAGH,DELT,P1,P3IN,IN,JN,N,CH)
IF(IMTHOD.EQ.2) GO TO 250
GO TO 22
208 RETURN
1 FORMAT(1H ,37(1H#))
2 FORMAT(1H ,1H#,3BX,1H#)
3 FORMAT(1H ,1H#,IX,5BH PLOT THE H. SPECTRUM AND COHERENCY!,1H#)
4 FORMAT(/,5BH** IMTHOD **!,/)
5 FORMAT(1B)
6 FORMAT(/,5BH PLOTTING METHOD IS "FREE CHOISE!",//,5BH TYPE IN CHANNEL
1L NUMBER (IN,JN)!/,5BH OR TYPE IN 99,99 IF END OF THE PLOT!,/1X,5
20H99,0 IF CHANGE THE SCALING CONDITION!/)
7 FORMAT(/,5BH** IN,JN **!,/)
8 FORMAT(215)
9 FORMAT(/,5BH NO SUCH CHANNEL NUMBER!,/,5BH ONCE MORE TYPE IN CORRECT
1 NUMBER!,/)
10 FORMAT(/,5BH PLOTTING METHOD IS "SEQUENTIAL PLOT"!,//,5BH TYPE IN
1START AND END CHANNEL NUMBER!,/,5BH OR TYPE IN 99,99 IF END OF THE P
2LOT!,/)
11 FORMAT(/,5BH** ISTAT,IEND **!,/)
24 FORMAT(/,5BH SELECT THE NUMBER      1,/,5H1 / PLOT THE SPECTRUM!/,
1,5H2 / NOT PLOT!)
25 FORMAT(/,5BH** IPLOT **!,/)
52 FORMAT(/,5BH PUSH THE PAGE ON KEY BOARD!)
53 FORMAT(/,5BH PLOT THE POWER SPECTRUM!,/)
54 FORMAT(/,5BH SELECT THE NUMBER FOR PLOTTING METHOD      1,/,5H 1
1/ FREE CHOISE!,/,5H 2 / SEQUENTIAL PLOT!,/,5H99 / END OF THE JOB
2!,/)
201 FORMAT(/,70H* IF PRINT OUT THE GAIN, PHASE AND COHERENCY!,30H T
1YPE IN 1!/)
202 FORMAT(1H1,/,2X,70H* CROSS SPECTRUM(GAIN,PHASE) AND SIMPLE COHERE
1NCY!/)
206 FORMAT(1H ,15,3E15.4)
204 FORMAT(1H ,4X,1H1,11X,4HGAIN,10X,5HPHASE,5X,16HSIMPLE COHERENCY/)
203 FORMAT(1H ,20H* CH NO. 1,I2,1H,,I2/)
210 FORMAT(/,70H* TYPE IN CHANNEL NO. OR!/,70H 0 IF CHANGE THE SCALIN
1G CONDITION!/,70H 99 IF END THE PLOT!/)
END

```

PAGE 1 C

```
C ***** DISC READ SUBROUTINE 1 *****
SUBROUTINE DISCR1(NAME,PARAMT,X,LAGH2,INDX)
DIMENSION NAME(3)
DIMENSION PARAMT(10)
DIMENSION X(502)
CALL QMOND(22,'23,2)
CALL QMOND(21,'23,NAME)
CALL QMOND(17,'23,PARAMT(1),PARAMT(10))
DO 10 I=1,INDX
CALL QMOND(17,'23,X(1),X(LAGH2))
10 CONTINUE
RETURN
END
```

```
C ***** DISC READ SUBROUTINE 2 *****
SUBROUTINE DISCR2(NAME,PARAMT,X,Y,LAGH2,INDX)
DIMENSION NAME(3)
DIMENSION PARAMT(10)
DIMENSION X(502)
DIMENSION Y(502)
CALL DISCR1(NAME,PARAMT,X,LAGH2,INDX)
CALL QMOND(17,'23,Y(1),Y(LAGH2))
RETURN
END
```

PAGE 1 C*** PLOT SUBROUTINE OF SPECTRUM , SIMPLE COHERENCY AND F-RESPONSE

```

C** CODED BY R. OGUMA 1975 6-3
SUBROUTINE PLAUT(NOPTH,NOPTV,LAGH,DT,P,SIG1,II,JJ,NN,DUMY)
DIMENSION P(502),SIG1(502),H(502),HS(10),VS(20)
DIMENSION DUMY(502)
LAGH1=LAGH+1
WX=800.0
WY=800.0
WX0=150.0
WY0=100.0
WXN=WX+WX0
WYN=WY+WY0
WXM5=WX
WYM5=WY
CALL HCORD(NOPTH,LAGH,DT,H,HS,M,M8)
XL=(WX*FLOAT(NOPTH))/FLOAT(M)
CALL VCORD(NOPTV,LAGH,P,VS,MM,ML,MN,II,JJ,DUMY)
COEF=1.0
IF(NOPTV.EQ.0) COEF=-1.0
YL=(WY+COEF)/FLOAT(MM)
CALL ERASE
CALL SCALE(1.0,1.0,WX0,WY0)
CALL AXIS(0.,0.,WX,WY,XL,YL,1,1)
CALL VECTOR
CALL TPLOT(0,WY,0,0)
CALL TPLOT(WX,WY,1,0)
CALL TPLOT(WX,0,1,0)
DO 20 I=1,LAGH1
H(I)=H(I)*WX
P(I)=P(I)*WY
20 CONTINUE
CALL TPLOT(0.,0.,0,0)
MARK=0
Y1=P(1)
YS1=SIG1(1)
IF(YS1.GE.1.0) MARK=4
CALL TPLOT(0.,Y1,0,MARK)
DO 30 I=1,LAGH
I1=I+1
Y1=P(I1)
Y2=H(I)
YS1=SIG1(I1)
IF(YS1.GE.1.0) MARK=4
CALL TPLOT(Y2,Y1,1,MARK)
MARK=0
30 CONTINUE
CALL ALPHA
WYC=WY+40.0
CALL TPLOT(0.,WYC,0,0)
IF(II.NE.JJ) GO TO 7
WRITE(1,1) II,JJ
1 FORMAT(70HFIG, POWER SPECTRUM P(1,I2,1H,,I2,1H))
GO TO 8
7 WRITE(1,9) II,JJ
9 FORMAT(70HFIG, CROSS SPECTRUM P(1,I2,1H,,I2,1H))
8 M1=M+1
WXD=-ABS(XL)=10.0

```

PAGE 2 *** PLOT SUBROUTINE OF SPECTRUM , SIMPLE COHERENCY AND F-RESPONSE

```

DO 40 I=1,M1
WXX=WXD+ABS(XL)
WYD=-10.0
CALL TPLOT(WXX,WYD,0,0)
IH=HS(I)
IF(NOPTH.NE.1) GO TO 90
WRITE(1,2) HS(I)
GO TO 100
90 WRITE(1,4) IH
2 FORMAT(F3.1)
100 IF(NOPTH.EQ.1) GO TO 40
WXX=WXD+13.0
WYY=WYD+15.0
CALL TPLOT(WXX,WYY,0,0)
I10=10
WRITE(1,4) I10
4 FORMAT(I2)
40 CONTINUE
CALL TPLOT(250.,-50.,0,0)
WRITE(1,3)
3 FORMAT(7BH,FREQUENCY (CYCLE/SEC)) )
IF(NOPTH.NE.1) GO TO 50
CALL TPLOT(750.,-50.,0,0)
WRITE(1,5) MS
5 FORMAT(7BH(+10**I,I2,1H))
50 CALL TPLOT(+50.,0.,0,0)
WYD=15.0
DO 60 I=1,MM
WYD=WYD+ABS(YL)
CALL TPLOT(-57.,WYD,0,0)
IP1=I+1
IVS=VS(IP1)
IF(NOPTV.LE.0) GO TO 110
WRITE(1,2) VS(IP1)
GO TO 120
110 WRITE(1,6) IVS
6 FORMAT(I4)
120 IF(NOPTV) 60,70,60
70 WXX=-57.0
WYY=WYD-14.0
CALL TPLOT(WXX,WYY,0,0)
WRITE(1,4) I10
60 CONTINUE
IF(NOPTV) 82,80,81
81 WYC=WY-20.0
WXC=-130.
CALL TPLOT(WXC,WYC,0,0)
WRITE(1,5) MN
GO TO 80
82 CALL TPLOT(-90.0,250.0,0,0)
CALL VECTOR
CALL WRITEY(2.0,90.0,0,8,BHGAIN DB)
80 CALL ALPHA
WYY=WY-10.0
CALL TPLOT(532.0,WYY,0,0)
WRITE(1,86)
WYY=WYY-20.0
CALL TPLOT(560.0,WYY,0,0)

```

PAGE 3 C*** PLOT SUBROUTINE OF SPECTRUM , SIMPLE COHERENCY AND F-RESPONSE

```

      WRITE(1,83) NN
      WYY=WYY=20.0
      CALL TPLOT(300.0,WYY,0,0)
      WRITE(1,84) LAGH
      WYY=WYY=20.0
      CALL TPLOT(500.0,WYY,0,0)
      WRITE(1,85) DT
 400 CALL TPAUSE
      CALL ERASE
      RETURN
 83 FORMAT(SHN   ,I6)
 84 FORMAT(SHLAGH,I6)
 85 FORMAT(SHOT  ,E8.2,4H SEC)
 86 FORMAT(7BH* INPUT DATA *')
      END

```

```

SUBROUTINE MAXMIN(X,N,XMAX,XMIN)
DIMENSION X(502)
XMAX=X(1)
DO 1 I=1,N
XA=X(I)
IF(XA.LE,XMAX) GO TO 1
XMAX=X(I)
1 CONTINUE
XMIN=X(1)
DO 2 I=1,N
XA=X(I)
IF(XA.GE,XMIN) GO TO 2
XMIN=X(I)
2 CONTINUE
RETURN
END

```

PAGE 1

```

SUBROUTINE VCORD(NOPT,LAGH,X,VX,MM,ML,MN,III,JJJ,YX)
DIMENSION X(502),VX(20),YX(502)
LAGH1=LAGH+1
JJ=0
DO 4 I=1,LAGH1
XL=X(I)
IF(XL.LE.0.) GO TO 4
JJ=JJ+1
YX(JJ)=X(I)
4 CONTINUE
CALL MAXMIN(YX,JJ,XMAX,XMIN)
DO 5 I=1,LAGH1
XL=X(I)
IF(XL.GT.0.) GO TO 5
X(I)=XMIN
5 CONTINUE
XL ALOG10(XMAX)
IF(NOPT) 3,2,1
1 MX=XL
IF(XL.GE.0.0) GO TO 70
MX=XL=1.0
70 MS=XMAX/(10.0**MX)+1.0
MS=XMAX/(10.0**MX)+1.0
VX(3)=MS
VX(2)=VX(3)/2.0
VX(1)=0.
XNORM=FLOAT(MS)*10.0**MX
DO 10 I=1,LAGH1
X(I)=X(I)/XNORM
10 CONTINUE
MM=2
ML=MX
MN=MX
GO TO 60
2 MAXX=XL+1.0
XL=ALOG10(XMIN)
MINX=XL=1.0
MM=MAXX-MINX
MM1=MM+1
DO 20 I=1,MM1
VX(I)=FLOAT(MINX)+FLOAT(I)-1.0
20 CONTINUE
DO 30 I=1,LAGH1
XL=X(I)
X(I)=(ALOG10(XL)-FLOAT(MINX))/FLOAT(MM)
30 CONTINUE
ML=0
MN=0
GO TO 60
3 CDB=20.0
XL=CDB*ALOG10(XMAX)/10.0
MAXX=XL+1.0
XL=CDB*ALOG10(XMIN)/10.0
MINX=XL=1.0
MM=MAXX-MINX
MM1=MM+1

```

PAGE 2

```

DO 40 I=1,MM1
VX(I)=(I+MINX+1)*10
40 CONTINUE
FMM=MM*10
FMIN=MINX*10
DO 50 I=1,LAGH1
XL=X(I)
X(I)=(CDB+ALOG10(XL)-FMIN)/FMM
50 CONTINUE
ML=0
MN=0
60 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE MCORD(NOPT,LAGH,DT,H,HS,MH,M8)
DIMENSION H(502),HS(10)
FLAG=LAGH
DO 10 I=1,LAGH
FI=I
H(I)=FI/(2.0*DT*FLAG)
10 CONTINUE
IF(NOPT.LT.0) GO TO 30
A1=H(LAGH)
CALL ETYPE(A1,COEF,ZE,IZE)
M8=ZE
IF(IZE.EQ.0) GO TO 200
HS(3)=COEF
HS(2)=COEF/2.0
HS(1)=0.
MH=2
DO 20 I=1,LAGH
H(I)=H(I)/H(LAGH)
20 CONTINUE
GO TO 60
30 XM=H(LAGH)
XL=ALOG10(XM)
MAXH=XL+1.0
XM=H(1)
XL=ALOG10(XM)
MINH=XL-1.0
MM=MAXH-MINH
MM1=MM+1
DO 40 I=1,MM1
HS(I)=I+MINH-1
40 CONTINUE
DO 50 I=1,LAGH
XL=H(I)
H(I)=(ALOG10(XL)-FLOAT(MINH))/FLOAT(MM)
50 CONTINUE
MH=MM
MS=0
GO TO 60
200 WRITE(16,100)
60 RETURN
100 FORMAT(1H ,7DHITS UNREASONABLE JOB,/)
END

```

PAGE - 1

```

SUBROUTINE ETTYPE(X,Y,Z,MZ)
MZ=1
IF(X.EQ.0.) GO TO 100
IF(X.LT.0.) ZZ=-1.0
XA=ABS(X)
XL=ALOG10(XA)
XLA=ABS(XL)
IF(XLA.GT.15.0) GO TO 101
DO 10 I=1,11
PI=I
IF(XLA.GE.PI) GO TO 10
E1=PI=1.0
GO TO 20
10 CONTINUE
20 IE=E1
IF(XL.GE.0.0) GO TO 30
IE=-IE+1
30 Y=X/(10.0**IE)
Z=IE
GO TO 110
C   ZZ=-1 X IS NEGATIVE
C   ZZ=1 X IS POSITIVE
C   ZZ=0 X IS UNREASONABLE
100 Y=0.
Z=0.
MZ=1
GO TO 110
101 MZ=0
110 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE AXSEL(NOPTH,NOPTV)
CALL BEGIN(9600,1)
CALL ERASE
WRITE(1,1)
ACCEPT 2,N1,N2
NOPTH=N1
IF(N1.EQ.2) NOPTH=1
IF(N2=2) 24,25,26
24 NOPTV=1
GO TO 22
25 NOPTV=0
GO TO 22
26 NOPTV=1
22 RETURN
1 FORMAT(70H** AXIS SCALING CONDITION **//70H X AXIS 1...LINEAR
1 2...LOG//70H Y AXIS 1...LINEAR 2...LOG 3...DB//70H* TY
2PE IN THE SCALING NO.1/)
2 FORMAT(2I3)
END

```

PAGE 1

```

SUBROUTINE CRSSPE(P1,P2,P3,P4,LAGH)
DIMENSION P1(502),P2(502),P3(502),P4(502)
LAGH1=LAGH+1
DO 1 I=1,LAGH1
X=P1(I)**2+P2(I)**2
P3(I)=SQRT(X)
1 CONTINUE
P3(LAGH1)=P3(LAGH)
CALL SPHASE(P1,P2,P4,LAGH1)
DO 2 I=1,LAGH1
P4(I)=P4(I)*180.0/3.1415926536
2 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE SPHASE(C,S,PH,LAGH1)
DIMENSION C(LAGH1),S(LAGH1),PH(LAGH1),ARC(501)
CALL SGLARC(C,S,ARC,LAGH1)
CALL SGLPAC(ARC,PH,LAGH1)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE SGLPAC(ARC,PH,LAGH1)
DIMENSION ARC(LAGH1),PH(LAGH1)
PI=3.1415926536
PI2=PI**2.0
PH(1)=ARC(1)
DO 10 I=2,LAGH1
DK=ARC(I)-ARC(I-1)
IF(DK.GT.PI) GO TO 11
IF(DK.LT.-PI) GO TO 12
PH(I)=PH(I-1)+DK
GO TO 10
11 PH(I)=PH(I-1)+DK-PI2
GO TO 10
12 PH(I)=PH(I-1)+DK+PI2
10 CONTINUE
RETURN
END

```

PAGE 1

```

SUBROUTINE PLCOH(P1,P2,P3I,P3R,CH,II,JJ,LAGH,DT)
DIMENSION P1(502),P2(502),P3I(502),P3R(502),CH(502),H(502),HS(10)
WX0=150.
WY0=100.
WX=800.
WY=600.
WXN=WX+WX0
WYN=WY+WY0
WXM=WX
WYM=WY
LAGH1=LAGH+1
CALL SIMCOH(P1,P2,P3I,P3R,CH,LAGH)
DO 1 J=1,LAGH1
  I=J-1
  H(J)=FLOAT(I)/(2.0*DT*FLOAT(LAGH))
1 CONTINUE
HH=H(LAGH1)
CALL ETYPE(HH,COEF,ZE,IZE)
M=ZE
HS(3)=COEF
HS(2)=COEF/2.0
HS(1)=0.
DO 2 I=1,LAGH1
  CH(I)=CH(I)/1.5
  H(I)=H(I)/H(LAGH1)
2 CONTINUE
CALL BEGIN(9800,1)
CALL ERASE
CALL SCALE(1.,1.,WX0,WY0)
WX2=WX/2.0
WY3=WY/3.0
CALL AXIS(0.,0.,WX,WY,WX2,WY3,1,1)
CALL VECTOR
CALL TPLOT(0.,WY,0,0)
CALL TPLOT(WX,WY,1,0)
CALL TPLOT(WX,0.,1,0)
Y1=CH(1)*WY
CALL TPLOT(0.,Y1,0,0)
DO 3 I=1,LAGH
  I1=I+1
  Y1=CH(I1)*WY
  X1=H(I1)*WX
  CALL TPLOT(X1,Y1,1,0)
3 CONTINUE
WY3=WY*2.0/3.0
CALL TPLOT(0.,WY3,0,0)
CALL TPLOT(WX,WY3,1,0)
WY1=WY+40.0
CALL ALPHA
CALL TPLOT(0.0,WY1,0,0)
WRITE(1,4) II,JJ
4 FORMAT(27HFIG, SIMPLE COHERENCY CH(,I2,1H,,I2,1H))
WY1=-10.0
DO 5 I=1,3
  WX1=(FLOAT(I)+1.0)*WX/2.-13.
  CALL TPLOT(WX1,WY1,0,0)

```

PAGE 2

```

      WRITE(1,6) HS(I)
6 FORMAT(F3.1)
5 CONTINUE
WXN1=WX=50.0
WYN1=-50.0
CALL TPLOT(WXN1,WYN1,0,0)
WRITE(1,7) M
7 FORMAT(8H(*10**),I2,1H)
Y1=0.5
Y2=1.0
CALL ALPHA
CALL TPLOT(-50.0,215.0,0,0)
WRITE(1,8) Y81
CALL TPLOT(-50.0,415.0,0,0)
WRITE(1,8) Y82
CALL TPLOT(265.0,-50.0,0,0)
WRITE(1,9)
CALL TPAUSE
CALL ERASE
RETURN
8 FORMAT(F3.1)
9 FORMAT(70HFREQUENCY (CYCLE/SEC) !)
END

```

```

SUBROUTINE SGLARC(C,S,ARC,LAGH1)
DIMENSION C(LAGH1),S(LAGH1),ARC(LAGH1)
PI=3.1415926536
DO 10 I=1,LAGH1
IF(C(I)) 11,12,13
11 IF(S(I)) 14,15,16
12 IF(S(I)) 17,18,19
13 ARC(I)=ATAN(S(I)/C(I))
GO TO 10
14 ARC(I)=ATAN(S(I)/C(I))-PI
GO TO 10
15 ARC(I)=PI
GO TO 10
16 ARC(I)=ATAN(S(I)/C(I))+PI
GO TO 10
17 ARC(I)=PI/2.0
GO TO 10
18 ARC(I)=0.
GO TO 10
19 ARC(I)=PI/2.0
10 CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE SIMCOH(P1,P2,P3I,P3R,CH,LAGH)
DIMENSION P1(502),P2(502),P3I(502),P3R(502),CH(502)
LAGH1=LAGH+1
DO 1 I=1,LAGH1
CH(I)=(P3R(I)**2+P3I(I)**2)/(P1(I)*P2(I))
1 CONTINUE
RETURN
END

```

,POOL	00141	
,LOWER	66136	
,UPPER	67755	
MPLOTS	20610	
	,C 67756	
	,FWR 65645	TEK002 51116
	,FCB 57266	TEK007 47143
BEGIN	42521	POINT 50747
ERASE	42789	TEK006 50150
	,FAC 56509	ROTATE 47547
	,FAR 57055	WRITEX 45270
QMOND	53261	TEK005 46476
	,L22 56023	,H33 56251
	,C21 54276	,M33 56500
	,H22 56040	,D11 56465
	,FGO 63161	,M11 56343
AXSEL	33300	DELTA 47686
	,E11 56214	SIN 54613
DISCR2	24137	COS 54640
DISCR1	24600	SA00 53082
	,S22 56070	SB00 53261
	,FDT 63233	SYSERR 54131
CRSSPE	33541	,WRI 65550
PLAUT	26276	,RTPNT 65766
PLCOH	41101	,ADAT 66063
	,M22 56106	ATAN2 55156
	,D22 56150	ALOG 55563
	,E21 54146	,NORM 56011
	,A22 56052	NORM 56011
SQRT	54410	BPON -56177
	,FAT 65726	BPOFF 56204
	,N22 56172	,N11 56466
HCORD	32135	,L33 56244
FLOAT	54254	,A33 56473
VCORD	30623	SE00 56505
SCALE	47507	IOCONT 56505
AXIS	43103	,FRE 65705
VECTOR	51043	,FI0 56516
TPLOT	44575	SC00 56516
ALPHA	50764	,CKS 63563
	ABS 55767	,FLT 63571
	,FIF 63255	,HRW 63276
WRITEY	45023	,FER 63547
TPAUSE	42756	,CKM 63446
MAXMIN	30362	,FOR 63613
ALOG10	55544	SVENIN 65155
	,C12 54263	SVENOT 65124
	ETYPE 33010	,FPA 65031
SPHASE	35763	,CAS 54535
SGLARC	36352	,FST 65045
SGLPAC	36007	SEVERR 65525
	ATAN 55477	MSGFLG 66135
SIMCOH	42323	DN
	,L11 56244	
	,H11 56251	
TEK001	53016	
CHOUT	53166	
HOME	42765	
CHIN	53062	
TEK003	52443	
	,A11 56256	
	,S11 56310	