

ISSN 0452-2982  
UDC 53.087.04  
620.173.3  
681.3.02

# 航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-650

汎用ソフトウェアによる疲労データ  
自動計測システムの構築

濱 口 泰 正・下 河 利 行・角 田 義 秋

1992年11月

航空宇宙技術研究所  
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

# 既 刊 資 料

TM-640T	NACA0012 Airfoil Data Corrected for Sidewall Boundary-Layer Effects in the NAL Two-Dimensional Transonic Wind Tunnel	September 1991	Norikazu SUDANI, Hiroshi KANDA, Mamoru SATO, Shigeo BABA, Hitoshi MIWA, and Kenichi MATSUNO
TM-641	ケーブル支持動的風洞試験模型の慣性特性推定 Estimation of Cable-Mounted Model Inertia Characteristics for Dynamic Wind-Tunnel Test	1991年10月	柳原正明・永安正彦 佐々修一・下村 卓
TM-642	超音速二次元翼列風洞用空気エジェクターの実験（第二報・エジェクター性能と面積比の関係（I）） Air Ejector Experiments Using the Two-Dimensional Supersonic-Cascade Tunnel (2nd Report, Relationship between Ejector Performance and Throat Area Ratio (I))	1991年12月	高森 晋・坂口 一
TM-643	STOL 実験機飛鳥の飛行試験記録写真と試験経過 Flight Test Progress of the STOL Research Aircraft ASKA	1991年12月	STOL プロジェクト 推進本部 飛行試験室・ 管理チーム
TM-644	実用気流微粒化燃料ノズルの微粒化特性 Atomization Characteristics of a Prefilming Airblast Atomizer	1992年 1 月	林 茂・小糸 淳 菱木 学
TM-645	菱形結合翼機の上翼舵面による直接横力制御力の低速風洞試験 Low-speed Wind Tunnel Study of the Direct Side-Force Characteristics of a Joined-Wing Airplane with an Upper Fin	1992年 3 月	藤田敏美・岩崎昭人 藤枝郭俊・滝澤直人
TM-646	水再生循環システム要素の特性評価 Evaluation for Membrane Components of Water Recycling System	1992年 4 月	種村利春・大坪孔治 小口美津夫・芦田章 浜野亘男・三谷健司
TM-647	STOL 全機模型配管干渉除去装置効果試験 An Investigation of the Effectiveness of the Piping Interference Removal System for STOL Aircraft Wind Tunnel Tests	1992年 4 月	高橋 伴・中谷輝臣 野口正芳・野中 修 星野秀雄・井上 隆
TM-648T	Numerical Wind Tunnel Project and Computational Fluid Dynamics at National Aerospace Laboratory, Japan	July 1992	Naoki HIROSE
TM-649	実験用航空機ドルニエ機の GPS 航法装置評価実験 —地上固定点における GPS/DGPS 測位評価実験— Performance Evaluation Tests of the GPS/DGPS Navigation System installed in the NAL Dornier 228 —Preliminary ground test results—	1992年 8 月	小野孝次・石川和敏

# 汎用ソフトウェアによる疲労データ 自動計測システムの構築\*

濱 口 泰 正<sup>\*1</sup>, 下 河 利 行<sup>\*1</sup>, 角 田 義 秋<sup>\*1</sup>

## Development of an Automatic Fatigue-Data Acquisition System Using Commercial Software

Yasumasa HAMAGUCHI<sup>\*1</sup>, Toshiyuki SHIMOKAWA<sup>\*1</sup>,  
and Yoshiaki KAKUTA<sup>\*1</sup>

### ABSTRACT

Using the commercial software, LABTECH NOTE BOOK and Lotus 1-2-3, the authors developed an automatic fatigue-data acquisition system. This system collects data on fatigue load, actuator position, and strain of a specimen at user-defined intervals and stores them in a personal computer. This system displays this information graphically on a CRT on a real-time basis during a fatigue test.

Keywords : Fatigue-data acquisition, Automatic measurement, Commercial software, Real-time graphics.

### 概 要

一般に普及しているパーソナルコンピュータとA/D変換モジュール, および市販の計測用ソフトウェアLABTECH NOTE BOOKと表計算ソフトウェアLotus 1-2-3を活用して, 疲労試験中の荷重, 位置, 歪などを一定測定間隔ごとに収集・処理し, リアルタイムに経過および処理結果のグラフ表示ができる疲労試験データ自動計測システムを構築した。

### 1 諸 言

疲労試験の目的は, 繰り返し荷重または繰り返し変位を与えた供試体の損傷情報を収集する事である。供試体の破壊までの累積繰り返し数を求める破壊寿命試験はデータ取得のない試験であるが, 疲労寿命の定義を疲労損傷が特定する値に達

した時点とした疲労試験は, 試験中の損傷情報を収集するために動的データを計測する必要があり, 手数がかかる試験である。また, 構造物の耐疲労設計や損傷許容設計の資料として, 供試体のき裂進展長さと荷重繰り返し数の関係や剛性低下と荷重繰り返し数の関係などを詳細に調べることが要求されている。これら疲労試験は1,000万サイクルまでの試験や, さらに長い累積繰り返し数における試験があり, 本質的に長い期間を要する。また, データのばらつきが大きく, 多数本の

\* 平成4年4月16日受付 (received 16 April 1992)

\*1 機体部 (Airframe Division)

試験片についてデータを収集し整理する必要がある事などから、必然的に大量の試験データが蓄積される。したがって、収集した大量のデータから目的とするデータを抽出する、生データを理解しやすいデータに補正するなどのデータ処理が必要であり、データを数値化してコンピュータによる高速処理が必須となっている。

このため、コンピュータ支援による疲労試験システムが開発され、MTS、インストロン、島津製作所、鷺宮製作所、東京衝機製造所などの試験機メーカーは、疲労試験データの収集および処理用のソフトウェアを提供している。しかしこれらは、特定するハードウェア（試験システム）上で特定の試験を遂行することを目的として構築したソフトウェアであり、適応性、柔軟性、経済性（価格）に問題を持っている。

また、パーソナルコンピュータを活用した計測システムの開発が期待され、実験室用の疲労試験に関して、西島らの研究報告<sup>1)</sup>がある。これは低い繰り返し速度と短い寿命の低サイクル疲労試験を目的としており、データ収録プログラムの言語はBASICと機械語を併用している。したがって、高い繰り返し速度の疲労試験に応用するには、ハードウェアおよびプログラム言語に対する深い知識を必要とするなどの問題点を持っている。

一方、最近のパーソナルコンピュータのハードウェアのみならずソフトウェアの性能と機能の進歩は著しいものがある。そこで著者らは、ハードウェアとしては一般に普及しているパーソナルコンピュータとA/D変換モジュールを使用し、ソフトウェアとしては汎用の市販品でもある計測・制御用のLABTECH NOTEBOOK(98)と表計算用のLotus 1-2-3を使用して、疲労試験データを収集・処理できるシステムを構築した。このシステムは、疲労試験データを任意の測定間隔で取り込み、解析、保存を行い、得られる試験データおよびデータ処理結果をリアルタイムにディスプレイ上にグラフ表示する事ができる。すなわち、利用したソフトウェアの特徴を活用し、簡便なプログラム構成で、試験目的に対して柔軟性のある疲労データ計測システムである。さらに、システム

は比較的低コストで構成できる。

## 2 システム構成

### 2.1 目標

一般的な疲労試験システムを想定し、標準試験片を取り付けた電気油圧サーボ式試験機を用いた疲労試験データの収集および処理の概念を図1に示す。疲労試験中に収集したい情報は、ロードセルからの荷重値、アクチュエータに取り付けたLVDTからの変位値、試験片に取り付けた伸び計また歪ゲージからの歪値などが考えられる。このような試験システムにおいて、一定荷重疲労試験中に計測される荷重、変位（アクチュエータ位置）、歪に関する波形データのモデルを図2に示す。したがって、これらの波形データをデジタル信号に変換し、設定した測定間隔（インターバル）ごとに波形データの1波長分を収集し、その最大(山)と最小(谷)値を求めて、累積繰り返し数と共に記

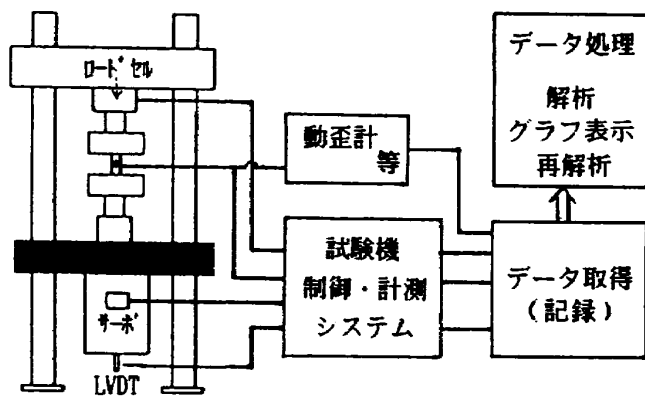


図1 疲労データ収集概念図

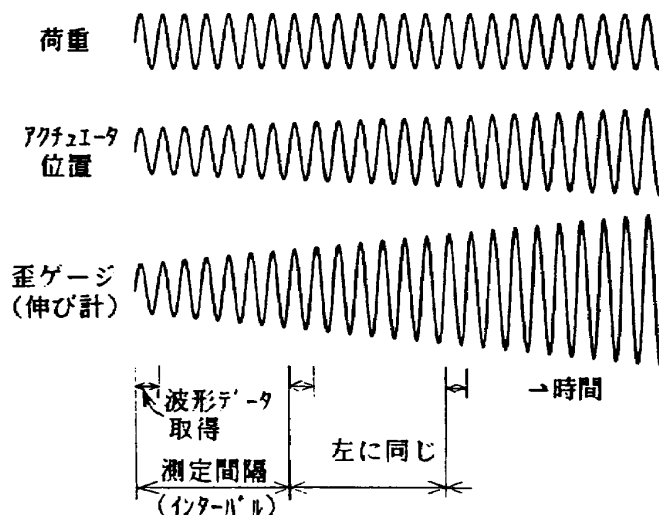


図2 疲労試験における波形データのモデル

録・保存する事により、疲労損傷に関する経時変化データを収集する事ができる。信号変換はパーソナルコンピュータに装着できるA/D変換モジュールを用い、データ処理はコンピュータの処理プログラムによって実行できる。

そこで、パーソナルコンピュータ支援による疲労試験用自動計測システムの構築を目指した。目標としたシステムは、以下に示す疲労試験条件およびデータ計測目的に対処できる必要がある。

- (1) 疲労繰り返し速度は1～20Hz程度である。
- (2) 3チャンネル以上の疲労データ（荷重、位置、歪など）を取得できる。
- (3) データの波形はsin波またはこれに近い波形である。
- (4) インターバル測定ができる。
- (5) 取得したデータの記録・保存は必要最小量とする。
- (6) データ保存は、再解析が容易なファイル形式で行う事ができる。
- (7) データの経時変化をグラフ化してリアルタイムに表示できる。
- (8) 測定間隔などの測定条件の変更が可能である。

また、これらのデータ処理プログラムは、シンプルなものを目指し、柔軟性をもたせる事も大きな目標である。

## 2.2 使用したハードウェアとソフトウェア

パーソナルコンピュータ上に構成するシステムの概要をブロック図にして、図3に示す。

### 2.2.1 パーソナルコンピュータ

使用するソフトウェアの制約からパーソナルコンピュータの基本性能は、16ビットCPU、メモリー640Kバイト以上、ハードデスクドライバ装備である。ここでは、20Mバイト容量のハードデスクを内蔵したNEC PC-9801RXを使用した。メモリーは640Kバイトの標準メモリーのみで、クロック周波数は10MHzを用いた。

### 2.2.2 A/D変換モジュール

A/D変換モジュールは、図3に示したように、試験機や動歪計などから出力されるアナログ信号をデジタル信号に変換する機器で、パーソナルコンピュータの拡張スロットに装着して使用する。ここでは、CONTEC製のAD12-16A(98)を用いた。主な仕様<sup>2)</sup>は、入力電圧：±10V、最大入力点数：16チャンネル、分解能：12ビット、変換方式：逐次比較方式、変換速度：12μsecである。

### 2.2.3 LABTECH NOTEBOOK(98)

これは、メニュー形式の計測・制御用ソフトウェアである。ディスプレイに表示されるメニューに従ってセットアップすれば、計測・制御が手軽にできて、リアルタイムのデータ表示機能を持つなど、実験室における計測・制御の自動化および効率化を目的としている。

データ計測に関しては、ノーマルモードとハイスピードモードの2つのモードを備えている。ノーマルモードでは、このソフトウェアの特徴を手軽に活用する事ができる。一方、ハイスピードモードは、高いサンプリングレートにおけるデータ取得を対象としており、セットアップする上で、次のような制限が設けられている。

- ①チャンネルは、全て同じ装置上に在り、連続したチャンネル番号を持たなければならない。
- ②ステージは無く、反復はできない。
- ③リアルタイムのデータ表示は、利用できない。

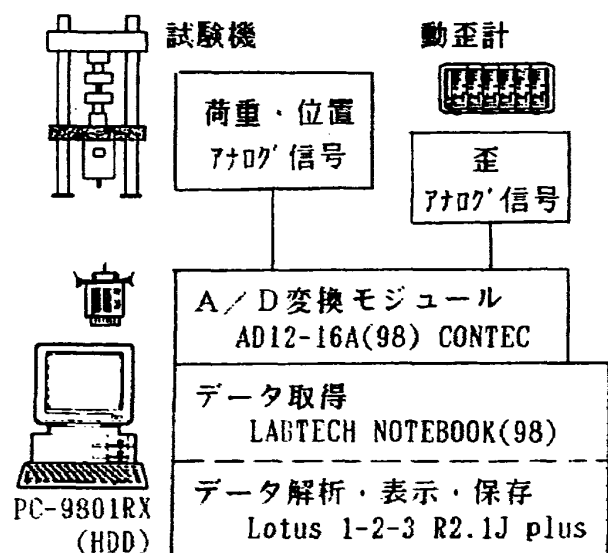


図3 システム構成の概要

④データ保存機能は、実行の間ではなく、実行後にディスクファイルにデータをコピーする。このため取得されるデータポイント数には限界がある。

さて、データ処理を行う上で、まず必要とする作業は、疲労試験で計測されるアナログ波形信号をデジタルとして取得する事である。波形信号1波長分の測定ポイント数は、計測目的、波形信号の形、A/D変換モジュールの分解能に基づいて適正值を定める。ここでは、波形の最大(山)値と最小(谷)値の測定、sin波またはsin波に近い波形、分解能は12ビットである。これらの条件から導いた1波長分の最少測定ポイント数は99.3である。この測定ポイント数と疲労試験の繰り返し速度の積がサンプリングレートに相当する。したがって、疲労試験の繰り返し速度が10Hzであれば、要求されるサンプリングレートは993Hz以上となる。

ノーマルモードにおける最高サンプリングレートは、本システムと同等のCPUおよびA/D変換モジュールの使用でデータ取得を1チャンネルとした場合、ベンチマークテストでは1,650Hzとなっている。しかし、使用するチャンネル数によってサンプリングレートは分割される事から、ノーマルモードを用いて取得できる試験データは、高い繰り返し速度の疲労試験において、1チャンネルに限定される。対象とする一般的な疲労試験では、繰り返し速度が1~20Hz程度で、3チャンネル(荷重、位置、歪など)以上のデータ取得が必要である。それゆえ、ノーマルモードを用いた疲労試験データの取得は、困難であると判断できる。

一方、ハイスピードモードでは、最高サンプリングレートが12,500Hzである事から、疲労試験データの取得は可能である。しかし、前記のように、このモードはセットアップする上でいくつかの制限がある。疲労試験のデータ取得に関して問題となる制限は「ステージは無く、反復はできない」である。この制限は、通常の使用方法ではインターバル測定ができない。つまり、このソフトウェアの特徴であるセットアップメニューによる

データ取得機能は疲労試験のようなデータ計測に対して、適応できない事を意味する。また、マニュアル等にも、類似する計測例に関する記述は見られなかった。

ところが、ハイスピードモードは、データ取得装置(A/D変換モジュール)からデータを取り込む事を繰り返すループ形式のプログラムによって動いている。したがって、このプログラムを工夫する事でインターバル測定が可能となる。そのためには、取得したデータの適切な保存方法、および、データ取得から次のデータ取得までの時間すなわち待機時間を管理する方法を考案する必要がある。

また、このソフトウェアでは大量で高度なデータ処理およびそれらの図形出力はLotus 1-2-3の活用を推奨している。そのため、Lotus 1-2-3と良好な結合性を持っている。つまり、NOTEBOOKの実行中にパーソナルコンピュータのCPUをLotus 1-2-3に譲り渡す機能を備え、Lotus 1-2-3の終了後はNOTEBOOKに復帰する機能を備えている。

また、このソフトウェアを利用して取得したデータはカンマで区切られたテキスト形式(Lotus 1-2-3上では\*.PRN形式)のファイルで保存できる。このファイルは、再解析を行う場合、より優れたデータ処理機能を持つ汎用ソフトウェアの使用を容易にする。

なお、ここで使用したLABTECH NOTEBOOK(98)は、Version 4.13 Release 1.03版<sup>3)</sup>である。

#### 2.2.4 Lotus 1-2-3

これは、代表的な統合型表計算用ソフトウェアであり、多くの関数群、簡単なプログラムが可能で、マクロ命令、グラフ表示機能等を備えており、データ処理や解析に適している。また、一連の処理手順を登録しておき、必要な時に呼び出して実行できるマクロ機能を使用して、計算、グラフ表示などを自動化させ、誰にでも操作できるデータ処理プログラムが作成できる。

また、前項で述べたようにLABTECH NOTEBOOKと良好な結合性を持っている。したがっ

て、NOTEBOOK のハイスピードモードを用いて取り込んだ波形データの解析・処理、保存、グラフ表示、さらにインターバル測定に必要な待機時間を管理する方法などは Lotus 1-2-3 の機能を活用して達成する事ができる。

なおここでは、Lotus 1-2-3 R2. 1J plus<sup>4)</sup>を使用した。

### 2.3 作成したプログラム

上記した2つのソフトウェアの特徴を活用して構築する疲労試験用自動計測システムの制御プログラムおよびデータ処理プログラムの概要をブロック図で表し、図4に示す。

ここでは、LABTECH NOTEBOOK のループ形式のプログラムを活用すると共に、Lotus 1-2-3 の各種関数、マクロ機能を応用して、実験者が設定した測定間隔(インターバル)毎に、荷重、位置、歪などの波形データの1波長分を収集し、データ処理、データ保存、そして、これらの処理結果をディスプレイにグラフ表示できるようにした。

さて、構築した自動計測システムは、まず測定目的に合せて、NOTEBOOK と Lotus 1-2-3 の計測条件初期設定を行う。次に、NOTEBOOK を起動し、オリジナル言語による計測用プログラム(図4の破線で囲む4行のループ形式のプログラム)を書込むと、ハイスピードモードによるデータ取込作業を実行し、続いて Lotus 1-2-3 の起動を行う。

NOTEBOOK の指令によって起動した Lotus 1-2-3 は、自動実行ファイル AUTO123. WJ2 を始動する。この AUTO123. WJ2 は、図4のプログラム概要に記述した作業、つまり、データ処理、保存、表示、測定間隔(インターバル)処理、Lotus 1-2-3 の終了作業などを遂行するワークシートファイルである。図5は、荷重繰り返し速度 10Hz の疲労試験において、3チャンネル分のデータ取込およびデータ処理を行うために作成したワークシートの作業範囲構成を示す。さらに、このワークシートの内容を表1-a および表1-b に示し、マクロプログラムを表2に示す。

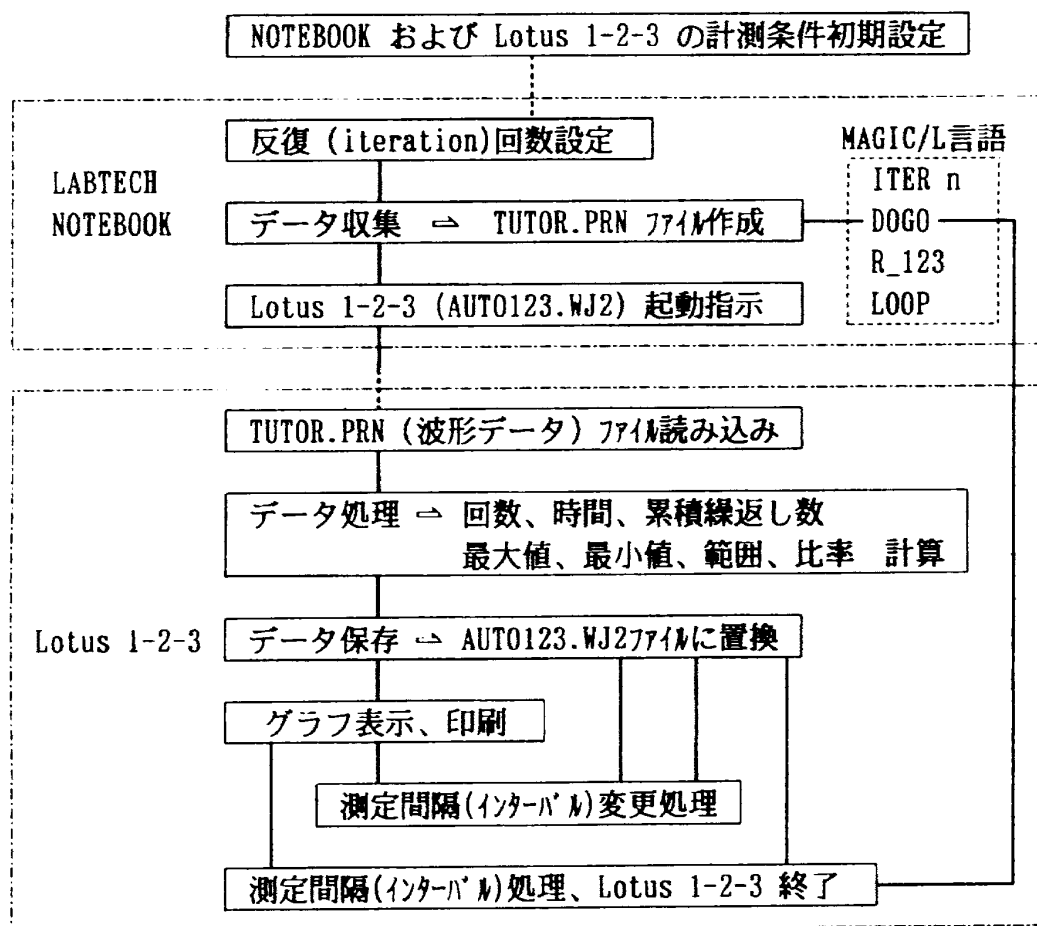


図4 プログラム概要のブロック図

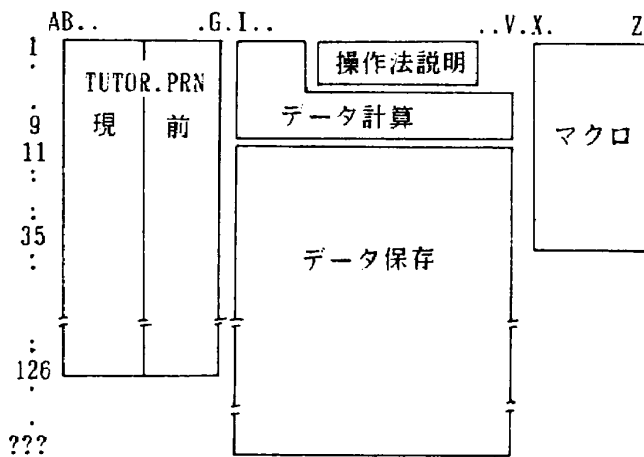


図5 ワークシート (AUTO123. WJ2) の作業範囲構成図

これらの図表からプログラム構造は, LABTECH NOTEBOOK のハイスピードモードを活用したデータ取り込み, インターバル計測の待機時間中に Lotus 1-2-3 のワークシートとマクロ機能を活用したデータ処理, この2つに分けられ, それぞれ簡素なプログラムで構成されている事がわかる。なお, チャンネル数を増やした疲労試験に対してはワークシートの作業範囲を変更する必要がある。また, データのグラフ表示は, 待機時間を利用して, Lotus 1-2-3 のグラフ機能を活用する方法であるため, 波形データの表示は厳密なリアルタイム

表1-a ワークシートの内容 (入出力値および計算式)

セル番地	入出力値および計算式	内容説明
B1..D120		TUTOR.PRNを表示 (波形データ読込)
E1..G120		前読込のTUTOR.PRNを表示
K2		疲労試験機の繰返し速度の入力
K3		計測間隔の入力
K4		計測回数カウンタ
K5	+K4+1	K4のカウンタに1を加算
K6	@TIMEVALUE(K9) +0.000011574*K3	次の計測時間を計算 {0.000011574=1/(60*60*24)}
K8	0.00005	待機時間の補正值、(非表示)
I9	+K4	K4の値を表示
J9	@RIGHT(B3,2)&" -"&@LEFT(B3,5)	B3の日付表示形式変更 例えば "12-22-1989"を"89-12-22"に
K9	@LEFT(B4,8)	B4の時間表示形式変更
L9	@IF(+K4=0,0,(@DATEVALUE(+ J9)+@TIMEVALUE(+K9)-@DATE VALUE(+J11)-@TIMEVALUE(+ K11))/0.000011574*K2)	疲労試験の累積繰返し数の計算
M9	@MIN(B7..B126)	チャネル1の波形データ最小値
N9	@MAX(B7..B126)	// 最大値
O9	+N9-M9	// 全振幅
P9	@IF(+K4=0,1,O9/O11)	上記全振幅の比率(現在値/初期値)
Q9	@MIN(C7..C126)	チャネル2の波形データ最小値
R9	@MAX(C7..C126)	// 最大値
S9	+R9-Q9	// 全振幅
T9	@MIN(D7..D126)	チャネル3の波形データ最小値
U9	@MAX(D7..D126)	// 最大値
V9	+U9-T9	// 全振幅
I11..Vxxx		データ保存範囲



表1-b ワークシートの内容 (記入する項目名)

セル番地	項目名 (文字列)	セル番地	項目名 (文字列)
A5	No	Q7	POSITION
A7..A126	1~120	T7	LOAD
I2	繰返速度(Hz)	M8,Q8,T8	min
I3	測定間隔(秒)	N8,R8,U8	max
I4	カウンタ	O8,S8,V8	range
I6	次の計測時間	P8	ratio
I7	No	L2	次の計測時間までは、 “STOP”又は“ESC”を押す
J7	DATE	L3	とマクロから外れます。
K7	TIME	L4	再びマクロに戻る時は、 “CTRL+S”を押して下さい
L7	N(cycles)		
M7	STRAIN		

表2 マクロプログラム

マクロプログラム	内容説明
¥0 {breakoff} {indicate} {paneloff} /rvB1..d125~E1~{goto}B1~ /fin{flush}A:¥DATA¥TUTOR.PRN {put DATA,0,K4,I9}{put DATA,1,K4,J9} {put DATA,2,K4,K9}{put DATA,3,K4,L9} {put DATA,4,K4,M9}{put DATA,5,K4,N9} {put DATA,6,K4,O9}{put DATA,7,K4,P9} {put DATA,8,K4,Q9}{put DATA,9,K4,R9} {put DATA,10,K4,S9}{put DATA,11,K4,T9} {put DATA,12,K4,U9}{put DATA,13,K4,V9} {goto}K4~/rvK5 /fs{flush}A:¥DATA¥AUTO123~r {breakon}{panelon} {goto}I1~{indicate STOP OK} {wait @TODAY+@TIMEVALUE(K6)-K8} /qy	STOPキーを無効 画面右上端を標準表示 操作パネル非表示 B1..D125の値をE1..G125に複写 B1にA:¥DATA¥TUTOR.PRNを読込 I9..V9の計算値をデータ保存 範囲 (範囲名: DATA)に複写。 DATA の範囲は、図5のデー タ保存範囲に相当し、例えば、 I11..V210の範囲。 K5の値をK4に複写 A:¥DATA¥AUTO123.WJ2に保存 STOPキー有効、操作パネル表示 画面右上端に[STOP OK]表示 次の計測時間までの待機命令 ワークシート終了
¥S /fs{flush}A:¥DATA¥AUTO123~r {wait @TODAY+@TIMEVALUE(K6)-K8} /qy	A:¥DATA¥AUTO123.WJ2に保存 次の計測時間までの待機命令 ワークシート終了
¥G {windowsoff} {paneloff} /gnuKIMA-1~q /gnuKIMA-2~q /gnuKIMA-3~q {quit}	ウィンドウ表示固定 操作パネル非表示 グラフ名 “KIMA-1” 表示 グラフ名 “KIMA-2” 表示 グラフ名 “KIMA-3” 表示 マクロ終了

注) ¥0: 自動実行マクロ、 ¥S: 自動実行復活マクロ、 ¥G: グラフ表示マクロ  
 ~ 記号はリターン

ム表示ではない。また、このプログラムでは、待機時間を任意に変更できるようにして、適切なインターバル間隔におけるデータ取得を可能とした。

ところで、本システムを実行する為に要求されるNOTEBOOK および Lotus 1-2-3 の初期設定について、これらの例を6章および7章に付録として記述する。同様に、システム操作手順の例を8章に付録として記述する。

### 3 データ収集・処理結果の例

このシステムを使用して、アルミニウム合金薄板中央切欠き試験片のき裂開口量と繰返し数の関係を調べた疲労試験の全景写真を図6に示す。

図7に自動計測実行中にディスプレイ上に表示されるワークシートの写真を示し、このハードコピーを図8に示す。この画面右上端に“STOP OK”が表示された場合は、キーボード上のキー操作により、収集した波形データのグラフ表示、これら波形データの最大値、最小値、範囲、比較値などと累積繰返し数との関係（経時変化）をグラフ表示できる。

キー操作でディスプレイに表示した波形データの写真を図9に示し、この印刷出力を図10に示す。ここで、き裂開口量に相当するクリップゲージ型の円孔用変位計出力（CLIP、以下クリップゲージ出力と称する）、アクチュエータ位置（POSITION）、荷重（LOAD）それぞれについて、現収集データを点（記号）表示で、前収集データを線表

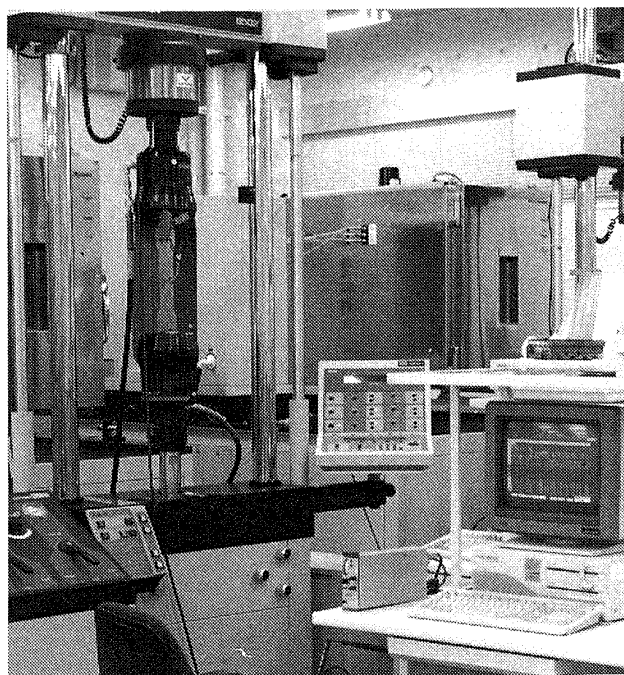


図6 本システムによる疲労試験データ計測

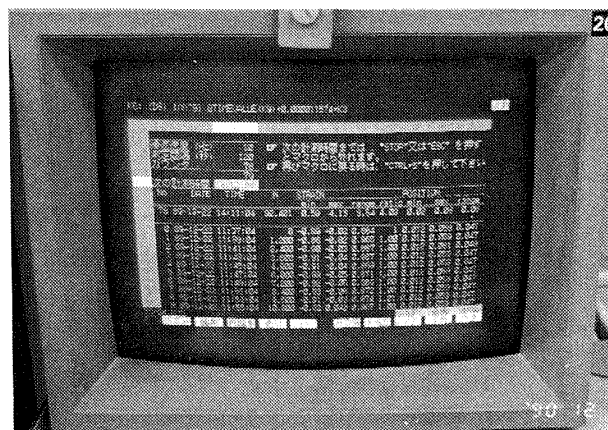


図7 自動計測中のディスプレイの写真

K6: (D8) [ハハ\*9] @TIMEVALUE(K9)+0.000011574\*K9

STOP OK

I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
繰返速度 (Hz)	10	次の計測時間までは、“STOP”又は“ESC”を押すとマクロから外れます。 再びマクロに戻る時は、“CTRL+S”を押して下さい									
測定間隔 (秒)	120										
カウンタ	78										
	79										
次の計測時間 14:13:04											
No	DATE	TIME	N	STRAIN				POSITION			
				min	max	range	ratio	min	max	range	
78	89-12-22	14:11:04	92,401	0.59	4.13	3.54	4.09	0.02	0.08	0.06	
0	89-12-22	11:37:04	0	-0.89	-0.02	0.864	1	0.012	0.059	0.047	
1	89-12-22	11:39:04	1,200	-0.88	-0.02	0.865	1.00	0.012	0.059	0.047	
2	89-12-22	11:41:04	2,400	-0.90	-0.03	0.867	1.00	0.012	0.061	0.049	
3	89-12-22	11:43:04	3,600	-0.91	-0.04	0.867	1.00	0.012	0.059	0.047	
4	89-12-22	11:45:04	4,800	-0.91	-0.04	0.869	1.00	0.012	0.059	0.047	
5	89-12-22	11:47:04	6,000	-0.93	-0.05	0.871	1.00	0.012	0.059	0.047	
6	89-12-22	11:49:04	7,200	-0.92	-0.05	0.869	1.00	0.012	0.059	0.047	
7	89-12-22	11:51:04	8,400	-0.93	-0.06	0.872	1.00	0.012	0.059	0.047	
8	89-12-22	11:53:04	9,600	-0.91	-0.03	0.874	1.01	0.012	0.059	0.047	
9	89-12-22	11:55:04	10,800	-0.82	0.042	0.867	1.00	0.012	0.059	0.047	
89/12/22 02:12 PM											
<div> <div>メニュー</div> <div>編集</div> <div>再編集</div> <div>絶対</div> <div>ジャンプ</div> <div>カ変換</div> <div>半角変</div> <div>ローマ字</div> <div>半角</div> <div>カナ</div> <div>全角</div> <div>かな</div> </div>											

図8 自動計測中のディスプレイのハードコピー

示で表した。

同様に、クリップゲージ出力、位置、荷重それぞれについての範囲（＝最大値－最小値）と繰り返し数の関係をグラフ化し、この印刷出力を図11に示す。また、クリップゲージ出力範囲の初期値対現在値比と繰り返し数の関係をグラフ化し、この印刷出力を図12に示す。これらの図は疲労試験が完了した場合であるが、試験中に同様のグラフをディスプレイ上に表示して、き裂開口量の経時変化などを即座に知る事ができる。

グラフは、Lotus 1-2-3 の制約内であるが、データ解析に適した形に変更できる。図13は、耐熱複合材円孔試験片の引張－圧縮疲労試験に適応させるために、円孔変位、アクチュエータ位置、荷重それぞれの最大値ならびに最小値と繰り返し数の関係を表示できるように変更したケースである。

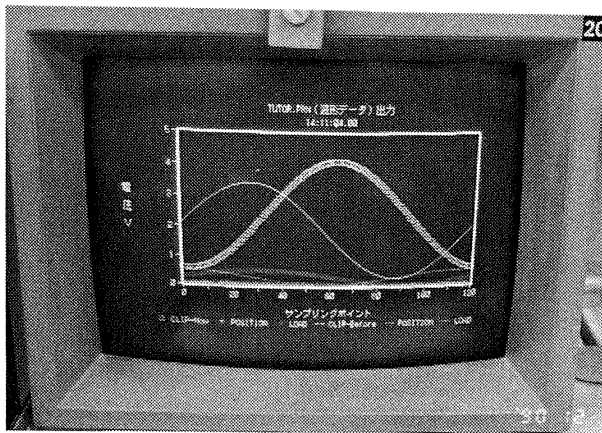


図9 波形データを表示したディスプレイの写真

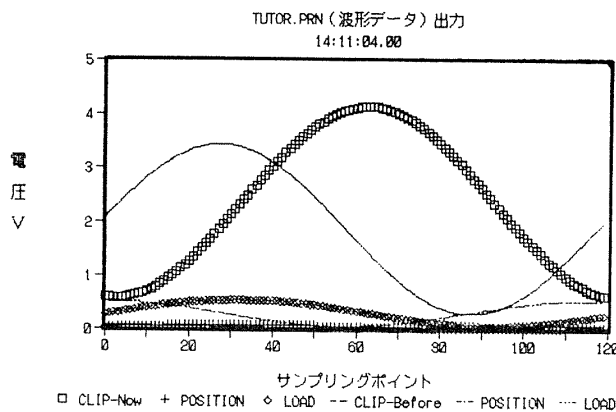


図10 波形データを表示したディスプレイの印刷出力図

#### 4 疲労試験データ収集・処理システムの比較

疲労試験データの収集・処理のために、著者らが使用している自動計測装置は、本システム以外に、インストロン材料試験機専用の疲労試験ソフトウェア、共和電業製のデータアナライザなどが

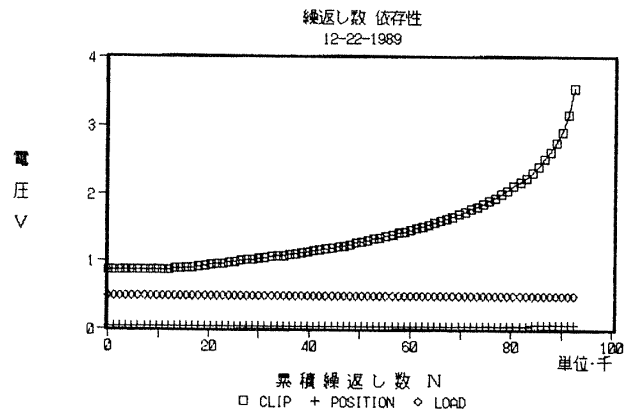


図11 波形データの範囲（＝最大値－最小値）と繰り返し数の関係、(グラフの印刷出力例)

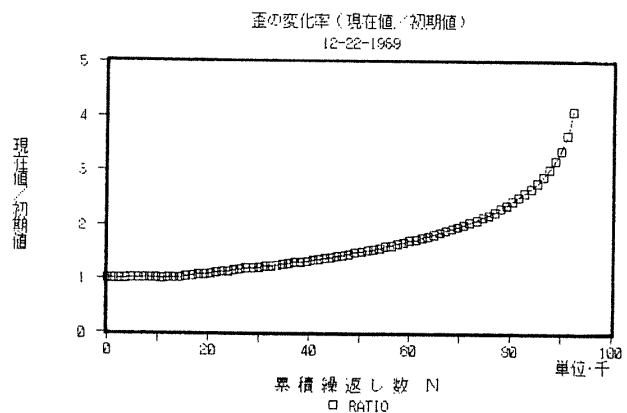


図12 初期値対現在値比と繰り返し数の関係、(グラフの印刷出力例)

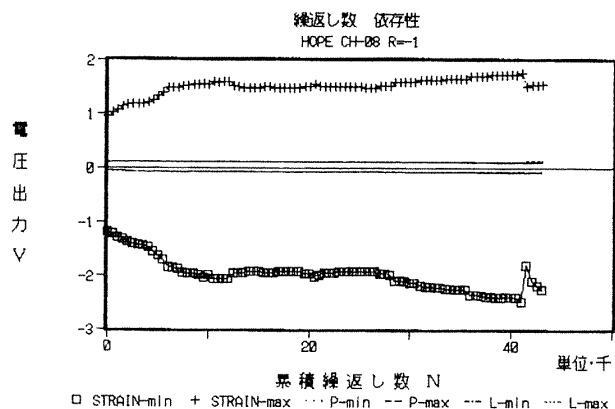


図13 波形データ最大値および最小値と繰り返し数の関係、(グラフの印刷出力例)

ある。これらの主な仕様を表3に示す。インストロンのソフトウェアはインストロン材料試験機専用である。共和電業のデータアナライザは、汎用ではあるが、本研究が目的としたリアルタイム解析には適当でない。従って、試験機メーカーが供給するソフトウェアがない場合、試験目的に対する柔軟性や価格について満足できない場合、さらに手持ちのパーソナルコンピュータを活用したい場合には、本システムは有効であると考えられる。

なお、同時サンプリングや高分解能を必要とする計測は、これらの機能を持つA/D変換ボードの使用および増設メモリーの使用により可能である。

## 5 結 言

疲労試験中に試験装置や歪ゲージ等から出力される疲労試験情報を設定した測定間隔ごとに収集し、それらのデータを解析し、保存して、リアルタイムにグラフ表示することを目指して、汎用ソフトウェアおよび一般的に普及しているハードウェアを使用した疲労試験データ自動計測システムを構築した。本システムは簡単に組み上げることができ、取り扱いも容易である。ただし、柔軟に使いこなすためには、ソフトウェアおよびハー

ドウェアに関する理解がある程度必要となる。しかし、市販の汎用品による構成であることから、比較的低価格であり、自由度や拡張性も高く、多様な疲労試験に適応できるものと考えられる。

## 参 考 文 献

- 1) 西島敏, 松岡三郎, 蛭川寿, 藤井勉, 大西康弘, 小松健, 花岡春海, 菱山光正, 古川和彦: “低サイクル疲労試験における自動データ収録システム コンピュータ利用材料試験研究部会低サイクル疲労ワーキンググループ成果報告”, 材料試験技術, 34, 1, 62/75, (1989)
- 2) PC-MODULE AD12-16A (98) Manual, 株式会社コンテック
- 3) LABTECH NOTEBOOK(98) Version 4 Manual, (1988年6月), 株式会社コンテック
- 4) Lotus 1-2-3 R2.1J マニュアル, (1987年12月), Lotus Development Corporation

表3 疲労データ収集・処理システムの比較

項 目	疲労試験用ソフト データアナライザ		
	本システム	FLAPS V3.01	DAA-100A
基 本 仕 様	データ収集・処理	Instron試験機用	測定・記録・処理
A/D変換モジュール	AD12-16A(98)	内蔵	内蔵
サンプリング方式	逐次変換	同時	同時
分 解 能	12bit	16bit	12bit
データ取込数	16チャンネル	4チャンネル	16チャンネル
データ取込	LABTECH NOTEBOOK	本体プログラム	本体プログラム
高度な解析・処理	Lotus 1-2-3	MS-Excel	表計算ソフト
データ保存形式	ワークシート	ワークシート	C.S.V
リアルタイム表示	○	×	×
試験装置への適応	○	×	○
価格(ハードウェア除外)	50万円未満	---	100万円以上
メーカー		INSTRON	共和電業

## 付録

## 6 NOTEBOOK の初期設定例 (ハイスピードモード)

疲労繰り返し速度が10Hzで、3チャンネル(荷重, 位置, 歪)それぞれの波形データを120秒(1,200サイクル)毎に1波長分(ここでは1.2波長分)収集する試験の設定例である。なお, A/D変換モジュールはAD12-16A (98)を使用する。

### 6.1 データ入力

NOTEBOOK のメインメニューから〈S設定, Cチャンネル, Hハイスピードモード〉と選択して, ハイスピードモードメニューを呼出し, 付図1のように設定する。設定が終了したらESCキーでメインメニューに戻る。

インターフェイス 装置	AD12-16A(98)
開始チャンネル番号	0
終了チャンネル番号	2
チャネル 名	{test}
入力 レンジ	±5V
スケール 定数	1.000
オフセット 定数	0.000
サンプリングレート ,Hz	1000.0
実行時間 ,sec	0.12
開始方法	ノーマル
トリガインターフェイス装置	以下の項目は無関係
-----	----

付図1 ハイスピードモードメニュー

### 6.2 データ保存

NOTEBOOK メインメニューから〈S設定, Fファイル〉と選択して, ファイルメニューを呼出し, 付図2のように設定する。

### 6.3 データ表示

本システムはハイスピードモード設定であるから, NOTEBOOK のリアルタイム表示機能は使用できない。従って, メインメニューから〈S設定, Dディスプレイ, Wウインドウ〉と選択して, ウインドウメニューを呼出し, ウインドウ数に0を入力する。同様に〈S設定, Dディスプレ

データファイル 数	1
現在のデータファイル 番号	1
データファイル 名	A:¥DATA¥TUTOR.PRN
データ 保存 モード	アスキー 実数
ヘッダライン 数	4
ヘッダライン 1	{TC-24}
ヘッダライン 2	{Fatigue}
ヘッダライン 3	\$DATE
ヘッダライン 4	\$TIME
ファイル中の チャネル 数	3
ファイル チャネル 番号	1 2 3
チャネル 番号	1 2 3
チャネル 名	DATA1 DATA2 DATA3
チャネル 単位	V V V
フィールド 幅 (アスキーファイル)	12 12 12
小数点単位(アスキー実数ファイル)	3 3 3

付図2 ファイルメニュー

イ, Tトレース〉と選択して, トレースメニューを呼出し, トレース数に0を入力する。

### 6.4 オプション

NOTEBOOK のメインメニューから〈I環境設定, Oオプション〉と選択して, オプションメニューを呼出し, 付図3のように設定する。

自動ベリファイ	No
キー入力があるまで実行しない。	No
実行後キー入力があるまで待つ。	No
実行後ハードコピーをとる。	No
実行終了までファイルの書込を禁止する。	No
ファイル用ドライブ、パス、ファイル名	A:¥123¥123
実行用ドライブ、パス、ファイル名	GO
保存/呼出し用ドライブ、パス名	A:¥NB¥SETUP¥
使用色数	8
フィールド幅既定値(アスキーファイル)	12
小数点位置既定値(アスキーファイル)	4
小数点位置既定値(デジタルメータ)	3
バックアップ既定値	2048
データレート単位	Hz
クロックオーバーランのとき中止する。	Yes

付図3 オプションメニュー

## 6.5 ハードウェア

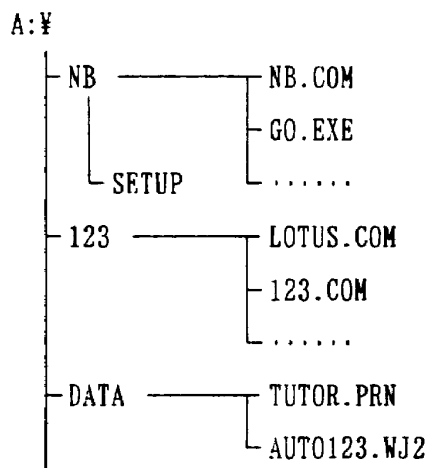
NOTEBOOKのメインメニューから〈I 環境設定, Hハードウェア〉と選択して, インストールルーチンを実行する。ここでは, コンピューターの質問に対して, 次のように設定する。

装置名称           AD12-16A (98)   -5/+5V  
ベースアドレス               DO

## 7 Lotus 1-2-3の初期設定例

### 7.1 ディレクトリ

NOTEBOOKで波形データ“TUTOR. PRN”を収集した後, Lotus 1-2-3が起動し, “AUTO 123. WJ2”ファイルを実行する。これらの主要ファイルのトリーチャートを次の付図4に示す。



付図4 トリーチャート

### 7.2 グラフ

本システムでは, 波形データ, 波形の全振幅と繰り返し数の関係, 波形振幅の初期値対現在値比と繰り返し数の関係を表す3種のグラフをキー操作により自動表示させる。その為にそれぞれを, KIMA-1, KIMA-2, KIMA-3のグラフ名で設定する。グラフの主な設定内容を以下に示す。

i) グラフ名: KIMA-1 (図10参照)

T種類: XY, X範囲: A7..A126, G色: カラー

R範囲	L凡例	F線/記号
A: B7..B126	CLIP - Now	点表示
B: C7..C126	POSITION	点表示
C: D7..D126	LOAD	点表示
D: E7..E126	CLIP - Before	点表示
E: F7..F126	POSITION	点表示
F: G7..G126	LOAD	点表示

ii) グラフ名: KIMA-2 (図11参照)

T種類: XY, X範囲: L11..L210, G色: カラー

R範囲	L凡例	F線/記号
A: 011.0210	CLIP	点/線表示
B: S11..S210	POSITION	点表示
C: V11..V210	LOAD	点表示

iii) グラフ名: KIMA-3 (図12参照)

T種類: XY, X範囲: L11..L210, G色: カラー

R範囲	L凡例	F線/記号
A: P11..P210	CLIP	点/線表示

v) グラフ名: KIMA-2 (図13参照)

T種類: XY, X範囲: L11..L210, G色: カラー

R範囲	L凡例	F線/記号
A: M11..M210	STRAIN - min	点/線表示
B: N11..N210	STRAIN - max	点/線表示
C: Q11..Q210	P - min	線表示
D: R11..R210	P - max	線表示
E: T11..T210	L - min	線表示
F: U11..U210	L - max	線表示

## 8 システムの操作手順例

### 8.1 起動

- 1) NOTEBOOK を起動する。ここでは、画面に A> のプロンプトが出たら CD NB と入力する。続いてプロンプトが A:¥NB> になったら NB と入力する。

### 8.2 Lotus 1-2-3 の設定

- 1) NOTEBOOK のメインメニューから〈A 解析〉を選択する。
- 2) Lotus 1-2-3 の自動実行マクロが始動し、ディスプレイ画面右上端に“STOP OK”の表示が出たら STOP, ESC キーを押してマクロを停止させる。
- 3) A:¥DATA¥AUTO123.WJ2 ファイルを初期化する。
  - ・旧データが記録されている範囲 B1..G126 とデータ保存範囲 I11..Vxxx を〈／メニュー, R 範囲, E 消去〉で消去する。
  - ・ワークシートのセル K2 に疲労試験機の繰返し速度 (例えば 10Hz では 10) を入力する。
  - ・セル K3 に測定間隔 (例えば 120 秒では 120) を入力する。
  - ・セル K4 にカウンター初期値 0 を入力する。
- 4) 〈／メニュー, F ファイル, S 保存, R 置換〉で A:¥DATA¥AUTO123. WJ2 に保存する。
- 5) 〈／メニュー, Q 終了, Y 実行〉で Lotus 1-2-3 終了し, NOTEBOOK に戻る。

### 8.3 NOTEBOOK の設定

- 1) NOTEBOOK のメニューから〈S 設定, C チャネル, H ハイスピード〉と選択する。
- 2) ハイスピードモードメニューのサンプリングレートと実行時間を設定する。
- 3) ESC キーでメインメニューへ戻る。

### 8.4 実行

- 1) NOTEBOOK のメインメニューから〈P プログラム〉を選択する。

- 2) mgl> のプロンプトが出たら次の様にタイプする。

(例えばデータ収集回数が 200 回の場合)

ITER 200

DOGO

R 123

LOOP

### 8.5 終了

- 1) NOTEBOOK の実行中

①画面に NOTEBOOK 実行中の表示“running”が点滅している時に CTRL+C キーでプログラムを停止させる。

- 2) Lotus 1-2-3 の実行中

①ディスプレイ画面右上端に“STOP OK”の表示が出たら STOP, ESC キーを押してマクロを停止させる。

②〈／メニュー, Q 終了, Y 実行〉で Lotus 1-2-3 を終了し, NOTEBOOK に戻る。

### 8.6 取得データのプロッピーディスクへの保存

- 1) データ計測完了後, AUTO123. WJ2 上で〈／メニュー, R 範囲, N 範囲名, D 削除〉により ¥0 の自動実行マクロ範囲を削除する。
- 2) B ドライブにデータ保存用のプロッピーディスクを差込み, 〈／メニュー, F ファイル, S 保存, B: データ名〉でプロッピーディスクに保存する。なお, データ名は新しい名前に更新する
- 3) データ保存後, 再びシステムを使用するときは, 〈／メニュー, F ファイル, R 呼出し, A:¥DATA¥AUTO123.WJ2〉で AUTO123. WJ2 を呼出す。

### 8.7 オプション

グラフの表示や設定条件の変更は, データの収集・処理作業が一段落し, 次の計測時間までの待機時間中に行う。

A グラフの表示 (マクロ ¥G)

- 1) ディスプレイ画面右上端に“STOP OK”の表示が出たら STOP, ESC キーを押して自動実行

マクロを停止させる。

2) CTRL+G キーを押す。つづいて、リターンキーを押すごとに、波形データ（グラフ名 KIMA-1）、全振幅と繰り返し数の関係（グラフ名 KIMA-2）、それらの初期値対現在値比と繰り返し数の関係（グラフ名 KIMA-3）のグラフが表示される。

3) CTRL+S キーを押し、自動実行マクロを復活させて、測定を継続する。

#### B 設定条件の変更（マクロ ¥S）

1) ディスプレイ画面右上端に“STOP OK”の表示が出たら STOP, ESC キーを押して自動実行マクロを停止させる。

2) 疲労試験機の繰り返し速度（セル K2）や測定間隔（K3）を変更する。この変更作業にかかる時間がセル K6 に示す次の計測時間を越えないように注意する。

3) CTRL+S キーを押し、自動実行マクロを復活させて、測定を継続する。



---

## 航空宇宙技術研究所資料 650 号

平成 4 年 11 月 発行

発行所 航空宇宙技術研究所  
東京都調布市深大寺東町 7 丁目 44 番地 1  
電話三鷹 (0422) 47-5911 (大代表) 〒182  
印刷所 株式会社 セイコー社  
東京都調布市西つつじヶ丘 1 丁目 5 番地 15

---

