オフラインデータ交換装置(TOSBAC-40)のシステム開発　－地震波などの解析のために－

著者	福井 隆文, 諸星 敏一
雑誌名	国立防災科学技術センター研究速報
号	15
ページ	1-17
発行年	1975-08-30
URL	http://id.nii.ac.jp/1625/00002731/

550.34:681.3

オフラインデータ交換装置（TOSBAC－40）のシステム開発

地震波などの解析のために

福井隆文・諸星敏一

国立防災科学技術センター第3研究部

Systems Development for Off-line Data Exchange Unit

By

T. Fukui and T. Morohoshi

National Research Center for Disaster Prevention, Tokyo

Abstract

At first TOSBAC-40 computer, Off-line Data Exchange Unit for the earthquake wave analysis, was installed in its minimum configuration. With the increase of various equipments, importance of software is rising more and more, because the program of T-40 becomes complicated due to reinforcement of T-40 functions. Hardware functions have to be checked carefully, in order to use these effectively and write the appropriate program.

This report consists of various comments and examples relating to the connection of these equipments and to the development of softwares about them, and indicates the development process with Off-line Data Exchange System, T-40.

1. はじめに

国立防災科学技術センター計算機室に地震波などの解析用オフラインデータ交換装置としてＴＯＳＢＡＣ－４０小型電子計算機システムが導入されて，すでに３年がたつが，今日までに多くのプログラムが開発され，またいくつかの入出力機器が増設されてきた。

ＴＯＳＢＡＣ－４０システムは小型ではあるが，多くの業務を行なうことができる。しかし多くの場合これまでは，ＴＯＳＢＡＣ－３４００の入出力機器の性格をもった業務が多く，現在においても主業務はＴＯＳＢＡＣ－３４００とともに使用されることが多い。

確かに，高速図形印画装置の使用以外では，ＴＯＳＢＡＣ－４０のもつ機能は，すべてＴＯＳＢＡＣ－３４００で行なえ，しかも内部記憶容量が小さく，現在のようにアセンブラ言語での使用しかできないＴＯＳＢＡＣ－４０は，ＴＯＳＢＡＣ－３４００からみて，使いにくい計算機であろう。しかし当計算機室での業務を能率よく，言いかえればＴＯＳＢＡＣ－３４００を有益に使用するには，もっとＴＯＳＢＡＣ－４０を使いこなす必要があると思わ

れる。

われわれはこれまで，ＴＯＳＢＡＣ－４０のための多くのプログラムを開発，動作させてきた。

ここでは，ＴＯＳＢＡＣ－４０に接続された各機種について，その接続のための問題点，またプログラム開発中の諸問題，検討事項，さらにプログラム開発にあたっての動機，すなわち，オフラインデータ交換システムの開発の道程について報告する。

2．機器接続における検討事項と問題点

図１が現在におけるＴＯＳＢＡＣ－４０システムの構成である。本体に接続される各種入出力機器，また入出力機器に接続される他の機器は，導入の際，機器のみの購入を行なっており，実際の動作はすべて，われわれの開発したプログラムで行なわれている。よって機器を動作させるにあたり，われかれは各機器の基本的な動作を知る必要があり，ここで説明する事項は，われわれの経験的に知り得た知識が多い。したがって現在の使用法が最良の方式であるとは言いきれず，今後さらに適した使用方式が見いだされるであろう。

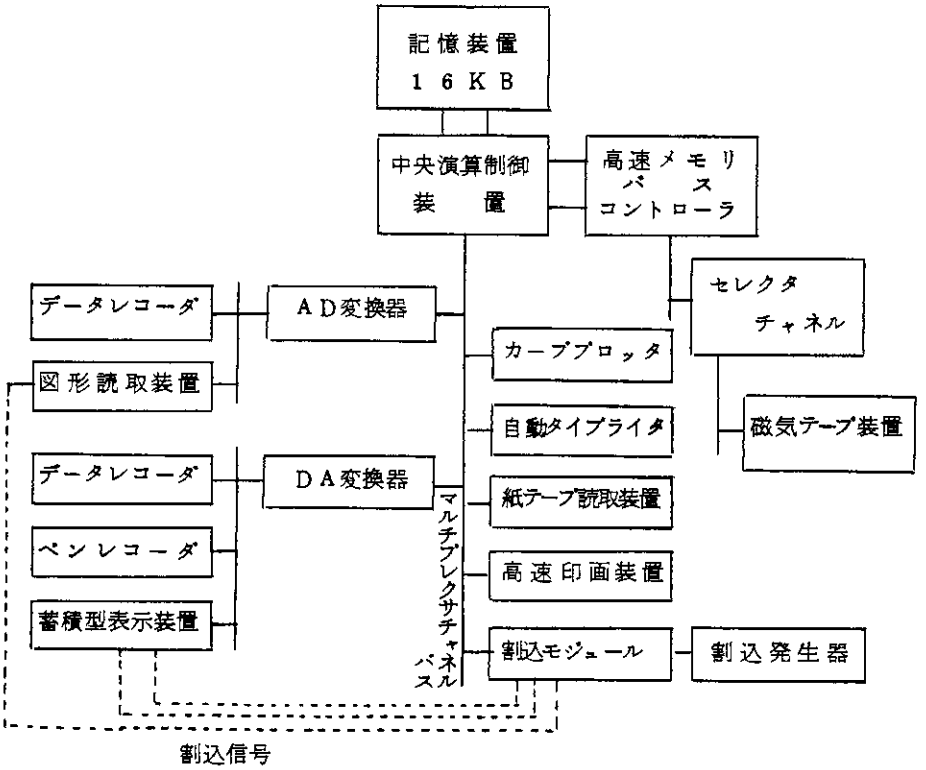


図1.　システム構成

２．１　アナログ変換器

ＴＯＳＢＡＣ－４０（以後Ｔ－４０と略す）はディジタルコンピュータであり，演算で取り扱う情報はディジタル量であることが要求される。しかし，各種情報を入出力する外部機器の中にはアナログ量を扱うものが多い。これらアナログ量を扱う機器とＴ－４０との間に変換器を置くことにより，容易に情報の交換が可能である。これがアナログ－ディジタル変換（ＡＤ），ディジタル－アナログ変換（ＤＡ）である。

この機種の使用に関しては，単体を用いることには意味がなく，かならず他のアナログ量を取り扱う機器が用意される。これら用意される機器は，１情報あたりの同期を必要とするものや，情報のいくつかの集合を単位として同期を必要とするものなど，用意される機器一つ一つについて用途が異なる場合が多い。このため常に共通したプログラムを用いることはなく，扱う機器に対し別々にプログラムが用意される。またＡＤ，ＤＡはこのような各種の処理に対応できるよう，いろいろな使用法が可能である。よって各種機器に対するＡＤ，ＤＡの用い方は別の項にゆずり，ここではＡＤ，ＤＡそれ自体の使用上の諸問題，また諸問題に対する検討事項を述べる。

２．１．１　各種機能

ＡＤは電圧で取り出されるアナログ量をディジタル量１２ビットに変換するが，変換の際取扱う電圧は，±１０Ｖである。このため，ディジタル量の一つの変化に対する電圧範囲は固定されてしまう。よって小電圧が入力される場合，ディジタル量の変化は少なく，電圧変化の判定が困難になる。このため，最大電圧比が±１０Ｖ程度になるよう増幅した後，ＡＤ変換することが望ましい。Ｔ－４０接続ＡＤ変換器には増幅器を内蔵しており，プログラムで増幅度を４段階（×１，２，５，１０）に切換えることができる。これは微小地震など扱う場合に便利である。逆に±１０Ｖをこえる場合には減衰器を用いて同様の処理をすればよいが，最大値が±１０Ｖをこえてしまった場合，内蔵のリミッタ回路により，こえた電圧は無視される（減衰器は内蔵されていない）。

ＡＤ変換器は１台であるが，入力端子は４本用意されており，チャネルの指定順序に規定はない。サンプル時に毎回チャネルの指定を行なえば順序不定である。４端子すべてを同時に使用する必要もないが，毎回きまった順序でＡＤするならば，チャネルの指定を１度行なうだけで，その後は自動的にチャネルの移動を行なうこともできる。つまり，ＡＤ内部のコントローラが毎回どの端子を選択するかの処理を行ない，１台のＡＤ変換器に受渡すのである。このため，各チャネル間には時間のずれが生ずることはいたしかたない。この時間のずれは処理内容にもよるが，最小時間は約４０μsである（図２（ａ）における$t_2 - t_1$）。

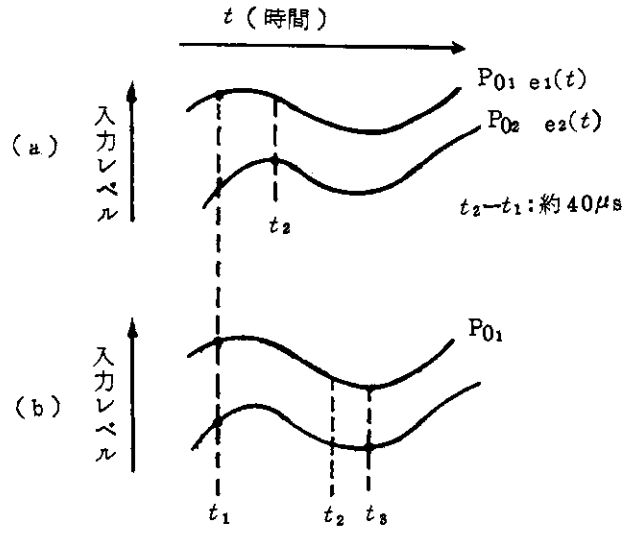


図2　アナログ変換サンプリング方式

各チャネル別々の情報を入力し，しかもチャネルあたりの時間のずれが問題となる場合は，次の方式を用いる。すなわち，4端子から入力される情報を，すべて1度同じ時間帯でホールドし，その後各チャネルごとに変換を行なって行き，変換終了後また次の時間帯のホールドを行なうという方式である（図2（b））。しかしこの方式では1情報あたりの変換時間は，前者に比べ数μs程度遅くなってしまう（図2（b）における $t_3 - t_2$）。また入力電圧の増幅はできない。

以上のように各種の使用法があるが，AD変換器に接続される機器に対してもっとも適した使用法を検討することが，プログラムを組む段階での一つの重要な問題と言える。

2．1．2　接続機器との関連

AD変換器にはかならずアナログ機器が接続されるが，ディジタル変換した情報を，通常外部記憶装置，磁気テープ（MT）を使用し順次記録していくことが多い。MTは7トラックで，各バイト頭2ビットの情報はゼロ（MTの項参照）であることが要求される。このため，ADした情報を一度編集しなおす必要がある。編集を行なうときは用途によりまちまちであるが，データレコーダのように常に連続してアナログ量が出力され，編集のための時間が特にとれない場合には，各チャネルのAD変換後すぐに編集することが通常である。このようにAD変換器に接続されるアナログ機器また変換後の情報の扱いによってAD1ポイントあたりのサンプリング最少時間が決まってしまうことが常である。一概にAD変換器のみの性能と，処理をしようとする者の希望との照らしあわせだけでプログラムは組めないこと

に注意しなければならない。

２．１．３　割込との関連

高周波（とは言っても２０ｋＨｚ程度）を扱う場合には，おのずと速いサンプリングが必要であり，速い処理を行なえば精度はあがるが情報量は増してしまう。ＡＤ，ＤＡは，多くの場合一定のサンプリング時間が必要のためいろいろな同期処理を行なわなければならない。通常外部より時計信号を入れ，この時計に従ってＡＤ，ＤＡの処理を行なっている（外部割込の項参照）。Ｔ－４０システムには，時計信号や単発割込など各種の外部割込が用意されている。

ここで問題になる点は，時計信号が一定の時間（通常数１００μｓ）で割込を待っている状態になっていなければならないことである（図３）。

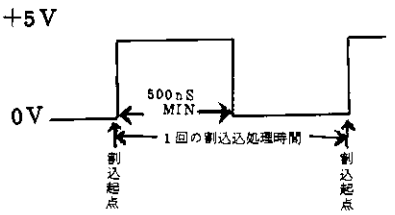


図３　割込処理時間

プログラムを組む段階においては，割込ルーチンの１ステップ命令の所要時間さえも計算に入れなければならないことが多く工夫を要する。

２．１．４　ＡＤとＤＡとの相違

ＤＡ変換器はＡＤ変換器とまったく逆の動作を行なうものであるから，使用に関し，さほどの違いはない。

異なる点は，ＡＤは入力の際プログラムによって増幅度を変化することができるが，ＤＡにおいてはその機能をもたない。また，ＡＤが１２ビット入力を行なったのに比べ，８ビット出力と少ないなどの点である。

２．２　磁気テープ

２．２．１　セレクタチャネルの使用

Ｔ－４０システムには，現在１６キロバイトの内部記憶装置のほかに，外部記憶装置として１台の磁気テープ（ＭＴ）が接続されている。そして，このＭＴの動作をセレクタチャネルを用いて制御することが可能である。

セレクタチャネルとは，ひとことで言って入出力専用のコンピュータであり，動作に必要な指令を本体演算制御装置からすべて受け取ると，本体の動作とは独立して，指定された内部記憶装置領域との間で情報を入出力することができる。このため当計算機室の主業務の一つである，ＡＤやＤＡ変換などのように，数１０μｓ～数msのサンプリングで本体が動作する場合，通常転送のために数１００ｍｓを必要とするＭＴにはセレクタチャネルは不可欠な機器であると言える。

２．２．２　基本入出力命令の使用

このように，セレクタチャネルは有能な機器であるが，ＭＴに関しての動作をすべてセレ

クタチャネルを通じて行なうことが最良の方法であるとは言いきれない。その理由は次のとおりである。本体演算制御装置が出す指令においては，内部記憶装置の領域が連続した番地であることが要求される。つまり一つの連続領域がＭＴの１レコードに対応する訳である。こうした内部記憶装置の二つ以上の領域とＭＴ１レコードを対応させたい場合も多い。　Ｔ－４０は，こうした不連続な二つ以上の番地領域をあたかも一つの連続番地のごとく取り扱って動作を行なう指令を持たない。したがってセレクタチャネルを用いず，Ｔ－４０に用意されている基本入出力命令を用い，１情報単位ごとにプログラム上の制御を行ないながら転送することになる。こうすることにより，任意の番地の内容をＭＴに送ることができる。

ＭＴと本体入出力制御装置との間では，各種の信号のやりとりが必要であるが，これら各種信号のタイミングチャートを調べることにより，ＭＴのハード的制約内で上記のプログラムを実行させることができることがわかった。しかも一つ一つの情報を転送する間には，多少の演算も可能で（１２０ μsmax ）あるため，セレクタチャネルや，この後説明するブロック転送方式とはまた違った用途に用いることができる。ただ，Ｔ－４０接続のＭＴには，記録密度の指定ができ，８００ＢＰＩと５５６ＢＰＩとの２種類があるにもかかわらず，この方式では５５６ＢＰＩの場合のみ使用可能という点不満があり，結局現在は，ＭＴの使用に関しては先に述べたセレクタチャネルとブロック転送を用いており，基本入出力命令を用い１情報ずつ転送していくこの方式は，できるということを確認した段階にとどまっており，残念である。

２．２．３　ブロック転送の使用

ブロック転送とは，内部記憶装置の番地を一つ一つ指定することなく，先頭番地と最終番地を指定することで指定番地内の情報を転送するものである。しかも番地の指定以外の扱いは基本入出力命令と同様のため，ブロック転送命令をつみかさねればいくつものブロックに分けた内部記憶装置とＭＴの１レコードが対応し，充分に実用にたえる。

このため，現在，通常ＭＴの動作時間を問題にしない場合はブロック転送を，時間の制約がある場合はセレクタチャネルを，と使い分けている。

２．２．４　ＴＯＳＢＡＣ－３４００との互換性

Ｔ－４０システムで取り扱う業務は，そのほとんどがＴ－３４００と関連しており，両者の間の情報交換はＭＴを通じて行なっている。したがってＴ－４０とＴ－３４００のＭＴの間に互換性を持たせる必要がある。

記録密度やパリティなど，ハード上の問題は同一メーカでもあるため相違がなく問題はない。注意すべき点は，パイトマシンであるＴ－４０に７トラックのＭＴを接続したため，各バイト頭２ビットの情報が意味を持たないばかりか，入力時にゼロ以外の情報が入っておればエラーとして扱われ，出力のときには頭２ビットが常にゼロとなることである（図４）。したがって，ＭＴを用いて入出力を行なった情報は，通常そのままの形で直接他の演算に用

いることはできない。すなわち，たとえば図５のように変換して用いる。このような変換は，二つの計算機の間のＭＴ互換性を目標の第一とした以上致し方ないことである。

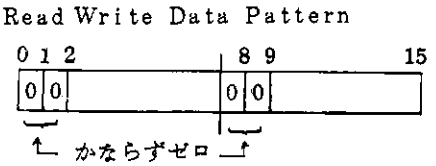


図４　ＭＴデータパターン

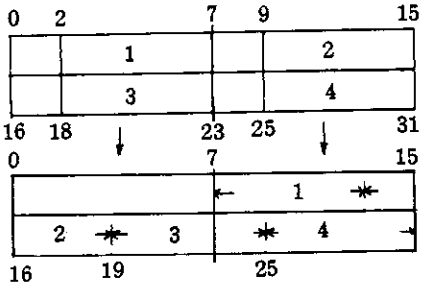


図５　ＭＴデータの変換例

２．３　トーシャファックス（図形読取装置）

トーシャファックスとは，平面図を光学的に読みとる装置で，回転体を利用し線情報になおした後，ＡＤ変換を行ない，点の集合として計算機に読み込ませる装置である（大村一夫，１９７１）。

２．３．１　Ｔ－４０のための改造

この機器はもともと市販のものを当計算機室で改造したもので，Ｔ－３４００に接続されるような設計が行なわれていた。Ｔ－４０に接続するために取り扱い上異なる点は，ドラム１回転の同期に使用している割込信号の形である。よってＴ－４０用の同期信号を作る必要がある。この改造は，以前の同期信号をそのまま用いることはやめ，両者共通のものとして新しく同期信号発生器を作ることにした。これはＴ－３４００とＴ－４０の割込信号の形が，ちょうど一つのインバータ回路を通すことにより，同一信号として使えることを利用したためである。

ＡＤ信号（ＡＤ変換器に入れる信号）は以前同様，光電管出力を直流増幅した後，差動増幅する。よってＡＤ信号の２本の線の電圧値は±１０Ｖにおさまってはいるが，両線ともトーシャファックスの回路上のアース点からは数１０Ｖ浮いている状態にある。

同期信号は，以前同様トーシャファックスの回転体に取り付けられているスィッチを利用し，簡単なＲ－Ｓフリップフロップの応用である切換接点を用いたチャタリング防止回路を使用した（図６）。両信号ともそれ自体では完璧な動作をすることが確認された。しかしＴ－４０に接続する段階で，次の問題点が生じた。

同期信号とＡＤ信号とは，もともとゼロレベルが異なっているにもかかわらず，共にトーシャファックス本体のゼロレベルを基準にして作られているため，Ｔ－４０に接続できない。接続すれば，差動増幅された電圧のうち片側は同期信号のアース線とＴ－４０内で直結されてしまい，ＡＤ信号の波形がこわされてしまう。よってこの場合，同期信号をトーシャファ

ックスの回路とは別に製作し，アースもトーシャファックス内部で共用しないことが望ましい訳である。

これは，回転体に取り付けられているスイッチを改造することによって解決できた。スイッチがトーシャファックス回転体と絶縁体のみで接触するよう，導体部を切断したのである（図７）。

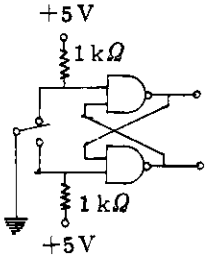


図6　R－Sフリップフロップ回路

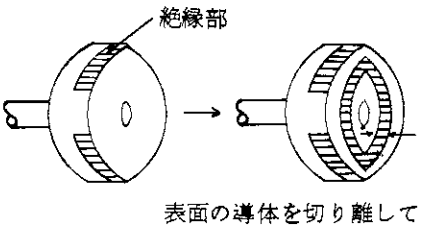


図7　トーシャファックススイッチ改造

以上のように改良・改造されたトーシャファックスは，同期信号をスイッチで切り換えることにより，Ｔ－４０用にもＴ－３４００用にも使用できるようになった。

２．３．２　Ｔ－４０における精度

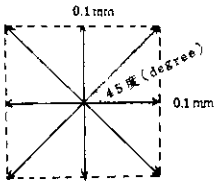
現在，Ｔ－４０用に開発されたプログラムでは，横0.1 mm，縦0.０８mm 程度の精度で読むことが可能である。このように縦の精度が0.０８mmとなった理由は，ＡＤ変換の方法にある。

ＡＤ信号を四つのチャネルのうち一つに接続するのではなく，４本に分け，４チャネルすべてに同一信号を入れ順次ＡＤする方式をとった。この様な方式をとれば，ＭＴの項で述べたブロック転送も可能となり，一つのチャネルにＡＤ信号を入れ，基本入出力命令を用いる方式（縦の精度約0.１２mm ）より速い。なお，一つのチャネルにＡＤ信号を入れ，なおかつブロック転送を用いることは不可能である。これはＡＤ変換を行なうチャネルの指定の仕方に問題があり，一つのチャネルのみ使用の場合には毎回チャネルの指定を行なわなければならないからである（ブロック転送とは１ステップ命令であり，チャネル指定プログラムを一度しか使用しない）。

なお横の精度は機械動作により0.０５mmと0.１mmとに決定されてしまうのでいたしかたないが，縦方向はプログラムの組み方によってさらに精度をあげることが可能と思われる。

２．４　カーブプロッター

計算機で処理した結果を出力するとき，われわれが認識しよい形に表わすことは処理内容の理解を助け，より正確に理解することができる。Ｔ－４０システムにはいろいろの出力機器が用意されているが，ここで説明するカーブプロッタ（ＣＰＬ）はあらゆる平面図が書き



表わされ，また計算機で演算しながら出力できる。つまり，ペンレコーダや高速図形印画装置（ＦＡＸ）のように，何ら割込処理を行なう必要がない点がすぐれている。ペンは４５°単位の８方向に，最小0.1 mmの単位で動き，これにペンの上下動作が加わり絵を描くことができる（図８）。

図８　ＣＰＬ１ステップ動作

２．４．１　Ｔ－３４００との共用

本来Ｔ－３４００に接続されていた機器であるが，現在では信号ラインを手動で取り換えることでＴ－４０接続も可能になった。

Ｔ－４０で使用する場合，書き表わす絵が複雑になればなるほど，１ステップ情報を作ることが困難になる。これはＴ－３４００は英数字や特殊文字，その他ＣＰＬ使用にあたり，多くのプログラムがシステム中に用意されているが，Ｔ－４０においてはほとんどこれに相当するものがないためである。このため通常の使用法として，ＣＰＬへ転送するすべての情報をＴ－３４００で作り；ＭＴを中継してＴ－４０に書かせるような用い方をしている。この方式は，ＣＰＬの最大の欠点とも言える低速動作をＴ－３４００から解放するという意味において重要である。ＣＰＬ動作中，計算機本体はそのほとんどの時間が待ち時間となり，演算はわずかの割合にすぎない。このような単純動作のため，Ｔ－３４００を長時間専用することは無駄である。

２．４．２　その他

Ｔ－４０使用時において注意しなければならないことは，ＣＰＬが特にコマンドを持たないことである。このため他の機器（通常ＭＴ）の動作が完全に終了した段階で，ＣＰＬに対し情報を送らねばならない。その他の諸注意としては，ＣＰＬの絵はボールペンで書かれる。よってペン先のボールの回転の具合によっては細かい動作を必要とする絵が書けない場合がある。また使用する紙は特に指定はないが，ボールペンを使用し，ペンの上下動作があることから，おのずとボールのすべらない紙，ペンの上下動作の可能な厚みの紙という制限がある。このような点は，使用して始めてわかることであることに注意したい。

２．５　蓄積管型図形表示装置（メモリースコープ）

ブラウン管に文字あるいは解析した図形を表示する場合，この機器が他の出力機器（ＣＰＬ，ＦＡＸ）に比べ比較的高速であり，また紙を消耗することがないためよく使用される。

２．５．１　Ｔ－４０における使用法

この装置の表示面積は２１ cm×１６.２ cmと小さいが，連続して１画面の情報を送りつづけなければ像としてとらえられない，リフレッシュタイプと異なり，一度書かれた情報は

そのまま記憶される蓄積管型ＣＲＴを用いている。しかも，１画面すべて情報を送る必要がなく，輝点として表示したい任意の点に対する情報を不連続に送ればよい。伝送速度も，１輝点あたり約１００μs以上の時間であればどんな速度でも自由である。

計算機にこのメモリースコープを接続する場合，ＤＡ変換器とメモリースコープの間に信号の変更を行なう機器が必要である。この機器はメモリースコープをＴ－３４００に接続するさい，当計算機室で製作され，次のような処理を行なっている。

ａ）Ｘ軸，Ｙ軸二つの信号は±１V_{max}でメモリースコープへ送らねばならない。そこでＤＡの出力が±１０V_{max}のとき，これを±１Ｖに変換する。これはＤＡの出力を±１V_{max}とするより±１０V_{max}にするほうが精度がよくなるためである。

ｂ）メモリースコープでは任意の座標を指定できるが，次の座標に移るには電子銃がその座標に移動する時間が必要である。このため１輝点情報を送った後，一定時間後に割込信号を発生する。有効画面の対角線の長さを電子銃が移動する時間（約１００μs）をこの一定時間として選んだ。よって計算機本体は，１輝点情報を送った後この割込信号を待って次の輝点情報を送らねばならない。

ｃ）１画面消去した後，一定時間（約５００ｍｓ）後割込信号を発生する。前記説明のように，メモリースコープでは一度書き込むと画面上に記憶される。よって消去する場合には新たに消去の信号を送ってやらねばならない。このとき，画面上一部分消去を行なうことはできず，１画面単位で消去することになる。しかも消去には約５００ms必要とし，この間に送られてくる１輝点情報は意味をもたない。よってｂ）同様に，割込信号を待って次の動作に移る必要がある。

このほか，Ｚ信号（指定した座標を光らせるか光らせないか）の扱いや，画面上のＸ軸，Ｙ軸の比率などの処理も行なっているが，ここでは説明を省く。

このように，計算機本体から直接メモリースコープへ信号を送らず，以上説明した機器を通じて行なえば，より有効にメモリースコープを使用できる。Ｔ－４０システムにおいても，この機器を通じメモリースコープを用いている。

２．５．２　使用上の問題点

メモリスコープはＸ，Ｙ，Ｚ，消去信号の４本の信号を必要とし，またＴ－４０ＤＡ変換器も４チャネルの出力ができるなど，接続にあたっての問題はない。しかしＴ－３４００に接続する場合と比較し，パターンの精度の点で劣る。これはＴ－３４００のＤＡが１２ビット出力であるのに対しＴ－４０ＤＡでは８ビットしかなく，おのずとディジタル量１の変化に対するアナログ量の変化が大きくなってしまうからである。８ビットでは２５６点の分解能しかなく，現在メモリスコープ上Ｘ軸とＹ軸の長さを同比率で用いれば（このとき，Ｘ軸はフルスケール±7.5Ｖとなる）１輝点間の距離は約0.８２mmとなってしまう。実際１輝点は１mm弱の直径をもった円なので，さほど点間のすきまは目立たないが，Ｔ－３４００

使用時と同様の輝点数で書いた場合，パターンが16倍も大きくなってしまう（写真1，2の“試”の字）。

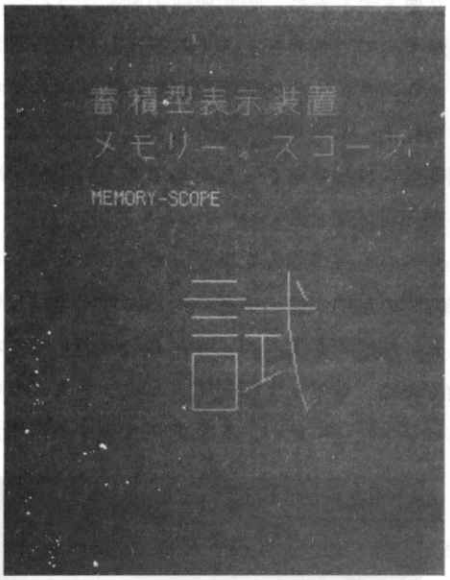


写真1　T－40のメモリースコープ画

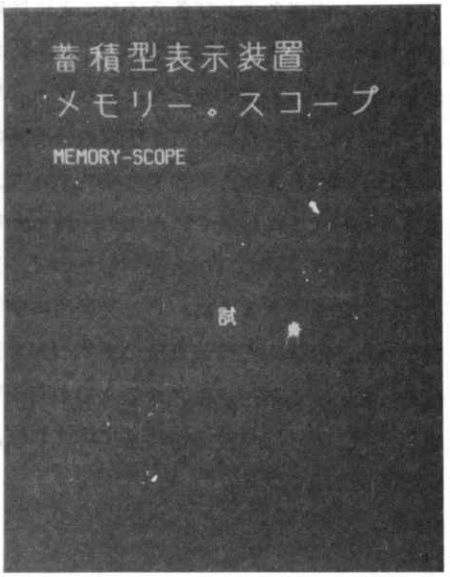


写真2　T－3400のメモリースコープ画

このような理由から，T－40においてメモリースコープを使用する場合，T－3400で作られた情報に関しては16分の1に縮小して出力し，また英文字，数字，特殊文字に関してはT－40用のパターンをT－3400とは別に製作したものを用いるなどしている(写真1，2)。

DAのビットが少ないことは，メモリースコープ以外の出力機器を使用する場合においても問題は多く，AD同様，12ビットのDA変換器が望ましい。

2．6　高速図形印画装置

CPL同様，2次元情報を記録する機器に高速図形印画装置（FAX）がある。FAXは高速処理を行ない静電的に専用印画紙に焼きつけていく機器である。このため，メモリースコープとは異なり記録の保存ができ，CPLと比べはるかに高速処理であることから，両者の短所を補った機器と言える。

分解能は⅛mmと¼mmが選択でき，1画面の処理時間は⅛mmで約50秒，¼mmで約25秒ときわめて高速である。このような利点をもった機器ではあるが，次のような点で使用上注意を要する。

a）メモリースコープ，CPLの場合は，かならずしも1画面すべての情報を必要としないが，FAXにおいては必要である。これは，電子銃の動作がTVの動作同様の動きをする

ためである。このため，1画面に使用する情報量は多く，T－40の内部記憶装置の容量ではおさまらない。よってMTより表示情報を順次とり出してこなければならない。また，TVスキャン同様各点及び各ラインごとに同期を必要とするため，時間処理の制約をうける。MT1レコードを読む所要時間が，読み込まれたすべての情報をFAXに転送し終わる時間よりも，かならず速くなければならない。T－40システムの内部記憶装置の容量が8キロバイトしかなかったころ，2種類の分解能のうち⅛mmは使用できなかった。これはMT1レコードの大さきが，おのずと小さくなり上記条件を満たせなかったためである。現在では16キロバイトに増設されたため，⅛mmでも使用可能である。

b）7トラックのMTを使用したので，FAXへの転送情報も1単位6ビットである。このため先にあげたように，FAX使用に関して時間の制約が他の機器に比べ非常にきびしい。MTから読み込んだ情報をそのままの形でFAXに転送できず，パッキング後転送しなければならない。このパッキングのための時間を除くため，6ビット転送できるようFAXを改造したが，バイト単位の情報量で考えれば，8ビット転送に比べ，1画面に使用する情報量が増えたことになる。

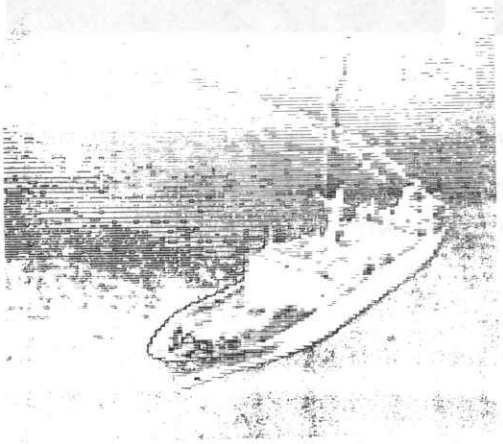


写真3　FAXの出力画

写真3はトーシャファックスより読み込んだ絵，写真4をFAXに出力したものである。写真3の中に，煙のように見える部分は原図（写真4）をトーシャファックスにセットしたときに，しわが入ってしまい，このしわも読み込まれたためのものである。

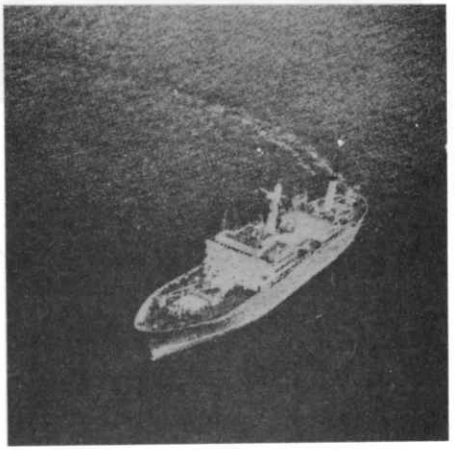


写真4　トーシャファックスの入力画
（写真3の原図）

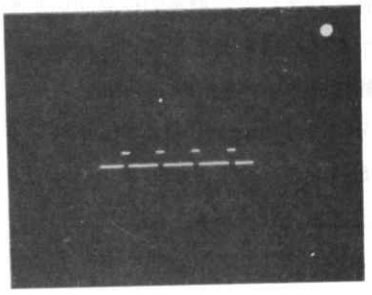


写真5　時計信号

２．７　外部割込

Ｔ－４０には，浮動小数点割算エラー割込，イリーガル命令割込，コアパリティエラー割込，外部割込，固定小数点割算エラー割込の５種類の割込がある。ここではそのうち外部機器との間で重要な役割をはたしている，外部割込について述べる。

２．７．１　割込の使用法

割込の使用法は，プログラム実行時において起こった割込の種類に対応した処理を割込の起った瞬間より行なうことである。外部機器の制御や，またオペレータがプログラム実行時に介入できるなど用途は広い。

われわれは，この外部割込を有効に使用するため，割込発生器を制作した。これは，５種類（１００，２００，５００，1000 μs ）の時計信号（写真５）や単発信号を発生することができ，また割込信号の条件にあわせれば外部機器からも本体に割込がかけられるなどの機能をもっている。

ＡＤ，ＤＡにおけるサンプリング時計，トーシャファックスのドラム１回転の同期処理，その他メモリースコープの１点あたりの待ち時間，消去の待ち時間，また各種プログラムの実行スタート，ストップ信号として利用度は多い。

２．７．２　使用上の問題点

現在すべての外部割込は，この割込発生器を通じて取り扱われているが，割込発生器は割込モジュール（インタフェイス）を経由して本体に接続されている。よって実際使用するときは，この割込モジュールに対し指令を送ったり受けたりすることになる。

われわれのＴ－４０システムには，接続機器のコントロールを行なう管理プログラムはない。常に機器のみを購入し，ソフトウェアの部分はすべてわれわれが開発している。この割込関係も同様で，そのため使用にあたってはメーカーより取り寄せた使用書が唯一の手がかりである。割込は前記したように，プログラムの流れをかえてしまうこともあるため，われわれは特に注意深く使用書を検討した。使用書を読み理解できない点や，動作させた上でわれわれの考え方とは異なった動作をした場合など，メーカーに問い合わせたりもした。試行錯誤の結果知り得た事項を２例あげておく。

ａ）．Ｔ－４０の割込は，３段階でマスクできる。割込モジュールで２段階，本体側で１段階である。たとえば，割込モジュール側では割込解除にしておき，本体側で禁止していたときに割込があった場合，割込モジュール内でその割込を記憶してしまう。よって本体側で割込が解除されたとき，実際はその瞬間割込は起こっていないのに，あたかもその瞬間に割込が起こったかのごとく動作をしてしまう。したがって，タイミングをとりながら割込を使用している場合には不都合を生じる。

ｂ）外部割込は８レベルあるが，使うにあたり最初使用レベルの割込解除や禁止を行なう必要がある。このとき，割込モジュールをイニシャライズする必要があるが，イニシャライ

ズした直後，割込解除された割込レベルか，その中でもっとも優先度の高い割込レベルより順番に一つずつ外部入力に関係なく本体に割込んでしまう。

すべてそうであるということではないが，このように実際動作させる段階において，われわれの処理内容に対し重要な事項が使用書に書かれていないとき，われわれの試行錯誤ははなはだしいものとなる。

3．ソフトウェア

計算機を動作させるには，命令の集合であるプログラムが必要である。T－40に関しては，現在アセンブラ言語の使用が可能で，われわれはこの言語を用いてすでに多くのプログラムを開発した。第2節で述べた各機器はもちろん，図1に示す各機器のためのプログラムは，すでに完成しておりT－40を使用するだれもが共用できるよう整えられている。ここでは，こうした各種プログラムについて述べる。

3．1　シュミレートアセンブラ

アセンブラ言語を用いてコーディングを行ない，実際コーディングの内容に従って計算機が動作するまでには数多くの段階をふまなくてはならない。計算機が最終的に受け取る形は機械言語の形であり，各種の言語（FORTRAN，ALGOL，COBOL，etc．）はすべて機械言語に翻訳される。T－40においては，内部記憶装置の容量が小さいことからも，機械言語と一対一に対応したアセンブラ言語を用い，コーディングを行なっている。

アセンブラ言語の翻訳方法は，使用する計算機の構成により異なるが，T－40システムでプログラムを製作する場合，紙テープへのソースプログラムパンチより始まって，オブジェクトプログラムがパンチアウトされるまでには，数回にわたりオペレータの介入を必要とし，また紙テープの入出力を行なう機器が低速のため，むだと思われる時間が多い。紙テープの修正にしても同様なことが言える。ソースプログラムをカードにパンチした後，一度計算機に処理を移せば，オブジェクトプログラムが製作されるまで何らオペレータの介入を必要としないアセンブラの重要性は大きい。こうした理由から，T－3400を利用し，T－40のプログラム製作を行なうシュミレートアセンブラの製作が始まった。

初期のモデルは，2年前に完成し充分に実用にたえた。シュミレートアセンブラの完成は，めんどうな紙テープの修正から解放されたばかりでなく，処理時間もT－3400の端末に高速機器をそろえているので，T－40に比べきわめて高速になった。しかし，使い慣れれば現状では満足できず，いろいろ不満も生じ今日まで改良につぐ改良が行なわれてきた。現在なお不満はあり，初期のモデル完成を除いて，今日までにシュミレートアセンブラに関しては満足感を得たことはない，といっても良いぐらいである。

初期のモデルにより，時間の短縮はできたので，以後今日までシュミレートアセンブラの使いやすさ，また機能の拡張という点につき改良が行なわれてきた。

改良されたものの中でも，Ｔ－３４００のディスクを利用した各種処理は，Ｔ－４０そのものの利用度をも増したのではないかと思われる。

ディスク利用法の一つである，サブルーチンのディスク内永久登録，またそれら登録されたサブルーチンをメインプログラムで呼び出し接続を行なえることは，単に翻訳のめんどうさ，また翻訳時間の問題だけでなく，コーディングのしやすさという面においても重要な処理である。もちろん，これらシュミレートアセンブラの現在もっている機能のほとんどは，Ｔ－４０でも処理方法こそ異なるが行なえる。しかし先にも述べたように，Ｔ－４０はＴ－３４００に比べ扱いにくいということから，実際使用していなかった機能が多い。それら使用していなかった機能をシュミレートアセンブラを用いることによって何の抵抗もなしに使えるようになり，それによってより複雑な処理プログラムが組めるようになった訳である。

なお，オブジェクトテープがＴ－４０で作られたものと構成が異なるため，シュミレートアセンブラは，独自のローダを持っている。このローダは，各オブジェクトテープとともに出力されるため，一度Ｔ－４０紙テープを読ませるだけでよい。

以上のように，シュミレートアセンブラは，改良されればされるほどＴ－４０のプログラム製作において不可欠なものとなってきている。

３．２　各種サブルーチン

Ｔ－４０システムを構成する各機器に対して，使用するもの一人一人が別のプログラムを用意することは不合理である。また同じ意味において，定まったパターンの処理を行なうプログラムにしても同様に，別々に用意することは不合理である。一度完成したプログラムのうち，共用性のあるものは，サブルーチンとしてだれもが使用できるようになっていることが望ましい。

Ｔ－３４００においては，このような共用できるプログラムをディスクに常駐させ，必要なときいつでも呼び出して使用している。Ｔ－４０においても，シュミレートアセンブラがＴ－３４００ディスクに常駐された各種プログラムを，メインプログラムと接続できる機能を持つようになってから，Ｔ－３４００ディスクに各種サブルーチンが登録されてきた。

登録されたプログラムは，Ｔ－４０に接続されている各種入出力機器のコントローラをはじめ，Ｔ－３４００と共用性をもたせるための各種変換プログラム，また通常の演算プログラムなどがある。われわれはすでにこうしたプログラムを４０種あまり登録している。このほかに登録こそされていないが，トーシャファックス，ＦＡＸ，ＣＰＬ，メモリースコープなどとＭＴとの間の入出力などの各種の動作を行なうプログラムが紙テープの状態で用意されている。

これらのプログラムの中で，入出力機器のコントローラとして作られたものについて，さらに次のことが言える。

われわれのＴ－４０は，接続されている機器の諸動作を一括して管理する管理プログラム

を現在もっていない。このため，機器の動作を取り扱う各サブルーチン一つ一つがそれぞれ機器の管理をも含めたプログラム構成になっている。よって機器が誤動作したときは，これら各サブルーチンがエラーメッセージを出すようになっている。つまり，これらサブルーチンを使用することは，プログラム製作時におけるプログラムミス，機器の誤動作，動作終了時の情報の信頼性など多くの問題から開放されるため必要であると言える。逆に各サブルーチンは，これらの要求に答えるべく完璧なものでなければならないことは当然である。なお，機器の管理を一括して行なうプログラムを別に組むことは，一つのプログラムが，使用しない機器の処理をも含むことになりかねず，現在のT－40の内部記憶装置の容量から考えれば，かならずしも有効な方法とは考えられない。

3．3　浮動小数点演算

T－40は，1語が4バイト（8ビット×4）から成るバイトマシンである。そして，倍長演算，2倍長演算というような処理を行なわないかぎり，四則演算は16ビットを単位として行なわれる。つまり，有効けた数10進5けたである（固定小数点で±32727）。もちろんこれは整数演算であるが，小数演算をするためには，さらに小数のみの演算後，「整数部・小数部」の形で出力する必要がある。このように行なえば，浮動小数演算オプションのない現在のT－40でも，小数点演算は可能である。しかしこの場合，整数部，小数部とも最大10進5けたであり，実際の演算上不都合となる場合は多い。整数部は2けたであるが，小数部は8けた必要という場合や，逆に整数部8けた，小数部2けた必要という場合である。よって有効けた数は整数部・小数部無関係に使用し，小数点の位置を別に定める演算方法をとることが望ましい。これが浮動小数点演算である。

われわれは，すでにこの浮動小数点四則演算をはじめ各種浮動小数点に関連するサブルーチンを製作したが，これらは

$2^{-150} \leqq X \leqq 2^{127}$　（有効けた10進7けた）

の範囲で演算が可能である（図9）。

難点は，現在のサブルーチン形式では，四則演算部だけでT－40内部記録装置の¼を占領してしまうことである。また，サブルーチン形式のため，整数演算のような手軽さはない。よって小容量でつかいよい形式にすることが，今後の問題点として残る。

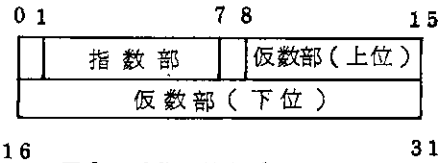


図9　浮動小数点データの構成

4．おわりに

われわれが，Ｔ－４０を購入したのは，主計算機であるＴ－３４００の負担を軽くし，しかも有効に使用するためである。そして，われわれは，われわれの研究対象である，地震波の解析などにおいて，もっとも効果的に，また目的に応じて二つの計算機を使用し，地震波などの解析を効率よく行なおうと考えている。

しかし，Ｔ－３４００の場合でもそうであったが，特にＴ－４０のようなミニコンピュータの場合には，研究，業務において有効に使用できるようにするために，しかも限られた予算のもとでもっとも効果的に業績を挙げるということからもなさねばならないことが多い。

この報告は，われわれがこれまで長い期間をかけて行なってきたこれらの基礎的な，地道な，しかも重要な仕事の一部の紹介である。今後も，残っている問題点，また研究の発展にともなって，不備，不満足となる点を改良するべく努力を続けてゆかなければならない。

なお，この報告の仕事の重要な一部分が，前所員大村一夫氏によってなされたこと，当センタ菅原正巳所長および勝山ヨシ子氏に終始懇切な指導をいただいたことを記して，感謝の意を表わしたい。

参　考　文　献

1）大村一夫（１９７１）：図形読取装置の試作および応用例。国立防災科学技術センター研究報告，第７号，２３－３４.

（１９７４年４月１日原稿受理）