

# パソコン PC-8001 上で走るデータ記憶専用の仮想記憶システム

佐々木 彬夫

(株式会社佐々木 彬夫事務所)

都 筑 詞 朗

(株式会社 東洋製作所)

## 1. 概要

マイクロプロセサの用途が広がり、最近ではいわゆるパソコンで工業用のシステムを構成する例がふえてきている。この報告ではパソコン PC-8001 にデータ記憶専用の仮想記憶を乗せ、128KBまでのデータをサンプリング期間0.5msで採集できるシステムの概要を述べる。データの採集はA/D変換器をマシン語のルーチンで駆動して行ない、記憶にはメイン・メモリとは別の32KBのRAMのバンク4枚を順次切り替えて使用しているが、BASICからはこの事は分らず、本当に128KBだけメイン・メモリがふえた様に見える。また、各枚のRAMバンクに詰まったデータは採集が終了した後順次ディスク1回転送りだが、その際に使用するランダム・ファイルも仮想ファイルとなる。すなわち、各台実装できるドライブに入れた各枚のディスクセットが全体として1個のランダム・ファイルとして動作する様になる。

使用したディスクセットは1枚当り、256Bのレコードを544個收容できるものであすが、本システムでは各台のディスク・ドライブに渡り、1個の仮想ランダム・ファイルに1〜256個のレコードを收容できる様になる。

データの採集と記憶は上記のRAMバンクの境界、並びにディスクの境界に渡って連続的に行われ、BASICのプログラムのうち、採集/格納済みのデータのファイル入出力を行なう部分は、1〜256個の仮想レコード番号を使用する様になっている。上述の仮想レコード番号と実レコード番号のマッピングはBASICで書いてある。

本システムではマシン語とBASICを混用しているが、BASICのプログラムのうち、採集/格納済みのデータに基く計算や表示を行なう部分のみ見ると、データ採集用に128KBのRAMがあり、ファイルのサイズは通常の4倍である様に見える。本システムではこの様な意味の仮想記憶システムが稼働しているが、それはあくまでもデータ記憶専用であり、プログラムは本来のメイン・メモリでしか走らない。

## 2. 本システムの必要性

パソコンではカラー・グラフィックスの性能を持ったBASICが使えるので、ビット入力の処理結果を見易く表示する事が簡単にできる。ビット入出力は、低速で差支えない場合にはBASICのINP(n)とOUT(n)でポート経由の入出力を行なうのが普通である。一方、BASICによる入出力は速度の点で間に合わない場合には、入出力の部分のみマシン語のサブルーチンの形とし、それをBASICのプログラムからコールする事になる。

そして、コールの手段はBASICに組み込まれている。後者の場合に向題になるのは、マシン語のサブルーチン群をどこにロードするかという事と、入出力パラメータの授受をどうするかという事であるが、両方共一応BASICが面倒を見よう様になっている。ちなみち、マシン語のプログラムをロードする場所を空ける手段と、各型の変数(但し1個)をBASICのプログラムとマシン語のサブルーチンの間で授受する手段がBASICに組み込まれている。

また、メモリの絶対番地を指定して読んだり書いたりする事がBASICでできる。上記にこだわらず好みと必要に応じて任意の個数と型の入出力パラメータを授受する事も可能である。従って、パソコンを拡張して工業用のシステムを作る場合には何も向題がない様に思われようが、実際にはメインメモリの不足とファイル管理のキレの荒さのために苦勞が多い。図1に本システムで利用したPC-8001のメモリー・マップを示した。ファイル入出力用の

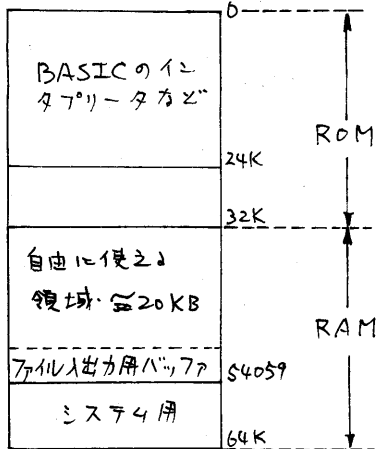


図1. PC-8001のメモリー・マップ

のバッファはBASICのプログラム中で同時にオープンするファイルの個数により大きさが変わり、ファイル1個当り26KBである。

要するに、アドレス空間が64KBだとしても、実際には20KB位しか自由に使えず、BASICのプログラムが500~600行位にあるとその20KBが一掃になり、データを採集して格納するための領域などはほとんどないというのが実情である。

また、ランダム・ファイルに属するディスク上の領域の管理が2048B単位で行われているため、データを多数回、全体として大量に格納する場合には甚だ不都合である。

本システムは上述の2つの向題を解決するために開発したものである。パソコンは機種毎に特異性があり、フロッピー・ディスクも各種のものが用いられているが、この報告の内容は多くの機種に対して上述の2つの向題の解決に役立つであろう。

### 3. 本システムの仕様

本システムの測定器としての主要な仕様は次の通りである。

1. データ収集レート: 最高 0.5 ms。
2. 連続測定時間: 10秒まで。
3. メカ: X, Y の2チャンネル(各8ビット)とデータ番号(2B)を添付。
4. ウィンドウ: 0~100%の範囲でデータの許容上限値と下限値を設定。
5. データ量: 1回の測定データ(最大2万組)はウィンドウで数百組程度残して他は捨てる事とし, 300回程度の測定のデータをディスクに格納。

#### 4. 本システムのハードウェア

前節の仕様に合わせて本システムで使用したハードウェアの構成を図2に示した。

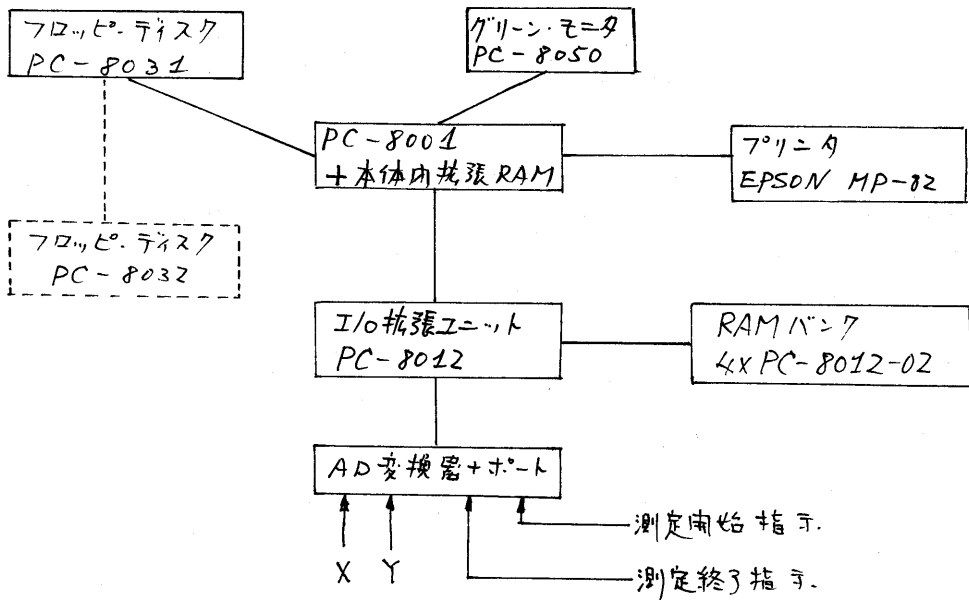


図2. 本システムで使用したハードウェアの構成

ディスク・ドライブのうち PC-8032は実装してないが、ソフトウェアの方は PC-8032 を実装してもしなくても差支えない様にしている。  
 実装しなければ仮想ファイルの大きさが通常の2倍, 実装すれば4倍になる。  
 A/D変換器+ポートは PC-8012 のスロットに入る市販品である。

## 5. データ採集の方法

本システムでRAMバンクを切り替えるながらデータを採集して行く方法を図3に示した。

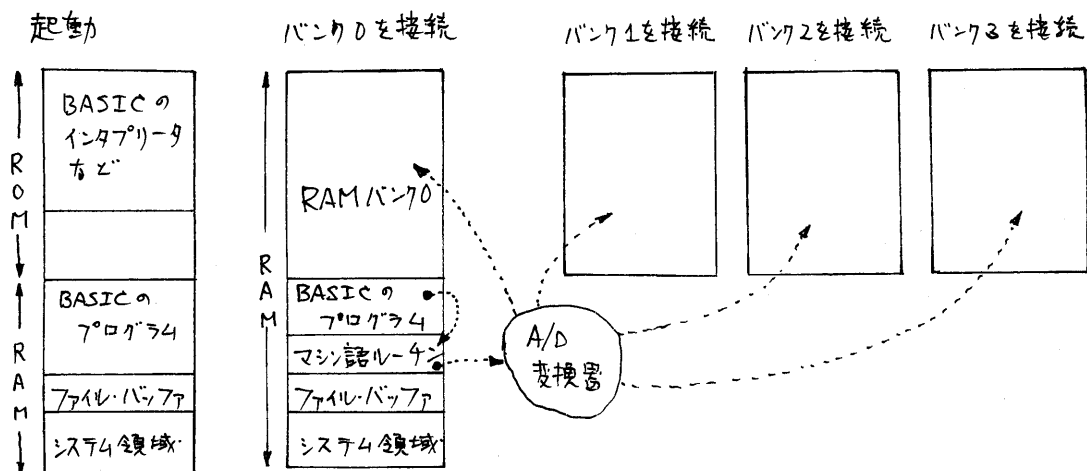


図3 RAMバンクを切り替えるながらデータを採集して行く方法

最初システムを起動すると、0~24Kの領域のROMに入っており、インタプリタの下でBASICのプログラムが走り、先ずマシン語のルーチン群を32K~64KのRAM領域内の然るべき場所にロードする。BASICのプログラムはその後データ採集に入った所でADCONというマシン語のサブルーチンをコールする。ADCONは、

- ① 0~32Kの領域のROMを切りはなしで、代りにRAMバンク0を接続した上、そのデータをA/D変換器が読み込んで行く。バンク0が一極になると、
- ② データが入ったまま、RAMバンク0を切りはなし、代りにRAMバンク1を接続した上、データの読みを始めて行く。RAMバンク1が一極になると、
- ③ 同様にRAMバンク2にデータを詰め、一極になると、
- ④ RAMバンク3を接続してデータを詰め、その後
- ⑤ 0~32Kの領域に再びインタプリタが入ったROMを接続した上で、BASICのプログラムへリターンする。但し、①~④の途中で測定が終了した場合には、その時点で⑤の如理を行なう。

以上の処理は、A/D変換器から入ってくるデータ1組毎にまだ現在のバンクに入っているかを調べながら、入る次の番地へ入れ、入らない次のバンクに切り替えるという形になっている。RAMバンクの切り替わり自体は然るべきデータをPORT D E S H へ出力するマシン語のOUT命令を実行するだけで行なうことができる。この様にADCONでは別に変わった事はしていないが、BASICのプログラムからはADCONをコールした後の事は見えないので、実際にメインメモリが28KB増設されて、そこにデータが入ってくるのと同じ事になる。現在のバンクにまだデータが入っているかを調べるためのステップ数はマシン語で6ステップ、データ番地を添付するためのオーバーヘッドが15ステップ程で、これがデータレートの上限を決める一つの要素になっている。また、データが一括になった時にRAMバンクを切り替える際のオーバーヘッドは最悪の場合50ステップ程になっている。現在動いているシステムではこのオーバーヘッドがかなり大きく、かつどのバンクからどのバンクへ切り替えるかによってオーバーヘッドが数倍変動する。ちなみに、RAMバンクを切り替える際には1.6μsよりもサンプリング周期が長くなり、しかもどの位長くなるかは切り替わり毎に変化する。また、使用したA/D変換器自体とそれを搭載したボードのシステム設計上の問題から、チャネルXとYのサンプリング周期は最悪の場合2.1μs程ずれてしまう。このような事は、例えば採集したデータをフーリエ変換するなどの場合には困る筈で、この問題を解決するには先ずA/D変換システムを然るべく選択した上で一番長いオーバーヘッドに全ての場合を合わせなければならないが、そうするとデータレートが下がる。本システムでは信号の変化が遅いので上記の問題が障害にはなっていない。

## 6. 採集したデータをディスクへ格納する方法

前節で述べたデータの採集が終了と、データが詰まったRAMバンクが4枚、PC-8001の傍りに、但しPC-8001に直接なく立っている状態となる。このデータをディスクへ転送するにはBASICのプログラムはMOVV というマシン語のルーチンをコールする。MOVVの処理は次の通りである。

① 0~32KのBASICのインタプリタの入ったROMを外した上、それをRAMバンクDを接続し、最初の256B(1レコード分)を32K~64KのRAM領域内にコピーしてバッファに転送し、次回はRAMバンクのどこから転送すべきかを覚えた上で、0~32Kの所に元通りBASICのインタプリタのROMを接続して、BASICのプログラムへリターンする。

② BASICのプログラムでは上記のバッファの内容を仮想ファイルへ転送した上で再びMOVVをコールする。MOVVは再び①と同様の操作を前回覚えた置いた所から、次の256Bのデータに対して行なう。

但し、次のデータは次のバンク内にあるという事態が生じた場合にはバン

クを切り替之、データがバンクの途中で終りに方った時には終了の処理をする。

MOVの処理も別に変わった所はないが、BASICのプログラムから上述の様な操作は何も見えない。PC-8001の傍らに立ってRAMバンクからディスクへデータを転送する処理をBASICのプログラムから見てどうなるかを図4に示した。図4の処理は全てBASICで書いてある。

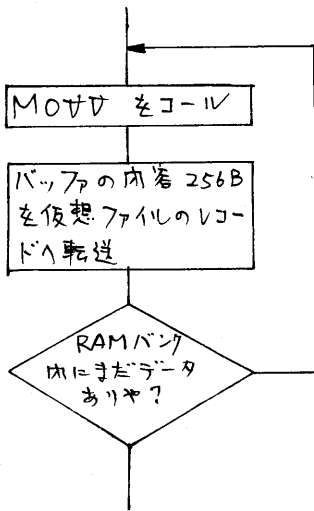


図4. RAMバンク内のデータをディスクへ転送する処理をBASICのプログラムから見た姿。

1: DATA の最後のレコードである、レコード544にデータを転送し終ったら 1: DATA をクローズした上、ディスク2に 2: DATA をオープンして残りのデータを転送して行く。ちなみに、仮想レコード番号545のレコードはディスクNo.2の実際レコード1に入る。更に操作を続けてディスクNo.2が一桁になったら 2: DATA をクローズして 3: DATA をオープンし、ディスクNo.3の次にはNo.4に 4: DATA をオープンして使用し、No.4が一桁になったら“仮想ディスク・オーバーフロー”の処理をする。以上が4台のディスクにデータを格納して行く際の基本方針であるが、各ディスクにはデータのみ格納してある訳ではない。まず、最初を使用するディスクNo.1上の 1: DATA の実際レコード1には4台のディスク全体に共通のヘッダ、実際レコード6~49には各回の測定データに共通なデスクリプタが入っている。ディスクNo.1の実際レコード50以降が測定データであるが、各回の測定データ毎に最初のレコードはヘッダになっている。各ヘッダとデスクリプタの内容は次の通りである。

- 全体のヘッダ: 年月日, 測定者氏名, 仮想レコード総数, その他
- 測定データのデスクリプタ: 測定番号, 最初と最後の仮想レコード番号
- 測定データのヘッダ: 測定番号, ヘッダを含まないレコード数, ウィンドウ,

## 7. 仮想ファイルの構成法

初めに述べた様に PC-8001 ではランダム・ファイルに関するディスク上の領域の管理は2048B単位でしかやってくれないので、本システムの様には多数回の測定データを統計で大量に格納して置く場合には不便である。

本システムでディスクにデータを格納するにはまずディスクNo.1にランダム・ファイル 1: DATA をオープンしてデータを詰めに行く。

データの詰め方としては前節で述べたバッファ内のビット・イメージをそのままディスク上の1レコードへ転送する様になっている。データを転送する操作を進めて行く。

## サンプリング周期

図5に各ヘッダとデスクリプタの関係を示した。

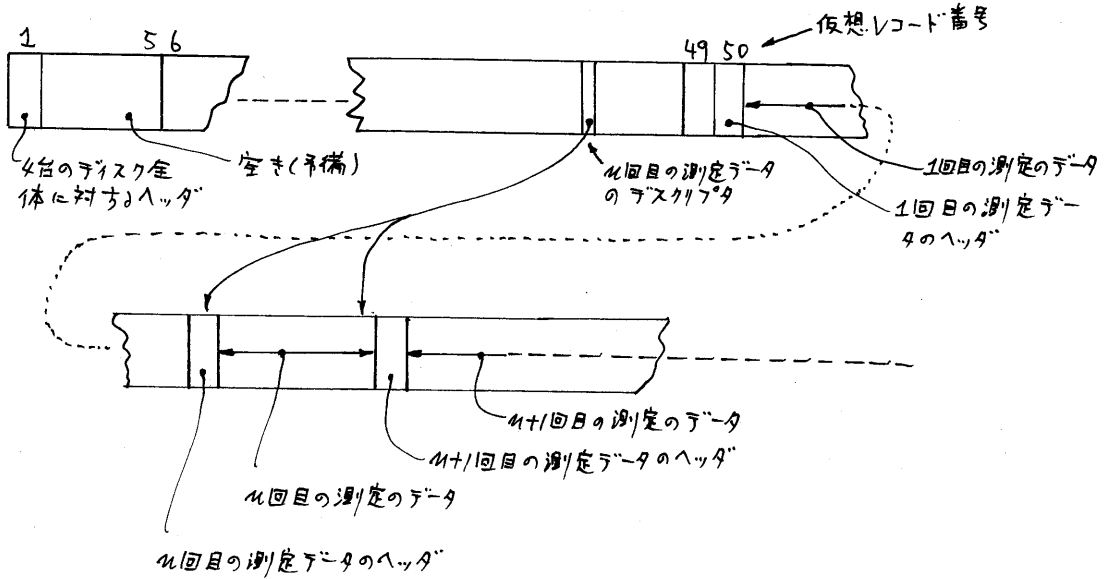


図5. 各ヘッダとデスクリプタの関係。

図5から分る様に、仮想レコード50から各回の測定毎にヘッダに続いて測定データを詰めて行くが、測定データのレコード数は任意である。

以上が測定データをディスクに格納する際の操作であるが、ディスクから測定データを読み取る時の操作は次の通りである。

- ①  $n$ 回目の測定データを読み出すには、 $n$ の値からその回の測定データのデスクリプタが `DATA` のレコード6~49内のどこにあつて計算する。
- ② そのヘッダデスクリプタを取りに行き、そのデスクリプタから $n$ 回目の測定データが何番の仮想レコードから始まっているかを読み取り、その仮想レコード番号、物理ディスク番号とそのディスク上の物理レコード番号を計算する。(に対応する)
- ③ 計算して分った物理番号のディスク上に `DATA` をオープンし、同じく計算して分った物理レコード番号のレコードからデータを読みとくる。

以上述べたヘッダとデスクリプタの読み書きの操作は全てBASICで書いてある。採算/格納済みのデータから計算や表示を行なう部分のプログラムが測定番号を指定して仮想ファイルに対するアクセスを要求すると、この部分のプログラムが毎回 測定番号 → 仮想レコード番号 → 物理ディスク番号 + 物理レ

コード番号のマッピングを行なう。上述の様に各回の測定データに対して個別のデスクリプタを設けたのは、PC-8001で行方だった2048B単位の領域の管理では、多数回の測定で総計すると大量になりデータを格納するのは不便であったが、本システム専用のディレクトリを仮想ファイル自体の内部に設けたという事を意味している。

## 8. まとめ

工業用のマイコン・システムが普及するにつれ、高度の計算処理、表示処理が要求される様になり、パソコンが便利な場合が増えてきた。しかし、パソコンには第2節で指摘した様な弱点があるので利用範囲が限られているのが現状である。この報告はパソコンのこのような弱点をデータの記憶に際してカバーするため一般的な手段を提案するものである。本システムは1982年1月に完成し、以来向題なく実験中している。図6に連続したデータがRAMバンクの境界に渡って記憶され、それがディスク上のレコードの境界に渡って格納されている様子を示した。図6の1:と2:はバンク番号、バッチ番号はレコードを誤らせた順番である。

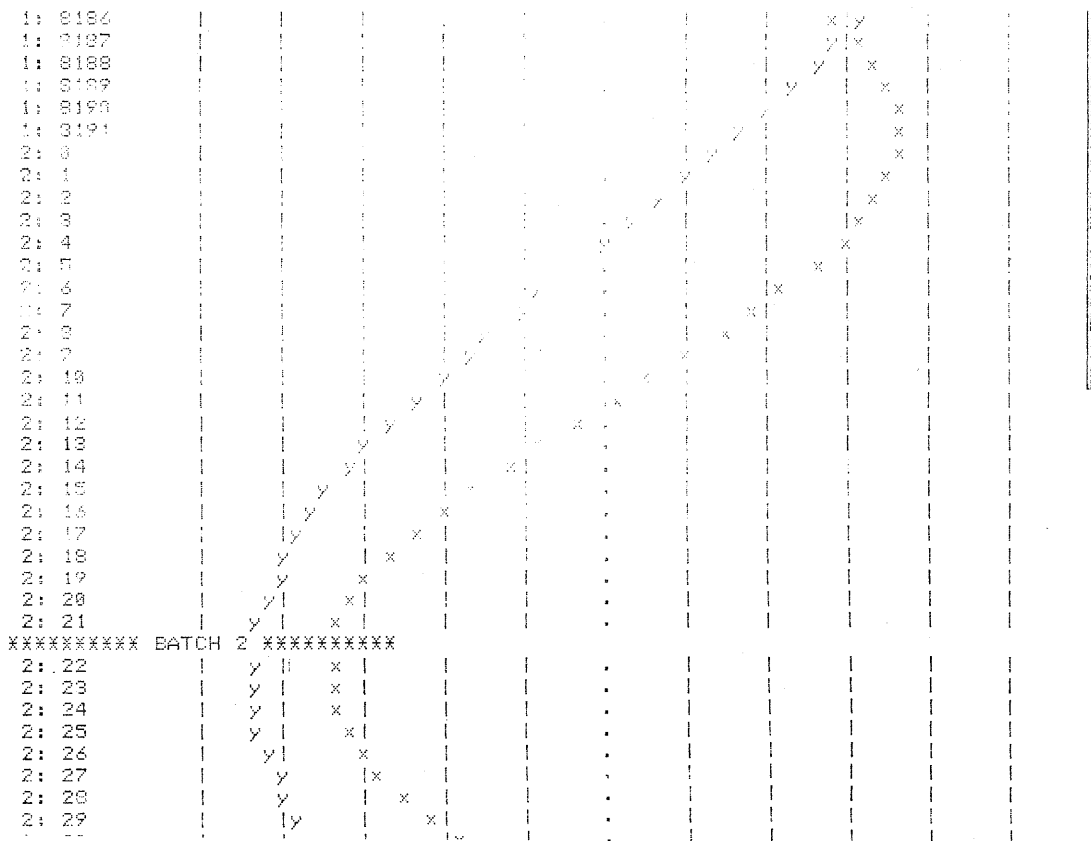


図8. 連続したデータがRAMバンクの境界とレコード間に渡って入っている様子



## 9 謝辞

本システムのシステム設計に当って、中小企業大学校の谷信幸氏に有益な助言と批評を頂いた。

## 10 参考文献

日本電気株式会社, PC-8001 に関する非公式資料