

## 10. マイクロコンピュータを用いた海底地震計用 タイムコード・リーダーと新処理システム

東京大学地震研究所 笠原 順三

(昭和56年1月30日受理)

### 1. はじめに

海底地震計のみならず長時間記録計で記録した地震記録を再生し、必要な地震記録を選択し、震源決定などの処理を行うことは従来大変時間のかかる問題であった。Fig. 1に示したのは従来の記録再生方式である。この方式を取らざるを得ない要因は2つあった。第1の要因は、信号をハード・コピー化する再生機の応答周波数の低さであり、他の1つは、必要な地震だけを選択する方法である。

第1の要因は、従来非常に大きな問題であった。機械式ペンを用いたインク・レコーダーの周波数応答は約70 Hzであり熱ペン式レコーダーでも約100 Hzまでしか追従しない。光学式レコーダー（オシログラフ）は約1~4 KHzまで応答するので、原信号の約100~200倍（20 Hzの信号は2~4 KHzとなる）で再生しても可視記録が得られる。その反面、記録紙が非常に高額（わずか30 mで7千円）であり、紫外線で変色するために長期保存が困難である、という実際の使用上大きな欠点がある。このため必要な地震を選択するためのモニター記録としてしか使用することができない。これらの問題のために、従来はFig. 1に示したように2回の速度変換（トランスクリプション）により、再生時の最高周波数を70 Hz以下まで下げた<sup>1)</sup>。

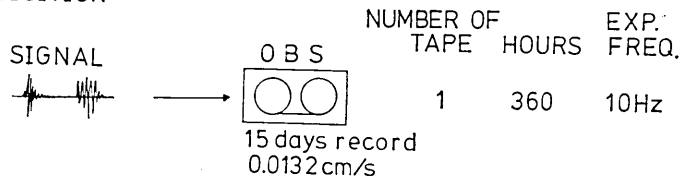
周波数応答の問題は、最近インク・ジェット式レコーダーが使用できるようになりかなり解決できるようになった。この記録機は約700 Hzまでの信号を再生できる。これを使うと、約30倍で再生しても、P、S波の到達時の読取りに使えるハード・コピーを得ることができる。

第2の要因を解決するのに2つの方法がある。1つは、再生時の信号をスピーカー等により可聴音化し、それを聞いて必要な地震を再生する方法である。この方法は非常に小さな地震でも再生できる反面、ある特定の地震をすぐに選び出せない、地震を逃さず再生するために全再生時間緊張の連続である、などの欠点がある。デジタル的に自動判別を行うことにより省力化する試みは現在行いつつあるが、高速処理化しようとするると高速のA/D変換器、高速処理の計算機が必要になり必ずしも簡単ではない。

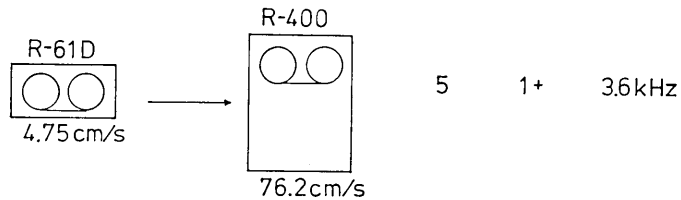
他の1つの方法は、海底地震計の4チャンネルのうち1つに記録されたシリアル・タイムコードを読み、時間情報を手がかりにして地震を編集する方法である。

1) 2回のトランスクリプションにより、20 Hzの原信号は約72 Hzとなり、インク式ペンレコーダーで再生可能となる。

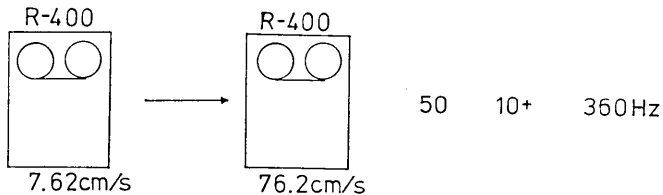
## I. DATA ACQUISITION



## II. TRANSCRIPTION-1



## III. TRANSCRIPTION-2



## IV. HARD COPY

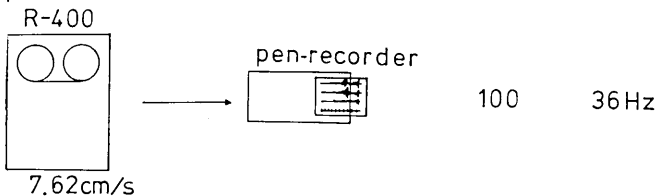


Fig. 1. Present playback system of OBS tape. Right columns show the numbers of tapes and hours necessary for data processing, typical frequency at processing is also shown. Total hours for stages II to IV are 111 hours.

この論文では、現在多くの分野で使われ始めたマイクロコンピュータ（以下マイコンと略す）を使用し、デジタル的にタイムコードを読み表示する方法を報告する。この方法を採用することにより、前述のインク・ジェット・レコーダーの使用と併せ、従来の処理方式（Fig. 1）の必要とする時間の約 1/20 で処理することが可能となった。

## 2. タイムコード・リーダーの構成

海底地震計以外にも、陸上の記録計ではタイムコードを用いることがある。これらは普通 IRIG のシリアル・フォーマットを用いている。このタイムコードを読み取るリーダーも市販されている。しかし、海底地震計ではその記録帯域が上限、下限とも制限されるために、本来の矩形波は大幅に変形しているので市販のリーダーはそのままは使えない。また、地震研究所で使用しているタイムコードは海底地震計用に小型・低消費電力を目的と

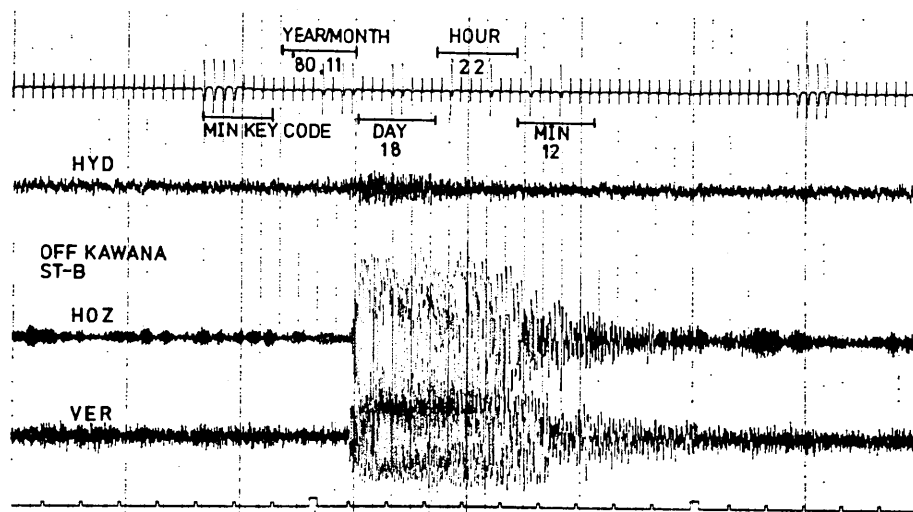


Fig. 2. Example of time code stored on time channel of OBS with an earthquake. One frame for time code is 1 minute. One bit represented by one second. Minute key-code with F0(HEX).

して開発した独自のものである(笠原他, 1973)。現在使用しているタイムコードは当初のものとは少し異なるが同様の考えのもとに作ったものである(Fig. 2)。

Fig. 2 に示したタイムコードは1フレームが1分間となっている。年、月、時、分の情報はBCDシリアル・コード化され、1秒が1ビットを表わし、日、時、分は各1バイト、年・月合せて1バイトで表わされる。分を表わすキー・コードは4ビットのHレベルと4ビットのLレベル(16進ではF0H)である。HとLレベルの違いは電圧レベルの違いで表わされる。

海底地震計のタイムコードをハード的に読取る試みが森谷・武田(1978)によってされた。ハードを重視するか、ソフトを重視するかはそれぞれ一長一短があり、どちらかが絶対的に良いとは言えない。ここでは、ソフトウェアの柔軟性を重視し、タイムコードのフォーマットが変わっても変更が最小で済むように、A/D変換器、マイコンを使ってソフトウェアによりタイムコード・リーダーを作った。

データ・レコーダーにより再生したアナログ・シリアル・タイムコードを12ビットのA/D変換器により2バイトのデジタル値に変換する。タイムコードを判定し、キャラクター・ディスプレイに表示する。

タイムコード・リーダーの全体の構成、CRT上に表示した日、時、分、秒をFig. 3, 4, ブロック・ダイアグラムをFig. 5に夫々示した。

#### (1) A/D変換器

A/D変換は1データが12ビット、変換速度30 KHzのものを用い、地震信号の遅延にも使えるように、独立した4個のサンプル・アンド・ホールド(S/H)を持ち、マルチプレクサーにより4チャンネルのA/D変換ができる。メモリー上のデータは2チャンネルの8ビットD/Aを通してアナログ信号として出力できる。外部クロックを用いCPU



Fig. 3. A snap-shot of the time code reader system.



Fig. 4. Time code reading displayed on CRT.

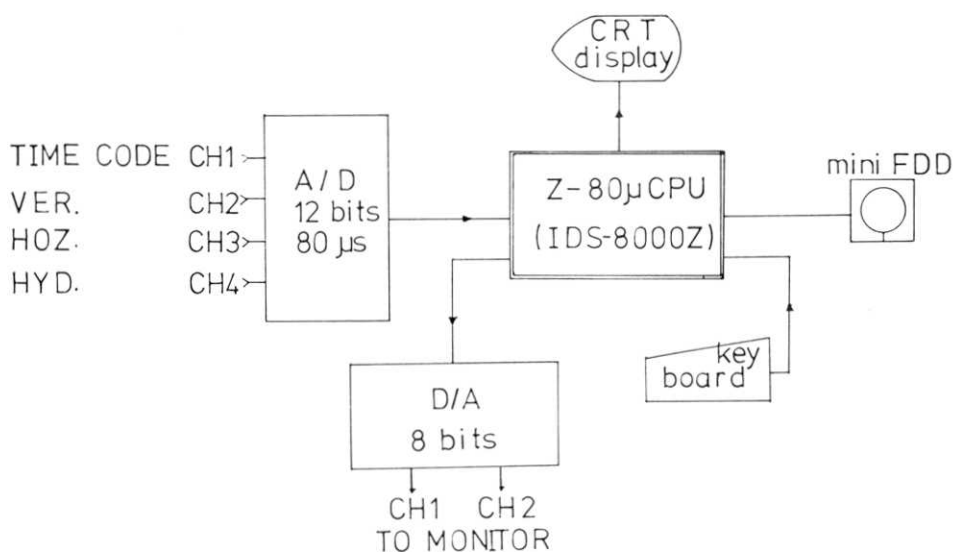


Fig. 5. Block diagram of time code reader system. System has 4-channel, 12 bits A/D converter for input data and 2-channel D/A converter for output of analog data.

に対して割込みを行うことによっても A/D 変換は可能であるが、タイムコード・リーダーとしてはソフトウェアにより A/D 変換を開始している。A/D, D/A に対する命令、データの受渡しはメモリー空間で行うマップド・メモリー方式を用いている。

## (2) マイクロプロセッサ部

IDS-8000Z というマイコン・システムを用いた。これは CPU に Z-80 を用いている。ミニフロッピーを持っているので、機械語のオブジェクト・プログラムはこのフロッピー・ディスクの中に入っている。ここから、システムの RAM (Random Access Memory) 上にロードする。システムは ROM (Read Only Memory) の書き込みボード、ROM ボードを持っているので、オブジェクト・プログラムを ROM 上に書き込みここからプログラムを走らせることが可能である。

(3) ソフトウェア

ソフトウェアのフロー・チャートを Fig. 6 に示した。処理は、(a) A/D 変換、(6) 秒マークの判定、(c) H, L レベルの判定、(d) シリアル→パラレル変換、(e) 分キー・コードの判定、(f) 日, 時, 分の読取り、(g) アスキー (ASCII) コードへの変換、(h) 表示、から成立っている。A/D 変換した 12 ビットのタイムコードは、マイコンのメモリー上に取り込まれる。12 ビットの数値データを H, L レベルに対して設定したしきい値と比較することにより、H, L を判定する。この H, L のシリアル信号は 8 ビットのレジスター上で並列に変換される。レジスターの内容は各秒毎に 1 ビット・シフトする。このレジスターの内容が 16 進で 0 FH<sup>2)</sup> と一致したときが 8 秒後である。以下 8 秒毎にレジスターの内容は年一月, 日, 時, 分となる。各データを 1 桁ずつ ASCII コードに変換し画面上に表示する。処理プログラムのアセンブラー, オブジェクト出力を Appendix に示した。

従来タイムコードの読取りは、中型計算機 (IBM 370-125) につながった A/D 変換器およびミニコン (IBM システムセブン) によって行ってきた。この場合でも、最高速の

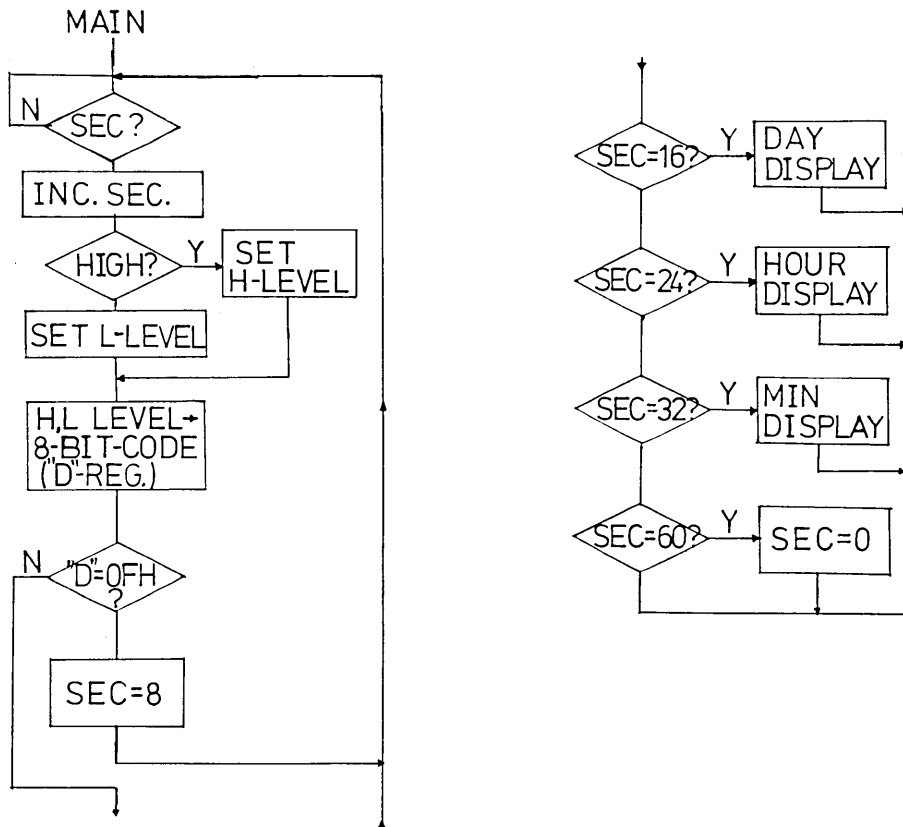


Fig. 6. Flow chart of main program.

2) 右側へシフトするため 0FH となる.

A/D 変換速度は 2 msec であり、この処理をマイコンで行う上で 0.3 msec とより高速化した。中型計算機では Fortran 言語でプログラムを書いても、コンパイラにより機械語に翻訳される。また 1 命令の実行時間も短い。しかし、マイコンでは BASIC などの言語で書くと処理時間が遅すぎるので、処理時間を最少にするためにアセンブラー言語で書いて機械語に変換しなければならない<sup>3)</sup>。また、A/D 変換を含むループはできるだけ短くしなければならず、高速化する努力をした。

タイムコードの表示は問題であった。マイコンの外部出力 (I/O ポート) を通して LED 表示する方法もあるが、ここではキャラクター・ディスプレイ上へ表示した。キャラクター・ディスプレイは 1 画面に 60×25 文字表示でき、1 字分がメモリー上の 1 番地に相当する (VRAM 方式)。VRAM の 1 バイトに、文字に相当する ASCII コードを書き込む。

これらの高速化したプログラムにより、判定ソフトウェアまで含めた 1 回の A/D 変換時間は約 0.3 msec となった。実周波数の約 100 倍の周波数に相当する速度で再生を行ってもタイムコードを読むことができる。1 回のトランスクリプションを終えた後テープを 3 インチ 1 秒で再生すると、原信号の約 36 倍の周波数となるのでタイムコードの読取りは充分行える。

### 3. タイムコード・リーダーを用いた海底地震再生方式と今後の問題

タイムコード・リーダーを用いることにより、従来の再生方式 (Fig. 1) の処理時間を大幅に短縮 (従来の 1/10~1/20) できた。新しい再生方式を Fig. 7 に示す。その大きな特徴は、従来の方式では 2 回の変換により信号周波数を下げていたのに、新しい方式では 1 回の変換だけで良いことである。1 回のトランスクリプション時に、オシログラフにより同時にモニター記録を作り、それから再生すべき地震の表 (日, 時, 分) を作る。この表を基にし、タイムコード・リーダーを見ながら必要な地震を再生する。この方式によれば、必要なテープの量は 1/10 ですむ。

ここで作ったソフトウェアはシステム依存性が大きいという欠点を持っている。これは、マイコン自体が日進月歩であり既成の A/D 変換器を簡単にマイコンに接続できないことによる。今後共通のハード・ウェアを持つマイコンの出現によって改善されるであろう。

現在の読取り装置は、CRT、フロッピー・ディスクなどのタイムコード・リーダーとしては必ずしも必要でない周辺装置を使っているため、ソフトウェアの修正がしやすい反面、装置自体が大型化する欠点がある。単機能として使うためには、CRT を LED、フロッピー・ディスクを ROM で置き換えることによって小型化、低価格化できるであろう。CPU を Z-80A や 16 ビットの CPU を用いることによってより高速処理を達成できる。A/D 変換ループの時間を決めている大部分の原因は A/D 変換素子の変換時間であるので、素子をより高速のものを採用することにより大幅に高速化できる。しかし、高速の A/D 素子、高速 CPU を用いたにしても約 400 倍の速度の再生 (1 ループ 125  $\mu$ sec) が限度に近いであろう。

3) BASIC インター・プリターで A/D 変換ソフトウェアを作ると、A/D 変換ループは約 30 msec もかかる。このため 1:1 の周波数比程度でないと使用できない。

### III. HARD COPY

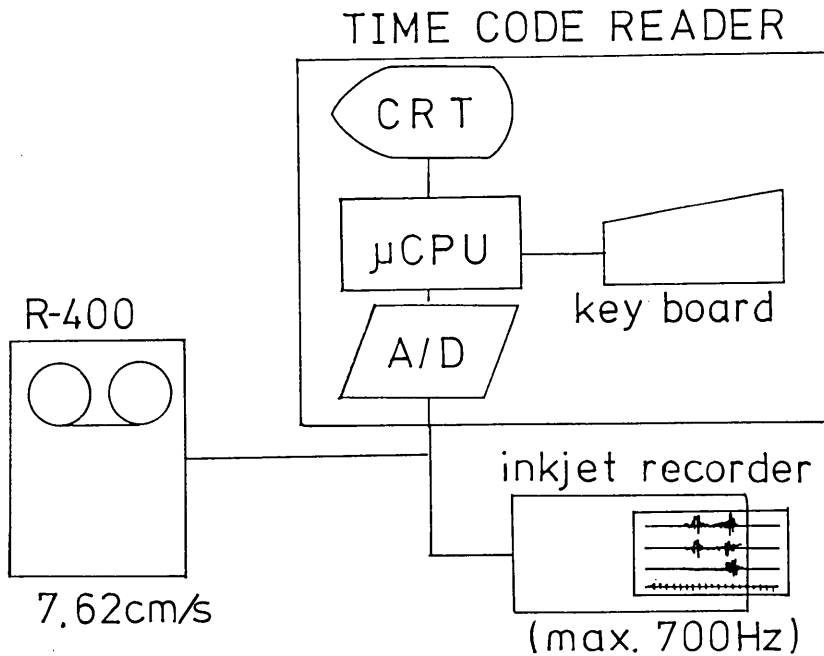


Fig. 7. New playback system using time code reader and inkjet recorder. Stages III and IV in Fig. 1, are replaced with stage III in new system.

#### 参 考 文 献

- 笠原順三, 大内 徹, 柳沢馬住, 南雲昭三郎, 1973, C-MOS IC を使った低電力デジタル・コーディング/デジタル表示水晶時計およびタイマー, 地震 II, 26, 294-300.  
森谷武男, 武田和士, DAR 地震観測システム用コード化水晶時計とコード読み取り装置, 1979, 地震 II, 32(2), 198-201.





|                |                                     |   |  |
|----------------|-------------------------------------|---|--|
| 00AF' 3613     | RVI M:13H                           | 0133' CD 014C'                            | CALL ADL                                   |
| 00B1' 3E07     | RVI A:07H                           | 0136' LXI H:8203H                         | LXI H:8203H                                |
| 00B3' 32 8206  | STA 8206H                           | 0139' MOV D:M                             | MOV D:M                                    |
| 00B6' 3A 8206  | LDA 8206H                           | 013A' SUB D:H:LEVEL<H2 THEN LLEV ELSE AD2 | SUB D:H:LEVEL<H2 THEN LLEV ELSE AD2        |
| 00B9' FE27     | CPI 39                              | 013E' JC LLEV                             | JC LLEV                                    |
| 00BE' CA 00C3' | JZ RMIN                             | 0141' DA 0141'                            | DA 0141'                                   |
| 00C1' 00E6'    | JP CLMIS:IF SEC>39 JMP TO CLMIS     | 0143' C3 010A'                            | C3 010A'                                   |
| 00C2' F2 00E9' | JMP CKYEAR                          | 0144' C3 8205'                            | C3 8205'                                   |
| 00C3' 01 FFC3' | LXI H:0FFF3H                        | 0147' CB3F                                | CB3F                                       |
| 00C7' C1 0173' | CALL CODE:DISPLAY MIN               | 0149' C3 0121'                            | C3 0121'                                   |
| 00CA' 3A 8206  | CPI 15 LDA 8206H                    | 014C' 21 8200'                            | LXI H:8200H:CH1 STORE ADDRESS (LSB)        |
| 00CD' FEAF     | JZ YEAR                             | 014F' AF                                  | XRA A                                      |
| 00CF' CA 00D5' | JMP CKHR                            | 0150' CALL AD01:A/D SUBROUTINE            | CALL AD01:A/D SUBROUTINE                   |
| 00D2' C3 00DA' | NOP                                 | 0150' INX H                               | INX H                                      |
| 00D5' 00       | NOP                                 | 0153' 23                                  | MOV A:M                                    |
| 00D6' 00       | NOP                                 | 0154' 7E                                  | STA 0F00H:D/A CH1, UPPER 8 BITS            |
| 00D7' 00       | NOP                                 | 0155' 32 FE00'                            | CALL SIGN                                  |
| 00D8' 00       | NOP                                 | 0158' CD 015C'                            | RET  |
| 00D9' 00       | NOP                                 | 015B' C9                                  | IFIND SIGN OF DATA                         |
| 00DA' 00       | NOP                                 | 015C' 3A 8201'                            | SIGN: LDA 8201H                            |
| 00DB' 00       | NOP                                 | 015E' 015E'                               | RLC  |
| 00DD' FE1F     | JZ HR                               | 015F' 0A 0168'                            | RLC:POSTI:IF DATA)=0 JUMP TO POSTI         |
| 00E1' CA 00E5' | JMP CKDAY                           | 0160' 0160'                               | XRA A                                      |
| 00E3' C3 00E9' | LXI H:0FFF4H                        | 0163' AF                                  | STA 8201H:IF DATA<0 H(8201)=0              |
| 00E5' 21 FF04' | CALL CODE:DISPLAY HR                | 0164' 32 8201'                            | RET  |
| 00E8' CD 01AA' | LDA 8206H                           | 0167' C9                                  | POSTI: RVI B:7FH                           |
| 00ED' 3A 8206  | CPI 23                              | 0168' 067F                                | LDA 8201H                                  |
| 00F1' FE17'    | JZ DAY                              | 016A' 3A 8201'                            | ANA B:MASK 7 BITS                          |
| 00F4' CA 00F4' | JMP CLMIS                           | 016E' 32 8201'                            | STA 8201H                                  |
| 00F5' C3 00C6' | CALL CLMIS                          | 0171' C9                                  | RET  |
| 00F8' 21 820C' | LXI H:0FF0CH                        | 0172' 0E00                                | :DISPLAY SEC, MIN, HOUR AND DAY SUBROUTINE |
| 00FA' 01 820C' | CALL CLMIS                          | 0174' 3A 8206'                            | SCMP: RVI C:0                              |
| 00FB' 01 820C' | CALL CLMIS                          | 0177' D40A'                               | LDA 8206H                                  |
| 00FC' C3 0069' | MOV D:M:ID=H2                       | 0179' CA 0189'                            | SUI 0A:HEX TO BCD CONVERSION               |
| 0102' 21 8203  | SUB D                               | 017C' DA 018D'                            | JZ ZERO                                    |
| 0105' 56       | JC AD1:IF (8201)<H2 THEN GO AD1     | 017F' 08                                  | JC BCD                                     |
| 0106' 92       | CALL ADL                            | 0180' 79                                  | EXAF                                       |
| 0107' DA 00FF' | MOV D:M:ID=H1                       | 0181' D610                                | MOV A:C                                    |
| 010A' CD 014C' | SUB D                               | 0183' 4F                                  | ADI 10H                                    |
| 010D' 21 8202  | LXI H:8202H                         | 0185' 08 0177'                            | MOV C:A                                    |
| 0110' 56       | JMP HLEV:IF (8201)>H1 JMP HLEV      | 0188' 08 0185'                            | EXAF                                       |
| 0112' D2 0118' | JMP NEXT:ELSE GO NEXT               | 0189' C3 0177'                            | JMP HEX                                    |
| 0115' C3 0133' | RC                                  | 018A' C3 018F'                            | ADI 10H                                    |
| 0118' 3A 8205' | SET 7:A:SET BIT 7=1                 | 018D' C3 018A'                            | JMP ZH                                     |
| 011B' 0F0F'    | CALL ADL                            | 018F' 83                                  | ADD C                                      |
| 011E' 0F0F'    | LXI H:8204H                         | 0190' 32 8207'                            | STA 8207H                                  |
| 0121' C2 014C' | MOV D:M                             | 0193' E40F'                               | ANI 0F:HDISPLAY SEC LOWER DIGIT            |
| 0124' 21 8204  | JMP D:M                             | 0195' D630                                | MOV M:A                                    |
| 0127' 56       | JNC B:LEVEL<LOW?                    | 0197' 77                                  | LDI 30H                                    |
| 0128' 92       | JNC B:LEVEL<LOW?                    | 0198' 3A 8207'                            | LDA 8207H                                  |
| 0129' D2 0121' | LDA 8205H:IF (8201)>LOW THEN GO FL1 | 019B' E4F0                                | ANI 0F:HDISPLAY UPPER DIGIT                |
| 012C' 3A 8205' | STA 0F00H:D/A CH2=TIME CODE MONITOR | 019D' CB3F                                | SRLR A                                     |
| 012F' 32 FE01  | RET                                 | 019F' CB3F                                | SRLR A                                     |
| 0132' C9       |                                     | 01A1' CB3F                                |  |

++++ SYMBOL TABLE +++++

```

A001 01CF'
A002 01D4'
A003 01E0'
ADL 018D'
CKDAY 00CA'
CLEAR 0042'
DAY 0076'
FNDMIN 0090'
FLY 0121'
HEX 0177'
LLEV 0141'
NEXT 0133'
RMIN 00C4'
SIGN 015C'
ZERO 0185'
AD01 01D4'
ADL 014C'
DKRR 00DA'
CLMS 0069'
DSP 0193'
FNDSEC 0073'
HR 00E5'
NMIN 00B6'
SCDP 0172'
SUB2 0080'
ZX 013F'
    
```

```

01A3' C63F
01A5' C630
01A7' 2B
01A9' 77
01AB' C9
01AD' 3A 8205
01AF' C69F
01B1' C630
01B3' 77 8205
01B5' E45
01B7' C63F
01B9' C63F
01BB' C63F
01BD' C63F
01BF' C630
01C1' 2B
01C3' C9
    
```

```

SRLR A
ADI 30H
DCX H
MOV M,A
RET
LDA 8205H
ANI 0FH;TAKE LOWER 4 BITS
ADI 30H;CHANGE TO ASCII
LDA M;A;DISPLAY LOWER DIGITS
ANI 0FH;TAKE LOWER 4 BITS
SRLR A
SRLR A
SRLR A
ADI 30H
DCX H
MOV M;A;DISPLAY UPPER DIGITS
RET
    
```

```

;***DATA SAMPLING AND A/D CONVERSION***
;CALLING PARAMETER
; 1:A-REG-NUMBER OF CHANNEL(0-3)
; 2:<H><L>REG=DATA BUFFER ADDRESS
    
```

```

E603
32 FB02
3E08
32 FB02
00
3E04
32 FB02
    
```

```

AD01: ANI 3
STA 0FB02H;SET CHANNEL NUMBER
MVI A;8
STA 0FB02H;SET SAMPLING HOLD COMMAND
NOP
MVI A;A
STA 0FB02H;SET A/D CONVERT START COMMAND
    
```

```

01D4' 3A FB02
01D7' A7
01D8' CA 01D4'
01DB' 3A FB00
01DE' 77
01DF' 23
01E0' 3A FB01
01E3' 77
01E4' 2B
01E5' C9
    
```

```

A002: LDA 0FB02H;CONVERT END CHECK
ANA A
JZ A002
;
LDA 0FB00H;DATA READ LOW BYTE
MOV M;A;SET DATA LOW BYTE TO BUFFER
INX H
LDA 0FB01H;DATA READ HIGH BYTE
MOV M;A;SET DATA HIGH BYTE BUFFER
DCX H
RET
.END
    
```

10. *Time Code Reader for Ocean Bottom Seismometer using  
Microprocessor and Its Application for  
New Data Processing.*

By Junzo KASAHARA,

Earthquake Research Institute, University of Tokyo.

A time code reader for ocean bottom seismometer(OBS) using a microprocessor was developed. A serial time code is converted from analog to digital from. The serial digital code is transformed to parallel data. The code is decoded to BCD code and is displayed on CRT. Using the time code reader, a new playback method which drastically reduces the processing time to one tenth of the former one is proposed. The new playback system needs only one transcription for the playback of the OBS original tape.