

ロボットの運動制御における計算機応用  
—多量のデータを入出力するためのF L Dの活用—

工学部 神谷 好承  
横山 恭男

1. まえがき

大型の電子計算機の利用方法には、さまざまなものがあるが、その多くはバッチもしくはT S S利用のプログラム処理であり、さまざまな数値計算法に基づく演算には非常に便利なシステムとなっている。しかし身近にある多量のデータを大型の計算機によって処理したり、あるいは大型の計算機によって得られた結果を他の機械の運動制御に用いるには必ずしも便利であるとはいえない。今までのように多量の数値データをカードもしくは紙テープにせん孔することによって大型の計算機に入力させる方法は、我々が一度は必ずキーボードによりデータを操作しなければならず、必要以上の時間がかかると同時に誤りもおかしやすい。一方、計算機によって得られた結果を出力する場合にもラインプリンタやX・Yプロッタに出力させることが多く、それ以外の利用方法は少なかった。

ここでは多量のデータを入出力するのに適するF L D（フロッピーディスク）の持つ機能を生かし、ロボットの運動制御にF L Dを活用した具体例から、F L Dを利用して多量のデータを入出力する手法について述べる。ロボットの運動制御では大型の計算機によって得られた結果をF L Dに出力し、そのデータをミニコンもしくはマイコンで用いることにより他の機械を制御するために活用した一つの手法であり、逆にこうした手法は多量のデータ、とりわけ測定器により得られた電氣的アナログ信号としてのデータを身近にあるミニコンもしくはマイコンを用いてF L Dに入力し、次にそうしたF L Dを介して大型の計算機にデータを入力させることもできる。この手法はキーボード操作のような人によるデータの変換を含まないため、一旦システムを完成させておけば時間がかからず、かつ人の操作による誤りも含まれない。

2. ロボットの運動制御

ロボットアームの運動を制御する場合、それには計算機を用いるのが最も都合がよい。しかしロボットアームの複雑な運動制御においても大型の計算機を専有することはできなく、ミニコンあるいはマイコン等の小型の計算機を用いてロボットアームの運動を制御しなければならない。それでもロボットがどのようにその関節を動かすべきかの運動制御パターンは複雑であり、その計算には小型の計算機ではあまりにも長い計算時間を必要とするため、大型の計算機を用いて演算を実行する方が実際的である。このためロボットアームの運動制御を実行する場合、ロボットアームの関節の屈伸の様子は大型の計算機を用い、一方具体的なロボットアームの運動制御については小型の計算機で実行させ

るといった、互いにその持つ機能から計算機を使い分けるのがよいと思われる。これより大型計算機で計算したロボットアームの関節の屈伸動作（関節角度）の時間的変化の様子をFLDに出力し、そうして得られた多量のデータをミニコン等の小型の計算機で利用する方法をとる。我々もこうした手法に基づいたロボットアームの運動制御を行なっている。

一方こうした手法において、大型の計算機で計算した結果としてのロボットアームの最適パスは容易にFLD中に出力することができるが、こうして得られた最適パスをミニコン中で利用する場合、アームの運動制御を含め最適パスのコード変換といった操作をも必要とする。このため、これらの操作はすべてアセンブラによるプログラムによって行なうのが適している。

またこれは大型の計算機で計算した多量のデータをFLDを用いて他の機械の運動の制御に用いたものであるが、この逆の使い方として、ミニコン等の小型の計算機で、測定器よりのアナログ信号をデジタル化し、次にそれをFLDに入力させることによりそのFLD中のデータを大型の計算機で自由に利用することのできるシステムをつくることも可能である。

### 3. FLDの活用例

#### 3. 1 FLDの活用

大型の計算機とFLDとの情報の交換はEBCDICコードによってつながっている。このため大型計算機からのデータとしての数字および文字はEBCDICコードによってFLDに書き込まれ、またEBCDICコードによって入力されたFLD中のデータは大型計算機で自由に読み取ることができる。従って何らかの方法で一旦数字もしくは文字列データをEBCDICコードに変換してFLD中へ入力してしまえば、そのデータの保存はもちろん、従来から大型計算機を利用しているように自由にデータとしてFLDの内容を利用することができる。逆に計算機によってFLD中に書き込まれたデータはEBCDICコードによって入力されているので、そのデータを他の計算機で用いるためには、その計算機に合ったコードに変換、もしくは数値（ビットパターン）に変換しなければならない。

通常の単密度FLDでは73トラックの利用可能なトラックを持つため73×26個のセクタが存在している。ただし、このうち第1トラックはインデックストラックとしてファイル情報を書き込むために使用され、データ用として用いることはできない。そして1セクタは128バイト（1バイト＝1文字）であるため、数字あるいは文字で最大72×26×128個のデータが1枚のFLDに入力可能である。例えば1つの数値データが8桁であるとき、1セクタ（128バイト）に最大16個のデータが入るため、1枚のFLDには72×26×16個の数値データを入れることができる。ただし大型計算機では、FLDはファイルにより管理されているため領域開始セクタアドレスと領域終了セクタアドレスが存在している（ファイルによりどのようにFLDが管理されているかはマニュアルを参照）。従ってFLDの定義された領域内でデータの入出力を行なわなければならない。

#### 3. 2 FLDを活用するためのシステムの概略

電気量としてのアナログ信号をEBCDICコードに変換してFLDへ出力する、もしくはEBCDICコードによって書き込まれているFLDの内容を他の機械へ出力するときのブロックダイアグラムを図1に示す。測定器より得られた電気のアナログ信号はAD変換器によりデジタル量に変換される。デジタル量に変換された数値データはビットパターンであるためコード変換（EBCDICコード）によって数字列に変換し、その後でFLDの決められたセクタアドレスへ出力する。例えばビットパターンとして $(01000000)_2$ で表わされたデータは $(64)_{10}$ であるため $(40)_{16}$ 、 $(F6)_{16}$ 、 $(F4)_{16}$ のようなEBCDICコード列に変換する。逆に大型計算機により出力されたFLDの内容はコード変換によって他の計算機で用いることのできるコードに変換したり、また直接ビットパターンに変換したりする。

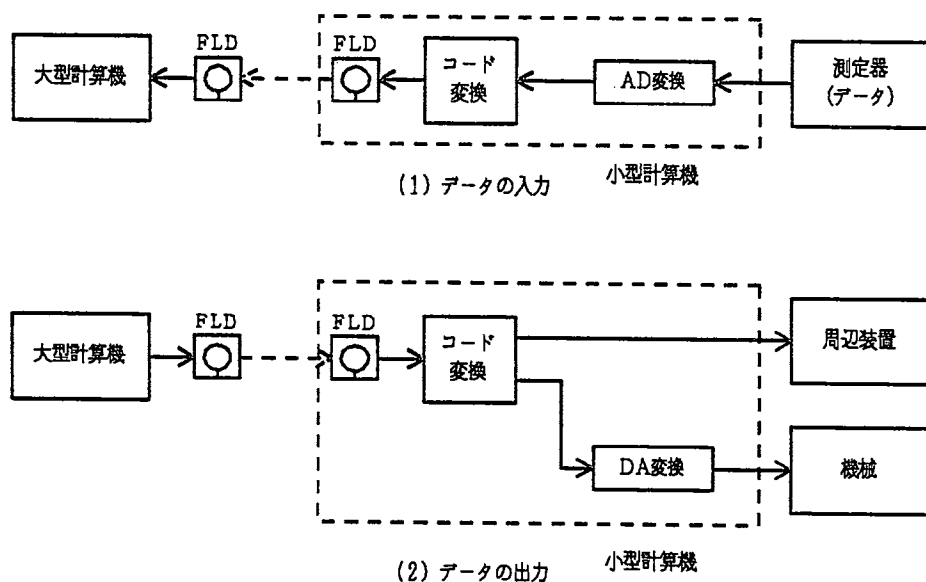


図1 FLDを用いた多量のデータの入出力

これらAD変換およびDA変換を含めコード変換、FLDへの出力といった操作は身近にあるミニコンあるいはマイコン等の小型計算機によって行なうのに適している。

### 3. 3 FLDドライブ装置と電子計算機

ミニコンあるいはマイコン等の小型の計算機を用いればデータのコード変換を行ない、かつFLDにそのデータをEBCDICコードで出力することができる。計算機を用いれば任意のセクタアドレスに任意の内容をFLD中に書き込むことができるため、これらは先ほど述べたFLD中のファイルで定義された領域内においてのみデータの入出力を順序よく行なうことが必要である。このときFLDドライブ装置の関係から、1セクタ分のデータ、すなわち128バイト分のデータを一度にFLD中に出力しなければならない、また逆にFLD中にあるデータを読み出す場合にも1セクタずつと

めて読み出さなければならない。

我々の経験からは、AD変換およびDA変換からコード変換、FLDへの入出力はすべてアセンブラによるプログラミングによるのが最も効率よく行なえるように思われる。

### 3. 4 MELCOM 70/20 によるプログラム例

我々が行なったアセンブラによるプログラム例を付録に示す。このプログラムは大型の計算機で出力したFLDの内容をミニコン(MELCOM 70/20)でコード変換し、そしてその値をビットパターンに変換して、さらにそれらのデータを用いて他の機械(DCサーボモータの運動制御)が制御できるように開発したものである。

## 4. まとめ

ここではFLDによる多量のデータの入出力の手法を扱っているが、まだまだ簡便であるとは言えない。しかもこれから画像処理を含め、こうした計算機による多量のデータの処理はますます要求されてくるものと思われる。そのためにも今後もっと簡単な専用データ入出力装置の開発が望まれる。

しかしこうした手法が、今まで計算機を利用することの便利さはわかっていながらもデータを計算機へ入力させる具体的手段を見い出せなく多量のデータをかかえている人、もしくは計算機によって得られた結果を人の操作を介せず他に利用できないかと思っている人に少しでも役に立てば幸いである。

(付録) ミニコン(MELCOM70/20)における制御用プログラム

(サンプリング周期 200HZ ディザ信号 50HZ)

```
"READY"  
::AL COMAND,86  
::AS B1,86,ASME  
::BL 300  
::AL FILEIN,86  
::AS S1,91  
::AS BO,96,ROBO1  
::ST 300  
MODE:1  
END  
  
MODE:2
```

```

:EXT RTLFA, ITYPA, YDBIN
:REL
0000* 0000      RTLFI; RTLFA
0001* 0000      ITYP; ITYPA
0002* B800      LDI R3,0
0003* F8C4 00D6* STL R3,CA1
0005* F8C4 00D7* STL R3,CA1+1
0007* E4FF      HALT
0008* 0104      EEN2; LD R0,DCB1-1
0009* F007      CAL /07
000A* 0102      LD R0,DCB1-1
000B* F008      CAL /08
000C* 810C      BRN ER1+2
000D* 000E*     DCB1
000E* 0005     DCB1; /5
000F* 0096     /96
0010* 0000     0
0011* 0095*    BUFA
0012* 0040     64
0013* 0000     0
0014* 0017*    ER1
0015* 0000     0
0016* 0042     66
0017* F022     ER1; CAL /22
0018* E4FF     HALT
0019* 8111     BRN *+18
001A* B000     LDI R2,0
001B* 95E4     BSS $RTLFI
001C* B800     LDI R3,0
001D* FA43 019F* LDL R1,PATH .R2
001F* 95E1     BSS $ITYP
0020* CA80     INC R2
0021* CAC0     INC R3
0022* A801     LDI R1,1
0023* D678     SLL R1,8
0024* C267     XOR R1,R2,SNZ
0025* 8104     BRN *+5
0026* A808     LDI R1,8
0027* C277     XOR R1,R3,SNZ
0028* 81F2     BRN *-13
0029* 81F3     BRN *-12
002A* E4FF     HALT
002B* A800     LDI R1,0
002C* F800 0095* STR; LDB R0,BUFA
002E* B04E     LDI R2,/4E
002F* C286     XOR R2,R0,SRZ
0030* 8104     BRN *+5
0031* A02B     LDI R0,/2B
0032* F801 0095* STB R0,BUFA
0034* 855E     BRN $EENA
0035* B06D     LDI R2,/6D
0036* C286     XOR R2,R0,SRZ
0037* 8104     BRN *+5
0038* A02D     LDI R0,/2D

```

```

0039* F801 0095* STB R0, BUFA
003B* 8557 BRN $EENA
003C* B040 LDI R2, /40
003D* C286 XOR R2, R0, SRZ
003E* 8104 BRN *+5
003F* A030 LDI R0, /30
0040* F801 0095* STB R0, BUFA
0042* 8550 BRN $EENA
0043* B0F0 LDI R2, /F0
0044* C286 XOR R2, R0, SRZ
0045* 8104 BRN *+5
0046* A030 LDI R0, /30
0047* F801 0095* STB R0, BUFA
0049* 8549 BRN $EENA
004A* B0F1 LDI R2, /F1
004B* C286 XOR R2, R0, SRZ
004C* 8104 BRN *+5
004D* A0B1 LDI R0, /B1
004E* F801 0095* STB R0, BUFA
0050* 8542 BRN $EENA
0051* B0F2 LDI R2, /F2
0052* C286 XOR R2, R0, SRZ
0053* 8104 BRN *+5
0054* A0B2 LDI R0, /B2
0055* F801 0095* STB R0, BUFA
0057* 853B BRN $EENA
0058* B0F3 LDI R2, /F3
0059* C286 XOR R2, R0, SRZ
005A* 8104 BRN *+5
005B* A033 LDI R0, /33
005C* F801 0095* STB R0, BUFA
005E* 8534 BRN $EENA
005F* B0F4 LDI R2, /F4
0060* C286 XOR R2, R0, SRZ
0061* 8104 BRN *+5
0062* A0B4 LDI R0, /B4
0063* F801 0095* STB R0, BUFA
0065* 852D BRN $EENA
0066* B0F5 LDI R2, /F5
0067* C286 XOR R2, R0, SRZ
0068* 8104 BRN *+5
0069* A035 LDI R0, /35
006A* F801 0095* STB R0, BUFA
006C* 8526 BRN $EENA
006D* B0F6 LDI R2, /F6
006E* C286 XOR R2, R0, SRZ
006F* 8104 BRN *+5
0070* A036 LDI R0, /36
0071* F801 0095* STB R0, BUFA
0073* 851F BRN $EENA
0074* B0F7 LDI R2, /F7
0075* C286 XOR R2, R0, SRZ
0076* 8104 BRN *+5
0077* A0B7 LDI R0, /B7

```

```

0078* F801 0095* STB R0, BUFA
007A* 8518 BRN $EENA
007B* B0F8 LDI R2, /F8
007C* C286 XOR R2, R0, SRZ
007D* 8104 BRN **5
007E* A0B8 LDI R0, /B8
007F* F801 0095* STB R0, BUFA
0081* 8511 BRN $EENA
0082* B0F9 LDI R2, /F9
0083* C286 XOR R2, R0, SRZ
0084* 8104 BRN **5
0085* A039 LDI R0, /39
0086* F801 0095* STB R0, BUFA
0088* 850A BRN $EENA
0089* A030 LDI R0, /30
008A* F801 0095* STB R0, BUFA
008C* CA40 EEN; INC R1
008D* B001 LDI R2, 1
008E* D6B0 SLL R2, 7
008F* C296 XOR R2, R1, SRZ
0090* 8503 BRN $STRA
0091* 8152 BRN NN
0092* 0001 BST1; :RES 1
0093* 008C* EENA; EEN
0094* 002C* STRA; STR
0095* 0041 BUFA; :RES 65
00D6* 0003 CA1; :RES 3
00D9* 00DA* TMPAD; TMP
00DA* 0006 TMP; :RES 6
00E0* 0095* CONTR; BUFA
00E1* 0000 0
00E2* 00E0* CONTA; CONTR
00E3* 0000 YDBINA; YDBIN
00E4* A800 NN; LDI R1, 0
00E5* 29FB ST R1, CONTR+1
00E6* 11F0 LD R2, CA1+1
00E7* 31F0 ST R2, CA1+2
00E8* 01F0 BIN; LD R0, TMPAD
00E9* 2080 ST R0, /80
00EA* 09F6 LD R1, CONTR+1
00EB* AE08 ADI R1, 8
00EC* F800 0095* LDB R0, BUFA
00EE* 21A3 ST R0, BST1
00EF* A0A0 LDI R0, /A0
00F0* F801 0095* STB R0, BUFA
00F2* 19EF LD R3, CONTA
00F3* 95EF BSS $YDBINA
00F4* C690 MOV R2, R1
00F5* 09EB LD R1, CONTR+1
00F6* CB40 DEC R1
00F7* 29E9 ST R1, CONTR+1
00F8* 0199 LD R0, BST1
00F9* F801 0095* STB R0, BUFA
00FB* C660 MOV R1, R2

```

```

00FC* 19DA          LD R3,CA1+1
00FD* FB44 019F*   STL R1,PATH,R3
00FF* CAC0          INC R3
0100* 39D6          ST R3,CA1+1
0101* B010          LDI R2,16
0102* 51D5          AD R2,CA1+2
0103* C2B6          XOR R2,R3,SRZ
0104* 81E3          BRN BIN
0105* F843 0016*   LDL R1,ER1-1
0107* CA40          INC R1
0108* F844 0016*   STL R1,ER1-1
010A* 19CB          LD R3,CA1
010B* CAC0          INC R3
010C* 39C9          ST R3,CA1
010D* B014          LDI R2,20
010E* C2B6          XOR R2,R3,SRZ
010F* 8502          BRN $EEN2A
0110* E4FF          HALT
0111* 8101          BRN *+2
0112* 0008*        EEN2A; EEN2
0113* B800          LDI R3,0
0114* E5DE          WRA R3,/1E
0115* F8C4 0151*   STL R3,PP1
0117* F8C4 0150*   STL R3,P1
0119* F8C4 014F*   STL R3,S1
011B* F8C4 0154*   STL R3,U1
011D* F8C4 0155*   STL R3,D1
011F* B800          LDI R3,0
0120* A800          H; LDI R1,0
0121* 692B          SB R1,CAA
0122* 292B          ST R1,CA
0123* 092C          LD R1,P1
0124* 112A          LD R2,S1
0125* 2929          ST R1,S1
0126* C560          SBR R1,R2
0127* 292A          ST R1,SP1
0128* E11E          F; RDA R0,/1E
0129* 1127          LD R2,PP1
012A* C287          XOR R2,R0,SNZ
012B* 810D          BRN RR1
012C* 1124          LD R2,PP1
012D* 2123          ST R0,PP1
012E* B201          ANI R2,1
012F* A201          ANI R0,1
0130* C227          XOR R0,R2,SNZ
0131* 8104          BRN RR2
0132* 011D          LD R0,P1
0133* CA00          INC R0
0134* 211B          ST R0,P1
0135* 8103          BRN RR1
0136* 0119          RR2; LD R0,P1
0137* CB00          DEC R0
0138* 2117          ST R0,P1
0139* 091A          RR1; LD R1,U1

```



```

013A* E05E          SNS1 /1E
013B* 8136          BRN RR5
013C* 1116          LD R2,CON
013D* C2B6          XOR R2,R3,SRZ
013E* CAC0          INC R3
013F* E45E          CNT1 /1E
0140* FB43 019F*    LDL R1,PATH,R3
0142* 010D          LD R0,P1
0143* C540          SBR R1,R0
0144* FB04 02FD*    STL R0,DIS,R3
0146* 010B          LD R0,SP1
0147* FB04 045B*    STL R0,VEL,R3
0149* 010A          LD R0,U1
014A* FB04 05B9*    STL R0,UU,R3
014C* 8109          BRN RR3
014D* 0032          CAA; 50
014E* 0001          CA; :RES 1
014F* 0001          S1; :RES 1
0150* 0001          P1; :RES 1
0151* 0001          PP1; :RES 1
0152* 0001          SP1; :RES 1
0153* 0100          CON; /100
0154* 0001          U1; :RES 1
0155* 0001          DI; :RES 1
0156* D040          RR3; SRA R1.1
0157* C610          MOV R0,R1
0158* D000          SRA R0.1
0159* C340          ADR R1,R0
015A* 01FA          LD R0,DI
015B* B002          LDI R2.2
015C* C287          XOR R2,R0,SNZ
015D* AE02          ADI R1.2
015E* B004          LDI R2.4
015F* C286          XOR R2,R0,SRZ
0160* 8104          BRN *+5
0161* AF FE         ADI R1,-2
0162* B000          LDI R2.0
0163* 31F1          ST R2,DI
0164* 8102          BRN *+3
0165* CA00          INC R0
0166* 21EE          ST R0,DI
0167* 29EC          ST R1,U1
0168* 09E9          LD R1,SP1
0169* C610          MOV R0,R1
016A* D650          SLL R1.3
016B* D608          SLL R0.2
016C* C340          ADR R1,R0
016D* C610          MOV R0,R1
016E* A800          LDI R1.0
016F* C540          SBR R1,R0
0170* 49E3          AD R1,U1
0171* 29E2          ST R1,U1
0172* C655          RR5; MOV R1,R1,SRP
0173* 810F          BRN A1

```

```

0174* 11D9      LD R2,CA
0175* C595      SBR R2,R1.SRP
0176* 8103      BRN B1
0177* A000      LDI R0.0
0178* E51E      WRA R0./1E
0179* 8117      BRN G1
017A* 11D3      B1; LD R2,CA
017B* C394      ADR R2,R1.SRN
017C* 8103      BRN C1
017D* A000      LDI R0.0
017E* E51E      WRA R0./1E
017F* 8111      BRN G1
0180* A001      C1; LDI R0.1
0181* E51E      WRA R0./1E
0182* 810E      BRN G1
0183* 11CA      A1; LD R2,CA
0184* C594      SBR R2,R1.SRN
0185* 8103      BRN D1
0186* A000      LDI R0.0
0187* E51E      WRA R0./1E
0188* 8108      BRN G1
0189* 11C4      D1; LD R2,CA
018A* C395      ADR R2,R1.SRP
018B* 8103      BRN E1
018C* A000      LDI R0.0
018D* E51E      WRA R0./1E
018E* 8102      BRN G1
018F* A002      E1; LDI R0.2
0190* E51E      WRA R0./1E
0191* 01BC      G1; LD R0,CA
0192* CA00      INC R0
0193* 21BA      ST R0,CA
0194* 09B8      LD R1,CAA
0195* C246      XOR R1,R0.SRZ
0196* 8506      BRN $FF
0197* E13F      RDSW R0
0198* C604      MOV R0,R0.SRN
0199* 8504      BRN $HH
019A* A800      LDI R1.0
019B* E55E      WRA R1./1E
019C* E4FF      HALT
019D* 0128*     FF; F
019E* 0120*     HH; H
019F* 015E      PATH; :RES 350
02FD* 015E      DIS; :RES 350
045B* 015E      VEL; :RES 350
05B9* 015E      UU; :RES 350
                0000      :END

```

ERROR 000

```

MODE: X
"EXIT"
: X
"ILC"
: AL COMAND, 86
: AS BI, 86, LNKE
: BL 300
: AL FILEIN, 86
: AS LB, 86, RTLFL
: AS BI, 96, ROBO1
: AS BO, 96, ROBO2
: ST 300
: RB, 300
: LD
MAIN          0300  0A17
: LB, RTLFL
RTLFL         0A17  0A32
: LB, ITYP
ITYP          0A32  0AAA
: LB, MATHLB
YDBIN         0AAA  0ADD
YBIND         0ADD  0B27
TABL2         0B27  0B2D
TABL3         0B2D  0B38
YGCHA        0B38  0B48
YPCHA        0B48  0B5C
: PN
: SP
: ED
"EXIT"
:

```