

ICESを用いた対話型設計システム

フジタ工業(株) ○正会員 池田将明

富本秀俊

岡野幹雄

1. はじめに

近年TSS利用技術の普及には目覚ましいものがあり、それに伴う対話型プログラムの利用及び要望が多くなって来ていると思われる。

当社においても数年前TSS用端末機が導入されて以来、その台数及び利用者ととも急速に増加して来ている。また導入当初のTSS利用者は、ほぼSE及びアプリケーション・プログラマーに限られていたが、最近では設計部門等の一般の技術者にも、その利用範囲は広がって来ている。

しかし ここで問題となるのは、TSSとして有効に利用出来るアプリケーション・プログラムの少ない事であった。土木分野における設計計算にコンピュータが導入されて久しいが、ここへ来て我々は新たにこの問題に取組まなければならなくなって来ている。

またTSSの普及段階においては、従来通りのバッチ処理とTSS処理の共存状態が生まれて来るものと考えられる。当社においても、TSS用端末機が東京地区に集中し、他支店においては従来どおりRJEによるバッチ処理を行なっている。そして我々はこの両者に対してサービスしなければならない立場にある。

そこで これらの新しいシステム環境に効果的に対応する一手法として、我々はICESを利用してあるので、ここでその状況について報告したい。

2. ICESの紹介

2-1 概要

ICES (Integrated Civil Engineering System) とは、1964～67年に合衆国マサチューセッツ工科大学 (MIT) において開発されたベーシック・ソフトウェアである。

またICESは、その開発の途中で作られたサブシステムと呼ばれるアプリケーション・プログラム群を有し、特に土木分野に多く存在する。汎用構造解析プログラムとして有名なSTRUDLもそうしたサブシステムの1つである。

当社では、1976年にMCAUTO社よりICES/STRUDLを導入し、以来そのICESベーシック・システムを使って、ICESの研究とサブシステムの開発を行なってきた。

現在 ICESのユーザー・グループとして、日本ICES研究会 (IUG日本支部) があり、当社もこれに参加している。

2-2 機能

機能の面からICESを見ると 次の2つの異なった側面が考えられる。

(1) サブシステムを開発する道具となる

① CDL (Command Definition Language)

サブシステムで用いる問題向言語 (POL) を作成する場合に用いるコマンド定義用言語。

② ICETRAN (ICES-FORTRAN)

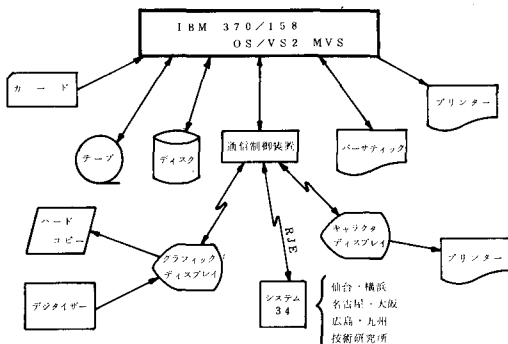


図-1 ハードウェア構成

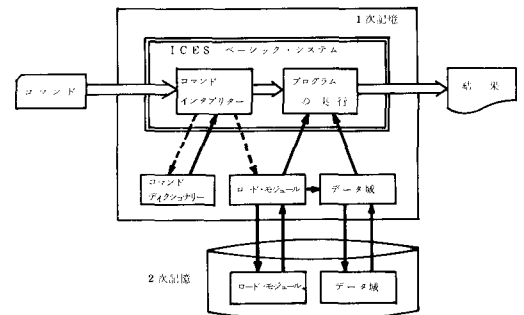


図-2 コマンドの実行

FORTRANに以下の機能を付加したもので
 プレコンパイラによりFORTRANプログラム
 に変換される。

- ダイナミック・リンク
- ダイナミック・アレー
- エラー処理ステートメント e t c .

(2) サブシステムの実行を管理する

① コマンド・インタプリタ

ユーザーによりインプットされたコマンドを解釈し、必要に応じてロード・モジュールをリンクする。

② ダイナミック・プログラム構造

CDL又はICETRANの指定により、ロード・モジュールを動的に連係する。

③ ダイナミックな記憶の割付

様々な要求に基づいて、一次記憶内においてデータとプログラムを動的に割付けする。また二次記憶を一次記憶の延長として管理する。

2-3 特徴

アプリケーション・プログラマーの立場から眺めると、ICESには次のような特徴が有ると考えられる。

- ① CDLを用いてPOLを簡単に定義出来る。
- ② バッチ処理・TSS処理の両方に対応出来る。
- ③ 既存のFORTRANプログラムからICES

へのコンバージョンが可能である。

④ FORTRANプログラマーにとって、ICETRANは習得しやすい。

⑤ ロード・モジュール単位でプログラムの拡張・管理が行なえる。

⑥ ダイナミック・アレーの利用により、対象問題の数量的な複雑性に柔軟に対応出来る。

⑦ ダイナミック・アレーは、一般のディメンジョン等と比べてデータの出入れに時間が掛かる。

⑧ コマンド形式によるインプットは、メニュー方式等と比べて初心者には使い難い。

3. 実施例

当社においてICESを用いて開発したプログラムには、次の4例がある。

① ICES/SCREEN

平面図形のパターン処理システム

② ICES/LEASE

円形滑面法による斜面安定解析システム

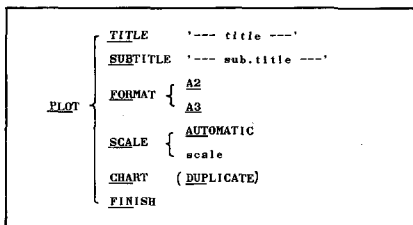
③ ICES/PLAN

貸ビルの投資評価と収支目録システム

④ ICES/REWALL

直接基礎・杭基礎による擁壁設計システム

これ等の中から、ここでは土木設計で利用されるLEASEとREWALLを紹介したい。



```

ADD 'PLO'          $ PLOT COMMAND (S 55.01.24)
MOD 'TIT' ALPHA 20 'TITLE'
OR MOD 'SUB' ALPHA 20 'SUBT'
OR MOD 'FOR'
  MOD 'A2'
  PRESET INTE 'IFORM' EQ 1
  OR MOD 'A3'
  PRESET INTE 'IFORM' EQ 2
  OTHER
  END MOD REQU
OR MOD 'SCA'
  IGNORE 'AUT'
  NO ID REAL 'SCALE' STAN 0.0
OR MOD 'CHA'
  COND 'IUSE' GT 0
  MOD 'DUPI'
  PRESET INT 'NI' EQ 1
  OTHER
  PRESET INT 'NI' EQ 0
  END MOD OPT
EXECUTE LINK 'CHART'
OTHER
  MESSAGE '0* WARNING * MADA KEISANCA SUNDE INAI.'
  END COND
OR MOD 'FIN'
  EXEC 'FINISH'
  END MOD REQU
FILE

```

図-3 コマンドの定義

```

SUBROUTINE CHART
C **** PLOTTING OF RESULT ****
C                                     FROM : COM.'PLOT'
C                                     DATE : S 55.02.18
COMMON ISOIL,ZB2(9),XOMIN,XOMAX,YMIN,YMAX,ZB3(6),
* SOIL(P),NFZ,NF(P),FZ(P),NFS,SRF(P),Z179(22),
* NSLC,NTOP,BNDS(P),NSLC(P),YSLC(P),YSLC(P),ISLC(P),CROS(P),
* ALFA(P),CHAB(P),TWFE(P),RU(P),WCHT(P),STRNG(P),
* FB,RB,ZZBRC,ZZBPF,ZZHO,MUM2,RCRIB(P),FSMIN,RMIN,XOMIN,
* HLENG,VLENG,ZZB4,TITLE(5),SUBT(5)
DYNAMIC ARRAY PT,INDATA,S01,NF,FZ,SRF,BNDS,NSLC,YSLC,ISLC
DYNAMIC ARRAY ISLC,CROS,ALFA,CHAB,TWFE,RU,WCHT,STRNG,RCRIB
REAL HPORT(2)/59,4,42,0,VFORM(2)/42,0,29,7,
DATA YES,XNO,END,'YES','NO','END' /
IF (PLOT.EQ.0) CALL PLOT(0,0,0,0)
IF (IDUPE.GT.0) GO TO 000
IDUPE=0
CALL PLOT(HLENG+2,0,0,0,-3)
CALL PLFACT
X1=(XOMAX-XOMIN)
YL=(YMAX-YMIN)
HLENG=HFORM(IFORM)
VLENG=VFORM(IFORM)
HH=HLENG-11,0
VV=VLENG-11,0
SCA=1,0/AMIN(ABS(HH/XL),ABS(VV/YL))
ISCA=0
IF (SCALE.EQ.0) GO TO 500
H=XL/SCALE/HH
V=VL/SCALE/VV
IF (H.LE.1.0.AND.V.LE.1.0) GO TO 300
WRITE(6,20)
.....
V=VLENG-3,5-FLDPT(NS01)/40,7
600 GETAY=XOMIN+9,5*SCA
GETAY=YMIN+5,0*SCA
X=(BNDS(3,NTOP)+GETAY)/SCA
Y=(BNDS(4,NTOP)+GETAY)/SCA
IF (X.LT.H.OR.Y.LT.V) GO TO 700
SCA=SCA*0.1
IF (IPRST.GE.3) WRITE(6,60) SCA
60 FORMAT('0* MESSAGE * CHANGE YOUR SCALE FACTOR..',F10.3)
IF (ISCA.EQ.0) GO TO 500
ISCA=0
WRITE(6,30)
IF (JOB.EQ.0) GO TO 600
ERROR RETURN
700 IPLOT=IPLOT+1
CALL PLFRAM
IF (ISCA.EQ.0) GO TO 750
CALL SYMBOL(2,0,VLENG-3,0,0,3,'SCALE',1,0,0,7)
CALL SYMBOL(999,0,999,0,0,3,1,1,0,0,3,3)
CALL NUMBER(999,0,999,0,0,3,SCALE,0,0,3)
750 CALL PLDATA
CALL PLBAP
CALL PLAXIS
000 IDUPE=IDUPE+1
CALL PLCKCL
IF (IUSE.EQ.1.OR.IUSE.EQ.4) CALL PLGRID
RETURN
END

```

図-4 プログラムの作成

3-1 ICES/LEASE

(1) 概要

LEASE (Limiting Equilibrium Analysis in Soil Engineering)は、1969年MITにおけるICES開発の中で生まれた円形滑面法による斜面安定解析システムである。

当社では、これを1976年にMITより購入し、大巾な改良を加えて現在使用に供している。

LEASEで用いられている解析方法には、NORMAL法(修正フェレニウス法)と簡略ビショップ法があり、このどちらかを選択出来るようになっている。また地震時解析は、NORMAL法の場合のみ水平震度法により計算可能である。

(2) 特徴

ICESのサブシステムとしての基本的なもの以外に、次のような特徴を有している。

- ① 断面条件の設定及び追加、変更が、合理的な手法(Little & Price 法)により簡単に行なえる。
- ② 被覆水、載荷重を土層とは別個に指定出来る。
- ③ 間隙水圧を間隙水圧係数又は間隙水圧線により土層ごとに指定出来る。
- ④ データ数に制限がないので、簡単な断面から複雑なものまで自由に設定出来る。
- ⑤ 極小安全率を自動的に捜査する機能がある。
- ⑥ データの詳細なチェック機能があり、バッチ処理かTSSS処理かにより最適な処置がなされる。
- ⑦ 計算結果をプロッター、パーサティック又はグラフィック・ディスプレイに図示する事が出来る。

(3) 実行例

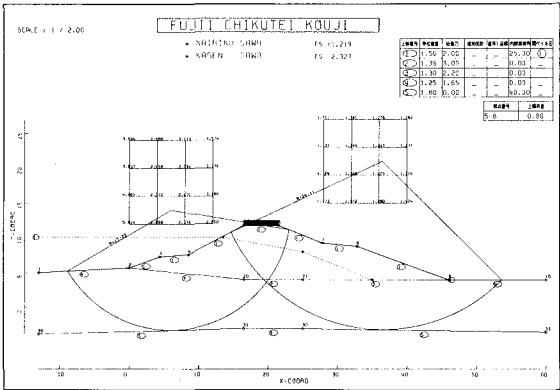


図-5 LEASE実行例

```
ICES IKEDA
*** NCAUTO-MULTISYSTEMS,INC. ICES 3.2 ***
AUG 21, 1980 TIME=13.24.51

? LEASE

ICES/LEASE *****
REL : 3.1 /*****
(BY TSD) /*****
DS/04/23 /*****
*****
*****

? INPUT FILE 20
# ***** FUJII CHIKUTEI KOUJI ***** S 55.00.21
POINT 1 -13 5
2 0 5.7
3 4.4 7.3
4 8.5 7.6
5 16.5 11.0
6 21.5 11.0
7 27.0 9.3
8 32.0 8.0
9 46 4
10 60 4
20 16.5 4
21 25 4
30 -13 -3.0
31 16.5 -3
32 25 -3
33 60 -3.5
LINE 1 1 2 4
2 2 3 1
3 3 4 1
4 4 5 1
5 5 6 1
6 6 7 1
7 7 8 1
8 8 9 1
9 9 10 4
10 2 20 3
11 20 21 2
12 21 9 3
13 30 31 5
14 31 32 5
15 32 33 5
SOIL 1 1.56 2 25 1
2 1.35 3
3 1.3 2.2
4 1.25 1.65
5 1.8 0
PIEZ 1 1 -13.9 10.1
2 2 13.5 8
3 3 25 8
4 4 15 4
5 5 46 4
6 6 7 1
7 7 8 1
8 8 9 1
9 9 10 4
10 2 20 3
11 20 21 2
12 21 9 3
13 30 31 5
14 31 32 5
15 32 33 5
RMAX TAN LINE 13 14 15
RMIN TAN LINE 1 10 11 12 9
NUMB OF SLICES 100
SET INC 1.0
UPPER LOAD 5 0.8
PLOT TIT 'FUJII CHIKUTEI KOUJI'
*EOF

? PLOT SUBTITLE 'NAIRIKU CAVA'
? EXEC P1 28 27 P2 28 15 P3 40 15 3 3 2.0 2.0

* PIEZOMETRIC LINE DATA *
PIEZ LINE NO. 1
NO. XCOORD YCOORD
1 -13.90 10.10
2 13.50 10.10
3 25.00 0.00
4 32.00 4.00
5 46.00 4.00

ORDERED LINE ARRAY
NO PT PT SOIL X-LEFT Y-LEFT X-RIGHT Y-RIGHT SLOP
1 1 2 4 -13.90 5.00 8.0 5.76 0.854
2 2 3 1 0.0 5.70 4.40 7.30 0.364
3 3 4 1 4.40 7.30 8.50 7.60 0.673
4 4 5 1 8.50 7.60 16.50 11.00 0.525
5 5 6 1 16.50 11.00 21.50 11.00 0.0
6 6 7 1 21.50 11.00 27.00 9.30 -0.397
7 7 8 1 27.00 9.30 32.00 8.00 -0.190
8 8 9 1 32.00 8.00 46.00 4.00 -0.364
9 9 10 4 46.00 4.00 60.00 4.00 0.0
10 2 20 3 0.0 5.70 16.50 4.00 -0.193
11 20 21 2 16.50 4.00 25.00 4.00 0.0
12 21 9 3 25.00 4.00 30.00 4.00 0.0
13 30 31 5 -13.90 -3.00 16.50 -3.00 0.627
14 31 32 5 16.50 -3.00 25.00 -3.00 0.0
15 32 33 5 25.00 -3.00 60.00 -3.50 -0.014

NUMBER OF TOPLINES IS 9

*****
*****
***** THE LIST OF SAFTY FACTOR KXN *****
(Y) 28.00 32.00 36.00 40.00 (Y)
27.00 1.751 1.365 1.274 1.282 27.00
( 29.90 ) ( 30.06 ) ( 29.95 ) ( 29.98 )
23.00 1.751 1.344 1.241 1.271 23.00
( 25.92 ) ( 25.93 ) ( 25.98 ) ( 26.09 )
19.00 1.724 1.328 1.225 1.314 19.00
( 21.95 ) ( 22.09 ) ( 22.10 ) ( 22.00 )
15.00 1.773 1.370 1.298 1.424 15.00
( 18.00 ) ( 18.06 ) ( 18.10 ) ( 18.06 )
28.00 32.00 36.00 40.00
(Y) ----- (X) ----- (Y)

*****
*****
***** THE MINIMUM FACTOR OF SAFTY *****
FS = 1.219
X = 36.50 Y = 21.00 R = 24.11
*****
* title FUJII CHIKUTEI KOUJI
(NAIRIKU CAVA)
* method NORMAL METHOD
* katoudo moment NO = 2135.072
* taikou moment MR = 2663.109

? PLOT SCALE 2.0
? PLOT CHART
? PLOT SUB 'KASEN CAVA'
? EXEC P1 0 24 P2 0 12 P3 12 12 3 3 2.0 2.0

*****
*****
***** PLOT CHART DUPL *****
***** PLOT FINISH *****
***** FINISH *****
```

3-2 ICES/REWALL

(1) 概要

REWALL (REtaining WALL program) とは、土留擁壁の安定計算から断面計算までを技術者がコンピュータと対話しながら処理するプログラムである。

これは、1978年に当社既存のバッチ処理用プログラムの根本的な見直しにより計画され以下の理由でICESを用いて開発された。

① バッチ処理だけでなく、TSS処理でも有効に利用出来る。

② 設計条件を色々に変化させた検討が、自由に行なえる。

③ プログラムを機能別に複数のモジュールとし、段階的に開発出来る。

④ LEASE改良の経験からICESの知識を持っていた。

(2) 特徴

REWALLにおける擁壁の設計方法は、建設省と日本道路協会の両指針を基本とし、それに若干の自由度を持たせている。従ってより広範な問題にも対応出来るようになっている。

① 擁壁形式は逆T型、L型、逆L型、控壁式、重力式、もたれ式の6種類用意されている。

② 擁壁背面形状は、水平、一様斜面、台形斜面の3種類が検討出来る。

③ 主働土圧は、クーロン式、試行くさび法、テルプギアー図表により計算出来る。

④ 擁壁天端に荷重(水平、鉛直、回転)を考慮出来る。

⑤ 変位法により杭基礎の設計が行なえる。

(3) 実行例

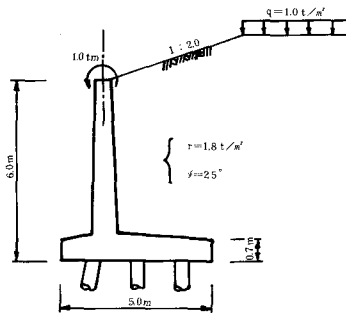


図-6 REWALL実行例

```
ICES IKEDA
*** NCAUTO-MULTISYSTEMS,INC. ICES 3.2 ***
SEP 03, 1980 TIME=14.15.59

? REWALL

*** ICES/REWALL
*** (BY T80)
*** REL : 1.1 (08/00/01)
*** DATE : 08/09/81 14:39
*****
*****
*****

? SEI CHECK 0.2
? WALL TYPE INVER T
? WALL SHAPE B 6 B 5 T .5 B1 1 B2 3.3 H1 .7 H2 .8 B3 .7 H .02
? BACK SOIL 1.8 25 'NENSEI-DO'
? BACK SHAPE TRAP 2 1.5
? EARTH PRESSUR METHOD COULMB
? UPPER LOAD 1
? HEAD FORCE H1 1
? LOADING
? FOUNDA TYPE PILE
? FILE DATA 40 8 3.6E10 8.89E4 'RC-PILE'
? FILE ARRN 1 1 1 5
? 2 2.5 1
? 3 4 1
? FILE COND 1
? FILE ALLW R1 60 R2 90 P2 2
? STAB
***** STABILITY CHECK (PILE FOUNDATION) *****
--- KUKISO NO BEN.1 ---
(1) JYOU.JI
ANS. DX = 0.41670 (CM) < 1.00
      DY = 0.21990 (CM)
      DA = 0.02495 (°)
(2) JISIN.JI
ANS. DX = 1.28859 (CM) < 1.50
      DY = 0.21392 (CM)
      DA = 0.00952 (°)
--- KUITOU KAJYU ---
(1) JYOU.JI
      DX(M)  DY(M)  R(T)  S(T)  N(T/M)
      1 0.003209 0.00320 30.004 5.254 -5.795 <OK>
      2 0.00617 0.00228 19.549 5.520 -6.121 <OK>
      3 0.00617 0.00155 15.746 5.320 -6.121 <OK>
(2) JISIN.JI
      DX(M)  DY(M)  R(T)  S(T)  N(T/M)
      1 0.01242 0.00959 49.661 10.290 -10.386 <OK>
      2 0.01205 0.00214 19.017 10.721 -10.034 <OK>
      3 0.01205 -0.00020 -1.010 10.721 -10.034 <OK>
? MEMBER CHECK
? TILT NAME 'FUJITA ZOOSHI KOEJI'
? TILT SECT 'DOBOKU-SHAKKEI KA'
? LIST TO PRINTER
? FINISH
```

4. おわりに

技術者の判断が重要なファクターとなる設計業務においては、今後このような対話型プログラムが必要不可欠なものとなって来ると考えられる。

従ってこのような状況においては、ICESのような対話型システムの為のベジック・ソフトウェアは、我々アプリケーション・プログラマーにとって、貴重な存在であると云える。

しかしこのようなベジック・ソフトも今までに数種類発表されており、それ等のどれが最良かを判断する事は難しいものと思われる。

我々は、ここで報告したように今までICESを用いてこの事態に対応して来たが、今後は他ソフトとの比較も行ない、より効率的なプログラム開発を行なってゆきたいと考えている。

(参考文献)

- 1 Daniel Rocs : ICES General Description
- 2 William A. Bailey, John T. Christian : ICES/LEASE User's Manual
- 3 日本 ICES 研究会 : ICES の紹介 ・ IUG-ICES