

# FACOM 230—60 FORTRAN のオブジェクト

小 林 佑 光\*

“Objects Produced by FACOM 230—60 FORTRAN”

Yukoh KOBAYASHI\*

## Abstract

There are three different compilers of FORTRAN in the computer system of FACOM 230-60, which is installed in the Computer Center of The Kyushu University, The Nagoya University, and The Hokkaido University. One of these three compilers is fastest in its compilation without optimization, called C-type. On the other hand, another two compilers, which are called D-type and E-type respectively, are oriented to produce optimized object form through somewhat sophisticated consideration.

A comparison is made among the characteristics of these three compilers by investigating objects produced by each compiler for some typical FORTRAN statements.

The knowledge about characteristics of these compilers will show how to write a good program to programmers who use the Computer Center, and also give what assembly language is to both programmers and students interested in it.

## 1. はじめに

FORTRAN 言語で書かれたユーザ・プログラムが、FORTRAN コンパイラによって、どのような機械語にコンパイルされ、実行されるものであるかということ、FACOM 230—60 FORTRAN について調べてみたので、少しでも読者のお役に立てばと思い、発表する次第である。

もっぱら、計算機を道具として使えばよいという大多数のユーザにとっては、このようなレベルまで知る必要はないとも言えるわけであるが、ある程度、FORTRAN になじまれた人達の中には、興味を持たれている方もおられるのではないかと思うし、また実際に、次のような点において、役に立つのではないかと思う。

- (1) 実行速度の速いプログラムを書くための手法の発見。
- (2) メモリの節約の手法。
- (3) 他機種 of 計算機でも実行可能なプログラムを作りたいとき。(例えば、デバッグは大型計算機センターでやり、実際の実行は他の中・小型機

でやりたいとき、またはこの逆の場合など。)

- (4) 良い(または、うまい、または、模範的な)プログラムというものの判断の基準の参考として。
- (5) FACOM 230—60 FORTRAN の C-Type, D-Type および E-Type の違いについて。
- (6) 学生への教育的説明資料として(アセンブリ言語によるプログラム例などとして)。

大型センターのターン・アラウンド・タイムも、長くなる傾向でこれはユーザ一人一人が気を付けて、少しでも実行速度の速くなるように努力すべきだとの意見も聞かれる。このための資料としても役立てて頂ければ幸である。

筆者自身としては、上記の(3)の点および(1)(2)の目的が最も切実である。これは、大型計算機センターから離れた利用者として、常に他機種との互換性を考慮しなければならないという理由からである。

以下、いくつかの単純な FORTRAN ステートメントについて、そのオブジェクトを FASP アセンブラ

の形式で説明した。できるだけ読みやすく、ということ念頭においたので、不正確な個所もあるが、これらのオブジェクト・リストは **OPTION** 文で指定すれば簡単に出力されるので、正確に知りたい方は御自分で出力リストを読んでほしい。

**2. FORTRAN ステートメントのオブジェクト形式**

表1にまとめておいた。

対象とした **FORTRAN** コンパイラは、いずれの **Type** も、(V-04. L-04)のものである。

一部には、筆者には理解しかねる個所もあって、その個所は出力リストの通りに書いておいた。従って、アドレスに依存する数値もあり得るので、注意されたい。

なお、**FASP** 命令記号のくわしい説明は、参考文献<sup>1)</sup>を参照されたい。

表1 **FACOM 230-60 FORTRAN** のオブジェクト形式

FORTRAN ステートメント	オブジェクト形式
<pre> IF (I) 1, 2, 3 1 CONTINUE   ⋮ 2 CONTINUE   ⋮ 3 CONTINUE   ⋮                     </pre>	<p>[C-, D-および E-Type について同じ]</p> <pre>           TB0N,0      I, , 1           J           L1           — TZ       I, , 1           J           L2           → J        L3           ↘ L1 :             ⋮           L2 :             ⋮           L3 :             ⋮                     </pre>
<pre> IF (I) 1, 1, 2 1 CONTINUE   ⋮ 2 CONTINUE   ⋮                     </pre>	<p>[各タイプについて同じ]</p> <pre>           TB0N,0      I, , 1           J           L1           — TZ       I, , 1           J           L1           ↓ J        L2           ↘ L1 :             ⋮           L2 :             ⋮                     </pre>
<pre> IF (I) 1, 2, 1 1 CONTINUE   ⋮ 2 CONTINUE   ⋮                     </pre>	<p>[各 Type について同じ]</p> <pre>           TNZ        I, , 1           J           L2           J           L1           ↘ L1 :             ⋮           ↘ L2 :             ⋮                     </pre>

<pre> GO TO (1, 2, 3), I 1 CONTINUE   ⋮ 2 CONTINUE   ⋮ 3 CONTINUE   ⋮         </pre>	<p>〔各 Type について同じ〕</p> <pre> LA      I, , 1 LX, 7   I, , 1   JNA 0  L1, , 1      ((A)<sub>0</sub> = 1 なら L1 へ)   JNZA   L2, , 1      ((A) ≠ 0 なら L2 へ) L1 : SXJ, 7 F. XCGT    (A ≤ 0 のときサブルーチンへ)       QCTAL 000000000004       OCTAL 110000000000   J      L4, , 1 L2 : TXL, 7 4 ←   J      L3, 7, 1 ← ((X7) &lt; 4 ならば L3 + (X7) へ)   SXJ, 7 F. XCGT ← ((X7) ≥ 4 ならば サブルーチンへ)       OCTAL 000000000004       OCTAL 110000000000 L3 : J    L5, , 1 →L4 : J   L6 ←       J    L7 ← L5 : J    L8 ← L6 :      ← L7 :      ← L8 :      ←         </pre>
<pre> IF (I. EQ. J) I=J   ⋮         </pre>	<p>〔C-Type〕</p> <pre> LA      I, , 1 S       J, , 1 STA     TM1 + 3, , 1 (Temporary Memory)         へ格納) LAI     0 TZ      TM1 + 3, , 1 NOT     0 STA     TM1 + 4, , 1 TZ      TM1 + 4, , 1   J      NEXT   LA     J, , 1   STA   I, , 1 NEXT :   ⋮         </pre> <p>〔D-Type および E-Type〕</p> <pre> LA      I, , 1 S       J, , 1   JNZA   NEXT   LA     J, , 1   STA   I, , 1 NEXT :   ⋮         </pre>

<p>IF (I. EQ. 0) I=J ⋮</p>	<p>[C-Type] LA I, 1 S N0, , 1 (0と比較) STA TM1+3, , 1 LAI 0 TZ TM1+3, , 1 NOT 0 STA TM1+4, , 1 TZ TM1+4, , 1 J NEXT LA J, 1 STA I, 1 NEXT : ⋮</p>
<p>IF (I. NE. J) I=J ⋮</p>	<p>[C-Type] LA I, 1 S J, 1 STA TM1+3, , 1 LAI 0 TB0N,0 TM1+3, , 1 J L1, , 1 TNZ TM1+3, , 1 NOT 0 L1 : STA TM1+4, , 1 TZ TM1+4, , 1 J NEXT LA J, 1 STA I, 1 NEXT : ⋮</p> <p>[D-Type および E-Type] LA I, 1 S J, 1 JZA NEXT LA J, 1 STA I, 1 NEXT : ⋮</p>

<p>IF (I. GT. J) I=J          .....          :</p>	<p>[C-Type]          LA I, 1          S J, 1          STA TM1+3, , 1          LAI 0          TB0N,0 TM1+3, , 1          J L1, , 1          TNZ TM1+3, , 1          L1: NOT 0          STA TM1+4, , 1          TZ TM1+4, , 1          J NEXT          LA J, 1          STA I, 1          NEXT:          :</p>
	<p>[D-Type および E-Type]          LA I, 1          S J, 1          JNA 0 NEXT          JZA NEXT          LA J, 1          STA I, 1          NEXT:          :</p>
<p>IF (I. LT. J) I=J          .....          :</p>	<p>[C-Type]          LA I, 1          S J, 1          STA TM1+3, , 1          LAI 0          TB0N,0 TM1+3, , 1          NOT 0          STA TM1+4, , 1          TZ TM1+4, , 1          J NEXT          LA J, 1          STA I, 1          NEXT:          :</p>
	<p>[D-Type および E-Type]          LA I, 1          S J, 1          JFA 0 NEXT          LA J, 1          STA I, 1          NEXT:          :</p>

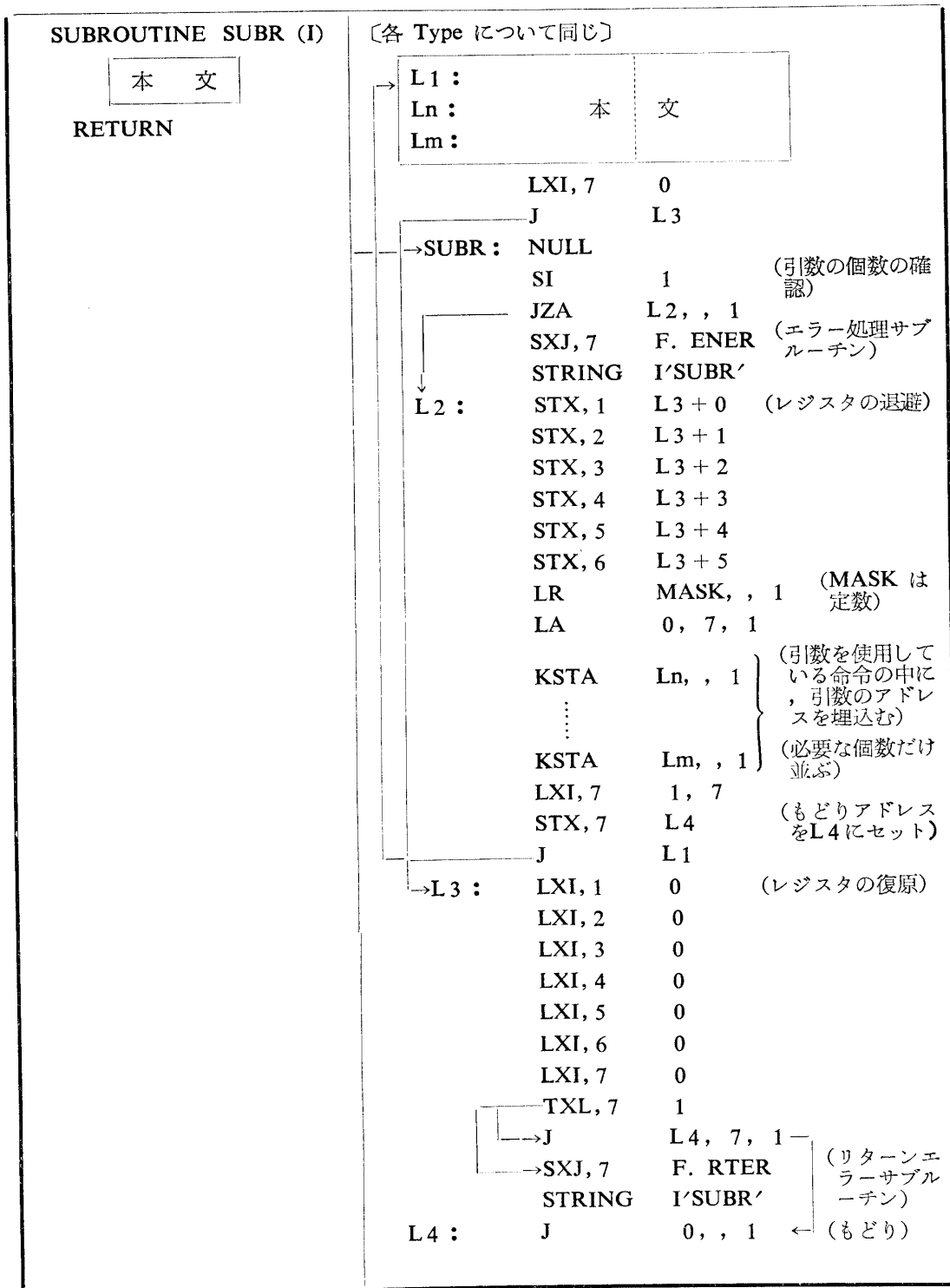
<p>IF (A. LE. B) A=B ⋮</p>	<p>[C-Type]          L A, , 1          FS B, , 1          FST TM1+3, , 1          LAI 0          TZ TM1+3, , 1          J L1, , 1          TB0N,0 TM1+3, , 1          L1: NOT 0          STA TM1+4, , 1          TZ TM1+4, , 1          J NEXT          FL B, , 1          FST A, , 1          NEXT:          ⋮</p> <hr/> <p>[D-Type および E-Type]          FL A, , 1          FS B, , 1          JZA L1          JFA0 NEXT          L1: FL B, , 1          FST A, , 1          NEXT:          ⋮</p>
<p>IF (I. LE. 0) I=2 ⋮</p>	<p>[C-Type]          LA I, , 1          S N0, , 1 (0と比較)          STA TM1+3, , 1          LAI 0          TZ TM1+3, , 1          J L1, , 1          TB0N,0 TM1+3, , 1          L1: NOT 0          STA TM1+4, , 1          TZ TM1+4, , 1          J NEXT          LA N2, , 1          STA I, , 1          NEXT:          ⋮</p> <hr/> <p>[D-Type および E-Type]          LA I, , 1          S N0, , 1 (0と比較)          JZA L1          JFA0 NEXT          L1: LA N2, , 1          STA I, , 1          NEXT:          ⋮</p>

<pre> DO 1 I=1, 10   J=I 1 CONTINUE   ...           </pre>	<p>[C-Type]</p> <pre> LXI, 7 1 STZ I, 1 J L2, , 1 L1 : LX, 7 I, 1 ←      AXI, 7 1      TXHE, 7 1 1      J NEXT ← ((X7) ≥ 11のとき) L2 : STX, 7 I, 1 ← ((X7) &lt; 11のとき)      LA I, 1      STA J, 1      J L1 NEXT :           </pre>
	<p>[D-Type および E-Type]</p> <pre> LXI, 1 1 STZ I, 1 L1 : STX, 1 I, 1 ←      LA I, 1      STA J, 1      AXI, 1 1      TXL, 1 1 1      J L1 ← ((X1) &lt; 11のとき) NEXT : ← ((X1) ≥ 11のとき)           </pre>
<pre> DIMENSION IA (10) I=IA (3)           </pre>	<p>[C-Type]</p> <pre> LXI, 7 2 (2 = 3 - 1) LA IA, 7, 1 STA I, 1           </pre> <p>[D-Type および E-Type]</p> <pre> LA IA+2, , 1 STA I, 1           </pre>
<pre> DIMENSION IA (10) I=IA (J)           </pre>	<p>[C-Type]</p> <pre> LA J, , 1 SI 1 STA TM1+2, , 1 ((TM1+2)=J-1) LX, 7 TM1+2, , 1 LA IA, 7, 1 STA I, 1           </pre> <p>[D-Type および E-Type]</p> <pre> LX, 7 J, , 1 LA IA, 7, 1 OCTAL 010342000000 ( ? ) SI 1 OCTAL 023110000000 } OCTAL 400010000001 } ( ? ) OCTAL 000000000000 } OCTAL 000000000000 } STA I, 1           </pre>

DIMENSION IB (10, 10) I=IB (4, 5)	[C-Type] LXI, 7                    43                    (43番目) LA                        IB, 7, 1 STA                        I, , 1
	[D-Type および E-Type] LA                        IB+43, , 1 STA                        I, , 1
DIMENSION IB (10, 10) I=IB (I, J)	[C-Type] LA                        I, , 1 XAR                        0 LAI                        10 MA                        J, , 1 LARA                      35                    (左へ35ビットシフト) AI                        262133 STA                        TM 1 + 2, , 1 LX, 7                      TM 1 + 2, , 1 LA                        IB, 7, 1 STA                        I, , 1
	[D-Type E-Type] LR                        I, , 1 LAI                        10 MA                        J, , 1 LARA                      35                    (左へ35ビットシフト) STA                        TM 1 + 2, , 1 LX, 7                      TM 1 + 2, , 1 LA                        000000, 7, 1 OCTAL                    010342000000 SI                        11                    (10+1を引く) OCTAL                    02311000000 OCTAL                    40001000001 OCTAL                    00000000012 (IBのアドレス) OCTAL                    00000000000 STA                        I, , 1
CALL SUBR (I)	[各 Type について同じ] OCTAL                    500010000003 LAI                        1                    (引数の個数) SXJ, 7                    SUBR NOP                        I, , 1                (引数のアドレス) OCTAL                    500010000003



<p>CALL SUBR (IA (3))</p>	<p>[C-Type]</p> <p>OCTAL 500010000003</p> <p>LAI 1 (引数の個数)</p> <p>LXI, 7 2 (要素の指定)</p> <p>AXI, 7 IA</p> <p>STX, 7 L 1, , 1</p> <p>SXJ, 7 SUBR</p> <p>L 1 : NOP 0, , 1 (引数のアドレス)</p> <p>OCTAL 500010000003</p> <hr/> <p>[D-Type および E-Type]</p> <p>OCTAL 500010000003</p> <p>LAI 1 (引数の個数)</p> <p>SXJ, 7 SUBR</p> <p>NOP IA + 2, , 1 (引数のアドレス)</p> <p>OCTAL 500010000003</p>
<p>CALL SUBR (IA (I))</p>	<p>[C-Type]</p> <p>LA I, , 1</p> <p>SI 1</p> <p>STA TM 1 + 2, , 1</p> <p>QCTAL 500010000003</p> <p>LAI 1 (引数の個数)</p> <p>LX, 7 TM 1 + 2, , 1</p> <p>AXI, 7 IA</p> <p>STX, 7 L 1, , 1</p> <p>SXJ, 7 SUBR</p> <p>L 1 : NOP 0, , 1 (引数のアドレス)</p> <p>OCTAL 500010000003</p> <hr/> <p>[D-Type および E-Type]</p> <p>OCTAL 500010000003</p> <p>LAI 1 (引数の個数)</p> <p>LX, 7 I, , 1</p> <p>AXI, 7 IA</p> <p>OCTAL 010342000000</p> <p>SI 1</p> <p>OCTAL 023110000000</p> <p>OCTAL 000000000000</p> <p>OCTAL 000000000000</p> <p>STX, 7 L 1</p> <p>SXJ, 7 SUBR</p> <p>L 1 : NOP 0, , 1 (引数のアドレス)</p>



3. あとがき

表1の中には、筆者のよく理解できていない箇所もあり、また解釈誤りもあるかも知れないので読者の方々からの御教示、御指摘をお願いする次第である。

できるだけ役に立ちそうなスケートメントを例として選んでみた積りであるが、まだ他に興味のある例があるかも知れない。

参考までに、掲げた例から気の付く点をまとめておく。

- (1) C-Type は最適化しないもの、D-および E-Type は最適化するものであるが、いずれをとっても、もっとムダを少なくできないものかと感じる。
- (2) D-および E-Type は次のような点で、最適化

を行なっている。

- (a) 論理 IF 文.
  - (b) DO 文のくり返しの方法.
  - (c) 配列要素を定数で指定した場合.
  - (d) その他本稿の例には出てきていないが、ついでに挙げておくと、D-Type では DO ループに関係のない式を DO ループの外に出すとのことである<sup>2)</sup>.
- (3) D-Type と E-Type との相違は、表 1 からは見出せない。
- (4) サブルーチンにするとメモリも使い、実行速度もおおくなるので、むやみにサブルーチンを利用することは得策でない。

なお、文献<sup>2)</sup>には、上記 2 の(a)が挙げられていないので、ここで注意しておきたい (E-Type の最適化は、配列要素のアドレス計算の部分のみと説明され

ている)。もっとも、同じ 230-60 FORTRAN でも、Version により、また Level により、オブジェクトの形が異なるということはあるわけである。

他の大型センターの異なる機種についても、このようなオブジェクト・リストを調べ、比較してみれば面白いことが発見できるかも知れない。

最後に、九州大学および名古屋大学の各大型計算機センターを利用させて頂いたことを付記し、関係者の方々に感謝の意を表する。

#### 参 考 文 献

- 2) FACOM 230-60 FASP 解説編：富士通，EX-081-2-3
- 2) FACOM 230-60 FORTRAN の利用に際して：京都大学大型計算機センター，K-UG-005-1，(1971) 1月，p.63

(昭和49年3月13日受理)