Vol. 36 No. 4　　情　報　処　理　　Apr. 1995

解　説

プログラミング言語最新情報-II

4. 新しいFortran—Fortran 90—

和　田　英　穂††

1. はじめに

Fortranは，科学技術計算上の数値的・論理的アルゴリズムの表現に優れていること，またパソコンからスーパコンピュータまでの様々なコンピュータの上に効率の良いコンパイラが利用可能であることから科学技術計算アプリケーションを書くための主要プログラミング言語として利用されている．COBOLと並び，現在最も広く利用されているプログラミング言語の一つであり，Fortranで書かれたプログラム資産は膨大である．

Fortranは，30年以上の長い歴史を持っており，その間のハードウェア・アーキテクチャやソフトウェア工学の進歩に合わせて進化してきた．また最初に規格が作られた言語でもある．それは通称FORTRAN 66と呼ばれており，1966年に米国でASA規格が制定され，1967年にJIS規格が制定され，1972年にISO推薦規格となった．現在使われているFortranは，通称FORTRAN 77と呼ばれるもので，FORTRAN 66からFORTRAN 77へ，1978年にANSI規格が改正され，1980年にISO規格となり，1982年にJIS規格が改正された．

1991年にFortranのISO規格が11年ぶりに改正された．それに合わせてJIS規格も1994年1月に改正された．新Fortranは，通称Fortran 90と呼ばれる．米国では従来の規格（FORTRAN 77）の改正ではなく別のANSI規格（Fortran 90規格）として制定された．

新しいFortran規格に合致したコンパイラもいろいろなベンダから提供され始めている．本稿では，新Fortranの特徴を中心に，Fortranの歴史，Fortranの今後について紹介する．

† Introduction of New Fortran-Fortran 90 by Hideo WADA (Research and Planning Division, Fujitsu Ltd.).

†† 富士通(株)企画本部企画部

Fortranは，従来すべて大文字でFORTRANと書いたが，最新のISO規格からFortranと書くようになった．本稿ではFORTRAN 77を参照する場合など一部を除いて以前の規格に関する記述においてもFortranで統一してある．

2. Fortranの歴史

2.1 最初のFortran

初期のコンピュータのプログラミングは，機械語やアセンブラ言語で記述する方式で，ハードウェアの詳細を理解している必要があり，プログラムの開発やデバッグが難しくまた時間のかかるものであった．

1954年にIBMのJohn Backusの下で自動プログラミングシステムを開発するプロジェクトが始まり，数学の記法で書かれたプログラムをIBM 704コンピュータの機械命令に変換することが試みられた．このプロジェクトによって最初のFortranコンパイラが作り出された．Fortranという名称は，Formula Translationを縮めたものである．このコンパイラは，大成功であった．コンパイラによって生成されたコードの効率は，その開発者をも驚かすほどであった．これによりプログラマが計算をより自然な方法で表現でき，プログラムの生産性や保守性が非常に高くなった．

2.2 Fortranの標準化

（1） 最初のFortran規格（FORTRAN 66）

1960年代の始めまでに多くのコンピュータ・ベンダがFortranコンパイラを作った．それらはすべて，各ベンダのコンピュータを顧客に売り込むために，他のベンダのコンパイラにはない特別の機能を持っていた．Fortranの方言の乱立は，あるコンピュータのために書かれたプログラムを異なるコンピュータシステムへ移すことを阻んだ．

ASA (American Standards Association, 後に American Natinal Standards Institute: ANSI) は，情報処理の種々の分野での標準化のプロジェクトを開始し，その一環でFortranの規格を作る委員会が作られた．

当時，普及していたFortran言語は2種類に大別され，IBM社での呼称でいうならば，一つはFORTRAN II類似のもの，他はFORTRAN IV類似のものであった．そこでFortran委員会ではそれぞれの文法体系を統一し，Basic FortranおよびFortranと呼ぶこととし，1966年にASA規格として制定した．これがFORTRAN 66と呼ばれている．

ISO (International Organization for Standardization) での標準化は，ASAから提案された上記のBasic FortranとFortran，およびECMA (欧州電子計算機工業会) から提案された中間規模のIntermediate Fortranを三つの水準として標準化することにして1965年に推薦規格案として承認し，その後，1972年には推薦規格とした．

JISは，1965年にFortranがISO推薦規格案となったのを機に日本電子工業振興協会のALGOL/Fortran分科会の中にFortran作業グループが設けられ日本工業規格原案作成に着手し，1967年5月にJIS規格として制定された．その後，1972年と1976年に，整合性や日本語の表現の改善などのための改正が行われた．

(2) 第一回目のFortran規格改正 (FORTRAN 77)

Fortran言語は，1966年以降も，プログラミング，言語設計，およびコンピュータ設計の各分野の技術の進歩に沿って，発展し続けた．

ASA Fortranの改正作業は，1970年以来，ANSIの委員会で始められ，新しいFortranの原案作成が行われ，1977年に原案を通称FORTRAN 77という名前で発表し，1978年に制定された．ISO規格は，1980年に改正された．

JISは，1979年に工業技術院から情報処理学会に改正原案作成の委託があり，Fortran改正原案作成委員会が組織されて原案を作成し，1982年に改正を行った．

FORTRAN 77は，full language (上位水準) およびsubset language (基本水準の二つの水準から成っていた．この版で導入された最も重要な機能は，文字データ型，IF-THEN-ELSE構造，および直接探査ファイルやOPEN文といった多くの新しい入出力機能であった．文字データ型を除いて，これらの機能は多くのコンパイラやプリプロセッサによってすでに実現されていたものであった．文字データ型の方がはるかに優れた機能であるので，この版でホレリスデータは廃止された．

(3) 第二回目のFortran規格改正 (Fortran 90)

Fortran 90の目標は以下のとおりである．

・FORTRAN 77との上位互換性保持

FORTRAN 77言語規格を完全に包含し，上位互換を保持する．

・Fortran言語の近代化

科学および工学分野に適したプログラミング言語として，今後も十分な発展ができるようにFortran言語を近代化する．

FORTRAN 77の技術的開発が終了するとすぐにANSIおよびISOのFortran委員会は，次の改正作業を開始した．新しい規格は，始めFortran 8Xと呼ばれ1980年代半ばの完成をめざしたが，結局10年以上の期間がかかり，Fortran 90と呼ばれるようになった．日本は，ISO Fortran委員会 (SC 22/WG 5) のメンバであり，ANSI Fortran委員会 (X 3 J 3) にもオブザーバとして参加した．

FORTRAN 77は，多くのFortranコンパイラがFORTRAN 66規格に加えて提供していた拡張仕様に基づき，それらの仕様を標準化したものであった．

それに対し，Fortran 90の改正では，1990年代の科学および技術の問題を解決するために使用するプログラミング言語に必要な全体的な要件を満たすために，実在する種々のFortranコンパイラの調査に加え，他のプログラミング言語の機能も注意深く調査し，そのような言語におけるユーザの評価についても調査した．

Fortranの従来からの特長である効率の良さを損なうことなく，Fortran言語の近代化のために，Pascal, Adaなど他の言語の設計で開発された言語機能を採り入れることが試みられた．したがってこの改正は，新言語の設計であり，改正作業は目標の時期から大幅に遅れた．公式の

ISO規格になったのは1991年であり，ANSI規格の制定は，ISO規格から1年以上遅れて1992年9月に完了した．ANSIでは，Fortran 90の目的が従来の規格(FORTRAN 77)と異なるという理由で改正ではなく新しい規格として制定された．

JISの改正は，1991年に工業技術院から情報処理学会に改正原案作成の委託があり，ただちにFortran改正原案作成委員会が組織され，1991年6月から原案作成作業が開始された．大部な規格を正確にかつ予定どおり作るために，日本語ワードプロセッサ，データベースおよび電子メールを活用し，最終的に（規格原案で初めて）日本語清書システムを用いて印刷した．また委員を下訳作成グループと編集専門グループに分けることで作業の効率化と高品質な出来上がりを狙った．1993年3月に改正原案を完成し，JIS規格の改正は1994年1月に行われた．

（4） Fortran 90規格への日本の寄与

日本では，近年の半導体技術とプリンタ技術の進歩により普及し始めた日本語処理が，1978年の旧JIS-C 6226情報交換用漢字符号系の制定により本格的に利用されるようになった．FORTRAN 77でも各ベンダが拡張機能としてサポートしている．また規格化も試みられJEIDA規格として日本語FORTRAN (JEIDA-42-1985)が制定され，またJISの原案作成も行われた．このような状況から，日本のFortran小委員会(SC 22/Fortran WG) はISO規格に各国語処理機能を入れることが，アルファベット以外の文字の国々にとって必須であると考え1986年よりANSIとISOのFortran委員会に提案を行ってきた．

この機能は日本国内では当たり前になっているが，提案当初は，まだいずれの言語規格にも採用されていなかった．米国の委員会に必要性を理解させ，規格案に組み入れてもらうのは中々大変であったが，努力の結果Fortran 90に採用された．Fortranでの検討を契機にISOで扱う他のすべてのプログラミング言語に英語以外の文字を扱う機能を持たせるべきであるという議論がなされ，他の言語でも検討されている．

3. 新Fortranの特徴

新しいFortranの規格は，FORTRAN 77と異なり水準は一つだけである．極一部の事項を除き，新しいFortranの規格はFORTRAN 77の規格の上位互換となっている．

FORTRAN 77に対して新規に追加された主要な機能は，以下のとおりである．

- 配列演算
- 数値計算機能の改善
- 文字型のパラメタ化
- 構造型
- モジュール
- ポインタ
- 言語の進化の概念

上記以外にも，プログラム形式の改善，制御構造の追加，再帰呼出し，入出力機能の拡張，配列の動的割付けなど多くの追加機能がある．

3.1 配列演算

大型の配列を含む計算は，科学技術計算の中で主要なものであり，スーパコンピュータの普及によりますます重要になっている．Fortranにおいて全体配列および部分配列を処理する演算が用意される主な理由は次の2点である．

（1） プログラマが科学技術計算アプリケーションをより早く，より高い信頼性を持って開発し保守できるようになる．

（2） 多くの電子計算機アーキテクチャに対して配列演算の最適化を大幅に促進する．

FORTRAN 77の算術演算，論理演算，文字演算および組込み関数は，配列値の演算対象に対しても演算するように拡張された．配列機能の拡張には，全体配列代入，部分配列代入，配列選別代入，配列値定数，配列値式および利用者が用意する配列値関数を定義する機能がある．配列を構成し操作する組込み手続，収集・分散操作を行う組込み手続，および配列を含む拡張された計算機能を補助する組込み手続などの新しい組込み手続が提供された．例えば，配列要素を合計する組込み関数が提供された．

```
REAL, DIMENSION(100)::A, B, C, D
    !実数型配列宣言
    !型と属性は“,”で区切る．
```

```
D=A+B * 2.0+SIN(C)
    !配列要素ごとの演算と代入
PRINT *, D
```

3.2 数値計算機能の改善

科学技術アプリケーションにおいても非数値計算が急激に増加しているが，数値演算がやはり主である．したがって，数値演算アプリケーションのポータビリティを高める仕様，数値表現の属性に関する問合せ機能が追加された．

```
REAL(KIND=SELECTED__REAL &
      __KIND(6,70))::A
    !10進精度が6桁以上で10進指数範囲が
    !70以上の実数型変数Aの宣言

REAL(KIND=8)::B
    !KINDが8の実数型変数Bの宣言
    !8が持つ意味（精度）は処理系定義
```

3.3 文字型のパラメタ化

文字型に種別パラメタが追加され，中国語や日本語など大きな文字集合を持つ言語のための多バイト文字データを扱う機能が利用できるようになった．この機能は，数学，化学または音楽のための記号といった特別な用途の文字集合を追加するためにも利用できる．

```
CHARACTER(KIND=2 LEN=6)::A
    !長さが6の第2種の文字型宣言
A=2__'情報処理学会'
    !第2種の文字型定数の代入
    !（第2種が日本語の場合）
```

3.4 構　造　型

Fortran 90では，構造型により任意の構造体データおよびその演算をプログラマが定義することができる．構造体データは，利用者が定義する，組込み型および構造型の集合体である．構造体データへ代入したり，構造体データの入出力を行ったり，あるいは手続の引数として構造体データを受渡したりできる．利用者によって定義される追加の演算定義を用いることにより，構造型はデータ抽象化の効果的な実用手段を提供する．

```
TYPE PERSON          !構造型PERSONの
                     !定義
  INTEGER AGE
  CHARACTER(LEN=50) NAME
END TYPE PERSON
!RERSONは
!AGE(整数型),
!NAME（文字型）の
!二つの要素で
!構成される
TYPE(PERSON)::A !構造型 PERSON
                !の変数Aの宣言
A%AGE=18        !構造型変数の代入
A%NAME='JEANNESMITH'
```

3.5 モジュール

FORTRAN 77では大域的データ域をただ一カ所で定義し，アプリケーションの中のすべてのプログラム単位がその定義を利用することができなかった．ENTRY文は，共通なデータに対する，相互に関連した手続の集合を実現するには不便で制限が強かった．また，FORTRAN 77には手続の定義に関する情報をあるプログラム単位が知る手段がなかった．

Fortran 90のモジュールは，データ実体の宣言，構造型の定義，手続の定義および手続引用仕様を持つ新しいプログラム単位であり，上記の欠点を改善する．モジュールは，初期値設定プログラム単位の代替物であり，一般化したものであると考えることができる．モジュールは，いかなるプログラム単位からも参照でき，それによりモジュールの内容がそのプログラム単位で利用可能になる．こうしてモジュールは，大域的データ域，手続パッケージおよびカプセル化されたデータ抽象化を定義するための機能を提供し，オブジェクト指向プログラミングへとつながるものである．

以下の例では，

- ―モジュールCOMPLEXにおいて，実部(R)と虚部(I)からなる構造型CODE，CODE型の共用変数COM，ならびにCODE型の変数に対する演算＋を定義している．
- ―主プログラムMAINでは，モジュールを利用することを宣言し，IIとJJというCODE型の変数に対して，モジュールCOMPLEXで定義した＋演算を行っている．

```
MODULE COMPLEX          !共用モジュール
                        !COMPLEX の
                        !定義
 TYPE CODE              !共用する構造型
                        !CODE の定義
   REAL::R, I
 END TYPE CODE
 TYPE(CODE)::COM
                        !CODE 型の共
                        !用変数の定義
 CONTAINS               !利用者演算の定
                        !義（関数副プロ
                        !グラム）
 FUNCTION FUN(X, Y) OPERATOR(+)
  TYPE(CODE)::X, Y, FUN
  FUN%R  =X%R + Y%R
  FUN%I  =X%I + Y%I
 END FUNCTION FUN
END MODULE COMPLEX

PROGRAM MAIN
 USE COMPLEX            !共用モジュール
                        !COMPLEX 利
                        !用の宣言
 TYPE(CODE)::II, JJ
 READ(5, *) II,JJ       !構造型のデータ
                        !の入力
      COM=II+JJ         !COM は共用変
                        !数
                        !II+JJ は利用
                        !者定義の演算
END PROGRAM MAIN
```

3.6 ポインタ

ポインタを用いることで，配列の容量および範囲を動的に決めたり，構造体がリスト，ツリーおよびグラフを構成するように結合することができる．組込み型または構造型のデータがポインタ属性を持つよう宣言できる．ポインタデータは，非ポインタデータとほぼ同様に演算や代入の対象として使うことができる．

以下の例は，ポインタを用いて動的配列を実現している．

```
& REAL, DIMENSION(:,:), POINTER::
A,& B, C
    !実数型 2 次元配列を指すポインタの
    !宣言
READ(*, *) M, N
ALLOCATE (A(M, N), B(M, N))
    !配列の動的割当てとポインタ A, B の
    !設定

!ポインタ A と B の交換（配列の交換と同
!じ効果）
  C =>A  !ポインタ C がポインタ A の
         !指す配列を指すように設定
  A =>B
  B =>C
```

3.7 言語の進化の概念

新しい機能の追加により，従来からある機能が冗長になり，使用頻度が下がるにつれて言語から消えるかもしれない．たとえば，上述の数値機能は倍精度実数型の機能をもっている．新しい配列機能により配列要素を仮配列と結合させる引数結合は必要なくなる．初期値設定プログラム単位は冗長でありモジュールに劣る．

言語の進化のために，使用されない言語機能を将来の規格から除去できるための言語機能の区分（廃止事項および廃止予定事項）が用意された．

Fortran 90 の廃止予定事項は以下のとおりである．Fortran 90 の廃止事項は，空である．

算術 IF 文
実数型および倍精度実数型の DO 変数および DO ループ制御式
DO 端末文の共用
DO 端末文が CONTINUE 文や END DO 文でない
IF ブロックの外側から ENDIF 文への飛越し
選択戻り
PAUSE 文
ASSIGN 文，割当て形 GOTO 文
文番号割当てによる FORMAT 文の指定
cH 形編集記述子

3.8 その他の新しい機能

自由形式
英小文字が使える
複文（1行中に“;”で区切って複数の文が書ける）
INCLUDE（別のファイルからのソースプログラムの取り込み）
IMPLICIT NONE（データの型のデフォルトを無効にする宣言）
CASE 構文（選択的分岐）
新しい DO 構造（END DO, DO WHILE 等）
NAMELIST（変数群入出力文のための英字名の宣言）
内部手続
手続の再帰呼出し（RECURSIVE キーワード）
引用仕様宣言（手続のインタフェースの宣言）

4. Fortran の今後

Fortran 90 の規格検討と並行して，1989 年夏から ISO の委員会の中で Varying character string module の案を検討した．これは Fortran 90 の主要機能の一つであるモジュール機能を使って可変長の文字データを実現する試みで，ISO Fortran マルチパート規格のパート 2 として去年末に規格化された．

Fortran の規格を検討する ISO SC 22/WG 5 および ANSI X 3 J 3 では，今後大体 5 年ごとに改正版を出すことを目標にしている．すでに 1996 年と 2000 年の改正が計画されている．1996 年あるいは 2000 年の改正に含める機能については，現在検討中であるが，Fortran 90 の修正，Fortran 90 での採用が見合わせられた機能，新たに候補に挙がった機能，Fortran 90 の廃止予定事項の一部を廃止事項とすること，新たに廃止予定事項に入れる機能などが検討されている．

たとえば HPFF（High Perfomrance Fortran Forum）が検討している並列処理機能，ポインタや構造型の初期値，構造型に割付け配列の成分を許すこと，変数群入力および並び入力の中の注釈，CPU 時間を値とする組込み関数，構造型のパラメタ化，宣言文中に利用者定義関数を許すこと，例外処理機能，オブジェクト指向プログラミング機能などを追加することが検討されている．

5. おわりに

新しい Fortran 規格（Fortran 90）の特徴を中心にして，Fortran の歴史，Fortran の今後について書いた．Fortran 90 の概要が理解してもらえたと思う．また，プログラミング言語がコンピュータ技術やコンピュータサイエンスの進展と共にいかに発展するか，規格の役割や重要性，規格を作る人々の努力についても多少理解してもらえたと思う．

FORTRAN 77 規格は，主にその時点で多くのコンパイラが FORTRAN 66 から拡張していた機能を標準化したものであったこと，FORTRAN 77 規格に準拠したコンパイラが早期に利用可能になったこと，FORTRAN 77 のコンパイラの効率やオブジェクトコードの性能が良かったことから，ユーザに比較的早期に受け入れられた．

Fortran 90 は，その規格ができて間もないので今後どれくらいの早さでユーザに普及するかまだ予想がたたない．Fortran 90 をサポートしたコンパイラがいつ利用できるようになるかにかかっている．

Fortran 90 は，FORTRAN 77 から大幅に機能が増えている．Fortran の良さであるシンプルさがなくなり，重たい言語になってしまったのではないかと懸念の声もある．Fortran 90 コンパイラやオブジェクトコードの効率・性能が FORTRAN 77 のコンパイラのそれと較べて劣っていればユーザは利用しないであろう．

この点については，X 3 J 3 や WG 5 の検討の過程で議論され，機能の必要性と他の言語でのインプリメント経験から判断して，Fortran の良さを損なわないものを採用している．コンパイラ作成の観点から見ると，新しい機能の中では，モジュール，配列構成子，動的な領域の管理などが特に工夫のいるものである．上記の判断が正しかったか否かは，ベンダのコンパイラ技術力にかかっている．

Fortran 90 に準拠したコンパイラや FORTRAN 77 のコンパイラに Fortran 90 の一部の機能を追加したコンパイラが徐々に提供され始めている．Fortran 90 のプログラムを FORTRAN

77やC言語のプログラムに変換するものもある．また，提供予定を発表したベンダも増えてきている．1994年1月のJIS規格の改正によってFortran 90の利用に勢いが付くであろう．

日本の提案を契機としてFortran 90に各国語操作機能が採用されることになったのは，提案国としては非常に喜ばしい．成功の理由を考えて見ると，以下の要因があったと思う．

・実績に裏付けられた具体的かつ詳細な提案を行ったこと．

・X3J3とWG5に継続的に参加し，提案の説明・議論を粘り強く行ったこと．

・すべてのプログラミング言語に各国語操作機能をいれるようにISO SC 22（WG 5の親委員会）のレベルでも日本が働き掛けたこと．

次期Fortran規格（Fortran 96およびFortran 2000）の検討がすでに開始されているが，Fortran 90の経験を活かして次期Fortran規格に対しても日本として積極的な貢献を行いたいと考えている．

参考文献

・ISO/IEC 1539：1991：Information Technology—Programming Languages—Fortran, p. 369, ISO, Geneva (1991).

・プログラム言語Fortran JIS X 3001-1994, p. 358, 日本規格協会，東京（1994）．

・Metcalf, M. and Reid, J.: Fortran 90 Explained, p. 294, Oxford University Press, Oxford (1990).
（西村 恕彦，和田 英穂，西村 和夫，高田 正之訳：bit別冊 詳解Fortran 90，p. 337，共立出版，東京（1993））．

・Adams, J. C. Brainerd, W. S., Martin, J. T., Smith, B. T. and Wagener, J. L.: Fortran 90 Handbook, p. 740, McGraw-Hill, New York (1992).

・Kerrigan, J. F.: Migrating to Fortran 90, p. 361, O'Reilly & Associates, Inc., Sebastopol (1993).

・西村 恕彦，酒井 俊夫，高田 正之：岩波FORTRAN辞典，p. 597，岩波書店，東京（1986）．

（平成6年2月25日受付）

和田 英穂（正会員）

1948年生．1971年東京大学工学部計数工学科卒業．同年富士通(株)入社．以来主に大型コンピュータ，スーパコンピュータ向け言語処理系の研究開発に従事．現在同社企画本部企画部担当部長．1982年～1987年富士通アメリカおよびAmdahlに出向．1979年～1981年JIS FORTRAN改正原案作成委員会委員．1988年より情報処理学会規格調査会Fortran WG小委員会主査．1991年～1993年JIS FORTRAN改正原案作成委員会委員長．技術士．