ソフトウエア工学 34－7
（1984. 2. 9）

手続き間解析を含むプログラミング支援環境の構築

高木　利久，河村　豊実，牛島　和夫
（九州大学　工学部）

1．はじめに

Ｆｏｒｔｒａｎはプログラミング言語としてさまざまな欠陥を指摘されながらも，科学技術計算の分野では非常によく使われている．特に，科学技術計算を中心とする大学の大型計算機センターのプログラムの９５%以上はＦｏｒｔｒａｎによって書かれている［1］．これは，ほとんどの研究室にはＦｏｒｔｒａｎプログラムの蓄積があり，それを利用して新しいプログラムの開発が行われることが多いこと，メーカや計算機センターが作成した数学ルーチン，図形処理ルーチン，統計パッケージが他の言語に比べて充実していること，プログラミングのための各種のツールが用意されていること，性能のよいコンパイラが備わっていること，そのうえ，計算センター自体Ｆｏｒｔｒａｎプログラミングのサービスが最もよいことなどの理由によるものである．このような多くのＦｏｒｔｒａｎ利用者のプログラミングを助けるためにわれわれの研究室も動的解析システムＦＯＲＤＡＰ［2］，テスト／デバッグ支援システムＦＯＲＰＲＥＸ［2］，手続き間情報解析ツールＡＵＤＩＥ［3，4］などのＦｏｒｔｒａｎプログラミングを支援するツールの開発を行い，九州大学大型計算機センターで一般の利用に供してきた．その中のＡＵＤＩＥはＦｏｒｔｒａｎプログラムの手続き間情報を解析し，それを表やグラフの形で表示するツールであり，コンパイラでは発見できない，手続き間での誤り（引数の型や個数，並びの不一致）の検出や共通変数による情報の授受の確認に利用されてきた．しかし，ＡＵＤＩＥには解析時に原則的に全てのソーステキストを必要とするなどの問題点もあった．

そこで今回，ＡＵＤＩＥの機能を強化し上記問題点の解消を図るとともに，ＡＵＤＩＥを中心に据え，既存のいくつかのツールを統合したプログラミング環境を構築することを試みた（統合ＡＵＤＩＥと呼ぶ）．

本稿ではまず２．で既存のＡＵＤＩＥの概要について述べ，３．ではライブラリ機能と呼ぶＡＵＤＩＥの拡張機能について説明する．次いで４．でＡＵＤＩＥを中心としたプログラミングの支援環境の機能・構成について述べ，５．では統合ＡＵＤＩＥの使用及び評価について議論する．

2．既存のＡＵＤＩＥの概要

Ｆｏｒｔｒａｎコンパイラは処理の対象をプログラム単位に限っているのでコンパイラが作成する名前表を参照すればその手続きが呼び出している手続きを知ることができるが，その手続きを呼び出している手続きを知ることはその手続き内を見ていただけではわからない．大域的変数を用いて手続き間の情報授受を行っていてもそれを知ることはできない．そのためコンパイラだけでは手続き間の関係や手続きと大域的データとの関係における誤りをほとんど検出することができない．ＡＵＤＩＥは手続き内や手続き間の情報を整理して表の形で出力するツールであり，上記の誤りを見つけたり，プログラムの理解を深める働きをする．手続き間解析を行うツールとしてはＰＦＯＲＴ［5］やＤＡＶＥ［6］などがあるが，それらは出力が大量になりがちで，そのため重要な情報を見失いがちになる．そこで静的解析結果を見やすい形に整理し，動的解析結果も合わせて出力しようというのがＡＵＤＩＥ開発の動機であった．

2．1．出力例

あるプログラムのソーステキストをＡＵＤＩＥにかけて静的解析して得られた情報を表１，２，３に示す．

表１．静的呼び出し回数表

(S) STATIC INVOCATION COUNTS TABLE

INVOKEE	ADTRNS	BAIRID *	CLOCKM *	DABS *	DATAN *	DATRNS	DBLE *	DCOS *	DFLOAT *	DSIN *	DTAN *	FLOAT *	FOMEGA	GRAPH	HOKAN	JACOBD *	KON	MOD *	ORESEN	SIMPL	STEP *	SWEEPD *	TOKU	VALUE	MAINPROG
ADTRNS	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
BAIRID *	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
CLOCKM *	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
DABS *	.	.	.	6	7	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
DATAN *	1	.	1	.	1	.	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
DATRNS	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
DBLE *	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
DCOS *	.	1	.	.	.	.	.	.	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
DFLOAT *	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
DSIN *	.	.	.	.	.	.	.	.	8	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
DTAN *	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
FLOAT *	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
FOMEGA	.	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
GRAPH	.	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
HOKAN	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
JACOBD *	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.
KON	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
MOD *	.	.	1	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ORESEN	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.
SIMPL	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
STEP *	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
SWEEPD *	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
TOKU	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
VALUE	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
MAINPROG	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

表2．手続き内データ使用状況表

```
(W) WITHIN-PROCEDURE DATA USAGE TABLE

          R          A  D  F  G  H  K  O  S  T  V  M
           O         D  A  O  R  O  O  R  I  O  A  A
            U        T  T  M  A  K  N  E  M  K  L  I
             T       R  R  E  P  A     S  P  U  U  N
              I      N  N  G  H  N     E  L     E  P
               N     S  S  A           N           R
                E                                  O
------------------------------------------------------
  PARAMETER
------------------------------------------------------
      1         |  D  D  D  I           I  I  I
      2         |  D  D  I  DA          DA I
      3         |  D  D  D              DA I
      4         |  D  D  D                 I
      5         |  D  D  D                 D
      6         |  D  D  D
      7         |  D  D  D
      8         |        DA
------------------------------------------------------
      1         |  RE E  R  R           R  RE R
      2         |  R  R  R RME          R  R
      3         |  R  R  R              M  R
      4         |  R  RERM                 RE
      5         |  M  M RM                RME
      6         |  M  M RM
      7         |  M  M  M
      8         |        M
------------------------------------------------------
COMMON VAR   TYPE
------------------------------------------------------
BL1   M       I |  .  .  R  .  R  R  .  .  RE RE ME
      N       I |  .  .  X  .  RE X  .  .  R  R RM
------------------------------------------------------
BL2   OMEGA  DA |  .  .  .  . RME .  .  .  R RM  .
      THETA  DA |  .  .  .  . RME .  .  .  RERM  .
      TAU    DA |  .  .  .  . RME .  .  .  R RM  .
------------------------------------------------------
BL3   SAGY01 DA |  .  .  .  .  R  .  .  . RMERME .
------------------------------------------------------
BL4   SAGY02 DA |  .  .  .  .  X  .  .  .  .  E  .
------------------------------------------------------
BL5   POMEGA DA |  .  .  .  .  ME .  R  .  .  .  .
      PTAU   DA |  .  .  .  . RME .  R  .  .  .  .
------------------------------------------------------
BL6   A      DA |  .  .  R  .  X  R  .  . RM  .  .
------------------------------------------------------
BL7   NOLESN I  |  .  .  .  .  RE .  R  .  .  . RM
------------------------------------------------------
BL8   P      D  |  .  .  .  .  R  .  .  .  .  . RM
      VDEL   D  |  .  .  .  .  R  .  .  .  .  .  M
      NSAMPL I  |  .  .  .  .  RE .  .  .  .  .  M
      NALPHA I  |  .  .  .  .  RE .  .  .  .  .  M
      NGG    I  |  .  .  .  .  R  .  .  .  .  .  M
------------------------------------------------------
BL9   DOMEGA DA |  .  .  .  .  RE .  .  .  .  . RM
      DTHETA DA |  .  .  .  .  RE .  .  .  .  . RM
      DTAU   DA |  .  .  .  .  RE .  .  .  .  . RM
      BOMEGA DA |  .  .  .  .  ME .  .  .  .  .  M
      BTAU   DA |  .  .  .  .  RE .  .  .  .  .  M
------------------------------------------------------
SMP1  AS     DA |  .  .  .  . RM  .  .  M  .  .  .
      C      DA |  .  .  .  .  M  .  .  M  .  .  .
      S      DA |  .  .  .  .  M  .  . RM  .  .  .
------------------------------------------------------
SMP2  X      DA |  .  .  .  .  X  .  .  M  .  .  .
      Y      DA |  .  .  .  . RME .  .  M  .  .  .
------------------------------------------------------
SMP3  D      DA |  .  .  .  .  X  .  . RME .  .  .
      E      IA |  .  .  .  .  X  .  . RM  .  .  .
      F      DA |  .  .  .  .  X  .  .  M  .  .  .
------------------------------------------------------
```

表3．手続き間データ使用状況表

```
(B) BETWEEN-PROCEDURE DATA USAGE TABLE

          R          A  D  F  G  H  K  O  S  T  V  M
           O         D  A  O  R  O  O  R  I  O  A  A
            U        T  T  M  A  K  N  E  M  K  L  I
             T       R  R  E  P  A     S  P  U  U  N
              I      N  N  G  H  N     E  L     E  P
               N     S  S  A           N           R
                E                                  O
------------------------------------------------------
  PARAMETER
------------------------------------------------------
      1         |  D  D  D  I           I  I  I
      2         |  D  D  I  DA          DA I
      3         |  D  D  D              DA I
      4         |  D  D  D                 I
      5         |  D  D  D                 D
      6         |  D  D  D
      7         |  D  D  D
      8         |        DA
------------------------------------------------------
      1         |  R  R  R  R           R  R  R
      2         |  R  R  R RM           R  R
      3         |  R  R  R              M  R
      4         |  R  R RM                 R
      5         |  M  M RM                RM
      6         |  M  M RM
      7         |  M  M  M
      8         |        M
------------------------------------------------------
COMMON VAR   TYPE
------------------------------------------------------
BL1   M       I |  .  .  R  .  R  R  .  .  R  R RM
      N       I |  .  .  X  .  R  X  .  .  R  R RM
------------------------------------------------------
BL2   OMEGA  DA |  .  .  .  . RM  .  .  .  R RM  .
      THETA  DA |  .  .  .  . RM  .  .  .  R RM  .
      TAU    DA |  .  .  .  . RM  .  .  .  R RM  .
------------------------------------------------------
BL3   SAGY01 DA |  .  .  .  . RM  .  .  . RM RM  .
------------------------------------------------------
BL4   SAGY02 DA |  .  .  .  .  R  .  .  .  .  R  .
------------------------------------------------------
BL5   POMEGA DA |  .  .  .  . RM  .  R  .  R  .  .
      PTAU   DA |  .  .  .  . RM  .  R  .  R  .  .
------------------------------------------------------
BL6   A      DA |  .  .  R  . RM  R  .  . RM  .  .
------------------------------------------------------
BL7   NOLESN I  |  .  .  .  .  R  .  R  .  R  . RM
------------------------------------------------------
BL8   P      D  |  .  .  .  .  R  .  .  .  .  . RM
      VDEL   D  |  .  .  .  .  R  .  .  .  .  . RM
      NSAMPL I  |  .  .  .  .  R  .  .  .  .  . RM
      NALPHA I  |  .  .  .  .  R  .  .  .  .  . RM
      NGG    I  |  .  .  .  .  R  .  .  .  .  . RM
------------------------------------------------------
BL9   DOMEGA DA |  .  .  .  . RM  .  .  .  .  . RM
      DTHETA DA |  .  .  .  . RM  .  .  .  .  . RM
      DTAU   DA |  .  .  .  . RM  .  .  .  .  . RM
      BOMEGA DA |  .  .  .  . RM  .  .  .  .  . RM
      BTAU   DA |  .  .  .  . RM  .  .  .  .  . RM
------------------------------------------------------
SMP1  AS     DA |  .  .  .  . RM  .  .  M  .  .  .
      C      DA |  .  .  .  .  M  .  .  M  .  .  .
      S      DA |  .  .  .  . RM  .  . RM  .  .  .
------------------------------------------------------
SMP2  X      DA |  .  .  .  .  M  .  .  M  .  .  .
      Y      DA |  .  .  .  . RM  .  .  M  .  .  .
------------------------------------------------------
SMP3  D      DA |  .  .  .  . RM  .  . RM  .  .  .
      E      IA |  .  .  .  . RM  .  . RM  .  .  .
      F      DA |  .  .  .  .  M  .  .  M  .  .  .
------------------------------------------------------
```

表1はソーステキスト中に含まれる各手続き中に手続き呼び出しが何カ所に現れているかを行列の形に表わしたものである．被呼び出し側（ＩＮＶＯＫＥＥ）手続き名のうち組込み関数やライブラリ手続きなどのソーステキスト中に本体を含まないものに＊印をつけている．

表２は各手続き内における仮引数と大域的変数（共通ブロックに含まれる変数）について手続き内を調べただけでわかる使用状況を記号で示したものである（Ｒ：参照あり，Ｍ：代入あり，Ｅ：実引数として使用，Ｘ：宣言されているが未使用，をそれぞれ表示）．ＰＡＲＡＭＥＴＥＲ欄の上段は仮引数の型（Ｄ：倍精度，Ｉ：整数，Ａ：配列など），下段が使用状況を示す．その下の欄が各共通変数の各手続き内における使用状況を示す．これによって，手続き間における共通変数を経由した情報の授受の状況を把握することができる．

表３は手続き内データ使用状況表（表２）の中でＥ（実引数として使用，たとえば手続きＤＡＴＲＡＮＳの第１引数）で表わされている変数を追跡してその変数が最終的にどのように使われているか（ＲかＭ）を示したものである．以下の節ではこの例を参照する．

3．ライブラリ機能

ＡＵＤＩＥの手続き間情報（表3）は手続き内情報（表2）をもとに作られる．又，手続き内情報はソースプログラムから得られる．そのため，従来のＡＵＤＩＥでは原則として，プログラムを構成する全てのソーステキストを一括して静的解析を行う必要があった．このような問題点は他の静的解析ツールにおいても同じである．しかし，現実のソフトウェアの開発においては，分割コンパイルの機能を用いてプログラムを作成することが多く，解析の度に全てのソーステキストを用意するのは実用的でない．又，科学計算用ルーチンや図形出力用パッケージなどのシステムライブラリとして用意された手続きを呼び出している場合にはこれらに対応するソーステキストは一般に入手できない．更にＳＱＲＴなどＦＯＲＴＲＡＮが標準的に用意している手続きについても同様のことがいえる．

そこで，ソーステキストのない手続き（表1で＊印がついているもの）に対する手続き内情報のうち手続き間解析時に必要となる情報を何らかの方法でＡＵＤＩＥに与えてやり，手続き間解析時にそれを利用することにより，正しい解析が行えるようにＡＵＤＩＥを拡張した［7］．（従来のＡＵＤＩＥでは実引数から手続き内情報を類推して解析を進めていた．）そのように外部から与える情報はＡｄａ［8］におけるパッケージや副プログラムの仕様が持っている情報に相当するものであり，それからの連想で，その情報のことをライブラリ情報と呼ぶ．

3．1．ライブラリ情報

ライブラリ情報は，手続きとその仮引数（及び共通変数を使用していれば，共通ブロックとそのデータ）に関する，類や型及び使用状況から成る．図1にライブラリ情報の例を示す．

ＳＴＥＰやＳＭＰ１は手続きや共通ブロックの名前を，ＳＮ，ＢＮはそれぞれ，それがサブルーチン副プログラム，共通ブロックであることを表わしている．ＳＴＥＰの下の数字は仮引数に対応し，ＡＳやＣは共通ブロック内のデータ名を表わす．Ａ，Ａ＊，Ｖはその仮引数又はデータが配列，整合配列，変数であることを示している．又，Ｉ，Ｄは整数型，倍精度実数型に対応する．そのあとのＲやＭは，手続き内での仮引数又はデータの使用状況を示すものでその記号の意味は表2のそれと同じである．

STEP	SN		
1	V	I	R
2	V	I	R
3	V	I	R
4	V	D	RM
5	V	I	M
SMP1	BN		
AS	A	D	RM
C	A	D	R
S	A	D	RM
SMP3	BN		
D	A	D	RM
E	A	I	RM
F	A	D	RM
BAIR1D	SN		
1	A*	D	RM
2	V	I	R
3	V	D	R
4	A*	D	RM
5	A*	D	RM
6	V	I	M
JACOBD	SN		
1	A*	D	RM
2	V	I	R
3	V	I	R
4	V	D	R
5	A*	D	RM
6	V	I	M

図1．ライブラリ情報の例

3．2．ライブラリ情報を利用した静的解析

表4に図1のライブラリ情報を利用した解析例を示す．表3との違いに注意していただきたい．たとえば，手続きＨＯＫＡＮの共通変数ＣやＦがＭからＲＭに変更されている．これは，手続きＳＴＥＰの共通変数に関する情報がライブラリ情報として与えられたことによるものである．

表4．手続き間データ使用状況表

ROUTINE			ADTRNS	DATRNS	FOMEGA	GRAPH	HOKAN	KON	ORESEN	SIMPL	TOKU	VALUE	MAINPRO
中略													
SMP1	AS	DA	.	.	.	.	RM	.	.	RM	.	.	.
	C	DA	.	.	.	.	RM	.	.	RM	.	.	.
	S	DA	.	.	.	.	RM	.	.	RM	.	.	.
SMP2	X	DA	.	.	.	.	M	.	.	M	.	.	.
	Y	DA	.	.	.	.	RM	.	.	M	.	.	.
SMP3	D	DA	.	.	.	.	RM	.	.	RM	.	.	.
	E	IA	.	.	.	.	RM	.	.	RM	.	.	.
	F	DA	.	.	.	.	RM	.	.	RM	.	.	.

3．3．ライブラリ情報の作成

ライブラリ情報を作成するには2つの方法がある．

1）ソースプログラムが手に入る場合

表1のＳＴＥＰは本人または開発グループの一員が書いた手続きであり，この場合一般的にはソースプログラムが手にはいる．このときはソーステキストをＡＵＤＩＥで解析し，そこで得られた情報からライブラリ情報を抽出すればよい．抽出のためのコマンドがＡＵＤＩＥに用意されている．

2）ソースプログラムがない場合

表1のＢＡＩＲ1Ｄ，ＳＷＥＥＰＤ，ＣＬＯＣＫＭ，ＤＡＢＳなどの手続きはメーカ提供のサブルーチン若しくはＦｏｒｔｒａｎの組込み関数でなのでソースプログラムは入手できない．この場合は，マニュアルなどからその変数の使用状況を調べ，ライブラリ情報を与える必要がある．ライブラリ情報は普通のテキストファイルの形式をとっているため，通常のＴＳＳのエディタで作成することができる．なお，ＡＵＤＩＥでは作成を容易にするため専用エディタを備えている．

3．4．ライブラリデータベース

手続きの数が多くなるとライブラリ情報をテキストファイルの形式で持つことはスペース効率及び検索効率の面から好ましくない．ＡＵＤＩＥではテキスト形式のライブラリ情報を圧縮して保存すると共に，それを高速に検索する機能を持っている．このように圧縮された情報をライブラリデータベースと呼ぶ．

ＡＵＤＩＥでは，九州大学大型計算機センターでよく使われる手続きについてはそのライブラリ情報をあらかじめライブラリデータベースとして登録している．表5．に標準ライブラリの一覧を示す．表の中のＳＳＬ，ＳＳＬⅡはソースプログラムを解析することにより，ライブラリ情報を作成した．それ以外のものはマニュアルを参考にして，エディタで作成した．

表5．ＡＵＤＩＥの標準ライブラリ一覧

ライブラリの名称	手続きの個数	大きさ（KB）
富士通科学サブルーチンライブラリＳＳＬ	328	19
富士通科学サブルーチンライブラリＳＳＬⅡ	559	38
カルコンプ図形出力ルーチン　ＨＣＢＳ他	36	19
ＦＯＲＴＲＡＮ組込み関数　ＦＯＲＴ	62	19
富士通システムライブラリ　ＴＡＣ	96	19

この表のほかにも九州大学大型計算機センターで利用できるライブラリはあるがそれらの使用頻度は低く［1］，個人用のライブラリ情報を加えれば実用上ほとんど全てのＦＯＲＴＲＡＮプログラムの解析が行える．

4．統合ＡＵＤＩＥ

ＡＵＤＩＥにライブラリ機能を追加するにあたり，ライブラリ情報の作成・管理・選択などが会話的に行えるように従来の会話処理部を変更した［9］．その際ＡＵＤＩＥの中でＦｏｒｔｒａｎプログラムの編集や実行も行えるようにするとともに，ファイルなどの扱いを簡便化したシステムを試作した（統合ＡＵＤＩＥ）．

統合ＡＵＤＩＥの設計方針及び実現手段は以下の通りである．

1）従来のＡＵＤＩＥでは静的解析とコンパイルやプログラムの編集を別別に行っていたので静的解析とコンパイルで同じファイルを使うにもかかわらず何回もファイル名などを指定する必要があった．そこで統合ＡＵＤＩＥではプログラムの作成から，静的・動的解析によるプログラムの検査，結合編集，実行までが一貫して行えるように設計した．又，ライブラリ情報の作成，指定，データベース化なども同じように行えるように設計した．そのためファイル名の指定やその他の動作環境の設定も一度ですむことを目指した．

2）1）を実現するにあたり，ＡＵＤＩＥの変更が少なくてすむようにする．コンパイラやエディタはメーカ提供のものを利用する．これはＯＳ　Ⅳ／Ｆ4のＴＳＳコマンドを呼び出す機能をＡＵＤＩＥに追加することで解決を図った．

3）ＴＳＳのコマンドと統合ＡＵＤＩＥのコマンドの整合性を保つため，統合ＡＵＤＩＥのためのコマンドのシンタックスをＴＳＳのコマンドのものと同じにする．

4．1．システム構成

統合ＡＵＤＩＥのシステム構成を図2に示す．

・動的解析部：　プログラムの各実行文の実行回数を計数し，その情報を動的情報ファイルに格納する．

・静的解析部：　ソースプログラムを静的に解析し，静的情報ファイルを作成する．このファイルは2つの情報－手続き内情報（表2）と手続き間情報（表3）－から構成される．

・表出力部：　動的及び静的情報ファイルから必要な情報を取り出して編集し出力する．

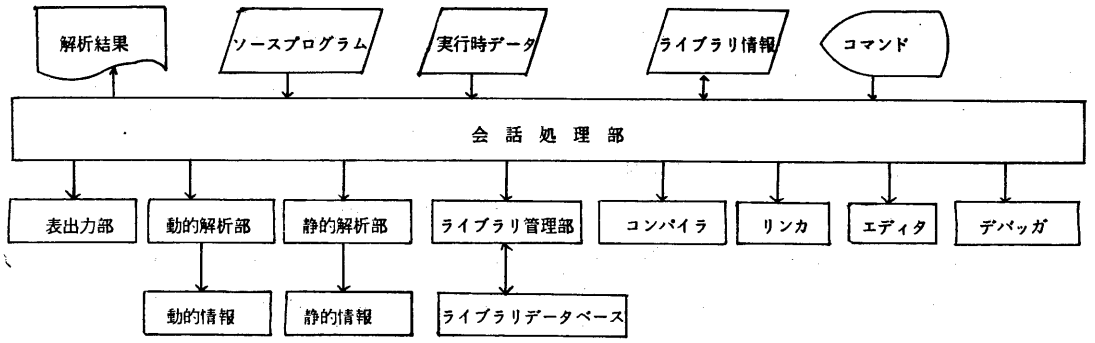

図2．統合ＡＵＤＩＥのシステム構成図

・会話処理部：　端末からコマンドやパラメタを受け取り，表出力部やライブラリ管理部を制御する．また，Ｆｏｒｔｒａｎコンパイラやエディタ，デバッガを呼び出したりする．

・ライブラリ管理部：　ライブラリ機能を実現するための部分であり，手続き間解析時に，どのライブラリ情報を，どの順序で組込むかを制御する．統合ＡＵＤＩＥではこの指定を会話処理部を通して簡便に行うことができる．もし引用された手続きに相当するライブラリ情報がない場合はその旨のメッセージが出力される．また，ライブラリ管理部はライブラリ情報の作成，データベース化も受け持つ．

4．2．機能とコマンド

統合ＡＵＤＩＥの機能を主なコマンド（表6）で示す．

表6．コマンド一覧

コマンド名	機　能
ＳＡＮＡＬ	静的解析を行う
ＤＡＮＡＬ	動的解析を行う
ＤＩＳＰＬＡＹ	静的・動的解析結果を出力する
ＣＲＥＡＴＥ	ソースプログラムからライブラリ情報（テキスト形式）を作る
ＳＡＶＥ	静的情報ファイルからライブラリ情報（テキスト形式）を抽出する
ＤＡＴＡＢＡＳＥ	テキスト形式のライブラリ情報をデータベース化する

このほかＦＯＲＴ（コンパイル），ＬＩＮＫ（結合），ＲＵＮ（実行），ＥＤＩＴ（編集），ＤＯＣＫ（デバッガ）などのＴＳＳコマンドが利用できる．

4．3．会話例

統合ＡＵＤＩＥの会話例を図3に示す．

```
READY
AUDIE SOURCE.FORT
.SANAL PRVL(LIBINF) SYSL(SSL FORT)
.DISPLAY B
        手続き間データ使用状況表の出力
.RUN
        プログラムの実行
.END
```

下線部分はシステムの出力

図3．統合ＡＵＤＩＥの会話例

ＡＵＤＩＥは統合ＡＵＤＩＥの開始コマンドである．ＳＯＵＲＣＥ．ＦＯＲＴはソースプログラムのはいっているファイル名．ＳＡＮＡＬは静的解析を行う．ＬＩＢＩＮＦは利用者定義ライブラリ情報の格納されているファイル名であり，ＳＳＬ，ＦＯＲＴ（Ｆｏｒｔｒａｎ組込み関数）はこの順番にライブラリデータベースをさがすことを指示したものである．その次のコマンドは手続き間データ使用状況表（Ｂ表と呼ぶ）の出力．ＲＵＮはプログラムの実行を行うＴＳＳコマンドである．ＥＮＤは統合ＡＵＤＩＥのおわり．

5．使用と評価

統合ＡＵＤＩＥを使っていくつかの既存のプログラムの静的解析を行い，保守用の情報を作成した．そのうちの代表的なプログラムは結晶構造解析プログラムの一部と立体図作描プログラムの二つである．

結晶構造解析プログラムはソースステートメントが２１５７行，主プログラム１個，手続き副プログラム２３個，初期値設定副プログラム１個，共通変数１８９個から成り，６個の図形処理ルーチン（ＨＣＢＳ），１個の科学計算サブルーチン（ＳＳＬ），１０個のＦｏｒｔｒａｎ組込み関数を呼び出している．このプログラムの解析に要したＣＰＵ時間はＦＡＣＯＭ　３８２で２１２４ｍｓｅｃであった．

一方，立体図作描プログラムはソースステートメントが１００４行，主プログラム１個，手続き副プログラム１３個，共通変数７３個から成り，２個の図形処理ルーチン，７個のＦｏｒｔｒａｎ組込み関数を呼び出している．ＣＰＵ時間は２９７６ｍｓｅｃ要した．

これらの解析作業及び３．４．で述べたライブラリデータベースの構築作業から以下の知見が得られた．

－ＳＳＬやＳＳＬⅡの中には引数の個数が２０個を超えるものもあり，（平均はＳＳＬ：５．６，ＳＳＬⅡ：８．４）ＡＵＤＩＥによる引数の事前チェックはプログラム開発上有効である．［１０］

－統合ＡＵＤＩＥはＡＵＤＩＥにＴＳＳコマンド呼び出しとファイル指定の省略化という単純な機構を付け加えただけにもかかわらず，従来のＡＵＤＩＥに比べてプログラムの解析作業の能率を改善した．解析のみならず，プログラム開発にも威力を発揮するものと期待している．

－マニュアルとソースプログラムの両方からライブラリ情報を作成し，それを比較することにより，ＡＵＤＩＥを使ってプログラムとドキュメントの整合性の一部が検証できる．

－逆にＡＵＤＩＥを使ってライブラリ情報を作成すればそれがプログラムのドキュメントとして利用できる．

－上記の考えを発展させれば，ソフトウェアの流通においてソースプログラムが提供されないとしても機械可読なライブラリ情報が実行可能なプログラムに付随することが望ましいであろう．この場合にもＡＵＤＩＥはライブラリ情報作成のツールとして役立てられる．

なお，次のような課題が残されている．

－システムプログラム開発用サブルーチン（表５のＴＡＣなど）のなかには引数の事前チェックをしたくないものがあり，その場合のライブラリ情報の作成とそれによるチェックに関して配慮する必要が生じた．又，引数の個数が可変のものについても考慮することが必要である．

－静的解析のうち手続き内情報の生成に相当することはコンパイラでも行われているので静的解析の時間を短縮し，無駄なファイルをつくらないためにも，コンパイラがそのような情報を利用者に公開してくれることが望ましい．

７．おわりに

今後，多数の利用者に統合ＡＵＤＩＥを使ってもらい，その実用性を検証する予定である．なお，この研究の一部は九大大型計算機センターのライブラリ開発課題及び昭和５８年度科学研究費補助金一般研究（Ｂ）によるものである．

参考文献

［１］コンプリート（サブルーチン）形式プログラム使用頻度調査，九州大学大型計算機センター広報，１６，６（１９８３）．
［２］牛島：Ｆｏｒｔｒａｎプログラミングツール，産業図書，１９８０年．
［３］牛島，田町：　手続き間の解析と整理のツールＡＵＤＩＥについて，情報処理学会論文誌，２３，１（１９８２）．
［４］牛島，田町：　プログラム単位間の解析と整理のツールＡＵＤＩＥの使用について，九州大学大型計算機センター広報，１３，４（１９８０）．
［５］Ｒｙｄｅｒ，Ｂ．Ｇ．：Ｔｈｅ　ＰＦＯＲＴ　Ｖｅｒｉｆｉｅｒ，Ｓｏｆｔｗａｒｅ－Ｐｒａｃｔｉｃｅ　ａｎｄ　Ｅｘｐｅｒｉｅｎｃｅ，Ｖｏｌ．４，ｐｐ．３５９－３７７（１９７４）．
［６］Ｏｓｔｅｒｗｅｉｌ，Ｌ．Ｊ．　ａｎｄ　Ｆｏｓｄｉｃｋ，Ｌ．Ｄ．：ＤＡＶＥ－Ａ　Ｖａｌｉｄａｔｉｏｎ　Ｅｒｒｏｒ　Ｄｅｔｅｃｔｉｏｎ　ａｎｄ　Ｄｏｃｕｍｅｎｔａｔｉｏｎ　Ｓｙｓｔｅｍ　ｆｏｒ　ＦＯＲＴＲＡＮ　Ｐｒｏｇｒａｍｓ，Ｓｏｆｔｗａｒｅ－Ｐｒａｃｔｉｃｅ　ａｎｄ　Ｅｘｐｅｒｉｅｎｃｅ，Ｖｏｌ．６，ｐｐ．４７３－４８６（１９７６）．
［７］牛島，河村：　手続き間の解析と整理のツールＡＵＤＩＥにおけるライブラリ機能の追加，昭和５７年度電気関係学会九州支部連合大会論文集（１９８２）．
［８］Ａｄａ　Ｐｒｏｇｒａｍｍｉｎｇ　Ｌａｎｇｕａｇｅ，ＡＮＳＩ／ＭＩＬ－ＳＴＤ－１８１５Ａ，２２　Ｊａｎ．　１９８３．
［９］牛島，河村：　ＡＵＤＩＥプログラムデータベースの会話的利用について，昭和５６年度電気四学会九州支部連合大会論文集（１９８１）．
［１０］河村，高木，牛島：手続き間情報の解析ツールＡＵＤＩＥにおけるライブラリ情報の蓄積について，昭和５８年度電気関係学会九州支部連合大会論文集（１９８３）．