

BOOKE による教材の作成・管理・運用†

大槻 説乎^{††} 竹内 章^{††} 古川 由美子^{††}

BOOKE は計算機端末を用いる学習用教材を作成・管理・運用するシステムである。全体は、画面作成サブシステム（グラフィックエディタ、キャラクタエディタ）、画面編集運用のための問題向言語 **BOOK** の処理系（**BOOK** コンパイラ）および情報管理検索システム（**BOOK** マネージャ）から成る。

本システムは次のような特徴を持っている。

(1) 教材は学生の主体的な学習を助けることを目的に編成される。したがって標題・目次・内容・索引という「本」の外形を持っており、学生は「図書館」で「本」を調べるのと同じように、キーワード、標題、著者、分野などで教材を検索したり、目次や索引を利用して教材の任意の部分参照できる。

(2) キーワードや索引項目は、教材画面作成時に、個々の画面の属性として作成され、**BOOK** を用いて記述した目次や画面運用に従って、**BOOK** コンパイラによって自動編集され、索引情報として **BOOK** マネージャに渡される。

(3) 問題向言語 **BOOK** は、既成の汎用言語を親言語とし、その上に教材作成に固有なデータ型、データ操作文、制御文を付加したものであり、目次記述、プログラムの作成実行、設問に対する解答の照合、条件による画面運用順序の変更、画面制御等の機能を持つ。

1. ま え が き

1.1 本研究の目的

最近計算機端末を教育用具とした授業が増え、かなりの効果を示すことが報告されている¹⁾。一方、情報処理を専門としない学生の情報処理教育や、情報処理を用いた専門教育も多くの大学で実施されている²⁾。

われわれは、このような情報処理関連教育を、計算機端末を用いて行う場合を対象とし、教材の編集・運用のための言語 **BOOK** と、教材の作成・管理・検索のためのシステム **BOOKE** を設計し、製作した。ここでいう教材とは、いわゆる CAI テキストのような独立した会話型教材に限らず、図面の表示、プログラムライブラリの索引、例題の提示・実行など、種々の形態の補助教材をも含んでいる。

1.2 本研究の特徴

BOOKE は次の点で CAI に的をしぼった研究とは違った面を持っている。

(1) CAI は情報処理教育に限らず一般教育を対象としているが、**BOOKE** は主として情報処理関連教科を対象とする。

(2) **BOOKE** で使用する端末は、タイプライタやディスプレイのような汎用 TSS 端末であり、スライド、音声は含まない。

(3) 教育の対象は大学生・高校生のように主体的な学習能力や問題解決の能力を持つ人であり、主体性を生かすシステムの設計もねらいの一つである。

(4) 教材を作成し使用するだけでなく、作成した教材の組織化により、教材全体の情報検索、質問応答の機能を備えた総合システムを構成する。

学生教育の立場からいえば、教材の使用手順はすべての教材に亘って統一がとれており、簡便であることが望ましい。**BOOKE** ではこの点を考慮して、教材の外型に、われわれが幼少時から親しんでいる「本」と同様に、標題、目次、内容、索引から成る構造を与え、教材の組織化の方法として、「本」に対する「図書館」のように、これらの教材を標題・著者・分野・索引項目等で分類、管理する。この部分は次の点で通常の情報検索システムと違った面を持っている。

(1) 検索情報の登録・変更は、教材の作成・修正の際 **BOOKE** が自動的に行うので、教材作成者は検索システムの存在を意識する必要がない。同時に情報管理の自動化と完全性が保証される。

(2) 教材の索引項目や標題のキーワードは、画面作成時に画面の属性として作られ、**BOOK** 処理系によって自動編集され、教材の巻末索引となるが、同時に検索システムに渡され、すべての教材に亘って統一的管理される。したがって学生が学習中にわからない語句に出合った場合は、項目検索によってその内容を説明する教材名を知ることができるだけでなく、その内容を説明している部分を表示・実行することもできる。すなわち情報検索と質問応答の機能を兼ね備え

† Constructing, Managing and Working the Teaching Materials by **BOOKE** by SETSUOKO OTSUKI, AKIRA TAKEUCHI and YUMIKO FURUKAWA (Computation Center, Kyushu University).

†† 九州大学中央計数施設

ている。

2. システムの設計と概要

2.1 設計方針の検討

設計に当っては、教材の作成者、使用者、管理者の三つの立場から検討する必要がある。

A) 教材作成者の立場からの制約

A1 教材を作成する教師は情報処理の専門家でない場合が多い。したがって新しい問題向言語には抵抗が多い。

A2 設計上の都合で教材の内容・表現・運用等に制限ができてはならない。作成者の意図するアルゴリズムを自由に表現し運用できる必要がある。

A3 教材は、スライド画面のように、作成した内容をそのまま表現する部分と、表示された内容に関して学習者との会話を通して情報処理を行う部分に大別できる。前者を「画面」と呼び後者を「画面の運用」と呼ぶ。画面の作成に際してはスライドと同様に作成者が画面自身を目で見ながら入力できることが望ましい。書式仕様の形式は、記述や修正の不便さの点で好ましくない。

B) 教材使用者の立場からの要請

B1 すべての教材を通じて操作の一様性を保つ必要がある。作成者によって使用手順が変わることは混乱の原因となる。

B2 学生の主体的な学習意欲を助長することが必要である。具体的には、疑問点は自分で調べること、教材の全容が目次などで把握でき、必要に応じて任意の部分进行学习できることなどである。

C) 教材管理者の立場からの要請

C1 教材の作成・変更の記録が残ること。

C2 教材の作成・変更に応じて、検索情報が自動生成されること。

C3 登録済の教材を消去する権利を管理者が保留すること。

これらの要請を満たすためには、BOOKE に次のような構造を与えればよい。

(1) A3 を満足するために、画面の作成と、テキストの編集を独立に行う。画面の作成とその編集運用が一つのプログラムとして混在すると、プログラムの構造が判りにくく、画面を直接見ながら作成できないので、作成者の負担が非常に大きくなる。

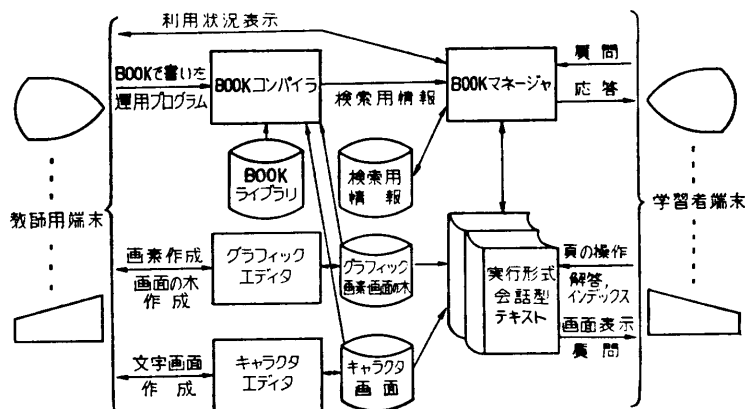


図1 BOOKE の構成

Fig. 1 System organization of BOOKE.

(2) A1, A2 を満足するには、教師の得意とする汎用プログラミング言語を用いるのが最善である。しかし汎用言語は、教材の編集・運用に本来固有であるはずのデータ型、操作、制御をアルゴリズムとして表現しなければならないという不便さがある。これを解決するために、BOOKE では汎用言語を親言語とし、その上に固有のデータ型や文を加えた教材編集運用言語 **BOOK** を設計した。

一般に親言語方式をとった場合の欠点として、親言語に翻訳した後、親言語処理系から出されたエラーメッセージと、もとのプログラムとの非整合性があげられるが、この欠点を補うため、画面の操作を単位とする **page** という構造を導入した。(第4章)

(3) B1, B2 を満たすために学習者の操作命令を導入した。上記の **page** 構造は、学習者の操作と教材の構造を整合させる働きをも兼ねている。

(4) C1, C2, C3 は **BOOKE** の中に情報管理のサブシステムを用意し、管理者以外は、**BOOK** コンパイラを通じてのみこのサブシステムと接触するようにすれば解決する。

2.2 システムの概要

BOOKE システムの概略を図1に示す。全体は4つのサブシステムすなわち **BOOK** コンパイラ、グラフィックエディタ、キャラクターエディタ、**BOOK** マネージャから成る。グラフィックエディタとキャラクターエディタはそれぞれグラフィックまたはキャラクターディスプレイ用画面の作成に使われる。教材作成者がこれらで画面を作成した後、**BOOK** で記述した運用プログラムをコンパイルすると実行形式会話型テキストが生成され、同時に **BOOK** マネージャによって教

育用情報ファイルに検索情報が収められる。

こうして作成された教材は学習者が任意に呼び出し使用できる形に登録されている。学習の途中で巻末の索引を調べたり、目次を表示して、別の画面に移ることもできるし、**BOOK** マネージャを通して情報検索や質問応答を行うこともできる。

3. 画面の作成

3.1 グラフィックエディタ

(1) 機能

画面作成に先立ち、作成者は画面を画素と呼ぶ基本図形に分解する。画素は後の例にあるように、画面の編集・修正の単位となる。グラフィックエディタは次の機能を持つ。

画素の作成：キーボード、タブレット、作図プログラム、ライトペン等により画素を作る。

画面の編集：画素を節とする木の作成・変更・削除を行う。木の節は名前、コメント、画素名、画面上の座標、縮尺、回転角、回転中心、索引項目を属性として持つことができる。画素は重複して用いることができる。

画面の表示：節の名前を指定すると、根から指定した節までの画素が表示される。名前に*を付けて指定すると、上記に加えてその節から先のすべての節の画素が表示される。表示は次の規則に従う。

- 画素の位置、大きさ、回転角は節の属性に従う。
- 指定した節が、直前に指定した節の先祖ならば、この二つの間の画素を消去する。
- 指定した節が、直前に指定した節の子孫ならば、この二つの間の画素を追加する。
- 指定した節が、上のいずれでもなければ、すでに表示されている画面を消去して、指定した画面を表示する。

(2) 使用例

「タブレットの使い方」というマニュアルの一画面を作成した例を示す。図2は画面を構成する十個の画素である。図3は画面の木を、図4はこの木の根の名前P1.*を指定して表示した画面である。

3.2 キャラクタエディタ

(1) 機能

教材の一画面は下記の五種のデータの

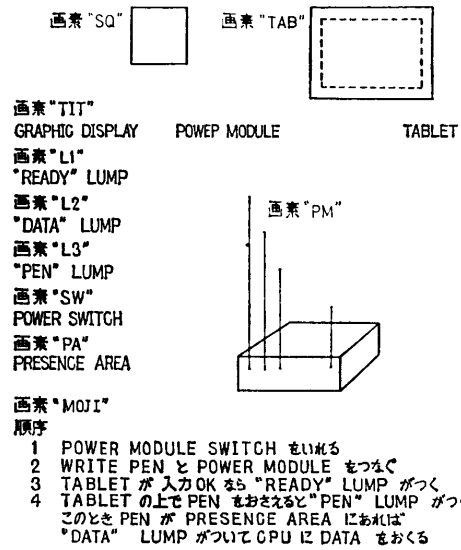


図2 画素の例

Fig. 2 Examples of picture element.

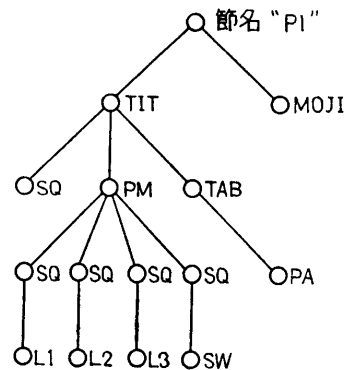


図3 画面の木の例

Fig. 3 An example of picture tree.

- 順序
- 1 POWER MODULE SWITCH をいれる
 - 2 WRITE PEN と POWER MODULE をつなぐ
 - 3 TABLET が入力OK なら "READY" LUMP がつく
 - 4 TABLET の上で PEN をおさえると "PEN" LUMP がつく
このとき PEN が PRESENCE AREA におれば
"DATA" LUMP がついて CPU に DATA をおくる

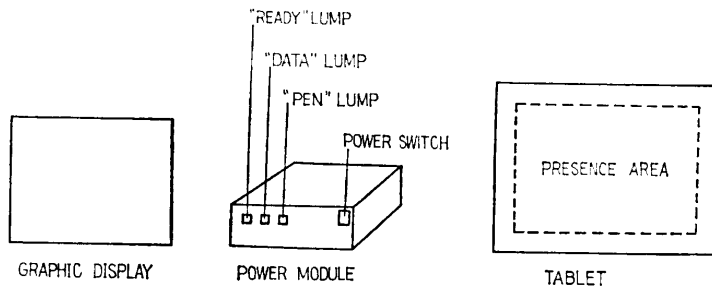


図4 図2の画素を図3の画面の木で編集した画面

Fig. 4 A picture edited by Fig. 2 using Fig. 3

```

/UNIT EX2-D
/TEXT *
***** EXAMPLE 2-D*****
チヨクイヨ ヨンデ エンショウ モトル
NO ノケイサン---DO プソノレイ
      REAL L
      READ (5,100) N
      DO 10 I=1,N
        READ (5,101) D
        L=3.141592*D
        WRITE (6,200) D,L
      10 CONTINUE
      100 FORMAT (I5)
      101 FORMAT (F10.0)
      200 FORMAT (I10,5X,"D="E15.7, 3X,"L="E15.7)
      STOP
      END
/INDEX *
CONTROL STATEMENT
DO STATEMENT
DO LOOP
/PROGRAM EX2D,EX2-D(5,I2)---プログラム(テキストの一部)---
/END

```

図 5 キャラクタ画面のデータ例

Fig. 5 An example of picture for character display.

組から構成される。キャラクタエディタはこれらのデータを作成・変更・表示する機能を持つ。

- テキスト画面：ディスプレイに表示する教材画面。
- インデックス：テキスト画面に対応する索引項目を並べたもの。
- ヒント画面：テキスト中に設問があり、学習者の要請に応じてヒントを表示したい場合に用いる。
- 解答集：テキスト中に設問があり、正答や、予想される誤答が複数個あり、一致をとる必要がある場合に用意する。
- プログラム：画面中のプログラムを実行したり、学習者にプログラムを作って実行させる場合は、この型のデータを用いる。

(2) 使用例

図 5 に「FORTRAN 例題集」を作成した時の画面作成例を示す。キャラクタエディタでは、行を単位として画面データを作成する。一画面を構成するのに必要なデータの組をユニットと呼び、データはユニット名とデータの種類の示す記号によって識別される。図 5 はバッチ処理でデータを入力する場合のデータ構成であり、`*/` で始まる行は制御文である。

4. 運用記述言語 BOOK とその処理系

4.1 特徴

BOOK はグラフィックエディタやキャラクタエディタで作成された画面を編集し、運用するための問題向言語であり、次のような特徴を持っている。

(1) 記述単位「page」の導入

教材作成者にとっては、学習中に中断されることなく継続して表示したい一連の画面や、学習者との会話

によって理解を深めたり、理解度を調べるための一連の手続きがある。このような一連の運用を記述したプログラムの単位を「page」と名付け、「pagelabel」と呼ばれる名札で区別する。page の内部は、ブレイクボタンで中断される以外は、作者の意図に従ってプログラムに記述された通りに運用される。page の終りには必ず学生の介入を認める入力促進記号が表示され学生の意志による操作命令——F(次の頁へ)、R(今の頁を反復)、B(直前の頁へ)、C(目次の表示)、J(別の頁へ、頁数も入力する)、H(ヒント表示)、E(教材の学習終了)、I(索引項目表示)——が許される。page の導入は教材作成者の教育的意図と、教材使用者の主体性を両立させるためだけではなく、後述するように、プログラム記述の単位を小さくして、教材の記述順序と編集順序を独立にし、挿入、削除の容易さ、プログラムの見易さ、記述の簡易さおよび親言語との整合性を目指したものである。

(2) 教材の記述順序、編集順序、実行順序

BOOK で記述したプログラムは宣言部、目次部、運用部から成る。運用部は page の集まりであるが、page 相互の記述順序は任意で、教材の編集順序とは無関係である。編集順序は目次部に記述された pagelabel の順番に従う。教材の実行順序は学習者の操作命令で決まる。学習者が最初から page を順に進めていけば、教材は目次通りに実行される。

(3) 親言語形式の採用

画面の運用の記述に際して、教材作成者が複雑なアルゴリズムを本人の得意とする言語で自由に記述することができるように既存の汎用言語——PASCAL, FORTRAN 等——を親言語とし、その上に教材作成に固有なデータ型、操作、制御を記述するための表現を付加して言語 BOOK を構成する。BOOK プログラムと親言語に翻訳したプログラムとの間の構造的な整合性を保つためには、page 単位で一つの手続きを構成し pagelabel を手続き名として翻訳すればよい。

(4) BOOK に固有な文

BOOK には表 1 に示すような固有のデータ型、データ操作文、制御文がある。

4.2 記述例

図 6 は FORTRAN を親言語とする BOOK の記述例である。BOOK プログラムは BEGINBOOK 文で始まり ENDBOOK 文で終る。BEGINBOOK 文中の TABLET は教材名を、A. TAKEUCHI は著者名を表わし、これらの情報は処理系を通して BOOK

表 1 BOOK に固有な文
Table 1 Characteristic statements of BOOK.

	型 名	備 考
データ型	SCENE	画面名の宣言
	PAGELABEL	pagelabel の宣言
	PAGESET	pageset の宣言
	STORE	個人別ファイルに値が保存される変数の宣言
	PROGRAM	教材中で作成・変更・実行するプログラム名の宣言
	データ操作文	被操作データの型
順序づけ	CONTENTS	} 例題参照
	ENDCONTENTS	
	JUMP	SCENE または PAGELABEL または PAGESET
	INSERT	PAGELABEL または PAGESET
	ON BREAK	親言語のラベル
画面表示	DISPLAY	SCENE
	ERASE	整数(行), 整数(字)
	HALT	整数(秒)
	HINT	SCENE
一致	MATCH	SCENE
プログラム作成	NEW	PROGRAM
	PUT	PROGRAM, 行番号, 文字列
	GET	PROGRAM, 行番号, 文字列
	DELETE	PROGRAM, 行番号
	LIST	PROGRAM
	RUN	PROGRAM
結合	SYSTEM BOOK	システム名, 'パラメタの列' 題名 [, 著者名]
	BEGINBOOK ENDBOOK	題名 [, 著者名]

マネージャに渡され、検索情報の一部となる。宣言文の PROGRAM は、PROG という名前のプログラムを作成・修正または実行することを示す。目次部の各行は、目次に加えて、左端にインデントの桁数を、右端にその目次の運用を記述した page の pagelabel を書く。一つの見出しに対応する pagelabel が複数個ある場合は、まとめて pageset 宣言をする。見出しに対応する画面の運用が単に一画面を表示するだけならば、pagelabel の代わりに直接画面名を書く。この場合は運用部は不要となる。例題中では PSET 1 と PSET 2 が pageset, P 2, P 3. *, P 4, P 5 は画面名である。pageset 宣言中の P 1, FIG は画面名である。E 1 は pagelabel EX 1 の中で運用される画面名である。

4.3 BOOK コンパイラ

BOOK コンパイラは表 1 にあるような BOOK 文を親言語に翻訳し、図 7 に示す構造を持つ目的プログラムを出力する。したがって次のような機能を備えて

```

BEGINBOOK TABLET, A. TAKEUCHI
C
C *** DECLARATION PART
PAGELABEL EX 1, EX 2
SCENE P 1. *, P 2, P 3. *, P 4, P 5, FIG, E 1
PAGESET PSET 1 (P 1. *, FIG)
PROGRAM PROG
CHARACTER ANSWER * 3
C
C *** CONTENTS PART
CONTENTS
1 CHAPTER 1 (HARDWARE SPECIFICATIONS)
PSET 1
1 CHAPTER 2 (SUBROUTINES)
P 2
2 SECTION 1 (TABINT: INITIALIZATION)
P 3. *
2 SECTION 2 (ONEPNT: GET
XY-COORDINATE OF ONE
POINT)
P 4
2 SECTION 3 (MULPNT: GET
XY-COORDINATE OF MULTI
POINT)
P 5
1 CHAPTER 3 (EXAMPLES)
EX 1
ENDCONTENTS
C
C *** MANAGEMENT PART
EX 1: DISPLAY E 1
WRITE (6, 1)
1 FORMAT (10 X, 'DO YOU WANT TO KNOW
FULL DETAILS?'/15 X, 'PLEASE
ANSWER "YES" OR "NO".')
READ (5, *) ANSWER
IF (ANSWER .EQ. 'YES') INSERT EX 2
EX 2: LIST PROG
WRITE (6, 2)
2 FORMAT (10 X, 'DO YOU WANT TO EXECUTE
THIS PROGRAM?'/15 X, 'PLEASE
ANSWER "YES" OR "NO".')
READ (5, *) ANSWER
IF (ANSWER.EQ. 'YES') RUN PROG
C
ENDBOOK
    
```

図 6 BOOK プログラムの例

Fig. 6 An example of BOOK program.

いる。

(1) 目次によるページの編集機能

ソースプログラムの目次部に記述された pageset, pagelabel, 画面名に頁数を割り当て、この数字を用いて目次画面を作成し、学習者がこの頁数を指定すると、対応する page の運用が始まるように目的プログラムを生成する。

(2) 索引項目の自動編集機能

画面作成時に、画面の属性として作られた索引項目を集め、頁数と対応させて、五十音順のインデックス画面を作成する。学習者が語句を問い合わせた場合はこのインデックスリストを索引し、該当頁をその時点での学習頁に置き換えて表示し、該当頁の運用が終了した時点でもとの学習頁に戻るような目的プログラム

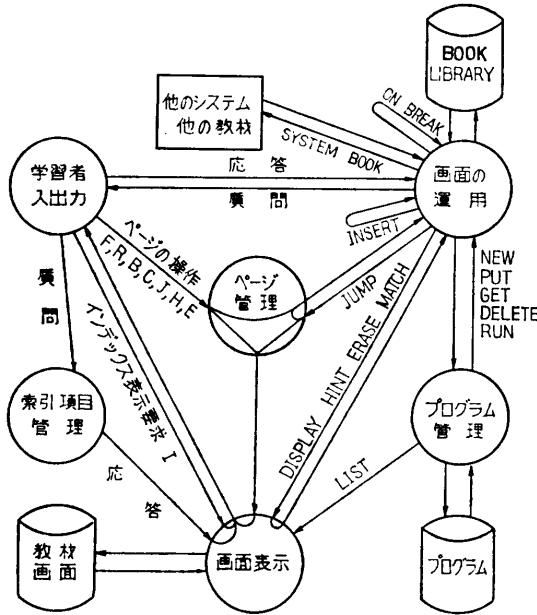


図 7 オブジェクトプログラムの構造

Fig. 7 Program structure produced by BOOK compiler.

を作る。

(3) 実行順序検索機能

BOOK の実行順序は、目次部と運用部中の JUMP 文 INSERT 文の画面名および pagelabel で構成される連結グラフによって決まる。このグラフ構造は処理系によってチェックされ、無限ループや孤立点が検出される。

(4) データ収集機能

教材学習時は、学習者の意志に従ってページの操作が行われる。この時(3)で構成されたグラフのどのパスを通ったかの履歴が保存されるように目的プログラムを作成する。

5. 教育用情報管理システム

(BOOK マネージャ)

(1) 機能

- 教材の作成・変更等を記録する。
- 書名、著者名、分野、キーワードを指定して、該当する教材を検索する。
- 索引項目を指定して、その語句を説明している教材を検索し、学習者の指定があれば教材中の該当頁を表示する。すなわち教材の部分

実行機能を持つ。

- 全教材の索引項目を五十音順に管理し、学習者の指定に応じて表示する。
- 教材や索引項目の引用回数を保存する。

(2) 構造と動作

BOOK マネージャは図 8 に示すように、BOOK コンパイラモード、学習者モード、教師モードの三部分から構成される。

○BOOK コンパイラモード

BOOK コンパイラから渡された教材の格納場所、著者名、題名、分野、索引項目、キーワードの情報に従って、教材の登録・変更を行い、検索情報を作成する。教材作成者はこのモードの存在を意識する必要はなく、BOOK コンパイラのみがこのモードに対するアクセス権を持つように設計されている。

○学習者モード

教材検索：教材の題名、著者名、分野、種類（マニュアル、例題集、問題集等）が著者のアルファベット順に表示される。題名、著者、分野、キーワードを指定して表示を制限することもできる。

項目検索：索引項目とそれの掲載されたテキストの題名、著者、分野、該当する頁数が表示される。索引項目の頭文字、題名、著者、分野などを指定して表示を制限することもできる。

教材の実行：教材検索によって調べた教材を、呼び出して実行したり、索引項目を指定して該当教材を呼び出し、該当頁を部分的に実行する。

○教師モード

学習者モードの教材検索・項目検索の表示内容に加えて、教材の参照回数、作成日、索引項目の引用回数が表示される。引用回数の順に索引項目を表示することもできる。教材の削除はこのモードで、管理者用のパスワードを用いて行われる。

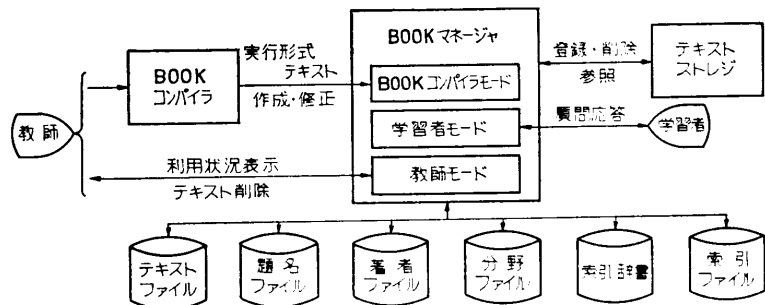


図 8 BOOK マネージャの構成

Fig. 8 System organization of BOOK manager.

6. む す び

計算機端末を用いた教材の作成者、学習者、管理者の三つの立場から、教材の作成・運用に必要な機能を分析し、これを記述言語として実現すべき部分と、サブシステムとの対話によって実現すべき部分と、学習者の操作命令として実現すべき部分に分け、**BOOKE** システムを構成した。

BOOKE システムは昭和53年6月に、九州大学情報処理教育センターの ACOS 600 システム上に実現され、システム作成者、教材作成者、教材を使用する教師・学生の三者から多くの助言を得て、改正を加えたものである。現在、マニュアル、例題集、テキスト、演習問題集、ライブラリ使用法が作成され、授業時、自習時に試用されている。

この種のシステムには、日本語表示、特に漢字とひらがな表示が見易さの点で教材の良否に大きい影響を与える。また日本語情報処理、数式処理、プログラムの検査や正当性の証明等の問題も、**BOOK** 運用部の情報処理方法に重要な関連を持つと考えられる。この点に関しては、とりあえず表1にあるように、**BOOK** の中に、他システムとの結合機能を用意することによって、教材と上記諸問題との関連、新しく **BOOK** に導入すべき操作とそのアルゴリズム等について、比較的容易に実験できる環境を整えている。これらの問題

は、**BOOKE** の機能を向上する上でも、CAI システムを実用化する上でも重要な今後の課題であると考えている。

なお、学習者個人の実行記録は、九州大学情報処理教育センターの基礎ソフトウェアとして作成した教室管理システム^{3),4)}の学生個人の実行記録簿に集積され同じ基礎ソフトウェアの TOOL BOX に用意されているデータ分析表示システムを用いて処理される。

謝辞 教材作成に関して、ご協力と有益なご助言を頂いた赤星純氏はじめ、教材作成グループの各位に感謝する。

参 考 文 献

- 1) Kearsley, G. P.: Some 'Facts' About CAI: Trends 1970-1976, JOURNAL of EDUCATIONAL DATA PROCESSING, Vol. 13, NO. 3, pp. 1-12 (1976).
- 2) 例えば東京大学教育用計算機センター「センター広報」、九州大学情報処理教育センター「広報」。
- 3) 大槻説乎ほか：九州大学の教育用ソフトウェア、情報処理学会第19回プログラミングシンポジウム報告集, PP. 73~81 (1978).
- 4) 大槻説乎・宇津宮孝一・長沢 勲：教室管理システムの基本概念と使用経験, 信学技報 (ET 78-5), Vol. 78, No. 48, pp. 45~48.

(昭和54年10月22日受付)

(昭和55年2月8日採録)