

建築教育におけるパーソナル・コンピューター  
利用の可能性について(4)  
(建築分野におけるCAIの現状)

谷口興紀\*・横井友幸\*

A Note on CAI in the Architectural Education(4)  
(Current CAI-situation of the architectural field)

Okinori TANIGUCHI and Tomoyuki YOKOI

ABSTRACT

This note describes, first, the real situation of CAI in Europe, America (U.S.A.) and Japan. Second, the review of the programs which we have developed and tested for eight years is described and the discussion of them from the general conditions which we established in the past paper is presented. Finally, the orientation of further development of programm is discussed like this:

- 1) Not operator- but user-friendlization
- 2) Standardization of input format
- 3) Standardization of programme interface
- 4) Standardization of record format of user-response

キーワード：建築教育，パソコン，CIA，prolog，ECAADE，ACADIA

序

ここでは、1, 2において、実際のCAIの状況をヨーロッパ、アメリカ(U.S.A.)、日本について展望し、我々が目指しているものの位置を確認しておく。次に、3, 4において、いままで我々が、開発して来たプログラムを先に上げた一般的機能条件の観点から反省し、5において、今後のプログラム開発の方針について論ずる。

CAIにおいては、プログラム開発の前提条件であるハードウェアの存在が不可欠であることは、言うまでもないが、開発に使用する機器の性能と、使用に供する機器の機能が、一致することが望ましく、本学においてもそのような条件が整備されつつあることは、開発に拍車を掛けるものである。特に建築計画・設計の分野においては、文章処理の必要からメモリー不足に悩んでいたが、

そのネックが解消されることは、多人数使用の状況でプログラムをテストすることができ、本格的実施への道を切り開くものである。と同時に<ユーザーフレンドリー>ということが、新たなテーマとして浮き上がり、上がって来ることが予想され、一山越えたとまたその向こうに山があるという研究の一般的状況を逃れることは出来ない感を深くする。

1 建築分野におけるCAIのヨーロッパ・北アメリカ・日本の状況

ヨーロッパの状況は、ECAADEという団体について述べ、アメリカの状況は、ACADIAという団体について述べる。

- i) ECAADE(Education in Computer-Aided

## Architectural Design in Europe)

エテハ (Eidgenoessische Technische Hochschule)

のHerbert Kramel教授を会長とする「ヨーロッパにおける計算機援用建築設計教育学会」と意識できる活動が始まったのは、1981年にスコットランドのグラスゴウ市にあるストラスクライド大学の建築・建設工学部 (Department of Architecture & Building Science) とオランダのデルフト市にあるデルフト工科大学建築科が共同で建築学科におけるCAAD (Computer-Aided Architectural Design) の授業のためのモデルコースを試作し始めたことによる。この共同研究は、ヨーロッパの他の大学の建築学科との討論へと拡大し、1982年10月にデルフトでセミナーが開かれ、30の大学から50人の教師が集まった。そして、次第に組織が整えられ、現在のECAADEへと発展した、1986年現在で、会員の教育機関は、約40団体である。その目的等は、規約 (全文は、現在オランダ語で書かれている) の内容は、次のようなものである、すなわち、

## 目的

- 1) 教育学部、建築学部学科、研究所、ハードウェア・ソフトウェア供給者、建築・建設に関連する実践者で、ECAADEメンバーからの情報を集め、整理し、相互に広める。
- 2) 共同研究を通して、CAADの開発と教育に関する経験と資料の交換
- 3) CAAD教育へ固有な要求を識別し、それらの要求を満足させる共同研究プロジェクトを組織する

## 事務本部・住所

ベルギーのブラッセルに定款は登録されている

Mes. Marlyn Aretz

Eindhoven University of Technology

Department of Architecture, Building and Planning

Vakgroep Bau-Section Calibre

P.O.Box 513

5600 MB EINDHOVEN

The Netherlands

## 活動

会議 2年に1回異なった国で開かれる。会議録が出版される。

会報 一年に4回発行され、会員に配布される。

情報データベース 会員からの質疑応答をペーパーまたはd BaseIIIのフロッピーで有償配布

教材 英語・フランス語・オランダ語による講義ノートの作成

ソフトウェア作成

スライド・ビデオの作成

コンピュータコースのためのガイダンスの作成

これらは、希望会員に有償配布される。

## 研究活動

テーマ：計算機援用建築設計の社会的インパクト

：建築環境のモデル化とその設計の為に概念的道具の開発

## 会員資格

個人会員・団体会員・賛助会員

## 組織

ECAADEは、教育を目的とする、非営利的・国際的団体である

総会：この会を運営するために次のようなことを審議決定する

規約の改正

評議会のメンバーの、指名・交代・再任  
会員の規定

予算の承認と決算

会の解散

前年の総会によって決定された場所で、会長の議長のもとで年に一度開催する

評議会：会の一般的運営の遂行に責任を持つものが評議会であり、次のメンバーよりなる  
会長

副会長

二人以上の事務員

これらの一人以上はベルギー国籍でなければならない

評議会は、総会で出席者の三分の二以上の多数決によって、解散できる

事務局長 (省略)

予算と決算 (省略)

地区代表 (省略)

等である。

ii) ACADIA (Architecture and CAD in America (1986) / Association for Computer Aided Design in Architecture (1987))

1986年における会長は、ユーストン大学のElizabeth Bollinger教授であったが、1987年に、アリゾナ州立大学のPatricia McIntosh氏に交代した。この年の10月30日から11月1日までの3日間ノースカロライナ州立大学でワークショップ (研究報告会) (ACADIA'87 Workshop) が開かれた。これは、第7回目である。

上述のECAADEの前会長T. Maver教授 (ストラスクライド大学) がその活動について報告をし、そのプロ

グラムと参加申し込みがECAADEの会報に掲載されるというように、両者は互いにコンタクトを取り合っている。

ニューズレター (ACADIA Newsletter) が1987年12月現在でVol. 6, No. 5まででている。

iii) わが国においては、大学の建築教育に限れば、日本建築学会の1987年の大会において研究懇談会「設計教育をめぐる諸問題——CADに何ができるか——」がもたれ多数の参加者を集め、関心が高いことを示したが、情報の交換・共同研究等を行う組織はないと言って良からう。研究発表は、ここ2～3年建築計画部門・電子計算機利用シンポジウムで、単発的になされているという状況である。

## 2 諸外国の活動内容

ここでは、ECAADEの会報1, 2に掲載されている会議・研究報告会における論文タイトルとアブストラクトを利用して、一般的傾向または状況を概観することで替える。

概観の方法として、タイトルとアブストラクトを手で、フロッピーディスクに打ち込みそれらの使用単語の頻度をコンピュータで出した。次に、単語の内、それだけでは文法的役割しか読み取れない冠詞・前置詞・関係代名詞のような要素を手で削除し、頻度の多い上位20語弱を

取り出したものが表-1、表-2、である。

これらの単語を媒介として、イメージをわかすと活動の全体について漠然と抱いているイメージを統計的に確認できると言えよう。次に、もう一步踏み込んだイメージを得るためには、各論文のキーワードの取り出しが必要となるが、それについては、今後の課題としたい。しかし、ここで述べた作業は、その為の前提作業となり、その結果をフィードバックした機械化の方法を考えている。

論文のタイトルを目で読み、下位の頻度の単語に目を通すと、次のように言える。すなわち、1986-1987年においては、建築分野におけるCAIは、未だ、試行的段階であり、研究と事例的経験 (experience) の蓄積段階であり、一般的・応用的 (application) 段階には、至っていない。方法論的には、知識工学的な方法・エキスパートシステムの組み込みに関心が向いているが、一步進んでいる計算機援用設計 (CAD) におけるエキスパートシステムの建築設計への導入においては、ある制約条件 (constraint) 下においてのみ応用が可能であり、それを建築教育分野へ持ち込むには、その制約条件が教育的障害にならないかどうかの検討が残されている。

Prologという単語の頻度は、それぞれにおいて1であり、userという単語の頻度は、3、3である。

表-1 ECAADE会議 (ローマ 1986) と ACADIA 研究報告会 (ユーストン 1986) における 発表論文タイトルとアブストラクトの単語頻度表

単語	頻度
design等	74
computer等	51
architecture等	50
system	34
building	21
process	15
technology等	15
software	14
cad	13
education等	12
research	12
analysis	12
tool	11
teaching	11
experience	11
caad	11
knowledge等	11
model	9
school	9
planning	8

表-2 CAADの未来'87と研究会議: CADにおけるエキスパートシステムにおける 発表論文のタイトルとアブストラクトにおける単語頻度表

単語	頻度
design等	143
system等	76
knowledge	76
process	36
computer等	34
model	29
structure	22
building	22
representation等	19
technology等	18
program等	17
expert	16
reasoning	15
architecture等	14
information	13
experience	12
cad	12
caad	12
construction	11
methodology	11

### 3 既開発プログラムの反省

本学で開発されたCAIプログラムを表-3に列挙して反省し、今後の資料とする。

no.8までが構造系のものであり、それ以後が計画系のものである。利用されているものとそうでないもの(no.3)の違いは使用に対する準備の要否である。使う側と使われる側の双方が利用し難ければ、結局は使われなくなるであろう。システム開発の最初の段階から使用形態を考慮して、必要な措置を講じておくことを痛感する。しかしながらやってみなければ判らないことがあるが、未定の部分をプログラムに取り込む(例えば、prologでは当面の間、変数のままでプログラムすることができ

る)様にしておくべきである。後での変更は時間がかかり、修正のなかなか進むまぬ傾向にある。

no.1,2のプログラムはsordパソコンのものであり、PC9801用に移植することが考えられるが、ハードの差が著しく移植するより別個に作り直した方が早いと言ったこともある。新たに作るとすればICAIシステムへと発展させねばなるまい。

no.6は構造系唯一の実用システムであるが、これは教育目標を最小限にしたためにうまく行ったケースである。しかし、構造データの入力部(即ちman-machine-interface部分)に未だ改良すべき所がある。

no.5は前稿等で述べたものであるが、ICAIへの進展

表-3 CAIプログラム一覧表

no	開発年度	プログラム内容	使用パソコン	言語	サイズ	開発後の経過
1	55	静定力学演習	sord	BASIC	---	パソコンが1台しかなく、ゼミで使用。
2	56	問題	M100ACE4	同上	---	
2	57	不静定力学解答表示	同上	同上	---	
3	58	文章問題作成/実行	三菱MULTI-16	BASIC	---	問題作成及び誤答時分岐情報作成の複雑さから実施に至らず。
4	59	たわみ角法問題演習	三菱MULTI-16	prolog-J	---	prolog言語の可能性を調べる為の試作品。prolog-J処理系の機能の低さのため実用ならず。
5	60 61 62	たわみ角法公式学習 (q s d m)	NEC PC-9801	prolog-KABA ARITY prolog	68.5KB (source) 146.2KB (exe)	prolog処理系のメモリ必要量の大きさの為、実習用パソコンでは使用できず、ゼミで試用を繰り返している。ICAIへの発展性を期して種々の機能を付加し、メモリ縮小を検討中。
6	60 61 62	固定モーメント法解法手順解説及び学習	NEC PC-9801	BASIC	49.8KB 61.1KB	操作を単純化し、授業及び補習で使用(61年度より1~3回/年)
7	61	ゲーム形式静定力学問題演習	同上	BASIC	57.5KB	ゲーム形式の為、ゼミで試用中、学生は初めは集中する傾向にある。組み込まれている問題に難あり。
8	61 62	基本的な構造形の応力変形状学習	同上	BASIC	49.7KB 72KB	開発中、変形等のシュミレーション機能によって、学習者自身が変形の重ね合わせを行ってその性状を把握できるシステム目標とする。
9	56	設計製図図面チェックリスト表示	canon	BASIC	---	3年の設計製図の授業で使用。
10	60	設計のCRT上での展開システム(a d d)	NEC PC-9801	BASIC	120KB	2、3年の設計製図の授業で使用。
11	62	設計思考のCRT上での展開システム(a 170)	同上	prolog-KABA	26KB	ゼミで試用。

\* ( ) はシステム名を表す。

のため

(a)学習者が解答をして行く間に抱いた疑問をコンピュータに質問できる、

(b)解答とその判定結果を蓄積して、誤答時のコメントをそれらの軌跡に応じて生成する、

機能を付け加えた。(a)の質問はかな漢字変換による簡単な文を入力し、それをたわみ角法公式に関係するキーワード、質問に使われる動詞、語尾等の5つの部分に分け、キーワード検索により分析される。そして分析された各キーワードの組み合わせから答を推定する形式を採った。(b)は、誤答の連続するとき、前回の誤答原因と今回の誤答原因、誤答箇所(答案解析によって推定される)、誤答回数などから用意した語群と文型の構文解析木によってコメント文を生成して表示するものである。また、処理系をprolog-KABAからARITY-prologに変更した。

KABAでは(a)を加えた時点でメモリ・オーバしたからである。1ギガバイトの仮想メモリをサポートするARITY-prologでは、インタプリタ上ではKABAのときより実行が遅くなるが、コンパイルするとKABAより確実に早くなる。

前稿のICAIの一般的機能条件から、このシステムを見てみると

- (i) 学習者の解答とそのコンピュータによる判定結果を蓄積する。
- (ii) 連続誤答時、(i)のデータから前回の判定結果を取り出し今回の結果と比較して総合的判定を下してコメント文を生成する。
- (iii) (i),(ii)の結果として学習者の各入力時の内的文節場の解釈キーが類推された。

と言える。qsdmでは、判定結果が内的文節場の解釈キーそのものであるので、機能条件(i)は完全に満たしており、(ii)が現在答えているものにだけ限定されているので、(ii),(iii)が満足されるには後一步の道がある。

(a)は、教師が見守ることなしにqsdm学習ができることを期待して付加したものであるが、かな漢字変換の仕方の説明、表示される説明文の説明等を要求されて思うようには進まない。(b)のコメント文に対しても、正解を出すことに熱中し、それが目に入らなかつたり、文の語句の意味が判らなかつたり、と表示方法(interface部)にも改めなければならないことが沢山ある。

また、答案解析においても、ピン端部材の公式適用時正解が複数になってしまい、判定規則に用意したもの他に正解があることが試用中に判った。対称性のある場合など、このような事態は他にも生じるので、判定規則の中にこう言った事態に対処できる道を設けられてこそICAIシステムと言えるのではないかと反省する次第である。なお、答案解析における判定規則は45、プログラ

ムにおける入出力関連部(man-machine interface)は67%である。

次に計画系のプログラムno.10,11

addシステム(言語:Basic、サイズ:120KB、構成比:推論部0% インターフェイス20% グラフィックス80%)と

a170システム(言語:Prolog-KABA、サイズ:26KB、構成比:推論部28% インターフェイス36% グラフィックス36%)の反省について述べる。

ADDシステムでCRT上に描画されたものを前にしたとき、教師は、その描画図の直接的良い悪いより、一体どのように考えてこのようなスケッチを考案したのだろうという情報を必要とした。

スケッチの批評というのは、初期の段階では、第一に、(A)課題条件をどのように捉え、補い、解釈を与え、設計条件を構成したか、第二に、(B)それにたいしてどのように形を対応させたかという二点が問われる。したがって、計画・設計用のCAIシステムにおいては、この二つの段階に対応するものでなければならない。B段階向きであっても、A段階の結果がデータとして蓄積されている必要がある。ところが、ADDシステムには、この機能が付いていなかったことが上述の様な印象をもつ原因となったことが分かる。

a170では、ADDシステムの改良を目指して、A段階を含むシステムをProlog-KABAでインプリメントし、ゼミの学生数人に使用して見た。今度は、第一に、日本語入力に手間取り、第二に、学生が誤って、プログラムの入力としては正しいが、意図しない入力をするという種類のエラー処理が、充分ではなく、クラス全体で試用する所まで行っていない。

言及されなかったものについては表の開発後の経過の欄を参照願いたい。

#### 4 学生動作について

CAIプログラムの使用によって気付いた学生の動作特性とその対策について述べよう。

することが判らなくなったときの学生の動作は、一般に次の3つのタイプに分かれる。

(イ)じっと何もせずに考えている。/待っている。

(ロ)隣の学生に聞く。

(ハ)色々なキーを押して反応を探る。

また学習中の態度にも

(ニ)指示をよく見て、冷静に対応する。

(ホ)周りの学生のする様を見ながら対応を考える。

(ヘ)指示を見ずに先入観に従って解答することに熱中する。

と言ったタイプが見られた。

(イ)に対しては定期的に指示を表示する、(ハ)に対しては画面が乱れたり、次の入力画面の文字と結合してしまわない様にする為、障害を引き起こすキーコードをキャンセルすることが考えられ、標準の入力処理ではなく専用の監視付入力処理を組む必要がある。(ヘ)に対しては先入観を取り除き落ち着かせる手だてを、音をだしたり、画面を変化させて注意をコンピュータの指示に向けさせるなどと工夫しよう。

ところで、(イ)の状態の学生が前述の対策で次のステップへ進めればよいが、そうでない場合、例えば指示や説明などの文の意味が判らなかつたり、今行おうとしているCAIのレベルに達していない場合は深刻である。あらゆる状況にプログラムを対応させようとすると無理が生じるのは自明の理である。1つのプログラムに総てを負担させるのではなく、それぞれある機能を持ったプログラムをプログラム間のインタフェースを決めて利用し合う形式がこの場合のより簡明な対策であると信じる。例えば、qsdmで行き詰った時、その状態を記録おいて、何を学ぶかを決め、それをデータとしてしてno.8のプログラムを起動して変形を学習する。学習が終わったとき、もう一度qsdmを起動して中断した時点に戻るという形である。

## 5 今後の目標

我々は、8年間に17本のプログラムを開発しており、それぞれは、小人数による使用が、行われ、2、3のものは、クラス単位で使用されている。しかし、これらの既開発のものは、実践的レベルでは、未だ不十分な所を多く残し、まだまだ改善・改良の余地がある。それらを箇条書きにすると、

- 1) ユーザーフレンドリー化。学生を未熟なオペレータとし、そのうち熟練すると考えられるのではなく、あくまでもユーザーのまま留るとすべきであらう。その為、入力時のエラー処理は、言うまでもないが、ユーザーが、誤ってプログラムとしては正しい入力をした場合の対策も必要である。また、初心者には、入力終了時にリターンキーを押すと言うことを、ある原因で忘れ、画面とにらめっこをしていることがしばしばある。これへの対策も講じておく必要がある。
- 2) プログラムが個々に開発された場合も、入力時のフォーマット等をできるだけ標準化する。すなわち、どのプログラムで学習しても他のプログラムの使用に通じるようになっていくことが望ましい。これは、逆の場合を考えればその効果は、多大であらう。
- 3) プログラム間のインターフェースの標準化をする。

すなわち、プログラムの共通部分を分離し、プログラムのサイズを押え込むと同時に、2)を満足することになる。

- 4) 学生の応答記録形式の標準化。これは、学生の応答記録の解析プログラムが一種類のもので済み、無駄な開発時間を省くことが出来る。

このような目標が達成されれば、次にクラス単位での実践的使用の場面に向かえることになる。そこで、実践的使用の為の準備作業手順を挙げて結びとする。

- 1) 学生数のフロッピーディスクの購入
- 2) 開発プログラムヘデモ例題の組み込みと自動立ち上げ化
- 3) 学生数のディスクのフォーマット
- 4) 学生数のシステムディスクとプログラムディスクの作成
- 5) 学生数のディスクへのラベルの貼付
- 6) アウトプット印刷用紙の準備
- 7) 使用説明マニュアルの準備
  - i) 原稿作成
  - ii) ワープロ打ち込み
  - iii) チェック
  - iv) 印刷
  - v) 例題原稿作成
  - vi) ワープロ打ち込み
  - vii) 印刷
- 8) 実習室の時間的確保
- 9) 実習室のハードウェアのチェックにより台数確認
- 10) 実習補助要員の訓練。これは、1)から9)までの再チェックの役割を果たす。さもないと、多人数を実習室に迎えた段階でトラブルが発生すると非常な混乱を招き、収拾がつかなくなり実習の中止という事態を招きかねない。

なお、ヨーロッパ、北アメリカCAIの現状に関する資料等は、本学海外留学制度により、谷口がロンドン大学バートレット校滞在の成果である。

## 注

筆者による関連既発表論文

建築教育におけるパーソナル・コンピューター利用の可能性について福山大学工学部紀要第6号、1984年

建築教育におけるパーソナル・コンピューター利用の可能性について(2) (Prolog言語と述語論理の可能性について) 福山大学工学部紀要第7号、1985年

建築教育におけるパーソナル・コンピューター利用の可能性について(3) (ICAIプログラムの一般的機能条件) 福山大学工学部紀要第8号、1986年