

基本設計における CAD の課題

山 田 邦 夫

§ 1. はじめに

現在、エレクトロニクス技術の急速な進展によってコンピュータの低価格化が進み、その利用は多方面に及んでいる。建築設計の分野においても、標準化・数量化のしやすい構造設計や設備設計などの分野ではコンピュータ利用が一般化し、それが不可欠の条件となっている。これに対して、もともと創造活動が中心といわれている意匠設計の分野においては、その利用があまり進んでいないのが実状である。現状では、主に(a)法的チェック、(b)日照・日影図作成、(c)透視図作成などに実用化されているに過ぎない。

設計条件から建築空間への情報変換を基本的な行為とする設計業務に、情報処理装置としてのコンピュータが利用されないとは、そこに何らかの障害があるのではないと思われる。それらを CAD の問題点として整理すれば、次のようなものが考えられる¹⁾。

(a) システム利用上の問題

コンピュータへのデータ入力のわずらわしさや、入力してから出力が得られるまでの時間が長過ぎるとか、あるいは設計者が使いたい時に利用できないなどの、システムの使い易さに関する種々の問題。

(b) コンピュータの能力の問題

音声や図形などの利用者の得意とするパターン認識等に必要高度な処理能力の問題。

(c) 経済性の問題

CAD において重要な役割りを果たす図形処理に必要な高度な入出力装置や、それを利用するためのソフトウェアの開発にかかる費用の問題。

(d) 設計業務に関する問題

建築の設計業務そのものが正しく理解されないために起こる問題や、コンピュータ化がどこまで可能かといった問題。

(e) 組織の問題

システムを開発するためのプロジェクトや、完成

したシステムを運用するためのチーム編成や進め方の問題。

これらのうち(a), (b), (c)については今後、入出力機能・グラフィック能力・パターン認識などのコンピュータ技術の進歩によって徐々に解決の方向に向かって行くものと予想される。(e)は、システム利用者・システム開発者・システム管理者などの、それぞれの立場によって異なった考え方を持つ人々をどのように組織化し、CADを進めるかというテーマである。過去には、設計者とコンピュータ技術者とのコミュニケーションの問題が取り上げられたが、今後はオフィス・オートメーションや建設現場におけるマイコン利用など、設計を取り巻く周辺のコンピュータ利用が一段と普及することによってコンピュータへの理解も進み、間接的にコミュニケーション・ギャップは小さくなると考えられる。これに対して(d)のテーマとは、設計業務そのものが明確にとらえられていないために発生する種々の問題であり、これが CAD の課題を検討する出発点となっている。

この研究は、現状の業務の分析を通して設計を明確にとらえることによって、それに対応したコンピュータ利用の可能性を追求し、CAD を前提とした新しい設計方法を確立することが主な狙いである。今回の報告は、そのために検討しなければならない課題を、実際の設計業務の調査・分析によって明らかにするものである。

また、一般に設計のプロセスは企画設計・基本設計・実施設計・設計監理といった段階分けが行なわれている。今回は、これらのうち最終的な設計案に大きな影響を与える基本設計を設計プロセス上の分析対象とした²⁾。

基本設計において、どのような課題があるかを検討するにあたっては、まず § 2. において分析対象の概要を示し、その選定理由を述べる。§ 3. は、分析に用いた資料と方法について記し、§ 4. では、分析結果としての基本設計における設計行為を明らかにする。そして、§ 5. では分析によって明らかとなった設計行為をもとに CAD の課題を提案する。

§ 2. 分析対象

基本設計にコンピュータを利用して行くには、基本設計そのものが的確にとらえられる必要がある。しかし、基本設計には設計対象・設計チーム・組織としての取り組み方などによってさまざまな設計の進め方があり、そのためにどのような設計例を分析対象とするかが問題となる。以下には、選定した分析対象の概要と、その分析対象をどのような考え方によって選定したかについて述べる。

2.1 分析対象の概要

分析対象として選んだ基本設計は、ある大学の施設計画であり、その内容は大学の将来方針にもとづくマスタープランを提案することであった。設計の方法は、学校の教育に関する基本方針や現状の敷地・施設の使われ方を把握し、それに対応する敷地・施設のあり方を追求した上で、総合的な将来計画を立案することであった。

また、発注者に提出した主な設計図書は施設配置図・平面図・計画説明書の3種であり、設計に要した期間は1979年11月から1980年11月までの約1か年であった。総人工は、1日7時間労働として換算すると約196人/日となる。設計はプロジェクトチームによって進められ、そのメンバー構成は日常的な設計組織の編成ではなく、建築出身の設計方法の研究者2名(所属:研究所)と同じく建築出身の地域計画の専門家2名(所属:地域開発部)に、建築出身であるがコンピュータ技術を専門とする筆者(所属:研究所)を加えた5名であった。これに対して、発注者側は決定機関・計画機関・検討機関の3つの組織で構成されていて、決定を行なうための組織化が明確になっていた。

なお、設計対象である敷地・施設の現状は、以下のとおりであった。

(a)敷地面積: 27,692㎡

(b)施設用途: 教室・研究室・管理事務棟・図書館・チャペル・食堂・集会室・クラブ室・テニスコート・学生寮

(c)学科と定員: 英語科200人、教養科200人

(d)教員数: 専任教員36人、非常勤講師67人

(e)学生寮定員: 100人

2.2 分析対象の選定

基本設計がどのようなものかをとらえるための観察調査を行なうには、参与観察と非参与観察とがある。前者は、当事者としての立場で観察を行なうものであり、後者は局外者としての立場に立つものである。このうち参与観察は、被観察者の行動や考え方が著しく異なる場合

や、外部からの表面的な観察だけでは実態が分かりにくい場合に適しているといわれている³⁾⁴⁾。

分析対象の選定にあたっては、設計の経験のほとんどない第三者が局外者として観察調査を行なうには、その行動や考え方にかなりのギャップがあると考えられることから、ここでは当事者としての立場で調査できることを前提とした。すなわち、基本設計の実務を体験しながら調査できることを主要な選定条件とした。

また、CADを適用した設計システムを普及させるという点から基本設計そのものに実績があること^{注1)}、研究目的から基本設計の一部のプロセスだけを調査対象とするのではなく、全体のプロセスが調査可能であること^{注2)}、分析対象の調査が実施しやすいことなども選定の条件として考慮した。前節の分析対象は、これらの要件に基づいて選定されたものである。

§ 3. 分析方法

基本設計におけるコンピュータ化を検討するには、基本設計がどのような設計行為から成り立っているかを明らかにすることが重要である。この設計行為は、設計を終了させるまでの設計者の思考や作業の総称としてとらえられるが、このうち設計者の思考内容そのものは、直接観察することがむずかしい。したがって、設計行為の分析は、設計の進め方・設計作業の種類と時間や、その結果得られたアウトプットなどにもとづいて行なうことになる。以下には、設計行為の分析のために使用した分析資料を、まず明らかにし、次いで分析方法について述べる。

3.1 分析資料

分析に使用した資料は、次に示す10種類である。これ以外の資料としては、各個人のメモやスケッチの途中結果などがある。これらは、設計行為をとらえるには重要であるが、表現方法が不統一であったり、記述方法に個人差があるなど、分析を行なうには取り扱いがむずかしいため、今回は対象外とした。

10種類の分析資料は、設計図書と呼ばれる発注者に提出される資料と、発注者には提出されない設計側の検討

注1) 調査対象とした設計チームは、以前から他部門間のメンバーや未経験者を含めたチーム設計を経験し、設計実績を上げていた。

注2) 調査対象となった設計例は、実施設計を前提とした基本設計に限って発注者から依頼されたものであった。

資料に大きくは分類される。(a)~(f)の設計図書は、設計作業の結果であり、直接作業を表現する資料ではない。また、(g)、(h)は全体の設計作業に共通して作られる資料ではなく、各プロセスにおける部分的なアウトプットである。分析には、基本設計における設計行為がどのようなものか、それがどの程度主要な行為なのかを知る上で、全体のプロセスの設計作業の内容と時間が調査できる(i)、(j)の分析資料が、ここでは最も重要である。

- (a)「第1回打合せ資料」(質問書)
 - (b)「第2回打合せ資料」(回答分析のレポート)
 - (c)「第3回打合せ資料」(設計条件設定のレポート)
 - (d)「第4回打合せ資料」(設計案のレポート)
 - (e)「第5回打合せ資料」(修正設計案のレポート)
 - (f)「各種図面」(ゾーニング図・配置図・平面図) 以上、設計図書
 - (g)「現状の敷地・施設の写真記録」
 - (h)「各種スケッチ」(ゾーニング案・機能図案・敷地の性格図・施設配置図・平面型案)
 - (i)「共同検討の作業記録」
 - (j)「調査のための筆者の作業記録」
- } 図-1 参照

3.2 分析方法

設計行為の分析は、前述した2種類の作業記録を中心に行ない、他の資料は後述するように分類の観点抽出するための参考などに補足的に使用した。分析は、2つの資料に示された作業記録から作業内容・作業時間・作業順序などが読みとれることから、まず作業分析によって基本設計における作業の種類と、それに要した時間を明らかにする。つぎに、これらの作業分析結果から設計の進め方や同様な作業のまとまり・作業時間などによって作業分類を行ない、基本設計における設計行為を明らかにする。

作業分析を行なうための2つの資料は、記録(i)が共同検討を行なった時の作業記録であり、検討テーマ・検討内容・日時・メンバーが記入されている。これは、主にレポート作成のための基本データとして、ホワイトボードを使って共同検討を行なった結果の写真記録である。

一方、記録(j)の作業記録は、筆者が設計行為の分析を行なうために独自に実施した記録日誌である。その記述内容は、筆者の行なった作業について日時と作業名が示されている。これらのうち、記録(i)は部分的にしか時間記録がなく、共同作業のみの記録である。しかも、作業内容と作業時間については記録(j)の情報に含まれている。したがって、作業内容別の作業時間については(j)の記録をもとに整理する。なお、共同作業についてはメンバー数が記録(i)から明らかなので、これによって延時間の算定を行なった。

この2つの作業記録から作業抽出を行なうには、次の2つの問題がある。1つは、作業のまとまりをどのよう

'800609. 13:05~ YAS・YAM・ISO・SAK

<回答の分析>

□. 管理運営組織・施設

- ・事務・学生部・教務部・宗教部→本館
- ・本部機能をまとめる。(集中・分散)
- ・他の施設との関係がどうか? (研究棟→本部)
- ・本部と研究ゾーンとのかかわりや学生部と学生の動線とのかかわりを考慮する。
- ・図書館のような専用の業務を除いては、施設の効率を考え共同としてまとめる。
- ・組織上のまとまりを考慮しながら、他の機能とのつながりを検討する。

回答の要約

//

作業スペースの準備

回答の分析

//

5(木) 8:30—18:30 //

6(金) 8:30—21:00 //

7(土) 8:30—17:10 //

9(月) 8:30—16:40 //

10(火) 8:30—11:00 //

11:00—12:30

レポート構成の検討

12:30—16:40

レポートの作成

11(水) 9:00—21:30 //

12(木) 9:00—21:30 //

13(金) 9:00—22:30 //

図-1 共同検討の作業記録および調査のための作業記録の一部

にとらえるかということであり、もう1つは分担作業がこれらの記録からは直接読みとれないことである。前者の問題は、作業のまとまりをどのように考えるかについてであるが、実際には何がまとまりなのかを明確に規定することは、きわめてむずかしい。しかし、作業名をつけるということは、作業者自身が作業のまとまりを意識し表現していることであるとも考えられる。そこで、ここでは記録上書かれている作業名を、そのまま作業のまとまりとした。

一方、分担作業に要した時間は、前節の分析資料のみからは直接明らかにできないため、記録(i)の中に残されている作業分担の記述を調べ、記録(j)に示される時間から他のメンバーもこれと同じだけ分担作業に使っているとして延時間を求めた。しかし、分担作業が記録のみで明らかにできない場合には、作業によって作られたレポートの筆跡から担当者を割り出して求めてある。

以上の方法で求められた作業内容別の作業延時間を、作業の開始時刻の順に並べた結果が図-2である。設計行為は、これらの作業内容・作業時間・作業順序を示したデータをもとに求められる。図-2における各データのうち、図中の*印は資料の受け取りなどであり、実質

No.	作業内容	作業時間	No.	作業内容	作業時間
1	T大学より計画発注	*	39	既存施設を含めた機能図の表現法の検討	9.0
2	計画チームの編成	*	40	機能図の作成	9.0
3	敷地調査	15.0	41	ゾーニングの課題検討	4.5
4	年間スケジュールの作成	2.5	42	ゾーニングの個人検討	6.0
5	スケジュールの作成	6.5	43	ゾーニングの共同検討	30.0
6	BSによる質問項目の抽出	13.5	44	ゾーニング図の作成	12.0
7	MBSによる質問項目のフォローアップ	22.5	45	規模算定	22.0
8	質問項目カードの作成	2.5	46	補足質問に対する回答受取り	*
9	過去の計画事例による追加項目カードの作成	2.5	47	回答分析レポートの修正	32.0
10	質問項目カードのグルーピング	2.5	48	レポートの作成	75.5
11	質問書の原稿作成	24.0	49	レポートのチェック	10.0
12	質問書のチェック	9.0	50	レポートの修正	26.0
13	質問書の修正	10.5	51	打合せ準備	4.0
14	打合せ準備	2.5	52	第3回打合せ(計画条件の報告)	7.5
15	第1回打合せ(質問書提出と趣旨説明)	5.0	53	スケジュールの作成	12.0
16	質問書に対する回答受取り	*	54	計画条件に対する意見要望受取り	*
17	スケジュールの作成	16.0	55	スケッチによる平面型の個人検討	71.5
18	回答内容の把握	2.5	56	計画条件の修正	1.0
19	補足質問項目の検討	2.5	57	スケッチ案の説明方法の検討	1.0
20	回答の要約	66.5	58	スケッチによる平面型の共同検討	102.5
21	作業スペースの準備	4.0	59	平面図の作成	21.0
22	回答の分析	100.5	60	面積表の作成	12.0
23	レポート構成の検討	1.5	61	レポートの作成	137.5
24	レポートの作成	134.5	62	レポートのチェック	14.5
25	レポートのチェック	6.0	63	レポートの修正	14.5
26	レポートの修正	25.5	64	配置図の作成	17.5
27	打合せ準備	2.5	65	打合せ準備	6.5
28	第2回打合せ(回答分析結果の報告と補足質問)	5.0	66	第4回打合せ(計画案の報告)	12.5
29	スケジュールの作成	10.5	67	計画案に対する意見要望受取り	*
30	写真KJ法による敷地の性格づけの個人検討	14.5	68	スケジュールの作成	18.0
31	写真KJ法による敷地の性格づけの共同検討	11.5	69	スケッチによる平面型の検討	40.0
32	写真KJ法の問題点と今後の課題	1.5	70	レポート構成の検討	6.0
33	BSによる敷地の性格づけの検討	3.0	71	レポートの作成	18.5
34	MBSによる敷地の性格づけのフォローアップ	7.0	72	レポートのチェック	9.0
35	敷地性格図の作成	22.5	73	レポートの修正	16.0
36	機能図の課題検討	7.5	74	配置図の作成	2.5
37	機能図の個人検討	9.0	75	第5回打合せ(修正計画案の報告)	6.5
38	機能図の共同検討	13.5			

図一2 作業内容別の作業時間

上, 作業時間がほとんどかからないため記録には時間記述がないものである。したがって, 図一2の全作業75種のうち*印のついた作業を除いた69種を作業分類の対象とした。

3.3 設計行為の分類

図一2から, 最終的な設計案を作成するまでの全体的な流れの中には69種の作業がある。これらは「打合せ」という作業によって大きく区分され, それぞれが設計の進め方における大きなまとまりとみることができる。この区分は, 当初から発注者に対して, 打合せの日程と内容を示していることから明らかである。また区分は, 段階ごとに打合せ資料(レポート・図面)が作成される

ことから, これらを作成するための行為の区切りとみることもできる。そして, 区分された行為が一体どのような行為なのかは, その段階ごとの作業の内容や段階ごとに作成された打合せ資料の内容によって, 次のように表わされる。

- (a)質問書の作成: 作業番号1~15
- (b)回答の分析: " 16~28
- (c)設計条件の設定: " 29~52
- (d)設計案の作成: " 53~66
- (e)修正設計案の作成: " 67~75

ところが, この段階区分ごとの作業を詳しくみると, 各段階に共通した作業と各段階に固有な作業とがある。すなわち, 前述したような段階区分では全体的な設計の流れは明らかになるが, 設計行為の種類分けという面か

らは、各段階に共通した作業があるという点からみて、段階区分だけによる分類では不十分といえる。

そこで、まず全作業のうち各段階に共通した作業と各段階にしかない固有な作業に区分すると、共通した作業は次の7種類にグルーピングできる。

- | | | |
|---------------|---|--------|
| (a) スケジュールの作成 | } | レポート作成 |
| (b) 図表の作成 | | |
| (c) レポートの作成 | | |
| (d) レポートのチェック | | |
| (e) レポートの修正 | | |
| (f) 打合せ準備 | } | 打合せ |
| (g) 打合せ | | |

これらのうち、レポートに関する一連の行為はレポート作成として、また打合せに関する2つの行為も同様なものとして1つにまとめられる。したがって、各段階に共通する行為は、スケジュール作成・図表作成・レポート作成・打合せの4種類の行為から成り立っているといえる。

これらは各段階に共通する行為であり、全作業から共通した行為を除くと、残った作業は前述の段階区分の特徴を表わす行為とみることができる。したがって、これらの行為を各段階区分に対応させれば、次の5種類の行為に分けられる。

- | | | |
|--------------|---|--------|
| (a) 質問項目の検討 | } | 設計案の検討 |
| (b) 回答の分析 | | |
| (c) 設計条件の検討 | | |
| (d) 設計案の検討 | | |
| (e) 修正設計案の検討 | | |

このうち(d)、(e)は、検討内容からみて同様な行為であり、設計条件が途中で変更されなければ(d)のみの検討で設計は終了してしまうことから、1つの行為としてまとめられる。また、これらの段階区分上の行為は、同様な作業内容のまとめりやレポートの章構成などによるまとめりなどから、次のような細分類ができる。

- | | | |
|-------------|---|--|
| (a) 質問項目の検討 | } | 質問項目の検討 |
| (b) 回答の分析 | | |
| | } | 回答の要約
回答の分析
補足質問の検討 |
| (c) 設計条件の検討 | | |
| | | |
| | } | 敷地の性格づけの検討
機能図の検討
ゾーニングの検討
規模算定 |
| (d) 設計案の検討 | | |
| | | |

以上の検討によって、基本設計における設計行為は、各設計段階に固有な4種の行為と各設計段階に共通な4種の計8種類の行為に大別される。

- | | | |
|--------------|---|---------------------------------------|
| (a) 各設計段階に固有 | } | 質問項目の検討
回答の分析
設計条件の検討
設計案の検討 |
| | | |
| | | |
| | | |

- | | | |
|--------------|---|-----------|
| (b) 各設計段階に共通 | } | スケジュールの作成 |
| | | 図表の作成 |
| | | レポートの作成 |
| | | 打合せ |

ところで、これらの8種の設計行為は各設計段階ごとに進め方の手順があり、それらは作業記録データから、

- (1) スケジュールの作成、
- (2) 各段階ごとの検討、
- (3) 検討結果の表現（図表およびレポート作成）、
- (4) 打合せ、

の順となっている。したがって、8種の行為を分かりやすく上記の順によって(1)準備→(2)検討→(3)表現→(4)報告の順に並べかえを行なうと、前述の細分類および69種の全作業をまとめて表現すれば、図-3のようになる。これが、69種の設計作業から導びかれた基本設計における設計行為の分類結果である。

§ 4. 分析結果と考察

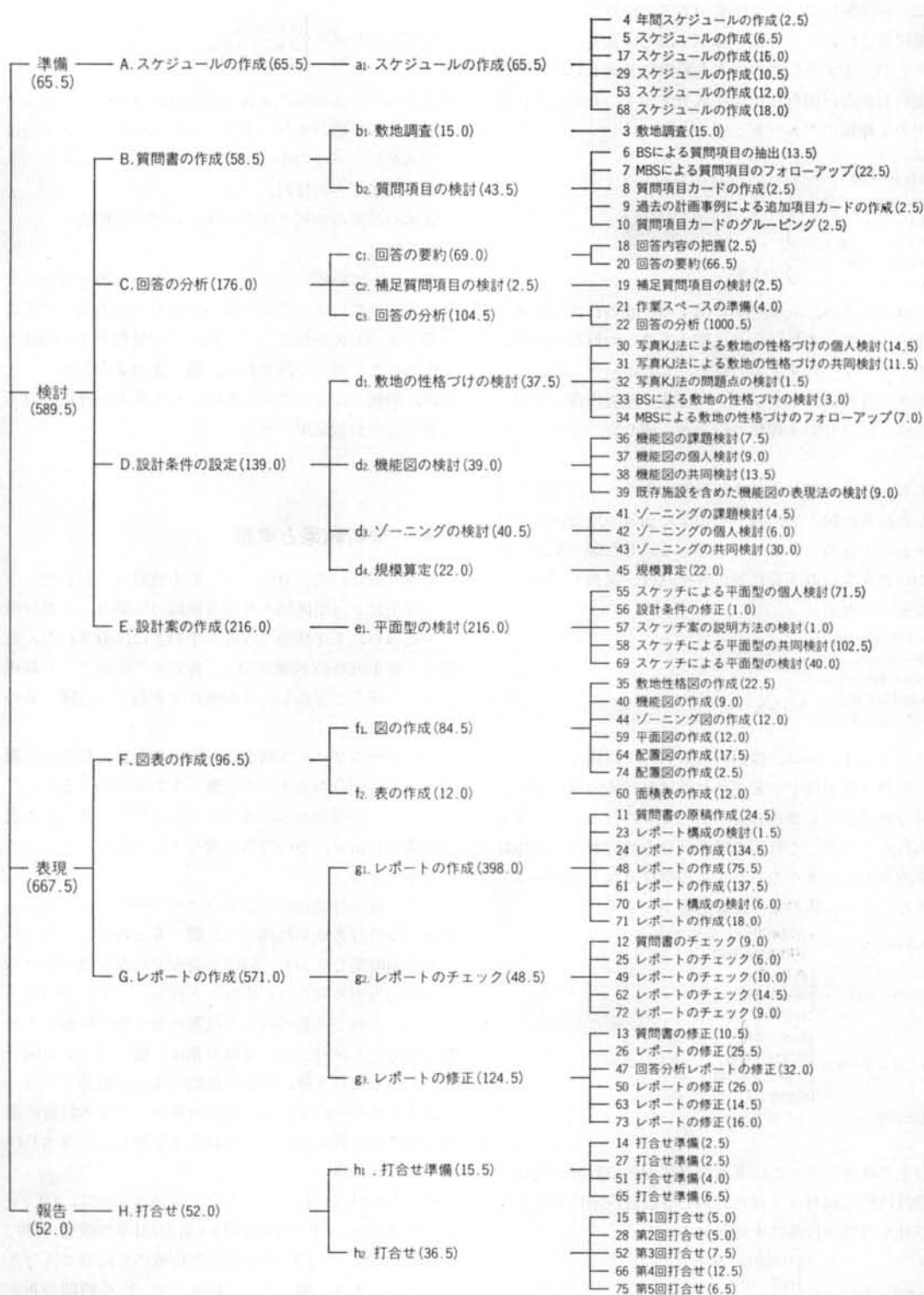
前述の設計行為の分類から、基本設計は「打合せ」という作業によって区切られる5種類の段階と、この段階ごとにみられる4種類の設計の手順とに区分された。前者を「基本設計の段階区分」、後者を「段階ごとの操作区分」と呼ぶことにし、その流れを表現すると図-4のようになる。

この2つのプロセス軸上に分類された設計行為を配置し、その時間分布を表わすと表-1および図-5のようになる。この図表から、各プロセスに位置づけられる設計行為の種類と、その行為に費やされる時間分布を知ることができる。

また、設計行為の分類によってグルーピングされた8種類の設計行為別の時間分布は図-6となり、この設計行為別の時間分布から、時間の費やされた行為の順序や全時間に占める割合が明らかとなる。一方、全設計プロセスからみて「基本設計の段階区分」や「段階ごとの操作区分」の区分ごとの時間分布は、図-7および図-8のように表わされ、同様な時間による分析ができる。

以上の検討の結果から、分析対象とした基本設計の進め方や特徴が読みとれる。それらを整理して列挙すれば次のようになる。

- (a) 基本設計は「打合せ」という作業によって、(I)質問書作成・(II)回答分析・(III)設計条件設定・(IV)設計案作成・(V)修正設計案作成の5段階に区分される。また、図-7の段階区分による時間分布から、(IV)設計案作成・(II)回答分析・(III)設計条件



図一 3 基本設計行為の分類

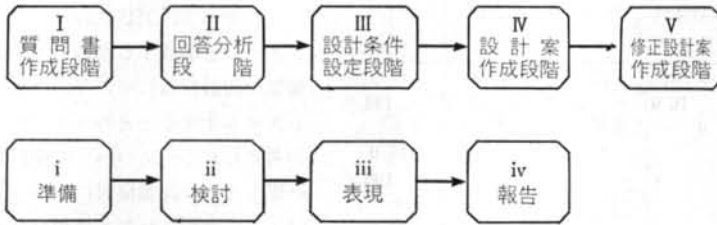


図-4 基本設計の段階区分および段階ごとの操作区分

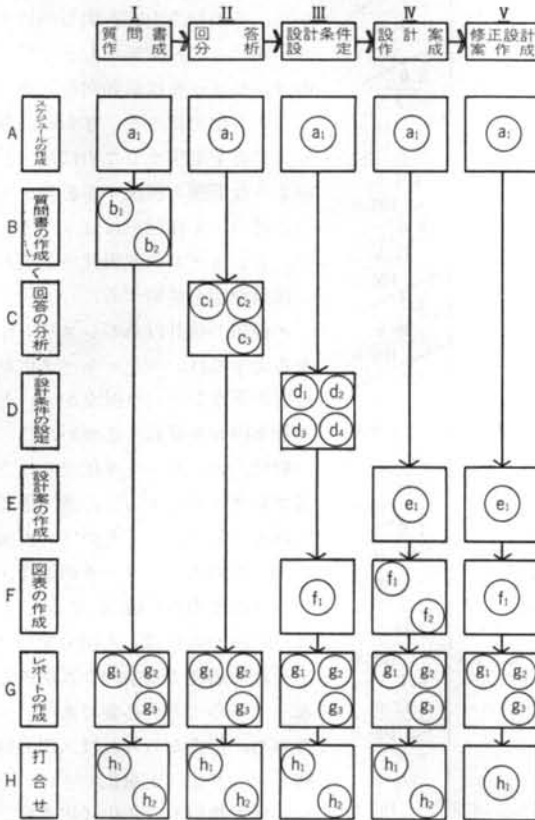


図-5 設計段階区分別の設計手順

設計行為	作業時間 時間・人	時間分布 (%)	累積時間 時間・人	累積分布 (%)
G	571.0	41.5	571.0	41.5
E	216.0	15.7	787.0	57.2
C	176.0	12.8	963.0	70.0
D	139.0	10.1	1102.0	80.1
F	96.5	7.0	1198.5	87.1
A	65.5	4.8	1264.0	91.9
B	58.5	4.3	1322.5	96.2
H	52.0	3.8	1374.5	100.0

図-6 設計行為別の時間分布

設定の各段階の時間累計は、全体の80%を越える。

(b)各段階ごとの操作区分は、設計の作業手順から、(i)

準備・(ii)検討・(iii)表現・(iv)報告の4区分となっている。同様に図-8から、作業手順による区分では(ii)検討・(iii)表現の2つの区分の全作業時間に対して占める割合は、約90%となっている。

(c)基本設計における設計行為は、図

3の分類結果から、(A)スケジュー

ールの作成・(B)質問書の作成・(C)回答の分析・(D)設計条件の設定・(E)設計案の作成・(F)図表の作成・(G)レポートの作成・(H)打合せの8種類である。これらの設計行為のうち、(G)レポートの作成・(E)設計案の作成・(C)回答の分析の3種類の行為の時間累計は、図-6から全作業時間の70%を占め、対象とした基本設計における主要な行為といえる。

(d)また、8種類の設計行為のうち、(A)スケジューの作成・(G)レポートの作成・(H)打合せは、図-5から各設計段階全体に現われる行為である。さらに同図から、(F)図表の作成は(III)設計条件設定以降に現われる設計行為であり、いいかえると(III)以降で図表による表現手段が使われる。

これらのうち、コンピュータ化の視点から見て、基本設計がどのような設計行為から成り立っているかを示す(c)の分析結果が最も重要である。

§ 5. CAD の課題検討

前述したように、基本設計における設計行為は、大別して8種類の設計行為に分類できた。そして、設計行為の分析によって基本設計の進め方や特徴が明らかとなった。以下には、分析結果をもとにCADを前提とした設計方法を確立するための課題についての検討を行なう。

5.1 設計システムの検討

ここでは、CADを前提とした設計方法を確立するという意味から、設計プロセスにおける特定の行為だけを取り出してシステム化するのではなく、8種類の設計行為が何らかの形でシステム化でき、それによって全体の設計システムが構成されることが望ましい。また、基本設計の分析結果によっ

て対象とした設計例は、はっきりとした設計の進め方があり、段階ごとの作業手順も図-5から明らかである。

段階区分 設計行為	I 質問書作成	II 回答分析	III 設計条件設定	IV 設計案作成	V 修正設計案作成	計
a1. スケジュールの作成	9.0 13.7 7.6	16.0 24.4 4.4	10.5 16.0 3.0	12.0 18.3 2.8	18.0 27.5 15.5	65.5 100.0 4.8
b1. 敷地調査	15.0 100.0 12.6					15.0 100.0 1.1
b2. 質問項目の検討	43.5 100.0 36.6					43.5 100.0 3.2
c1. 回答の要約		69.0 100.0 18.8				69.0 100.0 5.0
c2. 補足質問項目の検討		2.5 100.0 0.7				2.5 100.0 0.2
c3. 回答の分析		104.5 100.0 28.5				104.5 100.0 7.6
d1. 敷地の性格づけの検討			37.5 100.0 10.8			37.5 100.0 2.7
d2. 機能図の検討			39.0 100.0 11.2			39.0 100.0 2.8
d3. ゾーニングの検討			40.5 100.0 11.6			40.5 100.0 2.9
d4. 規模算定			22.0 100.0 6.3			22.0 100.0 1.6
e1. 平面型の検討				176.0 81.5 41.5	40.0 18.5 34.3	216.0 100.0 15.7
f1. 図の作成			43.5 51.5 12.5	38.5 45.6 9.1	2.5 3.0 0.7	84.5 100.0 6.1
f2. 表の作成				12.0 100.0 2.8		12.0 100.0 0.9
g1. レポートの作成	24.5 6.2 20.6	136.0 34.2 37.1	75.5 19.0 21.7	137.5 34.5 32.4	24.5 6.2 21.0	398.0 100.0 29.0
g2. レポートのチェック	9.0 18.6 7.6	6.0 12.4 1.6	10.0 20.6 2.9	14.5 29.9 3.4	9.0 18.6 7.7	48.5 100.0 3.5
g3. レポートの修正	10.5 8.4 8.8	25.5 20.5 6.9	58.0 46.6 16.7	14.5 11.6 3.4	16.0 12.9 13.7	124.5 100.0 9.1
h1. 打合せ準備	2.5 16.1 2.1	2.5 16.1 0.7	4.0 25.8 1.1	6.5 41.9 1.5		15.5 100.0 1.1
h2. 打合せ	5.0 13.7 4.2	5.0 13.7 1.4	7.5 20.5 2.2	12.5 34.2 2.9	6.5 17.8 5.6	36.5 100.0 2.7
計	119.0 8.7 100.0	367.0 26.7 100.0	348.0 25.3 100.0	424.0 30.8 100.0	116.5 8.5 100.0	1374.5 100.0 100.0

(注)上段は作業時間(h), 下段は段階区分および設計行為別の時間分布(%)

表一 1 段階別設計行為の時間分布

したがって、実状に合った設計システムを構成するためには、8種類の設計行為について、それをシステム化するとどのようなものが考えられるかについての検討が必要となる。課題検討にあたっては、まず分類された8種類の設計行為について、システム化の視点から、その行為内容を明らかにする。次に、この結果をもとに現状のコンピュータ技術動向を考慮しシステム化を試みる。さらに、各システムを実現するためには、どのような問題を解決する必要があるかについて検討を行なう。そして、各システムの実現性や効果から検討課題を提案する。

8種類の設計行為のシステム化を考えるには、コンピュータ化が可能かどうかという視点から、その行為内容を見直す必要がある。一般に、コンピュータ化できるとはプログラムによって記述できるということであり、そのプロセスはデータの入力・データの操作・データの出力から成り立っている。いいかえれば、入出力データとそれを処理する手続きが明確となっていることが必要である。すなわち、行為からみれば入出力情報がデータ化(定量化)され、その処理方法がモデル化(定式化)されることであるといえる。

図一9は、各設計行為がどのような作業の流れによって実施されるかを、図一3および図一5をもとに、その作業に必要な入出力情報とその処理方法によって示したものである。この結果を整理すれば、8種類の設計行為は図一9のような行為内容として示される。

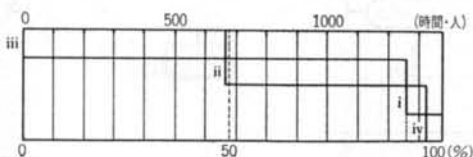
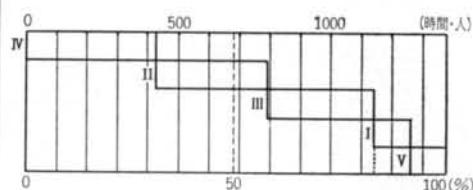
8種類の設計行為に対応した設計システムは、コンピュータ化を考慮した行為内容をもとに、現状のコンピュータ技術をふまえシス

段階区分	作業時間 (時間・人)	時間分布 (%)	累積時間 (時間・人)	累積分布 (%)
IV	424.0	30.8	424.0	30.8
II	367.0	26.7	791.0	57.5
III	348.0	25.3	1139.0	82.8
I	119.0	8.7	1258.0	91.5
V	116.5	8.5	1374.5	100.0

図一 段階区分別の時間分布

操作手順	作業時間 (時間・人)	時間分布 (%)	累積時間 (時間・人)	累積分布 (%)
iii	667.5	48.5	667.5	48.5
ii	589.5	42.9	1257.0	91.4
i	65.5	4.8	1322.5	96.2
iv	52.0	3.8	1374.5	100.0

図二 操作区分別の時間分布



テム化を試みると、次のようなものが考えられる。ここに示す内容は、設計行為に対応したシステムの概要と、それを実現化するための問題点を中心に述べ、課題抽出はこの問題点にもとづいて行なう。

A. スケジュール作成システム

スケジュール作成システムは、各プロセスにおける設計作業に対応した作業時間・作業順序・人工等の標準データを用いて、バーチャートなどのスケジュール表を作成するシステムである。これらを作成する手続きのコンピュータ化は、従来から他方面で実績があり、問題は少ない。しかし、この設計行為の全時間に占める作業時間が少ないことから、システム化の効果がどの程度あるのか、また精度の高い標準データがどの程度整備できるかが問題となる。特に、今回の分析結果にみられるような段階区分別、あるいは行為区分別の作業内容と作業時間を予測するためには、こうした区分別のデータ収集がまず必要である。

B. 質問書作成システム

このシステムは、設計対象別に質問項目が共通化できる内容が多いことから、対象別の質問項目データベースを作成し、設計者がそのデータを見ながら会話形式で質問項目の追加・削除・編集を行なって質問書を作成するものである。対象別の質問文のリストをどのように作成するかが重要であり、システムはこのデータベースを使って質問書作成のプロセスを支援するものとなる。システム化に問題は少ないが、この場合質問文が日本語で書かれることから、入出力装置として漢字が表現できるディスプレイ装置とプリンタ装置が必要となる。

C. 回答内容の分析システム

回答内容の分析システムは、質問書の回答によって得られた大量の情報を整理してファイル化し、その回答内容をディスプレイ装置で検索しながら設計課題を設定す

るための分析を進め、その結果をレポート作成のためのデータとしてファイル化する。システムの機能としては、実際の分析行為そのものをコンピュータ化することが現状ではむずかしいため、分析に必要な情報や分析結果の記録が中心となる。したがって、大量のデータをどのように高速に入力するかがここでの課題であり、音声入力装置などを利用した入力方法の検討が重要であろう。ここでも同様に、日本語情報が扱われるため、そのための入出力装置が必要となる。

D. 設計条件設定システム

設計条件の設定は、敷地・施設の機能・規模などについて、回答の分析で得られた課題に対応させて条件化することである。システムは、必要とされる設計対象別の設計資料データベースを作成し、それらのデータを検索しながら条件設定を行なうものである。データベースとして構成される設計資料は、対象別の施設・諸室の種類と機能的つながりやまとまりを示すデータ、あるいは施設・諸室別の規模やその算定方法などである。ここではこのような設計資料を、どのように収集・整備し、メンテナンスして行くかが課題となる。

E. 自動設計システム

設計案の作成は、与えられた設計条件を満足する平面型をいくつか作成し、これらを典型的に整理し、実現可能性の点から評価を行なって設計案(解)を決定する一連の行為である。設計案のレポートは、この解に至るプロセスの考え方を示したものである。

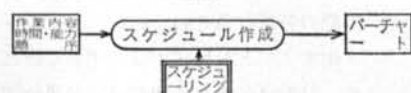
ここでいう自動設計とは、敷地・機能・規模などの設計条件を入力することによって、これを満たす解をコンピュータを用いて自動的に探求し、設計者は実現可能性の点からこれを評価し、解を選択するシステムである。

コンピュータによる設計案作成のメリットは、設計条件を満たす解が全て尽くせることから、条件と解との関係が明確となる。ところが、解を尽くすためには設定する条件によって時間が幾何級数的に増大する。したがって、適切な条件設定と解を効率良く探索する方法が重要となる。

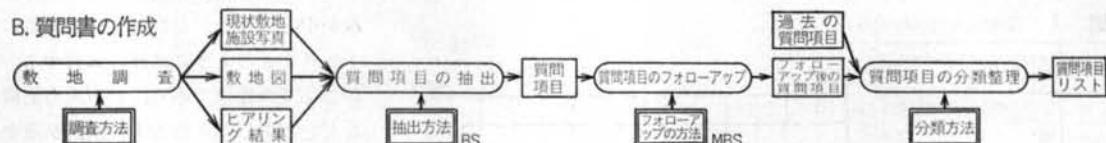
F. 作図処理システム

作図処理は、スケッチで表現された機能図・ゾーニング図・配置図・平面図などを図面化する行為である。スケッチで表現される冗長な情報をどのようにデータ化し効率良く入力するかがテーマである。たとえば、基本設

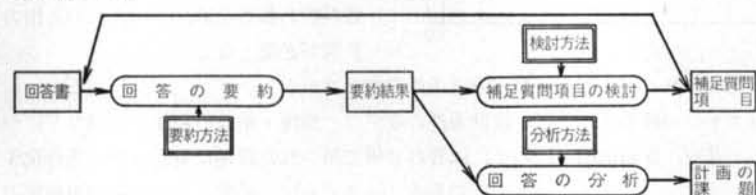
A. スケジュールの作成



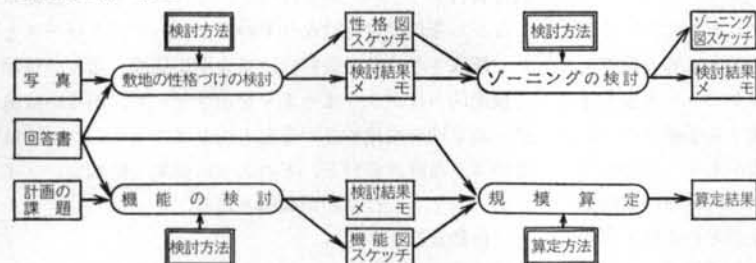
B. 質問書の作成



C. 回答の分析



D. 設計条件の設定



E. 設計案の作成



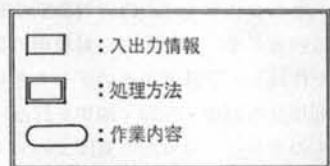
F. 図表の作成



G. レポートの作成



H. 打合せ



図一 9 設計行為別の入出力情報と処理方法

計に必要な図面に対応した作図用言語の検討やスケッチを直接入力する方法などが課題となろう。しかし、Eの自動設計システムで述べたような平面解が自動的に得られる場合には、平面図の作成ではスケッチ等の入力は少なくなり、自動設計システムと一体に構成することができる。

G. レポート作成システム

基本設計におけるレポート作成とは、図-9に示されるように設計の各段階で得られた検討内容や検討結果をレポートの形式で表現する行為である。大きくは、原稿をもとに文章化するレポート作成、作られたレポートのチェック、チェック箇所の修正の3つの行為である。

一方、現在市販されている日本語情報処理装置（ワード・プロセッサ）は、主に和文タイプライターの延長線上にあり、それに加えて字句や文章の訂正・削除・追加といった編集作業をディスプレイ上で行なうことができる。これらの機能を簡潔に表わせば、日本語の清書処理および編集処理の2つの機能を持っているといえる。

したがって、レポート作成のための清書作業およびレポートのチェック・修正における訂正・削除・追加などの作業には相当の効果が期待できる。特に、後者の編集作業には有効であろう。しかし、レポート作成における中心的行為は、分析結果からも明かなように、検討記録をもとに設計者が行なう文章作成であり、システムとしてどの程度これらを支援できるかが重要な課題といえる。そのため、ワード・プロセッサの専用機能に加えて、情報の蓄積・加工・検索といった処理機能が必要となり、システムはコンピュータとワードプロセッサとが一体となった機能となる。いいかえれば、CADシステムに日本語の表現および処理が可能な入出力機能を付加する必要がある。

H. 報告システム

システムは、各段階でまとめられた設計図書を正確に発注者に伝達し、それに対する意見や要望についての情報収集を行なう。したがって、設計情報をどのように正確に伝えるか、そのための設計図書の表現形態はどのようなものを選ぶかが課題となる。特に将来、映像媒体を使った入出力装置や持ち運び可能な小型のパーソナル・コンピュータなどが急速に普及する可能性があり、これらの動向に注目する必要がある。

5.2 CAD の課題

システム化を行なうにあたっての重要な研究課題は、前節のシステムの概略説明の中で問題点として取り上げたテーマを、システムの実現性・システム化の効果およ

作業時間と 情報処理技術	作業 時間	パ タ ー ン レ コ グ ニ シ ョ ン	シ ミュ レー シ ョ ン	デ ータ ・ ベ ー ス	図 形 処 理	マン マシン ・ コ ミュ ニ ケー シ ョ ン	情 報 検 索	言 語 情 報 処 理	映 像 情 報 処 理
(A)スケジュール作成システム	65.5			*	*	*			
(B)質問書作成システム	58.5			*	*	*	*	*	*
(C)回答内容の分析システム	176.0	*	*	*	*	*	*	*	*
(D)設計条件設定システム	139.0			*	*	*	*	*	*
(E)自動設計システム	216.0		*	*	*	*			
(F)作図処理システム	96.5	*	*	*	*	*			
(G)レポート作成システム	571.0	*	*	*	*	*		*	*
(H)報告システム	52.0	*	*	*	*	*	*	*	*

表-2 設計システムに関連する情報処理技術

び必要とされる情報処理技術などをもとに以下に具体化する。

前述の3つの検討項目のうち実現性については、(A)スケジュール作成システムや(B)質問書作成システムが現状の装置を利用して容易に実現化できるのは対して、(H)報告システムは新しい装置の研究開発を必要とし、その動向を待たなければならない。

また、システム化の効果については、各システムに対応する設計行為に費やされた時間をもとに、その時間が多いほど効果があると考えることができる。したがって(A)スケジュール作成システム、(B)質問書作成システム、(H)報告システムは作業時間が他に比較して少なく、省力化という意味ではその効果はあまり期待できない。

表-2には、各システムを実現するために関連の深い情報処理技術を取り出して、その関連性を示した³⁾。システム化をはかるための課題は、前述の検討から(A)、(B)、(H)を除いた各システムについて、この情報処理技術との関連を考慮して課題化すると次のようになる。

- 音声情報入力によるデータベースの構築方法と効果の検討（パターン認識）
- 設計情報データベースの構成と検索方法の検討（データベース）
- 設計条件にもとづく平面型の探索方法と効果の検討（シミュレーション）
- スケッチデータの入力方法と作図処理の検討（図形処理）
- ワード・プロセッサの機能を利用した言語情報の処理方法と効果の検討（言語情報処理）

上記の（ ）内の記述内容は、テーマ遂行上、最も関

連の深い情報処理技術である。そして、以上のテーマが対象とした設計例の分析によって導かれた基本設計における CAD の課題である。

§ 6. おわりに

今回の報告は、実際の基本設計の調査・分析を通して設計行為とはどのようなものか明らかにした。そして、各設計行為に対応した設計システムを、現状のコンピュータ技術の動向をもとに検討した。その結果、コンピュータ化の効果や実現性から5つの CAD の課題を提案することができた。

しかし、基本設計の全てが必ずしもこの8種類の設計行為によって進められている訳ではない。レポート作成

などの行為は、実際には小数例であると思われる一方、設計対象によっては分析結果の中にはない設計行為を実務の中から発見することもできよう。

ここで分析した設計例は、分析結果からも明らかのように、設計の進め方や作業手順が今までの設計方法の研究成果によって設計行為がある程度標準化され、システム化が容易であろうと考えたからである。当然、対象によって検討しなければならない設計課題も複雑であり、設計行為の相違点がいくつかあるのは避けられない。しかし、今回検討した設計システムの中に、それらを取り入れて行くことは十分可能である。

今後は、ここで提案した5つの課題について、現状の設計上の問題点や、コンピュータ技術の動向を十分考慮し、展開をはかって行く必要がある。

＜参考文献＞

- 1) 吉田邦彦: “CAD—設計とコンピュータの現状” 建築と社会 Vol. 59, No. 678 (1978)
- 2) 太田利彦・荒木陸彦: “基本設計段階における設計行為の分析” 清水建設研究所報 第10号 (1967)
- 3) 嶋村仁志: “設計行為の捉え方(その2)” 清水建設研究所報 第28号 (1977)
- 4) 池田央: “行動科学の方法” 東京大学出版会 (1978)
- 5) 田中幸吉: “情報処理に関する学問体系” 情報処理 Vol. 21, No. 5 (1980)