建築形態記述言語の基本システム

建築 CAD のための基礎的研究 その4

DENOTATION SYSTEM OF ARCHITECTURAL FORM BY LANGUAGE

Fundamental study for architectural computer-aided design, part 4

青木 義次*

Yoshitsugu AOKI

The utilization of computer technology in architectural design has enormous potentials to enable the designer to put more time in thinking creative thoughts. The aim of this study is to enhance the potentials by developing language system which supports the designer to express his idea of architectural form.

Fundamental requirements for the language system to denote architectural form are outlined through categorizing the vocabularies collecting from architectural literatures and as results of experiments; a) denoting the form of FARNSWORTH HOUSE by language expression and b) remaking a plan and elevation of FARNSWORTH HOUSE only from the language expression.

A basic model which is based on the above requirements is proposed as a language system denoting architectural form. This model is implemented as a part of CAD system and is tested its efficiency in utilization.

Keywords : architectural form, CAD, language, FARNSWORTH HOUSE, denotation

1. はじめに

近年、コンピュータを援用した建築設計の試み・実用化が盛んになってきている。なかでも図面作成への支援システム、CG によるプレゼンテーションの可能性は高く評価されている。しかし、これらの技術が設計者にとって不満足な状態にあることも見逃せない。本研究では、以下に論じる建築 CAD に伴う問題点を、図面作成を支援するという課題は、むしろ建築設計を支援するということの部分課題であるという基本に立ちかえってとらえなおし、建築における概念や意味と図面との関係を重視した CAD システムのひとつの方向を提案したい。

既発表の一連の研究では、建築設計の初期段階では建築家は簡単なエスキスなどで建築形態を表現しており、こうした段階での形態情報をコンピュータに入力可能とさせるために、類推・連想能力をコンピュータ側に具備させることを提案してきた¹⁾。類推・連想という過程自身も、ひとつの建築の伝統・慣習を背景にした言語的過程であり、笹田らも、このような言語的過程の重要性を認識し、また建築の伝統に注目し、ソリッド・モデルを用いた言葉による建築定義モデルを提案している²⁾。将来の建築 CAD を考えるにあたって、もっとも基礎的な

課題は、建築における概念や意味に対応した CAD の構築原理であるとの立場から研究を進めて行きたい。

2. 研究課題の特徴と研究の方法

2-1. CAD システムの課題

現状の CAD システムの中で、筆者がとくに注目したのは、システム利用が設計者に過大な負担をかけ、設計過程で設計者の柔軟な思考の展開を妨げるのではないかとと思われる以下のような問題である。

① 膨大なデータ数による単調な入力作業の増大

建築の形態を細部まで記述しようとする、それを構成する部材数が非常に多いため、また様々な形状の形態があるため、設計者が指定しなければならないデータ数が膨大になっている。

② 設計者の思考・イメージにそぐわない入力の方法

マウスなどの道具を利用することにより、かなり設計者のイメージに近い方法で入力することが可能になってきている。しかし、設計者は設計初期時点では、個々の具体的な詳細を決定しないまま、空間のおおまかな構造や室の配置関係を規定するにとどまり、全体のバランスやイメージが固まった後に、寸法や細部の形状を決定す

本論文は文献13)を加筆したものである。

* 東京工業大学 助教授・工博

Associate Prof. of Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

ることがある。設計者のこのような思考形式を尊重したCADになっていない。このため、設計の途中というよりは、設計が固まった段階でしか利用できない。

③ 設計変更時の概念的理解とデータ構造の対応性

建築設計過程においては常に変更が行われているが、その際、設計者は自ら描いた図形を単に幾何的図形と見ているのではなく、幾何的図形ないしは幾何的図形の集まりに対して、「柱」「壁」「一階部分」「基礎」「小屋組」という『意味』を持たせており、例えば「一階部分の階高のみを修正したい」というとき「一階部分」という『概念』を前提とした修正要求が発生する。こうした状況でコンピュータが設計を支援するためには、幾何的図形に対して設計者がどのような意味づけをしているかを、コンピュータの方で理解しうる仕組みが必要であろう。また形態を表現するデータの構造は、そのような設計段階において現れる形態変更に対応できるように設計者の『概念』にそったものが望まれている。

④ データの整合性の判断の困難性

入力された形態のデータは膨大なものであり、それらのデータで指定されたものが建築形態として、整合性を持つものであるかどうかをチェックする方法が問題となっている。入力された形態をディスプレイ上に表示することにより、視覚的にチェックする方法も考えられるが、設計者に負担とならなくするためにはある程度コンピュータ側でも整合性をチェックすることが望まれる。

上記の問題点を、コンピュータを介さずに設計する場合と対応させて考えてみると、設計者は、図面という幾何的図形を描いてきただけではなく、幾何的図形のいくつかの『意味』を持たせ、部分としての概念、例えば、「小屋組」という概念を用いて、(1) 膨大な形態データにも、概念ごとにまとまりのあるものとして、階層的に理解し、(2) 詳細を決めていない段階でも、概念的なまとまりとしての部分と他の部分との関係を考慮し、(3) 修正においても、この概念的なまとまりとしての部分を単位として考えており、(4) 整合性の判断も、この単位ごとに行う傾向があり、図面を幾何的図形情報としてではなく意味を持たせることで自然と進めてきたと言える。すなわち、各問題点の共通な根は、設計者が図面内容に意味を持たせて理解しているのに反して、CADシステムでは、図面内容を単純に幾何的図形情報として処理しているという違いにあると考えられる。

2-2. 研究の方法

上述の問題整理によって、図面を単に幾何学的図形としてコンピュータで処理するのでは基本的な限界があることが分かる。すなわち、コンピュータ内に設計者が考える概念や意味を処理する能力が必要となる。そのためには、設計者は、ちょうど設計スタッフに『言葉』で設計意図や形態を指示するのと同じように、コンピュータ

に対して『言葉』による指示が必要となる。本研究では、このため言語による形態記述の問題を主要課題とし、研究方法上、その極端な場合として、言語のみで建築形態の情報をコンピュータに入力する方法を考える³⁾。

最終的には、建築形態を記述する言語とその処理システムを提案することとし、研究の進め方としては、アドホックにコンピュータプログラムを開発提案すること avoidance、まず最初に、建築で使用される用語の特徴、形態情報を言語を媒介として伝達する際の問題点と特徴を探り、その中から、建築形態記述方式に必要な要件を明らかにする。続いて、この要件のうちの最も重要と思われる要件を確保するためのシステムの提案を行い、順次改良してゆくという方法をとりたい。本論文で報告するのは、要件の整理と最も基本的な要件を充たす基本システムの提案である。

3. 建築形態記述の用語と記述例における特徴

3-1. 建築形態記述用語の特徴と類型

建築形態記述言語を考える際、まず設計者がどのような言葉を使い、どのような方法で記述しているかを明らかにする必要がある。この観点から、広く建築分野で使われる用語を含み、かつ建築形態の記述する必要のある分野の用語を中心として、用語を収集し、形態記述のための建築用語の特徴と類型を整理しておきたい。この目的にそって代表的文献の用語の内から、建築形態を記述する際に用いられると思われる用語を収集した⁴⁾。

これら建築形態の記述に関する用語の大半は、部材の名称(例えば、柱、壁、窓など)、その材質(スチール、杉、檜など)・形状(丸柱、四分板など)・属性(断熱材、遮音板、吸音板など)に関するものである。さらに、部材を組み合わせた建築の部分(地階、陸屋根、小屋組など)を広い意味の部材と考えれば、形態記述に関するほとんどの用語が部材に関するものであると言ってよい。このことから、建築形態を記述する場合には、

【①建築部材を単位要素として記述することが多い。】

と推察することができる。

さらに、上記の他の用語も収集し、その表現する内容ごとに分類を試みてみると、以下の4種の用語グループがあることが判明した。

(1) 部材部分名称

これは、部材の部分(部位)を指定する際に用いられるものであり、次のグループに見られる位置関係や距離関係を指定する場合の前提として必要になってくるものである。したがって、次の部材位置関係用語と区別が曖昧なものがある。このグループの内で使用頻度の高いと思われる用語としては、内面、外面、上端、下端、天端、面、心、そば、鼻、へち、端、妻、峠などがある。

部材の同じ上の面を表現するのに、柱のような垂直材

の場合は上端といい、梁のような水平材や合掌のような斜材の場合は背という。このように部材の面を表現する用語は部材の種類によって、面の方向によって違ったものが用いられている。

(2) 部材位置関係用語

これは、部材と部材の位置関係、距離関係を指定する際に用いられるものであり、先の部材部分名称を併用することもあり、さらに全体的・包括的に位置関係を記述する際には、次のグループに見られるレファレンス・システムに関する記述とも併用される。基本的には、部材どうしの位置・距離を表現するための用語であり、このグループの内で使用頻度の高いと思われる用語としては、心々、内法、外法、空き、遊び、散り、出、振れ、送り、歩み、ピッチ、奥行き、間口、柱間、梁間、桁行き、面一、さすり、通り、などがある。

離れてある2つの部材の距離を表現するのに、心々、内法、外法という3つの方法があり、内法のことを空き・遊びということもある。また等間隔に並んでいる部材の心々の距離を表現するのに、送り、歩み、ピッチという用語があり、柱どうしの心々の距離でも梁(桁)のかかっている方向を梁間(桁間)と区別するのは衆知のとおりである。また面がそろっている状態を面一、さすり、心がそろっている状態を通りと言い、部材の面のずれの距離を表現するのに散り、出という用語がある。このように、部材の種類や部位によって部材どうしの距離や位置関係を表現する用語は非常に豊富にある。ここでわかることはいずれの用語も部材どうしの距離や位置関係を面あるいは心どうしの距離として表現していることである。

(3) レファレンス・システム用語

これは、部材の配置を全体的・包括的に表すための補助的なもので、上記までのものと異なる点は、部材に関しての表現でなく、部材の位置関係が明瞭に認識できるように用いられる仮想的な点、線、面、空間を表している。具体的には、基準点、基準線、基準面、基準格子、基準立体格子、グリッドパターン、軸、壁心、心線、柱心、通り心、モジュール、モジュラーコーディネーション、サブモジュール寸法などの用語であり、設計者のイメージにはのぼりにくいが、無意識のうちに図面表現では頻繁に用いられている。

収集した用語を見ても分かるが、レファレンス・システムは、図面上では補助線と寸法体系に分けることができる。設計者は実際には存在しない仮想の点・軸・グリッドなどの補助線を設定して、それをもとに設計を行うことがしばしばある。寸法体系については、『匠明』⁵⁾ などのような日本の木割りやコルビュジェのモデュロールのように、建築においては様々な寸法体系が考案されてきた。それらはある基準となる寸法(匠明においては

柱径、モデュロールでは人体の寸法)を設定して、他の寸法をその基準となる寸法をもとに決定している。

(4) 全体形状記述用語

この種の用語は、例えば、「桂離宮では全体として雁行型をなしている」、「プランの大まかな形はL字型である」という類の全体形状を記述する際に用いられるものである。ここで特徴的なのは、『全体の大まかな形状を、ある良く知られている形状に似ている』という形の表現となっていることである。したがって、形状の効率的な伝達のためには、『よく知られている形状』を媒介にして表現することが、建築の形態記述には適している可能性があると思われる。さらに、この種の拡張型として「東京都庁舎に似た…」というように、衆知の建築物を媒介とするものや、さらに発展した場合には「篠原一男風の…」というように、ある特定の建築家の作品に共通した形態の特徴を指示するような用法もある。このような記述は座標値を与えて形状情報を定めるものに比べ、曖昧さがあるものの人間どうしの会話においてはむしろ伝達性の良いものと考えられる。

以上の4種の用語の特徴を見てきたが、いずれも実際の設計作業には頻繁に利用されるものであり、

【②建築形態を記述するためには、部材部分名称、部材位置関係用語、レファレンス・システム用語および全体形状記述用語の4種の用語が必要である。】

とすることができよう。

したがって、建築形態を記述するための用語をみかぎりでは、上記①および②という特徴があり、これらの用語が、実際の建築の形態を指示するための必要性から生じたものであるとすれば、建築CADシステムにおいても、設計者とのコミュニケーションを前提とする会話型システムにおいてはとくに上記の①、②の特徴を考慮して、建築形態記述言語が構築される必要があろう。

3-2. 建築形態の記述方式の特徴と類型

本節では、具体的な建築形態に関して、設計者や一般の人々がどのように建築形態を記述してゆくかを、簡単な実験を通じて検討することとしたい。

設計者がどのような方法で建築形態を記述しているかを知るために、以下に述べる2つの実験を行った。本研究で対象とする記述内容は、記述の芸術的・美学的価値ではなく、形態を指示する情報を中心としているもので、情報の伝達の側面を明らかにする実験を行いたい。そこで、情報理論の初歩的理論枠組みにもどって考えてみると、

エンコーディング過程：設計者のイメージI→記述A
デコーディング過程：記述A→第三者のイメージI'
という二つの過程が考えられる。優れた記述というのは、この過程において、設計者のイメージIと、記述Aを見た第三者が理解したイメージI'とが一致してく

るものと言うことができる。

この考え方から、以下では、エンコーディング過程とデコーディング過程を、特定な建築を想定して、それぞれ再現する実験を試みる。この実験を通じて、エンコーディング過程において用いられる記述の特徴とパターンを、デコーディング過程によって形成されたイメージI'と元のイメージIとの一致性を、用いた記述方式との関係の面から検討することにしたい。

1) エンコーディング過程実験

建築物の形態を被験者が図を用いずに、言葉で第三者に伝えるつもりで記述する。その際、一般の建築物の形態を記述する作業は被験者にとって大きな負担となるので、建築物の中でも最も単純で記述が楽であると考えられるものとして、ミース・ファン・デル・ローエ設計のファンスワース邸を取りあげた。また被験者Xは、ファンスワース邸の平面図・立面図・詳細図および外観・内観の写真を各1枚ずつ見せられ、好きな方法でこの建築の形態を記述する。以下の説明中、被験者Xによる記述を被験者名の大文字Xを用いて、記述Xと略記する。

被験者7名に対して実験を行った結果得られた記述例の一部を図一1に示す。被験者bの記述以外は、すべて日常言語による記述であった（被験者bは、建築CADにとくに興味をもつ学生で、日頃より、建築形態のコンピュータ入力方式、プログラミングについて勉強しており、この実験では、あえてコンピュータよりの発想で記述することを試みたものである）。

実験より得られた記述には、以下のような記述方法の併用が見られた。

- ① 部分から全体へと記述する方法：建築を構成している部材の形態を定義しておいてから、それらの部材がどのように組み立てられているかを記述することにより建物の形態を記述する。例えば、記述Aにおいてはまず柱の形を定義してからそれがどのように並んでいるかを記述している。
- ② 全体から部分へと記述する方法：構法の種類や建物の概形などのように建物の全体について記述してから、それを構成している部分の記述へと進めていく。例えば、まず建物が鉄骨造で陸屋根を持ち、平屋であることを記述する例がみられた。
- ③ 階層的に記述する方法：建物はどの部分から構成されていて、その各部分はさらにどの部分から構成されているかといった具合に建物の形態を階層的に記述する。例えば、まず建物が母屋とテラスから成っていることを記述し、さらに母屋はフラットな屋根と床から構成されていることを記述する例がみられた。
- ④ 属性を記述する方法：新しく記述する形態が、すでに記述されている形態と形態情報のある部分が同じという場合が生じるが、このとき、被験者は同じ記述を繰り返すのではなく、形態情報のある部分が同じであることを記述する。例えば、記述Aでは新しい柱を表現するのに、すでに記述されている柱をどの方向にどれだけ移動させたかを表現することにより記述している。また柱・

記述A

・柱
白いサイズ8インチのH型鋼が東西を軸に3列、平坦な太い闊葉樹の疎林の敷地に垂直に建てられている。基礎は見えず、地面から直接はえたかのように建っている。H型鋼のウェーブはどれも南北を向いている。
一番南側の一列はどれも地上からの高さが2ftで22ft間隔に建てられている。南側から2番目の列は、一番南側の列より23'-4.5"だけ北に建っている。南側の一番西側のH型鋼の真北に2ftの高さのH型鋼が1本、その東側に22ft間隔で4本15'-9.75"の高さのH型鋼が並ぶ。
南側から3番目の列は、南側から2番目のH型鋼のうち15'-9.75"の高さのものだけ、それぞれ真北に15'-4.5"だけ移動させたように建っている。

・床・屋根

1番南側と南側から2番目のH型鋼の列の間に、南北からはさまるように、15インチ成の白いチャンネルで囲まれた約15インチ厚の板が2枚水平に地上から浮いてとりついている。チャンネルのフランジは内側に向いており、板の上面は地上から2'-11"である。この板の大きさは、東西55'-3"南北22'-8"で東西の芯が1番南側の列の西から2番目のH型鋼の芯と一致している。この板をテラス板と名づける。

南側から2番目と3番目のH型鋼の列の間に南北からはさまるように、15インチのチャンネルに囲まれた同様の約15インチ厚の板が2枚水平にとりついている。その板の上面は各々地上から5'-3"と16'-13/16"である。この板の大きさは上下とも東西77'-3"南北28'-8"で南から3番目の列の4本のH型鋼の2番目と3番目の中心とこれらの板の東西の芯が一致している。下の板を床板、上の板を屋根板と名づける。

テラス板は東西18南北11等分に目録が切っている。床板には同様に東西8、南北14に等分して目録が切っている。

・床板の東からかぞえて20分割目と21分割目の目録の上に、床板と屋根板の間をいっばいに透明ガラスがはめこまれている。一部入口となっており入口巾は7"でこの板の南北の中心より若干南にずれている。

このガラスは2枚の板の間に垂直にはめこまれ、床板の南端で白い細いスチールの方立をかいして東にまがり床板の東端までつながり、さらに板の周囲を北側へ、さらに北東端で西へまがり、入口のついた南北へ方向のガラスの位置まで連続し、を立をかいしこれと連続している。

細い方立は板の南東端、北東端、南から2番目、3番目と4番目のH型鋼の中央にたっている。また、東側のガラス面にこの面を三等分するように方立が2本たっている。これらの方立の芯はガラスの芯と一致している。

さらにこのガラスに囲まれた中には高さ8ft(東西24'-71/14"南北12'-6")の箱が中央少し北よりに置かれているが、外からはぼんやりしてあまりよく見えない。
地面からテラス板に、テラス板から床板に白い巾12'けあげ5'-3/4"踏面1'-2"の階段がついている。2つとも1番南側よりの西から2番目と3番目のH型鋼の中央に芯を合わせて昇るようにとりつけられている。とりつけ方は重要ではない。

疎林の中にH型鋼とチャンネルで囲まれた板が白く他の部分は透明であるかのように見えることもある。(注 H型鋼、チャンネル、けあげ、みづづら・・・建築用語)

図一1.1 記述例(被験者a)

記述B

建物を直方体に分割し、それをなるべく簡略化した後に再びそれを集合させる。
コンセプト

$$\text{Box}(i) = (A(i), B(i), M(i), K(i))$$

$$\text{structure} = \sum \text{Box}(i)$$

ここで A: 直方体の位置ベクトル A(x, y, z)
B: 直方体の大きさ、又は寸法 B(x, y, z)
M: 直方体の材質 コンクリート、ガラス、鉄骨 etc.
K: 直方体の種類 窓、壁、床、天井 etc.

位置ベクトルは建物の南側から見て、直方体の一番手前の左下の頂点と原点を結んだ線とする。

表現例
位置ベクトル (126.5 R 102x4, 107.5 R 135, 0 : 3, 3, 73 : H : C)
寸法 材種 種類
X方向に 繰り返し 繰り返し cf. 1回繰り返し Rなし
繰り返しの 回数 2回繰り返し Rのみ
繰り返し 3回繰り返し R×3

- ① (24.5 R 102x3, 0, 0 : 3, 3, 12.5 : H : P)
- ② (126.5 R 102x4, 107.5 R 135, 0 : 3, 3, 73 : H : P)
- ③ (0, 3, 8 : 254, 104.5, 5.5 : S : F)
- ④ (102, 111, 18 R 49.5 : 355, 132, 5.5 : S : F and C)
- ⑤ (101, 110, 74 : 357, 134, 115 : H : S F)
- ⑥ (100.5, 109.5, 75 : 357, 134, 1.5 : S : G A)
- ⑦ (204 R 230, 111 R 132, 24 : 24, 1, 43 : G : W)
- ⑧ (232 R 202, 111 R 132, 24 : 98, 1, 43 : G : W)
- ⑨ (204 R 254, 111 R 80, 24 : 1, 43, 43 : G : W)
- ⑩ (204, 156 R 16, 24 : 1, 26.5, 43 : G : D)
- ⑪ (457, 249, 36 : 1, 41, 31 : G : W)
- ⑫ (457, 249 R 22, 24 : 1, 21, 21.5 : G : W)

H: H型鋼, S: 溝型鋼, G: ガラス

P: 柱, F: 床, SF: 昇降機, GA: ガードアングル, W: 窓, D: ドア, C: 天井

図一1.2 記述例(被験者b)

返すのではなく、形態情報のある部分が同じであることを記述する。例えば、記述Aでは新しい柱を表現するのに、すでに記述されている柱をどの方向にどれだけ移動させたかを表現することにより記述している。また柱・

梁といった部材の種類や床・屋根といった部分の名称を使って記述を行っている。

⑤ レファレンス・システムを利用する記述方法：補助線については、各記述とも東西南北の軸を利用して記述を行っている。また、寸法体系としては、東西方向と南北方向のモジュール寸法を設定し、それをもとに建物の外形や柱の位置を記述する例がみられた。

以上の人間の建築形態の記述方式に見られる特徴は、若干ニュアンスが異なるものの基本的には用語の検討の際にも推察されていたものといっても良い。すなわち、①の部分から記述してゆく方法は、部材を単位に構成するものであり、②の全体から部分へという記述方法は、前項の(4)の全体形状記述用語を用いる場合に相当しており、③の階層性をもった記述方法は、部材をいくつか組み合わせて複合的な部材とみなしているといった前項の用語の特徴とも一致している。さらに④のように類似したものを積極的に引用、媒介して表現する方法は、全体形状記述用語の場合の特徴であった。また、⑤のレファレンス・システムを利用する方法は、レファレンス・システム用語で説明したとおりである。すなわち、この実験に見られる記述方式の特徴は、先に見た用語の特徴とほとんど重なっており、人間による建築形態を記述する際の、基本的特徴とみなすことができよう。

2) ディコーディング過程実験

被験者は、実験1より得られた記述A～Gを見て、その記述が表現している建物の平面図・立面図を想像し描く。ただし、被験者には建物がファンスワース邸であることを知らせていない。

1つの記述につき2名の被験者に対して実験を行った。得られた平面図および立面図の例を図-2に示す。

実験より得られた図面と実際の図面とを比較し、ファンスワース邸と異なっている点について、その原因を調べると以下の3つのケースがあることが分かった。

1. 記述自体が間違っている。
2. 記述は正しいが被験者が間違えて解釈している。
3. 記述が不足しており、被験者が想像して補って解釈したため、間違えたものを描いている。

またケース3とは逆に、記述が不足していたり、正確に記述されていなくても、被験者が想像して正しい形態を描いている場合があった。これは被験者が建築に関する知識を持っていたためであると考えられる。

次に、被験者bによるコンピュータを想定した記述Bとそれ以外の記述(日常言語による記述)を比較してみる。日常言語による形態の記述には記述の過不足が起こりやすいが、記述する段階においても、それを解釈する段階においても大きな誤りは見られない。記述Bでは記述の過不足はないが、記述する段階と解釈する段階の両方において誤りが見つけられた。これは記述Bのような

図-2.1 記述Aからの復元

図-2.2 記述Bからの復元

形の記述は設計者にとって記述しやすく、理解しにくいからであると考えられる。

このディコーディング過程実験で注目されるのは、人間は、正確な記述によって正確に解釈しているのではなく、大局的全体的な記述があれば、不足した情報は建築に関する知識を用いて補足することが可能であると言う点である。したがって、このような不完全な記述を日常的に用いている設計者にとっては、正確で詳細な記述はむしろ不慣れで誤りの生じやすいものとなっていると言える。将来の建築CADを考える際、この点は重視されなければならない記述の基本的特徴とも考えられる。

4. 建築形態記述システムの基本モデル

4-1. 建築形態記述システムの構成方針

前節で明らかにされた建築形態を記述する方法が具備しなければならない基礎的要件を基に、また、これまでのこれらの問題にかかわる研究とシステム作りの経緯⁶⁾を基に、本節では、建築形態記述のための基本方法を提案し、具体的にコンピュータ・システムとして稼働させ、建築形態記述言語の問題を検討する。

4-1-1. 既存概念を活用した階層性

本研究では、建築物を表現するにあたって、建築の計画・設計・施工過程で用いられる諸概念をできるかぎり利用する立場を前提とする。とくに、建築の部分階層的にとらえる建築分野での常識的認識（例えば地階、1階、2階、…といった分割的に認識し、これらの集合体として建築全体を把握する見方、あるいは、いくつかの部材を複合的に構成したものを小屋組として、ひとつの複合部材としてみなすという見方など）は、CADにおいても、建築形態を記述する際に有効な概念である。この傾向は、エンコーディング過程実験の結果からも、部分から全体へ、全体から部分へと記述するフィードバックがあり、その中で、建築の部分の集まりをまたひとつの部分とみなすという階層的記述が見られたことと一致している。そして、この各階層の基本的なレベルに相当しているのは、小屋組とか地階といった建築分野での伝統的な部分認識概念なのである。

建築形態を記述してゆくには、階層性をもったシステムが必要であり、その階層は、建築で育まれてきた伝統的な概念と一致しているべきであるというのが、本研究で提案するもっとも重要な基本理念である。

4-1-2. 外部表現と内部表現の独立性

実際に建築形態を表現する際には、より容易な方法でより正確な形態情報を作成することが課題となる。ディコーディング過程実験の結果では、単に正確で厳密な形態記述は、人間にとっては誤りを生じさせやすいのもであった。数学的な議論のための形状記述ではなく建築設計のための形態記述であるとするれば、幾何学的な厳密な記述方法は、人間にとって分かりにくく誤りが生じやすく、かつ時間がかかるという意味で実用的でない。

以上の問題点を解決するため、人間が行う形態記述と厳密で正確な形態記述を分離して、人間は人間にあった伝統的な概念、常識的イメージで形態を記述し、正確な記述はCADシステムの内部で展開されればよいという考え方をとる。この場合、人間の記述と正確なCADシステム内の記述の関係をどのようにするかという問題が生じる。この関係は記述と記述の関係であり、両者が同じ形態を意味しているという関係にあるので、『翻訳』と呼ぶ。つまり、建築形態の記述者（設計者）は、日常言語に近い形で形態を簡単に記述し、コンピュータがこの

図-3 外部表現と内部表現

記述を翻訳し、正確な形態情報データを作成するという、図-3のマンマシンシステムを考える。

形態記述のため人間の用いる言語表現を『外部表現』と呼び、コンピュータ内部（記憶媒体内部でもよい）に生成される建築形態を指示するための情報の表現形態を『内部表現』と呼ぶ。このとき、本研究でとり扱う基本的対象は、この外部表現の方法と言うことになる。しかし、外部表現と内部表現は、翻訳を通じて互いに規定されているので、外部表現は、内部表現と『翻訳可能性』を有していなければならない。したがって、本研究でも、外部表現の方法の提案と同時に、この翻訳可能性を検証することが課題となる。つまり、図-3のように考えることで、外部表現のための言語、内部表現と外部表現の翻訳機能、内部表現の情報処理方式、内部表現から人間に対して視覚情報（透視図など）のインタラクティブな提示方式などが課題となる。

以上のように、内部表現と外部表現を分離し、翻訳可能性の問題はあるものの、一応独立に外部表現のあり方を設計者の立場から検討するというのが、本研究での基本的考え方となる。

4-2. 外部表現の基本方式

4-2-1. 日常言語化と記述方式

より日常言語に近い形で記述するため、英文命令形に似た表現で建築形態を記述することを試みた（次節参照）。

記述の方法は、従来のCADシステムでは、完成した建築形態を入力させていたが、設計途中での利用を考慮し、また、各部分がどのように接合され複合化されてゆかか記述することを基本とした。また、建築分野のイメージに合わせるため、記述手順が、建築の部材の組み合わせ手順、施工手順にそってゆくものとし、この記述手順が完了したときが、ちょうど建築の施工が完了し全体の建築形態ができたときに対応する。すなわち、コンピュータに対し記述をしてゆくことが、コンピュータ内で施工の進行を仮想的に進めてゆくことになり、仮想的な施工完了のときに記述も完了する。

4-2-2. 部材のカタログ化

ひとつひとつの部材については、建築全体の形状に影響する部材寸法などの情報のほか、部材の物理的性質、単価など属性情報がある。前者を直接情報、後者を間接

部材名	巾	位置X座標	例	ハシラ	10	15
材料名	奥行	位置Y座標		スギ	10	200
形状タイプ	高さ	位置Z座標		1	250	0

図—4 部材カタログマトリックス

情報と呼び区別する。

外部表現上は、すなわち、設計者には『部材』として包括的に理解され、部材のもつ情報（直接情報、間接情報）は、部材のカタログに記載されているように理解してよい。

一方、コンピュータ内部では、このように設計者が理解しても問題が生じないように、直接情報は、個々の部材ごとに部材カタログ・マトリックスとして、図—4の形式でコンピュータ内に記憶保存しダイナミックに活用される。後者の間接情報は、設計途中では比較的引用および変更の少ない情報であり、コンピュータ内には部材カタログ・テーブルとして表形式で記憶・保存される。

外部表現上は、部材は後述の『工場』に存在し、設計者は、この『工場』から『敷地』の隣にある『ストック・ヤード』に搬入してくるものと理解してよい。この理解を可能とさせるため、コンピュータ内部では、部材カタログ・マトリックスと部材カタログ・テーブルは『工場』という名のデータ・ファイルに記憶されている。

また、設計者はこの『ストック・ヤード』という場所で、部材を組み立てるという理解をしてよいが、この理解が成立するため、コンピュータ内では、組み立て操作のための記述のリストが、『ストック・ヤード』という名のワーク・ファイル中でダイナミックに付加され修正されてゆく。

4-2-3. 部材のコンテナ化

複雑な形状を有する部材、または部材の集合として定義される部材については、部材間の接合関係、位置関係を記述してゆく際には表現が複雑になりやすい。実際の設計では、複雑な形状を有している部材の位置やほかの部材との取り扱い関係をみる場合については、複雑な形状そのものを正確にとらえているとはかぎらず、複雑な形状の中でも、とらえやすい点や面に注目して位置決めをしている場合が多い。例えば、円柱であれば、心の位置を決めることが多く柱の表面の位置が重要になるのは、他の部材と直接接触するときであり、そのような場合でも接触面の位置のみを正確に決めるだけである。また、複合的に構成された建築部分についても、他の部材との取り扱いをみる場合には、その構成部材の個々の位置に細かく言及することはまれでむしろ他の部材と接触する場所について詳細に指定し、複合部材の位置については単に中心線的位置などで簡単に指定することが多い。例えば、小屋組であれば、全体的には棟の通り、桁

図—5 部材のコンテナ化

通り、梁通りなどの小屋組についてのいわば座標系が指定され、他の部材との関係では、下から支える柱位置のところで詳細が指定される。

部材や複合部材は、基本的には、その部材のもつ心、中心線などの部材固有の座標系が決まっていればよく、他の部材との接触するところのディテールは、必要となった段階で詳細に検討している。以上のことから、部材固有の座標系としてもっとも単純な3次元直交系を考え、各部材は、この直交系の単位空間すなわち立方体に入っているものとする。この考え方を少し一般化し立方体としたものを、『コンテナ』と呼ぶ。すなわち、各部材は、どのように複雑な形状のものもコンテナと呼ばれる仮想的な直方体の箱に入っているものとする。すると、建築全体としては、このコンテナより構成された複合体ということができる。

このコンテナは、設計者にとっては各部材のまだディテールの決定していないおおまかな形状のことと理解してよい。この概念の意味を明らかにするため、図—5の例を考えてみよう。図の左のものは、ほぞで接合された2部材よりなる複合部材を表している。2つの部材は、ほぞの形状が決定されれば、もちろん凹凸のある形状であるが、とりあえず、中央の絵のように仮想的な直方体に入っているものと考えてもよい（図の凸部は直方体の外部に突き出ているが、仮想のものであるから、2つの部材が接触する面にそって直方体の面を想定しておいた方がよい。その意味では、箱に入っているというのは、部材がすべて内部に納まっているという意味ではない）。中央の絵のように2つの部材の仮想の箱すなわちコンテナを考えると、この2部材の複合部材は、図の右の絵のように基本的に2つのコンテナの並んだものにすぎない。すなわち、コンテナで理解すると、2つのコンテナが直付けで構成されたものが複合部材であり、この2つの箱でできる大きな箱も、複合部材を表すコンテナになっている。設計者は、とりあえず2部材を繋げると考えている状態が図の右の絵であり、ディテールまで考えた段階で図の左のように形状が決まるのである。

このコンテナ化の方法は、設計者の思考過程に沿ったものであると同時に、コンピュータ内部では、複雑な形状の部材、複雑に構成された複合部材であっても、コンテナとして理解している段階では、図—4で示した非常に簡単なデータ形式である部材カタログ・マトリックスによって記述できるという利点をもっている。複雑な形

状や複合部材のときは、この部材カタログ・マトリックスの左下の形状タイプの欄のデータによって、形状データを保存しているメモリー場所が指示されている。

4-2-4. 部分のヒエラルキー化

建築形態を設計者が階層的に認識していることに対応して、部材の組み合わせで作成されたものも部材とすることができる。この方法は既に、部材のカタログ化、部材のコンテナ化で述べた方法によって可能である。

4-2-5. 空間の分離

CAD や CG システムなどでは、スクリーン座標系、ワールド座標系などの複数の座標系を用いることで、処理を簡便化効率化しているが、このような座標系の分離・複数化は、利用者のイメージに対応させることが容易になるという点でも効果的なものである。

建築設計の場合、部材の寸法などを定義してゆく際の座標系と、敷地上での位置を表す座標系は、別のものである方が理解しやすい。本研究の場合、部分のヒエラルキー化を実現するため部材を組み合わせるという操作も行うので、この組み立て操作を指示するための空間も必要になる。そこで、建築のイメージに対応させて考える。すなわち『工場』で作られた部品・部材を『敷地』の側の『ストックヤード』に搬入し、ここである程度まで部品・部材を組み合わせ、最終的には『敷地』に建物が作られる。この『工場』『ストックヤード』『敷地』の概念を、そのまま活用することにする。

図-6の3つの空間があると想定して、設計者は考えてよい。これに対応して、コンピュータ内では、次のようになっている。

『工場』と呼ぶ大きなデータファイルが記憶空間にあり、データファイル内に、部材カタログ・マトリックスと部材カタログ・テーブルが記憶されている。すなわち、『工場』とは、コンピュータ内ではひとつのデータファイルにすぎない。『ストックヤード』もコンピュータ内ではワーク・メモリー・エリアにすぎない。ここでは、『工場』からコピーされた部材のデータと組み立て操作を表す設計者からのコマンドを受けて、複合部材のデータを作成してゆくところである。『敷地』は、最終的な建築形態のデータが格納されるファイルである。

4-3. 基本モデル—CONSTRUCTOR I—による記述例

前述までの基本枠組みが、はたして可能かどうかを検証する目的で、コンピュータ上に建築形態記述システムを構築し、その挙動を通して有効性と問題点を調べることにした。

この目的のため、実用的な配慮はせず、むしろ上述までの考え方を単純にシステム化することとした。基本用語も、位置関係を記述するものに限定し、最小限必要なプログラムを読みだしコマンド、データの修正、参照の

図-6 空間の分離

図-7 例

ためのコマンドのみに限定した。

ここでは、2つの板を重ねて合板を作成するプロセスを示して、前述の基本的考え方の具体的意味と基本モデル—CONSTRUCTOR I—での挙動を説明する。

図-7の左上段に示したもので記号!で始まる行のものが、建築形態記述の外部表現、すなわち設計者から与えたコマンドであり、記号♡で始まる行は、コンピュータからの応答である。

最初の「!! CONSTRUCT」というコマンド入力によってプログラムが作動できる状態になる。これに対するコンピュータ側の応答が「♡♡ CONSTRUCTOR HIRE」である。

次に、設計者は、『ストックヤード』を片づけておくというイメージで指示を与える。これが、3行目の「! CLEAR STOCK.SPACE」である。このコマンドにより、コンピュータ内では、『ストックヤード』というワークファイルのデータをクリアーにする。

4行目から、部材を組み合わせる作業であり、設計

者は『工場』で作られた『ヒノキイタ』の上に『スギイタ』を重ねて『ゴウハン』を作ろうとしている。『ヒノキイタ』を『工場』から『ストックヤード』へ搬入し、『ストックヤード』上の座標 (50, 150, 0) の場所に置くため、設計者は4行目の「! SET ヒノキイタ AT (50, 150, 0) ON STOCK」という外部表現を与える。コンピュータ側では、このコマンドによりファイル『工場』から『ヒノキイタ』という名称を持つ部材カタログ・マトリックスのデータを、ワークファイル『ストックヤード』にコピーし、さらに座標データを部材カタログ・マトリックスの右欄に付加する。次に『スギイタ』を『工場』から搬入し、『ヒノキイタ』の上に重ねるため、設計者は5行目の「! ABOVE スギイタ AT (0, 0, 0) ON ヒノキイタ」という外部表現を与える。このコマンドによりコンピュータ側では、『スギイタ』という名称を持つ部材カタログ・マトリックスのデータをファイル『工場』から探し、ワークファイル『ストックヤード』にコピーする。さらに、ワークファイル『ストックヤード』中の『ヒノキイタ』という名称をもつデータ単位を検索し、その座標データとコマンド中の「AT (0, 0, 0)」および『ヒノキイタ』の部材カタログ・マトリックスのデータ中の寸法データを用いて、『スギイタ』の座標を計算し、部材カタログ・マトリックスの右欄に付加する。

『ヒノキイタ』と『スギイタ』の重なったものを、ひとつの複合部材『ゴウハン』として、設計者が後に使用しようと考えた場合には、これを『工場』に保存しておくことができる。この操作を示しているのが、6行目の「! STOCK OVER ゴウハン ON FACTORY」という外部表現である。この結果コンピュータ内では『ヒノキイタ』と『スギイタ』を含むコンテナとして『ゴウハン』という名称をもった部材カタログ・マトリックスと部材カタログ・テーブルが、ワークファイル『ストックヤード』内に作成される。この際に『ゴウハン』の座標としては『ヒノキイタ』のものが自動的に設定される。次にこの部材カタログ・マトリックスと部材カタログ・テーブルがファイル『工場』へとコピーされる。この作業の計算が終了した時点で、コンピュータ側から『ヒノキイタ』と『スギイタ』から構成された複合部材『ゴウハン』が定義されたことを報告するメッセージがだされる。これが6行目の「♥ゴウハン IS MADE UP OF (ヒノキイタ, スギイタ)」である。この結果、複合部材『ゴウハン』は、以降ひとつの部材として利用可能になる。

以上が、『ヒノキイタ』と『スギイタ』を重ねて複合部材『ゴウハン』を作成する際の、外部表現とコンピュータ内の挙動である。このように、わずかな外部表現による記述によって、複合部材が定義可能であり、その複合部材を再びひとつの部材として扱うことでヒエラルキーをもった構造が実現できる。

4-4. 基本モデル—CONSTRUCTOR I—での問題点

基本モデルの動作を通じて、先に述べた基本要件に対応した点では、ほとんど問題なく建築の各形態は記述可能であることが分かったが、次のような不便さ不自然さがあることも判明した。

- ① 本システムでは部材を組み合わせることがイメージどおりできるが、部材を後から分割することができない。例えば、1階という空間を先に考えておいて、後からこれを分割し各部屋とするということができない。
- ② 本システムでは、レファレンスラインを表現するとき1辺のみが有限の長さを持ち他の2辺は長さ0の直方体（すなわち線分）として表現しているが物体とレファレンスラインを区別する方法がなく不自然である。
- ③ 同一な部材をいくつも並べるというような繰り返し型の操作や決まりきった操作があるとき、いちいち指定しなければならず不便である。
- ④ 既に、構成した複合部材の一部だけを修正することが不便である。
- ⑤ コンピュータ内に作成された形態情報が、設計者の意図とは異なるものや、設計者の記述の誤りから生じたありえない建築形態の情報ができても、その非整合性を検出したり、修正することができない。

以上の問題点のうち、とくに①は重要な改良項目であると考えられる。

5. まとめ

本報では、建築用語の整理、建築形態記述の簡単な実験から建築形態を記述する際の必要な基本要件を整理し、これに沿って、建築形態記述の基本方式を提案し、それをコンピュータ上のシステムとして実現した。また、そのシステムを利用し建築形態を記述してみると、一応形態記述は可能なものの、不便さ不自然さもあり、改良すべき点が明らかとなった。

謝 辞

本研究を進めるにあたって竹中工務店山縣 洋氏および建築形態研究会の宇都宮大学小西敏正氏、日本大学柳田 武氏、建築研究所位寄和久氏をはじめとする諸氏の協力と助言を頂いたことに感謝致します。とくに実験に参加して頂いた宇都宮大学・日本大学・東京工業大学の学生（当時）の方々に感謝致します。なお、本研究の一部は、科学研究補助金一般研究Aの補助のもとに行われたものである。

注

- 1) 文献1)～3) 参照。
- 2) 文献4) 参照。
- 3) ひとつひとつの単語あるいは言語的分節を日常的用法にそって『言葉』と呼んだが、言語学では一般に、ひとつひとつの分節および各言語表現をパロール（訳語として

言葉というときが多い), 言語の仕組み, 文法, あるいは言語的背景を含めた全体をラング (訳語として言語というときが多い) と呼んでいる。本研究で提案するのは, 表面的には建築形態を記述するための各単語 (パロール) であるが, これらは全体的な仕組みのもとに機能するので, ひとつのラングと言える。したがって, 本論文では, 全体の仕組みを意味する場合には, 『言語』と呼び, 個々の単語, あるいは個々の表現を『言葉』と呼ぶことにしたい。しかし, 既存の建築専門用語においては, その単語が, ある一定の技術的・文化的背景を前提として使用されることが多く, このような二分法が必ずしも問題を明らかにしないばかりか伝統的意味合いを失うおそれもあるので, ある背景をもって使用される単語あるいは表現をあえて『用語』と呼ぶこととした。

- 4) 文献 5)~8) より用語を収集した。
- 5) 桃山時代に書かれた木割書で, 文献 9), 10) 参照。
- 6) 建築構法表現の方法としてマトリックスを用いる方法を文献 11) で提案した。以下での形態データの内部表現としてこの方法が用いられている。また, 施工手順のイメージで記述してゆく方法は, 文献 12) の MYCAD のシステムを構築した際のアイデアを踏襲している。

参考文献

- 1) 青木義次: 相関類推法を用いた建築知識ベースの生成と類推—建築 CAD のための基礎的研究 その 1, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 389 号, pp. 62-71, 1988. 7
- 2) 青木義次, 西能 完, 菅野元衛: 相関類推法の統計学的根拠と建築知識ベースのメンテナンス—建築 CAD のための基礎的研究 その 2, 日本建築学会計画系論文報告集,

第 398 号, pp. 69-74, 1989. 4

- 3) 青木義次, 池田早苗: 設計者固有の知識ベース作成のための関連類推法の提案—建築 CAD のための基礎的研究 その 3, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 408 号, pp. 53-60, 1990. 2
- 4) 笹田剛史, 吉川 眞, 北原英雄: 計算機を用いた建築設計モデルに関する研究—ソリッドモデルを用いた言葉による建築定義モデルの提案—, 第 10 回電子計算機利用シンポジウム, 日本建築学会電子計算機利用委員会, pp. 127-132, 1988. 3
- 5) 青木 繁ほか編: 建築大辞典, 彰国社, 1976
- 6) 安達嘉一: 図解 建築施工用語集, 1976
- 7) 千葉大学工業短期大学部木材工芸科編: 木材工芸用語辞典, 理工学社, 1976
- 8) 山崎正男編: 建設現場用語集 (改訂版), 建設経営社, 1970
- 9) 太田博太郎監修, 伊藤要太郎校訂: 匠明, 鹿島出版会, 1987
- 10) 伊藤要太郎: 匠明五巻考, 鹿島出版会, 1987
- 11) 茶谷正洋, 小西敏正, 青木義次: マトリックスによる建築構法表現の試み, 日本建築学会論文報告集, 第 297 号, pp. 71-77, 1980. 11
- 12) 青木義次: MYCAD ; 利用マニュアル, 1980
- 13) 青木義次: CAD のための建築形態記述法に関する基礎的研究, 昭和 59 年度 日本建築学会関東支部研究報告集 (計画系), pp. 421~424, 1984. 7

(1990 年 7 月 10 日原稿受理, 1990 年 10 月 16 日採用決定)