

# 建築学からの発想と思考方法

—左官、大工、そして室配置CAD—

青木 義次

## 1. はじめに

本号の特集との関係で言えば、建築は人間の快適な環境を作るために、人間の歴史と同じぐらいの時を費やしてきたと言えます。ですから、快適な環境を作るためのノウハウや技術が建築の分野にあるかも知れないと、本誌の編集者がお考えになって、筆者が原稿を書くことになったのかもしれませんが、しかし、どう考えても、皆様に紹介するような建築固有の技術というものが浮かんできません。実は、建築は他の分野で生まれた技術を応用する『技術輸入超過型』分野で、技術の面から見ますと赤字経営の分野なのです。建築の中でも、比較的高度な技術を使用するのが建築構造学、建築環境工学といった分野で、有限要素法とか筆者の理解をこえるかなり難しい解析をなさっています。しかし、その難解で高度な技術は、どうやら航空工学とか他の分野で生まれた技術を利用していただいているらしいのです。現代建築は、鉄とコンクリートが主な素材ででき上がっていますが、建築史の教えるところによりますと、最初にこれらの素材を用いて構造物を作ったのは、建築の方ではなかったということです。

しかし、長い時間をかけただけあって、建築はユニークな概念や柔軟な考え方を数多く発明してきています。さらに、こうした概念を他の分野に提供してきています。たとえば、建築学は古い言葉でいうと『規矩術』ということになりますが、これは、古くラテン語で *modus* と呼ばれ、この活用形 *modulus* がイタリア語 *modello* (模型の意) になり、英語の *model*、仏語 *modèle* 等になり、今日の外来語の『モデル』になったと、ものの本に書いてあります。建築の生み出した規矩術の概念がなければ、ORの方々になくはならない数理モデルの概念や、今日のコンピュータ技術で使うモジュールという

概念、さらに美人のモデルまで今日存在していなかったのです。この他、建築から生じた概念が広く使われている例として、『構造』『基礎』などがあります。このように概念を他分野に広めるという点では建築は『概念の輸出超過』であり、素晴らしい技術を利用していただき、これを上手に利用するために、色々なことを考えてきたのが建築の歴史とも言えます。

大変まえがきが長くなってしまいましたが、最新の他分野技術を積極的に導入する一方で建築のユニークな概念を大切にしていきたいということから、ここでは、他分野技術であるコンピュータを、建築の保守的とも言える概念とドッキングするとどうなるかということを紹介し、快適な環境づくりの話題のささやかなきっかけを提供できればと存じます。

## 2. 建築の評価基準と思考方法

建築でどのような価値判断がとられるかを見るため、まず、建築を担ってきた「大工」について考えてみましょう。大工の棟梁のもとに左官職人や蔦職などがいました。次の逸話は大工と他の職人の違いを示していて興味深いものです。「下手な左官は壁を平らに仕上げられない。左官の名人ともなると蠟燭の火を壁にいくら近づけても平らだから影ができることはない。」これは人間ができる限界の精度を左官の名人がやってしまうということです。これに対して「一人前の大工は、げんのう(金槌の一種)の叩く音が一定のリズムになっている。しかし、大工の名人ともなると施主の顔を見て叩き方も変わる。」と言います。左官が技術(精度)を追求しているのに対し、大工の方は予算や施主の評価眼などもろもろのことを考えた上でひとつの技術体系を作りだしているのです。この技術の全体性を第一の評価基準とするとここに建築固有の技術観があると言えます。

次に、建築家とコンピュータとの関係についての実際にあつた問答を紹介します。ひとりの建築家をつかまえて、あるエンジニアが「設計の前提となる条件・評価尺

あおき よしつぐ 東京工業大学 工学部

〒152 目黒区大岡山 2-12-1

度を明示できれば、将来コンピュータであなたが考える建築をすべて設計できる」と言うと、建築家はこう言いました。「コンピュータで設計したすべての設計案を明示してくれば、私はそれらの設計案と異なる設計案を考えだすことができます。だからコンピュータはすべての設計案を作成できないはずですよ。」なんと、この答えは、実数が可算無限集合でなく非可算無限集合になっていることを証明するのにコントロールが用いた対角線論法です。数学ざらいの多い建築家が対角線論法をもちいて、コンピュータに対して人間の無限の可能性を見せつけているのです。この問答でさらに注目されるのはエンジニアが工学の常套手段として「設計の前提となる条件・評価尺度を明示できれば」と述べたところです。

建築設計では、設計してゆくうちに条件がはっきりしてきたり、最初かなり明白な条件と思えたものが設計の途中で放棄されることもあり、条件や評価尺度自身がフレキシビリティをもっており、なかなか工学的にゆかないのです。

以下では、大工の持っていた全体性の評価、条件のフレキシビリティということと建築の特殊性とを考え、これをどのようにCADの問題として料理すればよいかを考えてみましょう。話をわかりやすくするため、建築設計の場面をイメージしておきます。通常、ひとりの建築家とそれを支える数人のスタッフが共同して設計することが多いのです。華やかな建築家の活躍に比べ、スタッフは、建築家の指示にそった計画案のドローイング等の仕事をしており大変なものです。また、ひとりの建築家の中にあっても、このスタッフの仕事を行なうことも普通です。そこで、このスタッフの役割を多少ともコンピュータにできないかを考えてみます。建築家の職能の内の芸術的側面についての判断は、今後の課題ということです。

### 3. これまでの室配置CAD

建築でのCADには色々なものがありますが、室配置問題を中心に考えてみます。ここでは、建築はいくつかの室の集合であり、あらかじめ『室形状』および室と室の間の『親近度』、ならびに各室の方位をおおまかに指定した『初期配置』が、図1のように与えられており、

室名	室 <i>i</i> から室 <i>j</i> への親近度表						
	<i>i j</i>	1	2	3	4	5	6
寢室	1	50	50	50	30	90	
居間	2	50	50	20	90	50	
食堂	3	30	60	100	20	50	
台所	4	50	50	100	70	50	
玄関	5	30	80	50	60	50	
浴室・洗面・便所	6	60	50	50	50	50	


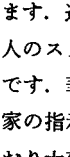

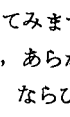
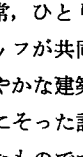

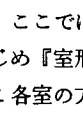
形状	初期配置		
 $x \text{ m} \times y \text{ m}$			
1 2.7m × 4.5m			
2 3.6m × 3.6m			
3 3.6m × 2.7m			
4 2.7m × 3.6m			
5 1.8m × 2.7m			
6 3.6m × 2.7m			

図1 初期条件

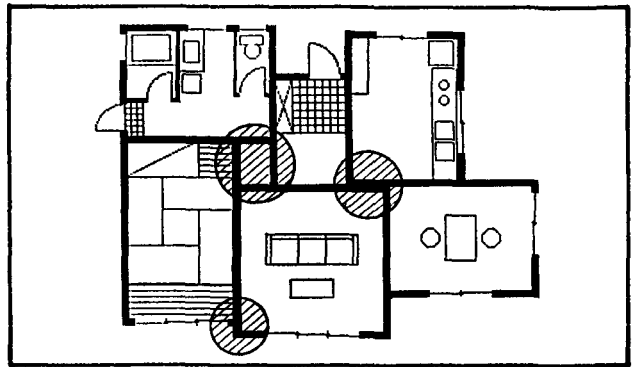


図2 逐次近似型アルゴリズムによる出力例

親近度の近い室をより近くに配置するという課題が与えられています。先の建築家とスタッフの役割で言いますと、各室の形状やどの部屋が近くにあるべきかは、建築家が指示し、スタッフがこれを満足するプランを作成し、建築家は、これを評価し修正の指示をするというわけです。スタッフの代役たるコンピュータ側には、すでに、空間親近度と室中心距離との積の総和を最小化する逐次型アルゴリズムが提案されています。そのアルゴリズムを実行した結果得られるプランが図2です。

このコンピュータにより作成されたプランを建築的な目で眺めてみますと、いくつかの難点に気づきます。スタッフがこのようなプランを作成したとしたら、建築家は「使いものにならない。」というに違いありません。図2の中でとくに建築的におかしいところを斜線入りのサークルで示しておきます。たとえば、意味のない隙間

ができていくことがすぐ気になります。たとえこのような隙間がなくても、少々建築をかじった人の目からするとこのプランは何かおかしい。その理由は定かではないのですが、ひとつ言えるのはこのプランでは屋根ののりにくいということ、細かく言えば、このプランで、柱を建て、その上に梁や桁という架構材を組むことを考えるとほとんど建築の常識からは無理とみられるということです。ここに、建築のプロは単に室の配置だけを考えているようでも、常にどのような架構方式にしてゆくかまでも漠然としてだが考えていると言えます。

そこで、架構性という概念をはっきりさせプランの全体性をみる評価尺度を作る必要があります。ここでは、架構性の評価尺度の中身については、紙面の都合で省略します(文献[1]~[3]を参照されたい)。しかし、架構性の評価尺度を先のアルゴリズムに加えただけでは充分とはいえません。

次に、普通の建築家ならば、スタッフが図2のようなプランを持ってきたとき、どのような修正をするか、もしくは修正の指示をするか考えてみます。

一般的には、図2の配置は変えずに、むしろ条件として建築家自身が指示した『室形状』を修正し、架構性を確保してしまうでしょう。ここで、2.で述べた対角線論法を用いた建築家のウルトラC的発想を思いだしてほしいのです。最初に条件と明記しておきながら、設計の進行で問題がでてくると問題をまともに解決せずに条件の方を変えるというふしだらな方法が、建築では高く評価されることもあるのです。

このことをもっと単純な例で考えておきましょう。建築家がスタッフとともに住宅設計を進める時に、まず、建築家が寝室面積を20㎡としたいと言い、スタッフがこの条件のもとで色々検討した結果、まあまあの内容で寝室面積が20㎡の設計案と、素晴らしく良い設計案だが寝室面積が20.1㎡の案の2案を考え、建築家に提示したら、条件には適合していないが後者の設計案の方を建築家は良いと考えるのが普通です。このように、建築設計での最初の条件は、全体的判断によっては少々の逸脱は許されるというものが多いです。条件を絶対に逸脱しないように考えるのは工学の問題の基本ルールかもしれませんが、建築設計では、優れたアイデアを摘み取ってしまうので良くないと考えることもあるのです。

#### 4. フレキシブル条件

全体的判断によっては少々の逸脱は許されるという条件を『フレキシブル条件』と呼ぶことにします。では、

このフレキシブル条件をどのようにコンピュータにわからせるかという問題が生じます。フレキシブル条件といっても全く逸脱しては駄目であること、したがって、逸脱の程度が計量的に評価されなければならないことが考えられます。さらに、「全体的判断によっては…」と言っていることから、逸脱の程度と全体的判断とが比較できる量になっていなければならないといえます。

この問題を解決するため、最初にしなければならない課題は、条件を記述する方法をはっきりさせることです。先の例では、室形状条件というのがありましたので、まず、室形状を表わす『特徴量』としてどのようなものが設計段階では望ましいかを検討しました。これは、試行錯誤的な検討によったのですが、2つの量で記述するのが都合がよいことを見つけました。しかし、議論が複雑になりますので、以下の紹介の中では、室形状は、その面積というひとつの変量で記述できたとしてお話しします。つまり、

〔寝室の面積は  $X_0$  である〕

という形で各室の室形状条件が与えられるとします。

そこで、実際に設計された案で、

〔寝室の面積は  $x$  である〕

となったとした時、逸脱の程度は、 $X_0$  と  $x$  との関係で決まってくるのではないかと考えます。つまり、 $x$  が  $X_0$  に一致していれば、条件を完璧に満足しており、 $x$  が  $X_0$  から離れるにしたがって条件に逸脱する程度は大きくなると考えます。このようなことをいちいち考えているのは大変なので、Zadeh の Fuzzy 集合の理論の御厄介になることにします。(Fuzzy 集合については、色々で紹介されていますのでここでは省略します) つまり、〔室の面積は  $x$  である〕を面積  $X = \{x\}$  上の Fuzzy 集合と考え、そのメンバーシップ関数  $\mu(x)$  の値が逸脱していない度合と考えます。

ところで、面積  $X$  上の Fuzzy 集合のメンバーシップ関数は図3のような形です。ここで、メンバーシップ関数が図3-aのように強いピークを持っているとすれば、 $X_0$  から少しずれただけでもすぐに逸脱しているとみなされてしまい、逆に図3-bのようにならからであれば少々のずれでも許容されることになり、極端なケースとして  $\delta$  関数のように  $X_0$  以外で0のメンバーシップ関数であれば、全く変更できない条件となります。また、プログラム上では、特殊な条件以外は、 $X_0$  と条件の厳しさ緩さを示すパラメータ  $k$  で、条件のメンバーシップ関数を定義しております。以上のことから、この条件の概念は普通の条件概念の一般化になっていると言えます。

このように条件を Fuzzy 集合で表現することがフレキシブル条件の概念の第1歩ですが、これだけでは機能しません。つまり、逸脱の程度と全体的判断とが比較できなければならないのです。先の室配置の問題では、全体的判断の方は、前述の空間親近性と架構性を全体的見地から評価する関数を用い、そして、この全体評価関数と室形状条件のメンバーシップ関数の線形和を『総合評価関数』として関係づけました。このように各条件と全体的な評価とを結びつけることで、Fuzzy 集合で表わされた条件が、フレキシブル条件としてめでたく定義されたこととなります。

## 5. 再び建築家の登場

このメンバーシップ関数の形状(先の $X_0$ とパラメータ $k$ )を指定することで、フレキシブル条件が決まるので、次に、建築家がこの条件を指定する方式を考えなくてはなりません。 $X_0$ のように面積とか寸法といった指定は建築では日常的でなんでもないことですが、メンバーシップ関数のフレキシビリティを決めるパラメータ $k$ の数値を、数字アレルギーの建築家自身が指定するのは、なじみません。

そこで、建築家には、自分の指定した条件を「変更さ

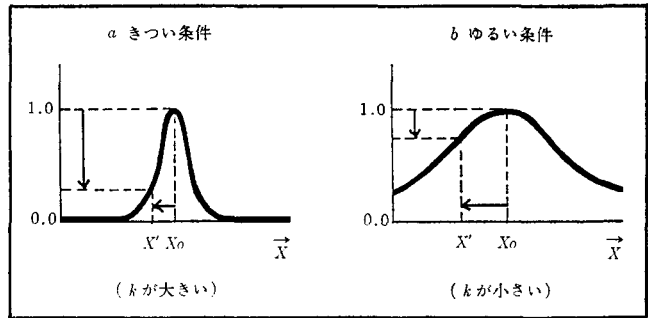


図3 Fuzzy 集合を用いた条件のフレキシビリティ表現

れてはこまる」とか「少しぐらいは変えてよい」などと言葉で言ってもらいます。つまり、言葉とパラメータとの関係づけを考えます。この関係を調べるため建築の学生による実験を行なったところ高い相関関係が得られたのですが、個人差もあることがわかりました。

そこで、言葉とパラメータとの平均的な関係を初期状態として組み込み、条件のフレキシビリティの具合が建築家の意図したものかどうかを建築家がコメントすることで、パラメータを調整してゆく方式としました。この単純な教師つき学習システムとすることで、使えば使うほど建築家好みのCADになるというわけです。(このアルゴリズムは文献[3]~[5]を参照されたい)

図4は、このようなフレキシブル条件CADが作成し

た住宅平面図です。建築家には、まだまだ満足していただけるものとはなっていませんが、1年ほど設計教育を経た学生のレベルといったところと言ってよいでしょう。

## 6. おわりに

これまで、建築の問題はきちんと問題を定式化してその解を探すという手順のりにくいとされてきました。ここでは、これを逆手にとって、破られてしまうかも知れない条件をフレキシブル条件という概念でとらえ、全体性からみて妥当な判断をするという建築的な発想を取り込むことを試みました。

建築には、まだまだ変わった概念や不思議な考え方がいっぱいあります。CADシステムを作るというよ

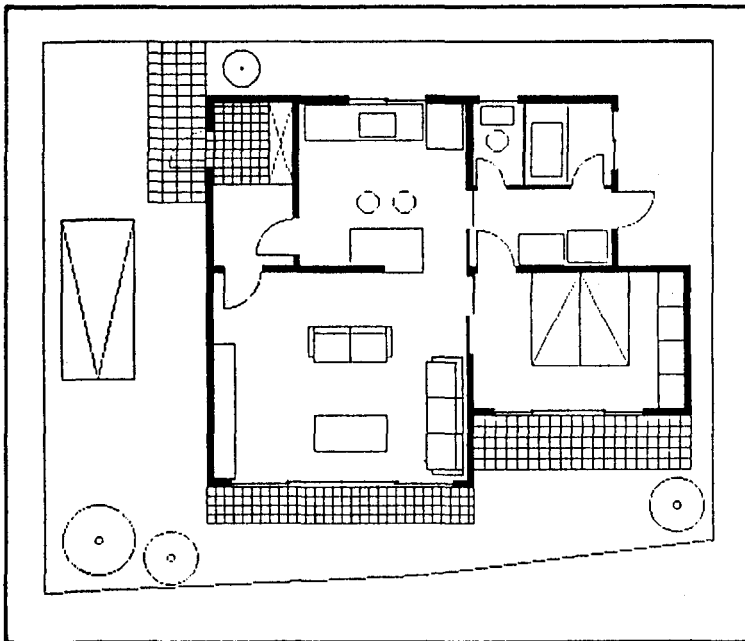


図4 フレキシブル条件を用いたときの出力結果

りも、このような概念と接することの楽しさが、建築CAD研究の面白さです。

あまりにも、建築の宣伝に偏りましたが、建築の面白さは、それが日常レベルに近いという特殊性からきたのではないかとも思えます。こう考えると、工学レベルの発想の他に、日常レベルの発想を再発見することが、今後のものづくり、環境づくりの鍵かもしれません。このような意味で、少しでも建築以外の分野の方のお役に立てばと思い、紹介させていただきました。

#### 参 考 文 献

- [1] 青木義次, 池田早苗: 架構性概念をとり入れた室配置CAD, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E, 1985, 353-356
- [2] 青木義次, 池田早苗: 架構性を評価した室配置システム, 日本建築学会電子計算機利用シンポジウム論文集, 10, 1988, 79-84
- [3] Aoki, Y., Ikeda, S. and Yamagata Y.: A Computer-Aided Room Allocation Model with Concepts of Framableness and Flexible Conditions, *Proc. of 10th Triennial Congress of CIB*-vol. 1, 1986, 11-18
- [4] 青木義次, 山県洋: 非確定条件法CADに関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E, 1985, 357-358
- [5] 青木義次, 山県洋: CAにおけるフレキシブル条件の概念の定式化と応用, 日本建築学会計画系論文報告集, 第365号, 1986, 68-74

国際委員会

### APORS 論文誌 “APJOR” へのご投稿とご購読の依頼

皆様ご案内のとおり、1985年から太平洋地区のOR学会連合 (APORS=Association of Asian-Pacific Operational Research Societies) が IFORS の下部機関として発足し、日本のOR学会がその幹事役を努めることとなり、若山邦紘教授 (法政大学) が事務局長に就任されています。

APJOR (Asia-Pacific Journal of Operational Research) は、その Official Journal という性格か

ら、APORS 加盟各国から Board of Editorial Advisers へ参加することが求められており、日本OR学会からは若山氏のほかに森村英典会長、茨木俊秀教授 (京都大学) が参加されています。これからも同誌を一層もり立ててゆくため、論文の投稿・雑誌の購読についてご協力をお願いいたします。

お問合せは学会事務局へどうぞ。

(Tel. 03 (815) 3351)