

コンピュータ・グラフィック・システムの利用

佐藤 庄一

§ 1. はじめに

建築設計におけるコンピュータ・グラフィック・システム（C.G.Sと略す）の利用は日も浅く、設計の一部でようやく利用され始めたにすぎない。しかし、このシステムは着実にその応用範囲を拡げつつあり、将来、設計においてははっきりした位置づけをもつものとする。本報告ではそうした観点から、このシステムが建築設計にどのように位置づけられるべきかを、C.G.Sの現状と利用技術、さらに実例を紹介し参考にとしたい。

§ 2. 設計のシステム化

設計におけるコンピュータ利用にふれる前に設計全体のシステム化の問題をとりあげねばなるまい。なぜなら設計におけるコンピュータ利用は設計システムの一部であり、このシステムの中で設計者がなすべきこと、機械によってなされるべきことが明確に位置づけられたうえで、その利用を考えるのが本来だからである。

しかし、建築設計におけるシステム化の問題は今日まで多くの人によってとりあげられ、研究されているにもかかわらず、他産業に比較し遅れている現状と言ってよい。このことは逆の見方をすると建築の設計が、システム化という考え方にあてはまり難い要因を多くもっているとみることできる。確かに、設計の中には建物の性能、設計の評価といった未解決の要因がまだまだ多い。

したがって、今後も建築設計のシステム化については研究が進められねばならないし、さらに、これら研究を生かす具体的方法についても考える必要がある。

現状におけるコンピュータ利用も設計システムの一環として明確に位置づけられているわけではなく、試行錯誤的に進められているに過ぎない。

しかし、一つ一つのサブシステムの完成によって相互の関係と位置づけが明らかにされつつある。

それでは設計プロセスの中にコンピュータを利用する理想的なシステムとしてどのようなものが考えられるであろうか。まずコンピュータの特徴としては、高速性、記憶能力、信頼性などがあげられる。これに対して設計者には、経験、想像力、社会的価値、美的価値に対する判断能力がある。

この両者の特徴を生かしたシステムを作りあげることが理想であり、コンピュータの得意とする業務はコンピュータに任せ、設計者が得意とする業務は設計者がするというのが理想システムの基本的な考え方である。

このようなシステム実現の基礎となる技術として、設計者とコンピュータが自由に情報交換を行なうことができる機能をシステムに提供する、次のような技術が必要となる。

- (1)設計者がコンピュータの助けを必要としたとき、いつでも使えること。
- (2)コンピュータが仕事を進めるプロセスを設計者が監視でき、いつでも介入、打ち切りができること。
- (3)設計者とコンピュータのコミュニケーションには、設計者にとって自然な言語が使えること。
- (4)コンピュータの応答時間は設計者の反応速度程度であることが望ましい。
- (5)コンピュータが設計変更を監視し、最新のファイルを提供できること。

しかし、現実にはこのような理想システムは実現しておらず、この目標に向かって各方面で努力のなされているのが現状である。そしてこれらのうち、比較的人間機械の相互作用の少ない分野からコンピュータ利用の設計システムの実用化が進められている。次に、その一例として図面を媒体とした人間とコンピュータとの対応を考えてみたい。

§ 3. 視覚情報媒体としての図面

図面は設計における自然言語であり、視覚情報交換の手段として重要な役割を果たしている。

また、図面は設計者がイメージを固定していく意志固定と、設計者が施工者や施主にイメージを伝える意志伝達の2つの意味を持つ。

しかし、現在の図面は立体である建物や、時間とともに変化する機能を無理に平面上に表わそうとしているために、動きのない静的なとらえ方しか行なわれていない。空間上の建物を立体として捉え、その機能を時間との関係をもって捉えるためには、動的な捉え方がなされなければならない。

図面の中に表現される内容は、設計が進むにつれて変化する。設計の初期には、グルーピングの方法にみられるような位相的な図形の表現がなされ、設計が具体化されるにしたがって建物の形として、幾何学的な表現がなされる。

この関係は図形情報が設計過程の段階ごとに新たな情報として作り直されるのではなしに、設計が進むにつれ蓄積された情報が生かされるシステムであることを意味する。そして、設計の全過程を通じて利用される C.G.S は共通な図形データ構造と図形処理技術によって支えられることによって、設計システムの中でその効果を発揮できるのである。

このことは、設計のシステム化が単に行為のシステム化のみではなく、情報のシステム化の必要をも示唆している。この考え方は設計に限らず、さらに大きな製作段階をも含めたシステムとなったとき、より大きな成果をなすものと思われる。すでに船舶や自動車産業にみられる NC 工作による設計、製作のシステム化は建築の設計、製作についても無縁なものではない。

さらに、写真技術の応用による作図技術も見のがすことができない。現在設計の一部で行なわれている標準化、部品化された建物の設計は C.G.S を利用するまでもなく、写真技術による部分図の合成やカタログ設計などの方法で十分その目的は達成しようとする。したがって将来の C.G.S による作図や表現技術については標準化、部品化の進んだ建物での利用より、個々の設計条件の異なる建物への利用を考えるべきである。

このように、視覚情報媒体としての図面をさまざまな観点から検討してみると、将来には図面の内容だけでなく意味そのものも変わっていくのではないだろうか。

§ 4. C.G.S の利用技術

コンピュータが図形を処理するためには、まずコンピュータを中心とする機械装置（ハードウェア）とこれを設計者が自由に動かす仕組み（ソフトウェア）が必要である。

ソフトウェア

ソフトウェアの機能には、次の3つがあげられる。

- (i) 図形データ構造の作成
- (ii) 図形の演算、処理
- (iii) 図形入出力装置の使用

(i) 図形データ構造の作成

コンピュータの記憶装置の中に図形を記憶させるためには、図形を定義するために必要なデータがなければならない。図形の定義は、目的とする図形処理の方法によっても異なるが、ここでは図形に一般性をもたせ、その基本的要素である、点・直線・平面・立体としてデータ構造を定義する。（図-1、表-1）

(a) 点 $p = (x, y, z)$

p は点として定義された変数名、 x, y, z は点 p の3次元座標値

(b) 直線 $l = (p_1, p_2)$

l は直線、 p_1, p_2 は点として定義された変数名であり、 p_1, p_2 はそれぞれ直線 l の始点、終点である。これによって直線に方向づけがなされる。さらに曲線は直線の集合として定義する。

(c) 平面 $s = (l_1, l_2, \dots, l_n)$

s は平面、 l_1, l_2, \dots, l_n は直線として定義された変数名であり、 l_1, l_2, \dots, l_n は平面 s （多角形）を構成する直線である。

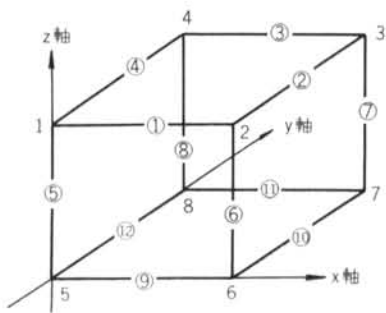
(d) 立体 $b = (s_1, s_2, \dots, s_n)$

b は立体、 s_1, s_2, \dots, s_n は平面として定義された変数名、 s_1, s_2, \dots, s_n は立体 b を作る平面である。

このように定義されたデータ構造は、あくまでコンピュータが図形を記憶・処理するために必要なデータ構造であり、設計者（オペレータ）の側からみると必要な図形を呼び出すために、定義された変数名すべてを指定しなければならず、非常に使いにくい。

そこで、新たにネーム構造というものを定義する。つまり、先に定義したデータ構造の変数名 p_i, l_i, s_i, b_i 、それぞれに名前を付けるのである。図形のそれぞれに名前を付けることによって、オペレータはその名前を指定するだけで、目的とする図形を呼び出すことができる。

（表-2）



点...1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
 直線...①, ②, ③, ……⑪, ⑫
 平面...①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥
 立体...①

図-1

点 テーブルPOINT				直線 テーブルLINE		平 面 テーブルPLANE		立 体 テーブルBODY	
名称	x座標	y座標	z座標	名称	始点	名称	始点	名称	始点
1	0.0	0.0	1.0	①	1 2	Ⅰ	1 4	①	①
2	1.0	0.0	1.0	②	2 3	Ⅱ	5 8	②	②
3	1.0	1.0	1.0	③	3 4	Ⅲ	9 12	③	③
4	0.0	1.0	1.0	④	4 1	Ⅳ	13 16	④	④
5	0.0	0.0	0.0	⑤	1 5	Ⅴ	17 20	⑤	⑤
6	1.0	0.0	0.0	⑥	2 6	Ⅵ	21 24	⑥	⑥
7	1.0	1.0	0.0	⑦	3 7			⑦	⑦
8	0.0	1.0	0.0	⑧	4 8			⑧	⑧
				⑨	5 6			⑨	⑨
				⑩	6 7			⑩	⑩
				⑪	7 8			⑪	⑪
				⑫	8 5			⑫	⑫

表-1 図形データ構造

図形を記憶するために必要な図形情報はその情報量が多く、その相互関係は大変複雑で、われわれが用いている平面図や立面図からは認識し難いものである。

したがって現在の設計図から図形データ構造を作成するような場合には、読み込み方法の研究やプログラムによる前処理によって、入力データ作成労力を少なくする配慮が必要である。

(ii) 図形の演算、処理

図形データ構造として定義された図形要素を、さらに移動・回転・拡大の作用によって変形したり、図形どうしの関係をしらべる機能である。図形の演算、処理はプログラムの中で四則演算や論理演算によって表わすが、ここではこれら演算式の列記はさけ、各演算を行なうために必要とする変数(必要な情報)を示し、設計者は何が定まれば目的とする処理が可能かを示す。

(a) 図形移動 TRANS(v) : dx, dy, dz

点, 直線, 平面, 立体のうち移動を行なう変数名をv, X, Y, Zの各方向の移動量を dx, dy, dz として定義する。(図-2)

(b) 回転 ROTATE(v) : P, α, β

vは点, 直線, 平面, 立体のうちいずれか変数名, Pは点として宣言された変数, α, βは中心点Pに対する回転角として定義する。(図-3)

(c) 拡大, 縮小 MAGNI(v) : P, K

vは点, 直線, 平面, 立体のうちいずれか変数名, Pは点として宣言された変数, Kは係数. この作用により図形vは点Pを中心にK倍される。(図-4)

|K| > 1 なら拡大 |K| < 1 なら縮小

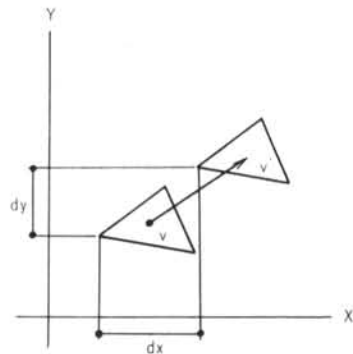


図-2 移動(2次元)

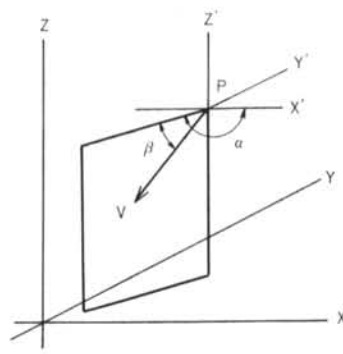


図-3 回転

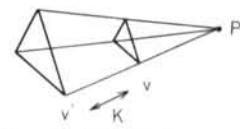


図-4 拡大, 縮小

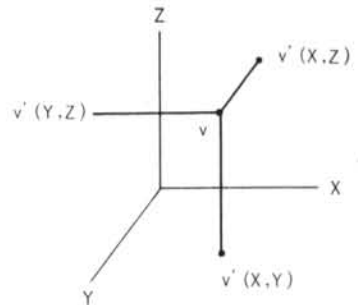


図-5 正投影

名称	要素
PAA	①
LBB	②
LEE	⑤
PLA	⑪
BAA	⑫

表-2 図形ネーム構造

(d) 図形の写像 (3次元から2次元へ)

3次元空間の図形を出力するには、それを何らかの方法で、2次元平面上の図形として表現しなければならない。そのためには次の2つの方法を用いる。

(1) 正投影 ORTHGR(v) : S

Sは投影面、vは投影する点、直線、平面、立体のうちいずれか変数名。これにより図形vは平面Sに正投影され像が作られる。(図-5)

(2) 中心投影 PERSPE(v) : P, S

Pは3次元上の視点(変数)、vは点、直線、平面、立体のうちいずれか変数名。これにより図形vは点Pを中心にして平面S上に投影され像が作られる。(図-6)

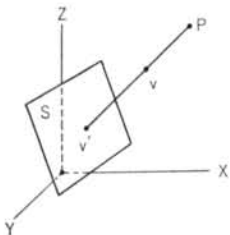


図-6 中心投影

この他に、図形の演算には点、直線、平面、立体の間の関係をもとめるものとして、距離を求める。垂線の足を求める。同一平面であるかの判定などその目的により、さまざまな図形の演算が定義される。

図形入出力機器の使用

経過や結果としての図形を表示するためには、さまざまな入出力装置(カーブプロッターやCRT)を効率よく使うための機能が必要である。

この機能はその装置により方法が異なり、ソフトウェアとして持つものや、ハードウェアとして持つものなどいろいろである。そしてこれら入出力装置の機能の多くは複雑で、使用には十分な学習と訓練が必要である。

一般図形の入力に関しては、その理論的な説明が遅れており、すでに実用化されている入力装置についても単純な図形の認識のみしかできない。人間が広がりを持った図形を、瞬間的に判断する能力をもっているのに比べ、これら装置は広がりをもった図形を総合的に判断する能力をもっておらず、直列的な論理過程しかたどることができない。

特に建築設計図に画かれるような複雑な3次元図形を、先に示したような図形データ構造として、入力装置が読み込むことは非常に困難である。

ハードウェア

現在、コンピュータを中心とするグラフィック装置の開発は、過渡的な段階にあり、どのシステム構成が最適かは、その使用目的との関係で一義的に判断できないが(図-7)に示すものは現在効率がよいと思われるシステム構成である。

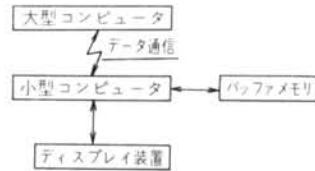


図-7 システム構成

図において大型コンピュータ、中型コンピュータは図形の演算処理を行ない、小型コンピュータ、制御装置は図形の発生、消去に使われる。ディスプレイ装置には演算の結果としての図が表示される。

図形情報はその情報量が多く(図形データ構造の作成参照)その記憶には大きな記憶場所が必要である。したがって小型コンピュータの記憶容量のみでは図形情報を記憶しえず、新たにバッファメモリ(緩衝記憶装置)を付けるか、中型コンピュータ程度の記憶容量をもつ必要がある。

ハードウェアの最後に現在使用されている主な入出力装置を示す。

- CRT
 - Refresh TYPE Light Pen Function Key
 - Storage TYPE
 - TV Scan TYPE
 - Type Writer
 - Tracking Ball
 - Tablet
 - XY Plotter
 - CRT Copy
 - Microfilm Printer
- } hard copy

§ 5. 実例：日影図の作成、透視図の作成

A. 日影図の作成

日照問題は建築物が大規模、高層化するにつれて周囲に及ぼす影響が大きく、設計者が計画、設計の過程で日照問題を除いて設計作業を進めることは、後々に日照権など種々の問題をひき起こす原因にもなっている。

ここに示す日影作成プログラムは、単体を含む複数の

DATA 1 出力条件						
建設地	建物の数	縮尺	時間(始)	時間(終)	季節	

DATA 2 建物データ				
①	②	③	④	⑤
6	4			

各立体物の交点数(O)を記入 最大15まで

DATA 3 建物データ											
No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y	No	X	Y
①	39.	109.	②	84.	145.	③	97.	129.	④	108.	137.
⑤	124.	95.	BOT 0. TOP 9.75			⑥	134.	103.	BOT 0. TOP 75.5		
⑦	78.	103.	⑧	102.	122.	⑨	120.	100.	⑩	95.	81.

表-3

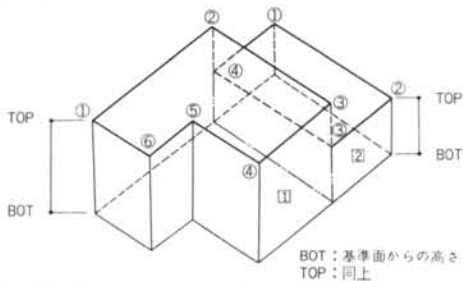


図-8 Data 2, Data 3 説明図

建物が周囲に及ぼす日影の影響を、季節ごとに日影時間と日影領域として、平面上に表わすことができるようにしたものである。したがって設計の過程でその建築物の周囲への影響を予測したり、施工段階での説明資料として広く利用されよう。

- (i) 入力データの作成, 流れ図(表-3, 図-8, 9)
- (ii) 出力される日影図(図-10, 11)

B. 透視図の作成

透視図は、設計者が意図する空間の造形を伝える手段として広く用いられ、その手法もさまざまである。しかし、透視図の原理は(a)目の位置 (b)投影したい図形 (c)投影面の3条件によって一義的にさだまるもので、この条件が定まれば誰でも正確な透視図が画ける。

- (i) 入力データの作成

図形データ構造は、全てに共通であるという基本的な考え方に従い、日影図で作られた入力データがそのまま用いられ、透視図作成のために作られるデータは表-4に示す。視点のデータのみである。

- (ii) 出力される透視図(図-11, 12)

DATA 1 視点データ			
視点 X	視点 Y	視点高さ	縮尺
500	500	500	1.0

表-4

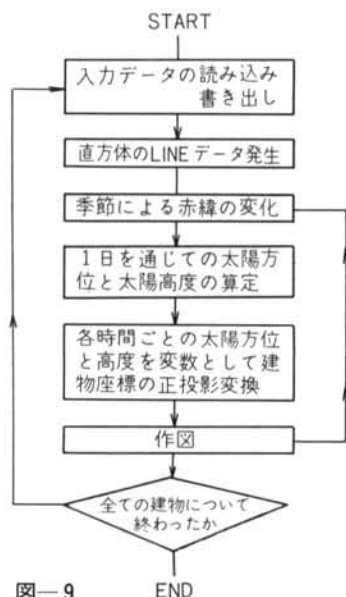


図-9

§ 6. あとがき

日影図の出力された結果から判かることは、立体として日影を求めたことによって、理論的には求めにくいさまざまな異なりをみいだすことができる。

例えば、日影曲線についていえば理論的な2次曲線とはならず、変曲点をもつ自由曲線となる。これは日影の最大長さとなる建物の部分が、時間と共に変わることによるものである。さらに、1日を通しての日影時間をみると、建物の形が複雑であったり、複数の建物による場合には日影領域に島状の時間帯ができることがみとめられる。また、透視図についても従来の透視図法によって画かれたものとは多少異なるものである。先にも述べたようにコンピュータによる透視図作成は、従来の図法とは異なり物理現象として建物を捉えている。このことは

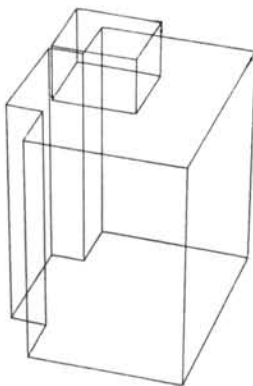


図-12

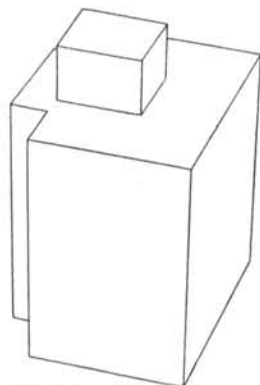


図-13

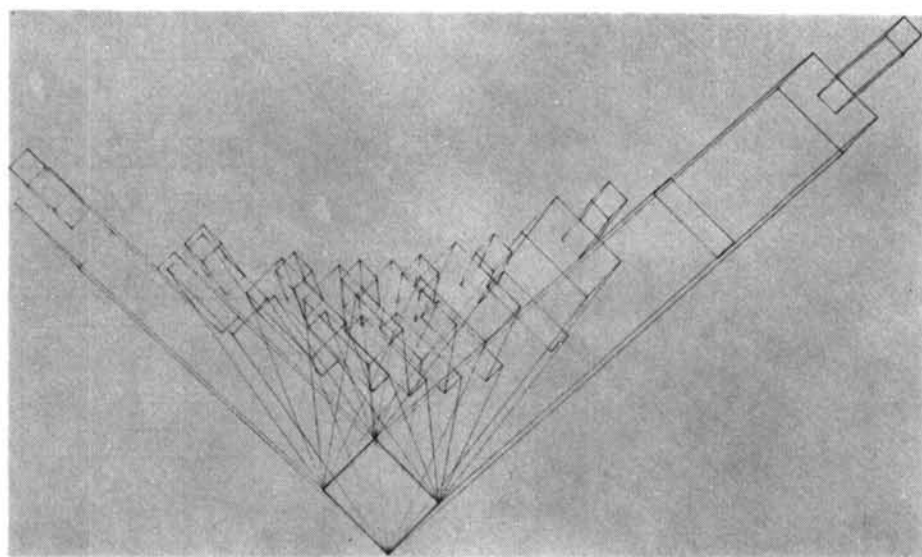


図-10

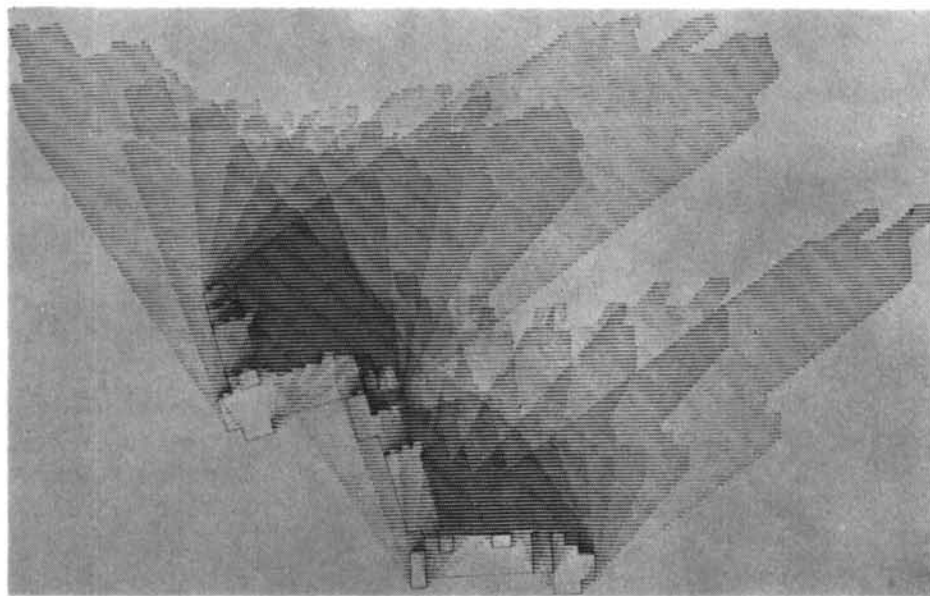


図-11

図法によって作成される透視図は、その方法によっては正確さを欠く場合がでてくるといふことである。

理論的に単純化されたものと、これを実際の建物にあてはめた場合とは、このように多少異なっており、理論の活用の際には十分な注意が必要である。

設計におけるコンピュータの利用は、理論的に単純化されたものが、実際に建物にあてはめられた場合の活用の難かしさを明らかにした。同時に設計における利用は、単に省力化だけでなく設計の質の向上と理解に役立

っており、その可能性が確かめられつつあるが、ただ先のべたような設計過程での利用はまだ少なく、事後処理的な利用が多い。これはシステムが未完成であることにもよるが、設計者には設計過程での広範な利用を望むものである。

今後、C.G.Sの利用技術を基礎とした、設計とコンピュータの理想システムの追求と、さらに、設計、製作の情報システムの研究を進めたい。