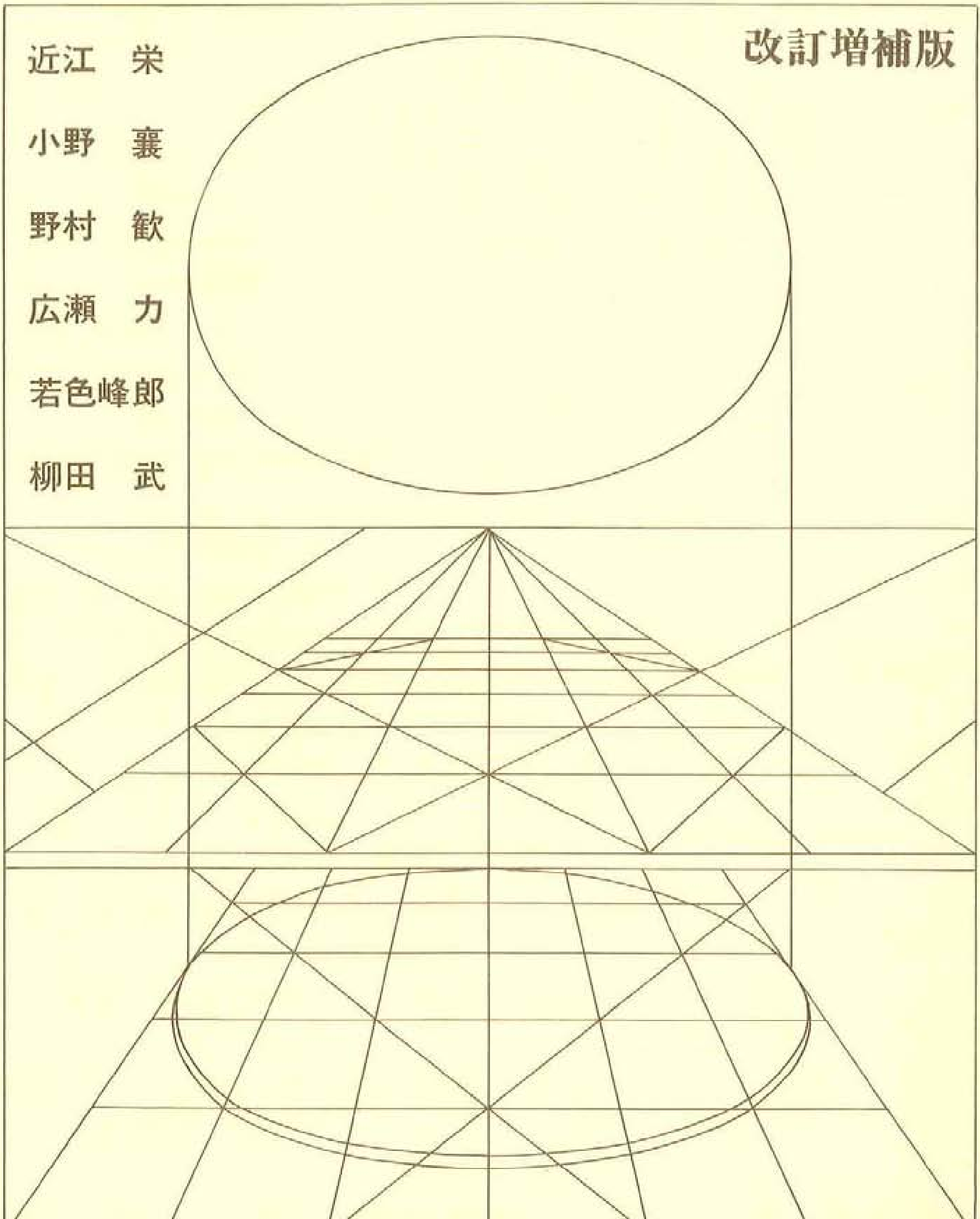
建築図学概論

改訂増補版

近江　栄
小野　襄
野村　歓
広瀬　力
若色峰郎
柳田　武



はしがき

大学における図学教育の内容は，教育課程の編成と関連しており，専門科別の編成以前に，教養学部として講義される場合は，土木工学・建築学・機械工学などの分野に共通な基礎的内容を凝縮している。このため，それぞれの専門分野にとっては不十分なものである。しかし，私大・高専のように一年次からすでに各専門科別で履習される場合には，その内容も「建築図学」として興味を抽きだすようなまとめ方がありそうなものだという意図から本書が企画された。

20数年前のある日，筆者は，突然に上司から図学の代講を委嘱され，にわか勉強のまま教壇に立ち，なんとしても作図がまとまらず，立往生して冷汗を流して以来，約10カ年にわたり図学を講義する体験を得た。あらゆる参考書を見比べて，より判りやすい解説をと探索したが，決定的な一冊を選ぶことは不可能であった。

本書の序文にも触れておいたが，図学は元来，図法幾何学の領城から生まれていながら，今日ではかつてのG．モンジュのような図学の専門家的研究をライフワークとしている人は見当たらない。そしてわが国では戦前から，図学に関する著作は，建築学，船舶工学，あるいは機械工学科出身者たちの手によってまとめられ，講義もなされるという慣習がある。

本書は建築計画・設計・造形などの研究者で，図学の講義を担当した経験者と現職の先生方によってまとめられたものである。今回の改訂増補版では時代に即応して，新たにコンピューターによる図形処理についてもその概要を紹介している。より説得力のある解説をと努力しているので，従来の類書には見られぬ興味深い内容構成とともに，「建築図学」の概説書として，ひとつの新しい型（パターン）を提示した。

しかしなお，われわれの意図が十分に達成されたとは思えないので，未熟な点について各位の御叱正を賜れば，なお一層の充実を図りたいと思う。

1991年3月　　近江　栄

目　次

序——図学の誕生と発展

世界で最も古い文明は大河のほとりにおこったという史実が示すように，エジプトのナイル河の定期的な氾濫は，田地の区画を再三ひきなおす必要にせまられ，土地測量の技術を発展させたという。geo は土地を意味し，metry は測量を意味しているのは，幾何学 (geometry) のおこりが土地測量の技術にあったことを示している。

幾何学の歴史を探れば，２直線が交わるときその対頂角が等しいことを証明した数学者タレス (BC 6－7 世紀) が，ピラミッドの高さを測ったこと，ピタゴラスとその学派が直角三角形に関する定理を発見し，また正五角形の作図法を発見したことから，古来最も美しい比例とされた黄金分割比を生みだしていることなどがある。

ギリシア・ローマ時代から中世を経て，ルネサンスに至る建築物をみれば，すでに経験的な設計技術として，図法幾何学の裏付けがあったことを知る。事実，ルネサンス期における透視画法 (perspective drawing) は，絵画の技法と関連して発達し，石切り術は石造建築のドーム (円天井) を構成する石の形を決定する方法として，また造船の技術には，吃水線，竜骨など不規則な曲線の製図方法の解決が求められた。

またヨーロッパの地理的条件と政治的背景は，絶えまない戦争を繰り返し，要塞の理論的設計技術が促進され，土塁の傾斜や城壁の高さの決定に際して標高平面図法を発展させている。

1795 年，図法幾何学 (Géométrie Descriptive) と題する画期的な著書をまとめたガスパール・モンジュ (Gaspard Monge, 1764—1818) は，当時，軍事上最も重要な課題であった「城塞の掩蔽（えんぺい）」の設計を，計算によらず図形的に解決したことで認められた人間で，フランス革命後はナポレオンの親しい友人となり，後にエコール・ポリテクニクの教授に就任している。

モンジュの著作が出版されると，その弟子たちによってさらに内容の豊富な著書が相次いで出版され，1821 年，クロード・クローゼ (Claude

3　その他の曲線

3.1　うずまき線

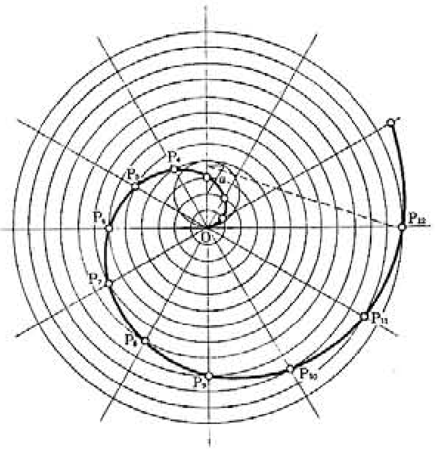
定点Oのまわりを動点Pが回転角θの増大につれて規則的にだんだんとOから遠ざかっていくとき，動点Pの軌跡をうずまき線という。

a．アルキメデスうずまき線 (3.1 図)

定点Oから動点Pまでの距離が回転角θに比例して等差級数的に増加するうずまき線をいう。すなわち，

$r=a\theta$　（aは比例定数）

$\theta=0$ のとき $r=0$, $\theta=2\pi$ のとき $r=2\pi a$ である。したがって半径aの円を 1.15 図の作図法によって直延する。その点を P_{12} とする。OP_{12} を12等分し，O を中心とし同心円をかく。次に，円周を12等分し，$\frac{\pi}{6}$と半径 OP_1 の円との定点，$\frac{2\pi}{6}$ と半径 OP_2 の円との交点，……と順次求めると，その交点の軌跡はアルキメデスうずまき線となる。



3.1 図　アルキメデスうずまき線
$OP_{12}=2\pi a$

b．対数らせん (3.2 図)

定点Oから動点Pまでの距離が回転角θの増大につれて等比級数的に増加するうずまき線をいう。すなわち，

$r=a^{\theta}$

この式において，

$\theta=0$ のとき，$r_0=1$

$\theta=\frac{\pi}{6}$のとき，$r_1=a^{\frac{\pi}{6}}$

$\theta=\frac{2\pi}{6}$のとき，$r_2=a^{\frac{2\pi}{6}}$

$\theta=\frac{3\pi}{6}$のとき，$r_3=a^{\frac{3\pi}{6}}$

対数をとると，

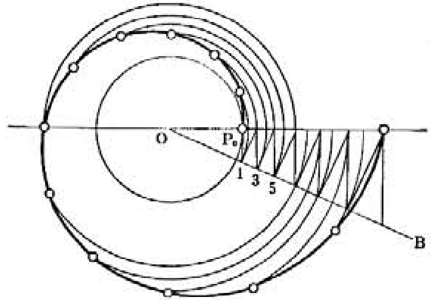
$\log r_0=0$,　$\log r_1=\frac{\pi}{6}\log a$,　$\log r_2=2\left(\frac{\pi}{6}\log a\right)$ となり，

$\log r_1 : \log r_2 : \log r_3 :$ ……$=1:2:3:$……となる。

したがって，作図では $\theta=0$ に対する動径として $OP_0=r_0=1$ をとる。

P_0 から垂線をひき $01=a^{\frac{\pi}{6}}$ になるような点1を定め（この図では $a^{\frac{\pi}{6}}=1.1$ としている）01 を結ぶ。次に $01\perp 12$, $02\perp 23$, ……と同様に行なうことによって $r_2=02$, $r_3=03$, …… が得られる。

これらの長さを$\frac{\pi}{6}$ずつの動径上にとり，その点の軌跡を求めれば対数らせんが求められる。

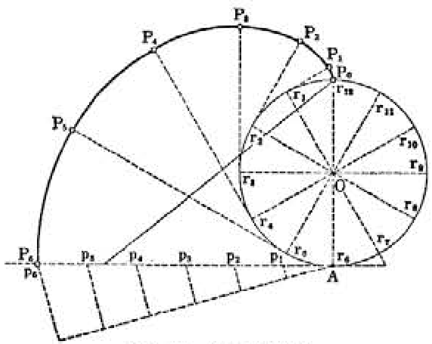


3.2 図　対数らせん

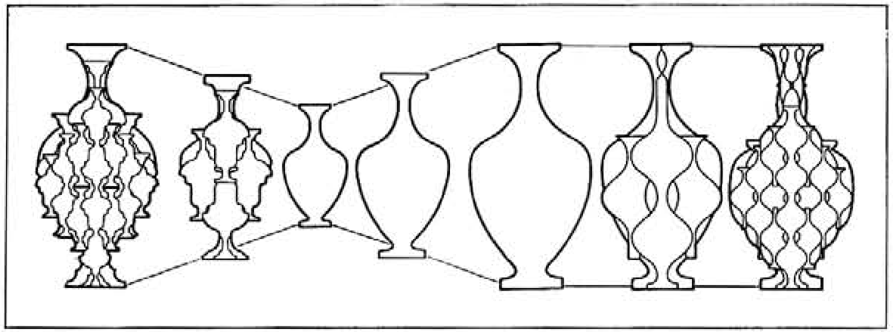
3.2　円の伸開線 (3.3 図)

円周上に巻いてある糸をだんだんとほどいていくときに糸の先端がかく軌跡を円の伸開線 (involute) という。

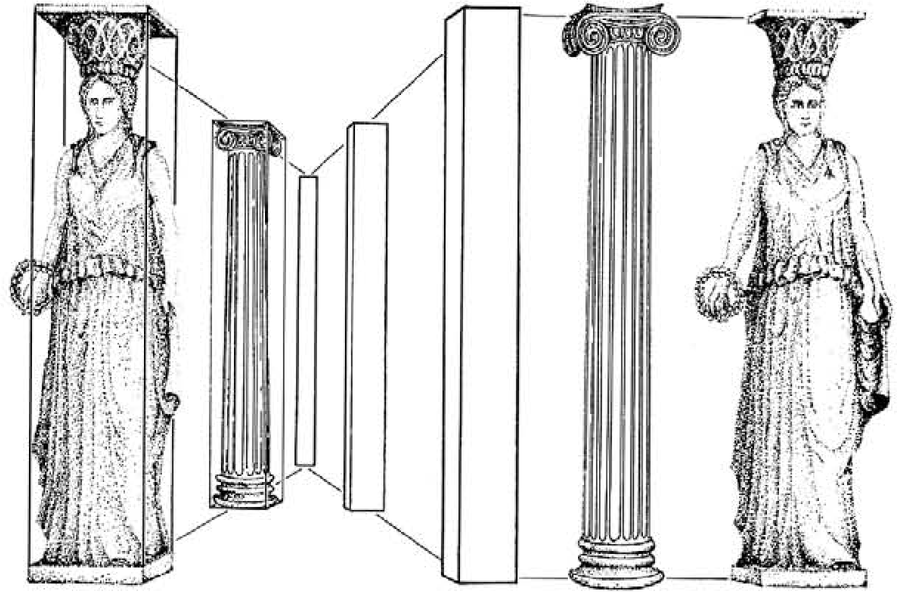
与えられた円Oの円周をn等分（図では12等分）し，各等分点 r_1, r_2, r_3 で接線をひく。一方円周を直延したものを同じくn等分し，Ap_1 をさきに求めた r_1 からの接線上に，Ap_2 を r_2 からの接線上に，……と順次続けていけば，P_1，P_2，P_3



3.3 図　伸開線(円)



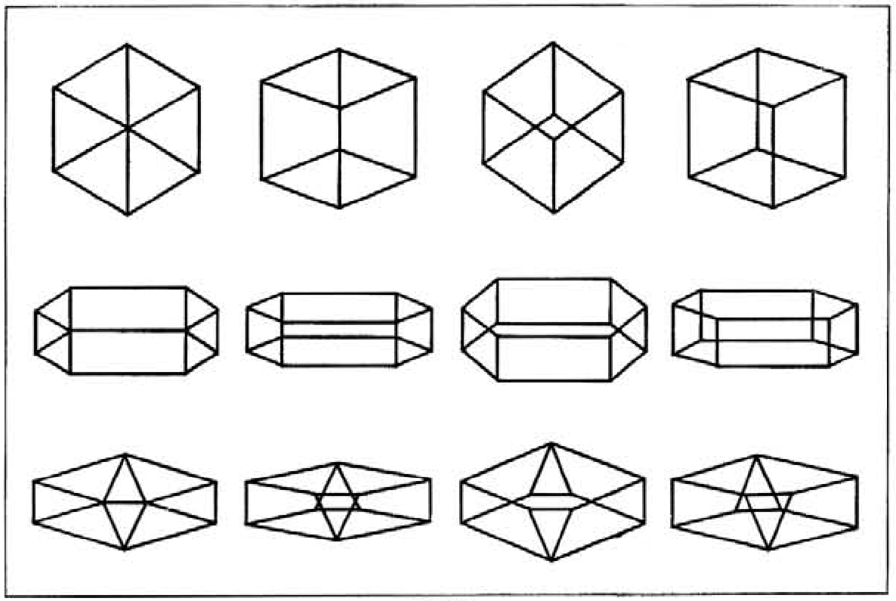
2.2 図



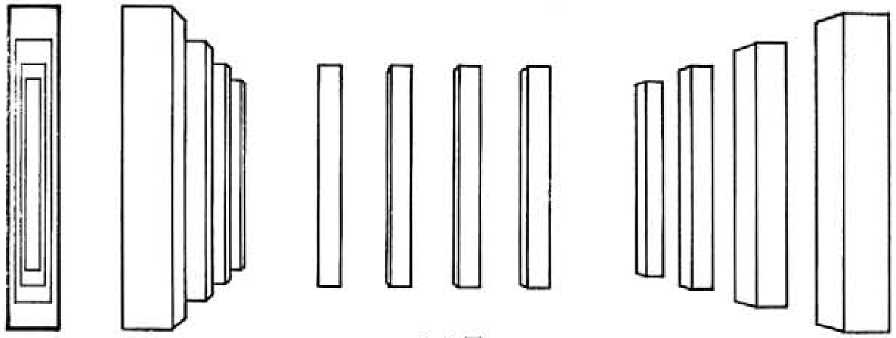
2.3 図

c．線遠近法によって表わされた図形について

線遠近法による図形は，現実のかたちの一属性である外形だけを抽出して平面上に表現した，共通な理解へと導く，単純なかたちである。現実のかたちは，この形だけが抽出された単純な図形の，拡大のかたちではない。線によって描かれた，この単純な図形は，それが単純であるほど，現実の多様をより内包しているのである。そして，それは匂いも時も響きもない，点と線の集合する図形である（2.2 図，2.3 図）。



2.4 図



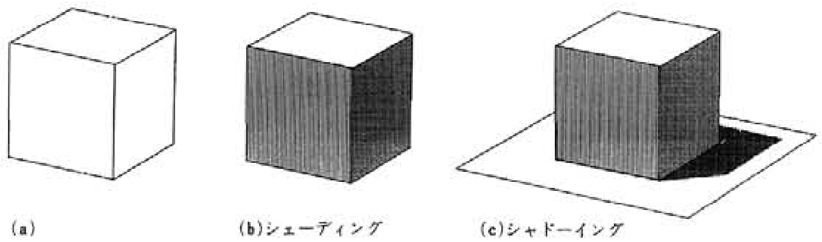
2.5 図

d．視点の移行による立体の把握について

形体への認識は，視点の移行，すなわち多視点に基づいて，より高められる。現実の形体は，視点の移行に伴い，さまざまに異なった姿を表わす。2.4 図は，遠近法的に表わした,多視点による表現。視点の移行に伴い，次第に，立体視は強まる。2.5 図は，形体からの距離や視点の位置によって，列柱も，1本の形に，一体となった梯形に，多数の並列する形にと変化する。

b．サーフェイスモデル

物体をその表面を構成する面の集まりとして表現する考え方で，それぞれの面を構成する点や辺の集合によって表わす。表面に覆われた中身は定義されない（2.1 図(b)）。この考え方によって表示されたものは，サーフェイス表現，あるいは多面体表現ともいい，線画のように向こう側が透けて見えることはない。ワイヤフレーム表現と違って，シェーディングやシャドーイングを施すことができる（2.2 図）。

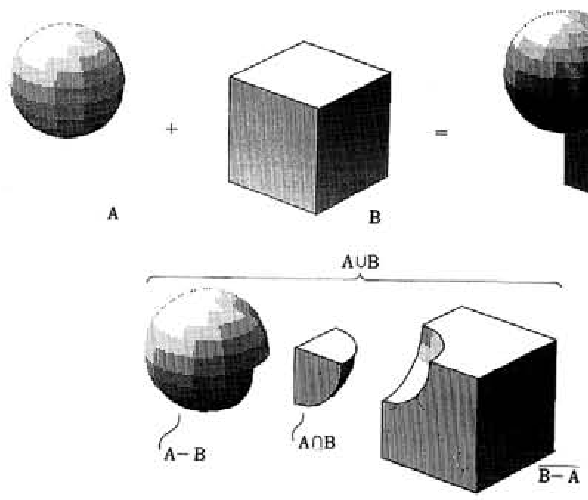


2.2図　シェーディングとシャドーイング

シェーディングとは，光の方向を設定し，光の当たり方による色や明るさの違いを面単位で計算して表現することである。また，シャドーイングは，光によって物体が他の面に落とす影を計算によって求め表現することである。これらによって，実際の見え方に近い表現が可能である。

c．ソリッドモデル

サーフェイスモデルは，物体の表面を構成する面の集合であるため，いわば中はがらんどうで内部に関する処理は意味を持たない。これに対してソリッドモデルは，ちょうど，面で覆われたサーフェイスモデルの中身が詰まった状態と考えることができ，どのように切断しても切断面を表示することができる（2.1 図(c)）。そして，プリミティブと呼ばれる中身の詰まった基本立体の集まりとして定義されるため，立体間の論理演算も可能である。球Aと立方体Bを組合せたとき，立体のそれぞれの部分は，2.3 図のように表わすことができる(2.3 図)。



2.3図　ソリッドモデルと立体の論理演算

物体を表現するためのデータ量は，ワイヤフレームモデルが最も少なく，処理速度も速い。

手描きによる作図の場合を考えると，まず線分によって図形を描き，線分の集まりによって出来る面としてのまとまりを認識した上で面ごとに色を塗ったり陰影を施すといった面としての扱いをしている訳である。

2.2　データ構造

点，線，面，立体，を表わす場合，2.4 図のように表現することができる。

形状を線分の集合で表現する場合，すべての線分に番号をつけ，その線分の始点と終点の座標（X，Y，Z）さえ分かっていればよいことになる。しかし，ひとつの面あるいは立体を構成する線分のまとまりが定義されていないと不便である。データを表記する方法としては，幾つかの方法が考えられている。

立体をワイヤフレームモデルによって表わすデータ構造のひとつとして，物体の各頂点の座標値と，頂点どうしを結ぶ稜線のつながりを表わ