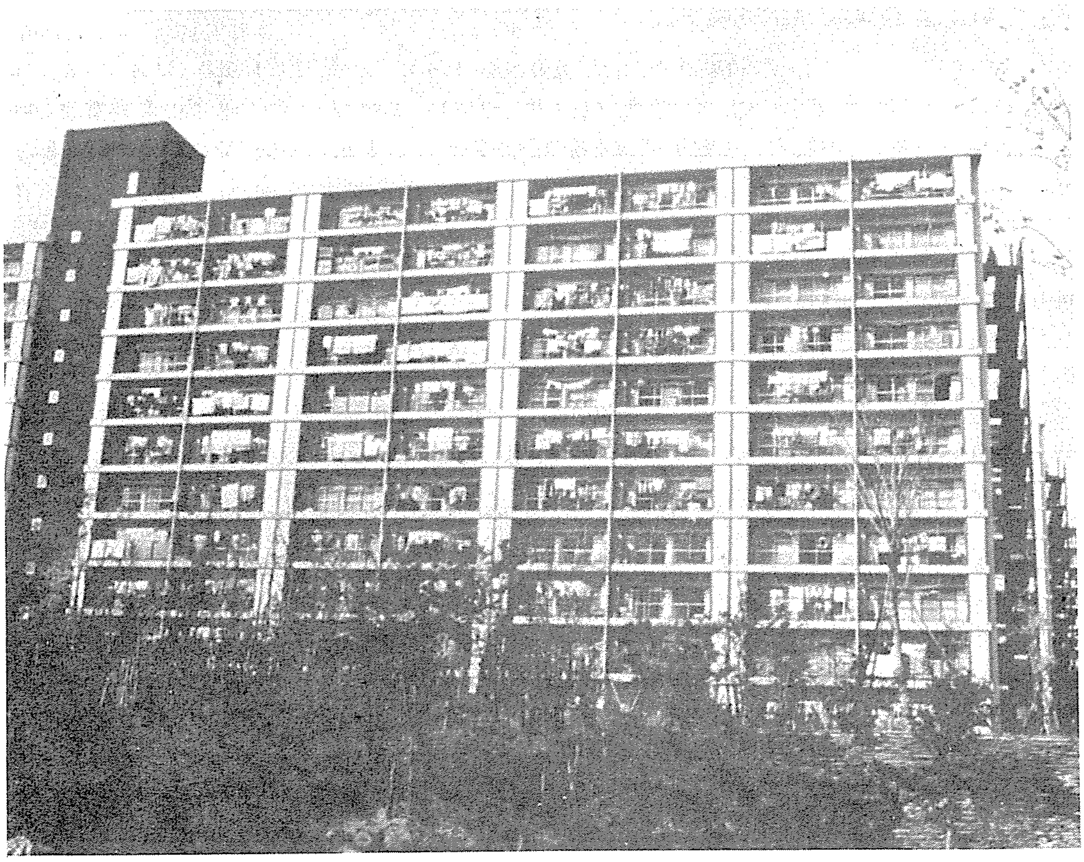
設計의 컴퓨터 手法〈完〉

〈資料：飯塚英雄 著・設計의 컴퓨터手法에서〉



建築日影図의 作成

6.1. 日影曲線作図의 준비

최근 수년간, 특히 도시에 세워지는 중고층건축의 경우 日照의 문제로 인근과 분쟁으로 까지 발전하는 경우가 있었다. 따라서 日影의 영향을 사전에 검토하는 것이 法制化 되게 되었다. 건물에 의한 日影의 도면이나 건물에 의한 주변이 몇시간 日影 될 것인가를 도면으로 그릴 필요성이 있게 되었다.

日照라고 하는 것은 태양의 위치와 건물의·形의 기하학적 관계를 취급하는 것임으로 계산으로서 정연하게 나온다. 이러한 도면도 컴퓨터로서 만들 수가 있다. 다만 나중에 기술하겠지만 도면 표면상 컴퓨터 특유의 문제에 들어가지 않으면 안되기 때문에 재미 있다고 생각하면 재미 있으나 귀찮은 테마도 있다.

먼저 기본적인 것에서 시작한다.

日影의 교과서에 의하면 太陽高度 h, 방위각 A는 그 지점의 위도 ϕ, 日赤緯 δ, 시각 t에 의해 다음의 식으로 나타낼 수 있다.

$$
\begin{aligned}
& sin\, h = sin\,\phi\, sin\,\delta + cos\,\phi\, cos\,\delta\, cos\, t \\
& cos\, h = \sqrt{1 - sin^2 h} \\
& sinA = \frac{cos\,\delta\, sin\, t}{cos\, h} \qquad\qquad (6.1) \\
& cos\, A = \frac{sin\, h\, sin\phi - sin\delta}{cos\, h\, cos\,\phi}
\end{aligned}
$$

약간 설명해 보면 太陽高度란 태양의 지평면에 대한 각도. 방위각과는 眞南과 태양광선을 포함하는 수직면과 이루는 각으로서 서측 방향에 正으로서 측정한다. 日赤緯이란 天球上의 태양의 위도에 관한 것으로서 계절에 따라 변화하고 동지에는 $-23°27'$의 값을 취한다.

시각은 태양이 南中한 시에 0度가 되고 1시간이 지남에 따라 15° 증가한다.

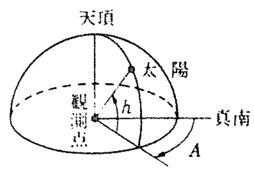


図 6.1. 太陽高度 h와 方位角 A

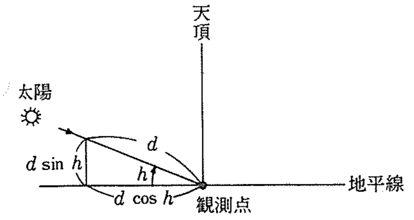


図 6.2.
(a) 観測点과 태양・天頂을 포함한 鉛直面

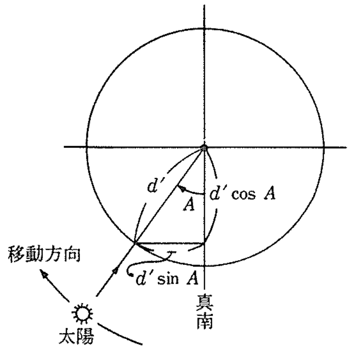


図 6.2. (b) 방위각을 표시하는 평면도

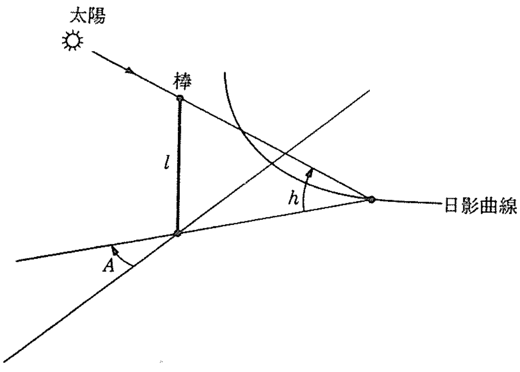


図 6.3. 日影曲線의 약도

日影図에 들어가기 전에 日照의 책에서 자주 본 日影曲線을 컴퓨터로 그리기 쉽다는 걸 알 수 있다. 일영곡선이라고 하는 것은 수직의 棒을 지면에 세워 그 先端이 수평면에 던지는 그림자의 하루의 軌跡으로서, 棒이 서 있는 위치를 原点, 眞北을 y 축으로 하는 좌표계를 생각하여 棒의 높이를 l 로 하면 棒의 先端의 그림자 위치는 x 축으로부터 $\pi/2-A$ 의 방향으로 $l/\tan h$ 의 거리의 点인 것이다. 이 점의 위치를 x y좌표로 나타내면 다음과 같이 된다.

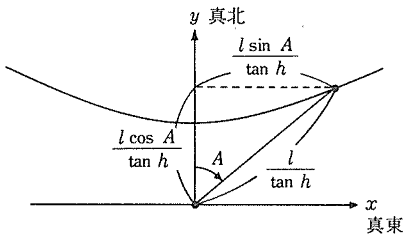


図 6.4. 棒의 先端의 日影位置

$$x=\frac{l \sin A}{\tan h} \qquad y=\frac{l \cos A}{\tan h} \qquad (6.2)$$

日影曲線의 作図를 컴퓨터로 행하려면 日赤緯 δ를 동지로 해서 $\delta=-23°27'$로 정하여 시각 t 를 조금씩 움직이면서 식(6.1)에 따라 $\sin h$, $\cos h$, $\sin A$, $\cos A$를 구하여 식(6.2)로서 xy의 값을 정하고 순서대로 図化機의 펜을 거기에 이동시킨다.

이 경우 일출이나 일몰에 가깝게 되며 그림자의 길이가 길어지고 펜의 위치가 図化機의 범위를 넘어버릴 수가 있다. 図化機 쪽으로 밀고 나간 선을 잘라낸다. 말하자면 시저링(S-cissoring・가위로 잘라낸다는 뜻)의 기능이 어떤 경우에는 좋으나 그 기능이 없을 경우 프로그램 쪽에서 시저링을 하지 않으면 안된다.

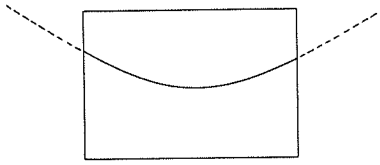


図 6.5. 시저링

6.2 시저링(Scissoring)

약간 옆길로 가는 것 같으나 図化機의 作図 범위 내에 펜의 이동위치를 정하기 위하여 프로그램 속에 시저링을 행하는 방법을 기술하자

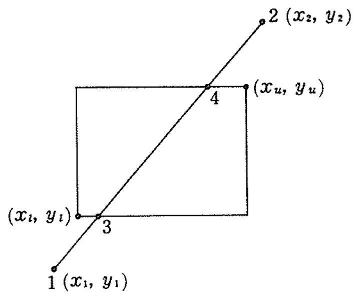


図 6.6

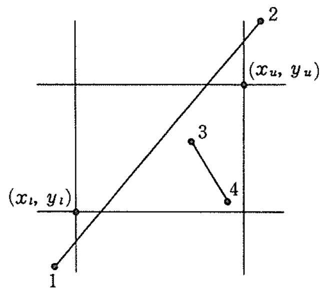


図 6.7

그림 6.6과 같이 점 1과 2를 잇는 직선이 화면의 틀에서 튀어 나왔다고 하자. 이 線分을 화면의 틀에서 잘라내는 방법으로서 다음과 같은 손질이 있다. 지금 화면의 틀의 右上隅의 좌표를 $x_u \cdot y_u$, 左下隅를 $x_l \cdot y_l$ 로 한다. 따라서 화면의 틀의 직선의 식은

$$x=x_u,\ x=x_l,\ y=y_u,\ y=y_l\ (x_l<x_u,\ y_l<y_u) \qquad (6.3)$$

이며 또한 점 1・2의 좌표는 $(x_1 \cdot y_1)$ $(x_2 \cdot y_2)$이다.

(1) 먼저 직선 1-2가 $x=x_u$의 틀에서 切取되는 경우를 생각한다.

직선 1-2의 양단이 똑같이 $x=x_u$의 우측에 있을 때에는 직선 전체가 틀의 바깥에 있었던 것을 알아버리기 때문에 아래의 과정도 불필요하게 된다. 양단이 동시에 $x=x_u$의 좌측에 있을 때 $x=x_u$에서는 切取하지 않음으로 다음의 순서 (2)로 진행한다.

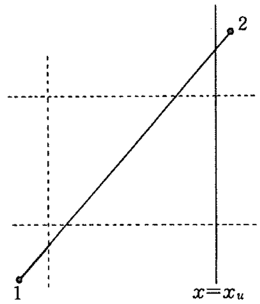


図 6.8

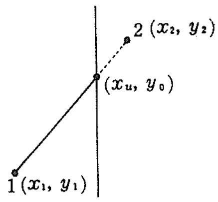


図 6.9

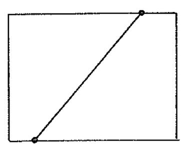


図 6.10

切取 처리를 행하는 것은 1端이 $x=x_u$의 좌측, 또다른 단이 우측의 경우로서 그림 6.9와 같이 점 1이 좌측일 때에는 交点의 y좌표 y_o는 다음의 식과 같이 된다.

$$y_o=y_1+\frac{(y_2-y_1)(x_u-x_1)}{(x_2-x_1)} \qquad (6.4)$$

이렇게 해서 얻은 交点의 좌표(x_u・y_o)를 점 2의 좌표로 바꾸어 놓는다.

점 2가 $x=x_u$보다 좌측에 있을 때도 똑같은 순서로 한다.

이렇게 해서 서로 切取한 직선 1-2가 되고 다음에 진행한다.

(2)이하 똑같이 $x=x_l$, $y=y_u$, $y=y_l$의 틀에 대하여도 (1)의 操作을 행한다.

이러한 조작의 결과 그림 6.10에 표시하는 바와 같이, 그림 6.6의 1－2라고 하는 직선은 화면 틀에서 切取되고 3－4라고 하는 직선으로 된다.

6.3. 日影曲線의 作図

먼저 해석해 둔 일조곡선을 作図하는 것으로 한다.

대체로 24절기에 맞게 일년을 24등분 한 계절의 일영곡선을 그린다.

이 계절의 日赤緯 δ의 값은 理科年表에 따라 표 6·1과 같이 잡는다. 시각 t는 아침 5시 50분부터 10분마다 바꾸어 펜을 이동시키는 것으로 한다. 일출・일몰시의 시저링에 대하여는 이미 기술하였으나 계절에 따라서는 아침 5시 50분은 일출 전일 경우가 있다. 일출 전이나 일몰 후를 作図하지 않게 하려면 太陽高度가 負의 値를 취할 때, 즉 sin'h가 負가 될 때 작도하지 않아야 한다.

表 6. 1. 日赤緯 δ

δ (度)	月	日	月	日
−23.45			12	22
−22.6	1	6	12	7
−20.17	1	20	11	23
−16.35	2	4	11	8
−11.48	2	19	10	24
− 5.92	3	6	10	9
0.	3	21	9	23
5.92	4	5	9	8
11.48	4	20	8	23
16.35	5	6	8	8
20.17	5	21	7	23
22.6	6	6	7	7
23.45	6	22		

東京天文台編〈理科年表 昭和 54年版」
丸善(1979)에 기초한 것임.

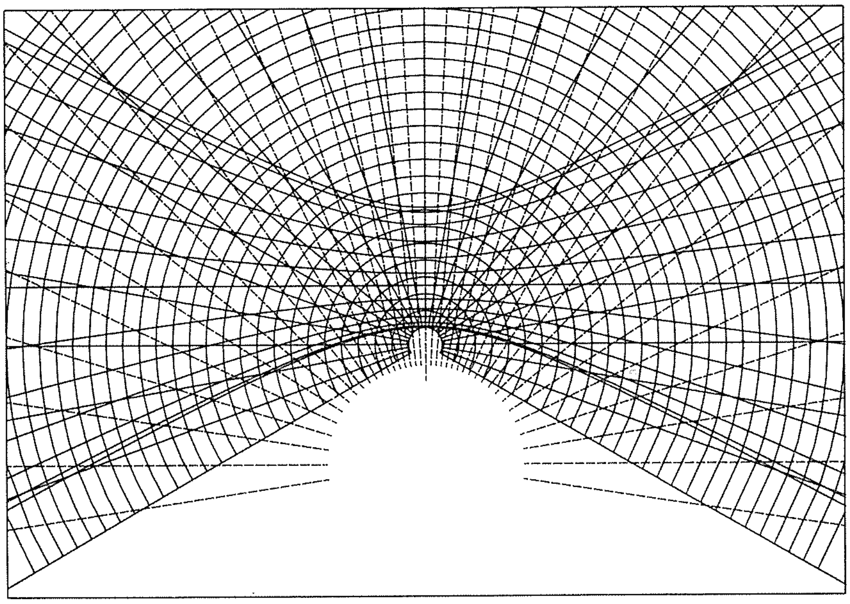


図6・11. 컴퓨터로 作図한 日影曲線(북위 35°의 경우)

日影曲線上의 점이 몇시인가 알 수 있게 時刻線을 20분 간격으로 그리고, 다시 棒의 그림자의 길이를 알 수 있게 $l/5$마다의 同心圓을 그리며 또한 방위를 10° 간격으로 그려넣는 것을 콤퓨터가 出力해서 그림 6·11에 나타낸다.

6. 4 日影図

보통 사용되고 있는 日影図는 주된 시각의 건물그림자를 地表面이나 地上으로 부터 4m 위의 水平面 등에 비치어 平面図에 나타낸 것이다. 이러한 그림은 日影曲線図나 式(6·1)을 사용하여 手作業으로 作図할 수 있으나 복잡한 形의 建物에서는 까다로운 작업이 되므로 컴퓨터로서도 행할 수 있게 되었다.

컴퓨터로서 日影図를 그리는 데는 어떠한 数值計算이 필요한가를 아래에 설명해 보자.

여기에서는 간단하게 直方体를 취급해 보자. 많은 建物은 直方体나 그 組合이므로 十分実用에 맞을 것이다.

眞東에 x軸, 眞北에 y軸, 높이 方向에 z軸을 잡고 直方体의 하나의 頂点 P의 좌표를 $(x_P \cdot y_P \cdot z_P)$로 한다.

그림자를 비치는 수평면의 높이를 z_0로 하면 점 P의 그림자의 위치는 式(6·2)를 사용해서

$$x=x_P+\frac{z_P-z_0}{\tan h}\sin A$$

$$y=y_P+\frac{z_P-z_0}{\tan h}\cos A \qquad (6.5)$$

로 된다.

각 頂点의 그림자의 위치를 式(6·5)에 의해 구한다. 直方体의 각 稜線의 両端 2점의 그림자의 위치를 直線으로 묶으면 그림 6·12와 같이 된다.

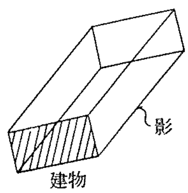


圖6. 12

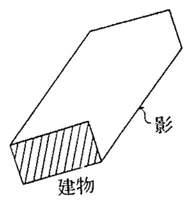
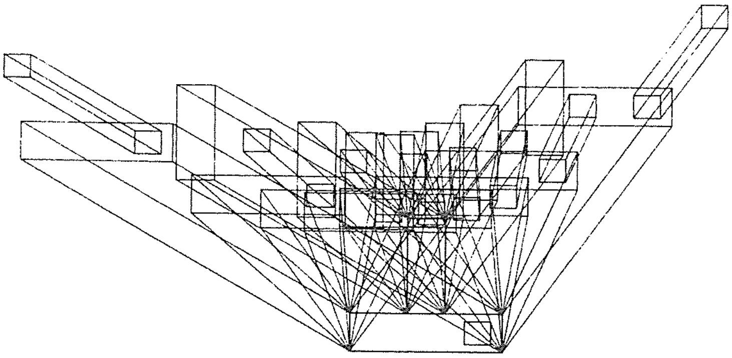


圖6. 13

보통 그림자를 体図할 때는 그림 6. 13과 같이 그림자의 輪郭線만을 그리나 이 방법에서는 모든 稜線의 그림자가 그려지고 특히 建築群의 日影을 각 시각에 대하여 중첩해서 그리면 그림 6. 14와 같이 된다. 전혀 무엇이 무엇인지 알 수 없게 된다. 그럼으로 輪郭線만을 컴퓨터로서 그릴 수가 없을까가 문제가 된다.

전기와 같이 컴퓨터로서 日影의 위치를 계산하고, 各点을 결합하도록 図化機에 지령을 주는 것은, 컴퓨터



의 일을 몇개월 해보면 쉽게 된다.

그러나 輪郭線만을 그리라고 한다면 일단 어려운 수준에 오르게 된다. 図形의 문제를 수치로서 푼다는, 컴퓨터가 하기 어려운 분야에 들어가기 쉽다.

사람에 따라서는 그림자의 위치계산보다 輪郭線을 찾아내는 편이 쉬운 일일 것이다. 컴퓨터로서는 전혀 逆이 됨으로 이러한 예가 더러 많다. 컴퓨터로서는 쉬운 문제인데도 고심한 사람이, 인간에 있어서의 쉬운 문제 등을 어렵다고 쓴 표정을 보이는 경우를 가끔 볼 수 있다. 사람의 상식은 컴퓨터에서는 안 통하는지 모르겠다.

6.5. 日影図의 輪郭線 그리기

輪郭線을 잡아내는 하나의 방법을 아래에 기술한다.

지금 하나의 直方体가 햇빛을 받고 있다고 하자. 이 6面의 어느 面과 어느 面에 햇빛이 닿고 있나 조사해 본다.

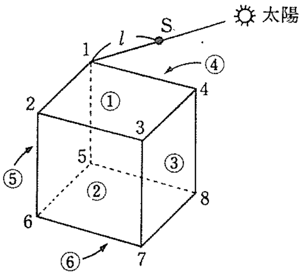


図 6.15 直方体의 6面

그림 6.15의 면 1−2−3−4에 대하여 생각하자. 점 1로부터 태양의 方向에 팔을 1−S와 같이 들어낸 것을 생각한다. 먼저와 같이 x軸을 真東, y軸을 真北, z軸을 天頂方向에 잡고 점 1의 좌표를 $(x_1 \cdot y_1 \cdot z_1)$, 점 S의 좌표를 $(x_s \cdot y_s \cdot z_s)$로 하면,

$$
\begin{aligned}
x_s &= x_1 - l\cos h \sin A \\
y_s &= y_1 - l\cos h \cos A \\
z_s &= z_1 + l\sin h
\end{aligned}
\qquad (6.6)
$$

이 된다(l은 棒의 길이).

$S \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3$을 頂点으로 하는 4面体를 생각하고 식(3.46)의 4面体의 体積의 값의 正負로부터 面 1−2−3−4가 太陽側에 있고 햇빛이 닿고 있는가 어떤가의 판별이 된다.

이와 같이 直方体의 各面에 대하여 빛이 닿는가, 그림자인가를 조사하여 빛이 닿는 면과 그림자면의 경계의 稜線의 그림자가 그림자의 輪郭線이라고 판정된다. 그림 6.15의 直方体의 경우, 各面이 빛이 닿는 면인가 그림자의 면인가를 조사한 결과이며 그것은 표 6·2와 같았다고 한다.

表 6.2 (a) 面(表에서 左로돌기)

面番号	頂点番号	1：陽, −1：陰
①	1 2 3 4	1
②	2 6 7 3	−1
③	3 7 8 4	1
④	4 8 5 1	1
⑤	1 5 6 2	−1
⑥	6 5 8 7	−1

表 6.2 (b) 稜線

両端의 頂点番号	両側의 面番号	陽×陰일때 −1 기타 1
4 1	① ④	1
1 2	① ⑤	−1
2 3	① ②	−1
3 4	① ③	1
2 6	⑤ ②	1
3 7	② ③	−1
4 8	③ ④	1
1 5	④ ⑤	−1
6 7	② ⑥	1
7 8	③ ⑥	−1
8 5	④ ⑥	−1
5 6	⑤ ⑥	1

모든 稜線에 대하여 양측 면의 組를 준비해 두고 그 두개의 면이 햇빛이 닿는 (1)×陰(−1)로 負가 되는 때의 稜線이라고 판정한다.

이와 같이 해서 각 直方体 그림자의 輪郭線이 얻어지나 그림 6.16과 같이 直方体의 그림자끼리 重合 되는 때가 있다. 이러한 윤곽선이 되지않는 내부의 선을 消去하는 방법을 다음에 생각해 보자.

(1) 直方体의 그림자는 凸多角形으로 하는 것을 이용한다. 多角形의 임의의 辺 1−2가 다른 그림자의 多角形 A에 감추어 지는 것인지 어떤지를 조사한다.(그림 6.17 참조).

먼저 점 1과 점 2의 x좌표의 최대치와 최소치를 $x_{l\,max}$, $x_{l\,min}$으로 하고 凸多角形 A의 頂点 x좌표의 최대치와 최소치를 x_{Amax}, x_{Amin}으로 하면,

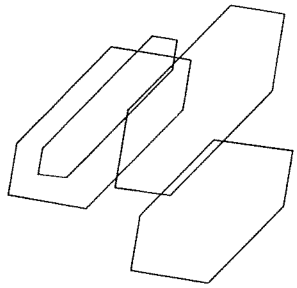


図 6. 16 直方体의 그림자

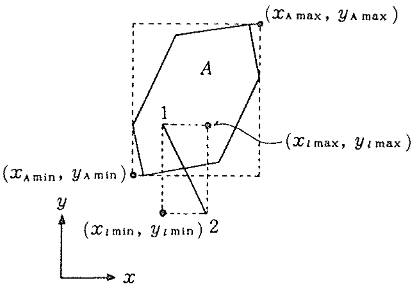


図 6. 17

$$
\left.
\begin{array}{l}
x_{l\,max} < x_{Amin} \\
\text{또는 } x_{l\,min} > x_{Amax}
\end{array}
\right\}
\qquad (6.7)
$$

일 때는 양자가 중복되지 않는다. y방향에 대하여도 같은 방법으로 중복되지 않는 경우를 조사해서 중복되지 않을 때는 辺 1−2는 윤곽선으로 남는다.

(2) 식(6.7)이 성립되지 않을 때는 線分 1−2와 凸多角形 A의 各辺 등이 交点을 가지는지 어떤지 조사한다. 여기에는「10.2 직선의 交点」에서 기술한 線分과 線分과의 交点을 조사하는 방법을 사용한다. 이 결과,

(ⅰ) 交点을 두개 가지는 경우

(ⅱ) 交点을 한개 가지는 경우

(iii) 交点을 가지지 않는 경우

등 몇가지 경우로 나누어 진다.

(3) 交点을 두개 가지는 경우, 그림 6.18의 경우와 같이 線分 1－2는 P－Q部分에서 감추어 진다는 것을 알 수 있다.

(4) 交点이 하나일 때는 점 1 또는 점 2 가 多角形 속에 들어있을 때이다. 어느 곳의 점이 中인가 조사하기 위해 기히 기술한「領域의 判別」의 方法(凸多角形의 속인가 바깥인가)를 사용하여 中点이 判明되면 그 点과의 交点 P의 부분이 숨겨지는 것을 알 수 있다.

(5) 交点을 가지지 않는 경우는 점 1과 2가 함께 多角形 속에 있는가, 2점이 함께 多角形의 바깥에 있을 것인가 이며 이 判別은 점 1이 多角形 속에 있는지 어떤지를 조사하면 안다.

(6) 上記의 手順 (3)(4)(5)에서 線分의 일부 또는 전부가 감추어 지는지 어떤지를 알 수 있다.

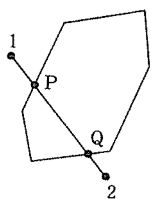


圖 6·18

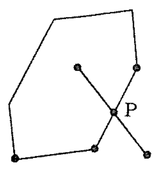


圖 6·19

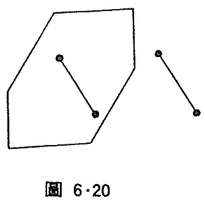


圖 6·20

이렇게 하여 다른 모든 辺에 대하여도 같은 순서에 따라 조사하고, 다른 多角形 속에 들어가지 않는 부분만을 作図하면 日形의 輪郭線을 그릴 수가 있다.

이상으로서도 매우 귀찮은 방법이나 실제의 프로그램에서는 더욱 까다로운 문제를 취급하지 않으면 안된다는 것은, 線分과 線分의 交点을 구한다거나 점이 線의 右인가 左인 가를 判別할 때 線과 線이 중첩되거나 점이 線 위에 올라타는 경우를 생각할 필요가 있기 때문이나, 너무 상세히 들어가기 쉬우므로 생략한다.

위에서 기술한 방법은 直方体가 아니더라도 凸多面体이면 일반적으로 通用될 것이므로 圓筒지붕이나 돔과 같은 경우도 근사적인 凸多面体로 置換함에 따라 실용에 충분한 日影図를 그릴 수 있을 것이다.

다음에 輪郭線을 그리는 또 하나의 다른 방법을 기술하자.

一方의 多角形의 各辺이 다른 한쪽의 多角形의 各辺과 交点을 가지는지 어떤지 전부 조사하고 交点이 있으면 거기에서 線分을 分割한다. 각 線分이 자신이 속하는 多角形 이외의 다른 多角形 속에 포함되었는지 어떤지 판별하고 포함되어 있을 때는 그 線分을 消去한다.

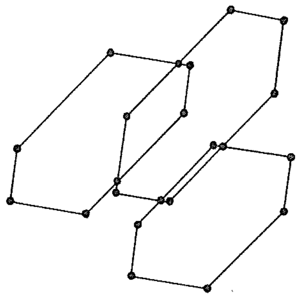


図 6.21 交点에 있어서의 線分의 分割

線分이 多角形 속에 포함되어 있는지 어떤지를 판별하기 위해 線分의 中点을 잡고 多角形 속에 있는지 없는지 조사한다.

이리하여 남은 線分을 作図하면 그림자의 윤곽선이 얻어진다.

다시 또 하나의 다른 방법도 있다.

어떤 방법으로 몇개의 多角形이 중첩된다는 것을 알았다고 하자. 頂点의 y座標 중에서 제일 작은 것을 택하여 그 頂点을 始点으로 해서 왼쪽 돌림일 때는 왼쪽돌림으로 제일 바깥쪽의 線을 찾아가는 방법이다.

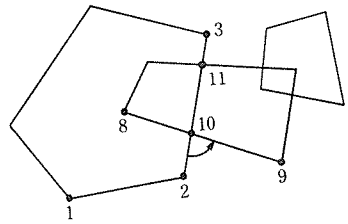


図 6·22

지금 1－2를 이미 찾아낸 線으로 한다. 다음의 2－3의 線分이 다른 多角形의 線分과 交点을 가지는지 어떤지 조사하고 交点이 없을 때는 2－3이 윤곽선이 된다. 그림 6.22와 같이 交点 10과 11이 있었다고 하면 점 2에 가까운 交点 10까지의 線分 2－10이 윤곽선이 된다. 다시 交点 10에서 線分이 2－10・10－3・8－10・10－9와 같이 分割된다.

점 10을 一端으로 하는 線分 중에 線 2－10에서 시계의 반대 방향으로 잰 角度가 가장 작은 것을 선택하여 線分 10－9에 대하여 앞에서 한 체크를 되풀이 한다. 이리하여 순서대로 진행하고 始点에 되돌아 오면 윤곽선이 얻어진다.

이상과 같이 어떤 방법을 취해도 프로그램의 복잡화와 컴퓨터 계산시간의 증가는 피할 수가 없다. 그럼으로 輪郭線이라고 말할 수 없는 것이다.

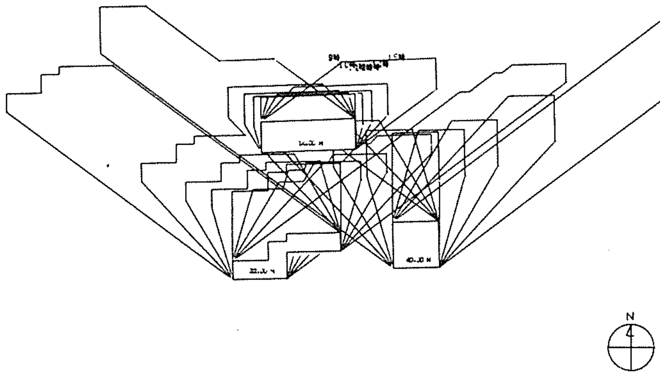


図 6.23 컴퓨터로 作成한 日影図
이 그림은 8시부터 16시까지의 日影의 形이 1시간 간격으로 그려져 있다.

6. 6. 日影時間図

오전 8시부터 오후 4시 사이에, 몇시간 建物에 의하여 日影이 되는가를 한눈으로 알 수 있게 平面図로 図示한 것에 日影時間図라고 하는 것이 있다. 이것은 日影図를 기준으로 해서 손으로 作図할 수 있으나 건물의 복잡한 形에 충실히 作図하려고 하면 매우 손질이 많이 감으로 최근 컴퓨터로 作図되는 경우가 많아졌다.

컴퓨터에서 作図라고 하면 정확할 것이라고 많이 생각하나 日影時間図를 그리는 데는 보통 근사값 밖에 얻어지지 않는 방법이 사용되므로 결과의 精度에는 주의가 필요하다. 어떤 방법에 의할 것인가, 그 하나에 대하여 살펴보자.

(1) 먼저 建物이 그림자를 던지는 범위에 網目(멧슈)을 덮어 씌운다. 이 멧슈의 各点이 日影時間을 얻기 위해 다음의 순서로 계산을 진행한다. 여기에서도 日影図의 경우와 같이 建物은 直方体 또는 凸多面体에서 되어 있는 것으로 한다.

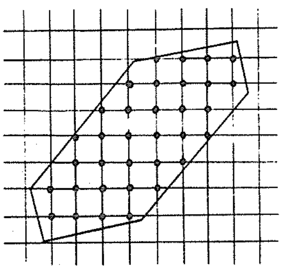


図 6.24

시각 t에 있어서의 그림자의多角形 중에 멧슈 各点이 들어가는지 어떤지 「3.4領域의 判別」에서 나타낸 방법으로 判定한다.

(2) 時刻을 Δt만큼 진행시켜 위와 똑 같이 멧슈점에 빛이 닿는지 그림자인지의 判定을 한다. t를 오전 8시부터 오후 4시까지 Δt時間 간격으로 변화시켜면서 멧슈 各点이 그림자인지를 조사하고, 그림자 속에 들어간 回数×Δt를 그 점의 日影時間으로 한다.

(3) 全멧슈 점의 日影時間을 알았으면 等照度曲線図를 그린 방법으로 日影時間을 작성한다.

이 방법에 따르면 建物의 数(정확히는 凸多面体의 数)× 멧슈点의 数×時間分割数의 回数만큼 그림자의 안인지 어떤지 判定을 하게되며, 일반적으로 多量의 계산이 필요하게 된다. 精度가 좋은 日影時間圖를 만들기 위해서는 멧슈간격을 적게 하지 않으면 안되고 시간 간격 Δt도 적게하지 않으면 안되며 컴퓨터의 계산시간이 많아진다.

그렇기 때문에 이 방법을 수정해서 그림자 안에 들어가 있는 멧슈点을 한꺼번에 찾아보는 방법이 있다. 그 하나는 그림6.25와 같이 $y=y_0$라 할 수 있는 멧슈点列의 직선과 그림자의 多角形의 交点을 해석적으로 구하여 그 区間의 멧슈点을 전부 그림자안의 것으로 판정하는 방법인 것이다.

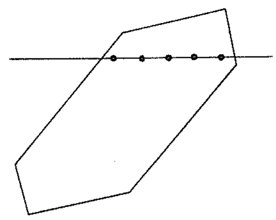


図 6.25

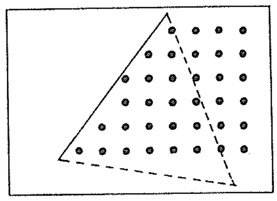


図 6.26

또 하나의 방법은 그림 6.26과 같이 멧슈点 마트릭스(종횡으로 줄지은 멧슈点)를 생각하고, 그림자의 多角形의 各辺의 우측을 발라 메꾸어 奇数回 발라메꾼 것 만큼을 그림자의 안으로 判定하는 것이다. 奇数回 발라 메꾼 것인지 어떤지를 헤아리는데는 처음 멧슈点을 0으로 해두고 1회 발라 메꿈에 따라 0이면 1에, 1이면 0으로 바꾸어 최후도 1의 값으로 남은 것을 奇数回 발라 메꾼 곳이라고 판정한다. 이 방법은 컴퓨터의 論理演算의 기능에 따라 쉽게 行한다.

위의 두 방법은 멧슈点마다의 되풀이 回数를 적게하는 방법이었으나,시간 간격마다의 되풀이를 적게하는 방법이 있다.

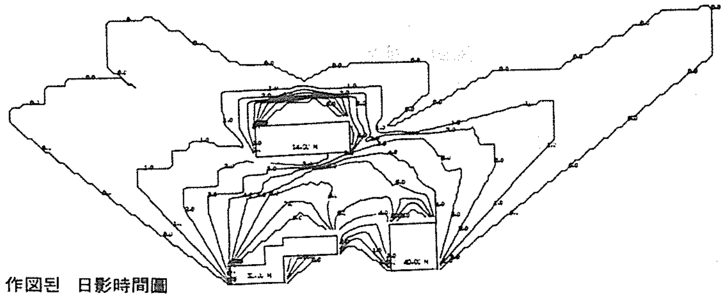
어떤 하나의 멧슈点으로부터 본 太陽의 移動軌跡과 建物의 윤곽과의 관계로부터 해석적으로 그림자에 들어가는 시간을 구하는 것이다.

이러한 방법으로 오늘날 日影時間図가 컴퓨터에서 많이 만들어지고 있으나, 앞에서도 기술한 바와 같이 이것들은 近似解이며 시간이나 관측점도 離散的인데 반해 그림(図) 쪽은 等日影時間曲線으로서 연속적으로 그려짐으로 틀리기 쉽다.

이것에 대하여 두개의 틀린 対応이 있는 것으로 생각된다. 그 하나는 近似解에도 불구하고 正解라고 생각해버리는 일이며 컴퓨터에서 作図된 日影時間図의 관측점 멧슈의 간격이나 시간 간격에 주의를 기울여야 할 것이라고 생각한다.

또 하나의 対応은 연속선으로 그려진 그림(図)을 계산상 正解로 가깝게 하려고 함부로 멧슈간격이나 시간간격을 작게 잡으려 하는 것이다. 틀림없이 正解에 가깝게 하는 것은 바람직한 일이나 컴퓨터－계산시간의 증가－멧슈 간격을 半分으로 하면 4배가 된다－를 고려하지 않으면 안된다.

日照時間이라고 하는 것은 원래 1分・2分의 差가 중요한 것이 아닐까. 컴퓨터를 취급하고 틀림없는 계산의 精度를 追求하다.보면 본래의 목적을 잃어버리기 쉽다. 자성하지 않으면 안된다.



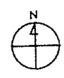


図 6.27 컴퓨터로 作図된 日影時間圖

한시간 간격의 時間日影線이 그려져 있다. 線이 꼬불꼬불해 있는 것은 멧슈간격과 時間간격의 차때문이며 이것을 세밀히 하면 부드러운 선이 되나 컴퓨터의 계산 시간이 많이 걸린다.

7. 1 컴퓨터透視圖의 특징

透視圖는 예를 들어 評価法의 하나로서 建築에서는 광범위하게 사용된다. 건물이 완성되기 전에 어떤 모양으로 세워질 것인가를 예상하는 수단으로서 模型이나 모형사진이 있다.

透視圖는 말할 필요도 없이 圖学的인 技法上에 絵画的인 표현력을 첨가하여 작성되는데 圖学的인 기법의 部分代用, 혹은 애니메이션(Animation)한 評価法의 도입을 목적으로 컴퓨터透視圖가 행해지고 있다.

컴퓨터透視圖를 그리는 意義는 무엇인가.

첫번째로는 正確性이다. 手書로서는 패스가 不正確한 것도 문제 없으며 山과 建物과의 스케일의 차이를 동시에 취급할 수 있는 것도 컴퓨터의 특징이다.

두번째로는 視点을 최소로 변경시켜 作圖하는 것이 용이하다.

우리들은 보행할 때에나 자동차와 열차·배·항공기 등의 이동하는 것에 타게되면 대상을 탐색한다. 視点의 이동과 함께 전개되는 경관을 시퀜스景観이라고 부른다. 오늘날 건축의 외부로부터 내부에 걸쳐 이동이 변화하는 遠景, 어프로우치, 내부에의 導入路, 내부공간, 에스컬레이터로부터의 시야의 전개 등은 動的인 디자인 대상임을 보여준다. 이와 같은 시퀜스景観의 검토에 컴퓨터透視圖가 그것의 作圖를 용이하게 하는 역할을 해주고 있다.

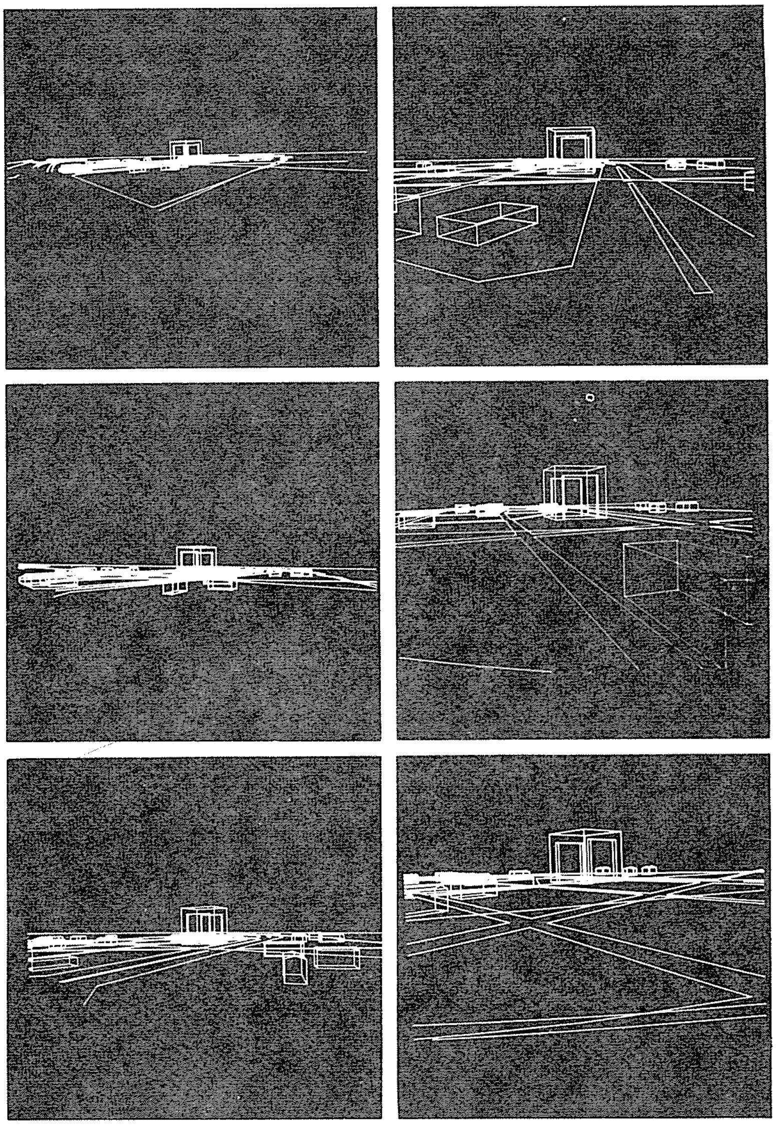


圖7. 1 컴퓨터透視圖의 예
그래픽 디스플레이 장치는 컴퓨터출력장치의 하나로서 브라운管에 圖形을 映出하며, 이 그림은 그것에 의한 出力의 예임.

7. 2 點의 透視圖

透視圖를 그리고자 하는 물체가 직선에 의한 형태로 되어 있는 것이 있다. 圖7.2처럼 直方体의 경우는 12개의 직선으로 되어 있다.

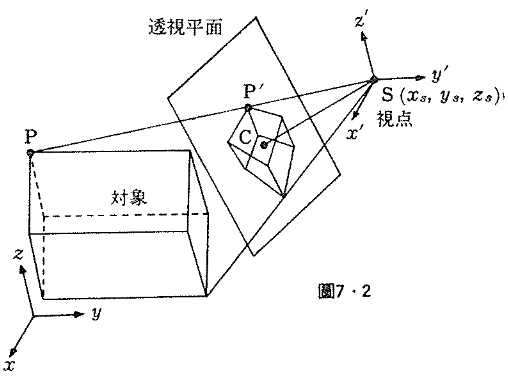


圖7·2

점 P의 투시도로는 視点과 점 P와를 공간 내에서 직선으로 연결하여, 그 직선이 透視平面을 통한 점 P'에 의해서 얻어진다.

그러면 점의 투시도를 구하는 방법은 어떤 것이 있는가.

(1) 図 7.2에 예로서 표시한 물체는 直交座標系 O-xyz의 가운데에 있으며 視點과의 사이에 透視平面이 설치되어 있다. 점 P의 좌표를 $x \cdot y \cdot z$라고 하고 視点 S의 좌표를 $x_s \cdot y_s \cdot z_s$라고 한다.

(2) 좌표계를 평행 이동시켜 原点을 視点 S로 이동한 新座標系 $O'-x'y'z'$을 생각하면 점 P의 新座標$(x'y'z')$은 다음에 의해서 표시된다.

$$\left.\begin{aligned} x' &= x - x_s \\ y' &= y - y_s \\ z' &= z - z_s \end{aligned}\right\} \qquad (7\cdot1)$$

(3) 다음에는 z'축의 회전에 $x'y'$축을 각 θ만큼만 図 7·3처럼 회전시켜 놓으면 좌표계를 $O''-x''y''z''$라고 할 수도 있다. 이처럼 x''축의 방향이 투시평면에 평행하게 되면 θ가 결정된다.

이 좌표계에서의 점 P의 좌표$(x'' \cdot y'' \cdot z'')$는

$$\left.\begin{aligned} x'' &= x'\cos\theta + y'\sin\theta \\ y'' &= -x'\sin\theta + y'\cos\theta \\ z'' &= z' \end{aligned}\right\} \qquad (7\cdot2)$$

가 된다.

(4) 다시 x''축의 회전에 $y''z''$ 축을 각 ϕ만큼 회전시켜 얻어낸 좌표계를 $O''' - x'''y'''z'''$라고 한다. 이와 같이 z''' 축의 방향이 透視平面에 평행하게 되면 ϕ를 결정한다. 이 좌표계에서의 P의 좌표$(x'''\cdot y'''\cdot z''')$는

$$\left.\begin{aligned} x''' &= x'' \\ y''' &= y''\cos\phi + z''\sin\phi \\ z''' &= -y''\sin\phi + z''\cos\phi \end{aligned}\right\} \qquad (7\cdot3)$$

가 된다.

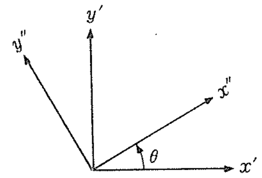


図7·3 z'축의 회전

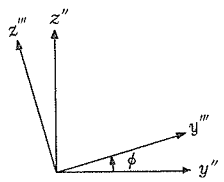


図 7·4 x''축의 회전

(5) 視点 $S(x_s\cdot y_s\cdot z_s)$로부터 투시평면에 垂線을 그으면 그 다리(足)를 $C(x_c\cdot y_c\cdot z_c)$라고 할 수 있으며, $S-C$의 수평거리 d를 이용하여 θ를 다음 식에 의해 결정할 수 있다. (図 7·5 참조)

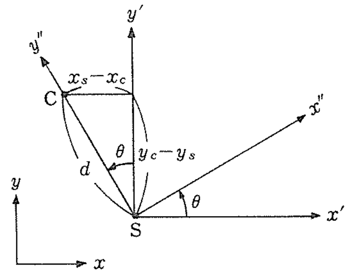


図 7·5 視点S와 투시평면에의 垂線의 다리(足) C의 xy 평면 投影図

$$\left.\begin{aligned} \cos\theta &= (y_c - y_s)\ /\ d \\ \sin\theta &= (x_c - y_s)\ /\ d \\ d &= \sqrt{(x_c - x_s)^2 + (y_c - y_s)^2} \end{aligned}\right\} \qquad (7\cdot4)$$

단 $d \neq O$라 한다. 만약 $d = O$, 즉 透視平面이 xy 평면에 평행인 경우는 例外로서 제외하며 x'' 축을 x' 축에 일치하게 함으로써 $\cos\theta = 1$, $\sin\theta = O$가 된다.

(6) 또한 ϕ의 결정방법에 있어서도 $S-C$의 거리 d를 이용하여 x''축 방향으로부터 보면 図 7·6을 참조하여

$$\left.\begin{aligned} \cos\phi &= d/d' \\ \sin\phi &= (z_c - z_s)/d' \\ d' &= \sqrt{d^2 + (z_c - z_s)^2} \end{aligned}\right\} \qquad (7\cdot5)$$

가 된다.

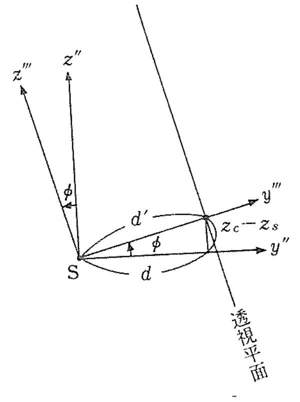


図 7·6 透視平面과 xy평면의 수직적 평면에의 投影図

(7) 이상의 (5)(6)에 의해서 $\cos\theta$, $\sin\theta$, $\cos\phi$, $\sin\phi$를 구하고 (2)(3)(4)의 변환을 순서대로 행하면 점 P의 좌표는, 視点을 원점 O''', 투시평면에 수직으로 y'''축, 투시평면에 평면으로 $x'''z'''$面을 가지며 좌표계 $O''' - x'''y'''z'''$에 관계하는 좌표에 변환된다.

透視平面上에 図 7·7처럼 XY축을 설정하고 점 P와 視点 S를 연결하면 직선이 투시평면을 통하는 점 $P'(X\cdot Y)$가 되는데 그것은

$$\left.\begin{aligned} X &= x'''d'/y''' \\ Y &= x'''d'/y''' \end{aligned}\right\} \qquad (7\cdot6)$$

가 된다.

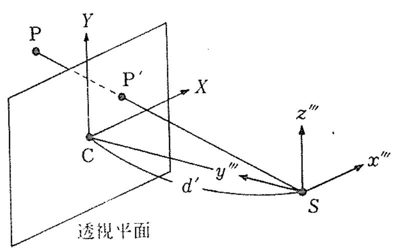


圖 7·7 투시평면상의 P'

이와 같이 점의 투시도 $X\cdot Y$가 얻어짐을 알 수 있다.

7·3 透視図의 作図

앞의 예에서와 같이 直方体의 데이터로서 정점의 $x\cdot y\cdot z$ 좌표와 직선을 표시하는 점과 점을 조합하면 투시도를 그릴 수 있다는 것을 알 수 있다.

図 7·8처럼 直方体의 경우는 표 7·1에 의한 데이터를 入力한다.

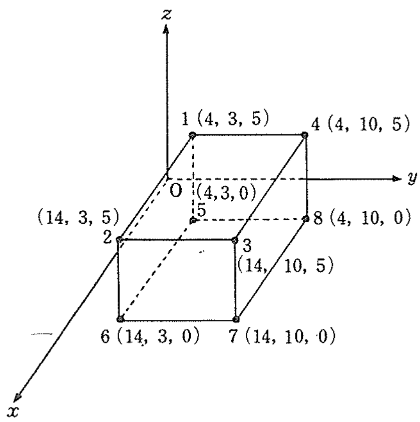


圖 7·8

表7·1 直方体의 데이터構造

(a) 点의 座標

点番号	x	y	z
1	4	3	5
2	14	3	5
3	14	10	5
4	4	10	5
5	4	3	0
6	14	3	0
7	14	10	0
8	4	10	0

(b) 線의 데이터

左 端	右 端
1	2
2	3
3	4
4	1
5	6
6	7
7	8
8	5
1	5
2	6
3	7
4	8

이 直方体 투시도를 作図하는 프로그램은, 各点의 透視平面上의 좌표 XY를 앞의 계산법에 의해서 구하고 직선을 표시하는 데이터에 의해서 그들 점을 연결하면 간단하다. 図化機로서 作図한 결과를 図 7·9에 표시한다.

먼저 直方体를 건물과 비교하여 図 7·11처럼 입구의 枠와 어프로우치의 통로를 부여하고 그 通路横의 시점으

로부터 입구를 보면 투시도 그리기가 좋다.

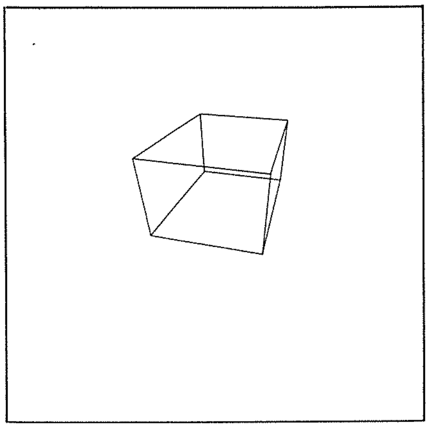


圖 7·9 직방체의 투시도

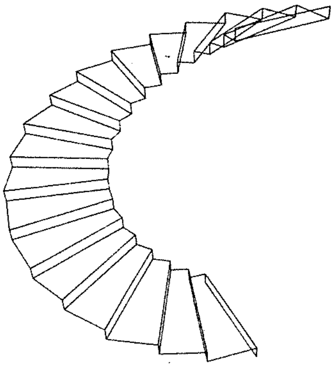


圖 7·10 나선형 계단의 투시도

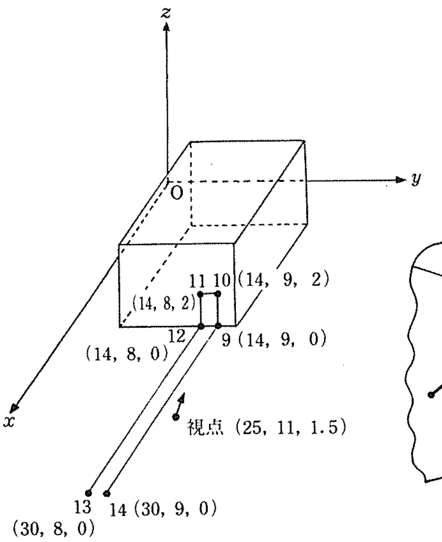


圖 7·11 입구의 枠와 어프로우치를 보여주는 図

그 결과가 図 7·12이다.

視点보다 뒤의 점, 즉 y'''의 値가 마이너스 일 때 이것이 발생한다.

이것을 해결하기 위한 하나의 방법은 視点보다 뒤의 점을 무시해 버리는 것이 있는데 이 경우는 도로가 투시도의 가운데에서 끝나버리고 만다.

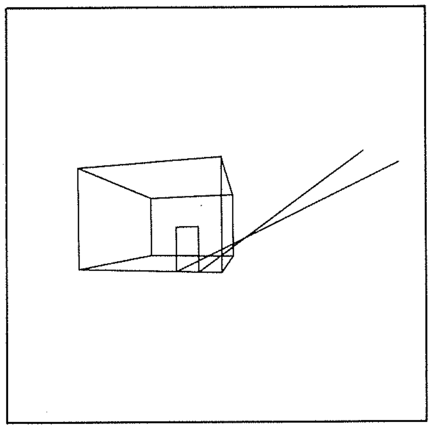


圖 7·12

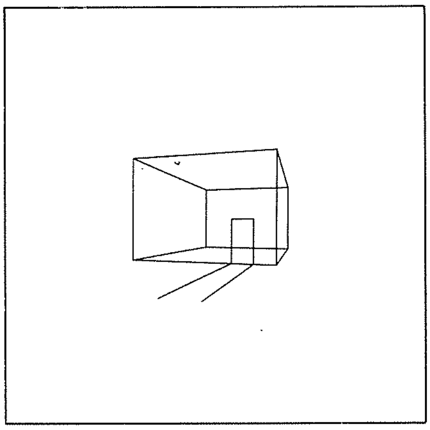


圖 7·13

이와 같이 문제를 해결하기 위해서는 図 7·14처럼 視界를 区切하는 角錐狀의 벽을 생각할 수 있는데, 말하자면 입체적인 시저링을 행할 필요가 있다.

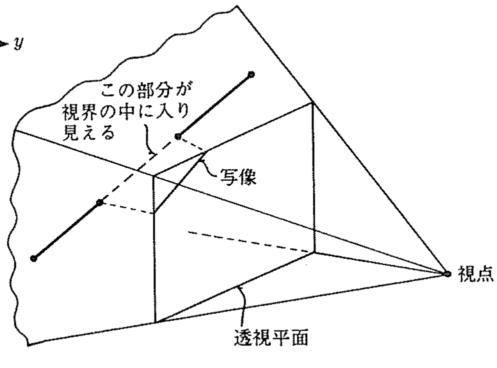


図 7·14 視点을 頂点으로 하는 角錐

공간 내 線分의 両端의 점이 2点과 함께 角錐内에 들어갈 때에는 線分全体가 보이게 되며, 図 7·14에 표시된 線分의 경우 角錐와 交点을 가지며 선분의 일부가 보임을 알 수 있다.

線分이 角錐 上下左右의 4개의 면과 視点으로부터 광범위한 각도의 범위로서 교점을 갖는 것을 조사해 보면

- 線分이 交点을 갖지 않는다.
  - 両端과 함께 角錐의 내측 (*a*)
  - 両端과 함께 角錐의 외측 (*b*)
- 線分이 交点을 갖는다.
  - 2点 교점을 갖는다. (*c*)
  - 1点만 교점을 갖는다. (*d*)

이와 같이 분류하여 (*a*)는 그대로 作図 (*b*)는 視界의 범위 외에는 그리지 않고 (*c*)는 2개의 교점을 両端하여 線分에 置換하여 그리고 (*d*)는 線分의 一端을 角錐의 내측에 있는 것으로부터 교점에 置換하여 그린다.

이와 같이 하여 투시도를 그리면 図 7·15와 같이 된다.

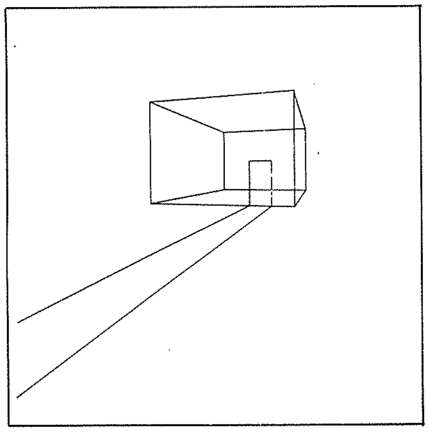


図 7·15

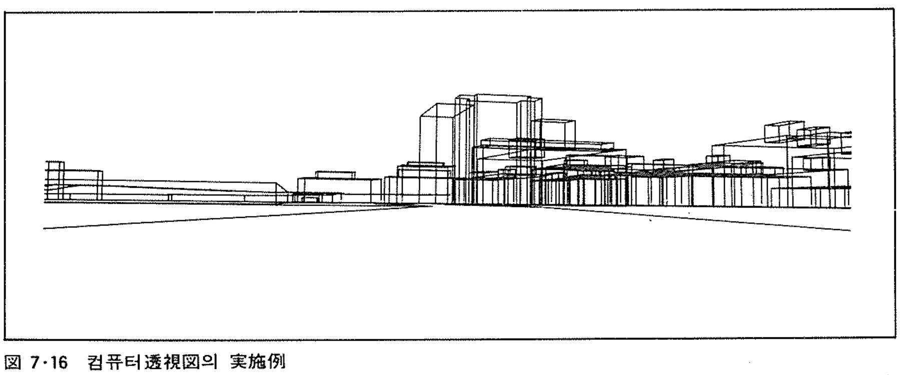


図 7·16 컴퓨터透視図의 実施例

7·4 隠線消去의 透視図

지금까지의 예에서는 建物 등을 모두 투시도로서 보여 주었다. 이와 같은 투시도를 Wire Frame 투시도라 부르고 있다. 다음에는 불투명한 물체의 向側을 線으로서 나타내는 隠線消去(Hidden Line Elimination)의 방법에 대해서 살펴보기로 한다. 그 방법 중의 하나를 표시한다.

(1) 이와 같이 투시도에 그릴 수 있는 물체는 전부 直線으로서 결과 되어 진다. 또한 線分이나 平板도 앞서의 점의 투시도 방법으로서, 透視平面上의 像을 요구한다. 이의 상호관계에 의해서 図 7·17처럼 분류된다.

(2) 透視平面上에서의 交点은 입체적으로 보여주는 図 7·18의 예에서와 같은 관계에 있으며, 시점으로부터 透視平面上의 交点에 해당하는 장소를 통하는 직선이, 線分과 교차하는 점 1과 凸多角形의 주변과 교차하는 점 2 중, 어느 쪽에 가까운 가를 조사한다. 점 1의 방향에 가까울 때는 이 凸다각형으로서 隠線消去를 알게 된다.

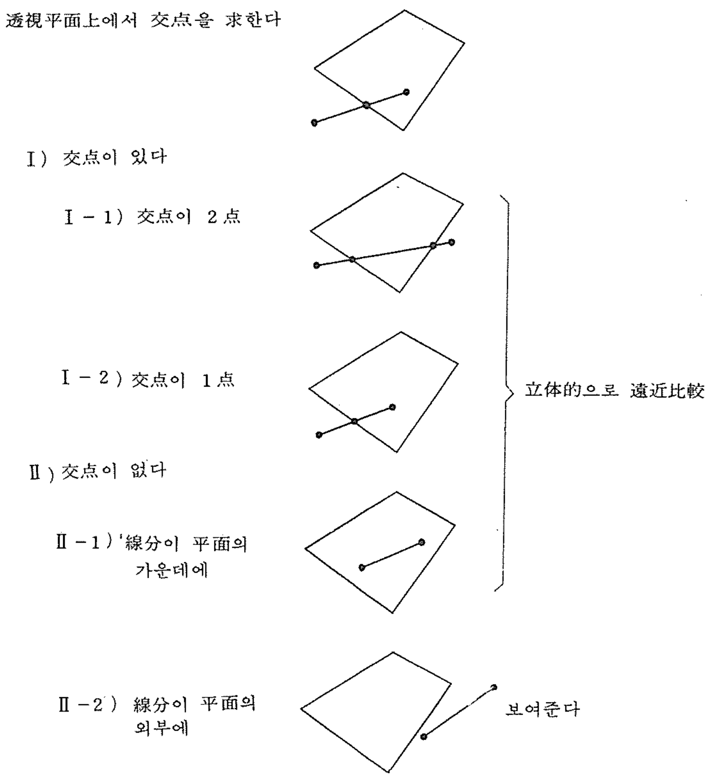


図 7·17 透視平面上에서의 平面과 線分의 交点

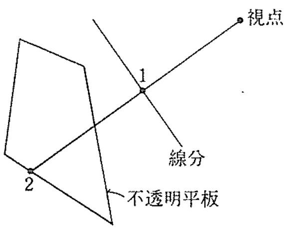


図 7·18 面과 線의 遠近比較

(3) 이상의 판별에서 凸다각형의 방향이 가까운 때에는 線分이 숨어 있어 透視平面上에서 선분의 절단이 행해진다.

図 7·20 隠線消去에 의한 투시도의 예

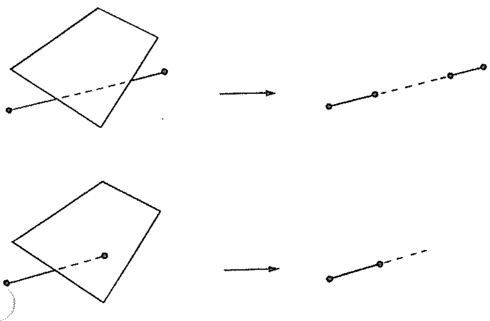


図 7·19 線分의 切断

(4) 透視平面上에서 선분과 多角形板이 교차하지 않는 것은, 線分이 多角形板의 外나 内에 있을 때이며 외일 때 선분이 숨어 있는게 명확하다.

内側의 경우는 입체적으로 생각하여, 線分上의 1점과 視点과를 결합한 직선이 多角形板과 교점을 가질 때 線分上의 점과 교점과를 遠近比較하여 선분상의 점이 멀면 선분이 숨어 있고 가까우면 전혀 숨어 있지 않다.

(5) 이와 같은 방법으로 多角形板에 의해 隠線의 검토를 행하여 隠線의 잔여 線分을 그리면 隠線消去의 투시도가 얻어진다.

이상의 프로세스에서 쉽게 상상할 수 있는 것처럼 隠線消去는 컴퓨터라 할지라도 막대한 計算量을 필요로 하는데 近年들어 컴퓨터의 高性能에 의해 실용화 단계에 이르고 있다.