土木学会北海道支部　論文報告集　昭和52年度

都市空間の開放性に関する基礎的研究　（その1）

北見工業大学　正員　中岡良司

I. まえがき

都市への産業と人口の集中は、直接的には建物を主体とする諸施設の高層化・高密度化という現象を引起こす。農村における空間秩序が〈自然の論理〉に基づくものとすれば、都市における空間秩序は効率＝生産性を重視した〈経済の論理〉が先行しているといえる。近年、種々の環境問題の抬頭のなかで緑地問題，日照問題など都市に自然を求める声が高まってきているのは、空間秩序の再構成への期待と考えられよう。

緑地が居住環境ばかりでなく地域全体に関係するものであるのに対し、日照は居住環境に直接関わるものとしてその機能には明確な相違もあるが、重複する機能も少くない。その機能を直接（利用）効果と間接（存在）効果に大別すれば（表－1）、現代においてはより後者の効果の価値が高まっていると考えられる。

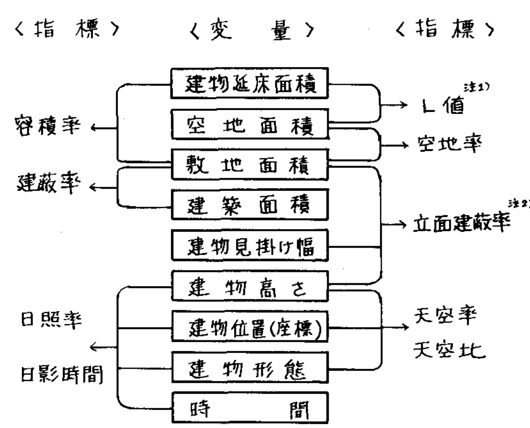
表－1　緑地および日照の機能

<table>
<tr><td></td><td>緑地機能</td><td>日照機能</td><td></td></tr>
<tr><td>利用効果</td><td>レクリエーション
（公園緑地，広場
遊園地 etc.）
特殊利用
（社寺境内地，動植物園，生産緑地）</td><td>暖房
採光
紫外線</td><td>直接効果</td></tr>
<tr><td>存在効果</td><td colspan="2">・公害防止
・防災
・通風の確保
・スプロール防止
眺望・景観の確保
・微気候の調整
・物音の遮断
・プライバシーの確保
・自然保護
・湿気の防止
・開放感
・文化財保護
・電波障害防止</td><td>間接効果</td></tr>
</table>

すなわち、日照については直接効果としての熱，光，生理的・化学的反応は技術で補いえるものであるが、間接効果は日照を確保するために必要な建物周囲の一定の空間を媒介としており、その空間は建物の居住性安全性を含んだ生活環境の総合指標としての役割を荷っているものといえよう。このことは、緑地空間が地域生活環境の総合指標として位置づけられることと対応している。

土地は本来、地表，空中，地下といった3次元的利用が為されるものである以上、土地利用計画はより空間全体の在り方を対象とした空間計画として都市環境，生活環境のアメニティを保全し創出する必要があろう。

本研究は、これらの立場に基づき都市空間の開放性を確保するため、開放性に関する諸指標（図－1）の数式化を通じその関連を明らかにし有効な対策を求めるものである。　今回は天空の開放度としての天空比の数式化等について発表するが、実際の計算結果による検討は当日発表の予定である。



図－1　開放性に関する指標と変量

II. 天空の開放度

天空の開放度を示す指標としては天空率，天空比が一般に用いられている。天空率が可視天空の正射影面積の半天球の正射影面積に対する比である立体角投射率そのものであるのに対し、天空比は可視天空の測定地点に対する立体角の半天球の立体角（2π sterad）に対する比のことをいう。すなわち、天空率は昼間の地面の明るさを示す物理量であり、天空比は開放感・圧迫感に対応す

る物理量であると言える。

画角180°の半球立体角を有限な範囲の像面におさめる写真撮影方法を魚眼撮影といい、特殊レンズを用いこの方法で撮影した写真から天空率，天空比の値を算定することができる。魚眼撮影には正射影，平射影，等距離射影の三種の射影方式がありそれぞれ射影原理が異なるが、基本的には、天空の様相を単一の天球面に投影しこれを平面上に二次元化（射影）し、同一尺度で目的に応じた算定図を重ねてその面積の比を求める。本研究では、次に掲げるいくつかの理由から天空比の算定を数式化することを試み、魚眼撮影を応用し導いた。

1) 魚眼撮影方法は撮影方法が難かしく射影方式によってレンズ，算定図が異なるなど作業が煩雑である。
2) 数式化することにより電算機の利用が可能であり多数の地点の天空比を容易に算出できる。また、計画段階での評価に有用であるばかりでなく他諸標との関連性の分析に有効である。

Ⅲ. 天空比の算出法

魚眼撮影方法が半天球面上の投影面を平面上に射影した射影面積（図－3)を求めるのに対し、以下の算出法は図－２に示される球面上の投影面積を求めるものである。

1. 立面についての天空比

立面F（$\omega\times h$）の立地点D，Eからそれぞれr_1，r_2離れた点$\bar{O}$を球心とする単位半天球面上の投影面積をSとする。（図-2，図-3参照）

単位半天球の表面積は2πであるから、天空比Ωは

$$\Omega = S/2\pi \qquad \cdots\cdots ①$$

球面上の$\triangle ABC$，$\triangle ADE$の面積をそれぞれS_1，S_0とし、$\angle D_0\bar{O}E_0=\angle D\bar{O}E=\alpha$とおけば，

$$S=S_1-S_0=\alpha-S_0 \qquad (\because (i))$$

$\triangle D_0E_0\bar{O}$における余弦法則から

$$\cos\alpha=(r_1^2+r_2^2-\omega^2)/2r_1r_2 \qquad \cdots\cdots ②$$

また、$\angle A=\alpha$であるから（ii）より

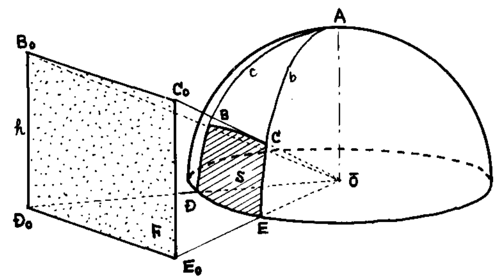
$$S=\alpha-(A+B+C-\pi)$$
$$=\pi-(B+C) \qquad \cdots\cdots ③$$

$\widehat{CA}=b$，$\widehat{AB}=c$とおけば、図－２において

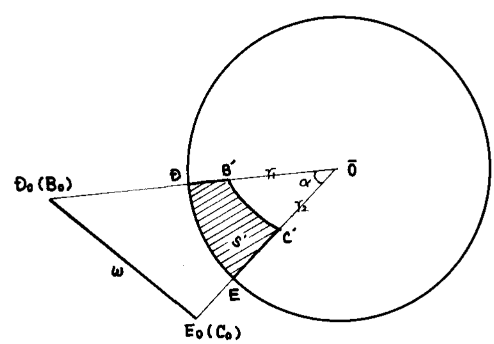
$$b=\pi/2-\tan^{-1}(h/r_2) \qquad \cdots\cdots ④$$
$$c=\pi/2-\tan^{-1}(h/r_1) \qquad \cdots\cdots ⑤$$

（iii）より

$$\tan\frac{B+C}{2}=\cos\frac{b-c}{2}\cdot\cot\frac{\alpha}{2}\Big/\cos\frac{b+c}{2} \qquad \cdots\cdots ⑥$$



図－２　模式図



図－３　平面図

(i)　図－Ａにおいて、月形の角をα，球の半径をrとすれば、月形の面積は$2\alpha r^2$である。

(ii)　図－Ｂにおいて、$\triangle ABC$の面積は$(A+B+C-\pi)r^2$である。（Harriot）

(iii)　図－Ｂにおいて、次の等式が成立する。（Napier）

$$\tan\frac{A+B}{2}=\frac{\cos\frac{a-b}{2}}{\cos\frac{a+b}{2}}\cdot\cot\frac{C}{2}$$

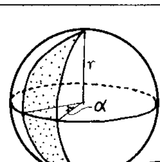


図-A

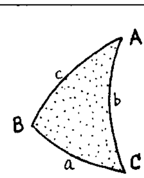


図-B

⑥式の右辺の値をTとおけば、$B+C=2\tan^{-1}T$となりこれを③式に代入すれば、 $S=\pi-2\tan^{-1}T$ である。
従って、①式による天空比Ωは

$$\Omega = (\pi - 2\tan^{-1}T)/2\pi = \frac{1}{2} - \frac{1}{\pi}\tan^{-1}\left(\cos\frac{b-c}{2}\cot\frac{\alpha}{2} \Big/ \cos\frac{b+c}{2}\right) \quad \cdots\cdots ⑦$$

⑦式のα, b, cはそれぞれ②,④,⑤式による。結局、⑦式によって示される天空比Ωはω, h, r_1, r_2を変数とする関数として表わされる。

2. 建物についての天空比

天空比の計算は1.で得られた⑦式を用いることによりいかなる矩形でも可能である。実際の建物（立体）を扱うには、立面の組み合わせと考えればよい。

図-4に示される複数個の建物がランダムに配置されたモデルについて任意の点$\bar{O}$における天空比を求めてみよう。

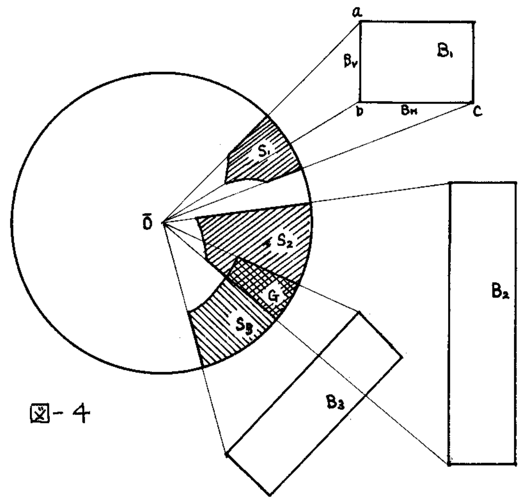


図-4

点$\bar{O}$を球心とする半天球面上に投影される建物B_1,B_2,B_3の投影面積をそれぞれS_1,S_2,S_3とし、建物B_2とB_3によって重複する投影面積をGとすれば、

$$\Omega = (S_1+S_2+S_3-G)/2\pi$$

S_1のように建物の2面によってつくられる投影面積は立地点a, b上の立面B_Vと、点b, c上の立面B_Hの2面に分解し⑦式によればよい。

S_2, S_3は立面そのものであるから計算は容易である。

重複面積Gの計算にあたっては、以下に述べる形態別に重複点（この場合は点P）を計算し新たな立面として処理する。

以上の2面処理，重複処理は、いずれも$\bar{O}$点を原点とする座標系において建物平面の各頂点の方位角の大小によって判断が可能である。

建物数がN個の場合の天空比の一般式は次式となる。

$$\Omega = \left(\sum_{i=1}^{N} S_{Vi} + \sum_{i=1}^{N} S_{Hi} - \sum_{i=1}^{N} G_i\right)/2\pi$$

（ただし、S_V, S_Hは$\bar{O}$点に向きあう2面の面積）

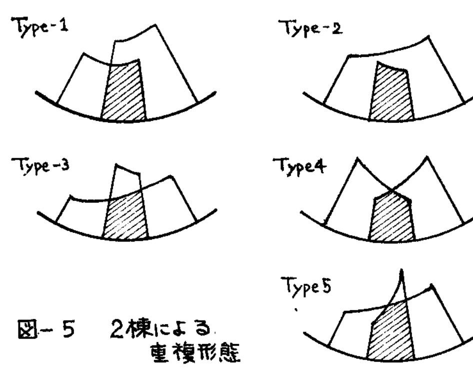


図-5　2棟による重複形態

2個の建物の重複面積の形態は、図-5に示す5通りに分類できるが、3個以上の建物の重複形態は複雑になり既に述べてきた方法では算出は困難である。

従って、ここに紹介した方法は比較的単純なモデル計算について有効である。

Ⅳ. 開放空間率

いま、図-6に示されるように、同一の投影面積を持ち球心からの距離と面積が異なる立面FとLがあった場合、天空比は等値となるが人間の受ける圧迫感は異なると

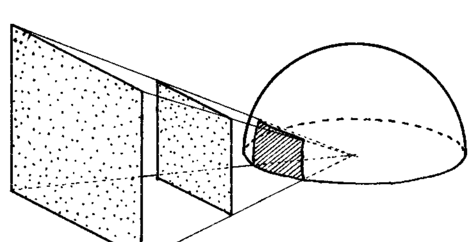


図-6

ということは十分考えられることである。

人間の視線を防げる距離はおおよそ50mから70mといわれ[注.3]、その距離Rを半径とする半天球を人間の個有空間と考えるならば、個有空間量から視線の阻害空間量を差引いたものは視線が開放された空間量であり、これを開放空間量と呼び、天空比と同様の考えから、個有空間量に占める開放空間量の割合を開放空間率Πとする。

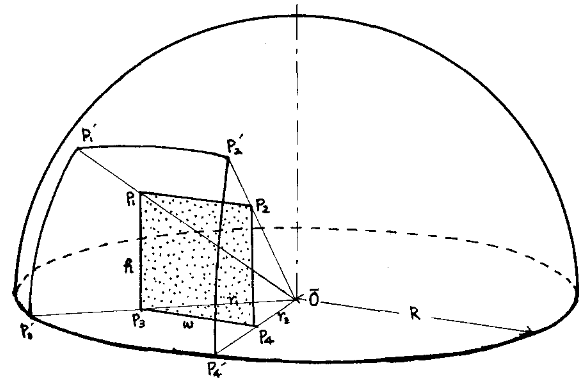


図-7 個有空間における立面

図-7において、阻害空間量は$\bar{O}-P_1'P_2'P_3'P_4'$の体積V'から$\bar{O}-P_1P_2P_3P_4$の体積Vを引いてやればよく、

$$V' = \frac{1}{3} S R^3 \quad (S\text{は}1.\text{参照})$$

$$V = \frac{1}{3}\omega h r \qquad \text{ここで}\quad r = \frac{2}{\omega}\sqrt{p(p-\omega)(p-r_1)(p-r_2)} \quad (\text{ただし}\ p=(\omega+r_1+r_2)/2)$$

従って、Πは

$$\Pi = (V'-V)\Big/\frac{2}{3}\pi R^3 = \frac{S}{2\pi} - \frac{\omega h r}{2\pi R^3} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots ⑧$$

この⑧式において、$R\to\infty$とすれば$\Pi=\Omega$となり、天空比は視線の範囲を無限にまで広げた場合の開放空間率としての意味を有することがわかる。

開放空間率は、天空比の場合と同様の工夫で建物(立体)の計算も可能である。しかし、これを求めるには⑧式を用いる他なく(写真には距離感が入らない)、実用性には欠けるようである。有効性に関しては今後検討を重ねる予定である。

V. あとがき

都市の中に建てられる無数の建物について、計画の自由を拘束することが最も少ない方法によって最小限の合理的な規制を与え、都市の平均環境としての屋外の開放性を守ってゆくことは万人の望むところであろう。そのためには開放性の程度を表わす物理量を明確にするとともに、意識調査や心理実験に基づく心理量と物理量との対応も必要である。 今回は、それらの基礎となる物理量としての天空比・開放空間率の計算機による算定方法を記したものである。

〈注〉

1) 東京都の容積計画に用いられた市街地形態を示す指標。建物延床面積に対する空地面積の割合をいう。

2) 小木曽氏が提唱した指標で新宿副都心計画に使用された。敷地面積に対する立面面積の割合をいう。

3) 参考文献6)および乾・宮田・渡辺「開放感の研究.3」日本建築学会論文報告集,1972.4月号を参照。

〈参考文献〉

1) 塩田 衍;再開発地区における空間構成,土木学会北海道支部論文報告集,第33号,1977

2) 大久保昌一;空間計画ノート,清文社,1975

3) 柳田・佐々波他;土地問題講座④ 土地利用計画,鹿島出版会,1972

4) 小木曽定彰;都市のなかの日照,コロナ社,1973

5) 伊藤克三;日照関係図表の見方・使い方,オーム社,1977

6) 小島武男他;日照に関する心理的住環境の研究,日本建築学会大会学術講演梗概集,1976