

IV-19 都市空間の開放性に関する基礎的研究 (その3)

北見工業大学	正会員	中岡良司
北見工業大学	正会員	森弘
北海道大学工学部	正会員	五十嵐日出夫

1. はじめに

都市活動の集中する都心部においては、建物の高層化・高密度化によって次第に天空の広がりが増減してきている。この傾向は都市化の進行とともに都心部に限らず都市全体に及ぶものである。このような土地(空間)利用の様相は、従来、個々の建物の集積の観点から論じられてきたが、空間とは本来連続体として構成されるものであるから、本研究では建物の周辺が産み出す一定の空間の総和として空間利用を検討しようとしている。空間利用の程度を表す指標としては、ある地点から見える空の割合を示す天空量(天空比ともいう)と空からの照度を示す天空率がある。天空率がその点における面の向きによって値が変化するのに対して、天空量はその点の状態を一義的に示すとともに人間の心理的な開放感がある程度支配する量と言われている。そこで、本研究では開放性の指標として天空量を取り上げ、種々の空間構成要因との関連を分析するとともに空間利用計画段階での天空量の算出を図る目的からその計量技法を開発してきた。

既報の2論文においては、天空量の計量技法として魚眼写真を用いる方法と幾何学的な算出法を紹介し天空量に及ぼす建物の影響を示してきた。また、後述する魚眼解析法の概要も述べている。

本論文では、新ためて魚眼解析法による天空量の算出理論を提示するとともにその算出精度について述べることにする。魚眼解析法は計算機を用いたシミュレーションモデル計算が可能な応用性に富む算出法であるが、前2者の方法と異なり大きな算出誤差を伴う側面がある。そこで特に算出精度に言及した。計算自体は小型の計算機で十分可能である。

さらに、本論文では、天空量とかわりの深い歩行者の立場から街路上の天空量の分布を検討した。その結果、天空の開放性確保には街路の断面形状(斜線比率)が大きく影響することまた街区が連続す

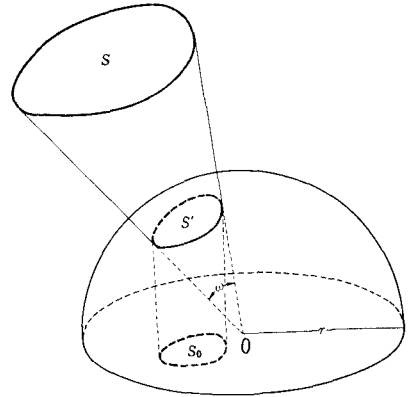


図-1 天空量概念図

る都心部では交差点付近の空間利用が歩行者の開放感に重要であらうことが分かった。

2. 魚眼解析法による天空量の算出

2.1 天空量の算出理論

ある地点において、周囲に全く視線を妨げる物が無い場合の天空の立体角を全天空立体角という。全天空立体角は立体角の単位に従えば 2π ステラジアンである。一方、図-1に示すように、建物等で視線が妨げられて見ることのできる空に限られた場合、その空が点Oに張る立体角を可視天空立体角(ω)という。天空量とは、全天空立体角に占める可視天空立体角の割合($=\omega/2\pi$)である。一方、弧度法によれば立体角は天球上の面積そのものであるから、天空量は全天球面積に占める可視天球面積の割合と言ってもよい。

いま、可視天空立体角を求めるために、天球面積を等面積すなわち等立体角のセル(微小なメッシュ図形)に分割することを考える。これは、太陽高度の算出に利用される等高度、等方位線図(図-2)と同じ考え方である。各セルの中心と視点を結ぶ線

は等立体角の視線となる。そうして、建物等と交点を持たない視線を判断し全視線数に占める割合を求めれば天空量が求められる。このような天空量の算出法は、魚眼写真に天球図を重ねて立体角を数える方法を数式化した意味を持つことから、本研究では魚眼解析法と呼んでいる。

図-3は魚眼解析法の解法を示している。視点Oからの視線R(水平角 α , 垂直角 β)は、まず平面において建物の線分abとの交点をaで判断し、仮に交点eが在ったときは、立面における鉛直線ee'との交点を β で判断する。すべての視線に関して同様の判断過程を繰り返すことで、建物等で妨げられることのない視線の数を計算することができる。

次に、 α , β の設定について示す。

水平分割数をmとした場合、基線からi番目のセルの水平角 α_i は次式で与えられる。

$$\begin{aligned}\alpha_i &= \pi/m - 2\pi(i-1)/m \\ &= (2i-1)\pi/m \quad \dots (1) \\ (i &= 1, 2, \dots, m)\end{aligned}$$

また、垂直分割数をnとした場合、地表からj番目のセルの垂直角 β_j は次式で与えられる。

$$\begin{aligned}\beta_j &= \sin^{-1} \{1/2n - (j-1)/n\} \\ &= \sin^{-1} (j/n - 1/2n) \quad \dots (2) \\ (j &= 1, 2, \dots, n)\end{aligned}$$

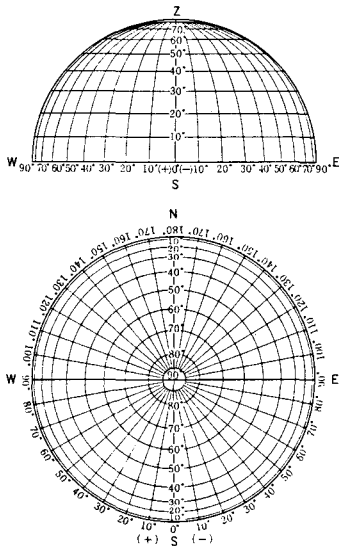


図-2 等高度,等方位線図

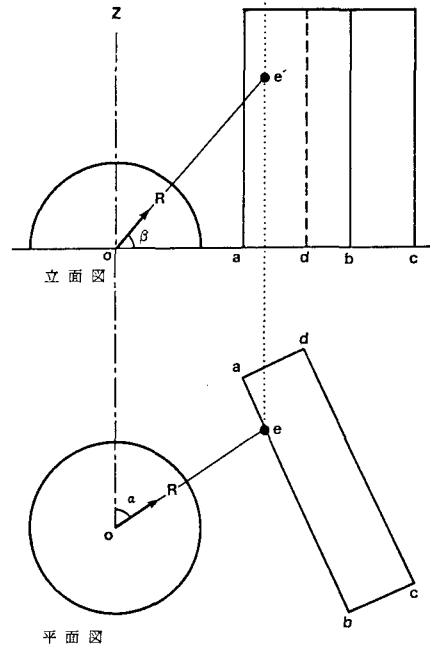


図-3 魚眼解析法の解法図

ここで、水平分割数mと垂直分割数nは全く任意に定めても各セルの面積は一定($= 2\pi/mn$)であり等立体角であることは補償される。しかし、各セルの形状は歪んで特定の方向の対象物の識別精度が低下することになる。

2.2 魚眼解析法による天空量の算出精度

魚眼解析法による天空量の算出精度は、前述した水平角 α と垂直角 β で誘導される視線の間隔がどの程度の対象物を検出できるかによる。 α , β はそれぞれ水平分割数m, 垂直分割数nから導かれるからここでは、m, nと対象物の検出精度の関係を示すこととする。

いま、視点から距離R離れた地点に位置する幅W高さHの立面を仮定する。

図-4において、幅Wと水平角間隔 α' の間には次式が成立している。

$$W = 2R \tan(\alpha'/2)$$

ここで(1)式より

$$\alpha' = \alpha_i - \alpha_{i-1} = 2\pi/m$$

であるから、

$$W = 2R \tan(\pi/m)$$

の関係がある。従って、距離100mにおいて幅1mを検出するには $m=628$ 以上を要する。水平検出精度を距離別に示したのが図-5である。

一方、図-6において、高さ H と垂直角 β_1 の間には次式が成立している。

$$H = R \tan \beta_1$$

ここで(2)式より

$$\beta_1 = \sin^{-1} (1 / 2n) \quad \dots (3)$$

であるから、

$$H = R / \sqrt{4n^2 - 1} \quad \dots (4)$$

の関係がある。従って、距離100mにおいて高さ1mを検出するには $n=50$ 以上を要する。垂直検出精度を距離別に示したのが図-7である。

ところで、垂直検出精度に関しては地表からの精度を示すに留まったのは、垂直角間隔はその高さによって間隔が異なるからである。その間隔は(2)式から

$$\beta_i - \beta_{i-1} = \sin^{-1} \frac{2i-1}{2n} - \sin^{-1} \frac{2i-3}{2n}$$

で求められる。もっとも、実際の対象物は地表に立地しているからここでは地表からの検出精度に限定して示した。

本研究では、 $m=400$ ， $n=100$ として計算を実施しているが実用的には十分な精度と考えられる。

3. 歩行者空間における天空量の分布

天空量はその地点を取り巻く空間の利用状況を天空の広がりを通して総合的に示す指標であるが、人

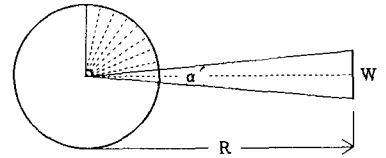


図-4 水平分割図

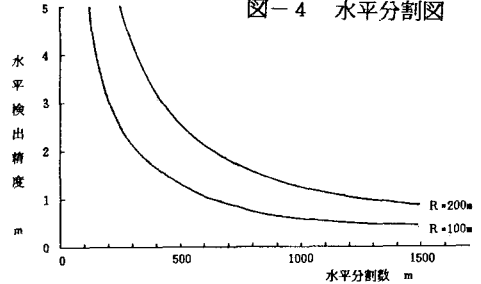


図-5 水平分割数と検出精度

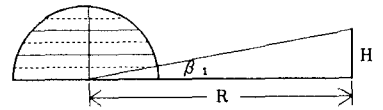


図-6 垂直分割図

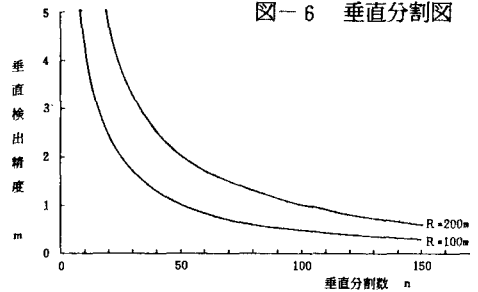
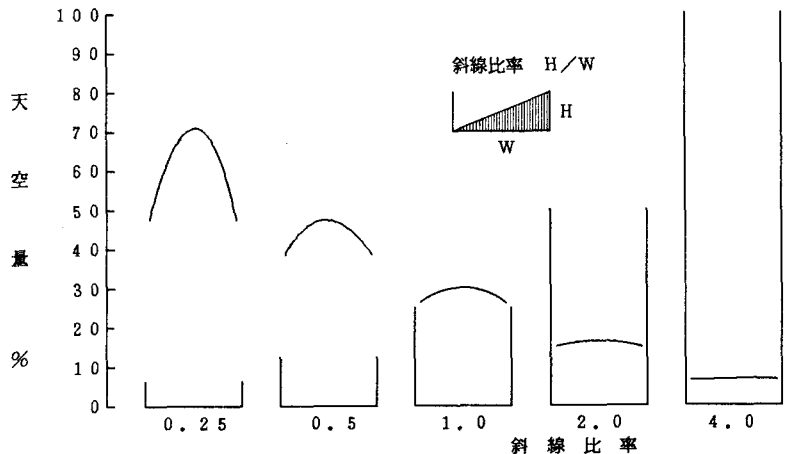


図-7 垂直分割数と検出精度

図-8
斜線比率と天空量



間の視野の構成にも深く関係している。そこで、街区形成を主体とする都心部における歩行者の立場から天空の広がりを検討してみる。

3-1 街路断面と天空量

都心部における街路の断面はその幅員と周囲の建物の高さで構成されている。そこで、街路の断面形態は道路幅に対する建物高さの比（斜線比率）で表わされる。また、天空量は天空の広がりの相対的な指標であるから、道路幅や建物高さの絶対量にかかわらず斜線比率から求められる。ここでは、斜線比率を 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 とした 5 種の街路モデルを設定し、街路上の天空量とその形態によってどう変化するかを検討してみる。ただし、一般に都心部では同じ街路形態が連続しているから、ここでは、建物が斜線比率いっばいにすきまなく無限に立ち並ぶ状況を仮定して計算を行った。その結果を図-8に示す。斜線比率が高まる（建物が高くなる）につれて天空量は大幅に減少し、モデル 5 においてはもはや 1 割の空も臨むことができない。また、斜線比率の低いモデルほど建物側（歩道側）より中央部（車道部）での天空量は大きく、開放性に富んでいることが分かる。このことから、快適な歩行者空間の確保を目的とした街路のモール（歩行者

専用道路）化では、建物高さをある程度の斜線比率に抑えることで歩行者の開放感が保たれるものと思われる。

3-2 交差点周辺の天空量

一般の歩道に対して交差点周辺の開放感が高いことは歩行者がよく経験することである。そこで、図-9に示す街区の構造が無限に続くものとして、点Aから点Bを経て点Cに至る歩行動線上の天空量の変化を計算してみた。結果は図-10に示す通りであるが、斜線比率が異なる街路が交差する交差点では天空量は全体に変化するから、ここでの天空量の値そのものはあまり意味がない。とはいえ、交差点に近づくにつれて天空量は大きく向上しており、歩道にあってはとりわけ点Bを中心とする空間利用計画（公開空地や建物の隅切りなど）が歩行者の開放感の向上に有効であることが示されている。

4. おわりに

以上、本研究では天空開放性の指標としての天空量の魚眼解析法による算出理論とその精度を述べるとともに、歩行者空間と天空量の分布について 2, 3 の結果を示してきた。ここで既報の 2 論文と合わせて、天空量の算出理論はほぼ実用域に達したと言える。今後は、適用例を増やし天空量の現実的意味を明確にしていくとともに、人間の心理的側面の分析を通じて開放感と天空量の関係を明確にし開放性の評価に向かう予定である。

参 考 文 献

- 1) 中岡良司：都市空間の開放性に関する基礎的研究(その1)，土木学会北海道支部論文報告集，第34号，1978
- 2) 中岡良司，森 弘：都市空間の開放性に関する基礎的研究(その2)，土木学会北海道支部論文報告集，第37号，1981
- 3) 中岡良司：都市空間の構成に関する視覚的分析法，北海道都市学会研究発表会梗概集，1980
- 4) 中岡良司，森 弘，五十嵐日出夫：都市空間における天空開放性の計量技法に関する研究，土木計画学研究発表会講演論文集，第7回，1985
- 5) 小木曾定彰：都市の中の日照，コロナ社，1973
- 6) 伊藤克三：日照関係図表の見方・使い方，オーム社，1977

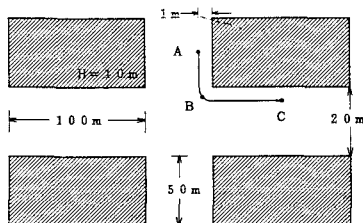


図-9 街区モデル

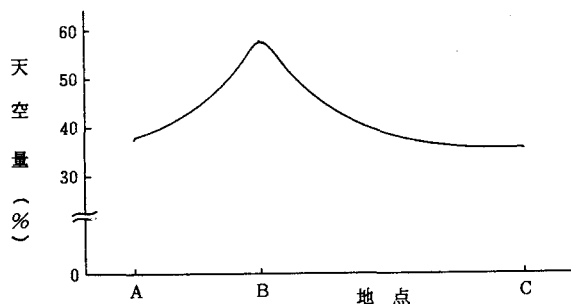


図-10 歩行動線上の天空量