

# アトリウム空間の日射受熱量計算手法の開発

オブジェクト指向言語を用いた日射受熱量分布解析コードの開発

正会員 ○森 太郎  
 〳 酒井義幸  
 〳 繪内正道  
 〳 羽山広文

## 1. 研究の目的

### 1.1: 研究の背景

アトリウムをはじめとするガラス空間(ガラスを多用した空間)では、太陽光がガラスを透過して空間内に直接入射するため、場所によって、壁面への入射量や吸収量に大きな差が出現する。現在、アトリウム内の熱や気流の解析結果は多く発表されているが、日射受熱量の分布計算に関して記述がある例は少ない。

遮光布などの複雑な光学性状を持った環境調整装置の効果を把握するためには、この複雑な光学性状が表現できるような計算コードが必要である。本報告ではオブジェクト指向言語を用いて簡易にアトリウム内の日射受熱量の分布を計算する手法の開発を目的としている。

## 2. 計算方法

### 2.1: 分布計算のポイント

本計算手法を開発するに当たり、次の二点を開発のポイントとして考えた。①アトリウム内には様々な物体が存在する。そのため、図1に示すように、反射性状を始め、透過や吸収などの光学性状も物体によって異なっており、複雑な日射の分布を形成する要因になっている。本計算手法ではこの複雑な分布の状況を表現するために完全拡散反射・透過だけを扱うのではなく、入射光のベクトルを基準とした指向性の反射や透過の表現を可能にする。②但し、プロシヤモデルやCFDの初期条件としての利用を考えているため、フォトリリスティックである必要はない。したがって計算を簡略化するため、照度値や輝度値の分布を計算する時のような、日向と日陰を明確に分割するためにエッジを再計算するようなことはしない。

これらのポイントは以下のような形で計算方法に反映した。

①に対して:通常完全拡散を表現するためには式①の立体角投射率が用いられる。

$$U = \frac{\cos \theta}{r^2} ds \cdot \frac{\cos \beta}{\pi} \quad \dots \text{①}$$

この式は二つの部分、 $\frac{\cos \theta}{r^2} ds$ :立体角と、 $\frac{\cos \beta}{\pi}$ :完全拡散を表

す重み係数に分割することができる。そこで本計算手法ではこの重み係数にフォトリリスティックなCGを作成するときによく用いられるPHONGのモデルを適用した。式②に示すように半球面に渡って積分を行ったときに重み係数の総和が1になるよう積分値で除した。 $\cos^n \beta$ のnの値が大きいくほど指向性が強くなる。

$$U = \frac{\cos \theta}{r^2} ds \cdot \frac{\cos^n \beta}{\int_{\text{半球面}} \cos^n \beta d\beta} \quad \dots \text{②}$$

②に対して:上記②に示すように日向と日陰のエッジを計算することを行わないため、計算が非常に簡略化された。具体的には、エッジを表現するためのメッシュの再計算等、入射光の変化によって解析空間を変化させる必要がないので、単純に日射の履歴を追跡していくことで日射受熱量の分布を得ることができるようになった。また、日射が反射や透過、吸収を繰り返しながら徐々に保有するエネルギー量が小さくなっていく様子が、図2に示すいわゆる状態機械の概念によく当てはまるようになり、

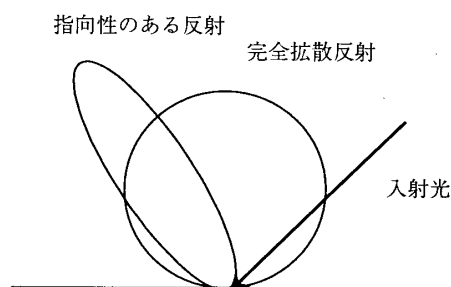


図1 内壁面における日射(短波長)の反射性状

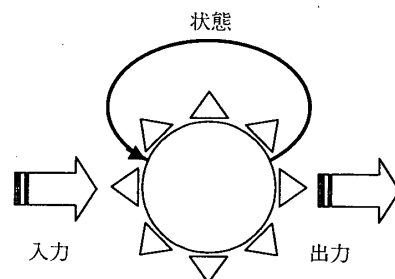


図2 オブジェクト指向の概念(状態機械)

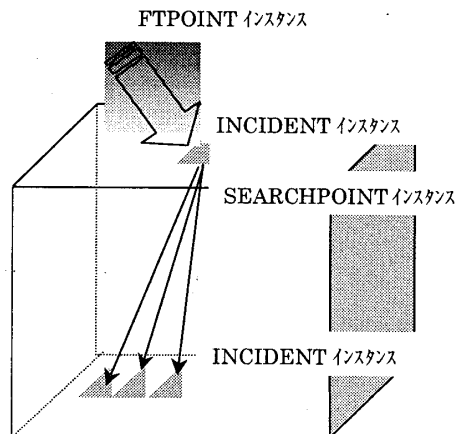


図3 計算の概要

## Development of the Method of Calculating Solar Radiation in the Atrium Space

Development of Solar Radiation Distribution Analysis Code by using the Object-Oriented Language

MORI Taro et al.

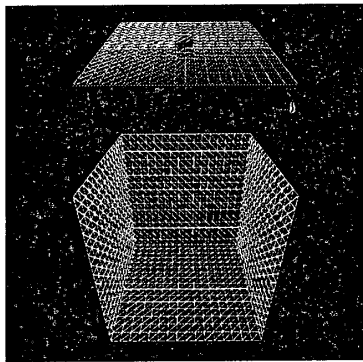


図4 計算モデル

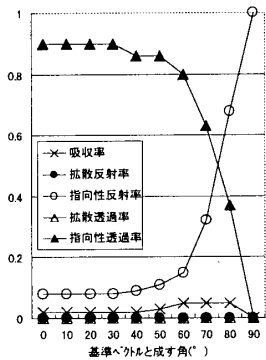


図5 ガラス面の光学性状

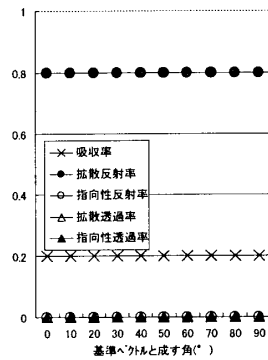
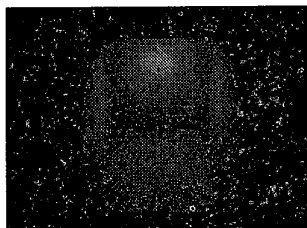
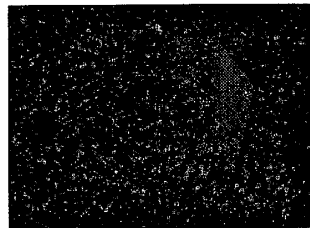


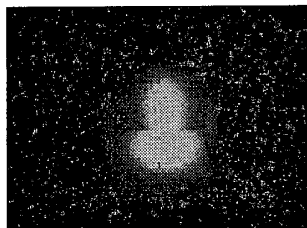
図6 壁面の光学性状



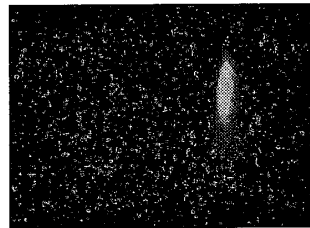
n=1 12:00



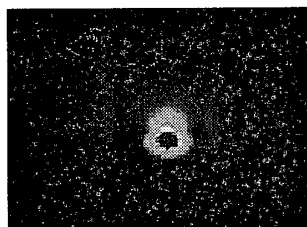
n=1 16:00



n=10 12:00



n=10 16:00



n=100 12:00



n=100 16:00

図7 計算結果(分布図)

ジェット指向言語での解析コード開発の際に有利に働いた。

## 2.2:計算の概要

計算は解析空間に対する初期の入射点(要素)と入射エネルギーをFtpointインスタンスで計算し、その情報をIncidentインスタンスに引き渡す、このIncidentインスタンスは反射や吸収を繰り返して徐々に自分自身のエネルギーを失っていく日射そのものの役割をしていて、Incidentインスタンスが生成されると現状の保有エネルギーや入射の状況から壁データに入射量や吸収量を与える役割をする。その後衝突によって減少した自分自身のエネルギー量がある程度以上であったらSearchpointインスタンスを生成し、次の入射点を検索し、また現状のエネルギー量や入射点の光学性状を元に入射点に入射するエネルギー量を計算する。後はIncidentインスタンスとSearchpointインスタンスが自分自身を再生産し、解析が可能なエネルギー量である限り互いを再生産し、不可能であれば消滅するという方法をとった。この方法を使用するとメモリを動的に確保していくので、大量の図形データを要する複雑な形状への応用も可能と考えている。

## 3. 計算結果

図4に示すような1辺が10mの立方体の天井の中心部に1m<sup>2</sup>の穴(ガラス)を開け、そこに1000Wの日射を与えるような計算を行った。ガラスの光学性状を図5に、壁面の光学性状を図6に示す。図7に日射量の分布図を示す。nの値が大きくなるにつれて透過光の指向性が強くなっていくのが分かる。n=1の時には指向性よりも面要素間の距離の影響が強くなるため、天井付近の高い位置に日射量の分布が生じている。図8に図7の12:00における各部屋の床面の日射入射量の最大値に対する比と距離の相関を示す。nの値が大きくなると距離による減衰が大きくなり、一箇所に集中して日射が入射している様子がわかる。n=10の場合には奥側の壁面にもかなりの日射入射量があり、そこからの相互反射の影響で値がばらついていると考えられる。

## 4. まとめ

日射受熱量の分布が生じやすい、アトリウム内の日射受熱量計算に関して、オブジェクト指向言語を用いてコードの開発を行い、計算結果の一例を示した。

謝辞：本研究は旭硝子財団からの研究助成を受けている。記して感謝する。

【参考文献】

松浦邦男：建築照明、共立出版

諏訪好英他：開口部を有する空間の屋内温熱環境特性と空調負荷に関する研究、日本建築学会計画系論文集第491号、1997.1

朝田嘉之他：アトリウム内の光環境解析その1～7、日本建築学会大会学術講演梗概集、1992.8等

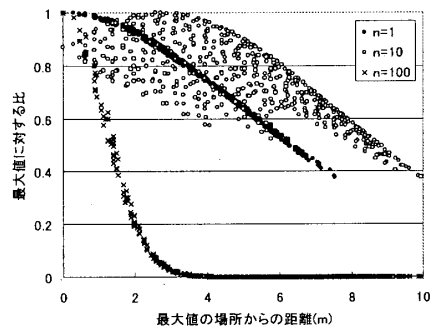


図8 最大値に対する比と距離の相関

- \*1 北海道大学大学院工学研究科 助手・博士(工)
- \*2 北海道大学大学院工学研究科 修士課程
- \*3 北海道大学大学院工学研究科 教授・工博
- \*4 北海道大学大学院工学研究科 助教授・博士(工)

Inst., Graduate school of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng  
Graduate student, Graduate school of Eng., Hokkaido Univ.  
Prof., Graduate school of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng  
Assistant Prof., Graduate school of Eng., Hokkaido Univ., Dr. Eng.