

都市表面の日射反射制御によるヒートアイランド抑制対策の研究

一 再帰反射性を有する指向性反射体の数値計算による性能評価一

地域環境計画分野 塚田 直人

Abstract

ヒートアイランド対策の研究として、建物表面での日射反射において再帰反射体を用いる研究がされている。既往研究では、3次元実街路の建物屋根面に設置した再帰反射体による日射反射性能について数値計算により評価したが、再帰反射体に使用する鏡面の反射特性に関する考慮がされていないことが課題であった。この点を考慮すべく、鏡面の反射特性を実験により求め、その反射特性を修正 Phong モデルにより近似する研究を行った結果、その再現性の高さが示された。このことを受けて本研究では、日射反射計算に修正 Phong モデルを組み込み、鏡面の反射特性を加味した日射反射体の計算手法として拡張した。さらにその日射反射計算手法を使用し、実街路の建物壁面に設置した再帰反射体による日射反射性能について評価を行い、その結果を示した。

1. 研究の背景と目的

近年大都市で問題化しているヒートアイランドの抑制対策として日射吸収に関する対策の研究がなされている。その一つとして、建物表面における日射反射率(アルベド)を高め、日射吸収を低減させるものがある。日射吸収の低減は、建物の冷房負荷削減効果も期待できる。しかし、建物表面のアルベド増加により、周辺建物で吸収される日射が増加することが考えられる。また、建物表面のアルベド増大に伴い、可視波長帯の反射日射が増大し周辺建物へ障害光が発生する懸念があり、ヒートアイランド抑制対策と同時に光害についても考慮する必要がある。

そこで建物表面での日射反射方向に指向性を与え、その反射方向を制御することが考えられており、その方法として、再帰反射性を有する指向性反射体(以降再帰反射体と呼ぶ)の使用が検討されている。再帰反射とは入射した光と同じ方向へ反射することを言う。建物表面に設置した再帰反射体により日射反射方向を天空方面へ制御出来れば、他の建物へ反射日射の影響が少ない有効的な日射反射が可能であり、建物の日射吸収の低下により冷房負荷低減の効果も期待出来る(図1)。これまでこの再帰反射体の日射反射性能が数値計算により評価されてきた。

酒井は3次元実街路形状を使用して、建物の屋根面に設置した再帰反射体による日射反射特性を数値計算により算出し、実街路における再帰反射体による日射反射の有効性を示した。しかしここでは、日射反射計算において、再帰反射体の日射反射特性に影響を与える単体鏡面の反射特性について考慮されておらず、実街路における再帰反射体の日射反射性能の評価としては、まだまだ不十分であると考えられる。

また西岡らは、実験により平板白色タイルの反射特性

を同定し、その反射特性を修正 Phong モデルにより近似した。その結果、白色タイルの反射特性を修正 Phong モデルにより概ね再現出来ることを示したが、他の鏡面においても再現が可能かどうかは不透明であった。

そのことを受けて、他の鏡面の反射特性を西岡と同様実験で求め、その反射特性の修正 Phong モデルによる再現性を考察した結果、奥田(2011年度卒業論文)によりその再現性の高さが確認された(図2)。

以上を踏まえ本研究では、街路形状モデルを使用した日射反射計算に修正 Phong モデルを組み込み、鏡面の反射特性を加味した日射反射体の計算手法として拡張する。またその日射反射計算手法を用いて、実街路の壁面に設置した再帰反射体による日射反射性能の評価を行う。

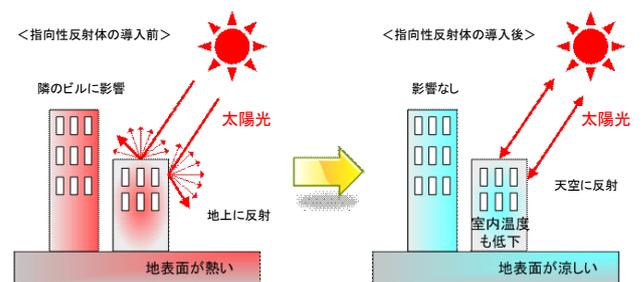


図1 再帰反射体による都市への熱流入削減の概要図

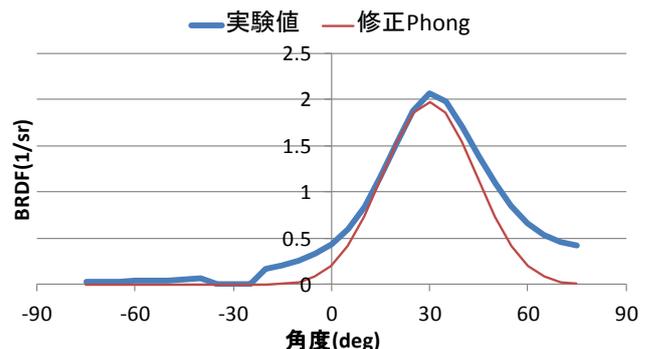


図2 修正 Phong モデルによる反射特性の近似結果(Y51N)

2. 街路形状モデルを使用した日射反射計算手法の拡張

本研究では、街路形状モデルを使用した日射反射計算手法を拡張し、それを用いて街路における日射反射計算を行う。それに当り使用する街路形状モデルの概要、拡張した街路形状モデルにおける日射反射計算手法について述べる。また本研究で対象とする再帰反射体の形状と設置方法についても述べる。

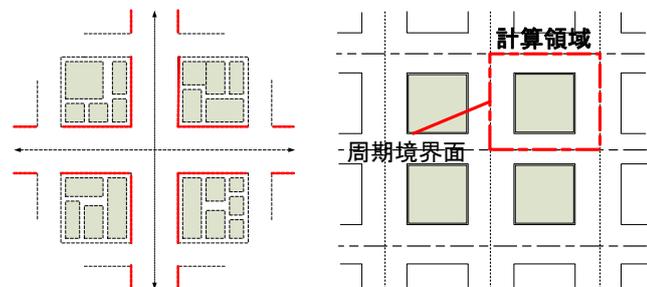
2.1 使用する街路形状モデルの概要

本研究では、大阪市の御堂筋と長堀通りが交差する街路において、それぞれの街路に面した建物壁面に再帰反射体を設置することを想定する。実街路においては一街路の建物は、道路で挟まれた一区画内に複数の建物が存在するが、その一区画に一つの建物が存在すると仮定し、さらにその建物と形状が等しい複数の建物が御堂筋、長堀通りを挟んで等間隔に配置されていると想定する(図3)。これにより全建物壁面が再帰反射体を設置した壁面となる。本研究ではその街路形状を Grid モデルと呼び、以後の日射反射計算に使用する。

2.2 Grid モデルの計算領域とその寸法

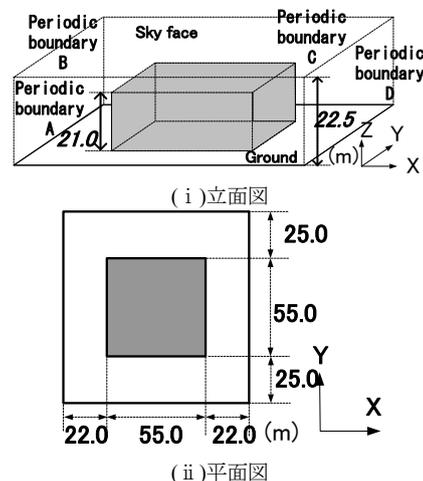
Grid モデルは同一の建物が一定間隔で配置された形状であり、周期境界面(図4)で囲まれた1つの建物とその周囲の道路で形成された計算領域で計算する。

本研究では、再帰反射体を設置する建物壁面として御堂筋と長堀通りに面する街路形状を想定し、Grid モデルの計算領域の寸法を御堂筋と長堀通りの道路幅、各道



(i) 実際の街路形状 (ii) Grid モデルで表現した街路形状

図3 Grid モデルの概要と計算領域



(i) 立面図 (ii) 平面図

図5 Grid モデルの寸法図

路に面する建物データより図5の寸法で作成した。以降の計算ではこの Grid モデルの形状を使用する。

2.3 Grid モデルにおける日射反射計算

本研究ではモンテカルロ・パス・トレーシング法を用いて Grid モデルにおける日射反射計算を行い、街路における日射吸収量を算出する。その手順を図6に示す。

Grid モデルを構成する面に入射したエネルギー粒子は、反射、吸収のいずれかの挙動を示す。また反射においても拡散反射と指向反射のどちらかの挙動を示す。その判定には各面の反射特性として与えられた拡散反射率 k_d 、鏡面反射率 k_s と $0 \sim 1$ の乱数 R_n を用いて行う(式1)。この拡散反射、指向反射による粒子の反射方向の決定に修正 Phong モデルを使用することで鏡面の特性を組み込む。

なお、本研究では Grid モデルにおける全壁面に再帰反射体を設置したとする。また再帰反射体を設置した壁面での反射による影響のみを考慮するため、地面、屋根面は完全吸収面とした。街路への入射日射量、射出粒子の総本数、Grid モデルを構成する面により吸収された粒子数から各面における日射吸収量を算出する。

$0 < R_n < k_d$	拡散反射	式1
$k_d < R_n < k_d + k_s$	鏡面反射	
$k_d + k_s < R_n < 1$	吸収	
k_d : 拡散反射率	k_s : 鏡面反射率	R_n : $0 \sim 1$ の乱数
$BRDF = k_d \frac{1}{\pi} + k_s \frac{n+2}{2\pi} \cos^n \alpha$		式2
k_d : 拡散反射率	n : Phong のパラメータ	
k_s : 鏡面反射率	α : 鏡面反射方向と反射方向の成す角度	

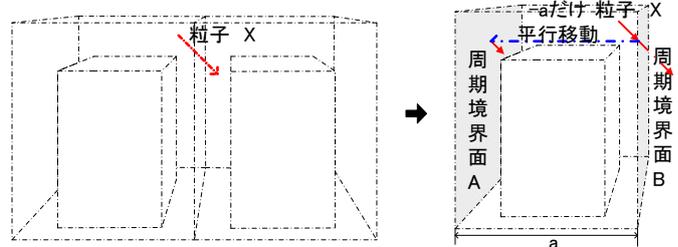


図4 周期境界面の概要図

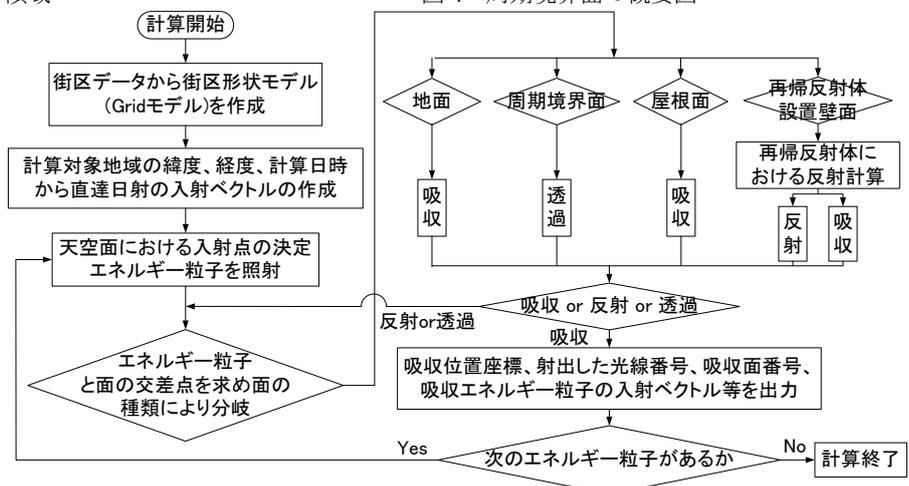


図6 モンテカルロ・パス・トレーシング法による日射反射計算のフロー図

2.4再帰反射体設置壁面での日射反射計算法の拡張

モンテカルロ・パス・トレーシング法により Grid モデルの再帰反射体が設置された壁面での日射反射計算を行うにあたり、反射計算法を拡張する。

街路において再帰反射体を設置し、その反射性状を計算する場合、街路のスケールが 10m~100m であるのに対し、本研究で想定する再帰反射体は数 cm であり、その空間スケールが大きく異なることが問題になる。街路の大きさに対して再帰反射体の大きさが非常に小さいため、その数が膨大となり、図 6 の手順においてエネルギー粒子と面の交差点を探索する際の時間が大幅に増大され、全体的に日射反射計算時間が大幅に増加してしまう。

そこで本研究では、再帰反射体の形状を計算領域の中に直接与える方法を採らないこととした。建物壁面へ入射した粒子は設置した複数の再帰反射体のいずれかに入射する。しかし、その複数の再帰反射体は形状、設置方法とも同様であるため、一つの再帰反射体について扱えば良い。またその粒子は入射した再帰反射体の開口面のどこかに入射する。そのことを踏まえ、乱数を用いて一つの再帰反射体について開口面の入射点をランダムに決定し、その点から入射した粒子の反射計算を行う。その計算から得られた粒子の反射方向が、設置された再帰反射体からの反射方向であるとし、壁面の入射点から得られた反射方向へ粒子を再び射出する。この方法により、計算領域での反射計算と再帰反射体での反射計算を分離出来る。その手順を図 7 に示す。

2.5再帰反射体の形状とその設置方法

再帰反射体の形状、設置方法について、それぞれの違いにより大きく分けて二つに分類して説明する。

(1) 再帰反射体

再帰反射体の形状として、三枚鏡型、四枚鏡型を対象とする(図 8)。三枚鏡型は A, B, C が直交、四枚鏡型は A と D が並行、A(D), B, C が直交関係になっている。なお図 8 の緑面は、日射が入射する開口面を表している。

三枚鏡型、四枚鏡型の壁面の設置位置を表す指標として傾斜角を定義する(図 9 左)。図 9 左に示す座標は東西南北の全ての壁面で図 9 右のように設定する。なお、図 7 における再帰反射体での設定軸は開口面が水平(傾斜角 0°)である時の座標である。

(2) 指向反射体

再帰反射体における日射反射では、複数枚の鏡面での複数回反射により再帰方向へ反射することで天空方面へ有効に日射を反射することを狙っている。しかしその複数回反射により、吸収率が相乗的に高くなり反射率が低下してしまうことが考えられる。そこで反射方向が再帰方向でなくても、天空方面への有効な反射方向であればよいという考えから、複数回反射ではなく一回反射で日射を反射することを狙った指向反射体を考える。そのた

め本研究では、再帰反射体に加え四枚鏡型指向反射体(以降指向型と呼ぶ)の設置も検討した。その形状は四枚鏡型の鏡面 B を一方向へ拡大した形状となっている(図 10)が、再帰反射を生じない設置角度で使用するので、再帰反射体とは名称を区別する。壁面の設置方法については図 11 左に示す。この設置方法は、8/21 の 12 時において鏡面 C と入射日射の角度が垂直となり、有効反射方向への反射量が最大となるように設定している。また図 11 左のように設置した場合、鏡面 B の指向反射性が高いと、太陽高度が低くなった際、鏡面 B に入射しそのまま鉛直下方向へ反射したものが障害光となる可能性があるため(図 11 右)、鏡面 B は拡散反射性の鏡面とした。

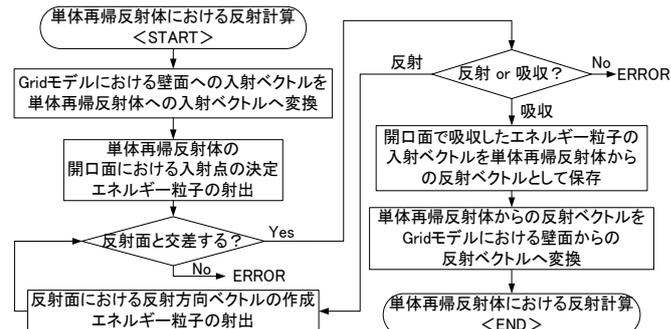


図 7 再帰反射体設置壁面における日射反射計算フロー

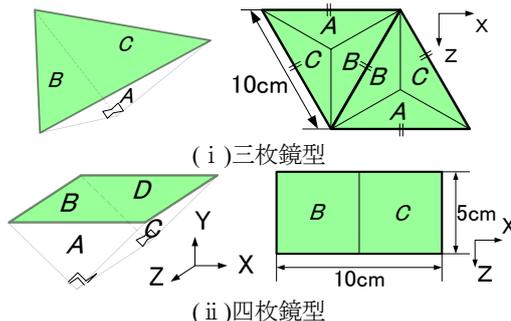


図 8 対象とする再帰反射体の形状

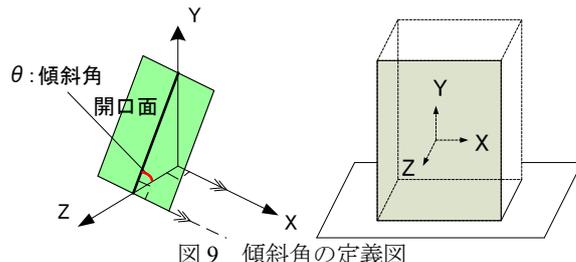


図 9 傾斜角の定義図

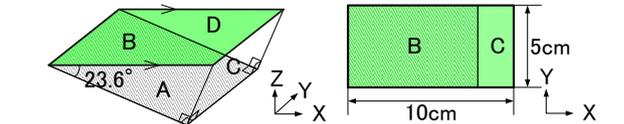
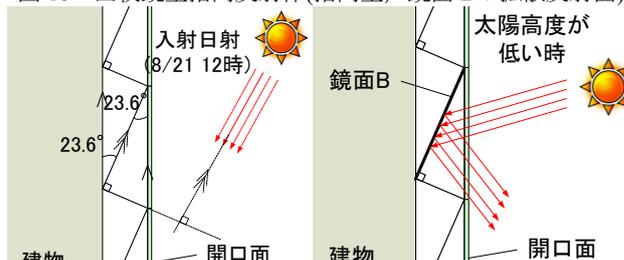


図 10 四枚鏡型指向反射体(指向型、鏡面 B: 拡散反射面)



(i) 指向型の設置方法 (ii) 太陽高度が低い時の指向型の反射

図 11 四枚鏡型指向反射体の概要図

3.再帰反射体による日射反射の性能評価

建物壁面による日射反射において、現在考えられている方法として、壁面への完全拡散反射性を持つ高反射塗料の散布、完全鏡面反射性(入射角=反射角方向への反射)を持つ熱線反射ガラスの導入などが考えられる。しかし、それらの反射性状は他の建物や地面への日射反射の影響があると考えられるため、天空方面へ反射する再帰反射体による日射反射の使用が考えられている(図 12)。ここでは、高反射塗料、熱線反射ガラスに対する、再帰反射体による日射反射の日射反射性能を示すため、建物の全壁面での反射性状が完全拡散反射、完全鏡面反射、再帰反射体による日射反射である各場合において日射反射計算を行い、算出した街路での日射吸収量の比較を行う。

3.1各反射性状の反射条件

各反射性状との比較により再帰反射体の日射反射性能の評価を行うに当たり、対象とする計算日、計算時刻、計算位置を表 1 に示す。Grid モデルの建物壁面が東西南北方向を向いているため(図 12)、真太陽時を用いることにより、計算結果は 8~12 時、12 時~18 時は対称となる。本研究では、12 時~18 時を計算するが、対称性により午前(6 時~12 時)についても同一の結果となる。

比較する高反射塗料の反射特性である完全拡散反射、熱線反射ガラスの反射特性である完全鏡面反射、再帰反射体による日射反射の 3 つにおける計算条件を表 2 に示

す。反射率(k_d+k_s)を 0.8 の一定にすることで、反射性状の違いのみによる日射反射量の変化を見る。再帰反射体に使用する鏡面に関しては、図 13 の反射特性を想定した。

3.2計算結果の考察

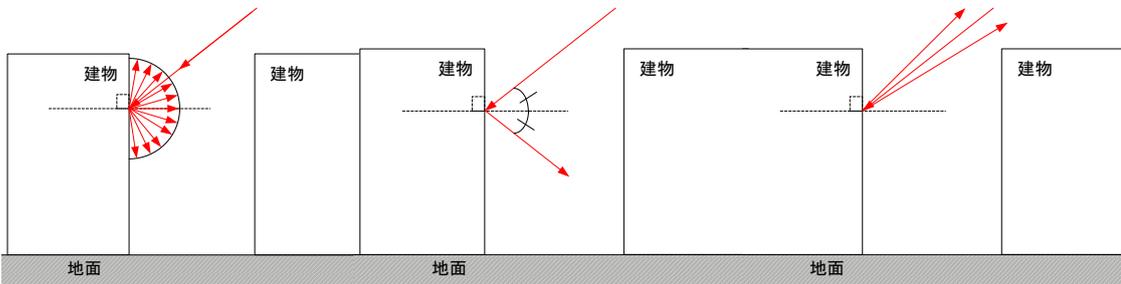
建物壁面へ設置した再帰反射体による日射反射で期待される効果として、①建物で吸収される熱の削減②都市内で吸収される熱の削減の 2 点が挙げられる。その 2 点について日射反射計算の結果を考察する。

① 建物で吸収される熱の削減

図 15(i)に日射反射計算により求めた建物壁面の日射吸収量、日射入射量の日平均値を示す。この結果より、全ての反射性状において建物での日射吸収量は削減されていることが分かる。しかし、他の反射性状と比較して再帰反射体による日射吸収量は多くなっている。これは再帰反射体による日射反射が、鏡面での複数回反射を用いるため、反射率が低下することを示している。

② 都市内で吸収される熱の削減

都市内で吸収される熱の削減量は、建物壁面から天空方面への反射量と言える。よって各反射性状において、建物壁面で反射された日射の内、Grid モデルの天空面での吸収量を日平均した結果を図 15(ii)に示す。この結果から、再帰反射体による日射反射が最大値を示し、日平均で街路に入射した日射の内 789MJ/h を天空へ反射出来る事が分かった。そのため、再帰反射体による日射反射で都市での日射吸収抑制効果があると言える。



(i)完全拡散反射(高反射塗料) (ii)完全鏡面反射(熱線反射ガラス) (iii)再帰反射体による日射反射

図 12 各反射性状における建物壁面での日射反射方向の概要図

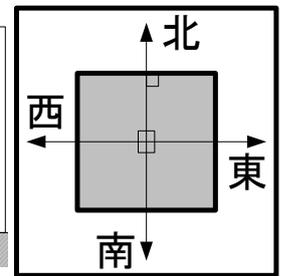


図 13 建物壁面の方位図

表 1 計算条件

計算日	8/21
計算時刻	真太陽時の 12 時~18 時の正時
計算位置	大阪(東経 135 度 30 分, 北緯 34 度 41 分)

表 2 各反射性状の反射特性条件

	完全拡散	完全鏡面	再帰反射体による日射反射
拡散反射率 k_d	0.8	0.0	0.71
鏡面反射率 k_s	0.0	0.8	0.09
Phong のパラメータ n	—	—	2637
再帰反射体の形状(傾斜角)	—	—	三枚鏡型(90°)

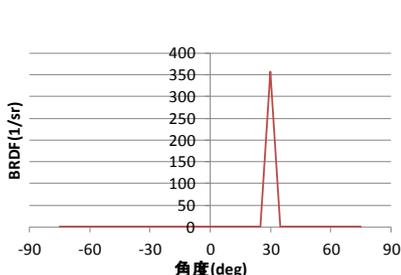
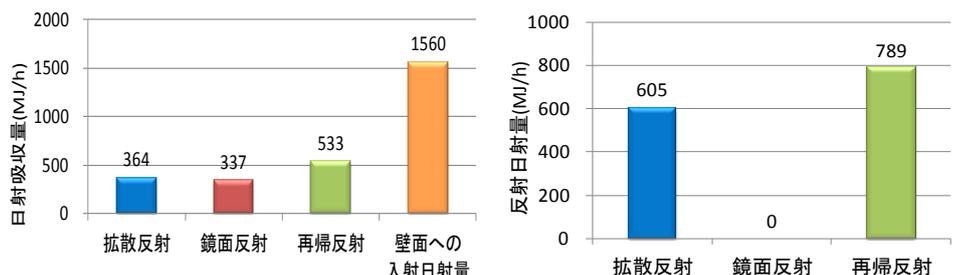


図 14 再帰反射体の鏡面特性



(i)壁面での日射吸収量

図 15 各反射性状における日射反射計算結果

(ii)天空への日射反射量

4.再帰反射体の形状、設置角度に関するケーススタディ

前章では建物壁面での日射反射性状において、完全拡散反射、完全鏡面反射の日射反射計算の結果との比較から、再帰反射体による日射反射性能を示した。しかし、前章では再帰反射体の形状が三枚鏡型、設置角度が傾斜角 90° という特定条件でしか行っていない。そこで本章では、新たに四枚鏡型の傾斜角 90° 設置、指向型を加え日射反射計算を行い、各ケースにおける再帰反射体による日射反射性能の評価を行う。

4.1日射反射計算

本章で行うケーススタディの条件を示す。なお、計算日、計算時刻、計算位置は前章と同じ条件で行う(表 1)。比較する再帰反射体の形状とその設置条件、再帰反射体を使用する鏡面とその性能値について表 3 に示す。なお、再帰反射体を使用する鏡面は、Miro-Sun(alanod 製、weatherproof reflective 90)を想定する。その反射特性は図 16 に示す。

4.2有効反射量の定義

再帰反射体の日射反射性能評価について、各ケースを比較するための評価指標として有効反射量を定義する。

建物壁面に設置した再帰反射体による日射反射を用いることの狙いとしては、日射を他の建物等に影響がない再帰方向へ反射することが挙げられる。また再帰方向でなくても再帰反射体により天頂付近へ反射した日射は、他の建物などへの影響を与えず有効な反射と言える。よって本研究では、再帰反射体による反射光の内、太陽の入射方向の $\pm 10^\circ$ 以内の反射量、天頂角 39° 以内の反射量の合計を有効反射量と定義する(図 17)。

太陽入射方向の領域の決定に関して、赤坂らの研究

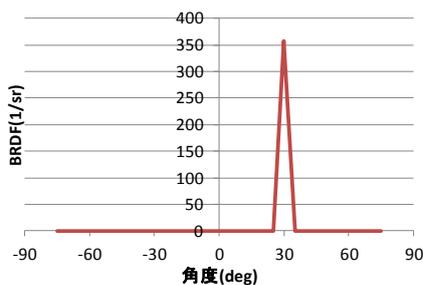


図 16 Miro-Sun の反射特性

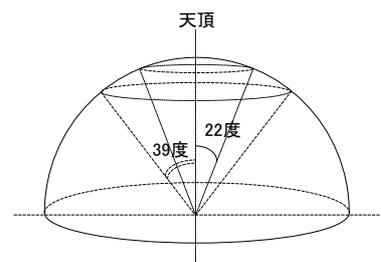


図 17 有効反射の領域図(天頂角 39°)

において、太陽近傍には準直達日射とも呼ぶべき高輝度天空領域があるとされている。研究結果によれば、太陽位置からの角距離 10 度以内に直達日射の 51% が含まれるので、本研究で取り扱う反射についてもその高輝度領域である 10 度以内とした。

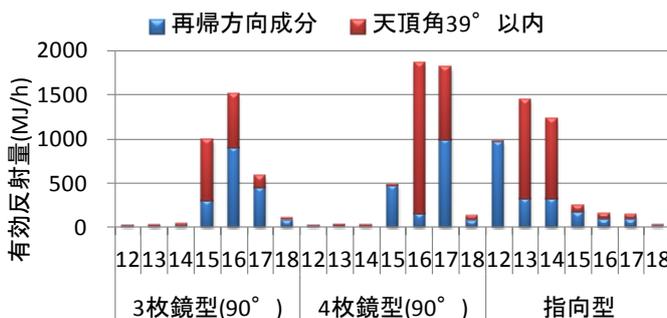
天頂角の設定は、建築基準法による隣地斜線制限の角度を参考に決定した。

4.3計算結果の考察

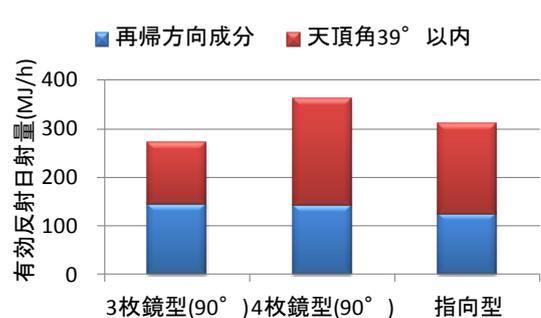
各ケースにおいて各時刻の有効反射量を算出した(図 18(i))。この結果から、南向き壁面への入射日射の割合が高い時刻(12時~14時)に指向型、西向き壁面への入射日射の割合が高い時刻(15時~18時)に三枚鏡型(傾斜角 90°)と四枚鏡型(傾斜角 90°)の有効反射量が多くなった。このことから、南面には指向型、西面(東面)には三枚鏡型(傾斜角 90°)、もしくは四枚鏡型(傾斜角 90°)適していることが分かった。南面に入射する時刻では太陽高度が高く、反射体への入射角が大きいため、再帰反射体(三枚鏡型、四枚鏡型)では再帰反射が起きないが、指向型では 1 回反射により、有効反射領域への反射が起きている。西面に入射する時刻では、太陽高度が低く、反射体への入射角が小さい。したがって、再帰反射体(三枚鏡型、四枚鏡型)において再帰反射が起きる。一方、指向型では上方への反射が起きなくなる。

表 3 日射反射計算の設定条件

	再帰反射体の形状	設置条件
ケース 1	三枚鏡型	傾斜角 90°
ケース 2	四枚鏡型	
ケース 3	指向型	—
使用する鏡面 : Miro-Sun(kd : 0.71, ks : 0.07, n : 3137)		



(i) 各ケースにおける時刻毎の有効反射量



(ii) 日平均の各条件における有効反射量

図 18 各ケースにおける有効反射量の算出結果

5.夏季、冬季における再帰反射体の性能評価

前章まで8月という夏季の1代表月のみで再帰反射体によるヒートアイランド抑制効果を考察した。この章では、夏季を7~9月の3カ月とし、夏季全体でのヒートアイランド抑制に対する再帰反射体の性能評価を行う。

また冬季では、夏季に比べ太陽高度が低くなり、反射性状は夏季と大きく異なると予想される。冬季では、ヒートアイランド抑制より、障害光の発生がどの程度となるかが問題となろう。したがって、夏季を7~9月の平均値、冬季を1月とし、夏季と冬季の日射反射量の比較から冬季の障害光に関して考察する。なお障害光には、反射した日射の熱エネルギーが他の建物へ影響を与えるという熱的観点と、反射した方向へグレアが生じるという視覚的観点があるが、ここでは前者について考察する。

5.1夏季における計算結果の考察

夏季における再帰反射体による日射反射性能評価を行う。再帰反射体による日射反射に求められる効果として建物壁面での熱吸収の削減、都市での熱吸収の削減の2つが挙げられる。しかし、前述の考察により建物壁面の日射反射において再帰反射体以外での日射反射性状においても、建物壁面での熱吸収の削減は可能であることが分かり、再帰反射体特有の性能とは言えない。よって、ここでは再帰反射体の日射反射で優れた点である都市での熱吸収の削減の点で考察する。

Gridモデルの天空面での吸収量を都市での熱吸収の削減量とし、各月の各時刻における結果とそれぞれの日平均を算出した(図19)。図19から、12~16時には9月、16~18時までは7月の値が最大となり、8月は夏季全体の平均値とほぼ同じ値となった。また、夏季の天空への日射反射量の日平均値は約954MJ/hとなり、各月の日平均値もほぼその値となった。

このことから、夏季の各月によって日射反射量のピークが出る時刻は異なるが、日平均値はどの月もほぼ同じ値となるため、夏季全体では同程度の反射性能を維持していると考えられる。

5.2冬季と夏季の比較

建物壁面に設置された再帰反射体により日射が天空方

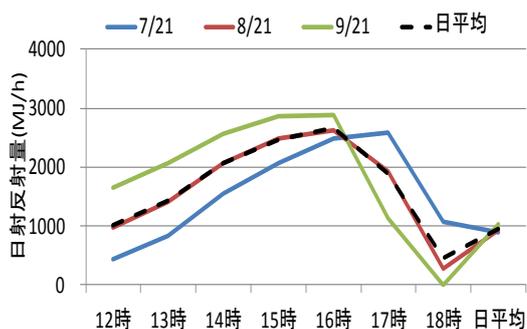


図19 夏季における天空への日射反射量

面へ反射されれば、他の建物や地面への障害光となる日射反射の影響が少なくなると言える。そこで、再帰反射体を設置した建物壁面により天空方面へ反射される日射量について、夏季との結果を比較し、冬季における障害光に関して考察する。

夏季と冬季の天空方面への日射反射量を算出した結果を図20に示す。この結果から、日射反射量を見ると夏季よりも冬季の方が大きくなっており、入射日射量に対する反射日射量の割合を見ても、冬季の値の方が大きくなっている。このことから、熱的観点での障害光については、夏季に比べて冬季では少なくなっていると言える。

6.まとめ

- (1) 街路形状モデルを使用した日射反射計算に修正 Phong モデルを組み込み、鏡面の反射特性を加味した日射反射体の計算手法として拡張した。
- (2) 建物壁面の日射反射において、再帰反射体による日射反射では他の反射性状に比べて、壁面での日射吸収量が増加すること、都市内での熱の吸収量を削減出来ることを示した。
- (3) 建物壁面に設置する再帰反射体の形状、傾斜角に関するケーススタディにより、太陽高度の変化による再帰反射体の各形状、設置角度における反射特性の特徴を示した。
- (4) 四枚鏡型(傾斜角 90° 設置)について、夏季(7~9月)における日射反射性能評価を行いその結果を示した。また冬季(1月)における障害光の影響の考察も行い、その結果を示した。

<参考文献>

- 1) 酒井 憲司, 西岡 真稔, 井上 智:再帰反射システムの利用による街区におけるヒートアイランド対策の効果に関する考察, アーバンインフラ・テクノロジー推進会議 第19回技術研究発表論文集 pp53-56,2007.11
- 2) 西岡 真稔, 酒井 憲司, 石川 主税, 大山 能永, 大黒 雅之, 内池 智広, 生天 目泰, 久保田 浩, 佐々木 晴夫:ヒートアイランド対策を目的とした「反射方向制御外壁」の開発ーその4 反射タイル試作品の二方向反射率ー, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), pp649,650, 2011.8
- 3) 奥田 彩奈:指向性反射体の性能評価に関する研究ー平面材の反射特性測定と複合反射体の数値シミュレーションー,大阪市立大学工学部環境都市工学科 2011年度卒業論文,2012.2



図20 夏季、冬季における天空への日射反射量

質疑

1. 梗概の表 2 における完全鏡面の Phong のパラメータ n が 0 となっているのはなぜか. 完全鏡面反射では, n の値は無限大となるはずだが・・・(環境図形科学 鈴木准教授)
2. 図 15 の各反射性状別の天空への日射反射量において, 拡散反射と再帰反射にあまり差がないように見える. もっとあると思ったがその点についてはどうか. (環境図形科学 鈴木准教授)
3. 実街路として Grid モデルを使用しているが, 実街路の計算において考慮しなければならない点はないのか. (地域環境計画 鍋島准教授)

回答

1. 本研究では完全鏡面反射には, 修正 Phong モデルを使用しておらず, 反射角=入射角となるように反射方向を決定した. そのため Phong のパラメータは使用していないため, 「0」ではなく「-」とするべきであった. その点を修正して梗概を提出する.
2. 拡散反射と再帰反射で天空方面への反射量の差が小さかった原因として, 再帰反射では壁面での日射吸収量が他の反射性状と比較して増加すること, Grid モデルの四方の壁面を全て反射面としたこと, の 2 つが影響していると考えられる.
再帰反射では壁面での他の反射性状と比較して建物での吸収量が増加するため, 日射が建物壁面に入射し反射される日射量自体が減少してしまう. さらに, 本研究では Grid モデルの四壁面全てを反射面としたため, 壁面での反射日射が他の壁面へ入射した際, さらに反射が起こる. その際もまた, 再帰反射では反射量が他の反射性状よりも減少してしまう. このことの繰り返しにより, 再帰反射による反射量自体が小さくなると考えられ, そのため完全拡散反射と比較してあまり差が生まれなかったと想定出来る.
3. 本研究では南北道路, 東西道路である御堂筋, 長堀通りが交差した街路を対象としたため建物壁面がそれぞれ東西南北方向を向いた Grid モデルを作成した. 東西, 南北方向を向いていない他の実街路においても, その壁面の方位を合わせて作成すれば, 街路形状を Grid モデルで模擬できる. しかし, 壁面の方位が変わると, 設置する再帰反射体の方位も変わり, 各時刻の再帰反射体への日射の入射角が変化する. 再帰反射体の反射性能に日射の入射角が大きな影響を与えるため, もし東西, 南北以外の方向を向いた街路を対象として Grid モデルを作成し日射反射計算を行った場合, 本研究の結果とは違う結果が生まれると考えられる. そのため, 本研究の結果は, 東西, 南北方向の街路でのみで言える結果と考えられる.
よって Grid モデルを使用した実街路における再帰反射体の日射反射性能評価は, 対象とする街路方向ごとに計算を行う必要がある.