

# 日射遮蔽による屋外暑熱環境の緩和に関する研究

## その2 フラクタル形状日除けの表面温度特性の形状依存に関する実験

フラクタル日除け 日射遮蔽 表面温度 形状

正会員 ○三坂 育正\*<sup>1</sup> 正会員 成田 健一\*<sup>1</sup>  
正会員 蝦名 聖二\*<sup>2</sup>

### 1. はじめに

屋外の温熱環境の改善には、日射の遮蔽を中心とした放射環境の改善が重要であり、日射遮蔽方法の一つとして日除けが挙げられる。一般に日除けは日差しを防ぐが、日除け自体の温度が上がり、赤外放射の影響で温熱環境を悪化させる懸念がある。日除け自体の温度上昇を抑えるもの一つとしてフラクタル日除けが提案されている。フラクタル日除けは、夏季には高い日射遮蔽率を有し、さらに放熱効果が高く、周囲の気温に対して日除け自体の温度が極端に上がらないのが特徴とされる<sup>1)</sup>。

そこで本研究は、フラクタル日除けの表面温度の上昇が抑制される特徴・原理を明らかにすることを目的とし、フラクタル日除けの形状と表面温度の関係について、試験体を用いた実験により検討する。

### 2. 実験

#### 2-1 実験概要

市販のフラクタル日除けをもとに、0.3mm厚のアルミ板で6種類の形状を白と黒の塗料で着色した12種類の試験体を作成した。図-1に示す様に、埼玉県宮代町の6階建て建物屋上面から1mの高さに試験体を設置して実験を行った。試験体の裏面には0.3mmφのT型熱電対を取り付け、表面温度を測定した。気象条件として、日射量・大気放射量、気温・湿度、風向・風速を併せて測定した。

#### 2-2 試験体

試験体は各色で6種類とし、市販のフラクタル日除けと分割数が同じものを④とし、1つ分割数を減らしたものを③、さらに1つ減らしたものを②として、分割していないものを①とした。またフラクタル形状ではないが、分割した面積が③と等しくなるよう工夫した独自の形状を⑤⑥とした。⑤は③と等しい分割面を山折りし、⑥は半円状の分割面を山折りまたは谷折りした。白色の試験体の形状写真を図-2に示す。写真中の●○が表面温度測定点である。

#### 2-3 実験期間と気象状況

測定期間は11月17日～31日である。測定期間から20日(晴天弱風)、21日(晴天強風)を抽出して解析を行った11月20～21日の気象状況を図-3に示す。

### 3. 実験結果

#### 3-1 表面温度

図-4～6は、各形状で重み付け平均表面温度(同等の分割面の面積の比率で重み付けした平均温度)を算出し、気温を引いたものがある。図4-と5を比較すると、同じ気象条件

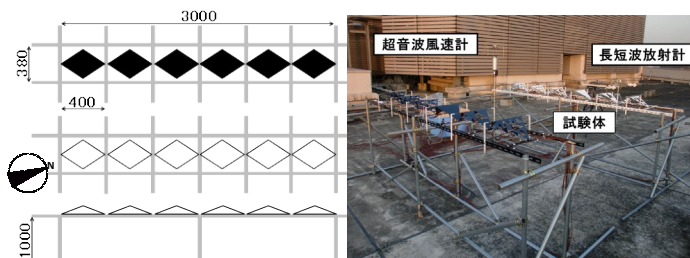


図-1 試験体実験状況(平面図・立面図・写真)

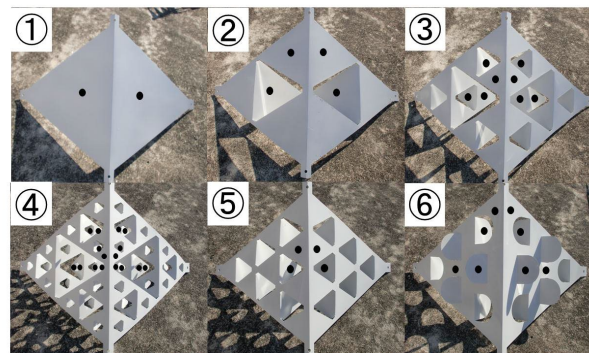


図-2 試験体の形状(○・●熱電対貼り付け箇所)

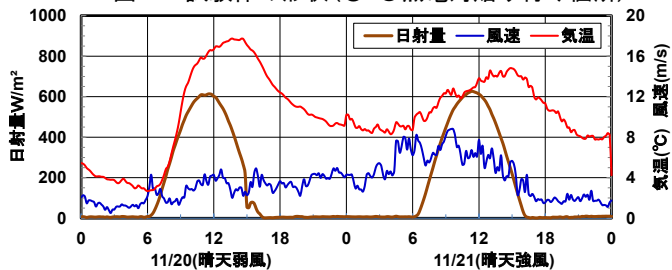


図-3 解析対象日の気象状況

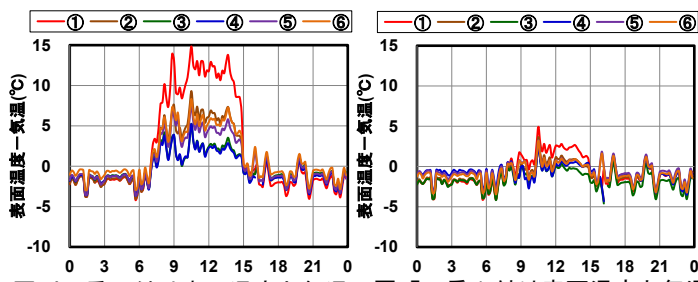


図-4 重み付け表面温度と気温との差(11月20日:黒) 図-5 重み付け表面温度と気温との差(11月20日:白)

においても、白色の日中の最高の表面温度は黒に比べて10℃近く低く、白色と気温との差は小さくなった。白色は各形状の温度変化の違いが小さいため、以降の形状依存性については黒色による比較を行うこととする。

形状の違いに着目すると、図-4より日中は①の温度が最も高く、次いで②⑥⑤となり、③④は最も低くほぼ同じ温度となっている。①の気温との差は10℃以上高くなった。

③④については2~3℃程度しか高くなっておらず、分割数が増えたことによる表面温度上昇の抑制効果が確認できる。独自形状の⑤⑥は、分割面積の等しい③程ではないが、①に比べると温度が低く維持されており、形状を変えた効果が見られた。図-4と6を比較すると、強風時(図-6)においては、日射量がほぼ同等でも、弱風時に比べると表面温度は全体的に低くなってることが分かる。なお、夜間は風の強弱が逆になったため、表面温度の上がり方も逆になっている。

図-7は、分割なしの①に相当する各形状の折り込まれていない面(図-2の○印)の表面温度の経時変化を示したものである。同じ面の温度でも分割数、形状の変化により温度が低下していることが確認できる。

### 3-2 熱画像による表面温度分布

熱電対は点による測定なので、面で測定として赤外線放射カメラを用いて表面温度分布の測定を行った。放射率の関係で表面温度の直接測定が難しかったため、フラクタル日除けに1mm厚のろ紙を貼り、さらに風による蒸発のしやすさを見る目的で、水で濡らした状態で測定した。測定は12月19日に行い、試験体①②④⑤の結果を図-6に示す。

試験体①②④の表面温度分布を比較してみると、蒸発が盛んな部分は蒸発冷却で低温となっており、分割していくことにより全体に温度の低下が確認できる。これは図-4や7の結果とも一致している。①では破線の同一面内で最大約2℃の違いが見られ、他の試験体の面でも2℃程度の温度差が生じている。⑥の半円状分割面の縁辺部は、特に温度低下が大きくなっている。すべての形状に関して、同じ面の中でも熱伝達率が大きく、放熱効果が高い折り目付近は、温度が低下が顕著であることが分かる。

### 3-3 表面对流熱伝達特性

形状の違いによる放熱効果を評価するため、各試験体の表面对流熱伝達率の算出を試みた。算出に当たっては、熱収支・放射収支式(1)を用いた。

$$Rn = (1-a) \times S \downarrow + L \downarrow - \varepsilon \sigma T_s^4 = H + IE + G \quad (1)$$

ここで、日射量  $S \downarrow$  および大気放射量  $L \downarrow (W/m^2)$ 、表面温度  $T_s(K)$  は測定値を用い、潜熱  $IE$ 、伝導熱  $G(W/m^2)$  については  $IE=G=0$  と仮定し、日射反射率  $a$ 、放射率  $\varepsilon$  については別途測定した値 ( $a=0.05, \varepsilon=0.81$ ) を用いて、顕熱  $H(W/m^2)$  を算出した。得られた顕熱  $H$  と表面温度  $T_s$ 、気温  $T_a(K)$  から(2)式より表面对流熱伝達率  $\alpha (W/m^2 \cdot K)$  を算出した。

$$\alpha = H / (T_s - T_a) \quad (2)$$

算出した①②④⑤の表面对流熱伝達率  $\alpha$  と風速  $u(m/s)$  との関係を図-9に示す。図より、分割なしの①と比べ、分割の大きくなるにつれて表面对流熱伝達率が大きくなる傾向が見られ、分割することで対流による放熱効果が大きくなることを確認できる。今後は、精度を上げた詳細な測定が必要である。

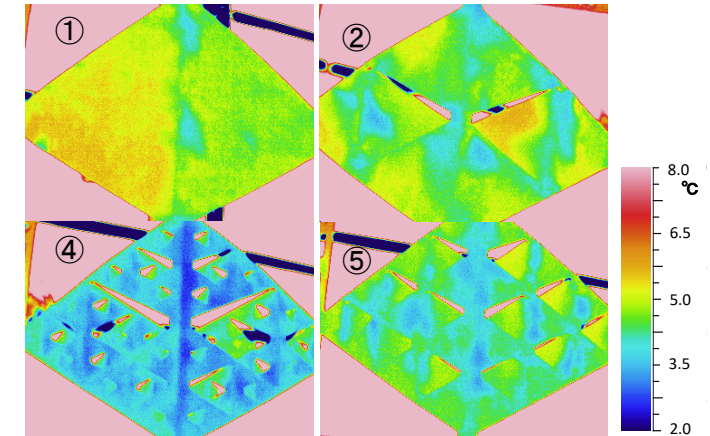
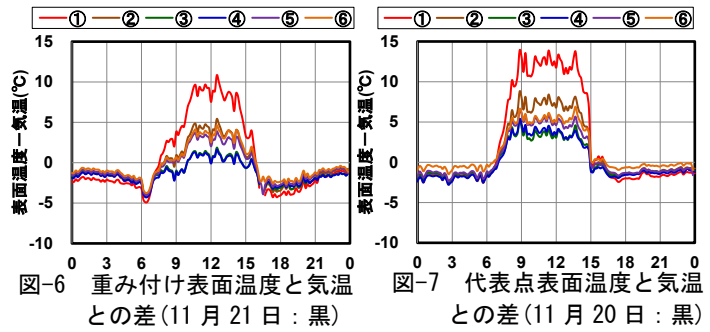


図-8 表面温度分布の測定結果(12月19日16時)

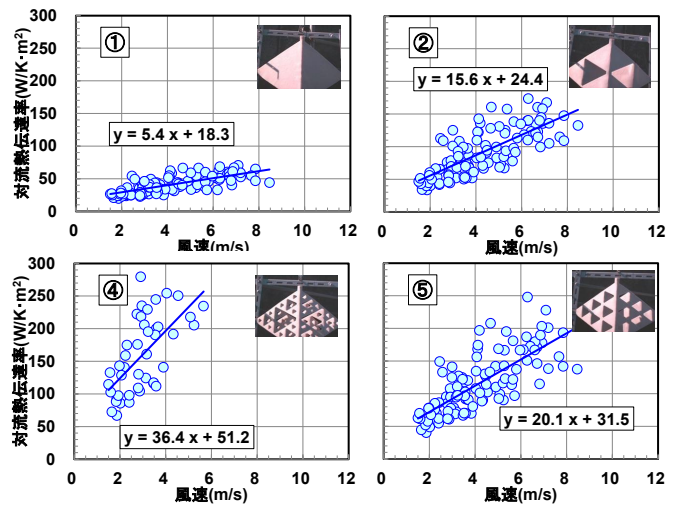


図-9 表面熱伝達率の算出結果

## 5. まとめ

試験体を用いた実験から、フラクタル形状にすることにより、表面温度の上昇を抑制する効果が確認できた。形状の特徴から熱伝達の大きな部分が生まれ、全体の表面对流熱伝達率を高めていることが確認できた。

[謝辞] 本研究の遂行に当たり、京都大学大学院人間環境学研究所 酒井敏教授、愛知教育大学保健環境センター 中村美紀研究員に多大なご協力を賜りました。ここに感謝の意を表します。

[引用・参考文献]

- 1) 酒井敏ら；フラクタル日除けの基本原理解 都市表面の形状と表面温度について、日本建築学会学術講演梗概集(東海)、pp. 581-582、2012年9月

\*1 日本工業大学 教授 博士(工学)  
\*2 日本工業大学 大学院

\*1 Prof., Nippon Institute of Technology, Dr. Eng.  
\*2 Graduate Student, Nippon Institute of Technology