

対象物の放射率の違いを考慮した都市域の熱環境調査

長崎大学工学部 正会員 後藤 恵之輔 長崎大学大学院 学生員 ○永尾 謙二
同 上 正会員 全 炳徳 長崎大学工学部 学生員 中村 晋一

1. はじめに

最近、都市部での温暖化が問題となっている。熱赤外線カメラによる都市域のより正確な温暖化現象を観測するためには、熱赤外線カメラが捉えた様々な対象物における放射率と放射温度、実際の温度との違いを調査する必要がある。2次元センサーを持つ熱赤外線カメラは、ある一つの物体の温度が知りたい場合、その物体の放射率に合わせて撮影することが前提となっている。従って、放射率の異なる物体が同一画像で同時に撮影される場合には、それぞれの正しい温度を感知することはできない。

本研究では、感知した温度(放射温度)と提案された経験公式を使い、正しい温度を求める方法により、広い地域を撮影した画像から様々な物体の実際の温度を求め、放射率と放射温度との関係について調査した。

2. 放射率の定義と調査方法

熱赤外線カメラは、物体表面から放射される赤外線エネルギーを検知することにより、物体表面の温度を表示するものである。物体表面の温度が高いほど、放射される赤外線エネルギーは多くなる。しかし、同じ温度の物体でもその材質、表面状態等により放射エネルギーの量は異なる。この放射の程度を表すものが放射率である。このため、真の温度を知ろうとする場合は、常に放射率補正をする必要がある。

本研究では、これらの基礎データを得るために、1997年10月7日の午前11時頃、稲佐山から長崎市内の2か所(長崎駅付近と長崎市大波止ターミナル付近)を熱赤外線カメラで撮影し、放射率と温度との関係を調べた。撮影時の放射率は $\varepsilon = 0.6 \sim 1.0$ まで0.1間隔であった。

3. 放射率補正の方法

本研究で用いた放射率補正の手順は次のようである。

- ① リニアライザ特性より、温度に対する赤外エネルギー値 $f(T_i)$ 、 $f(T_a)$ を求め、熱赤外線センサーの温度校正データを元に、周囲温度(T_a)と測定時の指示温度(T_i)を赤外エネルギー値に変換する。
- ② 変換された赤外エネルギー値と真放射率(ε_0)、測定時の放射率(ε_1)より、真の赤外エネルギー値 $f(T_0)$ を算出する。

$$f(T_0) = \varepsilon_1 / \varepsilon_0 \cdot \{f(T_i) - f(T_a)\} + f(T_a)$$

- ③ $f(T_0)$ を温度に変換すれば、目的温度(真の温度)を得ることができる。

4. 結果と考察

図-1から伺えるように、道路と屋根、広場は、放射率が $\varepsilon = 0.6$ 、 $\varepsilon = 0.7$ の順に大きくなっていくにつれて、放射温度は下がっている。しかし、屋根(プラスチック)、壁、川や海(水)、植生は逆に、放射率が大きくなるに従い、放射温度は上がっている。これは周囲の気温よりも対象物の実際の温度が高い場合、放射率が大きくなっていくにつれて放射温度は下がっていき、周囲の温度よりも対象物の実際の温度が低い場合には、その逆になるということが表われている。撮影時の気温は20.7℃(長崎海洋気象台発表)であったが、これは日陰の気温であり、日向にある対象物の温度は、実際の周囲の気温よりも高い2.5℃前後ではないかと推測される。また、同じアスファルトでも道路のほうが広場よりも低くなっているのは、道路は自動車などの交通状況に影響されるが、広場はあまり影響されないためであると思われる。壁の温度があまり高くないのは、ほとんどの壁が撮影している方に向いているもので、太陽の直射日光の影響を受けていないからであると思われる。対象物の実際の温度を見れば、図-1、図-2とも広場(アスファルト)が一番高く、次いで屋根(コンクリート)の順になっている。逆に、温度が一番低いのは川や海の水であり、植生(樹木)

も低く観測されている。

表－１ 長崎駅付近の対象物における放射温度と真の温度

対象物	温度 (°C)					
	$\epsilon=0.6$	$\epsilon=0.7$	$\epsilon=0.8$	$\epsilon=0.9$	$\epsilon=1.0$	T_0
道路 (アスファルト)	27.3	26.1	25.9	26.0	26.3	26.3
屋根 (コンクリート)	31.9	30.0	29.3	29.3	29.1	29.1
屋根 (スレート)	31.3	29.2	28.3	27.6	27.3	27.5
屋根 (プラスチック)	18.3	18.8	20.7	21.0	22.7	22.7
壁 (コンクリート)	17.3	18.7	19.8	20.8	21.6	20.9
壁 (タイル)	18.0	19.6	20.2	21.4	22.2	22.4
広場 (アスファルト)	32.9	31.1	30.2	30.1	30.0	29.4
広場 (タイル)	30.1	28.7	27.6	27.7	27.4	27.4
川 (水)	12.4	14.1	15.6	17.4	18.6	17.5
植生 (樹木)	16.6	18.8	19.9	21.2	22.3	19.3

表－２ 長崎市大波止ターミナル付近の対象物における放射温度と真の温度

対象物	温度 (°C)					
	$\epsilon=0.6$	$\epsilon=0.7$	$\epsilon=0.8$	$\epsilon=0.9$	$\epsilon=1.0$	T_0
道路 (アスファルト)	25.3	25.9	25.7	25.5	25.6	25.6
屋根 (コンクリート)	30.3	30.2	30.3	29.3	28.2	28.1
屋根 (瓦)	17.8	19.6	20.7	21.1	21.3	21.3
屋根 (プラスチック)	17.8	19.1	20.0	20.7	21.3	21.3
屋根 (スレート)	30.1	30.6	29.5	27.9	27.1	27.8
壁 (コンクリート)	19.4	20.6	21.4	21.9	22.3	22.0
壁 (タイル)	19.0	20.3	21.1	21.7	22.3	22.3
広場 (アスファルト)	32.7	32.4	31.3	30.0	29.6	29.6
広場 (砂利)	20.8	21.8	22.6	22.7	22.9	22.9
海 (水)	15.2	17.2	18.2	19.3	20.1	19.4
植生 (樹木)	20.7	21.8	22.2	22.6	22.4	22.0
その他 (アルミ)	21.6	22.6	23.2	23.5	23.7	22.8

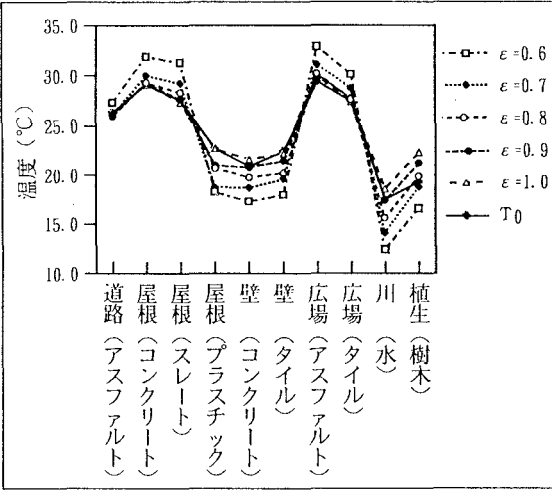


図-1 長崎駅付近の対象物における放射温度と真の温度との関係

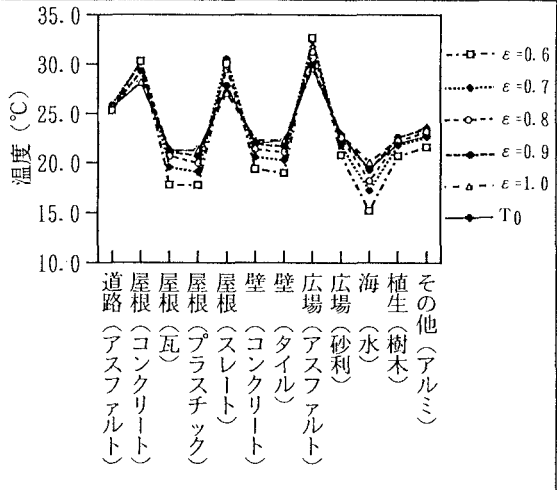


図-2 長崎市大波止ターミナル付近の対象物における放射温度と真の温度との関係

表－３ 観測日 (1997年10月7日) の気象条件

天気	晴れ	最低気温	17.0°C	日照時間	9.4時間
平均気温	19.5°C	11時の気温	20.7°C	平均風速	2.2m/s
最高気温	22.4°C	観測場所の気温	20.5°C	平均湿度	66.0%

5. まとめ

本研究の結果を見れば分かるように、いくつかの対象物に対して放射率を変えると放射温度に大きな差が見られる。特に川や海 (水) は、5℃くらいの差が出ている。これらの対象物 (川や海 (水)) などは、正確な温度を測定するために、きちんと放射率を合わせる必要がある。また、緑地や川などは、温度を下げるのに有効であることが分かる。都市域などの場合は、もうすでに超過密状態となっており緑地を設置するスペースなどがほとんどない。しかし、都市域の温暖化防止のために、例えば道路沿いに街路樹を植えたり、建物の屋上を利用したり、ヨーロッパのように建物の垂直面を用いて緑化することは可能である。また、車道と平行して、保湿性のある砂利道を舗道または自転車道として確保するなど、工夫次第でかなり効果が期待できると思われる。

6. 今後の課題

本研究の結果を受けて、今後、放射率の違いを土地被覆分類結果にあてはめることにより、正確な都市域の熱環境調査を行うのが課題の一つである。