

(Ⅳ-16) 河川の熱赤外リモートセンシング (小櫃川)

T.I.R. Remote Sensing of Obitsu River

日 本 大 学 正 員 ○ 岩 下 圭 之

〃 〃 藤 井 寿 生

〃 〃 工 藤 勝 輝

木更津工業高等専門学校 〃 大 木 正 喜

1 . 緒 言

近年、人工衛星および航空機データに代表されるリモートセンシング技術が重要な計測方法の一つとして確立しつつある。なかでも、熱赤外センサによるリモートセンシング解析例は各分野で頻繁に報告されている。そもそも熱エネルギーとは物質を構成する粒子のランダムな運動による運動エネルギーであり、その物質中の熱エネルギーは電磁波の放射を伴い放射エネルギーに変化し、放射エネルギー量は『温度』という形で測定することができる。本研究は熱赤外センサを利用した環境モニタリングの一環として、地上に設置された熱赤外センサによる熱映像が河川の流況をどのように捉えるかを把握するための基礎的実験報告である。また、周辺環境の影響また観測方法の違いに留意し、それに伴うみせかけの温度を評価することによる正しい河川の表面温度分布へ補正するアプローチとした。

2 . 観測の概況

観測対象河川として、清澄山系に源を発して木更津市北部を流下し、東京湾に注ぐ小櫃川を選定した。観測箇所は、流路の中流部に位置している富川橋(川幅:約80m)とした。なお、観測当日の天候は晴天時々曇天、平均外気温10℃また平均水温9.8℃であった。

[2-1.観測に使用した熱赤外センサ]

物体表面温度測定に用いる熱赤外センサの応答波長域の選択は、赤外線最大の放射を示す波長と黒体の絶対温度との関係を示す『Wienの偏位則』によって定義される波長領域によって決まる。すなわち、平均水温が10℃前後の河川表面温度を測定しようとする、前記の『Wienの偏位則』により算定された波長領域は $\lambda = 2.898/273+9.8$ より、 10.2μ となり、この波長領域に応答が可能な熱赤外センサを用いる必要がある。したがって、本研究にて使用したAGA社サーモヴィジョン782型の許容応答波長域(遠赤外領域: $8.0\mu \sim 12.0\mu$)を満足する。なおセンサのキャリブレーションの設定は同器に指定された基準に従った。

[2-2.測 定 方 法]

熱赤外センサを水面上約10mの橋梁上に設置し(図-1参照)、河川表面を下に見て流路方向を俯瞰する状態で河川表面温度を測定した。次に、橋梁上のセンサに付随するモニターに映し出される河川表面温度の境界に留意しながら、流路縦断方向に5箇所の測定点(図-1:No.5~No.9)を設定し、各測定点の表面温度を熱赤外センサおよび放射温度計により同地点の実測温も測定する。また、センサから測定点までの距離および観測俯角の測定にはNIKON社トータルステーションDTM-1を使用した。

3 . 解 析 結 果

[3-1.測定結果]

写真-1は熱赤外センサにより観測された河川の表面温度分布画像を示す。この画像を流路方向に見ると温度分布が波紋状になっている。表-1に、各測定点までの観測距離、入射角ならびに各温度データを示す。ここで熱赤外センサに記録された温度を実測温と比較してみると、遠地点で約5℃、近地点で1℃の温度差が認められる。これら各測定点に

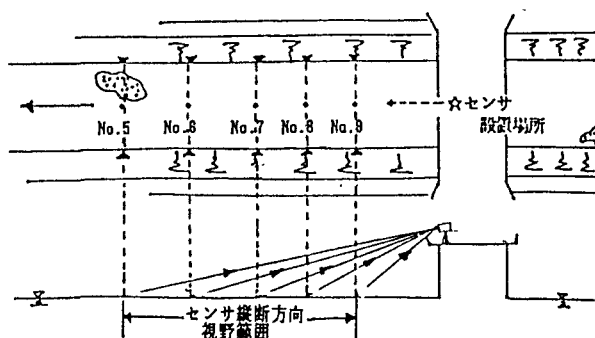


図-1 観測地点の概況図 (小櫃川:富川橋)

おける両者の温度差は入射角の違によって大きく左右され、ならびにセンサから測定点までの距離の違いによる大気効果を受けているものと考えられるが、本研究のように100m前後の距離においては、観測距離の違いに伴う大気効果による放射の減衰は無視してもさしつかえない。

「3-2.入射角の違いによる影響」

測定対象物に対してある角度をもって観測を行うと、当然のことながら周辺環境より望ましくない放射もセンサに記録される。一般に水面の反射率は Fresnelの法則によって、

(1)式で表される。

$$r = 1/2 \left\{ \frac{\tan^2(i-j)}{\tan^2(i+j)} + \frac{\sin^2(i-j)}{\sin^2(i+j)} \right\} \dots\dots(1)$$

ここに、
r:水面の反射率 i:入射角 j:屈折角($\sin j = \sin i / 1.33$)

(1)式に基き、Fresnel反射と鏡面反射の関係を導くことができることから、これを熱赤外線について表すと、(2)式のようになる。

$$T_w^* = (R - \rho \cdot R_a) / \epsilon \cdot \sigma \dots\dots\dots(2)$$

ここに、 T_w : 水温(°K), ϵ : 放射率(0.98)
 σ : Stefan-Boltzmann定数

R: 熱センサに入る放射

R_a : 周辺環境の放射, ρ :Fresnel反射率
これより、任意の測定点における水面そのものの熱放射と周辺環境の熱放射、ならびに入射角との関係は表-2のように算定された。これは、例えば入射角(=観測天低角)85°で水面の温度を測定すると、水面熱放射が40%周辺環境の熱放射が60%となっていることを示している。これが、いわゆるみせかけの温度ということになる。写真3 aは熱センサが捉えた任意の範囲の補正前の熱分布を、また写真-3 bは式-2に基ずき、これらみせかけの温度を補正した結果を、それぞれ画像出力したものを示している。

4 . 考 察

表-2をみると、入射角が70°以上になると周辺環境の温度を示す割合が大きくなってくる。本研究は平水面に対する温度補正を行ったが、実際の水面においては、状態によって、その補正法にもパラメーターが増えてくることが考えられる。今後、種々の状況において観測を行い、その手法の精度検証を継続していく予定である。

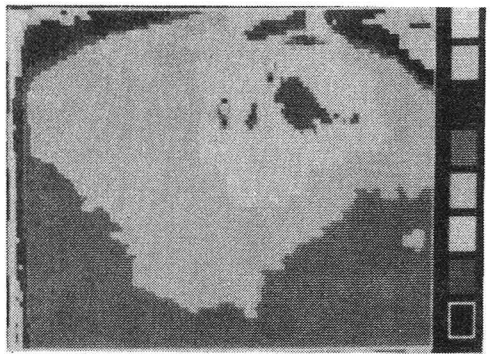


写真-1 熱センサが捉えた温度分布

表-1 観 測 デ ー タ

測定横断線		No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
距離 m		135 m	95	65	45	30
入射角 °		85 °	83	80	75	70
実測水温 °C		9.9	9.7	9.6	10.0	9.8
実測気温 °C		10.0	9.8	10.0	10.1	10.0
水温 °C	熱・セ	4.3	5.2	6.6	7.1	8.3
	放・温	9.3	9.3	9.2	9.3	9.3

表-2 水面熱放射率と周辺環境熱放射率との割合

入射角	周辺熱放射率	水面熱放射率	入射角	周辺熱放射率	水面熱放射率
85°	58.5%	41.5%	70°	13.2%	86.8%
83°	44.7%	55.3%	60°	6.2%	93.8%
80°	35.2%	64.8%	50°	2.2%	97.8%
75°	28.7%	71.3%	40°	1.7%	98.3%



写真3-a 補正前

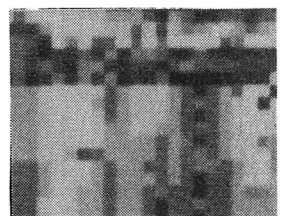


写真3-b 補正後