



第4章 水分や金属などを離れたところから測定/検出! 侵入者や路面監視にも応用が広がる!

小型マイクロ波/ミリ波放射計の動作原理と観測例

田中 聖隆
Kiyotaka Tanaka

1 マイクロ波/ミリ波放射計とは

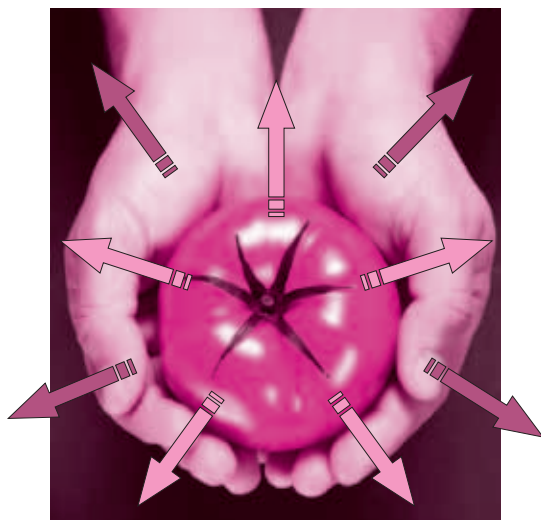
■ 概要

マイクロ波/ミリ波放射計は、観測対象物からの微弱な電磁波(マイクロ波帯またはミリ波帯)の放射エネルギーを受信する高感度の受信機です。

写真1に示すように、あらゆる物体は電磁波を放射しており、放射される電磁波はいろいろな周波数の電磁波が放射されています。

マイクロ波/ミリ波放射計は、ある周波数帯域の電磁波を受信して、受信した電磁波の電力から物体の輝度温度に換算しています。言い換えると、マイクロ波/ミリ波放射計は、物体のある周波数帯域の輝度温度を観測する装置といえます。以下に輝度温度に関して簡単に説明します。

外部から入射する熱放射などをあらゆる波長に渡っ



トマトからも、人の手からも微弱な電磁波が放射されている。放射される電磁波には、いろいろな周波数が含まれている。

〈写真1〉あらゆる物体は電磁波を放射している

て完全に吸収、また放射できる物体のことを「黒体」といいます。ある温度の黒体の表面からは、特定の電力の電磁波が放射されます。

ある温度の黒体表面から、単位面積、単位周波数帯域幅で放射される電磁波の電力を「輝度」といいます。

中心周波数 f 、周波数帯域幅 Δf における黒体の輝度 B_b は、

$$B_b = \frac{2kT_b \Delta f}{\lambda^2} \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 k : ボルツマン定数(1.38×10^{-23} [J/K]),
 T_b : 黒体の温度 [K], λ : 波長 [m], Δf : 周波数帯域幅 [Hz]

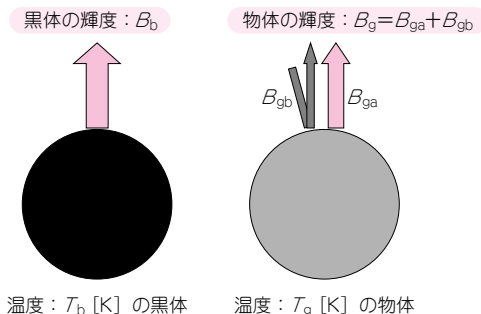
となり、黒体の温度に比例し、波長の2乗に逆比例します。

通常の物体は黒体とは異なり、完全な放射/吸収体ではありません。このため図1のように特定の周波数において、通常の物体の輝度と等しい輝度で熱放射する黒体の温度をその物体の「輝度温度」(T_b)と定義しています。

輝度温度 T_b の物体をマイクロ波/ミリ波放射計で観測した場合、入力される電磁波(マイクロ波/ミリ波)の電力 P_{KT} [W/Hz]は、

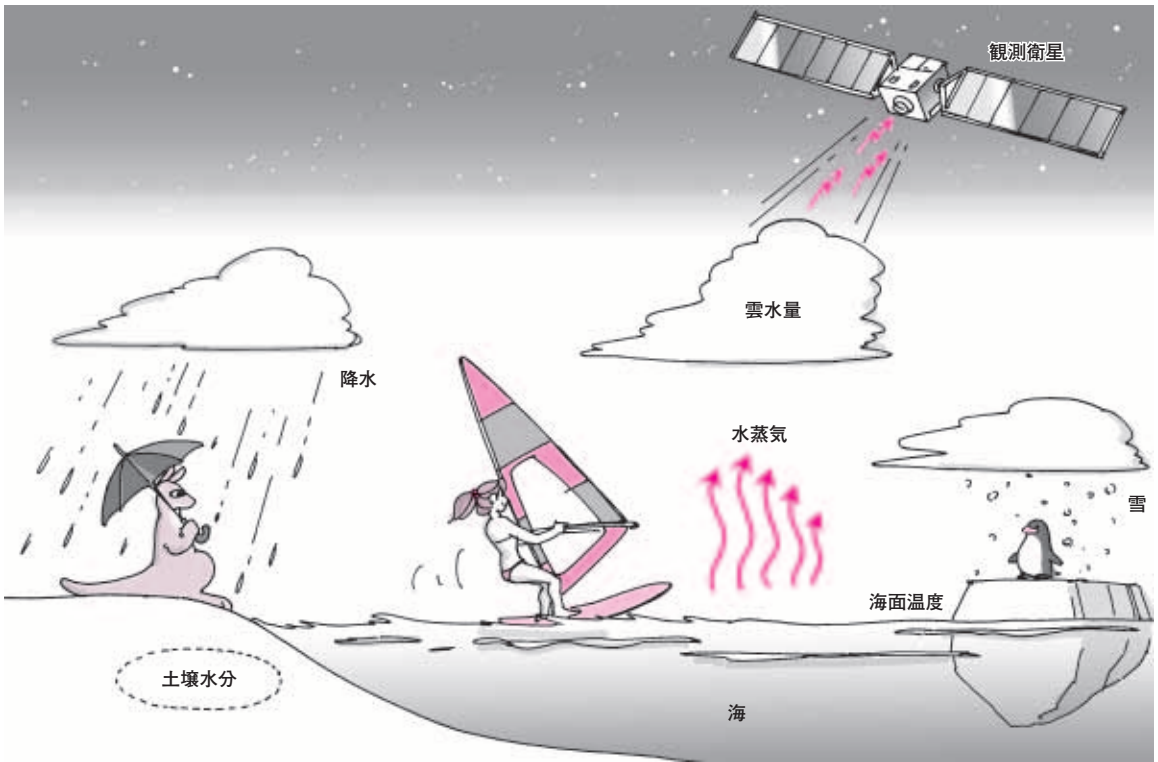
$$P_{KT} = kTB \dots\dots\dots (2)$$

P_{KT} : 電力周波数密度 [W/Hz]



$B_b = B_g$ のとき、温度 T_g [K] の物体の輝度温度は T_b [K] となる。($T_g \neq T_b$)

〈図1〉輝度温度



〈図2〉マイクロ波/ミリ波放射計の用途

となります。マイクロ波/ミリ波放射計は、受信した電力から輝度温度を算出します。

輝度温度は物質の種類および状態により変化するため、輝度温度を測定することにより、非接触で物質の種類や状態を把握することが可能であるといえます。逆に、物質の種類がわかっているならば、輝度温度から物体の実際の温度を把握することも可能です。

■ 用途

マイクロ波/ミリ波放射計は、電磁波を受信して物体の状態を観測することが可能なため、非接触(離れた位置)での観測に使われています。

特にマイクロ波/ミリ波は周波数0.3～300 GHzの電磁波であり、水の影響を受けやすいことから、人工衛星や航空機に搭載して、水蒸気、雲水量、降水、海水、土壌水分等、地球の水環境のデータ取得に多く利

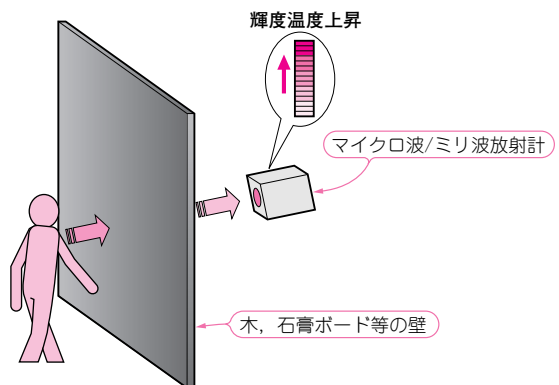
用されています。図2に概略イメージを示します。また、表1に周波数ごとの観測対象の一例を示します。

さらに図3に示すように、赤外線や可視光では観測できない遮蔽物の向こう側の物体も、遮蔽物が電波を透過する物質(木、紙、石膏ボード等)であれば、物体の状態の変化を知ることが可能です。非破壊で壁の向こう側や、閉じた箱の中、衣服の下の金属および液体の有無を判別することも可能と考えられます。

また、濃霧等の可視光、赤外線では監視が難しい状況でも、マイクロ波/ミリ波であれば電磁波は比較的透過するため、監視や観測が可能です。これらは不審

〈表1〉マイクロ波/ミリ波放射計の観測対象と適用周波数

周波数 [GHz]	観測対象
6.9	海面温度
10.65	雨、雪、海面状態
18.7	雨、海面状態、海水、水蒸気
23.8	水蒸気、水滴
36.5	雨、雪、海水、水蒸気



〈図3〉壁を透過して観測することも可能