



第9章 60 GHz帯ミリ波を利用して 遮へい物に隠れた物を見る！

電波テレビカメラの研究

九鬼 孝夫
Takao Kuki

はじめに

「電波テレビカメラ」、まったく聞き慣れない名前だと思えます。このカメラは、その名のとおり、電波を利用して被写体を撮影しようというテレビカメラです。本稿では、通信や放送の分野での情報伝送とは趣を異にした電波利用技術として、NHK放送技術研究所(技研)で進めている電波テレビカメラの研究(写真1は試作装置)を紹介します。

現在広く利用されている通常のテレビカメラは、被写体からの「光」(可視光)をとらえて映像化しています。これに対して電波テレビカメラは、通常のテレビ

カメラがとらえる「光」を「電波」に代えて被写体を撮影するものです。光も電波も同じ電磁波であることを考えれば、電波をとらえて被写体を撮影するということは、容易に類推できると思います。

従来のテレビカメラは、霧や煙の向こうのようすなど光が遮られて人の目に見えない被写体を撮影できません。ところが電波は、その波長が光に比べて何桁も長い(周波数が低い)ため、霧や煙などの遮へい物を透過しやすい性質があります。遮へい物に隠れて光では見えない被写体も、電波でなら撮影できます。

このような電波を利用した画像取得技術は、一般に「ミリ波イメージング」と呼ばれています。ミリ波は電波の中では波長が短く(ミリメートル・サイズ)、装置の小型化や取得画像の高分解能化が期待できるため、イメージングに好適な電波です。人工衛星や航空機から地表を遠隔観測するリモート・センシングや空港のセキュリティ・ゲートでの危険物検出などで、すでに実用化されていることはご承知のとおりで、ミリ波の新しい利用分野として期待されています⁽¹⁾。

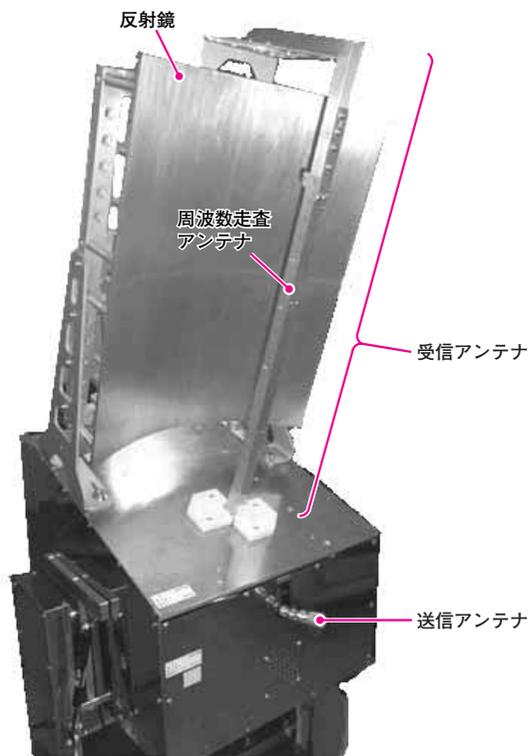
ミリ波イメージング技術の概要

■ パッシブ方式とアクティブ方式

ミリ波イメージングには、大きく分けて2種類の方式があります。一つは被写体が熱的に放射するミリ波を受信して画像を作る「パッシブ方式」、もう一つはミリ波を被写体に向けて送信(照射)し、その反射波を受信して被写体を撮影する「アクティブ方式」です⁽¹⁾。

● パッシブ方式

被写体は、一般にその温度に応じた強度で電磁波を放射(熱放射)しています。パッシブ方式は、ミリ波帯の熱放射を受信してその電力強度を測定することにより、撮影領域における各被写体間の温度差を検出して画像を作ります。被写体が人間であれば、体温と周囲の温度差を検出して、人間の形状を映像化できます。いわゆるサーモグラフィのミリ波版といえるでしょう。被写体からのミリ波を受信するだけなので、次に



〈写真1〉試作した電波テレビカメラの外観

述べるアクティブ方式に比べて、送信機がいらないなど構成が簡単になりますが、極めて微弱なミリ波を受信する必要があります。受信機の低雑音化、広帯域化、高感度化が必要となります。

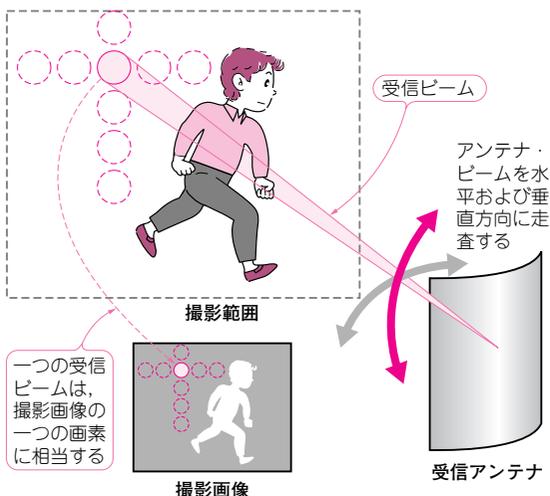
● アクティブ方式

アクティブ方式は、反射波の強度が被写体の材質や距離によって異なることを利用し、反射波の強度差を検出して映像化します。いわゆるレーダによる映像化と考えられます。ミリ波を照射するための送信機が必要となりますが、パッシブ方式のような受信機の低雑音化などの要求は緩和されます。また、得られる画像には、アクティブ方式に特有なスペックル(反射波がコヒーレントであるために生じる干渉)やグリント(被写体の形状に依存した散乱断面積の違いで生じる反射波強度のゆらぎ)といった雑音が生じ、画質劣化の原因となることがあります。

ここで紹介する電波テレビカメラは、上記二つの方式のうち、アクティブ方式を使っています。従来のテレビカメラが「照明」を照らして撮影するのと同様に、電波テレビカメラも「ミリ波」を被写体へ照射して撮影しよう、という発想です。

■ 画像を作り出すための アンテナ・ビーム走査

ミリ波イメージングを実現するための重要な技術の一つに、アンテナ・ビームの走査技術があります。ミリ波イメージングでは、一般に大きな開口を持つ受信アンテナで鋭い受信ビームを作り、**図1**に示すように、受信ビームを水平・垂直の2次元に走査し、被写体からの電波の強度を検出することにより、2次元の画像を作り出します。このとき、受信ビームのそれぞれの方向は、撮影画像のそれぞれの画素(2次元画像の構



〈図1〉アンテナ・ビームの走査によるイメージング

成要素で、走査によって画像を分解する最小の単位)の位置に相当し、受信機は被写体の画素に対応した部分だけからの電波を受信します。

アンテナ・ビームを走査する方法は、アンテナ自身の向きを機械的に動かして走査する方法(機械走査)が、最も簡単な方法です。空港や港湾でレーダのアンテナがグルグル回転しているのは、まさに機械走査そのものです。また、アンテナ素子を多数配置し、各アンテナ素子の放射強度や位相を制御してアンテナ・ビーム方向を変化させるフェーズド・アレイなどにより、電子的にビーム走査する方法(電子走査)もあります。

後述するように、電波テレビカメラは高速で走査したいという要求があります。大きなアンテナを動かす機械走査では、このような要求を満足することが難しく、電子走査を採り入れることが望まれます。テレビ開発の歴史においても、テレビカメラの走査方法は、黎明期の「ニブコー円板」による機械走査から、撮像管やCCDといった電子走査へ発展してきました⁽²⁾。電波テレビカメラでも同様の歴史をたどっているものと考えています。

電波テレビカメラの試作

■ 装置の構成

NHK 技研で試作した電波テレビカメラ装置の構成を**図2**に、装置の主な仕様を**表1**に示します。外観は前出の**写真1**を見てください。

この装置は、60 GHz帯ミリ波を使ったアクティブ方式の構成です。送信機のホーン・アンテナから広帯域ミリ波信号を被写体に向けて照射し、その反射波を受信アンテナで検出します。受信アンテナは、線状の周波数走査アンテナ⁽³⁾(詳細は後述)を1次放射器とし、被写体上に焦点を結ぶための反射鏡と組み合わせて構成しています。開口は45 cm × 45 cmで、ミリ波帯アンテナとしては非常に大きな開口といえます。

また、撮影画像の画角は、通常のテレビカメラと同程度の水平方向45°、垂直方向30°に設定しました。受信アンテナは、この画角を得るために、45°×30°という広範囲のビーム走査を行います。

■ 特徴

本電波テレビカメラの特徴は、受信アンテナのビーム走査方法にあります。受信アンテナの1次放射器には、アンテナ・ビームの方向が周波数によって変化する特性をもつ「周波数走査アンテナ」を新しく開発して利用しました。その結果、受信機で受信信号の周波数分析をすれば、周波数ごとの受信電力がそれぞれの