

# インコヒーレント照射を利用したアクティブミリ波イメージング

前田 淳朗<sup>†</sup> 佐藤 弘康<sup>‡</sup> 陳 強<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 東北大学大学院工学研究科通信工学専攻 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-05

E-mail: <sup>†</sup> maeda-a@ecei.tohoku.ac.jp, sahiro@ecei.tohoku.ac.jp, chenq@ecei.tohoku.ac.jp

**あらまし** ミリ波パッシブイメージングは背景が熱として放射しているミリ波帯熱雑音の強度に応じて画質が劣化する課題があり、これまで筆者らはミリ波照射源を用いたアクティブイメージングによる検知特性の改善について検討している。物体にミリ波を照射することで画質は大幅に改善されるが、照射方向が特定の角度のときのみ検知特性が改善されるとの課題があった。本報告では、パラボラ反射鏡と回転反射板で構成されたミリ波照射源を用いたアクティブイメージングシステムを試作し、照射角度依存性が低減されることを実験的に評価した結果を述べる。

**キーワード** イメージング, ミリ波, アクティブ, 照射源

## Active Millimeter-Wave Imaging Using Incoherent Illumination

Atsuro MAEDA<sup>†</sup> Hiroyasu SATO<sup>‡</sup> and Qiang CHEN<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Engineering, Tohoku University 6-6-05 Aramaki-zaaoba, Aobaku, Sendai-shi, Miyagi, 980-8579 Japan

E-mail: <sup>†</sup> maeda-a@ecei.tohoku.ac.jp, sahiro@ecei.tohoku.ac.jp, chenq@ecei.tohoku.ac.jp

**Abstract** Passive Millimeter-Wave (PMMW) imaging techniques have the problem that the contrast depends on background temperature and the contrast becomes low as the background temperature increases. In order to overcome this problem, the effect of millimeter wave illumination to the objects to increase the contrast of PMMW imaging is investigated. The contrast is improved due to the millimeter-wave illumination, however this improvement is only obtained by the illumination of a specular angle. In this report, the illuminating source composed of parabolic reflector and rotating reflector is applied to PMMW imaging to overcome the angle dependence problem, and the improvement of contrast are experimentally demonstrated.

**Keywords** Imaging, Millimeter-Wave, Active, Illumination

### 1. まえがき

人体が常時放出しているミリ波を画像化することで、人がまとった衣服等の背後の危険物を完全非侵襲・非接触で検知・透視するミリ波パッシブイメージング(PMMW)はセキュリティ用途を始めとして期待されている[1]。ミリ波パッシブイメージングでは検知したい物体からのミリ波の熱放射の他に、壁や蛍光灯等の背景が熱として放射しているミリ波帯の熱雑音も重畳することになり、周囲温度に依存して画質が劣化する。この問題を解決する手法として、筆者らはこれまで、被写体に向けてミリ波を照射し、人体温度に対する物体温度のコントラストを上げることで検知特性を

改善する方法を検討してきた[2], [3]。課題として、物体にミリ波を照射することで画質は大幅に改善されるが、照射方向が特定の角度のときのみ検知特性が改善されるとの問題点があった。本稿では、パラボラ反射鏡と回転反射板で構成されたミリ波照射源を用いたアクティブイメージングシステムを試作し、角度依存性を低減する方法について検討した結果について報告する。

### 2. 照射源を利用したアクティブイメージング

既に関連した77GHz帯のPMMWイメージング装置[1]を利用して照射源を用いたアクティブミリ波イメージ

ングを行った[4]. インコヒーレント照射を利用したアクティブイメージングシステムの構成を図1に示す. 照射源は導波管開口アンテナとパラボラ反射鏡で構成し, 開口アンテナはパラボラ反射鏡の焦点位置に配置した. 周波数及び出力電力はそれぞれ 77 GHz, -4 dBm とした. 発泡スチロールに張り付けた 10 cm 角の板状物体を人体の前に配置し角度を  $\theta_1=\theta_2=22.5^\circ$  とするよう調整した. 板状物体の材質として, 導体, ポリエチレン, セラミックの 3 種類を使用した.

y 軸に沿ったイメージングセンサーの受信電圧分布を図2に示す. Case 1 では厚さ 1 mm の導体を A, B の位置に配置した. Case 2, 3 はポリエチレンとセラミックの 1 mm の厚さを A, 2 mm の厚さを B の位置に配置した. 人体から放射されるミリ波の受信電圧は約 0.1~0.2 V 程度であり, 人体部分と被写体部分の受信電圧の差が大きい程, 画像化した際のコントラストが大きくなり人体と危険物の識別が容易である. 導体, ポリエチレン, セラミックのイメージングにおいて, 照射源を利用した場合の人体と被写体の受信電圧の差はそれぞれ約 4 V, 0.6 V, 1.5V 以上となり, 照射源を利用しない場合より高いコントラストが得られた.

これらの結果は,  $\theta_1=\theta_2$  とすることで, 被写体が反射した照射信号がイメージング装置に入射しコントラストが向上した結果であるが,  $\theta_1\neq\theta_2$  の場合は被写体が反射した照射信号が PMMW イメージング装置に入射せずコントラストは向上できない. つまり, 照射源を利用した本手法では照射源の照射角度依存性が大きいために実用上の課題がある.

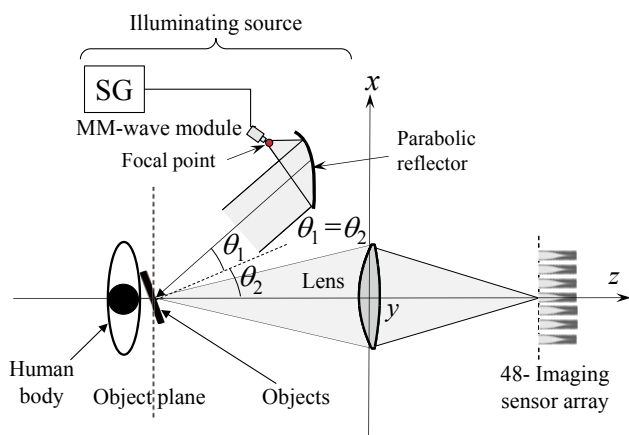


図 1:インコヒーレント照射を利用したアクティブイメージングシステムの構成

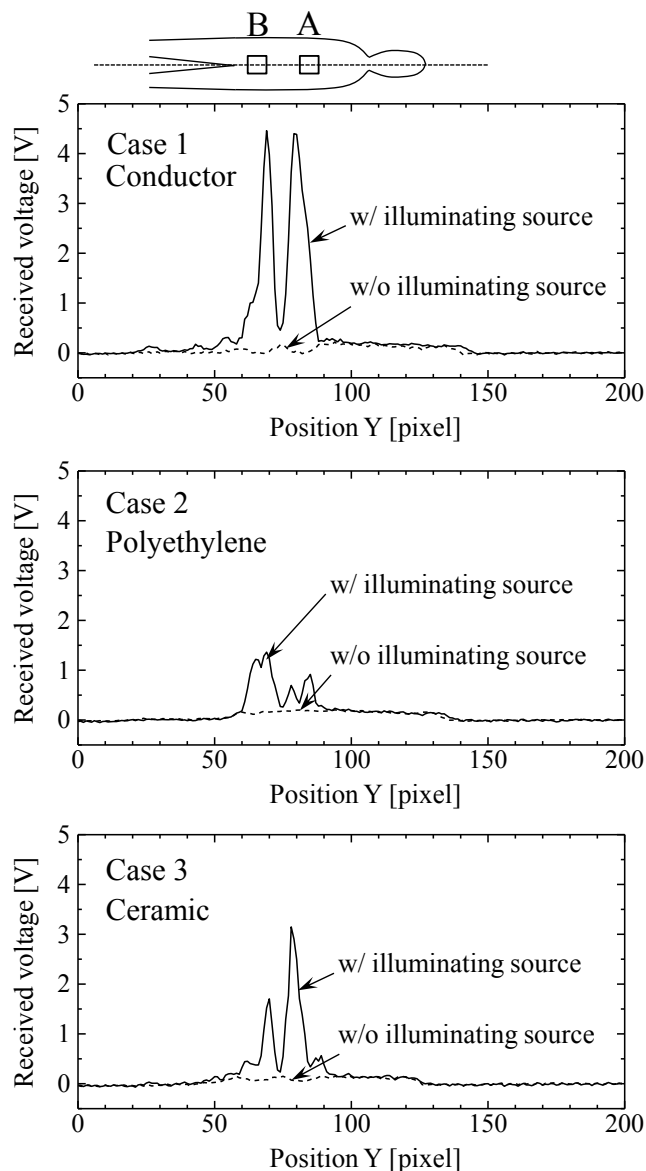


図 2:人体断面におけるセンサー出力電圧

### 3. 回転反射板を用いた照射源

照射源の角度依存性を軽減する方法として, 照射源に回転反射板を組み合わせる方法を考案した. 回転反射板を利用したインコヒーレント照射アクティブイメージングシステムの構成を図3に, 実験系の写真を図4に示す. 回転反射板は 1 辺が 300 mm の正方形であり, 被写体も同一寸法の反射板とした. 回転反射板は 0.02 rps で反時計回りに回転させた.

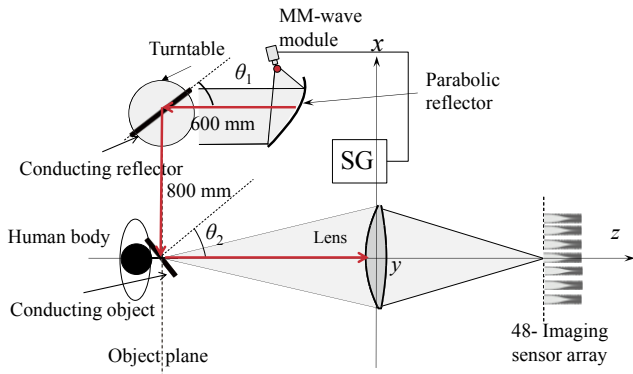


図 3:回転反射板を利用したインコヒーレント照射アクティブイメージングシステムの構成

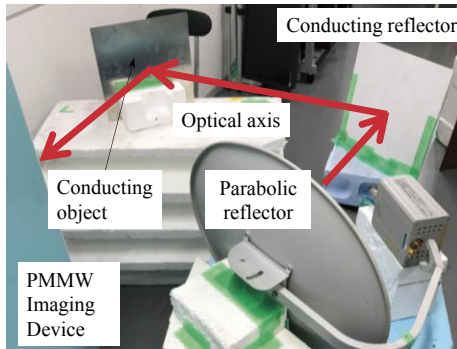


図 4:実験系の写真

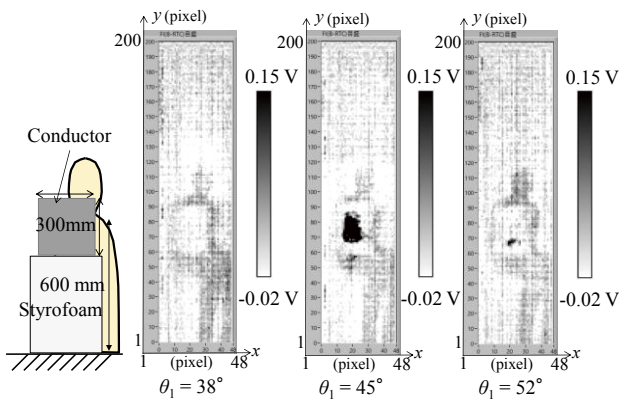


図 5:イメージング画像(被写体の角度  $\theta_2 = 45^\circ$  の場合)

回転反射板の角度依存性の改善効果を検討するため、本報告では遅い回転速度での実験を行ったが、実用的場合はさらに高速な回転速度が必要である。被写体の導体板は  $\theta_2 = 35^\circ \sim 55^\circ$  ( $2^\circ$  刻み)の 11 パターンの角度で人体の前方に配置し、被写体の配置角度を変化して角度依存性を改善できるか評価した。照射源の周波数は 77 GHz, 出力電力は -3 dBm とした。

$\theta_2 = 45^\circ$  で固定し、回転反射板を回転させたときのイメージング画像を図 5 に示す。 $\theta_1 = 38^\circ$  のとき ( $t = 0$  s)は、人体の正面に置かれた導体板のイメージが得られているが照射源からの信号は観測されていない。

一方、 $\theta_1 = 45^\circ$  ( $t = 1$  s)では、照射源からのミリ波が導体板上に観測され、 $\theta_1 = 52^\circ$  ( $t = 2$  s),  $\theta_1 = 59^\circ$  ( $t = 3$  s)では信号が観測されていない。以上の結果より、回転反射板を回転させることでパラボラ反射鏡からのミリ波の照射方向を変化させることで、特定の角度で被写体にミリ波を照射することができた。

被写体の配置角度  $\theta_2$  を変えて回転反射板を回転させ、照射源からのミリ波が導体板に照射された角度  $\theta_1$  のときのイメージング画像を図 6 に示す。回転反射板を利用せずにパラボラ反射鏡から直接被写体にミリ波を照射した場合は  $\theta_2 = 45^\circ$  のときのみ物体のコントラストが改善されていたが、回転反射板を利用することで  $\theta_2 = 35^\circ \sim 51^\circ$  の範囲でコントラストが改善された。以上の結果から、照射源と回転反射板を組み合わせることにより  $\theta_2 = 45^\circ \pm 6^\circ$  程度の範囲で平面状物体の角度が変わってもコントラストの改善が可能であることがわかった。

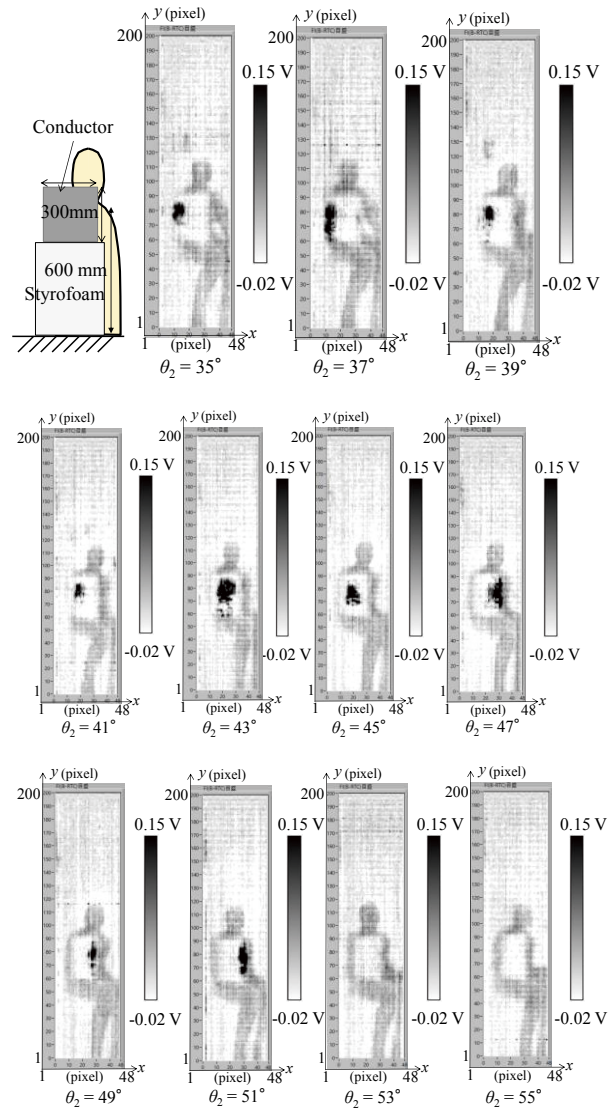


図 6:イメージング画像(被写体の角度  $\theta_2$  を変化)

#### 4. まとめ

ミリ波イメージングにおける人体と物体のコントラストを向上する目的で、照射源を用いたミリ波アクティブイメージングを評価するとともに、回転反射板を用いた照射角度依存性の低減法を提案した。回転反射板を利用した場合、被写体の設置角度が広い範囲でコントラストの改善が可能との結果を得た。

#### 文 献

- [1] H. Sato, K. Sawaya, K. Mizuno, J.Uemura, M. Takeda, J. Takahashi, K. Yamada, K. Morichika, T. Hasegawa, H. Hirai, H. Niikura, T. Matsuzaki, J. Nakada, “Development of passive millimeter wave imaging device using 77GHz Band(Invited)”, Proc. IEEE SENSOR 2009, pp. 1632-1635, Oct. 2009.
- [2] P. Goldsmith, C. T. Hsieh, G. Hugnenin, I. Kapiuky, and E. Moore, “Focal plane imaging systems for millimeter wavelengths”, IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, vol. 41, no. 10, pp.1664-1675, Oct 1993.
- [3] H. Sato, K. Kuriyama and K. Sawaya, “Forward-Nulling Passive Millimeter Wave Imaging Using Cooling Dielectric Tube”, IEICE Trans. Commun, vol. E95-C, no. 10, pp. 1627-1634, 2012.
- [4] A. Maeda, H. Sato, and Q. Chen, “Incoherent Active Millimeter-Wave Imaging Using Forward-Illuminating Source”, 2019 12<sup>th</sup> Global Symposium on Millimeter Waves (GSMM), pp. 87-89, May 2019.