

07 ミリ波レーダと可視カメラを用いた 建機周辺監視システムに関する検討

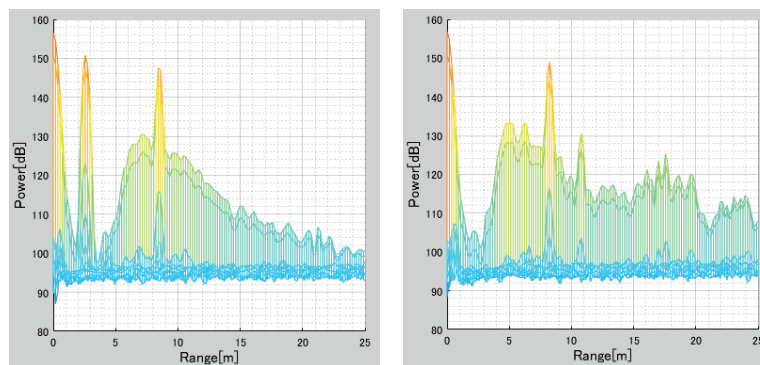
Study on a peripheral monitoring system for construction equipment using millimeter-wave radar and visible camera



畑本浩伸 * 八十岡興祐 ** 飛鳥馬翼 * 竹下嘉人 *



Fig.1 センサ装置の設置状況



(a) 人が 2.5m の地点

(b) 人が 11m の地点

Fig.2 人が直立静止状態におけるセンサからの距離に対する受信電力

◆目的

近年、建設業界における労働災害は減少傾向にあるものの、国土交通省の『安全啓発リーフレット』（令和3年度版）における重機事故のデータ分析によると、バックホウ等の土木用重機と作業員との接触は令和元年度において43件中23件（53.5%）と発生率が高い。事故の中で被災者と重機の位置関係に注目すると、重機の前方で重機に背を向けて作業している場合が27.3%、重機の方に向けて作業している場合でも22.7%となっている。

事故の発生率を低減するためには人間による注意喚起だけでなく、カメラ、ミリ波レーダ、LiDAR（Light Detection And Ranging）、超音波センサ等のセンサを用いたICT技術による接触防止システムの構築と、現場への導入が求められる。将来の建機事故低減を目的として、ミリ波レーダとカメラの特長に着目すると、ミリ波レーダが苦手とする物体認識はカメラが得意であり、速度や距離の検知はミリ波レーダの方が得意となる。両センサの特長は大きくオーバーラップしておらず、両者の弱点を補うことができ、複数のセンサからの情報を統合して利用するセンサフュージョンが可能となる。

◆概要

2020年2月及び、2021年8月に三菱電機製のミリ波レーダとカメラをバックホウ後方に設置し、技術研究所の屋外実験ヤードにおいてミリ波レーダの評価試験を実施するとともに、ミリ波レーダとカメラの両方のセンサを使用した場合の検知性能についても検証した（Fig.1）。

本稿では、まずミリ波レーダのモジュール構成及び原理を述べ、カメラやLiDARとの特長の比較を行う。次に、ミリ波レーダとカメラのセンサフュージョンについて述べる。人が直立状態やしゃがんだ状態におけるミリ波レーダとカメラとのフュージョン結果例や、人の検知距離等の実験結果を示し、最後に結論と今後の方向性を述べる。人が直立で静止した場合のセンサから距離に対する受信電力例（Fig.2）においては、2.5m、11mの人、及び8mの反射物標を検出できている。

◆まとめ

技術研究所の屋外実験ヤードにおいてバックホウにカメラとミリ波レーダを設置し、フュージョン処理による人の検知性能実験を行った。ミリ波レーダは相対速度・距離の推定性能が高く、降雨環境でも利用できる特長があり、カメラとの組合せによって物体認識に必要な分解能の課題を克服することが可能である。

2020年2月の実験結果より、建機が静止している場合や旋回している場合でも、ミリ波レーダを使うことで周辺の人の位置検出を行い、危険な距離の場合に警告を出すことが可能になる。このとき、人がしゃがんだりしている状態や倒れている状態でも相対速度情報を用いることでターゲットが人なのか、静止物体なのかを判別できる。さらに2021年8月の実験結果より、改良されたミリ波レーダモジュールを用いた人の検知性能を確認した。モジュールの更なる改良と低コスト化に近い将来に行われ、建機へと積極的に搭載される時期を期待したい。

* 土木事業本部 ICT 推進室

** 三菱電機株式会社 鎌倉製作所 MD 製造部 ミリ波技術課