

次世代インフラ協調型安全運転支援システムに向けたミリ波センシング技術

Millimeter-Wave Sensing Technology for Next-Generation Driving Safety Support Systems Cooperating with Infrastructures

岸上 高明*
Takaaki Kishigami

中川 洋一*
Yoichi Nakagawa

次世代インフラ協調型安全運転支援システムの高度化に向け、環境ロバスト性に優れ、車両に加え歩行者の検出が高精度に可能となるミリ波センシング技術について解説する。

This report explains millimeter-wave sensing technology for advancing next-generation DSSS (Driving Safety Support Systems) that interact with infrastructure facilities, which has an edge in environmental robustness and can detect pedestrians in addition to vehicles.

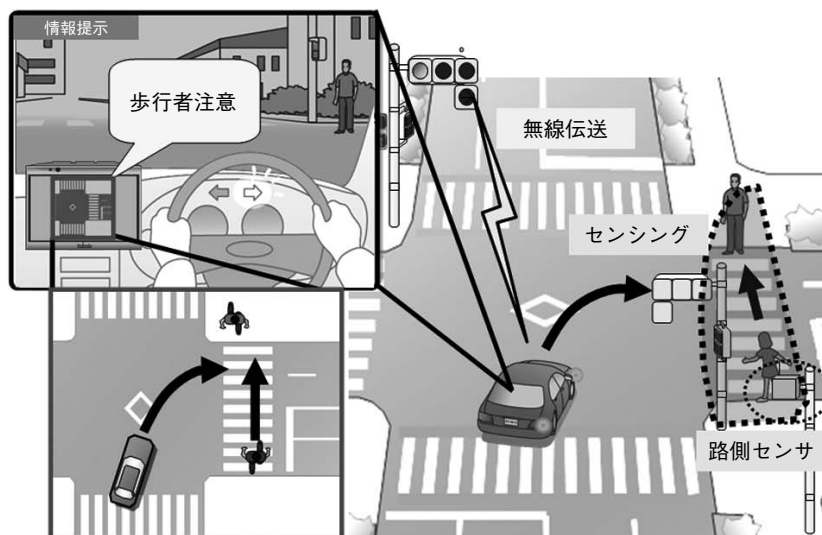
1. インフラ協調型安全運転支援システム

近年、交通事故防止に向けてインフラと車が協調してドライバーを支援する安全運転支援システム（DSSS: Driving Safety Support Systems）の研究開発が進められている。第1図に示すようにDSSSは、交差点におけるドライバーの安全運転を支援するシステムであり、ドライバーが視認困難な位置にある車両、二輪車、歩行者を、路側に設置したインフラセンサ（感知器）が検出し、その情報を車載装置や交通情報板などを通して提供し、出会い頭衝突・右折時衝突・左折時巻き込み・歩行者横断見落としなどの注意喚起するシステムである[1]。車両／歩行者の位置・速度を検知するインフラセンサとして、可視画像、ステレオ可視画像、赤外／可視画像、ミリ波、

3Dレーザなどが検討されている。このようなDSSSの導入により、交差点における交通事故の減少、ドライバー判断負荷の軽減が期待される。

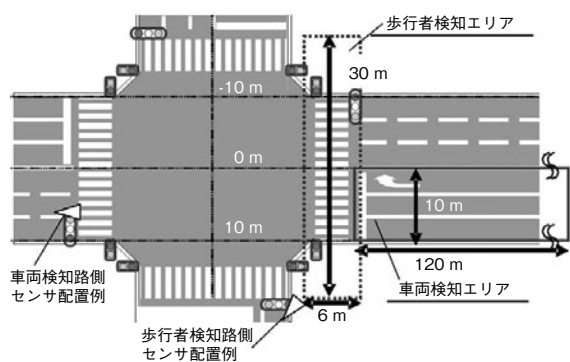
2. インフラセンサの技術要件

インフラセンサの検知エリア例を、第2図に示す。片側3車線（約10 m幅）の場合、車両検知は距離120 m×幅10 m、歩行者検知は距離30 m×幅6 m程度のエリアとなる。エリア内の複数の車両、歩行者などの検出／識別を、車両上限時速80 km/hを考慮し、100 msの測定頻度で行うことを技術要件とした。レーダ反射断面積が車両に比べ小さい歩行者の検出には20 cm程度の距離分解能が必要とされる[2]。



第1図 DSSSの概念
Fig. 1 Concept of DSSS

* 東京R&Dセンター 通信コアデバイス開発センター
Communication Core Devices Development Center, Tokyo R&D Center



第2図 インフラセンサの検知エリア
Fig. 2 Detection area of infrastructure sensor

3. ミリ波センサの特徴と当社の取り組み

ミリ波センサは、光（可視光，赤外，レーザを含む）を利用したインフラセンサと比べ波長が長いので、悪天候（雨，雪，霧）・昼夜の影響を受けにくく環境ロバスト性に優れ、距離と相対速度の同時検出が可能という特徴がある。

ミリ波帯の電波は直進性がよく、小さな物体からでも反射されることから、第1表に示すように60 GHz帯、76 GHz帯がレーダ用途に開放されており、各帯域とも500 MHzの占有帯域幅を利用できる[3]。今後の法制化動向として、79 GHz帯（77 GHz～81 GHz）を用いた高分解能レーダの周波数割当検討が2010年より進められている。79 GHz帯は60 GHz，76 GHz帯に比べ、さらに広い周波数帯域が確保できる見込みであり、車両だけでなく歩行者の高精度な分離検出／識別を可能とするレーダシステムへの展開が期待されている[4]。一方、ミリ波センサの課題として、20 cm程度の距離高分解能化、同じミリ波帯を用いるセンサ間の耐干渉性およびミリ波高周波デバイスの低コスト化などが挙げられる。

当社は、上記のような法制化動向やミリ波センサの課題を踏まえ、高精度分離検出技術や干渉低減・回避技術を導入したミリ波センサの開発と共に、79 GHz帯ミリ波高周波デバイス技術の開発と、次世代DSSSへの展開に向けた取り組みを行っている。このような取り組みのうち、歩行者検知を行うインフラセンサの技術要件とし

第1表 ミリ波レーダ用周波数割当[3][4]

Table 1 Frequency allocations for millimeter-wave radars

無線周波数帯	60 GHz (60-61)	79 GHz (77-81)
	76 GHz (76-77)	(※法制化中)
空中線電力	10 mW以下	(10 mW以下)
空中線利得	40 dBi以下	(35 dBi以下)
占有周波数帯域幅	500 MHz以下	(4 GHz以下)

て、最も重要となる高精度分離検出の取り組みについて以下に紹介する。

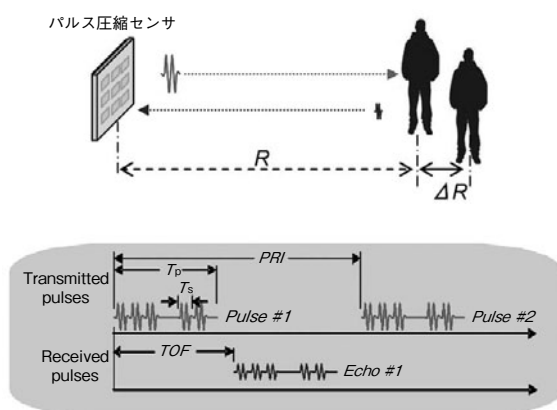
4. 当社のミリ波センサ高精度化への取り組み

ミリ波センサの高精度分離検出を図るためパルス符号変調技術を用いたミリ波センサ（以下、パルス圧縮センサ）に着目し開発を進めている。以下では、パルス圧縮センサの距離測定原理と、高精度分離検出の取り組みの一例を示す。

第3図は、パルス圧縮センサによる距離測定原理[5]を示す。パルス圧縮センサは、パルス符号変調したパルス幅 T_p の信号を送出し、歩行者などのターゲットからの反射波の到来時間 TOF （Time of Flight）を基に、ターゲットまでの距離 R （ $=C \times TOF / 2$ ， C :光速）を測定する。これらをパルス繰り返し周期（ PRF ）で繰り返し送信し、微弱な反射波の検出精度を改善する。

第3図に示したサブパルスの幅 T_s はパルス変調波の帯域幅 BW から定まり、近接するターゲットの分離性能を表す距離分解能 ΔR を決定する。79 GHz帯を適用する場合、 $\Delta R = 20$ cmの達成に必要な帯域幅 BW （750 MHz）を確保でき[$\therefore BW \approx C / (2 \Delta R)$]、歩行者などの検出に対し60 GHz，76 GHz帯に比べより好適となる。

第4図 (a) のように複数ターゲットを配置したときの、パルス圧縮センサによる距離測定のシミュレーション結果を、第4図 (b) に示す。従来のFM-CW（Frequency Modulated Continuous Wave）方式ではターゲット位置を示すピークが強勢な場合、その前後の距離方向のサイドローブ（レンジサイドローブ）により、微弱な反射波のピークが埋もれてしまう。一方、パルス圧縮方式を用いたセンサは、レンジサイドローブを小さく抑えるパルス符号を適用することで、微弱な反射波のピークの検出を

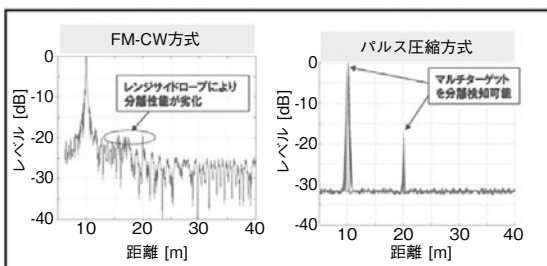
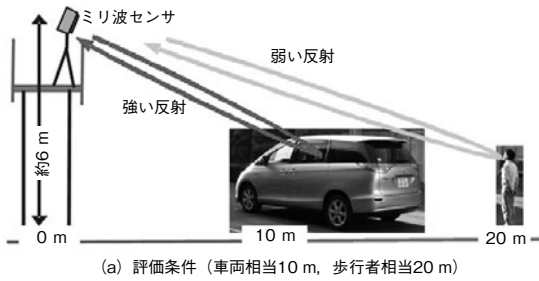


第3図 パルス圧縮センサの原理
Fig. 3 Concept of pulse compressed sensor

容易にし、複数ターゲットの分離検出の高精度化を図ることができる。

参考文献

- [1] 上野俊介, “警察庁における安全運転支援システム (DSSS) の取組み,” 自動車技術, vol.64, no.09, pp.9-13, 2010.
- [2] 総務省情報通信審議会, “ミリ波帯を用いたレーダーシステムの高分解能化技術に関する調査検討について,” 79GHz帯高分解能レーダー作業班資料2029-レ作2-5, 2010.
- [3] 電波産業会標準規格, “特定小電力無線局ミリ波レーダー用無線設備,” ARIB STD-T48 2.1版, 2005.
- [4] 総務省情報通信審議会, “79GHz帯高分解能レーダーの技術的条件案,” 79GHz帯高分解能レーダー作業班資料2029-レ作3-3, 2010.
- [5] 門田和士 他, “気象用小型高距離分解能レーダーの開発と初期観測結果,” 電子情報通信学会B vol.J89-B, no.2, pp.278-285, 2006.



第4図 パルス圧縮センサによる高精度検出

Fig. 4 High accuracy detection by pulse compressed sensor

5. 今後の展開

79 GHz帯での高分解能レーダ法制化動向を踏まえ、高精度分離検出技術や干渉低減/回避技術を導入したミリ波センサの開発と共に、高周波数化/広帯域化に対応したミリ波高周波デバイス技術の開発により、高精度化が要求される次世代DSSSへの展開に取り組む。さらには車載用途などに技術展開を図り、安心/安全への貢献を推進していく。