

自動運転用高性能ミリ波レーダモジュール

High-performance Millimeter Wave Radar Module for Automated Driving

桐田 満*
Mitsuru Kirita
鈴木拓也*
Takuya Suzuki
丸山貴史*
Takashi Maruyama

1. ま え が き

自動車の安全運転支援システムは、世界的にその重要性が認められ、国内でも2019年度の搭載率は85%までに上昇している。さらに来る高齢化社会でも安心・安全かつ快適な車生活を実現するために、自動運転システムの開発も加速している。この自動運転を実現するために、昼夜・天候に左右されない特長を持つミリ波レーダについても、検知性能(検知距離、角度分解能)の向上が求められている。

三菱電機では、2003年から継続しているミリ波レーダモジュールの量産実績を生かしつつ、防衛・宇宙で培った最新のレーダ技術を採用し、さらには乗用車への意匠性・搭載性を考慮した分散配置構造とした自動運転用高性能ミリ波レーダモジュールを開発中である。

本稿では、ミリ波レーダモジュールの構成と特長、主要技術、そして機能検証試作品でのフィールド試験結果について述べる。

2. ミリ波レーダモジュール

2.1 構 成

開発中のミリ波レーダモジュールは、アンテナ、送受信回路、及び送受信回路の制御と信号の処理を扱うMCU(Micro Control Unit)で構成する基本モジュールと、アンテナと送信回路だけで構成するオプションモジュールで構成しており、車両への搭載性を考慮し、それぞれのモジュールを別々の場所に分散配置可能な構成になっている(図1)。レーダ方式は目標の速度成分と距離成分を容易に分離でき、かつ複数目標に対応できる最新の変調方式を採用した。水平方向の高分解能化のため、等価的に受信チャンネル数を増加できる方式を採用した。また、送信回路には防衛・宇宙で培った最新のレーダ技術によって垂直方向の覆域と高分解能化を両立させ、かつ垂直方向の測角機能を実現した。

図2にミリ波レーダモジュールのブロック図を示す。モジュールの小型・低価格化のため、LO-IC、TX-IC、RX-ICの3品種のチップで構成するRF(Radio Frequency) CMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor) ICと、ベースバンド増幅器、ADC(Analog Digital Converter)を含むベースバンドCMOS IC(BB-IC)を開発中

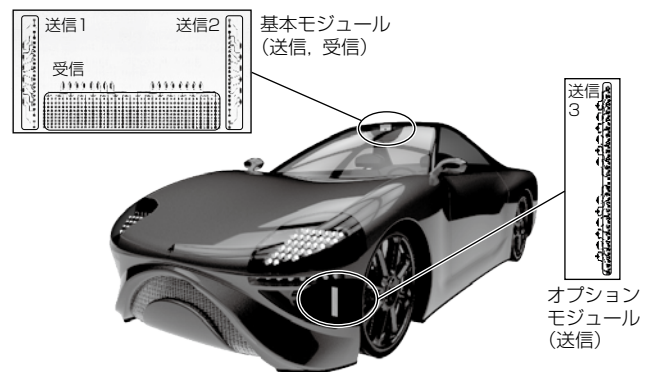
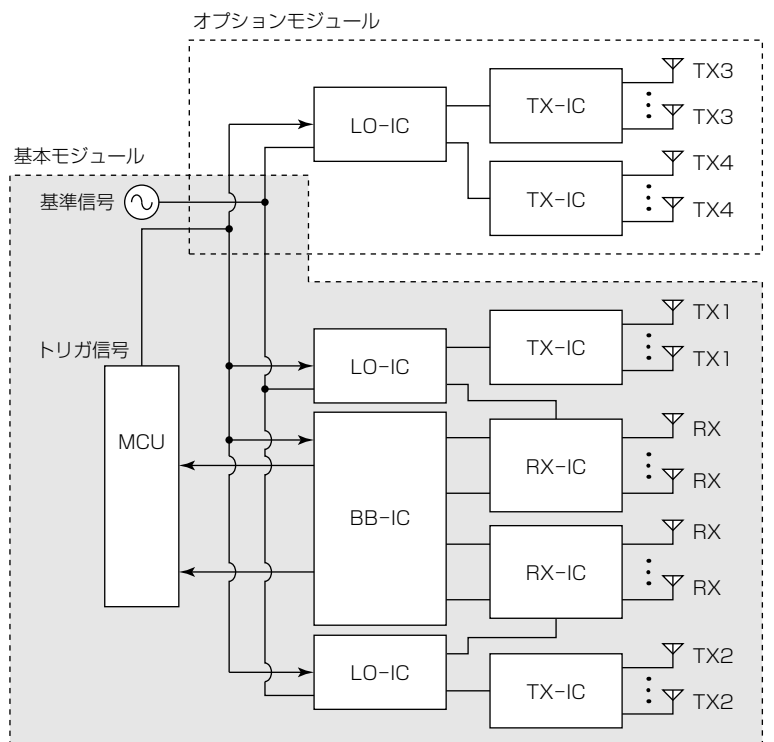


図1. モジュール搭載のイメージ



LO : Local Oscillator, BB : Base Band, TX : Transmitter, RX : Receiver

図2. ミリ波レーダモジュールのブロック図

である。RF CMOS ICには発振，増幅，周波数変換等の送受信回路の主要構成要素に加え，最新のレーダ技術に必要な回路も集積している。

2.2 アンテナ

アンテナには薄型化，低コスト化が可能な平面アンテナを採用した(図3)。基本モジュールでは，受信チャンネルを水平方向に配置し，目標物の水平角の測角を行う。これに加え，送信チャンネルを垂直方向に配置して最新のレーダ技術によって垂直角の測角を行う。また，送信チャンネルを左右に配置して仮想的に水平方向の開口を拡大し，水平方向の分解能を向上させる。オプションモジュールには縦方向の開口を拡大したアンテナを採用する。これによって垂直方向の分解能を向上させる。

図4に基本モジュールのアンテナの放射パターンを示す。見込みどおりの方向にビーム形成ができることを確認した。

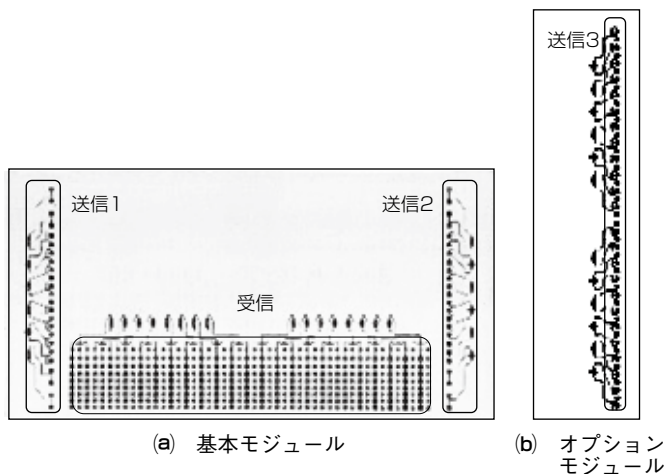


図3. アンテナ

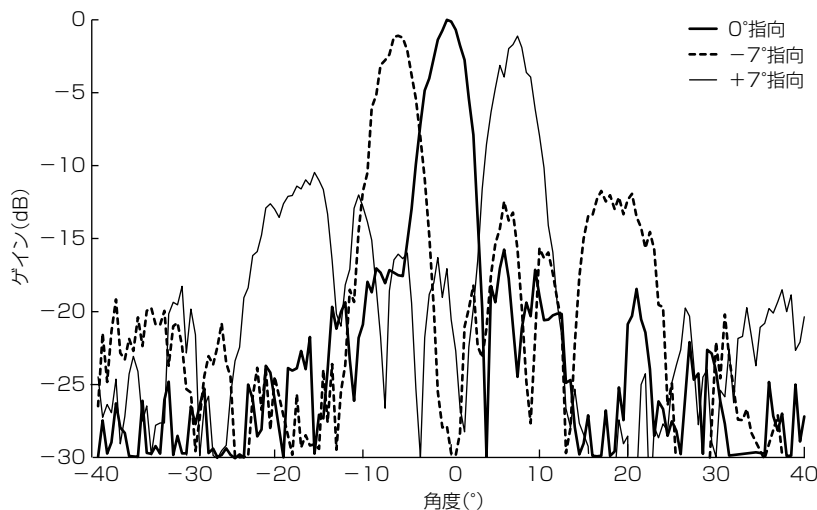


図4. アンテナの放射パターン(基本モジュール，垂直面)

2.3 ミリ波RF CMOS IC

3品種からなるRF CMOS ICのうち，TX-ICのチップ写真を図5に示す。TX-ICは図2のLO-ICで生成した周波数変調信号を入力・分配した後，各チャンネルの位相を制御後，送信信号を出力する。これによって所望の垂直方向に送信ビームを向けることが可能になる。このビームを制御する移相器は，動作周波数帯で，6 bit相当の分解能を実現している。また，水平面測角時に等価的に受信チャンネル数を増加させるため，図3の送信1，送信2のそれぞれに対応する二つのTX-ICが周波数変調周期ごとにON/OFFを切り替えて送信する機能を持っている。

2.4 フィールド試験結果

試作ミリ波レーダモジュールを試験車両のフロントガラス付近に取り付け，目標物としてコーナーリフレクタ(反

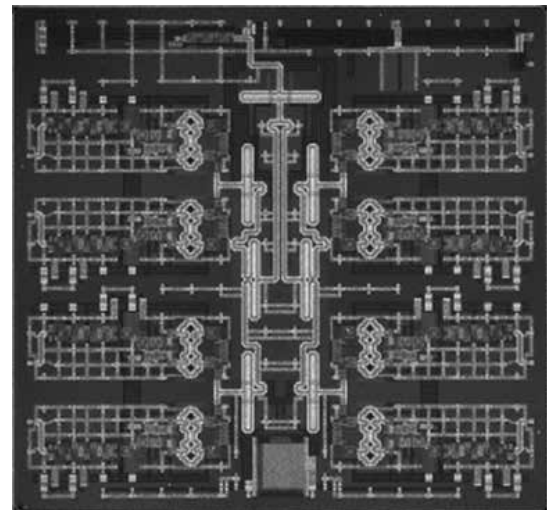


図5. RF CMOS IC(TX-IC)のチップ写真

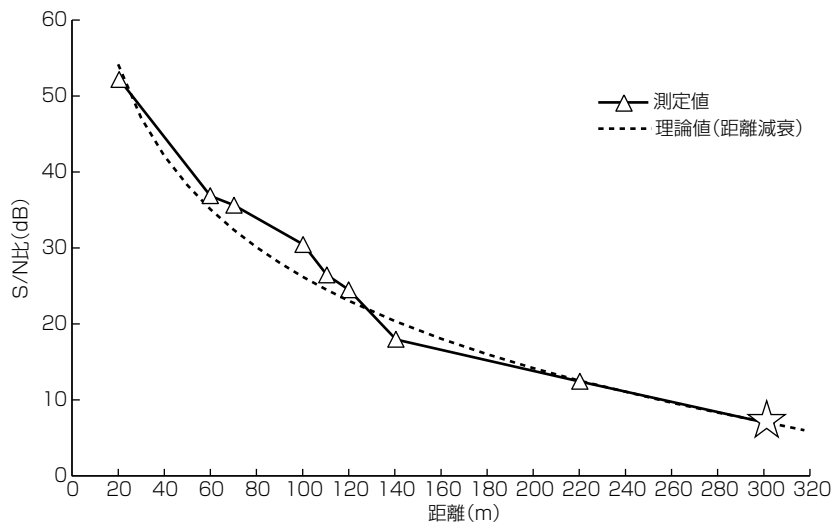
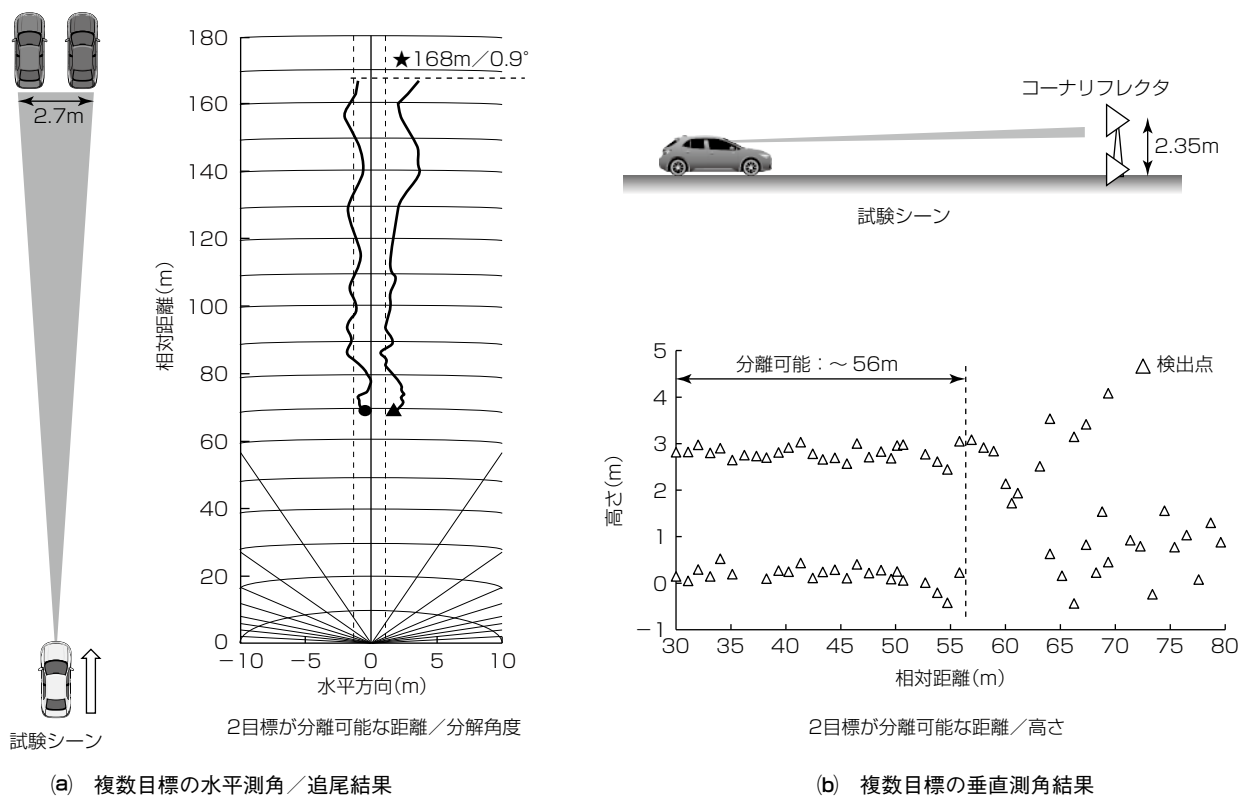


図6. 検知距離性能の評価結果



(a) 複数目標の水平測角／追尾結果

(b) 複数目標の垂直測角結果

図7. 水平・垂直測角(分解能)の評価結果

射断面積が乗用車相当の約15dBsm)と乗用車を用いて検知性能を確認した。図6はコーナーリフレクタを300m離れた位置から見たもので、7dB以上のS/N比(Signal to Noise ratio)が得られている。また、図7は2台接近して駐車している乗用車、又は2個の異なる高さにしたコーナーリフレクタを目標物として、レーダを搭載した試験車両を接近させた例で、水平・垂直共に、複数目標に対して、高い分解能及び従来製品にはなかった垂直方向の測角が可能であることを確認した。

3. む す び

自動運転用高性能ミリ波レーダモジュールの構成、アンテナ特性、RF CMOS ICの回路構成や特性について述べ、フィールド試験結果について述べた。今後はモジュール試作とフィールド試験を重ね、ブラッシュアップを図る計画である。