JRCモビリティの測位・センシング技術
JRC Mobility's Positioning and Sensing Technologies

JRCモビリティ株式会社
誉田　環　Tamaki Honda
山根　卓　Taku Yamane
時枝幸伸　Yukinobu Tokieda
星　将広　Masahiro Hoshi
土屋　聡　Satoshi Tsuchiya

要　旨

当社は，長年にわたり培ってきた測位技術およびセンシング技術を応用して，GNSS受信機を中心とする高精度測位技術と，周辺監視レーダを中心とする高度センシング技術を実現した。高精度測位技術は，GNSS受信機によるセンチメートル級精度の測位および高精度な推測航法により成り立っている。推測航法は，従来のGNSS受信機による測位を引き継ぎ，GNSS衛星信号の不感地帯においても高い測位精度の維持を可能とする技術である。高度センシング技術は，高分解能・広視野角の周辺監視レーダとセンサフュージョンにより成り立っている。当社のセンサフュージョン技術では，周辺監視レーダとカメラを組み合わせ，AIによる衝突危険予測を実現する技術を確立した。当社が保有するこれらの技術は，新たなモビリティ社会に向けて今後も大きく貢献することが期待される。

Abstract

Based on the positioning technology and the sensing technology accumulated over years, JRC Mobility has achieved high precision positioning technology mainly by GNSS receiver, and advanced sensing technology mainly by surround-monitoring radar. The high precision positioning technology is comprised of centimeter-class precision positioning by GNSS receiver and high precision dead reckoning. The dead reckoning, taking over the GNSS positioning, maintains the positioning precision even in a tunnel, urban canyon, etc. The advanced sensing technology is comprised of surround-monitoring radar providing sensing function of high resolution and wide viewing angle, and sensor fusion. As for sensor fusion, JRC Mobility has achieved the sensing ability to predict collision risks by combining the information from surround-monitoring radar and camera. Those sophisticated technologies are expected to contribute actively to the future mobility society.

1. まえがき

高齢化や労働人口減少が進む中において，自動運転[(1)]を始めとする新たなモビリティ社会の構築が急がれている。

しかしながら，自動運転の要となる衝突回避システムを実現するためには安全確保という大きな壁が存在し，この壁を超えるためには，高精度な位置情報の取得，周辺監視および危険予測を具現化するための高度な技術が必要となる。

当社は，新たなモビリティ社会の実現 に向け，図1に示す4つのコア技術（GNSS受信機，GNSS受信機と推測航法，周辺監視レーダ，周辺監視レーダとセンサフュージョンAI）およびこれらの複合技術（高精度測位技術，高精度センシング技術，危険予測技術）を開発した。

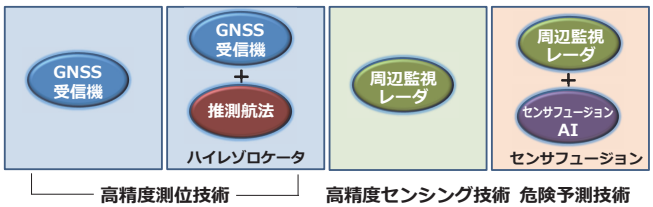


図1　新たなモビリティ社会に向けた当社の技術
Fig.1　JRC Mobility's technology for future mobility society

本稿では，「GNSS受信機」「GNSS受信機と推測航法」「周辺監視レーダ」「周辺監視レーダとセンサフュージョンAI」の各技術の概要と，新たなモビリティ社会の実現に向けた当社の取り組みについて述べる。

2. GNSS受信機

当社は1990年に世界初のカーナビゲーション向け車載用GNSS受信機を発表し[(2)]，30年以上にわたり測位技術を磨き続け，カーナビゲーション分野においてモビリティ社会の高度化に貢献してきた。

当社は最新機種である第11世代の超高精度GNSS受信ASIC「JG11」を開発し，前世代のGNSSにおいては4 m程度に留まっていた測位精度を3～4 cmにまで高めた。従来機種と最新機種の測位精度の比較を図2に示す。

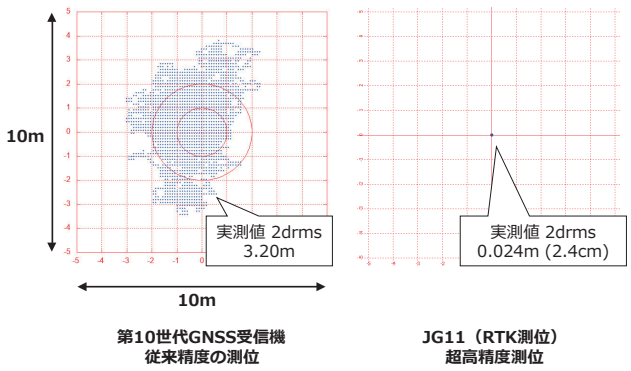


図2　測位精度の比較（オープンスカイ固定点）
Fig.2　Comparison of positioning accuracy (open sky fixed point)

超高精度測位を支える技術の要点を以下に述べる。

(1)　RTK技術：基準局（正確な位置が既知）が得た高精度の補正データを外部から入力することにより測位精度を高める。
(2)　位置推定技術：当社独自の最適化アルゴリズムにより，測位演算で利用する各種データを推定し測位精度を高める。

JG11は既に大型車両に搭載され，位置情報と地図情報を組み合わせて最適なギア選定やアクセルワークを支援することにより，エコ運転にも大いに貢献している。

3.　GNSS受信機と推測航法

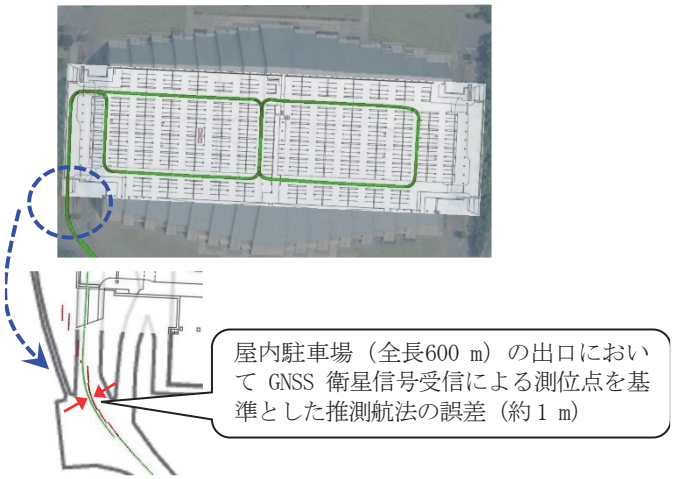
当社は，超高精度測位GNSS受信ASIC「JG11」と当社独自の推測航法アルゴリズムを搭載した高精度測位装置「ハイレゾロケータ」を開発した。本装置の外観を図3に示す（暫定寸法 W120×D80×H30 mm 以下）。

図3　ハイレゾロケータ
Fig.3　High-resolution locator

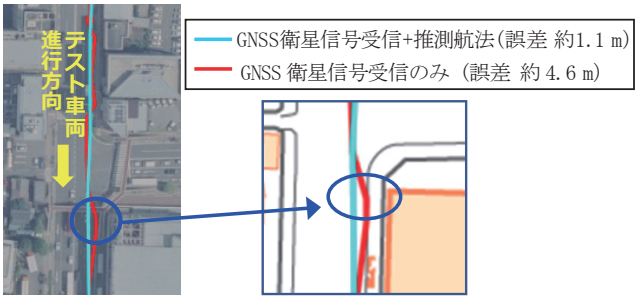
ハイレゾロケータは，GNSS衛星の信号が受信できないトンネルや地下街，またマルチパス（障害物により複数経路の電波を受信する現象）により測位精度が劣化する高層ビル群の近傍でも，高い精度で測位する。

ハイレゾロケータを搭載したテスト車両で，GNSS衛星信号が届かない屋内駐車場内を推測航法により走行した測位結果の例を図4(a)に示す。緑色の曲線は走行時の測位軌跡を示す。全長約600 mの屋内駐車場を推測航法のみで走行後，屋外に出てGNSS測位を再開した時の軌跡（赤色の曲線）と推測航法による測位軌跡との誤差は僅か1 mである。

テスト車両をマルチパス環境下にある高層ビル群の中で走行させた時の測位結果の例を図4(b)に示す。水色の曲線はGNSS衛星信号受信＋推測航法による測位軌跡を，赤色の曲線はGNSS衛星信号受信のみによる測位軌跡を示す。GNSS衛星信号受信のみによる測位誤差が約4.6 mであったのに対し，GNSS衛星信号受信＋推測航法による測位誤差は1.1 mまで精度を高めている（図4は国土地理院の地図データに測位軌跡を重ねて表示）。



(a)　屋内駐車場における測位結果の例
(a) Example of positioning results in an indoor parking garage



(b)　マルチパス環境下における測位結果の例
(b) Example of positioning results in a multipath environment

図4　ハイレゾロケータによる測位結果の例
Fig.4　Example of positioning results by the high-resolution locator

高精度推測航法を支える技術の要点は，GNSS衛星信号による測位結果と推測航法による測位結果を共用するアルゴリズムの最適化により，GNSS衛星信号が受信できない状況

下における測位精度を高めた点である。

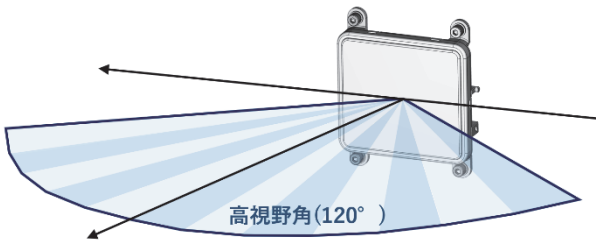
ハイレゾロケータによる推測航法は，GNSS衛星信号の不感地帯やマルチパス環境下においても高精度測位を実現し，新たなモビリティ社会を支えるものである。

4. 周辺監視レーダ

当社は，80年以上にわたり培ってきたレーダ技術を活かし，新たなモビリティ社会をターゲットとして，79 GHz帯の電波を利用した周辺監視レーダを開発した。本レーダは，複数の物標に対する距離，方位，物標の移動速度を高い精度で検知（センシング）することができる。

周辺監視レーダは，一辺が約10 cmと小型で，アンテナの向きを機械的に変えることなく120°の広い視野角における範囲内の監視が可能である。監視対象とする物標までの距離は，極近距離（0.5～10 m）から遠距離（1～120 m）の範囲で複数の設定が可能である。周辺監視レーダの外観を図5(a)に，監視可能な視野角のイメージを図5(b)に示す。

（a）周辺監視レーダの外観
(a) Appearance of surround-monitoring radar



（b）周辺監視レーダにおいて監視可能な視野角
(b) Viewing angle of surround-monitoring radar

図5　周辺監視レーダ
Fig.5　Surround-monitoring radar

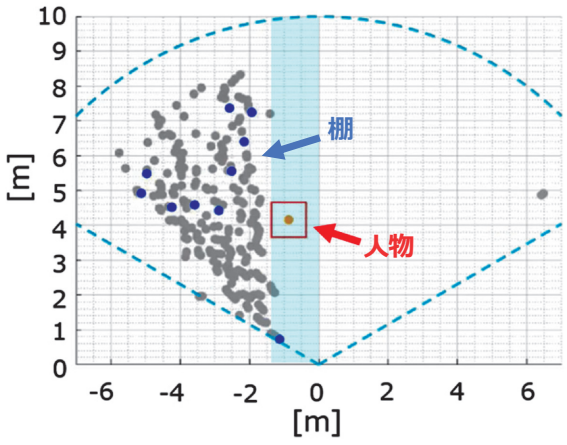
周辺監視レーダの高精度センシングは，広帯域アンテナ技術およびMIMOレーダ技術により実現している。高精度センシングを支える技術の要点を以下に述べる。

(1) 広帯域アンテナ技術：広い周波数帯域にわたって優れた指向性を発揮するアンテナを実現する当社独自の技術である。当社のアンテナ技術により，広い周波数帯域にわたって優れた指向性を実現することができた。本技術により，4 cmの高い距離分解能を実現し，物標までの距離を高精度で計測することが可能になった。

(2) MIMOレーダ技術：当社独自のレーダ変調方式により，仮想アレイアンテナ形成に必要な時間を短縮した。この時間短縮によって，高速移動する物標の速度も正確に計測できる。仮想アレイアンテナは，複数のアンテナを仮想的に増やす効果を呈し，実在するアンテナの性能をはるかに上回る性能を発揮する。仮想アレイアンテナとデジタルビームフォーミング（DBF）を組み合わせることにより，高い方位分解能を実現し，物標の方位を高い精度で検知する。

周辺監視レーダにより物流倉庫内の人物を検知した監視例を図6に示す。図6(a)の左側に映っている棚は，レーダデータ（図6(b)）では多数の反射点として検知されている。なお，図6(b)の水色の網掛け部は，作業員が歩行する通行帯に対応する。また扇形で示す領域はレーダの監視区域である。この例では，棚の側近を歩行する人物が棚と分離して検知されていることが示されている。検知された人物は，距離や方位だけでなく，移動速度も計測される。

（a）監視現場の例
(a) Example of monitoring site



（b）棚際の人物検知結果
(b) Results of person detection near the shelf

図6　周辺監視レーダによる監視例
Fig.6　Monitoring example of surround-monitoring radar

周辺監視レーダは，雨，霧および逆光のような外乱の影響を受けにくいという特長を有し，これはカメラやレーザ式レーダと比較して優れた点である。周辺監視レーダは高精度のセンシングに不可欠であり，新たなモビリティ社会を支えるものである。

5. 周辺監視レーダとセンサフュージョン

当社は周辺監視レーダとカメラのセンサフュージョン（センサ統合）技術を開発した。周辺監視レーダとカメラは異なる性質を持つセンサであり，互いに異なる長所を有する。これらの長所を有機的に組み合わせることによる新たなセンシング機能を獲得した。

センサフュージョンにおいては，周辺監視レーダとカメラの相互位置の関係が性能に大きく影響するため，これらを一体化した構造となっている。周辺監視レーダ・カメラ一体型センサの外観を図7に示す。一体型センサの外形寸法は，幅240 mm，高さ140 mm，奥行120 mmである。

図7　周辺監視レーダ・カメラ一体型センサ
Fig.7　Integrated sensor comprised of surround-monitoring radar and camera

当社のセンサフュージョン技術により，新たなセンシング機能として「衝突危険予測」を実現した。衝突危険予測は，物標の正確な位置，3次元形状の抽出および移動速度成分の抽出によって実現される。このような優れたセンシング機能は，周辺監視レーダが検知した距離や速度の情報[3]にカメラが検知した形状などの情報を融合することにより実現する。当社のセンサフュージョンを支える技術の要点を以下に述べる。

(1) レーダ：広帯域化，ドップラ処理およびMIMOレーダ方式により，距離，速度および方位を高精度で検出する。
(2) カメラ：AIにより物標の形状を抽出し，人物/車両/構造物のような物標種別を識別する。
(3) 衝突危険予測：識別情報と速度ベクトル（進行方向＋速度情報）に基づいて危険を予測する。

画像処理とレーダ信号処理の協調処理であるセンサフュージョンにより物標同士の衝突危険予測が可能となる。画像処理は，物標を抽出した際に，物標種別を識別するとともに，形状を抽出する。レーダ信号処理は，画像処理が検知した各物標の速度ベクトルを抽出する。抽出された速度ベクトルに基づき，物標同士の衝突危険性が判定される。一例として，人物同士の衝突危険予測のイメージを図8に示す。図8において両人物の足元に示された赤色の三角印は，両人物の衝突の危険性があることを示す。

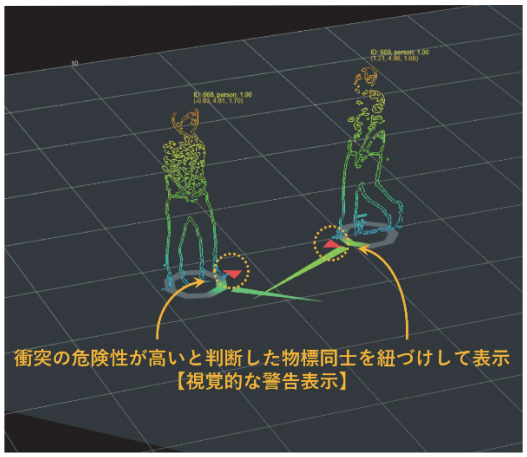


図8　衝突危険予測のイメージ
Fig.8　Image of collision risk prediction

センサフュージョン技術は，歩行者を含む物標同士の衝突回避を実現する。また工事現場のように多数の構造物が存在するような環境下においても高いセンシング精度を発揮し，産業モビリティの自動化および安全性向上にも大いに貢献する。

6. あとがき

本項では，自動運転を始めとする新たなモビリティ社会の実現に向けた当社の技術の概要および取り組みについて述べた。

今後，測位技術においては，GNSS衛星信号の受信状態が不安定な市街地での測位精度向上に向け，GNSS測位と推測航法の両面で精度向上に取り組む。また GNSS測位については，今後，モビリティ社会の進展に伴う意図的な電磁波妨害に対するリスクの回避も重要な課題となる。このような意図的な電磁波妨害を受けている環境でも測位精度を保つGNSS受信機の開発にも取り組む。

高精度センシング技術については，様々な状況下において対応が可能なAIによる衝突危険予測の更なる精度向上を目指す。

当社は，新たなモビリティ社会の安全・安心を築くため，更なる技術革新に取り組んでゆく所存である。

参考文献

(1) 児島，et al.，“自動運転の高度化を支える知能化技術”日立評論，Vol. 99，No. 05，2017，pp. 504-505
(2) 小笠義治，鈴木弘也，川添利洋，“GPS受信機の技術の変遷”，日本無線技報，No.60，2011，pp.30-34
(3) 時枝，星，“ミリ波レーダを用いた物標識別の検討，”シーエムシー出版，自動運転・運転支援の実現に向けたセンサ開発 第10章，ISBN 978-4-7813-1498-3，2020，pp.99-108

用　語　一　覧

2drms:twice distance root mean square（測位結果の95%が含まれる半径）
AI: Artificial Intelligence（人工知能）
ASIC: Application Specific Integrated Circuit（特定用途向け集積回路）
GNSS: Global Navigation Satellite System
（全地球測位衛星システム，衛星測位システムの総称）
DBF: Digital Beam-Forming（ディジタルビームフォーミング）
MIMO: Multiple-Input Multiple-Output
（送受信の双方において各々複数のアンテナを用い，通信品質を向上させる技術）
RTK: Real Time Kinematics
（干渉測位方式：測位データと基準局からの補正データを組み合わせて測位精度を向上させる方式）