ミリ波レーダを用いた交通監視システムの開発
Development of traffic monitoring system using millimeter wave radar

中 村 充 宏　Mitsuhiro Nakamura
土 屋 功　Isao Tsuchiya
加 藤 貴 彦　Takahiko Kato
越 峠 知 明　Tomoaki Koshitoge
松 田 崇 志　Takashi Matsuda

技術論文

要　旨

高速道路での逆走は，おおむね2日に1回の割合で発生していると言われており,重大な事故にも繋がりやすく，近年，社会問題となっている。当社は逆走などの異常走行車両を，ミリ波レーダを用いて検出し，走行車両への警告とともに道路管理者への通知を行う交通監視システムを開発した。本システムは交通量の計測も可能であり，ミリ波レーダを使用することで，日照や天候などの環境要因を受けにくい高精度な計測を実現している。道路上の異常事象を自動的に検知することで，逆走などによる重大事故を防止するとともに，道路管理業務の効率化が期待できる。

Abstract

Reverse running on highways is said to occur almost once every two days, which can easily lead to serious accidents and has become a social problem in recent years. JRC has developed the traffic monitoring system that detects abnormal running vehicles such as reverse running using millimeter-wave radar and notifies a road administrator along with warnings to running vehicles. This system is possible also for measurement of traffic, and by using millimeter-wave radar, it has achieved high-precision measurement that is less susceptible to environmental factors such as sunlight and weather. By automatically detecting abnormal events on the road, while preventing serious accidents caused by such as reverse running, the improvement in efficiency of road administrative work can be expected.

1. まえがき

道路での「逆走」「緊急停止」「落下物」のような事象は事故に繋がる危険性が高く，道路管理者は事故防止のための迅速な対応が求められる。また，道路管理者は刻々と変化する交通状況に応じて，ドライバーへ適切かつ迅速に情報提供を行うことで，安全で円滑な交通流を支えている。当社は，これらの重要な道路管理業務を支えるため，ミリ波レーダを用いた交通監視システムを開発した。

ミリ波レーダは，物標の距離・速度を正確に計測でき，検知エリア内の車両を追尾処理することで，異常な動きをする車両の検知や交通量の計測が可能である。従来の交通量計測センサとして広く使用されている「ループコイル方式」「超音波方式」「画像処理方式」と比べて，ミリ波レーダ方式は日照や天候などの環境要因の影響を受けにくく，また，路側から複数車線を同時計測できるという利点がある。

本稿ではミリ波レーダ式交通監視システムの概要及び，特長について紹介する。

2. ミリ波レーダによる交通監視

2.1　ミリ波レーダとは

ミリ波帯30～300 GHzの電波を対象物に向けて放射し，反射波を受信・処理することで物標の位置・速度を計測する技術である。本システムのレーダは免許不要で使用できる76 GHz帯の小電力ミリ波レーダであり，車載レーダで多く使われているFMCW方式（周波数変調連続波）を採用している。

レーダの電波放射イメージを図1に示す。

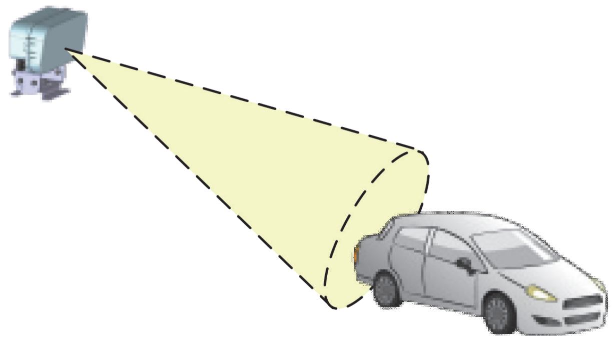

図1　レーダの電波放射イメージ
Fig.1　Radio emission image of radar system

2.2　異常事象検出と交通量計測

レーダから得た物標情報（位置，移動速度）を演算することにより，異常事象検出と交通量計測を行う。

精度の高い計測性能を実現するためには，物標を車両として結合するクラスタリングと，車両の運動方向から次の検知位置を推測し追尾するトラッキングの二つの処理が重要である。処理の流れを図2に示す。

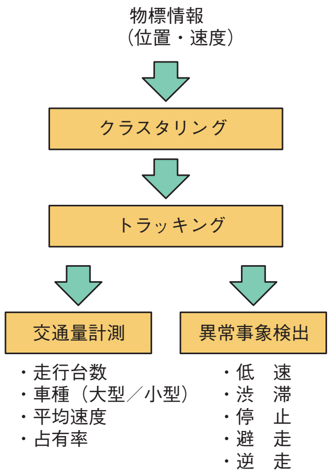

図2　処理の流れ
Fig.2　processing flow

(1)　クラスタリング

複数の反射波の点をまとめ，一つの結合体（車両）とみなす処理である（図3）。

この処理により，車両1台ずつの計数を実現するとともに，車両の大きさを推定できる。結合には，空間距離に加え，速度も判定条件としている。ミリ波レーダは高い周波数を用いることにより，物標の持つ速度を正確に計測できるため，優れた結合性能を実現できる。

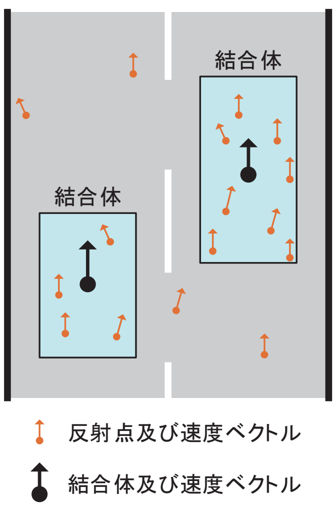

図3　クラスタリング
Fig.3　Clustering

(2)　トラッキング

車両の移動方向と速度から，次の検知位置を予測し，実際の検知位置と予測位置を比較することで物標を同定し追尾する（図4）。

ターゲットとなる物標を複数回連続して追尾することで，走行車両を確実にとらえ，速度や車両の大きさを精度よく計測することが可能となる。

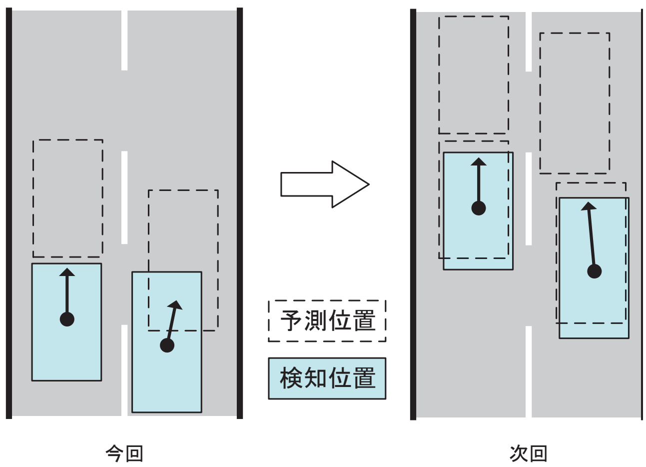

図4　トラッキング
Fig.4　Tracking

(3)　交通量計測

クラスタリングとトラッキングにより，車両毎の車種（大型／小型），走行車線，速度が得られる。

車両毎のデータを元に，1分間及び5分間の車線毎の台数，平均速度，占有率を算出する。

(4)　異常事象検出

トラッキングにより得られる走行状態より，異常事象（低速・渋滞・停止・避走・逆走）をリアルタイムに検出する。

3.　システムの概要

3.1　システム構成

本システムは，データ収集・提供を行う「管理サーバ」，交通量計測と異常事象検出を行う「ミリ波レーダ式車両検知器（以降，検知器という）」，異常事象発生時に走行車両へ警報通知する「警報装置」，車両の走行映像を蓄積する「監視カメラ」から構成される。

交通監視システムの構成を図5に示す。

また，交通監視イメージを図6に示す。

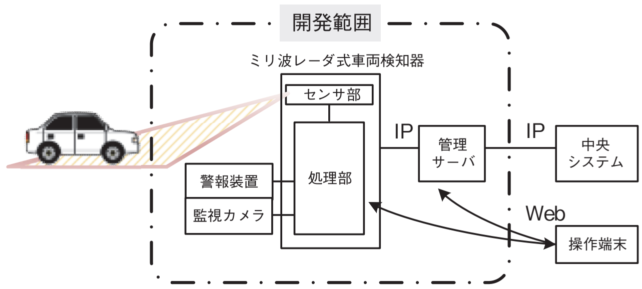

図5　交通監視システムの構成
Fig.5　Configuration of traffic monitoring system

(1)　管理サーバ

本装置は，検知器が出力する交通量データ及び異常事象をIP伝送ライン経由で収集し，中央システムへデータ配信する（図5）。

収集データは，操作端末のWebブラウザから閲覧可能である。

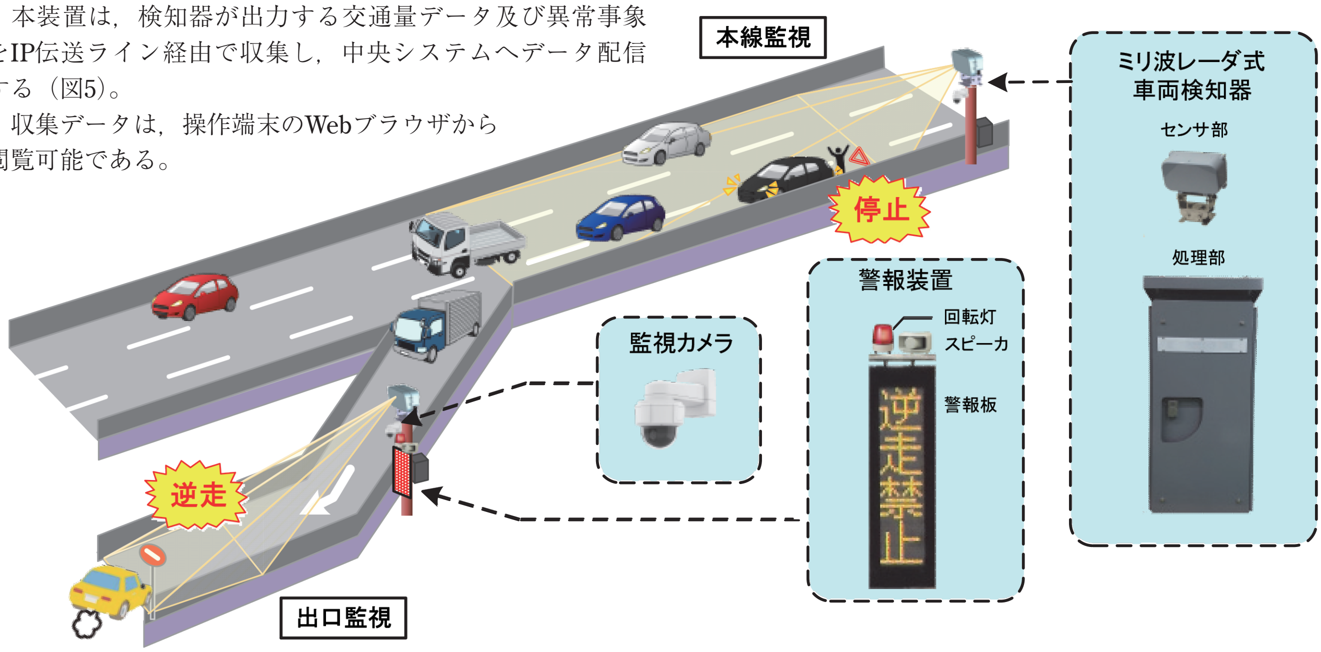

図6　交通監視イメージ
Fig.6 Traffic monitoring image

(2)　ミリ波レーダ式車両検知器

本装置は，センサ部と処理部で構成され，センサ部より入力されるレーダデータを処理部で解析し，管理サーバへ配信する（図6）。

(3)　警報装置

警報装置は回転灯・スピーカ・警報板で構成される。

検知器より異常事象検出信号（逆走）を受信して，走行車両へ即時に警告を行う（図6）。

(4)　監視カメラ

監視カメラは，検知器より異常事象検出信号（逆走）を受信して，事象発生前後の映像を蓄積する。蓄積された映像は，操作端末のWebブラウザから閲覧可能である（図6）。

3.2　システム機能

(1)　交通量計測・異常事象検出機能

レーダから得た物標情報から，交通量計測と異常事象検出を行う。

(2)　データ通信機能

検知器と中央システムとの間のデータ送受信を行う。

複数の検知器から受信したデータを，中央システム向け通信フォーマットへ変換し，一括送信する。

(3)　演算処理機能

検知器から受信した1分間交通量データをもとに，1時間値及び日集計値を算出する。

(4)　データ表示機能

本装置で収集した情報（現況，履歴）は，「交通量情報」「異常事象情報」「各種システム管理情報」として，現況・履歴・グラフで情報提供する。

これらは操作端末のWebブラウザから閲覧可能である。

(5)　警報通知機能

異常事象が発生した際は，管理者へポップアップ表示画面で即時通知する。

また，通信障害や機器故障が発生した際も，同様に通知する。警報通知表示画面例を図7に示す。

異常事象の表示例　　通信障害の表示例

図7　警報通知表示画面例
Fig.7 Notice of warning indication

(6)　現場連動機能

検知器の異常事象検出信号（逆走）を検出すると，警報装置と監視カメラが連動し，走行車両への警告と同時に，事象発生前後の映像を録画する。

(7)　メンテナンス機能

検知器の設定情報や動作状態等はWebブラウザから遠隔で変更・確認が可能である。メンテナンス画面を図8に示す。

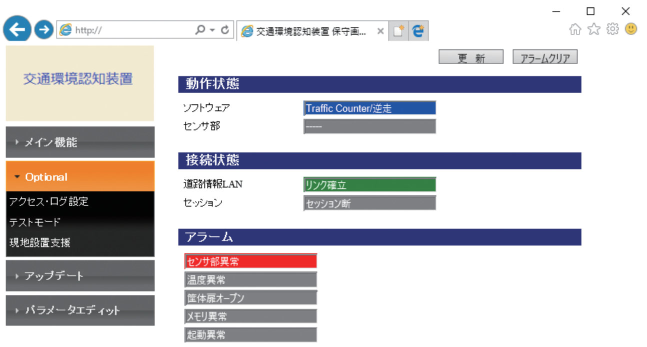

図8　メンテナンス画面
Fig.8　Maintenance screen

4. システムの特長

4.1　データの集約配信

管理サーバは多数の処理部を同時接続可能とし，中央システムへ一括配信することで，中央システムの処理負荷を軽減すると同時に，幹線ネットワークの負荷を軽減する。

4.2　現場完結型の警報機能

警報装置は検知器から異常事象検出信号（逆走）を直接入力することで，走行車両へ即時に警告する構成とした。これにより，ネットワーク障害や管理サーバの稼働状態に依存しない警報動作を可能とした。

4.3　リモートメンテナンス

検知器をはじめとする路側設置機器は，操作端末のWebブラウザから設定変更や動作状態の確認を可能としている。

遠隔操作により危険を伴う路肩作業を最小限とし，また，効率的な保守・管理を可能とした。

4.4　ミリ波レーダ式の特長

ミリ波レーダ式は，電波による計測であるため，雨・霧・周囲の明暗やその急激な変化にも影響を受けることが少ない。

また，1台のセンサで複数車線の交通量計測が可能であり，更に路肩設置が可能であるため，設置・維持の容易性，落下リスクに対する利点など多くの特長を有する。

各方式の概要を表1に，また，各種交通量計測方式の特徴を表2に示す。

表1　交通量計測方式の概要
Table 1　Summary of traffic counter systems

計測方式	概　要
ループコイル方式	各車線の路面にループコイルを埋設し，車両が通過したときのループコイルのインダクタンスの変化を検出して車両を検知する。
超音波方式	超音波を路面に発射し，真下を通過する車両の反射波と路面からの反射波の到達時間を比較して車両を検知する。
画像処理方式	カメラで撮影した映像を画像処理することにより，車両を検知する。
ミリ波レーダ方式	電波を路面に放射し，その反射波から物標の位置と速度を計測して車両を検知する。

表2　各種交通量計測方式の特徴
Table 2　Characteristics of different traffic counter systems

交通量計測方式	ループコイル	超音波	画像処理	ミリ波レーダ
設置方法	埋設	車線上（オーバヘッド）	路肩	路肩
1台で複数車線計測	×	×	○	○
異常事象検知	×	×	○	○
耐環境（雨,霧,雪）	○	△	△	○
耐外乱（太陽光，ヘッドライト）	○	○	△	○
夜間の性能	○	○	△	○
設置・維持の容易性	×	△	○	○
落下リスク	○	△	○	○

○：優れる　△：ふつう　×：劣る

5. システム仕様

本システムの仕様を表3に示す。

表3　システム仕様
Table 3　System specification

項目	仕様
周波数	76 GHz
送信出力	10 mW以下（特定小電力）
検知距離範囲	20～70 m
検知速度範囲	1～160 km/h
検知車線数	最大４車線
交通量計測項目	走行台数，平均速度，占有率， 車種判別（大型，小型）
異常事象検出項目	停止，低速，渋滞，避走，逆走
警報機能	回転灯，スピーカ，警報板で通知
イベント録画	異常事象発生時，前後の映像録画

6. あとがき

本システムは，道路上の異常事象を自動検知し，異常走行車両に対して迅速に警告することで，重大事故を未然に防止する効果を発揮する。また，道路管理業務の効率化にも寄与する。今後，システムが拡充されることで，その効果はより高くなると推察する。

来るべき自動運転時代には，自動運転をサポートする路側インフラシステムとして高度化された活用にも期待される。

最後に，開発にあたり長期にわたりご指導，ご協力をいただいた中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社様に深く感謝いたします。

用　語　一　覧

FMCW: Frequency Modulated Continuous Wave（周波数変調連続波）
避走:複数台の車両が同地点で車線変更を繰り返す事象
占有率:単位時間に検知領域に車両が存在した時間の割合

技術論文