

# テストベッド活用によるコンセプト提案に向けたコネクティッド技術の実車評価

Evaluation of Connected Vehicle Technology for Concept Proposals Using Testbed

林 良明\*  
Yoshiaki Hayashi

目々澤 泉  
Izumi Memezawa

神頭 卓司  
Takuji Kantou

大橋 紳悟  
Shingo Ohashi

高山 浩一  
Koichi Takayama

無線通信を介して車外と繋がり、より安全で快適な運転の支援に加え、車の機能改善やセキュリティ向上、乗員への新たなサービスの提供が可能な「コネクティッドカー」が普及しつつある。我々は、さらに将来必要となる車載機器及びインフラ機器を含めたコンセプト提案に向け、テストベッドを活用した実環境での評価・検証を行っている。ここではテストベッドの構成と特徴を紹介すると共に、ITS無線システムの性能比較や路車協調の機能に関する評価事例を報告する。

Connected vehicles that can wirelessly interact with the environment will become popular as they support safe and comfortable driving and offer improved functionality, security, and services to passengers. We have been evaluating and testing in-vehicle devices and infrastructure equipment in a realistic environment utilizing a testbed for concept proposals. This paper describes the features of the testbed and its application to the performance comparison of intelligent transport system (ITS) radio communications and the evaluation of vehicle-to-infrastructure cooperative systems.

キーワード：テストベッド、コネクティッドカー、ITS無線システム、路車協調

## 1. 緒言

近年、情報通信技術の進歩により、ITS (Intelligent Transport Systems : 高度道路交通システム) が発展し、道路交通の安全性、輸送効率、快適性が向上してきている。更に、路車間通信や車車間通信といった専用の通信媒体を用いて、近傍車両に搭載された無線機や路側に設置された無線機と通信を行い、見通し外からの接近情報や交差点の信号灯火情報などを取得し、安全かつ快適な運転を支援するシステムが普及し始めている。

その際に必要となる無線通信技術は、ITS専用無線を使用する場合もあれば、クラウド、セキュリティ、人工知能等のIT技術との融合も視野に、携帯電話用のデータ通信(以下、セルラー通信)を使用する場合もある。自動車に各種通信機能を搭載し、インターネットへの接続等による高度な情報通信端末としての機能を有する「コネクティッドカー<sup>\*1</sup>」が発展しようとしている。

これに対し当社は信号制御などを行う交通管制システムやセルラー通信のシステム向けサーバを製品化し、車の外側からコネクティッドカーの基本技術の普及を支えてきた。また、車の内側に目を向けると、当社は車内通信技術や信号を伝達するワイヤハーネスに関する技術を有しており、車内外の通信を統合することで車両および路側システムの高機能化を実現すべく、車載無線通信機の研究開発も実施している。

我々は、路側通信機を担当している当社のインフォコミュ

ニケーション・社会システム研究開発センターと連携し、当社横浜製作所のテストベッド<sup>\*2</sup>のインフラ環境を構築し、無線通信性能やコネクティッド技術の検証に活用している。本稿では、テストベッドの構成とその事例について報告する。

## 2. 開発フローとテストベッドの位置づけ

車載機器の開発において、実際の交通を模擬した環境で実車搭載して評価することは、課題を洗い出しその対策を検討する上で、必要なプロセスとなる。開発フローは図1に

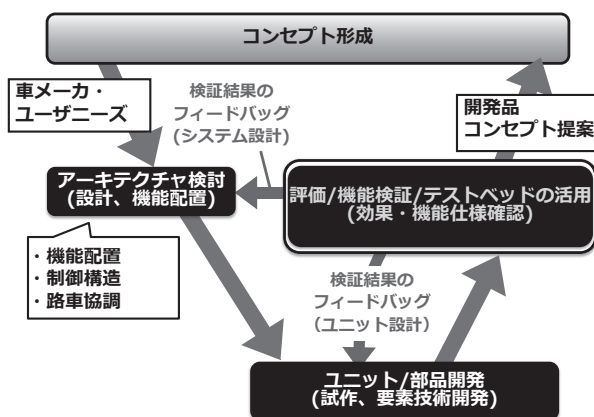


図1 コンセプト形成フローのイメージ

示すように、開発品を実車に搭載して評価／機能検証を行いその検証結果を開発にフィードバックする流れとなる。開発と評価のサイクルを回しながら車載機器及びインフラ機器を含めたコンセプトを立案し、顧客へのコンセプト提案からコンセプト形成に繋げることを目指している。その評価／機能検証のため、テストベッドを活用することとなる。

### 3. テストベッドと実証試験車の概要

図2に、テストベッドの主要設備を示す。そこに備わる交通インフラと実証試験車を以下で説明する。

#### 3-1 ITS無線システム路側装置

ITS無線システムでは、車車・路車・路路間通信を実現する。テストベッドには760MHz帯ITS無線システム<sup>(1)</sup>の路側装置（以下、ITS無線路側機）を設置している。以下に説明するカメラ型車両感知器の情報を元に、ITS無線路側機を通じて周囲の車両等へ情報を発信することができる。

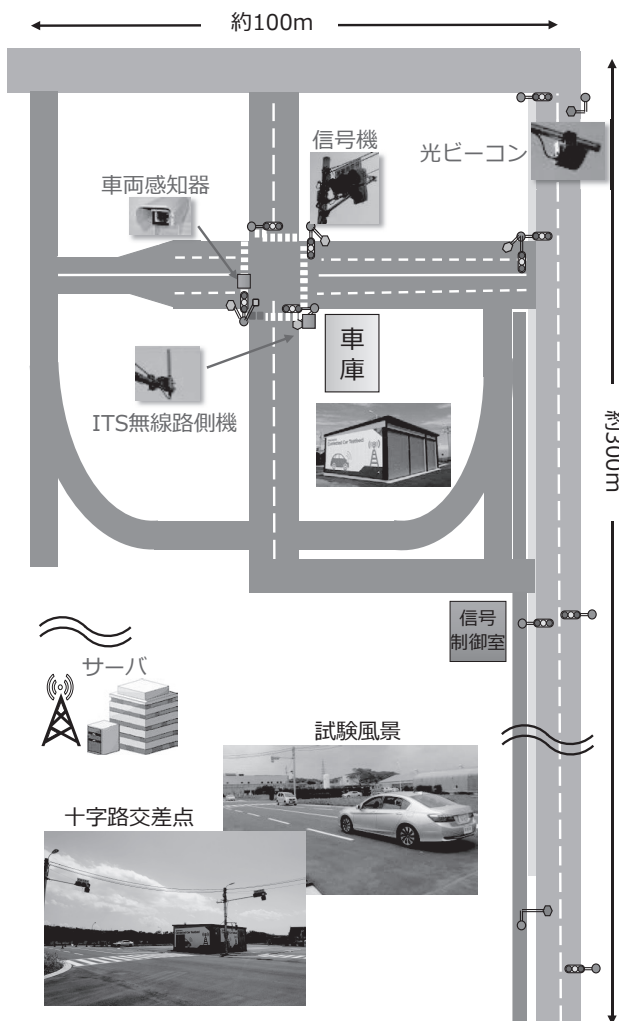


図2 テストベッドの主要設備

### 3-2 路側センサ

#### 3-2-1 カメラ型車両感知器

カメラ型車両感知器では交通流の計測や監視、対象車線における車両の有無や車両までの距離等を認識できる。

#### 3-2-2 高度化光ビーコン

光ビーコンとは、近赤外線を媒体とし、車載機との間で双方向通信を行う路側に設置される投受光装置である。車載機から光ビーコンへ自車両が光ビーコン間を通過した時間等を含むプローブ情報が送信され、光ビーコンから車載機へ渋滞や旅行時間等を含む交通情報が送信される。高度化光ビーコン<sup>(2)</sup>では、更に路線信号情報が追加されており、車両側に信号機の灯火サイクルや信号機間の距離情報を加味した機能（信号待ち時間案内、信号通過支援等）が提供可能となる。テストベッドには高度化光ビーコンを複数台設置している。

#### 3-3 走行テストコース

テストベッドには約100m×約100mの十字路交差点やカーブ、合流、分岐、車線数減を実現した走行テストコースを設置している。メイン道路として約300mの直線があり、信号機複数台と信号制御室を設置している。

#### 3-4 実証試験車

車載機器の検証において、実証試験車によるテストベッドでの評価による課題の洗い出しが重要になる。実証試験車には、セルラー通信を介してサーバと通信を行う車載無線通信機、ITS無線路側機と通信することを可能にするITS無線車載機、高度化光ビーコン車載機等が搭載されている。

図3に実証試験車と周囲との情報の流れを示す。

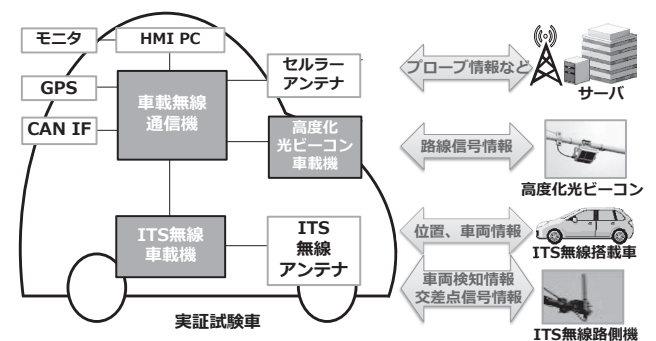


図3 実証試験車と周囲との情報の流れ

## 4. テストベッドの活用事例

### 4-1 ITS無線システムの性能比較検証

ITS無線システムは、国内では760MHz帯を使用したITS安全運転支援無線システムとして実用化されている。一方、欧州や北米では5.9GHz帯が法制化されつつあることから、海外への展開も視野に入れて、両方の周波数での性能評価

を行う必要があった。但し、国内では5.9GHz帯はITS用途に使用できないため、近傍周波数の5.8GHz帯（ETC：ノンストップ自動料金収受システム）の周波数帯で実験局免許を取得し、評価を行うことで5.9GHz帯の性能を予測することとした。

一般的に、無線通信に用いる周波数の違いによる特性として、低周波（760MHz帯）の方が高周波（5.8GHz帯）より電波伝搬の減衰量は小さいこと、回り込み量は大きいこと、の2点が言われている。まず初めにこれらを定量的に比較するため、実際に車両に無線機を搭載して比較測定することを考えた。

そこでテストベッドにおいて電波伝搬状況を可視化するため、2つの周波数帯のITS無線機の送信出力を同一にして、送信側の車両を停車させた状態で、受信側の車両を走行させながら電波強度の測定を実施した。測定結果から作成した電波強度マップを図4に示す。

電波伝搬の減衰量は5.8GHz帯の方が18dB～26dB程度大きく、理論と一致することを確認できた。

次に、実際のITS無線システムを使ったサービスを例として、電波の回り込み性能を比較することにした。図5に示す総務省で検討されているITS安全運転支援無線システム<sup>(3)</sup>の出会い頭衝突防止支援システムのサービス例を参考にして、遮蔽障害物（建屋）のある環境で測定を行った。

図6に電波強度、図7にパケット到達率を比較した結果例を示す。

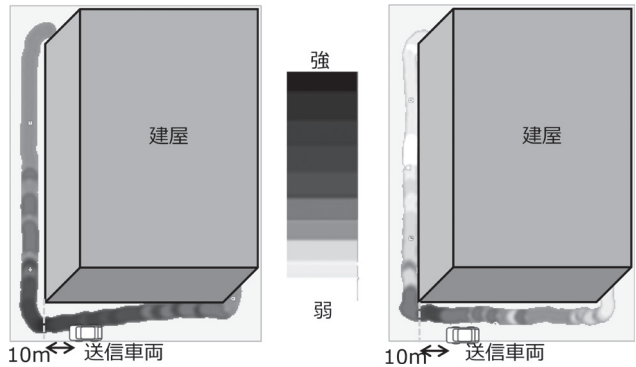


図6 回り込み比較例（電波強度）

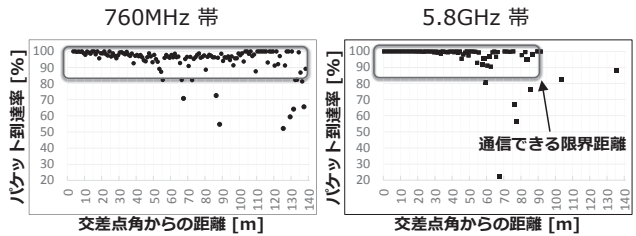


図7 回り込み比較例（パケット到達率）

その結果、送信車両から建屋の角を回り込んで到達する距離は760MHz帯の方が長いという結果となった。この結果と総務省のITS安全運転支援無線システムにおける試験結果を同条件で比較するとほぼ合致したことから、測定の信頼性も確保できていると考えられる。

今回の性能比較検証を実施するにあたり、実証試験車で送信データと受信データを指定したフォーマットで全て保存できるようにした。天気・気温・交通量・時間帯・車速等の測定条件を変えた時の測定結果を蓄積して、通信の再現性や周囲環境の影響を比較できるようにしている。また、リアルタイムに通信情報を確認できる分析ツールも開発したことで、即時に課題解決に向けた検討を行うことができるようになった。

今後、様々な環境での測定結果を蓄積することで、構造物等の影響による電波状況を予測し、車載機器やアンテナの設計に繋げていく。

#### 4-2 路車協調セルラー通信応用の機能検証

車載無線通信機の評価事例として、車両からのプロンプ情報をを使った路車協調セルラー通信応用の事例を図8に示す。車側では、車両の急ハンドルや急ブレーキ等の車両挙

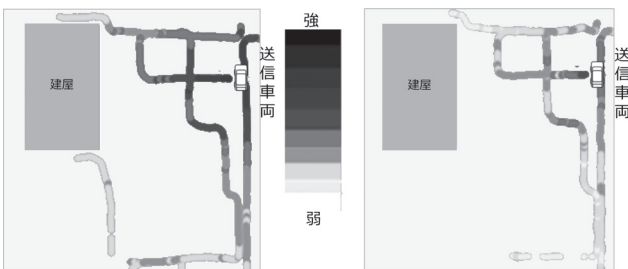


図4 テストベッドの電波強度マップ例

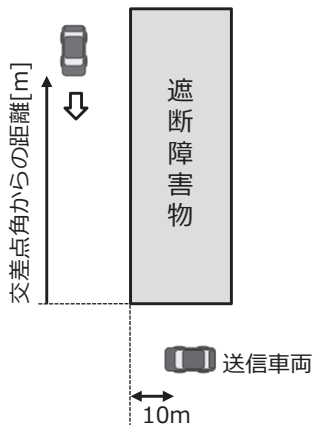


図5 出会い頭衝突防止支援システムのサービス例

動をトリガとして、車載カメラ画像の簡易認識を行い、例えば落下物の画像である可能性が高いと認識された時点でセルラー通信によりサーバへプローブ情報として位置情報や車載カメラ画像を送信する。サーバ側ではDeep Learning<sup>\*3</sup>による詳細な画像分類を行い、車両から送信された画像から対象物が何か？（例：落下物、工事中等）の判断を行う。その判断結果により、位置、時刻、画像等を含む動的情報を作成し、後続車両を含む周囲の車両にセルラー通信経由で配信する。

急ハンドルの車両挙動をトリガとして設定するため、テストベッドの走行テストコースを利用して車両のCAN (Controller Area Network：車載ネットワーク用のシリアルバス) 情報を収集し、急ハンドルが検知可能かを検証した。当初は、操舵角と横加速度を用いて検出しようとしたが、トリガ検出結果で誤検出が多く想定した結果にならなかった。そこで、実車による走行データを蓄積して検討した結果、横加速度の微分を用いると、急ハンドルの車両

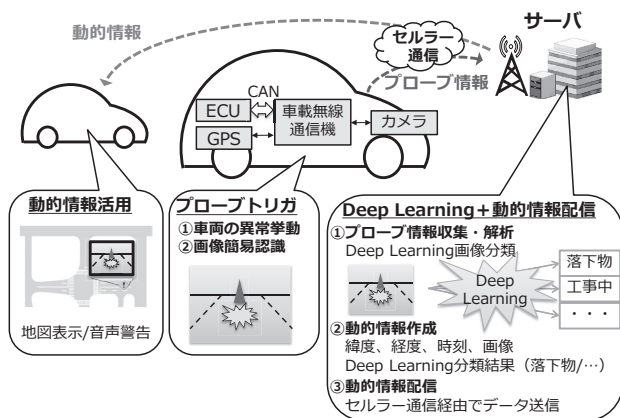


図8 路車協調セルラー通信応用の例

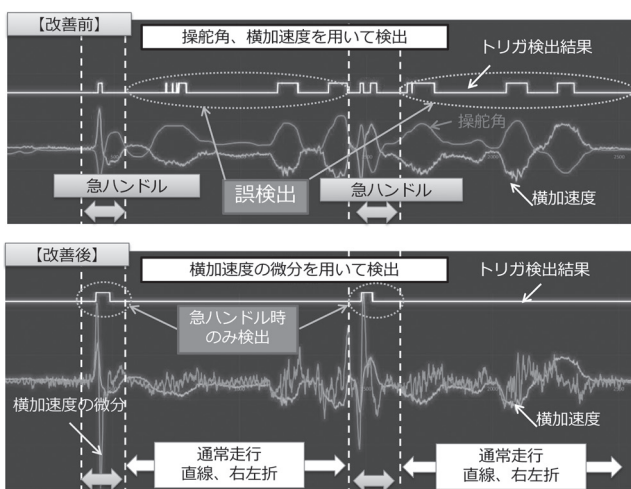


図9 急ハンドルを検知する条件設定例

挙動を正確に検出できることが分かった。図9に改善前と改善後の詳細を示す。このように、車載無線通信機とサーバが協調したシステムの検証が行えるようになっており、コンセプト提案に繋げていく。

## 5. 結 言

テストベッドと実証試験車の概要とその活用事例として、ITS無線システムの性能比較や路車協調セルラー通信応用の機能の検証における活用事例について紹介した。今後、更なる安全かつ快適な運転の支援に向け、インフラ側にはセンサ類（カメラ、歩行者用ミリ波レーダ等）が増えていくことが予想され、通信もより広帯域なデータ送受信を行う必要性が高まってくる。これに対応したコネクティッド技術の開発においても、テストベッドでの路側、車側含めたシステム全体を俯瞰した検証結果をフィードバックする事でコンセプト形成に活用していく。

### 用語集

#### ※1 コネクティッドカー

ICT 端末（情報通信端末）としての機能を有する自動車。「車両の状態や周囲の道路状況などの様々なデータをセンサーにより取得し、ネットワークを介して集積・分析することで、新たな価値を生み出すことが期待されている。」<sup>(4)</sup>

#### ※2 テストベッド

大規模なシステム開発で用いられる、実際の運用環境に近づけた試験用プラットフォームの総称。本稿では、コネクティッド技術の検証を目的に横浜製作所に備わる交通インフラと走行テストコースを含めた設備を示している。

#### ※3 Deep Learning

多層構造のニューラルネットワークを用いた機械学習。特徴量を人が抽出する必要がなく、人が設計した入力と、出力に合わせて特徴を自動設計できる。2012年に開催された画像認識コンテストで圧倒的な認識精度で注目された。

参 考 文 献

- (1) 岸本健吾 他、「700MHz帯無線による車車・路車・路路間通信システム」、SEIテクニカルレビュー第184号、P15 (2014)
- (2) 葉山幸治 他、「通信容量を拡大した高度化光ビーコンの開発」、SEIテクニカルレビュー第185号、P72 (2014)
- (3) 総務省、ITS無線システム委員会HP URL  
[http://www.soumu.go.jp/main\\_sosiki/joho\\_tsusin/policyreports/joho\\_tsusin/its\\_radio\\_system/its\\_radio\\_system.html](http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/its_radio_system/its_radio_system.html)
- (4) 総務省、平成27年度版情報通信白書 (2016)  
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h27/html/nc241210.html>

執 筆 者

林 良明\* : 自動車新領域研究開発センター 主席



目々澤 泉 : 自動車新領域研究開発センター 主席



神頭 卓司 : 自動車新領域研究開発センター  
グループ長



大橋 紳悟 : 自動車事業本部 新製品企画部 主幹



高山 浩一 : 自動車新領域研究開発センター 部長



\*主執筆者