

GPS-AVMシステム MODEL-2013の開発

Development of MODEL-2013 as GPS-AVM system

木ノ下 寛 Hiro KINOSHITA
重松 智史 Satoshi SHIGEMATSU
鶴田 典男 Norio TSURUTA



要 旨

当社では、業務用無線を応用したタクシー向けGPS-AVM (Automatic Vehicle Monitoring) システムの開発を行っている。現在、業務用無線は2016年の完全デジタル化が決定されており、当社としてもデジタル化に対応するため、2003年に $\pi/4$ シフトQPSK変調方式、2012年にはローコスト版として4値FSK変調方式を採用したデジタル無線機を製品化し、商品力の強化を図ってきた。

近年では、タクシーの営収低下に伴う設備投資の低減や、空港送迎など営業エリアの広域化に伴い、従来の無線方式の代替案として携帯網を利用した通信方式に注目が集まっている。今回、GPS-AVMシステムに携帯網通信を組み込むことにより、更なる商品力の向上をはかることとした。

Abstract

We at FUJITSU TEN have developed GPS-AVM (Automatic Vehicle Monitoring) systems for taxis applied with a wireless system for business. In line with the decision of full digitalization in 2016 of the wireless system for business, we have strengthened competitiveness of our products by releasing a digital wireless device adopting a $\pi/4$ QPSK modulation system in 2003 and releasing another digital wireless device adopting a 4-FSK modulation system in 2012 as a low-priced version.

In these days, a new communication system using a mobile phone network draws attention as an alternative system to the conventional wireless systems due to the reduction in facility investment in accordance with the decrease of income in taxi business, and due to the extension of taxi service area such as for pick-up and drop-off service at airport. This time, we decided the incorporation of the mobile phone network into our GPS-AVM systems so as to further strengthen the competitiveness of our products.

1

はじめに

AVMシステム (Automatic Vehicle Monitoring System) とは、業務用車両の位置や動態などの運行状況を、センタのコンピュータで管理するシステムである。当社で開発しているAVMシステムは、タクシー会社での運用に特化した「タクシー配車システム」である。

当社ではアナログ無線方式による移動通信技術を軸としてシステムの開発を開始し、1981年に乗務員自身があらかじめ取り決められたエリア単位で自車位置を申告する「半自動AVMシステム」を開発、納入したのを始めとして、1994年にはGPSによる車両位置取得を採用した「GPS-AVMシステム」、1996年にはお客様管理システム⁽¹⁾と連携した「自動配車システム」を実現し、1997年には電話のナンバーディスプレイと連携した「CTI (Computer Telephony Integration) 連携GPS-AVMシステム」を発売した。

無線方式においては、周波数の逼迫から総務省を中心にアナログからデジタルへの移行が進んでおり、2003年に業界初となるπ/4シフトQPSK (Quadrature Phase Shift Keying) 変調方式を採用したデジタル無線機、2012年にはローコスト版となる4値FSK (Frequency Shift Keying) 変調方式を採用したデジタル無線機を発売するなど、時代に適応したものを製品化し、ニーズに応え続けている。

近年の動向としては、タクシー業界における業務用無線の完全デジタル化が2016年6月に決定している。しかし、従来型の無線機では、アナログからデジタルへの移行には設備の一新が必要であり、導入時の費用が高額になるため移行が予定通りに進んでいない。また、長距離運賃割引の導入や定額での空港送迎などによる営業エリアの変化に伴い、通信エリアの広域化に対する要望が強まっている。そこで今回、新たな通信手段となるIP無線機の開発を行った。本稿では、IP無線機をAVMシステムに適用するため

の課題とその解決策について述べる。

2

AVMシステムの機能と構成

2.1 機能

始めに、無線方式にはよらない共通の機能について述べる。タクシー向けGPS-AVMシステムは、電話やスマートフォンなどでタクシーの注文を受け、最も早く効率的に対応することのできる車両を選んで向かわせるための車両管理システムである。

以下、図1を元に、AVMシステムで注文を受けてから完了するまでの流れを説明する。以下の説明の①②・・・は、図1の番号と対応する。

- ① 注文の電話を受け、ナンバーディスプレイサービスにより電話番号を取得する。
- ② 電話番号を元にあらかじめ登録されているデータベースを検索し、顧客情報 (名前・位置 (緯度経度)・住所・建物名・道順など) を画面上に表示する⁽²⁾。
- ③ ②の顧客情報と各車両の情報⁽³⁾ から、自動的に最適車両を検索して配車する車両を決定する。
- ④ サーバが③で決定した車両に対し、②の配車指示データ (住所・建物名・名前・道順など) を送信する。
- ⑤ データが基地局無線機を介して、車両に送信される。
- ⑥ 配車指示を受けた車両では、文字表示や音声合成、ナビの経路案内等で、乗務員に指示を伝える。
- ⑦ 配車指示を受けた車両が迎車に向かい、お客様先に到着した時点で一連の配車処理が完了となる。

- * (1) 電話番号を元に、あらかじめ登録されたお客様名や住所、利用履歴などを管理するシステム。
- * (2) 登録されていない場合は、画面上で情報を入力し、新規に登録する作業を行う。
- * (3) GPSやナビから取得した位置や、外部機器から入力された動態 (空車・実車・休憩など) の情報を特定のタイミングで収集している。

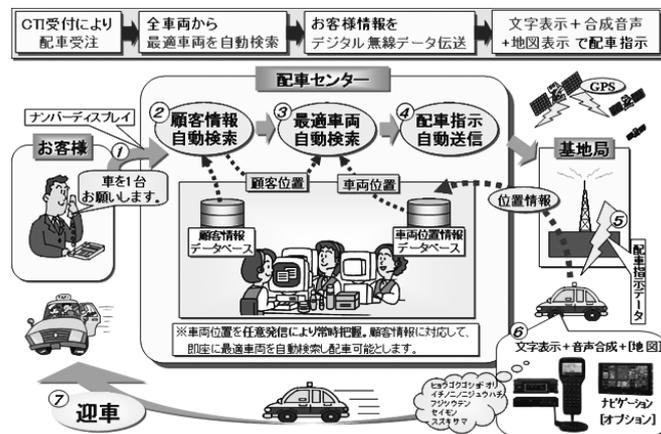


図1 機能説明

Fig.1 Functional explanation

2.2 構成

AVMシステムは以下の3要素で構成される。

- 配車センタ：配車室に設置するサーバやパソコン
 - 基地局：通信所に設置する無線装置
 - 移動局：車両に設置する車載用無線機とECU
- 以下、図2を元に説明する。

この例ではセンタ設備として、サーバ1台とクライアントパソコン2台の構成を示している。パソコンには専用ボードによる電話機能を内蔵しており、電話交換器と接続することで電話での受注に対応している。

基地局設備は、無線機やアンテナなどの無線装置、通話操作のための無線卓等で構成される。この例では、最も単純な基地局無線機1台を配車センタ内に設置する例を示しているが、タクシー会社の規模や立地条件により、タクシーの営業エリア内の何箇所かに複数の基地局無線機を設置する場合もある。

移動局設備は各車両に無線機・ECU・ハンディ端末を搭載する。オプションとして、ナビゲーションやドライブレコーダなどとの連携も可能である。

3 IP無線機と従来型無線機の違い

IP無線機をAVMシステムに適用するに当たり、まずIP無線機のメリットやデメリットを把握する必要がある。以下、IP無線機の特徴について述べる。

3.1 IP無線機とは

IP無線機とは、従来型無線機がデジタル無線網を使用して行っていた無線通信を、携帯電話網を利用したIP (Internet Protocol) 通信の仕組みを用いて行う機器のことである。

3.2 メリット

3.2.1 通信エリアが広い

従来型無線機は設置した基地局から一定範囲内⁽⁴⁾でのみ通信可能であったが、IP無線機は携帯電話が通じるエリ

アでは通信が可能のため、事実上全国が通信エリアとなり、どこへ向かっても車両の情報を収集し続けることが可能となる。

3.2.2 不感地帯が少ない

IP無線機で使用する電波は建物や地形の影響を受けにくく、従来型無線機では通信ができない場合があったビル影やトンネル内部のような場所でも、ほとんどの場合通信が可能である。

3.2.1および3.2.2に関し、実際の走行実験を行った際の通信位置を図3に示す。

円は当社に設置している評価用無線のエリア、線はIP無線機を使用して実際に走行実験を行った軌跡を表している。IP無線機では県境を越えても通信が可能であり、かつ明石海峡大橋に向かうトンネル内でも通信が成立していることが分かる。



図3 実車走行試験結果
Fig.3 Running test

* (4) 最大で30km程度 (東京スカイツリーに設置した集中基地局の場合)

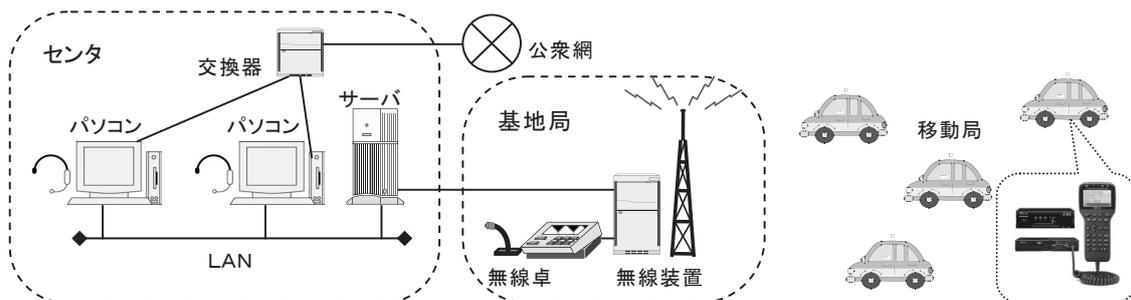


図2 AVMシステム構成図
Fig.2 AVM system block diagram

3.2.3 混信がない

従来型無線機では周波数が一致したものは全て受信するため、別のタクシー事業者様の車両からもデータを受信することがあった。

IP無線機では無線機ごとに割り振られた固有のIPアドレス⁽⁵⁾を元に通信を行うため、周波数が同じであっても混信を起こすことが無い。

3.2.4 初期費用が低減できる

従来型無線機は通信インフラを自前で構築するため、通信機器以外に免許申請費用や基地設置場所の借地料などの費用が別にかかり、高額となる。

IP無線機では免許申請費用や基地局の設置費用が不要となり、規模により効果額は異なるが、導入時の費用負担を最低でも200万円から300万円程度低減できる。

3.2.5 対象となる市場が広い

従来型無線機では、無線免許の取得や無線従事者の配置を行う必要があり、対象となる市場が限定されている。

IP無線機では一般的な携帯電話と同様、使用する際に免許申請や資格取得の必要が無く、これまで無線機を使用できなかった事業者に対しても提案を行うことが可能となる。

3.3 デメリット

3.3.1 ランニングコストがかかる

IP無線機では携帯電話同様、月額料金の支払いが必要となり、ランニング費用が発生する。そのため、車両の保有台数が多い場合、月々の費用が高額になり大きな負担となる。利用料金は従量制であり、使用状況によっては想定以上に多くの料金が必要となる場合がある。また、契約した機器に対しては、全く使用していなくても月額基本料金が発生するため、予備用の無線機に対しても費用が発生することになり、設置が難しくなる。

インフラ面においても、従来の仕組みを踏襲した場合、タクシー事業者様ごとに携帯電話キャリアとの専用通信網を敷設する必要があり、サービス費用が高額になることが想定された。

3.3.2 同報処理ができない

従来型無線機では、周波数が一致していれば一回の送信で全車への同報が可能であったが、IP無線機では基本的に1対1の通信を行うため、一斉同報ができない。

3.3.3 音声途切れる場合がある

IP無線機の場合、携帯側側の通信速度が一定ではないため、音声が遅れて届いた場合に途切れや欠損が発生する場合がある。

3.3.4 障害対応が困難

従来型無線機では、自前のインフラを使用していたが、IP無線機では携帯電話キャリアのインフラを使用するため、原因の切り分けや調査に時間がかかる場合がある。

3.4 まとめ

従来型無線機とIP無線機の差異を表1に示す。

表1 無線機比較

Table 1 Comparison of wireless devices

項目	無線網(45型)	携帯網
インフラ	自前で敷設	携帯電話(公衆)網
通信エリア	限定される	事実上日本全国
不感地帯	ビル影などで発生	ほとんど発生しない
通信対象	周波数が一致する全無線機	個別の無線機
初期費	高額	安価
利用料金	不要(借地料などは除く)	要(従量制で発生)
周波数調整	要	不要
圏内表示	下りデータ受信時	通信モジュールからの通知
圏外表示	30秒下りデータ未受信	
誤受信防止	9bitのスクランブルで判別	1対1通信のため発生しない
音声混信	ノイズの原因となるため 基地毎のカラーコードで判別	
同期処理	基地局と同期して送受信	同期処理なし、UDPで送受信
優先動作	送信優先	受信優先
CH切替	あり	なし

4 AVMシステムへの適用に向けた課題への対応

ここまで述べてきた比較結果から、IP無線機のメリットはそのまま活かし、デメリットを極力小さくするとともに、従来型無線機で実現していた機能をそのまま実現するために以下の対応を行った。

4.1 ランニングコストの低減

IP無線機ではこれまで発生しなかったランニングコストが発生することから、低減させることが重要な課題である。利用料金を抑えるためには、データ通信量を可能な限り低減する必要があるため、以下の対応を行った。

4.1.1 通信フォーマット見直し

無線網で策定していたフォーマットは、後からの拡張を考慮した予備領域や、解析のしやすさを考えた0埋めによる桁数合わせなどを含めて規定していたため、携帯網においては余分なものを全て削除し、1bit単位で通信量を削減するよう新たにフォーマットを規定した。

一例として、車両からの位置情報などに用いるデータの一部である、GPSの測位状況を表す部分の変更を図4に示す。このデータでは、従来の152bitから112bitと、40bit約26%の低減を実現している。

* (5) IPアドレスは無線機に内蔵している携帯電話キャリアから支給されたSIM (Subscriber Identity Module) で決定される。当社のIP無線機は信頼性からChip型のSIMを採用しており、交換はできない。

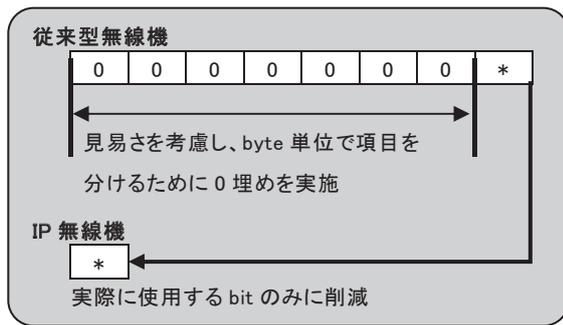


図4 フォーマット例
Fig.4 Format example

4.1.2 音声の圧縮率向上

IP網上で音声通話を行う際にはVoIP (Voice over Internet Protocol) の仕組みを使用するが、一般的な音声コーデックを使用すると、ビットレートが8kbpsと圧縮率が低いため、データ通信も行うAVMシステムにおいては月額基本料金の範囲内で収まる通話時間が短く、超過料金がかかることが想定された。

そのため当社では、デジタル無線機での音声通話のノウハウを基に、十分な通話品質を確保しながらビットレートを2kbpsまで圧縮するコーデックを採用、同じデータ量で4倍の通話時間を実現した。

4.1.3 定期通知の見直し

地区別の車両台数や繁忙状況など、車両に対してトラフィックが許す限り多く送信していた情報を、運用に影響が無い範囲で少なくし、不要な通信を削減している。

4.1.4 通信設定の制限

これまで、車両からの情報送信間隔や定期通知に関しては容易に設定を変更することが可能であったため、誤った設定を行った場合に通信量が増加し、超過料金が発生する恐れがあった。今回、設定をファイルの書き換えやクラウド上など、技術者以外では変更できない箇所に移し、不要な変更を防いでいる。

これらの取り組みにより、データ通信量を当初の想定から約3分の1に低減することができた。これにより、月額基本料金の範囲内で従来型無線機の標準的な運用を実現することができた。

4.2 サービス費用の低減

専用の通信網を使用して携帯電話キャリアと接続するサーバを、共用のものとしてクラウド上に設置することでサービス費用を低減させている。

なお、クラウドの構成に関しては5章にて詳細に述べる。

4.3 同報処理の実現

IP無線機では通信の仕組み上、同報処理が行えないが、

タクシーの運用を行っていく上で、全車共通の情報として稼働状況を知ることや、センタ側から全車両に対して一斉に呼びかけを行うなど、複数車両を対象とした同時通信の処理は必要不可欠であった。

そこで今回、クラウド上に当社製IP無線機を使用する全タクシー事業者様の車両情報を持たせることで、複数の通信先をサーバ上で認識し、同じデータを同時に送信する仕組みを構築している。

4.4 音声途切れの低減

従来使用していた無線網は全て自前で用意したインフラを使用していたため、他からの影響が少なく通信速度は安定していた。しかし、IP無線機で使用する携帯網は公衆回線であることから、年末年始の通信集中を始めとした他からの影響を受けやすく、通信速度が変化する。

仮に音声をリアルタイムで再生した場合、通信速度が遅くなると次の音声を受信するタイミングが遅れて音声途切れが発生する可能性がある。また、遅れた音声を再生中に次の音声を受信した場合は音声の欠損が発生する可能性もあることから、一定時間分の音声データを再生待ちデータとしてバッファに一旦溜めてから再生する仕組みを採用した。

バッファを大きくした場合、途切れが軽減されるが、バッファを溜めるまでの時間が必要なため、音声のタイムラグが大きくなる。そのため、数パターンの実験を行った結果から最適な値として選定し、容量を決定した。

音声再生までの仕組みを図5に示す。

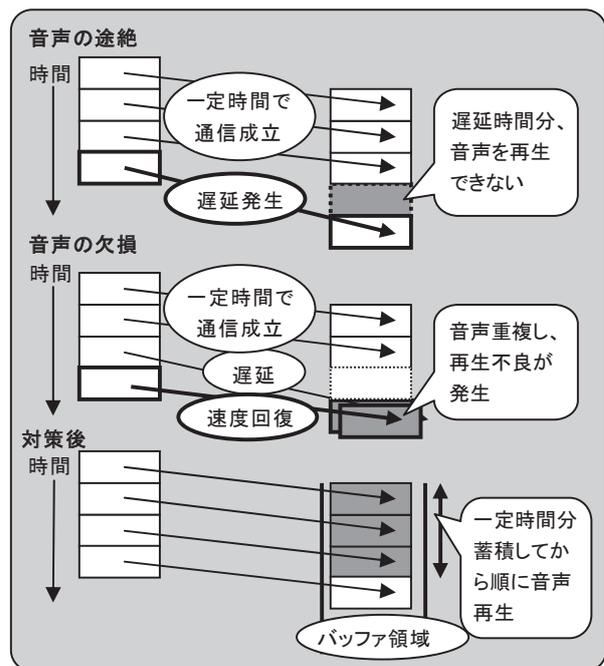


図5 音声処理
Fig.5 Voice processing

4.5 ネットワーク構成によらない通信の実現

IP無線機では、データの通信速度を考慮し、UDP (User Datagram Protocol) と呼ばれるプロトコルを採用している。このプロトコルでは、フォーマットに送信元のIPアドレスやポート番号といった情報がヘッダ部に含まれているが、ネットワーク構成によってはそれらの値が変更されてしまい、データの整合性が判別できなくなる可能性がある。

そのため、今回規定した通信フォーマットに、ヘッダ情報として送信元のIPアドレスや車両情報など必要最低限の情報を含めることにより、ネットワーク構成が変わった場合でも対応できる作りとしている。

5 クラウドの構成

4.2で述べた通り、従来のAVMシステムには存在しなかった共用サーバをクラウド上に設置した。以下、AVMシステムに適用する為に行った対応を述べる。

5.1 概要

AVMシステムにおいてIP無線機を使用する際のサービス費用を抑えるため、IP無線機を用いた全ての通信を制御するサーバをクラウド上に設置した。このサーバでは障害が発生した場合、影響がIP無線機を使用している全タクシー事業者様に及ぶため、システム動作の継続性確保と異常の未然・早期検出を最重要課題として設計を行っている。

5.2 信頼性の確保

クラウド環境においては、設置しているサーバや通信機器を二重化した冗長構成とし、信頼性を高めている。

ハードの構成図を図6に示す。

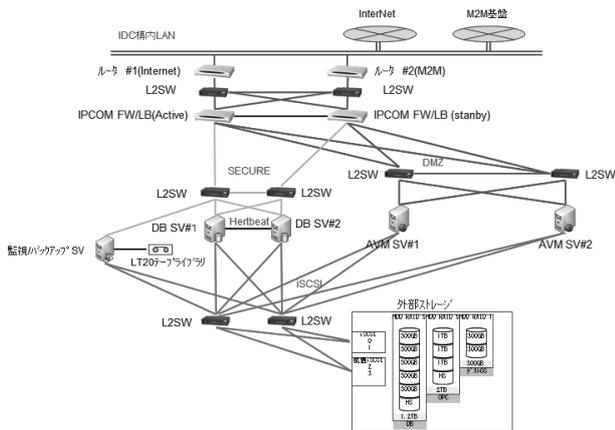


図6 ハード構成

Fig.6 Hardware configuration

データベースの物理的な記録先である外部ストレージに関しては、ハード的な二重化は行っていないが、ホットスワップを含むRAID (Redundant Arrays of Independent

Disks) 構成を採用し、ディスク装置の異常発生時に処理を継続できる仕組みを取っている。

また、サーバは障害発生時に稼動するサーバを切り替えるのではなく、両方を常時稼動状態とし、片側で障害が発生した場合やメンテナンス時においても、そのまま処理を継続できる仕組みをとっている。

5.3 異常の未然・早期検出

クラウド上に設置したシステム監視を行うサーバから各機器の動作状況を常時モニタリングしており、死活監視だけではなく、段階的に警告メッセージを通知し、障害が発生する前段階で気付く仕組みとしている。

また、従来はスタンドアロンで動作していた配車センタのサーバが同一のネットワーク上で繋がることから、配車センタ側のサーバで異常が発生した際に、クラウドを経由して異常を通知する仕組みを構築している。

5.4 負荷の軽減

IP無線機からの通信は全てクラウドを経由することになるため、負荷がこれまでの想定よりも大幅に大きくなる。この負荷に対し、遅延なく処理を行うため、以下の対応を行った。

5.4.1 アプリ構成

IP無線機からの通信はデータ通信と音声通信に分けられ、それぞれで行う処理が異なる。そのため、データ通信を制御するアプリと音声通信を制御するアプリの二つに分け、負荷を分散させる仕組みをとっている。

また、クラウド上で行う処理は配車センタとIP無線機との間で通信を行うために必要な、最小限の処理に限定している。

5.4.2 データ制御アプリ

IP無線機および配車センタからの通信を受信する。データ通信であれば通信内容やデータベースを元にデータの送信先を決定する。音声通信であれば音声制御アプリへデータをそのまま転送する。

本アプリでは全ての通信を受信しつつデータを振り分ける処理を行うため、高負荷になることが懸念された。そこで、通信フォーマットのヘッダ部にデータ通信と音声通信の判別用の領域を設け、データ内部の解析なしでの振分を可能とし、負荷を軽減している。

5.4.3 音声制御アプリ

データ制御アプリから受信したデータやデータベースを元に、音声の送信先を決定する。

5.4.4 動作概要

携帯網から送信されたデータの流れについて、図7に示す。

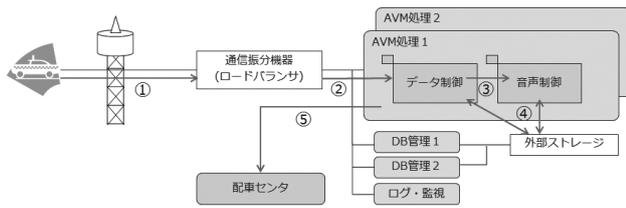


図7 動作概要

Fig.7 Operation summary

- ①IP無線機からのデータをクラウド環境に設置しているロードバランサが受信する。
- ②ロードバランサがアプリサーバの動作状況や通信状況等に、どちらのサーバへデータを振り分ければ良いか判断し、データを転送する。
- ③データを受け取ったデータ制御アプリでデータの中身を確認し、音声データであれば音声制御アプリへ転送する。
- ④それぞれのアプリで、データの内容やデータベースなどを参照し、送信先を判別する。
- ⑤送信先として判断された配車センタへデータを送信する。
なお、配車センタから送信されたデータも同様の動作となり、送信先として判断されたIP無線機に対してデータが送信される。全車へ対する通信を行った場合は、送信先として複数のIPアドレスが指定され、同じデータを一齐に送信する。

6

おわりに

ここまで、タクシー向けGPS-AVMシステムへのIP無線機の適用に関して述べてきた。既にシステムの納入は始まっており、2013年9月に初めての納入を行ってから、既に複数のタクシー事業者様において運用を開始している状況である。

また、IP無線機を軸とする新たな商流として、携帯電話キャリアとの協業により、商談や試行運用が始まっている。

今後は、タクシー以外の業態も視野に入れたシステム開発を行って対象となる市場を広げるとともに、今回構築したクラウドの仕組みを応用し、データ活用など新たな強みを作り出していきたい。

筆者紹介



木ノ下 寛
(きのした ひろ)

ITS事業部システム開発室



重松 智史
(しげまつ さとし)

ITS事業部エキスパート



鶴田 典男
(つるた のりお)

ITS事業部システム開発室
室長