

INTERVIEW

「どんなところでも・どんなときでも・どんなものでも」  
つながる通信を!



**矢野 博之** (やのひろゆき)  
ワイヤレスネットワーク研究所  
研究所長

1992年郵政省通信総合研究所（現NICT）に入所。関西支所（現未来ICT研究所）でヒューマンコミュニケーションに関する研究に従事した後、内閣府で第3期科学技術基本計画の策定等の業務に従事。その後、経営企画部等を経て現職。博士（工学）。

我々を取り巻く情報通信のネットワーク化が急速に進み、生活の中に多くの利便性や豊かさをもたらしている。それは同時に、情報通信の重要性が増し、生活の様々なシーンで不可欠のものになったということでもある。どんな場所においても、不自由なく情報通信の恩恵を得るようにしたい——そんなニーズに応える核となるのが、無線通信の技術である。その先端を担い、スマート社会の実現に貢献するワイヤレスネットワーク研究所の矢野博之の研究所長にお話を伺った。

■「ワイヤレスネットワーク」が担うもの

——まずは、研究所の名前にもなっている「ワイヤレスネットワーク」の技術が、情報通信という大きくくりの中で担っている役割について伺いたいです。

矢野 NICTが5か年計画で進めている4つ

の研究領域の基盤技術の1つが「ネットワーク基盤技術」です。これには、ネットワークを構築する様々な技術、またそれを守る技術などが含まれますが、なかでも、無線を使ったネットワークの構築に関する研究を担当しているのが、ワイヤレスネットワーク研究所です。

特にここ10年ほどの間に、携帯電話やスマートフォンはビジネスだけでなくすっかりパーソナルな通信機器として定着し、また、家庭内でもPCをWi-Fiなど無線を使って接続することが一般化しています。これには、単純に「線がなくて済む」ということではなく、もっと大きな意味があります。無線通信の技術を使うことで、「どんなところでもつながる」「どんなときでもつながる」「どんなものでもつながる」可能性が大きく広がってくるのです。我々は、この3つの大きな柱に沿って、研究開発を進めています（図1）。



図1 ワイヤレスネットワーク研究所の研究開発ビジョン

### INTERVIEW

## 「どんなところでも・どんなときでも・どんなものでも」 つながる通信を！

### ■「どんなところでも・どんなときでも・ どんなものでも」

——具体的には、その3つの柱に関して、どのような研究が行われているのでしょうか。

**矢野** かつては、線がつながっている範囲でしか、情報通信の恩恵を得ることはできませんでした。しかし、無線を使えば、電波の届く限り「どんなところでも」通信が可能になります。そのよい例が携帯電話です。また、いまでは、飛行機の中や、船の上でもインターネット接続が可能になりつつあります。これに関しては、今後も通信可能な場所を確実に増やしていくことが求められています。

併せて重要なのが、「どんなときでも」つながることです。例えば、東日本大震災では、情報通信の分野でも多くの問題が発生しました。特に困ったのが、被災地において通信が途絶し、周囲の状況がわからないというケースが多発したことです。いつ救助や支援が届くのか、それがわかるだけ

でも対処の仕方は変わるし、不安も軽減される。そうした情報が本当に必要とされる最初の数時間に、通信の不感地帯をなくすることが重要です。これには、無人飛行機を中継局として活用することで、非常時に対応するなどが考えられます。

もうひとつが「どんなものでも」つながることです。ネットワーク化が進むことで、誰もが携帯電話やスマートフォンを持ち、今ではそれらを使って「いつも誰かとつながっていないと不安」とまで感じるようになっていきます。そのネットワークをさらに広げ、家電製品その他、様々なものにも通信機能を持たせ、情報をやりとりするのが、「モノのインターネット」、いわゆるIoT (Internet of Things) の考え方ですが、これに無線通信技術が大きく貢献できます。そのためには当然ながら無線機を小型化する必要がありますし、潤沢に電力を使えるとも限りませんから、省電力である必要もあります。

### ■「適材適所」の研究開発体制

——ワイヤレスネットワーク研究所にある各研究室の役割と、それぞれの活動の拠点

を教えてくださいませんか。

**矢野** ワイヤレスネットワーク研究所には、「スマートワイヤレス研究室」「ディペンダブルワイヤレス研究室」「宇宙通信システム研究室」の3つの研究室があり、それぞれが、先に述べた3つの柱にかかわる研究開発を行っています。

順番は前後しますが、宇宙通信システム研究室は、衛星を使って送受信エリアを広げること、つまり主に「どんなところでも」の技術を担っています。活動の拠点は茨城県鹿嶋市にある鹿島宇宙技術センターと東京都小金井市の本部にあります。鹿島は50年前の東京オリンピックの様子を、衛星通信を使ってアメリカに中継する基地局として開設された拠点で、「宇宙中継の地」の石碑(図2)もあります。ここでは主に電波を使った衛星通信を担当しています。一方、小金井では主に光を使った衛星通信の研究開発を行っています。600~700kmの低高度を周回する衛星と地上との間でレーザー光を送受信し、捕捉追尾を行い光通信でデータ伝送を行います(図3)。レーザー光は収束性に優れるため秘匿性が高く、また高速通信が可能なので衛星が取得



図2 「宇宙中継の地」の石碑(鹿島)



図3 直径1m望遠鏡の光地上局(小金井)



図4 周囲の電波の影響を受けにくい立地にある研究所（横須賀）

するデータの大容量化にも対応が可能です。

スマートワイヤレス研究室、ディペンダブルワイヤレス研究室は、おおよそ「どんなときでも」「どんなものでも」つながる技術を研究していますが、拠点は横須賀リサーチパーク（YRP）に置かれています。YRPのよいところは、三浦半島にあり、三方を山や丘に囲まれ、海に開いている地形であることです（図4）。そのため、周囲の電波の影響を受けにくく、NTT横須賀研究開発センター、NTTドコモR&Dセンターなど関連の深い研究施設とも隣接し連携しやすいという、好都合な環境にあります。

研究所としてはいくつかの拠点に分散しているわけですが、各研究室ともそれぞれにとってよい環境のもとで、よい研究を進めることができていると思います。

## ■世界で注目される研究成果

—それぞれの研究室において、特に最近の成果、あるいは注力しているテーマといえるものについて教えてください。

**矢野** スマートワイヤレス研究室では、

IoTの核となる技術として、無線通信規格「Wi-SUN（Wireless Smart Utility Network）」の研究開発と標準化を進めています。これはNICTの研究すべてに言えることですが、我々は単に「必要な研究をやって終わり」ではなく、常に、その成果が社会で役立つことを念頭に置いて活動しています。Wi-SUNは、もともとガスのスマートメーター用省電力型無線通信システムとしてのニーズを受けて研究がスタートしたのですが、米国電気電子学会標準化タスクグループIEEE802.15.4gにおいて国際標準規格化を提案・受理されています。さらにはメーカーともアライアンスを組み、広く使われる技術として普及に努めています。

現在では国内の電力会社10社のスマートメーターに採用され、将来は約8,000万世帯に導入される予定ですが、さらに家庭の中の様々な機器に搭載されてHAN（ホームエリアネットワーク）の鍵となってくれることを期待しています（図5）。様々な機器のセンサが連携することで、ビッグデータの活用にも貢献できるのではと思います。

ディペンダブルワイヤレス研究室では、無人飛行機用中継局の研究開発を行ってい

ます。非常時に空の基地局として活躍するためにはある程度の滞空性能が求められるため、マルチコプター機より航続時間の長い全幅2.8m程度の固定翼機を使用しています。これに関しては、仙台にある耐災害ICT研究センターとも連携をとって研究開発を進めています。

宇宙通信システム研究室では、衛星に搭載する小型光通信機器の開発が大きなテーマです。特に近年、打ち上げコストを抑えるため、衛星の小型化や相乗りが盛んで、そのためにも通信機器の小型軽量化は欠かせないのです。実際に、およそ50cm角ほどの小型トランスポンダを開発し、その質量も、従来の数十kgから約6kgへと大幅な軽量化を実現しています。これは世界的にも注目を集め、米欧の宇宙機関から、ぜひ一緒に実験を行いたいという提案も頂いています。

これらの技術を通じて、「世界中どこでも・どんなときでも・どんなものでもネットワーク」の流れにさらなる貢献をするのが、我々ワイヤレスネットワーク研究所の使命だと考えています。

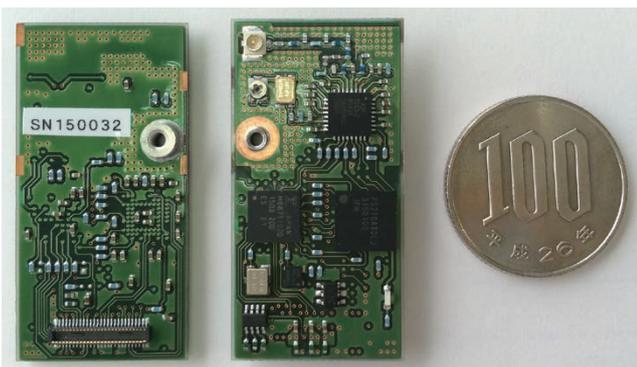


図5 Wi-SUN無線モジュール（左）と無線機実装例（右）



## 通信インフラの質を高めるスマートな無線通信技術の取組



**児島 史秀** (こじま ふみひで)  
ワイヤレスネットワーク研究所  
スマートワイヤレス研究室  
室長

1999年郵政省通信総合研究所（現NICT）に入所。以来、高度道路交通システム（ITS）、防災用無線アドホックネットワーク、スマートユーティリティネットワークの主に物理層、MAC層制御に関する研究開発・標準化に従事。博士（工学）。

**無**線通信は、現状の通信需要において欠かすことができなくなっており、環境保全や減災・防災に関する社会問題の解決や、情報の効果的な流通・制御による生活品質の改善には、インターネットに代表される基幹通信インフラとの連携を前提とする無線通信技術を、より高度なものとするための研究開発、標準化、および社会展開が必要です。

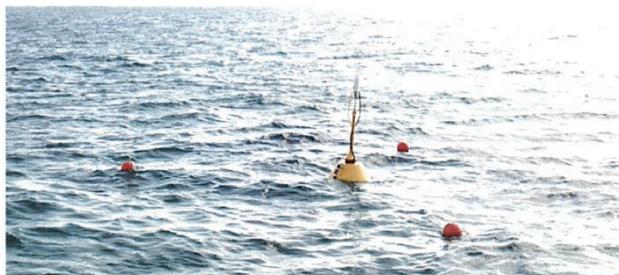
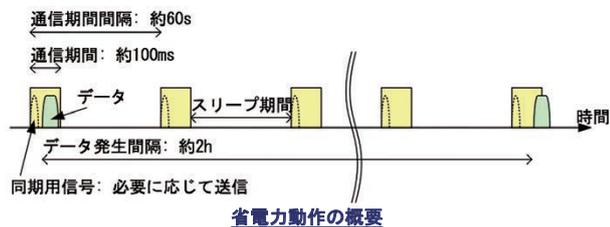
スマートワイヤレス研究室では、第3期中期計画において、無線通信システムに関して、全く新しい無線通信システムを創出する「スケーラブルワイヤレスネットワーク技術」およびこれまでの無線通信システムを高度化する「ブロードバンドワイヤレスネットワーク技術」という2つのプロジェクトで、研究開発を行ってきました。

### ■スケーラブルワイヤレスネットワーク技術に関する取組

SUN (Smart Utility Network) は、電気・ガス・水道等の各種メータや、農業・防災等の各種センサのための無線通信ネット

ワークですが、電源供給が十分でない状況が想定されます。我々は、各種メータ/センサが取得した情報を狭域ネットワークと中広域ネットワーク (MAN/RAN) を利用してマルチホップ通信で収集し、データの整理、および各種メータの制御をネットワーク側から行う省電力、双方向制御無線ネットワークの研究開発を行いました。具体的なアプリケーションとして、宅内エネルギー管理システム (HEMS) における宅内無線ネットワーク (HAN) にも対応した通信プロトコルのための下位層仕様の策定を行い、Wi-SUNアライアンスの認証仕様として採用されると同時に世界初の実装、および標準機としての認証に成功しました。また、より大規模なネットワークに対応可能なメッシュ構築技術を提案し、IEEE 802.15.10ドラフトにも収録されました。省電力性については、電池駆動型の省電力動作技術の研究開発を行い、単3電池3本で10年以上の動作が出来ることも実証しました。さらに、沖縄県のもずく養殖場等における実証にも成功しました (図1)。

電波不感地域の解消に有効な公共ブロー

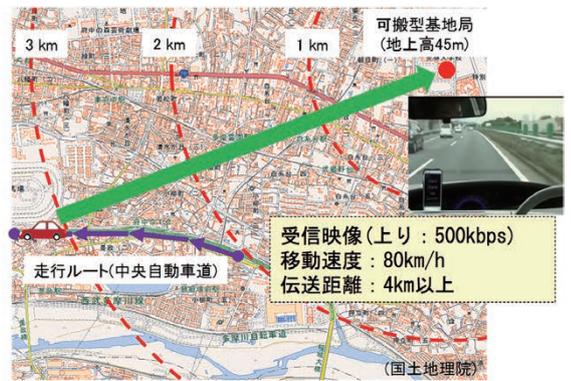


もずく養殖場内Wi-SUN海上ブイ

図1 Wi-SUNの実証例



開発したARIB STD-T103準拠装置



高速移動(80km/h)中の映像伝送実証実験

図2 ARIB STD-T103準拠装置の開発と実証

ドバンド (PBB: Public BroadBand) 技術の研究開発にも取り組んできました。中広域規模のサービスエリアを想定し、前述のSUN等の狭域メッシュが当該エリア内に点在する状況でも、各狭域メッシュにおける多数の無線機搭載型環境モニタ等からの情報を効率よく収容できる中広域メッシュのための無線通信システムの研究開発を行いました。狭域メッシュにおける伝搬距離が数百m程度であるのに対し、本システムでは10km以上の伝送距離の確保が可能です。加えて、伝送速度は数Mbps以上であり、動画等の伝送に対応できるほか、前述の多数のモニタ等により集積されたデータがある程度大容量となった場合にも効果が期待されます。また、当該システム用無線機を開発し、通信ダイバーシチ技術の適用時や、海上伝搬時等の実運用環境を想定し、世界で初めての実証実験を行いました(図2)。200MHz帯やホワイトスペース等の周波数帯における高速伝送の確立について検討しており、それらを融合した用途についても実証を計画しています。また、今後IoTやM2M(Machine to Machine)等への適用の有効性が予想されるメッシュネットワークについて、継続して検討していく予定です。

### ■ブロードバンドワイヤレスネットワーク技術に関する取組

ブロードバンドワイヤレスネットワーク技術に関しては、これまでの陸上移動通信システム、無線アクセスシステムに共通して深刻な課題である周波数資源の有効利用技術について検討しています。

空き周波数帯の有効利用による周波数利用効率の改善を図るホワイトスペース技術に関しては、最大で数百m程度の範囲内に存在する無線機器間で、VHF帯以上の周波数を利用し数十Mbpsから最大10Gbpsの伝送速度を利用状況や利用条件等に合わせた適応的に無線ネットワークを構築する無線機器間再構築可能ブロードバンド通信ネットワーク技術を確立しました。デジタルテレビ用途の空き周波数(TVホワイトスペース)の活用技術を確立し、当研究室が主導的に策定した国際標準規格IEEE 802.11afに準拠するホワイトスペース利用WLANシステムに加え、同様にホワイトスペースを利用するLTEシステムの研究開発、および装置実装を行いました(図3)。さらに、ホワイトスペース利用に関して英国周波数規制当局が主催する実験に参加し、上記IEEE 802.11afシステムを用いた2Mbps超の3.7km固定地点間通信、およびLTEシ

ステムを用いた40Mbps高速通信の動作実証に世界で初めて成功しました。

これまであまり使用されなかった60GHz帯以上の周波数帯を利用するミリ波技術に関しては、最大10m程度の範囲内(見通し内外)に存在する無線機器間で、利用状況や利用条件等に合わせた数十Mbpsから最大10Gbpsの伝送速度が得られる無線ネットワークを構築しました。また、国際標準規格IEEE802.11adに準拠する60GHz帯を活用する大容量無線方式の実装を検討し、情報伝送レートの理論上の上限値であるシャノン限界に極めて近いレートを達成可能なLDPC符号・復号器を実装し、見通し外においてもHDMI伝送等を可能とする装置開発に成功しました。さらに、300GHz帯を活用する広帯域・大容量無線方式について、アンテナの半導体チップ上の効果的な実装等と伝搬特性を検討しました(図4)。

以上の取組に関し、標準化や認証により、研究開発成果が効果的に社会展開されることを重視し進めてきました。

今後は、次世代携帯電話システム、さらにそれ以降の陸上移動通信システム、無線アクセスシステムを、それぞれ多様化・高度化する技術として、継続して検討していく予定です。



ホワイトスペース対応LTEフェムト基地局



IEEE802.11af PHY/MACのチップ化



図4 THz帯伝搬特性測定装置

図3 ホワイトスペース技術に関する開発例

## レジリエンスを追究する無線通信技術の取組



**三浦 龍** (みうら りゅう)  
 ワイヤレスネットワーク研究所  
 ディペンダブルワイヤレス研究室  
 室長

大学院修士課程修了後、1984年、郵政省電波研究所（現 NICT）入所。衛星通信、成層圏無線中継、高度道路交通システム（ITS）などの研究を経て、現在は無人機や端末間通信を活用した通信確保技術、ロボット制御用無線技術、超広帯域無線方式（UWB）の応用等の研究に従事。博士（工学）。

**デ**ィペンダブルワイヤレス研究室では、災害に強く実際に社会に実装可能で経済活動の促進や人命救助に役立つ自律分散ワイヤレスネットワーク技術の実現を目指し、耐災害ワイヤレスメッシュネットワーク、大規模災害時の通信確保を目指した小型無人飛行機による無線中継システム、インフラに依存しない端末間通信システムの3つのテーマに取り組んでいます。また、伝搬条件の悪い環境での無線利用の可能性を拡大するためのUWB（超広帯域無線）による屋内測位システム、および有線接続なしに給電と通信を同時に実現するシート媒体通信の研究開発にも取り組んでいます。

### ■耐災害ワイヤレスメッシュネットワーク

地域型の分散ネットワークアーキテクチャである「NerveNet」と呼ばれる技術を基盤とした基地局ノード30局近くで構成されるワイヤレスメッシュネットワークテストベッドを東北大学のキャンパス内に設置し、災害時にインターネット等が使用不能になることを想定した大規模な実証実験を2013年3月に実施しました。

### ■小型無人飛行機による無線中継

プログラム通りに自動で2時間以上旋回飛行可能な固定翼型の小型無人飛行機を仮想の電波塔として活用し、災害による情報孤立地域との通信回線を発災直後に迅速に確保するシステムの開発を行い、前述の耐災害ワイヤレスメッシュネットワークや超高速インターネット衛星 WINDS の衛星回線と連携し、2013年3月から2014年にかけて宮城県仙台市、北海道大樹町、和歌山県白浜町、香川県坂出市等において迅速に通信回線を確保する実証実験に成功しました（図1）。

また、無人飛行機のための周波数有効利用や無線の信頼性向上技術に関する総務省の委託研究（平成25～27年度）を受託し、ITUやICAO等の国際標準化活動への寄与も行っています。

### ■インフラに依存しない端末間通信ネットワーク

920MHz帯の電波を用い、基地局を過ぎずに端末同士だけで、しかもリアルタイム

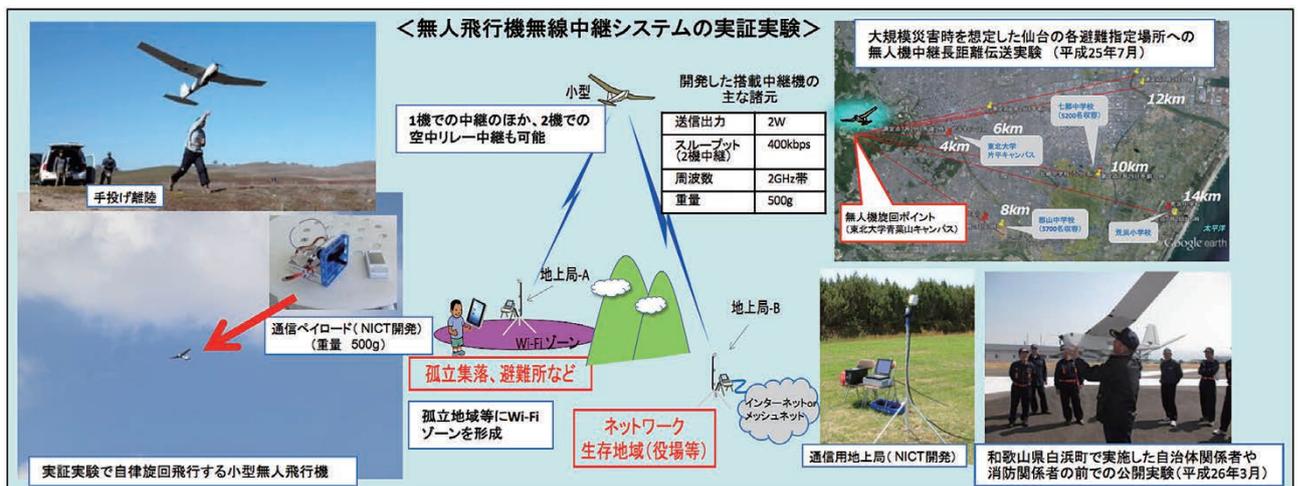


図1 小型無人飛行機による災害時無線中継システム

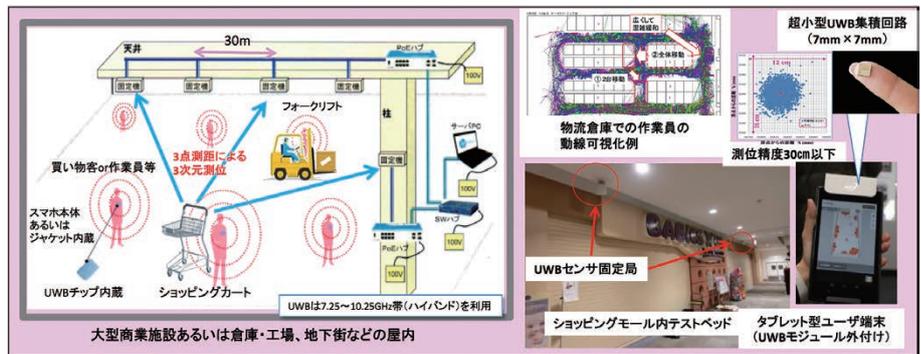


図3 UWBによる屋内測位システム

通信が出来ない環境でも、端末を持った人や車の移動により時間差をおいて広報やセンサなどの情報を拡散・収集する自律分散ネットワークを開発しました(図2)。東京都お台場地域や京都府精華町けいはんな地域にテストベッド設備を実装し、バス会社や自治体と連携した評価実験を2014年3月より実施しています。このネットワークは、大量のデータや全国規模・全世界規模のやりとりには適していませんが、地域に根ざした災害情報、地域広告、バスロケーション、センサ情報収集、見守り等に適しており、低いコストで住民や観光客の暮らしや活動を支援する地域の街づくりへの貢献が期待されます。

IEEE802.15.8の中では平成28年度中の国際標準化に向けた審議が進められており、当研究室メンバーが副議長やリーダーとして主導し、NICT提案方式が採用されるよう活動しています。

### ■ UWBによる屋内測位システム

インパルス型のUWBを用い、GPS電波の届かない屋内や地下等でも高い精度(30cm程度)で位置を検知することのできる屋内測位システムを開発し、ショッピングモールや物流倉庫に実装して2014年



図4 シート媒体を用いた通信・給電システム

3月より人の動線把握とそれによる経済効果向上への応用を中心とした評価実験を実施しています(図3)。このシステムは、他の屋内測位方式と比べて最も精度が高く、研究開発と並行し、UWBの使用に関する規則改訂の審議に副査やワーキンググループリーダーとして貢献しました。

### ■ シート媒体通信技術

シート媒体通信技術は厚さ数mmのシート(二次元シート)に電磁波を閉じ込め、表面近傍のみに染み出すエバネッセント波により任意のシート上のデバイスに対して無接点で情報通信と給電を同時に行う技術

であり、シートとの間で高効率に情報や電力の入出力を行うカプラや、シート上の任意の場所に、通信信号や給電電力を集中する技術などを開発してきました(図4)。第3期中期計画では、特にウェアラブルでフレキシブルな布状シートにも適用出来るようにするための高効率な小型カプラの開発を行い、ヘルスケアや脳波計測の他、メーカ等と連携し、小型の玩具、携帯電話の非接触給電、商店等でのレジ周りの配線排除等に应用するための研究開発を進めています。2015年12月にはワイヤレス電力伝送用の規格の1つとして国内標準化に成功しました(ARIB STD T113)。

### ■ 今後の展望

以上述べた各技術について、今後さらにその信頼性や効率、精度の向上を図り、ドローンを含むロボットや車、自律分散型の小型無線端末などを対象とし、屋内や屋外、地上や上空、都市部や郊外、山間部や海上・海中等、場所を選ばないM2M、IoTの実現とその社会実装に欠かすことのできない要素技術として、またそれら相互間の連携を含めた研究開発に発展していく予定です。

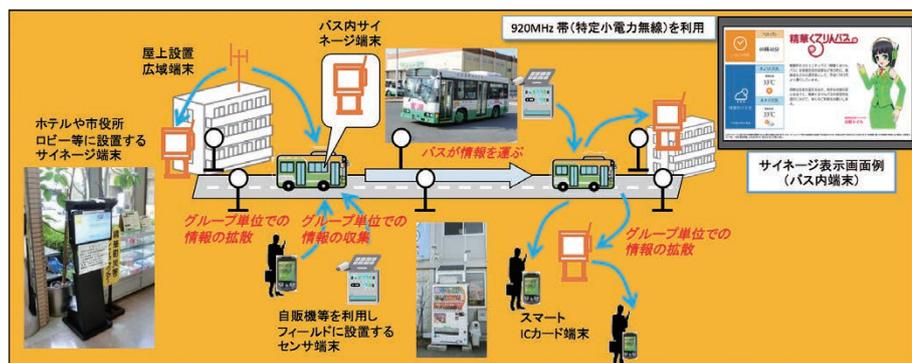


図2 インフラに依存しない端末間通信ネットワーク