

# ユビキタスセンサネットワーク

Ubiquitous Sensor Networks

大橋正良 大槻知明

## Abstract

ユビキタスセンサネットワーク (USN) が注目を集め始めてから既に 10 年以上が経過した。最近では、数々の産業分野でのセンシングや、エネルギー削減支援、人々の健康支援などの分野でようやく実用化が見え始め、社会を支える技術として期待が膨らんでいる。本稿では、日本におけるこれまでの USN を巡る検討・研究開発等の状況と、社会インフラを支える USN の実用化に向けた取組みの具体例を紹介する。またその役割、適用分野、課題と今後の方向性について議論する。更に USN に関連するワイヤレスを巡る標準化動向について説明する。

キーワード：センサネットワーク, ユビキタス, 社会基盤, ワイヤレス, USN (Ubiquitous Sensor Network)

## 1. はじめに

ユビキタスセンサネットワーク (USN) が注目を集め始めてから既に 10 年以上が経過した。数々の研究開発や実証実験を経て、最近では、農業・漁業・林業などの第一次産業分野での高密度センシング・知的モニタリングや、建設・交通・環境・健康分野での構造物モニタリング・交通支援・エネルギー削減支援、人々の健康支援など様々な分野でようやく実用化が見え始めてきている。本小特集では、これらの取組みの具体例を紹介し、社会インフラを支える USN の役割について議論したい。

本稿では、USN の概略について触れる。はじめに社会を支える USN としてその定義とこれまでの日本での USN 展開の経緯を述べ、役割、適用分野、課題と今後の方向性について議論する。続いて、特に USN に関連するワイヤレスを巡る標準化状況について説明する。

## 2. 社会を支える USN

### 2.1 USN の定義と日本での経緯

ユビキタスネットワークは、日本ではこれまで、いつでもどこでも何でもつながるネットワークとして知られてきており、過去数年間では u-Japan 政策の柱となる概念であった<sup>(1)</sup>。一連の施策のおかげで、日本ではこれまでにブロードバンドインターネットや移動通信システムが目覚ましく発展・普及し、アクセスの遍在性はかなりのレベルで担保されるようになった。ユビキタスセンサネットワーク (USN) は、特にその中でも、数多くの小形センサが主として無線 (アドホックネットワーク等も含む) を介してネットワークに接続され、環境の情報や、装着された人間の行動など計測された情報を集め、それを基に様々なアプリケーションやサービスを提供するネットワークを指すものと定義してよいだろう。

まずこの 10 年の USN を巡る動きを簡単に振り返ってみよう。図 1 に年表を示す。ユビキタスネットワークの概念がまとまり、これに関する国家プロジェクトが発足したのがおよそ 2003 年である。引き続きセンサネットワークに関する検討会が 2004 年に総務省により始められ、報告資料が提出された<sup>(2)</sup>。参照すると当時から災害発生に対するセンサネットワークへの期待が述べられており、興味深い。

アカデミアにおいてもこの時期にセンサネットワークの研究開発を推進すべく、電子情報通信学会においては

大橋正良 正員：シニア会員 (株)国際電気通信基礎技術研究所適応コミュニケーション研究所  
E-mail ohashi@atr.jp  
大槻知明 正員：シニア会員 慶應義塾大学理工学部情報工学科  
E-mail ohtsuki@ics.keio.ac.jp  
Masayoshi OHASHI, Senior Member (Adaptive Communications Research Laboratories, Advanced Telecommunications Research Institute International, Kyoto-fu, 619-0288 Japan) and Tomoaki OHTSUKI, Senior Member (Faculty of Science and Technology, Keio University, Yokohama-shi, 223-8522 Japan).  
電子情報通信学会誌 Vol.95 No.9 pp.772-778 2012 年 9 月  
©電子情報通信学会 2012

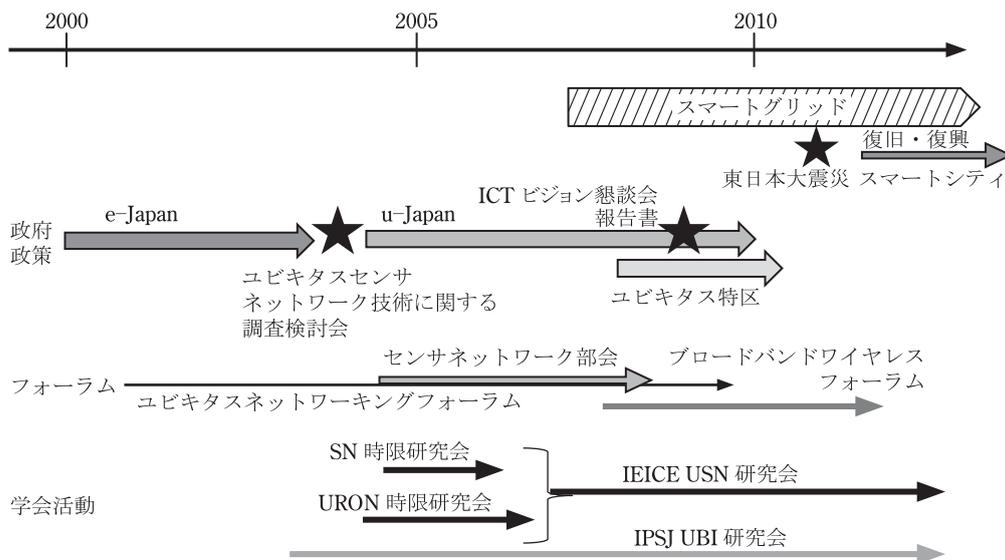


図1 過去10年のUSN関連の活動状況

センサネットワーク時限研究会（SN）並びに実空間志向ユビキタスネットワーク時限研究会（URON）が、また情報処理学会ではユビキタスコンピューティング研究会（UBI）が発足し、活発な活動を開始した。SNとURONは2007年度に統合され、ユビキタス・センサネットワーク研究会（USN）として現在も積極的に活動を続けている。

また2002年から発足したユビキタスネットワークフォーラム<sup>(3)</sup>においては、センサネットワーク部会が発足し、センサデータを汎用的に活用する方策等を議論していた。こうして見ると、政府の施策並びにアカデミアにおいては、2005年前後にUSNの機運が小ピークを迎えていたといえるであろう。一方2009年からは、ブロードバンドワイヤレスフォーラム<sup>(4)</sup>が発足し、産学官で新たな無線通信技術を用いたシステムや防災・安心安全に向けたサービスの早期実用化及び国際展開を図る目的で活動が進められている。

2006年からは総務省によって人々の生活やビジネスの様々な場面の課題を解決するICTサービスシステムの事例を蓄積し、ユビキタスネット社会における活用モデルを表彰する目的でu-Japanベストプラクティスが毎年実施されている<sup>(5)</sup>。これを参照すると、毎年着実に地域振興や環境改善などを目的とした実証実験が全国的に実施されてきたことが分かる。2008～2010年にはユビキタス特区が設置され、USNを含む様々なICT技術を駆使した社会実証実験が実施された。2009年には中期ビジョンとして総務省からICTビジョン懇談会報告書が提出され、スマートユビキタスネット社会の実現戦略が提示された<sup>(6)</sup>。

USNの気運を引き上げた重要な出来事としては、2000年代後半に米国から盛んとなったスマートグリッ

ド（3.参照）並びに2011年に発生した東日本大震災が挙げられるだろう。スマートグリッドによって電力利用量をセンシング／制御し電力の効率的利用を図ろうとする試みは、グリーン社会を実現する上で必須の取組みである。大震災の際には、例えばITSを活用し被災地の車両通行状況を直ちに集計して地図にて公表したり、新幹線においては、各所に設置された地震センサによって、全列車を瞬時に減速、停止させ、死傷者も出さず脱線からも免れた点は、USNが有用に機能した事例として挙げられよう<sup>(7)</sup>。

## 2.2 USNの役割

USNは、センサとネットワーク、そして上位レイヤも含んだ技術要素の集合体である。これら要素の組合せによって後述するとおり幅広い領域に適用可能である。USNは、それ自身が目的となるのではなく、実社会における基幹システムや、実空間における、様々なサービスやアプリケーションと一体化し、社会を支える裏方、あるいは家庭や個人の生活を下支えるものとなって初めて機能する。

USNの主たる役割は、端的には以下のような項目が挙げられよう。

- ・ 社会インフラの生産性を向上させ、産業を活性化
- ・ 少子高齢化社会にあって一人当たりのGDPを向上
- ・ 少ないコストで環境や自分たちの周辺の安全を確保
- ・ その結果として、安心・安全な環境を提供し、人々にとって幸福な社会を実現

USNにおいては、他ではできない特別なことが可能

表1 USN 適用が期待される分野<sup>(2)</sup>

項番	分野	用途
1	防災・災害対策	自然災害の自動監視・警報, 住宅火災の自動監視・警報, 消防・救助活動支援, 避難経路誘導
2	防犯・セキュリティ	不正侵入, 盗難検知, 入退室管理, 危険物検知, 工事中防犯
3	食・農業	温室管理, 育成環境の最適化, 天候・土壌モニタリング, 生産履歴提供
4	環境保全	環境モニタリング, 地球観測, CO <sub>2</sub> の可視化, 産業廃棄物マップ, ゴミ焼却の温度監視, エネルギー需要の最適化
5	医療・福祉	遠隔健康管理・介護, 見守り, 生活支援ロボット
6	施設制御	ビル環境管理, 電気機器自動制御, 大規模施設のオペレーション制御
7	事務・業務	電気・ガス・水道などの自動検針, 入退室・勤務管理, OA 環境構築
8	交通	交通流モニタリング, 交通制御, 事故回避, 緊急車両の優先化, 駐車場情報の提供
9	構造物管理	劣化度診断, ビルメンテナンス, 都市インフラモニタリング, 災害時の安全確保
10	物流・マーケティング	荷物位置把握, 温度管理, 保管状態の最適化, オンデマンド物流, マーケティング
11	情報家電	家電の遠隔操作
12	教育・学習	知的書籍
13	統合システム	家庭内サービス統合, 地域インフラ統合

となるという面は比較的少なく, これまで社会を支えてきた既存インフラを支援する役割の色彩が強い。例えば温度計はこれまで単体で広く普及している。昔なら必要に応じ, 各所で計測された情報を手で集計し, 気象情報等に活用した。これが広域にネットワークで接続されると, リアルタイムかつ連続的な計測によって, 自動的に気象情報が集まり, 集計・解析を直ちに行うことが可能となる。気象情報に限らず電力計測や CO<sub>2</sub> 計測など広域・リアルタイム計測でメリットが生まれる分野は USN に適している。また一方で, ワイヤレス接続の利点を生かして, 高所での計測や, 放射能濃度の高いエリアでの計測など通常なら人手で計測できない環境での計測を実現することも USN の重要な役割である。

### 2.3 USN の適用分野と要件

USN の適用分野はそれぞれ多岐にわたる。漏らさず列挙するのは難しいが, ここではよく検討された例として文献(2)を参照して示す(表1)。いずれもが, 現在においても重要と認識されている課題で, これに加えて, 今はより一層, 環境保全, 電力制御, 減災害・復興が主たる課題に挙がってきたと考えられる。

これら適用分野に共通することとして, 計測対象がリモート環境あるいは広域に分布していることが多く, ネットワークアクセスを活用した数多くのセンサによ

て構築されるものであることが理解されるだろう。

これらの分野の中でも, 携帯 GPS 機能を用いた子供や高齢者の見守りサービス<sup>(8)~(11)</sup>, SUICA をはじめとする鉄道・バス IC カード<sup>(12)</sup>, ETC やミリ波による車両事故回避等の ITS システム<sup>(13)</sup>などは, 他の分野に先駆けセンサ/RFID とネットワーク機能が実際に活用されている事例と考えられる。

## 2.4 USN の課題と目指すべき方向性

### 2.4.1 USN の課題

USN の課題は, 普及である。これまで USN は順調に普及が進んできたわけではない。USN が唱え始められてから既に 10 年余りが経過した。初期の段階では, 様々なパイロットとしての試みが行われたものの, 実サービスとして結実していった事例は多いとはいえなかった。このため, しばしばユビキタスネットワーク, センサネットワークの有用性に対して疑問が投げかけられることもあった(例えば文献(14))。2.1 で述べたように, 多額の先行した研究開発投資に見合っていないと見られた部分もあったであろう。

普及を妨げている別の一因として, USN への理解がまだ不十分な点もある。まだ研究開発としか見られない傾向, 支援基盤としての性格ゆえ, コストをかけて今の業務のネットワーク化を図るだけとの誤解, 果たしているかほどの利便・利益が享受できるのか不明瞭, といった要因がある。またソーシャルネットワークのような仮想空間に閉じたサービスに比べれば, USN が取り扱う対象はネットワーク化された実空間のセンサ群である。それゆえに USN の普及のスピードは, ネット上のサービスと比較すると, 遅いと見られる点もあろう。加えて, USN では数多くのセンサによって情報が収集される, という点から, プライバシー・セキュリティに関する懸念も常に呈示されてきた。

しかしながら, 近年 USN に対する見方は変わってきている。USN はこれからの社会の ICT 化を進めるための最も有望な技術の一つに育とうとしている。

マクロな観点でいえば, 情報通信のコストが相対的に低下してきた点が重要であろう。情報通信白書によると, 平成 20 年度で情報通信の全 GDP に占める割合は 9.8% で, 国内産業ではトップである。一方, 平成 7 年からの 10 年間の日本の情報通信関連の伸びを見てみると, 情報通信関連製造業が実質 15.9% 増に対し, 名目 4.9% 減となっている。情報通信関連サービス業では実質 7.7% 増に対し, 名目 0.3% 増である。これは, 情報通信機器並びに情報通信サービスのコストが実質的に低下し, 情報通信システムへの投資が過去に比べ割安になったことを意味している。

以前なら, ブロードバンドインフラ一つの構築にも高額な投資が必要だったのに加え, システム運用に対して

も多額の費用が発生していたが、今では比較的安価にシステムを構築してサービスを提供できるようになってきている。これは USN についても同様に当てはまる。より USN に関して具体的な傾向としては以下の点が挙げられよう。

- ・ スマートフォンの急速な発展により、エンドユーザが活用できるアプリケーションが爆発的に増えた。同時に開発環境が充実し、多くのプログラマが少ない制約でアプリケーションを作成できるようになった。
- ・ 携帯電話システムの通信速度が格段に高速化するとともに、定額サービスの普及により、ユーザがコストを意識せず様々なコンテンツにアクセスできるようになった。
- ・ クラウドの発展により、どの場所からでも大量のデータを蓄積／処理できる環境が充実した。USN においてもセンサデータの利活用を容易に実現できる環境が整った。
- ・ センサのコストが低廉化し、また比較的簡単にインタフェースを介してシステムやネットワークに接続できるようになった。

こうした ICT 環境の進化と並んで、先に述べたように、エネルギー問題が顕在化し、スマートグリッドに代表されるようなセンサ制御ネットワークの必要性が強く認識されるようになったことや、東日本大震災のような災害が現実に起こり、今までにない被害軽減に関する強い社会的要請が生まれ、USN の価値が再認識されることになったのだと考えられる。

#### 2.4.2 USN が目指すべき方向性

ここでは USN が目指すべき方向性をビジネス面と、技術面からそれぞれ述べる。

USN のビジネスモデルとしては、公共／民間の観点から、公共系、準公共系、民間系と類型化する考えがある<sup>(2)</sup>。公共系 USN は、コストが膨大であるものの、社会的必要性が高いため、公共団体がコスト負担して運用するケースで、河川流量管理や大気汚染モニタなどが該当する。準公共系 USN は、民間単独では事業化が困難であるものの、公共インフラを活用し、民間との協業によりサービスを提供させる考え方であり、気象情報や道路交通情報が該当する。最後の民間系 USN とは、ホームセキュリティのように純粋に民間で設置運用するケースである。規模も必然的に小規模となる。投資対効果は後者ほど厳しく見られる。

この観点から、USN の導入ステップとしては、公共系への導入から開始するとともに、並行して民間系の多様な要求にも応えて、幅広い導入を目指してゆくアプ

ローチが妥当と考えられる。そのモデルは様々であってよく、投資コストに見合うサービスが数多く立ち上がることを願ってやまない。もし規制の障壁があれば、ユビキタス特区政策で展開されたような緩和策が取られることも望まれる。

民間系の USN サービスであれば、なかなかビジネスとしての成立が難しいケースが多い。特に運用面で課題があるとの声も聞く。これについては、後述するようなクラウド上に構築されるプラットフォームアプローチによって少ないコストで世の中の様々な要請に応えようとする手法が期待される。文献(15)では、USN はれい明期であるものの、今後のビジネスモデルの方向性としては、サービスをプラットフォームより必要に応じて提供する SaaS 型 (ASP) になるとの見方が述べられている。

技術面から見ると、USN は個々の要素技術に対するたゆまない技術革新を続けることは当然であるものの、それぞれの適用分野に深く関わり、必要な要件を十分吟味し、ICT が貢献できる領域を明らかにし、その上で実サービスの構築に関わることが必須であろう。すなわち、ICT に閉じず、ターゲット分野に対するソリューションとしてのインプリメンテーション推進という色彩が強い。このため純然たる研究になり難いという側面もはらむが、これからの ICT の新分野開拓にとっては進むべき方向であると考えられる。u-Japan 政策においても ICT 利活用の重要性が述べられていたのと呼応する。

要素技術として USN を発展させるべき方向としては、目的に応じたいわゆるイネーブラの充実であろう。低消費電力のセンサ機器、必ずしも高速である必要はないが、低消費電力で必要なときのみ動作する無線通信方式／機器、接続性を高くするアドホックネットワークやマルチホップ通信環境、などが低レイヤで望まれる点であろう。これらが汎用のアプリケーションに対してオープンな接続を提供してゆくことが望まれる。一方、個別の機器のコストが低廉化する傾向の中で、システムソフトウェア開発や運用にかかるコストが相対的に増大しているとの指摘も出ている。これに対しては、高レイヤにおいて以下に述べるプラットフォーム化のアプローチを採ってゆくべきであろう。

規模が大きい USN システムの場合、垂直統合的にアプリケーションに最適化した個別の作り込みで十分なケースが多い。一方、多様な小規模サービスに対応すべきとき、あるいはサービスプロバイダが多様なユーザをサポートするような際には、汎用性のあるプラットフォームを構築し、コストを抑制しつつ、様々なアプリケーションを安価に作り出すアプローチが有効であると考えられる。プラットフォームアプローチとして、Web へのアクセスの考え方を取り入れた RESTful な考え方が有効と考えられる<sup>(16)</sup>。この考え方は現在 Web of Things という名称で広く共通認識になりつつある。

何より重視して活用すべきは、クラウドである。USNは今後巨大なデータストリームを生み出すであろう。それを収容し、活用できる基盤は必然的にクラウドになる。またクラウド上にデータを格納することにより、様々な組織やアプリケーションによって利用されることが可能となり、これが新たなUSNの発展をもたらすであろう。一例として、センサデータを格納するプラットフォームとして人気を集めているPachube<sup>(17)</sup>では、環境情報を取り込む言語を定義し、あとはどのようなデータをアップロードするかはユーザに任せる仕組みをインターネット上で提供している。その結果、日本でも例えば各地の放射線量データがアップロードされ、他のユーザから自由に閲覧可能となっている。

近年、定義は異なるがM2M (Machine to Machine) 通信に関する検討が活発で、これに関しては世に幾つかのプラットフォームが出現してきている。M2Mは、実際にはUSNと同じく実空間上での状況情報を取得して、その結果を把握する、あるいは何らかのアクションをとるというアプローチを採っており、本稿では詳述しないがUSNと考え方は極めて近く、USNとともに今後の発展が期待される。

### 3. USN 分野における通信方式の標準化動向

USNシステムの多くは、ワイヤレス通信を用いてセンシング情報等をやり取りする。しかしシステムが運用される環境は、一般のセルラ通信と異なり、伝送レートや通信頻度は低くてもよいが、端末が使える電力は限られていることが多い。そのためUSNに適したワイヤレス通信規格がこれまで各種検討されてきた。ここでは、周波数割当も含め、代表的な通信規格に関する動向を紹介する。

#### 3.1 周波数割当

日本では、スマートメータ等のセンサネットワーク向けに、現在950 MHz帯が割り当てられているが、2011年12月の法令改正で、920 MHz帯(915.9~929.7 MHz)に移行することが決まった<sup>(18), (19)</sup>。920 MHz帯や950 MHz帯は、センサネットワークで主に使われている2.4 GHz帯(ISMバンド)と比較して、伝搬距離や透過・回折などの点で電波の到達性が高く、工場や病院など障害物の多い屋内や、屋外での利用に適している。また、ISMバンドと異なり干渉も少ない。そのため、海外でも同様の周波数帯がスマートメータ等に広く利用されている。920 MHz帯への周波数移行により、米国やアジアと同じ周波数帯を利用できることになり、海外展開も期待される。また、スマートメータ等のセンサネットワーク向けに、帯域幅も5 MHz幅拡張し、免許不要局の送信出力制限を10 mWから20 mW

と250 mWに緩和<sup>(20)</sup>するなど、性能の向上とそれによる多種の新しい応用が期待される。

#### 3.2 PAN 向け規格 IEEE802.15.4d (950 MHz 帯)

センサネットワークでは、ZigBeeが代表的な国際標準であり、無線方式はIEEE802.15.4が利用されている。日本でスマートメータ等のセンサネットワーク向けに割り当てられていた950 MHz帯の物理層は、IEEE802.15.4dで規定されている。IEEE802.15.4はPAN (Personal Area Network)のための規格であり、当初は世界的に使用可能な2.4 GHz帯と、米国の915 MHz帯及び欧州の868 MHz帯だけを規定していた。

その後、日本で950 MHz帯が利用可能になったことを受け、950 MHz帯の物理層を規定するIEEE802.15.4dが標準化された。米国915 MHz帯や欧州868 MHz帯は、変調方式としてBPSK (Binary Phase Shift Keying)が規定されているのに対し、日本950 MHz帯はBPSKとGFSK (Gaussian filtered Frequency Shift Keying)の両方が規定されている。各方式の伝送速度は、BPSK方式は20 kbit/s、GFSKは100 kbit/sである。

#### 3.3 スマートメータ間ネットワーク向け規格 IEEE802.15.4g

近年、電力網にICT技術を活用し、電力の有効かつ高度利用・安定供給を実現し、環境負荷を低減するスマートグリッドと呼ばれる次世代電力供給システムが世界中で注目されている。スマートグリッドでは、既存の電力システムに見られる火力・水力・原子力による集中発電・送配電・需要家による電力消費に加え、太陽光発電・風力発電等の再生可能エネルギーに基づく分散発電電源・蓄電が、発電側だけでなく需要家側にも加わる。

スマートグリッドにおいて、既存の電力システムとの整合を保ちつつ、更なる省エネの進展や社会的コストの削減を実現するためには、電力消費の見える化による需要供給の把握・管理に加え、従来の需要家側からも含めた電力供給制御・機器制御が必要である。スマートグリッドなどの電気・ガス・水道等の各種ライフラインの管理・制御を支える技術として、ライフラインに通信機能付きのメータ(スマートメータ)を設置し、これを利用して自動検針(AMR: Automated Meter Reading)や遠隔遮断等の情報収集・遠隔制御を行うAMI (Advanced Metering Infrastructure)が注目されている<sup>(21)</sup>。

スマートグリッドでは、家庭内ネットワーク(HAN: Home Area Network)とスマートメータ間ネットワーク(SUN: Smart Utility Network)の二つのネットワークが想定されている。HANでは、家庭内に設置された各種センサ・機器からの情報に基づき、①消費・発電電

NW レイヤ	ZigBee 等		各種方式	
MAC レイヤ	IEEE802.15.4e	IEEE802.15.4 MAC	IEEE802.15.4e	IEEE802.15.4 MAC
PHY レイヤ	IEEE802.15.4 PHY		IEEE802.15.4d	IEEE802.15.4g
周波数	2.4 GHz		920/950 MHz	2.4 GHz
	センサネットワーク等		スマートメータ	

図2 IEEE802.15.4 と周波数・用途の関係<sup>(20)</sup>

力に見える化, ②発電・蓄電した電力の有効活用, ③家電機器の電力削減, ④地域スマートグリッド網との連携, を実現する。

無線 HAN では, 例えば, ZigBee Pro ネットワーク上のアプリケーションの標準規格である Smart Energy Profile と Home Automation Profile<sup>(22)</sup> を使用する。各プロファイル共に電力制御や機器制御に必要なコマンドやパラメータが組み込まれており, 消費電力や制御の情報を, 低消費電力でやり取りできる。

スマートメータ間ネットワーク (SUN) の物理層は, IEEE802.15.4g で規定されている<sup>(23)</sup>。IEEE802.15.4g の主な特徴として, 各国で利用可能な免許周波数帯での動作や, 屋外スマートメータ環境下でのリンクマージンの最適化, 密度の高い都市部において最低 1,000 ユーザ収容, などが挙げられる。IEEE802.15.4g では, 三つの変調方式が採用されている。センサネットワークに適した GFSK と既存の IEEE802.15.4 で主に規定されている OQPSK に加え, 将来の高レート化を見込んで無線 LAN 等で主流の OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) も採用されている。

IEEE802.15.4g による IEEE802.15.4 の物理層規格の変更に伴う MAC 層の変更は, IEEE802.15.4e<sup>(24)</sup> で規定されている。IEEE802.15.4e の特徴は, TDMA, チャネルホッピング技術, GTS (Guaranteed Time Slot) 拡張による高信頼化, アクセス制御の高度化・省電力化, エンド端末間通信の低遅延化である。

図 2 に, IEEE802.15.4 と周波数・用途の関係<sup>(20)</sup>を示す。

### 3.4 広域センサネットワーク

広域にわたり偏在する移動性を持つ膨大な数かつ多様な端末を経済的かつ安全に収容するセンサネットワークとして, 広域センサネットワーク (WASN: Wide-Area Sensor and/or actuator Network) の概念が提唱されている<sup>(25)</sup>。WASN は ITU-R M. 2224<sup>(26)</sup> でレポート化されたが, その特徴として携帯電話や無線 LAN などの既存の高速系無線通信システムと比較して, 低い伝送レートで単位面積当たりの端末数, すなわち端末密度が高いシステムまでを対象としていることが挙げられる。例えば,

非可住域のような低い端末密度環境から, 都市部のような数百万 (/km<sup>2</sup>) といった高い端末密度までの幅広い端末密度の M2M 通信に対応することを目的としている。周波数帯は, VHF の High band から UHF の Low band といった長距離伝搬に優れた周波数帯が候補である。

## 4. おわりに

本稿では, USN の社会的役割について議論し, 課題と今後の方向性についても議論した。合わせて近年の USN を巡るワイヤレス通信の標準化状況について紹介した。長らく立ち上がらないといわれてきた USN も, ようやく社会インフラを支える基盤としての芽が伸びてきたと考えられる。今後のますますの発展と, 本格的な社会展開を期待したい。

## 文 献

- (1) 総務省, “u-Japan 政策,” [http://www.soumu.go.jp/menu\\_seisaku/ict/u-japan/](http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ict/u-japan/)
- (2) 総務省, “ユビキタスセンサーネットワーク技術に関する調査研究会最終報告書概要,” 平成 16 年 7 月, [http://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/235321/www.soumu.go.jp/s-news/2004/pdf/040806\\_4\\_b1.pdf](http://warp.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/235321/www.soumu.go.jp/s-news/2004/pdf/040806_4_b1.pdf)
- (3) ユビキタスネットワークワーキングフォーラム, <http://ubiquitous-forum.jp/index2.html>
- (4) ブロードバンドワイヤレスフォーラム, <http://bwf-yrp.net/>
- (5) ICT 地域活性化ポータル [ベストプラクティス検索], <http://www.applic.or.jp/tkportal/>
- (6) 総務省, “「ICT ビジョン懇談会報告書—スマート・ユビキタスネット社会実現戦略—」の公表,” 平成 21 年 6 月 5 日, [http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/02tsushin01\\_000017.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02tsushin01_000017.html)
- (7) 日本経済団体連合会, “復旧・復興と成長に向けた ICT の利活用のあり方,” <http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2011/075/index.html>
- (8) NTT ドコモイマドコサーチ, <http://www.nttdocomo.co.jp/service/safety/imadoco/index.html>
- (9) SoftBank みまもりケータイ, <http://mb.softbank.jp/mb/mimamori/mobile/>
- (10) au 安心ナビ, <http://www.au.kddi.com/anshin/>
- (11) ココソコム, <http://www.855756.com/child/>
- (12) 椎橋章夫, “IC カード乗車券“Suica”の鉄道事業から生活サービス事業への展開戦略,” 2006 信学総大パネル, March, 2006, [http://www.ieice.org/cs/uron/panel\\_pdf06/jr-shiibashi.pdf](http://www.ieice.org/cs/uron/panel_pdf06/jr-shiibashi.pdf)
- (13) 総務省, “ITS 無線システムの高度化に関する研究会報告書,” 平成 21 年 6 月, [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000025421.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000025421.pdf)

(平成 24 年 4 月 23 日 受付)

- (14) 行政刷新会議「事業仕分け」評価コメント, 平成 22 年 11 月, [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000103231.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000103231.pdf)
- (15) 次世代電子商取引推進協議会, “センサネットワーク活用調査報告書,” 平成 20 年 3 月, <http://www.jipdec.or.jp/archives/ecom/results/h19seika/h19results-10.pdf>
- (16) 大橋正良, “ユビキタスサービスプラットフォーム技術の構築に向けて,” 情処学 MBL 研報, vol. 2009-MBL-50(4), pp. 1-6, Sept. 2009.
- (17) Pachube, <https://pachube.com/>
- (18) 総務省, “920 MHz 帯電子タグシステム等の導入に向けて,” 平成 23 年 6 月 24 日, [http://www.soumu.go.jp/menu\\_news/s-news/01kiban14\\_01000036.html](http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_01000036.html)
- (19) 福井 潔, 福永 茂, “センサネットワーク向け 900 MHz 帯の標準化動向,” OKI テクニカルレビュー, vol. 78, no. 1, pp. 104-107, Oct. 2011.
- (20) ARIB STD-107, “特定小電力無線局 920 MHz 帯移動体識別用無線設備,” 2012.
- (21) 第 83 回電波利用懇話会, “スマートグリッドと ZigBee をめぐる標準化動向について,” 平成 23 年 4 月 25 日.
- (22) ZigBee, <http://www.zigbee.org>
- (23) IEEE802.15 WPAN TG4g Smart Utility Networks, <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4g.html>
- (24) IEEE802.15 WPAN TG4e, <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4e.html>
- (25) 清水芳孝, 藤田隆史, “広域センサーネットワーク (WASN) システムに関する ITU-R での標準化活動,” 信学技報, RCS2011-335, SR2011-128, pp. 169-173, March 2012.
- (26) ITU-R M. 2224, “System design guidelines for wide area sensor and/or actuator network (WASN) systems,” 2011, <http://www.itu.int/pub/>



おおし まさよし  
大橋 正良 (正員: シニア会員)

1983 京大大学院了。同年国際電信電話株式会社 (現 KDDI) 入社。KDDI 研究所開発センター部門長, ATR メディア情報科学研究所所長を経て, 2011 から同適応コミュニケーション研究所所長。この間, 移動体衛星通信, 第 3 世代移動通信, ユビキタスネットワーク, コグニティブ無線の研究開発に従事。博士 (工学)。情報処理学会, IEEE 各会員。



おおつき ともあき  
大槻 知明 (正員: シニア会員)

1990 慶大・理工卒。1994 慶大大学院理工学研究科博士課程了。博士 (工学)。1995 東京理科大・理工・助手, 同大学講師, 助教授。慶大・理工・准教授を経て, 2008 から同大学・理工・教授。この間, 光通信, 無線通信, センサの研究開発に従事。井上研究奨励賞, 安藤博記念学術奨励賞, エリクソン・ヤングサイエンティスト・アワード, IEEE the 1st Asia-Pacific Young Researcher Award, 船井学術奨励賞, 第 5 回国際コミュニケーション基金優秀研究賞, 2011 IEEE SPCE Outstanding Services Award, 電気通信普及財団賞 (テレコム技術賞) 等各受賞。