

## 解説

# Bluetoothが拓く パーソナルネットワークの 世界と、その可能性



高島 由彰 yoshiaki.takabatake@toshiba.co.jp  
(株) 東芝 研究開発センター

携帯電話が急速に普及し、そのネットワーク化などの高機能化が進んでいる。これら携帯型情報端末の高機能化において注目を集めているのがBluetoothである。Bluetoothは携帯電話に代表されるコミュニケーション技術と、パソコンに代表されるコンピュータの技術を融合させ、新たな価値を生み出すためのプラットフォームとなる新無線技術であり、その大きな特徴は、電波到達距離を10m程度に絞り込むことで、デバイスの小型化/低消費電力化/低コスト化を実現したところにある。Bluetoothを利用することで、個人の携帯する情報端末によって個人に特化した情報を扱う「パーソナルネットワーク」の世界が構築可能となるとともに、その広い普及の可能性から、Bluetoothを社会インフラの一部として利用することも期待されている。本稿では、Bluetoothの規格およびBluetoothを応用したアプリケーション例を紹介し、Bluetoothが将来の社会インフラにまで成長するのが、その可能性と課題について検討する。

なお、Bluetoothという名前は、中世に北欧（ノルウェーとデンマーク）を統一したバイキング王の名前に由来したもので、この2つの国を融合した王の実績に、コンピュータ技術とコミュニケーション技術を融合させるという願いが込められている。

## Bluetoothを取り巻く環境

近年、携帯電話が急速に普及するとともにその高機能化が進んでいる。携帯電話は、すでにメールの送受信やインターネット上の情報サービスを受ける機能などを備えるようになり、個人が携帯可能な情報端末という存在になりつつある。また、一方でノート型パソコンなどの小型化・高性能化も急速に進んでいる。パソコンには高

性能のCPUが搭載されており、高度な処理が必要なアプリケーションまでも、ユーザが容易に持ち運べる環境が整いつつある。今後も、このような携帯型情報端末の高性能化・小型化が進み、広く携帯型情報端末が普及するものと予想される。

このような携帯型情報端末の発達・普及において重要なことは、その携帯型情報端末を用いて、ユーザがいかに簡単にサービスを楽しむことができるかという点である。たとえば、いかに容易にインターネット上のサービスに接続可能か、どれだけ多くの機器との相互接続を実現できるのか、などが重要なポイントとなる。このような、携帯型情報端末のネットワーク化・高性能化において、現在、多くの注目を集めているのがBluetooth<sup>1), 2)</sup>である。

Bluetoothは、無線電波の到達距離を10m程度の狭い範囲に絞り込むことで、無線デバイスの小型化/低消費電力化/低コスト化を実現する。近い将来に「モジュールの1チップ化」や「インタフェース単価“\$5”以下」などが実現されれば、Bluetoothによって、携帯型情報端末だけでなく、時計やメガネなどの携帯可能な各種の機器までも容易にネットワーク接続可能となる。このような、個人が携帯する機器によるネットワークが実現されると、そこには単に空間を特定するだけの「パーソナルエリアネットワーク」ではない、個人に特化した情報を扱う「パーソナルなネットワーク」の世界が構築される。Bluetoothは、この「パーソナルネットワーク」上で個人独自の情報を転送するネットワークのプラットフォームになる技術と期待されている。

一方、近い将来に多くの携帯型情報端末にBluetoothが搭載され、その結果、大多数の人がBluetoothを介してネッ

# Personal Network on Bluetooth



トワーク接続が可能になるとの期待から、Bluetoothを社会インフラの一部として利用しようという動きも活発である。個人空間をターゲットにスタートしたBluetoothであるが、すでにその応用範囲は広く社会全体に普及しようとしている。

すでに、いくつかのBluetooth対応商品が市場に登場する段階になっているが、現在、さらにその応用範囲を広げる新たな規格の策定が、Bluetooth SIG2.0において進められている。今後の新たな規格の登場により、その応用範囲はさらに広がるのが期待されている。本稿では、Bluetoothの規格に関して簡単に説明し、現在検討の進められているBluetoothを応用したアプリケーション例をいくつか紹介する。そして、これら新規応用例が普及して、Bluetoothが将来の社会インフラにまで成長していくのが、その可能性と課題について述べる。

## Bluetooth 1.0

Bluetoothの規格化は、1998年夏にエリクソン、ノキア、インテル、IBMと東芝の5社によってスタートした。そのポリシーは、ライセンスフリーを原則としており、SIG (Special Interest Group) と呼ばれるBluetoothの規格化団体に属するメンバに対しては、Bluetoothインタフェースに関する技術は無償で利用可能となっている。このため、多くの企業がBluetoothに賛同しており、2000年9月の時点でのBluetooth SIGへの参加企業数は2000社を超え、さらに増え続けている。Bluetoothは、グローバルな規格として、全世界の多くの企業が採用する無線インタフェースになることが期待されている。

Bluetooth 1.0<sup>1)</sup>は1999年7月に仕様が公開されたが、その規格は、単なる無線インタフェース仕様でなく、具体的な応用例(プロファイル<sup>2)</sup>と呼ばれる)までを規定する。Bluetooth SIGは、このプロファイルの規格化を行う場である。また、各プロファイルの検討はマーケットからの要求によって初めて進められることになっており、いわゆるマーケット・ドリブンの仕様策定が原則となっている。

以下の節において、Bluetooth 1.0の規格を簡単に説明するとともに、これまでに規格化されたBluetoothの応用例(プロファイル)を紹介する。

### ▶▶ Bluetoothの仕様概要

Bluetoothの仕様概要を図-1に示す。Bluetoothは2.4GHz帯のISMバンドを利用する無線システムで、その送信電力

は0dbm (1mW) が基本となっている(規格としては、他に20dbm (100mW) のモードなども認められている)。無線方式としては、周波数ホッピング方式(1秒間に1600回)を採用し、変調方式には2FSKを採用。これにより、音声通信用に64kbpsのチャンネルを3本、データ通信用に最大で723/57kbps(非対称)433kbps(双方向)の通信速度を実現する。

### ▶▶ Bluetoothのプロトコル

Bluetooth SIGでは、単なる無線によるデータ転送方式だけでなく、具体的な応用例の実現方式までも規定している。そのためBluetoothのプロトコルスタックでは、かなり上位のレイヤのプロトコルまでが示されている。Bluetooth 1.0で規定されたプロトコルスタックを図-2に示す。図中で赤く示されているのが、Bluetoothインタフェースの主にハードウェアに関するプロトコルであり、青く表示されているのが、ソフトウェア(ファームウェア)に関するプロトコルである。Bluetoothでは、これらのプロトコルの上に、いくつかの既存のプロトコルスタック(図中では緑色で示されている)が乗る構造になっている。

以下に、簡単に各プロトコルを説明する。

- ▶ Bluetooth Radio : 図-1に示したBluetoothの無線仕様を実現するレイヤで、周波数ホッピングの方法や送信電力、受信感度などが規定されている。
- ▶ Baseband : Bluetooth機器のピコネットへの加入方法やBluetooth上で転送される音声/データ情報のパケットフォーマットなどが規定されている。
- ▶ ACL/SCO : Bluetooth上でデータ通信サービスを提供するモードがACL (Asynchronous Connection Less)、音声通話サービスを提供するモードがSCO (Synchronous Connection Oriented)。
- ▶ LMP (Link Management Protocol) : 無線環境に応じて、Basebandプロトコルで利用するパケットのサイズや転送方式などを決定する。データリンクの制御機能を提供する。
- ▶ L2CAP (Logical Link Control and Adaptation Protocol) : Bluetooth端末間でデータ情報を転送する際の、論理的コネクションを設定するデータリンクレイヤプロトコル。各論理コネクションのQoS設定機能や、マルチキャスト機能なども規定されている。
- ▶ RFCOMM : パソコンのシリアルインタフェース機能を、Bluetooth上に実現するプロトコル。シリアルポート

Bluetooth	
カバー範囲	10cm~10m(100m)
送信電力	0dbm(1mW),20dbm(100mW)
周波数帯	2.4GHz(ISM band)
無線方式	FH(1600hop/s)/2FSK
音声	64kbps 3ch/piconet
データ	723k/57k or 433k

図-1 Bluetoothの仕様概要

を介して実行可能な既存アプリケーションを、Bluetooth上に収容することを意識して規定された。Bluetooth 1.0の多くのプロファイルが利用する。

▶ SDP (Service Discovery Protocol) : Bluetooth機器がピコネットに加入する際や2つのBluetooth端末が接続する際、お互いが実行可能なサービス情報(プロトコルやプロファイルなど)を交換するためのプロトコル。これにより、Bluetooth端末間で実行するプロファイルの選択が可能になり、アドホックに機器同士を接続する機能が提供可能となる。

▶ TCS (Telephony Control Protocol Specification) : Bluetooth端末間で音声通話サービスやデータ通信サービスを提供する際の呼接続機能を提供する。

このようなプロトコルスタックを用いて、Bluetooth端末間で「IP over PPPのDial-up Profile(後述)」を確立する際の接続シーケンスの概要を図-3に示す。

### ▶▶ Bluetoothのプロファイル

プロファイルとは、Bluetoothの各応用例に対して、そのために利用する最低限のプロトコル機能(図-2のBluetoothプロトコルのどの部分を利用するか)を規定するものである。たとえば、ファイルトランスファー(File Transfer Profile)の場合には、BasebandのACLモードを利用し、その上位のLMP/L2CAP/RFCOMM/OBEXと並ぶプロトコルスタックを利用することが規定される。このようなプロファイルが、Bluetooth 1.0においては10個規定されている。Bluetooth 1.0で規格化されたプロファイルを図-4に示す。

各プロファイルの詳細な説明は省略するが、現在のプロファイルではポイント-ポイント接続を前提としたアプリケーションが基本となっており、1対多の接続や多対多の接続を想定したプロファイルは存在しない。今後のBluetooth仕様においては、よりネットワークとしての機能を充実させるとともに、マルチポイント接続やブロードキャスト機能などを前提としたプロファイルの確立が重要なポイントとなっている。

Bluetooth SIGでは、このようなプロファイルを策定する作業とともに、各ベンダから供給されるBluetooth機器が、これらのプロファイルに準拠しているかどうかを認証す

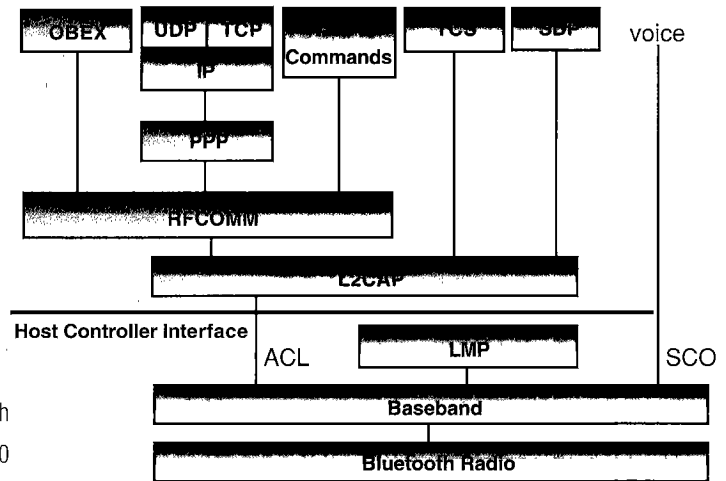
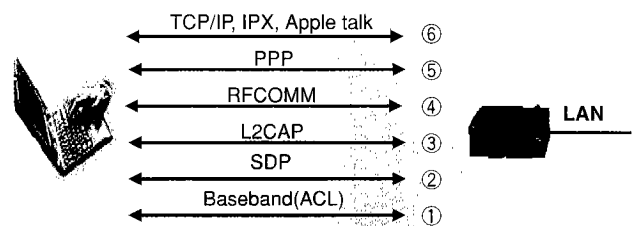


図-2 Bluetoothのプロトコルスタック



- Bluetooth搭載機器はINQUIRYを行う。  
 ① Baseband LINKを確立する (ACLリンク)。  
 ② SDPを用いてサービス情報を取得する。  
 ③ L2CAPの論理コネクションを確立する。  
 ④ RFCOMM接続を確立する。  
 →PAIRINGと暗号化が可能になる。  
 ⑤ PPP linkが確立し、PPPでloginができる。  
 ⑥ ネットワークプロトコル使用が可能となる。

図-3 IP over PPPの接続シーケンス

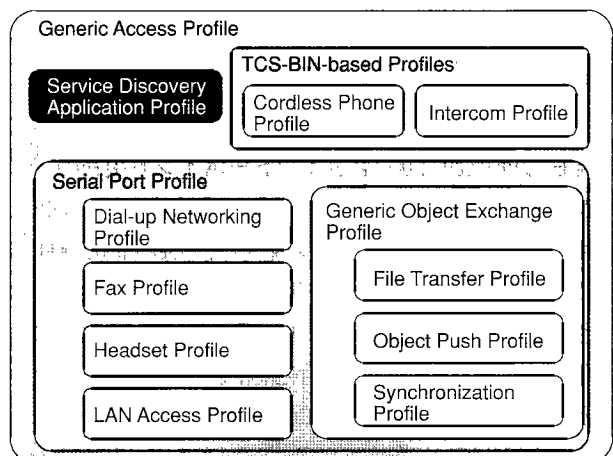


図-4 Bluetooth 1.0のプロファイル構成

るための作業も行っている。このBluetooth SIGでの認証作業に合格した機器だけがBluetoothのロゴを受けることができ、Bluetooth対応商品として市場に出すことが許される。これは、Bluetoothが相互接続性を重要視していることによるもので、このような認証作業を行うことにより、あるプロファイルに準拠しているBluetooth対応製品機器間での相互接続性(その対象となるプロファイルを実行

# Personal Network on Bluetooth



## Working Group (SIG2.0) の構成

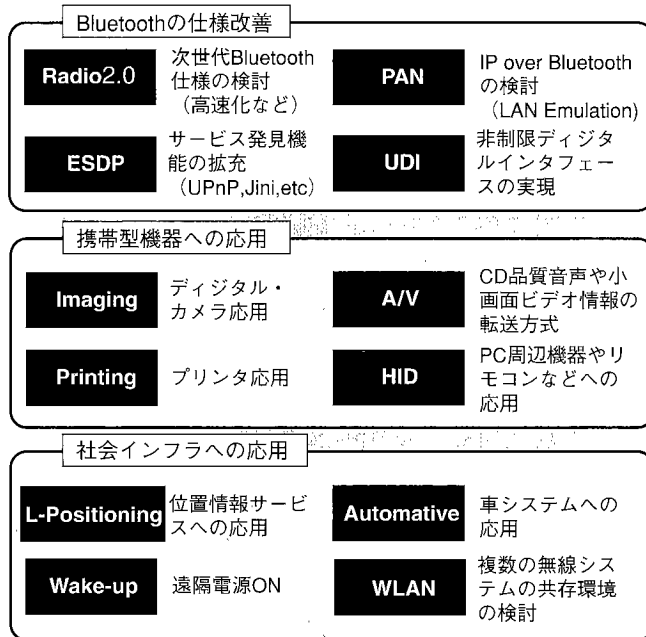


図-5 Bluetooth SIG2.0で設立された各WGの活動内容

する上での相互接続性)を保証できるようになっている。これは、これまでの無線仕様との大きな違いであり、Bluetoothが一般ユーザにとっても使われやすい無線インタフェースを目指していることに起因するものである。

## Bluetoothの新たな応用例

現在のBluetooth 1.0ではポイント・ポイント接続のアプリケーションが基本となっていることから、Bluetoothを利用したいという多くのベンダから、Bluetoothの機能拡張(プロファイルの拡充)の要求が出されていた。このような要求に応えるため、昨年12月にBluetooth SIG2.0の規格化がスタートした。SIG2.0からは、新たなプロモータ企業としてマイクロソフト、3Com、モトローラ、ルーセントの4社が参加し、規格策定のメンバがさらに充実した。また、新たなプロファイルを検討する12個のWGが設立され、それぞれのWGにおいて新しいアプリケーションの実現方法などが検討されている。

新たに設立された12個のWGの概要を図-5に示す。

これらのWGは、Bluetooth仕様自身の改良を目指すグループ(Radio2.0, PAN, ESDP, UDI)、携帯型機器への組み込みのためのプロファイル開発を目指すグループ(A/V, Imaging, Printing, HID)、社会システムへの応用を目指したプロファイルの開発を目指すグループ(Automotive, WLAN,

L-Positioning, Wake-Up)の3つに大きくグループ分けできる。以下、これらグループのいくつかのWGに関して、そのWGが規定するプロファイルによって実現可能となる新たなアプリケーションについて紹介し、各プロファイルの持つ可能性と、そのために実現しなければならない課題に関して述べる。

### (1) Bluetooth規格の改良

▶ Radio2.0 WG: Bluetooth 1.0の仕様改善と高速化が検討されている。高速化の実現によりBluetoothでも現在の無線LANと同等の速度が提供されれば、モバイルユーザが簡単に快適なネットワーク接続の環境を手に入れることができるようになる。また、無線仕様の改善により、マルチメディア・アプリケーションが数多く登場するものと予想される。

▶ PAN WG: Bluetooth上でのIPネットワークを実現する。すでに実現されているPPP接続でのインターネット接続ではなく、ネットワークとしてインターネットへの接続が可能となる。これにより、Bluetooth上でも、より数多くのインターネット・アプリケーションが実行可能となる。

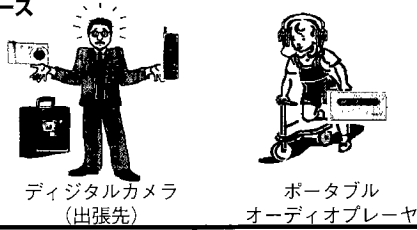
▶ ESDP WG: 特に、IPネットワーク上でのサービス検出が容易になることが期待される。Bluetoothの特徴である「アドホックなネットワーク・機器接続」の機能が充実することにより、新たなサービス情報提供の枠組みが実現できる。不特定多数のユーザへのサービス情報の配布や広告情報の配布などのサービスを行う際に、重要な機能となることが予想される。

### (2) 携帯型機器への応用(図-6)

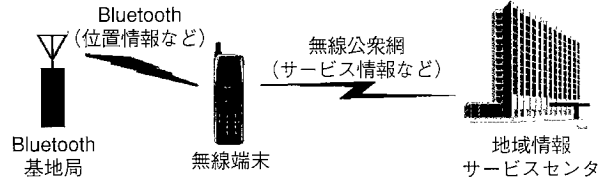
▶ A/V WG: これまでの音声通話だけでなく、高品質の音楽やMPEG4を利用した動画像転送機能などが提供可能となる。Bluetooth機器を持ち歩きながらの音楽鑑賞や、インターネットからダウンロードした音楽やプロモーションビデオなどを、個人の携帯電話などで鑑賞できるようになる。また、遠隔地間でのビデオ会議も実現可能となる。

A/Vデータ(特にエンターテイメント系のA/Vデータ)に関しては、情報コンテンツ自身が価値を持つことになり、この著作権保護が重要な技術となっている。このような著作権保護方式の具体的方法の早急な確立が求められるが、Bluetoothがロイヤリティ・フリーを原則

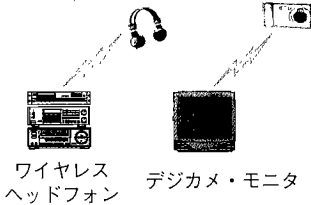
### モバイル・ユース



### 位置情報サービス



### 家庭内・ユース



### オフィス・ユース

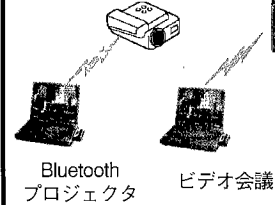


図-6 Bluetoothの携帯型機器への応用例

### 車応用

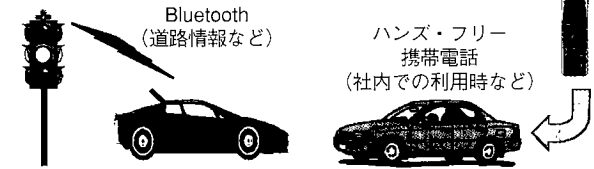


図-7 Bluetoothの社会システムへの応用

としていることから、その扱いは難しい。

- ▶ Imaging WG：近年急速に普及しているデジタルスチルカメラと、携帯電話などの各種の機器間を接続して、撮った画像を即座に別の場所に保存したり、すぐに携帯電話経由で他のユーザに転送したりするアプリケーションが可能となる。この場合も、コンテンツの種類によって著作権の問題が発生すると予想される。
- ▶ HID WG：キーボードやマウス、さらにはゲームコントローラーなどへのBluetoothの応用が期待されている。対戦型ゲーム器への応用など、多くの可能性を秘めている。もし、時計やメガネなどの個人が身につける機器へのBluetoothの搭載が進めば、個人の行動データなども取得可能となる。この場合には、健康情報などの個人情報の転送も考えられることから、プライバシー情報の保護機能などが重要な課題の1つとなる。

### (3) 社会インフラへの応用 (図-7)

- ▶ Automotive WG：車内と車外のシームレスな移動通信や車内での音楽鑑賞、車内と車外の通信（ドライブスルーによる購買など）に利用可能である。Bluetoothが携帯機器に標準搭載されると見込まれることから、より社会サービスに密接した利用形態が現れるものと期待できる。このような車システムへの展開では、車の中で利用するインターフェースと車の外で利用するインターフェースの共通化や、転送している情報を第3者から盗まれることはないかなどの、通信インターフェースの統一やセキュリティの確保などが課題となる。
- ▶ L-Positioning WG：携帯機器で最寄りの基地局から位置情報を取得し、それを用いて自分のいる地域に関する情報を収集したりするなど、現在のナビゲーションシステムに近い機能をモバイルユーザに提供可能となる。

将来的には、所望のお店の予約をしたりするなどの

新規サービスを、Bluetoothを用いて容易に提供可能となることが期待される。このような位置情報サービスを普及させるためには、いかに多くのBluetooth基地局（サービス提供ポイント）を設置してサービスの提供範囲を広げるか、サービスを受信できる端末をいかに数多く普及させるのか、さらには具体的なサービス内容をいかに充実させていくのか、などのいくつかの要素をスパイラル的に拡大させていかなければならない。また、Bluetooth上での端末認証、個人認証などの仕組みの充実も重要である。個人を特定した、きめ細かなサービスを充実させていくことが、Bluetoothを用いた新規ビジネス確立にとって不可欠の要素であり、その機能の確立が急務となっている。

## Bluetoothの課題と将来の可能性

携帯型機器の普及が進み、すでにいくつかのBluetooth機器が市場に登場しようとしていることや、今後、多くのアプリケーションが実現可能となることから、Bluetoothは携帯型機器の外部インターフェースとして広く普及していくものと予想される。そして、Bluetooth機器が多数市場に出ることにより、そのモジュール単価のさらなる低価格化が期待できる。しかし、その一方で、いくつかの課題が見え始めていることも事実である。

まず、技術的な課題としてまず挙げられるのがセキュリティ機能の充実である。特に、Bluetoothでは非常に多くの利用シーンを想定していることから、無線伝送路の盗聴防止のレベルから、著作権保護のためのセキュリティ機能や電子マネーなどにも適応可能な高度なセキュリティ機能のレベルまで、多くの種類のセキュリティ機能をサポートできなければならない。一方で、これらセキュリティのレベルとインプリメンテーションのコストの兼ね合いを上手にコントロールしなければ、現実的な

# Personal Network on Bluetooth



システムを構築することは不可能である。高度なセキュリティ機能の実現にはコストがかかるので、このような高度な機能のものだけをBluetooth上でのセキュリティ機能と位置付け、すべてのBluetooth機器に搭載させることは非現実的である。Bluetooth上では、応用シーンと場合に合わせたセキュリティ機能の選択が可能になっているべきである。

また、無線品質を維持するためのQoS機能も重要な課題となっている。Bluetooth上で実現される数多くのアプリケーションが必要とする無線品質はそれぞれ異なってくる。あるものは高速性を要求し、あるものは低遅延を要求し、またあるものはエラーフリーのデータ転送を要求するかもしれない。将来的には、これら複数アプリケーションを1つのBluetoothピコネット上で共存させなければならない状況がやってくる。このような環境を実現するためには、Bluetoothのデータリンク機能にも、それらの要求を満足するためのQoS制御機能が必要になってくる。このようなセキュリティ機能やQoS機能などの付加機能の充実が、今後のBluetoothの普及に重要な意味を持っている。

Bluetoothの普及という点では、技術的な観点だけでなく、社会的な観点も重要である。Bluetoothを社会インフラにまで成長させるためには、Bluetoothを用いるサービスを広く展開するための、Bluetoothを用いた新規サービスにおける利益還元の構造確立が大きな課題である。Bluetoothは、これまでに存在しなかったサービスの提供が可能となることから、これまでの流通形態の範囲ではカバーしきれない、新しいサービスの流通形態を生み出す可能性を持っている。この新しいサービスの流通形態に参加する企業に、いかに利益を還元する仕組みを作り上げていくのにか、Bluetoothが社会インフラにまで成長するための鍵が握られている。

このような課題は決してBluetoothに限ったものではなく、無線システム全体に共通する課題であるが、Bluetooth SIGでは、これらの課題の解決に積極的に取り組んでいる。セキュリティ機能やQoS機能などの技術的課題に関しては、Bluetooth SIG内で、これらの課題を専門的に検討するチームを作る動きが出始めている。Bluetooth SIGには、これらの技術を得意とするベンダも多く参加していることから、近い将来に、セキュリティやQoSなどの技術課題は解決されているものと予想される。残された課題は、Bluetoothビジネスにおける利益還元構造の早急な確立である。これに関しては、まだ数多くの提案が出されながら、具体的な実現方式を模索している段階といえる。

逆にいえば、この構造さえクリアになれば、Bluetoothは、さらなる成長・普及が見込めるようになる。テレビにおける視聴率と広告の関係や、インターネットにおけるISPとキャリアの関係のような、ユーザから得られる収入をうまく社会（企業）に還元していくルートの確立が重要である。

## まとめ

Bluetoothの規格化が1998年にスタートし、すでに、携帯電話とパソコンを無線接続するための応用例（プロファイル）は完成し、商品化も始まっている。現在は、その他の新たなBluetooth応用を実現するためのプロファイル作成作業が、SIG2.0において進められている。すでに賛同企業数が2000社を超えるなど前途洋々に見えるBluetoothであるが、その広い普及のためには、まだいくつかの課題が存在する。

まず、基本的な技術として課題になるのはセキュリティとQoS機能の充実である。セキュリティ機能の充実は、Bluetoothのような「簡単で低コストの通信インタフェース」を目指す無線システムにおいては、その規格化が難しい。また、将来、数多くのアプリケーションがBluetooth上で実行されるようになれば、これらのアプリケーションをBluetooth上で共存させるためのQoS制御機能が重要になる。

さらに、マーケティング的な課題として、Bluetoothを用いた新規ビジネスにおける利益還元の仕組みの明確化が挙げられる。広く社会インフラになるまで成長するためには、巨大な投資が必要であり、その投資を支える利益還元の構造がなければ普及は行き詰まってしまう。

このような課題に対しても、すでに、Bluetooth SIG2.0においてアプリケーションの種類に応じたセキュリティ機能の定義やQoS機能の充実に関しての議論が進められているなど、近い将来には、これらの課題も解決されるものと予想される。Bluetoothは、携帯電話やノートパソコンなどの携帯型機器に組み込まれる無線インタフェースとして今後さらに広く普及してゆき、将来的には、社会インフラの一部にまで成長する可能性を十分に持った無線仕様である。

### 参考文献

- 1) Specification of Bluetooth System: Core specification v1.0 (July 1998).
- 2) Specification of Bluetooth System: Profile specification v1.0 (July 1998).

(平成12年10月6日受付)