

# カーナビゲーション用無線通信技術

横山陽介\*  
清水直樹\*\*

## Wireless Technology for Car Navigation System

Yosuke Yokoyama, Naoki Shimizu

### 要 旨

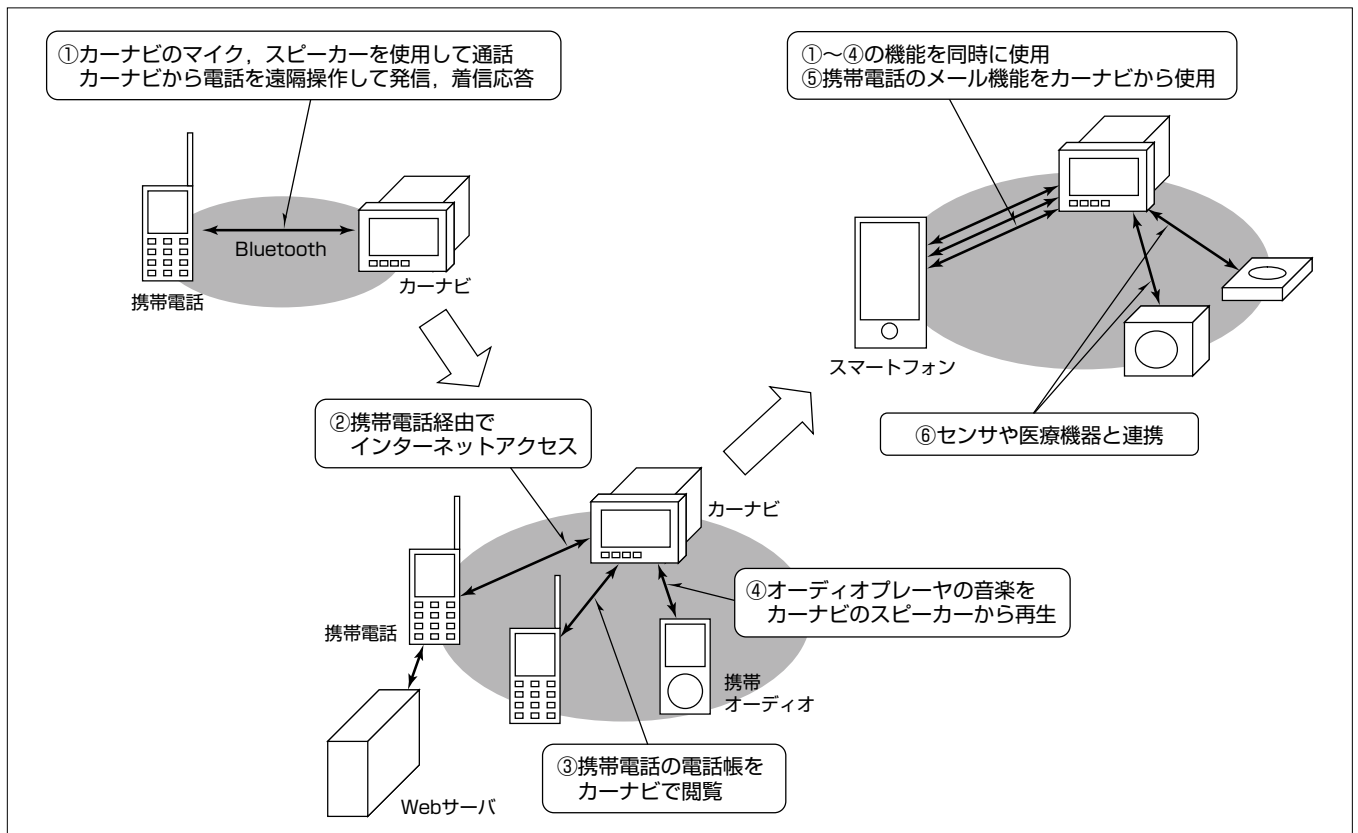
コンシューマー機器間の無線接続に用いられる近距離無線技術の1つであるBluetooth<sup>(注1)</sup>(1)は、カーナビゲーションシステム(以下“カーナビ”という。)と携帯電話との無線連携方式のデファクトスタンダードとして普及が進んでいる。Bluetoothがカーナビに搭載された当初の用途はハンズフリー通話であったが、近年は携帯電話及びカーナビの高機能化に伴い用途が拡大しており、オーディオ再生、インターネット接続、メール管理等の様々な用途に使用されている。

Bluetoothの主な特長は、アプリケーションレベルの接続互換性の担保、他の無線との自動的な干渉回避である。これらの特長はカーナビと携帯電話の連携に有利である。アプリケーションレベルの接続互換性の担保によって、世界

各地で発売される多種多様な携帯電話とカーナビとの接続が可能となった。また、干渉回避によって、他社のBluetooth機器や無線LAN機器等の無線機器が存在する環境で、品質問題が発生する可能性は小さくなっている。

三菱電機は、カーナビ製品へのBluetooth機能の搭載を進めており、メモリカーナビゲーションシステム“NR-MZ50”には、ハンズフリー通話機能とオーディオ再生機能を搭載している。また、当社はBluetooth標準化団体に参加しており、仕様拡張の提案などの活動を行っている。特に近年は、複数のBluetooth機器を同時にカーナビに接続するという使用形態が増加し、新たな接続互換性やパフォーマンス問題が発生しているため、この問題を解決する方式の標準化に取り組んでいる。

(注1) Bluetoothは、Bluetooth SIG, Inc. の登録商標である。



### カーナビゲーションシステムにおけるBluetoothの用途とその拡大

Bluetoothは、カーナビへの導入初期は主にハンズフリー通話用途で使用されていた。その後、携帯電話網を利用したインターネット接続、オーディオ機器と連携した音楽再生、電話帳転送、ファイル転送、携帯電話メール送受信といった多様な用途に使用されるようになった。今後は、スマートフォンのような多機能電話機の普及によって、同時に複数の用途にBluetoothを使用する形態が増加すると考えられている。また、最新の規格でサポートされた低消費電力通信を利用した医療用デバイスやセンサデバイスとの連携への用途拡大が期待されている。

## 1. ま え が き

Bluetoothは、免許不要の2.4GHz帯を使用する近距離無線規格であり、機器間接続配線の無線化を目的として開発された。Bluetoothは主に、携帯電話、ヘッドセット、持ち運び型パソコン、カーナビ等のコンシューマー機器に搭載されている。主な用途はハンズフリー通話、オーディオ再生、データファイル転送、インターネット接続、キーボードやマウス等の入力デバイス接続と多様であり、現在も新しい用途に対応するための仕様拡張が進行している。さらに、最新の規格では低消費電力通信に対応し、更に多種多様な機器への搭載が進むと考えられている。

当社は、カーナビ製品へのBluetooth搭載を進めており、Bluetoothを搭載したカーナビを出荷している。また、Bluetooth標準化団体に参加しており、近年増加しつつある複数のBluetooth機器を同時にカーナビに接続するという使用形態に対応した規格の提案をしている。

本稿では、Bluetoothの目的と特長、標準化、技術、カーナビで使用する機能、当社の取組みについて述べる。

## 2. Bluetoothの概要

### 2.1 目的と特長

Bluetoothは、携帯電話とヘッドセットを接続するオーディオケーブル、パソコンと携帯情報端末を接続するシリアルケーブルといった、機器間接続に使用されているケーブルの無線化を目的として開発された近距離無線規格である。規格策定でアプリケーション間の相互接続性の確保が重視されたため、図1に示すようにBluetooth規格<sup>(2)</sup>では、Core Specとして規格化された無線通信仕様だけでなく、アプリケーションプロトコル、ユースケース、ユーザーインタフェース等のアプリケーション仕様についても、プロファイルとして規格化されている。そのため、同一のプロファイルを搭載したBluetooth機器間の互換性が保証されており、Bluetoothの大きな利点となっている。プロファイルはユースケースごとに個別に策定され、ハンズフリー、オーディオ音声転送等の個々のアプリケーション向けのプロファイルと、機器間接続・認証手順、機器がサポートしている

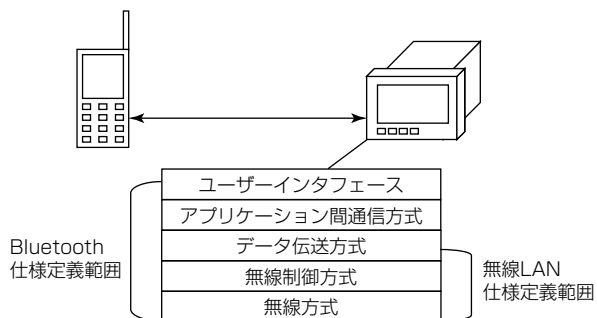


図1. Bluetooth仕様の範囲(無線LANとの比較)

プロファイルの検索といった機器接続管理機能向けのプロファイルが策定されている。

### 2.2 標準化

Bluetoothの標準化は、Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG) という標準化団体によって行われている。Bluetooth SIGには、無線半導体メーカー、プロトコルスタックメーカー、携帯電話やカーナビ等のBluetooth搭載機器メーカーなどが参加している。

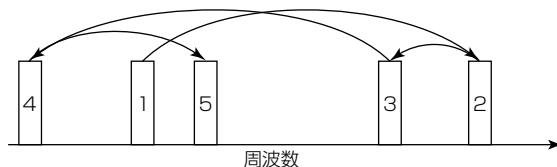
Bluetooth SIGは、仕様策定、Bluetoothブランド管理 (Bluetoothロゴ認証) 等を行っている。Bluetooth仕様策定は、アプリケーション領域ごとにワーキンググループを形成し、プロファイル仕様の策定・変更及び試験仕様の策定を行うという方式をとっている。車載機器に関連する領域を扱うワーキンググループに、無線仕様や機器接続管理機能を扱うCore、ハンズフリーなどの携帯電話・車載機器向けアプリケーションを扱うTelephony & Car、オーディオ再生などのAV (Audio Visual) 機器向けアプリケーションを扱うAVがある。Bluetoothロゴ認証では、Bluetooth機器に対して仕様に適合していることを確認する試験を行い、試験を通過したデバイスにだけBluetoothロゴの使用許諾を行うことで、Bluetooth機器間の相互接続性を保証している。

## 3. Bluetooth技術

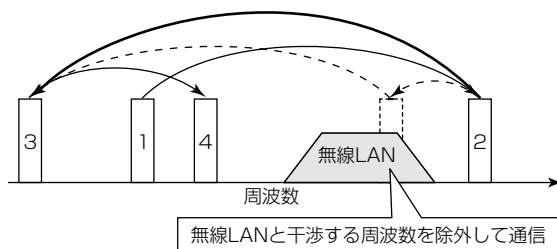
### 3.1 無線仕様

Bluetoothで使用される無線は、無線免許不要の2.4GHz帯を使用し1~100mの到達距離を持つ近距離無線である。接続形態は、1つの機器に複数の機器を接続可能な1対N接続であり、通信速度は最大3Mbpsである。

通信では他の無線との干渉回避についても考慮されており、図2に示す周波数ホッピングとAFH (Advanced Frequency Hopping) が使用されている。周波数ホッピングは、



(a) 周波数ホッピング：1パケットごとに乱数で使用周波数を変更 (乱数系列を通信相手と共有することで通信可能)



(b) AFH：他の無線との干渉が発生した周波数を除外した周波数ホッピング

図2. 周波数ホッピングとAFH

パケットごとに異なる周波数を使用する通信方式である。これによって、近傍に他のBluetooth無線ネットワークが存在する場合にパケットの衝突確率を低下させ、干渉問題が発生しないようにしている。AFHは、無線LANなどの固定の周波数帯を使用する無線との干渉を回避するため、特定の周波数を通信に使用しないようにする方式である。

Bluetoothは、3 Mbpsと比較的低速な通信速度で様々な用途に使用される一方、ハンズフリー通話という高品質・低遅延を必要とする通信を行う。そのため、図3に示すように、ハンズフリー通話音声用の通信時間を予約することで、音声データ遅延・欠落を防止する仕組みが導入されている。

最新のBluetooth仕様では、高速通信及び低消費電力通信のための無線仕様拡張が追加されている。高速通信では、無線LANなどのより高速な無線をBluetooth無線と併用することで、後方互換性を維持しつつ高速な通信を実現する。低消費電力無線では、パケット長の短縮化、通信シーケンスの単純化、無線チャネルの削減等を行った新たな無線仕様を導入することで消費電力の低減を実現している。

### 3.2 実装方式

Bluetooth規格では、ハードウェア実装される無線モジュールとソフトウェア実装される上位プロトコルスタックの間のインタフェースをHCI(Host Controller Interface)として標準化している。HCIでは、無線モジュールと上位プロトコルスタックが動作するメインCPUとの接続方式(USB(Universal Serial Bus), UART(Universal Asynchronous Receiver Transmitter)等)と、無線モジュールと上位プロトコルスタック間のコマンド・イベント仕様が定義されている。この仕様に対応した実装を行うことは必須ではないが、対応することによって、無線モジュールとプロトコルスタックの一方だけを変更する際に、他方の改修が不要になるという利点がある。そのため、当社はこの仕様に対応した実装を行っている。一方、無線モジュールとプロトコルスタックの双方を1チップで実装したComplete Moduleという実装方法もあり、機器に無線チップを1個搭載すればBluetoothによる通信が実現可能であるという利点がある。

### 3.3 セキュリティ

Bluetoothはセキュリティ機能として、機器間接続認証機能と通信の暗号化機能を持つ。これまでの機器間接続認証は、接続を行う2つの機器にユーザーが同一のPIN(Personal Identification Number)コードを入力することで認証を行う方式であった。しかし、接続時にユーザーに対してPINコードの入力を要求するため利便性が低く、セキュリティ面での脆弱(ぜいじゃく)性も発見されていた。この問題に対応するため、6桁の数字を自動生成して接続を行う2つの機器にそれぞれ表示し、数字の同一性を確認するという方式が導入され、現在の標準方式となっている。

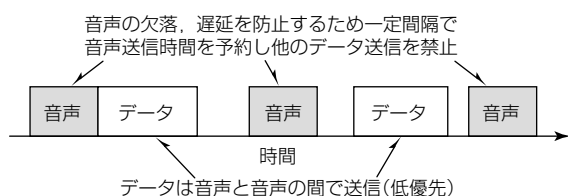


図3. ハンズフリー通話音声品質確保の仕組み

sonal Identification Number)コードを入力することで認証を行う方式であった。しかし、接続時にユーザーに対してPINコードの入力を要求するため利便性が低く、セキュリティ面での脆弱(ぜいじゃく)性も発見されていた。この問題に対応するため、6桁の数字を自動生成して接続を行う2つの機器にそれぞれ表示し、数字の同一性を確認するという方式が導入され、現在の標準方式となっている。

## 4. カーナビ向けプロファイル

Bluetoothのプロファイルのうち、カーナビで使用されているものについて述べる。

### 4.1 現在の主要なプロファイル

- (1) HFP(Hands Free Profile)：カーナビやヘッドセット等の音声入出力機能を持つ機器と携帯電話を無線接続し、ハンズフリー通話と電話機の遠隔操作(発信, 着信応答等)を実現する。
- (2) PBAP(PhoneBook Access Profile)：携帯電話と他の機器(カーナビやパソコン等)を無線接続し、他の機器から携帯電話に格納されている電話帳データへのアクセスを実現する。PBAPは、図4に示すように、電話アプリケーションでHFPと同時に使用されることが多い。
- (3) A2DP(Advanced Audio Distribution Profile)：オーディオ機器からカーナビやヘッドセット等の音声出力機能を持つ機器への音声転送を実現する。
- (4) AVRCP(Audio Video Remote Control Profile)：オーディオ機器の遠隔操作を実現する。通常は、図5に示す

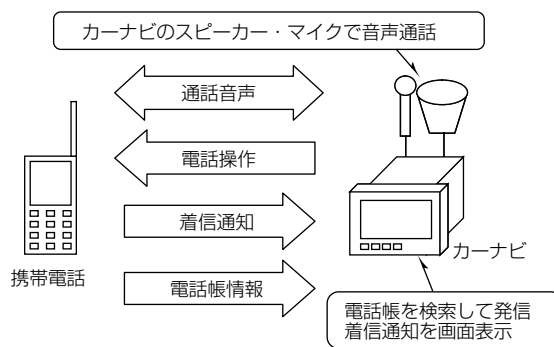


図4. HFP+PBAPのユースケース

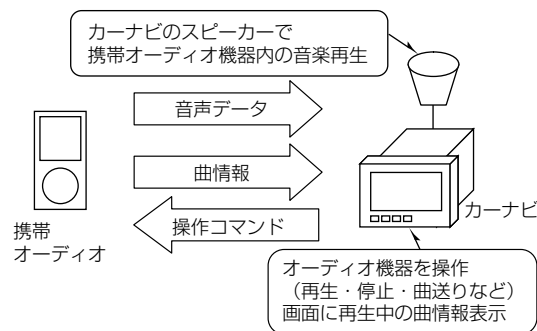


図5. A2DP+AVRCPのユースケース

ようにA2DPと同時に使用される。最新の仕様では、オーディオ機器に格納されているコンテンツ情報にアクセスする機能が追加された。

- (5) OPP(Object Push Profile)：vCard(電子名刺)形式の個人情報・画像等の機器間転送を実現する。
- (6) FTP(File Transfer Profile)：データファイルの機器間転送を実現する。
- (7) DUN(Dial-Up Networking profile)：カーナビやパソコン等から携帯電話にアクセスし、携帯電話網経由のダイヤルアップ接続を実現する。カーナビやパソコンのインターネット接続などに使用される。

4.2 今後の普及が期待されるプロファイル

- (1) MAP(Message Access Profile)：携帯電話と他の機器(カーナビやパソコン等)を無線接続し、携帯電話のメール機能の遠隔操作(メールの送受信, 新着通知等)を実現する。
- (2) PAN(Personal Area Networking profile)：無線LANと同様の無線IPネットワークをBluetooth機器間で形成する。アクセスポイント機能の提供によって、インターネット接続も可能となる。
- (3) SAP(SIM Access Profile)：携帯電話網に接続するための無線機能を持つ機器が、他の機器に格納されたSIM(Subscriber Identity Module)情報にアクセスし、そのSIM情報を使用した携帯電話網への接続を実現する。

5. 当社の取組み

当社は、開発・製造を行っているカーナビへのBluetooth搭載を進めている。現在製造・出荷を行っているメモリカーナビゲーションシステムNR-MZ50は、Bluetoothを搭載しており、カーナビのマイクとスピーカーを使用したハンズフリー通話、カーナビのスピーカーから携帯電話に格納されている音楽ファイルを再生するオーディオ再生、携帯電話のオーディオの再生・停止等のオーディオ制御機能を使用することができる。

また当社は、Bluetooth SIGの標準化活動に参加しており、カーナビ搭載のアプリケーションの仕様を策定しているTelephony & Car及びAVワーキンググループで活動してきた。これらに加え近年は、Multiprofileワーキンググループ(MP WG)での活動に注力している。

MP WGは、近年増加している複数のプロファイルを同時に使用する使用形態や、その使用形態で発生する互換性問題・性能問題の解決を目的として設立された。そのためMP WGには、多数のカーナビ製造事業者が参加している。

MP WGでは、複数のプロファイルを使用するときの初期化手順や、複数のプロファイルに影響するイベント発生時の挙動の標準化によって、互換性問題・性能問題の解決を行っている。MP WGにおける成果として、ハンズフリ

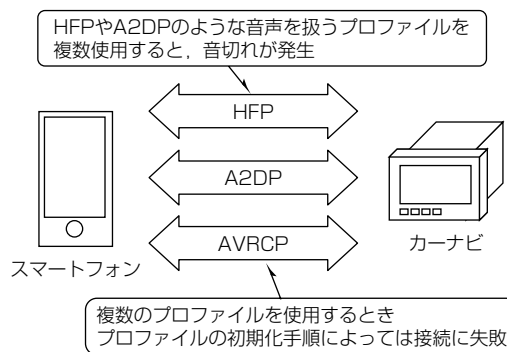


図6. 複数プロファイル使用時の代表的な問題

ー機能とオーディオ再生機能を同時使用する使用形態の標準化が完了している。図6は、この標準化で解決した代表的な問題である。

次に、これらの問題を述べる。

- (1) ハンズフリー機能とオーディオ再生機能を同時に使用する機器を接続する場合、初期化手順の相異によって接続に失敗することがあった。この問題への対応として、初期化手順を規定した。
- (2) オーディオ再生中にハンズフリー機能で通話を開始した場合など、複数の音声と同時に伝送されるときに、通信帯域不足による音切れが発生することがあった。この問題への対応として、通話音声の伝送中はオーディオ再生を一時停止し、複数の音声と同時に伝送されることを回避する仕様を規定した。

6. むすび

ハンズフリー通話用途から始まったカーナビにおけるBluetoothは、カーナビや携帯電話の高機能化に伴って用途を拡大しつつあり、現在も新たなプロファイルの追加や既存プロファイルの拡張が続けられている。また、新たな動きとして、Bluetooth仕様への低消費電力通信機能の追加があり、今後は医療機器やセンサとの連携といった全く新たな用途へのBluetoothの適用が期待されている。このように、今後もBluetoothはカーナビにおける無線通信の中心であり続け、重要性は更に増加していくと考えられる。

このような状況を踏まえ、当社はBluetoothへの取組みを強化していく方針である。今後は特に、Bluetoothの新たな用途に対応するための検討を進めていく予定である。

参考文献

- (1) Bluetooth SIG Inc. : Bluetooth Technology Web Site  
http://www.bluetooth.com
- (2) Bluetooth SIG Inc. : Specification : Adopted Documents  
https://www.bluetooth.org/Technical/Specifications/adopted.htm