



米国、ホワイトスペースの通信利用: 規定に改善の余地

執筆者

KDDI総研 特別研究員 Jon Metzler
(President, Blue Field Strategies)

2008年11月4日、米連邦通信委員会 (Federal Communications Commission; 以下、「FCC」) は、地上波放送帯域の「ホワイトスペース」(White Space, 周波数空き帯域) の免許不要での利用を許可する裁定を決定した。地方においては放送局が少なく、空き帯域自体は確かに豊富に存在する。そのため、地方など有線によるブロードバンドが不経済な地域において、ブロードバンドの発展に役立てると見られており、Googleの創業者によって” Wi-Fi on steroids” (強力な802.11) などと形容されるほど期待度が高い。

サマリー しかし出力強度などの制約から、長距離の伝播が求められる地方での利用は難しく、またルーラル地域と都市部によって空き帯域が異なるのも現実である。概念として有望ではあるが、カスタムな利用以外は、幅広い採用はまだこれからの仕事だ。今では、無線LANに一般的に利用される802.11の規格化も、米国で免許不要通信帯域ができた1985年からはほぼ12年、IEEE 802.11のワーキンググループができた1990年からは7年もかかった。

本レポートは、基本的なホワイトスペース自体の定義と、FCCの規定、ホワイトスペースの利用シナリオにフォーカスする。

主な登場者 FCC Motorola Google Microsoft WISP

キーワード ホワイトスペース DTV 地上波放送 FCC 免許無し通信 ブロードバンド WISP
UHF VHF 無線ISP

地域 米国

1. FCCの決定の概要

2008年11月4日、FCCは、地上波テレビ放送用に割り当てられている帯域のうち、ある地点で使われていない周波数の無免許無線通信を許可する裁定を決定した。既存の地上波放送とCATV設備に影響を及ぼさないことが条件である。

VHFとUHFを含め、地上波放送用の帯域は、2009年6月に予定されているアナログ放送停波の後でも、通算300MHzある。放送チャンネルの幅は6MHzと広帯域で、また、その他の免許不要通信バンド（900MHz帯と2400MHz帯）や、移動通信用の850MHz帯や1900MHz帯と比べ、周波数が低いため、屋内での伝播特性に優れることから、無線ブロードバンドの促進に向け、このホワイトスペース帯域は有望視されている。

FCCが採用した規定は、固定利用とポータブル利用の両方を対象にしており、現在では、端末に位置測定機能とホワイトスペースのデータベースへのアクセス機能、または空き帯域の探知機能が必要とされている。後者の場合、技術がまだ発展途上と見られており、FCCはケースバイケースで端末を評価する方針である。

2. ホワイトスペースとは？

ホワイトスペースとは、地上波放送用の帯域において、ある地点またはある地域で、あるチャンネル自体が放送に使われていないことを言う。つまり空きチャンネルのことである。無線通信以外では、一般的にマーケティングなどに使われる言葉で、他社、あるいは類似する製品がないニッチな市場のことを言う。ブランド戦略でも使われることがある。

米国の地上波放送用周波数帯は下記の表1の通りである。

表1: 米国地上波放送の周波数帯

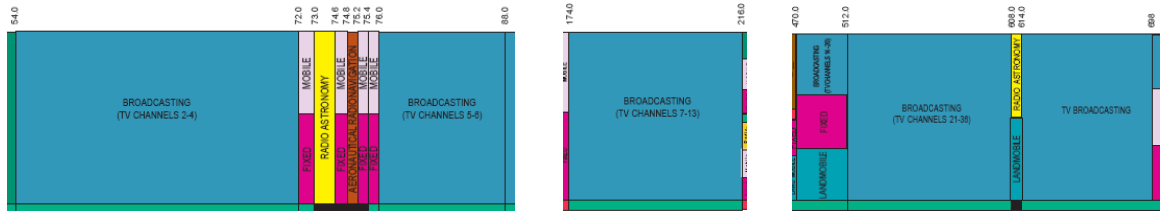
帯域	現在	2009年6月以降
低VHF帯	54-72 MHz	54-72 MHz
	76-88 MHz	76-88 MHz
高 VHF帯	174-216 MHz	174-216 MHz
UHF	470-806 MHz	470-698 MHz
トータル	408 MHz	300 MHz
可能なTVチャンネル数	68 (@ 6 MHz 帯域)	50

(筆者作成)

米国、ホワイトスペースの通信利用:
規定に改善の余地

また、周波数割り当てチャートは以下の図1の通りである。

図1: 米国における周波数割り当て(United States Frequency Allocations)



(出典: NTIA)

700 MHz, 850 MHz (“Cellular”バンド), 1700/2100 MHz (“AWS”), 1900 MHz (“PCS”) で帯域を所有しているAT&Tは、(人口で) 上位100のサービスエリア (主に大都市とその近郊) において 平均して90 MHz分の帯域資産を持っている。

2. 1 空き帯域の参考事例

さて、この空き帯域はどれくらいあるのか。都市部 (サンフランシスコ)、地方部 (モンタナ州)、そして、テレコムインフラなどが未発達のネイティブアメリカンの居留地で調べてみた。

調べるに当たって、2009年2月23日にサービスを開始したホワイトスペースの検索エンジン、“ShowMyWhiteSpace.com”^④ (脚注) で検索してみた。

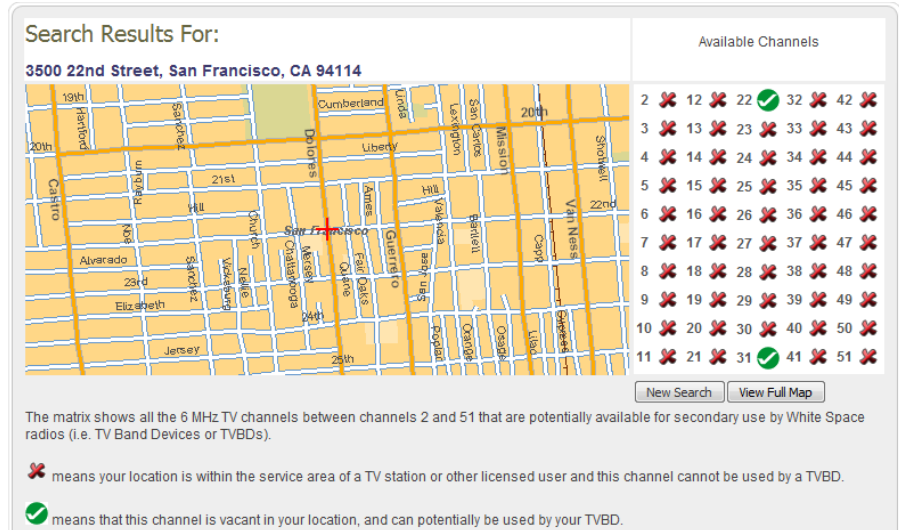
サンフランシスコの住宅街で検索してみると、図2の結果が得られる。Ch 22 と Ch 31 (512 MHzと578 MHz) で、それぞれ6 MHzのチャンネルが空いている模様だ。

④ (脚注) [Spectrum Bridge社によるウェブサイト](#)。FCCのホワイトスペースの規定と、FCCの放送局のデータベースをもとに、地形データを取り入れ、Longley Riceのような伝播モデルを用いたものなのだろう。

米国、ホワイトスペースの通信利用:
規定に改善の余地

図2 サンフランシスコ市内で利用可能なホワイトスペースチャンネル

Show My White Space - Search

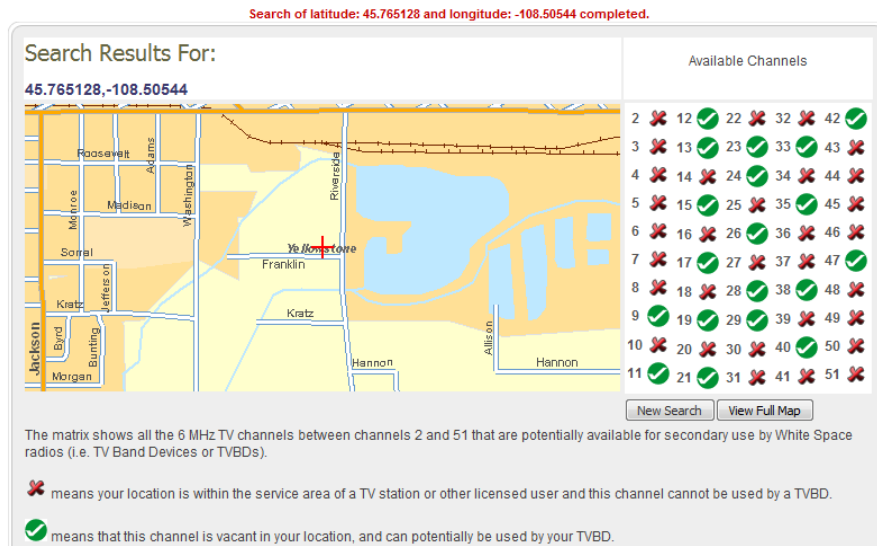


現在、固定利用の場合、隣接チャンネルも空いていないといけなため、この場合、固定利用は不可能だ。ポータブル利用は可能だが、40mWの出力強度が上限となる。ホワイトスペースの裁定で、FCCは、十分に干渉の恐れがないことを証明するデータがあれば、隣接チャンネルが放送に使われているホワイトスペース帯域の利用を検討すると言う。

つぎに、モンタナ州ビルングス市での状況を検索してみた（図3）。図2同様、ShowMyWhiteSpace.comによるモデルである。

図3 モンタナ州ビルングス（Billings）市のホワイトスペース状況のシミュレーション

Show My White Space - Search

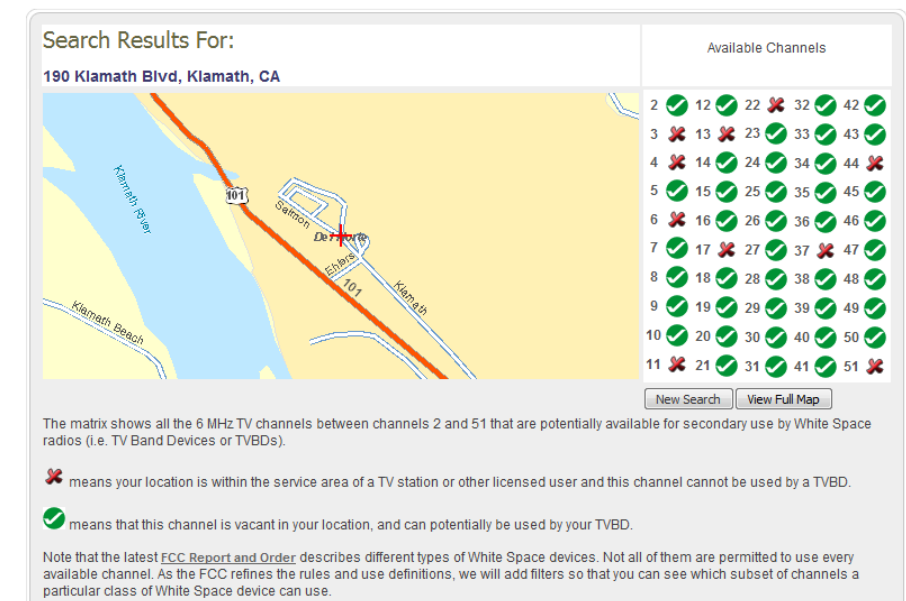


米国、ホワイトスペースの通信利用:
規定に改善の余地

チャンネル11-13 (198-216MHz) が連続して空いており、固定利用が可能のようだ。また、FCCの規定ではVHF帯域でのポータブル利用は禁止されている。通算、19のチャンネルが空いているようだ。

極端な例かもしれないが、さらに離れた地域で検索してみた。北カリフォルニア州のあるネイティブアメリカンの居留地では、なんと14のチャンネルが連続して休閑中である (図4)。

図4 カリフォルニア州クラマス (Klamath) 市

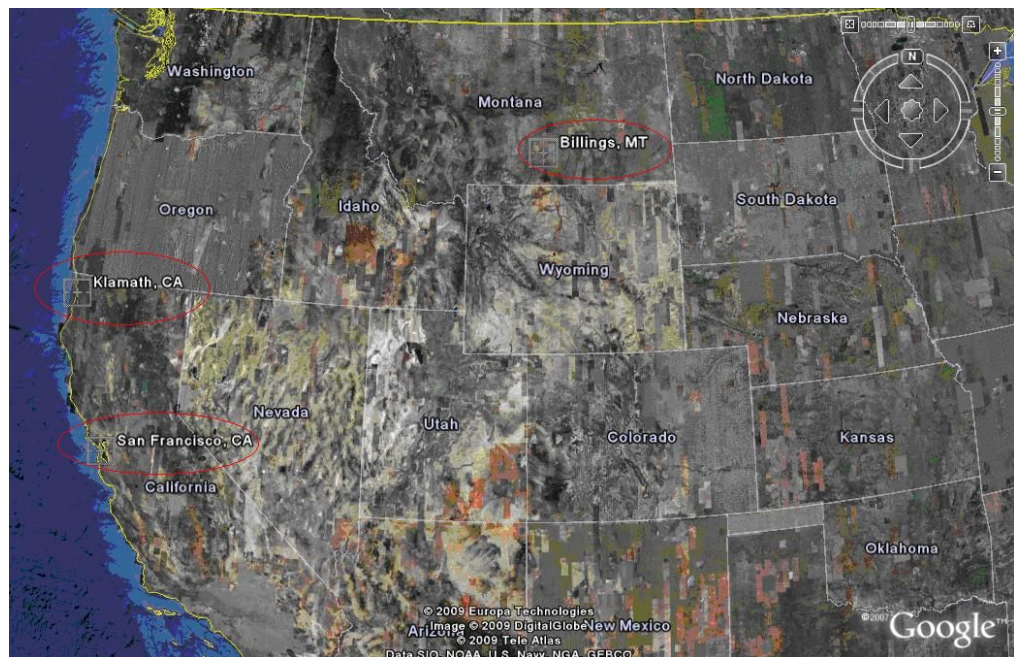


この地区では、移動通信インフラのみならず固定回線のインフラもほとんどなく、ブロードバンドを促進するに当たって、この空き帯域は有望だと言える。

それぞれの地点は図5の地図で見ることができる。

米国、ホワイトスペースの通信利用:
規定に改善の余地

図5 上記の3ヶ所が見られる米国全国図



3. FCCの決定の詳細

FCCのホワイトスペース規定では、ホワイトスペース通信を2つのカテゴリーに分けている。ひとつは固定（fixed）利用、そしてもうひとつは個人/ポータブル（personal/portable）利用である。両方のカテゴリーに適用される基本的な規定も制定されており、すべての端末には次の事項が要求される：

- ◆ 位置情報機能を含むこと（クライアントモードの端末を除く^{（脚注）}）
- ◆ インターネット経由で、保護されている無線サービス、および各位置において無免許端末が利用できるチャンネルのデータベースにアクセスできること
- ◆ ホワイトスペースで運用するに先立って、データベースにアクセスし許可されたチャンネルのリストを取得すること
- ◆ -114 dBmの強度まで、6 MHzチャンネルに渡って、ワイヤレスマイクロホン、TV放送、および他の免許者を検知できること

固定利用に限っては、隣接チャンネルが地上波放送に使用されている場合、空き



^{（脚注）} クライアント端末は、利用可能なスペクトルをマスター端末より案内される。

米国、ホワイトスペースの通信利用:
規定に改善の余地

チャンネルでも利用が許可されていない。ポータブル利用については、地上波放送チャンネルのカバーエリア内で隣接チャンネルが地上波放送に使用されている場合、40mW ERPの制限がある。

3. 1 固定利用

固定利用では、固定ワイヤレスブロードバンドサービスで一般的に見られるような固定された送信機と受信機を利用する。トランスミッタ (FCC規定でtransmitter。機能的にはBTS (Base Transceiver Station)、或いはAP (access point)。ここではFCCの規定にそってトランスミッタという) と受信機はGPSにより測位されると思われる。すでに挙げたものに加え、次のような規制が追加されている:

- ◆ トランスミッタの出力は1W (ワット)、高ゲイン指向性アンテナでEIRP[☞] (脚注) 4Wまで可能
- ◆ アナログ停波後、2-51チャンネルまたはTV波 (54-698 MHz) 全体で利用を許可する。3, 4および 37 チャンネルを除く
- ◆ 固定トランスミッタは、固定および移動レシーバの両方と通信できるが、移動レシーバとは2-20チャンネル上 (つまりVHF帯域) で通信できない
- ◆ レシーバでは10mの高さの位置に屋外アンテナが必要
- ◆ トランスミッタのアンテナについては30mの高さを上限とする

あるFCC の工学・技術局 (Office of Engineering & Technology) のスタッフは、これらの条件で基地局の周囲8kmまでのレンジがサービスエリアとなるであろうとコメントした。固定利用における規定はまた、地上波TV放送で使われているものと似た、屋外や屋根の上に設置するアンテナの存在を想定している。

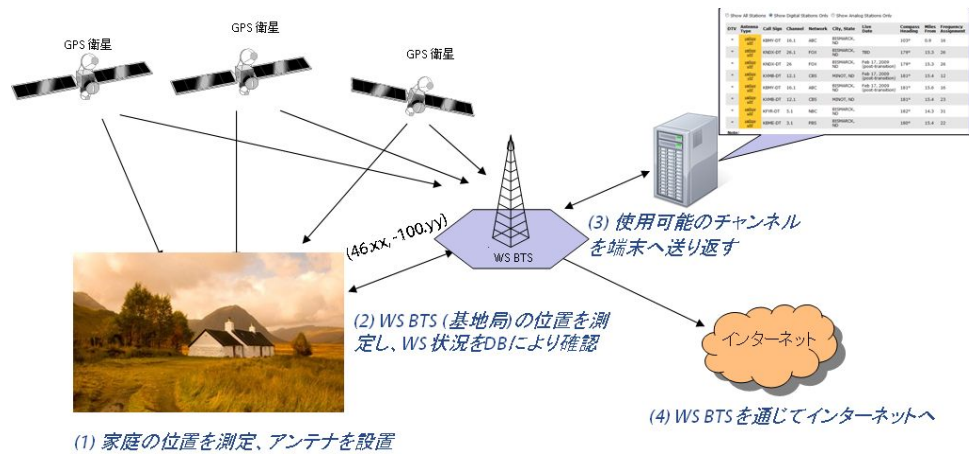
図6に利用図を示す。



☞ (脚注) EIRP: Effective Isotropically Radiated Power. (等価等方輻射電力)。EIRPは、出力強度*アンテナゲインの積で求められる。

米国、ホワイトスペースの通信利用:
規定に改善の余地

図6 固定トランスミッタと固定レシーバでのホワイトスペース利用図



(筆者作成)

3. 2 個人 / ポータブル利用 (personal / portable)

先に挙げた一般的な規定に加え、FCCは、移動端末に対して以下のように規定している:

- ◆ トランスミット出力パワーは100mWまで
- ◆ 端末は、最大EIRP 400mWのゲインアンテナを常に装着していること
- ◆ 移動端末によるホワイトスペースの利用は21-51 チャンネル (UHF TV) の間で許可

さらに、FCC は二つの運用モードを許可した:

- ◆ クライアント (client) モード: 利用可能なホワイトスペースを検知する固定端末または他の移動端末のコントロール下で稼働する端末。
- ◆ 独立 (Independent) モード: 端末が位置特定機能を持ち、ホワイトスペースデータベースへのアクセスが単独で可能であること。

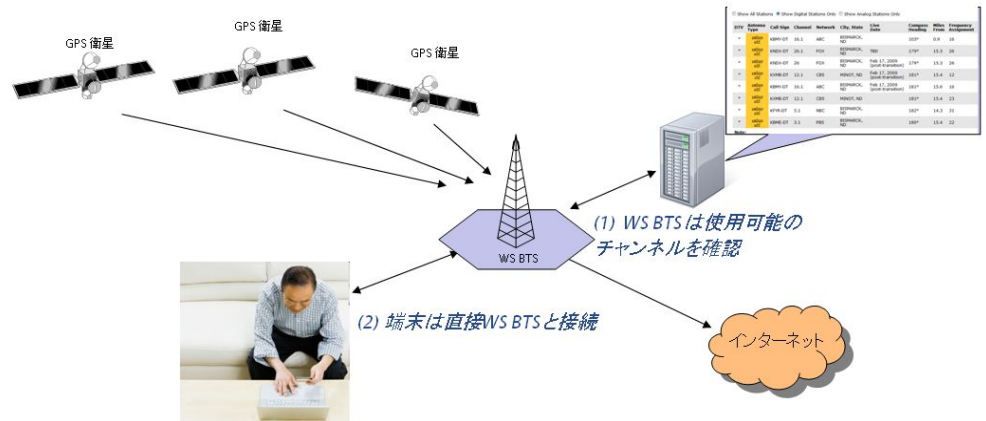
クライアントモードは、例えて言うと、コードレス電話の子機のようなイメージで、クライアント端末がホワイトスペースの“アクセスポイント”にアクセスする可能性、逆に言えば、固定基地局 (BTS) から屋外アンテナ、そして屋内の無線端末へ接続する可能性を作るものである。

図7は、個人用端末の運用構成のシナリオを示している。図7では、クライアント端末 (ノートPC) が直接“WS BTS”に接続している。このノートPCは位置検出機能を持っておらず、ホワイトスペースの検出にあたりBTSを利用する。この“長距

米国、ホワイトスペースの通信利用:
規定に改善の余地

離 Wi-Fi” シナリオがメディアによく取り上げられるものである。2.4 GHz の屋内での受信が難しかったりする都市部のネットワークでは、ホワイトスペーススペクトラムがいかに有用であるかがわかる。

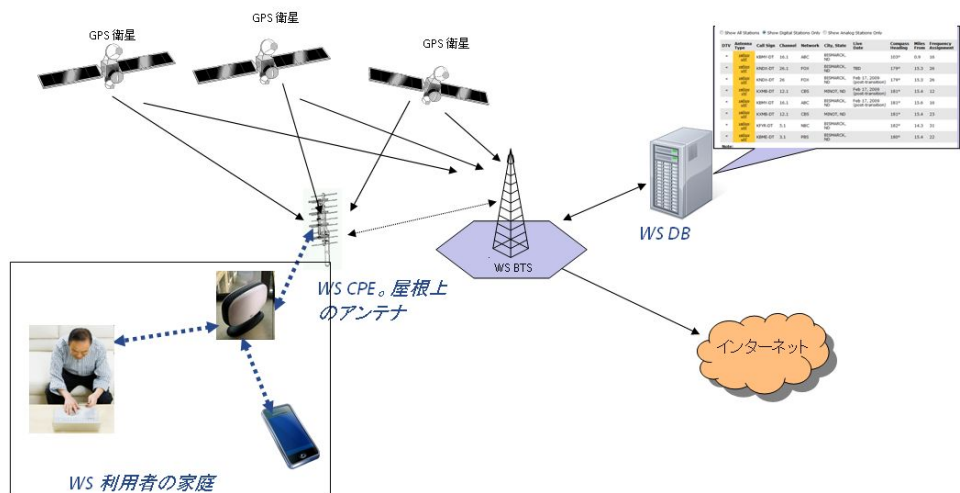
図7: ポータブルクライアントに直接接続するWS BTS



(筆者作成)

図8は、固定基地局から固定アンテナを経由する移動端末のケースである。このシナリオでは、“WS BTS”は図中でCPE (Customer-Premises Equipment、顧客構内設備) となっているローカルの測位済み受信機にホワイトスペースの情報を送信する。家庭内の端末は、このように外部受信機のクライアントとなる。この図はまた、ホームクライアントAPに接続するクライアント端末についても記述している。

図8: 固定基地局から固定アンテナ経由でポータブル端末へ



(筆者作成)

仮に、ホワイトスペース帯域の入力と2.4GHz帯出力のあるホームAPを家庭内においた場合、アンテナまでの分はホワイトスペースの伝播特性を有効に使い、屋内では既存のインストールベースも利用可能になる[☞] (脚注)。

基本的に、FCCは、ホワイトスペースの検出方法に関して“位置情報 + データベース” という方法を採用している。電波検出機能しかない、本当のスマートラジオについては、FCCはケースバイケースで判断するとした。こうした機能を持つ端末が許可されたら、マスター (クライアントに対して) 端末や、WS DBへのアクセスがない地域でもホワイトスペースの利用が可能になるだろう。

3. 3 他の免許不要バンド

米国では、30 MHz - 3000 MHzの間に2つのよく使われる免許不要周波数帯がある。902-928 MHzと2400-2500 MHzである。両方ともコードレスホンや電子レンジ、また、後者は家庭での無線LANにしばしば利用されている。2400-2500 MHz は現在の無線LANの世界標準であり、902-928 MHzは、ITU リージョン2、すなわち北米、南米およびグリーンランドで免許なしの利用が可能である。

3. 4 ホワイトスペースデータベース

2009年2月4日、Google、Dell、Motorola、Microsoft、Neustarなどはホワイトスペースデータベースの規格化に協力すると発表した。関係者によると、ホワイトスペース利用に3つのカテゴリーを想定しており、それは、1) ホームネットワーク、2) (屋外での) インターネットアクセス (ホットスポットなど)、3) Motorola社がよく自治体に提供するプライベートネットワークである。

3. 5 スループット

数名の関係者によると、最初は2-2.5bits/Hzのスループットを想定していると言う。6 MHzのチャンネルであれば「粗ペイロード」(オーバーヘッドなど含めない) は12-15 MBs程度となる。



[☞] (脚注) ホワイトスペース利用と他の802標準を調和させるべく、類似する図がIEEE 802 ワーキンググループによって検討されている。

4. 今後期待されるホワイトスペースの主な用途

FCCがホワイトスペースでの免許不要通信を許可した2008年11月以前は、Philips、Motorola、Adaptrum（シリコンバレーにあるベンチャー企業）、Microsoftらが検証用に試作品を提出したが、それらはあくまで検証用であった。果たして、端末メーカーなどはこれからどのようなものを製品化するのだろうか。

4. 1 Motorola Canopy

複数の関係者によると、製品化が近いといわれるのは、FCCのホワイトスペース案件でコメントを多く提出したMotorola社である。同社のCanopy（カノピー）^{☞（脚注1）}無線ブロードバンド製品は、免許不要帯域（主に2400 MHz、5800 MHz）あるいは公安機関優先の帯域（主に4900 MHz）を利用するもので、主に自治体やWISP^{☞（脚注2）}、または公安機関に提供している。ホワイトスペースラジオを試験的に搭載する見込みだ。

Canopyは主にプライベートネットワークに利用される。免許が不要の帯域で、QoSの高いサービスを提供するためのシステムだといえる。（4900 MHzは、アメリカで公安機関・自治体用の帯域となっており、ニューヨーク市は、2008年、公安機関のほか、市の車両などを結ぶ無線ネットワークを開設し、部分的には4900 MHzラジオを採用している。）

4. 2 無線ブロードバンドのバックホール

一方、WISPも、ホワイトスペース帯域のバックホールとしての利用を検討しているようだ。WISPはよく、基地局からのバックホールには、5800MHzの免許不要帯域を使う。ホワイトスペースの低い帯域の伝播特性から、長距離のバックホールに適しているとみている。

WISPの業界団体であるWireless ISP Association（WISPA）^{☞（脚注3）}のあるスタッフは、ホワイトスペース帯域の利用により、基地局からのバックホールだけでな



^{☞（脚注1）} <http://www.motorola.com/canopy>、または<http://motorola.canopywireless.com/>

^{☞（脚注2）}

WISP: Wireless ISP、無線ブロードバンドの提供者。主に無免許帯域を利用する。

^{☞（脚注3）} <http://www.wispa.org/>

く、基地局と加入者の間でも、さらに広域なレンジへの可能性があることに熱狂していた。米国の無線ISP (WISP) は、基本的に2.4 GHz、5.8 GHzを利用し、場合によれば3.65 GHzを利用する場合がある。

WISPAによると、無線ISPは、通算200万人の加入者へ無線ブロードバンドサービスを提供しているという(700万人という推測もある)。主なサービスエリアはDSLやCATVなど、従来のプロバイダーによるサービスが発達していない地域である。WISPごとの平均加入者は数百人程度だ。

米国におけるブロードバンドの普及は、他のOECD諸国と比較して遅延しているとしばしば報告されている。^{☞(脚注1)} ブロードバンドの普及の遅れは、有線の選択が非経済的である地方の地域において特に顕著である。^{☞(脚注2)} また、一般的には、衛星ブロードバンドもまた、速度が遅く、高価で信頼性に欠けるとみられている。

これらの事柄が相まって、多くのステークホルダーがUHF TV周波数の通信利用を注目し始めたのも、その長距離および室内での伝播特性によって、ブロードバンド普及の遅れを経済的に解決する手段と見たためである。

4. 3 Wireless Regional Area Network (WRAN)

IEEE 802.22 ワーキンググループ^{☞(脚注3)} はホワイトスペース帯域に使える規格を策定している最中である。スマートラジオ(コグニティブ無線)を想定し、放送局、無線マイクなど現行の利用者を探知し、各チャンネルの利用状況により通信利用が可能な帯域を決定できることが主要目的である。同ワーキンググループでは、PAN、無線LAN、WWAN^{☞(脚注4)}などのネットワークのカバーエリアをいうカテゴリとの差別を図るべく、WRANという略語を採用している。ホワイトスペースネットワークに、数10kmのカバーレージを想定している。



^{☞(脚注1)}

http://www.oecd.org/document/54/0,3343,en_2649_34225_38690102_1_1_1_1,00.html

^{☞(脚注2)} Pew Internet Researchによると、地方生活者の間では、ブロードバンドの普及率は38%であるという。

^{☞(脚注3)} <http://www.ieee802.org/22/>

^{☞(脚注4)} PAN: Personal Area Network.主にブルートゥース。無線LAN: Wireless Local Area Network.主に802.11x。WWAN: Wireless Wide Area Network.移動通信プロバイダーのカバーレージを言う。

米国、ホワイトスペースの通信利用:
規定に改善の余地

FCCによると、ホワイトスペース 通信は特にこの規格に限る必要はない。

また、いまの出力強度の制約では、数10kmのカバーエリアは難しいようだ。

4. 4 ノートブックPCにも追い風?

ホワイトスペースの規定が決まった翌日に、Dell社は「将来、ホワイトスペース対応のラジオをノート型PCに搭載する」と自社のブログに公言し、また他の免許不要通信バンドと比較してホワイトスペースのメリットを謳歌する白書を公開した。[☞]
(脚注1)

製品の世界標準化を重んじる同社は、米国のみモデルを登場させないであろう。PCの場合、通常、新しい無線機能はアフターマーケットのモジュールという形で登場することが多い。ホワイトスペース機能も同じような展開が考えられる。

4. 5 補完的利用

2.4 GHzの無線LANの利用は世界標準で、広い帯域幅を提供し、また大量のインストールベースがある。もしホワイトスペース通信が本格展開すれば、2.4GHzを補足する利用方法は有用かもしれない。たとえば、家庭内の端末はこれまでの通り、無線LANには2.4GHzの帯域を利用し、家庭までの分はホワイトスペースの利用が考えられる (3.2節の図8参照)。

ホワイトスペースの案件で、ハイテク企業と放送局の対立において、ハイテク側の提唱活動を行った関係者によると、ホワイトスペース用のチューナーは、850/1900/2400 MHzのチューナーに伴うハンドヘルド端末上のもうひとつのチューナーになり得ると述べている。この端末は、ホワイトスペースネットワークが利用可能になり次第、あるいは他の免許ネットワークが混雑している場合、ホワイトスペースネットワーク上を渡り歩くであろう、というシナリオを彼は描く。米国でAT&T とT-Mobile がセルラー / 802.11x (2.4 GHz利用) でとっているデュアルモード路線と類似した補完的な役割を果たすかもしれない。



☞ (脚注1)

<http://en.community.dell.com/blogs/direct2dell/archive/2008/11/05/welcome-to-the-white-spaces.aspx>

 執筆者コメント

FCCが2004年に初めて、TV放送帯のホワイトスペース利用について規定策定案を発表した際、スマートラジオ（コグニティブ無線）の役割について言及していた^④（脚注）。しかし、2008年11月の裁定では、位置特定技術とホワイトスペースデータベースへのアクセス機能が必要とし、コグニティブ無線の技術のみを使ったホワイトスペース端末についてはケースバイケースで評価する必要があるとの姿勢だった。

今回の規定で、FCCは基本的に「位置特定+データベースアクセス」という利用条件を採用した。しかし、目的の一部が、インターネットが利用不可である場所にアクセスを提供することであることを思うと、インターネットにアクセスするためにインターネットアクセスが必要であるということは、どうも循環した論理に見える。

固定利用であれば、技術者がCPEなどをインストールする際、恐らくCPEを位置特定し、ホワイトスペースデータベースへアクセスできるかもしれない。しかし、位置特定+データベースアクセスが必要であれば、ポータブル端末のローミング的な利用は難しいかもしれない。本件について、筆者は規制側と民間企業側の担当者に問い合わせたが、両者から「それは潜在的短所である」という回答を得た。

一方、FCCは実地での根拠に基づいて規定を更新する方針だ。自動感知機能に基づいたホワイトスペースの検出は信頼できるというデータがあれば更新してもよいと考えている模様だ。

地方では、ホワイトスペース周波数は確かに豊富に存在する。18-24 MHz の連続したホワイトスペース周波数が存在する場合もある。信号伝播という基本的な物理性質に注目せずにはいられない。500 MHz のホワイトスペース信号は2.4 GHzでの同等の信号の5倍近くを伝播するだろう、と802.22ワーキンググループの関係者は言う。

地方のWISPのためのバックホール、地方の自治体ネットワークあるいは、人口密度の少ない地方の地域での産業用の利用を第一歩とするのは筋が通っているだろう。しかしながらEIRP 4Wという制限がある。FCCのOETの担当によると、EIRP 4Wでホワイトスペースの電波は8キロ程度伝播するという。まず指向性アンテナを使えば2.4GHzも同じ距離を伝播する。そして8キロという距離自体はバックホール上不十分のようで、802.22ワーキンググループが想定する地域ネットワークも難しい。

一方、都市部などでは4Wはかなり有用ではあるが、場所によって同じ帯域が利用可能であるとは限らない。

さらに、現在の固定ホワイトスペース利用の規定では、アンテナの高さとして10m



^④（脚注） http://hraunfoss.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-08-260A1.doc

米国、ホワイトスペースの通信利用：
規定に改善の余地

が条件だ。これは放送用TVと同じで、その痕跡だと言えよう。

FCCは規定を再検討するという意思を表示している。WISPA は現在、固定バックホール用のアプリケーションについて、出力パワーを上げるよう請願を行っている。

ポータブル端末ではホワイトスペース用アンテナが常時装着でないといけないというのが条件ではあるが、もし700MHzに対応したチューナーとアンテナを搭載した端末であれば、ホワイトスペースとの併用も考えられる。

【執筆者プロフィール】

氏 名： Jon Metzler (ジョン・メツラー)

Founder and President of Blue Field Strategies (ブルーフィールド
ドストラテジーズ 創業者・社長)

経 歴：米シカゴ生まれ、現在サンフランシスコ在住。

90年代初頭、5年間の滞日時、朝日新聞出版局、TBS、CBSなどを経て、98年本国へ帰国。UC-Berkeleyにて日本とシリコンバレーを比較研究し、ビジネスと東洋学の修士号を取得。後に、PAI社に入社し、多岐にわたるアメリカのベンチャー企業の日本市場開拓を受託する。その後、地上波放送電波を使った位置測定技術を開発したRosum社に入社し、アメリカ国内のテレコムと国防の事業開拓を務める一方、E911などの課題でFCCなど規制機関をも担当する。

シリコンバレー・ワシントンDC・日本での経験とネットワークを生かすBlue Field Strategiesは、テレコムとメディアの市場と規制の分析、提唱活動、事業開拓などを行い、またベンチャー投資のデューディリジェンス、日米のベンチマーキングをも受託する。

2008年8月より、KDDI総研の特別研究員として、米国の情報通信市場、規制動向等に関するレポート執筆、個別調査等に従事。主な関心分野は、モバイル放送、DTV変換、ロケーション・サービス、次世代UI、携帯端末の販売・リユース・リサイクルなど。