



RIETI Discussion Paper Series 02-J-001

# コモンズとしての電波 デジタル無線技術と電波政策

池田 信夫  
経済産業研究所



Research Institute of Economy, Trade & Industry, IAA

独立行政法人経済産業研究所  
<http://www.rieti.go.jp/jp/>

# コモンズとしての電波

## デジタル無線技術と電波政策

### The Spectrum as Commons

### Digital Wireless Technologies and the Radio Policy

池田信夫\*

#### 要 旨

現在の免許制による電波行政は、20世紀初頭にラジオ局を規制するためにできた制度を踏襲しており、インターネット時代に適合していない。無線インターネットやソフトウェア無線などの次世代の無線技術は、周波数を広く共有することによって、電波が「希少な資源」だという免許制の前提をくつがえした。本章では、免許の代わりに売買可能な「電波利用権」を配分し、伝送をIPに統一してサービスは全面的に自由化する新しい電波政策を提案する。最終的には、電波は公共財として一定の基準さえ守れば自由に使えるようになることが望ましい。

\*独立行政法人経済産業研究所 上席研究員 (E-mail: ikeda-nobuo@rieti.go.jp)

草稿に有益なコメントをいただいた鬼木甫、小檜山賢二、林紘一郎、真野浩、山田肇の各氏に感謝したい。なお本稿の内容や意見は筆者個人に属し、経済産業研究所の公式見解を示すものではない。

## はじめに

電波が無線通信に利用されるようになったのは今世紀初めからだが、最初は軍事用の無線通信にしか使われていなかった。これに対し、米国では電波を民間にも使わせよという産業界の要請が強まり、1927年に改正された電波法で民間業者に周波数が割り当てられた。政府の免許による割り当てという市場経済では他に例を見ない特異な制度の根拠は、通常は電波が「稀少」であるためだとされているが、稀少な資源を配分するメカニズムとしては市場があるので、周波数の所有権を各ユーザーに与えればよい(Coase 1959)。電波法のできた当ても産業界は全面的な「営業の自由」を求めたが、連邦政府（特に海軍）は電波の民間への開放そのものに反対した。こうした利害対立の政治的な妥協点として、FRC (Federal Radio Commission = 現在の FCC の前身)が電波を割り当てる制度ができたのである (Benkler 1999)。

当時の無線技術では、一般の利用者が双方向の通信を行うことは不可能だったため、「基地局」から一方的に送信し、受信側は電波を音声に変換するだけの単純な無線機 = 「ラジオ」とする放送のシステムが成立した。また信号をノイズから区別するためには大出力で放送するしかなかったので、一つのラジオ局から広域に電波を出す地域免許制となった。このとき隣接するラジオ局のエリアが重なると混信が起るので、狭い周波数をまばらに割り当てなければならなかった。こうして成立した「一方向・大出力・広域・狭帯域」の電波利用システムは、それから70年以上たった今日もほとんど変わらない。この結果、非効率な電波利用が固定化し、通信のブロードバンド化の大きな障害となっている。

このような社会主義的な割り当て制度を是正し、市場メカニズムを導入しようというのが1990年代から始まった周波数オークションである。これは米国の携帯電話では大きな成果を納めたが、2000年に行われた欧州の第3世代(3G)携帯電話の周波数オークションでは、免許料の総額が1500億ドルにものぼり、携帯電話業者が巨額の負債を抱えて経営危機におちいった。このためオークションの是非をめぐって論争が起こっているが、いま問題なのは、そもそもオークションすべき帯域がほとんど残っていないことである。

現在の電波割り当ては、同じ周波数を複数の利用者が使うことはできないという前提にもとづいているが、スペクトラム拡散などのデジタル無線技術を使えば、特定の周波数を排他的に占有する必要はない。電話会社がインフラを独占することを前提にした電気通信規制が、ネットワークをコモンズ（共有地）として使うインターネットの登場によって改革を迫られているのと同様、放送を基準にした電波規制も抜本的に見直し、電波をコモンズとして使う制度を考える必要がある。本稿では無線インターネットや次世代の無線技術を紹介し、こうした技術革新が無線通信システムを大きく変えようとしていることを明らかにするとともに、それに対応した新しい電波の配分メカニズムを考える。

## 1 . 稀少性の神話

電波は「資源」か

電波は、よくいわれるように「稀少な資源」だろうか。Benkler(1999)も指摘するように、周波数は信号を電波に変調するとき使われるパラメータの一つにすぎず、振幅や位相が稀少ではないのと同様、周波数が稀少だということはありません<sup>1</sup>。それを「資源」として土地のような有体財産と同様に扱うことが混乱の原因である。Noam(1998:p.771)は「国家が赤い色についての権利を売ることができるのか？Aフラットの音階は？」と批判している。ただ複数のユーザーが赤いセーターを着ても問題は起こらないが、同じ周波数で通信を行うと混信する というのがこれまでの電波割り当ての根拠だったが、最近のデジタル無線技術は、この免許制の最後の根拠をくつがえした(Gilder 1994)。

無線通信では、送信機は電波を放射状に発散するだけで、通信処理は受信機で目的の信号をバックグラウンド・ノイズから識別することによって行われる。このとき信号を電波の強さであらわす振幅変調(AM)や周波数のずれであらわす周波数変調(FM)では、一定の周波数の搬送波(キャリア)で送られているかどうかで信号を識別するので、同じ周波数で複数の信号が送られると、信号とノイズが区別できなくなって混信が起こる。しかし無線機がデジタル化されると、信号をパケット単位で識別できるので同じ周波数で複数のユーザーの信号を送ることが可能になった。たとえば携帯電話で使われているCDMA(Code Division Multiple Access)では、パケットを広い周波数に拡散して送り、変調コードで識別している。

つまり周波数は、アナログ無線機の処理能力の制約(信号の送信者を識別できない)のために便宜的に使われた識別特性にすぎないのである。この便法は、初期の電波の利用率が低かったころには大した問題とはならなかったが、電波が逼迫するにつれて、特定の「周波数保有者」が、使ってもいなくても電波を占有して他のユーザーの自由な電波利用を妨げる弊害が目立ち始めた。これを解決するために「資源の効率的配分」という経済学のモデルを当てはめて周波数オークションが行われたが、それが新たな問題を作り出したことは前述の通りである。

通信の実際に即して考えれば明らかなように、干渉は受信機の信号処理の過程でノイズが混じることだから、それを避けるために必要なのは周波数の効率的な配分ではなく、処理能力の向上である。光ファイバーでは何万人分もの信号が一つの波長の光に多重化されているように、パケットさえ識別できれば周波数を割り当てる必要はない。帯域と処理能力は代替財だから、端末の性能を上げれば実質的な帯域を広げることができるわけである(Werbach 2001)。この際、重要なのは送信側と受信側で変調コードを共有し、信号を同定す

---

<sup>1</sup>電波の振幅を  $A$ 、周波数を  $f$ 、位相を  $\phi$  とし、時間を  $t$  とすると、搬送波  $f$  は正弦波  $f(t)=A\cos(2\pi ft + \phi)$  であらわされる。ここで送信する信号(正弦波)を  $A$  に加えて伝送するのが振幅変調、信号の変化を  $\phi$  の偏移として伝送するのが周波数変調である。搬送波は必ずしも伝送に必要ではなく、後述する UWB のように搬送波を使わない変調方式もある。

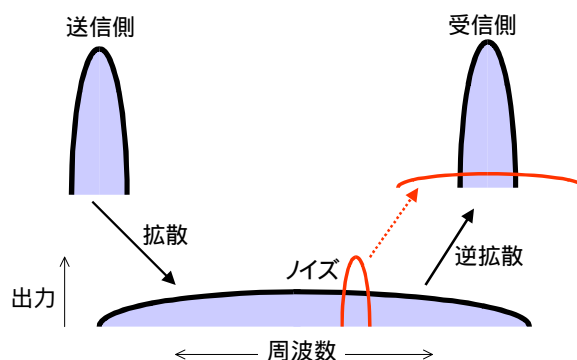
るコーディネーションであり、このコードは周波数とは限らない。

デジタル無線にふさわしいモデルをしいて挙げるとすれば、土地ではなく道路交通だろう。交通事故や渋滞を防ぐために必要なのは「道路資源」をオークションで売買することではなく、交通規則を守ることである。個々の車が識別できれば、交通事故を避けるために特定のドライバーが一つの車線をずっと占有する必要はない。道路はみんなで共有して使えばよいのであり、必要なのは互いにぶつからないようにするルール（技術標準）の設定と、それを守らせるための事後的な監視である。

### スペクトラム拡散

ただ有線の場合には、信号が特定の経路を線的に流れるのでエラーは少ないが、無線では不特定多数のユーザーの信号が同じ空間でランダムに流れるので、パケットが互いに干渉してエラーによる再送が起き、実効速度が落ちてしまう。そこでスペクトラム拡散と呼ばれるパケット無線技術では、信号を広い帯域に拡散して送ることによってエラーを減らしている。その一つの方式である直接拡散(DSSS)では、送る信号に拡散コードと呼ばれる擬似ノイズをかけあわせ、拡散して広い周波数帯で送り、受信側でそれを逆拡散（拡散コードと逆の擬似ノイズをかける）して元の信号を復元する（図1）。このとき逆拡散によってノイズは広く薄く拡散するので、フィルターによって除去できる（周波数ホッピングでは搬送波を高速に切り換えて信号を拡散する）。

図1 スペクトラム拡散



スペクトラム拡散は、もとは軍事用の通信で傍受や電波妨害を防ぐために 1940 年代に開発された技術だが、同じ帯域で複数の信号が混在しても混信が起こらないため、無免許帯 (2.4 ~ 2.5GHz) での通信に使われ始めた。無免許帯は ISM ( Industrial, Scientific and Medical ) バンドと呼ばれ、もとは通信用ではなく、病院や工場あるいは電子レンジなどに免許なし

で使うために開放されたものである。この帯域を使ってLANの端末を結ぶ技術が無線LANである。特に1999年に標準化されたIEEE802.11bという規格は、11Mbpsというイーサネットとほぼ同じ速度を実現し、アップル・コンピュータが高級機で標準装備にしたことなどから、急速に普及した。その最大の特長は、基地局は3万円以下、カードは1万円以下で、だれでも無線局の免許なしに使えることである。

携帯電話で9600bpsのデータ通信しかできないのは、各ユーザーに特定の周波数を割り当てる「回線交換」型になっているためである。NTTドコモの持つ約50MHzを各端末に25kHzずつ割り当てると、一つの基地局で2000人が限界である。最近のドコモの端末では「ハーフレート」という技術でこの半分の12.5kHzを割り当てているため音質が低下し、それでも周波数が足りなくなっている。これに対して無線LANでは、利用されていない周波数を選んで送信し、広い帯域にパケットを拡散する(802.11bでは全ユーザーが16MHzの帯域を共有する)ので、トラフィックが平均化される「大群化効果」によって周波数効率が飛躍的に高まる<sup>2</sup>。

無線LANが革命的なのは、単にインターネットを有線から無線に拡大したというだけではない。TCP/IPの特徴は、送信側と受信側だけで通信制御を行うE2E(end-to-end)と呼ばれるアーキテクチャだが、実際にはルーティングやメール配信などの機能はISPによって代行されることが多い。この最大の原因は、ネットワークが電話局を中心とする放射状になっており、その上に作られるネットワークもこの電話型のトポロジーの制約を受け、ユーザーがルーティングを行うことができないためだが、無線LANは、この中央集権型のトポロジーを変え、ユーザーが分散的につながった「アドホック・ネットワーク」を可能にした。米国ではBAWUG(Bay Area Wireless Users Group)というボランティア組織によってシリコンバレーからパークレーに及ぶアドホック・ネットワークが作られている。

また無線LANを使って公衆無線網を作ることもできる。従来の公衆通信網の上に無線LANのルータを乗せ、ちょうど公衆電話のように「公衆インターネット」が全国どこでも使えるサービスの実験が東京都内で行われている。基地局は1基20万円だから、10万局置いても200~300億円で全国ネットワークができる。3兆円以上の設備投資が必要といわれる3Gの1/100以下で、帯域はこちらのほうが10倍以上大きく、月額1000円程度で常時接続も可能である。また次世代の無線LANでは最大54Mbpsも可能である<sup>3</sup>。

ただ現在の無線インターネットの最大の問題は、2.4GHz帯がもともと通信用の帯域ではないということである。通信機器には出力制限があるが、工業用の乾燥機などは非常に大出力のものがあり、工場のまわり一帯で通信ができないということも起こる。いくら無線LANが干渉に強いといっても、全帯域にわたって強い妨害電波が出ると、再送信が起こっ

---

<sup>2</sup> ただし無線LANでは拡散コードによって同じ信号を重複して伝送するので、802.11bの周波数あたりの伝送効率は11Mbps/16MHz=0.68と携帯電話とあまり変わらない。

<sup>3</sup> IEEE802.11bの次の世代の802.11aは2000年に商品化され、802.11g(802.11bと互換)は間もなく標準化される予定である。欧州で標準化されたHiperLANは、NTT東日本が実験を行っている。いずれも5.25GHz帯で使われ、最高速度は54Mbpsである。

て実効速度は極端に落ちる。現在の ISM バンドでは「ベスト・エフォート」型のサービスが精一杯で、携帯電話に対抗できるような品質保証型のサービスを行うには、別のクリーンな帯域が必要である。

また電波は、周波数が高くなる（波長が短くなる）ほど直進性が強く、減衰が大きくなるから、障害物に弱い。テレビや携帯電話の電波（数百 MHz）はどこでも受信できるが、2.4GHz となると、木やガラスなどは通るが、コンクリートは通りにくいため、基本的には見通しがきかないと電波は飛ばない。これまで米国などで行われているサービスも、空港やホテルなどの「ホットスポット」に限るものが多い。次世代の技術のための無免許帯である 5.25GHz 帯では、条件はさらに悪い。周波数の効率的な再配分が急務である。

### 無限の帯域？

このように 2.4GHz 帯が過密に使われている一方、その隣の 2.5GHz 帯は、総務省の周波数割当計画を見ると、「携帯移動衛星通信」となっている。これは経営の破綻したイリディウムに割り当てられた周波数で、日本では運用を停止している。このような場合、2.4GHz が混雑していたら端末をイリディウムに切り換えて通信する、といった使い方ができれば便利である。これは二つの無線機を一つにすればできるが、それでは大きくなりすぎるので、変調方式をソフトウェアで実現し、ちょうどパソコンで複数のアプリケーションを使うように、一つの端末でソフトウェアを切り替えることによって「万能無線機」を実現しようというのがソフトウェア無線である<sup>4</sup>。

携帯電話や無線 LAN では、複数の規格が乱立して混乱し、その標準化に長時間かかることも多いが、ソフトウェア無線を使えば機材を物理的に標準化しなくてもよいから、ITU（国際電気通信連合）が進めようとしている「第 4 世代携帯電話」ではソフトウェア無線を採用する計画である。また、このような技術を使えば、計測器（スペクトラム・アナライザ）で空いている帯域をさがし、そこで使われる変調方式のソフトウェアをダウンロードして通信すれば、事実上無制限に周波数が使えるという主張もある(Baran 1997)。

ただソフトウェア無線は、帯域を有効利用できる分、処理能力を極限まで使うので、現在のパソコン以上のきわめて高い処理能力が必要である。今後もムーアの法則に従って半導体の集積度が上がると仮定すれば、処理能力はクリアできようが、消費電力も大きく、アンテナも変えなければならないので、携帯用端末として実用に耐える商品ができるかどうかはまだわからない。むしろ今の技術では、多くの変調方式をカードで実現して差し替えたほうが実用的かもしれない。また変調方式が可変になっても、現在の ISM バンドのように同一の周波数帯で複数の方式の電波が一定以上の密度で混在すると、エラーが増えて実効速度が極端に落ちるので、標準化は不要にはならないだろう。さらに現在の電波法では、無線機器の利用者には個別に免許を与える代わりに無線機を認証することによって基

---

<sup>4</sup> SDR フォーラム(<http://www.sdrforum.org>)参照。

準外の通信を防いでいるが、これがソフトウェアで実現されると、認証制度の意味もなくなる。そもそも周波数を排他的に割り当てる電波行政も無意味になるから、こうした制度の抜本改革がないと、実用化は困難だろう。

ソフトウェア無線が現在のデジタル無線技術の「総合化」ともいえるのに対し、まったく異なる発想で無線通信を行おうとするのが UWB(Ultra Wide Band)である<sup>5</sup>。従来の無線では、特定の波長を持つ搬送波(サインカーブ)を変調することによって情報を伝えるから、伝送の対象はデジタルであっても電波そのものはアナログだが、UWB は搬送波を持たず、情報を間隔の異なるきわめて短いパルスに変え、それを広い帯域に発することによって高速伝送(40Mbps)を行うもので、信号は数 Hz から数 GHz の周波数に散らばる。この波形は、従来の電波とはまったく異なり、出力も小さいので、普通の無線機にはバックグラウンド・ノイズとしか認識されず、既存の電波と重複する周波数帯で電波を出しても干渉は起こらない、というのが謳い文句である。しかし 2001 年に FCC の行った UWB の実証実験では、かなり深刻な干渉が観測され、今後もテストを続けていくことになった。これは既存の電波と共存するというきびしい条件のもとでの問題であり、もし白紙からデジタル無線にふさわしい制度設計を行うとすれば、周波数で区分しないでパケットの「交通整理」だけを行う制度のほうが合理的かもしれない。

通常の物的な資源が稀少であるのに対し、電波は空間に広がるものだから本来は無限であり、その制約はシャノンの符号化定理でも知られるように、無線機(特に受信機)の処理能力である<sup>6</sup>。特にアクセス系においては、数百 Mbps もあれば当面は十分だから、一般ユーザーにとっては帯域の制約が事実上なくなることも夢物語とはいえない。すでに無線レーザーでは 1Gbps 以上の速度が実現しているし、現在の無線 LAN の速度の制約も周波数帯によるものが多いので、数百 MHz の帯域を使えるようになれば、実効速度で 100Mbps 程度は可能である。アナログ無線機の性能には自然界のノイズレベルなどの物理的な限界があったが、デジタル無線機の処理能力は半導体の性能によっていくらかでも上がるから、コンピュータ産業を一変させた「ムーアの法則」(半導体の集積度が 18 ヶ月で倍増するという経験則)が無線通信の世界も大きく変えるだろう。

## 2 . 電波のアンバンドリング

### 用途と周波数の分離

アナログ無線では、周波数が無線局ごとに細分化される一方、用途が特定の周波数と変調方式に固定され、たとえばタクシー無線は 450MHz 帯で各タクシー会社ごとに周波数が決められている。しかし「移動している車両と連絡する」というサービスと特定の周波数

<sup>5</sup> UWB ワーキンググループ(<http://www.uwb.org>)参照。

<sup>6</sup> シャノンの定理によれば、一つの信号を H ビットの 2 進数であらわし、毎秒 C ビット伝送できる通信機があるとすると、この回路で送れる信号の最大値は C/H である(Shannon-Weaver 1949:p.59)。



を結びつける必然性はない。現に、各車両にタクシー無線（1台 30万円もする）ではなく携帯電話を持たせ、GPS で追尾して客に一番近い車に連絡するというシステムを取っているタクシー会社もある。

同様に、特定の周波数が割り当てられている業務用無線のほとんどは、公衆無線で代替可能である。特に音声によるサービスは、これらの帯域で用途制限をはずして携帯電話サービスを可能にし、それを専用回線として使えばすべて実現できよう。音声以外のサービスについても、たとえば気象レーダーは専用の周波数を使わなくても、雨量センサーを無線インターネットで結べばよいし、データ通信はすべてインターネットで実現できる。重要なのは、用途 = 周波数 = 免許人という三位一体で決められている現在の電波割り当てを「アンバンドル」することである。

この場合、どこで分離するかが重要な問題である。一つの考え方は、単純に物理層（基地局・端末）とサービスでわけることである。欧州では、携帯電話業者が設備を持たないMVNO(Mobile Virtual Network Operator)に設備を貸すことが認められており、ヴァージンなどが設備を借りて携帯電話サービスを行っている。日本でも、KDDI の PHS の設備を日本通信が借りて法人向けのデータ通信サービスを開始する。この方式で、たとえばタクシー無線の設備をデジタル化する際に CDMA などの携帯電話と共用の方式にして各社で一つの周波数帯を共有し、余った帯域を MVNO に貸すことも可能である。

ただ現在のタクシー無線のように数百 kHz ごとに細切れになって他の用途と混在している状況では、この方法はむずかしい。前述のように、デジタル無線は広い帯域にパケットを拡散して送るので、たとえば CDMA では 1.25MHz 以下の帯域は使えないからである。したがって個別の業者ごとに別々の方式で「デジタル化」を行うと、かえって無駄な周波数帯が増えるおそれが強いので、なるべく広い範囲で変調方式を統一する必要がある。

しかし物理層を標準化するのは両刃の剣である。今は各周波数帯が仕切られているので、ある帯域だけで新しい技術に変えることもできるが、数百 MHz にわたって変調方式を統一してしまうと、それよりもすぐれた技術が出てきたとき、一部だけ変えることができなくなる。Hazlett(2000)は、このような問題点を指摘し、帯域共有型の周波数配分はかえって技術革新を固定し、行政の介入が必要になって非効率な結果を招くと批判している。

このような問題を避ける一つの方法は、変調方式ではなく伝送方式で統一することである。この階層では IP が圧倒的な国際標準であり、技術革新にも中立なので、前述のような問題はほとんどない。たとえば日本の UHF 帯に空いている 300MHz を地上波デジタル放送の変調方式である OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) で統一して IP をサポートすれば、テレビ局のデジタル放送用設備を IP 放送のインフラとして使うこともできる<sup>7</sup>。300MHz というのはビットレートに換算して 1.5Gbps にも相当する広大な帯域

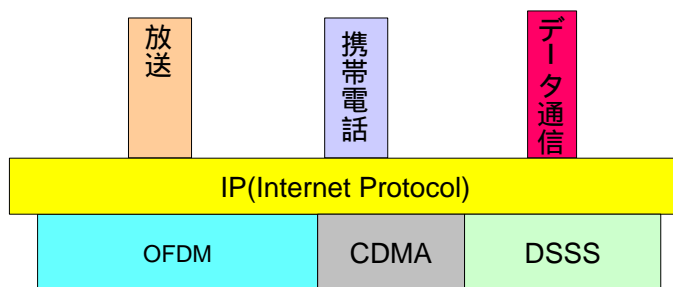
---

<sup>7</sup> デジタル放送に失敗した米国では、空いた帯域を使って全米 225 社が IP 放送のサービスを行っている。これはデジタル放送の伝送ストリーム(MPEG2-TS)に IP のパケットを乗せる DVB/IP と呼ばれる方式で、日本でも宇宙通信などが採用している。cf. <http://www.iblast.com>.

であり、デジタル放送の電波で IP 伝送を行う技術を使えば、日本は一挙に世界のブロードバンド先進国となることもできよう。

現実にも、一挙にすべての物理層を統一することは困難だから、過渡的には一つの周波数帯に複数の変調方式が混在することも考えられる。このような場合には、IP の層で統一すれば、変調方式さえ切り替えれば、同じサービスを使うことができる。この場合のサービスは普通のインターネットと同じだから、IP 放送や携帯電話( IP 電話 )も可能である( 図 2 )。物理層が MCA 無線のようにデジタル化されていれば、TCP/IP スタックを追加するだけで「IP over MCA 無線」ができる。これを一般に開放すれば、帯域は 76MHz もあるから、NTT ドコモを上回るモバイル・インターネットのサービスが可能である。過渡的には、物理層がアナログであっても「IP over タクシー無線」のような方式は( 効率は悪いが )不可能ではない。

図2 電波のIP化



この場合、物理層( 基地局 )を持つ業者は「インフラ卸し」として一定の電波利用権を持ち、サービスは別会社( 子会社でもよい )で行う。たとえば UHF 帯で 1MHz ( OFDM で 4Mbps 相当 ) を取得した事業者は、この範囲まではどのように周波数を賃貸してもよい。IP で切り替えれば、時間ごとに別の事業者にも帯域を貸すこともできるし、1MHz をさらに細分化して貸すことによって Noam(1998)のいう「オープン・アクセス」に近い動的な帯域配分も可能だろう。将来ソフトウェア無線になれば、ユーザーが通信する相手を指定すれば端末が空いている周波数帯をさがし、最適な変調方式をダウンロードして通信を行い、環境が変わったら自動的に出力や変調方式を切り換えて通信することも可能である。IP をサポートすれば、ユーザーは物理層の違いを意識しなくてもよいから、ほとんどのユーザーにとっては帯域の制限は事実上なくなるかもしれない。

### 「市場指向」の電波政策

このような「設備貸し」を行えば、免許を持っていない業者や用途外の利用に帯域を事実上再販できるので、免許行政の原則を逸脱する可能性がある。現在の電波行政では、これを暗黙のうちに認めているようだが、行政の裁量にゆだねず、明文で用途制限を撤廃し、「帯域免許」にすべきである。

さらに進んで、たとえばタクシー無線業者が無線業務から撤退して帯域を携帯電話業者に転売し、その設備を借りてタクシー無線に使う方法もある。現実には、タクシー無線を改良するより汎用インフラに統合するほうが効率的である。現在、電波再配置の最大の障害になっているのは、機材を変更するコストを事業者がいやがるという問題だが、これも帯域を転売できれば、その価格でまかなって十分である（むしろもうかり過ぎることが問題だ）。

しかし同じ用途の中であれば、現在も事業譲渡や企業買収によって電波の売買は事実上行われているが、用途が異なると電波法違反である。世界的に見ても、周波数オークションはあくまでも政府が民間に対して行うもので、民間業者が勝手に帯域を売りに出すことを認めている国はない。これは、現在の制度では電波に所有権はなく、政府が時限の「使用許可」を与えているだけという建て前になっているからである。しかし FCC のパウエル委員長は、このような用途を固定した免許の交付が非効率な電波利用を招いているとして、電波行政を「市場指向」に転換することを提案している：

現在の[電波行政の]アプローチの根本問題は、それが命令と統制によるものだということである。このため、政府の官僚が周波数の最善の用途を決め、新しいニーズやサービスに対応するために周波数割り当てを不断に変えていかなければならない。これは、今日のような急速に変化する状況では不可能になりつつある。[...]周波数割り当て政策は、電波を有効利用するインセンティブをほとんど提供していない。既存の周波数保持者は、周波数割り当てによって他の用途への転用ができないため、電波をより効率的な用途に使うインセンティブをほとんど持たないのである。(Powell 2001)

ここで彼が示唆しているのは、「他の用途への転用」を許して帯域免許とし、電波の転売を可能にしようということである。特に 700MHz 帯のローカルテレビ局をデジタル放送に移行させて 3G に割り当てる計画が、デジタル放送の失敗によって暗礁に乗り上げているため、テレビ局が携帯電話業者に直接、帯域を売ることが認められる方針が検討されている。NAB（全米放送連盟）は、さっそくこの方針に賛成しているが、この約 100MHz の帯域を売ると、数百億ドルのレントがテレビ局に生じることになる。無原則にこのような売買を認めると、政府の計画に従わずに居座ったテレビ局が「ごね得」することになり、電波の再配置は今後、絶望的となろう。またこれは事実上、電波に所有権（無制限のコントロール権）を認める、電波行政の根本原則の変更であり、国際的な影響も大きいので、全

面的な市場メカニズムの導入には慎重な検討が必要である。

#### 「電波利用権」の市場

本質的にコモンズである電波の売買を無制限に許し、所有権を認めることは、長期的には問題をかえって困難にするおそれが高い。前述のような新しい技術によって広い帯域を共有することが可能になっても、電波の「所有者」が新しいユーザーの利用を妨げる権利を持つからである。私は、周波数の権利ではなく、一定の周波数帯で（他の事業者とともに）サービスを行う権利を保証する「電波利用権」を設定することを提案したい。

たとえば UHF 帯を無線インターネットによる IP 放送に開放した場合、チャンネルを特定の周波数に固定する必要はないから、周波数を割り当てる必要はないが、映像には高度な帯域保証が要求されるので、総トラフィックは制限する必要がある。300MHz の帯域は、MPEG-2 で圧縮すればテレビ 300 チャンネル以上に相当するから、「帯域卸し売り業者」を認可制とし、300 チャンネル分の電波利用権をオークションで割り当てる。これは市場で転売可能な証券とし、既存の地上波テレビ局にはアナログ放送をやめた場合に限って「等価交換」で電波利用権 1 チャンネル分を認める。他の業者は、テレビ局の設備を借りて「仮想テレビ局」として放送してもよいし、みずから卸し売り業に参入してもよい。卸し売り（インフラ）と小売り（サービス）は、法人格は分離するが 100% 子会社でもよい。

オークションに際して既存業者に特例を認めることは好ましくないとの批判があるが、現在の電波を取り上げようとするれば既存業者が抵抗し、改革は実現しないだろう。数百 MHz の帯域を多くの端末で共有できれば、周波数の利用効率は現在の数百倍になるから既得権益の価値は低く、UHF 帯では 1/300 にすぎない。また多くの周波数帯で一挙に同様のオークションを行えば、裁定が働いてさほど高い価格はつかないだろう。この場合のチャンネルの割り当ては IP アドレスで行われるので、同一のサービス業者が同じチャンネルを借り切る必要もない。たとえば UHF 帯を昼間はテレビに使い、夜間に空いた電波は企業間の国際データ伝送に使うというようにチャンネルを動的に割り当てれば、現在の CS の数百分の 1 のコストでサービスができよう。

問題は、周波数が固定されていないので過剰利用を監視するのがむずかしく、それを防ぐインセンティブも乏しいという「共有地の悲劇」であろう。これについては、テレビの場合には利用状況がわかりやすいので、業者が相互に利用状況の監視を行う非営利組織を作ってモニターする程度で十分だが、データ通信の場合には、通信量の監視を政府が行い、違反した業者は認可を取り消すなどの措置が必要だろう。ただ個々のデータ量が多くても、全体としてのデータ量が限界を超えていなければ問題は起こらないから、きびしい規制が必要なのは東京の都心などに限られよう。

もう一つの問題は、現在の周波数割り当てと同様の独占レントが発生することである。これは電波料を大幅に増額し、帯域に比例してかけることによって消費者に還元すればよい。現在の電波利用料は無線局にかかるので、有効利用すればするほど負担が重くなるが、

帯域にかければ遊休化させていることはできないから、設備貸しなどによる流動化が促進されよう。それには現在（1局 23 万円/年）のように低すぎても意味がないが、IP 化の利益を相殺するほど大きくても投資のインセンティブをそぐので、利益の数十%程度が目安だろう。同じ帯域でも高周波になるほど利用価値は下がるので、課金ベースとしては周波数の対数をとることも考えられる。現在の電波利用料は電波妨害の防止などに目的の限定された特定財源なので、あまり引き上げることができないから、これは「電波利用税」として一般財源にし、財務省が徴収することが望ましい。

現在の免許制の枠内で、既存業者の利益を守ることを前提にして個別の周波数帯について「移転補償」の交渉を行なっているのは、抜本改革は望めない。特に防衛庁や米軍、あるいは国土交通省などの利用している帯域については、総務省が動かすことは困難なので、電波も線路敷設権と一体で内閣府に移管し、配分のルールを一挙に変えるべきである。政府や特殊法人の管理している周波数はすべて政府にいったん返却し、民間業者が持っている帯域と同時にオークションにかければ、価格の高騰を防ぐことができる。また帯域の共有によって電波利用の効率が飛躍的に上がれば、機材の変更などの転換コストは吸収して余りある。既存業者も帯域のリセールによって大きな利益を得られるから、十分説明すれば移行は可能である。

### 3 . 結論

以上のような認可制は過渡的なものであり、最終的には変調方式がソフトウェア無線で可変になるか、UWB で周波数と無関係に利用可能になれば、電波は純粋な公共財に近づくので、物理層の規制も妨害電波などを除いて完全に撤廃し、すべてのユーザーが自由に利用できることが望ましい。現在でも、首都圏以外はすべての帯域を無免許帯にしても大きな弊害はないし、首都圏でも 100Mbps 以下なら無免許とすることは十分可能である。利用可能な周波数帯が広がれば、無線インターネットの料金は機材そのもののコストに近づき、月数百円とか、数万円で買って使いっぱなしというような水準になることも予想できる。一般家庭用のアクセス系としては、光ファイバーよりも広帯域の無線インターネットが本命になるだろう。

アクセス系が全面的に無線になれば、加入者線をユーザーに貸してサービスを提供する「コモン・キャリア」の役割は基本的に終わる。端末は普通の電器製品と同様に、他のユーザーに迷惑を及ぼさないように一定の標準を満たすだけで十分である。要は受信機が信号を識別できればよいのだから、メーカーが端末の品質を管理すればよく、政府が集権的に電波管理を行う必要はない。これは有線のインターネットにおける通信のコーディネーションが TCP/IP という標準にもとづいてメーカーによって分権的に行われているのと同じである。国境を超えた自由な通信を行うインターネットに、政府の割り当ては似合わない。これからブロードバンドを発展させていく上で重要なのは、インフラを共有し、サー

ビスを自由にするというインターネットの原則を守ることである。この観点から見ると、現在の電波規制は70年前の放送モデルの痕跡をいまだに残しており、ITUも含めた国際的な改革が必要である。

有線・無線を問わず、すべてのインフラにIPが乗る"IP over everything"が実現して、ユーザーがインフラを自由に選べるようになれば、個別のインフラごとの規制は不要になる。たとえば光ファイバーが地域独占になっていても、それより低価格の無線LANで100Mbps出るようになれば、「パイプ間競争」によって光ファイバー業者も独占的な価格をつけることはできない。この場合も、社会的な適正コストを決めるのは最低価格になる無線であり、電波の開放がすべての通信＝放送政策の鍵になるといっても過言ではない。行政は個別のインフラごとに細かい規制をするのではなく、電波の開放によって新規参入がつけに可能な状態を作り出し、インフラ間の競争を促進すべきである。既得権益をおかされる放送業界は、「文化」や「公共性」の名のもとに保護を求めらるうが、それは新聞や出版と同じ扱いでよい。電波の稀少性がなくなれば、放送だけを特別扱いする理由はない。むしろ電波メディアが免許行政から解放されることは、それが一人前の言論機関として自立するチャンスとなる。

## 参考文献

Baran, P.(1997) "Ending spectrum shortage",

[http://www.americasnetwork.com/issues/97issues/971101/110197\\_obdeck.html](http://www.americasnetwork.com/issues/97issues/971101/110197_obdeck.html).

Benkler, Y.(1999) "Overcoming Agoraphobia", *Harvard Journal of Law and Technology* 287.

<http://www.law.nyu.edu/benkler/agoraphobia.pdf>.

Coase, R.H.(1959) "The Federal Communications Commission", *The Journal of Law and Economics*, 2:10

Gilder, G. (1994) "Auctioning the Airwaves," *Forbes*, April 11.

Hazlett, T.(2001) "The Wireless Craze, The Unlimited Bandwidth Myth, The Spectrum Auction Faux Pas, and the Punchline to Ronald Coase's "Big Joke", *Harvard Journal of Law & Technology*, Spring. [http://www.aei.brookings.org/publications/working/working\\_01\\_02.pdf](http://www.aei.brookings.org/publications/working/working_01_02.pdf).

Noam, E.(1998) "Spectrum Auctions: Yesterday's Heresy, Today's Orthodoxy, Tomorrow's Anachronism", *Journal of Law and Economics*, 41:765-790.

Powell, M. (2001) "Digital Broadband Migration" Part II.

<http://www.fcc.gov/Speeches/Powell/2001/spmcp109.html>.

Shannon, C.E. and Weaver, W. (1949) *The Mathematical Theory of Communication*, Chicago University Press.

Werbach, K. (2001) "Open Spectrum: The Paradise of the Commons", *Release 1.0*, Nov.

<http://release1.edventure.com/abstracts.cfm?Counter=5423494>.