

2008 年度卒業論文

山田正雄ゼミナール

周波数割当て制度

～電波の効率的な割当てに向けて～

日本大学法学部 政治経済学科 4年

学籍番号：0520158

埴 智史

- 目次 -

はじめに	2
1 日本の電波政策	
1.1 日本における電波政策の概要	3
1.2 電波利用状況及び周波数割当て	4~7
2 諸外国における周波数割当て	
2.1 周波数割当ての問題点	8
2.2 諸外国における周波数割当制度	9
2.3 比較審査法	9~10
2.4 オークション方式	10
2.5 周波数オークションの実例と問題	11~13
3 電波利用の今後	
3.1 周波数再編の動向	14~16
3.2 電波利用事業モデルの変化	16~17
3.3 時代毎に変わる電波利用	17
4 電波利用の最適化に向けて	
4.1 周波数割当て制度の限界	18
4.2 電波利用の在り方	18~19
おわりに	20
参考文献等	21

はじめに

電波が通信に利用され始めてから久しい。わが国の情報通信政策は、**u-Japan** 政策のもと、「有線・無線の区別のないシームレスなネットワークの構築」を目指している。その中で電波の利用は不可欠である。

近年の電気通信の世界は携帯電話に代表されるように無線通信技術を利用し、私たちの身の回りにも電波を用いた生活用品があふれている。そのため現在では電気通信機器に用いる周波数の枯渇が近いともいわれている。

わが国では**2003**年の電波政策ビジョンに基づき、周波数割当ての構造が抜本的に改められたといわれているが、行政主導の周波数の配分には非効率・不平等な点がみられる。

一方で国内の周波数割当ての制度と違い、欧米では周波数の割当てを、オークション制度を用いて行うことがある。オークション制度は原則的に公平な競争、競争の透明性が確保されているため、非効率性、不平等性を排除できると考えられるからである。また、他の周波数割当ての手段として、近年になりようやくわが国で導入された比較審査法というものがある。

我が国においては、周波数割当てにオークション制度の導入はされていないが、私はオークション制度が我が国の電波利用の不平等性を解決する1手段として有用な手段であると考えている。私はこの論文において、海外で活用されているこのオークション制度がわが国においても実施は可能かどうかを検証したい。また、それらの手段によって割当てられる周波数帯を用いた電波利用事業の今後を考察したい。

時代の変化とともに電波の利用状況は変わってきている。現在のわが国の電波割当て制度はその技術進歩に適合した形とは思えない。周波数の枯渇が近いといわれているが、技術的にカバーできる部分も多い。現状の割当て制度を見直すことでより有効的な電波利用が望めるはずである。

論文の概要

1章においては、わが国における電波政策の概要を電波法の成立から見ていく。そして、わが国の電波政策の核となる周波数割当てについて言及する。

2章ではわが国の周波数割当ての問題点を探り、諸外国ではどのような割当てがなされているのか、またそれら諸外国での周波数割当てに関してどのような問題点があるのかを概観する。

3章では現在のわが国・諸外国(特にアメリカ)における周波数割当ての再編の動き、そしてその再編の中での電波利用事業の変化を見ていく。

4章においては、わが国の周波数割当て制度、そして電波政策はどう変わっていくべきかを提言する。

1. 日本の電波政策

1 章では日本の電波政策について述べるが、まずはその前段として近年の日本の情報通信政策の変遷についても触れていく。電波の重要性は情報通信技術の進歩と共に変化している。情報通信政策の今を知ることで電波のあるべき利用の姿を探ることを 1 章の目的とする。

1.1 日本における電波政策の概要

本節では日本の電波政策の現状を述べる。その前段階として、日本の情報通信政策について大まかに説明する。

日本の電波政策は電波法を基に、現在は特に **u-Japan** 政策と共に重要な存在となっている。

e-Japan戦略¹の成功を受け、現在国が進めている政策が**u-Japan**政策（図）である。**u-Japan**政策には 3 つの大きな軸がある。

- (1) ブロードバンドからユビキタスネットへ
- (2) 情報化促進から課題解決へ
- (3) 利用環境整備の抜本的強化

電波の利用が何故重要になってくるかということが (1) より特に理解されると思う。

ユビキタスネットとは有線・無線の区別の無いシームレスなネットワークをさす。**e-Japan** 戦略では主にブロードバンド環境の強化が行われた。DSL 回線に代表されるような有線ネットワーク環境の構築には成功したが、無線通信技術を用いたネットワーク構築は不十分であった。

無線通信によるネットワーク構築が不十分であった理由としては技術的要件もちろん存在するが、電波を利用する場合の制度的制約も存在した。

次節では電波を利用するための仕組みについて解説する。

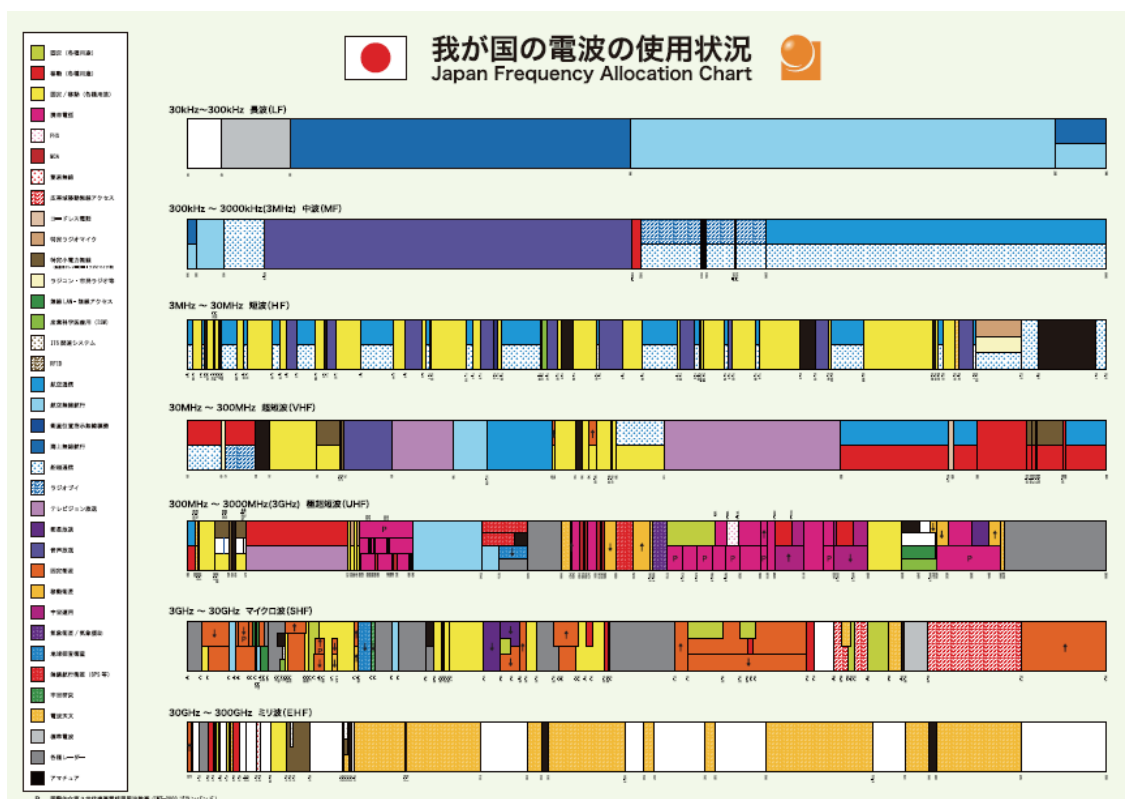
¹ 2001 年より実施されてきた。2005 年を目途にネットワークインフラの整備・電子商取引の拡大・電子政府の構築・ICT利用人材の育成を目標とした国家情報通信政策である。

1.2 電波利用状況及び周波数割当て

本節では電波の特性及びその利用形態を解説すると共に、日本での電波利用の現状について論ずる。

まず電波の利用状況についてである。日本の無線局数は 2008 年 11 月時点で 1 億 1 千万局を超えている²。1950 年時には 5317 局であったのに対して、大幅な増加である。もちろんこの背景には情報通信技術の高度化がある。

その技術革新と同時に利用される周波数帯も増加したが、無線局の増加によりその利用可能な周波数帯が足りなくなっているとも言われている（図 1）。

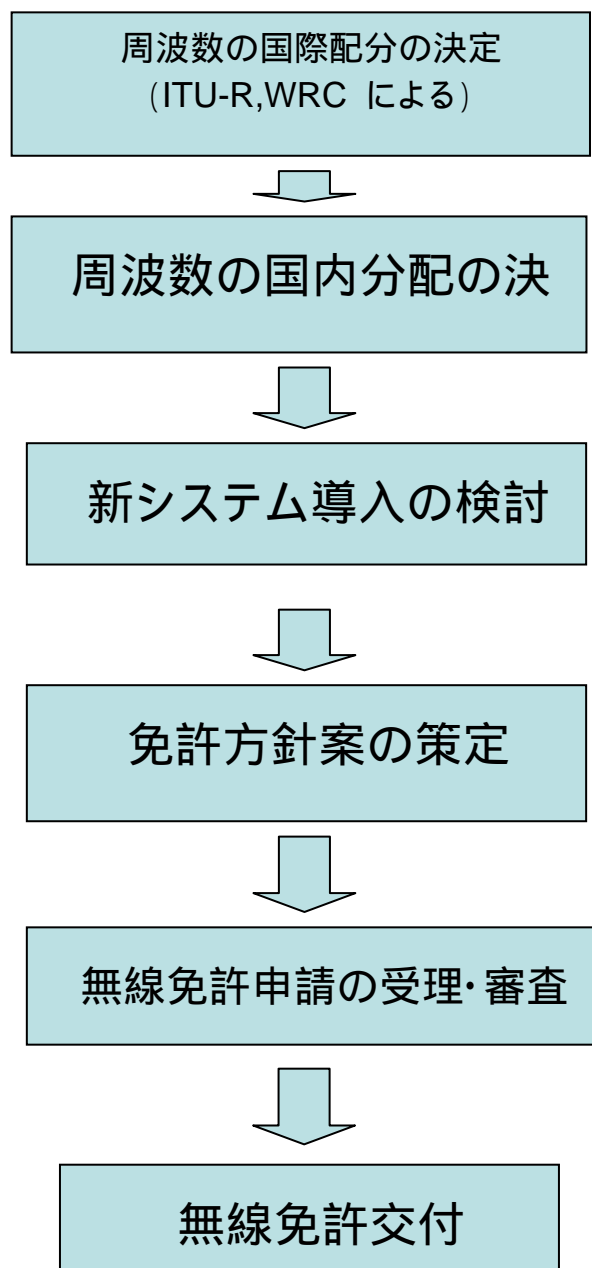


（図 1）周波数の使用状況²

この表から、周波数の割当てはかなりの部分で細かく分かれているのが見て取れる。特に UHF 帯の区分はとて細かい。UHF 帯はアンテナの小型化と、使用範囲のバランスが取りやすく多くの通信機器に用いられているためである。

² 総務省電波利用ホームページより <http://www.tele.soumu.go.jp/>

ここで、電波を利用するための手順について解説する。
電波を利用する事業者または個人には、免許の取得が義務付けられている。
その取得手順については以下の通りである（図 2）。



（図 2）無線免許の交付²

この論文ではこの手順の中の、周波数の割当てを対象に研究する。周波数の割当ては、無線通信技術はもとより、ISM帯³を用いた電気機器の開発にも重要な段階である。

国内の周波数割当てには、総務省の策定する周波数割当て計画がその根底となる。この周波数割当て計画には以下の内容が含まれる。

- (1) 固定業務・移動業務及び放送業務等、無線通信の様態別の周波数割当て
- (2) 電気通信業務用、公共業務用及び放送事業用等、無線局の目的別の周波数割当て
- (3) 周波数の使用期限等、周波数の使用に関する条件
- (4) 国際電気通信連合の無線通信規則 5 条に規定される国際配分

また、近年の周波数需要の増加を受け、2003 年より電波政策ビジョンを新たに策定している。この中で電波政策に関する 3 つの中期目標と、7 つの提言がなされた。

3 つの中期目標の内容は以下のようなものである。

- ① 世界最先端のワイヤレス・ブロードバンド環境の構築によるユビキタス・ネットワーク社会実現への貢献
- ② 多様なネットワークによるナショナル・セキュリティの確保
- ③ 国際競争力のあるワイヤレス IT 産業の育成

また、7 つの提言は、

- a. 抜本的な周波数割当ての見直し
- b. 周波数の再配分・割当制度の整備
- c. 電波利用料制度の抜本的な見直し
- d. 研究開発の推進
- e. 無線端末の円滑な普及促進
- f. 国際戦略の一層の強化
- g. 安心して安全な電波利用環境整備

となっている。

そして、このような電波政策ビジョンを基に総務省は電波開放戦略と銘打ち、世界最先端のワイヤレス・ブロードバンド環境の構築を目標に施策を展開してきた。その施策は大きく 4 つに分けられる。

³ Industrial Science Medical 工業・科学・医療用に用いられる周波数帯である

- A. 周波数割当ての見直し
- B. 周波数の迅速な再配分・利用制度の整備
- C. 電波利用料制度の見直し
- D. 再編予定の周波数利用の検討

この 4 つの中で A の方針に基づき行われている施策が、周波数再編アクションプランである。周波数再編アクションプランは、周波数帯をどのように有効活用していくべきかを示すもので、電波の利用状況調査・評価制度⁴を受け毎年度見直しが行われている。

このように周波数の割当てが行われているわけであるが、周波数の割当てには不備も多い。次章以降でそれらの問題についてみていこうと思う。

⁴ 電波法第 26 条に基づく

(1)770MHz 以下

(2)770MHz~3.4GHz 以下

(3)3.4GHz 以上

に区分し、毎年度調査を行う

2. 諸外国における周波数割り当て

1 章において、日本の電波政策の概要とその政策の方向性を見てきた。その中で、電磁波の商業用・非商業用の利用における周波数割当て制度存在とその重要性についても理解されるところである。

2 章では海外での電磁波の利用状況、またその利用制度についてみていく。日本とはその運用形態が異なる。特に周波数の割当て手法に際しては、日本が国選であるのに対して、市場メカニズムに基づいたオークション形式をとる国が多い。

2.1 周波数割り当ての問題点

第 1 節では日本における周波数割当て制度の問題点について言及していく。その論点については大きく分けて、周波数割当てにおける制度上の課題・周波数の使用法による技術的課題が存在すると考える。電磁波を利用するに当たってのルールは電波法によって定められているが、その基礎は 1950 年に作られた。

当時は通信に用いられる変調方式はアナログ変調であった。現在は携帯電話を始め身の回りにある通信機器はデジタル変調を用いているものが多い。前章で見たように周波数再編アクションプランなどで割当てについては見直しがされているものの、周波数の区分について抜本的な見直しは行われていない。それは周波数を所有するという概念に囚われているからである。

次節以降では、その周波数の割当てに際し、どのような手法が用いられ、それぞれにどのような弊害が起きているのかを研究する。

2.2 諸外国における周波数割当て制度

周波数の割当ては、海外においてはどのようになされているのかを概観する。

まず、世界的に電磁波の使用周波数の管理を行っているのはITU-R傘下のWRC⁵である。ここで世界的な電磁波の周波数の割り当てを大まかに決定⁶している。この決定を基に世界各国では周波数の割当てを独自に行っている。

周波数の割当てを行う前提として、大きく分けて2つの用途が存在する。

- (1) 携帯電話・放送・衛星通信等は競願処理
- (2) 固定局・レーダ・アマチュア無線・船舶・航空無線等は先願処理

ここで注目したいのは、(1)の部類である。(2)では免許交付条件に適合すれば誰でも免許を受けることができるが、(1)では事業を行う際にひつような免許枠が限られている。

そこで免許を交付するために事業者の選定を行わなければならないのだが、この点で世界では現在2つの手法が存在する。それが比較審査方式とオークション方式である。

比較審査方式をとる国としては日本、フランス、韓国が当たる。一方でオークション方式をとる国は米国、英国、ドイツなどである。

2.3 比較審査方式

比較審査方式について説明する。

比較審査方式は事業者の選定を行う際の基準として、

- (a) 事業計画の妥当性
- (b) 技術力・財政力

⁵ International Telecommunication Union-Radio communication sector 国際電気通信連合無線部門

World Radio communication Conference 世界無線通信会議

⁶ ヨーロッパを第1地域、南北アメリカを第2地域、アジア・オセアニアを第3地域と区分している

などを主な判断材料とする。

2.4 オークション方式

オークション方式について説明する。オークション方式はその市場原理に基づいた公平さから欧米各国で用いられている手法である。

オークション方式は事業者の選定を行う際の基準として、その入札額の高さで決定する。主な形式としては以下の表に示す（表 1）。

	種類	長所	短所
価格設定	● 英国式	・ 入札価格の下限を設定可能	・ 談合の発生 ・ 入札価格の高騰
	● オランダ式	・ 入札価格高騰の防止 ・ 談合も起こりにくい	・ 入札価格の低下
公開性	● 公開型	・ 対象物への過大評価の防止	・ 談合の発生
	● 封印型	・ 談合の防止	・ 対象物への過大評価の発生
対象への入札の同時性	● 同時型	・ 応札者が情報を容易に与えることができる	・ 談合の発生
	● 逐次型	・ 同時型に比べ、談合が起こりにくい	・ オークションにかかる順序によって、対象物の価値が変化する
入札過程の連続性	● 複数ラウンド	・ ワンラウンド公開型よりも価値の過大評価を防止する	・ 談合の恐れが高まる
	● ワンラウンド	・ 談合の恐れが小さくなる	・ 対象物の価値の過小評価が生まれる

（表 1）オークションの分類⁷

⁷ NRIホームページを基に作成

2.5 周波数割当ての実例と問題

以上 2 つの割当て手法を見てきた。

ここで 2 つの手法のメリット・デメリットをまとめると以下のことが言える。

A 比較審査方式のメリット

- ・ 事業者の選定を、時間をかけ丁寧に行うことができること
- ・ 事業者の金銭的負担が少ないこと

比較審査方式のデメリット

- ・ 事業者の選定に時間がかかること
- ・ 事業者の選定に際し、談合などの不正が行われる恐れがあること

B オークション方式のメリット

- ・ 事業者の選定にかかる時間が少ないこと
- ・ 事業者の選定に恣意性が少ないこと

オークション方式のデメリット

- ・ 事業者の選定が浅慮になりがちなこと
- ・ 事業者の金銭的負担が大きくなること

比較審査法は現在日本でとられている手法である。その実例を見てみよう。

2007 年に日本で行われた 2.5GHz 帯の周波数割当ての事例である。次世代 PHS に利用される周波数として、NTT 陣営と KDDI 陣営が競合した。この事例において比較審査方式が用いられたが、評価点は以下のものであった。

- ① 提供するサービスの需要適合性
- ② 基地局の配置計画の適切性、計画実施の確実性⁸
- ③ 他の無線局への干渉回避の適切性
- ④ 無線局開設の必要性⁹
- ⑤ 電気通信事業の健全な発達への寄与¹⁰

⁸ 迅速かつ確実にサービスを提供できること

⁹ その局を開設することが、当該地域のデジタルディバイドの解消または公共サービスの向上に資すること

¹⁰ 電波の有効利用及び国際標準への整合性の確保、ブロードバンドゼロ地域の解消に資すること等

これらの点について評価し、最終的に KDDI 陣営が 2.5GHz 帯の免許を確保するにいたった。

この審査を行う中で重視されていた点がある。それは財政基盤の強さであった。後に述べるが、事業開始に必要な免許を取得するのはいいのだが、その後資金難により事業を開始できなくなるという事例もあるのだ。

次にオークション方式の実例について述べる。この方式は日本では採用されていないので、海外の事例を取り上げる。この論文で取り上げるのは 2001 年に欧州で行われた 3G 携帯電話の使用周波数帯をめぐるオークションについてである。

2001 年に行われたオークションの落札結果については以下のようにになっている (表)。

国	免許枠数	総額 (ユーロ)	認可の方法
ドイツ	6	508億	オークション
イギリス	6	380億	オークション
イタリア	6	122億	オークション
フランス	4	100億	比較審査
オランダ	5	27億	オークション
オーストリア	6	7億	オークション
スペイン	4	5億	比較審査
ベルギー	4	4.5億	オークション
ポルトガル	4	4億	比較審査
スウェーデン	4	5万	比較審査

(表) 欧州 3Gオークションの落札額⁷

この表からわかるのは、入札金額の高さである。このオークションの事例は、オークション制度の負の面がまさにそのまま出ている。

このオークションが行われた当時、世界的な ICT バブルであったことは記憶に新しい。その影響もあり、入札金額が莫大なものとなった。その入札金額の高さのため、周波数帯を取得した事業者が、事業を開始できなくなり、周波数の利用も不可能になってしまった事例である。

3 電波利用の今後

3章では日本・海外における各周波数帯の今後の利用の変化について研究する。

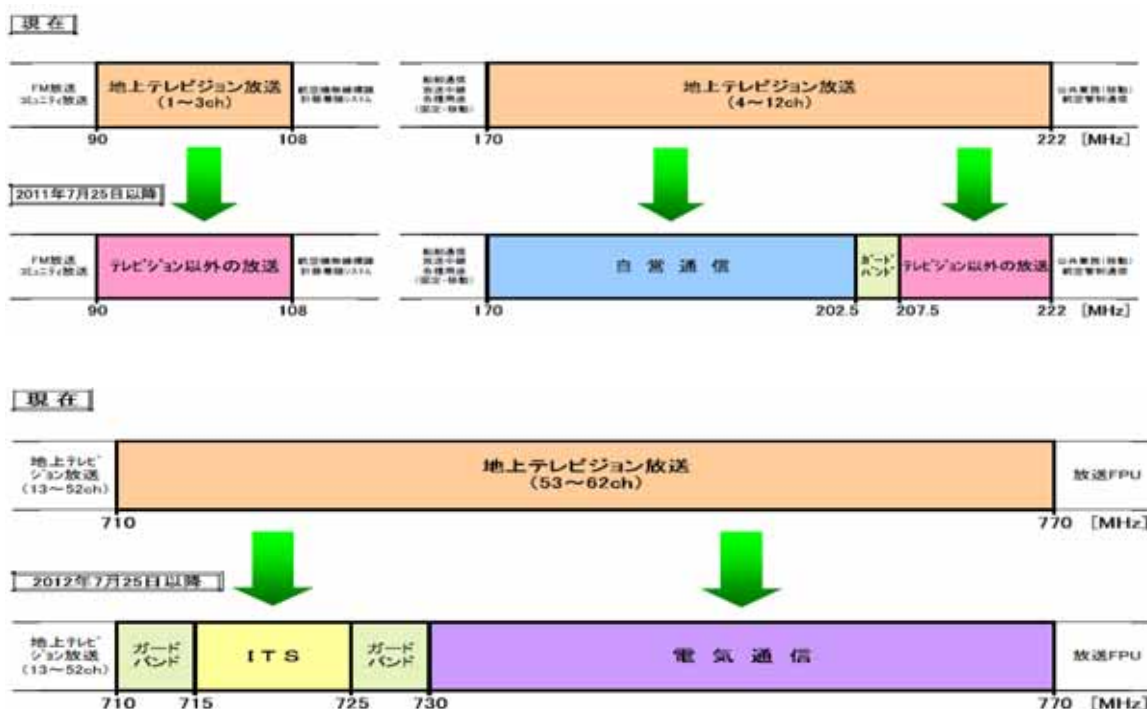
現在日本では、地上波テレビのデジタル化に伴い、VHF帯・UHF帯の周波数再編の動きが進んでいる。本章では空き周波数の利用動向に触れ、その利用の妥当性を検証する。

また、2008年に米国で行われた周波数オークション結果後の米国の電磁波をめぐる動きにも着目する。2章でも述べたが、このオークションの結果は周波数の利用に関して新たな方策を見出すかもしれない重要性を持っている。その利用形態とは現在の周波数帯の独占・排他形態からの脱却である。

3.1 周波数再編の動向

本節ではまず日本の周波数再編の動きに触れる。周波数の再編は総務省の指揮の下、周波数再編アクションプランによって行われている。周波数再編アクションプランは、周波数帯ごとに毎年度利用状況の調査を基に各周波数帯の利用を見直していくための基本計画である。この論文では日本の電波利用の今後を示すものとして参考にする。

ここで取り上げるのは、地上波デジタルテレビへの移行にともなう空き周波数の利用動向についてである。主にVHF帯・UHF帯がその対象となる(図3)。



(図3) VHF・UHF帯の動向

まずVHF帯においてはアナログテレビ放送用に割り当てられている帯域が2011年7月25日以降は全て空くことになる。その後の帯域の利用法については以下の利用法が検討されている。

- (1) 90MHz～108MHz はテレビジョン以外の放送
- (2) 170～222MHz
 - (a) 170～202.5MHz は自営通信
 - (b) 207.5～222MHz はテレビジョン以外の放送

このようになっているが、ここではテレビジョン以外の放送という点に注目したい。

テレビジョン以外の放送とは何だろうか。実はここで言うテレビジョン以外の放送とは、携帯端末向けのマルチメディア放送が検討されている。総務省では現在、携帯端末向けマルチメディア放送サービス等の在り方に関する懇談会を設け、(1) マルチメディア放送の海外動向、(2) マルチメディア放送のビジネスモデルや市場競争のあり方、期待される社会的役割の検討、(3) 事業主体、サービス形態、放送方式及びネットワークのあり方等、制度的・技術的課題に関する検討、の3点を主な議題として2011年以降の放送サービス提供に向けて準備を進めている。

この事業に向けた周波数の割当てに関しては、以下のことが免許審査要件となっている。

- (a) 工事設計が技術基準に適合すること
- (b) 放送用周波数使用計画に基づき、周波数の割当てが可能
- (c) 業務を維持するに足りる財政的基礎
- (d) 放送局に係る表現の自由享有基準¹¹に合致すること
- (e) 放送局の開設の根本的基準¹²に合致すること

この事業は今のところ「放送」に位置づけられるものであり、この用件は妥当なものであ

¹¹ マスメディア集中排除原則

¹² ①確実に事業計画を実施することが可能

②放送番組の編集及び放送が番組基準、番組調和原則、教育番組の教育課程基準準拠、視聴覚障害者のための放送番組等に適合

③番組審議機関の設置、災害放送の実施等

④送信機の機能・設置場所等が放送地域での受信に必要な電界強度を生ずること

⑤関連法令への遵守、利用者の利益の確保等

⑥既設局への妨害排除

ると解する。

ここで携帯端末向けの放送を従来の放送と定義することが可能であるかが問題となる。定義づけを変化させるならば、周波数割当ての基準もまた変わる。

従来の放送は放送局が大規模に電波を送信する形態をとっていた、集権的なシステムであった。大規模に電波伝搬を行うには大規模な設備投資が必要であり、既存事業者が新規参入者に圧倒的に勝る。そのため周波数の占有状態はいたし方の無いこととして見過ごされてきた。

だがこの周波数帯の割当てによって行われる事業は過去のアナログ変調方式とは違いデジタル変調である。また一点からの送信ではなく、セル方式のいわゆる携帯電話と同じ送信方式をもちいることも可能である。

このような点から考えると、周波数の割当てを現在の放送という定義域に基づいて行うことの妥当性が疑問視される。

次に **UHF** 帯についてである。この帯域もまた地上波テレビ放送のデジタル化に伴う空き周波数の利用法として、以下のものが挙げられている。

(1)715MHz~725MHz 帯は ITS 用途

(2)730~770MHz 帯は携帯電話等の電気通信用途

3.2 電波利用事業の変化

本節では電波利用事業の昨今のありかたについて述べる。電波利用事業に代表されるものは電気通信がメジャーなものとして挙げられる。ここでは昨年行われた米国での周波数オークションの結果を基に、今後の電波利用事業についての展望を述べたいと思う。

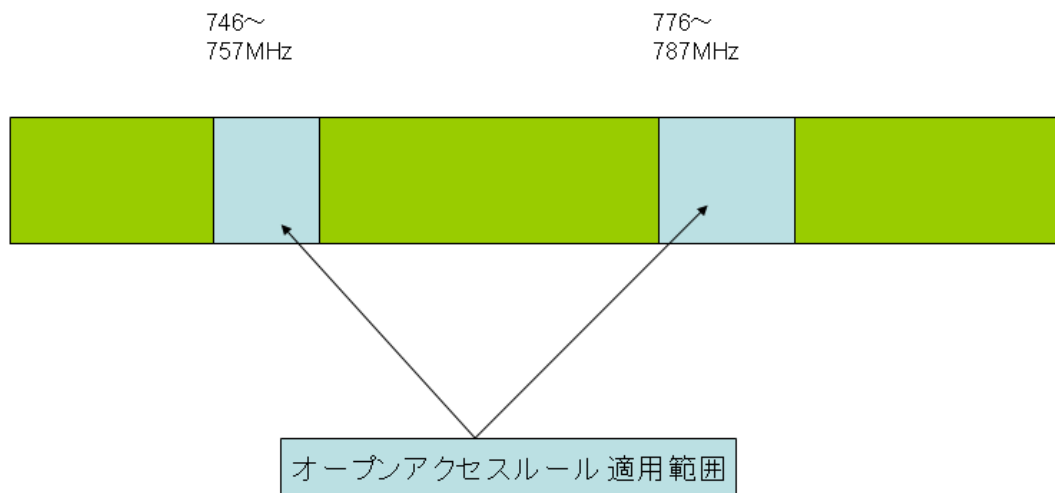
昨年米国で **700MHz** 帯のオークションによる周波数の割当てが行われた。この周波数帯を巡っては、**FCC** が付けた落札条件の特異さが話題を呼んだ。

落札した周波数で構成するワイヤレス・ネットワークには、その中で用いる端末の仕様やアプリケーションに対して、いかなる拘束を課してはならない

この条件で考えられる利用法は、オープンアクセスのネットワークを確立するという事である。

結果として、グーグルとベライゾン社が競合し、ベライゾン社がこの周波数帯を手に入

れた (図 4)。



(図 4) 700MHz 帯オークションのルール適用範囲

3.3 時代ごとに変わる電波利用

電波利用のあり方は、技術の発展とともに変化する。日本に限って言えば、この 50 年で無線局数が 2000 倍にも増えている。もちろん使用可能周波数帯も増加している。だが使いやすい周波数帯は移動通信体に使いやすい周波数帯は VHF・UHF 帯に限定されている。また、ISM 帯についても日本では 2.5GHz 帯周辺にしか存在せず、複数の規格が混在可能だとしても、混信の危険は否定できない。ワイヤレス LAN の構築、Bluetooth の利用促進など、免許の必要ない ISM 帯を用いた通信規格をより増やすことができるのなら、私たちの日常もより利便性が高まるはずである。このような意味では、先に挙げた米国の 700MHz 帯の今後の運用は楽しみである。

4 電波利用の最適化に向けて

4章ではこれまでの電波の周波数帯をめぐる動きを受けて、私の考える電波利用のあり方を示したいと思う。この章が日本の電波利用のあり方の変化の一助になれば幸いである。

4.1 周波数割当て制度の限界

周波数の割当て制度とその割当て手法について述べてきた。そして現在日本が進めている電波政策についての概略も掴めたと思う。

現在の技術革新が進む中で周波数割当て制度に欠けている点がある。それは電波の周波数帯を排他的区域として捉えてしまっていることだ。このことは元来無線通信を行う際にアナログ変調だったために干渉を防ぐために取られてきた措置であった。現在の携帯電話の使用状況を見ればわかるように、同一周波数帯を使って交信を行っても干渉は起こりにくい。それはデジタル変調技術を用いているからであり、具体的に言うならば多元接続方式¹³を取っているためである。このようなデジタル変調技術は地上波デジタル放送にももちろん使われている¹⁴。

現在の周波数割当て制度にはこれらデジタル化の技術に対する配慮に欠けている。地上波デジタルテレビ放送に割り当てられる UHF 周波数帯の帯域幅は、実際に利用される帯域幅より広い。この状況は電波の効率的な利用を行っているとは思えない。

現在の周波数割当てに必要なものはデジタル変調による多重化技術への対応である。周波数の資源枯渇が近いといわれているのは、その資源の活用法が誤っているためである。特に電波の利用の場合には、その分割法がデジタル変調により多重化可能なため、従来の周波数帯ごとの割当てを厳格に行わなくとも、同一周波数上での複数の規格の使用はある程度可能である。

4.2 電波利用の在り方

今後の電波利用の在り方について最後に意見を述べたいと思う。

日本の電波の周波数割当て制度については現在のシステムでは効率的な利用を促進しているとは言えない。これからの周波数割当て制度に必要なものは、新規事業展開をより広く視野に入れたシステム作りである。周波数帯＝事業内容という割当てに対する考え方を改めなければならない。

周波数帯を土壌とし、その上でコンテンツの育成をはかる米国 700MHz 帯のような電波

¹³ FDMA・TDMA・CDMA方式がこれにあたる

¹⁴ 地上デジタル放送の方式はOFDM変調方式である

の利用法が確立していけば、周波数をめぐる対立も緩和してくるだろう。周波数は情報伝達のためのメディアとして所有物という概念で捕らえるのではなく、共有化し互いに有効利用していくという姿勢が必要である。

近年登場してきた概念としてMVNO¹⁵のように電波というインフラの上でサービスをよりよくしていくような事業モデルへの転換が電波利用事業には求められている。

¹⁵ Mobile Virtual Network Operator 仮想移動体サービス事業者

おわりに

周波数帯の割当てに際する手法は、現時点では詰まるところ事業者の財政力によるところが大きい。財政力は安定したサービスを提供するという面で重要なファクタである。しかし規模の大きな事業者しか電波利用事業に参入できないのは、価格競争を阻害し、消費者の利用を妨げる恐れがある。3章に述べたようなオープンアクセスネットワークの構築は、現在の周波数独占・寡占状態からの脱却を意味し、よりよいコンテンツの充実が図られるだろう。

最後になるが、この論文を書くにあたって山田正雄師、そして山田正雄ゼミナールの同期に感謝を申し上げ、結びの言葉としたい。

参考文献等

<書籍>

- 野村総合研究所『これから情報・通信市場で何が起こるのか』東洋経済 2008年
- 吉村和明他『よくわかる 最新 電波と周波数の基本と仕組み』秀和システム 2007年
- 鈴木誠史『そこが知りたい 電磁波と通信のしくみ』技術評論社 2006年
- 池田信夫『情報技術と組織のアーキテクチャ』NTT出版 2005年
- 竹田義行『ワイヤレスブロードバンド時代の電波/周波数教科書』インプレス 2005年
- 後藤尚久『電波がわかる本』オーム社 2003年

<HP>

- 野村総合研究所ホームページ <http://www.nri.co.jp/>
- 総務省ホームページ <http://www.soumu.go.jp/>
- 総務省 電波利用ホームページ <http://www.tele.soumu.go/index.ht.jp>
- 総務省の情報通信政策に関するポータルサイト
http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/joho_tsusin.html