

「我が国における周波数の価値の算定」

平成25年6月

株式会社 野村総合研究所

要旨

我が国では、周波数オークションの導入が一旦見送られることになったが、世界的に見て先進国で周波数オークション導入が行われていないのは珍しい。一方で、携帯電話業者などのオークション制度導入への不安が強いのも事実である。そこで、実際、周波数には実際にどの程度の価値があるのか、いくつかの手法で推定した。結果として、800MHz 帯、1.7GHz 帯、2.0GHz 帯の FDD 方式用 2 x 10MHz の帯域における 15 年ライセンスには、それぞれ 2300 億円、1000 億円、750 億円程度の価値がつくのではないかと、という試算結果が得られた。実際の落札価格は、オークションの制度設計に大きく依存するため、試算通りの落札額に落ち着くとは限らない。しかし、計算通りに落ち着くとすれば、高い周波数帯域については、事業者が懸念するほど、落札結果が高騰することはないだろう、という示唆が得られた。

はじめに

我が国では、民主党政権下で、周波数のオークションを導入する法案が提出されたが、2012 年 11 月衆議院解散により廃案となり、さらに 2012 年末の衆議院選後自民政権に代わり、2013 年 3 月に当該法案の提出が見送られているところである。ただ、新藤総務大臣は、「引き続き検討する」とも表明しており、今後、再度検討が行われる可能性もある。

周波数オークションとは、国民の共有財産である周波数を最大限効率的に利用するため、政府の裁量ではなく市場原理に基づき配分する、という仕組みのことである。電波は目に見えないため直観的に理解しにくい、国有地に例えれば分かりやすい。国有地を民間に払い下げする際は、入札で購入者を定めることが一般的である。国が、特定の開発業者に国の土地を裁量で割当てると「公平性に問題がある」といった批判が出るだろう。もし入札を行えば、その土地を用いて、最も高い収益性を上げることが出来る計画を持つ事業者が、最も高い価格で入札することが期待される。この結果、その土地を、より効率的に利用する事業者が割当てることが出来る。また、入札はプロセス自体が透明である。周波数も国有地と同じで、入札で価格を決めることにより、公平性、透明性と、利用の効率性を高めることが出来ると期待されている。

我が国では、まだ周波数オークションの制度はないが、OECD 加盟 30 カ国(2008 年以前からの加盟国)でオークションを実施する計画さえ無い国は、日本だけとなっている。また、東アジアにおいては、韓国、台湾、香港は、周波数オークションを行った実績があるため、未だ行っていないのは、中国(本土)、北朝鮮、モンゴルと日本となっている。シンガポール、タイ、イン

ド、コロンビア、など、OECD 加盟国以外でも、多くの国で周波数オークションが行われており、周波数オークション制度自体は世界的に一般化している。

一方で、今まで、国の裁量により周波数の割当てを受けていた我が国の電波利用事業者からみれば、周波数オークションの導入は、不安材料であることは事実である。特に、これまで電波利用料として支払っていた金額より、大きな金額を納めなければならなくなると、事業者の利益は

圧迫されることになる。また、周波数オークションが日本でも話題になり始めた 2000 年頃、欧州の一部の国でオークション落札価格が高騰してしまったことが、いまだに不安視されている。

本稿では、周波数オークションが、もし我が国で行われた場合の価格水準を算定し、オークションの結果が、電波利用事業者にとって、どの程度の支払い負担に繋がるか推定する。

周波数の価値評価の手法

周波数の価値の算定には、いくつかの方法がある。代表的な算定方法は、比較法、アドミニストレイティブ・プライシング法（以下 AP 法）、ディスカウントキャッシュフロー法（以下、DCF 法）の 3 つである。

比較法は、他国の周波数オークションでの落札価格を参考に、自国でオークションが行われた場合、どの程度の価格になるか推定する、という方法である。単純化して言えば、「国民 1 人当たり 1MHz 当たり の落札額は、我が国も他国も同じである」という前提で、他国のオークション結果をベンチマークする方法である。厳密には、物価水準やライセンス期間の調整を行った上で比較することになる。

AP 法は、周波数の新規割り当てを「受けた場合」と、「受けなかった場合」で、同じ水準のサービスを提供する場合、ライセンス期間中の設備投資、運営費などのコストを算定する。その上で、各年のコストを現在価値に割り引いた金額の差分が、その周波数の価値である、という考え方に基づく計算方法である。トラフィック増加に合わせて、事業者がどの程度設備量を増加させるか推定した上で、設備の想定単価と掛け合わせることで、各年のコストを算定する。

DCF 法は、周波数の割り当てを受けた際の、毎年の売上、コスト等から毎年のフリーキャッシュフローを推定する。毎年のフリーキャッシュフローの現在価値から周波数の価値を計算する、という方式である。事業者の周波数価値の算定方法に近いと期待される方法である。

本稿では、上記 3 つの方法で周波数の価値を推定してみる。

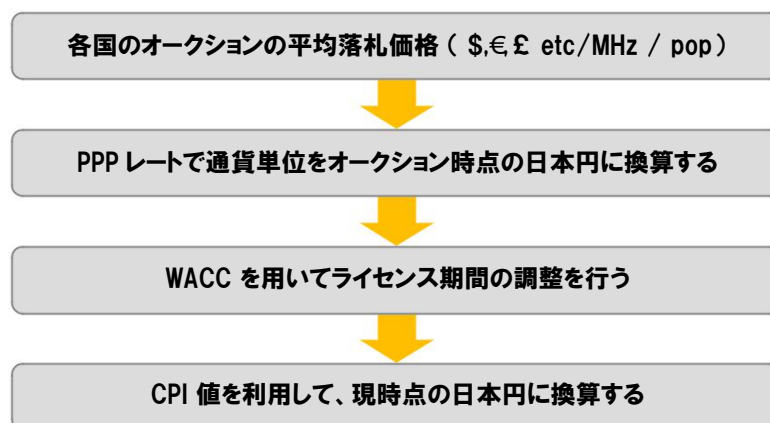
試算の対象とする周波数は、最も注目度が高く、諸外国で頻繁にオークションが行われている携帯電話の周波数帯域とする。今回は、800MHz 帯、1.7GHz 帯、2.0GHz 帯の 3 つの帯域の価値を算定する。携帯電話の通信方式は第 3 世代 (3G) 第 3.9 世代 (3.9G)、第 4 世代 (4G) など通信方式の世代で区切られる。しかし、3G の通信方式に使っても、4G の通信方式に使っても落札者の自由、という条件でオークションを行う国も多いため、技術世代別の区別はしない。ただし、

送信と受信で違う周波数を割り当てる FDD (Frequency Division Duplex) 方式と、送信の時間と、受信の時間を細かく分割することで一つの周波数で送受信の両方を行う TDD (Time Division Duplex) では、周波数の割り当て方が異なるため、通常、周波数オークションも FDD に割り当てられる帯域とは別立てで行われる。今回は、より一般的に利用されている FDD 方式の試算を

行う。

比較法による試算

比較法では、以下のような計算プロセスを通じ、他国のオークション結果を、例えば「我が国において2013年時点で、15年間のライセンス期限という前提でオークションが実施された場合」という条件に調整して、数値比較を出来るようにする。



図表 1: 比較法の計算プロセス

通常周波数オークションでは、帯域幅の異なる複数の帯域に対して、事業者が入札を行う。国単位での平均落札額を算出するため、まず、それぞれの国でのオークション結果の平均落札価格を、現地通貨ベースで、国民1人、1MHz幅当りの単価として算出する。(Combinatorial Clock

Auction (CCA) のように、複数帯域をパッケージにしてオークションに掛けたケースは、特定帯域の価格が算定出来ないため、ベンチマーク対象から除外した。また1社入札になったケースなども除外した)

次に、為替調整を行い、日本円に換算する必要がある。ここで、国民1人当たり、1MHz当たりの単価といっても、国によって物価水準が異なることから、単純な為替レートで換算するこ

とは妥当ではない。したがって、いわゆる為替レートではなく、購買力平価 (Purchasing Power Parity : PPP) レートにより日本円に換算する。

周波数オークションに当たって10年ライセンスと20年ライセンスでは、価値に差が出ることは自明であるように、周波数の価値算定の上で重要な要素の一つはライセンス期間である。諸外国

においてはそれぞれの事情で、異なるライセンス期間を設定している (10年から20年のライセンス期間が設定されることが一般的)。これを一定の年限に調整しなければ、同一条件で比較は

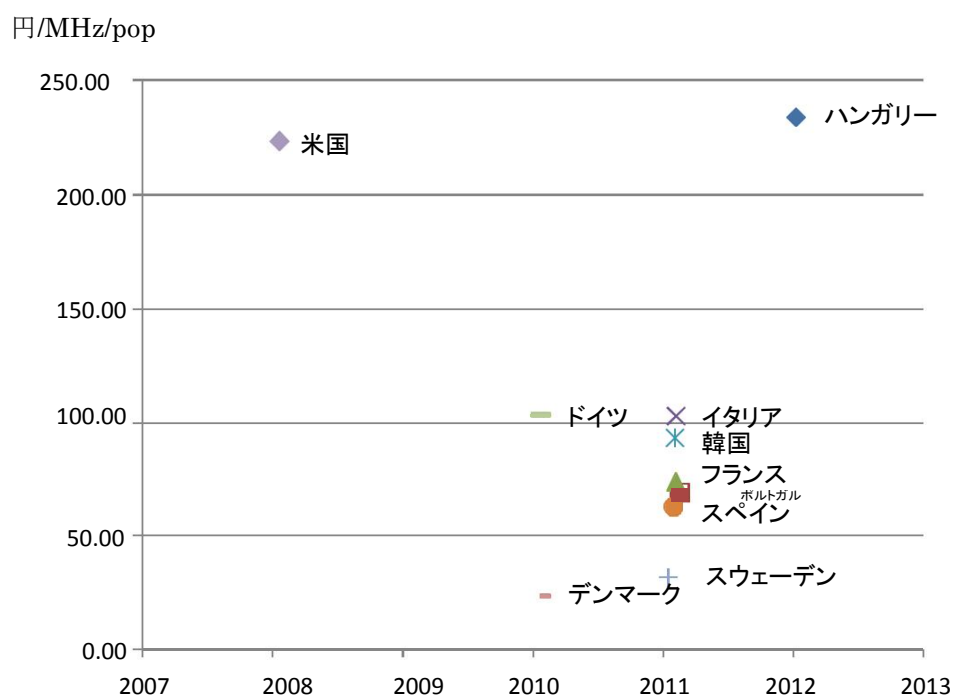
出来ない。WACC (加重平均資本コスト) を用いることで、「仮に、我が国で、15年ライセンスとしてオークションされた場合」という条件に揃える (WACCの値は、ある条件下において我が国の無線通信事業者のWACCをそれぞれ計算した上で、加入者による加重平均をとった

3.83%を利用する)。さらに、厳密に言えば、ライセンス条件として「転売・転貸の可否 (競

り落とした周波数を他社に売却したり、有料で貸与したりすることの可否)」「技術中立性(政府当局側が利用技術を指定せず、どのような技術方式に利用するかは落札者の自由なのかどうか)」などが落札価格形成に影響を及ぼすが、比較対象のサンプル数が少なくなるため、今回の試算では考慮しないこととした。

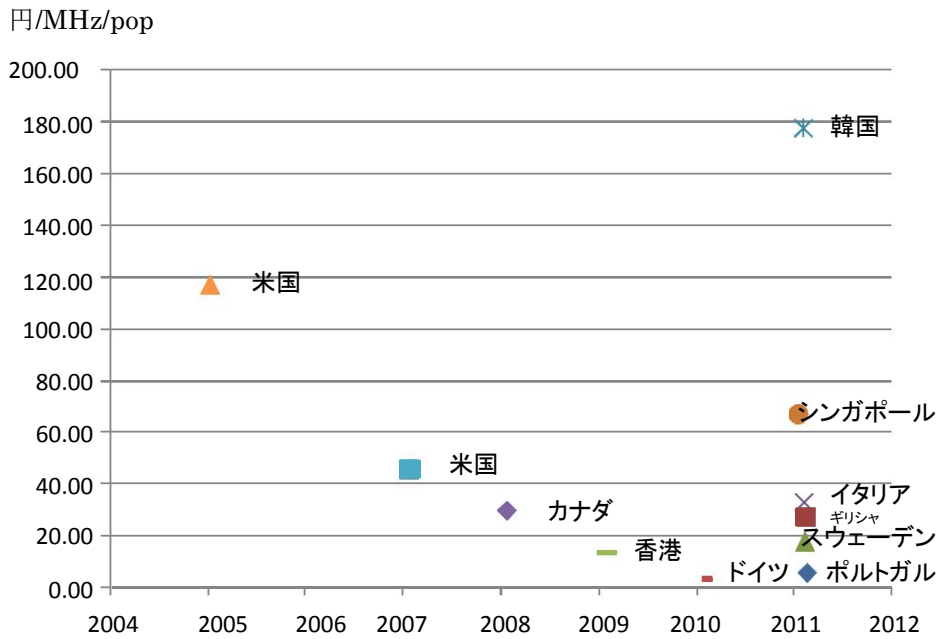
最後に、他国でのオークションは全て過去に行われたものであるから、「仮に 2013 年にオークションが実施されたら」という条件で統一するため、インフレ(デフレ)率の調整を行う(ただし、我が国では、過去 5 年間、実質的に殆ど物価水準に変動は無いため、インフレ率調整は実質的には大きな影響は無い)。

以上の計算を行った結果、800MHz 帯の諸外国における周波数オークションの結果は以下のようにマッピングされる。縦軸は円/MHz/人口である(米国のオークションは地域別のオークションであるため、地域別に算出した上で平均をとるといった加工をしている)。100 円前後に集中していることが分かる。仮に妥当な落札価格が 90 円/MHz/人口だとすると、我が国において 2013 年、800MHz 帯に、上下 20MHz 幅の帯域がオークションに掛けられた場合、90 円×20MHz×1.28 億人 = 2304 億円程度の落札額になると算定される。

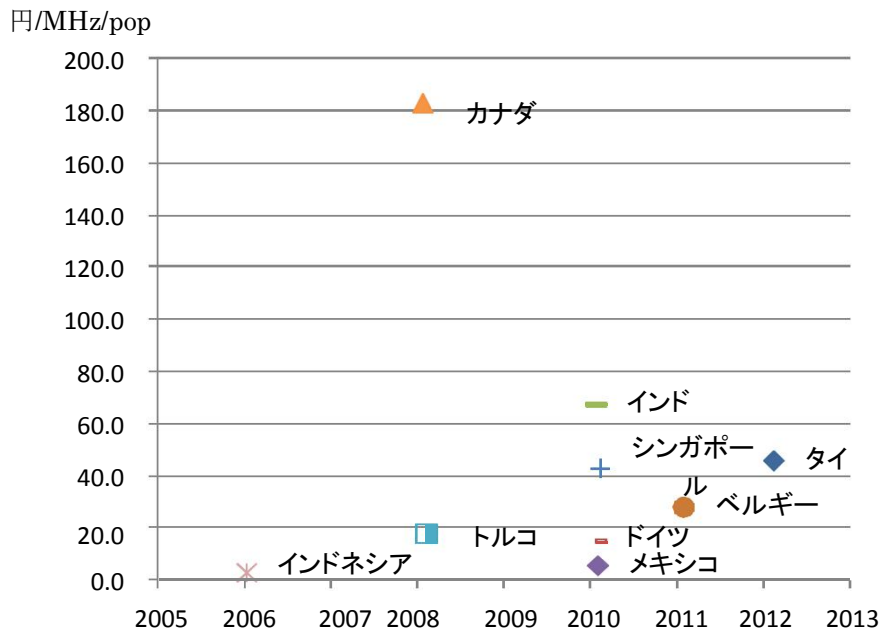


図表 2 : 800MHz 帯の諸外国の落札価格

同様の計算により、1.7GHz 帯と、2GHz 帯の価格を見ると、以下のようになる。



図表 3 :1.7GHz 帯の諸外国の落札価格



図表 4: 2.0GHz 帯の諸外国の落札価格

1.7GHz 帯は、韓国で 2 社が激しく競ったため、落札価格が高騰した。非常に低調だったドイツやポルトガル、高騰した韓国等を外れ値として除外すると、40 円/MHz/人程度になると想定される。仮に 40 円/MHz/人だとすると、40MHz の幅で、40 円×20MHz×1.28 億人 = 1024 億円程度になるのではないか、と想定される。

2.0GHz は、カナダを外れ値として除外すると、30 円/MHz/人程度と想定される。20MHz の

幅で 30 円×20MHz×1.28 億人=768 億円程度になるのではないかと想定される。

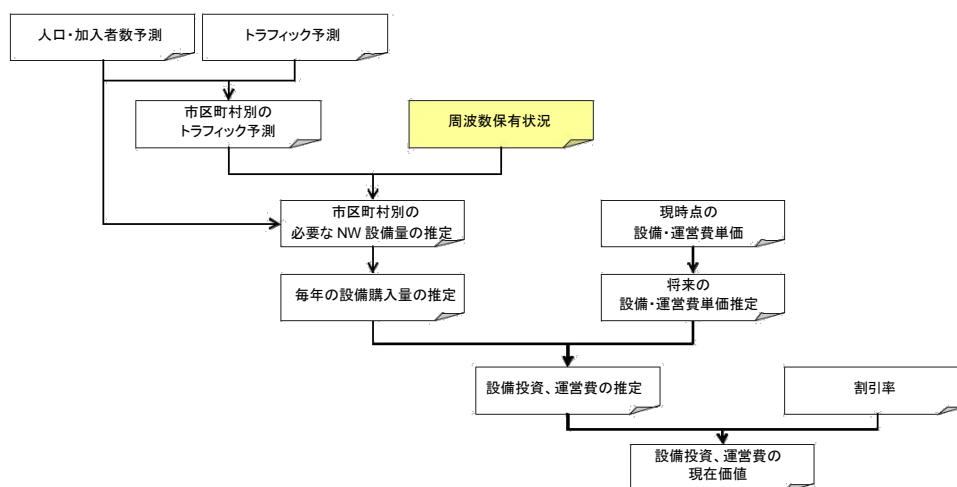
試算結果を俯瞰すると、800MHz 帯のような使い勝手の良い「プラチナバンド」は、諸外国のオークションでも、文字通りプラチナクラスの落札価格になっている。一方で、周波数帯域が上がっていくと、価格は急速に落ちていく。

電波は周波数が低い程、同じ出力でも遠くまで届き、また、回り込み（回折）効果も高いため、少ない基地局数で広い面積をカバーすることが出来る。一方で、基地局の近くにおいては（飛距離範囲内においては）、800MHz 帯における 20MHz 幅と、2.0GHz 帯における 20MHz で、処理出来るトラフィック量は同じである、という特性を持つ。

2.0GHz 帯のような周波数の高い帯域では、諸外国では、かなり低い落札価格になっていることが分かる。ただし、今回の比較対象の諸外国と比べると、人口密度が高い部類に属する我が国では、2.0GHz 帯といえども、効果的に利用することが出来る。基地局が十分密に設置されている場合は、電波の飛距離はあまり問題にならないためである。その分、諸外国より少し高く評価されるべきかもしれない。

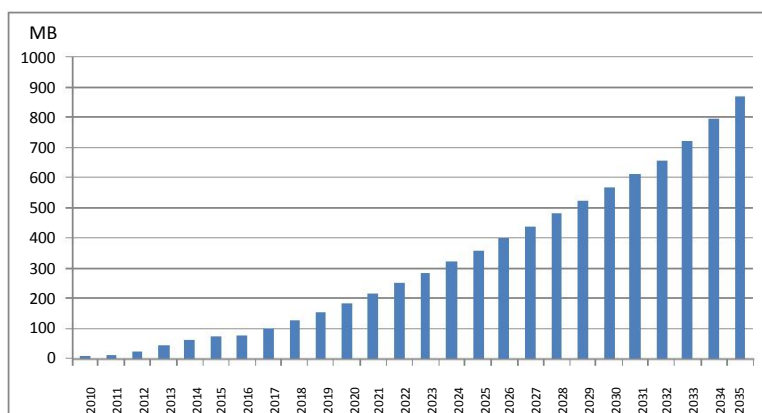
AP 法による試算

AP 法では、以下のような計算プロセスを通じ、「周波数の獲得が出来た場合」と、「出来なかった場合」で、同じ水準のサービスを提供する場合、将来にわたる設備投資や運営費にどれだけの差異が出るかを算定し、その差異をもって周波数の価値とする、という考え方である。算定のプロセスはいわゆる「ボトムアップモデル」と呼ばれるモデルに基づく。携帯電話の加入者数、データトラフィックなどの予測から、将来にわたって全国で必要とされるネットワークの設備量を推定し、設備投資額や運営費を推定するという方法である。以下の計算フローに基づき計算を行うが、この際、黄色でハッチされた「周波数保有状況」のパラメータを変化させる。新たな帯域獲得無しで計算した「設備投資、運営費の現在価値」と、新たな帯域獲得有りで計算した「設備投資、運営費の現在価値」の差分が、新たに獲得した周波数の価値である、という計算を行うことになる。



図表 5: AP 法の計算プロセス

ボトムアップモデルは、様々な前提を積み重ねていくことになるため、センシティブなパラメータを多数含むことになる。中でもトラフィック予想は重要なパラメータになる。現在、スマートフォンとタブレット PC の普及により携帯電話のデータトラフィックが急激に増えている。2010年、2011年の国内のモバイルデータトラフィック総量は、総務省が公式データ（我が国の移動通信トラフィックの現状）を保有している。また、Cisco Visual Networking Index Global Mobile Data Traffic Forecast for 2010 to 2015によれば、2015年時点の世界のモバイルデータトラフィック総量は、2010年の26倍に達するとしている。この推定が我が国にも当てはまるものとして、2010年、2011年、2015年の3点から2次曲線でトラフィック総量を近似し、2035年までの毎年の総量を推定する。更に、WiFi オフロード率などを考慮し、1加入者の1日あたりの『携帯電話ネットワーク経由の』ダウンロードトラフィック量の推定値を、以下のように設定した。



図表 6: 1加入者の1日あたりの『携帯電話ネットワーク経由の』ダウンロードトラフィック量推定（単位 MByte）

上記の加入者一人一日当たりのトラフィック量は、モデル上は、携帯電話キャリアに拠らず一定と仮定する。

これを、市区町村別のトラフィック量に換算するが、基本的には（市区町村の人口）×（1人あたりトラフィック量）によって算定する。厳密には、基地局設備の容量を算定することが目的であるため、（市区町村の昼間人口と夜間人口の多い方）×（1人あたりトラフィック量）として計算を行う。

各社の周波数保有状況は以下の表を前提にする。モデル上は、700MHz帯～900MHz帯は800MHz帯としてまとめて扱う。したがって、ドコモ、KDDIは800MHz帯に50MHzの帯域を保有し、ソフトバンクは800MHz帯に30MHzの帯域を保有しているとして計算を行う。

	700 MHz 帯	800 MHz 帯	900 MHz 帯	1.5 GHz 帯	1.7 GHz 帯	2.0 GHz 帯
ドコモ	20MHz	30MHz		30MHz	40MHz*	40MHz
KDDI	20MHz	30MHz		20MHz		40MHz
ソフトバンク			30MHz	20MHz		40MHz
イー・モバイル	20MHz				30MHz	

図表 7:携帯電話各社の保有周波数帯（出所：総務省）

*ドコモの1.7GHzは東名阪バンド。

次に、トラフィック量から、市区町村別の必要設備量を算定する。設備量を計算する際の基礎的単位は基地局数になる。1つの基地局がどれだけのトラフィックを吸収できるかを計算し、その他さまざまな設備量は基地局量に比例して増加するという前提を置く。1つの基地局が吸収できるトラフィックの基礎になるのは、bps/Hzという単位である。W-CDMA(第3世代)、LTE(第3.9世代)、LTE advanced(第4世代)など、携帯電話の通信方式の世代別にこの数値が高くなる。言い換えれば、小さいバンド幅で、より大容量のトラフィックを処理できるようになる。第三世代携帯電話(W-CDMA)以降、携帯電話は、上下あわせて10MHzのバンド幅単位で周波数を利用することが一般的である。例えば、NTTドコモは、現在利用できる周波数帯として140MHz分保有しているため、一つの基地局で利用できるスロットは、 $140 / 10 = 14$ スロットということになる。この14のスロットをW-CDMA、LTE、LTE-advancedといった技術に割当て、トラフィックを収容していくことになる。現実には、ドコモは、800MHz帯はW-CDMAに残し、2GHz帯から先にLTEへのシフトを進めている。しかし、今回はあくまで試算であるため、モデル上は、利用可能な最先端の技術を全スロットに適用する、という仮定でシミュレーションをした。

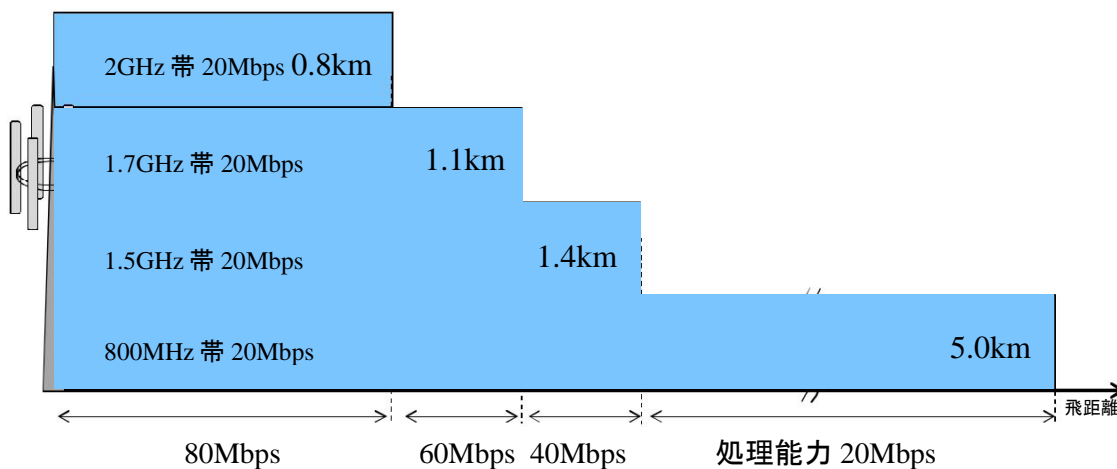
また、周波数帯別に上限到達距離を設定した。一般に、同じ出力を前提にすると、電波の到達距離は周波数に反比例するとされる。また、建物の内側などへの回り込みの能力も周波数に反比例するとされる。上限到達距離を便宜的に周波数の2乗分の1に比例するものとして算定する。

800MHz 帯の上限到達距離を 5km と設定すると、2GHz 帯の到達距離は、 $5\text{km} \times \left(\frac{800}{2000}\right)^2 = 0.8\text{km}$ 程度ということになる。

800MHz 帯であれ、2GHz 帯であれ、利用する技術が同じであれば、例えば 10MHz 分(1 スロット分) といった、同じ量の帯域幅が吸収できるトラフィックの量は同じである。しかし、到達距離に違いがあるため、周波数の値が帯域ごとに異なってくる。基地局が非常に密に配置されて

いる人口過密地区においては、通常、隣の基地局まで 0.8km 未満の距離になっている。この場合、2GHz でも面積的に 100% カバーできる。一方で、農村部など、トラフィックがあまり無い地域においては、隣の基地局まで 5km も離れている、という状況も起き得る。この場合、2GHz 帯のアンテナを搭載しても、基地局周辺で接続できるだけで、大部分の地域では利用できないため、大部分の接続は 800MHz 帯など下の帯域で処理される、ということになるだろう。

これらの関係を模式的に表したのが以下の図である。800MHz 帯の飛距離を 5km とし、この基地局は、800MHz 帯、1.5GHz 帯、1.7GHz 帯、2.0GHz 帯の 4 帯域にそれぞれ 20Mbps の処理能力を持っているとする。基地局から 800m の距離までは、全帯域が使えるため 80Mbps の処理ができ、800m-1100m の距離では、2GHz 帯は使えないため合計 60Mbps の処理が出来る、といった見方になる。



図表 8: 一つの基地局の距離別トラフィック収容能力のイメージ

上のような電波の特性を考慮し、ユーザ密度がそれぞれ異なる市区町村別にトラフィックを吸収させるのに最低必要な基地局数を算定する必要がある。基地局数を N とすると、トラフィック量を T とすると、概念的には、以下の関係が成り立つ最小の N を算出することで、必要な基地局数を算出する、というモデルにした。

$T < 2.0\text{GHz}$ 帯の面積カバレッジ $\times N$ / 市区町村面積 $\times 2.0\text{GHz}$ 帯のトラフィック吸収力 +
 1.7GHz 帯の面積カバレッジ $\times N$ / 市区町村面積 $\times 1.7\text{GHz}$ 帯のトラフィック吸収力 +
 1.5GHz 帯の面積カバレッジ $\times N$ / 市区町村面積 $\times 1.5\text{GHz}$ 帯のトラフィック吸収力 +
 800MHz 帯の面積カバレッジ $\times N$ / 市区町村面積 $\times 800\text{MHz}$ 帯のトラフィック吸収力

上記の条件式に付帯条件として、ある帯域の面積カバレッジ $\times N$ / 市区町村面積 $< 30\%$ の場合、その地域においては、利用効率が悪すぎるため、当該帯域は利用されない、という条件をつけて

算定した。今回は、NTT ドコモとイー・モバイルに関して試算を行った。試算された基地局数は、以下のようにになっている。基地局数は区市町村別に算出し、人口密度順（昼間人口密度と夜間人口密度の高い方）に並べている。

No.	市町村区	2011	2012	2013	2014	2032	2033	2034
1	千代田区	301	526	793	1,009	3,902	4,117	4,333
2	中央区	222	389	586	747	2,886	3,045	3,205
3	大阪市 中央区	171	299	451	574	2,219	2,341	2,464
4	港区	325	568	857	1,092	4,221	4,454	4,687
5	新宿区	275	481	726	924	3,573	3,770	3,967
<hr/>								
1893	王滝村	3	4	5	6	15	16	17
1894	占冠村	5	7	8	9	24	25	27
1895	上北山村	3	4	4	5	12	12	13
1896	幌加内町	6	8	10	11	28	29	30
1897	檜枝岐村	3	4	5	5	11	11	12
合計	基地局数	73,192	118,040	168,810	209,592	739,640	779,583	819,731

図表 9: ボトムアップモデルで推定したドコモの基地局数（ベースケース）

No.	市町村区	2011	2012	2013	2014	2032	2033	2034
1	千代田区	49	92	139	177	780	823	866
2	中央区	37	68	103	131	577	609	641
3	大阪市 中央区	28	53	79	101	444	468	493
4	港区	53	100	150	191	844	890	937
5	新宿区	45	85	127	162	714	754	793
<hr/>								
1893	王滝村	1	2	2	2	4	4	4
1894	占冠村	2	2	3	3	6	6	6
1895	上北山村	1	1	2	2	3	3	3
1896	幌加内町	2	3	3	4	8	8	8
1897	檜枝岐村	1	2	2	2	4	4	4
合計	基地局数	14,896	24,022	33,021	39,825	140,818	147,872	154,900

図表 10: ボトムアップモデルで推定したイー・モバイルの基地局数（ベースケース）

800MHz 帯域に 2014 年に 20MHz の帯域の割り当てを受けた場合の基地局数は、ドコモとイー・モバイルで、以下のように推定される。

No.	市町村区	2011	2012	2013	2014	2032	2033	2034
1	千代田区	301	526	793	883	3,469	3,660	3,852
2	中央区	222	389	586	653	2,566	2,707	2,849
3	大阪市 中央区	171	299	451	502	1,972	2,081	2,190
4	港区	325	568	857	955	3,752	3,959	4,166
5	新宿区	275	481	726	809	3,176	3,351	3,527
<hr/>								
1893	王滝村	3	4	5	4	11	12	12
1894	占冠村	5	7	8	7	17	18	19
1895	上北山村	3	4	4	4	8	9	9
1896	幌加内町	6	8	10	9	20	21	22
1897	檜枝岐村	3	4	5	4	8	8	9
合計	基地局数	73,192	118,040	168,810	179,155	647,340	682,303	717,423

図表 11: ボトムアップモデルで推定したドコモの基地局数（800MHz 帯に 20MHz を追加。2014 年から同帯域を利用した設備敷設）

No.	市町村区	2011	2012	2013	2014	2032	2033	2034
1	千代田区	49	92	139	126	557	588	619
2	中央区	37	68	103	94	412	435	458
3	大阪市 中央区	28	53	79	72	317	335	352
4	港区	53	100	150	137	603	636	669
5	新宿区	45	85	127	116	510	538	567
<hr/>								
1893	王滝村	1	2	2	2	3	3	3
1894	占冠村	2	2	3	2	5	5	5
1895	上北山村	1	1	2	1	2	2	3
1896	幌加内町	2	3	3	3	5	6	6
1897	檜枝岐村	1	2	2	2	3	3	3
合計	基地局数	14,896	24,022	33,021	27,340	100,615	105,706	110,796

図表 12: ボトムアップモデルで推定したイー・モバイルの基地局数（800MHz 帯に 20MHz を追加。2014 年から同帯域を利用した設備敷設）

2013 年にオークションがあり、2014 年から同帯域を利用した設備を全国的に敷設する、という仮定を置き、基地局数を予測した結果が上の表のようになる。2034 年の時点では、ドコモの場合、ベースケースだと、全国の基地局数が約 82 万か所、800MHz 帯に 20MHz 追加されたケースが約 72 万か所という結果になる。全体に、両者の実際の基地局数より少し多めに出ている。これは、主として、人が居ないか、非常に少ない山間部なども、モデル上ではカバーすることになっていることに起因している。市区町村の面積を、基地局がカバーすべき面積と、カバーする必要の無い面積に分解することができれば、計算の精度を上げることが出来る。

基地局の数量が算定された上で、関連設備も含めた単価を掛けコストの算定を行う。基地局及び関連設備の単価設定は、AP 法、DCF 法のいずれにおいても、算定される周波数価値に直接的

に大きな影響を及ぼす。その一方で、将来の単価を正確に見積もることは現実には不可能であるため、一定の想定を置いて算定せざるを得ない。基地局設備の「単価」も様々な種類の基地局が

有る中で、平均的な「単価」を想定して計算することになる。今回の試算では、設備の2011年時点の単価と、価格トレンド（毎年下落率）を、以下のように設定した。

CAPEX 費目	単位	(基地局当たり)Unit costs in	基地局当たりのコストトレンド
機械設備	百万円	2.50	-10.00%
空中線設備	百万円	1.00	-10.00%
線路設備	百万円	0.20	-10.00%
建物	百万円	0.20	-10.00%
構築物	百万円	0.20	-10.00%
工具・器具および備品	百万円	0.20	-10.00%
土地	百万円	0.20	-10.00%

OPEX 費目	単位	(基地局当たり)Unit costs in	基地局当たりのコストトレンド
施設保全費		2.0	-10.00%
共通費		0.5	-10.00%
管理費		0.5	-10.00%
通信設備使用料		2.0	-10.00%

図表 13: 2011 年度の CAPEX, OPEX 単価、単価トレンドの設定値

CAPEX 費目、OPEX 費目の単価は、厳密に計算する場合、業者から詳細データを貰う必要がある。上記数値は、後述する DCF 法の算定に当たって、足元のドコモやイー・モバイルの業績とモデルの計算結果が大きく乖離しないように設定した、計算上の仮の数値である。

また、コストトレンドが -10% ということは、2011 年の単価が 2.5 百万円だとすると、2012 年の単価は、 $2.5 \text{ 百万円} \times 0.9 = 2.25 \text{ 百万円}$ 、2013 年の単価は、 $2.5 \text{ 百万円} \times 0.9^2 = 2.025 \text{ 百万円}$ というように、単価が毎年 10% ずつ下落するということを意味する。厳密は、一定の固定トレンドで価格が下落することは無く、技術の世代が変わる際は単価が上がることもある。合理的に価格トレンドを予測することが出来るなら、これら価格トレンドの変動を計算に織り込むことも出来る。しかし、合理的に予測することは困難であることや、今回は試算という位置付けであることから、固定値として設定している。

各年の CAPEX は、(その年の新規基地局設置数) \times Σ (各 CAPEX 費目のその年の単価) により計算されるとする。また、各年の OPEX は、(その年に稼働している基地局数) \times Σ (各 OPEX 費目のその年の単価) により計算されるとする。

各年の CAPEX, OPEX の合計値を、割引率を用いて現在価値に換算する。更に、その 2013 年から 15 年分の現在価値を合計したものを計算する。

以上のプロセスをベースケース（新規割当てが無いケース）、800MHz 帯に 20MHz の割当てを受けたケース、1.7GHz 帯に 20MHz の割当てを受けたケース、2GHz 帯に 20MHz の割当てを

受けたケースの4ケースについて計算する。

AP法は、ベースケースと、新たに帯域を割当てられたケースのコストの現在価値差分により周波数の価値を算定する方法である。割当てを受けた場合と受けなかった場合でコストの現在価値類型を算出し、その差分が電波の価値になる。

億円	コスト(CAPEX+OPEX) 現在価値累計				周波数価値		
	ベースケース	800MHz帯に20MHz追加	1.7GHz帯に20MHz追加	2GHz帯に20MHz追加	800MHz帯の20MHzの価値	1.7GHz帯の20MHzの価値	2GHz帯の20MHzの価値
15年							
ドコモ	82,311	72,160	72,986	73,779	10,151	9,325	8,532
イー・モバイル	6,141	4,466	5,028	5,261	1,675	1,114	880

図表 14：各ケースのコストの現在価値とベースケースとの差分から求めた周波数の価値

上記の表の見方として、ドコモにとって電波の新規割り当てを受けない場合、15年間のCAPEX, OPEXの現在価値は、8兆2311億円である。800MHz帯に20MHzの割り当てを受けた場合、7兆2160億円である。この差分が800MHz帯の価値である、と見るため、8兆2311億円 - 7兆2160億円 = 1兆151億円がドコモにとっての800MHzの価値ということになる。

ドコモの場合、800MHz帯と2GHz帯の価値の間にあまり差は無い。一方、イー・モバイルの場合、2倍以上の差がついている。ドコモは、加入者が多く、多くの区市町村で基地局密度が高い。このため、2GHz帯のように飛距離に制約がある帯域でも、十分有効に使うことが出来る、ということの意味している。一方で、イー・モバイルの場合、基地局密度が薄く、基地局間の距離が離れている。このため2GHz帯のような高い帯域は飛距離が制約条件になる区市町村が多い、ということの意味している。

DCF法による試算

DCF法は、企業の価値や事業の収支を評価する際に用いられる。無線通信事業者が、実際に電波の価値を算定する場合も、DCF法を用いることになると見られる。

周波数帯域はしばしば国有地に例えられる。無線通信事業者への周波数の割り当ては、既に多くの商用ビルを運営するデベロッパーが、新たに国有地を入札で購入し、ビルを建て収入を得ることに例えることができる。このデベロッパーが国有地の入札額を決める際は、ビルを建てた場合の売上から、土地の購入費とビルの建設費を差し引いて、なお超過利潤が見込めるかどうか、を判断することになる。

ただし、無線通信事業者と、不動産デベロッパーの間には、1点大きな違いがある。不動産デ

ベロッパーの場合は、通常入札する土地の収支を、既存事業と切り離して評価することが容易に出来る。しかし、周波数の新規割り当てを受けた無線通信事業者の場合、新しく割当てられた周波数単体の評価が極めて難しい。全くゼロから無線通信事業を開始する事業者であれば、割当てられた周波数に関する単独事業収支を算出することもできる。しかし、ドコモや、イー・モバイルは、既に無線通信事業を行っているため、新しく獲得した周波数は、売上を増やすことにも寄与するかもしれないし、新規設備投資コストを削減することにも寄与するかもしれない。周波

数を新たに 20MHz 獲得した場合どの程度の売上増加に繋がるかを合理的に予測することは困難である。このため、実際に無線通信事業者が、オークション前に帯域価値の評価を行う場合は、いくつかのシナリオを置き、複数パターンの評価を行い、感度分析をしながら、蓋然性の高いシナリオを見極めるといった作業を行うことになるだろう。

今回は、新しい周波数の獲得による売上増は無いものとし、周波数の獲得はもっぱら設備投資の削減に寄与するというシナリオを前提に DCF 法を試算する。

不動産デベロッパーの場合、入札参加前に、以下のような評価を行うことだろう。

(新しい土地の売上) - (新しい土地に係るコスト)

この式は、以下の様書き直すことも出来る。

**((新しい土地と元の土地の売上合計) - (新しい土地と元の土地に係るコスト合計))
- ((元の土地の売上) - (元の土地に係るコスト))**

上述したように、不動産デベロッパーの場合は、「新しい土地の売上」、「新しい土地に係るコスト」、「元の土地の売上」、「元の土地に係るコスト」を基本的に独立に算出することができる。

携帯電話事業者にとって新しい周波数帯域の評価は、本来以下のように計算したい。

(新しい帯域による売上) - (新しい帯域に係るコスト)

しかし、携帯電話事業者の場合、不動産デベロッパーと違って、「新しい帯域による売上」と「新しい帯域に係るコスト」は、元の帯域から独立に算出することは出来ないため、以下のように変形することで、収支を算定する。

$$\begin{aligned} & ((\text{新しい帯域と元の帯域の売上合計}) - (\text{新しい帯域と元の帯域に係るコスト合計})) \\ & - ((\text{元の帯域の売上}) - (\text{元の帯域に係るコスト})) \end{aligned}$$

上記の式で、「新しい帯域による売上」はゼロとする場合、(新しい帯域と元の帯域の売上合計) = (元の帯域の売上) であるため、DCF による評価は、実質的に、(元の帯域に係るコスト) - (新しい帯域と元の帯域に係るコスト) により計算される。つまり、新しい帯域による売上増はゼロとする場合、計算の考え方は AP 法に近い形になる。AP 法は、CAPEX, OPEX の毎年のキャッシュアウトの差分の現在価値を単純に比較していたが、DCF 法 の場合はフリーキャッシュフローに変換された形の CAPEX, OPEX の現在価値 を評価することになる。

以下、ドコモとイー・モバイルの売上と利益を算定し、DCF 法を適用するプロセスを記載する。

売上については、ARPU × 加入者数により将来の利用者の推定を行う。ARPU、加入者数は各社から公開されている数値を利用する。

ドコモとイー・モバイルの ARPU は、下表のように推移している (2010-2011 は各社発表値を参考)。モデル上では、2013 年以降、2 社とも今後の ARPU の年平均成長率は -5% になると想定し試算する。

円	2010 年度	2011 年度	2012 年度(予)	2013 年度(予)	...	2034 年度(予)
ドコモ	5,070	5,140	4,850	4,608	...	1,569
イー・モバイル	3,160	2,750	2,680	2,546	...	867

図表 15 : ARPU トレンドの設定値

加入者は、2013 年以降、対前年比率 3% で継続的に増加していくという仮定を置き、以下のように推移していくと仮定する。

人	2010 年度	2011 年度	2012 年度	2013 年度(予)	...	2034 年度(予)
ドコモ	54,162,200	57,445,400	60,395,700	62,207,571	...	115,724,407
イー・モバイル	2,537,300	3,341,000	4,140,000	4,264,200	...	7,932,668

図表 16 : 加入者数トレンドの設定値

売上 = ARPU × 12 カ月 × 加入者数としているため、売上は、2 社とも、前年比 2.15% 減 (95% * 103% - 1 = -2.15%) となる前提 で算定を行うことになる。すると売上は以下のように推移するこ

とになる。この売上は、通信事業部分の売上であり、それ以外の付帯事業の売上は含まれていない。例えば、実際の携帯電話会社の売上の一定部分は、携帯端末の再販により占められているが、再販部分の売上も含まれていない。

百万円	2011 年度	2012 年度	2013 年度	...	2034 年度
ドコモ	3,543,232	3,515,030	3,439,457	...	2,179,050
イー・モバイル	110,253	133,142	130,280	...	82,538

図表 17：通信事業の売上想定値

次に、コスト費目は、接続会計報告書にある費目の中から、基地局数に連動するものではないと想定される以下の費目に関しては、売上に連動すると仮定する。対売上比率は、2011 年のドコモの接続会計報告書における、各費目の対売上比を参考にしている。今後もこれら費目については、対売上比率が継続すると仮定する。

コスト費目	対売上比率
営業費	25.0%
試験研究費	2.1%
固定資産除却費	1.1%
租税公課	1.2%

図表 18：売上連動するコスト費目と対売上比設定

施設保全費、共通費、管理費、通信設備使用料など、主として基地局数の方に連動すると想定される費目については、AP 法の際に算出した毎年の数値を採用する。

最後に減価償却分については、2011 年度末までの資産の未償却残高については、今後 15 年かけて償却が進むと仮定する。2012 年の減価償却額は、2011 年の減価償却額×14 / 15、2013 年の減価償却額は 2011 年の減価償却額×13 / 15 となっていくと仮定し、2026 年以降は、ゼロになるとする。一方、2012 年以降新規に投資した CAPEX 資産 については、15 年償却すると仮定する。例えば、2013 年のこの部分の償却額は、(2012 年の CAPEX / 15 + 2013 年の CAPEX / 15) となる。

売上からコストを引いた利益から税金（税率 40%とする）を差し引くと、税引き後営業利益 (NOPAD: Net Operating Profit After Tax)が算定される。

百万円	2011 年度	2012 年度	2013 年度	...	2034 年度
ドコモ	883,279	790,512	687,591	...	591,422
イー・モバイル	12,818	17,527	12,991	...	1,804

図表 19：NOPAD 算定結果

DCF 法を用いる際は、以下の数式で表わされるフリーキャッシュフロー(FCF)を用いる。

$$FCF = NOPAD + \text{減価償却額} - \text{設備投資額} - \text{運転資本の増加額}$$

運転資本の増加額は±0 と仮定し、減価償却額は上述の数値を再利用し、設備投資額は CAPEX に等しいとすることで、毎年の FCF が算出される。

百万円	2011 年度	2012 年度	2013 年度	...	2034 年度
ドコモ	1,546,710	1,221,607	1,080,564	...	590,452
イー・モバイル	29,434	14,222	13,437	...	1,840

図表 20：フリーキャッシュフロー(FCF)算定結果

2013 年から 15 年の FCF を、WACC としてドコモは 3.37%、イー・モバイルは 4.11% で割り引いた現在価値を算定する。以上のプロセスを、新規割り当てを受けないベースケース、800MHz 帯に新規割り当てを 2x10MHz 受けるケース、1.7GHz 帯に新規割り当てを 2x10MHz 受けるケース、2GHz 帯に新規割り当てを 2x10MHz 受けるケースについて算定し、それぞれの差分を取ったものがそれぞれの帯域の現在価値といえることができる。

(単位:百万円)	2011 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度	...	2034 年度
売上	3,543,232	3,515,030	3,439,457	3,365,508	...	2,179,050
営業費	885,808	878,757	859,864	841,377	...	544,763
試験研究費	74,408	73,816	72,229	70,676	...	45,760
固定資産除却費	38,976	38,665	37,834	37,021	...	23,970
租税公課	42,519	42,180	41,273	40,386	...	26,149
その他 OPEX	365,960	531,180	683,681	763,963	...	363,261
既存投資分の減価償却	663,431	619,202	574,974	530,745	...	0
その他 CAPEX の償却	0	13,708	23,618	23,618	...	189,445
税引き前営業利益	1,472,131	1,317,521	1,145,984	1,057,723	...	985,704
税引き後営業利益	883,279	790,512	687,591	634,634	...	591,422
(total CAPEX)		201,816	205,619	148,650	...	190,414
FCF	1,546,710	1,221,607	1,080,564	1,040,346	...	590,452
From Start Year	-2	-1	0	1	...	21
discount rate	3.37%	3.37%	3.37%	3.37%	...	3.37%
discount rate multiplier		103.37%	100.00%	96.74%	...	49.86%
FCF*multiplier			1,080,564	1,006,430	...	294,374
15 年の DCF '13-'27	11,408,248				...	

図表 21：通信事業部分の財務予測（ドコモベースケース）

(単位:百万円)	2011 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度	...	2034 年度
売上	110,253	133,142	130,280	127,479	...	82,538
営業費	27,563	33,286	32,570	31,870	...	20,635
試験研究費	2,315	2,796	2,736	2,677	...	1,733
固定資産除却費	1,213	1,465	1,433	1,402	...	908
租税公課	1,323	1,598	1,563	1,530	...	990
その他 OPEX	18,620	27,025	33,434	36,291	...	17,161
既存投資分の減価償却	37,856	35,332	32,809	30,285	...	0
その他 CAPEX の償却	0	2,430	4,083	4,083	...	38,104
税引き前営業利益	21,363	29,212	21,652	19,342	...	3,007
税引き後営業利益	12,818	17,527	12,991	11,605	...	1,804
(total CAPEX)	21,240	41,067	36,446	24,801	...	38,069
FCF	29,434	14,222	13,437	21,172	...	1,840
From Start Year	-2	-1	0	1	...	21
Real discount rate	4.11%	4.11%	4.11%	4.11%	...	4.11%
Real discount rate multiplier	108.39%	104.11%	100.00%	96.05%	...	42.92%
FCF*multiplier			13,437	20,336	...	790
15 年の DCF '13-'27	199,389				...	

図表 22 : 通信事業部分の財務予測 (イー・モバイルベースケース)

以上のプロセスで、ベースケース (新規割り当てを受けないケース)、800MHz 帯に 20MHz の新規割り当てを受けるケース、1.7GHz 帯に 20MHz の新規割り当てを受けるケース、2GHz 帯に 20MHz の新規割り当てを受けるケースについて、それぞれ計算を行った結果、以下のように整理された。

億円	各ケースの 15 年分の DCF				周波数価値		
	ベースケース	800MHz 帯に 20MHz 追加	1.7GHz 帯に 20MHz 追加	2GHz 帯に 20MHz 追加	800MHz 帯の 20MHz の価値	1.7GHz 帯の 20MHz の価値	2GHz 帯の 20MHz の価値
ドコモ	114,082	120,416	119,905	119,413	6,334	5,822	5,330
イー・モバイル	1,994	3,078	2,723	2,571	1,084	729	577

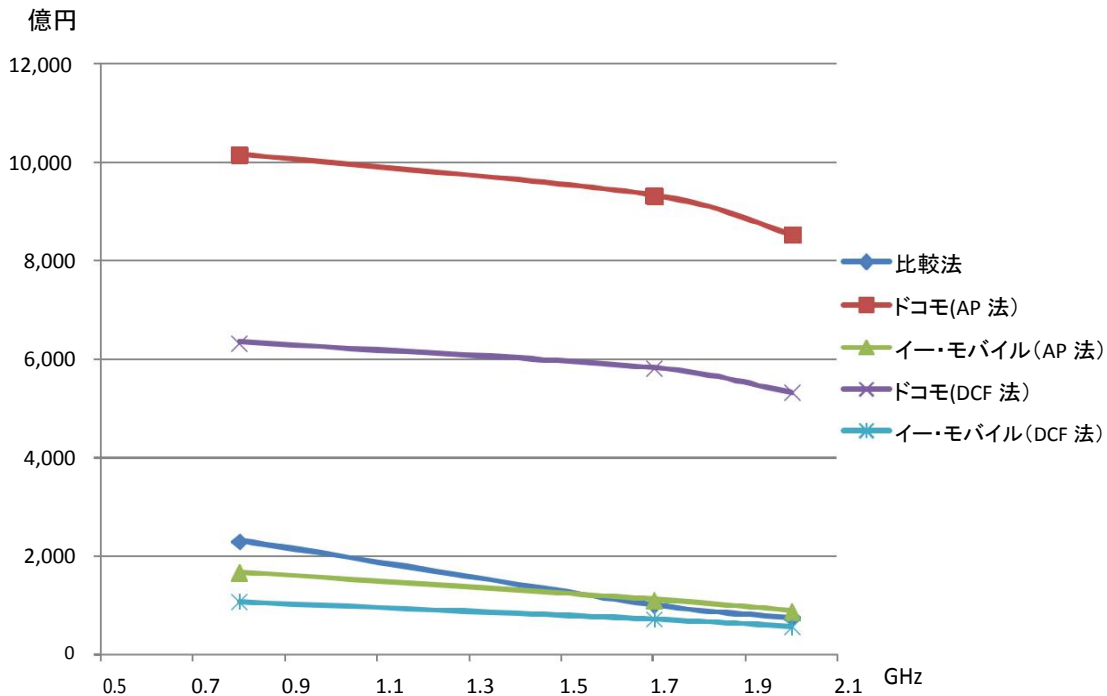
図表 23 : 各ケースの DCF と周波数価値算定結果

上記の表の見方として、例えば、ドコモのベースケースにおける 15 年間の DCF は 11 兆 4082

億円である。800MHz 帯に 20MHz の新規割り当てを受けた場合、これが 12 兆 416 億円になる（売上の増分は無いという前提で計算しているため、DCF の増分は、全て設備投資コストの減少からもたらされている）。この差分が電波の価値であるとする、ドコモにとって 800MHz 帯の 20MHz、15 年ライセンスには 6334 億円の価値がある、と計算されることになる。

計算結果の比較

以上のように、比較法及び、AP 法、DCF 法によるドコモ、イー・モバイルの 2 社について、800MHz 帯、1.7GHz 帯、2.0GHz 帯の 15 年 20MHz の価値算定を行った。結果をまとめると、以下のグラフのようになる。



図表 24 : 各手法の算定結果まとめ

ドコモの 2 つの結果(AP 法、DCF 法)と、その他の結果が乖離している。しかし、これは当然で、オークションの際、落札額の価格形成を行うのは、最大手事業者ではなく、多くの場合、高額の入札が出来ない事業者であるためである（ドコモの計算結果は、周波数の市場価値推定としての意味はないが、これ以上の価格がつくことは無い、というリファレンスとしての意味はある）。

今回のモデルでは、AP 法、DCF 法とも、将来の基地局数や設備投資額を見積もるボトムアップアプローチと呼ばれる方法で計算を行っている。ボトムアップアプローチの最大の課題は、設備単価のトレンドに対して、計算結果が特にセンシティブに反応する一方で、設備単価のトレ

ドこそが、最も推定しにくいパラメータであるという点である。今回のモデルにおいては、設備単価トレンドは、全項目を年率 10%減とする、という設定に基づいて計算している。しかし、15 年や 20 年といった長期にわたるライセンス期間において、設備単価トレンドを正確に予測することは難しい。英国の通信業界規制当局である OFCOM は、2013 年に行われた周波数オークションに先だって、当該帯域の価値の評価を行った。ベンチマーキング（比較法）とビジネスモデリング（DCF 法と見られる）に基づいて周波数の価値を評価した。しかし、その結論は、「ビジネスモデリングの結果は、前提の置き方によって結果が大きく変化するため参考程度にとどめる」、というもので、実質的には比較法の結果だけを元に価値の評価を行った。やはり、モデルシミュレーションには限界があることは間違いない。しかし、もし、周波数オークションが導入されることになった場合、通信事業者は、上述のようなモデルシミュレーションを複数シナリオに基づき計算し、入札額の上限を決めることになると見られる。

また、今回の AP 法、DCF 法のモデルでは、各帯域に 20MHz の帯域だけを新規割り当てすることを前提として試算している。より多くの帯域とセットで獲得する場合収穫逓減効果が働き今回の試算結果より 1MHz 当たりの周波数の価値が下がる可能性もある。一方で、キャリアアグリゲーションのような技術により、1MHz 当たりの周波数の価値が上がる可能性もある。

CCA(Combinatorial Clock Auction)などパッケージオークションが導入された場合の価値の算定は、今後の検討課題である。

全体的な結論として、比較法の数値を取るならば、我が国における 15 年 20MHz 分の周波数の相場は 800MHz 帯で 2300 億円前後、1.7GHz 帯で 1000 億円前後、2GHz 帯で 750 億円前後といった水準になると想定される。

2GHz 帯でドコモが 15 年ライセンス 20MHz 幅を 750 億円で落札したとして、落札費用を 1 年間の費用負担に置き換えた場合、750 億円/15 年=50 億円である。電気通信事業の営業利益が 1 兆円を超えるドコモにとっては、経営を圧迫するほどの負担ではないと見られる。

終わりに

今回 3 つの方法で周波数の価値を算定した。実際にオークションが導入された場合、価格形成はオークション制度設計に大きく依存する。このため、実際にオークションが開催された場合、この通りの価格におちつくかどうかはわからないが、一つの目安になると思われる。

比較法は、事業者の状況に依らない周波数の一般的な価値を見るため上で説得力がある。このため規制当局（政府）にとって有用な方法である。一方、AP 法、DCF 法などのビジネスモデリング手法は、いくつかのパラメータに敏感に反応する不安定なモデルではあるが、自社や他社の置かれた条件をモデルに折り込み、特定の帯域の相対的な価値を算出することができる。実際のオークションが開かれる前には、事業者は、自社にとっての周波数の価値、他社にとっての周波数の価値をそれぞれ算出し、相手の入札戦略も予想しながら、入札価格の上限を決めていくこと

になる。事業者にとって入札戦略を決める上では、ビジネスモデリング型の計算手法は非常に重要であると考えられる。

また、今回の簡易なモデルからでも明らかなように、ドコモにとっての周波数の価値とイー・モバイルにとっての周波数の価値は、どの帯域でも大きく異なる。つまり、もし我が国で周波数オークションが導入される場合、新規参入者の扱いは大きな課題となる。イー・モバイルは実際にはソフトバンクの傘下に入っているため、独立したオペレータとは言い難いが、ドコモやソフトバンクとの体力差は大きすぎる。同一条件でオークションを行った場合、イー・モバイルが大

手3社に勝てる見込みは殆ど無い。多くの国で、新規参入者のために優遇条件をつけたオークション制度設計がなされているように、我が国でも制度設計の工夫が必要である、ということが示唆される。

オークションが導入されるべきかどうかは、最終的には政治の判断である。上述のように、オークション制度設計と落札額には強い関係があるため、今回の試算結果が、仮に将来オークションが導入された時の落札額と一致する可能性は高いとは言えない。しかし、議論活性化の一助になればと期待している。

参考文献

“Spectrum value of 800MHz, 1800MHz and 2.6GHz” A DotEcon and Aetha Report for Ofcom
(July 2012)

"Assessment of future mobile competition and award of 800 MHz and 2.6 GHz Statement" OFCOM
(24 July 2012)

"Valuation of public mobile spectrum at 1710-1785 MHz and 1805-1880 MHz A report for the
Department of Broadband Communications and the Digital Economy" plum consulting (28th June
2011)

"Valuation of public mobile spectrum at 825-845 MHz and 870-890 MHz A report for the Department
of Broadband Communications and the Digital Economy" plum consulting (15 September 2011)

"Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2010–2015" Cisco
Systems (February 1, 2011)

<http://nmhh.hu/dokumentum/715/arveres_eredmenye.pdf> Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság

<http://nmhh.hu/dokumentum/700/eljarast_lezaro_hatarozat_900mhz_webre.pdf> Nemzeti Média- és
Hírközlési Hatóság

<<http://www.anacom.pt/render.jsp?contentId=1106646>> ANACOM

“Décision relative au compte rendu et au résultat de la procédure d’attribution d’autorisations
d’utilisation de fréquences dans la bande 800 MHz en France métropolitaine pour établir et exploiter
un réseau radioélectrique mobile ouvert au public” ARCEP (22 December 2011)

“Procedura per l’assegnazione di diritti d’uso delle frequenze nelle bande 800, 1800, 2000 e 2600
MHz Fase dei miglioramenti competitivi” Ministero dello Sviluppo Economico Dipartimento per le
Comunicazioni Direzione Generale per i servizi di comunicazione elettronica e radiodiffusione

“NOTA INFORMATIVA SOBRE LA SUBASTA DE ESPECTRO” MINISTERIO DE INDUSTRIA,
TURISMO Y COMERCIO (July 29, 2011)

<<http://www.pts.se/en-gb/industry/radio/auctions/licences-in-800-mhz-band/>> Swedish Post and Telecom Authority

<<http://www.dba.erhvervsstyrelsen.dk/800-mhz-auction>> Danish Business Authority

<<http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Telekommunikation/Regulierung/Frequenzordnung/OeffentlicherMobilfunk/VergabeverfDrahtloserNetzzugang/Frequenzversteigerung2010/PraesentationEndeFrequVerstgrg.pdf>> Die Bundesnetzagentur

<http://wireless.fcc.gov/auctions/default.htm?job=auction_factsheet&id=73> Federal Communication Commission

“Auction No. 71 - Broadband PCS” Federal Communication Commission

<http://wireless.fcc.gov/auctions/default.htm?job=auction_summary&id=58> Federal Communication Commission

<http://www.dot.gov.in/as/Auction%20of%20Spectrum%20for3G%20&%20BWA/Auction%20results/3G_Auction_-_Final_Results.pdf> Department of Telecommunication, India

<<http://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf09002.html>> Industry Canada

<http://www.postel.go.id/info_view_c_26_p_1352.htm> Direktorat Jenderal Sumber Daya dan Perangkat Pos dan Informatika

“接続会計報告書 2011 年度” NTT ドコモ

本報告書に関するお問い合わせ先：

株式会社野村総合研究所 コンサルティング事業本部
廣戸 健一郎 (k-hiroto@nri.co.jp)

当報告書の無断転載・複製を禁じます。すべての内容は日本の著作権法および国際条約により保護されています。
Copyright© 2013 Nomura Research Institute, Ltd. All rights reserved. No reproduction or republication without written permission.