

周波数の経済的価値の考え方、評価手法について

周波数の経済的価値の考え方、評価手法について

1. 周波数の経済的価値の考え方

- 周波数の有する「経済的価値」は様々な捉え方が考えられる。

①周波数を保有する
事業者の収益への貢献

周波数を利用してサービスを提供することでその事業者が
得られる収益や企業価値、その他戦略的価値等

②他の事業者や
関連産業の収益への貢献

事業者が提供するサービスを利用することでその事業者が
得られる収益や企業価値、関連産業の市場規模等

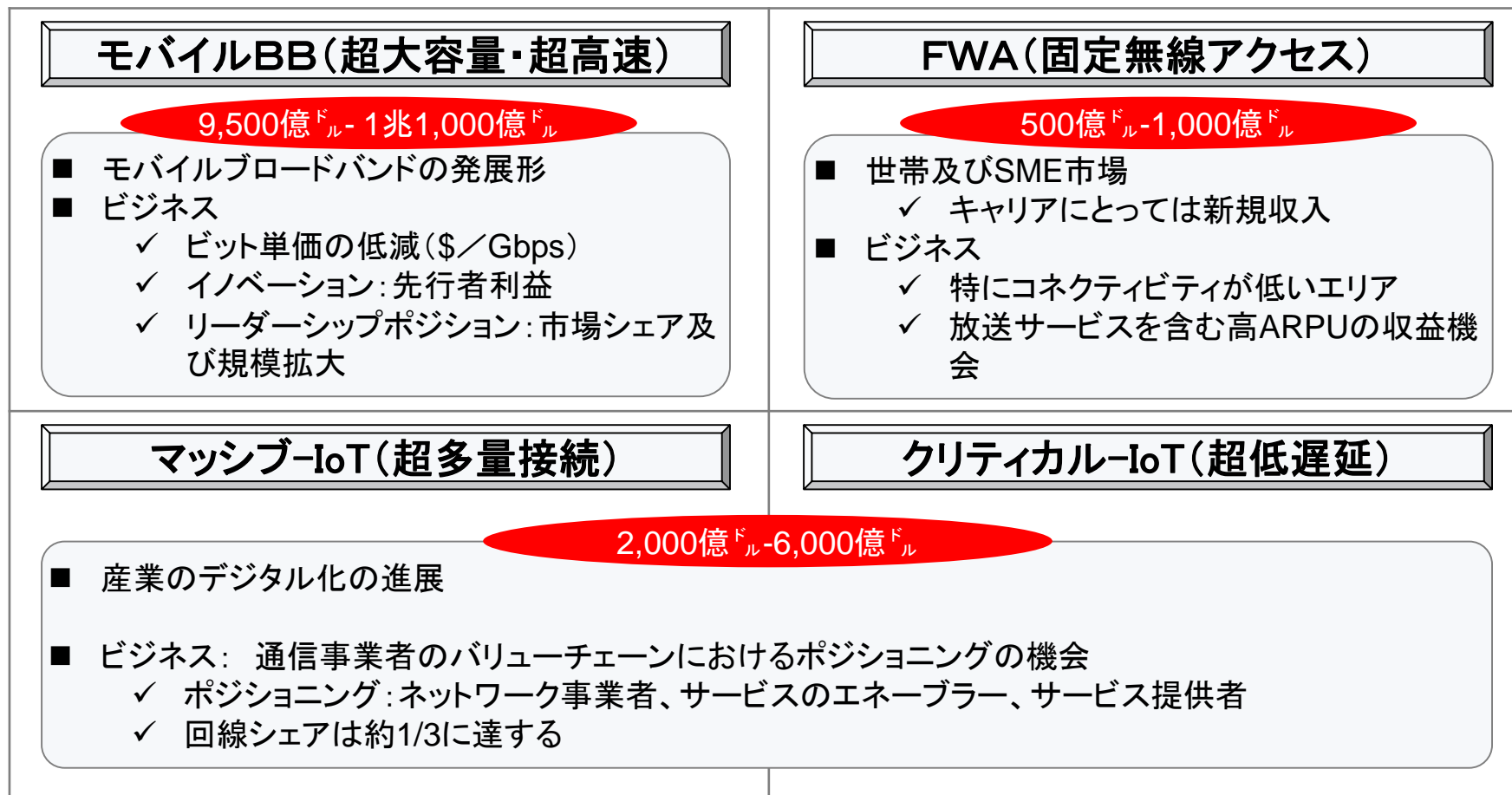
③上記がもたらす
経済的な波及効果

①・②にて周波数を利用する際の投資や生産性向上に伴う
潜在的な経済成長への貢献、消費者が得る便益の変化等

(参考)5Gの市場規模

- Ericssonによる試算では、5Gの市場規模(グローバル)は、下図のとおり、モバイルブロードバンドで9,500億ドル～1兆1,000億ドル、FWAで500億ドル～1,000億ドル、IoT系で2,000億ドル～6,000億ドルが見込まれている。

図. 5G市場規模の概算(例)



出所)Ericsson資料より

(参考)5Gの経済波及効果

- IHS社によれば、5Gの関連生産額(市場規模相当)は、2035年時点で全世界で3.5兆ドル(約420兆円)に上る。
- 産業別では、農林水産業・情報通信(主に通信回線として)・製造業・公共サービス・卸売/小売のインパクトが大きい。
- 超大容量、大量接続、超低遅延の5Gの性能が貢献する産業や用途は異なる。
- 日本における5G市場規模はグローバル市場全体の約14%を占める。

図. 5Gによる産業別の生産額

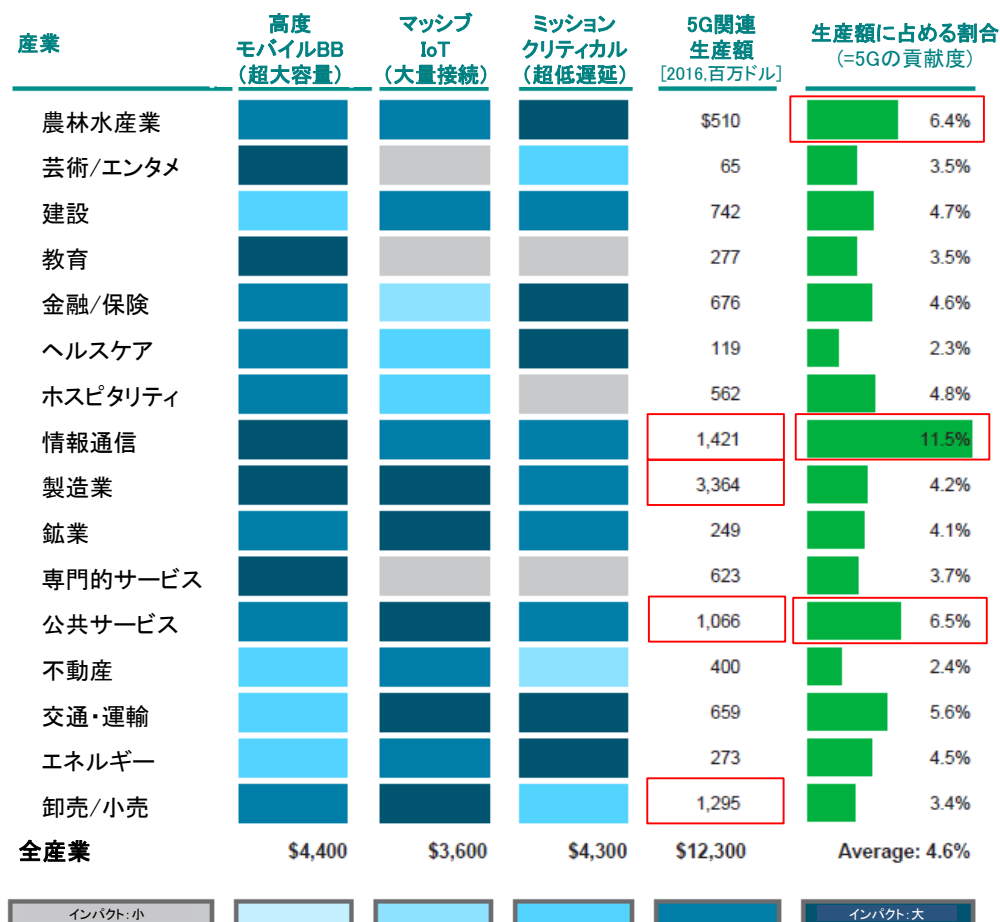


図. 国別の生産誘発額・雇用創出



出所) IHS “The 5G economy: How 5G technology will contribute to the global economy”

2. 周波数の経済的価値の評価手法 ①手法の分類

- 周波数の経済的価値を評価するための手法は多岐にわたり、政策においては、周波数オークションにおける最低落札価額の設定等において、各国の事情に合わせた手法が採用されている。
- そのアプローチは3つに大別され、「**比較法(オークション落札結果)**」「**AP法**」「**収益還元法**」が代表例である。

表. 手法の分類及び特徴

アプローチ	考え方	主な手法の分類	手法の概要
① ベンチマーキング アプローチ	他地域・市場における、周波数の価値が内在する指標について基準化して比較する方法。比較対象とする指標で分類できる。	周波数オークション落札結果の比較法	他地域・国における周波数オークション落札結果を、帯域幅・人口・通貨・免許期間等の変数で基準化(単価を算出)することで比較。
		周波数を保有する事業者の企業価値(その他帯域幅等の販売価格等)に基づく比較法	周波数を保有する企業の価値から、周波数以外の資産の価値を減じることで当該周波数の価値を算出。
② 機会コスト アプローチ	周波数を利用することで代替手段と比較して回避できるコストや得られる収入に着目して算出する方法。計算対象及び方法により分類できる。	Cost Reduction Value法 (コスト削減価値手法:AP法※ ¹) ⇒Engineering Modeling	周波数を利用することで削減されるネットワーク関連コストを当該周波数の価値(工学的な価値)として算定。
		Discounted Cash Flow Value法 (収益還元法※ ²) ⇒Business Modeling	周波数を利用することで将来にわたり得られる収益の現在価値を当該周波数の価値(経済的な価値)として算定。
③ 経済分析的 アプローチ	周波数の経済貢献や指標間の因果関係を実証的に算出する方法。分析の手法で分類できる。	マクロ経済分析手法	周波数による経済への影響をミクロ(個人・世帯・企業)からマクロ(国全体)レベルで計測。
		計量経済学手法	需要(GDP・人口・携帯電話普及率等)と供給(周波数帯域等)から成る経済モデルより算定。

※1: Administrative Pricingの略。本資料では便宜上「AP法」と呼ぶ。

※2: Discounted Cash Flow (DCF) Value法は、その一つの手法である。本資料では便宜上「収益還元法」と呼ぶ。

出所)ITU “Exploring the Value and Economic Valuation of Spectrum”(2012年4月)等を参考に作成

2. 周波数の経済的価値の評価手法 ②計算方法

- 代表的な評価手法の計算方法は下表のとおりである。
- 各手法においては、利用可能なデータや各種前提条件に基づき算定するため、一般的に値は一意には決まらない。特に、AP法及び収益還元法はパラメータを詳細に設定する必要がある。

表. 主要な手法の計算方法

手法	概要・ポイント	具体的な計算方法例	使用するデータ・パラメータ
比較法	<ul style="list-style-type: none"> 周波数オークション価格（落札額）を参考に、自国の人口や実質価格差を考慮して換算する。 	<ul style="list-style-type: none"> 比較対象国の周波数オークションの落札額価格を、購買力平価（PPP）及び消費者物価指数（CPI）を考慮して統一の通貨（円）に換算する。 必要に応じて、割引率に基づき試算期間中の現在価値を算出し、免許期間の違いを反映する。 	<ul style="list-style-type: none"> 周波数オークションの実績及びその他諸条件 購買力平価（PPP）、消費者物価指数（CPI） 割引率（WACC等）
AP法	<ul style="list-style-type: none"> 事業者が対象周波数帯を用いてサービスを行う場合と、用いずに他の代替手段で同様のサービスを提供する場合の費用差を算定する。 	<ul style="list-style-type: none"> 事業者の全国の年間トラヒックの増加量を推定する。（設備増設が必要な地域を抽出する等で精査） 新たな割当て周波数で増設する場合と、割当済周波数で増設する場合の設備量を計算する。 設備量に設備単価を乗じる等で、当該金額の差を算出する。 	<ul style="list-style-type: none"> トラヒックデータ 基地局設置数・単価 周波数帯域別のトラヒック処理能力やカバレッジ
収益還元法	<ul style="list-style-type: none"> 事業者が対象周波数帯を用いて事業を行った場合の収益を算定する。 	<ul style="list-style-type: none"> 事業者が対象周波数帯を用いて提供するサービスについて必要に応じて定義する。 当該サービスを提供した場合の事業等期間中の各年の収益（収入－費用）を推計する。 各年度の収益について、割引率を用いて現在価値に割り引き、免許期間にわたって累積する。 	<ul style="list-style-type: none"> 収入計算の前提となる契約者数・ARPU等 費用計算の前提となるOPEX／CAPEX 割引率（WACC等）

2. 周波数の経済的価値の評価手法 ③手法の比較

- 各手法はそれぞれメリット・デメリットを有しており、「**万能な**」手法は存在しない。
- 評価手法の設計や結果の解釈にあたっては、我が国の周波数割当などの制度設計、割当時の競争環境など、あらゆる要因の反映は困難であるため、**各手法の有効性や限界を認識する必要**がある。

表. 代表的手法のメリット・デメリット等

手法	メリット	デメリット	想定される課題
比較法	<ul style="list-style-type: none"> • 通信の利用状況や通信事業者の競争状況等が類似している(=経済的価値が近い)国・市場の事例が豊富にある場合、精度の高い導出ができる。 • 複数の事例に基づき、一定の幅として目安を図ることができる。 	<ul style="list-style-type: none"> • 事例が少なく、落札額の高騰などの特異的事例があると、信頼性が下がる。 • 周波数帯や実施時期が異なる場合、電波の物理的特性に基づく本質的価値や市場の周波数に対する評価が変わるため、純粋な比較が難しい。 	<ul style="list-style-type: none"> • 5Gやミリ波を対象とした事例(サンプル数)が限られている。 • オークションや二次取引制度など、我が国に無い前提を排除できない。
AP法	<ul style="list-style-type: none"> • 設備やコストのみに着目することから精度を高めることができ、比較的、ロバストな算定が可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> • 比較対象同士で、電波の使い方や収益構造が変わらない前提である必要があり、周波数の経済的価値が必ずしも反映されない(ただし、経済的価値の定義に拠る)。 	<ul style="list-style-type: none"> • 比較対象とする代替手段(セカンドオプション)を設定する必要がある。 • 割当済の周波数がない新規参加者には使用できない。
収益還元法	<ul style="list-style-type: none"> • 周波数を利用することで事業者の収入の増分が見込まれる(市場が成長する)と想定される場合に適している。 • 周波数の変動幅が大きい(全く獲得しないか、大量に獲得するかの二択など)場合に適している。 	<ul style="list-style-type: none"> • 割当済の周波数帯の多寡や、収入及び費用について事業者によって置くべき前提条件が多く、また自明でないことから変動しやすい。 • そのため、現実と異なり、過大評価(あるいは過小評価)される傾向となる。 	<ul style="list-style-type: none"> • 対象周波数帯の利用方法や5Gサービスについて前提条件を設定する必要がある。

出所)ITU “Exploring the Value and Economic Valuation of Spectrum”(2012年4月)等を参考に作成

諸外国の周波数オークションの動向（比較法の観点）

1. 各国における5Gオークションの落札結果

帯域区分	帯域	国名	帯域幅※ ¹ (MHz)	落札総額 (百万:[通貨])	落札総額※ ² (億円)	平均落札額 ※ ³ (円/MHz/pop)
サブ 6GHz帯	700MHz	イタリア	75	2,283 [EUR]	2,428	53.56
	700MHz 1400MHz 3.5GHz	スイス	60 75 300	379 [CHF]	410	10.95
	3.4GHz	英国	150	1,164 [GBP]	1,568	15.72
	3.4GHz	オーストリア	390	188 [EUR]	224	6.48
	3.5GHz	フィンランド	390	77 [EUR]	92	4.26
	3.5GHz	韓国	280	2,996,000 [KRW]	2,726	18.86
	3.6GHz	スペイン	200	438 [EUR]	521	5.58
	3.6GHz	豪州	125	853 [AUD]	625	20.00
	3.6GHz	独国	300	4,176 [EUR]	4,970	19.98
	3.7GHz	イタリア	200	4,346 [EUR]	5,172	42.79
	ミリ波帯	24GHz	米国	700	2,024 [USD]	2,185
26GHz		イタリア	1000	164 [EUR]	195	0.32
28GHz		韓国	2400	622,300 [KRW]	566	0.46
28GHz		米国	850	703 [USD]	759	0.27

※1: 落札された帯域幅を示す(イタリアの700MHzオークションでは、下り専用のFDD免許15MHz幅は入札者なしで流札となった)

※2: 各通貨の円換算レートとして次の値を使用 (USD/円:108.0, EUR/円:119.0, GBP/円:134.7, AUD/円:73.3, KRW/円:0.091, CHF/円:108.3)

※3: 免許期間は考慮(補正)していない

(周波数帯順)

2. 各国における5Gオークションの落札結果(詳細情報)(1/2)

国名	実施時期	対象	免許期間	最低落札額	落札合計額	落札者数 /入札者数	カバレッジ義務
米国	2018年 11月14日 ～ 2019年 1月24日	28GHz帯 (850MHz幅)	10年を 超えない 期間	4,067万ドル(44億円) (1ブロック(425MHz)2,033万ドル(22億円)×2) 都市部:0.002ドル(0.22円)/MHz/人口 中間部:0.0004ドル(0.043円)/MHz/人口 地方部:0.0002ドル(0.022円)/MHz/人口 ※郡(1536件)単位でのオークション。全米3232郡の うち、残る1696郡の免許は既に割当済み	7億257万 ドル (759億円)	33/40	10年で免許地域内の人口カバー40%又は 地理的カバー25%(固定(無線)によるカ バーでも可)
	2019年 3月14日 ～ 5月28日	24GHz帯 (700MHz幅)	10年を 超えない 期間	2億9,354万ドル(317億円) (1ブロック(100MHz)4,210万ドル(45億円)×7) 都市部:0.002ドル(0.22円)/MHz/人口 中間部:0.0004ドル(0.043円)/MHz/人口 地方部:0.0002ドル(0.022円)/MHz/人口 ※PEA(416件)単位でのオークション	20億2,427万 ドル (2,185億円)	29/38	10年で免許地域内の40%の人口カバー又 は地理的カバー25%(固定(無線)によるカ バーでも可)
英国	2018年 2～4月	3.4GHz帯 (150MHz幅)	なし	3,000万ポンド(40億円) (1ブロック(5MHz)100万ポンド(1億3,000万円)×30)	11億6,398万 ポンド (1,568億円)	4/5	なし
独国	2019年 3月19日 ～ 6月12日	3.6GHz帯 (300MHz幅)	20年	4,960万ユーロ(59億円) 3400～3420MHz: 1ブロック(20MHz)200万ユーロ(2億4,000万円)×1 3420～3700MHz: 1ブロック(10MHz)170万ユーロ(2億円)×28	41億7,553万 ユーロ (4,970億円)	4/4	・既存事業者:2022年末までに100Mbpsで世帯カ バー98%及び主要鉄道・道路沿線整備(割当済み 周波数含む)並びに5G基地局を1000局(うち不感 地域に500局)整備 ・新規事業者:2025年末までに世帯カバー25%(速 度要件なし)・5G基地局1000局整備
韓国	2018年 6月15～ 18日	3.5GHz帯 (280MHz幅)	10年	2兆6,544億ウォン(2,416億円) (1ブロック(10MHz)948億ウォン(86億円)×28)	2兆9,960億 ウォン (2,726億円)	3/3	無線局開設届出が必要な基地局(屋内基地 局を含む)15万局 (3年で22,500局、5年で45,000局)
		28GHz帯 (2400MHz幅)	5年	6,216億ウォン(566億円) (1ブロック(100MHz)259億ウォン(24億円)×24)	6,223億 ウォン (566億円)	3/3	届出基地局に設置された装置(アンテナ、無 線ユニット等)10万台(3年で15,000台)
豪州	2018年 11～12月	3.6GHz帯 (125MHz幅)	10年 8ヶ月	1億8,540万豪ドル(136億円) 都市部:0.08豪ドル(5.9円)/MHz/人口(高帯域) 0.053豪ドル(3.9円)/MHz/人口(低帯域) 地方部:0.03豪ドル(2.2円)/MHz/人口	8億5,300万 豪ドル (625億円)	4/4	なし

2. 各国における5Gオークションの落札結果(詳細情報)(2/2)

国名	実施時期	対象	免許期間	最低落札額	落札合計額	落札者数 /入札者数	カバレッジ義務
イタリア	2018年 9月10日～ 10月2日	700MHz帯 (75MHz幅)	15年 6ヶ月	22億8,309万ユーロ(2,717億円) 新規枠:6億7,647万ユーロ(805億円)×1 FDD:3億3,382万ユーロ(402億円)×4 下り専用:8,455万ユーロ(101億円)×3	20億3,990万 ユーロ (2,428億円) ※下り専用は応札者なし	3/3	54か月以内に人口カバー99.4% (割当済み周波数を含む)
		3.7GHz帯 (200MHz幅)	19年	3億9,641万ユーロ(472億円) 3720～3800MHz:1億5,837万ユーロ(188億円)×1 3600～3720MHz: 80MHz幅:1億8,869万ユーロ(225億円)×1 20MHz幅:3,967万ユーロ(47億円)×2	43億4,682万 ユーロ (5,172億円)	4/4	72か月以内に人口5,000人以下 の自治体の10%をカバー
		26GHz帯 (1000MHz幅)	19年	1億6,293万ユーロ(194億円) (1ブロック(200MHz)3,258万ユーロ(39億円)×5)	1億6,369万 ユーロ (195億円)	5/5	なし
スイス	2019年 1月29日～ 2月7日	700MHz帯 (60MHz幅)	15年	1億134万スイスフラン(110億円) FDD:1ブロック(2×5MHz)1680万スイスフラン(18億円)×6 SDL:1ブロック(5MHz)420万スイスフラン(5億円)×3	3億7,929万 スイスフラン (410億円)	3/4	700MHz(FDD)が含まれる場合、 免許人は2024年末までに50% をカバー 700MHz(FDD)が含まれない場合、 2024年末までに50%をカバー
		1400MHz帯 (75MHz幅)		7,560万スイスフラン(82億円) (1ブロック(5MHz)420万スイスフラン(5億円)×18)			
		3.5GHz帯 (300MHz幅)		2,520万スイスフラン(27億円) (1ブロック(20MHz)168万スイスフラン(2億円)×15)			
フィン ランド	2018年 9月26日～ 10月1日	3.5GHz帯 (390MHz幅)	14年	6,500万ユーロ(77億円) 3410～3540MHz:2,300万ユーロ(27億円) 3540～3670MHz:2,100万ユーロ(25億円) 3670～3800MHz:2,100万ユーロ(25億円)	7,761万 ユーロ (92億円)	3/3	事業者自身の網が免許エリアの 最低35%をカバー
スペイン	2018年 7月18～26日	3.6GHz帯 (200MHz幅)	20年	1億ユーロ(119億円) (1ブロック(5MHz)250万ユーロ(3億円)×40)	4億3,800万 ユーロ (521億円)	3/4	なし
オースト リア	2019年 2月27日～ 3月6日	3.4GHz帯 (390MHz幅)	20年	3,049万ユーロ(36億円) (1ブロック(10MHz): 1万9,700～31万1,400ユーロ×39)	1億8,769万 ユーロ (224億円)	7/7	90MHz幅以上を獲得した全国事 業者は、2020年までに全国に 300基地局以上、2022年までに 1,000基地局以上を整備

備考: 仏国においては、3.5GHz帯域(400MHz幅)及び26GHz帯(1000MHz幅)を対象とした周波数オークションが予定されているが実施方法等の詳細は未定

収入・費用のモデリング (AP法・収益還元法の観点)

1. 基本的な考え方

- AP法/収益還元法ともに費用のモデリングが必要、収益還元法は加えて収入のモデリングが必要となる。

表. AP法及び収益還元法の算定対象(イメージ)

AP法

シナリオ	収入	費用	収益(収益率)
新たな周波数なし	100	80	20(20%)
新たな周波数 あり	100	70	30(30%)
差分	—	-10	—

ネットワークコストの削減分
を価値として算定

収益 還元法

シナリオ	収入	費用	収益(収益率)
新たな周波数なし	100	80	20(20%)
新たな周波数 あり	120	90	30(25%)
差分	20	10	10

収益の増分を
価値として算定

収入モデル

費用モデル

注)比較のため簡易的に表記

2. 具体的な計算方法・計算式

計算方法(収益還元法)

- 新たな周波数の獲得により、事業者が得る収益の現在価値は以下のとおり算定することが考えられる。

$$\left[\sum_{T=1}^{T=\text{試算期間}} \Delta \text{収入 (割当済, 新規)} - \sum_{T=1}^{T=\text{試算期間}} \Delta \text{費用 (割当済, 新規)} \right] * \text{割引率に基づく現在価値}$$

Δ:増分

計算の考え方

- 増分収益の計算式、各要素について、以下のようなパラメータが考えられる。

T年における(増分)収入

新たな周波数による
契約数の増分
(サービス別※1)

※1:新規サービスの場合は新規獲得契約数

×

新たな周波数による
ARPUの増分
(サービス別※2)

※2:新規サービスの場合はARPU

—

T年における(増分)費用

新たな周波数帯に対
応した設備量の増分
(設備別※3)

※3:新規設備の場合は単価

×

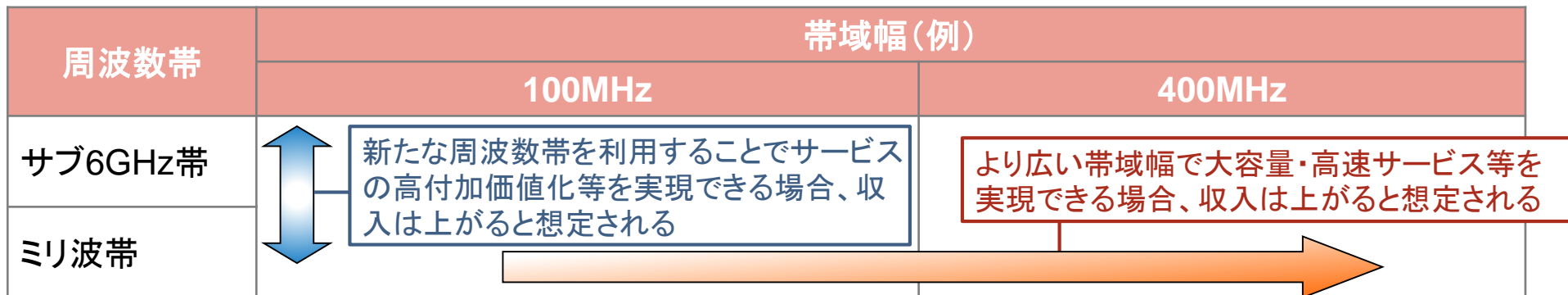
新たな周波数帯に対
応した設備単価増分
(設備別※4)

※4:新規設備の場合は単価

(増分)
収益 =

3. ARPUの増分の考え方

- 新規周波数帯のうちどの周波数帯を獲得するか、どの程度の帯域幅が新たに割り当てられるかによって収入の増分の考え方が異なる。



(参考) 理論的な最高伝送速度は下記より算出される(1コンポーネントキャリア(CC)あたり)。

- ✓ 100MHz幅: 2.5Gbps / 400MHz幅: 10Gbps となる。

【参考】1コンポーネントキャリア(CC)※あたりの理論的な最高伝送速度は、次式により算出

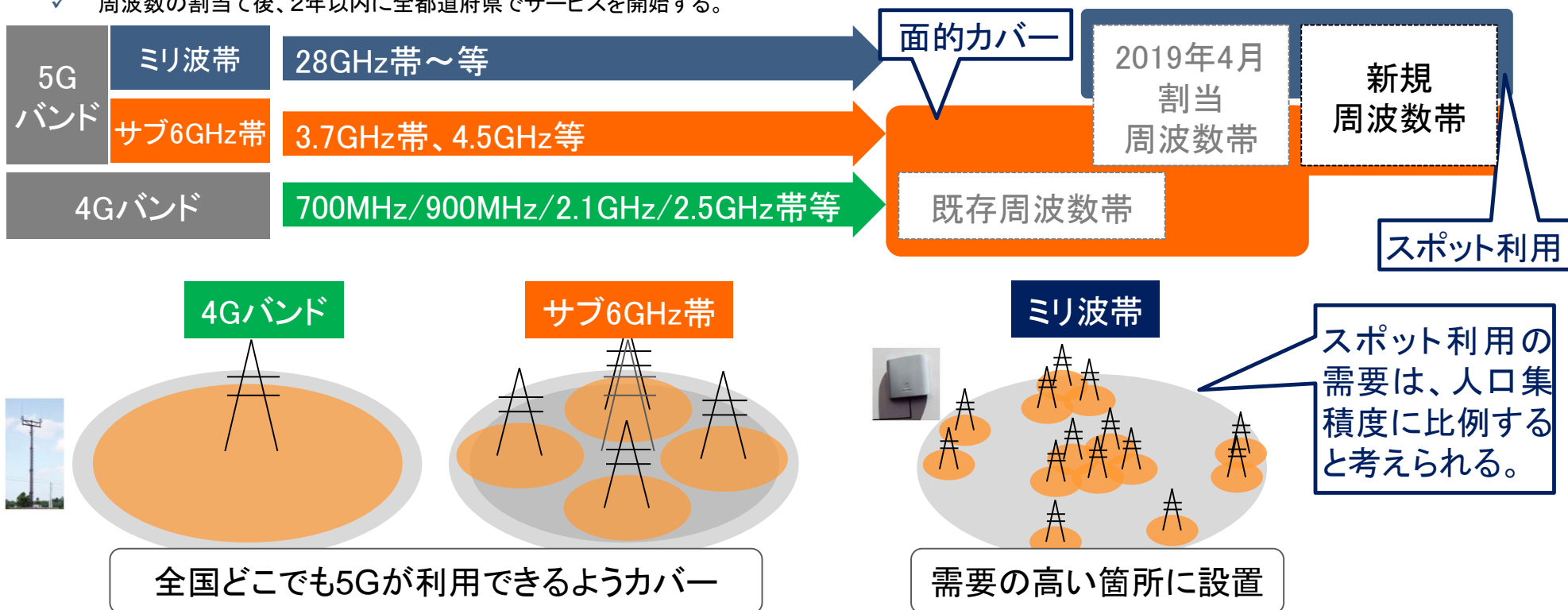
$$\text{Data rate [bps]} = N_{\text{MIMO}} \times N_{\text{MOD}} \times f \times R_{\text{MAX}} \times (N_{\text{RB}} \times 12 / T_{\text{symbol}}) \times (1 - R_{\text{OH}}) \times R_{\text{DL/UL}}$$

※キャリアアグリゲーションする場合の帯域幅の単位
(LTEのCCは最大20MHz)

N_{MIMO} : 最大MIMOレイヤ数
 N_{MOD} : 変調シンボルあたりのビット数
 f : UEのベースバンド処理におけるピークレートを算出するためのスケーリングファクター
 R_{MAX} : 最大符号化率
 N_{RB} : 1CCあたりのリソースブロック数
 T_{symbol} : 1OFDMシンボルあたりの時間長[sec]
 R_{OH} : 無線フレームあたりのオーバーヘッド率(参照信号や制御チャネルなど)
 $R_{\text{DL/UL}}$: TDDのUL/DLの割当て比率

4. 設備の増分の考え方

- 5Gサービスは既存周波数帯と2019年4月割当周波数帯に加え、新規周波数帯をキャリアアグリゲーションしていくことで高度化していくものと考えられる。
- 5G基地局は、最終的には既存周波数やサブ6GHz帯の周波数帯で面的にカバーし、ミリ波帯は需要の高いエリアでスポット的に用いると考えられる。
- スポット的な5G基地局について、2019年4月割当周波数帯の5G開設指針における以下の要件を十分に満たす基地局の数量の設定を行うことが考えられる。
 - ✓ 全国及び各地域ブロック別に、5年以内に50%以上のメッシュで5G高度特定基地局を整備する(対象メッシュ数:約4500)。
 - ✓ 周波数の割当て後、2年以内に全都道府県でサービスを開始する。



4. 設備の増分の考え方(設備ごと)

- 新たな周波数帯を獲得して、サブ6GHz帯は面的カバーサービスを、ミリ波帯はスポット的なサービスを提供する場合の設備増分は以下のように考えられる。
- 設計や調達、設備量等の違いを背景に設備投資額は各社により異なると考えられる。

表. 想定される設備の増分等

設備構成の概要	主な設備	設備の増分の考え方(例)	
		サブ6GHz帯	ミリ波帯
交換設備 及び 伝送路設備	インターネット	バックボーン回線	<ul style="list-style-type: none"> トラフィック増に伴う容量拡大
	交換設備	コア網	<ul style="list-style-type: none"> トラフィック増に伴う設備増強 (基地局数増分や帯域幅増分等に応じて)
	エントランス回線	<ul style="list-style-type: none"> トラフィック増に伴う既存回線の容量増 新設回線の新設 	
基地局設備	無線設備	<ul style="list-style-type: none"> 既存サイトにおける増設 	<ul style="list-style-type: none"> 既存及び新規サイトへの増設
	共通設備 (電源等)	<ul style="list-style-type: none"> 増設なし (無線設備を併設する場合) 	<ul style="list-style-type: none"> サイトの増設 (新設する場合)

4. 設備の増分の考え方(周波数帯及び帯域幅ごと)

□ 新規周波数帯のうち、周波数帯及び帯域幅によって設備の量や単価の増分が決まるものと考えられる。

周波数帯及び帯域幅の違いによる設備や費用の増分

周波数帯	帯域幅(例)	
	100MHz	400MHz
サブ6GHz帯	<ul style="list-style-type: none"> 帯域幅が大きいほどコア網やバックボーン等の必要容量が増大する 帯域幅が大きいほど、より高性能のアンテナが必要になる 	
ミリ波帯		

周波数帯・帯域幅と費用の関係(イメージ)

