

スペースセルラー検討タスクグループ 報告

令和3年2月3日

スペースセルラー検討タスクグループ

はじめに

- 昨今、小型の人工衛星の実用化が比較的容易になったことにより、通信の遅延時間が短い中・低軌道に打ち上げた多数の小型衛星を連携させて一体的に運用する「衛星コンステレーション」を構築し、高速大容量通信など多様なサービスを提供することが可能となってきている。
- このような中、衛星コンステレーションによる携帯電話向け非静止衛星通信サービスを提供することにより、災害時に地上の携帯電話基地局が損壊した場合の通信手段の確保や、これまで地上の基地局でカバレッジが実現できていない山岳地帯や離島等への通信サービスの提供を実現する「スペースセルラーサービス」について、2022年にも開始が計画されている。
- スペースセルラーサービスは、現在市販されている既存の携帯電話端末が直接衛星と接続できる衛星通信ネットワークを提供する新しいサービスであり、実現するためにはいくつかの技術的課題が考えられる。
- このため、本タスクグループは、情報通信審議会 情報通信技術分科会 新世代モバイル通信システム委員会及び衛星通信システム委員会の下に設置されたものであり、共用条件等の技術的条件の検討に先立って考えられる論点を抽出し、特に技術的実現性について必要な検討がなされているかについて確認を行ってきた。本報告は、その結果をとりまとめ、新世代モバイル通信システム委員会及び衛星通信システム委員会に報告するものである。
- なお、技術的な課題の他、周波数割当や免許制度、国際的な周波数利用との調和等、制度的に検討されるべき事項も多くあるが、本タスクグループは、これらについて政策的方向性を得ることを目的としていないことから、論点や意見を整理するに留めることとしている。

スペースセルラーサービスの背景と目的

- 国内の携帯電話事業者のカバレッジについては事業者や周波数にもよるが、人口カバー率は最大で約99%であるが、面積カバー率については最大でも約70%であり、少なくともカバーされていない国土面積は約30%
⇒ **日本全土をカバーできるブロードバンド・インフラの実現**
- 地震、台風、集中豪雨等の自然災害の増加、被害の甚大化を鑑み、災害が発生した際に安定的に提供できる通信手段の確保が重要
⇒ **一般に普及している既存端末を用いて災害時も使用できる通信手段の提供**

想定される用途

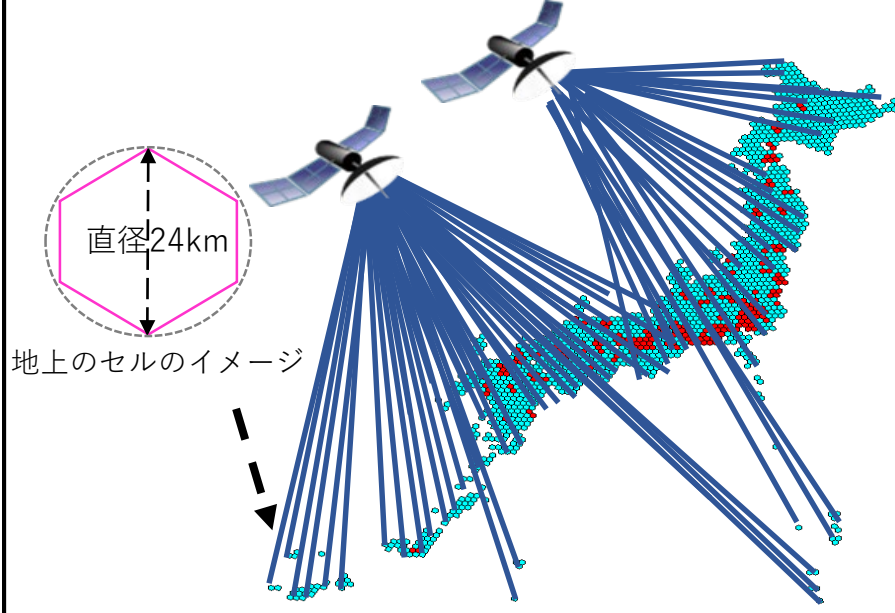
■用途1
これまでカバレッジが実現できていない山岳地帯や離島等のエリアカバレッジを実現



■用途2
災害時に基地局が損壊しても、既存端末で同様の通信手段を提供することが可能

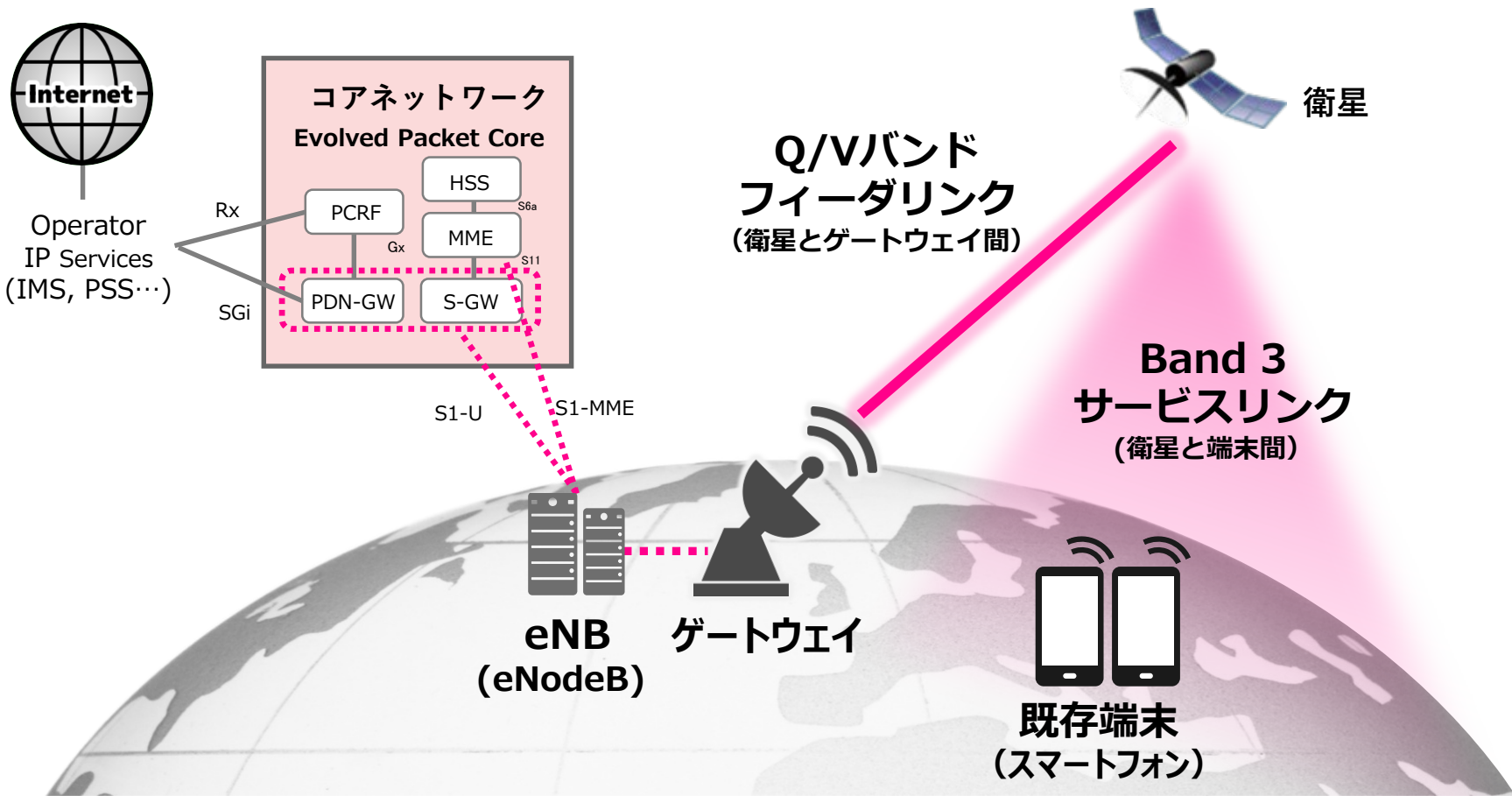


イメージ



システム構成

- ・ 既存端末からの通信を、衛星及びフィーダリンク経由でeNodeBへ転送
- ・ eNodeB側で衛星通信に必要な補正を行うことで既存端末で通信が可能に



システム概要

システム概要		内容
衛星総数		168 機 (Band3で利用可能な衛星数は150機)
軌道高度		約 700 km
利用周波数	サービスリンク (Band 3)	1825 - 1845 MHz (↓) 1730 - 1750 MHz (↑)
利用候補周波数	フィーダリンク (Q/V-bands)	37.5 - 42.5 GHz (↓) 45.5 - 47.0 / 47.2 - 50.2 / 50.4 - 51.4 GHz (↑)
サービスリンクのビーム径		直径 24km 程度
1 衛星あたりのビーム数		2800 (同時送信ビーム数 280)
サービスリンク衛星局アンテナ利得		45.0 dBi @+20 deg.、指向性減衰量 7 dB @+90 deg.
フィーダリンク衛星局アンテナ利得		46.0 dBi
フィーダリンク地球局アンテナ利得		65.1 dBi、指向性減衰量 49.6 dB @+/- 1 deg.

* アンテナ利得は設計値、その他項目について今後変更の可能性あり

スペースセルラーサービスの実現に際して考えられる論点

• タスクグループにおいては、以下を論点として整理して、それぞれについて検討を実施

I. スペースセルラーサービスの技術的条件の策定のため検討を要する事項

- 1. スペースセルラーサービスの実現可能性
 - 1-1 同一・隣接する周波数において、多数の携帯端末、基地局がある中で、サービスリンクは成立するか。
 - 1-2 既に使用されている携帯電話端末は、対応できるのか。
 - 1-3 携帯電話方式（4G等）で求められるサービス品質を確保出来るか。
 - 1-4 既に携帯電話サービスが行われている周波数を利用する場合、衛星を用いたサービスの実施により既存のサービスに影響は生じないか。
 - 1-5 限られたリードタイムの中で、実用の衛星が十分に機能する保証はあるか。
- 2. 共用の可能性
 - 2-1 サービスリンクについて同一・隣接周波数のサービスとの共用は可能か。
 - 2-2 フィーダリンクについて、既存あるいは今後想定されているサービスとの共用は可能か。
 - 2-3 現在、検討されている共用検討の方法に問題はないか。
 - 2-4 共用検討にあたっては実際のスペックが必要ではないか。

II. スペースセルラーサービスに関する国際的・国内的に調和の取れた周波数利用に関する課題

- 3. 国内の周波数割当
 - 3-1 フィーダリンクについては、40GHz帯の使用が想定されているが適切か。
 - 3-2 同周波数帯への割当が検討されている5GやHAPS等との関係についてどのように考えるか。
- 4. 国際的調和
 - 4-1 国際的に衛星業務に分配されていない1.7GHz帯をサービスリンクとして使用する場合、国際的には他の無線局からの干渉に対して保護を要求することが出来ず、また、干渉を与えてはならないこととされているが、これがサービスに影響を生じさせることは考えられるか。
 - 4-2 仮に1.7GHz帯をサービスリンクとして使用する場合、国際的な周波数分配を決める国際電気通信連合（ITU）の無線通信規則（RR）の改正の必要性についてどのように考えるか。

各論点とそれに関する検討①

1. スペースセルラーサービスの実現可能性

論点

タスクグループ (TG) の考え方

1-1 同一・隣接する周波数において、多数の携帯端末、基地局がある中で、サービスリンクは成立するか。

リンクバジェットの計算結果が示された（1-①参照）が、今後衛星の実際のスペック等も参考に、技術的条件の検討の際に詳細に検討が行われることが望ましいと考えられる。

1-2 既に使用されている携帯電話端末は、対応できるのか。

現在の携帯電話のシステムとの統合にあたって必要となる、人工衛星を用いることにより考えられる遅延やドップラーシフトへの対応について、一定の検討がされていることを確認（1-②参照）した。実証などにより更なる検証が求められる点はあるものの、現時点で実現可能性が乏しいとまでは言えない。

1-3 携帯電話方式（4G等）で求められるサービス品質を確保出来るか。

1-4 既に携帯電話サービスが行われている周波数を利用する場合、衛星を用いたサービスの実施により既存のサービスに影響は生じないか。

同一周波数帯も含む既存のサービスとの共用の可能性については、今後、技術的条件の検討の際に詳細に検討が行われることが望ましいと考えられる。

各論点とそれに関する検討①（つづき）

1. スペースセルラーサービスの実現可能性

論点

1-5 限られたリードタイムの中で、実用の衛星が十分に機能する保証はあるか。

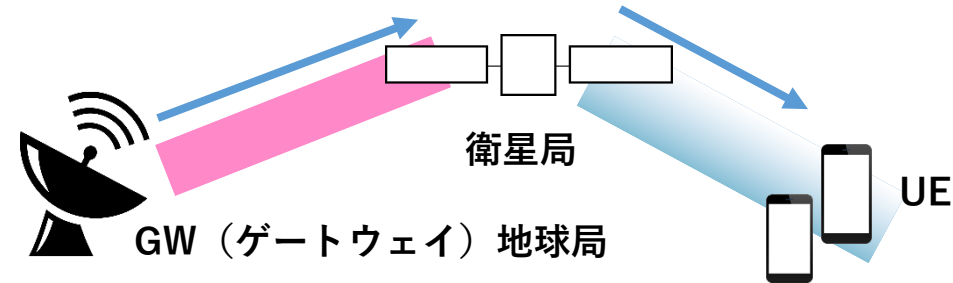
タスクグループ（TG）の考え方

実用衛星の実現に際しては、特に24mサイズのアンテナの実現可能性が課題であり、これについて一定の検討がされていることを確認（1 - ③参照）した。実証などにより更なる検証が必要な点はあるものの、現時点で実現可能性が乏しいとまでは言えない。

1-① リンクバジェット（フォワードリンク（SISO））の試算

仰角20度、離隔距離1583.6kmの場合

SISOの場合のフォワードリンクのリンクバジェットは
C/N=7.7dBで、通信成立性にマージンがある



<u>GW地球局 ⇒ 衛星局 (46.25GHz、上りの場合)</u> <u>帯域幅 20MHz</u>		
GW地球局 アンテナ利得 (TX)	65.1	dBi
GW地球局 送信電力	-4.0	dBW
EIRP	61.1	dBW
自由空間損失	189.7	dB
降雨減衰	10	dB
衛星局 Q/V帯アンテナ利得 (RX)	45.9	dBi
衛星局 Q/V帯 G/T	16.3	dB/K
上り C/N	33.2	dB
上り受信電力@ 衛星局	-62.7	dBm

<u>衛星局 ⇒ UE (1840MHz、下りの場合)</u> <u>帯域幅 20MHz</u>		
給電線損失他	-1.5	dB
フェーズドアレイアンテナの利得 (TX)	45.0	dBi
フェーズドアレイアンテナのビームあたりの送信電力	15.7	dBW
EIRP	59.2	dBW
自由空間損失	161.7	dB
その他伝搬ロス (ITU-R P.681-10)	12.3	dB
UE G/T	-33.5	dB/K
下り C/N	7.7	dB
下り受信電力@ UE	-114.9	dBW

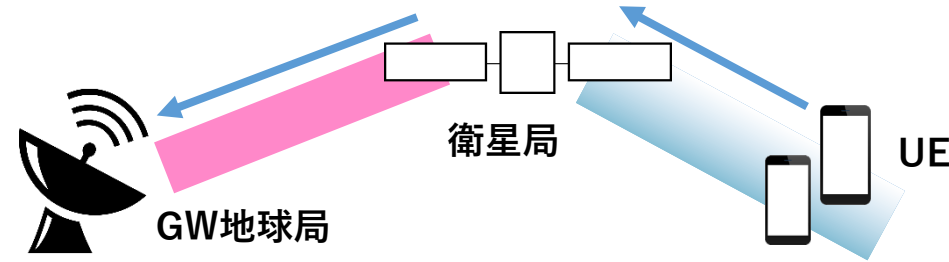
注) 現時点の設計値ベースの計算

総合C/N : 7.7 dB 8

1-① リンクバジェット (リターンリンク (SISO)) の試算

仰角20度、離隔距離1583.6kmの場合

SISOの場合のリターンリンクのリンクバジェットは
C/N=10.8dBで、通信成立性にマージンがある



<u>UE ⇒ 衛星局 (1750MHz、上りの場合)</u> <u>帯域幅 180 kHz</u>		
EIRP (UE)	-7.0	dBW
自由空間損失	161.3	dB
その他の伝搬ロス	12.3	dB
給電線損失等	-1.5	dB
フェーズドアレイアンテナの利得 (RX)	45.0	dB
フェーズドアレイ G/T	15.3	dB/K
上り C/N	10.8	dB
上り受信電力@ 衛星局	-108.1	dBm

<u>衛星局 ⇒ GW地球局 (41.75GHz、下りの場合)</u> <u>帯域幅 20MHz</u>		
衛星局 Q/V帯アンテナ利得	46.0	dB
衛星局 Q/V帯アンテナ送信電力	-17.0	dBW
EIRP	29.0	dBW
自由空間損失	188.9	dB
降雨減衰	10	dB
GW局アンテナ利得 (RX)	64.2	dB
GW局 G/T	35.0	dB/K
下り C/N	20.7	dB
下り受信電力@ GW局	-105.6	dBm

総合C/N : 10.8 dB

1 - ② 遅延及びドップラーシフトへの対応について

遅延・ドップラーシフトの種別	検討されている対応
<p>【遅延①】 衛星を経由することによる、 端末とeNodeB*間の伝送遅延</p>	<p>端末とeNodeB間の遅延（= $\Delta T + \Delta \alpha$）の補正は、物理チャネルおよび論理チャネルに対して、遅延を考慮したスロット割り当てをeNodeB側で実施。 ΔT : 衛星が真上に位置した場合に発生する恒常性遅延 $\Delta \alpha$: 衛星が真上から移動した場合に追加的に発生する遅延</p>
<p>【遅延②】 同一セル内における複数端末 存在時の相互時間調整</p>	<p>本システムでは、ビーム（最大2,800）をセル（直径24km）として扱い、そのセル情報は緯度経度により固定。セル範囲内では、陸上基地局の場合と同様、3GPPに規定済みのTA*によって対応することが可能（3GPP TR25.913では100km程度までのセルを想定して仕様を規定）。</p>
<p>【ドップラーシフト①】 セル中心部におけるドップ ラーシフト</p>	<p>衛星の移動速度および地球の自転速度等を事前に計算し、衛星とゲートウェイおよびeNodeBが連携し、eNodeBにおいてドップラーシフトの影響を抑える事前補正を実施（3GPP TR38.821においても事前補正を推奨）。</p>
<p>【ドップラーシフト②】 端末位置や端末移動により① に加えてセル内で生じるドッ プラーシフト</p>	<p>遅延②への対応と同様、セル範囲を十分に小さく抑え、セル中心部と端末の位置の関係によるドップラーシフトの差分を抑えることで、端末移動によるドップラーシフトを加えても、陸上基地局の場合と同様に、3GPP仕様（+/- 1340Hz）の規定内で処理することが可能。</p>

※eNodeB：通常、無線部分及び制御部分の総体である所謂無線基地局を指すが、本システムでは制御部分の機能のみを有した装置を指す。
 TA(Timing Advance)：ダウンリンクとアップリンクのサブフレームをeNodeBで同期させるために、eNodeBから端末側に送信タイミングの調整を指示するもの。

1 – ③ 24mサイズのアンテナの実現可能性について

- 24mサイズのフェーズドアレイアンテナの実現可能性について、タスクグループでは以下のような意見が示された。
 - ・ 24mアンテナの実現が必須と想定されるが、24mアンテナの非静止衛星、あるいは小型の10mアンテナを搭載した試験衛星の導入についても、現時点で初めてのチャレンジであり、技術的な実現性/タイミングについて極めて不透明。
- これに関して、モジュール構造により信頼性を確保すること、また、以下のステップで段階的に検証を予定していることが示された。
 1. 単位モジュールでの各種信頼性試験、稼働部の動作検証
 2. 令和3年夏に10mサイズの試験衛星を用いた総合的な試験・検証
 3. 試験衛星の打ち上げ後、軌道上で10mサイズのフェーズドアレイの展開・動作検証、各種試験
 4. 24mサイズのフェーズドアレイアンテナの設計・製造を、試験衛星による総合試験と並行して実施。試験衛星の各種試験結果をフェーズ1の商用衛星の設計にフィードバック。
 5. 試験衛星で不具合が発生した場合、原因が軌道へのリリースシステムによるもの、機械的な展開システムによるものと、両方のバックアップの計画あり。リリースシステムの変更はスケジュールへの影響が少ないが、機械的な展開システムを変更する場合、スケジュールへの影響は6～9ヶ月程度の遅延見込み

各論点とそれに関する検討②

2. 共用の可能性

論点	タスクグループ (TG) の考え方
2-1 サービスリンクについて同一・隣接周波数のサービスとの共用は可能か。	共用の可能性については、一定の共用検討は実施されているものの、今後、技術的条件の検討の際に詳細に検討が行われることが望ましいと考えられる。
2-2 フィーダリンクについて、既存あるいは今後想定されているサービスとの共用は可能か。	
2-3 現在、検討されている共用検討の方法に問題はないか。	
2-4 共用検討にあたっては実際のスペックが必要ではないか。	

各論点とそれに関する検討③

3. 国内の周波数割当

論点	タスクグループ (TG) の考え方
3-1 フィーダリンクについては、40GHz帯の使用が想定されているが適切か。	フィーダリンクでの周波数利用に関しては、今後利用が想定される5GやHAPS等での利用も考慮に入れつつ、周波数の有効利用が可能となる割当がされるよう、技術的条件の検討に向けて行われる共用検討も踏まえた上で検討されることが望ましいと考えられる。
3-2 同周波数帯への割当が検討されている5GやHAPS等との関係についてどのように考えるか。	

各論点とそれに関する検討④

4. 国際的調和

論点

タスクグループ (TG) の考え方

4-1 国際的に衛星業務に分配されていない1.7GHz帯をサービスリンクとして使用する場合、国際的には他の無線局からの干渉に対して保護を要求することが出来ず、また、干渉を与えてはならないこととされているが、これがサービスに影響を生じさせることは考えられるか。

非常時や山間部などの通信において、確実な回線品質の確保が重要であるが、国際的な共通認識がない状況であり、無線通信規則による分配のない帯域を、無線通信規則 4.4 による利用（4-①参照）が想定されている。

これに関して、他国へ干渉を与えないような運用を行う方策（4-②参照）や他国からクレームが生じた際の対応についての考え方（4-③参照）が示された。

また、他国が同様に大規模な分配外の周波数利用をした場合、我が国への干渉が生じるリスクも勘案し、隣国との調整スキームを確立することが必要であるとの意見があった。

本サービスの実運用に当たっては、これらの意見等を踏まえ、更なる検討が行われることが望ましいと考えられる。

4-2 仮に1.7GHz帯をサービスリンクとして使用する場合、国際的な周波数分配を決める国際電気通信連合（ITU）の無線通信規則（RR）の改正の必要性についてどのように考えるか。

国際的な調和を図り、将来安定したサービスを提供するため、無線通信規則の改正に向けた活動を同時並行で開始することが望ましいと考えられる。

4 – ① 無線通信規則 4. 4 の規定について

- 無線通信規則 4. 2 において、構成国は、他国の無線局が行う業務に有害な混信を生じさせるおそれがある無線局に周波数を割当てるときには、周波数分配表その他無線通信規則の規定に従って割当てを行うことを要請されている一方、同規則 4. 4 において無線通信規則の規定に従っている無線局への有害な干渉を生じさせないこと及びこれら無線局からの干渉からの保護を要求しないという条件の下に、構成国が無線通信規則の規定によらない割当てを許容している。

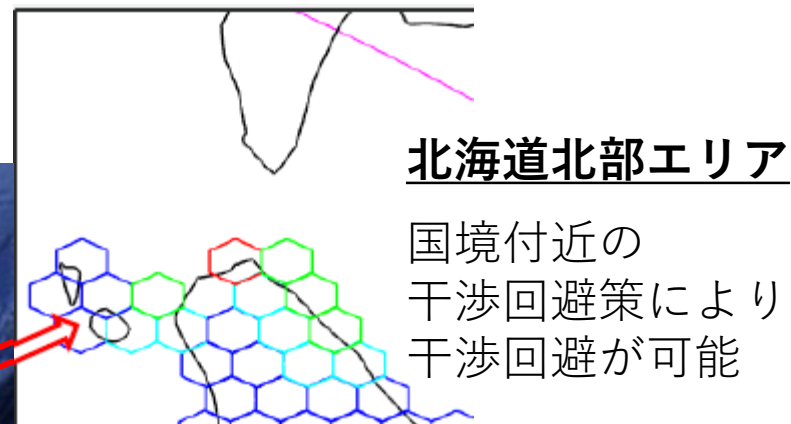
参考：無線通信規則（抜粋）

- 4.2 Member States undertake that in assigning frequencies to stations which are capable of causing harmful interference to the services rendered by the stations of another country, such assignments are to be made in accordance with the Table of Frequency Allocations and other provisions of these Regulations.
- 4.4 Administrations of the Member States shall not assign to a station any frequency in derogation of either the Table of Frequency Allocations in this Chapter or the other provisions of these Regulations, except on the express condition that such a station, when using such a frequency assignment, shall not cause harmful interference to, and shall not claim protection from harmful interference caused by, a station operating in accordance with the provisions of the Constitution, the Convention and these Regulations.

- このような中、無線通信規則の第5条の分配外利用については、固定衛星業務のみの国際分配にもかかわらず、移動衛星業務等で利用していた事例や、一部地域への地域分配がない場合に隣接する地域分配のある地域向けのビームが漏れ出ることを地域分配が無い国が許容している事例等が、我が国における電気通信業務用の無線局免許に関しては見受けられる。ただし、これらの国内事例では、ITUの申請・登録上は無線通信規則 4. 4 が適用される割当てとして識別されてはならず、スペースセルラーサービスのように同項の適用が識別され、かつ、大規模な事例は国内無線局免許においては存在しない。

4 - ② 隣国国境付近の干渉回避 衛星局サービスリンクの干渉低減策

- SM衛星局サービスリンク(ダウンリンク)について隣国との国境付近の干渉検討を実施
- 北海道北部エリア 及び対馬エリアにおいてSM衛星局サービスリンクの干渉低減策により干渉回避が可能



干渉回避策の一例
上図の特定の地上セル(図では赤、緑、水色、紺)に対して、ビーム送信電力低減、若しくはビーム送信停止により、国境付近の干渉回避が可能

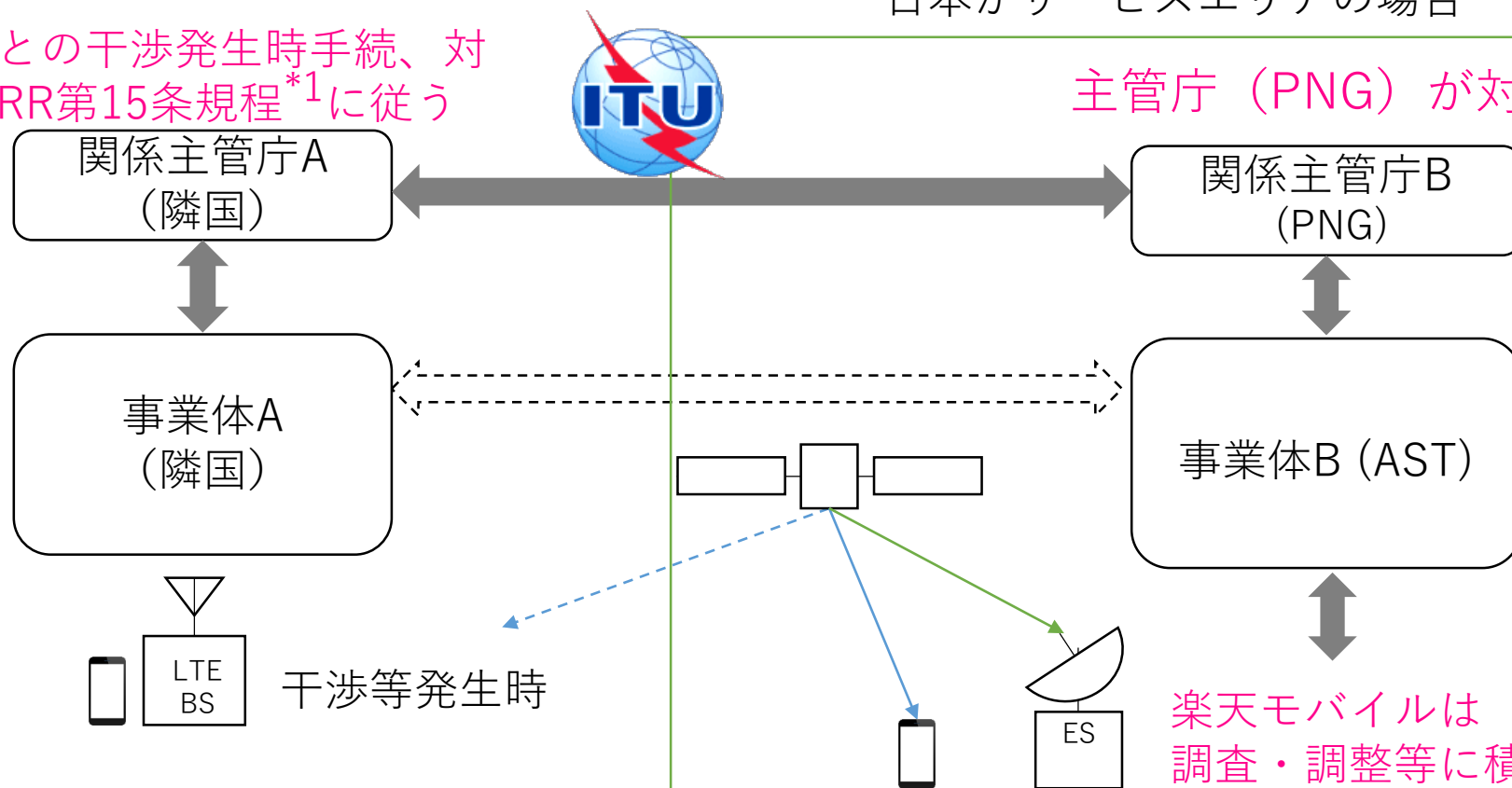
4 - ③ サービスリンクに係る隣国との干渉時における対応

- 衛星業務用に割り当てのない既存携帯電話用周波数帯を使用するため、RR4.4の通り、他システムに有害な干渉を与えず、干渉を受けた場合に保護を求めないことを理解した上で進める
- 運用開始前、隣国に申し入れる等の必要性検討を含めて、周波数の国際調整を行っている
- 運用開始以降、隣国との干渉等が発生した場合、下記の体制で速やかに対応する

日本がサービスエリアの場合

隣国との干渉発生時手続、対応はRR第15条規程^{*1}に従う

主管庁 (PNG) が対応



*1: Radio Regulations – Articles (Edition of 2020), ITU, 2020

まとめ

- 本タスクグループでは、共用条件等の技術的条件の検討に先立って考えられる論点を抽出し、特に技術的実現性について必要な検討がなされているかについて確認を行ってきた。
- 中でも以下の2点について、特に技術的な課題があるとの認識が共有されたため、これらについての検討状況等の確認を行った。未だ試験用衛星が実現していない中、これらについて技術的に実現可能かどうかを確実に判断することは出来ないが、一定の検討が行われていることが確認出来た。
 - 人工衛星を用いることにより考えられる遅延やドップラーシフトへの対応
 - 24mサイズのアンテナの実現可能性
- また、これらの技術的課題のほか、国際分配外での周波数利用について議論が行われ、特に本件のような大規模なシステムにおいて、どのような場合に国際分配外の周波数利用が許容されるかについて議論が及んだ。この結果、無線通信規則改正のために必要な期間を踏まえれば、当面の間、無線通信規則4.4による分配外の周波数利用は同規定の条件の下、例外的に許容されるものの、国際的な調和を図り、将来安定したサービスを提供するために、無線通信規則の改正に向けた活動を同時並行で実施することが望ましいとの認識が共有された。
- また、本システムの免許制度における扱いなどの制度的課題についても議論が行われたが、これらについて政策的方向性を取りまとめるためには、より広く有識者の声を聞いて検討する必要があることから、本タスクグループとして方向性等はとりまとめていない。このため、必要に応じて適切な場で更なる検討が行われることを期待したい。
- 以上のように、技術的観点からも制度的観点からもスペースセルラーサービスの実現にあたって検証されるべき事項は残る。技術的実現性の観点からは、試験衛星の打ち上げを待てば更なる検討を行うことも出来るが、2022年中のサービス開始を目指していることを踏まえれば、本タスクグループでの検討は、現時点で確認出来る範囲で実施することが適当であると考えられるため、この範囲で本報告をとりまとめたものである。
- スペースセルラーサービスは、現在市販されている既存の携帯電話端末が直接衛星と接続できる衛星通信ネットワークを提供する新しいサービスであり、このようなサービスが、国内外問わず関係者の理解を得た上で、適切かつ速やかに実現されることを期待したい。

參考資料

スペースセルラー検討タスクグループについて

• 目的

衛星コンステレーションによる携帯電話向け非静止衛星通信サービス（スペースセルラーサービス）に関する基礎的な調査検討を行うこと

• 検討事項

- (1) スペースセルラーサービスの技術的条件の策定のため検討を要する事項の整理
- (2) スペースセルラーサービスに関する国際的・国内的に調和の取れた周波数利用に関する課題の整理
- (3) その他必要な事項

• 開催状況

- 第1回（令和2年10月16日） 検討開始
第2回（令和2年12月7日） 課題整理とその検討
第3回（令和3年2月3日） 報告取りまとめ

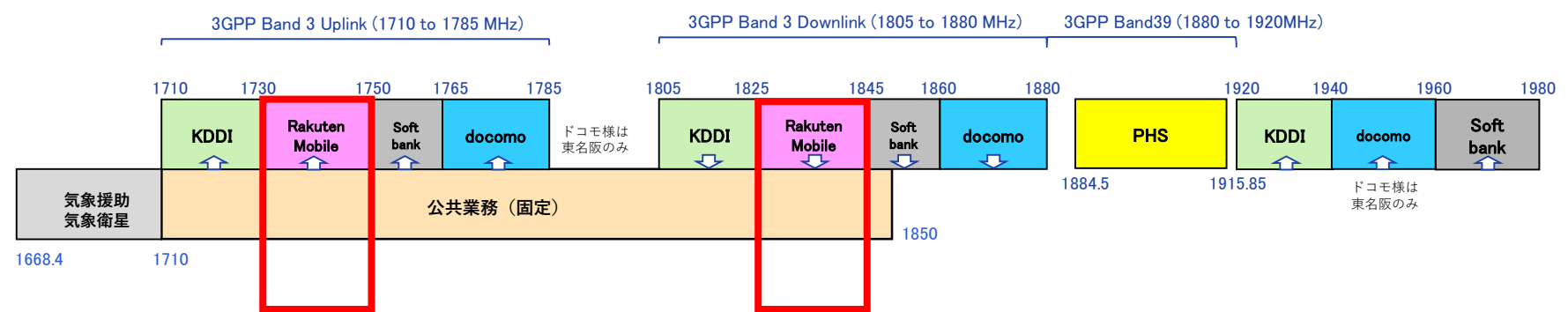
• 構成員

主任	三次 仁	慶應義塾大学 環境情報学部 教授
主任代理	山尾 泰	電気通信大学 先端ワイヤレス・コミュニケーション 研究センター 客員教授
	内田 信行	楽天モバイル株式会社 執行役員 技術戦略本部 本部長
	上村 治	ソフトバンク株式会社 電波企画室 室長
	川西 直毅	KDDI株式会社 技術統括本部 技術企画本部 電波部長
	浜本 雅樹	株式会社NTTドコモ 電波企画室 室長
	森田 靖彦	スカパーJSAT株式会社 宇宙事業部門 スペースインテリジェンス事業部 部長

利用候補周波数の国際・国内分配状況（サービスリンク）

サービスリンク (LTEバンド3)	1730 - 1750 MHz (移動局から衛星局) 1825 - 1845 MHz (衛星局から移動局)
国際分配	1710 - 1930 MHz ✓ 固定 ✓ 移動
国内分配	1710 - 1850 MHz ✓ 固定 公共業務用 ※この周波数の使用は、平成37年3月31日までに限る ✓ 移動 携帯無線通信用 ※割当詳細は下記の図になります
	1850 - 1885 MHz ✓ 移動 携帯無線通信及びPHS用 ※割当詳細は下記の図になります

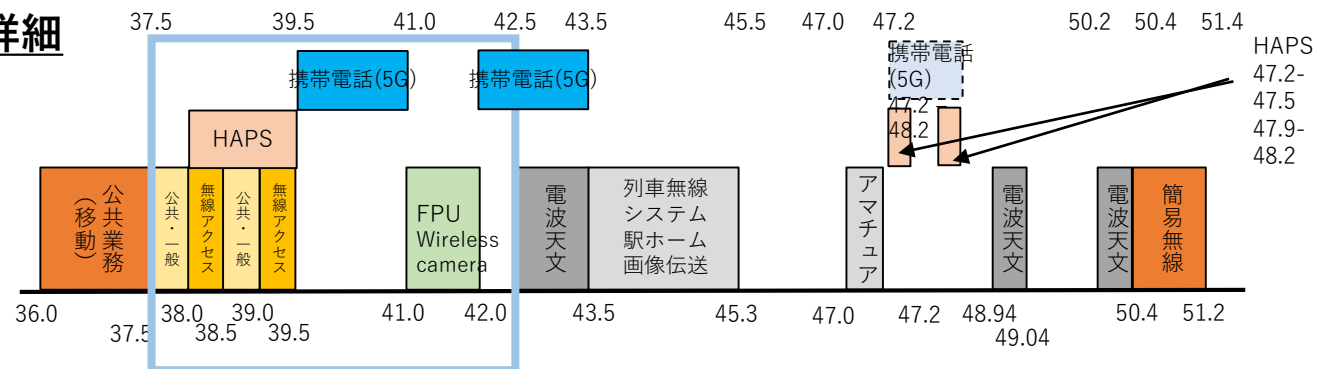
国内周波数割当ての詳細



利用候補周波数の国際・国内分配状況（フィーダリンク ↓）

フィーダリンク	37.5 - 42.5 GHz（衛星局から地球局）					
国際分配	37.5- 38 GHz	38 – 39.5 GHz	39.5 – 40 GHz	40 – 40.5 GHz	40.5 – 41 GHz	41 – 42.5 GHz
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固定 ✓ 固定衛星(↓) ✓ 移動(航空移動を除く) ✓ 宇宙研究(↓) ✓ 地球探索衛星(↓) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固定 ✓ 固定衛星(↓) ✓ 移動 ✓ 地球探索衛星(↓) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固定 ✓ 固定衛星(↓) ✓ 移動 ✓ 移動衛星(↓) ✓ 地球探索衛星(↓) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固定 ✓ 固定衛星(↓) ✓ 移動 ✓ 移動衛星(↓) ✓ 宇宙研究(↑) ✓ 地球探索衛星 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固定 ✓ 固定衛星(↓) ✓ 放送 ✓ 放送衛星 ✓ 移動 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固定 ✓ 固定衛星(↓) ✓ 放送 ✓ 放送衛星 ✓ 移動
国内分配	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固定 ✓ 固定衛星(↓) ✓ 移動(航空移動を除く) ✓ 宇宙研究(↓) ✓ 地球探索衛星(↓) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固定 ✓ 固定衛星(↓) ✓ 移動 ✓ 地球探索衛星(↓) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固定 ✓ 固定衛星(↓) ✓ 移動 ✓ 移動衛星(↓) ✓ 地球探索衛星(↓) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固定衛星(↓) ✓ 移動衛星(↓) ✓ 宇宙研究(↑) ✓ 地球探索衛星 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固定 ✓ 固定衛星(↓) ✓ 放送 ✓ 放送衛星 ✓ 移動(放送用) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固定 ✓ 固定衛星(↓) ✓ 放送 ✓ 放送衛星 ✓ 移動(放送用)

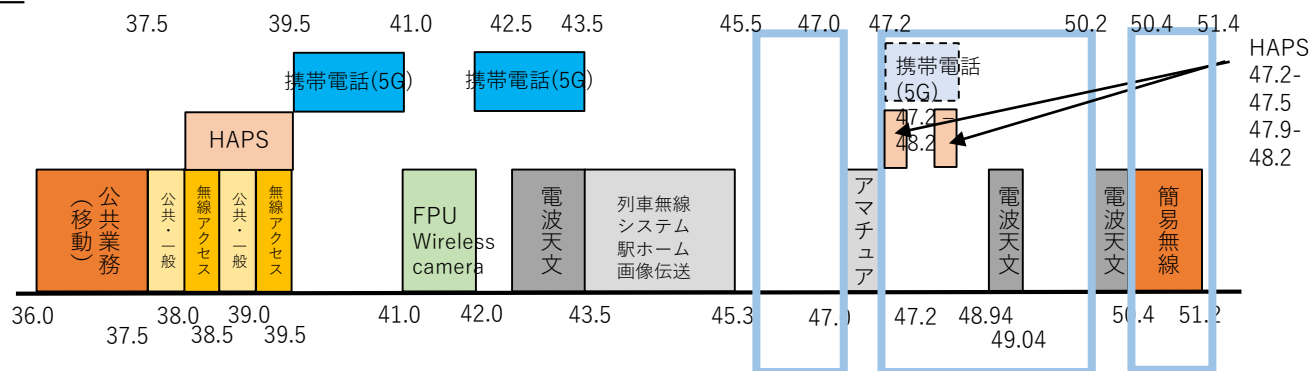
国内周波数割当て候補の詳細



利用候補周波数の国際・国内分配状況（フィーダリンク↑）

フィーダリンク	45.5 - 47.0 / 47.2 - 50.2 / 50.4 - 51.4 GHz（地球局から衛星局）		
国際分配	45.5 - 47 GHz	47.2 - 50.2 GHz	50.4 - 51.4 GHz
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 移動 ✓ 移動衛星 ✓ 無線航行 ✓ 無線航行衛星 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固定 ✓ 固定衛星(↑) ✓ 移動 ※ 48.94 - 49.04 GHzは電波天文に割当 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固定 ✓ 固定衛星(↑) ✓ 移動 ✓ 移動衛星(↑)
国内分配	45.5 - 47 GHz	47.2 - 50.2 GHz	50.4 - 51.4 GHz
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 移動 ✓ 移動衛星 ✓ 無線航行 ✓ 無線航行衛星 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固定 ✓ 固定衛星(↑) ※ 48.94 - 49.04 GHzは電波天文に割当 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 固定 ✓ 固定衛星(↑) ✓ 移動 ✓ 移動衛星(↑)

国内周波数割当て候補の詳細



諸外国における状況

➤ 米国での活動状況

- AST社からFCCに、当該衛星システムの周波数使用を求めるマーケットアクセスの申請実施（2020年4月）
- FCC国際局及び無線局との調整を実施（2020年6月～9月）
 - 最終的に申請が必要となった周波数は衛星が利用予定のQ/Vバンドのみ（サービスリンクについては、使用承認や制度変更等はない。）
- FCCが、AST社申請に関する30日間のパブリックコメントを開始（2020年10月）
- 受領したコメントに対する回答をAST社がFCCへ提出（2020年11月）
 - 2021年第1四半期の承認を目指しており、承認後、米国内でスペースモバイルのサービスが提供可能となる。
- （実験免許の状況）
 - AST社はAT&T社のBand5を使用中で現在軌道上にある実験衛星 BlueWalker1 の実験免許を2019年に取得済み。
 - AT&T社とBand5/Band14を使用する次の実験衛星 BlueWalker3 の実験免許を2021年1月に申請済み。

➤ 赤道近辺諸国での活動状況

- ナイジェリア： マーケットアクセスの承認済み
- ケニア： 実験開始の承認済み
- インドネシア： サービス提供予定のMNOと協力してマーケットアクセスの承認を目指している

その他の国々についても当該国のMNOとAST社が協力して交渉を行っている。

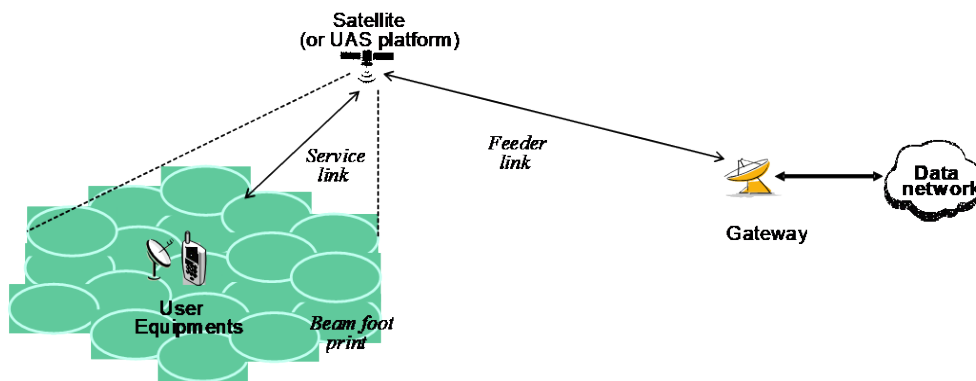
➤ 欧州での活動状況

- ドイツでVodafone社とAST社が米国と同様に規制主管庁との相談を開始。

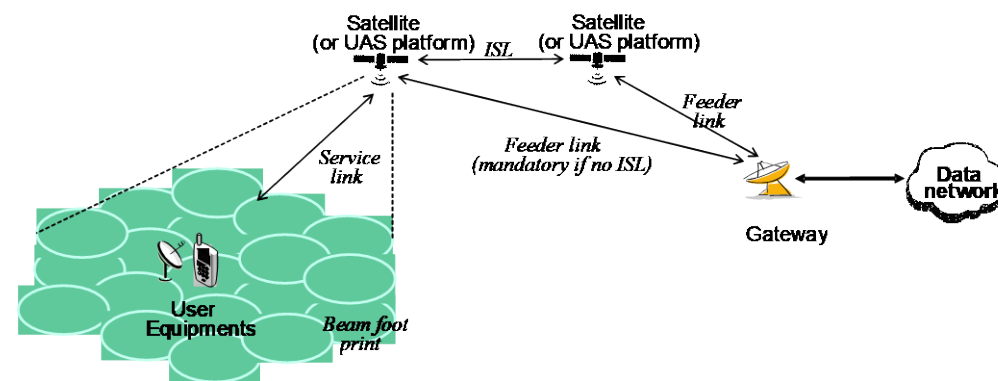
標準化関連状況

• 3GPP関連

- 4G/LTEにおける非地上系ネットワークの仕様検討
 - 2020年10月時点で研究課題 (Study Item) も含め、仕様策定の活動はなし
- 5G/NRにおける非地上系ネットワークの仕様検討
 - リリース15：研究作業 (Study Item) を完了 (TR 38.811：Study on New Radio (NR) to support non-terrestrial networks) → NTNに最適な チャンネルモデル (0.5GHz~100GHzをサポート、衛星チャンネルは1000km/hの移動速度をサポート)、サービスシナリオなどの研究成果
 - リリース16：研究課題 (Study Item) を完了 (TR 38.821: Solutions for NR to support Non-Terrestrial Networks) → リンク・システムレベル シミュレーション、プロトコル・アーキテクチャの実現性などの成果
 - リリース17 (~2022年3月予定)：仕様策定課題 (Work Item) として仕様化を計画 ([RP-193234](#))
 - 無線レイヤ (同期の拡張など)、無線プロトコル (MAC/RLC/PDCP拡張)、ネットワークインタフェースへの拡張
 - サービスリンクの技術的条件については、各国における関連無線設備規則およびITU-Rの無線通信規則に準拠することとし、特別な要件を課さない 方向とすることで合意済み



Field of view of the satellite (or UAS platform)



Field of view of the satellite (or UAS platform)

検討されている典型的なネットワーク構成 (参照元：3GPP TR 38.821)

左図：透過モード 右図：中継モード

出典：楽天モバイル社提出資料 25