

Beyond 5G/6G時代に向けた衛星通信 による携帯電話の補完の取組み

KDDI株式会社 衛星統括部 企画G グループリーダー

ふくい ゆうすけ
福井 裕介



1. はじめに

Beyond 5G/6G時代に向けた衛星通信による携帯電話の補完の取組みは、通信技術の進化とともにますます重要性を増している。特に、自然災害や山間部、離島、海上などの携帯電話が圏外となる地域において、衛星通信は重要な役割を果たしている。本稿では、衛星通信による携帯電話の補完の取組みとして、既存の取組みと、現在並びに将来の取組みについて、当社の事例を基に概説する。特に、現在並びに将来の取組みについては、「衛星ダイレクト直接通信」について、国内の制度整備状況と周波数国際分配に向けた準備としてITU-Rにおける取組みについて概説する。

2. 衛星通信による携帯電話の補完とは

衛星通信による携帯電話の補完とは、地上の携帯電話ネットワークがカバーできない地域や状況において、衛星を利用して通信を確保することを指す。当社では、お客様の日常をつなぐため生活動線のエリア整備を積極的に行ってきており、4G LTEの人口カバー率は99.9%を超えている。しかしながら、日本国土は16,000以上の山々と14,000以上の島々を有しており、国土面積に占める可住地面積率は33%にとどまっている。そのため、地理的条件により基地局の設置が困難な場所が存在し、国土における4G LTE面積カバー率は約60%である。当社では、これまで衛星通信を活用して、このような基地局の設置が困難で、携帯電話が圏外となる地域（山間部、離島、海上など）において通

信手段を提供してきた。また、自然災害時においても、例えば、東日本大震災の際には、地上の通信インフラが被災した地域において、静止衛星通信を携帯電話基地局のバックホール回線（基地局と基幹ネットワークをつなぐ中継回線）として用いることで、緊急連絡手段を確保した。

近年、高度2,000km程度までの低軌道に多数の人工衛星を打ち上げ、それらを一体的に運用することで通信サービスを提供する「衛星コンステレーション」の構築・運用が進展している。衛星コンステレーションは、静止衛星と比較して地表面により近い軌道を周回する非静止衛星を使用し、通信を行うため、静止衛星を使用する従来の通信サービスと比較して高速大容量かつ低遅延の通信が可能であり、地上系ネットワークの機能を補完し、または代替する存在としてその重要性が高まっている。2024年1月に発生した能登半島地震では、被災した携帯基地局のバックホール回線として用いられ、応急復旧や、避難所等における臨時の通信手段として活用され、救助・復旧活動に貢献している（<https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2024/01/12/7179.html>）。



■図1. 静止衛星通信を携帯電話基地局のバックホール回線



■図2. 被災地で利用される衛星通信専用端末

さらに、従来のように衛星通信専用のアンテナ・端末を用いるのではなく、スマートフォン等の既存の携帯電話端末を用いて衛星コンステレーションと直接通信を行う「衛星ダイレクト通信」の開発が進められている。衛星ダイレクト



通信の実現によって、既存の携帯電話端末から衛星通信を利用することが可能となり、携帯電話が圏外となる地域を効率的にカバーして当該地域に通信サービスを提供するとともに、自然災害時等の非常時においては携帯電話を代替する通信手段として期待されており、各国においてその導入に向けた検討が行われている。

3. 衛星ダイレクト通信

この状況を踏まえ、国内では、利用ニーズやサービス展開状況に迅速に対応し、衛星ダイレクト通信を円滑に導入するため、情報通信審議会 情報通信技術分科会 衛星通信システム委員会において、「非静止衛星を利用する移動衛星通信システムの技術的条件」(平成7(1995)年電気通信技術審議会諮問第82号)のうち、「衛星コンステレーションによる携帯電話向け2GHz帯非静止衛星通信システムの技術的条件」の検討が行われた。主な検討項目は、①2GHz帯を用いた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システムの技術的条件、②同一及び隣接周波数を使用する無線システムとの共用に関する技術的条件であった。これらの検討項目に対する結果を踏まえ、衛星コンステレーションによる携帯電話向け2GHz帯非静止衛星通信システムの導入に向けた制度整備の関係省令が2024年12月20日に施行された。これを受け、当社はベータ版サービスを通じた技術検証を実施しており、2025年春ごろから本格的なサービスを開始する予定である。

なお、当社は、2024年10月23日に衛星直接通信で用いる衛星とスマートフォンの直接通信実証に成功している。沖縄県久米島の実験環境で実施した実証では、圏外状況のスマートフォンが地球低軌道に位置する衛星コンステレーションと直接通信し、SMS送受信ができることを確認した



■図3. 衛星とつながった際のピクト表示

(Starlink衛星とauスマートフォンの直接通信実証に成功 | KDDI News Room : https://newsroom.kddi.com/news/detail/kddi_nr-299_3556.html)。

これまで携帯電話ネットワークの提供が困難だった山間部、離島、海上を含む日本全土に携帯電話のエリアを拡張し、「空が見えれば、どこでもつながる」体験を実現していく。

4. ITU-Rでの検討状況

周波数国際分配(国際調和)の観点では、2027年に開催される世界無線通信会議(WRC-27)の議題の1つである、議題1.13(決議第253:地上IMTネットワークのカパレッジを補完するための、宇宙局とIMTユーザ端末の直接接続のための移動衛星業務への新規分配に関する検討)として、ITU-Rの作業部会で議論が開始された。

当該サービスはIMT周波数を使用して衛星通信を行うものであり、それらの周波数帯は現在移動衛星業務に分配されていないことから、国際的に調和した周波数利用とするためには無線通信規則(Radio Regulations:RR)を改正して新たに周波数を分配する必要がある。したがって、RR改正の決議がなされて移動衛星業務として新たに分配されるまでの間、2GHz帯非静止衛星通信システムは、国際的にはRR第4.4条に基づく運用となり、国内においても同条に準じ、“他の無線局に有害な混信を生じさせず、他の無線局からの有害な混信に対して保護を要求しない”ことを前提としてサービス提供を行うことが必要となる。

2023年11月20日から12月15日にドバイで開催されたWRC-23の将来の世界無線通信会議の議題(議題10)において、我が国から、国際的に広く利用されている2.2GHz帯以下のIMT周波数を対象に、新たに移動衛星業務に分配(既存1次業務からの保護を求めず他の業務に有害な干渉を与えないことを条件とする)するための検討を行うことを提案した。この我が国の提案等に基づき議論され、結果として、IMT周波数として特定されている694/698から2.7GHz帯の周波数を新たに移動衛星業務にも分配し、一般の携帯電話から衛星通信(携帯電話と衛星の直接通信)を利用可能とするための検討を開始することが、WRC-27の議題として決議された(決議第253)。

5. WRC-27 議題1.13 (決議253)

決議第253の検討事項として挙げられている内容について紹介する。決議第253の中でresolvesパートに規定され



ている項目、further resolvesパートに規定されている研究項目は次のとおりである。

■表1. resolvesパートの研究項目

項番	研究項目
1	ITU-R勧告 M.1036の最新版で扱われているIMT周波数アレンジメントを考慮した、694/698MHzから2.7GHzの周波数帯における移動衛星業務への可能な分配についての研究
2	地上IMTネットワークのカパレッジを保管するために、IMTユーザ端末への直接接続を目的とした移動衛星業務の実装に関する周波数要件や、技術・運用・規制的事項についての研究

■表2. further resolvesパートの研究項目

項番	研究項目
1	無線通信規則に従い、隣接する周波数帯域を含む既存業務の保護を確保しつつ、既存業務間の共用と両立性に関する研究を行うこと
2	移動衛星業務の局が移動業務の運用中の局に対して有害な干渉を引き起こさないようにし、また、保護を求めないための技術的・運用的措置に関する研究を行うこと

WRC-23直後の2023年12月18日-19日に開催されたCPM27-1会合（Conference Preparatory Meeting：WRC準備会合）において、WP4C（移動衛星業務及び無線測位衛星業務の軌道及び周波数利用関係を扱う作業部会）が決議第253の責任グループとして、また、WP5D（地上IMTを扱う作業部会）と関係作業部会が貢献グループとして決定した。本議題は、IMT周波数として特定されている周波数帯を新たに移動衛星業務にも分配するという観点で、WP4Cは特にWP5Dと密接に協力しながら、検討を行うこととされている。また、CPM27-1会合においては、これらの研究

事項に対して、作業部会（WP4CとWP5D）の役割と責任区分が明確にされたが、その後開催された各作業部会の会合において、役割と責任区分の更なる具体化、明確化が求められたことから、2024年10月に開催されたWP4CとWP5Dの共同会合において、表3のとおり、より具体的かつ明確に責任区分が決定された。

■表3. 役割と責任作業部会

役割	責任作業部会
共用検討周波数提案	WP5D
共用検討周波数確定	WP4C
用語や機能の定義	WP4C
技術運用特性確定	WP4C
共用検討の実施	WP4C
地上IMT保護基準の策定	WP5D
地上IMT保護方法の確定	WP5D
CPMテキスト策定	WP4C

上記の役割と責任区分に基づき、2024年10月以降も各作業部会にて活発に議論が行われているが、これまでの進捗として、共用検討で用いる周波数については、2024年10月に開催されたWP5Dにおいてその共用検討で用いる候補周波数が提案され、その直後に開催されたWP4Cにおいて共用検討で用いる周波数が確定された（表4）点が挙げられる。次回WP4C会合（2025年4月-5月開催予定）においては、技術運用特性の最終化、他業務との共用検討が開始される見込みである。

■表4. 共用検討周波数

Frequency Band (MHz)		Frequency Arrangements for the MSS – IMT UE Link		ITU-R. M. 1036 Frequency Arrangements
		Uplink (MHz)	Downlink (MHz)	
1	694 – 960	807-849	852-894	未順守
		880-915	925-960	A2
		832-862	791-821	A3
		698-716	716-746	A4
		776-798	746-768	
		698-748	753-803	未順守
2	1 427-1 518	1 427-1 470	1 475-1 518	G2
3	1 710 -2200	1 920-1 980	2 110-2 170	B1
		1 710-1 785	1 805-1 880	B2
		1 850-1 920	1 930-2 000	B3
		1 710-1 780	2 110-2 180	B5
		2 000-2 020	2 180-2 200	B7
		2 010 – 2 025	1 880 – 1 920	未順守
4	2 300-2 400	2 305-2 320	2 345-2 360	未順守
5	2 500-2 690	2 500-2 570	2 620-2 690	C2



6. 課題（論点）と今後の展望

議題1.13の主な論点として、衛星軌道、無許可利用制限、領海外・領空外利用、IMT保護手法が挙げられる。衛星軌道に関しては、決議第253上特に衛星軌道が限定されておらず、現時点では非静止衛星と静止衛星両方を候補として検討する案が挙げられている。無許可利用制限については、ある国の衛星直接通信の許認可がされていない端末が隣国に照射されている電波の漏れ込みを利用できてしまう可能性が示唆されており、今後WP4CからWP5Dに対し、運用コンセプトの説明が行われる中で本件についても明確化される予定である。また、WRC-27議題1.5（決議第14（WRC-23）に従い、固定衛星及び移動衛星業務における非静止衛星地球局の無許可運用を制限するための規制措置及びその実現可能性並びにこれに関連する非静止衛星システムのサービスエリアに関する規制措置の検討を行うもの。）の責任WPであるWP4Aとの連携が求められている。領海外・領空外利用については、その利用の可能性は検討中でいまだ結論がでていない。最後に、IMT保護手法については、現在WP5Dにて地上IMT保護方法が検討されている。保護手法の候補として、単一衛星からのPFD

(Power Flux Density：地表面の電力密度)、1つの衛星システムからの総合PFD、複数衛星システムからの総合PFD及びEPFD (Equivalent Power Flux Density：実効電力測密度)* が挙げられているが、この保護手法の検討にあたっては、衛星システムの特性の明確化が必要である。今後WP4CからWP5Dに衛星システムの特性が提供される予定である。

7. おわりに

本稿では、衛星通信による携帯電話の補完の取組みとして、既存の取組みと、現在並びに将来の取組みについて、当社の事例を基に概説した。特に、現在並びに将来の取組みについては、「衛星ダイレクト通信」について、国内の制度整備状況と周波数国際分配に向けた準備として世界無線通信会議における取組みについて概説した。Beyond 5G/6G時代に向け、衛星通信による携帯電話の補完の取組みはますます重要になってくると想定されるため、今後の進捗に注目されたい。

(2024年11月28日 ITU-R研究会より)

* 実効電力束密度 (EPFD) は、被干渉側のアンテナ指向パターンを加味して、PFD規定を補正するもの。EPFDを使った非静止衛星システムからの干渉量の計算では、被干渉となる携帯基地局のアンテナの正面方向（主軸）と干渉波到来方向の受信利得差が考慮される。