

ワイヤレス電力伝送に関する ITU における検討状況と今後の展望[†]

Status of studies by ITU on Wireless Power Transmission and their future perspective

小林 哲^{*1‡}
Satoshi KOBAYASHI

宇宙太陽発電システム (SSPS) 実現のための重要課題のひとつとして、周波数の決定が挙げられる。周波数の決定には、国際電気通信連合 (ITU) での合意が不可欠である。本稿では、ワイヤレス電力伝送 (WPT) の周波数に関する ITU の検討状況と今後の展望を説明する。併せて、近年、WPT に関する ITU での検討を牽引してきた日本の国内での関連する経験を紹介し、これまでの経験を、SSPS 用の周波数決定のための参考に供したい。

One of the important subjects to realize Space Solar Power Systems (SSPS) is determination of frequencies for the systems. Agreement at the International Telecommunication Union (ITU) is inevitable for the determination of the frequencies. This paper explains status of studies on Wireless Power Transmission (WPT) conducted by ITU and their future perspectives. In addition, it also introduces relevant experiences in Japan which lead the ITU studies on WPT these years. They are provided for information to help determination of the frequencies for SSPS.

Keywords : Space Solar Power Systems, SSPS, Wireless Power Transmission, WPT, ITU, Frequency

1. はじめに

宇宙太陽発電システム (SSPS) 実現のための重要課題のひとつとして、周波数の決定が挙げられる。周波数の決定には、国際電気通信連合 (ITU) での合意が不可欠である。本稿では、ワイヤレス電力伝送 (WPT) の周波数に関する ITU の検討状況と今後の展望を説明する。併せて、近年、WPT に関する ITU での検討を牽引してきた日本の国内での関連する経験を紹介し、これまでの経験を、SSPS 用の周波数決定のための参考に供したい。

2. 予備知識

2.1 ITU について SSPS に関するものは ITU-R の活動であり、ITU-R 任務のうち、「無線周波数スペクトラムの分配 (Allocation)」、「無線周波数割当及び静止衛星軌道の登録」、「混信の除去、電波の利用改善のための取組みの調整」、「宇宙技術利用など電気通信手段の調和のとれた発展に向けた取組みの調整」、「無線通信に関する研究 (Study) の実施、規則の改定、決議の採択、報告 (Report)、勧告 (Recommendation) 及び意見の作成」等が SSPS に関

係する。

ITU-R においては、無線通信に関する様々な研究課題 (Question) を承認し、研究課題を研究委員会 (Study Group: SG) に割り振り、各国及び企業等のセクターメンバーからの寄与文書 (Contribution) に基づいて研究を実施している。研究の結果は、報告 (Report) や勧告 (Recommendation) として承認され、公表される。報告と勧告は法的強制力を持たない文書である。

強制力を持たすべきことは、世界無線通信会議 (World Radiocommunication Conference: WRC) において審議され、利用する周波数、技術や運用に関することが無線通信規則 (Radio Regulations: RR) の周波数分配表等に記載される。

RR は ITU の活動成果の一つであり、110 年の歴史を持ち、本文と付録が英文で千ページを超える規則である。RR には国際的な周波数分配表や周波数の使い方が規定され、加盟国に対して法的強制力を持つ。RR は 3~4 年ごとに開催される WRC で改正される。2015 年に前回の WRC (WRC-15) が開催され、2019 年に次回の WRC (WRC-19) の開催が予定されている。

千ページを超える現行の RR には、WPT と SSPS のいずれについても全く記述がない。

2.2 ワイヤレス電力伝送 (WPT) と SSPS ワイヤレス電力伝送 (Wireless Power Transmission: WPT) という用語は、1997 年から ITU-R で用いられている。一方、宇宙太陽発電学会では、宇宙太陽発電システム (Space Solar Power System: SSPS) は、宇宙空間に巨大な太陽光発電所を建設し、得られた電気エネルギーを地上に送電して利用する新しい発電システムの将来構想であるとしている。

[†] 第 2 回宇宙太陽発電シンポジウム、2016 年 12 月 19-20 日、東京にて発表、招待講演

[‡] Corresponding author: Satoshi KOBAYASHI.

E-mail: s-koba@suite.plala.or.jp

^{*1} 個人 (情報通信審議会情報通信技術分科会 ITU 部会周波数管理・作業計画委員会主査)

〒102-0082 東京都千代田区一番町 20-6-605,

Individual, 20-6-605, Ichibancho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-0082, Japan

©SSPSS

用語「WPT」は、SSPS 関連の多くの文献でも用いられており、SSPS の地上への送受電部分が WPT のひとつのタイプと考えられる。

2.3 Beam WPT と Non-Beam WPT ITU-R の検討では、WPT を Beam WPT と Non-Beam WPT に分けて検討しており、SSPS の送受電部分は、Beam WPT に分類される。本稿では、ITU-R における Beam WPT と Non-Beam WPT の両方の検討状況を説明する。

2.4 ITU における SSPS の検討概要 ITU では宇宙からのエネルギー伝送の研究が ITU-R の前身であった国際無線通信諮問委員会 (CCIR) によって 1978 年から行われた。その研究は組織再編に伴い 1983 年で中断され、1997 年に ITU-R によって WPT に関する研究として再開された。当初の研究は Beam WPT の検討が主流であった。

WPT に関する現在の研究は、1997 年の承認後 3 度改正された Question ITU-R 210-3/1 ‘Wireless Power Transmission’¹⁾ に基づいて行われ、ITU-R の Study Group 1 (SG 1) が担当している。2012 年以降、Non-Beam WPT の検討が活発になり、周波数帯や規則化の議論等が進展している。

SSPS については Beam WPT の研究の一部として検討され、2016 年 6 月に Beam WPT に関する最初の報告が承認された。しかし、検討の進展に時間を要しており、SSPS 用の周波数については、上記の検討状況の中で今後の課題となっている。

2.5 ワイヤレス電力伝送 (WPT) の定義、呼称 「電氣的接触なしに他の場所に電力を送り受けること」は電磁場が存在する様々な状況下で普遍的に起こる現象である。コンデンサの電極間やトランスのコイル間でも電力の移動が起こるが、それらは WPT と呼ばれていない。また、情報の伝達を目的とする全ての無線通信は電力の送受なしにはあり得ないが、WPT は無線通信とは区別されている。パッシブ無線タグは、電力伝送と通信の両方が行われている境界領域のシステムの例である。

こうした事情に加え、WPT の応用は非常に多岐にわたっていることから、様々な分野において共通に用いられる国際的な権威ある WPT の用語の定義は明確でない状況にある。

WPT の呼称は、日本語においては、利用の態様に応じて「ワイヤレス」、「無線」、「非接触」などの修飾語と、「電力伝送」、「送電」、「給電」、「集電」、「充電」などの組み合わせで表現されている。ちなみに、WPT を日本で最初に制度化した 2016 年 3 月の電波法施行規則改正では、「非接触電力伝送」が用いられている。

英語では、IEC 等で Wireless Power Transmission でなく Wireless Power Transfer が用いられている。ITU では、1997 年の Question 承認以来、Wireless Power Transmission を用いている。

本稿では、これらすべてを包含する略語として「WPT」を用いる。

2.6 WPT の分類 WPT は多種多様であり、様々なタイプに分類される。

古典的な電磁誘導型は距離数 cm までで電力数十 kW までの伝送、伝送距離を数 m まで伸ばすことができる境界

共鳴型、ほぼ密着状態で 2 次元的な広がりを実現する二次元通信型、10m 以上の伝送を実現する電波受信型などである。

電波受信型で送電側を静止軌道上等の宇宙空間に設置するものが SSPS である。

3. WPT に関する ITU の研究動向

WPT に関する ITU の研究は 1978 年に開始され、以下のよう

に進展してきた。
1978 年: ITU-R の前身の CCIR が、宇宙からの無線エネルギー伝送に関する最初の CCIR Report を京都総会で承認。当時の研究対象は Beam WPT。

1993 年: CCIR から ITU-R への改組に伴い、研究が中断。

1997 年: 研究課題 Question ITU-R 210/1 “Wireless Power Transmission” を承認し、研究再開。当初は Beam WPT 中心。

2007 年: ISM 機器からの輻射限度に関する勧告 ITU-R SM.1056-1²⁾ の留意事項の Annex の中に、将来の ISM 応用として Power transfer を挙げ太陽光発電衛星をリスト。

2007 年: Question を改訂し、研究対象を Beam WPT に限定。

2012 年: Non-Beam WPT への関心が高まり、Question を改訂し、Beam WPT 以外も対象にすることを明記。

2013 年: 日本提案により、Report に向けた作業文書を Non-Beam WPT と Beam WPT の二つの作業文書に分割。日本の意図は、Non-Beam WPT の検討の加速。

2014 年: 日本からの測定データを含む寄与文書の提出等により Report 案が充実され、Non-Beam WPT に関する Report ITU-R SM.2303.0 を承認。

2015 年 6 月: 同 Report をさらに充実させ、Report ITU-R SM.2303-1³⁾ に改訂。

2015 年 6 月: 6.78MHz 帯を勧告する WPT に関する新勧告草案(PDNR)を作成し、他 SG や外部機関に意見照会。(注: ITU では、慣例として PDNR に対して他 SG 等から反対が無ければ、次回 SG 会合でそのまま採択し、加盟国の郵便投票による承認手続きに進める。)

2015 年 7 月: 前述の WPT に関する新勧告草案(PDNR) が作成されて WPT に関する初の勧告承認の可能性が高まったことから、日本は、Asia Pacific Telecommunity (APT) 加盟諸国に WPT を WRC-19 の議題とするよう WRC-15 に諮ることを提案して賛同を得た。その後、APT 共同提案として WRC-15 に提出。

2015 年 11 月: WRC-15 で、WPT の WRC-19 議題化を審議し、RR 改正の議題としては合意されなかったものの、EV 用 WPT が WRC-19 に向けての緊急研究課題として合意され、検討開始。

2016 年 6 月: Beam WPT の応用に関する Report ITU-R SM.2392.0⁴⁾ を承認。WPT に関する PDNR は英、独、蘭の反対により採択されず、新勧告案 (DNR) として 1 年持ち越し、2017 年 6 月に 6.78MHz 帯の勧告承認を期待。

2016 年 11 月: 日本提案により WPT は ISM かどうかなどの周波数管理手法の議論を開始。

4. ITU における WPT の規則上の位置付け

4.1 WPT の規則上の位置付け 現行の RR には、WPT

システムとの共用、人体防護等の課題を、実証実験を行いつつ検討を行った。同委員会の報告に基づき、情報通信審議会が2015年1月及び7月、技術的条件の一部答申を行った。それに基づき、2016年3月、電気自動車（EV）用WPT装置等を高周波利用設備の型式指定の対象に追加する省令改正が公布施行された。

これら検討の進捗状況は、日中韓情報技術会合、APT（アジア太平洋電気通信共同体）、ITU-R等の検討の場に随時報告され、フィードバックを得ながら、周波数の世界的な調和に向けて活動が行われた。

6. WPTの標準化に関する海外動向

WPTに関する国際標準化活動は、IECにおいては、CISPR, TC100, TC69/PT 61980等、ISOにおいては、ISO TC22/SC21 (ISO 19363), ISO/IEC JTC 1 SC6等、米国のConsumer Electronics Association (CEA), Society of Automotive Engineers (SAE), Wireless Power Consortium (WPC), AirFuel Alliance (AFA), China-Japan-Korea IT Standards MeetingのWPT WG, APTのAPT Wireless Group (AWG), European Telecommunications Standards Institute (ETSI)のTG28などにおいて、それぞれの所掌分野について行われている。（詳細省略）

7. 今後の展望

7.1 希望的観測 希望的観測として、ITUにおけるWPTに関する検討が、今後以下のように展開することを期待する。

7.2 2017年6月 2017年6月にはITU-R SG 1ブロック会合（SG 1及びその傘下のWorking Party (WP)等の会合）が開催される。

この会合では、WPTに関する最初のITU-R勧告案（各国の主管庁に対して、モバイルデバイス用のNon-Beam WPTに6.78MHz帯の利用をガイドラインとして検討すべきと勧告するもの）が採択され、ITU加盟国による郵便投票に持ち込まれる。さらに、EV用WPTの周波数帯を含む勧告改定草案又は新勧告草案を作成して、他のSGの関係するWPに意見照会を行う。また、Report ITU-R SM.2303-1の改定の議論を進めて改訂版を承認する。

さらに、WPT用の周波数管理手法について議論を進め、Reportに向けた作業文書を更新する。

Beam WPTの応用のうち早期実現を目指すものについては、周波数共用検討の方法論等を議論し、Report案の構成に関する作業文書を作成したい。

7.3 2017年11月 2017年11月にはITU-R SG 1傘下のWP会合が開催され、6月会合の継続案件の検討が進められる。EV用以外のWPT（Beam WPTを含む）のうちWRC-19での検討が望まれるものがあれば、この時点で検討方針が議論されることになろう。

7.4 2018年6月 WRC-19の議論の準備を行うConference Preparatory Meeting (CPM)の第2回（最終）会合が2019年2月に予定されているので、その直近の2018年6月のITU-R SG 1ブロック会合では、CPMレポートに

盛り込むテキスト案を完成する必要がある。このため、このブロック会合ではEV用WPTの周波数を含む勧告案を採択し、周波数管理手法に関する新Reportも承認したい。Beam WPTについても、このブロック会合で可能な範囲でCPMレポートテキスト案に盛り込み、WRC-23以降の審議の可能性を確保したい。

7.5 2019年10月～11月（WRC-19） 2019年10月28日～11月22日の予定でWRC-19が開催される。WRC-19の結果は予断できないが、これまでの検討の蓄積を基にEV用WPTの周波数等をRRに規定するよう努めたい。

7.6 WRC-19以降 EV用以外のNon-Beam WPT及びSSPS等Beam WPTの周波数の決定は、WRC-19以降の活動によることになると思われるが、他の国際機関等と連携し、周波数の世界的な調和に向けて更に活動が続けられるものと期待する。

8. 今後想定される主な論点・課題

一般論として、無線通信業務に有害な混信を与えるWPTは認められない。よって、全てのWPTについて無線通信業務への影響が十分に小さいことを示すことが必須の課題である。

WPT用の周波数をRRに記載すべきかについては、まだ議論が収斂していない。日本は国際共通周波数が無線通信業務の保護に有益ならば、記載すべきと考えている。一方、WPTは現行のRR上のステータスがないことから、無線通信業務に影響を与えないよう各国又は地域がそれぞれ規制すべきで、RRへの記載は不要であると主張している国々がある。

現行RRの周波数分配表に記載されているISM帯の拡張は一選択肢である。それに伴って、現行RRのISMの定義を変更すべきかの課題が派生する。WPTの定義をRRに新たに設けるべきとの主張もあり得る。さらに、混信回避のためのWPTからの不要輻射の規制方法の課題があり、これについては、IEC/CISPRとの関係の整理が必要である。

このほか、WPTからの人体防護についても結論を得る必要がある。

9. Beam WPTに関するReportのWork Plan

2016年11月のWP 1A会合で作成したWork Plan（第1表）では、Beam WPTのアプリケーション毎のITU-R Report作成の目標年を以下のように仮置きし、今後必要に応じて見直すこととした。

SSPSに相当するSolar Power Satelliteの目標年は、現段階では未定（TBD）となっている。

第1表 Beam WPTのアプリケーション毎のITU-R Report 作成の目標年

Report 作成の目標年	ID	アプリケーション
[2017-2020]	a1	Wireless Powered Sensor Network
[2017-2020]	a2	Wireless Charger of Mobile Devices

[2017-2020 (Short Distance)] [2020-2030 (Long Distance)]	c2	Point-to-Point WPT
[2025-2030]	c1	WPT to Moving Flying Target
[2025-2030]	c3	Wireless Charging for Electric Vehicle
TBD	c4	Solar Power Satellite

10. WPTに関するWRC-19審議に向けての手順

WRC-19の議題はWRC-15での検討結果に基づいて決定され、WRC-19に向けての緊急研究課題とされたEV用WPTの周波数等については、ITU事務局の無線通信局長の報告の一部として審議される。また、同緊急研究課題については、WRC-15に引き続いて開催されたCPM19-1会合においてCPMレポートの一課題とされ、SG1のWP1Bが主導し、関心を持つ他のWPの見解も踏まえてCPMレポートのテキスト案を作成することとされている。また、WPTに関係している外部機関からの情報やコメントを反映する必要もある。

EV用WPTの技術的事項についてはWP1Aが担当し、周波数管理手法についてはWP1Bが担当している。また、WPTからの混信を懸念する地上業務、放送業務、科学業務などの他の無線通信業務についてはそれぞれ他のWPが担当しており、関係の外部機関も多い。それぞれ年1～2回の会合で議論を行うため、他のWPと外部機関に意見照会を行い、返答、コメント等を受け取るのに通常1年を要する。また、ITU-Rの会合、会議では慣例として全会一致で決定を行うことから、日本から提案を行う際には、近隣の韓国、中国、さらにAPT諸国との事前調整や共同提案、ITU以外の国際機関等への働きかけが効果的である。そのために、APTの下に設けられているAPT Wireless Group (AWG)、APT Preparatory Group (APG)への参加、提案、さらには、IEC（特にCISPR）、ISO、SAE等への関係者の参加、提案が、各会合の開催スケジュールを考慮しながら多層的に行われる。

11. おわりに

WPTは周波数の新しい利用であり、幅広い応用に期待が高まっている。特にEVへの給電は、EV普及を促し地球温暖化対策に繋がる重要な技術と考える。

Non-Beam WPTは、電波利用のブロードバンド化により空きつつある低い周波数帯の有効利用促進の側面を持つ。

しかしながら、RR上のWPTのステータスが明確でないため、WPTの実用化にはRRの基本に立ち返っての議論が必要である。言わば、WPT用の周波数の確保は「市民権獲得運動」でもある。

WPT用の周波数の確保に必須である無線（通信）業務

へのインパクトの検討については、その実績と関係国際機関への貢献において日本がリードしてきているので、今後も継続したい。そのためには、中国、韓国、イスラエル、米国等との連携及び他の国際機関・国際グループとの連携が、今後も重要である。

EV用WPTの周波数については、日本の関係者の多大な貢献によりITUが検討・決定を行うべきとの認識が芽生え、WRC-15の成果に繋がり、WRC-19に向けての検討が進んでいる。

他のNon-Beam WPTやBeam WPTの実現、特にSSPSの周波数確保に向けては、本稿で説明した経験を有効に役立てていただきたい。

参考文献

- 1) Wireless Power Transmission, Question ITU-R 210-3/1.
http://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/que/R-QUE-SG01.210-3-2012-MSW-E.docx
- 2) Limitation of radiation from industrial, scientific and medical (ISM) equipment, 勧告 ITU-R SM.1056-1.
http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1056-1-200704-I!!MSW-E.doc
- 3) Wireless power transmission using technologies other than radio frequency beam, Report ITU-R SM.2303-1.
http://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SM.2303-1-2015-MSW-E.docx
- 4) Applications of wireless power transmission via radio frequency beam, Report ITU-R SM.2392-0.
http://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SM.2392-2016-MSW-E.docx
- 5) MIT TEAM EXPERIMENTALLY DEMONSTRATES WIRELESS POWER TRANSFER, POTENTIALLY USEFUL FOR POWERING LAPTOPS, CELL-PHONES WITHOUT CORDS, MIT 報道発表資料 07 June 2007.
http://www.mit.edu/~soljacic/MIT_WiTricity_Press_Release.pdf
- 6) 10年後、なくなっているもの、総務省電波政策懇談会第2回資料2-1（2008年12月2日）.
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/cho_081202_2.html
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/cho_081202_2_si1.pdf
- 7) 電波新産業創出戦略、総務省電波政策懇談会報告書（2009年7月3日）第6章。
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02kiban09_090713_1.html
http://www.soumu.go.jp/main_content/000030533.pdf
- 8) 日本のWPT実用化に向けたロードマップ、総務省電波有効利用の促進に関する検討会報告書（2012年12月25日）p.31.
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02kiban09_03000173.html

(2017. 1. 31 受付)