



ワイヤレス電力伝送システムの 国際制度化・標準化の最新動向

株式会社東芝 技術・生産統括部 技術企画室 シニアエキスパート
ブロードバンドワイヤレスフォーラム/ワイヤレス電力伝送 WG リーダー

しょうき ひろき
庄木 裕樹



1. はじめに

世界的に環境保護のためにガソリン車やディーゼル車を規制し、電気自動車 (Electric Vehicle : EV) ヘシフトする動きが強くなってきている^[1]。EVの充電には、ワイヤレス電力伝送 (Wireless Power Transmission/Transfer : WPT) 技術による非接触充電が、どこでも簡単に充電できることなどのユーザの利便性の点などから間違いなく有効である。一方、モバイル機器や家電機器用の10WクラスのWPTシステムに関しては既に商用化されたものもあり、今後、大電力化への需要が高まると言える。実用化のためには、国内外での電波法上での制度化が必要になるが、日本国内においては、既に2016年3月に世界最初のWPTシステムが制度化されている。一方、国際的には、国際電気通信連合の無線通信部門 (ITU-R) において、WPTシステムに

関する利用周波数の協調や国際電波法 (RR) 上での位置付けなどに関する議論が活発に行われている。本稿では、ITU-RにおけるWPTシステムの国際制度化議論の最新動向について紹介する。

2. ITU-Rにおけるこれまでの国際協調議論の状況

表1に、ITU-Rにおける国際協調議論のこれまでの状況をまとめる。WPTシステムに関する国際協調議論は古くから行われており、元々は1978年のCCIR (国際無線通信諮問委員会) 総会における電波放射方式のWPTシステムに対する課題提示とレポート策定が発端になっている。しかし、近年では、磁界共振型も含む磁界結合型に対するWPTシステムの国際協調の議論が活発になっている。そこで、2013年のITU-R SG1会合において、WPTシステム

■表1. ITU-RにおけるWPTシステムに関するこれまでの国際協調議論の経緯

年月 会合名	NON-BEAM.WPT	BEAM.WPT
1978年 第14回CCIR総会	<ul style="list-style-type: none"> ・ BEAM.WPTの研究の元になったQuestion 20/2が承認 ・ Report 679 "Characteristics and effects of radio techniques for the transmission of energy from space" が承認され、発行 (1982年と1986年に改訂版を発行) 	
1997年 ITU-R会合	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現在のWPT研究の元になっているQuestion 210-3/1の元になったQuestion 210/1が最初に承認 	
2013年6月 ITU-R SG1会合 (WP1A/WP1B会合含む)	<ul style="list-style-type: none"> ・ Report化のためのWorking Document (WD) をNON-BEAM方式とBEAM方式に分割 (NON-BEAMの議論の開始) 	
2014年6月 ITU-R SG1会合 (WP1A/WP1B会合含む)	<ul style="list-style-type: none"> ・ NON-BEAM方式の新Reportが承認 ⇒ Report ITU-R SM.2303の発行 ・ NON-BEAM方式に関するRecommendation議論の開始 	
2015年6月 ITU-R SG1会合 (WP1A/WP1B会合含む)	<ul style="list-style-type: none"> ・ NON-BEAM方式に関するPreliminary Draft New Recommendation (PDNRec) 作成 ・ Report ITU-R SM.2303-1 (改訂版) の承認・発行 	<ul style="list-style-type: none"> ・ BEAM.WPT方式の新レポートのWDレベルの改訂
2015年11月 WRC-15会合	<ul style="list-style-type: none"> ・ EV用WPTがWRC-19における議題9.1.6に 	
2016年6月 ITU-R SG1会合 (WP1A/WP1B会合含む)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 6.78MHz帯WPTに関する勧告化が英、独、蘭の反対により2017年に延期 ・ WRC-15の結果を受けて、WP1BでEV用WPTの議論を行うことに ※Report ITU-R SM.2303-1の改訂版の作業の中で、EV用WPTと中波放送に関する共用化方法について日本とEBUが異なる方法論を提案 	<ul style="list-style-type: none"> ・ BEAM.WPTのアプリケーションに特化した新Reportが承認 ⇒ Report ITU-R SM.2392の発行 ・ 他システムとの共用検討に着目した新Report ITU-R SM. [WPT.BEAM.IMPACT] の作業開始
2016年11月 ITU-R WP1A/ WP1B会合	<ul style="list-style-type: none"> ・ Report ITU-R SM.2303-1の改訂版のWDの中で、EV用WPTと中波放送に関する共用化方法について日本とEBUの双方の方法を併記 ・ WPT用周波数管理の方法論を扱う新Report ITU-R SM. [WPT.SPEC.MNGM] の作業開始 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 共用検討を含めたBEAM.WPT方式のレポート作成のためのワークプラン改訂
2017年6月 ITU-R SG1会合 (WP1A/WP1B会合含む)	<ul style="list-style-type: none"> ・ NON-BEAM方式に関するRecommendation採択 (モバイル用6.78MHz帯磁界結合方法のみ)、Rec. ITU-R SM.2110として発行 ・ Report ITU-R SM.2303-2 (改訂版) の承認・発行 ※EV用WPTと中波放送の共用検討については、日本案、EBU案を両論併記することで調整。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ WIDE-BEAM方式 (広角ビーム、マルチビームによるセンサーネットワーク、モバイル機器応用) に関する共用検討結果を含めた新Report ITU-R SM. [WPT.WIDE-BEAM.IMPACT] の作業開始
今後の目標	<ul style="list-style-type: none"> ・ EV用WPTの利用周波数85kHz帯のRecommendation化 (2019年6月目標) ・ 新Report ITU-R SM. [WPT.SPEC.MNGM] の承認・発行 (2018年6月目標?) ・ CPMLレポートの作成 (2018年6月目標) ・ WRC-19 (2019年秋) でのWPT利用周波数のRR上での明確化 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新Report ITU-R SM. [WPT.WIDE-BEAM.IMPACT] の承認 (2019年6月目標) ⇒ 新Report ITU-R SM. [WPT.NARROW-BEAM.IMPACT] の作成へ



をNON-BEAM WPT（磁界結合型、電界結合型など近傍領域におけるWPT）とBEAM WPT（電磁波放射による非結合型WPTなど電波を意図的に放射させるもの）に分けて議論を行うことになった。以下に、各WPT方式についてのこれまでの議論状況をまとめる。

2.1 NON-BEAM WPT

- ・2014年にNON-BEAM WPTに関するReport ITU-R SM.2303が正式に発行され、2015年及び2017年に2度の改訂が行われた^[2]。このReportには、NON-BEAM WPTに関する各種のWPTシステムの応用例や標準化、各国の制度化状況などがまとめられるとともに、我が国の制度化議論の際に行った他システムとの共用化の検討結果についても掲載されている。
- ・2017年6月のSG1会合において、磁界結合WPTで利用する6.78MHz帯のみ勧告化が成立の方向になり、9月に勧告ITU-R SM.2110として発行された^[3]。6.78MHz帯は国際的にはISMバンドという位置付けになっており、他システムとの共用化が可能ということから勧告に至った。今後の取組みとして、我が国としては、国内で制度化された図1に示すEV用WPTシステムの利用周波数85kHz帯（79-90kHz）の本勧告への追加を目指している。さらに、WPC (Wireless Power Consortium)^[4] がモバイル機器向けに標準規格化している100-205kHz帯など、他の利用周波数帯についても勧告化を目指す動きもある。これらの周波数帯については、共用検討の結果、他システム

への影響が無いことが明確になった時点で勧告への周波数追加が議論されることになる。

- ・2015年11月に開催されたWRC-15（世界無線通信会議）において、EV用WPTシステムに関して2019年に開催されるWRC-19における議題9.1.6 (Urgent studies to consider and approve the Report of the Director of the Radio communication Bureau) に設定された。このため、EV用WPTに関しては、共用化検討を進め、利用周波数の勧告化を早急に行うことなどがITU-Rにおける重要な議論内容になっている。具体的には、2018年6月までにWRC-19に向けたConference Preparatory Meeting (CPM) 用の報告書 (CPMテキスト) を作成することが目標になる。

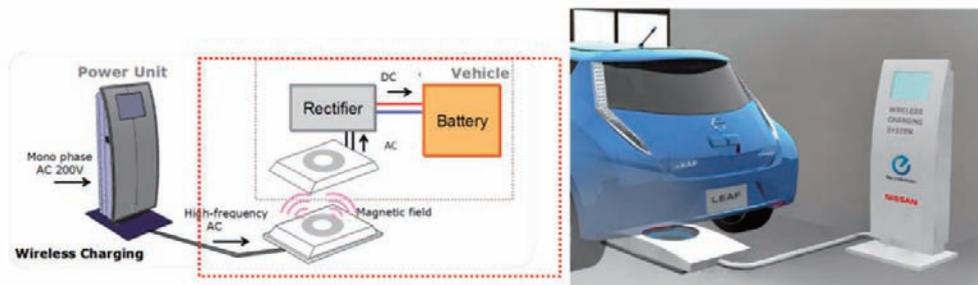
2.2 BEAM WPT

- ・BEAM WPTに関しては、2016年6月に、これまで作業文書 (Working Document) として維持してきたレポート案をアプリケーションに特化させたレポートとして再構成することで、Report ITU-R SM.2392として発行された^[5]。
- ・現在は、BEAM WPTの国際協調化のために、共用検討の方法論とその結果などに特化した新レポートの策定に着手している。Report ITU-R SM.2392の中で、BEAM WPTを表2に示すようなカテゴリーに分類しているが、その中で図2に示す最初の実用化のターゲットとなるセンサやモバイル機器への応用に特化した検討を進めている。この検討結果は、新レポート [WPT.WIDE-BEAM.IMPACT] として2019年の完成を目標にしている。

[WPTシステムの仕様・条件]

- ◆WPT方式： 磁界結合型（磁界共振型）、片方向送電、1対1送電
- ◆WPT周波数帯： 85kHz帯（79kHz～90kHz）
- ◆送電電力： 3kWクラス ～ 最大7kWクラス
- ◆電力伝送距離： 10cm～30cm程度
- ◆一般家庭においても簡易な電源工事で設置可能

※総務省により制度化されたEV向けWPTシステムに対する技術条件をベースとする



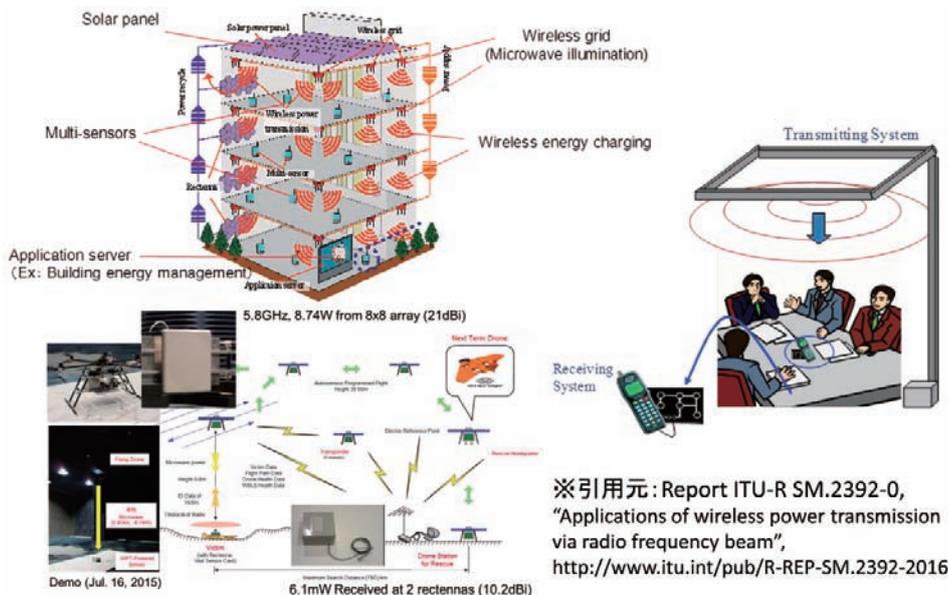
※引用元：産業競争力懇談会 (COCN) 2016年度推進テーマ「ワイヤレス電力伝送の普及インフラシステム」最終報告書
<http://www.cocn.jp/thema90-L.pdf>

■図1. 勧告SM.2110への利用周波数の追加を目指すEV用WPTシステムの概要



■表2. BEAM WPTシステムの 카테고리分類

Type	ID	Applications	Frequency band	Condition	Distance	Power	Impact study	Remarks
a	a1	Wireless Powered Sensor Network	915 MHz band, 2.45 GHz band, 5.8 GHz band	Indoor, outdoor	Several meters – dozens of meters	< 50W	Must	
	a2	Wireless Charger of Mobile Devices	2.45 GHz band	Indoor	Several meters – dozens of meters	< 50W	Must	
b	b1	Wireless Power Transfer Sheet	2.45 GHz band	In mesh-pattern shielded sheet	Several meters (in sheet)	< 30W	[N/A]	ARIB STD-T113
	b2	MPT in Pipe	2.45 GHz band, 5.8 GHz band	In shielded pipe	1 m – 100 m (in pipe)	< 50W	N/A	
	b3	Microwave Buildings	2.45 GHz band, 5.8 GHz band	In shielded pipe	1 m – 100 m (in pipe)	50W – 5kW	N/A	
c	c1	WPT to Moving Flying Target	2.45 GHz band, 5.8 GHz band	Outdoor	10 m – 20 km	50W-1MW	Must	
	c2	Point-to-Point WPT	2.45 GHz band, 5.8 GHz band	Outdoor	1 m – 20 km	100W – 1MW	Must	
	c3	Wireless Charging for Electric Vehicle	2.45 GHz band, 5.8 GHz band	Outdoor	0.1-10 m	100W-100kW	Must	
	c4	Solar Power Satellite	TBD	Space to ground	36,000 km	1.3GW	Must	



■図2. 国際協調を目指すBEAM WPTシステム例

3. 2017年11月のWP1A及び1B会合の結果と今後の展開

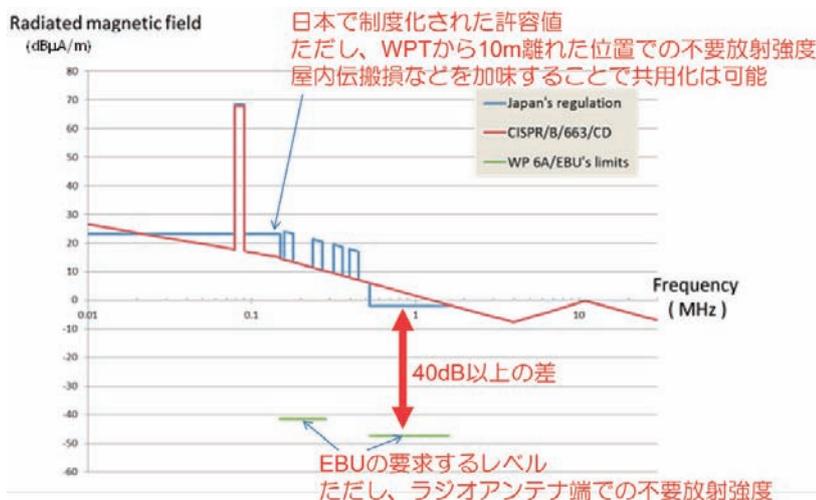
2017年11月にWP1A（周波数管理技術を担当する作業班）、WP1B（スペクトラムマネージメントを担当する作業班）、及びWPTに関するラポータグループ（RG-WPT）会合が開催された。現状では、WRC-19向けのCPMテキスト作成やNON-BEAM WPTに関する共用検討はWP1B、WPTシステムの周波数管理技術やBEAM WPTに関してはWP1Aが担当という役割分担になっている。2017年11月会合での

議論結果をまとめると以下のようになる。

3.1 NON-BEAM WPT

(1) 勧告ITU-R SM.2110への新規周波数帯の提案

日本より、勧告ITU-R SM.2110へEV用WPTの周波数帯である79–90kHzの追加提案を行った。しかし、他システムとの共用化検討が完全には終わっていないことから、作業文書として継続検討になった。一方、WPCのQi規格に関わる利用周波数帯のうち100–148.5kHzに



■図3. EBU、日本、CISPRで制度化および議論されているEV用WPTに関する放射妨害波許容値の比較

についても、勧告に追加していこうという動きがあり、その前段で100–148.5kHzを利用するモバイル機器用磁界結合WPTに関する新レポートを作成していくことになった。

(2) CPMテキストの作成を2018年6月目標に

WRC-19に向けたCPMテキストの作成作業を優先することになり、その完成を2018年6月とすることが確認された。このCPMテキストには、EV用WPTに関する他システムとの共用検討の結果のエッセンスを記載する方向である。NON-BEAM WPTに関するReport ITU-R SM.2303-2に我が国で検討した結果が掲載されており、その内容をこのCPMテキストへ反映する方向であるが、一方で、後述する中波放送との共用化に関する結論がまだ得られていない。今後、共用検討とCPMテキスト作成の議論を並行して行う必要がある。

(3) 中波放送帯におけるEV用WPTの許容値に関する議論

EV用WPT利用周波数の高調波が影響する可能性のある中波放送波帯 (AM放送波帯、526.5–1606.5kHz) におけるWPTシステムからの放射妨害波の許容値に関して、日本と欧州放送連盟 (EBU) の間で活発な議論が行われている。両者の主張ポイントは以下のとおりである。

(a) EBUの提案したProtection Criteriaに基づく方法:

ITU-R勧告Rec. ITU-R BS.560に基づく同一周波数利用の放送波間での干渉回避のための混信保護比に、さらに周波数偏差を考慮した最悪ケースによる混信保護比を加算している。また、ITU-R勧告Rec. ITU-R BS.703に基づき、AM受信機の推奨の最小受信感度 (つまり最も放送波電波の弱いところ) を基

準にして、WPTシステムに対する放射妨害波の許容値を導出している。

(b) 日本提案の都市環境による検討・評価に基づく方法: AM放送帯のWPTシステムの許容値は現行の日本の電波法で規定されている電磁調理器の許容値と同じである。日本国内の制度化議論では、WPTシステムの利用環境や製造上の性能のトレランスを考慮した設計がなされることなどを考慮して、EV用WPTの普及が始まる都市環境においては、この許容値で問題が無いことを確認している。実際に実験も行った結果、WPTシステムがAM放送に大きな問題を与えないことを確認でき、国内の省令において制度化されている。

図3に、上記①と②の許容値案と、さらにCISPR Bで2017年1月段階での許容値案 (CISPR/B/663/CD) を示す。特に、AM放送波帯 (526.5–1606.5kHz) においては、(a) のEBU提案の許容値は $-47.5\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$ 、(b) の日本提案の許容値は $-2.0\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$ (ただし、WPT機器から10mの距離で測定) となっており、40dB以上違っている。一方、CISPR/B/663/CDでの許容値は日本提案と同レベルである。EBU及び日本の方法論については、2017年6月に改訂されたReport ITU-R SM.2303-2の中では、両論併記ということで掲載されており、議論は収束していなかった。そこで、2017年11月のITU-RのWP1A及びWP1Bの会合において、日本から、EV用WPTシステムと中波放送業務の共用化のため、下記条件設定を提案した。

> 「放送受信機アンテナ端でのWPTシステムからの不要放射レベルをRec. ITU-R P.372で規定される環境雑音レベル以下」とする。なお、日本の検討では、電波環境として都市環境 (ITU-R P.372においては“City”に対応) で検討しており、WPTシステムと受信機との離隔距離、屋内伝搬損などを加味して、共用化可能な放射妨害波強度 $-2.0\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}@10\text{m}$ を制度上で規定している。

> 表3に示すように、他の電波環境においても離隔距離など適切な条件を設定することにより共用化は可能である。その条件及び具体的な放射妨害波許容値をどう設定するかは各国政府の判断に委ねられる。

なお、表3に示す“Quiet rural”の電波環境下の環境雑音 $-48.5\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$ であり、方法論は違うもののEBUの提



■表3. EV用WPTと中波放送の共用検討の方法論に関する日本からの提案

Radio environment categories in Rec. ITU-R P.372-13	A (City)	B (Residential)	C (Rural)	D (Quiet rural)	Remarks
(1) Radiated emission limits @ 10 m (dBuA/m)	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	Radiated emission limits in MF frequency range in Japan's regulations for WPT systems for EV.
Separation distance (m)	10	13	16	35	Separation distance 10m is defined as the condition of impact study in urban areas. Separation distance in residential, rural and quiet rural areas are described only as reference.
(2) Degradation due to separation distance (dB)	0	4.8	8.6	22.9	In Japan's radio law, the distance conversion factor from 10 m to 30 m is 1/10 (=20 dB) in the frequency range of MF broadcasting service. From this relationship (the 2.1-th power rule), the factor from 10 m to 15 m is 1/2.3 (=7.2 dB) the factor from 10 m to 20 m is 1/4.3 (=12.7 dB)
(3) Propagation loss due to walls of houses and buildings (dB)	10	10	10	10	Referred from Japan's report results of MIC's round-table conference concerning MF broadcasting pre-emphasis (Dec. 1983).
(4) Uncertainty budget in industries' design and test stage (dB)	14	14	14	14	Estimated by measured results of developed WPT systems for EVs in Japan.
(5) Realized emission H-field strength at AM radio receiver (dBuA/m)	-26.0	-30.8	-34.6	-48.9	Calculated by (5) = (1) - (2) - (3) - (4)
Environment noise level (dBuA/m)	-25.5	-30.5	-34.5	-48.5	Calculated at 500 kHz by Eq.(7) and Fig.10 in Rec. ITU-R P.372-13.

Japan's impact study in urban areas

Radiated emission limits described by Japan (7.2.2 of Report ITU-R SM.2303-2)

Required emission level in Japan's study

Acceptable H-field strength at radio receiver described by WP 6A/EBU is -47.5 dBuA/m (7.2.1 of Report ITU-R SM.2303-2)

案する許容値 $-47.5 \text{ dB}\mu\text{A/m}$ とほぼ同等である。EBUの考え方も網羅できる統一的方法であることを説明したが、まだ議論は継続されている状況である。

3.2 BEAM WPT

ブロードバンドワイヤレスフォーラム (BWF)^[6]からの寄書により、新レポートITU-R SM. [WPT.WIDE-BEAM. IMPACT]へテキスト提案を行った。具体的には、最初のターゲットになるBEAM WPTシステムとして、センサネットワークでのユースケース(工場でのセンサへの給電、車両内への給電、介護ホーム内等での管理用センサへの給電など)、モバイルデバイス、ウェアラブルデバイスへの給電のユースケースを明確化した。作業文書として継続検討になり、今後は、このレポートの本質的な部分になる共用検討の方法や結果を作成していくことになる。

4. おわりに

WPTシステムの国内外での制度化議論の成果もあり、今後、世界的にも実用化がどんどん進むと予想される。我が国は、WPT技術に関しては間違いなく世界的にトップレベルにあり、そのポテンシャルを国際制度や標準化の場に活用し、さらには我が国の産業発展に貢献できると期待さ

れる。WPT分野の関係者の今後の努力とその成果に大いに期待したい。

参考文献

- [1] California Air Resources Board: Zero Emission Vehicle (ZEV) Program, <https://www.arb.ca.gov/msprog/zevprog/zevprog.htm>
- [2] ITU-R: Report ITU-R SM.2303-2, "Wireless power transmission using technologies other than radio frequency beam", <http://www.itu.int/pub/R-REP-SM.2303>, 2017.
- [3] ITU-R: Recommendation ITU-R SM.2110, "Frequency ranges for operation of non-beam Wireless Power Transmission (WPT) systems", <http://www.itu.int/rec/R-REC-SM.2110-0-201709-I>, 2017.
- [4] Wireless Power Consortium, <https://www.wirelesspowerconsortium.com/>
- [5] ITU-R: Report ITU-R SM.2392-0, "Applications of wireless power transmission via radio frequency beam", <http://www.itu.int/pub/R-REP-SM.2392>, 2016.
- [6] ブロードバンドワイヤレスフォーラム, <http://bwf-yrp.net/> (2017年10月26日 ITU-R研究会より)