

6.78MHz帯電界結合および
100kHz帯磁界結合WPTシステムと
アマチュア無線システムの周波数共用検討に関する検討

2023.5.10

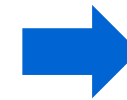
ブロードバンドワイヤレスフォーラム (BWF)

6.78MHz帯電界結合及び100kHz帯磁界結合WPTシステムと アマチュア無線システムの周波数共用検討に関する検討 (進捗状況まとめ)

【経緯等】

(1) BWFより、以下の内容について、アマチュア無線連盟殿へご提示

- ① 検討対象の各ワイヤレス電力伝送システムの技術的要件と利用シーンについて
- ② WPT機器からの不要放射の測定データについて
- ③ 実験による共用化検討の提案



次スライドに
WPTシステム側の諸元・用
途・利用場所、想定許容値、
実測データのまとめ

(2) アマチュア無線連盟殿との議論により、以下の対応を実施

- ・BWF資料に対する質問対応および不明点等の修正
- ・135kHz帯のアマチュア無線機器の受信機仕様などについてカタログデータ等をご提供いただく

【現在の状況】

- ◆ 6.78MHz帯電界結合WPTシステムについては、標準的な受信装置（※1）による標準設定（※2）によるWPT機器からの不要放射レベルの測定の結果、7MHz帯アマチュアバンドにおける不要放射レベルが前記の測定用受信機のノイズレベル以下（測定限界以下）と低いことを確認。
- ◆ 100kHz帯については、共用化検討の考え方、影響確認の実験方法について議論中（スライド3以降に説明）

（※1）標準的な受信装置として、アクティブ・ループ・アンテナ（セテック製 HLA 6120）、バイコニ・ログ・アンテナ（セテック製 CBL 6111）、スペクトラムアナライザ（テクトロニクス製 RSA306）を利用

（※2）CISPR 16に基づく標準設定（RBW=9kHz）

WPTシステム側の諸元・用途・利用場所、想定許容値、実測データのまとめ

		6.78MHz帯電界結合型WPT	100kHz帯磁界結合型WPT
WPTシステムの仕様	技術方式	電界結合方式（送電電極と受電電極間の電界結合を利用する方式）	磁界結合方式（送電コイルと受電コイル間の磁界結合を利用する方式）
	周波数	6.765~6.795MHzの中の無変調の単一周波数	100.0~148.5kHzの中の無変調の単一周波数
	電力伝送距離	30mm以内（送電電極と受電電極間の距離）	10mm以内（送電電極と受電電極間の距離）
	送受電装置の大きさ	送電電極（レール形状）は最大5m 受電電極は0.5m×0.5m程度以内（設計による）	コイルの大きさは直径80mm以内
	伝送電力	～4 kW	～300W
利用形態	用途（受電対象）	搬送用、仕分け用、建設用等の各種ロボット、ドローンなど（電池搭載機器）	Laptop PC, 電動工具など（電池搭載機器）
	利用場所	工場、建設現場、物流拠点、ドローンポートなど（管理環境下でのみ利用）	家庭、オフィス、公共スペース、列車内など
BWF側が想定する許容値	参考にする省令	無線設備規則第65条第1項第3号 および利用周波数帯については施行規則第46条の2の第1項第9号	施行規則第46条の2の第1項第10号
	アマチュア帯域での許容値	7.0~7.2MHzにおいて 18.5dB μ A/m（測定距離10m）	135.7~137.8kHzにおいて 23.1dB μ A/m（測定距離10m）
放射妨害波の実測値（※）		6.78MHz帯バンド外では -25dB μ A/m（10m）以下（標準的受信機システム、CISPR16に基づく標準設定での放射妨害波の測定値） （参考として、WPT送電周波数6.78MHz帯においては25dB μ A/m程度（10m））	34.5dB μ A/m（3m）、10.0dB μ A/m（10m） （138kHzで100W送電時における放射妨害波の測定値）

（※）放射妨害波の測定内容および結果の詳細については、別資料「検討対象のワイヤレス電力伝送システムの技術的要件と利用シーン、不要放射の測定データについて」に掲載

100kHz帯磁界結合WPTと
アマチュア無線システムの共用検討について
(BWFとしての考え方および実験の提案)

共用検討の考え方と実験の提案

100kHz帯磁界結合WPTについては、WPTの利用周波数の基本波による不要放射がアマチュア無線バンドの中に入る可能性があるため、実験により影響評価を確認したい。

この実験を行うにあたっての基本的な考え方は以下の通り。

1. 利用環境や離隔距離などを考慮した上で、**WPT機器からの不要放射（WPT送電時にアマチュア無線の帯域内にWPT機器から漏れる電磁界）がアマチュア無線システムへ影響を与えないことを条件**としたい。
（実験の進め方等の詳細については、今後、アマチュア無線連盟様とBWFとの間で調整予定）
2. 上記1の条件を確認するための実験を実施したい。アマチュア無線システムについてはアマチュア無線連盟様でご提供いただき、アマチュア無線システム側の受信機能により、WPT機器からの不要放射の影響および環境雑音を実測で確認したい。

1. 実験にあたっての基本データと事前検討の結果（まとめ）

- (1) WPTシステム側の諸元・用途・利用場所、想定許容値、実測データのまとめ（スライド6）
- (2) 環境雑音について（スライド7）
⇒ 環境雑音として $-20\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}$ を仮定
- (3) WPT機器からの不要放射レベルと環境雑音の比較（スライド8）
⇒ 最悪条件において、WPT機器から離隔距離として 30m 離れれば不要放射は環境雑音以下になると推定される
- (4) アマチュア無線システム側での受信電力の試算（スライド9）
⇒ 環境雑音が -50dBm 程度の受信電力になると試算

(1) WPTシステム側の諸元・用途・利用場所、想定許容値、実測データのまとめ

		100kHz帯磁界結合型WPT
WPTシステムの仕様	技術方式	磁界結合方式（送電コイルと受電コイル間の磁界結合を利用する方式）
	周波数	100.0～148.5kHzの中の無変調の単一周波数
	電力伝送距離	10mm以内（送電電極と受電電極間の距離）
	送受電装置の大きさ	コイルの大きさは直径80mm以内
	伝送電力	～300W
利用形態	用途（受電対象）	Laptop PC, 電動工具など（電池搭載機器）
	利用場所	家庭、オフィス、公共スペース、列車内など
BWF側が想定する許容値	参考にする省令	施行規則第46条の2の第1項第10号
	アマチュア帯域での許容値	135.7～137.8kHzにおいて 23.1dB μ A/m（測定距離10m）
放射妨害波の実測値		34.5dB μ A/m（3m）、10.0dB μ A/m（10m） （138kHzにおいて100W送電時）

(2) 環境雑音について

◆雑音レベル（環境雑音）の実測例

100～150kHz帯での測定例として、環境雑音は-10dB μ A/m～-20dB μ A/m
(住宅地と山間部での大きな差異はなかった)

(測定場所・日時)

①UL Japan 横輪EMC試験所（三重県伊勢市横輪町108）

2013年12月11日～18日、2014年2月20～22日に測定

②TELEC 松戸試験所（千葉県松戸市高塚新田580番2号）

2014年1月21日～24日

※ワイヤレス電力伝送作業班資料7-4で公表済み



以上の測定結果から、アマチュア無線バンド 135.7～137.8kHzにおいて
環境雑音として-20dB μ A/mを仮定

(3) WPT機器からの不要放射レベルと環境雑音の比較

100kHz帯磁界結合方式（135.7～137.8kHzでの比較）

- 下記の表での検討結果は最悪条件であり、その条件下では、**30m離ればWPT機器からの不要放射は環境雑音以下**になる。
- 実際には、環境雑音は平均的には5～10dB程度高いことや干渉を受けるアンテナの指向性・偏波などを考慮すると、30m以下でも環境雑音以下になる可能性がある。

	距離 (m)	①WPT機器からの漏えいレベル (dB μ A/m)	②設計余裕度 (dB) (※1)	③WPT機器の指向性、偏波の違いなどによる緩和量 (dB) (※2)	④=①-②-③	⑤許容干渉レベル (環境雑音測定結果からの最も厳しい値、dB μ A/m)	許容干渉レベルとの差 (=④-⑤)
想定許容値	3	47.6	10	10	27.6	-20	47.6
	10	23.1	10	10	3.1	-20	23.1
	30	-1.4	10	10	-21.4	-20	-1.4
実測値	3	34.5	0	10	24.5	-20	44.5
	10	10.0	0	10	0.0	-20	20.0
	30	-14.5	0	10	-24.5	-20	-4.5

(※1) 設計余裕度：型式指定等における放射妨害波の許容値に対して10dB以上のマージンを持って設計・製造を行うため (EV用WPTの制度化においても同様の考え方をを用いた)

(※2) WPT機器の指向性、偏波の違いなどによる緩和量：WPT利用周波数における不要放射の指向性（角度特性）・偏波特性の測定結果から、放射方向により20dB程度の差、磁界の偏波成分により20dB程度の差があることから、WPT機器の指向性、偏波の違いなどによる緩和量の総合値として10dBを設定

(4) アマチュア無線システム側での受信電力の試算

WPT機器の不要放射レベル（測定値）および環境雑音（測定値）からアマチュア無線システム側での受信電力を試算。試算にあたって、アマチュア無線システム側のアンテナ利得を-23dBiと仮定（※）。

（※） 空中線電力200Wに対して1W EIRPとなる条件から、アンテナ利得を-23dBiとした。

WPTからの距離	磁界強度 (dB μ A/m)	受信電力 (dBm)
3m	24.5	-6.9
10m	0	-31.4
30m	-24.5	-55.9
環境雑音	-20	-51.4

2. 実験方法の提案 (1)

◆実施場所

WPT機器が良く利用されると想定される環境（住宅地、オフィス街など）
（ある程度のスペースや電源なども必要になることから、住宅エリアにあるオープンサイトなどが候補）

◆実験参加者（以下を想定）

アマチュア無線連盟関係者、BWF関係者、電磁界測定事業関係者、総務省

◆使用機器について

- (1) アマチュア無線システム：アマチュア無線連盟様でご提供をお願いします。
- (2) WPT機器：BWF側で用意する。ただし、送電電力は50Wで実施（50Wを超える場合、高周波利用整備の個別許可申請が必要なため）
- (3) 測定装置（不要放射レベルと環境雑音の磁界強度測定のためのアンテナ、スペアナなど）：BWFで準備

2. 実験方法の提案 (2)

◆ 実験方法等について

(1) 環境雑音の測定

(2) WPT機器からの不要放射レベルと環境雑音との比較 (WPT機器からの距離をパラメータとして測定)

(3) アマチュア無線システム側で受信状態にあるときのWPT機器からの不要放射の影響
(WPT機器のON/OFFや距離を近づけていったときに影響の変化を見たいと思います)

(補足)

上記(2)、(3)の測定において、以下のパラメータを考慮する。

- 離隔距離 (WPT機器からアマチュア無線受信アンテナまでの距離) は10m～30m (5mステップ)。ただし、(3)の測定において、WPT機器からの不要放射をアマチュア無線機側で検知できない場合には、検知できる距離まで近づける。
- WPT機器側の不要放射の指向性を考慮 (指向性の最大方向とそれ以外にもう一つの方向程度)
- WPT機器の設置場所として、建物内、屋外の二つのケースを考慮。建物内を模擬するため、壁に相当する衝立等を用意して実施する。
- アマチュア無線受信アンテナの指向性・偏波を考慮した測定を実施 (WPT機器からの不要放射を最大で受信できるようにアンテナの向きなどを調整する場合としない場合で測定)

◆ 評価方法について

上記(3)の「アマチュア無線システム側の受信機によるWPT機器からの不要放射の影響」については、具体的にどのような評価方法をお考えかをアマチュア無線連盟様よりご教示いただく。

BWF提案の「100kHz帯磁界結合WPTとアマチュア
無線システムの共用検討について」に対する
日本アマチュア無線連盟様からの見解と
それに対するBWFの回答

	アマチュア無線連盟の見解	見解に対するBWF回答
意見①	資料中「100kHz帯磁界結合WPTの不要放射がアマチュア無線バンドの中に入る可能性があるために実験を行う」とあるが、アマチュア無線の運用周波数帯でのWPT運用であり、不要放射が運用周波数帯に入るのではない。基本波が対象である。根本的に認識に差があるものと考え。	誤解されるような表現だった部分がありましたら、大変失礼しました。ご意見いただいた内容についてはBWFとして異論等はありません。ご提案するWPT機器は「高周波利用設備」の扱いになるものであり、意図的に不要な電磁波を放射させるようなものではありません。しかし、WPTの基本波による不要放射がアマチュアバンドの中に入る可能性があるということで、その影響を今回の実験で確認させていただくことを提案しております。
意見②	当連盟の電波干渉に対する基本的考え方は環境雑音レベルを基本としておりません。受信機の入力端での50Ω・300°Kにおける熱雑音を基本としております。環境雑音は場所・時間帯・天候・季節等により変化するもので、絶対的なものではありません。提示されている実測例も単なる参考程度であるものと考えます。また、前回の打ち合わせの際に環境データを提出をお願いし、了承いただいているにも関わらず、未だ提示いただけていないことから、環境データの資料の提出をお願いいたします。	共用条件に関して受信機の熱雑音を基本とするJARL様の主張は理解しております。一方、ご納得いただけるかどうかは別として、BWFとして、環境雑音レベルを共用条件の基本としておりますことはご理解いただけていると思います。「環境雑音レベルの実測例をもっと提示して欲しい」とのことですが、実測例をご提示すれば、私どもが提案する環境雑音レベルを基本とする共用条件を受け入れていただけるということでしょうか？ 以前に環境雑音レベルの実測例をご提示できればということをお話させていただきましたが、幾つかデータはあるものの、外部へご提示することが難しい（他の契約等で測定を実施したなどの理由で）ものであることが判明し、ご提示は難しくなりました。そこで、改めての説明になりますが、私どもの提案させていただいた実験では、最初に環境雑音レベルを測定することにしております。JARL様が適切とお考えの実験場所・条件をご提案いただければ幸いです。できましたら、BWF側でも想定する実験場所・条件での実験も行いたく考えておりますので、実験は2回実施することになるかも知れません。

	アマチュア無線連盟の見解	見解に対するBWF回答																														
意見③	<p>提案されている各種数値の数式等の測定法あるいは根拠・算出過程を示していただきたい。例えば受信電力の算出においても近方界となってしまうと思うがどのような計算で算出されているかなど、ご教示ください。</p>	<p>詳細には、下の表のような計算をしています。この計算において、以下の点を考慮しております。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・受信電力 = 電力束密度 × 実効開口面積 ・実効開口面積 = 波長の二乗 × 空中線実効利得 / (4 × 円周率) <p>次の空中線実効利得0.005 (-23dBi)により実効開口面積は1936.1m²になります。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・空中線実効利得は、空中線電力200Wに対して1W EIRPになっていることを仮定し、-23dBi (=0.005) としました。 ・給電線損失は0 dBとしています。 <table border="1" data-bbox="996 511 2428 839"> <thead> <tr> <th>WPTからの距離</th> <th>磁界強度dBμA/m</th> <th>磁界強度μA/m</th> <th>電力束密度mW/m²</th> <th>受信電力mW</th> <th>受信電力dBm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3m</td> <td>24.5</td> <td>16.78804</td> <td>0.000106253</td> <td>0.2057211730</td> <td>-6.86721</td> </tr> <tr> <td>10m</td> <td>0</td> <td>1.00000</td> <td>0.000000377</td> <td>0.0007299263</td> <td>-31.36721</td> </tr> <tr> <td>30m</td> <td>-24.5</td> <td>0.05957</td> <td>1.33765E-09</td> <td>0.0000025899</td> <td>-55.86721</td> </tr> <tr> <td>環境雑音</td> <td>-20</td> <td>0.1</td> <td>3.77E-09</td> <td>0.0000072993</td> <td>-51.36721</td> </tr> </tbody> </table> <p>なお、ご指摘のように、WPT機器とアマチュア無線側アンテナの間の距離は波長換算でかなり近距離になるため、WPT機器からの不要放射を受けるアマチュア無線側アンテナは、本来は、近傍界特性を考慮して検討すべきと思います。しかし、詳細な検討を行うためには、WPTシステムおよびアマチュア無線側のアンテナの詳細なパラメータを用いた高精度なシミュレーションが必要になり、現状はそのようなシミュレーションを行うことは難しいと思います。ということで、「(4) アマチュア無線システム側での受信電力の試算」は、あくまでも実験を行う際の机上検討の一例という扱いにさせていただき、報告書等に記載するときには、前述のような問題点があることは明示したいと思います。</p>	WPTからの距離	磁界強度dB μ A/m	磁界強度 μ A/m	電力束密度mW/m ²	受信電力mW	受信電力dBm	3m	24.5	16.78804	0.000106253	0.2057211730	-6.86721	10m	0	1.00000	0.000000377	0.0007299263	-31.36721	30m	-24.5	0.05957	1.33765E-09	0.0000025899	-55.86721	環境雑音	-20	0.1	3.77E-09	0.0000072993	-51.36721
WPTからの距離	磁界強度dB μ A/m	磁界強度 μ A/m	電力束密度mW/m ²	受信電力mW	受信電力dBm																											
3m	24.5	16.78804	0.000106253	0.2057211730	-6.86721																											
10m	0	1.00000	0.000000377	0.0007299263	-31.36721																											
30m	-24.5	0.05957	1.33765E-09	0.0000025899	-55.86721																											
環境雑音	-20	0.1	3.77E-09	0.0000072993	-51.36721																											
意見④	<p>従って今回の実験結果も一例と考えている。絶対的なものとは考えておりません。</p>	<p>ご指摘の通り、実験結果は一例であるということには異論はありませんが、これまで実施したことのない影響評価のため実験を行うことには意味があると思います。ぜひ、実験を実施させていただければと思います。</p>																														

	アマチュア無線連盟の見解	見解に対するBWF回答
意見⑤	<p>周波数共用については、今後、作業班では論議されるが、同一箇所での複数台の運用に対する考え方の論議が必要であると考えます。</p>	<p>WPT機器の複数台の同時運用（アグリゲーション）については、以前の省令化の際に既に検討は行っております。今回も、WPT機器が複数台の同時運用するような利用シーンの場合についても考慮する必要があると思います。</p> <p>前回の検討でも説明している点ですが、以下のポイントがあります。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ WPT機器は、受電部との配置状況等により、効率を最適化するためにWPTの利用周波数を変えています。そのため、機器毎にWPTの利用周波数は異なり、同一周波数で不要放射が重ね合わせて強くなることは確率的にかなり低いと考えています。 ・ また、もし、複数のWPT機器の周波数が同一になったとしても、不要放射の位相も同一になり強調されることも確率的にかなり低いと考えます。 ・ 以上のような状況ですが、アグリゲーションにより不要放射が強調されるケースがどのくらいの確率で発生するかということを検討することは可能です。