

複数WPT装置によるAggregation影響の検討 (第15回WPT作業班における議論による再検討)

2024年3月27日

BWFF

Broadband Wireless Forum

WPT作業班経緯とBWFとしての回答 (1)

【作業班での議論】

- (BWFから) アグリゲーションの検討として、3台のWPT送電機の同時利用における検討結果を提示し、その結果として問題がないことを提示。3台を超える多数設置の場合にはこれまで通りの個別許可申請で対応すべきという点も説明。
⇒ (作業班構成員より) 3台を超えるユースケースにおいても型式化を希望する意見あり。
- (作業班構成員より) 一つの送電機に複数の受電装置 (AGVなど) がある場合には、WPTとして動作する時間率が増えるのではという指摘あり。
⇒ (BWF回答) 複数の受電装置がある場合には確かに送電時間率は増える。

【複数台設置に関するBWFとしての見解】

- (1) 送電出力4kWの場合には、WPT送電機の複数設置の典型的ユースケースは最大で3台。
- (2) 送電出力1kW以下の場合には、WPT送電機を20台設置するユースケースが想定される。このユースケースにおけるアグリゲーション検討も必要。



BWF提案

(a) 実運用時に想定できる以下の2つのユースケースにおけるアグリゲーション影響を検討する。

- ① 4kWクラスの3台設置 (第15回WPT作業班で提示した内容)
- ② 1kWクラスで20台設置 (ただし、下記の通り、許容値を6dB下げる)

(b) 基本周波数帯における漏えい磁界強度の許容値の再提案 (一つ送電装置からの漏えい電磁界強度の許容値)

- ① 1kW超～4kW以下 44dB μ A/m@10m (6.765MHz～6.776MHz)
- ② 1kW以下 38dB μ A/m@10m (6.765MHz～6.776MHz) ← アグリゲーションによる影響を低減するため

WPT作業班経緯とBWFとしての回答（2）

【一つの送電装置に対して複数の受電装置（AGVなど）がある場合の回答】

- (1) 基本的なユースケースでは、一つの送電装置に対して受電装置（AGVなど）も一つだけという利用形態が基本。
- (2) しかし、今後のWPTシステムの普及状況によっては、一つの送電装置に対して受電装置（AGVなど）が複数というケースも想定できる。

ただし、

- 4kWクラスのWPTシステムの場合、受電装置が大型になることから、受電装置は一つの送電装置に対して多くても2台。
- 1kW以下クラスのWPTシステムの場合には、比較的小型の受電装置になることから、受電装置は一つの送電装置に対して3台程度を想定。



アグリゲーション検討における考え方

- 第15回WPT作業班で提示した通り、一つの送電装置が、一つの受電装置に対してWPT充電を行う時間率は10%を仮定。
(すなわち、各送電装置の時間率は、受電装置2台の場合には20%、3台の場合には30%になる)
- 前スライドにある2つのユースケースに対しての時間率を検討。
(複数の送電装置毎のON/OFFの全通りの組み合わせから、ある程度の送電装置数が同時に動作している組み合わせを算出し、時間率を試算)

アグリゲーション検討における基本的な考え方（第15回WPT作業班で提示済）

最悪値を計算するため、以下の条件を仮定

- ✓ 想定する放射妨害波の許容値
 - 送電電力4kWの場合には 44[dB μ A/m]@10m
 - 送電電力1kWの場合には 38[dB μ A/m]@10m
- ✓ WPT送電装置は全て同時に電力伝送システムとして稼働
- ✓ WPT送電装置は同一周波数で稼働
- ✓ WPT送電装置からの不要放射の磁界強度は距離に反比例（遠方界になる場合の距離減衰）
- ✓ WPT送電装置からの不要放射方向の特性（指向特性）については、全てのWPT送電装置からの最大の不要放射方向が合致
- ✓ WPT送電装置からの不要放射の磁界成分（例えば、x、y、z方向成分）については、全てWPT送電装置からの最大の磁界成分で合算



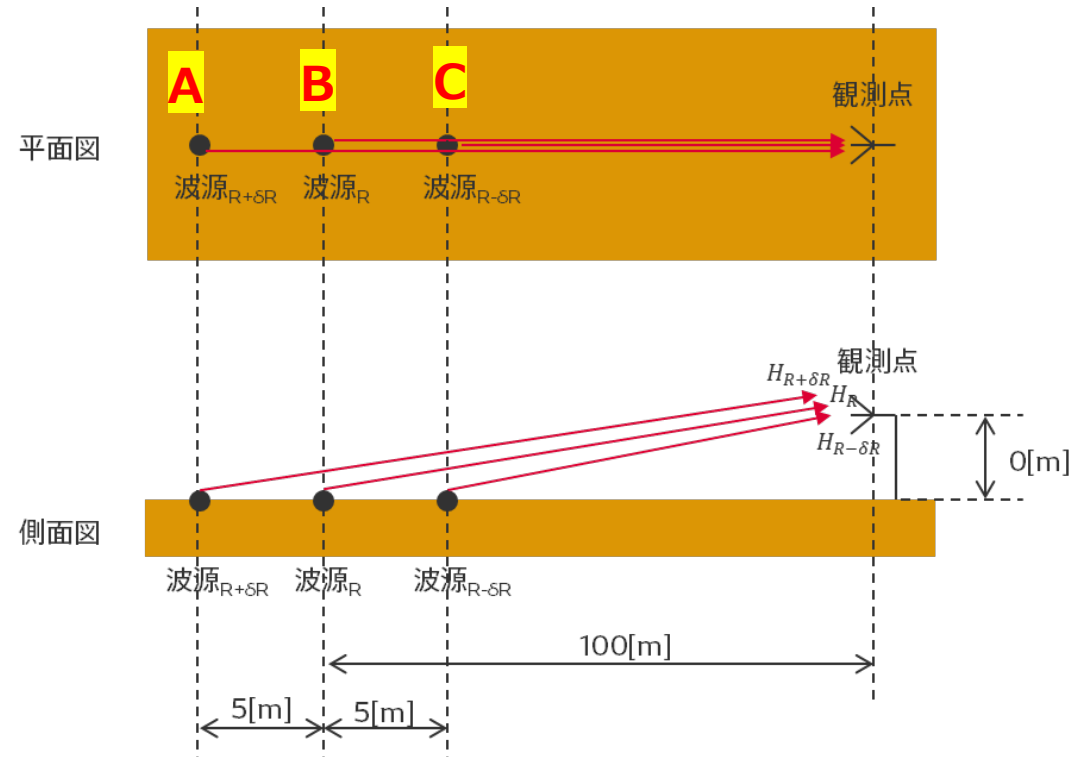
WPT送電装置の励振位相を $[0\sim 2\pi]$ で一様ランダムに設定し、1000回試行

⇒ 100mの距離における合算した磁界強度の分布をヒストグラム化し、Rayleigh分布でフィッティング

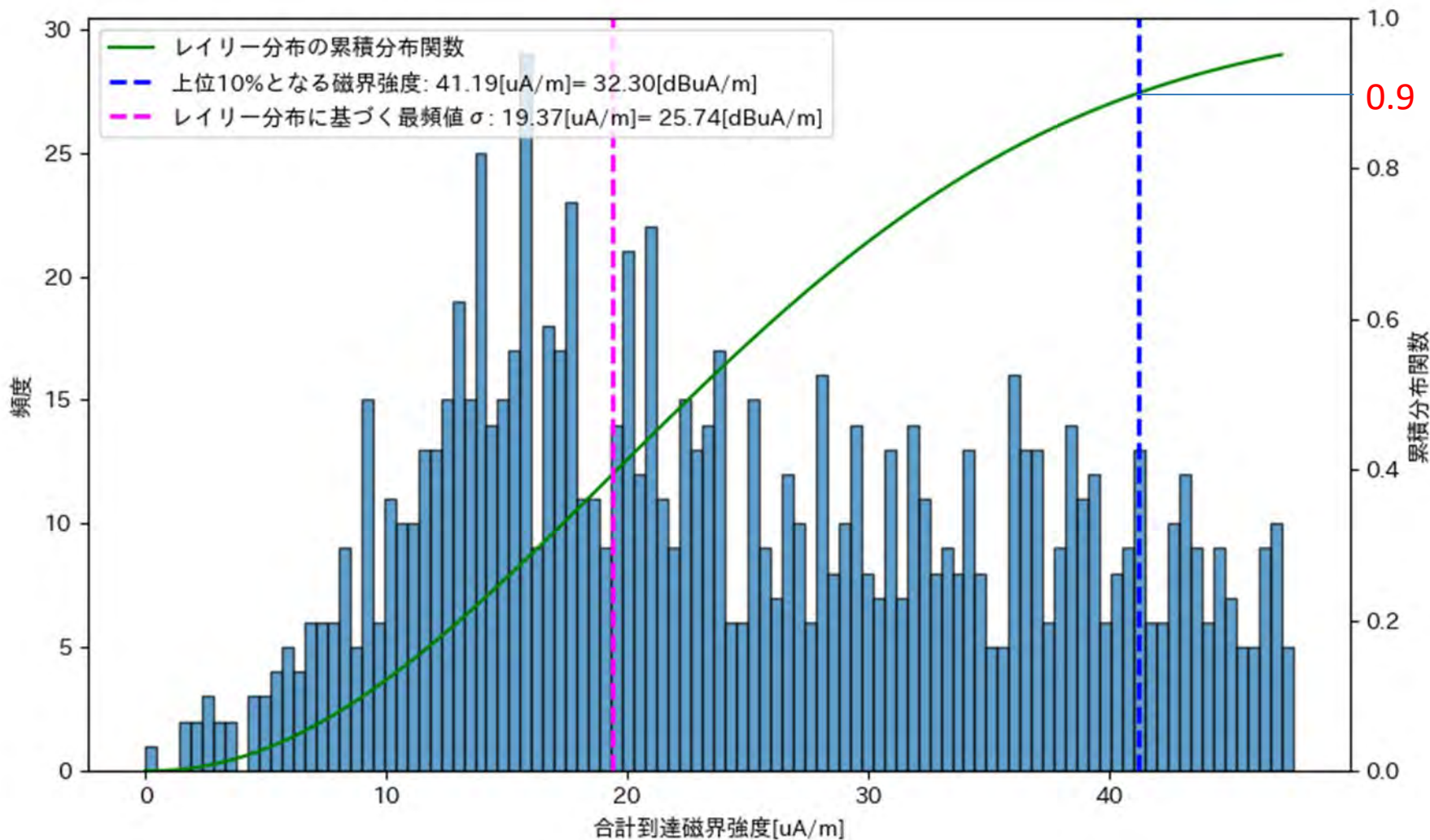
ユースケース① 4kWクラス WPT送電装置3台 (第15回WPT作業班で提示済)

最も典型的なユースケース

- ◆ 送電電力 4kW
- ◆ 不要放射レベルは許容値相当 (44dB μ A/m@10m)
- ◆ 3台のWPT送電装置 (A、B、C) を5m間隔で配置
 - ※①送電電極 (レール長が50m) の方向にWPT送電装置を複数台配置する場合 (この場合にはWPT装置は50m間隔に配置) と、②送電電極 (レール) を平行に配置し、その各々にWPT装置を複数台配置する場合 (この場合にはWPT装置は最小のレール間隔になる5m間隔で配置) が想定される。不要放射への影響が大きい後者の場合によるシミュレーションを実施した。
- ◆ 3台のWPT送電装置と同じ直線上にある100m先での磁界強度の合算値を計算
- ◆ 一つのWPT送電装置当たりの受電装置 (AGV) は2台を仮定 \Rightarrow 各WPT送電装置のWPT動作時間率は20%



ユースケース① 最悪条件下での検討結果



出現頻度の上位10%
となる領域
(磁界強度が32.30
dB μ A/m@100m以上)



1波源の場合の100mの
磁界強度が24dB μ A/m
であるので、10%の確
率で8.30dB上昇する
ということになる

ユースケース① アグリゲーション影響についての検討結果

【最悪条件下での検討結果】

✓ 10%の確率で不要放射レベルが8.30dB上昇する

【WPT動作時間率の考慮】

✓ 3台のWPT送電装置が同時に動作する時間率は $(0.2)^3=0.008$ (=0.8%)

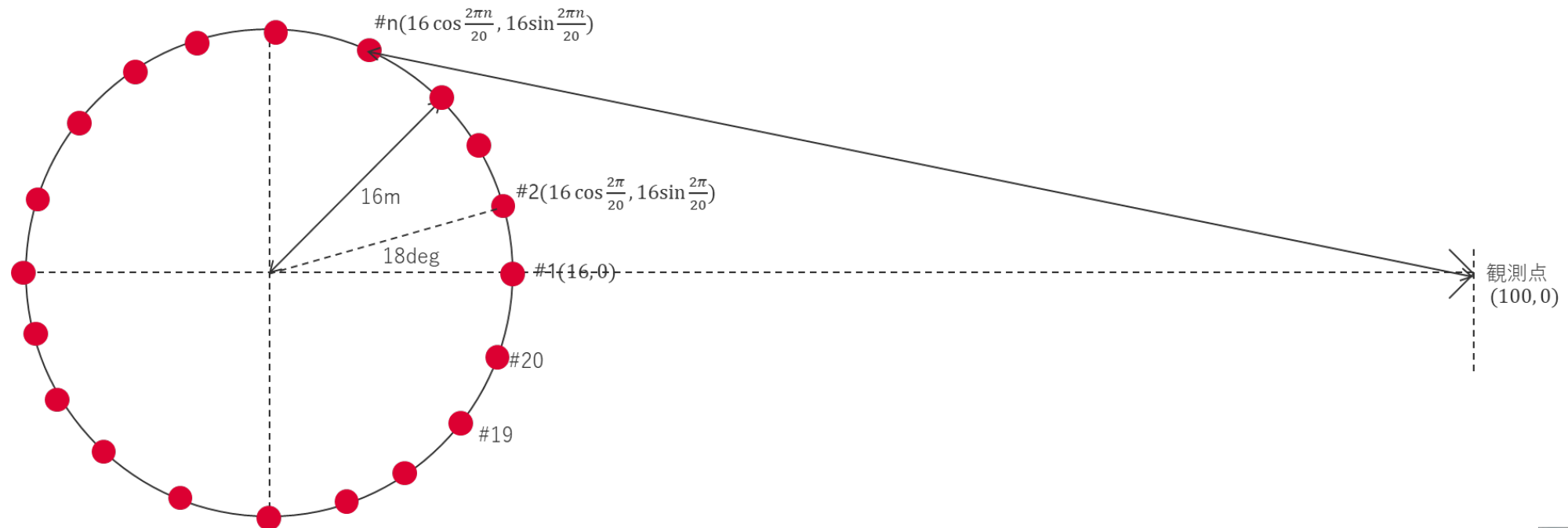


不要放射レベルが8.30dB上昇するのは動作時間率を考慮すると0.08%

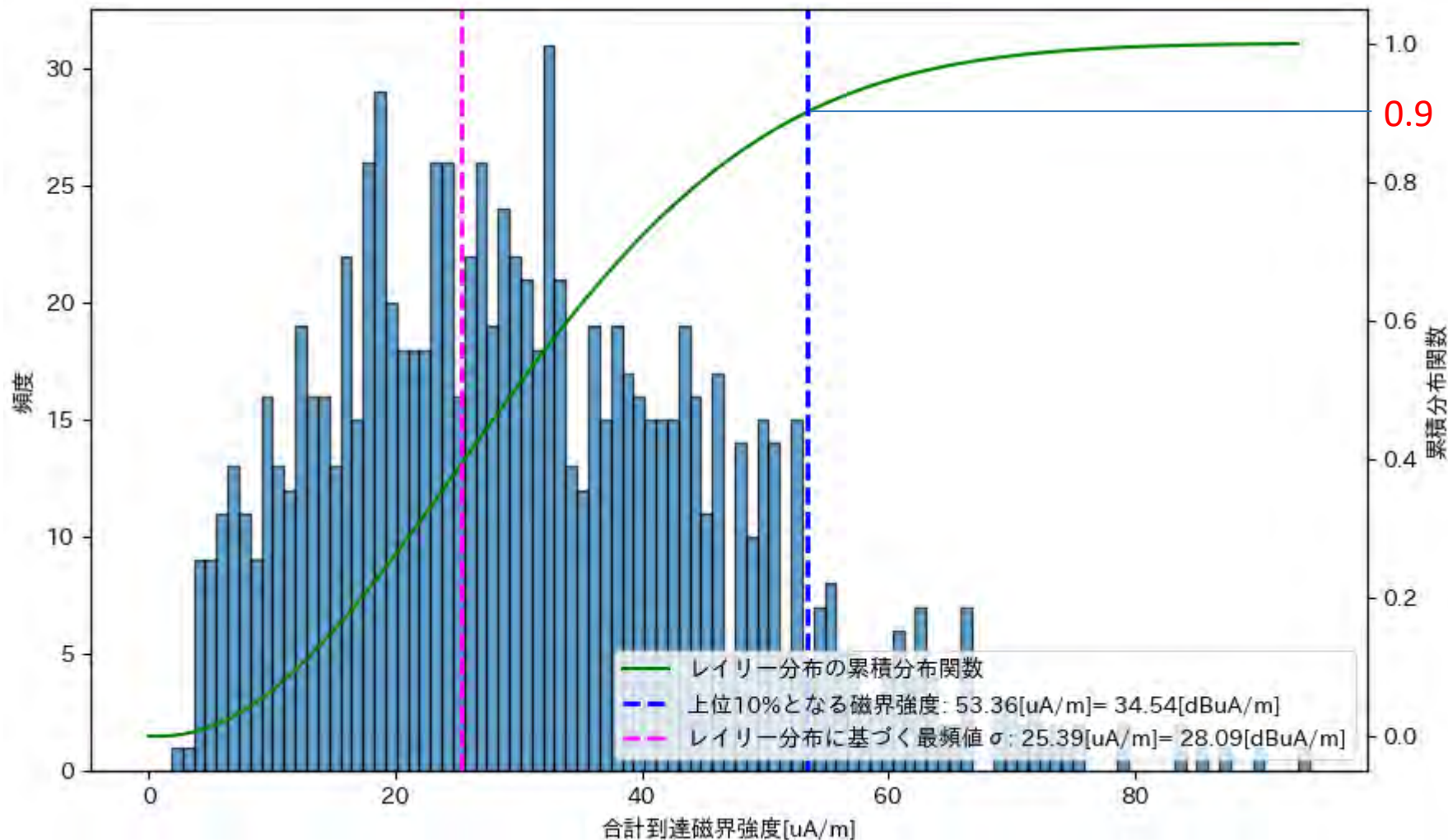
ユースケース② 1kWクラス WPT送電装置20台

1kWクラスのWPT送電システムを多数配置するユースケース

- ◆ 送電電力 1kW
- ◆ 不要放射レベルは許容値相当 (4kWのものよりも6dB厳しい $38\text{dB}\mu\text{A}/\text{m}@10\text{m}$)
- ◆ 100mの円周上に5m間隔で20台のWPT送電装置 (#1~20) を配置
- ◆ 下図のように、円の中心から100m先での磁界強度の合算値を計算
- ◆ 小型の受電装置を利用することから、一つのWPT送電装置当たりの受電装置 (AGV) は3台を仮定
⇒ 各WPT送電装置のWPT動作時間率は30%



ユースケース② 最悪条件下での検討結果



出現頻度の上位10%
となる領域
(磁界強度が34.54
dB μ A/m@100m以上)



1kW送電装置が1波源の
場合の100mの磁界強度
が18dB μ A/mであるので、
10%の確率で16.54dB上昇
するということになる



基準とする4kW送電装置
の1波源の場合の100mの
磁界強度が24dB μ A/mで
あるので、これに対して
は10%の確率で10.54dB
上昇するということになる

ユースケース② アグリゲーション影響についての検討結果

【最悪条件下での検討結果】

- ✓ (4kWの送電装置の許容値に対して) 10%の確率で不要放射レベルが10.54dB上昇する

【WPT動作時間率の考慮】

- ✓ 20台のWPT送電装置が同時に動作する時間率は $(0.3)^{20}$ =ほぼ0%
- ✓ より安全サイドの時間率を算出するため、10台以上が同時に動作する時間率を計算
(20台のWPT送電装置のON/OFFの全組み合わせより、10台以上ONする組み合わせを抽出し、その時間率の合計を算出) ⇒ 時間率は4.8%



不要放射レベルが10.54dB上昇するのは動作時間率を考慮すると0.48%

アグリゲーション影響についての検討結果のまとめ

◆最悪条件下に動作時間率を考慮した検討結果

	送電電力	許容値	WPT送電装置数	一つのWPT送電装置 当たりの受電装置数	最悪条件下で10%の発生 確率での不要放射の上昇量 (4kWでの許容値に対し)	WPT動作時間率を考慮 した発生確率
ユースケース①	4kW	44dB μ A/m	3	2	8.30 dB	0.08%
ユースケース②	1kW	38dB μ A/m	20	3	10.54 dB	0.48%

◆現実的には以下の緩和要素があるため、上記の最悪条件下の上昇量は実際には小さくなる

	最悪時の条件	現実的な利用条件など	現実条件下での緩和要素
仮定1	(4kW送電時) 想定する許容値 (44 dB μ A/m@10m) で計算	(4kW送電時) 実測データでは不要放射の磁界強度は38 dB μ A/m@10m以下 (測定データ提供済)	実際の装置では不要放射レベルが低くなる可能性あり
仮定2	WPT装置は同一周波数で稼働	WPT機器の周波数は固定であるが、製造における偏差がある。そのため、厳密には周波数は一致しない。	WPT機器の周波数偏差と影響を受ける無線システムの受信機性能によっては影響を緩和できる可能性あり
仮定3	WPT装置からの不要放射の磁界強度は距離に反比例 (遠方界になる場合の距離減衰)	遠方界ぎりぎりの領域であり、距離rによる磁界強度の距離減衰は1/rよりも大きくなる可能性あり。	距離減衰が1/rよりも大きい場合には影響を緩和できる可能性あり
仮定4	WPT装置からの不要放射方向の特性 (指向特性) については、全てのWPT装置からの最大の不要放射方向が合致	放射角度方向により10dB程度の変動はある (測定データ提供済) 最大放射方向が重なる確率は少ない。	放射方向による磁界強度の変化を考慮して3dB程度緩和できる可能性あり
仮定5	WPT装置からの不要放射の磁界成分 (例えば、x、y、z方向成分) については、全てWPT装置からの最大の磁界成分で合算	磁界成分により10dB程度変化する (測定データ提供済) 。ただし、垂直成分と水平成分の変化は数dB程度。	(垂直成分と水平成分の変化が小さいので考慮せず)

現実的な利用条件下での緩和要素を考慮するとアグリゲーションによる不要放射の影響は無視できる