



電波利用環境委員会 ワイヤレス電力伝送作業班(第11回) 資料

ワイヤレス電力伝送(WPT)システムと 鉄道設備との 周波数共用検討について

2015.5.8

ブロードバンドワイヤレスフォーラム
(BWF)

0. 新規報告部分の検討パラメータ1

【検討対象周波数】

- ・ 前回検討では、WPT提案は4周波(42-48kHz, 52-58kHz, 79-90kHz, 140.91-148.5kHz)を含んでいた。
- ・ 電波時計、アマチュア無線、中波ラジオとは前回の検討で共用条件導出が完了した。鉄道設備(信号保安設備と誘導式列車無線)は引き続き今回の検討となった。
- ・ 電波時計への混信妨害は、42-48kHz, 52-58kHzの場合の所要離隔距離は基準値の10mを大きく上回る。79-90kHz, 140.91-148.5kHzに対しては、電気自動車用(家庭用)WPT(以下「家庭用WPT」という。)の漏えい磁界強度が $68.4\text{dB } \mu\text{A/m}@10\text{m}$ 以下の場合、所要離隔距離は基準値の10mを若干上回るが、取扱説明書等への記載による注意喚起を行えば共用可能となると考えられ、電気自動車用(公共用)WPT(以下「公共用WPT」という。)の漏えい磁界強度が $72.5\text{dB } \mu\text{A/m}@10\text{m}$ 以下の場合、一般家屋から20m離して設置することで共用可能との判断。
- ・ アマチュア無線は、混信妨害が発生した場合速やかにWPT側が対処することで共用可能の判断。
- ・ 中波ラジオは、取扱説明書等への記載による注意喚起及び、混信妨害が発生した場合速やかにWPT側が対処することで共用可能の判断。
- ・ 鉄道設備への混信妨害の内、誘導式列車無線については、140.91-148.5kHzでは共用可能な許容値を大きく上回ることで、対象となる鉄道設備数も多いことが分かった。また、信号保安設備については、上記の4周波数帯を使用する設備が存在し、所要離隔距離が3.3~6.3mとなることが分かった。
- ・ これら前回の検討結果を踏まえ、引き続き実施した今回の共用検討では、他システムとも共用可能性があり且つ欧米と周波数ハーモナイズも可能な帯域である、79-90kHz帯で検討行った。

0. 新規報告部分の検討パラメータ2

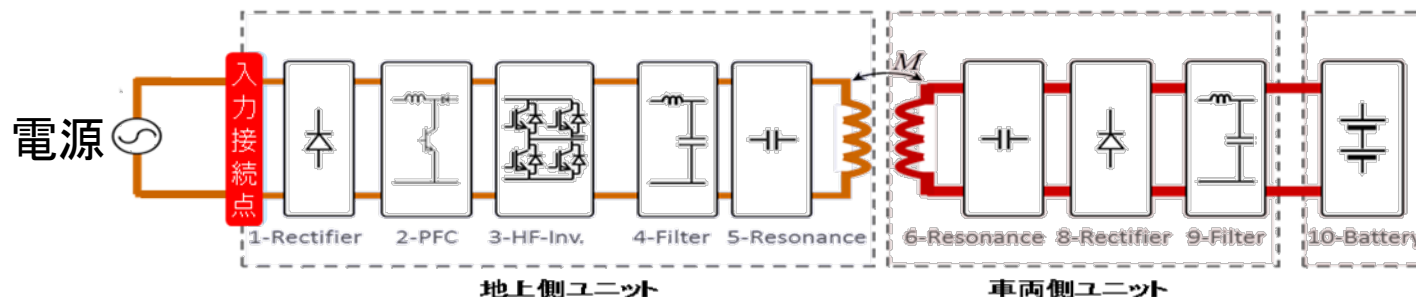
【検討対象コイルタイプ】

- ・ 前回の検討は、欧米でのコイルタイプが全く未定であったため、漏えい磁界強度の大きいソレノイド型でも共用できる条件を検討するという方針で実施した。
- ・ 今回の検討では、IEC TC69/PT61980やSAE J2954TFなど国際標準化団体でのコイルタイプの議論を考慮した結果、ソレノイド型より漏えい磁界強度が低い平面型(ディスク型)で検討を行った。
- ・ ただし、今回の検討は、より漏えい磁界強度が低い平面型(ディスク型)による検討であることから、コイルタイプによる変更で、前回行った共用検討の数値が悪化することはない。

【検討対象漏えい磁界強度】

- ・ 家庭用WPTについては、コイルタイプの変更などにより、系統入力(注)の最大値を7.7kWに引き上げた場合でも、漏えい磁界強度68.4dB μ A/m@10mに保てることが分かった。
- ・ このため、今回の検討では家庭用WPTに関して、系統入力の最大値3.7kWで漏えい磁界強度68.4dB μ A/m@10mとなるシステムと、系統入力最大値7.7kWで漏えい磁界強度68.4dB μ A/m@10mとなるシステムでの検討を行った。

(注) 系統入力: 本機器の入力接続点から本機器へ供給される有効電力



0. 報告書既存部分とつながり

前回の報告書(鉄道信号保安設備の79-90kHz帯のみ抽出)

漏えい磁界強度	家庭用WPT	公共用WPT
72.5dB μ A/m以下 @10m 39.8dB μ A/m以下 @30m	NA	信号保安設備に影響を与えない最大離隔距離は6.3mである。
68.4dB μ A/m以下 @10m 43.9dB μ A/m以下 @30m	信号保安設備に影響を与えない最大離隔距離は5.4mである。	

今回の検討領域

漏えい磁界強度	家庭用WPT 系統入力最大値3.7kW	家庭用WPT 系統入力最大値7.7kW	公共用WPT
72.5dB μ A/m以下 @10m 39.8dB μ A/m以下 @30m	NA		未検討
68.4dB μ A/m以下 @10m 43.9dB μ A/m以下 @30m	今回精査した領域	今回精査した領域	

今回の報告書のまとめに記載する内容

漏えい磁界強度	家庭用WPT 系統入力最大値3.7kW	家庭用WPT 系統入力最大値7.7kW	公共用WPT
72.5dB μ A/m以下 @10m 39.8dB μ A/m以下 @30m	NA		信号保安設備に影響を与えない最大離隔距離は6.3mである。
68.4dB μ A/m以下 @10m 43.9dB μ A/m以下 @30m	今回精査した結果	今回精査した結果	

1. 対象とする利用シーン・仕様

1 対象とするシステムの範囲

(1) 電気自動車用ワイヤレス電力伝送システム

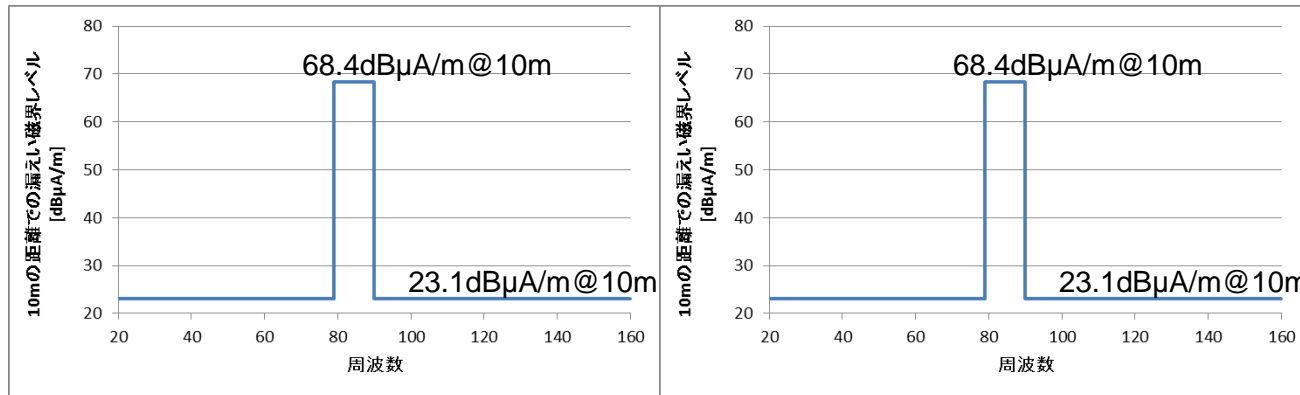
2 各システムの諸元

対象WPT	電気自動車用WPT
電力伝送方式	磁界結合方式
伝送電力	最大7.7kW
使用周波数	79kHz～90kHz
送受電距離	0～30cm程度

2. 今回検討した電気自動車用WPTの漏えい磁界強度

- 今回検討した漏えい磁界強度は、離隔距離10mにおいて68.4dB μ A/mとし、家庭用WPTのうち、系統入力最大値3.7kWと7.7kWの2パターンについて検討を行った。

漏えい磁界強度



家庭用WPT
系統入力最大値3.7kW

家庭用WPT
系統入力最大値7.7kW

2. 鉄道信号保安設備 検討状況

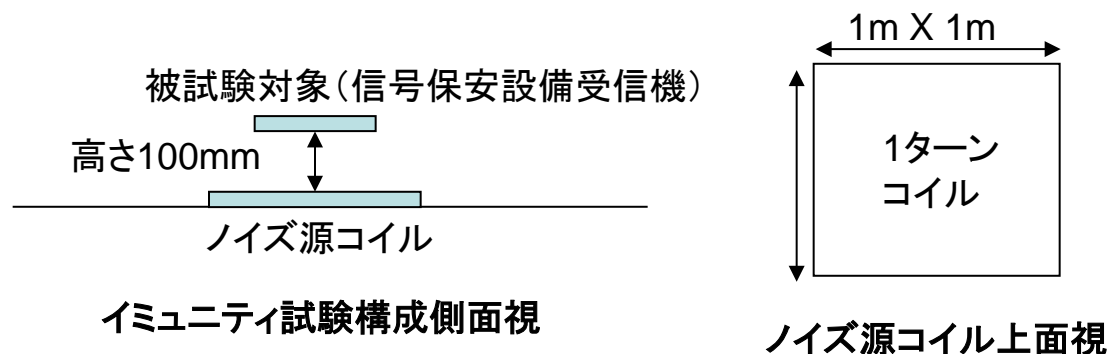
【検討体制】 WPTと鉄道設備共存検討会(事務局:日本鉄道電気技術協会)

【検討状況】

- 7回の検討会を実施した。(鉄道総合技術研究所との事前検討は多数回実施)
- 検討対象WPTは、電気自動車用WPTとした。
- 検討対象は、鉄道信号保安設備とした。
- 鉄道信号保安設備
 - 電気自動車用WPTの干渉検討4モデルを設定し、最大漏えい磁界強度をシミュレーションで算出し、所要離隔距離を算出した。
 - 電気自動車用WPTと鉄道信号保安設備との共用実験を行い、シミュレーションによる所要離隔距離計算結果とほぼ一致することを、WPT側鉄道側双方で確認した。
 - シミュレーションによる所要離隔距離計算結果から、電気自動車用WPTと鉄道信号保安設備との共用条件を合意した。

2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT 検討の進め方

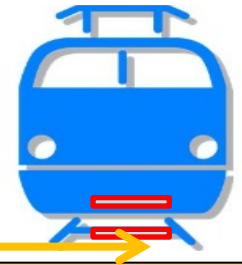
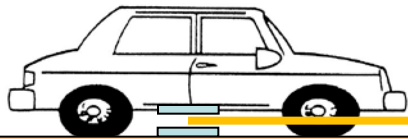
- 鉄道信号保安設備に影響を与える磁界強度は、JIS E 3005(変周式自動列車停止装置の試験方法)に規定されている通り、模擬ノイズ源である1m×1mの1ターンループコイルに電流を流し、車上信号保安設備に10cmの距離に近づけたときに、車上信号保安設備が誤動作する場合の1ターンループコイルの電流レベルを判定の基準値として用いた。
- まず、1ターンループコイルに流す電流値と、1ターンループコイルの上側10cmの距離に生じる磁界強度をシミュレーションで確認をする。
- 次に、電気自動車用WPT機器からの漏えい磁界強度をシミュレーションで計算し、その磁界強度を1ターンループコイルに流れる電流値相当に換算する。
- 鉄道信号保安設備が誤動作する電流値に相当する磁界強度になる距離を離隔距離とした。



2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT 干渉検討モデル

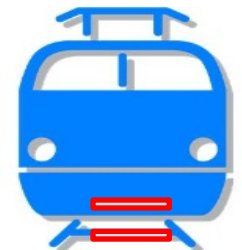
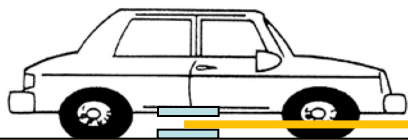
モデル1

鉄道線路の真横に駐車場があるケース



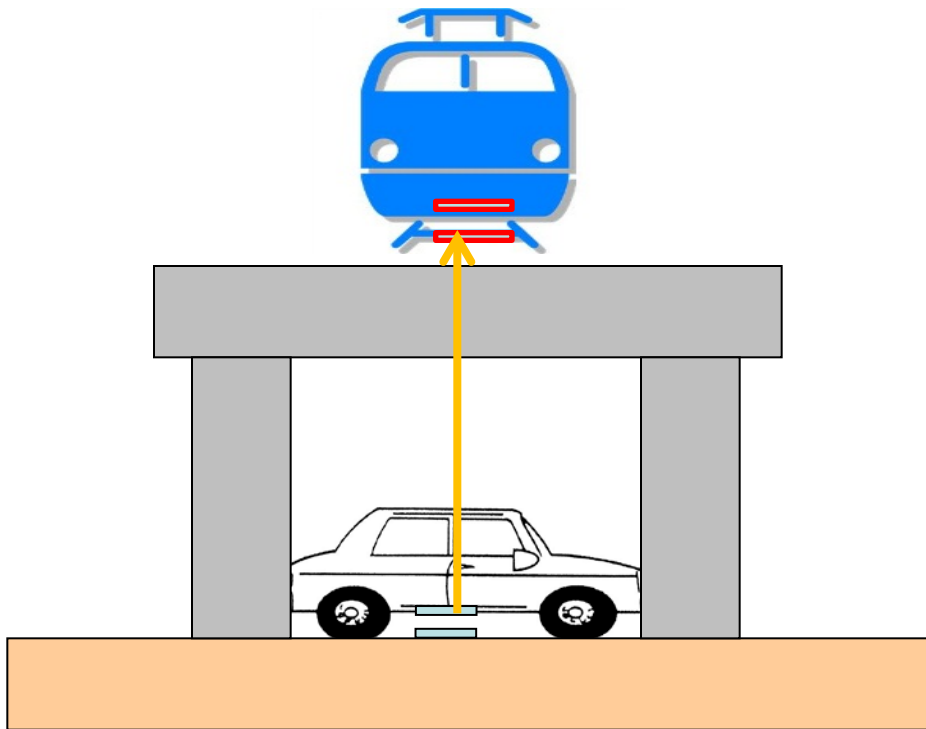
モデル2

鉄道線路が盛り土などでやや高いところ
にあり、駐車場が鉄道の斜め下にある
ケース



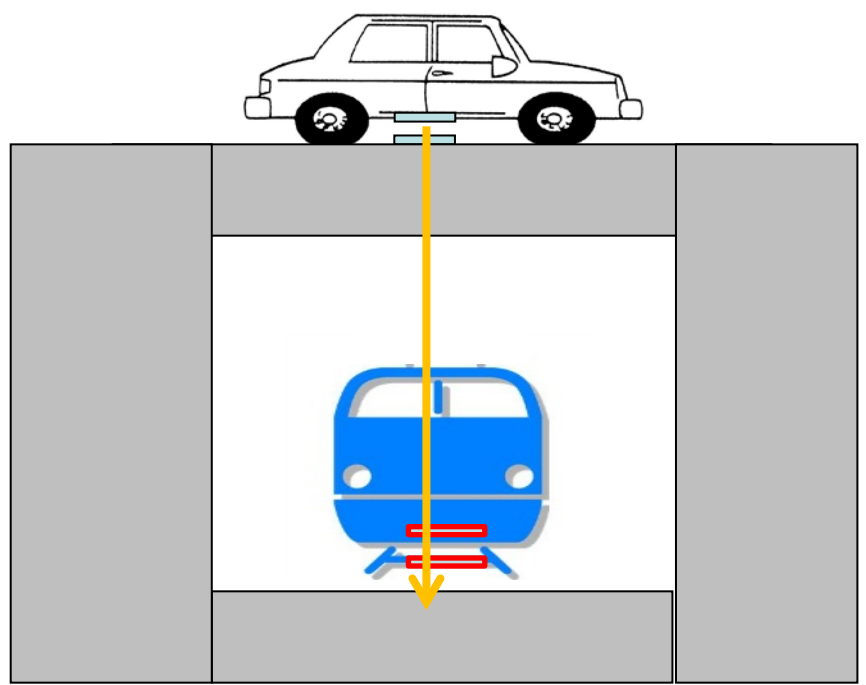
モデル3

鉄道の高架下に駐車場があるケース



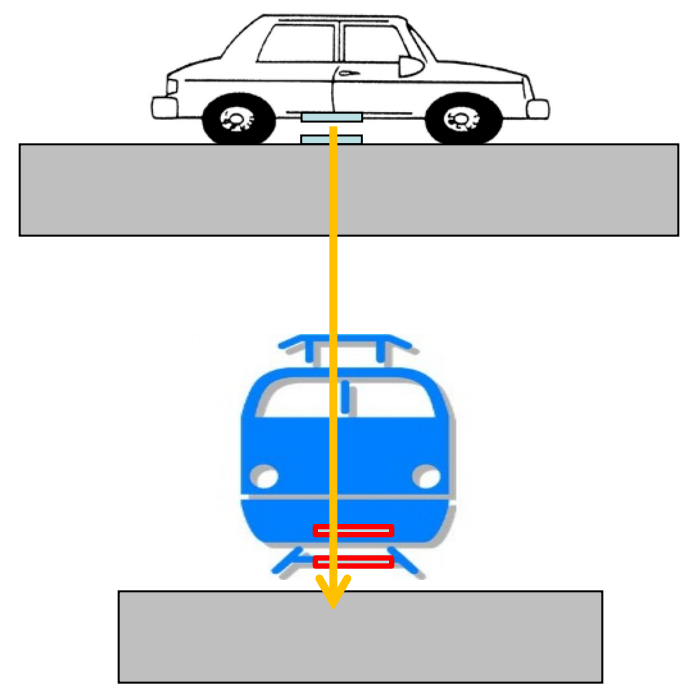
モデル4

第3軌条方式(地下鉄)線路の直上に
駐車場があるケース



モデル4'

第3軌条方式以外(例えば地上の鉄
道)の線路上に駐車場があるケース



2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT 共用の可否を判断するための考え方の再検討

- 前回の検討では、緩和要素が全く無い状態を想定して所要離隔距離を計算し、以下のような条件に基づいて共用の可否を判断した。
 - i) WPTで使用する周波数と鉄道設備が使用する周波数が重ならない。
又は
 - ii) 所要離隔距離が、鉄道事業者が管理できる用地内(干渉が起きる距離が、鉄道事業者の関与なくWPTを置くことができない位置である)。
- 今回の継続検討では、所要離隔距離を計算するためのモデルの妥当性を実験によって検証したうえで、実際の使用環境を考慮しつつ最悪条件での所要離隔距離を求めて共用検討を行うこととなった。
- さらに、WPTと信号保安設備が同一周波数域を使用することは不可避であることから、共用可否を判断するための条件についても見直し、以下のような条件とした。
 - 法的な規制等の制約条件を設けることなく許容できるか否かを判断するための条件
 - 鉄道信号保安設備に影響を与えない所要離隔距離^(*1)を d_{int} 、鉄道事業者が関与しなければWPTを設置することができない信号保安設備からの離隔距離を d_{acc} としたとき、以下の式を満足すること。
$$d_{\text{int}} \leq d_{\text{acc}}$$
 - 上記の条件が満足できない場合は、WPTが信号保安設備から d_{int} 以内の距離の位置に設置されないようにするための法的な規制を設定する必要がある。

*1: 所要離隔距離の計算では、鉄道信号保安設備が誤動作する磁界強度に対して、6dBのマージンを加えた磁界強度になる距離として、計算した。

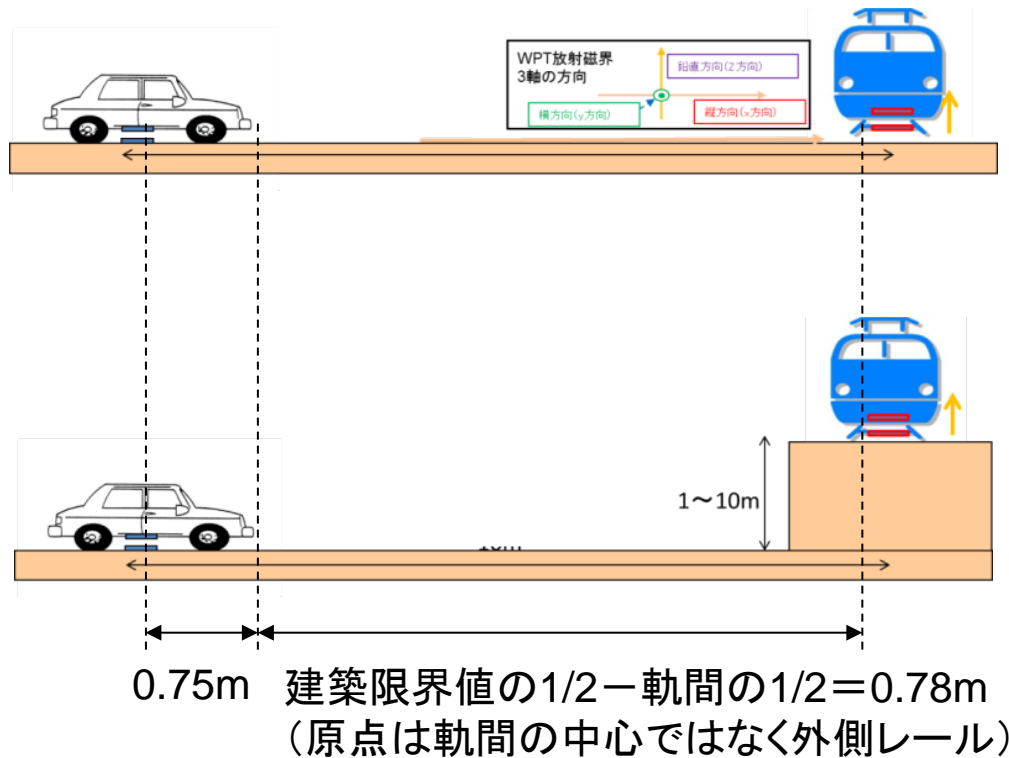
2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT 共用の可否を判断するための考え方の再検討

- d_{int} および d_{acc} の計算の考え方は以下のとおり
 - d_{int} : 実験によって検証できた手順に従い、シミュレーションによって算出
 - d_{acc} : 被干渉側信号保安設備が外側レールに相当する箇所に置かれることを想定し、実際に使用されている鉄道の建築限界および軌間の値、構造物等の寸法を基に、典型的な値を定義して算出。
さらに、自動車の寸法など、WPTを設置するうえで制約となる寸法も考慮。
- d_{acc} を計算するための目安となる建築限界および軌間については、実際に使われている基準値の代表例を調査し(ただし全国を網羅したものではない)、 d_{acc} が安全側(最小)になると考えられる以下の値を設定:
 - 建築限界の線路横断方向: 全幅3,000mm(軌間の中心からの距離で1,500mm)
 - 建築限界の上部方向: レールレベルから3,500mm
 - 軌間: 1,435mm(軌間の中心からの距離で717.5mm \div 720mm)
 - 構造物の厚み(覆工厚、桁高、巻厚など): 300mm
- 上記の考え方に基づいて設定した検討モデルごとの d_{acc} を次シート以降に示す。

2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT 共用の可否を判断するための考え方の再検討

モデル1・モデル2：

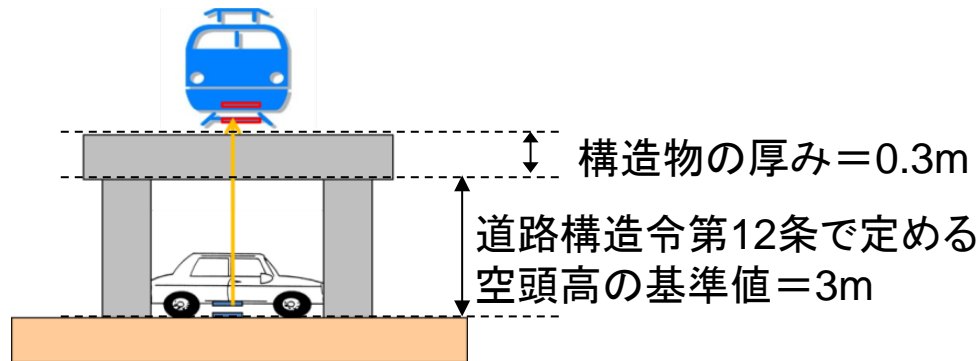
$$d_{acc} = \text{建築限界の線路横断方向の典型的な最小値の半分} 1.5\text{m}$$
$$- \text{軌間の典型的な最大値の半分} 0.72\text{m}$$
$$+ \text{自動車の寸法制約} 0.75\text{m}$$
$$= 1.53\text{m}$$



2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT 共用の可否を判断するための考え方の再検討

モデル3 :

$$d_{acc} = \text{道路構造令 第12条で定める空頭高} 3\text{m} + \text{構造物の厚み} 0.3\text{m} = 3.3\text{m}$$

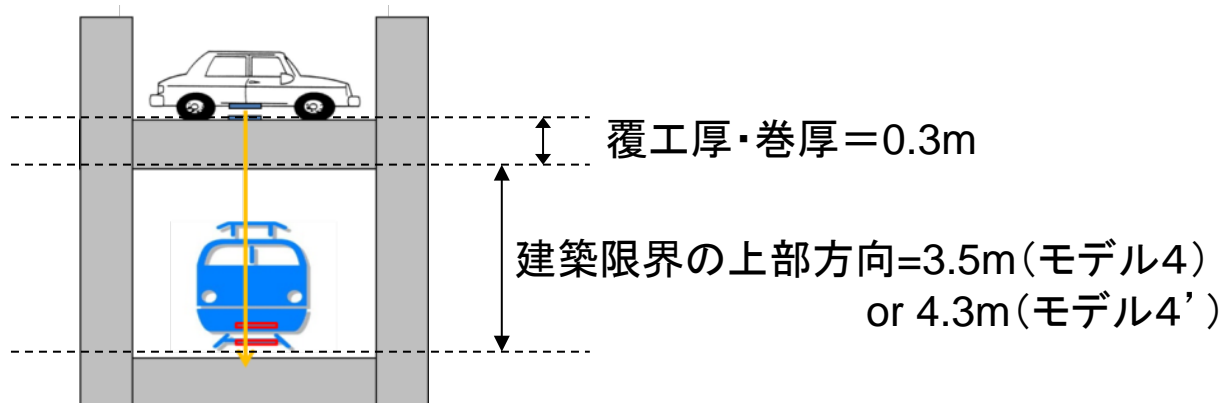


モデル4: 第三軌条方式など踏切が存在しない線区

$$d_{acc} = \text{建築限界の上部方向} 3.5\text{m} + \text{構造物の厚み} 0.3\text{m} = 3.8\text{m}$$

モデル4': 架線方式など踏切が存在する線区

$$d_{acc} = \text{建築限界の上部方向} 4.3\text{m} + \text{覆工厚} \cdot \text{巻厚} 0.3\text{m} = 4.6\text{m}$$



2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT

鉄道信号保安設備許容レベル

- 鉄道信号保安設備の許容干渉レベルとして、1ターンループコイルに流れる許容電流値を以下の表に示す。

許容レベル	
周波数 (kHz)	1ターンループコイル電流値 (mA)
79-90	5.8 (モデル4の 第3軌条方式の 場合は10.7)

2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT

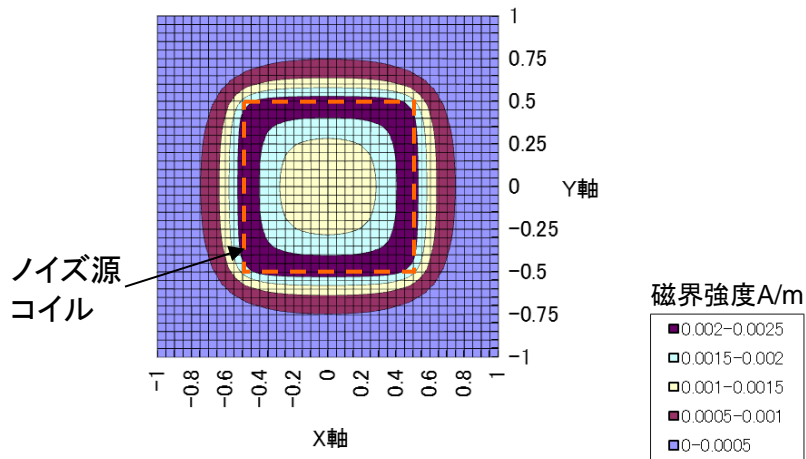
1ターンループコイルに1mAを流したとき生じる磁界1

条件 : 1m×1mの1ターンコイル, 電流1mA(実効値), 周波数85kHz, 100mm上部の磁界

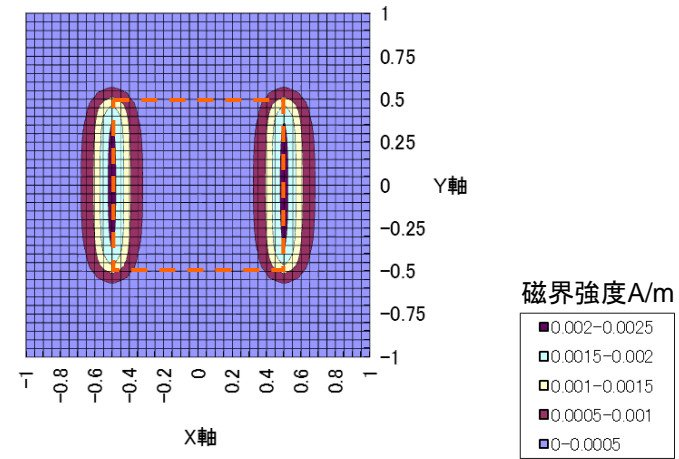
結果 : 最大1.6mA/m (実効値)の磁界が発生する

シミュレータ : EMC-studio

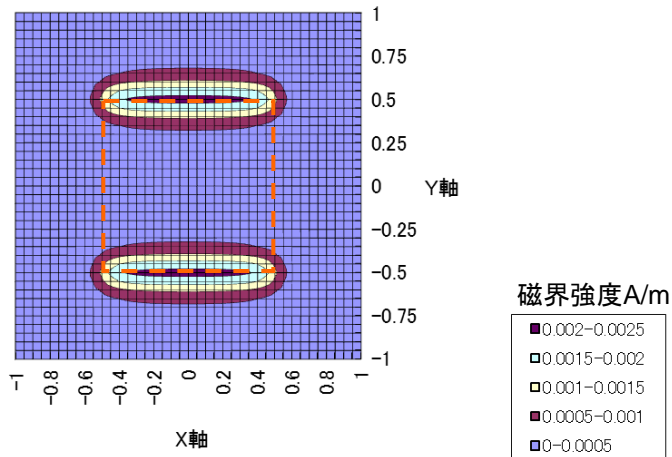
3軸合成磁界(コイルから高さ10cm)



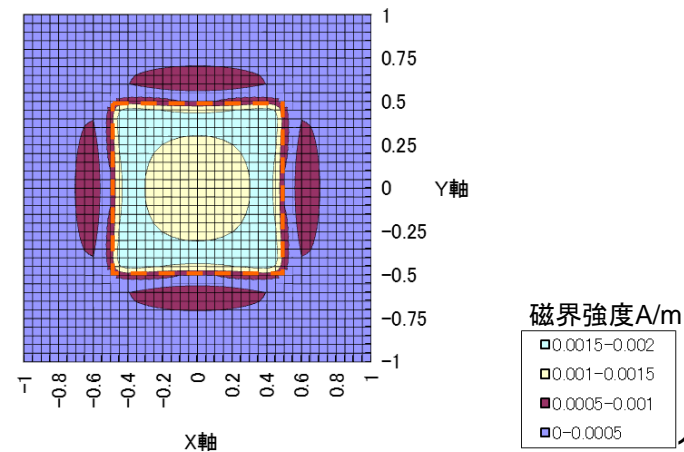
X成分磁界



Y成分磁界



Z成分磁界



2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT

1ターンループコイルに1mAを流したとき生じる磁界2

条件 : 1m×1mの1ターンコイル, 電流1mA(実効値), 周波数85kHz, 100mm上部の磁界

結果 : 最大1.6mA/m(実効値)の磁界が発生する

シミュレータ : Maxwell3D Ver16.0 (Eddy Current)

結論 : 解析結果は下図で、最大値は1.6[mA/m]

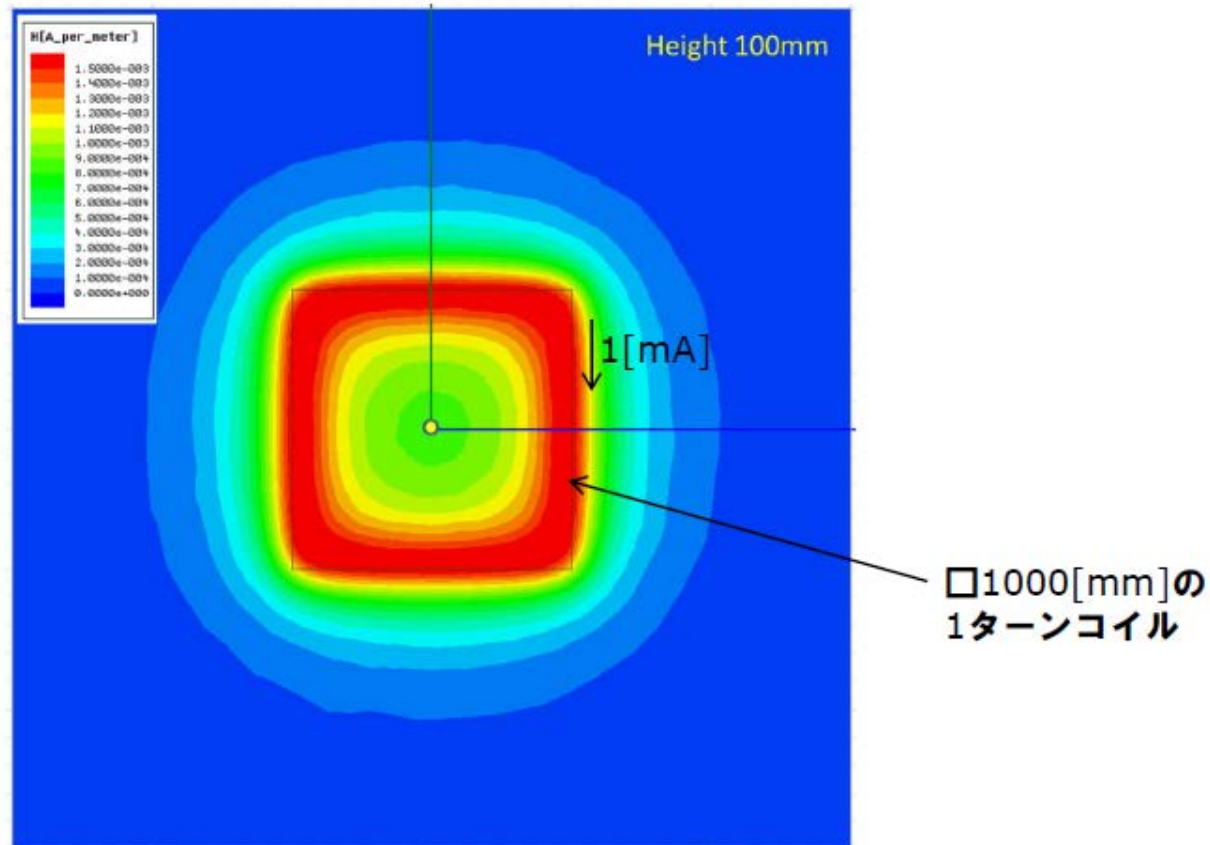


図1. コイルからの高さ100mmの平面内の磁界強度の大きさコンター図

2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT 漏えい磁界強度シミュレーション条件

電力クラス : 3.7kW(最大系統入力)

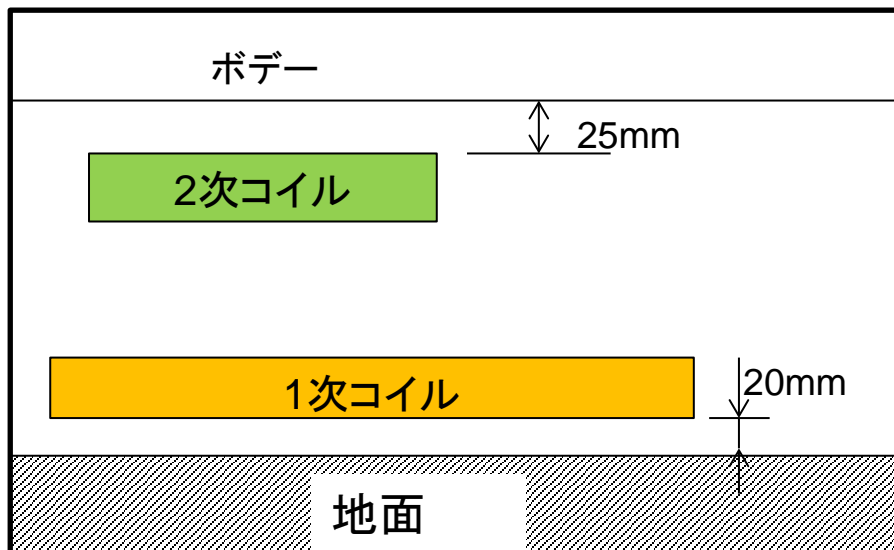
コイル間ギャップ : 115mm SAE規定値 (Gap Class:Z1)+製造ばらつきを考慮

位置ずれ : 前後75mm、横100mm (SAE、ISO規定値 (2015. 2月時点))

車両 : 実車モデル

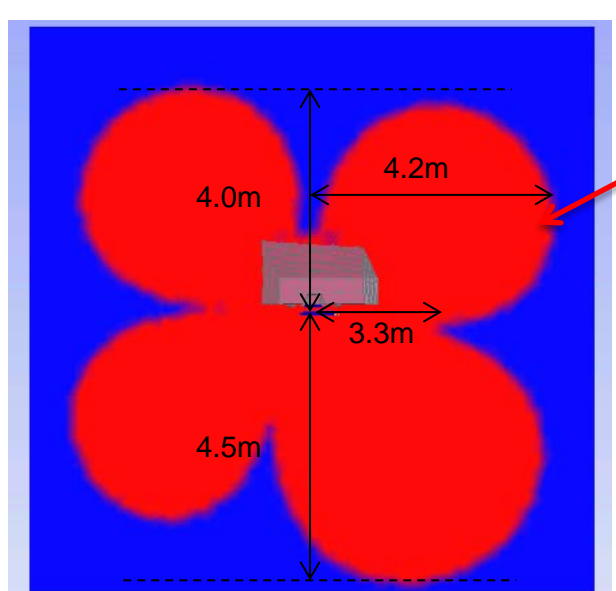
漏えい磁界強度 : 最悪条件で68.4dB μ A/m @ 10m 以下

離隔距離判定条件 : 1ターンループコイル電流値相当で5.8mA&10.7mA (鉄道信号設備許容値) で判定



地面-1次コイル、2次コイル-ボデー
位置関係断面 模式図

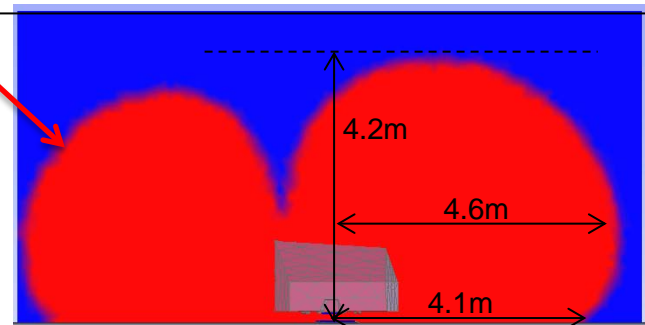
2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT 漏えい磁界強度シミュレーション結果1



離隔距離(自由空間)

電流条件:
1次側 AT=400, 2次側 AT=400

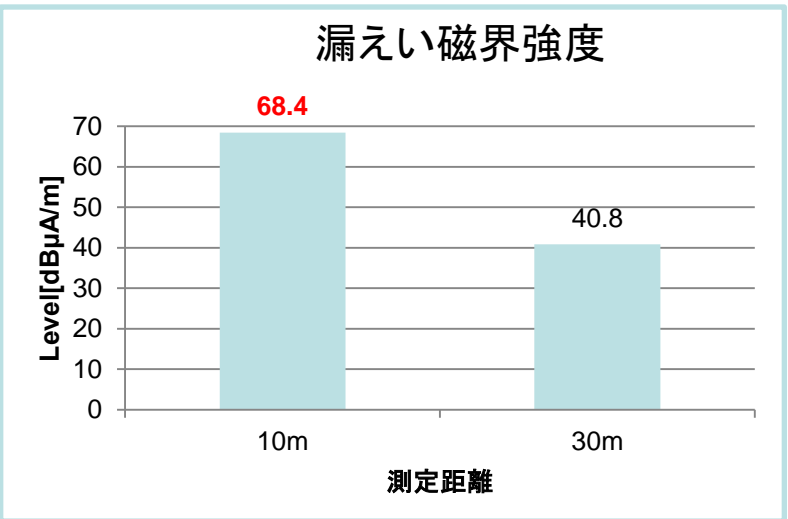
5.8mA超過領域



離隔距離(大地等価床)

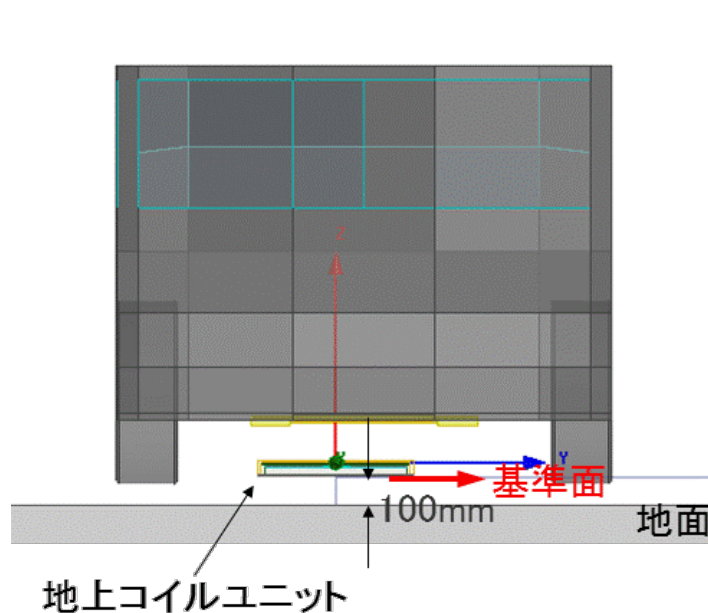
表 所要離隔距離(上段:5.8mA 下段:10.7mA)

モデル	自由空間	大地等価床
モデル1		4.1m 3.9m
モデル2		4.6m 4.2m
モデル3		4.2m 3.5m
モデル4	4.5m 3.9m	—



2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT 漏えい磁界強度シミュレーション条件

- 電力クラス : 7.7kW(最大系統入力)
- コイル間ギャップ : 150mm → SAE規定値 (Gap Class: Z2) & リーフ想定最大値
- 位置ずれ : 前後75mm、横100mm (SAE、ISO規定値 (2015. 2月時点))
- 車両 : 実車モデル
- 漏えい磁界強度 : 最悪条件で68.4dB μ A/m @ 10m 以下
- 離隔距離判定条件 : 1ターンループコイル電流値相当で5.8mA&10.7mA (鉄道信号設備許容値) で判定



2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT 漏えい磁界強度シミュレーション結果2

- 電流条件：
1次側594ATrms、2次側401ATrms

一般地面

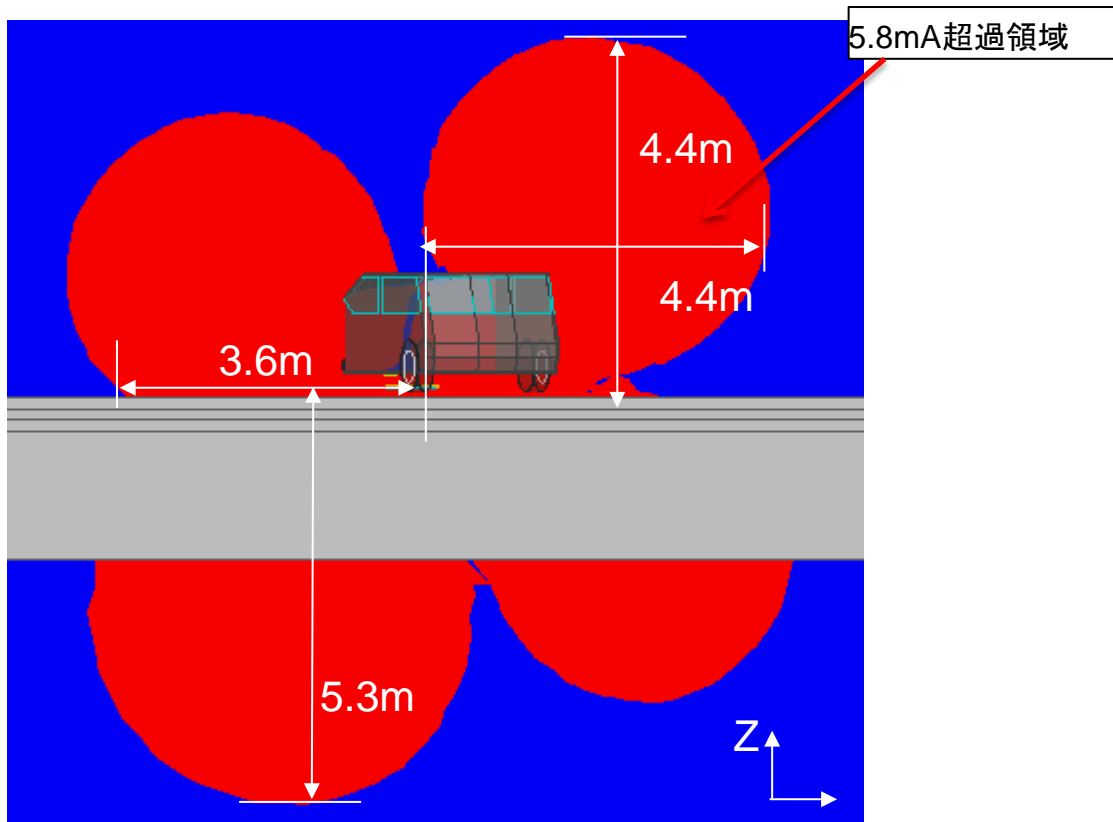


表 所要離隔距離
(上段:5.8mA 下段:10.7mA)

モデル1	3.6m 3.0m
モデル2	4.4m 3.7m
モデル3	4.4m 3.5m
モデル4	5.3m 4.3m

2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT シミュレーションによる所要離隔距離まとめ

		②共存離隔距離計算結果 [m]			
		5.8mA		10.7mA	
	①判定距離	系統入力 最大値 3.7kW	系統入力 最大値 7.7kW	系統入力 最大値 3.7kW	系統入力 最大値 7.7kW
モデル1	1.53	4.1	3.6		
モデル2	1.53	4.6	4.4		
モデル3	3.3	4.2	4.4		
モデル4 第3軌条方式	3.8			3.9	4.3
モデル4' 上記以外	4.6	4.5	5.3		
①>②					
①<②					
組み合わせなし					

2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT シミュレーションによる所要改善量まとめ

判定距離 > 共存離隔距離とする為の、必要磁界強度低減量

	必要磁界強度低減量[dB]			
	5.8mA		10.7mA	
	系統入力 最大値 3.7kW	系統入力 最大値 7.7kW	系統入力 最大値 3.7kW	系統入力 最大値 7.7kW
モデル1	20.5	28.6		
モデル2	26.8	32.7		
モデル3	5.9	6.2		
モデル4	-	3.6	0.6	3.6

モデル4,モデル4'の所要改善量に関する検討

2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT 列車車体による改善量検討

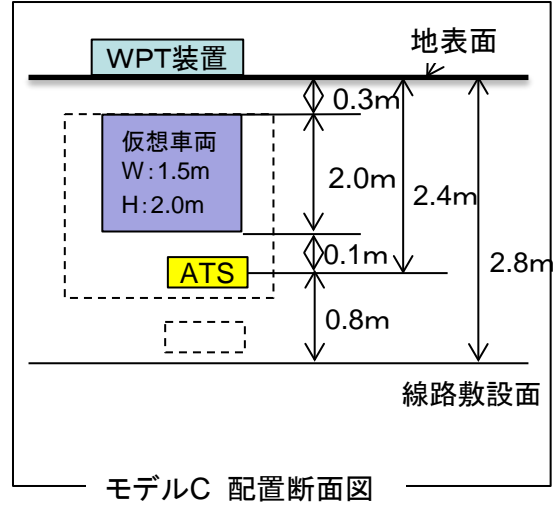
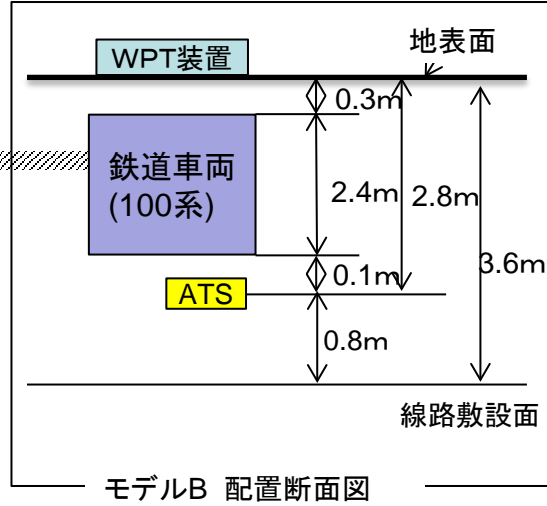
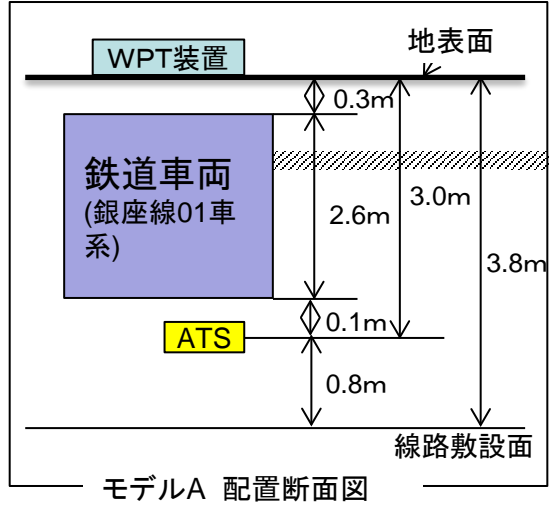
表 第3軌条方式における鉄道車両モデル

鉄道車両による磁界強度影響を検討する上で、下記条件を定めた

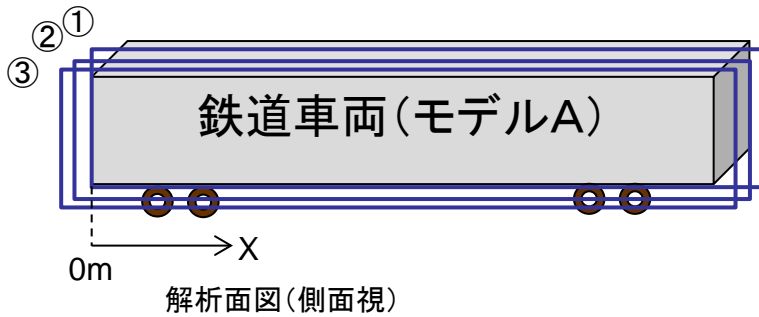
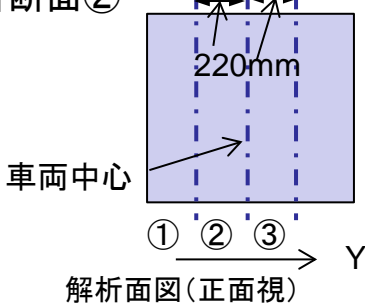
- 車両モデル: 右表の3種類
 解析断面: ①鉄道車両短手方向
 (地表面と鉄道車両距離を0.3mに固定)
 ②鉄道車両長手方向

	モデルA	モデルB	モデルC
車両モデル(路線名)	東京地下鉄 01系(銀座線)	大阪市交通局 100系(ニュートラム)	(仮想車両:)
長さ	16000mm	8075mm	16000mm
横幅	2550mm	2280mm	1500mm
高さ	2600mm	2380mm	2000mm
地面から車両床部距離	865mm	820mm	820mm
材質	アルミ	鉄	鉄

解析断面①

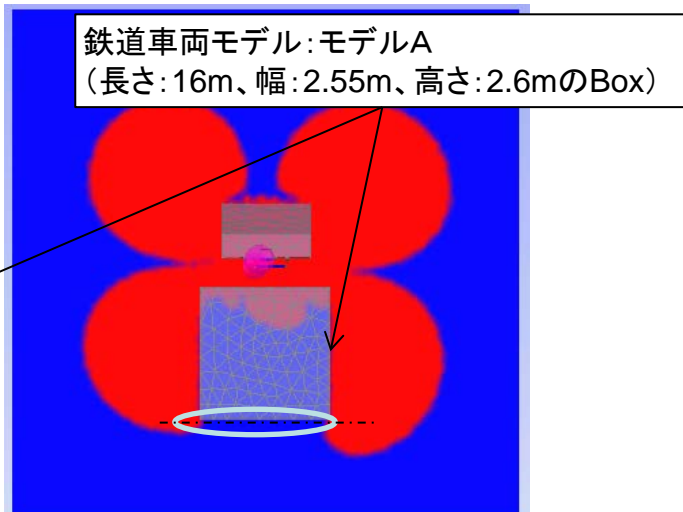
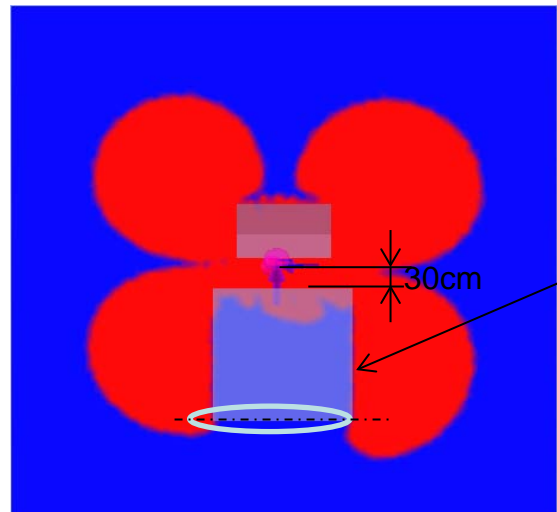
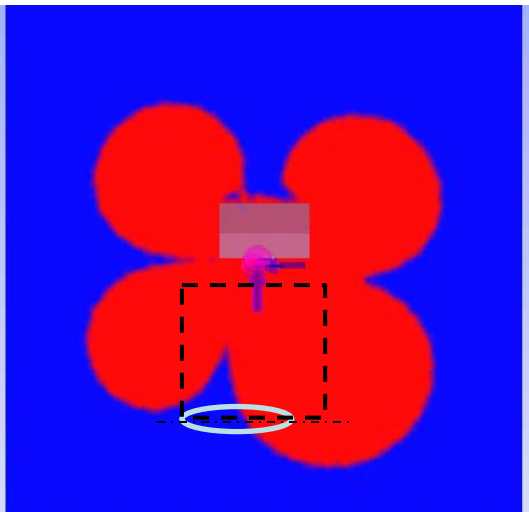


解析断面②



2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT 列車車体による改善量検討結果 1

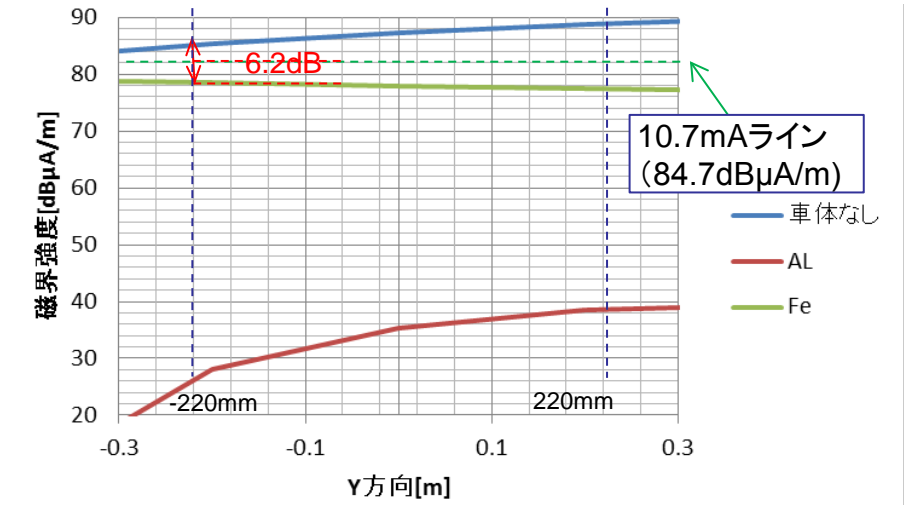
モデルAのケースで、少なくとも6.2dBの低減効果がみられる。



鉄道車両なしの影響範囲分布

鉄道車両ありの磁界分布(アルミ車両)

鉄道車両ありの磁界分布(鉄車両)



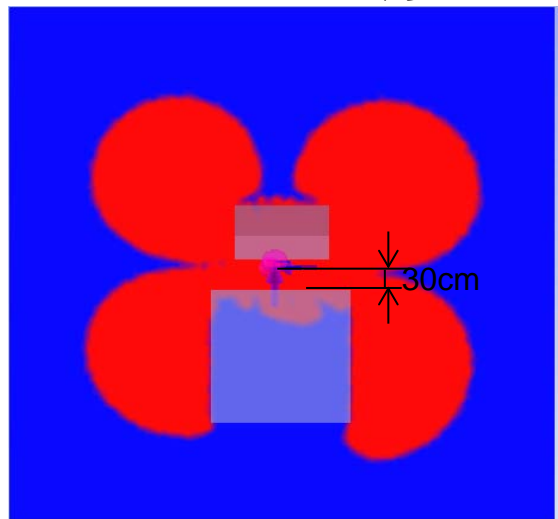
条件
 Gap: 115mm
 位置ずれ: 前75mm横100mm
 1次側 AT=400,
 2次側 AT=400

車両下付近(一点鎖線上)の磁界強度

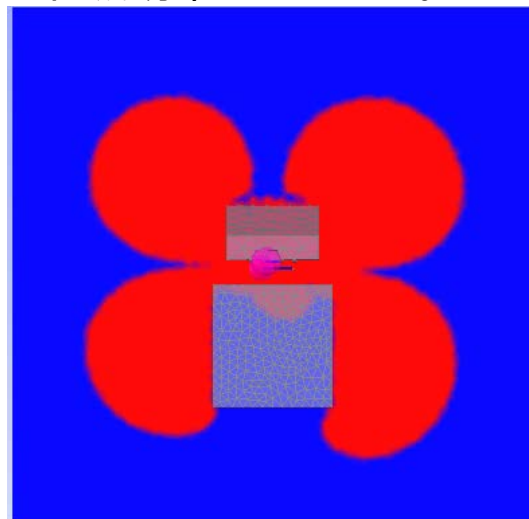
シミュレーションデータ提供:トヨタ自動車

2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT 列車車体による改善量検討結果2

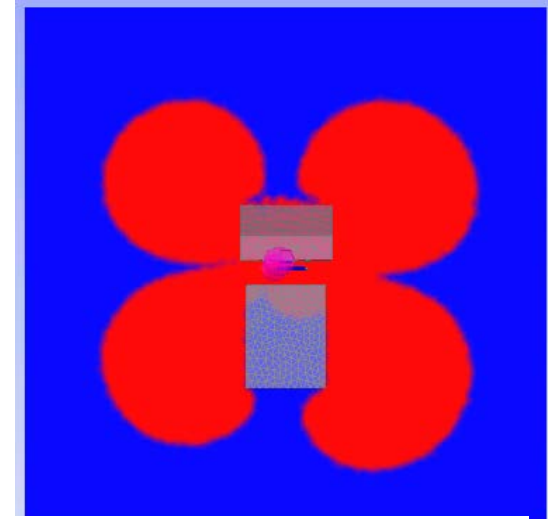
モデルCのケースで、少なくとも8.6dBの低減効果がみられる。



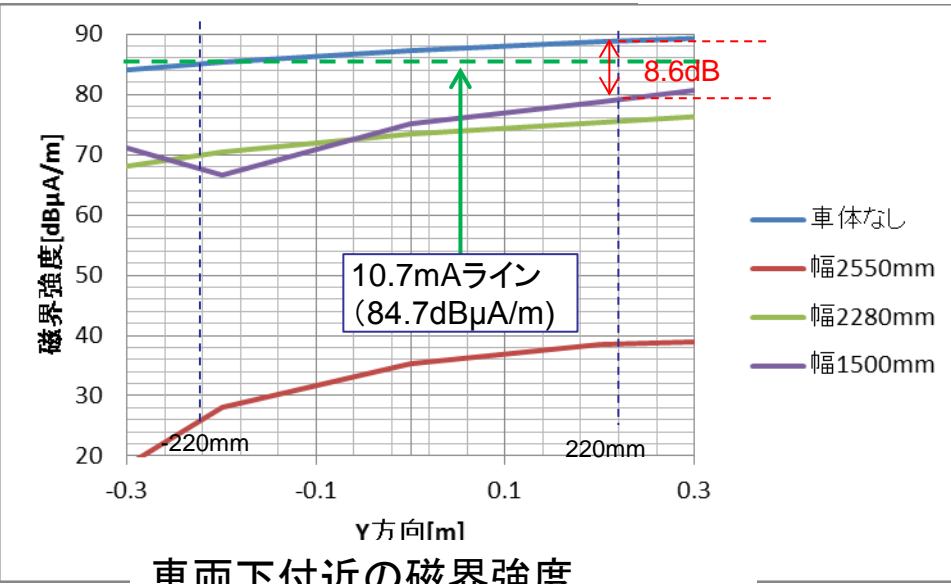
鉄道車両幅2550mm(モデルA)



鉄道車両幅2280mm(モデルB)



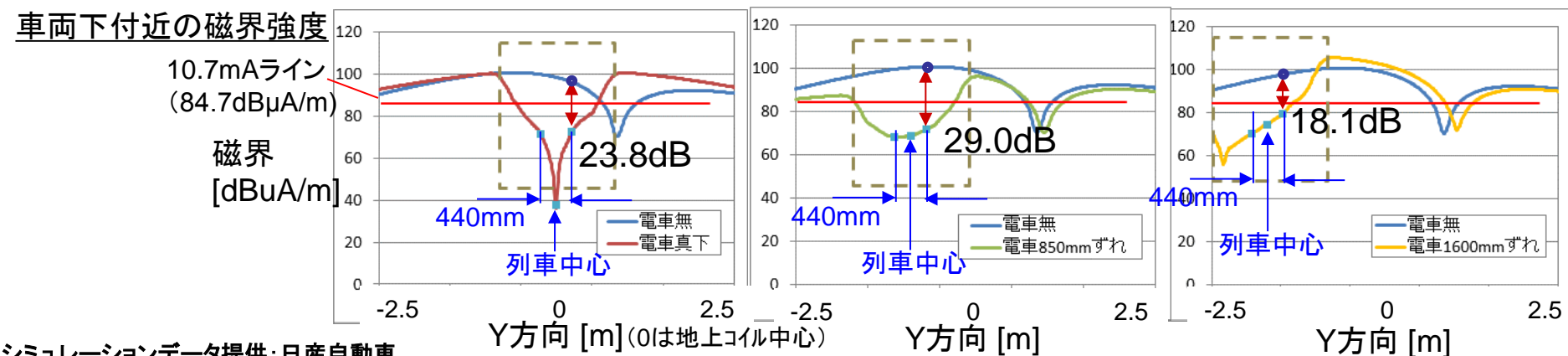
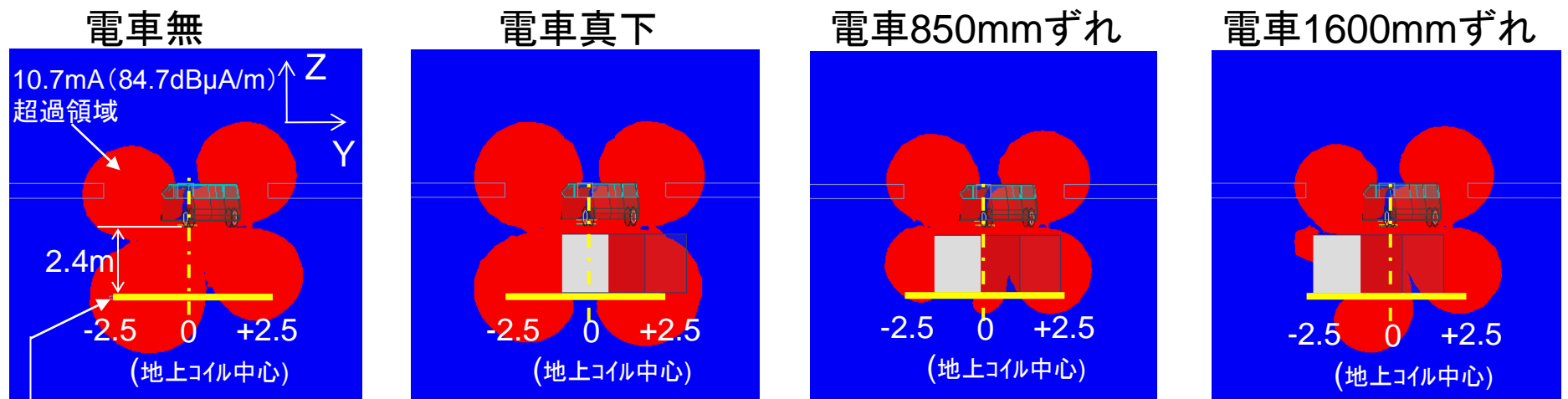
鉄道車両幅1500mm(モデルC)



条件
 Gap: 115mm
 位置ずれ: 前75mm横100mm
 1次側 AT=400,
 2次側 AT=400

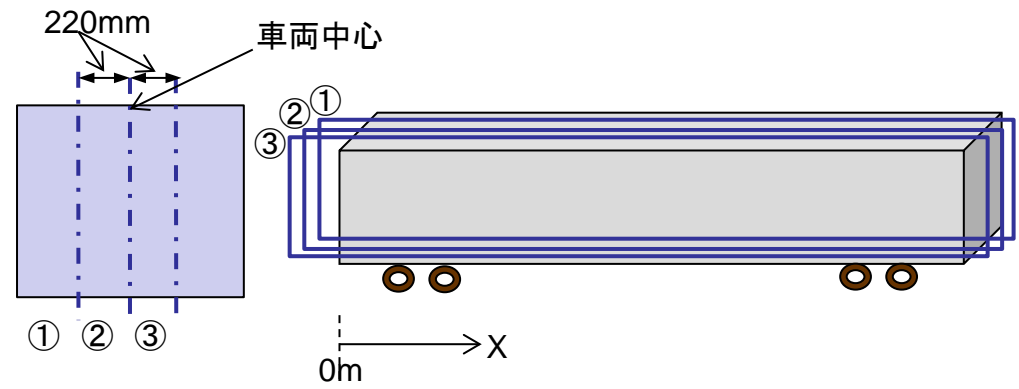
2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT 列車車体による改善量検討結果 3

- 列車を金属の箱と見做して漏えい磁界強度を計算。
- 列車サイズは、長さ16m、幅1.5m、高さ2.0mとした。理由は、通常の列車は必ずこのサイズ以上であり、実際はこれ以上の遮蔽効果が期待できることから、本パラメータを選択した。
- 結果、列車サイズより小さな金属筐体であっても、少なくとも18.1dBの遮蔽効果が期待できることが分かった。



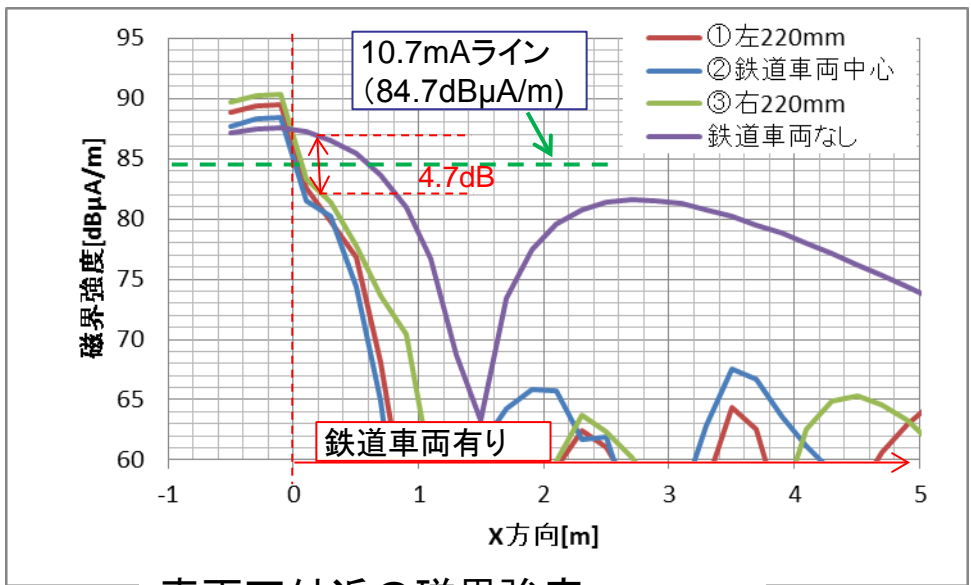
2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT 列車車体による改善量検討結果4

車両の先頭から200mmの部分でも、少なくとも4.7dBの低減効果がみられる。

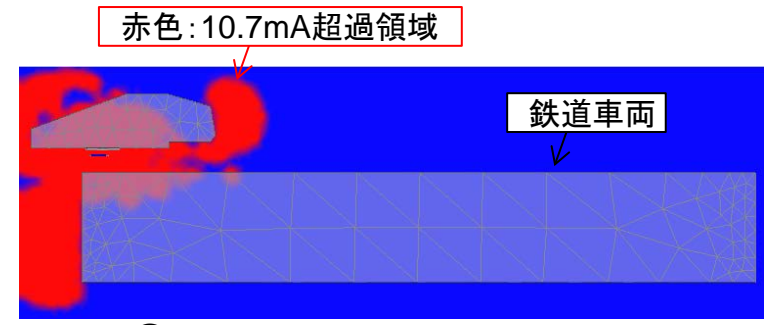


解析面図(正面視)

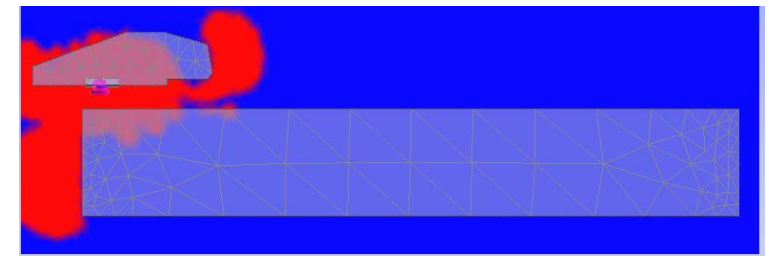
解析面図(側面視)



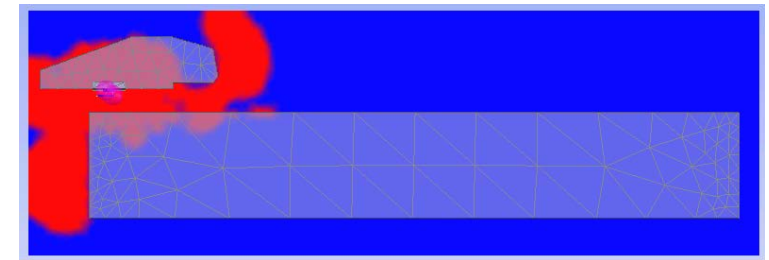
車体下付近の磁界強度



①断面



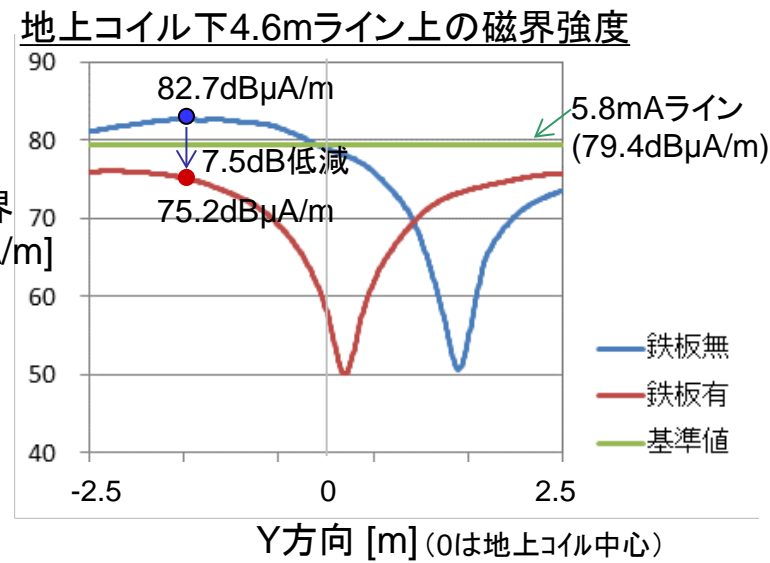
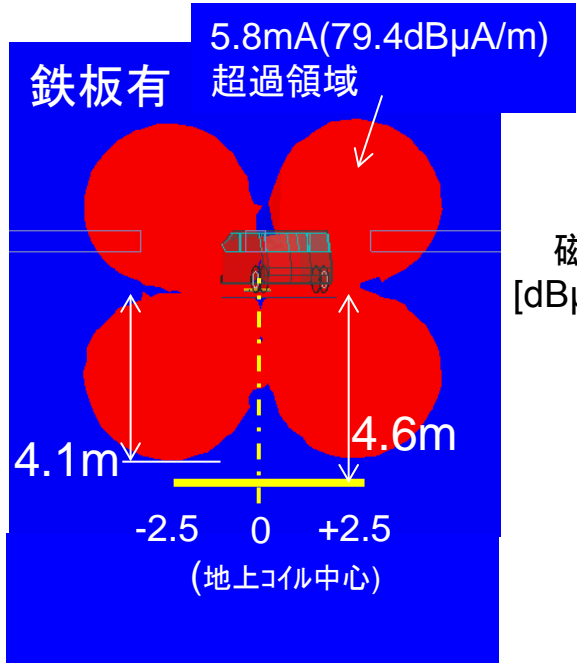
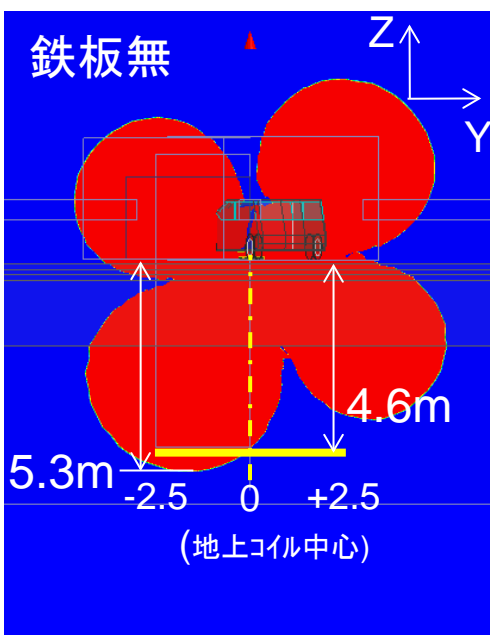
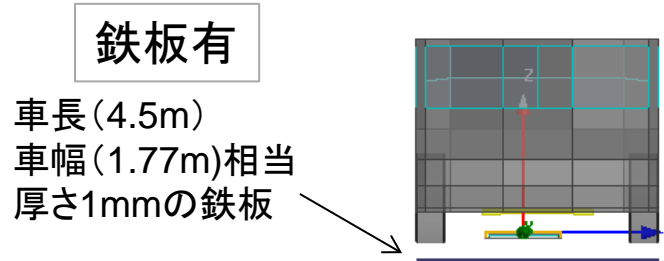
②断面



③断面

2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT 鉄板床による改善量検討結果 1

- 線路直上の駐車場の床を鉄板(メッシュ状の金属板)とみなした場合。
- ただし金属板の幅は車体と同じとし、通常はこれ以上の遮蔽が期待できる条件とした。
- 結果、車が乗るギリギリのサイズの鉄板でも、少なくとも7.5dBの遮蔽効果が期待できることが分かった。



2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT シミュレーションによる所要離隔距離まとめ

- モデル4の場合、鉄道車両、駐車場の床材などによる遮蔽効果を含めると、所要改善量はマイナスとなり、設置制限なく共用可能となる。
- モデル1～3については、5m程度以上離して設置することができれば、共用可能となる。

	必要磁界強度低減量[dB]			
	5.8mA		10.7mA	
	系統入力 最大値 3.7kW	系統入力 最大値 7.7kW	系統入力 最大値 3.7kW	系統入力 最大値 7.7kW
モデル1	20.5	28.6		
モデル2	26.8	32.7		
モデル3	5.9	6.2		
モデル4	-	-3.9 (=3.6-7.5)	-4.1 (=0.6-4.7)	-1.1 (=3.6-4.7)

モデル4'の場合
床の鉄板素材により7.5dB以上減衰が期待できる

モデル4の場合
列車車体により4.7dB以上減衰が期待できる

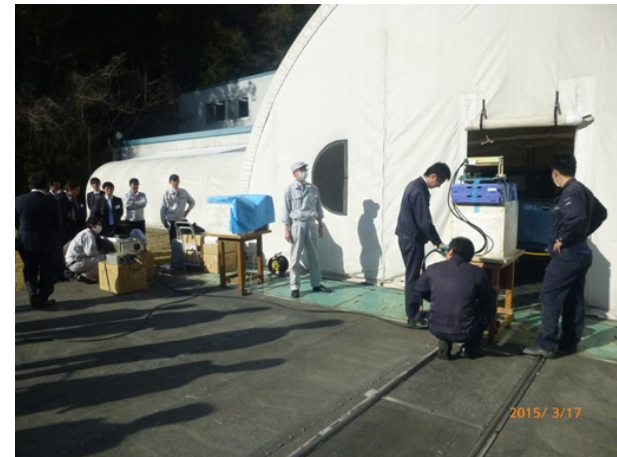
実機試験による検討モデルの妥当性確認

2. 鉄道信号保安設備 共用実験概略

- 目的:

鉄道信号保安設備と電気自動車用WPTとの共用可能距離検討で用いている解析手法に関し、実機試験による妥当性検証を行う。

- 日時:2015年3月16日～18日
- 場所:UL Japan山北サイト
- 電力(インバータ入力):約7.2kW
- 電力(バッテリー入力):約5.8kW



2. 鉄道信号保安設備 共用実験概略

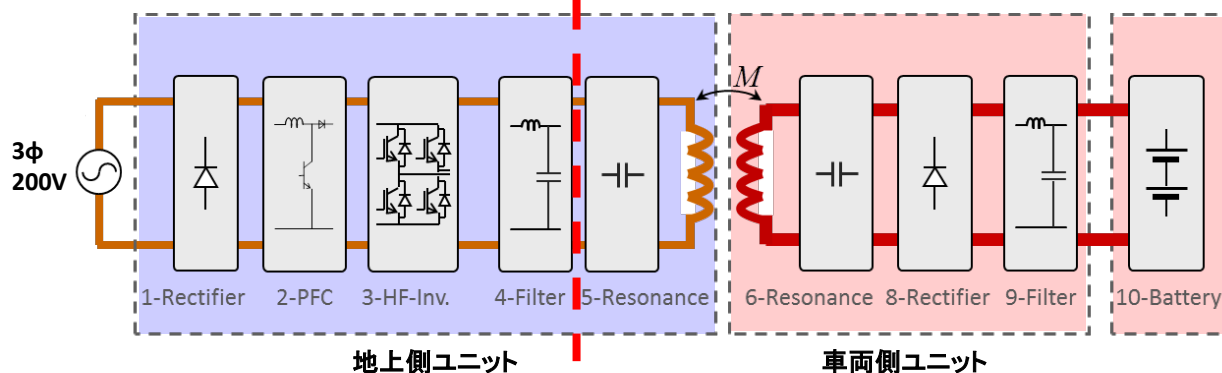
- WPT機器概略



WPT搭載車両(日産リーフ)

供試品	試作機
コイルタイプ	平面型(ディスク型)
利用周波数	85kHz
入力電力	インバータ入力:約7.2kW
コイル	1次側外寸550×550 2次側外寸250×500 (シールド除く)
負荷	車載バッテリー
コイル間距離	150mm
位置ズレ	前後0mm、横100mm(実験時)
車両	日産リーフ(実車)

ターンテーブル下(地下)に設置 ← | → ターンテーブル上に設置



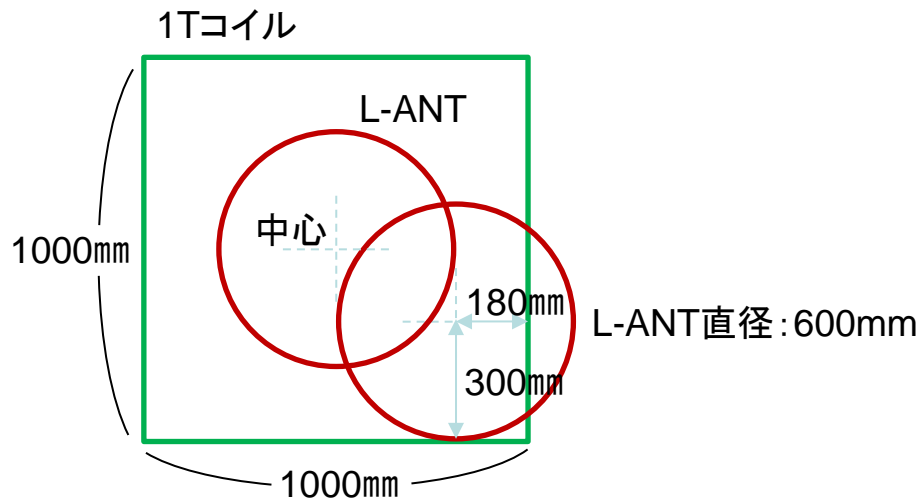
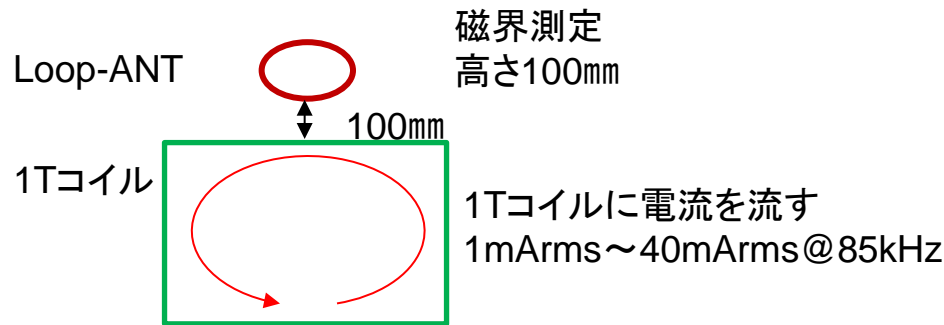
地上側ユニット

車両側ユニット

WPTシステム構成

2. 鉄道信号保安設備 共用実験結果 1ターンループコイルが生じる磁界強度確認

- 1m×1mの1ターンループコイルの10cm上方に生じる磁界強度を、直径60cmのアクティブループアンテナと直径60cmのパッシブループアンテナを使用して測定した。



アクティブL-ANT(UL Japan殿)

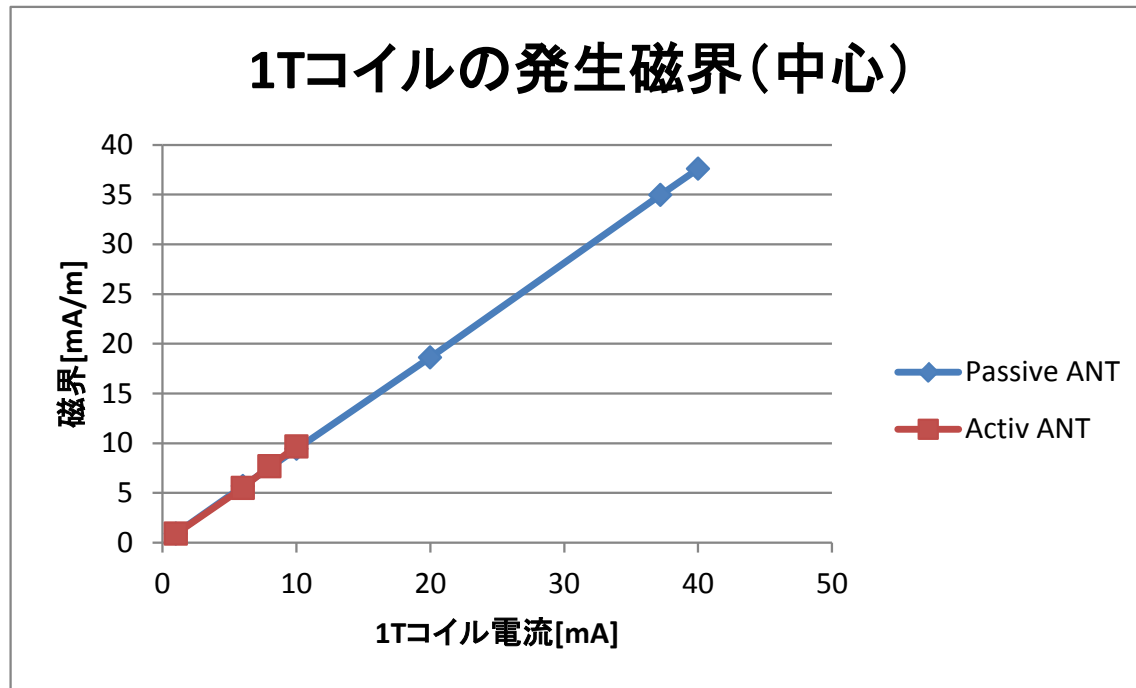


パッシブL-ANT(鉄道総研殿)



2. 鉄道信号保安設備 共用実験結果 1ターンループコイルが生じる磁界強度確認

- 測定結果
 - 使用するループアンテナによる差異は認められなかった。



2. 鉄道信号保安設備 共用実験結果

1ターンループコイルが生じる磁界強度確認

- 60cmのループアンテナ内部の磁界強度の平均を計算すると実測値とほぼ一致していることが確認できた。

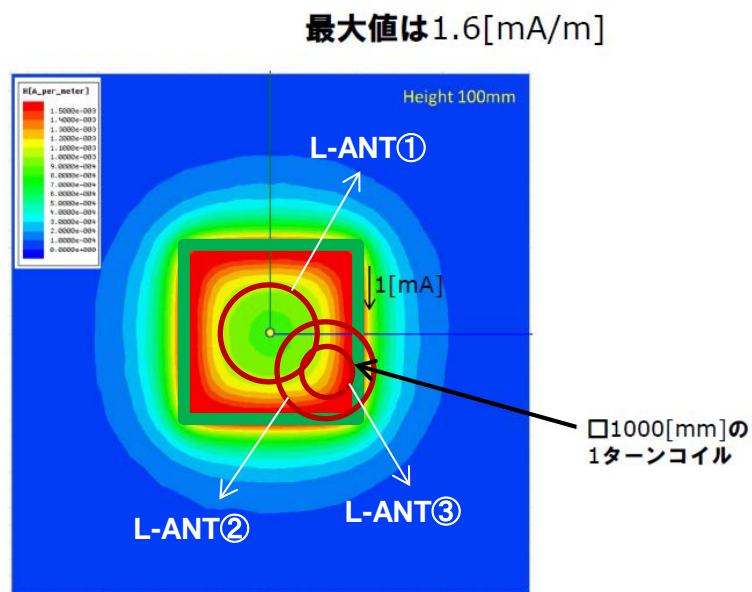
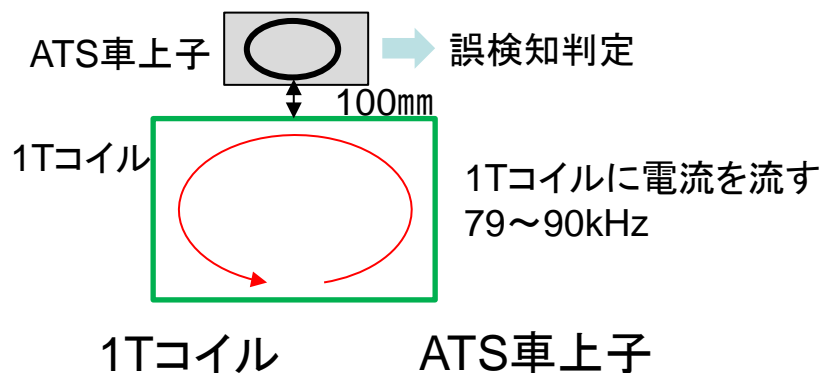


図1. コイルからの高さ100mmの平面内の磁界強度の大きさコンター図

	中心位置	Loop直径	磁界強度	
			解析 (Loop内平均)	実測値
L-ANT①	1Tコイル中心	600mm	932uA/m	891-962uA/m
L-ANT②	1Tコイル端	600mm	874uA/m	860-987uA/m
L-ANT③	300m/180mm	200mm	1141uA/m	-
最大値	-	-	1600uA/m	-

2. 鉄道信号保安設備 共用実験結果 鉄道ATS機器の許容レベル確認

- 今回の実験で使用する鉄道ATS機器の誤検知(10cm離れた1ターンループコイルに流す電流値と鉄道ATS機器の誤検知の関係)の確認を行った。



2. 鉄道信号保安設備 共用実験結果 鉄道ATS機器の許容レベル確認

- 実験結果を下表に示す。
- 今回の電気自動車用WPTの周波数は85kHzである。今回の実験で使用する鉄道ATS機器の耐妨害特性は、85kHzでは37.2mAであることを確認した。

ATS試験機誤検知レベル

1Tコイル上100mmにATS試験機設置

	実測値	事前情報	
周波数	誤検知電流	耐妨害特性	妨害許容値
85	37.2	40.0	20.0
kHz	mA	mA	mA

2. 鉄道信号保安設備 共用実験結果 電気自動車用WPT機器の漏えい磁界強度

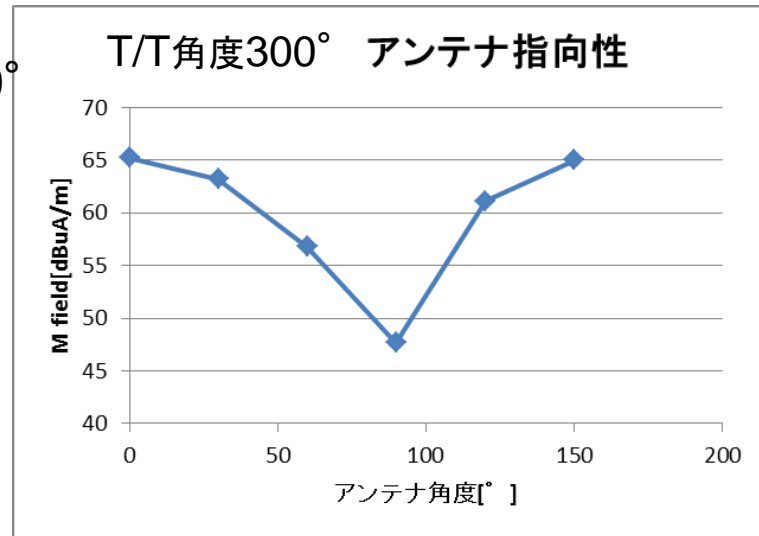
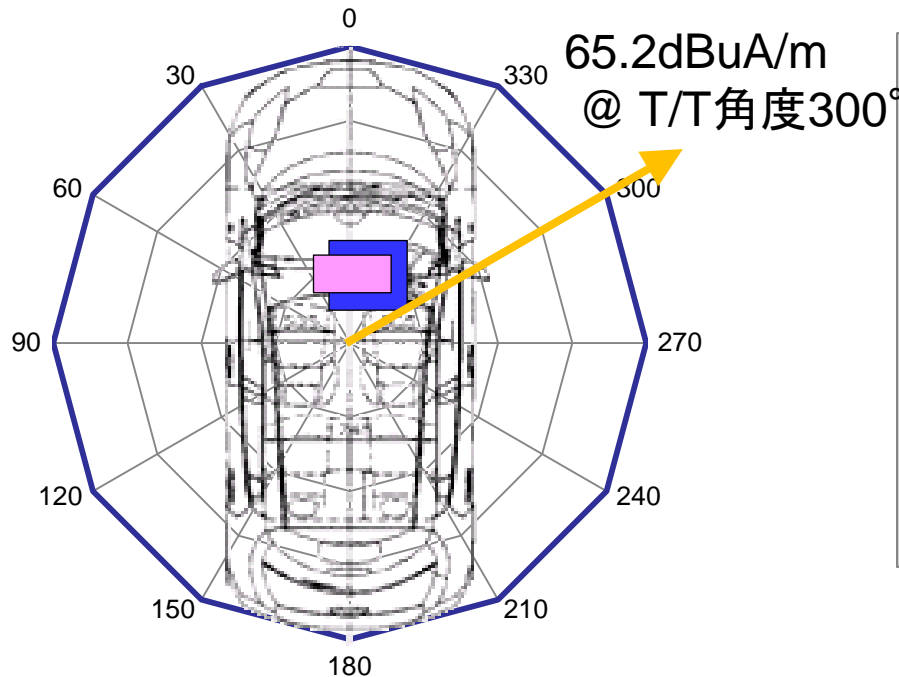
- 今回の実験で使用する電気自動車用WPT機器の漏えい磁界強度の確認を行った。

テーブル角度 0～+330度
アンテナ角度 VER 0～90度



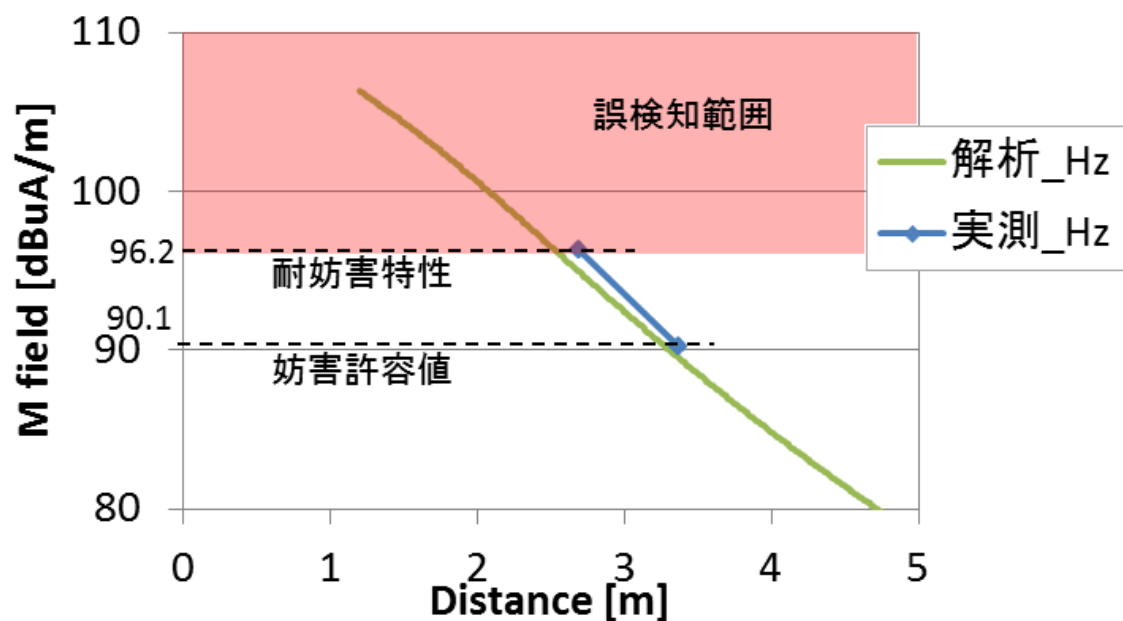
2. 鉄道信号保安設備 共用実験結果 電気自動車用WPT機器の漏えい磁界強度

- 電気自動車用WPT機器から10mの距離で計測を行った。
- 電気自動車用WPT機器を回転させ、最大強度方向で固定したのち、ループアンテナの角度を変え磁界強度を計測した。その結果を下表に示す。
- 測定結果から、7.7kW相当の電気自動車WPTの場合でも、離隔距離10mでの漏えい磁界強度は65.2dBuA/mであり、68.4 μ A/m以下になることが確認できた。



2. 鉄道信号保安設備 共用実験結果 漏えい磁界強度の確認

- 電気自動車用WPT機器からの漏えい磁界強度を実測した。
- この結果から、シミュレーション値と実測値がほぼ一致することが確認できた。

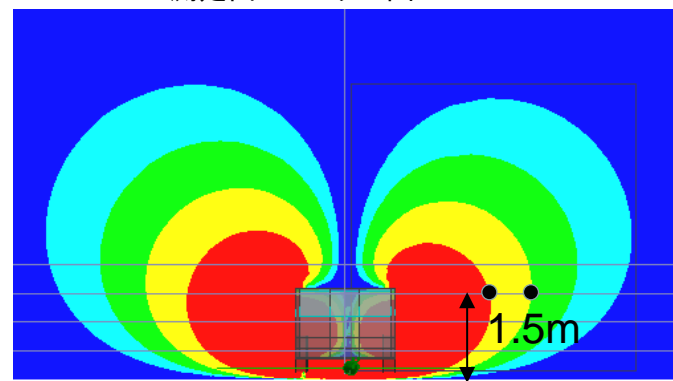
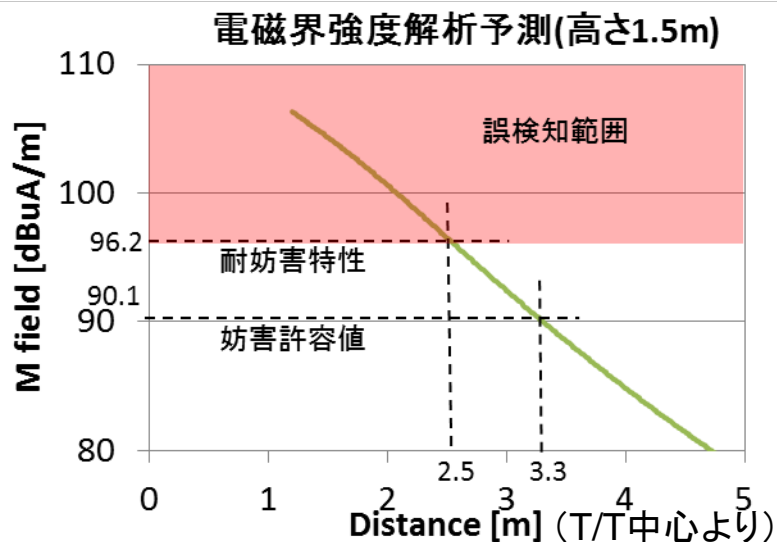
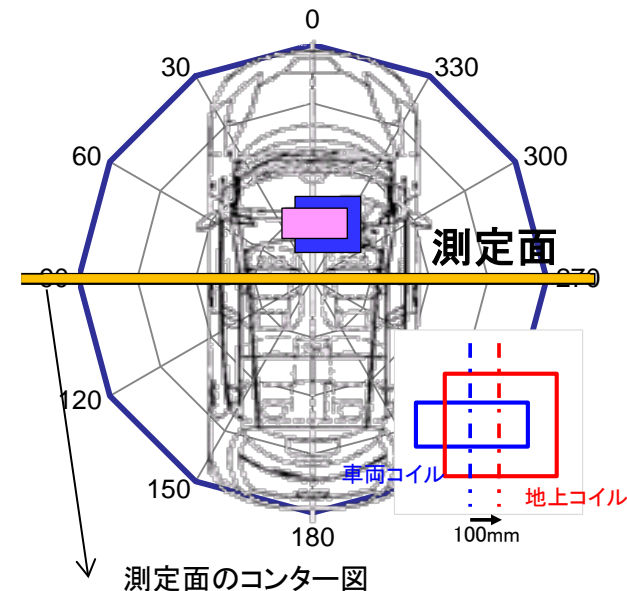


	磁界	離隔距離	
		実測	解析予測
耐妨害特性	96.2	2.7	2.5
妨害許容値	90.1	3.38	3.3
	dBuA/m	m	m

※離隔距離は全てT/T中心から

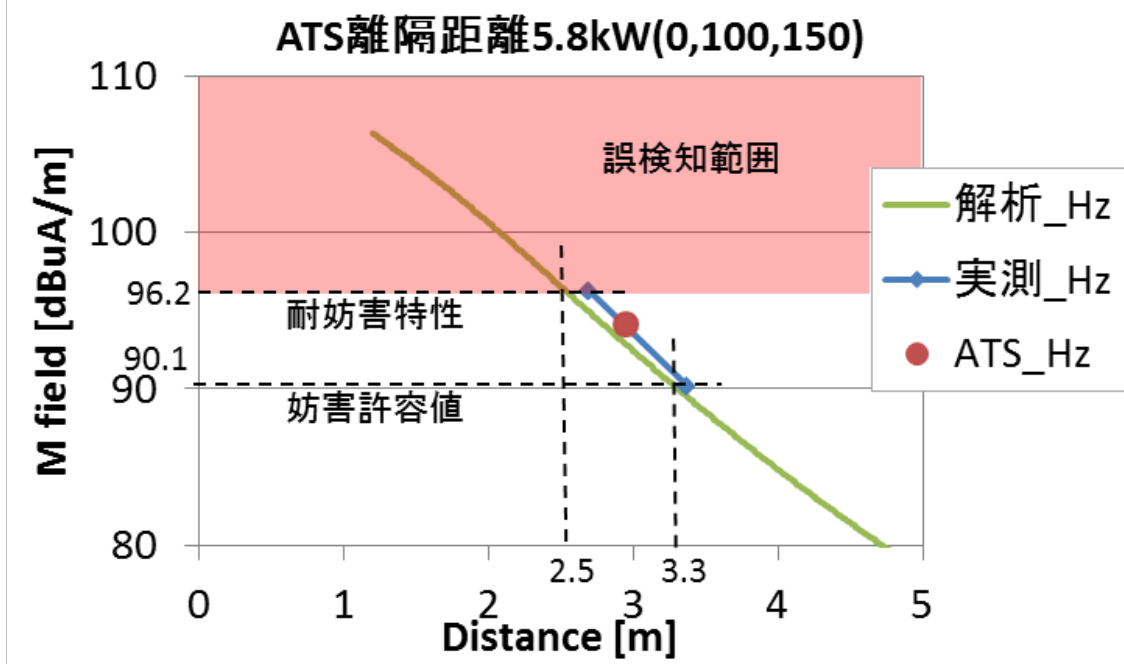
2. 鉄道信号保安設備 共用実験結果 誤動作離隔距離の事前予測

- シミュレーションで誤動作する距離を予測すると、2.5m~3.3m程度の距離になった。
- 検討パラメータ
 - 高さ1.5mで、磁界強度が耐妨害特性(96.2dBuV/m)と妨害許容値(90.1dBuV/m) 相当となる距離



2. 鉄道信号保安設備 共用実験結果 誤検知を起こす距離の確認

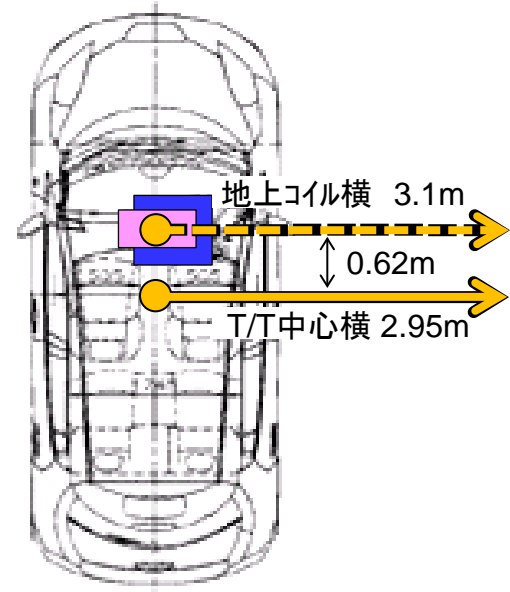
- 鉄道ATS車上子が誤検知を起こす電気自動車用WPT機器からの離隔距離を実測にて確認した。
- この結果から、シミュレーションでの離隔距離計算と実測がほぼ一致することが確認できた。



※離隔距離は全てT/T中心から

ATS誤検知距離

磁界	誤検知	
94.1	2.95	T/T中心横
	3.1	地上コイル横
dBuA/m	m	



2. 鉄道信号保安設備 検証実験結果まとめ

- 電気自動車用WPTと鉄道ATS車上子を用いた検証実験を実施した。実験の結果以下のことが確認できた。
- WPTからの最大漏えい磁界強度は、65.2dB μ A/m@10m(シミュレーションでは最悪値として68.4dB μ A/m以下@10mを用いて計算)であることを確認
- WPTからの漏えい磁界強度は、シミュレーションによる解析結果と、実測値がほぼ一致することを確認
- 1ターンループコイルが生じる磁界強度は、シミュレーションによる解析結果と、実測値がほぼ一致することを確認
- 実験に使用した鉄道ATS車上子の誤検知レベルは、ほぼ仕様のTyp値と一致することを確認
- 実測による鉄道ATS車上子の誤検知距離と、シミュレーションから推定される誤検知距離がほぼ一致することを確認
- これらのことから、シミュレーションによる所要離隔距離の計算の妥当性が確認された。

2. 鉄道信号保安設備 電気自動車用WPT 共用検討のまとめ

前回の検討結果に対し、①WPTの使用周波数域やコイル方式等の絞り込み、②実験によるモデルの検証、③現実の設置環境を考慮した所要離隔距離の計算、④共用を判断するための考え方の再検討、を実施したことにより、共用条件は以下のようにまとめられる。

(ア) 家庭用3 kWクラスWPTの場合

干渉検討モデル1: 共用するためには、WPTコイル側の鉄道レールからWPTコイルの中心まで4.1m以上離す必要がある。

干渉検討モデル2: 共用するためには、WPTコイル側の鉄道レールからWPTコイルの中心まで4.6m以上離す必要がある。

干渉検討モデル3: 共用するためには、WPTコイル側の鉄道レールからWPTコイルの中心まで4.2m以上離す必要がある。

干渉検討モデル4: 共用可能

(イ) 家庭用7.7 kWクラスWPTの場合

干渉検討モデル1: 共用するためには、WPTコイル側の鉄道レールからWPTコイルの中心まで3.6m以上離す必要がある。

干渉検討モデル2: 共用するためには、WPTコイル側の鉄道レールからWPTコイルの中心まで4.4m以上離す必要がある。

干渉検討モデル3: 共用するためには、WPTコイル側の鉄道レールからWPTコイルの中心まで4.4m以上離す必要がある。

干渉検討モデル4: 共用可能

WPTシステムの設置時の誤差やアグリゲーションの影響なども加味すると、家庭用WPTシステムと鉄道信号保安設備が共用するためには、鉄道下方向及び横方向に対して、WPTシステム側の鉄道レールからWPTシステムの中心まで4.8 m以上離す必要がある。

鐵道誘導無線

3. 誘導式列車無線設備 電気自動車用WPT 共用検討のまとめ

本節では、これまでに述べた計算と検討を基にまとめた共用条件を示す。なお、共用可能と判断するための基準としては、以下のとおりとした。

i) WPTで使用する周波数と鉄道設備が使用する周波数が重ならない。

又は

ii) 所要離隔距離が、鉄道設備における建築限界内に入っている(干渉が発生する可能性のある距離が、鉄道事業者の関与なくWPTを置くことができない位置である)。

(ア)42kHz以上48kHz以下

本周波数帯には空間を伝搬媒体として用いる列車無線設備が使用されていないため、誘導式列車無線との共用条件を満たすものと考えられる。

(イ)52kHz以上58kHz以下

本周波数帯には空間を伝搬媒体として用いる列車無線設備が使用されていないため、誘導式列車無線との共用条件を満たすものと考えられる。

(ウ)79kHz以上90kHz以下

本周波数帯内と近傍の80kHzと92kHzは、国内で一か所ではあるが単一の線区に導入されている誘導式列車無線が存在し、計算上の所要離隔距離は、車上アンテナに対して約45mである。本周波数帯を使用する誘導式列車無線の線区では誘導線と車上アンテナがともに軌道の中心線上にあり、WPTが設置可能な最短離隔距離は建築限界に相当する距離(1.5m~1.9m程度)になるものと考えられる。このとき、WPTが設置可能な最短離隔距離において許容できる受信電圧とするためには、WPTから放射される磁界強度を80dB以上減衰させる必要がある。

したがって、必要なガードバンド幅に依存するが、必要なガードバンド幅が3kHzの場合は、83kHz以上89kHz以下については、誘導式列車無線との共用条件を満たすものと考えられる。

(エ)140.91kHz以上148.5kHz以下

本周波数帯には多くの線区に導入されている誘導式列車無線が存在し、計算上の所要離隔距離は、誘導線に対して約28m、車上アンテナに対して約76mである。本周波数帯では各種の結合方式が採用されている。結合方式によっては誘導線が建築限界の外に敷設されており、WPTが設置された位置と誘導線との離隔距離が建築限界よりも短く、また車上アンテナに対しても建築限界+1~2mとなる可能性を排除できない。このとき、WPTが設置可能な最短離隔距離において許容できる受信電圧とするためには、WPTから放射される磁界強度を88dB以上減衰させる必要がある。

以上の検討結果から明らかなように、79 kHz~83 kHz、89 kHz~90 kHz及び140.91 kHz~148.5 kHzについては、所要離隔距離が建築限界(1.5 m~1.9 m)を超えており、現在対象となっているWPTシステムの開発状況においては、共用について更なる検討が必要と考えられる。しかし、この判断は離隔距離に依存したものであり、WPTシステムの設置において必要な離隔距離を確保するための法的な規制等により共用が可能となるケースも考えられる。なお、79kHz~90kHzについては、同周波数帯を使用する線区が単一であることから、当該線区沿線のみWPTシステムが使用する周波数範囲を83kHz~89kHzとするか、当該線区の列車無線を79kHz~90kHz以外の周波数域で使用できるようにするなどの対応により、共用を可能とすることも考えられる。