



# ワイヤレス電力伝送 (WPT) システムの安全性 ばく露評価法、植込み型医療器のEMI評価

北海道大学 大学院情報科学研究科

日景 隆

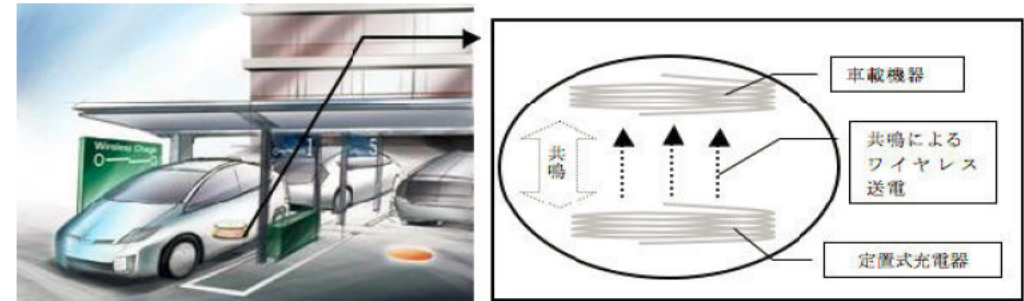
## ワイヤレス電力伝送 (WPT) システムの安全性

1. 人体防護指針に関する評価法
2. 植込み型医療器EMI評価試験



# はじめに ワイヤレス電力伝送(WPT)技術適用例

## 実用化、市販されているWPT適用事例



## ワイヤレス充電(おっだけ充電)の仕組み例



## 利用シーン例1(カフェ・レストラン等)

## 利用シーン例2(自動車の充電)



## 利用シーン例3(オフィス)



# WPTシステムによる社会への期待

## スマートモビリティ社会の実現への期待

### 近未来像(2020年頃)

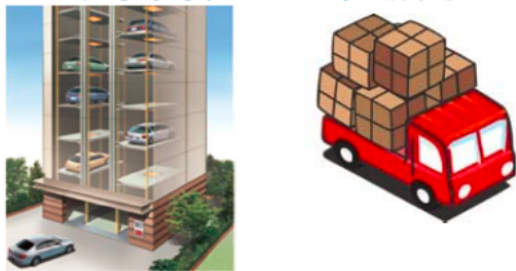
自宅近くをチョコチョコ動き回るEV、パーソナルモビリティ(マイクロEV、電動バイク、電動カートなど)の活用

WPT利用により意識せずに安全に充電



流通業界、駐車場業界などへの活用

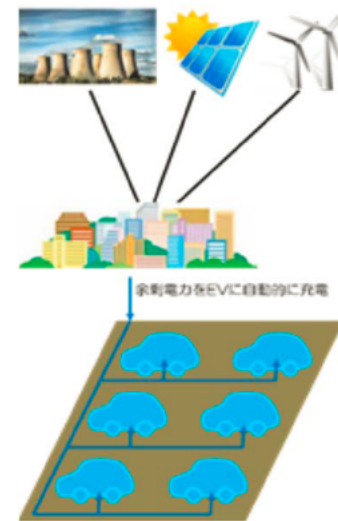
WPT利用により手間、コスト低減など



### 中期未来像(2020年過ぎ~2030年頃)

自動走行運転とWPTの連携(希望時間にEVが来て、目的地へ連れて行って来て、EVは勝手に帰っていく)

余剰電力をEVへ、緊急時や非常時に電源供給

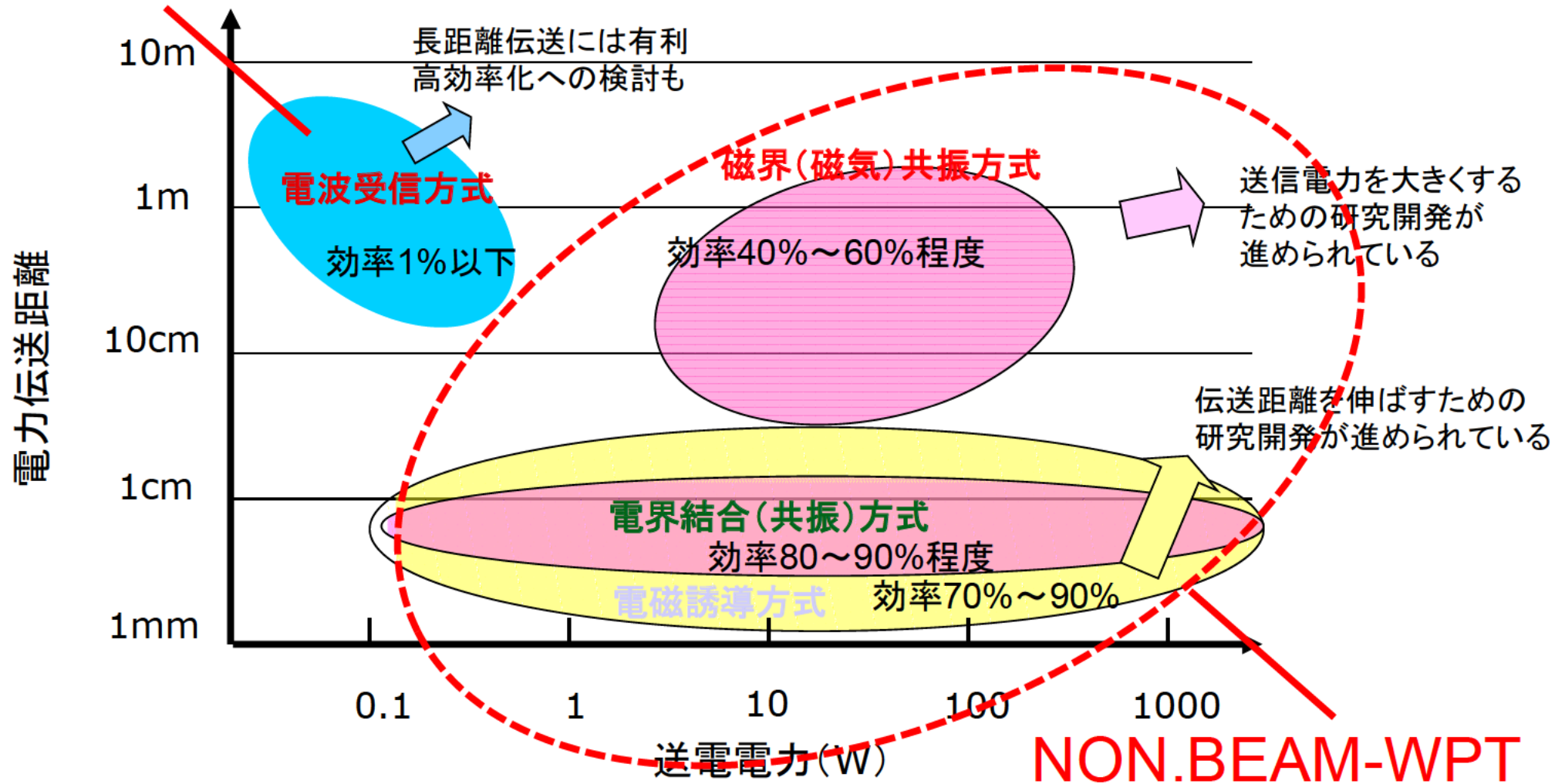


ドローンやロボットへも活用し、流通業界、商用施設などにサービス革命



# BEAM-WPT

家庭・オフィス内での利用を想定した場合に  
ワイヤレス電力伝送の適用が考えられている典型例



※効率は電源を含めた伝送システム全体の効率を示す

# WPT業界団体(国内)

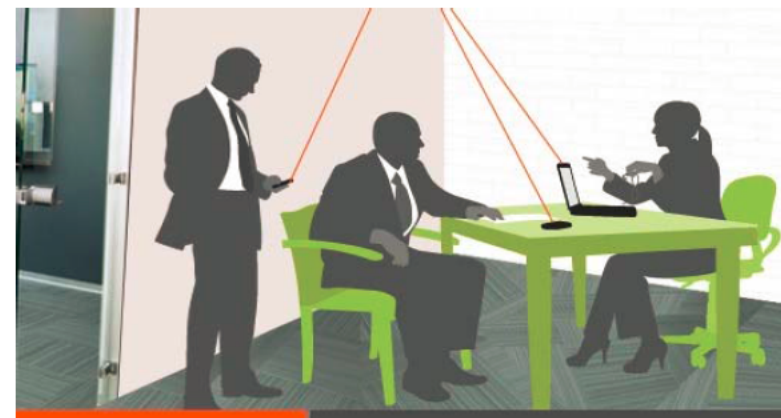
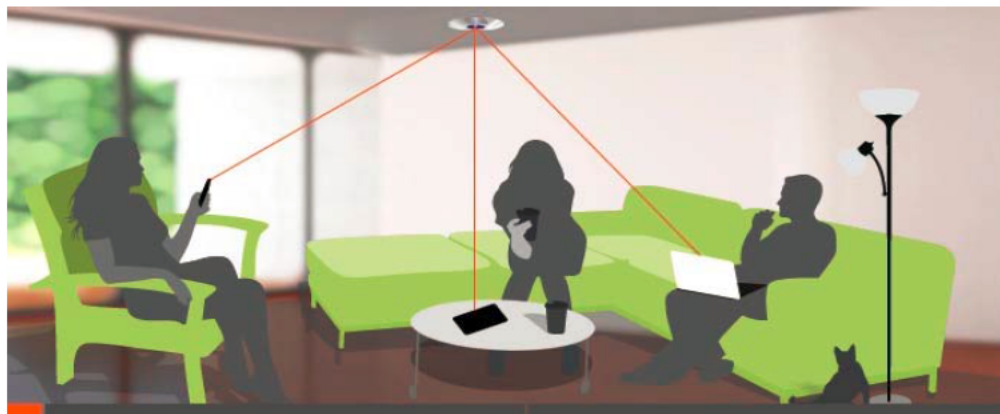
団体名	BWF (Broadband Wireless Forum) WPT-WG	WiPoT (Wireless Power Transfer Consortium for Practical Applications)	WPMC (Wireless Power Management Consortium)
設立年月	2009年12月	2013年4月	2013年4月
加盟団体数	64 (2015年8月, 個人含む)	33 (2015年8月)	不明
活動/対象	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガイドライン策定</li> <li>・ARIB規格化(磁界結合, 電界結合)</li> <li>・ペースメーカー影響評価など</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・エネルギーハーベスティング</li> <li>・自動車</li> <li>・生活空間, 産業用</li> <li>・宇宙応用</li> </ul>	直流共鳴方式ワイヤレス給電
主要メンバ	東芝, クアルコム, パナソニック, 富士通, トヨタ, 村田製作所など	京都大学, ボルボ, 三菱電機, 日本電業工作など	村田製作所, 京都大学など
備考	<p>今後の実用化が期待されるワイヤレス電力伝送技術に関して、利用シーン毎に分類し、その機能・仕様、実用化時期などを考慮し、次の課題解決に向けた検討を行う</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>①技術開発の促進(電磁誘導、磁界共鳴、電界共鳴等)</li> <li>②電波法等法令上の利用環境・利用条件の整備</li> <li>③人体防護指針やイミュニティのための条件の検討</li> <li>④標準規格化活動の推進</li> </ul>	<p>マイクロ波送電を中心としたワイヤレス給電のシーズとニーズをマッチングし、マイクロ波送電やワイヤレス電力伝送の実用化を加速する。そのために技術だけでなく、標準化や安全性、ユーザーニーズに関する情報共有を行う。また、マイクロ波送電を中心としたワイヤレス給電のPR活動を行う。</p>	直流共鳴方式ワイヤレス給電の標準化と製品化

# WPT業界団体(海外; Non-BEAM型)

団体名	WPC (磁界結合) (Wireless Power Consortium)	PMA (磁界結合) (Power Matters Alliance)	A4WP (磁界結合) (Alliance for Wireless Power) Rezence
設立年月	2008年12月	2012年3月	2012年5月
加盟団体数	210 (2015年7月) ※WPC HPより	109 (2014年2月)	135 (2015年5月)
周波数	100~200 kHz	約350 kHz	6.78 MHz
効率	70~90%	70~90%	50~70%
標準化動向	<ul style="list-style-type: none"> <li>5W未満; 標準化済み</li> <li>15W対応を発表 (2015年6月)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>6.5W (Ver.1.2) 送信は22W</li> <li>30W (Ver. 1.3) 途中</li> </ul>
		2015年6月1日にA4WPと統合発表	
主要メンバ	Convenient Power, Fulton, LG, Panasonic, Philips, TI, Verizon	AT&T, Duracell Power Mat, Starbucks	Qualcomm, Samsung, Intel, Broadcom, Sonymobile
商品化	<ul style="list-style-type: none"> <li>ドコモおくだけ充電 (3500か所設置)</li> <li>トヨタ</li> <li>イケア欧米にて家具に搭載</li> <li>767認定 (WPC HPより)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nokia / Samsung用ジャケット</li> <li>Starbucks, Delta Airport Loungeなどに設置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gill Electronics社がFCC認証取得 (2015年6月11日)</li> </ul>



# WPT業界団体(海外;BEAM型)



会社名	Enegrous社	Ossia社	Wi-Charge社
国	アメリカ	アメリカ	イスラエル
技術名	WattUP™	Cota	Distributed Resonator™
送電距離	6m (2015 CESでの発表値)	9m	10m
出力	~1.5m 4W / ~3.0m 2W ~4.5m 1W	1W	10W
周波数	900MHz	詳細不明	詳細不明(光)
原理/特徴/ トピックス	<ul style="list-style-type: none"> <li>RF波にのせて電力伝送</li> <li>12機同時充電可能</li> <li>2014/12に、FCC(米国連邦通信委員会)規定のPart 15のテストを通過</li> <li>2015 CESで発表</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電波にのせて電力伝送</li> <li>利用する帯域は現在商用化されていない?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>受信機と送電器がそれぞれミラーを持っていて、その間で光を増幅</li> <li>二枚のミラーの間に異物が入ると即停止</li> </ul>

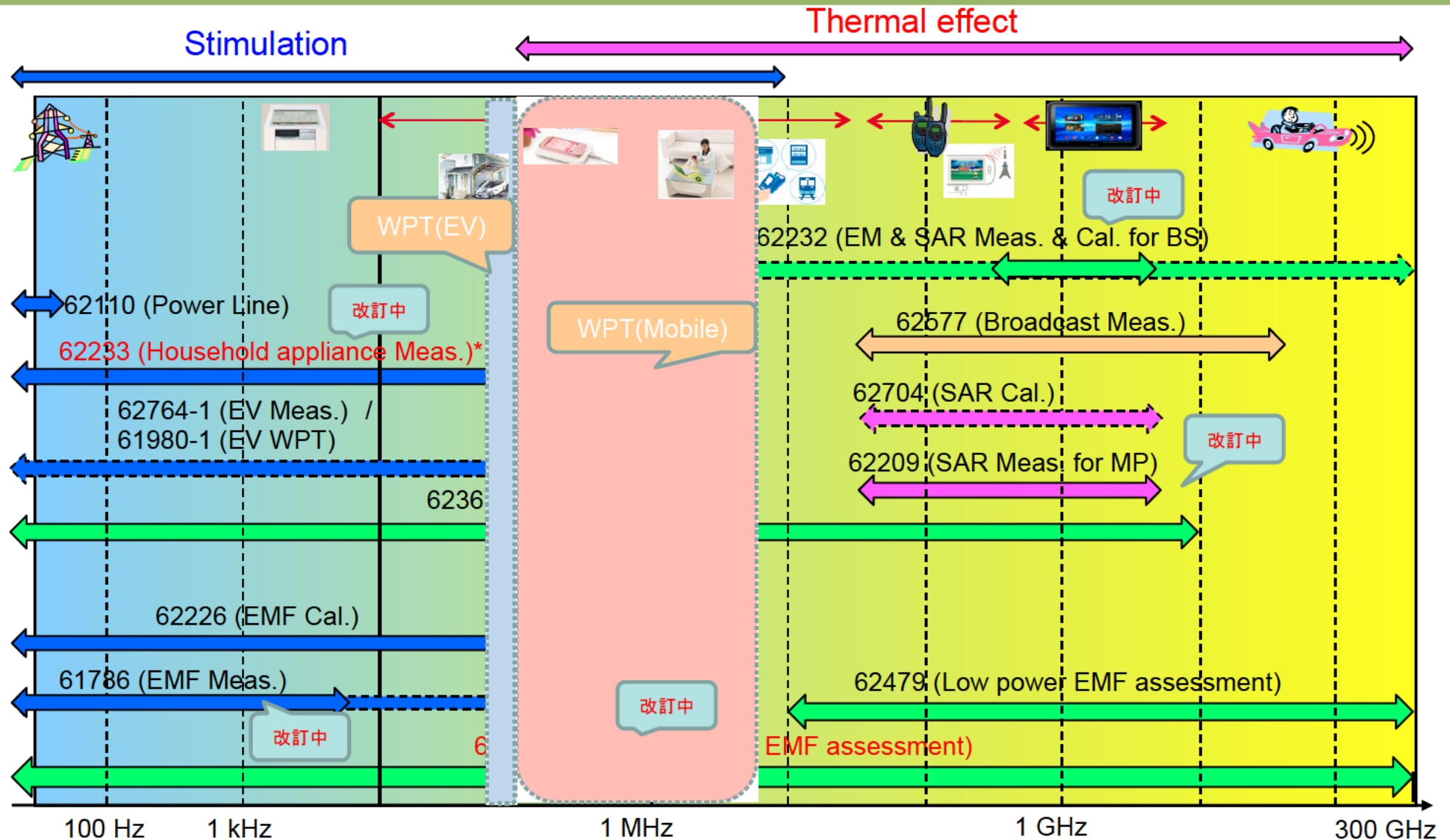


# ワイヤレス電力伝送 (WPT) システムの安全性

1. 人体防護指針に関する評価法
2. 植込み型医療器EMI評価試験



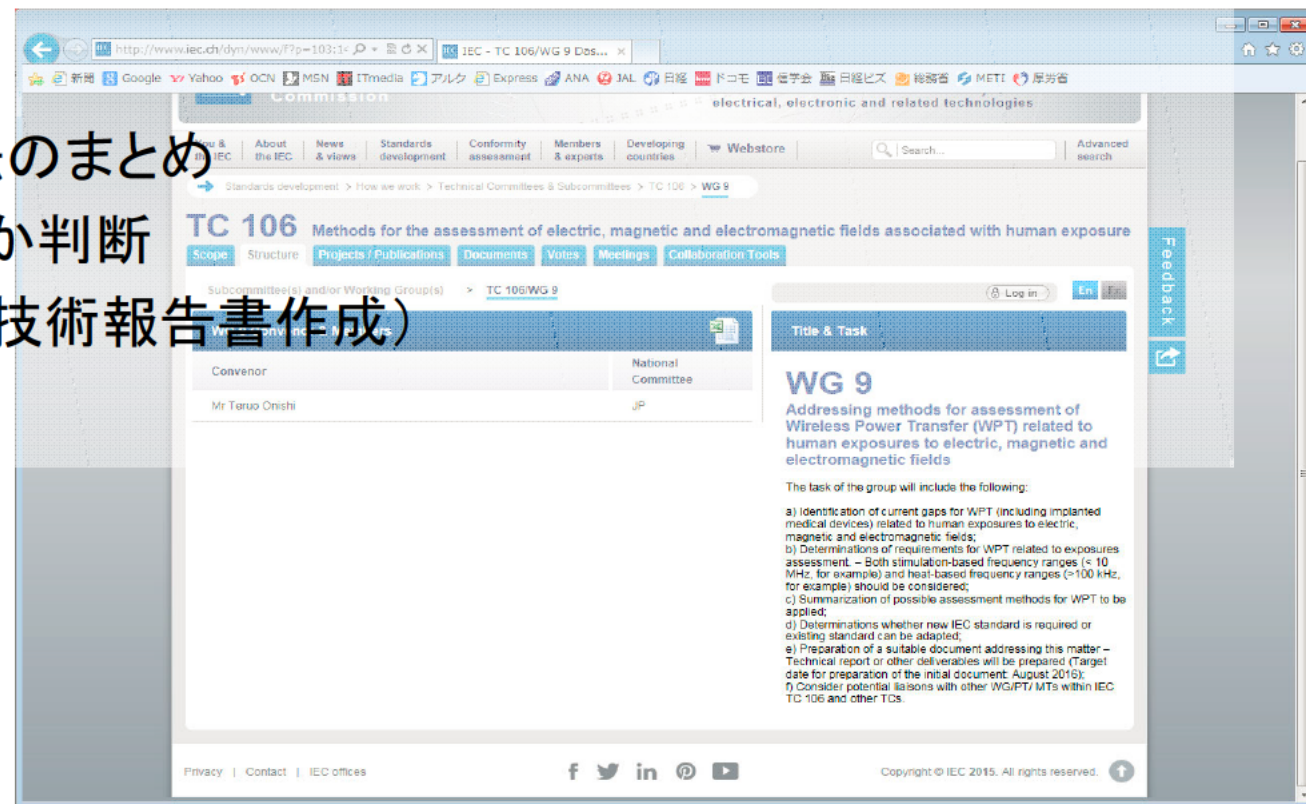
# IEC TC106規格一覽



\*1; Frequency range up to 300 GHz and electric and magnetic fields are considered. But only magnetic field measurement procedure 10 Hz to 400 kHz is described.

\*2; Frequency range up to 300 GHz are considered. But only procedures up to 10 GHz are described.

- TC106総会(2015/9/30)にWPTに関するWG承認
- WPTばく露評価法に関して以下の項目を検討する
  - 電磁界ばく露に関して現状の確認
  - ばく露評価に関する要求事項の確認
    - 刺激作用(~10MHz)
    - 熱作用(100 kHz~)
  - 適用可能なばく露評価法のまとめ
  - 新しくIEC規格化が必要か判断
  - 上記検討結果のまとめ(技術報告書作成)



# EV WPT (85 KHz) 適合性確認方法

情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波利用環境委員会 ワイヤレス電力伝送作業班資料より

人体が接触又は近接(20cm以内)したり、人体の一部が送受電コイル間に入る可能性:なし(又は極めて低い)									
接触ハザード		接触ハザードが防止されていない							
非接地条件		対象外							
評価方法の分類		パターン①	パターン②	パターン③	パターン④	パターン⑤	パターン⑥	パターン⑦	
適用が考えられる 指針値及び根拠と なるガイドライン等の 組合せ	SAR	全身平均SAR							
		局所SAR							
	体内誘導電界強度								基本制限
	接触電流			接触電流に関する補助指針 ※3	接触電流に関する補助指針 ※4	接触電流に関する補助指針 ※5	接触電流に関する補助指針 ※3	接触電流に関する補助指針 ※5	接触電流に関する補助指針 ※5
				※3:接地金属体を用いた接 触電流評価のみ実施	※4:非接地金属体を用いた 接触電流評価のみ実施	※5:接地金属体および非接 地金属体を用いた接触電流 評価を実施	※3:接地金属体を用いた接 触電流評価のみ実施	※5:接地金属体および非接 地金属体を用いた接触電流 評価を実施	※5:接地金属体および非接 地金属体を用いた接触電流 評価を実施
	足首誘導電流								
	外部電界		電磁界強度指針表3(b) ※1	電磁界強度指針表3(b) ※1			電磁界強度指針表3(b) ※1		
			※1:不均一ばく露に関する補 助指針	※1:不均一ばく露に関する補 助指針			※1:不均一ばく露に関する補 助指針		
	外部磁界		電磁界強度指針表3(b) ※1 および 接触電流に関する補助指針 から算出される磁界強度(式 5.2-1) ※2	電磁界強度指針表3(b) ※1	電磁界強度指針表3(b) ※1 および 接触電流に関する補助指針 から算出される磁界強度(式 5.2-1) ※2	電磁界強度指針表3(b) ※1	結合係数による体内誘導電界 強度の評価	結合係数による体内誘導電界 強度の評価	
			※1:不均一ばく露に関する補 助指針 ※2:ループ面積における空 間平均の適用可	※1:不均一ばく露に関する補 助指針	※1:不均一ばく露に関する補 助指針 ※2:ループ面積における空 間平均の適用可	※1:不均一ばく露に関する補 助指針			



# モバイル用等WPT(6.78MHz)適合性確認方法

人体が接触又は近接(20cm以内)したり、人体の一部が送受電コイル間に入る可能性:あり						
接触ハザード		接触ハザードが防止されていない				
非接地条件		非接地条件が満たされている				
評価方法の分類		パターン①	パターン②	パターン③	パターン④	パターン⑤
適用が考えられる 指針値及び根拠となるガイド ライン等の組合せ	SAR	全身平均SAR				局所吸収指針
		局所SAR				局所吸収指針
	体内誘導電界強度					局所吸収指針
	接触電流		接触電流に関する補助指針 ※2	接触電流に関する補助指針 ※2	接触電流に関する補助指針 ※4	接触電流に関する補助指針 ※4
			※2:接地金属体を用いた接触電流評価のみ実施	※2:接地金属体を用いた接触電流評価のみ実施	※4:接地金属体および非接地金属体を用いた接触電流評価を実施	※4:接地金属体および非接地金属体を用いた接触電流評価を実施
	足首誘導電流					
	外部電界	電磁界強度指針表3(b) ※1	電磁界強度指針表3(b) ※1	電磁界強度指針表3(b) ※1		
		※1:不均一ばく露に関する補助指針の使用不可	※1:不均一ばく露に関する補助指針の使用不可	※1:不均一ばく露に関する補助指針の使用不可		
	外部磁界	電磁界強度指針表3(a) および 電磁界強度指針表3(b) および 接触電流に関する補助指針から算出される磁界強度(式5.2-2) ※1	電磁界強度指針表3(a) および 電磁界強度指針表3(b) ※1	結合係数による局所SAR評価 および 結合係数による体内誘導電界評価 ※3	結合係数による局所SAR評価 および 結合係数による体内誘導電界評価 ※3	
		※1:不均一ばく露に関する補助指針の使用不可	※1:不均一ばく露に関する補助指針の使用不可	※3:電界強度の影響が無視でき、全身平均SARの評価が不要の場合に限る	※3:電界強度の影響が無視でき、全身平均SARの評価が不要の場合に限る	

情通審答申より抜粋



# BEAM方式WPTに関して:2016年ITU-R SG1資料

会合： ITU-R RG-WPT/WP1A/WP1BおよびSG1

- ITU-R：国際電気通信連合の無線通信部門
- SG1：周波数計画、利用、技術、分配、監視を行う検討グループ
- WP 1A：周波数管理技術を担当する作業班
- WP 1B：スペクトラムマネージメントを担当する作業班
- RG-WPT：WP1Aの下に作られたWPTに関するラポータ・グループ

会期： 2016年6月1日（火）～6月10日（金）、ジュネーブのITU本部で開催

目的： ワイヤレス電力伝送（WPT）技術の利用周波数の国際統一など国際協調化を推進するための活動

結果（概要）：

- ①6.78MHz帯WPTの勧告化は2017年に延期
- ②ITU-R Report SM.2303-1改訂版において、AM放送との共用化のための許容値の議論に
- ③WRC-19に向けたEV用WPTの検討体制は、WP 1Bが主体に
- ④**ビーム方式WPTのITU-R Report [WPT-BEAM.APPLICATION]が成立**

※次回のWP1A/1Bの会合は今年11/22～30



## ワイヤレス電力伝送(WPT)システムの安全性

### 1. 人体防護指針に関する評価法

- ✓ WPT普及の拡大(現システムの利用拡大)に対する対応
  - ・送電電力の増加, 電力伝送距離の伸長
  - ・複雑な動作条件:送受1対多数、複数周波同時など
- ✓ 新たなWPTシステムへの対応
  - ・BEAM方式WPT、水中充電など
  - ・充電から給電



## ワイヤレス電力伝送(WPT)システムの安全性

1. 人体防護指針に関する評価法
2. 植込み型医療器EMI評価試験





# 植込み型心臓ペースメーカー/除細動器

心臓の刺激伝導系に代わって心筋を電気刺激して、適切な心収縮を発生させる。  
2009年での日本の装着者数は推定約50万人（全世界で約850万人）；[メーカー×機種]は数百

## 装着部位:

- ・成人: 前胸部鎖骨の下(約2cm), 上皮脂肪と筋肉の間
- ・小児: 腹部

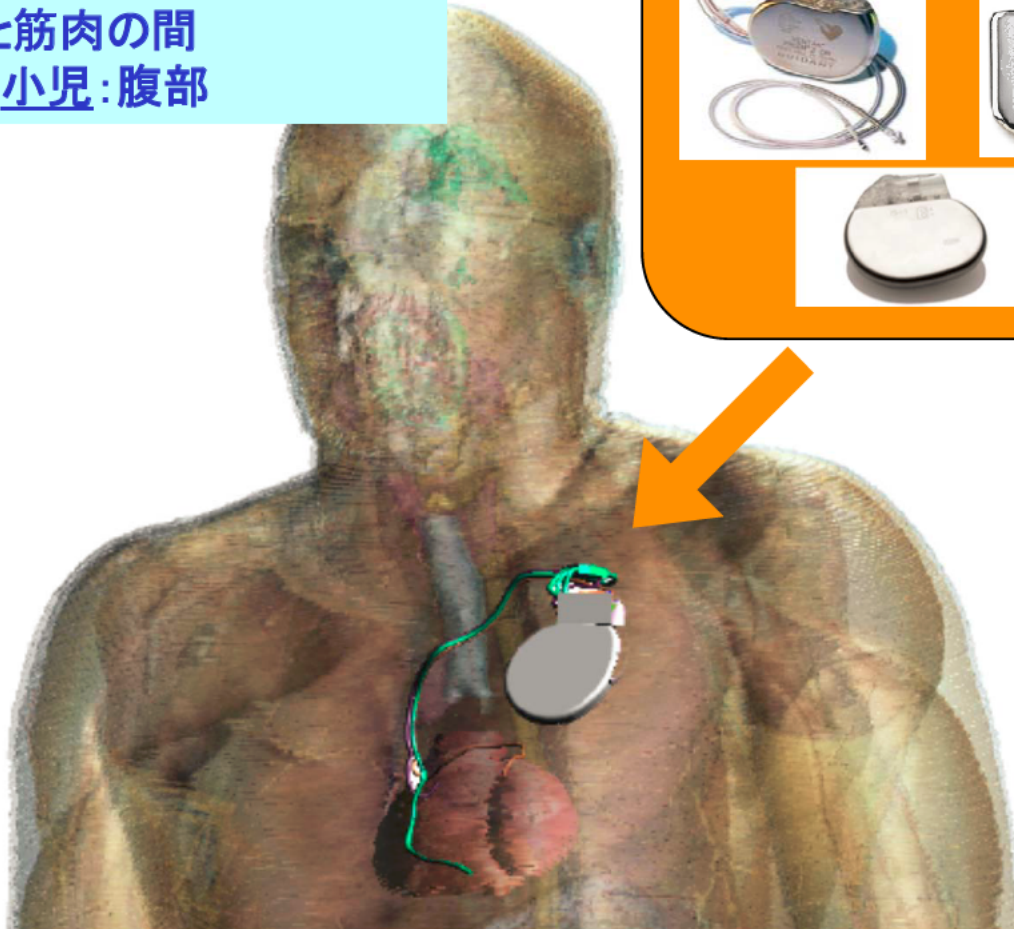
販売業者~10社  
全輸入品




- ・AIMD: Active Implantable Medical Device
- ・Implantable Cardiac Pacemaker (植込み型心臓ペースメーカー)  
AAI/VVI/DDD/VDD/CRT-P(両心室Pacing)の5種類
- ・ICD: Implantable Cardioverter Defibrillator (植込み型除細動器)
- ・CRT-D: CRT-P機能を備えたICD
- ・無線通信機能, 加速度センサーを備える, など近年高機能化が進展

## 電氣的動作


- ・入力(Sensing): 数mV~十数mV(最高感度: ~0.5mV)
- ・出力(Pacing): 数V
- ・ICD除細動電気ショック: 数百V
- ・電池交換なしで7~10年使用可能



## 各種電波利用機器の電波が植込み型医療機器等へ及ぼす影響を防止するための指針



知っていますか？  
「植込み型医療機器」を  
より安心して使用するために  
できること



各種電波利用機器の電波が  
植込み型医療機器等へ及ぼす影響を  
防止するための指針

くらしの中に  
総務省



**携帯電話端末等**

次に挙げる「植込み型医療機器」をお使いの方へ

- ① 植込み型心臓ペースメーカ
- ② 植込み型除細動器
- ③ 脳深部刺激装置
- ④ 脊髄刺激装置
- ⑤ 仙骨神経刺激装置
- ⑥ 迷走神経刺激装置
- ⑦ 植込み型輸液ポンプ
- ⑧ 植込み型電用データレコーダ

● 携帯電話端末を「植込み型医療機器」の装着部位から15cm程度以上離しましょう。

● 混雑した場所では、付近で携帯電話端末が使用されている可能性があるため、注意しましょう。

**携帯電話端末をお使いの方へ**

- 携帯電話端末と「植込み型医療機器」の装着部位との距離が15cm程度以下にならないように注意しましょう。
- また、身動きが自由に取れない状況など、15cm程度の距離が確保できないおそれがある場合には、事前に電源を切るか、機内モード等電波がでないように設定しましょう。

**PHS端末をお使いの方へ**

- 「心臓ペースメーカ」、「除細動器」に影響はありません。ただし、携帯電話端末と外見上容易に区別がつかないため、PHS端末の所持者は、必要に応じて装着者への配慮が必要です。

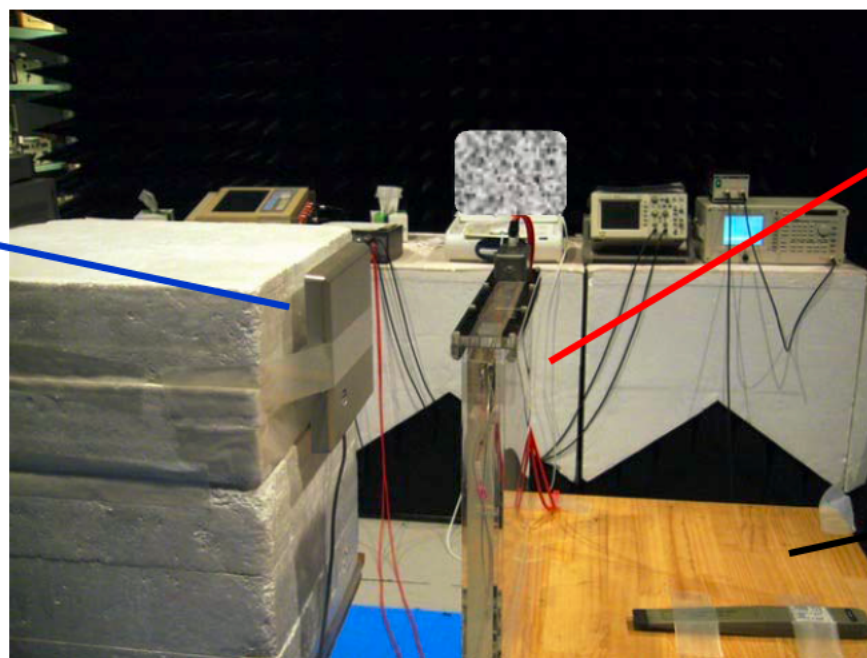


▶ 植込み型医療機器(ペースメーカー / ICD)EMI調査

ブロードバンドワイヤレスフォーラムおよび日本不整脈デバイス工業会と協力し、周波数75kHz~6.78MHz、出力0.2W~3kWのワイヤレス電力伝送システムを対象として、植込み型心臓ペースメーカーおよび植込み型除細動器(ICD: Implantable Cardioverter Defibrillator)EMIについて、実機を用いた調査、および影響要因の分析・評価を実施

■ 実施体制

非接触充電器



AIMD



日本不整脈デバイス工業会(JADIA)

実験実施



(WT & EMC Lab.)

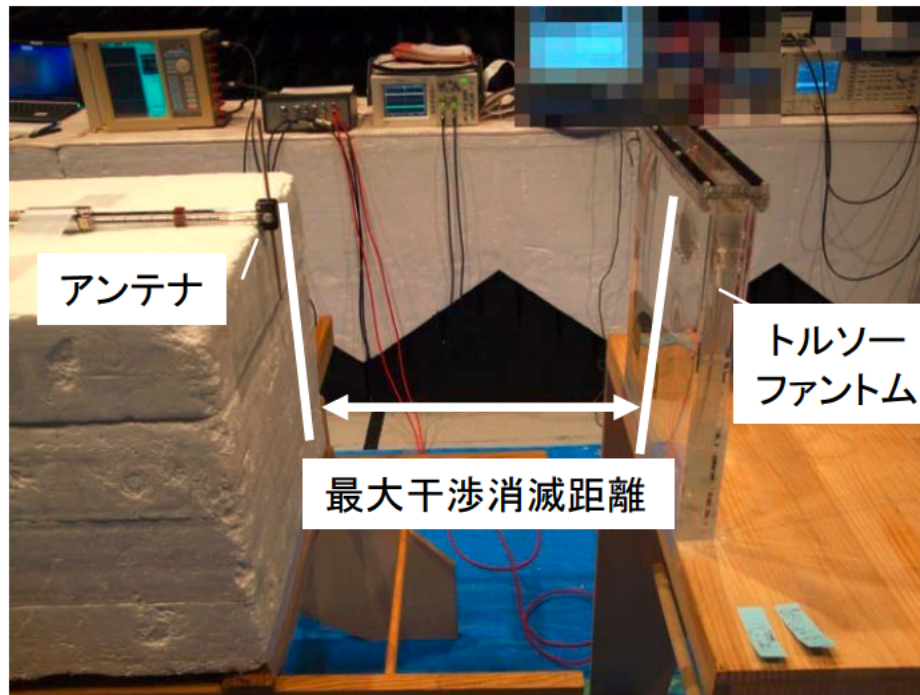


# 擬似人体とペースメーカー/ICD実機によるEMI試験

- ✓ 体内での電磁結合条件を模擬できる
- ✓ 異なるデバイスを同一条件で評価できる
- ✓ In-vivo実験評価結果と大きな違いはない
- ✓ ファントムを用いず, AIMD端子電圧等の標準的試験法があるが, 誤差が大きく実績は不十分

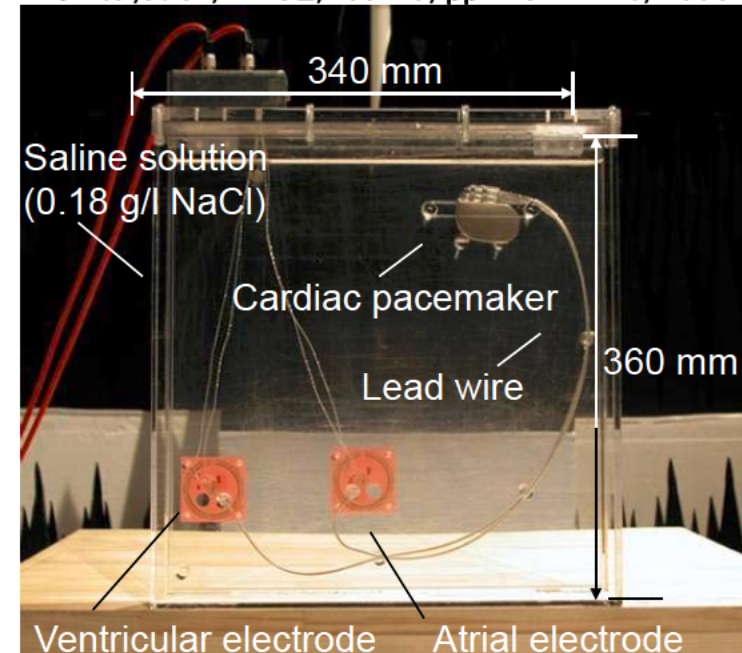


EMI 試験は、ペースメーカー/ICD に対する電磁干渉の有無判定(干渉の判定・影響度合いの分類)および WPT 機器とトルソーファントムの位置関係から得られる干渉距離の測定からなる。



➤ Irnich博士が開発した平面型torso phantom modelを基本

Irnich W., et al., PACE, vol.19, pp.1431-1446, 1996



■ 試験を実施した機器の周波数・出力

周波数:70kHz~6.78MHz、出力0.2W~3kW (WPC規格「Qi」準拠機器、EV用充電装置含む)

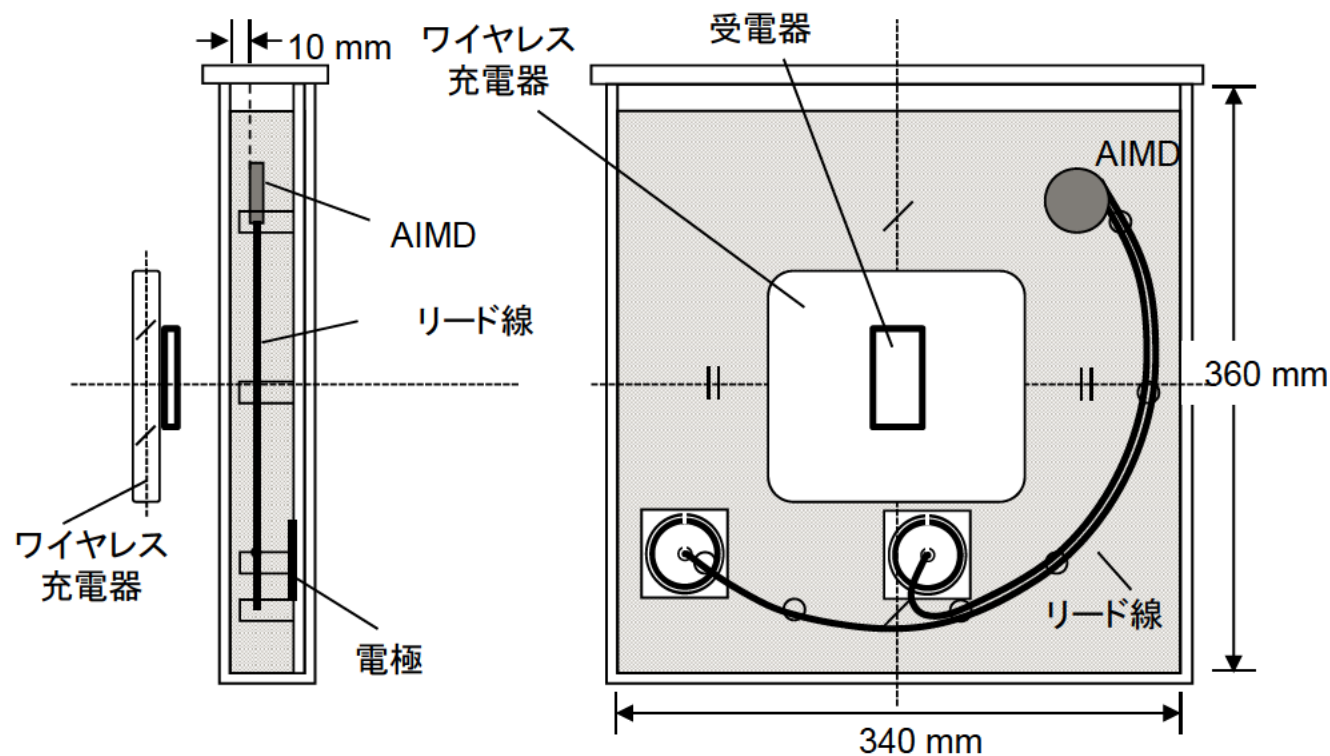
磁界結合方式:12機種、電界結合方式:2機種、計14機種のワイヤレス電力伝送システムを対象



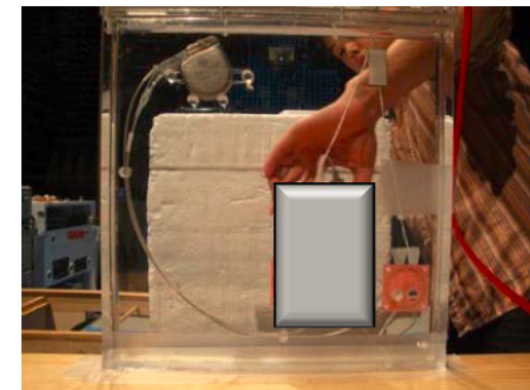
# モバイル等用途 WPT (50W未満) の試験条件

## ■ ワイヤレス充電器の設置方法

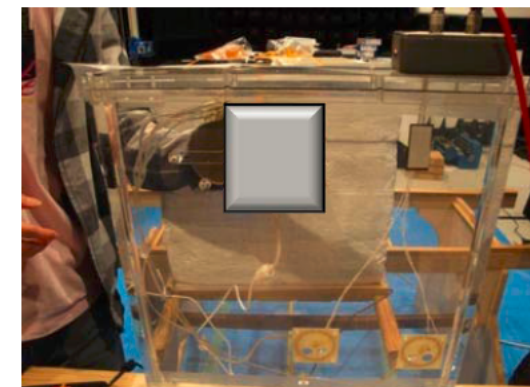
- ▶ ファントム中央付近に配置 (低周波数電波: 変動磁界成分に起因)
- ▶ ワイヤレス充電器がファントムに対して小さいため, 全ての充電器に対して中央配置だけではなく, 数パターンの位置で測定



## ■ 設置例①



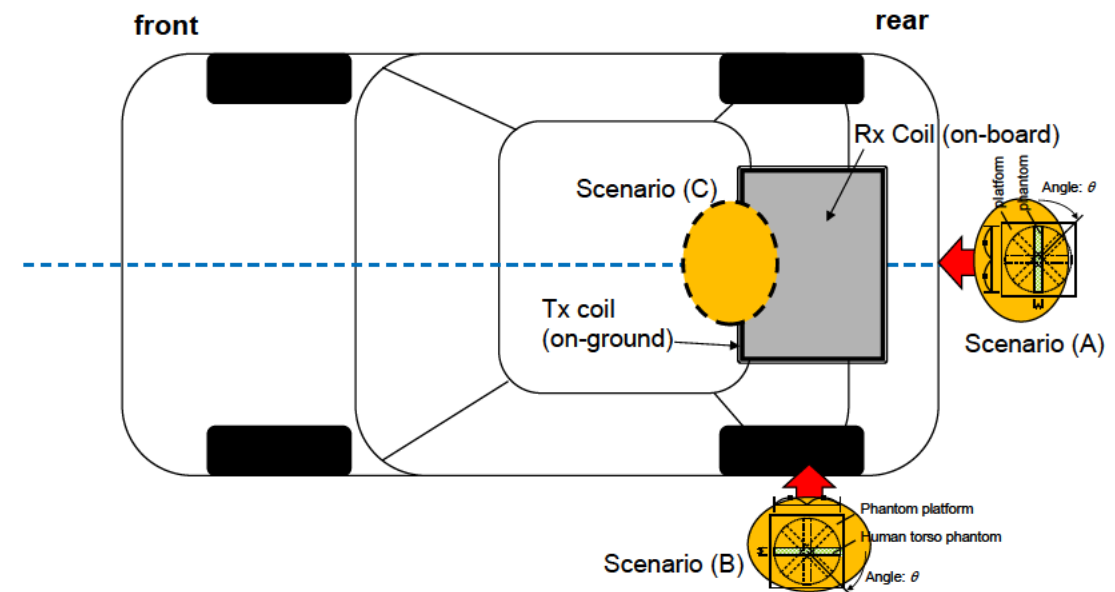
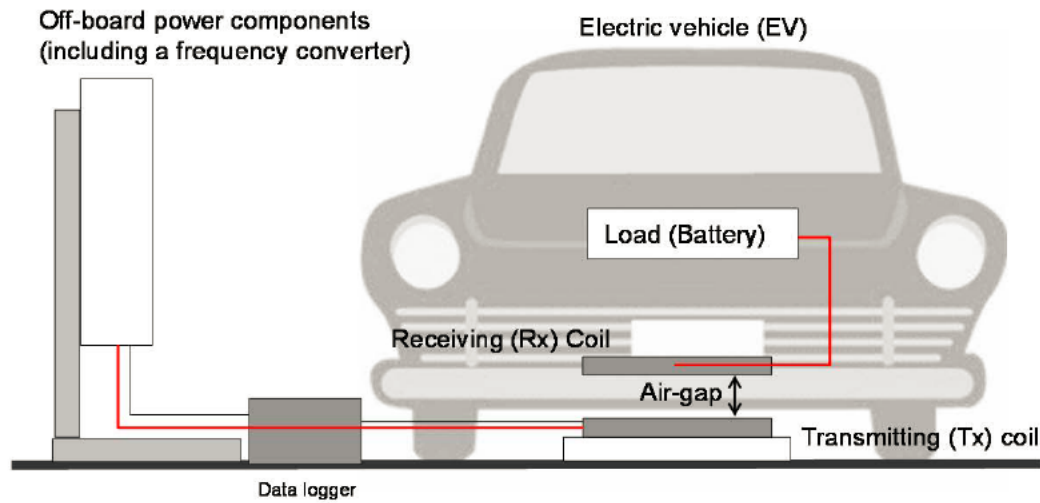
## ■ 設置例②



# EV用WPT(～3kW)の試験条件

	WPT System			EV	
	Frequency	Transferring Power	Air-gap	Class	Body type
Type A	85 kHz	2 kW	150 mm	Mid-size car	5-door hatchback
Type B	85 kHz	3 kW	165 mm	Compact car	5-door hatchback

## ■ 実車試験における装置の基本ブロック図



# EMI試験結果

- ▶ AIMD感度の最高感度において、最大干渉消滅距離は2 cm以内(ファントム表面から1 cm以内)、最大影響度はレベル2
- ▶ すべての影響は可逆的、充電器を最大干渉消滅距離まで遠ざけることで影響はなくなる

非接触充電器	周波数	充電電力
機種A	70 kHz	0.2 W
機種B	200 kHz	13 W
機種C	110 kHz ~ 183 kHz	5 ~ 15 W
機種D	110 kHz ~ 210 kHz	1 ~ 15 W
機種E	100 kHz ~ 200 kHz	5 W(max)
機種F	100 kHz ~ 200 kHz	5 W(max)
機種G	100 kHz ~ 200 kHz	5 W × 2
機種H	100 kHz ~ 200 kHz	5 W
機種I	85 kHz	2 ~ 3 kW
機種J	85 kHz	3 kW
機種K	約460 kHz	40W(max)
機種L	400 kHz	約0.4 W
機種M	6.78 MHz	18.2 W
機種N	134.5 kHz	約1.4 W

## 最大干渉消滅距離と影響レベル

### 50W未満 非接触充電器

- ・最大干渉消滅距離  
PM:  $\leq 2\text{cm}$   
ICD:  $\leq 1\text{cm}$
- ・影響レベル  
ペースメーカー: レベル2  
(1周期以上のペーシング/センシング異常)  
ICD: レベル1  
(1周期以内のペーシング/センシング異常(2秒以内に回復))

### 電気自動車(EV)用ワイヤレス電力伝送装置

- ・影響なし(実車試験)

青字: Qi規格対応の非接触充電器, 赤字: 電気自動車(EV)用のワイヤレス電力伝送装置



## ワイヤレス電力伝送(WPT)システムの安全性

### 2. 植込み型医療器EMI評価試験

- ✓ 植込み型医療機器(AIMD)利用数は世界的に増加傾向. AIMDの高度化・多様化は今後も進展. 一方, WPTのアプリケーションは様々な分野で(生活環境においても)急速に拡大⇒防護指針での取り扱い

