

ワイヤレス給電システムについて ～最新動向ならびに電動車両研究所 における研究の紹介～

早稲田大学
環境総合研究センター
高橋 俊輔

2015年9月3日

スマート社会技術融合研究機構
第5回ACROSSハイレベルセミナー

早稲田大学西早稲田キャンパス
63号館 2階 第4・5会議室



WASEDA University

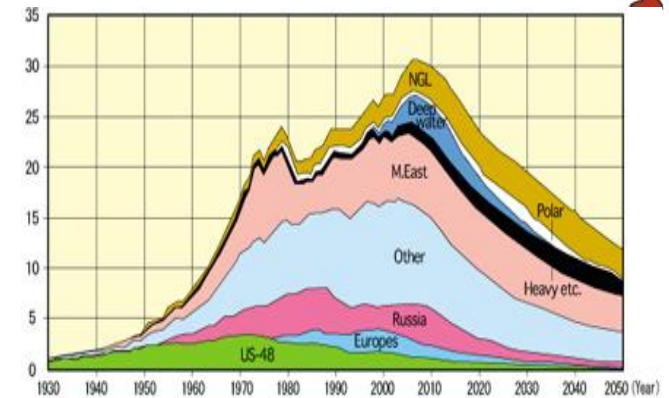
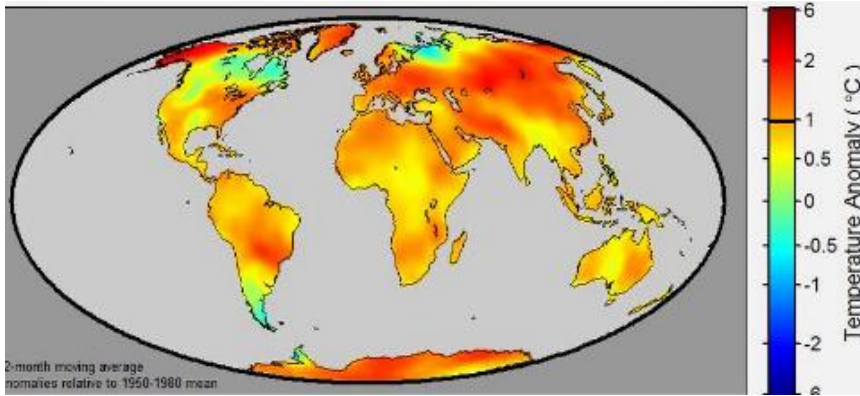


- ◆ 技術動向と普及に向けての実証評価
- ◆ 技術課題
- ◆ 将来の方向性



ワイヤレス給電の必要性

EVの必要性和その普及のカギ



温暖化対策

温室ガス排出の抑制

化石燃料の枯渇対策

省エネか代替エネルギー開発
シェールガス・オイルの影響が未だ



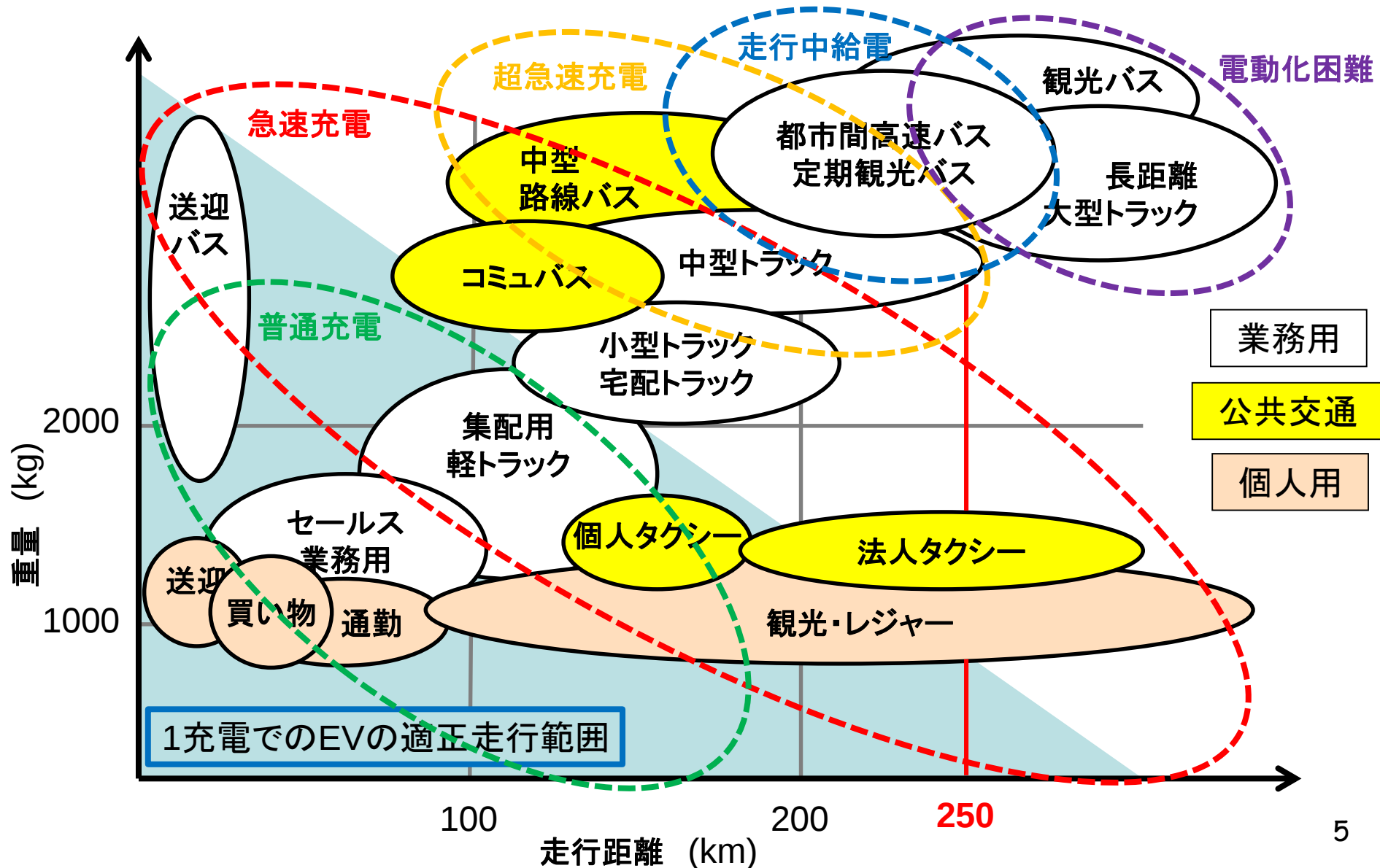
内燃機関自動車に比べ再生可能エネルギーへの対応性が高いEVがこれらの課題を解決

1充電走行距離の短いEVの普及のカギは充電設備の普及とその利便性が握る

EVの適正イメージ



車重や用途で走行距離が異なり、充電方法により利用範囲が拡大

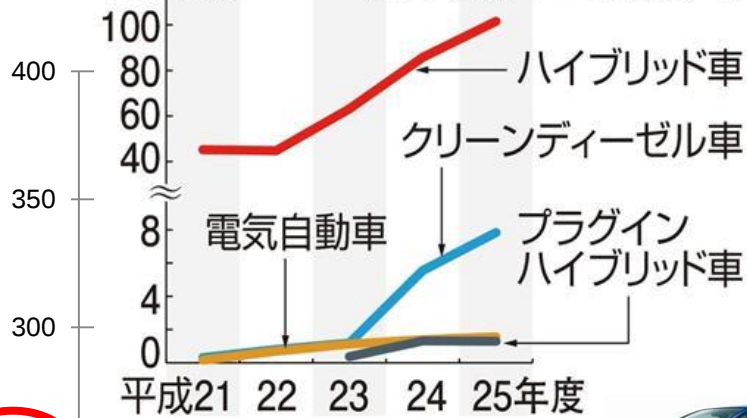


EVの電池搭載量と走行距離、伸びない販売台数



次世代自動車の販売台数推移

(日本自動車工業会調べ)



1充電走行距離250kmが経済的限界
頻繁に充電が必要

小型・軽量車
12km/kWh



10km/kWh

8km/kWh

250

走行距離 (km)



BMW i3
日産リーフ
日産アルトラ
三菱リベロEV
トヨタRAV4/EV
日産プレリジョイ
5.7km/kWh

テスラ モデルS
60kWh搭載車
6.5km/kWh
85kWh搭載車
5.9km/kWh
ただし NEDCモード

ホンダEV-STER

三菱iMIEV

ダイハツトラック

日産ハイパーミニ

ダイハツバン

ダイハツシャレードソシアル

トヨタe-com

スズキエブリ

マツダデミオ

ダイハツミニスウェイ

スバルサンバ

三菱リベロ

スズキアルト

いすゞエルフ

電動スクーター

電動自転車

写真掲出車はJC08モード、それ以外は10・15モードでの走行距離

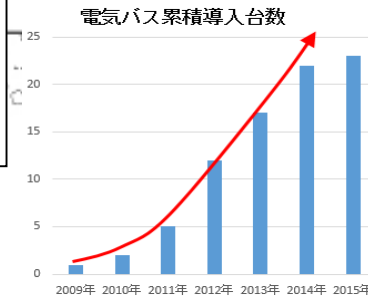
電池搭載量 (kWh)

- ニッケル・水素電池
- ▲ リチウムイオン電池
- 鉛電池
- ◆ ニッケル・カドミウム電池

日本国内における電動バスの現状



各地で実運用を開始
改造メーカーだけでなく
専門メーカーも参入



⑮京都市京都市



⑯福岡県北九州市



⑰鹿児島県薩摩川内市



⑱鹿児島県徳之島町



⑲沖縄県那覇市



⑬石川県小松市



⑪サントリー白州工場



⑭三重県伊勢市



⑫富山県富山市



⑥東京都墨田区



⑦東京都羽村市



⑧東京都港区



⑨神奈川県川崎市



⑩神奈川県川崎市



①青森県七戸町



②秋田県秋田市



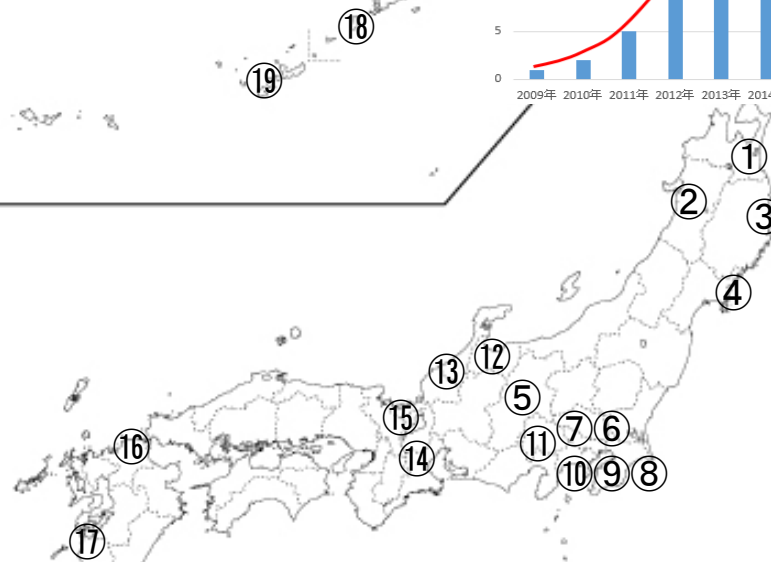
③岩手県宮古市



④宮城県気仙沼市



⑤長野県長野市



2015年末

接触式充電装置の課題(その1)



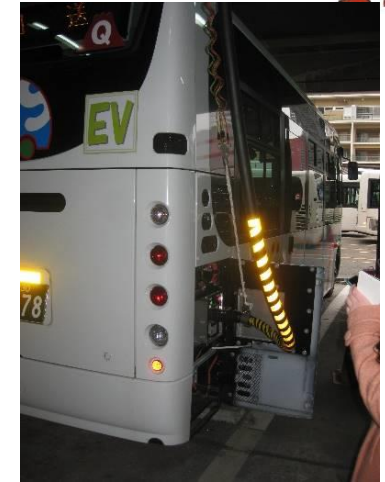
急速充電により充電時間を給油並に短縮させる必要がある



すみりんちゃん
CHAdeMO 50kW



はむらん
JFE方式急速充電 50kW



ちいばす
東芝超急速充電 160kW



「ちいばす」搭載のバッテリー量 39.7kWh

1ルートでの電力消費量 約20kWh

CHAdeMO出力 50kW弱

満充電までの充電時間 25分以上

超急速充電システム出力 160kW

満充電までの充電時間 7～8分

超急速充電でないとディーゼルバスと同じ運行は困難

しかし、160kWのプラグは女性が扱うのには非常に重い
(コネクタヘッド2.7kg+ケーブル4.6kg/m=約10kg)

160kW型ワイヤレス給電ができれば利便性は非常に高まる 8

接触式充電装置の課題(その2)



接触式充電装置の課題

- ・メンテナンスの必要性
接点の汚れ、摩耗
- ・操作時の安全性
雨天時の防水、地絡、
感電対策が必要
操作ミスによる焼損対策
- ・操作の面倒さ
大きくて重いコネクタ操作
手の汚れ



どう使うの？

雨の日はガラ空き

手動ケーブル ハンドリング装置



ホンダHSHS実証ハウス

自動充電技術(接触式)



米国SemaConnect 社の自動充電ターミナル

非接触式自動充電

- ・操作が不要でメンテナンスコストも少ない
- ・雨天時も安全

磁界結合方式 ①電磁誘導方式
②磁界共振方式

③電界結合方式
④電波方式(マイクロ波など)
⑤エバネッセント波方式
⑥レーザー方式



ワイヤレス給電とは

EV用のワイヤレス電力伝送方式



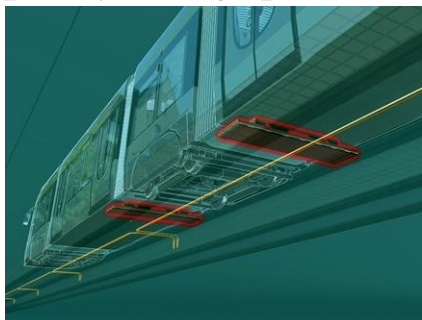
磁界結合方式(非放射型)

電磁誘導方式

- ・19世紀のファラデーの電磁誘導の原理を利用
- ・コイル間の電磁誘導を利用して給電
- ・近距離（数mm～数十cm）で微小電力から100kW以上の大電力まで効率良く（90%以上も可能）伝送
- ・給電方式としては
チャージ方式：給電コイル上に静止
レール方式：給電ライン上を移動



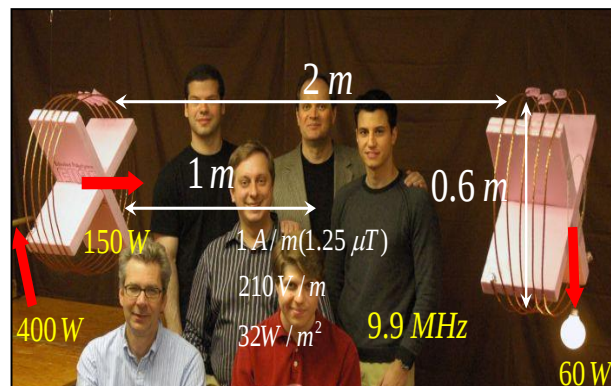
Plugless Power社
電気自動車への給電(2010年)



BOMBARDIER社
電車への250kW(2009年)

磁界共振方式

- ・2007年6月米MITのMarin Soljacic教授の研究グループが発表
2mの距離で60W送電、効率40～45%
- ・共振回路同士の共鳴現象を利用
- ・基本原理は新しくはないものの、給電方式としては新たな方式



MITの発表写真



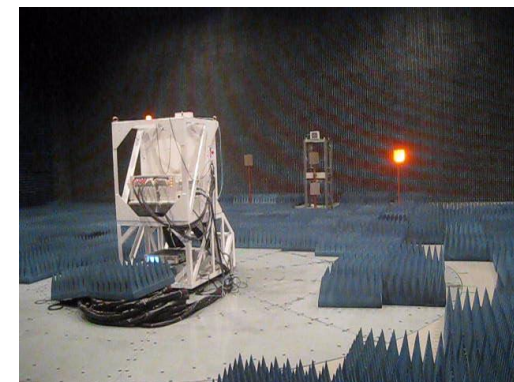
IHI/WiTricity/三菱自動車(2011年)

電波方式(放射型)

- ・19世紀にテスラが通信実験を行う
- ・マイクロ波などの電波をアンテナで受信、整流回路で直流に変換(レクテナ)
- ・電波のビームを絞ることで長距離大電力伝送も可能

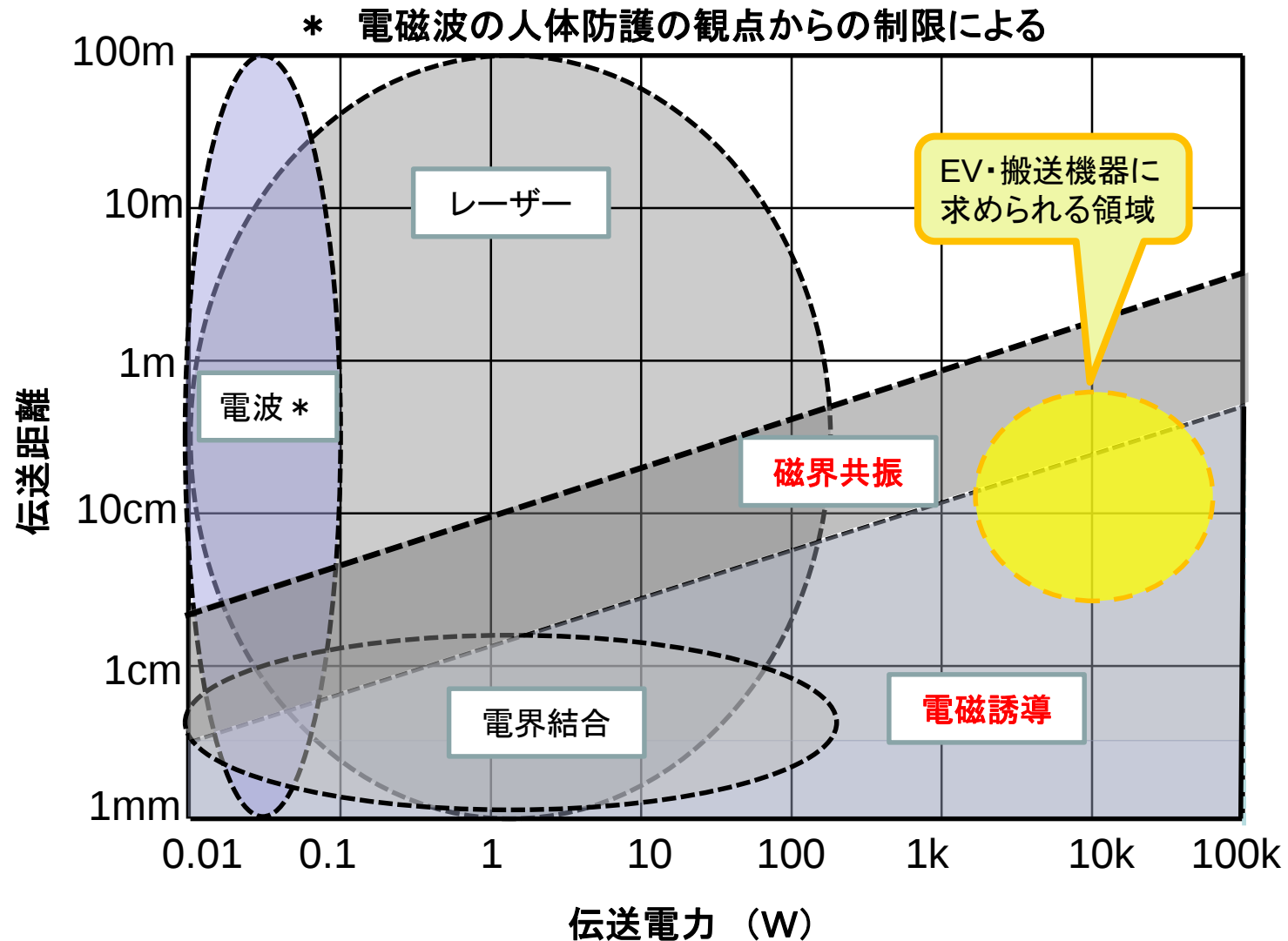


三菱重工業(人と車のテクノロジー展2013)
出力1kW、効率68%



京都大学宇治キャンパス電波暗室

各方式の伝送電力と伝送距離



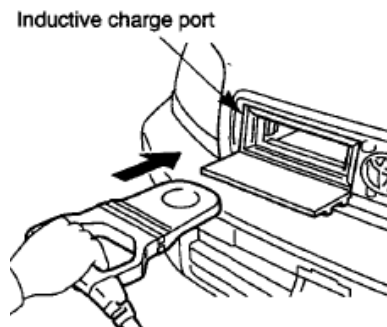
EV用ワイヤレス給電システムの歴史



米国GMが開発したMagne Charge

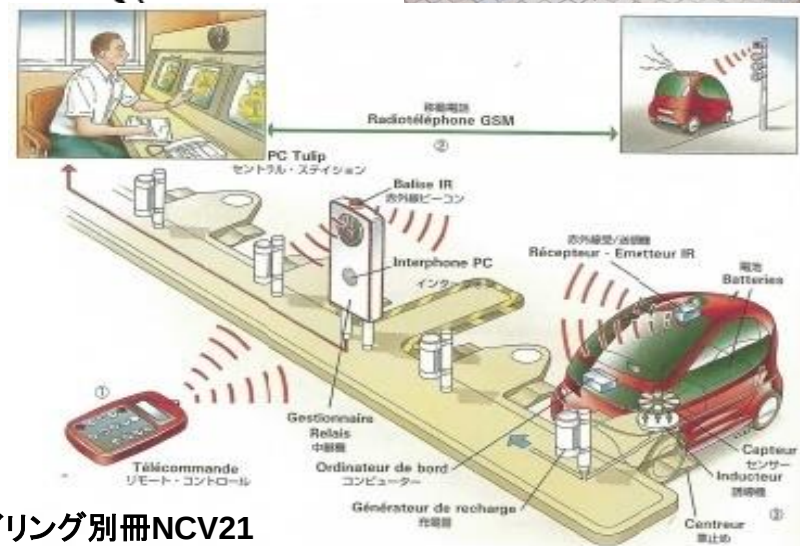
- ・パドル型電磁誘導式充電器
- ・米国では2000年には1000台以上が導入
- ・1993年に豊田自動織機にて国産化、4000台以上生産
- ・入力単相200V、最大出力が6kWと容量が小さい
- ・対象車の満充電に2時間必要
- ・コネクション操作が必要で広く普及しなかった

出典:「TOYOTA TCG2000 Inductive Charger for RAV4L Owner's Manual」



Tulip (Transport Urbain, Individuel et Public) 計画

- ・1995年、フランス
- ・PSA(プジョー／シトロエングループ)発案
- ・電磁誘導式ワイヤレス充電の仕様
位置合わせは半自動、充電は全自動
出力が小さく満充電に4時間が必要
電磁波漏洩が大きい



出典:カースタイリング別冊NCV21

Praxiteleシステム

- ・1997年、フランス
- ・CGEA社およびルノー社
- ・低周波トランスによるワイヤレス充電
- ・効率が悪く車両の位置決めが難しい



出典:CAR & DRIVER(970526号P51)

製品化されたバス用ワイヤレス給電システム



ドイツWampfler社製のIPT

- ・大電力で地上コイルに跨るだけで容易に充電(30kW)
- ・欧州ではトリノやジェノバのEVバス用として数十台が採用
- ・日本でも4台が採用された
- ・車両サイズに比較して相対的に大きい、重い、効率が悪い、高価等の大きな改善課題が存在

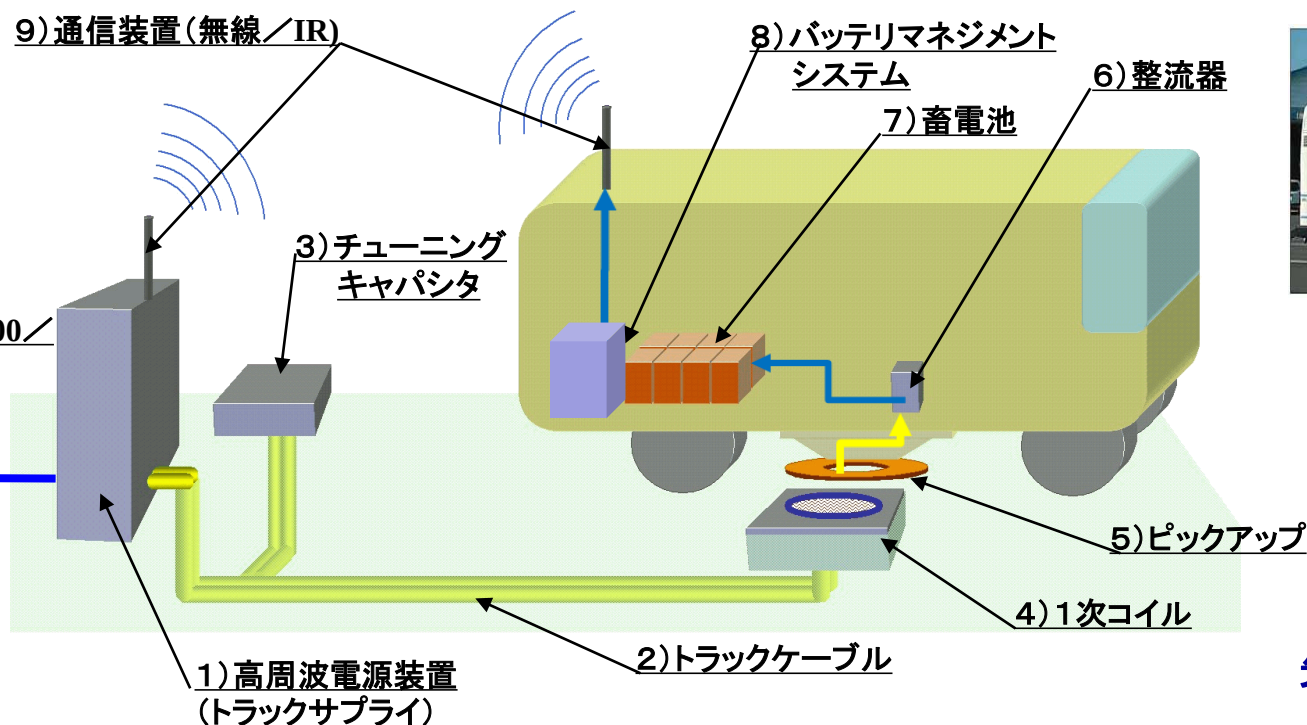


出典: Wampfler社のカタログより



トリノ電動バス

- ・2002年以来
- ・20台
- ・60kW



IPTバス; 日野自動車



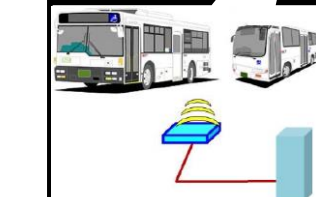
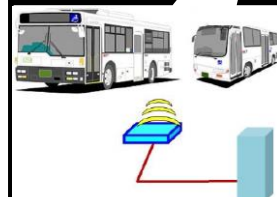
先進電動バス; 早稲田大学



電気バス用ワイヤレス給電

電動バス・ワイヤレス給電開発の年度別概要



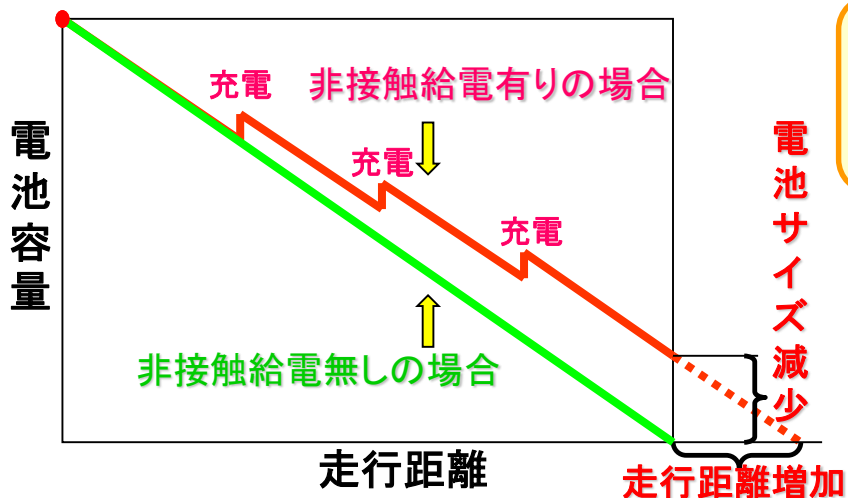
年度	2002 (H14)	2003 (H15)	2004 (H16)	2005 (H17)	2006 (H18)	2007 (H19)	2008 (H20)	2009 (H21)	2010 (H22)	2011 (H23)	2012 (H24)	2013 (H25)	2014/15 (H26/27)
公的研究資金	「先進電動バスシステム開発・導入可能性調査」NEDO-FS事業	「WEB-0」早大自主開発	「先進電動バス交通システムモデル事業」NEDO-モデル事業	「先進電動マイクロバス交通システムモデル事業」NEDO-モデル事業	「電動バスシステムの大都市近郊適合性調査事業」NEDO-FS事業	「電動バスシステム研究」早大自主開発	「奈良試験運行」奈良県/市 「オンデマンド電気バス実験」環境省 「電気バス実験」国交省	「低炭素社会モデル事業」経産省 「産官学連携事業」環境省 「自然エネルギー活用充電ステーション」埼玉県 「側面給電」国交省		「チャレンジ25地域づくり事業」環境省			「CO2排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」環境省
研究開発													
公道実証試験	WEB-0★ @本庄市(WEB-1&2, 第1~2期)	WEB-1★ @三鷹市(WEB-2, 第1~3期)	WEB-2★ @三鷹市(WEB-2, 第1~3期)	IPS (30kW)★ @昭島(WEB-1) @奈良市(WEB-1) @ユーカリが丘(WEB-1&2)	IPS(10/60/150kW)★ @堺市(WEB-2) @大阪中之島(WEB-2) @新宿区(WEB-2)	WEB-3★ 側面給電 (WEB-2) @守山市(WEB-2) @奈良市(WEB-1) @奈良瑠璃絵 (WEB-1Adv.) (WEB-1Adv.)	WEB-4★ @長野市(WEB-3/4) @熊谷市(WEB-3) @奈良遷都1300年(WEB-2)						

16

電動バスWEB-1とワイヤレス給電IPSの開発



平成16～17年度 NEDO補助金にて先進電動マイクロバスWEB2台製作

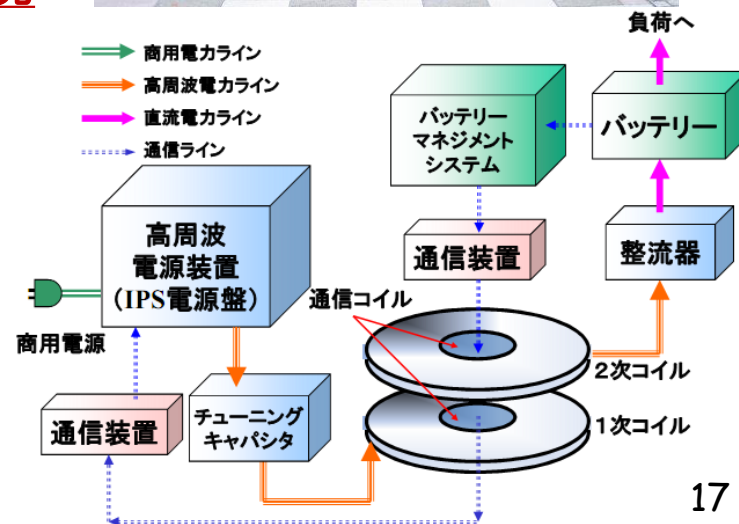


電池搭載量の最小限化による短航続距離の問題は安全で操作が容易な非接触充電により充電回数を増やすことで対処



平成17～20年度 NEDO補助金にてワイヤレス給電IPS開発

	WEB-1	WEB-1 Adv.
主電池	ZEBRA電池 18.9kWh	Liイオン電池 11.7kWh
補助電池	キャパシタ 170Wh	—
推進電動機	水冷PM同期 50kW	→
非接触給電システム	海外製IPT 30kW	→ 国産IPS 30kW
効率	86%	92%
2次側コイル重量	70kg	35kg
コイル間ギャップ	50mm	100mm



2カ所でワイヤレス充電をして走り抜く



2009年 奈良公園交通社会実験



6分間充電(ターミナル駅充電を想定)

2008年の接触式の状況



1分間充電(バス停充電を想定)

1周6km30分の奈良公園山道で使用する電力量を
充電ポイント2ヶ所の合計7分間で充電するだけで
1日走行可能



最少電池搭載／高頻度充電／長走行距離の実現

参考データ	車両重量	電池容量
WEB-1Adv.	3,180kg	11.7kWh
iMiEV	1,080kg	16kWh



大エアギャップ化で地面完全埋込みを実現



従来型車両・IPS
リーフバネで車高固定

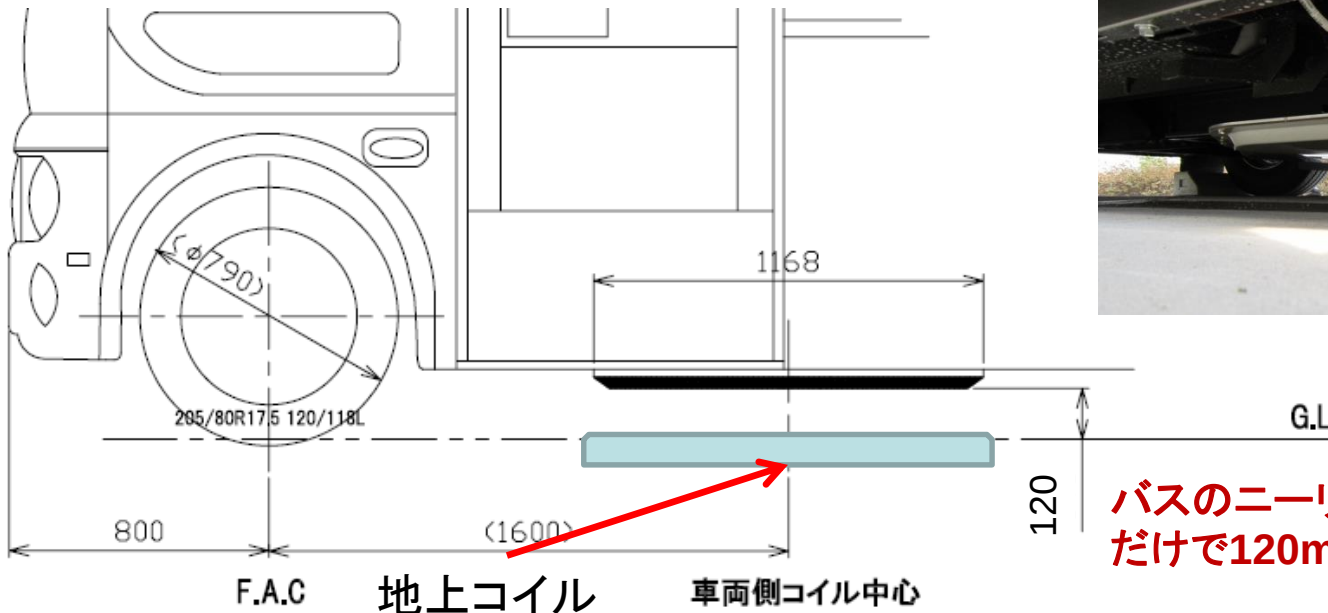


新型車両・IPS
バリアフリーのためニーリング機能付き

設置前



設置後



**バスのニーリング機能利用
だけで120mm離して給電**

大出力ワイヤレス給電バス実証事業



英国ミルトンキーンズ市e-Bus

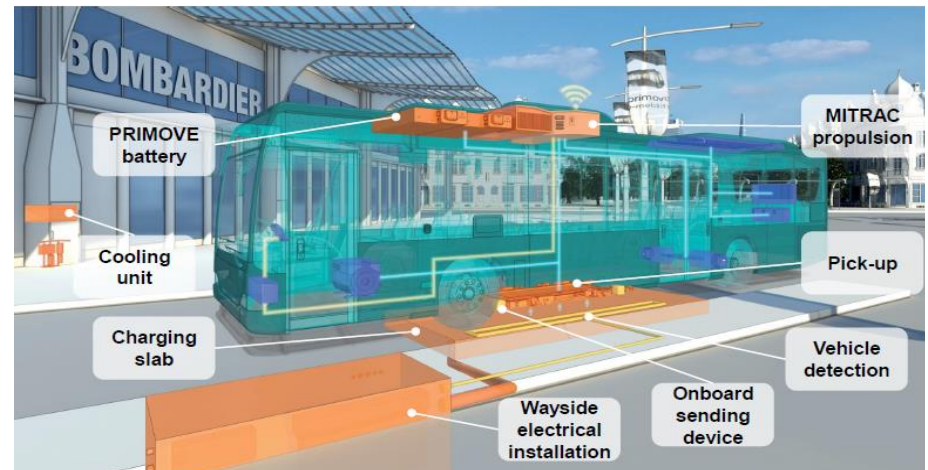


バス：9.48m 46人乗りの中型バス
電池：Kokam社製150KWh
ワイヤレス給電システム：

- ・IPT Technology社製電磁誘導式
- ・出力 **120kW**
- ・充電時間 **10分間**



Bombardier MITRAC e-Bus



導入台数

Braunschweig (独) 12mバス6台＋連接バス1台
Bruges(ベルギー) 12mバス3台
2015年 Mannheim(独)2台、Berlin(独)8台

ワイヤレス給電システム：

- ・Bombardier社製電磁誘導式
- ・出力 **200kW**
- ・充電時間 ターミナルで**11分間**、バス停で**30秒間**

メンテナンスフリーの超急速充電が可能

共に2次コイルは昇降式 昇降式の利点が見直されつつある

- ・大電力でも電磁波漏洩対策が容易
- ・コイルを小型にできる

WAVEのEVバス実証事業



ユタ州立大学のAggie Bus(2012年11月15日発表)

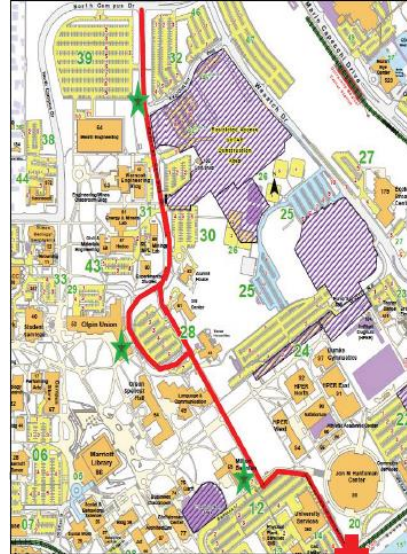
2014年Q2にユタ州立大キャンパスで商用運用を計画

ワイヤレス給電システム仕様

- ・出力 50kW
- ・総合効率 90%以上
- ・周波数 23.4kHz
- ・エアギャップ 178mm
- ・許容位置ずれ 200mm
- ・12時間運用で48回充電
1.6マイルを10分間運転、5分間充電
- ・製造 WAVE社(Wireless Advanced Vehicle Electrification)

バス仕様

- ・長さ 6.7m(12.2m)
- ・電池搭載量 213kWh(LiB)



ローガンにあるユタ州立大学ガレージ
内でのワイヤレス充電ステーションと
充電中のAggie Bus

2014年Q3 ロングビーチで商用運用

ルート走行距離 8.6マイル

ワイヤレス給電システム仕様

- ・出力 50kW
- ・充電 1時間運用中、10～20分間充電
- ・充電場所 2箇所



2015年5月 モントレーで商用運用開始

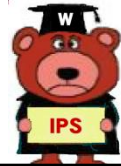
ルート走行距離 4.5マイル

ワイヤレス給電システム仕様

- ・出力 50kW
- ・充電 30分間運用中、10分間充電
- ・充電場所 1箇所



EVバス用ワイヤレス充電システム



製造所	昭和飛行機工業	昭和飛行機工業	日立パワーソリューションズ	Utah State University	中興通信 (ZTE)	OLEV Technologies	INTIS	Momentum Dynamics	IPT Technology	Bombardier
型式名	SIPS30K	SIPS50K				OLEV			IPT Charge	PRIMOVE200
出力	30kW	50kW	50kW	50kW	30kW	100kW (20kWx5)	60kW	50kW	120kW (30kW × 2 × 2)	200kW
ギャップ	12cm	5cm	3cm	17.8cm	20cm	20cm	15cm	15～20cm	4cm	1.5～4.5cm
許容位置ずれ	±10cm	±5cm		20cm			左右±5cm	40%の円内	左右±5cm 前後±5cm.	左右±10cm 前後±30cm
効率	92%	93%	85%	90%	90%	83%	90%	90～91%	93%	90%
	AC～DC	AC～DC	AC～DC	AC～DC		AC～DC				
コイル形状	Circular	Circular	Circular	Circular		Circular	Circular	Circular	Circular	Circular
2次コイル寸法	120x120 x 3.3cm	84.7x84.7 x3.3cm	100x100 x10cm	81cmφ	1m ²	125x69x11.7 cmx5	200x90x2.3cm	122cmφ	102.5x87.5x6cm x4	220x90x10cm
2次コイル重量	60kg	37kg				600kg (120kgx5)	60kg	22kg	280kg (70kgx4)	350kg
周波数	22kHz	22kHz	20～30kHz	23.4kHz	85kHz	20kHz	35kHz	23.5kHz	20kHz	20kHz
発表時期	2008/3	2011/9	2014/3	2012/11	2014/9	2014/9	2014/9	2013/9	2014/1	2014/3
備考		2次コイル昇降式	2次コイル昇降式						2次コイル昇降式	2次コイル昇降式
写真										



EV用ワイヤレス給電

ワイヤレス給電システムの開発動向①



日産リーフ(2011技術説明会)

出力 : 3k~6kW
ギャップ : 150mm
効率 : 80~90%
周波数 : 20~100kHz



日産インフィニティ「LEコンセプト」 (NYモーターショー2012)

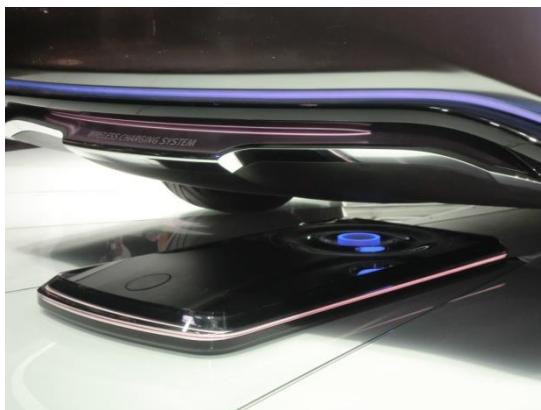


写真: 日産は日産HPより入手

出力 : 3.3kW
特徴
・標準装備
・地上コイル
据え置き式
・自動駐車システム
装備

TDK(CEATEC2012)



出力 : 3kW/20kW
ギャップ : 15~20cm
効率 : 80~90%
周波数 : 20~200kHz
位置ズレ : 20cm以下

住友電工(ITS2013)



トヨタ(CEATEC2013)



出力 : 2kW
充電時間 : 90分
周波数 : 85kHz
充電制御用無線通信方式
Wi-FiもしくはZigbee

「ソレノイド型コイル」採用

出力 : 3kW
ギャップ : 140mm±30mm
周波数 : 85kHz
位置ズレ : 10cm

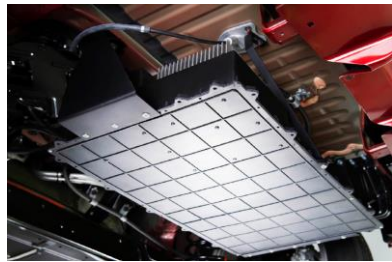


ワイヤレス給電システムの開発動向②



Bosch ASS-Evatran 『Plugless L2 Electric Vehicle Charging System』 (2013年)

出力 : 3.3kW
ギャップ : 10cm
効率 : 91.7%



SEW-EURODRIVE (2011年)



出力 : 3kW
効率 : 90%以上

Vahle (2012年)



出力 : 3.6kW
効率 : 90%以上
周波数 : 140kHz ± 10kHz

Audi(2011年) A2 Concept



Audi Wireless Charging (AWC)
出力 : 3.6kW

Halolpt(2010年@EVS25)／ Qualcomm(2012年@WTP2012)



出力 : 3.5kW
効率 : 90%以上

Volvo(2013年) C30エレクトリック



出力 : 20kW
写真: 各社HPより入手

EVでも進む国内での実証実験



愛知県内のオーナー宅3軒

トヨタ 2kW（コイルは矢崎製）
プリウスPHVに給電
平成26年2月～平成27年2月



出典:トヨタ自動車

柏の葉実証実験住宅「MIDEAS」

IHI/WiTricity 3.3kW
プジョーのionに給電
平成24年9月～平成27年11月



セブン-イレブン豊田市上野町店

デンソー 4.5kW
ヤマト運輸の配送車に給電
平成26年2月～平成26年12月



出力 : 4.5kW
ギャップ : 25～30cm
効率 : 85%
周波数 : 9.5kHz
設置許可不要

出典:RESPONSE

さいたま市実証実験住宅「E-KIZUNA」

ホンダ/IHI/WiTricity 2.2kW
ホンダのフィットEVに給電
平成26年5月～平成27年度(当面)
自動運転による正着性確保



「フィットEV」

出力 : 2.2kW(定格3.3kW)
ギャップ : 5cm(コイル間10cm)
周波数 : 85kHz
効率 : 80～90%
(下記条件で)
位置ズレ : 横方向±10cm
縦方向±5cm
角度±2度

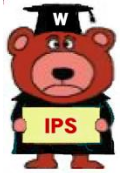


- ◆ 動向と普及に向けての実証評価
- ◆ 技術課題
- ◆ 将来の方向性



電磁波の課題

電磁界強度の課題



1. 電界規制 → 電波法の課題

- 電波法第100条2項と電波法施行規則第45条3項の規定

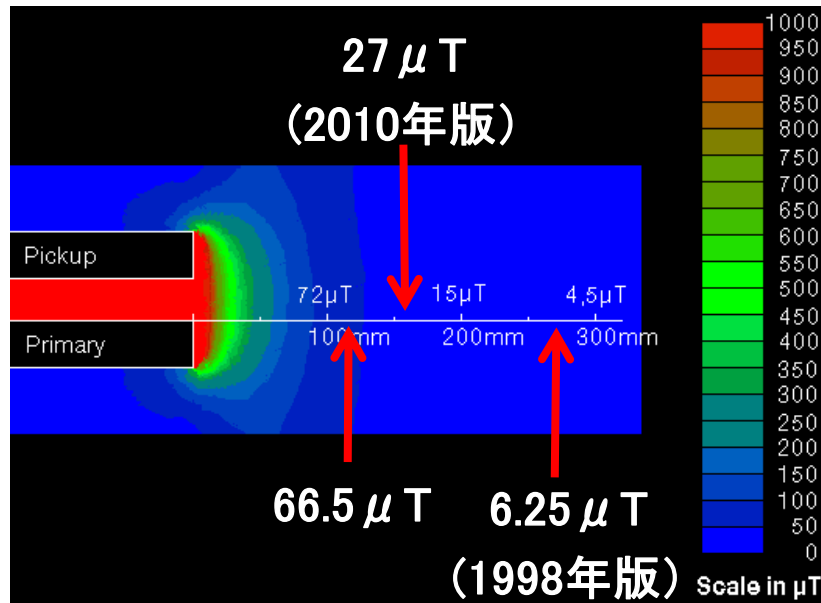
10kHz 以上の高周波利用設備で **50W** を超えるものは設置許可を受ける必要がある

- 無線設備65条2項に規定されている下記数値を満足している必要がある

450kHz以下の使用周波数の輻射の電界強度は、
100m電界規制値 = 1mV/m 以下、かつ高周波出力が
500W以上の場合 30m電界規制値 = $\sqrt{\frac{P}{500}}$ mV/m 以下 (Pは装置の出力W)
500W以下の場合 30m電界規制値 = 1mV/m 以下

2. 磁界規制 → ICNIRPの人体防護ガイドライン(LOD)

30kWタイプの20kHzでのシミュレーション



心臓ペースメーカーの最大許容磁束密度

周波数	磁束密度	(ドイツ規格)
15kHz	88.7 μT	
20kHz	66.5 μT	

実際の電磁界計測結果(2008年ベース)

基準値 (μ T)	バス車内	バス車外
防護指針／91.5	1.5	4.5
ICNIRP／6.25		
条件: 距離0.5m ギャップ80mm 位置ずれ60mmにて		



50kW型の実測値

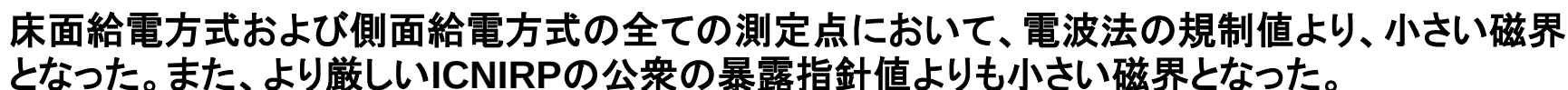
床面給電用受電コイル

床面給電方式

最大值
1.324μT



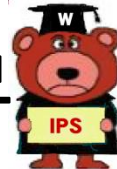
最大值
4.366μT





異物の侵入への課題

平板以外の形状の異物挟み込みによる温度上昇



平板形状以外の金属試料の温度上昇

・コイン

面積が小さく温度上昇は大きい

・飲料水の缶

アルミもスチール缶も温度上昇が激しい

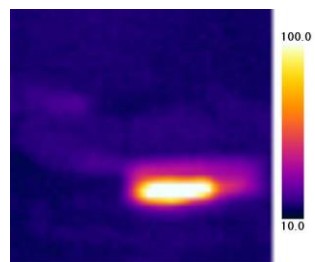
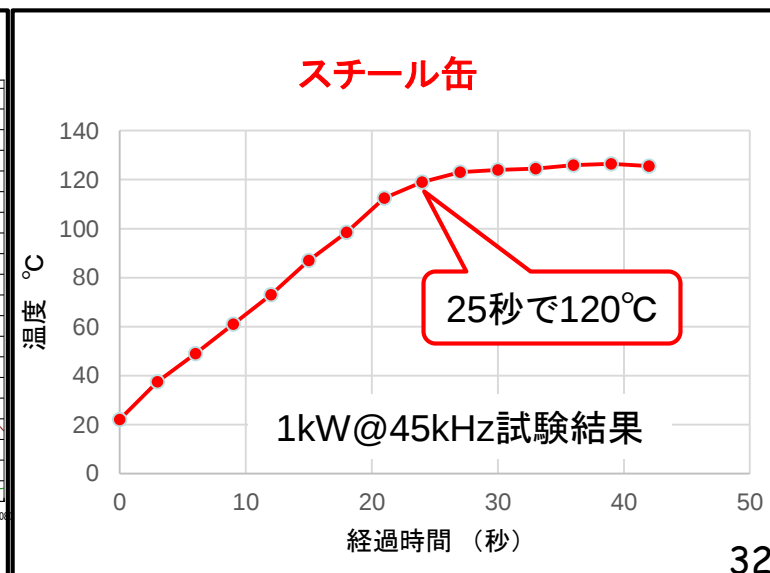
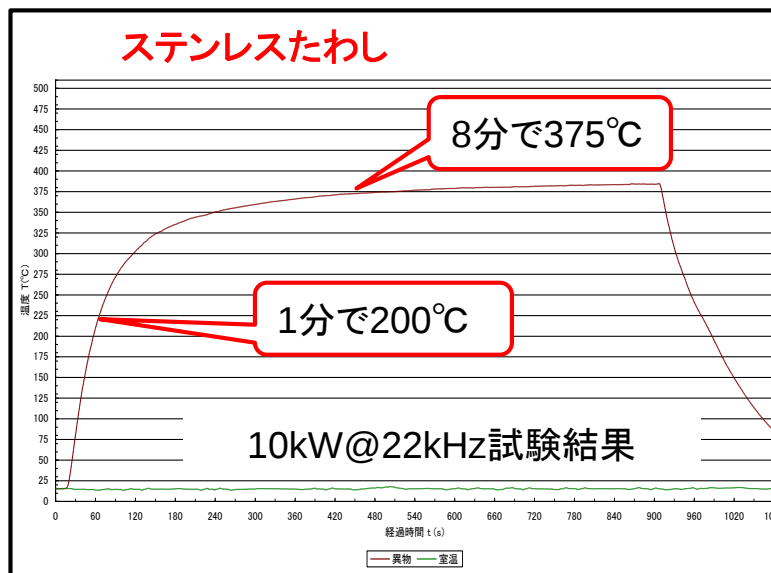
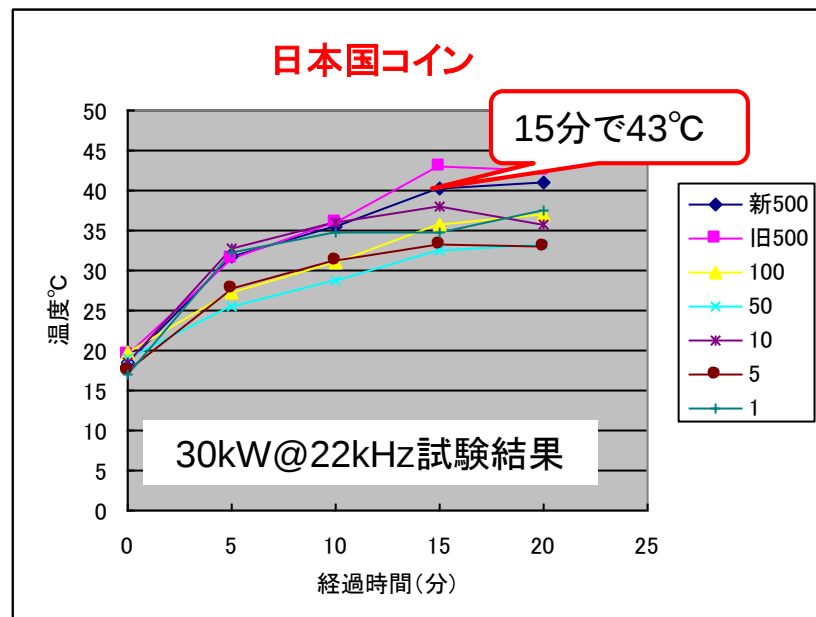
・釘

大小にかかわらず50～60℃で大きい

・ステンレスたわし

温度上昇が大きい

渦電流ではなく細い線材では共振が考えられる



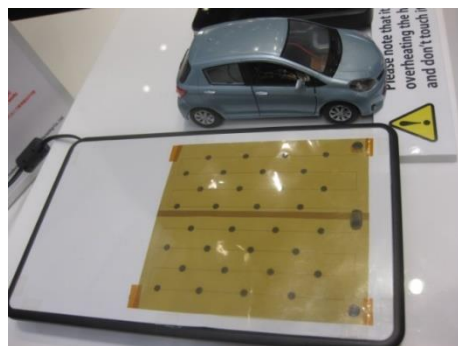
異物侵入検知システム



パイオニア(CEATEC2013) 村田製作所のFOD用サーミスタ (ITS japan 2013)



金属を検知すると警報マークが出て給電停止

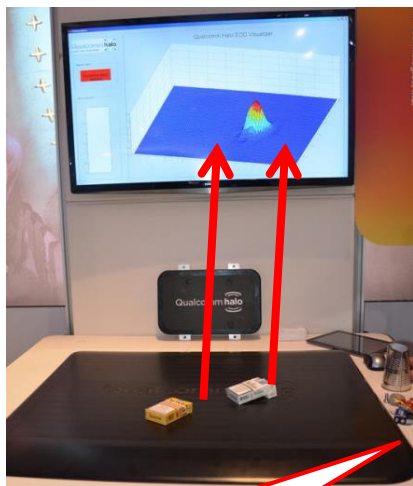


サーミスタチップを配列したシート

テクノバ(EVTec2014)

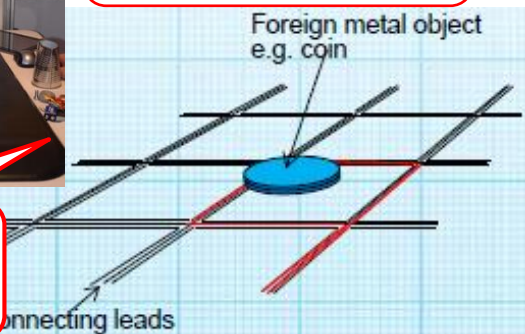


Qualcomm Halo

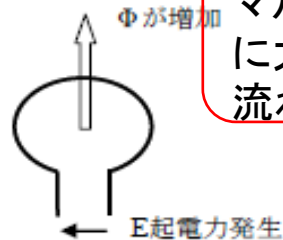


メッシュに微弱な電流を流して検知

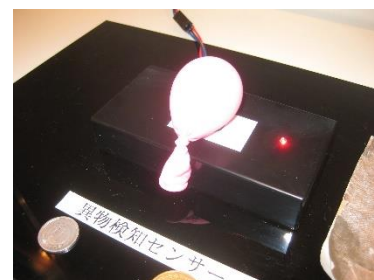
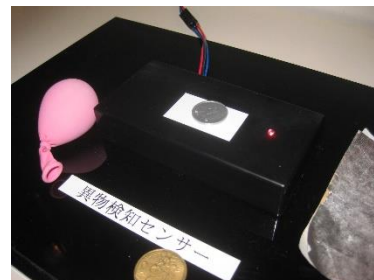
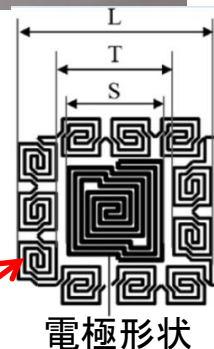
右の箱はコイン入り、左は空箱



給電中の主磁束によりマルチコイルセンサー内に大きな循環電流が流れることで検知



無誘導コイル形状の電極配置



1円玉

小動物を摸した25ml水入り風船 33



標準化などの課題

国内・国際標準化／法制化活動マップ(EV関連)



海外

UL

SU2750

ANSI

電力供給装置側の
安全性などの規格化

SAE

J2954

非接触給電標準化TF

J2847/6
(制御用通信)

ISO

TC22
(自動車)

SC21
(電気自動車)

IEC

TC69
(電気自動車)

相互にリエゾン配置
対等の立場で協調

CISPR

ITU-R

SG1
WP1A

EMC/EMI

国際周波数割当
電波法規上の取扱い

AWG

(アジア太平洋)
WPT-WG

CJK

(日中韓)
WPT-WG

日本

JSAE

ワイヤレス給電システム
技術部門委員会

V2G CL

JARI

非接触給電SWG

通信TG

BWF

WPT-WG

WPT標準開発部会

総務省

情報通信審議会
電波利用環境委員会
ワイヤレス電力伝送
作業班

ARIB
(電波
産業会)

国内
標準化

連携

リエゾン

連携

審議

日本側受け皿

・磁気を利用した電力伝送
システム対象
・IEC 61980シリーズ の明確化

連携

EMC/EMI・人体防護など

使用周波数の標準化



国際／国内で既に多くの周波数に割り当てがあり、空いている周波数帯に限られる

20.5～100kHz：電磁調理器（イミュニティに関連）

9～315kHz：EU 医療用インプラント

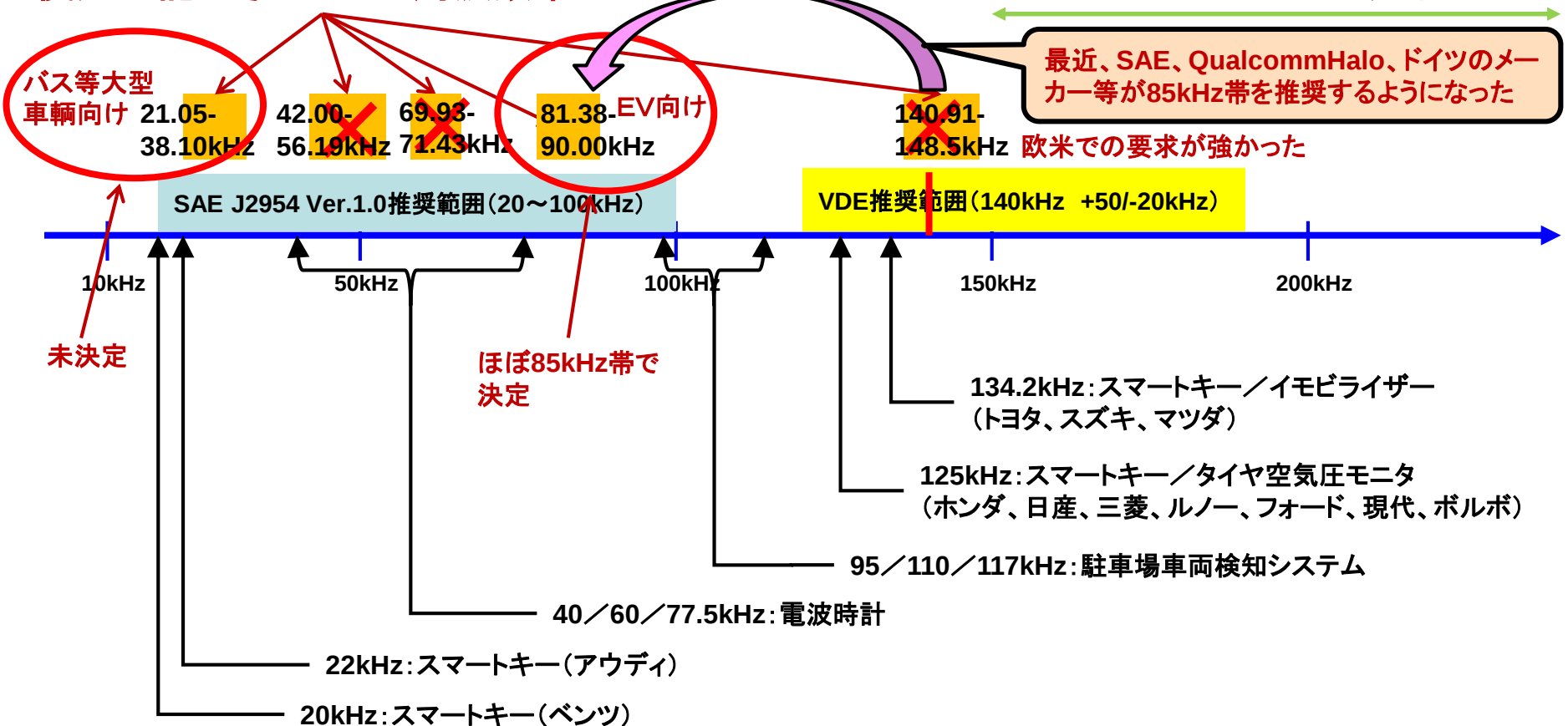
110～205kHz：Qi

90～110kHz：FCC

135.7～137.8kHz：アマチュアハム

150～280kHz：EU AMラジオ

使用可能と考えられる周波数帯



コイル構造の標準化



現在、3種類のコイルが標準化のステージに提案されている

サーキュラー方式
(円形コイル)



丸形



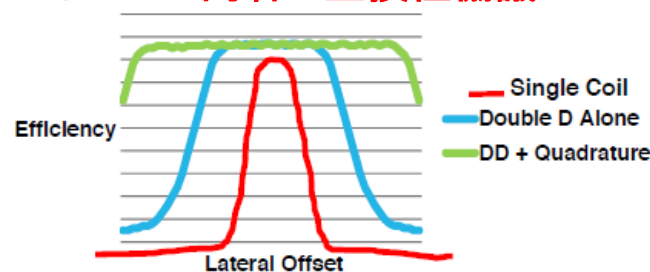
隅丸
四角形



DD/DD-Q方式
(Double-D Quadratureコイル)

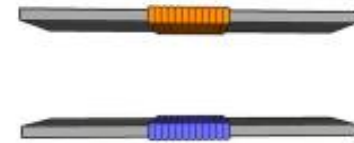


主としてこの両者で互換性協議



オークランド大Dr.Boysが提唱
横ずれ一効率特性良好
Qualcomm haloのみがサポート
Interoperabilityの可能性有り

ソレノイド方式
(トランス巻き)



昔からあるコイル方式
横ずれ一効率特性良好
コイルの向きに方向性がある
コアの放熱対策が難しい
一時期、標準化のトップだったが
2014年8月に見直しが掛かった
Interoperabilityが問題

昔からあるコイル方式
コイル構造が簡単でコストが安い
コイルの向きに方向性がない
一時期、標準化から外れていたが
2014年8月の見直しでトップとなった
ヨーロッパでは主流のコイル形状



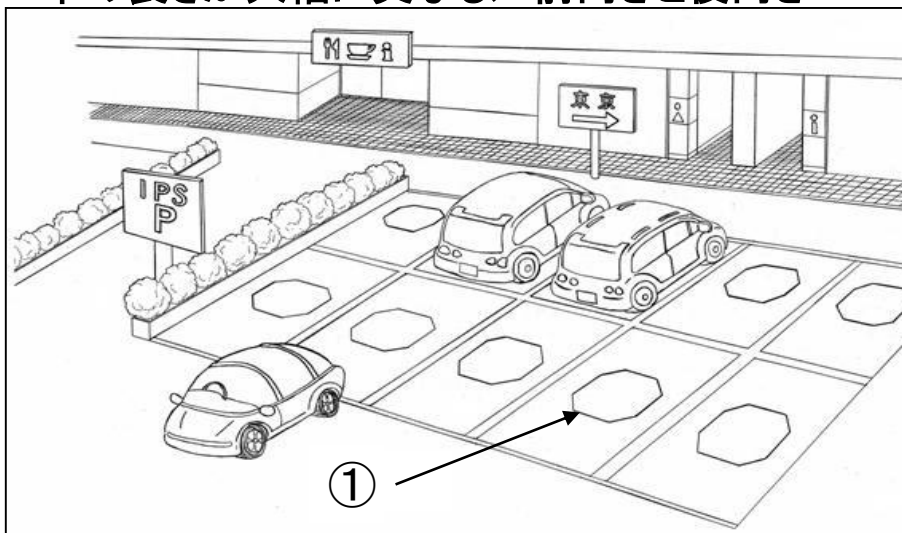
正着性への課題

サービスエリア駐車場利用イメージ図



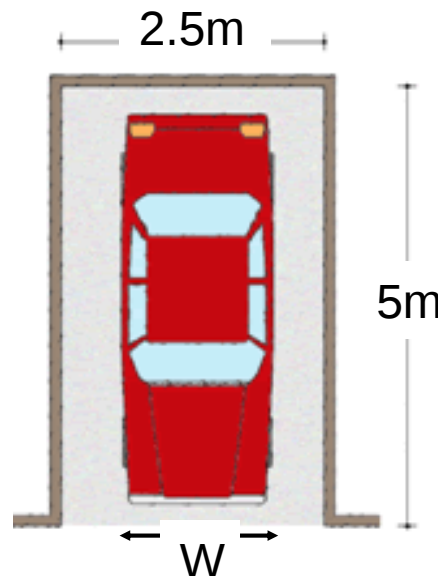
左寄り斜め駐車 一番正確 右寄り斜め駐車

車の長さが大幅に異なる／前向きと後向き



①地中埋め込み型非接触給電装置（送電側）

一般的な駐車場の寸法



自動車の車幅 W

軽自動車

1.48m以下

小型車(5ナンバー)

1.7m以下

普通車(3ナンバー)

2.5m以下

コイルの位置ずれロバスト特性の拡大

小型車の場合で

$$(2.5\text{m} - 1.7\text{m}) / 2 = 40\text{cm}$$

給電コイルと受電コイルの位置関係

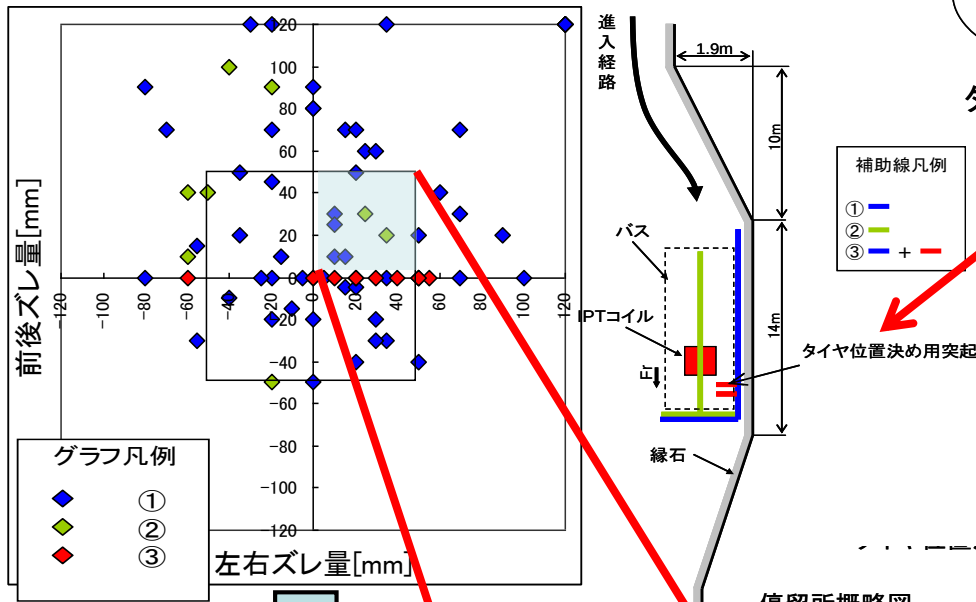
- ・横方向に40～50cm程度のずれの発生
- ・前後方向は車止めが必要
- ・前向き／後向き駐車の一掃
- ・水平方向の回転(斜め駐車)

正着性への対応

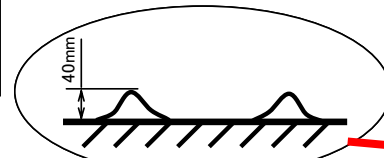


位置合わせ用補助線組み合わせ

- ① 車幅補助線(車両左側)及び車両前停止線
- ② 車両センタ線及び車両前停止線(車両前側バンパ合わせ用)
- ③ ①及びタイヤ位置決め用突起(ハンプ)



WEB-1@なら瑠璃絵
(H23-2-8~14公開)



タイヤ位置決め用突起側面視



夜間でも前後方向の正着性は確保できた



【試験結果】

③の車幅補助線、車両前停止線(青線)及びタイヤ位置決め用突起(赤線)による位置合わせが最も有効

出典:
交通安全環境研究所公表資料

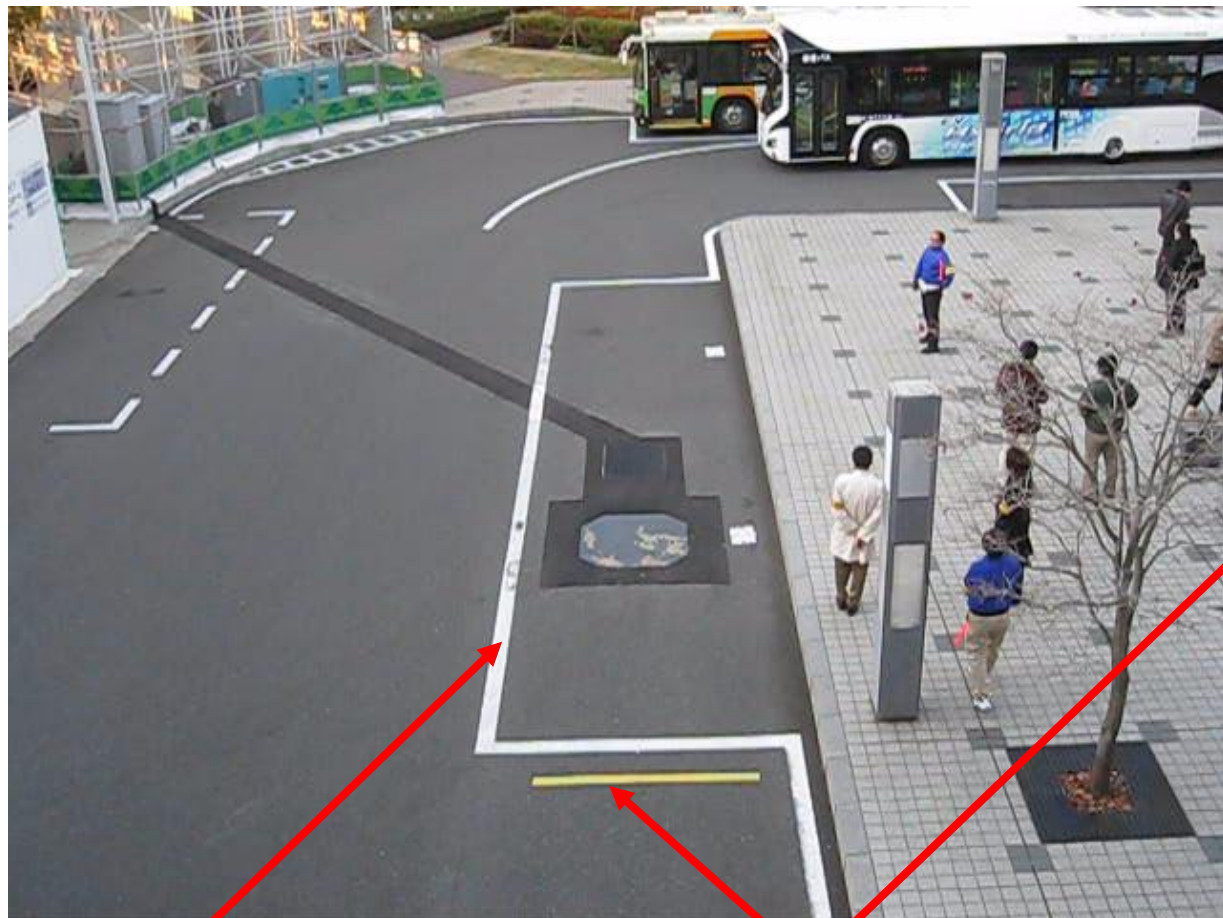
距離-出力試験
(IPT30kW型での試験結果)



路上設置ワイヤレス充電(動画:45sec.)



IPSハイブリッドバス@ビッグサイト(H23-12-5)



コイル位置合せモニタ画面

前後の位置ズレはモニター画面で路上の黄色い線にモニターの赤い線を合わせると停止位置



左右の位置ズレは比較的小さい



バス停止状態

正着性対応への近未来技術

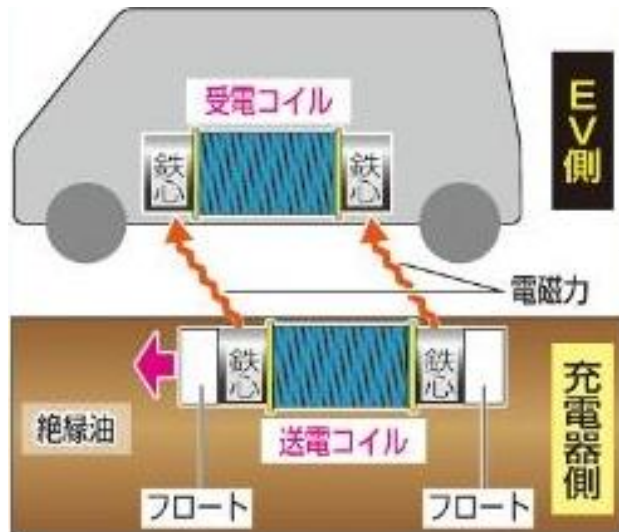


アドバンスドパーキングシステム



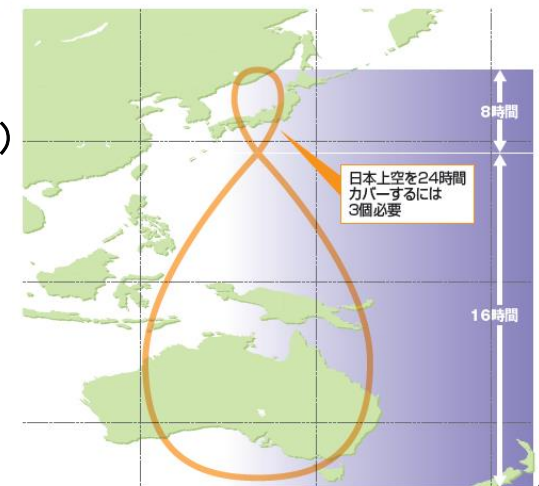
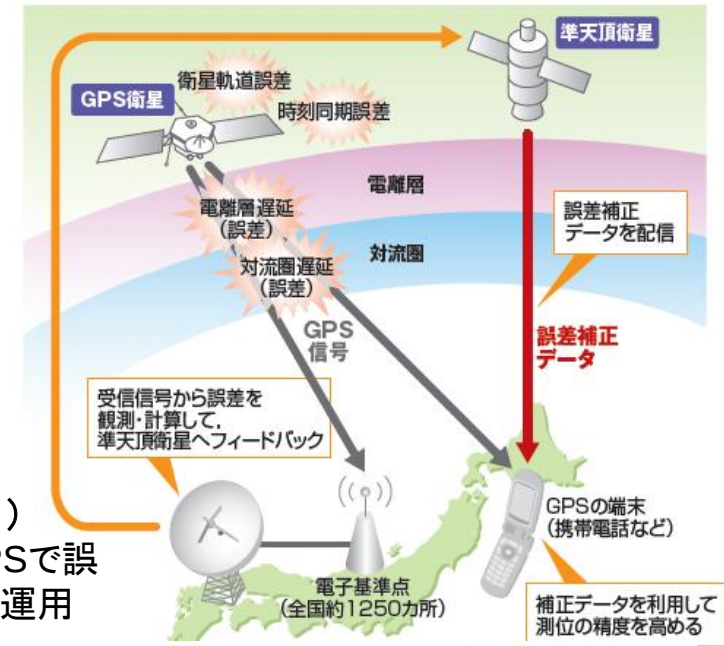
日産(2013年)
ナビ画面(アラウンド
ビューモニター表示)で
地上コイルの真上に
キチッと駐車することが
可能となる

フリーポジショニングシステム



北陸電機製造と富山大(2014年10月)
電磁力とフロート(浮き)で送電
側コイルを動かし、受電側コイル
との位置ずれを自動補正(フ
リーポジショニング)する

準天頂衛星でGPS精度を補完





- ◆ 動向と普及に向けての実証評価
- ◆ 技術課題
- ◆ 将来の方向性



双方向給電

V2H導入のスマートハウスでのワイヤレス給電

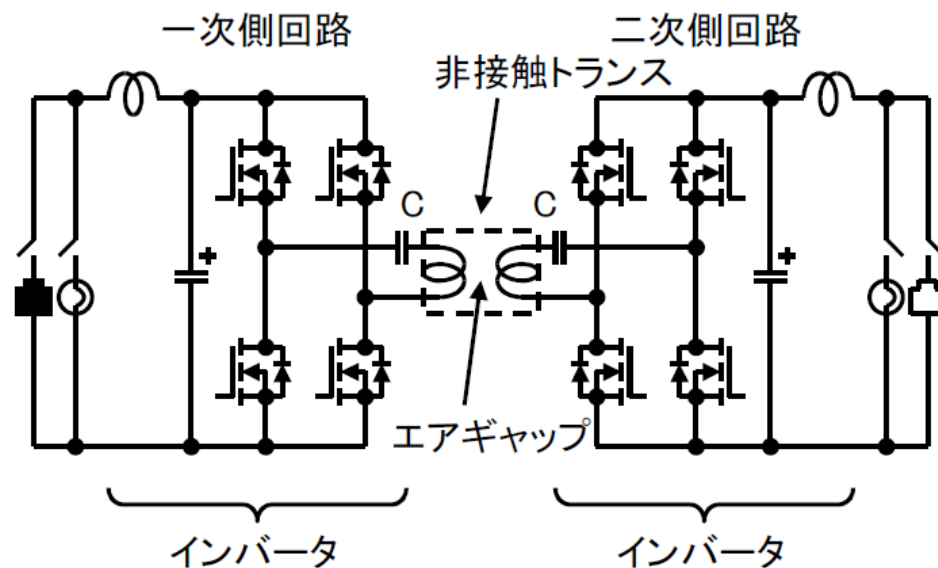
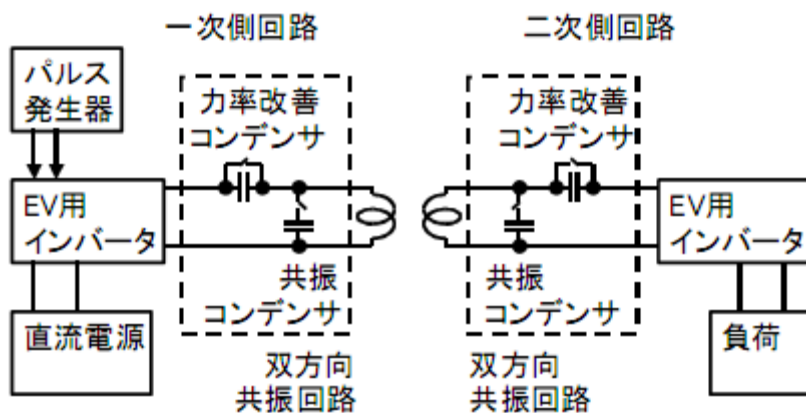


発表されているEV用ワイヤレス給電システム、いずれも電源側からEVへの一方向給電のみ

ダイムラーはベンツV『AクラスE-CELL』を使用して、ワイヤレス給電システムの日常的な実用性を検証

2012年3月から1年3カ月間、ドイツ国内の最新省エネ住宅に4人家族が居住、3台のEV(AクラスE-CELL、スマートフォーツード、スマートeバイク)で、ワイヤレス給電システムを利用して、その実用性を確かめた。(2011年12月7日発表)

双方向非接触給電システムの概念



■ 直流電源、○ 負荷、□ 鉛蓄電池



電給中行走

EVの「電車」化



1. 高エネルギー密度電池の採用

鉛電池 → ニッケル水素電池 → リチウムイオン電池 **高エネルギー密度の電池が開発途上**

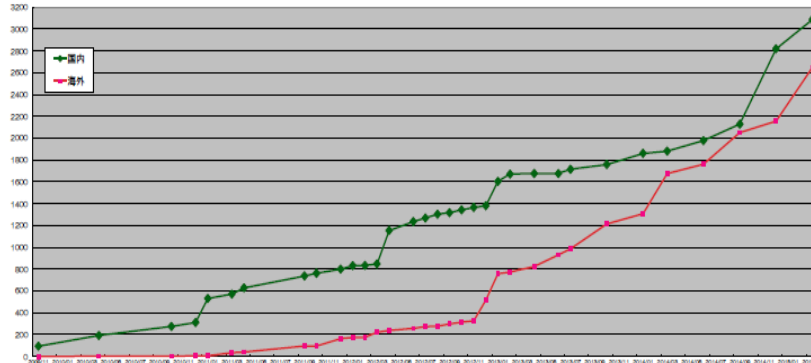
2. 搭載電池の増大

	iMiEV	16kWh	→	LEAF	24kWh	→	慶応大学8輪バスSakura	120kWh
走行距離	180km	(JC08モード)		200km	(同左)		121km	(モードは不明)
充電時間	20分			29分			145分	

電池容量を増大して走行距離を伸ばしても充電時間が大幅に掛かる

3. 充電渋滞の発生

2015.4.20現在の急速充電器設置数 5737(全国3087 海外2650)



高速道路サービスエリアでの充電渋滞の状況



電気自動車の「電車」化

走行中給電

電車のパンタグラフのようなアイデアもあるが、
接触式 ゆえの多くの課題がある



Siemens/Scaniaの接触式走行中給電トラック



Volvoの接触式走行中給電トラック

ワイヤレス式走行中自動充電システム

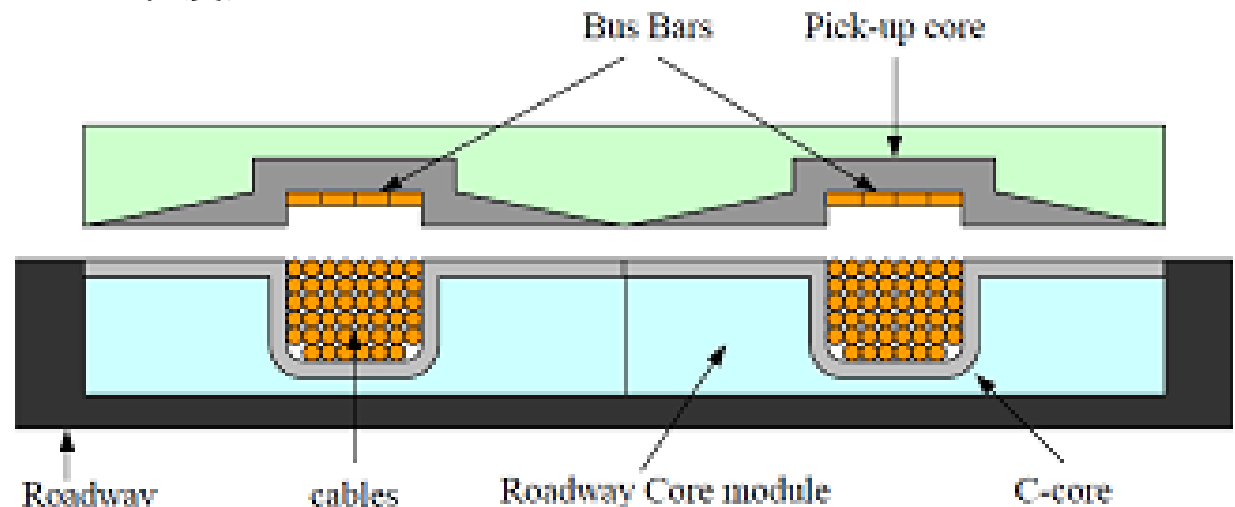
EV用走行中給電のはじめ



PATH (Partners for Advanced Transit and Highways) プロジェクト

- ・1989年～1996年 アメリカで行われたEV用のワイヤレス給電システムとして最初のもの
道路に埋めたケーブルからの高周波電磁誘導で走行中の車両に充電するシステム

ピックアップ	幅 1m、長さ 4.3m 重量 750kg
受電電力	6～10kW／モジュール
1次側セグメント長さ	150m
周波数	400Hz
エアギャップ	7.6cm
効率	60%以下
建設コスト	0.74～1.22M\$/km (1億円/km程度)



・実験は成功したものの漏れ磁束が大きく実用には至らなかった

韓国科学技術院KAISTの走行中給電



Gumi City(亀尾市) 2013年7月

24km中36m×4ヶ所=144mで走行中給電

2箇所の静止中給電も並行実施

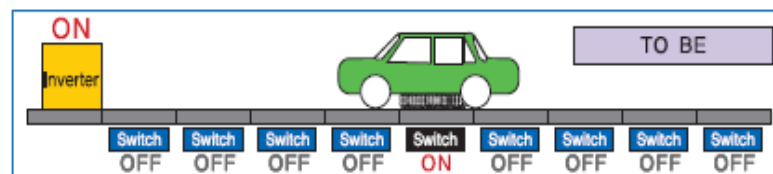
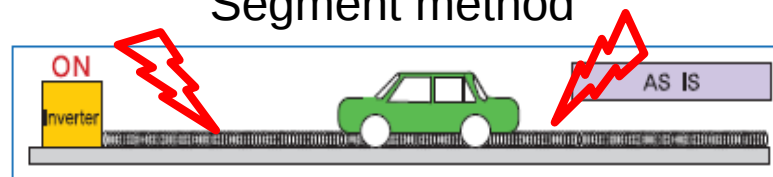
17cmギャップを効率85%で200kW送電

ピックアップ容量15kW/台

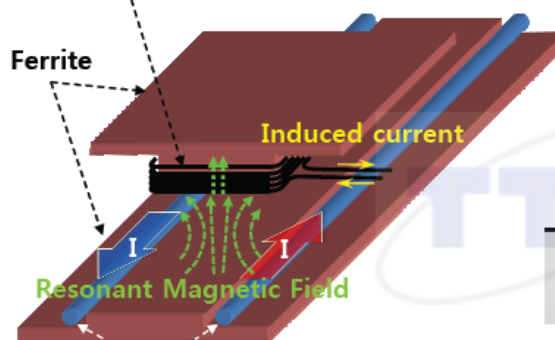
給電コイル幅80cm



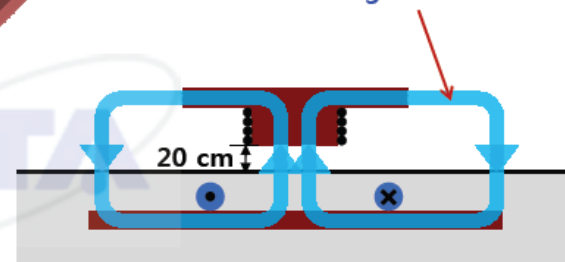
Segment method



Pickup Coil (2nd coil)



Magnetic Field



その他の運用例

KAISTキャンパスシャトルバス
3.76km中65mで走行中給電

Yeosu(麗水市) Exipo 2012
3.5km中36mで走行中給電

Perspective View



Cross-sectional View

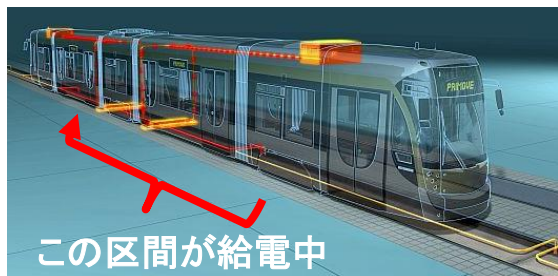




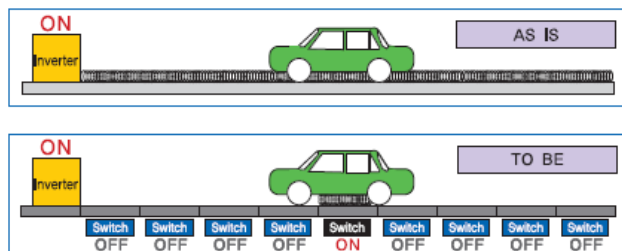
走行中給電の課題

電磁放射への各種対策が必要

・BOMBARDIER PRIMOVE技術

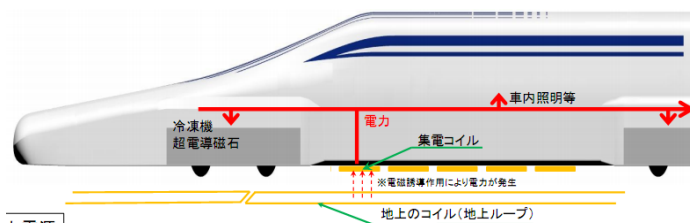


・KAIST Segment method



高度な制御システムが必要 コストの増加

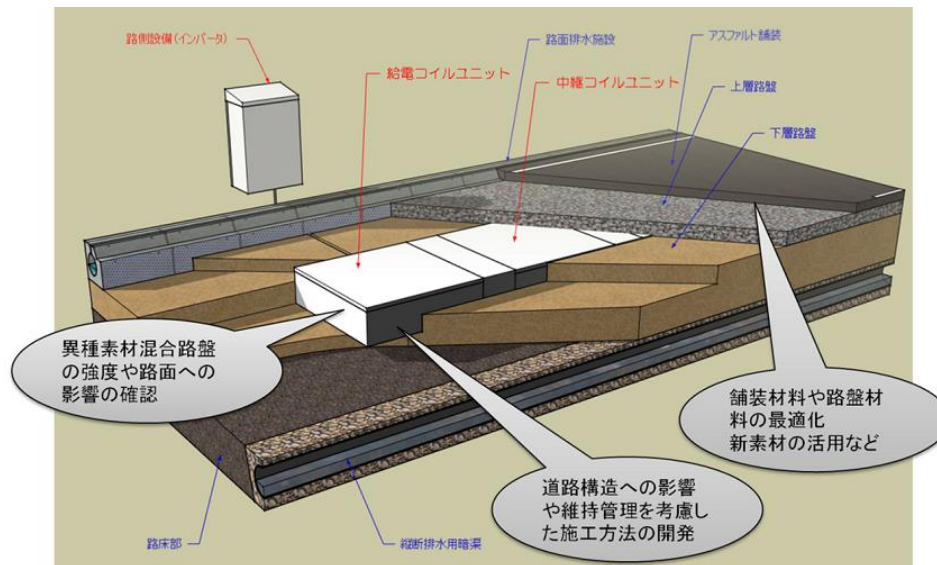
・国土交通省超伝導リニア 10kHz未満



システムが大型になる

道路埋設への各種対策が必要

・国土技術政策総合研究所の検討



道路埋設にあたってはコイルの強度の他に道路そのものの材料や工法の課題解決が必要

コイルの埋め込み深さ

道路メンテナンスの点から最低0.6m、できれば1m

大ギャップ化が必要 電磁漏洩の増加 コストの増加

豊橋技術科学大学の走行中給電



V-WPT (Via Wheel Power Transfer) 方式

・電界共振結合方式

誘電体であるタイヤやアスファルトを介した
誘電結合

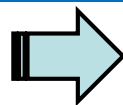
・路面下の電極板とタイヤ内のスチールベルト
間でキャパシタンスを形成

・キャパシタンスを通して電極板とスチールベ
ルト間に流れる高周波電流で電力伝送

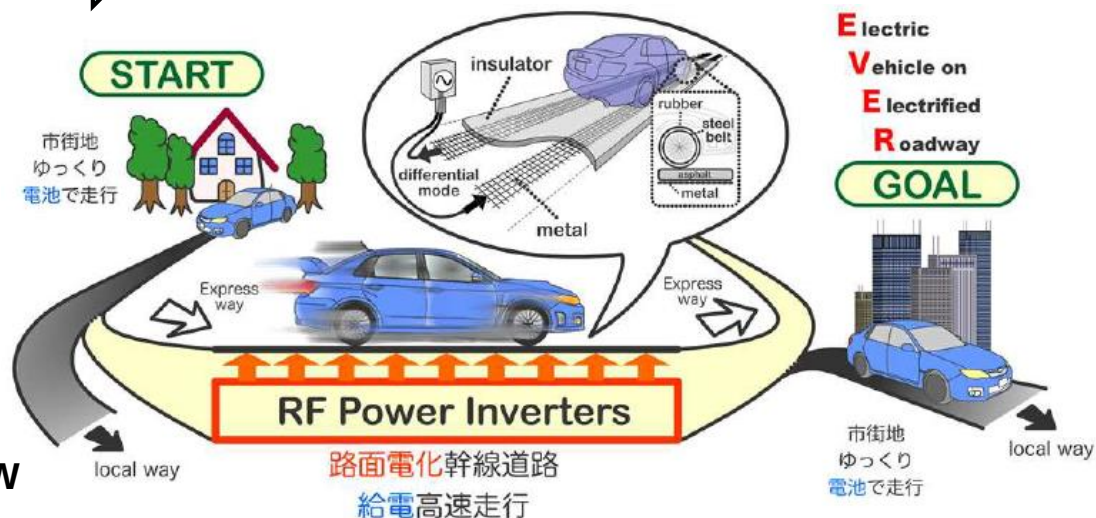
・周波数は7~50MHz

・10cmのアスファルトを介して伝送

・電極板~タイヤ間の伝送効率70%



電磁漏洩は少なくできる

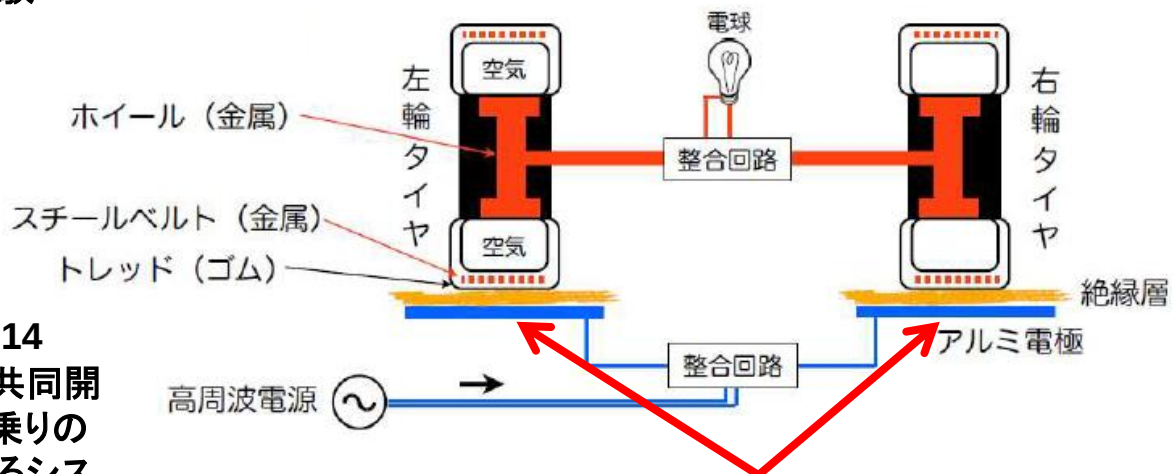


自動車タイヤ50W
電力伝送実験



CEATEC2014
大成建設と共同開
発した一人乗りの
車に給電するシス
テムを展示

出典: 豊橋技術科学大学資料より

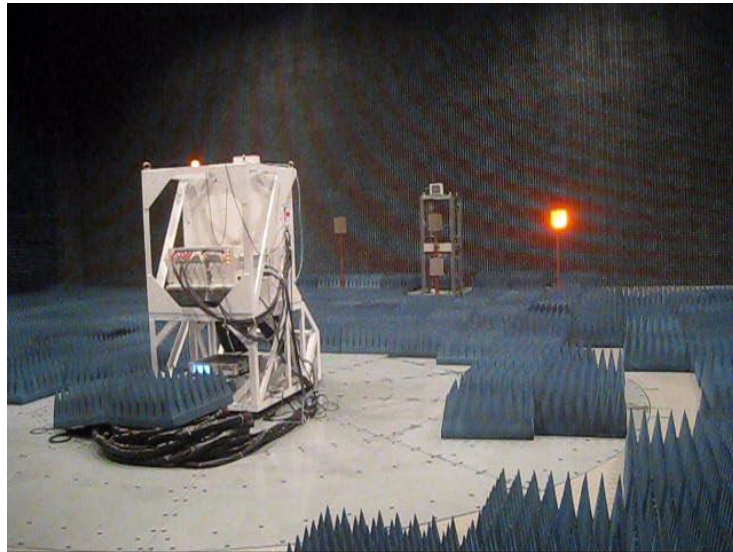


両輪間の絶縁の確保が難しい

無線方式(マイクロ波)による走行中給電



日本電業工作とVolvoグループ(2012年)



4m以上離れて10kW電力伝送

1台の送電アンテナでかなりの
長さの走行距離をカバーできる

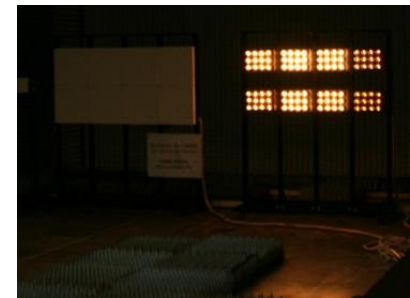
地面に埋設しないのでコスト安



2連アンテナ



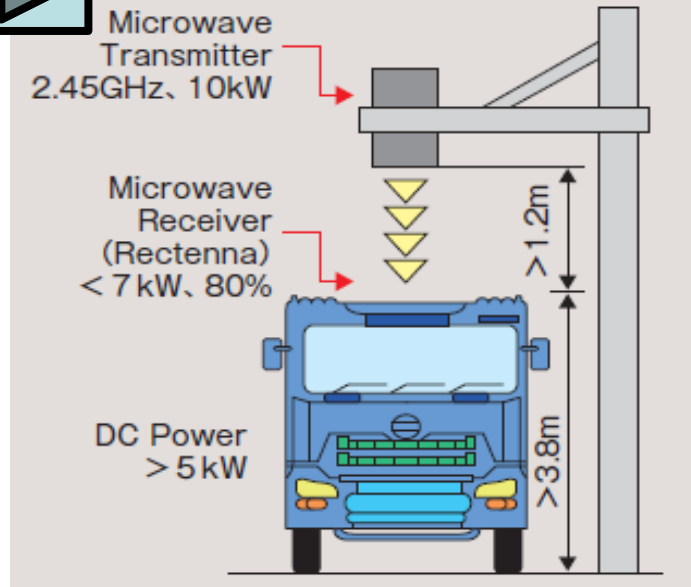
レクテナ



10kW受電状況



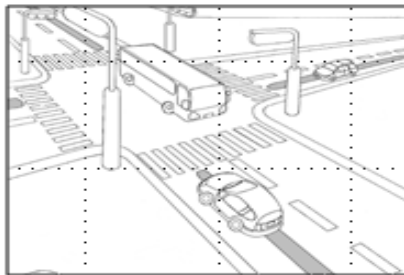
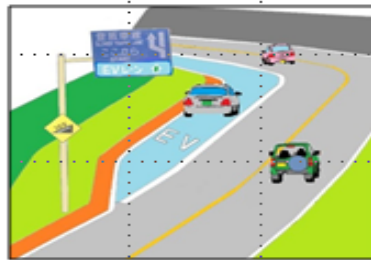
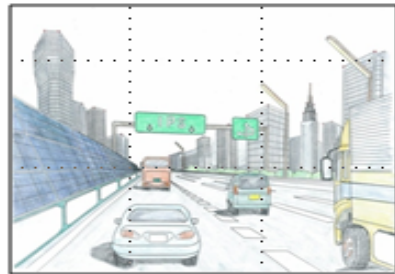
京都大学宇治キャンパス電波暗室



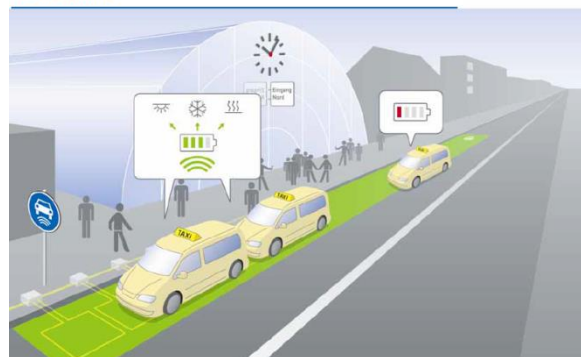
マイクロ波の放射が認められていない

走行中給電の想定Roadmap

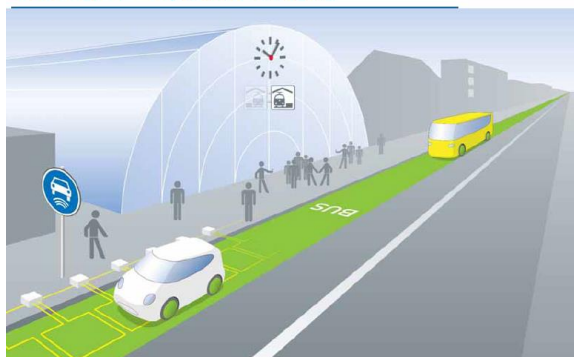


設置時期	FY'15	FY'20	FY'30	FY'50
実施内容	市街地実証実験	市街地実用	都市間実証実験	都市間実用
実施場所	市街地		高速道路	
シーン	交差点付近など 特定区間	タクシープールが最適か	登坂路など 特定区間	EVおよびワイヤレス 給電設備の普及が 鍵
設置長さ	25m	250m/車線	2km/車線	350km/車線
必要電力	6kW	6kW	20~30kW	30kW
イメージ	交差点付近 		登坂路 	高速道路走行車線 

Taxi stand



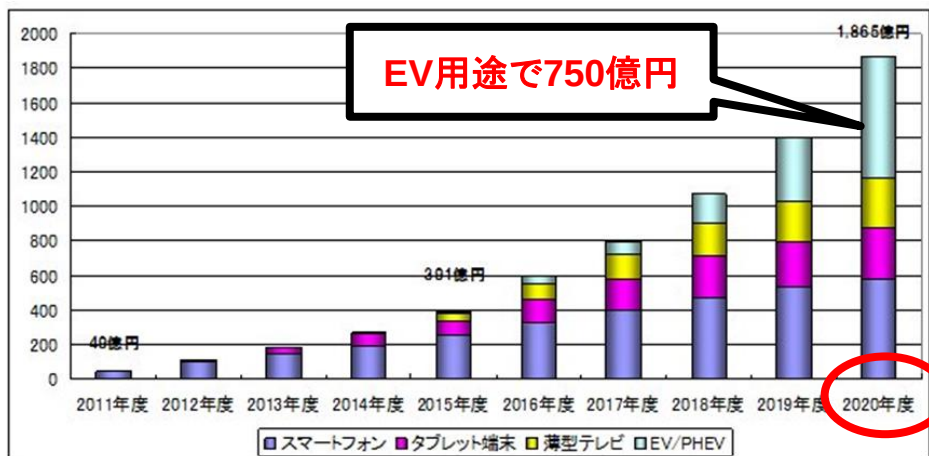
Vision 2050 – Dynamic Charging





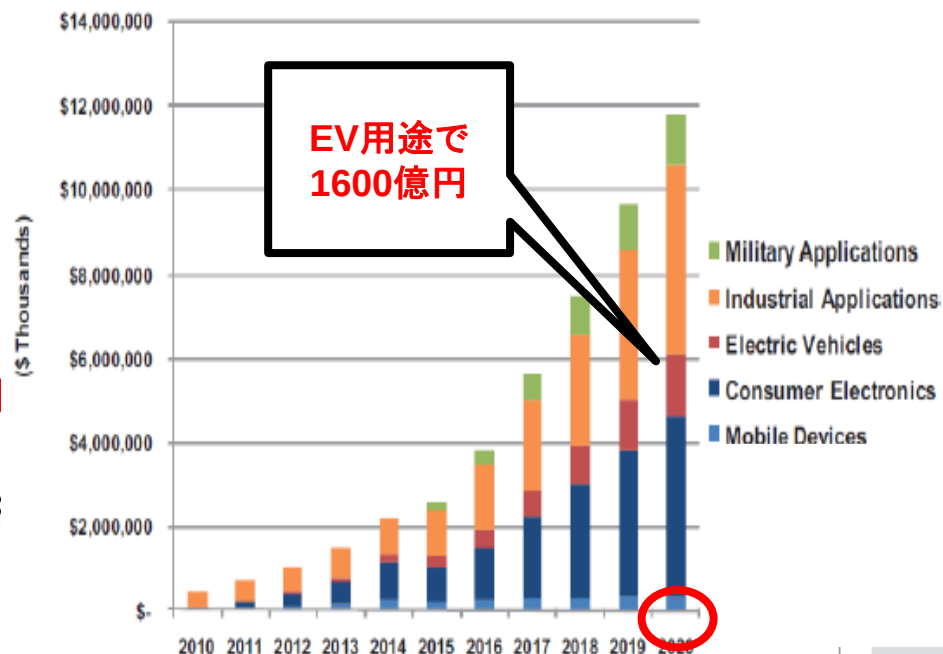
EV用ワイヤレス給電の市場規模

EV用ワイヤレス給電システムの市場予測



注目 4 分野のワイヤレス給電市場予測(単位: 億円)
(2011 年度: 推定、2012~20 年度: 予測)

EV用途は2020年度で国内750億円、
海外1,600億円と見込まれる。



2014年7月、富士経済がHV,PHV,EVと関連部品の2030年までの市場展望を発表

HV	2013年: 165万台	2030年予測: 643万台 (2013年比 3.9倍)
PHV	2013年: 9万台	2030年予測: 304万台 (2013年比33.8倍)
EV	2013年: 12万台	2030年予測: 280万台 (2013年比23.3倍)

充電器が必要な車の台数 : 584万台

このうちの20%がワイヤレス給電システム搭載と予測

2030年で約120万台の販売予測

ワイヤレス給電システム1式25万円として3,000億円の国内市場



ご清聴ありがとうございました

早稲田大学環境総合研究センター
高橋俊輔 stak@aoni.waseda.jp