

ワイヤレス給電の技術動向

早稲田大学環境総合研究センター
高橋 俊輔

2017年4月18日

CHAdemo 第28回整備部会

東京電力 電気の史料館ミュージアムホール



WASEDA University



1. ワイヤレス給電システムの必要性

2. EV用ワイヤレス給電システム

3. バス用ワイヤレス給電システム

4. 道路上における課題

5. 今後の方向性～走行中給電～

6. まとめ

接触式充電インフラにおける課題

操作ミスによる
焼損対策

雨天・積雪対策

感電対策

コネクタ
の統一

メンテナンス
の必要性

自動式立体駐車場の
問題

重い急速充電コネクタ

ケーブルによる
手の汚れ

面倒な操作

堅いケーブル

充電口の位置



昔もケーブルハンドリングは
大変だった

写真: ETEV資料

図: 全日本電気工事業工業組合連合会HP

手動ケーブルハンドリング



ホンダHSHS実証ハウス

自動充電技術(接触式)



米国SemaConnect 社自動充電ターミナル

接触式超急速充電技術



米国Proterra EcoRide B35 Buses

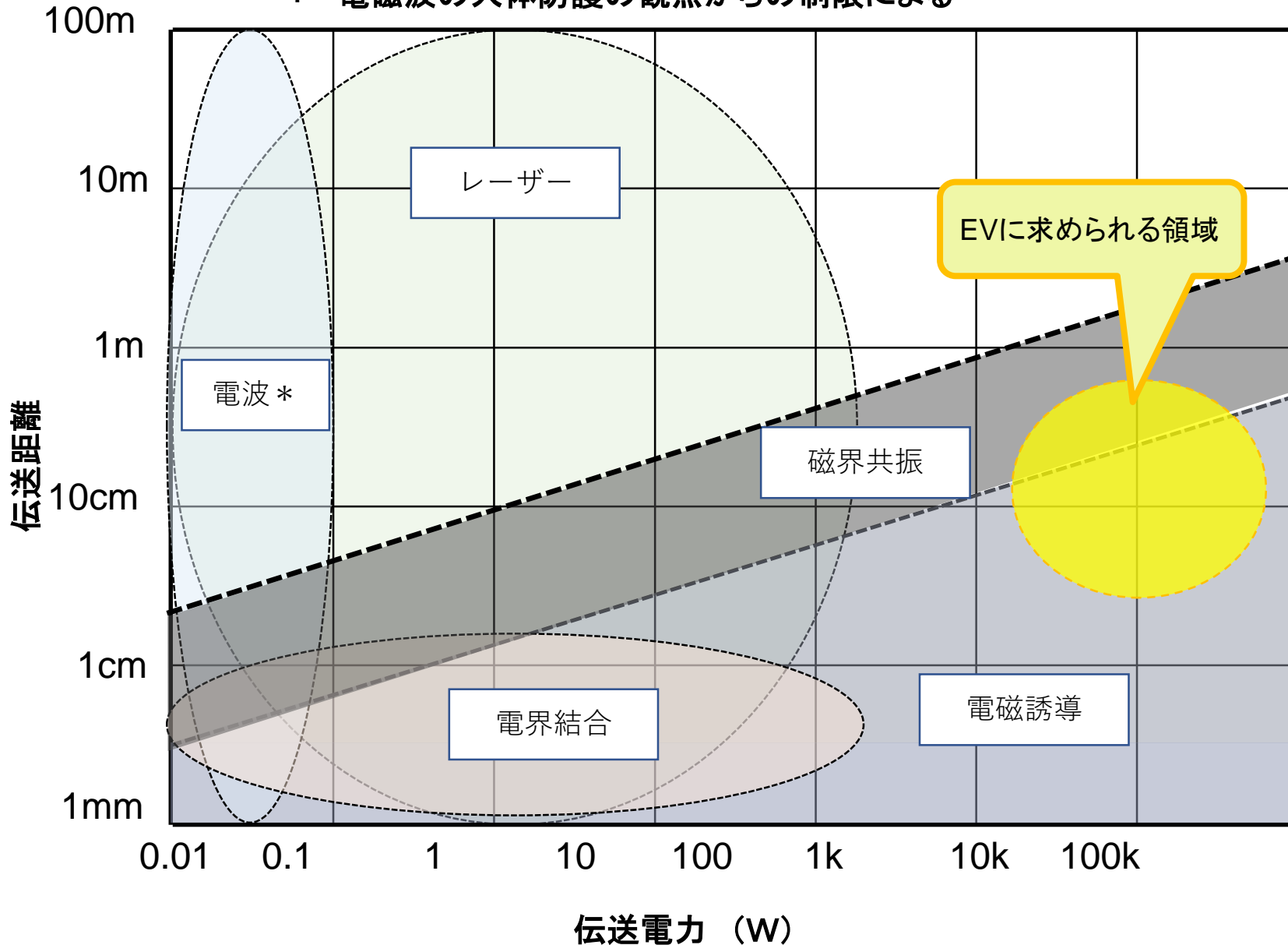
ワイヤレス式自動充電

- ・ 操作が容易
- ・ メンテナンスコスト少ない
- ・ 雨天時も安全

各方式の伝送電力と伝送距離



* 電磁波の人体防護の観点からの制限による



ワイヤレス電力伝送方式

非放射型

- ①磁界結合方式
 - ・電磁誘導方式
 - ・磁界共振方式
- ②電界結合方式

放射型

- ③電波方式 (マイクロ波など)
- ④レーザー方式

中間型／電磁波以外の方式

- ⑤エバネッセント波方式
- ⑥超音波方式



1. ワイヤレス給電システムの必要性

2. EV用ワイヤレス給電システム

3. バス用ワイヤレス給電システム

4. 道路上における課題

5. 今後の方向性～走行中給電～

6. まとめ

EV用ワイヤレス給電システムの開発動向（海外）



Bosch ASS-Evatran

『Plugless L2 Electric Vehicle Charging System』

(2014年6月)

- 出力 : 3.3kW
 - ギャップ : 10cm
 - 効率 : 91.7%
 - 周波数 : 19.5kHz
 - 対象車種 : 日産リーフ
Chevrolet Volt
- Evatranが販売、Bosch ASSが搭載



Momentum Dynamics

(2014年6月)



- 出力 : 3.3kW
- 効率 : 90%以上

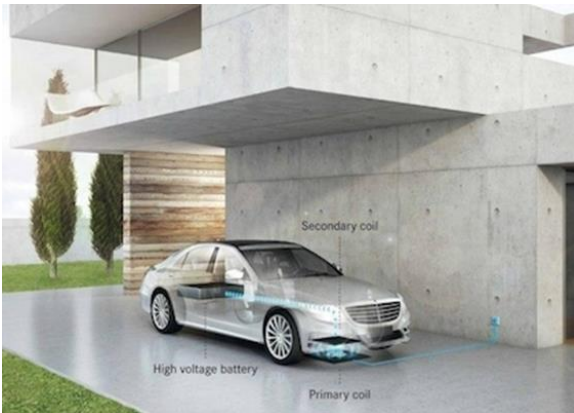
WiTricity

(2014年5月)



- 出力 : 3.3kW
- 効率 : 90%以上
- 周波数 : 85kHz

Dimler Mercedes-Benz (2016年10月)

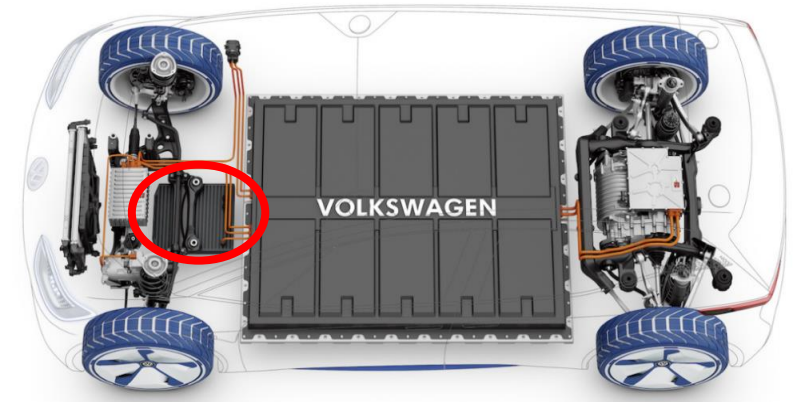


- PHEV S550e
- Qualcomm/Brusa
- 出力 : 3.6kW@85kHz



- コンセプトカー「Generation EQ」
- Paris Motor Show 2016

VW (2016年10月)



- EV向けの新プラットフォーム
- 赤枠内が受電コイル

実搭載を含め
発表が続いている

EV用ワイヤレス給電システムの開発動向（国内）



日産リーフ

(2011技術説明会)

出力 : 3.3kW / 7kW
ギャップ : 150mm
効率 : 80~90%
周波数 : 85kHz



トヨタ

(CEATEC2013)

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



ホンダ フィット EV

(さいたま市E-KIZUNA2014)

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



日産インフィニティ「LEコンセプト」

(NYモーターショー2012)



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

三菱 iMiEV

(東京モーターショー2011)



出力 : 3.3kW
ギャップ : 200mm
効率 : 90%
周波数 : 145kHz

最近では
発表が殆ど無い

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
2014年2月～2015年2月



出典:トヨタ自動車

セブン-イレブン豊田市上野町店

デンソー 4.5kW
ギャップ : 25～30cm
効率 : 85%
周波数 : 9.5kHz
設置許可不要
ヤマト運輸の配送車に給電
2014年2月～2014年12月



出典:RESPONSE

柏の葉実証実験住宅「MIDEAS」

IHI / WiTricity 3.3kW
プジョーのionに給電
2012年9月～2015年11月
2015年11月から展示再開



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
2014年5月～2015年度
自動運転による正着性確保



自動運転により±50mmの
位置ずれ以内に停車する



1. ワイヤレス給電システムの必要性

2. EV用ワイヤレス給電システム

3. バス用ワイヤレス給電システム










4. 道路上における課題

5. 今後の方向性～走行中給電～

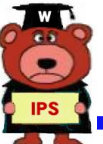
6. まとめ

電動バス・ワイヤレス給電開発の年度別概要

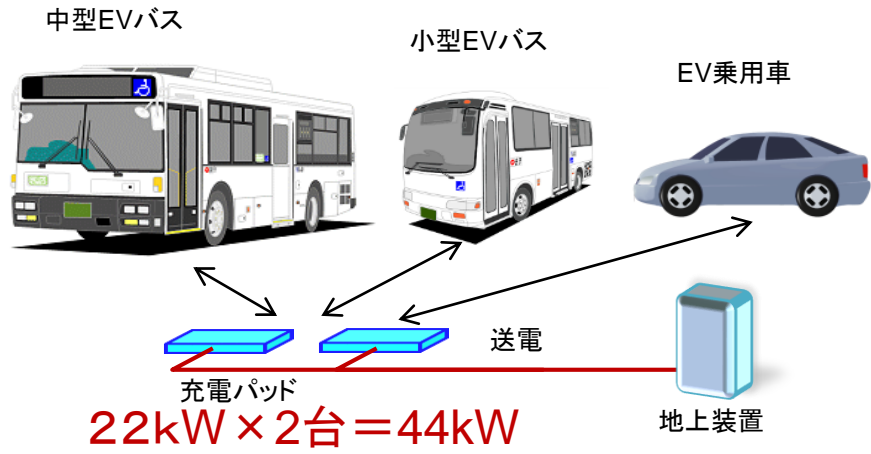


年度	2002 (H14)	2003 (H15)	2004 (H16)	2005 (H17)	2006 (H18)	2007 (H19)	2008 (H20)	2009 (H21)	2010 (H22)	2011 (H23)	2012 (H24)	2013 (H25)	2014~16 (H26~28)
公的研究資金	「先進電動バスシステム開発・導入可能性調査」NEDO-FS事業	「WEB-0」早大自主開発	「先進電動マイクロバス交通システムモデル事業」NEDO-モデル事業	「電動バスシステムの大都市近郊適合性調査事業」NEDO-FS事業	「電動バスシステム研究」早大自主開発	「奈良試験運行」奈良県/市	「低炭素社会モデル事業」経産省	「オンデマンド電気バス実験」環境省	「産官学連携事業」環境省	「側面給電」国交省	「自然エネルギー活用充電ステーション」埼玉県	「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		@本庄市 (WEB-1&2, 第1~2期)	@三鷹市 (WEB-2, 第1~3期)	@昭島 (WEB-1)	@奈良市 (WEB-1)	@ユーカリが丘 (WEB-1&2)	@新宿区 (WEB-2)	@大阪中之島 (WEB-2)	@堺市 (WEB-2)	@守山市 (WEB-2)	(WEB-1Adv.)	(WEB-1Adv.)	@川崎市 (WEB-3Adv.&EVメルファ)

早大／東芝で取組んだ環境省プロジェクト



EVバス早期普及にむけた充電設備を乗用車と共有するワイヤレス充電バスの実証研究 【実施年度】平成26～28年度



7m e-Bus(WEB-3 Advanced)



9m e-Bus(日野メルファ)



2次コイルの設置状況



1次コイルの設置状況



いろいろなルートを検討した結果、充電に15～30分程度が必要で、ディーゼルバスの置き換えには最低でも 80kW 以上の出力が必要



欧州でのワイヤレス充電バス調査

欧州のワイヤレス充電バス



Milton Keynes (120kW)



London (200kW) *



Bruges (200kW)



Torino / Genova (60kW)



s'Hertogenbosch (120kW) *

Berlin (200kW) *

Braunschweig (200kW)

Mannheim (200kW) *



* 印写真出典: ネット資料

三井物産とARUPが2014年1月から路線バス事業



Route No.7
片道約24km



2次コイルは昇降式



日本国内導入当時は昇降式は否定的

- ・ギャップを広げる方向への開発
- 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

バス：9.48m、46人乗りのバス8台で1路線の6時～23時の56便で運用

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

60kWモジュール(30kW×2台)2式の計120kW

充電時間は両ターミナルバス停で10分間

ギャップは4cmで下降時間は2秒

地上コイルの耐荷重は6トン

冷却方式 1次側 水冷

2次側 空冷

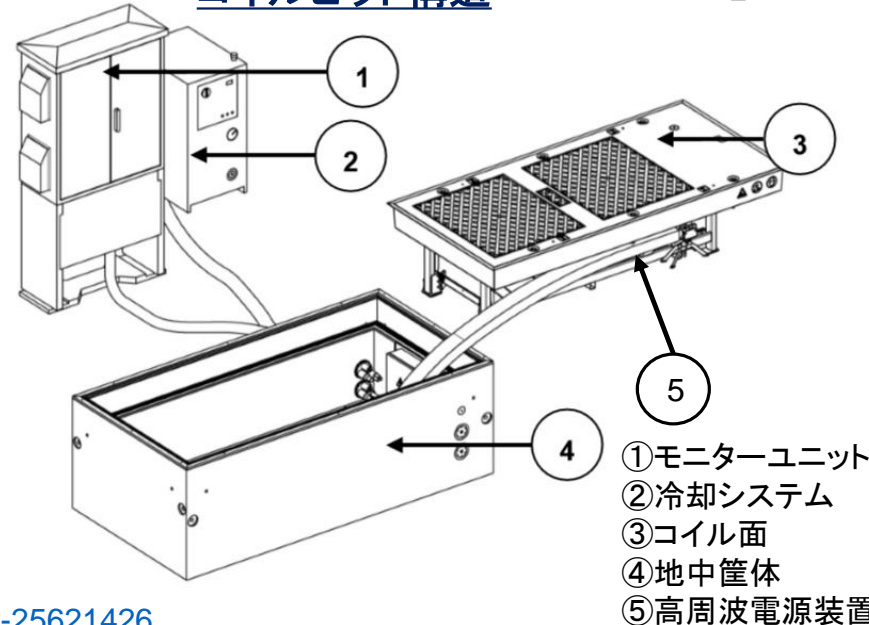
高周波電源装置はコイル下にある、ピットに装備

高周波ラインが短く、効率低下が少ない

設置性が良い

地上機器配置が容易で景観性が良い

コイルピット構造



コイルの設置状況



地上コイル



地上コイル4ユニットのひとつ



2次コイルの設置状況



エア駆動昇降用チェーン



モニタリングユニット／
冷却ユニット／電源分電盤

電気バス／
バス停

写真出典: Google Earth Bletchleyストリートビュー

ワイヤレス給電システムと電気バスの配置



前後位置
合わせは
白線



地上シス
テム全景

Departs Route	Route	Destination	Departs Route	Route	Destination	Departs Route	Route	Destination
06:27	1	Newson Lane	12:00	1	Newson Lane	18:00	7	Sharnbury
06:45	7	Sharnbury	12:30	7	Sharnbury	18:30	1	Newson Lane
07:15	7	Sharnbury	13:00	1	Newson Lane	19:00	7	Sharnbury
07:30	7	Sharnbury	13:30	7	Sharnbury	19:30	7	Sharnbury
08:00	1	Newson Lane	14:00	1	Newson Lane	20:00	1	Newson Lane
08:15	1	Newson Lane	14:30	7	Sharnbury	20:30	7	Sharnbury
08:30	1	Newson Lane	15:00	1	Newson Lane	21:00	1	Newson Lane
08:45	7	Sharnbury	15:30	7	Sharnbury	21:30	7	Sharnbury
09:00	1	Newson Lane	16:00	1	Newson Lane	22:00	1	Newson Lane
09:15	7	Sharnbury	16:30	7	Sharnbury	22:30	7	Sharnbury
09:30	1	Newson Lane	17:00	1	Newson Lane	23:00	1	Newson Lane
09:45	7	Sharnbury	17:30	7	Sharnbury	23:30	7	Sharnbury
10:00	1	Newson Lane	18:00	1	Newson Lane	24:00	7	Sharnbury
10:15	7	Sharnbury	18:30	7	Sharnbury			
10:30	1	Newson Lane	19:00	1	Newson Lane			
10:45	7	Sharnbury	19:30	7	Sharnbury			
11:00	1	Newson Lane	20:00	1	Newson Lane			
11:15	7	Sharnbury	20:30	7	Sharnbury			
11:30	1	Newson Lane	21:00	1	Newson Lane			
11:45	7	Sharnbury	21:30	7	Sharnbury			
12:00	1	Newson Lane	22:00	1	Newson Lane			

往復で1日
56本と非
常に多い
運行本数



昼でも満
員状態の
バス車内

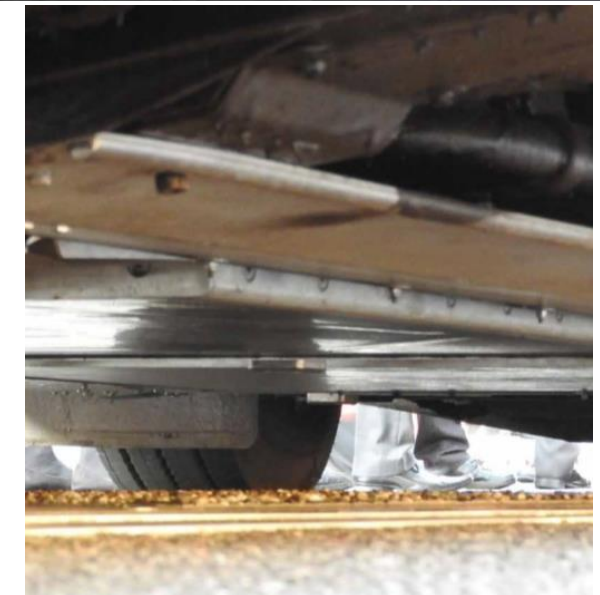
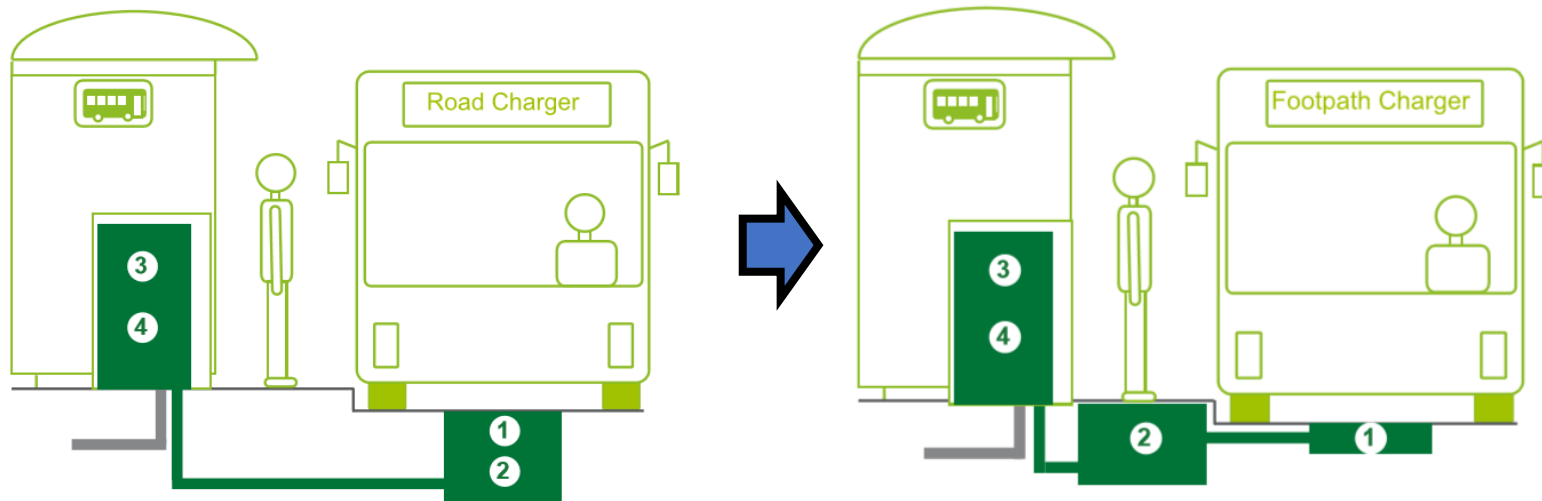
Transport for London(2016)

- バス : ・3 × 12m plug-in hybrid buses
・BYD2階建てバス
- ルート : No.69 (Canning Town～Walthamstow中央バス駅)
- ルート距離: 11km
- 走行時間 : 40～50分間
- 充電方法 : ・両ターミナルで200kW(100kW×2)ワイヤレス給電
・バスデポで夜間充電

- 1 Charge Pad
(Primary Coil)
- 2 Track Supply
- 3 Monitoring Unit
- 4 Cooling Unit

理由:

- ・道路工事時間の短縮化
- ・道路上設置費用削減
- ・車道より歩道の方がメンテが容易





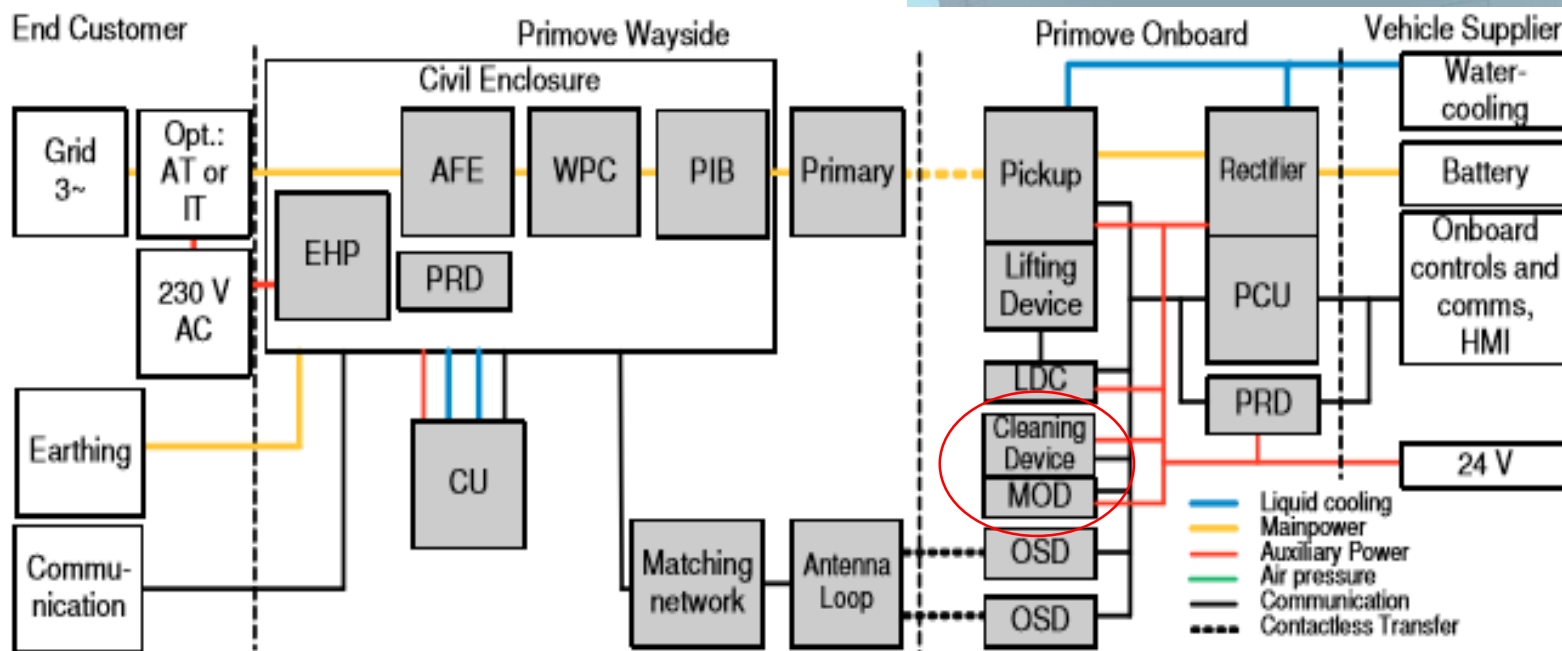
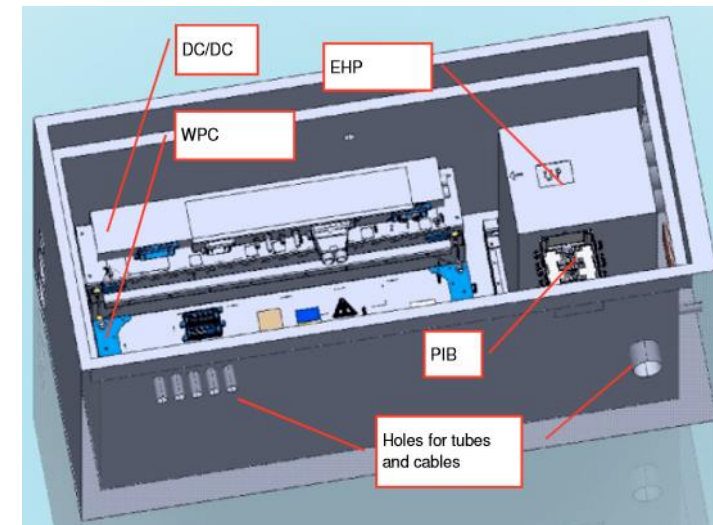
2次コイル昇降式



ピックアップ仕様

- ・出力 200kW
- ・充電 ターミナルで11分
バス停で30秒充電
- ・電圧 600~700VDC
- ・重量 320kg(整流器60kg)
- ・寸法 2200×900×100mm
- ・製造所 Bombardier

電源ピット構造



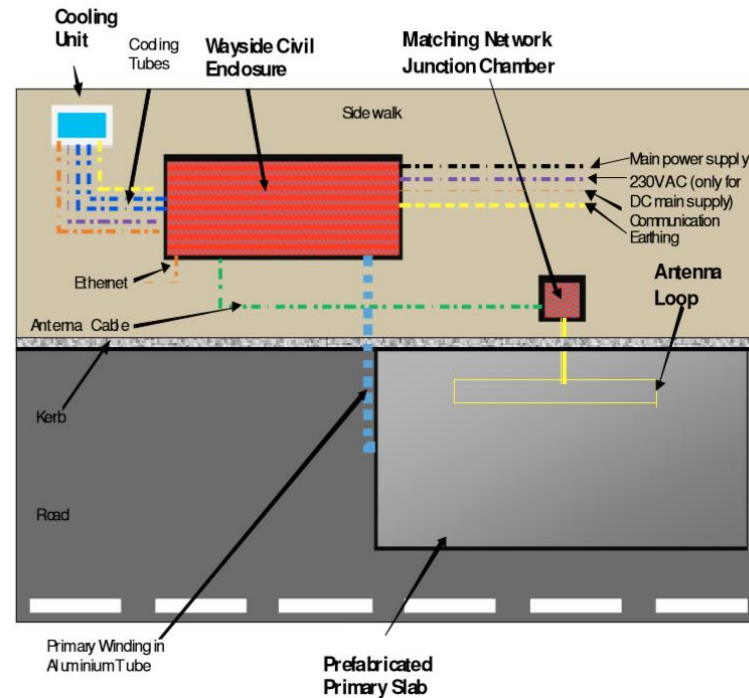
Braunschweig市のEVバス運行②



ターミナルの2台の地上コイル バス停専用道路の地上コイル

2次コイルの設置状況

コイル昇降システム



バス前方からコイル表面
清掃用ゴム幕を見る



中国でのワイヤレス充電バス調査

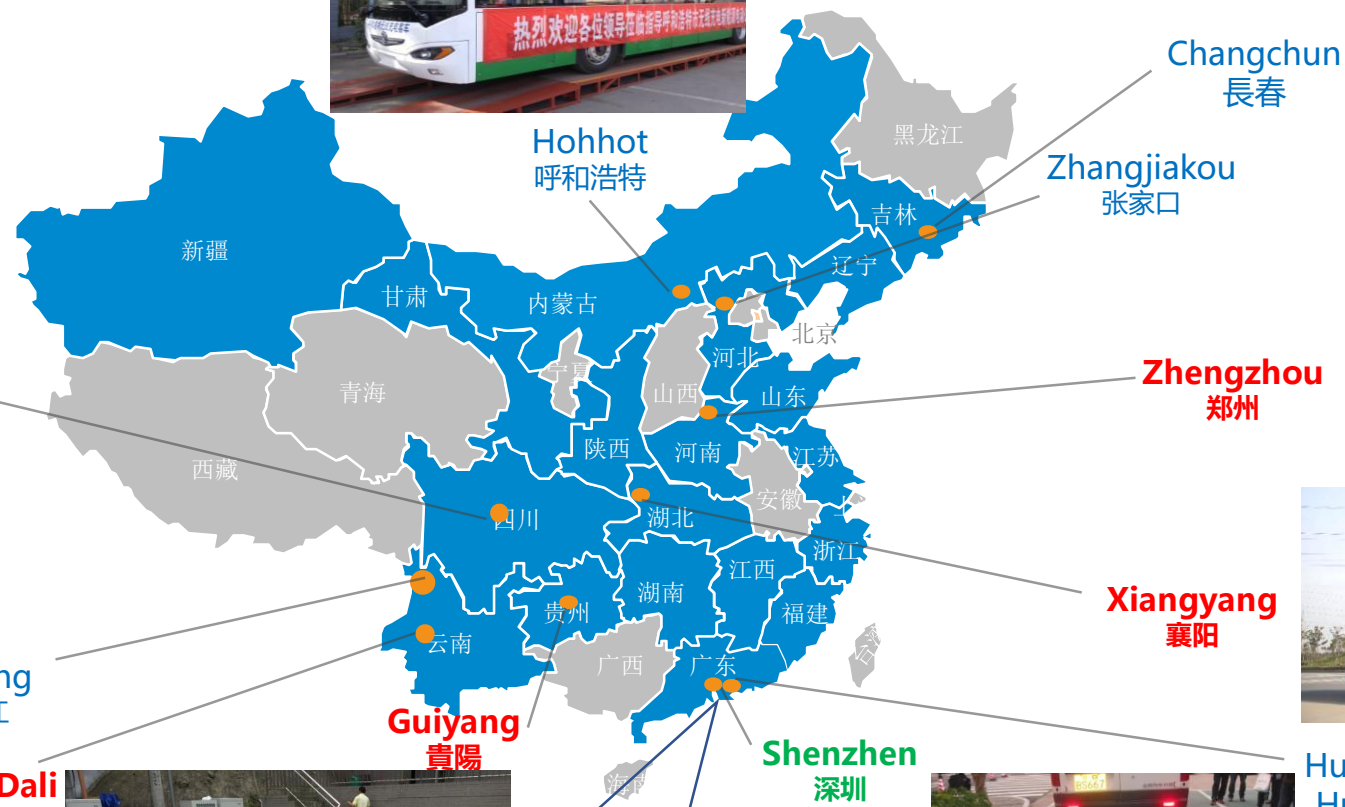
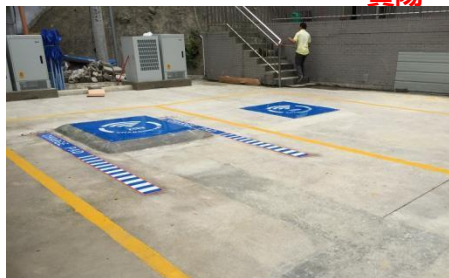
ZTE(中興通訊)のワイヤレス充電バス展開



ZTEが戦略的パートナーシップを結ぶ38市のうちe-BUSを導入した市(2015年)

赤字 2016年8月実施(環境省PJ)

緑字 2016年1月実施(Volvo PJ)

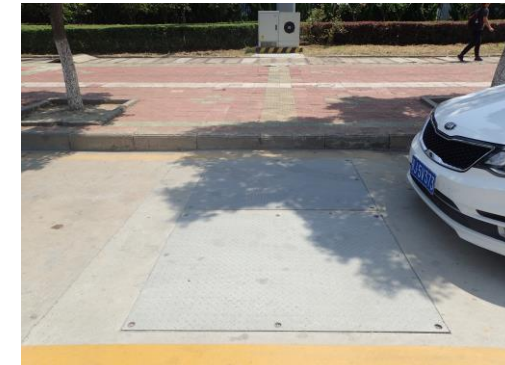


2016年12月、ZTE Smart Auto が深圳公共交通から204台のWPT付きバス受注

襄陽市のEVバス運行路(601路)と充電場所



車両外観、各2基の120kW電源盤と冷却システム、奥の高圧電源(160kVA)



横2連の車上コイル、地上コイルと正着用ハンパ、コイルと電源盤の位置関係



道幅も広く、平坦で、殆ど渋滞が見られない



ハンパに正着したバス、出発時SOC47%で約23km走行後のSOCは34%

鄭州市のEVバス運行路(B6路)と充電場所



120kW電源盤と冷却システムが5基設置、1基の電源から交互に2台のバスに充電



2台の車上コイルと地上コイル、コイル表面樹脂板の滑り止め模様



殆どBRT路線で渋滞の影響が少ない



12kV/630kVAの高圧変電盤、電池の搭載状況と無線充電のエンブレム

EVバス運行路と充電場所（運行中止都市）



成都市



ルート全長：5.5km
コイル設置：2基
電源盤出力：60kW(30kWずつ2基のコイルに給電)
運行：2015年1月開始
2016年3月中止

大理市



ルート全長：7.3km
コイル設置：1基
電源盤出力：30kW
運行：2015年2月開始
2016年6月中止

貴陽市



ルート全長：11.8km
コイル設置：2基
電源盤出力：30kW
運行：2015年7月開始
2015年9月中止



ルートが短くても、コイルの出力が30kWと小さい都市では運用が中止されている

EVバス用ワイヤレス充電システム



製造所	東芝	昭和飛行機工業	Utah State University	WAVE	中興通信 (ZTE)	OLEV Technologies	INTIS	Momentum Dynamics	IPT Technology	IPT Technology	Bombardier
型式名		SIPS30K/50k				OLEV			IPT Charge		PRIMO200
出力	44kW	30/50kW	25kW	50kW	30/60/120kW	100kW (20kW x 5)	60kW	50kW	120kW (30kW x 2 x 2)	100/200/300kW (50kW x 2/3/4)	200kW
ギャップ	10.5cm	12cm/5cm	15~16.5cm	20cm以下	16~25cm	20cm	15cm	15~20cm	4cm	13cm	1.5~4.5cm
許容位置ずれ	左右20cm 前後15cm	±10cm/±5cm	15cm	±12.5cm	±15cm		左右±5cm	40%の円内	左右±5cm 前後±5cm		左右±10cm 前後±30cm
効率	84%	92%/93%	90%	90%	90%	83%	90%	90~91%	93%	90%	90%
	AC~DC	AC~DC	DC~DC	DC~DC	AC~DC	AC~DC			AC~DC	AC~DC	AC~DC
コイル形状	Solenoid	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular	Circular
2次コイル寸法	62 x 80 x 4.65cm	120/84.7x120/84.7x 3.3cm	81cmφ	91cmφ	1m ²	125 x 69 x 11.7cm x 5	200 x 90 x 2.3cm	122cmφ	102.5 x 87.5 x 6cm x 4	110 x 108 x 5.5cm x 2/4/6	220 x 90 x 10cm
2次コイル重量	107kg	60kg/37kg	73kg			600kg (120kg x 5)	60kg	22kg	280kg (70kg x 4)		350kg
周波数	85kHz	22kHz	20kHz	23.4kHz	85kHz	20kHz	35kHz	23.5kHz	20kHz	20kHz	20kHz
発表時期	2015	2008/2011	2012/11	2016/6	2014/9	2014/9	2014/9	2013/9	2014/1	2016/1	2014/3
備考				通信はDSRC	2次コイル昇降式もあり	KAISTの事業実施会社			2次コイル昇降式	ニーリング機能	2次コイル昇降式 FOD、清掃装置
写真											



1. ワイヤレス給電システムの必要性
2. EV用ワイヤレス給電システム
3. バス用ワイヤレス給電システム

4. 道路上における課題

5. 今後の方向性 ～走行中給電～
6. まとめ



標準化などの課題



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

バス等大型
車輛向け

21.05-
38.10kHz

42.00-
56.19kHz

69.93-
71.43kHz

81.38-EV向け
90.00kHz

140.91-
148.5kHz

最近、SAE、QualcommHalo、ドイツのメーカー等が85kHz帯を推奨するようになった

欧米での要求が強かった

SAE J2954 Ver.1.0推奨範囲(20～100kHz)

VDE推奨範囲(140kHz +50/-20kHz)

10kHz

50kHz

100kHz

150kHz

200kHz

未決定

ほぼ85kHz帯で
決定

134.2kHz:スマートキー/イモビライザー
(トヨタ、スズキ、マツダ)

125kHz:スマートキー/タイヤ空気圧モニタ
(ホンダ、日産、三菱、ルノー、フォード、現代、ボルボ)

95/110/117kHz:駐車場車両検知システム

40/60/77.5kHz:電波時計

22kHz:スマートキー(アウディ)

20kHz:スマートキー(ベンツ)

コイル形状の標準化

サーキュラー方式
(円形コイル)



DD/DD-0方式



ソレノイド方式
(トランス巻き)



主として、
この両者で
互換性協議



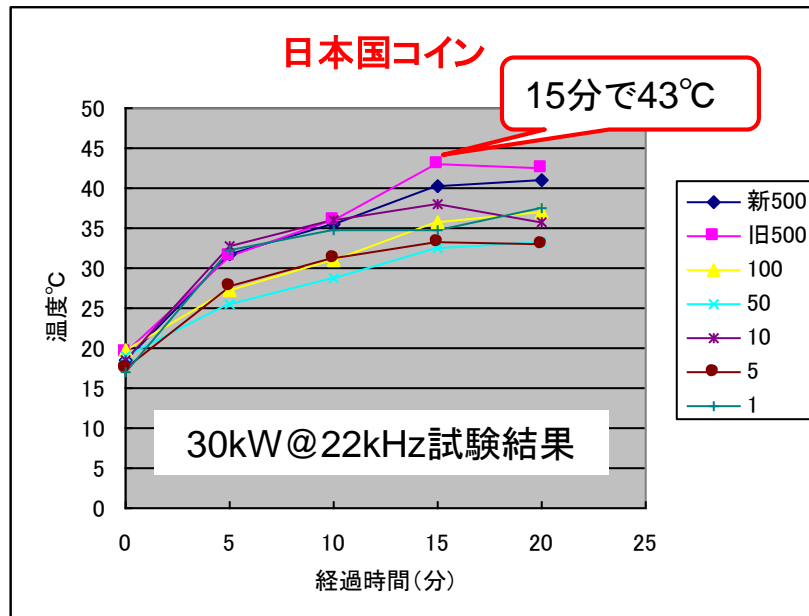
異物の侵入への課題

異物挟み込みによる温度上昇と対応が要求される充電時期



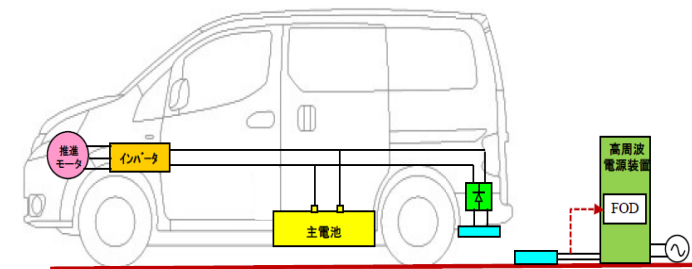
平板形状以外の金属試料の温度上昇

- ・コイン
面積が小さく温度上昇は大きくない
- ・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°Cで大きくない
- ・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

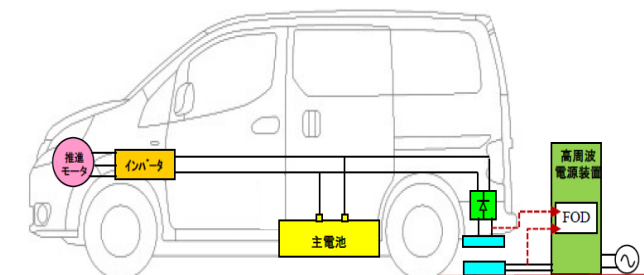


対応が必要な充電時期

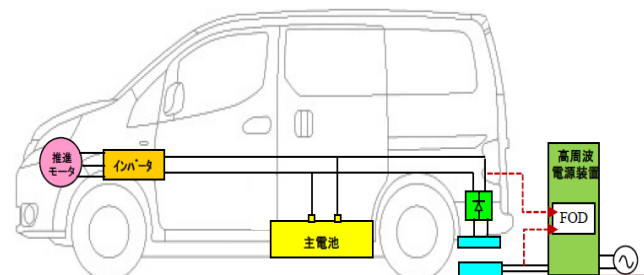
(a) 給電前



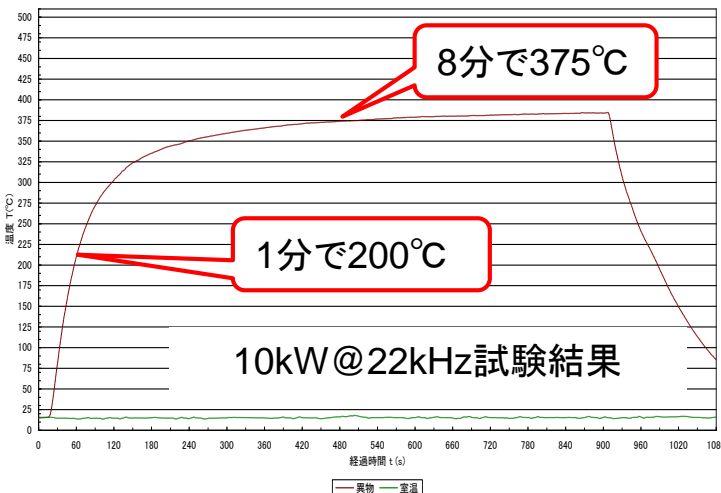
(b) 給電準備中



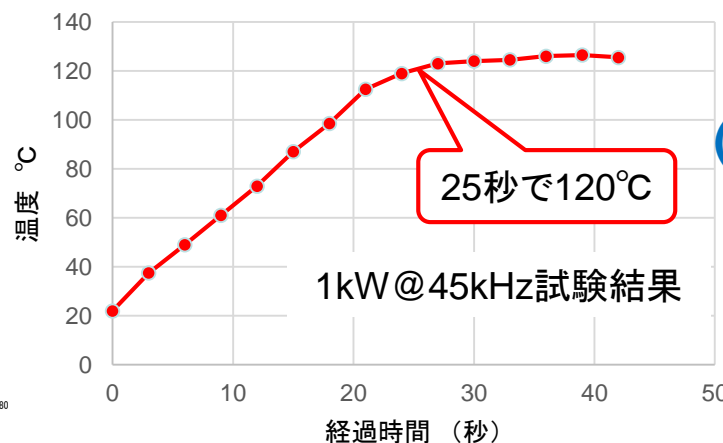
(c) 給電中



ステンレスたわし



スチール缶



Qualcommのシステム



図: Qualcomm資料

東芝・早大による環境省プロジェクトでの異物検知と生体検知



地上コイル脇に地面すれすれに設置されたレーザーセンサー

生体検知

Qualcommの提唱するシステムでは

- ・異物検知 (FOD)
- ・生体検知 (LOP)

地上コイルの周囲では、空中あっても、人体を検知するシステムが必要

の2種類の検知センサーを搭載



地上コイル脇に蹲る人物

検知ランプが点灯し、
給電停止

利点

- ・給電前～給電中まで検知をすることが可能
- ・異物検知だけでなく生体検知も可能
- ・コイル上だけでなく周辺および空中での生体検知が可能

課題

- ・貨幣のように薄いものの検知が困難



道路上設置の課題

道路法の課題への対応

1. 法的規制

道路に施設を設置して継続して道路を占有することは、道路法第32条に規定（国交省）
また道路の使用許可は道路交通法第77条に規定されている（総務省）

2. 許可申請

道路上設置と運用には所轄警察署と道路管理者の許可を受ける必要がある

★道路上設置のための各種道路要件規定が無く、
法的整備が待たれる

現状では

- ・駐車場
- ・バス営業所などの構内
- ・バスベイ
- ・特区

にしか地上コイルを設置できない

耐荷重性
スリップ性
メンテナンス性 等々

海外でも

イタリア
トリノ市

Wampfler社のIPS

出典：Wampfler受領資料

バスの下に
コイルが
地中設置さ
れている

・バスベイ



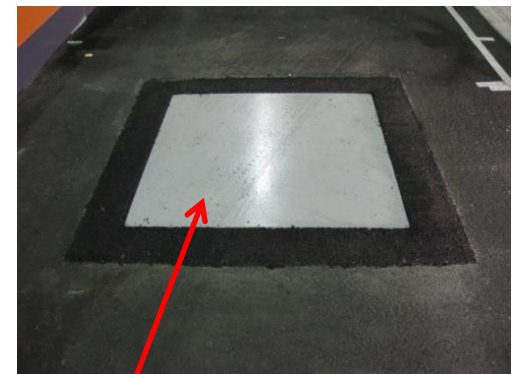
・専用道路



50kWタイプ



設置後

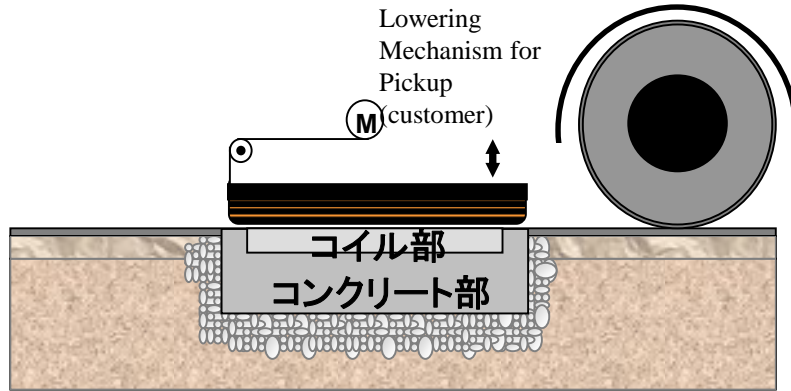


地上面と面一になるように
地中にコイルを埋め込む

コイル間ギャップの保持方法

2次コイル昇降方式

Wampfler本社デモ用IPTバス(2002年)



東京ビッグサイト(2011年)

大ギャップ方式

早稲田大学WEB(2009年)



WEB-1 Adv.・IPS

80mmギャップ
リーフスプリングで車高固定
(マウンド方式)



WEB-3・IPS

120mmギャップ
ニーリング機能により車高変更
(大ギャップ方式)

国交省/日野自動車IPSバス(2009/2011年)

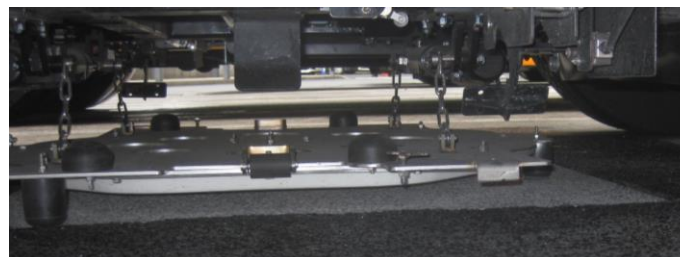


昭和飛行機製IPSの設計寸法

- 最低地上高 : 198mm
- 《内訳》
- ニーリング寸法 : 50mm
- コイル間ギャップ : 50mm
- コイル昇降寸法 : 98mm

148mm

1次コイル設置改善(道路面と面一にする)と電磁波漏洩改善(結合係数K値が大きくなり漏れインダクタンスが小さくなる)が可能



出典：国交省次世代低公害車報告資料

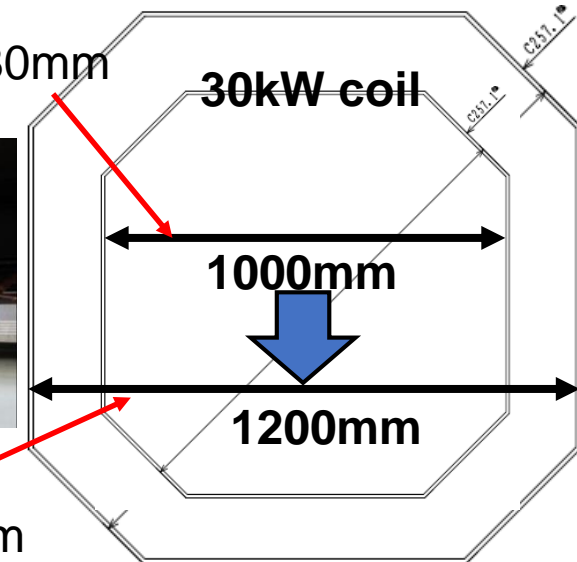
Gap 80mm

30kW coil

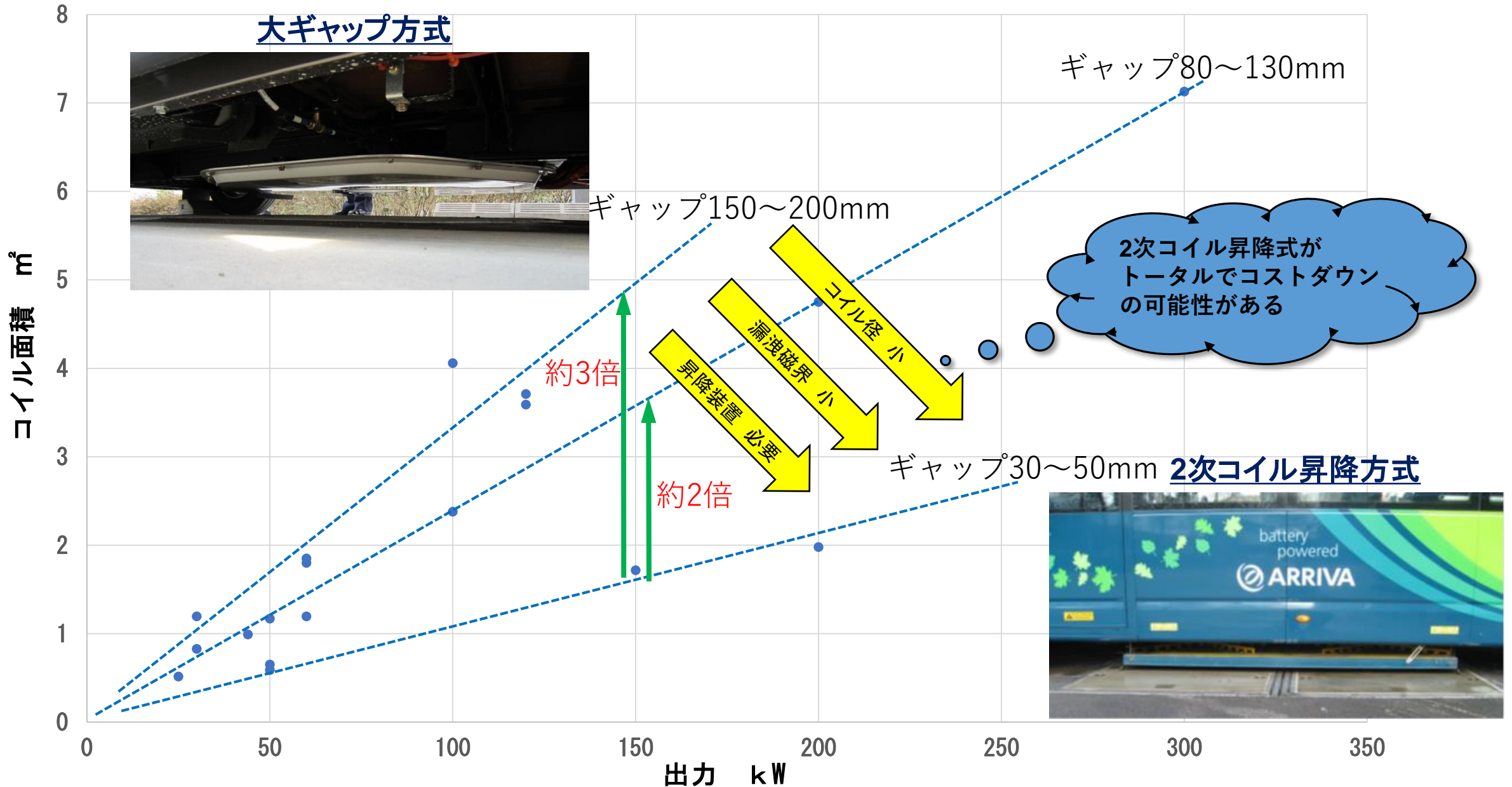
1000mm

1200mm

Gap 120mm



出力とコイル面積およびコイル間ギャップの関係

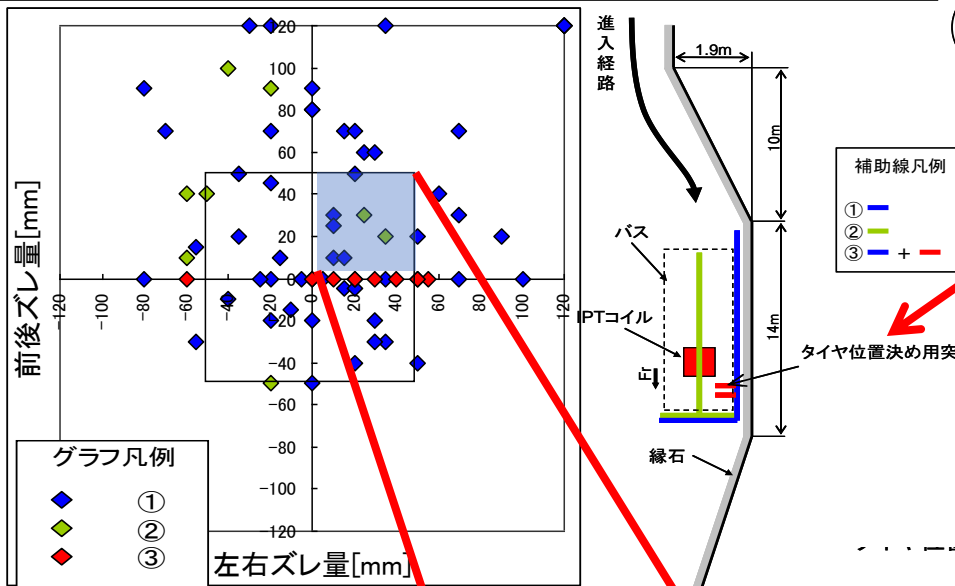




正着性への課題

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)



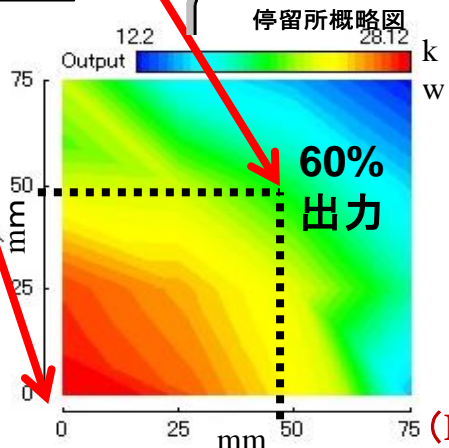
夜間でも前後方向の正着性は確保できた



IPSハイブリッドバス @ビッグサイト (2011-12-5)



【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



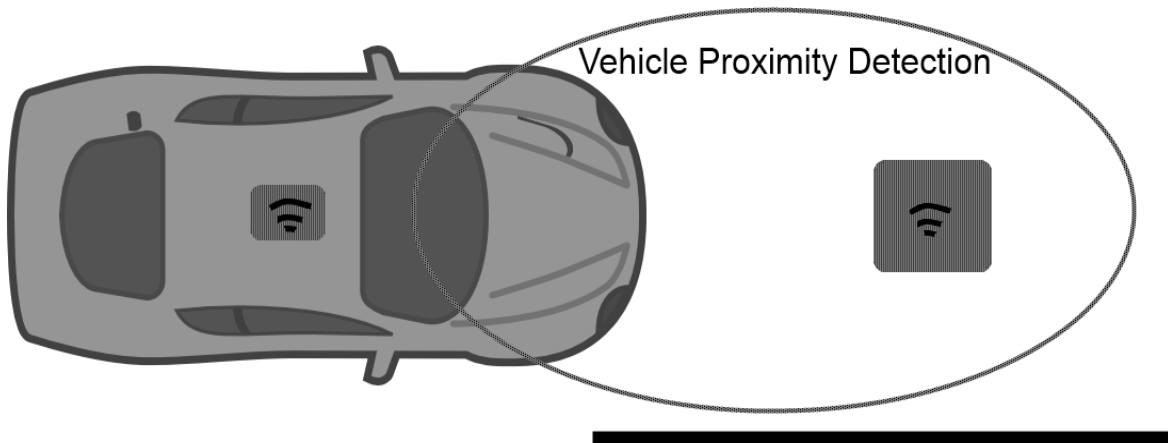
出典: 交通安全環境研究所公表資料

距離-出力試験 WEB-1@なら瑠璃絵 (IPT30kW型での試験結果) (2011-2-8~14公開)



SAE J2954 Proposed Draft

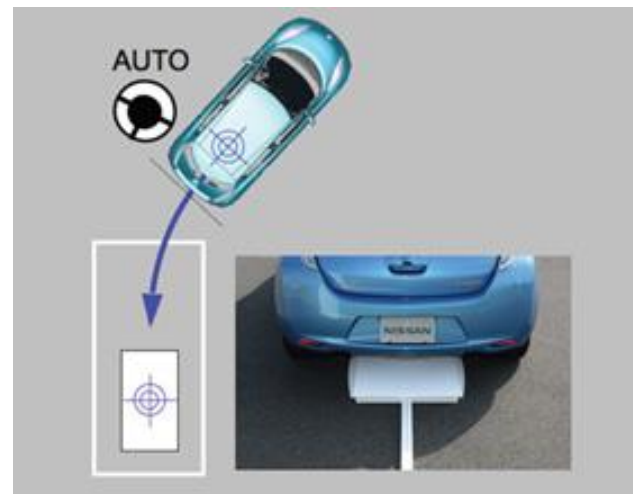
- 1) Magnetic Field Alignment (Existing and Auxiliary)
 - 2) Radio Frequency Identification (RFID) Alignment
 - 3) Optical Alignment
 - 4) Global Positioning System (GPS) Alignment
 - 5) Radio Frequency (RF) Alignment
 - 6) Mechanical Stop Alignment
 - 7) Additional Alignment Methods
- 1)~5)は車両近傍での検知



Vehicle Alignment Concepts

出典: SAE J2954 インターネット資料

アドバンスドパーキングシステム



出典: <http://www.nissan-global.com/JP/TECHNOLOGY/OVERVIEW/wcs.html>

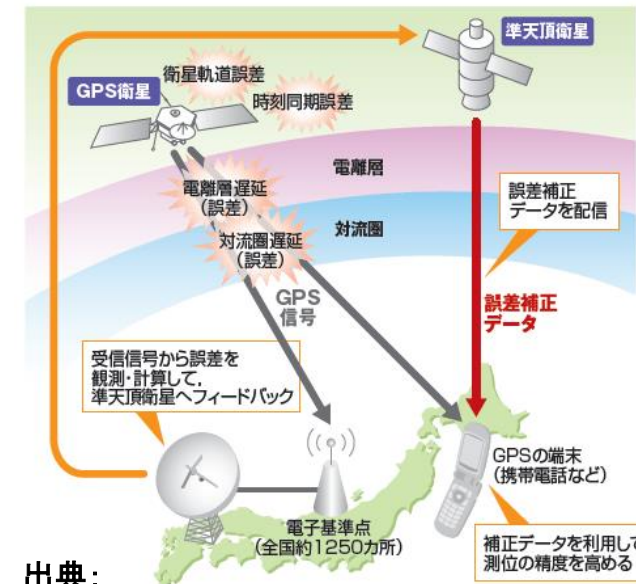
上記はいずれも補完



将来的には

自動運転による
コイル上への駐車

準天頂衛星でGPS精度を補完



出典: <http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20090202/323987/?rt=ocnt>



出典: <http://seekdrive.net/?p=15296>



大電力化への課題

接触式急速充電バスおよび超急速充電装置での課題



ちいばす 東芝超急速充電 160kW

1ルートでの電力消費量
満充電までの充電時間
CHAdeMO **25分以上**
160kWシステム **7~8分**

**超急速充電だと
ディーゼルバス並の
運行が可能**

160kWのコネクタは約10kgあり女性が扱うのには非常に重い
(港区のバス営業所で調査@2014年12月)

160kW型ワイヤレス給電ができれば利便性は非常に高まる

Comboでは既に140kWで使用されていて、同じ女性が片手でハンドリングできる重量(ベルギーのBruges市で調査@2015年10月)

2017年3月、CHAdeMO協議会は2017年中頃に150kW型の設置を行うと発表



すみりんちゃん
CHAdeMO 50kW
バス営業所(1か所)



はむらん
JFE方式急速充電 50kW
ターミナル(1か所)



宇宙ばす
CHAdeMO 50kW
ターミナル(2か所)



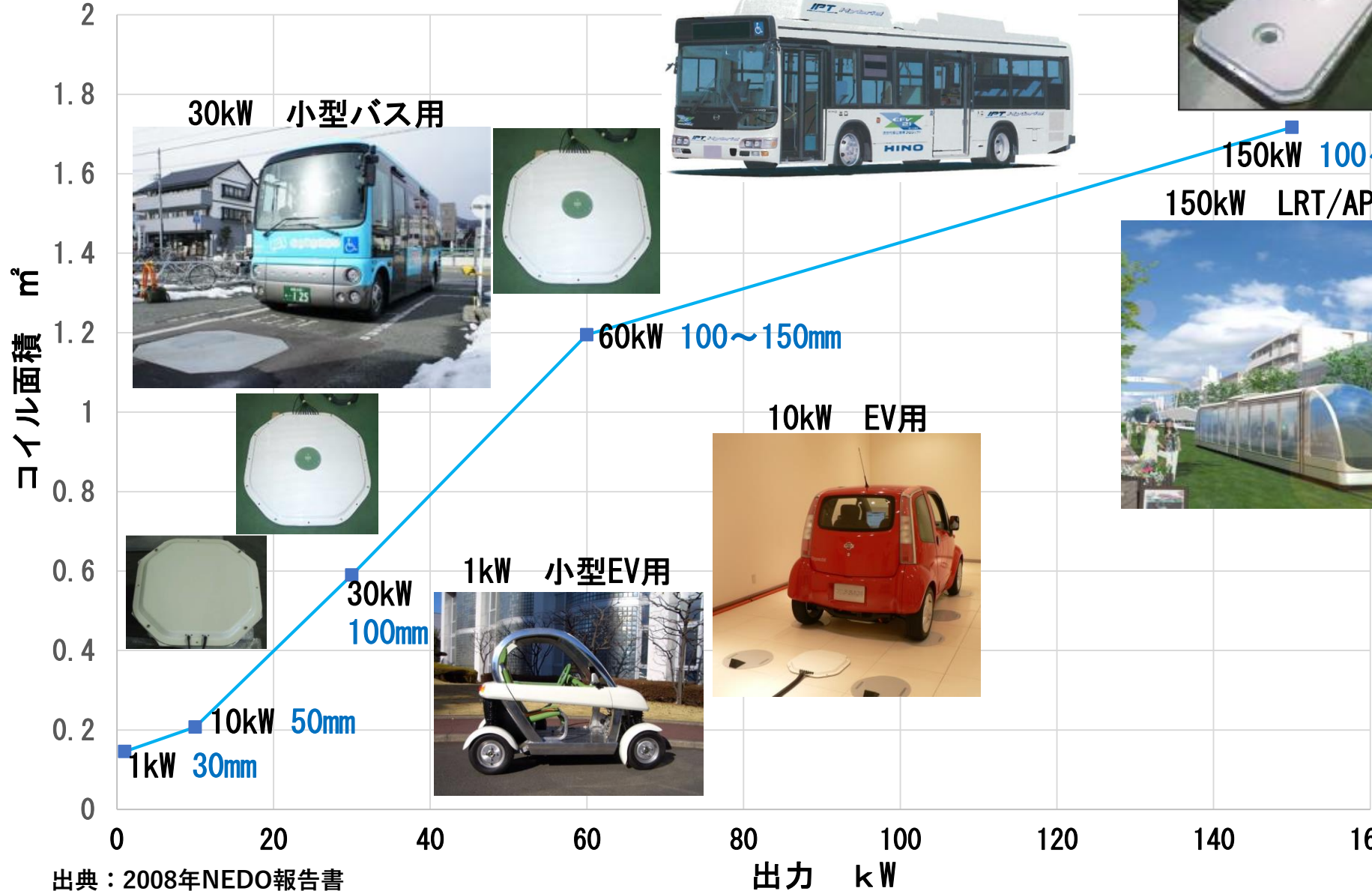
北九州市営バス
CHAdeMO 50kW
バス充電所(2か所/夜間)
出典:横井氏資料

急速充電では30分程度の充電時間を必要とし、給油並に短縮させる必要がある

ワイヤレス給電における出力とコイル面積の関係



青字数値はコイル間ギャップ

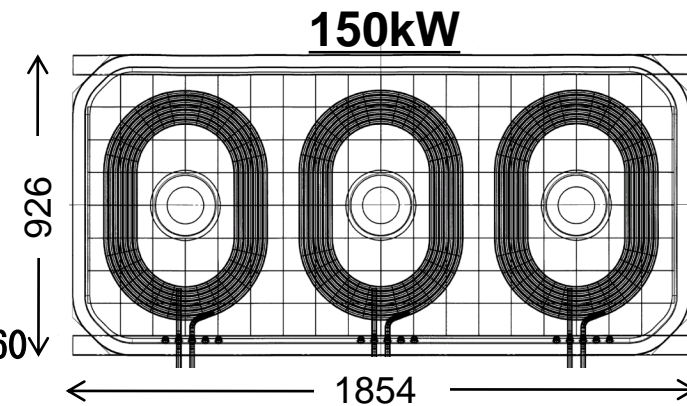
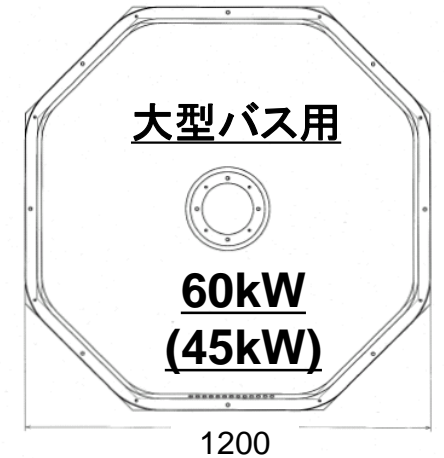


60kW 大型バス用



150kW 100~150mm

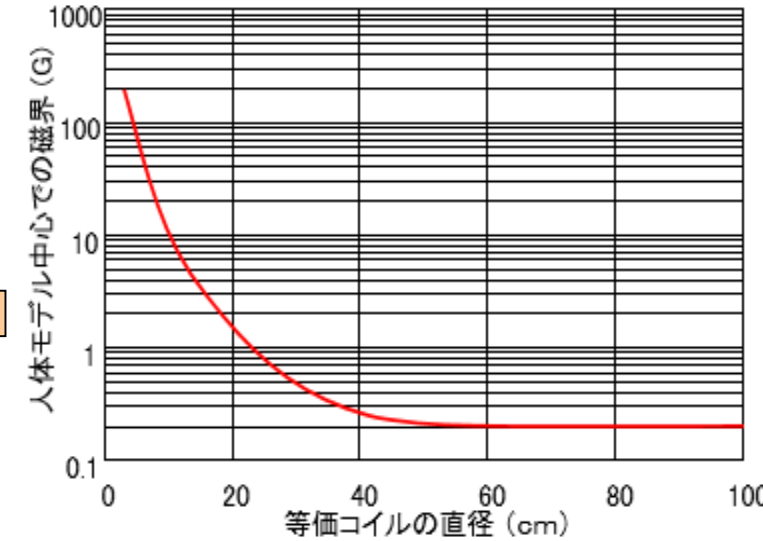
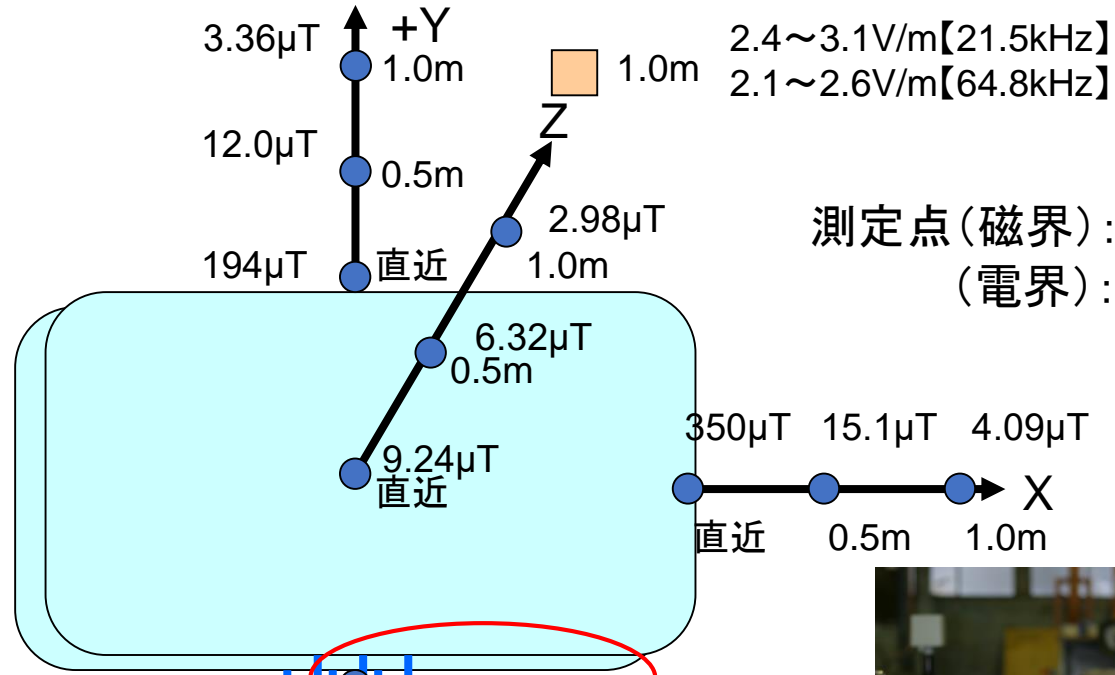
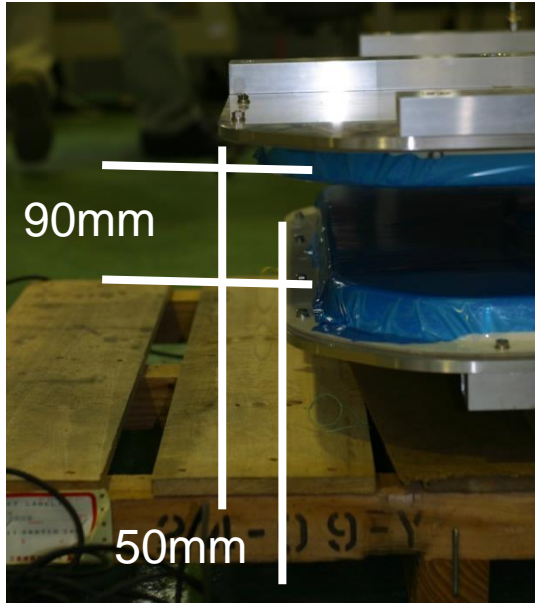
150kW LRT/APM用



150kWシステムにおける漏洩磁界の距離的影響



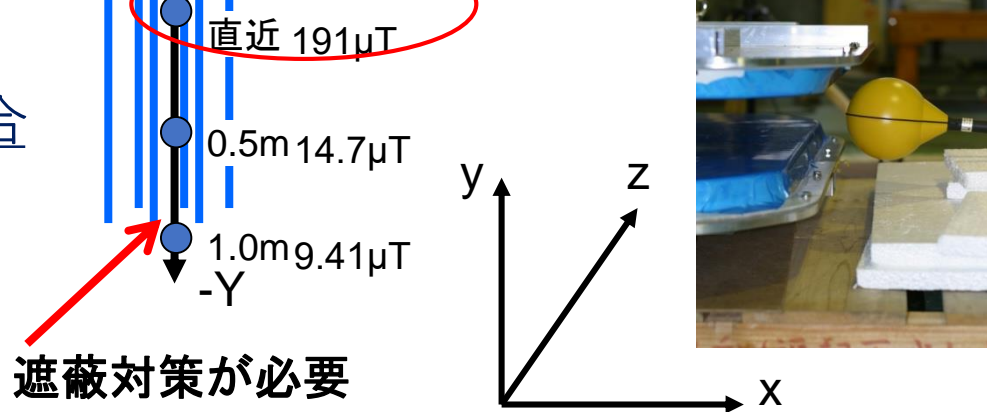
Gap : 90mm
x方向ズレ50mmの場合



磁界発生源が大きいほど
弱い磁界でも人体に影響

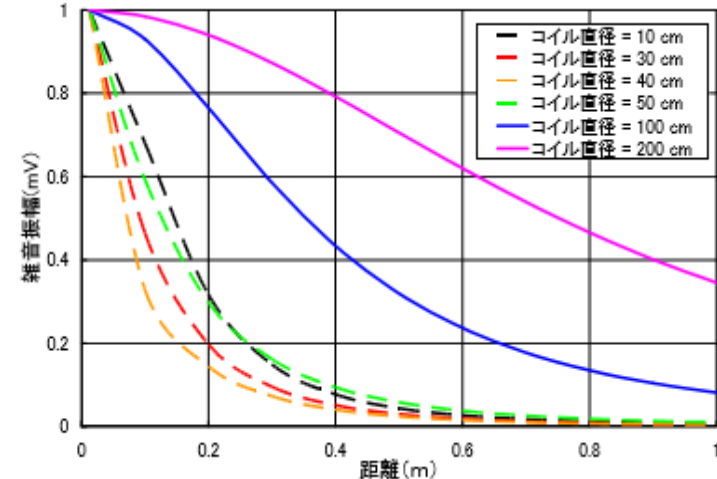
x方向ズレ無し、距離0.5mの場合

ギャップ		90mm	110mm
出力		150kW	120kW (*)
方向	X	12.6 μ T	15.2 μ T
	+Y	11.2 μ T	13.7 μ T
	-Y	13.7 μ T	14.4 μ T
	Z	5.85 μ T	6.92 μ T



150kWシステムでは漏洩磁界が非常に大きいため
ギャップを小さくする必要がある

出典：2008年NEDO報告書



磁界発生源が大きいほど
離れても減衰し難い

出典：豊島健,電波利用環境シンポジウム資料

(*)110mmでは120kWしか出力できなかった

海外での大型車両への大電力充電の取り組み



	接触式	非接触式
静止中 充電	<p>100kW~600kW 寧波市/ Yongping (2016)</p>  <p>Hamburg市/ Siemens (2015)</p>  <p>欧米・中国では運用されている</p> <p>トロリーバスが使われている国では導入が容易</p>	<p>120kW~200kW</p> <p>Braunschweig市/ Bombardier (2014)</p>  <p>Milton Keynes市/ IPT Technology (2014)</p>  <p>欧米・中国では運用されている</p>
走行中 充電	<p>130kW~720kW</p> <p>Göteborg市/ Volvo (2003)</p>  <p>Gävle市/ Scania(2016)</p>  <p>移動の自由度が少ない</p> <p>電極のメンテナンスが大変</p>	<p>140kW~200kW</p> <p>Södertälje市/ Scania (2016)</p>  <p>亀尾市/ KAIST (2013)</p>  <p>現状では未だ開発初期段階</p>

写真出典: ネット資料

写真出典: ネット資料

欧州の接触式超急速充電バス



Luxembourg
運用中止*

Münster
運用中止

Umeo
運用中



Paris
2016年3月運用中止

Stockholm
運用中



Geneva
運用中止*

Gothenburg
運用中

Hamburg
運用中



Nice
2016年6月から改修工事

Warsaw
運用中



Cagliari
運用中止*

Dresden
運用中*

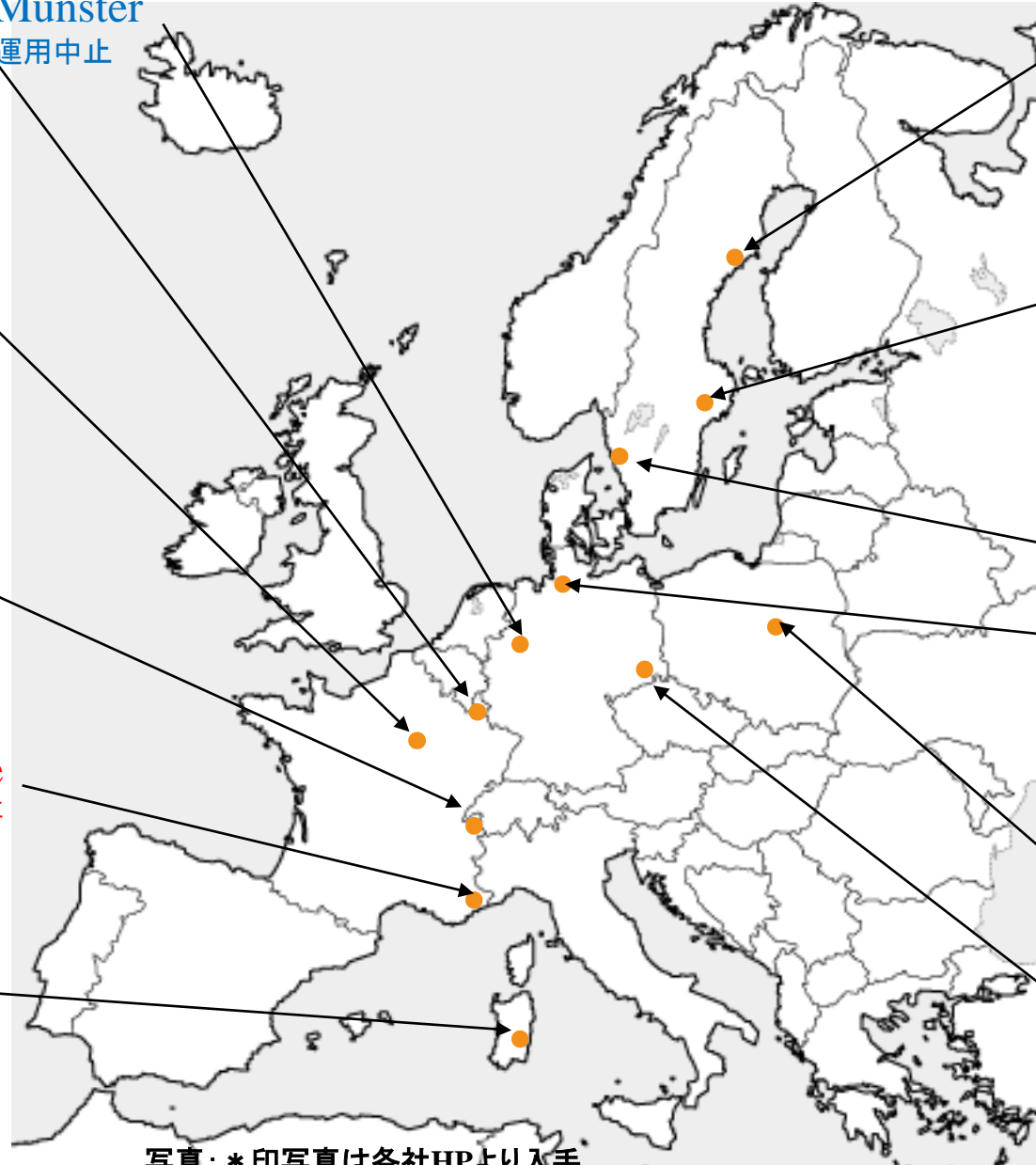


写真: * 印写真は各社HPより入手

Stockholm市での接触式超急速充電



運行状況

- ・運行時期 2015年3月
- ・運行ルート Line73
Ropsten T-bana~Karolinska Institute
- ・対象バス 8台のPHVバス(Volvo7900)
- ・走行距離 8.4km
- ・走行時間 27分間
- ・運行間隔 30分ごとに運行
- ・バス停留所数 15か所

超急速充電システム

- ・両ターミナルに充電器(Siemens製)
Ropsten ; 2015年8月
Karolinska ; 2015年秋、工事中
- ・出力 300kW
- ・充電時間 6分間
- ・満充電で7km走行



Karolinskaでの充電状況



電源装置建屋



電源装置建屋内部



カバーのないパンタ部



位置合わせ状況



Ropsten駅の充電場所

運行状況

- ・対象バス
満充電走行距離
- ・運行ルート
- ・走行距離
- ・走行時間
- ・運行間隔
- ・バス停留所数

超急速充電システム

- ・方式
- ・充電場所
- ・電源容量
- ・充電時間
- ・1充電走行距離
- ・挿抜時間
- ・位置決め公差

電気バス(PVI製)
20km
Cote d'Azur Airport
Terminal1~Terminal2
3.9km
5分30秒
5~10分ごとに運行
9か所

PVI製WATTシステム
両ターミナルに充電器(超高出力充電) ○丸
商用電力から直接受電
4か所のバス停に充電器(超高速充電) ○丸
2~4kWhキャパシタ搭載充電器

ターミナル	300~600kW
バス停	15kW以下
ターミナル	3~5分間
バス停	17秒間

乗客が乗降する20秒間以内
800m@17秒充電
5秒以内
進行方向30cm
左右方向40cm



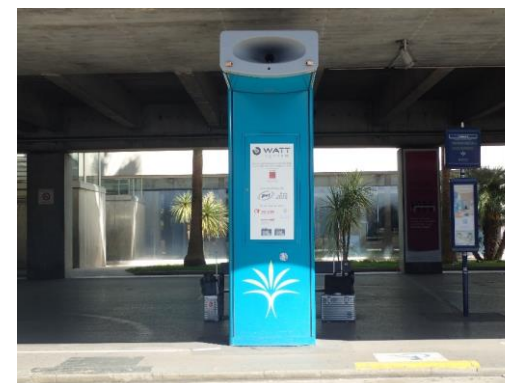
図:PVI資料より入手



充電コネクション状況



ターミナル1での充電器



充電器正面



バス停での充電器



1. ワイヤレス給電システムの必要性

2. EV用ワイヤレス給電システム

3. バス用ワイヤレス給電システム

4. 道路上における課題

5. 今後の方向性 ～走行中給電～

6. まとめ

1. 搭載電池の改良と増大

電池容量	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



特殊CHAdeMOによる大電力充電が必要で、運用場所が限られ、プロジェクトは成功しなかった

2. 急速充電器設置

2017.4.8現在の急速充電器設置数 13,907 台

国内 7,123 台

海外 6,774 台

3. 充電渋滞の発生



高速道路サービスエリアでの充電渋滞の状況

出典: <http://www.chademo.com/jp/pdf/qckasyosui2.pdf>

航続距離と充電問題の解決法

電池の「カセット」化

電池交換

ベタープレスの電池交換システム

自動制御により1.5分で交換、大規模なシステムが必要

2013年5月26日、ベタープレス社解散発表

中国では電池交換式電気バスが運用されている

EVの「電車」化

走行中給電



1990年当時の雑誌記事

1980年代のPATHプロジェクトで走行中給電は成功、課題は電磁漏洩対策

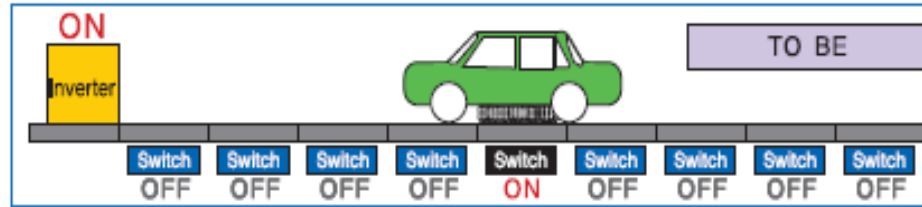
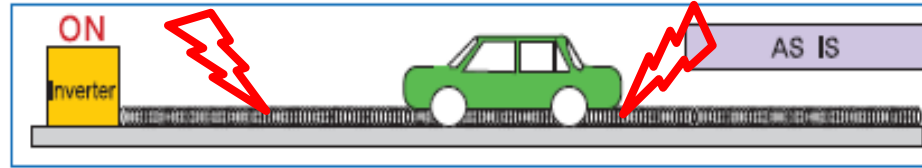
Juiced-Up Roads To Power Electric Cars (EVに燃料を補給できる道)

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
 27cmギャップを効率75%で200kW送電
 車両側ピックアップは5台
 給電コイル幅80cm



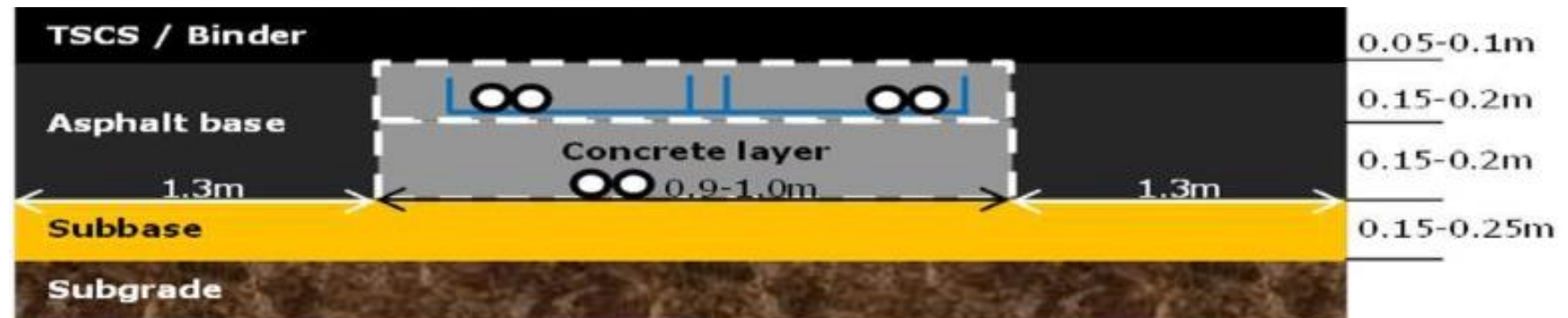
Segment method



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

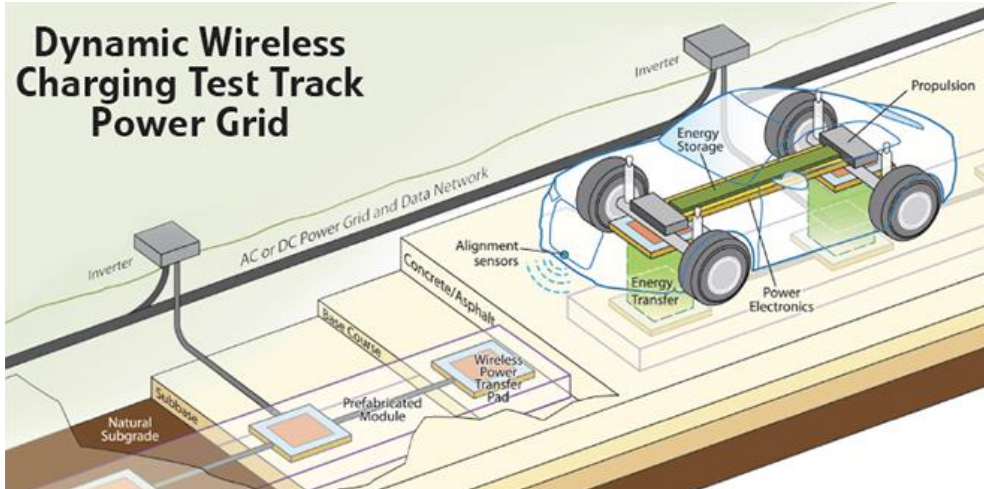
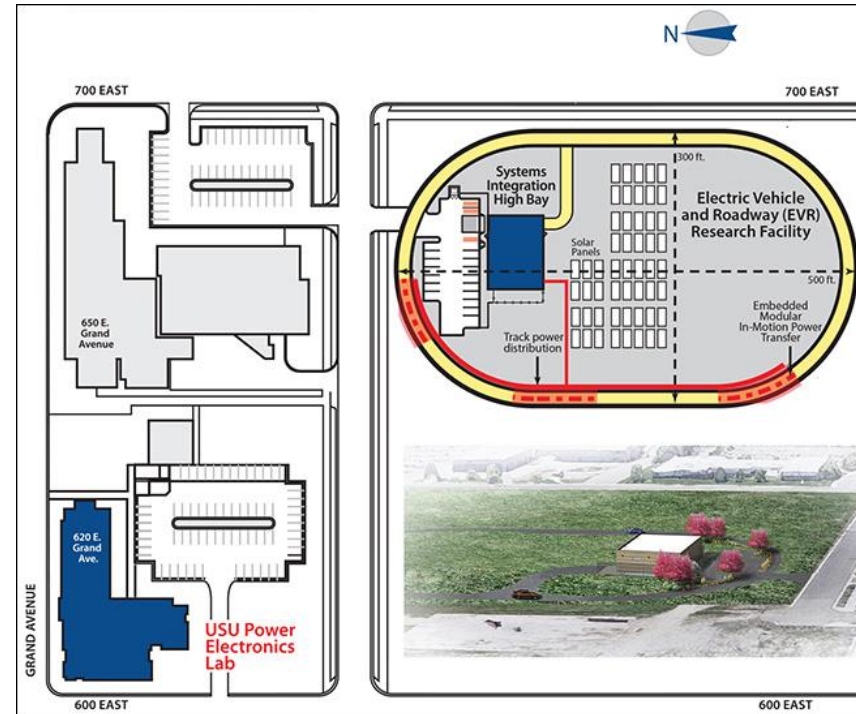
Yeosu(麗水市) Exipo 2012
 3.5km中36mで走行中給電



Electric Vehicle and Roadway (EVR)

2015年Q2にユタ州立大キャンパスに設置
試験路仕様

- ・寸法
長径 500フィート(152.4m)
短径 300フィート(91.4m)
周長 1342フィート(409m)
 - ・充電場所 3ヶ所
 - ・充電距離 ¼マイル(400mほど)
- ワイヤレス給電システム仕様
- ・出力 750kW(AC〜トラック間)
 - ・総合効率 80%以上
10年以内に90%台が目標



コイルは電磁漏洩対策として、一般的な進行方向に長い形状ではなく、静止型と同じものを埋め、車両の進行に応じてスイッチング制御で切り替えて、充電する

電気自動車と道路施設の経過観測を実施中



欧州の走行中給電プロジェクト



計画、デモ段階のものが多く、
なかなか実現しない



London

Highway EnglandがFS実施、TRLが検討を引き継ぐ



Satory

2017年から実験開始



Gävle

2016年6月開始、
パンタグラフ接触式



Gothenburg

2013年6月、
地上接触式



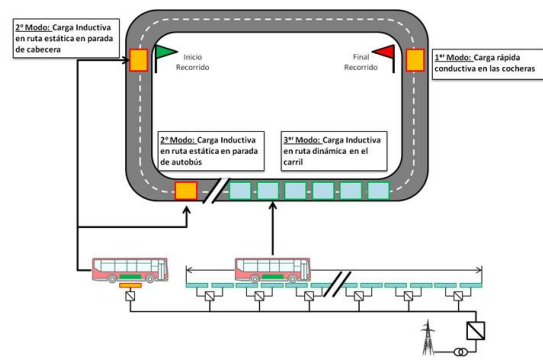
Lommel

2012年実験終了



Malaga

Torino / POLIT
Torino / SAET



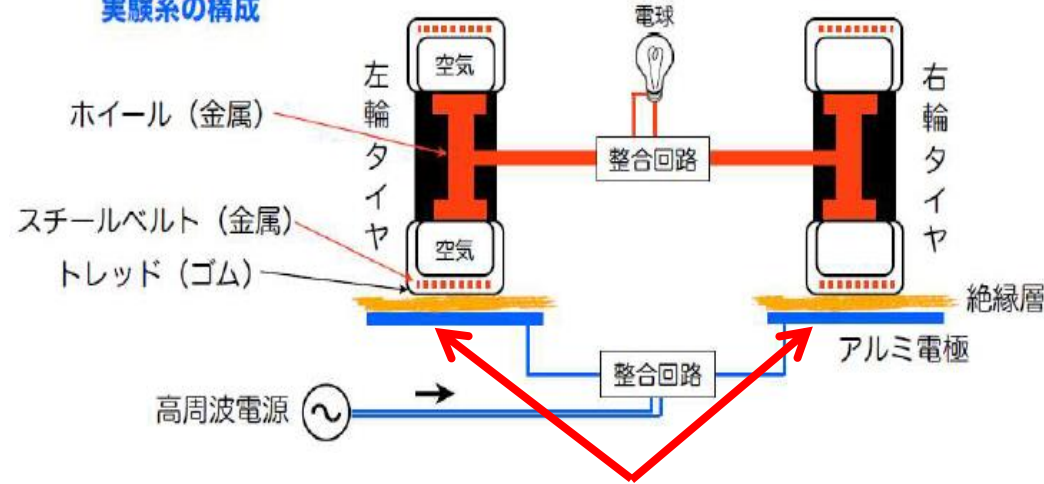


豊橋技術科学大学

V-WPT (Via Wheel Power Transfer方式)

電界共振結合方式なので電磁漏洩は少なくできる

実験系の構成



両輪間の絶縁の確保が難しい



CEATEC2014
大成建設と共同開発

出典: 豊橋技術科学大学資料より

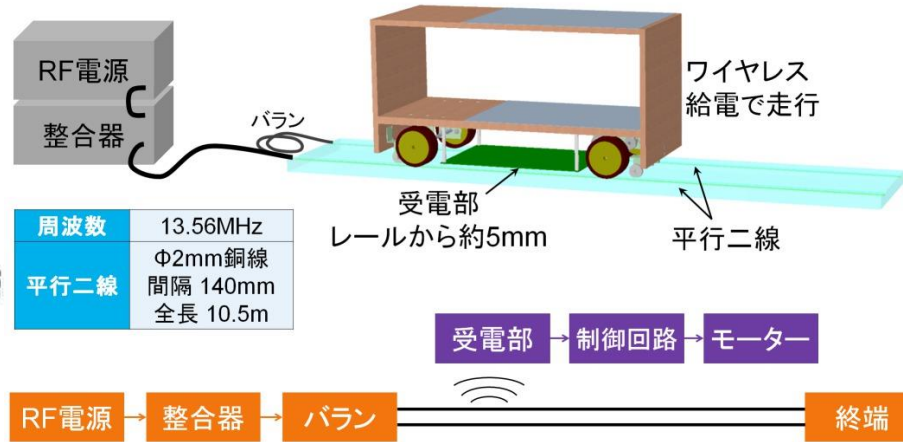


2016年5月
キャンパス内にて走行実験

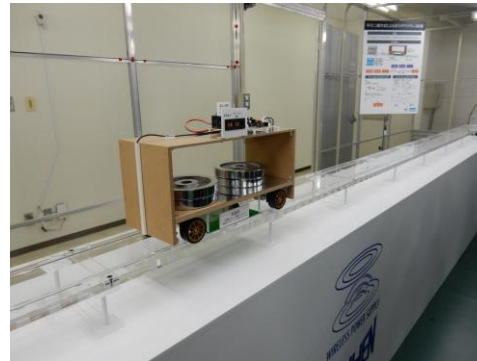
ダイヘン/奈良先端科学技術大学院大学

平行二線方式

磁界共振結合方式でコイルが無く安価にできる



平行二線間からの電磁漏洩が心配



2014年12月
大分工場内でデモ走行実験

出典: <http://www.synthesis.co.jp/product/wpt/>

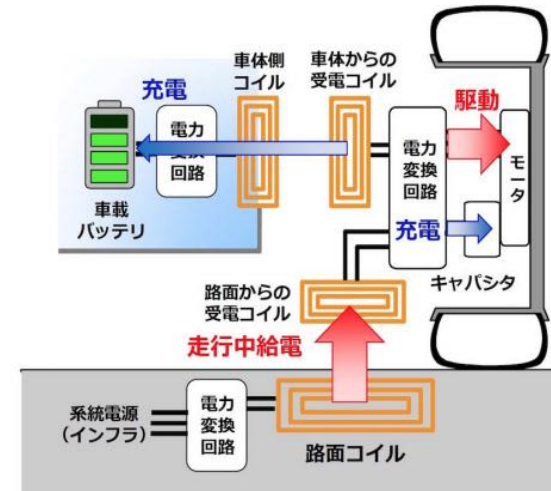


2017年1月
大分工場内にて走行実験

東大/東洋電機製造/日本精工

コイル埋設/インホイール方式

磁界共振結合方式



脚下荷重の増加が心配

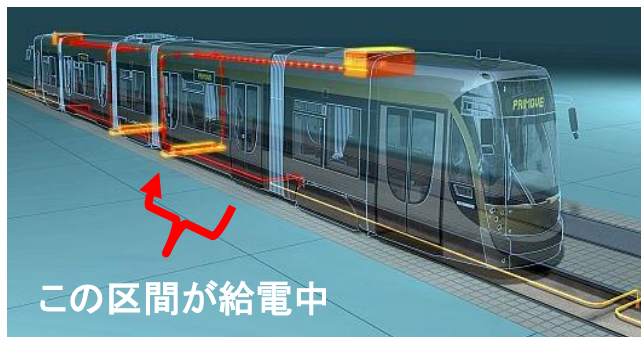


2017年4月
キャンパス内にて走行実験
<http://www.nikkei.com/article/DGXMZ015038230X00C17A400000/>

走行中給電の課題とその対応

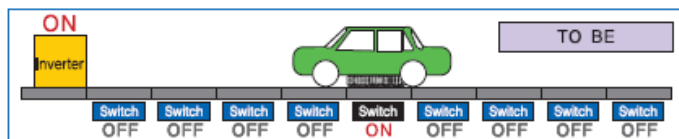
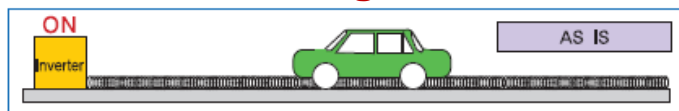
電磁放射への各種対策が必要

・BOMBARDIER PRIMOVE技術



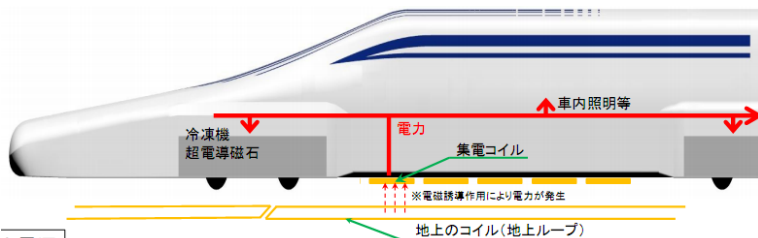
この区間が給電中

・KAIST Segment method



高度な制御システムが必要
コストの増加

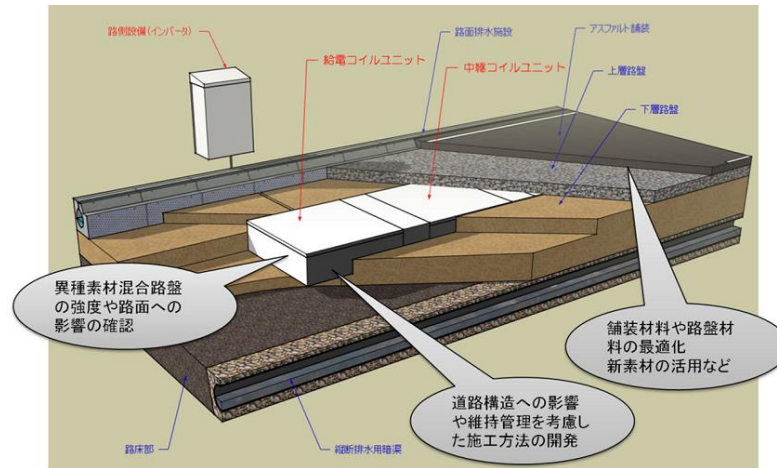
・国土交通省超伝導リニア 10kHz未満



システムが大型になる

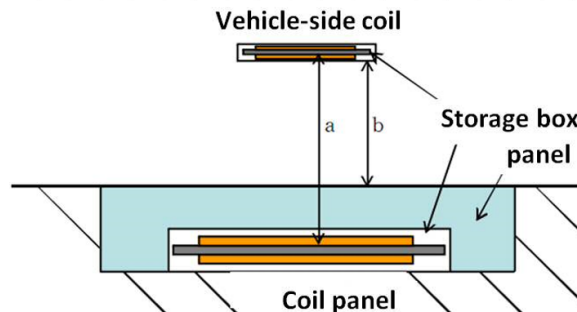
道路埋設への各種対策が必要

・国土技術政策総合研究所の検討



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

・高速道路総合技術研究所の検討

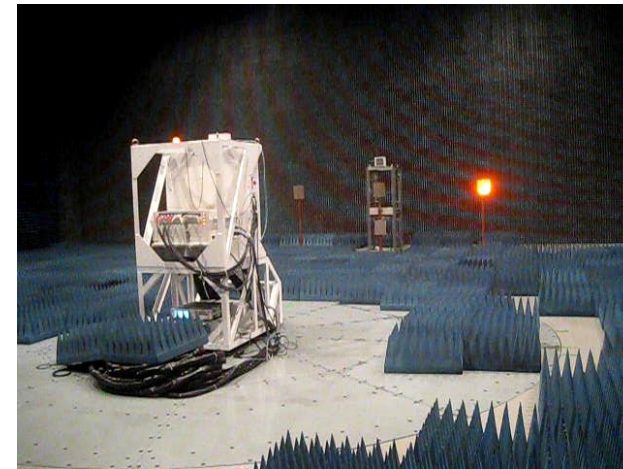


道路埋設にあたってはコンクリート埋設コイル構造

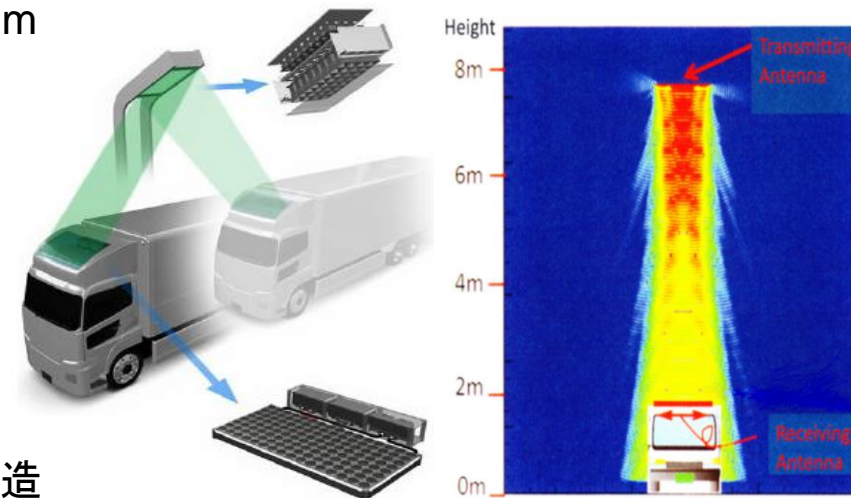
ギャップ化が必要 電磁漏洩の増加
コストの増加

道路埋設への対策の一例

・京都大学での検討 安価にできる可能性



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



1. ワイヤレス給電システムの必要性
2. EV用ワイヤレス給電システム
3. バス用ワイヤレス給電システム
4. 道路上における課題
5. 今後の方向性 ～走行中給電～

6. まとめ

- ・電動路線バスにおける急速充電システムではディーゼルバス同等の運用は困難
現行CHAdeMOの50kW級では30分近い充電待機が必要
- ・コネクタ式超急速充電システムは運転手へのコネクタハンドリングの負担が大きい
160kW超のコネクタ重量とケーブルハンドリングが大変
2017年中頃に設置が始まるCHAdeMO150kW級に期待
- ・ワイヤレス給電システム(WPT)により運転手への負担が大きく軽減される
運転手席でタッチパネルを押すだけで充電ができる
- ・日本では電源の関係から50kW級WPT迄の運用実績しかないが、150kWシステムまでは製造実績がある
欧州では1コイルで200kWのものが実運用されていて、300kWまではカタログに載っている
- ・大出力、大ギャップのWPTでは電磁漏洩の抑制が課題
大出力ではコイル間ギャップを小さくする方策がトータルではコストダウンになる
- ・接触式大電力充電システムは路線バス運用において課題の少ない方法である
日本では道路上設置での課題があり、これからの検討がさらに必要
- ・走行中WPTはコスト、電磁漏洩の課題の克服が困難
いろいろ計画されているが、コスト、規制の点からなかなか実現しない



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

s.takahashi15@kurenai.waseda.jp