

招待講演

環境に優しいモータ／キャパシタ／ワイヤレスへの
パラダイムシフト

東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授

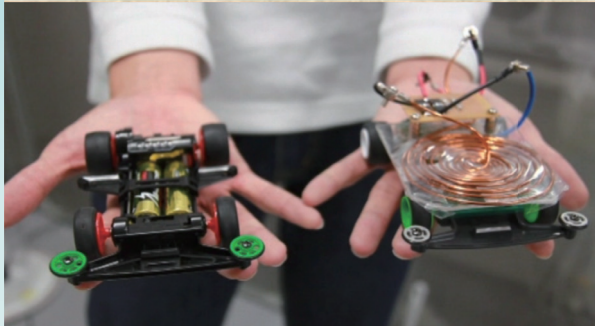
堀 洋一

環境に優しい モータ／キャパシタ／ワイヤレス へのパラダイムシフト

堀 洋一

東京大学新領域創成科学研究科先端エネルギー工学専攻
東京大学工学系研究科電気系工学専攻

IEEE Fellow, 電気学会フェロー, 自動車技術会技術担当理事,
WEVA(世界電気自動車連盟前会長)



1955年 愛媛県生まれ

1978年 東京大学工学部電気工学科
卒業

1983年 工学系研究科電子工学専門
課程博士課程修了, 工学博士

電気工学科助手, 講師, 助教授を経て,

1995年 工学部総合試験所助教授

2000年 工学部電気工学科教授

2002年 生産技術研究所教授

2008年 新領域創成科学研究科教授

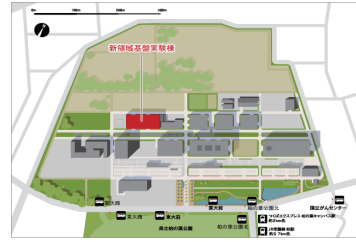
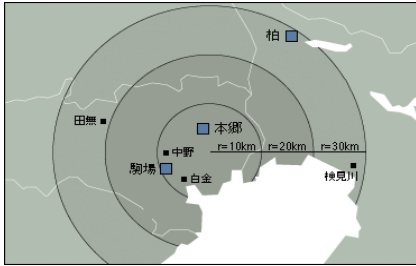
(1991-1992年 米国カリフォルニア大学
バークレー校客員研究員)

2021年3月 退職 2020.7.14で65歳

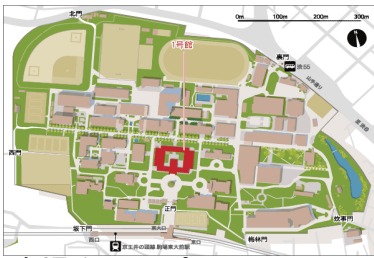


東京大学

THE UNIVERSITY OF TOKYO

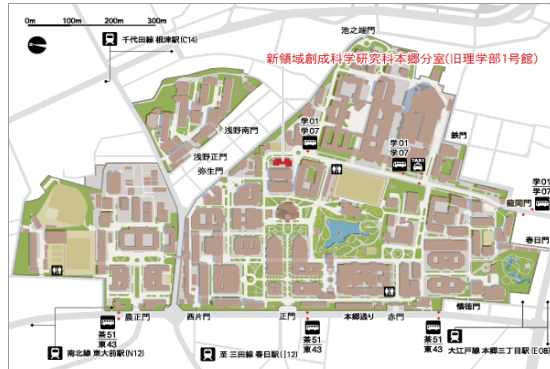


柏キャンパス



駒場キャンパス

本郷キャンパス



柏キャンパス

柏キャンパスは、東京大学の21世紀における新たな学問の発展に向けた構想に基づいて建設された、**本郷、駒場に次ぐ第3の主要キャンパス**です。

平成12年（2000年）に学問体系の根本的な組み換えをも視野に入れた学融合を志向する
柏キャンパス



昭和24年（1949年）以来複数の学問分野の接点において新たな学際的領域を開拓してきた**駒場キャンパス**

明治10年（1877年）以来伝統的学問分野を深く極めてきた**本郷キャンパス**

TX柏の葉キャンパス駅から：一日38.5往復の無料バス
本郷キャンパスから：一日2往復の無料バス（要予約）

柏キャンパスの組織

大学院

- ・新領域創成科学研究科

附置研究所

- ・物性研究所
- ・宇宙線研究所
- ・大気海洋研究所

全学センター

- ・人工物工学研究センター
- ・空間情報科学研究センター

国際高等研究所

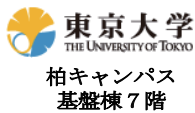
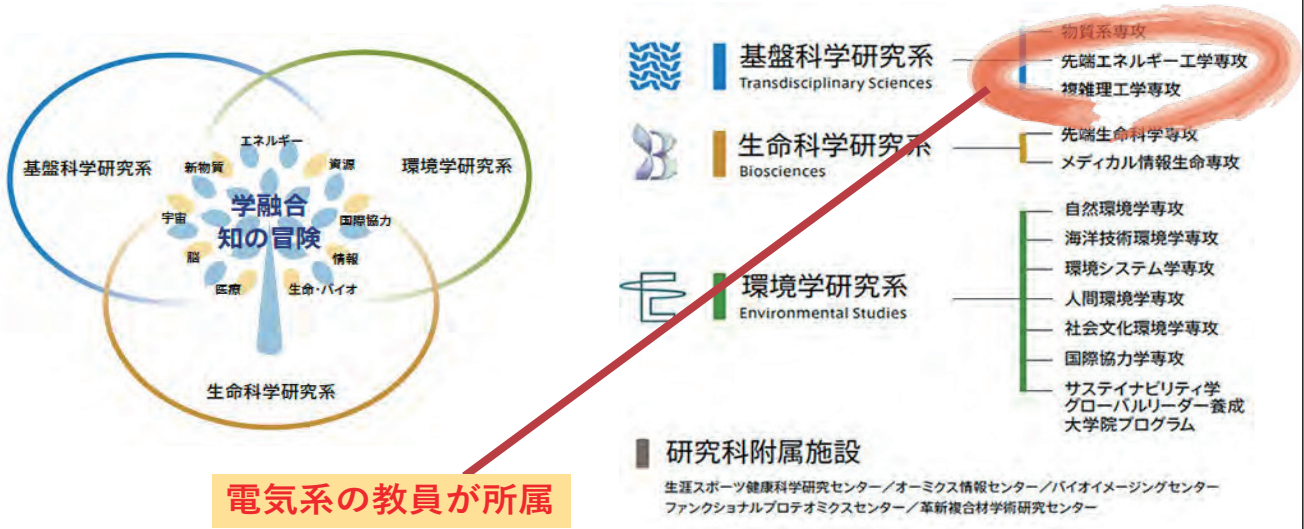
- ・カブリ数物連携宇宙研究機構

その他

- ・環境安全研究センター柏支所
- ・情報基盤センター柏
- ・高齢社会総合研究機構
- ・生産技術研究所附属千葉実験所
- ・柏図書館

新領域とは？

学際性をさらに推し進めた「学融合」という概念で新しい学問領域を創出することを旨として1998年に設置されました。ナノ、物質・材料、エネルギー、情報、複雑系、生命、医療、環境、国際協力など、伝統的な学問体系では扱いきれなくなった分野横断的な重要課題に取り組んでいます。



堀・藤本研究室



新領域創成科学研究科
 先端エネルギー工学専攻
 工学系研究科
 電気系工学専攻

研究分野

- 制御工学
- モーションコントロール
- パワーエレクトロニクス

構成(2015年度1月時)

スタッフ10名 学生38名
 •教授 •博士7名
 •准教授 •修士25名
 •助教 •学部4名
 •研究員4名 •研究生2名
 •技官
 •秘書2名 計49名(外国人17名)



電気自動車

キャパシタ搭載電気自動車

ワイヤレス電力伝送

パワーエレクトロニクス

ナノスケールサーボ

人間親和型モーションコントロール

宇宙機・電気飛行機・ヒューマノイド



さて、今日のお話は、

(1) モータ／キャパシタ／ワイヤレス

エンジン／Liイオン電池／急速充電 ではなく。。。

(2) 停車中給電と走行中給電はまったく別の技術

停車中給電を並べても走行中給電にはならない

しかし、いくつかヒントになる技術はある

(3) ビジネスモデルは成り立つか

道路の建設費／高速道路料金

自動走行技術の活用

(4) いまなすべきこと

燃料電池車？ → 2015で終焉か、大発展か？

風力・太陽光？ → このチャンスに強固な電力系統網を作ろう

オリンピックまでに首都高だけでも電化しましょう！

とにかく、EVは 一充電走行距離が短い のが大問題



ではどうするか。

① 高性能バッテリーを開発

← いま世の中はこれの大合唱

② インフラからエネルギーをもらう仕組みを開発

← ワイヤレス給電はこちら

そして、等価的に航続距離を伸ばす、という考え方
電車の航続距離は、0 km とも、∞ km ともいえる

ついでに、電磁誘導か磁気共鳴か？

電池かキャパシタか？ とかいわないで、

→ 対立ではなく力を合わせて共存を

ガソリンと電気

- ガソリンと電気は、エネルギー形態がまったく違う。
- ガソリンは、①停まって、②短い時間で、③大きなエネルギーをど〜んと入れるしかない。
- ガソリンの給油は電力換算すると20,000kW
- ガソリンを霧状に噴霧しクルマがそれを吸い込みながら走るのは多分無理。でも電気はそれができるので、①②③はすべて不要である。
- 電気は起こしたらすぐ使うのがベストである。貯めて使うのはあまり賢くない。だから、発電所から消費地まで延々と送ってくる電力系統網が築かれた。

モータ／キャパシタ／ワイヤレスという概念

キャパシタクルマ



オートチャージのSuica

- ①タッチ ②残高を判定 ③自動的にクレジット決済

オートチャージ設定済みのSuica、モバイルSuica、Suica付きビューカードで自動改札にタッチ(入場時)

▶▶自動的に入金 翌々月引き落とし

モバイルSuica でもOK! クレジットカード でもOK! Suica でもOK!

改札機の表示部

チャージ 3000円 ← オートチャージ額
残額 4000円

← オートチャージ完了の表示

チャージしました
ありがとうございます
THANK YOU

ワイヤレス給電



エネルギーのETC



イオンモール 越谷レイクタウン



電気学会公開シンポジウム(09.3; 東京電力提供)

短時間で充電が可能



仕様

- ・スイッチング方式定電流電源
- ・入力：三相200V
- ・最大出力：50kW
- ・最大出力電圧：500V
- ・最大出力電流：100A

5分で40km、10分で60km
走行できる程度の充電が可能

電気学会公開シンポジウム(09.3; 東京電力提供)

ほんとうはコンセントは至る所にある



ショッピングモールにも

おそらく 1~2kW
ワイヤレス給電と相性がよく
無限のインフラを提供する。

コンビニにも



あやしい者です



電気学会公開シンポジウム(2009.3 東京電力)

EV充電のビジネスモデルは公衆トイレ

駅, SA, 空港, レストラン, コンビニ, デパート,

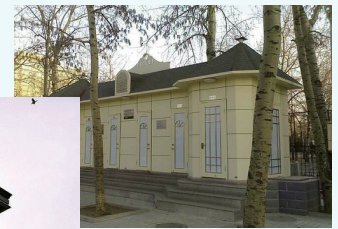
- (1) どこにでもある
- (2) 無料
- (3) すぐに使える

なぜか？

- (1) 来客へのサービス
- (2) お金は別の商品でもうける
- (3) 規格チェックなし

電気自動車に当てはめると

- (1) 安心できる数が必要
- (2) 課金しない(もともと安いのもうからない)
- (3) クルマとインフラが妙な通信をしないこと



キャパシタ

考え方を変えよう！

自動車会社のふしぎな論理

「いつでも、誰でも、どこでも」

→ 500km走る車がすべてを支配

東京の真ん中でサハラ砂漠でも走れる車を使っている

鉄道とクルマのおおきな違い

鉄道：インフラからエネルギーをもらって走る乗物

クルマ：インフラからエネルギーをもらわないで走る乗物

(歩みよれば→**充電しながらちょこちょこ走るクルマ**)

将来のクルマは電力系統につながる

(V2H, V2G, G2V ……) ???

★課題は、**移動体へのエネルギー供給と貯蔵**

C-COMS 1



NISSHINBO
JRC 日本無線



C-COMS 2



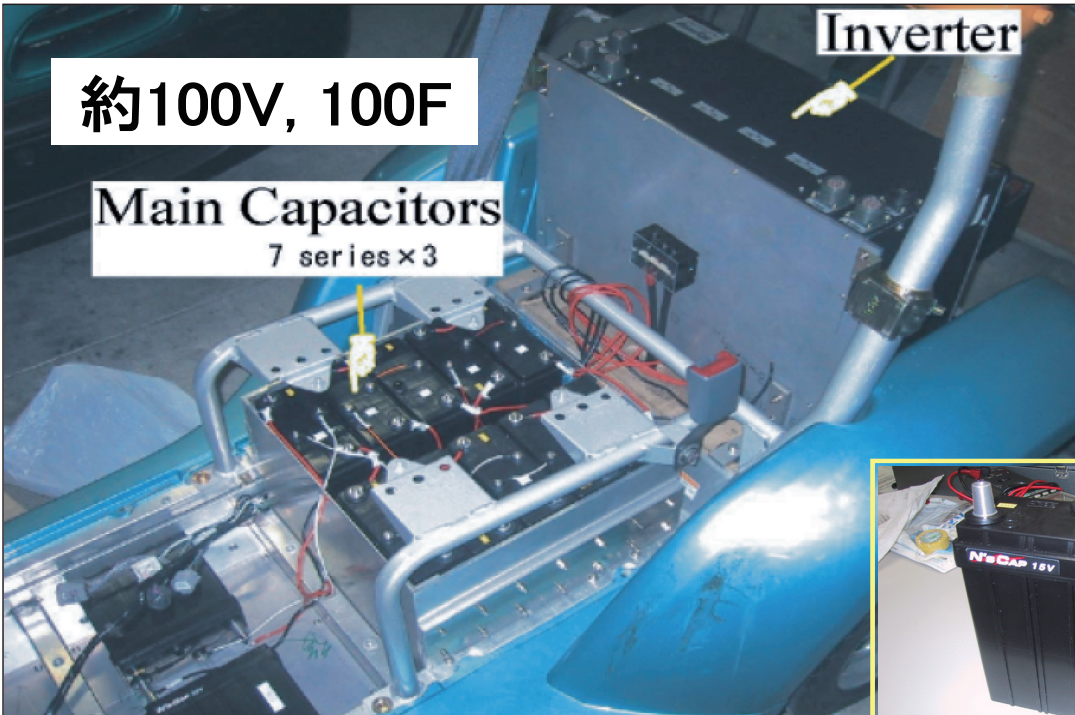
Power Systems



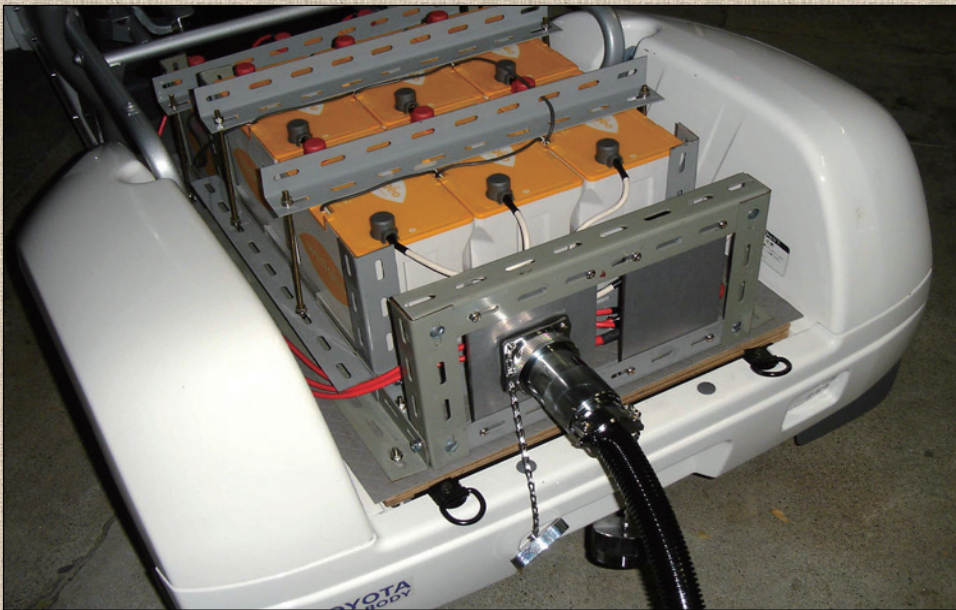
約100V, 100F

Main Capacitors
7 series × 3

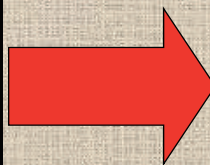
Inverter



3V,1000Fが直列5個で 15V, 200F
3個並列で15V, 600F
これを7個直列だから, $15V \times 7 = \underline{105V}$, $600F \div 7 = \underline{86F}$



Old charger
20min drive needs
150sec charging(30A)



New charger
20min drive needs
30sec charging(150A)

electric charge: $Q=CV=IT$, $Q=C\Delta V=I\Delta T$
 $100[F] \times 50[V] = 150[A] \times 30[s]$

キャパシタはエネルギーと知恵の缶詰

キャパシタの特長

- (1)寿命が長い(化学変化を伴わない「物理電池」)
- (2)大電流での充放電が可能(とくに数分で充電完了)
- (3)重金属を用いないため環境にやさしい
- (4)端子電圧から残存容量が正確にわかる ← かなり重要

留意点(腕の見せ所)

- (5)周辺回路が重要(「エネルギーと知恵の缶詰」)
- (6)欠点はエネルギー密度(密度10倍の新しいタイプが開発済み)

しかしもう十分かも

完全に放電するまで使える

→ たとえば30~100Vで入れたエネルギーの90%が利用できる

キャパシタフォーラム(応援団長)





battery exchange station

Bus can be charged at bus-stops in 30 secs.



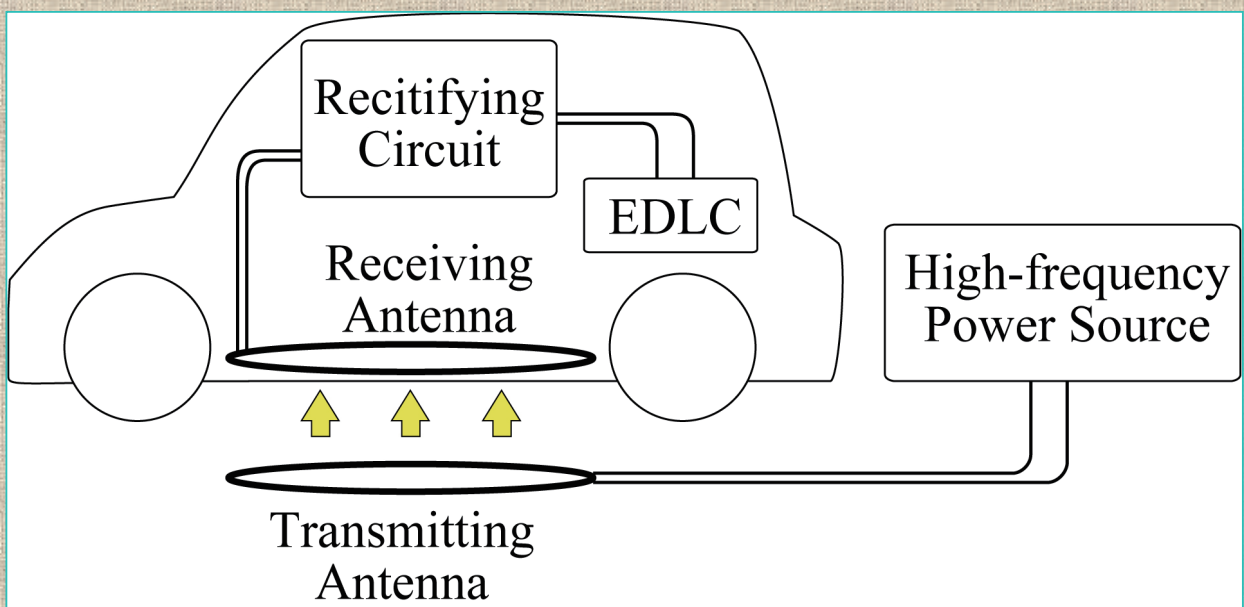
beautiful pantograph

beautiful lady

ワイヤレス


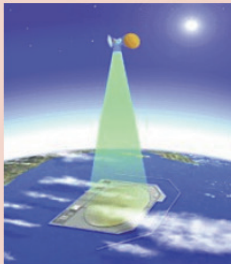
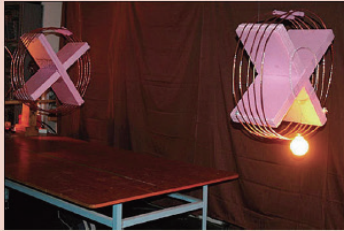
ワイヤレス給電システムのイメージ

ワイヤレス給電, 非接触充電
プラグインレスハイブリッド車



Wireless Power Transfer

■ Main types of Wireless Power Transfer

	Electromagnetic Induction	Microwave Power Transfer	Magnetic Resonance Coupling
Range	Low (few cm)	Very High (~km)	Mid Range (10cm ~ 2m)
Efficiency	High	Low	High
			
	Wii Controller Charger	SPS	

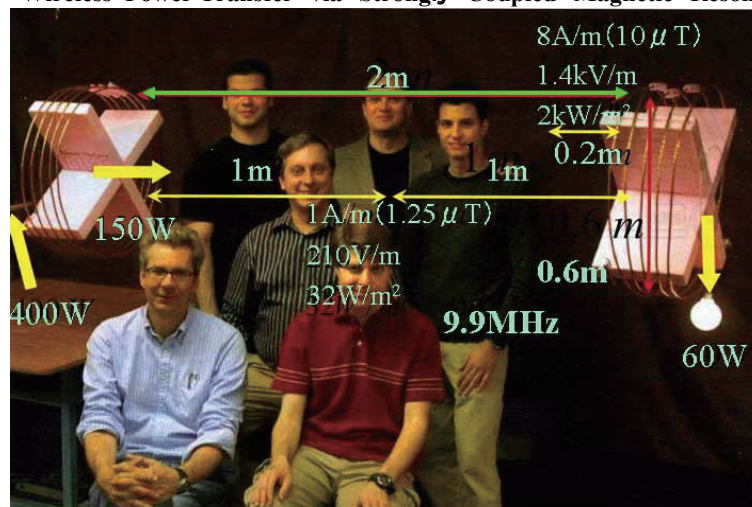
5

Report from MIT (2007)

「磁界共鳴法」による無線給電

2mの伝送距離で60Wの電球を点灯
効率45%

報告: Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances

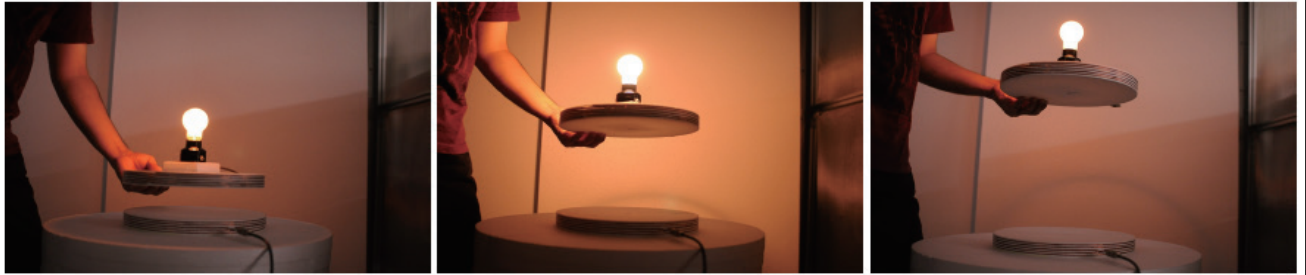


A. Kurs et al., Science 317, 83-86 (2007)

Marin Soljaci (MIT 2007)

孤立連宮検討委員会2012-8-24 (yokoi)

6



(a) ギャップが狭いとき

(b) ギャップが最適

(c) ギャップが広いとき

図 3.10: 電球点灯実験におけるギャップ変化の影響



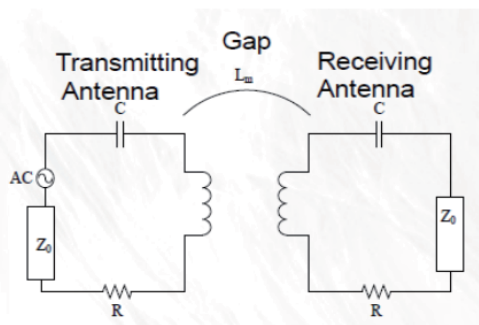
(a) 位置ずれがないとき

(b) 位置ずれが小さいとき

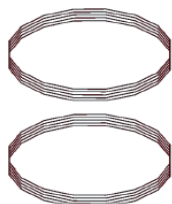
(c) 位置ずれが大きいとき

図 3.11: 電球点灯実験における位置ずれ変化の影響

Equivalent Circuit



Equivalent Circuit of the system without matching circuit



Electromagnetic Analysis Model

Resonance Condition:

$$\frac{1}{\omega L_m} + \frac{2}{\omega(L-L_m) - \frac{1}{\omega C}} = 0 \quad \text{Eq. (1)}$$

Resonance Frequency:

$$\omega_m = \frac{\omega_0}{\sqrt{1+k}} = \frac{1}{\sqrt{(L+L_m)C}} \quad \text{Eq. (2)}$$

$$\omega_e = \frac{\omega_0}{\sqrt{1-k}} = \frac{1}{\sqrt{(L-L_m)C}} \quad \text{Eq. (3)}$$

$$k = \frac{L_m}{L} = \frac{\omega_e^2 - \omega_m^2}{\omega_e^2 + \omega_m^2} \quad \text{Eq. (4)}$$

$$\text{Power Reflection Ratio, } \eta_{11} = S_{11} \times 100[\%] \quad \text{Eq. (5)}$$

$$\text{Power Transmission Ratio, } \eta_{21} = S_{21} \times 100[\%]$$

$$S_{21}(\omega) = \frac{2jL_m Z_0 \omega}{L_m^2 \omega^2 - \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) + 2jZ_0 \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) + Z_0^2} \quad \text{Eq. (6)}$$

The system can be analyzed and designed based on the Equivalent Circuit.

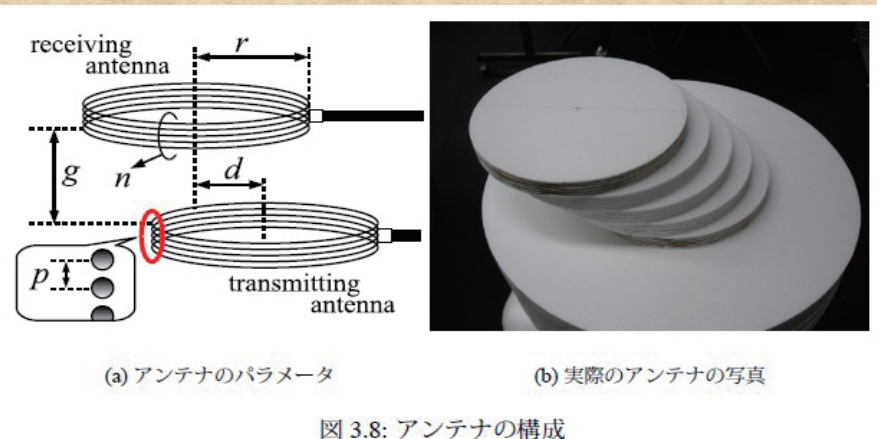


図 3.8: アンテナの構成

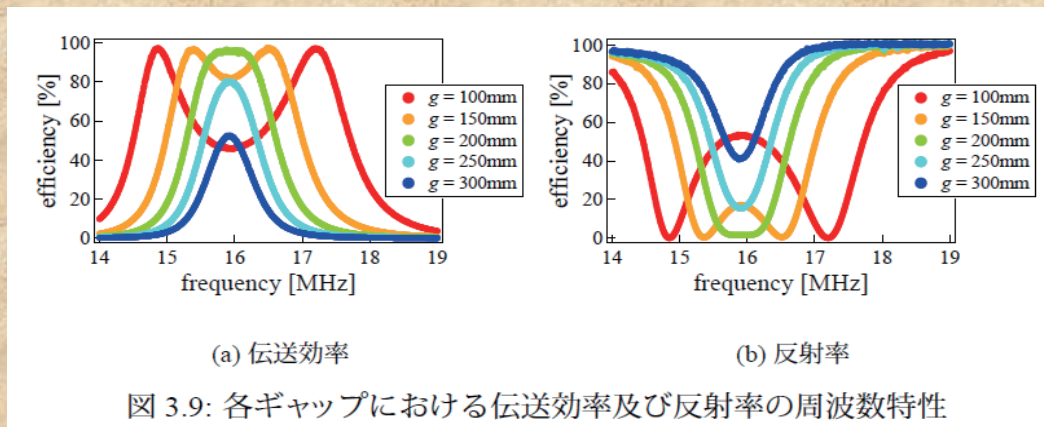


図 3.9: 各ギャップにおける伝送効率及び反射率の周波数特性

Research Direction

- Main Issues in Magnetic Resonance Coupling:
 - Resonance Frequency vs ISM band
 - Efficiency at Variable Position & Load
 - Power Source
 - Safety

- Research Direction

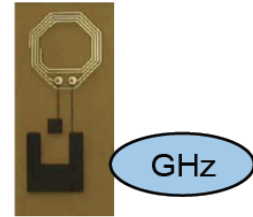
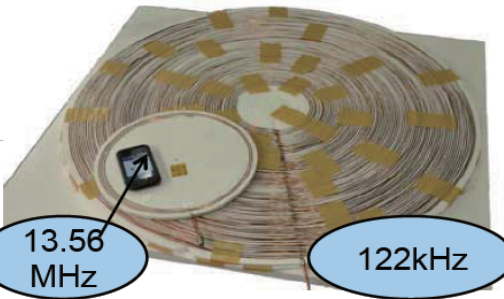
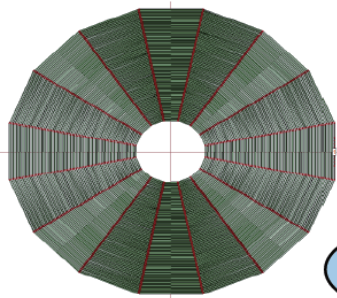
Antenna Design	System Control	Power Electronics
<ul style="list-style-type: none"> ▪ kHz ~ MHz ~ GHz Antennas ▪ Asymmetrical Antennas ▪ Multiple Receiver Analysis ▪ Repeater Antennas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Impedance Matching System ▪ Frequency Matching System ▪ Parameter Estimation ▪ Battery/Capacitor Charging system 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efficient Power Source ▪ Analysis with Power Electronics Theories

Antenna Design



All Antennas must have:

- Identical Self Resonance Frequency
- High Q value = Low Ohmic Loss and Low Radiation



13.56 MHz

122kHz

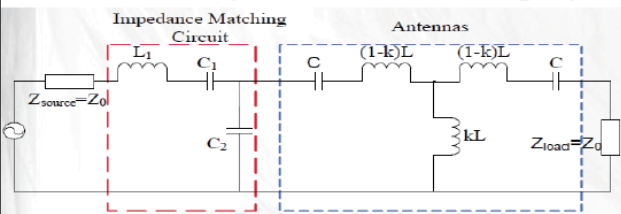
GHz

MHz: Smaller sized antennas, Narrow ISM Band, No efficient power source
 kHz: Power source exists, Wide ISM Band, Larger antennas

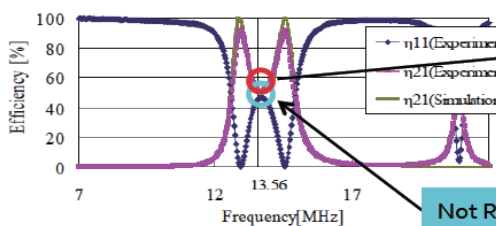
System Control



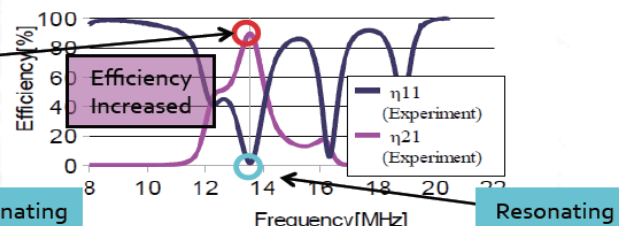
- kHz (Wide ISM Band) :
 - Frequency Matching System
- MHz (Narrow ISM Band):
 - Impedance Matching System



Maximum efficiency can also be achieved by matching the resonance frequency to the power source frequency (13.56 MHz) using an **Impedance Matching Circuit**



Before Impedance Matching



After Impedance Matching

Not Resonating

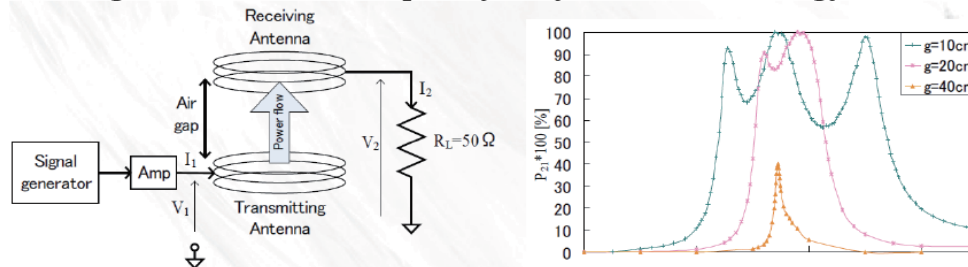
Resonating

Power Electronics



■ Analysis with Power Electronics

- Analysis without using S-Parameters
 - Using V, I only!!
- Using self resonance frequency only to transmit energy



This system may also be used without any control if we can create a system that does not create a reflected wave.

No coaxial cable

Input Impedance = 0Ω

Length of Antenna \ll Wavelength

18

ワイヤレス給電システム技術部門委員会

委員長； 堀 洋一、東京大学新領域創生科学研究科教授
 幹事； 居村岳広（東京大学新領域創生科学研究科助教）
 高橋俊輔（元昭和飛行機工業(株)技師長）
 横井行雄（元長野日本無線(株)基盤技術本部長）
 委員； 30名
 オブザーバ； 28名（2013年5月現在）

技術会儀 41の技術部門委員会が活動

他に規格会議等の会議体を設置

公益社団法人 自動車技術会

JSAE; Society of Automotive Engineers of Japan

会員数; 約46,000(2013年3月)

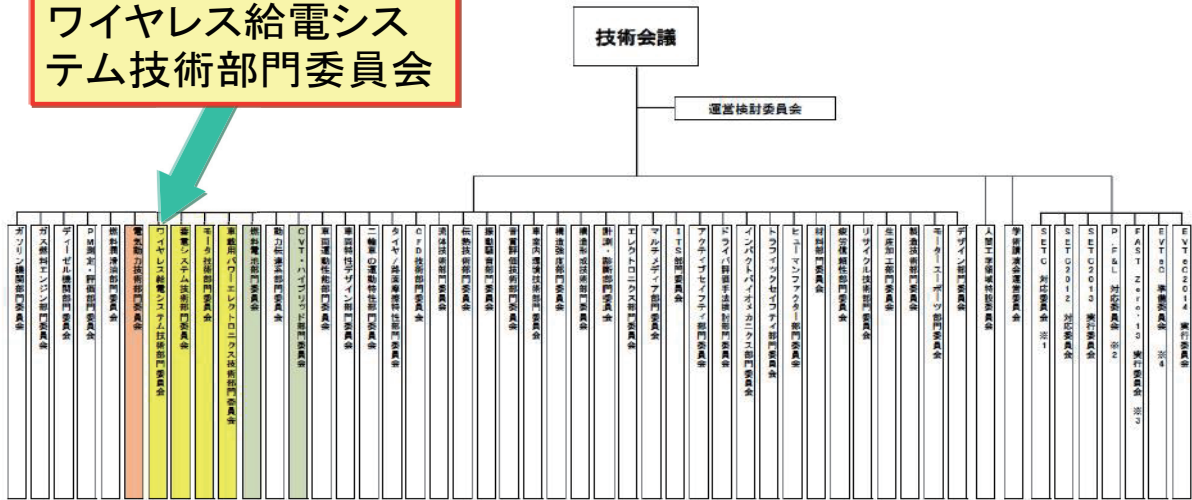
技術会議の組織

41の技術部門委員会が活動

議長：堀 洋一(東京大学)
副議長：飯田 訓正(慶應義塾大学)
素利 孝久(マツダ)

2012年度技術会議組織

ワイヤレス給電システム技術部門委員会

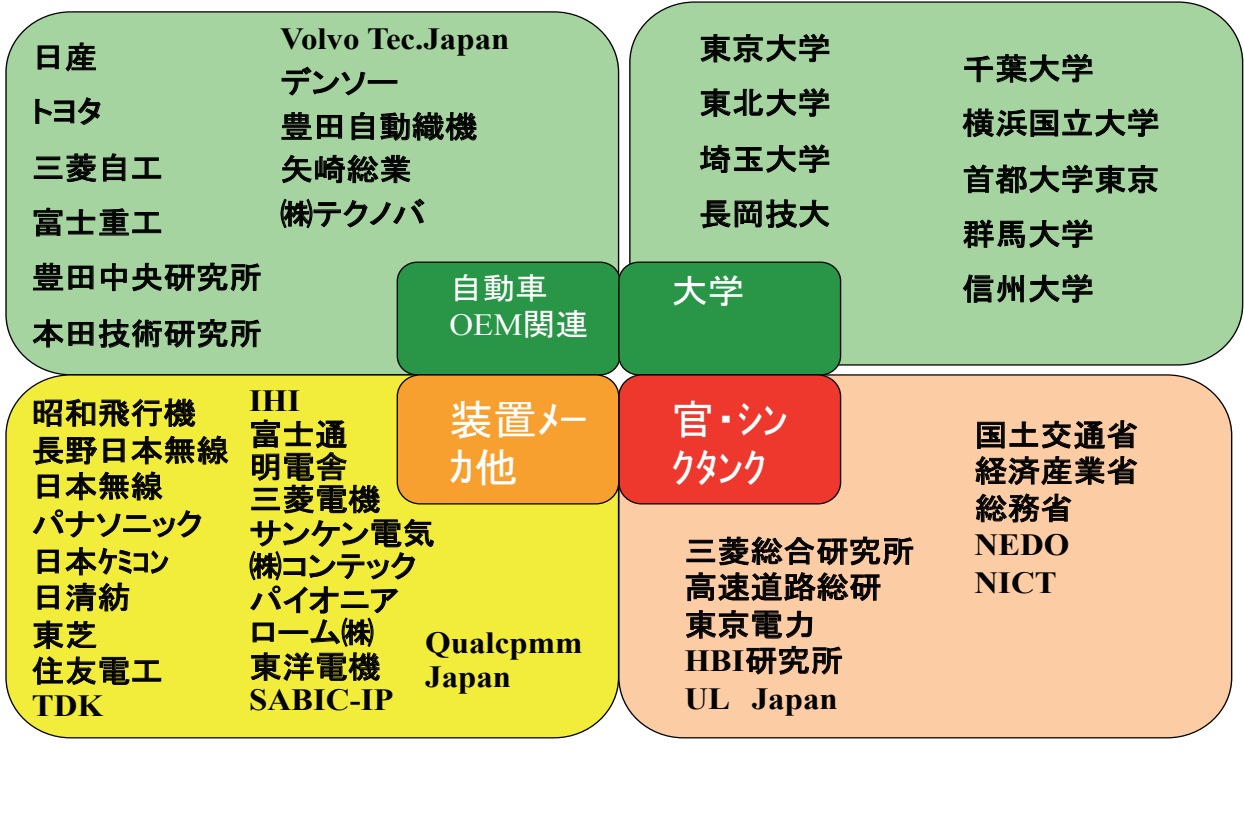


※1 S2TC: Small Engine Technology Conference ※2 P, F&L: Powertrains, Fuels & Lubricants ※3 FAST Zero '13: First International Symposium on Future Active Safety Technology toward zero-traffic-accident.
※4 EVTeC: International Electric Vehicle Technology Conference

電気動力関係の技術部門員会



委員構成 オールジャパンの体制； 委員30名、オブザーバ28名 (2013-5)



08. 脱炭素社会実現のためのエネルギーシステム

柏木 孝夫 (かしわざ たかお)
東京工業大学 特命教授・名誉教授 先進エネルギー国際研究センター長

目指す姿

概要

産学官連携の取組を通じて、温室効果ガスの抜本的排出削減に向けて早期に適用可能な基盤技術分野を特定し、社会実装を図る。具体的には、以下の課題に取り組む。

(A) エネルギーマネジメント ((B)~ (D) のエネルギー利用最適化にも資するエネルギーシステムのグランド デザインの検討を行う) (B) ワイヤレス電力伝送システム (WPT) (C) 革新的炭素資源高度利用技術 (D) ユニバーサルスマートパワーモジュール (USPM)

目標

エネルギー (電力、熱、化学物質等) 利用の最適化の観点から、社会実装に向けて効果的なエネルギーシステムのグランドデザインを打ち出す。あわせて、そのグランドデザインの一部を構成する (B) ~ (D) については、以下の目標を達成し、複数の実用化例を創出することにより社会実装の目処をつける。

(B) 走行中電気自動車 (EV) において時速60kmでの給電効率90%を達成するなど、遠距離・高効率・大電力で安全なWPTシステムを確立する。(C) 現行法を代替し、エネルギー消費量を20~40%削減する革新的炭素資源高度利用技術を開発する。(D) 用途毎の設計を最小限に、かつ、耐圧600V以上を達成し負荷変動、入力電圧変動に対する最適適応を可能とするUSPMを開発する。

出口戦略

事業終了後は、提示したエネルギーシステムのグランドデザインに基づきシステム構築を推進するとともに、参画した企業を中心に研究開発成果の事業化、技術規格の策定や国際標準化に向けた取組を実施し、商用化から国際展開につなげる。

社会経済インパクト

各技術一定条件のもと年間(B)で約2,400万トン以上、(C)で1,600万トン以上、(D)で約1,700万トン以上のCO₂削減効果を目指す。*

達成に向けて

*CO₂削減効果については、個々の条件があるため単純に合算出来ない。なお、地球温暖化対策計画の2030年度削減目標 (2013年度比26%減) の内、エネルギー起源CO₂排出削減量の目安は、3億800万トンCO₂/年。

研究開発内容

(A) エネルギーマネジメント

エネルギーマネジメントを効果的に行うためのポルネック課題の特定等を行い、(B)~ (D) のエネルギー利用最適化にも資するエネルギーシステムのグランドデザインを検討。

(B) ワイヤレス電力伝送システム (WPT)

遠距離・高効率・大電力で安全なワイヤレス電力伝送を用いたエネルギーマネジメントの実現に向けて、我が国が強みを持つ次世代半導体をもとにした高周波デバイスの開発、WPTシステムの送信側・受信側の高効率化、高度伝送制御技術の開発等を実施し、①EVへの走行中給電、②屋外での給電 (ドローン(インフラ維持・管理))、③屋内での給電 (センサーや情報機器等) で実証。

(C) 革新的炭素資源高度利用技術

CO₂排出原単位の低いメタン等の炭素資源を高度利用するため、①従来のメタン改質よりCO₂排出量を削減するメタン酸化的低温改質プロセス技術の開発、②従来の酸素製造法より消費エネルギーを削減する安価な酸素製造技術 (空気分離装置) の開発、③蒸留法を代替する混合生成物の膜分離・精製技術の開発、④ライフサイクルアセスメント (LCA) を考慮に入れればCO₂排出量の評価手法の開発を実施。

(D) ユニバーサルスマートパワーモジュール (USPM)

再生可能エネルギー等の不規則な変動電源にも常に高効率の対応が可能な低コストで高い機能性、汎用性に富むUSPMの実現のため、①ワイドバンドギャップ(WBG)系半導体向け高速デジタルコントローラの開発、②高パワー密度、高温動作コアモジュールの開発、③炭化ケイ素(SiC)並みの低損失をシリコン(Si)程度のコストで実現するWBG系MOSFET(電界効果トランジスタの一種)の開発を実施。

(A) エネルギーマネジメント 電力・熱・物質を統合した最適インフラの在り方

(B) グリーン電力効率給電・蓄電



(C) 化石エネルギーの炭素利用



(D) 変動性再エネの最適制御



関係府省：内閣官房、内閣府、総務省、文部科学省、経済産業省、環境省

第2章 電波利用の将来像と実現方策

3. 2030年代の革新的な電波エコシステムの実現

6

- 電波利用社会の5つの目標を実現するため2030年代に実現すべき7つの次世代のワイヤレスシステムを提言。
- 2030年代に目指すべき電波利用社会の5つの目標の実現に資する取組を推進するため、エンジニアとユーザの裾野を広げ、これらのシステムを活用したサービスの創出や高度化が自律的に進展するようなエコシステムの形成が図られるべき。

7つの次世代ワイヤレスシステムの2030年代の実現イメージ

① Beyond 5G システム

- 双方向での超大容量×超大容量接続×超低遅延のネットワーク。
- 通信に必要なモジュールがあらゆるものに溶け込むため、ユーザは端末を介さず(意識せず)に通信を利用する。
- クリティカルなアプリケーションにもワイヤレスが使われ、高速な移動体の遠隔操作や、完全自律型ロボット等が社会へ普及。これによりヒトとモノの動きに依存する生産性低下から社会が解放される。
- ネットワークが個人々のニーズや感性に対応し、完全なパーソナル化が実現する。

② ワイヤレスIoTシステム

- Beyond 5Gや衛星通信など様々な通信インフラ、動的な周波数割当を実装する共用技術、またネットワーク・クラウドとの連携により、ワイヤレスIoTが大規模なプラットフォームとして確立される。
- 膨大に収集された実世界情報の分析により、環境・エネルギーなど様々な社会課題の解決に利用されるようになる。
- MEMSやバイオ・医療技術と融合し、健康管理、予防医療の進展にも貢献。体内埋め込み型機器により、投薬システムの開発、難治疾患の治療が進展することが期待される。

③ 次世代モビリティシステム

- 陸・海・空・宇宙へと、ワイヤレスと連携した新技術が実用化され、モビリティインフラ革命が起きる。
- ヒト・モノの輸送に係るあらゆるインフラやシステムの連携等により、大量輸送交通機関や個人のモビリティ、物流システム等が自動化される。
- 事故が無くなるとともに、移動手段が均等化することで車両等の使用が困難な多くの人が様々なモビリティサービスを利用できるようになる(「モビリティ・アズ・ア・サービス」)

④ ワイヤレス電力伝送システム

- あらゆる場所に給電設備が整備され、バッテリーレス端末も実用化。対応端末・設備とネットワークが融合し真のスマート社会が実現する。
- 家庭内電源もフルワイヤレス化。災害時の遠隔地への大電力伝送が可能になる。必要に応じて太陽光発電・風力発電等の施設から送電線無しでの送電が可能となる。

⑤ 次世代衛星利用システム

- 低軌道星座等々の非静止衛星や衛星通信IoTが活発化する。あらゆる場所やインフラのモニタリングなど、新たなサービスが登場。
- 高解像度・高頻度なりモセン技術によって宇宙データビジネスが拡大。
- 地球周回・月・火星等において、Beyond 5G・ワイヤレスIoTが利用できる環境が整い、静止衛星などを通じて地上との協調・連携が進展する。

⑥ 次世代映像・端末システム

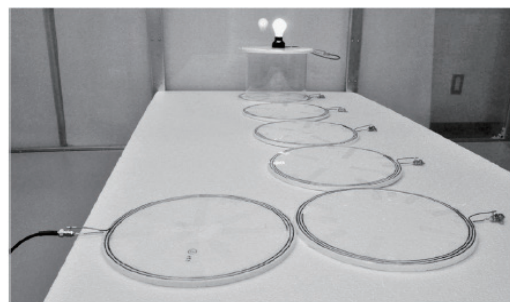
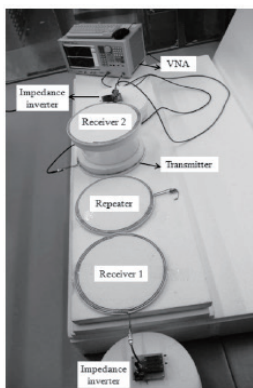
- 超高精細映像表示、インテグラル方式やホログラム技術等による360° 立体映像表示、空間を自由かつ最大限に活かした視聴体験が実現。
- 高度な3Dプリンターが個人まで普及。ユーザ自らが端末をデザイン。
- ウェアラブル機器は、ヒト・モノへのシール貼付型や体内埋め込み型機器へと進化。Brain Machine Interfaceとの連携で、脳が直接ネットワークへ信号を送る。

⑦ 公共安全LTE

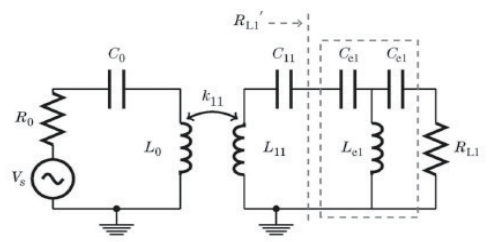
- 「公共安全LTE」(PS-LTE)が構築され、音声のほか、画像・映像伝送等の高速データ通信が可能となり、より円滑な災害対応が実現する。

さて。。。。

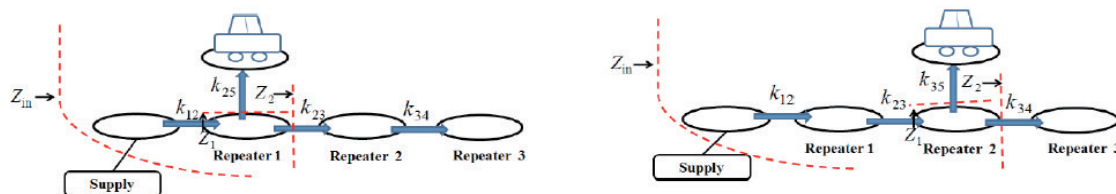
走行中ワイヤレス給電と停車中ワイヤレス給電はまったく別の技術



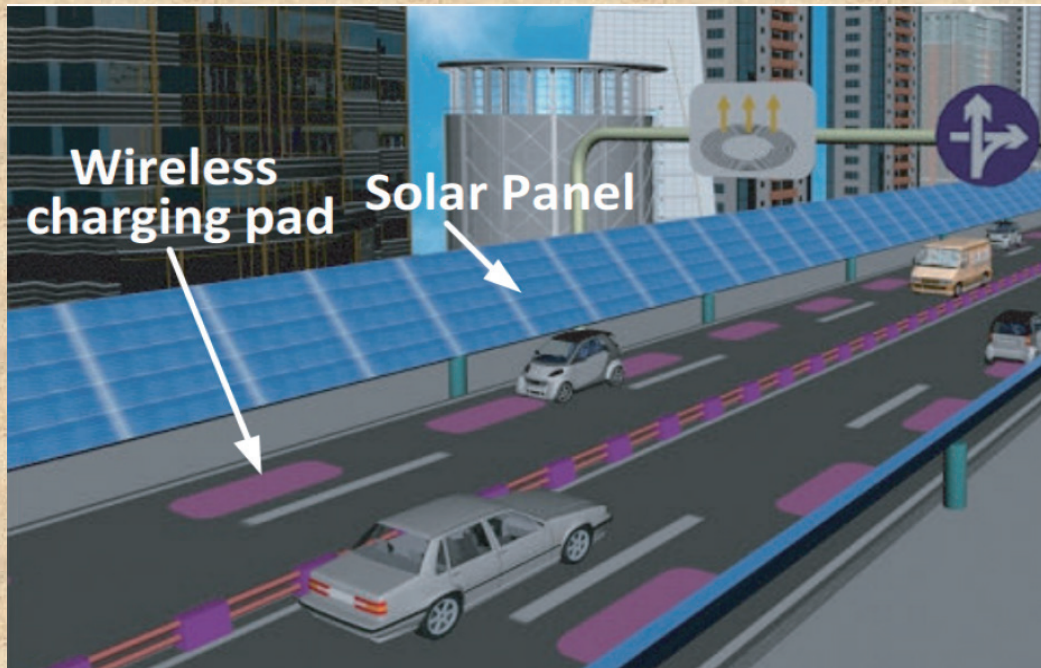
← ↑ 中継コイルによる伝送距離の延長実験



インピーダンスインバータという概念 (点線内)



中継コイルによる電力伝達の仕組みを説明する図 (左図では電力が伝わるが右図で伝わらないという不思議なことが起こる。)



Chengbin Ma, UM-SJTU

走行中ワイヤレス給電というと、こんなイメージ
太陽光で走るのは無理だとは思うが。。。😂





Figure 5. High-capacity storage battery and conductor rails

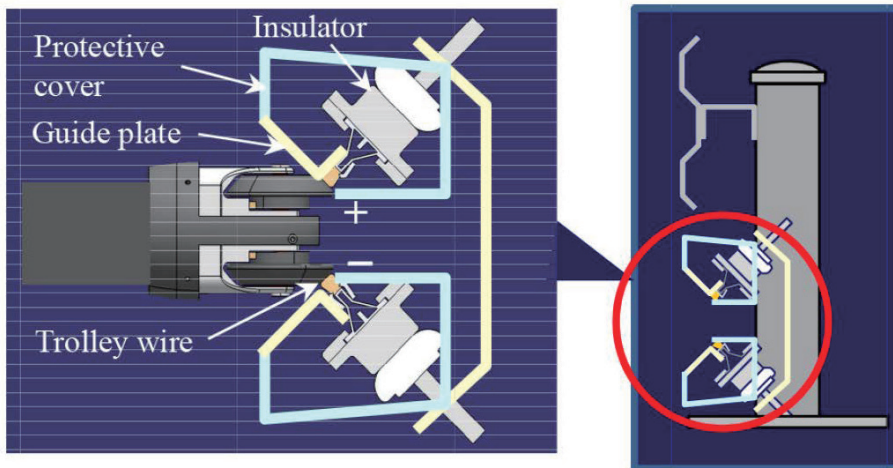


Figure 6. Power collection mechanism



Figure 9. Power collection situation



	コンセプト	世界観	革命	ネットワーク
18世紀	物質	-	-	-
19世紀	エネルギー	∟唯物史観	→産業革命	→モノを運ぶ
20世紀	情報	∟宇宙観	→エネルギー革命	→エネルギーを運ぶ
21世紀	ハプティクス?	∟情報世界観	→情報革命	→情報を運ぶ

100年ごとのパラダイムシフト

(妹尾堅一郎の講演から筆者作成, 「ハプティクス」は筆者の独断)

モータ

電気と制御で走る未来の車

電気モータの最大の特徴 → 高い制御性

■高速トルク応答

→ 車輪のスリップ防止制御

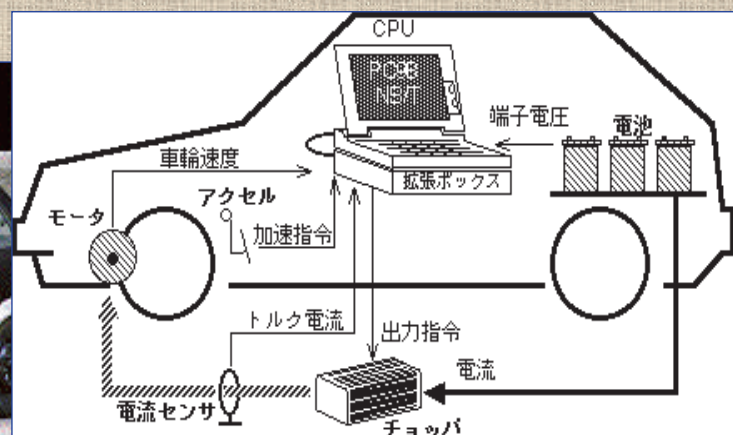
■モータの分散配置, 各輪独立駆動

→ 2次元車体運動の制御

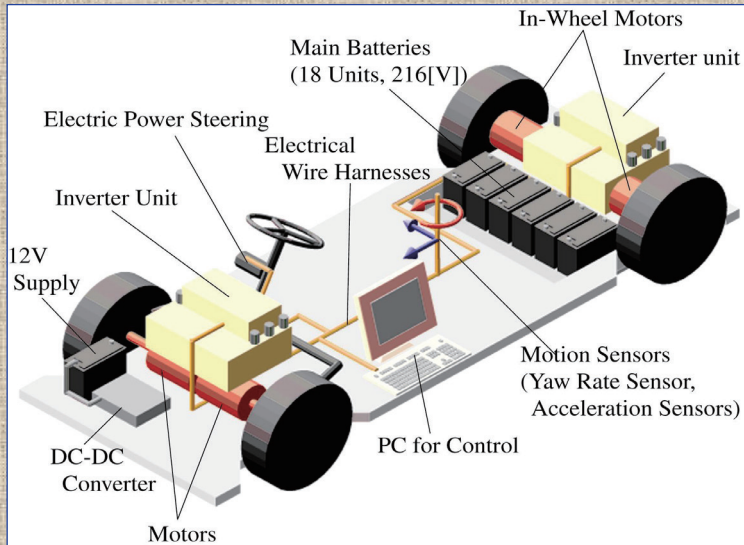
■正確なトルク値の把握

→ 路面状態の推定

東大三月号 I

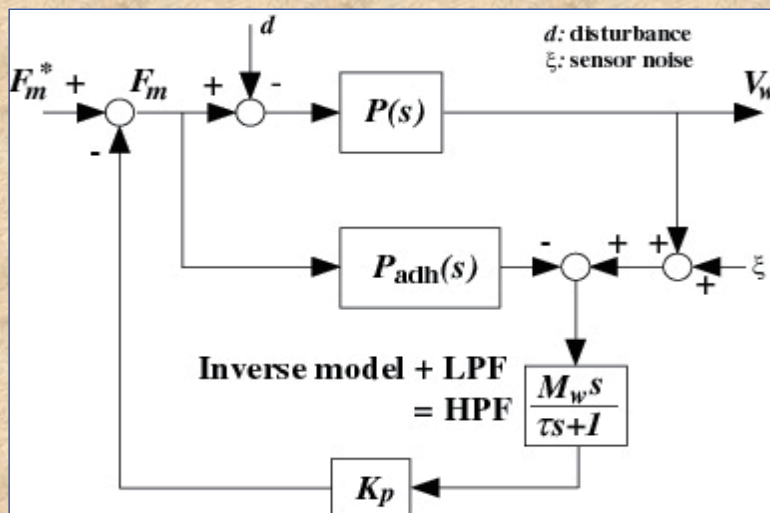


- ・1996年完成。
- ・直流モータ1基搭載。回生ブレーキは不可。
- ・前後輪の回転速度を計測。ノートPCによる制御。



- ・2001年完成。
- ・インホイールモータ4基搭載。
- ・各輪の完全独立駆動可能。回生ブレーキも可。
- ・4輪の速度、ヨーレート、前後加速度を計測。

MFC: Model Following Control



(1) Adhesive Wheel

$$P(s) = P_{adh}(s)$$



Controller does **nothing** for adhesive wheel.

(2) Skidding Wheel

$$P(s) = P_{skid}(s)$$



$$\frac{V_w}{F_m^*} = P_{adh}(s)$$

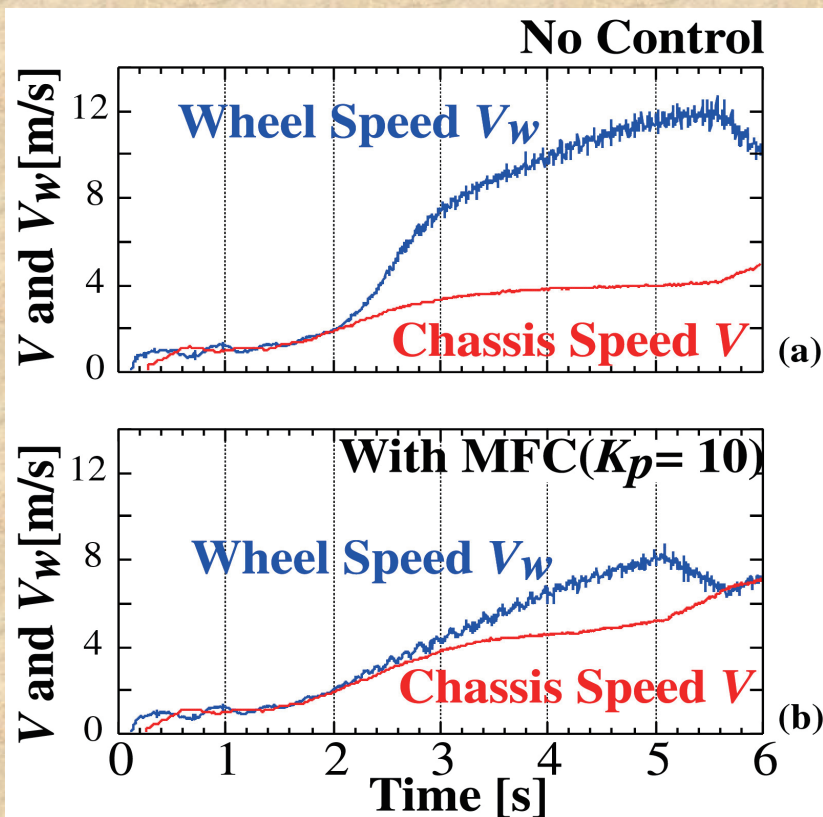
Transfer Function from F_m^* to V_w

$$\frac{V_w}{F_m^*} = \frac{1}{1 + \frac{K_p M}{M + M_w}} \frac{1}{M_w s}$$

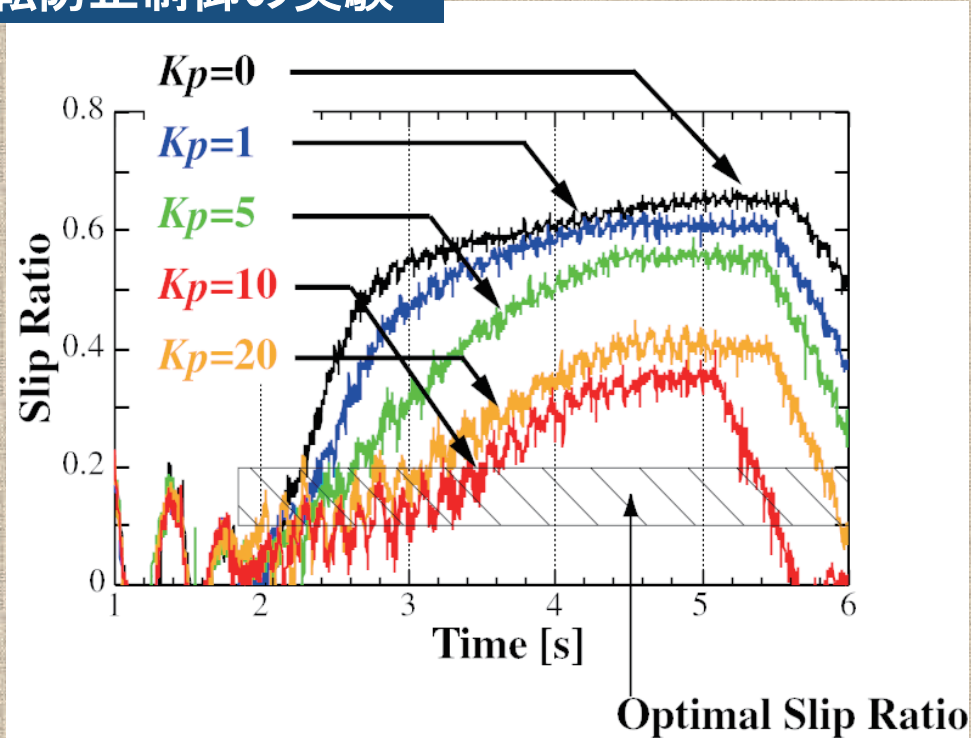
Experiment on Anti-slip Control



Results of Anti-slip Control



空転防止制御の実験



電気制御によって機械特性が変わる!

堀研の C-COMS ファミリーは運動制御の実験装置



COMS3

(従来技術の汎用機)
(電池駆動)

C-COMS1

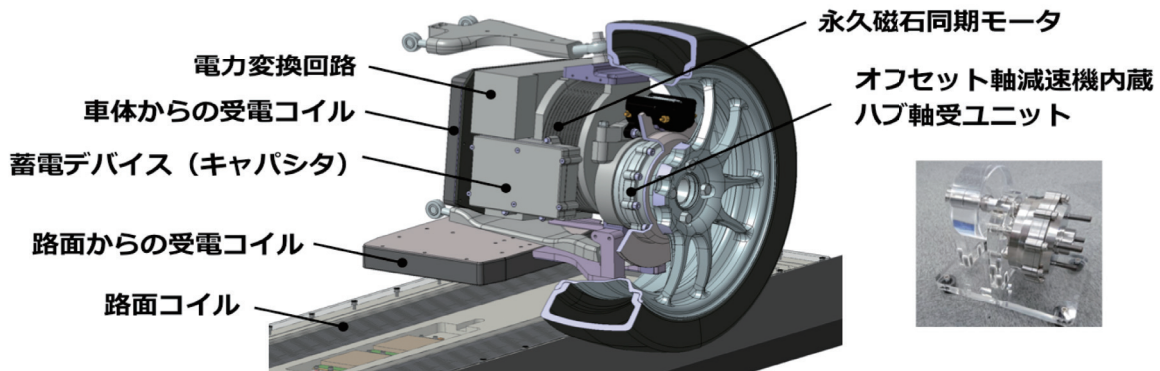
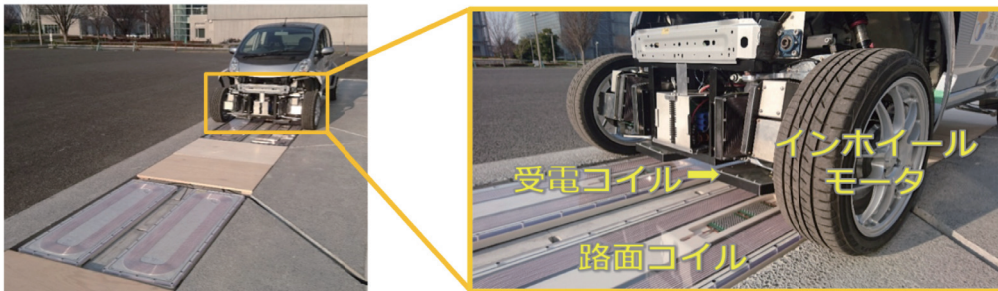
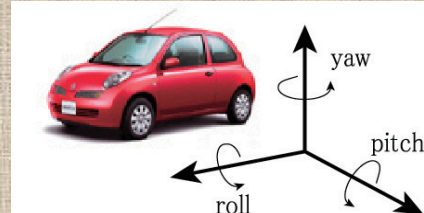
(キャパシタ駆動)
(特注インバータ)

C-COMS2

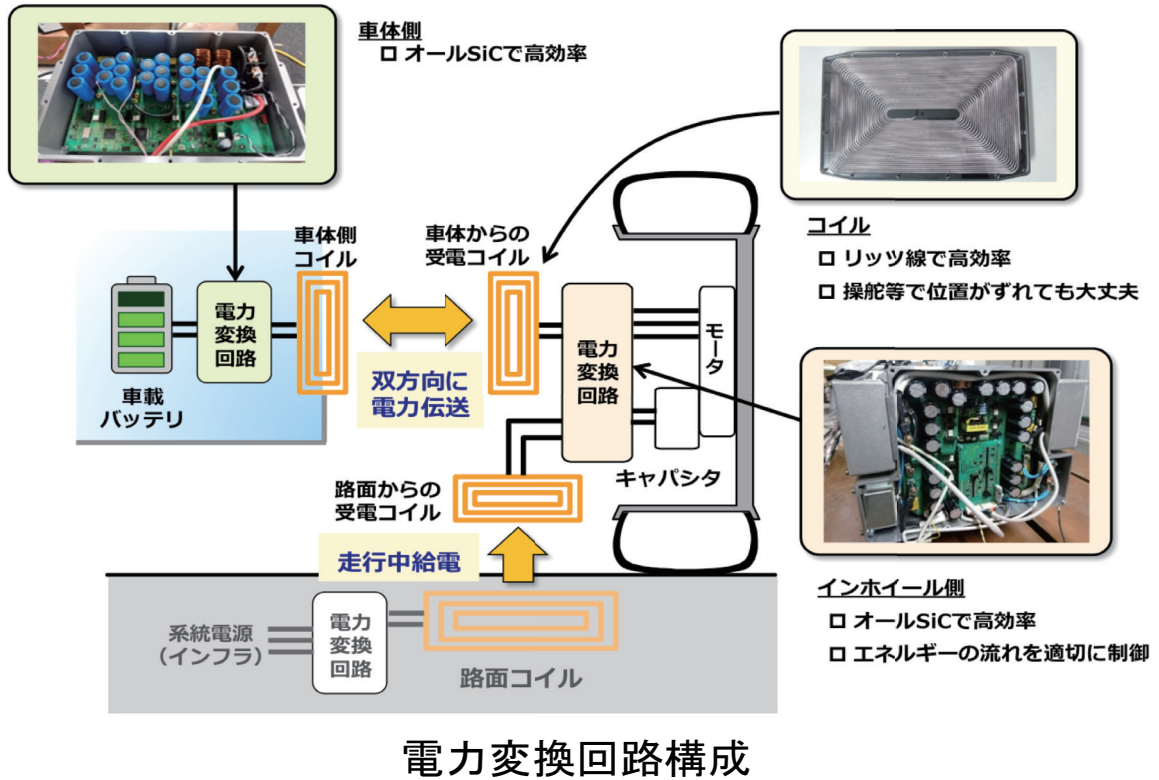
(キャパシタ駆動)
(DDインホイールモータ)

キャパシタを搭載して手軽な実験が行えるようにした小型電気自動車で…

- (1) 車体すべり角 β の推定と制御 (タイヤの非線形領域で)
- (2) ヨーモーメントオブザーバを用いた車両特性の直接ノミナル化による完璧なDYC制御
- (3) タイヤ非線形領域での μ 勾配の推定
- (4) ブラシモデルと駆動力オブザーバを用いたピーク μ の推定
- (5) ドライバの意図を読みスムーズな加減速を実現する速度パターンのリアルタイム生成
- (6) 横力の推定を用いた動的制駆動力配分制御
また、前後方向の増粘着制御として開発してきた
- (7) 疑モデル追従制御によるトラクション制御
- (8) 逆起電力オブザーバによるスリップ抑制制御



ワイヤレスインホイールモータ (第2世代)



柏キャンパスの電気自動車試験場で。。。。

走行中ワイヤレス電力伝送試験レーン

電気自動車試験場に併設

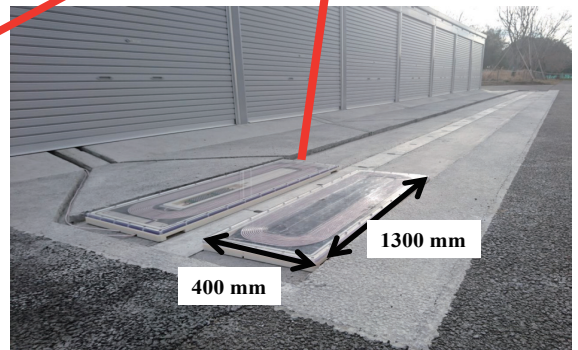
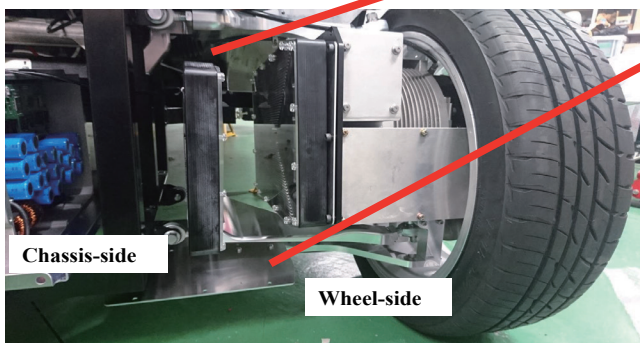
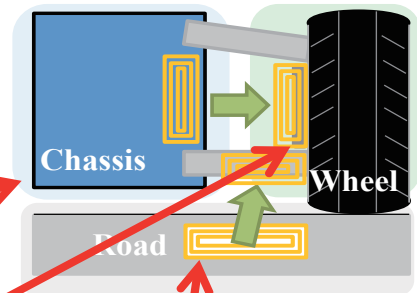
W-IWM2の左右輪に同時給電可能

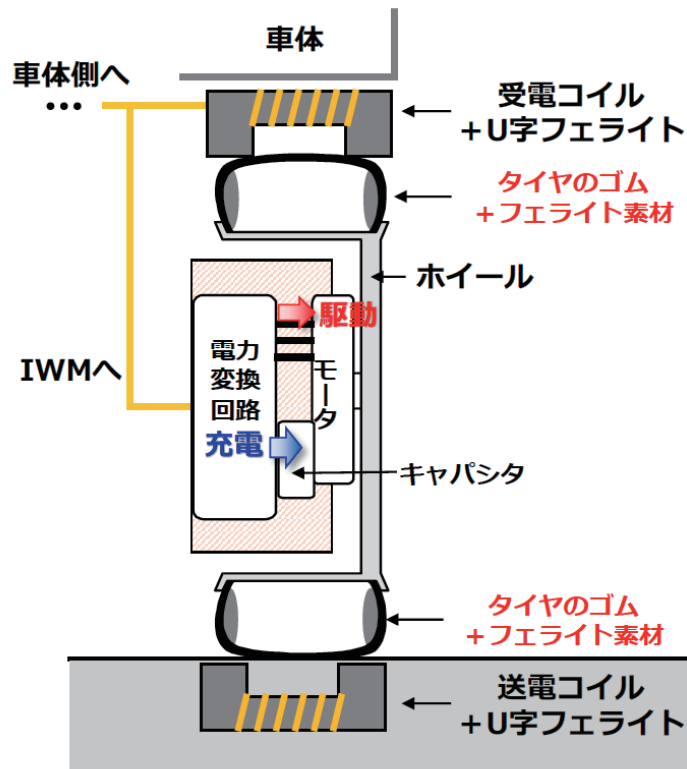
進行方向に12個、計24個の路面コイルで試験可能

路面コイル

1300mm×400mm

路面とコイル面が一致、W-IWM2の受電コイルとのギャップ100 mm





タイヤ内の磁気回路を利用した WPT のコンセプト

将来の電気自動車は、

- ① モーター
- ② キャパシタ
- ③ ワイヤレス

Power + Speed + Long!

株式会社 パワーシステム

〒224-0003 神奈川県横浜市磯子区磯子4471番地
TEL: 045-881-2032 FAX: 045-881-2180
〒100-0005 東京都千代田区千代田1-2-101 (丸の内線) 丸の内線丸の内駅
TEL: 03-4662-6170 FAX: 03-777-956-9082
電線: パワーシステム株式会社 代表取締役 大塚 誠 (東京大学名誉工学博士)

http://www.power-system.co.jp