

令和元年度
交通安全環境研究所講演会
講演概要

令和元年6月14日（金）

於：国際連合大学 ウ・タント国際会議場

独立行政法人 自動車技術総合機構



はじめに

地球温暖化問題は、世界的な異常気象の原因とされており、CO₂をはじめとする温室効果ガスの削減が喫緊の課題となっております。また、自動車排出ガスによる大気汚染についても、依然として一部地域において環境基準を満足しておらず、より一層の改善が求められております。

これらの対策として、自動車の環境分野においては、近年、様々な電動化技術が開発・実用化されているところです。また、これらの技術を用いたハイブリッド自動車、電気自動車、燃料電池自動車に対応した燃費（電費）・排出ガス評価手法の策定に向けた検討や、これまでの台上試験だけではなく様々な条件が影響するリアルワールドで評価を行う方法の検討など、新たな評価手法の検討が国内外で始まっているところです。

交通安全環境研究所は、安全で環境に優しい交通社会の実現のために行政が行う施策を支援するための研究活動等を主要な業務としており、これらの新技術に関する技術基準の策定に資する研究や新たな試験方法の確立に必要なデータ取得などに取組んでいるところです。

本日の講演会では、まず、招待講演として、電気自動車の制御技術がご専門の東京大学大学院新領域創成科学研究科の堀教授から、「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」と題して、環境技術を取り巻く最新動向と将来に向けた考え方などをご講演いただきます。その後、交通安全環境研究所から、新たな環境技術に対応した解析・評価手法への取組みについてご紹介させていただきます。

ご参加の皆様には、この機会に進展著しい環境技術の最新動向や将来展望および交通安全環境研究所の取組みについてご理解を深めていただくとともに、是非、忌憚のないご意見を頂戴できれば幸甚でございます。

独立行政法人 自動車技術総合機構
交通安全環境研究所長 江角 直樹

交通安全環境研究所 2019 講演会

新たな環境技術に対応した解析・評価手法への取組

講演内容

13:30 ▶ 13:35

開会の挨拶

交通安全環境研究所長 江角 直樹

13:35 ▶ 14:35

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

【講演者】 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授 堀 洋一

14:35 ▶ 15:00

講演 1

次世代電動重量車の燃費・排出ガス試験に対応した
新たな評価手法の検討

【講演者】 環境研究部 主任研究員 奥井 伸宜

15:00 ▶ 15:25

講演 2

燃料電池自動車の水素燃料消費率測定法の
バリデーションと国際基準調和への展開

【講演者】 環境研究部 主任研究員 小鹿 健一郎

15:25 ▶ 15:55

休憩

15:55 ▶ 16:20

講演 3

電動化技術搭載乗用車からのPN排出実態評価

【講演者】 環境研究部 研究員 松本 祐太

16:20 ▶ 16:45

講演 4

重量貨物車のリアルワールドにおける環境性能評価
－NOxセンサベースの車載計測器 (SEMS) の活用－

【講演者】 環境研究部 主任研究員 山本 敏朗

16:45 ▶ 16:55

閉会の挨拶

理事 石井 素

※ 講演内容・講演者は変更になる場合がございます。予めご了承ください。

【お願い】 ●ビデオ・写真・レコーダ等による撮影および録音はご遠慮ください。
●講演中の携帯電話・パソコンの使用はご遠慮ください。
●全館禁煙となっております。 ●ゴミはお持ち帰りください。 ●アンケートにご協力ください。

目 次

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	1
次世代電動重量車の燃費・排出ガス試験に対応した新たな評価手法の検討	環境研究部 主任研究員 奥 井 伸 宜	35
燃料電池自動車の水素燃料消費率測定法のバリデーションと国際基準調和への展開	環境研究部 主任研究員 小 鹿 健一郎	53
電動化技術搭載乗用車からのPN 排出実態評価	環境研究部 研究員 松 本 祐 太	69
重量貨物車のリアルワールドにおける環境性能評価 － NOx センサベースの車載計測器（SEMS）の活用－	環境研究部 主任研究員 山 本 敏 朗	87

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

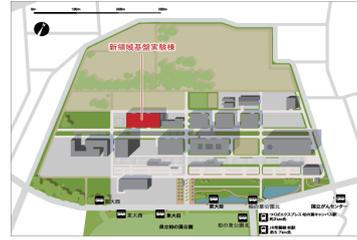
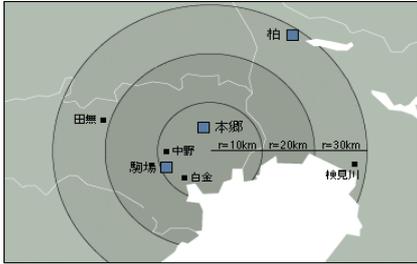
(1991-1992年 米国カリフォルニア大学
バークレー校客員研究員)

2021年3月 退職 2020.7.14で65歳

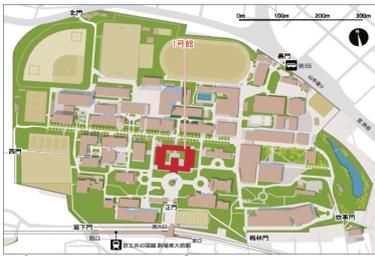


東京大学

THE UNIVERSITY OF TOKYO

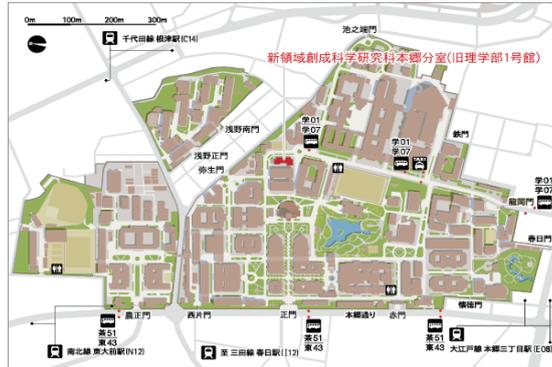


柏キャンパス



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

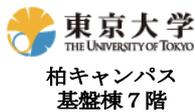
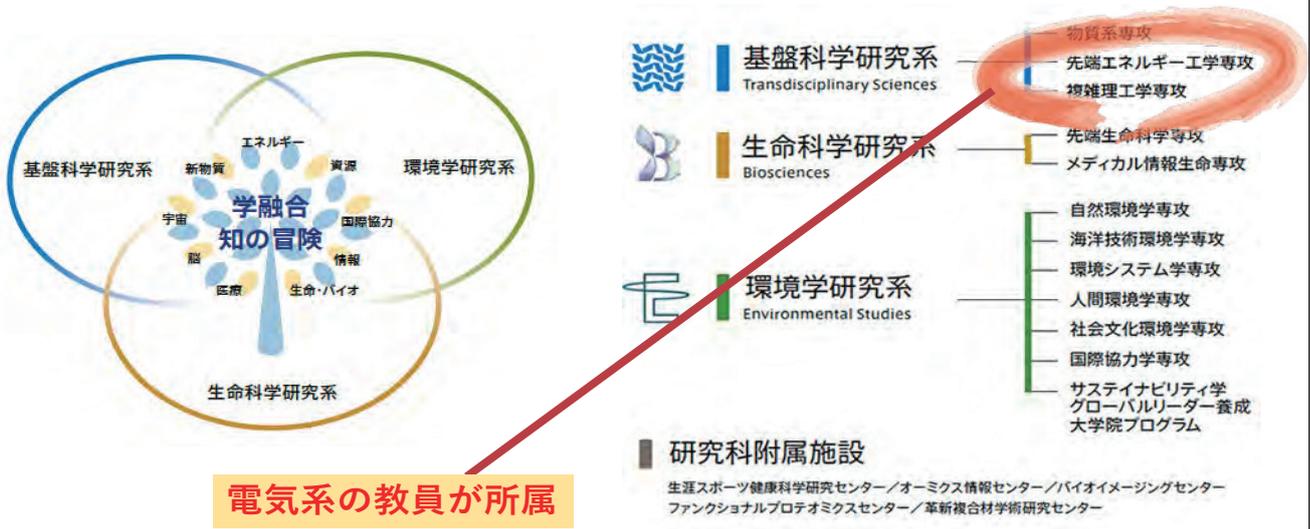
- ・ カブリ数物連携宇宙研究機構

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

充電しました
ありがとうございます
THANK YOU

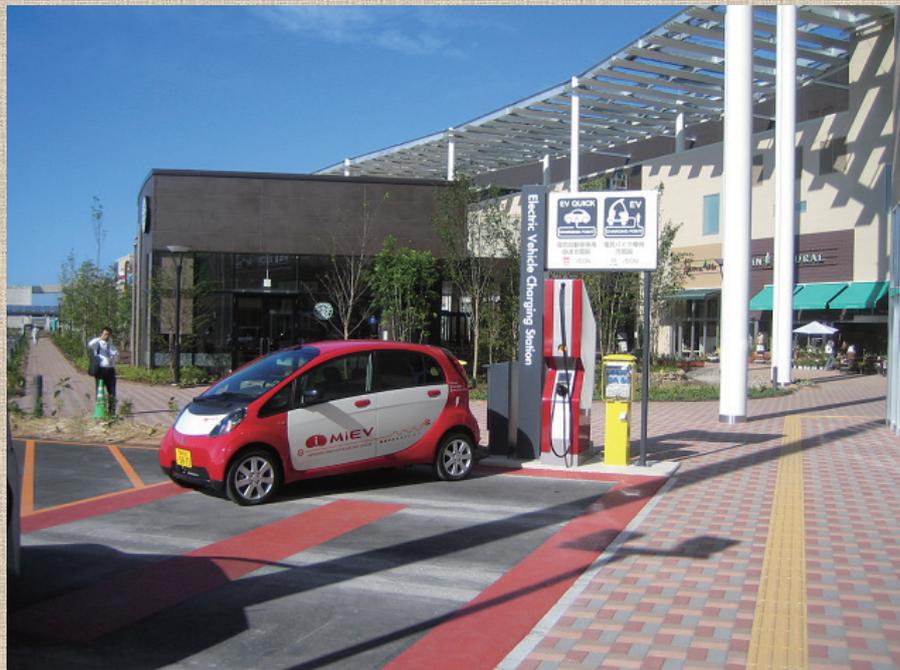
ワイヤレス給電



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

考え方を換えよう！

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



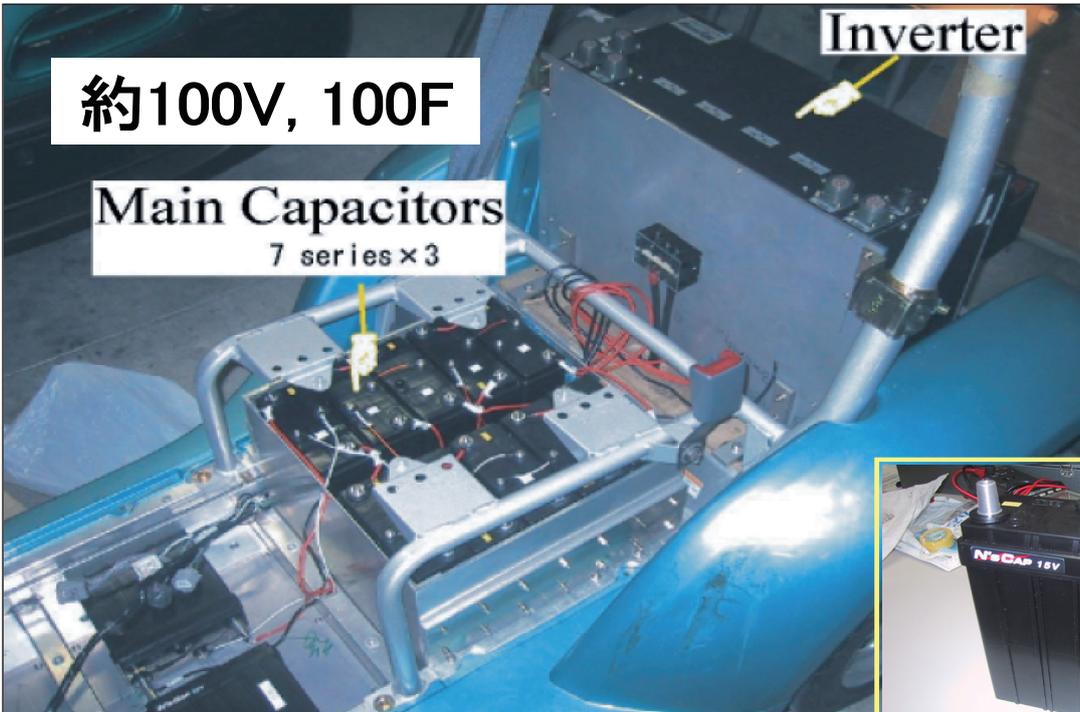
Power Systems



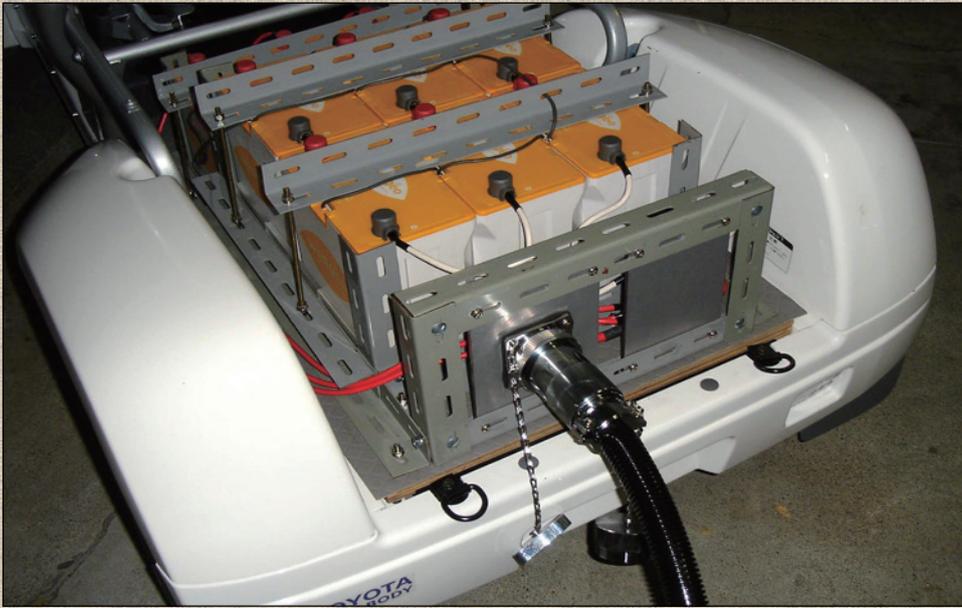
約100V, 100F

Main Capacitors
7 series × 3

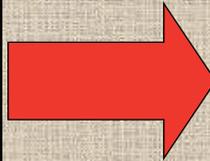
Inverter



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.

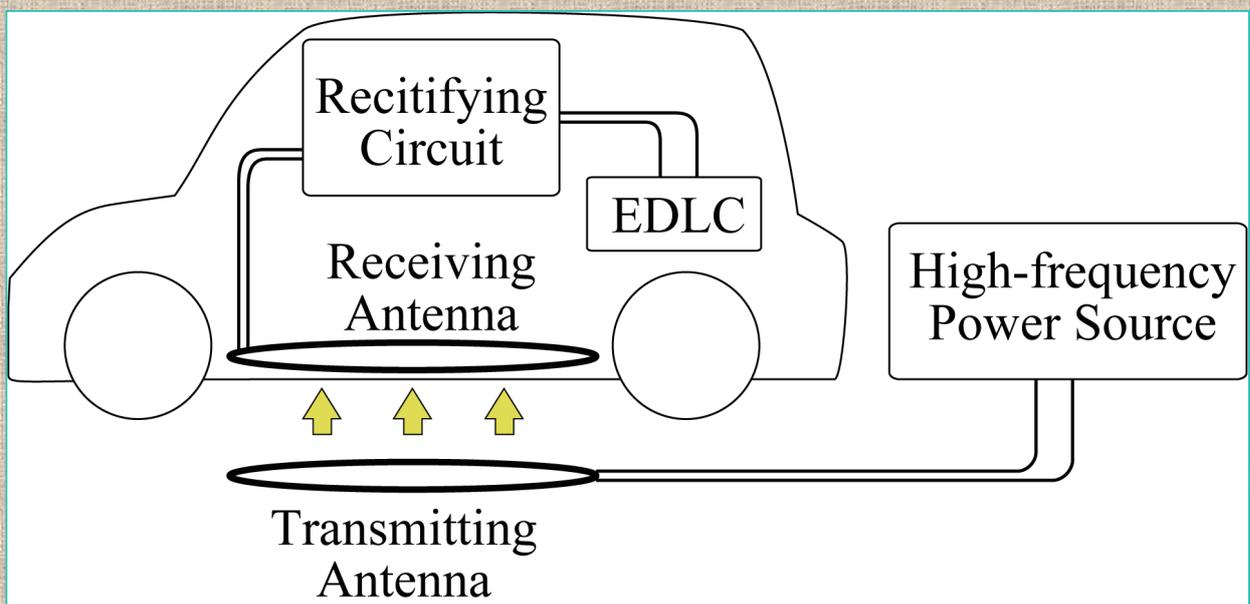
beautiful pantograph

beautiful lady

ワイヤレス

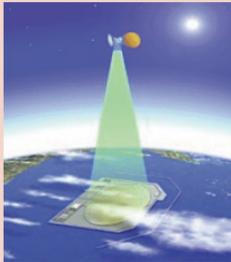
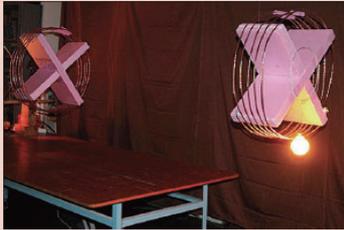
ワイヤレス給電システムのイメージ

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	

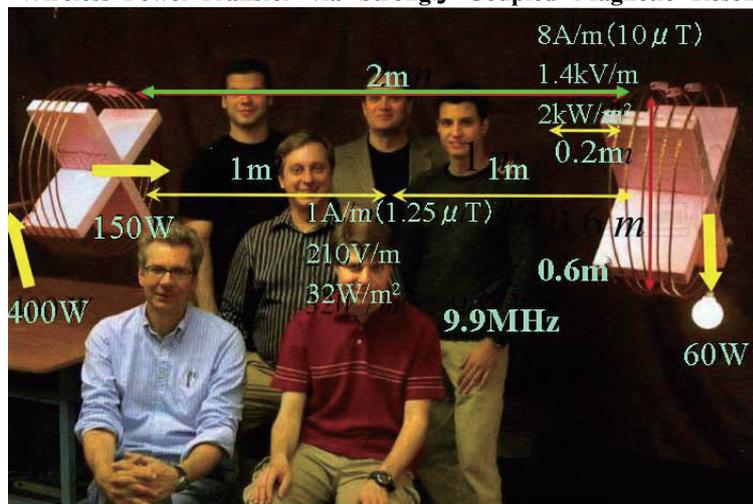
5

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

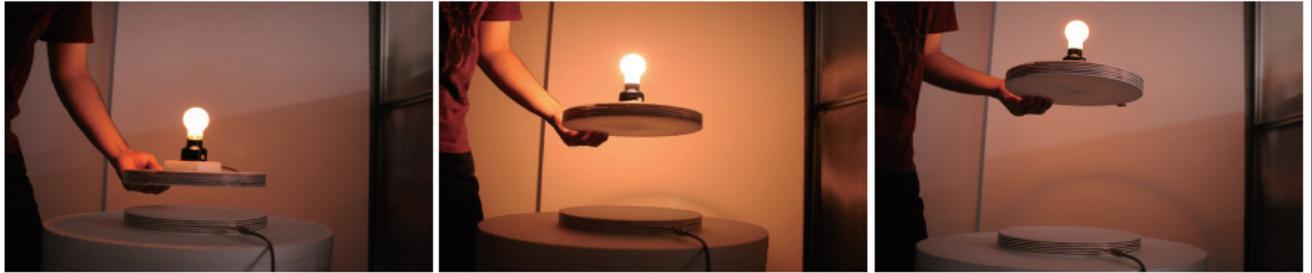


A. Kurs et al., Science 317, 83-86 (2007)

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



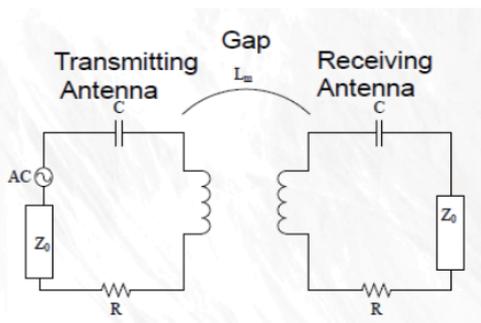
(a) 位置ずれがないとき

(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.

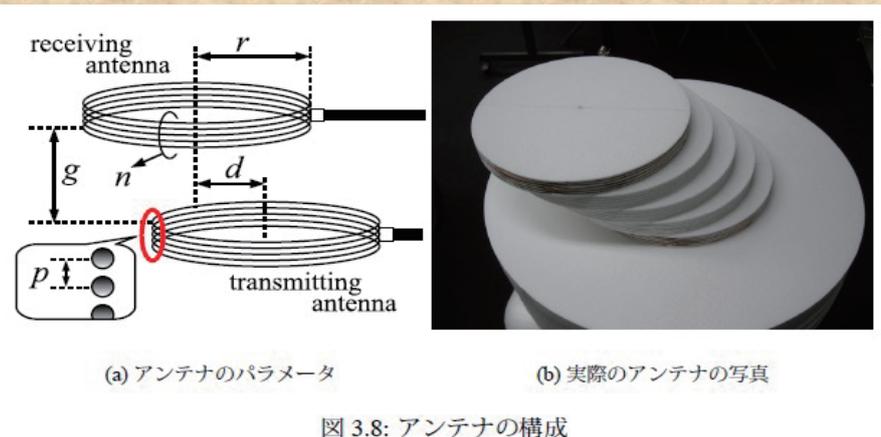


図 3.8: アンテナの構成

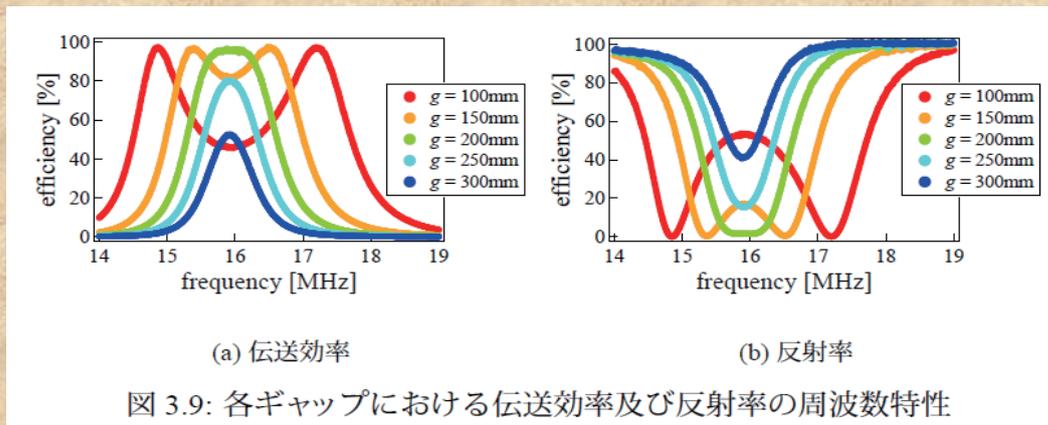


図 3.9: 各ギャップにおける伝送効率及び反射率の周波数特性

Research Direction

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

- Research Direction

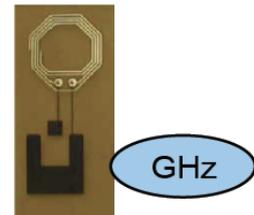
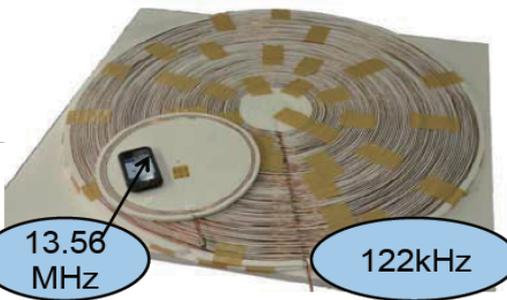
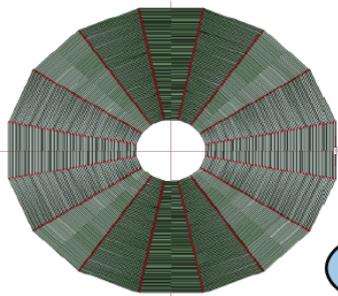
Antenna Design	System Control	Power Electronics
<ul style="list-style-type: none"> ▪ kHz ~ MHz ~ GHz Antennas ▪ Asymmetrical Antennas ▪ Multiple Receiver Analysis ▪ Repeater Antennas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Impedance Matching System ▪ Frequency Matching System ▪ Parameter Estimation ▪ Battery/Capacitor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

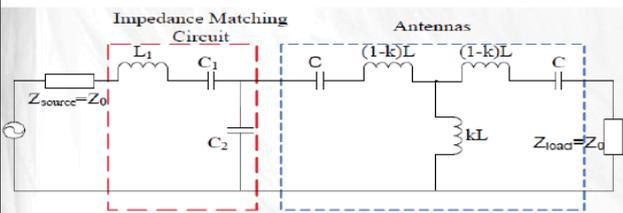


MHz: Smaller sized antennas, Narrow ISM Band, No efficient power source
 kHz: Power source exists, Wide ISM Band, Larger antennas

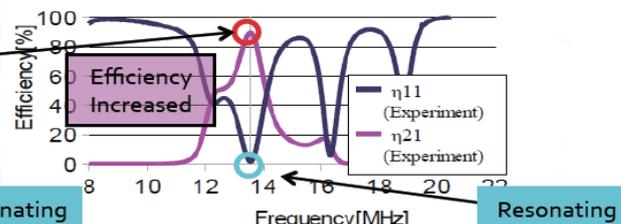
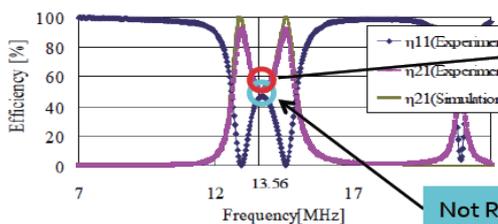
System Control



- 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**



Not Resonating

Resonating

Before Impedance Matching

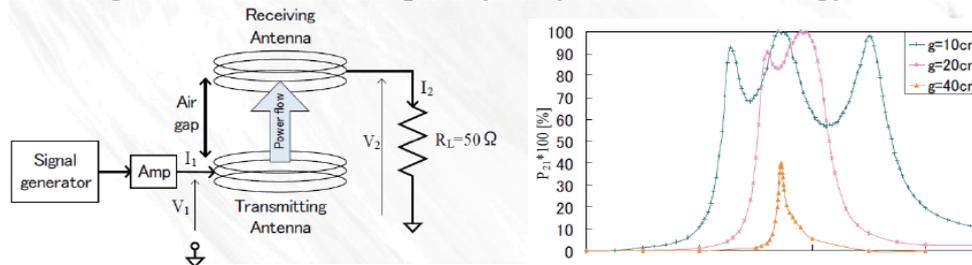
After Impedance Matching

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)

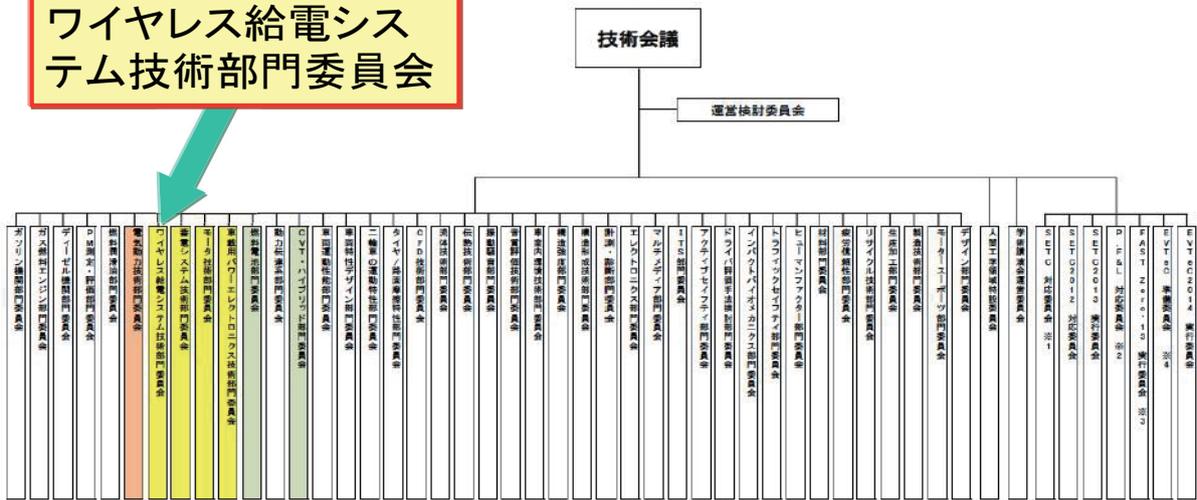
技術会議の組織

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

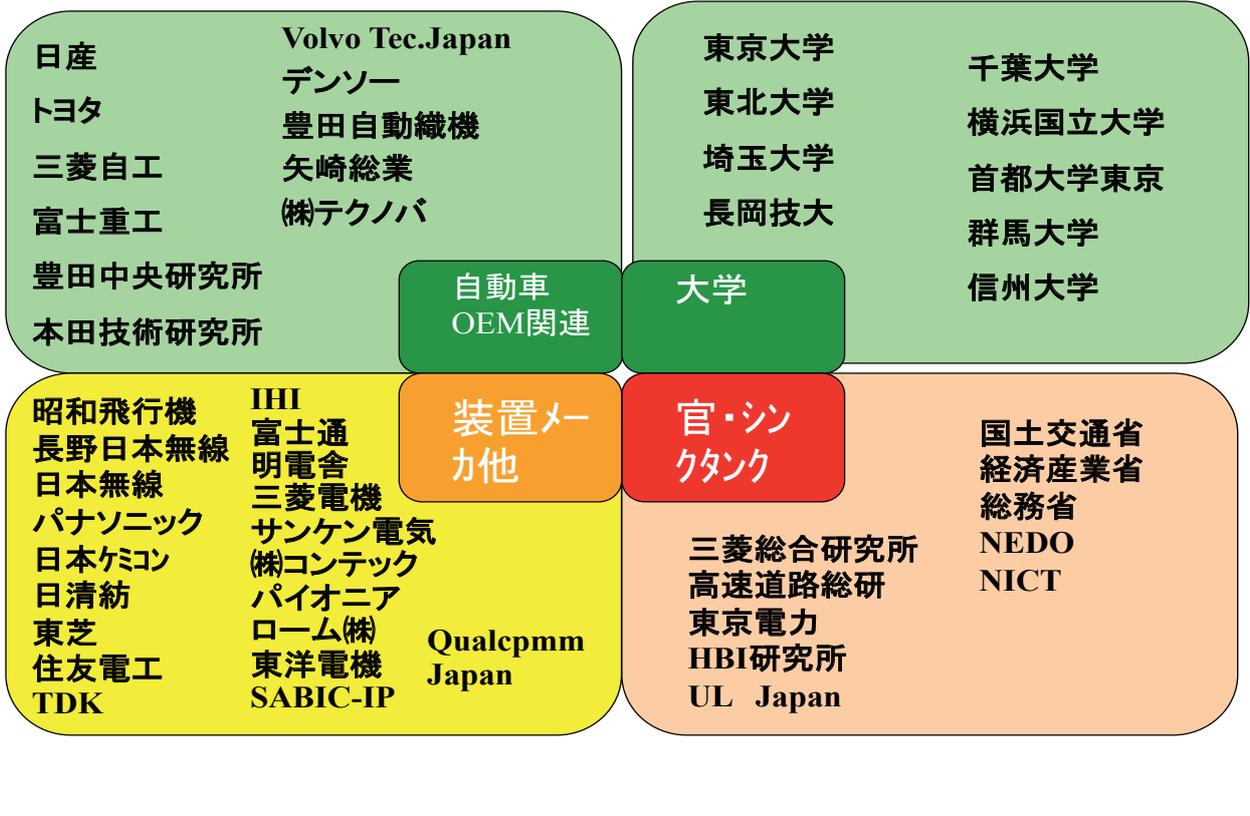


※1 S2TC: Small Engine Technology Conference ※2 P, F&L: Powertrains, Fuels & Lubricants ※3 FAST Zero '13: First International Symposium on Future Active Safety Technology toward zero-traffic-accident.
※4 EVTeC: International Electric Vehicle Technology Conference

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)

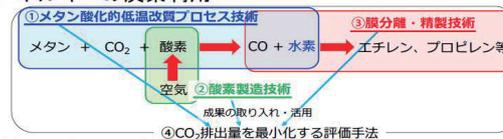
再生可能エネルギー等の不規則な変動電源にも常に高効率の対応が可能な低コストで高い機能性、汎用性に富むUSPMの実現のため、①ワイドバンドギャップ(WBG)系半導体向け高速デジタルコントローラの開発、②高パワー密度、高温動作コアモジュールの開発、③炭化ケイ素(SiC)並みの低損失をシリコン(Si)程度のコストで実現するWBG系MOSFET(電界効果トランジスタの一種)の開発を実施。

(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

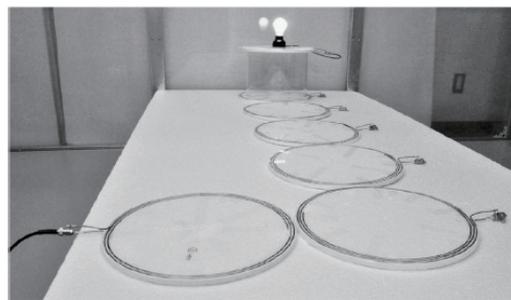
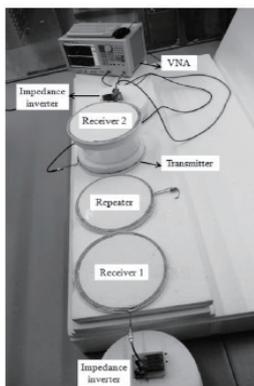
- 超高精細映像表示、インテグラル方式やホログラム技術等による360° 立体映像表示、空間を自由かつ最大限に活かした視聴体験が実現。
- 高度な3Dプリンターが個人まで普及。ユーザ自らが端末をデザイン。
- ウェアラブル機器は、ヒト・モノへのシール貼付型や体内埋め込み型機器へと進化。Brain Machine Interfaceとの連携で、脳が直接ネットワークへ信号を送る。

⑦ 公共安全LTE

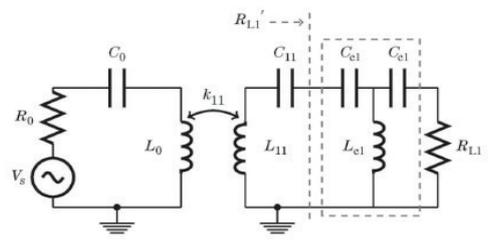
- 「公共安全LTE」(PS-LTE)が構築され、音声のほか、画像・映像伝送等の高速データ通信が可能となり、より円滑な災害対応が実現する。

さて。。。。

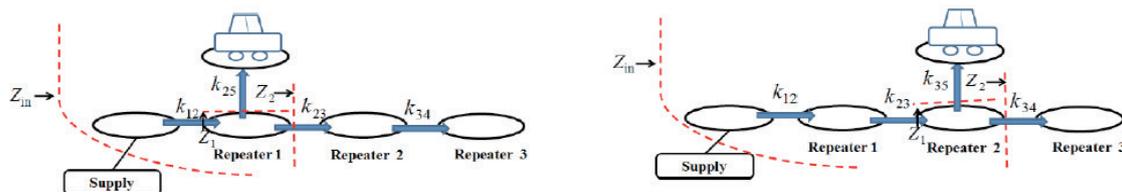
走行中ワイヤレス給電と停車中ワイヤレス給電はまったく別の技術



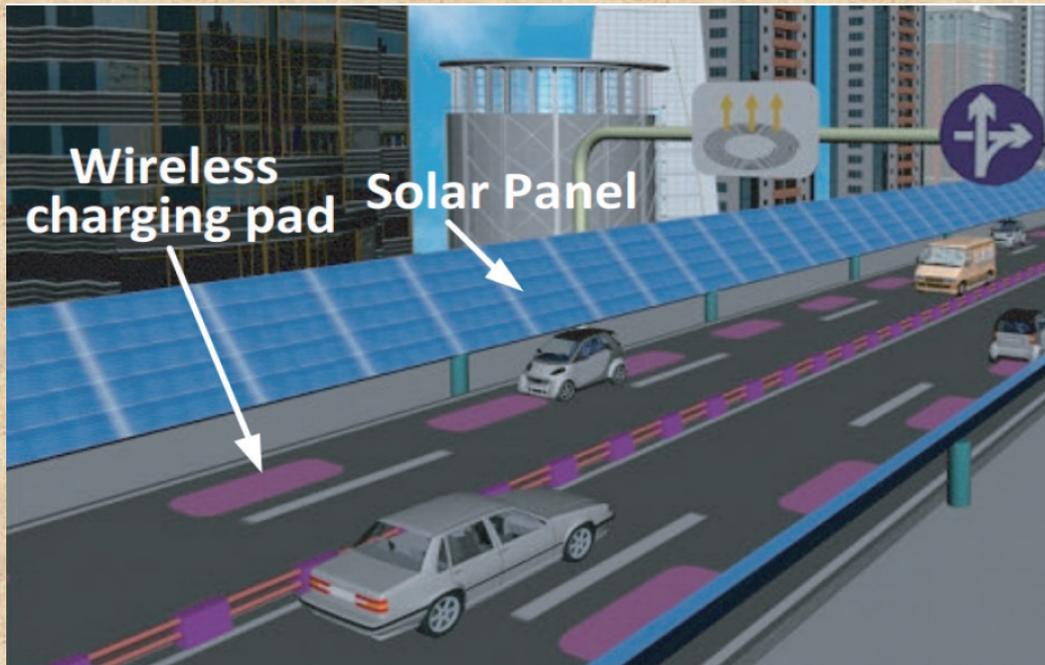
← ↑ 中継コイルによる伝送距離の延長実験



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

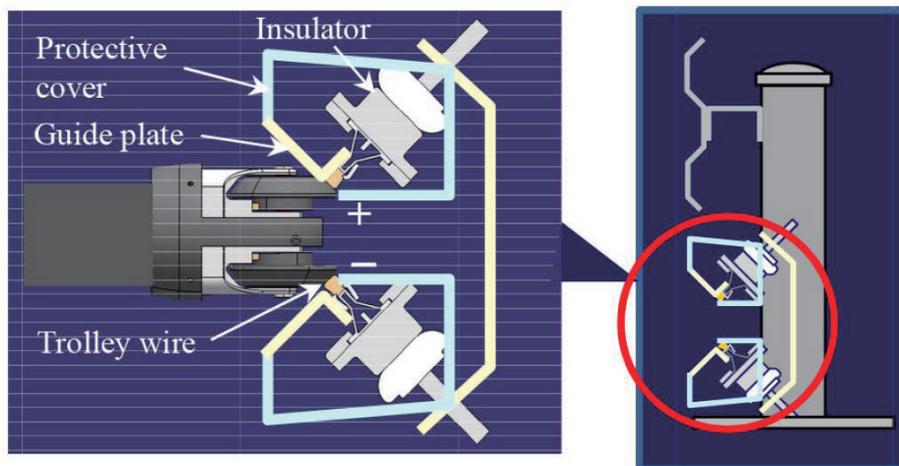


Figure 6. Power collection mechanism



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

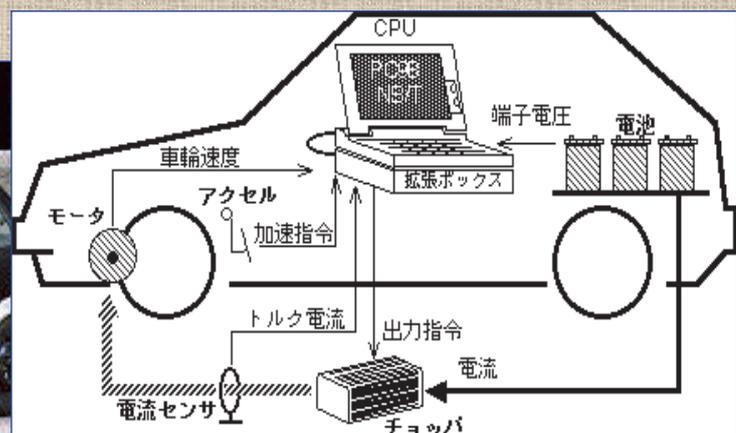
■モータの分散配置, 各輪独立駆動

→ 2次元車体運動の制御

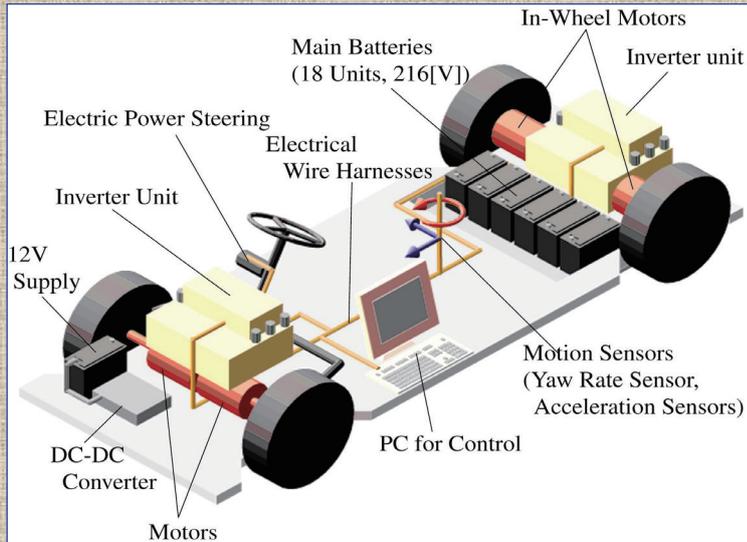
■正確なトルク値の把握

→ 路面状態の推定

東大三月号 I

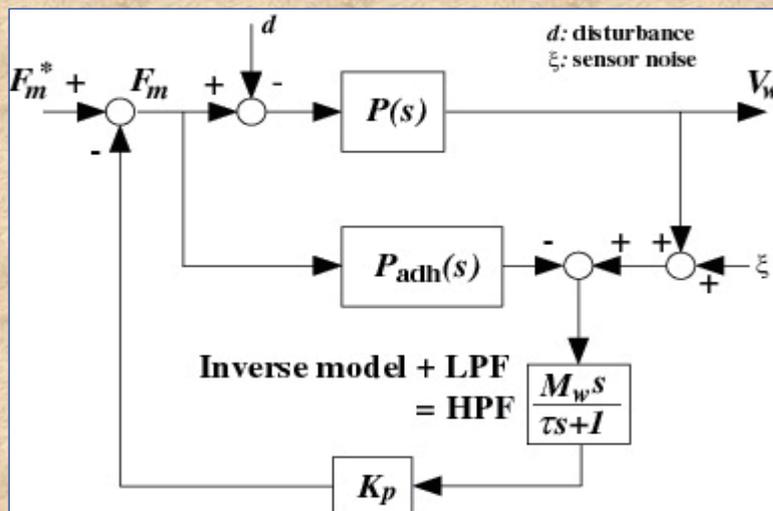


- ・1996年完成。
- ・直流モータ1基搭載。回生ブレーキは不可。
- ・前後輪の回転速度を計測。ノートPCによる制御。



- ・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

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



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

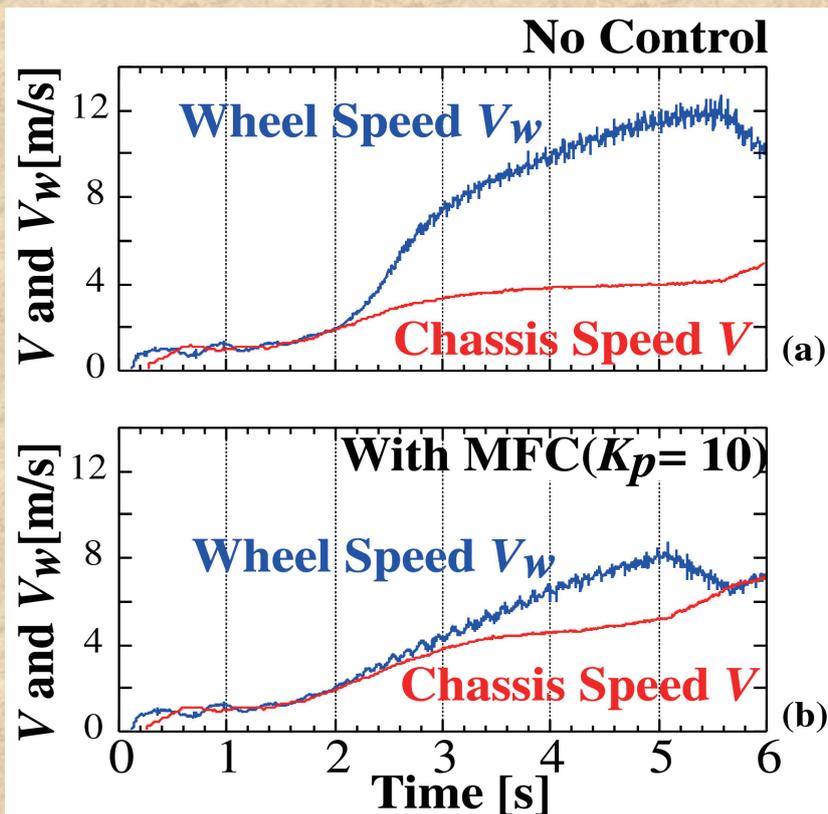
Transfer Function from F_m^* to V_w

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

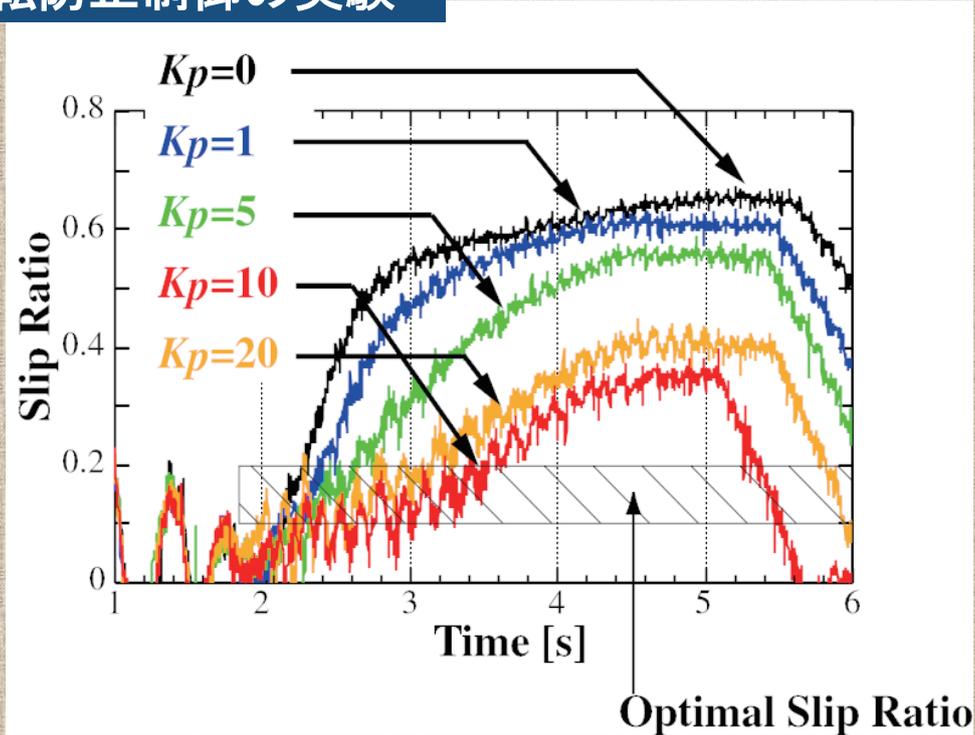
Experiment on Anti-slip Control



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

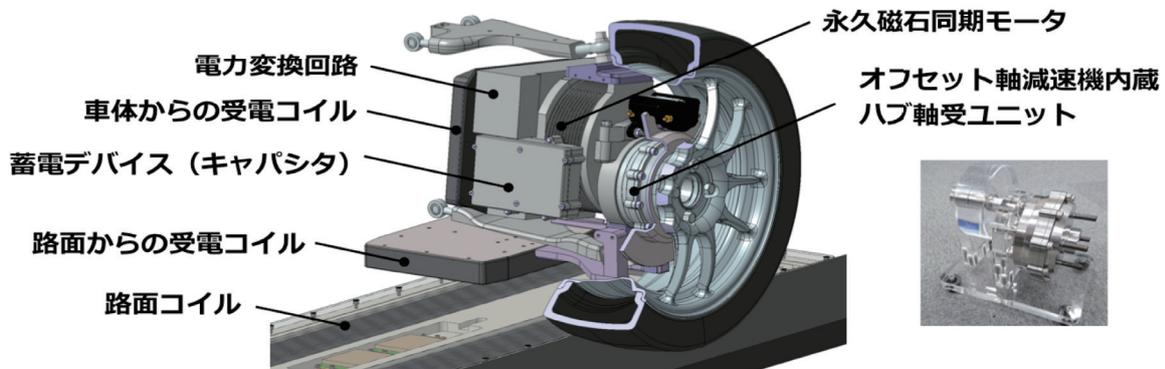
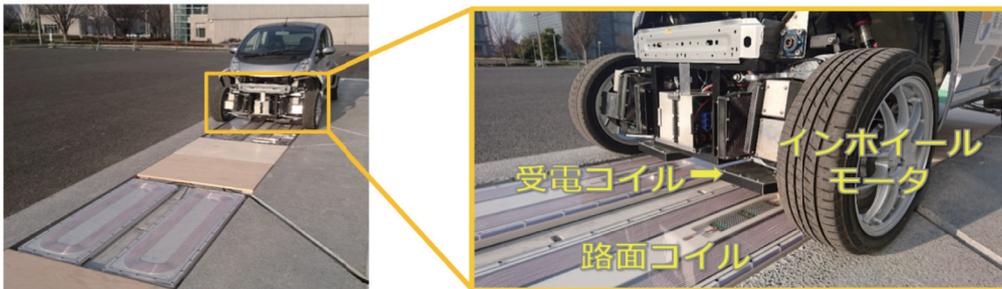
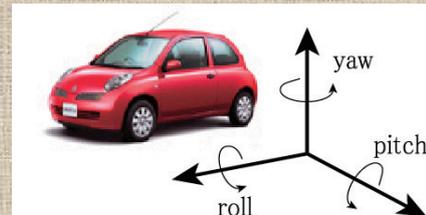
(キャパシタ駆動)
(特注インバータ)

C-COMS2

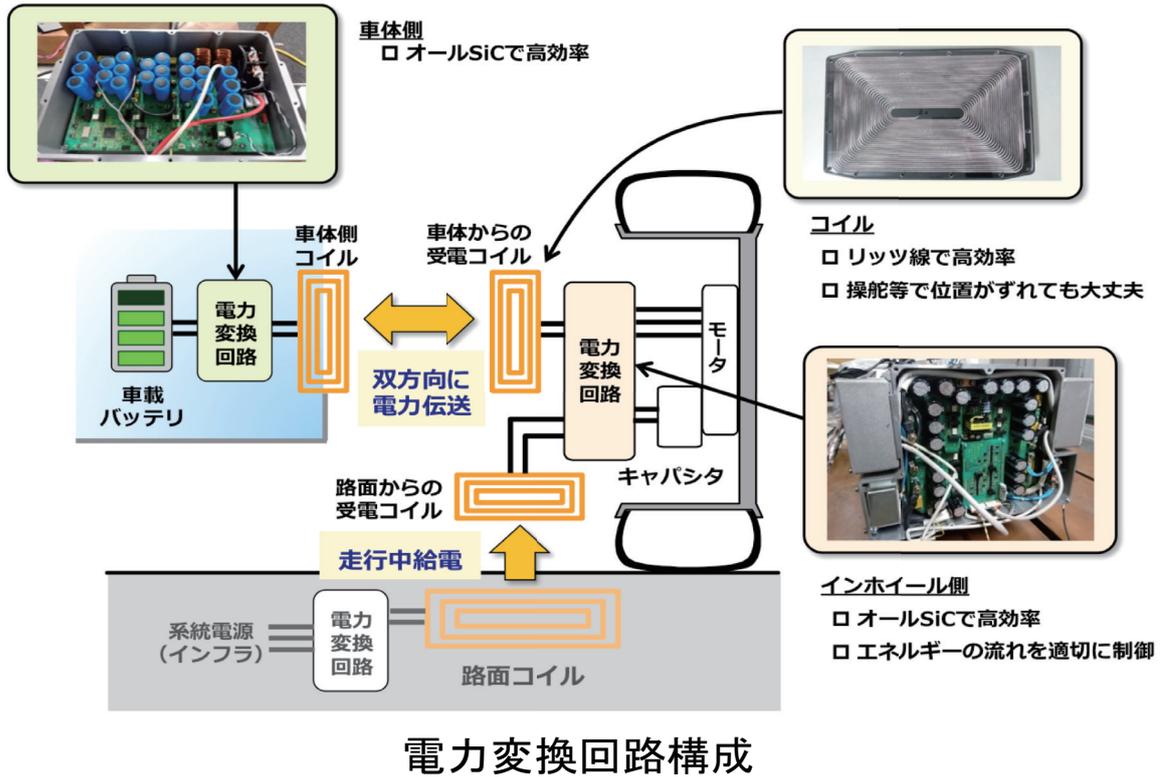
(キャパシタ駆動)
(DDインホイールモータ)

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

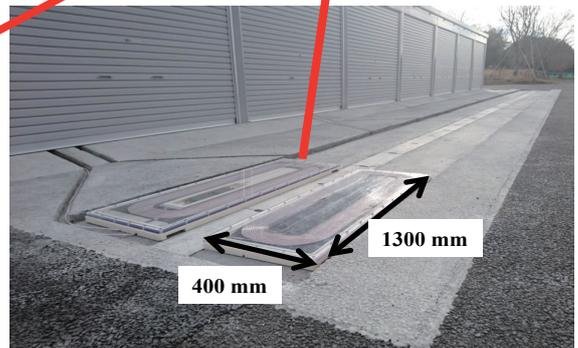
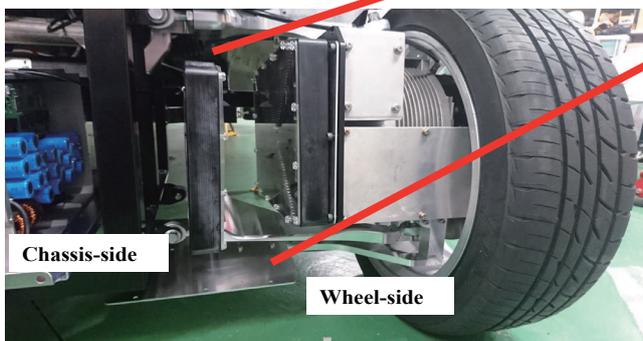
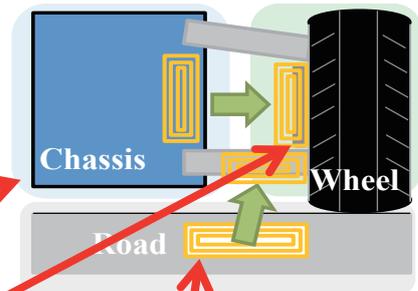
W-IWM2の左右輪に同時給電可能

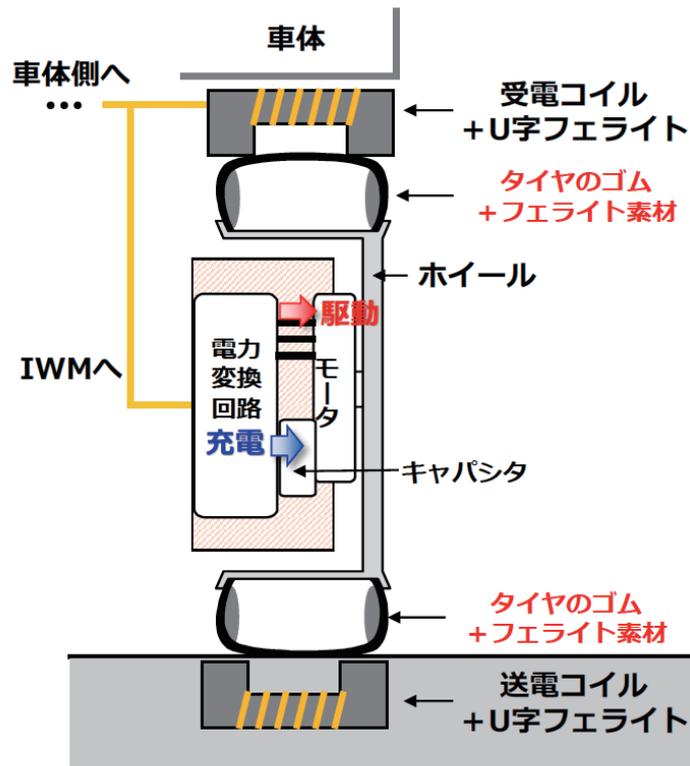
進行方向に12個、計24個の路面コイルで試験可能

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 フェライト

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
http://www.powersystem.co.jp

講演 1

**次世代電動重量車の燃費・排出ガス試験に
対応した新たな評価手法の検討**

環境研究部 主任研究員

奥井 伸宜

次世代電動重量車の燃費・排出ガス試験に 対応した新たな評価手法の検討

環境研究部 主任研究員 奥井 伸宜

内容

1. 概要
2. 各種車両の認証試験法
3. 次世代電動重量車に対する評価手法
4. まとめ

電動重量車の開発・実用化状況

《出典:各重量車メーカーHP》

市販中の電動重量車

日野 ブルーリボンシティハイブリッド(大型HEV)



いすゞ ERGA(大型HEV)



日野 レンジャー(中型HEV)



三菱ふそう キャンター(小型HEV)



日野 セレガ(大型HEV)



日野 デュトロ(小型HEV)



いすゞ ELF(小型HEV)



《出典:次世代自動車戦略研究会, 次世代自動車戦略2010》

3

電動重量車の試験法整備状況

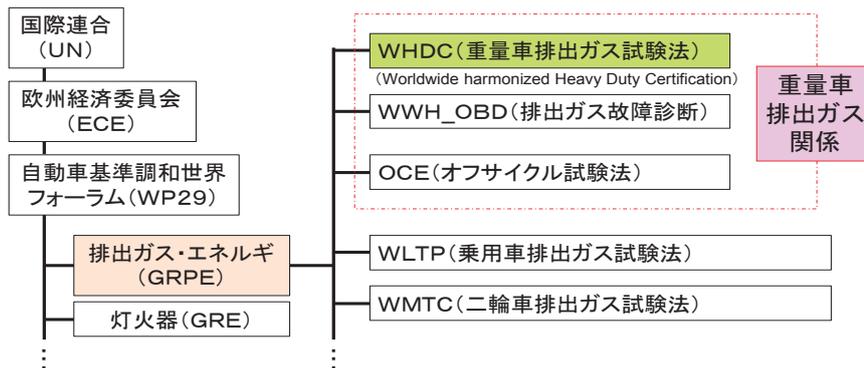
◆国内制定状況

(~2015年)	ハイブリッド (HEV)	プラグインハイブリッド (PHEV)	電気自動車 (EV)
乗用車	TRIAS_5-9-2009	TRIAS_5-9-2009	TRIAS_99-011-01
重量車	TRIAS_99-007~9-01 TRIAS_31-J041(1~3)-01	なし	なし

(TRIAS : Test Requirements and Instructions for Automobile Standards)

◆国際基準調和状況(ディーゼルおよびハイブリッド重量車)

- ・排出ガス試験法 : WHDCの適用 (2016年~)
⇒ JE05(日本の排出ガス試験サイクル)から変更
- ・燃費試験法 : JE05+都市間走行モードの適用 ⇒従来通り



4

実用化が期待される次世代電動重量車の開発

次世代大型車の新技術を活用した車両開発等に関する事業の実施（国土交通省委託事業）

- ① 次世代電動重量車の開発 ⇒ 実用性の向上
- ② ①に対する認証試験法の整備 ⇒ 普及の促進



5

次世代電動重量車に対する認証試験法の整備に向けて

プラグインハイブリッド重量車：将来市場への投入が期待される
→ 燃費・排出ガス試験法が未整備

プラグインハイブリッド重量車試験法の整備

1. 試験条件

→ WHDC導入後(2016年～)の排出ガス、燃費試験法を検討する必要がある。

2. 試験手法(装置)

→ プラグインハイブリッド重量車の評価に、従来HILS法が適用可能か？
適用困難な際は、新たな試験手法を検討する必要がある。

(HILS : Hardware In the Loop Simulation)

本発表

「2. 試験手法(装置)」について紹介

内容

1. 概要

2. 各種車両の認証試験法

- ・乗用車の試験法
- ・重量車の試験法
- ・ハイブリッド重量車の試験法

3. 次世代電動重量車に対する評価手法

4. まとめ

各種車両の認証試験法

	基本となる試験法(型式認証時等)
乗用車 (ハイブリッド車、電気自動車、 燃料電池車含む)	・シャシダイナモ法 (実車+シャシダイナモメータ)
重量車 (エンジン車)	・シミュレーション法 (計算機+エンジンダイナモメータ)
ハイブリッド重量車	・システムベンチ法 (実パワートレイン+ダイナモメータ) ・HILS法 (計算機+エンジンダイナモメータ)
プラグインハイブリッド 重量車	・なし …… HILS法をベースに整備中

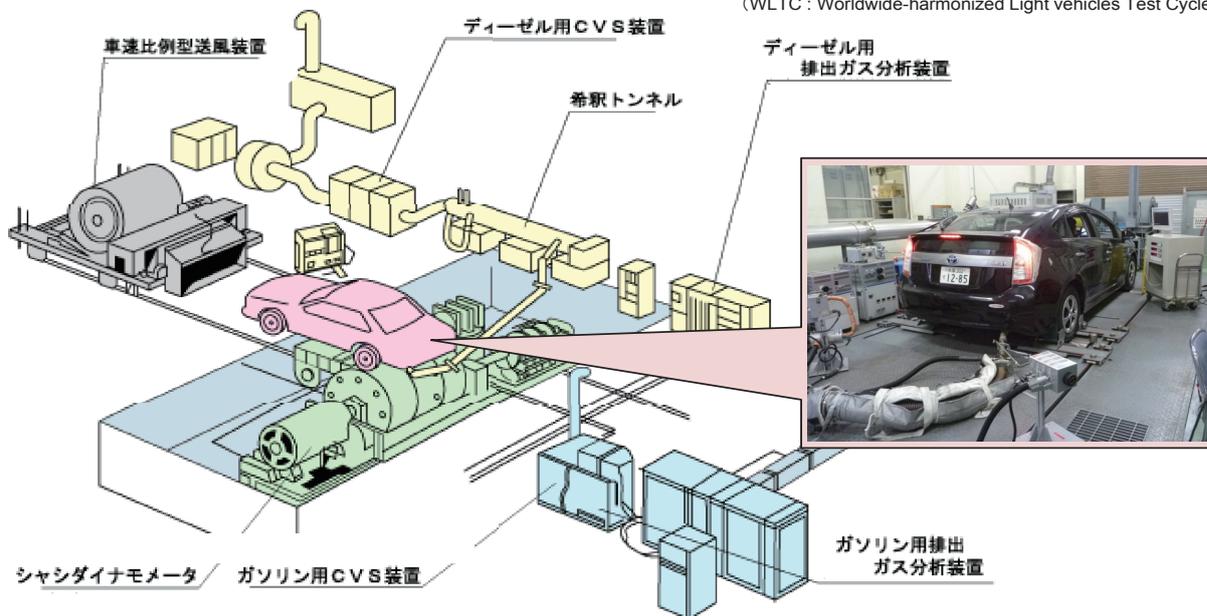
(HILS …… Hardware In the Loop Simulation)

乗用車の試験法（ハイブリッド車を含む）

シャシダイナモ試験

ローラを仮想路面とし、ローラ上に自動車の駆動輪を載せ、
認証試験モード(WLTCなど)を走行し、排出ガス・燃費を測定する

(WLTC : Worldwide-harmonized Light vehicles Test Cycle)



9

重量車(エンジン車)の試験法

架装物やエンジン、トランスミッション、変速比、車軸配列、
タイヤ仕様など、多種多様な車両組合せが存在する

仮想車両による評価

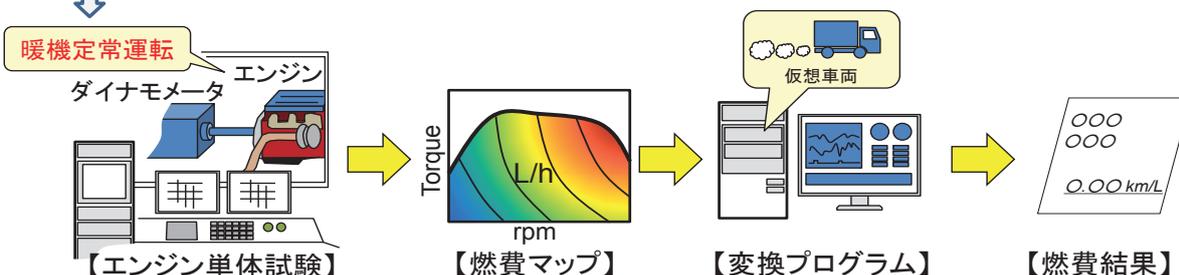
シミュレーション法

燃費試験

計算機(変換プログラム)で、仮想車両のモード走行を行う

排出ガス試験

エンジンダイナモ装置にて、エンジン単体でモード走行を行う



10

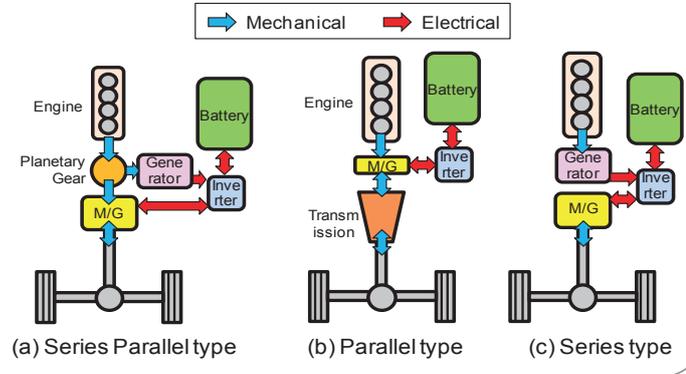
ハイブリッド重量車の試験法

ハイブリッド重量車には、
多種多様な要素機器とパワートレインが存在する

要素機器

- ・内燃機関
 - … エンジン
- ・電動機
 - … モータ/ジェネレーター、インホイールモータ
- ・蓄電装置
 - … バッテリ、キャパシタ

パワートレイン

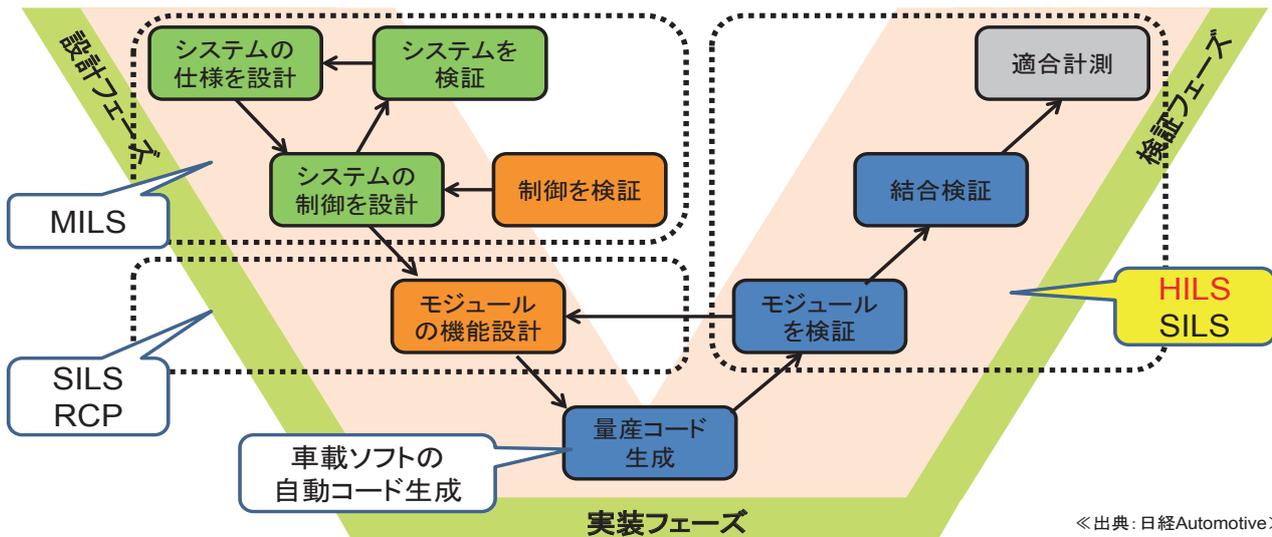


シミュレーション法をベースとして **HILS法**

(HILS : Hardware In the Loop Simulation)

ハイブリッド重量車の試験法 : HILS法

車両システム開発の検証フェーズで用いられる「HILS」を活用



《出典：日経Automotive》

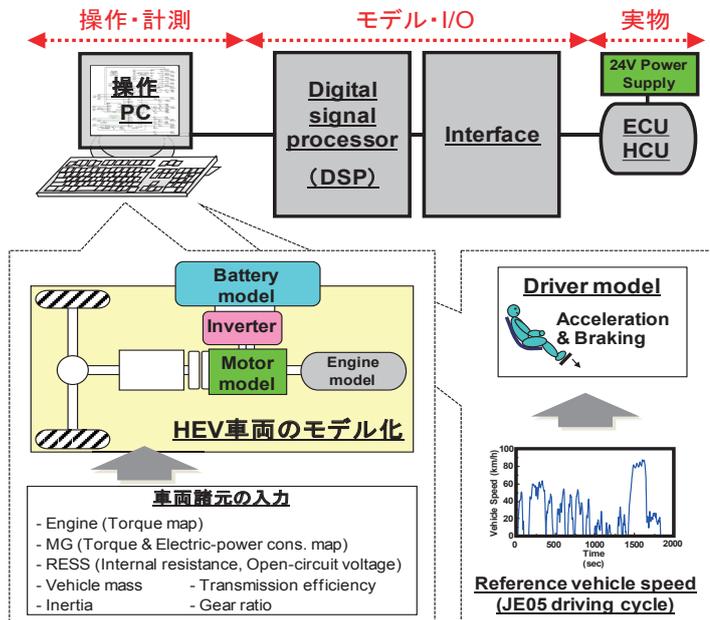
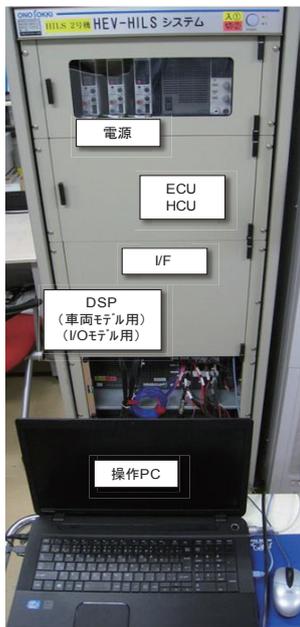
MILS : Model In the Loop Simulation
SILS : Software In the Loop Simulation

RCP : Rapid Control Prototyping
HILS : Hardware In the Loop Simulation

ハイブリッド重量車の試験法 : HILS法

HILSプログラムと実ECU、実HCUが接続された計算機から構成

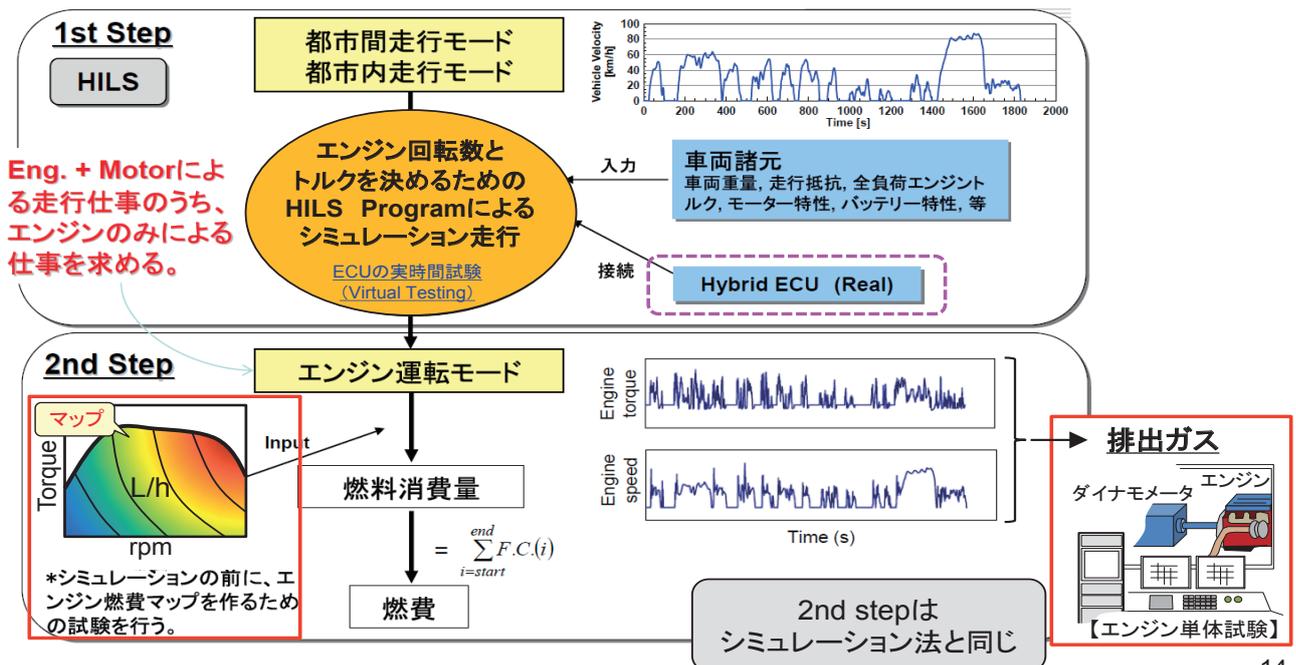
(ECU : Engine Control Unit, HCU : Hybrid Control Unit)



ハイブリッド重量車の試験法 : HILS法

燃費試験 : 計算機 (HILSプログラム + 燃費マップ (エンジンホット))

排出ガス試験 : エンジン単体のダイナモ試験 (運転点は事前に決定)



内容

1. 概要

2. 各種車両の認証試験法

3. 次世代電動重量車に対する評価手法

・HILS法の課題整理

課題1：プラグインハイブリッド重量車の評価

課題2：新技術搭載電動重量車の評価

・HILS法の課題対応と評価事例

4. まとめ

課題1：プラグインハイブリッド重量車の評価

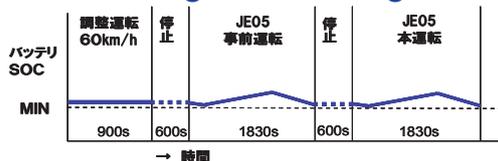
試験サイクル

◆ CD (Charge Depleting) サイクル

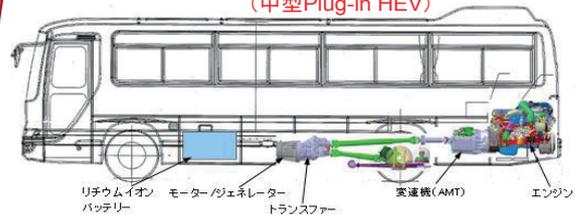
例：JE05モード



◆ CS (Charge Sustaining) サイクル



日野 メルファ プラグインハイブリッドバス
(中型Plug-in HEV)



CDサイクル内の移行サイクル

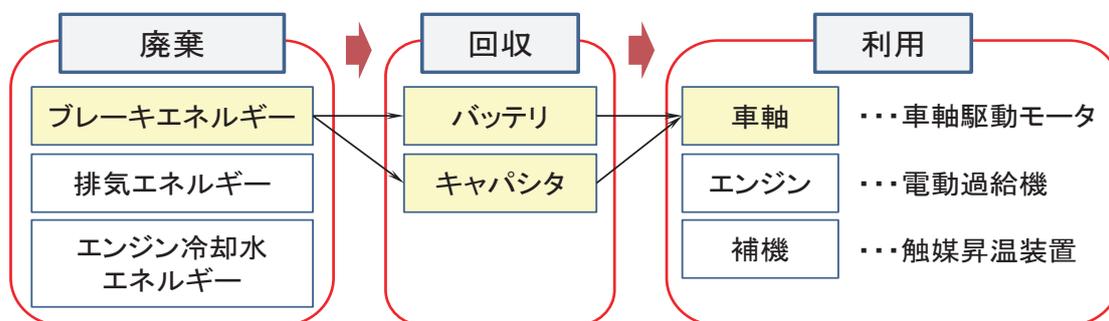
…エンジンが冷機状態から始動 (コールドスタート)

従来HILS法は、プラグインハイブリッド重量車の評価が困難

⇒コールドスタートのエンジン状態を計算機で再現できない

課題2：新技術搭載電動重量車の評価

現在市販のハイブリッド重量車のハイブリッド技術は、
ブレーキエネルギーを蓄電装置に回収し、車軸をアシストする



電動技術は、今後 多様化していく

…エネルギーマネジメントによる環境性能改善が期待される

従来HILS法は、新技術搭載電動重量車の評価が困難

⇒リアルタイムの温度や電力情報を

ハイブリッド制御に適用できない

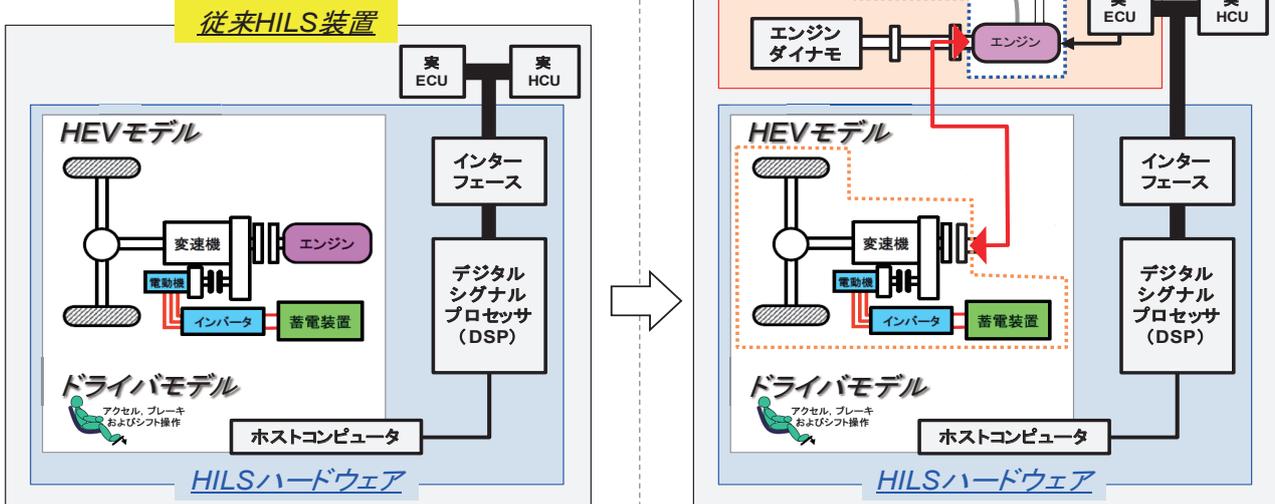
内容

1. 概要
2. 各種車両の認証試験法
3. 次世代電動重量車に対する評価手法
 - ・HILS法の課題整理
 - ・HILS法の課題対応と評価事例
 - 対応：拡張HILSの構築 & 精度検証
4. まとめ

対応：拡張HILSの構築

《従来HILSの課題》

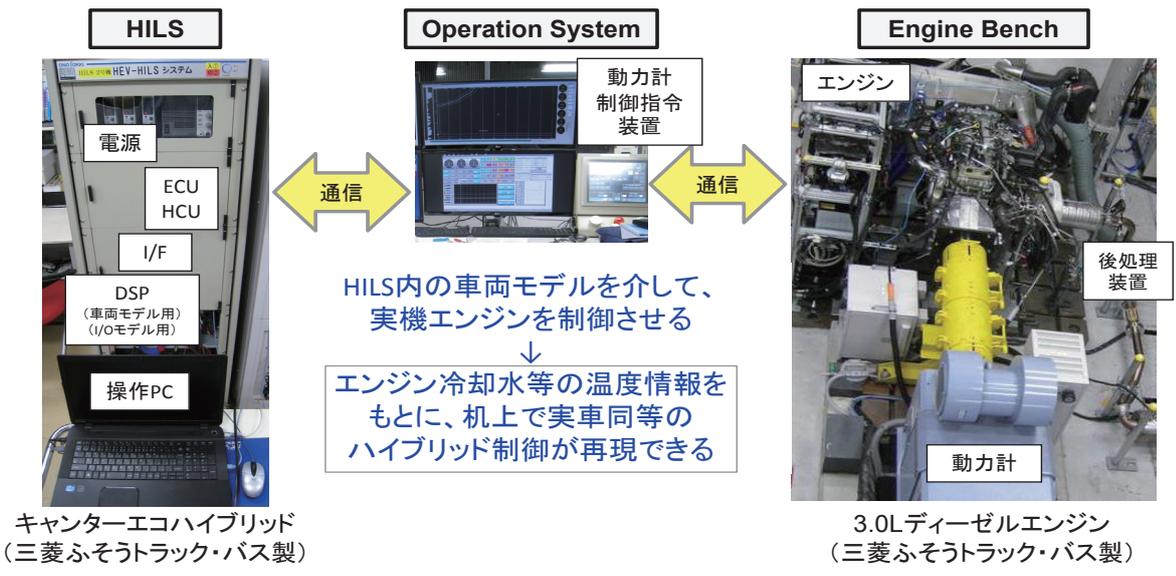
- ・コールドスタートのエンジン状態の再現
- ・温度情報を考慮したハイブリッド制御の対応



従来HILSのエンジン部を、モデルから実機に置き換えて評価

対応：拡張HILSの構築

従来HILSと既存エンジンベンチを使用



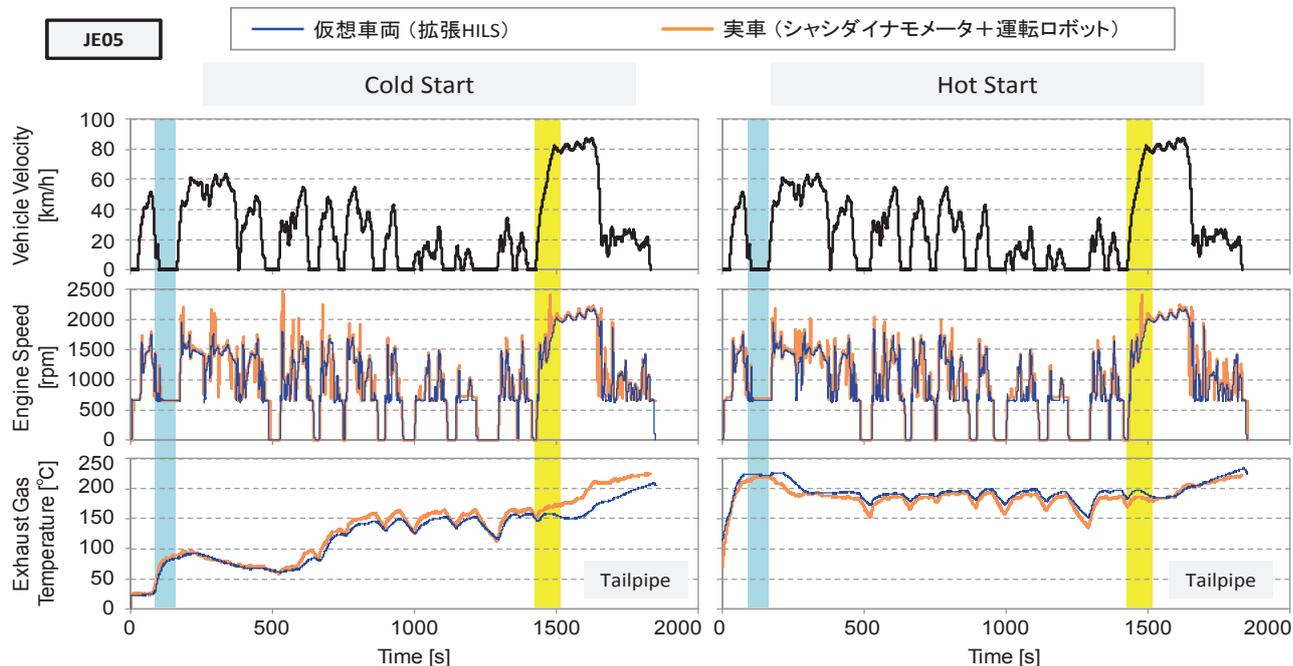
キャンターエコハイブリッド
(三菱ふそうトラック・バス製)

3.0Lディーゼルエンジン
(三菱ふそうトラック・バス製)

対応：拡張HILSの精度検証

拡張HILS vs. 実車HEV(キャンターエコハイブリッド)

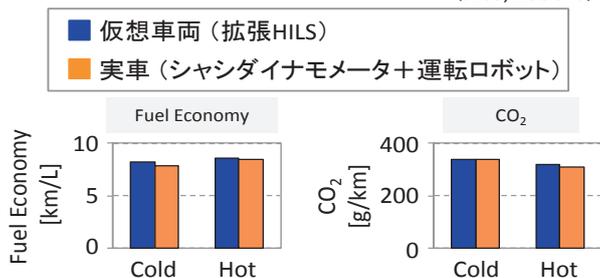
(車両重量: 4,705kg)



対応：拡張HILSの精度検証

燃費, 排出ガス

(JE05, ΔSOC=0)



Chassis Dynamometer



キャンターエコハイブリッド
(三菱ふそうトラック・バス製)

決定係数 (R²)

Hot Condition

(JE05)	Tolerance (HILS)	Cold Start	Hot Start
Accelerator Pedal	—	0.88	0.86
Brake Pedal	—	0.90	0.93
Vehicle Velocity	0.97 ≤	0.94	0.94
Engine Speed	0.97 ≤	0.91	0.87
Engine Torque	0.88 ≤	0.82	0.79

【拡張HILS】
R² at Cold & Hot Start
↓
Good

仮想車両 (拡張HILS) ≒ 実車 (シャシダイナモメータ)

内容

1. 概要

2. 各種車両の認証試験法

3. 次世代電動重量車に対する評価手法

・HILS法の課題整理

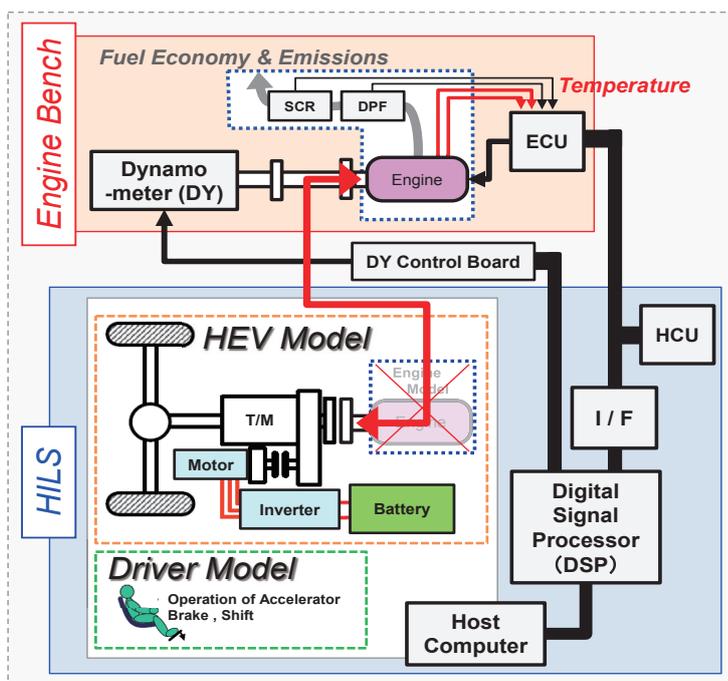
・HILS法の課題対応と評価事例

事例1：プラグインハイブリッド重量車の評価

事例2：触媒昇温装置搭載ハイブリッド重量車の評価

4. まとめ

事例1：プラグインハイブリッド重量車の評価



移行サイクル

(コールドスタート)で
エンジンが始動すると、

✓ 排出ガス低減装置 (EGR)
やハイブリッド制御が、油・
水温等によって変化する

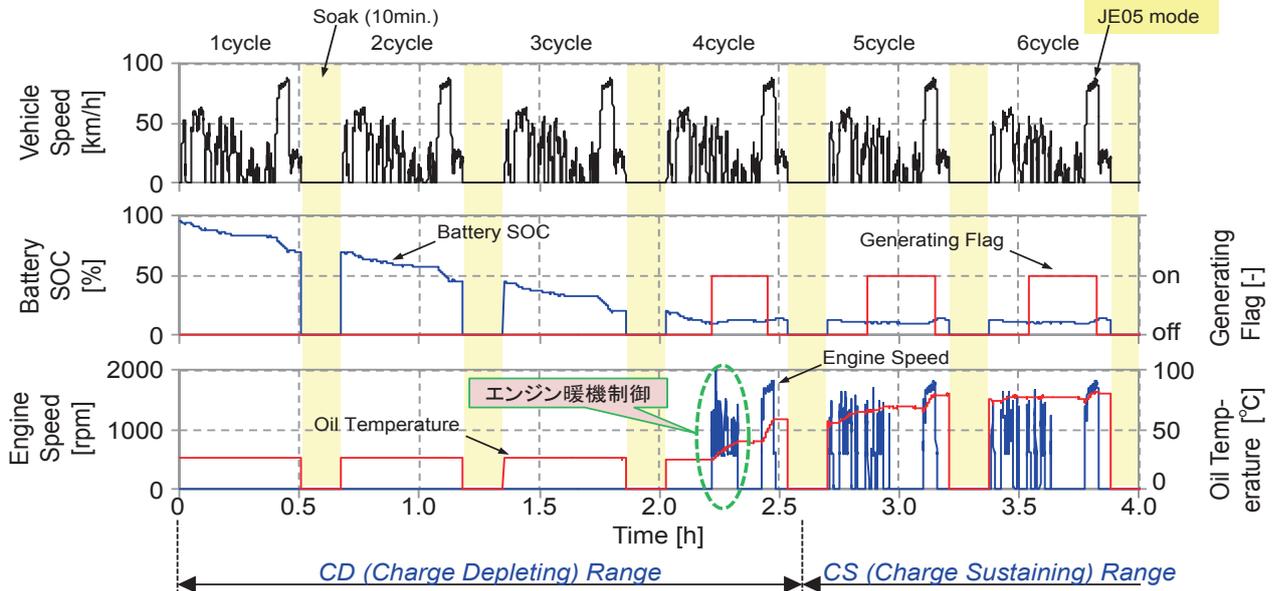
✓ エンジン始動後に、
エンジン暖機運転を行う

事例1：プラグインハイブリッド重量車の評価

プラグインハイブリッド
重量車(5,870kg)

(パラレル方式)

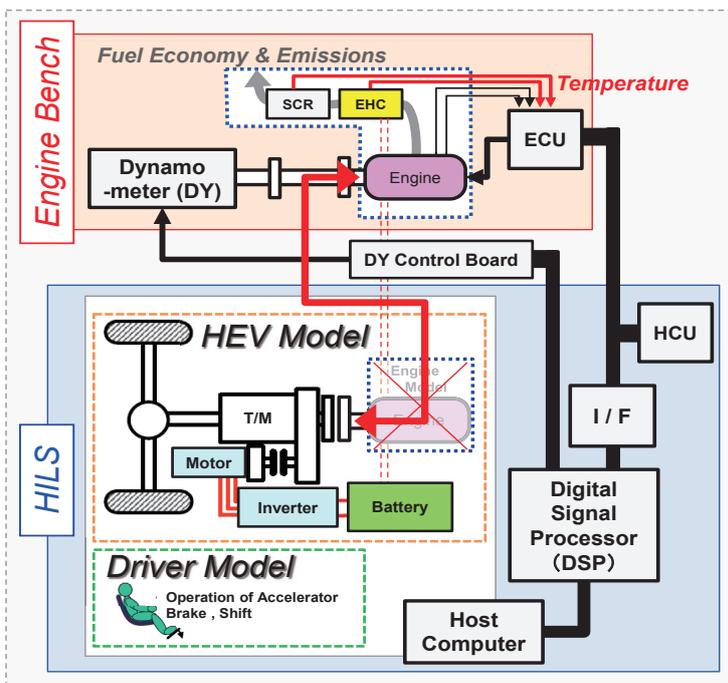
走行開始 SOC	エンジン始動 SOC	発電開始 SOC	エンジン運転 SOC	エンジン 暖機制御
95%	10%	10%	13~10%	あり



コールドスタートのエンジン状態の評価が可能に

25

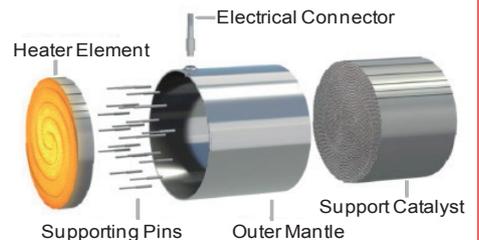
事例2：触媒昇温装置搭載ハイブリッド重量車の評価



触媒昇温装置搭載で、

✓各種温度や電力情報に
基づくハイブリッド制御が、
リアルタイムに変化する

EHC:触媒昇温装置
(Electrical Heating Catalyst)
...触媒を早期に機能させるため、
バッテリー等の電源を使い暖める



《出典：Continental Emitec GmbH》

事例2：触媒昇温装置搭載ハイブリッド重量車の評価

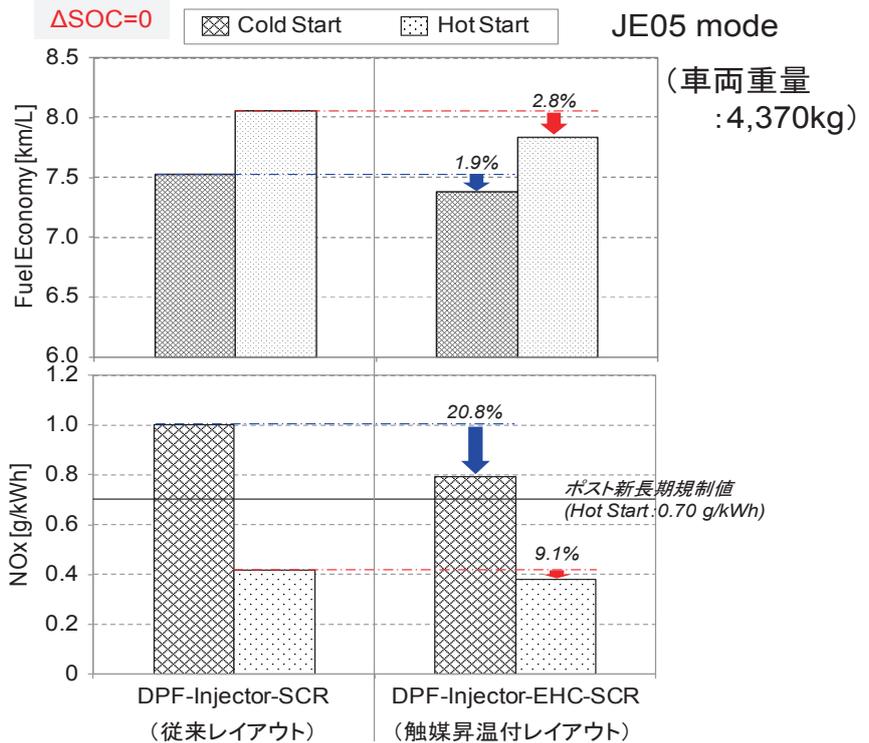
燃費・排出ガス評価

(ハイブリッド重量車)

拡張HILSで運用



- ✓エンジンや排出ガス後処理装置の温度情報を、ハイブリッド制御に適用可能
- ✓ヒータの消費電力を燃費に反映可能



温度情報を考慮したハイブリッド制御の評価が可能に

27

内容

1. 概要
2. 各種車両の認証試験法
3. 次世代電動重量車に対する評価手法
4. まとめ

まとめ

- 従来HILS法では評価が困難な、プラグインを含むハイブリッド重量車の燃費や排出ガスを高精度に評価できる新たなHILS装置(拡張HILS)を構築した

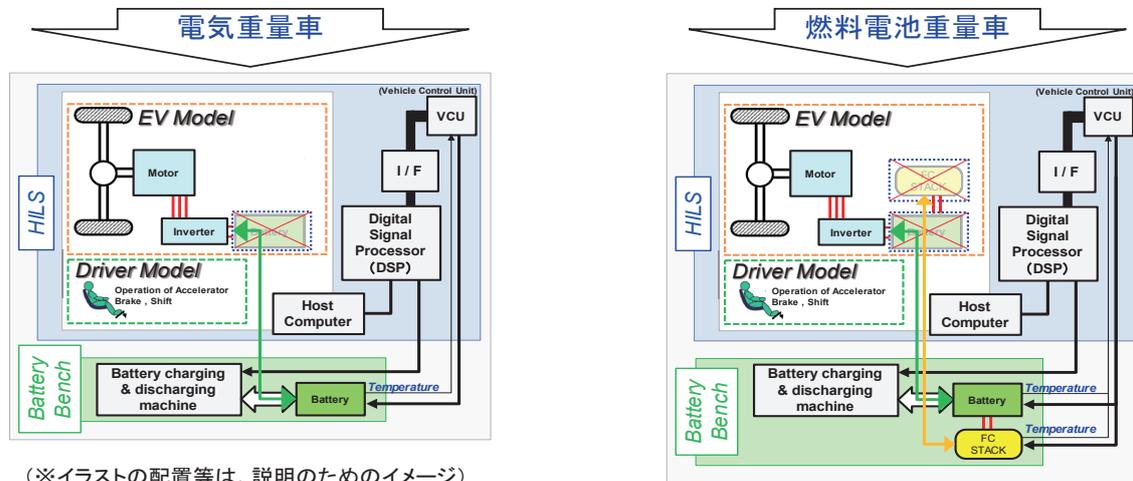
拡張HILSの特徴 (他)

- ✓ 試験工数の削減が可能
 - ・HILSプログラムを実行しながら実機エンジンを稼働
 - ・実機エンジンの使用により、事前評価(燃費マップ取得等)が不要
- ✓ 新たな大型設備投資が不要
 - ・従来HILS法と同じ設備(HILS装置、エンジンベンチ)を使用

今後

- 電気重量車、燃料電池重量車の高精度評価法の整備に向けて、拡張HILS手法が活用できるか検討する

従来HILSの電池部や燃料電池スタック部を、
モデルから実機に置き換えて評価



講演 2

燃料電池自動車の水素燃料消費率測定法の
バリデーションと国際基準調和への展開

環境研究部 主任研究員

小鹿 健一郎

燃料電池自動車の水素燃料消費率測定法のバリデーションと国際基準調和への展開

環境研究部 主任研究員 小鹿 健一郎

本日の講演内容

1. 研究の背景と目的
2. 水素燃料消費率測定方法の概要
3. 実車両を用いた試験法のバリデーション
4. 国際基準調和活動への展開

研究の背景

- 量産型燃料電池自動車 (FCV) がトヨタおよびホンダからそれぞれ2014年および2015年に販売開始された。
- その後、2017年に、FCVの水素燃料消費率測定方法を含むWLTP (the Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures) が GTR (the global technical regulation) No.15として成立した。
- 日本政府はWLTPを国内法規として取り入れる作業を実施している。



UNECE

Global Technical Regulations (GTRs)
1998 Agreement on Global Technical Regulations (GTRs)

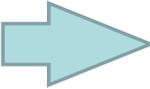
Registry of Global Technical Regulations
ECE/TRANS/180 - Global Registry

English [DOC](#) [PDF](#)

French [DOC](#) [PDF](#)

Russian [DOC](#) [PDF](#)

国内導入





国土交通省

自動車

[ホーム](#) > [政策・仕事](#) > [自動車](#) > 道路運送車両の保安基準 (H30.12.28現在)

道路運送車両の保安基準 (H30.12.28現在)

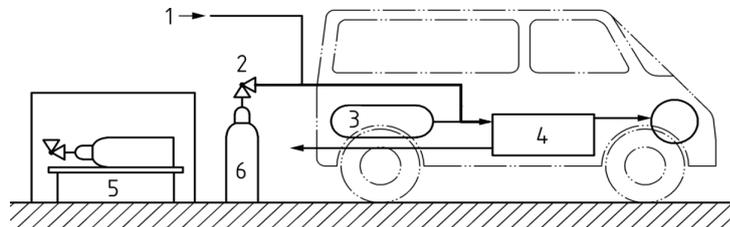
	保安基準	細目告示			適用整理
		第1節	第2節	第3節	
第1条	用語の定義	1-2	202		
第1条の2	燃料の規格		2		

研究の背景と目的

- WLTPの国内法規として取入れの一環として、交通研が、水素燃料消費率測定方法のバリデーションを行うこととなった。
- 本WLTPの草案が国際基準調和活動の場で議論されていたころ、量産型車両の発売はまだ行われていなかったため、このバリデーションは量産型車両を対象とした公的研究機関において初めてのバリデーションとなる。
- 本研究では、量産型車両を使用して、水素燃料消費率の測定において影響を与える因子を抽出し、その影響度合いを明らかにするとともに実際の試験方法として実施可能であるか判断することを目的とする。

WLTPに規定されている水素燃料消費率測定方法の概略

重量法



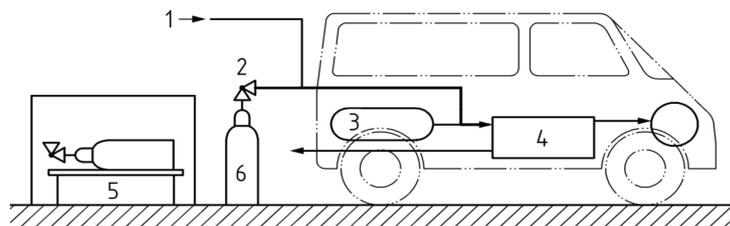
This figure is described in WLTP.

水素燃料消費率は、試験走行前後の外付けタンクの重量を計量し、走行距離と消費された水素の量から計算される。

詳細な試験手順はGTR-No. 15 Annex 8, Appendix 7に記載されている。

WLTPに規定されている水素燃料消費率測定方法の概略

本研究において注目する要素

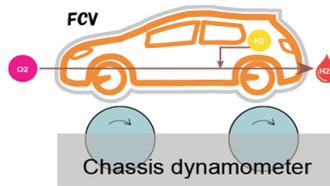
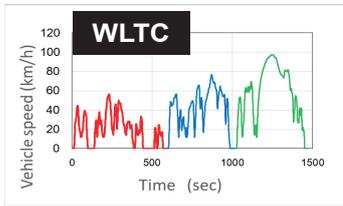


This figure is described in WLTP.

FCVに特有の要素として、ポンベの計量と水素供給配管での水素ロスに焦点をあてて影響評価を行う。

試験法バリデーションの概略

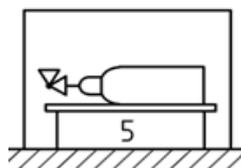
1. WLTPに基づく水素燃料消費率の試験を実施



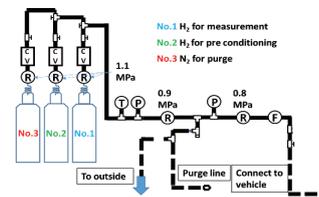
2. FCVを対象とした試験特有の要因に着目した感度分析

- 計量読み取り精度
- 配管内のデッドボリウム
- 配管切り替えの遅れ

電子天秤



水素供給配管



2年間で2台の車両を試験

2台の量産型燃料電池自動車を対象に調査を実施



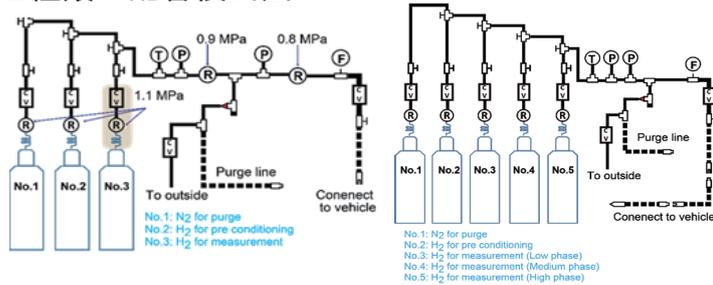
天秤は同じものを使用し、試験車両ごとに水素供給配管を準備した。

天秤外観

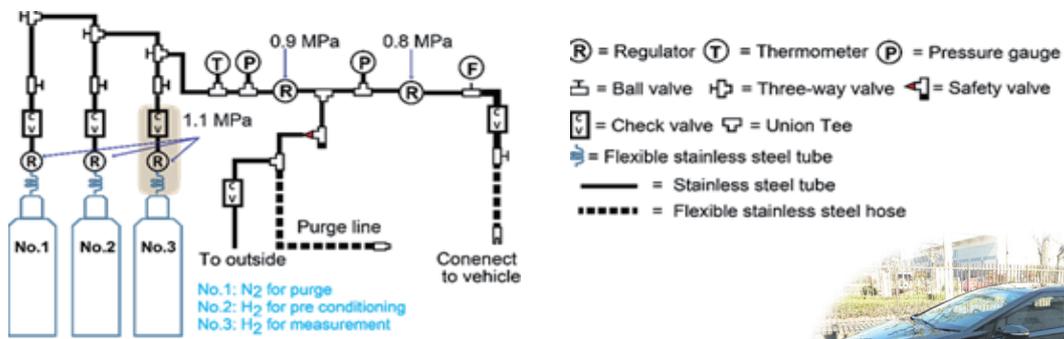


最小読み取り値 (0.005 g)

2種類の配管模式図

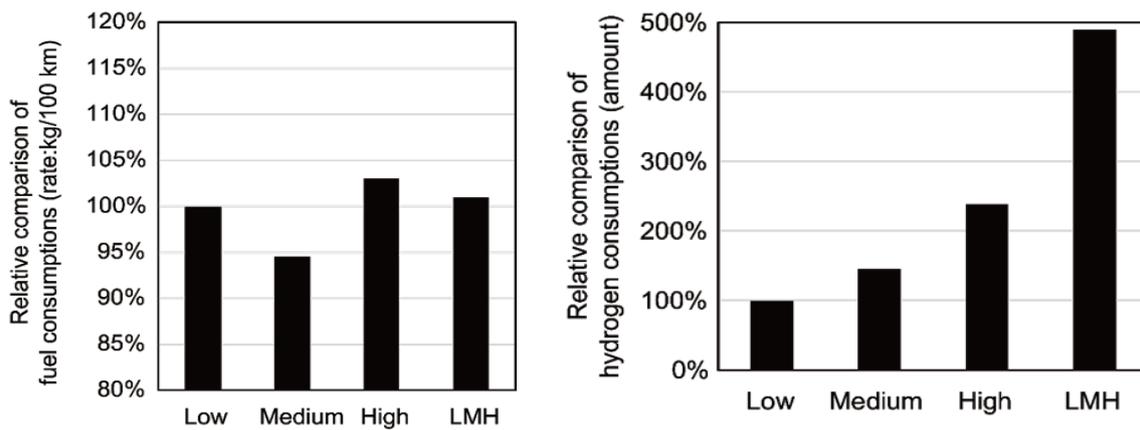


試験車両Aの水素供給配管



水素のロスが最小になるように設計

試験車両Aの水素燃料消費率と消費量の相対比較



- Lowフェーズの水素燃料消費率を基準にした相対比較では値の幅は95%-103%であった。
- 水素消費量はLowフェーズが最も少なかった。

消費した水素量の計測精度が最も影響を与えるのはLowフェーズの水素燃料消費率測定であることが明らかとなった。

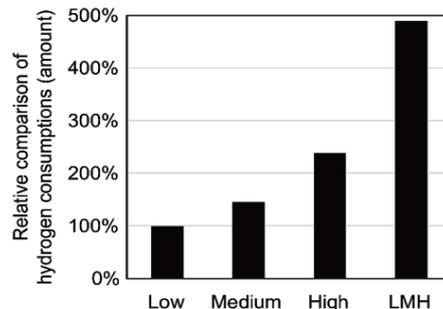
FCV特有の要因に関する感度分析

感度分析のための条件設定

0.67 kg/ 100 km in Low phase

20.6 g / 3.095 km

150 km/kg (Lowフェーズ)
日本表記



実際の車両試験の結果と、今後の車両性能の向上を想定し、Lowフェーズの水素燃料消費率150 km/kgの車両を想定した。

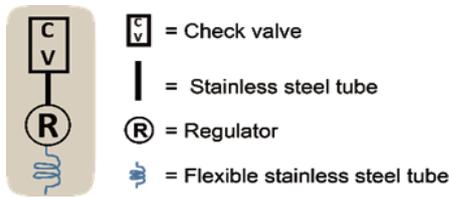
水素消費量計測による影響

水素消費量が0.1 g 変化した際の水素燃料消費率

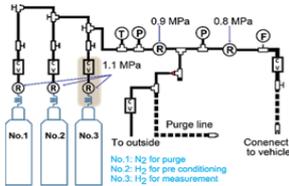
Change	Amount	Rate	Relative change
Original	20.6 g	150.2 km/kg	-
+ 0.1 g	20.7 g	149.5 km/kg	-0.5 %
- 0.1 g	20.5 g	150.9 km/kg	+0.5 %

水素消費量0.1 g(WLTPで規定されている重量計の最小読み取り値)の対するズレに水素燃料消費率への影響は最大0.5%であった。

水素供給配管のデザインによる影響(過大に見積もられるケース)



Parts	Length mm	Diameter mm	Pressure MPa	Hydrogen mg
Check valve	55	4.6	1.1	0.8
Stainless steel tube	15	4.6	1.1	0.2
Regulator	150	4.6	14.7	29.2
Flexible stainless steel tube	1000	1.6	14.7	23.3
Total				53.5



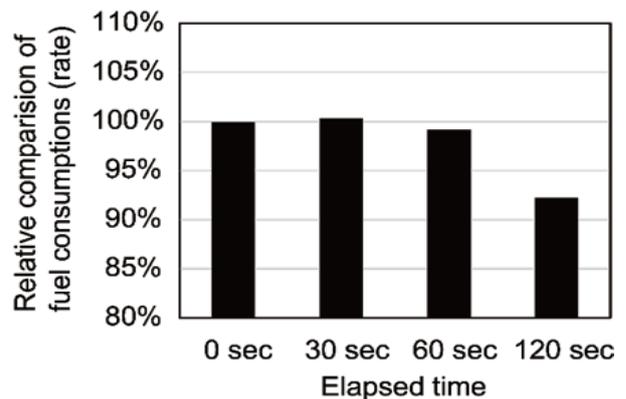
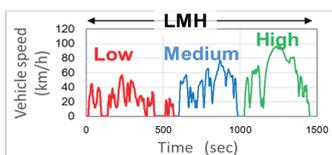
配管体積をもとに推計された最大損失量 0.053 g
 = 最小読み取り値(0.1 g)の半分程度

水素燃料消費率への影響は、最大0.3%程度と想定された。

水素供給配管の切り替え遅れによる影響

試験条件

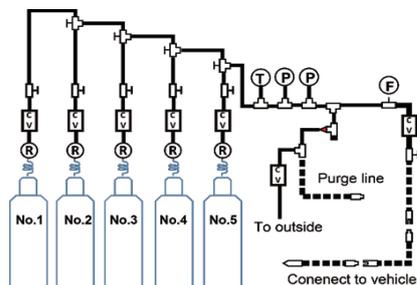
Lowフェーズ走行終了後、ブレーキを踏みながらアイドル状態を維持(30秒、60秒、120秒)



60秒まで水素燃料消費率はほとんど変化しなかった。

仮に配管の切り替え作業が2-3秒程度遅れたとしても、水素燃料消費率の計測結果に影響を与えないことが確認された。

試験車両Bの水素供給配管



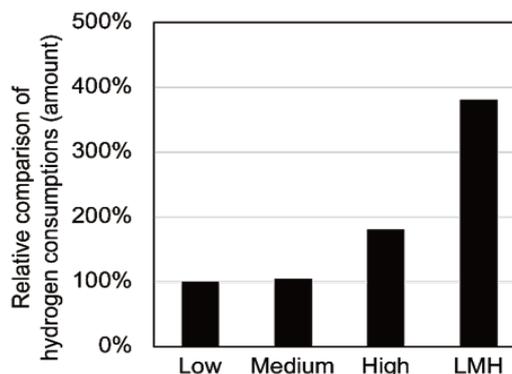
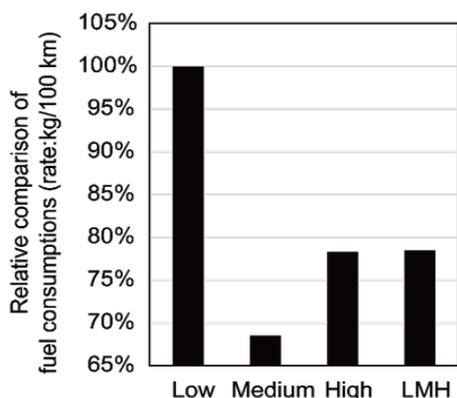
No.1: N₂ for purge
 No.2: H₂ for pre-conditioning
 No.3: H₂ for measurement (Low phase)
 No.4: H₂ for measurement (Medium phase)
 No.5: H₂ for measurement (High phase)

Ⓡ = Regulator Ⓣ = Thermometer Ⓟ = Pressure gauge
 Ⓜ = Ball valve Ⓢ = Three-way valve Ⓛ = Safety valve
 Ⓤ = Check valve Ⓤ = Union Tee
 — = Flexible stainless steel tube
 — = Stainless steel tube
 = Flexible stainless steel hose



Low, Medium, Highフェーズを連続で試験できるように設計

試験車両Bの水素燃料消費率と消費量の相対比較



- Lowフェーズの水素燃料消費率を基準にした相対比較では値の幅は68%-100%であった。
- 水素消費量はLowフェーズが最も少なかった。

消費した水素量の計測精度が最も影響を与えるのはLowフェーズの水素燃料消費率測定であることが明らかとなった。

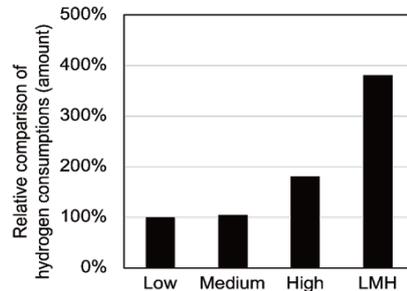
FCV特有の要因に関する感度分析

感度分析のための条件設定

0.67 kg/ 100 km in Low phase

20.6 g / 3.095 km

150 km/kg (Lowフェーズ)
日本表記



- 試験車両BのLowフェーズでの水素消費量は20.6 gよりも大きかった。

引き続き、Lowフェーズの水素燃料消費率150 km/kgの車両を想定して感度分析を行うこととした。

水素消費量計測による影響

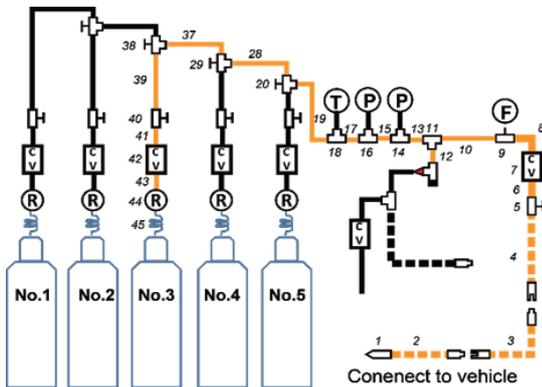
水素消費量が0.1 g 変化した場合の水素燃料消費率

Change	Amount	Rate	Relative change
Original	20.6 g	150.2 km/kg	-
+ 0.1 g	20.7 g	149.5 km/kg	-0.5 %
- 0.1 g	20.5 g	150.9 km/kg	+0.5 %

水素消費量0.1 g(WLTPで規定されている重量計の最小読み取り値)のズレに対する水素燃料消費率への影響は最大0.5%であった。

水素供給配管のデザインによる影響(過少に見積もられるケース)

水素配管のデザインにより走行に使用された水素が過少に見積もられるケースを再現し、その影響の大きさを評価した。



本ケースが発生する例

試験前の配管内圧力が2.3 MPaに設定されているが、試験終了時に配管内圧力が1.7 MPaまで低下している。

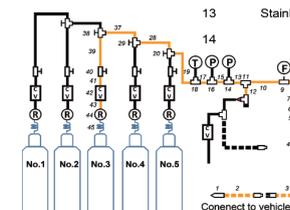
この場合、FCVはタンクからだけでなく、配管内に存在した水素も消費して走行したことになる

試験前後で配管内圧力が変化するように意図的に設定しその影響を評価する。

水素供給配管のデザインによる影響(過少に見積もられるケース)

該当部分の配管体積の計算

No	Parts	Length mm	Diameter mm	Volume mL	
1	Hydrogen filling gun	270	10.2	22.1	
2	Flexible stainless steel hose	2150	10.2	176.0	
3	Flexible stainless steel hose	2150	10.2	176.0	
4	Flexible stainless steel hose	3050	10.2	249.6	
5	Ball valve	120	10.2	9.8	
6	Stainless steel tube 1/2 inch	20	10.2	1.6	
7	Check valve	85	10.2	7.0	
8	Stainless steel tube 1/2 inch	10	10.2	0.8	
9	Filter	75	10.2	6.1	
10	Stainless steel tube 1/4 inch	45	4.6	0.7	
11	Union Tee	50	4.6	0.8	
12	Stainless steel tube 1/4 inch	90	4.6	1.5	
13	Stainless steel tube 1/4 inch	25	4.6	0.4	
14	Pressure gauge	50	4.6	0.8	
15	Stainless steel tube 1/4 inch	25	4.6	0.4	
16	Pressure sensor	50	4.6	0.8	
17	Stainless steel tube 1/4 inch	25	4.6	0.4	
18	Temperature sensor	50	4.6	0.8	
19	Stainless steel tube 1/4 inch	615	4.6	10.1	
20	Three-way valve	60	4.6	1.0	
28	Stainless steel tube 1/4 inch	340	4.6	5.6	
29	Three-way valve	60	4.6	1.0	
37	Stainless steel tube 1/4 inch	320	4.6	5.3	
38	Three-way valve	60	4.6	1.0	
39	Stainless steel tube 1/4 inch	25	4.6	0.4	
40	Ball valve	160	4.6	2.6	
41	Stainless steel tube 1/4 inch	25	4.6	0.4	
42	Check valve	60	4.6	1.0	
43	Stainless steel tube 1/4 inch	25	4.6	0.4	
44	Regulator	160	4.6	2.6	
45	Flexible stainless steel tube	1000	1.6	2.0	
				Total	689.1



影響を受ける配管内の体積を0.689 Lと見積もった。

過少評価される水素重量の算出

圧力差を意図的に生じさせない場合

	Setting value MPa	Mesured value MPa	Hydrogen g
Condition 1	0.00	0.13	0.036 ←
Condition 2	0.30	0.29	0.082
Condition 3	0.60	0.70	0.195

試験を行うと約0.1 MPaの圧力差が、圧力差を意図的に生じさせない場合でも発生した。この時配管内から供給された水素は0.036 gであり、Lowフェーズ150 km/kgに対する影響は0.2%であった。

これは規定された天秤の最小読み取り値 (0.1 g) よりも小さい値であった。

過少評価される水素重量の算出

圧力差を意図的に生じさせた場合

	Setting value MPa	Mesured value MPa	Hydrogen g
Condition 1	0.00	0.13	0.036
Condition 2	0.30	0.29	0.082 ←
Condition 3	0.60	0.70	0.195 ←

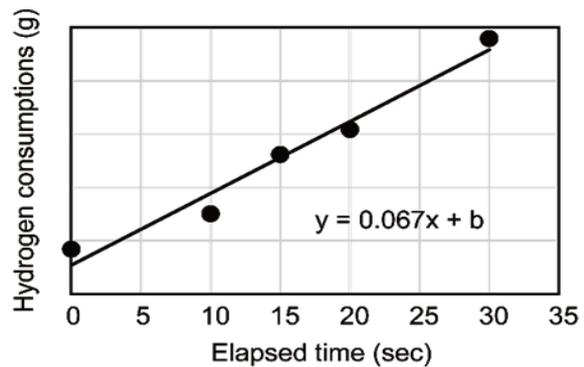
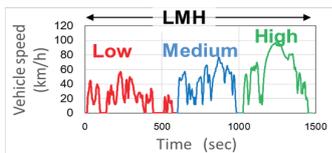
条件2および3における配管内から供給された水素の量はそれぞれ0.082 g と0.195 gであった。

今回の実験系では試験前後の圧力差が 0.35 MPa未満であれば、過少評価される水素量は 0.1 g未満であると推定された。

水素供給配管の切り替え遅れによる影響

試験条件

Lowフェーズ走行終了後、ブレーキを踏みながらアイドル状態を維持(10秒、15秒、20秒、30秒)



本試験車両の場合、グラフの傾きより1秒あたり0.067gの水素が消費されていることが明らかとなった。よって、配管の切り替えが1秒遅れた場合、150 km/kgの水素燃料消費率に対して、約0.3%の影響を生じると推定された。

バリデーションのまとめ

- » WLTPに記載された方法によりFCVの水素燃料消費率を測定を実施した。
- » 実際の試験により得られた結果をもとに、Lowフェーズにおける水素燃料消費率が150 km/kgの車両を想定して、水素燃料消費率に影響を与える要因の感度分析を行った。
- » 本調査において評価した項目の影響度はどれも0.5%未満であったことからWLTPに記載された方法でFCVの水素燃料消費率が適正に測定できると結論づけた。
- » また、今回のバリデーションでは、配管の設計や制御が水素燃料消費率の測定に影響を与える可能性が示唆された。(今回の調査では、問題はなかったが、将来問題となるケースが起こる可能性がある。)

国際基準調和活動への展開

FCVの水素燃料消費率

- » 交通研でのバリデーションの結果をもとに、『配管に由来する影響があった場合、その影響を補正できる』ように試験法の修正提案を行った。
- » 審議は、WLTP-IWGおよびGRPEを通過し、2019年6月に開催されるWP29で投票が行われることになっている。
- » WP29で可決されるとFCVの水素燃料消費率の測定方法に、『配管に由来する影響を補正』の項目が正式に追加されることとなる。

FCVの一充填走行距離測定法

- » 現在、WLTPに規定のないFCVの一充填走行距離測定法を交通研にて検討中。

講演 3

電動化技術搭載乗用車からの PN 排出実態評価

環境研究部 研究員

松本 祐太

電動化技術搭載乗用車からの PN排出実態評価

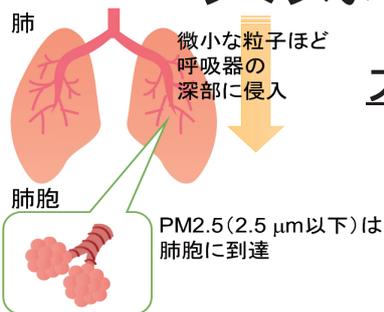
環境研究部 研究員 松本祐太

講演内容

1. 背景
2. 本検討における計測対象と目的
3. 試験条件
4. 計測結果
5. まとめと今後の展望

1. 背景

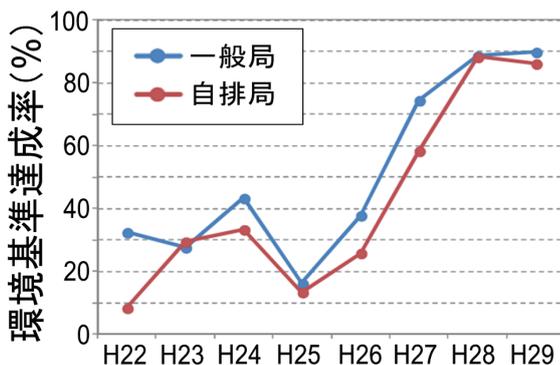
大気環境における粒子



大気環境における粒子

= 人体に悪影響を及ぼす有害物質

- 呼吸器疾患の増加
- より微小なものほど有害



大気中における 2.5 μm以下の粒子

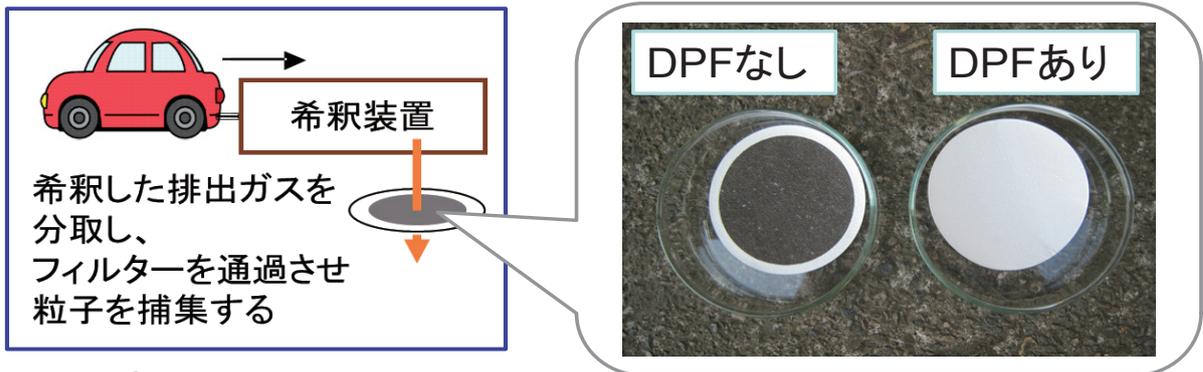
- 全体としては改善傾向
- 都市部などで局所的に高排出

更なる改善が望ましい

自動車排出ガスと粒子状物質

自動車も、PM2.5の排出源である

かつて、ディーゼル車排出ガスの「黒煙」として社会問題化
⇒ 後処理装置”DPF”の普及により解消 ※ Diesel Particulate Filter

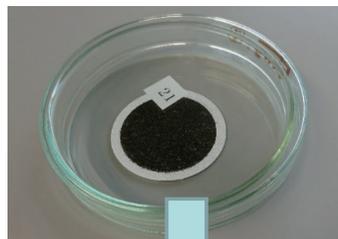


一方で...
ガソリン車の排出ガスに含まれる粒子にも注目

自動車排出ガスに含まれる 粒子の計測

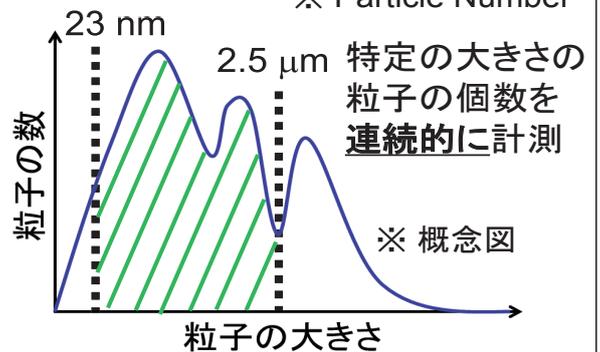
粒子重量測定 (PM)

所定の諸元の
フィルターで
捕集した粒子の
重量を、
走行終了後に計測



粒子個数計測 (PN)

※ Particle Number



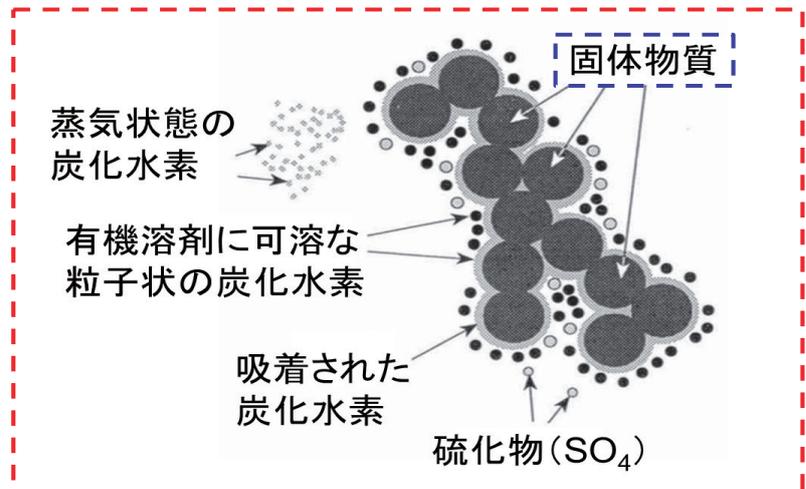
異なる特徴を持った
2種類の計測法がある

各計測手法における計測対象

PM PN

PM: フィルターを用い、排出ガスから気体でない物質を捕集する

PN: 特定の大きさの固体物質（炭素の粒子、すす）のみを計測対象とする

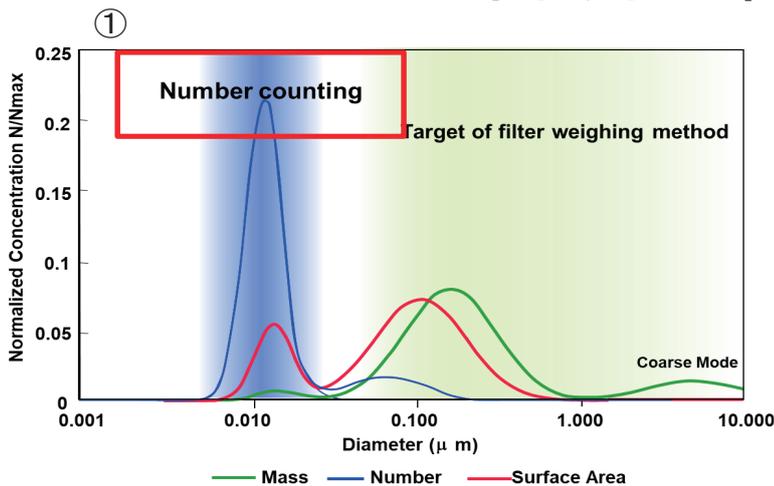


S. Nakamura, (2009).

※ 特定の大きさ以外の固体物質や、炭化水素は計測を妨害する

計測手法によって測定対象が異なる

PN計測の特長



① 数十nm程度の微小な粒子に対して高感度（左図）

D. B. Kittelson (1998).

② リアルタイムでの計測が可能

③ 粒子排出レベルの変化に対して高感度

PN計測により、粒子排出レベルの変化をより明確に把握

2. 本検討における 計測対象と目的

ガソリン車とPN

◆ガソリン車におけるPN

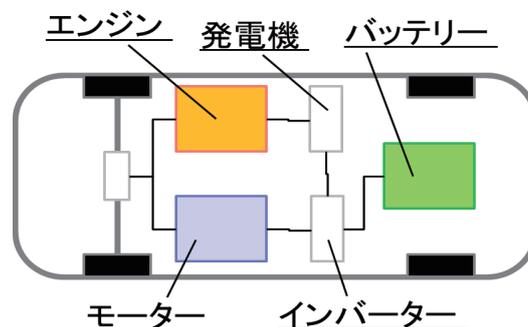
- 冷間始動において多く排出
- モード走行開始後、最初の加速時に特に多く排出



◆電動化技術搭載車 (ハイブリッド車)の特徴

- 流通量が継続して増加中
- エンジンとモーターを運転条件に応じて併用
- 特に低速走行においてモーターを重点的に使用

ハイブリッド車概念図



- 最初の加速時の粒子排出は抑制される？
- エンジンの間欠運転で、冷間始動の影響が長期化？

本検討の目的

ハイブリッド車からの排出ガスにおける
粒子状物質の実態を把握する



◆ 実車を用いたモード走行試験によるPN計測

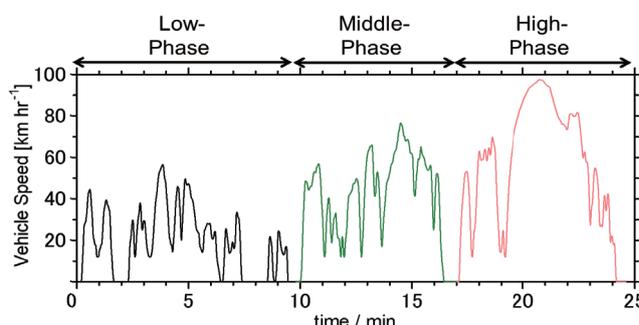
3. 試験条件

試験車両および試験条件

- エンジン車(平成20年製):
基準車
 - 1.8 L, 無過給(ポート噴射)
 - 後処理: 三元触媒
- HEV A(平成24年製)
 - 1.8 L, 無過給(ポート噴射)
 - 21.5 A hr, モーター出力60 kW
 - スプリット方式ハイブリッド
 - 後処理: 三元触媒、排気再循環
- HEV B(平成27年製)
 - 2.5 L, 無過給(ポート・直噴併用)
 - 6.5 A hr, モーター出力105 kW
 - スプリット方式ハイブリッド
 - 後処理: 三元触媒、排気再循環

※ いずれもガソリンエンジン搭載車

本検討における試験条件

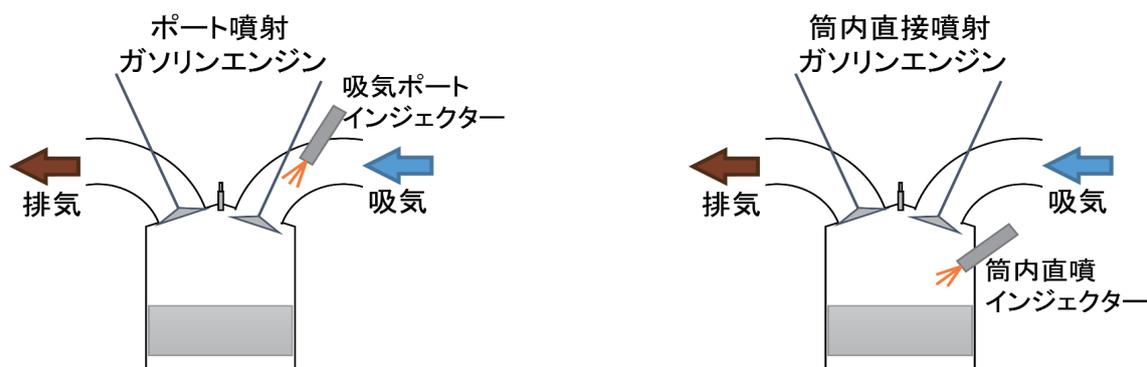


- 走行モード: WLTC (LMH)
※世界統一試験サイクル、
Worldwide harmonized Light duty Test Cycle
- 始動条件: 冷間始動

2019年度 講演会

燃料噴射方式の違いと粒子

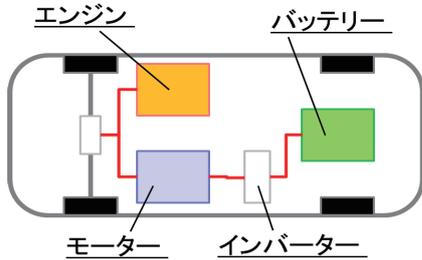
ガソリンエンジンの燃料噴射方式



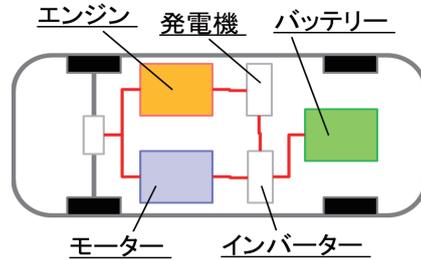
- 現在、直噴車の流通量が増加傾向にある
- 一方で、使用過程車としてはポート噴射車の方がいまだ主流

ハイブリッド方式の違い

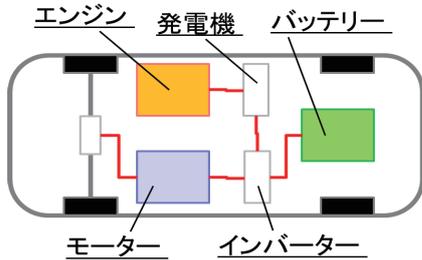
① パラレル方式



③ スプリット方式



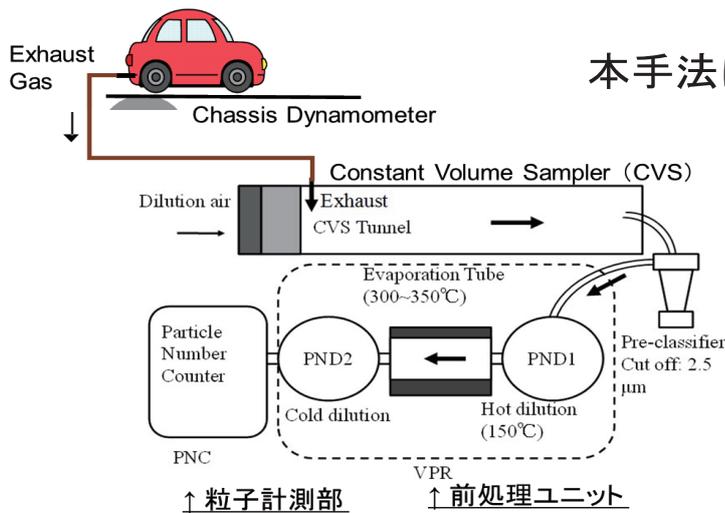
② シリーズ方式



- ① パラレル方式: エンジンとモーターの併用
- ② シリーズ方式: エンジンは発電のみに用い、モーターのみで駆動
- ③ スプリット方式: パラレル方式とシリーズ方式の併用

PN計測における装置構成

PN計測試験概念図(シャシダイナモ試験)



本手法は国連規則第83に準ずる

- シャシダイナモ上において、所定の速度パターンで車両を走行させる
- 得られた排出ガスをすべてCVSに導入
- CVSで一定流量にまで排出ガスを希釈し、妨害物質を除去したのち粒子計測装置に導入

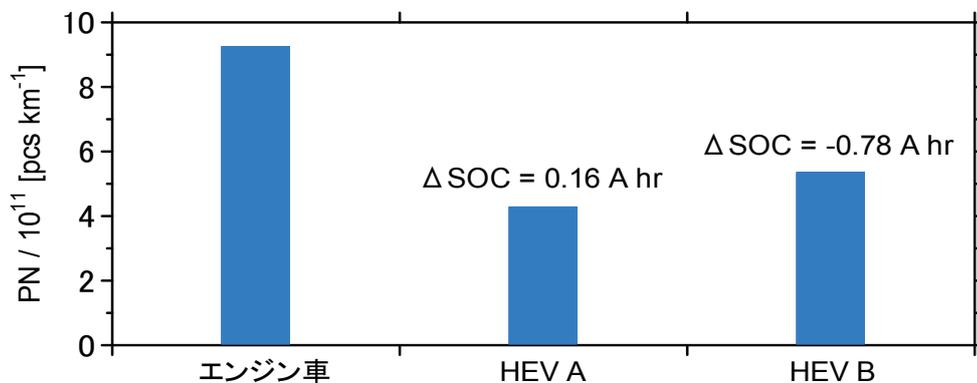
H. Yamada et al., (2015).

粒子数計測装置

4. 計測結果

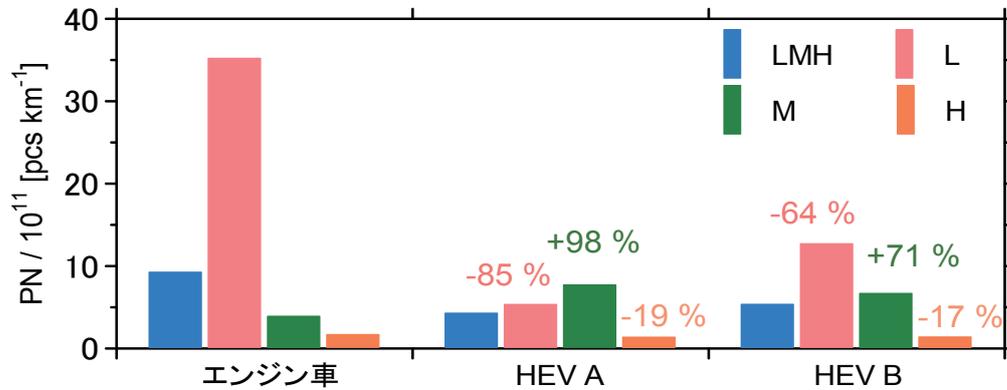
モード成績

モード成績 $\frac{[\text{粒子個数濃度の平均値} (\text{pcs m}^{-3})] \times [\text{モード走行中の希釈ガス総量} (\text{m}^3)]}{[\text{モード走行距離} (\text{km})]}$
算出方法:



- いずれも10¹¹ pcs km⁻¹オーダーの排出PN
- エンジン車に対し、HEV Aは54 %、HEV Bは42 %少ない排出PN

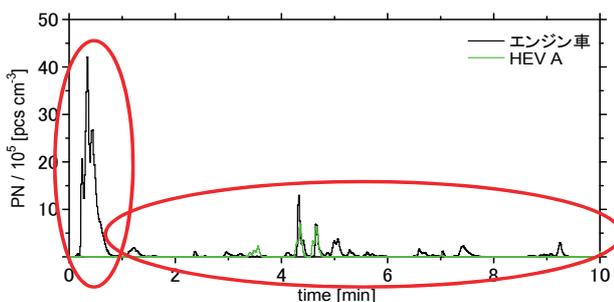
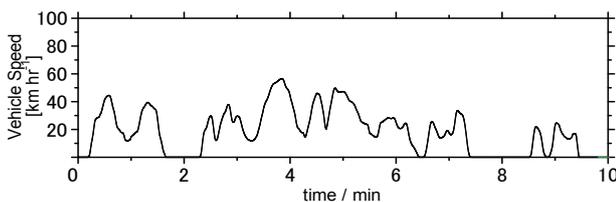
フェーズごとの成績



➤ 2台のHEVは、エンジン車と比較して、

- **L-Phase**においてはPNが少ない(HEV A:-85% HEV B:-64%)
- 特にHEV Aについては、**L-Phase**のPNが最大ではない
- **M-Phase**においてはPNが多い(HEV A:+98% HEV B:+71%)
- **H-Phase**においてはPNがほぼ同等(HEV A:-19% HEV B:-17%)

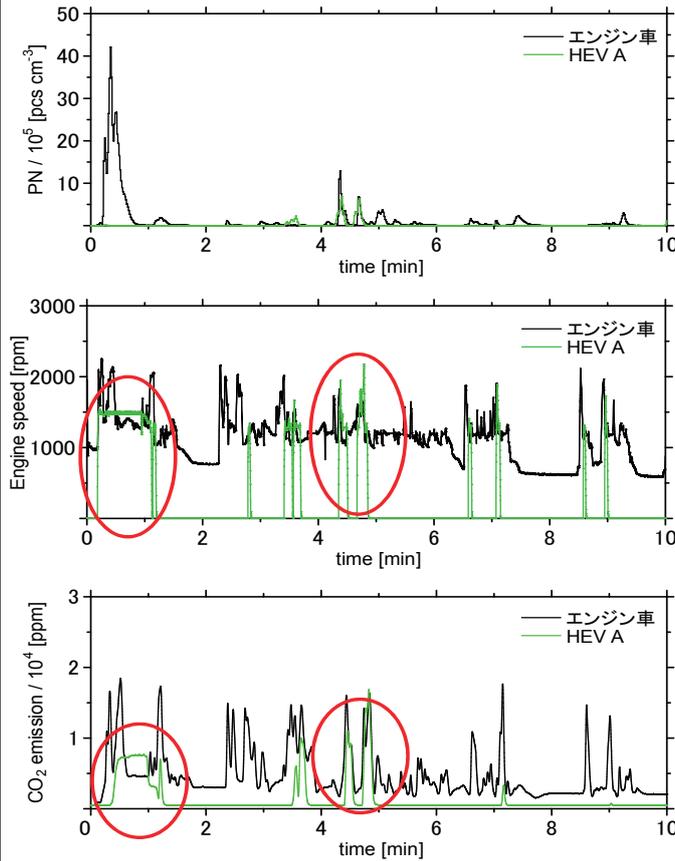
L-PhaseにおけるPN時間波形 (エンジン車vsHEV A)



- 一山めの加速時に、エンジン車はPN最大
- 一山めの加速時に、HEV AはほとんどPNなし(ピーク値9100 pcs cm⁻³)
- HEV Aは、L-Phase全体を通して少ないPNが継続

一山めの加速時の排出、それ以降の排出をともに抑制

運転状態の比較 (エンジン車vs HEV A, L-Phase)

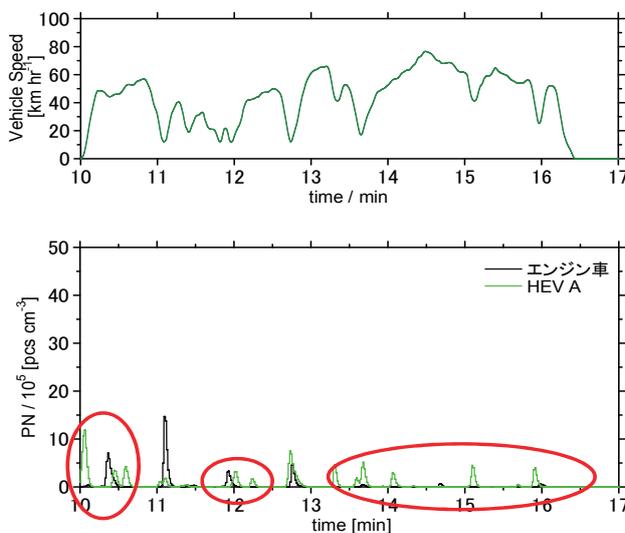


◆ HEV Aは、

- 主に速度回復時にエンジン作動 (エンジン停止時間: 79.5%)
- 一山めのエンジン回転数が矩形状に変化かつ、燃料消費量と相関するCO₂量も低く推移しており、充電目的のエンジン稼働を示唆
- 4-5 minにおいては、エンジン車と同等の回転数とCO₂量であり、動力としてのエンジン稼働を示唆

主としてシリーズ方式で走行し、燃料使用量も少ないためPNが大幅に抑制

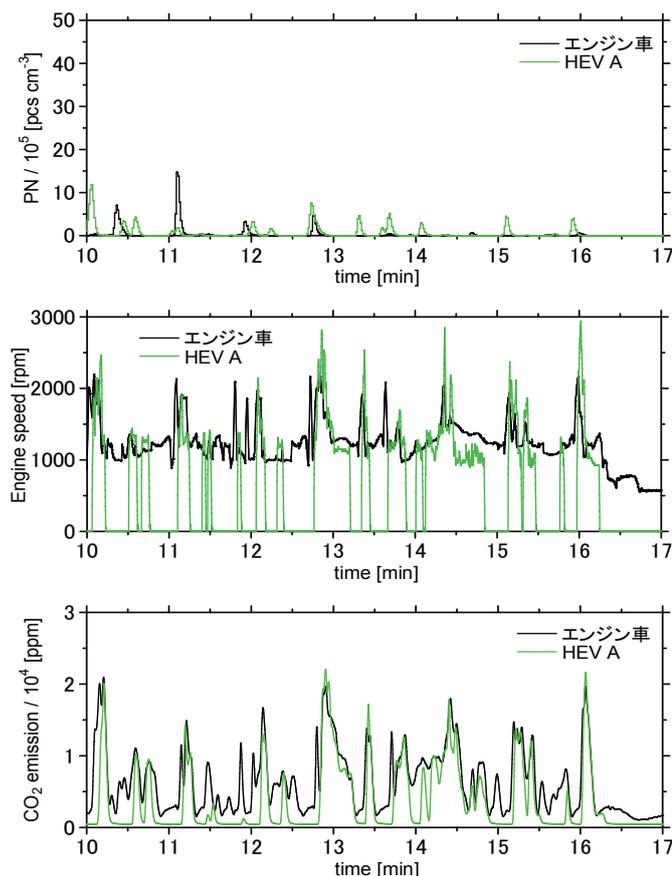
M-PhaseにおけるPN時間波形 (エンジン車vsHEV A)



- エンジン車については、L-Phase中～後半と同等の排出PN
- HEV Aは、主に速度回復時に、比較的少ないもののエンジン車を上回るピークが多数確認された (10⁶ pcs cm⁻³以下)

エンジン車では見られなかったPN排出挙動を確認

運転状態の比較 (エンジン車vs HEV A, M-Phase)

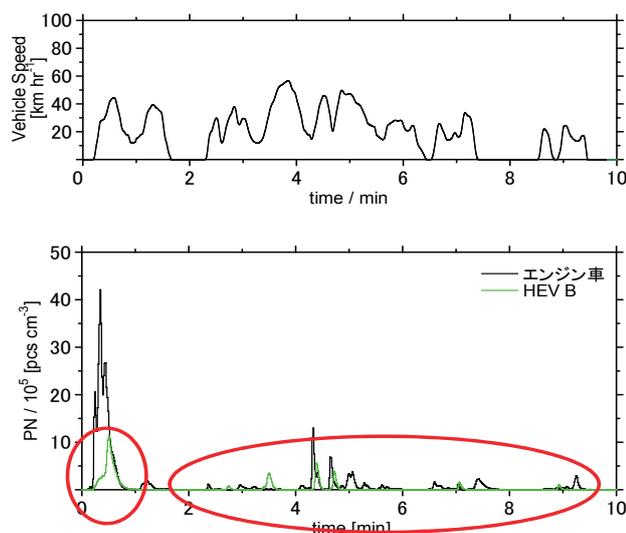


◆ HEV Aは、

- ほとんどすべての減速時にエンジン停止し、間欠運転 (エンジン停止時間: 55.1%)
- 速度回復時などにエンジンが稼働するが、回転数・CO₂量ともにエンジン車と同等か、やや上回る傾向
- M-Phase開始時点において、冷却水温が40℃程度低い

間欠運転の影響により、エンジンが低温の条件が長期化し、PNがやや増大

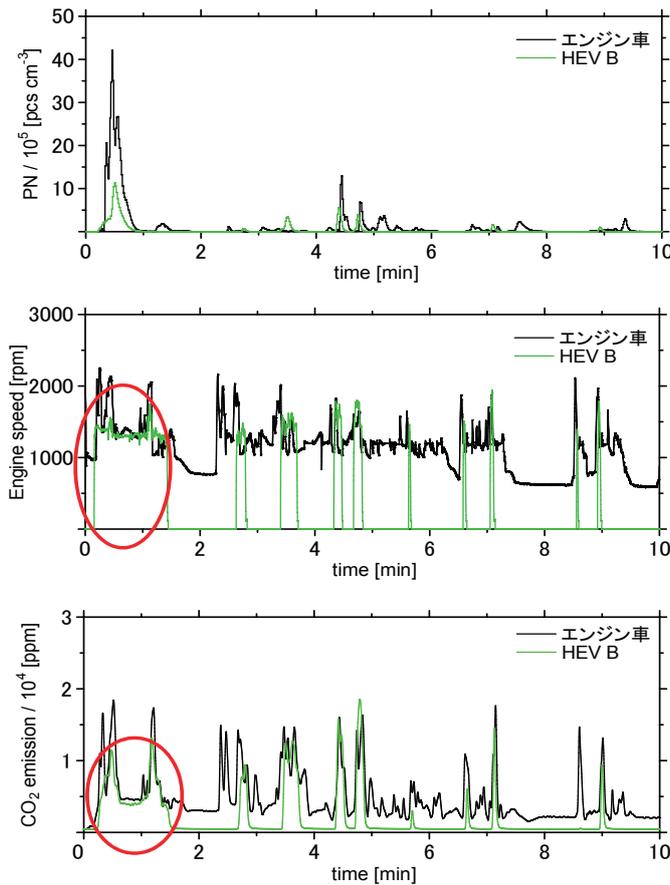
L-PhaseにおけるPN時間波形 (エンジン車vsHEV B)



- 一山めの加速時に、エンジン車、HEV BともにPN最大だが、HEV Bのピークの立ち上がりがやや遅れている
- HEV Bは、L-Phase全体を通して少ないPNが継続

HEV Aと同様に、一山めの加速時の排出、それ以降の排出をともに抑制

運転状態の比較 (エンジン車vs HEV B, L-Phase)

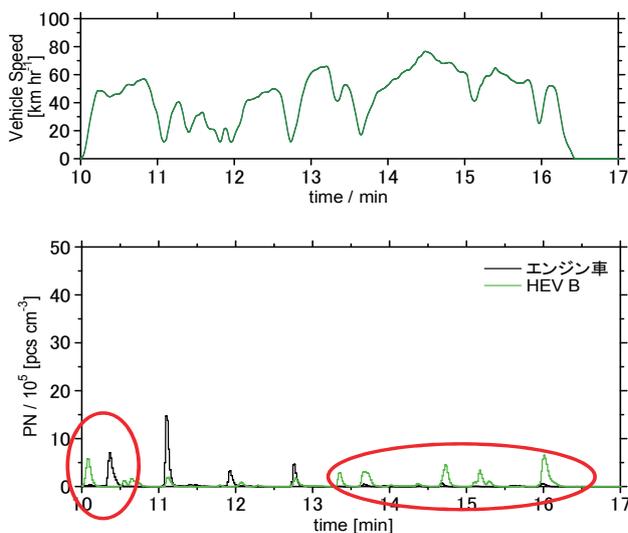


◆ HEV Bは、

- 主に速度回復時にエンジン作動 (エンジン停止時間: 75.3%)
- 一山めのエンジン回転数は矩形状だが、瞬間的に回転数が増大する箇所があり、かつ、CO₂量も瞬間的に増大しており、充電目的だけではないエンジン稼働を示唆

静止からの始動に
モーターを用い、
速度回復時にエンジンを用いる
ことで全体的にPN抑制

M-PhaseにおけるPN時間波形 (エンジン車vsHEV B)



- HEV Bは、主に速度回復時に、比較的少ないもののエンジン車を上回るピークが多数確認された (10^6 pcs cm^{-3} 以下)

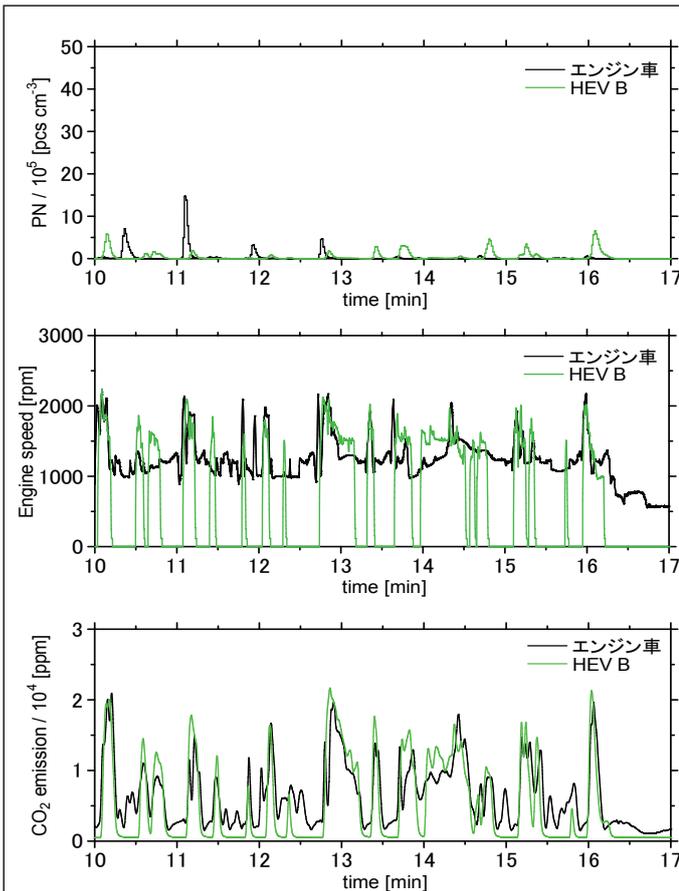
HEV Aと同様に、
エンジン車では見られなかった
PN排出挙動を確認

運転状態の比較 (エンジン車vs HEV B, M-Phase)

◆ HEV Aは、

- ほとんどすべての減速時にエンジン停止し、間欠運転(エンジン停止時間:57.2%)
- 速度回復時などにエンジンが稼働するが、回転数・CO₂量ともにエンジン車とほぼ同等
- M-Phase開始時点において、冷却水温が30℃程度低い
- 直噴による燃料供給

間欠運転の影響に加え、
燃料噴射方式の影響によってPNがやや増大



5. まとめと今後の展望

今回の検討のまとめ

- ◆ ハイブリッド方式、および燃料供給方式が異なる3車種を対象とし、PN計測を実施した
 - モード走行全体では、ハイブリッド車はエンジン車と比較して42-54 %PNが少なかった
 - フェーズごとの排出成績として、ハイブリッド車は
 - L-Phaseにおいて、静止からの始動や速度回復など、場面に応じてモーターとエンジンを使い分けることによって、エンジン車と比較して64-85 %PNを抑制
 - M-Phaseにおいて、L-Phaseにおける間欠運転に起因する暖機の遅れなどによって、エンジン車と比較して71-98 %PNが増大
 - H-Phaseにおいては、エンジン車とほとんど同等の排出量であった

今後のPN計測に関する取組

- ① 実車を用いたPN排出実態把握・・・今回
- ② 計測手法がPNに及ぼす影響の検討・・・今後併せて実施

- 
- モード走行と、リアルワールドにおける実路走行は同一条件でない可能性がある
 - モード走行におけるPN計測は法規レベルで確立されている一方、実路走行におけるPN計測は更なる検討が必要

現在市販されている車載式PN計

Ex.) PN-PEMS(凝縮式、荷電式)、PNセンサー(荷電式)

※ Portable Exhaust Measurement System

各計測機器の特性把握などを通じ、
実路走行におけるPN計測手法を提案していきたい

講演 4

重量貨物車のリアルワールドにおける環境性能評価
－ NOx センサベースの車載計測器（SEMS）の活用－

環境研究部 主任研究員

山本 敏朗

重量貨物車のリアルワールドにおける 環境性能評価 —NOxセンサベースの車載計測器(SEMS)の活用—

環境研究部 主任研究員 山本敏朗

講演内容

1. 研究の背景
2. 研究の目的
3. SEMSの構築
4. SEMS活用による環境性能評価
5. まとめ / 今後の展開

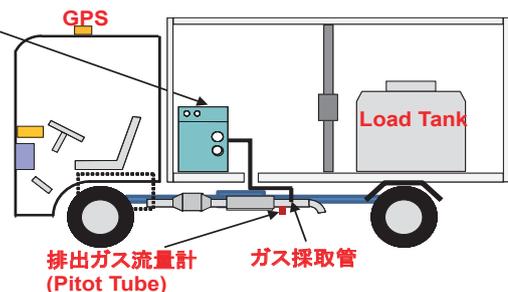
1. 研究の背景

- 排出ガス規制の強化にもかかわらず、実際の路上走行（リアルワールド）では排出ガスが低減していない車両が存在するとの懸念がある。
- このことから、中央環境審議会「今後の自動車排出ガス低減対策のあり方について（第十一次報告）」にて、路上走行時に新車認証時の排出ガスレベルが維持されていることを確認する手法として、車載型排出ガス測定システム（PEMS: Portable Emissions Measurement System）を用いる方法について検討する必要がある旨が指摘された。
- 既に、欧米では重量車にPEMSを搭載して、種々の走行条件での排出ガスを測定し、それらのデータを用いて、リアルワールドにおける環境性能を評価する方法（Moving Averaging Window (MAW) 法等）の検討が進んでいる。

1. 研究の背景

★ 欧米で開始されたPEMS試験とは・・・

車載型排出ガス分析装置 (PEMS)



PEMSの課題

使用過程車試験の場合

設置場所の問題

100kg超のPEMSを荷台へ設置するとき、我が国ではバンボディが多いので、サンプリングプローブ等を通すために荷台に穴を開ける等の加工が必要となる。

商用車占有の問題

PEMSの取り付けおよび操作は専門の技術者が行うため、試験対象の商用車を一定期間借用する必要がある。これに伴って事業者は経済的な不利益を被ることになる。

簡易型PEMS (SEMS) の導入

SEMS : Sensor-based Emissions Measurement System

2. 研究の目的

デジタル式の運行記録計(デジタコ)に、**NOxセンサ信号**や吸入空気量、燃料噴射量等の**CAN信号**等を取り込むことにより、

新たに「**NOxセンサベースの車載計測器**」を構成し、

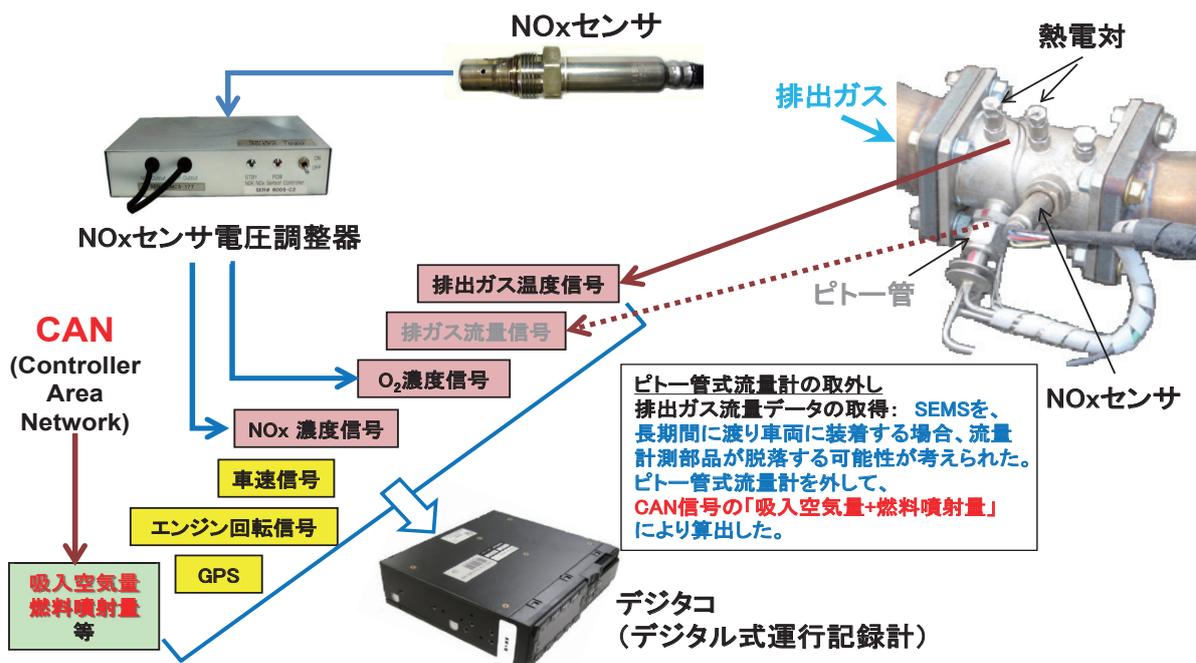
これを**簡易型PEMS (SEMS)**として用いて、リアルワールドにおける**環境性能を評価**する方法を構築する。

SEMS : Sensor-based Emissions Measurement System

本報告では、「NOxセンサベースの車載計測器 (SEMS)」の基本コンセプトを提示し、同装置のNOx濃度の測定性能、CO₂濃度の算出性能等を検証するとともに、その活用例を示す。

3. SEMSの構築

NOxセンサベースの車載計測器 (SEMS) の構成例



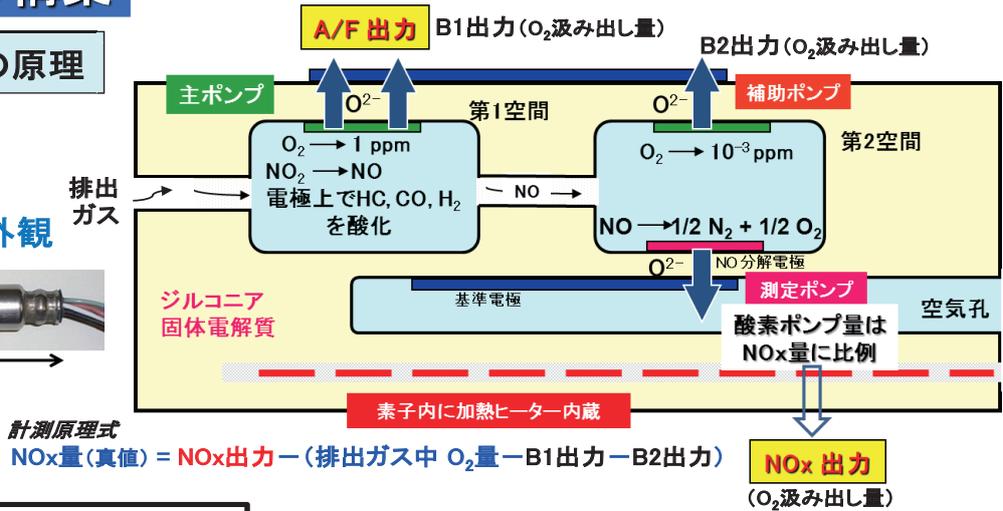
3. SEMSの構築

NOx センサの原理

NOx センサの外観



NOxセンサ素子の構成



測定原理	ZrO ₂ 素子のO ₂ ポンプ機能を利用
NOx 濃度出力	NO: 0~1500ppm 出力: 0.3~4.8V 応答性: <400m sec
O ₂ 濃度出力	O ₂ : 0%~O ₂ =18% 出力: 2.5~4.5V 応答性: <200m sec

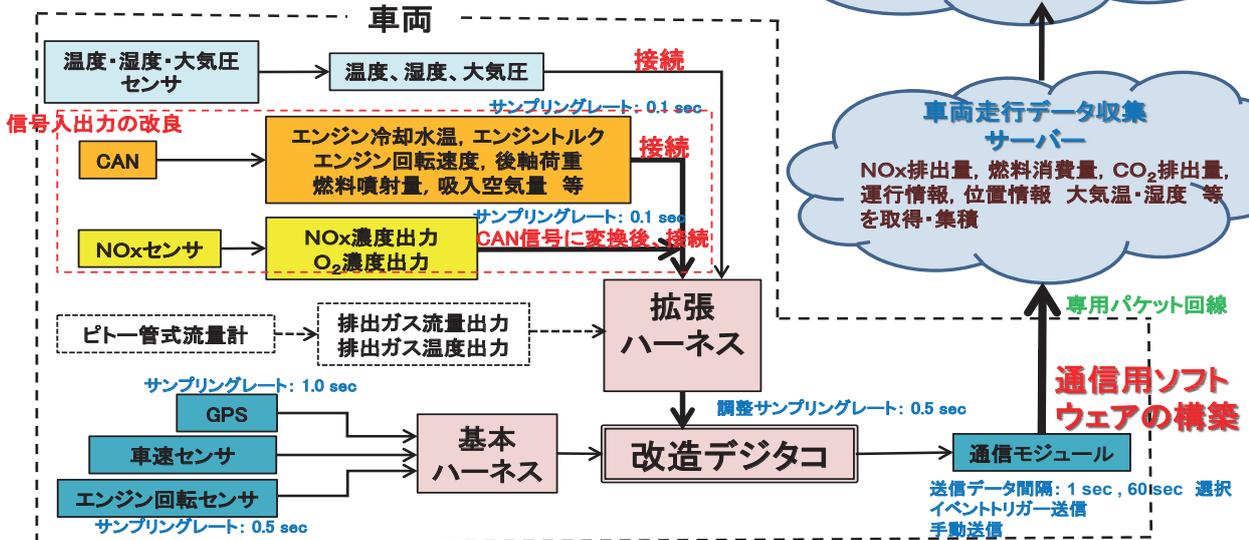
O₂を測定空間から汲み出し、NOx測定用ポンプでNOxをO₂とN₂に分解し、そのO₂分圧をO₂イオン伝導量として検出する。
 NO₂ はNOに分解して測定

CO₂ 濃度: NOx センサのO₂ 濃度出力を用いて算出

3. SEMSの構築

SEMSのデータ収集の流れ

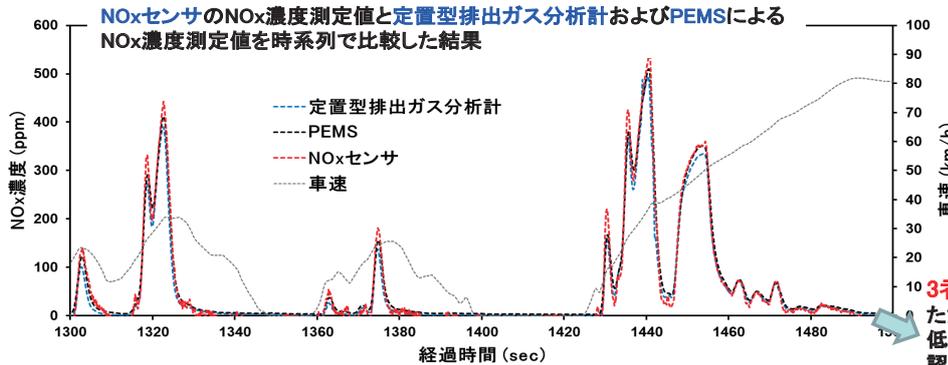
信号入出力の改良: アナログ信号をCAN信号に変換し、車両CAN信号に統合



3. SEMSの構築

NOxセンサのNOx濃度測定性能

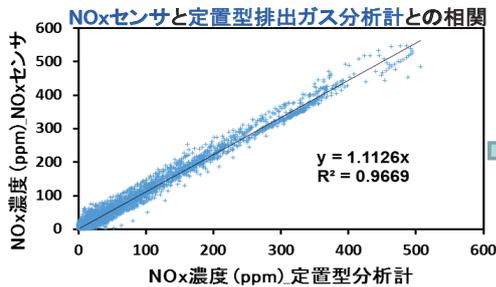
JE05モード試験結果(定置型分析計およびPEMSとの比較)



NOx濃度の測定性能の検証

NOxセンサ信号を用いて計測したNOx濃度と、定置型分析計による測定値あるいはPEMSによる測定値を比較し、測定の正確さや相関性を検討した。

3者の測定値はよく一致している。ただし、NOxセンサ濃度の50ppm以下の低濃度域がノージーになっている部分が認められ、NOxセンサの低濃度域の測定において、不安定な要因の存在が推察される。



NOxセンサと定置型排出ガス分析計の間には極めて強い相関性が認められる。

NOxセンサにより、実用レベルでのNOx濃度測定が可能

3. SEMSの構築

NOxセンサのO₂濃度測定値を用いたCO₂濃度算出方法

CO₂濃度の算出方法

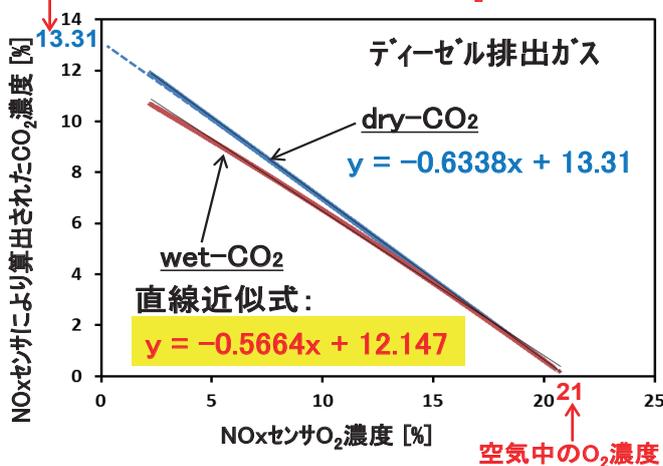
dry-O₂-CO₂関係式 + H₂Oモル分率 → wet-CO₂を算出
 $y = -0.6338x + 13.31$

直線近似式: (wet状態)
 $y = -0.5664x + 12.147$

ディーゼル排出ガス: 軽油 完全燃焼 → 次式が成立

$$CO_2濃度(%) = 100 / (4.76 \cdot \lambda + H/C \cdot (1.19 \cdot \lambda + 0.25))$$

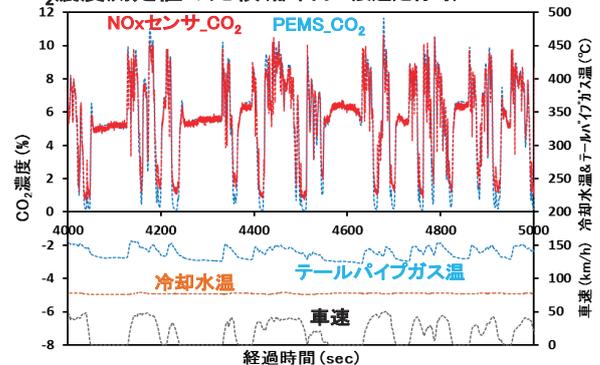
λ=1, H/C=1.91のときの排出ガス中のCO₂濃度



CO₂濃度の算出精度の検証

NOxセンサ信号を用いて算出したCO₂濃度とPEMSによる測定値を比較し、算出の正確さを検討した。

NOxセンサによるCO₂濃度の算出値とPEMSによるCO₂濃度測定値の比較(都市内一般道走行時)



両者は概ね一致している。

NOxセンサにより、実用レベルでのCO₂濃度算出が可能

3. SEMSの構築

路上走行時のNOx排出量の評価方法

- ★ 路上走行時の排出量を計算するために要求される**瞬時排出ガス流量**および**エンジン仕事量**を高精度に測定することは困難である。
そのため、エンジン仕事量 (1 kWh) 当たりのNOx排出量 (g/kWh) は、路上走行時の高精度な指標として使いにくい。

重量車のNOx排出量の評価指標として、排気管から排出された**CO₂排出量 (1 kg) 当たりのNOx排出量 (g)**を、**NOx排出率 (g/kg-CO₂)**と定義して用いる。

$$\text{NOx 排出率 (g/kg-CO}_2\text{)} = \text{NOx 排出量 (g/test)} / \text{CO}_2 \text{ 排出量 (kg/test)}$$

$$\text{NOx 排出率} = \frac{\sum \text{NOx 濃度} \times \text{排出ガス流量} \times \text{NOx 密度}}{\sum \text{CO}_2 \text{ 濃度} \times \text{排出ガス流量} \times \text{CO}_2 \text{ 密度}}$$

- ★ 上記の指標は、同一の瞬時排出ガス流量で分母と分子を算出するため、**瞬時排出ガス流量の測定誤差が相殺されて**、排出ガス流量の測定精度の影響を受けにくい利点がある。
- ★ NOx排出率 (g/kg-CO₂) の有効性を、シャシダイナモメータ試験および路上走行試験により検証した。

4. SEMS活用による環境性能評価

運送事業用車両によるSEMS活用に関する実証試験

実際に事業者が運用している車両にSEMSを装着し、通常運送業務走行での各種データを取得して、SEMSの実用性能およびリアルワールドにおける環境性能評価法を検討

実証試験で用いた運送事業用車両の主な諸元とSEMSで取得したデータ

試験車両の主要諸元

車両カテゴリ	中型貨物車
車両重量 (kg)	4,330
最大積載量 (kg)	3,400
車両総重量 (kg)	7,840
エンジン型式	直列4気筒、インタークーラーホ
エンジン排気量 (L)	5
エンジン最高出力 (kW/rpm)	177/2400
エンジン最大トルク (Nm/rpm)	765/1600
排出ガス対策	DPF, EGR, 尿素SCR
適合排出ガス規制	平成28年規制



SEMS取得データ

	SEMS取得データ
基本信号	車速 エンジン回転速度 GPS
CAN信号	燃料噴射量 エンジン冷却水温度 吸入空気量 エンジントルク エンジン回転速度 後軸荷重 EGRバルブ開度
アナログ信号 ↓変換 CAN信号	NOxセンサ NOx濃度出力 NOxセンサ O ₂ 濃度出力 NOxセンサスタンバイ信号 テールパイプ排出ガス温度 車両進行方向空気流動圧 アクセサリ電源信号 (計測開始トリガー)
シリアル信号	大気温度 大気湿度 大気圧力

SEMS取得データに関する改良

- ・GPSの出力フォーマットを世界測地系に変更
- ・排ガス流量信号の代替として、「吸入空気量信号+燃料噴射量信号」を用いた
- ・積載時の後軸荷重信号と空積載時の後軸荷重信号の差分から積載重量を算出
- ・アナログ信号をCAN信号に変換してCAN信号入りに統合した
↓
アンプ、信号ケーブル等の減少によりシステムの簡素化

4. SEMS活用による環境性能評価

運送事業用車両によるSEMS活用に関する実証試験

実証試験期間 平成30年12月3日～平成31年2月1日（運送事業走行：39日間）

SEMSの運送事業用車両への取付状況 取り付け前の状態に復帰できるように配線・取付を行っている
走行試験開始1週間後に、取り付け状態の確認を行った

デジタコを取り付け状況



NOxセンサ等計測部の取り付け状況



アナログ-CAN信号変換器の取り付け状況



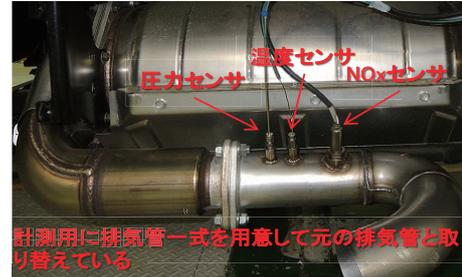
車両進行方向空気流動圧計測用
ピトー管の取り付け状況



大気温度・大気湿度・大気
圧センサの取り付け状況



NOxセンサ等の取り付け状況



4. SEMS活用による環境性能評価

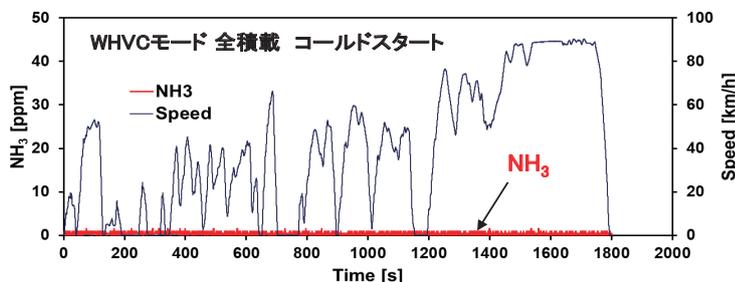
運送事業用車両によるSEMS活用に関する実証試験

シャシダイナモメータ試験によるデータ検証

走行時におけるNH₃スリップの確認

NOxセンサには、NH₃をNOxとして誤検知するNH₃干渉の問題が存在する。

走行時における排出ガス中のNH₃濃度をフーリエ変換赤外分光法 (FTIR: Fourier Transform Infrared Spectroscopy) ガス分析計により測定した。

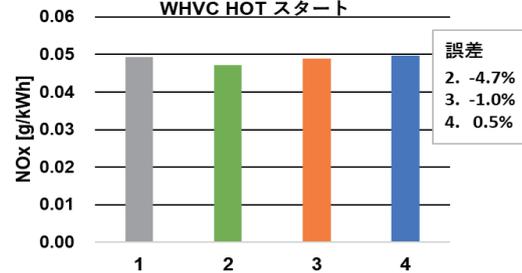


走行時にNH₃の排出は認められず、本試験車両においては、NOxセンサ使用時のNH₃の干渉について考慮しなくてもよいと考えられた。

CAN信号から算出した排出ガス流量の
正確さの検証

実証試験において、排出ガス流量は、CAN信号を用いて、「(吸入空気量+燃料噴射量)/排出ガス密度」から算出した。

CVSバッグ法による計測値を真値として
各種の方法の測定精度を検証した結果
WHVC HOT スタート



- 1: Bag計測値 (基準)
- 2: 吸入空気量のみ
- 3: (吸入空気量+燃料噴射量) / 排出ガス密度
- 4: 吸入空気量 × (1+1/A/F)

「(吸入空気量+燃料噴射量)/排出ガス密度」は、誤差が小さく排出ガス流量の算出に使用できると判断した。

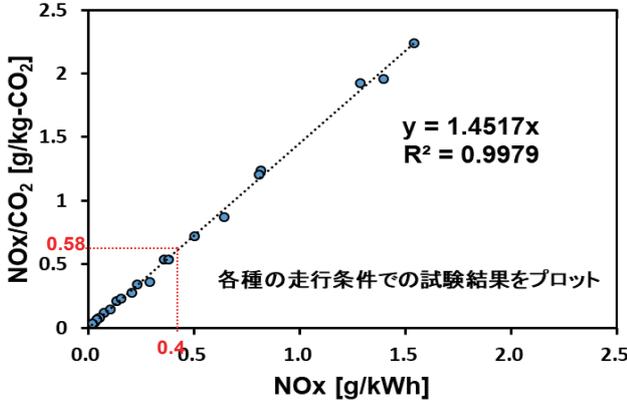
4. SEMS活用による環境性能評価

運送事業用車両によるSEMS活用に関する実証試験

シヤンダイナモメータ試験によるデータ検証

NOx排出量 (g/kWh) とNOx排出率 NOx/CO₂ (g/kg-CO₂) の関係を検証

認証試験で用いられるNOx排出量 (g/kWh) と、NOx排出率 NOx/CO₂ (g/kg-CO₂) の関係を明らかにするために各種の走行条件での試験を実施



以下に示す各種の走行条件での試験結果をプロットした。

WHVCモード
JE05モード
東京都No.3モード
東京都No.10モード

Idling Stop ON/OFF
Eco mode ON/OFF
積載量: 全積、半積、空積
エンジン始動条件: Gold、Hot

試験車両の排出ガスおよび燃費性能の把握

WHVCモード走行時の
NOx排出量: **0.173 g/kWh**

JE05モード(半積載)走行時の
NOx排出量: **0.262 g/kWh**

【参考】WHVCモード規制値
NOx排出量: **0.4 g/kWh**

JE05モード(半積載)走行時の
燃費: **7.95 km/L**

【参考】カテゴリクラスT4
燃費基準値: **7.24 km/L**

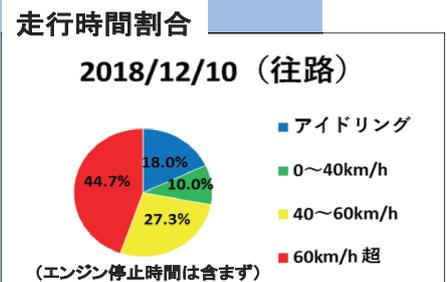
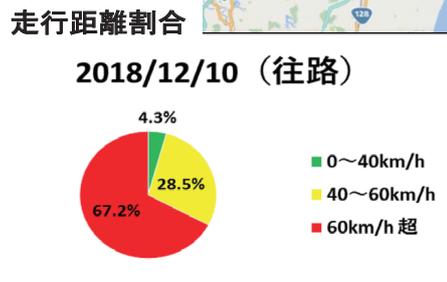
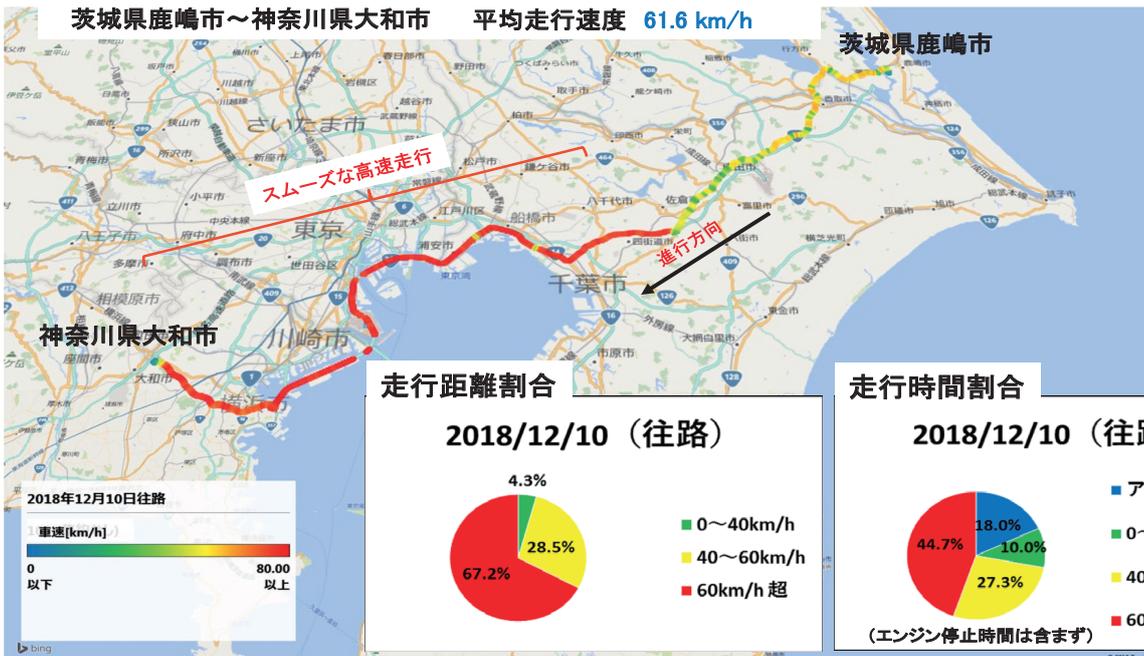
- 両者には極めて強い相関性が認められることから、NOx排出率 NOx/CO₂ (g/kg-CO₂)は、路上走行時のNOx排出量の評価指標として有効である。
- NOx排出量の規制値0.4 g/kWhは、NOx排出率0.58 g/kg-CO₂に相当し、この値を路上走行試験におけるNOx低減性能の判断基準とした。

4. SEMS活用による環境性能評価

運送事業用車両によるSEMS活用に関する実証試験

2018年12月10日往路 実証試験(全体概要)

茨城県鹿嶋市～神奈川県大和市 平均走行速度 61.6 km/h



4. SEMS活用による環境性能評価

運送事業用車両によるSEMS活用に関する実証試験

2018年12月10日往路 実証試験(全体概要)

茨城県鹿嶋市～神奈川県大和市

走行ルート	総エンジン作動時間 [hour]	走行時間 [hour]	平均車両走行速度 [km/h]	走行距離 [km]	積載重量 [kg]	燃費 [km/L]	CO ₂ 排出量 [g/kWh]	NO _x 排出量 [g/kWh]	平均排出ガス温度 [°C]
2018/12/10 (往路)	3.1	2.6	61.6	160.3	1830	7.5	710.3	0.717	184

テールパイプ排出ガス温度の変化

NO_x排出率 NO_x/CO₂ の変化

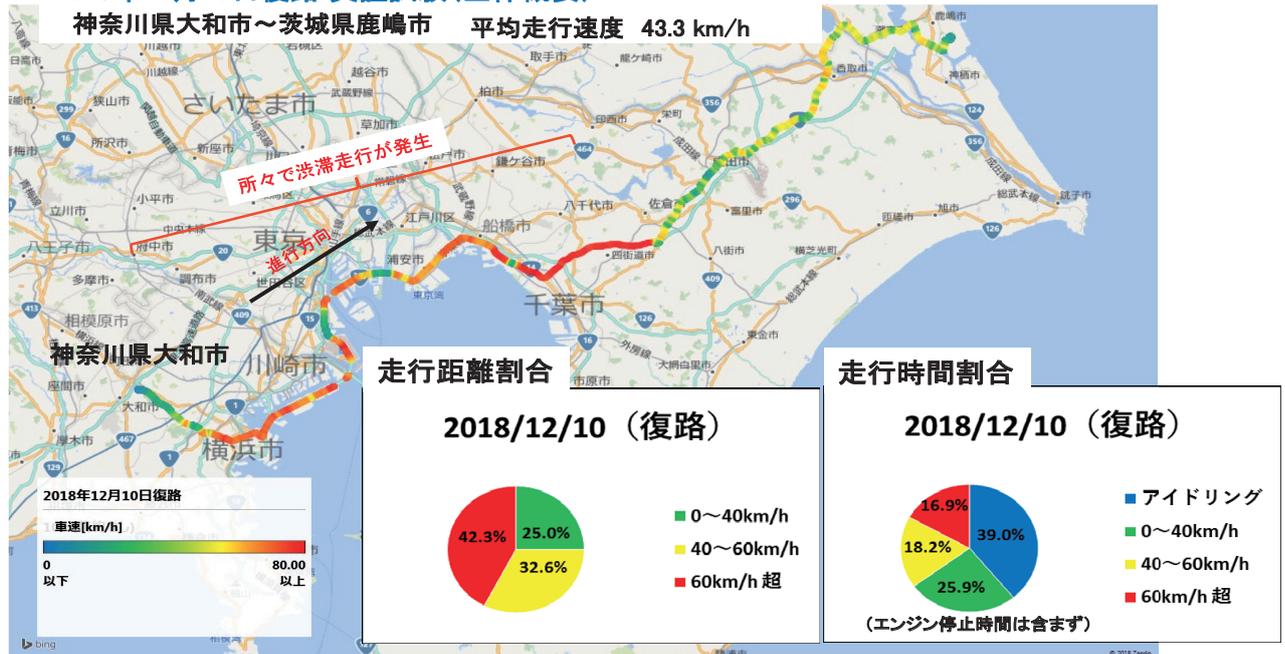


4. SEMS活用による環境性能評価

運送事業用車両によるSEMS活用に関する実証試験

2018年12月10日復路 実証試験(全体概要)

神奈川県大和市～茨城県鹿嶋市 平均走行速度 43.3 km/h



4. SEMS活用による環境性能評価

運送事業用車両によるSEMS活用に関する実証試験

2018年12月10日復路 実証試験(全体概要)

神奈川県大和市～茨城県鹿嶋市

走行ルート	総エンジン作動時間 [hour]	走行時間 [hour]	平均車両走行速度 [km/h]	走行距離 [km]	積載重量 [kg]	燃費 [km/L]	CO ₂ 排出量 [g/kWh]	NO _x 排出量 [g/kWh]	平均排出ガス温度 [°C]
2018/12/10 (復路)	5.3	4.1	43.3	176.3	330	7.9	711.3	1.113	116

テールパイプ排出ガス温度の変化



NO_x排出率 NO_x/CO₂ の変化



5. まとめ / 今後の展開

まとめ

- リアルワールドにおける重量車の環境性能を評価するためのツールとして、設置場所を取らずまた取り付けが簡便なNO_xセンサベースの車載計測器(SEMS)を構築し、そのコンセプトを提示した。
- NO_xセンサにより、実用レベルでのNO_x濃度測定およびCO₂濃度算出が可能であることを示し、さらに両データから、NO_x排出量の評価指標として「NO_x排出率 (g/kg-CO₂)」を算出し、その有効性を明らかにした。
- SEMSを運送事業用車両に装着して実施した2か月間の実証試験により、同装置による長期間の連続測定が可能であることを確認し、車載計測装置としての実用性能を検証した。
- 路上走行時の排出ガス評価の一例として、SEMSにより取得した車速、排出ガス温度およびNO_x排出率の関係から尿素SCRシステムの機能状態を推定し、リアルワールドにおける走行状態とNO_x排出の関係を視覚的に表わした。

今後の展開

SEMSは、日常走行でのNO_x濃度等の長期間の連続測定を可能にすることから、今後、リアルワールドでの排出ガス後処理装置の性能の推移を把握するためのデータ収集に活用する予定である。

受託・施設利用等について

■受託・共同研究について

皆様のご要望に応じて、当所の研究業務に関連した受託研究、試験及び共同研究を行っています。
詳細については、企画部技術コーディネーター（kikaku@ntsel.go.jp）へお問い合わせください。

●実績（受託元）

関係省庁（国土交通省、環境省 等）、関係団体、民間企業 等
年間 50 件以上

■施設利用について

ご希望の方には施設を有償でお貸ししています。希望される方は総務課（交通安全環境研究所）（soumu@ntsel.go.jp）までご連絡ください。なお、貸与は、研究所の業務に支障のない範囲で一定の基準の下となりますので、予めご了承ください。

令和元年度 交通安全環境研究所講演会講演概要

令和元年6月14日発行

編集兼発行人 独立行政法人 自動車技術総合機構 交通安全環境研究所

発 行 所 独立行政法人 自動車技術総合機構 交通安全環境研究所

〒182-0012 東京都調布市深大寺東町7-42-27

URL <http://www.ntsel.go.jp/>

本書についてのお問い合わせは、企画部技術コーディネーター（交通安全環境研究所）までお願いいたします。

電 話 （0422）41-3207

F A X （0422）41-3233

○本冊子は、グリーン購入法（国等による環境物品等の調達に関する法律）に基づく基本方針の判断の基準を満たす紙を使用しています。

○リサイクル適正の表示：紙ヘリサイクル可

本冊子はグリーン購入法に基づく基本方針における「印刷」に係る判断の基準に従い、印刷用の紙へのリサイクルに適した材料〔A ランク〕のみを用いて作製しています。

