

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1311010

## 平成 25 年度～平成 29 年度「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」 研究成果報告書概要

- 1 学校法人名 芝浦工業大学                      2 大学名 芝浦工業大学
- 3 研究組織名 芝浦工業大学 SIT 総合研究所パワーエレクトロニクス研究センター
- 4 プロジェクト所在地 東京都江東区豊洲 3-7-5 / 埼玉県さいたま市見沼区深作 307
- 5 研究プロジェクト名 デバイスから電力系統まで考慮した EV 用 MHz 帯域ワイヤレス電力  
伝送方式の研究
- 6 研究観点 研究拠点を形成する研究

### 7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
赤津 観	工学部電気工学科	教授

- 8 プロジェクト参加研究者数 6 名

- 9 該当審査区分 理工・情報      生物・医歯      人文・社会

### 10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
赤津 観	工学部電気工学科・教授	電力受信ならびに利用方法の研究	研究代表者 MHz 帯電力伝送コイルの実現 と 10kW の電力伝送
下村 昭二	工学部電気工学科・教授	電力受信ならびに利用方法の研究	伝送電力による高効率モータ 駆動と力率制御
藤田 吾郎	工学部電気工学科・教授	電力受信ならびに利用方法の研究	回生された電力のスムーズな 系統連系
石川 博康	工学部電子工学科・教授	高周波インバータの研究	MHz 帯域で動作する大電力ス イッチングデバイスの実現
上野 和良	工学部電子工学科・教授	高周波インバータの研究	低抵抗配線材料による低イン ピーダンスインバータの実現
田中 慎一	工学部通信工学科・教授	高周波インバータの研究	MHz 帯での高周波インバータ 回路のパターン実現

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

研究代表者 赤津 観 職名変更 (准教授→教授)

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1311010

## 11 研究の概要(※ 項目全体を10枚以内で作成)

### (1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

社会的な省エネ要求, CO<sub>2</sub>削減要求から個々の機器の省エネだけでなく, 自然エネルギーによる発電, 電力輸送, 電力貯蔵を含んだ電力ネットワークの形成が必要とされている。特に輸送分野では電気自動車(EV)の普及が省エネ, CO<sub>2</sub>排出量削減の鍵となっており, 停止時の充電のみならず家庭での電力ネットワーク結合(V2H), ならびに走行中の充電および系統への電力回生についても研究が行われており, EV の普及を妨げているバッテリーエネルギー密度の問題を克服しようとしている。つまり EV が創エネ, 省エネ, 蓄エネの役割を果たせるようになれば, 大きな社会革新が実現される。この電力ネットワークの一部としての EV に必要なキー技術がワイヤレス電力伝送技術であり, すでに東大や埼玉大をはじめとした研究機関が EV への応用を前提として研究を行っている。ワイヤレス電力伝送技術は, 1m 程度の距離でも非接触で電力を送れる技術であるが, まだ 1kW 程度の小電力伝送しか実現できず, EV 走行中での電力授受や, 急速充電および電力ネットワークの一部として EV が役割を果たすためには送受信電力が不足している。大電力伝送が困難な理由は, 電力の伝送周波数が MHz 帯域と高いために, MHz 帯域での大電力インバータが実現できていないためである。MHz 帯域の大電力インバータの実現には, ワイドバンドギャップ半導体を用いた高速スイッチングデバイスの開発のみならず, インバータ主回路のインピーダンス低減や, 分布定数での回路設計, 高周波磁気回路設計が必要である。以上の背景を鑑み, 本研究プロジェクトでは同一大学ではあるが異なる学科に所属する, 半導体, 材料, 通信, 電力変換, 電気機器, 電力系統の一流研究者を一同に集め, 上記 MHz 帯域の大電力(10kW)電力ワイヤレス伝送用インバータを研究開発し, 実際に非接触で送信した電力によりモータを駆動, 回生電力を系統に連携するまでの複合領域プロジェクトを実施することを目的とする。

### (2) 研究組織

研究代表者(赤津観)は研究の進捗とりまとめおよび予算管理、月例ミーティングの開催など各研究者での研究がスムーズに進むようマネジメントを行っている。研究代表者を含めた各研究者 6 人は研究プロジェクトの一部となるそれぞれ独立した研究テーマをもち、各研究テーマについて責任をもって研究を遂行しており、それぞれの研究成果の集合体が研究プロジェクトの成果となる課題設定を行っている。また各研究テーマにおいては研究者の研究室の学生が担当し RA がとりまとめを行っている。各研究テーマの進捗は月 1 回の月例ミーティングで報告を行い、それぞれのテーマについて技術的なディスカッションを通して相互補完するとともに全体の進捗を確認している。またプロジェクトの予算管理や書類業務は本学研究支援課が支援している。

### (3) 研究施設・設備等

研究施設は大宮キャンパス先端工学研究機構棟に 3 部屋(50m<sup>2</sup>)、豊洲キャンパス交流棟に 50m<sup>2</sup>を実験室として使用しており、先端工学研究機構棟には金属膜スパッタ装置およびモータ、インバータの実験装置を設置、豊洲キャンパス交流棟には電子ビーム真空蒸着器ならびにインバータ実装装置、評価装置を設置している。電子ビーム真空蒸着器では GaN デバイスの作成を行いダイオード試作に成功、金属膜スパッタ装置では GaN 基板上にグラフェンを蒸着させた低抵抗デバイスの作成を行い SBD の試作に成功した。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1311010

(4) 研究成果の概要 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び\*を付すこと。

次々世代 EV への走行中大電力給電の実現を目的として、5年間の研究により以下の研究成果を得た。

i) 13.56MHz 駆動 ワイヤレス給電システム

走行中 EV へのワイヤレス給電において必要となる次々世代高周波大電力非接触給電システムの研究を実施した。

2015年度までの高周波インバータ実験(1kW)を終了し(\*1)、2016年度は GaN デバイスを用いて 13.56MHz、3kW インバータの設計、実験を行い 3kW 出力時に 96.1%の電力変換効率(インバータ効率)を実現、2017年に 10kW インバータの設計を完了し、7kW のインバータ出力を実現、インバータ効率 97%を得た(\*3,\*8)。13.56MHz でのインバータ出力、ならびに効率値ともに世界最高出力、最高効率の結果である。

アンテナ設計においてはシミュレーションと実機との差異を一つずつつぶすことにより実機実験効率を予測できるシミュレーション技術を構築した(\*2)。また走行中給電時に問題となる位置ずれに対して、リンクコイルと共振コイルとの距離を制御することで伝送効率を改善できることを提案、実機にて検証した(\*11)。

さらにアンテナの小型化のために平面型スパイラルコイルを用いたアンテナを提案し、13.56MHz での駆動を確認、1kW 送電を実現した。

また次世代電力給電システムで用いる 85kHz での電力伝送においても、送電側システムの低コスト化を実現し、10kW の電力を 85%の効率で送信することに成功した(\*10)。

一方、韓国 KIPE の学会にて現地に実験装置を持ち込みデモンストレーションを行った。以上より次々世代給電システムの送電側、受電側の基礎検討が終了し、実車への電力伝送システム設計への準備が整った。

ii) 走行中非接触給電インフラシステム

走行中非接触給電システムのインフラ面での検討が多くなされていないため、受変電設備などのインフラ設計を行い、システム実用化への課題抽出を明らかにした。EV の消費電力概算、必要設備容量の想定、受変電設備の設計を行った。EV 一台に対して約 9kW の給電量を確保することで、充電レーン上でバッテリー消費なしで走行できることを明らかにした(\*4)。交通量が多い地点でのシステムの必要設備容量は約 3.5MW であると確認した(道路上の三分の一が充電レーン、走行速度 80km/h、斜度 0%、加速なし、最大交通量:約 6000 台)。またシステム運用時の負荷変動対策として、蓄電池導入の検討を行い、系統安定化・低コスト化の観点から NAS 電池が有効であることを明らかにした。今後はインフラ設計時の具体的コストを示すことが課題であると考え。

iii) EV 用トラクションモータ

EV 用トラクションモータの検討としては市街地走行運転領域での効率改善のために Dual Axial 構造の PM バーニアモータを提案し、シミュレーションによって検討を続けてきた(\*18)。体積が約 10 分の 1 のダウンサイズモデルを製作し、トルクおよび効率の特性を実験によって検証した。ダウンサイズモデルの定格は、回転数 3000rpm、出力 600W、電圧 150V(線間電圧実効値)、電流 5A である。トルク特性はシミュレーション結果と良く一致し、また効率については、回転数が定格の 3 分の 1、トルクが定格の 5 分の 1 の低速・低出力で 95.6%の高い効率を得た。市販の EV に搭載されているトラクションモータには高特性の高価なネオジム焼結磁石が使用されているが、提案のモータでは重レアアース材料であるジスプロシウ

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1311010

ムやテルビウムを使用しない、より安価なネオジムボンド磁石を使用している。それでもなお、製作したダウンサイズモータは低速・低出力で高効率を示した。

iv) インバータ用 GaN デバイスの高性能化

i)で実施した高周波大電力インバータ用 GaN デバイスの基礎検討を実施し、芝浦工大内でデバイスが作成できるようになった。具体的には電子デバイスシミュレーションの確立、デバイス製作プロセスの策定および製作装置の整備、さらには測定方法の確立が実現できた。結果として Al/GaN/GaN HEMT 素子を作成し、良好な素子特性を得ることができた。

さらなる高特性化を目的に、サファイア基板上に成長した Ga 極性及び N 極性 GaN 薄膜のナノスケール表面形状と表面電位の相関について調べた。Ga 極性及び N 極性の平均表面電位はそれぞれ+531mV、+454mV であった。また、電位変化を伴わない結晶欠陥と 30mV 程度低く電位が検出される欠陥の 2 種類が存在することがわかった。表面電位の違いについて、自発分極・ピエゾ分極の影響の他、結晶欠陥の影響も示唆された(\*7)。

さらに GaN デバイスでは、TEOS/CF<sub>4</sub>系ガスを用いた SiOF 膜/n-GaN MOS 構造を試作し、基礎的な電氣的評価を行った。容量-電圧特性より求めた SiOF 膜/n-GaN および比較用の SiO<sub>2</sub>/n-GaN MOS 構造の界面準位密度は  $5 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$  および  $6 \sim 9 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$  であり、5~8 倍大きな界面準位密度となった。一方、SiOF 膜/n-GaN MOS 構造の容量-電圧特性は SiO<sub>2</sub> 膜のものより 0.2~0.5V 正方向へのシフトが観察された。これにより、SiOF 中の F が負の固定電荷として有効に働くことがわかった。F の導入により界面準位密度が大きくなるものの、MOSHEMT のノーマリオフ動作が期待できる。

v) 高周波インバータ用電極・配線

高効率な高周波パワーインバータに向けた電極・配線として、GaN デバイスにグラフェンを応用する研究を実施した。グラフェンは、熱的に安定で高い電子移動度を持ち、また原子間隔が狭く緻密な構造を持つことから、従来の銅(Cu)や金(Au)などの電極・配線と比較して、高信頼、低抵抗な配線材料あるいは銅配線のバリア膜として期待される。結果として GaN 基板上に直接グラフェン膜を堆積する方法を確立した(\*5)。 固相析出法と CVD 法を検討し、グラファイト構造を含む膜を GaN 基板上に比較的低温で直接堆積できる方法である。またそれを用いて、GaN ショットキーダイオードを試作し、従来の Au/Ni より高い熱的な安定性が得られることがわかった(\*6)。 さらにダイオードの寄生抵抗の低減のために、固相析出法においては、MLG 膜の薄膜化や、MLG 膜上に堆積する金属材料の変更を検討した。その結果、Au を直接 MLG 上に堆積する代わりに Ni/Au を堆積することで、接触抵抗の低減により寄生抵抗が低減できることがわかった(\*21)。また、CVD による電極堆積では、昨年までは良好なダイオード特性が得られない問題があったが、ダイオード作製プロセスフローを見直しと、オーミック電極のアニール条件の最適化による低減によって、良好なダイオード特性が得られるようになった。

<優れた成果が上がった点>

13.56MHz を用いた非接触給電方式は長距離電力伝送可能な方式として徐々に注目を浴

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1311010

びてきており、その中でも 7kW インバータの実現は、競合 (Oxford Univ. with DAIHEN Co.,) と比較 (周波数 6.78MHz, 2.5kW) しても断トツの成果である。

またインフラ検討においても今後の給電システム確立の基礎検討結果として価値が高い。さらにモータは低コストでありながら課題であった低負荷効率の改善を実現しており、給電量を低減できる新しいモータの提案ができた。

GaN デバイスについては学内でデバイスが作成できるようになったことが最も優れた成果である。グラフェン応用も併せて今後画期的なデバイスが作成されることが期待できる。

#### <課題となった点>

個々の研究成果は十分な実績をあげることができた。しかしながらこれらの研究成果を一つにまとめる作業が 5 年間では実現できなかった。今後新たなプロジェクトを立ち上げて、これら研究成果をまとめたシステムを実現、実車での電力伝送を実現していきたい。

#### <自己評価の実施結果と対応状況>

大学の研究戦略の総合的な企画立案をする SIT 総合研究所が研究代表者とヒアリングを実施し、研究成果の評価、今後の展開の確認を行っている。その結果を受け、研究戦略会議において、各事業の次年度の予算配分を決定する仕組みとしている。またプロジェクトの進捗状況を確認するための成果報告書 (SIT 総合研究所研究成果報告) を毎年度作成し、自己評価を行っている。

今年度まで予定どおりデバイスから電力インフラまで幅広く実施しており、個別のテーマにて順調な成果を挙げている

#### <外部(第三者)評価の実施結果と対応状況>

本研究プロジェクトは、SIT 総合研究所の研究センター (パワーエレクトロニクス研究センター) として推進している事業であり、毎年の自己点検とともに、総合研究所としての外部評価委員会による評価を受けている。H26~29 年度と過去 4 回の外部評価を受けている。外部評価委員は以下のとおりである。

(独) 東京都立産業技術研究センター	理事長	奥村 次徳 氏
(株) I H I	執行役員 技術開発本部長	村上 晃一 氏
東京大学大学院情報学環	教授	大島 まり 氏
慶応義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科	顧問・上席研究員	狼 嘉彰 氏

直近の評価委員会 (H30 年 3 月 8 日実施) における評価コメントを抜粋すると、以下のとおりである。

#### ● 評価者 1

現在最も注目を浴びている技術開発ターゲット・電気自動車のキーであるパワーエレクトロニクスの主要コンポーネントに着目し、それら各々について優れた業績を上げていることに敬意を表したい。この5年間の研究成果として満足すべきであることを申し述べたい。以下に、個別的な技術の詳細についての質問事項を述べるが、これらについては既に評価委員会において回答済の項目も含まれる。

1) 開発された1356MHzのインバータは、EV全体の消費電力にどの程度の改善をもたらすか。

2) EV車の消費エネルギーを加速抵抗、空気抵抗、ころがり抵抗に分類し、時速 80km/hにおける消費を評価しておられるが、実際の巡航速度である100~110km/hにつ

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1311010

いてはどうか。また、車種の相違による評価値の分散はどの程度か。

3) EV化を目指した研究開発は、世界各国の様々な機関で精力的に実施されている。本研究の成果および今後の研究は、このような激しい国際競争の中でどのような特色・差別化を目指されているのか。

4) 各要素技術の成熟度が必ずしもそろっていない印象を受ける。パワーエレクトロニクス全体をサブシステムとしてとらえた時に、成熟度に対する配慮が重要となろう。米国でしばしば適用されているTRL (Technology Readiness Level)などを参照されたい。

● 評価者 2

デバイスから電力の系統まで全体を考慮しながら各要素にブレイクダウンして、その各要素に対して研究計画をたて研究遂行をしています。各研究グループが高い成果を挙げている点は高く評価できます。

質問であったように、どのぐらいの研究グループの規模で行っているか(人数等)は記述があっても良いかと思いましたが、実際には数少ない学生が、大きなパフォーマンスがあげたことを見える形で評価することは重要と思われま

す。課題として挙げられたシステムとして構築する点で、今後、どのような展開を考えているのか、大変興味を持ちました。今後の発展を期待しています。

● 評価者 3

多様な研究を取りまとめたうえで、具体的な成果が出ていることを高く評価します。この分野は地道な技術力の底上げと社会実装が研究の両輪として不可欠であり、国プロへの参画はもとより企業との連携もさらに深めてくださることを期待します。またそれほど遠くない将来に実現、実用化されていく技術が多いと思われま

● 評価者 4

EV用のワイヤレス給電システムの構築を具体的なゴールに据え、パワーデバイス、インバータ、アンテナなどの要素技術から走行車両への無線給電のためのインフラの検討まで、幅広く取り組んでいる。特に、他の研究機関ではあまり取り組ま

れていない高い周波数領域に注目し、優れた成果を上げている。  
幅広い分野の教員・学生が参加した総合的なプロジェクトであり、芝浦工大の総合力が発揮されてはいるものの、各要素技術の研究開発のフェーズが違いすぎるものもあるため、無線給電システム全体としては飛躍的な成果が得られていないのが惜しまれる。この点は、このプロジェクトを通じた「T定規型」の人材育成の効果も、期待したほどには上がっていないのが残念である。

これらのコメントより、本研究プロジェクトの技術的な取り組みに対する評価は高く走行実験実施などの期待感が高い。現在のところ走行実験の実現は困難であるものの走行実験を模擬したデモンストレーション実施を検討するなど今後の課題として受け止めたい。また人材育成に関しても学生間連絡や研究情報共有を密にするなどの方策を今後の課題として検討していきたい。

<研究期間終了後の展望>

特にワイヤレス電力伝送のテーマは実現した 10kW のシステムを用いて EV 走行中給電の実施に向けたプロジェクトに応募したい。

<研究成果の副次的効果>

特に 13.56MHz インバータの測定方法や実験に用いた回路について問い合わせが多く、多

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1311010

くの企業が実施しているようである。徐々に 85kHz の短距離送電から長距離送電へ研究トレンドが移行しているように思われる。共同研究の実施を念頭に置き、積極的に発信していく。

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- (1) 非接触電力伝送                      (2) 高周波インバータ                      (3) アンテナ  
(4) パワーエレクトロニクス                      (5) 低抵抗配線                      (6) 高効率モータ  
(7) 三次元実装                      (8) 電力系統連系

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには\*を付すこと。

#### <雑誌論文>

1. Nguyen Kien Trung, Takuya Ogata, Shinichi Tanaka and Kan Akatsu, "Analysis and PCB design of a class D inverter for wireless power transfer systems operating at 13.56MHz", IEEJ Journal of Industry Applications, Vol. 4, No. 6, pp. 703-713, 2015
2. \*Nguyen Kien Trung, Takuya Ogata, Shinichi Tanaka and Kan Akatsu, "Attenuate influence of parasitic elements in 13.56MHz inverter for wireless power transfer systems", IEEE Trans. on Power Electronics, Volume: 33, Issue 4, Pages: 3218 - 3231
3. \*Nguyen Kien Trung and Kan Akatsu, "Design high power and high efficiency inverter operating at 13.56MHz for wireless power transfer systems", IEEE Trans. on Power Electronics (under reviewing).
4. \*Azreezal Zairee Bin Omar, Khai Phuc Nguyen, Yukimori Honda, Noriaki Matsumoto, Zur Ain Binti Hanafi, Akihiro Hoshikawa, Goro Fujita, "Towards Japan's Future EV-Friendly Highway Concept With In-Motion Road-Embedded Wireless Chargers" Journal of Mechanics Engineering and Automation p.255-261 (Volume 7, Number 5, May 2017 (Serial Number 67))
5. \*M. S. Uddin and K. Ueno, "Fabrication of a Schottky diode with transfer-free deposition of multilayer graphene on n-GaN by solid-phase reaction", Japanese Journal of Applied Physics, **56**, 04CP08 (2017).
6. \*M. S. Uddin and K. Ueno, "Thermal stability of a Schottky diode fabricated with transfer-free deposition of multilayer graphene on n-GaN by solid-phase reactions", Japanese Journal of Applied Physics, **56**, 07KD05 (2017).
7. \*潤間威史, 佐藤宣夫, 石川博康, "走査型プローブ顕微鏡によるサファイア基板上窒化ガリウム層の表面形状及び表面電位観測", 電気学会論文誌E, Vol. 136, No. 4, pp. 96-101 (2016).

#### <図書>

該当なし

#### <学会発表>

8. \*Nguyen Kien Trung and Kan Akatsu, "Design 13.56MHz 10 kW resonant inverter using GaN HEMT for wireless power transfer systems", 2017 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE) Year: 2017, Pages: 955 - 960
9. Nguyen Kien Trung and Kan Akatsu, "Driver design for 3kW 13.56 MHz multiphase resonant inverter", 2017 IEEE 3rd International Future Energy Electronics Conference and ECCE Asia (IFEEC 2017 - ECCE Asia) Year: 2017, Pages: 170 - 174

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1311010

10. \*Kazuya Uchida and Kan Akatsu, “An examination of optimizing input impedance for wireless power transfer operating with high power condition”, 2017 IEEE 3rd International Future Energy Electronics Conference and ECCE Asia (IFEEC 2017 - ECCE Asia)
11. \*Coungh Nguyen Tri・赤津 観, "13.56MHz 無線電力伝送結合システムにおける受信側マルチポジション効率の改善", 電気学会産業応用部門大会 1-30, 2017 年 8 月
12. 内田 和也・赤津 観, "非接触給電における大電力送電時のインピーダンス設計に関する検討", 電気学会産業応用部門大会 1-97, 2017 年 8 月
13. Nguyen Kien Trung and Kan Akatsu, “Design high power and high efficiency inverter operating at 13.56MHz for wireless power transfer system”, IEEE ECCE(Energy Conversion Congress & Expo) 2016, Sept. 2016 in Milwaukee.
14. Nguyen Kien Trung and Kan Akatsu, “Design high power and high efficiency power source for dynamic wireless charging systems”, EVTeC and APE Japan, May 2016.
15. Nguyen Kien Trung・赤津 観, "13.56MHz 多相共振インバータの設計", 電気学会産業応用部門大会 1-101, 2016 年 8 月/9 月
16. 佐藤 雅一・赤津 観, "13.56MHz を用いた非接触給電の受電側の検討", 電気学会産業応用部門大会 1-93, 2016 年 8 月/9 月
17. 内田 和也・赤津 観, "非接触給電における入力インピーダンス最適化の検討", 電気学会産業応用部門大会 Y-56, 2016 年 8 月/9 月
18. \*S. Shimomura, and T. Sunaga, “Design of Integrated Radial and Dual Axial-Flux Ferrite Magnet Synchronous Machine,” 2016 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE),
19. 本田幸盛, 藤田吾郎, 松本哲明, ニュエンフックカイ, 干川晶大, 「走行中非接触給電システムの検討」, 平成 28 年電気学会電力・エネルギー部門大会, No.380, pp.10-1-1~2, (2016-9, 福岡)
20. Noriaki Matsumoto, Goro Fujita, ‘Building the demonstration device of In-motion Wireless Power Transmission’, The International Conference on Electrical Engineering 2016 (ICEE), ID 90230, (2016-7, Okinawa, Japan)
21. U3. Md. Sahab Uddin, Kazuyosi Ueno, “Improvement of multilayer graphene (MLG) / n-GaN Schottky diode properties fabricated with transfer-free deposition of MLG on n-GaN by solid-phase reaction” Symposium on Semiconductors and Integrated Circuits Technology (2017, Electrochemical Soc. Japan, 8/24, Tokyo)
22. 松本哲明, 藤田吾郎, 「電気自動車の走行中非接触給電システムの検討」, 平成 29 年電気学会電力・エネルギー部門大会, No. 120, pp. 1-6-15~16, (2017-9, 明治大学)
23. Nguyen Kien Trung and Kan Akatsu, “PCB design for 13.56MHz half-bridge class D inverter for wireless power transfer system”, ICPE –ECCE Asia- 2015, May 2015 (2<sup>nd</sup> Prize Award).
24. Nguyen Kien Trung and Kan Akatsu, “ Ringing suppressing method in 13.56MHz resonant inverter for wireless power transfer systems”, IEEE ECCE2015
25. Nguyen Kien Trung, Takuya Ogata, Shinichi Tanaka and Kan Akatsu, “Attenuate influence of parasitic elements in 13.56MHz inverter for wireless power transfer systems”, 電気学会 産業応用部門大会, 2015
26. 佐藤雅一, 赤津 観, “13.56MHz 利用非接触給電における受電側インピーダンス整合の検討”, 電気学会 産業応用部門大会, 2015
27. Masakazu Sato, Nguyen Kien Trung and Kan Akatsu, “An Examination of Impedance Matching in Receiving Side of Wireless Power Transfer system operating at 13.56MHz”, IEEE IFEEC 2015
28. 尾形卓也, ニュエン キエン トウルン, ニュエン トリ クオン, 赤津観, 田中慎一, 慎間接給電アンテナの周囲環境変動に対する制御方法の検討”接給電子情報通信学会総合大会 2016 (発表予定)
29. 小久保陽平, 下村昭二:「弱め磁束制御のためのデュアルロータキシャルフラックス PMVM」, 平成 27 年度電気学会産業応用部門大会, Vol.3, No.24, pp.163-166(2015)
30. 小久保陽平, 下村昭二:「デュアルロータキシャルフラックス PMVM の極数構成の比較」, 電気学会研究会資料(モータドライブ・回転機・自動車合同研究会), MD-15-85・RM-15-66・VT-15-13, pp.65-



法人番号	131024
プロジェクト番号	S1311010

70(2015)

31. BIN OMAR Azreezal Zairee, et al, 'Electric Vehicle Dynamic Charging and Safety Related Studies' ICEE2015, 15A-182 (2015-7, HongKong)
32. HONDA Yukimori, et al, 'Preliminary Review of Electric Vehicle In-Motion Wireless Charging IECC2015, 15A-181 (2015-7, HongKong)
33. Z. Omar, N. A. Jalalludin, T. Takeuchi, Y. Honda, G. Fujita, 'ELECTRIC VEHICLE IN-MOTION CHARGING-EMF EXPOSURE SAFETY REGULATION', SEATUC2015 (2015-7, Thailand)
34. BIN OMAR Azreezal Zairee, et al, 'Towards Japan's Future EV-Friendly Highway Concept With In-Motion Road-Embedded Wireless Chargers', SEATUC 2016 (2016-3, Tokyo)
35. Nguyen Tri Cuong and Kan Akatsu, and Kan Akatsu, SEATUC 2016 (2016-3, Tokyo) EXPOSURE SAFETY REGULATION', SEATUC2015 (2015-7, Thailand)tem operatin2016 SEATUC Symposium (to be presented).
36. 尾形卓也, ニュエン キエン トウルン, 赤津観, 田中慎一, “平面回路電磁界シミュレータを用いた 3次元構造インバータの解析”, 電子情報通信学会大会 2015年3月
37. N. K. Trung 他, "Design of 1.5kW 13.56MHz class D resonant inverter for wireless power transfer systems", H26年電気学会産業応用部門大会 1-84
38. Yohei Kokubo, Shoji Shimomura. "Design of Dual Rotor - Axial Gap PMVM for Hybrid Electric Vehicle," *International Conference of Electrical Machines and systems (ICEMS), 2014*.
39. Daisuke Fukai, Shoji Shimomura. "Integrated Radial and Dual Axial-flux Variable-reluctance Vernier Machine," *40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON), 2014 International Conference*. IEEE
40. Nguyen Kien Trung and Kan Akatsu, "Analysis And Design Of A 13.56 MHz Resonant Inverter For Wireless Power Transfer Systems", 2013 SEATUC symposium, March, 2014
41. Noor Hidayah Binti Mustafa Kamal and Kan Akatsu, "Antenna Design for 13.56MHz Magnetic Power Transfer Technology", 2013 SEATUC symposium, March, 2014
42. M. Takano, S. Shimomura, "Study of variable reluctance vernier motor for hybrid electric vehicle", Conference record of *ECCE Asia Downunder (ECCE Asia), 2013 IEEE*, pp.1341,1347, 3-6 June 2013
43. M. Takano, S. Shimomura, "Improvement of torque density of variable reluctance vernier machine for hybrid electric vehicle," Conference record of *Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2013 IEEE*, pp.1205,1212, 15-19 Sept. 2013
44. R. Ishikawa, K. Sato, S. Shimomura, and R. Nishimura, “Design of In-Wheel Permanent Magnet Vernier Machine to reduce the armature current density”, Conference record of *International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS Busan), 2013*, pp. 459-464, 26-29 Oct. 2013

#### <研究成果の公開状況>(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等

<既に実施しているもの>

<http://www.sic.shibaura-it.ac.jp/~akatsu/index.html>

<これから実施する予定のもの>

特になし

#### 14 その他の研究成果等

- Kazuya Uchida and Kan Akatsu, "An Examination of Optimizing Input Impedance for Wireless Power Transfer operating at 85kHz", S2PC 2016 JAPAN Symposium on Semiconductor Power Conversion, October 14-16, 2016, Nagaoka, Japan.
- Nguyen Tri Cuong and Kan Akatsu, "Efficiency Analysis of Distance Variations in WPT Coupling System at 13.56 MHz", S2PC 2016 JAPAN Symposium on Semiconductor Power Conversion, October 14-16, 2016, Nagaoka, Japan.

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1311010

## 15 「選定時」及び「中間評価時」に付された留意事項及び対応

<「選定時」に付された留意事項>

産業界との連携に配慮されたい

<「選定時」に付された留意事項への対応>

学会等で積極的に成果を公開することにより、徐々に研究成果が認知されていき、AGV への急速非接触充電へのニーズから1社共同研究の申し込みがあった。残念ながら先方都合により契約締結には至らなかったが今後も積極的に成果を公開していく。

<「中間評価時」に付された留意事項>

該当なし。

<「中間評価時」に付された留意事項への対応>

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1311010

## 16 施設・装置・設備・研究費の支出状況(実績概要)

(千円)

年度・区分	支出額	内 訳						備考
		法人負担	私学助成	共同研究機関負担	受託研究等	寄付金	その他( )	
平成二十五年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	42,391	14,130	28,261				
	研究費	11,033	6,033	5,000				
平成二十六年	施設	0						
	装置	0						
	設備	13,813	4,700	9,113				
	研究費	8,259	4,759	3,500				
平成二十七年	施設	0						
	装置	0						
	設備	13,965	4,907	9,058				
	研究費	8,810	4,810	4,000				
平成二十八	施設	0						
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	8,982	4,982	4,000				
平成二十九	施設	0						
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	7,446	3,946	3,500				
総額	施設	0	0	0	0	0	0	
	装置	0	0	0	0	0	0	
	設備	70,169	23,737	46,432	0	0	0	
	研究費	44,530	24,530	20,000	0	0	0	
総計	114,699	48,267	66,432	0	0	0	0	

## 17 施設・装置・設備の整備状況（私学助成を受けたものはすべて記載してください。）

《施設》（私学助成を受けていないものも含め、使用している施設をすべて記載してください。）（千円）

施設の名 称	整備年度	研究施設面積	研究室等数	使用者数	事業経費	補助金額	補助主体
豊洲キャンパス 研究棟	既存施設	100m <sup>2</sup>	1室	6名			
大宮キャンパス 先端工学研究機構棟	既存施設	50m <sup>2</sup>	1室	6名			
豊洲キャンパス 交流棟	既存施設	100m <sup>2</sup>	1室	6名			

※ 私学助成による補助事業として行った新增築により、整備前と比較して増加した面積

\_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

《装置・設備》（私学助成を受けていないものは、主なもののみを記載してください。）

（千円）

装置・設備の名称	整備年度	型 番	台 数	稼働時間数 (年間)	事業経費	補助金額	補助主体
(研究設備) 電子ビーム真空蒸着器	平成25年度	E-110J-3EB	一式	100 h	18,000	12,000	私学助成
金属膜スパッタ装置	平成25年度	CFS-4EP-LL	一式	480 h	24,391	16,261	私学助成
ベクトルネットワークアナライザ	平成26年度	E5061B	一式	100 h	5,173	3,353	私学助成
13MHz 3kW電力アンプ	平成26年度	CA005M050-6565R	一式	120 h	8,640	5,760	私学助成
10kWモータ評価ベンチ	平成27年度	タンデムダイナモータ 2WB115+MK+2PB115-SP ブレーキ用アンプ DES411/111 シグナルコンディショナ TSC401/122	一式	240 h	13,965	9,058	私学助成

法人番号	131024
------	--------

## 18 研究費の支出状況

## 研究テーマ 1. 高周波インバータの研究

(千円)

年 度	平成 25 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	2,564	消耗品(ソフトウェア) 消耗品(研究設備用) その他	1,293 303 968
旅費交通費	97	旅費	97
報酬・委託料	2,982	委託料	2,982
研修費	10	学会参加	10
用品費	185	用品費	185
計	5,838		5,838
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出 計	0		0
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	1,537	研究用機器	1,537
図 書			
計	1,537		1,537
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント ポスト・ドクター 研究支援推進経費 計	237	研究補助	237
			外国1名

(千円)

年 度	平成 26 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,421	消耗品(研究設備用) 消耗品(研究設備用) その他	425 348 648
旅費交通費	271	交通費 その他	257 14
報酬・委託料	27	委託料	27
用品費	79	用品費(研究設備用)	79
計	1,798		1,798
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出 計	0		
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	1,768	研究用機器 研究用機器	1,080 688
図 書			
計	1,768		1,768
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント ポスト・ドクター 研究支援推進経費 計	356	研究補助	356
			外国1名

年 度	平成 27 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	2,862	試作材料	1,099
		その他	1,763
旅費交通費	481	国外研究費	407
		交通費	74
報酬・委託料	29	委託料	29
研修費	125	学会参加	125
用品費	410	用品費(研究設備用)	239
		その他	171
計	3,907		3,907
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出			
計	0		0
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	1,322	研究用機器	799
		研究用機器	203
		研究用機器	320
計	1,322		1,322
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	356	研究補助	356
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	356		

年 度	平成 28 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	2,346	試作材料	1,860
		その他	486
旅費交通費	273	国外研究費	144
		交通費	129
報酬・委託料	34	委託料	34
研修費	61	学会参加	61
用品費	421	用品費(研究設備用)	421
計	3,135		3,135
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出			
計	0		0
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	218	研究用備品	218
計	218		218
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	534	研究補助	534
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	534		

年 度	平成 29 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,489	試作材料 その他	1,106 383
旅費交通費	1,224	国外研究費	1,224
印刷製本費	118	印刷製本費	118
報酬・委託料	58	委託料	58
研修費	164	学会参加	164
修繕費	248	機器修理等	248
計	3,301		3,301
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出 計	0		0
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	1,543	研究用機器 研究用機器	303 1,240
計	1,543		1,543
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント ポスト・ドクター 研究支援推進経費 計	356	研究補助	356
			外国1名

## 研究テーマ 2. 電力受信ならびに利用方法の研究

年 度	平成 25 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	2,900	消耗品(ソフトウェア)	2,900
旅費交通費	95	旅費	95
研修費	10	学会参加	10
計	3,005		3,005
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出 計	0		0
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品			
図 書			
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント ポスト・ドクター 研究支援推進経費 計	416	研究補助	416
			学内2名

年 度	平成 26 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,641	消耗品(ソフトウェア)	1,026
		消耗品(実験用)	615
通 信 運 搬 費	2	運搬費	2
旅 費 交 通 費	771	旅 費	597
		交通費	160
		その他	14
出 版 資 料 費	63	出版資料費	63
計	2,477		2,477
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出 計	0		
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	1,148	研究用機器	985
		研究用機器	163
図 書			
計	1,148		1,148
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	712	研究補助	712
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	712		

年 度	平成 27 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	187	研究用材料	94
		その他	93
用 品 費	107	用品費	107
計	294		294
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出 計	0		0
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	2,575	研究用機器	538
		研究用機器	333
		研究用機器	175
		研究用機器	1,529
図 書			
計	2,575		2,575
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	356	研究補助	356
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	356		



年 度	平成 28 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	480	研究用材料	460
		その他	20
支払手数料	10	手数料	10
旅費交通費	440	旅費	300
		交通費	140
研修費	77	学会参加	77
保守清掃費	734	保守費	734
計	1,741		1,741
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出 計	0		
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	2,998	研究用機器	2,998
図 書			
計	2,998		2,998
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	356	研究補助	356
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	356		

年 度	平成 29 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	481	消耗品(ソフトウェア)	385
		その他	96
支払手数料	5	手数料	5
旅費交通費	391	旅費	266
		交通費	125
研修費	74	学会参加	74
修繕・保守清掃費	993	修繕・保守費	993
計	1,944		1,944
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出 計	0		0
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	302	研究用機器	302
図 書			
計	302		302
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント			
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	0		