

Ttime!

学生が作る工学部広報誌

Vol.43

2011.8

特集

電子情報工学科 電気電子工学科

研究

次世代インターネット実現へ
～右手に研究、左手に運用を～

電気自動車で社会を変える！

フォトン＝光の粒 の制御を目指す
量子オプトエレクトロニクスの世界

学生

EEIC 五月祭紹介



次世代インターネット実現へ ～右手に研究、左手に運用を～

一つめのインタビューでは、電子情報工学科・江崎研究室で次世代インターネットの研究開発をされている江崎浩先生にお話を伺いました。次世代インターネットがなぜ求められているのか、そしてその実現に向けての取り組みについて語っていただきました。

Q. 研究内容について教えてください。

次世代インターネットの研究開発をしています。もともとのインターネットはコンピューター同士をつないでいました。最近はその間にスマートフォンが入ってきました。ここにさらにセンサーやカメラ、照明など「コンピューター以外のもの」をつなげ電力を効率的に使用し、省エネ化や利便性の向上を目指すのが次世代インターネットの考え方です。その実現に必要な要素技術の開発と、社会展開するための産学連携プロジェクトをやっています。

Q. なぜ次世代インターネットが必要なのですか。

今のインターネット技術は出来てから40年以上経っており、技術の前提が全く変わっています。例えば今のインターネットはコンピューターが常につながっている状態を仮定してすべてのデザインがなされています。ですがこれから必要とされるモバイル、宇宙空間における通

信などではしばしば電波が途切れるし、遠距離通信する必要があるため、現在のネットワーク構造では動きません。さらにスケールの問題もあります。最初のインターネットは4台のコンピューターから始まり、60億個、つまり人の数くらいつなげればよいと想定されていました。しかし現在はその3けた以上多いものにつながりようになったため、大規模化に対応する必要が出てきました。これらの点から、インターネット全体のデザインを見直す時期に来ています。

実際に問題はもう具現化していて、先の東日本大震災の際にも、被災地にコンピューターを持ちこんだはいものの無線でのインターネット接続が全く機能しないという問題が起こりました。災害地でインターネットを機能させるには、遅延が大きくなってもきちんと情報が届くような新しい仕組み（遅延耐性ネットワーク）が必要だと分かったのです。私たちはこの遅延耐性ネットワーク技術の開発も行っています。

Q. 次世代インターネット実現に向けての取り組みは。

要素技術としてはそれほど難しいのですが、産業として次世代インターネットを動かすためには、コンピューター以外のものが情報交換できるような社会基盤を作ることが必要です。例えば電気自動車をインターネットにつなぐとすれば自動車業界や電力業界に、照明をつなぐとすれば蛍光灯やLEDの業界に、今私たちが作っている要素技術を受け入れてもらわなければいけませんよね。受け入れてもらうにはビジネスモデルを示さなければならぬ。一つのビジネスモデルを示すために東大グリーンICTという省エネプロジェクトをやってきました。

Q. グリーン東大 ICT プロジェクトとは。

まず、省エネに関係するコンピューター、ゼネコン、不動産、システムインテグレーターなどさまざまな業界の人を説得し、そういった人たちが話し合える場

図1：コンピューターから各部屋の使用状況を確認し、エアコンや照明のコントロールができる

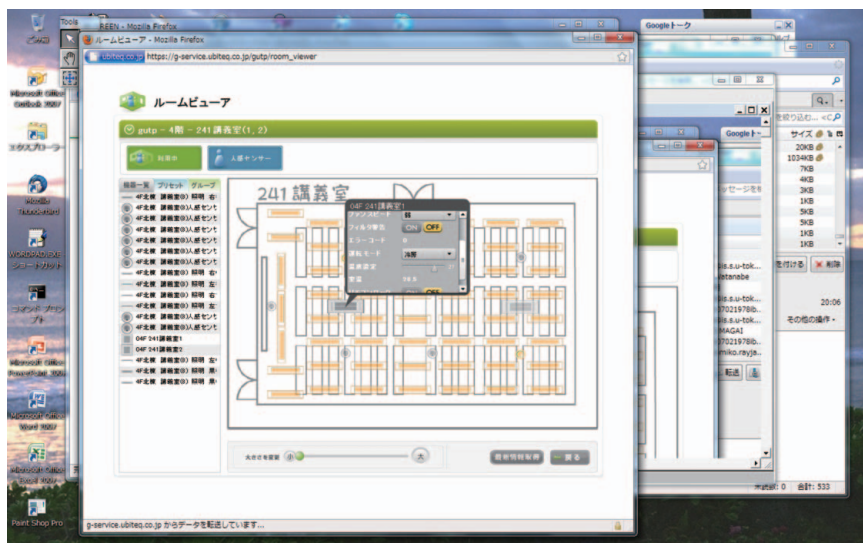


図3：Twitterで30分ごとに工学部2号館の電力使用量が配信される

所(コンソーシアム)を作りました。これにより、本来競合相手である企業同士が、共通の規格でシステムをつなげることが可能になりました。要素技術の部分は大体できていたので、次にそうした業界の人に省エネでビジネスが成立することを示すための試験用プラットフォームを工学部2号館に作りました。具体的には、工学部2号館の電気系統の制御部を、インターネット経由で触れるようにしました。

例えば、2号館の各部屋に設置してあるエアコンはインターネットに直接つながっていて、手元のタッチパネルはもちろん、コンピューターやiPad、スマートフォンからでもインターネット経由で直接コントロールできます(図1)。電力の

使用量をそうした端末から見することもできます(図2、3)。また各部屋に付いている人感センサーもインターネットにつながっていて、人感センサーの情報に基づいて部屋の使用状況をチェックし、部屋の予約システムと照らし合わせて無断使用も調べられます。照明のオン・オフもできます。こうした設備は通常ある企業が独自の技術・規格で作っていて勝手につなげることができません。このプロジェクトでは、コンソーシアムを通して新たな規格を作成することで、2号館内のさまざまな製品をネットワークにつなぐことができたのです。工学部2号館は年間1億円くらい電気代を払っているのですが、例えば20%の省エネとすれば、2千万円節減できるわけです。このプロジェクトで2号館の設備に投入した資金は5千万円程度ですから、2年半くらいで元が取れる計算になります。要素技術は難しくないとはいいましたが、もちろん困難はありました。エアコンや照明はインターネットの規格では動かないので、こういった技術を使うかという問題や、電波が不安定な場所ではどうするかといった問題です。電波に関しては現在も研究段階ですね。

て大したものでもなくて、上手にデザインすると、いろんな応用ができるということです。例えば2号館では、ある部屋に何時から何時まで人がいたかということも分かります。ここから、業務に無駄がないか、働きすぎていないか、ということが分かります。もともと省エネプロジェクトだったものを、業務改善に応用したわけです。こうした事例を示せば、例えば今までエアコンしか売っていなかった企業が別のフィールドに出ていけるかもしれません。私たちの夢は、それで産業を効率化し、日本の産業界が世界規模の市場に進出していってくれることです。

Q. 最後に読者に向けてのメッセージをお願いします。

私たちのモットーは「右手に研究、左手に運用」です。研究はある意味世の中のためにならなくてもいい。けれど、運用つまりエンジニアリングは社会に受け入れられないと使えません。研究と運用の両立が重要なわけです。学生の皆さんには、科学技術の研究をしている人間として、社会への責任を考えてほしいです。ひきこもらず、ちゃんと社会のために仕事しろ、ということです(笑)

(インタビューー 本田 信吾)



図2：工学部2号館内に設置された端末からも電力使用状況を確認できる

Q. 今後の研究の目標を教えてください
重要なことは、ネットワーク技術とし



電気自動車で社会を変える！

堀 洋一 教授

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

堀先生の研究分野はシステム制御。柏キャンパスを拠点に、電気自動車から福祉用ロボットまで幅広く扱っています。今回は電気自動車（EV）に焦点を当て、研究内容について語っていただきました。

従来の EV 開発では、電池の高性能化のみに焦点が当たりがちでしたが、先生の提案する電池不要の電気自動車が新時代を切り開いてくれるかもしれません。

Q. 研究内容について教えてください。

現在の電気自動車（以下 EV）研究では、長距離走行を可能にすべく、大容量で小型軽量なリチウムイオン電池の開発が盛んに行われています。一方で私たちは「モーター・キャパシタ・ワイヤレス」をキャッチコピーに、急速充電スタンドいらずに“どこでも充電”して走れる、新たな EV を目指しています。

Q. キャッチコピーは何を意味するのですか。

まずはモーターですが、私が EV の研究を始めた動機は電気モーター制御にあります。エンジンではなくモーターを搭載する EV は、スリップを防いだり、スムーズに止まったりさせる「モーションコントロール」に優れています。これは、モーターがエンジンより100倍速く応答可能で、さらにモーターに流れる電流の状態から路面の状態が把握できるためです。センサーを付けなくても、例えば路面が滑りやすい状態であればそれに応じて車輪の動きをゆっくりにする、などと素早い応答ができるのです。さらに、前輪のみ動かす通常のエンジンに比べ、前輪と後輪どちらにもモーターを配置できる EV は、より細かにタイヤの動きを制御できます（写真1）。すると、抵抗の小さい細いタイヤでも十分になりますか

ら、燃費が良くなります。より安全で、高効率な EV が実現できるのです。

キャパシタは、電気エネルギーを化学エネルギーの形で蓄える電池と違い、電気エネルギーをそのまま蓄える装置です。電池に比べ一度にためられる電気の容量は少ないですが、充放電が電池に比べ格段に早く、寿命が長くなります。また、電池生産コストの大半を占めるレアメタルが不要です。30秒の充電で20分以上走ることが出来ますが、それでも容量の小ささが課題となります。そこで、キャパシタ搭載の EV を長距離走らせるための技術として、ワイヤレス給電の研究も行っています。

ワイヤレス給電は、磁気共鳴という現象



写真2：ワイヤレス給電デモ実験



写真1：四輪にモーターを搭載した EV

象を利用し、ワイヤレスに送電・給電ができる技術です（写真2）。

従来ワイヤレス給電技術には電磁誘導という現象が利用されてきましたが、コイル間の距離が短くないと送電できないという問題点がありました。しかし、コイルの形状を調節して磁気共鳴させると、コイル間の距離が広がったり、コイル中心が多少ずれたりしても送電できます。この原理を EV の充電に使える、走行中でも素早い充電ができます。

日本においてキャパシタの認知度が上がり、インフラ整備が国策として進められれば、ワイヤレス給電と組み合わせ、ETCのようにエネルギーをチャージする、そんな時代が来るかもしれません。

Q. 最後に読者に向けてのメッセージをお願いします。

これまで EV 開発は電池の改良にのみ焦点が当たりがちでした。こういう話をすると、“リチウムイオン電池・キャパシタどちらが良いのですか”、という二者択一の議論に陥りがちですが、多様性をもっと大事にするべきだと思います。

皆さんには、既存のものに縛られず自分の頭で考えてほしいですね。

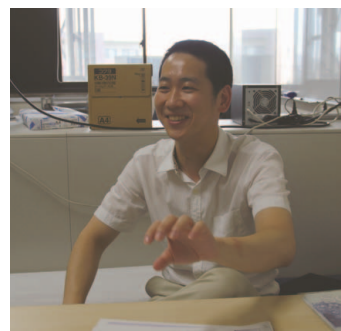
（インタビュー 沼田 恵里）

フォトン＝光の粒の制御を目指す 量子オプトエレクトロニクスの世界

電気電子工学科（電子・情報系 B）では、ナノスケール（ $1\text{ nm}=10^{-9}\text{ m}$ ほどの大きさ）の物理学や、それを応用したデバイスの研究が精力的に行われています。今回はその中で、「量子オプトエレクトロニクス（量子光電子工学）」を研究されている、総合研究機構の加藤准教授にお話を伺いました。

加藤 雄一郎
准教授

工学系研究科
総合研究機構



Q. 先生の研究について教えてください。

私がやっているのは、カーボンナノチューブ（以下、CNT）のデバイス応用です。「フォトン」を制御できるようなトランジスタを作ろうとしています。フォトンとは光の粒子のことです。光子とも言いますね。

Q. フォトンを制御するとはどういうことですか？

CNT は金属のように電流を流すものや、半導体のように蛍光を発するものがありますが、この研究においては後者のタイプを使っています。CNT は直径 1 nm ほどと非常に細いので、非常に小さな蛍光を発したり、検出したりできます。これをつきつめていくと、究極的にはフォトンをつづつ制御できるようになる可能性があるのです。「制御する」というのは具体的には、検出する、動かす、作る、ということです。たとえば、LED ライトがちょっと進化して、一つずつ光の粒（フォトン）が出せるようになったものを想像してみてください。

Q. そのようにフォトンで制御できると、応用としてはどのようなことが期待できるのでしょうか。

「量子計算」というものができるようになり、コンピュータの性能が格段に向上します。それから、「量子通信」という通信が可能になります。光の粒は光子（フォトン）、電気の粒は電子ですね。これら一つひとつに情報を持たせるのが、量子通信です。現在の通信技術では光子の集まりである「光」、電子の集まりである「電流」を利用していますが、量子通信では一つひとつの光子や電子を扱うわけです。そうすることで一度に大量の情報を送ることができますし、省エネにもなります。また、「絶対に解読されない暗号」である「量子暗号」を使えるようになります。通信のセキュリティが完全なものになります。

Q. 「絶対に解読できない」のですね。

そうです、それは量子力学の法則で決まっています。現在のケータイや PC も、今の暗号でも十分に解読は難しいのですが解くことが完全に不可能になる、というのは大きな進歩です。

Q. 実際にどんな場所で実験が行われているのか、見学をさせてください。

はい。一つひとつのフォトンが発生させたり情報を持たせたりすることは「壮大な夢」であって、実験はその「第一歩」

のところをやっています。この部屋は蛍光測定というのをを行う場所です（図 4）。1 本の CNT にレーザーを照射することで CNT そのものが蛍光を発して光ります。その蛍光を検出して波長や強度を調べるのがこの装置です。CNT はエタノールのガスを使った化学蒸着という方法で合成し、シリコン基板上に作った細い溝の上に、1 本 1 本を橋渡ししていきます。（図 2、3）溝は $3\text{ }\mu\text{m}$ （ $1\text{ }\mu\text{m}=10^{-6}\text{ m}$ ）くらいまでのさまざまな幅のものを用意し、それに応じたいろいろな長さの CNT がこの溝の部分に橋渡しされることになります。ここにレーザーを照射することで CNT が微小な蛍光を発し、その波長が CNT の長さによってどう変わるかを測定していくことで、CNT の光学的な特性を探ることができます。現在はこのように、CNT の性質について一步一步研究していくという基礎的な段階です。これ続けていく中で、最終的にフォトン一つひとつを制御できるようになることを目指しています。

Q：読者へのメッセージがあればお願いします。

私はアメリカの大学院に行ったのですが、世界の優秀な頭脳が集まるところで 5 年間過ごしたことが非常にいい経験となっています。若い皆さんにも腕試しのつもりでどんどん挑戦してほしいと思います。

（インタビューアー 清水 裕介）

※2011年9月10日（土）に東大で開催される「やさしい科学技術セミナー」にて、「カーボンナノチューブと未来のエレクトロニクス」という題で加藤先生が講演をされます。詳しくは下記 URL をご覧ください。

<http://www.japanprize.jp/seminar.html>
※ YouTube で加藤研究室の紹介を見ることができます。下記 URL をご覧ください。

<http://www.youtube.com/watch?v=bG1vSBhSluo>



図 1：カーボンナノチューブは直径約 $1\sim 2\text{ nm}$ でありながら、長さは 1 mm ほどにまでなる。トランジスタなどナノスケールの光デバイスとして非常に有用な材料である。

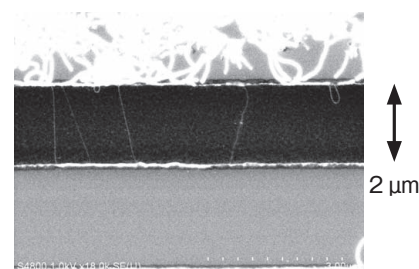


図 2：カーボンナノチューブを橋のように渡した構造の電子顕微鏡像。橋渡し構造にしてあるのは、カーボンナノチューブが「表面しかない物質」のため、何かに接していると光りにくいからである。

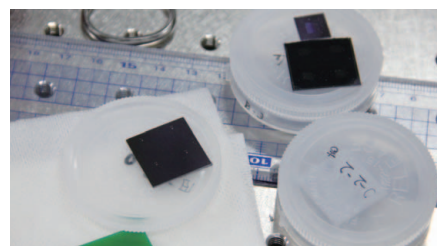
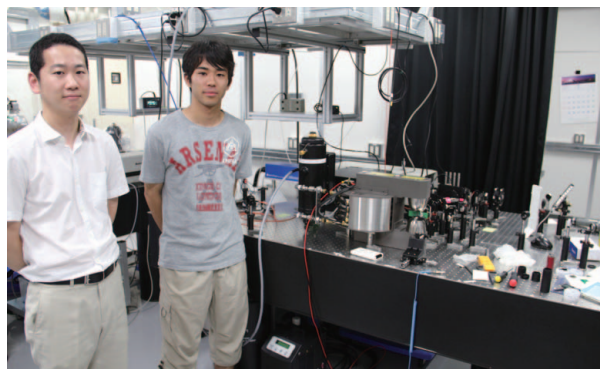


図 3： $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ ほどのシリコン基板上に、カーボンナノチューブが乗っている。

図 4：カーボンナノチューブから出た光を測定する機械（フォトルミネッセンス測定系）。レンズ、ミラー、検出器などのパーツをカスタマイズして、加藤先生が学生と一緒に一から組み立てた。1 本の CNT から出た光も検出することができる。



EEIC 五月祭紹介

EEIC（電気電子工学科・電子情報工学科）では、学生中心の五月祭展示がありました。五月祭のオススメ企画でもあったこの展示は、2日間で数千人もの来場者が訪れるほど好評でした。展示のうち、いくつかを紹介します。

FPGA でファミコンを再現

FPGA という内部の論理回路を自由に書き換えできるデバイスを用い、ファミコンの部品を一切使わないで、ファミコンが再現されています。もちろんファミコンと同様遊ぶことができます。作成するのにかかった期間は4か月くらいで、特にシミュレータにかけてバグをとるのに苦労したそうです。

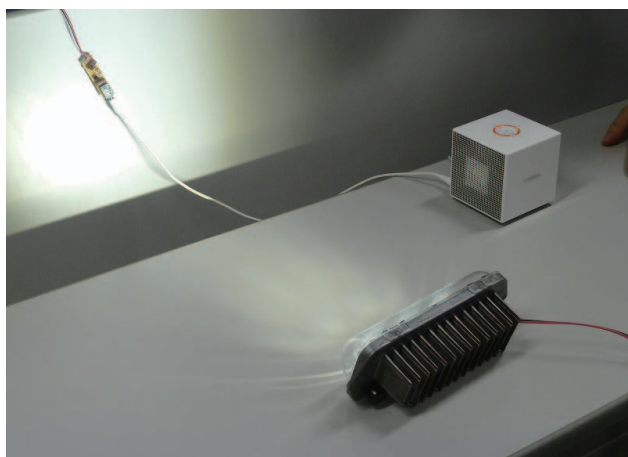


Kinect

マイクロソフト社の Kinect は、カメラを使って体の特徴的な部分の位置を認識するシステムです。これを利用して、センサーなどを手に持っていないでも、ジェスチャーだけでパソコンを操作できるシステムを作りました。いわば、手がマウスになるのです。

自分シーケンサー

録音した音声を変換して、声の特徴を変えずに高さだけ変えるというものです。これで自分の声のピアノが作成されます。のどや口の中で反響して声が出てくるまでに、声の種類やその人らしさがついてくるといふ特徴が利用されています。



可視光通信

目に見える光で通信を行うというものです。光は電磁波の一種なので、原理的には無線通信と変わりません。可視光ランプが発する光にデータをのせて送信し、その光を光センサーで受信して、通信しています。デモでは楽曲データを通信して音楽を再生していますが、楽曲以外の情報を送ることもできます。

これを応用すると、将来的には街灯や信号など普通の光を情報発信機にすることもできます。これにはコストがあまりかからないという利点もあります。さらに、波長が短く直進性が高いので、限られたエリアだけに情報を送れることから、可視光通信で無線 LAN を置き換えれば、セキュリティの問題も解決できます。

人体通信

人間の体を介して流れる微弱な電流によって通信します。数百 μ A という体脂肪計と同じレベルの極微弱な電流です。間に2人・3人入っても全く問題ありません。ただし電流には変わらないので、ペースメーカーをつけている方は使えません。

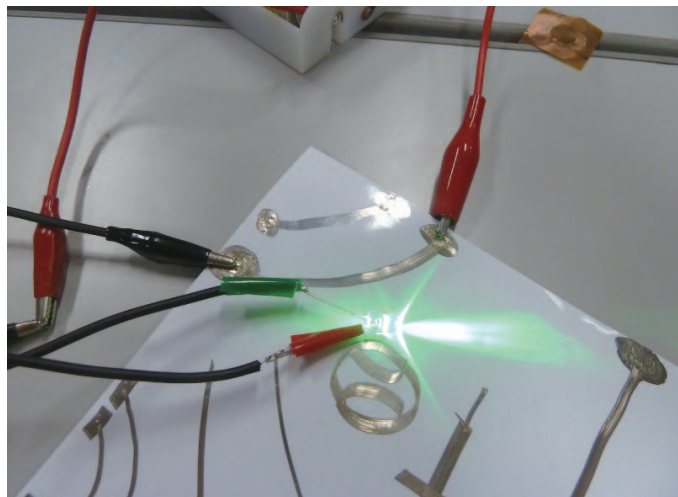
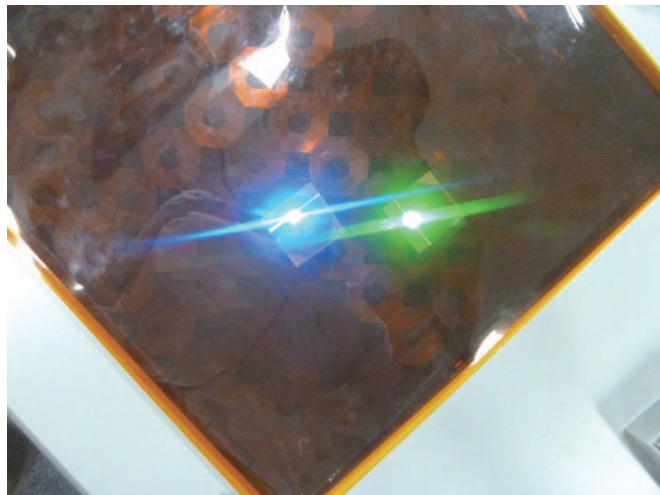
この技術を用いれば、相手と握手をするだけで名刺や連絡先などの情報を交換することができたり、SuicaなどのICカードを取り出さなくてもセンサー部に触るだけで改札を抜けたりすることができるようになります。視覚障害者の方に手すりをもっておいてもらえば、「10m先にエレベータがありますよ。」とか、「もう少しで手すりが終わりますよ。」といったその場所で必要な情報を、自然な形で提供できるのではないかと期待されています。



ワイヤレス給電

電源コードなどを用いずに、ワイヤレスで供給される電力によってLEDが光っています。原理は電磁誘導と一緒です。この技術を用いれば、コンセントにアダプターをつながなくても携帯電話などを充電することができます。将来的に、どこに電力を送るか制御できるようになれば、机や床に埋め込んで、掃除機のコンセントを付け替える手間が省くことができます。コンセントのタコ足配線も解消されるでしょう。

ちなみに、電磁波の上で金魚を飼うという実験をして、生体に影響がないことが確認されています。



回路を印刷

銀の粒を含む塗料を入れたペンでつるつるの特殊な紙に線を描くと、最初は青っぽいのですが、液体部分だけがしみ込んで表面に銀が残ります。銀は金属なので、描かれた線には電気が通ります。

SuicaなどのICカードも、このような塗料を用いて印刷で作られています。

銀の代わりに半導体の入った塗料を用いれば、クリーンルームを使用することなく、本などを印刷するように、印刷によって電子回路を作れるのではないかと期待されています。

他にも、歌詞を棒読みしただけで歌声に変換してくれるソフト、叩く強さによって鳴き声が変わるぬいぐるみ、そして自分の指揮に合わせた盛り上がりで演奏されるオーケストラ音楽など、様々な展示がありました。音声や体験で楽しめる展示が多かったので、来年はぜひ足を運んでみてはいかがでしょうか。

(レポーター 西村 知)



電気自動車C-COMS

二酸化炭素を出さない『クリーンさ』が注目をあびる電気自動車。一般的にリチウムイオン電池が用いられますが、このC-COMSは、キャパシタを使って動きます。素早い充電、長い寿命。レアメタルもいりません。まさにエコな電気自動車といえます。

編集後記

Ttime! 8月号は電気系特集をお届けしました。5年後・10年後の近い将来、実現するような話が多かったように思います。情報化社会と言われ、スマートフォンやTwitterなど新しい技術がどんどん投入されているなかで、電気電子の基礎技術の発展は欠かせないものになってきています。

これからも東京大学工学部がそのさきがけとなって新しい技術を切り開いて下さるだろうと思います。

取材に応じて下さった先生方、五月祭担当のみなさまに、この場を借りてお礼を申し上げます。ありがとうございました。

<広報アシスタント>

朝倉 彰洋、伊與木健太、大嶽 晴佳
小川 灯、大原 寛司、岡 巧
清水 裕介、須原 宜史、土居 篤典
西村 知、沼田 恵里、長谷川拓人
藤島孝太郎、本田 信吾、間部 悟
森西 亨太

<広報室>

五島 正裕（電子情報学専攻）
中須賀真一
（広報室長・航空宇宙工学専攻）
永合由美子、川瀬 珠江

