

CONTENTS

- 02 Human Frontier Science Program 採択課題
- 04 研究室訪問
- 05 TOPICS
- 07 受賞にあたって / RIEC 豆知識
- 08 組織図 / 通研国際シンポジウム / EVENT Calendar

巻頭
特集

Human Frontier Science Program Robotics-inspired Biology: Decoding Flexibility of Motor Control by Studying Amphibious Locomotion

研究室訪問 **INSIDE the Laboratory**

人間情報システム研究部門

情報コンテンツ(北村研究室)



▲分割陽極マグネトロン

分割陽極マグネトロンは、マイクロ波を発生する装置として、電子レンジやレーダーに応用されています。本研究所の基礎を築かれた岡部金治郎先生によって 1927 年に発明されました。現在、分割陽極マグネトロンは国立科学博物館・重要科学技術史資料・第 00006 号として登録されています。

巻頭
特集Human Frontier Science Program
Robotics-inspired Biology:
Decoding Flexibility of Motor Control by
Studying Amphibious Locomotion

教授 石黒章夫

2017年度のHuman Frontier Science Programの公募研究課題に、スイス連邦工科大学ローザンヌ校 (Prof. Auke Ijspeert)、ならびに東北大学電気通信研究所 (石黒)、オタワ大学 (Prof. Emily Standen) の三ヶ国の研究者で構成されたわれわれの共同チーム (図 1) が提案した新規プロジェクト "Robotics-inspired Biology: Decoding Flexibility of Motor Control by Studying Amphibious Locomotion" が採択され、9月より3年間の国際共同プロジェクトをスタートする運びとなりました。

研究内容を述べる前に、まずはHuman Frontier Science Program (以下、HFSP) とは一体なにかについて説明させていただきます。HFSPは、1987年に開催されたヴェネチア・サミットにおいて、日本国政府により提唱された国際研究プロジェクトで、生体が持つ精妙かつ優れた機能の解明を中心とする基礎研究を国際的に協働して推進し、その成果を広く人類全体の利益に供することを目的として設立されました。HFSPの本部はフランスのストラスブールに置かれています。我が国がイニシアチブをとって立ち上げた国際研究プロジェクト機構であり、誇らしいことだと思います。残念ながら工学系ではさほど知られていませんが、生物系の研究分野においては、採択されることはきわめて名誉であると世界的にあまねく知られています。しかしながら、採択への道はきわめて厳しく、公表された2017年度の審査結果データによれば、応募チーム数は858、採択チーム数は21ということですから、採択率は約

2.4%という大変狭き門となっています (毎年度このような厳しい採択率です)。

以下、採択された研究プロジェクトの内容、ならびに立ち上げの裏話を述べたいと思います。

1. 研究内容

人工知能技術 (AI) は近年、長足の発展を遂げ、その成果に関するニュースを見かけない日はないほど、われわれにとって身近な存在となりつつあります。いまや、囲碁でもAIが名人を打ち負かすに至るまでになっていることをご存知の方も多いでしょう。その一方で、実世界をしなやかかつタフに動き回るロボットは依然として実用化レベルに至っていません。現在最先端のロボットは、昆虫レベルの運動能力すら持つに至っていないのです。なぜでしょうか？ それは、現在のAIには「環境とリアルタイムで折り合いをつける適応能力」が完全に欠落しているからです。この能力をロボットに実装するためには、やみくもに工学的アプローチに基づいて制御プログラムを考えるのではなく、このような能力を動物がどのように発現しているのかの理解を目指す、理学的なアプローチにも立脚した方法論を併用することが有効だと思われます (図2参照)。「理解なくして実現なし」というのがわれわれの信念です。単純な神経系しか持たない動物種が実世界環境を苦もなく動き回っていることを考えますと、

このような振る舞いの背後には力ずくの計算に頼らない、人知を超えるからくりがあるはずで、これを明らかにすることができれば、工学的に資することはきわめて大きいでしょう。

それではどのようにすれば、このような能力を発現しうるからくりの解明に迫ることができるのでしょうか。われわれは、このような能力があらわに観察できる動物種を見出して、それら特有の振る舞いを突破口にすることを考えました。今回、HFSPに採択されたわれわれのプロジェクトは、水陸両用のロコモーションを示す動物種を突破口として、動物が示す環境とリアルタイムで折り合いをつける能力の解明とロボットへの実装を目的としています。具体的には、サンショウウオ、ポリプテルスと呼ばれるある種の魚、そしてムカデです。これらの動



スイス連邦工科大学ローザンヌ校
Prof. Auke Ijspeert (ロボティクス)



東北大学電気通信研究所
教授 石黒章夫 (数理生物学, ロボティクス)



オタワ大学
Prof. Emily Standen (生物学)

三ヶ国の研究チームの協働を通して、生物の適応的運動機能の発現機序解明、
ならびにロボットをツールとした新しい生物学の創成を目指す

図 1 三ヶ国の研究チームから構成する国際的な研究組織。

物種は、陸上と水上で興味深い振る舞いを見せます。もう少し詳しく説明しましょう。図3に示すように、サンショウウオは地面の上では四肢を使って歩きます。この時、胴体は定在波を発生させて左右にくねり、歩幅を増やしてより効率的な推進を実現しています。一方、水中では、四肢を胴体に近づけて抵抗を減らしつつ、胴体に頭部から尾部に向けて進行波を発生させて泳ぐのです。ポリプテルスは、水中では頭部から尾部に向けて進行波を発生させて泳ぐのですが、地面があると、胸びれを肢として活用して歩行します。脚が20対以上あるムカデはどうでしょうか？ 地面ではこれらの脚を巧みに協調させて歩くのですが、水の上に置くとサンショウウオと同じように、なんと脚をたたんで胴体に進行波を生成して泳ぐのです！つまり、水陸両用のロコモーションを示すこれらの動物種は、培地の物理的特性の変化に呼応して、身体にある自由度の使い方を劇的に変化させて適応するわけです。そのため、このような現象には動物が示す環境適応能力のからくりが凝縮されており、これを糸口にして適応能力に内在する制御原理に肉薄するというのがわれわれの作戦なのです。このようなアプローチを通して、既存技術では決して成し得なかった、優れた環境適応能力を有する自律移動ロボットの創成につなげたいと考えています。

2. 立ち上げの裏話

これまで海外の研究者と共同研究を行なったことは何度かあるのですが、海外機関から国際的な共同研究を推進するための研究予算をいただくのは、筆者にとって初めての経験でした。そのため、チーム作りから申請書作成のためのブレインストーミング、原稿チェックなど、科研費の申請時とは異なる、得難い体験をすることができました。以下、少しでも裏話をお伝えしたいと思います。

筆者らの研究室では、ムカデが多数の脚をどのように巧みに協調させているのかについて研究を行なっています。ある時、水面に置いたらムカデはどのように振る舞うかという行動実験を行なってみたところ、脚を折りたたみ、身体をくねらせて泳ぐではありませんか！ ムカデといえば地上を歩く姿しか思い浮かばなかったのですが、この時、動物というのは環境の物理的特性に応じて巧みに身体自由度の使い方を変える能力を持っていることに改めて驚きました。そのような時に、旧知の仲であるサンショウウオの水陸両用のロコモーションを研究しているスイスのProf. Ijspeertと一緒に参加したとある国際会議で、オタワ大学のProf. Standenがポリプテルスの示す水陸両用のロコモーションについての講演を聴きました。生物学者であ



図2 制御の壁を越えるためには、工学的手法のみに頼った力ずくのアプローチではなく、理学的な視座にも基づくことが必要だと考えます。



図3 ポリプテルス、サンショウウオ、そしてムカデが示す水陸両用のロコモーション様式。それぞれの動物種において、左が遊泳、右が歩行の際の身体自由度の使い方を示しています。このように、周囲場の物理的特性に呼応して、身体自由度の使い方を劇的に変化させます。

る彼女の研究内容をこの時初めて知りました。水陸両用のロコモーションに着目している稀有なメンバーが揃った瞬間でした。その後、三人で共同研究を行おうということになり、ダメ元でHFSPに申請してみようということになりました。申請書の内容や書き方についての議論はスカイプで行いました。ヨーロッパ、日本、カナダと地球上に見事に散らばっているので、スカイプでの議論は、早朝のカナダ、昼のスイス、夜の日本となりました。スカイプでの議論が日本時間では夜ということで、カメラに映らないようにビールを机の上に置いていたのは秘密です(^^)。

最後になりましたが、通研の研究協力係、経理係、そして本部の知財部の方々には全力でサポートしていただきました。本当にありがとうございました！これから三年間、大いに楽しみながら未踏の研究領域を突っ走りたいと思います！

研究室訪問

INSIDE the Laboratory

人間情報システム研究部門

情報コンテンツ研究室(北村研究室)

教授 北村 喜文

助教 高嶋 和毅

URL: <http://www.icd.riec.tohoku.ac.jp/>



片平キャンパスでのお花見 (2017年4月)

電化製品をはじめとして、家庭やオフィスなどでもさまざまなモノが知能化されつつあります。これらはさらに、ネットワーク化されたビルやホームシステム、またIoTの普及と相まって、部屋など身の回りの環境や空間全体を情報化・知能化しつつあります。その流れは、家具や什器など、これまで自動化や知能化があまり進んでいなかった対象にも及ぶようになり、近未来には、全体として人の快適で便利な生活を支えるようになるだろうと思われています。そのため、今、家具や什器の自動化や知能化とともに、これらを含む空間全体と人との良好な関係を考えることは喫緊の課題となっています。

私たちは、コンピュータで直接扱えるようにデジタル化されているものだけでなく、身の回りのあらゆるものをコンテンツと捉え、これらを活用して人々が快適に、または効率的・直感的に作業をしたり、円滑かつ豊かなコミュニケーションができるようにするために、人と空間(およびその構成物)のインタラクションを考慮して、インタラクティブコンテンツに関する研究を進めています。

研究室には15名程度の大学院・学部生が在籍していますが、毎年、外国からの客員(准)教授が1~2名と短期滞在の交換留学生や研究生が数名加わり、総勢約20名で研究に取り組んでいます。また、国内外の研究機関や企業との共同研究も積極的に進めており、2017年度は13件の共同プロジェクト研究を研究室として推進しています(A、B両タイプ合計)。主な研究を紹介します。

●動的・適応型空間ユーザインタフェース

複数の人が作業を行うオフィスなどの快適性や作業の質・効率は、空間デザインや什器の配置などによって大きく変わります。また、その場自体の状態がダイナミックに変化するという特徴もあります。そこで、人の活動にダイナミックに対応して支援する、動的・適応型空間ユーザインタフェースシステムの設計・試作・評価に関する研究を進めています。

●インタラクティブなコンテンツの可視化

創発の考え方によるアルゴリズムを利用して、さまざまなコンテンツを状況に応じて動的に、そしてインタラクティブに表示する新しい手法を提案し、その応用に関する研究を各方面との共同研究で進めています。

●3次元モーションセンシングとインタラクション

人の細かい手作業や小動物の長時間の複雑な運動など、従来技術では難しかった運動計測を可能とする新しい3次元モーションセンサを所内の共同研究で提案し、さらにそれを活かして3次元インタラクションの新しい

可能性を切り開く研究を進めています。

●ブロック型ユーザインタフェース

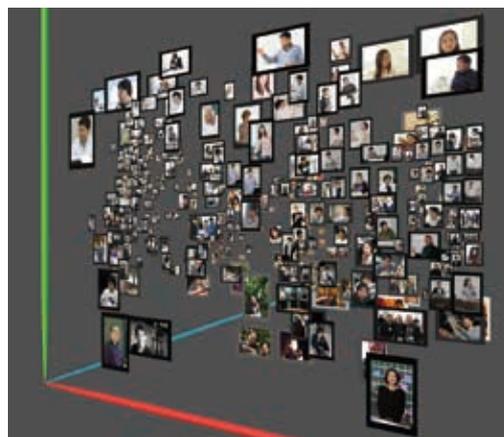
モーションセンサなどを組み込んだ電子的な積木を考案・試作し、子供の積み木遊びのアクティビティを計測・解析・可視化する研究を進めています。さらに、得られたデータから子供の精神的健康状態を確認・診断するための技術確立と、治療・リハビリテーションへの応用展開を目指して、共同研究を進めています。

●ドローンを活用する新しいインタラクティブコンテンツ

ドローンの操縦には十分な技能を必要とします。そこで、第一人称と第三人称の両方の視点映像を的確に連携させながら提示する手法を活用して、パイロットの操縦を支援するユーザインタフェースと共有・配信技術を開発し、エンタテインメント応用など新しいサービスへの道を切り開く研究などを進めています。



動的・適応型空間ユーザインタフェースの例



写真コンテンツの3次元可視化の例

TOPICS 1

2017 親睦会ビアパーティ

7月7日(金)、ホテルメトロポリタン仙台において、電気通信研究所ビアパーティを開催しました。昨年度は、レストラン萩での開催となりましたが、アンケートで、ホテルで開催したいという意見も多かったため、一昨年度まで開催していたホテルメトロポリタンに戻して開催という



運びになりました。例年よりも予算が少ない状況で、如何に楽しんでもらえるか、ホテルの非日常感を味わってもらえるか、色々な案を相談し、準備を進めました。

当日は蒸し暑い夏日、ビールを飲むには最高の日和となり、招待者2名を含む93名のご参加をいただくことができました。今回は、ビールに加えて、東北地方の地酒をバースタイルで提供する企画を行いました。ホテルのプレミアム感とおいしい料理、よく冷えたビールと日本酒で、日頃の疲れを癒やしていただけただけです。また、所長、委員長、事務長には乾杯を、副所長、招待者、新入会員には挨拶をお願いしました。終始明るい雰囲気、大変盛り上がったと記

憶しています。ご協力ありがとうございました。今回は、予算・時間を考慮してアトラクションはあえて行わず、じっくりと親睦を深めて、料理も楽しんでもらえるようにしました。

終了後に行ったアンケートでは、約8割の方に「満足」と回答していただけました。親睦会の役目である「職員・学生の交流」は、日々の業務を円滑にするとともに、新たなイノベーションを生み出すうえで重要な要素です。今後も、親睦会員の皆様からご意見をいただいて、より楽しく交流できるイベントを開催していきたいと考えています。

(笹井 一人)



TOPICS 2 東北大学オープンキャンパス 2017

東北大学のオープンキャンパスが7月25日(火)、26日(水)の二日間にわたり開催されました。オープンキャンパスは高校生を主な対象とした全学挙げての広報活動であり、通研は毎年青葉山キャンパスにおいて電気情報物理工学科の一員として参画しています。今年は通研から16研究室が出展し、特設展示コーナー「医工学・ヘルスケア」、「ロボット・人工知能」、「未来を拓くスマート技術」、「物理で切り拓く先端材料」に分かれて、青葉山キャンパスの関連研究室と一体となって展示を行いました。それぞれのテーマごとに各研究室が趣向を凝らした展示で来場者の関心を集め、高校生の皆様も教員・学生の説明に熱心に聞き入っていました。特に、石黒研の「生き物のようなロボットを創る」、北村研の「未来のインタラクティブコンテンツ」、鈴木研の「球面調和解析

に基づく高精細3次元音空間」は、電気・情報系の目玉展示として、多くの高校生の注目を集めていました。また、大学の講義の雰囲気を味わえる「模擬授業」では、通研から平野教授が「研究で知る工学部と理学部の違い～薬の副作用を測るセンサチップとは?～」と題した講義を行いました。研究に関する熱のこもった講義に、講義終了後も高校生からの質問が絶えませんでした。さらに、高校生が入試、進路、大学生活について在學生と気軽に対話できる「交流ルーム」には、通研から男女5名の学部生・大学院生が学生代表として参加し、来場者と積極的な交流を図りました。その他、会場では通研要覧、RIEC Newsバックナンバー、通研公開の案内を配布し、



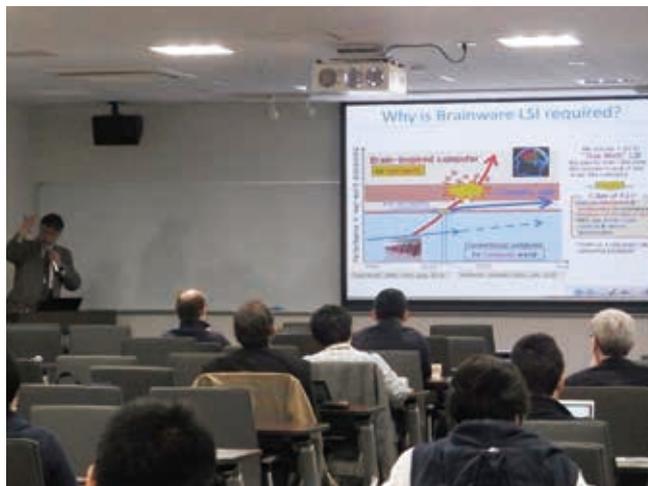
高校生に通研の存在をアピールする貴重な機会となりました。開催期間中にあいにくの雨もありましたが、二日間の来場者数は6,676名を数えました。電気・情報系オープンキャンパスの詳細につきましては<http://www.ecei.tohoku.ac.jp/eipe-oc/>でご覧頂けます。

(三森 康義)

TOPICS 3 第4回ブレインウェア LSI 国際シンポジウム (The 4th International Symposium on Brainware LSI)

本シンポジウムは平成26年度に開始した「人間的判断の実現に向けた新概念脳型LSI創出事業」プロジェクト、および平成28年度東北大学電気通信研究所共同プロジェクト「ブレインウェアLSI国際共同研究」の共催で企画され、平成29年2月24日～25日の二日間にわたり開催されました。本シンポジウムでは、平成28年度における本学の研究成果報告、ならびに、脳型コンピューティングおよびその半導体集積回路とその応用を専門とする国内外の招聘研究者による最先端研究動向の講演を含む計15件の口頭発表が行われました。国外からはパワーデバイスとそのLSI実装技術で著名なWai-Tung Ng教授(カナダ・Toronto大学)をはじめ、高セキュリティ化を達成する信号処理技術に関して著名なByong-Deok Choi准教授(韓

国・Hanyang大学)、ニューラルネットワークハードウェアの実装技術で著名なJordi Madrenas教授(スペイン・Catalunya工科大学)など、ブレインウェアLSIコンピューティング関連技術の世界的権威を多数招聘し、会議を通して双方の研究内容と今後の研究交流の更なる推進に向けた活発な議論が交わされました。シンポジウムの参加者は総数50名ほどであり、参加者間で集中的かつ密接な意見交換を行うとともに、世界の最新研究動向を体感しつつ、本所の脳型LSI研究に関するアクティ



ビティを世界へ発信する場としても大変有意義な機会となりました。

(羽生 貴弘)

TOPICS 4

平成29年度 電気通信研究所研究交流会

電気通信研究所研究交流会は、通研に所属する構成員による研究交流の場を提供することで、今後の所内の学術研究の発展に寄与することを目的として毎年開催されており、今年で第8回を迎えます。本年度も例年好評のショートプレゼンテーションとポスターセッションの2部構成のスタイルを受け継ぎつつ、通研本館を会場として9月1日に開催されました。本館大会議室で開催されたショート

プレゼンテーションでは、通研を構成する研究室および関連部局、ならびに機動的な研究グループを含む30の研究グループによる最新の研究動向が紹介されました。その後、本館1階談話交流スペースにて行われたポスターセッションでは、各グループの研究内容の紹介に加え、研



究のシーズとニーズを記載したポスターをご準備頂き、グループ間の今後の研究交流の更なる推進に向けた活発な議論が交わされました。交流会の参加者は教職

員・学生を含め130名ほどであり、所内の学術研究の推進、ならびに異分野間の研究者交流と共同研究への発展のきっかけを提供する場として大変有意義な機会となりました。

(夏井 雅典)



受賞にあたって

第13回(平成28年度) 日本学術振興会賞を受賞して



松宮 一道

平成29年2月8日に第13回(平成28年度)日本学術

振興会賞を受賞し、大変光栄に思います。この賞は、創造性に富み優れた研究能力を有する若手研究者を見出し、早い段階から顕彰することで、その研究意欲を高め、我が国の学術研究の水準を世界のトップレベルにおいて発展させることを目的とし、人文学、社会科学および自然科学の全分野において45歳未満の研究者に授与されるものです。受賞理由は、視知覚処理に能動性と身体性を考慮することの重要性を示した研究による人間の感覚知覚処理過程の理解への貢献です。東北大学電気通信研究所・独創的研究支

援プログラムとしてご支援いただいた研究成果を評価いただきました。従来、視覚をはじめとする感覚知覚処理には、得られる刺激に基づき外界を認識する受動的な処理過程であると仮定されていましたが、能動的な身体行動が視知覚に顕著な影響を与えることを示し、感覚知覚処理に身体行動を考慮する必要性を迫る革新的な知見を与えました。さらに、このような身体行動の影響に、心の中で感じている自分の身体(身体意識)が関与していることを発見しました。現在、この成果を発展させて、リハビリテーション支援を目的とした身体性情報処理技術の開発に取り組んでいます。これら



日本学士院で執り行われた授賞式にて

の研究を進める上で、電気通信研究所内の先生方、塩入研究室の皆様と実り多い議論を行えたことが大きな刺激となり、支えとなりました。関係の皆様深く感謝申し上げます。今後ともご指導、ご鞭撻を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。

RIEC豆知識④ 断熱的量子計算

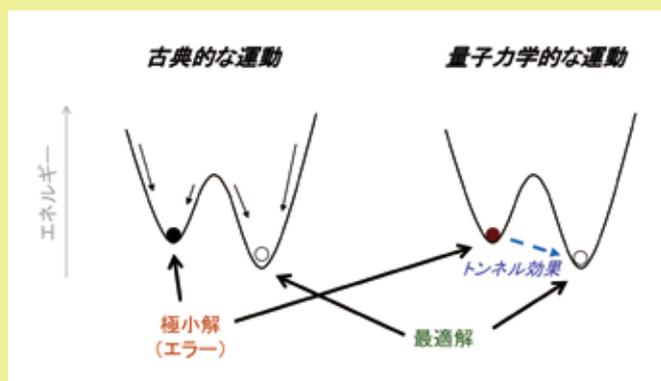
量子力学に由来する量子並列性を有効に利用することで、現在の計算機とは異なる原理により計算を行うことができます。このような計算は量子計算と呼ばれ、次世代計算機の実現に向けて盛んに研究がなされています。最近のトピックとして、断熱的量子計算と呼ばれる分野が大きく脚光を浴びており、膨大な候補の中から最適な解を求めるような問題、すなわち組み合わせ最適化問題への応用が期待されています。さて、量子計算は量子デバイスによって実現される量子ビットを用いて実行されます。断熱的量子計算では、最初にすべての候補を含む量子状態を量子ビットに実現した後、それぞれの問題に応じてハミルトニアンをゆっくりと変化させることにより、量子状態を変化させ、最終状態の中に最適解を得ることができます。この時、ハミルト

ニアンは解くべき問題のコストと対応づけられており、エネルギーの最も小さい状態が最適解を表現することになります。

物理的なエネルギーと最適化問題のコストを対応づけることは断熱的量子計算に限ったことではなく、例えば人工神経回路でも同様の手法が使われています。しかし、人工神経回路のような古典的な動作ではしばしばポテンシャルの極小値(極小解)に留まってしまい、最小値(最適解)を得ることができません(図参照)。これに対し量子的な動作の場合には、ト

ンネル効果により極小値を抜け出すことができるので、容易に最小値が得られます。これが量子計算の優位性のひとつと言えます。近年、超伝導を中心とする量子ビット製作技術が大きく向上し、断熱的量子計算実用化の機運が高まりつつあります。

(佐藤 茂雄)



組織図 (研究室構成)



(2017年8月1日現在)

通研国際シンポジウム一覧

平成 29 年度

会議名	開催年月日	開催場所
RIEC Russia-Japan Joint International Microwave Workshop	2017年 10月 18日～10月 19日	電気通信研究所
RIEC International Symposium on Photonics and Optical Communications (ISPOC 2017)	2017年 10月 25日～10月 26日	電気通信研究所 ナノ・スピン総合研究棟
RIEC International Symposium on Experience Design and Cognitive Science The 2 nd Human-Computer Interaction Asian Symposium	2017年 11月 18日～11月 19日	電気通信研究所
15 th RIEC International Workshop on Spintronics	2017年 12月 13日～12月 14日	電気通信研究所 ナノ・スピン総合研究棟
The 6 th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer	2018年 2月 1日～2月 2日	電気通信研究所 ナノ・スピン総合研究棟
The 5 th International Symposium on Brainware LSI	2018年 2月 23日～2月 24日	電気通信研究所
The 9 th International Workshop on Nanostructures and Nanoelectronics	2018年 3月 6日～3月 7日	電気通信研究所 ナノ・スピン総合研究棟

EVENT Calendar

日時

会場

東京フォーラム2017

平成29年10月31日(火)

学術総合センター

共同プロジェクト研究発表会

平成30年 2月22日(木)

電気通信研究所 本館

RIEC News 編集委員会

佐藤 茂雄 (委員長)
北村 喜文
堀尾 喜彦
柎 修一郎
三森 康義
吉田 真人

編集 後記

RIEC ニュースは 20 号より表紙のデザインに、科学技術史に残る通研の歴史的発明品の写真を掲載しております。本号の分割陽極マグネトロンは電気学会より「でんきの礎」としても表彰されております。通研の日々の研究成果が実生活に大きく貢献していることを改めて実感いたしました。 (M)

お問い合わせ

RIEC 東北大学電気通信研究所

〒980-8577 仙台市青葉区片平二丁目 1-1
TEL ● 022-217-5420 FAX ● 022-217-5426
URL ● <http://www.riec.tohoku.ac.jp/>

お知らせ

RIEC News 電子版は東北大学電気通信研究所ホームページからもご覧いただけます。
<http://www.riec.tohoku.ac.jp/riecnews/>

リサイクル適性
この印刷物は、印刷用の紙でリサイクルできます。

GREEN PRINTING JPN
環境にやさしい印刷

RIEC INK

この印刷物は、輸送マイルージ低減による CO₂ 削減や、
地産地消に着目し、国産米ぬか油を使用した
新しい環境配慮型インキ「ライスインキ」で印刷しており、
印刷用紙へのリサイクルが可能です。