

iPERC2016

— 平成 28 年度活動報告 —

学外公開版

H29 年 3 月 31 日

国立大学法人 電気通信大学

i-パワードエネルギー・システム研究センター



目次

ご挨拶.....	1
1 iPERC の概要.....	3
2 主要研究成果.....	6
2.1 太陽光発電及びエネルギー制御のための人工知能に関する研究 (曾我部東馬准教授).....	6
2.2 蓄電と信頼性工学の融合研究(横川慎二准教授).....	17
2.3 制御系セキュリティに関する研究(澤田賢治准教授).....	28
2.4 再生可能エネルギー・ソリューションプラットフォームの研究.....	40
3 活動一覧.....	47
3.1 外部発表.....	47
3.2 知的財産.....	47
3.3 主な教育.....	47
3.4 表彰.....	48
3.5 広報・報道発表等.....	48
4 外部発表一覧.....	49
4.1 一般論文.....	49
4.2 国際会議プロシーディングス.....	55
4.3 国際会議講演.....	65
4.4 国内会議講演.....	65
4.5 解説・評論.....	66
4.6 学会口頭発表.....	66
4.7 著書.....	77
4.8 その他.....	78

ご挨拶

センター長 教授 市川 晴久

2015年1月からiPERCセンター長を務めます市川です。

本センターは、ますます深刻化するエネルギー・環境問題の解決と我が国の産業競争力向上への貢献を両立させる、電気通信大学ならではの骨太な研究開発を期待し、2012年9月からの検討活動を経て2015年1月に設立されました。本センターでは、特に、エネルギー・環境問題の本質的解決に結び付く具体的かつ重要な課題をグローバルな視点で抽出し、ソリューション研究を展開することとしました。産学官が連携し、課題解決に必要な技術シーズを研究し、ソリューションを開発します。結果として、情報通信技術とエネルギー技術が融合する新技術を創造し、学生は研究参加を通じて、高い専門性、プロジェクト推進力、リーダーシップを併せ持ちグローバルに活躍できる人材に育つことを期待することを、センター設立趣旨としました。このため、ソリューション開発に必要となる基本的な技術分野について教員を確保することとし、センター設立後、直ちに、人事採用活動を開始して2015年4月に制御系セキュリティを専門とする澤田准教授、2016年3月に蓄電を専門とする横川准教授、4月に創エネ、省エネを専門とする曾我部准教授が着任しました。各専任教員は、既にその専門分野において着実に成果を積み上げ外部資金も獲得してきております。また、センターとして、再生可能エネルギーソリューションプラットフォームの具現化例としてバーチャルグリッドシステムのプロトタイプ開発にも着手いたしました。一方、産学官連携を基本に研究展開しようとする取り組みはゆっくりとした歩みに留まっています。



技術分野を指定して細分化して研究に取り組むのが大学における研究センターの通例であるのに対し、広い分野に分かれて教員を配置する本研究センターは電気通信大学のみならず他大学にとっても極めて稀な組織です。2016年度より揃いましたiPERC専任教員一同、改めて、本センターのミッションが課す挑戦の困難を認識し、緊張感をもって取り組んでまいりました。2015年7月のセンター開設式ほか、多くの機会において、産学官の大勢の方々からのご賛同、ご支援をいただき、また、提携交渉をさせていただいてきました。一方、これらの活動は、具体的なリソースが動くところまで行くことの難しさを認識するプロセスでもありました。iPERC設立に先立って想定した技術動向ははずれることなく、顕著に明確になってきています。例えば、2015年当時からのわずかな期間に電気自動車への流れが極めて顕著になり、AI、IoTと組み合わせて世界は動こうとしています。この動きをド

ライブしている蓄電技術、情報通信技術は、エネルギー・環境問題への取り組みも飛

躍させるでしょう。iPERC は、皆様のご自身単独では取り組むのが難しいと思いつつも重要性を認めていただける取り組みと一緒に考え、大学ならではの柔軟さとオープンさで具現化することに貢献したいと思います。取組困難な重要問題に取り組んだものにこそ、大きな成果がもたらされるとの思いを共有いただき、皆様の引き続きのご支援、ご理解のほどをお願い申し上げます。

1 iPERC の概要

1.1 設置の目的

人類の持続的発展にとって危機的重要な課題であるエネルギー・環境問題の解決と、我が国の産業競争力向上に貢献する課題を抽出し、課題解決のためのソリューション研究を行うことを本研究センターの目的とする。東京工業大学は、ソリューション研究を「課題を設定し、学内外と連携して、課題解決に必要な技術シーズを研究し、ソリューションを開発する」と定義している。本研究センターにおいては、研究センターの目的に照らして適切な課題選択に十分に配慮して、ソリューション研究を行う。すなわち、課題選択においては、市場の拡大と周辺技術の進展により、開発したソリューション水平展開、ソリューション及び要素技術の中長期的な進化が期待できること、その過程で世界規模のエネルギーソリューションプラットフォームを確立し、我が国を中心とする基盤的な産業と確固とした学術を形成することを狙う。本研究センターはこのプロセスに必須な、大学ならではの産学官連携の場を提供し、電通大の ICT 力を活かしたエネルギーソリューションを開発する。

上述の考え方から、エネルギー・環境問題の本質的な解決を目指し、アジア、アフリカの膨大な人口が居住する電力網未整備地域において急拡大するエネルギー需要を、太陽光やバイオマスなどの再生可能エネルギーを用いる発電により充足する道筋をつけることを目指す研究活動を展開する。さらに研究成果を、先進国を含む全世界に適用、発展させる研究活動も展開する。具体的な課題の解決に取り組むことと並行して、エネルギー提供能力を持つあらゆるシステムを多様に効率的に使い、かつ、システムの潜在能力を引き出すためのアーキテクチャとその情報処理・通信技術を研究することにより、エネルギーソリューションプラットフォームを明らかにする。研究実績を有する学内研究者を糾合し、産官学連携で課題選択し、本学の強みが活かせるソリューション研究プロジェクトを立てていく。

1.2 組織

センター長	市川晴久 (IE J)
副センター長	新誠一 (IE M)
センター教員	澤田賢治 (IE M 兼務)、横川慎二 (IE J 兼務)、曾我部東馬 (IE S 兼務)
兼務教員	桐本哲郎 (IE M)、田中勝己 (IE S)、山口浩一 (IE S)、本城和彦 (IEI)、川喜田佑介 (IE J)
客員教員	石王治之
協力教員	【省エネ・活エネ技術研究グループ】 【制御系セキュリティ技術研究グループ】 小木曾公尚 (IE M)、木寺正平 (IE I)

	【蓄エネ技術研究グループ】 樋口幸治 (IEM) 【創エネ技術研究グループ】 沈青 (IE S)
特任教員、 ポスドク研究員	

1.3 研究分野

エネルギー提供能力を有するシステムは、電力網のみならず数多くある。PC、EV、多くの家電製品など、蓄電池を内蔵するシステムは外部に電力を供給する潜在能力を有する。また、蓄電池は、充放電の仕方によって性能、寿命が変化するため、充放電制御やその他の情報処理によって、仕様に記述される以上の能力を引き出し、用途を開拓できる可能性がある。このような制御の萌芽は、PCの電源バック制御に見ることができる。PCはUSBインタフェースを介して電源として利用することもできる。USBインタフェースでは、受電側との認証プロトコルを実施して電力供給する。本研究センター設立に当たって、電源の潜在能力を引き出し、活用するためのシステムコンセプトとして、i-パワードエネルギー・システム(Info-Powered Energy System)を提案する。

エネルギー提供システムが供給するエネルギーをi-パワードエネルギーとして捉える。i-パワードエネルギー(Info-Powered Energy)とは、エネルギー授受の条件(電圧、電流、物理インタフェース、料金授受など)、エネルギーの仕様(総提供量、期間、提供環境など)、提供可能な物理位置などのプロファイル情報が付随したエネルギーをいう。アプリケーションは、複数のi-パワードエネルギーを用いて動作する。アプリケーションとi-パワードエネルギー群からなるシステムをi-パワードエネルギー・システムと呼ぶ。利用可能な複数のi-パワードエネルギー及び受電側アプリケーションの情報を総合的に処理、制御して、アプリケーションにエネルギーを提供する、i-パワードエネルギー・システムのサブシステムをエネルギー・ソリューションプラットフォームと呼ぶ。

エネルギー・ソリューションプラットフォームは、i-パワードエネルギー群とアプリケーション群を束ねて制御することにより、各i-パワードエネルギーの潜在力を引き出し、そのエネルギー量を増大させるとともに、アプリケーション群に必要とされるエネルギー総量を削減し、アプリケーション群の利便性を増大させる。例えば、エネルギー・ソリューションプラットフォームは、アプリケーションユーザが必要な電源を正確に予測して準備する、いつでもどこでも必要な電源供給を受けられるなどのメリットを実現する。i-パワードエネルギー群をまとめてエネルギー提供に用いることにより、いわゆる大群化の効果が得られ、少ないi-パワードエネルギーで需要変動を吸収でき、総コストを削減できる。太陽光発電システムがエネルギー源である場合には太陽電池パネルの総サイズと蓄電

池総容量を削減できる。また、電力売買を可能にし、i-パワードエネルギー提供者にインセンティブを与える。

エネルギー・ソリューションプラットフォームを実現する要素技術分野には、下記の分野がある。

- (1) 省エネ： 電力消費のモデリング・予測、省電力化
- (2) 活エネ： i-パワードエネルギー・システムのアーキテクチャ、i-パワードエネルギー送受プロトコル、M2M ネットワーク、既存のエネルギーシステムとの統合、i-パワードエネルギー・データベースとビッグデータ処理
- (3) 制御系セキュリティ： i-パワードエネルギー・システムの高セキュア化、セキュリティ検証、テストベッド
- (4) 蓄エネ： 高エネルギー密度・高出力密度蓄電池、蓄電性能評価、状態指標（安全性、蓄積電力、寿命など）
- (5) 創エネ： 再生可能エネルギー発電（太陽光、バイオマスなど）、容量拡大が容易な発電、発電環境モデリング、発電システム設計

本研究センターが行うエネルギー・ソリューション研究では、上記の要素技術を研究し、ソリューションを開発する。電力網未整備地域の急拡大するエネルギー需要を再生可能エネルギーで充足する道筋をつける第1歩として、バングラデシュ農村地域への導入が急拡大している小型太陽光発電システム（SHS: Solar Home System）に着目し、環境汚染懸念が大きい鉛蓄電池を、環境汚染物質をほとんど使用していない Li イオン電池に置き換えるためのソリューション研究、そのソリューションを先進国の被災地電源システムに水平展開するソリューション研究などを推進する。

2. 主要研究成果

2.1 太陽光発電及びエネルギー制御のための人工知能に関する研究

曾我部 東馬 准教授

情報理工学域 III 類/基盤理工学専攻 電子工学プログラム 兼務

I. 平成 28 年度計画概要

H28 年度は高次元分野融合型のエネルギーソリューション研究を研究の柱として、研究内容の優位性・先端性・実用性という複合要素を考慮した研究内容を策定し、研究環境を構築してきた。特に「エネルギー創生・変換分野における高効率エネルギー変換デバイスの開発」と「電力エネルギーシステムの最適化における深層強化学習を駆使したスマートグリッドの動的制御」という 2 つの基幹テーマに特化し、具体的に下記のよ
うな研究内容を遂行した。

(1) 低コスト・高効率の太陽電池の研究開発を目的とした超高効率ホットキャリア型量子ドット太陽電池の開発

当研究内容は主に NEDO「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」事業期間：平成 27 年度～平成 31 年度」実施内容の一環として研究内容を組み立て実行してきた。背景として、現在の中間バンド量子ドット太陽電池は最高変換効率 26.8% を達成しているが、今後 40% 以上の変換効率を達成するためには、中間バンドを介した 2 段階の光吸収で生成されたキャリアがどれほど有効的に電極まで輸送されるか否かが鍵となる。この輸送機構の本質は「ホットキャリアの輸送」であるが、その原理は未だに解明されていない。そこで、この問題を解決するための最善の仕組みの 1 つと期待できる「高次ミニバンドを用いたホットキャリアの輸送型太陽電池の開発」を研究目標として計画推進した。

(2) 再生可能エネルギーシステムにおける最適化制御と深層学習を応用した発電予測。

当研究内容は主に産学連携における企業との共同研究テーマの一環として、機械学習の基礎開発と 3 者共同プロジェクト（東京大学，電気通信大学，株式会社グリッド），として実施した。日本におけるスマートグリッド技術の課題としては：①出力が大きく変動する大規模分散型再生可能エネルギーの最適化制御による安定供給と効率的な需給運用；②発電と送配電に即応できるデマンド・レスポンス；③電力消費の抑制と効率化などが挙げられる。このような大規模複雑システムにおいて様々な目的やバランスを達成

するためには、スマートグリッドによる予測・制御・広域動的計画と連動した数理最適化技術の開発が肝心である。上記の理由から、深層学習と深層強化学習手法を用いたスマートグリッドの最適化への応用を目指した。

II. 研究実施状況

(1) 超高効率ホットキャリア型量子ドット太陽電池の開発に関する実施状況：

「高次ミニバンドを用いたホットキャリアの輸送型太陽電池の開発」の鍵となるのは価電子帯から励起されたキャリアがホットな状態を維持したまま「高次ミニバンドを“橋”として量子ドット領域を渡り」最後に電極まで移動することである。それに向けて達成した目標と研究成果を説明する：

□ ボルツマン輸送理論と熱力学詳細平衡理論の等価性の証明

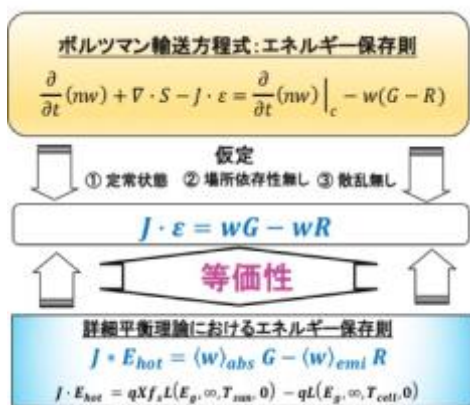


図1: ボルツマン輸送方程式と詳細平衡理論におけるエネルギー保存則の等価性

半導体輸送理論は、ボルツマン輸送方程式が基本である。ボルツマン輸送方程式に粒子保存則と運動量保存則を応用すると詳細平衡理論の光子保存則となる。更に、図1に示すように、散乱効果や時間依存と場所依存という条件を考慮しなければ、ボルツマン輸送方程式のエネルギー保存則と詳細平衡理論に使用されるエネルギー保存則とが等価であることが直ちに分かる。この等価性から、通常の半導体デバイス理論に基いたホットキャリア太陽電池を実現する為の決定的な根拠が証明されるのである。

□ ホットキャリアによる開放電圧 V_{oc} の増加の確認

熱力学においてホットキャリア太陽電池は、開放電圧が選択電極から熱抽出エネルギーに依存する。これに対して半導体デバイスの観点からは、熱抽出エネルギーという概念がないので、ホットキャリア太陽電池の実現にあたっては開放電圧の増大が最大の壁となる。要は、熱抽出エネルギーに匹敵する V_{oc} の増大が期待できるか否かが勝敗の鍵となる。そこで、ボルツマン: HETM (Hydrodynamic Transportation Method) 手法を用いて、太陽電池デバイスの解析計算を行

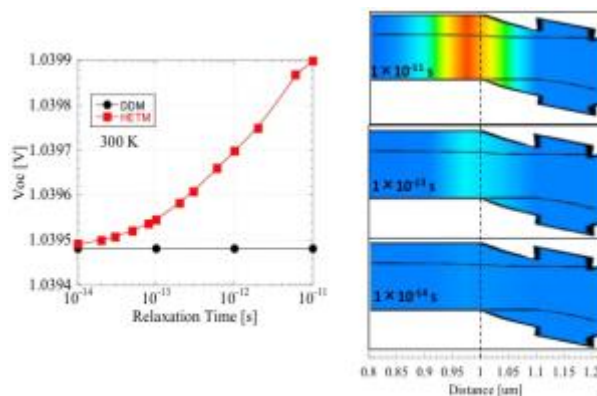


図2: キャリア温度による開放電圧の影響

った。さらに従来のホットキャリア効果を扱わない通常太陽電池解析用のドリフト拡散モデル(DDM)手法の計算結果と比較した。デバイスの構造は簡単なため、PN 接合型 GaAs 太陽電池の構造を用いたホットキャリア効果がより顕著に現れるように GaAs-n/AlGaAs-barrier/GaAs-i/GaAs-p の構造を設計し、ホットキャリアの輸送機構を検証した。

図2は計算結果を示している。熱緩和時間を $10^{-14}\text{s}\sim 10^{-11}\text{s}$ のレンジで変えながら計算を行った。計算結果からわかるように、開放電圧はホットキャリアの輸送機構が存在する場合、電圧が増大する現象が生じた。短絡電流は緩和時間が長い場合、減少する傾向にあるので、電圧増大の原因にはならない。電圧の増大は図1に示したエネルギー保存式のエネルギーフラックス S に強く依存する。特に S を構成する熱フラックス Q によって大きく変わる。本計算には Q を熱伝導率で近似したが、実際のデバイスには更に熱電効果、熱電子放出効果、ペルティエ効果、熱圧電効果などが存在する。これらの効果、並びに、量子構造を導入することによる熱伝導率の制御などを含めて、 V_{oc} の更なる増加(増加分:0.5V \sim 1 V)仕組みを検討した。今後は、デバイスの構造設計を最適化し、ホットキャリアによる開放電圧増大効果で現行の GaAs 太陽電池開放電圧 0.8 から 1.0V まで引き上げる。これにより GaAs 太陽電池の変換効率を 25%から 27.5%まで向上させる。

(2) 深層学習・深層強化学習を駆使したスマートグリッドの動的制御：

□ 深層学習による電力消費量予測

予測機能はスマートグリッドの最適化に於いて非常に重要な役割を占め、それは目的に応じて「発電量予測」と「電力消費量予測」に分けられる。再生可能エネルギー電力システムにおける発電量予測は天候条件によって変動し易いため、局所気象予測の技術とリンクさせる必要がある。そこで、時系列多層回帰 NN 型の long short-term memory(LSTM)-RNN を用いた消費電力量予測を実施し、従来の機械学習手法 Random Forest 法の計算結果と比較した。図3は計算結果を示している。検証結果から LSTM-RNN が電力消費の微小特徴まで捉え学習できたことが分かる。しかしながら、予測した特徴が実測値より 60分遅れて現れる問題が残っている。その原因となる可能

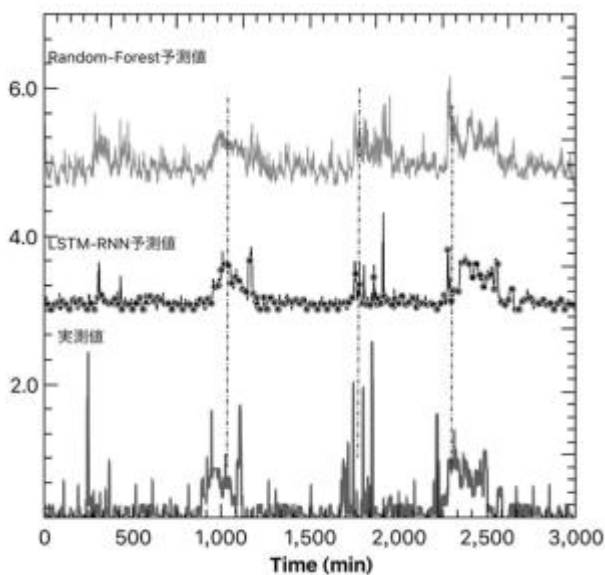


図3:LSTM-RNN と Random Forest の計算結果

性の一つは、消費パターンに周期的な変動が起きるため、時系列的に値が低い学習データから値の高い学習データへ進む際に、値の高い学習データの影響を強く受けてしまい、NN手法に固有の過学習問題が起きたと考えられる。対策として正則化やベイズ推論などを導入して検証する必要がある。また、図3から分かるように、電力消費量の特徴をLSTM-RNNとほぼ同程度に抽出できたと言える。Random ForestもNN手法と同様に過学習になりやすいという欠点があるがデータの数が大きいため、過学習がある程度抑えられたと考えられる。一方、微小特徴まで追従するために木の深さを増しているため、過学習は緩和されにくいと考えられる

□ 深層強化学習を用いた電力システムの最適化制御

本研究ではPolysunという太陽光・太陽熱発電蓄電シミュレーターを使用し、再生可能エネルギー電力システムを構築した。太陽光パネルの規模は3.6KW、バッテリー容量は6KWh、東京都調布市で、夫婦片働き子供1人の家庭の負荷を想定し、電源形式、設置場所の緯度経度、日照時間を考慮した1年間の発電量と消費電力を1時間毎にシミュレーションした。これらの電力データを用いて電力会社から電気購入しないことを目的として、深層強化学習手法を用いた太陽光発電の発電量に応じた蓄電池の充電と放電制御の最適化計算を行った。図4は学習の収束状況を検証した結果である。強化学習の学習率1.0と0.1の結果を示したが、低い学習率の方は収束状況が望ましいことがわかった。更にDQNとActor-critic混合アルゴリズムによる蓄電池充放電を制御した出力値を、教師データと比較・検証した。また、CNNの階層を増やして検証も行った。その際に一段目のフィルター数を3から30へ増やしたところ、二乗誤差の収束が早くなり、CNNの学習機能は大幅な性能向上が見られた。学習初期段階はところどころ教師データとの相違箇所があるが、学習の後期段階は概ね、教師データと一致する結果が得られている。これは恐らく、その季節にしては通常の状態とは急激な変化が起きた日であると考えられるが、今後の課題として検討すべきである。

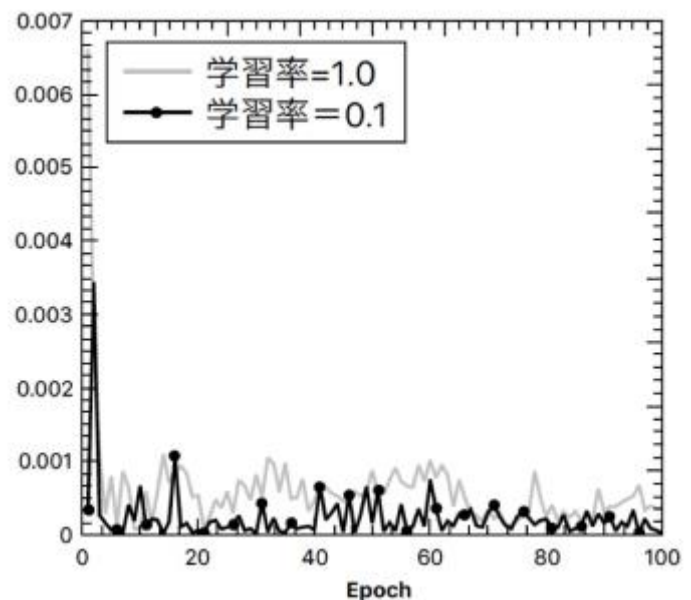


図4：異なる学習率下での強化学習計算の収束状況

III. 業績・成果一覧

学術論文：

1. Chao-Yu Hung, Tomah Sogabe, Naoya Miyashita, and Yoshitaka Okada, "Growth of ErAs nanodots by molecular beam epitaxy for application to tunneling junctions in multijunction solar cells", Japanese Journal of Applied Physics, 55, 021201, (2016)
2. E. López, A. Datas, I. Ramiro, P.G. Linares, E. Antolín, I. Artacho, A. Martí, A. Luque, Y. Shoji, T. Sogabe, A. Ogura, Y. Okada, "Demonstration of the operation principles of Intermediate Band Solar Cells at room temperature", Sol. Energ. Mat. Sol. Solar Energy Materials and Solar Cells, 149, 15, (2016),
3. T. Sogabe, Q. Shen, Y. Yamaguchi, "Recent progress on quantum dot solar cells: A review", J. Photon. Energy. 6(4) 040901 (2016)
4. T. Sogabe, H. Ichikawa, K. Sakamoto, K. Yamaguchi, M. Sogabe, Y. Suwa, T. Sato, "Optimization of decentralized renewable energy system by weather forecasting and deep machine learning techniques", IEEE Innovative Smart Grid Technologies – Asia (ISGT-Asia, 2016) DOI: 10.1109/ISGT-Asia.2016.7796524 (2016)
5. B. Mae Yu Jeco, T. Sogabe, Y. Okada, "Fraunhofer Diffraction Induced Spatial Distribution of Luminescence Coupling Effect in InGaP/GaAs/Ge Triple Junction Solar Cells" Applied physics letters (*in press*) (2017)
6. B. Mae Yu Jeco, T. Sogabe, Y. Okada, "Analysis of Temperature-Dependent Luminescence Coupling Effect in InGaP/GaAs/Ge Triple Junction Solar Cells using Quasi-2-Dimensional Simulation Model", Japanese Journal of applied physics, *In press* (2017)
7. T. Sogabe, K. Nii, K. Sakamoto, K. Yamaguchi, and Y. Okada, "Hot Carrier Transportation Dynamics in InAs/GaAs Quantum Dot Solar Cell", arXiv:1702.02015 *preprint* (2017)

国際会議：

8. A.Ogura, M. Mori, K.Yoshida, T. Sogabe, and Y. Okada, "Device simulation of thin-film intermediate-band solar cell using drift-diffusion model and FDTD method (oral)", SPIE Photonics West OPTO 2016, 2016.2.
9. B. Mae. Yu Jeco, T. Sogabe, A.Ogura, N. Miyashita, R.Tamaki, Y. Okada, Laser beam induced current (LBIC) mapping of InGaP/GaAs/Ge triple junction solar cells with luminescence coupling, 43rd IEEE Photovoltaics Specialists Conference, 2016.6,
10. Tomah Sogabe, (Invited)"Epitaxial lift off (ELO) thin film InAs/GaAs quantum dot solar cell: current status and strategies toward 30% efficiency", 2016 EMN Prague Meeting, 2016.6.21.
11. Tomah Sogabe, (Invited)Investigation of Hot Carrier Transportation Dynamics in InAs/GaAs

- Quantum Dot Solar Cell, High Efficiency Materials for Photovoltaics workshop, 2016.9.15,
12. T. Sogabe, K. Nii, K. Sakamoto, K. Yamaguchi, Y. Okada, Investigation of Hot Carrier Transportation Dynamics in InAs/GaAs Quantum Dot Solar Cell, PVSEC-26 Singapore, 2016.10.24
 13. Bernice Mae Yu Jeco, T. Sogabe, Y.Okada, Spatial Distribution of Temperature Dependent luminescence coupling Current in InGaP/GaAs/Ge Triple Junction Solar Cells, PVSEC-26 Singapore, 2016.10.24,
 14. K. Nii, Y. Minami, K. Sakamoto, T. Sogabe, K. Yamaguchi, “Photoluminescence and Photovoltaic Properties of Ultrahigh Density InAs Quantum Dots on InAsSb/GaAs(001)”, The 26th Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-26), 2016.10.24-28, Singapore, 1_1-0017.
 15. T. Sogabe, H. Ichikawa, S. Katsuyoshi, Y. Koichi, M. Sogabe, T. Sato, Y. Suwa, Optimization of Decentralized Renewable Energy System by Weather Forecasting and Deep Machine Learning Techniques, IEEE PES-ISGT-2016 Asian Conference, 2016.12.1,

国内会議

16. 杉山 涼 , 秋元 直己 , 曾我部 東馬, 山口 浩一, GaAsSb/GaAs(001)上の高密度InAs量子ドット層の発光特性,第64回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 17p-P2-12(2017)
17. 岡田 至崇, 庄司 靖, 玉置 亮, 吉田 勝尚, 曾我部 東馬, (招待講演)量子ドット中間バンド太陽電池の高効率化メカニズム, 2016年 第63回応用物理学会春季学術講演会, 2016.3.19,
18. 及川 信吾, 馬飼野 彰宣, 曾我部 東馬, 山口 浩一 , InAsSb/GaAs(001)上へのInAs 3次元島成長とその発光特性, 2016年 第77回応用物理学会秋季学術講演会, 2016.9.15,
19. 仁井 皓大 , 南 裕太 , 坂本 克好, 曾我部 東馬, 山口 浩一 , 岡田 至崇 , InAs/GaAs量子ドット太陽電池におけるホットキャリア輸送ダイナミクス, 2016年 第77回応用物理学会秋季学術講演会, 2016.9.14,
20. 曾我部 東馬, DFT-NEGFと低温STM/STSを用いたCo-TPP単分子の近藤共鳴解析, “第一原理電子状態計算ソフトウェアSiesta”セミナー, 2016.11.24

解説記事

21. 横川慎二, 市川晴久, 曾我部東馬, 澤田賢治, 川喜田佑介; “再生可能エネルギー指向自律分散グリッドオーバーチャルグリッド”, 日本信頼性学会誌, Vol.39, pp.8-15 (2017)

IV. 主な業績の詳細

第三世代量子構造太陽電池は、現在、厳しい状況に直面している。ホットキャリア太陽電池は未だに原理検証にとどまり太陽電池デバイスとしての開発の糸口が見えない。MEG型太陽電池は量子効率 $\eta > 1$ を確認したが変換効率は、5%以下にとどまっている。一方、中間バンド量子ドット太陽電池においては、我々が世界記録の変換効率 26.8%らが達成しているが、今後、変換効率40%以上を達成するための対策の目途は立っていない。この現状を打破するために、上記三種類量子ドット太陽電池における過去15年間の関連論文を精読し、動作原理からデバイス構造設計までの長所と短所そして潜在的な問題点を綿密に分析した。その結果、上記三種類量子ドット太陽電池は、「ホットキャリアの輸送」という共通の問題を抱えていることが分かった。この内容は現在、実施している基幹研究テーマの一つになっている。

(i) 高次元ミニバンドを用いたホットキャリアの輸送機構・検証システムの構築：

太陽電池における量子ドットの役割は、しばしば“諸刃の剣”に例えられる。三次元離散量子サイズ効果とそれに伴う光吸収の増大などの恩恵を受ける一方、量子ドットと接しているバリア材の間にできたポテンシャルがドット領域を通過するキャリアを“捕虜する”確率も高くなる。この問題の存在は、量子ドットを始めとする第三世代量子構造太陽電池の更なる効率向上の為に避けられない壁である。このボトルネックを解消するための最善の手段の一つと期待できるのが「高次ミニバンドを用いたホットキャリアの輸送」である。図5の

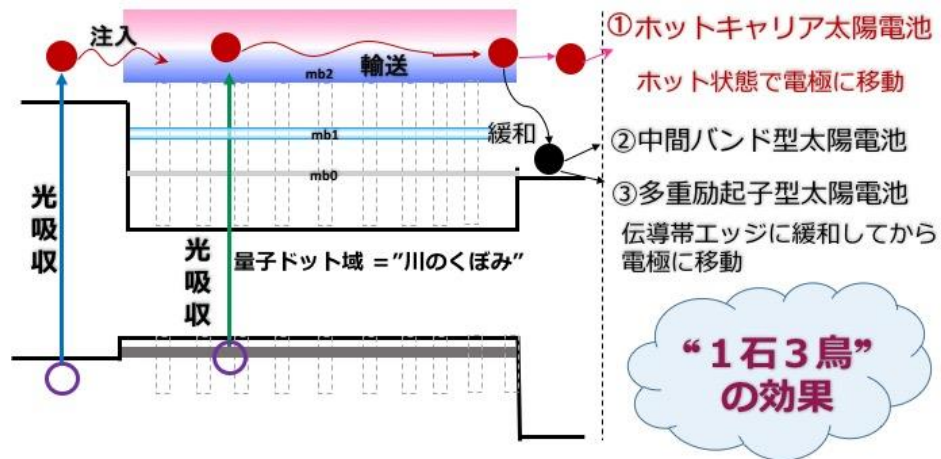


図5：高次ミニバンドを用いたホットキャリア型量子ドット太陽電池の模式図

概略図に示すように、価電子帯から励起されたキャリアがホットな状態を維持したまま「高次ミニバンドを“橋”として量子ドット領域の“川のくぼみ”を渡り」最後に電極まで移動する。ホットキャリアの輸送構造は、上記三種類の量子ドット太陽電池と優れた整合性を持つため、まさに“1石3鳥”の効果を期待できる。

また、基幹テーマ人工知能（深層学習・深層強化学習）に関しては、2014年、発電子測の精度向上を図る中で人工知能と出会い、直ちに日本国内における人工知能の現状と問題を洞察し、独自の深層学習人工知能計算フレームワーク ReNom(www.renom.jp)を共同研究先の研究チームを率いて作り上げた。現在、国産の AI フレームワーク第一号である Chainer に次ぐ第二のフレームワークであると評価を得ている。自ら AI フレームワークを作り上げたノウハウと開発経験、さらに AI 応用の第一線で走る企業との共同研究実績から、現在の AI はパターン認識に縛られ社会インフラ問題に対して無力であることを認識した。このボトルネックを打破するために、物理型 AI の提唱そして電力スマートグリッドへの深層強化学習の応用などの先導研究を切り拓いた。他に、エネルギー環境分野における数理モデルと人工知能融合に関する研究プラットフォームを総責任者として構築した（2017年1月1日発足、当面拠点は東大先端研に置く）。本プラットフォームにおいて、今後は社会インフラに特化した人工知能の開発を目的とした大手企業の参入を推進する。特許技術に関しては、スマートエネルギーの最適化制御に適応した物理型深層強化学習人工知能の手法に関する特許1件が大学を通して申請・受理された。

(ii) 物理型人工知能概念の提唱

現在、深層学習を代表とする第三世代人工知能 (AI) は、画像認識、言語処理さらにビッグデータ解析など様々な分野で革命を起こす時代に突入している。これまでの深層学習アルゴリズムは、識別対象とニューラルネットワーク (NN) におけるニューロン間に物理的な対応関係を持たず、ニューロンは単なる関数の数学変数として扱われることが殆どであった（右図参照）。このことが、既存の NN の応用がパターン認識という機能に限定され、我々

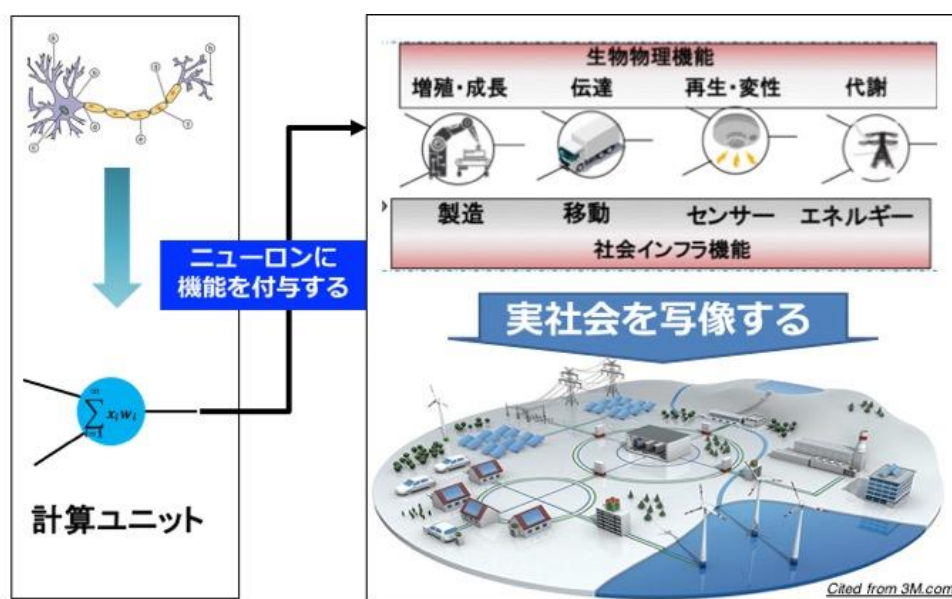


図6：物理型人工知能の基本要素と原理

が暮らしている社会インフラ問題に機能を拡張できない要因になっている。しかし本来、NN ニューロンは生物ニューロンと同様に「計算」ユニットでありながら、「伝達、代謝、増殖、成長、変性と再生」など豊富な「物理」的生物機能を果たすことも可能である。そこで NN のニューロンに、固有の「物理的機能」を持たせ、いわゆる“物理型 AI”の開発を目指す。上図に示すように、生物ニューロン固有の生物物理機能と我々の実社会のインフラ機能の間には、明確な対応関係がある。さらに物理型 AI からなる NN トポロジーはスマート社会と明確な写像関係を持つため、物理型 AI は社会インフラ問題や IoT の基盤プラットフォームになることが期待できる。

(iii) i-パワー再生エネルギー管理システム(i-REMS)の構築:

最後に、深層強化学習最適化アルゴリズムの計算結果を検証するために、電通大の構内で i-パワー再生エネルギー管理システム (i-REMS) というシステムを構築した (図 7 参照)。具体的には、太陽光発電・風力発電・3 種類蓄電池 (鉛型, Li イオン型, Ni 水素型) 及び各種充放電コントローラーと多数のセンサーからなるシステムを構築した。また、システム

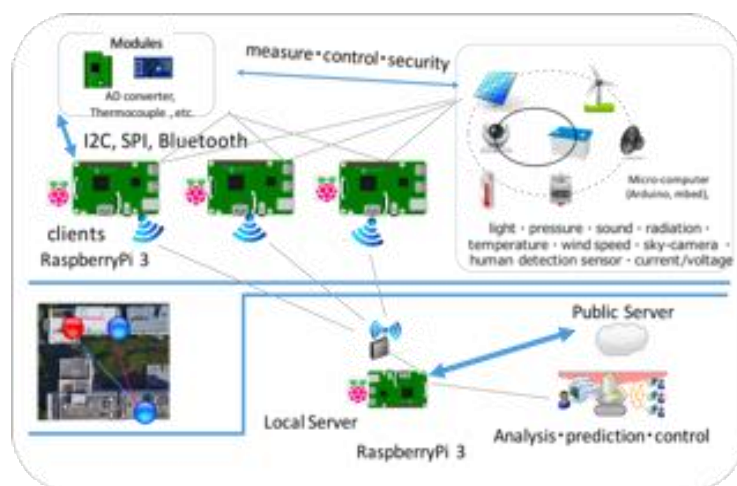


図 7：電通大構内に設置された i-REMS

の拡張性を考慮し、発電量、蓄電量、需要量を自由に追加・改造することができる配線電気工事を計画した。データ転送制御に関する通信は、Raspberry Pi という MCU をマイコンで集約サーバとクラウド上終端処理サーバとして使用した。発電蓄電システムの構築は6月上旬で完了し、7月~10月：多数センサー間通信、サーバーの構築、IoT の最大機能として遠隔計測と自動制御機能を実現し、11月から最適化計算結果の実証システムとして運用を開始した。

V. 平成 29 年の方針と計画

平成 28 年度までの研究結果を基に、平成 29 年以降は下記の 2 点を主目的として研究

活動を推進する。

- 1)：再生可能エネルギー電力システムの最適化制御
- 2)：産学官連携研究の推進と学生参加による実践力と応用力の育成

以下に各項目について詳細を述べる。

□ 再生可能エネルギー電力システムの最適化制御

再生可能エネルギー電力システムの最適化制御については、電力系統における広域・動的最適化問題への深層強化学習の応用が現時点での主な課題として掲げられる。中期計画として今後3年間の研究方針と計画を図9に示す。

平成29年度は、深層学習/強化学習の実社会問題への応用を主目的として、グラフ理論・トポロジー学を用いて実社会のデータの空間局限性の問題を解決する。具体的には、電力システムをニューラルネットワークに写像し、その有効性を検証する。

平成30年度は、物理型AIの構築を主目的に、畳み込みネットCNNに開閉機構を導入する。具体的には、動的/静的電力データを同時に処理する大規模並列計算環境を構築する。

平成31年度は、深層強化学習ルゴリズムを主目的として、深層方策勾配法を用いた制御プロトコルを確立するのを目指す。また、平成28年度に自ら構築したi-REMS（電通大構内）でフィールド検証を行う。

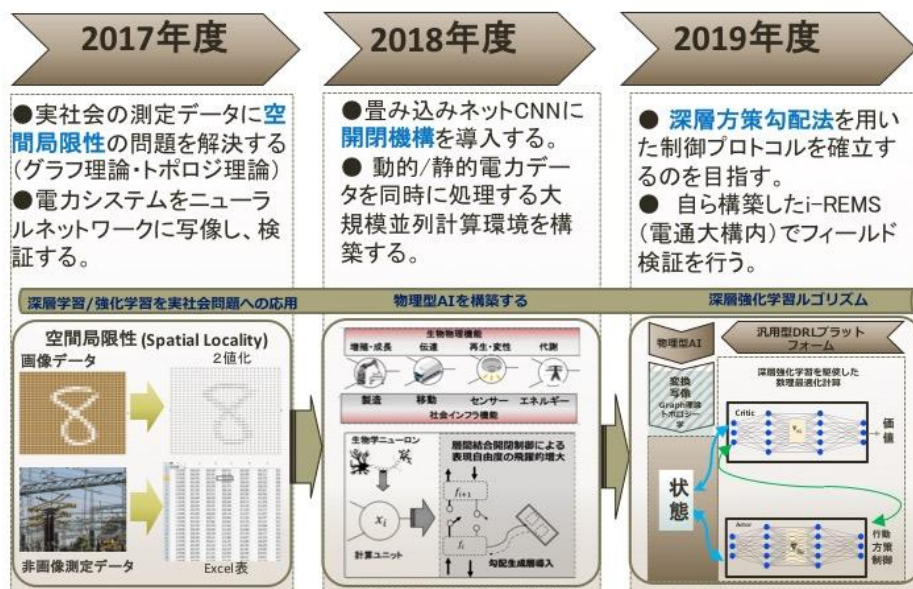


図9：これからの研究計画と研究内容の構成図

この研究は、平成29年度に獲得した研究助成金（業績・成果一覧 25）、および平成29年度に獲得した三者共同プロジェクト（東京大学、電気通信大学、株式会社グリッド）（業績・成果一覧 26）を原資として推進する。

□ 産学官連携研究への学生参加による実践力と応用力の育成

今後、教育に関しては、東京大学、電気通信大学および企業との三者共同プロジェクト

(業績・成果一覧 26) により構築した「人工知能ラボ (東京大学先端科学研究所内に拠点) をプラットフォームとして積極的に活用する。学生が産学官連携研究に実践として参加する場を提供することにより、社会のニーズに則した実践力と応用力に育む人材を育成することを目指す。

VI. その他 (学内外の活動の特記すべきものなど)

- [1] 大学主催ホームカミングデーにおける電通大技術士会で講演し社会貢献に努めた。
- [2] 第8回 UEC コミュニケーションサロンでの講演を行い学内の活性化に貢献した
- [3] Siesta (ケンブリッジ大学が開発した第一原理計算ソフト) の Academic & Research Collaborators として、量子物理の理論計算の学術発展に貢献した。
- [4] 株式会社グリッドの最高技術顧問 として産学連携に貢献した。
- [5] 「深層学習・深層強化学習フレームワーク ∞ ReNom (学術版無料)」の開発チームリーダーとして深層学習の普及に寄与した。

以上

2. 主要研究成果

2.2 蓄電と信頼性工学の融合研究（横川慎二准教授）

横川 慎二 准教授

情報理工学域 I 類/総合情報学科/情報学専攻 経営・社会情報学プログラム 兼務

レジリエントなエネルギーグリッドを確立するための信頼性・安全性の評価・予測手法の確立を主目的とし、研究推進している。現時点での課題は、

A) 市場の多様な「使われ方」に対する信頼性・安全性の評価・予測。

B) ユーザー・目的毎の電力運用、機器構成推奨システムの導入。

である。以下に、これらの詳細を示す。

I. 平成 28 年度計画概要

研究室における 3 分野の研究テーマについて、それぞれ以下の目的の下に平成 28 年度の計画をたて、実行した。

① リチウムイオン二次電池の残容量予測に関する研究

研究室のメインとなる研究テーマとして、平成 26 年度から実施中の科研費・基盤 C 研究（業績・成果一覧 [3]）を主体として研究遂行している。

平成 28 年は、平成 26, 27 年に実施した市販の 18650 型リチウムイオン二次電池を用いた充放電サイクル劣化、及びカレンダー劣化（待機劣化）の複合実験の結果に基づいた物理化学モデルを検討し、統計解析に基づく劣化予測モデルを構築する。

また、平成 28 年度から開始の共同研究（業績・成果一覧 [4]）において、リチウムイオン二次電池を用いた家庭用蓄電池の稼働データ（約 7000 世帯、最長 4 年分）を用いた劣化予測モデルの構築と、実験から構築したモデルの実効性を検討する。

さらに、近年発生したリチウムイオン二次電池の市場事故の分析を行い、リチウムイオン二次電池を主要な要素とするインフラシステムを設計する際に、信頼性・安全性を確保するために必須となるシステム設計指針を確立する。

これらの研究成果を、iPERC において推進しているバーチャルグリッドのシステム設計に実装することを想定して推進する。また、センターのメンバーと協業してバーチャルグリッドの基礎設計と実証を進め、システムの有効性の検証を行う。これらの活動の成果について、積極的に外部発信してゆく。

② 半導体デバイスの超長期信頼化に関する研究

再生利用エネルギーの利用効率向上を加速する AC/DC コンバータの実現や、デジタルデータの長期保管のためのデータセンターの低消費電力運用を実現するため、先端パワーデバイスやストレージデバイスの信頼性向上技術を研究テーマの一つとしている。

平成 28 年より、地球上で生成されるデータの総量が爆発的に増加する問題、いわゆるデジタルユニバース問題を解決する技術開発を目的とする、JST 戦略的創造研究推進事業 CREST の「デジタルデータの長期保管を実現する高信頼メモリシステム（研究代表者：竹内健教授，中央大学，平成 27 年度採択分）」に参加し、芝浦工業大学、筑波大学と共同して研究をすすめる。

活動主体として「高信頼メモリの配線技術調査研究委員会」を立ち上げ、有識者を招いた研究会の実施と、応用物理学会・シリコンテクノロジー分科会の企画シンポジウムなどを通じて研究領域の拡大と、研究開発成果の発表、議論などを行う。

③ 社会インフラの不具合未然防止に関する研究

社会インフラシステムにレジリエンス（回復力，堅牢性）を付与するための基礎概念の確立と評価指標の構築を目標とし、社会インフラ事故の事例分析研究を実施する。この結果は、現在老朽化が問題となっている社会インフラの事故の問題構造に基づいて、今後開発するエネルギーインフラに対してレジリエンスを付与し、アベイラビリティを確保するのみでなく、ユーザーに信頼，安心を担保するための構造，要素を設計する指針を明らかにすることを目的とする。

平成 28 年度は橋梁，トンネルなどの事故事例分析を通じて、インフラの信頼性・安全性を損なう因子とその構造を分析し、エネルギーインフラの基本設計について検討する。これらについて専門家を交えた議論を行うため、信頼性・保全性シンポジウムにおいて社会インフラのメンテナンスに関する特別企画セッションを企画し、産官学界から現状情報と知見を収集する。

II. 研究実施状況（現在までの達成度を含む）

① リチウムイオン二次電池の残容量予測に関する研究

リチウムイオン二次電池の劣化の 2 つの要素である、充放電サイクル劣化とカレンダー劣化を複合した信頼性試験を実施し、統計解析及び物理解析を完了した。この結果を、国内会議にて発表し（業績・成果一覧 [9]），現在論文投稿中である。

また、共同研究を通じて、市場における二次電池稼働のフィールドデータを、ニューラルネットワーク及び線形混合効果モデルを用いて分析し、充放電サイクルと待機時間

のフィールドにおける劣化に対する寄与を解明した。また、季節変動、セル機種間差、住環境条、及びその相互作用を検証し、有意となる固定効果を見出した。

さらに、それぞれのシステムで用いられるリチウムイオン二次電池ユニットの個体間差を表現する変量効果の有意性と傾向を分析し、セル機種や稼働開始時期に対する変動を検証した。これにより、セル設計やセル製造における品質管理へフィードバックすべき情報が得られることが判明した。今後、これらの情報を早期に評価、推定し、予測に応用する手段について研究を進める。

また、最近スマートフォンのリチウムイオン二次電池が発火・爆発の事故を起こした事件について、その現象及び対策について信頼性工学のアプローチを用いた事例分析を行った（図1）。その結果から、リチウムイオン二次電池を用いた新製品開発の各フェイズにおいて信頼性工学の手法を適用する際の要点と手順について体系化した。

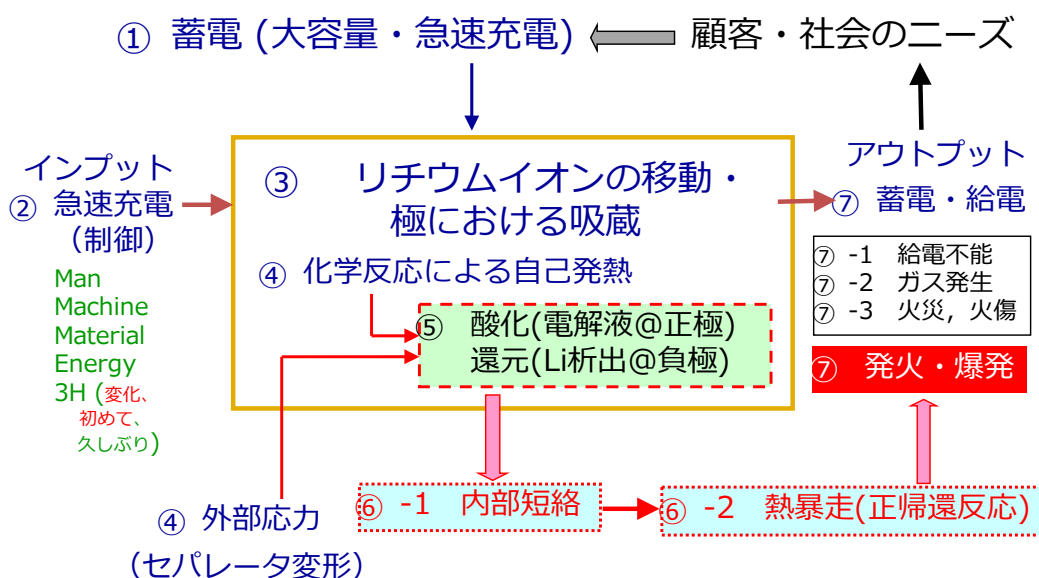


図1, スマートフォン発火事故の構造.

H28年度には、バーチャルグリッドのコンセプトと、iPERCの現状の研究状況を総括した文書を日本信頼性学会誌に発表した（業績・成果一覧 [11]）。本報告書第○章に、同内容を示す。

② 半導体デバイスの超長期信頼化に関する研究

莫大なデータを長期に保管することを目的とする大容量ストレージデバイスでは、低消費電力と超長期信頼性が重要な要求特性となる。中でも、半導体チップの内部、パッケージ内部、基盤接続とのインターフェイスなどに用いられる配線の信頼性を確保することは、最も困難かつ重要な課題の一つである。誤り訂正回路や抵抗変化メモリの技術

の併用により、フラッシュメモリそのものの超長期信頼性は設計の視点から、現在すでに達成している信頼性をベースにして検討しうるのに対し、シリコンと外部の信号通信を担う配線は、従来の10倍以上の耐湿・耐保管信頼性を確保する必要がある。

H28年は、高信頼メモリの配線技術調査研究委員会において3回の勉強会を実施し、外部有識者を交えて必要な技術開発の方向性を議論した。また、それらの結果を第64回応用物理学会春季学術講演会シリコンテクノロジー分科会企画シンポジウム「長期保管メモリのための高信頼配線技術」において報告した（業績・成果一覧 [7]）。

個別の研究としては、新規プロセス技術の寿命特性について、プロセス技術の完成度・未完成度と、真性の寿命分布特性を分離して分析、評価する統計手法を開発、評価した。Burr type XII型の寿命分布を採用し、技術未完成度を示す一様性の乱れをクラスタリングパラメータとして数値化して検出・評価し、同時に真性の寿命分布の形状パラメータ、尺度パラメータを求める手続きを容易に実施することが可能な2ステップ確率プロット法を提案した（図2）。各パラメータの推定を、プロット上の特性からそれぞれ独立して求めることができるため、最尤法などの統計的手法と比較しても精度の劣らない推定が可能である。この結果を国際会議、国内会議にて発表し（業績・成果一覧 [6][8]）、現在、論文投稿中である。また、実際の半導体試験のデータ形式に対する推定精度の影響を評価した結果を、デバイス信頼性物理の国際会議（IEEE International Reliability Physics Symposium）に投稿、発表した（2017.4）。

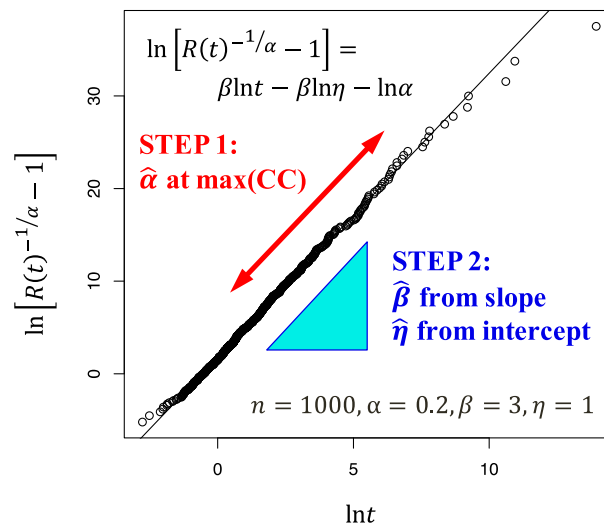


図2, 2ステップ確率プロット[6].

③ 社会インフラの不具合未然防止に関する研究

日本品質管理学会、信頼性・安全性計画研究会の活動の一環として、社会インフラ（橋梁、高速道路）の事故事例分析と、JR東日本で導入されている自律分散概念による

鉄道制御システムや、産業技術総合研究所で研究されているドローンの安全管理システムのケーススタディに基づき、インフラシステムにレジリエンスを付与するための指針について議論している。H28年度は9回の会合を行った。また、日本品質管理学会誌に研究会活動報告（特集記事）を寄稿した（業績・成果一覧 [10]）。

また、信頼性・保全性シンポジウムにおいて、東京都市大学・都市基盤施設の再生工学研究センター、東日本高速道路（株）、筑波大学から登壇者を募り、特別企画セッション「社会インフラのモニタリングと保全性」を開催した。

III. 業績・成果一覧

学術論文：

- [1] 山崎 雄大, 横川慎二, 鈴木和幸; “トラブル予測表を用いた故障モード予測方法と信頼性・安全性の作りこみ評価指標の提案”, 日本信頼性学会誌, Vol.38, No.4, pp.271-283 (2016).
- [2] S. Yokogawa; “A simulation study for lifetime distribution of time-dependent dielectric breakdown in middle-of-line affected by global and local space variations”, Japanese Journal of Applied Physics, Vol.55, 06JF02-1-6 (2016).

産学官連携・競争的資金実績：

- [3] 科学研究費助成・基盤研究 C, リチウムイオン二次電池の余寿命予測とリユースのための2変量寿命分布解析の応用, 2014/4-2017/3 (代表：横川慎二) .
- [4] 共同研究, リチウムイオン電池に対する劣化・故障モデルの分析及びアイリングモデルと共変量解析を適用した劣化予測技術の研究, 2016/4-2017/3 (代表：横川慎二)
- [5] カシオ科学振興財団研究助成, 機械学習・深層学習を用いたリチウムイオン二次電池の市場信頼性予測の研究, 2016/11-2017/10 (代表：横川慎二)

国際会議：

- [6] S. Yokogawa; “A simple method of parameter estimating for time-dependent clustering model in MOL/BEOL TDDDB lifetime”, Proc. of Advanced Metallization Conference 2016: 26th Asian Session 2016 ADMETA plus, pp.24-25 (2016).

国内会議：

- [7] 横川慎二; “半導体集積回路配線の信頼性課題と寿命予測”, 第64回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 15p-304-5 (2017).
- [8] 横川慎二; “信頼性の寿命分布に関する最近の動向 -ばらつきとクラスタリング-”, 第26回RCJ電子デバイスの信頼性シンポジウム・信頼性セミナー講演 (2016).

- [9] 横川慎二, 長野祐児; “リチウムイオン二次電池の劣化における充放電サイクルと待機時間の影響”, 第 24 回日本信頼性学会春季信頼性シンポジウム発表報文集, pp.49-52 (2016).

講演:

- [10] 横川慎二; “デバイス信頼度の予測・評価における欠陥クラスタリングの影響と統計解析”, 日本信頼性学会関西支部第 101 回信頼性試験研究会 (2017).

解説記事:

- [11] 横川慎二; “社会インフラの事故・不具合の未然防止における視点”, 日本品質管理学会誌, Vol.47, No.2 (2017) in press.
- [12] 横川慎二, 市川晴久, 曾我部東馬, 澤田賢治, 川喜田佑介; “再生可能エネルギー指向自律分散グリッドーバーチャルグリッドー”, 日本信頼性学会誌, Vol.39, pp.8-15 (2017).

IV. 主な業績の詳細

市販の 18650 型リチウムイオン二次電池を用いた充放電サイクル劣化, 及びカレンダー劣化 (待機劣化) の複合実験の結果に基づいた物理化学モデルを検討し, 統計解析に基づく劣化予測モデルを構築した. 結果の一部は下記のもの公表済みである. 全体の結果については, 現在論文投稿中である.

『横川慎二, 長野祐児; “リチウムイオン二次電池の劣化における充放電サイクルと待機時間の影響”, 第 24 回日本信頼性学会春季信頼性シンポジウム発表報文集, pp.49-52 (2016).』

業績の概要を項目毎に示す.

A) Power 則適用の理論:

一般に, 蓄電池の容量劣化の予測モデルには $\sqrt{}$ 則 (サイクル数, 待機時間などの時間軸変数の平方根に対する線形モデルで劣化が説明できるとするモデル) が広く用いられている. これは, 負極界面での相関固体電解質の成長による内部インピーダンスの増加が支配的とするものである. ただし, 充放電サイクル劣化とカレンダー劣化の複合を考慮する際に, $\sqrt{}$ 則を用いることが妥当かどうかの検証はなされていなかった. 以下に示す, 複数の劣化メカニズムが寄与することを前提としたモデル化により, より一般的な Power 則 (べき乗則) の適用が妥当と考え, 信頼性試験と物理解析などの実験により, その妥当性を確認した.

$$\Delta C / C_0 \propto \Omega$$

ΔC : capacity shift due to degradation

C_0 : initial capacitance

Ω : quantitative indicator of degradation damage

$$\frac{d\varepsilon}{d\tau} = \frac{\gamma}{\varepsilon^m}$$

ε : normalized damage ($\varepsilon = \Omega / \Omega_0$)

Ω_0 : maximum allowable damage

τ : normalized time ($\tau = t / t_0$)

τ_0 : characteristic time constant

γ : proportional constant

m : attenuation parameter of damage growth due to existing damage ($m > 0$)

$$\Omega = \Omega_0 \left(\frac{\gamma \tau}{n} \right)^n \Rightarrow \Omega \propto t^n \quad (n = 1 / (m + 1))$$

B) 充放電サイクル劣化とカレンダー劣化の交互作用効果の検証：

二次電池の劣化においては、充放電サイクルとカレンダー劣化の2者が生じることが知られている。通常は、別々に実施された試験から、それぞれの劣化を予測して加算する方法や、典型的な充放電波形を仮定して実効的な劣化量を評価する手法が取られている。これらの方法では、充放電サイクルストレスと保存ストレスの交互作用が考慮されていない、もしくは定量的に把握できないという問題がある。

今回実施した複合試験とその物理解析の結果、試験後の電解液抵抗に差が生じていることを示唆する電気化学測定結果が得られた。また、劣化量の時系列分析における交互作用項が高度に有意（p値；<0.0001）となることを示した。

C) 線形混合効果モデルによる個体間差の検証：

製造されるリチウムイオン二次電池のセルの容量は個体毎のばらつきを有するため、ユニットに組み上げて使用する際には電圧・電流の運用域を制御して均一な品質となるように処理される。そのためセルの初期の満充電容量はユニットにより異なるため、その後の劣化において個体間差として観測される。そこで、下記のように変量効果を含むモデルを用いて、観測されるデータの解析を実施した。その結果、下記の変量効果の導入によって AICc（AIC with a correction for finite sample sizes）が有意に低下し、モデルの当てはまりが向上することが分かった。

$$Y_i = X_i \beta + Z_i b_i + \varepsilon_i$$

Y_i : i 番目の対象の観測値ベクトル

- X_i : 既知の固定効果の計画行列
- β : 未知の固定効果のパラメータベクトル
- Z_i : 既知の変量効果の計画行列
- b_i : 未知の変量効果の確率ベクトル ($b_i \sim MVN(0, G)$)
- ε_i : ランダムな誤差ベクトル ($\varepsilon_i \sim MVN(0, R_i)$)

D) 3D劣化予測モデルの構築：

上記の結果を網羅する線形混合効果モデルにより，使用したデータに対して寄与率99.9%となる予測モデルが推定された（図3）．図より，放電容量の累積（Cumdischarge）に対する劣化の進行に比べて，保存時間の累積（Cumholdtime）の劣化が緩やかであることがわかる．前者が充放電サイクル劣化，後者がカレンダー劣化に対応するものである．この結果に基づいて充放電サイクルの運用方式を決定することにより，極力劣化を抑制しつつ長期間リチウムイオン二次電池を運用することが可能となる．

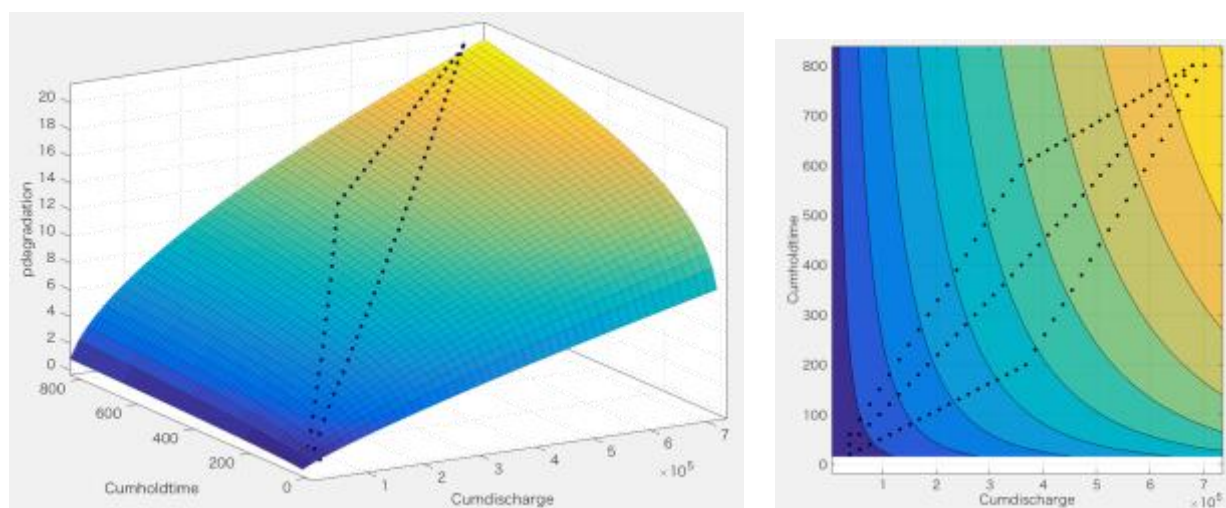


図3， 3D／2D劣化予測モデル（固定効果のみ）．

本成果の重要な点をまとめると，以下になる．

- ・ 従来， $\sqrt{\quad}$ 則が標準として用いられている電池の劣化予測モデルに対して，Power則を適用することが妥当であり，かつ推定精度が高いことを示した．
- ・ 充放電サイクル劣化とカレンダー劣化に交互作用があることを統計的に判定し，交互作用の考慮がモデリングに必須であることを示した．
- ・ 個体間差を変量効果として考慮することが有効であることを示した．

以上の結果は，従来のリチウムイオン二次電池の劣化予測に対して，実際の使用条件を考慮する際の新しい視点を与えるものであり，より運用の信頼性を確保するための重

要な知見であると考え、これらを平成 28 年度中に確立し、さらにフィールドデータ解析との関連に関する考察を、予定を前倒して実施することができた。

なお、劣化の変量効果は観測を行って初めて個体毎に数値化することができる。実際の各個体の運用においては、使用を開始する時点、もしくは開始直後に変量効果分を推定する必要がある。今後の課題として、セルの初期品質特性などから変量効果分を推定・検出する技術の開発が必要である。

V. 平成 29 年の方針と計画

平成 28 年度までの成果を前提として、平成 29 年度から平成 31 年度までの研究方針を図 4 のように想定している。各年度のテーマとして、

- ✓ 平成 29 年度： 予測
- ✓ 平成 30 年度： 評価
- ✓ 平成 31 年度： 異常検知

を挙げて段階的に研究を進める。

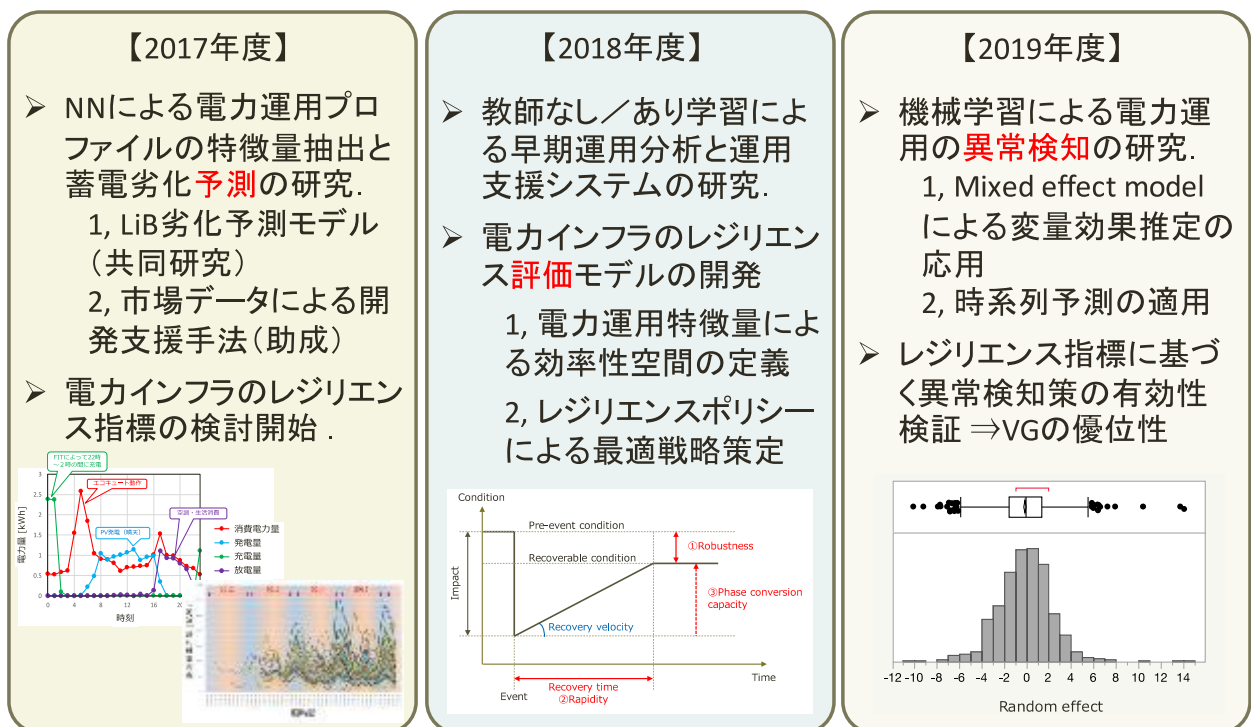


図 4，平成 29 年以降の研究方針（中期計画）。

以下、個別の研究テーマ毎に平成 29 年の研究計画を示す。

① リチウムイオン二次電池の残容量予測に関する研究

平成 29 年度は、クラスター分析や決定木学習などの機械学習による特徴量抽出と、これまでに研究を進めてきた劣化に寄与する物理化学メカニズムを反映した時系列解析によって、個々のリチウムイオン二次電池の劣化を正確に予測する理論体系を構築することを目指す。また、多層ニューラルネットワークによる深層学習を用いて、劣化や不具合につながる特徴量を自動的に学習する仕組みを実装することにより、新規開発した蓄電池など、評価や稼働の実績が少ない対象に対して、市場での劣化や不具合の発生を短期間かつ早期に評価・予測することを実現する。これらは、画像・音声認識の分野で発展してきた深層学習の技術を、産業界における新技術実用化や新製品開発の際の信頼性品質保証に応用する試みといえる。

この研究を、平成 28 年度に獲得した研究助成金（業績・成果一覧 [5]）を原資として実行、推進する。その成果は論文、学会発表などを通じて公表する。

② 半導体デバイスの超長期信頼化に関する研究

平成 29 年度には、開発した 2 ステップ確率プロット法を前提とした実験計画への展開と、その推定精度に関する研究を推進する。特に、新規技術開発における信頼性検証の最大の課題である少数データによる統計解析において、プロセスの完成度と真性の寿命特性の両者の情報を精度良く求めることを主眼におき、理論と並行して実際の開発への適用検証を行う。そのための共同研究先の募集活動を行う。

また、芝浦工業大学、筑波大学との共同研究において、グラフェンラッピング配線（チップ内銅配線や接続パッド部をグラフェンで皮膜することにより、耐湿性を確保する新規技術）の有効性の理論検証と、実験実証を行うにあたり、開発した実験計画とデータ解析法を適用し、その有効性を実証する。

この研究を、引き続き CREST のプログラムの中で推進する。

③ 社会インフラの不具合未然防止に関する研究

レジリエンスをシステムに付与するには、(1)システムのモジュール化、(2)ネットワークの構成、(3)オープンプロトコルによるモジュール連携、(4)構成要素への AI 実装、(5)情報と動機の教育・普及、が必要となる。バーチャルグリッドなど、新たなエネルギーインフラのレジリエンスを検討する際には、上記の要素が実装、実現され、能力が適切に発揮されているか否かの評価が必要となる。このレジリエンス能力の指標として図 5 の①～③の項目が挙げられる。

平成 29 年度は、電気・ガスなどのエネルギーインフラシステムを事例として、これら 3 指標を用いたレジリエンス特性の比較分析を行い、新たなエネルギーインフラの研究

推進のための指標として完成させる。その結果を平成 30 年度以降のバーチャルグリッドシステムのレジリエンス特性評価に適用する。

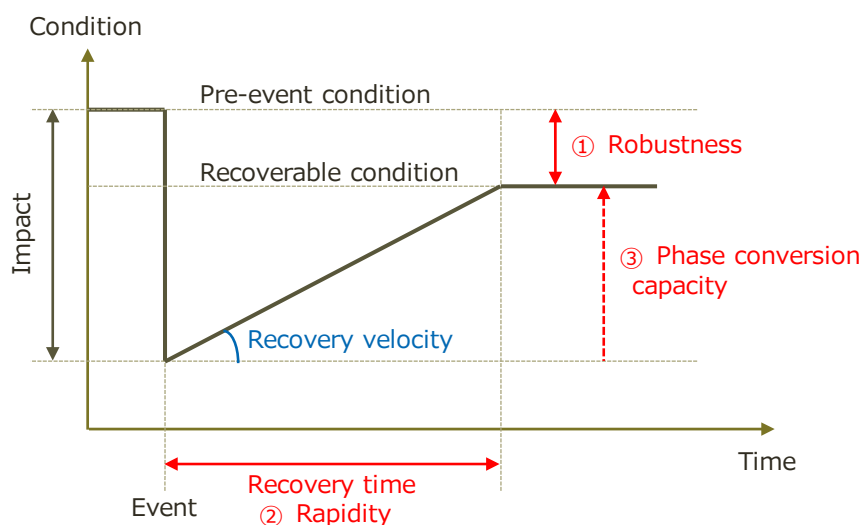


図 5, レジリエンス評価指標の概念図.

VI. その他

- [1] 人事院国家公務員採用総合職試験（工学）試験専門委員.
- [2] IEEE International Reliability Physics Symposium, Dielectric Reliability Session Program committee.
- [3] Advanced Metallization Conference, Program Committee Chair.
- [4] Japanese Journal of Applied Physics, Guest editor for special issues.
- [5] 日本信頼性学会, 理事.
- [6] 日本信頼性学会, 論文審査委員長.
- [7] 日本品質管理学会, 信頼性・安全性計画研究会委員.
- [8] 日本品質管理学会, TQE (Total Quality Education) 特別委員会委員.
- [9] 一般財団法人日本科学技術連盟, 第 102 回品質管理シンポジウム GD リーダー.
- [10] 一般社団法人電子情報技術産業協会半導体信頼性技術小委員会, 客員.
- [11] 一般財団法人日本電子部品信頼性センター故障物理委員会委員.

以上

2. 主要研究成果

2.3 制御系セキュリティに関する研究

澤田 賢治 准教授

情報理工学領域 II 類/知能機械工学科/機械知能システム学専攻

計測・制御システム 兼務

I. 平成 28 年度計画概要

都市を繋ぐエネルギーインフラから家庭レベルのマイクログリッドまで、制御システムの 2 つの共通課題を考える。

- ① 分散協調技術：1 つのシステムに様々なセキュリティ技術を導入すると、機能競合するため、相乗効果をもたらす分散協調技術が必須である。
 - A) 制御システムにおけるホワイトリスト
 - B) 制御システムにおける縮退運転システム
 - C) 制御システムの運転状態推定に基づくホワイトリスト切替
- ② システム更新技術：制御システムを止めない更新技術とは何なのか、冗長構成、仮想技術、通信技術の観点から新しい更新技術が必須である。
 - A) モデル検査技術
 - B) 制御プログラムの無瞬断更新技術

II. 研究実施状況

① 分散協調技術

①-A) 制御システムにおけるホワイトリスト（関連業績：[4],[9],[14],[17],他）

重要インフラの制御システムでは、PLC (Programmable Logic Controller) の規格の統一化、制御ネットワークの標準化プロトコル採用、インターネット接続などが進められている 1)。これらを契機に制御システムに対するサイバー攻撃やウイルス感染などのセキュリティ上の脅威（インシデント）が報告されている。そのため巧妙化するインシデントに対して、制御システムでは監視端末、通信機器に加えて PLC の防衛技術が必須となっている。本プロジェクトではホワイトリスト方式の PLC 防御技術の開発を行っている。ホワイトリスト方式は通常動作をリストとして登録し、リスト以外の動作すべてをインシデントと判断する。本手法は新たなインシデントもリストを更新せず検知可能である。また照合するリストは通常動作だけであるため、リスト照合時の負荷が少なく制御システムのリアルタイム性への影響も少なくなる。またリストの更新タイミングは通常動作が大きく変化するシステム

メンテナンス時のみであるため、メンテナンスコストも少ない利点がある。このホワイトリスト方式を PLC に適用することにより、センサ、アクチュエータで発生するインシデントを検知することを目指している。これにより、Stuxnet や PLC Blaster のように正常な制御コマンドを乗っ取り PLC の制御プログラムの一部改変するインシデントも検知が期待できる。

本プロジェクトでは、制御システム内のネットワークスイッチや SCADA に実装されたセキュリティ技術との連携を考え、単一としても複数としても機能する自律分散防御システムを目指している。その諸端として、ホワイトリスト機能は通常のアンチウィルスソフトのようにオペレーションシステムとアプリケーションソフトを介在するようなものではなく、図 1 に示すように制御アプリケーション上に実装する。このとき、監視対象は制御アプリケーションによって駆動するフィールド機器（センサ・アクチュエータ）の振る舞いである。

H28 年度では研究の諸端として、通常動作モデルをペトリネットで作成し、ペトリネットモデルをラダープログラムに変換する。ラダープログラムは現在多くの PLC に使用される制御言語である。ラダープログラムに変換することで、PLC の制御アプリケーションの種類に依存することなくホワイトリストを PLC に実装することが出来るようになる。

コントローラにホワイトリスト式検知技術の導入

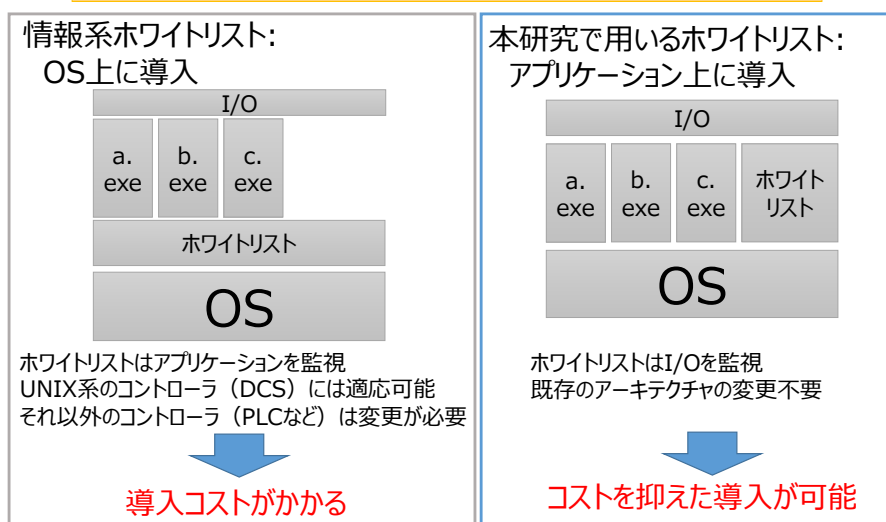


図 1, コントローラのホワイトリスト

①-B)制御システムにおける縮退運転システム（関連業績：[4],[8],[10],[14],他）

ホワイトリストは異常な振る舞いを検知し被害が拡大されるのを抑制する事前防御技術である。これに対して、本プロジェクトでは、Factory Automation (FA) システムにおけるサイバー攻撃を考慮したフェールソフトに着目している。フェールソフトとは、ソフトウェアもしくはハードウェアに異常が発生した際に一部分を切り離すという設計の考え方で

ある。フェールソフトにより、機能低下を許しても異常による被害を最小限に抑えられる。フェールソフトを実現する手法の一つが、縮退運転である。我々の先行研究では、FA システムを対象としてサイバー攻撃を考慮した縮退運転システムを提案している。我々の先行研究では、アナログ信号駆動型の A-FCS (Analog Fallback Control System) とフィールドネットワーク信号駆動型の N-FCS (Networked Fallback Control System) を提案している。A-FCS は、フィールドネットワーク切断機能とアナログ信号によるインシデント検出および縮退運転制御機能を有する。N-FCS は、フィールドネットワーク信号を用いたインシデント検出および縮退運転制御機能を有する。A-FCS, N-FCS には、それぞれに利点と欠点が存在する。A-FCS はインシデント検出性能が高いが、既存の FA システムへの実装性は課題が残る。一方で N-FCS は既存の FA システムへの実装性は高いがインシデント検出性能は課題が残る。また A-FCS はアナログ信号を用いるため、縮退運転切り替え後の復旧のために制御対象近くに設置された A-FCS を直接操作する必要がある。一方で、N-FCS はフィールドネットワーク信号を用いることから遠隔地での復旧対応が可能である。2 つの FCS の利点と欠点を相互に補完し、サイバー攻撃に対する防御性能を向上させるためにはそれらを多層的に FA システムの制御系に実装することが望ましい。これは、多層防御戦略に対応したシステム運用である。このとき、縮退運転制御器が制御系に 2 つ存在するためそれらの適切な協調が必要となる。

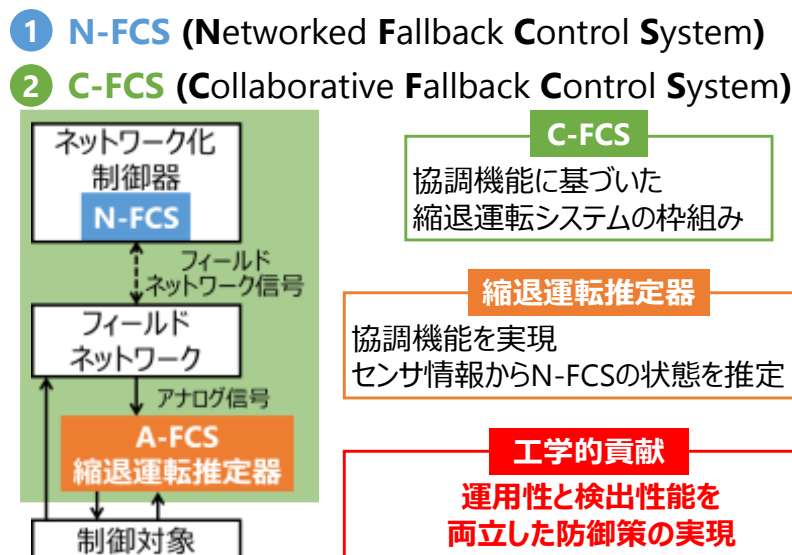


図 2, 縮退運転システムの協調機能

協調機能を実現するためには、単純に N-FCS と A-FCS を混在させるだけでは不十分である。A-FCS はフィールドネットワーク切断機能を持つため、常に N-FCS よりも A-FCS の縮退運転制御が優先される。N-FCS の「縮退運転切り替え後の復旧を遠隔地から実行可能」という特徴を活用するためには、極力 N-FCS による縮退運転制御を優先することが望

ましい。

そこで本プロジェクトでは、図 2 に示すような N-FCS と A-FCS の協調機能を有する協調型縮退運転システム (Collaborative Fallback Control System, C-FCS) を提案する。本協調機能により N-FCS が縮退運転制御を実行していないことが確認されると、A-FCS による縮退運転制御が開始される。協調機能を実現するために、縮退運転時の制御ロジックの状態推定器 (以下、オブザーバ) を A-FCS に実装する。オブザーバ用の制御ロジックのモデル化手法として線形状態方程式として表現可能なペトリネットを用いる。オブザーバの推定誤差の変化率を評価することで、N-FCS の運転状態の判別が可能である。これは、先行研究で双線形システムの異常検出に用いた手法を線形システムに適用したものである。

本研究は H28 年度で一端区切り、幾つかの機能は先のホワイトリスト機能に統合していくことになる。

①-C)制御システムの運転状態推定に基づくホワイトリスト切替(関連業績:[6],[16],他)

産業用制御システム (ICS) には「停止」や「制御中」などの各運転状態において許可される通信内容がそれぞれ異なるという特徴がある。運転状態を考慮しない単一のホワイトリストでは不十分であり、各運転状態に対応したホワイトリストを作成し適用する必要がある。そこで先行研究では運転状態に応じてホワイトリストを切り替える手法(運転状態別ホワイトリスト)を提案している。一方、この手法では運転状態の異常な遷移を検出することができない。異常な遷移が発生した場合にも、遷移後の運転状態に対応したホワイトリストが適用されるのみである。

そこで本研究プロジェクトでは、運転状態別ホワイトリストが導入されたネットワーク監視装置(監視装置)に対して、ICS の異常な運転状態遷移の検出機能を追加する。ここで、監視装置は ICS の運転状態に対応したホワイトリストを選択するため、ICS の運転状態を取得する必要がある。一方で、ネットワーク経由で受信した情報は改ざんされている危険性がある。そこで本研究では、ICS の正常な運転状態の遷移を表現したモデルを利用して運転状態を推定する機能(運転状態推定機能)を作成する。さらに、運転状態推定機能と運転状態別ホワイトリストの併用を実現する。本手法を、ホワイトリスト型異常検出アルゴリズムとよぶ。運転状態推定機能を利用することにより、ICS で生じた運転状態の異常な遷移を検出できるため、より堅牢な運転状態別ホワイトリストの運用が可能となる。

H28 年度は、HMI、ネットワークスイッチ、PLC が各 1 ユニットしかない最も基礎的な ICS を対象に技術開発を行った。フィールド機器は気液プラントを構成するものであり、検証用モデルは MATLAB/SHIMULINK で構築している。特徴的なのは、モデル内の通信プロトコルは産業用プロトコルである Modbus/TCP を再現していることである。これにより、モデル内の通信スイッチモデルや HMI モデルを実体に切り替えることが可能となっている。

② システム更新技術（関連業績：[5],[12],他）

②-A)モデル検査技術

制御システムにおけるソフトウェアでは可用性，すなわちシステムが停止せず稼働し続けることが重要視される．特に近年においては，制御システムがサイバー攻撃やウイルス感染などの脅威に対処しなければならず，サイバー攻撃を想定した可用性の向上は重要な問題である．ただし，この問題は容易ではない．その理由として，情報システムと制御システムにおけるセキュリティの視点の違いである．情報システムではセキュリティパッチの適用が定期的に行われるため，最新の状態に維持できる．一方，制御システムではシステムの実時間処理や継続稼働の要件から，脆弱性やバグへのパッチ適用は安易に行えない．したがって，制御システムの可用性向上のためには，制御システムのソフトウェア（制御ソフトウェア）側のモデル検証技術が非常に重要となる．

以上を研究動機に我々はこれまで制御ソフトウェアのモデル検証の研究を行ってきた．特にシステムの状態が動的に変化する制御システムが検査対象であることから，ソフトウェアの静的構造に加えて動的構造に着目した検証技術をペトリネットとカルマン正準分解に基づき提案してきている．その効用として，先行研究は制御システムの不正書き換え検出方法を提案している．同手法では，ペトリネットによりモデル化されたソフトウェアにカルマン正準分解を適用し，非可制御なサブシステム部分から改ざん影響を検出する．またペトリネットに対するカルマン正準分解を自動化，かつ図形化するための検査ツールも開発した．

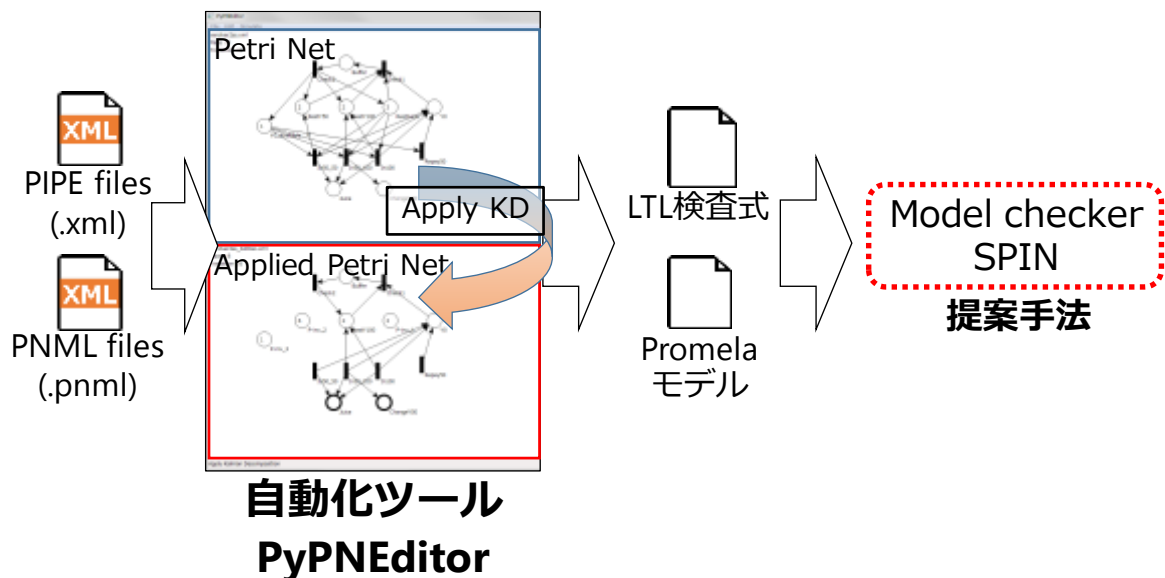


図 3, Petri Net checking tool: “PyPNEditor”

また別の先行研究では改ざん検出のさらなる自動化のために，モデル検査器 SPIN を併用

する方法を提案した。SPIN とはモデル検査ツールの 1 つであり、LTL (Linear Temporal Logic) という形式理論を用いて真偽を判定する。LTL には“かつ”、“または”などの論理演算子に加え、“～は常になりたつ”、“～はいずれ成り立つ”といった時間演算子が用意されている。モデルの状態変化に対して真偽値を決定することで、改ざん検出自動化に加え改ざん箇所の特定に関わる効用も得られた。一方で、我々の先行研究はモデル検証条件が非可制御なサブシステムに限られている。カルマン正準分解を利用する以上、可制御・可観測・非可観測なサブシステムに対する検証条件も考慮すべきである。

そこで本研究プロジェクトでは可制御・可観測なサブシステムに対する検証条件を提案し、その効用について検討している。さらに SPIN を適用するための LTL 検査式の自動生成についても提案する。H28 年度では、LTL 検査式の自動生成ツールとして図 3 の PyPNEditor のアップデートを行った。

検査ツール PyPNEditor はペトリネットへのカルマン正準分解の適用を自動化し図で表すために我々の先行研究において作成された。またこのツールは、既存のペトリネット解析ツール PIPE に無い機能を補完するための補助ツールである。PIPE では XML ファイルで記述されたペトリネットデータを入出力で用いる。これに加え、ISO/IEC 15909 で規格化されたペトリネットの保存形式である PNML にも対応している。これにより既存のペトリネット解析ツールとの互換性を高めている。ツールはペトリネットモデルから Promela ファイルへと変換する機能を有しており、またペトリネットモデルへのカルマン正準分解適用後にその検査式をテキストファイルとして自動的に出力する。

②-B) 制御プログラムの無瞬断更新技術 (関連業績：[5],[15],他)

制御システムが動作状況の変化により制御プログラムを更新する場合、システムの再起動を伴うオフライン更新は動作の中断に繋がる。これを防ぐための手段の一つとして更新対象の制御機器をオフライン更新できるように、更新対象のタスクを別の制御機器に移行するクラウド制御システムが提案されている。この枠組では、センサ・アクチュエータがクラウドサーバに接続されるネットワーク制御システムならば、システムの一部は停止してもシステム全体としてはオンライン更新が可能になる。また、自動車では制御機器のソフトウェア更新が必要な場合は有線によるオフライン更新が行われてきた。しかし、自動運転車の登場により頻繁にソフトウェアの更新を行う必要があり、無線通信 (OTA: Over The Air) によるソフトウェアの更新が普及し始めている。

動作を中断せずにプログラムをオンライン更新する無瞬断更新技術として、本プロジェクトではプログラムを部分的に更新していくことを考える。部分的に更新をする際は、更新箇所を誤るとアクチュエータなどの動作に影響を与えてしまう恐れがある。そこで、本研究では自律移動ロボットであるロボットランサーを題材にプログラムのオンライン更新可能な

部分の自動判別手法を提案する。

本研究の特徴は、プログラムに対してペトリネットに基づく制御フロー解析とカルマン正準分解に基づく構造解析を同時に適用することにある。プログラムに対するペトリネットの利用は、順次処理についてのみ既に行われている。これに対して本研究では、分岐処理を含むより複雑なプログラムの制御フロー解析に適用する。また、別の先行研究ではソフトウェアの改変検出にカルマン正準分解に基づく構造解析を利用している。これに対して、本研究はこの構造解析をプログラムの更新可能な部分の判別に利用する。

本研究では、ロボットが実行中のタスクに影響を与えるプログラム部分を動作部分、与えない部分を非動作部分と考える。すなわち、非動作部分を更新しても、ロボットが実行中のタスクに直接影響を与えることは無いと考える。提案手法では、更新に必要な解析は次のような流れで行う。まず、プログラムからペトリネットモデルを経由して状態方程式を作成する。つぎに、状態方程式にカルマン正準分解を適用し、可制御性と可観測性の観点から動作中のプログラムを解析する。可制御性では、プログラムの動作部分と非動作部分を分類する。可観測性では、更新後の非動作部分がロボットにより現在実行中のタスクに影響を与えていないかを検証する。これにより、プログラム動作中に更新の可否判別と更新箇所の影響解析を実現することが可能となる。

H28年度は、ロボットランサーのプログラム非動作部分検出とプログラム更新後の動作検証を行った。

III. 業績・成果一覧

学術論文(2016/4/1-2017/3/31)：

- [1] Hiroshi Okajima, Kenji Sawada, Nobutomo Matsunaga, Dynamic Quantizer Design under Communication Rate Constraints, IEEE Transactions on Automatic Control, 61/10, 3190-3196, 2016

産学官連携・競争的資金実績：

- [2] 科学研究費助成・基盤研究 C (代表)：事象駆動型量子化制御に基づく通信制御系の縮退運転アルゴリズム, 2015/4/1-2018/3/31
- [3] 科学研究費助成・基盤研究 C (分担)：数値最適化に基づくテーブルルックアップ型切替制御系設計に関する研究, 2014/4/1-2017/3/31
- [4] 共同研究：戦略的イノベーション創造プログラム (SIP), 重要インフラ等におけるサイバーセキュリティの確保, (a3) 制御・通信機器およびシステムの防御技術, コントローラのホワイトリスト, 2016

- [5] 受託研究：IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト／広域エネルギー制御の革新的セキュリティ基盤の研究開発（先導調査研究），仕様記述モデルを活用した検証技術，2016
- [6] 共同研究：粘着制御開発，2016
- [7] 共同研究：システムモデルを利用した攻撃検知技術に関する研究，2016

国際会議(2016/4/1-2017/3/31)：全 9 件

- [8] Tsubasa Sasaki, Akinori Mochizuki, Kenji Sawada, Seiichi Shin, Shu Hosokawa, Model Based Incident Detection via Field Network Information, AROB2017, pp.178-181, 2017
- [9] Akinori Mochizuki, Kenji Sawada, Seiichi Shin, Shu Hosokawa, Model-based security incident analysis for control systems via Petri net, AROB2017, pp.170-175, 2017
- [10] T. Sasaki, K. Tsukada, K. Sawada, S. Shin and S. Hosokawa, Rule Based Fallback Control System via Kalman Decomposition, ISA PCS, 2016
- [11] K. Ishikawa, K. Nagasawa, K. Kogiso, and K. Sawada, Experimental validation of encrypted controller implemented on Raspberry Pi, IEEE International Conference on Cyber-Physical Systems, Networks, and Applications, 2016
- [12] Kento Tsukada, Kenji Sawada, Seiichi Shin, A Toolchain on Model Checking SPIN via Kalman Decomposition for Control Systems Software, 2016 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE), 300-305, 2016

国内会議：全 21 件

- [13] 望月明典, 澤田賢治, 新誠一, 細川嵩, PLC のためのホワイトリスト式検知技術に関する検討，第 4 回制御部門マルチシンポジウム，2017
- [14] 佐々木翼, 嶋崎亜希, 望月明典, 澤田賢治, 新誠一, 細川嵩, 運転状態の推定に基づく協調型縮退運転システム，第 4 回制御部門マルチシンポジウム，2017
- [15] 岸田貴光, 塚田健人, 澤田賢治, 新誠一, カルマン正準分解を用いた自律移動ロボットの無瞬断更新に関する研究，第 4 回制御部門マルチシンポジウム，2017
- [16] 秦康祐, 佐々木翼, 澤田賢治, 中井綱人, 山口晃由, 小林信博, プロセス制御システムのライフサイクルに基づいたホワイトリスト，SCIS2017, 2017
- [17] 市川幸宏, 細川嵩, 澤田賢治, 複数の機器の連携とプラントのライフサイクルを考慮した防御技術の検討，第 59 回自動制御連合講演会，2016

講演：

- [18] 制御システムのためのモデルベースセキュリティ技術，制御システムセキュリティカ

ンファレンス 2017, 2017/2/21

[19] Quantized control based on invariant set analysis, LAAS-CNRS SÉMINAIRE DE L'EQUIPE MAC, 2016/9/29

[20] 制御系セキュリティのためのモデルベース技術, 2016年5月高信頼制御通信研究会, 2016/5/13

著書: 1冊

[21] 川田 昌克, 東 俊一, 市原 裕之, 浦久保 孝光, 大塚 敏之, 甲斐 健也, 國松 禎明, 澤田 賢治, 永原 正章, 南 裕樹, 倒立振子で学ぶ制御工学, 森北出版, 2017

IV. 主な業績の詳細

本節では5つのプロジェクトの内, 「②-B) 制御プログラムの無瞬断更新技術」について述べる.

ロボットランサーは槍を装備した車型の自律移動ロボットである. コースラインを周回しながらコースの左右に設置された的を槍で突き稼いだ得点を競う. 更新前のコースを図4の左図に示し, 更新後のコースを図4の右図に示す.

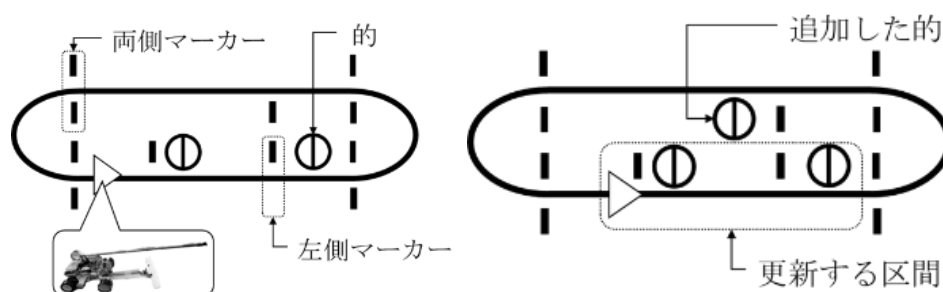


図4 コース

更新前では, 2つの左側マーカーの直後に的が設置されている. 図4の右図では, 走行中3つ目の左側マーカーの直後に的が置かれた状態を表している. ロボットランサーが追加された的を突くには, その的を突くためのプログラムを追加する必要がある. 本論文では, このプログラムの追加をロボットランサーの動きを止めずに行う. プログラムの追加するタイミングは, 図4の右図の更新する区間として点線で囲ってある部分内である. 具体的には1つ目のマーカーを認識する直前から2つ目の的を突くまでの区間である. 左マーカーを認識した際の処理を行うプログラムをペトリネットにモデル化した結果を図5に示す.

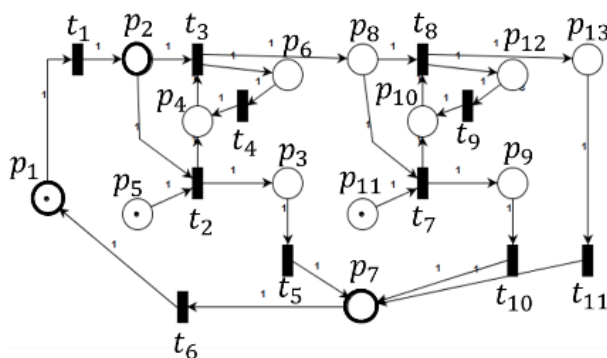


図5 ペトリネットモデル (更新前)

アクチュエータの動作やインジケータの状態を確認できるプレース p_1 , p_2 , p_7 を観測プレースとする. 発火系列を求めた結果よりトランジションの動作部分, 非動作部分に分類した結果を表 1 に示す. 表 1 より非動作部分に属する場合は更新を行っても, 動作に影響を与えないと考えることができる.

表 1: トランジションの分類

動作部分	非動作部分
$t_1, t_2, t_3, t_5, t_6, t_7, t_{10}$	t_4, t_9, t_{10}, t_{11}

このとき, 非動作部分に関してプログラムを更新しても, 「的に槍を当てる」というロボットランサーの動き自体には影響はない. これは制御システムの可制御性に基づくプログラム解析である. 詳細は割愛するが, 更新後のプログラムの可観測性に着目することで, 更新前後でのロボットランサーの動きに着目したプログラム更新可能性を解析できる.

V. 平成 29 年の方針と計画

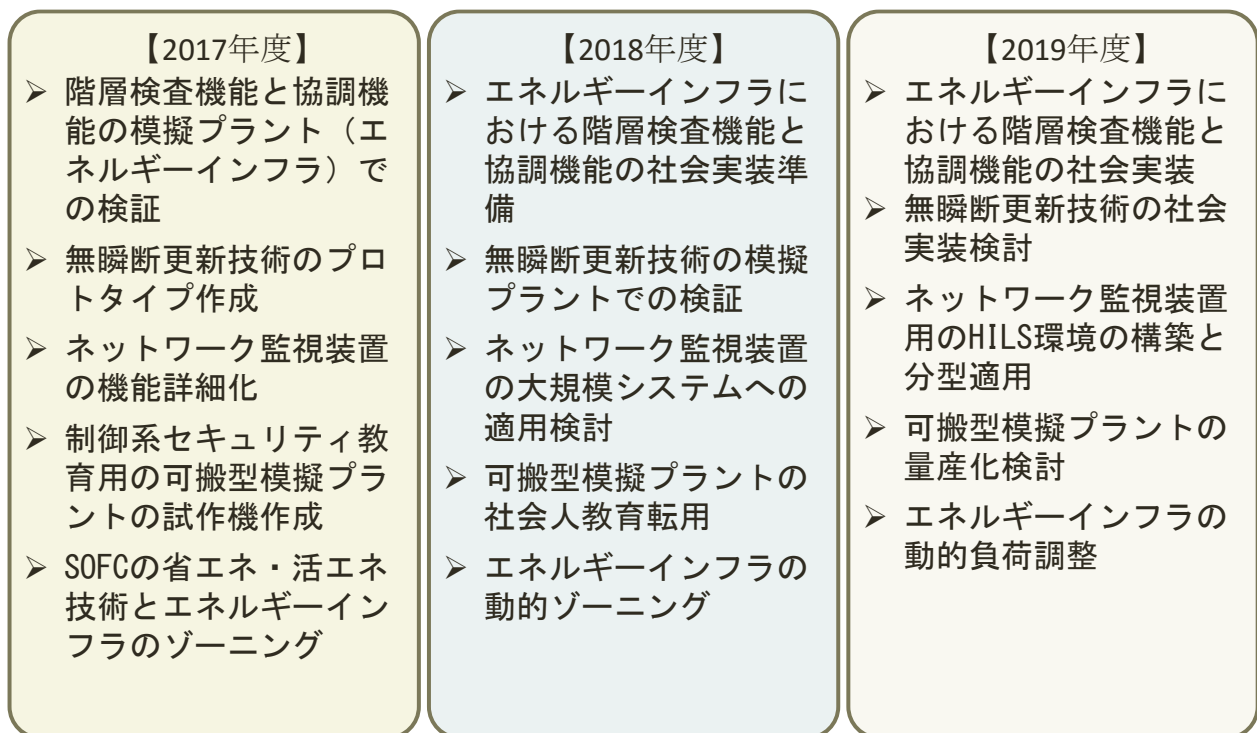


図7, 3年間のマイルストーン

図7において3年間のマイルストーンを示しているが、ここではH29年度の研究計画について述べる。

①分散協調技術：

A)制御システムにおけるホワイトリスト

社会実装に向けた実験検証のために、ガス模擬プラント上でのコントローラのホワイトリスト実装を実現する。

技術課題としては、フィールド機器の連続稼働プロセスのホワイトリスト化である。現在のホワイトリストは、フィールド機器の稼働状態をON/OFFプロセス(離散稼働プロセス)でしか認識していない。離散稼働プロセスでも十分な異常検知は可能であるが、適用先の拡大のためには、連続稼働プロセスの詳細監視も必須である。このとき、監視プロセスの詳細化とコントローラ上の監視負荷のトレードオフ性も考慮する必要がある。

B)制御システムにおける縮退運転システム

本研究はH29年以降はコントローラのホワイトリストに順次統合していく予定である。

C)制御システムの運転状態推定に基づくホワイトリスト切替

ホワイトリストの信頼性向上のために、ネットワーク監視装置に利用する情報を単一の機器情報から複数の機器情報に拡張する。

②システム更新技術：

プロトタイプシステムの作成を目指す。

A)モデル検査技術

大規模システムへのモデル検証を適用するために、大規模グラフに適用可能な Graphillion を利用したモデル検査技術について考慮していく。

B)制御プログラムの無瞬断更新技術

H28 年度は与えられたプログラムの更新可能性の確認しか行っていなかったもので、H29 年度は更新プログラムの設計に着目する。更新が難しいプログラムを更新可能とするために、どのようなプログラムモジュールを追加すれば可能なのかを模索していく。また、制御フローの解析に加えて、データフローの解析も行っていく。

VI. その他

- ・ 電気学会 Cyber Physical Systems Security 特別調査専門委員会（第 II 期） 委員
- ・ 技術研究組合制御システムセキュリティセンター 顧問
- ・ 電気学会電気システムセキュリティ特別技術委員会 1号委員
- ・ 公益財団法人日本適合性認定協会製品技術委員会 サイバーセキュリティ機器専門委員

横川慎二，市川晴久，曾我部東馬，澤田賢治，川喜田佑介；”再生可能エネルギー指向自律分散グリッドバーチャルグリッド”，日本信頼性学会誌，Vol.39，pp.8-15 (2017).

再生可能エネルギー指向自律分散グリッド

“バーチャルグリッド”

Renewable energy-oriented autonomous distributed grid

“VIRTUAL GRID”

横川 慎二 市川 晴久 曾我部 東馬

澤田 賢治 川喜田 佑介

Shinji YOKOGAWA Haruhisa ICHIKAWA Tomah SOGABE

Kenji SAWADA Yuusuke KAWAKITA

概要

本稿では，再生可能エネルギーに指向した自律分散型の電力網（グリッド）として我々が提案し，研究を進めている“バーチャルグリッド”の概要と関連研究の現状について解説する．将来の電力需要の変動予測と従来型の基幹グリッドが有する課題から，今後の経済発展が期待されるドメイン（領域）とその需要特性を考察し，産業競争力強化へのアプローチに基づいたグリッドの設計について議論する．バーチャルグリッドの技術確立により，ポータビリティとレジリエンス（回復力）をグリッドに付与し，急激な増加が予測されている新興国・途上国の無電化地域への給電や，災害発生時の迅速な復旧への貢献などを経て，世界の電力網を再生可能エネルギー指向に変革することを目指す．

1. はじめに

社会に重大な影響をもたらす地球温暖化を緩和するため，CO₂ 排出量を抑制した社会を構築することが，わが国のみでなく世界的な主要課題の一つとなっている．このような課題解決のためには，目的に向けた社会基盤の設計と，必要となる革新的な技術群とそれらの統合が重要である．

近代生活に不可欠な電力は，発電所や変電所などの大型設備を供給源とし，有線の架線網をもって必要な場所に供給する，集中管理を前提とした基幹グリッドシステムとして運営されている．これらを情報ネットワークで結ぶことにより，安定した電力の供給と効率的な利用を可能にするインテリジェンス

化されたグリッドが，いわゆるスマートグリッド構想である．この構想は1970年代から米国において提案されていたものであり，当時の脆弱なグリッドを，コンピュータ技術により低コストかつ安全に運用するものとして検討されていたものが原型である．現在では，エネルギーの利用効率を飛躍的に高める技術として期待され，わが国でも実証が進められ，新たな産業分野を育成する契機として期待されている．

一方，その基盤を従来型の基幹グリッドに置くことから，スマートグリッド構想には，①電力供給源の事故や不具合によってグリッド全体が同時に大きな影響を受ける，②ピークシフトを目的として導入された蓄電池などの電力プールは，電力供給の不具合に対する影響緩和には有効であるが，事態から回復する機能を有していない，③架線網が未整備となっ

ている新興国・途上国の地域などでは、まず架線網そのものの整備を行う必要があり、そのための大型の投資が必要となる、などの課題がある。これらの課題に対する検討はあまり多くなされていないが、これからのわが国の産業競争力を向上させる潜在力を有していると考えられる。

2. 今後の電力網における課題

今後の電力消費増加の主体は、すでに基幹グリッドシステムが構築完了された先進国ではなく、新興国・途上国になるものと予想される。この新興国・途上国群には、BoP層（Base of the Economic Pyramid層）¹⁾と呼ばれる、消費者、生産者、販売者およびその組み合わせの経済ドメインがある。一般に、一人当たり年間所得が2002年購買力平価で3,000ドル以下の階層であり、全世界人口の約7割である約40億人が属すると言われている層である。この経済ドメインの規模は、日本の実質国内総生産に相当するものであり、現地における独自の社会的課題の解決に資する技術開発とビジネスモデルが今後必要となると考えられている。

このBoPを対象とした電力需要は、個々の家庭における需要は小規模ではあるものの確実に増加することが予想され、無電化地域においてその必要性が高まる傾向にある。これは携帯電話、とくにスマートフォン²⁾の普及が進んだことにより無線情報網が先に形成され、そこに必要となる電力の供給需要が一気に高まったためである。現在、世界の無電化率は19%、無電化人口は1317百万人といわれている³⁾。今後2030年までの世界の電力消費を予測した結果³⁾からは、図1に示すように現在の電力需要からの増加分の大半はAsia Pacific地域の新興国・途上国分によって占められる。

この世界的な電力需要比率の変化より、BoP層に向けて設計され、普及するグリッドが、世界規模の観点からは将来のグリッドの主役となることが示唆される。また、長期使用に伴って老朽化が進む先進国のグリッドにおいても、BoP向けに立ち上がった技術が先進国における要求を満足するレベルまで進化すれば、いわゆる“イノベーションのジレンマ⁴⁾”によって、パラダイムシフトが起こる可能性すらある。その状況においてわが国が産業競争力を保持してゆくには、プラットフォームリーダーとなるための研究開発が不可欠であろう。

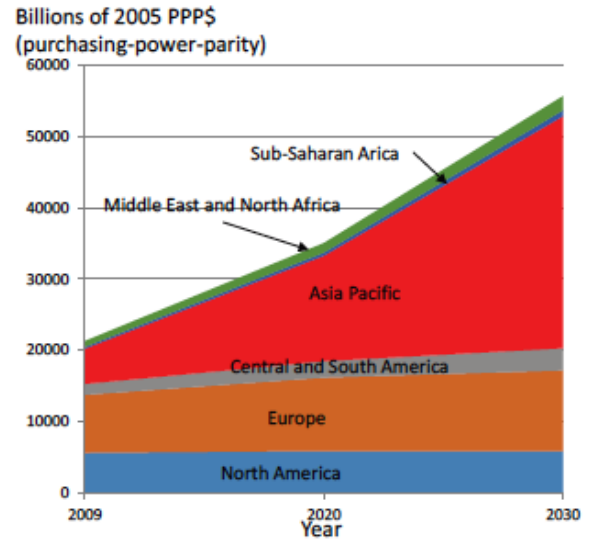


図1 電力ニーズの予測³⁾

また、わが国は世界有数の地震大国であり、阪神・淡路大震災や東日本大震災などの巨大地震において、既存の電力網が損なわれる事態に数多く直面してきた。いうまでもなく、災害発生時の迅速なライフライン確立は、被災者の生活の復旧、地域産業の迅速な回復のための喫緊の課題である。発生から半年を越えた熊本地震の経済損失は約2兆4千億～4兆6千億円と予想されており（日本経済新聞;2016/5/23）、このような経済損失と復旧のためのコストを低減する必要性も高い。

特に、被災者支援のための仮設住宅整備と運用は、高齢化によって長期化、高コスト化する傾向にあり、それらに同時に対応し得るシステム設計が重要である。図2は、東日本大震災に際して生じた宮城県の仮設住宅戸数および入居者数の推移を示したものである。入居戸数、入居人数は地震発生後1年でピークを迎えたあと、5年後の現在でもピーク時の約40%が退去出来ていないことがわかる。仮設住宅の入居可能期間は、原則として2年とされているが、阪神淡路大震災では完全退去まで5年を要し、東日本大震災では8年以上の期間が必要になると予測されている。これは、高齢により新規にローンを組んで住宅を購入するのが難しい被災者が増加したことなどが理由とされており、今後のわが国の高齢化問題と相まって、この傾向に拍車がかかるものと思われる。すなわち、今後発生する可能性のある災害に対して、数十万棟の建物被害をカバーする仮設住宅を設置し、その一部を8年以上の長期に渡って運用することが要求されることになる。

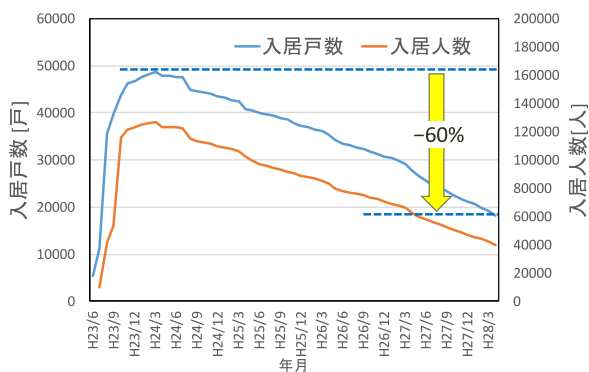


図2 東日本大震災に関する宮城県の仮設住宅戸数および入居者数の推移。宮城県発表資料より作成。

これら2つの課題に対し、無電化地域や、被災地に設置した仮設住宅に対して早急に電力網を形成し、安定かつ効率的な運用を行うことが必要となる。ところが、前者の無電化地域においては、前述のように大型の設備投資が必要となり、CO2排出量低減という上位の課題に反することとなる。後者の課題に対する解とされている、既存の有線電力網（オングリッド）に接続されることを前提とした HEMS (Home Energy Management System) や BEMS (Building Energy Management System) などの、いわゆるマイクログリッドは、災害発生の際には数日間の対応が可能であるが、大規模な震災によって家屋等が倒壊し、地理的、期間的に急激な電力要求が発生した際には、継続的に運用が難しい。新たな電力網を局所的に再構築し、適切な時期に再構成を繰り返してオングリッドに復帰させることが必要となる。

これに対して、システムを迅速かつ効率的に構成・再構成可能な能力を、自律分散型のシステムに対して付与することにより、ポータビリティとレジリエンスが付与された新しい電力インフラ技術を検討することが肝要である。

3. 次世代グリッドへの要求

レジリエンスは「復活力・回復力・堅牢性」などと訳され、心理学・精神医学の分野で提唱されている概念である⁹⁾。近年では工学や生物学にもその概念の適用範囲が拡張されている。その中でも、災害や大混乱からいち早く安定を取り戻すインフラシステムの必要要素としては、

- ① システムのモジュール化
- ② ネットワークの構成

- ③ オープンで汎用性の高いプロトコルによる連携
 - ④ 分散された構成要素に人工知能を吹き込むこと
 - ⑤ 人々に正しい情報と動機を与えること
- が必要とされている⁶⁾。

このレジリエンスを備えたシステムの構築には、超高効率な再生可能エネルギー技術や、革新的な蓄電池技術の発展を前提とし、それらの技術革新を吸収することを可能とするアーキテクチャが必要不可欠である。いいかえれば、モジュール単位で使用するデバイス、情報通信方式、人工知能をオープンなプロトコルでネットワーク化することによって、革新技術を吸収しながら既に存在するグリッドや電力システムと共存しつつ、自律的なグリッドを構築、統合、再構築することを可能とするインテグレーション技術によってこそ、個々の革新技術の早期かつ有効な実用化が達成される。この、個々の革新技術を統合する基盤が、集中管理型から自律分散型へと移行してゆく、エネルギー供給網の実現において、なくてはならないものである。

4. バーチャルグリッド構想

前述の課題を解決する手段として、容易に再構成可能で、基幹グリッドに依存せず、低資源、低コスト化を実現し、集中して急激に増減する電力需要に適切に対処しうる、電力供給のレジリエンス特性を向上させた新しいグリッド技術が必要となる。そこで我々は、太陽光発電 (PV ; Photovoltaics) などの発電デバイスとリチウムイオン二次電池 (LiB ; Lithium-ion Battery) などの蓄電デバイスに専用の無線通信・制御機能を付与してユニット化し、物理的ポータビリティと自在な接続による再構成を前提とする運用が可能な“バーチャルグリッド³⁾”を提案し、基本設計と必要な関連技術の研究開発を進めている。

図3に BoP での普及を前提としたバーチャルグリッドの概念図を示す。再生可能エネルギーを用いて充電した LiB を電力需要の発生する場所へ輸送する方式であり、送電線などの敷設は必要がない。使用済みの LiB は充電済みのものと回収・交換するという、液化石油ガスで用いられている方式に近い。ただし、安定して途切れることのない電力供給や、電池の安全性の確保のために、無線情報通信によって情報をグリッド化し、クラウドコンピューティングによる共有と自律分散的な制御を基盤とするシステムを確立することが不可欠となる。

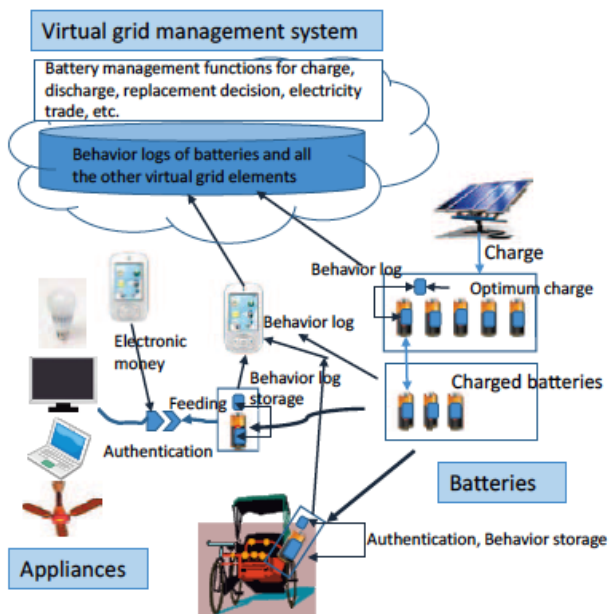


図3 バーチャルグリッドシステム概念図³⁾

また、このバーチャルグリッドを被災地に展開するときの概念図を図4に示す。災害の発生により発生した架線の寸断や変電施設の損傷によって、被災地区は基幹グリッドから切り離され、ライフラインの構築が急務となる。ところが、仮設住宅の用地の確保は容易ではなく、その結果、東日本大震災の実績では最小で5戸、最大で7,297戸という、規模が大きく異なる仮設住宅区が点在している状況となる⁷⁾。用地によっては、新規架線の敷設が困難な場所の可能性もある。そこで、ポータビリティを有するバーチャルグリッドシステムを運送し、被災地区にマイクログリッドを形成することによって、迅速に被災地区のバーチャルグリッドを形成することができる。同時に、設置地区の気象状況に対する発電量や、使用に伴うLiBの劣化などを予測し、必要とするモジュール数を見積りし直し、追加のモジュール輸送や、過剰となったモジュールの回収を行う自由度を付与することができる。このような場合においても、個々のユニットは無線情報通信によって監視、計画、実施されなければならない。すなわち、無線通信網で各モジュールの運用動向をモニターし、適切に再配置可能な機能を有するバーチャルグリッドシステムを、レジリエンスを発揮しうる機能を中心に開発することが重要である。

電線に頼らず分離・再構成が可能な電力網であるバーチャルグリッドにおいては、IoT技術を基盤として前章に示した要素を実現し、レジリエンスを発揮

することを想定している。すなわち、PVなどの発電デバイスとLiBなどの蓄電デバイスに通信制御モジュールを付与してシステムのモジュール化を実現し、携帯電話網や無線LAN環境など様々な無線通信網やUSBなどの有線接続を通じてネットワーク化を実現する。それらは従来技術で達成可能であるが、異なる通信網やプロトコルで運用されている個別のシステムを連携させ、オン・オフのグリッドを含めて再構成を可能とするためには、オープンで汎用性の高いプロトコルを開発・実装する必要がある。

また、十分な期間を通じて、安定して安全にバーチャルグリッドを運用させるためには、センシングによるモジュールの状態監視・認知機能、気象予測に基づく発電量予測、LiB容量の劣化による蓄電量予測などの技術に基づいて最適制御の機能を導入する必要がある。また、制御系セキュリティ技術によってインシデントへの対応を実装する必要がある。これらは、人工知能の機能に対応し、自律的かつ免疫機能を有したモジュールとして安全・安心な運用が可能となる。

バーチャルグリッドにおいては、使用環境・条件にともなってそれぞれ劣化が生じ、状態が異なるモジュールを再配置し、組み合わせで使用することが求められる。また、将来的にはHEMS、BEMSなどのオングリッド用発電・蓄電デバイスをシームレスにオフグリッド化して運用することが可能なバーチャルグリッド技術を確立してゆくことも必要である。その際には、異なる場所、使い方において使用され、それぞれ容量劣化など状態が初期より変化している蓄電池を使用して大きな省エネ効果を得るためには、安定性や安全性を担保する技術の確保が必須となる。

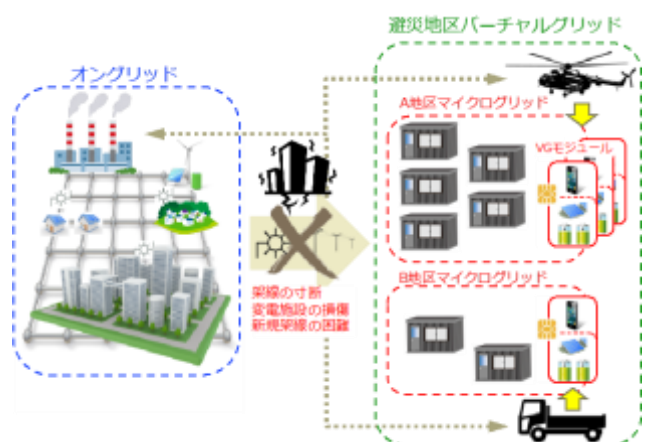


図4 災害時の仮設住宅に対するバーチャルグリッド形成概念図。

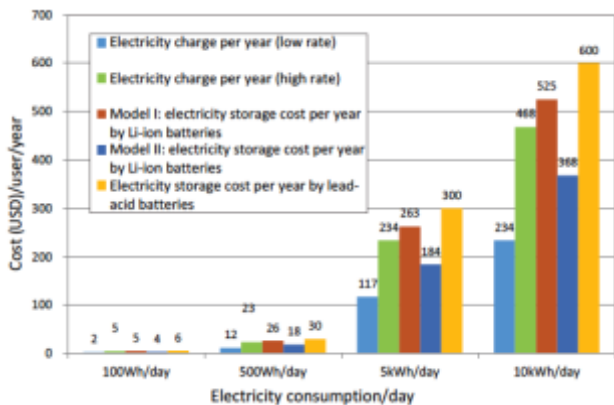


図5 電力消費量に対する蓄電コストと電力費の比較³⁾

このバーチャルグリッド技術の確立には、蓄電機能を果たす電池の価格が大きな問題となる。現在、1日の家庭の消費電力は10~25kWhといわれる。この消費電力は、商用電力における電気料金が約22円/kWhであることから、1日あたり220~550円のコストに相当する。現在一般に販売されている家庭用定置型LiBの本体価格は10~100万円/kWh程度と様々である⁸⁾。長周期変動調整用の系統用大容量LiBでは、2020年までに揚水発電のコストと同レベルの2万円/kWhまで下げることが目標とされており⁹⁾、それらの達成の見込みが示されていることから¹⁰⁾、家庭向け定置型LiBへの早期展開が期待される。なお、BOP展開を前提としたバーチャルグリッドにおいては、さらに低コスト化が進むことが必要となるが、2030年頃には揚水発電の半分程度までに達することも予想される。これらのコストの推移を考慮し、電力消費量に対する蓄電コストと電力費の比較をした結果を図5に示す。1日あたり100~10kWhの電力消費に対して、通常の給電並み、もしくはそれ以下のコストを、バーチャルグリッドで実現し得るものと予測される。

5. 技術課題と研究状況

バーチャルグリッドの実現のためには、自律分散性とレジリエンスの確保を目的として各種の研究開発が必要となる。以下に、我々が実施している関連研究の概要について紹介する。

5.1. 太陽光発電に関する課題と研究

再生可能エネルギーを利用可能な形に変換して取

り出す際には、変換効率の問題や安定性の課題を避けることが難しい。これに対して革新的な材料、デバイスの研究開発が国を中心に進められている。一方、喫緊の課題であるエネルギー問題については、エネルギー学のみでなく、量子物理、人工知能情報学などの分野横断型のエネルギーソリューションによるスマート化の検討も重要であり、特にBoPマーケットなどを前提としたバーチャルグリッドでは、異分野融合による革新技術が重要と考えられる。

特に、再生可能エネルギーを自律分散システムにおいて運用する際の最適化問題は、非線形混合整数プログラミング問題(NMIP)に分類され、いくつかの複雑かつ困難な問題がある。例えば、エネルギー生成と消費を予測するための、高度に信頼できる方法の確立が求められている。

この課題に対し、我々は気象数値モデルWRF(Weather Research and Forecasting)を用いた高解像度(格子間隔500mまで)の全球・局所域の気象情報計算によるエネルギー予測システムを構築し、エネルギーソリューションへの応用に関する実証実験に取り組んでいる(図6)。これまでに、ボルツマンマシンアルゴリズムをNMIPに適用した深層強化学習最適化手法を確立した¹¹⁾。これは、バーチャルグリッドユニットに欠くべからざる自律性と人工知能を付与するものである。

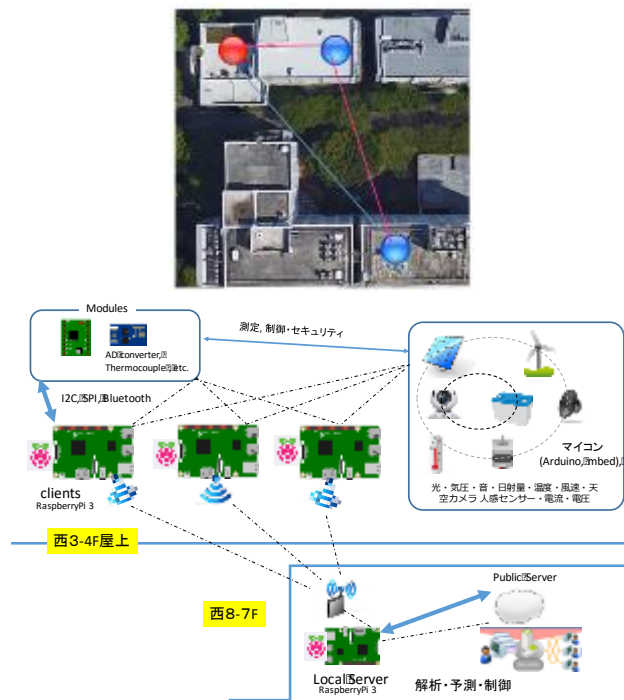


図6 自律分散検証システム i-REMS の概要。

5.2. 二次電池に関する課題と研究

バーチャルグリッドの実現において、高エネルギー密度を特徴とする LiB の活用は不可欠である。ところが現状の LiB には課題も多く、発煙・発火事故や、それに伴う負傷事故や火災の報告件数が増加している。また、最近話題となった新型スマートフォンにおける製品事故は、製品を開発・製造した企業に対しても多大な損害を及ぼすことを浮き彫りにした。

バーチャルグリッドの研究においては LiB の残容量に関する動的な予測と安全性の確保が主たる項目であり、累積の充放電容量や温度に対する実験的な検証¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾に加えて、市場における LiB の使用状況のデータなどを用いた残容量予測の研究が重要である。事故の未然防止策として事故に至る直前までの劣化予測を行うことを目的とし、市場事故から得られる支配的な故障モードに着目し、ユーザーの多様な用途に対応可能な劣化予測モデル(図7)の確立へ向けた研究を進めている。

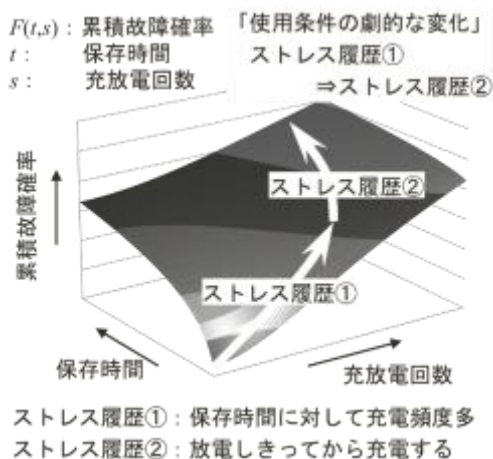


図7 実使用における LiB の寿命予測の概念図¹¹⁾

5.3. セキュリティに関する課題と研究

バーチャルグリッドに限らず、今後の IoT 基盤やエネルギーネットワークにおいて、セキュリティ技術の高度化が強く求められる。具体的には、クラウドコンピューティングの安全性を支える情報系セキュリティから、ハードウェアのネットワーク監視・自律分散制御の安全性を支える制御系セキュリティまで総合的な技術の組み込みが必須となる。

高エネルギー密度化が進む LiB を情報通信によって安全にネットワーク化するには、ネットワーク

化に起因したリスク考慮が必須である。その中には、ネットワークを介した LiB の不正操作や危険運用(サイバー攻撃)などのセキュリティ上のインシデントも含まれる。例えば、LiB には過充電を防止する安全機能が内蔵されるが、この機能の通常運用を妨げるインシデントが発生すると、発煙・発火、さらには火災や爆発などの事故が生じる可能性もある。言い換えると、サイバー攻撃の影響により LiB の充放電機能やデータ通信機能が制限されたとしても、安全機能の継続可動性を担保する必要がある。

バーチャルグリッドのポータビリティとレジリエンスに関わる以上の課題を解決するには、ハードウェアの制御に予め回避機能を組み込み信頼性・安全性を担保する制御系セキュリティの技術が必要不可欠となる。現在我々は、ネットワーク制御システムを対象に、信頼性安全性を高める制御系セキュリティ技術の一つとして”縮退運転機能”を研究開発している。本機能は制御システムへのサイバー攻撃の有無を推定し(オブザーバ機能)、システムの障害発生時には制御性能を制限したとしても安全な継続的稼働を保持する(ローカル制御)。図8に示すように、本機能はネットワーク側ではなくハードウェア側に実装され、コンピュータウィルス感染拡大や不正アクセス対策のためのネットワーク遮断機能(セレクト機能)も有している。すでに生産ラインを模した機械システムのネットワーク制御において縮退運転機能の有効性を実機実証している¹⁵⁾¹⁶⁾。今後、この技術のバーチャルグリッドへの展開を検討する。

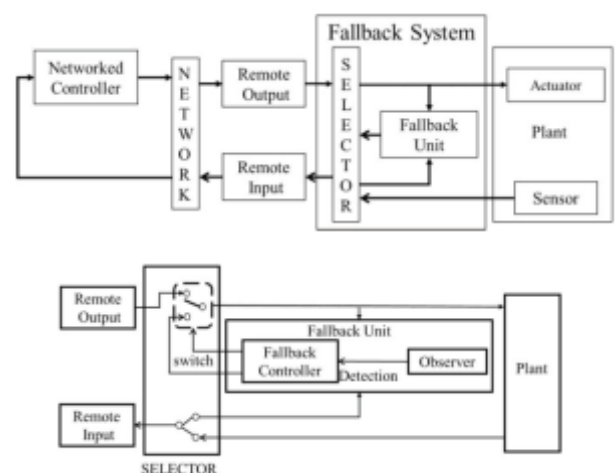


図8 縮退運転機能を有する制御システムの機能ブロック図¹⁵⁾(上:ネットワーク化された制御システムの例,下:縮退運転システム)

6. 終わりに

本稿では、再生可能エネルギーに指向した自律分散型の電力グリッドである、「バーチャルグリッド」の概要と関連研究の現状について概括した。

新興国・途上国における今後の急激な電力需要に対応可能であり、さらには大規模震災時や大型イベントの際に必要な柔軟な電力網構築の能力、レジリエンスを確保した技術を確立するためには、インフラに成長する過程を保証するアーキテクチャを確立することが肝要となる。新興国・途上国における電力需要の増加を念頭に研究、開発を進めているバーチャルグリッドは、成熟した既存の基幹グリッドとは異なる発展を経て、やがては先進国にも導入され、共存する可能性を秘めた技術と考えている。

今後、関連する研究を推進し、その成果を広く報告してゆく所存である。

参考文献

- 1) S. L. Hart: "Capitalism at the Crossroads –Aligning Business, Earth and Humanity," Perason Education, 2007.
- 2) IEA, "World energy outlook 2013 factsheet". Available: https://www.iea.org/media/files/WEO2013_factsheets.pdf
- 3) H. Ichikawa, A. Ahmed, H. Hanafusa, S. Yokogawa, Y. Kawakita, K. Sawada, H. Mikami, and N. Yoshikawa: "Virtual grid for renewable energy society," *Proceedings of 2015 IEEE Innovative Smart Grid Technologies – Asia*, pp. 1-7 (2015).
- 4) Clayton M. Christensen ; 玉田俊平太 (監) , 伊豆原弓 (訳) : 「増補改訂版イノベーションのジレンマ」, 翔泳社 (2001).
- 5) Erik Hollnagel, David D. Woods, and Nancy Leveson ; 北村正晴 (監訳) : 「レジリエンスエンジニアリング 概念と指針」, 日科技連出版社 (2012).
- 6) Andrew Zolli and Ann Marie Healy : 須川綾子 (訳) : 「レジリエンス 復活力」, ダイアモンド社 (2013).
- 7) 大水敏弘: 「実証・仮設住宅」, 学芸出版社 (2013).
- 8) 2016.11 現在, インターネット上の検索による (例えば, <http://standard-project.net/chikuden/kakaku.html> など) . 設置のための工事費用は含まない.
- 9) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構: "NEDO 二次電池技術開発ロードマップ 2013", (2013). [Online]. Available: <http://www.nedo.go.jp/content/100535728.pdf>.
- 10) J. Neubauer, K. Smith, E. Wood, and A. Pesaran, "Identifying and Overcoming Critical Barriers to Widespread Second Use of PEV Batteries, NREL Technical Report, NREL/TP-5400-63332, Feb. 2015. [Online] Available: <http://www.nrel.gov/docs/fy15osti/63332.pdf>
- 11) T. Sogabe, H. Ichikawa, K. Sakamoto, K. Yamaguchi, M. Sogabe, T. Sato, and Y. Suwa: "Optimization of Decentralized Renewable Energy System by Weather Forecasting and Deep Machine Learning Techniques," *Proceedings of 2016 IEEE Innovative Smart Grid Technologies – Asia, ThPM2T2.3* (2016), to be published.
- 12) 横川慎二: "リチウムイオン二次電池の充放電による容量劣化の予測に関する一考察", 2014 年度日本信頼性学会秋季シンポジウム予稿集, pp.37-40 (2014).
- 13) 横川慎二: "リチウムイオン二次電池の再利用における信頼性の課題", 日本品質管理学会第 107 回研究発表会発表要旨集, pp.79-82 (2015).
- 14) 横川慎二, 長野祐児: "リチウムイオン二次電池の劣化における充放電サイクルと待機時間の影響", 第 24 回日本信頼性学会春季信頼性シンポジウム発表報文集, pp.49-52 (2016).
- 15) T. Sasaki, K. Sawada, S. Shin, and S. Hosokawa: "Model Based Fallback Control for Networked Control System via Switched Lyapunov Function," *Proceedings of Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society 2015*, pp. 002000-002005 (2015).
- 16) K. Sawada, T. Sasaki, S. Shin, and S. Hosokawa: "A Fallback Control Study of Networked Control Systems for Cybersecurity," *Proceedings of the 10th Asian Control Conference 2015*, pp. 89-94 (2015).

3. 活動一覧

3.1. 外部発表(2015～2016)

論文	国際会議プロ シーディングス	学会 口頭発表	著書	国際会議 講演	国内会議 講演	その他講 演	解説
66	106	154	3	6	11	30	4

3.2. 知的財産権(2015～2016)

発明届出件数 13件

特許出願件数 14件

特許登録件数 16件

- ・蓄電池管理システム、蓄電池情報サーバ、充放電制御装置及び蓄電池 特願 2015-150389 2015/07/30 出願
- ・無線通信システム 特願 2016-086860 2016/04/25 出願
- ・測角装置 特願 2016-180212 2016/09/15 出願
- ・スマートエネルギーの最適化制御に適応した物理型深層強化学習人工知能の手法 2016/12/1 出願
- ・レーダ装置、目標形状推定方法及びプログラム 2016-023620 2016/02/10 出願
- ・マグネシウムの回収方法 特願 2016-01148 他

3.3. 主な教育

iPERC 関連のシンポジウム・セミナー等は以下の通りである。

2015.7 iPERC 開設記念シンポジウム

文部科学省 科学技術/学術政策局長、基調講演・科学技術国際交流センター 柘植氏、NEC 国尾氏、富士通 市村氏、横河電機伊東氏他

2015.11 日蘭共同サイバーセキュリティーカンファレンス(オランダ大使館・iPERC 主催)

経済産業省 情報セキュリティ政策室長、オランダ経済省、オランダ軍元参謀総長、JST、NICT、AIST 他

2016.2 電気通信協会 第16回コンテンツ・アプリケーション調査会

“エネルギーソリューションプラットフォームを目指す研究開発”

iPERC センター長 市川晴久教授

2016.6 UEC ASEAN Center Symposium

“Introduction of University of Electro-Communications (UEC) and Info-Powered

- Energy System Research Center (iPERC) iPERC センター長 市川晴久
- 2016.9 第1回 iPERC 主催講演会
「エネルギー需給と持続可能なエネルギーシステムの現状について」
講師: 東京大学 生産技術研究所 荻本和彦教授
- 2016.10 電通大産学官連携センター研究開発セミナー「クリーンテック・水素社会への挑戦」
「再生可能エネルギー・バーチャルグリッド」 iPERC センター長 市川晴久教授
- 2016.11 電通大・読売新聞共催連続市民講座
「再生可能エネルギーの蓄電だけで生活できるでしょうか」
iPERC センター長 市川晴久教授
- 2016.12 第42回日本データ通信協会 ICT セミナー
「IoT でつくる再生可能エネルギー・バーチャルグリッド」
iPERC センター長 市川晴久教授

3.4 表彰

1. 澤田賢治准教授が 2015 年度計測自動制御学会第 3 回制御部門マルチシンポジウム (MSCS2016) 部門大会技術賞を受賞。(2016.3.8) 「モデル予測制御を用いた半導体搬送スケジューリングの高速化」
2. 澤田賢治准教授が FA 財団論文賞を受賞。(2015.12.11) 「状態空間表現による自律無人搬送台車のタスク割当てと経路計画の同時最適化」
3. 本城和彦教授が 電子情報通信学会招待論文賞を受賞。(2016.9.21) 「マイクロ波電力増幅器の統一的設計理論」

3.5 広報・報道発表等

iPERC に関する主な広報・報道発表は以下の通りである。

- 2015.7.24 日刊興行新聞 一面 「産学官連携で仮想電力網」
市川晴久教授インタビュー
- 2015.11.16 日刊興行新聞 主張 「プラットフォーム形成を」
市川晴久教授インタビュー
- 2016.11.19 読売新聞(多摩版) 朝刊 「高性能蓄電池 地球を救う」
市川晴久教授インタビュー

4. 外部発表リスト 平成 27~28 年度(2015~2017.3)

4.1. 【一般論文】

2016~2017

1. Masaya Tanbo, Ryoma Nojiri, Yuusuke Kawakita and Haruhisa Ichikawa , “Active RFID Attached Object Clustering Method with New Evaluation Criterion for Finding Lost Objects” , Hindawi Mobile Information Systems 2017
2. 田村健太, 澤田賢治, 新誠一 “自動車の前後制動力配分のシミュレーションモデルベース最適化” システム制御情報学会論文集 30/ 10 2017
3. Yuma Murata, Rempei Nakayama, Fumihiko Ichihara, Hiroshi Ono, Cheow-Keong Choo, and Katsumi Tanaka “Effects of nitrogen substitution in amorphous carbon films on electronic structure and surface reactivity studied with x-ray and ultra-violet photoelectron spectroscopies” Journal of Applied Physics 121, 2017
4. Hiroshi Okajima, Kenji Sawada, Nobutomo Matsunaga, “Dynamic Quantizer Design under Communication Rate Constraints” ,IEEE Transactions on Automatic Control 61/ 12 2016
5. G.Linares, E.Lopez, I.Ramiro, A.Datas, E.Antolin, Y.Shoji, T.Sogabe, Y.Okada, A.Marti,and A.Luque 'Voltage limitation analysis in strain-balanced InAs/GaAsN quantum dot solar cells applied to the intermediate band concept, Sol.Energ.Mat. Sol 132,178 2016
6. Chao-Yu Hung, Tomah Sogabe, Naoya Miyashita, and Yoshitaka Okada, “Growth of ErAs nanodots by molecular beam epitaxy for application to tunneling junctions in multijunction solar cells” , Japanese Journal of Applied Physics, 55, 021201,2016
7. E. López, A. Datas, I. Ramiro, P.G. Linares, E. Antolín, I. Artacho, A. Martí, A. Luque, Y. Shoji, T. Sogabe, A. Ogura, Y. Okada, ”Demonstration of the operation principles of Intermediate Band Solar Cells at room temperature, Sol. Energ. Mat. Sol. Solar Energy Materials and Solar Cells, 149, 15,2016,
8. T.Sogabe, H.Ichikawa, K.Sakamoto, K.Yamaguchi, M.Sogabe, Y.Suwa, T.Sato , ”Optimization of decentralized renewable energy system by weather forecasting and deep machine learning techniques”, IEEE Innovative Smart Grid Technologies – Asia (ISGT-Asia, 2016) DOI: 10.1109/ISGT-Asia.2016.7796524 2016
9. 山崎, 横川, 鈴木; "トラブル予測表を用いた故障モード予測方法と信頼性・安全性の作りこみ評価指標の提案", 日本信頼性学会誌 Vol.38,No.4, pp.271-283, 2016
10. S. Yokogawa; “A simulation study for lifetime distribution of time-dependent dielectric breakdown in middle-of-line affected by global and local space variations”, Japanese Journal of Applied Physics, Vol.55, 06JF02-1-6 2016

11. Toshiki Manaka, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, “Experimental Study on Embedded Object Imaging Method with Range Point Suppression of CreepingWave for UWB Radars” *IEICE Trans. Electron* E99-C/ 1 2016
12. T. Sogabe, Q. Shen and K. Yamaguchi “Recent Progress on Quantum Dot Solar Cells: a review” *J. Photonics for Energy* pp.040901 1-27 2016
13. K. Sameshima, T. Sano and K. Yamaguchi “Self-Formation of Ultrahigh-Density (1012 cm⁻²) InAs Quantum Dots on InAsSb/GaAs(001) and Their Photoluminescence Properties” *Appl. Phys. Express* 9, pp.075501 1-4 2016
14. Yuta Sasaki, Fang Shang, Shouhei Kidera, Tetsuo Kirimoto, Kenshi Saho and Toru Sato, “Three-dimensional Imaging Method Incorporating Range Points Migration and Doppler Velocity Estimation for UWB Millimeter-wave Radar ” *IEEE GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING LETTERS*, vol/ no, x-x 2017
15. Takayuki Masuo, Fang Shang, Shouhei Kidera, Tetsuo Kirimoto Hiroshi SAKAMAKI and Nobuhiro SUZUKI, “Parametric Wind Velocity Vector Estimation Method for Single Doppler LIDAR Model” *IEICE Trans. Commun.*, E99-C/ x, x-x 2016
16. Kouji Kitagawa, Kiminao Kogiso “Dynamic control of proclivity toward selling electricity using persuasive dialogue system ” *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration* 264-270 2016/12/01
17. Murugan Vigneshwaran, Takeshi Ohta, Satoshi Iikubo, Gaurav Kapil, Teresa S. Ripolles, Yuhei Ogomi, Tingli Ma, Shyam S. Pandey, Qing Shen, Taro Toyoda, Kenji Yoshino, Takashi Minemoto, and Shuzi Hayase “ Facile Synthesis and Characterization of Sulfur Doped Low Bandgap Bismuth Based Perovskites by Soluble Precursor Route” *Chemistry of Materials* 28/ 18, 6436-6440 2016
18. Taro Toyoda*, Witoon Yindeesuk, Keita Kamiyama, Shuzi Hayase, and Qing Shen* “Adsorption and Electronic Structure of CdSe Quantum Dots on Single Crystal ZnO: A Basic Study of Quantum Dot-Sensitization System” *The Journal of Physical Chemistry C* 120, 16367-16376 2016
19. Yaohong Zhang, Zhiguo Yi*, Guohua Wu*, Qing Shen* “Novel Y doped BiVO₄ thin film electrodes for enhanced photoelectric and photocatalytic performance” *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* 327, 25-32 2016
20. Koki Sato, Keita Ono, Takuya Izuishi, Shota Kuwahara, Kenji Katayama**, Taro Toyoda, Shuzi Hayase and Qing Shen* “The effect of CdS on the charge separation and recombination dynamics in PbS/CdS double-layered quantum dot sensitized solar cells” *chemical physics* 2016
21. Shuang Jiao, Jin Wang, Qing Shen, Yan Li and Xinhua Zhong “Surface engineering of PbS quantum dot sensitized solar cells with a conversion efficiency exceeding

- 7%” *J. Mater. Chem. A* 4, 7214-7221 2016
22. Jin Wang, Yan Li, Qing Shen, Takuya Izuishi, Zhenxiao Pan, Ke Zhao and Xinhua ZhongZhong, and Li-Jun Wan “Mn doped quantum dots sensitized solar cells with power conversion efficiency exceeding 9%” *J. Mater. Chem. A* 4, 877-886 2016
 23. Jun Du, Zhonglin Du, Jin-Song Hu, Zhenxiao Pan, Qing Shen, Jiankun Sun, Donghui Long, Hui Dong, Litao Sun, Xinhua Zhong, and Li-Jun Wan “Zn–Cu–In–Se Quantum Dot Solar Cells with a Certified Power Conversion Efficiency of 11.6%” *J. Am. Chem. Soc.* 138, 4201- 4209 2016
 24. Guohua Wu, Ryuji Kanekoa, Yaohong Zhangb, Yoshinao Shinozakia, Kosuke Sugawaa,Ashraful Islamc, Liyuan Hanc, Idriss Bedjad, Ravindra Kumar Guptad, Qing Shen,Joe Otsukia “Neutral and anionic tetrazole-based ligands in designing novel ruthenium dyes for dye-sensitized solar cells” *J. Power Sources* 307/ 18, 416-425 2016
 25. Kenji Yoshino, Akiko Ide, Akiko Mochihara, Yuhei Ogomi, Qing Shen, Taro Toyoda, Shuzi Hayase “Low-Temperature Growth of Porous and Dense ZnO Films for Perovskite Solar Cells on ITO Substrate” *Chemistry Letters* 45, 176-178 2016
 26. Taro Toyoda*, Witoon Yindeesuk, Keita Kamiyama, Kenji Katayama, Hisayoshi Kobayashi, Shuzi Hayase, and Qing Shen* “The Electronic Structure and Photoinduced Electron Transfer Rate of CdSe Quantum Dots on Single Crystal Rutile TiO₂: Dependence on the Crystal Orientation of the Substrate” *J. Phys. Chem. C* 120, 2047-2057 2016
 27. Masahiro Moriya*, Daisuke Hirotsu, Tsuyoshi Ohta, Yuhei Ogomi, Qing Shen*, Teresa S. Ripolles, Kenji Yoshino, Taro Toyoda, Takashi Minemoto, and Shuzi Hayase*Minemoto, and Shuzi Hayase “Architecture of the Interface between the Perovskite and Hole-Transport Layers in Perovskite Solar Cells” *ChemSusChem* 9/ 18, 2634-2639 2016
 28. Kikon Kakua, Kohji Higuchi, Kamon Jirasereeamornkul “Design of Digital Robust Controller for a Class-D Amplifier Using A2DOF ” *Procedia Computer Science* 86, 140-143 2016
- 2015
29. Nitish Rajoria, Yuki Igarashi, Jin Mitsugi, Yuusuke Kawakita and Haruhisa Ichikawa “Comparative Analysis on Channel Allocation Schemes in Multiple Subcarrier Passive Communication System” *IEICE Trans. On Commun.* E98-B/ 09, 1777-1784 2015
 30. 藤原寛, 佐藤学, 川喜田佑介, 市川晴久 “ブラインドスペクトルセンシングのための広帯域信号の中心周波数検出手法” *電子情報通信学会論文誌 (通信)* J98-B/ 7, 717-

31. Ken Takahashi, Kenji Inoue, Yuusuke Kawakita, Jin Mitsugi, Haruhisa Ichikawa
“A Method to Assign Spread Codes Based on Passive RFID Communication for Energy Harvesting Wireless Sensors Using Spread Spectrum Transmission” *EAI Endorsed Transactions on Ambient Systems* 2/ 6, e5:1-e5:4 2015
32. R. Nakamura, K. Sawada, S. Shin, K. Kumagai and H. Yoneda “Model reformulation for conflict-free routing problems using Petri Net and Deterministic Finite Automaton” *Artificial Life and Robotics* 20/ 3, 262-269 2015
33. 藤田貴大, 澤田賢治, 小木曾公尚, 新誠一 “RSA 公開鍵暗号を用いたネットワーク制御系のセキュリティ強化” *計測自動制御学会論文集* 51/ 09, 655-650 2015
34. Sogabe, Tomah, Ogura, Akio, Ohba, Mitsuyoshi, Okada, Yoshitaka “Self-consistent electrical parameter extraction from bias dependent spectral response measurements of III-V multi-junction solar cells ” *PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS* 23/ 1, 37-48 2015
35. Datas, E. López, I. Ramiro, E. Antolín, A. Martí, A. Luque, R. Tamaki, Y. Shoji, T. Sogabe, and Y. Okada “Intermediate Band Solar Cell with Extreme Broadband Spectrum Quantum Efficiency”, *Phys. Rev. Lett.* 114, 157701,2015,
36. G. Linares, E. López, I. Ramiro, A. Datas, E. Antolín, Y. Shoji, T. Sogabe, Y. Okada, A. Martí, and A. Luque: “Voltage limitation analysis in strain-balanced InAs/GaAsN quantum dot solar cells applied to the intermediate band concept”, *Sol. Energ. Mat. Sol.* 132, 178,2015,
37. S. Yokogawa: “Statistical characteristics of lifetime distribution based on the defect clustering for time-dependent dielectric breakdown in middle- and back-end-of-line”, *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 54, 05EC02-1-05EC2-10 2015
38. H. Ichikawa, A. Ahmed, H. Hanafusa, S. Yokogawa, Y. Kawakita, K. Sawada, H. Mikami, N. Yoshikawa, “Virtual grid for renewable energy society,” *Proceedings of 2015 IEEE Innovative Smart Grid Technologies – Asia*, pp. 1-7, 2015.
39. Shouhei Ohno, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto “Supervised SOM Based ATR Method with Circular Polarization Basis of Full Polarimetric Data” *IEICE Trans. Commun* E98-B/ 12, in press- 2015
40. Takuya Niimi, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto “Dielectric Constant and Boundary Extraction Method for Double-layered Dielectric Object for UWB Radars” *IEICE Trans. Electron.* E98-C/ 12, in press- 2015
41. Ryo Oyama, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto “Accurate Coherent Change Detection Method Based on Pauli Decomposition for Fully Polarimetric SAR Imagery” *IEICE Trans. Commun.* in Press 2015

42. 井上泰平, 石川亮, 斉藤昭, 本城和彦 “5.8GHz 帯可変焦点型ガウシアンビームアレイアンテナの簡素化” 電子情報通信学会和文論文誌 B J98-B/ 09, 906-913 2015
43. Kohei Hasegawa, Akira Saitou, Ryo Ishikawa, Kazuhiko Honjo “Digital Spatial Modulation using Dual Scatterers Embedded with Switches for Wireless Power Transmission Applications” IEICE Transactions on Electronics E98-C/ 7, 709-715 2015
44. Duy Manh Luong, Yoichiro Takayama, Ryo Ishikawa and Kazuhiko Honjo “Power Gain Performance Enhancement of Independently Biased HBT Cascode Chip” Japanese Journal of Applied Physics Vol. 54/ 04DF11, 1-8 2015
45. Shintaro Watanabe, Yoichiro Takayama, Ryo Ishikawa, and Kazuhiko Honjo “A Miniature Broadband Doherty Power Amplifier With a Series-Connected Load” IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques 63/ 2, 572-579 2015
46. H. Yamashita, N. Kawamoto, Y. Ogawa and K. Yamaguchi “Fabrication of GaAs/AlAs Micro-Pillar Cavities Including Low-Density InAs Quantum Dots and Their Photoluminescence Properties” Jpn. J. Appl. Phys 54, pp.06FH03 1-4 2015
47. 浦邊研太郎, 内藤諒, 小木曾公尚 “McKibben 型空気圧ゴム人工筋モデルの妥当性” 計測自動制御学会論文集 51/ 4, 267-273 2015
48. 藤田貴大, 小木曾公尚 “ElGamal 暗号を用いた制御器の暗号化” 計測自動制御学会論文 51/ 9, 661-666 2015
49. Qing Shen, Kenji Katayama, Taro Toyoda “Characterization of hot carrier cooling and multiple exciton generation dynamics in PbS QDs using an improved transient grating technique” J. Energy Chem 119 2015
50. Junwei Yang, Jin Wang, Ke Zhao, Takuya Izuishi, Yan Li, Qing Shen*, and Xinhua Zhong* “CdSeTe/CdS Type-I Core/Shell Quantum Dot Sensitized Solar Cells with Efficiency over 9%” J. Phys. Chem. C 119, 28800- 28808 2015
51. Qing Shen,* Yuhei Ogomi, Jin Chang, Taro Toyoda, Kosei Fujiwara, Kenji Yoshino, Koki Sato, Kouhei Yamazaki, Masaya Akimoto, Yuki Kuga, Kenji Katayama, and Shuzi Hayase* “Optical Absorption, Charge Separation and Recombination Dynamics in Sn/Pb Cocktail Perovskite Solar Cells and Their Relationships to Photovoltaic Performances” J. Mater. Chem. A 3, 9308-9316 2015
52. Jin Chang,* Yuki Kuga, Iván Mora-Seró, Taro Toyoda, Yuhei Ogomi, Shuzi Hayase, Juan Bisquert, and Qing Shen* “High Reduction of Interfacial Charge Recombination in Colloidal Quantum Dot Solar Cells by Metal Oxide Surface Passivation” Nanoscale 7, 5446-5456 2015
53. Shuang Jiao, Qing Shen, Iván Mora-Seró, Jin Wang, Zhenxiao Pan, Ke Zhao, Yuki Kuga, Xinhua Zhong, and Juan Bisquert “Band Engineering in Core/Shell ZnTe/CdSe

- for Photovoltage and Efficiency Enhancement in Exciplex Quantum Dot Sensitized Solar Cells” *ACS Nano* 9, 908-915 2015
54. Vigneshwaran Murugan*, Yuhei Ogomi, Shyam S. Pandey, Taro Toyoda, Qing Shen and Shuzi Hayase “Effects of different chloride precursors on crystal growth of lead halide perovskites” *Appl. Phys. Express* 8, 125501- 2015
 55. Taro Toyoda, Witoon Yindeesuk, Keita Kamiyama, Kenji Katayama, Hisayoshi Kobayashi, Shuzi Hayase, and Qing Shen “The Electronic Structure and Photoinduced Electron Transfer Rate of CdSe Quantum Dots on Single Crystal Rutile TiO₂: Dependence on the Crystal Orientation of the Substrate” *J. Phys. Chem. C* 120, 2047- 2057 2015
 56. Masaya Akimoto, Taro Toyoda, Tsuyoshi Okuno, Shuji Hayase, Qing Shen “Effect of defects in TiO₂ nanotube thin film on the photovoltaic properties of quantum dot-sensitized solar cells” *Thin Solid Films* 590, 90-97 2015
 57. Jin Chang, Takuya Oshima, Sojiro Hachiya, Kouki Sato, Taro Toyoda, Kenji Katayama, Shuzi Hayase, Qing Shen “Uncovering the charge transfer and recombination mechanism in ZnS-coated PbS quantum dot sensitized solar cells” *Solar Energy* 122, 307-313 2015
 58. Taro Toyoda, Witoon Yindeesuk, Tsuyoshi Okuno, Masaya Akimoto, Keita Kamiyama, Shuzi Hayase and Qing Shen “Electronic structures of two types of TiO₂ electrodes: inverse opal and nanoparticulate cases” *RSC Adv* 5, 49623-49632 2015
 59. Keita Omata, Shota Kuwahara, Ryo Hosokawa, Taisei Nishimura, Qing Shen, Taro Toyoda, Kenji Katayama “Blocking Effect for Carrier Transfer to Triiodide in Alkyl-Functionalized Dyes in Dye-Sensitized Solar Cell” *Bulletin of the Chemical Society of Japan* 88, 1308-1313-1313 2015
 60. Keita Omata a, Shota Kuwahara *a, Kenji Katayama *a, Shen Qing b, Taro Toyoda b, Kun-Mu Lee c and Chun-Guey Wu “The cause for the low efficiency of dye sensitized solar cells with a combination of ruthenium dyes and cobalt redox” *Phys. Chem. Chem. Phys.* 17, 10170-10175 2015
 61. Jin Wang, Yan Li, Qing Shen, Takuya Izuishi, Zhenxiao Pan, Ke Zhao and Xinhua Zhong “Mn doped quantum dots sensitized solar cells with power conversion efficiency exceeding 9%” *J. Mater. Chem. A* 4, 877-886 2015
 62. Suriya Soisang¹, Kamon Jirasereemomkul¹, Winai Jaikla and Kohji Higuchi “Voltage – Mode Multifunctional Biquadratic Filter Using VDDDA” *Applied Mechanics and Materials* 781, 155-159 2015
 63. Takehiro Suzuki¹, Kohji Higuchi¹, and Kamon “Design of A2DOF Controller with Smith Predictor for LLC Current-Resonant DC-DC

- Converters” Jirasereeamornkul Applied Mechanics and Materials 781, 422-426 2015
64. Navapadol Kittiamornkul, Kamon Jirasereeamornkul, Supaporn Kiattisin, Kosin Chamnongthai, Kohji Higuchi “The Electric Field Distribution of a Hybrid Rectangular and Circular Waveguide Resonator for use in Granular Material Dielectric Measurements” IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials 135, 1-12 2015
65. Ekkaravarodome Chainarin ,Jirasereeamorn Kamon, Higuchi Kohji “Analysis and Design of DC-Side Symmetrical Class-D ZCS Rectifier as PFC for Lighting Applications” The Journal of Power Electronics 15/ 3, 621-633 2015
66. Naoaki Niizuma, Kazushi Nakano, Tetsuro Funato, Kohji Higuchi “Group motion control of multi-agent systems with obstacle avoidance:Column formation under input constraints” Artificial Life and Robotics 20, 70-77 2015

4.2. 【国際会議プロシーディングス】

2016～2017

1. Nitish Rajoria, Hiromu Kamei, Jin Mitsugi, Yuusuke Kawakita and Haruhisa Ichikawa “Multi-Carrier Backscatter Communication System for Concurrent Wireless and Batteryless Sensing” Proc. WiSPNET2017, 2017
2. Yohei Nakano, Tatsuki Fujiwara, Jin Mitsugi, Yuusuke Kawakita, Haruhisa Ichikawa, “Influence by Zone Partition on Large-scale Structure Monitoring Using Wireless and Battery-less Sensors” Proc. IWSSS2016, 2016
3. Masato Miyazawa, Jin Mitsugi, Yuusuke Kawakita, Haruhisa Ichikawa “Monopulse Switching to Cancel Phase Offset in Array Antenna Comprising Multiple COTS SDRs” Proc. IEEE RFID-TA 2016, 2016
4. Hirotaka Suzuki, Yuusuke Kawakita, Haruhisa Ichikawa “Remote Implementation of GNU Radio-based SDR Development Environment” Proc. APCC 2016, 2016
5. Yuta Ueda, Kenji Sawada, Seiichi Shin “Control of self-organizing robots with switching role: Addition of robots in the multi columns formation moving” AROB 22th 2017, 2017
6. Tsubasa Sasaki, Akinori Mochizuki, Kenji Sawada, Seiichi Shin, Shu Hosokawa “Model Based Incident Detection via Field Network Information” AROB 22th 2017,2017
7. Akinori Mochizuki, Kenji Sawada, Seiichi Shin, Shu Hosokawa “Model-based security incident analysis for control systems via Petri net” AROB 22th 2017, 2017
8. T. Sasaki, K. Tsukada, K. Sawada, S. Shin and S. Hosokawa “Rule Based Fallback

- Control System via Kalman Decomposition” ISA PCS, 2016
9. K. Ishikawa, K. Nagasawa, K. Kogiso, and K. Sawada “Experimental validation of encrypted controller implemented on Raspberry Pi” IEEE International Conference on Cyber-Physical Systems, Networks, and Applications, 2016
 10. Kenta Tamura, Kenji Sawada, Seiichi Shin “Brake force distribution optimization using simultaneous perturbation stochastic approximation” SICE Annual Conference, 2016
 11. Yukari Mochizuki, Kenji Sawada, Seiichi Shin “Multiple Agents Maze Exploration with Deadlock Avoidance” SICE Annual Conference ,2016
 12. Kento Tsukada, Kenji Sawada, Seiichi Shin “A Toolchain on Model Checking SPIN via Kalman Decomposition for Control Systems Software” 2016 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE), 2016
 13. Kenji Sawada, Ryosuke Nakamura and Seiichi Shin “Model Predictive Control for Dispatching and Conflict-free Routing Problems based on Model Reformulation” SICE International Conference on Control Systems, 2016
 14. Kentaro Miyamoto, Kenji Sawada, Seiichi Shin “Hybrid vehicles design based on simultaneous perturbation optimization” AROB 21th 2016, 2016
 15. Yuta Ueda, Kenji Sawada, Seiichi Shin “Control of self-organizing robots with switching role: Multi columns formation moving” AROB 21th 2016, 2016
 16. A.Ogura, M. Mori, K.Yoshida, T. Sogabe, and Y. Okada, “Device simulation of thin-film intermediate-band solar cell using drift-diffusion model and FDTD method (oral)”, SPIE Photonics West OPTO 2016,
 17. B. Mae. Yu Jeco , T. Sogabe, A.Ogura , N. Miyashita, R.Tamaki, Y. Okada, Laser beam induced current (LBIC) mapping of InGaP/GaAs/Ge triple junction solar cells with luminescence coupling, 43rd IEEE Photovoltaics Specialists Conference, 2016.6,
 18. Tomah Sogabe, (Invited)”Epitaxial lift off (ELO) thin film InAs/GaAs quantum dot solar cell: current status and strategies toward 30% efficiency”, 2016 EMN Prague Meeting , 2016.
 19. Tomah Sogabe, (Invited)Investigation of Hot Carrier Transportation Dynamics in InAs/GaAs Quantum Dot Solar Cell, High Efficiency Materials for Photovoltaics workshop, 2016.
 20. T.Sogabe, K. Nii, K.Sakamoto, K.Yamaguchi, Y.Okada, Investigation of Hot Carrier Transportation Dynamics in InAs/GaAs Quantum Dot Solar Cell, PVSEC-26 Singapore, 2016.
 21. Bernice Mae Yu Jeco, T.Sogabe, Y.Okada, Spatial Distribution of Temperature

- Dependent luminescence coupling Current in InGaP/GaAs/Ge Triple Junction Solar Cells, PVSEC-26 Singapore, 2016.
22. K. Nii, Y. Minami, K. Sakamoto, T. Sogabe, K. Yamaguchi, "Photoluminescence and Photovoltaic Properties of Ultrahigh Density InAs Quantum Dots on InAsSb/GaAs(001)", The 26th Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-26), 2016.10.24-28, Singapore, 2016
 23. T.Sogabe, H. Ichikawa, S. Katsuyoshi, Y. Koichi, M. Sogabe, T. Sato, Y. Suwa, Optimization of Decentralized Renewable Energy System by Weather Forecasting and Deep Machine Learning Techniques, IEEE PES-ISGT-2016 Asian Conference, 2016.
 24. Akira Saitou, Ryo Ishikawa, and Kazuhiko Honjo "Four-value Multiplexing Orbital Angular Momentum Communication Scheme Using Loop Antenna Arrays" The Proceedings of 2016 Asia Pacific Microwave Conference, 2016
 25. Jun Enomoto, Haruka Nishizawa, Ryo Ishikawa, Yoichiro Takayama, and Kazuhiko Honjo "Parallel Combination of High-Efficiency Amplifiers with Spurious Rejection for Concurrent Multiband Operation" Proceedings of 46th European Microwave Conference, 2016
 26. Hiroshi Mizutani, Ryo Ishikawa, and Kazuhiko Honjo "GaN SPST MMIC Switches Based on HPF/LPF Switching Concept for High Power Applications" Proceedings of 46th European Microwave Conference, 2016
 27. Akira Moro, Fang Shang, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, "Noise Robust Time of Arrival Estimation Method Using Hierarchical Bayesian Based Compressed Sensing Algorithm," 2016 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2016), 2016
 28. Taro Matsuo, Guanghao Sun, Shouhei Kidera, Tetsuo Kirimoto, Hiroshi Sakamaki and Teruyuki Hara, "Acceleration for Wind Velocity Vector Estimation by Neural Network for Single Doppler LIDAR," 2016 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2016), 2016
 29. Taichi Nakamura, Fang Shang, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, "Height Estimation Based Image Compensation Method for Layover Distorted CSAR Image," 2016 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2016), 2016
 30. Shouhei Kidera, Yuta Sasaki, Shang Fang, Tetsuo Kirimoto, Kenshi Saho and Toru Sato, "Accuracy Enhanced RPM Method Using DopplerBased Range Points Clustering for 140GHz BandUWB Radar," 2016 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2016), 2016

31. Fuki Endo and Shouhei Kidera, "Accuracy Enhanced Beamforming Method Based on Envelope Surface Extraction for Non-contact UWB Breast Cancer Radar," 2016 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2016), 2016
32. Risako Tanaka and Shouhei Kidera, "Double-layered Boundary Extraction Using Extended Envelope with Multi-static UWB Radars," 2016 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2016), 2016
33. Tatsuo Takatori and Shouhei Kidera "Edge Preserved Exploitation Method for Full Polarimetric RPM Image with UWB Short Range Radars" 2016 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2016), 2016
34. Fang Shang, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto, "Multiple Arcs Based Image Extrapolation Method for Millimeter Wave UWB Radar," 2016 International Conference on Ubiquitous Wireless Broadband (ICUWB 2016), 2016
35. Shouhei Kidera, "Accurate Boundary Extraction and Dielectric Constant Estimation Method for UWB Internal Imaging Radar", URSI Commission B, International Symposium on Electromagnetic Theory (EMTS 2016), 2016
36. Takashi Kodama and Kiminao Kogiso "Applications of UKF and EnKF to estimation of contraction ratio of McKibben pneumatic artificial muscles" American Control Conference, 2017
37. Kiminao Kogiso, Takashi Suzuki "Parameterization of equilibrium assessment in Bayesian game with its application to belief computation," IEEE Conference on Decision and Control, 2016
38. Koji Kitagawa, Kiminao Kogiso "Fulfillment of demand-supply gap by adjusting selling electricity price under stochastic acceptance" IEEE International Conference on Cyber-Physical Systems, Networks, and Applications, 2016
39. Takashi Kodama, Atsushi Okabe, Kiminao Kogiso "Simultaneous estimation of contraction ratio and parameter of McKibben PAM model using log-normalized UKF", 2016
40. Atsushi Okabe, Kiminao Kogiso "Application of particle swarm optimization to parameter estimation of McKibben PAM model " IEEE International Conference on Cyber-Physical Systems, Networks, and Applications" 2016
41. Norihito Kitagawa, Hideaki Hata, Akinori Ihara, Kiminao Kogiso and Kenichi Matsumoto "Code Review Participation: Game Theoretical Modeling of Reviewers in Gerrit Datasets" 9th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering (CHASE 2016), 2016

42. Rieko Kadoya, Kiminao Kogiso “Invariant-length PAM model considering virtual weight and PI compensation” SICE International Symposium on Control Systems, 2016
43. Koji Kitagawa, Kiminao Kogiso “Control of proclivity toward selling electricity using persuasive dialog system” SICE International Symposium on Control Systems, 2016
44. Takashi Suzuki, Kiminao Kogiso “Steady-state analysis of autonomous system in equilibrium assessment of Bayesian game” SICE International Symposium on Control Systems, 2016
45. Patipong Charoenwiangnuea, Chainarin Ekkaravarodome, Itsda Boonyaroonate, Kohji Higuchi, and Kamon Jirasereeamornkul “Comparison of Series- and Parallel- Load Networks of Domestic Induction Cooker based-on a Class-E Inverter for Accurate Time-Domain Waveforms” Proc. of ACEAT2016, 2016
46. Patipong Charoenwiangnuea, Chainarin Ekkaravarodome, Itsda Boonyaroonate, Kohji Higuchi, and Kamon Jirasereeamornkul, “Domestic Induction Cooker Test Bench for Study of Induction Load Parameters based on Class-E Inverter” Proc. of ACEAT2016, 2016
47. Sathit Mangkalajana, Chainarin Ekkaravarodome, Kohji Higuchi and Kamon Jirasereeamornkul “A Control of Minimum Value of Conduction Angle Line Current to Satisfy the IEC 61000-3-2 Class-C Requirements based on Class-DE Resonant Rectifier” Proc. of ACEAT2016, 2016
48. Sathit Mangkalajana, Chainarin Ekkaravarodome, Kohji Higuchi, and Kamon Jirasereeamornkul “A simple PI-2DOF Power Controller for Electronic Ballast based on Class-DE resonant Rectifier as Power-Factor Corrector” Proc. of ACEAT2016, 2016
49. Tomoaki Sato, Sorawat Chivapreecha, Phichet Moungnoul and Kohji Higuchi “Designing a Firewall Unit on the FPGA Composed of Selectors” Proc. of SISA 2016, 2016
50. Tomoaki Sato, Sorawat Chivapreecha, Phichet and Kohji Higuchi “PROPOSAL OF AN AUTOMATIC RUNNING AP IN WIRELESS LANs FOR THE MAXIMIZATION OF THROUOUT” The Proc. of Cretech 2016, 2016
51. Kazuki Hanabusa¹, Kohji Higuchi, Tomoaki Sato and Kamon Jirasereeamornkul “Approximate 2-Degree-of-Freedom Control of a Class-D Amplifier Using FPGA” The Proc. of ECTI-CON 2016, 2016

52. Tomoaki Sato, Sorawat Chivapreecha, Phichet Moungnoul and Kohji Higuchi “RCA on FPGAs Designed by the RTL Design Methodology and Wave-Pipelined Operation” The Proc. of ECTI-CON 2016, 2016
53. Kikon Kaku, Kohji Higuchi, Kamon Jirasereeamornkul “Design of Digital Robust Controller for a Class-D Amplifier Using A2DOF” Proc. iEECON2016, 2016
2015
54. Masaya Tanbo, Ryoma Nojiri, Yuusuke Kawakita, Haruhisa Ichikawa “Active RFID Attached Object Clustering Method Based on RSSI Series for Finding Lost Objects” Proc. IEEE WF-IoT 2015, 2015
55. Haruhisa Ichikawa, Ashir Ahmed, Hiroshi Hanafusa, Shinji Yokogawa, Yuusuke Kawakita, Kenji Sawada, Hirohide Mikami, Noriaki Yoshikawa “Virtual Grid for Renewable Energy Society” Proc. IEEE ISGT Asia 2015, 2015
56. Yuki Igarashi, Nitish Rajoria, Yuusuke Kawakita, Jin Mitsugi, Haruhisa Ichikawa “A performance analysis of interference rejection technique in multi-subcarrier multiple access” Proc. IEEE RFID-TA 2015, 2015
57. Matsuda Tomoaki, Wakisaka Yuuki, Yuusuke Kawakita, Jin Mitsugi, Haruhisa Ichikawa “Multiple Access Channel Allocation Improvement for Sensor Nodes Setting Based on RFID Communication” Proc. IEEE RFID-TA 2015, 2015
58. Nitish Rajoria, Yuki Igarashi, Jin Mitsugi, Yuusuke Kawakita and Haruhisa Ichikawa “A Performance evaluation of subcarrier allocation methods in multi-subcarrier multiple access” Proc. IEEE RFID-TA 2015, 2015
59. Ken Takahashi, Kenji Inoue, Yuusuke Kawakita, Jin Mitsugi, Haruhisa Ichikawa “A Method to Assign Spread Codes Based on Passive RFID Communication for Energy Harvesting Wireless Sensors Using Spread Spectrum Transmission” Proc.IWWISS2015, 2015
60. Yuuki Wakisaka, Haruhisa Ichikawa, Yuusuke Kawakita “File System Level Compression of Radio Space Information Storage System for Sensor Platform” Proc. IEEE Mobile Cloud 2015, 2015
61. K. Sawada, S. Shin “Sampled-data model following output feedback control for discrete-valued input systems” 54th IEEE Conference on Decision and Control, 2015
62. Kenji Kumagai, Seiichi Shin and Kenji Sawada “Maximum Traffic Flow of Automated Guided Vehicle Based on Jamology” International Conference on Mechatronics Technology (ICMT), 2015

63. Kento Tsukada, Kenji Sawada, Seiichi Shin “Studies on Software Model Checking via Kalman Decomposition” The 2015 CACS International Automatic Control Conference, 2015
64. T. Sasaki, K. Sawada, S. Shin and S. Hosokawa “Model Based Fallback Control for Networked Control System via Switched Lyapunov Function” IEEE IECON, 2015
65. Yuta Ueda, Kenji Sawada, Seiichi Shin “Formation control of Self-Organizing robots with switching role” International Symposium on Swarm Behavior and Bio-Inspired Robotics (SWARM), 2015
66. Hitoshi Yamazaki, Katumi Konishi, Kenji Sawada, Seiichi Shin “Real machine verification of task scheduling method in distributed processing” SICE Annual Conference, 2015
67. K. Sawada, S. Shin “Sampled-data model following control for discrete-valued input systems via improved matrix uncertainty approach” European Control Conference 2015, 2015
68. Kenji Sawada and Seiichi Shin “Reduced-order dynamic quantizer synthesis for discrete-valued input systems” ECTI-CON 2015, 2015
69. Kentaro Miyamoto, Kenji Sawada, Seiichi Shin “Energy balance based verification for hybrid vehicle models” 2015 ASEAN-UEC Symposium, 2015
70. Shunsuke Yamada, Keita Takahashi, Kenji Sawada, Mehrdad Panahpour Tehrani and Toshiaki Fujii “Free-viewpoint Video Synthesis from a Movable 2D Camera Array” The 1st International Conference on Advanced Imaging (ICAI), 2015
71. T. Fujita, K. Kogiso, K. Sawada and S. Shin “Security Enhancements of Networked Control Systems Using RSA Public-Key Cryptosystem” The 10th Asian Control Conference 2015, 2015
72. K. Sawada, T. Sasaki, S. Shin and S. Hosokawa “A Fallback Control Study of Networked Control Systems for Cybersecurity” The 10th Asian Control Conference 2015, 2015
73. H. Ichihara and K. Sawada “Invariant Set Analysis for Discrete-Time Polynomial Nonlinear Feedback Systems with Dynamic Quantizers” The 10th Asian Control Conference 2015, 2015
74. R. Nakamura, K. Sawada, S. Shin, K. Kumagai and H. Yoneda “On the discrete-time modeling for efficient OHT scheduling” AROB 20th 2015, 2015
75. Mori, A. Ogura, T. Sogabe and Y. Okada, “Device Simulation of Thin Film Solar Cell Characteristics considering Fabry-Perot Cavity Effect”, International Nano-Optoelectronics Workshop 2015,

76. T.Sogabe, A.Ogura, Y. Okada,Q.Shen, Y.Kuga, T. Toyoda,S.Tomić, P. D. McNaughter, P. O'Brien, "Experimental analysis of hot state multiple exciton generation in PbSe quantum dots and its transportation modelling", SemiconNano2015, Taiwan 2015
77. C-Y.Hung, T.Sogabe, R.Tamaki, N.Miyashita,Y.Okada, "Light absorption via discrete states in GaAs solar cell embedded with Er complex (poster)" , 5th International Workshop on Epitaxial Growth and Fundamental Properties of Semiconductor Nanostructures, 2015.
78. Tomah Sogabe, (Invited) "Fingerprint of Kondo Resonance in Co-TPP Molecule Coupled to CuN Atomic Layer: A Combined LT-STs and DFT-NEGF Study", Collaboration seminar of Univ. of Tokyo and Univ. of Cambridge, 2015.
79. Yokogawa, Shinji "Middle of Line (MOL) Reliability –in between FEOL and BEOL" International Reliability Physics Symposium, 2015
80. Yuta Sasaki, Fang Shang, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto "Accurate 3-dimensional Imaging Method by Iterative Multi-static RPM with Range Points Clustering for 140 GHz UWB Radar" International Conference on Space, Aeronautical and Navigation Electronics (ICSANE) 2015, 2015
81. Masanari Noto, Fang Shang, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto "Super-Resolution Time of Arrival Estimation Using Random Resampling in Compressed Sensing" International Conference on Space, Aeronautical and Navigation Electronics (ICSANE) 2015, 2015
82. Fang Shang, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto "Parametric Wind Velocity Vector Estimation Method for Single Doppler LIDAR Model" International Conference on Space, Aeronautical and Navigation Electronics (ICSANE) 2015
83. Takayuki Masuo,Fang Shang, Shouhei Kidera, Tetsuo Kirimoto, Hiroshi Sakamaki, Nobuhiro Suzuki "Parametric Wind Velocity Vector Estimation Method for Single Doppler LIDAR Model" International Conference on Space, Aeronautical and Navigation Electronics (ICSANE) 2015
84. Yuta Sasaki, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto "Accurate 3-D Imaging Method Based on Range Points Migration for 140GHz-band Radar" 2015 IEEE International Conference on Ubiquitous Wireless Broadband (ICUWB2015)
85. Ayumi Yamaro, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto "3-dimensional Image Expansion Method by Incorporating RPM Imaging and Full Polarimetric Data for UWB Short Range Radar" 2015 IEEE International Conference on Ubiquitous Wireless Broadband (ICUWB2015)

86. Takuya Niimi, Shouhei Kidera and Tetsuo Kirimoto “Experimental Study on Dielectric Constant and Boundary Estimation Method for Double-layered Dielectric Object for UWB Radars” 2015 IEEE International Conference on Ubiquitous Wireless Broadband (ICUWB2015)
87. Ryo Oyama, Shouhei Kidera, Tetsuo Kirimoto “SURFACE HEIGHT CHANGE ESTIMATION METHOD USING BAND-DIVIDED COHERENCE FUNCTION WITH FULL POLARIMETRIC SAR IMAGES” 2015 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2015
88. Shouhei Ohno, Shouhei Kidera, Tetsuo Kirimoto “AUTOMATIC TARGET RECOGNITION METHOD BASED ON POLSAR IMAGES WITH CIRCULAR POLARIMETRIC BASIS CONVERSION” 2015 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2015
89. Shouhei Kidera, Cheng Gao, Takaya Taniguchi, Tetsuo Kirimoto “ELLIPSE BASED IMAGE EXTRAPOLATION METHOD WITH RPM IMAGING FOR THROUGH-THE-WALL UWB RADAR” 2015 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2015
90. Shouhei Kidera, Yoshihiro Niwa, Tetsuo Kirimoto “HIGH-SPEED AND ACCURATE DIELECTRIC CONSTANT ESTIMATION METHOD USING RPM BOUNDARY EXTRACTION AND FDTD BASED ANALYSIS” URSI Atrantic Radio Science Conference 2015
91. Yao Tao, Ryo Ishikawa, Kazuhiko Honjo “Optimum Load Impedance Estimation for High-Efficiency Microwave Power Amplifier Based on Low-Frequency Active Multi-Harmonic Load-Pull Measurement” Proceedings of 2015 Asia Pacific Microwave Conference, 2015
92. D.M.Luong, Y.Takayama, R.Ishikawa, K.Honjo “Power gain mechanism of single electron transistor(SET) in comparison that of heterojunction bipolar transistor(HBT) (Invited Paper)” 2015 Energy Materials Nanotechnology (EVN) Meeting on Vacuum Electronics, 2015
93. Kazuhiko Honjo, Ryo Ishikawa “High Efficiency GaN HEMT Power Amplifier/Rectifier Module Design Using Time Reversal Duality (Invited Paper)” 2015 IEEE Compound Semiconductor IC Symposim, 2015
94. Hiroshi Mizutani, Ryo Ishikawa, Kazuhiko Honjo “High Isolation MMIC Switch Design Technique Based on Novel High-/Low-Pass Switch Concept” Proceedings of 45th European Microwave Conference, 2015

95. Ryo Ishikawa, Kazuhiko Honjo “High-Efficiency DC-to-RF/RF-to-DC Interconversion Switching Module at C-Band” Proceedings of 45th European Microwave Conference, 2015
96. Akira Saitou, Ryo Ishikawa¹, Kazuhiko Honjo “Analytical expression of broadband characteristics for wide-angle planar sectorial antennas” IEEE-APS Topical Conference on Antennas and Propagation in Wireless Communications (APWC2015) 5th Edition, 2015
97. Shouhei Kidera, "Double-Layered Boundary Extraction Method with Accurate Dielectric Constant Estimation for UWB Internal Imaging Radar", 2015 IEEE Conference on Antenna Measurements and Applications, 2015
98. Shouhei Kidera “SUPER-RESOLUTION AND ACCURATE 3-DIMENSIONAL IMAGING METHOD BY COMBINING EM COMPUTATIONAL ANALYSIS IN SHORT RANGE UWB RADAR, URSI Atrantic Radio Science Conference (AT-RASC 2015)2015
99. Takahiro Fujita, Kiminao Kogiso “Cyber-security enhancement of networked control systems using homomorphic encryption” IEEE Conference on Decision and Control, 2015
100. Kiminao Kogiso “Transition models of equilibrium assessment in Bayesian game” IEEE Conference on Decision and Control, 2015
101. Kentaro Urabe, Kiminao Kogiso “Hybrid nonlinear model of McKibben pneumatic artificial muscle systems incorporating a pressure-dependent Coulomb friction coefficient” IEEE Multi-conference on Systems and Control, 2015
102. Kohki Ishikawa, Yohei Mochizuki , Kohji Higuchi, Kamon Jirasereeamornkul ” Independent Control of Inductor Current and Output Voltage of Interleaved PFC Boost Converter using Approximate 2-Degree-of-Freedom Method” Proc. Cretech 2015
103. Yoshihiro Matsui, Shiro Masuda, Hideki Ayano, Koji Higuchi, Kazushi Nakano “Closed-Loop Sytem Idetification and Controller Tuning for Constant-Valu Control Systems” Proc. ECTI-CON 2015
104. Takamichi Umetsu, Takehiro Suzuki, Kohji Higuchi, Kamon Jirasereeamornkul “Design of A2DOF Controller for LLC Current-Resonant DC-DC Converters with delay time” Proc. of ECTI-CON 2015
105. Tomoaki Sato, Sorawat Chivapreecha, Phichet Moungnoul, Kohji Higuchi “Proposal of the Security Log Collection Method of Public Wi-Fi Services on Private IPv4 Address Spaces Utiliaing Raspberry Pi” Proc. of International Conference on Embedded Systems and Intelligent Technology, 2015

106. Takehiro Suzuki¹, Kohji Higuchi¹, and Kamon Jirasereeamornkul “Design of A2DOF Controller with Smith Predictor for LLC Current-Resonant DC-DC Converters” Advanced Materials Research, 2015

4.3. 【国際会議講演】

1. Shinji Yokogawa “Middle of Line (MOL) Reliability - in between FEOL and BEOL“ International Reliability Physics Symposium, 2015/4
2. Kenji Sawada “Model-based Fall Back Control for Cybersecurity” 2015 Netherlands-Japan Cyber Security Conference in Tokyo, 2015/11
3. Kenji Sawada “Quantized control based on invariant set analysis” SÉMINAIRE DE L'EQUIPE MAC, 2016/9
4. Qing Shen, Yuhei, Ogomi, Kenji Yoshino, Taro Toyoda, Shuzi Hayase “Photoexcited Carrier Dynamics in Perovskite Solar Cells: Uncovering the Mechanism for Achieving High Efficiency” The 10th Aseanian Conference on Nano-Hybrid Solar Cells, 2016/09
5. Q. Shen, T. Toyoda and S. Hayase “Quantum Dot and Perovskite Solar Cells: Interface Engineering, Photoexcited Carrier Dynamics and Mechanism for Improving Photovoltaic Performance” Japanese Swiss Energy Materials Workshop, 2016/3
6. Qing Shen, Yuhei Ogomi, Taro Toyoda, Kenji Yoshino and Shuzi Hayase ” Optical absorption, charge separation and recombination in perovskite solar cells and their relationships to photovoltaic performances” Organic/dye-sensitized/perovskite solar cell workshop, 2015/12

4.4. 【国内会議講演】

1. 川喜田佑介、市川晴久 “生活環境に埋め込まれる無線センサ端末を利用する環境センシングのためのIoTインフラストラクチャ” 電子情報通信学会技術研究報告(IA), 2016
2. 澤田賢治 “制御系セキュリティのためのモデルベース技術” 2016年5月高信頼制御通信研究会, 2016/5
3. 澤田賢治 “制御システムのためのモデルベースセキュリティ技術” 制御システムセキュリティカンファレンス 2017, 2017/2
4. 沈 青 “高速レーザー分光法による太陽電池での光励起キャリアダイナミクスの解明ー量子ドット太陽電池とペロブスカイト太陽電池についてー” 2016年応用物理学会秋季学術講演会, 2016/9
5. 沈 青、豊田太郎 “量子ドット太陽電池のナノ界面制御と高効率化” 2016年応用物理学会秋季学術講演会, 2016/9

6. 沈 青、豊田太郎 “量子ドット太陽電池のナノ界面制御と高効率化” 日本化学会第 96 春季年会, 2016/3
7. 沈 青 “量子ドット太陽電池の光励起キャリアダイナミクスと界面制御による光電変換特性向上” 第 11 回量子ナノ材料セミナー, 2015
8. 沈 青 “ペロブスカイト太陽電池の光励起キャリアダイナミクス” 学振 175 委員会 有機系太陽電池分科会 第 3 回研究会, 2015/11
9. 沈 青 “量子ドット太陽電池の多重励起子生成の解析” 応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科講習会 「次世代太陽エネルギー変換デバイスの研究開発を支える先端計測」, 2015/11
10. 沈 青 “ペロブスカイト系太陽電池の最前線 I” 第五回次世代太陽電池研究会, 2015/6
11. 沈 青 “ペロブスカイト型の電荷ダイナミクス” CiRfSE シンポジウム, 2015/3

4.5. 【解説・評論】

1. 横川慎二, 市川晴久, 曾我部東馬, 澤田賢治, 川喜田佑介 “再生可能エネルギー指向自律分散グリッド—バーチャルグリッド—” 日本信頼性学会誌, 2017/1
2. 山口浩一, “量子ドットデバイスと最先端太陽電池開発” 「クリーンテック・水素社会への挑戦」講演集, 2016/10
3. 小木曾公尚, 藤田貴大 “乱数と準同型性による制御器の秘匿化” システム制御情報学会誌 システム/制御/情報, 2016/5
4. 橋 拓至, 小木曾 公尚, 中村 幸紀 “制御理論を用いた通信ネットワークの資源管理技術 —光グリッドとコグニティブ無線—” 電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ Fundamentals Review, 2016/1

4.6. 【学会口頭発表】

2016~2017.3

1. 朝倉健太, 小林寛樹, 川喜田佑介, 市川晴久 逐次学習可能な RBF Neural Network による無線規格分類 電子情報通信学会ソサイエティ大会 B-18-38 2016/09/23
2. 亀井大向, Nitish Rajoria 三次仁, 川喜田佑介, 市川晴久, マルチサブキャリア多元接続によるデジタル変調の実装 電子情報通信学会ソサイエティ大会 B-18-22 , 2016/09/21
3. 中野遥平, 藤原辰起, 三次仁, 川喜田佑介, 市川晴久 造物ヘルスマモニタリングのためのセンシングゾーン分割と同期ずれについての一検討 電子情報通信学会ソサイエティ大会 B-18-20 2016/09/21
4. 上野里奈, 鈴木博貴, 川喜田佑介, 市川晴久 BLE デバイス遠隔制御システムのためのメッセージ配送の提案 電子情報通信学会ソサイエティ大会 B-18-22 , 2016/09/21
5. 大谷将洋, Nitish Rajoria, 三次仁, 松田友明, 川喜田佑介, 市川晴久 マルチサブキャ

リア多元接続における干渉の帯域幅を考慮したチャンネル割り当て手法 電子情報通信学会ソサイエティ大会 B-5-111 2016/09/21

6. 桑名俊輔, 澤田賢治, 新誠一 LIB 併用型 SOFC による家庭間協調エネルギーシステムの一考察 システム・情報部門学術講演会 (SSI2016) 予稿集/計測自動制御学会, システム・情報部門学術講演会 2016/12/08
7. 成田匠, 新誠一, 澤田賢治 原子間ポテンシャルに基づく車群維持条件の考察 システム・情報部門学術講演会 (SSI2016) 予稿集/計測自動制御学会, システム・情報部門学術講演会 2016/12/08
8. 望月優加理, 澤田賢治, 新誠一 異なる役割を持つエージェント群による迷路探索の研究 システム・情報部門学術講演会 (SSI2016) 予稿集/計測自動制御学会, システム・情報部門学術講演会 2016/12/08
9. 上野里奈, 高橋すみか, 鈴木博貴, 澤田賢治, 新 誠一, 川喜田佑介, 市川晴久 Crowd Tracing: 第三者のスマートフォンを介した BLE デバイス遠隔制御法 電子情報通信学会 知的環境とセンサネットワーク (ASN) 研究会 カンボジアワークショップ - 2016/12/06
10. 市川幸宏, 細川嵩, 澤田賢治 複数の機器の連携とプラントのライフサイクルを考慮した防御技術の検討 第 59 回自動制御連合講演会予稿集/機械学会, 第 59 回自動制御連合講演会 2016/11/12
11. 望月明典, 澤田賢治, 新誠一, 細川嵩 制御システムの第三者監視装置のためのモデルベース解析 第 59 回自動制御連合講演会予稿集/機械学会, 第 59 回自動制御連合講演会 2016/11/12
12. 佐々木翼, 澤田賢治, 新誠一, 細川嵩 復帰機能を備えたモデルベース縮退運転システムの実現 第 59 回自動制御連合講演会予稿集/機械学会, 第 59 回自動制御連合講演会 2016/11/12
13. 山藤勝彦, 山本建, 澤田賢治 電磁比例弁内のクーロン摩擦力に起因した自励振動の解析 2016 年度年次大会予稿集/日本機械学会, 2016 年度年次大会 2016/09/14
14. 澤田賢治 制御システムのためのモデルベースセキュリティ技術 電子・情報・システム部門大会予稿集/平成 28 年電気学会電子・情報・システム部門大会 401/ 402 2016/09/01
15. 望月明典, 澤田賢治, 新誠一, 細川嵩, 奥村剛 ペトリネットに基づく制御システムのモデルベースセキュリティインシデント解析 電子・情報・システム部門大会予稿集/平成 28 年電気学会電子・情報・システム部門大会 1140/ 1145 2016/09/01
16. 植田雄太, 澤田賢治, 新誠一 役割切替を備えた自己組織化ロボットの制御: 隊列移動における機体追加の実現 電子・情報・システム部門大会予稿集/平成 28 年電気学会電子・情報・システム部門大会 1111/ 1114 2016/09/01
17. 桑名俊輔, 澤田賢治, 新誠一 リチウムイオン電池を併用した家庭用燃料電池の最適運

用問題 電子・情報・システム部門大会予稿集／平成 28 年電気学会電子・情報・システム部門大会 1088/ 1093 2016/08/31

18. 田村健太, 澤田賢治, 新誠一 自動車の前後制動力配分の数値最適化に関する研究 第 60 回システム制御情報学会研究発表講演会予稿集／システム制御情報学会, 第 60 回システム制御情報学会研究発表講演 2016/05/27
19. 長澤和哉, 小木曾公尚, 澤田賢治 暗号化制御則のリアルタイム性に対する実験的考察 第 3 回制御部門マルチシンポジウム予稿集／計測自動制御学会, 第 3 回制御部門マルチシンポジウム 2016/03/08
20. 宮本健太郎, 澤田賢治, 新誠一 同時摂動法と粒子群最適化によるハイブリッド自動車のシステム設計 第 3 回制御部門マルチシンポジウム予稿集／計測自動制御学会, 第 3 回制御部門マルチシンポジウム 2016/03/08
21. 望月優加理, 澤田賢治, 新誠一 自律協調ロボット群による複数目的地探索の研究 第 3 回制御部門マルチシンポジウム予稿集／計測自動制御学会, 第 3 回制御部門マルチシンポジウム 2016/03/08
22. 佐々木翼, 塚田健人, 澤田賢治, 新誠一, 細川嵩 カルマン正準分解に基づくルールベース縮退運転システム 第 3 回制御部門マルチシンポジウム予稿集／計測自動制御学会, 第 3 回制御部門マルチシンポジウム 2016/03/08
23. 佐々木翼, 塚田健人, 澤田賢治, 新誠一, 細川嵩 ルールベース縮退運転システムを用いたサイバーインシデント検出 第 59 回離散事象システム研究会予稿集／計測自動制御学会, 第 59 回離散事象システム研究会 2016/03/04
24. 岡田 至崇 庄司 靖 玉置 亮 吉田 勝尚 曾我部 東馬, (招待講演) 量子ドット中間バンド太陽電池の高効率化メカニズム, 2016 年 第 63 回応用物理学会春季学術講演会, 2016.3.19,
25. 曾我部 東馬, DFT-NEGF と低温 STM/STS を用いた Co-TPP 単分子の近藤共鳴解析, 株) JSOL 主催 “第一原理電子状態計算ソフトウェア Siesta” セミナー, 2016.11.24
26. 仁井皓大, 南裕太, 坂本克好, 曾我部東馬, 山口浩一, 岡田至崇 “InAs/GaAs 量子ドット太陽電池におけるホットキャリア輸送ダイナミクス” 2016 年 (平成 28 年) 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 2016
27. 及川信吾, 馬飼野彰宜, 曾我部東馬, 山口浩一 “InAsSb/GaAs(001) 上への InAs₃ 次元島成長とその発光特性” 2016 年 (平成 28 年) 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 2016
28. Shinji Yokogawa “A simple method of parameter estimating for time-dependent clustering model in MOL/BEOL TDDb lifetime” Advanced Metallization Conference 2016, Asian session 2016/10/20
29. 無谷戸遼太・桐本哲郎 並列接続型ニューラルネットワークを用いた航空機 SAR 画像の認識 電子情報通信学会 ソサイエティ大会 B-2-8 2016/09/22

30. 松尾太郎・孫 光鎬・桐本哲郎 (電通大)・酒巻 洋・原 照幸 (三菱電機) 単一ドップラーライダーのためのニューラルネットワークを用いたパラメトリック風速ベクトル推定法 電子情報通信学会 ソサイエティ大会 B-2-5 2016/09/22
31. 孫 光鎬・中山陽介・松井岳巳 (首都大東京)・阿部重人 (高坂クリニック)・桐本哲郎 赤外線・可視画像処理技術を応用した非接触バイタルサイン計測による高精度感染症有症者検出 電子情報通信学会 ソサイエティ大会 B-20-1 2016/09/20
32. 茂呂 彰・尚 方・木寺正平・桐本哲郎 階層ベイズモデルに基づく圧縮センシングを用いた高分解能到来時間推定法 電子情報通信学会総合大会 B-2-46 2016/03/17
33. 能戸優匠・尚 方・木寺正平・桐本哲郎 位相シフトサンプリング補正を用いた圧縮センシングによる到来時間推定の高精度化 電子情報通信学会総合大会 B-2-45 2016/03/17
34. 中村太一・尚 方・木寺正平・桐本哲郎 円型軌道合成開口レーダ画像に対するレイオーバ歪み補正法 電子情報通信学会総合大会 B-2-40 2016/03/17
35. 佐々木優太・尚 方・木寺正平・桐本哲郎 (電通大)・佐保賢志 (立命館大)・佐藤 亨 (京大) 140GHz 帯近距離レーダのためのドップラーに基づく距離クラスタリングを用いた RPM 法の改良 電子情報通信学会総合大会 B-2-1 2016/03/16
36. 村田悠馬、中山廉平、小野洋、チュウチャオキョン、田中勝己 NO プローブ分子を用いた光電子分光法(XPS,UPS)による N-doped a-C 薄膜の表面構造の評価 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会 2016/09/16
37. 中山廉平、村田悠馬、小野洋、田中勝己 大気圧熱分解法による Si-doped DLC 薄膜の作製と評価 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会 2016/09/15
38. 今野育、中谷一道、小野洋、田中勝己 液相 PLA 法を用いた CaIn_2O_4 の微粒子、薄膜化および評価 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会 2016/09/14
39. 村田 悠馬、市原 文彦、中山 廉平、小野 洋、Cheow-Keong Choo、桑原 大介、田中勝己 「光電子分光法を用いた N-doped C の電荷状態の解析」第 63 回応用物理学会春季学術講演会 2016
40. 市原 文彦、村田 悠馬、小野 洋、Cheow-Keong Choo、田中 勝己「液相 PLA 法を用いた $\text{Sr Ti}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ 光触媒薄膜の作製及び評価 2」 第 63 回応用物理学会春季学術講演会 2016
41. 山岸遼平, 大塚啓人, 斉藤昭, 石川亮, 本城和彦 円形ループアレイアンテナを用いた遠距離 OAM 通信における反射板による影響評価 2017 年電子情報通信学会総合全国大会 (発表予定) B-1-55 2017/03/23
42. 高木裕貴, 石川亮, 本城和彦 T型スタブを用いた複数高調波処理によるデュアルバンド高効率 GaN HEMT 電力増幅器 2017 年電子情報通信学会総合全国大会 (発表予定) C-2-10 2017/03/23
43. 瀬下拓也, 中丸靖崇, 水谷浩, 石川亮, 本城和彦 CRLH 線路におけるユニットセルの

- 放射特性 2017 年電子情報通信学会総合全国大会（発表予定） C-2-73
2017/03/23
44. 斉藤昭, 大塚啓人, 山岸遼平, 石川亮, 本城和彦 円形ループアンテナの磁気量子数放射モード単一化の解析 2017 年電子情報通信学会総合全国大会（発表予定） B-1-91 2017/03/23
 45. 大塚啓人, 山岸遼平, 斉藤昭, 石川亮, 本城和彦ループアンテナアレイを用いた遠距離 OAM 通信の実測評価 2017 年電子情報通信学会総合全国大会（発表予定） B-1-56 2017/03/23
 46. 水谷浩, 石川亮, 本城和彦 帯域切替型リコンフィギュラブル RF スイッチ回路の提案 2017 年電子情報通信学会総合全国大会（発表予定） C-2-2 2017/03/23
 47. 眞下和樹, 石川亮, 本城和彦 4.5/4.9GHz 帯域可変型 GaN HEMT 高効率増幅器の基礎検討 2017 年電子情報通信学会総合全国大会（発表予定） C-2-9 2017/03/23
 48. 町田港, 石川亮, 本城和彦 高効率トランジスタ整流器のインピーダンス最適化に関する一検討 2017 年電子情報通信学会総合全国大会（発表予定） C-2-23 2017/03/23
 49. 小泉聡太, 田中慎一, 石川亮, 本城和彦 導体パターンのみを用いた CRLH 線路スタブ高調波処理回路による 4GHz 帯 F 級 GaN HEMT 増幅器 2017 年電子情報通信学会総合全国大会（発表予定） C-2-7 2017/03/23
 50. 石川亮, 高山洋一郎, 本城和彦 4/8GHz 帯コンカレント動作 GaN HEMT MMIC 増幅器 2017 年電子情報通信学会総合全国大会（発表予定） C-2-8 2017/03/23
 51. 丸山有慧, 石川亮, 本城和彦 2 個のトランジスタによる電流帰還対を用いた広帯域増幅器 電子情報通信学会マイクロ波研究会 2017/03/02
 52. 大塚啓人, 石川亮, 本城和彦 電圧帰還対を用いた二段広帯域負帰還増幅器の設計と試作評価 電子情報通信学会マイクロ波研究会 2017/03/02
 53. 斉藤昭, 大塚啓人, 山岸遼平, 石川亮, 本城和彦 円形ループアンテナを用いた 4 値多重軌道角運動量通信方式 電子情報通信学会アンテナ・伝搬研究会 2017/02/16
 54. 安井吏, 石川亮, 本城和彦 RF 整流器のシミュレーション再現性を考慮した GaN HEMT 大信号デバイスモデルの提案 電子情報通信学会技術研究報告, マイクロ波研究会 2016/12/16
 55. 藤牧美咲子, 石川亮, 本城和彦 900MHz 帯 GaAs HEMT F 級整流器の広ダイナミックレンジ化に関する研究 電子情報通信学会技術研究報告, マイクロ波研究会 2016/12/16
 56. 西沢永, 榎本純, 高山洋一郎, 石川亮, 本城和彦 2 増幅回路結合構成コンカレントデュアルバンド電力増幅器 電子情報通信学会技術研究報告, マイクロ波研究会 2016/12/15
 57. 高木裕貴, 石川亮, 本城和彦 2 高調波短絡用 T 型スタブによるリアクティブ終端付加回路を用いた GaNHEMT 高効率電力増幅器 電子情報通信学会技術研究報告, マ

マイクロ波研究会 2016/12/15

58. 丸山有慧, 高山洋一郎, 石川亮, 本城和彦 単一 GaNHEMT を用いたデュアルバンド電力増幅器における 2 周波同時増幅時の大信号特性の検討及び線形性改善 電子情報通信学会技術研究報告, マイクロ波研究会 2016/12/15
59. 大塚啓人, 斉藤昭, 石川亮, 本城和彦ループアンテナアレイを用いた OAM 通信のシミュレーションならびに実測評価 2016 年電子情報通信学会ソサイエティ大会 2016/09/23
60. 斉藤昭, 石川亮, 本城和彦 磁気量子数単一モードを放射するループアンテナアレイを用いた OAM 通信の解析 2016 年電子情報通信学会ソサイエティ大会 2016/09/23
61. 瀬下拓也, 中丸靖崇, 水谷浩, 石川亮, 本城和彦 バラクタダイオードを用いたアクティブ CRLH 線路におけるユニットセルの S パラメータ解析 2016 年電子情報通信学会ソサイエティ大会 2016/09/22
62. 榎本純, 西沢永, 石川亮, 高山洋一郎, 本城和彦 高効率個別増幅構成コンカレントデュアルバンド増幅器 2016 年電子情報通信学会ソサイエティ大会 2016/09/21
63. 丸山有慧, 高山洋一郎, 石川亮, 本城和彦 単一 GaN HEMT を用いたデュアルバンド電力増幅器における 2 波同時増幅動作時の線形性改善 2016 年電子情報通信学会ソサイエティ大会 2016/09/20
64. 小泉聡太, 田中 慎一, 石川亮, 本城 和彦 CRLH 線路スタブ F 級高調波処理回路を用いた GaN HEMT 増幅器 2016 年電子情報通信学会ソサイエティ大会 2016/09/20
65. 水谷浩, 石川亮, 本城和彦 HPF \backslash LPF 切替型 RF スイッチの大信号特性 2016 年電子情報通信学会ソサイエティ大会 2016/09/20
66. 安井吏, 石川亮, 本城和彦 第 3 象限領域での VDS-ID 特性の再現性を改善した GaN HEMT デバイスモデルの提案 2016 年電子情報通信学会ソサイエティ大会 2016/09/20
67. 市川泰史, 浅野弘明, 森広芳文, 奥村幸彦, 市川武男, 溝口匡人, 馬庭透, 山尾泰, 本城和彦 5G 実現に向けたマルチバンド・マルチアクセス多層セル構成におけるシステム間連携技術 2016 年電子情報通信学会総合全国大会 2016/03/15
68. 藤牧美咲子, 石川亮, 本城和彦 900MHz 帯 GaAs HEMT F 級整流器の広ダイナミックレンジ化に関する基礎検討 2016 年電子情報通信学会総合全国大会 2016/03/15
69. 西沢永, 高山洋一郎, 石川亮, 本城和彦 2 増幅回路構成コンカレントデュアルバンド増幅器結合用分波回路 2016 年電子情報通信学会総合全国大会 2016/03/15
70. 高木裕貴, 石川亮, 本城和彦 2 高調波同時短絡スタブによるリアクティブ終端負荷回路を用いた GaN HEMT 高効率電力増幅器 2016 年電子情報通信学会総合全国大会 2016/03/15
71. T. Sogabe, K. Nii, Y. Minami, K. Sakamoto, K. Yamaguchi “Investigation of Hot Carrier Transportation Dynamics in InAs/GaAs Quantum Dot Solar Cell” The 26th

Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-26) 2016/10

72. K. Nii, Y. Minami, K. Sakamoto, T. Sogabe, K. Yamaguchi “Photoluminescence and Photovoltaic Properties of Ultrahigh Density InAs Quantum Dots on InAsSb/GaAs(001)” The 26th Photovoltaic Science and Engineering Conference (PVSEC-26) 2016/10
73. 永井大嗣, 外川開斗, 山口浩一 “InP 基板上への 3 μ m 帯発光 InAsSb 量子ナノ構造の MBE 成長” 2016 年 (平成 28 年) 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 2016
74. 及川信吾, 鮫島一樹, 山口浩一 “InAsSb/GaAs(001)上の InAs 成長における 3 次元核形成機構” 2016 年 (平成 28 年) 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 2016
75. 南裕太, 秋元直己, 鮫島一樹, 山口浩一 “面内超高密度 InAs 量子ドット層における熱処理効果” 2016 年 (平成 28 年) 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 2016
76. 秋元直己, 仁井皓大, 南裕太, 遠藤航介, 山口浩一 “面内超高密度 InAs 量子ドット層を導入した太陽電池の熱処理効果” 2016 年 (平成 28 年) 第 77 回応用物理学会秋季学術講演会, 2016
77. 鷹取龍緒, 木寺 正平 “UWB レーダのための多偏波 RPM 法を用いたエッジ保存型立体目標外挿法” 電子情報通信学会 総合大会, 2016/03/16
78. 遠藤英輝, 木寺 正平 “マイクロ波 UWB レーダによる乳癌検知のための Envelope 法と FDTD 法を用いた表面波抑圧法” 電子情報通信学会 総合大会, 2016/03/16
79. 田中 理紗子, 木寺 正平 “マルチスタティック型 UWB レーダによる拡張 Envelope 法を用いた二層誘電体媒質境界推定法” 電子情報通信学会 総合大会, 2016/03/16
80. 石川主斗, 小木曾公尚 オブザーバを併合した制御器の秘匿化 第 4 回 計測自動制御学会 制御部門マルチシンポジウム,2017/3/6
81. 朝日亮輔, 小木曾公尚 階数条件によるベイジアンゲームの解析 第 4 回 計測自動制御学会 制御部門マルチシンポジウム,2017/3/6
82. 北側紘史, Myungu Guo, 小木曾公尚, 畑秀明 所望のナッシュ均衡を実現する利得行列の設計法 第 4 回 計測自動制御学会 制御部門マルチシンポジウム,2017/3/6
83. 石川貴大, 西山悠, 小木曾公尚 “McKibben 型空気圧ゴム人工筋モデルの特徴的なパラメータの抽出” 第 59 回 自動制御連合講演会, 2016/11/10
84. 岡部篤, 石川貴大, 小木曾公尚 “人工筋モデルのパラメータ推定精度に関する考察” 第 59 回 自動制御連合講演会, 2016/11/10
85. 石川貴大, 岡部篤, 西山悠, 小木曾公尚 “McKibben 型空気圧ゴム人工筋の製品種別に関する識別器の構成” 第 3 回 計測自動制御学会 制御部門 マルチシンポジウム 2016/03/07
86. 岡部篤, 石川貴大, 小木曾公尚 “探索初期点の範囲指定による空気圧ゴム人工筋モデルパラメータの推定効率化” 第 3 回 計測自動制御学会 制御部門 マルチシンポジウム 2016/03/07

87. 岡本貴之, 小木曾公尚 “あるベイジアンナッシュ均衡が満たす連立非線形方程式の導出” 第3回 計測自動制御学会 制御部門 マルチシンポジウム 2016/03/07
88. 鈴木崇司, 小木曾公尚 “ベイジアンナッシュ均衡のパラメータ表現に基づく信念の計算法” 第3回 計測自動制御学会 制御部門 マルチシンポジウム 2016/03/07
89. Qing Shen, Teresa S. Ripolles, Yuhei Ogomi, Koji Nishinaka, Takuya Izuishi, Kenji Katayama, Taro Toyoda, Kenji Yoshino, Shuzi Hayase “Slow Hot Carrier Cooling and Fast Hole Transfer to P3HT in Cesium Lead Iodide (CsPbI₃) Perovskite” International Conference on Hybrid and Organic Photovoltaics (HOPV16) 2016
90. Qing Shen, Teresa S. Ripolles, Yuhei Ogomi, Koji Nishinaka, Takuya Izuishi, Kenji Katayama, Taro Toyoda, Kenji Yoshino, Shuzi Hayase “ Slow hot carrier cooling and ultrafast hole transfer in CsPbI₃ perovskite: potential for hot carrier solar cell application” the 26th international symposium on photochemistry ,2016
91. Qing Shen*, Teresa S. Ripolles, Yuhei Ogomi, Koji Nishinaka, Taro Toyoda, Takuya Izuishi, Kenji Yoshino, Shuzi Hayase*” Slow hot carrier cooling in caesium lead iodide (CsPbI₃) perovskite” 2016 MRS Spring Meeting & Exhibit , 2016
- 2015 年
92. 高橋健, 菊池文矩, 菊池武矩, 川喜田佑介, 市川晴久 一般市民が利用できる AED に運搬要請機能を付加する救命システムの提案 インターネットコンファレンス 2015 予稿集 2015
93. 井上健次, 川喜田佑介, 三次仁, 市川晴久 アナログ角度変調信号に対する干渉検出の一検討 インターネットコンファレンス 2015 予稿集 2015
94. 鈴木博貴, 脇坂優樹, 川喜田佑介, 市川晴久 電波空間情報のための探索的データ解析 Cloud Platform の課題 電子情報通信学会ソサイエティ大会 2015/09
95. 野村勇仁, 丹保柁哉, 野尻龍馬, 川喜田佑介, 市川晴久 モノ探しのためのビーコンからの RSSI 系列データを基にしたクラスタリング手法の提案 電子情報通信学会ソサイエティ大会 2015/09
96. 藤原辰起, 井上健次, 佐藤学, 川喜田佑介, 市川晴久 位相変調信号の干渉区間推定のための一検討 電子情報通信学会ソサイエティ大会 2015/09
97. 黒田智椰, 佐藤学, 井上健次, 金ジョンウク, 川喜田佑介, 市川晴久 帯域分割における固有値ベースの信号検出 電子情報通信学会ソサイエティ大会 2015/09
98. 小林寛樹, 佐藤学, 川喜田佑介, 市川晴久 Dynamic Spectrum Sensing への圧縮センシング適用と課題 電子情報通信学会ソサイエティ大会 2015/09
99. 脇坂 優樹, 市川 晴久, 川喜田 佑介 電波空間ストレージのためのディスク帯域管理手法 電子情報通信学会ソサイエティ大会 2015/09
100. 植田雄太, 澤田賢治, 新誠一 役割切替を備えた自己組織化ロボットの制御: 2 列隊列

- 移動の場合 第 58 回自動制御連合講演会予稿集／システム制御情報学会,第 58 回自動制御連合講演会, 2015/11
- 101.塚田健人, 澤田賢治, 新誠一 カルマン正準分解を用いたモデル検査のためのツール連携について 第 58 回自動制御連合講演会予稿集／システム制御情報学会,第 58 回自動制御連合講演会, 2015/11
- 102.佐々木翼, 澤田賢治, 新誠一, 細川嵩 ネットワーク化制御系に対する双線形オブザーバを用いたモデルベース縮退運転の実現 第 58 回自動制御連合講演会予稿集／システム制御情報学会,第 58 回自動制御連合講演会, 2015/11
- 103.佐々木翼, 澤田賢治, 新誠一, 細川嵩 通信制御系に対するモデルベース縮退運転システムインターネットコンファレンス 2015 論文集／インターネットコンファレンス 2015
- 104.山田俊輔, 高橋桂太, 澤田賢治, パナヒプル テヘラニ メヒルダド, 藤井俊彰可動型多眼カメラによる自由視点映像生成 第 21 回画像センシングシンポジウム (SSII) / 画像センシング技術研究会, 2015
- 105.塚田健人, 澤田賢治, 新誠一 カルマン正準分解を用いたソフトウェアのモデル検査に関する研究 第 59 回システム制御情報学会研究発表講演会予稿集／システム制御情報学会,第 59 回システム制御情報学会研究発表講演会, 2015
- 106.佐々木翼, 澤田賢治, 新誠一, 細川嵩 ネットワーク制御系に対するモデルベース縮退運転の実現 第 59 回システム制御情報学会研究発表講演会予稿集／システム制御情報学会,第 59 回システム制御情報学会研究発表講演会, 2015
- 107.植田雄太, 澤田賢治, 新誠一 役割切替を備えた自己組織化ロボットの制御に関する研究 第 59 回システム制御情報学会研究発表講演会予稿集／システム制御情報学会, 第 59 回システム制御情報学会研究発表講演会, 2015
- 108.中村亮介, 澤田賢治, 新誠一, 熊谷賢治, 米田尚登 モデル予測制御を用いた半導体の搬送スケジューリングの高速化 第 59 回システム制御情報学会研究発表講演会予稿集／システム制御情報学会,第 59 回システム制御情報学会研究発表講演会, 2015
109. Shinji Yokogawa “A simulation study of impacts of global and local space variations on lifetime distribution in MOL/BEOL TDDB” Advanced Metallization Conference 2015, Asian session
110. 佐々木 優太, 尚 方, 木寺 正平, 桐本 哲郎 140GHz 帯近距離レーダのための距離点クラスタリングによるマルチスタティック RPM 法の高速・高精度化 電子情報通信学会 ソサイエティ大会 2015/9
111. 増尾 崇幸, 木寺 正平, 桐本 哲郎, 酒巻 洋, 鈴木信弘 単ドップラーライダのためのパラメトリック風速ベクトル推定法電子情報通信学会ソサイエティ大会 2015/9
112. 大山 良・木寺正平・桐本哲郎 多偏波 SAR 画像の帯域分割コヒーレンスを用いた目標高度変化量推定法 信学会総合大会 2015/03

113. 大野翔平・木寺正平・桐本哲郎 円偏波基底 PolSAR 画像を用いた自動目標認識法, 信学会総合大会 2015/03
114. 山領 歩・木寺正平・桐本哲郎 UWB レーダのための多偏波散乱解析と RPM 法を用いた高精度立体画像外挿法 信学会総合大会 2015/03
115. 佐々木優太・木寺正平・桐本哲郎 140GHz 帯近距離レーダにおけるマルチスタティックモデルへの RPM 法の拡張 信学会総合大会 2015/03
116. 陶堯, 石川亮, 本城和彦 低周波アクティブ高調波ロード・プルを利用した高効率マイクロ波電力増幅器の最適負荷インピーダンス推定の高精度化 電子情報通信学会技術研究報告, マイクロ波研究会 (MW2015-136) 2015/12
117. 金龍, 斉藤昭, 石川亮, 本城和彦 高次モードを考慮した平面扇型アンテナの広帯域特性の解析 電子情報通信学会技術研究報告, マイクロ波研究会 (MW2015-136) 2015/12
118. 石川亮, 本城和彦 マイクロ波無線電力伝送用増幅・整流切り替えモジュールの試作・評価 電子情報通信学会技術研究報告, マイクロ波研究会 (MW2015-136) 2015/12
119. 陶堯, 石川亮, 本城和彦 寄生非線型容量を考慮した低周波トランジスタ真性部特性抽出による高効率マイクロ波増幅器設計 2015 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2015/9
120. 榎本純, 石川亮, 本城和彦 高調波処理を含む入出力整合回路の周波数特性を考慮した高効率 GaNHEMT 電力増幅器の広帯域設計 2015 年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2015/9
121. 水谷浩, 石川亮, 本城和彦 フィルタ特性の可変が行える周期構造を有する新しい高アイソレーション RF スイッチ回路の提案 電子情報通信学会技術研究報告, マイクロ波研究会, 2015/6
122. 森大介, 石川亮, 本城和彦 高出力 GaNHEMT 素子を用いた高電力効率増幅器/整流器の設計・試作およびその評価 電子情報通信学会技術研究報告, マイクロ波研究会, 2015/6
123. 斉藤昭, 金龍, 石川亮, 本城和彦 ワイドアングル平面扇型アンテナの広帯域特性に関する解析 電子情報通信学会技術研究報告, マイクロ波研究会, 2015/6
124. 石川亮, 本城和彦 マイクロ波無線電力伝送用増幅・整流器のパルス幅変調電力制御に関する実験的検証 電子情報通信学会技術研究報告, マイクロ波研究会, 2015/6
125. 斉藤昭, 小野寺祥一, 金龍, 石川亮, 本城和彦 ワイドアングル平面扇型アンテナが有する広帯域特性の解析 2015 年電子情報通信学会総合全国大会, 2015/3
126. 金龍, 斉藤昭, 石川亮, 本城和彦 平面扇型広帯域アンテナ特性の導体を挟む角度の依存性 2015 年電子情報通信学会総合全国大会, 2015/3
127. 石川亮, 本城和彦 高電力 GaN HEMT 可変移相器 MMIC 2015 年電子情報通信学会総合全国大会, 2015/3

128. 本城和彦, 石川亮 マイクロ波超高効率電力増幅・整流回路の共用化によるスマートワイヤレスモジュール 2015年電子情報通信学会総合全国大会, 2015/3
129. 鮫島一樹, 山口浩一 InAsSb/GaAs 層上の面内超高密度 InAs 量子ドットの発光特性 2015年(平成27年)第76回応用物理学会秋季学術講演会, 2015/9
130. 秋元直己, 山口浩一 面内高密度 InAs/GaAsSb 量子ドット層における光励起キャリア効果 2015年(平成27年)第76回応用物理学会秋季学術講演会, 2015/9
131. 秋元直己, 内田俊介, 山口浩一 面内超高密度 InAs 量子ドット層における光伝導特性 第62回応用物理学会春季学術講演会、第62回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 2015/3
132. 佐藤祐介, 秋元直己, 内田俊介, 山口浩一 面内高密度 InAs 量子ドット層の発光特性の InAs 成長量依存性 第62回応用物理学会春季学術講演会、第62回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 2015/3
133. 鮫島一樹, 山口浩一 InAsSb 層上への面内超高密度 InAs 量子ドット (1012 cm⁻²) の自己形成 (3) 第62回応用物理学会春季学術講演会、第62回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 2015/3
134. 東條孝志, 山口浩一, 塚本史郎 In 断続供給による InAs 量子ドット形成の STMBE 観察 第62回応用物理学会春季学術講演会、第62回応用物理学会春季学術講演会予稿集, 2015/3
135. 木寺 正平 " 超広帯域近距離レーダのための高精度立体画像領域拡大法 " 電子情報通信学会 ソサイエティ大会, 2015/9
136. 小木曾公尚, 鈴木崇司, 岡本貴之 ベイジアンゲームモデルを用いたスポーツシーンにおける信念提示 第1回超人スポーツ学術研究会, 2015/12
137. 北川慎人, 畑秀明, 伊原彰紀, 小木曾公尚, 松本健一 コードレビューのジレンマ / スノードリフトゲームによる協調行動の分析 日本ソフトウェア科学会 ソフトウェア工学の基礎研究会 第22回 ソフトウェア工学の基礎ワークショップ (FOSE 2015), 2015/11
138. 小玉隆志, 岡部篤, 小木曾公尚 対数化 UKF を用いた空気圧ゴム人工筋の収縮率とパラメータの同時推定 第58回自動制御連合講演会, 2015/11
139. 北側紘史, 小木曾公尚 売電価格設定のための説得対話システムによる売電意欲の制御 第58回自動制御連合講演会, 2015/11
140. 角谷理映子, 小木曾公尚 仮想的な負荷変動と PI 補償による収縮率変化のない空気圧ゴム人工筋モデル 第58回自動制御連合講演会, 2015/11
141. 橋本卓弥, 菊池直樹, 小木曾公尚 個人対応型ストレングストレーニング装置の開発, 第33回日本ロボット学会 学術講演会, 2015/9
142. 小玉 隆志, 小木曾 公尚 McKibben 型空気圧ゴム人工筋の状態推定に関する実験的考察 第59回システム制御情報学会研究発表講演会, 2015/5

143. 藤田 貴大, 長澤 知哉, 小木曾 公尚 ElGamal 暗号に基づく暗号化制御則 第 59 回システム制御情報学会研究発表講演会, 2015/5
144. 浦邊 研太郎, 小木曾 公尚 McKibben 型空気圧ゴム人工筋の非線形モデル予測制御に関する実験的考察 第 59 回システム制御情報学会研究発表講演会, 2015/5
145. 小玉 隆志, 小木曾 公尚, 中野 和司 UKF を用いた空気圧ゴム人工筋の収縮率推定 第 2 回 計測自動制御学会 制御部門マルチシンポジウム, 2015/3
146. 藤田 貴大, 小木曾 公尚 RSA 暗号に基づく線形制御器の暗号化 第 2 回 計測自動制御学会 制御部門マルチシンポジウム, 2015/3
147. 酒井 悠亮, 小木曾 公尚 ベイジアンナッシュ均衡に対応する信念の推定法, 第 2 回 計測自動制御学会 制御部門マルチシンポジウム, 2015/3
148. 岡野 哲大, 倉嶋 俊, 小木曾 公尚 空気圧ゴム人工筋モデルの温度変化による影響とパラメータの分類 第 2 回 計測自動制御学会 制御部門マルチシンポジウム, 2015/3
149. Kentaro Urabe, Kiminao Kogiso “Application of Hybrid Model Predictive Control to McKibben Pneumatic Artificial Muscle System” SICE International Symposium on Control Systems 2015, 2015/3
150. 宮澤 明久, 村田 悠馬, 小野 洋, 田中 勝己 “HF 溶液中での Nd-YAG Laser 加工による p-Si 表面評価” 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会, 2015
151. 村田 悠馬, 市原 文彦, 小野 洋, Cheow-Keong Choo, 桑原 大介, 田中 勝己 “光電子分光法を用いた N-doped DLC 薄膜の評価” 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会, 2015
152. 市原 文彦, 村田 悠馬, 小野 洋, Cheow-Keong Choo, 田中 勝己 “液相 PLA 法を用いた $SrTi_{1-x}Co_xO_3$ 光触媒薄膜の作製と評価” 第 76 回応用物理学会秋季学術講演会, 2015
153. J. Chang, Y. Kuga, I. Mora-Seró, T. Toyoda, Y. Ogomi, S. Hayase, J. Bisquert, and Q. Shen* “High Reduction of Interfacial Charge Recombination in PbS Heterojunction Colloidal Quantum Dot Solar Cells by Metal Oxide Surface Passivation” The International Conference on Hybrid and Organic Photovoltaics (HOPV15), 2015
154. Q. Shen, Y. Ogomi, K. Yoshino, T. Toyoda and S. Hayase “Uncovering the Detailed Mechanism behind High Efficiency Perovskite Hybrid Solar Cells by Studying Charge Separation and Recombination Dynamics” The 2nd Conference on New Generation Solar Cells, 2015

4.7. 【著書】

1. 川田 昌克, 東 俊一, 市原 裕之, 浦久保 孝光, 大塚 敏之, 甲斐 健也, 國松 禎明, 澤田 賢治, 永原 正章, 南 裕樹, 倒立振子で学ぶ制御工学, 森北出版, 2017

2. Perovskite Materials - Synthesis, Characterisation, Properties, and Applications Q.Shen, Y. Ogomi, T. Toyoda, K. Yoshino, S. Hayase INTECH 2016
3. 太陽光と光電変換機能 沈 青 シーエムシー出版社 2016

4.8. 【その他】

1. 市川晴久, “エネルギーソリューションプラットフォームを目指す研究開発” 電気通信協会 第16回コンテンツ・アプリケーション調査会, 2016/2
2. 市川晴久 “Introduction of University of Electro-Communications (UEC) and Info-Powered Energy System Research Center (iPERC)” UEC ASEAN Center Symposium, 2016/6
3. 市川晴久 “再生可能エネルギー・バーチャルグリッド” 電通大産学官連携センター研究開発セミナー「クリーンテック・水素社会への挑戦」, 2016/10
4. 市川晴久 “再生可能エネルギーの蓄電だけで生活できるでしょうか” 電通大・読売新聞共催連続市民講座, 2016/11
5. 市川晴久 “IoT でつくる再生可能エネルギー・バーチャルグリッド” 第42回日本データ通信協会 ICT セミナー, 2016/12
6. 新誠一, 制御システムセキュリティセンターの活動, 技術研究組合運営懇談会, 2016/4
7. 新誠一, 制御系セキュリティ技術の最新動向と今後の展望, サイバーセキュリティ講演会 2016/5
8. 新誠一, ユビキタスから IoT, そして Cyber Physical System, 平成28年度環境システム計測制御学会総会講演会, 2016/5
9. 新誠一, ものづくりとCPS, 精密工学会主催 第380回講習会「これでわかる最新の情報化技術 - Industrie4.0・人工知能・ビッグデータ・ユビキタス」基調講演, 2016/6
10. 新誠一, 計測制御システム, 総合コミュニケーション科学, 2016/6
11. 新誠一, 制御システムセキュリティの国内動向, 計測制御と自動車, 未来の車, 日産技術講座制御理論と自動車への適用 Advanced, 2016/6
12. 新誠一, 上下水道施設と IoT 応用…その光と影, 公共施設技術士フォーラム 2016/6
13. 新誠一, 機械は人を越えたか, 電気通信大学オープンキャンパス模擬講義, 2016/7
14. 新誠一, 半導体産業と発想の秘密, 半導体研究開発センターワークショップ, 2016/8
15. 新誠一, 制御システムセキュリティの現状と対策, SICE九州フォーラム 2016, 2016/8
16. 新誠一, 制御系セキュリティ技術の最新動向と今後の展望, 東京都安全・安心部会「サイバーセキュリティ拡大分科会, 2016/9
17. 新誠一, 環境問題と計測制御, アズビル環境講演会, 2016/9
18. 新誠一, やおよろずから IoT, 日立自律分散研究会, 2016/10
19. 新誠一, 制御工学からとらえる IoT, 情報処理学会連続セミナー2016「イノベーション最前線: 変わりゆく社会と生活へのインパクトの源流を極める」, 2016/10

20. 新誠一, 制御システムセキュリティの最新動向, パナソニック製品セキュリティ推進責任者会議 (SSS 会議) 特別講演, 2016/11
21. 新誠一, スマート化の光と影, オーガナイズドセッション「社会インフラの高度化に向けた新システムの開発」, 横幹連合コンファレンス, 2016/11
22. 新誠一, ユビキタスから IoT へそこから見える将来の姿, 電気通信大学拡大技術士会, 2016/11
23. 新誠一, 自動運転と制御系セキュリティ, 平成 28 年度光産業技術シンポジウム基調講演 2017/2
24. 新誠一, 自動運転と制御系セキュリティ, ものづくり企業交流会 2017 in バンコク, 2017/3
25. 新誠一, 皆で守る安全, 電通大・読売新聞共催連続市民講座, 2017/3
26. 新誠一, 重要インフラの制御システムセキュリティについて, CSMS セミナー, 2017/3
27. 澤田賢治, 制御セキュリティ技術の最新動向と今後の展望, 芙蓉研究開発懇談会, 2016/3
28. 山口浩一, 量子ドットデバイスと最先端太陽電池開発, 電通大産学官連携センター研究開発セミナー「クリーンテック・水素社会への挑戦」, 2016/10
29. N. Akimoto, S. Uchida and K. Yamaguchi “Photo-Conductance Properties of Ultrahigh-Density InAs/GaAsSb Quantum Dots” The 42nd IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 2015/6
30. K. Uchida, S. Uchida, K. Sakamoto and K. Yamaguchi “Sun-Concentration Properties and Two-Step Photoexcitation Effects of In-Plane High-Density InAs/GaAsSb Quantum Dot Layers” The 7th International Symposium on Innovative Solar Cells, 2015/1