

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 9 月 9 日現在

機関番号：57102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K02973

研究課題名(和文)アナログフロントエンドに着目したIoT指向エッジコンピューティング教育基盤の創生

研究課題名(英文)Creation of a pedagogical course for understanding the basics of IoT-Oriented Edge Computing Focusing on the Analog Front End

研究代表者

石川 洋平 (Ishikawa, Yohei)

有明工業高等専門学校・創造工学科・准教授

研究者番号：50435476

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の成果は日本が一番得意で高付加価値なセンサ周りの増幅回路、特に、「アナログ集積回路：Analog Integrated Circuit」に着目して、「サーキットデザイン教育 回路設計=サーキットデザイン」の基礎を構築したことである。高専は中学校卒業から5年間(専攻科を含めると7年間)の一貫教育であり、早期に集積回路設計CADに触れることによってミクロなものづくりを身近に感じることができる。アントレプレナーシップを意識した積極的な産学連携によって、育てるべき人材像も明確となり、優秀な卒業生も多数輩出することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、プログラミング教育よりもスピード感を持って、サーキットデザイン教育を初等中等・高等教育に実践的学問分野として復興・定着させるための基盤を作り浸透させることである。昨今の半導体不足を発端とした集積回路に対する関心の高まりは急激である。日本の真骨頂である「ものづくり」を「価値づくり」に転換するために、温故知新な技術である電子回路・集積回路の楽しさを伝承する環境構築・関係構築・人材育成の社会的意義は非常に大きい。今後は、IoT・AI・eスポーツ・メタバースなどの最先端技術と並走する形で教育・研究を継続していきたいと考えている。

研究成果の概要(英文)：The result of this research is the realization of the foundation of "circuit design education" focusing on the amplifier circuits around sensors, which is Japan's strongest added value technology area, especially "analog integrated circuits". The KOSEN is an integrated education for 5 years (7 years including the advanced course) after graduating from junior high school, and students can feel familiar with manufacturing of micrometer level by using the integrated circuit design CAD at an early stage. Through active industry-academia collaboration, "What kind of human resources to develop" became clear, and many excellent graduates could be produced.

研究分野：電子回路・集積回路

キーワード：アナログフロントエンド IoT エッジコンピューティング ミニマルファブ サーキットデザイン 電子回路教育 集積回路設計教育 サーキットデザイン教育

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

(1) 本研究のきっかけとなった1つ前の科研についての記憶をまず記す。東日本大震災が2011年に発生し、東北津波被災農地復興の一助となるための研究を農工連携のチームで開始したのが2015年である「津波被災農地の高塩濃度土壌における水分・塩分量計測センサネットワークの開発と適用：基盤研究(C)2015-2017」。当時はIoT (Internet of Things) という言葉が目新しかった頃である。続いて、研究期間中の2016年熊本地震が発生、東北と熊本で設置していた我々のセンサネットワークシステムはデータ欠損があるものの稼働し続けていた。

(2) 従前のデータロギングは、数週間から数ヶ月に一度、埋設したセンサに取り付けたデータロガーを回収して行っていたことを考えると、リアルタイムに圃場の状況が見れるシステムは画期的であった。天災はいつ起こるかかわからないため、データを取り続けることの重要性も再確認できた。また、システムのメンテナンスも大変な労力を必要とするため、高専のスケールメリットを活かして、広域連携することの重要性も認識できた。さらに、電子情報系のエンジニアは机上でシステムを組むことが多いため、自然環境の変化や鳥獣被害などを考慮したIoTシステムを意識できていないということが、異分野連携の阻害要因であることも理解できた。

机上の設計ではなく、手を動かすこととチームビルディングを意識して、研究期間終了後もセンサの埋設・撤去、システム運用を行うことで、たくましさや備えた現場感覚を持った人材育成を継続できている。

(3) 前置きが長くなってしまったが、そのような経緯もあり、センサ周りのエッジコンピューティングに着目し始めたのが2018年に着手した本研究である。

センサやロガーをIoTシステムとして実現することは、当時は既に一般的になってきており、大小様々な企業が参画し始めていた。しかし、我々のシステムを含めて、全体を見てみると、日本製のデバイスが何一つない状況に気がついた。

研究代表者石川の専門は電子回路・集積回路であり、システムの心臓部である「産業の米」と言われた半導体・集積回路を日本独自で設計できるエンジニアが激減していることに危機感を抱いたことが本研究を提案したきっかけである。プログラミング・AIを始めとするソフトウェアが主流で、まだまだITベンチャーが闊歩する時代であったため、日本のお家芸で真骨頂である「マイクロなものづくり」を担う人材育成が注目されていない時期であった。

2. 研究の目的

本研究の目的・学術的問いは申請書中の図(図1)に示した「旧来日本が得意としてきた高付加価値のアナログ技術(増幅・フィルタ回路)に着目して高等教育を進化させること」である。

3. 研究の方法

(1) 回路のアイデアを考案して、CADで回路図面を描いてシミュレーション、その後、再びCADで製造するための図形をレイアウト、デザインルールチェック等を行い、試作依頼となる。本研究では、通常の試作(CMOS 0.6umプロセス)に加えて、図2に示すミニマルファブでの試作も行った。

(2) FPAA (Field Programmable Analog Array) の一種であるデバイスを用いた教育システムを構築し、アナログフロントエンドを意識してセンサ・アンプ・光や音の表示を体験できる授業を展開した。並行して、IoTを意識して圃場でのセンサネットワークの実践演習も行った。

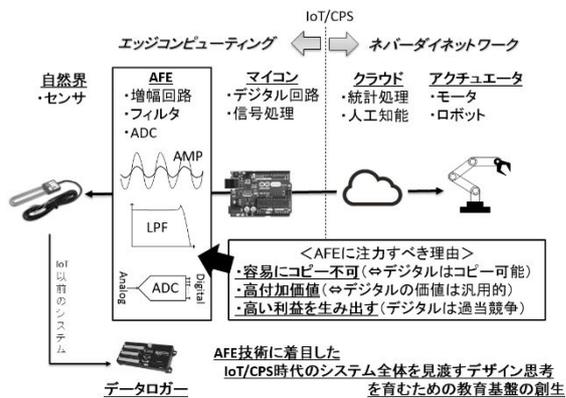


図1 アナログ技術の注目点

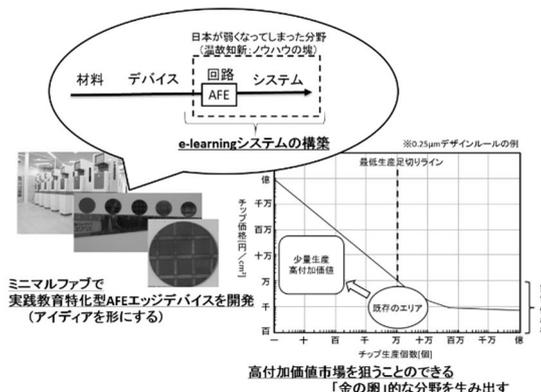


図2 集積回路の試作（ミニマルファブ）

4. 研究成果

(1) 「サーキットデザイン教育 (図3)」

国産の集積回路設計 CAD を用いた設計教育を高専 4 年 (大学 1 年相当) の学生に対して継続的に実施している。簡単なインバータの回路設計・シミュレーション・レイアウトまでを全員が行い、設計 CAD の使い方を学ぶことができている。唯一の国産集積回路 CAD ベンダーと連携しているため、プログラミングによるツール拡張も可能で、プログラミング教育を集積回路教育と連動させるための卒業研究も実施した。数十年前はプログラミングは一部のマニアしかやっていたいなかったイメージであるが、今では小学校で習う、人気の習い事となっている。プログラマーは憧れの職業になってきている。このプログラミング教育を意識して、我々は「サーキットデザイン教育」という言葉を定義して、昔のラジオ少年のように集積回路設計が小学校で導入されて、「サーキットデザイン」という言葉が当たり前になるような社会を目指している。

(2) 「半導体・集積回路試作 (図4)」

CMOS 0.6um プロセスでの試作を継続的に行っている。アナログ集積回路設計技術者の登竜門である演算増幅器設計コンテストの委員として試作・評価を担っていると共に、高専 3 年からの演算増幅器の設計・試作を促進している。これにより、早期に集積回路に触れることができ机上の設計のみならず計測技術の習得も可能となっている。また、ミニマルファブでの試作も実施しトランジスタの動作までを確認した。メガファブとミニマルファブを活用した半導体教育も実施可能な環境となっている。

(3) 「アナログフロントエンド (図5)」

大手電機メーカーと連携してアナログ回路を自在に組み替え可能な IC を題材とした演習を専攻科 1 年生 (大学 3 年相当) に継続的に実施している。演算増幅器や抵抗・コンデンサなどを用いた回路を CAD で描き、書き込むことで何度も異なった機能を実現できる。15 週完結型の演習テキストを自作し、センサとして CdS セルを用いて、抵抗値によって周波数を変えて音や光として実感することができる仕組みとしている。デジタル分野の FPGA(Field Programmable Gate Array)は一般的であるが、アナログ版の組み換え可能なデバイスは稀であるため近未来のデバイスとして紹介している。

(4) 「IoT・農工連携」

継続的に熊本県横島町のトマトハウスで TDT センサと Arduino と ZigBee をベースとしたシステムを稼働させた。センサ埋設や設置状況を考慮した配線、湿気等への対策を考えることによって、電子デバイスの堅牢性や品質の重要性を考えることができている。IoT としてのデータ取得も行い、AI による時系列データ解析なども実施した。本取り組みは 2015 年から続くものであり、現在、電子情報系のデバイスの専門ではない農学部の学生や教員が自主運用できるシステムを目指して検討を開始した。

(5) 「まとめ」

2020 年初めから新型コロナウイルス感染症が流行し、2022 年現在まで収束の気配がない。国際的なサプライチェーンのリスクと脆弱性が表面化し、企業は BCP (Business Continuity Plan: 事業継続計画) 策定が急務となっている。半導体不足も大きな打撃を受ける一方で、九州での半導体・集積回路産業・教育に熱視線が向けられている。天災や健康被害などは予期せぬ時に起こる。ソフトウェアはハードウェアがあってこそその技術である。産学連携による「プログラミングと技術の歴史をつなぐ超集積化トランジスタものづくり」として、これまでの経験を活かして「サーキットデザイン」教育を普及させていくことを本研究の後継とする。

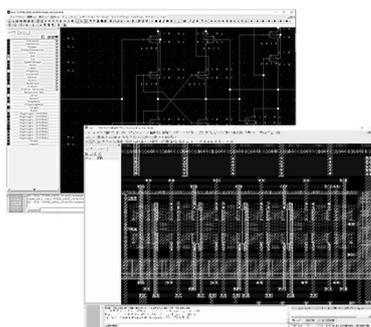


図3 国産集積回路 CAD の活用

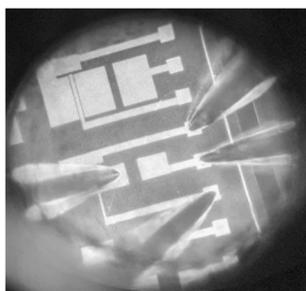


図4 ミニマルファブ試作

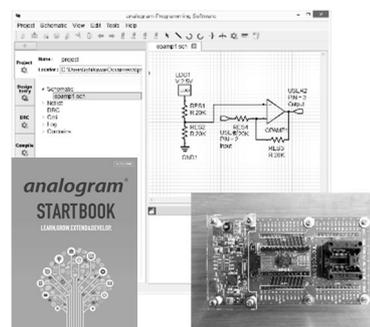


図5 オリジナルテキスト作成

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 石川 洋平、野口 卓朗、宮本 英揮、徳本 家康	4. 巻 149
2. 論文標題 ArduinoとXBeeを用いた土壌水分・塩分センサネットワークの開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土壌の物理性	6. 最初と最後の頁 55～61
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.34467/jssoilphysics.149.0_55	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yohei Ishikawa, Iori Morishita, Kosei Kunizaki, Kazuki Kondo, Yuki Oshio, Takayuki Horita, Takuro Noguchi, Akio Shimizu and Sumio Fukai	4. 巻 7-1
2. 論文標題 Addition of Data Logging System to Wireless Sensor Network using Arduino - STEM education in KOSEN -	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Tropical Resources and Sustainable Science Special Issue	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takuro Noguchi, Yasutomo Hashizume, Hideaki Moriyama, Lovic Gauthier, Yohei Ishikawa, Tetsuya Matsuno and Akira Suganuma	4. 巻 7-1
2. 論文標題 Introduction to the "Enhanced STEM Education at KOSEN" in NIT, Ariake College	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Tropical Resources and Sustainable Science Special Issue	6. 最初と最後の頁 9-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 清水 暁生、野口卓朗、石川洋平、深井澄夫	4. 巻 139-5
2. 論文標題 膀胱内尿量計測に用いるカレントステアリング型DAC	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C（電子・情報・システム部門誌）	6. 最初と最後の頁 632-633
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 石橋直, 津嶋智将, 石川洋平, 野口卓朗, 清水暁生	4. 巻 第4分冊69号
2. 論文標題 工業高校情報技術系学科における高専・企業連携型インターンシップに関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 福岡教育大学紀要	6. 最初と最後の頁 209-219
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計42件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 麻生大聖, 野口卓朗, 石川洋平, 深井澄夫, 清水暁生
2. 発表標題 膀胱内尿量計測に用いる電流源の評価環境構築
3. 学会等名 令和3年度 (第12回) 電気学会九州支部高専研究講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村倫華, 野口卓朗, 石川洋平, 深井澄夫, 清水暁生
2. 発表標題 アナログLSI設計教育のためのADCの検討
3. 学会等名 令和3年度 (第12回) 電気学会九州支部高専研究講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryoma Matsuno, Akio Shimizu, Noguchi Takuro, Isikawa Yohei, Yositomi Takashi
2. 発表標題 Agar model for bioimpedance measurement
3. 学会等名 International Symposium on Innovative Engineering (ISIE2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuki Nishimura, Akio Shimizu, Takuro Noguchi, Yohei Ishikawa, Sumio Fukai
2. 発表標題 A 10-bit Current-Steering DAC for Urinary Bladder Volume Measurement
3. 学会等名 2021 IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems (APCCAS) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 若木田康輝, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 膀胱内尿量計測に用いる多点位相差計測回路に関する検討
3. 学会等名 2021年度(第74回) 電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 麻生大聖, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 膀胱インピーダンス計測に用いる8-bit電流源の検討
3. 学会等名 2021年度(第74回) 電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松野龍馬, 吉富貴司, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 生体インピーダンス計測に用いる寒天モデル
3. 学会等名 2021年度(第74回) 電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 深井澄夫, 木本晃, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平
2. 発表標題 生体インピーダンス計測回路に用いるピークホールド回路の検討
3. 学会等名 2021年度(第74回) 電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂口真那斗, 清水暁生, 野口卓朗, 石川洋平, 吉富貴司, 深井澄夫
2. 発表標題 小中学生を対象としたアナログLSI設計環境の改善
3. 学会等名 2021年度(第29回) 電子情報通信会九州支部学生会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山内日那, 吉富貴司, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 初学者向けアナログLSI測定教育システムの開発
3. 学会等名 2021年度(第29回) 電子情報通信会九州支部学生会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐菅公助, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平, 白川知秀
2. 発表標題 尿量計測装置に用いる非接触給電のコイルの検討
3. 学会等名 2021年度(第29回) 電子情報通信会九州支部学生会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山村健斗, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 膀胱内尿量計測に用いる8-bitADコンバータの一検討
3. 学会等名 2021年度(第29回)電子情報通信会九州支部学生会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 清水暁生, 吉富貴司, 野口卓朗, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 小中学生を対象としたアナログLSI設計講座
3. 学会等名 電気学会 電子・情報・システム部門大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石橋 直, 貝澤世菜, 石川洋平, 森山 潤
2. 発表標題 小学校・中学校の教科書における電気に関する記述内容の調査
3. 学会等名 教育フロンティア研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田崎小春, 石川洋平, 野口卓朗, 徳本家康
2. 発表標題 ArduinoとXBeeを用いた土壌水分・塩分センサーネットワークの開発および津波被災農地への適用事例
3. 学会等名 2021年度(第70回)農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石川洋平, 城門寿美子, 古瀬英機, 清水暁生, 野口卓朗, 伊野拓一郎, 太田順一郎, 佐藤三郎
2. 発表標題 若手産学連携コーディネータの育成IVー人財育成を軸としたマッチングラボ
3. 学会等名 産学連携学会第19回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梅崎千晴, 清水暁生, 吉富貴司, 野口卓朗, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 小中学生を対象とした教育システム向けRail-to-Railオペアンブ
3. 学会等名 電気学会電子回路研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古賀洸希, 深井澄夫, 清水暁夫, 野口卓朗, 石川洋平
2. 発表標題 膀胱内尿量計測回路に用いる微小位相差計測回路とピークホールド回路に関する検討
3. 学会等名 電気学会計測・知覚情報合同研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石川洋平, 清水暁生, 野口卓朗, 城門寿美子, 太田順一郎, 佐藤三郎, 深井澄夫
2. 発表標題 日常の拡張を基本とした"しなやかな"産学連携・高等教育手法の考察
3. 学会等名 電気学会教育フロンティア研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 角佑都, 有村知将, 堀田孝之, 池上勝也, 野口卓朗, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 農業IoTにおける時系列データ解析と画像処理の試行
3. 学会等名 電気学会教育フロンティア研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古賀翔也, 深井澄夫, 木本晃, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平
2. 発表標題 生体計測システムの低電圧化と精度向上に関する研究
3. 学会等名 電気学会電子回路研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Chiharu Umezaki, Akio Shimizu, Takashi Yoshitomi, Takuro Noguchi, Yohei Ishikawa, Sumio Fukai
2. 発表標題 Headphone Amplifier and Its Layout for Education for High School Student
3. 学会等名 2019 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 森下伊織, 深井澄夫, 野口卓朗, 石川洋平
2. 発表標題 RTC搭載型フィールド実験用電源管理システムの省電力化に関する検討
3. 学会等名 電気学会計測研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 嶋村駿希, 吉田拓起, 古賀翔也, 古賀洸希, 深井澄夫, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平
2. 発表標題 ピークホールド回路を用いた生体インピーダンス計測回路の検討
3. 学会等名 IEEE主催2019年度第1回学生研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田拓起, 嶋村駿希, 古賀翔也, 古賀洸希, 深井澄夫, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平
2. 発表標題 全波整流回路を用いた生体インピーダンス計測回路の検討
3. 学会等名 IEEE主催2019年度第1回学生研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大木保典, 清水暁生, 野口卓朗, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 微小位相差計測回路に用いる高GBWアンプの検討
3. 学会等名 IEEE主催2019年度第2回学生研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安田大空, 石川洋平, 清水暁生, 野口卓朗, 深井澄夫
2. 発表標題 集積化された演算増幅器の設計に着目した教育手法に関する一検討
3. 学会等名 IEEE主催2019年度第3回学生研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吹春有弥, 角祐都, 有村知将, 野口卓朗, 堀田孝之, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 センシングとデータ処理に着目したIoT教育に関する一検討
3. 学会等名 IEEE主催2019年度第4回学生研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 野口卓朗, 石川洋平, 吉富貴司, 池上勝也
2. 発表標題 マインドマップ・動画を活用した能動的授業「専門創造演習」の試み
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第32回九州支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 古賀洸希, 深井澄夫, 清水暁夫, 石川洋平, 野口卓朗
2. 発表標題 膀胱内尿量計測回路のための試作した微小位相差計測回路の測定結果の一考察
3. 学会等名 第72回電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川洋平, 野口卓朗, 清水暁生, 松野良信, ゴーチェロヴィック・池上勝也, 荻島真澄, 深井澄夫
2. 発表標題 集積回路と音・光・センサを結びつける学生実験に関する一検討
3. 学会等名 電気学会教育フロンティア研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 有村知将, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平
2. 発表標題 農業IoTを指向した時系列データ解析手法の検討
3. 学会等名 第9回電子デバイス・回路・照明・システム関連教育・研究ワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Lovic Gauthier, Yohei Ishikawa
2. 発表標題 Evaluation of the HDLRuby Hardware Description Language by implementing an 8-bit RISC Processor
3. 学会等名 Proceedings of the 8th IIAE International Conference on Industrial Application Engineering (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tonan KOGAMI, Yohei ISHIKAWA, Takuro NOGUCHI, Akio SHIMIZU, Sumio FUKAI
2. 発表標題 Study on Integrated Circuit Layout Design Education I - Approach from Programming -
3. 学会等名 The 1st Education and Research International Workshop of Electronic Devices, Circuits, Illuminations, and Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石川洋平, 野口卓朗, 清水暁生, 深井澄夫
2. 発表標題 集積回路レイアウト設計教育に関する検討 - 数学からのアプローチ -
3. 学会等名 第7回電子デバイス・回路・照明・システム関連教育・研究ワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石川洋平, 野口卓朗, 清水暁生, 城門寿美子, 丸山野真理子
2. 発表標題 若手産学連携コーディネータの育成 - ICLabの産学官民連携戦略 -
3. 学会等名 産学連携学会第16回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 清水暁生, 吉富貴司, 野口卓朗, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 IC設計初学者向けの演算増幅器設計教育に関する一考察
3. 学会等名 電気学会電子回路研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石川洋平, 野口卓朗, 清水暁夫, 松野良信, ゴーチェ ロヴィック, 池上勝也, 荻島真澄, 深井澄夫
2. 発表標題 演算増幅器のシミュレーションと実験のギャップに着目した学生実験に関する一検討
3. 学会等名 電気学会教育フロンティア研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野口卓朗, 石川洋平, 吉富貴司
2. 発表標題 マインドマップ・動画を活用した能動的授業「専門創造演習」の試み
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第31回九州支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本祐弥, 森下伊織, 堀田孝之, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 STEM教育を意識したIoTシステムのバッテリー容量計算に関する一検討
3. 学会等名 IEEE主催2018年度第1回学生研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高山喜八, 岡本憲典, 野口卓朗, 清水暁生, 石川洋平, 深井 澄夫
2. 発表標題 LSIレイアウト設計におけるマウス軌跡取得プログラム
3. 学会等名 第8回電子デバイス・回路・照明・システム関連教育・研究ワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 清水暁生, 梅崎千晴, 馬場智, 吉富貴司, 野口卓朗, 石川洋平, 深井澄夫
2. 発表標題 小中学生を対象としたオーディオアンプ製作教室
3. 学会等名 電気学会電子回路研究会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 石川洋平、野口卓朗	4. 発行年 2021年
2. 出版社 秀和システム	5. 総ページ数 220
3. 書名 図解入門 よ〜くわかる最新電子回路の基本としくみ [第2版]	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	白鳥 則郎 (Shiratori Norio) (60111316)	中央大学・研究開発機構・機構教授 (32641)	
研究分担者	深井 澄夫 (Fukai Sumio) (30189906)	佐賀大学・理工学部・客員研究員 (17201)	
研究分担者	清水 暁生 (Shimizu Akio) (90609885)	有明工業高等専門学校・創造工学科・准教授 (57102)	
研究分担者	野口 卓朗 (Noguchi Takuro) (20805626)	有明工業高等専門学校・創造工学科・助教 (57102)	
研究分担者	堀田 孝之 (Horita Takayuki) (80450146)	有明工業高等専門学校・技術部・技術長 (57102)	
研究分担者	徳本 家康 (Tokumoto Ieyasu) (80445858)	佐賀大学・農学部・助教 (17201)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	宮本 英揮 (Miyamoto Hideki) (10423584)	佐賀大学・農学部・准教授 (17201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------