



【論文誌技術解説】

和文論文誌 C「エレクトロニクス分野におけるシミュレーション技術の進展」特集号によせて (ゲストエディタ)



平田 晃正 (名古屋工業大学)

近年、電磁界、電気回路のシミュレーション技術は、デジタル信号伝送、機械/化学/熱などとの複合物理シミュレーション技術と有機的に連成し、より現実的な問題を取り扱えるようになってきている。グリッドによる並列計算あるいはハードウェア技術の進展と相まって、現実的な時間内で多くの問題を計算機で予測でき、ゆえにその応用も多岐にわたるようになってきた。このため、エレクトロニクス分野におけるシミュレーション技術は、物理現象の理解、デバイス設計、さらにはその最適化になくてはならないものとなりつつある。これらの技術が独創的なアイデアを容易に検証し、付加価値の高い成果へと効率よく結実させる、最適化による自動設計を可能にするなど、少子高齢化が進む我が国においてその重要性は益々高まっていくであろう。

本ソサイエティにおいて関心が持たれるシミュレーション技術は多種多様であるが、類似点も多く、シミュレーション技術に軸足を置く研究者の論文を一斉に配信することができれば、我が国の研究開発のより一層の発展に寄与できるものと期待される。このような背景のもと、和文論文誌において本特集を企画するに至り、今回で5回目を数える。今回の特集では、厳正な査読プロセスに基づき編集委員会が審議した結果、論文 6 編、ショートノート 3 編の採録となった。これに招待論文 1 編を加えた計 10 編が掲載されている。

招待論文の執筆は、2014 年本会フェローになられた黒田道子先生にご執筆いただいた。電磁界と運動系のマルチフィジクスシミュレーション技術に関するテーマを取り上げ、MEMS への応用など本ソサイエティの技術分野を横断的に扱う内容を平易に書いていただいた。

一般論文もいずれも興味深い内容となっており、詳細は以下の通りである。解析における精度担保のための基礎的な論文からシミュレーションによる最適化、デバイス開発まで多岐に及ぶ。「部分領域反復解法に擬似 4 倍精度を用いた full-wave 電磁界解析」では、部分領域反復解法に擬似 4 倍精度を用いることで解析精度の向上を目指したものであり、様々な分野への応用が期待される。「GaN オン

Si 基板の電極パッドインピーダンスの等価回路モデル」、「等価回路モデルによる薄い導体シールドを実装した差動伝送 FPC の伝送特性の評価」は、電磁界解析による知見を回路論的に扱う、電磁界と回路の複合的な内容であり、産業応用などの際に応用が期待できる。「ラット脳局所ばく露マルチフィジクス解析の高精度化」、「太陽光および暑熱同時ばく露に対する熱中症リスク評価シミュレータの開発」は、電磁界と熱の複合解析の高速化さらには応用事例である。さらに、「関数展開法に基づくトポロジー最適化による偏波分離素子の設計」、「感度解析に基づく少数モードファイバの最適設計に関する検討」では、光伝送路あるいは素子の効率的な最適化手法の提案、その実装例を示すものであり、今後、設計の自動化やそれ以外の分野への貢献が期待できる。「VHF 帯空港面電磁界解析手法の提案」では、空港という広大な領域における電波伝搬を複合的な手法により高精度に推定可能とするものである。「試料槽を設けたテラヘルツ SPR 導波路型センサの FDTD 解析」では、電磁界解析によるデバイスの設計例を示すものであり、シミュレーション技術の一層の展開が期待できる。

最後に、本特集を発行するにあたり、ご投稿頂いた方々、論文査読にご協力頂いた査読委員の方々、企画および編集にご尽力頂いた編集委員各位、並びに事務局の皆様方に深謝の意を表す。この特集が今後も継続的に実施され、技術立国日本の将来に資することを期待している。

著者略歴：

1996 年阪大・通信卒。2000 年同大学院博士後期課程了。博士(工学)。1999 年より日本学術振興会特別研究員、2001 年大阪大学大学院工学研究科助手。2005 年名古屋工業大学大学院助教授、現在教授。生体電磁気学、計算電磁気学などの研究に従事。2011 年、2014 年文部科学大臣表彰科学技術賞、2015 年 IEEE EMC-S 業績賞、2016 年ドコモ・モバイルサイエンス賞など受賞。IEEE および英国物理学会 Fellow。国際非電離放射線防護委員会主委員会委員、IEEE ICES 理事、などを務める。



【論文誌技術解説】

英文論文誌小特集号「Special Section on Solid-State Circuit Design - Architecture, Circuit, Device and Design Methodology」の発刊によせて (ゲストエディタ 小特集号編集委員会)

上口 光 (信州大学)



「モノのインターネット (Internet of Things, IoT)」という言葉が世間を賑わせており、近年のビジネスや日常生活に至るまで多大なインパクトを与えています。スマートホン、タブレット、時計を始めとする何十億個もの IoT デバイスがクラウドネットワークに接続される時代です。多種多様なエッジデバイスから得られる膨大な情報=ビッグデータを如何に上手に処理するか、というのが IoT 時代の重要な課題になっています。ビッグデータを有効に、且つ、遅延なく活用するためには、ユーザーに近いエッジデバイスである程度の情報処理を行う、いわゆるエッジコンピューティングが重要になります。処理を分散し、通信や、クラウドのデータセンターサーバーの負荷を低減することが必須技術となります。集積回路は、エッジデバイス、クラウドデータセンター双方のハードウェアを構成する中核技術ですので、より省エネルギーで且つディペンダブルな新しい集積回路設計技術が囑望されています。

このような背景のもと、集積回路研究専門委員会 (ICD) では、集積回路設計技術に関する VLSI アーキテクチャ、3次元チップ、SoC、メモリ回路、デジタル回路、インタフェース回路、アナログ回路、低消費電力技術、設計技術、実装技術を主な対象分野とする英文論文誌小特集号として、「Special Section on Solid-State Circuit Design - Architecture, Circuit, Device and Design Methodology」を毎年4月に発行しています。

今回の特集号では、投稿論文の中から、編集委員会の厳正な審査により採択された卓越した論文7件(レギュラーペーパー 5件、ブリーフペーパー 2件)が掲載されます。

1件目の論文は、高効率な環境発電のために、グリッチのないプログラマブルな電圧検出回路を低電力で実現しています。回路試作、及び、実測により、温度依存性のほとんどない回路を 248 pW@1.0V の低消費電力で実現しています。2件目の論文では、対数圧縮を用いることで、A/D変換器のダイナミックレンジを広げる手法について議論しています。3件目の論文では、圧電薄膜共振器を用いた電圧制御発振器の設計事例を紹介しています。クロスカップル型発振器を用いることで、低い位相雑音を実現できることを実測結果とともに示しています。またもう一つの発振器に関する論文では、位相同期回路の位相雑音を正確に再現できるリング発振器のシミュレーションモデルを提

案しています。次の論文では、ストレージクラスメモリ (SCM) と NAND 型フラッシュメモリをハイブリッド構造にしたストレージドライブについて議論し、メモリ/ストレージの2つの異なる型の SCM をどう織り交ぜるかという課題に対する設計指針を示しています。6件目の論文は、FPGA に関する論文です。提案手法を用いることでソフトエラー耐性を高め、信頼性の高い FPGA を実現しています。最後の論文では、CORDIC の構成方法として、新しいアーキテクチャを提案しています。並列パイプラインを用いることで、低遅延で且つ低電力な回路を実現しています。

いずれの論文も集積回路設計の新たな知見を含む魅力的な内容となっておりますので、集積回路技術に関わる研究者、開発者のみならず、関連技術を研究、応用される皆様に本特集号を広くご覧いただき、今後の研究開発の発展にお役立ていただくことを期待します。

本特集号のために貴重な最先端技術の成果をご投稿いただいた著者の皆様、それらの論文を注意深く査読いただいた査読委員の皆様にご心より感謝を申し上げます。

編集にあたっては、委員長の広島大学藤島教授をはじめ、集積回路研究専門委員会 (ICD) の皆さまに多大なるご協力をいただきました。最後に、編集のために多大なご貢献を賜った下記編集委員各位にご心より感謝を申し上げます。

小特集編集委員会 (敬称略)

委員長：藤島実 (広島大)

幹事：上口光 (信州大)

委員 (50音順)：飯塚 哲也 (東大)、岩崎 裕江 (NTT)、小泉 弘 (NTT)、中島 雅逸 (ソシオネクスト)、範 公可 (電通大)、松岡 俊匡 (阪大)、吉田 毅 (広島大)、渡邊 大輔 (アドバンテスト)

著者略歴：

2002年広島大学工学部卒。2004年広島大学大学院先端物質科学研究科博士課程前期(修士)修了、2007年同博士課程後期修了。博士(工学)。同年、広島大学研究員、特任助教を経て、2010年より東京大学特任研究員、2012年より中央大学機構助教を歴任。2014年より信州大学工学部准教授。メモリシステム、計算機アーキテクチャ、トランジスタモデリング、高耐圧集積回路の設計とパッケージに関する研究に従事。



【論文誌技術解説】

英文論文誌 C 小特集「Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices」発行に寄せて (2017年5月号) (ゲストエディタ)



國清 辰也 (ルネサス エレクトロニクス)

シリコン材料・デバイス研究専門委員会 (SDM 研) が企画・運営している研究会では、シリコンに限らず、GaAs、SiC、GaN 等の化合物半導体からダイヤモンドや二次元材料に至るまでの幅広い材料やデバイスが取り上げられ、デバイスはもちろんのこと、さまざまな物質の基礎物性に関する研究発表があり、広い領域をカバーしています。

こうした基盤技術としてのシリコン材料・デバイス分野の大きな変化および発展を受けて、SDM 研では、本分野における最新の研究成果を広く世界に発信していく目的で Asia Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices (AWAD) を 1993 年から日本と韓国で交互に開催しています。昨年 (2016 年) は、7 月 4 日から 6 日にかけて、ED 研 (電子デバイス研究専門委員会) と合同で AWAD2016 が北海道の函館市で開催されました。今年で 24 回目になります。論文数の内訳は、プレナリ 3 件、招待講演 20 件、オーラル 55 件、ポスター 43 件で、計 121 件でした。国別内訳は韓国(64)、日本(49)、台湾(4)、ベトナム(2)、シンガポール(1)、ドイツ(1)でした。

このような背景の下、AWAD2016 の研究成果を中心とする小特集を 2017 年 5 月号に掲載しました。今回の小特集には、多数の投稿論文の査読結果に基づく小特集編集委員会での厳正な審議の結果、最終的に 12 件の論文が採録されました。以下、掲載順に、論文の概要を紹介します。

1 件目の論文では、ロバストな Q バンドを具えた InP と GaN-HEMT による低ノイズアンプに関する実験結果を報告しています。2 件目の論文では、Verilog-A を用いた 0.25 μ m InGaP pHEMT トランジスタの EEHEMT RF ノイズについて改良モデルを提案しています。3 件目の論文では、Bow-Tie アンテナと集積した共鳴トンネルダイオードにおける緩和振動の解析結果を報告しています。4 件目の論文では、SiC パワーデバイスのためのエピタキシャル JTE (Junction Termination Extension) について議論しています。5 件目の論文では、ドレイン側を分離したシリコン制御整流子 (SCR) による高圧パワー p 型 LDMOS トランジスタにおいて、高い ESD 耐性を実現する設計について議論しています。6 件目の論文では、二硫化ハフニウム電界効果トラ

ンジスタを真空中で熱処理し、膜で被覆することにより、大気下での劣化を抑制する実験結果を報告しています。7 件目の論文では、パラジウム/イッテルビウム/シリコン (100) 面の積層構造から形成された、n 型シリコンに対する低いショットキー障壁をもつパラジウム-イッテルビウム・シリサイドについて議論されています。8 件目の論文では、ペンタセンをベースにした有機電界効果トランジスタのデバイス特性に対して窒素ドーピングした六ホウ化ランタン界面層が与える影響について、実験結果を報告しています。9 件目の論文では、アモルファス酸化シリコン膜へのチタン・ナノドットの組み込みが、抵抗スイッチ動作に与える影響について議論しています。10 件目の論文では、Pt/TiO_{2-x}/TiO₂/TiO_{2+x}/Pt ナノフィルムで構成されるメモリスタの作製工程と電気的な特性について、実験結果を報告しています。11 件目の論文では、p 型シリコン、ゲルマニウム、シリコン・ゲルマニウム混晶におけるゼーベック係数へのフォノン・ドラッグの影響を議論しています。最後の 12 件目の論文では、径がサブミクロンの大きさの断面積をもつ共ドーピングされたシリコンにおけるゼーベック係数へのフォノン・ドラッグの影響を議論しています。関連分野における研究開発や学生・若手研究者の方々の向学のお役に立てれば、幸いです。

本小特集の発行にあたっては、編集幹事ならびに編集委員に加えて、多数の査読委員の方々にご尽力を頂きました。ご多忙中のところ、編集・査読にご協力を頂いた皆様に厚く御礼を申し上げます。特に、編集幹事である静岡大学・池田浩也先生と新日本無線 (株)・新井学博士の献身的なご協力無くしては、本小特集を纏めることは困難でした。この紙面を借りて重ねて御礼を申し上げます。

著者略歴:

1988 年 3 月東京大学工学部電子工学科卒業、1988 年 4 月三菱電機株式会社に入社、2003 年 4 月株式会社 ルネサス テクノロジーに承継転籍。2010 年 4 月からルネサス エレクトロニクス株式会社に勤務。応用物理学会会員。IEEE EDS Senior member。専門は半導体プロセス・デバイスのモデリングとシミュレーション。



【論文誌技術解説】

英文論文誌 C 小特集「Special Section on Analog Circuits and Their Application Technologies」の発刊によせて (ゲストエディタ)



榊井 昇一 (富士通研究所)

500 億個以上のセンサがインターネットに接続され、センサから提供されるデータが、機械学習によってデータ解析され、人の知的生産活動を支援する予測・推奨が行われる IoT (Internet of Things) のコンセプトは、現在の情報通信技術の基幹となっている。IoT は、2025 年に 200 兆円以上の関連市場を形成すると予測されており、増幅器やフィルタ、AD 変換器などで構成されるセンシング回路や有線・無線通信を担うトランシーバなどを製品とするアナログ集積回路市場にも大きな成長が期待されている。

一方で、IoT のようなシステムの商品化には、PoC (Proof of Concept) や PoB (Proof of Business) といった実証実験ステップを踏むため、短 TAT (Turn Around Time) での開発は必須となり、オフザシェルフ製品を組み合わせて高速・高精度・低消費電力システムを設計するアプローチも改めて見直されるべきと考える。こうした状況の変化を背景に、昨年まで「Analog Circuits and Related SoC Integration」であった小特集のタイトルを、本年から「Analog Circuits and Their Application Technologies」と変更し、アプリケーションの立場から要求されるさまざまな設計手法を許容し、これまでよりもより広い観点からの投稿を呼びかけた。

本小特集では、2 件の招待論文と 10 件の一般投稿論文で構成されている。最初の招待論文は、Holst Centre/imec の Xiaoyan Wang 氏に“The design challenges of IoT: from system technologies to ultra-low power circuit”と題して、IoT がもたらす経済・社会の変革から IoT システムモデル、集積回路設計における課題に言及いただき、実際のケース・スタディとして、マルチスタンダード対応の超低消費電力無線トランシーバの設計・評価について解説していただいた。もう 1 件の招待論文は、奈良先端大の太田淳教授より“Stimulator design of retinal prosthesis”と題して、人工網膜用 2 次元電気刺激システムの紹介と、多数の電極を埋め込むことができる CMOS ベースの電極アレイや実際の電気刺激回路について解説していただいた。

10 件の一般投稿論文のうち 7 件は Regular Paper で、無線 SoC 用クロック生成回路、広帯域電流モード・ローパ

スフィルタ、デルタシグマ型 Time-to-Digital 変換器、広帯域 Voltage-to-Time 変換器、20GHz プッシュ・プッシュ型 VCO、AD 変換器高速テスト手法、オフザシェルフ製品による太陽電池駆動のビーコン設計についてまとめられている。残りの 3 件は Brief Paper で、いずれもバイオエレクトロニクスを応用とし、CMOS センサや CMOS チップ上の電気泳動法についての発表となっている。

本小特集に論文をご投稿頂いた方々に謝意を表します。査読委員や編集委員の方々には本小特集を優れたものにするため多くの議論をして頂き、特に、幹事の新津先生と上野様には、企画から発刊までの多面でご尽力頂いた。発刊に関わった方々に深く感謝します。

小特集編集委員会 (敬称略)

ゲストエディタ: 榊井 昇一 (富士通研)

幹事: 新津葵一 (名大)、上野武司 (東芝)

委員: 秋田一平 (豊橋技科大)、伊藤正雄 (ルネサスシステムデザイン)、岡田健一 (東工大)、佐藤隆英 (山梨大)、傘昊 (東京都大)、滝波浩二 (パナソニック)、谷本洋 (北見工大)、中村宝弘 (日立)、廣瀬哲也 (神戸大)、藤本竜一 (東芝)、松浦達治 (東京理科大)、美濃谷直志 (NTTテレコン)、宮原正也 (東工大)、武藤浩二 (長崎大)、安富啓太 (静岡大)、吉村隆治 (ローム)、李寧 (中大)

著者略歴:

1982 年名古屋大学工学部電気工学科卒業、1984 年同大学院工学研究科博士前期過程修了、2006 年東京工業大学大学院総合理工学研究科電子機能システム専攻博士 (工学)。新日本製鐵、富士通研究所などを経て、2007 年から 2012 年まで東北大学電気通信研究所教授。現在は、富士通研究所に所属。これまで、強誘電体メモリなどの不揮発メモリや RFID、スマートカードなどの応用製品、超低消費電力無線トランシーバなどの研究開発に従事。スタンフォード大学、トロント大学客員研究員。2004 年文部科学大臣表彰研究功績者。IEEE Trans. VLSI Associate Editorなどを歴任。