

## 電子デバイス研究委員会紹介

### 1. はじめに

高速・大容量が特徴の次世代通信規格「5G」の商用サービスが開始され、この5Gと融合したIoTデバイスは、「自動車・輸送機器」「医療」「産業用途」での高成長が見込まれており、パソコンやスマートフォンなど、従来のインターネット接続端末に加え、家電や自動車、ビルや工場など、世界中の様々なものがネットワークに繋がることになった。5Gで車の自動運転技術がさらに発達するとともに、ドローンにおいても自動運転技術が発達していき空飛ぶクルマの未来に近づいてきた。ここで、「Society5.0」とは、IoTによりサイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を連携し、すべての物や情報、人を一つに繋ぐとともに、AI等の活用により量と質の全体最適をはかる社会のことである。

さらに、通信事業者ではない企業や自治体が個別にネットワークを構築できる「ローカル5G」も実証実験が進められ、高速・低遅延の通信を提供するローカル5Gは、仮想世界でユーザー同士が交流できるメタバースや現実世界と似た環境を仮想世界に構築するデジタルツインなど、今後の商品開発や技術検証、生産ラインの効率化、エンターテインメントなどの分野などでの利用が期待されている。

1950年代に初めてその言葉が生まれた「AI（人工知能）」は、その後飛躍的な革新を遂げ、私たちの生活様式にも大きな変化を及ぼしてきた。2023年にはChatGPTを始めとした「生成AI」のブームが巻き起こるなど、この2024年は機械学習の実用化と深層学習（ディープラーニング）による第3次AIブームの真ただ中である。AI研究の権威であるレイ・カーツワイル氏が「2029年にAIが人間並みの知能を備える」「2045年に技術的特異点（シンギュラリティ）が来る」と指摘しており、AIは私たちの生活、社会、さらには人類そのものの存在を根底から変える可能性がある。AIの大幅な進化により、自動運転技術も大きく前進しており、「画像解析」「判断」「予測」「マッピング」「ルート最適化」「乗員とのコミュニケーション」などにおいてAIが活用される。この自動運転車を典型的な例として、製造業へのAIの活用が進む中、「AI搭載システム」を機能安全規格へ適合させる動きが世界で活発になっている。AI搭載システムとは、期待とは異なる誤動作をすることによって人が死傷する恐れのあるシステムのことである。例えば、自動運転車では物体検知機能などでAIが利用さ

れているが、誤って物体検知することや物体検知を見逃すことが起こった場合、誤った車両制御により、事故が発生する可能性がある。そのために、安全な電気電子システムの開発が求められ、5Gが活躍するSociety5.0社会に於いて、インターネットに繋がるIoTやAI搭載システムなど、コンピュータの信頼性が重要であることは言うまでもない。

### 2. 研究委員会概要・目的

私達は、コンピュータシステムの信頼性を高める為、「コンピュータの誤動作」の原因として、静電気放電や電磁環境からの攻撃（フィジカル攻撃）があり、その対策が重要であることを提言し、電子機器の信頼性の向上を実現している。更に、近年における「コンピュータの誤動作」の原因として、フィジカル攻撃のみならず、サイバー攻撃によるコンピュータ誤動作の事例が多発し、サイバー攻撃への対応に注目が高まり、システムレベルでの信頼性が強く求められている。

情報システムレベルでの静電気対策の事例として、ハードディスクがあり、このハードディスクに用いられている磁気ヘッドの静電気耐力は5V以下であるが、装置としては10kVに耐えられる。これを実現するために、静電気耐力5V以下の電子デバイスの製造法、組立法などの生産技術、静電気対策材料、基板等の回路技術などで支えてきた技術やノウハウの蓄積がある。このようなシステムレベルでの電子機器の破壊や誤動作防止のために、計測技術や材料技術などの学術的な観点からの取り組みとして、静電気学会電子デバイス研究委員会がある。静電気学会は、静電気に関する研究者および技術者が一致協力し、既存の学問分野を越えた学際的な立場、また、国際的な視野から、静電気の学問と技術の進展に寄与することを目的に1976年に設立された。1982年からは、特定の課題を対象に調査研究をする委員から構成される研究委員会を設け、毎年、その成果を学会誌、オープンシステムの研究会などにおいて発表している。現在、研究委員会は、静電気放電基礎研究委員会、静電気リスクアセスメント研究委員会、電子デバイス研究委員会、細胞・分子操作研究委員会、放電プラズマによる水処理研究委員会、機能変換高分子材料研究委員会、静電気・高電圧・放電・プラズマ若手研究委員会の7つが活動している。電子デバイス研究委員会の目的・内容は、『半導体デバイス、ディスプレイデバイス、ハードディスクなどの電子デバイス及びこれらを組み

込んだ電子機器は半導体素子の高集積化、高速化、低電圧化に伴って益々静電吸引（ESA）、静電気放電（ESD）、静電気放電に基づく電磁障害（EMI）に脆弱となっている。これらの電子デバイスの製造、組み立て、実装工程における製品の歩留まり、信頼性等において、ESA、ESD、EMI等の問題が大きな課題となっている。このような課題の解決に当たっては、ESA、ESD、EMI等を科学的に把握し、工学的に対策技術を検討する必要がある。更に、電子デバイスの高性能化に伴い、コンポーネントレベルやシステムレベルでの静電気対策技術の検討が望まれる。そこで、産学連携し、共通の認識に立ち、ESA、ESD、EMI等の問題やコンポーネントやシステムレベルでの静電気対策技術について取り組み、討論する場として本研究委員会を設置する。』と言うものである（図1）。



図1 電子デバイス研究委員会

### 3. 研究例紹介

5V以下の静電気対策技術として、除電技術では、イオンバランス・低コンタミイオナイザーや導電性複合材料・高分子ポリマー材料、また、計測技術では、静電気計測・GHz帯放電現象計測技術や電子機器の破壊・誤動作のメカニズム解析が重要である。そこで、ハードディスク用磁気ヘッドの生産の実績を踏まえ、5V以下の静電気対に向けた幾つかの技術について紹介する。

#### 3.1 除電技術

##### 3.1.1 イオナイザー技術

シシド静電気（株）のファンタイプイオナイザ（BF-X2ME）は、電子デバイスの静電気耐力の低下に伴い、イオンバランス±3V以下の要求に対応している（図2）。



図2 イオナイザー

##### 3.1.2 プラズマ応用技術

春日電機（株）のコロナ処理装置により、材料の表面の親水性を改質することができる。また、マイクロ波プラズマ装置は真空チャンバー内の除電に効果があるなど、更なるプラズマ応用技術が期待される（図3）。

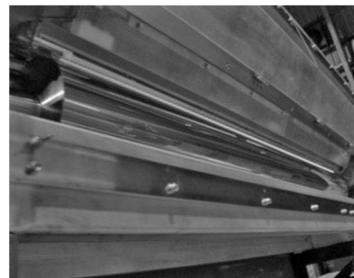


図3 コロナ処理装置

#### 3.2 材料技術

##### 3.2.1 体積導電材料

（株）松本技研の体積導電材料であるポリマー導電材料を用いたマグファーレン技術は、ハードディスク用のサスペンションのトレーを始め、電源ケーブル、ボールペン、パソコン用マウスやキーボードなどの静電気管理エリア内の静電気対策に用いられている（図4）。



図4 体積導電材料

##### 3.2.1 導電性複合材料

油化電子（株）（MCC アドバンスドモールドディングス（株））のカーボンナノチューブ（CNT）を用いたハイパーサイトW導電性複合材料は、ハードディスク用HGAのトレーを始め、スライダ用ケースなど、放電電流が従来のカ



図5 カーボンナノチューブ

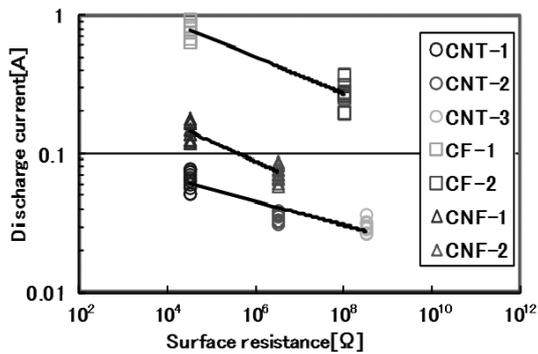


図6 表面抵抗と放電電流

ーボンファイバーの1/10に抑えられることから、静電気感度の高い電子デバイスのケースとして有効である(図5, 6)。

### 3.3 計測技術

#### 3.3.4 表面電位計

TREK (Advanced Energy) の表面電位計 520 は測定範囲: 0~±2 kV 電圧分解能: 1 V 測定距離: 5~25 mm のハンディタイプの A.C. フィードバック式の非接触による表面電位計である。100 V 以下の静電気が測定できるため、ハードディスク用磁気ヘッドの製造現場を始め、静電気に敏感なデバイスの静電気管理に有効である(図7)。



図7 表面電位計

#### 3.3.2 電流プローブ

プローブテックの放電電流プローブ Pt-5 はシールドケースの中に電流トランスと電流線が内蔵された構造により、汎用性、可搬性が良く、300 kHz~2.5 GHz の帯域でのさまざまな物体からの放電電流を検出することに対応できることを特徴としている(図8)。

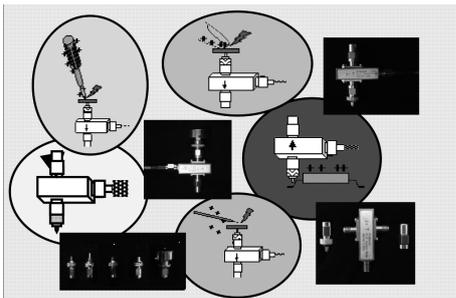


図8 放電電流プローブ

#### 3.3.3 ナノクーロンメータ

春日電機(株)のナノクーロンメータ(NK-1001A/NK-1002A)は測定対象物(導体)に接触させるだけで簡単に放電電荷量が測定できる(図9)。特に、帯電した絶縁物に囲まれた電子デバイスやプリント基板の誘導帯電による放電電荷量の測定に有効である。



図9 ナノクーロンメータ

#### 3.3.5 静電気可視化モニタ

阪和電子工業(株)のハンディタイプの静電気可視化モニタ(HSK-5064)は64個のセンサで100 mm×100 mmという広エリアの静電気の帯電形状や時間経過による帯電の動きをリアルタイムで観察できる(図10)。また、8個のリニアセンサを装備したもの(HSK-5008L)は、手軽に静電気の帯電状態を確認することができる(図11)。

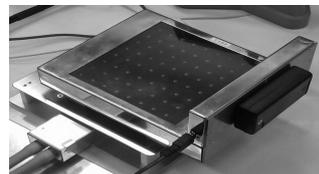


図10 静電気可視化モニタ



図11 静電気可視化モニタ

#### 3.3.1 静電気力顕微鏡

TREK の静電気力顕微鏡(1100TN)は空間分解能 10 μm を実現し、また数 cm 角程度の広い測定範囲を持ち、+/-1 kV の高電圧の測定が可能である(図12)。



図12 静電気力顕微鏡

## 4. 近年の活動

### 4.1 大気圧プラズマ装置

春日電機(株)の大気圧プラズマ装置は、ステンレスや

PE 膜表面の親水性の改善効果が得られる（図 13）。また、大容量のプラズマ供給のメリットを活かし、高速での人体除電にも効果的である。今後の静電気研究において様々な応用が期待できる。

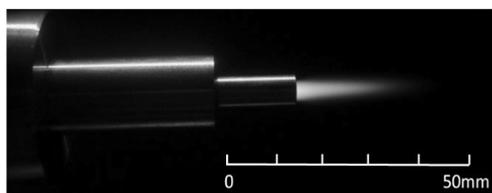


図 13 大気圧プラズマ

#### 4.2 光電圧プローブ

精工技研（株）の光電界センサを用いた光電圧プローブ（C5-D1-A, ES-2015）は、電氣的雑音に強く、電子機器の誤動作波形の観察に活用できる（図 14）。例えば、ゼロクロス時間が大きくなると誤動作が発生しやすくなるなど、波形と誤動作の関係を検証するのに有効である。



図 14 光電圧プローブコントローラー

#### 4.3 超高感度紫外線カメラ

（株）ブルービジョンの超高感度紫外線カメラ（BVC 2951U）はプリズム分光イメージング技術を用いた可視光領域と紫外光領域の 2 種類の光学センサを搭載している（図 15）。400~700 nm の可視光領域には 640 × 480 画素のセンサ、200 nm から 400 nm の紫外光領域には超高感度 UV センサである。その為、同一レンズを通して、可視光の映像と紫外光領域の映像を撮影することができることから、静電気放電現象を捉えるのに有効である。



図 15 超高感度紫外線カメラ

### 5. 未来の静電気研究者・技術者育成

静電気という身近な科学は、目に見えない不思議のワク

ワク感を大切にし、未来を拓く人材育成に繋げることが期待される。そこで、Society5.0 社会を担う人材育成として、2022 年度より、沼津高専では、小学 5、6 年生を対象とし、静岡新聞社・静岡放送と連携し、日本財団の『深海研究スーパーキッズ育成プロジェクト』を推進している。これは、静岡県の地域特性である駿河湾の深海生物や深海地質などに関心を持った子供達に発想法（TRIZ）やロボットの製作などの工学的アプローチを学ぶ機会を提供することで、医者、宇宙開発、製薬開発などの研究者や技術者等になる未来を拓くことにある。特に、ロボット開発を通し、ロボットの誤動作や静電気との関りについても学んでいる。

#### 5.1 バイオミメティクスロボットと静電気教育

藤島妃那さん（中学 2 年生）は深海生物の特徴を活かしたバイオミメティクスロボットに関心を持ち、沼津高専にて、『プログラム&ロボット教室』、公開講座『Education-TRIZ 基礎講座』、更に、知財の TKY の高専生と一緒に『オオグソクムシの交替制転向反応の観察』を行い、イルカの遊泳と深海への移動機構、超音波での位置検知、オオグソクムシの海底での移動機構やゴミの回収機構、ハコエビの触角センサや通信機能などを有したキメラ型ロボットを製作した。更に、土屋友梨花さん（中学 1 年生）、藤島汐希さん（小学 6 年生）と深海生物とバイオミメティクスロボットと静電気について学ぶことにより、深海用ロボットの開発において重要な以下の気づきを得ることができた。①産業用ロボットの誤動作の事故が増えており、誤動作の原因に静電気がある。②油を運ぶタンカーにおいて油の帯電や静電気による放電火災などの事故がある。③これらのことから深海用の電気装置を油で充填する場合、油の帯電に注意する必要がある。これらの成果は、日本動物学会で発表を行った（図 16）。



図 16 日本動物学会表彰式

### 6. まとめ

静電気放電は高エネルギーで、GHz 帯の高周波の現象である。そこで、その現象の解析と対策には、計測技術や材料技術など幅広い分野の方々とのネットワークが重要となる。電子デバイス研究委員会では、静電気対策技術の動向の情報共有化を図り、現状の把握を行うとともに、5 V 以下の静電気対策を推進していく。（大津 孝佳）