

# デンソー先端技術研究所の30年の歩みと今

## History and Evolution of the Advanced Research and Innovation Center in DENSO

伊藤 みほ  
Miho ITO

平松 秀彦  
Hidehiko HIRAMATSU

梶 大介  
Daisuke KAJI

大塚 まなぶ  
Manabu OTSUKA

祖父江 進  
Susumu SOBUE

The Advanced Research and Innovation Center (ARIC), established in 1991, has just celebrated thirty years of operation as the unit responsible for strengthening the foundational technologies used to “craft the core” of future DENSO products. Over the past three decades, the Center has consistently led the world in developing advanced technologies in multiple fields, including semiconductors, electronics, material science, artificial intelligence, and ergonomics. It has produced a steady stream of innovative technologies that DENSO has used to create “world-first” and “industry-first” products. ARIC will continue to supply innovative technologies to help us build a better and brighter future for everyone. The next thirty years will doubtless see many more exciting innovations from ARIC.

Key words :

*Innovation, AI, HMI, Material*

### 1. はじめに

世界における企業内研究所の起源は、19世紀後半のドイツの化学メーカーに端を発すると言われているが<sup>1)</sup>、企業が本格的に、自社内に研究所を持ち、研究活動をするようになったのは、20世紀以降、日本においては、第二次世界大戦後からである。

Reich<sup>2)</sup>によると、企業における研究活動の定義は、以下のように定義されている。

「生産工場とは別に設置された企業研究所において行われる研究で、スタッフは科学または技術の高等教育を受けている。企業と関係のある科学や技術を深く理解しようという方向性をもって、この研究は行われる。ここの研究者は、企業の現在の直接的な要求から、ある程度隔離されている。ただしその会社の長期的なニーズには責任がある。」

デンソー先端技術研究所は、デンソーの将来製品の

核となる「コア」を創出するための基礎技術を強化する部隊として、1991年に基礎研究所という名称で産声を上げた。

設立当初から、「革新技術の創出による先進的なクルマ社会への貢献」を使命とし、常に時代の先を読み、半導体、エレクトロニクス、人工知能、人間工学、マテリアル、バイオ等の先端技術を開発し、デンソーの世界初・業界初製品に繋がる数多くの革新コアを技術と技能の融合で創出してきた研究所である。

1990年代後半、国内においては、企業研究所が終焉を迎える事例もあったが、先端技術研究所は、時代の変化に応じた変遷を遂げ、三十有余年の歳月を重ねることで、産官学との共創や研究所員のたゆまぬ努力の結晶がコアとなり、今なお、デンソーの技術競争力の源泉となっている。

先端技術研究所は、設立以来モットーとしてきた「夢を育てるあくなき挑戦」と、デンソーの創業期の精神

である「研究と創造に努め常に時流に先んず」を礎とし、現在も、夢のある未来の実現に向けた革新技術開発に挑戦し続けている。本論文では、各研究領域のこれまでの歩みと今についてご紹介する。



Fig. 1 愛知池で練習中のボート部と研究所

## 2. 研究所の誕生と今

研究所設立の検討は、1984年に「次世代製品の技術の核を育成する基礎的な研究が必要」との提案が発端となり開始された。当時は高度経済成長の翳りが見え始めた頃であり、21世紀に向けてデンソーの技術開発はどのようにあるべきかが議論され、次世代製品の技術の核を育成する目的で基礎研究の重要性が提唱された。どのような場所で、どのような研究分野の基礎研究に取り組んでいくべきか、当時の関係部署がプロジェクト体制を組み、研究所設立のアウトライン作りが行われた。研究分野はエレクトロニクスを主体に進めることが方向付けされ、研究テーマとして、次世代製品に必要な新素材、半導体、各種機能デバイス、光・情報通信、人工知能、バイオ研究等が設置された。また、共通基盤技術としては、加工技術、材料分析、評価技術、計算科学技術ならびに高いスキルを要する実験や試作技術を充実させて、全方位の支援体制が整えられた。場所は、現業部門のある刈谷市から離れ、自然環境に恵まれたエリア（愛知県日進市）が選ばれた。愛知池のほとりに広がる8万1000平方メートルの敷地に、のべ床面積4万3000平方メートルに及ぶ研究棟、実験棟、クリーンルーム棟が整備された。こうして、事業部ではできないような長期目線の研究を通し将来のデンソー製品を支える技術の基礎研究を行う場として、1991年に総員270名で基礎研究所が誕生した（Fig. 2）。

設立後、2017年に名称を現在の「先端技術研究所」に変更、2020年に次世代の車載半導体の研究、先行開発を行なう株式会社ミライズテクノロジーズをトヨタ自動車株式会社との合弁で設立など、時代にあわせて研究所も変化している。自動車産業はCASEという言葉で語られる「100年に1度のパラダイムチェンジ」の時代を迎え、社会も将来予測が困難な「VUCA（Volatility・Uncertainty・Complexity・Ambiguity）」の時代と言われるなか、イノベーションの質を変化させる必要がある。研究所が自ら「何を価値として、どのようなイノベーションを起こすか」を検討し、従来の長期視点に立つ基礎的な技術開発をスピード感を持って事業に繋げる部隊として、パラダイムチェンジの先端に立つ決意が込められている。そのために、研究スタイルの変革を推進しており、共創によるイノベーション創出の一環として、社外への情報発信も強化している。報道機関への研究所公開、30周年記念講演会、記者向け取組み説明会などを通して、研究所の認知度と技術プレゼンスの向上に努めている。



Fig. 2 開所式（1991年3月）と設立当時の研究所の外観

## 3. 研究の歩み

研究所ではゲームチェンジに繋がるイノベーション技術にこだわったテーマに挑み続けている。本章では、株式会社ミライズテクノロジーズの礎となった半導体・エレクトロニクス領域を中心に、その歴史を簡単に紹介し、次章では現在の研究所の技術を紹介する。

1991年の開所時に製作したマイクロカーは、トヨタ自動車初の量産乗用車「トヨタAA型」の1/1000モデルである（Fig. 3）。全長4.8mmの米粒サイズながら24個の部品から構成され、直径1mmの超小型モーターで自走するマイクロカーは世界を驚かせ、1994年にギネスブックに認定された。ベースであるマイクロ

マシン技術は1987年のアメリカでの研究成果を契機に注目を集め、国内においては、デンソーも参画した通産省マイクロマシン技術開発プロジェクトが、1991年にマイクロマシン技術の基礎技術の確立を目指して開始されたばかりであった。まさに時流に先んじた研究であった。マイクロカーは30年以上たった現在でも、研究所で動く状態で展示されており、こうして培ったマイクロマシン技術をベースに、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）のテーマを立ち上げ、事業部と一体となり製品化の取り組みを開始した。当時世界トップの微細なシリコンの深堀技術を内製で開発することに成功し、静電容量式加速度センサ、ジャイロセンサなどの市販化に貢献してきた。



Fig. 3 自走式マイクロカー

SiC ウェハ開発は1994年から着手した。高品質なSiC ウェハを自社開発するという挑戦的なテーマだが、将来の電動化のキー技術になると予見して着手した。当時のSiC ウェハは品質、コストとも車載の実用化技術レベルには至っておらず、根本的に欠陥を発生させない新しい成長が必要と判断した。基礎から地道に取り組み、2002年に従来の成長法に比べ欠陥を2～3桁低減させる画期的な結晶成長手法であるRAF法<sup>3)</sup>の技術の確立にいたった。考案のきっかけは、ある研究メンバーがX線分析の結果の僅かな違いに気が付いたことであった。これをきっかけに徹底的に解析することで、RAF法の原理にたどりついた。高品質化は達成したものの、直径2インチのSiC ウェハしか製造できなかった2005年当時は、事業部からは、「こんな小さいものでは採算がとれない」と言われるなか、10年間以上に渡り粘り強く研究を続けて6インチまで大きくすることができた（Fig. 4）。

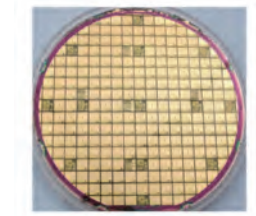


Fig. 4 車載用SiC-MOSFET試作品

一方、SiC デバイス開発は、1998年のトヨタ自動車のハイブリッド車プリウス発売を契機に、大出力モーターを駆動するためのインバータ用の高耐圧・大電流パワーデバイスとしての期待が高まった。当時はSiC ウェハの品質、採算の観点から車載の目標性能には到底及ばない状況ではあったが、2007年東京モーターショーにSiC デバイスを搭載したインバータモジュールを初出展した。「何が何でもSiCを車載で必ず実用化して見せる」という開発チームの覚悟を示したものであった。社内外に与えたインパクトは大きく、装置メーカ、実装材料メーカなどとの理解が深まり、周辺設備や技術の改良が進められる大きな契機となった。2015年、乗用車（カムリ）に搭載し、世界で初めてSiC デバイス搭載車が公道走行を行った（Fig. 5）。狙い通り、5%燃費改善の効果を示し、市場環境の変化もあって、実用化の動きが加速した。2016年には、非車載分野からの早期製品立ち上げを狙い、オーディオアンプ用素子として、デンソーで初めてSiC デバイスを製品化した。本命である車載用デバイスも、2020年12月に新型トヨタ「MIRAI（ミライ）」にSiCを搭載した次期型昇圧用パワーモジュールが採用された。

SiCの研究者の努力が実り、2017年には全社で車載事業化に向けた取組みが加速し、研究所の多くのSiC技術者が事業部に移籍し、SiC ウェハ技術も協業先のメーカに移管し、ウェハからデバイスまで一体となった大規模な開発を進めるに至っている。四半世紀にわたる研究開発が果実として実ろうとしている。



Fig. 5 世界初公道走行したSiC搭載車（2015年）<sup>4)</sup>



## 4. 研究所の現在として

### 4.1 AI 研究領域の歩み

#### 4.1.1 AI 研究の始まり

研究所における人工知能（AI）に関わる研究は設立と同じ1991年に開始されている。カーナビ用の音声認識研究について中京大学人工知能高等研究所との共同研究により同研究所の一室を借りる形で、数人の研究員が常駐しての取り組みがその第一歩であった。当時主流の手法であった動的計画法による認識を用いず、時系列特徴を利用した機械学習手法を採用することで認識精度を飛躍的に向上させた本技術はカーナビゲーションNAVIRAのモジュール（Fig. 6）としてリリースされた。



Fig. 6 カーナビの音声認識モジュールの市販開始（1997年）

#### 4.1.2 AI 研究の加速

2000年代に入るとAI研究は大きな転換期を迎える。RFIDなどセンサを内蔵した機器をインターネットに接続し情報交換を行うIoT（Internet of Things）により大規模なデータ獲得と2006年にトロント大学のG. Hintonによって提案された多層型ニューラルネットワーク<sup>5)</sup>、深層学習の登場はAIの加速的な発展をもたらす。研究所においても自動運転の到来を見据え、2011年1月に先端研究部門を設置して創発コンピュータの研究を開始している。AI研究部の研究領域は自動運転を対象としたアルゴリズムだけでなく、より一般的な大規模データを対象とした知識抽出、最適化、さらに次世代の計算技術として期待されている量子コンピューティング研究など将来のMaaSやCASEと呼ばれる新しい移動概念の礎となる包括的技術領域である（Fig. 7）。以降ではそれぞれの領域別に研究内容を紹介する。

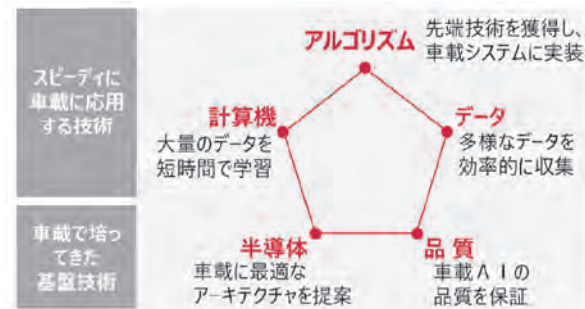


Fig. 7 AIの研究領域

#### 4.1.3 自動運転・自動車の知能化

2007年に完全自動運転ロボット車のレースが開催されるなど自動運転および先進運転支援システム（AD/ADAS）の研究が世界的規模で加速している。自動運転を行うために車両が備えるべき知能は多岐にわたるがAI研究部ではカメラやLIDAR、ミリ波レーダといった様々な車載センサを用いて車両の周辺状況を把握する「認識」（Fig. 8）、認識した物体の未来の動きを推定する「予測」、認識と予測により把握した状況に適した「判断」の3機能をAIにより実現するための研究を進めている。またこれらのAI技術を車載システムの限られたリソース上で実現するための組み込み技術、さらにAIを用いて提供される自動運転や運転支援システムの安全性や品質を評価するための技術も平行して研究している。



Fig. 8 物体認識の例

#### 4.1.4 デジタルツイン・ビッグデータ解析

上述の自動運転の研究が急速に進む一方で2000年代には前述のIoTによる大規模なデータ収集が加速し、収集されたデータ群を最大限に活用するためにデータ解析の研究がAI研究部でも進められた。データ

解析技術を用いた将来予測や異常検出により車両故障や劣化の検出・予知、製造工程や開発時のパラメータ設計の最適化が可能となる。分析に利用されるデータは数値や画像だけでなく自然言語も含まれ、文書データからの過去知見抽出にも取り組んでおり過去知見を利用した技術標準化や業務効率改善などへの適用が期待されている。

またIoTの発展は実世界にある多種多様なデータが作り上げる世界をサイバー空間上に構築し、実世界と連携するCPS（Cyber Physical System）という新たな概念を生み出した<sup>6)</sup>。サイバー空間上の車両の位置情報や工場の製造監視データに最適化技術を適用することで車両配送や工場内の工程・搬送の逐次的な最適化が可能となる。そしてこのCPS上の高度なデータ処理を実現するためにさらなる計算の大規模化・高速化が求められている。

#### 4.1.5 量子コンピューティング

CPSの登場により大規模データのリアルタイム処理への要望が高まる中、量子コンピューティングは従来のコンピュータでは実現できなかった高速処理を実現する次世代技術として注目されている。

量子コンピューティングは1982年のファインマンの量子物理系の計算爆発を解決する万能量子コンピュータの概念に始まる。初めに提案された量子ゲート方式が技術的な壁に直面するが、1998年に門脇・西森による量子アニーリングの理論<sup>7)</sup>が提案され、2007年にD-wave社が量子アニーリング技術に基づく量子コンピュータを開発、量子コンピュータの実用に向けた研究が加速し始める。研究所においても2015年より量子コンピューティングの研究を開始している。実用に向けてまだ発展途上の量子コンピューティングの実用までの期間を大きく短縮する有力な技術として、従来型コンピュータと量子コンピューティングを組み合わせることで互いに長所を活かす量子ハイブリッド型処理の研究を進めており、配車問題への適用など2025年の実用化を目指している。

## 4.2. HMI 研究領域の歩み

### 4.2.1 HMI 研究の始まり

開所以降、1990年代の車載HMIに関する取り組みは、より視認性の高いディスプレイ、ナビ操作の利便・安全性を高める音声認識といった単機能の新デバイス・新モジュールの研究開発が主であった。その後、車載サービスのIT化・コネクティッド化や先進運転支援システム（ADAS）の導入が進むにつれ、車載HMIに求められる機能は、多数の先進機能を一人のドライバーに使いやすく提供し、かつ、安全運転のための運転行動は阻害せず、さらにはドライバーの心身状態を保つことで安全運転を支えるといった「システム」としての機能へと変容してきた。研究所でも2011年にHMI研究室を発足させ、HMIシステムの構成要素を網羅する多岐にわたる研究を展開している。以降ではそれぞれの領域別に研究内容を紹介する。

#### 4.2.2 ドライバ状態のセンシング

車載HMIが担う「交通事故ゼロ」実現への貢献責任を考えると、運転行動の認知・判断・操作というプロセスにおけるヒューマンエラーの抑止が重要となる。そのため、脇見等の不適切なドライバー挙動の検出に加え、ヒューマンエラーにつながる危険性のあるドライバーの内的状態を把握する必要がある。

例えばドライバーの眠気を把握するために、顔表情から眠気レベルを6段階に分類する基準を構築し<sup>8)</sup>、現在製品化されているドライバステータスマニタ<sup>9)</sup>では顔画像から眠気レベルが推定されている。

また、ドライバーの感情が適性状態に保たれることも重要であり、ドライバーの顔画像から機械学習により感情モデルを構成し、リアルタイムで感情を推定するアルゴリズムを構築している（Fig. 9）。

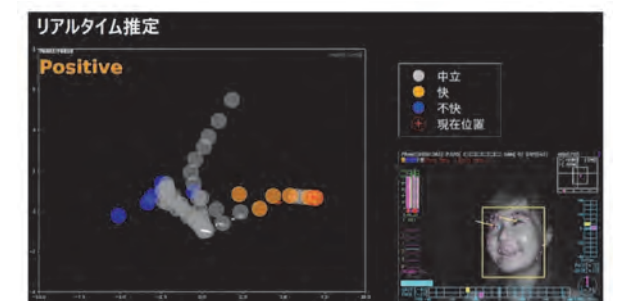


Fig. 9 ドライバ顔画像からのリアルタイム感情推定



#### 4.2.3 ドライバへの情報提示

ドライバへ情報を提示する表示系については、例えば、重畳表示により視線移動量を低減できるヘッドアップ・ディスプレイ（HUD）の人間工学的評価に取り組んでいる。認識時間を短くするための表示距離等、光学系の最適化<sup>10)</sup>、HUDにおける文字表示の見やすさ指標の提案<sup>11)</sup>等で成果を得ている。

#### 4.2.4 アクチュエーション：ドライバ状態の誘導・維持

前述のようにセンシングしたドライバ状態が運転にとって適正な状態ではない場合、ドライバへの刺激付与等、システムからの働きかけ（アクチュエーション）によりドライバを適正状態へ誘導し、それを維持する必要がある。例えば眠気を解消させる場合、外部刺激により脳内のノルアドレナリンの分泌を促進させるが、刺激への慣れにより5～10分程度で覚醒効果は失われる。そこで、エアコン冷風、香り等の複数の刺激を組み合わせることで、覚醒効果を長時間維持させる方法を開発している。また、ドライバにシステムと「会話」させることで、より長時間、覚醒を維持する手法も開発している<sup>12)</sup>。

さらに、五感刺激によるアクチュエーションを統合的に駆使し、安全・安心のみならず快適・感動をドライバに提供する車両の開発も行っている（Fig. 10）。五感刺激が運転行動を阻害しないように、推定した運転負荷に応じて刺激強度を制御する枠組みも提案しており、室内イルミネーションを例に、運転負荷に応じた輝度制御がドライバの精神的負担を軽減することを示した<sup>13)</sup>。



Fig. 10 五感統合アクチュエーション

#### 4.2.5 基盤技術～生体計測・評価開発環境

車載HMIはドライバの精神生理や認知に深く関わるシステムであり、ヒトのメカニズムに踏み込んだ研

究開発を進めるための生体計測・評価は重要な基盤技術として取り組みを継続している。NIRS（近赤外分光法）で計測した前頭表層の脳血流分布から快不快の識別が可能であることを示し<sup>14)</sup>、さらにNIRSをサンバイザ型として運転時の計測を容易にした開発などが例として挙げられる<sup>8)</sup>。

ヒトの状態の定量化のための評価指標と評価手法の確立は重要な基盤技術であり、例えば、心拍数、HF、脳波α波の時系列推移から機械学習によりリラックス状態のレベルを7段階で自動判定する枠組みを構築している（Fig. 11）<sup>15)</sup>。これら人間工学に関わる基盤技術は、HMIだけでなく多くの車載製品の評価、設計、製造工程でも適用を望む声が社内で増加しており、HMI研究室では「ヒト中心設計・評価ポータルサイト」を開発して社内ニーズに応える計画を進めている。

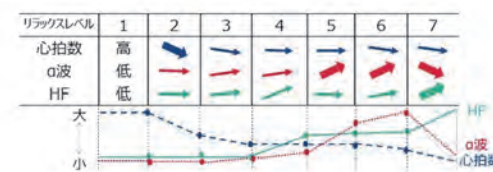


Fig. 11 生理指標の推移とリラクゼーション・レベル

このような人間工学的評価をドライビング・シミュレータに融合し、交通環境の変化やHMIの機能がドライバにどのように影響するかを検証できる driver-in-the-loop の開発環境を実現している。

### 4.3 マテリアル研究領域の歩み

#### 4.3.1 マテリアル研究の始まり

研究所設立以来、材料は革新システムに繋がるキー技術と位置付けて取組んでいる。先述したSiCウエハなど製品・システムの競争力の源泉、イノベーションに繋がるテーマに挑戦している。本節では、取り組み事例として、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託事業で実施したFeNi超格子磁石材料、燃料電池用電解質材料を紹介する。また、これら新規材料の研究に欠かすことが出来ない基盤技術である放射光分析技術およびデジタルツインによる研究加速について紹介する。

#### 4.3.2 FeNi 超格子磁石材料

FeNi超格子は、鉄（Fe）とニッケル（Ni）が原子レベルで規則的に配列した材料で、資源リスクのあるレアアースを使用しない高性能磁石として期待されている。自然界では、鉄隕石の中に極僅かに存在しており、50年以上に渡って多くの研究者が人工合成に挑戦してきたが、誰も成し遂げていなかった。宇宙空間で10億年以上かけて形成される原子配列を工業的に活用できる時間で実現するために、化学反応で合金を合成する新規合成法に挑戦し、世界で初めて人工合成に成功した（Fig. 12）<sup>16)</sup>。異なる分野の技術者が融合し、従来の概念に縛られない新しい発想により生み出された成果と言える。現在は「性能改良」、「量産」、「磁石成形」、「モータ設計」の並行開発で研究開発を加速している。

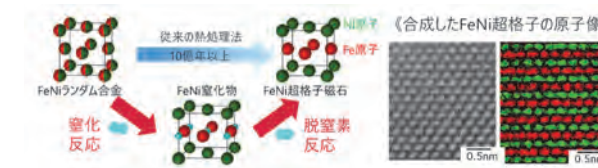


Fig. 12 FeNi 超格子の合成法と合成結果

#### 4.3.3 燃料電池用電解質材料

水素社会の実現に必要な燃料電池の普及拡大に貢献するために、燃料電池材料の開発を進めている。現在の電解質は水を介して水素イオンを輸送しているため、作動温度域の制限、システムの複雑化の要因になっている。燃料電池システムを簡素化するために、電解質材料を根本から見直し、水に頼らない水素イオンの輸送に挑戦している。一例として、金属イオンに高分子を配位させた金属有機構造体を用いた水素イオン伝導体（Fig. 13）の開発に成功している<sup>17)</sup>。分子の振動・回転を設計した新規コンセプトにより、電解質の無加湿・中温作動化を実現している。

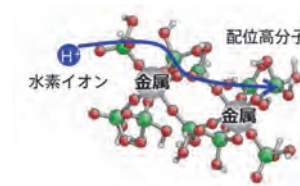


Fig. 13 金属有機構造体を用いた水素イオン伝導体

#### 4.3.4 放射光分析技術

材料の研究開発を支える共通基盤の分析技術でも新たな挑戦をおこなっている。2014年当時、社内で大型放射光施設SPring8を利用した材料分析の件数が急増していた。セラミック材料や有機材料の今後のニーズ拡大を予測すると、より利便性の高い分析環境が望まれた。あいちシンクロトロン光センターは、付加価値の高い「モノづくり」技術を支援するため、愛知県が愛・地球博の跡地に整備した「知の拠点あいち」の中核施設であり、2013年3月に供用が開始された。他社に先駆けて、研究所は本社の材料関係部署と共同で2015年に専用ビームラインを導入した（Fig. 14）。3つのX線吸収分光（XAFS）、X線回折（XRD）、X線コンピュータ断層撮影（CT）は全て特注仕様で設計された。技術と技能が融合した合同分析チームが若手中心に編成され、総力を上げてまさに一からの立ち上げに成功した。専用ビームラインにより、実環境を模擬した環境下での分析が可能になり、FeNi超格子の反応過程の解明などの新材料開発や製造・品質上の課題に活用している。

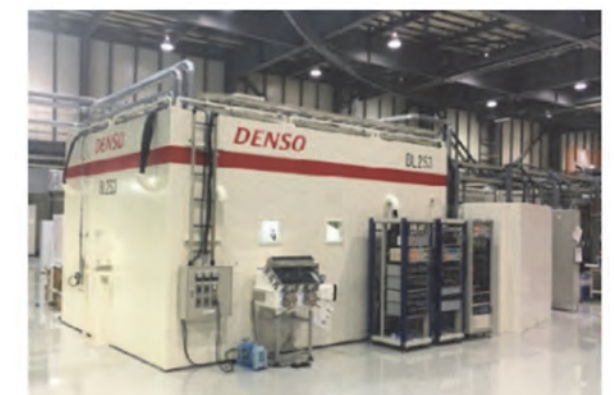


Fig. 14 デンソーの専用ビームライン

#### 4.3.5 デジタルツインによる研究加速

材料研究の最重要課題に、研究期間が長期間に渡ることがある。マテリアル研究領域でもデジタルツインの発想を取り込み、研究加速、新価値創出を進めている（Fig. 15）。原子レベルでモノ・現象を捉えてデータに変換するConvert、理論・統計に基づいてモノ・現象をデータで理解するConnect、理解したデータから機能・プロセスをデザインするAlgorithm、実際のモノで機能・プロセスを創製するCognizeのマテリア



ル領域のCCACサイクルをトータルで取組むことで、スピーディに新材料を具現化し、社会課題を解決することを目指していく。

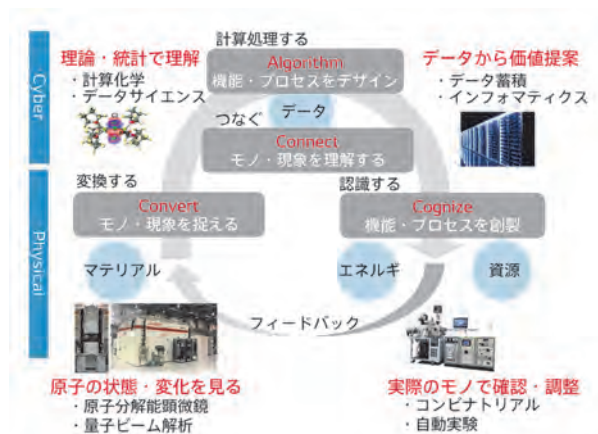


Fig. 15 マテリアル研究領域のデジタル化をCCACで俯瞰

## 5. おわりに

研究所は三十有余年の歴史の中で、デンソーの世界初・業界初製品に繋がる多くの技術を創出し、技術と共に事業部に異動して開発を支える人材を育成してきた。一方で、数えきれないほどの失敗も経験してきたが、失敗から学び、飽くなき挑戦を続けてきた。これら経験の中で培ってきた技術・人材をコアとして大切に、時流に先んじた研究に、失敗を恐れずに挑戦を続け、「さすがデンソー、さすが先端技術研究所」と言われる集団であり続けていきたい。“Create the future by Crafting the Next Core”をスローガンに、今後も先端技術研究所は技術と人材を育成しながら、未来を切り開く技術創造を目指した取り組みを継続していく。

### 参考文献

- Hounshell, David A. : “The Evolution of Industrial Research in the United States” in R. S. Rosenbloom and W. J. Spencer, ed., Engines of Innovation, Harvard Business School Press, 1996.
- Leonard S. Reich: “The Making of American Industrial Research: Science and Business of GE and Bell, 1876-1926”, Cambridge University Press, 1985.
- Nakamura, D., Gunjishima, I., Yamaguchi, S. et al.: “Ultrahigh-quality silicon carbide single crystals.”, Nature, 430(2004), pp.1009–1012.
- <https://global.toyota/jp/detail/5725437>
- Hinton, Geoffrey E., and Ruslan R. Salakhutdinov. : “Reducing the dimensionality of data with neural networks.”, science, 313. 5786(2006), pp.504-507.
- Sztipanovits, J., Stankovic, J. A. and Corman, D. E. : “Industry-Academy Collaboration in Cyber Physical Systems (CPS) Research”, White Paper, V.1 : August31, 2009
- Kadowaki, T. and Nishimori, H. : “Quantum Annealing in the Transverse Ising Model.”, Physical Review E, 58(1998), p.5355.
- 奥野他：“将来の自動車技術 – 人間特性に視点を置いた技術とAIを用いた自動運転・ADAS技術”, DENSO Technical Review, Vol.24, (2019), pp.11-20
- デンソー HP :<https://www.denso.com/jp/ja/products-andservi-ces/safety-and-cockpit/pick-up/dsm>
- 小川他：“AR-HUD の最適表示距離の提案 – 走行環境における視認負荷実験 –”, 自動車技術会論文集 49 (2018), pp.378-383
- 小川他：“HUD における輝度と色度を用いた文字の見やすさ指標の提案”, 自動車技術会 学術講演会予稿集 (秋) (2020), No.151-20
- 松岡他：“会話を用いた覚醒維持手法の効果検討”, DENSO TECHNICAL REVIEW Vol.24(2019), pp.63-68
- 武田他：“車室内イルミネーションの状況適応制御による精神的負担の低減”, 自動車技術会 学術講演会予稿集 (春) (2022), No.20-22
- 綱島, 石田他：“NIRS を用いた視聴覚刺激呈示時における快不快情動の識別”, 第 18 回ヒト脳機能マッピング学会 (2016)
- 芝垣他：“リラックスに伴う生理反応の段階的な特徴変化に基づいたリラクゼーションレベル自動判定手法の構築”, 日本感性工学会論文誌, Vol.20, No.1(2021), pp.111-120
- Goto, S., Kura, H., Watanabe, E. et al., “Synthesis of single-phase L10-FeNi magnet powder by nitrogen insertion and topotactic extraction.”, Sci Rep, vol.7(2017), 13216.
- Itakura, T., Matsui, H., Tada, T., Kitagawa, S., Demessence, A., Horike, S., : “The Role of Lattice Vibration in the Terahertz Region for Proton Conduction in 2D Metal-Organic Frameworks.”, Chem. Sci., vol.11(2020), pp.1538-1541

## 著者



### 伊藤 みほ

いとう みほ

先端技術研究所 博士 (工学)  
機能性材料の研究開発に従事し、2021年1月より先端技術研究所長として研究開発を統括



### 梶 大介

かじ だいすけ

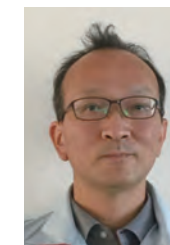
AI 研究部 博士 (理学)  
データサイエンス領域の研究開発に従事



### 祖父江 進

そぶえ すずむ

マテリアル研究部 博士 (工学)  
多面的材料分析による応用解析技術の研究開発に従事



### 平松 秀彦

ひらまつ ひでひこ

先端技術研究所  
計算科学を用いた機能性材料研究を経て、現在は研究企画業務に従事



### 大塚 まなぶ

おおつか まなぶ

HMI 研究室 博士 (工学)  
車載HMIシステムおよび音響信号処理の研究開発に従事