

オプション 1: 小型化への革新: 7 領域の専門家に見解を聞く

世界は小さくなっているとよく言われますが、それはテクノロジーの発展によって人と人との間や人々の思考、経済的な距離が縮まってきていることを意味します。これはコネクターの分野でも同様で、世界の人々をつなげるコネクタ技術の世界でも、物理的なサイズの小型化が進んでいます。世界は実に小さくなっている、そして世界を小さくするデバイスも小さくなっているのです。

この傾向が顕著な業界を、いくつか挙げてみたいと思います。まずは携帯電話です。初めて市場に姿を現して以来、より多くの機能をより小さなスペースに収めることが要求される傾向は変わりません。そして医療用のウェアラブルデバイスも、目立たない形状化と小型化が進みながらも新たに搭載される機能の数は増え続けています。

一見してその要求が強くないように見える業界でも、小型化は進んでいます。例えば電気自動車 (EV) が出現したことで、より軽い電子部品への需要が生まれています。大型の産業用機械に使用する場合でも、重量を繊細に感知するロボットアームには小さなセンサーの方が適しています。また、データセンターにおいても、拡大する帯域幅に対応するために、接続スペースの制約に耐える極小ピッチのコネクタへの技術革新が進んでいます。

このように、狭まっていくスペースに多くの技術を押し込まなければならないという必要性は、どの業界も同じで、専門分野を大胆に横断した開発や計画が多くの業界で進んでいます。設計エンジニアは大きな視点で考えながら、丁寧な歩みを進めていかなければなりません。

エンジニアはどうすれば、このような目標を達成できるのか。その答えを求めて、主要な業界で活躍する 7 名の専門家にインタビューを行いました。インタビューに応じてくださった各氏には、それぞれの専門的視点から、工場やデータセンター、自動車、医療用ウェアラブルデバイス、5G の進化、その他数限りないイノベーション機会に対して小型化が与える影響について、様々なご見識を語っていただきました。

電子部品の小型化を後押しするアプリケーションは何ですか？

[Call-out: Industry expert bio]



Zach Peterson 氏。プリント基板 (PCB) 設計を専門とする電子設計コンサルタント。Northwest Engineering Solutions を創業し、業界を代表する基板設計ソフトウェアおよびシミュレーション関連企業にコンサルティングを行う。また、革新的な基板を製造するメーカー向けに、技術的な助言や各社の製品開発に関するアドバイスならびにデジタルマーケティング戦略等も提供している。

小型化の話題でマイクロチップが注目されやすいのには、わかりやすい理由があります。半導体業界は過去数十年間にわたって、集積回路のサイズが 2 年でおおよそ半分になるというムーアの法則どおりに発展してきました。この法則に則って、あらゆるデバイスに搭載されている電子部品の著しい小型化が進んできたのです。

しかしこの小型化にも、かつてほどの勢いはありません。小型化よりも、用途別の特化が進んでいます。このことについて Zach Peterson 氏は、人工知能 (AI) を真っ先に例に挙げ、「エッジデバイスに載せる人工知能をターゲットとした、新たなプロセッサに注力しているすべての企業でこの傾向が見られます」と語っています。

小型化から用途特化への変化に伴い、デバイスに搭載した半導体チップ間の要求通信量や実装量も増えるため、デバイスの帯域幅への要求も大きくなってきています。「このような先端デバイスはどれも、膨大なデータの入出力処理を必要とします」(Peterson 氏)。

今後、基板に対する要求事項はより複雑になっていくと考えられます。「ほかのシステムに向けてコネクタを経由してたくさんのデータを送信しなければなりません。しかし、システムの全体サイズを上げずに、どうやってシステムデータの入出力を行うのか？ 方法としては、ピンの配列密度を上げるか、コネクタを小型化するかでしょう」(同氏)。

Peterson 氏は、氏の会社が最近実施したセキュリティアプリケーション向け基板の構築プロジェクトについて、「無線プロトコルが複数。カメラが複数台。そして、PoE 給電機能を備えた高帯域通信の有線接続を使いました」と説明しています。

Peterson 氏は、「これだけの要素を使うと、組立てが難しいところも出てきます。今最も大きなトレンドの一つが、FPGA (フィールドプログラマブル・ゲートアレイ) あるいはシングルボードコンピューターに頼らない高性能化への要求です。つまり、全体サイズを大きくすることなく、微細化と Internet of Things (IoT) 向けデバイスの性能向上を実現しようという傾向が見られます」と話しています。これには、AI などの機能もしくはサブシステム間の複雑な通信用途に特化した、専用プロセッサが必要になります。

[Visual: Industry stat]

AI 向け市場は 2023 年から 2028 年の間に 27.9% 成長する。(出典: Global Market for AI in IoT, Mordor Research, <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/ai-in-iot-market>)

小型化がコネクタに与えるプレッシャー



[Call-out: Industry expert bio]

Connector Geek の Content Director、David Pike 氏。ブロードキャスト、原子力研究、軍事、オートモーティブ、コンシューマー等の市場向け高信頼性コネクタの分野で 30 年を超える経歴を持つ。

小型化は、パーツを単に小さくするという話ではありません。小さくしたパーツの組み立て方も考えなければなりません。David Pike 氏はこのことについて、「これまでどおりの製造技術を使い続けることは可能でしょうか？」と語っています。すでに多くのコンポーネントが、指先でつまめないくらいに小さすぎる

ほど小型化しており、基板メーカーは表面実装工程を自動化せざるを得ない状況です。そしていま、基板と基板の間の接続も、同様の難しさに直面しています。

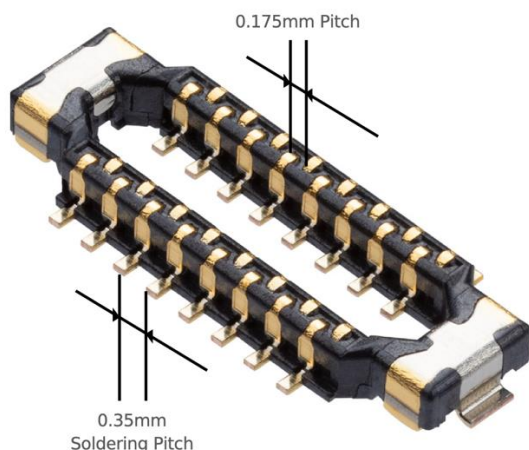
これについて、Pike 氏は標準的なマイクロコネクターのピッチを例に挙げて説明しています。ピッチとは、隣り合う 2 本のピンの中央線間の距離です。この分野で 30 年の経験を持つ Pike 氏によると、この 30 年間で、ピン間のピッチは 1 ミリから 0.35 ミリまで縮んでいるということです。「狭ピッチ化は、そのうちに限界を迎えるのだろうか、そもそもこれ以上ピッチを小さくするメリットはあるのか」と自問すると言います。

ピッチの狭幅化が進んでピンが小さくなると、結果として、送達可能な電力や信号の周波数帯が制約を受けます。「高速処理を望むなら、コネクターのサイズにはどこかの時点で妥協しなければならなくなるでしょう」(Pike 氏)。

機械的な限界も懸念の一つです。オートモーティブ業界を例にあげます。Pike 氏によると、「コネクタは堅牢で水や振動に耐えるものでなければなりません。同時に、安価である必要もあります。低価格で提供するためには大量生産向けの設計で、どこでも入手可能なものでなければなりません」。

上述のような制約条件から、プロダクトデザインにはもっと広い目線が必要になってくるでしょう。コネクターのピンをさらに小さくすることよりも、例えばモレックスが基板対基板用の Quad-Row コネクタで行ったような、レイアウトの設計変更という方向性にも可能性があるのではないかと考えます。Quad-Row は、ピンを互い違いに配列することで基板フットプリントを最大で 30%縮小した製品です。Pike 氏も、「これなどは、外形を変えることなく狭ピッチ化を達成する一つの革新的な方法ですね」との感想を語ってくれました。

[Visual: Quad Row]



モレックスの Quad-Row 基板対基板用コネクタは、はんだ接合ピッチの業界基準 0.35mm を維持しながら信号ピン間ピッチを 0.175mm まで狭幅化。(出典:

<https://www.content.molex.com/dxdam/2b/2b4159fd-cb5d-4d4d-9857-be15f421437e/987652-4911.pdf>)

クルマはもっと多くのコンテンツを搭載できるか？



[Call-out: Industry expert bio]

モレックス Global Product Manager の Kyle Glissman 氏は、オートモーティブ向け小型化関連製品が専門。コネクターおよびモジュールサプライヤーを対象とした小型化関連製品の販売から製品管理までを守備範囲とし、10 年の経験を持つ。

Kyle Glissman 氏は、自動車業界で小型化が重要性を増している 4 つの主な要因として、つながるクルマ、自動運転、シェアリング（シェアードモビリティ）、電動化を挙げています。職種柄、このことが強く実感されるようで、この種の要望を何年も聞き続けてきたと言います。

「自動車ディーラーに来るお客さんは、とにかく多くのことをクルマに求めています。“もっといろいろほしい。車線からはみださないクルマがほしい。子どもがテレビを見たがるから後部座席には TV 画面がほしい”といった感じです」しかし同時に、これからのクルマはエネルギー効率の向上も考えていかなければなりません。

Glissman 氏は、「多機能化とエネルギー効率は、両立しない」ので「どれかをあきらめなければなりません」と言います。「でも、私たちはあきらめたくないから、小型化を進めるのです。コネクターを小さくしなければなりません。モジュールも小さくしなければなりません。ユーザーが望むすべてのコンテンツを自動車に載せるには、何もかも小さくする必要があります」

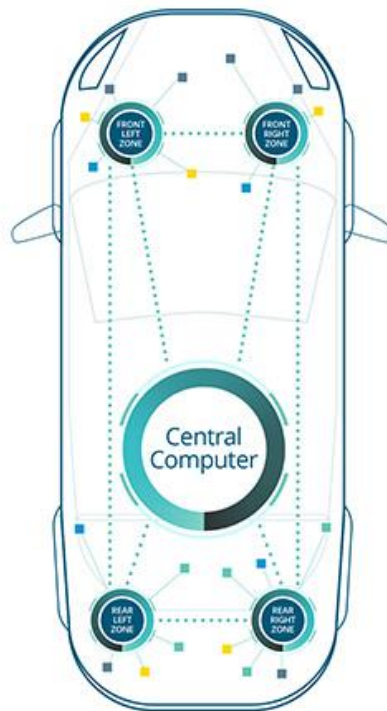
ここで、ワイヤハーネスを例に考えてみます。従来、電力の大きいものには 1.5mm 端子、その他の用途には 0.64mm 端子といった使い分けがされていました。今や、0.64mm 端子の役割を 0.5mm 端子が担うようになり、ほとんどのアプリケーションが 0.5mm 端子に置き換わりそうなきおいです。

「端子を少し小型化したくらいでは、省スペース化を十分に実感できないかもしれませんが、端子の数が多くなるほどに違いは大きくなります。より小さなスペースに先に話したようなコンテンツすべてを搭載すると考えたら、全体として高密度化の効果は相当なものになるでしょう」(Glissman 氏)。

重量とコストも見逃せない要素です。特に自動車においては、車両 1 台に使うワイヤハーネスの総重量は、車載部品の中で 3 番目に重く、同じく 3 番目にコストがかかる部品だからです。Glissman 氏は、「コネクターを小型化し小径化したワイヤーを使うことで、排出量の増加の元である車体総重量を減らせます。電気自動車であれば、車重が減った分の航続距離が伸びて、それほど大きな車載バッテリーが必要なくなることも考えられます」と説明しています。

軽量化に貢献するのは電線の小径化だけではありません、配線距離が短縮されればもっと劇的に大きな差が出てきます。だからこそ自動車メーカーは、車両内の機能を種類別に分けて制御するのではなく、車両上の位置で区切って制御する制御方式であるゾーン型アーキテクチャへの移行を進めているのです。このアーキテクチャでは、車両上で区切られたゾーンごとに、そのゾーン全体の機能を担当するゾーンゲートウェイが設けられています。各ゾーンのゲートウェイは、制御対象のすべてのデバイスから

近い場所に搭載されるため、従来の制御方式の場合よりもワイヤハーネスよりも配線距離は短くなります。



Communication between zonal gateways and the central computer resembles that of a computer network than an automotive harness.

5G : 周波数帯は狭くなり、デバイスも小さくなる



[Call-out: Industry expert bio]

モレックスモバイルソリューションズ・ディレクターの Kenji Kijima 氏。エレクトロニクス業界歴 20 年を超える小型化のスペシャリスト。モレックスでは主に、小型基板間の相互接続関連業務に従事。

携帯電話市場は、次々と搭載される新機能の勢いに乗って成長を続けてきました。しかしこのトレンドも変化するかもしれません。現在、新たな小型化のニーズを後押ししているのは、5G 通信にまつわるいくつかの課題です。

Kijima 氏によると、「5～6 年前までは、カメラの数が毎年増えていた」ため、他のコンポーネントのスペースを取ってしまう傾向にあったものが、「ここ数年でカメラの搭載数も飽和し、4～5 個に落ち着いてきた」とのこと。

現在、小型化を後押ししている最大の要素は、5G です。5G 通信機能を搭載するには「本体に搭載するアンテナモジュールの数と、無線通信に関連した機能を増やす必要がある」（Kijima 氏）ことに加え、5G 関連機能はこれまでよりも多くの電力を必要とします。必要な電力要件に合わせて「バッテリーを大きくしなければならぬ」(同氏)なことで、他の構成部品のスペースが圧迫されているとも。

この手のスペースの制約を受けるコンポーネントの一例に、RF コネクタがあります。「以前は、基板から基板への無線信号の伝送には同軸ケーブルを使っていました。今、より小さな同軸コネクタへの変更が進んでいます」と Kijima 氏は説明しています。このような進化の過程においては、新たな種類の小型化の機会が生まれます。たとえば高さの異なる同軸コネクタを使用することで、接続するコンポーネントのメーカー視点からすれば Z 軸方向の嵌合自由度が高まることになります。

しかし、この異径コネクタへの移行は容易になせるものではありません。5G 通信は高い周波数帯を利用するため、信号の漏洩を防ぐためには他のパーツの設計を変更しなければならないからです。「この 5G 通信のニーズに対応するため、我々はモレックス製コネクタ用に新たにギャップフリーマニファクチャリングメソッドを開発しました」、しかしこの次世代テクノロジーの開発には、各部門の開発担当者間での込み入ったやり取りには苦労があった、と Kijima 氏は回想しています。

[Call-out Box]:



[Caption] 業界トップクラスの SI 性能を誇る、モレックスの 5G25 シリーズコネクタ。リセプタクル/プラグ中央のシールドインコンタクトで列間を遮蔽して全体の SI 安定性を一段と向上し、最も厳格な 5G 接続要件を満たす。[詳細情報] (出典：https://www.molex.com/mx_upload/family/5g-mmwave-rf-flex-to-board-connectors/5G25_Plug_750x450.jpg and https://www.molex.com/mx_upload/family/5g-mmwave-rf-flex-to-board-connectors/5G25_Receptacle_750x450.jpg)

医療機器分野における小型化



[Call-out: Industry expert bio]

医療機器顧客向けの R&D サービスを提供するモレックスグループ企業、Phillips-Medisize の Global Innovation & Design バイスプレジデントを務める、Brett Landrum 氏。

医療機器の中でも特に、人の命を預かるために信頼性を絶対に軽視できないウェアラブルデバイスは、さながら小型化の実験場と呼べるほどに、多くの研究開発が進められている分野となっています。血糖値の監視が必要な糖尿病患者向けデバイスでは、試験および監視テクノロジーの進歩が特に顕著です。例えば持続グルコースモニタ (CGM) は現在、患者の身体に装着してグルコース濃度を常時測定する機能と、リモート接続機能も備えるまでに開発が進んでいます。このようなテクノロジーを多くの患者に使ってもらうには、生活の邪魔にならないデバイスでなければならず、このことが小型化を後押ししています。

Landrum 氏は、「私は以前に勤めていたスタートアップ企業で、初のワイヤレス型の心電図 (ECG/EKG) モニターを開発しました。かなり大きい装置で、胸部全体を覆うくらいの大きさがありました。機能は整っていましたが、患者さんにはまったくやさしくない装置でした」と語っています。

ウェアラブルな医療デバイスにおける小型化を後押しするのは「人体に装着したときに目立たないデバイスの開発・設計へのニーズです。狭いフットプリントにより多くの機能を搭載できるようになったおかげで、目立たないデバイスの開発が可能になっています」と Landrum 氏は語っています。

「単一のデバイスに、実に多くの機能を搭載することができるようになりました。例えば、1 つのデバイスにパルスオキシメーターの機能のみを搭載するのではなく、あらゆる生体情報を検出し、その情報を [表示画面や接続ポートを搭載した] ハンディ端末にワイヤレス送信できるようなものも出てきています」(同氏)

持続可能性も重要です。「単に持続可能に優れた製品というだけでなく、複数の機能を搭載すること、さらに廃棄物も減らせるような製品が強く求められています。このような流れに関しても、小型化が大きな役割を果たします」(Landrum 氏)。例えば自動注射器をベースユニットとし、充電式バッテリーとディスプレイ薬剤カートリッジを備えた製品等も考えられます。

しかし、このようにさまざまな機能が要求されるようになると、場合によっては電子部品のレベルを超えて、各種規制の順守も含めた製品の製造可能性まで考え入れる必要も出てきます。「設計プロセスを開始する前の段階から、広く全体を把握しつつ厳密に生産工程を組み立てる能力も必要になってくると考えています」と Landrum 氏は語っています。

高機能センサーによる、さらにスマートなマニファクチャリング



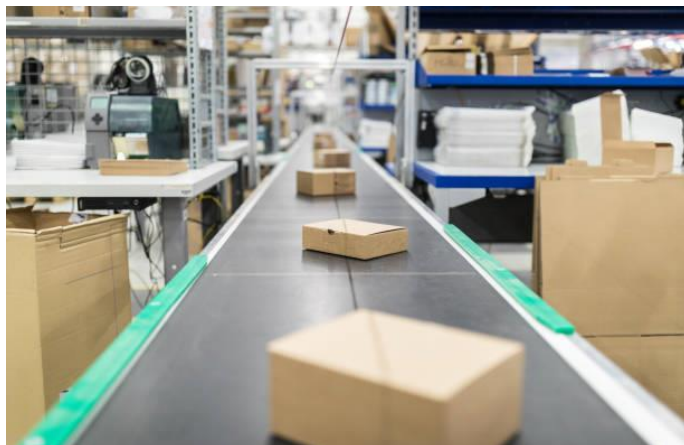
[Call-out: Industry expert bio]

Jake Hall 氏は、「ザ・マニファクチャリング・ミレニアル」を称するマニファクチャリング、オートメーション、デジタルトランスフォーメーション、スキルドトレードの提唱者。メーカーとオーディエンスとをつなげるコンサルティンググループ、Manufacturing Champions の共同創業者。

マニュファクチャリングのエキスパートとして、Jake Hall 氏は工場の生産現場を重要視しています。しかし、工場現場における進歩は、より広くすべての業界に影響をおよぼす可能性があります。Hall 氏は、一見シンプルなパーツであるセンサーに注目しています。

「電子部品の小型化によって、より多くのテクノロジーを小型デバイスに搭載することが可能になっています。温度センサーと振動センサーを搭載したセンサーデバイスでも、手のひらに乗るミント菓子ケースくらいの大きさです」(Hall 氏)。内蔵 Wi-Fi とオンボードコンピューター、シンプルなセンサーを載せた、工場オペレーションを手元で確認できる強力なツールも、ここまでの小型化が進んでいます。

もう一つの例として Hall 氏が指摘したのが、エリアセンサーの進化です。小型化のおかげで、エリアセンサーはカメラへの置き換わりが進んでいます。カメラであれば、コンベヤベルト上のボックスが通過するタイミングがわかるだけでなく、ボックス表面の傷の有無までを知ることができます。新たなカメラ式センサーでは、最後のボックスが通過した後の経過時間も追跡できます。さらに、経過時間が長すぎると判断した場合にはコンベヤシステムの詰まりの有無を確認するよう、オペレーターに注意をうながすことも可能です。



同じ考え方で、メーカーは半導体チップや AI をどこにでも追加していくことができます。Hall 氏は、「電子部品の小型化によって、作業者が使うウェアラブルデバイスの快適性もかなり上がってきています」とも語っています。倉庫作業員、航空機整備士、メンテナンス作業員その他多くの人が、業務に必要な重要情報に以前よりも簡単にアクセスできるようになってきています。ライン、製品、部門、会社といったすべての単位での労働効率も、これに伴って向上していくと考えられます。

データセンターにおける小型化の課題



[Call-out: Industry expert bio]

モレックス Data Specialty Solutions グループで Interconnect Technology のディレクターを務める Gus Panella 氏は、産業用インターコネクトアーキテクチャで最高のチャネルパフォーマンスを実現するテクノロジーの、開発ロードマップ作成を担当。

小型化、と聞いてデータセンターをまず思い浮かべるという人は、そう多くはないでしょう。ところが Gus Panella 氏によると、「サーバーラックの中に入っているものを小型化することは、設計時の重要な検討項目」だとのこと。

チップ集積化が進んだおかげで、IO に対するニーズがかなり高まってきています。「5 年前の業界では、128 差動ペアあれば充分とされていました。それが今では 1024 差動ペアが目標とされるようになっていきます」と Panella 氏は語ります。さらには、1 線あたりの帯域幅も増加しています。「データ線 1 本あたりのデータ転送速度は 20 年前が 10 Gbps-NRZ、現在ではレーンあたり 224 Gbps-PAM4 にまで増加しています」(Panella 氏)。

基板のトレースの損失を考慮した場合にも、設計判断は異なってきます。「基板については、材料の物理的限界に到達しています」と Panella 氏は説明します。このため、チップ間の相互接続にはケーブルを使用する割合が高くなっています。「224Gbps では、基板よりも信号損失が少ないケーブルの役割が重要になってきます。もちろんこれは、半導体の信号処理性能の方には進歩がないと仮定しての話になります」(同氏)。

重要なのは、ケーブルの接続方法の検討です。信号は、ケーブルに届くまでに、シリコンから半導体回路基板、プリント回路基板、そしてコネクタの順に伝送される必要がありますが、これら異なる材料の間を移動するたびに信号の劣化が生じます。

モレックスは、コネクタを直接、半導体回路基板に実装するという革新的な手法を開発しました。機械、電気、温度、プロセスエンジニアリングの複数部門が関わる開発には難しい部分もありました。当社では、半導体メーカーを支援するため、クリーンルームのコネクタを半導体メーカーの工場に送るクリーンルームロジスティクスチェーンを構築しました。現在、コネクタに関する自社の知見を、パッケージング化する前の半導体チップと同じプロセスに適用しています。これは、世界中のデータセンターの最先端エンジニアリングのニーズを満たすことのできる、業界初の仕組みです。

[Call-out Box]

モレックスはコネクタの実装位置を半導体回路基板側に移すために、クリーンルームからチップメーカーの工場にコネクタを輸送する業界初のクリーンルームロジスティクスチェーンを構築。

モレックス：小型化のビジネスパートナーとして

IoT は、小型化を後押しする数多くの要素の一部ではありますが、全業界への浸透が進むと同時にアプリケーションの数も増え続け、その勢いは弱まるようには見えません。IoT 市場は、2022 年の 4783.6 億ドルから、2029 年には 24,652.6 億ドルに達すると期待されています (出典: IoT Market Size, Share & COVID-19 Impact Analysis, Fortune Business Insights, <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/internet-of-things-iiot-market-100307>)。

IoT 市場の成長をさらに力強く後押しするのが、ここ最近の進化が目立つジェネレーティブ AI の分野です。ジェネレーティブ AI とは、文章や画像、音楽といったコンテンツをまるで人が創ったように創り出す機械学習のアルゴリズムです。ジェネレーティブ AI は以前からありましたが、最近になって一般にも知られるようになりました。2022 年 11 月に発表された OpenAI の ChatGPT の話題がよく上がるようになったのが、2023 年 1 月のことです。世界中のテック系企業やメーカーはいま、同様の AI 機能の実装手段を研究しており、これまでに聞いたことのないような新たなデバイスの開発に必ずつながっていくことでしょう。

IoT 市場は、目立つ市場ではあるのですが、小型化そのものはもっと多くの市場をまたいで進んでいます。そして、このような小型化への要求は、製品開発の現場にいくつかのまとまった課題を投げかけます。オートモーティブ、コンシューマー向けデバイス、医療、データセンターといった業界の設計エンジニアは、電源と熱管理、実装密度とシグナルインテグリティ、機械的応力と生産可能性など、相対する要素間のバランス、そしてそれぞれコストとのバランスを取ることを求められるようになるのは間違いありません。これら、互いに対立する要求事項に対処しながら開発を進めるには、信頼できるパートナーが必要です。モレックスもそのようなパートナーとして選ばれることを願っています。弊社は、複数の業界に関する製品開発ライフサイクル全般の専門知識を備えた、業界トップクラスのエンジニアリングチームを擁し、また併せて、設計開発したものを実際にコネクタやセンサー、アンテナその他、幅広い製品の形にする生産能力も備えています。既存製品の一層の薄型化や、OEM 向け製品設計等、未来に向けたイノベーションを共に進めることのできる、皆様に選ばれるパートナーでありたいと私たちは願っています。