

システムLSI市場展望

Prospects for the System LSI Market

あらまし

今まで個人で持つことができなかった大規模かつ複雑なシステムでも、実用的なサイズ、価格、消費電力を実現することにより個人で持つことができるようになった。これを実現可能にしたのがシステムLSIである。大規模なシステムLSIにより、複雑なシステムも一つのチップに集積することができる。システムはデジタル化、ネットワーク化に伴い今後更に複雑化かつ多様化していき、システムLSIへの要求もますます高まっていく。システムの差別化、早期市場投入にはシステムLSIは必要不可欠である。一方、大規模なシステムLSIを短期間に開発するためには設計技術などの課題もある。

本稿ではシステムLSIの市場動向・技術動向を概観し、システムLSIに対する富士通の取組みについて紹介する。

Abstract

The remarkable reductions that have been achieved in size, price, and power consumption have placed even large, complicated systems within the reach of ordinary individuals. Modern technology can now place an entire, complex system on a single, highly integrated system LSI chip, and the demand for these chips continues to grow as systems become more and more complex and diversified. System LSIs are essential for system differentiation and early market introduction of new products. However, there are several important problems that remain to be solved, for example, we need a design technology that enables highly integrated system LSIs to be developed in a short period. In this paper, we give an overview of system LSI technology and system LSI market trends. We also introduce Fujitsu's system LSI solutions.



角井広幸（つのい ひろゆき）

マーケティング統括部第四マーケティング部 所属
現在、半導体市場の調査、企画に従事。



濱田幸範（はまだ ゆきのり）

マーケティング統括部第四マーケティング部 所属
現在、半導体市場の調査、企画に従事。

ま え が き

富士通が1978年に発表した世界初のCMOSゲートアレイは1,275ゲートであったが、現在、最先端の0.11 μm スタンダードセルCS91シリーズでは4,800万ゲート以上を搭載可能であり、これは最新のパソコン用CPUの4倍に相当する。このような大規模なLSIにより、システム全体を一つのチップ上に実現することが可能となる。近年の携帯電話、インターネット、デジタル家電機器などの急速な普及に伴い、このシステムLSI化が急速に進んでいる。インターネットがオフィスおよび家庭内のすみずみにまで普及すると、あらゆる機器がインターネットに接続され、さらにこの傾向が強まる。システムLSIは小型化、低消費電力化、高性能化、低コスト化などの様々なメリットをエンドプロダクトのユーザにもたらす。しかし開発サイドでは、回路規模の増大に伴う開発期間の長期化、設計の複雑化などの課題もある。また、最近のシステムでは様々な技術が融合しており、従来必要とされた特定の機器の知識以外にも、異なる分野の知識も必要になってきている。

本稿では、まずシステムLSIの市場規模、アプリケーション別動向、システムLSI技術動向について触れ、富士通の取組みについて述べる。

市 場 規 模

半導体の主要なアプリケーションはデータプロセッシング機器、通信機器、民生機器である。これらのアプリケーション向けに使用されている半導体は、2000年実績では、全半導体の約84%となっている。このうちシステムLSIをアプリケーション別にブレイクダウンした

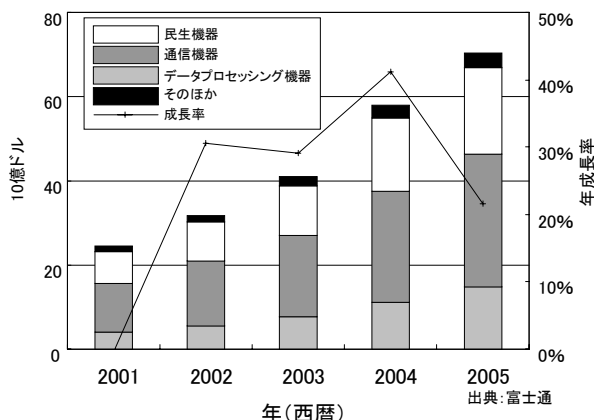


図-1 システムLSI市場予測
Fig.1-System LSI market outlook.

市場予測を図-1に示す。2001年から2005年までの年平均成長率は約30%、各年ごとの成長率はIT不況に直撃されている2001年を除くと、20%~40%程度の高成長が予想されている。また上記三つのアプリケーションはシステムLSIの用途の約95%とその大部分を占めている。

アプリケーション別動向

システムLSIの応用範囲は広く、同時に顧客から要求される技術水準はこれまでより一層深くなりつつある。したがって、半導体ベンダがこれまでのように1社ですべての領域をカバーするのは不可能である。このような環境下で富士通は、社内にシステムノウハウのあるネットワーク、モバイルおよびMPEG技術を活用できるデジタルAVの3分野に注力している。これら3分野の半導体市場規模を図-2に示す。

● ネットワーク

ネットワーク向け半導体の市場規模は2001年で約1.2兆円である。このネットワーク市場において近年、世界規模で進展している波が「ブロードバンド化」である。

日本においてもDSL、CATV、光ファイバの急速な普及など本格的なブロードバンド時代の到来を迎えている。しかし日本のブロードバンド環境は世界的に見ると、欧米先進諸国に加え、韓国を筆頭とするアジアの一部の国々と比べても立ち遅れているのが現状である。

このような状況の中、日本で2005年度までに世界最高水準の高度情報通信ネットワークの形成を目指したものが「e-Japan重点計画」である。今後はこのシナリオに沿って2005年度までにFTTHなどの超高速インターネットを1,000万世帯で、DSL、ケーブル、FWA (Fixed Wireless Access) などの高速インターネットを3,000万世帯で利用可能にすることを目標として様々な

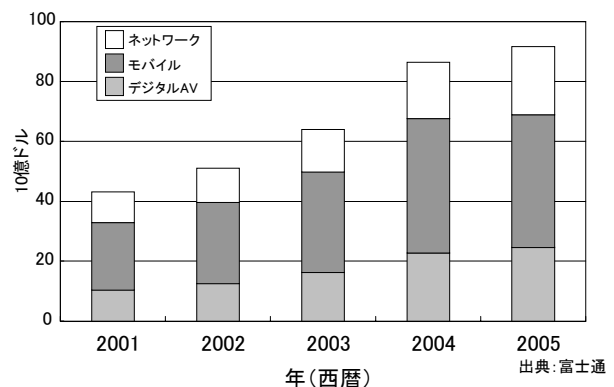


図-2 注力分野半導体市場予測
Fig.2-Semiconductor market outlook for target application.

施策が展開される予定である。

IT戦略は重要な政策の機軸になっており、諸外国においても日本と同様な国家戦略がすでに策定されている。例えば米国では、1999年4月に「社会経済の発展の原動力たる世界最高のIT開発の実施」を目標に“IT21 (Information Technology for the 21st Century)”が策定された。同様にEUでは“eEurope 2002”が、韓国では“CYBER KOREA 21”がそれぞれ策定されている。

インターネットの急速な普及に伴い、バックボーンのトラフィックが急増している。バックボーンは光ファイバで構築されており、光ファイバ1本あたり10 Gビット/秒(以下、bps)の伝送が可能である。さらに、WDM (Wave Division Multiplexing) 技術を用いることにより、1.7 Tbpsを実現することが可能となる。音声からデータへのシフトに伴いバックボーンのIPネットワーク化が進んでおり、IPv6などにも対応してきている。アクセス網のブロードバンド化に伴い今後もバックボーンのトラフィックは爆発的に需要が拡大していく。

● モバイル

モバイル向け半導体市場は2001年で2.7兆円程度とこの3分野の中で最も大きい。この中で90%以上を占めているものが携帯電話である。携帯電話は当初音声通話だけだったが、WEBページの閲覧、メールが可能となり、利便性が向上した。第3世代ではデータ通信の速度が最大2 Mbpsまで高速化され、テレビ電話やVOD (Video On Demand) などの動画を扱ったアプリケーションも実現する。

携帯電話市場は、本格的に普及が始まった1990年代半ばから2000年までは、新規加入者の増加、比較的短い買い替えサイクルなどの要因により、急拡大してきた。しかし、欧州などの携帯電話先進国では普及率70%以上と飽和状態に達しつつある。今後携帯電話市場を左右する要因は、新たな地域における新規需要の動向と、新たな技術の導入による買い換え需要の動向の2点である。

新たな地域では特に約13億人と世界最大の人口を抱える中国での本格的な普及開始が注目される。中国は2001年7月に携帯電話加入者数が1億2,000万人となり、米国を抜き世界最大となった。今後も加入者数は順調に伸び、2005年には現在の2倍の2億～2億6,000万人に達すると予測されている。

新たな技術の導入では欧州市場における2.5世代のGPRS (General Packet Radio Service) が2004年にユーザ数で2億人を超えピークに達すると予測されてい

る。一方、日本では世界にさきがけて第3世代のFOMA (Freedom Of Mobile multimedia Access) サービスが2001年10月より始まった。日本における第3世代携帯電話の加入者数は2005年度末には3,000万人超と爆発的に増加すると予測されている。さらに2010年頃に立ち上がる予定の第4世代では、通信速度が100 Mbpsと更なる高速のデータ通信が可能となる計画であり、これまで以上の多様なサービスが可能となる。

携帯電話市場は、製品ライフサイクルの観点から見ると、新規加入者の増加による成長期から、買い換え需要中心の安定期へと移行しつつある。しかし、その市場規模は2000年で年間4億台強であり、今後もテレビやパソコンなどを凌ぐ最大の市場であると考えられる。

● デジタルAV

デジタルAV向け半導体市場は2005年までの予測では上記の3分野の中で最も高成長が見込まれる。とくに高い成長が期待されているのがデジタルTVである。

デジタルTVは周波数利用効率アップによる多チャンネル化、雑音・歪みが少ないことによる画面の高画質化および高品質な移動体受信の実現、また視聴者参加型番組やTコマースなどの双方向型サービスの実現など、今までになかったサービスをユーザに提供することが可能となる。

デジタルTV市場は現在、コンテンツ、機器の価格などの制約により需要は当初の期待どおりには伸びていない。しかし1998年のイギリス・米国を皮切りに世界的に地上波放送がデジタル化へ移行しつつあり、市場は今後急速に立ち上がると予想される。

上記デジタルTVのほかにデジタルAV分野にはDVD、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、MD、MP3プレーヤなどがある。これらの製品市場は2001年現在ですでに立ち上がっており、今後社会のデジタル化が進展するに従ってその市場は更に拡大すると期待されている。

図-3はシステムLSIの主要アプリケーションの全体図である。今後はオフィスおよび家庭のすみずみにおいてあらゆる機器がネットワークに接続されるようになる。ネットワークに接続される機器が増えるほど、またネットワークインフラが整備されるほど利便性が高まり、個々の機器およびネットワークに対する需要は加速度的に増加する。このような環境の中、キーデバイスであるシステムLSIに対する需要は増加していく。

システムLSI技術動向

大規模なシステムLSIを実現するためには、個々の要素技術を確立する必要がある。ここでは、システムLSIを構成する主要な要素技術である、デバイス技術、設計技術、パッケージ技術の動向について述べる。

● デバイス技術

システムLSIを実現するためのベースはデバイス技術である。デバイス技術においては高集積化と、異なる技術の一つのチップに集積する混載化が進んでいる。

最新のプロセス技術は0.11 μm の設計ルールを用いることにより高集積なシステムLSIの製造を可能としている。シリコン基板にはエピタキシャル基板を適用し、チャンネル部およびウエル部の不純物濃度プロファイルを最適化して、トレンチ技術による素子分離を用いることにより、高性能、低消費電力、高信頼なトランジスタなどの素子を実現している。多層配線には、寄生抵抗、寄生容量を低減するためにCu配線および低誘電率絶縁膜を用いて性能を向上し、また信頼性も向上させている。配線は8層配線を用いて電源電圧の低下を防ぎ、自動配置・配線の品質および性能を向上させている。

混載化においては、ロジック回路とメモリ回路やアナログ回路などの異なる回路が一つのチップに集積されて

いる。今後もこの傾向は進み、高周波回路、センサなども一つのチップに搭載されていく。

次世代のサブ0.1 μm デバイスでは、従来のスケールリング則による微細化だけでは必要な性能を実現することが難しく新しい材料およびデバイス構造が必要となる。また、将来的には、最近注目されているナノテクノロジーによる単電子デバイスや新たな構造の素子の実現および新たなLSIの製造方法の開発が期待される。

● 設計技術

システムLSIの大規模化、複雑化に伴い、LSIの開発期間が増大している。一方、エンドプロダクトの製品サイクルは短くなっており、システムLSIの開発期間を短縮する要求が高まっている。この相反する項目を実現するためには設計技術のパラダイムシフトが必要である。システム設計、ハードウェア設計、ソフトウェア設計を有機的に結び付け、各設計ツールおよび設計マネジメントを統合的に扱う必要がある。

現在のシステムLSI設計手法は、RTL（Register Transfer Level）を境に、上流設計と下流設計に分けられる。1990年代はシステムのハードウェアをRTLで記述して各種の動作などを検証した後回路を自動生成する論理合成や物理設計などの下流設計が発展した。この下流設計の進歩によりLSIの開発効率は大幅に改善し、

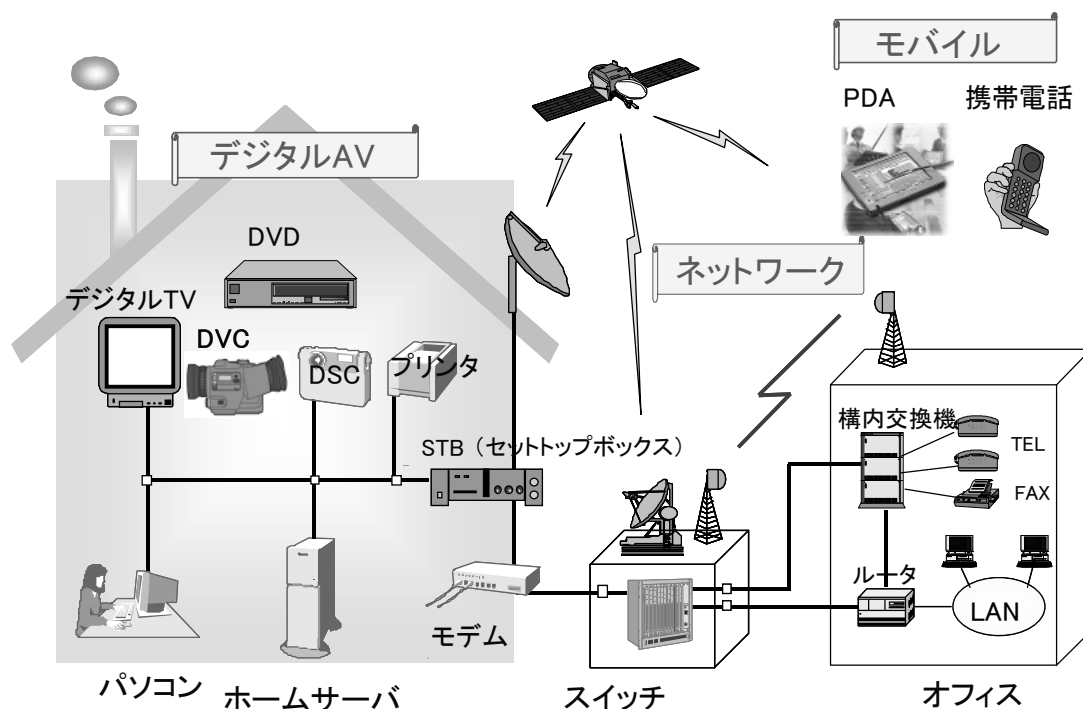


図-3 システムLSIの主要アプリケーション
Fig.3-Major application for system LSI.

設計期間の短縮と低コスト化に大いに寄与した。

しかし、近年の急速なデバイス技術の進展によりシステムLSIは更に大規模かつ複雑化した。このため従来のRTLを用いた設計手法では限界に近づいており、C/C++言語などをベースとした更に上位レベルでの設計が必要となってきた。上流設計ではシステムの機能、アーキテクチャや性能、タイミング、消費電力、また、チップ面積の検証を行ったあとにRTLを自動合成する。これによりハードウェアとソフトウェアを同時に検証しながら開発することも可能となる。

設計効率を向上させるためには、過去に設計した設計資産を再利用することも重要である。一方、社内にノウハウがないものについてはその分野で優れた外部の設計資産を利用することが必要となる。このような設計資産はIP (Intellectual Property) マクロという形で再利用され、大規模なシステムLSIを短期間で設計するために必須となっている。IPマクロをベースとした設計手法はまだ発展途上でありIPのフレキシビリティ、性能保証、流通などの課題もある。

● パッケージ技術

システムの高機能化、多様化に伴いLSIパッケージは小型・軽量化、多ピン化、高機能化などが要求される。

小型・軽量化は携帯電話を中心としたモバイル機器、多ピン化は大規模ASICなどで要求される。また、高機能化には複数のシリコンチップを一つのパッケージに搭載したMCPがある。MCPは、実装面積を削減するために用いるが、最近では一つのチップ内に集積することができない異種プロセスのチップをMCPに搭載して実装面積削減のほかにも低消費電力化、高性能化、低コスト化などを実現している。

富士通の取組み

富士通はシステムLSIの展開にあたって、強みを発揮できるネットワーク、モバイル、デジタルAVの3分野に注力しており、それぞれのアプリケーションにおいてASSP (Application Specific Standard Product) などの標準製品およびASIC (Application Specific Integrated Circuit) などのカスタム製品を提供している。

標準製品の例としてはモバイル分野では携帯電話用LSIなど、デジタルAV分野では地上波デジタル放送向けOFDM復調LSI、MPEGエンコーダ、デジタルカメラ向けシステムLSI、グラフィクスLSIなどがある。

カスタム製品では、図-4に示すようにテクノロジーソリューションとIPマクロソリューションの二つのソ

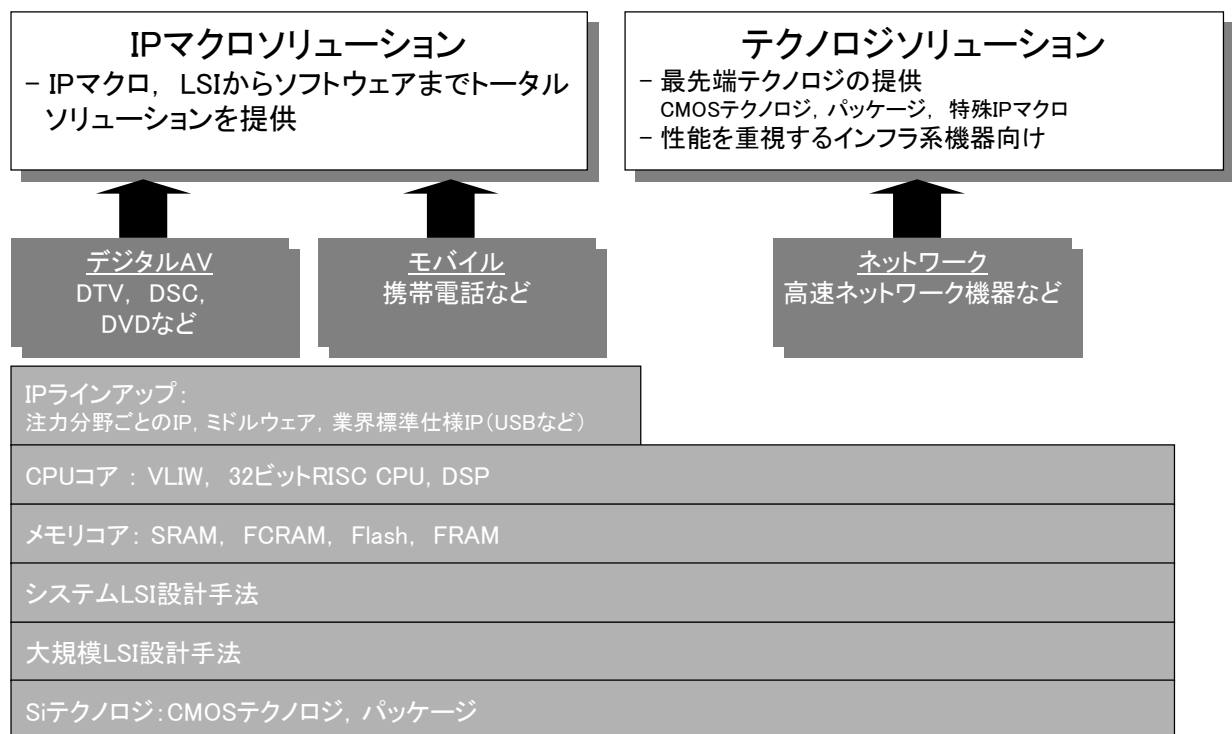


図-4 富士通のシステムLSIソリューション
Fig.4-Fujitsu system LSI solutions.

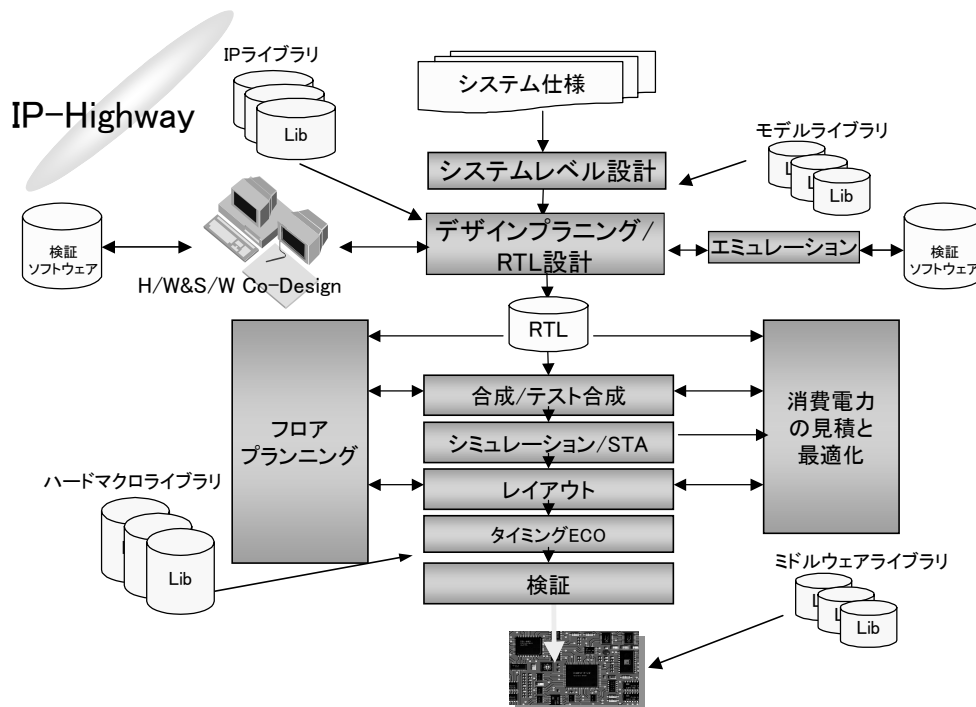


図-5 システムLSI設計フロー
Fig.5-System LSI design flow.

リユーションを提供している。テクノロジソリューションは、高速ネットワーク機器などの性能を重視する機器向けに、最先端のCMOSテクノロジー、超多ピン・パッケージ技術、高速I/O技術などを提供する。一方、IPマクロソリューションは、デジタルAV、携帯情報端末機器などの用途に、CPUコア、機能マクロ、ドライバ、ミドルウェアなど、様々な機能を持ったIPを提供する。

システムLSIの開発は先進的なCADシステムおよびIPSymphony（設計開発統合環境）により短期間に効率良くワールドワイドで開発することが可能である。富士通のシステムLSI設計フローを図-5に示す。

ソフトウェア開発には、統合設計環境Softuneと上流ツールとの連携を図った開発環境、組み込みシステム用の各種ミドルウェアライブラリ、Java実行環境のサポートなどを提供しており、高品質なソフトウェアの開発が可能である。

システムLSI用パッケージでは、1,000ピン以上の超多ピンを実現するFC-BGA（Flip Chip Ball Grid Array）やスタックMCP技術を適用したSIP（System in Package）から超小型のCSP（Chip Size/Scale

Package）まで多様なパッケージを用意している。環境対策も積極的に進めており、2002年末までに全パッケージの鉛フリー化を目指している。

また、最先端のデバイス技術の製造を受託するファウンドリサービスも提供しており、お客様が設計したシステムLSIの製造も行う。これらの幅広いラインアップの中からお客様の目的に合うソリューションを提供することができる。

む す び

本稿ではシステムLSI市場に関して、市場規模、アプリケーション別の動向、技術動向および富士通の取組みについて紹介した。グローバルな競争が激化するなかで、付加価値の高いシステムを開発するためにはシステムLSIはなくてはならない存在となっている。システムLSIを用いることによって高機能、高性能、低消費電力なシステムを短い開発期間に低コストで開発することができる。システムLSIへのニーズは今後ますます高まり、市場ニーズを的確に捉えた製品を今後とも提供していく。