

システムLSIへの富士通の取組み

Summary of Fujitsu SoC (System-on-Chip) Technology & Business

あらまし

システムLSI (SoC) の時代に入って約10年が経過した。この間、プロセステクノロジーやSoCの設計手法の絶えざる発展とともに、SoCのタイムリな開発の成否がお客様のビジネスの成否を左右する時代となり、半導体ベンダとお客様の関係もデバイスの売買関係から、より複雑で相互に依存性がある関係へと変質してきている。

本稿ではこのような状況を踏まえて、SoCの技術やビジネスに共通して見られる最近の動向と富士通の対応、そしてSoCを中心にしたLSIビジネスに富士通が今後いかに取り組むのかという点について解説する。

Abstract

It has been about 10 years since the System-on-Chip (SoC) appeared in LSI markets. Continuous advances in process technology and design methodology for SoCs have been made during that time. Because of the increasing complexity of SoCs, the relationship between a semiconductor vendor and its customers has changed from that of a simple “sell & buy” relationship to that of a more complex mutual dependency. This paper describes the recent general trends of SoC technology and business together with Fujitsu’s response to these trends. It also describes how Fujitsu plans to handle SoC and LSI business in the future.



村上丈示 (むらかみ じょうじ)
LSI事業本部 所属
現在、LSIの基盤商品関係の事業に従事。

まえがき

システムLSI (System-on-Chip, 以下SoC) が誕生したのがいつかというのは諸説があるだろうが、テクノロジー世代で言えばプリント基板丸ごとの回路集積が可能になってきた0.35 μmの時代からであろう。

富士通ではちょうど10年前、1994年に0.35 μmプロセスの立上げと同時にマーケティングや設計開発部隊など関係者全員が「従来のLSIとは違う時代が来た、SoCの時代である」という一種の興奮とともに新時代の息吹を感じたのを今も鮮明に思い起こす。

その後の道のりは平坦ではなかったが、JPEG、MPEGやDSP (Digital Signal Processor) といったコアIP (Intellectual Property) の開発、新たなバスアーキテクチャ、組込みメモリの進展、そしてIPの流通など、様々な技術やビジネスのチャレンジが続いた。

SoCを使う側もパソコン (PC) から始まり携帯電話やデジタルAV機器、さらに最近では自動車など次々に市場が出現してきた。このようにして半導体業界にSoCというセグメントが確立されたと言える。

SoCの時代に入りお客様の期待は当然システム全体のシリコンへの搭載であり、絶えざる集積化向上が期待された。さらに半導体ベンダがシステムの基幹を左右するため、ビジネス面でも半導体ベンダとお客様は次第にデバイスの売買関係からより複雑で相互に依存性がある関係へと変質してきている。富士通はこれらの要望や変化に応え続けており、最新の90 nmテクノロジーでは技術とビジネスモデルの双方で業界を主導する立場で活動を続けている。

本稿ではこのような状況を踏まえ、SoCという、かなり幅広い商品分野に共通して見られる技術、ビジネスの最近の動向と富士通の対応、そしてSoCを中心にしたLSIビジネスに富士通が今後いかに取り組むのかという点について解説する。

市場動向と技術動向

SoCの市場は2001年の通信バブル崩壊などに伴う世界的な市況悪化を経験しつつも、長期的には順調な成長を続けている。これは情報家電、ブロードバンド通信、ユビキタス機器など今後も成長を

けん引する分野が次々に現れているためである。この結果、図-1に示すように、SoCが該当するロジック、マイクロ分野では今後も高い成長率を示す見通しである。

市場動向として注目されるのがグローバル化と異業種からの新規参入である。例えばデジタル家電はDVD、デジタルカメラ、デジタルTVなど軒並み市場はグローバル化しており、携帯電話でも3G (第3世代) 以降は共通の通信方式で国境を越えた商品が主流となりSoCも対応を迫られている。

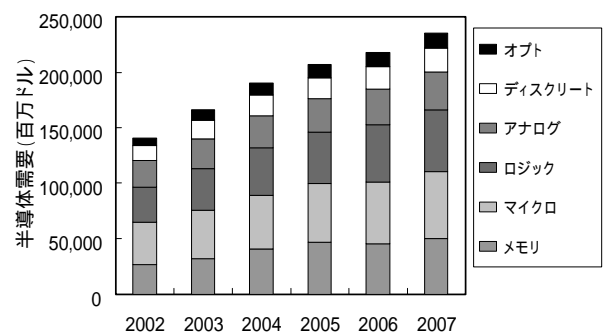
さらに各種機器のデジタル化は異業種などからの新規参入を容易にしており、最近ではPC関連ベンダのデジタル家電への参入が注目されている。

SoCの市場はこれらの動向をはじめ今後もダイナミックな変化が予想される。

この10年間で次第に見えてきたSoC関連の技術動向として高集積化と顧客機能の取込みの二つの観点から考察する。まず高集積化について以下に動向を説明し、顧客機能の取込みについては次の章以降で詳細に説明する。

最初に高集積化の動向であるが、SoCの技術の基本はもちろん高集積回路を実現するシリコンテクノロジーの進化である。これについては、富士通は0.35 μmテクノロジーから始まった先端技術を確実に立ち上げてきた。とくに90 nmのテクノロジー世代においては富士通のサーバ製品向け先端技術を駆使して世界の先頭を切る安定量産をいち早く確立した (図-2)。

一方、顧客機能の取込み、すなわちお客様とともにシリコンにいかにして有用な機能と必要な性能を



出典:世界の主要電子機器からみた半導体市場の中長期展望2004 社団法人電子情報技術産業協会

図-1 製品別半導体需要 Fig.1-Semiconductor demand classified by product.

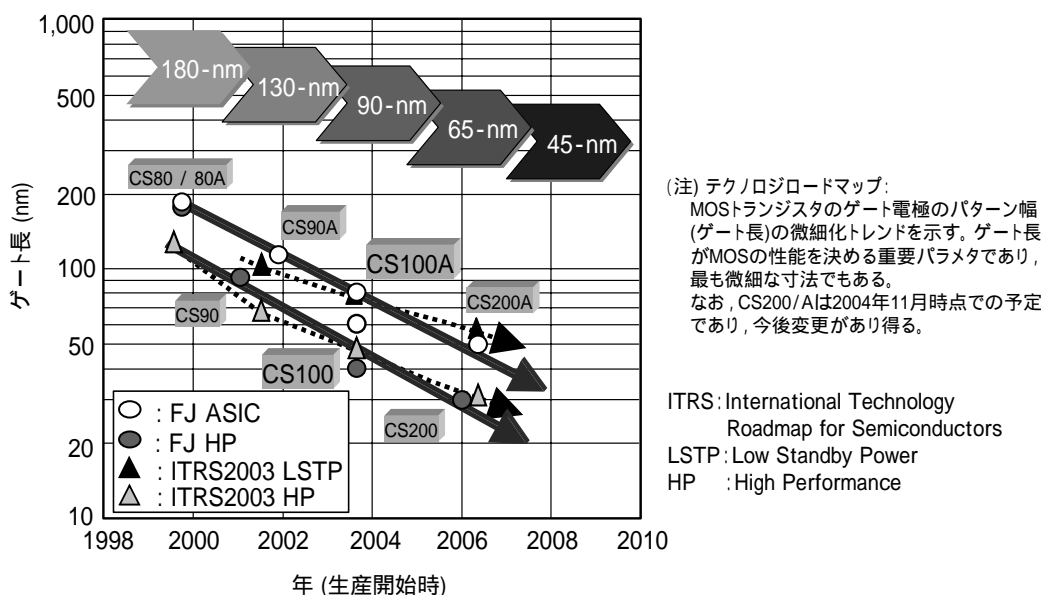


図-2 CMOSテクノロジーロードマップ
Fig.2-CMOS technology roadmap.

盛り込むかも特にSoCでは重要なもう一つのポイントとなる。最初は夢中で回路の集積度を上げるというSoCの世界であったが、お客様の要望傾向や半導体ベンダ側の開発効率という視点で世の中の流れを見たとき、いくつかのキーとなる動向を見ることができるようになってきた。

次章から次の3点についてSoCの最近の動向と富士通の対応を述べる。

- (1) 多様なインタフェース技術への対応
- (2) 大規模化の進展
- (3) ソフトウェアとサービス

多様なインタフェース技術への対応

SoCは電子機器のシステム機能をどんどん取り込んでいくので、ほかの電子機器との多様なインタフェースへの対応が不可欠である。

一つはデジタル機器やLSI相互のデジタル信号によるインタフェースであり、もう一つは自然界や機械の信号というアナログ信号を通じたインタフェースである。

最近の動向としてデジタルインタフェースの一種ではあるが、無線(ワイヤレス)技術分野も台頭が著しい。

これらのインタフェース技術はSoCへの搭載を通じてシステム特性や特徴を左右する大きなキーとなりつつあり、その動向が非常に重要という認識がこ

の10年間にはぐくまれた。

以下にインタフェースのカテゴリごとに動向をまとめた。

デジタルインタフェース

デジタルインタフェースはデジタル機器の普及に伴ってこれを相互接続する目的で生まれたが、SoCの量産がPCの全盛時代に開始され、インテル社や周辺機器メーカーがSoCに積極展開したという歴史的背景もあって、PCをはじめ各業界で普及が進んだ。

もちろんそれだけではなく、デジタルインタフェースの標準化がSoCの開発を進める上で半導体ベンダにもそれを使うお客様にもメリットがあった。ビジネスの基本部分と差別化部分を分けて考え、基本部分は共通にして(つまり標準化して)開発の効率を上げるという考えが広まったためである。

こうして準備された基本部分を前提に差別化部分に力が注がれ、商品開発の時間短縮とそれによる商品の多様化がもたらされた。

代表的な事例であるPCと周辺機器向けのUSBを搭載した商品の品数種の推移、および自動車で普及したネットワークインタフェース規格であるCAN(Controller Area Network)を搭載した商品の品数種の推移をそれぞれ図-3、図-4に示す。

さて、ますます増加するデジタルインタフェースであるが、様々な技術課題もあり、とくに大きいのは接続検証である。

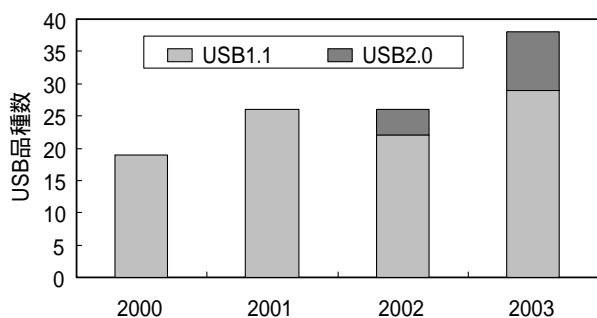


図-3 USB品種数の推移

Fig.3-“USB” embedded products number by year.

標準化が進んでいるので接続に問題がないかという点、実際にはデバイスへの実装方法や細部仕様で違いがあり、接続できないなどの問題が発生する。

この相互接続性（インタオペラビリティ）を早期に確実に実現するのがお客様へのタイムリな商品提供のかぎになっている場合も多い。

富士通では標準化仕様の早期取込み、検証体制強化、業界での主導的地位にあるお客様との共同開発などにより、品質の高いデジタルインタフェースの早期提供に力を入れている。

さらに最近の動向として、従来ストレージシステムや通信機器向けにのみ使われていた10 Gbps以上の特殊高速入出力回路が、大量に使用されるコンシューマ機器に激しい勢いで普及を始めた。富士通としてはこれらを社内の（システム）ユーザと先行して開発してきた実績を踏まえ、ASIC（Application Specific Integrated Circuit）やASSP（Application Specific Standard Product）でも容易に使える環境を準備している。

アナログインタフェース

一方、アナログ信号のインタフェースは、現在そして今後もチャレンジングでその成否がSoCを適用するシステムの性能に大きな影響を及ぼす技術領域であろう。

SoCスタート直後の業界にはデジタルLSIだからアナログ技術は副次的な取扱いというような近視眼的時期もあったが、SoCがその力を発揮するにはアナログインタフェースが重要なキー技術であるとの認識が現在では定着している。

富士通は注力している市場であるデジタルAV向けの高速高精度AD/DA変換器をはじめ、SoC搭載アナログ回路でも業界を先導できたと自負している。

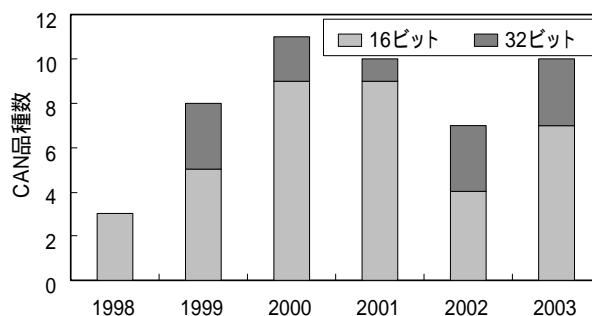


図-4 CAN品種数の推移

Fig.4-“CAN” embedded products number by year.

最近では更なるテクノロジーの微細化で、アナログ信号のインタフェースも新しい考えが必要になってきている。例えばAD変換器においてアナログ信号とデジタル処理を積極的に融合してテクノロジー依存を少なくするデルタシグマ型などの方式が実用化されており、富士通も積極的に取り組んでいる。

ワイヤレスインタフェース

今後の注目すべき動向の一つが無線のインタフェースである。

すでに量産が進んでいるBluetoothやワイヤレスLANが普及の中心であるが、今後は更に超低電力のUWB（Ultra Wide Band）、近距離の無線であるカード向け規格や広域の固定または移動体通信である802.16など新規規格も目白押しである。

一部はシステムのみならずチップ間で使われるなど、インタフェースのパラダイムシフトを含めた新時代も予想され、今後の動向から目が離せない。

富士通は従来BiCMOS（Bipolar Complementary Metal Oxide Semiconductor）テクノロジーを活用した高周波技術を中心にデバイスを提供してきたが、最近ではワイヤレス応用がSoCへ集積搭載される動向に応じて180 nm以降の先進CMOSテクノロジーによりRF技術分野に必要な回路素子などを開発し、提供を開始している。

また、近距離ワイヤレスの普及に向けても対応を進めてきた。FRAM商品に搭載したカード用規格で実績を積むなど各種規格への取組みを強めている。

大規模化の進展

SoCの主要市場である携帯電話やデジタルAVは機能集積によるコストダウン、パワーダウン、機能追加を達成する必要がある。このため、現在量産が

進行している130 nmのテクノロジー世代，商品開発環境が整ってきた90 nmのテクノロジー世代の活用を進めており，今後もSoCの大規模化の進展が必定である。

回転が速い市場でこのような大規模化へ対応するには手戻りのない設計が重要である。手戻りのない設計を実現するための課題として，複雑さへの対応とテクノロジーの微細化への対応が求められる。複雑さへの対応は上位設計の段階から検証を重視する設計フロー確立が中心となり，一方，微細化への対応はノイズの押さえ込みなどの物理設計手法確立が重要となる。

微細化への対応については本誌のほかの論文でも解説されるので，ここでは富士通が最近開発して実績も出てきた大規模な回路の検証にも耐えられる検証手法“Cedar”を紹介する¹⁾

大規模SoCでは不具合発生により作り直しが必要とされ，これがLSIベンダおよびそのお客様へ深刻な影響を及ぼすケースが発生している。社団法人電子情報技術産業協会（JEITA）の調査によればそのような作り直しの原因は65%が仕様関連である（図-5）。

つまりSoCの大規模化・複雑化のため仕様そのものが，お客様，市場，規格から求められる実際の使用方法，環境，手順などとミスマッチしていたり，仕様が不正確やあいまいになって本来の目的どおりに設計できなかつたりする事態を引き起こしている。

Cedar手法では仕様分析を第三者が徹底して行い，あいまいさが残らないようにして，仕様記述レベルのクリーン化を実現する。それに基づいた漏れのない検証項目を確立させるといった概念を実現可能にしている。

この手法を実現するツールとしてUML（Unified

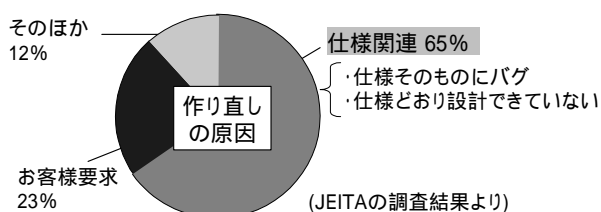


図-5 SoCの作り直しの原因
Fig.5-Reason for remaking SoC.

Modeling Language）ベースの仕様記述・分析やアーキテクチャ評価，各種カバレッジチェックなどを準備してCedar手法の効果的な活用を図っている。Cedar手法は開発検証手段と開発検証プロセスそれぞれに優れた機能を発揮させるとともに，これらを有効に連動させるものである。

また，Cedar手法は単に受身の検証手法ではなく，要求仕様を最もコストパフォーマンスに優れた方式で実現するための評価に積極的に取り組めるよう手段を設定することで，上流からの設計品質向上を目指す検証手法である。

以上述べたようなCedar手法のポイントを図-6に示す。また，その導入による効果を図-7に示す。

なお，実際にこの検証手法を適用して各種アルゴリズムやデータ転送を含むマルチメディア処理を行う200万ゲートSoCを短期間で作り直しなしで動作させることにも成功している。

SoCの大規模化はとどまる所を知らない勢いであり，富士通はCedarをはじめ今後も更に増加する複雑さに対応できる検証手法に取り組んでいく。

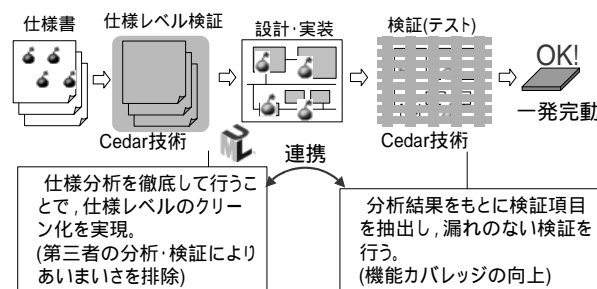


図-6 Cedar手法のポイント
Fig.6-Point of Cedar method.

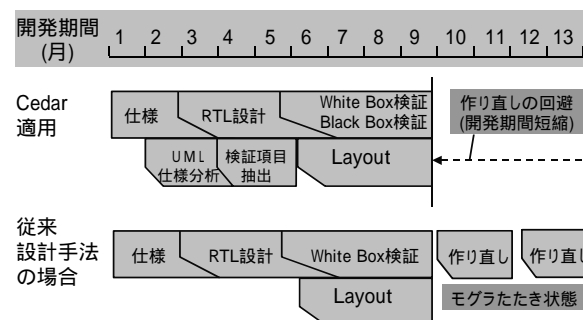


図-7 Cedar手法導入による効果
Fig.7-Effect of introducing Cedar method.

ソフトウェアとサービス

最近および今後のSoCの動向として注目すべきもう一つの点がソフトウェアである。SoCにCPUが搭載されるケースは既に50%以上の勢いであり、CPUを動作させるソフトウェアを組み込みソフトと称している。

組み込みソフトウェアの規模は急激に増加している。例えば携帯電話用SoCに内蔵されたCPUの組み込みソフトは、毎年新機能の追加により年平均50%以上の勢いで増加しており、ほかの機器においても著しいソフトウェアの規模増大が急激に進んでいる。

そこでSoC開発にはこのように増大しているソフトウェア開発を支える技術が必要であり、大きく分類すると下記のような開発手法が必要とされている。

- (1) SoCによる機能実現をハードウェアで行うかソフトウェアで行うかの最適な切分け
- (2) SoCのソフトウェアを早期に確実に動作させる開発およびデバッグ手法

これらの開発手法の実現のために様々なツールが個別に開発されつつある。そしてこれらのツールを連動させ、システムおよびソフトウェアの設計者に有効な開発手法を実現する場合はシステム全体のシミュレーションモデルの提供と、このシミュレーションで確認されたソフトウェアを実際のCPUのプログラムに確実かつ早期に落とし込む手法である。

一例として富士通では実際のSoC商談において、

富士通のソフトサービス部門が有するシミュレータであるVPSと電子デバイス部門が有するCPU用開発ツールを連動させて、お客様要求であるシミュレータでのシステム確認とその動作ソフトウェアのCPU向けプログラムの自動発生を実現した(図-8)。

これは上記で指摘した(2)の手法の例であるが、システムレベルで書いたソフトウェアが実際のSoCでの動作シミュレーションとデバッグに直結できるため、ソフトウェアの開発効率が著しく改善した。

一方、別の観点から見ると、このような例はSoCに関するソフトウェア開発ツールなど直接の開発手法にとどまらず、システム全体の開発に必要な各種サービス提供が今後のお客様要望の動向であることも示している。

実際最近ではソフトウェア以外でもプリント基板のノイズ解析やFPGA(Field Programmable Gate Array)やエミュレータでの事前確認などサービスレベルのサポートを次々に提供している。

図-8の例もそうだが、こういうサービスにおいては技術でも提供サポートでも、富士通はソフトサービス部門および装置やボードの設計部門と共同で取組みを行って他社にないサービスを提供している。

富士通の取組み：ビジネスの革新

前章まででSoCを取り巻く最近の技術動向や課題、そしてそれらに対する富士通のユニークな取組み事例を述べてきた。

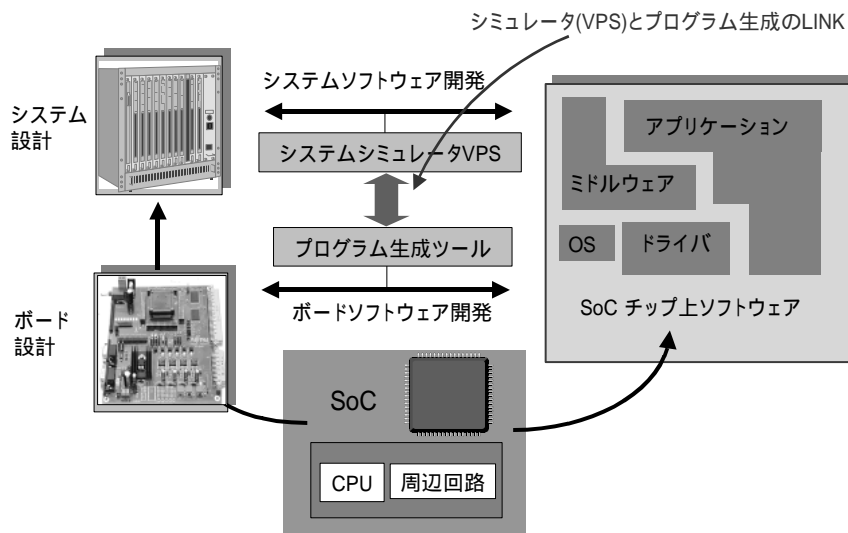


図-8 シミュレータからのソフトウェア生成
Fig.8-Generation of software from simulator.

一方でSoCのビジネス自体が大きく変わってきており、本章ではこれに焦点を当ててその動向と富士通の取組みを説明する。

SoCのビジネスを90年代の黎明期^{れいめい}から牽引したのが米国のファブレスメーカーと台湾などの製造専門会社（ファウンドリ）の組合せであったことはよく知られている。これは複雑化するSoCの設計開発と一方では急激に進むプロセステクノロジーの開発、量産という二面を別々の会社が専門化して分担し、開発TAT（Turn Around Time）やコストの面で優位性を持ってたということによる。

しかしテクノロジーの一層の微細化で設計、製造の一貫した整合性を実現できるIDM（Integrated Device Manufacturer）の優位性が認識されてきたのも周知の事実である。

富士通はIDMとして、日本の家電メーカーや自動車メーカーに密着したサービスでお客様の要求されるSoCを様々な形で提供してきた。そして90 nmのテクノロジー世代の量産開始とともに、富士通はより一層のグローバルな事業推進と新たなIDM、すなわち“New IDM”としてビジネスに取り組んでいる。

さて富士通がNew IDMを称するのは、従来のIDMの枠組みにとどまらず「パートナー」を重視して組み込んだビジネスモデルの構築に努めているからである。

以下では、New IDMのキーであるパートナーについて具体的な解説を行う。

パートナーとして主に三つのカテゴリを想定している。

第一は製造パートナーである。これは微細化を支える製造装置ベンダや実装、試験機器ベンダなどである。

最近のLSI提供形態としてセンサなどに代表されるモジュール型が増加しており、特性がモジュールで規定されることもあり、モジュールベンダも重要な製造パートナーとして浮上ってきている。

第二が開発パートナーである。前章までに述べたようにSoCはますますシステム全体を取り込みつつあり、それに伴う関連技術まで含めて解決しないと商品として価値が発生しない。例えば標準インタフェースであれば相互接続性（インタオペラビリティ）の検証が、CPUを入れればソフトウェアの検証が必要になるというように専門性が高い関連技

術が個別に必要である。

黎明期は半導体ベンダがすべてを提供するという姿勢もあり、専門性の高い技術も各社が開発、所有した。しかし、集積化の急激な進行で関連する専門性の高い技術も爆発的に増加したため、様々なIPやソフトウェアの流通が次第に普及した。

すなわち個々の関連技術に特化して開発、販売する専門企業群が生まれた。これらの専門企業は個別技術を提供できるが、SoCの最終的なお客様が望む形での提供を実現するにはLSIベンダが積極的に関与してLSIとお客様の使用方法との整合性を取る必要がある。例えば専門性が高い高速のAD変換器を専門企業から調達してSoCに集積した場合、それがSoCのバスやCPUと連動して高い性能を発揮するにはバッファメモリをどの程度準備すべきか、というような仕様はLSIベンダと個別技術の提供者、そしてお客様が十分理解し合う必要がある。

すなわちこの個別技術の提供者が開発パートナーであり、関連技術の活用保証を実現することで技術提供者、LSIベンダ、SoCのお客様の三者が利益を享受できる形を目指している。

第三に挙げるのがビジネス推進パートナーである。これはビジネス推進上富士通に不足しているサポートや販売チャネルといった仕組みを補完してお客様に充実したサービスとSoCを提供し、Win-Winの関係（双方にメリットのある関係）を構築するものである。これは国内でももちろん推進するが、とくに政治や文化面で様々な違いを有する海外ビジネスにおいて必須と考えている。

実際は、現在でもビジネス現場での活動結果としてこのビジネス推進パートナーが続々生まれている。今後は戦略の一つとして積極的にビジネス推進パートナーを獲得し、連携していく方向である。

最近、実はお客様自身がビジネス推進パートナーというケースも増えている。その背景であるが、先進テクノロジーを使用した開発がLSIベンダとお客様の双方で大きな利益機会と同時にリスクも持つようになってきている。そのため従来の売買関係で双方が独立に利益を追いかけるとするのが困難になっており、パートナーとして連携する必要があるためである。例えば90 nmのテクノロジー世代の量産に当たっては富士通が行う量産投資をお客様数社が分担負担することをコミットしている。富士通はお客様コミットに

よる物量確保，そしてお客様はコミットによる安定供給とコスト削減を期待できる。

以上解説したように富士通はSoCというシステムそのものを実現するLSIにふさわしい，パートナー関係を軸としたNew IDMというビジネスモデルを推進しつつあり，今後もお客様中心の視点を失わずに技術とサービスを提供し続ける所存である。

む す び

本稿では，誕生から約10年たったSoCの最近の動向と富士通の対応，およびNew IDMという富士通のビジネスモデルを紹介した。一産業30年と言われるが，LSIとしては既に30年の歴史があるものの，

SoCはまだ10年，これから最盛期という見方ができる。何とか基礎ができた段階であり，今後想像できない劇的な展開もあり得る。また，それだけのポテンシャルを持った技術と言える。

システムとソフトサービスも手掛ける富士通としては今後更に富士通らしさを発揮できる局面を大いに増やしていきたいと考えている。

参 考 文 献

- (1) 大石基之：夢の「一発完動」に向け変わるSoCの設計/検証．日経エレクトロニクス07/19号，p.59-66（2004）．

