



# Cell Broadband Engineへの20年と、 半導体産業・次の10年の展開 プレイステーションと共に



齋藤 光男(株)東芝セミコンダクター社 首席技監)

## Cell Broadband Engine( CBE )の 目指したもの

本日は、Cell( Cell Broadband Engine )について、開発経過、これからの展開などについて述べてみたい。

CellはSCE( SONY )、IBM、東芝の三社で、開発期間5年、ピーク時400人以上のエンジニアをかけて開発したプロセッサである。Cellの構想は、2000年頃、これからあるべき機能としてのブロードバンドを前提としたプロセッサアーキテクチャはどうあるべきかを検討したことから始まった。Cellの目指したもので最初に実現したのがご存知のプレイステーション3であるが、このCellの流れを汲むプロセッサを、デジタル家電、サーバコンピュータ、エンターテインメントの様々な用途に展開しようとしている。

## CBEにいたる長い道

話は1986年にアメリカ留学から帰った2人の技術者( 私と大橋正秀氏( 故人 ) )の会社食堂での出会いから始まった。何か面白いテーマはないかという話になり、3次元グラフィックスのチップを作ったら面白いのではということになった。たまたま、電力システム用のグラフィックディスプレイを開発したいという話があり、これ幸いとこの企画を計算機部門に売り込み、6人のプロジェクトとしてスタートした。当時はまだ人々のグラフィックLSIへの認識は低く、平面上のトランジスタに代わって3次元的にトランジスタをつくるものと思われるような優雅な時代であった。こうして2年かけて出来たのがGSP( Gouraud Shading Processor )で、1988年に大橋氏がISSCCに発表し注目を集めた。米国の新興パソコン会社からPC用の3次元グラフィックチップを開発して欲しいとの依頼も有ったが実らず、PC用のボードまで作って売り出した会社もいくつかあったが、すべてうまく行かなかった。

その大きな理由は、有効なアプリケーションがなかったことであった。当時、ワークステーションでは、3次元アプリケーションはそれなりにあったが、

狙いとしたPCではCPUの能力もメモリのサイズも不足していた。まだDOSの時代であった。

・売れない、売れるまでがんばる、そして出会い

1988年から約5年間、デモ機を抱え各社にプロモーションしたが大した成果もなく月日は経過したが、SONYを訪問した際、久夛良木氏に紹介され、3次元グラフィックスのゲーム機( 初代プレイステーション )へと話がつながった。開発を引受けた時には、「200万台売ってみせる」と言われ、話半分としてもでかい話だと思ったが、結果は、生涯売上げ1億台を越える大ヒットとなった。

・プレイステーションは成功したが

発売後暫くして成功が見えてきた頃、次はどうかと内部議論を始め、グラフィックスに関して、SCE関係者と議論を散々行った。もともとハードウェアでは赤字でもソフトウェアで儲けるビジネスモデルだったが、実際には半導体の値下がりによってもっとHWに金がかげられたこと、3次元グラフィックスには性能的には不満があったこと、ゲーム機の性格から数年間は陳腐化しないこと、次は画期的な性能のグラフィックスを用意したい等々、様々な検討を行った。結局、当時実用化し始めた混載DRAMを使うことで画期的な性能が実現できるという提案がまとまった。また、グラフィックスを駆動するプロセッサもこれに見合った性能が必要であり、専用のものを開発する事になった。



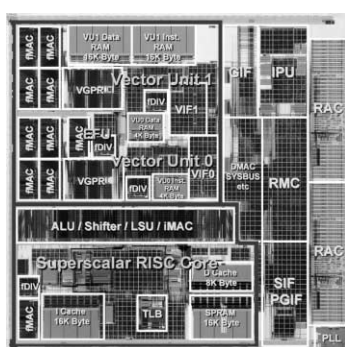
講演会場風景

初代プレステーション用プロセッサは米国社製であったが、この次はプロセッサもやりたいということで、高速浮動小数点ジオメトリエンジンを積むというアイデアで、共同で技術検討が始まり、超高速グラフィックスをサポートする専用プロセッサの発想になった。

・ Emotion Engine は

次第にアイデアが固まってきた1996年、フライングで、東芝アメリカのシリコンバレーのオフィスでプロセッサのコア部の開発を始めたが、翌年(1997年)、正式に開発契約が結ばれ、人間の感情も表現できるプロセッサと言う意味で久夛良木さんが、Emotion Engineと名付けた。それと共に開発スケジュールが明確化されたが、通常の新規開発のご多分に漏れず、大きな開発の遅れが発生し頭を悩ませた。リソースを追加したり、目標の再設定(仕様の緩和)をしたりして、1998年10月にサンプルを提出することができ、何とか大晦日にソフト開発可能なレベルの修正版を提出することができたが、SONYエンジニアには正月からの仕事を願う事になった。

翌年(1999年)2月ISSCCで発表し、さらにプレステーションミーティングでPS2の技術が公開されると、世界的な大反響となり成功を確信した。商品化版の開発はスムーズに行き、予定通り3月に完成することができた。この間に歩留りが悪い原因もかなりクリアになり、対策を設計に盛り込むことにより、量産は当初からかなり良い歩留りで順調に進めることができた。



15.02mm x 15.04mm  
 Frequency : 300MHz  
 Transistors : 13.5M  
 Power : 18Watts  
 Design Rule : 0.25um  
 Gate Length : 0.18um  
 Designed by Toshiba  
 Fab. by Toshiba

図1 Emotion Engine Die Photo

・ Emotion Engineの開発からわかったこと

新規開発は遅れることを前提にするしかないということである。なぜ遅れるのか、ひとつは、エンジニアは優秀であればあるほど問題を過小評価すること。問題点や開発量は、開発が進まないと見えてこないもので、そこまでは楽観的見通しを持つもので

ある。ただし、楽観的なエンジニアでないともそもそも開発は出来ない。役に立つのは経験則だが新しいものには無力である。

この遅れに対処するには、リソースをいかにすばやく手当てできるかが鍵であり。共同開発の相手と良好な関係を保つことも必須要件であった。

・ プレステーション2を超えて

1999年1月頃から次機種の模索を開始した。当初3社の提携はうまく立ち上がらなかったが、久夛良木さんの働きかけで、2000年から共同開発の基本合意ができ、どのようなものを作るかについて議論が始まった。喧々諤々の議論の末、次世代プロセッサの基本思想としては、

単なるゲーム機のエンジンではない

様々なものに組み込んで使えるようにするには、スケラブルでなければいけない

ゲームや、ネットワーク上では、これまでのプロセッサのようなベストエフォート型ではなく、リアルタイム処理が基本になる

メリットがあれば新規アーキテクチャは許容されるということになり、PowerPCをコントローラとして、SPUを8個積んだCell Broadband Engine(CBE)の原型のアイデアが固まっていった。

・ Cell Broadband Engine(CBE)開発プロジェクト

こうして基本的な構想が合意され、2001年に開発が始まった。ベースの開発拠点はIBMのAustinキャンパスに決めたが、早い立ち上がり、優秀なエンジニアが集めやすいことを考慮してのことであった。とはいえ、これだけの大プロジェクト(ピーク時400人以上数年間)になるとやはり単一の拠点で開発するのは無理で、どうしても複数拠点になってしまった。Emotion Engineの場合も複数拠点で、マネジメントには苦労したが、今回はアメリカ国内の複数拠点が主であり、ネットワークインフラがまったく違うほど進歩していたため、それほど大きなトラブルは起きなかったと思っている。開発チームの構成方針として、会社毎にチームを分けることはせず、混成チームとすることにした。最初は多少の非効率はあるかもしれないが、一体感を高め、各メンバーが出来上がった成果を持ち帰る際に支障をきたさないようにと考えてのことであった。開発途中では、リソース不足も生じたが、短時間に優秀なエンジニアを追加することができ、これがアメリカあるいはIBMの実力なのかと感心したものである。

2004年4月に最初のチップが完成し、翌年のISSCC

で最初の発表を行ったが、世界的に大反響を呼び、画期的なプロセッサといわれた。

2005年10月CEATECでは魔法の鏡のデモを行ったが、大評判となり多くのテレビ局のニュースで流された。そして2006年11月SCEのプレイステーション3発売へと繋がる。

・ Cell Broadband Engine( CBE )の基本構成と結果

CBEは、汎用処理用にPowerPCアーキテクチャのコアを置き、データ演算処理向けの新アーキテクチャ Synergistic Processor Element( SPE )を8個組み合わせた非対称型プロセッサで、特にメディア系の処理に重きを置いていた。このSPEは、データ処理に特化し、簡単な構造で高性能が発揮できるように考えられていた。その実効性能は、計画時には、SPE1個の性能はうまくいっても同じ周波数の既存のCPUと同等と考えられていたが、実際に測定してみると、数倍の性能を示す例が数多く示された。そのため、Cell全体では、数十倍の性能にも達し、われわれの予想を超えた。この理由は、主として、SPEのメモリ効率を含む、命令実効効率の高さであった。それを生かすために、ソフトウェア開発環境を整備し、CPUがどういう状態かを表示するツールを作り、性能のチューニングが行えるようにした。

この性能の高さはCellは、RISC以来の計算機アーキテクチャの大変革の可能性があり、研究機関などにも呼びかけて、新しいプログラミングの方式を研究していただいております、さまざまな共同研究を行っている。

一方Cellのもう一つの狙いである、やわらかいハードウェアに関しては、オーディオ、ビデオの枠組みを作ったりして48チャンネルの同時再生などのデモを行い普及に努めたが、今一うまくいかなかった。次はその理由を歴史をひもといて考えてみたい。

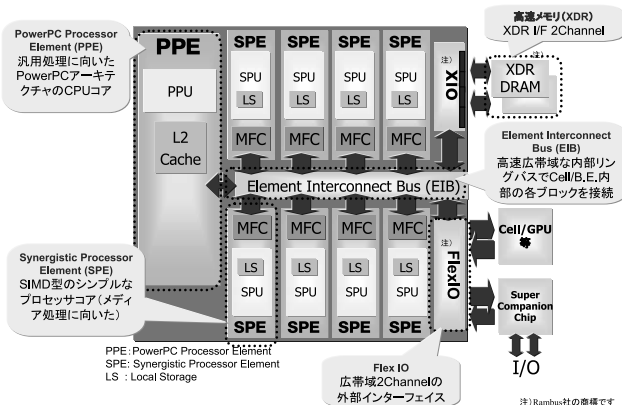
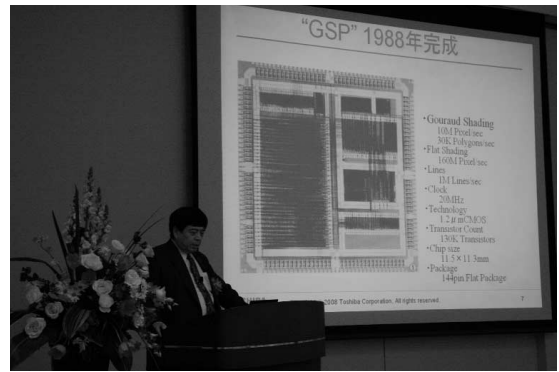


図2 Cell BEの基本構成



講演情景

半導体産業の進歩の流れと Cell World

ここで、半導体進歩の流れと、プロセッサアーキテクチャとの関連に触れてみたい。80年代後半はRISCの登場で、ワークステーションがテクノロジドライバになり、それに合わせてASICが急速に伸びた時代であった。90年代後半からは、パソコンがテクノロジードライバになりCISCが復権し統一したCPUが使われる標準部品の時代になった。現在は、周波数の向上は頭打ちになり、複数CPUを1チップに収めるのが主流になってきている。このような流れと、われわれの開発の歴史を照らしあわせてみると、最初のグラフィックチップは、ASIC技術の賜物であり、コストの低減を果たし、ゲーム機を存在可能にした。次の時代のEmotion Engineは、パソコンと並ぶ、ひとつの標準部品としての作り方がされ、当時の最高性能を実現している。Cellもその時代の流れに沿って、マルチコアプロセッサとして、標準部品としての時代の最先端を走っている。われわれの開発の歴史もこのような大きな半導体技術の流れに沿っている事がわかる。

Cellは、プロセッサとしては従来のプログラムスタイルに大きな変革を要求するために受け入れられるかという心配があったが、いざ出来上がってみると、当初考えていた以上に性能が高い事がわかり、スーパーコンピュータや、サーバーなど広範囲に受け入れられていっている。一方Cellのもうひとつの狙いの、既存HWをSWで置き換えることが可能になると思ったが、こちらは消費電力に対する要求がきつく、さらにもっと性能を要求される事がわかり、これらの要求を満たすためには、プロセスの進歩が必要で、これを実現するにはもう少し時間がかかる事もわかってきた。

そこでCellを何とかAVアプリケーションに使おうとして考えたのがSpursEngine™である。これは、エンコーダ/デコーダなどの重くてしかも定型的な処

理はHWにまかせ、高度な画像処理のみをプロセッサに任せることにより、AV能力の強化と低消費電力化を同時に進めたものである。これをCEATEC2007で発表したところ大きな注目を集めた。我々は、今後しばらく、ハードウェアとこのプロセッサの組み合わせが、続くものと考えている。

つまり、このことは本当のSoCの時代の到来を物語っている。テクノロジードライバーが、いよいよSoCに移ってくる。従来のSoCはハード中心の比較的ローエンド狙いが多かったが、今後は、ソフトでは性能が足りない、CPUの性能を補うSoCという形になっていくと思われる。

#### ・ソフトウェアの時代とCell World

次の時代の波はいつ来るのか？ 消費電力や、コストの問題で当分SoCの時代が続くが、半導体プロセスの複雑化による開発費用増大、画像圧縮プロトコルの種類増加などで、次第にハードウェアでは苦しくなって来るのも明らかで、ソフトウェアの時代になって行くものと思われる。逆にそういう時代になると、あたかもHWをネットワークを通して送る、あるいは、ネットワークを通じて機能をさまざまな機器間で分担するというような新しい応用分野も期待される。この時代になってはじめて、本当の意味でのブロードバンドを介した新しいアプリケーションの世界、Cell Worldが来ると考えている。

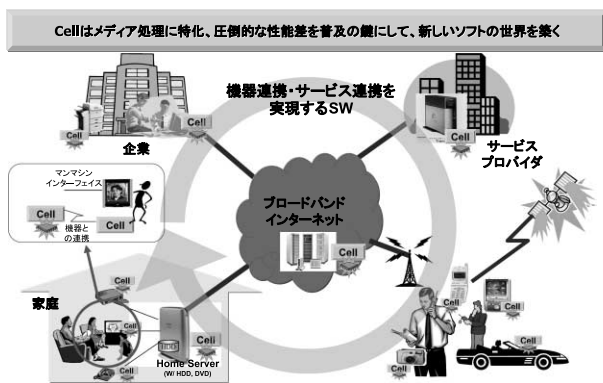


図3 Cell Worldの世界

### 今後の半導体産業の流れ

今まで述べてきたように、われわれも大きな半導体技術の流れの中にあって、開発を続けてきた事がわかる。SupersEngineなども、計画時にそう考えたわけではないが、ソフトウェア時代への橋渡しをするSoCと考えると、つじつまが合う。それをベースに半導体産業の今後について考えると、結局平凡ではあるが、今後注力すべき分野は、やはりSoCだと



質疑

思われる。現状のSoCはまだまだテクノロジードライバーになっていないが、汎用プロセッサの周波数向上も難しくなり、マルチコア化に向かっており、ある意味でプロセッサのSoC化と考えることもできる。これはSoCがテクノロジードライバーになる予兆であると思われる。このような時代の半導体産業としては、半導体だけのIDMであるより、さらにセット側と半導体設計が融合している所が時代を引っ張っていくようになると思う。

SoCの問題点は、セットごとに開発する必要があるにもかかわらず、開発費用が莫大なものとなり、セット各々に合わせたSoC開発が困難になっていることである。それを緩和するためのSoCのシリーズ化、プラットフォーム化を達成でき、十分なマーケットを持てる所が生き残っていく。単体のSoCが大量に売れて儲かるという時代ではない。本当の少量生産の領域では、リコンフィギュラブル構成やFPGAが使われざるを得ないが、主流にはならないと思う。

やはり、これから時代が進むと、長い経験を持ち、さまざまなメリットが期待できるソフトウェアの時代がくると思う。ソフトウェアで色々なアプリケーションができる、僕らがCellで夢見た時代がくると思われる。そこでは、ソフトウェアの意味が、より重くなっていくために、開発費削減のためのソフトウェアの標準化が非常に重要になってくる。半導体サイドとしては、もともと能率の悪いソフトウェアソリューションでも十分なコストパフォーマンスの得られるようなハードウェアの高性能化が必要である。特に、低消費電力化開発を続ける事が重要な意味を持ってくると思っている。

システムLSIの将来と言う立場から見て、幾つか述べてみたが、今後10年間はセット側と協力してSoCで勝ち抜き、さらに性能の要求されるその次のソフトウェアの時代に備える必要があると考えている。