富士通「SPARC M12」に見る開発者のワザと矜持

世界ナンバーワンの性能はこうして実現された

富士通の「SPARC M12」は、同社が開発した最新プロセッサ「SPARC64 XII」を採用したUNIXサーバだ。CPUコア性能が従来機「SPARC M10」の最大2.5倍に高められ世界最高値を記録している。そればかりか、メインフレームクラスの信頼性が確保され、また、ビッグデータのリアルタイム分析でも圧倒的な性能を発揮する。この抜群の性能は、いかなる開発努力とノウハウ、そして創意工夫によって実現されたのか――。その一端をとらえるべく、SPARC M12開発に携わった富士通 アドバンストシステム開発本部 プロセッサ開発統括部第一技術部部長の山下英男氏と坂下聡太氏、そして、実装技術開発統括部の田和文博氏に話を聞いた。田和氏は、SPARC M12の高密度実装を可能にした独創的な冷却技術「Vapor and Liquid Loop Cooling（VLLC）」の開発で中心的な役割を果たした人だ。

SPARCを熟知しているからこそブレークスルーが実現できる

―― 早速、SPARC64 XII開発の話をお聞きしたいのですが、その前に、SPARCアーキテクチャを採用し続けている理由について教えてください。

坂下

まず第一に、SPARCは、独立非営利組織「SPARCインターナショナル」によって管理されている、オープンで、設計依存で仕様拡張可能な余地があるアーキテクチャだからです。さらに富士通は長年にわたり、SPARCアーキテクチャのプロセッサを開発しており、その仕様を熟知しています。ですから、自分たちの経験、ノウハウ、アイデアを活かして仕様の拡張を行い、かなり思い切った強化を行うことができます。例えば、SPARC64 XIIでは、スーパーコンピュータのプロセッサ「SPARC64 VIIIfx」で取り入れたハイパフォーマンスコンピューティング（HPC）向けの拡張仕様「HPC-ACE（High Performance Computing Arithmetic Computational Extension：拡張命令セットアーキテクチャ）」を引き継がせ、そのうえでSPARC64 X/XIIの特長的な機能である「ソフトウェア・オン・チップ」を実現するための新規命令を実装しました。また、HPC-ACEの実装に当たり、SPARC64 XIIの浮動小数点レジスタの本数を共通仕様である「SPARC V9」アーキテクチャの4倍である128本にまで拡張し、メモリへのデータ退避／復元の回数を大幅に削減しました。こうしたSPARCアーキテクチャの拡張・強化によって、SPARC M12は、性能面で他社製サーバを凌駕する、大きなブレークスルーが引き起こせたと確信しています。

その一方で、SPARCプロセッサは長年にわたり数多くのお客様にご利用いただいているので、その上で動作するソフトウェア資産もしっかりと保護していかなければなりません。SPARCアーキテクチャをしっかりと守りつつ、独自の新しい世界を切り開いていくことが大切なのです。つまりSPARCアーキテクチャを採用し続けていることで、プロセッサのレベルから他のシステムベンダーとの差別化が図れるということです。

―― そのほかに、SPARCプロセッサの自社開発がもたらすメリットは何かありますか。

坂下

当社は、SPARCプロセッサのみならず、SPARC M12のハードウェア全体やファームも開発しています。そのため、万が一、お客様が利用するSPARC M12に問題が発生しても、開発チームが早急に調査・分析に当たり、問題原因を突き止めることが可能です。 外部から仕入れた部品をただ組み立てているだけでは、このような障害対応は成しえないのです。

富士通株式会社
アドバンストシステム開発本部
プロセッサ開発統括部
第一技術部 坂下聡太氏

「コア性能で世界一」に挑んで

――SPARC64 XII プロセッサの開発に当たり、最大の挑戦は何だったのでしょうか。

坂下

我々の目標の一つは、「コア性能で世界一」を達成することでした。ただ、コア性能を引き上げようとすればするほど、SPARC64 プロセッサの強みの一つと言えるシングルスレッド性能が犠牲になる可能性がありました。そのため、高いシングルスレッド性能の維持とコア性能の向上をどう両立させるかで悩みました。

――そもそもコア性能のジャンプアップにこだわった理由は何なのですか。

山下

お客様の TCO（総所有コスト）を最適化するためです。SPARC M12 で使用される主要なソフトウェア製品はコア単位での課金が一般的です。ですから、コア性能を可能な限り向上させて、ジョブあたりに必要とされるコア数をより少なくし、お客様のソフトウェアコスト（ラインセンスコスト）の低減や TCO の最適化につなげたいと考えたのです。

富士通株式会社
アドバンストシステム開発本部
プロセッサ開発統括部
第一技術部 部長
山下英男氏

――なるほど。SPARC64 XII ではコア性能が前世代の約 2.5 倍とお聞きしています。となると、単純に言えば、ソフトウェアのライセンスコストが半分以下に圧縮できる可能性があるわけですね。ところで、この大幅な性能向上をどのようにして実現したのですか。

坂下

一つは、プロセッサの最大周波数を前世代の 3.7 GHz から 4.25 GHz に引き上げたことです。またもう一つは、コアあたりのスレッド数を従来の 2 から 8 へと 4 倍に増やしたことです。これらが実現できた理由としては、20nm プロセスの採用で集積度が上がったことと設計上の工夫が挙げられます。

もっとも、コアとしてのスペックが上がれば単純に性能が向上するわけではありません。スレッド数を増やすと回路の増加によって 1 サイクルの処理が多くなり、周波数向上の妨げになります。その中で、周波数を上げるために単純にパイプライン段数を増やしただけでは、パイプライン処理にバブル（＝命令が実行できないステージ）が発生してしまい、逆に性能が落ちてしまう場合もあります。そのような事態に陥らないよう、分岐予測性能の向上やバイパス強化、コア内のリソース使用効率アップなど、マイクロアーキテクチャ（プロセッサの内部構造）に工夫を凝らしました。それが、SPARC64 XII 開発における最大のポイントだったと言えます。

――そうした課題を乗り越えた結果、当初の目標どおりに、「SPECint®_rate2006」ベンチマークにおいて、CPU コアあたりのピーク性能が「IBM Power 8」を抑えて世界トップの座に立ったということですね（2017 年 11 月 30 日現在）。

坂下 ええ、そのとおりです。

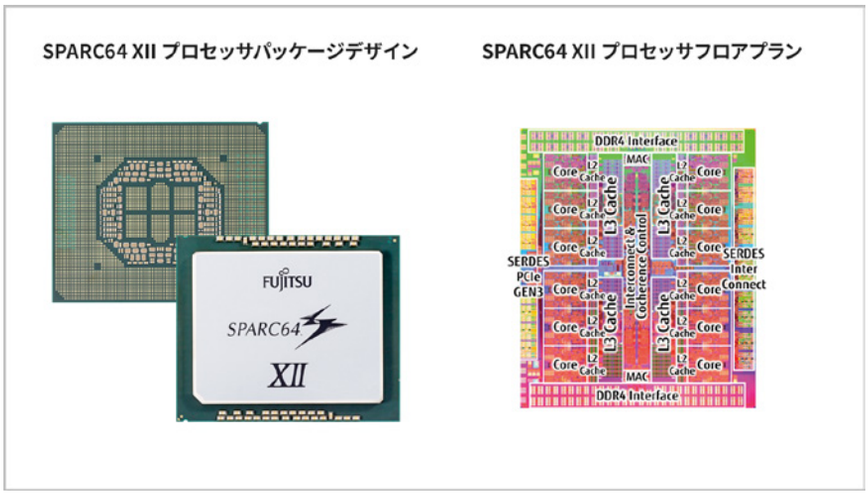


図 1：SPARC64 XII プロセッサ

ソフトウェア・オン・チップの拡張がもたらしたビッグデータ分析の性能アップ

――ここで、先ほどお話いただいたソフトウェア・オン・チップについて、もう少しお聞きしたいのですが。例えば、HPC-ACE という HPC 技術の取り込みによって、SPARC M12 のユーザーが得る具体的なメリットとは何なのでしょうか。

山下

HPC-ACE の一つに「SIMD（single instruction multiple data）」がありますが、SPARC64 XII では、SIMD 命令の強化を図り、一回の演算で最大 64 個のデータ演算を実行することを可能としました。これは、IoT などの潮流の中、デジタルビジネス時代に求められる ICT システムにおいて扱うデータがますます膨大になり、インメモリのカラム型データベースの高速処理の必要性がますます高まることを想定したものです。これによって、SPARC M12 のユーザーは、膨大なデータのリアルタイム分析を俊敏に行うことができ、ビジネス強化を実現することができます。

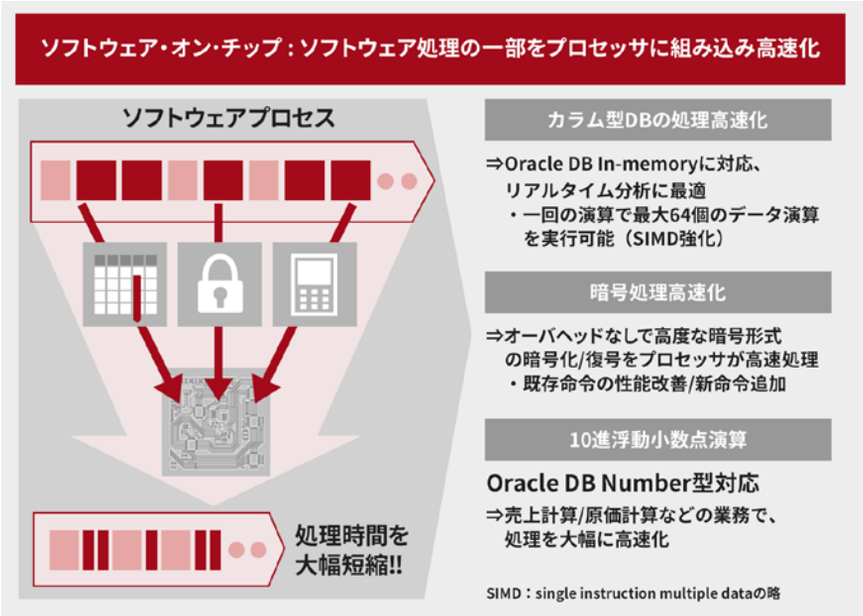


図 2：ソフトウェア・オン・チップ

―― なるほど、HPC の技術は、ビッグデータ分析の高速化にも有効なのですね。

山下

データ処理の高速化という点では、SPARC64 XII には、高速演算処理「10 進浮動小数点演算ユニット」も実装されています。10 進浮動小数点演算は、「Oracle Database」で採用されている「Oracle Number」もサポートしますので、Oracle Database のさらなる高速化に有効で、売上計算／原価計算などの業務処理の高速化にも貢献します。

――このほかにソフトウェア・オン・チップの強化点は何かあるでしょうか。

山下

プロセッサ上の暗号処理命令が拡充されています。暗号化 / 復号の処理をプロセッサレベルで実行することで、システム全体のオーバーヘッドが低減されます。

――お話をお聞きしていると、SPARC64 XII には、エンタープライズシステムから HPC に至るまで、非常に広範なノウハウが取り込まれているようですが、なぜ、そうしたことが可能なのですか。

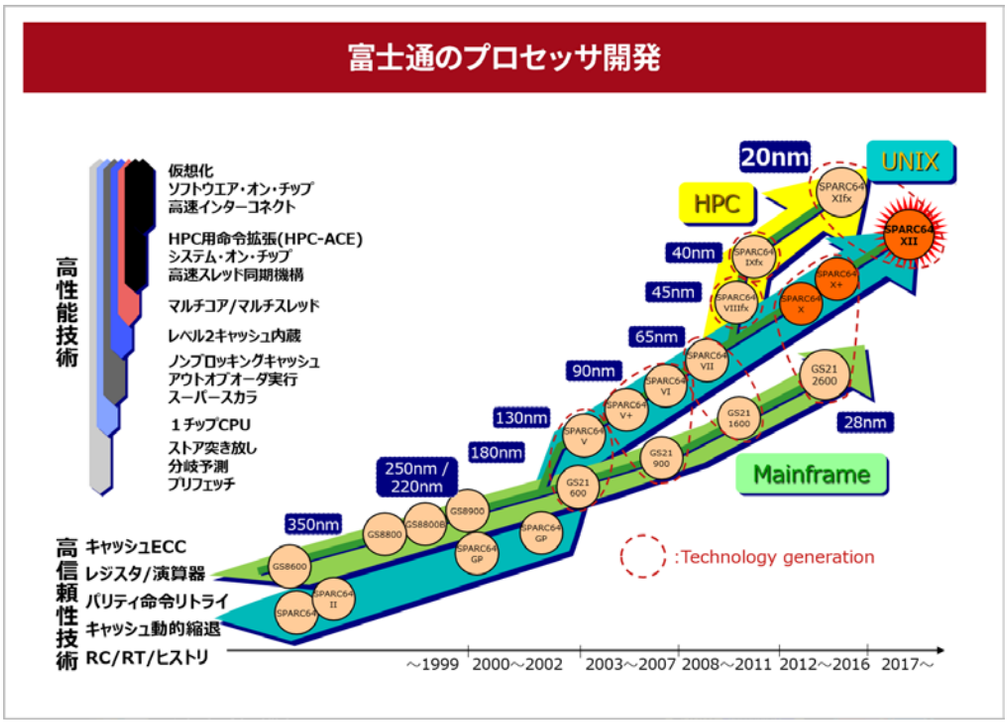
坂下

実は、我々のチームは UNIX サーバ用のプロセッサだけではなく、メインフレームとスーパーコンピュータ用のプロセッサも設計・開発しているのです。ですから、それぞれの設計ノウハウ／技術をスムーズに共有・転用・継承できるわけです。

山下

この辺りは、富士通ならではのプロセッサ開発体制と言えるかもしれません。かつては別のチームで開発していたのですが、メインフレーム用のプロセッサを開発していたチームが UNIX 用のプロセッサも開発することになり、「SPARC64 V」プロセッサを開発しました。このときから、SPARC プロセッサに、メインフレームの信頼性・可用性を支える技術を適用・継承させることになりました。その後、UNIX サーバとメインフレームに加えて、スーパーコンピュータ用のプロセッサも開発することになり、スーパーコンピュータ用プロセッサにも高い信頼性を継承させつつ、逆にスーパーコンピュータで培われたさまざまな高速化技術を SPARC プロセッサに取り入れるようになったわけです。

この 3 種類のプロセッサを同一チームで開発していることが、富士通のプロセッサ開発の強みであると考えています。



富士通のプロセッサ開発

―― かつての UNIX サーバの信頼性は、メインフレームほどではなかったのですが、それはもう過去の話ということですね。

山下

そう言えます。我々が SPARC64 V を開発したばかりのころ、システムエンジア（SE）との交流会の中で、「メインフレーム開発チームが UNIX サーバ用のプロセッサを開発し、高い信頼性を実現した」と説明したところ、その場にいた SE から「UNIX サーバはダウンしやすく 、また原因もつきとめにくい」と言われました。これは、当該 SE が担当していた案件だけの問題だったかもしれませんが、UNIX サーバの信頼性はそう高くないと言われた私は、「今までのプロセッサとは異なり、SPARC64 V からはそのようなことはない」と自信を持って説明しました。

一方、これは最近になってからの話ですが、ある SE が、「富士通の UNIX サーバは故障しないので、お客様になかなか新製品を買ってもらえない」と冗談まじりに話していました。富士通の UNIX サーバの信頼性は、そこまで高いレベルに達しているのです。

性能と安定稼働を支える独創的な水冷ユニット

――これまで、SPARC64 XII を中心に開発のポイントを伺ってきましたが、SPARC M12 のシステム全体で言えば、ほかにも高速化に向けた創意工夫があったと思いますが。

山下

ボードレベルで言えば、プロセッサとメモリ間の距離を大幅に縮め、データ転送の遅延を最小化したことが挙げられます。

――それはどのように実現したのですか。

山下

さまざまな工夫がありますが、最も効いたのは新開発の冷却ユニットです。これにより、従来のように、サイズの大きなヒートシンクをプロセッサに装着する必要がなくなり、結果としてメモリをプロセッサのすぐそばに配置し、システムの性能を高めることが可能になりました。

――その冷却ユニットとはどのようなものなのですか。

田和

それは、サーバ業界初の減圧気化技術を使った水冷ユニット「Vapor and Liquid Loop Cooling（VLLC）」です。この VLLC は、前世代の SPARC M10 で使用していた装置内循環水冷技術「Liquid Loop Cooling（LLC）」に比べてプロセッサの冷却性能を約 2 倍に向上させています。

――水冷ベースということは、この技術はメインフレームから転用されたものなのですか。

田和

おっしゃるとおり水冷そのものは富士通がメインフレームで長年にわたり使ってきた技術で、スーパーコンピュータでも使われています。ただ、SPARC M12 のメインターゲットである一般的な企業の場合、データセンターに専用の水冷ユニットを設置しているケースは稀です。そこで、

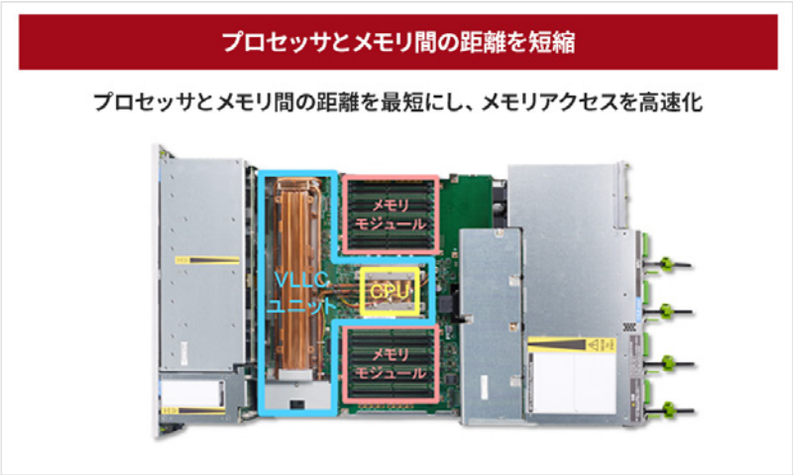
冷却性能が高い水冷方式の特長と、追加設備不要でメンテナンス性の優れた空冷方式の特長を併せ持った VLLC を開発したわけです。

―― VLLC の冷却の仕組みについて、もう少し具体的に教えてください。

田和

VLLC は、液体が気体に変化する時の気化熱を利用した冷却方式です。この気化熱を利用することで単純に水を循環させたときよりも 10 倍以上熱伝達率を改善しました。そして、気化現象で回収した熱をラジエータ部に移動させて、送風によって冷却します。発熱部から離れたところで排熱を行うため、CPU 周辺に巨大なヒートシンクを実装する必要がなく、プロセッサとメモリ間の距離を最短にすることを可能にしました。

富士通株式会社
アドバンストシステム開発本部
実装技術開発統括部
田和文博氏



プロセッサとメモリ間の距離を短縮

――とはいえ、水を蒸気に変化させるということは水温が沸点の摂氏 100 度になるということですか？
これではプロセッサを冷やすことはできないと思うのですが。

田和

いいえ、100 度よりずっと低い温度で沸騰させています。VLLC は、配管を完全密閉して気圧を下げて、低い温度で沸騰するように調整しています。水は人に安全で、そのうえ比熱や伝熱性で見ると、最強の冷媒です。ですから、限られた空間でコンパクトに冷却性能を向上させるには、水の沸点を下げて使用するのが最適だったのです。

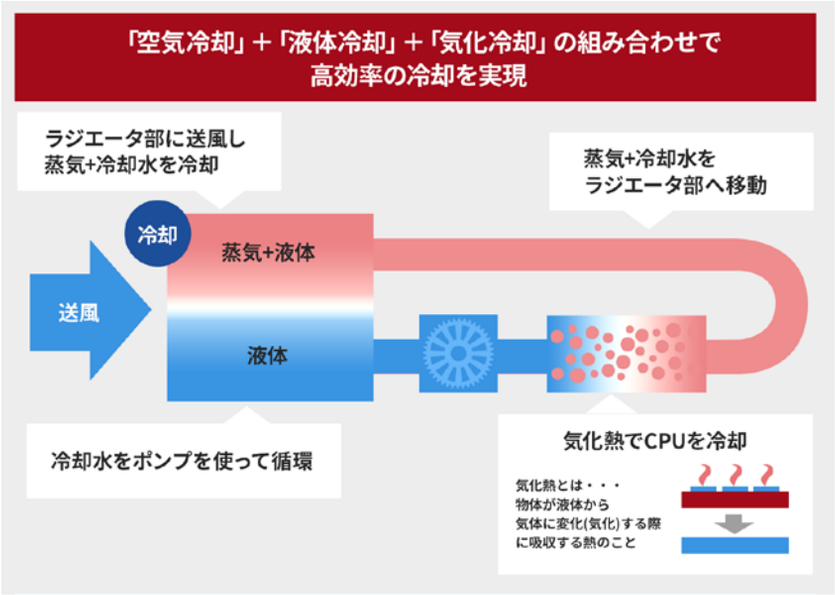


図 3：VLLC の仕組み

――失礼な質問かもしれませんが、水漏れの心配はないのでしょうか。

田和

その点はどうかご安心ください。VLLC では、基礎研究において富士通研究所と協調し、腐食に耐える素材を、長期信頼性評価を十分に実施したうえで選定しています。また、密封性や強度についても、徹底したチェックを全製品に対して実施しており、10 年間にわたる耐久性（メンテンスフリー）を保証しています。従って、通常の使用で水漏れが発生することはありません。外的要因の事故で、万が一水が漏れたとしても、それを即座に検知して通報するシステムを製品の中に組み込んでいます。

――それならば、心配は不要ですね。

山下

私たちが、SPARC M12 の性能向上に全力を挙げることができたのは、まさに VLLC のおかげといって過言ではありません。仮に、この冷却技術がなかったとしたら、SPARC64 XII プロセッサも結局は発熱量を抑えるために周波数を落とさなければならなかったでしょう。必要なコンポーネントのすべてを一貫して開発し、関連部門が一丸となって処理性能の最大化を追求し続けていること、そして長年にわたって蓄積されてきたノウハウのすべてがしっかりと継承されていることが、他のシステムベンダーにはない強みにつながっているのです。

お問い合わせ

富士通コンタクトライン（総合窓口）
受付時間 9:00 ～ 17:30（土曜・日曜・祝日・当社指定の休業日を除く）

0120-933-200

富士通株式会社
〒 105-7123　東京都港区東新橋 1-5-2　汐留シティセンター

この資料は 2017 年 ZDNet Japan（https://japan.zdnet.com/）に掲載された記事を再編集し作成したものです。