



Whitepaper

マルチコアプロセッサとマルチスレッド

IT インフラにおける並列処理の新たな展開

スケーラブルシステムズ株式会社

平成 17 年 11 月 20 日

Whitepaper

マルチコアプロセッサとマルチスレッド

IT インフラにおける並列処理の新たな展開

はじめに	2
IT インフラの中での並列処理.....	2
マルチコア・プロセッサ	4
マルチスレッド処理.....	6
マルチスレッド開発環境.....	8
おわりに	11

スケーラブルシステム株式会社では、IT 技術と HPC システムに関する様々な調査レポートを発行しています。

ご購入の際は (Tel: 03-5875-4718 E-mail: biz@sstc.co.jp) までお問い合わせ下さい。

社名、製品名などは、一般に各社の商標または登録商標です。

Copyright Scalable Systems Co., Ltd. , 2005. Unauthorized use is strictly forbidden.

無断での引用、転載を禁じます。

2005 年 11 月

はじめに

計算機に対する恒久的な性能向上の要求に対応するために計算機は常に進化を続けています。現在ではそのような性能向上に対する要求に応えるため、計算機システムには様々なレベルでの“並列処理”を可能とする技術が組み込まれています。これらの“並列処理”はユーザが意識することなく、その処理がなされていることもあり、普段意識することは少ないかもしれません。また、コンピューティングについては常に多くの話題があります。しかし、“並列処理”が大きなニュースとして取り上げられる機会が多いとは言えません。唯一、並列処理が大きなトピックスとして取り上げられ、そのテクノロジーについて常に大きな関心が向けられている分野があります。ハイパフォーマンスコンピューティング(HPC)分野と呼ばれる高性能コンピュータシステムを利用し、エンジニアリング設計やサイエンスにおけるシミュレーション、気象予測や地球環境シミュレーションなどの用途で利用され、問題をいかに短時間で解くかが常に求められている分野です。

この HPC 分野では、問題をより短時間で処理するために、様々な並列処理のテクノロジーが提案、開発されてきました。今後、エンタープライズ、デジタルオフィス、そしてデジタルホームで必要とされる処理性能の向上にはこれらの HPC 分野が必要とした並列処理の一層の活用が必要になります。

IT インフラの中での並列処理

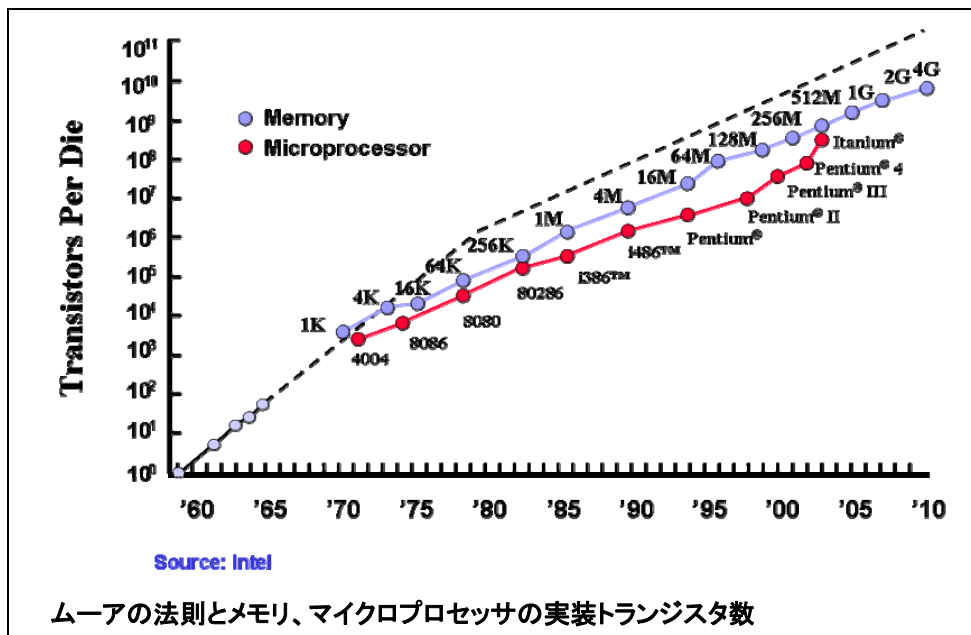
なぜ、IT インフラの中で並列処理がより重要になってくるのでしょうか？

IT インフラに対する厳しい要求に対して、コンピュータ自身も大きく変わろうとしています。その中心となっているのが、マイクロプロセッサの 64 ビット化と“マルチコア化”です。これらの 64 ビット化されたマルチコアプロセッサを採用したサーバ、ノート/デスクトップが市場に投入されることにより、計算機を含む IT インフラは大きな変革の時を迎えています。このような IT インフラの変化に対応することが現在、求められているためです。

IT インフラのコアとなるコンピュータプラットフォームの頭脳となるプロセッサは、求められる性能向上に対してトランジスタ数が“ムーアの法則”の予測に対して指数関数的に増加することでその性能向上を図り、同時により高いクロックスピードを目指したプロセッサの開発が行われてきました。マイクロプロセッサは、より高いクロックスピードを目指した開発と並行してそのアーキテクチャも進化しています。これまでのプロセッサの開発では、その性能を引き上げるために主に次の 2 点を重点とした開発が行われています。一つは、動作周波数(クロック・スピード)の向上であり、もう一つは、1 サイクルで実行できる命令数(IPC)の向上です。

動作周波数の向上にはパイプラインを細分化することでの対応が主になされてい

ます。実際には、過去に得られたプロセッサ性能向上の 80%はそのクロックスピードの向上によって実現されたというレポートもあります。IPC の向上には命令レベルの並列性 (ILP: Instruction Level Parallelism) を高めるための様々な高速化技術 (Out-of-Order 実行や命令の投機的実行) などが開発され、利用されています。しかし、これらの多くの高速化技術での投入によってプロセッサは非常に複数化し、同時に、その動周波数の向上は消費電力と発熱という問題をより深刻化させています。このプロセッサのロジックの複雑さと消費電力と発熱の問題は、プロセッサの動作周波数の向上を従来と同じペースで図ることをより困難にしています。



このようなクロック・スピードでの性能向上が困難になっても、マルチメディアやトランザクション処理、製造業での設計計算、先端の科学技術シミュレーションといった多くの分野で、プロセッサの性能はより高いものが求められています。また、システムのセキュリティ機能の強化や省電力のための電力管理といった機能を、プロセッサの性能を損なうことなく実装することが求められています。

このような要求に対応するために、現在ではより多くのスレッドで、並列処理を行うことが必要になっています。言い換えれば、今、プロセッサの性能追及のベクトルはクロック・スピードの向上から、プロセッサ・リソースの活用によるマルチスレッドの技術革新と効率向上に向かっています。マルチスレッド性能の向上のためのマイクロプロセッサの実装技術として最も効果的なのがマルチコア化であり、マルチプロセッサ上でのスレッドレベル並列性 (TLP: Thread-Level Parallelism) の向上が消費電力とダイサイズ当たりの性能向上を図る上で求められています。

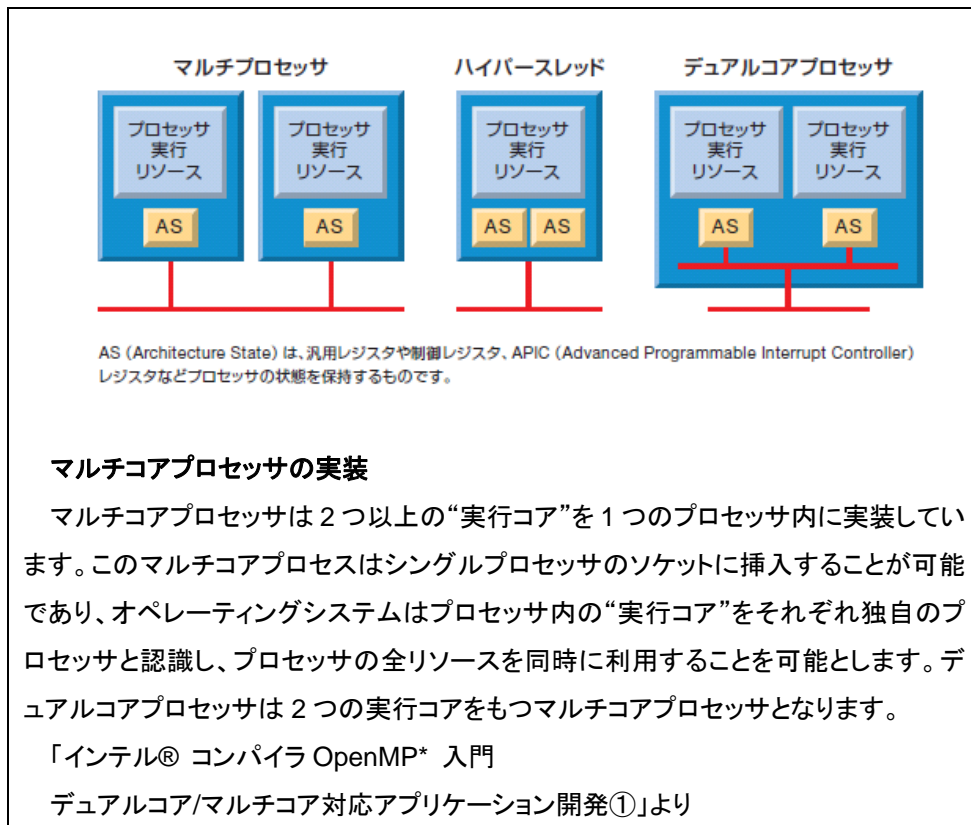
マルチコア上でのアプリケーションの性能向上を図る並列処理で求められるマルチスレッドプログラミングが最も一般的に活用されているのがハイパフォーマンスコンピューティング(HPC)分野です。HPC 用途で利用されるコンピュータシステムはエンジニアリング設計やサイエンスにおけるシミュレーション、気象予測や地球環境シミュレーションなどの用途で利用され、問題をいかに短時間で解くことを常に求められています。HPCとホームコンピューティングは全く違う世界であると一般には考えられています。例えば、数百から数千のプロセッサをクラスタシステムとして構成した HPC システムをホームコンピューティングで利用するようなことは考えられません。しかし、HPC システムでは常に並列処理ということ考えたシステムの開発構築がなされています。

問題を短時間で解くためには並列処理が必要であり、多くの技術が開発され、利用されています。これらの技術を活用することで、マルチプロセッサ上でのマルチスレッド化を促進することが可能になります。エンタープライズ、デジタルオフィス、そしてデジタルホームで必要とされる処理性能の向上も、HPC が求める計算能力の向上も本質的なところは同じであり、HPC の技術をより有効にメインストリームのマーケットに活用することが求められます。並列処理技術をメインストリームコンピューティングで用意に利用することで、マルチコアプロセッサの利点をさらに発揮できるようにすることが可能となります。

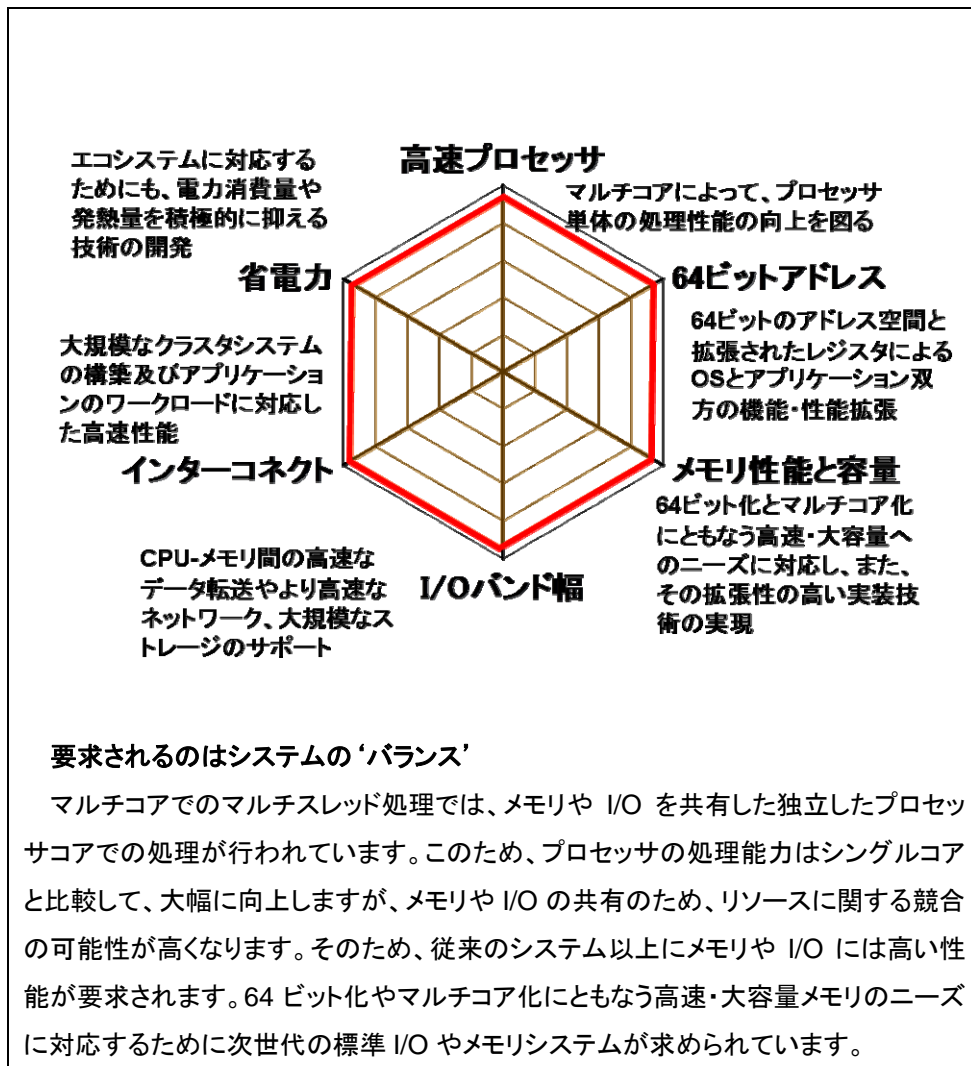
マルチコア・プロセッサ

マルチコアプロセッサの構成自身は非常にシンプルです。例えば、デュアルコアプロセッサはシステム内に2つのマイクロプロセッサがSMP(対象マルチプロセッサ)として実装された場合と同じように利用できます。将来的により多くのコアがマイクロプロセッサ上に実装されることとなりますが、基本的にはそれらは複数のプロセッサがメモリを共有して提供されるSMPシステムとして実装されます。

このようなマルチコアプロセッサでは、プロセッサ内でクロック当たりに処理できる命令は従来のシングルコアのプロセッサよりも大幅に増えます。デュアルコア プロセッサは、同時に2つのスレッドの処理を可能とします。コア数が増えれば、それだけ、多くのスレッドの同時実行が可能になります。マルチコア化によるマイクロプロセッサ自身の性能向上のペースは従来のクロックスピードで実現されていた性能向上を大きく上回る可能性があります。



しかし、マルチコア・プロセッサでは、複数のスレッドを同時に実行できなければ処理性能の向上を図ることが出来ません。このためには、システム全体とアプリケーションがマルチスレッドを意識し、その最適化を図る必要があります。このようなシステム最適化は、マルチコア化とそのマルチコア化に伴うプラットフォームの技術革新による性能向上、機能拡張、柔軟性、運用管理の強化とそれらのプラットフォーム基盤の潜在能力を引き出すソリューション構築のサポートが不可欠となります。



マルチスレッド処理

デスクトップやラップトップコンピュータから大規模なデータセンターのシステムまでほとんどのコンピュータは同時に複数のタスクを処理しています。オペレーティングシステムも、これらの複数タスクの効率的な処理を行うために、マルチコア、マルチスレッドへの対応が求められています。

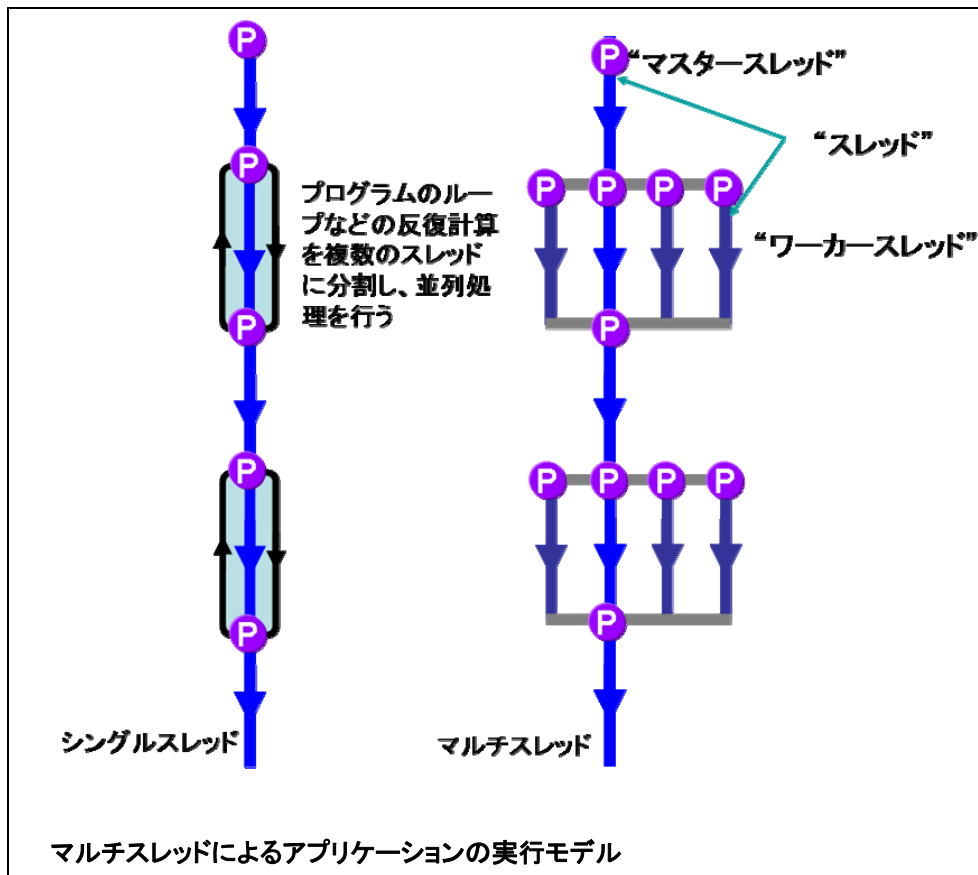
多くのオペレーティングシステムでは、複数のタスクをマルチプロセス(マルチタスキング)として処理しています。しかし、現在のオペレーティングシステムが行うマルチタスキングは、シングルコアのプロセッサ上では実際には1つのスレッド(スレッドとは、オペレーティングシステムが処理を行う基本単位)だけを実行するために、他のスレッドの実行を停止させています。従って、複数のタスクを同時に実行しているとしても、プロセッサ上では1つのスレッドだけが実行されています。マルチタスクは各アプリケーションの実行時間を短縮するものではなく、実際には複数のタスクをオペレーティングシステムがその実行を切り替えながら実行するためにオーバーヘッドが生じる可能

性もあります。マルチコアプロセッサでは同時に複数のタスクを実行コアで処理し、リソースを各スレッドが占有することが可能です。そのため、複数のプロセスを同時に実行出来るマルチコアプロセッサは、オペレーティングシステムの処理能力の大幅な向上を可能とします。しかし、マルチコアの利点をアプリケーションが引き出すためには、マルチスレッド対応(スレッドをマルチコア上で並列実行)が必要になります。

利点	機能
アプリケーションの性能向上	既にマルチスレッドに対応した多くのアプリケーションの実行性能の向上を図ることができます。
エコシステム	電力消費と発熱量を増やすことなくシステム性能の向上を図ることが可能となります。
ターンラウンド	マルチタスクによって、アプリケーション実行の効率化を図り、各アプリケーションのターンラウンドの改善を図ることが出来ます。
インターフェイスの多様化	デスクトップ、ラップトップなどでもより高い機能の実装を可能とし、インターフェイスの多様化への対応を可能とします
将来への投資	従来 of 計算機システムの限界を打破し、コンピュータの革新をもたらします。

マルチコア上でのマルチスレッド処理の利点

マルチコアプロセッサはコンピューティングにおける大きな革新をもたらします。マルチコアプロセッサによって、“並列処理”が今後、より重大になってきます。コンピューティングにおいて“並列処理”は特別なものではありません。複数のタスクの同時処理においては、マルチコアプロセッサは大きな利点があります。このようなマルチタスク処理においては、従来のシングルコアで実行していたアプリケーションをマルチコアプロセッサ上でのそのまま実行することは可能です。しかし、マルチコアプロセッサ上でのアプリケーション個々の実行性能の向上を図るためには、アプリケーションのマルチスレッド化が必要です。



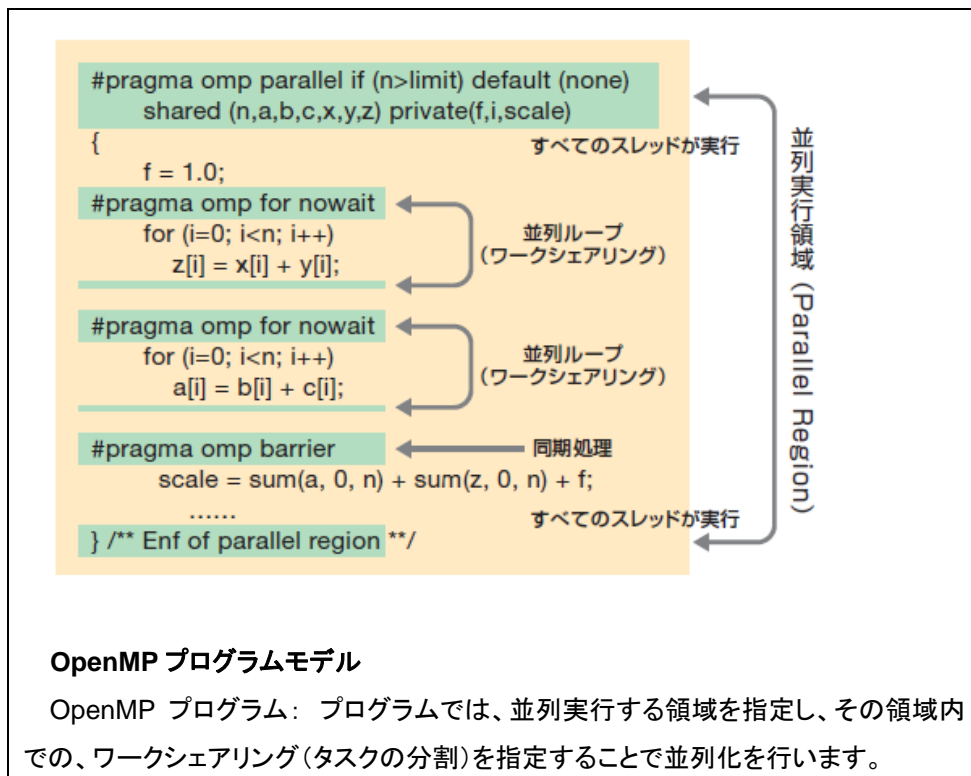
マルチスレッド化にはアプリケーションプログラムの再コンパイル化や並列化のためのコードの書き換えが必要になります。マルチスレッド化されたアプリケーションでは複数のスレッドをマルチコア上で並列処理することで、より短時間で処理を行うことが可能となります。

マルチスレッド開発環境

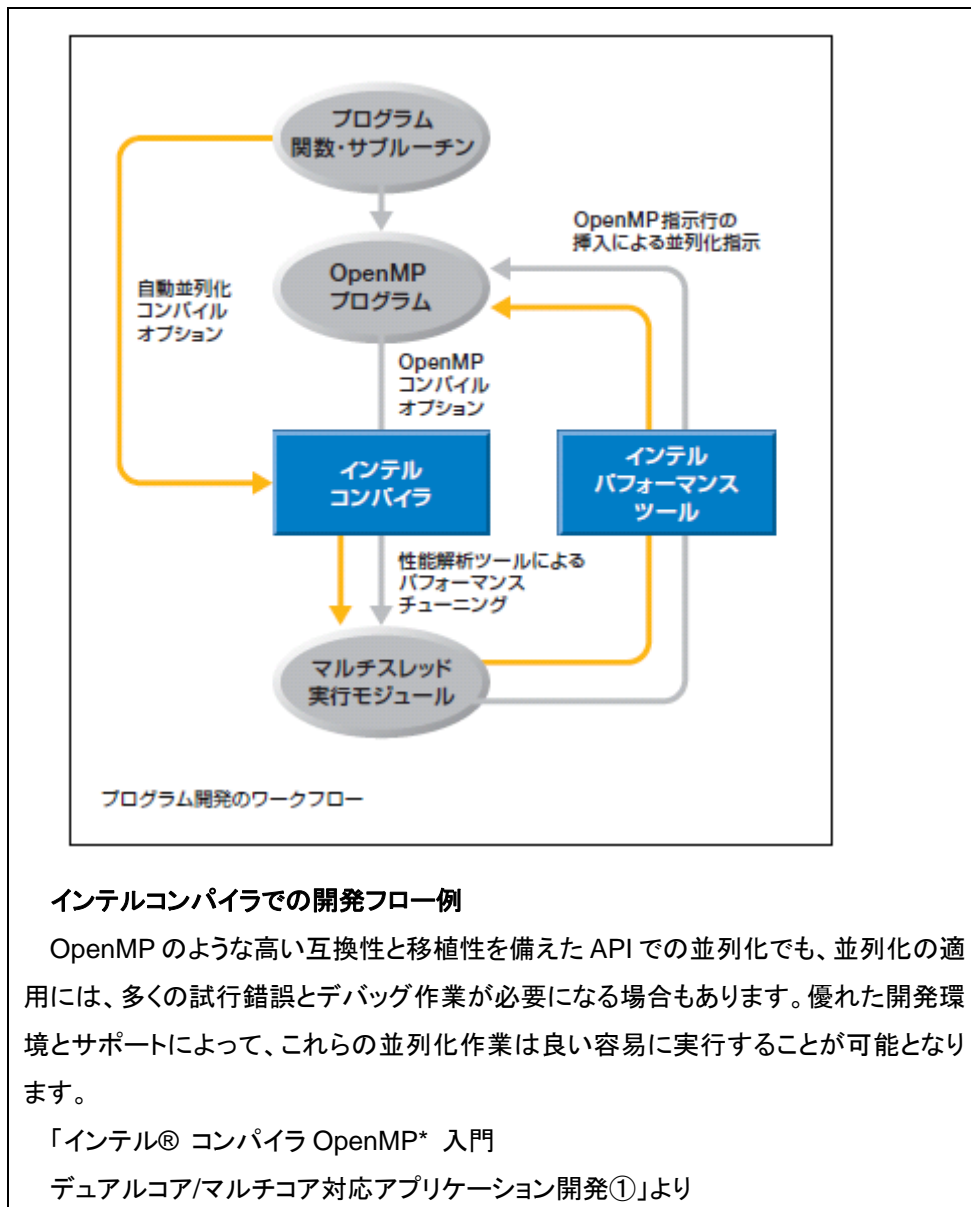
マルチスレッドを利用して並列処理を行うには、マルチスレッド・プログラミングが必要になります。マルチスレッドによる並列処理には、プログラムの再コンパイルや並列化のためのプログラムの変更が必要になります。このマルチスレッド・プログラミングについては、既に、高度にマルチスレッド化されたライブラリを利用したり、プログラムのマルチスレッド化を自動で行うコンパイラ・ツールを利用することで、容易に並列化を行うことも可能です。また、Win32 や Unix/Linux Pthreads といったマルチスレッドでのプログラミングのための API を利用することも可能です。さらに、マルチスレッド・プログラミングのための強力な API である、OpenMP¹もインテルコンパイラやマイクロソフトの Visual C++ で利用可能です。

¹ OpenMP の詳細については、OpenMP のホームページ www.openmp.org に詳細な情報があります。

OpenMP は、業界標準規格であり、多くの Unix、Linux 及び Windows で利用可能です。Fortran、C/C++ の言語規格に準拠しているため、OpenMP を利用することで、プログラムの移植性や互換性を一切、失うことなく並列処理が可能となります。OpenMP を利用したマルチスレッド・プログラミングでは、プログラムに対して、OpenMP API で規定された指示行を挿入し、並列実行のためのプログラム構造を指定します。OpenMP 指示行を指定してプログラムは、コンパイル時に並列化を指示するオプションを指定してコンパイルすることで、コンパイラは並列化コードを作成します。



並列化されたプログラムは、複数スレッドが指定されたタスクを同時に実行し、より短時間でプログラムの実行を終了することが可能となります。



インテルコンパイラでの開発フロー例

OpenMP のような高い互換性と移植性を備えた API での並列化でも、並列化の適用には、多くの試行錯誤とデバッグ作業が必要になる場合もあります。優れた開発環境とサポートによって、これらの並列化作業は良い容易に実行することが可能となります。

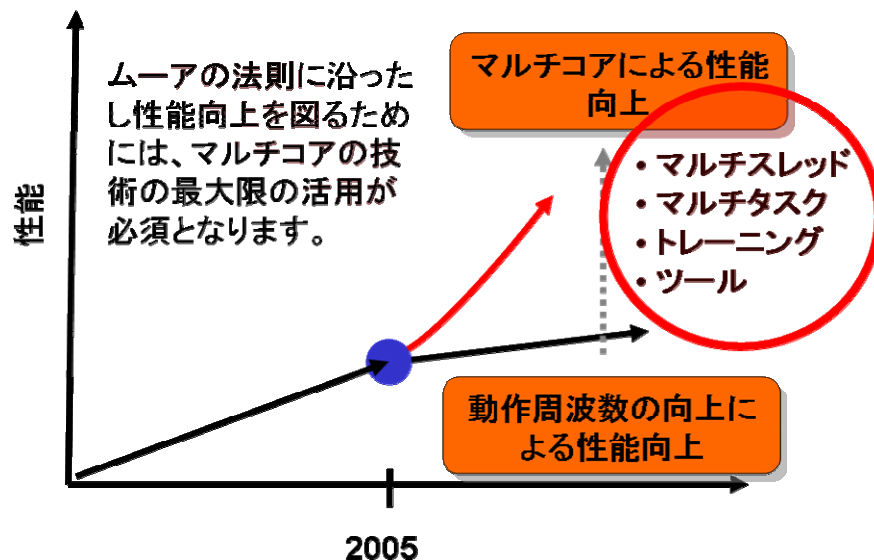
「インテル® コンパイラ OpenMP* 入門

デュアルコア/マルチコア対応アプリケーション開発①」より

おわりに

商用プロセッサの64ビット化とマルチコア化は、Pentium プロセッサが市場に登場して以来の大きな変化を市場にもたらします。多くの IT アナリストが、このマルチコアは大きなインパクトを市場にもたらすと言っています。ただ、同時に、このマルチコア化の利点とその能力を十分に引き出すには、多くの点でのその移行のための支援が必要であることは明らかです。

デュアルコアやマルチコアが一般化するに際して、その能力を最大限に発揮するための一つの技術として、今後、マルチスレッド・プログラミングは重要になることでしょう。コンパイラ技術と開発ツールを最大限に活用し、並列処理の活用によって、アプリケーションの性能は従来以上に高速化を図ることが可能となります。



マイクロプロセッサの設計・製造を行う主要メーカーはクロックアップの設計方針を大きく転換し、プロセッサ上での並列処理を強化するマルチコアプロセッサの開発へとシフトしています。

マルチコア技術に対する対応は、各社とも積極的に行っています。例えば、インテルは、“インテル®ソフトウェアネットワーク”を設立し、ソフトウェア開発者に包括的な支援を提供しています。マルチコアの有効活用では、コンパイラや開発ツールを活用して、マルチスレッドアプリケーション開発を効率化する必要があります。これらを活用して、最新のプロセッサやプラットフォームに対応したソフトウェアを開発することで、今後のマルチコアプラットフォームの能力をユーザが手にすることが出来ます。そして、その性能は間違いなく従来のクロックスピードの向上によって得られる性能向上を大きく上回るものになります。

このようなマルチスレッドの並列処理をより効果的に実行出来る“マルチコア技術”によって、マルチコア化されたプロセッサがより広範囲に採用され、今後の IT インフラ

の“コア”にもなることが予想されます。各プロセッサには、2 つ以上のプロセッサの実行コアが実装されます。これらのマルチコア・プロセッサでのワークロードに対するスケーラブルな処理を可能とすることが課題であり、これらの課題を克服することで、計算法機はよりコンパクトに、そして、より省電力での稼動が可能となります。TCO の削減というIT インフラに対して、最も求められる要求の一つを実現し、同時により高い性能要求に対する対応も可能とします。