

# インテル® Parallel Studio 入門ガイド

インテル® Parallel Studio は、マルチコアシステム上における並列アプリケーション開発工程の各段階 (分析と設計、コーディングとデバッグ、検証とチューニング) で役立つ包括的なツールセットを提供します。

インテル® Parallel Studio のすべての機能が Microsoft\* Visual Studio\* 開発環境に統合されます。



インテル® Parallel Advisor Lite 並列化に最適な関数候補の特定に役立ち、データの保護や共有に関するアドバイスを提供します。



インテル® Parallel Composer インテル® C++ コンパイラ、インテル® スレディング・ビルディング・ブロック (インテル® TBB)、インテル® インテグレートッド・パフォーマンス・プリミティブ (インテル® IPP)、インテル® Parallel Debugger Extension が含まれています。



インテル® Parallel Inspector 検出の困難なスレッド化エラーやメモリーエラーを検出するマルチスレッド・ツールです。



インテル® Parallel Amplifier 並列アプリケーション用のパフォーマンス解析とチューニング・ツールです。

本ガイドでは、サンプル・アプリケーションを使用して各コンポーネントの使用方法を簡単に説明します。

## 目次

1	サンプル・アプリケーションについて .....	2
2	インテル® Parallel Studio を使用した並列プログラムの作成 .....	3
	ステップ 1. 並列化を開始する場所の特定 .....	3
	ステップ 2. スレッドの導入、コンパイルとデバッグ .....	4
	ステップ 3. スレッド化エラーとメモリーエラーの特定 .....	5
	ステップ 4. チューニング .....	6
3	スレッド化手法の選択 .....	7
4	ユーザー・リファレンス・ドキュメント .....	8
	著作権と商標について .....	10

# 1 サンプル・アプリケーションについて

---

本ガイドでは、NQueens-ParallelStudio サンプル・アプリケーション (C:\Program Files\Intel\Parallel Studio\Samples) を使用します。NQueens ソリューションには、シリアル・プロジェクト、不具合のある並列化プロジェクト、正しく並列化されているプロジェクトが含まれています。

NQueens-ParallelStudio.zip をローカル・ディレクトリーに解凍し、NQueens-ParallelStudio.sln ソリューション・ファイルを Microsoft Visual Studio で開いてください。

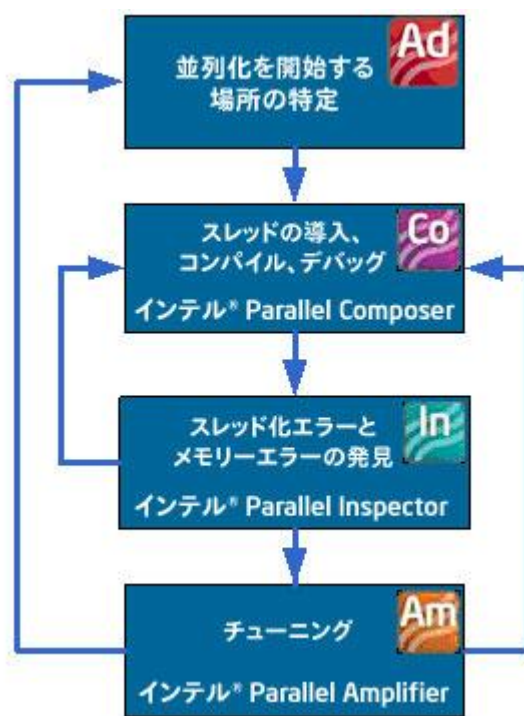
---

**注:** インテル® Parallel Studio のビデオデモが、<http://software.intel.com/en-us/articles/intel-parallel-studio> (英語) で参照できます。このビデオデモでは、NQueens サンプル・アプリケーションを使用し、本ドキュメントで説明されているワークフローの各手順が示されています。インテル® Parallel Studio をインストールすると、インストール・ディレクトリーの Documentation\en\_US サブディレクトリーにビデオデモが保存されます。

---

## 2 インテル® Parallel Studio を使用した並列プログラムの作成

各種アプリケーションの並列化でこれまでインテルが培ってきた知識から、並列プログラムの作成には、1) 並列化を開始する場所の特定、2) アプリケーションへの列化の導入、3) 並列プログラムのデバッグ、4) スレッドと CPU コアの最適な利用を導くチューニングの 4 つの基本的なステップがあると考えられます。インテル® Parallel Studio のツールとテクノロジーは、上記の 4 ステップに要する時間と処理の複雑さを緩和するよう設計されています。



### ステップ 1. 並列化を開始する場所の特定

アプリケーションの並列化における最初のステップは、並列化により利点を得られる可能性のあるループやセクション候補を特定することです。このような候補は、アプリケーション中で明らかに時間を消費するアルゴリズムであることが一般的です。最も時間を消費する関数、すなわち hotspot の特定は、必要な作業のほんの一部でしかありません。private や shared を指定する必要のあるデータ・オブジェクトも特定する必要があります。

既にそのような候補が特定できている場合や並列化に着手している場合は、ワークフローのステップ 2 に進んでください。

インテル® Parallel Advisor Lite は、並列化が推奨される hotspot やオブジェクトの特定に役立つ、現在テスト段階のプロトタイプ・ユーティリティです。インテル® Parallel Studio のインストール後、<http://whatif.intel.com> (英語) からインテル® Parallel Advisor Lite をダウンロードして利用できます。インテル® Parallel Advisor Lite を使用して並列化の機会を見出す方法については、一緒にインストールされたドキュメントを参照してください。

**最初に、アプリケーションをシリアル実行します。**

1. NQueens-ParallelStudio.zip を任意のディレクトリーに解凍します。デフォルトのパスにインストールした場合は、C:\Program Files\Intel\Parallel Studio\Samples に保存されています。
2. NQueens-ParallelStudio.sln を Microsoft Visual Studio で開いてビルドします。
3. 「Step1-Serial-Hotspot」プロジェクトを選択し、**[プロジェクト]>[スタートアッププロジェクトに設定]** をクリックして、スタートアップ・プロジェクトとして設定します。
4. **[デバッグ]>[デバッグなしで開始]** をクリックして、シリアル・アプリケーションを実行し、そのパフォーマンスを確認します。コンソールウィンドウに NQueens の情報が表示され、数秒後に解の数と処理に要した時間がミリ秒で表示されます。

**結果:** ソースコードを確認すると、setQueen() 関数が hotspot であるものの、その親関数の solve() に NQueen の解探索を行う単純ループが含まれているため、この親関数の並列化が必要なのことがわかります。

## ステップ 2. スレッドの導入、コンパイルとデバッグ

インテル® Parallel Composer を使用して、スレッド化手法をアプリケーションに導入します。また、アプリケーションのコンパイルとデバッグも行います。インテル® C++ コンパイラー、包括的なスレッド化ライブラリー、そして並列デバッガー拡張機能により、Microsoft Visual Studio 開発環境ですばやく C/C++ スレッド・アプリケーションを作成して、デバッグを行うことができます。

インテル® Parallel Composer では、OpenMP\* テクノロジー、インテル® TBB、新しい C++ 並列拡張、並列マルチメディア・ライブラリーのインテル® IPP など、複数のスレッド実装手法が提供されています。アプリケーションに最適な手法を選択する方法については、「[スレッド化手法の選択](#)」を参照してください。

では早速、使ってみましょう。

1. NQueens-ParallelStudio.sln ソリューションで、「Step2-3-Parallel-Check」をスタートアップ・プロジェクトとして設定します。

2. プロジェクトのビルドに**インテル® C++ コンパイラー**を選択します ([プロジェクト] > [Intel Parallel Composer (インテル(R) Parallel Composer)] > [Use Intel C++ (インテル(R) C++ を使用)]) をクリックします。
3. nq-parallelstart.cpp ファイルで、メインドライバー関数、solve() の OpenMP 実装を確認します。
4. **Debug** 構成でプロジェクトをビルドします。
5. [デバッグ] > [デバッグなしで開始] でアプリケーションを実行し、正しく実行されるかどうかを確認します。

**結果:** 結果が正しくない旨のエラーメッセージが表示されます。メッセージが表示されない場合は、**盤サイズを増やしてみてください**(デフォルトは 12)。[プロジェクト] > [プロパティ] > [デバッグ] をクリックして、[コマンド引数] フィールドで指定できます。

スレッド化エラーが多数あるため、このアプリケーションはある入力データによる実行では正しく動作しますが、未だ不具合があります。この不具合を特定する必要があります。

スレッド化手法、ライブラリー、並列デバッグの詳細な説明については、「[インテル® Parallel Composer 入門ガイド](#)」を参照してください。

## ステップ 3. スレッド化エラーとメモリーエラーの特定

インテル® Parallel Inspector を使用して、一般的なスレッド化エラーとメモリーエラーを発見し、排除します。インテル® Parallel Inspector は、Microsoft Visual Studio C/C++ 開発者向けのマルチスレッド・エラー検証ツールです。発見の困難なスレッド化エラーやメモリーエラーを検知し、アプリケーションの信頼性を高めます。

では早速、使ってみましょう。

1. NQueens-ParallelStudio.sln ソリューションで、「Step2-3-Parallel-Check」プロジェクトを使用します。
2. Visual Studio のメインメニューから、[ツール] > [Intel Parallel Inspector (インテル(R) Parallel Inspector)] > [Inspect Threading Errors (スレッド化エラーの調査)] をクリックします。ポップアップ・ウィンドウが表示されます。
3. ポップアップ・ウィンドウにダイアログが含まれ、その右側にセクターが表示されます。2 番目の選択肢、[Does my target have deadlocks or data races? (ターゲットにデッドロックまたはデータの競合がありますか?)] にセクターを合わせ、[Run Analysis (分析の実行)] をクリックします。インテル® Parallel Inspector でアプリケーションの実行が分析されるため、実行速度が通常よりも遅くなります。この間、NQueens コンソールウィンドウが表示されます。
4. 分析が終了すると、2 つのオプションが含まれるウィンドウが表示されます。[Interpret Results (結果の解釈)] を選択します。

5. 特定された**データの競合**問題をダブルクリックして、そのソースと詳細を確認します。

**結果:** `setQueens()` 関数にある `nrOfSolutions++`; 文がクリティカル・セクションにあります。これが不具合です。

**注:** インテル® Parallel Inspector のメモリーチェック機能で、正当性やパフォーマンスに影響を及ぼすメモリーリークがほかにあるかどうかを確認してみてください。前述の手順 2 の **[ツール] > [Intel Parallel Inspector (インテル(R) Parallel Inspector)]** で、**[Inspect Memory Errors (メモリーエラーの調査)]** をクリックします。

インテル® Parallel Inspector が提供する分析機能についての詳細は、[「インテル® Parallel Inspector 入門ガイド」](#) を参照してください。

## ステップ 4. チューニング

インテル® Parallel Amplifier を使用して、予想外のシリアル領域とその他のパフォーマンス・ボトルネックを特定し、マルチコア・パフォーマンスのスケラビリティを得られるようスレッド化アプリケーションをチューニングします。インテル® Parallel Amplifier は、プログラム中で時間を最も消費する場所、並列性の低い場所、待機している場所を特定するのに役立ちます。

では早速、使ってみましょう。

1. `NQueens-ParallelStudio.sln` ソリューションで、**「Step4-Parallel-Tune」** プロジェクトをスタートアップ・プロジェクトとして設定し、Release 構成でビルドします。`nqueens-parallelfinal.cpp` ファイルには、`setQueens()` 関数に修正が加えられたコードが含まれています。
2. Visual Studio メニューから、**[ツール] > [Intel Parallel Amplifier (インテル(R) Parallel Amplifier)] > [Concurrency - Where is my concurrency poor? (並列性 - 並列性の低い場所は?)]** をクリックします。NQueens コンソールウィンドウが再び表示されます。

インテル® Parallel Inspector で「データの収集」が開始します。データ収集が完了すると、Visual Studio に「Analysis successfully completed (分析が正常に完了しました)」というメッセージが表示され、プログレスバーには、「Finalizing results (結果を処理中)」と表示されます。

3. Visual Studio ウィンドウの右下に表示されているチャートで、並列性の結果を確認できます。折れ線グラフの小さなボックスにカーソルを移動すると、ヒントが表示されます。

**結果:** この「Step4-Parallel-Tune」プロジェクトは、NQueens 問題に対して正しくスレッド化されたソリューションで、スレッド/マルチコアが最適に活用されています。このアプリケーション自体を実行 (**[デバッグ] > [デバッグなしで開始]**) して結果を確認すると、「Step1-Serial-Hotspot」の結果よりも大幅に時間が短縮されていることがわかります。

すべての利用可能なコアが効率良く活用されていない場合は、**[ツール] > [Intel Parallel Amplifier (インテル(R) Parallel Amplifier)] > [Locks and Waits - Where is my program**

waiting? (ロックと待機 - プログラムの待機場所は?) をクリックして、同期オブジェクト、I/O、その他コアが十分に活用されていない場所を確認します。この分析には、ステップ 2 で要した時間よりも長くなる場合があります。

グラフとデータの解釈については、「[インテル® Parallel Amplifier 入門ガイド](#)」を参照してください。

## 3 スレッド化手法の選択

---

インテル® Parallel Studio では、アプリケーションの並列化を行うための複数のスレッド化手法が提供されています。並列化対象のコードに対して適切な手法を選択するには、次のリストでそれぞれの長所と短所を理解し、また互いの互換性についても考慮してください。詳細は、<http://software.intel.com/en-us/articles/intel-parallel-composer-parallelization-guide/> (英語) を参照してください。

OpenMP テクノロジー	OpenMP.org により定義されている仕様で、C/C++ および Fortran での共有メモリの並列プログラミングを、アプリケーション・プログラミング・インターフェイス (API) とコンパイラ宣言子を使用して行います。詳細は、参考文献の [2] を参照してください。
インテル® C++ 言語拡張	インテル® C++ コンパイラの言語拡張機能により、簡単に OpenMP を使用することができます。
インテル® スレディング・ビルディング・ブロック (インテル® TBB)	C++ コード用の並列プログラミング・モデルを提供するテンプレート・ベースのランタイム・ライブラリーです。このライブラリーは、スレッドを抽象化するタスクを使用します。インテル® TBB は、スケーラブルなマルチコア・パフォーマンスのためのマルチスレッド作業を単純化します。詳細は、参考文献の [1] を参照してください。
スレッド化ライブラリーの使用	インテル® IPP ライブラリーは、アプリケーション・ドメイン固有の包括的な関数セットを提供します。マルチコアシステム向けにチューニングされスレッド化済みの関数を使用することで、スケーラブルな並列化をアプリケーションに追加します。

## 4 ユーザー・リファレンス・ドキュメント

---

インテル® Parallel Studio のドキュメントの表示方法は、次のとおりです。

- Windows\* の [スタート] メニューから表示する場合:
  - [Intel Parallel Studio (インテル(R) Parallel Studio)] > [Parallel Studio Documentation (インテル(R) Parallel Studio ドキュメント)] をクリックします。
- Microsoft Visual Studio のメインメニューから表示する場合:
  - [ヘルプ] > [Intel Parallel Studio (インテル(R) Parallel Studio)] > [Parallel Studio Help (インテル(R) Parallel Studio ヘルプ)] をクリックします。
- Visual Studio 内から表示する場合:
  - 任意のインテル® Parallel Studio ウィンドウまたはツールバーから F1 を押して、状況依存ヘルプを表示します。

**注:** ヘルプの初回起動時には、Visual Studio がインデックス処理を行い、ヘルプを表示するまでに数分かかることがあります。

- Web サイトのナレッジベースから表示する場合:
  - <http://software.intel.com/en-us/articles/intel-parallel-studio/> (英語)

**インテル® Parallel Studio コンポーネントの入門ガイド:**

- インテル® Parallel Amplifier 入門ガイド
- インテル® Parallel Composer 入門ガイド
- インテル® Parallel Inspector 入門ガイド
- インテル® Parallel Advisor Lite 入門ガイド

入門ガイドは、下記の方法で表示できます。

- Web サイトのナレッジベースから表示する場合:
  - <http://software.intel.com/en-us/articles/intel-parallel-studio/> (英語)
- Windows の [スタート] メニューから表示する場合:
  - [Intel Parallel Studio (インテル(R) Parallel Studio)] > [Getting Started (入門ガイド)] をクリックします。

## 参考文献

スレッドの理解に役立つ下記の文献を是非ご覧ください。各文献では、特定のプログラミング技術を説明し、並列プログラミングについての一般的な概念を紹介しています。

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| インテル® スレッド<br>イング・ビルディン<br>グ・ブロック | [1] Reinders, James 著。『 <i>Intel Threading Building Blocks: Outfitting C++ for Multi-core Processor Parallelism</i> 』<br>O'Reilly、2007 年 7 月 ( <a href="http://oreilly.com/catalog/9780596514808/">http://oreilly.com/catalog/9780596514808/</a> )   |
| OpenMP テクノロ<br>ジー                 | [2] Chapman, Barbara, Gabriele Jost, Ruud van der Pas, and David J. Kuck (序文) 著。『 <i>Using OpenMP: Portable Shared Memory Parallel Programming</i> 』<br>MIT Press、2007 年 10 月<br>( <a href="http://mitpress.mit.edu/catalog/item/default.asp?ttype=2&amp;tid=11387">http://mitpress.mit.edu/catalog/item/default.asp?ttype=2&amp;tid=11387</a> ) |

## 著作権と商標について

本資料に掲載されている情報は、インテル製品の概要説明を目的としたものです。本資料は、明示されているか否かにかかわらず、また禁反言によるとよらずにかかわらず、いかなる知的財産権のライセンスも許諾するものではありません。製品に付属の売買契約書『Intel's Terms and Conditions of Sale』に規定されている場合を除き、インテルはいかなる責任を負うものではなく、またインテル製品の販売や使用に関する明示または黙示の保証(特定目的への適合性、商適格性、あらゆる特許権、著作権、その他知的財産権の非侵害性への保証を含む)に関してもいかなる責任も負いません。インテルによる書面での合意がない限り、インテル製品は、その欠陥や故障によって人身事故が発生するようなアプリケーションでの使用を想定した設計は行われていません。

インテル製品は、予告なく仕様や説明が変更される場合があります。機能または命令の一覧で「留保」または「未定義」と記されているものがありますが、その「機能が存在しない」あるいは「性質が留保付である」という状態を設計の前提しないでください。これらの項目は、インテルが将来のために留保しているものです。インテルが将来これらの項目を定義したことにより、衝突が生じたり互換性が失われたりしても、インテルは一切責任を負いません。この情報は予告なく変更されることがあります。この情報だけに基づいて設計を最終的なものとししないでください。

本書で説明されている製品には、エラッタと呼ばれる設計上の不具合が含まれている可能性があり、公表されている仕様とは異なる動作をする場合があります。現在確認済みのエラッタについては、インテルまでお問い合わせください。

最新の仕様をご希望の場合や製品をご注文の場合は、お近くのインテルの営業所または販売代理店にお問い合わせください。本書で紹介されている注文番号付きのドキュメントや、インテルのその他の資料を入手するには、1-800-548-4725 (アメリカ合衆国)までご連絡いただくか、インテルの Web サイトを参照してください。

インテル® プロセッサ・ナンバーはパフォーマンスの指標ではありません。プロセッサ・ナンバーは同一プロセッサ・ファミリー内の製品の機能を区別します。異なるプロセッサ・ファミリー間の機能の区別には用いません。詳細については、[http://www.intel.co.jp/jp/products/processor\\_number/](http://www.intel.co.jp/jp/products/processor_number/) を参照してください。

Intel、インテル、Intel ロゴは、アメリカ合衆国およびその他の国における Intel Corporation の商標です。

\* その他の社名、製品名などは、一般に各社の表示、商標または登録商標です。

© 2009 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。

Microsoft 製品のスクリーンショットは、Microsoft Corporation の許可を得て使用しています。