

インテル® Advisor のルーフライン

[Alexandra S. \(Intel\)](#) 2017 年 3 月 2 日公開、2017 年 12 月 11 日更新

この記事は、2017 年 12 月 18 日時点の、インテル® デベロッパー・ゾーンに公開されている「[Intel® Advisor Roofline](#)」の日本語訳です。

ルーフライン・モデルとは?

ルーフライン・グラフは、メモリー帯域幅や計算のピークを含む、ハードウェアの制限に関連するアプリケーション・パフォーマンスのビジュアルな表現です。このモデルは、2008 年のカリフォルニア大学バークレー校の研究者による論文「[Roofline: An Insightful Visual Performance Model for Multicore Architectures \(ルーフライン: マルチコア・アーキテクチャー向けの洞察力に富んだビジュアルなパフォーマンス・モデル\)](#)」(英語) で最初に提唱されました。2013 年には、リスボン工科大学の研究者による論文「[Cache-Aware Roofline Model: Upgrading the Loft \(キャッシュを考慮したルーフライン・モデル: ロフトの改良\)](#)」(英語) で改良されました。従来は、ルーフライン・グラフは手動で計算および作成されていましたが、インテル® Advisor の最新バージョンではルーフライン・グラフを自動的に作成できるようになりました。

ルーフラインは、次のような項目に対する洞察を提供します。

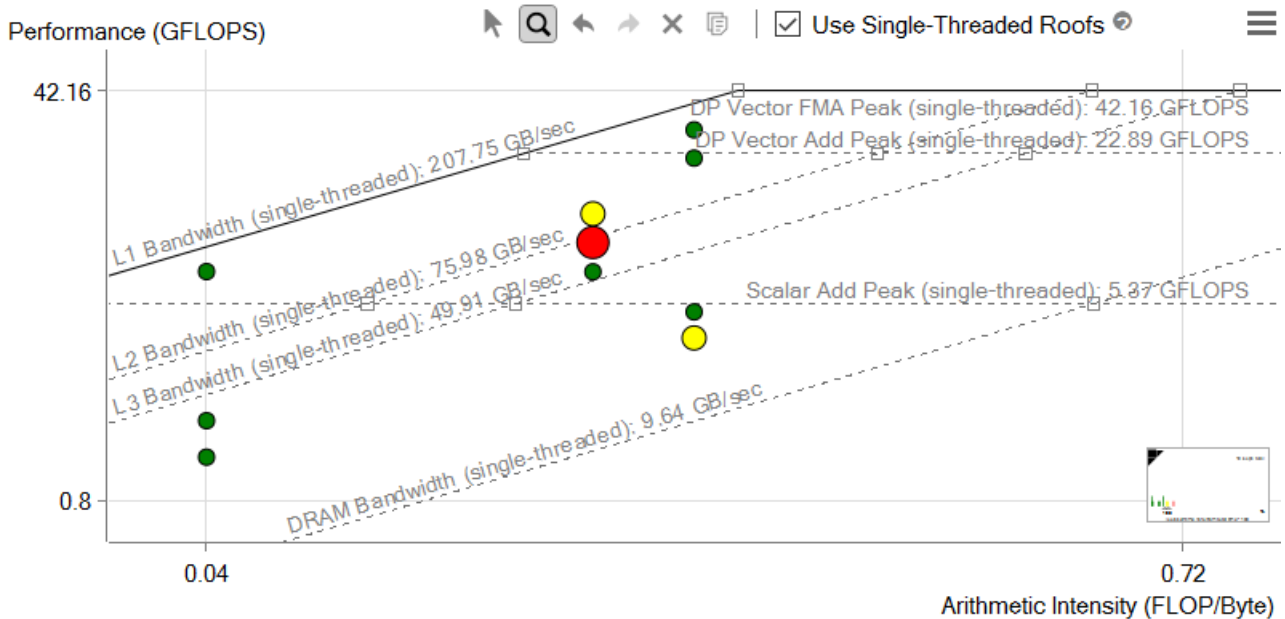
- パフォーマンス・ボトルネックの場所
- パフォーマンス向上の余地
- 対応可能なボトルネックと対応する価値のあるボトルネック
- ボトルネックが発生している理由
- 次のステップ

ルーフライン・グラフは、コードの必要な変更点を直接正確に伝える変換テーブルではありませんが、非常に便利な診断ツールです。医者が患者の症状から検査する項目を判断して病気を診断 (および処方) するのと同じように、開発者はルーフラインから次に調査 (および最適化) する項目を判断し、インテル® Advisor で提供されるほかのツールを使用して、最小の時間と労力でコードのパフォーマンスを最大限に引き出すことができます。

ルーフライン・グラフの読み方

ルーフラインを読む

ルーフラインは、X 軸を演算密度 (FLOP/バイト)、Y 軸をパフォーマンス (GFLOPS) として作成されます。どちらの軸も対数目盛です。プログラムのデータを収集する前に、インテル® Advisor はいくつかのベンチマークを自動的に実行してマシンのハードウェアの制限を測定し、グラフに線 (ルーフ) で表示します。



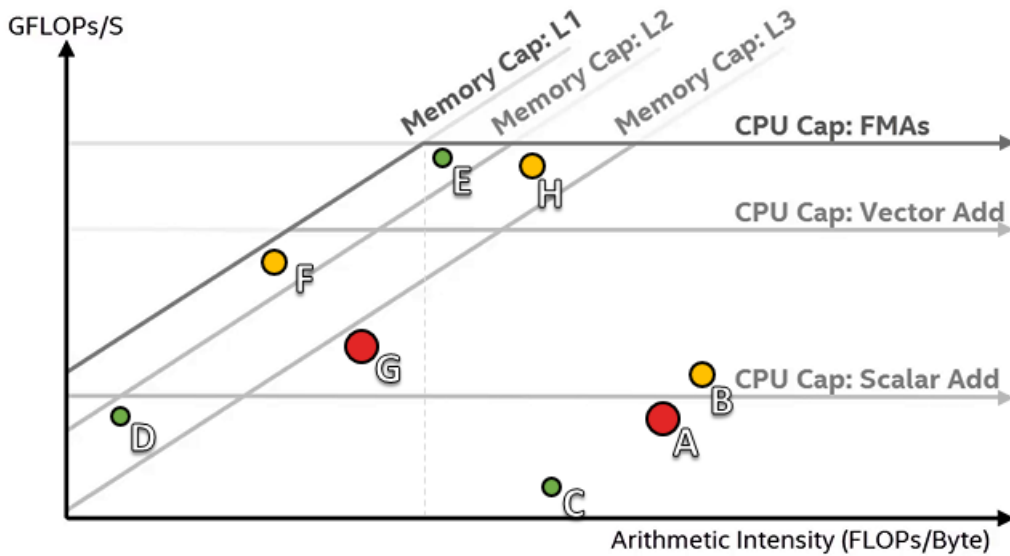
水平線は、ハードウェアが指定された時間内に実行できる、指定された種類の浮動小数点演算の数を表します。対角線は、指定されたメモリー・サブシステムが 1 秒ごとに処理できるデータのバイト数を表します。

点はそれぞれ、プログラムのルーフまたは関数で、位置はパフォーマンス (最適化により影響を受けます) および演算密度を示します。インテル® Advisor はキャッシュを考慮したルーフライン・モデルを使用していることに注目することは重要です。従来のルーフラインでは、バイトカウントが DRAM トラフィックのみに基づいていたため、カーネルの演算密度は問題サイズやキャッシュの使用状況の最適化により変化していました。キャッシュを考慮したルーフラインでは、演算密度はアルゴリズムに関連付けられた固定値であり、アルゴリズムがプログラマーやコンパイラーにより変更された場合にのみ変化します。

ヒント: インテル® Advisor のルーフライン・グラフは読みやすさを高めるために高度にカスタマイズできます。グラフの右上のアイコンからアクセスできるオプション・メニューを使用して、特定のルーフの表示を切り替えたり、ルーフ/関数の表示方法を変更できます。インテル® Advisor のフィルター機能を使用して表示するデータを変更することもできます。

データの解釈

一般に、最も上のループから離れている点のほうが、最適化により多くの向上が見込めます。アムダールの法則に従って、プログラムの合計実行時間の最も大きな部分を処理するループを最適化すると、実行時間の小さな部分を処理するループを最適化するよりもスピードアップは大きくなります。



インテル® Advisor のループライン・グラフの点のサイズと色は、ループまたは関数が費やしているプログラムの実行時間を示します。小さな緑の点は、あまり時間を費やしていないため、最適化する価値はありません。大きな赤の点は、多くの時間を費やしています。つまり、最も適した最適化の候補は、最も上のループとの間隔が離れている大きな赤の点です。

この例では、ループ A と G が最適化に最も適した候補であり (B も次の候補の 1 つ)、ループ E、C、D、H は最適化に適していない候補です。

点の上部のループは、ハイパフォーマンスの実現を妨げている制限事項を示します。ただし、点の下部にあるループも制限事項に影響を与えている可能性があります。各ループは、特定の最適化 (1 つ上のループ) を利用せずに達成可能な最大パフォーマンスを示します。例えば、Scalar Add Peak (スカラー加算のピーク) は、(1 つ上のループ Vector Add Peak で示される) ベクトル化を行わずに達成可能な最大パフォーマンスです。

一部のアルゴリズムは、特定のループを超えることができません。例えば、上記の例でループ A は、依存性が存在するためベクトル化できない場合、Scalar Add Peak を超えることはできません。

ヒント: メモリループを超えることができない場合、アルゴリズムを見直して、演算密度を高めます。そうすることで、右方向に移動し、メモリ帯域幅のループとの間にパフォーマンス向上の可能性があります。このアプローチは、上記の例のループ F の最適化に適しています。ループ G でキャッシュの利用を改善できない場合にも、このアプローチを使用できます。

これらは一般化および単純化されています。実際には、グラフ上のループの位置が、常にどの最適化を行うべきかを示しているわけではありません。ただし、次に何を調査すべきかを示す的確なガイドであると言えます。

Scalar Add Peak の近くにループがある場合 (例: ループ B) や下にループがある場合 (例: ループ A) は、ループがベクトル化されているかどうか確認します。ベクトル化されている場合は、ベクトル化の効率を確認し、ベクトル化されていない場合は、ベクトル化できるかどうか調査すべきです。同様に、メモリーループの下にループがある場合 (例: ループ G) は、メモリー・アクセス・パターンを調査すべきです。

ルーフラインの結果の解釈方法については、[ルーフライン・ウォークスルー・ビデオ](#) (英語) を参照してください。ハンズオン・エクスペリエンスの詳細は、[ルーフライン・チュートリアル](#) (英語) を参照してください。コールスタックを利用したルーフラインの使用に関する情報は、[コールスタックを利用したルーフラインの記事](#)を参照してください。

インテル® Advisor ルーフラインの入手方法

ルーフラインは、[インテル® Advisor](#) 2017 Update 2 で正式にサポートされた機能です。インテル® Advisor 2017 Update 1 では、プレビュー機能として利用可能でした。インテル® Advisor は、[インテル® Parallel Studio XE](#) スイート (Cluster Edition および Professional Edition) に含まれています。

ルーフライン解析を含むアップデートを利用可能なインテル® Advisor のライセンスをお持ちの場合は、[インテル® ソフトウェア開発製品レジストレーション・センター](#)からアップデートをダウンロードしてインストールしてください。

インテル® Advisor ルーフラインの詳細は、[入門ガイド](#) (英語) を参照してください。

コンパイラーの最適化に関する詳細は、[最適化に関する注意事項](#)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 / または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。

© 2018 Intel Corporation.