



インテル最新プロセッサ・アップデートと 対応開発ツールのご紹介

インテル株式会社

ソフトウェア技術統括部

シニア・スタッフ・エンジニア 池井 満

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。

Legal Notices and Disclaimers

Intel technologies' features and benefits depend on system configuration and may require enabled hardware, software or service activation. Learn more at intel.com, or from the OEM or retailer.

No computer system can be absolutely secure.

Tests document performance of components on a particular test, in specific systems. Differences in hardware, software, or configuration will affect actual performance. Consult other sources of information to evaluate performance as you consider your purchase. For more complete information about performance and benchmark results, visit <http://www.intel.com/benchmarks>.

Intel, the Intel logo, Xeon and Xeon logos are trademarks of Intel Corporation in the U.S. and/or other countries. *Other names and brands may be claimed as the property of others.

© 2016 Intel Corporation.

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



Legal Notices and Disclaimers

The cost reduction scenarios described are intended to enable you to get a better understanding of how the purchase of a given Intel based product, combined with a number of situation-specific variables, might affect future costs and savings. Circumstances will vary and there may be unaccounted-for costs related to the use and deployment of a given product. Nothing in this document should be interpreted as either a promise of or contract for a given level of costs or cost reduction.

Intel does not control or audit third-party benchmark data or the web sites referenced in this document. You should visit the referenced web site and confirm whether referenced data are accurate.

Optimization Notice: Intel's compilers may or may not optimize to the same degree for non-Intel microprocessors for optimizations that are not unique to Intel microprocessors. These optimizations include SSE2, SSE3, and SSSE3 instruction sets and other optimizations. Intel does not guarantee the availability, functionality, or effectiveness of any optimization on microprocessors not manufactured by Intel. Microprocessor-dependent optimizations in this product are intended for use with Intel microprocessors. Certain optimizations not specific to Intel microarchitecture are reserved for Intel microprocessors. Please refer to the applicable product User and Reference Guides for more information regarding the specific instruction sets covered by this notice. Notice Revision #20110804.

Intel® Advanced Vector Extensions refers to Intel® AVX, Intel® AVX2 or Intel® AVX-512. Intel® Advanced Vector Extensions (Intel® AVX)* provides higher throughput to certain processor operations. Due to varying processor power characteristics, utilizing AVX instructions may cause a) some parts to operate at less than the rated frequency and b) some parts with Intel® Turbo Boost Technology 2.0 to not achieve any or maximum turbo frequencies. Performance varies depending on hardware, software, and system configuration and you can learn more at <http://www.intel.com/go/turbo>.

Intel processors of the same SKU may vary in frequency or power as a result of natural variability in the production process.

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



3

Legal Notices and Disclaimers

Intel processor numbers are not a measure of performance. Processor numbers differentiate features within each processor family, not across different processor families: Go to: [Learn About Intel® Processor Numbers](http://www.intel.com/products/processor_number)
http://www.intel.com/products/processor_number

Performance tests, such as SYSmark and MobileMark, are measured using specific computer systems, components, software, operations and functions. Any change to any of those factors may cause the results to vary. You should consult other information and performance tests to assist you in fully evaluating your contemplated purchases, including the performance of that product when combined with other products. For more complete information visit <http://www.intel.com/performance>.

SPEC, SPECint, SPECfp, SPECrate, SPECpower, SPECjbb, SPECCompG, SPEC MPI, and SPECjEnterprise* are trademarks of the Standard Performance Evaluation Corporation. See <http://www.spec.org> for more information.

TPC Benchmark, TPC-C, TPC-H, and TPC-E are trademarks of the Transaction Processing Council. See <http://www.tpc.org> for more information.

Intel® AES-NI requires a computer system with an AES-NI enabled processor, as well as non-Intel software to execute the instructions in the correct sequence. AES-NI is available on select Intel® processors. For availability, consult your reseller or system manufacturer. For more information, see [Intel® Advanced Encryption Standard Instructions \(AES-NI\)](#)

Intel® Virtualization Technology requires a computer system with an enabled Intel® processor, BIOS, and virtual machine monitor (VMM). Functionality, performance or other benefits will vary depending on hardware and software configurations. Software applications may not be compatible with all operating systems. Consult your PC manufacturer. For more information, visit <http://www.intel.com/go/virtualization>

Available on select Intel® processors. Requires an Intel® HT Technology-enabled system. Consult your system manufacturer. Performance will vary depending on the specific hardware and software used. For more information including details on which processors support HT Technology, visit <http://www.intel.com/info/hyperthreading>.

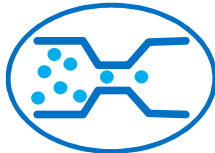
© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune は、アメリカ合衆国および / またはその他の国における Intel Corporation の商標です。* その他の社名、製品名などは、一般に各社の表示、商標または登録商標です。



4

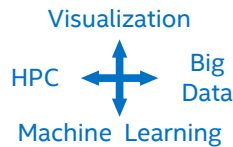
システム・アーキテクチャーへの要求の増加

“The Walls”
システム上のボトルネック



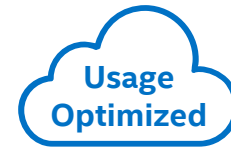
Memory | I/O | Storage
Energy-Efficient Performance
Space | Resiliency |
Unoptimized Software

発散する
インフラストラクチャー



Resources Split Among
Modeling and Simulation | Big
Data Analytics | Machine
Learning | Visualization

適用範囲の拡大
を妨げる障壁



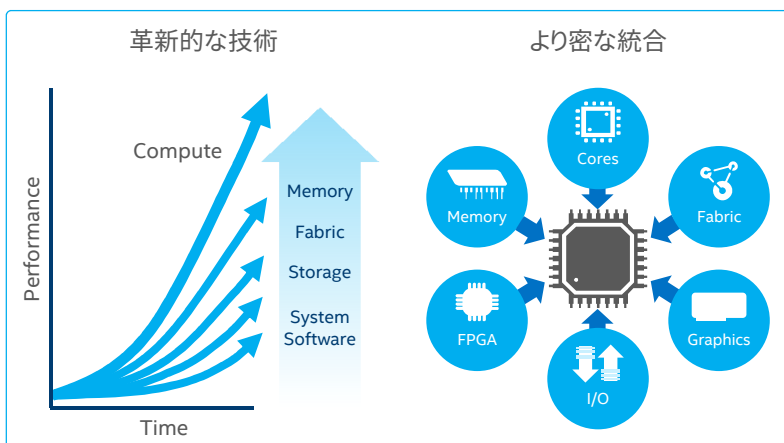
Democratization at Every Scale |
Cloud Access | Exploration of
New Parallel Programming
Models

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



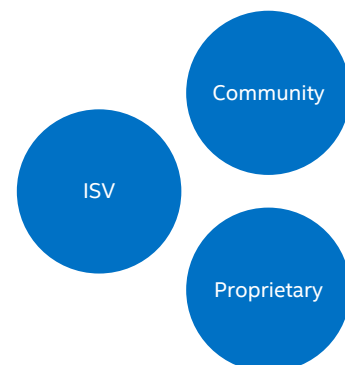
全体論的な構造的アプローチが求められる

システム



アプリケーション

モダナイズしたプログラム

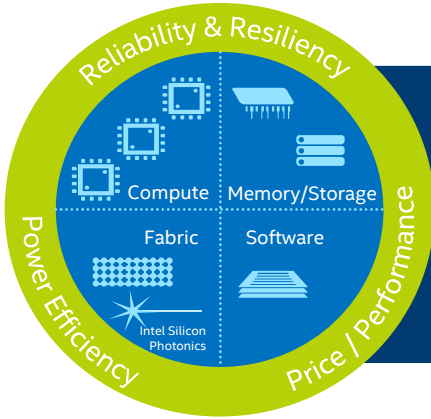


© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune は、アメリカ合衆国および / またはその他の国における Intel Corporation の商標です。* その他の社名、製品名などは、一般に各社の表示、商標または登録商標です。



洞察力を進化させる

インテル® スケーラブル・システム・フレームワーク



小規模のクラスターからスーパーコンピューター
 演算とデータ・セントリックな計算
 標準ベースのプログラミング
 自前のものやクラウドベース

Intel® Xeon® Processors
 Intel® Xeon Phi™ Processors
 Intel® Xeon Phi™ Coprocessors
 Intel® Server Boards and Platforms

Intel® Solutions for Lustre®
 Intel® Optane™ Technology
 3D XPoint™ Technology
 Intel® SSDs

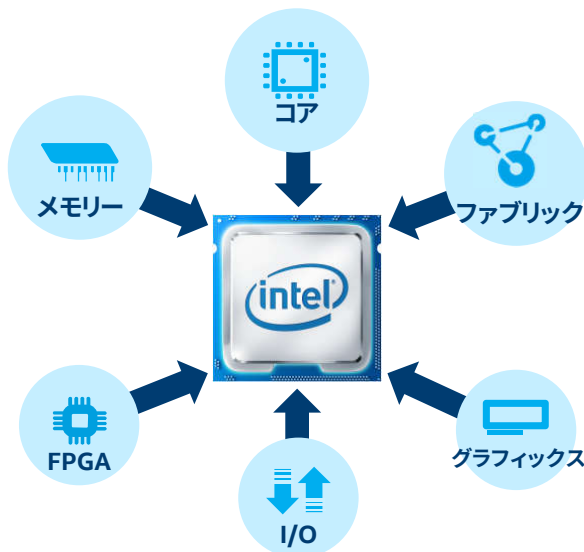
Intel® Omni-Path Architecture
 Intel® True Scale Fabric
 Intel® Ethernet
 Intel® Silicon Photonics

Intel® HPC Orchestrator
 Intel® Software Tools
 Intel® Cluster Ready Program
 Intel Supported SDVis

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



より密なコンポーネントの統合化



利点
 広帯域
 高密度
 レイテンシー
 電力
 価格

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



インテルの提供する HPC 向け製品

プロセッサ

ソフトウェア・ツール

ファブリック

ストレージ



インテル® Xeon® プロセッサ
インテル® Xeon Phi™ 製品ファミリー



インテル® Parallel Studio XE
Lustre* ソフトウェア用
インテル® エンタープライズ・エディション



インテル® True Scale ファブリック
インテル® Omni-Path アーキテクチャー



インテル® Solid State Drive (NVMe)

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



予測に沿った半導体の微細化 ムーアの法則に沿って 製造を続ける

高性能で複雑な新しい製品を、
電力、価格、大きさを制御しながら提供する



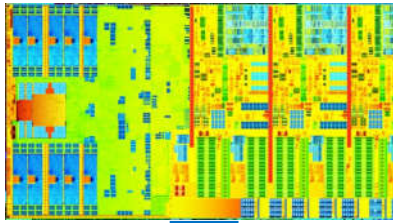
© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune は、アメリカ合衆国および / またはその他の国における Intel Corporation の商標です。* その他の社名、製品名などは、一般に各社の表示、商標または登録商標です。



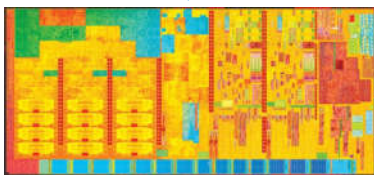
14nm は価格と性能を改善

Haswell+ 2 X 2 (22nm)

960M Transistors



35% 多い
トランジター



37%
小さい

Broadwell+ 2 X 2 (14nm)

1.3B transistors

業界初の14 nm プロセッサ器量産

Broadwell+ によって:

- トランジスターの密度は 2.2 倍に
- 最高 40% 優れた 3D グラフィックス¹
- 9mm 未満のファンレス設計も可能

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。

† 開発コード名



11

より多いコア数. より幅広いベクトル. コプロセッサ

性能を活かすにはすべての並列性を利用することが必要



Images do not reflect actual die sizes

インテル®
Xeon®
プロセッサ
64-bit

インテル®
Xeon®
プロセッサ
5100
番台

インテル®
Xeon®
プロセッサ
5500
番台

インテル®
Xeon®
プロセッサ
5600
番台

インテル®
Xeon®
プロセッサ
E5-2600
製品ファミリー
(Sandy Bridge†)

インテル®
Xeon®
プロセッサ
E5-2600
v3
製品ファミリー
(Haswell†)

インテル®
Xeon®
プロセッサ
E5-2600
v4
製品ファミリー
(Broadwell†)

インテル®
Xeon Phi™
製品ファミリー

Knights
Landing†

3+
Tflops

コア数	1	2	4	6	8	18	22	61	72
スレッド数	2	2	8	12	16	36	44	244	288
SIMD 幅	128	128	128	128	256	256	256	512	512
	インテル® SSE2	インテル® SSSE3	インテル® SSE4.2	インテル® SSE4.2	インテル® AVX	インテル® AVX2 FMA	インテル® AVX2 FMA	インテル® IMCI	インテル® AVX512

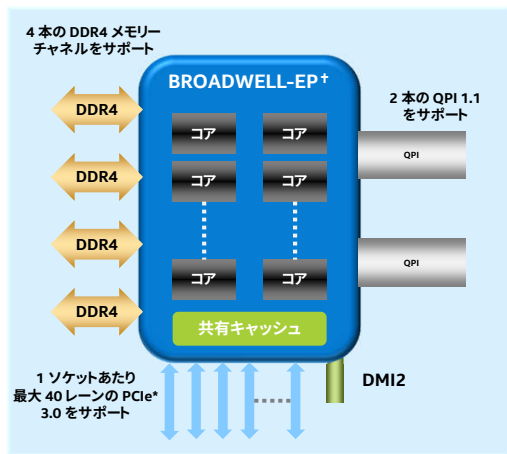
© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune は、アメリカ合衆国および / またはその他の国における Intel Corporation の商標です。* その他の社名、製品名などは、一般に各社の表示、商標または登録商標です。

† 開発コード名



12

インテル® Xeon® プロセッサ E5-2600 v4 製品ファミリー



- サーバー・ワークステーション向けに 14nm プロセス技術で設計された Broadwell+ マイクロアーキテクチャ (開発コード名 "Broadwell-EP")
- インテル® Xeon® プロセッサ E5-2600 v3 製品ファミリーとソケット互換[◇]
- データセンター向けに最適なオーケストレーションと仮想化環境を提供するために、リソースの監視と割り当て機能を新たに追加
- ハードウェアによるセキュリティー機能をさらに強化

◇ BIOSとファームウェアの更新が必要

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。

+ 開発コード名



13

インテル® Xeon® プロセッサ E5-2600 v4 製品ファミリー 新プロセッサ技術



性能

新たな拡張機能

- Intel® Transactional Synchronization Extensions (TSX)
- Optimized Intel® AVX 2.0
- Gather Improvements
- Posted Interrupts
- Page Modification Logging
- VM Enter/Exit latency Reduction



オーケストレーション

インテル® リソース・ディレクター・テクノロジー

- Cache Monitoring Technology (introduced on Xeon® E5-2600 v3)
- Cache Allocation Technology
- Code and Data Prioritization
- Memory Bandwidth Monitoring



セキュリティー

新たな機能

- Crypto Speedup
- New Random Seed Generator (RDSEED)
- #VE (Processor Virtualization exception)
- Supervisor Mode Access Protection (SMAP)



© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



14

Lock Elision に対応したインテル® TSX インターフェイス

Hardware Lock Elision (HLE) – XACQUIRE/XRELEASE

- ソフトウェアは、従来のソフトウェアとの互換性のあるヒントを使用してクリティカル・セクションを特定する。インテル® TSX 非対応のハードウェアでは、ヒントは無視される
- ハードウェアは、ロックを獲得しないトランザクション実行をサポートする
- 実行が中止されると、Lock Elision を使用せずに再実行する
- ハードウェアは、すべてのアーキテクチャー・ステートを管理する

Restricted Transactional Memory (RTM) – XBEGIN/XEND

- ソフトウェアは、新しい命令を使用してクリティカル・セクションを指定する
- HLE によく似ているが、ソフトウェアが Lock Elision を実行するための柔軟なインターフェイスを提供
- 実行が中止されると、制御は XBEGIN オペランドで指定されたターゲットに移行する
- アボート情報は汎用レジスター (EAX) に返される

XTEST および XABORT – 追加の命令

インテル®トランザクショナル・シンクロナイゼーション・エクステンション (インテル® TSX)

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。

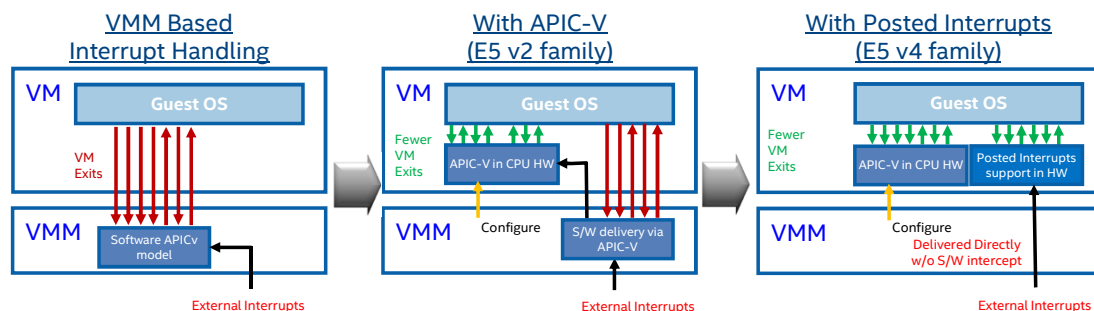


15

Posted Interrupts

Efficient routing of interrupts from assigned devices to migrating virtual CPUs

Works together with APIC Virtualization for improved virtual-interrupt performance



Benefits/Usages

Fewer VM-exits

VM migration
Enables efficient co-migration of interrupts with VP

Support SR-IOV and Direct I/O Assignment Usages

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



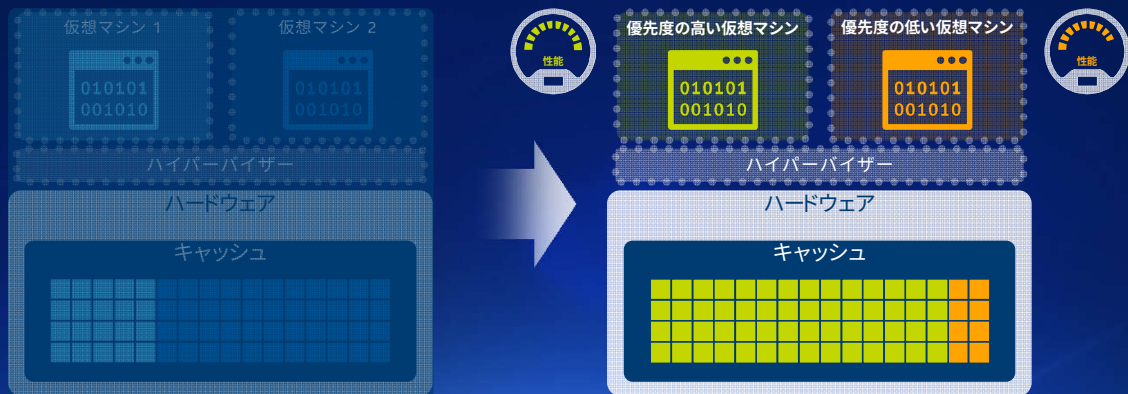
16

インテル® リソース・ディレクター・テクノロジー

ORCHESTRATION

従来

インテル® リソース・ディレクター・テクノロジー搭載



© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



インテル® Xeon® プロセッサ E7-8800/4800 v4 製品ファミリー

業界をリードする
メモリー容量

UP TO
24TB memory support^a
2X the previous generation

スケーラブルな
性能

UP TO **2X** more analytics queries[£]
vs. best-in-class TPC-H* benchmark result on previous generation
designed to support up to 256 sockets*



高度な
信頼性

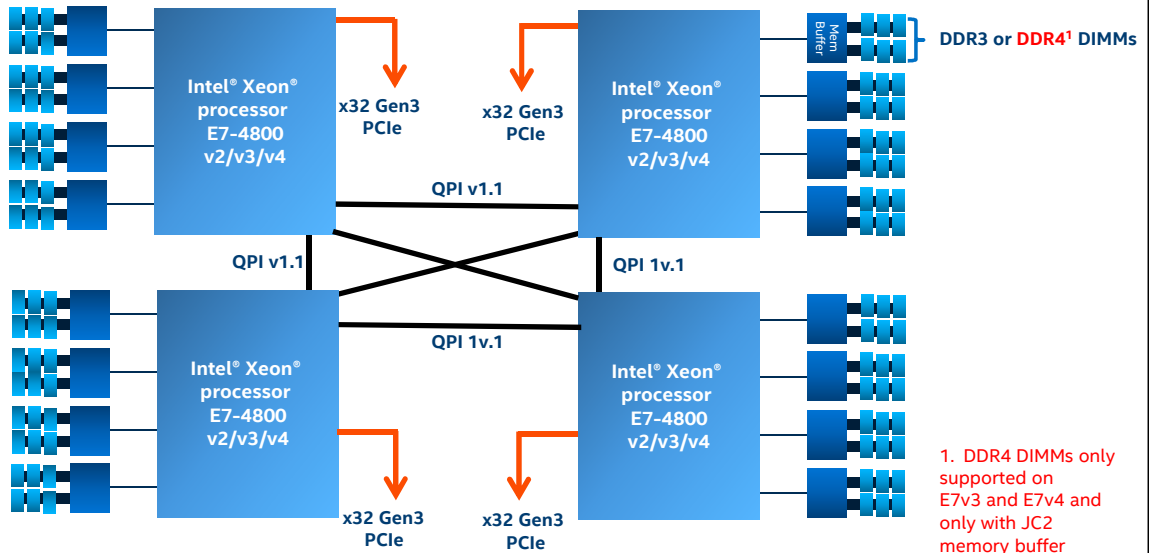
**INTEL®
RUN SURE
TECHNOLOGY**
system uptime
application availability
data integrity

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



Brickland Platform Diagram

Updated



1. DDR4 DIMMs only supported on E7v3 and E7v4 and only with JC2 memory buffer

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。

此二圖は Jordan Creek



メモリー・プラットフォームの概要 パフォーマンスと容量を最適化

大きなメモリー容量

- ソケットごとに 8 つの DDR4/DDR3¹ チャンネル
- ソケットごとに 最大 24 個の DDR4/DDR3¹ DIMM
- 最大 **128GB** の DDR4 LR-DIMM をサポート
- 4S プラットフォームで最大 **12TB** 96DIMM

パフォーマンス・モード (インテル® SMI2 @ 2X DDR スピード)

- 第 2 世代インテル® SMI: 最大 3200MT/s
- DDR4/3 サポート: 1066 ... 1600 MT/s, 最大 1866 MT/s
- 利点: 帯域幅に最適なモード

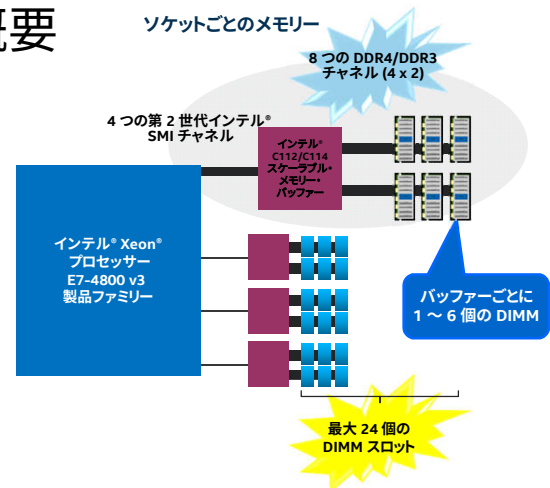
ロックステップ・モード (インテル® SMI2 が DDR スピードで実行)

- 第 2 世代インテル® SMI:
 - **DDR4 で最高 1866MT/s**
 - DDR3 で最高 1600MT/s
- DDR3 サポート: 1066, 1333, 1600MHz
- 利点: 信頼性に最適なモード

電力 (ターゲット)

- アクティブ (ラック): 最大 9W @ インテル® SMI2 2.66GT/s
- アイドル: 最大 2.5W

1. Jordan Creek + 2 は、DDR3 と DDR4 の両方をサポートします。DDR3 と DDR4 との混在は、インテルでサポートされる POR 構成ではありません。




DIMM	パフォーマンス・モード	ロックステップ・モード
X4 DIMM	SDDC + 1 ビット	DDDC + 1 ビット
X8 DIMM	SECDED	SDDC + 1 ビット

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。


↑ 開発コード名




最大級のチャレンジを速やかに解決 ボトルネックを軽減



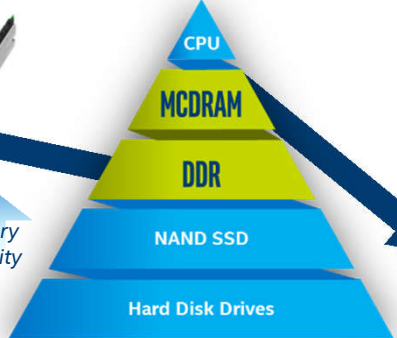
Bootable host: No PCIe* Dependency



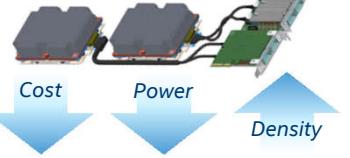
Memory: Integrated (MCDRAM) & Platform (DDR4)



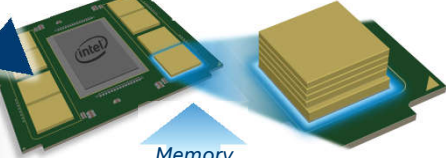
Fabric: Integrated on-package Intel® Omni-Path Fabric



Memory Capacity



Cost Power Density



Memory Bandwidth

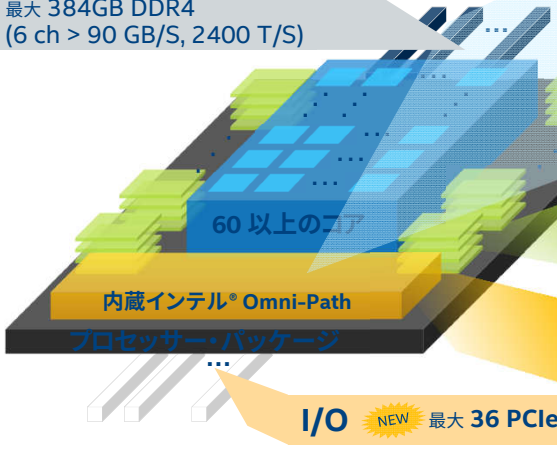
© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune は、アメリカ合衆国および / またはその他の国における Intel Corporation の商標です。* その他の社名、製品名などは、一般に各社の表示、商標または登録商標です。

Knights Landing⁺ 本当のブレークスルーに向けての統合的な取り組み

システムメモリ
最大 384GB DDR4
(6 ch > 90 GB/S, 2400 T/S)

計算

- インテル® Xeon® プロセッサとバイナリー互換
- **3+ TFLOPS¹, 3X ST²** (単ースレッド) KNC* の性能比
- **2D メッシュ**
- **Out-of-Order コア**



60 以上のコア

内蔵インテル® Omni-Path
プロセッサ・パッケージ

パッケージ内メモリ

- **5x 以上 STREAM vs. DDR4³**
- **最大 16GB (>450GB/S)**

Omni-Path
(オプション)

- **最初の統合化したインテル® プロセッサ**

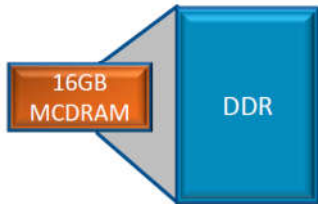
I/O NEW **最大 36 PCIe 3.0 レーン**

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。

Memory Modes

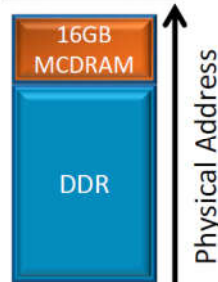
Three Modes. Selected at boot

Cache Mode



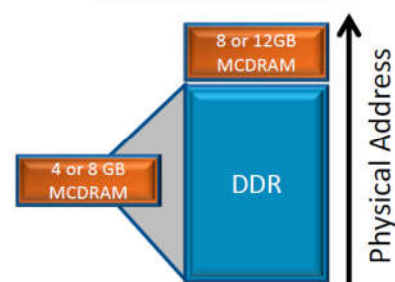
- SW-Transparent, Mem-side cache
- Direct mapped. 64B lines.
- Tags part of line
- Covers whole DDR range

Flat Mode



- MCDRAM as regular memory
- SW-Managed
- Same address space

Hybrid Mode

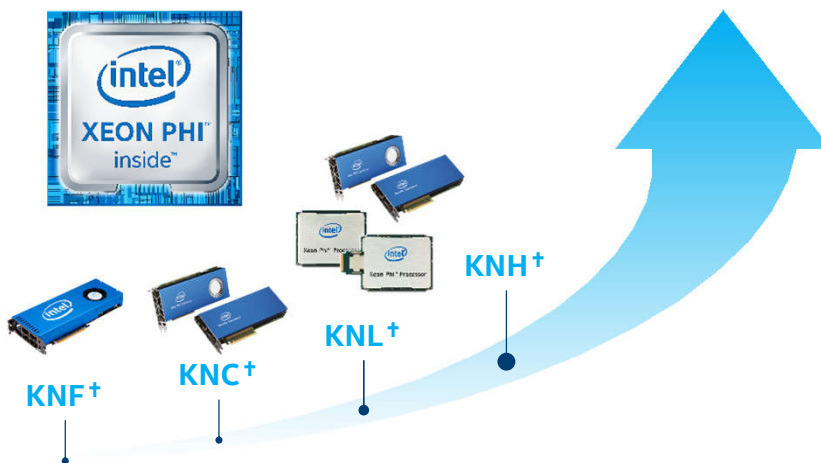


- Part cache, Part memory
- 25% or 50% cache
- Benefits of both

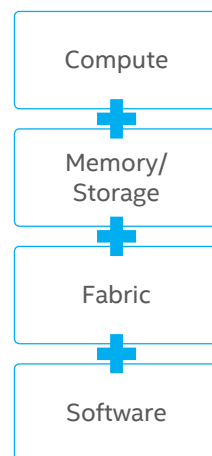


Maximize Your Potential

Robust Roadmap



Intel® Scalable System Framework



* KNF (Knights Ferry), KNC (Knights Corner), KNL (Knights Landing) are abbreviations for former codenames for Intel® Xeon Phi™ product family products. KNH is the abbreviation for the Knights Hill codename of a future Intel® Xeon Phi™ product

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



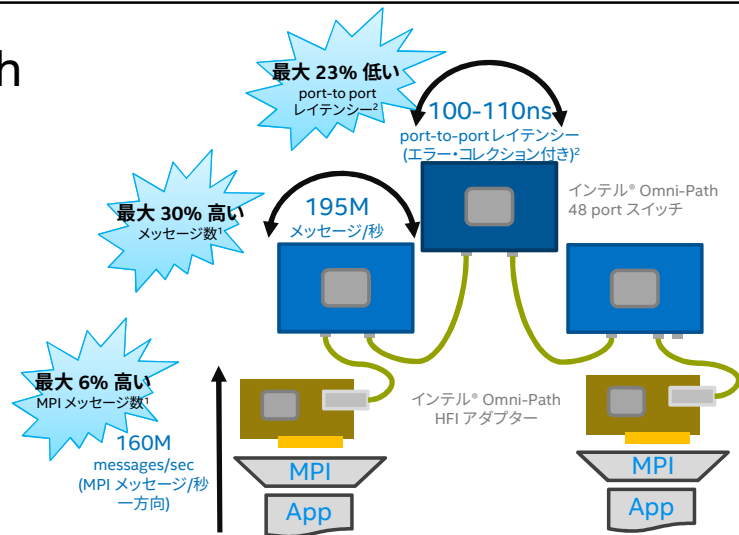
インテル® Omni-Path アーキテクチャー製品

HFI アダプター	Edge スイッチ	Director スイッチ	Silicon
<p>Single port x8 and x16 HFI Adapters</p> <p>x16 Adapter (100Gb/s) x8 Adapter (58Gb/s)</p>	<p>1U Form Factor 24 and 48 port Edge Switches</p> <p>48-port Edge Switch 24-port Edge Switch</p>	<p>QSFP-based 192 and 768 port Director Switches</p> <p>768-port Director Switch (20U chassis) 192-port Director Switch (7U chassis)</p>	<p>OEM カスタム設計 HFI and スイッチ ASICs</p> <p>HFI silicon supports up to 2 ports (50 GB/s total b/w) Switch silicon supports up to 48 ports (1200GB/s total b/w)</p>

インテル® OPA 製品ラインのカバレッジ

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。

インテル® Omni-Path アーキテクチャー: ファブリック中のデータ転送の高速化



¹ Based on Intel projections for Wolf River and Prairie River maximum messaging rates, compared to Mellanox CS7500 Director Switch and Mellanox ConnectX-4 adapter and Mellanox SB7700/SB7790 Edge switch product briefs posted on www.mellanox.com as of July 1, 2015.

² Latency reductions based on Mellanox CS7500 Director Switch and Mellanox SB7700/SB7790 Edge switch product briefs posted on www.mellanox.com as of July 1, 2015, compared to Intel measured data that was calculated from difference between back to back osu_latency test and osu_latency test through one switch hop. 10ns variation due to "near" and "far" ports on an Intel® OPA edge switch. All tests performed using Intel® Xeon® E5-2697v3 with Turbo Mode enabled.

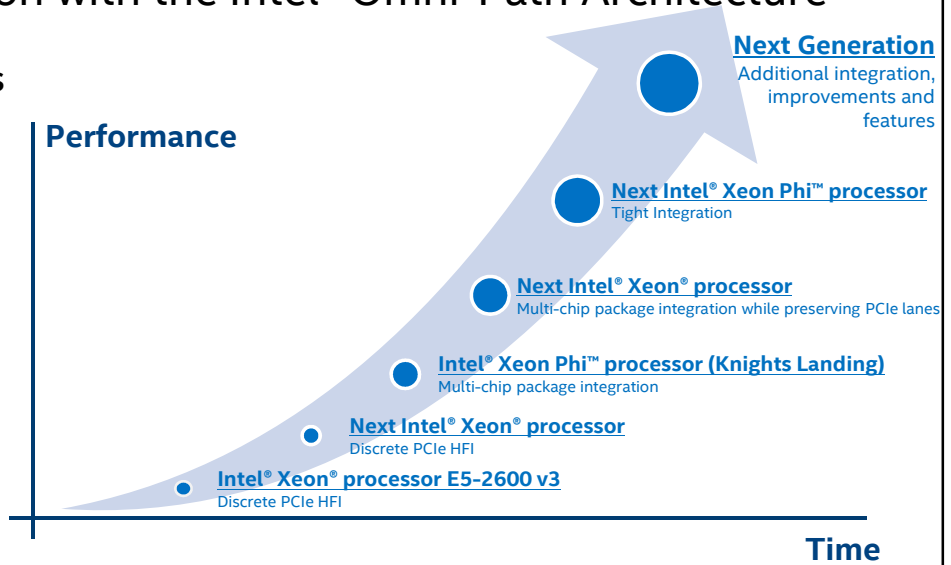
Software and workloads used in performance tests may have been optimized for performance only on Intel microprocessors. Performance tests, such as SYSmark and MobileMark, are measured using specific computer systems, components, software, operations and functions. Any change to any of those factors may cause the results to vary. You should consult other information and performance tests to assist you in fully evaluating your contemplated purchases, including the performance of that product when combined with other products. Copyright © 2015, Intel Corporation.

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。

CPU Integration with the Intel® Omni-Path Architecture

KEY VALUE VECTORS

- ✓ Performance
- ✓ Density
- ✓ Cost
- ✓ Power
- ✓ Reliability



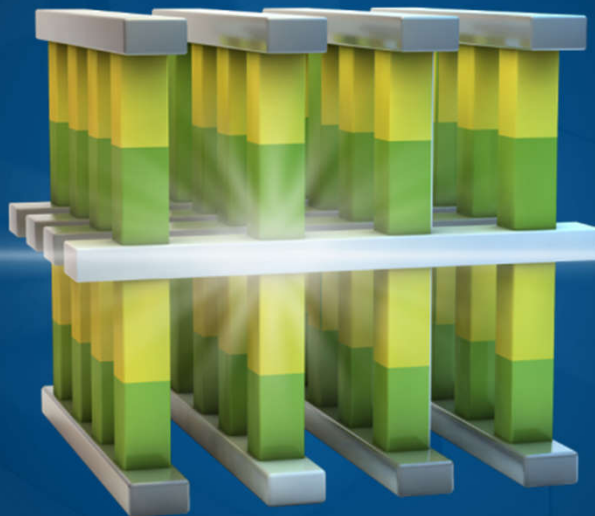
© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel, Experience What's Inside, Intel, Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside, Intel Inside ロゴ、Xeon, Xeon Inside, Intel Xeon Phi, Optane, 3D XPoint, VTune は、アメリカ合衆国および / またはその他の国における Intel Corporation の商標です。* その他の社名、製品名などは、一般に各社の表示、商標または登録商標です。

3D XPOINT™ TECHNOLOGY

Cross-Point Structure
Selectors allow dense packing and individual access to bits



Scalable
Memory layers can be stacked in a 3D manner






Breakthrough Material Advances
Compatible switch and memory cell materials



High Performance
Cell and array architecture that can switch states 1000x faster than NAND

Efficient, Scalable & Portable App Performance

Take Advantage of

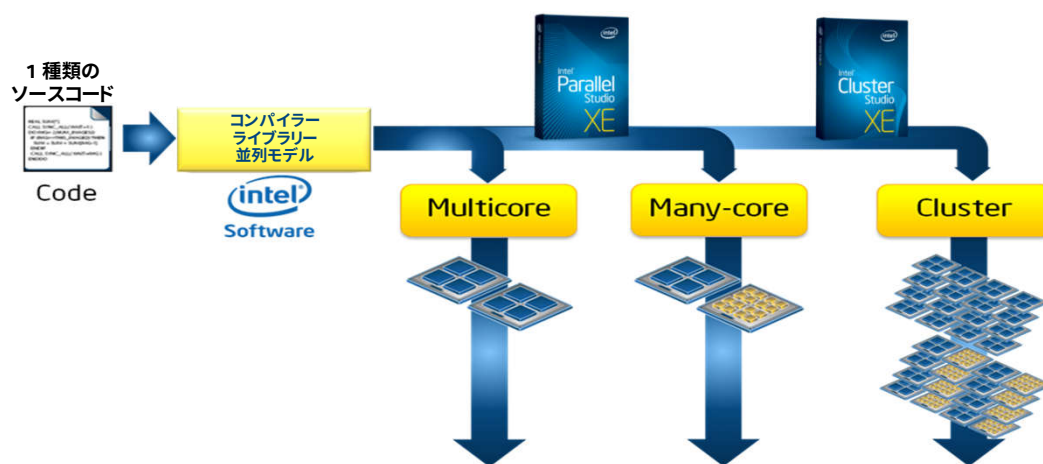
- 1 Thread, Vector and Data Level Parallelism 
- 2 High Bandwidth Memory and NVM 
- 3 Increased Bandwidth and Reduced Latency Fabric 

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



29

インテル® ソフトウェア開発製品の活用



共通のソースコードから複数のプラットフォームへの対応が可能

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



30

構想

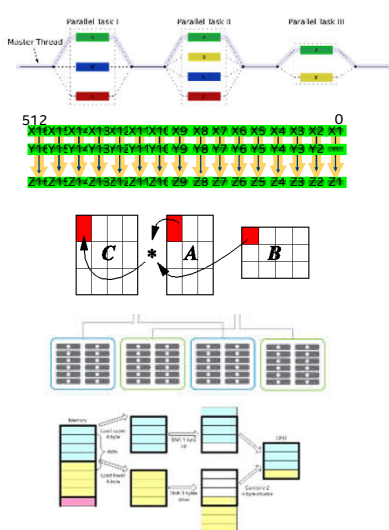
- 数コアのプロセッサから始まって一貫したモデル、言語、ツールや手法でメニーコアに対応することで、持続的な価値を生み出すことができる。
- アプリケーションは利用できるすべての並列性を活用する。
 - 命令レベル: コアの特徴を知り、考慮
 - データレベル: SIMD 命令を用いるようにベクトル化
 - スレッドレベル: OpenMP* などの標準ツールで並列化
 - クラスターレベル: MPI などの標準ツールで並列化
- 専門家がプロセッサに最適化した標準ライブラリーや言語を利用する。
- ヘテロジニティーまで考慮した最適化を検討する。

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



31

モダナイズしたコードとは?




何	定義	使用されるツール
① スレッド化 性能向上	Increase concurrent thread use across coherent shared memory	OpenMP*, Intel® Threading Building Blocks (TBB), Cilk Plus
② ベクトル化 性能向上	Use many wide-vector (512-bit) instructions	Vector loops, vector functions, array notations
③ キャッシュ・ブロッキング	Use algorithms to reduce memory bandwidth pressure and improve cache hit rate	Blocking algorithms
④ ファブリックでの向上	Tune workload to increased node count	MPI
⑤ データレイアウト	Optimize data layout for unconstrained performance	AoS→SoA, directives for alignment

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。




32

Technical, Enterprise & Cloud Development Tools



- C++ and Fortran Compilers
- Standards Driven Parallel Programming Models & Libraries
- Performance Profiling for Optimization and Tuning
- Threading & Vectorization Design & Analysis for Performance



PARALLEL STUDIO XE

- Powerful Data Analytics, Machine Learning and Scientific Compute Libraries
- Coming Soon – High Performance Python Distribution

Faster Code Faster

33

Intel® Parallel Studio XE

Profiling, Analysis & Architecture	Intel® Inspector Memory & Threading Checking	Intel® Advisor Threading & Vectorization Architecture	Cluster Tools
	Intel® VTune™ Amplifier Performance Profiler	Intel® Trace Analyzer & Collector MPI Profiler	
Performance Libraries	Intel® Data Analytics Acceleration Library Optimized for Data Analytics & Machine Learning	Intel® MPI Library	
	Intel® Math Kernel Library Optimized Routines for Science, Engineering & Financial	Intel® Integrated Performance Primitives Image, Signal & Compression Routines	
	Intel® C/C++ & Fortran Compilers		
Intel® Distribution for Python Performance Scripting			

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。

intel | 34

Features and Configurations

Intel® Parallel Studio XE 2016

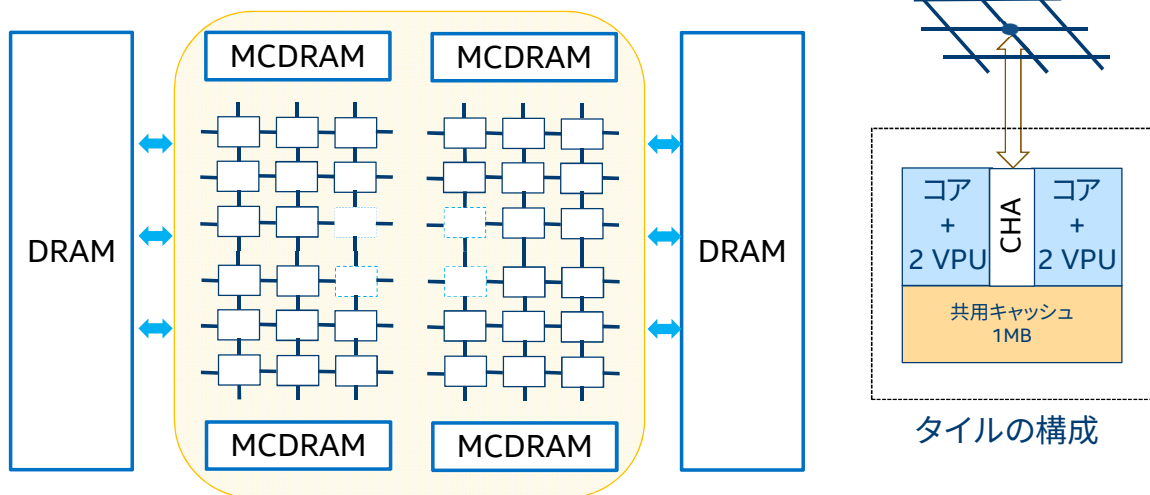


Composer Edition	Professional Edition	Cluster Edition
Intel® C++ Compiler Intel® Fortran Compiler Intel® Data Analytics Acceleration Library Intel® Threading Building Blocks Intel® Integrated Performance Primitives Intel® Math Kernel Library Intel® Cilk™ Plus & Intel® OpenMP*	Intel® C++ Compiler Intel® Fortran Compiler Intel® Data Analytics Acceleration Library Intel® Threading Building Blocks Intel® Integrated Performance Primitives Intel® Math Kernel Library Intel® Cilk™ Plus & Intel® OpenMP*	Intel® C++ Compiler Intel® Fortran Compiler Intel® Data Analytics Acceleration Library Intel® Threading Building Blocks Intel® Integrated Performance Primitives Intel® Math Kernel Library Intel® Cilk™ Plus & Intel® OpenMP*
	Intel® Advisor XE Intel® Inspector XE Intel® VTune™ Amplifier XE	Intel® Advisor XE Intel® Inspector XE Intel® VTune™ Amplifier XE Intel® MPI Library Intel® Trace Analyzer and Collector Intel® Cluster Checker preview (Linux only)
Bundle or Add-on: Rogue Wave IMSL* Library	Add-on: Rogue Wave IMSL* Library	Add-on: Rogue Wave IMSL* Library

Additional configurations including, floating and academic, are available at: <http://intel.ly/perf-tools>

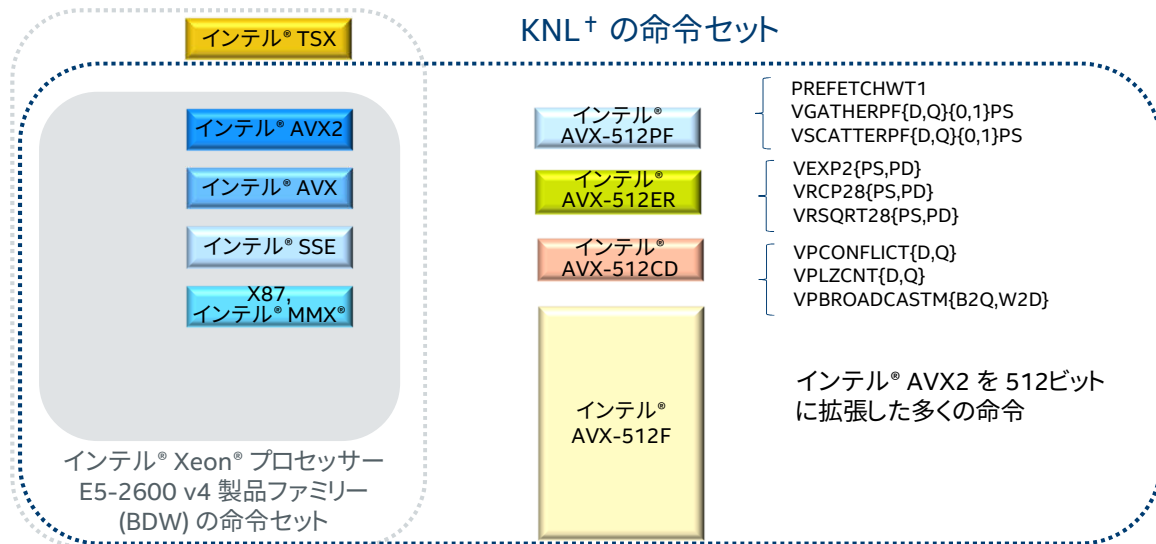
© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune は、アメリカ合衆国および / またはその他の国における Intel Corporation の商標です。* その他の社名、製品名などは、一般に各社の表示、商標または登録商標です。

Knights Landing⁺ ブロック図



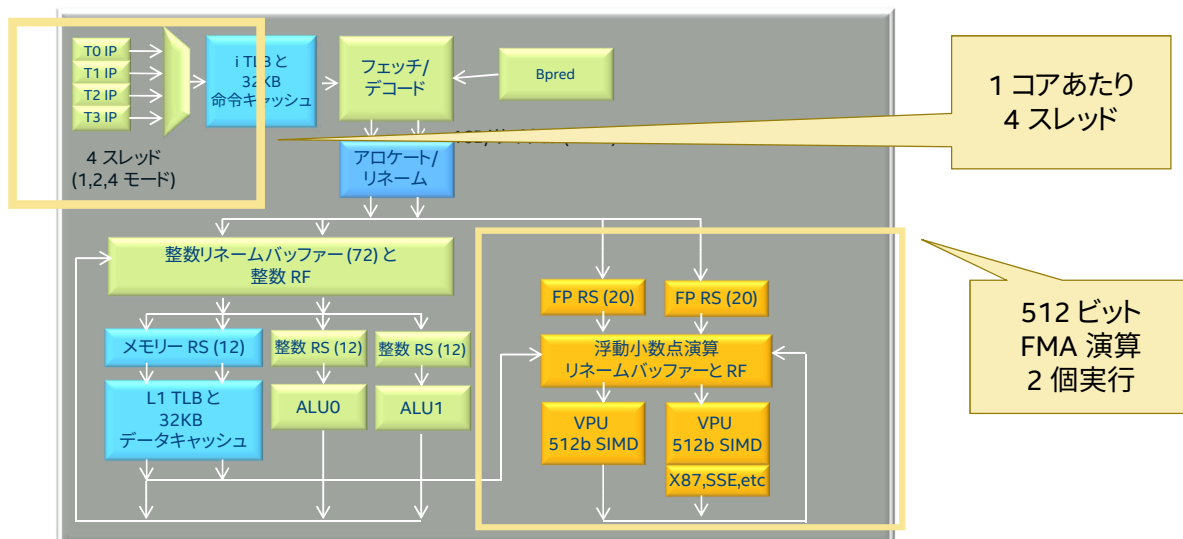
© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune は、アメリカ合衆国および / またはその他の国における Intel Corporation の商標です。* その他の社名、製品名などは、一般に各社の表示、商標または登録商標です。

追加された命令セット



© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。 + 開発コード名 37

インテル® MIC アーキテクチャーのブロック図



© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。 38

インテル® Xeon® プロセッサの論理レジスタファイル

汎用レジスタ (32/64)

EAX	RAX
EBX	RBX
ECX	RCX
EDX	RDX
EBP	RBP
ESI	RSI
EDI	RDI
ESP	RSP
R8	R8
R9	R9
R10	R10
R11	R11
R12	R12
R13	R13
R14	R14
R15	R15

インテル® MMX® および
浮動小数点レジスタ (64)

MM0/ST0
MM1/ST1
MM2/ST2
MM3/ST3
MM4/ST4
MM5/ST5
MM6/ST6
MM7/ST7

EFLAGS

プログラムカウンタ (32/64)

RIP

インテル® SSE (128)/インテル® AVX (256) レジスタ

XMM0	YMM0
XMM1	YMM1
XMM2	YMM2
XMM3	YMM3
XMM4	YMM4
XMM5	YMM5
XMM6	YMM6
XMM7	YMM7
XMM8	YMM8
XMM9	YMM9
XMM10	YMM10
XMM11	YMM11
XMM12	YMM12
XMM13	YMM13
XMM14	YMM14
XMM15	YMM15

インテル® Atom™ プロセッサ: 一部は 32bit のみ、一部インテル® SSE3 まで、SLM はインテル® SSE 4.2,
インテル® Xeon® プロセッサ: 32/64 bit、SNB/IVB はインテル® AVX、HSW はインテル® AVX2

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



論理レジスタファイルの拡張

汎用レジスタ (32/64)

EAX	RAX
EBX	RBX
ECX	RCX
EDX	RDX
EBP	RBP
ESI	RSI
EDI	RDI
ESP	RSP
R8	R8
R9	R9
R10	R10
R11	R11
R12	R12
R13	R13
R14	R14
R15	R15

インテル® MMX® および
浮動小数点レジスタ (64)

MM0/ST0
MM1/ST1
MM2/ST2
MM3/ST3
MM4/ST4
MM5/ST5
MM6/ST6
MM7/ST7

MASKレジスタ
(64)

K0
K1
K2
K3
K4
K5
K6
K7

プログラムカウンタ (32/64)

RIP

インテル® SSE (128)/インテル® AVX (256)/インテル® AVX (512) レジスタ

XMM0	ZMM0
XMM1	ZMM1
XMM2	ZMM2
XMM3	ZMM3
XMM4	ZMM4
XMM5	ZMM5
XMM6	ZMM6
XMM7	ZMM7
XMM8	ZMM8
XMM9	ZMM9
XMM10	ZMM10
XMM11	ZMM11
XMM12	ZMM12
XMM13	ZMM13
XMM14	ZMM14
XMM15	ZMM15

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



論理レジスタファイルの拡張

インテル® SSE (128)/インテル® AVX (256)/
インテル® AVX (512) レジスタ

汎用レジスタ (32/64)

EAX	RAX
EBX	RBX
ECX	RCX
EDX	RDX
EBP	RBP
ESI	RSI
EDI	RDI
ESP	RSP

R8
R9
R10
R11
R12
R13
R14
R15

インテル® MMX® および
浮動小数点レジスタ (64)

MM0/ST0
MM1/ST1
MM2/ST2
MM3/ST3
MM4/ST4
MM5/ST5
MM6/ST6
MM7/ST7

MASKレジスタ
(64)

K0
K1
K2
K3
K4
K5
K6
K7

プログラムカウンタ (32/64)

EFLAGS
RIP

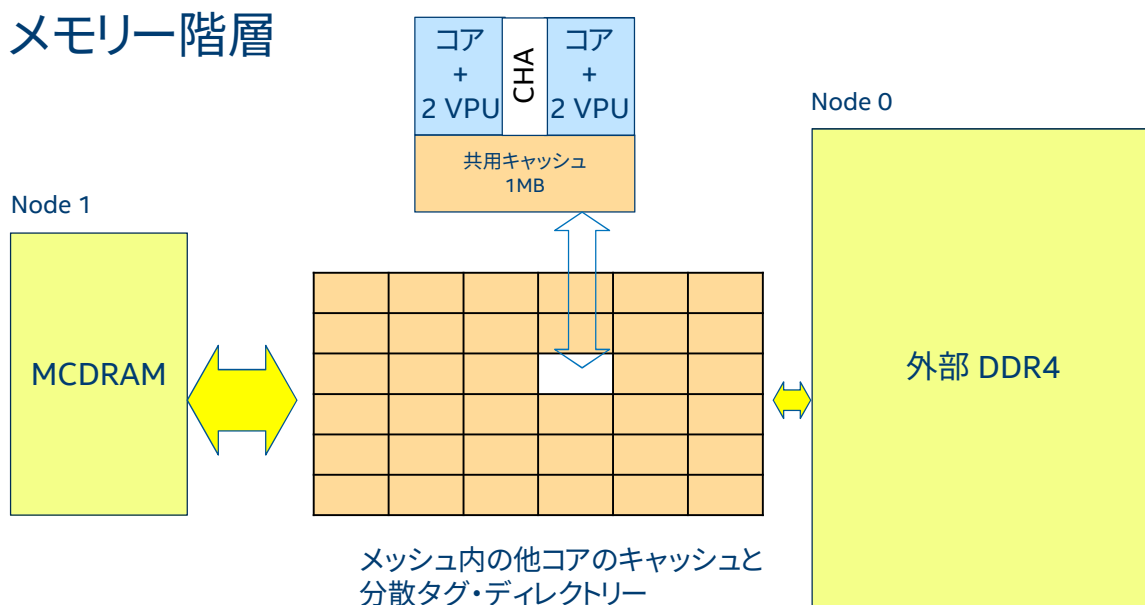
XMM0	ZMM0
XMM1	ZMM1
XMM2	ZMM2
XMM3	ZMM3
XMM4	ZMM4
XMM5	ZMM5
XMM6	ZMM6
XMM7	ZMM7

ZMM16
ZMM17
ZMM18
ZMM19
ZMM20
ZMM21
ZMM22
ZMM23
ZMM24

ZMM25
ZMM26
ZMM27
ZMM28
ZMM29
ZMM30
ZMM31

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience V Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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 の各社の表示、商標または登録商標です。

メモリー階層



© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。

共有メモリの NUMA ノード

```

$ numactl -H
available: 2 nodes (0-1)
node 0 cpus: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24
25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44
...
212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228 229 230 231
232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245 246 247 248 249 250 251
252 253 254 255
node 0 size: 98200 MB
node 0 free: 92941 MB
node 1 cpus:
node 1 size: 16384 MB
node 1 free: 15897 MB
node distances:
node  0  1
  0:  10  31
  1:  31  10
  
```

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。

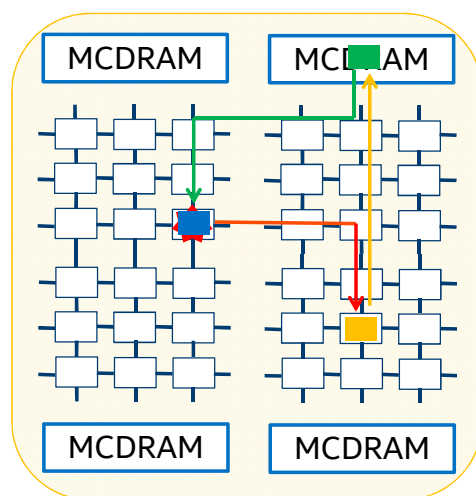


43

クラスタリング・モード

1. All to All

タイル、タグ・ディレクトリーとメモリーの位置に関連がない



- ★ (1) キャッシュミス発生
- (2) 分散タグ・ディレクトリー問い合わせ
- (3) メモリーを参照
- (4) キャッシュラインを入手

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。

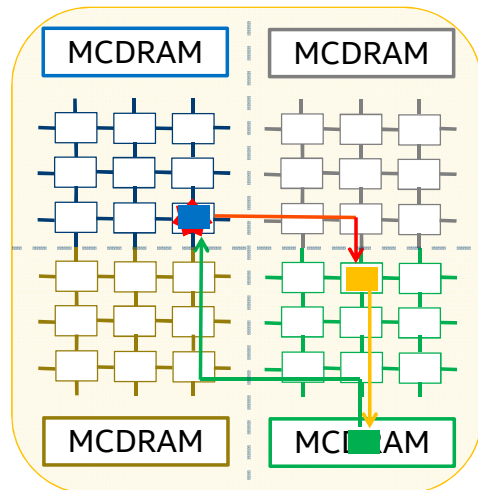


44

クラスタリング・モード

2. クアドラント

4つの空間に分断され、タグ・ディレクトリーとメモリーは同じ空間内にある



- ★ (1) キャッシュミス発生
- (2) 分散タグ・ディレクトリー問い合わせ
- (3) メモリーを参照
- (4) キャッシュラインを入手

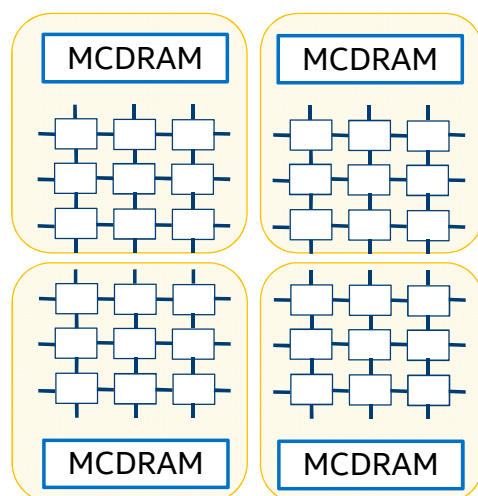
© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune は、アメリカ合衆国および / またはその他の国における Intel Corporation の商標です。* その他の社名、製品名などは、一般に各社の表示、商標または登録商標です。



45

Sub NUMA クラスター

3. SNC-4 4ソケットのマシン (コア数は4分の1) として見える



```
$ numactl -H
available: 8 nodes (0-7)
node 0 cpus: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 64 65...
node 0 size: 24452 MB
node 0 free: 22976 MB
node 1 cpus: 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 80 ...
node 1 size: 24576 MB
node 1 free: 23698 MB
node 2 cpus: 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 96 ...
node 2 size: 24576 MB
node 2 free: 23843 MB
node 3 cpus: 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 112 ...
...
node 4 cpus:
node 4 size: 4096 MB
node 4 free: 3982 MB
node 5 cpus:
...
node 7 cpus:
node 7 size: 4096 MB
node 7 free: 3982 MB
```

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



46

姫野ベンチマークでの試行

姫野ベンチマークは、理化学研究所情報基盤センターのセンター長である姫野龍太郎氏が非圧縮流体解析コードの性能評価のために考えたもので、ポアソン方程式解法をヤコビの反復法で解く場合に主要なループの処理速度を計るものです

- 非圧縮流体解析のポアソン方程式をヤコビの反復法で解く場合に使用する主要なループの処理速度を測定 (19 点ステンシルコード)
- 単精度の MFLOPS を性能として比較する
- C または Fortran77/90 のソースコードで供給
- クラスターシステム用に MPI が、またマルチプロセッサ用に OpenMP* のものを準備

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



47

姫野ベンチマーク (<http://accr.riken.jp/supercom/himenobmt/download/mpi-vpp>)

```

279 #pragma omp parallel
shared(a,p,b,c,bnd,wrk1,wrk2,nn,imax,jmax,kmax,omega,gosa)
private(i,j,k,s0,ss,gosal,n)
280 {
281   for(n=0 ; n<nn ; n++){
282     #pragma omp barrier
283     #pragma omp master
284     {
285       gosa = 0.0;
286     }
287     gosal= 0.0;
288     #pragma omp for nowait
289     for(i=1 ; i<imax; i++)
290       for(j=1 ; j<jmax ; j++)
291         for(k=1 ; k<kmax ; k++){
292           s0= MR(a,0,i,j,k)*MR(p,0,i+1,j,k)
293             + MR(a,1,i,j,k)*MR(p,0,i,j+1,k)
294             + MR(a,2,i,j,k)*MR(p,0,i,j,k+1)
295             + MR(b,0,i,j,k)
296             * ( MR(p,0,i+1,j+1,k) - MR(p,0,i+1,j-1,k)
298               - MR(p,0,i-1,j+1,k) + MR(p,0,i-1,j-1,k) )
299             + MR(b,1,i,j,k)
300             * ( MR(p,0,i,j+1,k+1) - MR(p,0,i,j-1,k+1)

```

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



48

逐次プログラム版のコンパイル

```
$ gcc -g -O2 ../himenoBMTxpa.c -o hime.ser
../himenoBMTxpa.c(279): 警告 #3180: 識別できない OpenMP プラグマです。
    #pragma omp parallel
shared(a,p,b,c,bnd,wrk1,wrk2,nn,imax,jmax,kmax,omega,gosa)
private(i,j,k,s0,ss,gosa1,n)
    ^
../himenoBMTxpa.c(282): 警告 #3180: 識別できない OpenMP プラグマです。
    #pragma omp barrier
...
$ ./hime.ser X1
```

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



49

逐次プログラム版の実行

```
$ ./hime.ser X1
Grid-size = X1

mimax = 512 mjmax = 512 mkmax = 1024
imax = 511 jmax = 511 kmax = 1023
Start rehearsal measurement process.
Measure the performance in 3 times.

MFLOPS: 601.735307 time(s): 45.059454 6.103516e-05
...

cpu : 44.971282 sec.
Loop executed for 3 times
Gosa : 6.103516e-05
MFLOPS measured : 602.915087
Score based on Pentium III 600MHz using Fortran 77: 7.278067
```

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



50

OpenMP* 版のコンパイルと実行

```
$ icc -g -O3 -qopenmp -qopt-streaming-stores always -qopt-streaming-cache-evict=0 ../himenoBMTxpa.c -o hime.par
$ ./hime.par Xl
mimax = 512 mjmax = 512 mkmax = 1024
imax = 511 jmax = 511 kmax =1023
Start rehearsal measurement process.
Measure the performance in 3 times.

MFLOPS: 6028.912509 time(s): 4.497306 4.365373e-04

...

cpu : 58.707601 sec.
Loop executed for 40 times
Gosa : 4.255282e-04
MFLOPS measured : 6157.945238
Score based on Pentium III 600MHz using Fortran 77: 74.335408
```

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



51

性能解析ツールの実行 (インテル® VTune™ Amplifier XE とインテル® Advisor)

```
$ amplxe-gui
もしくは
$ amplxe-cl -collect hotspots -app-working-dir himeno/openmp
-- himeno/openmp/hime.par Xl

$ advixe-gui
もしくは
$ advixe-cl -collect survey -no-support-multi-isa-binaries
-interval=10 -data-limit=100 -resume-after=0 -project-dir
micperf/himeno -- micperf/himeno/openmp/hime.par Xl
```

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



52

ベクトル化のために pragma を追加

```

279 #pragma omp parallel shared(a,p,b,c,bnd,wrk1,wrk2,nn,imax,jmax,kmax,omega,gosa)
private(i,j,k,s0,ss,gosal,n)
280 {
281   for(n=0 ; n<nn ; n++){
282     #pragma omp barrier
283     #pragma omp master
284     {
285       gosa = 0.0;
286     }
287     gosal= 0.0;
288     #pragma omp for nowait
289     for(i=1 ; i<imax; i++)
290       for(j=1 ; j<jmax ; j++)
291     #pragma omp simd reduction(+:gosal)
292       for(k=1 ; k<kmax ; k++){
293         s0= MR(a,0,i,j,k) *MR(p,0,i+1,j, k)
294           + MR(a,1,i,j,k) *MR(p,0,i, j+1,k)
295           + MR(a,2,i,j,k) *MR(p,0,i, j, k+1)
296           + MR(b,0,i,j,k)
297           * ( MR(p,0,i+1,j+1,k) - MR(p,0,i+1,j-1,k)

```

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



53

インテル® AVX-512 版のコンパイルと実行

```

$ icc -g -O2 -qopenmp -xMIC-AVX512 -qopt-streaming-stores always
-qopt-streaming-cache-evict=0 himeno2.c -o hime2.avx

```

```

$ ./hime2.avx X1

```

```

...

```

```

Wait for a while

```

```

cpu : 53.044081 sec.

```

```

Loop executed for 138 times

```

```

Gosa : 4.136810e-04

```

```

MFLOPS measured : 23513.231616

```

```

Score based on Pentium III 600MHz using Fortran 77: 283.839107

```

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



54

メモリー階層の確認

```
$ numactl -H
available: 2 nodes (0-1)
node 0 cpus: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21
22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44
...
212 213 214 215 216 217 218 219 220 221 222 223 224 225 226 227 228
229 230 231 232 233 234 235 236 237 238 239 240 241 242 243 244 245
246 247 248 249 250 251 252 253 254 255
node 0 size: 98200 MB
node 0 free: 92941 MB
node 1 cpus:
node 1 size: 16384 MB
node 1 free: 15897 MB
node distances:
node 0 1
  0: 10 31
  1: 31 10
```

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



55

高速メモリーでの実行

```
$ numactl -m 1 ./hime2.avx X1
...
mimax = 512 mjmax = 512 mkmax = 1024
imax = 511 jmax = 511 kmax =1023
Start rehearsal measurement process.
Measure the performance in 3 times.

...
cpu : 37.734588 sec.
Loop executed for 354 times
Gosa : 3.960919e-04
MFLOPS measured : 84787.887420
Score based on Pentium III 600MHz using Fortran 77: 1023.513851
```

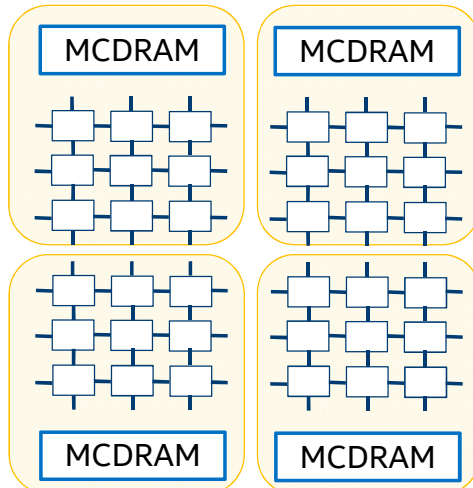
© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune は、アメリカ合衆国および / またはその他の国における Intel Corporation の商標です。* その他の社名、製品名などは、一般に各社の表示、商標または登録商標です。



56

Sub NUMA クラスタ

3. SNC-4 4ソケットのマシン(コア数は4分の1)として見える



```
$ numactl -H
available: 8 nodes (0-7)
node 0 cpus: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 64 65...
node 0 size: 24452 MB
node 0 free: 22976 MB
node 1 cpus: 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 80 ...
node 1 size: 24576 MB
node 1 free: 23698 MB
node 2 cpus: 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 96 ...
node 2 size: 24576 MB
node 2 free: 23843 MB
node 3 cpus: 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 112 ...
...
node 4 cpus:
node 4 size: 4096 MB
node 4 free: 3982 MB
node 5 cpus:
...
node 7 cpus:
node 7 size: 4096 MB
node 7 free: 3982 MB
```

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



57

MPI 版の姫野プログラムをハイブリッドに

```
370 integer,intent(in) :: nn
371 real(4),intent(inout) :: gosa
372 integer :: i,j,k,loop,ierr
373 real(4) :: s0,ss,wgosa
374 !
375 do loop=1,nn
376   gosa=0.0
377   wgosa=0.0
378 !$OMP PARALLEL DO SHARED (kmax,jmax,imax,nn,a,p,b,c,bnd,wrk1,wrk2) &
379 !$OMP PRIVATE (k,i,j,s0,ss) REDUCTION (+:wgosa)
380   do k=2,kmax-1
381     do j=2,jmax-1
382       do i=2,imax-1
383         s0=a(I,J,K,1)*p(I+1,J,K) &
384           +a(I,J,K,2)*p(I,J+1,K) &
385           +a(I,J,K,3)*p(I,J,K+1) &
386           +b(I,J,K,1)*(p(I+1,J+1,K)-p(I+1,J-1,K) &
387             -p(I-1,J+1,K)+p(I-1,J-1,K)) &
388           +b(I,J,K,2)*(p(I,J+1,K+1)-p(I,J-1,K+1) &
389             -p(I,J+1,K-1)+p(I,J-1,K-1)) &
```

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



58

ハイブリッド版のコンパイルと実行

```
$ mpiifort -g -O2 -qopenmp -xMIC-AVX512 -qopt-streaming-stores
always -qopt-streaming-cache-evict=0 himeno4.f90 -o hime4.avx

$ mpiexec.hydra -n 32 numactl -m 4,5,6,7 ./hime4.avx
...

The loop will be excuted in          449  times.
This will take about one minute.
Wait for a while.
Loop executed for          449  times
Gosa : 3.9046595E-04
MFLOPS:  112741.823597780          time(s): 35.9941120147705
Score based on Pentium III 600MHz : 1360.959
```

高速メモリーをプログラムから使用する方法 (F90)

```
module pres
  implicit none
  real(4),dimension(:, :, :),allocatable :: p
  !DEC$ ATTRIBUTES FASTMEM :: p
end module pres
!
module mtrx
  implicit none
  real(4),dimension(:, :, :, :),allocatable :: a,b,c
  !DEC$ ATTRIBUTES FASTMEM :: a,b,c
end module mtrx
!
```

高速メモリーをプログラムから使用する方法 (C)

```

...
#include <hbwmalloc.h>
...
Mat->m= NULL;
Mat->m= (float*)
    hbw_malloc(mnums * mrows * mcols * mdeps * sizeof(float));

return(Mat->m != NULL) ? 1:0;
}

void
clearMat(Matrix* Mat)
{
    if(Mat->m)
        hbw_free(Mat->m);
    Mat->m= NULL;
    Mat->mnums= 0;
}

```

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



61

KNL⁺ プログラミングのまとめ

項目	利用するツールなど	考察
1. スレッド化	OpenMP*	OpenMP* を使用してコア数× 4 のスレッドを活用
2. ベクトル化	SIMD pragma	インテル® AVX-512 により 512b の VPU を活用
3. ブロック化	(MPIによる分割)	
4. キャッシュ	クラスターモード	FLAT かキャッシュか? AllToAll, Quadrant, SNC4?
5. ファブリック	MPI	インテル® OPA などの高速ファブリックを利用
6. データレイアウト	メモリー階層	Numactl や FASTMEM, HBMMALLOC を利用

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。

† 開発コード名



62

LEGAL DISCLAIMERS

INFORMATION IN THIS DOCUMENT IS PROVIDED IN CONNECTION WITH INTEL PRODUCTS. NO LICENSE, EXPRESS OR IMPLIED, BY ESTOPPEL OR OTHERWISE, TO ANY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS IS GRANTED BY THIS DOCUMENT. EXCEPT AS PROVIDED IN INTEL'S TERMS AND CONDITIONS OF SALE FOR SUCH PRODUCTS, INTEL ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER AND INTEL DISCLAIMS ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY, RELATING TO SALE AND/OR USE OF INTEL PRODUCTS INCLUDING LIABILITY OR WARRANTIES RELATING TO FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, MERCHANTABILITY, OR INFRINGEMENT OF ANY PATENT, COPYRIGHT OR OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT.

Software and workloads used in performance tests may have been optimized for performance only on Intel microprocessors. Performance tests, such as SYSmark and MobileMark, are measured using specific computer systems, components, software, operations and functions. Any change to any of those factors may cause the results to vary. You should consult other information and performance tests to assist you in fully evaluating your contemplated purchases, including the performance of that product when combined with other products. For more information go to <http://www.intel.com/performance>

Relative performance is calculated by assigning a baseline value of 1.0 to one benchmark result, and then dividing the actual benchmark result for the baseline platform into each of the specific benchmark results of each of the other platforms, and assigning them a relative performance number that correlates with the performance improvements reported.

Intel does not control or audit the design or implementation of third party benchmarks or Web sites referenced in this document. Intel encourages all of its customers to visit the referenced Web sites or others where similar performance benchmarks are reported and confirm whether the referenced benchmarks are accurate and reflect performance of systems available for purchase.

Intel® Turbo Boost Technology requires a Platform with a processor with Intel Turbo Boost Technology capability. Intel Turbo Boost Technology performance varies depending on hardware, software and overall system configuration. Check with your platform manufacturer on whether your system delivers Intel Turbo Boost Technology. For more information, see <http://www.intel.com/technology/turboboost>

Intel processor numbers are not a measure of performance. Processor numbers differentiate features within each processor series, not across different processor sequences. See http://www.intel.com/products/processor_number for details. Intel products are not intended for use in medical, life saving, life sustaining, critical control or safety systems, or in nuclear facility applications. All dates and products specified are for planning purposes only and are subject to change without notice

Intel product plans in this presentation do not constitute Intel plan of record product roadmaps. Please contact your Intel representative to obtain Intel's current plan of record product roadmaps. Product plans, dates, and specifications are preliminary and subject to change without notice

Intel® Advanced Vector Extensions (Intel® AVX)* provides higher throughput to certain processor operations. Due to varying processor power characteristics, utilizing AVX instructions may cause a) some parts to operate at less than the rated frequency and b) some parts with Intel® Turbo Boost Technology 2.0 to not achieve any or maximum turbo frequencies. Performance varies depending on hardware, software, and system configuration and you can learn more at <http://www.intel.com/go/turbo>.

Any difference in system hardware or software design or configuration may affect actual performance

Copyright © 2016 Intel Corporation. All rights reserved. Intel, the Intel logo, Xeon, Xeon logo, Xeon Phi, and Xeon Phi logo are trademarks of Intel Corporation in the U.S. and/or other countries. All dates and products specified are for planning purposes only and are subject to change without notice.

*Other names and brands may be claimed as the property of others.

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



63

OPTIMIZATION NOTICE

Optimization Notice

Intel's compilers may or may not optimize to the same degree for non-Intel microprocessors for optimizations that are not unique to Intel microprocessors. These optimizations include SSE2, SSE3, and SSSE3 instruction sets and other optimizations. Intel does not guarantee the availability, functionality, or effectiveness of any optimization on microprocessors not manufactured by Intel. Microprocessor-dependent optimizations in this product are intended for use with Intel microprocessors. Certain optimizations not specific to Intel microarchitecture are reserved for Intel microprocessors. Please refer to the applicable product User and Reference Guides for more information regarding the specific instruction sets covered by this notice.

Notice revision #20110804

© 2016 Intel Corporation. 無断での引用、転載を禁じます。Intel、インテル、Intel ロゴ、Intel Experience What's Inside、Intel Experience What's Inside ロゴ、Intel Inside、Intel Inside ロゴ、Xeon、Xeon Inside、Intel Xeon Phi、Optane、3D XPoint、VTune 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。



64

