



ホワイトペーパー

NVIDIA Tegra K1

新時代のモバイル・コンピューティング

V1.0

目次

はじめに.....	3
NVIDIA Tegra K1 — 新時代のモバイル・コンピューティング	4
NVIDIA Kepler — 最先端 GPU がモバイルに対応	7
Tegra K1 の Kepler グラフィックス・アーキテクチャ	11
テッセレーション.....	12
バインドレス・テクスチャ.....	13
コンピュータ・シェーディング	14
Kepler による GPU の消費電力最適化機能	16
LightSpeed™テクノロジー — ハイパフォーマンス・メモリ・アーキテクチャ	17
Tegra K1 — 超一流のゲーム・プラットフォーム	18
デベロッパーを支える、世界トップクラスの開発ツール群	20
Tegra K1 — モバイル・プロセッサとして世界初、「Unreal Engine 4」ゲーム・エンジンをサポート... ..	21
Tegra K1 — 世界をリードするモバイル GPU コンピュート・アーキテクチャ.....	23
次世代のデュアル ISP コア	24
まとめ	25
文書改定履歴.....	27

はじめに

読書や電子メール、写真、ゲーム、SNS はもとより、新たなコンテンツの開発など、さまざまなアクティビティの中で、今や中心的な存在として活躍しているのが、スマートフォンやタブレット、ノート PC といったデバイスです。また、カーナビゲーションやインフォテイメント、運転支援などの各種システムでも、先進のビジュアル・コンピューティング機能が要求されており、近い将来、こうしたシステムは、大半の自動車に搭載されると考えられます。そのため、モバイル用途でのパフォーマンス・ニーズは高まっており、これに応えるべく、最近のモバイル・プロセッサでは、かつてないビジュアル体験を実現するものとして、最新のアーキテクチャをベースとした先進のマルチコア CPU や強力な GPU サブシステムが採用されています。

モバイル機器や自動車にとって、ビジュアル・コンピューティングはまさに、次に開拓すべき分野です。表現力豊かなグラフィカル・ユーザ・インターフェイス、迫真の 3D ゲーム、高解像度のディスプレイ出力、Web ページの高速レンダリング以外にも、次世代のモバイル・アプリケーションを実現する上で強力な GPU が必要不可欠な分野としては、ジェスチャーや物体の認識、モーション・トラッキング、コンピューティショナル・フォトグラフィ、拡張現実 (AR) などが挙げられます。こうした先進のビジュアル・コンピューティング・アプリケーションの場合、GPU には、極めて高いグラフィック性能や並列コンピューティング性能が求められるだけでなく、最新のグラフィックス API (アプリケーション・プロセッサ・インターフェース) やコンピュート API をサポートする必要があります。現在、カーナビゲーション・システムには、Google Earth の 3D レンダリングに対応した、大画面の高解像度スクリーンが採用されています。一方、運転支援システムは、オブジェクト追跡を行い、複数のビデオカメラ入力を組み合わせます。エンターテイメント・システムは、高品質の高精細 (HD) 動画を複数の画面に送信します。

モバイル・ゲーム業界は急成長を続けており、モバイル・ゲームのビジュアル品質についても、モバイル GPU サブシステムの世代交代ごとに向上しています。『Angry Birds』や『Temple Run』などのカジュアル・ゲームが高い人気を維持する一方で、『Dead Trigger 2』、『Infinity Blade 2』、『Horn THD』などのゲームは、最高のグラフィックスと没入感あふれるゲームプレイを実現しています。しかし、家庭用ゲーム機や PC ゲームに引けをとらないビジュアル品質や表現力豊かなゲーム体験をモバイル・ゲームで実現するには、モバイル・プロセッサの GPU には、相当優れたグラフィックス性能、OpenGL 4.4 や DirectX 11.2¹ といった最新の API 仕様のサポート、それでいてモバイル・デバイスとしての消費電力と放熱の規定範囲に収まる電力効率が要求されます。

NVIDIA の最新・最先端モバイル・プロセッサの **Tegra® K1** は、**NVIDIA Kepler™ GPU** アーキテクチャのパワーをモバイルに持ってきて、圧倒的なビジュアル・コンピューティング機能と電力効率のブレイクスルーを実現することで、モバイル・グラフィックスの現状を飛躍させるものです。Tegra K1 は、2 種類のピン互換版で提供されます。1 つ目のバージョンは、32 ビットのクアッドコア 4-PLUS-1 ARM

¹ Kepler は、Hardware Feature Level 11_0 で DX11.2 をサポートしている。詳細については、下記 URL を参照。http://nvidia.custhelp.com/app/answers/detail/a_id/3196/~/fermi-and-kepler-directx-api-support

Cortex A15 CPUを採用しています。もう1つは、NVIDIA 設計のカスタム版 **64 ビット・デュアル・スーパーコア CPU** を採用しています。この CPU(コード名「Denver」)は、非常に高いシングルスレッドおよびマルチスレッド性能を持っています。**ARMv8** アーキテクチャをベースとしており、ARM プロセッサ技術の伝統ともいえる、優れたエネルギー効率を 64 ビット・コンピューティングで実現します。両バージョンの Tegra K1 とも、192 コアの NVIDIA Kepler GPU によって、驚愕のグラフィックス機能とビジュアル・コンピューティング機能を実現します。

過去 20 年間にわたり GPU 業界を牽引してきた NVIDIA の Tegra K1 モバイル・プロセッサは、PC や家庭用ゲーム機にも引けをとらない次世代のモバイル・ゲーム、最新のユーザ・インターフェイス、先進のビジュアル・コンピューティング・アプリケーション、高解像度 4K ディスプレイで求められるパフォーマンスを達成しつつ、これらの機能をモバイル・デバイスに対応させるのに欠かせない、圧倒的な電力効率も兼ね備えています。

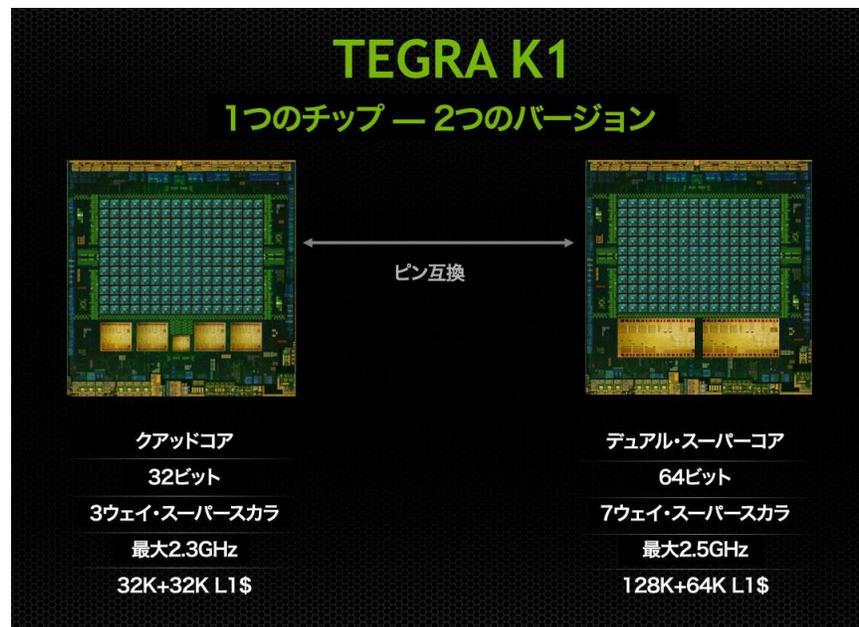


図 1 32 ビット版と 64 ビット版(ピン互換)で提供される Tegra K1

NVIDIA Tegra K1 — 新時代のモバイル・コンピューティング

NVIDIA は、モバイル・コンピューティング革命の先陣を切っており、モバイル・プロセッサのパフォーマンスと機能の水準を高め続けています。同社はこれまでも、世界初のデュアルコア・モバイル・プロセッサの Tegra 2、世界初の 4-PLUS-1 クアッドコア・モバイル・プロセッサの Tegra 3、世界初の 4-PLUS-1 クアッドコア Cortex A15 プロセッサの Tegra 4 を発売し、モバイル・プロセッサのグラフィックス性能の基準を高め続けてきました。モバイル・デバイスに NVIDIA Tegra モバイル・プロセッサを採用することで、快適なレスポンスや、Web ページの読み込み時間の短縮、表現力豊かなビジュアルを

備えたゲームプレイが得られるだけでなく、**4-PLUS-1™** CPU アーキテクチャや **PRISM** テクノロジー、**DirectTouch™** テクノロジーなどのイノベーションによって、バッテリーの長寿命化を図ることができます。

NVIDIA Tegra K1 モバイル・プロセッサの 32 ビット版と 64 ビット版は、モバイル・プロセッサの機能を飛躍的に進化させるものとしてゼロから設計されており、モバイル CPU、PC 並みのグラフィックス、ビジュアル・コンピューティング機能を搭載して、業界最高のスピードと電力効率を実現します。

本ホワイトペーパーでは、Tegra K1 の 32 ビット版を中心に取り扱います。Tegra K1 の 64 ビット版についての詳細は、今後のペーパーで取り上げる予定です。

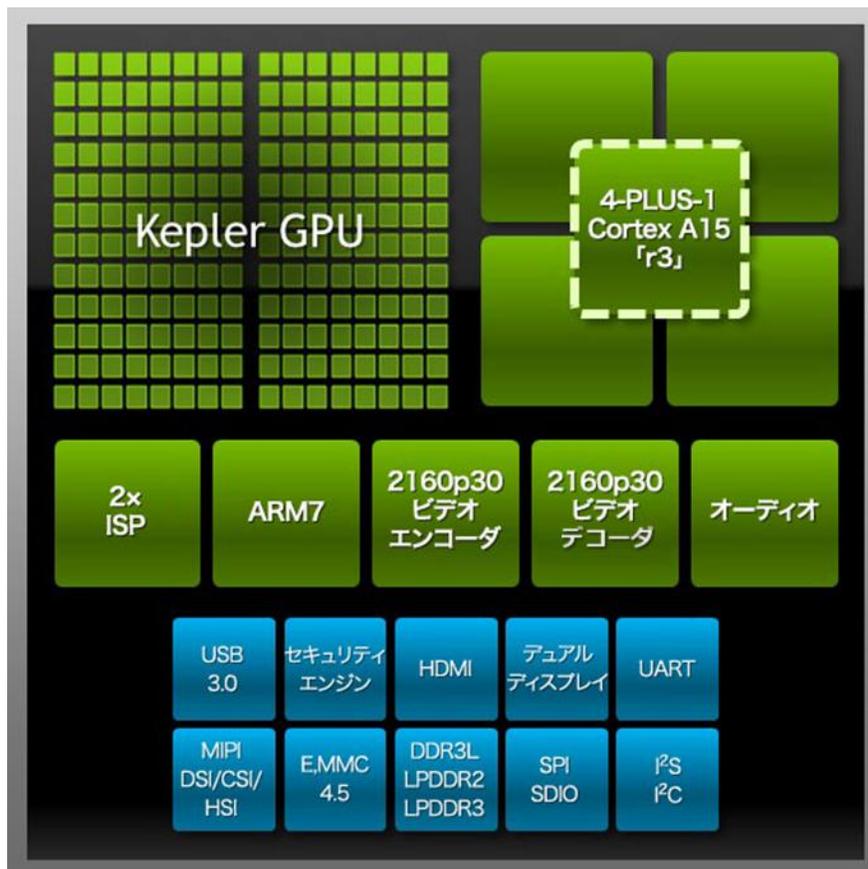


図 2 NVIDIA Tegra K1 モバイル・プロセッサ(32 ビット版)

以下は、Tegra K1 SoC(システム・オン・チップ)アーキテクチャの主要機能の一部です。

- **4-PLUS-1 Cortex A15 “r3”** CPU アーキテクチャ: 旧世代の製品に比べて、パフォーマンスと電力効率が向上
- **Kepler GPU アーキテクチャ:** 192 基の CUDA コアを活用し、先進のグラフィックス機能、NVIDIA CUDA 6 のサポートによる GPU コンピューティング、電力効率の飛躍的な向上、次世代のゲームやビジュアル・コンピューティング・アプリケーションに要求されるパフォーマンスを実現

- **デュアル ISP コア**: 1.2 ギガピクセルの raw 処理能力を誇り、最大 100 メガピクセルのカメラ・センサをサポート
- **先進のディスプレイ・エンジン**: 4K のローカル・ディスプレイと 4K 外部モニタ(HDMI 経由)の両方を同時に駆動可能
- **TSMC の 28 nm HPM プロセス**: 圧倒的なパフォーマンスと電力効率を実現

NVIDIA Tegra 4 は、モバイル・プロセッサとして初めて、4-PLUS-1 クアッドコア ARM Cortex A15 CPU アーキテクチャと**バリエーション対称型マルチプロセッシング (vSMP)**テクノロジーを採用しています。パフォーマンス負荷の高いタスクの場合、クアッドコア A15 CPU クラスタの高パフォーマンスをインテリジェントに活用します。一方、低パフォーマンスのタスク処理の場合、消費電力の最適化された「バッテリー・セーバー」A15 CPU コアに切り替えることで、バッテリー駆動時間を伸ばします。NVIDIA の vSMP テクノロジーと、そのメリットに関する詳細は、[こちら](#)をご覧ください。

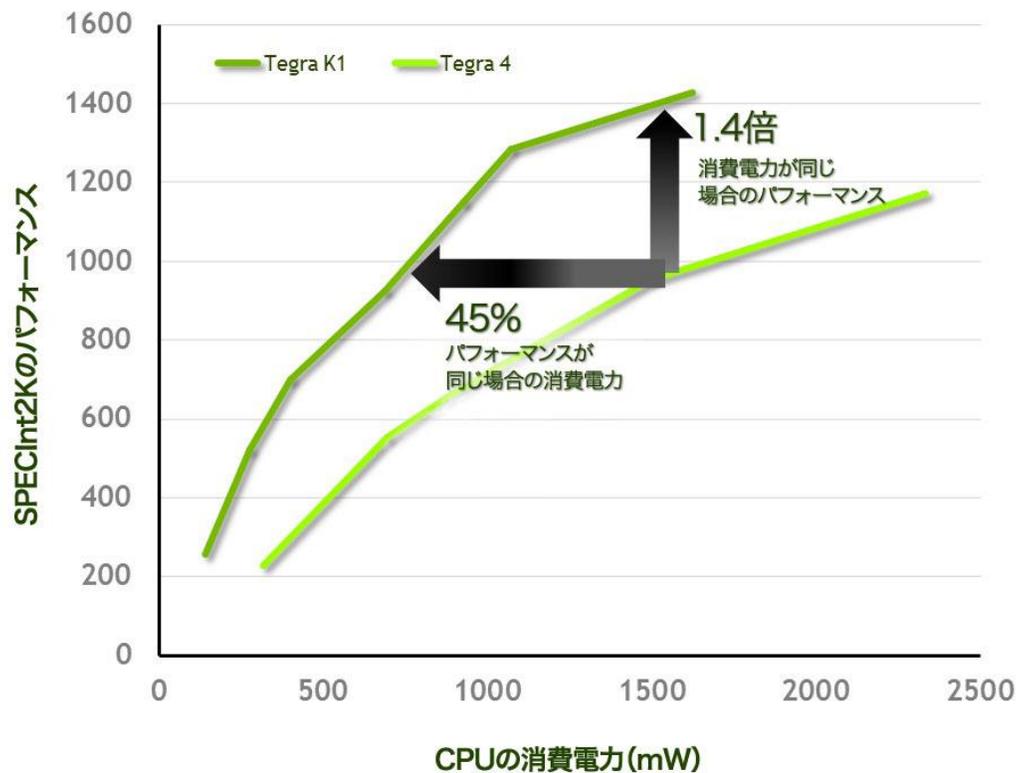


図 3 CPU のパフォーマンスと電力効率を向上させる Tegra K1²

² 消費電力とパフォーマンスは、Tegra K1(32ビット版)と Tegra 4 の開発システムを使用し、Specint2K ベンチマークを実行して測定

Tegra K1 に採用されている 4-PLUS-1 クアッドコア A15 CPU アーキテクチャでは、パフォーマンスと電力効率のさらなる最適化を図ることで、Tegra 4 と同じ CPU パフォーマンスを半分の消費電力で達成できます。Tegra K1 は、Tegra 4 と比べて電力効率に優れており、Tegra 4 と同じ消費電力の場合、CPU パフォーマンスは約 40% 向上します。

Tegra K1 は、モバイル・プロセッサとして初めて、ARM Cortex A15 CPU アーキテクチャの最新版 (r3p3) を採用しており、さまざまな側面から、パフォーマンスと消費電力の最適化が図られています。さらに、Tegra 4 で得られたノウハウと 28nm HPM プロセスの利用による ASIC レベルの最適化によって、Tegra K1 は圧倒的な CPU パフォーマンスと電力効率を実現します。

NVIDIA Kepler — 最先端 GPU がモバイルに対応

これまでに開発されたプロセッサの中でも極めて複雑な部類に入る GPU は、最先端のコンピュータ・グラフィックスと省エネルギー・コンピューティングを支える原動力となっています。NVIDIA の最新の GPU アーキテクチャ (コード名「Kepler」) は、世界最先端の GPU アーキテクチャであり、最高の処理速度と電力効率を誇るゲーム機、ワークステーション、スーパーコンピュータ、クラウド・ゲーム・サーバなどに採用されています。

Kepler ベースの GPU である、GeForce® GTX™ Titan と同 GTX 780M はそれぞれ、世界最高峰のパフォーマンスを誇るゲーム用のデスクトップ PC とノート PC を支える原動力となっており、『Crysis 3』、『Assassin's Creed IV: Black Flag』、『Batman: Arkham Origins』などのゲームで、最先端のグラフィックス性能を発揮します。Kepler ベースの NVIDIA Quadro® K6000 GPU は、3D ビジュアライゼーション・設計、医療用画像処理、映画の特殊効果など、科学・エンジニアリング関連の各種用途を対象に、ハイパフォーマンス・ワークステーション・システムに広く採用されています。

ハイパフォーマンス・コンピューティング (HPC) 用途を対象とした、Kepler ベースの NVIDIA Tesla® GPU は、オークリッジ国立研究所の「Titan」など、世界トップクラスの高速スーパーコンピュータに加えて、イタリアの Cineca スーパーコンピューティング・センターの「Eurora System」など、最高の電力効率を誇るスーパーコンピュータにも採用されています。このほか、Kepler ベースの Tesla GPU は、世界各国の多数の科学研究者、エネルギー・エンジニア、金融アナリストによって、個人やワークグループの HPC システムでも使用されています。

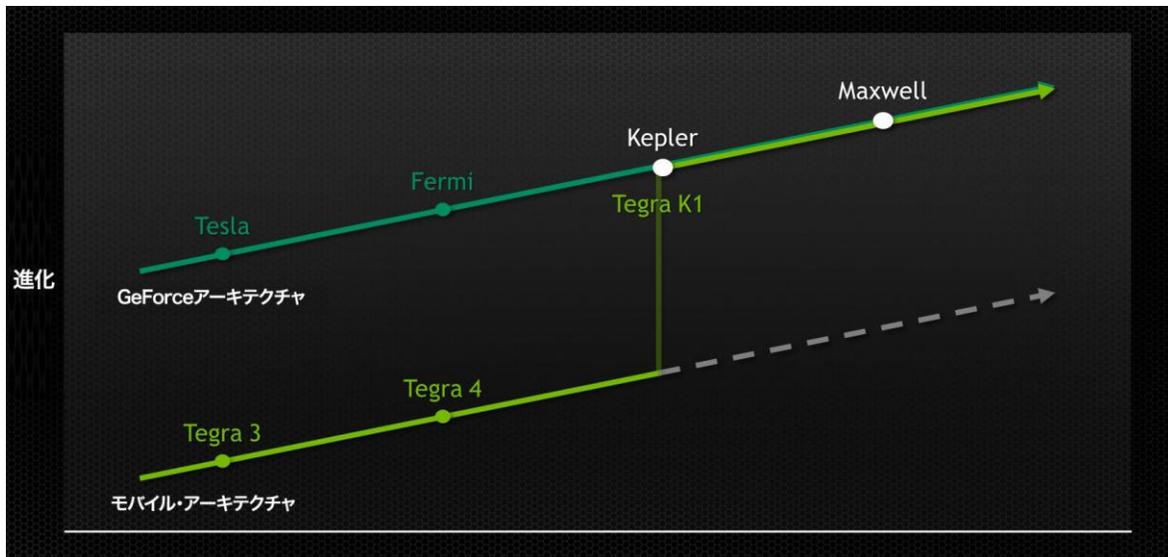


図 4 Tegra K1 のモバイル版 Kepler が、デスクトップ PC 並みのグラフィックス・アーキテクチャをモバイルで実現

Tegra K1 の Kepler GPU は、これらのハイエンド・システムに採用されているものと同じ、パフォーマンスとエネルギー効率に優れた Kepler GPU アーキテクチャをベースとしており、モバイル用途のグラフィックスとコンピューティングで、業界に飛躍的な進化をもたらしています。Kepler は、モバイル・ゲーム分野でも最先端のグラフィックスを実現し、すべての GPU コンピュート API をサポート可能な、初の現代的なモバイル GPU です。

Kepler アーキテクチャの主な特長としては、パフォーマンスと電力効率を高める **ストリーミング・マルチプロセッサ (SMX)**、テッセレーション性能を高める **Polymorph Engine v2.0**、最大 100 万の同時テクスチャと効率化を実現する **バインドレス・テクスチャ**、スムーズなビジュアルと高パフォーマンスを実現する **FXAA™** と **TXAA™** のアンチエイリアス技術のほか、衝突や爆発、水、煙など、迫真的な効果を表現する **PhysX™**、次世代の 4K ディスプレイに対応した、新型ディスプレイ・エンジンが挙げられます。Kepler アーキテクチャに関するホワイトペーパー「[NVIDIA GeForce GTX 680](#)」「[NVIDIA's Next Generation CUDA Compute Architecture](#)」では、これらの特長とメリットについて、詳細な説明をご覧ください。

さらに Kepler は、OpenGL 4.4、DirectX 11.2、CUDA™ 6³などの主要 API 規格をサポートする最初のモバイル GPU になります。

	TEGRA K1 Kepler グラフィックス	GEFORCE TITAN
OpenGL ES 3.0	✓	✓
OpenGL 4.4	✓	✓
DX11	✓	✓
テッセレーション	✓	✓
CUDA 6.0	✓	✓

図 5 Tegra K1 の Kepler GPU は、最も強力なデスクトップ・ゲーム用 GPU と同じ機能をサポート

Kepler GPU は、デスクトップ製品と同じグラフィックス機能、充実の API、コンピュータ・アーキテクチャを採用しつつも、モバイル用途向けに、消費電力のさらなる最適化が図られています。

Tegra K1 の Kepler GPU は、コンピューティングとコンピュータ・グラフィックスの歴史の中でも記念すべき大きな出来事であり、モバイル・ビジュアル・コンピューティング分野では、革命的な変革を推し進めるものとなります。



図 6 Kepler は、モバイル・グラフィックス分野の飛躍的進化



図 7 Tegra K1 によって、モバイル・デバイスでも、かつてない迫真的なビジュアルが実現

Tegra K1 の Kepler グラフィックス・アーキテクチャ

Tegra K1 の Kepler GPU のアーキテクチャは、ハイエンド・システムで使用されている Kepler GPU アーキテクチャとほぼ同一の仕様ですが、電力消費を抑制して業界最高のモバイル GPU パフォーマンスを発揮できるよう、モバイル・システム用途向けにさまざまな最適化が施されています。デスクトップ、ワークステーション、スーパーコンピュータで使用される、最高クラスの Kepler GPU の場合、最大 2,880 個の単精度浮動小数点 CUDA コアが採用されており、その消費電力は数百ワットですが、Tegra K1 の Kepler GPU は、192 基の CUDA コアで構成されており、消費電力は 2 ワット未満です⁴。注目すべき事実として、Tegra K1 Kepler GPU のコア数は、わずか数年前なら、エントリーレベルからメインストリームのデスクトップ GPU のコア数をも上回るものとなっています。

Kepler アーキテクチャは、グラフィックス・プロセッシング・クラスタ(GPC)、ストリーミング・マルチプロセッサ(SMX)、メモリ・コントローラで構成されます。例えば、デスクトップ向けの GeForce GTX 680 GPU をベースとする Kepler は、4 つの GPC、8 つの SMX、4 つのメモリ・コントローラで構成されます。Tegra K1 の Kepler GPU は、1 つの GPC、1 つの SMX ユニットとメモリ・インターフェイスで構成されます。Tegra K1 GPU には、4 つの ROP と ROP とメモリ・インターフェイス間の 128KB L2 キャッシュが採用されています。

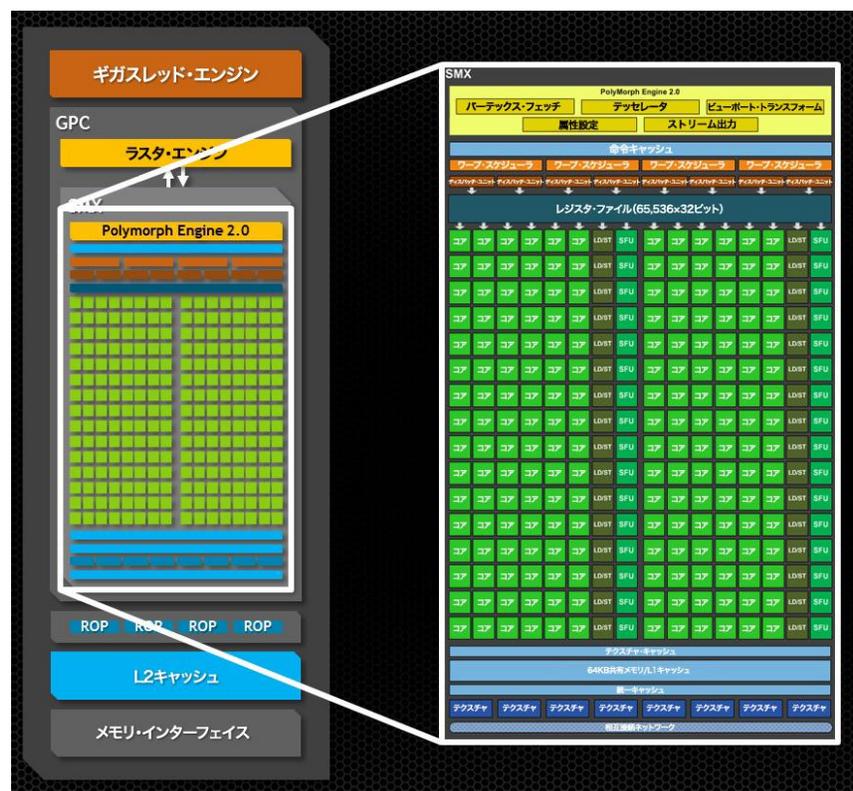


図 8 Tegra K1 の Kepler GPU 全体(左)と Kepler の SMX ユニット(右)

⁴ 一連の人気モバイル・ゲームをプレイしつつ、GPU パワーレール上で測定された平均消費電力

Tegra K1 の Kepler GPU は、Hardware Feature Level 11_0 で DX11.2 API(デスクトップ版 Kepler GPU と同様)、最新の OpenGL 4.4 規格、NVIDIA CUDA 6 をサポートしており、テッセレーション、バインドレス・テクスチャ、グローバル・イルミネーション、ディファード・レンダリング、先進のポスト・プロセッシングなど、さまざまな主要機能を実現することで、モバイル・ゲームのグラフィックスに革命を起こします。

テッセレーション

テッセレーションは、OpenGL 4.x と DirectX 11.x の主要機能であり、PC ゲームの 3D グラフィックス に深く影響を与え、PC ゲームの視覚的なリアルさの水準を押し上げ、ほとんど映画のようなレベルまで引き上げました。モバイル版 Kepler GPU は、モバイル GPU として初めて、ハードウェア・テッセレーションをサポートし、モバイル・ゲームやモバイル・アプリケーションに、画期的なジオメトリ複雑度と、迫真的なビジュアルをもたらします。テッセレーションの動作に関する詳細は、[こちら](#)をご覧ください。テッセレーションを使用することで、地形やキャラクターモデル、環境のディテールは際立ちます。

OpenGL4.x の場合、ハードウェア・ベースのテッセレーションによって、任意のシーンのユーザ視点に基づき、GPU は動的に追加のポリゴン生成します。これとは対照的に、OpenGL ES 2.0 の場合、ハードウェア・ベースのテッセレーションと同じビジュアル品質やディテールを実現するには、最大 50 倍のポリゴンをプリレンダリングする必要があります。OpenGL ES2.0 で、これらのポリゴンを追加でレンダリングすることは、パフォーマンス上の負荷が高い上に、消費電力の面でも非効率です。

OpenGL4.x ベースのハードウェア・テッセレーションを Kepler がサポートすることで、よりディテールに富んだシーンを、大幅に高いフレームレートで、消費電力を抑えながら再現できるのです。

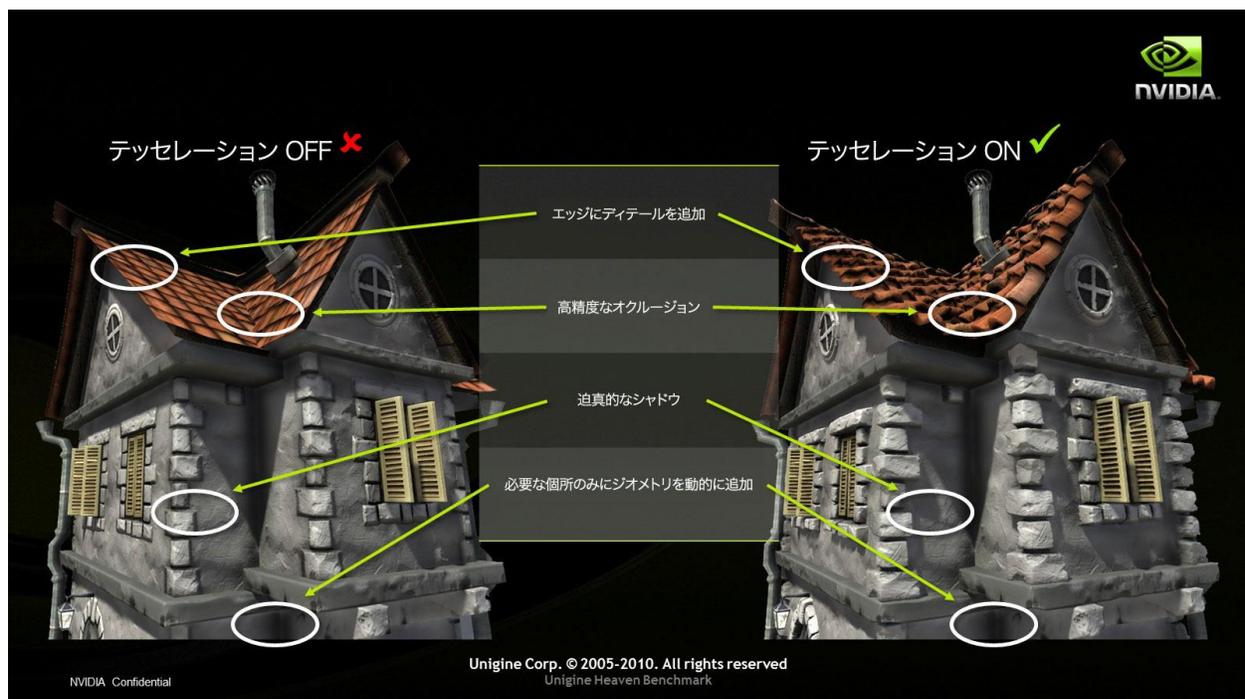


図 9 テッセレーションによって、ディテール、深み、迫真性を付与

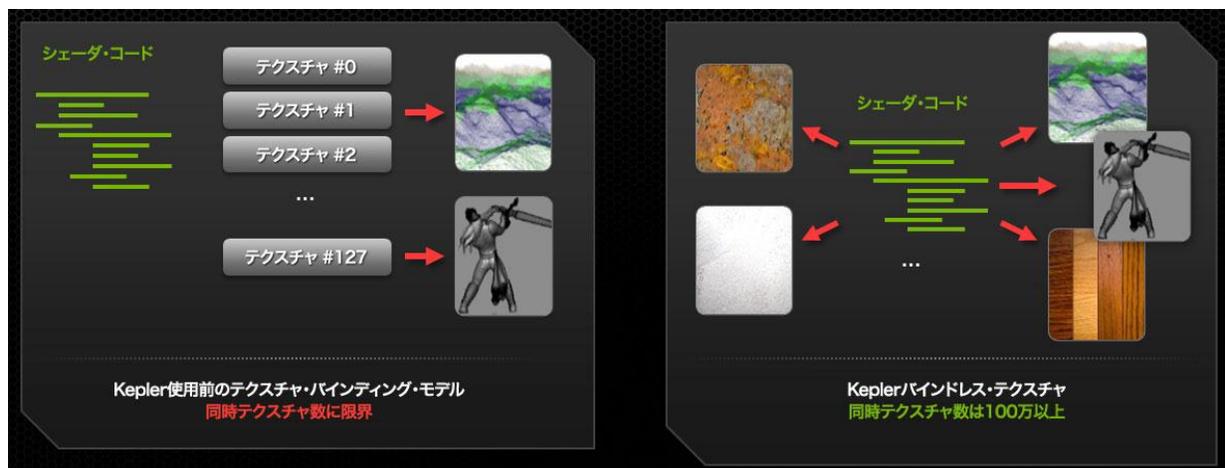


図 10 テッセレーションによる、水と地形の迫真的な表現

バインドレス・テクスチャ

従来型の GPU アーキテクチャでは、GPU でテクスチャを参照する際、テクスチャは固定サイズのバインディング・テーブルの「スロット」に割り当てられる必要がありました。そして、最終的には、このテーブルに用意されたスロットの数によって、シェーダがランタイム時に読むことのできるテクスチャの数が制限されます。

そこで、Kepler のバインドレス・テクスチャを使用することで、シェーダは、メモリ内でテクスチャを直接参照できるため、バインディング・テーブルは不要になります。これによって、シーンのレンダリングに使用可能なテクスチャの数に対する制限を、効果的に排除できます。結果、より多種多様なテクスチャ素材を使用し、ゲーム内で使用されるテクスチャのディテールを向上させることができます。バインドレス・テクスチャのもう 1 つのメリットとして、ドライバとアプリケーションのオーバーヘッドを軽減し、CPU 利用率を抑えられます。



コンピュータ・シェーディング

コンピュータ・シェーディングは、テッセレーションと並ぶ OpenGL 4.3/4.4、DirectCompute、CUDA の主要機能であり、先進のグラフィックス・エフェクトをゲームや 3D アプリケーションで表示する際に効果を発揮します。バーテックス・シェーディングやピクセル・シェーディングなど、入力セットが明確に定義されている他のシェーダ・ステージとは異なり、コンピュータ・シェーディングは、恣意的な情報の演算に使用されます。コンピュータ・シェーディングは、帯域効率と電力効率が非常に優れています。CUDA、DirectCompute、OpenCL といった、他の並列プログラミング・システムと同様、OpenGL 4.3/4.4 のコンピュータ・シェーダは、並列性を自然に示しており、非常に GPU 重視の機能です。

コンピュータ・シェーダは主に、粒子物理効果、リアルな流体挙動、群衆シミュレーション、グローバル・イルミネーションなど、さまざまな先進のグラフィックス・エフェクトや、エッジ・シャープニング、各種アンビエント・オクルージョン、ブラー、被写界深度など、多くのポスト・プロセッシング・エフェクトの表現に使用されます。

コンピュータ・シェーディングは、よりリアルなライティング効果を実現する重要なグラフィック効果であるグローバル・イルミネーションで使用されます。グローバル・イルミネーションは、シーン内の直接的な光だけではなく、シーン内の他の表面から反射される光線も考慮します。OpenGL のコンピュータ・シェーディングは、複雑な演算を処理することで、反射・屈折・吸収と、さまざまな特性を持つ表面を反射する光線を考慮します。さらに、グローバル・イルミネーションとアンビエント・オクルージョンによって、非常に深く、豊かな表現をシーンに加えることができます。



図 12 コンピュータ・シェーディング・ベースのグローバル・イルミネーション効果が、豊かで深い表現をシーンに付与

シーンの主要な「3D」レンダリングが完了した後に適用される高度なポスト・プロセッシングにコンピュータ・シェーディングを使用することで、より高度な効果を生成できます。例えば、映画制作で使用され

るものに近い、三重対角ソルバを使用することで、より迫真的な被写界深度エフェクトを生成することができ、低水準の技術を使用した際に一般的な不明瞭な表示やカラー・ブリーディングを起こしません。

「NVIDIA Faceworks」グラフィックス・デモは、テッセレーション、グローバル・イルミネーション、ポスト・プロセッシング、サブサーフェス・スキヤタリングなど、先進のグラフィックス・エフェクトが実現する、迫真的なビジュアルと豊かな表現力を分かりやすく説明するために作成されたものです。

「NVIDIA Faceworks」デモでは、モバイル・ゲームで実現可能になった、迫真的なグラフィックスを垣間見ることができます。「Faceworks」デモは本来、NVIDIA GeForce TITAN GPU の機能を紹介するために作成されたものです。Tegra K1 の Kepler GPU が、より強力なデスクトップ版 Kepler GPU と同じアーキテクチャ上の機能を持っているため、このデモのモバイルへの移植が可能なのです。一部の機能については、デスクトップ版から縮小されているものの、Tegra K1 の Kepler GPU は、テッセレーション、ジオメトリ・シェーダ、コンピュート・シェーダ、TXAA などの OpenGL 4.x の機能やポスト・プロセッシング効果を活用しており、生きているかのような人の顔をレンダリングすることができます。



モバイル SoC ベースの現行 OpenGL 3.0 ES によるグラフィックス



OpenGL 4.x を使用した、Tegra K1 の革命的なグラフィックス

図 13 Tegra K1 の革命的なグラフィックスが、圧倒的にリアルなグラフィックスを実現

Kepler による GPU の消費電力最適化機能

Tegra K1 Kepler GPU アーキテクチャは、高パフォーマンスだけでなく、効率的な電力利用の点でも最適化が図られています。デスクトップ版と同じ高電力効率設計を採用しつつ、さまざまな面で新たな最適化が図られており、アクティブな使用状態とアイドル状態の両方で、消費電力を極めて低水準に抑えることができます。電力効率を高める主要機能としては、階層型オンチップ Z カル、プリミティブ・カリング、早期 Z カリング、テクスチャ・Z・色圧縮や、消費電力の高いオフチップ・メモリへのアクセスを大幅に抑制する大容量の統合 L2 キャッシュなどが挙げられます。

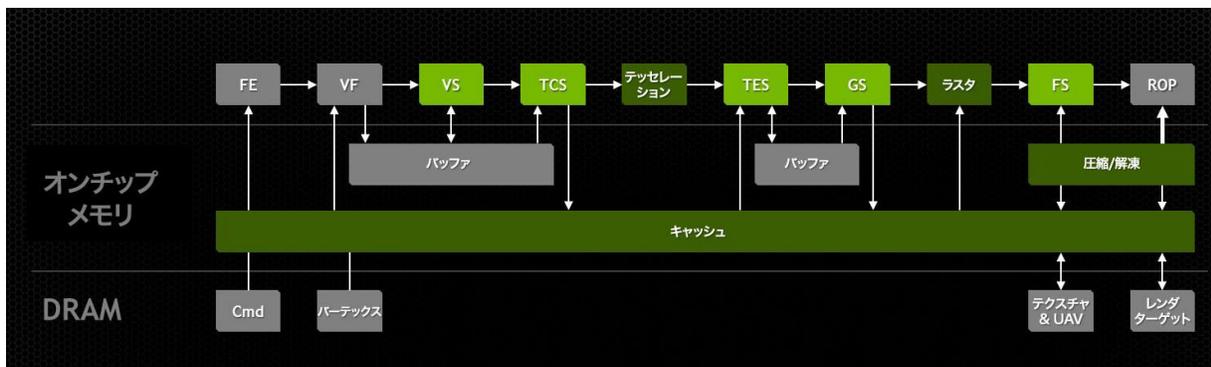


図 14 オンチップ統合 L2 キャッシュ(横長・深緑色の「キャッシュ」と書かれた長方形)によって、オンチップ・メモリへのアクセスが抑制され、電力効率が向上

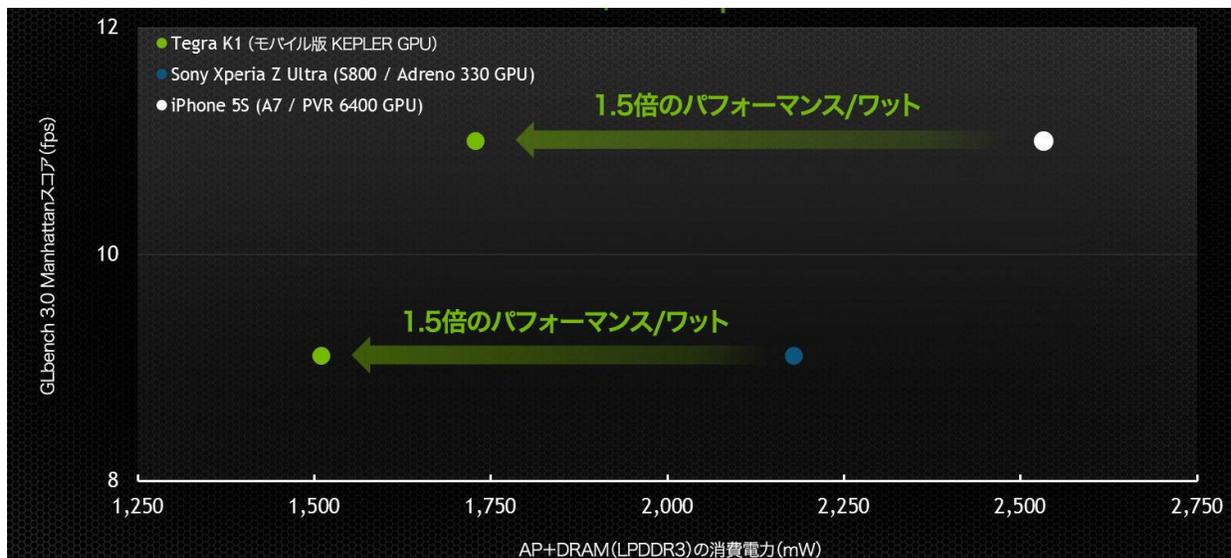


図 15 Tegra K1 の場合、競合する SoC と同じピーク時パフォーマンスが得られる構成でも、消費電力は大幅に低い⁵ (縦軸がパフォーマンス、横軸が消費電力)

⁵ GFXbench 3.0 GL Gold, Manhattan テスト、1080p のオフスクリーン解像度で測定したデータに基づく

LightSpeed™テクノロジー — ハイパフォーマンス・メモリ・アーキテクチャ

Tegra K1 の Kepler GPU は、3つのテクスチャ圧縮規格(DXT、ETC、ASTC)すべてをサポートしています。オフチップ・メモリのトラフィックと消費電力を同時に削減できるという意味で、圧縮技術の果たす役割は重要です。Android のユーザ・インターフェイスや Web ブラウザなど、ゲーム以外のアプリケーションの場合でも、Tegra K1 Kepler GPU で使用されているフレーム・バッファ圧縮技術を使用することで、大半のケースでは、消費電力は 40~70%削減されます(NVIDIA エンジニアリング部門の測定)。

NVIDIA LightSpeed フレーム・バッファ圧縮テクノロジーは、NVIDIA のデスクトップ/モバイル GPU を対象に、この数年間で開発・改良されたもので、消費電力の高いオフチップ・メモリへのアクセスを抑制することで、メモリ帯域幅と電力利用の低減で、極めて高い効果を発揮します。NVIDIA LightSpeed テクノロジーは、Tegra 4 と比べて Tegra K1 向けに最適化と改良が進んでおり、モバイル・ユーザ・インターフェイスにとって非常に効果的です。例えば、LightSpeed のロスレス圧縮は、Android UI のバックグラウンド・レイヤー、Android アプリケーション・メニューのアイコン・レイヤー、さらには Web ブラウザのウィンドウ内で表示されるコンテンツにも使用されています。LightSpeed テクノロジーは、オフチップ・システム・メモリへのアクセスを低減し、メモリ帯域幅を約 40~70%抑えることで、消費電力を大幅に削減します。



図 16 LightSpeed のロスレス圧縮によって、利用可能な帯域幅が向上し、電力消費が抑えられる

上記の省電力アーキテクチャ機能に加えて、Tegra K1 Kepler GPU には、さまざまなローレベル最適化機能が採用されており、アイドル状態の消費電力と動的な電力消費がともに抑えられます。レール・ゲーティング、パワー・ゲーティング、クロック・ゲーティングなどの機能は、アイドル状態にある GPU コアのブロックを特定し、クロックと電圧ソースをオフにすることで、これらブロックのアイドル時の電力消費を抑制します。GPU コア内のアクティビティ形態を定義することで、電力管理アルゴリズムは、クロック・ゲーティングやクロック周波数の抑制を動的に行い、動的電力消費を抑制できます。また、データ・パスとインターコネクットのルーティングを最適化することで、電力消費をさらに抑制できます。

Tegra K1 — 超一流のゲーム・プラットフォーム

モバイル・ゲームは現在、急成長段階にあり、現在のペースが続いとすると、2015年には、モバイル・ゲームの売上高は、PCゲームや家庭用ゲーム機のそれをも上回るようになります。実際、Google Play Storeの売上高の約74%はゲーム・アプリによるものであり⁶、調査結果によると、一般消費者向けタブレットの使用時間の約70%は、ゲームプレイに費やされています⁷。デベロッパーは目下、急成長するモバイル・ゲームへの対応を進めており、PCや家庭用ゲーム機よりも多くの時間をモバイル・デバイス向けゲームの開発に費やしています。

モバイル・ゲームの売上高の急成長を実感しつつ、デベロッパーは、先進のグラフィックス効果、豊かで魅力を増したストーリーライン、没入感を伴うゲームプレイ体験を特長とする、モバイル機器向けゲームの展開に着手しています。こうしたゲームを開発するには、膨大な技術的マンパワーと、ゲームの開発ツール、複雑なゲーム・エンジンのほか、強力なだけでなく先進のグラフィックスAPIと機能セットにも対応したグラフィックス・エンジンが必要です。

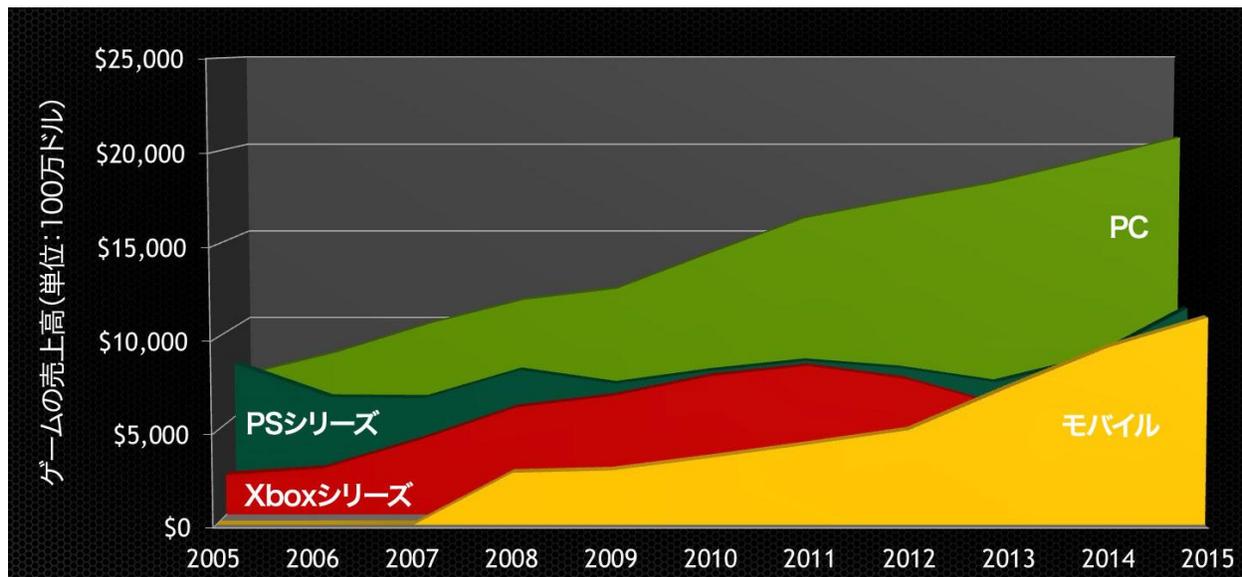


図 17 モバイル・ゲームの売上高は急上昇中⁸

PCや家庭用ゲーム機のプラットフォームは、明確に定義された開発ツール、強力なゲーム・エンジン、DX11.xやOpenGL4.xなどの定評あるAPIに支えられています。これらは、ゲーム・デベロッパーの間で十分な知識が構築されており、一方のプラットフォームでゲームを開発することも、開発後に他のプラットフォームに移植することも容易です。

⁶ App Annie社による、Google Playの2012年12月の米国での売上高に関する報告

⁷ Flurry Analytics社の報告書

⁸ DFC社の報告データ

一方、モバイル・プラットフォームの場合は、さまざまな理由により、先進のゲームを開発することも、既存の家庭用ゲーム機/PC 用ゲームをモバイル・アーキテクチャに移植することも、困難となります。第一の理由として、モバイル・ゲーム・プラットフォームは、家庭用ゲーム機や PC と比べ、グラフィックス性能の面で制約があります。次に、モバイル SoC は現在、OpenGL ES2.0 や ES 3.0 と呼ばれる、比較的旧式のモバイル特化型グラフィックス API をサポートしていますが、これらは、DX11.x や OpenGL4.4 に採用されている、ハードウェア・テッセレーション、ジオメトリ・シェーダ、コンピュータ・シェーダなどの先進機能をサポートしていません。最後に、強力なゲーム・エンジン、先進のデバッグ/プロファイラ、ビジュアル・エフェクトや物理効果による充実のライブラリといった、PC や家庭用ゲーム機向けには存在するゲーム開発エコシステムが、モバイル・ゲームには存在しないのです。

下記に詳述する通り、Tegra K1 は、モバイル・プロセッサとして初めて、極めて一般的評価の高い「Unreal Engine 4 (UE4)」ゲーム・エンジンをサポートしており、最先端 PC 並みのゲームを、モバイルへと容易に移植できます。

Kepler GPU コアを採用した Tegra K1 は、シェーダのピーク時 GFLOP と CPU の総処理能力が Xbox 360 や PS3 よりも優れているだけでなく、より高度な OpenGL4.4 と DX11.2 API もサポートしています。これらは、GeForce GTX 780 など、エンスージアスト級のゲーム用 GPU で採用されているもので、結果として、パフォーマンスやグラフィックス機能セットの障害がなくなっています。より強力なデスクトップ版 GPU と同じグラフィックス API とレンダリング・パイプラインをサポートすることで、開発者は、家庭用ゲーム機や PC のプラットフォーム上でゲームを開発し、同じコードベースを使用して Tegra K1 を搭載したモバイル・プラットフォームに作品を移植するといったことが可能になりました。ハイエンド・デスクトップ版 GPU 向けのゲームの場合、Tegra K1 を搭載したモバイル機器上で実行させるためにある程度パフォーマンスのプロファイリングや機能のチューニングが必要になるかと思いますが、Xbox 360 や PS3 のタイトルの大半については、最小限の労力で、Tegra K1 デバイスへと容易に移植することができ、同等のビジュアル品質とゲームプレイを楽しむことができます。

	Xbox360	PS3	Tegra K1
GPU の対応 API	DX9	DX9	DX11
GPU の処理能力	240	192	365
CPU の処理能力	3600	1200	5612
消費電力	100W	100W	5W

図 18 Tegra K1 は、現行世代の家庭用ゲーム機と比べても、グラフィックス処理能力は格段に高い⁹

⁹ GPU の処理能力は、各プラットフォームのフラグメント・シェーダのピーク時 GFLOPS に基づく。PS3 の GPU-Cell154 GFLOPS FP32 は含まず。CPU の処理能力は、Specint2K パフォーマンスに基づく。Xbox 360 と PS3 のピーク時の GFLOPS および Specint2K パフォーマンスは、±20%の許容誤差を含む推定値。PS3 の CPU 演算能力の計算には、SPU は含まない



図 19 Tegra K1 搭載デバイスで、PC や家庭用ゲーム機向けのゲームをプレイ

デベロッパーを支える、世界トップクラスの開発ツール群

Tegra K1 Kepler GPU は、強力なデスクトップ版 GPU で使用されているものと同じ、デスクトップ版 Kepler GPU をベースとしており、過去数年間にわたって、デスクトップ版 GPU 向けに開発・最適化されてきた、充実のデベロッパー・ツールセット、ゲーム・ライブラリ、デバッグ・ソフトウェア、プロファイリング・ツールを実行することができます。

NVIDIA GameWorks リサーチ・グループは、世界トップクラスのグラフィックス・サイエンティストやエンジニア 300 人以上で構成されており、芸術と科学、両方の視点に立ちながら、最新の強力なビジュアル・エフェクト・ライブラリ、開発ツール、新たなグラフィックス・アルゴリズム、ゲーム・エンジンの最適化、SDK の開発に従事しています。NVIDIA GameWorks グループの開発する技術は、今後も、ゲームの迫真的なビジュアルを強化するとともに、世界トップクラスのゲーム開発を実現するための最新のツールキットによって、ゲーム・デベロッパーを支援していきます。GameWorks ツールによって、GeForce、Quadro、Tesla、Tegra の各種プラットフォームを対象に、シームレスな開発環境が整います。

NVIDIA のゲームに関する財産と、グラフィックス/ゲーム分野での 20 年以上の経験は、モバイル分野でも他社の追従を許さないものとなっています。同社はこれまで、主要なゲーム・エンジン・デベロッパーのすべてと長期にわたる関係を構築しており、主要ゲーム・エンジンのすべてについて、欠かせない技術パートナーとなっています。NVIDIA は、人気ゲーム・エンジンのソース・コードへのアクセス権を持っており、NVIDIA GPU 上でより効率的に実行できるよう、こうしたエンジンのコード・ベースを定期的に公開しています。Epic 社の「Unreal Engine 4」、「Unity」、「Frostbite」、「CryEngine 3」、「id Tech」、「Source」など、人気のゲーム・エンジンは、NVIDIA Kepler GPU アーキテクチャ上での実行を念頭に最適化が図られており、NVIDIA Tegra K1 では、より効率的な動作が可能となります。



図 20 GeForce から Tegra K1 までを対象とする、NVIDIA の開発ツール

Tegra K1 —モバイル・プロセッサとして世界初、「Unreal Engine 4」ゲーム・エンジンをサポート

「Unreal Engine 4 (UE4)」は、圧倒的人気を誇る Epic 社のゲーム・エンジンの最新版です。2014 年には、この UE4 をベースとする PC や家庭用ゲーム機のゲームが幅広く発売される予定です。UE4 によって、先進のライティング効果のほか、ブルームやカメラ効果、被写界深度、PhysX 向けの完全なポスト・プロセッシング・パイプラインと、その他 OpenGL4.4/DX11 の多数の機能を活用したゲームを開発できます。Tegra K1 の Kepler GPU は、コンピュータ・シェーダ、ジオメトリ・シェーダ、複数のレンダ・ターゲット、キューブ・マップ・アレイなど、「Unreal Engine 4」の実行に欠かせない要機能すべてに対応しています。NVIDIA と Epic 社の緊密な技術提携と、最新のデスクトップ版グラフィックス機能セットに Kepler が対応していることで、Epic 社は、Tegra K1 搭載の開発プラットフォーム上で、UE4 を難なく稼働させることができました。

「この革命的なプロセッサの投入により、PC やハイエンドの据置機向けのどんなタイトルでも、移植し、Tegra 上で実行できます。今後は、パフォーマンスや機能の点で、モバイル・ゲームと PC 向けハイエンド・ゲームの差は縮まり続け、プラットフォーム間の差は極めて曖昧になると思います」-Epic Games 社および Unreal Engine の創業者、ティム・スウィーニー (Tim Sweeney) 氏

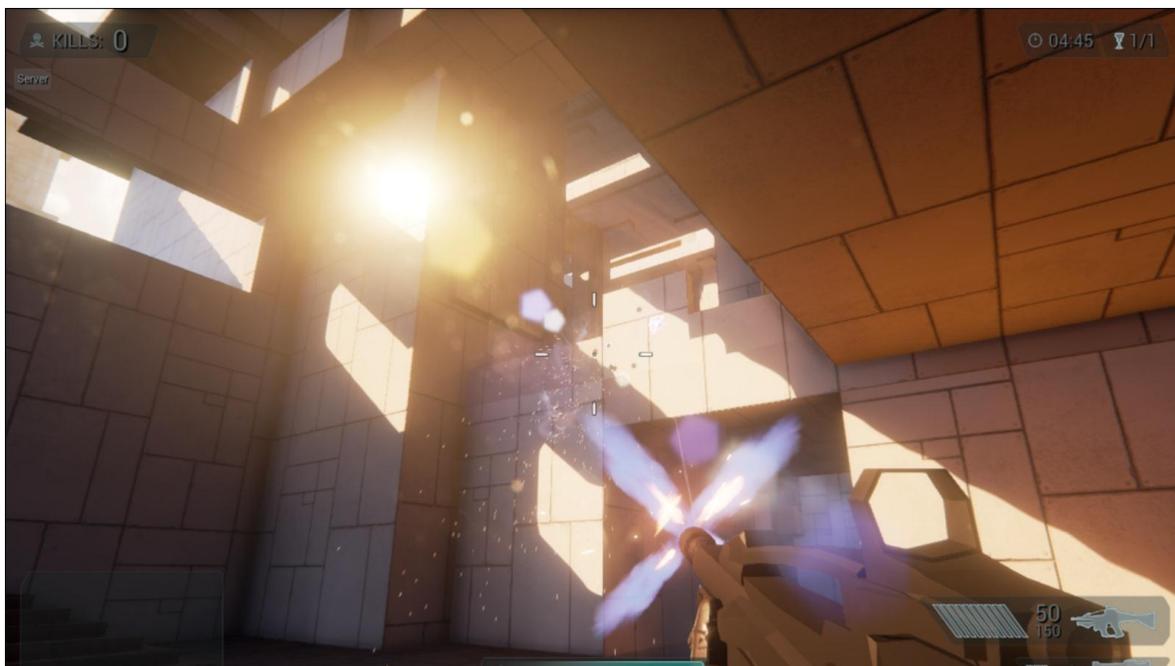


図 21 Tegra K1 を使用した UE4 ベースのゲームで、先進のビジュアル・エフェクトを実現



図 22 UE4 ベースのゲームを Tegra K1 上で実行することで、ワンランク上のモバイル・グラフィックスを実現

次世代の家庭用ゲーム機や PC 向けに、UE4 ベースのゲームを開発中のデベロッパーは今後、これらのゲームを Tegra K1 搭載モバイル・プラットフォームへと容易に移植できます。

NVIDIA Tegra K1 は、現行世代の家庭用ゲーム機よりもパフォーマンスは高く、テッセレーション、先進のライティング効果、グローバル・イルミネーション、ポスト・プロセッシング、PhysX など、PC 並みの機能を実現することで、モバイル・グラフィックスを飛躍的に進化させます。Tegra K1 と、NVIDIA の強力・充実の開発ツールセット、デベロッパーのサポートによって、PC や家庭用ゲーム機並みの魅力的なビジュアルや、表現力豊かなゲームプレイをモバイル上で実現するための、あらゆる障害を効果的に排除できます。

Tegra K1 — 世界をリードするモバイル GPU コンピュート・アーキテクチャ

汎用 GPU コンピューティング (GPGPU) とは、GPU を使用することで、演算負荷の高いアプリケーションの著しい高速処理を実現することです。GPGPU は、業界に先駆け、NVIDIA が数年前に開発した技術であり、GPU を直接プログラミング可能にすることで、演算負荷の高いアプリケーションを実行させます。その後、2006 年の GeForce 8800 (G80) の提供開始に伴い、NVIDIA の CUDA 並列プログラミング・プラットフォームによって、GPGPU コンピューティングは標準化・改良されました。CUDA は、世界を代表するスーパーコンピュータの大半で使用されるなど、さまざまな産業界・科学界を対象に、ハイパフォーマンス・コンピューティング分野では世界をリードする GPU コンピューティング・プラットフォームとなっており、多数のユーザに使用されています。GPU コンピューティングは、アプリケーションの負荷を並列処理し、GPU 上で実行させることで、かつてない水準の処理速度向上を実現します。

NVIDIA Kepler GPU アーキテクチャは、圧倒的な演算性能を実現可能な設計でありながら、前世代の NVIDIA Fermi GPU アーキテクチャと比べ、約 3 倍の電力効率を誇ります。しかも、Kepler Compute アーキテクチャと NVIDIA の CUDA 並列プログラミング・プラットフォームの組み合わせによって、圧倒的な高速処理を実現できるのは、数々のハイパフォーマンス・コンピューティング・アプリケーションだけではなくありません。音声認識やライブ動画処理、コンピュータ・ビジョン、拡張現実、そしてもちろん、コンピュータ・ゲームなど、その効果はさまざまなアプリケーションで発揮されます。

NVIDIA Tegra K1 Kepler GPU は、世界初のモバイル GPGPU アーキテクチャであり、圧倒的な演算性能を発揮し、ゲームで使用されている多種多様なコンピュータ・シェーダに対応し、動画のリアルタイムでのビジュアル向上や、リアルタイム・ローカル・トーン・マッピングなどのコンピューテーション・フォトグラフィ効果、リアルタイムのビデオ編集を可能にします。Tegra K1 によって、開発者は演算リソースを活用した魅力的なモバイル・アプリケーションを柔軟に開発できるようになります。

次世代のデュアル ISP コア

NVIDIA Tegra K1 プロセッサは、最大 100 メガピクセルのセンサをサポートする、全く新しい高パフォーマンス・デュアル ISP コアを採用しており、4,096 のフォーカス・ポイントを同時処理し、1.2 ギガピクセル/秒のスループットを実現します。

空間変数ノイズ・リダクション、マルチ不良ピクセル補正、高品質ダウンスケーリング、フレキシブル・カラー・スペース・コンバータ、最先端のエリア・プロセツなど、各種先進機能を通じ、各 ISP コアは、画像品質を大幅に向上させます。これらの機能によって、ノイズを大幅に抑えた、よりメリハリのある画像が得られ、コンピュータ・ビジョンなど、演算リソースを消費するアプリケーションのパフォーマンスを大幅に向上できます。

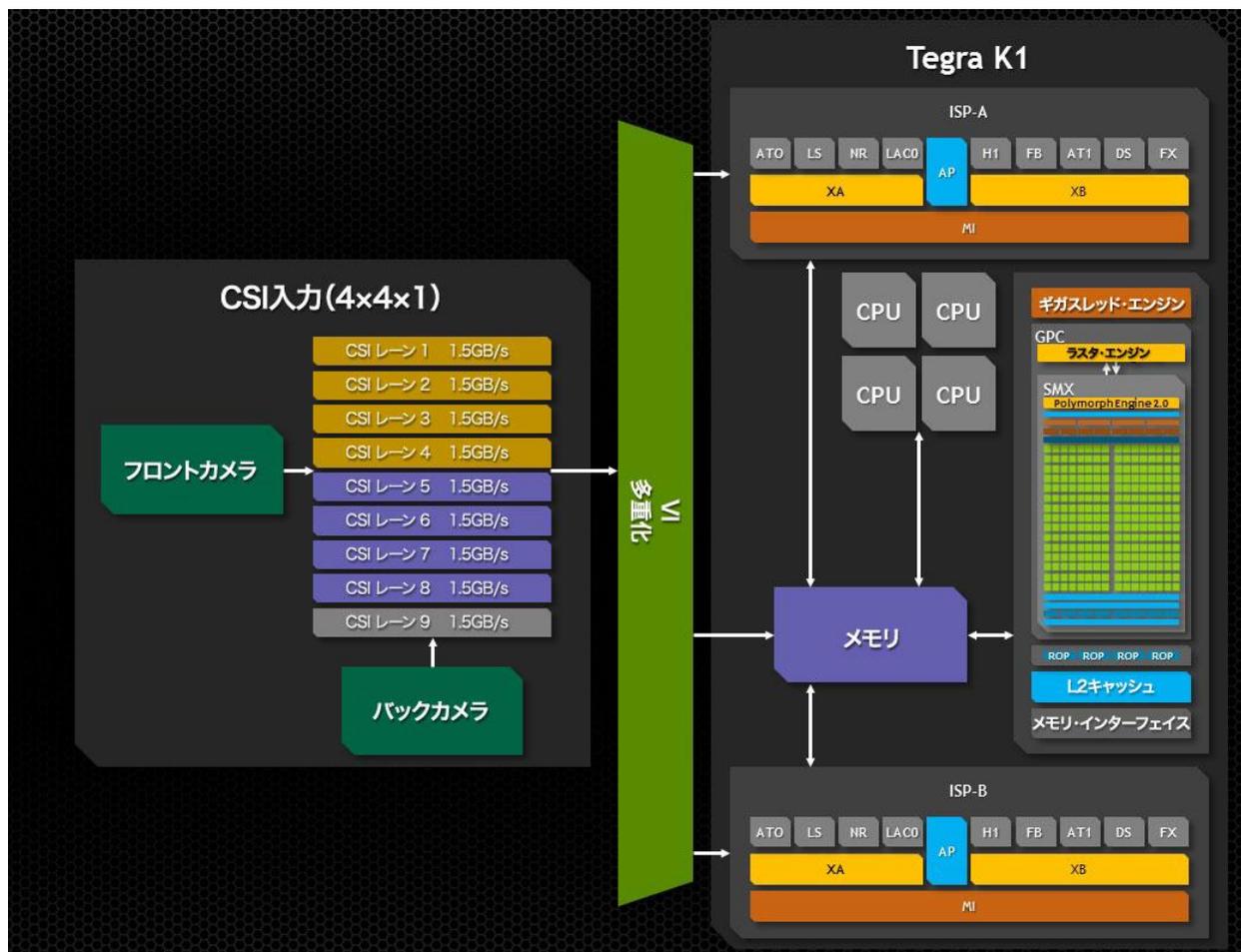


図 23 Kepler の演算能力を活用できるよう設計された、強力なデュアル ISP コア

この強力な ISP コアは、最大 4,096 個のフォーカス・ポイントを使用することで、パフォーマンスを大幅に高めており、オートフォーカス、フォーカスタイム、微光フォーカスなど、特殊なフォーカス機能に対応します。

ISP コアは、GPGPU の完全な相互運用性を保証できるよう設計されており、Tegra K1 Kepler GPU とシームレスに連携することで、先進的な機能を実現します。

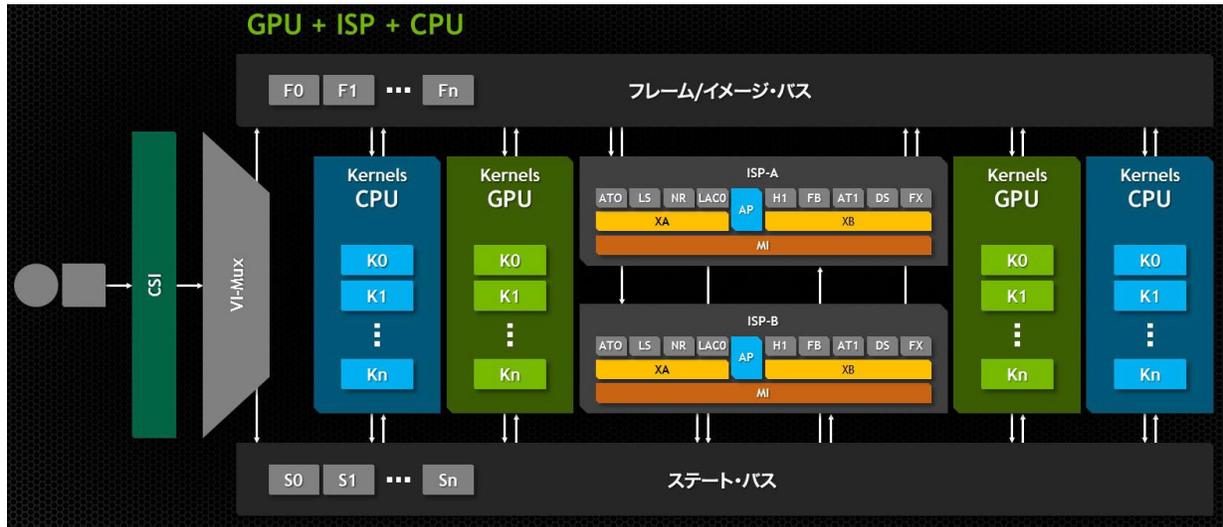


図 24 カメラ・ソフトウェア・アーキテクチャ

まとめ

スマートフォンやタブレット、カーナビゲーション、エン터테인먼트、インストゥルメント・クラスタは、極めて高頻度で使用されるビジュアル・コンピューティング・システムへと急速に変化しています。しかし、ユーザから求められるようなモバイル体験を実現するには、パフォーマンスと電力効率に優れたプロセッサが必要です。そこで、NVIDIA Tegra K1 プロセッサは、業界最速で、最も電力効率に優れた GPU アーキテクチャを実装することで、モバイル・ビジュアル・コンピューティングの現状を飛躍的に進化させます。

Tegra K1 は、NVIDIA の高パフォーマンス Kepler GPU アーキテクチャを採用した、同社初の SoC プロセッサです。Tegra K1 の 64 ビット版は、シングルスレッド/マルチスレッドによる極めて高い CPU パフォーマンスを、モバイル・コンピューティングの分野にもたらします。今後は、Tegra K1 を搭載したモバイル機器によって、高パフォーマンスと大容量メモリの要求される PC 並みのアプリケーションを開発できます。さらに、スマートフォンやタブレット、ノート PC、オール・イン・ワン PC、マイクロ・コンソール、携帯型ゲーム機、車載用インストゥルメント・パネルなど、さまざまなデバイスで、Tegra K1 の 32 ビット版/64 ビット版の採用が考えられます。

Kepler GPU は、業界をリードするモバイル・ビジュアル・コンピューティング性能、圧倒的な電力効率と、デスクトップ PC 並みのグラフィックスとコンピュート API を豊富に取り揃えています。Tegra K1 Kepler GPU アーキテクチャは、デスクトップ版 Kepler GPU とほぼ同一の仕様であり、プラットフォーム別に大規模なリソースを追加投入することなく、PC、家庭用ゲーム機、モバイル・デバイス向けに、ゲームを容易に開発・移植・実行させることができます。Tegra K1 Kepler GPU は、画期的なモバイル・グラフィックス・エフェクトを実現するだけでなく、モバイル GPU として初めて、最新の「Unreal Engine 4 (UE4)」

ゲーム・エンジンにも対応します。GPU 技術、ゲーム・エンジン、開発ツールに対する NVIDIA のこれまでの投資は、Tegra K1 でも活用され、開発者がモバイル・デバイス向けに魅力的なビジュアル体験を創造するのを助けます。

Kepler GPU、NVIDIA の誇る世界トップクラスの開発ツールとユーティリティ、そして今日のモバイル業界で並ぶものがないグラフィカル API セットの対応によって、NVIDIA Tegra K1 は、かつてない刺激的で高品質なモバイル・ビジュアル・コンピューティング体験を可能にし、次世代の到来を告げる製品なるでしょう。

文書改定履歴

- 初版リリース 1.0
- 1.0.J.1 図 2 の日本語訳の修正

注記

解説、見解、NVIDIA のデザイン仕様、リファレンスボード、ファイル、図面、診断、リスト、その他のドキュメントなど、本ホワイトペーパーで提供する情報は(以下、集合的あるいは個別に「マテリアル」と呼称します)、すべて、「現状のまま」を条件に提供するものです。NVIDIA は、本マテリアルについて、明示的、暗示的、法定的を含む保証を一切行わず、また、権利非侵害、商品性、および特定目的適合性に関するあらゆる黙示保証を明示的に否認します。

記載された情報の正確性、信頼性には万全を期しておりますが、これらの情報の使用の結果に対して、もしくはこれらの情報の使用に起因して第三者の特許またはその他の権利の侵害が発生しても、NVIDIA Corporationは一切の責任を負わないものとします。暗示的か明示的かを問わず、NVIDIA Corporationの特許または特許権に基づいて付与されるライセンスは一切ありません。本文書に記載された仕様は予告なしに変更されることがあります。本文書は、過去に提供されたすべての情報に優先し、これに代わるものとします。NVIDIA Corporationの製品は、NVIDIA Corporationの書面による明示的な許可なくしては、生命維持装置の重要な部品として使用してはなりません。

商標について

NVIDIA、NVIDIAのロゴ、Chimera、TegraおよびTegraZoneは、米国およびその他の国におけるNVIDIA Corporationの商標または登録商標です。その他の会社名および製品名は各社の商標である可能性があります。

Copyright

© 2013 NVIDIA Corporation. All rights reserved.

