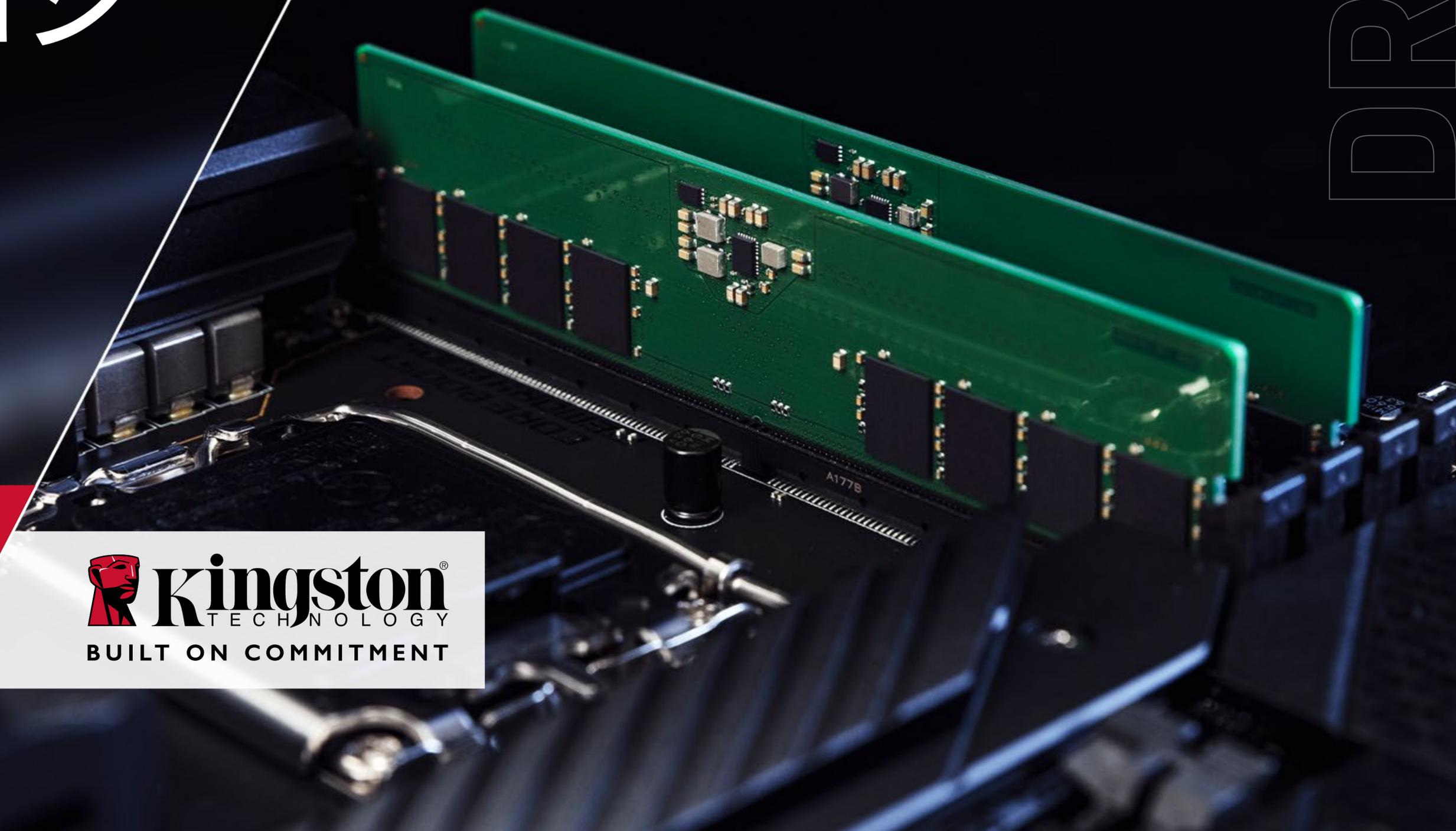


メモリ テクノロジー の進化

DRAW



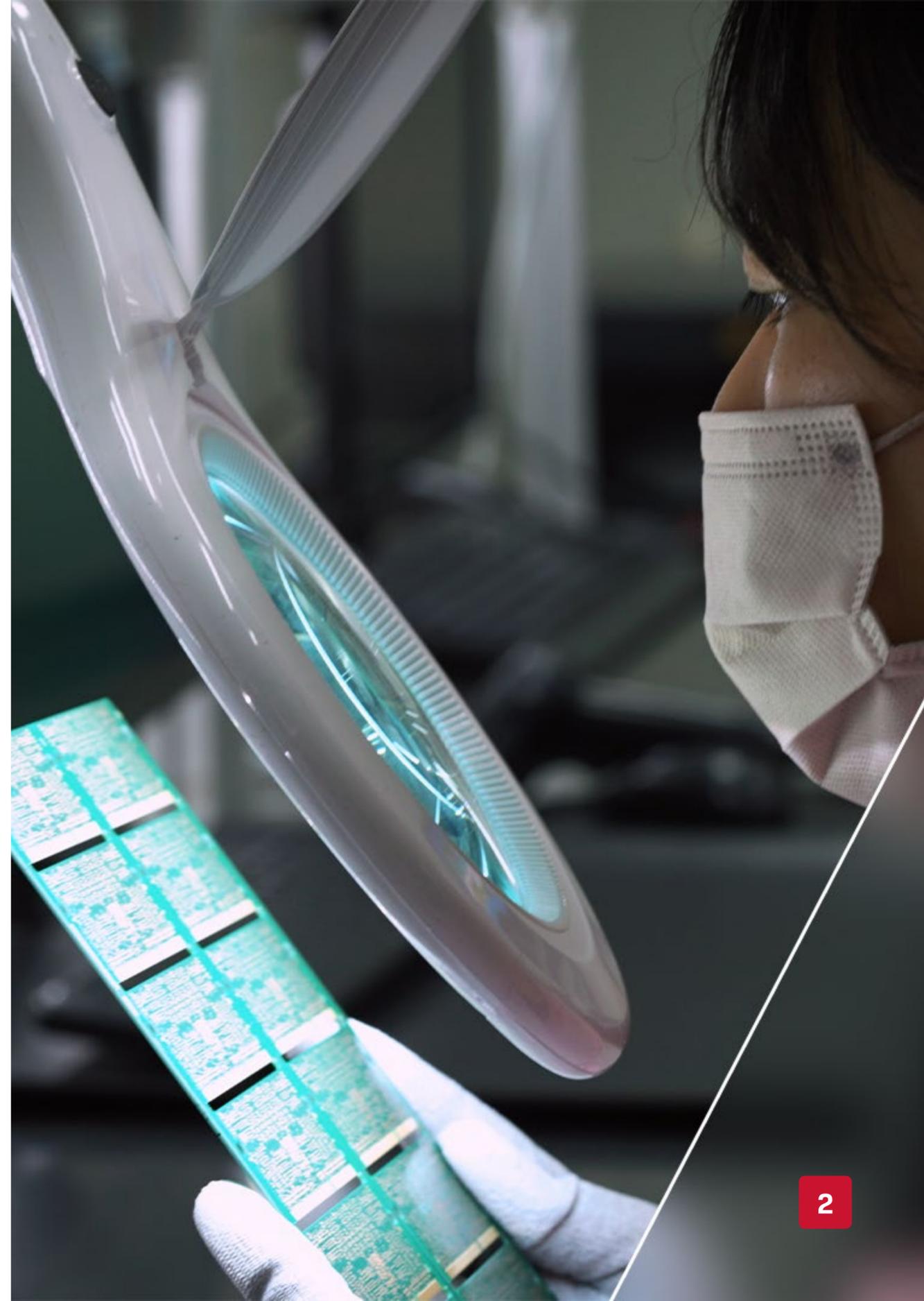
 **Kingston**[®]
TECHNOLOGY
BUILT ON COMMITMENT

序文と内容

高速ページモード (FPM) からシンクロナス (SDRAM) やダブルデータレート (DDR SDRAM) に至る、ダイナミックランダムアクセスメモリ (DRAM) の進化は、パフォーマンスの強化、帯域の拡張、省エネルギー性の改善を目指し、今では第5世代 (DDR5) として、コンピューティングテクノロジーでのめざましい進歩を象徴しています。AIアプリケーションが押し寄せる中、DDR5 や HBM (高帯域メモリ DRAM) とともに需要が増え続け、データセンターやクライアントシステムへ広範に普及しています。半導体メモリの主力製品について考えるとき、DDR SDRAM は、その低電力消費量と、データをプロセッサに迅速に転送できるハイパフォーマンスのおかげで、この業界で独自の位置を占めています。

業界のエキスパートによれば、コアメモリテクノロジーとしての DRAM の将来に終わりはありません。しかし、パフォーマンスとアーキテクチャーの面で、このタイプのメモリが今日のビジネスのニーズに応えられている理由は何でしょうか?一部のメモリタイプは、サーバーとデスクトップのどちらかにより適しているのでしょうか?このテクノロジーは、どのように進化しているのでしょうか?また、代表的な課題と使用事例は何でしょうか?本eブックでは、Kingston のテクニカルエキスパートの力を借りてこれらの疑問に応え、DRAM の将来に何が待ち受けているかを調べてみます。

目次	ページ
寄稿者	3
DRAM の進化:FPM から DDR5 SDRAM まで	4
DRAM のタイプと主な違い	5
レイテンシと転送速度の重要性	6
代表的な使用事例とワークロードの影響	7
DRAM 互換性の問題とアップグレードにおける配慮	8-9
DRAM 製造上の課題の克服	10
DRAM 開発:市場動向の影響	11
DRAM テクノロジーの今後	12
まとめ	13



寄稿者

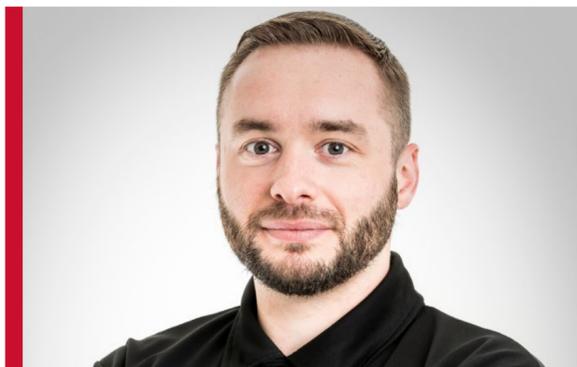
本eブックは、2人のKingston エキスパートが作成しました。



Mike Mohny | Kingston Technology

Mike Mohny は、カリフォルニア州ファウンテン・バレーに拠点を置く Kingston Technology のシニアテクノロジーマネージャーです。彼は1996年から Kingston に席を置き、28年間以上にわたる経験を有します。

Mike は、職務で Kingston のテクノロジーイニシアチブの管理と進歩、それも特に DRAM ソリューションとメモリソリューションの分野に関わってきました。彼の経験とリーダーシップは、DRAM ソリューション屈指のサードパーティメーカーとして、Kingston の躍進にめざましく貢献してきました。



Geoffrey Petit | Kingston Technology Europe

Geoffrey Petit は、Kingston Technology EMEA の技術リソースグループチームリーダーです。彼は2016年にテクニカルサポートエンジニアとして入社し、EMEA 地域に展開する顧客へアフターセールスのテクニカルサポートを提供してきました。同僚や新入社員にテクニカルトレーニングを施し、新製品のテストも行っています。

Geoffrey と彼のチームは、ビジネスマネージャー、マーケティング、社内販売部門、顧客、主要関係者からプリセールスへの問い合わせに応えるサポートを担当しています。

DRAM の進化:FPM から DDR5 へ

1980年代半ばまでに、PC革命は、80486プロセッサの導入によって最盛期を迎えました。SIMM(シングルインラインメモリ)上の高速ページモード(FPM)DRAMが主要メモリテクノロジーでした。パフォーマンス向上のニーズは、1990年代初めのEDO(拡張データ出力)DRAMの開発につながりました。その後すぐに、CPUクロックに合わせて信号データレートにより効率的に動作するSDRAMとDIMM(デュアルインラインメモリモジュール)が開発されました。2000年に、クロック信号の立ち上がり立ち下りの両方のエッジでデータを転送してデータレートを倍速にした、初のDDR(ダブルデータレート)SDRAMが市場に登場しました。このメモリは、その先行タイプよりも電力効率が良く、モジュール当たりの電圧を3.3Vから2.5Vに削減しました。業界標準団体(JEDEC)の慎重な計画の下で、2003年に市場に登場した第2世代DDR(DDR2)によってDDRSDRAMは進化を続けました。その後、2007年にはDDR3、そして2014年にはDDR4が登場しました。半導体ウェハリソグラフィーの強化とメモリセルの縮小を活かして、世代ごとにメモリ転送速度と容量が増加し、動作電圧が低下しました。

2021年まで話を進めると、DDR5SDRAMが導入され、メモリテクノロジーは大きく進歩しました。DDR5は転送速度4800MT/秒で発表され、3200MT/秒でのDDR4最終転送速度よりも、帯域幅を50%増加しました。転送速度だけでなく、DDR5モジュールには、電源管理IC(PMIC)が組み込まれ、メモリモジュールの各種コンポーネントで必要とされる電力を調整し、旧世代よりも電力配分を向上し、信号整合性が改善され、ノイズが減少しています。電力消費量を軽減するトレンドは続いており、DDR5では、動作電圧はわずか1.1Vで済み

ます。オンダイECC(エラー訂正コード)などDRAMコンポーネント内のビットエラーを捕らえて修復できるめざましい改善も加えられ、データが破壊されるおそれが減りました。

“

主なパフォーマンス、電力消費量、メモリ密度に対する改善だけでなく、新しい世代には、その他さまざまな機能が加えられました。たとえば、強化されたエラー訂正テクノロジー、信号整合性の強化、ハードウェアハッキングに対する脆弱性を強化するために追加された緩和技術、新しいフォームファクターなどがそうです。

Mike Mohny | Kingston Technology

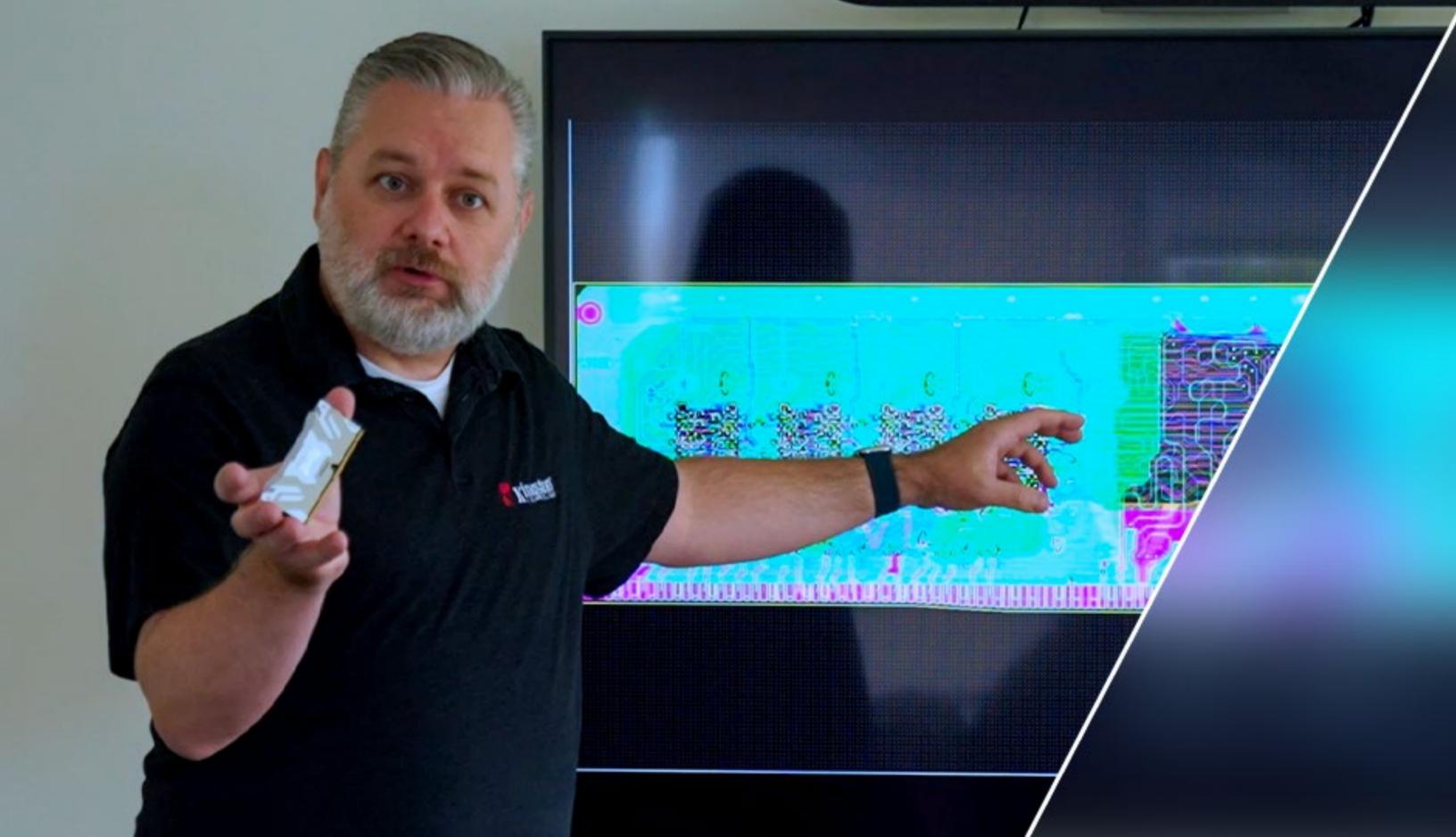
”

市場投入後、DDR5には転送速度向上の計画が4つあり、IntelプラットフォームとAMDプラットフォームによって順次サポートされました。歴史的に、メモリ転送速度の向上は、メモリ業界標準で合意された歩調に合わせて毎年実施され、新しいチップセットで実現されてきました。DDR5が従来の速度改善の流れを逸脱して進化した理由は、チップセットとプロセッサの製造元による競合と、AIなどメモリ帯域幅を多用するアプリケーションを扱うためのハイパフォーマンスメモリの需要にあります。

これで高密度が可能になり、シングルモジュールでメモリ容量を増加することができるようになりました。これは、サーバーやハイパフォーマンスコンピューティングで極めて重要です。

Geoffrey Petit | Kingston Technology Europe

”



DRAM タイプと主な違い

JEDEC 業界の標準団体は、単に DRAM メモリの仕様を定義しているだけではありません。さまざまなコンピュータプラットフォームや環境に合わせるために DRAM のフォームファクタも決定されます。

アンバッファード DIMM (UDIMM) や アンバッファード スモールアウトライン (SODIMM) などのアンバッファードモジュールは、市販デスクトップやノートパソコンで使用されるメモリモジュールの中では最も標準的なタイプです。

エラー訂正コード (ECC) をサポートするための DRAM コンポーネントを追加することで、普及型ワークステーションクラスシステムをサポートできる ECC UDIMM と ECC SODIMM が実現しました。これによって、メモリ集中型のアプリケーションでデータの整合性がサポートされます。

シングルプロセッササーバーやマルチプロセッササーバーの場合、ECC レジスタード DIMM (RDIMM) では、モジュール上にレジスタコンポーネントを備えており、これには DRAM とメモリコントローラー間でデータをバッファリングする機能があります。大容量のメモリが必要でデータの信頼性が鍵となる環境では、このコンポーネントは不可欠です。

ロードレデュースド DIMM (LRDIMM) は、メモリコントローラーの負荷を軽減するデータバッファリングを備えています。これがなければ、メモリコントローラーは負荷に対応するためメモリ転送速度を引き下げます。LRDIMM テクノロジーでは、パフォーマンスを犠牲にすることなく大容量モジュールを使用でき、最初は 2012 年に DDR3、そして 2014 年には DDR4 のために改善されました。

低電力 DDR (LPDDR) は、バッテリー電力節約のためにモバイルデバイスのソリューションとして 2006 年に市場に投入されました。通常は、システムボードに直接取り付けられますが、2024 年から CAMM2 (低消費電力圧縮接続メモリモジュール) フォームファクターで LPDDR5 も使用できるようになり、メーカーがノートパソコンや小型フォームファクター PC で使用できるモジュラーソリューションが提供されるようになりました。

DDR SDRAM 以外にも、急速に成長を遂げているメモリカテゴリが、低電力消費量の GPU をサポートするために増加したハイパフォーマンスと大容量メモリに対する需要に対処するために 2008 年に AMD が広帯域メモリ (HBM) を開発しています。HBM は高転送速度インターフェイスで、信号チップパッケージ内の SDRAM レイヤーの 3D スタックを管理します。これによって、幅広い (128-bit+) アドレス可能なメモリアクセスが実現し、グラフィックスカード、オンパッケージプロセッサメモリ、AI アクセラレーターカードが直接的な対象になります。

“

HBM は、この 10 年で、世代を重ねるごとに進化を遂げ、より多くのレイヤーでより大きなメモリ容量、より広いデータバス、より高性能なスループットのサポートを強化してきました。とは言え、HBM メモリは、現在ではメモリモジュールでは使用されておらず、GB 当たり価格でスケールアップするには DDR DRAM の現実的な代替テクノロジーとは考えられません。

Mike Mohny | Kingston Technology

”

レイテンシと転送速度の重要性

レイテンシと転送速度は、メモリ業界標準化団体 (JEDEC) によって定義される 2 つの属性であり、パフォーマンス指標として使用されます。

“

コンピューティングでは、ワークロードに合わせてハードウェアを使い分けるさまざまなタイプのアプリケーションが使用されています。ストレージ重視や GPU 重視のアプリケーションと違って、メモリバウンドアプリケーションは、ハイパフォーマンスメモリ転送速度と低レイテンシの恩恵を受けます。

Mike Mohnney | Kingston Technology

”

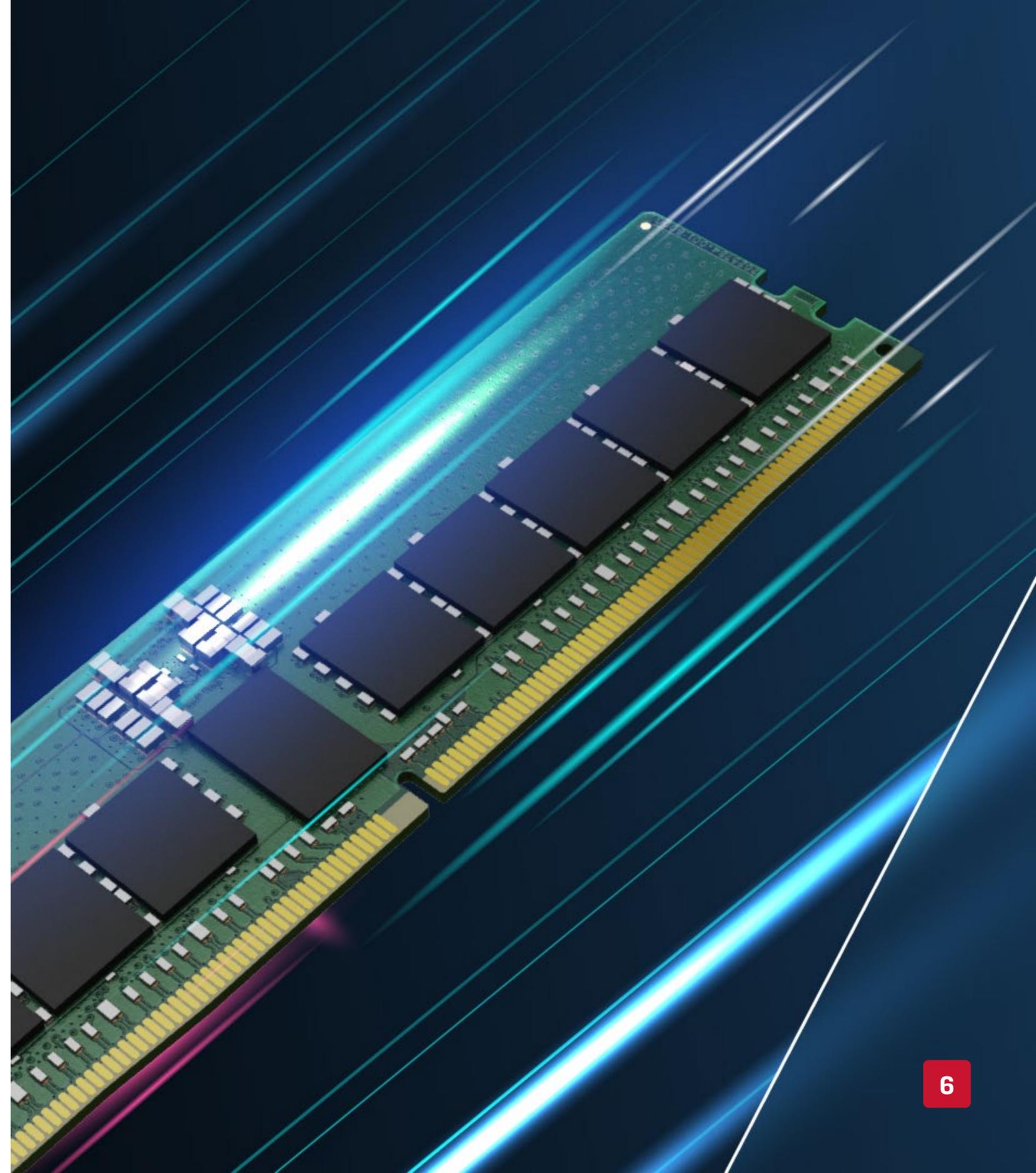
新しいすべてのメモリテクノロジーで、JEDEC は、標準転送速度とタイミングを指定しており、これらはメモリのメーカー、プロセッサやチップセットのアーキテクト、そしてマザーボード/システムのメーカーが連携を保つために使用します。業界標準メモリ転送速度が増加すると、レイテンシも増加します。このことはしばしば論争の的になり、標準転送速度が高速化しても、CAS レイテンシタイミングが増えて効果が相殺されると信じているユーザーからは誤解されています。しかし、転送速度とタイミングの組み合わせである合計レイテンシは、ナノ秒単位でメモリパフォーマンスをより正確に測定できます。それには、プロセッサがメモリからデータを受け取るのにかかる時間を考える必要があります。

“

コンピューティングタスクに与える影響について言えば、アンバッファードメモリは、迅速な応答時間を必要とするデスクトップとワークステーションには理想的です。レジスタード DIMM やロードレデュースド DIMM などのサーバークラスメモリは、レイテンシよりも、安定性、エラー修復、大規模データセットの扱いがより重要なデータセンターではすぐれたメモリになります。

Geoffrey Petit | Kingston Technology Europe

”





代表的な使用事例とワークロードの影響

エンドユーザーとデータセンターアーキテクトは、使用するアプリケーションとワークロードニーズに基づいてプラットフォームを選択します。一方、メモリ容量とパフォーマンスに対するアプリケーション需要が、選択して構成するモジュールのタイプを決定します。

メモリ業界では、コンポーネントとモジュールフォームファクタの面で、クライアント（いわゆる PC）とサーバークラスを区別します。クライアントクラスシステムには、アンバッファード DIMM (UDIMM/CUDIMM)、SODIMM/CSODIMM、CAMM2 フォームファクタで業界標準の非 ECC メモリを使用するデスクトップとノートパソコンがあります。一方、デスクトップワークステーションやモバイルワークステーションなどのサーバークラスシステムでは、ECC (エラー訂正コード) をサポートするメモリモジュールを使用します。

しかし、コンシューマーデバイス全体としては、汎用目的のコンピューティング向けのアンバッファードメモリのシンプルさと転送速度が好まれます。デスクトップコンピューターとラップトップコンピューターは、1日に24時間運転するように設計されておらず、使用しないときは電源を落とします。これらのシステムのアプリケーションとワークロードのタイプでは、サーバーで見られるようなメモリコンポーネントの耐久力は重視されないため、ECCサポートの必要性はありません。

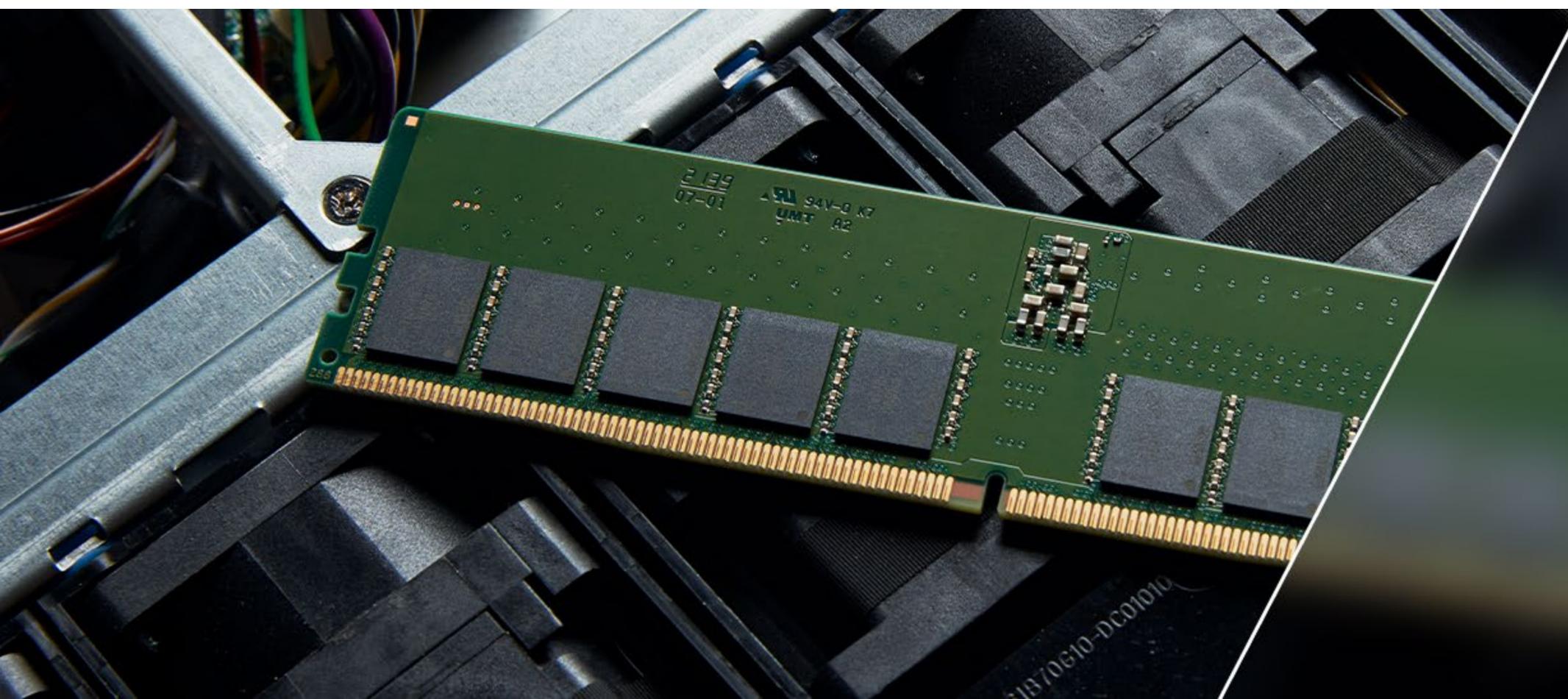
一方、サーバーやハイパフォーマンスワークステーションなど、常時電源が入っている設計のより複雑なシステムは、ECC レジスタード (RDIMM) とロードレデュースド DIMM (LRDIMM) でもたらされる安定性と信頼性の恩恵を受けます。ECC クラスモジュールは、壊れたデータのエラー修復をサポートしており、サーバーのクラッシュや、重要情報の損失を防いでいます。これらのモジュールには、高度の耐性と低障害率のテストを受けた高グレードの DRAM コンポーネントが特徴です。

DRAM 互換性の問題とアップグレードにおける配慮

使用事例、アプリケーション、ワークロードに対する配慮とともに、ブランドの評判の重要性は、メモリオプションを評価するときに無視することはできません。通常、メモリのメーカーがチップセットアーキテクト (Intel や AMD など) とともにテストインフラストラクチャに予算をかけてメモリ設計を検証し、マザーボードやシステムのメーカーと協力してメモリの資格を審査していれば、互換性の問題はほとんど発生しません。Intel、AMD、マザーボードのメーカー、大手のシステムブランド、メモリのメーカーにはチェックアンドバランスの強力なエコシステムが存在します。ただし、すべてのメモリモジュールベンダーが参加しているわけではありません。

非互換 DRAM をインストールすると、システムを起動できなくなるおそれがあります。メモリのアップグレードや交換の場合は、新しいメモリを購入または検討する前に、必ずマザーボードのマニュアルに目を通すか、製造元のウェブサイトを確認してください。

1. **マザーボードのサポート**：どのようなメモリテクノロジーやモジュールタイプが、マザーボードやシステムでサポートされているかを調べます (例：DDR4、DDR5、RDIMM、UDIMM)。
2. **転送速度**：パフォーマンスが問題とならないよう、現在の DRAM 以上の転送速度を選びます。DDR 世代では、転送速度は、通常下位互換性があります。したがって、標準の 3200MT/秒の部品を購入すれば、2666MT/秒が必要とされるシステムで動作するよう安全にクロックダウンできます。
3. **容量**：同一のペアやグループにインストールするモジュールを選択して、マザーボードアーキテクチャーと突き合わせ、将来のメモリニーズに応えるため、必ず必要以上の容量を確保してください。
4. **DRAM モジュールの組み合わせ**：ペアやグループ内で異なるタイプの DRAM (幅、密度、ブランド) を組み合わせると、安定性が損なわれるおそれがあります。マザーボードのメモリアーキテクチャーに従って同一のペアやグループのモジュールにインストールすれば、問題の可能性を軽減できます。
5. **エラー修正**：クライアントやメインストリームワークステーションに ECC アンバッファードモジュールをインストールする場合は、マザーボードとプロセッサモデルが ECC 機能をサポートしていることを必ず確認してください。



たとえば、同じモジュールキー(ノッチ)でアンバッファード DIMM として使用する DDR4 RDIMM と LRDIMM。デスクトップクラスシステムに接続しても、RDIMM と LRDIMM は動作しません。DRAM コンポーネントの幅と密度が互換性に影響をもたらすおそれがあります。一部のチップセットは、特定の DRAM 幅や高密度で動作しないからです。

Geoffrey Petit | Kingston Technology Europe

DRAM 互換性の問題とアップグレードにおける配慮

メモリ業界の動きは絶えることがなく、次世代の需要に対する設計をしながら、現在や過去のコンピューターから目を離すことはありません。したがって、メモリモジュールの製造元にとっては、数世代にわたって過去のコンピュータープラットフォームの膨大なアーカイブを維持することが大事です。



回帰テストとも呼ばれる、旧システムにおける新しいメモリコンポーネントのテストは、一部のメモリモジュールのメーカーではコスト節約のために省略されるテストです。これは、頻繁に互換性問題をもたらす分野です。

Mike Mohney | Kingston Technology



システム互換性の大規模なデータベースの維持管理は、問題防止の鍵でもあります。世界のメモリモジュールベンダーの中でも、40,000件にわたるコンピューターシステムについてデータベースアーカイブを確実に維持管理する数少ない企業として、Kingstonのエンジニアは、どのメモリアップグレードオプションが世界の市場の数千台におよぶ現在とレガシーのコンピューターモデルと互換性があるか、より正確に情報をお伝えできます。IntelとAMDのプロセッサのチップセットと世代間の細かな違いは、しばしば、そして一部の例では、意図的にユーザーに開示されません。Kingstonの目標は、コンピューターに最適で、最も互換性のあるオプションをどうすれば選択できるかを理解するために必要な知見をユーザーへ提供することです。



互換性の問題は、コンポーネントが精査されず、チップセットやBIOSに最適化されないときに発生します。一般的な互換性の問題は、サポートされていないDRAM構成やモジュールタイプをシステムで使用するときにも発生するおそれがあります。

Geoffrey Petit | Kingston Technology Europe



DRAM 製造上の課題の克服

互換性は、適切に対処しなければ問題になるおそれがありますが、課題はそれだけではありません。設計の複雑さ、組み立て精度、品質管理は、いずれもDRAM 製造上の課題をもたらします。有数のサードパーティ DRAM モジュール製造元として、これらの課題は、Kingston と他社との違いを明らかにしてくれます。ただし、課題に応じて、ソリューションは異なります：

そこで、私達のメモリソリューションの設計方法から始めましょう。

- » 設計の複雑さ：当社が設計する DRAM モジュールのタイプには、DDR4 と DDR5 の比較、アンバッファードとレジスタードの比較、その他のいずれであっても、それぞれ固有の特徴があり、そのことが設計に複雑さを加えます。信頼性とパフォーマンスの確保には、高度なエンジニアリングと精密なインテグレーションが必要です。
- » ソリューション：これについては、専用の設計ソフトウェアと厳しいテストプロトコルを活用して、それぞれのメモリタイプがエラーなしに意図したとおりに機能することを確認します。

そのうえで、当社は最先端の DRAM 半導体を使用します。

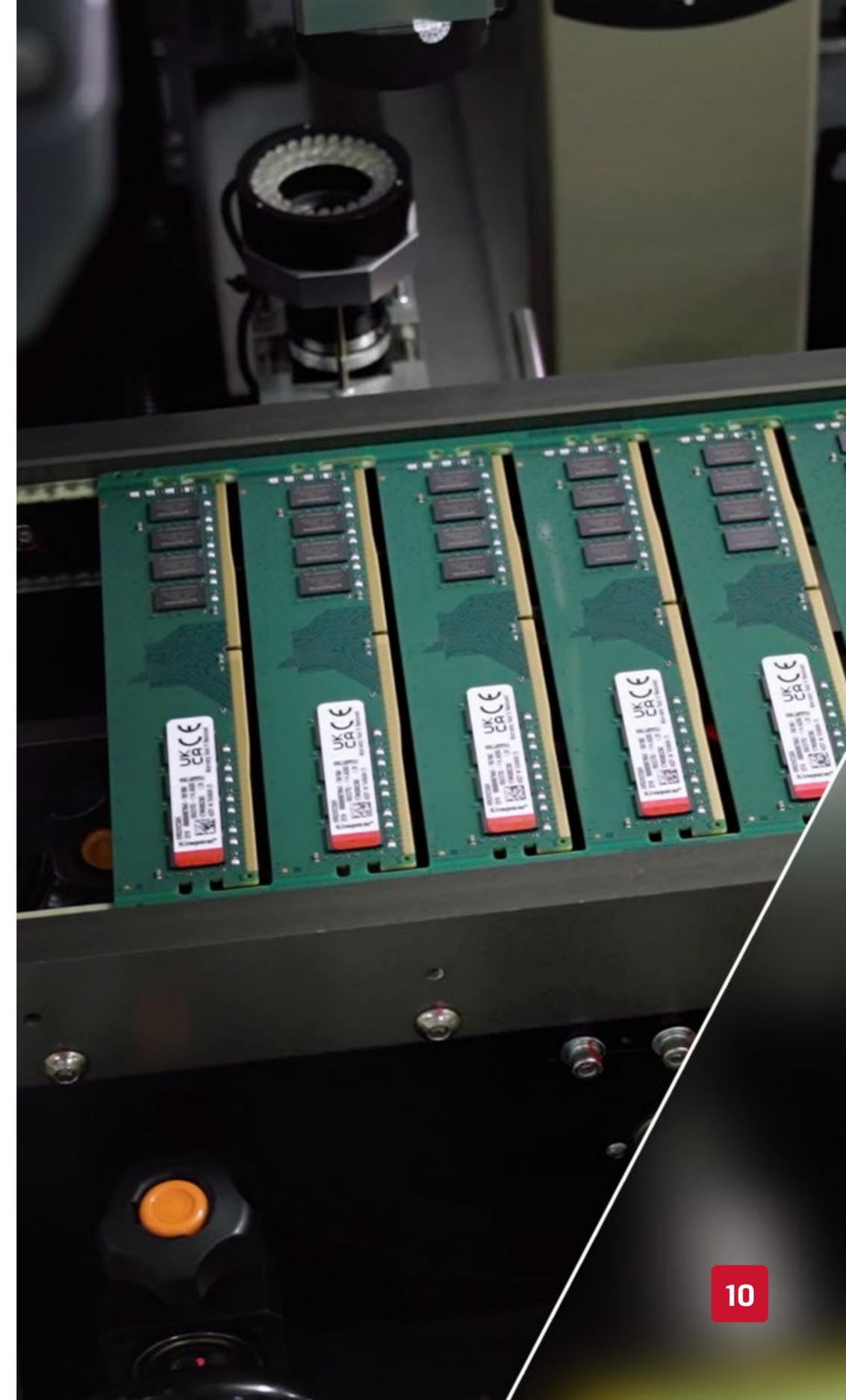
- » 組み立て精度：DRAM チップは、ナノスケールプロセスの半導体で製造され、ちょっとした変化でも不具合をもたらし、歩留まりやパフォーマンスに影響を与えます。
- » ソリューション：Kingston は、高レベルのパフォーマンスと信頼性を保証できる半導体のみを使用します。これらの半導体では、最新のリソグラフィ技術とクリーンルーム

環境によって、不具合を最小限に抑え、製造時の高い精度と一貫性を確保しています。これらの要件を半導体が満たさなければ、当社が扱うことはありません。

次に紹介するのは、当社が DRAM モジュールを製造し、テストする方法です。

- » 品質管理：組み立てが終わったら、DRAM フォームファクタは、すべてが厳しいパフォーマンスと信頼性の標準を満たす必要があります。
- » ソリューション：信頼できるメモリだけが市場に届くよう、さまざまな条件下で広範囲にわたって、温度テストやストレステストなどのテストをすることで、不良ユニットを見分けます。

高度なテクノロジーと厳しい品質保証を経て、Kingston は、さまざまなコンピューティングニーズに合ったハイパフォーマンスの、信頼できる DRAM ソリューションを生み出します。当社はさらに一歩進み、この段階で Intel や AMD と密接に協力して、参照プラットフォームを受け取ります。これは、私達が新しいメモリテクノロジーを開発し、同時に製造テスト能力に必要な改良を加える助けになります。ハードウェアとソフトウェアのいずれのアップグレードも、新しいメモリ転送速度、新しい容量をサポートし、製造するモジュールの品質強化のために当社の製造環境では絶えず実施されています。





DRAM 開発:市場動向の影響

さまざまなタイプの DRAM メモリの開発と採用の形成では、市場動向は、変わりゆくテクノロジーの需要によって駆り立てられ、消費者の挙動が重要な役割を果たします。パフォーマンス、効率、スケーラビリティは、いずれも開発と採用を左右する重要な要因です。

振り返ってみると、コンピューティングとワークロードに対する過去数十年の需要は、開発されたメモリのタイプに大きく影響しました。2000年代半ばに、メモリ業界は、モバイル空間とデータセンターの両方へ、全体的な電力消費量を節約できるメモリテクノロジーを提供する方針を転換しました。2010年代半ばに、大容量モジュールに対する需要が仮想化によって駆り立てられました。その当時、大容量モジュールではチップセットの制約が理由でパフォーマンスを損失していたため、最終的には、DDR3 と DDR4 の ロードレデュース DIMM の開発につながりました。

今日、AI、ゲーミング、ビッグデータ解析などの業界は、絶えず成長し続け、高転送速度、大容量メモリがますます求められています。それによって、これらのパフォーマンスニーズを満たすマルチプレクサランク DIMM (MRDIMM) といった先進の DRAM モジュールタイプの開発に拍車がかかります。軽量薄型のデバイスに対する需要は、DRAM や、ウルトラブッククラスのノートパソコンやタブレットには物理的に収まらないマルチ SODIMM に成り代わる、製造元にとってコスト面で効果的なモジュラーソリューションを実現する CAMM2 といったコンパクトで効率的なメモリソリューションの採用にも影響しています。

従来の DIMM ソケットを越えたメモリ容量拡張能力は、急速な開発が進んでいるもうひとつの領域です。

“

AI のパフォーマンス需要は、MRDIMM のように大容量メモリパフォーマンスのボトルネックに具体的に対処する、スケーラブルで大容量のハイパフォーマンスメモリの作成を駆り立てるもうひとつの重要な要因です。

Geoffrey Petit | Kingston Technology Europe

”

以上は、私達のエコシステムと標準団体がどのようにして、明日のメモリニーズの課題に取り組むため常に努力を怠らないことを示す、市場動向にメモリ業界が適応する例のごく一部です。

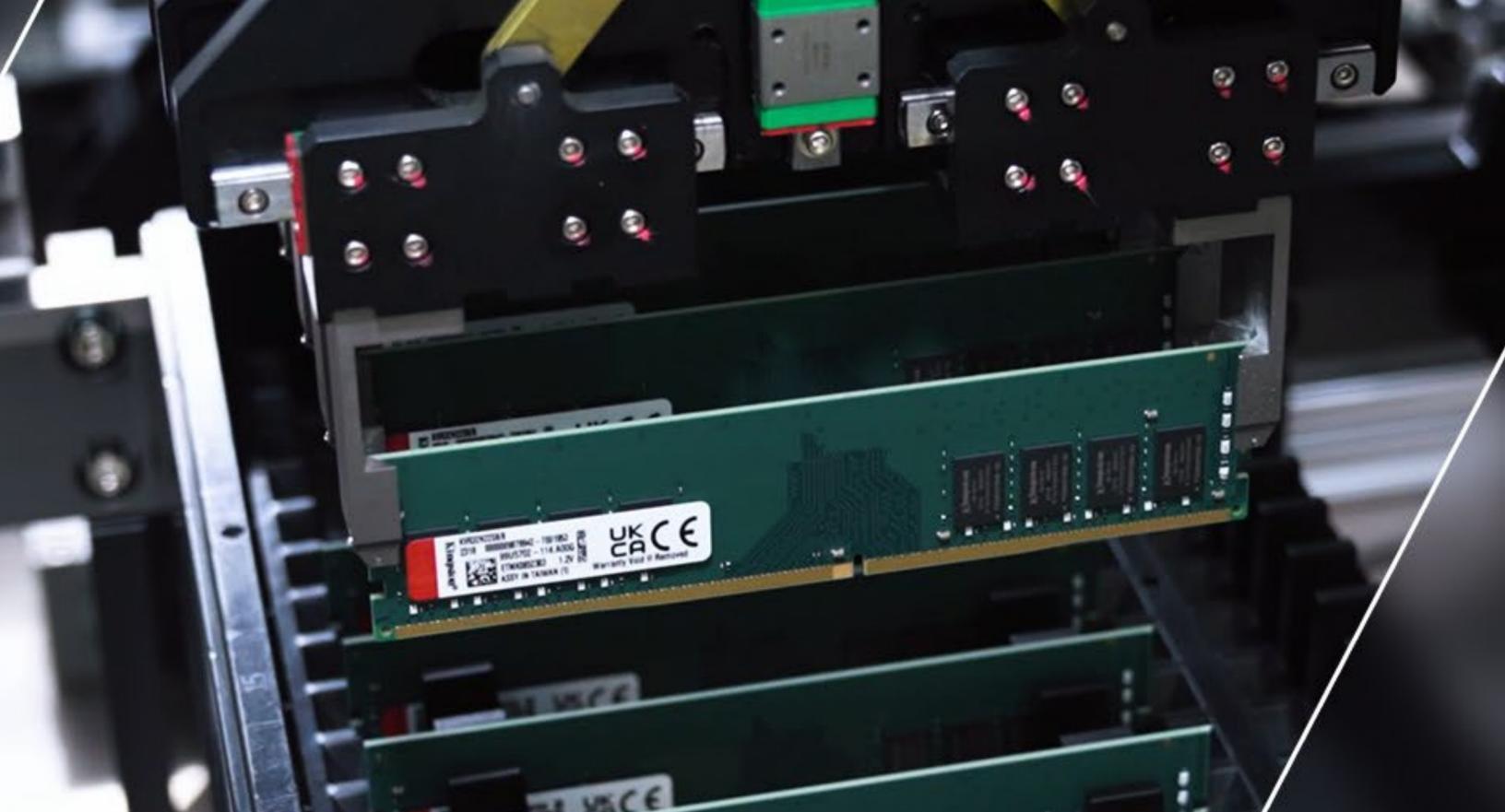
“

次世代メモリテクノロジーをサポートするためのインフラストラクチャへの投資とスケールリングは現在進行中です。メモリ転送速度は毎年増加しており、新しいシステムを市場に投入するときにグローバルな需要をサポートできるように生産量を増加するには、次世代プラットフォームが発表前に十分な体制で用意できていることはきわめて重要です。

Mike Mohny | Kingston Technology

”

UDIMM
CUDIMM
SODIMM
CSODIMM
CAMM2
RDIMM
LRDIMM



“

CAMM2、CUDIMM、CXLによる以上の進歩は、メモリテクノロジーによって、さまざまなアプリケーションと業界で、高速で、より効率的な、そして柔軟性に富んだコンピューティングシステムが利用される未来を示しています。

Geoffrey Petit | Kingston Technology Europe

”

DRAM テクノロジーの今後

今後、メモリ業界は、市場ニーズに絶えず適応し、計画を立てていくことでしょう。DRAM テクノロジーのさらなる開発は、AI、ビッグデータ、クラウドコンピューティングなど高度なアプリケーションの需要を満たすための転送速度の増加、電力消費量の削減、密度の増加に的を絞っています。さらに、今日のメモリテクノロジーとフォームファクターに関する課題は、JEDECとの開発で、すでに次世代DDR仕様、DDR6に影響を与えています。2027年の完了を目指すDDR6は、DDR5と比べて極めてリニアなデータレートの増加と、広いデータバスによって、より高度なパフォーマンスに的が絞られる可能性があります。

それまでに、DDR5の転送速度は増加を続け、新しいフォームファクターで利用できるようになります。この計画にはCAMM2が含まれ、今後2年間で、モバイルシステムとスモールフォームファクターシステムの有力なモジュールソリューションになると見込まれています。薄型プロファイルのCAMM2は、従来のノートパソコンで2つのSODIMMを実質的に置き換えることができ、マザーボードに直接取り付けられたディスクリットDRAMコンポーネントによるモジュラーメモリソリューションを使用することで、製造元のコストがめざましく軽減されます。一部のマザーボード製造元は、CAMM2を従来のデスクトップPCで使用できることを

実証までしています。DellへのオリジナルCAMM設計に対する認定メモリサプライヤーとして、Kingstonは、インフラストラクチャーとすでに実現されている新しいフォームファクターの製造とテストに対する投資によってCAMM2革命をサポートするための立ち位置を戦略的に固めています。Kingston ウェブサイトで私達のCAMM2ソリューションから目を離さないください。2025年上半期に発表予定です。

CUDIMMは、6400MT/秒DDR5から始めてアンバッファードDIMMにクロックドライバーを統合したもうひとつの新しいタイプのDRAMモジュールです。このコンポーネントは、モジュールのプロセッサからクロック信号をリドライブし、信号整合性を高め、高転送速度時にやかいな、ノイズやジッターによるエラー発生率を削減しました。

次は、コンピュータエクスプレスリンク(CXL)です。これはまだ開発の初期段階にあるもうひとつの新しいDRAMカテゴリです。CXLは、オープン標準プロトコルであり、PCI Expressバスで動作し、ストレージに対してはNVMeによく似ています。コンピュータエクスプレスリンク(CXL)は、さまざまなフォームファクターでDRAM(DDR4、DDR5、HBM)を活用してメモリ容量を増加し、サーバーに利用可能なメモリプールを拡張するメモリエキスパンダーです。

まとめ

AIの隆興とともに、メモリ設計者は、競争を続けています。半導体メモリのバックボーンとして、大容量とプロセッサまでの迅速なデータ配信によるDDR SDRAMの進化は前進を続けています。厳しい品質管理に対する投資によって鍵となる互換性と製造上の課題に取り組むことで、製造元はさまざまなコンピューティングニーズに合った信頼性におけるハイパフォーマンスメモリを製造することができます。また、ユーザー環境個々の要件を満たすため、Kingstonのエキスパートは、進化するチップセット、プロセッサ世代、最適化されたメモリ構成の複雑さの中で、選択すべき方向性を明確にして皆様をサポートします。

コミットメントの上に構築

大規模なデータから、ノートパソコン、PC、ウェアラブルテクノロジーなどのIoTデバイスに至るまで、Kingston Technologyは、最高水準の製品ソリューション、サービス、サポートをお届けしています。有数のPC製造元やグローバルクラウドプロバイダーからの信頼を得て、私達は、進化と革新を支援する長期間にわたるパートナーシップに価値を見出しています。私達は、品質と顧客ケアを優先することですべてのソリューションが最高の標準を満たすと確信しています。すべての段階で、顧客やパートナーの声を聞き、学び、関わりあって、絶えることのない影響力をもたらすソリューションをお届けします。

©2024 Kingston Technology Far East Corp. (Asia Headquarters), No. 1-5, Li-Hsin Rd. 1, Science Park, Hsin Chu, Taiwan
すべての商標および登録商標は、各所有者に帰属します。



Kingston[®]
TECHNOLOGY
BUILT ON COMMITMENT

Kingston Technology