

# Silicon Motion's Ferri-UFS

## 自動車用フラッシュベースのストレージに新しい性能基準

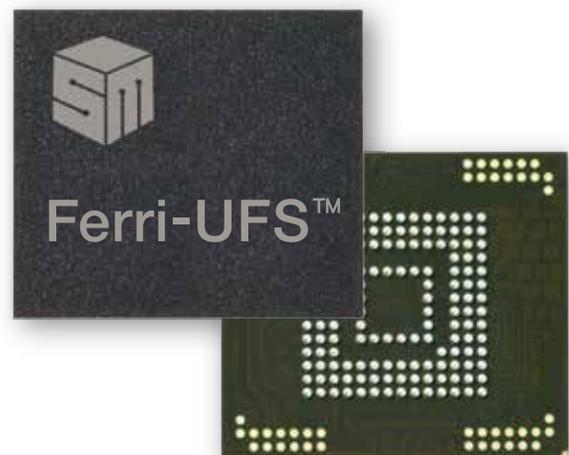
自動車は転換期を迎えている。かつては主に移動のための装置であった自動車は、モバイルエンターテインメントであり創造的な空間になりつつある。最終的には、完全自律型車両の導入により、自動車は一種のロボットになるだろうと言われている。

これらの変化によって、自動車購入者はインフォテインメント、安全性、システム制御、ユーザーインターフェース、自動車同士または自動車と外界とのコミュニケーションを実現するオンボードコンピューティングシステムに重きを置くようになるでしょう。これらコンピューティングシステムの多くは、膨大なストレージ容量に高速で利用できる状況にますます依存していくでしょう。

容量と速度両方への需要の増加が、自動車データストレージ技術における世代交代をもたらした。それは、PATAまたはSATAインターフェースを搭載した旧式デスクトップPCのHDDから、ソリッドステートストレージへの移行、最初はSDカードから、そしてeMMCへの移行である。

現在、自動車業界では、現在のバージョン5.1eMMCからUFS (Universal Flash Storage) への転換が進行中である。これは、自動車OEMにおける読み取り・書き込み速度の向上を約束するものであり、eMMCバージョン5.1より3~4倍速くなり、ランダムIOPS性能 (毎秒の入出力操作) では2.5倍も速くなる。

当白書では、UFSインターフェイスがeMMCよりも未来の自動車設計に適している理由、重要なパフォーマンスパラメータ、製品仕様、サプライヤーについて説明する。自動車アプリに使用する組み込みUFSストレージを評価する際に必要となるでしょう。



### UFS技術への移行を推進する要因

自動車市場は、2010年頃からeMMCストレージデバイスの重要な消費者となっている。21世紀最初の10年間で、eMMCインターフェースをベースとしたメモリデバイスが携帯電話に初めて導入された。eMMCは、過酷な動作環境では損傷を受けやすい可動部品を含むPATAやSATA HDDに比べ、長寿命や信頼性に優れているので、自動車メーカーは携帯電話市場の流れに追随したのです。

## 自動車用IVI システムの動向



### ●レガシィインフォテインメント

ラジオ/メディアプレイヤー/  
ナビゲーションシステムのさまざまなCPU、  
システム

### ●デジタルコックピット

クラスター、ナビゲータ&  
メディアプレイヤーを統合したシングルCPU/  
システム管理ハイスループット性能

### ●CPU

ADAS/オートノミー/電子ミラー/Dクラスター/  
IVI高帯域幅SoCエッジコンピューティング、  
ストレージの接続  
高解像度マルチディスプレイ&画像記録

~ 2016

2018

2020

2024 ~

しかし、自動車設計者はeMMCインターフェース性能の限界に直面している。なぜなら、新しいIVIシステムは、より修練された自動運転能力を備え、大型で洗練されたGUI、高解像度のビデオ再生といったメディアアプリケーションに対応しなければならないからだ。

次世代のIVIシステムを設計するために、自動車設計者はアーキテクチャを再検討している。初期のシンプルなIVIシステムでは、インストルメントクラスター、センターインフォメーションディスプレイ (CID)、メディアシステム、ナビゲーションシステムは、ディスクリプトプロセッサチップでそれぞれ制御され、マルチプロセッサアーキテクチャを使用することが可能だった(図1参照)。

新しい自動車設計では、自動車メーカーは、「デジタルコックピット」を開発している。インストルメントクラスター、メディアシステム、ナビゲーションなどのつながり合うべきシステムは、高度に統合されたアーキテクチャを使用し、1つの高性能プロセッサで制御されている。このアーキテクチャでは、データは以前の分散型マルチプロセッサアーキテクチャよりもはるかに高いスループットで処理されなければならない。

図 1: 自動車用IVIシステムのアーキテクチャは大幅に変わろうとしている。(引用: Silicon Motion)

そして、eMMCインターフェースはシングルプロセッサアーキテクチャが課す要求に、単に適さない。そのため、自動車メーカーは、eMMCを超えた次世代データストレージインターフェースに目を向けている。図2に示すように、標準のデュアルチャンネルUFSインターフェースは、第5世代のeMMCよりもはるかに高い最大スループットを実現する。

## インターフェイススループット比較

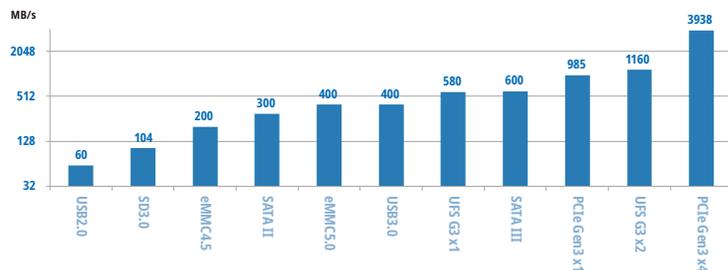


図2: デュアルチャンネルUFSインターフェースは、従来のeMMC5.x仕様と比較してスループットが劇的に向上している。(引用: Silicon Motion)

この理論的に高いデータスループットは、市販のストレージ製品のパフォーマンスに反映されている。図3はeMMCベースとUFSストレージ製品の性能比較である。

	Ferri-eMMC (eMMC v5.1)	Ferri-UFS (UFS v2.1)
最大インターフェース速度	3.2Gbps	11.6Gbps
動作モード	ハーフデュプレックス	フルデュプレックス
マルチタスク対応	読み込みまたは書き込み	同時読み込み&書き込み
最大シーケンシャル読み取り速度	300MB/秒	800MB/秒
最大シーケンシャル書き込み速度	80MB/秒	250MB/秒
最大ランダム IOPS	20,000/10,000	50,000/20,000

図 3: Silicon Motion製Ferri-UFS製品は、Ferri-eMMC製品の3倍以上の速度のデータスループットを可能にする

現在、自動車市場でも、実績のあるUFSインターフェース技術と高性能UFS NANDストレージ製品の豊富な供給から恩恵を受けることができる。ただし、当白書では、製品特性やサプライチェーンに決定的な違いがあるため、自動車アプリケーション向けUFSストレージ製品を家庭用機器で使用されているものと以下のように区別している。

### Ferri-UFS™製品は、eMMCストレージデバイスへの移行を簡単に実現

eMMC v5.0またはv5.1と比較してUFSインターフェース仕様で実現する高データスループットは、図2に示すように、製品レベルで3倍以上優れたパフォーマンスを可能にする。UFSベースのストレージは、同時のリード・ライト動作に対応し、マルチタスク能力を向上させ、エンドユーザーはアプリケーション間の遅延のない切り替えが可能になる。非常に高いシーケンシャルリード速度は、高解像度ビデオストリーミングなど読み込みがスムーズでグリッチフリーなアプリケーションを体験することができる。ランダムIOPSの最大性能が50,000ということは、ユーザーは最もコンピューターを駆使したアプリケーションからも瞬時に反応する感覚を得られるのである。

その結果、多くの自動車メーカーは現在、eMMCベースのストレージデバイスからUFSストレージへの設計プラットフォームの移行を検討している。たとえば、Silicon MotionのFerri-eMMC™シリーズを搭載した自動車ユーザーは、Ferri-UFS™シリーズに移行することで、シンプルかつ迅速なデザイン統合プロセスの恩恵を受けられる。

Ferri-UFS製品（製品番号SM671）は、最新のUFS2.1仕様に準拠した機能が豊富なフラッシュコントローラと標準NANDフラッシュメモリを組み合わせた、高度に統合されたソリューションである。HS-Gear3 × 2レーンモードなどのUFS v2.1の高度な機能、およびコマンドキュー機能に対応している。さらに、Ferri-UFS製品はファームウェアでカスタマイズして、OEMが必要とする特定の機能やアプリケーションを提供できる。

SM671は、11.5mm × 13mm × 1.2mmの153ボールBGAパッケージで提供され、メモリ容量オプションは16GBから最大256GBまで揃っている。最高85°Cでの動作が車載用でAEC-Q100グレード3に認定されている（グレード2の認定は、2019年第2四半期現在保留中である）。極めて速い性能を誇り、データ転送速度と初期化時間の両方が次世代の自動車のIVI設計よりも十分速い。

### 自動車市場の考察

前述のように、Ferri-UFSシリーズなどのUFSストレージ製品は、最新の標準3D TLC NANDフラッシュを使用しているため、魅力的な価格で高いメモリ容量を実現する。

しかし、自動車市場では、**性能と価格は、超高品質と信頼性の必要性とのバランスをとることが求められている。**

Silicon Motionは、以下の組み合わせでこの要件を満たしている。

- 厳格な品質管理プロセスと基準の適用
- 独自の信頼性およびデータ整合性機能の実装

## 厳格な品質基準

品質管理プロセスは、生産数量に対する顧客への出荷量によって計られるが、10ppm未満というのは、Silicon Motionが2014年に自動車市場に供給を始めて以来、毎年各顧客に対して達成してきた不良率である。

厳格な基準は、Ferri-UFS製品で使用されるコントローラおよびNANDダイの仕様にも適用されている。ダイの選択は成熟した（最先端ではない）製造工程の高歩留まりのウェハからのみ行われ、その段階ではすべての欠陥および品質の問題は基本的に特徴付けられているため、したがって容易に検出することができる。これは、Ferri-UFS製品の製造工程が良品から始まることを意味している。

さらに、コントローラを製造するファウンドリからウェハの選別を行う工場、テストおよび検証を行う施設、シリコンモーション自体まで、Ferri-UFSサプライチェーンがすべてIATF 16949の認証を受けている。自動車のトレーサビリティ要件は完全に対応している。例えば、Ferri-UFSデバイスのコントローラ

ダイはワンタイムプログラマブルメモリに保存された独自のチップIDを含んでいるので、元のウェハロットとウェハマップに遡ることができる。

自動車の品質に対するSilicon Motionの取り組みは、最終的な組み立てに至るまで完全に自動化されたラインのすべての工程で行われる。テストチャンバーは、顧客が指定した動作温度で、すべての製造ユニットのすべての箇所の欠陥をスクリーニングするために使用される（図4を参照）。このスクリーニングにより、Silicon Motionは早期の不良ブロックになる危険性のあるすべてのセルを識別できるため、顧客に出荷する前にNANDコントローラによって隔離することができる。

各製造ユニットで、長期温度試験と高圧/低電圧試験が実施されている。

Silicon MotionがすべてのFerri-UFS製品にこれらのプロセスと基準を一律に適用しているのは、自動車の顧客に向けて製造出荷が一貫して目標の10ppm未満の不良率を達成しているからである。

CP -40~85℃	FT 25℃	MT1 25℃	MT2 85℃ -40℃	MT3 25℃	EQC 25℃
ATE		SLT	Chamber	SLT	SLT
Controller CP Test	Open/Short Leakage current measurement	Function check + Upload Burn-in FW.	Self-Burn-in Screen Early Bad Blocks Create new bad blocks information	Function check + MP FW Upload	MP final check FW version /capacity /serial number, etc

図4: 自動車の顧客へ出荷される各部品に対して、包括的な高温および低温のルーチンテストを実施する。  
(出典: Silicon Motion)

## 高いデータ統合性と信頼性

自動車環境において、信頼性と長い動作寿命がシステム設計者にとって重要な考慮事項である。UFSストレージデバイスのユーザーにとって、これは、つまり、耐久性とデータ整合性の2つのパラメーターを綿密に評価する必要が生まれる。

これは、高密度3D NANDフラッシュの固有の特性による。

19nm以下の回路機能を備えた高度なプロセスで製造されたFerri-UFS製品の3D TLC NANDフラッシュのセルは、プログラム/消去サイクルごとに消耗する傾向にあり、データ損失につながる可能性がある。また、エラー訂正機能が実装されていない限り、読み取りおよび書き込みエラーが発生しやすくなる。

Silicon Motionは、NANDコントローラにおいて洗練された世界的なウェアレベリング技術を導入することで、耐久性の問題に取り組んでいる。さらに、以下のようなデータ保持期間を長くするための高度なテクノロジーを備えている。

- **静的データリフレッシュ - 温度に応じた速度でセルを自動的にスキャンする（極端な動作温度ではデータ損失が加速する可能性がある）。本機能はデータ損失の危険性があるセルにデータの上書きを行う。**
- **アーリーリタイアメント - ブロックを自動的に分析し、データ損失の危険性が高いブロックを特定し、それらをメモリアレイから排除する。**

これらおよび他の寿命操作の効果は、IVIストレージアプリケーション用に自動車業界で通常設定されているベンチマークを上回る、3,000プログラム/イレースサイクルの耐久性評価を達成することである。

**データの整合性**は、一般的な民生用NANDデバイスで使用されているものより優れたエラー訂正技術を導入することによって保証されている。Silicon Motionの高度なLDPC ECC（エラー訂正コード）エンジンは、読み取りおよび書き込み操作で発生するソフトエラーを排除する。

Silicon Motionは、永続的、一時的、および電源投入時の保護オプションを実現する拡張書き込み保護も実装している。自動車環境では比較的一般的な、予期しない電力損失が発生した場合にデータを保護する特別な手順によって、Ferri-UFSデバイスの電源が切れる前に、書き込まれているデータが安全に保存される。

これらの機能は、Ferri-UFS SRAMメモリに適用された8+1エラー検出コードによって実行されている。

最後に、Silicon Motion がお届けするソリューション全体は、製造から製品出荷に至るまで自動車OEMのジャストインタイム要求にかなうものである。それには、NANDフラッシュおよびコントローラウエハからチップ組立作業、スクリーニングおよびモジュール組立まで、製造工程のあらゆる部分でバックアップサプライヤーの利用可能性によって保証される完全な生産冗長性が含まれる。

### **結論：Ferri-UFSシリーズの各製品が自動車業界の要件をどのように満たしているか**

IVIシステムのような自動車用データ集約型アプリケーションは、現在、eMMCベースのストレージデバイスへの依存から、高容量3D TLC NANDフラッシュを使用した新しいUFS製品への移行が行われている。

Silicon Motionは、Ferri UFS (SM671) シリーズをリリース、これは、デジタルコックピットに使用されている新しいシングルプロセッサアーキテクチャで十分に機能する高い性能を提供しつつ、同時に信頼性要求を満たす製品である。

LDPC ECCエンジンなどの優れたデータ整合機能、SSD / eMMC / UFSコントローラソリューション提供により得たノウハウ、同時に安定したサプライチェーン体制により、IVIシステムにおける高性能UFSデータストレージ技術や将来の自動車に搭載される他のコンピューターを駆使したアプリケーションに安全に実装する方法を提案する。

Ferri ファミリーについての詳細は、[www.siliconmotion.com](http://www.siliconmotion.com)をご覧ください。  
または、[ferri@siliconmotion.com](mailto:ferri@siliconmotion.com)まで電子メールにてお問い合わせください

© Copyright 2019 Silicon Motion, Inc.  
FERRI-WP-201910

