

今こそ再評価が必要な 車載イベント データ レコーダー

プリンシパル アプリケーション エンジニア、ハルシャ メドウ (Harsha Medu)
シニア スタッフ プロダクト マーケティング エンジニア、
カーティク ランガラジャン (Karthik Rangarajan)

概要

イベント データ レコーダー (EDR) と車載用データ ロギングの今後のアーキテクチャとはどのようなものでしょうか。本ドキュメントでは、現在の EDR、ADAS システムから選択された一部データ (カメラ/レーダー/LiDAR からの画像データなど) に対応する次世代 EDR、さらに新たな規制や規格で求められる追加データセットを扱う「新しい」データロギングシステムに対応したアーキテクチャについて考察します。こうしたシステムは、車両全体の状態や、すべての自動化システムの性能、システムとドライバー/乗員間の相互作用、天候や光などの環境条件、利用可能なイメージセンサーによって構築される、車両周辺の物理的空間の視覚的表現などの詳細な情報を記録します。

目次

概要	1
目次	2
1 今こそ再評価が必要な車載用イベント データ レコーダー	3
1.1 これまでの歩みとこれからの展望	3
1.1.1 鍵を握るのはメモリ	5
1.1.1.1 「PIN 互換」の置き換えでシステムを改善	6
1.1.1.2 進化するデータロギング アプリケーション	7
リファレンス	10

1 今こそ再評価が必要な車載用イベント データ レコーダー

今後数年間で、車載用イベント データ レコーダー (EDR) は大きく変化します。米国の自動車メーカーは乗用車に EDR を自主的に採用しており、中国と欧州共同体では EDR 搭載の義務化を進めています。日本でも 2021 年に EDR 搭載の義務化が決定し、国連は全世界で EDR 技術を導入することを勧告しています。同時に業界では、EDR の機能を拡張するために自動運転支援システム (ADAS) から取得した車両状態の情報をを用いて、現行必要とされているデータの補完、ならびに自動運転車用の追加データ ログ システムの作成を行っています。このような動向が含みうるものとして、自動運転システム (ADS) とドライバーの相互作用に関するデータや、カメラ、レーダー、LiDAR などで取得したセンサー フュージョン データが挙げられます。

つまり、技術的な要件に変化がなかった数十年を経て、乗用車用の EDR のアーキテクチャを再評価する時期に来ているのです。現行の EDR 装置は、データ ログ機能を追加するよう変更が加えられる可能性が高く、また、新たなデータ ログ システムが登場し、事故発生時の車両の状態や性能を正確に分析するのに必要な情報を取得するようになるでしょう。

1.1 これまでの歩みとこれからの展望

EDR は、マイクロプロセッサやメモリ システム、センサー、コントロール ユニットからの入力用データ バス、電源コネクタの 4 つのハードウェアから構成されています。EDR は、衝突を検知して必要に応じてエアバッグを展開するエアバッグ コントロール ユニットの一部として、衝突データを収集し衝突後の解析に利用します。EDR は車両のセンサーや制御システムから継続的にデータを取得し、エアバッグが作動するような衝突が発生した場合にそのデータをメモリに永久保存します。一般的なシステムでは、エアバッグが作動するような衝突の直前と直後の一定期間のデータを削除することなく記録します。

このタイプの EDR は米国の自動車業界が開発したもので、長年にわたってすべての乗用車に自主的に導入されてきました。アメリカ合衆国連邦政府は、2012 年以降に製造されたすべての車両に適用される FMVSS 49 CFR Part 563 と呼ばれる NHTSA の文書で、EDR が収集・保存するデータの要件を定めています。この文書では、最低 15 種類の必須データと最大 30 種類のオプション データを、規定のサンプル レートで取得することが求められています。必須データには、速度とそれに関連する加速度 (減速度)、モニター対象の乗員 (運転席、助手席) の安全ベルトとエアバッグの状態、エンジンの状態に関する情報が含まれます。また、特定の自動車メーカーが収集するデータ セットには、規制要件を上回るカスタマイズされた情報が含まれることもあります。

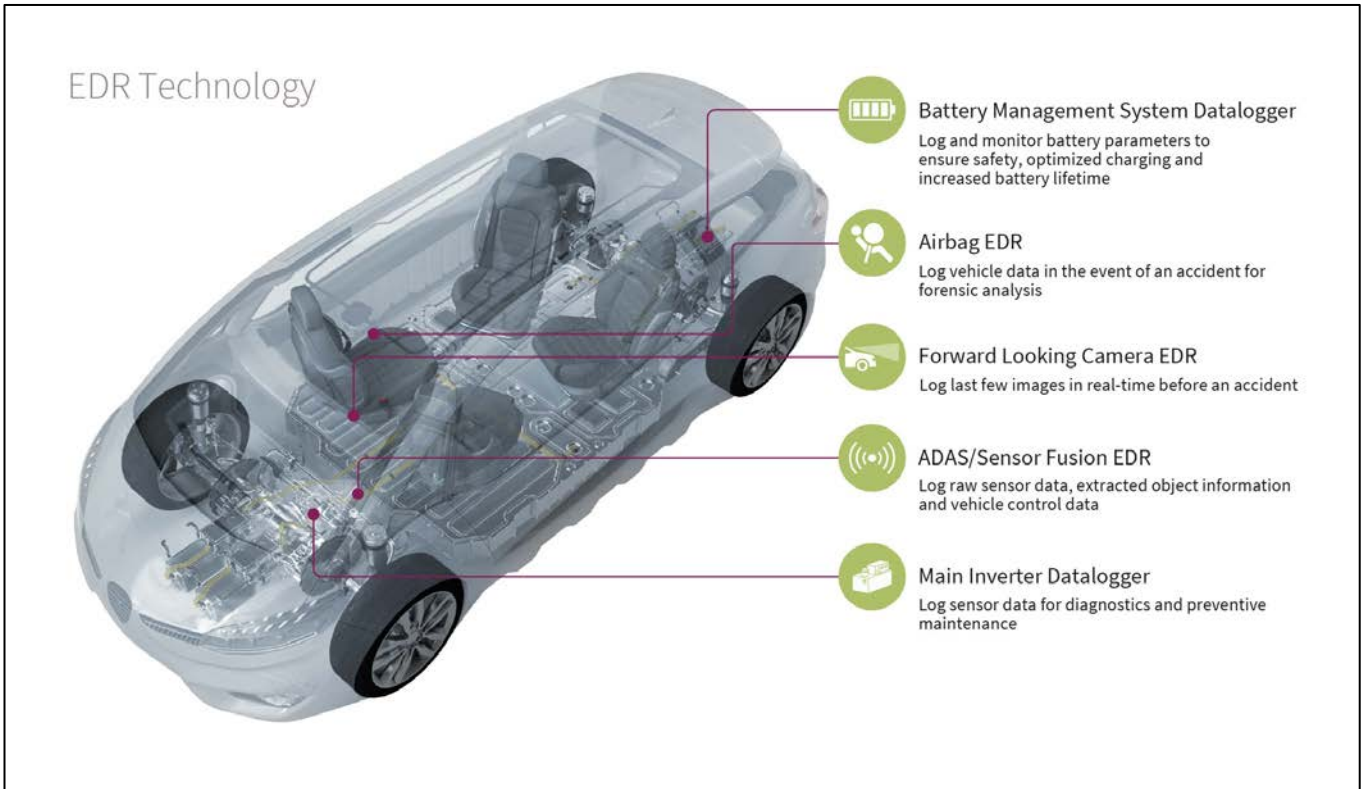


図 1: EDR テクノロジー

この 20 年間で、欧州共同体や中国 (2021 年から 2023 年の間に段階的に義務化される) など、世界のいくつかの地域でエアバッグ連動型 EDR が義務化されました。これらの地域のデータ要件は米国の規制で定められているものと類似しています。自動運転支援システム (ADAS) の世界的な普及と自律走行 (AD) 技術の開発に伴い、事故や衝突事象を正確に評価・分析するのに必要な情報に加えて、新しいタイプのデータが追加される可能性があります。自動車技術会の SAE J1397™や DSSAD (Data Storage System for Automated Driving: 自動運行装置に係る作動状態記録装置) を開発している国連欧州経済委員会などの作業を通して、将来のデータ ロギングシステムについて推奨が行われています。現在一部の高級車に搭載済み、または従来の EDR に今後数年のうちに搭載される予定のシステムには、センサー フュージョン EDR、カメラ/レーダー用の EDR/データ ロガー機器、および電気自動車のバッテリー管理とインバーターが含まれます (図 1)。これらのデータ レコーダーは、現在使用されている EDR とは別個のものですが、イベントを分析する際に記録されたデータセットの同期性をサポートするため、少なくとも収集データの一部は EDR に保存される必要があります。

このようにデータ要求が進化する中で、EDR と車載用データ ロギングの将来のアーキテクチャはどうなるのでしょうか。ここでは、現行の EDR、そして ADAS システムからの一部のデータ (カメラ/レーダー/LiDAR からの画像データなど) に対応する次世代 EDR、さらに新たな規制や規格で求められる追加データセットを扱う「新しい」データ ロギングシステムに適したアーキテクチャを検証します。こうしたシステムは、車両全体の状態や、すべての自動化システムの性能、システムとドライバー/乗員間のコミュニケーション、天候や光などの環境条件、利用可能な画像センサーによって構築された、車両周辺の物理的な空間の視覚的表現などの詳細を記録します。

1.1.1 鍵を握るのはメモリ

現在使用されている車載用 EDR システムの大部分は、イベントをトリガーとした永続的なデータ記録用に EEPROM またはデータ フラッシュ不揮発性メモリ (NVM) を使用しています。通常 MCU に搭載されている RAM バッファには、指定された容量の動作データ (EDR レコードのサイズ) が取り込まれますが、システムが急激な加速度の差分などのイベントを検出すると、NVM への書き込みが開始されます。指定されたイベント期間 (通常 250 ms) が終了すると、イベント データは永久に記録されます (図 2)。確実に書き込むために、バックアップ用のキャパシター (エアバッグの展開に使用) が書き込み動作の電源となります。キャパシターに依存しているため、データの整合性を検証することを目的としてチェックサムが使用されるのが一般的ですが、これにより書き込み時間が長くなり、ファームウェアが複雑になります。

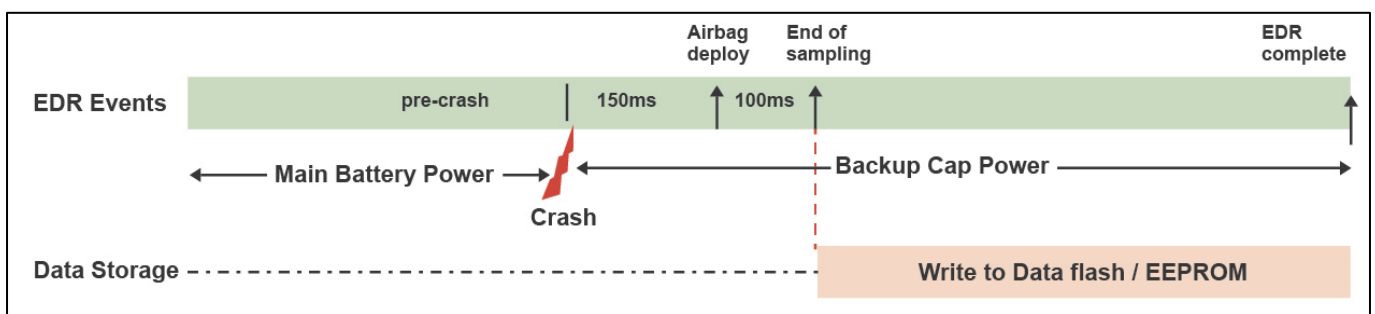


図 2: データ フラッシュ / EEPROM 付き EDR¹

F-RAM (Ferroelectric RAM) は、EDR 内の重要なデータの保存用に、よりシンプルで効果的なアプローチを提供するより進化したタイプの NVM です。PZT (チタン酸ジルコン酸鉛) を使用した F-RAM は、2 つの等しい低エネルギー状態を持つ結晶構造を持っています。電界を印加すると、この状態が変化し変化後の状態を「0」、「1」に対応させ記録します (図 3)。F-RAM の 1 回の書き込みに必要な電力は、シリアル EEPROM の 1/200、NOR フラッシュの 1/3,000 となっています。また、F-RAM の Read/Write の書き込み回数は、他の NVM よりも多くなっています (EEPROM の 10^6 サイクルに対し、F-RAM は 10^{14} サイクル)。さらに F-RAM は、データの瞬時の不揮発性書き込みが可能であり、不揮発性の書き込み操作の前に数ミリ秒のソーク タイムを必要とする EEPROM のような他の NVM と比較して、極めて短い書き込み時間が可能となります。20 MHz のシリアル動作では、F-RAM を使用すると 256 bit の書き込みが 14 us で終了するのに対し、EEPROM では約 5 ms を要します。同様に、64 K ビット全体の書き込みは、EEPROM では 1283.6 ms 要するのに対し、F-RAM では 3.25 ms で完了します。さらに、F-RAM は保存されたデータを最長 151 年 (@65°C) 保持します。これは、チップベースのメモリ技術の中では他に類を見ない信頼性レベルです (表 1)。

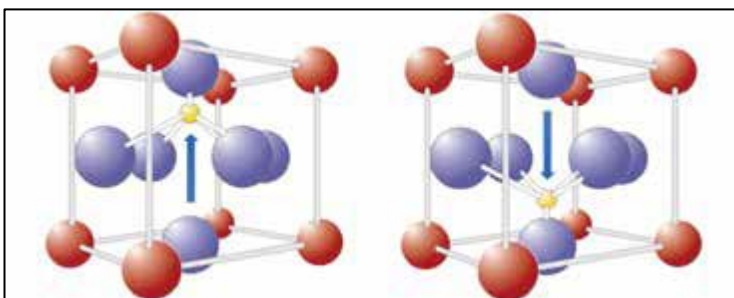


図 3: バイナリーメモリの基礎

カメラ	解像度	画素深度	Bmp 画像 サイズ	データ ロガー サイズ	データ ロガー サイズ (H/W 圧縮率 80:1)	(JPEG 標準 圧縮率 10:1)
SAE Min. スペック	1.0 MP	24 bit	24 Mbit	480 Mbit	6 Mbit	48 Mbit
カメラ 1	1.2 MP	24 bit	28.8 Mbit	576 Mbit	7.2 Mbit	57.6 Mbit
カメラ 2	2.6 MP	24 bit	62.4 Mbit	1248 Mbit	15.6 Mbit	124.8 Mbit

表 1: チップ型メモリ技術の比較例

1.1.1.1 「PIN 互換」の置き換えでシステムを改善

インフィニオンは、2 Mbit～16 Mbit の民生品質および車載対応 (AEC-Q100 Grade1、2、3) の EXCELON™ F-RAM デバイスを提供しています。このメモリ IC は、EDR アプリケーションにおける EEPROM や NOR フラッシュの「PIN 互換」以上のものをもたらします。システム設計上、明確なメリットをもたらすのです。

一般的な EDR システムのアーキテクチャ (図 4) には目に見える変化はありませんが、F-RAM の特徴である高速性、ランダムアクセス書き込み、瞬時の不揮発性、実質的に無制限の書き込み回数は、設計上大きなメリットをもたらします。従来のシステムでは、システム MCU がイベント データを一時的に RAM バッファに格納し、トリガーがかかったときに NVM への書き込みを開始します。F-RAM は、常にすべての EDR レコードを格納するよう設定できます。トリガー イベントが発生すると、データはそのイベントに特定のタイムスタンプを付けて記録されます (図 5)。F-RAM はこの即時書き込み機能により、車載用 EDR の重要なデータ保存要件に合致する理想的なメモリとなります。さらに、EDR に EEPROM を使用する場合はウェア レベリングが必要となるため、実必要容量の 8 倍が必要となりますが、同じ SOIC-8 パッケージの F-RAM はウェア レベリング容量や補正ソフトウェアを必要としないため、システム コストを削減することができます。

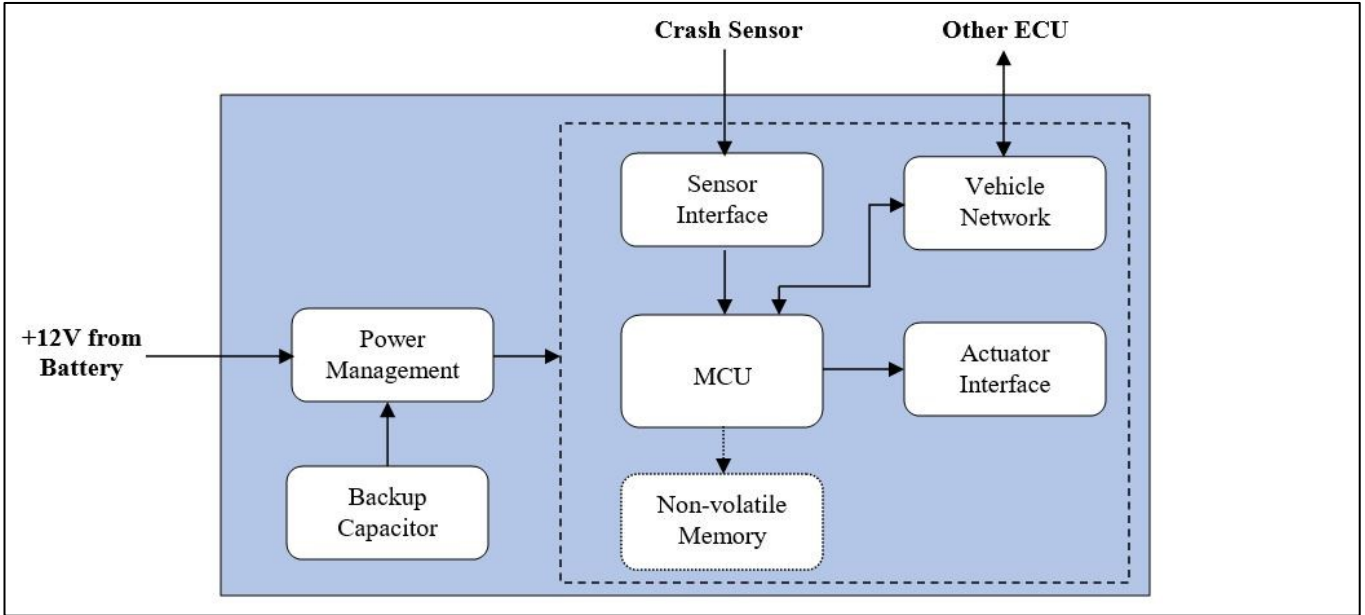


図 4: EDR システムの典型的なアーキテクチャ²

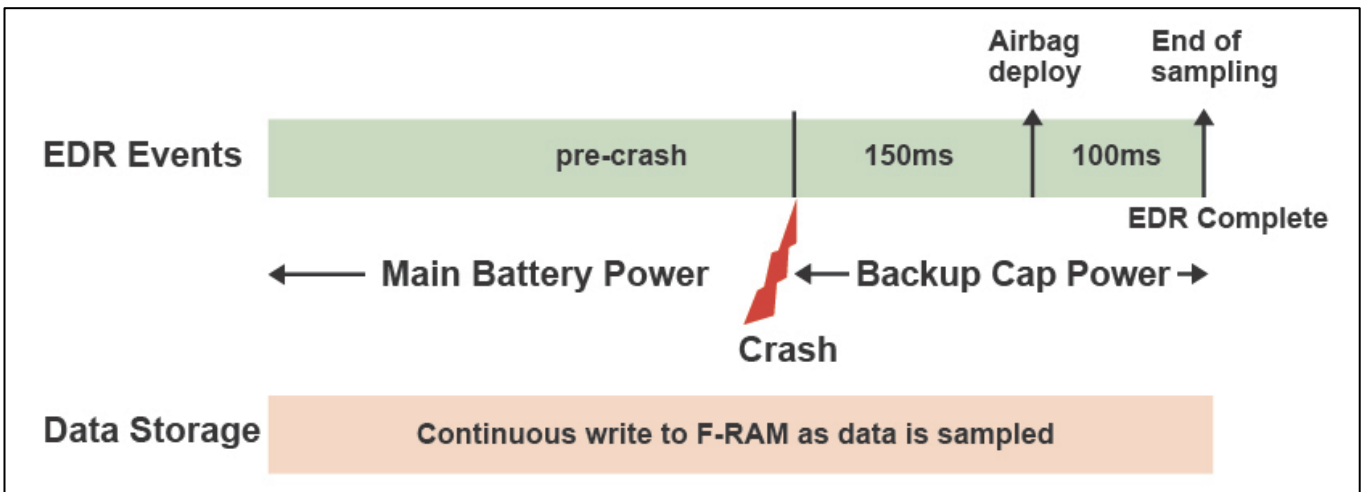


図 5: F-RAM を用いた EDR (新しいソフトウェアアーキテクチャ)³

1.1.1.2 進化するデータ ロギング アプリケーション

重要なデータを瞬時に書き込み、しかも高い信頼性で不揮発保存が可能なインフィニオンの車載品認定を受けた EXCELON™ F-RAM は、現行の EDR システムで使用されている EEPROM や NOR フラッシュメモリの理想的な代替品です。F-RAM はまた、来るべき ADAS および ADS の時代における EDR とデータ ロギングの新しいアプリケーションにも理想的です。

カメラやレーダー センサーを搭載した運転支援 (ADAS) 車両の数が増えるなか精度を維持するためには、画像システムの物理的なパラメーターや実世界に対する向きに合わせてセンサーを調整するダイナミック キャリブレーションが必要です。このキャリブレーション データ自体が、万が一の事故の際に保持すべき重要な情

報であり、F-RAM はこのような情報格納用途に最適なメモリです。カメラやレーダー、LiDAR をベースにしたイメージング システムの車載用センサー スイートへの追加により、衝突やその他の安全上の事故の際に画像をリアルタイムで保存することは、事故の再現に不可欠です。F-RAM は、連続的なデータ ロギング システムのメモリとして使用することができ、1 つまたは複数の永久的に保存する画像 (すなわち、イベント前、イベント時、イベント後) を瞬時に書き込むローリング バッファとして機能します。画像は当然、現在 EDR システムに保存されているデータと比較して大きなメモリ ブロックを必要とします。その代表的な値を表 1 にまとめています。また、画像に関連する位置情報や制御信号は、センサー フュージョン EDR システムの一部として同期を取って保存されますが、この種のデータは従来の EDR に併記される可能性があります。

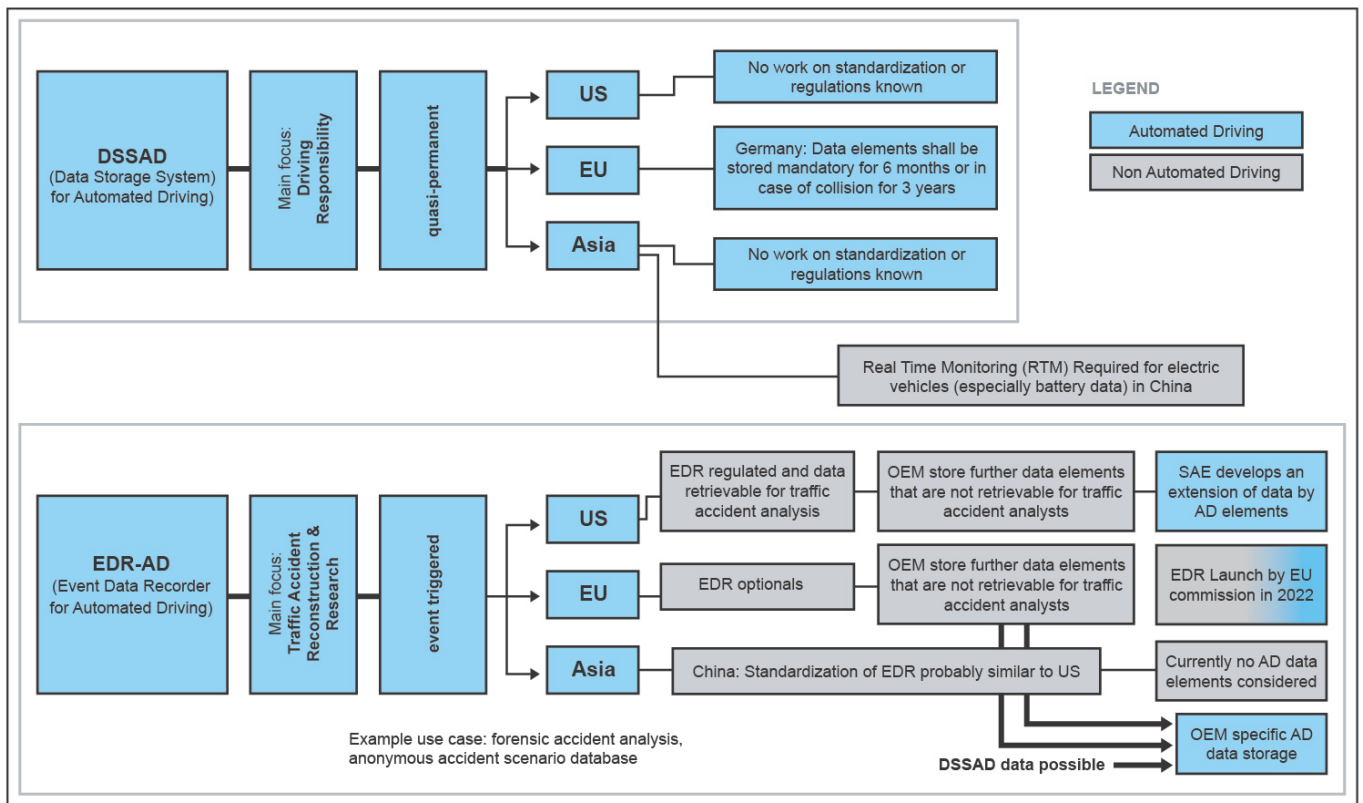


図 6: DSSAD の記録の例⁴

将来のデータレコーダーを標準化するために、SAE J3197 と DSSAD (Data Storage System for Automated Driving) の 2 つの取り組みが並行して行われています。SAE J3197 仕様では、L3、L4、L5 自動運転システムの EDR のパラメーターを定義しています。画像 (物体識別のアノテーション情報が付加) や、要求されたブレーキ、ギアの状態、モーション コントロール データを、イベントの 5 秒前から 1 秒間に 4 サンプルの割合で保存する必要があります。エアバッグ システムの EDR に加えて使用することを意図しており、2 つのシステム間のデータ同期も必要となります。

従来の EDR システムの目的である事故事象の再現とは異なり、DSSAD の記録は自律走行車の行動に対する責任の所在を立証するために使用されます (図 6)。DSSAD のデータは、自律走行システムと人間のドライバーとの相互作用を記録し、特定の時点でどちらが車両をコントロールしているかという点を明らかにします。

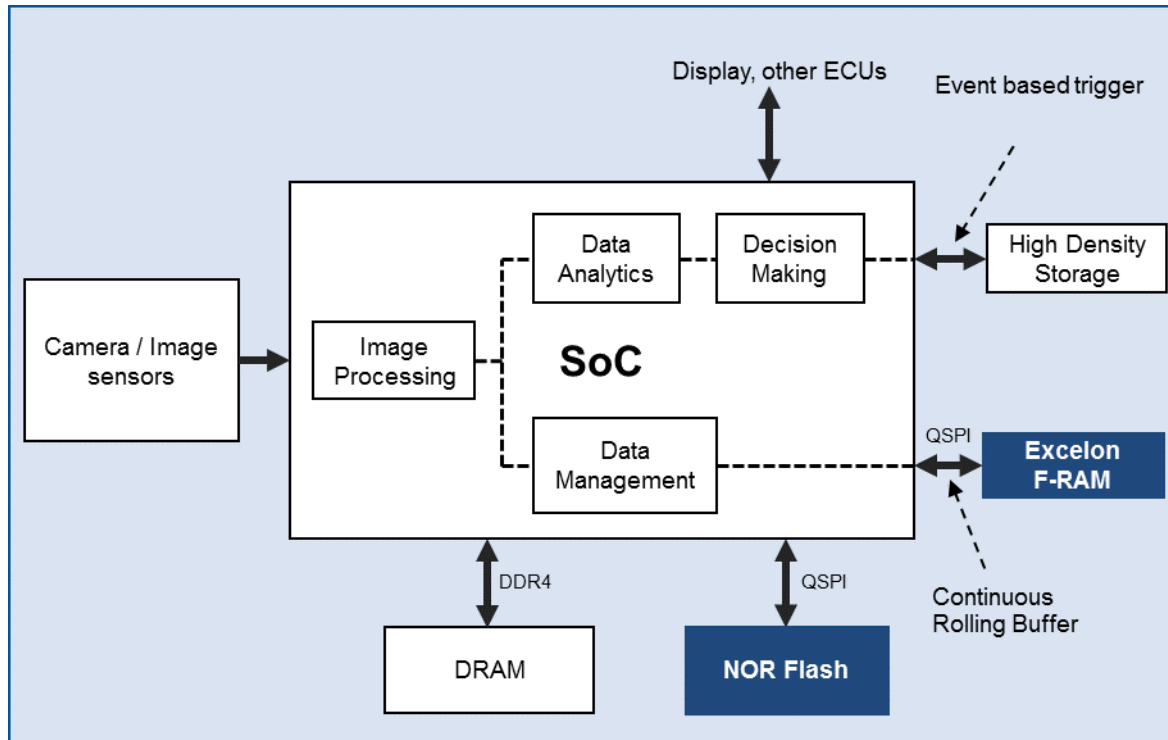


図 7: チップ型メモリのブロック図

インフィニオンの EXCELON™ F-RAM は、このようなデータ ロギング アプリケーションのプライマリー メモリとして使用しても、大容量のマス ストレージや他のメモリと組み合わせて使用しても (図 7)、書き込み速度や書き込み回数、信頼性、低消費電力の面で比類のない能力を発揮し、新たな次世代車載用 EDR に不可欠な役割を果たします。

リファレンス

- [1] <https://www.embedded.com/meeting-emerging-requirements-for-reliable-data-logging-in-automotive-systems>
- [2] <https://www.embedded.com/meeting-emerging-requirements-for-reliable-data-logging-in-automotive-systems>
- [3] <https://www.embedded.com/meeting-emerging-requirements-for-reliable-data-logging-in-automotive-systems>
- [4] https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/eng-2020-0007/html#j_eng-2020-0007_ref_003_w2aab3b7e1408b1b6b1ab2ab3Aa

発行元:

インフィニオンテクノロジーズ ジャパン株式会社

© 2022 Infineon Technologies AG.
All Rights Reserved.

Please note!

This Document is for information purposes only and any information given herein shall in no event be regarded as a warranty, guarantee or description of any functionality, conditions and/or quality of our products or any suitability for a particular purpose. With regard to the technical specifications of our products, we kindly ask you to refer to the relevant product data sheets provided by us. Our customers and their technical departments are required to evaluate the suitability of our products for the intended application.

We reserve the right to change this document and/or the information given herein at any time.

Additional information

For further information on technologies, our products, the application of our products, delivery terms and conditions and/or prices please contact your nearest Infineon Technologies office (www.infineon.com).

Warnings

Due to technical requirements, our products may contain dangerous substances. For information on the types in question please contact your nearest Infineon Technologies office.

Except as otherwise explicitly approved by us in a written document signed by authorized representatives of Infineon Technologies, our products may not be used in any life endangering applications, including but not limited to medical, nuclear, military, life critical or any other applications where a failure of the product or any consequences of the use thereof can result in personal injury.