TOSHIBA

White Paper

2026 年 4 月 1 日

東芝 AI 監視カメラ向け HDD「S300 AI」｜OptiFrame™ AI ファームウェア

Surveillance | S300 AI

OptiFrame™ AI

要旨

映像監視システムは、単なる録画・保存用の機構ではなくなりました。今では、カメラ映像を 24 時間 365 日絶えず記録し、その間 AI（例えば物体検知、顔認識、行動分析）が過去映像を高速で解析できる「常時稼働のデータ基盤」へと進化しています。

このような場合、ストレージ（主に HDD）は、(1) 長時間連続するシーケンシャルな録画と、(2) 突発的かつレイテンシー（遅延）に敏感なランダムな読み書き（解析やメタデータ処理）を同時に処理しなければなりません。一般的な PC やサーバー用途のファームウェアは、監視向け特有の混在 I/O を想定して最適化されていないため、負荷が増えると録画の遅延やキャッシュの取り合いが起こりやすくなります。

本書では、監視＋AI 解析という混合ワークロードに合わせ、HDD の動作をファームウェア内部制御によって最適化する「**OptiFrame™ AI**」を紹介します。ポイントは「記録の継続性」を重視した運用を図りつつ、「解析も必要に応じて迅速化」のために、I/O 種類を判別し、キャッシュ管理やコマンド処理順序（スケジューリング）を賢く制御する点にあります。具体例として、最大 64 台のカメラと 32 本の AI 解析ストリームを同時に扱う規模を想定しています。

東芝デバイス&ストレージ株式会社
Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

1. 監視および AI ワークロードの特性

監視ストレージの基本は「録画が途切れず続くこと」です。カメラは常に一定のビットレートで映像を出力するため、ストレージには長時間にわたって連続した書き込み（シーケンシャル書き込み）が絶えず発生します。このとき遅延や停止が発生すると、フレーム欠落（映像の欠け）につながるため、録画書き込みには厳しい遅延の上限が求められます。

一方、AI 解析では録画された映像や関連データ（メタデータ）に対して、必要な部分だけをランダムに読み出します。これはランダムアクセス（離れた位置への読み書き）となりやすく、録画のシーケンシャル書き込みと同時に発生すると、ヘッド移動やコマンド待ちによってレイテンシーが増加します。特に解析結果をほぼリアルタイムで利用する場合、読み取りのレイテンシーが検知の遅延に直結します。

このように監視＋AI 環境では、「常時のシーケンシャル書き込み」と「突発的でレイテンシーに敏感なランダムアクセス」が共存します。このため、同時に蓄積される I/O 要求数（コマンドキュー深度）は増加し、また 24 時間 365 日（24/7）連続稼働が前提になります。これはデスクトップや一般的なサーバー、クラウドでの典型的なワークロードとは異なり、汎用ファームウェアではボトルネックや安定性の問題が表面化しやすくなっています。

2. 大規模化（スケール）で顕在化する課題

カメラの台数や同時に行う解析の数が増えると、システムの安定性はストレージの動作に大きく左右されます。録画（連続的な書き込み）と解析（ランダムな読み出し）が並行すると、HDD はヘッドを頻繁に動かす必要が出てきます。すると、書き込みが分断され、実効スループット（実際に出る性能）が下がりやすくなります。

特に問題となりやすいのはキャッシュ領域の競合（キャッシュの取り合い）です。ワークロードが区別されていない場合、解析側のトラフィックが書き込みバッファ（録画データの吸収に使う領域）を追い出してしまうことがあります。その結果、録画データの吸収が追いつかず、フレーム欠落のリスクが高まります。

さらに、長期間に及ぶ頻繁なヘッド移動は機械的な摩耗を増加させ、信頼性（故障率や寿命）にも悪影響を与えます。監視システムは何年も継続運用されるため、短期的な性能だけでなく、長期安定性と予測可能な挙動（決定論的な動作）が非常に重要です。

設計者として最も重視すべきは、「解析負荷が上がっても録画データが確実に守られる」ことです。したがってストレージは受動的にコマンドを処理するだけでなく、録画と解析によるリソースの競合を能動的に管理する仕組みが求められます。

3. OptiFrame™ AI ファームウェアアーキテクチャー

OptiFrame™ AI は、監視＋AI 解析といった混在する I/O 環境に適応して HDD 内部制御を最適化する「ワークロード認識型」ファームウェア制御フレームワークです。すべての I/O を一律に処理するのではなく、システム内の各役割に基づき分類し、優先度、キャッシュ利用、実行順序等の処理方針を能動的に変更します。

本フレームワークの中核となるコンセプトは以下の三点です。

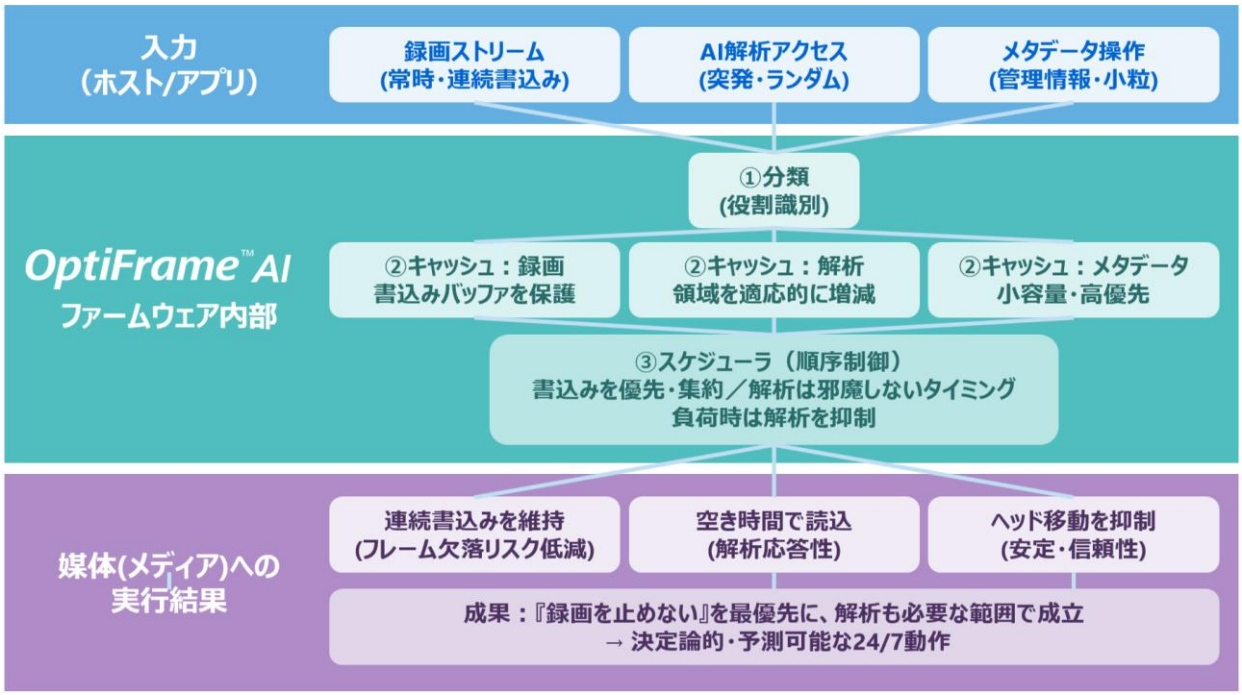
（1） ワークロード分類：入力される I/O を「録画のシーケンシャル書き込み」「解析関連の読み書き」「メタデータ操作」などとして識別します。

（2） キャッシュ制御：録画のための書き込みバッファを守りつつ、解析のためのキャッシュ領域も必要に応じて確保します。

（3） コマンドスケジューリング：録画継続性を維持するため書き込み優先・集約を行い、解析要求は“邪魔にならない形”で処理します。

これらはドライブ内部で自律的に動作しているため、ホスト側ソフトウェアやアプリケーションを変更しなくても効果を発揮することが特徴です。

OptiFrame™ AI 役割認識 I/O 制御フロー： ①分類 → ②キャッシュ → ③スケジューラ



4. キャッシュ制御と保護（録画を止めないための要点）

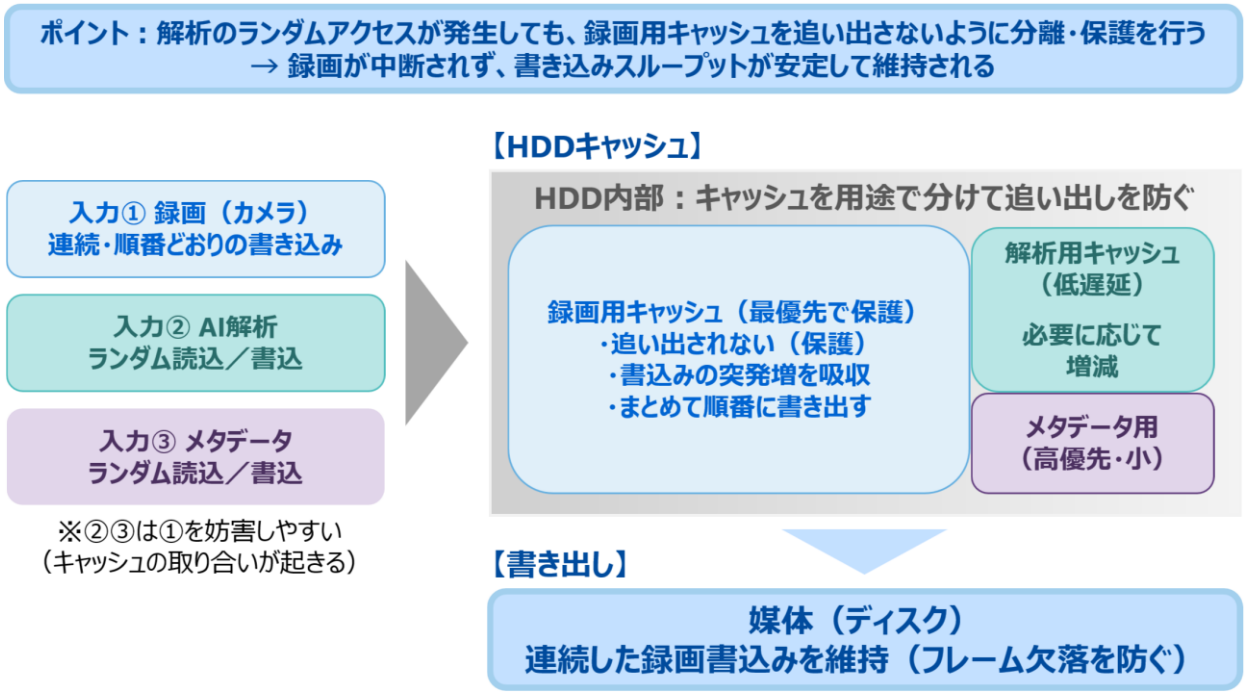
混合ワークロードで最も重要なのはキャッシュ管理です。OptiFrame™ AI は、録画と解析のキャッシュを論理的に分割し、互いに干渉させない仕組みを採用しています（論理的キャッシュ分割）。

まず、録画の連続書き込み用に「書き込み優先キャッシュ領域」を確保し、ランダムアクセス（解析）が発生しても簡単には追い出されないよう保護します。これによって、カメラからの映像フレームを安定して受け取り、一定のリズムで媒体（ディスク）にフラッシュ（書き出し）できます。録画が"詰まらない"ことが最優先となります。

一方で、解析向けには「適応型の解析キャッシュ領域」を設け、解析の読み取りやメタデータ更新が増えた場合にはメタデータ更新の領域を拡大し、逆に減れば縮小させるなど、負荷状況に合わせて調整します。

さらに、メタデータ用に小さく高優先度のキャッシュを用意することで、管理情報の処理待ちを減らし、システム全体の応答性を向上させます。結果として、解析アクセスによって書き込み用キャッシュが圧迫されることを防ぎ、解析が最大同時実行される状況でも、録画のスループットと挙動の一貫性を維持します。

図：キャッシュ制御と保護

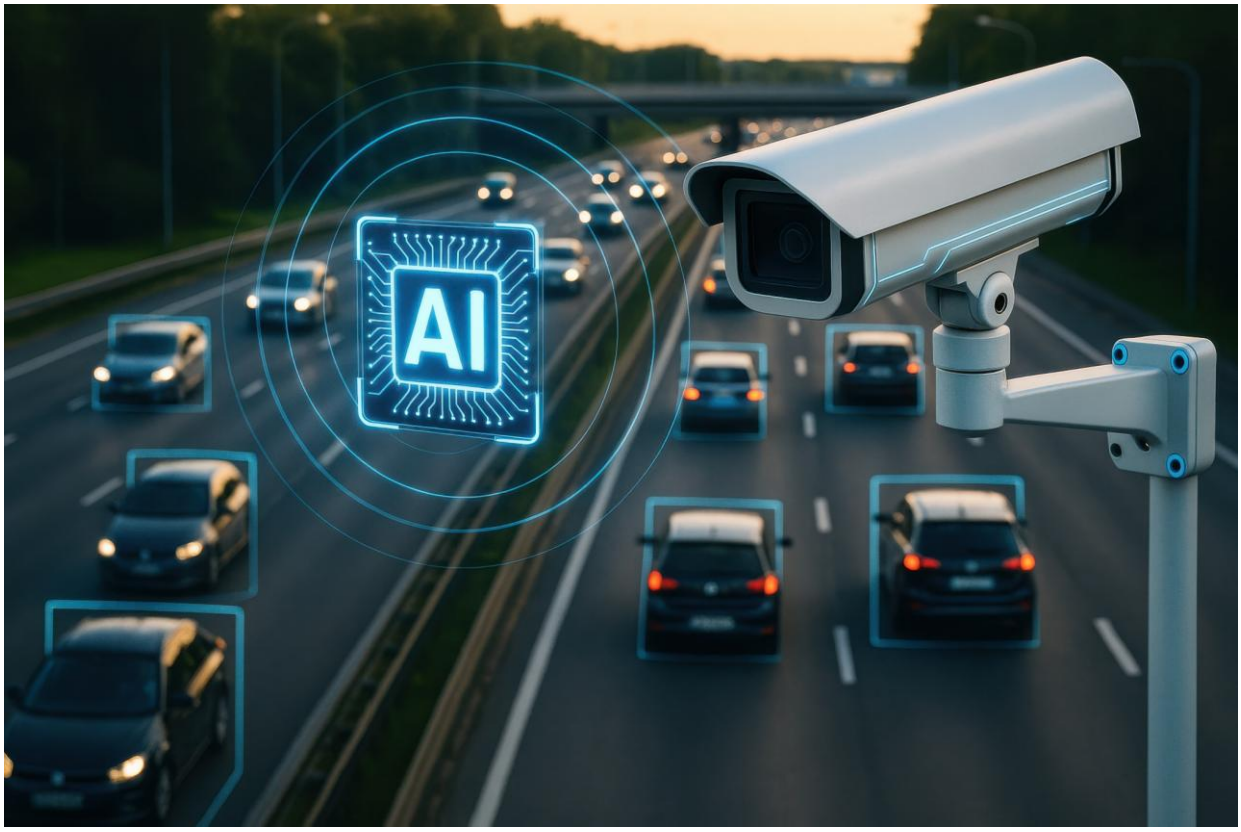


5. 適応型ワークロード認識スケジューリング（賢く順番を入れ替える）

キャッシュだけでなく、「どの I/O をどの順番で実行するか」も性能や安定性を左右します。OptiFrame™ AI は、録画のシーケンシャル書き込みを常に最優先にし、可能な限り連続した形にまとめて（集約して）処理します。これによりヘッド移動を減らし、書き込みを途切れにくくします。

解析読み取りや補助的なメタデータアクセスなど、録画以外の要求は、録画の妨げにならないタイミングで処理します。負荷が上がり、録画のレイテンシーが危険な水準に近づく場合は、低い優先度の要求を抑制して、録画の遅延を管理可能な範囲に保ちます。

監視システムは導入後も変化します。カメラ構成の変更や AI モデルの更新、保持ポリシーの見直しなどがあるとアクセスパターンは変化します。OptiFrame™ AI は、キャッシュ配分やスケジューリングの閾値、リクエストのペースなどの内部パラメータを継続的に調整することで、特別な条件下に合わせたチューニングをしなくても効果が維持されるようにします。



6. 信頼性と 24 時間 365 日（24/7）運用（長く安定して動かす）

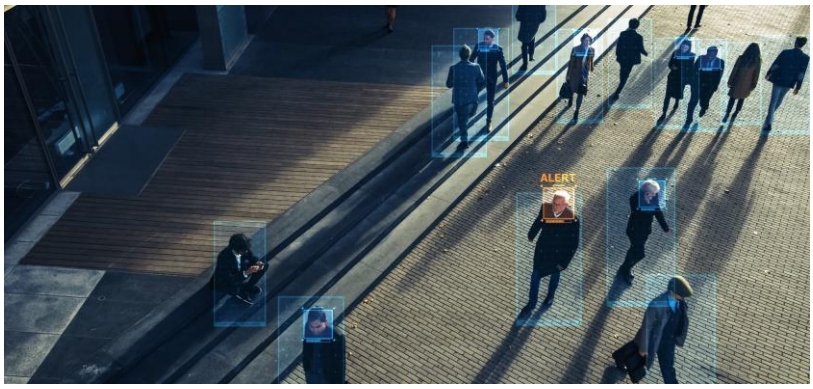
監視用途はミッションクリティカルな用途が多く、途切れることのない長期間の運用が前提とされます。OptiFrame™ AI は、不要なシーク動作（ヘッド移動）を減らし、書き込み処理を平滑化することで、年間を通じた高いワークロード状況下でも安定して動作するよう設計されています。

また、キャッシュのフラッシュやコマンド処理順序を最適化することで、高負荷時の立て直し処理が頻発したり長引いたりするリスクを抑え、安定的な運用につなげます。アクセスの傾向が安定することで、装置の耐久性の面でも有利となり、システム設計者は様々なストレージ構成や負荷条件を前提とした信頼性重視の設計を行いやすくなります。

7. 結論

カメラ台数の増加および AI 解析技術の進展に伴い、ストレージは単に「容量があればよい」部品ではなく、システム全体の品質を左右する中核的要素になっています。最大 64 台のカメラと同時に 32 本の AI ストリームを実行する構成においては、録画の信頼性と解析の応答性を両立させるためには、ワークロード認識型の制御が必要となります。

OptiFrame™ AI は、I/O の分類、キャッシュ保護、適応型スケジューリングをファームウェア内部で行うことで、「記録の継続性」を重視した運用を図りつつ、解析速度も必要十分に確保し、さらに 24/7 運用に求められる長期信頼性を支えます。次世代の AI 監視システムを設計するエンジニアおよびアーキテクトにとって、混在ワークロード下でも録画動作を確実に維持し、システム規模の拡大や解析負荷増加の局面における挙動の把握・制御性向上を可能にする、安定性と拡張性を体系的に高めるための基盤技術として位置づけることができます。



https://toshiba.semicon-storage.com/jp/storage.html

*本書の記載は製品の設計思想・技術的特長の説明であり、特定の性能・稼働を保証するものではありません。

OptiFrame™は、東芝デバイス＆ストレージ株式会社の商標です。
その他の社名・商品名・サービス名などは、それぞれ各社が商標として使用している場合があります。