

和歌山大学学生自主創造支援部門（クリエ） クリエプロジェクト  
＜2025 年度ミッション成果報告書＞

プロジェクト名：新クリエ映像制作プロジェクト！ -Filmage-

ミッション名：次世代動画コーデックを用いた高効率自動圧縮プログラムの開発と運用

ミッションメンバー：システム工学部 2 年 末永温和, システム工学部 2 年 溝端友太, システム工学部 3 年 岡本光史, 経済学部 2 年 辻川雄斗

キーワード：動画圧縮、ハードウェアエンコード、AV1、オンライン編集

## 背景と目的

当団体は、実写を中心とした映像制作団体である。これまでの活動により、膨大な撮影データが蓄積されており、そのストレージの調達費用と、管理コストは増大している。また一つの作品のデータも数百 GB と膨大なため、学生個人の PC に保存し、編集を行うのは不可能である。しかし、当団体の保有する編集機は台数が限られており、また陳腐化が進んでいる。そのため複数の編集タスクが重なる場合、順番待ちが発生するという問題が起きている。少数の編集者によって編集機が占有されるため、編集の新人教育などに十分にマシンリソースを確保できていない。

通常、ストレージや、新たな編集機の調達によってこれらの課題を解決するが、非常にコストが掛かる。

そこで本プロジェクトでは、高価なハードウェアによる力技での解決を避け、ソフトウェアの力と最新の映像圧縮技術を用いて抜本的な解決を図るアプローチを採用した。具体的には、最新かつ極めて高い圧縮率を誇る次世代ビデオコーデック「AV1」を活用し、以下の 2 点を達成することを目標としてシステムを独自開発した。

1. 過去および進行中の撮影データを再圧縮し、視覚的な品質を維持したままファイルサイズを元の 7 割以下に削減すること。
2. 個人 PC を用いて、低速なネットワーク環境下でも遅延のないオンラインマルチカム編集(後述)を可能にする「プロキシメディア」の自動生成環境を構築すること。

## 1. 活動内容

本ミッションでは 2 つのプログラムを作成した。どちらも AV1 ハードウェアエンコードを使うものだが、目的が異なる。

### 1.1. 共通の環境

本ミッションでは高い圧縮効率を誇る AV1 を用いるが、これのエンコード（圧縮）にかかる演算負荷は極めて高いため、当団体が有する既存のコンピューターの CPU を用いたソフトウェアエンコードでは実用的な速度が出ない。そこで、最新の AV1 ハードウェアエンコーダー（Intel QSV/VA-API 等）を搭載したコンピューターを調達した。これにより、CPU 演算では数日を要するような処理を、数分から数時間で完遂する高速処理が可能となった。

本ミッションで処理する動画データはすべて LAN 内の NAS に保存されており、作成したプログラムは NAS にアクセスし、動画を処理する。ここで課題となるのがネットワークの転送速度とストレージの I/O（読み書き）の遅延である。I/O を待っている間、ハードウェアエンコーダーは動作をせず、スループットが低下する。

これを解決するため、後述する両方のプログラムはパイプライン処理を用いて構築されている。

データの「NAS からのダウンロード」「ハードウェアエンコーダーによる高速エンコード」「CPU による画質評価計算 (VMAF)」「NAS への書き戻し」という 4 つの工程を独立したスレッドに分割し、非同期で実行する。これにより、GPU がエンコード作業でフル稼働している裏で、次のファイルの読み出しや前のファイルの画質評価が並行して進むため、ネットワークやハードウェアの待ち時間を極限まで排除し、全体のスループットを向上させている。

## 1.2. Archive プログラム

本プログラムは、指定した NAS 上のフォルダに対して自動的に最適化処理を実行するシステムである。Sony や Panasonic、DJI など、異なるメーカーのフォーマットやフレームレートが混在していても、自動でメタデータを解析し適切に処理を行う。最大の特徴は、圧縮した動画の画質を Netflix などが採用する客観評価アルゴリズム「VMAF (Video Multimethod Assessment Fusion)」を用いてスコアリングし、一定の基準 (VMAF 96.5 以上=視覚的ロスレス) を満たした有効な動画のみを合格として保存する点である。不合格となった場合は保存を行わず破棄し、制御プログラムが圧縮率 (Q 値) のパラメータを自動調整して再度エンコードを行うフィードバックループを備えている。さらに、「ノイズの多い映像を圧縮しようとする」と、かえってファイルサイズが元データより大きくなる」という現象に対処するため、変換後のサイズが元を超える場合は即座に処理を破棄し、オリジナルデータを保護する「肥大化ガード機能」を実装した。

また、運用テスト中に Sony 製カメラ特有の命名規則 (すべての SD カードで「C0001.MP4」から連番が始まる仕様) により、一時処理フォルダ内で別撮影日の同名ファイルが上書きし合い、エラーが多発する問題に直面した。これに対し、オリジナルファイルの親フォルダのパスを一時ファイル名に付与する安全な命名規則をプログラムに組み込むことで、完全な排他制御を実現し、数千ファイル規模の連続処理でも安定稼働する堅牢性を獲得した。

なお、元々ビットレート (1 秒あたりのデータサイズ、高いほど画質が良くなる) の低い動画や、HEVC などの比較的新しいコーデックを用いた動画を再圧縮しても十分な削減効果が得られないか、むしろ増大する可能性が高いことが調査によって明らかになっているため、事前にこれらの動画は圧縮対象から除外している。これにより効果の高い動画のみを処理し、処理の高速化を実現している。

## 1.3. Proxy プログラム

最大の課題であった「限りある編集機」の不足を根本から解消するため、メンバーが普段使用している個人のノート PC を高性能な編集機として活用するための Proxy プログラムを開発した。

現代の学生が所有する PC はある程度の処理性能を有しているものの、ノート PC という性質上、内蔵ストレージ容量が少なく、一時的な作業であっても数百 GB の撮影データを丸ごと保存することは困難である。外付けストレージの持ち回り運用も考えられるが、デバイスの紛失リスクやデータ管理の煩雑化を招き、またデータを持っている編集者以外が内容を即座に確認できないという属人化の問題が生じる。

そのため、すべてのオリジナル撮影データはオンライン上の NAS に集約して保存し、編集時は LAN やインターネットを介してストリーミング的にデータを読み込む手法をとる。しかし、この手法では通信回線の速度や、ストレージの読み書き速度が最大のボトルネックとなり、高画質・大容量の動画を転送しきれず、結果としてコマ落ちやフリーズが発生し編集作業が成立しない。そ

ここで「プロキシ編集」という手法を用いる。

プロキシとは編集作業専用の軽量な代替動画データのことを指す。編集時のみ、画質は多少劣るものの動作が極めて軽いプロキシデータを参照してカット編集などを行い、最終的な動画の出力（書き出し）時には自動的に高画質なオリジナルデータに差し替えて書き出しを行う。編集ソフト（DaVinci Resolve 等）上でプロキシとして正しく紐付ければ、ユーザーはワンクリックでオリジナルとプロキシを切り替えることができ、マシンスペックに関わらず快適に編集を進められる。

このプログラムは、AV1 コーデックを用いてオリジナル動画を上限 3Mbps という非常に軽量なプロキシデータを自動生成する。4K などの高解像度動画の場合は、編集に十分な 1080p（フル HD）に自動縮小して処理される。ファイルの保存場所構造、ファイル名、フレームレート、タイムコードなどのメタデータをオリジナルデータと完全に一致させることで、DaVinci Resolve 上で自動的にプロキシとして認識されるよう設計されている。ユーザーは NAS のフォルダを指定するだけで全自動でプロキシが生成され、処理完了後に編集ソフトを開くだけで、複雑なリンク作業をすることなくスムーズに作業を開始できる。

今回採用した AV1 プロキシは、従来の映像制作で一般的に用いられる H.264 プロキシと同等、あるいはそれ以下の極小ファイルサイズでありながら、ブロックノイズの少ない優れた画質を保つことができる。そのため、編集時にピントや表情などの細かいディテールを確認する度に、わざわざ重いオリジナルデータへ切り替える手間を省くことができ、プロキシ編集時と最終出力時の仕上がりイメージの乖離を最小限に抑えることができる。

なお、AV1 は圧縮効率が高い分デコード（再生負荷）も高いため、通常であれば非力な PC での編集動作は重くなる。しかし、当団体のメンバーが使用する個人 PC の多くはここ 4 年以内に購入された PC であり、最新の CPU や GPU には「AV1 ハードウェアデコーダー」が標準搭載されていることに着目した。この専用回路の支援により、AV1 のデメリットである再生負荷の高さは無視することができ、軽量かつ快適に再生することが可能となっている。

## 2. 活動の成果や学んだこと

本ミッションを通じて、当初の課題であった「膨大な撮影データ」と「編集機の不足」に対して、ハードウェアの力だけでなくソフトウェアのアプローチによる劇的な改善効果を得ることができた。

### 2.1 アーカイブデータの削減効果

- 2025 年制作の自主映画「リテイク！」の撮影データにおいて、417GB のオリジナルデータを 249GB へ圧縮し、約 40%（168GB）の大幅な削減に成功した。この処理は約 15 時間で完了した。
- オーケストラ演奏会撮影データでは、276GB を 171GB へ圧縮し、約 38%（105GB）の削減を約 6 時間で達成した。
- 圧縮後のすべての動画で VMAF スコア 95 以上を達成しており、肉眼での画質劣化は見られず、6 割の動画は VMAF98 以上という色編集にも耐えうる高い品質を維持できた。
- 既存の撮影データ、今後の撮影データをこのシステムで圧縮することで数 TB 分の削減が可能になると考えられる。

### 2.2 制作ワークフローの革新（プロキシ運用の効果）

- 超低ビットレート（3Mbps）の AV1 プロキシを活用することで、大学外の公園や電車内な

ど、モバイル回線等の比較的低速回線環境下でも個人 PC によるマルチカム(同時収録した複数のカメラ映像を切り替えつなぐ編集、負荷が高い)編集が可能となった。

- 従来のプロキシ(H.264 720p など)より画質が向上しており、編集の快適性を両立させつつ、細かなフォーカス確認や完成形のイメージ把握が容易となっている。
- VPN サーバーと NAS、および Blackmagic Cloud を連携させることで、自宅など離れた場所からでも複数人での同時共同編集が実現した。

### 2.3.組織への貢献と考察

- ストレージ追加購入のランニングコストが削減されたことで、浮いた資金をカメラ等の撮影機材の拡充に投資できるようになり、作品の根本的な品質向上に繋がると考えられる。
- これまで編集作業に占有されていた物理的な部室スペースが解放され、打ち合わせや収録スタジオとしての機能を拡充することが可能となった。
- 場所を選ばない共通の編集環境が整ったことで、映像・音声・制作指示などの分業が推進され、各メンバーが得意分野を最大限に活かせるようになった。

### 2.4.学び(開発者)

- 動画圧縮に関する知識が増え、収録や、書き出し時の設定の理解が進んだ。
- プログラムの処理速度を向上させるためのアルゴリズムや、ハードウェア特性の理解が進んだ。

## 3. 今後の展開

今後は、構築したシステムを団体の標準インフラとして本格運用していく。現時点での課題として、開発者以外が扱いにくい点が挙げられる。そのため現時点ではターミナル(CUI)上で直接コマンド入力し実行しているプログラムを、非エンジニアの制作メンバーでも容易に実行・監視できるように、Web上のGUIインターフェースへ改修する予定である。

また、現時点では一部の編集用PCにローカルとして大容量ストレージを直接接続している運用が残っているが、これらをNASへ移行し、オンライン編集で共有できるストレージの比率をさらに引き上げていく計画である。

## 4. まとめ

本プロジェクトでは、次世代動画コーデック(AV1)を活用し、「Archiveプログラム」と「Proxyプログラム」という2つのソリューションを独自開発した。Archiveプログラムによって「画質を最大化しつつデータサイズを中程度に抑える」ことでランニングコストを削減し、Proxyプログラムによって「画質を中程度に保ちつつデータサイズを極小化する」ことで、個人PCの編集機化と同時共同編集を実現した。

高価な専用機材に頼るのではなく、最新技術とソフトウェアの力でボトルネックを解消した本ミッションは、当団体の映像制作ワークフローを一変させる「革新的ゲームチェンジャー」となった。今後もこのシステムを発展させ、メンバー全員がいつでもどこでもクリエイティビティを発揮できる、より強力な制作環境を築き上げていきたいと考えている。