



Apple ProRes

ホワイトペーパー

2014年6月

目次

3	はじめに
4	承認済みの Apple ProRes の実装
5	Apple ProRes ファミリーの概要
7	デジタル画像のプロパティ フレームサイズ (フルワイドおよび部分ワイド) クロマサンプリング サンプルビット数
10	Apple ProRes コーデックのプロパティ データレート 品質 パフォーマンス Apple ProRes 4444 コーデックのアルファチャンネルのサポート
21	付録 ターゲットデータレート ターゲットデータレート (続き)
23	用語集

はじめに

Apple ProRes は、ポストプロダクションに携わるプロの間でもっともよく使われているコーデックの 1 つです。Apple ProRes ファミリーのビデオコーデックなら、Final Cut Pro X でのフルフレーム、10 ビット、4:2:2、4:4:4:4 の高解像度 (HD)、2K、4K、5K のビデオソースのマルチストリーム編集を手ごろな価格で実現できます。このホワイトペーパーでは、技術仕様やパフォーマンス測定値など、Apple ProRes ファミリーの 6 種類のコーデックに関する詳しい情報を紹介します。

承認済みの Apple ProRes の実装

Apple ProRes は、Final Cut Pro X での高品質で高パフォーマンスな編集のために開発されたコーデックテクノロジーです。Apple は、特定の製品およびワークフローでの使用を目的として厳選された会社に Apple ProRes をライセンスしています。

一部の他社製のソフトウェア製品やハードウェア製品では、未許可のコーデック実装が使用されている場合があります。未承認の実装 (FFmpeg やその派生物の実装など) は、デコーディングエラーやパフォーマンスの劣化、非互換性、不安定な動作につながる恐れがあります。

承認済みの Apple ProRes のすべてのライセンス取得者とデベロッパの一覧、およびライセンス情報については、support.apple.com/kb/HT5959?viewlocale=ja_JP を参照してください。

Apple ProRes をエンコードまたはデコードする製品を使用中または購入を検討中で、その製品がこの一覧にない場合は、Apple の ProRes@apple.com までご連絡ください。

Apple ProRes ファミリーの概要

Apple ProRes コーデックは、マルチストリームのリアルタイム編集での高いパフォーマンス、非常に優れたイメージ品質、および小さな保存サイズを実現します。Apple ProRes コーデックは、マルチコア処理を最大限に活用し、高速の低解像度デコードモードを備えています。すべての Apple ProRes コーデックは、あらゆるフレームサイズ (SD、HD、2K、4K、および 5K を含む) のフル解像度をサポートします。データレートは、コーデックのタイプ、イメージの内容、フレームサイズ、およびフレームレートによって異なります。

可変ビットレート (VBR) のコーデックテクノロジーである Apple ProRes は、データレートを高くしてもメリットがない単純なフレームでは少ないビット数を使用してエンコーディングします。すべての Apple ProRes コーデックは、フレームから独立した (「イントラフレーム」) コーデックです。つまり、各フレームでは、ほかのフレームと関係なくエンコードとデコードが行われます。このテクニックにより、最適な編集パフォーマンスと柔軟性を得ることができます。

Apple ProRes には次のような形式があります。

- **Apple ProRes 4444 XQ** : 4:4:4:4 イメージソース (アルファチャンネルを含む) 用 Apple ProRes の最高品質版。この形式は、データレートが非常に高く、現在の最高品質のデジタルイメージセンサーによって生成された高ダイナミックレンジのイメージの細部までを保持します。Apple ProRes 4444 XQ は、Rec. 709 イメージのダイナミックレンジより数倍も大きなダイナミックレンジを保持します。これは、トーンスケールの黒またはハイライトが非常に広い、高度な視覚効果処理の厳しい要求にも対応できます。標準の Apple ProRes 4444 と同じように、このコーデックは、イメージチャンネルにつき最大 12 ビットまで、アルファチャンネルに対しては最大 16 ビットまでサポートしています。Apple ProRes 4444 XQ のターゲットデータレートは、1920x1080、29.97 fps の 4:4:4 のソースで約 500 Mbps です。

注意 : Apple ProRes 4444 XQ は、OS X v10.8 (Mountain Lion) 以降でサポートされています。

- **Apple ProRes 4444** : 4:4:4:4 イメージソース (アルファチャンネルを含む) 用 Apple ProRes の高品質版。このコーデックは、フル解像度、マスタリング品質の 4:4:4:4 RGBA カラー、視覚的にはオリジナルの材料と区別できない忠実度という利点があります。Apple ProRes 4444 は、モーショングラフィックスとコンポジットの保存およびやりとりのための高品質なソリューションであり、デコードとエンコードを何回繰り返しても維持される高いパフォーマンスと数学的にロスレスなアルファチャンネル (最大 16 ビット) を備えています。このコーデックでは、非圧縮の 4:4:4 HD と比べ、データレートが大幅に低くなっています。ターゲットデータレートは、1920x1080、29.97 fps の 4:4:4 のソースで約 330 Mbps です。RGB と Y_CB_R の両方のピクセル形式での直接エンコードおよびこれらへの直接デコードも提供します。

- **Apple ProRes 422 HQ** : Apple ProRes 422 の高データレート版で、視覚的には Apple ProRes 4444 と同程度の高い品質を保ちますが、4:2:2 イメージソース用のコーデックです。Apple ProRes 422 HQ は、ビデオのポストプロダクション業界で広く使われており、シングルリンクの HD-SDI 信号で伝送できる最高品質のプロ仕様の HD ビデオを視覚的にロスレスに保持します。このコーデックは、10 ビットピクセル深度のフルワイドの 4:2:2 ビデオソースをサポートしながら、デコードとエンコードを何回も繰り返した後も、ビデオを視覚的にロスレスで保持します。Apple ProRes 422 HQ のターゲットデータレートは、1920x1080、29.97 fps のソースで約 220 Mbps です。
- **Apple ProRes 422** : 高品質の圧縮コーデックで、Apple ProRes 422 HQ のほぼすべての利点を備えています。データレートは 66 % であり、マルチストリームのリアルタイム編集でのパフォーマンスはより高くなっています。Apple ProRes 422 のターゲットデータレートは、1920x1080、29.97 fps のソースで約 147 Mbps です。
- **Apple ProRes 422 LT** : Apple ProRes 422 より圧縮率の高いコーデックで、データレートは約 70 % で、ファイルサイズは 30 % 小さくなっています。このコーデックは、ストレージ容量およびデータレートが限られている環境に最適です。Apple ProRes 422 LT のターゲットデータレートは、1920x1080、29.97 fps のソースで約 102 Mbps です。
- **Apple ProRes 422 プロキシ** : Apple ProRes 422 LT よりもさらに圧縮率の高いコーデックで、低データレートでありながら、フル解像度のビデオを必要とするオフラインのワークフローで使うためのコーデックです。ターゲットデータレートは、1920x1080、29.97 fps のソースで約 45 Mbps です。

注意 : Apple ProRes 4444 XQ および Apple ProRes 4444 は、実質的にロスレスのため、モーショングラフィックスメディアのやりとりに最適です。さらに、これらはアルファチャンネルをサポートする唯一の Apple ProRes コーデックでもあります。

デジタル画像のプロパティ

デジタル画像の技術的なプロパティは画質のさまざまな側面に対応しています。たとえば、高解像度の HD 画像は、低解像度の SD 画像よりも細部を再現することができます。10 ビット画像は色の階調をより細かく再現できるため、8 ビット画像で発生することのあるバンディングアーチファクトを回避できます。

コーデックの役割は、低減された特定のデータレートで画質を最大限保持しながら、最速でエンコードとデコードを実行することです。Apple ProRes ファミリーは、サポート対象の各データレートで業界随一のパフォーマンスと品質を実現する一方で、フレームサイズ、クロマサンプリング、サンプルビット数といった、画質に影響するデジタル画像の 3 つの主要プロパティをサポートしています。これらのプロパティを理解することは、Apple ProRes ファミリーの全体としてのメリットを理解し、ポストプロダクションのさまざまなワークフローでファミリーの中から最適な製品を選択する上で重要です。

フレームサイズ (フルワイドおよび部分ワイド)

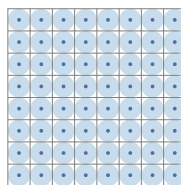
多くのビデオカメラでは、1080 ラインまたは 720 ラインの HD 形式において、それぞれ 1920 ピクセルまたは 1280 ピクセルのフル HD ワイド以下でビデオフレームをエンコードおよびデコードします。そのような形式を表示する場合、画像は水平方向にフル HD ワイドにアップサンプルされますが、フルワイドの HD 形式のデータ量を保持することはできません。

Apple ProRes ファミリーの全製品は、フルワイドの HD ビデオソース (「フルラスター」ビデオソースと呼ばれることもあります) をエンコードして、HD 信号が持つ最大限の細部まで保持することができます。Apple ProRes コーデックは、必要に応じて、部分ワイド HD ソースをエンコードすることもできます。これにより、部分ワイド形式をアップスケールすることで発生する可能性のある画質とパフォーマンスの劣化をエンコードの前に回避することができます。

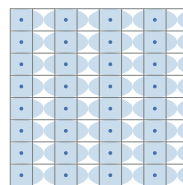
クロマサンプリング

カラー画像には、3つの情報チャンネルが必要です。コンピュータグラフィックスでは、一般にピクセルの色はR、G、Bの値で定義されます。従来のデジタルビデオのピクセルは Y' 、 C_B 、 C_R の値で表現されます。 Y' は「ルーマ」(グレースケール)値であり、 C_B および C_R は「クロマ」(色差)情報を持ちます。目は精細なクロマ解像度に対する感度が低いため、通常の鑑賞用には品質の低下を感じさせることなく、 C_B および C_R のサンプリング量を減らしてアベレージングおよびエンコードすることができます。クロマサブサンプリングとして知られるこのテクニックは、ビデオ信号のデータレートを低減するために広く利用されています。ただし、過度のクロマサブサンプリングは合成や色補正などの画像処理の品質を低下させる恐れがあります。Apple ProResは、以下の現在一般的なクロマ形式を処理することができます。

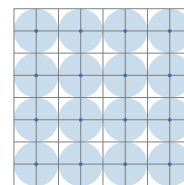
- 4:4:4は、クロマ解像度を保持する最高品質の形式です。4:4:4イメージソースには、クロマ情報のサブサンプリングやアベレージングはありません。すべてのピクセル位置には3つの固有のサンプル(Y' 、 C_B 、 C_R またはR、G、B)があります。Apple ProRes 4444 XQおよびApple ProRes 4444は、RGBまたは $Y' C_B C_R$ 色空間の4:4:4イメージソースを完全にサポートします。4番目の「4」は、Apple ProRes 4444 XQおよびApple ProRes 4444がすべてのピクセル位置で固有のアルファチャンネルサンプルを保持できることを意味しています。Apple ProRes 4444 XQおよびApple ProRes 4444は、Motionなどのコンピュータグラフィックスアプリケーションから書き出された4:4:4:4 RGB+アルファソースおよびデュアルリンク HDCAM-SRなどのハイエンドデバイスの4:4:4ビデオソースをサポートするように設計されています。
- 4:2:2は、高品質のプロ用ビデオ形式と考えられています。 $Y' C_B C_R$ イメージのクロマ値は、1つの C_B サンプルと1つの C_R サンプル、または1つの Y' (ルーマ)サンプルにつき1つの「 C_B/C_R クロマペア」になるようにアベレージングされます。4:4:4ソースを使えばより高品質な結果を得ることができますが、この最小限のクロマサブサンプリングは従来から、十分に高品質な合成と色補正が得られると考えられています。4:2:2ソースは、DVCPRO HD、AVC-Intra/100、XDCAM HD422/50などの多くの一般的なハイエンドビデオカメラの形式により生成されます。すべてのApple ProRes 422ファミリー製品は、4:2:2ビデオ形式に固有のクロマ解像度を完全にサポートします。
- 4:2:0および4:1:1は、ここで紹介する形式の中では最低の解像度です。4つのルーマサンプルにつき、ただ1つの C_B/C_R クロマペアがあります。この2つの形式はコンシューマおよびプロ向けのさまざまなビデオカメラで使用されています。カメラのイメージングシステムの品質に応じて、4:2:0および4:1:1形式ではすばらしい映像を得ることができます。ただし、合成のワークフローでは、合成した要素のエッジ周辺に目視可能なアーチファクトの発生を回避することは困難です。HD 4:2:0形式には、HDV、XDCAM HD、AVC-Intra/50などがあります。4:1:1はDVで使用されます。エンコード前にクロマが4:2:2にアップサンプルされている場合、すべてのApple ProRes 422形式は4:2:0または4:1:1のソースをサポートします。



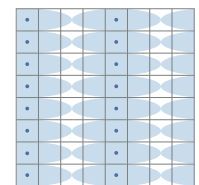
4:4:4



4:2:2



4:2:0 (格子間配置)



4:1:1

□ イメージピクセル ● クロマサンプル

サンプルビット数

Y' 、 C_B 、 C_R (または R、G、B) の各イメージサンプルを表すために使用されるビット数によって、各ピクセル位置で表示可能な色数が決まります。視覚的な量子化 (「バンディング」アーチファクト) を発生することなく、夕焼けの空などの画像勾配全体に表現される微妙な色むらの滑らかさを決定するのもサンプルビット数です。

従来、デジタル画像は 8 ビットサンプリングに制限されていました。近年、10 ビットや 12 ビットのイメージサンプリングをサポートするプロ向けのデバイスや取得技術が増えています。プロ向けのデジタル出力 (SDI、HD-SDI、または HDMI) を有する 4:2:2 ビデオソースでは、10 ビットイメージ技術が現在よく見受けられます。4:2:2 のビデオソースが 10 ビットを超えることはほとんどありませんが、12 ビットの解像度を標榜する 4:4:4 イメージソースが増えています。ただし、センサー由来のイメージでは、最下位の 1、2 ビットには信号よりもノイズが多く含まれることがあります。4:4:4 ソースには、ハイエンドのフィルムスキャナ、フィルムと同等のカメラなどがあり、ハイエンドのコンピュータグラフィックスもこれに該当する場合があります。

Apple ProRes 4444 XQ および Apple ProRes 4444 は、最大 12 ビットのイメージソースをサポートし、最大 16 ビットのアルファサンプル深度を保持します。すべての Apple ProRes 422 コーデックは最大 10 ビットのイメージソースをサポートしますが、10 ビットでの最高品質を得るには、ビットレートの高い Apple ProRes 422 および Apple ProRes 422 HQ を使用する必要があります。(注意：Apple ProRes 4444 XQ および Apple ProRes 4444 と同様に、すべての Apple ProRes 422 コーデックは実際には 10 ビットよりも大きいイメージサンプルを受け入れることができますが、そのような高いビット数のものは 4:2:2 または 4:2:0 のビデオソースではほとんど見られません)。

Apple ProRes コーデックの プロパティ

あらゆるイメージコーデックまたはビデオコーデックは、圧縮、品質、複雑さという 3 つの重要な尺度でのふるまいの評価によって特徴付けることができます。圧縮とは、データ量を減らすことです。または元のイメージと比較してどれだけの数のビットが必要であるかを表します。イメージシーケンスまたはビデオストリームの場合、圧縮は転送時はビット/秒で、保存時はバイト/時間で表されるデータレートを意味します。品質とは、圧縮されたイメージが元のイメージにどれだけ近いかを表すものです。「忠実度」の方がより正確な用語ですが、広く使用されている用語は「品質」です。複雑さは、イメージフレームまたはイメージシーケンスを圧縮または伸張するために実行しなければならない算術演算の数に関係します。ソフトウェアコーデックの実装においては、複雑さが低いほどリアルタイムで同時にデコード可能なビデオストリームの数が増加するため、ポストプロダクションのアプリケーションでのパフォーマンスを高めることができます。

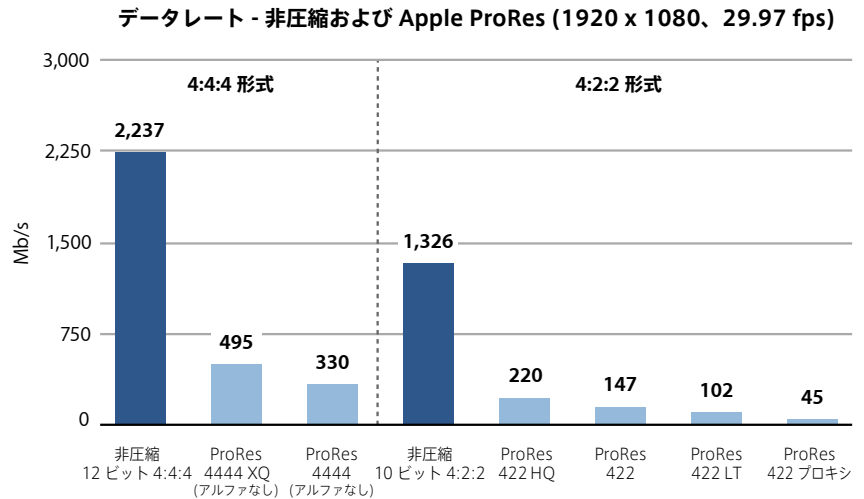
すべてのイメージコーデックまたはビデオコーデックの設計では、これら 3 つのプロパティの間のトレードオフを考慮する必要があります。プロ向けカメラやプロ向けのビデオ編集で使用されるコーデックは高画質を維持する必要があるため、データレートとパフォーマンスの間のトレードオフになります。たとえば、AVCHD カメラは、低いデータレートで高画質の H.264 ビデオストリームを生成することができます。ただし、H.264 コーデックは複雑さが非常に高いため、複数のビデオストリームやビデオエフェクトを扱うリアルタイムビデオ編集ではパフォーマンスが低下します。これに対し、Apple ProRes はイメージの高い品質と低い複雑さを両立させているため、リアルタイムのビデオ編集でのパフォーマンスに優れます。

以降のセクションでは、上記のコーデックの重要な 3 つのプロパティ (データレート、品質、パフォーマンス) の観点から、それぞれの Apple ProRes コーデックの動作および相互の比較を紹介します。

データレート

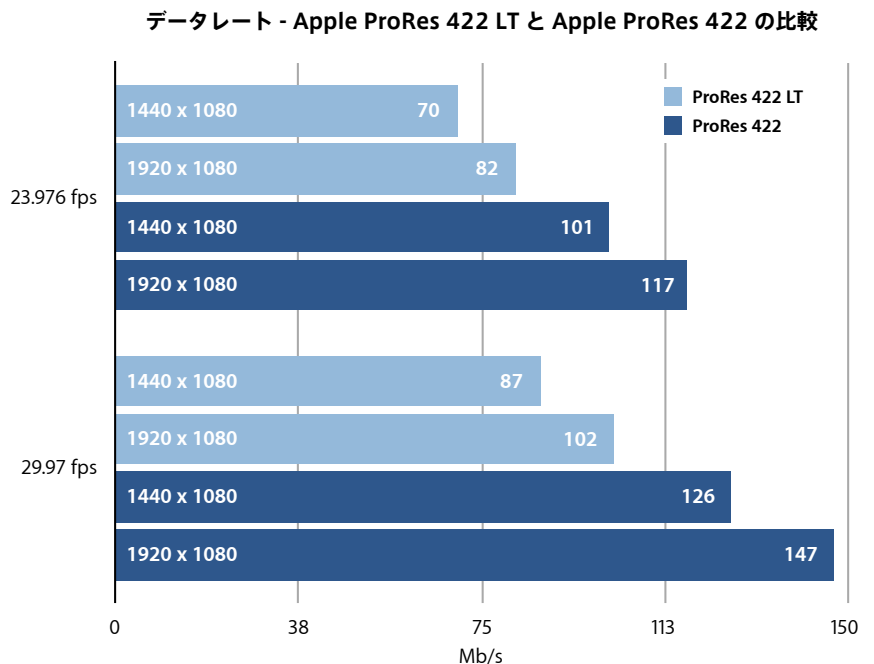
Apple ProRes ファミリーは、広い範囲のデータレートをカバーし、さまざまなワークフローおよびアプリケーション用途をサポートします。このセクションでは、Apple ProRes のデータレートを相互に比較し、さらに非圧縮ビデオのデータレートとも比較します。また、フレームサイズやフレームレートが Apple ProRes のデータレートにどのような影響を及ぼすかについても説明します。最後に、Apple ProRes コーデックファミリーの可変ビットレート (VBR) 機能に関する情報を紹介します。

下の棒グラフは、Apple ProRes 形式のデータレートと非圧縮、フルワイド (1920 x 1080)、4:4:4 12 ビット、4:2:2 10 ビットのイメージシーケンスのデータレートを 29.97 フレーム/秒で比較した結果です。このグラフから、Apple ProRes の最高品質の 2 つの形式 (Apple ProRes 4444 XQ および Apple ProRes 4444) であっても、対応する非圧縮の形式よりも大幅に低いデータレートを実現していることがわかります。



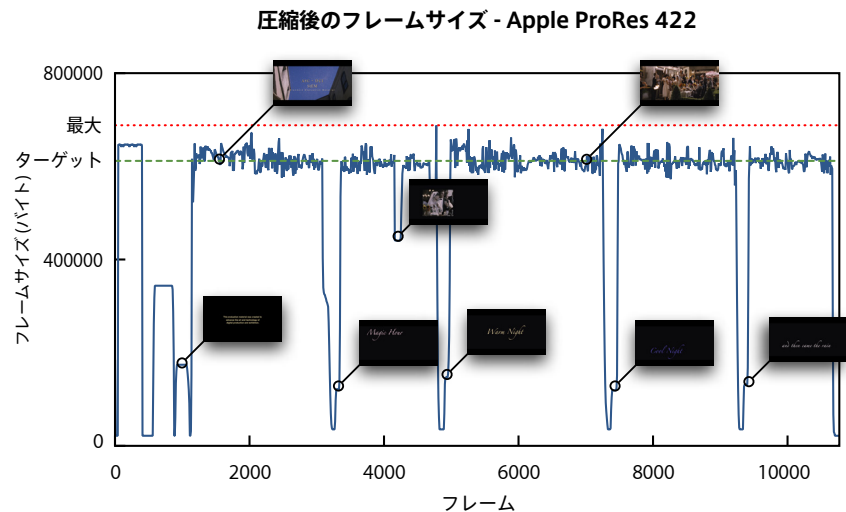
上側の棒グラフで示されたデータレートは、29.97 フレーム/秒での「フルワイド」(1920 x 1080) HD フレームのデータレートです。Apple ProRes ファミリーは、720p HD 形式もフルワイド (1280 x 720) でサポートします。フルワイドの HD 形式に加えて、Apple ProRes コーデックは、多くの一般的な HD カメラの録画用解像度として使用されている 3 種類の「部分ワイド」HD ビデオ形式 (1280 x 1080、1440 x 1080、960 x 720) をサポートします。

Apple ProRes 形式のデータレートは、主に 3 つの主要な要素 (Apple ProRes のコーデックのタイプ、エンコード後のフレームサイズ、フレームレート) によって決まります。下のグラフは、これら 3 つの要素のいずれか 1 つを変えることで Apple ProRes 形式のデータレートがどのように変化するかを示しています。Final Cut Pro X でのリアルタイム編集でサポートされる各 Apple ProRes 形式のデータレートの一覧を付録に掲載しています。



Apple ProRes は可変ビットレート (VBR) のビデオコーデックです。これは、ストリーム内の各フレームのエンコードで使用されるビット数が一定ではなく、フレームごとに変化することを意味します。ビデオフレームサイズと Apple ProRes コーデックのタイプが決まると、Apple ProRes エンコーダが実現するフレームごとの「ターゲット」ビット数が決まります。この数にエンコード対象のビデオ形式の毎秒のフレーム数を掛けると、特定の Apple ProRes 形式のターゲットデータレートが求められます。

Apple ProRes は VBR のビデオコーデックですが、通常の変動幅は小さいものです。通常、実際のデータレートはターゲットデータレートに近い値です。各 Apple ProRes 形式について、決して超過することのないフレームあたりの最大ビット数もあります。この最大値は、フレームあたりのターゲットビット数よりも約 10 パーセント多い値です。以下のグラフは、Apple ProRes ビデオシーケンス例でのフレームあたりの実際のビット数をプロットしたものです。



使用したシーケンスは ASC/DCI 評価映像素材 (Standard Evaluation Material : StEM) の Mini-Movie (1920 x 1080) です。

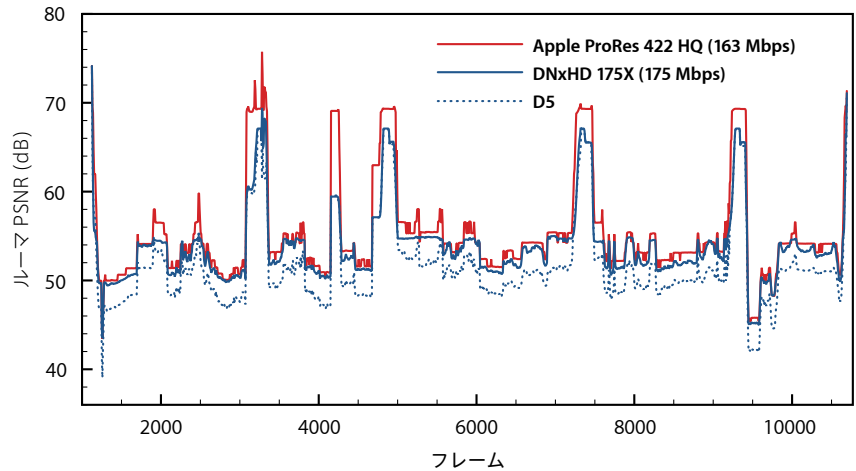
この特定のシーケンスには 1 万以上のフレームが含まれますが、最大のビット数を使用しているのは 1 フレームだけであり、ほとんどのフレームはターゲットの数パーセント以内に集中していることがわかります。ターゲットよりも大幅に少ないビット数を使用するフレームが多いこともわかります。これは、Apple ProRes エンコーダは、元のイメージにより近づくイメージが得られる場合のみフレームのビット数を増加させるためです。わずかな数の文字を含む全体が黒いフレームのような単純なイメージフレームの場合、ある時点からはビット数が増えても品質上のメリットはなくなります。ビット数を増やしても忠実度が向上しない場合、Apple ProRes エンコーダはどのフレームでも無駄にビット数を増やすことをしません。

品質

高品質な出力を生成する能力はイメージ/ビデオコーデックの重要な属性ですが、コーデックの実際の目標は、品質を保持すること、すなわち忠実度です。多くの場合、イメージは Apple ProRes によるエンコードの前にさまざまな段階を通過しており、その際に視覚的な欠陥すなわち「アーチファクト」がイメージに追加されることがあります。イメージシーケンスに最初から視覚的なアーチファクトが存在する場合、Apple ProRes はそのアーチファクトを完全に保持します。このため、イメージを見た人はそのような欠陥が Apple ProRes によってできたか誤解する可能性があります。Apple ProRes ファミリー製品の目標は、元のイメージソースの品質を、品質の良し悪しにかかわらず完全に保持することです。

さまざまな Apple ProRes コーデックが持つ品質を保持する能力は、定量的および定性的な言葉で表現することができます。イメージおよびビデオの圧縮の分野でもっとも広く使用されているイメージ忠実度の定量的な指標は、ピーク信号対雑音比 (PSNR) です。PSNR は、エンコーダに渡された元のイメージに対して、圧縮されたイメージが (伸張後に) どれだけ近いかを示す指標です。PSNR 値が高いほど、エンコードされたイメージが元のイメージに近いことを表します。下のグラフでは、3 種類のコーデック (Apple ProRes 422 HQ、Avid DNxHD、Panasonic D5) について、テストシーケンスでの各イメージフレームの PSNR 値をプロットしています。

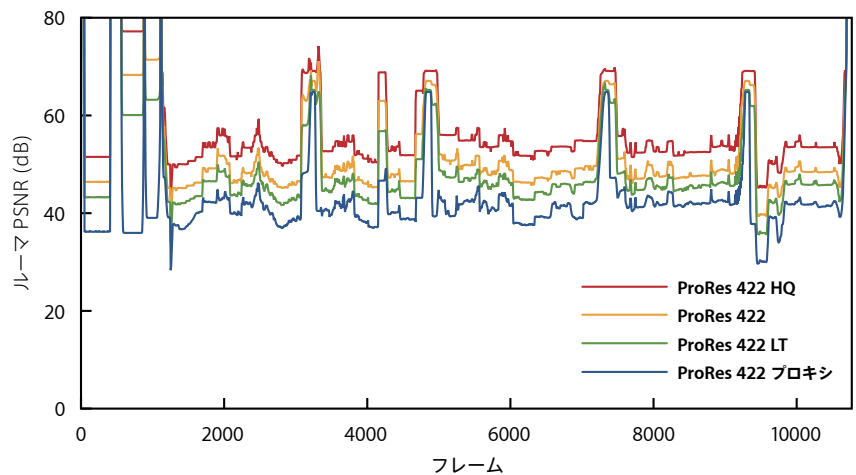
PSNR の比較 - Apple ProRes、DNxHD、D5



ASC/DCI 評価映像素材 (Standard Evaluation Material : StEM) の Mini-Movie (1920 x 1080) で測定。

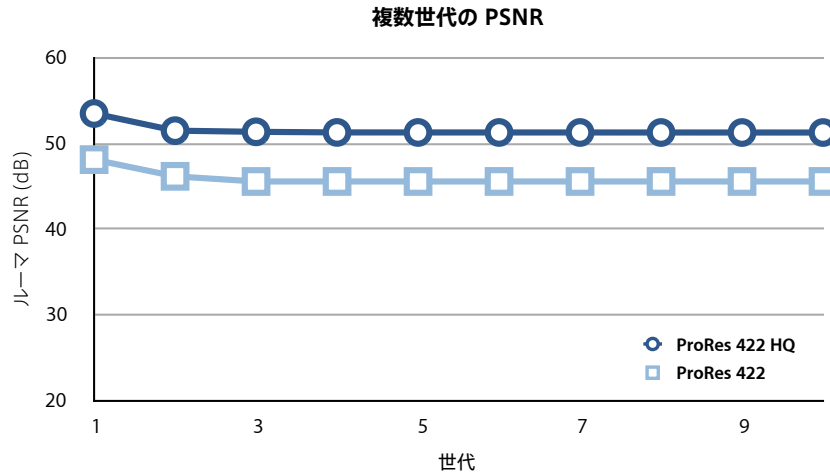
次のグラフは、同じシーケンスでの各 Apple ProRes 422 コーデックの結果を示しています。ファミリーの製品によって PSNR に違いがあることがグラフからわかります。これらの違いは、Apple ProRes 422 コーデックのデータレートの違いに対応します。Apple ProRes 422 HQ の PSNR は Apple ProRes 422 プロキシの PSNR よりも 15 ~ 20 dB 高いのですが、Apple ProRes 422 HQ のストリームのデータレートは、Apple ProRes 422 プロキシのストリームのデータレートのほぼ 5 倍です。忠実度が高いというメリットは、ファイルサイズが大きくなるという欠点も伴います。したがって、ワークフローの要件に応じて Apple ProRes ファミリーの製品を選択することが重要です。

PSNR の比較 - Apple ProRes 422 ファミリー



ASC/DCI 評価映像素材 (Standard Evaluation Material : StEM) の Mini-Movie (1920 x 1080) で測定。

視覚的な忠実度を明らかにすることに加え、PSNR 値の違いはヘッドルームも表します。たとえば、上記のグラフで使用した元のシーケンスを見た後、同じストリームを Apple ProRes 422 HQ および Apple ProRes 422 でエンコードしたのを見たとしても、3 つは視覚的に同一に見えます。ただし、Apple ProRes 422 HQ の PSNR 値が高いことは、品質のヘッドルームが大きいことを示しています。ヘッドルームが大きいことは、下のグラフが示すように、イメージシーケンスのデコードとエンコードを複数回繰り返しても元のイメージと視覚的に同じに見えることを意味します。



PSNR は圧縮後のイメージの忠実度を表す完璧な指標ではないため、圧縮後のイメージと元のイメージに視覚的な違いがないことを絶対的に保証する特定の PSNR 値はありませんが、それぞれのタイプの Apple ProRes コーデックで期待されるイメージ品質を表す定性的な記述があれば役立ちます。下の表では、Apple ProRes 4444 (アルファチャンネルなし) の定性的な記述は、Apple ProRes 422 HQ のものと同一です。これは、Apple ProRes 4444 は、Apple ProRes 422 HQ よりも 50 パーセント高いターゲットビットレートを持ちますが、4:2:2 のソースで Apple ProRes 422 HQ によって保証されるのと同じ高品質ヘッドルームにおいて、4:4:4 でより多くのクロマサンプルをエンコードしようとしてビットを余分に使用するためです。

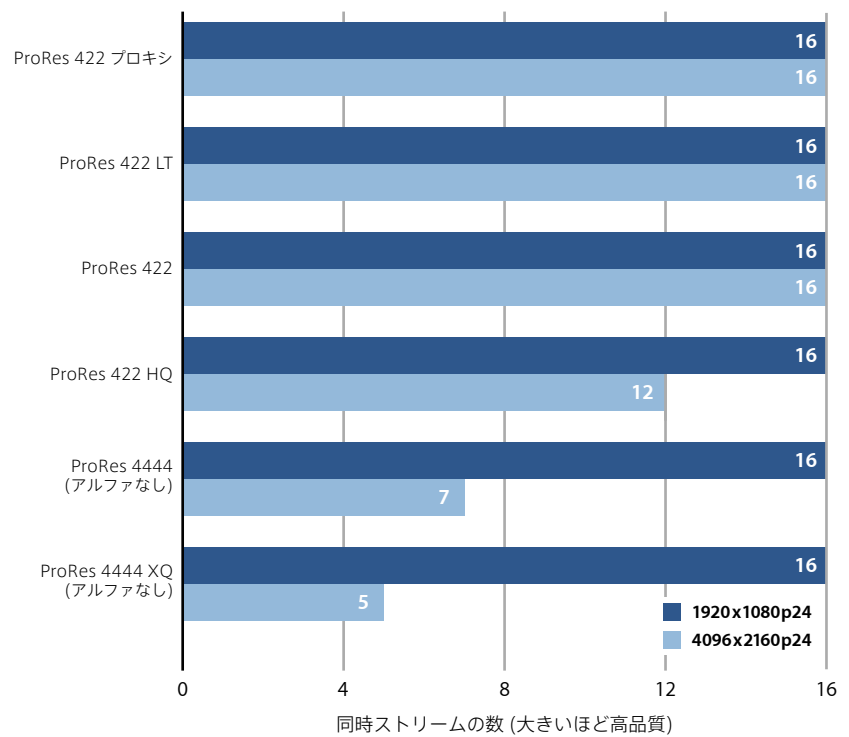
Apple ProRes コーデック	視覚的な差異 (第 1 世代)	品質ヘッドルーム
ProRes 4444 XQ	実質なし	非常に高い。複数世代にわたる最終加工およびオリジナルカメラメディアに最適
ProRes 4444	実質なし	非常に高い。複数世代にわたる最終加工に最適
ProRes 422 HQ	実質なし	非常に高い。複数世代にわたる最終加工に最適
ProRes 422	きわめてまれにある	高い。複数世代にわたるほとんどのワークフローに適する
ProRes 422 LT	まれにある	一部の複数世代にわたるワークフローに適する
ProRes 422 プロキシ	高精度なイメージでわずかに見られる	良好。第 1 世代の鑑賞および編集向け

パフォーマンス

Apple ProRes コーデックファミリーは、高速性を追求した設計です。ワークフローのボトルネックを回避するには、エンコードとデコードの両方において高速であることが不可欠です。

Final Cut Pro X のマルチストリームのリアルタイム編集では、高速なデコードが特に重要です。Apple ProRes コーデックファミリーは、この点で特に優れたパフォーマンスを発揮します。以下のグラフでは、Apple ProRes コーデックの各タイプについて、Mac Pro コンピュータと MacBook Pro コンピュータで同時にリアルタイム編集が可能なフルワイドのストリームの数を示しています (各グラフでは、4096 x 2160 4K ストリームの場合の数を水色で、1920 x 1080 HD ストリームの場合の数を濃い青色で示しています)。もちろん実際には、5 つ、6 つのストリームを同時に編集する必要はあまりないかもしれませんが、このグラフから、1 ~ 3 つのストリームを使用する場合には、リアルタイムのタイトル作成やエフェクトなどにどれほどの処理時間を振り向けることができるか推察することができます。

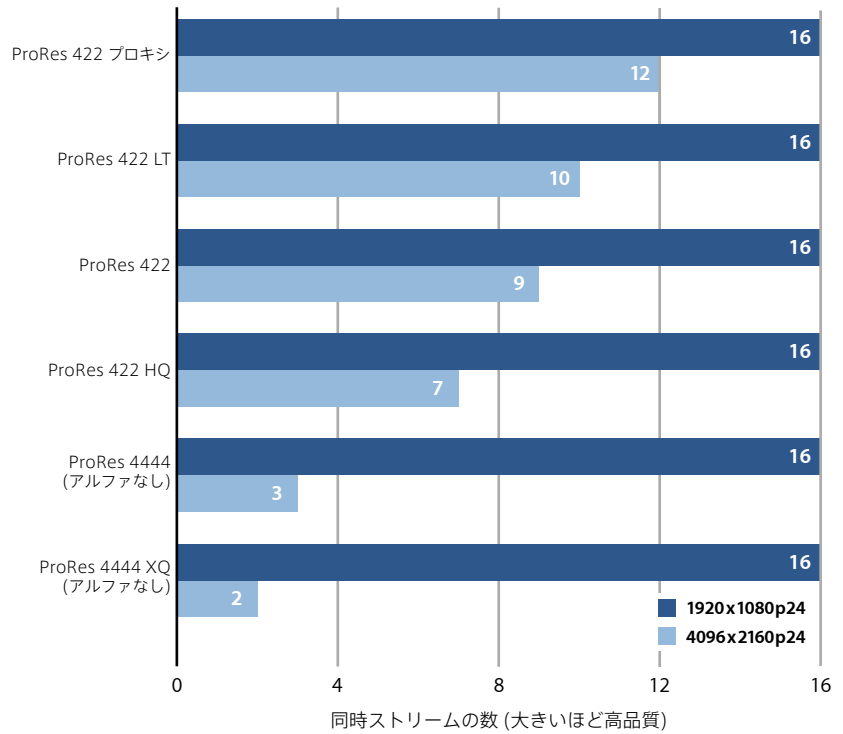
Mac Pro – Final Cut Pro X マルチカムストリーム*



*Final Cut Pro X のマルチカムでは、リアルタイムでアングルを切り替えたりカットしたりしながら、同時に最大 16 アングルを表示できます。

テストは、Apple によって 2014 年 3 月に現行の Mac Pro (12 コア 2.7GHz、1TB フラッシュストレージ、64GB の RAM、AMD FirePro D700 グラフィックス、OS X 10.9.2) で実施されました。Final Cut Pro X と、各コンテンツタイプには、長さ 10 分間の標準評価素材 (Standard Evaluation Material) のマルチカムクリップ (1920x1080p24 および 4096x2160p24 ASC-DCI) を使用しています。Mac Pro は継続的にシステムの熱および電力状況を監視し、必要に応じてプロセッサ速度を調整して最適なシステム動作を維持します。パフォーマンスはシステム構成およびコンテンツによって変化することがあります。

MacBook Pro – Final Cut Pro X マルチカムストリーム*

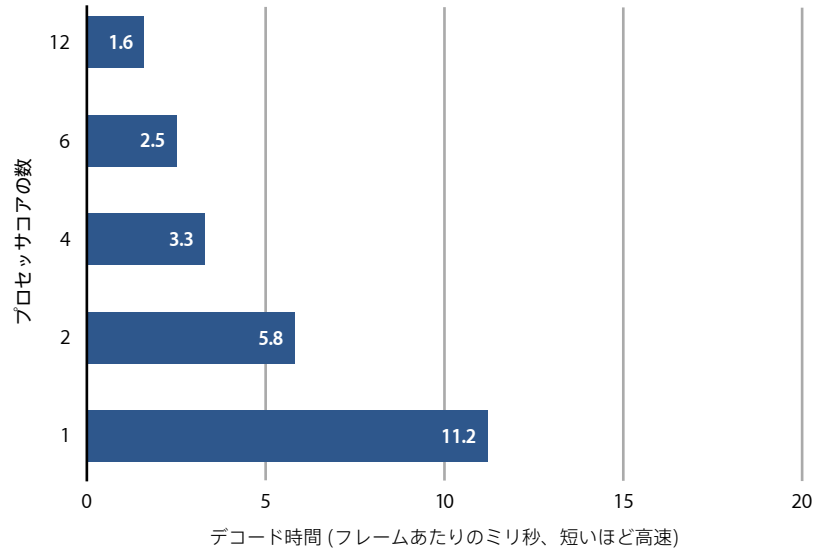


*Final Cut Pro X のマルチカムでは、リアルタイムでアングルを切り替えたりカットしたりしながら、同時に最大 16 アングルを表示できます。

テストは、Apple によって 2014 年 3 月に現行の 15 インチ MacBook Pro Retina ディスプレイモデル (クアッドコア 2.6GHz、1TB フラッシュストレージ、16GB の RAM、NVIDIA GeForce GT 750M グラフィックスカード、OS X 10.9.2 を搭載) で実施されました。プレリリースバージョンの Final Cut Pro X と、各コンテンツタイプには、長さ 10 分間の ASC-DCI 評価映像素材 (Standard Evaluation Material) のマルチカムクリップ (1920x1080p24、4096x2160p24) を使用しています。MacBook Pro は継続的にシステムの熱および電力状況を監視し、必要に応じてプロセッサ速度を調整して最適なシステム動作を維持します。パフォーマンスはシステム構成およびコンテンツによって変化することがあります。

今日の Mac ノートブックや Mac デスクトップはマルチコア処理に依存するため、高速な編集デコーダはプロセッシングコア数の増加に伴ってスケールアップ（すなわち、フレームあたりのデコード時間が減少）する必要があります。業界のコーデックの実装の多くはパフォーマンスが頭打ちになっており、コアの増加に伴うパフォーマンスの向上を実現していませんが、Apple ProRes コーデックは、下のグラフが示すように、コアの増加と共に継続的に高速化しています。

マルチプロセススケールリング – Apple ProRes 422 HQ (1920 x 1080)

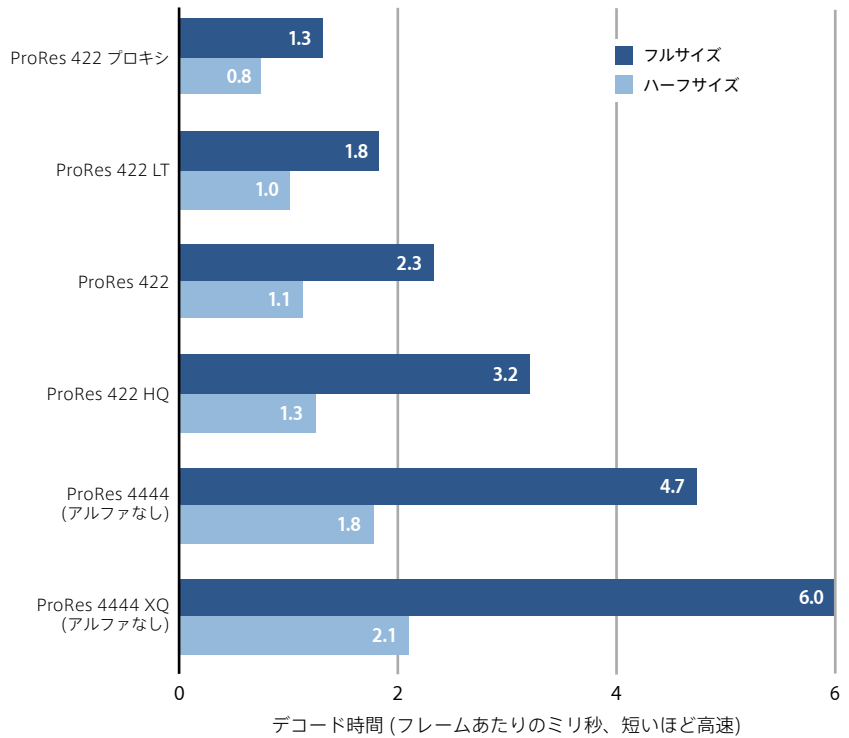


テストは、Apple によって 2014 年 5 月に Mac Pro (2.7GHz 12 コア Intel Xeon プロセッサ、OS X Mavericks v.10.9.2) で実施されました。パフォーマンスはシステム構成、コンテンツ、およびパフォーマンス測定ツールの使用によって変化することがあります。

Apple ProRes デコーダは、高品質で高パフォーマンスな編集コーデックとして特に Final Cut Pro X との関係に優れています。この組み合わせでは、フルフレームのサイズと品質でのビデオのデコードが高速だけでなく、「ハーフサイズ」フレーム (1/2 の高さと 1/2 の幅) でのフレームのデコードがさらに高速です。特に HD や 2K などの高解像度形式の場合、ハーフサイズのイメージによって、編集上の決定に必要な画面上の細部を豊富に得ることができます。

下のグラフは、ハーフサイズのデコードがすでに十分高速なフルサイズのデコードよりも大幅に高速であることを示しています。特に高品質の Apple ProRes コーデックで顕著です。デコードの速度が高速であることは、より多くのストリームをデコードしたりリアルタイムエフェクトを追加したりするための CPU 時間がさらに利用できることを意味します。

低解像度でのデコード速度 (1920 x 1080)



テストは、Apple によって 2014 年 3 月に現行の 15 インチ MacBook Pro Retina ディスプレイモデル (クアドコア 2.6GHz、1TB フラッシュストレージ、16GB の RAM、NVIDIA GeForce GT 750M グラフィックスカード、OS X 10.9.2) で実施されました。MacBook Pro は継続的にシステムの熱および電力状況を監視し、必要に応じてプロセッサ速度を調整して最適なシステム動作を維持します。パフォーマンスはシステム構成、コンテンツ、およびパフォーマンス測定ツールの使用によって変化することがあります。

デコードの高速性はリアルタイム編集のパフォーマンスにおいて主要な要素ですが、エンコードの高速性もポストプロダクションワークフローのキーとなる手順において重要です。Apple ProRes デコーダと同様に、Apple ProRes エンコーダファミリーもすべて効率的なソフトウェアの実装として設計されており、マルチコアプロセッサを効率的に使用することで高速なエンコードを実現しています。高速なエンコードは一部の手順で不可欠であり、ほかのほとんどすべての手順で重要です。

ベースバンドのビデオ信号（アナログまたはデジタルの SD または HD 信号ソース）のリアルタイムキャプチャおよび Apple ProRes エンコードの場合、入力の実タイムビデオフレームに追従するには Apple ProRes ソフトウェアエンコーダが十分に高速でなければなりません。この用途では適切なビデオキャプチャカードを使用する必要がありますが、それ以外の用途では、ベースバンドのビデオから Apple ProRes 形式へのリアルタイムキャプチャを実行するためにエンコード用の特別なハードウェアは不要です。

（Apple ProRes ではない）ほかのビデオコーデックでエンコードされたビデオファイルをファイルベースでトランスコードする場合、Apple ProRes へのトランスコードには、最初の手法のデコードと Apple ProRes への再エンコードの両方が含まれます。したがって、トランスコードの最小の所要時間は、ファイルのデコードに必要な時間と Apple ProRes への再エンコードに必要な時間の合計です。JPEG-2000 や REDCODE® RAW (R3D) ネイティブコーデック形式などの高度に複雑でデコードに時間がかかることが知られているビデオコーデック形式では、トランスコードの所要時間の大部分を占めるのはデコードの時間です。ただし、Apple ProRes エンコードが高速なため、トランスコードの合計所要時間を短縮することができます。

高速なエンコードやデコードはレンダリングや書き出しでもメリットがあります。制作プロセスまたは出力前の最終手順の一環としてのエフェクトのレンダリングは、基本的にソースメディアのデコードと、選択した最終出力形式への再エンコードになります。レンダリングプロセスでは、Final Cut Pro X のプロジェクトで定義した圧縮形式へのエンコード前にデコード、ブレンド、合成のすべての手順を事前に計算する必要があります。レンダリング形式としていずれの Apple ProRes コーデック（Apple ProRes 422 LT から Apple ProRes 4444 XQ まで）を選択し、ポストプロダクション中のどのタイミングでも変更できますが、Final Cut Pro X はデフォルトで Apple ProRes 422 でレンダリングを実行します。

Apple ProRes にレンダリングする場合、レンダリングの合計時間はデコードおよびエンコード手順の両方の速度で決まりますが、これはほかのより複雑で速度の遅いコーデックに比較して大幅に高速で実行されます。Apple ProRes の高速性は、プロジェクトの最終段階でファイルを書き出す際にもメリットがあります。Web、DVD、または Blu-ray ディスクに書き出す場合、非圧縮などのほかのプロフェッショナル形式の代わりに Apple ProRes での編集を選択することにより、書き出し処理を高速化することができます。

Apple ProRes 4444 コーデックのアルファチャンネルのサポート

$Y' C_B C_R$ または RGB 4:4:4 ピクセルデータをサポートすることに加えて、Apple ProRes 4444 XQ および Apple ProRes 4444 コーデックタイプは、オプションのアルファチャンネルをサポートします。このような $Y' C_B C_R A$ または RGBA イメージのサンプリング名称は 4:4:4:4 です。これは、各ピクセル位置には、 $Y' C_B C_R$ または RGB の 3 つの値に加えて、アルファ (すなわち A) 値があることを示します。アルファ値は、背景イメージの対応する位置のピクセルと合成する必要がある、関連付けられた RGB または $Y' C_B C_R$ ピクセルの比率を指定し、合成ワークフローで使用する可変の透明性のエフェクトを生成します。 $Y' C_B C_R$ または RGB のピクセル値とは異なり、アルファ値は、人が見ることを目的とする、実際のイメージのサンプルやコンピュータによって生成されたイメージのサンプルを表すものではありません。

アルファ値は基本的に、背景イメージに前景イメージをブレンド (合成) する方法を指定する数値データです。このため、Apple ProRes 4444 XQ および Apple ProRes 4444 は、近似的にではなく正確にアルファ値をエンコードします。このような正確なエンコードは、「ロスレス」(場合によって「数学的にロスレス」) の圧縮と呼ばれています。ロスレスでは、RGB または $Y' C_B C_R$ のピクセル値に関して Apple ProRes が使用するエンコードテクニックとは異なるテクニックが使用されますが、オリジナルとの見かけ上の違いがなく処理に影響がない限り、近似的なエンコードが許容されます。Apple ProRes 4444 XQ および Apple ProRes 4444 コーデックは、最大 16 ビットまでのあらゆるビット数のアルファチャンネル値をロスレスにエンコードします。

要約すると、Apple ProRes 4444 XQ および Apple ProRes 4444 コーデックは、鑑賞用途の $Y' C_B C_R$ または RGB のピクセル値のエンコードについては「視覚的にロスレス」とみなすことができる一方で、合成方法を指定するアルファ値のエンコードについては「数学的にロスレス」です。その結果、デコードされたデータは常に元のデータと完全に一致するため、Apple ProRes 4444 のアルファチャンネルでは、品質や忠実度が問題になることはありません。

どのようなロスレス圧縮でも、データレートはエンコード対象のイメージの細部の量によって変化します。これは、Apple ProRes 4444 によるアルファチャンネルのロスレス圧縮にも当てはまります。ただし、実際には、通常アルファチャンネルにはオブジェクトの輪郭に関連する情報のみが含まれるので、オプションのアルファチャンネルによって増加する Apple ProRes 4444 のデータレートはたいいていの場合、全体の数パーセントに過ぎません。このためアルファチャンネルが Apple ProRes 4444 のストリーム内に存在することによる、デコードおよびエンコードのパフォーマンスの低下は通常わずか 10 パーセント以下です。

付録

ターゲットデータレート

サイズ	フレーム レート	ProRes 422 プロキシ		ProRes 422 LT		ProRes 422		ProRes 422 HQ		ProRes 4444 (アルファなし)		ProRes 4444 XQ (アルファなし)	
		Mb/s	GB/hr	Mb/s	GB/hr	Mb/s	GB/hr	Mb/s	GB/hr	Mb/s	GB/hr	Mb/s	GB/hr
720 x 486	24p	10	4	23	10	34	15	50	23	75	34	113	51
	60i, 30p	12	5	29	13	42	19	63	28	94	42	141	64
720 x 576	50i, 25p	12	6	28	13	41	18	61	28	92	41	138	62
960 x 720	24p	15	7	35	16	50	23	75	34	113	51	170	76
	25p	16	7	36	16	52	24	79	35	118	53	177	80
	30p	19	9	44	20	63	28	94	42	141	64	212	95
	50p	32	14	73	33	105	47	157	71	236	106	354	159
	60p	38	17	87	39	126	57	189	85	283	127	424	191
1280 x 720	24p	18	8	41	18	59	26	88	40	132	59	198	89
	25p	19	9	42	19	61	28	92	41	138	62	206	93
	30p	23	10	51	23	73	33	110	49	165	74	247	111
	50p	38	17	84	38	122	55	184	83	275	124	413	186
	60p	45	20	101	46	147	66	220	99	330	148	495	223
1280 x 1080	24p	31	14	70	31	101	45	151	68	226	102	339	153
	60i, 30p	38	17	87	39	126	57	189	85	283	127	424	191
1440 x 1080	24p	31	14	70	31	101	45	151	68	226	102	339	153
	50i, 25p	32	14	73	33	105	47	157	71	236	106	354	159
	60i, 30p	38	17	87	39	126	57	189	85	283	127	424	191
1920 x 1080	24p	36	16	82	37	117	53	176	79	264	119	396	178
	50i, 25p	38	17	85	38	122	55	184	83	275	124	413	186
	60i, 30p	45	20	102	46	147	66	220	99	330	148	495	223
	50p	76	34	170	77	245	110	367	165	551	248	826	372
	60p	91	41	204	92	293	132	440	198	660	297	990	445

ターゲットデータレート (続き)

サイズ	フレーム レート	ProRes 422 プロキシ		ProRes 422 LT		ProRes 422		ProRes 422 HQ		ProRes 4444 (アルファなし)		ProRes 4444 XQ (アルファなし)	
		Mb/s	GB/hr	Mb/s	GB/hr	Mb/s	GB/hr	Mb/s	GB/hr	Mb/s	GB/hr	Mb/s	GB/hr
2048 x 1080	24p	41	19	93	42	134	60	201	91	302	136	453	204
	25p	43	19	97	44	140	63	210	94	315	142	472	212
	30p	52	23	116	52	168	75	251	113	377	170	566	255
	50p	86	39	194	87	280	126	419	189	629	283	944	425
	60p	103	46	232	104	335	151	503	226	754	339	1131	509
2048 x 1556	24p	56	25	126	57	181	81	272	122	407	183	611	275
	25p	58	26	131	59	189	85	283	127	425	191	637	287
	30p	70	31	157	71	226	102	340	153	509	339	764	344
	50p	117	52	262	118	377	170	567	255	850	382	1275	574
	60p	140	63	314	141	452	203	679	306	1019	458	1528	688
3840 x 2160	24p	145	65	328	148	471	212	707	318	1061	477	1591	716
	25p	151	68	342	154	492	221	737	332	1106	498	1659	746
	30p	182	82	410	185	589	265	884	398	1326	597	1989	895
	50p	303	136	684	308	983	442	1475	664	2212	995	3318	1493
	60p	363	163	821	369	1178	530	1768	795	2652	1193	3977	1790
4096 x 2160	24p	155	70	350	157	503	226	754	339	1131	509	1697	764
	25p	162	73	365	164	524	236	786	354	1180	531	1769	796
	30p	194	87	437	197	629	283	943	424	1414	636	2121	955
	50p	323	145	730	328	1049	472	1573	708	2359	1062	3539	1593
	60p	388	174	875	394	1257	566	1886	848	2828	1273	4242	1909
5120 x 2160	24p	194	87	437	197	629	283	943	424	1414	636	2121	955
	25p	202	91	456	205	655	295	983	442	1475	664	2212	995
	30p	243	109	546	246	786	354	1178	530	1768	795	2652	1193
	50p	405	182	912	410	1311	590	1966	885	2949	1327	4424	1991
	60p	485	218	1093	492	1571	707	2357	1061	3535	1591	5303	2386

用語集

アルファチャンネル RGB および $Y' C_B C_R$ イメージに選択的に含めることができる追加的な情報のチャンネル。アルファチャンネルを RGB イメージに追加する場合、ピクセルを定義する R、G、B のそれぞれの値について、RGB ピクセルを背景イメージと合成する方法を指定する A 値が存在します。通常、A が一方の極値を取る場合は 100% の透明度を表し、もう一方の極値は 100% の不透明度を表します。極値の間の値は不透明度を表します。

Apple ProRes 形式 Apple ProRes でエンコードされたビットストリーム。通常、.mov ファイルの形態を取り、Apple ProRes コーデックタイプとビデオ形式が指定されます。たとえば、「Apple ProRes 422 HQ 1920 x 1080i 29.97 形式」

コーデック 圧縮プログラム (compressor) / 伸張プログラム (decompressor) の略語。エンコーダとデコーダの両方を指す一般的な用語です。

デコーダ 入力として圧縮されたビットストリームを取り込み、出力としてイメージシーケンスまたはビデオフレームを生成するアルゴリズムまたは処理システム。Apple ProRes では、この用語は、Apple ProRes でエンコードされた .mov ファイルを、追加の処理や表示のためにイメージシーケンスに変換する QuickTime の伸張コンポーネントを指します。

エンコーダ 入力として非圧縮状態のイメージを取り込み、出力として圧縮されたビットストリームを生成するアルゴリズムまたは処理システム。Apple ProRes では、この用語は、Apple ProRes でエンコードされた .mov ファイルを生成する QuickTime の圧縮コンポーネントを指します。

イメージシーケンス 指定のフレームレートで表示されると、視覚的にリアルタイムモーションイメージシーケンスとして認識される順序付けられたイメージフレームのセット。「ビデオ」の記述がない場合、イメージシーケンスは多くの場合、DPX、TIFF、OpenEXR の各ファイル形式のような RGB イメージ (アルファチャンネルが付随する可能性あり) のセットです。

ロスレス イメージフレームをエンコードしてその後デコードすることで、オリジナルとまったく同じピクセル値を持つことが数学的に保証されたイメージを生成するコーデックのタイプの 1 つ。

ビデオ イメージフレームが $Y' C_B C_R$ 色空間とサブサンプリングされたクロマチャンネルを使用するイメージシーケンス。通常、4:2:2、4:2:0、4:1:1 のいずれかのパターンを持ちます。

ビデオ形式 フレームの高さ、フレームの幅、フレームレートがすべて指定されたビデオシーケンス。たとえば、「1920 x 1080i 29.97 ビデオ形式」

視覚的にロスレス イメージフレームをエンコードしてその後デコードすることで、数学的にロスレスではないが、同一タイプのディスプレイでオリジナルと並べて表示した場合にオリジナルと視覚的に区別することができないイメージを生成するコーデックのタイプの 1 つ。