



Apple ProRes

ホワイトペーパー
2009年 7月

目次

ページ3	はじめに
ページ4	Apple ProResファミリー概要
ページ6	デジタル画像の特性 フレームサイズ（フルフレームとパーシャルフレーム） クロマサンプリング サンプルビット深度
ページ9	Apple ProResコーデックの特性 データレート 品質 パフォーマンス Apple ProRes 4444のアルファチャンネルサポート
ページ20	付録 ターゲットデータレート一覧表
ページ22	用語集

はじめに

Apple ProRes 422とApple ProRes 422 (HQ)は、Final Cut Studio 2のリリースにあわせて2007年4月に登場しました。これらのビデオコーデックの登場によって、ファイル容量を標準解像度 (SD) 相当またはそれ以下に抑えながらも、フルフレーム、10ビット、4:2:2の高解像度 (HD) ビデオソースを、リアルタイム、マルチストリーム対応のFinal Cut Pro上で廉価に編集することが可能になりました。

Appleでは、最新版のFinal Cut Studioのリリースにあわせ、Apple ProResファミリーの一員として新たにApple ProRes 422 (Proxy)、Apple ProRes 422 (LT)、Apple ProRes 4444の3種類を発表しました。これらの新メンバーが加わることにより、Apple ProRes技術の使用用途がさらに充実するだけでなく、Final Cut Studioの処理能力と柔軟性が一層高まります。このホワイトペーパーでは、Apple ProResファミリーを構成する5つのファミリーメンバーについて、技術仕様や性能指標を含めながら詳しく解説します。

Apple ProRes ファミリー概要

Apple ProResファミリーのメンバーは、いずれもマルチストリーム対応のリアルタイム編集性能と、ストレージ容量を抑えながらの卓越した画質を組み合わせた、抜群のコンビネーションを提供します。5つのコーデックはいずれも、SD、HD、2Kのフレームサイズをフル解像度で維持することができます。

可変ビットレート (VBR) 技術を採用するApple ProResは、高データレートでのエンコードによる効果が見込めない単純なフレームにおいて、より小さな値のビット数を用います。Apple ProResコーデックはいずれもフレーム独立型、つまり「フレーム間」型のコーデックであり、個々のフレームは他のフレームとは別にエンコード・デコードされます。この方法は最大限の編集性能と柔軟性を提供します。

- **Apple ProRes 4444:** 新しいApple ProRes 4444コーデックは、4:4:4 RGB または4:4:4 Y'C_BC_Rのいずれかの色空間から派生した動画シーケンスに対応できます。非圧縮の4:4:4 HDと比べて著しくデータレートが低いApple ProRes 4444は、12ビットのピクセル深度と、オプションで数学的ロスレスなアルファチャンネルにも対応し、真の4:4:4:4サポートを実現します。Apple ProRes 4444は最大限の色情報を保有できる4:4:4画像ソース用であるという点では異なるものの、Apple ProRes 422 (HQ) と同じ、高次元の視覚品質を維持することができます。

次世代のビデオに理想的なApple ProRes 4444は、シネマ品質の合成処理にも適した、最も純真なコンピュータグラフィックスソースです。Apple ProRes 4444は、これまでAnimationコーデックが必要とされていたプロジェクトの現代的な代替技術でもあり、Final Cut Proでのリアルタイム再生にも対応しています。Apple ProRes 4444は色のディテールを維持するため、4:4:4画像ソースの色グラデーションにも最適です。

- **Apple ProRes 422 (HQ):** ビデオポストプロダクション業界で幅広く普及するApple ProRes 422 (HQ) は、HD-SDI (シングルリンク) 信号で伝達できる最高品質のプロフェッショナルHDビデオを、視覚的ロスなしで維持できます。このコーデックは10ビットのピクセル深度のフルサイズ4:2:2ビデオソースに対応できるとともに、繰り返し発生するデコードと再エンコードの世代間を通じて、視覚的にロスレスであるという特長があります。

Apple ProRes 422 (HQ) は、複雑な圧縮済みビデオソースのワークフローを迅速化するための中間コーデックとして、または非圧縮4:2:2ビデオに代わる手頃で高性能の代替技術として利用できます。

- **Apple ProRes 422:** Apple ProRes 422は、上位にあたるApple ProRes 422 (HQ) のほぼすべての長所を、格段に低いデータレートで提供します。このコーデックは、Apple ProRes 422 (HQ) と同じフルサイズ、10ビット、4:2:2シーケンスに対し、視覚的にロスレスなコーディング性能を提供するとともに、一層高いマルチストリームRT編集性能を備えています。

- **Apple ProRes 422 (LT):** 新しいApple ProRes 422 (LT) コーデックは、Apple ProRes 422 (HQ)、Apple ProRes 422同様にフルサイズの10ビットビデオシーケンスをサポートしますが、この2つよりさらに低いターゲットデータレートが設定されています。Apple ProRes 422 (LT) のターゲットデータレートは、使用するビデオ形式によって異なりはするものの、100 Mbpsまたはそれ以下になります。素晴らしい画質と低いファイル容量のバランスに優れたApple ProRes 422 (LT) は、ストレージ容量と帯域幅の節約が重視されるデジタル放送環境に理想的です。

Apple ProRes 422 (LT) はディスクに大量の素材が取り込まれる、マルチカメラのライブ環境や現場ロケの制作環境にも最適です。データレートが抑えられたApple ProRes 422 (LT) は、AVCHDなどの複雑なカメラコーデックのトランスコーディング用としても適しています。

- **Apple ProRes 422 (Proxy):** Apple ProResファミリーの3つ目の新メンバーはApple ProRes 422 (Proxy) です。このコーデックはHDデータレートを36 Mbps以下に抑えつつも、データレートの高い他のApple ProRes 422同様にフルフレームの10ビット、4:2:2ビデオをサポートします。

Apple ProRes 422 (Proxy) は、データレートを抑えながらもフル解像度のビデオが必要とされる、ドラフトモードやプレビュー目的での使用を想定したものです。このコーデックはFinal Cut Serverを使ったオフライン編集ワークフローでの使用に最適な形式です。Final Cut Proの従来のオフライン+オンラインワークフローではOffline RTコーデックが用いられていましたが、今日のHDワークフローにおいては、ネイティブのフレームサイズとアスペクト比に対応したオフラインビデオ形式が求められています。1920 x 1080と1280 x 720のフル解像度をサポートするApple ProRes 422 (Proxy) は、編集時のHDフル解像度対応を可能にするとともに、制作段階から完成に至るまでのFCPモーションエフェクトの正確な再現を可能にします。

デジタル画像の特性

デジタル画像の技術特性は画像品質の様々な側面に関係しています。例えば、高解像度のHD画像は解像度の低いSD画像に比べ、より詳細な情報を保有できます。また、10ビットの画像はより細やかな色変化に対応できるため、8ビット画像で発生しかねない干涉縞を回避することができます。

コーデックの役割は、最大限のエンコード・デコード速度を提供しつつ、限られた所定のデータレートで最大限の画像品質を維持することにあります。Apple ProResファミリーは、各サポート対象データレートにおいて業界屈指の高性能、高品質を提供しつつも、画像品質を左右するフレームサイズ、クロマサンプリング、サンプルビット深度の3つの主要デジタル画像特性をサポートしています。Apple ProResファミリーの総合的な長所を生かしたり、ポストプロダクションの様々なワークフローに適したProResファミリー技術を選択するには、これら3つの特性を理解しておくことが重要です。

フレームサイズ (フルフレームとパーシャルフレーム)

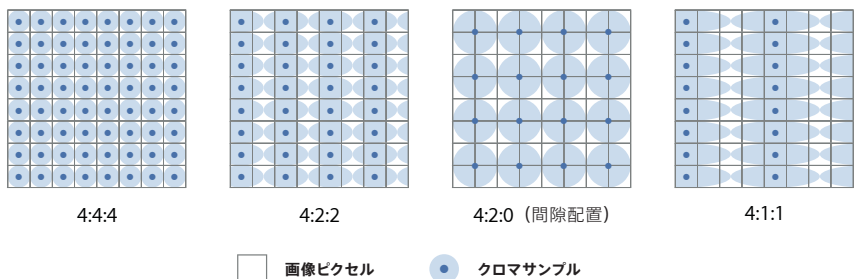
デジタルビデオカメラの多くは、HDのフルフレーム幅である1920ピクセル (1080本のHD規格) または1280ピクセル (720本のHD規格) より低い値で、ビデオフレームをエンコードおよび保管しています。これらの形式が表示される際には、HDのフルフレーム幅にあわせて水平方向のアップサンプリングが行われるものの、フルフレームのHD形式と同量のディテールを保有することはできません。

Apple ProResファミリーのメンバーは、HD信号で保有可能な最大限のディテールを維持するために、いずれもフルフレーム幅のHDビデオソース (「フルラスタ」ビデオソースとも呼ばれます) をエンコードすることができます。また、必要であれば、Apple ProResコーデックはパーシャルフレーム幅のHDソースをエンコードすることもできます。これにより、エンコード処理に先だってパーシャルフレーム幅のフォーマットをアップスケールする際に発生しかねない、品質やパフォーマンスの劣化が防げます。

クロマサンプリング

カラー画像には3つのチャンネルの情報が重要です。コンピュータグラフィックスの世界では、個々のピクセル色はR、G、Bの値で定義されるのが一般的です。従来のデジタルビデオでは、ピクセルはY'、C_B、C_Rの値で表現され、「ルマ（輝度）」のY'はグレースケールの値を示し、「クロマ」のC_BとC_Rは色差の情報を含んでいます。人間の目は、詳細なクロマ情報ほどの敏感さを有しないため、クロマの平均値を求め、エンコード対象のC_B、C_Rサンプル数を減らしたとしても、普段の視聴においては、さほどの視覚的な品質劣化が認められません。この手法はクロマサブサンプリングと呼ばれ、ビデオ信号のデータレート低減方法として広く普及しています。ただし、クロマサブサンプリングが行きすぎると、合成品質、色補正品質、またはその他の画像処理操作品質の劣化につながる恐れがあります。Apple ProResファミリーは、今日広く普及する以下のクロマ形式を扱うことができます。

- 4:4:4は、最大限のクロマ情報が維持できる最高品質の形式です。4:4:4の画像ソースでは、クロマ情報のサブサンプリングや平均化は一切行われません。各ピクセル位置にはY'、C_B、C_RまたはR、G、Bのいずれかの、3種類の独立したサンプルが存在します。Apple ProRes 4444はRGB、Y'C_BC_Rの色空間の違いを問わず、4:4:4画像ソースに完全対応しています。Apple ProRes 4444の名称の4つ目の「4」は、各ピクセル位置に独自のアルファチャンネルサンプルが存在し得ることを意味しています。Apple ProRes 4444は、MotionなどのCGアプリケーションから書き出された4:4:4:4 RGB+Alphaソース、およびデュアルリンクHDCAM-SRなどの高性能機器の4:4:4ビデオソースのサポートを意図したものです。
- 4:2:2は高品質のプロフェッショナルビデオ形式として認知されています。この形式においては、Y'（輝度）サンプルに対してC_BサンプルとC_Rサンプルが1つずつ、つまり、1つの「C_B/C_Rクロマペア」が存在するよう、Y'C_BC_R画像のクロマ値の平均が求められます。4:4:4のソースを使用した方が、より優れた結果は得られるものの、従来から、この最低限のクロマサブサンプリングでも、高品質な合成操作と色補正には十分であると考えられています。4:2:2のソースはDVCPRO HD、AVC-Intra/100、XDCAM HD422/50などの、一般的なハイエンドデジタルビデオカメラフォーマットによって生成されます。Apple ProRes 422ファミリーのメンバーはすべて、4:2:2ビデオ形式に備わるクロマ解像度を完全にサポートしています。
- 4:2:0および4:1:1は、ここで紹介する形式の中でクロマ解像度が最も少ない形式であり、4つの輝度サンプルにつき1対のC_B/C_Rクロマペアのみが存在します。この2つの形式は、家庭用およびプロ用の様々なデジタルビデオカメラで用いられています。カメラ内蔵の画像処理システムの品質に左右されるものの、4:2:0と4:1:1の両形式は優れた表示品質を提供することができます。ただし、合成処理のワークフローにおいては、合成された要素の縁周辺に視覚的なノイズが発生することを防ぐのが容易ではない場合があります。HD 4:2:0形式の例としては、HDV、XDCAM HD、AVC-Intra/50が挙げられます。4:1:1はDV規格で用いられています。Apple ProRes 422の各形式は、いずれもエンコード処理前にクロマを4:2:2にアップサンプリングすることで、4:2:0または4:1:1のソースに対応できます。



サンプルビット深度

各ピクセル位置で表現可能な色数は、画像サンプルの各 Y' 、 C_B 、 C_R （またはR、G、B）を表す際に用いるビット数で決定されます。また、サンプルビット深度によって、画像上グラデーションとして表現される繊細な色変化（夕焼け空など）が帯状の縞（つまり、段階的な視覚効果）になることなく、どの程度スムーズに表現されるかが決まります。

従来、デジタル画像のサンプリングは8ビットに限られていましたが、近年は10ビットや12ビットの画像サンプルに対応するプロ用機器および取り込み技法が増えつつあります。10ビット画像のサポートは、プロ用のデジタル出力（SDI、HD-SDI、またはHDMI）を備えた4:2:2ビデオソースの多くで見ることができます。4:2:2のビデオソースで10ビットを超えることはまれですが、今では、より多くの4:4:4画像ソースが12ビット解像度を謳うようになっています。ただし、センサーから派生した画像の場合、最も効果の低い1ビットまたは2ビットには、信号よりノイズの方が多く含まれています。4:4:4ソースの例としては、高性能のフィルムスキャナやフィルム状のデジタルカメラ、および高性能のコンピュータグラフィックスが挙げられます。

Apple ProRes 4444は最大12ビットの画像ソースに対応できるとともに、最大16ビットのアルファサンプル深度を維持できます。Apple ProRes 422の各コーデックは、いずれも最大10ビットの画像ソースに対応できます。ただし、最高の10ビット品質は、ビットレートの高いファミリーメンバーのApple ProRes 422またはApple ProRes 422 (HQ) を用いることで得られます。

（メモ: Apple ProRes 422コーデックは、いずれもApple ProRes 4444同様に、10ビットを超える画像サンプルを受け付けることもできます。ただし、4:2:2、4:2:0ビデオソースでこのような高ビット深度が使われることはあまりありません。）

Apple ProRes コーデックの特性

各画像・ビデオコーデックの特長は、圧縮、品質、複雑さの3つの主要因に関して、それぞれどのような性質を持っているかで語ることができます。ここでいう圧縮とはデータ量の削減、つまりオリジナル画像と比べてどの程度のビットが必要とされるかを意味します。画像シーケンスやビデオストリームの圧縮は、転送に関しては毎秒のビット数、ストレージに関しては1時間あたりのバイト数のデータレートで表されます。一方、品質は、圧縮後の画像がオリジナルとどの程度似ているかを表します。「忠実度」の方が適切な用語ではありますが、一般的には「品質」という用語で表現されています。複雑さは、画像フレームや画像シーケンスの圧縮および展開時にどの程度の算術演算が行われなければならないかに関連しています。ソフトウェアコーデックの実装においては、複雑さが低くなるにつれリアルタイムで同時にデコードできるビデオストリーム数が増え、その結果、ポストプロダクションアプリケーション内でのパフォーマンスが高くなります。

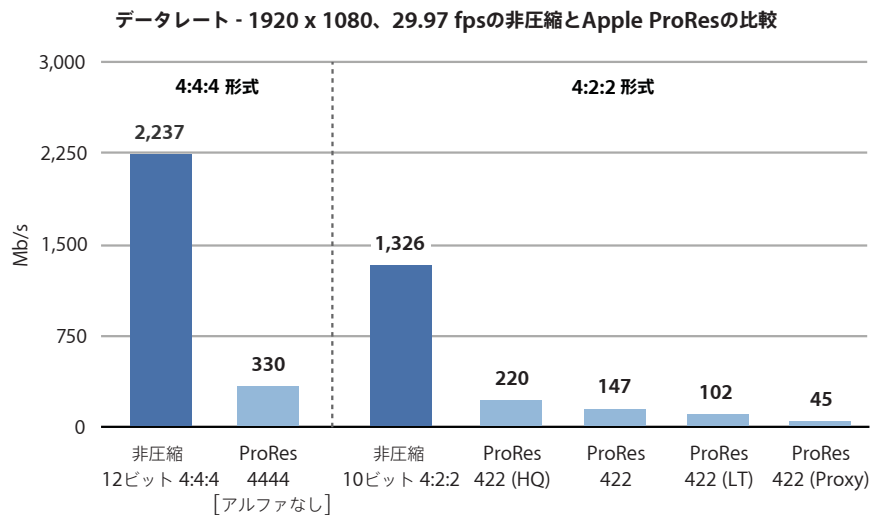
画像・ビデオコーデックの開発にあたっては、これら3つの特性のいずれかの妥協が求められます。プロ用のデジタルビデオカメラやビデオ編集で用いられるコーデックには高度な視覚品質が求められるため、妥協点はデータレートとパフォーマンスのバランスに絞られます。例えば、AVCHDのデジタルビデオカメラは抜群の画質を備えつつデータレートを抑えた、H.264ビデオストリームを出力することができます。しかし、H.264コーデックの複雑さはとても高度な部類に入るため、複数のストリーム・エフェクトが伴うリアルタイムビデオ編集時には、そのパフォーマンスが低くなります。これに比べApple ProRes 422は、より高いデータレートであるにも関わらず、リアルタイムビデオ編集に不可欠なパフォーマンス面でも大幅に優れています。

このセクションでは、Apple ProResの異なるコーデックの動作を解説するとともに、コーデックの3つの重要な特性であるデータレート、品質、パフォーマンスについて、それぞれのコーデックの比較を紹介します。

データレート

Apple ProResファミリーは様々なワークフローと使用用途に対応するために、広範なデータレートをサポートしています。ここではApple ProRes同士のデータレートの比較と、Apple ProResと非圧縮ビデオの比較を紹介します。また、フレームサイズとフレームレートがApple ProResのデータレートに与える影響についても解説し、最後に、Apple ProResコーデックファミリーに採用されている特性の、可変ビットレート (VBR) に関する情報も紹介します。

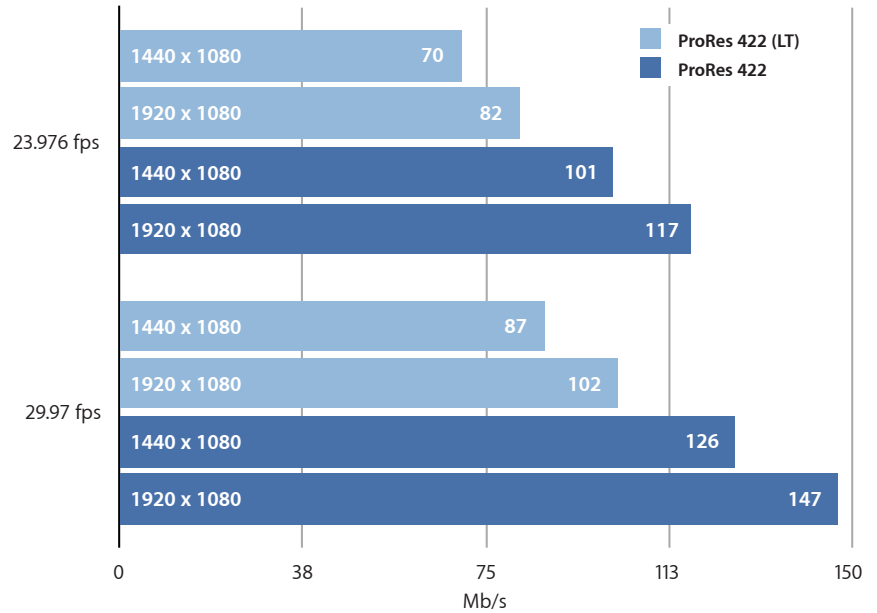
次のグラフは、各Apple ProRes形式と非圧縮のフルフレーム (1920 x 1080) 29.97フレーム/秒、4:4:4 12ビットおよび4:2:2 10ビット画像シーケンスのデータレートを比較したものです。このグラフからは、Apple ProResの最高品質の2形式 (Apple ProRes 4444およびApple ProRes 422 (HQ)) でさえ、非圧縮のものよりはるかに低いデータレートを得られることが分かります。



上図に示したデータレートは、29.97フレーム/秒の「フルフレーム」(1920 x 1080) HDフレームのデータです。Apple ProResファミリーは720p HD形式のフルサイズ (1280 x 720) にも対応しています。Apple ProResコーデックはフルフレームのHD形式の他にも、一般的なHDデジタルビデオカメラの録画解像度として採用されている1280 x 1080、1440 x 1080、960 x 720の3つの、いわば「パーシャルフレーム」のHDビデオ形式にも対応しています。Apple ProRes形式はあらゆるサイズの画像フレームをエンコードできますが、Final Cut Proのリアルタイム編集に対応しているのは、SD、パーシャルフレームのHD、フルフレームのHD、2Kの各フレームサイズに限定されます。

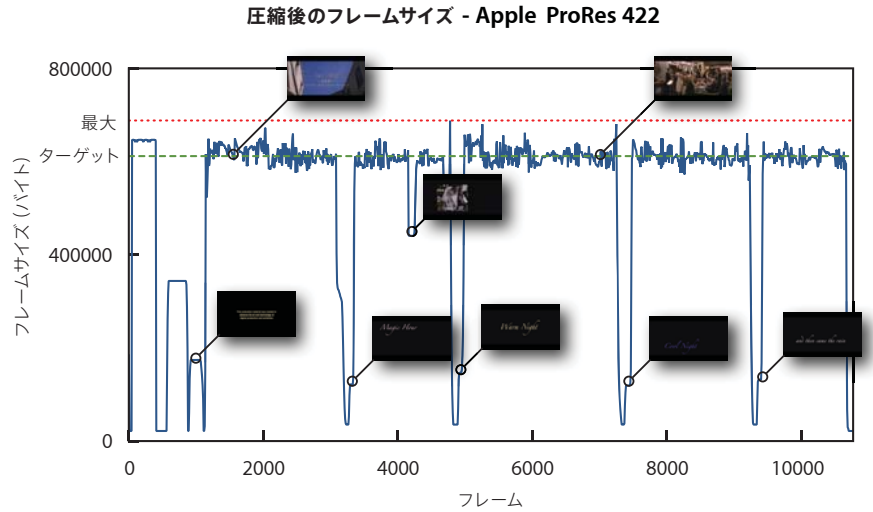
Apple ProRes形式のデータレートを左右する主な要因は、ProResコーデックの種類、エンコード対象のフレームサイズ、フレームレートの3つです。次の図は、3つの要素のいずれかを変化させることによる、Apple ProRes形式のデータレートへの影響を示したものです。Final Cut Proでのリアルタイム編集が可能な、すべてのApple ProRes形式のデータレート一覧表は付録に収録されています。

データレート - Apple ProRes 422 (LT)とApple ProRes 422との比較



Apple ProResは可変ビットレート (VBR) 対応のビデオコーデックです。これはストリームの各フレームのエンコード時に用いられるビット数が一定ではなく、フレーム間で変化することを意味します。Apple ProResエンコーダは、指定されたビデオフレームサイズとApple ProResコーデックを用いて、「ターゲット」のフレームあたりのビット数を達成しようと試みます。この値とエンコード後のビデオ形式の毎秒フレーム数を掛けあわせれば、求めようとしているApple ProRes形式のターゲットデータレートが算出できます。

Apple ProResは可変ビットレートのコーデックではあるものの、たいてい、その可変幅は大きくありません。通常、実際のデータレートはターゲットのデータレートに近い値になります。Apple ProResの各形式には、超過が許されない、フレームあたりの最大ビット数が規定されています。この最大値は、フレームあたりのターゲットビット数の約1割増のビット数です。次の図は、Apple ProResビデオシーケンスのサンプルで実際に用いられた、フレームあたりのビット数をグラフ化したものです。



ASC/DCI 標準評価素材 (StEM) Mini-Movie 1920 x 1080を用いてシーケンスを図化。

10,000以上のフレームから構成されたこのシーケンスでは、1つのフレームのみが最大ビット数を超え、大半のフレームはターゲット値の上下数パーセントに集中していることが分かります。しかも、フレームの多くはターゲット値よりはるかに低いビット数を使用しています。これはApple ProResエンコーダが、オリジナル画像の再現性が高まると判断される場面に限り、該当フレームにビット数を追加するためです。黒背景のフレームに少量の文字が配置されているような、単純な画像フレームの場合、ある時点を超えると、ビットを追加しても品質の向上は見込めません。Apple ProResエンコーダは画像の忠実な再現性が高まらない限り、フレームに無駄なビットを追加しません。

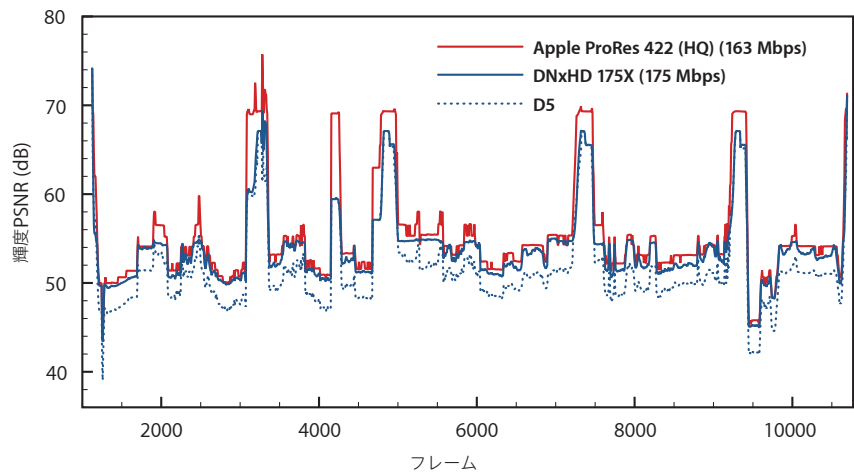
品質

高品質の出力を生成できることは画像・ビデオコーデックにとって重要な特性です。しかし、コーデックの本当の目標は、品質の維持（忠実度）にあるといえます。画像はApple ProResでエンコーディングされる前に、数段階にも及ぶ各種処理操作を経ることが大半です。これらの各段階では、画像にノイズ（視覚的な傷のようなもの）が追加されかねません。あらかじめ画像シーケンスにノイズが混入している場合、Apple ProResはこれらのノイズも忠実に再現するため、視聴者がこれらをApple ProResコーデックのせいで発生したものと間違いかねないことになります。Apple ProResファミリーメンバーに課された目標は、その善し悪しを問わず、オリジナル画像ソースの品質を完全に維持することです。

Apple ProResの各コーデックの品質保持性能は、質と量の両側面で語ることができます。画像・ビデオ圧縮の分野では、ピーク信号対雑音比（PSNR）が画像忠実度の量的な測定基準として最も普及しています。PSNRでは、圧縮後の画像（その展開後）が、エンコーダに渡されたオリジナル画像とどの程度一致しているかが測定されます。PSNRの値が大きければ大きいほど、エンコードされた画像とオリジナルの一致度が高まります。

次の図は、Apple ProRes 422 (HQ)、Avid DNxHD、Panasonic D5の3種類のコーデックを用いた検証テストシーケンスの、各画像フレームのPSNR値をグラフ化したものです。

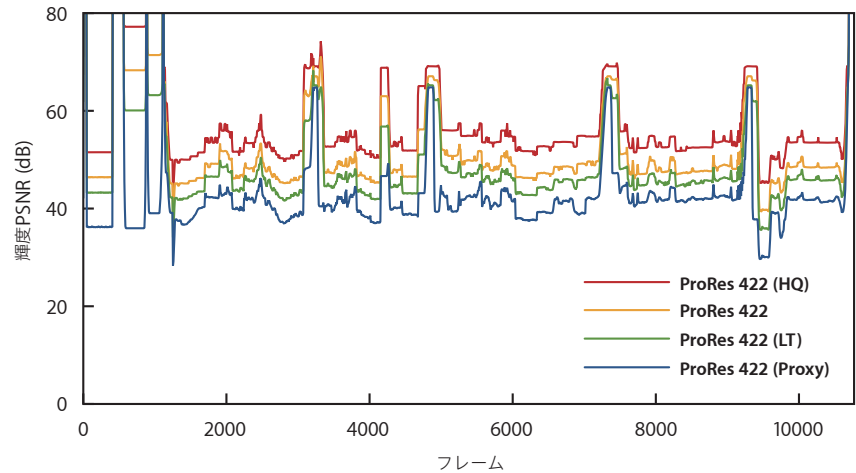
PSNR値の比較 - Apple ProRes, DNxHD, and D5



ASC/DCI標準評価素材 (StEM) Mini-Movie 1920 x 1080を用いて測定。

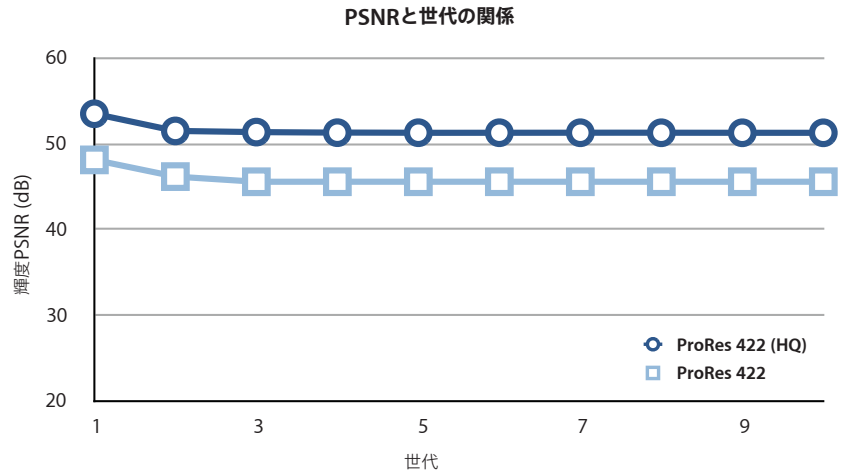
次の図は、Apple ProRes 422の各コーデックで前出のシーケンスを処理した結果をグラフ化したものです。このグラフからは、ファミリーメンバー間でPSNR値に差が生じていることが読み取れます。これらの差は、Apple ProRes 422コーデック間のデータレートの違いに相当するものです。Apple ProRes 422 (HQ) のPSNRはApple ProRes 422 (Proxy) のそれより15〜20 dB高い値を示しています。ただし、(HQ) ストリームのデータレートは (Proxy) ストリームの約5倍になります。高い忠実度を発揮するには、ファイル容量が犠牲にならざるを得ません。従って、各自のワークフロー要件にあった、適切なApple ProResファミリーメンバーを選ぶことが重要です。

PSNR値の比較 - Apple ProRes 422 ファミリー



ASC/DCI標準評価素材 (StEM) Mini-Movie 1920 x 1080を用いて測定。

PSNR値の差異は視覚的な再現忠実度を示すだけでなく、ヘッドルームの状況も表しています。例えば、仮に上記グラフで用いたオリジナルシーケンスと、当該ストリームをApple ProRes 422 (HQ) およびApple ProRes 422でエンコードしたバージョンを見比べても、これらは視覚的に、完全に同じように見えます。しかし、Apple ProRes 422 (HQ) の他より高いPSNR値は、品質のヘッドルームが他より大きいことを示しています。ヘッドルームが大きいということは、当該画像シーケンスのデコードと再エンコードを複数の世代にわたって繰り返しても、視覚的にはオリジナルと全く同じように見えることを意味します。



PSNRは圧縮済み画像の忠実度を測定するための完璧な指標というわけではありません。このため、圧縮済み画像とオリジナルに視覚的な差がないことを保証する、特定のPSNR値が存在するわけではありません。Apple ProResの各コーデックタイプで期待される画質に関しては、なんらかの質的な解説があると便利です。次の一覧表では、Apple ProRes 4444 (アルファチャンネルなし) の質的な解説とApple ProRes 422 (HQ)のそれが完全に一致していることに注目してください。これは、Apple ProRes 4444のターゲットビットレートがApple ProRes 422 (HQ)のそれより50%高いにも関わらず、Apple ProRes 4444が追加ビットを利用して、Apple ProRes 422 (HQ) の4:2:2ソースで保証されたものと同じ高品質なヘッドルームを確保しつつ、より多くの4:4:4クロマサンプルをエンコードしているからです。

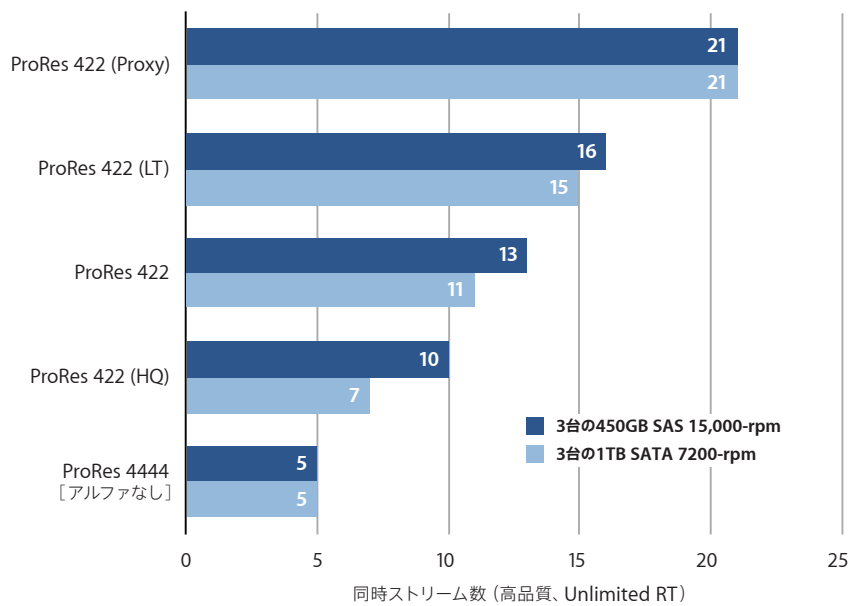
Apple ProResコーデック	視覚的な差異 (第1世代)	品質ヘッドルーム
ProRes 4444	事実上、皆無	非常に十分な余裕。複数の世代にわたり完成品として優秀
ProRes 422 (HQ)	事実上、皆無	非常に十分な余裕。複数の世代にわたり完成品として優秀
ProRes 422	極めてまれに	十分な余裕。複数の世代にわたり大半のワークフローに最適
ProRes 422 (LT)	まれに	余裕あり。複数の世代にわたり幾分のワークフローに適切
ProRes 422 (Proxy)	繊細な画像でかすかに	可。1世代目の視聴と編集用途に適切

パフォーマンス

Apple ProResファミリーのコーデックは速度重視で開発されています。エンコード、デコード両方の高速処理は、ワークフローの支障点を取り払うためにも不可欠です。

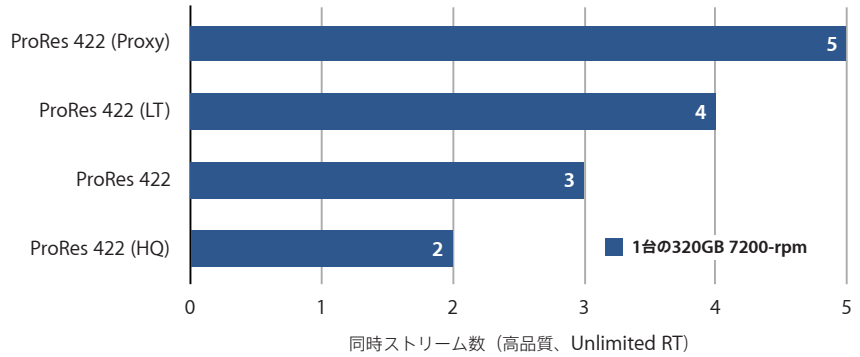
高速なデコード処理は、Final Cut Proのマルチストリーム対応リアルタイム編集にとって特に重要な事柄ですが、この点でもApple ProResコーデックファミリーの高性能は特筆に値します。次の図は、Mac Proコンピュータ上でリアルタイムに同時編集できるフルフレーム1920 x 1080 HDストリームの数を、Apple ProResコーデックの種類別にグラフ化したものです。もちろん、実際には5、6個以上のストリームを同時編集するような場面は発生しないかも知れませんが、このグラフからは1~3個程度のストリームのみを使用する場で、多くの処理時間をRTタイトル作成やエフェクト作成などの他の作業に充てられることが理解できるはずです。

Mac Pro – Final Cut Proでの1920 x 1080、23.976 fpsのリアルタイムストリーム



このテストはMac OS X v10.6 Snow Leopardプレリリース版と、6GBのRAMおよびMac Pro RAIDカードを装着した出荷済みMac Pro 8コア2.93 GHzモデルを使用して、2009年6月にアップルにより実施されたものです。ハードディスクは単一のOSドライブとして構成し、3台構成のRAID 5ボリュームをメディアストレージとして使用しています。このテストはプレリリース版のFinal Cut Pro 7.0と、コンテンツタイプごとの7分30秒のASC-DCl標準評価素材クリップの同時個別複製を用いて行われています。パフォーマンスはシステム構成とコンテンツによって変化します。パフォーマンステストは特定のMac ProとMac Pro RAIDカードシステムを用いて行われており、Final Cut Proの概ねの性能を示しています。

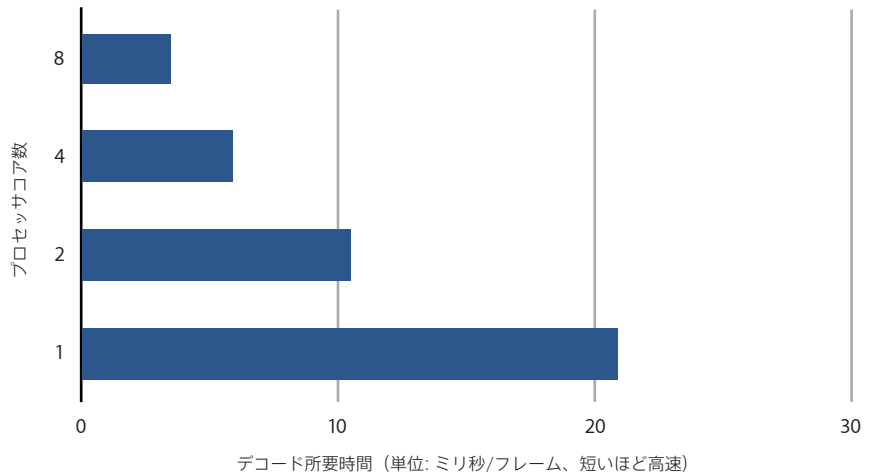
MacBook Pro – Final Cut Proでの1920 x 1080、23.976 fpsのリアルタイムストリーム



このテストはMac OS X v10.6 Snow Leopardプレリリクス版と、4GBのRAMを装着したMacBook Pro Intel Core 2 Duoベースの出荷済みMacBook Pro 17インチモデルを使用して、2009年6月にアップルにより実施されたものです。このテストはプレリリクス版のFinal Cut Pro 7.0と、コンテンツタイプごとの7分30秒のASC-DCI標準評価素材クリップの同時個別複製を用いて行われています。パフォーマンスはシステム構成とコンテンツによって変化します。パフォーマンステストは特定のMacBook Proシステムを用いて行われており、Final Cut Proの概ねの性能を示しています。

現在のMacノートブックおよびデスクトップでは、マルチコアの処理能力が活かされています。したがって処理用のコア数が増えるにつれ、高速な編集デコーダの速度にも、スケールアップできる（つまり、フレームあたりのデコード処理時間が短くなる）ことが求められます。業界の多くのコーデック実装は頭打ちの状態にあり、たとえプロセッサの数を増やしても、一定以上の性能向上を見込むことができません。しかしApple ProResコーデックの場合は、次の図に示すように、コアを追加することでさらなる高速処理を引き出すことができます。

マルチプロセッサによるスケールアップ – 1920 x 1080のApple ProRes 422 (HQ)

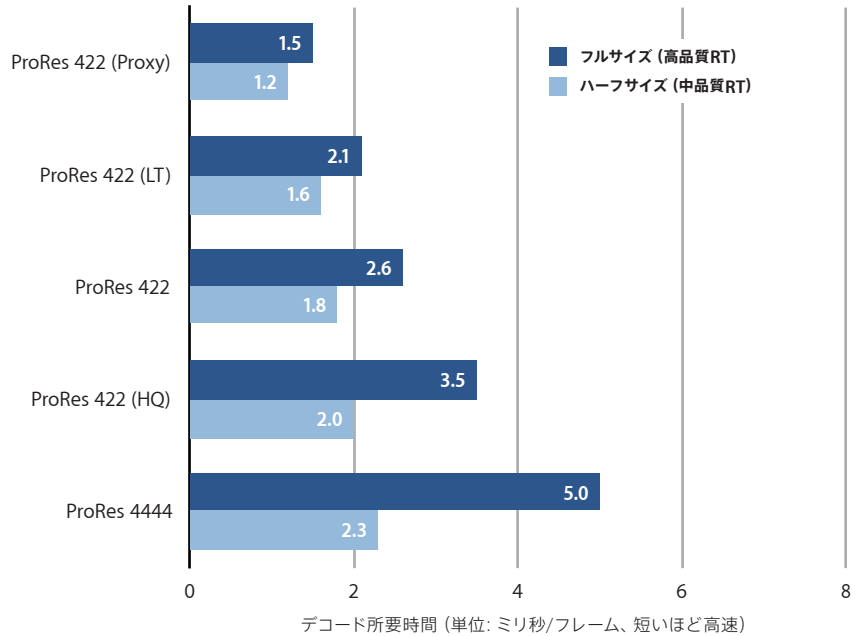


このテストはMac OS X v10.6 Snow Leopardプレリリクス版、Final Cut Pro 7.0プレリリクス版、および出荷済みのMac Pro 8コア2.26 GHzモデルを使用して、2009年4月にアップルにより実施されたものです。

Apple ProResデコーダは、Final Cut Pro用の高品質・高性能編集コーデックとして特に活躍できるよう、開発されています。これらのデコーダは、フルフレームのサイズ・品質のビデオを高速にデコードできるだけでなく、「ハーフサイズ」（縦1/2、横1/2）のフレームも、一層高速にデコードすることができます。特に高解像度形式のHDや2Kを扱うような場面では、ハーフサイズの画像でも、編集作業時の意思決定に十分なディテールが画面に表示されます。

次の図は、既に高速なフルサイズのデコード処理速度と比べても、ハーフサイズのデコード速度の方がはるかに高速であることを示しています。この状況は、特に高品質なApple ProResコーデックで顕著になります。デコード処理速度が速いということは、より多くのCPU空き時間が確保でき、より多くのストリームをデコードしたり、より多くのRTエフェクトに対応できることを意味します。

1920 x 1080の解像度を抑えたデコード速度



このテストはMac OS X v10.6 Snow Leopardプレリリース版、Final Cut Pro 7.0プレリリース版、および出荷済みのMac Pro 8コア2.26 GHzモデルを使用して、2009年4月にアップルにより実施されたものです。

デコード処理の速度はリアルタイム編集時の性能を左右する主要因であることから、パフォーマンスを語る上で唯一の重要側面として捉えられがちです。しかし、高速なデコード処理はポストプロダクションワークフローの主要ステップにおいても、非常に重要な事柄です。Apple ProResファミリーのエンコーダは、Apple ProResのデコーダ同様に、すべて効率的なソフトウェア実装として開発されており、マルチコアプロセッサを効率良く使用することで高速なエンコード処理を実現します。エンコード処理が高速であることは、いくつかのステップにおいて不可欠だけでなく、ほぼすべてのステップにおいて重要になります。

ベースバンドビデオ信号 (アナログ、デジタルいずれかのSDまたはHD信号ソース) のキャプチャとApple ProResでのエンコードをリアルタイムで行うには、Apple ProResソフトウェアエンコーダ自体に、入力側のリアルタイムビデオフレームに追従できる高速さが求められます。

ここでは適切なビデオキャプチャカードの使用が不可欠ではあるものの、ベースバンドビデオをリアルタイムにApple ProRes形式でキャプチャするにあたっては、専用のエンコーディング機器が必要になることはありません。(Apple ProRes 422 (HQ) またはApple ProRes 4444でエンコードする場合、HDソースをリアルタイムでキャプチャするにはMac Proコンピュータが必要になる点にご注意ください。)

Apple ProRes以外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Apple ProResにトランスコード (変換) する際には、当初の技法でのデコード処理とApple ProResでの再エンコード処理の両方が発生します。したがって、トランスコード処理全体の最小所要時間は、ファイルのデコードにかかる時間とApple ProResでの再エンコードにかかる時間の合計になります。高度な複雑さで知られ、デコード速度が比較的遅い、JPEG-2000およびRed Oneネイティブコーデック形式などの一部のビデオコーデック形式を扱う場合、トランスコード処理所要時間の大半はデコード処理に割かれます。このような場面でも、Apple ProResの高速なエンコード処理はトランスコード所要時間の短縮に貢献します。

高速なエンコード・デコードがその威力を発揮できる、他の2つのワークフローステップとして挙げられるのがレンダリングと書き出しです。創作活動の一環または出力直前の最終ステップとして行われるエフェクトのレンダリングは、つまるところ、ソースメディアのデコードと所定の出力形式での再エンコードからなる処理です。レンダリングの処理時には、Final Cut Proのシーケンス設定で定義された圧縮形式でのエンコードに先だって、デコード、ブレンド、合成のすべてのステップがあらかじめ演算されなければなりません。なお、扱うソースメディアによっては、Apple ProResコーデックをレンダリング形式として選択することも可能です。

Apple ProResにレンダリングする場合、レンダリング作業の所要時間は、複雑かつ処理速度に劣るコーデックより大幅に高速な、Apple ProResのデコード、エンコード両ステップの処理速度によって決まります。Apple ProResの速度面での有利さは、プロジェクトの最後にファイルを書き出す場面でも生きてきます。Web、DVDまたはブルーレイディスクでの配信が必要な場合は、非圧縮などの他のプロ形式の代わりにApple ProResで編集することで、書き出しプロセスの迅速化を図れます。

Apple ProRes 4444のアルファチャンネルサポート

新しいコーデックのApple ProRes 4444は、Y'C_BC_RまたはRGBの4:4:4ピクセルデータのサポートに加え、オプションでアルファチャンネルにも対応できます。アルファチャンネルを含めたY'C_BC_RAまたはRGBA画像サンプリングは、各ピクセル位置にY'C_BC_RまたはRGBの3つの値とアルファ (A) 値が存在することを示す、4:4:4:4の表記で表されます。アルファ値は、関連付けられたRGBピクセルまたはY'C_BC_Rピクセルを、該当位置の背景画像にどの程度ブレンドさせるかの割合を示しており、これを利用することで各種合成処理時に利用可能な、様々な透明効果を実現させることができます。Y'C_BC_RやRGBのピクセル値とは異なり、アルファ値は、人間が見ることを想定した実世界の画像サンプルやコンピュータが生成した画像上のサンプルを表すわけではありません。

アルファ値は前景画と背景画のブレンド方法または合成方法を指定するための数値データに過ぎません。このためApple ProRes 4444では、アルファ値は近似的ではなく、厳密にエンコードされます。この手の厳密なエンコードのことを、「ロスレス」(場合によっては「数学的ロスレス」) 圧縮と呼びます。ここでは、オリジナルとの違いが視覚的に分らず、かつ、プロセスに影響を及ぼすことさえなければ近似値でのエンコードが許される、Apple ProResコーデックファミリーのRGBピクセル値およびY'C_BC_Rピクセル値の技法とは別のエンコード技法が用いられます。Apple ProRes 4444コーデックは、最大16ビットのあらゆるビット深度のアルファチャンネル値をロスレスにエンコードできます。

要約すると、Apple ProRes 4444コーデックは表示目的のY'C_BC_RまたはRGBピクセル値を「視覚的ロスレス」に、合成具合を規定するアルファ値を「数学的ロスレス」に、それぞれエンコードするというように理解できます。Apple ProRes 4444のアルファチャンネルでは、デコード済みのデータがオリジナルと完全に一致するため、品質や忠実さが問題になることはありません。ロスレス圧縮では、エンコードされる画像ディテール量にあわせてデータレートが変化します。これは、Apple ProRes 4444のロスレスアルファチャンネル圧縮に対してもいえることです。ただし、実践的なアルファチャンネルにはオブジェクトの輪郭に関する情報しか含まれないことが一般的であるため、オプションのアルファチャンネルを使用しても、Apple ProRes 4444全体のデータレートはわずかに数パーセントしか増えないことが大半です。このため、たとえApple ProRes 4444ストリームにアルファチャンネルが含まれていても、デコード・エンコード処理時のパフォーマンス低下は約10%またはそれ以下になることが一般的です。

付録

ターゲットデータレート一覧表

寸法	フレーム レート	ProRes 422 (Proxy)		ProRes 422 (LT)		ProRes 422 (HQ)		ProRes 4444 (アルファを除く)			
		Mb/秒	GB/時間	Mb/秒	GB/時間	Mb/秒	GB/時間	Mb/秒	GB/時間		
720 x 480	24p	10	4	23	10	34	15	50	23	75	34
	60i, 30p	12	5	29	13	42	19	63	28	94	42
720 x 486	24p	10	4	23	10	34	15	50	23	75	34
	60i, 30p	12	5	29	13	42	19	63	28	94	42
720 x 576	50i, 25p	12	6	28	13	41	18	61	28	92	41
960 x 720	24p	15	7	35	16	50	23	75	34	113	51
	25p	16	7	36	16	52	24	79	35	118	53
	30p	19	9	44	20	63	28	94	42	141	64
	50p	32	14	73	33	105	47	157	71	236	106
	60p	38	17	87	39	126	57	189	85	283	127
1280 x 720	24p	18	8	41	18	59	26	88	40	132	59
	25p	19	9	42	19	61	28	92	41	138	62
	30p	23	10	51	23	73	33	110	49	165	74
	50p	38	17	84	38	122	55	184	83	275	124
	60p	45	20	101	46	147	66	220	99	330	148
1280 x 1080	24p	31	14	70	31	101	45	151	68	226	102
	60i, 30p	38	17	87	39	126	57	189	85	283	127
1440 x 1080	24p	31	14	70	31	101	45	151	68	226	102
	50i, 25p	32	14	73	33	105	47	157	71	236	106
	60i, 30p	38	17	87	39	126	57	189	85	283	127
1920 x 1080	24p	36	16	82	37	117	53	176	79	264	119
	50i, 25p	38	17	85	38	122	55	184	83	275	124
	60i, 30p	45	20	102	46	147	66	220	99	330	148
	50p	76	34	170	77	245	110	367	165	551	248
	60p	91	41	204	92	293	132	440	198	660	297

ターゲットデータレート一覧表 (続)

寸法	フレーム レート	ProRes 422	ProRes 422	ProRes 422	ProRes 422	ProRes 4444
		(Proxy)	(LT)	(HQ)		(アルファを除く)
		Mb/秒 GB/時間	Mb/秒 GB/時間	Mb/秒 GB/時間	Mb/秒 GB/時間	Mb/秒 GB/時間
2048 x 1024	24p	41 19	93 42	134 60	201 91	302 136
	25p	43 19	97 44	140 63	210 94	315 142
	30p	52 23	116 52	168 75	251 113	377 170
	50p	86 39	194 87	280 126	419 189	629 283
	60p	103 46	232 104	335 151	503 226	754 339
2048 x 1080 [†]	24p	41 19	93 42	134 60	201 91	302 136
2048 x 1152	24p	41 19	93 42	134 60	201 91	302 136
	25p	43 19	97 44	140 63	210 94	315 142
	30p	52 23	116 52	168 75	251 113	377 170
	50p	86 39	194 87	280 126	419 189	629 283
	60p	103 46	232 104	335 151	503 226	754 339
2048 x 1556 [†]	24p	63 28	142 64	203 91	306 138	458 206

[†]本文献の発行時点では、フレームサイズの2048 x 1080と2048 x 1556に関しては、Apple ProRes 4444でのみFinal Cut Proのリアルタイムエフェクトが有効化されています。

用語集

コーデック: 「compressor/decompressor」の略。一般的にエンコーダとデコーダの両方を指す用語。

エンコーダ: 未圧縮画像を入力として受け付け、圧縮されたビットストリームを出力するアルゴリズムまたは処理システム。Apple ProResの場合、Apple ProResでエンコードされた.movファイルの生成する、QuickTime圧縮コンポーネントがエンコーダにあたります。

デコーダ: 圧縮済みのビットストリームを入力として受け付け、画像シーケンスまたはビデオフレームを出力として排出するアルゴリズムまたは処理システム。Apple ProResの場合、Apple ProResでエンコードされた.movファイルを、他の処理目的または表示などの目的で画像シーケンスに変換するQuickTime展開コンポーネントがこれにあたります。

画像シーケンス: 所定のフレームレートで表示すると視聴者にはリアルタイムの動画シーケンスであるかのように見える、順序の定められた一連の画像フレーム。「ビデオ」と呼ばれているものを除けば、画像シーケンスはDPX、TIFFおよびOpenEXRファイル形式などのRGB画像（一部アルファチャンネルに対応するものもあり）のセットであることが大半です。

ビデオ: 画像フレーム上で、典型的にはY'CBCRの色空間と4:2:2、4:2:0、4:1:1のいずれかのパターンを用いてサブサンプリングされたクロマチャンネルが用いられる画像シーケンス。

ビデオ形式: フレームの縦横サイズとフレームレートがすべて規定されたビデオシーケンス。「1920 x 1080i 29.97ビデオ形式」など。

Apple ProRes形式: Apple ProResコーデックの種類とビデオ形式が定義された.movファイルの形で格納されることが典型的な、Apple ProResでエンコードされたビットストリーム。「Apple ProRes 422 (HQ) 1920 x 1080i 29.97形式」など。

アルファチャンネル: RGB画像にオプションで含まれることがある、追加の情報チャンネル。アルファチャンネルが含まれている場合は、個々のピクセルを表すR、G、B値に対して、RGBピクセルがどの程度、背景画像にブレンドすべきかを規定した「A」値が存在する。一般的には、Aの一方の極限値が100%の透明度、もう一方の極限値が100%の不透明度を示す。2つの極限値の間の値は、不透明度の度合いを示す。

ロスレス: 画像フレームのエンコードとデコードを立て続けに行っても、処理後の画像にはオリジナルと完全一致のピクセル値が存在することが数学的に保証されたタイプのコーデック。

視覚的ロスレス: 画像フレームのエンコードとデコードを立て続けに行う際、処理後の画像が数学的ロスレスにはならないものの、同一ディスプレイ上で並列表示しても視覚的にはオリジナルとの違いが確認できないタイプのコーデック。

Copyright © 2009 Apple Inc. All rights reserved.

Apple、Appleロゴ、Final Cut、Final Cut Pro、Final Cut Studio、Mac、QuickTimeは、米国およびその他の国で登録されているApple, Inc.の商標です。

この資料に記載されているその他の製品名および会社名は、各社の商標または登録商標です。製品仕様は予告なく変更されることがあります。

July 2009 UP01398