

INTERNET

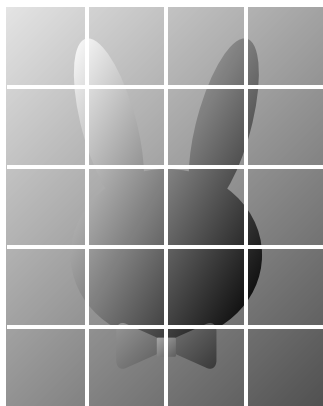
● インターネット最新テクノロジー : 第41回

高画質と高圧縮を両立する新画像フォーマット

JPEG-2000

JPEGはウェブやデジタルカメラなどで広く用いられている画像フォーマットだが、適用範囲が広がっていくにつれ、画質や圧縮率には不満も出てくるようになってきた。こうした状況のなか、新しいJPEGの規格としてJPEG-2000の標準化が進んでいる。JPEG-2000は高い圧縮率でも高画質を保てるという特徴を持った、次世代の標準を目標とした新しい画像フォーマットである。

福原 隆浩 ソニー(株)



現状のJPEGにおける さまざまな問題点

現在、JPEGは標準的な画像フォーマットとして広く利用されている。インターネットエクスプローラやネットスケープコミュニケーターといったウェブブラウザでも標準で利用できるほか、現在市販されているデジタルカメラのほとんどがJPEGを採用している。

JPEGのメリットはファイルサイズをかなり圧縮できる点にあるが、あまり高い圧縮率にすると画像にブロック歪みやモスキートノイズと言われる特有の劣化が目立ってしまうという問題がある。一方で、インターネットや

ワイヤレス環境などで画像を送る用途では、より高い圧縮率が求められている。また、デジタルカメラでも画素数の向上にともなってファイルサイズが大きくなり、フラッシュメモリーなどの記録媒体の容量に追いつかなくなってきている。

また、JPEGの圧縮方式は、もとの画像を完全には再現できない非可逆圧縮である点も用途によっては問題となる。銀塩写真の代替として使うようなプロフェッショナル用途や、医療用画像のように劣化が許されない用途などでは、もとの画像が完全に再現される可逆圧縮方式が望ましい。

5つの要求から生まれた

JPEG-2000

こうしたJPEGの諸問題に対応した新しい画像フォーマットとして、JPEG-2000は1997年より規格の標準化作業が開始された。JPEG-2000は、以下に挙げる5つの要求を満たすことを条件としている。

- ① 高圧縮でも画質の劣化が少ないこと
- ② 可逆圧縮から非可逆圧縮まで、1つのアルゴリズムで対応できること
- ③ 解像度や画質にスケーラビリティ(可変性)があること
- ④ ワイヤレス環境下で画像を送る際のエラー耐性に優れていること
- ⑤ 医療用画像、衛星写真画像などの高解像度の画像や、高ビット精度の画像にも対応できるフォーマットであること

①は、インターネットやワイヤレスといった新しい伝送経路の登場によるところが大きい。というのも、これらの伝送経路の帯域幅は画像を送るのに十分でなく、高い圧縮率が要求されるためだ。

②は、非可逆専用のJPEGと、可逆方式として使われているTIFFのような圧縮方式との間にまったく互換性がないことが挙げられる。可逆も非可逆も1つの手段で圧縮できれば、相互変換や使いまわしが楽になり、非常に便利になる。

③のスケラビリティとはあまり聞き慣れない言葉であるが、画像について言えば解像度や画質の段階的な表現が可能ということである。また、これによって段階的な復号(プログレッシブ)も可能になる。

④は、エラー率が非常に高い無線環境や、エラーパターンが予測しにくいインターネット環境でも、エラーによる画質劣化をなるべく抑制する手段であり、これからの画像フォーマットではこうした点がますます重要になってくる。

◎は、おもにプロフェッショナル用途の画像に対する要求であり、画像の劣化が皆無（ロスレス）であるか、ほぼ劣化のない品質での圧縮にも対応できるということである。

JPEG-2000が提供する新機能

JPEG-2000とJPEGについて、機能や特徴などの違いを項目ごとにまとめると、の表ようになる。以下、それぞれの項目について簡単に解説する。

圧縮率の高さ

JPEG-2000はJPEGに比べて、同程度の画質であれば圧縮率に関してはおよそ30～60パーセントの改善率がある。逆に、同じ圧縮率であればそれだけ画質が向上する。は同じ画像をJPEGとJPEG-2000で圧縮したもので、圧縮率はどちらも約96分の1である。JPEGではブロック状のノイズが目立つが、JPEG-2000ではこうしたノイズはほとんど見られないことがわかる。

プログレッシブ機能

スケーラビリティを利用した機能としては、プログレッシブ機能がある。代表的なものには、解像度を上げながら表示していく解像度プログレッシブと、画質を上げながら表示していく画質プログレッシブ(次ページ)がある。これらは、インターネットやワイヤレスのような、狭い通信帯域での画像伝送には非常に効果的である。特に、途中で通信が切断された場合やエラーが発生した場合でも、それまでに画像の概観が受信側で復号できるメリットは大きい。

ランダムアクセス

JPEG-2000では、画像をタイルと呼ばれる複数の領域に分割でき、各タイルは別個の画像領域として独立に符号化されるので、復号側ではタイルのヘッダーを検出することで、

ランダムアクセスをしながらタイルごとに復号できる。

ロスレス：可逆圧縮

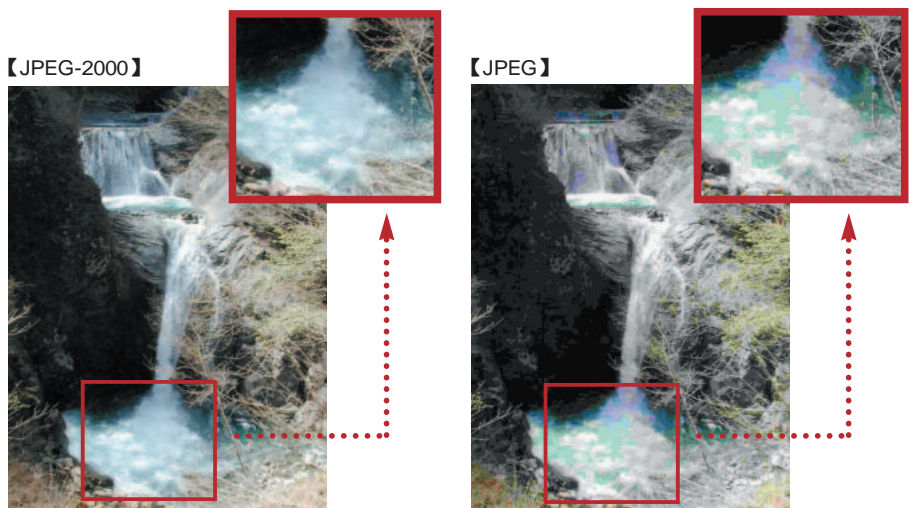
JPEG-2000では、可逆も非可逆も同一の手段で実現できる。可逆で符号化したコードストリームを任意の圧縮率や、任意の解像度に変換することも可能である。

ROI:Region of Interest

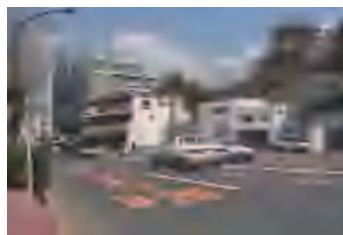
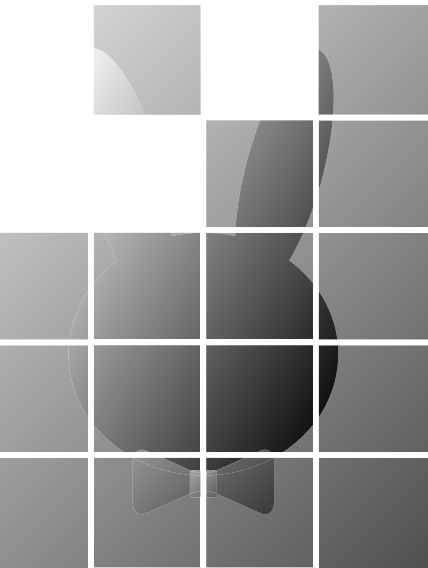
ROIとは、画像中に特定の領域を指定して、それ以外の部分（背景領域）とは別の

	JPEG-2000	JPEG
対象となる画像の種類	いろいろなタイプの画像に対応可能	一般に自然画像向け
符号化方式	ウェーブレット変換 + ブロックベース・エントロピー符号化 + 算術符号化	DCT変換 + ハフマン符号化
圧縮率	高い圧縮率でも劣化が少ない。1/10程度の圧縮率では視覚的にはほぼ劣化のないレベル	1/5-1/10程度の圧縮率が実用的。それ以上の圧縮率では劣化が激しい
プログレッシブ機能	5つの異なるプログレッシブ機能を持つ	JPEG (baseline) では未対応。プログレッシブJPEGでのみ対応可能
ランダムアクセス	コードストリームレベルで可能	コードストリームレベルで不可能
エラー耐性	JPEG-2000の規格で、コードストリーム中にマーカー・コードを埋め込むことで対応可能	JPEG規格内には存在しない
レート制御	1パスで可能	通常2パス以上必要
アルゴリズムの複雑度	非常に高い	一般に低い
その他の機能・特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・画像領域ごとに圧縮率の変更可能 ・カラーインデックス画像への対応 ・可逆圧縮に対応 ・途中までのデータでも復号可能 	

JPEG-2000とJPEGの比較



同じ圧縮率での画質の違い



画質プログレッシブ

圧縮率で符号化する方式を意味する。ROI領域は圧縮率を下げ、高画質を保ち、背景画像は高い圧縮率にすることで、画像全体の圧縮率を上げるといった使い方をする。また、伝送時にはROI領域から最初に復号されるので、画像の重要な部分から見るができるというメリットもある。

画質の決め手は ウェーブレット変換

JPEG-2000が高圧縮率と高画質を両立できるのは、ウェーブレット変換と呼ばれる圧縮方式を採用した点にある。

従来のJPEGで用いられているDCT変換は、画像を8×8ドットのブロック単位で圧縮していく方式のため、高圧縮時にはブロックの境界が目立ってしまう現象（ブロックノイズ）が見られる。また、DCT変換においては、画像が急激に変化する部分で輪郭に歪みが生じやすいという欠点（モスキートノイズ）もある。

これに対してウェーブレット変換は、画像全体のなかで急激に変化している部分（高域成分）と変化の少ない部分（低域成分）に分割する方式である。

次ページの「ウェーブレット交換の例」は原画像に対して3段階のウェーブレット変換を行い、計10個の帯域（サブバンド）に分割したものである。画像の中でもっとも変化の少ない低域の成分が一番左上の画像で、ここが画像の情報としてはもっとも重要であることがわかる。また、図からはそれ以外の部分については、ほとんどがエッジ（輪郭）の成分であることもわかる。ウェーブレット変換は、DCT変換のように固定された領域ではなく、こうした各画素が持つ特徴によって画像を分割し、圧縮する方式となっている。このため、原理的にブロックノイズは生じず、モスキートノイズのようなノイズも出にくいという特徴を持っている。

Motion JPEG-2000で 動画フォーマットもサポート

JPEG-2000では、動画用の「Motion JPEG-2000」というフォーマットについても規格化を進めている。Motion JPEG-2000のファイルフォーマットはアップルのQuickTimeをベースにして構築されている。次ページの「Motion JPEG-2000のフォーマット」で図示したように、Motion JPEG-2000では、動画の各フレーム（1コマ）はそれぞれJPEG-2000の静止画として保存され、それに音声データを加えてmdatと呼ばれる1つのかたまりにした形のデータ構造になっている。再生する場合には、JPEG-2000の画像と音声と同期させて描画する形になる。

Motion JPEG-2000は各フレームごとに圧縮を行うが、動画フォーマットとして広く用いられているMPEGでは、前後のフレームを組み合わせるより複雑な圧縮を行う。このため、動画の圧縮効率という点ではMPEGには劣るものの、各フレームを独立して扱えるという点で動画の編集作業などではMotion JPEG-2000が有利となる。また、前後のフレームを参照するためのメモリーが必要となるMPEGに比べ、1フレームごとに順次処理していかれるMotion JPEG-2000のほうが、専用ハードウェアの設計も容易である。これに加えて、前述したJPEG-2000のメリットである、プログレッシブ機能やスケラビリティ、そしてロスレスへの対応といった点も、他の動画フォーマットにはないMotion JPEG-2000の特徴となる。

JPEG-2000の標準化と 今後の応用範囲

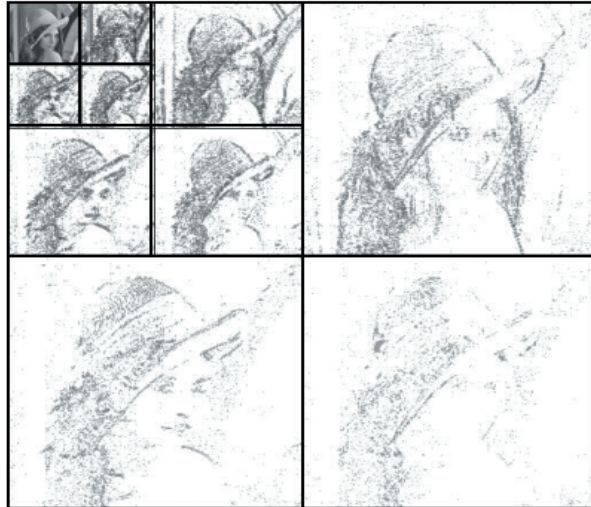
現在のところ、実際にJPEG-2000を扱えるアプリケーションは一般向けには存在しない。こうしたアプリケーションの登場は今年の夏以降になる見通したが、各地で開発作業は進められている。また、標準化についても、



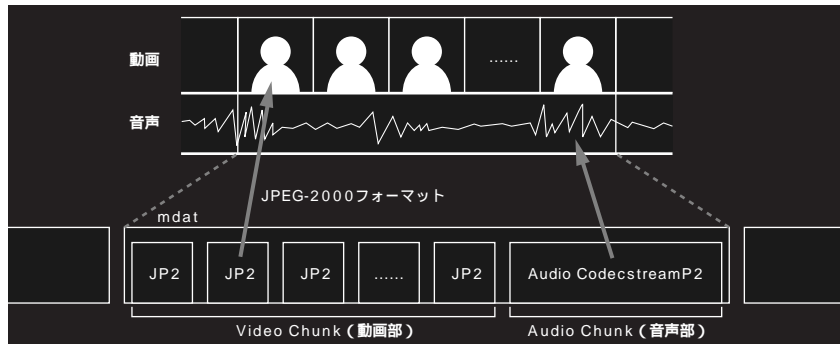
もっとも基本的なアルゴリズムの部分については今年の1月に標準化は完了し、Motion JPEG-2000のようなさらにその先の規格についても2001年から2002年にかけて標準化が完了するスケジュールになっている。こうしたJPEG-2000の動向については、JPEGのホームページ [KJump](#) を参照してほしい。

「JPEG-2000の応用範囲」の図は、今後JPEG-2000がどのようなマーケットを開拓していく可能性があるかを示した図である。現在、JPEGは広く普及したフォーマットであり、いかにJPEG-2000が優れた技術であっても、一気にJPEGがJPEG-2000に置き換わるとは考えにくい。実際には、JPEGからJPEG-2000に徐々にシフトしながら、JPEG-2000が新たなマーケットを開拓することが期待されている。たとえば、インターネットや無線環境での画像伝送は、エラーやパケットロスという問題から、既存のJPEGでは十分に対応できない。こうした場合でも、動画に対応するMotion JPEG-2000では、携帯電話用の低ビットレートから、HDTV画像のような高画質まで幅広く使うことができる。しかも、1つの符号化ストリームさえあれば、それをいくつもの異なる解像度やビットレートに使いまわしが自由に行える柔軟性がある。これは、今後のJPEG-2000の普及に向けても非常に大きなアドバンテージとなるだろう。

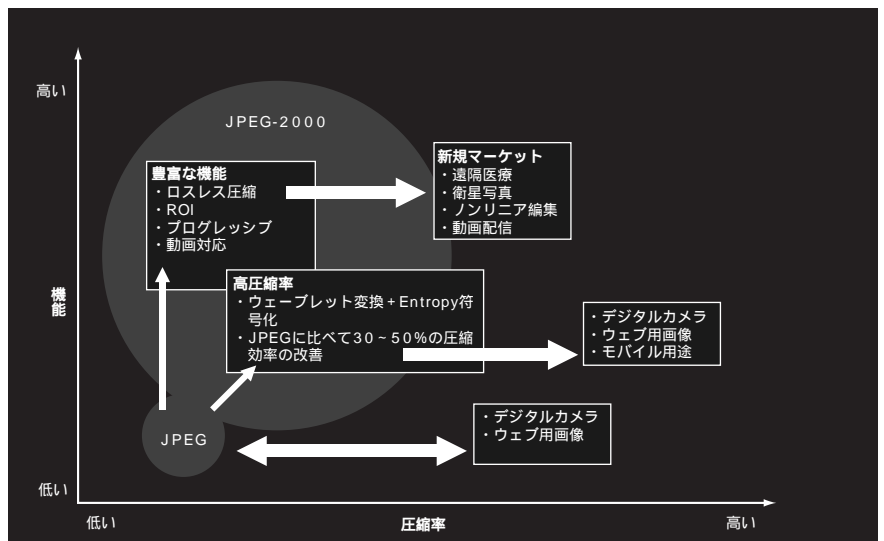
www.jpeg.org



ウェーブレット交換の例



Motion JPEG-2000のフォーマット



JPEG-2000の応用範囲



[インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ] ご利用上の注意

このPDFファイルは、株式会社インプレスR&D(株式会社インプレスから分割)が1994年～2006年まで発行した月刊誌『インターネットマガジン』の誌面をPDF化し、「インターネットマガジン バックナンバーアーカイブ」として以下のウェブサイト「All-in-One INTERNET magazine 2.0」で公開しているものです。

<http://i.impressRD.jp/bn>

このファイルをご利用いただくにあたり、下記の注意事項を必ずお読みください。

- 記載されている内容(技術解説、URL、団体・企業名、商品名、価格、プレゼント募集、アンケートなど)は発行当時のものです。
- 収録されている内容は著作権法上の保護を受けています。著作権はそれぞれの記事の著作者(執筆者、写真の撮影者、イラストの作成者、編集部など)が保持しています。
- 著作者から許諾が得られなかった著作物は収録されていない場合があります。
- このファイルやその内容を改変したり、商用を目的として再利用することはできません。あくまで個人や企業の非商用利用での閲覧、複製、送信に限られます。
- 収録されている内容を何らかの媒体に引用としてご利用する際は、出典として媒体名および月号、該当ページ番号、発行元(株式会社インプレス R&D)、コピーライトなどの情報をご明記ください。
- オリジナルの雑誌の発行時点では、株式会社インプレス R&D(当時は株式会社インプレス)と著作権者は内容が正確なものであるように最大限に努めましたが、すべての情報が完全に正確であることは保証できません。このファイルの内容に起因する直接のおよび間接的な損害に対して、一切の責任を負いません。お客様個人の責任においてご利用ください。

このファイルに関するお問い合わせ先

株式会社インプレスR&D

All-in-One INTERNET magazine 編集部

im-info@impress.co.jp