

# ファイルベース・ビデオのミッシングリンク： 自動品質管理

トーマス・ドーブ

テクトロニクス社  
英国、ブリストル

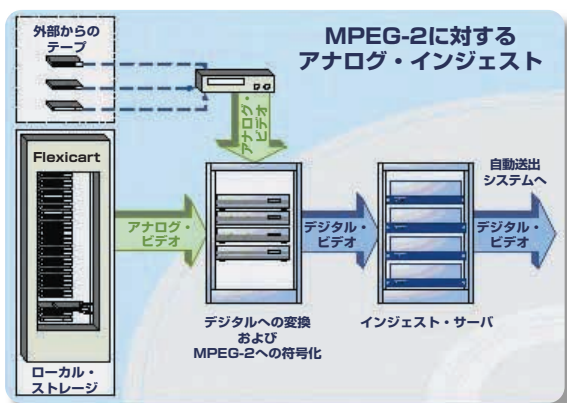
## I. 概要

放送業界はデジタル化へ移行しており、放送局ではデジタル素材の占める割合が急速に拡大しています。以前は、「デジタル」というとアナログ・テープからの映像を、MPEG-2にエンコードして送信することを意味していました。しかし、今日のデジタル放送を取り巻く環境は、地上放送、衛星放送、ケーブル放送、「ポッドキャスト」、HD-DVD、インターネット放送およびモバイル放送などさまざまな放送形態が出現し、複雑になってきました。さらに、SDだけでなくHD（高品位画像）や多数の解像度も、新しい配信メディアとして定着してきました。このような状況の中ではコンテンツを異なった解像度やフレーム・レートで再利用しなければならず、それぞれのシステムに適合した、新しいコーデックやビット・レートが使用されています。

## II. デジタル化への移行

放送局で保有している映像資産のうちアナログ・ビデオテープが占める割合は依然として高いですが、これらの資産も今後は一様にデジタル化されていくでしょう。

図1に、インジェスト（キャプチャ）の一般的なプロセスを示します。



▶ 図1：放送用インジェスト・プロセス部分の共通構成

インジェスト後、ビデオは通常SDI、ASIまたはGigabit Ethernetネットワークを経由してデータとして、放送センタに転送されます。

事実、米国のほとんどの放送局はすでに「デジタル化の移行」が完了していて、2005年12月には1,537のテレビ放送局が存在し、米国のテレビ所有世帯の99.99%にサービスを提供しています。その時点で、テレビ所有世帯はすでにデジタル放送への移行を完了させていました（参照元：全米放送事業者協会：www.nab.org）。米国以外でも、世界の多くの放送局がすでに同様の移行を完了、または進行中であり、また、5年から10年の予定でアナログ信号伝送を廃止する方針を打ち出しています。

インジェスト処理過程におけるデジタル化は、ほとんどの放送局ですでに実用されています。多くの場合、インジェスト後のバーコード・テープのスキャンなど、インジェスト部分を制御する自動化システムが放送設備に導入されています。テープを自動的に受け取り、順番に適切なインジェスト品質管理（QC）を行います。

## ファイルベース・ビデオ

一般的に放送局ではビデオにおけるデジタルとアナログの違いが認識されていますが、ファイルベースのビデオがもたらすものは、その違いとは別の次元のものです。放送業界はファイルベース・ビデオを扱う方向で準備を進めています。しかしファイルベース・ビデオが従来のビデオとは根本的に異なっていることは、あまり認識されていません。プレイアウト・センタの自動化／制御は容易に実現できますが、この場合ファイルの移動だけを指します。ビデオの品質管理には、複雑な必要条件があります。

### III. デジタル・ビデオの品質管理

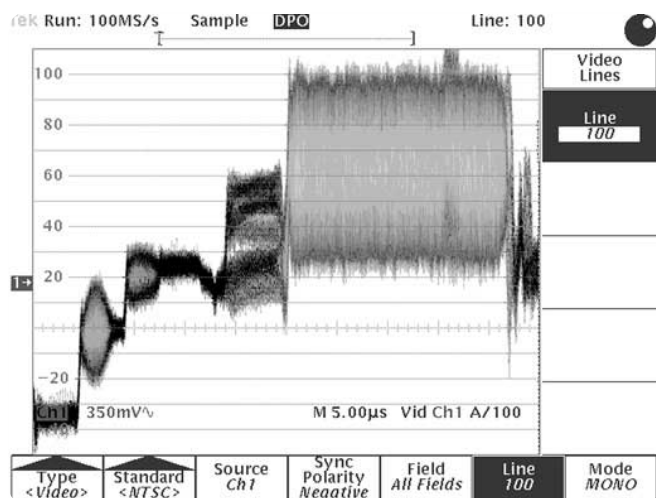
#### アナログ視点からのQC

ほとんどの放送局は、ビデオのモニタリングに精通しています。これまでも、アナログ信号に対して「ベースバンド」レベルで、以下のような項目をモニタしてきました。

- ・ビデオ・ガマットおよび信号の適合性
- ・オーディオ・レベル
- ・同期信号の有無およびレベル
- ・ライン／フレームのタイミング

525ライン、フレーム・レート29.97Hzのビデオ信号をモニタするために、モニタ機器にハードウェア・アラーム機能が装備されていますが、この機能は、ある時期とても有効でした。

データ表示にはアラーム・ログを備えた波形表示、ベクトル表示、「ダイヤモンド」(RGBガマット)表示および「アローヘッド」表示(コンポジット違反)などの方法が数多くあります。

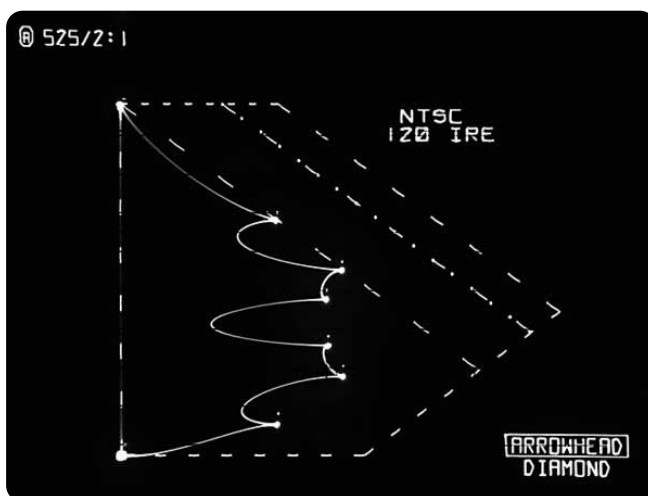


▶ 図2：波形モニタ表示：デジタル・フォスファ・オシロスコープ上の頻度コントラスト表示

映像をテープに保存するときに発生するエラーには、以下のように多種多様なものがあります。

- ・テープの一部分の磁化が消失するために起こる映像および同期信号、またはカラー・バースト信号のドロップアウト
- ・(磁気) ビデオ・テープの各部分がリール・タッチ(テープを巻き取ったとき互いに触れること)し、テープのある部分からそのテープの違う部分へビデオとオーディオ・データが転写されてできる「ゴースト」
- ・磁性体エラー／ドロップオフまたは汚れによるテープからのビデオ／オーディオ／同期信号の喪失
- ・テープの伸縮によるタイミング誤差
- ・ノイズ(映像および音声)

これらのエラーは視覚または聴覚的な品質を低下させ、映像表示するとはっきり確認できます。



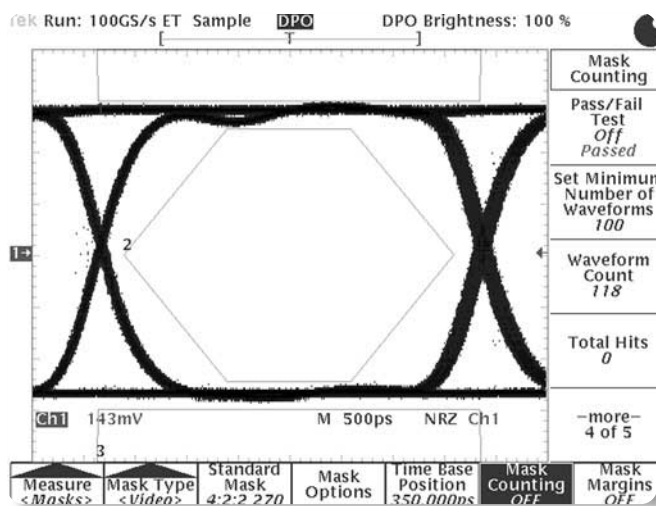
▶ 図3：コンポジット・ビデオの適合性を示すアローヘッド表示

## SDIデジタル

SDIのモニタリングは、525本のラインを持つNTSC信号と直接的な相関性がないので、いろいろな面でむずかしくなります。たとえば、同期「信号」は、実際にはデータ・ストリーム中のフレームとラインに対応した同期ワードになります。

そのため、ビデオとオーディオをチェックするには最初にデータ・ストリームから対応データを抽出し、正確にビデオ、オーディオおよび同期部分に変換します。

SDIモニタリング・システムは確実に高度化してきており、アナログ・タイプの表示だけでなくデジタル信号のエラーも表示できます。



▶ 図4：SDIジッタ信号テスト

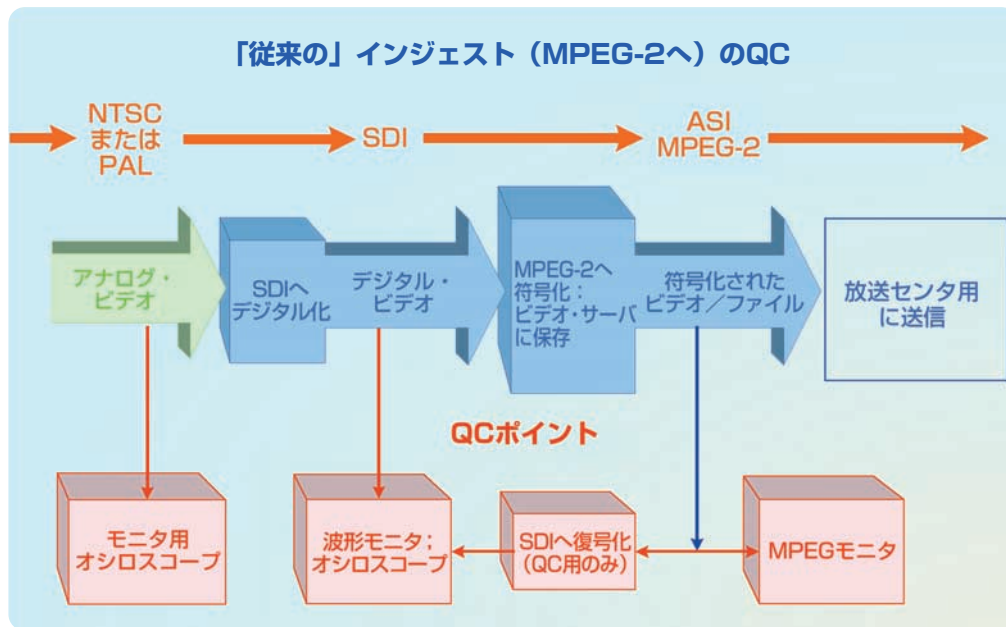
## トランスポート・ストリーム/MPEG

MPEG-2 TS以外にもトランスポート・ストリーム・フォーマットは存在しますが、MPEG-2 TSが放送業界ではほぼ共通フォーマットになっています。MPEG-2 ASIストリームに発生するエラー（アナログ・エラーおよびSDIエラーに加えて）には、以下のようなものがあります。

- ・ MPEG-2ビデオの符号化エラー：エンコードまたはそれに続くマルチプレクス／デマルチプレクス・プロセス中に発生するシンタックス・エラー
- ・ 上記と同様のオーディオ・シンタックス・エラー
- ・ 関連するメタデータのエラー
- ・ PID、PAT、PMTのエラー（例：ごくまれに発生するデータ・テーブルのスクランプリング）
- ・ PCRエラー：マルチプレクサによる値の誤り、あるいは伝送障害などにより受信機のPLLに発生する問題

現在のテスト機器は、これらのエラーに加えて、他のテストについてのエラーもモニタできるため、非常に便利です。たとえば、フレームが制限違反を起こしているエリアやマルチプログラム・トランスポート・ストリーム（MPTS）の中のプログラム間で発生した障害がどのプログラムPIDにあるかなどを示すことができます。

MPEG-2のトランスポート・ストリームは、「コンテナ・フォーマット」（1つ以上のコンテナにビデオ、オーディオ、メタデータを収容）とトランスポート・メカニズム（パケット化、フレーミング、データのCRCチェック）の両方を兼ね備えています。



▶ 図5：MPEG-2への共通QCアライメント・インジェスト

しかしながら、ファイル・ラッパー・フォーマット（ASF™、QuickTime™、Windows Media®、3GPPなど）は、トランスポート・メカニズム（IP/RTPなど）によって異なるファイル・フォーマットが使われるため、これらの解析やモニタを行うためには、それぞれのファイル・フォーマットに対応する必要があります。

## エレメンタリ・ストリーム

パケット化しCRCデータと共にMPEG-2トランスポート・ストリームにカプセル化する場合、ビデオ、オーディオ、メタデータの3つの機能要素を処理しなければなりません。論理データ・ストリームの中でそれぞれ（または複数のビデオ、オーディオ、メタデータのセット）が時分割多重されます。

エレメンタリ・ストリームは圧縮されたビデオおよびオーディオのデータ・ストリームです。エレメンタリ・ストリームにもメタデータにもエラーは発生します。つまり完全に適合性のある正しいトランスポート・ストリームであってもビデオまたはオーディオ・エレメンタリ・ストリームあるいはメタデータは正しくない場合があります。

ビデオやオーディオ信号の圧縮プロセスは非常に複雑であり、エラーを発生させる可能性を含んでいます。最新のビデオ圧

縮技術であるH.264/AVC（MPEG-4 Part 10）やVC-1はMPEG-2よりさらに複雑化しており、より広範囲にエラー要因を含むことになります。

セットトップ・ボックス／携帯電話機／DVDプレーヤまたはその他の民生機器は、圧縮されたビデオやオーディオを再構築するために、これらの圧縮信号を正しくデコードしなければなりません。これらの圧縮技術では、圧縮後のデータは圧縮前のデータに完全に依存しています。したがって、最初のデータのビットが正しくないと、圧縮後のデータすべてが再同期ポイントに到達するまですべて誤って解釈（潜在的な問題）されます。

その場合、ビット・エラーが原因で、ビデオやオーディオの全ブロックに誤ったデコードが行われてしまう可能性があります。こうなるとビデオ・フレームの一部、あるいは多くのフレームが表示されなくなります。場合によっては、デコーダ機器のソフトウェアをクラッシュさせてしまうこともあります。

これらのエラーは上記のとおり他のエラーとは異なり、このエラーはビデオ・エレメンタリ・ストリームを再エンコードするとそれらを含むトランスポート・ストリームよりさらに複雑化してしまう傾向があります。

### 厄介なエレメンタリ・ストリーム・エラー

図6に、特に発見しづらいエラーの実例を示します。赤く強調表示したボックスの中に、映像のずれが見られます。

放送局はビデオに対して全部のQCを実行して対処します。これは問題のあるフレームを含めビデオ全体を手作業で観察します。問題は、ビデオ・エレメンタリ・ストリームの中のビットのエラーが原因で、図のようなエラーを引き起こされることです。これにより、符号化されたビット・ストリームの中に、結果的に不正な「Variable Length codes」が多数引き起こされます。

この場合の原因は、1つのビデオ・フレームに一箇所ビットのエラーが存在していたことです（フレーム番号156：図7の映写スライドの中央あたりの赤い枠のフレーム）。



▶ 図6：ビデオ・フレームのエラー

**Alert Details**

Job Details

Job Name

News MPEG-2 Mar-05

Version

1

Priority

Low

Profile

News

MediaSet

News Mar-05

File details

Filename

ftp://localhost/content/news/airport\_interview.ts

Alert

Level

Title

Video Encoding Error

Location

0:00:06.200 frame 156

Type

Video

More Details

more

0:0:6.040 Frame 1520:0:6.080 Frame 1530:0:6.120 Frame 1540:0:6.160 Frame 1550:0:6.200 Frame 1560:0:6.240 Frame 1570:0:6.280 Frame 1580:0:6.320 Frame 1590:0:6.360 Frame 160

▶ 図7：シングル・ビデオ・フレームのエラー

このビット・エラーは、さらに図8で示すようにビデオのデコードに連鎖的なエラーを引き起こします。

Level 

Title Video Encoding Error

Location 0:00:06.200 frame 156

Type Video

| Level                                                                               | Location              | Title                                                     | Details                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Thumbnail                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 0:00:06.200 frame 156 | DCT coefficient index out of bounds (alert ID 22199)      | Inter-block DCT coefficient index out of bounds (65 >= 64) Stream position: 0x2ef763 (dec. 3077987), bit 3 Bitstream context: [VSQ PCD SLI MBK BLK]                                                                                                                                              |    |
|    | 0:00:06.200 frame 156 | Bad slice order (alert ID 22210)                          | Restricted slice structure is in effect, yet the first macroblock of the current slice (x=0, y=31, slice=31) does not immediately follow the last macroblock of the preceding slice (x=32, y=30, slice=30). Stream position: 0x2ef807 (dec. 3078151), bit 7 Bitstream context: [VSQ PCD SLI MBK] |    |
|  | 0:00:06.200 frame 156 | Bad VLC for macroblock_address_increment (alert ID 22100) | Invalid VLC for macroblock_address_increment: encountered bit pattern '00000010101'. This does not match any valid code value. Stream position: 0x2ef8f0 (dec. 3078384), start bit 1 Bitstream context: [VSQ PCD SLI MBK]                                                                        |  |
|  | 0:00:06.200 frame 156 | Bad slice order (alert ID 22210)                          | Restricted slice structure is in effect, yet the first macroblock of the current slice (x=0, y=32, slice=32) does not immediately follow the last macroblock of the preceding slice (x=13, y=31, slice=31). Stream position: 0x2efbdf (dec. 3079135), bit 7 Bitstream context: [VSQ PCD SLI MBK] |  |

▶ 図8：連鎖的なエラーに対する詳細な技術的説明を含む表示

放送センタで使われるビデオ・デコーダ・ソフトウェアは、エラー発生時のリカバリ機能が優れているうえ、障害箇所フレームはミリ秒という速度で通過してしまいますので、放送センタのQC作業員が目視で確認することは非常に困難です。

しかし、カスタマが使用するセットトップ・ボックスのビデオ・デコーダは放送センタのデコーダと同じ振る舞いをするとは限らず、そのエラーを画面に映し出してしまいます。これでは、多くのカスタマから苦情が殺到してしまいます。

以下は、放送局がビデオ送信するために適正なプロダクション機器を使用して設定した例です。しかし、これでもプロダクション機器は十分ではありません。

(図6～8は、当社のCerify™ビデオ・コンテンツ自動検証システムの画面表示例です。)

### 良好、しかしまだ十分ではない

ストリームには、適合性がなければなりません。(関連規格に適合し、正しくフォーマットされていても、放送局の指定どおりになっていない場合) たとえば、以下のような場合です。

- ・ 放送局が720×480 NTSC規格を指定しているにもかかわらず、ビデオを704×480 NTSCで符号化／提供している(単純な間違い)。
- ・ チャンネル1と2に英語、3と4にスペイン語の音声を入れるように指定しているにもかかわらず、チャンネル1と2の言語が3と4と入替わっている。
- ・ トランスポート・ストリームはパケット当たり188バイトにしなければならないのに、実際はパケット当たり204バイトになっている。
- ・ ピーク・ビット・レートを4.5Mビット／秒にしなければならないのに実際は4.6Mビット／秒になっている。
- ・ ビデオの最初の3秒間にカラー・バーと最初の2秒間に400Hzのトーンを挿入するように指定していたにもかかわらず、その時間が入替わっている。

放送局へ納めるコンテンツには、多数の制約があります。事実上、プレイアウト・センタには、関連送信規格やビデオ規格のサブセットに相当する特有の制限や規定が数多くあります。これら追加制限を順守しないと、伝送経路において重大な問題を引き起す結果になります。

### 良好、しかし主観的にはまだ十分でない

たとえ上記のような指定がビデオやオーディオにおいてすべて完璧に処理されていても、エンコードの過程においてビデオは「ブロック・ノイズ」(映像の16×16ピクセル・ブロックのエッジが目立つ)が多く発生する画質劣化を引き起こす場合があります。

最も解決の難しい問題の1つとして、「量子化」があります。「量子化」のチェックは、大変困難です。その理由は、画質のしきい値が視聴者／聴取者の主観によるもので一定していないだけでなく、これらのしきい値がビット・レートやフォーマットおよびその他のパラメータで変化してしまうからです。

たとえば、代金を支払ってダウンロードしたHDムービーに目に見えるブロック・ノイズが存在していた場合、明らかなクレーム対象となるでしょう。しかし、携帯端末によるリアルタイム・アプリケーションでは、ある種のブロック歪みは問題なく容認されるはずで

### ファイルベースのビデオ

まず、問題を単純化するため、ファイルベースのビデオをただのファイルだと考えることにします。一般的なファイルであれば、私たちはすでに日常扱っていて、コピー、容量の算出、移動方法をすでに知っています。

たとえば、私たちが文書ファイルを扱う際は、あるソフトウェア・メーカーの文書作成プログラムを使用して文章を作成したり、編集したりします。それを送信するときは簡単な方法でカプセル化し、多数のパケットに分解して送信します。送信先ではそれらを再アセンブルし、カプセルから取出します。ここで重要なポイントは、文書データは論理シングル・ファイルとしてその形態が維持されていることです。

これに対し、デジタル・ビデオでは、ビデオ・ファイルはビデオ、オーディオ、メタデータを含むコンテナ・フォーマットで提供されます。また、その後送信および／またはインジェスト・プロセスを行う重要な部分で、これらのデータ・エレメントは頻繁に抽出／並び替え／再結合されます。たとえば、MPEG-2の送信では、プログラム・ストリームからビデオ、オーディオ、メタデータなどのエレメントを抽出し、トランスポート・ストリームのプログラムとして再多重されます。

ファイルベースのビデオ・コンテンツが送信されるような場合、通常はシングル・プログラム・トランスポート・ストリームとして送信されます。しかしインジェスト時点でビデオ・サーバによってはビデオ、オーディオ、メタデータを分離し、それぞれにタグを付けた新しいファイルを生成します。

これらを処理する各部分において発生するエラー、さらにアナログ・ビデオやデジタル・ビデオで発生するエラーに対して考慮すべき点があります。

文書ファイルを引き続き例にとると、文書ファイルは大手ソフトウェア・ベンダーから供給されるソフトウェアに互換性があります。これに対して、放送業界では多数のベンダーがビデオ・コンテンツを送信、アセンブリ、逆アセンブリ(分離)、リオーダリング(順序付け)するための機器を提供しています。これらの機器を組み合わせた場合、相互運用性についての問題が潜んでいることがあります。

ビデオがファイルベースであるが故に発生する単純なエラーの例を、いくつか示します。

- ・ビデオ／オーディオ同期（データ）の喪失
- ・1つ以上のファイルでのデータの切捨
- ・ビデオ、オーディオ、メタデータの不適当な分離
- ・メタデータの生成の間違いによって誘発される、再アセンブル時の入力ビデオ、オーディオ、メタデータ間の不正な関係

#### IV. 新しいデジタル世界への挑戦

上記のような状況では事があまりに複雑すぎて、大規模なプレイアウト・センタではエラーが日々発生してしまいます。

加えて、放送の世界は、急速に複雑化しています。

##### 新しい伝送方式：新しいビジネスの脅威

テレビ放送局は、広告収入をベースとした無料放送サービスを展開していました。近年、定期受信契約をビジネス・モデルにしたケーブル放送や衛星放送ビジネスが登場し、さらに、希望する番組毎に視聴料金を課すVODサービスが登場してきました。

そして、今ようやくワイヤレス（モバイル）やインターネット放送が実用可能な技術段階にたどりつきました。これにより、新たに大きな改革が始まろうとしています。

ワイヤレス・ネットワーク・プロバイダがビジネスを拡張してビデオ送信事業に取り組むと、「従来の」放送局にどんな影響を与えるでしょうか？「PC画面ならともかく、2型サイズの画面で映画を2時間観る人はごく少ない」、「ビデオはゆったりと椅子にもたれて鑑賞する」または「ビデオは身を乗り出して観る」という説もあります。しかし、現在行われている投資レベルを考えると、ワイヤレス・ネットワーク・プロバイダが携帯端末へのコンテンツ配信を将来性のあるビジネスととらえているのは明白です。このビジネスは、今後の放送局に大きな影響を与えるでしょうか？

このプロセスは始まったばかりであるため、放送局にとっての脅威はまだ実際には起こっていません。

今後、優良なコンテンツと最適な配信を可能にした放送局が成功のチャンスを獲得すると思われます。コンテンツは、資金の豊かな会社に向かって流れます。そして、たくさんの顧客を持ち、その顧客と結びついていれば、より強力になります。従来のビジネス・モデルのままでは、この流れに対抗するのはむずかしくなるでしょう。

新規市場参入者によって、新しい放送規模はどのくらいになるでしょうか？すでに多くの顧客を確保しているネットワーク・プロバイダに対し、放送局はどう対抗していけばいいのでしょうか？

最大の対抗手段は、放送局がこの新しい状況に、積極的に対応していくことです。そのためには、プロバイダが望むフォーマットでコンテンツを提供しなければならないでしょう。フォーマットや提供方法は個々に異なるため、詳細については本書では述べません。



▶ 図9

V. 新しい状況での技術的課題

技術的な観点から言うと、「新しい状況」ではさまざまなフォーマット、符号化、サイズ、ビット・レートでビデオが要求されるだけでなく、顧客が求める時、いつでも顧客の興味に合わせた適正な品質でコンテンツを提供しなければならないという問題があります。

新しいビデオ／オーディオ符号化

今起きている大きな変化の1つに、新しく出現したビデオ／オーディオ符号化の存在が挙げられます。

これらの新しいコーデックは、「標準」NTSC/PALビデオの送信に使用できます。しかし、多くは表2が示すように特定のアプリケーションで使用するために開発され、各々の特徴（圧縮効果、複雑性、要求される処理能力）により適用方法が異なります。

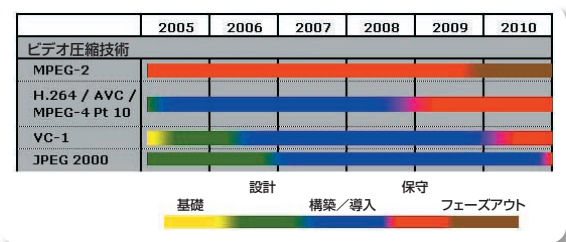


表1：放送局のビデオ・コーデックの時間線

| ビデオ・コーデック                  | 代表的なアプリケーション（新規）                    |
|----------------------------|-------------------------------------|
| MPEG-2                     | 放送局、ケーブル、VOD、DVD                    |
| H.264 / AVC / MPEG-4 Pt 10 | 放送局、ケーブル、VOD、HD、インターネット、HDビデオ・ディスク* |
| VC-1                       | 放送局、HD、インターネット、HDビデオ・ディスク*          |
| JPEG 2000                  | デジタル・シネマ、放送局内使用                     |
| MPEG-4 Pt 2                | モバイル                                |

\* HD-DVD™またはBlu-ray™

表2：各ビデオ符号化方式の代表的なアプリケーション

もちろん、その他に独自仕様のフォーマット（Real、Windows Media®、Divxなど）が多数存在しています。表2であげたビデオ規格は、現在最も使われているフォーマットです。よく知られているH.264、AVCまたはMPEG-4（Part 10）などのビデオ・コーデックは、現在最も一般的に使用されています。

しかし「従来の」放送局では、この新しいコーデックやフォーマットにより、以下のような問題が生じています。

- ・新しいエンコーダとデコーダの必要性
- ・自動化システムのアップデート
- ・QC機器への追加組み込み

これらの問題を解決するには多大な設備投資が必要になりますが、それ以上に大きな問題として、放送局がこれらのコーデックに精通していないということが挙げられます。そのため、以下のようなことまでが問題になってしまいます。

- ・通常どのような種類のエラーが発生するのか？ 何をテストすればよいのか？ 放送系のどこでテストを行うのか？
- ・エラーはいつ発生し、放送局はどのような対策を講じればよいのか？ エラー原因をどこから探索したらよいのか？
- ・「良質な」映像／音声（または容認できる品質／音声）とは、どのような状態をいうのか？

多数のメディア・タイプの入力／出力

インジェスト（取込）およびアウトジェスト（送出）の部分を確認すると、扱えるメディアの種類とフォーマットが多数あることがわかります。これらに対応するために、機器設定が行える技術に精通した人間が必要であり、このような人材を確保しなければならない、という問題もあります。

- ・VHSテープ、アナログ・ベータ・テープ、Digi-beta、DVCAM、HDV、mini-DV、HDCAMなど
- ・DVD、HDビデオ・ディスク、ハードディスク
- ・ファイルベース：最終のデジタル・フォームを含む多数のフォーマットによるインターネットやワイヤレス



▶ 図10：新たな領域での複雑なQC

## マルチウェイQC

コンテンツは、決まったフォーマットで（放送局によって）送信するだけでなく、費用対効果も考慮に入れる必要があります。そのためには、放送局はさまざまなフォーマットをすべて受信でき、正しく費用効率の良い方法で再送信および再符号化／再利用ができなければなりません。

例えば、ある放送局が、これらを可能にするシステム（一部または一式）を準備したとします。しかし、他の放送局でも同様のことが行われている中で、どうしたら自社で準備した機器／システムが適切であると判断できるでしょうか？（言い換えると、全パラメータを正しく使用して、適切なコンテンツを正しい機器に送信することができるでしょうか？）

QCの技術的な問題は、1つのビデオ・フォーマット（MPEG-2）、解像度（例：NTSC）およびフレーム・レート（例：29.97）の直線的な一対一の問題から、図10が示すように多次元の多対多の問題に移ってしまっていることです。

## オペレータの受ける重圧

放送センタは、「自動化を推進していかなければならない」というプレッシャを絶えず受けています。この複雑な要件を新規に取り入れるとなると、幅広いスキルを持ったスタッフや職員が必要になってきます。

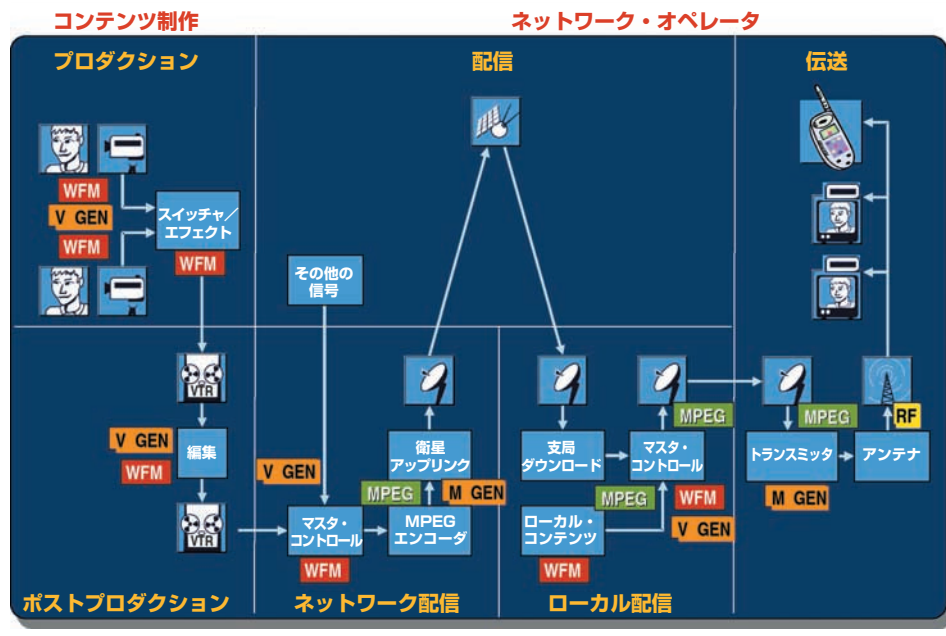
MPEG-2による放送で数年のキャリアを持つスタッフは、画質や音質に対して優れた経験を持っています。しかし、専門家であってもHD／モバイル／インターネット／H.264／MPEG-4／VC-1に対して何が適切であるかをすべて知っているとは限りません。放送局は更なる投資を行ったとしても新しい分野に優れたスキルを持つスタッフを実際に確保できるのでしょうか？

顧客はHD送信など新しくて高価なサービスに対する対価の支払いや、高品質なものには期待を寄せてくれるにしても、これらのために多くのスタッフを導入するという選択は現実的ではありません。

## 自動化ソリューション

自動化システムを提供しているベンダは、前述の問題を解決するためにはシステムをアップグレードし、無数の入力と出力を処理して、多種多様な機器をできる限り統合する必要があることを認識しています。アップグレード／統合プロセスは、長期間かけて継続的に行わなければなりません。しかし一度システムを導入して処理が自動化された場合、QCはどうやって行うのでしょうか？

現在の自動化システムを使用しても、「単純な」一対一のMPEG-2を扱う場合でさえ、インジェストから実際の送信まで全段階で頻繁にエラーが発生しています。エラーの発生頻度は、新たな領域ではその何倍にも膨れ上がるでしょう。これを完全に自動で処理するシステムを構築することは、ほとんど不可能です。



▶ 図11: プロダクションから配信まで

WFM: 波形モニタ、V Gen: ビデオ信号ゼネレータ、  
MPEG: MPEGモニタ、M Gen: MPEGゼネレータ、RF: RFモニタ

さらに、自動化システム・ベンダには、運動していたものをすべて実際に切り離すという作業があります。通常、ベンダはQCを完全に把握する時間／専門知識を持っていないため、QCの自動化を孤立させてしまいます。

## VI. 放送経路上のテスト位置

さらに複雑になったこの新しい環境でテストを行う場合、どのような選択肢があるのでしょうか？ この複雑なレイヤの中で、どこから手をつけたらよいのでしょうか？

テストを放送経路の各段階で行うには、それに適した機器が必要です。図11に、放送経路について製作から送配信までの全過程を示します。

本書ではインジェストのチェックに焦点を当てているので、放送経路の後半部分については触れていません。(インジェストは、放送プロセスの始まりです。ここでコンテンツが適正でなければ、これ以降で放送局が確認／修正できるポイントはほとんどありません。)

機器メーカーにとって、連続したチェックは「テスト」というより通常「モニタ」と言います。関連する機器は信号を絶えずモニタし、エラーが起こるとエラーの状態によってアラームを出します。

## VII. インジェスト・モニタリングのオプション

問題を解決するには、複雑な各レイヤで発生するエラーをテストして発見することが重要です。テスト方法は、以下のような多くの要因により異なります。

- ・ ファイルのソース: アナログ・テープからデジタルへの符号化を、社内と外部業者のどちらで行ったか？
- ・ 社内の符号化をどのように設定するか、システムの規模をどれくらいにするか、オペレータの経験はどのくらい必要か？
- ・ 外部制作業者は、どのくらい自社の条件に対して正確に変換できるか？
- ・ 処理するフォーマットはどれくらい多く必要か？
- ・ コンテンツを自社で編集するか、その場合の編集方法はどうか？
- ・ 本書では、各レベルの全テスト・オプションの詳細は説明しません。ここでは、テストの説明や使用する共通のテスト機器の要点だけを説明します。

### ベースバンド・テスト (アナログ／デジタル)

アナログ信号は、カメラまたはテープ・デッキからモニタすることも可能です。アナログ信号は、コンポジット (カラー・バーストを持つ信号ライン) またはコンポーネント (RGBまたはYPbPr) またはデジタルと同等なものです。

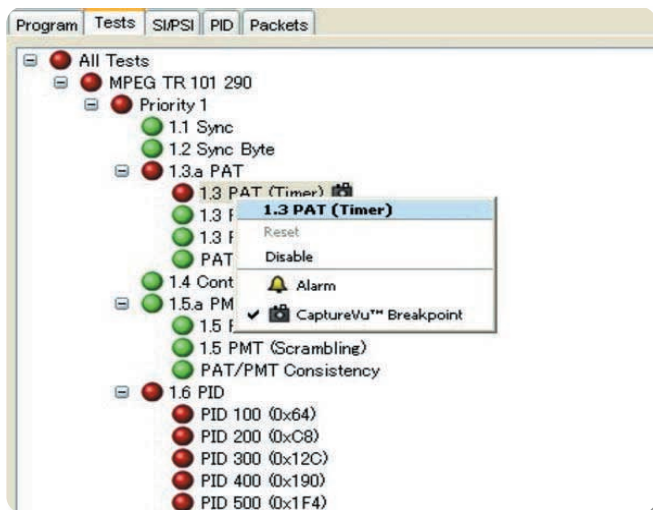
これらの信号は、さまざまな製造メーカーから出ているオシロスコープ、ビデオ信号モニタ、または波形モニタを使用してさまざまな方法で表示でき、一般的なエラーをわかりやすく表示できます。

このようなテスト機器は、モニタしたり、アナログ／デジタル信号の問題を解決したりするのに最適ですが、機器を操作したり表示内容を理解できる経験と知識の豊かなオペレータが必要になります。

一方、圧縮ビデオ／オーディオ・データをデコードして、ベースバンドのコンポーネントに戻してから測定する方法もあります。

## トランスポート・ストリームのモニタリング

多様なエラー状態をチェックするためのリアルタイムMPEG-2 TSモニタリング用システムのメーカは多くありません。



▶ 図12：MPEGリアルタイム・モニタ・サマリ

## エレメンタリ・ストリームの自動検証

エレメンタリ・ビデオ／オーディオ・ストリームを自動検証するシステムは、当社のCerifyだけです。

## システム要件に適合したモニタリング

[これらのシステム規定は、たとえば、ビット・レートの制限など信号の適合性／フォーマットの適合性などです]

さまざまな装置が放送局のシステム順守規定のモニタに使用されていますが、実際にはそれぞれ規定の一部分しかカバーされていません。モニタは以下の規定に限って行う傾向があります。

- ・ トランスポート・ストリームのパラメータ
- ・ ビット・レート
- ・ 音声の有無／特定チャンネルのレベル

## 主観的な品質のモニタ

当社はピクチャ・クオリティ・アナライザを提供しており、ヒューマン・ビジュアル・システム（HVS）や人間の知覚で判断する符号化画質の測定を行います。しかしこれは符号化する前のビデオ信号を必要とします。

Cerifyは画質を数値化して測定するという独自の考え方に基いて開発されたものです。

その他のシステムは、HVSに基づいたもので他のベンダで開発されています。それらは画質を観察するだけで、QCの考え方をすべてカバーしていません。

## ファイルベースのチェック

自動化システムはファイルがインジェスト・サーバに正しく取り込まれたかの基本的なチェックを行います。

このときチェックされる項目は、ファイルの有無、日付／時間、ファイル・サイズなどです。しかしほとんどの場合、自動化システムによって行われたテスト結果の項目と重複するものが多数あります。自動化システムによるテストでは、各ファイルの内部のデータの完全性を確認するチェックは行われません。

このチェックは圧縮MPEG-2ビデオをベースバンド・コンポーネントに復号化するときに行われます。標準的なモニタ機器を使用して、ガンマットと適合性のチェックを行います。これは現状では素晴らしい成果を上げていますが、以下のような問題もあります。

- ・ 限られた範囲しかチェックできない
- ・ さまざまなビデオ規格／解像度をすべて設定し直すか、または大部分の再設定が必要
- ・ 前述のようなエレメンタリ・ストリームの厄介なエラーを、通常では検出できない

## 目視によるチェックの選択

1つの選択は、インジェスト（放送チェーンをさらに進んだ段階）ですべてのビデオを目視でチェックすることです。これは非常に費用がかかるだけでなくテスト結果に大きな問題を引き起こします。

- ・ 視覚的／聴覚的エラーは人間の生理的行動、たとえば、まばたきをしたり、集中が1秒間途切れてしまうだけで簡単に見逃してしまいます。
- ・ 主観 — 試験者のスキル・レベル／経験／トレーニングの差により発見するエラーに大きな違いがでます。
- ・ 単純エラー — 人間は正確さを一定に保つことができません。あるビデオやビデオ・タイプからそれとは違うビデオに移ったときなど特に現れます。
- ・ 整合性 — 同じテストを同じしきい値レベルで正確に繰り返すことは重要なことです。特に視覚的品質を毎日毎日、毎週毎週行わなければならないということです。
- ・ 人間がファイル内部（たとえば、ビデオやオーディオ圧縮に使用されている規格；ビデオやオーディオおよび全体のビット・レートなど）を詳細に見ることは簡単ではありません。

サンプリングは可能ですが、それでは必要な作業はできません。現実問題として、100%のQCが必要とされる時、それは単なる願望ではなく必須となります。

## VIII. その他の自動化QCの検討事項

### テスト結果の簡素化、必要に応じて詳細に

放送センタの常勤スタッフは、ビデオ・シグナリングや圧縮に関しては専門家でない場合がほとんどです。しかし代わりに彼らはプログラム・スケジューリングまたは編集、編集リストの設定についてはよく知っています。このようなスタッフには、go/no-goのテスト結果を簡単に判定できる指標が必要です（たとえば、信号機のように赤色は不良、緑色は良好、黄色はその中間といったようなもの）。

しかし、1度問題を発見すると、以下のようなレベルで徹底的に掘り下げてチェックできることが必要です。

- ・ 最初の段階では、常勤スタッフがビデオ・フレーム／オーディオ波形のエラーを判断できること
- ・ 簡単な診断情報を使用してチェックできること
- ・ 専門スタッフが使用する詳細データを使用して、問題を解決できること

発見したエラーが重大な問題かどうかは、適切なスキル／知識レベルの人が後で判断できます。

## 変化していく環境での整合性

新たな領域では、放送局は新しいファイル・フォーマット、解像度、ビット・レートなどの処理を頻繁に行わなければなりません。それには以下のことが必要です。

- ・ 毎回同じ方法でこれらをテストすること、すなわち、整合性が保証されていること
- ・ 現在のテスト結果を過去の結果と簡単に比較できること
- ・ 完全自動でこれらすべてを行うこと

たとえば、発見されたエラーが前に発見したものと同じだった場合、新しいクリップは同じプロバイダから提供されたものか？もしそうなら、結果はどうだったか — 放送を続けることが可能であったか？

### インジェスト・ビデオ・サーバのフォーマット

ビデオ・サーバ・メーカーには、たとえばOmneon、Avid/Pinnacle、Grass Valley、Leitch、SeaChange、MassTech、Sonyなど多数あります。

これらのサーバは、ビデオ、オーディオ、メタデータを結合してカプセル化または提供するラップ・フォーマットでビデオを保存します。たとえば、Grass ValleyのサーバはGXFを使用します。OmneonはQuickTimeを使用し、ビデオ／オーディオのエレメンタリ・ストリームは、個別のファイルに分離させてサブディレクトリに入れます。

MXFは、多くの放送局でよく使われているフォーマットです。それ以外の放送局はDell、IBM、IntelまたはHPのサーバを使用して、WindowsまたはLinuxの環境で、標準MPEG-2シングル・プログラム・トランスポート・ストリーム（ビデオ、オーディオ、メタデータを単一ファイルと一緒に保存）を保存しています。

### 新しいワークフローへの取組み

標準的なファイルベース・コンテンツ処理のワークフローには自動化システムが取り入れられ、インジェストで要求されるファイルをリストし、受領をチェックしてからプレイアウトプロセスにコンテンツを移します。

ここでの問題は、インジェストQCにかかる時間がほとんどとれないということです。テストするファイルをリストにすることはできますが、実際には、テスト前にリスト上のいくつかのファイルがインジェスト・サーバから移動してしまいます。

このようなワークフローは、ファイルがインジェスト・サーバから移される前にQCを行うように変更する必要があります。

## 品質の証明

社内だけでなく外部業者によって符号化されたコンテンツが利用されはじめており、それらはさまざまなフォーマットで外部の利用者に提供されています。

その際の条件をまとめたものがSLA（Service Level Agreement：サービス内容合意書、提供されるサービス品質に関する合意書）です。

詳細なQCを利用しないと正しい検査が行われず、簡単なチェックだけでコンテンツを配信してしまう可能性があります。

配信されたコンテンツに問題があると、その問題がどこにあるか（どういう問題か）を検証する必要があります。原因追求は放送局によって行われ、コンテンツ・プロバイダがその責任を負うことになります。

同様に、放送局はビデオ資産をサード・パーティに提供している場合には、サード・パーティからエラーに対するクレームに備えなければなりません。ビデオ資産にはエラーはなく、提供時には規定どおりに処理され、ビット・エラー、オーディオ・レベルなど必要なシステム・パラメータはすべて正しく設定したことを証明するために、十分なテストを実行済であることを示す必要があります。

## コンテンツ・プロバイダ／送信への即時対応

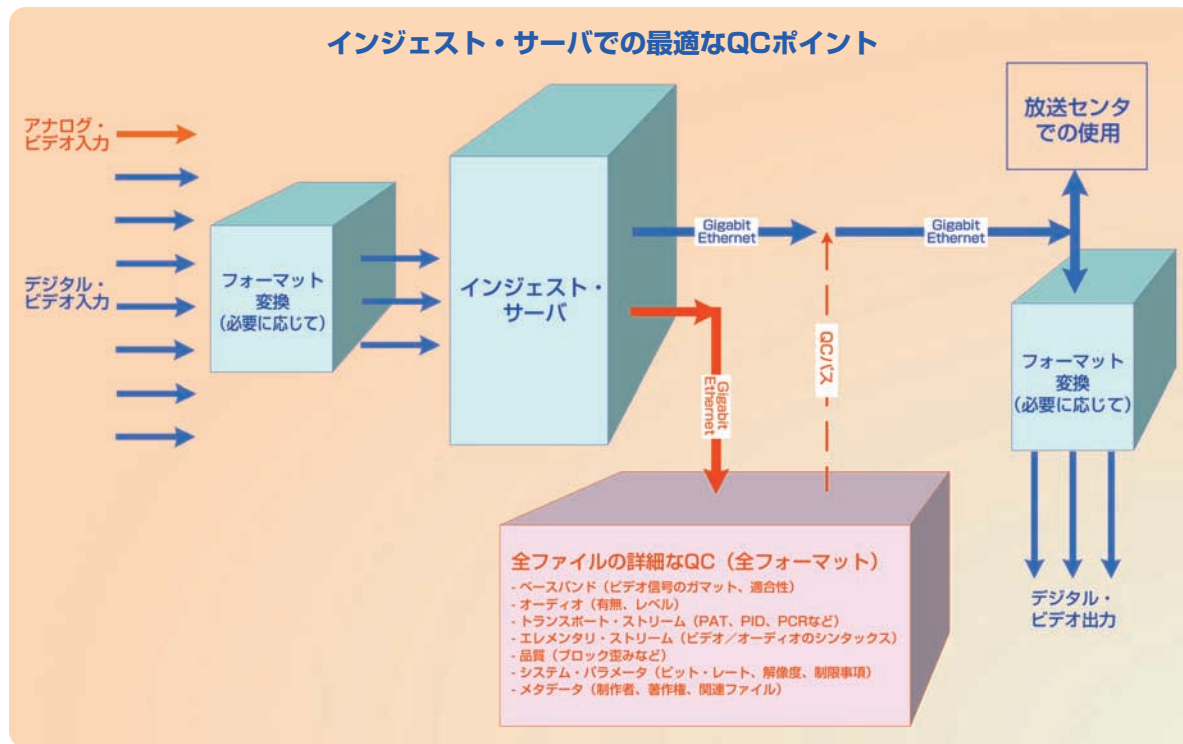
SLAや複雑さの問題、多数の個別の出力など、コンテンツ・プロバイダはさらに多くの問題に対応しなければなりません。現在、50Mビット／秒、I-frameのみのビデオ、MPEG-2のビデオが放送局に提供されています。

しかし、放送局が考える理想的なコンテンツのサポート形態は、「送信への即時対応」で、このことへの要求は日増しに増加しています。

「送信への即時対応」を実現するには、コンテンツ・プロバイダは各放送局に同じビデオ資産を提供することになるでしょう。しかしそれには以下のように問題を含んでいます。

- ・ ビット・エラーや解像度の設定は、放送局により異なります。たとえば、ケーブル放送局ではMPEG-2 SD 3.8Mビット／秒、衛星放送局ではSD 4.5Mビット／秒とHD 14Mビット／秒、インターネット伝送（H.264/AVC）ではSD 1.5Mビット／秒が適用されます。
- ・ 米国の放送局ではSD NTSC/HD 1080iフォーマット、ヨーロッパの放送局ではSD PAL/HD 720pフォーマットが使用されています。

これはQCに高い柔軟性を要求し、場合によっては随時再設定が行える環境でなければならないということを意味します。現状を考えると、コンテンツ・プロバイダは詳細なQCシステムを持たないと、ますます管理が困難になるでしょう。



▶ 図13：インジェスト時の詳細QC

## すべての処理を自動で実行

入力ビデオのすべてはインジェスト・サーバを経由するため、QCを行うポイントは必然的にこの場所になります。

図13の赤いボックスで示されている部分が、全ソースのエラーの有無を確認し、それらを解析するQCポイントとして理想的な箇所です。

## 圧縮技術に熟知したオペレータ

放送センタの運営は、ビデオを使用したITへのアプローチに次第に変化しています。

新しいファイルベースのビデオや配信ワークフローによって、さまざまなスキルを持つオペレータが必要になってきます。オペレータは、TCP/IP、ネットワークの設定、サーバの設定などを理解し、ビデオについての基本的な知識をもって、ネットワーク上でその動作を診断したり、保守できなければなりません。

ビデオやオーディオ圧縮を理解しているオペレータが、ますます不可欠になってきます。可能な場合には、ベースバンド・ビデオの専門家へのトレーニングを行うのが良いでしょう。

## インジェストの先

本書では、主にインジェストQCに焦点を当ててきました。ビデオ・コンテンツは、この後も長い工程をたどります。

放送センタ内では、ビデオにコマーシャルやネット局の宣伝を挿入し、最終的な再生時間に合わせるために、部分的に手を入れます。ビデオを編集したり、またはビデオをセクションごとに分割することもあります。ビデオは、標準フォーマット（例えば、50Mbps時MPEG-2フレーム内のみ）で放送センタを移動します。入力フォーマットや出力フォーマットの形式に関わらず、信頼性の高いトランスコーディングを行わなければなりません。

ビデオ送信する場合、ファイルとして送信される場合に比べ、出力ビデオはEDLを使用して組み立てられ、その後、通常は複数のプログラムを持つトランスポート・ストリームに組み込まれる必要があります。これらの一連の作業でもQCを行う必要があります。

## まとめ

自動化システムやサーバのベンダは多数の新しいフォーマットにも対応し、放送コンテンツは自動的にQC管理されるようになるでしょう。人間の視覚によるQCやベースバンド／トランスポート・ストリームのモニタ機器など、現在使用されているものは、旧式のQC技術の部類に入ります。これらはファイルベースのビデオで発生する大量のエラーを検出するには十分でなく、必要な柔軟性や、再設定を行うこともできません。同様に、ビデオ処理するオペレータの配備も、将来予想されるファイルベース環境に対して不十分で、さらにITトレーニングも必要とされます。

自動化された詳細なQCの導入は、費用対効果を考慮しながら新しいフォーマットを提供しなければならない放送局にとって重要なことですし、新しいSLAや増え続けるユーザの期待に応えるためにも、必要になってくるでしょう。

### 詳細について

当社は、最先端テクノロジーに携わるエンジニアのために、資料を用意しています。  
当社ホームページ([www.tektronix.co.jp](http://www.tektronix.co.jp)または[www.tektronix.com](http://www.tektronix.com))をご参照ください。

Copyright © 2006, Tektronix. All rights reserved. Tektronix製品は、米国およびその他の国の取得済みおよび出願中の特許により保護されています。  
本書は過去に公開されたすべての文書に優先します。仕様および価格は予告なしに変更することがあります。TEKTRONIXおよびTEKはTektronix, Inc.の登録商標です。その他本書に記載されている商品名は、各社のサービスマーク、商標または登録商標です。

4/06 DV/WOW 2AZ-19565-0

**Tektronix**  
Enabling Innovation