

# 静止画符号化標準化研究会における国際標準化活動について

## International Standardization Activities of IEEEJ SIG on Still Image Coding Standardization

小野 文孝<sup>†</sup>

Fumitaka ONO<sup>†</sup>

<sup>†</sup>東京工芸大学 名誉教授 <sup>†</sup> Professor Emeritus, Tokyo Polytechnic University

### 1. はじめに

静止画符号化の国際標準化は1986年にISO/TC97/SC2/WG8とCCITT SGVIIIのNIC(New Image Communication)がJPEG(Joint Photographic Experts Group)を設立し、共同作業を開始したのが嚆矢といえる。これに呼応して国内では画像電子学会のテレマティクス研究専門委員会のもとに自然画符号化国際標準検討会(NIS:Natural Image Standard)が1988年6月に設置されJPEGの国際標準化活動に積極的に寄与していくこととなった。その後JPEGから2値符号化が切り離され1988年にJBIG(Joint Bi-level Image Expert Group)が設立されたのを契機にやはりJBIG対応の国内組織としてNISの兄弟組織にあたる二値画符号化国際標準検討会(BIS:Bi-level Image Standard)が1988年9月に設けられJBIGの国際標準化活動に積極的に寄与していくこととなった。

JPEGとJBIGはその後1991年のISO/IEC JTC 1/SC29の設立によりそれぞれSC29/WG10, SC29/WG9に名称を変更した。これに伴いそれぞれの対応国内委員会として情報処理学会情報規格調査会の下にSC29/WG10小委員会及びSC29/WG9小委員会が発足した。また1993年11月にSC29/WG10とSC29/WG9が合併してSC29/WG1となり、国内対応の小委員会もSC29/WG1小委員会に衣替えた。本学会の対応組織もそれに呼応してSIS(Still Image Standard)と名称を改めたがその後、SISは情報規格調査会小委員会と画像電子学会のリエゾンという位置づけに変わり、名称もSIC: Still Image Coding Standardizationと変更している。

本報告では長らく静止画符号化の国際標準化<sup>1),2)</sup>に従事してきた筆者が、これまでの標準化の歴史について振り返るとともに、この分野ではとりわけ標準化が重要な役割を果たしていること、また、研究者自らがそれに取り組んでいくことの重要性についても述べてゆきたい。

昨今国際標準化活動の重要性が話題になり、標準化人材の教育・育成の必要性が認識され、その具体化が進められていることは、喜ばしいことといえる。今後このような動きを継続的に進め、さらに充実させるためには、標準化に関する多くの課題が明らかにされ、その解決への多方面からの取り組みが望まれる。

### 2. 本文

以下のページのスライド参照。

### 3. むすび

画像符号化は画像電子学会にとってその基幹をなす技術領域であり、国際標準化がとりわけ重要な分野であると言える。これまで多くの研究者・技術者がその標準化に参画してきており、現在でも多くのプロジェクトが走っており、日本のメンバーが先頭に立っている例も多い<sup>3)</sup>。とはいえメンバーの継続的な参加や新規メンバーの増強については必ずしも楽観できない。日本が今後も標準化の世界でそれなりの立場を得るには標準化活動の重要性に関する共通認識と適切な分担が必要であり、さらに大学・企業での標準化教育・講習の実施、標準化作業の体験の場の提供、企業における標準化部門の設置、などが望まれる。また、標準化活動に対する国や業界・企業の理解・支援の具体策が期待されるとともに、標準化に対する貢献を顕彰する適切な形態の検討が必要であると考えている。

### 参考文献

- 1) 小野文孝：“国際標準化活動の諸課題－継続的参画経験に基づく考察”第4回STD研究会(1)(2009).
- 2) 小野文孝：“スキャニング 画像通信今昔(7-1) 草創期のJPEGとJBIG”，画像電子学会誌 Vol.47, No.3, pp.277-282 (2018).
- 3) 原潤一, 石川孝明, 渡邊修, 小川茂孝：“JPEGファミリー標準の技術動向：第I部ファミリー標準の概要”，画像電子学会誌 Vol.47, No.3, pp.247-256 (2018), “同 第II部最新ファミリー標準の技術動向”，Vol.47, No.4, pp.469-478 (2018).

# 静止画符号化標準化研究会における 国際標準化活動について

第22回 国際標準化の活用と教育研究会  
(2)

東京工芸大学 名誉教授  
小野文孝

2019.1.29

於：早稲田大学

# 画像のデジタル化 その歴史的転換点

- 2値画：回線開放(1972)とG3FAXの登場(1980)
- 多値静止画：JPEG符号化標準の登場
  - デジタルカメラの登場
  - ビデオテックスからインターネットへ
  - 印刷データのデジタル化
- 動画：MPEG符号化標準の登場  
テレビ会議・電話からパッケージビデオ・地デジ放送へ

国際標準化の果たしてきた大きな役割  
つながらなければ意味がない

# G3ファクシミリ標準化(1980)

- 1次元符号化:ランレングス符号化が暗黙の前提
  - $8 \times 4 \text{dot/mm}$ の解像度でA4 1枚の画素数は200万点
  - 4800bpsモデムで送れば約7分 $\Rightarrow$ 圧縮率7で1分機
  - 日本:Wyle符号化(カウンタ利用), 英国:MH符号化 $\Rightarrow$ MH符号採用
- 2次元符号化: $8 \times 8 \text{dot/mm}$ なら2次元化で1次元の2倍の圧縮性能。  
和文は $8 \times 8 \text{dot/mm}$ 必要。欧文は $8 \times 4 \text{dot/mm}$ で充分(垂直相関大)
- 変化点符号化方式:(PDQ $\rightarrow$ )EDIC+RAC $\Rightarrow$ READ $\Rightarrow$ MR
- マルコフモデル符号化:1970年代後半に世界で同時に研究。
  - TUH, 三菱, AT&T, 東大...
  - 三菱方式は国内審議最終段階まで残る
  - TUH方式は国際の場で評価されず
- 算術符号化の登場でマルコフモデル符号化に現実性 $\Rightarrow$ JBIGの誕生:  
G3FAXにも採用へ

# 標準化に伴うファクシミリの急成長

- 電話に対し記録通信を魅力として登場
- 回線開放(1972)で専用線から公衆回線利用へ
- テレックスの日本語問題を解決
- 国内:即時性 速達郵便の置き換え  
海外:即日性 国際郵便の置き換え
- デジタル画像ビジネスの先駆者
- 各種画像要素技術の集大成  
入力 出力 処理 符号化 変調
- 初めてシャノンの「情報源符号化理論」を具現化
- 国際標準化成功の典型例:IEEE Milestone 2012
- 日本が世界市場をリード
- 興味ある市場動向の変遷

# 標準化仕様と装置化技術の対応例

- G3FAX:感熱ロール紙の時代
  - 送信側に画像メモリ無し:紙の垂直方向の長さは送り終わってから分かる
- G4FAX:普通紙(カット紙)の時代
  - 送信側に画像メモリ有り:垂直方向の長さを伝え受信側で用紙選択(A4横置/縦置対応可能)
  - 画像サイズ先行送付に応じた効率的符号化(⇒符号化技術への誤解も)
- ジャム検知手法(非標準)
  - 送信側 or受信側

# ポストファクシミリの期待 ビデオテックス (VTX)

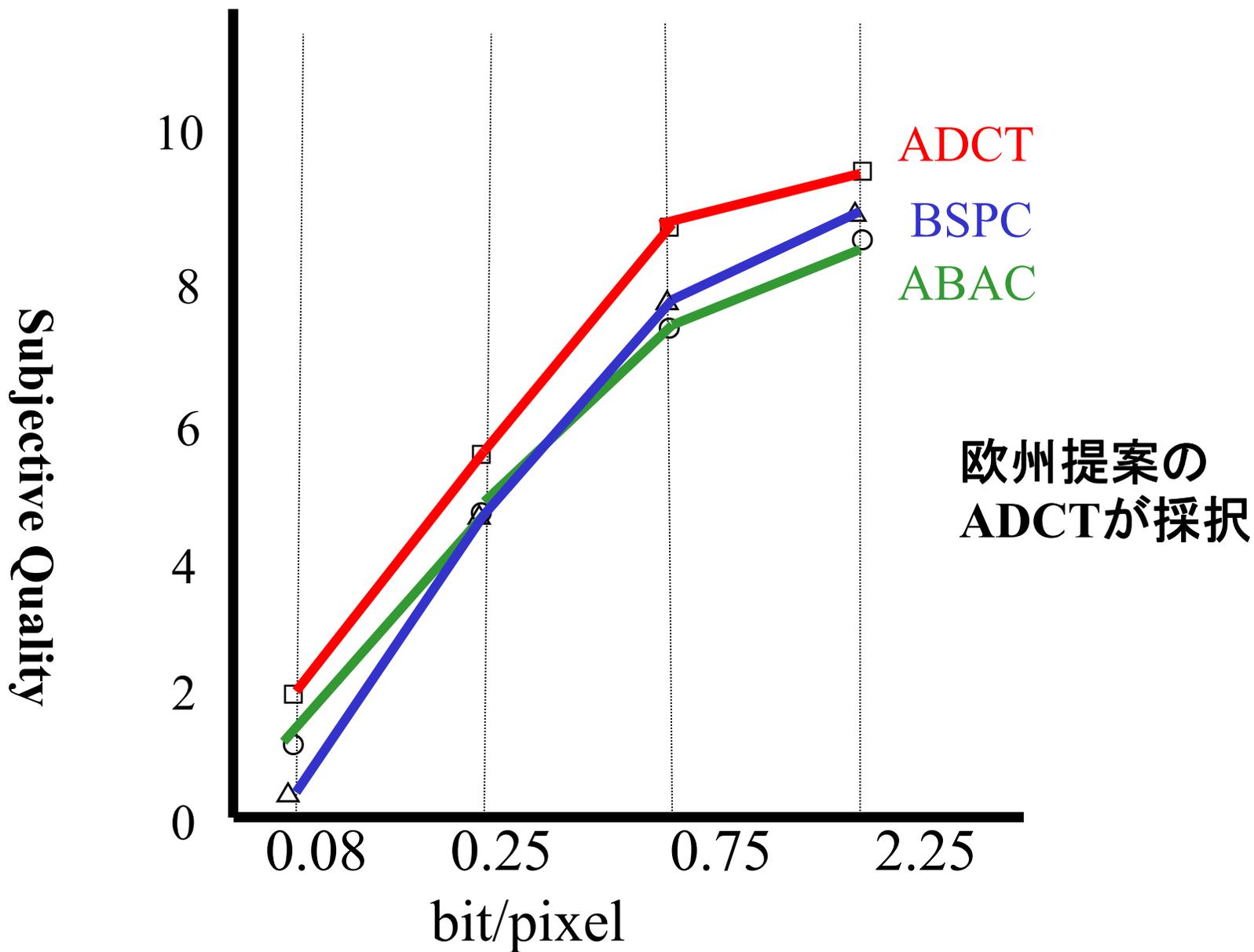
- 家庭用テレビをディスプレイとし、電話回線を通じて文字や静止画を送受信する情報システムの規格。ポストファクシミリの期待を背負い1980年代中頃に登場。
- 北米のNAPLPS方式、ヨーロッパのCEPT方式、日本のCAPTAIN方式の3種類がCCITTに提案され、審議の結果、1984年に3方式すべてが国際規格として定められた。
- 単に丸く収めたのではなく、サービスがローカルと認識されていた証明

根拠：国際電話をかけてまで海外の情報を知ろうとはするまい  
VTXでの画像共通符号化を目的に→JPEGの策定開始

# ISO/IEC SC2/WG8 (当時)での 静止画符号化標準開発

- JPEG:VTXのphoto符号化標準策定のため発足
- ISO/IEC SC2/WG8とCCITTSGVIII NICの共同作業
- 1986年11月のParsippany会合が最初
- 国内では画像電子学会の中にNISが発足(同年6月)
- 欧州 ADCT (Adaptive Discrete Cosine Transform)  
米国 ABAC (Adaptive Binary Arithmetic Coding)  
日本 BSPC (Block Separated Component Progressive Coding) を評価→欧州ADCTを採用 1988年1月
- BSPCはGBTC(NTT)とPCS(KDD)の組み合わせ  
段階的符号化と2値符号化への適応性重視
- その後ABACの算術符号の採用が検討課題に

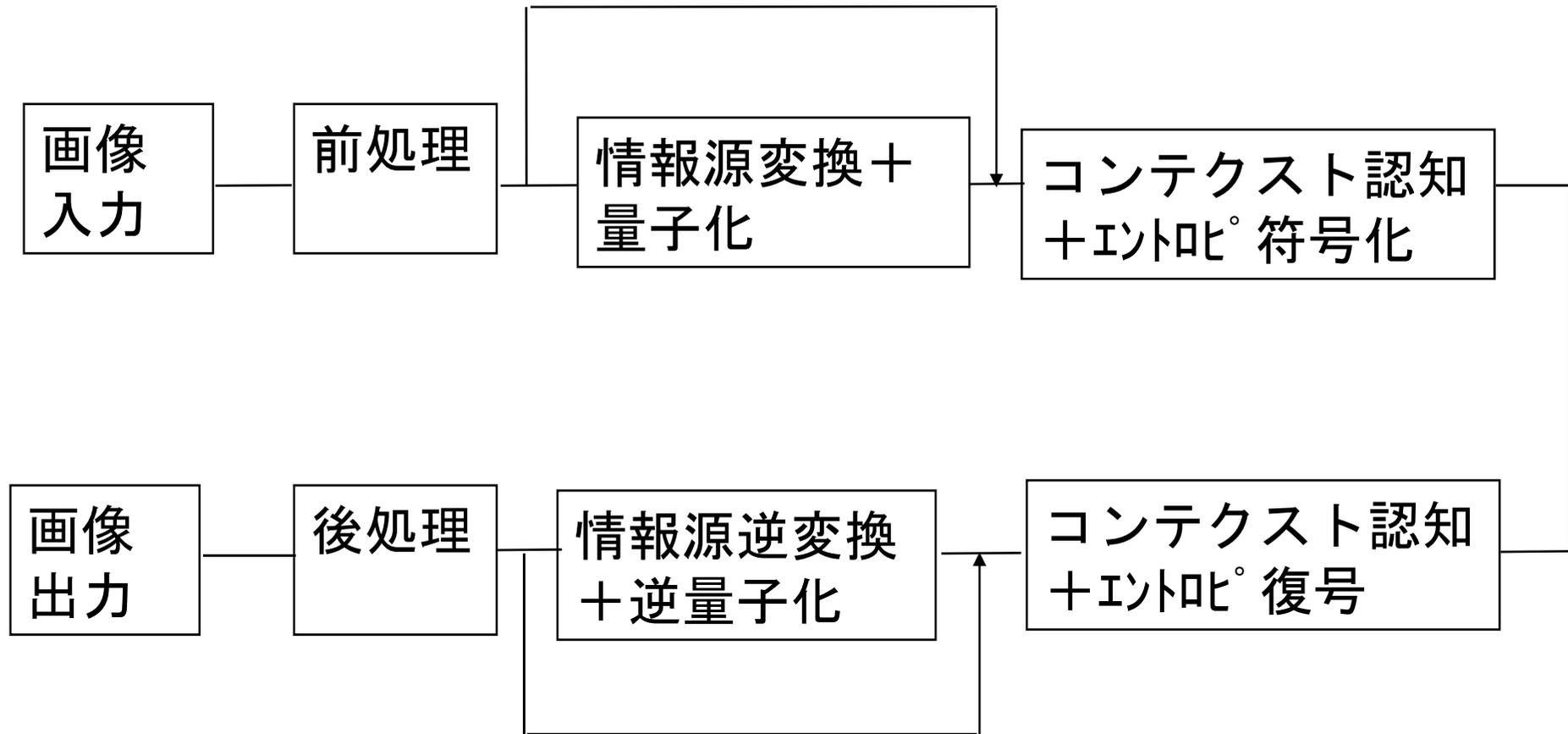
# *JPEG Evaluation*



# JBIG,MPEGの誕生 (1988)

- JBIG(2値画像のマルコフ符号化):JPEGを審議するうえで分離され誕生。2値と多値の符号化の共通化は困難
  - JBIG1 スーパーG3Faxで採用
  - JBIG2 PDFにも採用
- MPEG:静止画から動画への拡張
  - 動画60分をCD(700MB)におさめたい→MPEG-1
  - MPEG-2: DVD,地デジ(10~14Mbps)
  - MPEG-4/AVC: Blu-ray, One-seg TV, IPTV
  - MPEG-H/HEVC:4K/8K

# 画像符号化過程



モデリング(情報源変換): 画像情報量の定義と制御

ランレングス, DCT, Wavelet, DPCM, ...

エントロピー符号化: ハフマン符号(表形式)と算術符号(手続式)

# 動画・静止画の標準化対象部分

- 動画:復号アルゴリズムのみ標準化
- 静止画:符号化アルゴリズムも標準化
- 動画で復号アルゴリズムのみ標準化の理由
  - 時間精度・空間精度の選択は送信側にある。実際各社の映像には大きな相違がある。
  - 差別化要素
- 動画・静止画とも画像の量子化手法や前処理も非標準化

# 算術符号化の標準化

- JPEGではベースライン(ADCT符号化)に加え各種符号化オプションが検討され汎用性の高い算術符号化が俎上に。JBIGでは算術符号化が必須。
- JPEGとJBIGで算術符号化の共通化が暗黙の合意
- IBM(Q-coder),三菱(MELCODE)に続きAT&Tも算術符号化をJBIGに提案
- まずQ-coderとMELCODE方式をマージし(1989年秋)さらにAT&T方式も取り入れ統一標準QM-coderを作成
- その後IBMと三菱のみのMQ-coderがJPEG2000, JBIG2の共通符号に
- さらに動画にも算術符号化適用へ
  - 汎用符号
  - 高い効率
  - 難点:処理速度

# 多値静止画ビジネスの立ち上がり

当初アプリケーション不在: 高価格メモリ, 演算負荷

- VTX: 伸び悩み
- 印刷業界: JPEG画質の先入観
- デジタルカメラ: ソニー マビカ(1981/8 CCD + フロッピ アナログ記録)は容積も価格も大きい
- カラーFAX: 未知数

90年代後半から成長 JPEG標準: 1990年にほぼ完成

- 印刷業界: デジタルデータ保存の便利さが引き金。メモリの低コスト化が後押し。
- デジタルカメラ: 急速に普及(ディスプレイでの確認QV-10)。メモリ媒体の低価格化。PCの普及。
- インターネット: 急速に進展
- カラープリンタ: 急速に脚光。(ただしオフィスでは?)
- カラーFAX: 伸びず
- JPEGはMPEG-1, MPEG-2と共にその標準化の功績に対し1996年にEmmy賞を贈られる

# 動画符号化ビジネスの立ち上がり

当初のアプリ(ITU-T主導)の伸び悩み

- 1. テレビ会議： 導入コスト(専用室, 回線費用)大；  
音声の重要性を超えられず。**カメラワークの重要性：**
- 2. テレビ電話：インタホンの機能にとどまる  
「電話のもつ魅力?」の喪失

MPEGの登場(SC29/WG11)

- カラオケへの動画付加：通信カラオケMPEG-1
- 放送コンテンツへの進出→デジタル放送との結合：  
MPEG-2
- コンテンツからのライセンス料徴収効果も

**「プロのコンテンツの壁」**

# 2値画像符号化技術のラインアップ

- 2値画像はファクシミリの符号化への適用を念頭に早くから情報源のモデル化が検討されていた
- 1次元符号化:ランレングス符号化 (国際標準MH)  
未だにほぼ最強  
文字・線画に適した情報源拡大符号化
- 2次元相関利用符号化  
複数ライン一括符号化  
ライン逐次参照符号化  
2次元変化点モデル方式 (国際標準MR, MMR)  
マルコフモデル方式 (国際標準JBIG1) ハーフトーン
- パターンマッチング (国際標準JBIG2) 文字符号化,  
網点画像符号化

# 主な静止画符号化手法

- 変換符号化: DCT:JPEG(デジタルカメラ・インターネット), DWT:JPEG2000(パスポート・公文書)など  
ロツシーでの符号長制御に適
- DPCM/マルコフモデル符号化: JPEG-LS(医用画像) ロスレス/ニアロスレスに適

以上が国際標準で採用されている方式

その他に

- ベクトル量子化:  
受信側の負荷小
- ブロックランケーション(BTC)符号化  
段階的符号化、2値多値領域分離符号化に適

# カラー静止画符号化標準 ラインアップの意義

- JTC 1/SC 29/WG 1
- 機能による棲み分け
  - JPEG(10918): Lossy中心
  - JPEG-LS(14495): Lossless/Near Lossless
  - JPEG2000(15444): Lossy to Lossless
- JPEG2000の活用領域: D-Cinema、パスポート、運転免許、公的アーカイブなど。デジタルカメラでは苦戦
- JPSearch(24800):画像検索
- JPEG XR(29199): JPEG2000とJPEGの中間性能 (Microsoft)
- JPEG XT(18477): JPEG互換でビット深度大/ロスレス機能 (Dolbyなど)

# 符号化ブレークスルーと今後

- エントロピー符号化: ハフマンから算術符号へ発展  
高速化・簡易化・多値算術符号の実用化が課題
- 2値画像  
変化点符号化からマルコフモデル、パターンマッチングへ  
ハーフトーン(誤差拡散)符号化への展開: ロッシーも考慮
- カラー多値画像  
変換符号化とマルコフモデル符号化  
パターンマッチング技術・関数近似技術の適用の可能性  
静止画には同一パターンがない? 高度な認識の必要性
- 動画画像  
前フレーム利用予測から、動き補償、オブジェクト利用へ  
パン・チルトからズームへの対応, 多視点画像の符号化
- 画質評価基準とそれに基づく符号化  
AICプロジェクトの可能性

# ISOでの特許関連規定

- ・ 標準化の過程で確認された特許権は「注意書き」を記載
- ・ 関係特許が存在するときは提案元(Originator)が相手方とnegotiate
- ・ RF(Royalty Free;2.1) or RAND (Reasonable terms And Non-Discriminatory; 2.2)ならOK
- ・ Discriminatory(2.3) なら標準化できない。→標準文書の変更も可
- ・ 標準化は法律の世界とは独立
- ・ 無償である方が普及しやすい(WG1:静止画)  
⇔無償で良い標準ができるはずがない(WG11:動画)

# 最新の標準化動向

- 静止画符号化

- JPEG XT(18477): JPEGとの互換性を保ったHDR・ロスレス
- JPEG XS(21122): 低遅延・軽負荷CODEC, ディ스플레이符号化
- JPEG Pleno(21794): ライトフィールド・ポイントクラウド・ホログラフィ
- JPEG Systems(19566): Security & Privacy, 全天球画像(360°)
- HTJ2K(15444-15): JPEG2000の高速処理化
- JPEG XL(未定): 最大圧縮性能の追求
- ブロックチェーン技術の応用

- 動画符号化

- MPEG AVC: ワンセグ
- MPEG HEVC: 4K, 8K画像 120fps, 100° 視野角, 最適視距離は画面高の75%(没入感)
- Future Video Coding
- 多視点画像

# 標準化の推移

- 当初は産業の振興, 国の威信
- 単一標準から複数標準へ: 普及問題
- 特許フリー前提の2値・多値静止画標準と有料前提の動画標準⇒現実世界での問題
- 圧縮性能の追求から実用性重視へ
- 静止画標準と動画標準との相互乗り入れ?
  - モーションJPEG\*\*の規定, Digital CinemaにJPEG2000採用
  - MPEGでのイントラオンリー符号化

# 標準化の世界

- 提案提出前の知財出願は必須
- 知財の報告と明文化が重要
- 寄書の事前登録とアジェンダへの記載要請
- Political / Technical  
WGは全会一致 (Technical), 投票は国ベース
- 国 / 企業 / 個人ベース  
意見は必ずしも一致しない
- 技術的 / 手続き的
- State-of-the-art / Stable  
最良ベースと最悪ベース
- Patent Free / Patented

# 標準化活動継続の一般的問題

- 標準化活動への理解(所属機関)  
長期的／短期的方針の問題  
企業の戦略／日本としての責任  
ボランティア作業:参加者のみからネットでの分業へ
- 標準化活動における日本人のハンディ  
言語的(時間稼ぎと迅速審議;生殺与奪の件)  
文化的(ディベートの体験;一事不再理などの慣習)  
政治的(欧米間の団結)  
肉体的(時差と移動距離と室温)
- 支えるもの  
国の代表としての意識  
技術への個人的執着

# 日本が標準化を制するために

標準化の重要性をようやく国が認識？

## 標準化教育の重要性

- 官公庁・大学・企業での標準化教育・講習・シミュレーション
- 必要となれば教育を受けられる環境
- 企業における標準化部門の設置：企業内ノウハウ

## 標準化従事者（機関）の評価

- 参加者（機関）の負担と情報享受者のバランス
- 標準化に従事することとその機関での内部評価は別
- 国・公的機関からの従事者評価⇒褒賞・受賞・資格制度

## 直近の課題

- 世代交代の必要性：多くの標準化従事者が企業から大学へそして引退（委員としての引き留め策：ノウハウ確保）
- 「製造は日本」とはいえなくなってゆく中での日本の役割？