

電子透かし技術の評価手法の標準化に関する調査研究

報告書（原案）

（財）デジタルコンテンツ協会

- 目 次 -

1 はじめに	3
1.1 調査研究の背景と目的	3
1.1.1 背景	3
1.1.2 目的	3
1.2 基本的な考え方	4
1.2.1 動画電子透かし技術の評価方法の課題	4
1.2.2 ガイドラインの策定方法	4
1.3 調査研究の進め方	5
1.3.1 研究委員会の設置	5
1.3.2 調査研究の流れ	6
2 動画電子透かし評価ガイドラインの概要	7
2.1 動画電子透かし	7
2.1.1 動画電子透かし方式の処理の流れ	11
2.1.2 製品状況	12
2.2 ガイドライン設計方針	14
2.2.1 設計方針	14
2.2.2 ガイドライン具体的化のアプローチ	17
2.3 ガイドライン構成	23
2.3.1 基本モデル	24
2.3.2 機能要件	27
2.3.3 保証レベル	30
2.4 評価用コンテンツ	31
2.4.1 望ましい評価用コンテンツの条件	31
2.4.2 評価用コンテンツの例	33
2.5 ガイドライン利用方法	34
3 基本モデル	41
3.1 流通モデル	41
3.1.1 放送	41
3.1.2 パッケージ	43
3.1.3 通信（ネットワーク配信）	44
3.2 脅威モデル	46
3.2.1 アナログコピー	46
3.2.2 デジタルコピー	47

4	画質	50
4.1	画質の機能要件	51
4.1.1	ガイドラインの考える画質とは	51
4.1.2	電子透かしの画質と耐性について	51
4.1.3	画質機能要件の考え方	51
4.2	画質の保証レベル	53
4.2.1	画質保証レベルの考え方	53
4.2.2	画質主観評価の方法	53
4.2.3	ガイドラインの画質評価法	61
4.2.4	実験の手順	61
5	耐性	84
5.1	耐性の機能要件	84
5.1.1	耐性の考え方	85
5.1.2	仕様と目標仕様	86
5.2	耐性の保証レベル	93
5.2.1	保証レベルと現状の考え方	93
5.2.2	保証レベルの提示	93
6	その他の要件	101
6.1	処理時間	101
6.1.1	処理時間の考え方	101
6.1.2	処理時間の評価条件	104
6.2	検出誤り	109
6.2.1	電子透かしの検出誤り	109
6.2.2	検出誤りの対策方法	110
6.3	埋め込み情報量	112
6.3.1	埋め込み情報量とは	112
6.3.2	埋め込み情報量の定義	113
7	おわりに	115
7.1	成果のまとめ	115
7.2	今後の課題	115

1 はじめに

1.1 調査研究の背景と目的

1.1.1 背景

e-Japan 計画（平成 13 年 1 月～）は発表後 2 回の拡充を経て、重点計画 2004 として IT 国家到達への重点施策が明確化されている。ブロードバンドインフラの基盤整備に始まるこの間での環境整備等の効果により、ネットワークコンテンツの流通市場においては、リッチコンテンツの配信等をベースとしたビジネス創造を模索する動きが顕在化してきた。ただし、一方では、不正にコピーされるのではという事業者側の懸念もあり、市場の立ち上がりが加速していないのも現状である。日本の成長産業であり、国際競争力を持ったコンテンツ産業が、健全に活性化していくために、事業者が安心してビジネスをできる環境、すなわち、コンテンツ流通における不正利用防止が、急務課題である。

1.1.2 目的

デジタルコンテンツの不正利用防止問題への対応策の一つとして、ネットワーク上のコンテンツ流通を監視・追跡する電子透かし技術への期待が大きい。電子透かしを利用すれば、著作権者や配布先名称などの情報をコンテンツに挿入することで、不正に暗号が解除されたコンテンツが流出した場合、不正に流出したコンテンツから不正者を特定することができる。

しかし、電子透かし製品は、これまで統一的な評価尺度がなく、製品性能が明らかにされてこなかった。このため、コンテンツの流通ビジネスで電子透かし技術を使おうと計画する事業者にとって、最大の懸念は、ベンダー各社が提供する製品が、事業視点で必要な性能を持っているのかがわからなかった。

事業者懸念を払拭し、今後、電子透かし技術を広くビジネスに適用するためには、効果的に不正利用を防止し、事業拡大に寄与するような、事業者視点での実効性評価方法のガイドライン創出が急務課題である。そこで、必要なる関連技術の調査研究を行い、上記ガイドラインを策定することを、本調査研究の目的とする。

1.2 基本的な考え方

1.2.1 動画電子透かし技術の評価方法の課題

電子透かし技術については、その性能の如何が事業者のビジネスに大きく影響するため、製品開発ベンダーの技術視点のみならず、それを活用する側の利用者（事業者）視点での両面で捉えることが不可欠となる。しかし、現在の電子透かし製品には、下記のような根本的レベルで解決すべき本質的課題が存在している。

- ・ 評価項目や評価レベルについて、業界としてのガイドラインや標準化されたものがなく、開発各社が独自に設定している
- ・ 現下の市場で想定されるような実際的な不正攻撃を反映したものではない
- ・ 評価項目に対するクリアレベルの設定も各社間で標準化されていないため、事業者（電子透かし製品のユーザ）が、使用に際して製品の使い勝手や優劣が分からない

そこで、将来の評価方法の標準化を見据え、数年先の技術レベルを評価するための技術指標を、事業者視点からまとめることが必要である。

1.2.2 ガイドラインの策定方法

上記課題を念頭に、下記のアプローチにより、ガイドラインを策定することとした。

- ・ 学識者、配信事業者、製品開発ベンダー参加により、動画電子透かし評価のガイドラインを策定するためのガイドライン策定委員会を設置、議論しながらガイドラインをブラッシュアップする。
- ・ 策定したガイドラインについて、評価確認実験を行い、その結果についてはガイドライン策定委員会において、レビューする。
- ・ 上記により策定、確認したガイドラインについては、第三者の評価を得るためにパブリックコメントを求め、耐性評価の標準手法としての完成度を高め、策定する。

また、本ガイドラインで頻出する事業者、およびベンダーについて、下記のように定義する。

- ・ 事業者：放送、媒体、通信などの映像配信サービスに関連する事業を計画、実施する者、あるいは、その実施の一部を代行する者をいう。事業者は、電子透かし製品

を利用する立場にある。

- ・ベンダー：電子透かし製品の開発や、電子透かし技術に関連したサービス・ソリューションの提案を行い、これらを事業者を提供する立場にある者をいう。

1.3 調査研究の進め方

1.3.1 研究委員会の設置

本調査研究では、財団法人デジタルコンテンツ協会（以下 DCAj）内に、ガイドライン策定委員会を設置した。本委員会の構成員他メンバーを表 1.3(1)に示す。

表 1.3(1)：ガイドライン策定委員会 他メンバー

区分	氏名	所属等
委員長	苗村憲司	慶応大学大学院 政策メディア研究科 教授
委員	吉浦裕	電気通信大学 人間コミュニケーション学科 助教授
	堀明宏	日本テレビ放送網（株）技術統括局 チーフエンジニア
	刀根啓介	（株）ソリッドエクスチェンジ 取締役映像サービス部部長
	前川義巳	同 取締役ビジネス推進部室長
	田代彰	（株）ニフティ サービス本部本部長代理兼サービスクリエイション部長
	苔米地英人	コグニティブリサーチラボ（株）基礎研究所所長
	山田隆亮	（株）日立製作所 システム開発研究所 主任研究員
	越前功	同上 研究員
	平野秀幸	富士通（株）システムサポート部 研究員
	阿南泰三	（株）富士通研究所 ブロードバンド研究センター 主任研究員
	長谷川朗	（株）シーフォークテクノロジー セキュリティ事業本部課長
	佐藤智史	同上 研究員
	劉 整	同上 主管研究員
	山本優	日本IBM（株）ソフトウェア研究所 アーキテクト
オブザーバー	松下香苗	経済産業省商務情報政策局文化情報関連産業課課長補佐
DCAj	木村勇	（財）デジタルコンテンツ協会 流通環境整備部 部長
	倉田道夫	同上 研究主幹

1.3.2 調査研究の流れ

本委員会での討議内容を表 1.3(2)に示す。

表 1.3(2)：研究委員会での討議内容

回	開催日	会場	討議内容
1	平成 16 年 11 月 5 日	DCAj 会議室	<ul style="list-style-type: none"> 委員会検討の趣旨説明、体制等 ガイドライン案検討要領について 検討要点、目標成果等の検討
2	平成 16 年 11 月 25 日	DCAj 会議室	<ul style="list-style-type: none"> ガイドライン案創出、設計の考え方等 画質評価実験に対する要望と審議
3	平成 16 年 12 月 10 日	DCAj 会議室	<ul style="list-style-type: none"> ガイドライン案設計方針（第 1 回、第 2 回委員会指摘を踏まえた要点確認） 画質評価ガイドライン案 評価実験の概要 耐性評価ガイドライン案
4	平成 17 年 1 月 14 日	DCAj 会議室	<ul style="list-style-type: none"> ガイドラインの全体概要、考え方の確認 画質評価、耐性評価、その他の要件の確認
5	平成 17 年 2 月 4 日	DCAj 会議室	<ul style="list-style-type: none"> ガイドライン内容の確認 評価実験実施報告
6	平成 17 年 3 月	DCAj 会議室	予定
7	平成 17 年 3 月	DCAj 会議室	予定

2 動画電子透かし評価ガイドラインの概要

2.1 動画電子透かし

電子透かしは、人間には知覚できない微少な変更をコンテンツに加えることで、コンテンツに情報を不可分に埋め込み、その情報を検出する技術である。電子透かしは図 2.1(1)に示すように情報の挿入と検出の 2 つの処理から構成される。情報の挿入では、コンテンツが動画像の場合、動画像を構成するフレーム画像の明るさや色に微少な変更を加えることで情報を挿入する。情報の検出では、フレーム画像に付加された変更を読み取ることで、挿入した情報を検出する。圧縮や変形などの処理が施された動画像からも情報を検出することが可能である [Cox01, 松井 98, 佐々木 00, 瀬戸 03]。電子透かしによりコンテンツに挿入された情報は、当該コンテンツとは一体不可分の状態なので、電子透かしが挿入されたコンテンツから挿入情報を取り除くことは一般には困難であり、挿入情報を取り除けたとしても、コンテンツの品質を大きく損なうこととなる。また、電子透かしは挿入時と検出時のみ専用の処理が必要だが、流通過程においては、特別な処理を必要としない。すなわち、従来の流通経路を大きく変更することなく、電子透かしによる処理を付加することができる。

電子透かしを利用すれば、著作権者や配布先名称などの情報をコンテンツに挿入することで、不正に暗号が解除されたコンテンツが流出した場合、不正に流出したコンテンツから不正者を特定することで、不正流通を抑止することができる。すなわち、不正コンテンツの追跡が可能となる。また、その他の用途として、コピーの可否や回数制限などの情報をコンテンツに挿入し、コンテンツのコピーおよび再生制御を検出器と連動した制御装置により制御するといったことも可能である。

このように電子透かしは、暗号や認証が対処できなかった復号後の不正行為に対処可能な技術であり、暗号、認証などの従来技術に電子透かしを組み合わせることで、強固な著作権保護が可能になる。

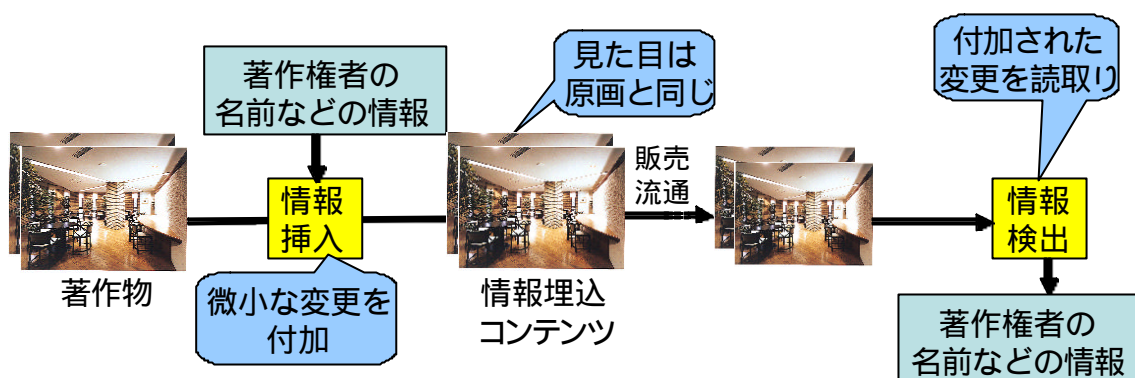


図 2.1(1) : 動画電子透かしの概要

図 2.1(2)を用いて電子透かしの代表的な用途を説明する。ここでは、著作権者 A が購入者 B に映像コンテンツを販売する場面を想定する。著作権者は、電子透かしを用いて、コンテンツに自分の ID (識別情報) である A および、配布先の ID である B を挿入した後、これを B に送付する。電子透かしを挿入したコンテンツは、原画コンテンツと見た目の区別がつかないので、購入者 B は原画コンテンツと同様に電子透かし挿入コンテンツを鑑賞できる。もし、購入者 B がコンテンツの不正コピーおよび販売、配布を行った場合、不正コピーされたコンテンツが二次流通することになる。例えば、購入者 B が購入した映像コンテンツを加工した後、自分の Web Page に Upload して、不特定多数がアクセスできる状態にするといった行為が考えられる。このような場合、監査機関、または著作権者 A が不正に Upload されたコンテンツを抽出できれば、電子透かしを用いて、挿入した情報すなわち、A と B を検出することができる。この検出情報から、不正に Upload されたコンテンツの著作権者は A であり、流出元は購入者 B であると判断できるので、B に対してコンテンツの販売を停止するなどの措置をとることができる。

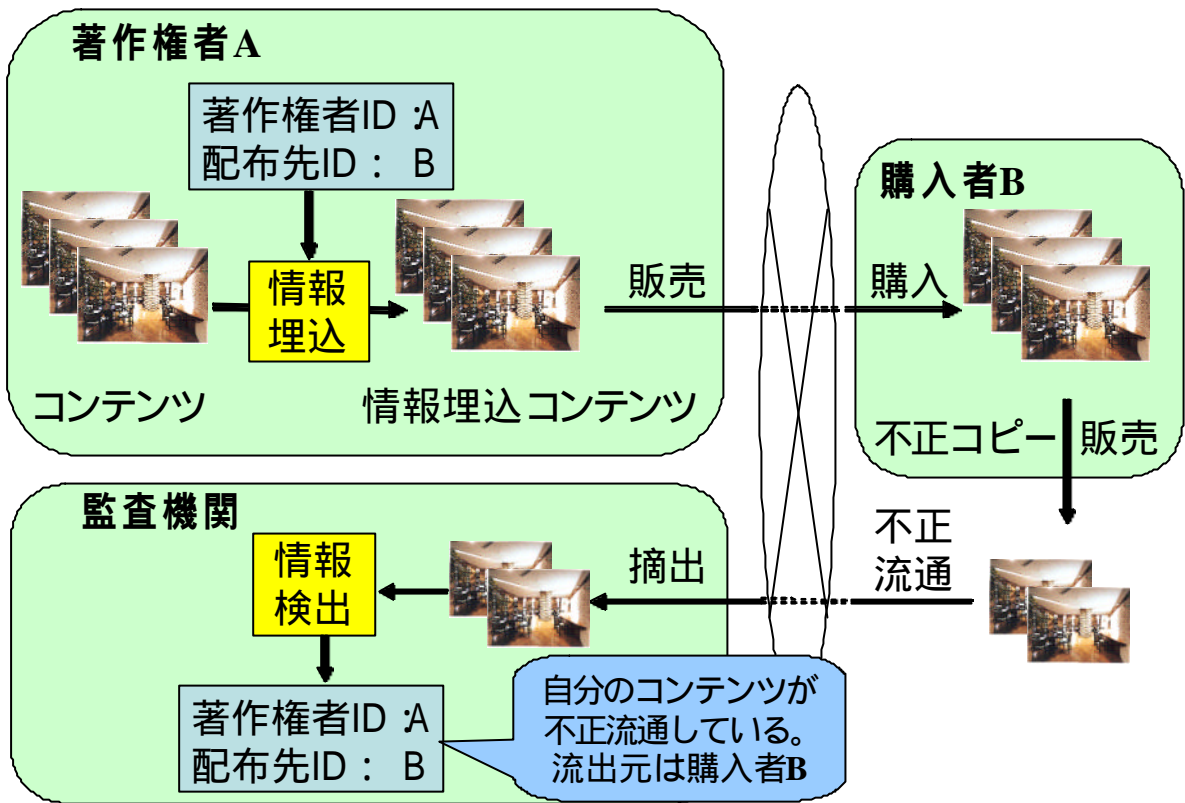


図 2.1 (2) : 動画電子透かしの代表的な用途

表 2.1(1)は、電子透かしの主な用途を纏めたものである。これらは文献[佐々木 00, 瀬戸 03]に記載されている。表のうち、「著作権の主張」および「不正コピー者の特定」は、図 2.1(2)で述べた用途に対応している。「著作権の主張」は、著作権者の ID を挿入することでコンテンツに対する著作権の確認や主張を可能とし、「著作権者の問合せ」は、コンテンツに著作権者の ID を挿入することで、善良な第三者が出元不明のコンテンツを利用したい場合に、著作権者に問い合わせ可能とするものである。また、「不正コピー者の特定」は、配布先の ID を挿入することで、不正コピーされたコンテンツから不正コピー者を特定可能にする。「機器制御」では、例えば、「コピー不可」「1 回だけコピー可能」などの制御情報をコンテンツに挿入し、レコーダに電子透かしの検出装置を装備しておくことで、コピーの可否判定や回数制御を行う。「改ざん検知」は、事故現場の証拠写真などの不正な改変(改ざん)を検知するもので、コンテンツが作成された時点の特徴値などを挿入し、これを利用時点での特徴値と比較することで、コンテンツの改竄を検知可能とする。

表 2.1(1) : 電子透かしの用途

用途	挿入情報	挿入情報の利用方法
著作権の主張	著作権者の ID (識別子)	コンテンツに対する著作権の確認
著作権者の問合せ	著作権者の ID	著作権者の問合せ
不正コピー者の特定	購入者の ID、端末の ID	不正コピーされたコンテンツから不正者を特定
機器制御	レコーダやビューワなどへの制御コード	コピーやディスクセーブの可否をコンテンツごとに指定
改ざん検知	コンテンツの正当性チェック情報	改ざんの検知

2.1.1 動画電子透かし方式の処理の流れ

図 2.1(3)を用いて、動画電子透かし方式の処理の流れの一例を説明する。この例は、コンテンツ ID の標準化を推進するコンテンツ ID フォーラム (cIDf) [CI_URL] で取り上げられているフレームワークを参照した処理の一例を表したものである。ここでは、利用許諾者 (著作権者) が利用者 (購入者) にコンテンツを販売する場面を想定する。利用許諾者は、利用者に販売する際、事前に、販売するコンテンツと配布元 / 配布先情報、許諾情報などの関係情報を電子透かしサービスセンタ (仮称) に送付し、コンテンツへの電子透かし挿入を申請する。電子透かしサービスセンタは、利用許諾者からの申請を受け、送付されたコンテンツと関係情報に基づいて、コンテンツ許諾条件 ID を生成し、当該 ID を電子透かしにより挿入し、利用許諾者に送り返す。利用許諾者は、電子透かし挿入コンテンツを受け取り、利用者に販売する。

利用者が当該コンテンツの権利許諾状態を確認する際には、電子透かしサービスセンタに当該コンテンツを送付するか、利用者側で当該コンテンツから電子透かし検出を行い、検出したコンテンツ許諾条件 ID を電子透かしサービスセンタに送付することで、電子透かしサービスセンタは、当該コンテンツの許諾情報を特定し、利用者に送付する。これにより、コンテンツの権利許諾状態の照会が可能になる。

また、利用者がコンテンツの不正コピーおよび不正な販売を行なった際には、不正コピーされたコンテンツが流通することになるが、Web 上のあらゆるコンテンツから電子透かしを検出するネットポリスによって、流通コンテンツから検出されたコンテンツ許諾条件 ID と、コンテンツが置かれた Web Page の URL などの関連情報を電子透かしサービスセンタに送付することで、当該コンテンツの正当性が判定され、不正と判定された場合には、不正流出元 (配布先情報から特定) に対して、コンテンツの販売を停止するなどの措置により、不正流出を抑止することが可能になる。

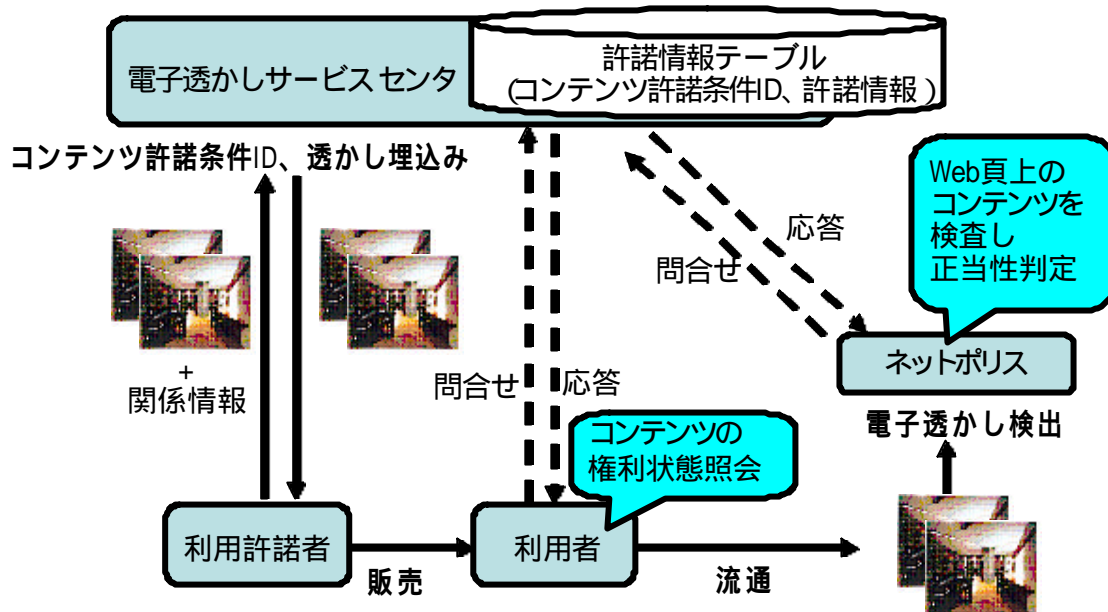


図 2.1 (3) : 動画電子透かし方式の処理の流れ

2.1.2 製品状況

表 2.1(2)に動画電子透かしの製品状況の一部を示す。表に示すように、株式会社シーフォーテクノロジー (C4T)が acuagraphy という製品名称で、動画電子透かし埋め込み・検出のアプリケーションソフトウェア、およびミドルウェアを提供している[C4_URL]。また、株式会社サンモアテックは、SysCop という電子透かし製品群の中で、アプリケーションソフトウェア (製品名称: SysCop Writer/Reader)、SDK (製品名称: SysCop SDK)、およびプラグイン (製品名称: SysCop Plugin) を製品提供している[SU_URL]。株式会社富士通インフォソフトテクノロジーでは、電子透かしシステムという製品名称でアプリケーションソフトを製品提供している[FI_URL]。日本アイ・ビー・エム株式会社では、個別にサービスを提供している[IB_URL]。株式会社日立製作所では、動画電子透かしプログラムという製品名称でアプリケーションソフト、および SDK を用いたソリューションを提供している[HI_URL]。

表中の提供形態について、ここでは同一書式で表に纏めてあるが、必ずしも各社の製品の形態を正確に表していないことに留意されたい。詳細については、各社カタログなどを参照のこと。

表 2.1(2) : 製品状況 (一部)

製品名	ベンダー	提供形態
acuagraphy	株式会社シーフォーテクノロ ジー	アプリケーション、ミド ルウェア
SysCop	株式会社サンモアテック	アプリケーション、SDK、 プラグイン
電子透かしシステム	株式会社富士通インフォソフ トテクノロジー	アプリケーション
特になし (技術総称 : DataHiding(TM))	日本アイ・ビー・エム株式会社	個別に対応
動画電子透かしプログラム	株式会社日立製作所	アプリケーション、SDK

2.2 ガイドライン設計方針

本節では、ガイドライン策定にあたっての設計方針、具体化へのアプローチについて述べる。

2.2.1 設計方針

動画電子透かし評価方法のガイドライン策定にあたっては、今後、評価方法が標準化されることも見据えて、現状、ベンダー各社でばらつきのある動画電子透かしの機能を、事業者視点から整理する必要がある。さらに、中期的視野で、動画電子透かしが備えるべき機能、および性能を纏める際の目標仕様を明確化することも必要である。そこで、下記の方針に従って、動画電子透かし製品に共通に求められる機能要件をリストアップするとともに、動画電子透かし製品が備えるべき目標仕様を策定する。

- (1) 動画電子透かし製品の機能要件のリストアップ：ベンダー各社が提供する動画電子透かし製品の仕様は、現状、各社でばらついており、カタログ記載項目、当該項目に関する評価内容や評価方法をとっても、各社が個別に記載項目を定義し、独自の評価を行なっている。このため、事業者にとって、各社の電子透かし製品の使い勝手や優劣が分かりにくいといった問題があった。そこで、ベンダー各社で現状製品の性能範囲について、共通な機能項目を列挙し、各社で異なる項目については調整することで、電子透かし製品に共通に求められる機能要件を整理するとともに、整理した個々の機能要件を定義する仕様についても策定する。仕様の策定にあたっては、学会他で認知されている標準仕様（デファクト仕様を含む）がある場合は、原則、当該仕様に準拠させるが、上記標準仕様があっても、一般的ではないと想定される仕様は、見直し利用するものとする。
- (2) 動画電子透かし製品が備えるべき目標仕様の策定：(1)で検討、策定した機能要件を定義する仕様は、現状製品の性能範囲に関するものであるが、ガイドライン創出の目的を鑑みると、中期的視野での実現目標（サービス範囲）についても考慮する必要がある。そこで、2～3年後の中期的視野を見据えた電子透かし製品の目標仕様を策定する。

図 2.2(1)は、本ガイドラインで検討、策定する機能要件、仕様、および目標仕様の位置づけを、「市場での情報公開度」と、「情報の深度」という考え方の関係から模式的に示した図である。ここでいう情報の深度とは、一般にはあまり使われない用語であるが、ここ

では、情報の奥深さを表す度合いとして用いる。情報の深度が大きい情報は、深度の浅い情報を包含した上で、より詳細な情報を提供する。例えば、情報の深度において、 $A < B$ と表現された2つの情報があったとき、Bは、Aに加えて+の何らかの情報を提示している、あるいは、提示することが期待されている種類の情報を示す。

図中の「機能要件」は、現状の動画電子透かし製品に共通に求められる基本機能であるため、製品カタログに記載される一般に入手可能な情報であり、市場での情報公開度は高い。例えば、「動画電子透かし製品はMPEG-2圧縮耐性がある」などが挙げられる。

図中の「仕様」は、「機能要件」を定義する性能の数値範囲などの具体情報であり、「機能要件」に比べて情報公開度は低い。例えば、「動画電子透かし製品は、SDTV(720×480ピクセル、フレームレート29.97fps)の動画像をビットレート6MbpsでMPEG-2圧縮した場合に耐性を持つ」などが挙げられる。

図中の「目標仕様」は、中期的視野を見据えた電子透かし製品の実現目標となる仕様であり、本ガイドラインで策定するものであるが、ベンダー各社が現在提供している電子透かし製品に固有な性能限界とも関連がある。そこで、市場の情報公開度が特に低いものについては、製品固有の特定情報である「保証レベル」とし、その公開については、ベンダー各社が個別に判断するものとする。

ここで、「機能要件」、「仕様」、「目標仕様」、「保証レベル」のそれぞれの情報は、「市場での情報公開度」の順にある。これらの技術情報を「情報の深度」の観点から眺めると、「仕様」は、「機能要件」を詳細に定義する情報なので、「機能要件」より、深度が大きい。また、目標仕様は、「仕様」よりも、詳細に「機能要件」を定義するので、さらに、深度が大きい。一方、「保証レベル」は、これらの関係とは一概に比較できない。「保証レベル」は、機能要件を達成している度合いを示す情報なので、縦軸の定義(機能要件を包含して、さらに追加する情報がある、あるいは、情報が奥深い)に、必ずしも当てはまらない。ここでは、簡易表記のため、同一の図の上に書き表しているが、「保証レベル」についての「情報の深度」を定義するものではない。

電子透かし製品の提供する性能限界は、事業者が知るべき情報である。しかし、性能限界が一般公開されると、電子透かしアルゴリズムが類推されやすくなるなど、ハッカーに対して攻撃目標を与えることになりかねない。このため、保証レベルを一般公開することが難しい。そこで、保証レベルは、製品ごとに個別にベンダーに問い合わせることが、現状のビジネススタイルとなっている。

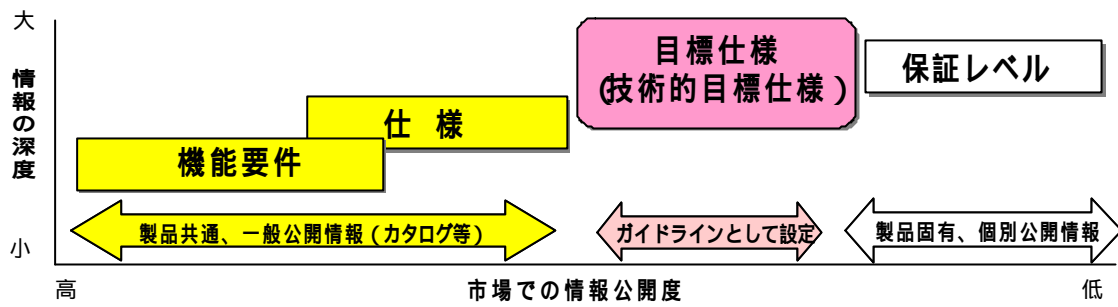


図 2.2(1) : ガイドラインにおける動画電子透かし技術情報の取り扱い

2.2.2 ガイドライン具体的化のアプローチ

2.2.1 節に記載の評価ガイドライン設計方針に基づき、技術的目標仕様を具体化するアプローチを以下に記す。

動画電子透かし製品を利用するビジネス上の課題の一つは、製品に関する開示情報の品質にバラツキ（性能や品質に関する非公開情報が多く、公開情報であっても定量化されていない等）あり、ベンダー主導による情報が提供されていることにある。本ガイドラインは、前記課題を改善し、さらに、ベンダーと事業者の両方の目線で、動画電子透かし製品を評価可能とする、実効的な情報提供手段の指標作りを目指している。

動画電子透かし製品の評価を可能とする要素として、画質と攻撃耐性が重要となる。画質と攻撃耐性に関し、事業者視点の目線から、想定される流通形態に関するモデルを策定し、ベンダーの目線で、技術的目標仕様を具体化可能とする手段を検討した。

この手段の実現にあたって、(1) 想定される流通形態に関するモデルと目標仕様の関連性を明示可能とし、(2) 電子透かしをコンテンツ流通時の個体識別用途として適用する場合の品質の考え方をISOなど標準規格に準じて明文化することが重要となる。

そこで、セキュリティ分野にて、製品保証時などに広く利用され、本ガイドラインでの考え方に方向性が一致している、CC（Common Criteria：評価共通基準認定）の考え方を参考にして、取り込み可能な内容範囲を検討し、ガイドライン具体化のアプローチをとった。

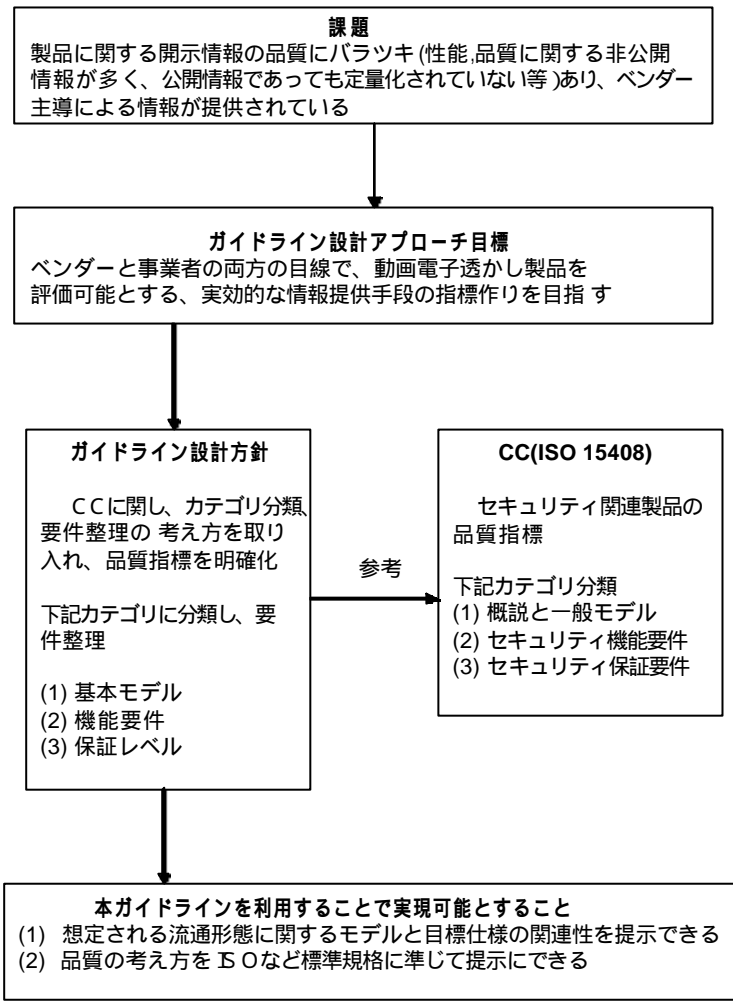


図 2.2 (2) : ガイドライン具体化のアプローチ

CCとは、セキュリティ関連の品質指標を策定する目的で、1999年6月、“ISO 15408”が成立、その中で示されている、具体的な指標である。

本ガイドラインでは、CCの考え方を取入れ、電子透かしをビジネスで活用可能とする、製品品質目安を提供する手段の指標を策定している。具体的には、カテゴリ(基本モデル、機能要件、保証レベル)策定により、製品の適切なビジネス利用モデル、最適な性能見積もりを可能としている。本指標は、電子透かしを利用する事業者間において、電子透かし製品の適正利用を促進でき、更なるビジネス活用を期待できると考えている。

- ・ 基本モデル

ITセキュリティ評価の概念や方針を参考に、電子透かしが利用される、一般モデルを規定し、電子透かし機能を確保するための枠組みを記す。具体的には、脆弱性分析、機能要件、保障要件等を規定する。

- ・ 機能要件

製品やシステムが備えるべき、電子透かし機能(画質、攻撃耐性など)に関する要件を列記し、ベンダーが提供する製品情報(カタログなど)の品質を平準化する。

- ・ 保証レベル

製品やシステムにおいて、上記の機能要件が間違いなく実装されており、機能を果たしうることを保証するための保証度合いを記す。

表 2.2(1) : CCの考え方を取り入れたガイドラインの基本構成

パート	構成
基本モデル	電子透かし機能を確保するための枠組み(機能要件と保証レベルの関連)
機能要件	製品やシステムが備えるべき、機能要件のカタログ
保証レベル	製品やシステムが機能を果たしうることを保証するための保証度合い

表 2.2(2) : 本ガイドラインと CC との比較概要

	比較項目	本ガイドライン	CC
1	構成	3 カテゴリ (1) 基本モデル (2) 機能要件 (3) 保証レベル	3 カテゴリ (1) 概説と一般モデル (2) セキュリティ機能要件 (3) セキュリティ保証要件
2	目的	動画電子透かしの評価指標を明確化すること	製品のセキュリティ強度を定量化すること
3	運用	事業者、ベンダーの両者合意の決定による	第 3 者認定機関による運用を原則とする
4	効果	事業者、ベンダーの 2 者間で齟齬なく、動画電子透かしのビジネス活用が可能となる	第 3 者を交えることで、厳格な品質管理が可能となる

CC に関する補足

CC(Common Criteria: <http://www.commoncriteria.org> 参照)はセキュリティ要件のカatalogとして、1999年6月に”IS015408”として適用開始されている。これは、IT製品やシステムに必要なセキュリティ対策の要件を規定したものであり、Part1からPart3の3部構成で提供している。

Part1「概説と一般モデル」

- * 概説、共通ルーツを記載

Part2「セキュリティ機能要件」

- * 一般的に考えられるセキュリティ機能要件を一覧にして記載
- * 機能要件を分類(「クラス」「ファミリー」「コンポーネント」)

Part3「セキュリティ保証要件」

- * セキュリティ機能がどの程度正しく実装されているかを確認し、保証するための要件を一覧にして記載
- * 機能要件と同様に分類(「クラス」「ファミリー」「コンポーネント」)
- * EAL(Evaluation Assurance Level)：保障要件をセットにした7段階の評価保証レベル
 - ・ EAL1~EAL7までの7段階(民生用途は最高EAL4、それ以上は軍需用途が主)
 - ・ EALはセキュリティ実装の尺度であり、セキュリティ機能自体の尺度ではないことに注意

CCの認証スキームは、国ごとに認定機関・認証機関が設立され、日本でも独立行政法人情報処理推進機構(IPA: <http://www.ipa.go.jp/about/jigyoshokai/security.html>)が運用している。2003年10月末、CCRA(Common Criteria Recognition Agreement)に正式加盟したことが発表され、日本とCCRA加盟国間での認証の相互承認が可能になった。現時点CCの課題は、費用面や評価期間などであり、今後の取り組みに期待される。

CCとは (機能要件、EALについて)

機能要件 (一部抜粋)			評価対象レベルEALと対応する 保証コンポーネント (一部抜粋)										
機能 クラス	クラスの概要	ファミリー	保証 クラス	保証 ファミ リ	EAL 1	EAL 2	EAL 3	EAL 4	EAL 5	EAL 6	EAL 7		
FAU : セキュリティ 監査	セキュリティ事象に関連した情 報の認識、記録、保存分析に関 する要件	FAU_ARP:セキュリ ティ監査自動応答	ACM: 構成 管理	ACM _AUT				1	1	2	2		
		FAU_GEN:セキュリ ティ監査データ生成											
		FAU_SAA:セキュリ ティ監査データ分析			1	2	3	4	4	5	5		
		FAU_SAR:セキュリ ティ監査レビュー					1	2	3	3	3		
		FAU_SEL:セキュリ ティ監査事象選択					1	2	3	3	3		
		FAU_STG:セキュリ ティ監査事象格納											
FCO: 通信	データ通信時の関与者の識別 保証および否認防止に関する 要件	FCO_NRO:発信の 否認不可	ADO: 配布 と運 用	ADO _DEL		1	1	2	2	2	3		
		FCO_NRR:受信の 否認不可			1	1	1	1	1	1	1		
FCS:暗 号サ ポート	暗号鍵の生成・配布・失効など の管理および暗号化・復号化、 電子署名の生成・検証などの暗 号操作に関する要件	FCS_CKM:暗号鍵 管理											
		FCS_COP:暗号操 作											

引用：瀬戸洋一編：“ユビキタス時代の情報セキュリ
ティ技術”，日本工業出版，pp.208-209(2003)

図 2.2(3) : CC (ISO15408) 概要 (機能要件, EAL)

2.3 ガイドライン構成

前節の設計方針、アプローチに従って作成した本ガイドラインの構成を図 2.3(1)に示す。本ガイドラインの構成は、特定の電子透かし方式に依存しないことを前提とし、実用的な技術項目を列挙している。また、新たなパターン、要件が生じた場合に追記しやすいようにフレームワークを考慮している。図に示すように、本ガイドラインは、2.2.2 項で述べた Common Criteria の枠組みをアナロジーとして利用する（基本モデル、機能要件、保証レベル）。また、流通モデル/脅威モデルから構成される基本モデルや、画質評価方法、耐性評価方法などについて、個々に従来の研究成果を調査列挙し、有効な組み合わせを考慮した構成とする。

以下、本ガイドラインに関連する個々の項目について、具体的に説明する。

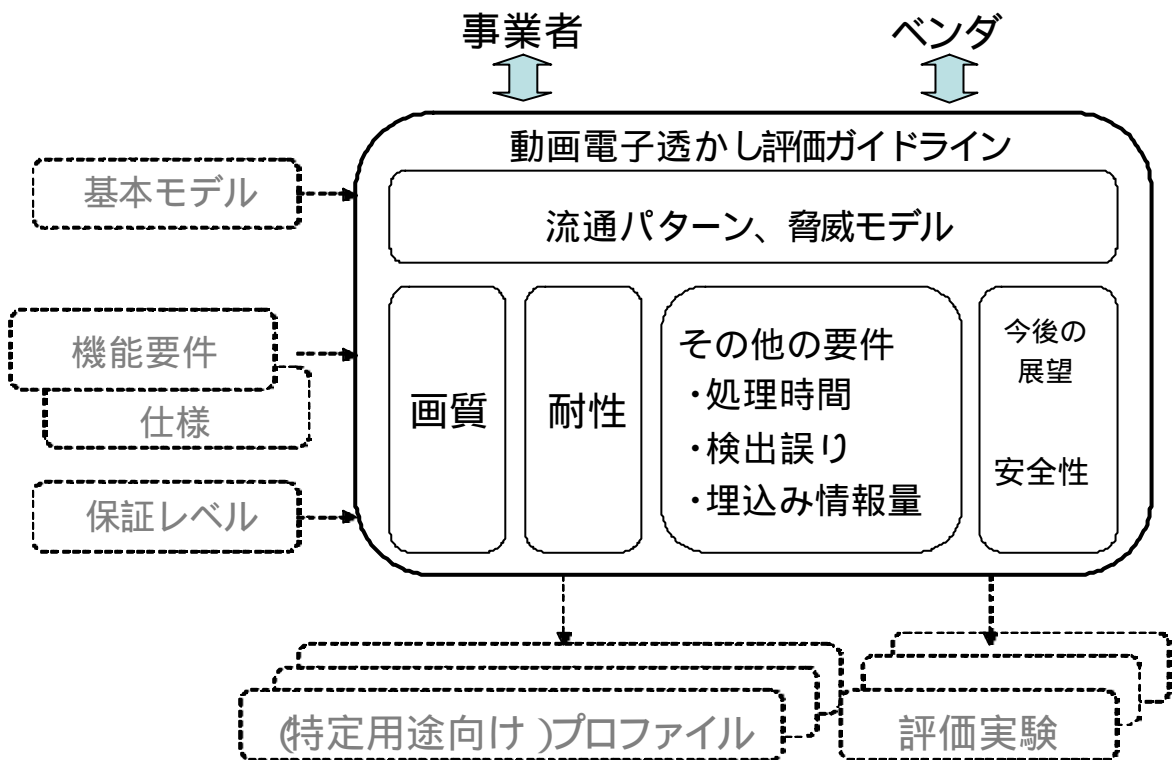


図 2.3(1) : ガイドラインの構成

2.3.1 基本モデル

基本モデルとは、電子透かしが使われる実際の場面を想定したモデルである。本ガイドラインにおいては、基本モデルでの電子透かしの利用場面を想定しながら、機能要件、保証レベルに相当する情報について整理、分析を行う。基本モデルは、記述しようとする事業ごとに、あるいは、脅威ごとに異なり、膨大な数の組合せが存在する。本ガイドラインでは、下記に示すようにコンテンツの流通形態を正規流通と不正流通に分類する。

- ・ 正規流通：

事業者が想定するビジネスにおける正常なコンテンツの流通経路

- ・ 不正流通：

不正手段により流通経路から漏洩したコンテンツの流通経路

さらに上で定義した流通形態に対して、具体的なモデルを取り上げ、電子透かしの利用方法、および電子透かしの受ける攻撃手段を明記する。

- ・ 流通モデル：

正規流通時のコンテンツの流通モデルを定義する。流通モデルは、事業形態によって様々であり、全てを列挙することは困難である。そこで、本ガイドラインでは、放送、パッケージ、通信（ネットワーク）の3分野からデジタルコンテンツの代表的な流通モデルを取り上げ、分析し、各々の流通過程における電子透かしの利用方法を明記する。

- ・ 脅威モデル：

事業者にとって、コンテンツの不正流通は脅威であり、その経路は前提とする流通モデルや不正行為者のレベルによって様々である、本ガイドラインでは、カジュアルコピーによる不正行為を前提として、アナログコピー経由、およびデジタルコピー経由における代表的な不正利用の脅威モデルを分析し、各々の脅威において、電子透かしの受ける攻撃手段を明記する。

図 2.3(2)に上述した流通形態とモデルとの関係図を示す。

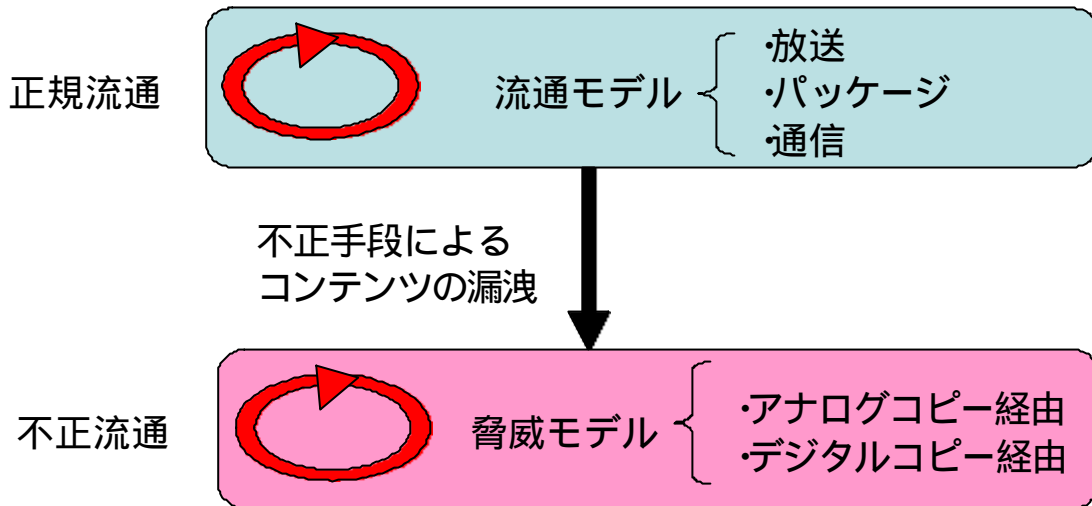


図 2.3(2) : 流通形態とモデル

図 2.3(3)、図 2.3(4)に流通モデル(通信)と脅威モデル(デジタルコピー経由)の一例をそれぞれ示す。図 2.3(3)に示すように、ネットワーク通信における流通モデルは、素材映像に対して電子透かしの挿入処理、および圧縮が施され、ユーザの各端末 PC にネットワーク経由で配信される流通経路となっている。図 2.3(4)に示すデジタルコピー経由による脅威モデルは、不正なデジタルコピーを経たコンテンツに対して、サイズ変更、再圧縮を施した後、不正に配信されるケースや、コンテンツに対して、映像の切出し、再圧縮を施した後に、不正に配信されるケースなどが考えられる。

本ガイドラインでは、正規流通、および不正流通に対応した代表的な流通モデル、脅威モデルを示したが、これらのモデルが全てではなく、事業者が自身のビジネスにおいて計画しているモデルを構築する際の参考例である。

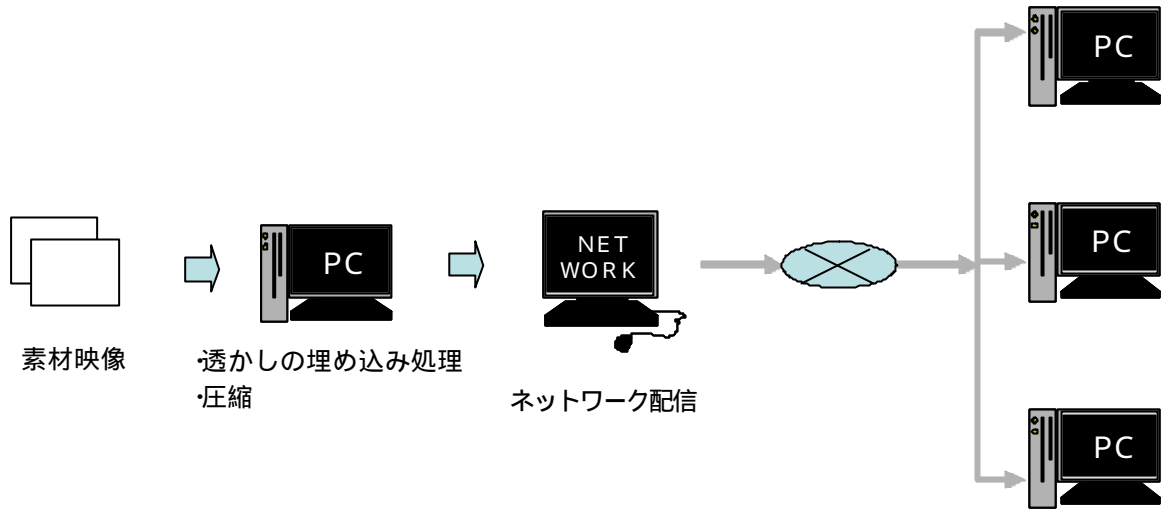


図 2.3 (3) : 流通モデルの例 (通信)

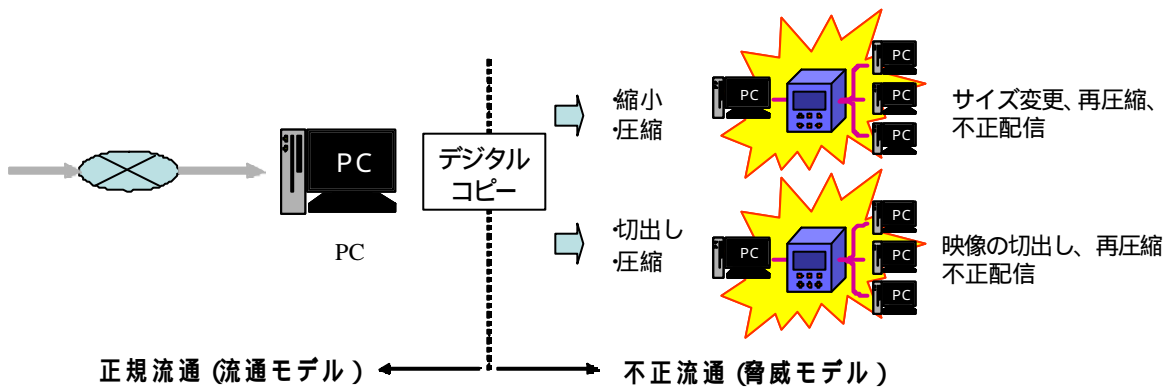


図 2.3 (4) : 脅威モデルの例 (デジタルコピー経由)

2.3.2 機能要件

機能要件とは、電子透かしが備えるべき機能を定義し、ベンダーのカatalogに掲載された情報を統一的に解釈するための基礎となる定義をまとめるものである。多様な業務用途、あるいは基本モデルに対応するため、機能要件は、ある程度幅の広い定義とならざるをえない。そこで、機能要件を、仕様を用いて、より具体的に定義する。仕様とは、機能要件を具体的かつ詳細に説明するための、指標、数値範囲などをいう。

前節で示した基本モデルにおいて、電子透かし技術に求められる機能要件として、下記項目を掲げる。

- ・ 画質
- ・ 耐性
- ・ 処理時間
- ・ 検出誤り
- ・ 埋め込み情報量

(1) 画質

画質に求められる要件を明らかにする。透かし埋め込みによる画像の視覚的な劣化と画像処理耐性との関係について検討するとともに、ガイドラインの考える画質、および画質を評価する手段である画質評価方法について分析を行なう。画質評価方法については、下記の考え方に基づき、客観評価手法と主観評価手法について具体的手法について調査列挙し、その有効性について検討を加える。

- ・ 世界的に認知された画質評価手法に根ざすもの
- ・ 動画電子透かし特有の性質に基づいて、動画電子透かしが適切に評価されるものであること
- ・ 事業者がガイドラインを参照することで、自身が動画電子透かしの画質を検証できること

(2) 耐性

耐性に関して、事業者がベンダーのカatalogを読むと困惑することが多い。現状の動画電子透かしにおける耐性評価の課題を調査すると、ベンダー各社で、評価内容、評価方法、カatalog記載項目にばらつきがあり、事業者が想定する流通モデルに対して、各社の電子透かし製品の使い勝手や優劣が分かりにくいといった問題があった。従って、事業者の懸念を払拭し、コンテンツ流通が活性化されるためには、事業者視点で、耐性評価のガイド

ラインを策定する必要がある。その具体化のアプローチとして、耐性評価項目に関する機能要件のリストアップを行う。

- (a) ベンダー各社により、各社共通な評価項目の要件を列挙し、各社で異なる要件については、調整を経て、共通要件として列挙する。
- (b) コンテンツの基本モデル（流通モデル、脅威モデル）を分析し、モデル毎に想定される機能要件に対して、事業者、学識者によるブラッシュアップを実施、耐性評価の標準化につながるガイドラインを策定する。

上記のアプローチによって、耐性の機能要件として、下記の5項目を掲げる。

- ・ 圧縮変換
- ・ アナログ変換 1
- ・ Down/Up Conversion
- ・ (上記以外の)画像処理
- ・ 組み合わせ処理

さらに、各機能要件に対する評価項目についても詳細に定めた。また、現状の電子透かし製品の性能範囲について、共通な機能項目である仕様について策定するとともに、2~3年後の中期的視野での実現目標である目標仕様についても、2.2.1 節で述べたガイドラインの設計方針に基づき、策定するものとする。

(3) 処理時間

電子透かしの処理時間は、事業者にとっての大きな関心事である。動画像コンテンツはデータ量が多いため、動画像コンテンツへの電子透かし挿入・検出における動画像処理時間の大小は、作業者の作業時間に直結するため、処理時間の早い遅いが、事業上の間接費の違いとなるケースも考えられる。処理時間の定義は、いくつかの文献により、その方法が提案されているものの、その表記方法が統一されていないのが現状である。そこで、下記の考え方にに基づき、処理時間に関する要件を纏める。

アプリケーションによる処理時間の定義として、下記4つを定義する。

- ・ 全体処理時間
- ・ 前処理時間

- ・ 本処理時間
- ・ 後処理時間

SDK、プラグインによる処理時間の定義は、上記(3)の本処理時間のみとする。

上記のどの処理時間を提示するかどうかは、ベンダーが、事業者の要望に合わせて個別に対応するが、製品形態がアプリケーションの場合は、全体処理時間を提示することを推奨し、SDK・プラグインの場合は、本処理時間の提示を推奨する。一方、電子透かし処理部分のパフォーマンスを明記する場合には、上記と併せて本処理時間の提示も推奨する。

(4) 検出誤り

検出誤りは、事業者によって求めるレベルが異なる。電子透かしにおける検出誤りの指標は2種類に大別される。情報を挿入した画像から情報を検出しない、または、情報を検出したがそれが誤りである場合を false negative と呼び、特に、後者をビット誤りと呼ぶ。false negative が発生した場合、例えば、検査対象から不正コピーを見逃してしまうことにつながる。一方、情報を挿入していない画像から情報を検出する場合を false positive と呼ぶ。また、false positive が発生した場合、例えば、コピー制御情報が挿入されていないコピーフリーのコンテンツからコピー禁止の情報を誤って検出し、正規の利用者が当該コンテンツをコピーできないといった脅威がある。電子透かし製品の、false positive、false negative とともに、適用する事業内容と照合して、充分小さい確率であることが望ましい。

(5) 埋め込み情報量

事業者にとって重要な点は自身の必要とする情報量が埋め込み、検出できることである。ところが、製品によって動画電子透かし方式は様々であり、埋め込み情報量を厳密に定義することは、現実的ではない。そこで、埋め込み情報量を提示する際には、“情報がどのような条件下で埋め込まれたか”を確認することが必要である。例えば、画像サイズ VGA、フレームレート 30fps、量子化サイズ 8bit、画像形式 4:2:2 の条件下で各フレームの輝度成分に 64 ビットを埋め込むなどが挙げられる。

2.3.3 保証レベル

機能要件を満たす製品があったとしても、ベンダーによって保証内容や、保証の度合いが異なる。製品がどの程度、機能要件を満たしてくれるかを保証する度合いを保証レベルという。保証レベルは、何段階かのレベルがあると思われるが、2.2.1節で述べたように、製品固有の特定情報であり、機密性が高いため、統一的な基準を作ることが難しい。そこで、画質、および耐性を例として、保証レベルの取り扱いに関する基本的な考え方を示す。

(1)画質

事業者はベンダー各社が用意している情報を基本的に受け取れるが、次のガイドライン記載事項に留意する。ベンダー各社は、現状、数値レベルによる保証内容は公開しておらず、かつ、画質の数値表現についても具体的な取り決めがない。そこで、本ガイドラインでは、主観画質評価実験により定まる評価値を画質の数値表現として推奨する（主観評価実験の内容については、4章を参照のこと）。この評価値は原則非公開であるが、事業者とベンダーの双方が入手容易なコンテンツにより評価を行ない、かつ、事業者が評価結果を求めた際には、ベンダーはこの評価値を提示するものである。

(2) 耐性

画質と同様に、ベンダー各社は、現状、数値レベルによる耐性保証内容は公開していない。業者はベンダー個別に、自身の要望を伝え、必要な評価を実施させるなどしている。耐性評価には多様なバリエーションがあるので、本ガイドラインにより、一元化した具体的な数値で電子透かしの耐性を保証することは現実的ではない。しかし、事業者は、ベンダー各社が個々に具体的な数値を用いて電子透かしの保証レベルの提示・説明を受ける場合には、その前提条件を、本ガイドラインと照合しながら、確認することができる。一方、ベンダーは、事業者とベンダーの双方が入手容易なコンテンツにより、評価を行ない、かつ、評価の前提条件とともに、検出率などの具体的な数値を用いて、電子透かし保証レベルを提示・説明することが望ましい。

2.4 評価用コンテンツ

2.4.1 望ましい評価用コンテンツの条件

(1) 評価用コンテンツを定義する理由

動画電子透かしの評価を行う場合、3.1 流通パターンや 3.2 脅威モデルと併せて、その前提条件となる評価用コンテンツの定義が必要となる。現在各社から提示される動画電子透かしのスペック表においては、耐性や画質に関するカタログ値の基準は各社ばらばらである。例えば A 社が実際に評価した評価用コンテンツを用いて、耐性、画質ともに A ランクの動画電子透かしであっても、B 社の評価用コンテンツを用いると、B ランクに下がるかもしれない。ガイドラインではこのような現状を踏まえて、評価用コンテンツを定義し、各社ばらばらの評価基準をできるだけ同一レベルにしたいと考えている。

ガイドラインの考える評価用コンテンツとしてのスタンスは二つある。

スタンス 1

透かしベンダーのカタログ値レベルを同等にするために、各社で評価に用いるコンテンツを統一する。

スタンス 2

サービス事業者が実際にサービスする場合に用いるコンテンツを使用して動画電子透かしの評価を行う。

スタンス 1 は、サービス事業者が各社の透かしの実力を公平に評価する時に大変重要なものである。

スタンス 2 は、実際にサービスを行う事業者が、自身のサービスコンテンツで動画電子透かしを評価することを薦めるものである。

ベンダー：下記の件を満たすことが望ましい。

- ・各社のカタログスペック値の基準を統一することが望ましい
- ・事業者と商談に入る前の時点では、各社で共通的に用いる評価用コンテンツで評価を行うことが望ましい。
- ・事業者と商談開始後は、事業者が実際にサービスを行うコンテンツで評価を行うことが望ましい。
- ・事業者はベンダーが試験したのと同じ評価用コンテンツを入手して、ベンダーの評価値の信頼性を確認してもよい。

事業者：下記の件を確認することが重要である。

- ・各社の動画電子透かしを調査する上では、共通コンテンツでの評価結果を参照することが重要。
- ・自身がサービスで使用するコンテンツで動画電子透かしの評価を行うことが重要。

(2) 評価用コンテンツの条件

ベンダーが共通的に同じコンテンツを使用して動画電子透かしの評価を行うためには、条件として、次の3つが重要である。

- 1．コンテンツの認知度が高い
- 2．コンテンツの入手が容易である
- 3．SD、HD サイズの非圧縮データの入手が可能

1、2については、透かしベンダーが評価を行うにあたって、各社が容易に入手でき、かつ世間的にオーソライズされた映像が望ましい。また3については、事業者のサービス形態にあわせて自由な圧縮率を設定可能な非圧縮のデータであることが望ましい。例えば、事業者は5Mbpsでの映像サービスを想定しているのに、評価用コンテンツが2Mbpsの圧縮画像しかなければ、正しい評価が難しくなる。

(3) 評価用コンテンツの恩恵

評価用コンテンツを統一することで、各社間での評価値の公平性が増し、サービス事業者は各社の動画電子透かしの評価値（スペック）を比べやすくなるメリットが生じる。また、ベンダーも評価が公平になり、自社の実力を正当にアピール可能となる。

2.4.2 評価用コンテンツの例

ガイドラインが推奨する評価用コンテンツ

ガイドラインでは、評価用コンテンツの例として次の代表的な3つを挙げる（評価用コンテンツの条件を満たすもの）。

- 1．ITE（映像メディア学会）のコンテンツ
- 2．SMPTE（映画テレビジョン技術者協会）のコンテンツ
- 3．ITU-R のコンテンツ

ただし、3のITU-Rのコンテンツにおいては、圧縮データのみでの提供になるので注意されたい。

評価用コンテンツ指定方法

透かしベンダーが動画電子透かし評価の値を提示する場合には、何の評価コンテンツを用いたのか明らかにすることが望ましい。ガイドラインでは次のコンテンツ指定方法を推奨する。

- 1．コンテンツの引用先の明記

例) ITE or SMPTE or ITU-R

- 2．コンテンツタイトルナンバー、タイトルの明記

例) No.1 瓶と果物 (Cognac and Fruit)

- 3．映像の使用区間

例) 先頭から 15 秒～30 秒

2.5 ガイドライン利用方法

本ガイドラインは、コンテンツの流通ビジネスを計画、実行する事業者において、製品各社が提供する電子透かし技術が、計画しているビジネスで想定される不正攻撃に対して、事業視点で耐えられる強度を持っているのかどうかを、事業者が判断するための指標を提供する。前節で述べた構成のガイドラインに基づけば、事業者は特定用途向けのプロファイル策定や評価実験を行い、想定するビジネスにおいて電子透かし技術を適用した場合の有効性を検証するだけでなく、複数の電子透かし製品の優劣を比較することで、最も適した電子透かし製品を選定することが可能になる。具体的なガイドラインの利用方法は下記の通りとなる。

事業者は、想定する基本モデルに応じて、ガイドライン内の下記項目をまず選択する。

- ・ 流通モデル
- ・ 脅威モデル

次に、選択したモデルに対応するガイドライン内の機能要件を精査し、必要な機能要件を選択する。そして、選択した機能要件に対応した仕様を精査・選択する。製品評価においては、ガイドラインに従って評価実験を実施、あるいは、ベンダーから提供された情報に基づいて評価を行う。

上記評価により、事業者は、想定する流通モデルにおいて、電子透かしの性能がどの程度得られているか知ることができる。十分な性能が得られていれば、安心してビジネス計画を推進していくことができる。一方、十分な性能が得られていない場合は、十分な性能が得られるように、他の透かし方式の利用や、基本モデルの再構築検討を行うなどの対策を講じることができる。

本ガイドラインの利用により、コンテンツ流通事業の実施に関する事業者懸念を払拭し、効果的に不正利用を防止する電子透かし技術を今後広くビジネスに適用することができる。また、電子透かし技術が広くビジネスに適用されることによって、近年顕在化してきたネットワークコンテンツの流通市場におけるリッチコンテンツの配信等をベースとしたビジネス創造の動きをより加速することができる。

本ガイドラインに基づいた電子透かし評価実験の具体例を図 2.4(1)～図 2.4(4)に示す。図は、ネット配信事業者が本ガイドラインを利用して画質および耐性評価実験を行なった例を表し、図 2.5(1)、図 2.5(2)は評価実験構築から評価結果取得までのフローチャート、図 2.5(3)は評価実験の概要図、図 2.5(4)は、ベンダーによる評価結果の纏め方の例を示す。以下、図 2.5(1)、図 2.5(2)のフローチャートに従って、具体的手順を説明する。

STEP1 で、事業者は、計画しているビジネスで想定される流通モデルが、ガイドライン内に記載されているか確認する。ガイドライン内に流通モデルが記載されている場合には、該当する流通モデル（放送 or パッケージ or 通信）を選択し、記載されていない場合には、ガイドラインを参考にして、流通モデルを定義する。ここでは、図 2.5(3)に示すように、事業者は、ガイドライン内からネットワーク通信の流通モデルを選択している。

STEP2 では、事業者は、想定する脅威モデルが、ガイドライン内に記載されているか確認する。STEP1 と同様に、ガイドライン内に該当する脅威モデルが記載されている場合には、該当する脅威モデル（アナログコピー経由 or デジタルコピー経由）を選択し、記載されていない場合には、ガイドラインを参考にして、脅威モデルを定義する。ここでは、図 2.5(3)に示すように、事業者は、ガイドライン内からデジタルコピー経由による脅威モデルを選択している。

STEP3 では、事業者は、選択または定義した流通モデルおよび脅威モデルに対応した機能要件、および仕様がガイドライン内にあるか確認する。ガイドライン内に該当する既往要件、仕様が記載されている場合には、該当する機能要件（圧縮変換 or アナログ変換 or Down/Up Conversion or 左記以外の画像処理 or 組み合わせ処理）仕様（フレームサイズ、フレームレート、ビットレート、変換方式など）を選択し、記載されていない場合には、ガイドラインを参考にして、機能要件および仕様を定義する。ここでは、図 2.5(3)に示すように、事業者は、ガイドライン内から SDTV（フレームサイズ 720×480、フレームレート 30fps）に電子透かしを挿入し、WMT 圧縮（ビットレート 2Mbps）により圧縮した動画像を、Down Conversion 変換により SDTV から QVGA（フレームサイズ 320×240、フレームレート 15fps）に変換されたケースを選択している。

STEP4 では、事業者は、上記で選択または定義した以外の前提条件（評価用コンテンツ、電子透かし挿入強度、電子透かし検出ポイント、画質評価ポイントなど）について、ガイドラインを参考にして決定する。ここでは、図 2.5(3)に示すように、事業者は、HDTV の標準画像から選定した動画像を SDTV に変換したものを評価用コンテンツとし、数通りの電子透かし強度により電子透かしを挿入している。また、電子透かし検出ポイントとして、電子透かし挿入直後の動画像から電子透かし検出を行なうケース（透かし検出）WMT 圧縮

直後に検出を行なうケース（透かし検出） Down Conversion 直後に検出を行なうケース（透かし検出）を設定し、画質評価ポイントとして、WMT 圧縮直後の画質評価を設定している。

上記 STEP を経て、事業者は、計画しているビジネスで想定される流通モデル、脅威モデル、機能要件、仕様、およびその他の前提条件を選択または定義し、評価実験に関する諸条件を取得する。

STEP5 では、事業者が設定した上記評価条件について、ベンダー側がこの条件に準拠した評価実験を既に行なっており、この評価の結果を持っているか、事業者がベンダーに確認する。ベンダーが評価結果を持っている場合は、ベンダーはその結果を事業者に提示するが、ベンダーが該当する評価実験を未実施で、評価結果を持っていない場合には、ベンダー側が上記評価条件に準拠した評価実験環境を構築して評価実験を行い、実験終了後に評価結果を事業者に提示する（または実験中に結果を順次提示する）。結果の提示例を図 2.4(4)に示す。図が示すように、画質評価については、各評価サンプルにおいて電子透かしの強度毎に画質評価の結果を提示するといった方法が考えられる。耐性評価については、画質評価と同様、各評価サンプルにおいて電子透かしの強度毎に電子透かしの検出率を提示するケースや、サンプル平均の後に強度毎の検出率を提示するケースなどが考えられる。また、透かし検出ポイントを毎に検出率を測定し、組み合わせ耐性として検出率を提示するケースも考えられる。ただし、電子透かしの検出率は、対象とする動画像の長さ（例：A 秒分の動画像） および電子透かし方式が 1 回の検出判定で必要とする動画像の長さ（例：1 回の検出に B 秒分の動画像を用いる）に依存するので（例：左記の条件で電子透かしが C 回検出された場合、検出率[%]= $C/(A/B) \times 100$ となる）事業者は、電子透かしの検出率測定の際には、これらの条件をベンダーに確認しておくことが重要である。

上記 STEP を経て、最終的に事業者は計画するビジネスにおいて動画電子透かし製品を適用した場合の性能指標を取得することが可能になる。また、事業者が、複数の電子透かし製品に対して上記手順を実効することにより、電子透かし製品の優劣を見極めることも可能になり、事業者が計画するビジネスに対して、より実効性のある電子透かし製品を選択することができる。

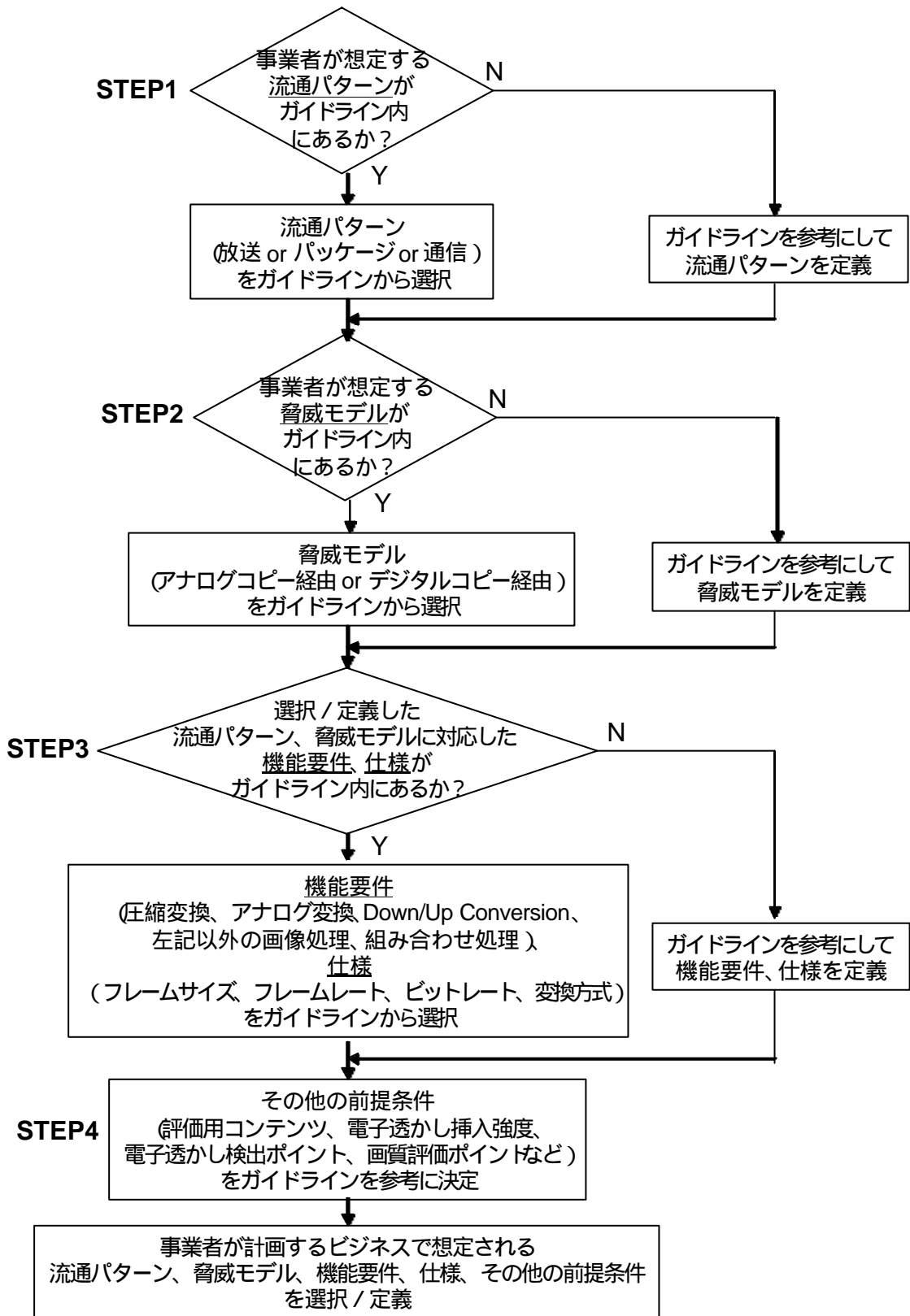


図 2.5(1) : ネット配信事業者がガイドラインを利用した評価実験の例 (フローチャート)

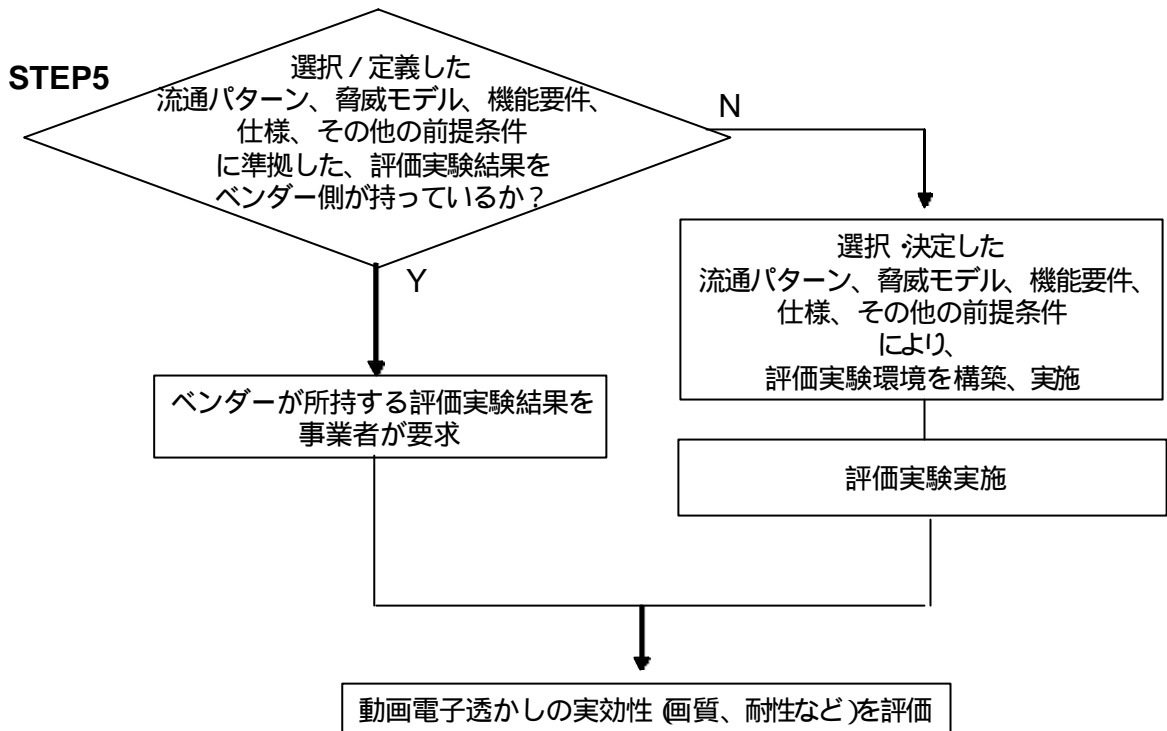


図 2.5 (2) : ネット配信事業者がガイドラインを利用した評価実験の例
(フローチャート続き)

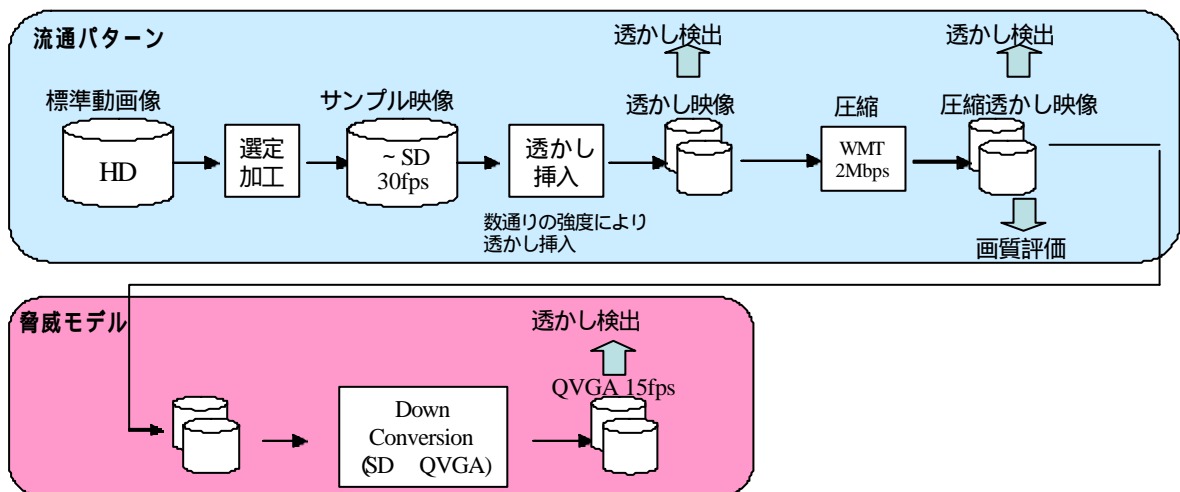
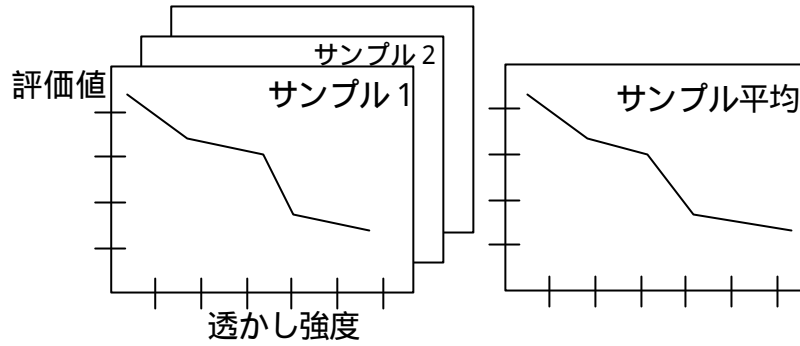
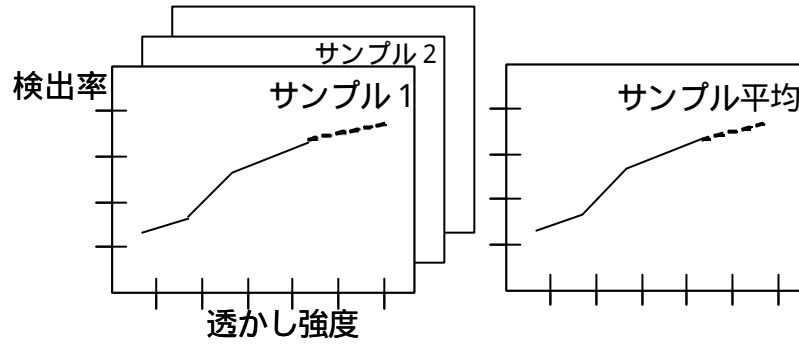


図 2.5 (3) : ネット配信事業者がガイドラインを利用した評価実験の例 (概要図)

透かし強度毎の画質評価値



透かし強度毎の透かし検出率



組み合わせ耐性に対する透かし検出率

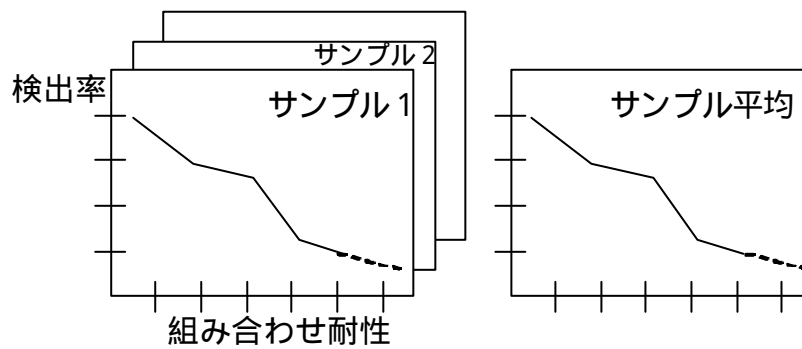


図 2.5 (4) : 評価結果の纏め方の例

2 章 参考文献

[Cox01] I. J. Cox, J. Bloom, M. Miller: Digital Watermarking, Morgan Kaufmann Pub, 2001.

[松井 98] 松井 甲子雄 :電子透かしの基礎, 森北出版株式会社, 1998.

[佐々木 00] 佐々木 良一、吉浦 裕、手塚 悟、三島 久典 :インターネット時代の情報セキュリティ --暗号と電子透かし--、共立出版、2000.

[瀬戸 03] 瀬戸 洋一編 : ユビキタス時代の情報セキュリティ技術、日本工業出版、2003.

[CI_URL] コンテンツ ID フォーラム: <http://www.cidf.org/japanese/index.html>

[C4_URL] 株式会社シーフォーテクノロジー:

<http://c4t.jp/products/middleware/acuagraphy/index.html>

[SU_URL] 株式会社サンモアテック: <http://www.sunmoretec.co.jp/products/syscop/>

[FI_URL] 株式会社富士通インフォテクノロジー:

<http://jp.fujitsu.com/group/ist/services/security/sukashi/index.html>

[IB_URL] 日本アイ・ビー・エム株式会社:

<http://www.research.ibm.com/trl/projects/RightsManagement/datahiding/index.htm>

[HI_URL] 株式会社日立製作所:

<http://www.hitachi.co.jp/Prod/vims/solutions/ssup/prsn/osf2008.pdf>

3 基本モデル

電子透かし透かしが使われる実際の場面を想定し流通モデルと脅威モデルを採り上げる。流通モデルとは、事業者が想定するビジネスにおける正常なコンテンツ流通経路のことである。脅威モデルとは、不正手段により流通経路から漏洩したコンテンツの流通経路のことである。本章ではこれらの詳細について述べる。

動画コンテンツの流通経路は、事業ごとあるいは脅威ごとに異なり、様々なパターンが存在する。よって、本ガイドラインにおいて、流通・脅威モデルの経路すべてを組み合わせ列挙することはできない。そこで、流通モデルから放送、パッケージ、通信（ネットワーク配信）の3つについて、脅威モデルからアナログコピー、デジタルコピーの2つについて、それぞれ現実社会を反映させた典型的な例を取り上げる。

ただし、単に放送といっても多種多様な業態がある。ここでは、電子透かしが使われる状況を想定し、一例として具体的数値範囲・変換方式をまとめる。

例えば、以降の章では MPEG-1[IS011172-2]を含まないが、この形式については、技術動向、市場を鑑みて、今回ガイドラインの対象から除外した。

望ましい動画コンテンツの条件として、認知度が高く入手しやすい SDTV、HDTV、QVGA の圧縮データという条件を挙げる。MPEG-1[IS011172-2]は、ビデオ CD の作成が主な利用目的であり、また今後 MPEG-1 は使われなくなっていくものと考え、本ガイドラインでは取り扱わないものとする。

3.1 流通モデル

流通モデルから放送、パッケージ、通信（ネットワーク配信）の例を1つずつ取り上げる。放送とはデジタル動画コンテンツの地上波および衛星放送のこと、パッケージとは DVD 販売用パッケージソフトの流通のこと、通信(ネットワーク配信)とはネットワークによる動画コンテンツの通信のことを指すこととする。

3.1.1 放送

図 3.1(1)は、デジタル放送(地上波および衛星放送)による動画コンテンツの流通モデルの一例である。

撮影カメラで撮影した映像を PC に取り込む。この段階で透かし埋め込み処理は行われることを想定。放送局では(電子透かし入り)動画コンテンツを、放送電波に乗せることにより放送する。

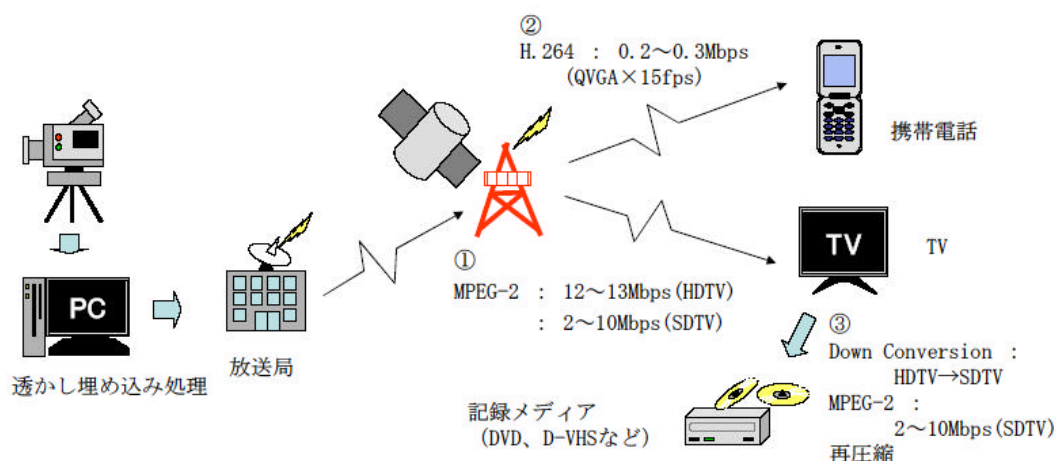


図 3.1(1) : 流通モデル・放送の例

再圧縮： 入力画像が圧縮画像である場合の画像圧縮のこと

表 3.1(1)は流通モデルである「放送」の数値範囲・変換方式想定をまとめたものである。

表 3.1(1) : 放送における
「ガイドライン検討の対象となる数値範囲・変換方式」

項目	数値範囲・変換方式	数値範囲・変換方式想定理由
MPEG-2 [ISO13818-2]	12~13Mbps(HDTV) 2~10Mbps(SDTV)	放送用圧縮では、主に MPEG-2(HDTV, SDTV) が使われる。ビットレートは現行のビジネスモデルから想定。
H.264 [H.264]	0.2~0.3Mbps (QVGA x 15fps)	携帯電話へのデジタル放送は、現在、主に利用されている QVGA x 15fps、0.2 x 0.3Mbps を選出する。
Down Conversion	HDTV SDTV	TV で受信した HDTV の動画デジタルコンテンツは、DVD や D-VHS へ記録の際、SDTV サイズに縮小されることがある。
MPEG-2 [ISO13818-2]	2~10Mbps(SDTV)	DVD に使われているフォーマット MP@ML(Main Profile @ Main Level)である SDTV(720 x 480 x 29.97fps)とする。ビットレートは、ビジネスの観点から 2~10Mbps とする。

3.1.2 パッケージ

図 3.1(2)は、DVD 販売用パッケージによる動画コンテンツの流通モデルの一例である。パッケージ化する映像素材を PC に取り込む。コンテンツへの透かし埋め込みはこの段階で行われる。DVD ビデオは、映像圧縮に MPEG-2 規格を採用していて、SDTV がよく利用されている。今後、DVD の後継として予想される大容量光ディスク規格の HD DVD(High Definition DVD)の販売も考慮し、H.264(HDTV)も想定する。



図 3.1(2) : 流通モデル・パッケージの例

表 3.1(2)は流通モデルである「パッケージ」の数値範囲・変換方式想定をまとめたものである。

表 3.1(2) : パッケージにおける
「ガイドライン検討の対象となる数値範囲・変換方式」

項目	数値範囲・変換方式	数値範囲・変換方式想定理由
MPEG-2 [ISO13818-2]	2～10Mbps(SDTV)	販売用パッケージとして、DVD は MPEG-2 の SDTV、ビットレート 2～10Mbps が利用されている。
H.264 [H.264]	約 7～12Mbps (HDTV)	今後、HD DVD の販売も考慮し、H.264(HDTV) を想定。ビットレートは、2～3 年後を想定し、約 7～12Mbps とする。

3.1.3 通信（ネットワーク配信）

図 3.1(3)は、通信(ネットワーク配信)における動画コンテンツの流通モデルの一例である。

圧縮形式として MPEG-2、WMV(Windows Media Video)、RV(Real Video)を想定する。

ネットワーク配信による動画コンテンツの流通は、アナログモデム、ISDN、SDSL、CATV インターネット、光ファイバーとインターネットの接続環境はどんどん速くなっている。多くの圧縮形式による動画コンテンツが流通の対象となっている。

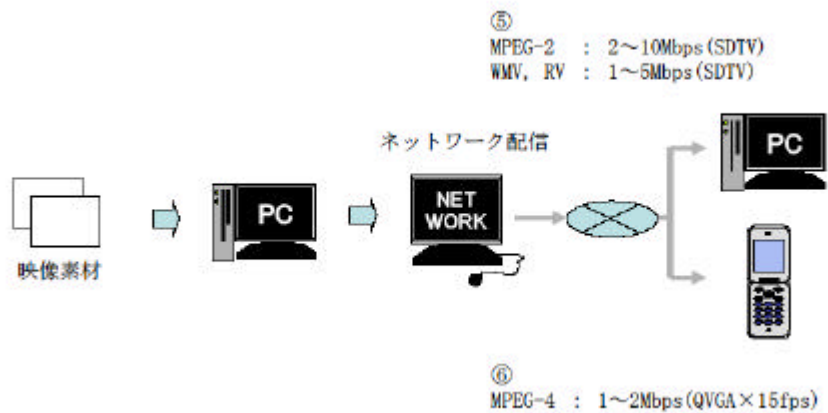


図 3.1(3) : 流通モデル・通信(ネットワーク配信)の例

表 3.1(3)は流通モデルである「通信(ネットワーク配信)」の数値範囲・変換方式想定
理由をまとめたものである。

表 3.1(3) : 通信(ネットワーク配信)における
「ガイドライン検討の対象となる数値範囲・変換方式」

項目	数値範囲・変換方式	数値範囲・変換方式想定理由
MPEG-2 [ISO13818-2]	12～13Mbps(HDTV) 2～10Mbps(SDTV)	放送用圧縮と販売用パッケージでのビット レート相当の通信を想定する。
WMV, RV	1～5Mbps(SDTV)	現在、様々なフレームサイズ、フレームレ ート、ビットレートによる WMV(Windows Media Video)、RV(Real Video)が、ナロー バンドにより、ネットワーク配信されてい る。本ガイドラインでは、ブロードバンド時 代を想定し、性能を MPEG-2 の 2 倍相当とす る。
MPEG-4 [ISO14496-2]	約 1～2Mbps (QVGA × 15fps)	PC-携帯電話間の送受信では、動画標準画 像サイズの QVGA(320 × 240) と 15fps での受 信を想定。MPEG-4 では、1Mbps 以下のビッ トレートも多く存在するが、画質の劣化を 考慮し、1～2Mbps とした。

3.2 脅威モデル

事業者にとって、不正コピー問題は脅威となっている。ただし、その経路は多種多様に存在するため、脅威の全体像を網羅的にまとめることはできない。

CPTWG([Peason96, DCAj_H.16])によれば、不正利用者のレベルには

カジュアルコピー :	VCR(VTR)同士のダビングを行うなど
Hobbyist :	コピーツールを購入する、インターネットから不正コピーのためのツールをダウンロードするなど
Hacker :	不正のための技術を開発するなど
Small Scale Pirate :	不正コピーのためのツールをまとめて運用しているなど
Professional Pirate :	知識、装備、資金とも豊富であり、不正コピーを実施している

の5つのレベルがある。

本ガイドラインでは、脅威モデルを、カジュアルコピーのレベルで捉え、アナログコピーとデジタルコピーにおいて典型的と思われる例を1つずつ取り上げる。

3.2.1 アナログコピー

アナログコピーも多種多様なケースがあるが、図3.2(1)はアナログコピーによる脅威モデルを一例として挙げたものである。

3.1.1 放送の正規流通でTVに取り込まれたデジタル信号の、アナログ出力、またはモニタ出力を考える。キャプチャカードまたはDVDレコーダにより、アナログ出力されたアナログ信号の再デジタル化(DVDビデオ作成)、再配布を想定。また、VHSレコーダにより、アナログ出力されたアナログ信号をVHSビデオテープ保存、無断販売を想定する。ビデオカメラにより、モニタ出力されたアナログ信号をモニタ撮影し、再配布を想定。

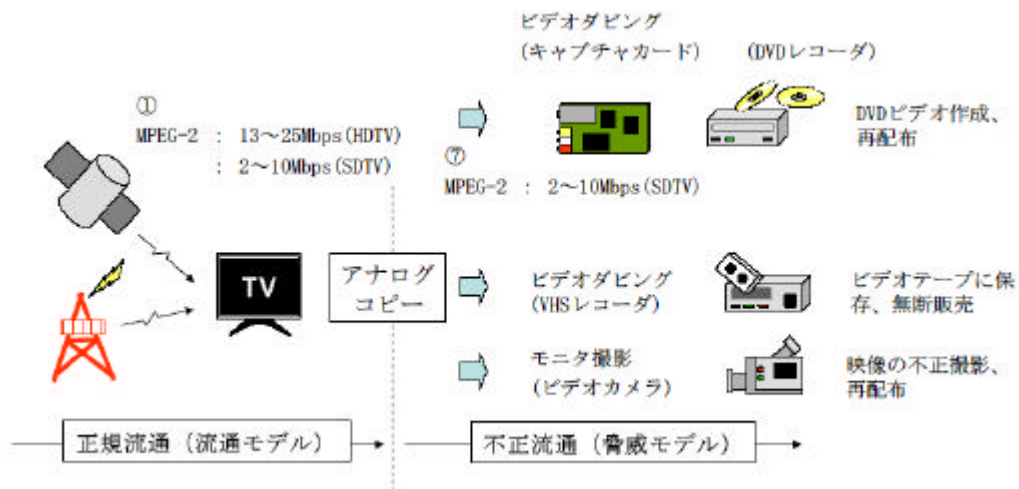


図 3.2 (1) : 脅威モデル・アナログコピーの例

表 3.2(1)は脅威モデルである「アナログコピー」の数値範囲・変換方式想定の理由をまとめたものである。

表 3.2 (1) : アナログコピーにおける
「ガイドライン検討の対象となる数値範囲・変換方式」

項目	数値範囲・変換方式	数値範囲・変換方式想定理由
MPEG-2 [ISO13818-2]	2~10Mbps(SDTV)	画質の劣化は考えられるものの、正規流通のMPEG-2(SDTV)での数値範囲と同じとする。

3.2.2 デジタルコピー

図 3.2(2)はデジタルコピーによる脅威モデルの一例である。

3.1.3 通信(ネットワーク配信)の正規流通で PC に取り込まれたデジタル信号の、デジタルコピー、無断配信する行為(不正流通)をモデルとする。受信が PC の場合のコンテンツの形式としては、MPEG-2、WMV(Windows Media Video)、RV(Real Video)を想定。受信が携帯電話の場合のコンテンツの形式としては、MPEG-4 を想定する。

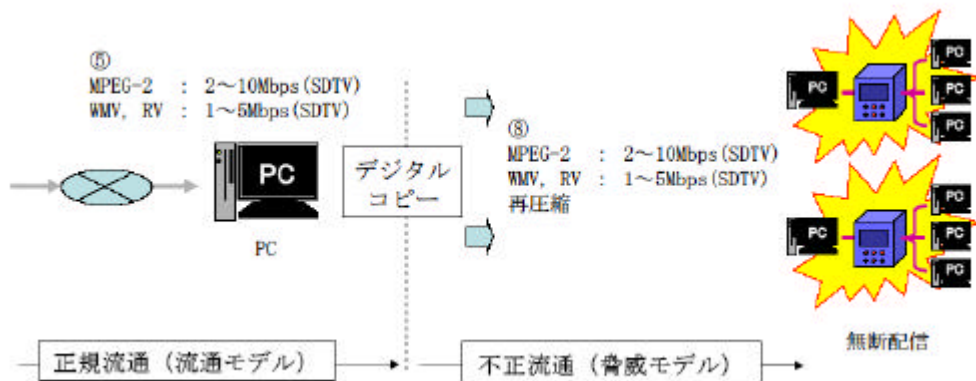


図 3.2 (2) : 脅威モデル・デジタルコピーの例

表 3.2(2)は、脅威モデルである「デジタルコピー」の数値範囲・変換方式想定を理由をまとめたものである。

表 3.2 (2) : デジタルコピーにおける
「ガイドライン検討の対象となる数値範囲・変換方式」

項目	数値範囲・変換方式	数値範囲・変換方式想定を理由
MPEG-2 [ISO13818-2]	2 ~ 10Mbps(SDTV)	デジタルコピー前の動画コンテンツと同等の数値範囲を想定する。
WMV、RV	1 ~ 5Mbps(SDTV)	

3 章 参考文献

- [ISO11172-2] MPEG-1 : International Standard ISO/IEC 11172-2、 Information technology Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbit/s Part 2 : Video
- [ISO13818-2] MPEG-2 : International Standard ISO/IEC 13818-2、 Information technology Generic coding of moving pictures and associated audio information : Video
- [ISO14496-2] MPEG-4 : International Standard ISO/IEC 14496-2、 Information technology Coding of audio-visual objects Part 2 : Visual
- [H.264] H.264 : ITU-T Recommendation H.264、 Advanced video coding for generic audiovisual services | ISO/IEC 14496-10、 Information technology Coding of audio-visual objects Part 10: Advanced Video Coding
- [Peason96] Bill Peason : “ Digital Transmission Content Protection ” 、 Digital Transmission Licensing Administrator、 1996 : http://www.dtcp.com/data/dtcp_tut.pdf
- [DCAj_H.16] (財) デジタルコンテンツ協会 : コンテンツ流通における不正利用防止手段についての技術調査研究報告書、平成 16 年

商標について

Microsoft、Microsoft Windows、Microsoft Windows Media Video は、米国 Microsoft Corporation の、米国およびその他の国における登録商標または商標です。

Real Video は、RealNetworks, Inc. の商標および登録商標です。

その他、掲載されている会社名、製品名は、各社の登録商標または商標です。

本サイトの中では、通称または略称を使用しています。ご了承下さい。

4 画質

本ガイドラインでは、製品カタログにおいて画質に関する情報が明記されていないことを課題の一つと受け止め、事業者とベンダーの両者が齟齬なく、確認、評価できる指標を提供している。

本章は、動画電子透かし製品において、重要性能の一つである、画質に関し、上記の視点で、その捉え方を記述しており、事業者、ベンダーに対応いただくことを提案するものである。

尚、本章記載の画質評価法を参考にすることで、事業者、ベンダーの両者間において、評価尺度を平準化できることを期待する。

画質評価の目安として、評価数値目標を明示するのが望ましいと考えている。たとえば、画質主観評価手法（D S I S法）において、放送業界では4.5が利用されている。しかし、本ガイドラインでは、厳格な数値目標を設定せず、各業界において、本章記載の画質評価指標を参考に、事業者、ベンダーの両者で画質評価実験し、実験結果を通し判断することを推奨する。

本章では、ARIB(社団法人電波産業会)が報告している、「画質評価マニュアル」を引用、参照し、画質評価法の要件の一部を整理している。引用、参照項目を文中に明記している。

4.1 画質の機能要件

動画電子透かしに求める、画質の考え方に関し、簡潔に機能概要を述べる。

4.1.1 ガイドラインの考える画質とは

一般的な画像処理技術（CODEC、圧縮など）において、各種の画質評価手法が報告されている。

画像処理画質の一般的な評価手法として、(1)客観評価手法、(2)主観評価手法が利用されている。

客観評価手法は、(a)PSNR による評価、(b)JPEG 圧縮との比較などの手法があり、学術的な研究分野で活用されている。また、主観評価手法は、(a)単一刺激法、(b)二重刺激連続品質尺度法、(c)低ビットレート用画質評価法などの手法があり、事業者での活用事例も報告されている。

現時点では、前記の画質評価手法などにおいて、画質を厳密に定量化する手段は存在しない。したがって、本ガイドラインでは、事業者での活用事例を参考にし、画質評価内容を整理し、電子透かしの画質を評価可能となる手法を記している。

4.1.2 電子透かしの画質と耐性について

電子透かしは、画質と耐性の関係が Tradeoff であり、画質を優先する場合、透かし除去攻撃により、画像に埋め込まれた情報が消失される可能性が高い。また、透かし除去攻撃の耐性を強化した場合、画質に課題を残す可能性がある。各社から提供されている現状の製品においては、画質及び、耐性の両者を満たすことが技術的に困難となる場合が散見される。したがって、事業者としては、ビジネス要件を的確に判断し、要求される画質を見極め、カタログ記載項目事項を吟味することが重要となる。

4.1.3 画質機能要件の考え方

現時点で報告されている前記の画質評価手法は、画質の厳密な定量化手段が確立してなく、事業者において利用可能となるレベルには至っていない。そのため、製品カタログなどの一般公開情報において、画質レベルなど定量化した情報を掲載する場合、製品開発ベンダー毎に、画質関連情報にバラツキ発生する可能性が大きい。したがって、ガイドラインを参照することで、事業者自身が画質検証を可能とする手段に関し、指標の提供が重要となる。また、事業者から画質評価に関する要求があった場合、製品開発ベンダーは、画

質評価の結果を保証要件として、個別に公開するものとする。

4.2 画質の保証レベル

4.2.1 画質保証レベルの考え方

4.1 画質の機能要件でも述べたが、画質の厳密な定量化手段が確立していないため、製品カタログなどの一般公開情報において、画質レベルなど定量化した情報を原則非公開とする。また、事業者での活用事例がある、主観評価手法での実験結果を製品開発ベンダーの画質保証要件とし、事業者から情報開示を要求された場合、検証手段の指標を含め、個別に提供するものとする。

4.2.2 画質主観評価の方法

画質の主観評価手法として、世界的に認知・活用されているものに ITU-R（文献 [ITU-R]）と ITU-T（文献 [ITU-T]）が存在する。ITU-R の画質評価スコープが放送を意図した高品質な映像の画質主観評価であることに対して、ITU-T のスコープはビデオフォンやビデオ会議などのマルチメディア通信系の画質評価である。この節では両者の画質主観評価法について概要を簡潔に述べていく。

(1) ITU-R の画質評価手法

DSIS (The double-stimulus impairment scale method) [ARIB]

EBU 法ともよばれる。この評価法の特徴は、評価対象システムの特性パラメータに伴う画質劣化の度合いを原画像とペアで評価することで、わずかな画質劣化をも精度良く主観評価できることである。

DSIS 法はサイクリックな画質評価手法で、原画像を評価者に提示し、その後続けて評価画像を提示する。評価者は最初に提示された原画像に対して、二番目に提示された評価画像がどれだけ劣化しているかを表 4.2.2(1)に示すような 5 段階評価で判定する。原画像と評価画像のペアは絵柄や劣化の度合いでランダムにおよそ 30 分にわたって 5 段階全ての評価がバランスよく選ばれるように配置され、次々と提示される (図 4.2.2(1))。図 4.2.2(1)のバリエーションとして、原画像と評価画像を 2 度提示してから評点を行う方法もある。

表 4.2.2(1) : DSIS の評価尺度 [ITU-R]

	尺度	劣化 / 品質尺度
劣化の評価	5	劣化が全く認められない (imperceptible)
	4	劣化が認められるが気にならない (perceptible, but not annoying)
	3	劣化がわずかに邪魔になる (slightly annoying)
	2	劣化が邪魔になる (annoying)
	1	劣化が非常に邪魔になる (very annoying)



図 4.2.2(1) : テスト画像の提示手順

DSCQS (The double-stimulus continuous quality-scale method) [ARIB]

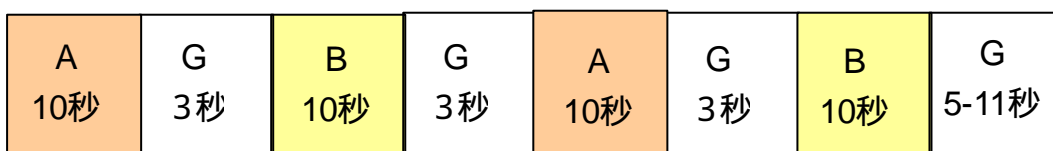
DSCQS は、新しい方式や伝送系が画質の品質に与える影響を評価するのに有効な評価方法であり、特に差の少ない画像同士の評価を精度良く行うことを目的としている。このため実際には新しいテレビジョン方式の採否あるいは新機器の採否の際の特性・性能評価手段として、またそれらの方式相互間の優劣の比較に用いられている。

この評価法の特徴は、評価対象システムの画質劣化の程度を、原画像とペアで且つ同一条件下で観測することで、両者の相対的な差を精度良く評価できる点にある。

具体的には、画質劣化のない原画像と、この原画像を評価対象システムに通すことによって生じる画質劣化を伴った評価画像とをペアで提示し、このペアの評価画像を共に表 4.2.2(2) に示す 5 段階品質尺度の主観的な数値で評価するものである。

表 4.2.3(2) : DSCQS の評価尺度 ([ARIB] [ITU-R])

	尺度	劣化 / 品質尺度
品質の評価	5	非常に良い (Excellent)
	4	良い (Good)
	3	普通 (Fair)
	2	悪い (Poor)
	1	非常に悪い (Bad)



← 判定 →

5	Excellent
4	Good
3	Fair
2	Poor
1	Bad

図 4.2.2(2) : DSCQS の画像提示手順

DSIS 法と DSCQS 法の違いは下記の通り。

DSIS :

- 原画像に対する評価画像の歪みや雑音などの画像妨害に対する検知限や許容限を求めるもの。
- はじめに原画像を提示し、その次に評価画像を提示する。
- 評価画像を 5 段階劣化尺度で評価する。

DSCQS :

- 比較される方式や機器の違いに対する絶対的または相対的な画質品質の相互比較を行うもの。
- 原画像と評価画像がペアで提示されるが、原画像と評価画像の提示の順番はランダムに入れ替えられ、評価者には知らされない。
- ペアで提示される基準画像と評価画像の両方の画像を 5 段階品質尺度で評価する。

SS (Single-stimulus methods) [ARIB]

DSIS や DSCQS が原画像と評価画像とがペアで提示され、比較評価することでわずかな画質差を精度よく主観評価できる手法であることに対して、SS は評価画像だけが単一で提示され、提示ごとに評価画像を一つの評価項目にそって評価するもので、比較的短時間で精度の良い主観評価ができることを目的としている。SS の特徴は以下の通り。

- カテゴリーの判定基準に、例えば「大きい」「小さい」の 2 つで行う。2 件法または「等しい」を加えた 3 件法が用いられる恒常法に比べて、判定基準を拡大した多件法を用いることで、比較的短時間で精度の良い評価結果が得られる。

- 測定結果は、ある対象に対する判断の違いの発生確率が正規分布に従って生じるとの仮定に則って処理され、評価目的に応じて心理的な定数の発生確率（例えば、妨害が認識される確率 50% または 70% , 90% ）に対する物理的な刺激パラメータが求められる。

SS では下記に示す 3 種類の評価方法が用いられる。

- ・ カテゴリー判定法

評価尺度はカテゴリーの設定により異なるが、通常表 4.2.2.(1) に示す 5 段階劣化尺度や表 4.2.2.(2) の 5 段階品質尺度のなかで定義される範疇に数値を与え、評価画像との対応付けを行う。

- ・ ノンカテゴリー判定法

連続尺度 :

直線状の連続した評価尺度を用い、この尺度の両端を例えば、2 件法と同様な 2 つの評点

で評価印象を設定し、この2つの評点の間のどこに評価されるかを尺度評価する。

数値尺度：

一つの評価基準（例えば、精細度、満足度など）に対する評価尺度に数値（例えば、0～100の数値）で割り当てたり、例えば基準となる画像のどの程度の倍率でより良く見えるかを表す倍率（比率尺度）を割り当てて評価する。

パフォーマンス法：

例えば、情報検索や文章を読むという目的に対して、実行できる正確さや早さといったパフォーマンス測度（いわば性能）を評価尺度として用いて評価する。

SC (Stimulus-comparison methods) [ARIB]

SC は、複数個の測定対象から2個の対象を選び、評価者がある一つの判断基準（例えば明るさ、美しさ、大きさ等）によってどちらが良いかを比較評価する方法である。この方法は評価者の負担は軽い、データの処理に手数と時間がかかる。テスト画像の提示は、DSIS と同じ画像提示方法で、原画像の代わりに、評価画像（A）を提示し、評価画像（B）と比較してどちらがどれだけ良いかを評価する。この場合、2つの評価画像の提示時間は同じにする。

SC の評価方法は SS と同様に次の3つがある。

- ・ カテゴリー判定法

提示されるペアの評価画像の比較関係を品質で表すカテゴリーを評価者が割り当てる。カテゴリーの例として、識別可能な差の存在（same, different など）、識別可能な差の存在と方向性（less, same, more など）、差の程度と方向がある。

- ・ ノンカテゴリー判定法

提示されるペアの評価画像の比較関係を品質で表す数値を評価者が割り当てる方法であり、SS と基本的に同じである。

- ・ パフォーマンス法

例えば、或る特質（例えば、劣化）を含んでいる評価画像と含んでいないまたは特質レベルの異なる評価画像をペアで提示し、どちらにふくまれているかまたは特質の大小を判断する。その性格さとスピードをパフォーマンス測度として、ペアの関係を示す指標とする。

(2) ITU-T の画質評価手法

ACR (Absolute Category Rating)

ACR は評価画像を次々に評価者に提示し、それぞれの評価画像について図 4.2.2(3)に示すように 5 段階評価を行う。評価画像の間には判定を記入する時間を 10 秒設ける (グレイ画像が提示される)。評価者は 10 秒間の間に図 4.2.2(3)のレーティングで評価点をシートに記入する。

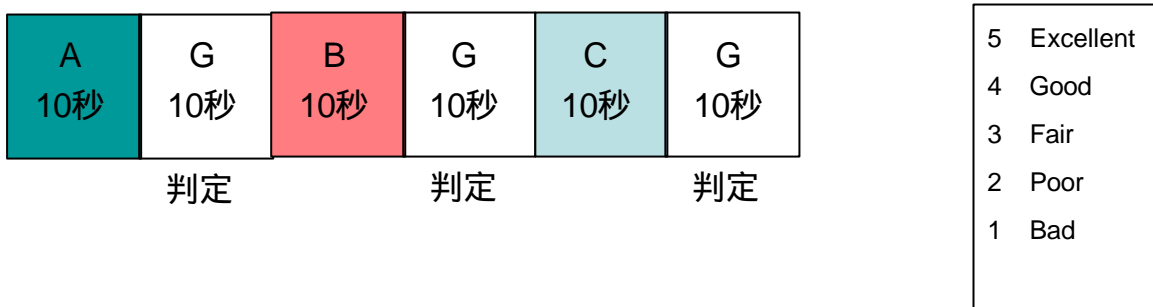


図 4.2.2(3) : ACR 映像提示手順

Degradation Category Rating (DCR)

ITU-R の DSIS に類似

DCR は原画像に対する評価画像の劣化の度合いを評価する手法である。図 4.2.2(4)に示すように、最初に原画像が提示され、その後に評価画像が評価者に提示される。評価者はグレイ画像が提示される 10 秒間の間に、図 4.2.2(4)に示すレーティングで評価点を評価シートに記入する。

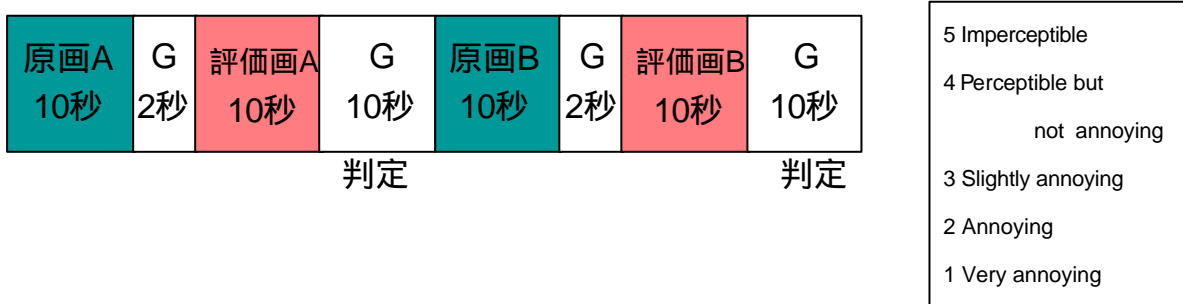


図 4.2.2(4) : DCR 映像提示手順

Pair Comparison method (PC)

ITU-R の DSCQS に類似

PC はそれぞれの加工条件(i, j, k, l, etc.) で作成された同じ種類の画像シーケンス (Ai, Aj) を、或いは(Bk, Bl)を、すべての可能なペア (Ai, Aj) (Aj, Ai)、または(Bk, Bl) (Bl, Bk) 等で組み合わせ、図 4.2.2(5)に示す時間の間隔で、各条件により作成された画像の劣化について判定する。評価画像の組み合わせは一般的には全ての組み合わせが評価されるので、評価画像が n 種類あれば n(n-1)の組み合わせ全てに対して評価が行われる。評価は、各ペアの中で、最初と後に提示される画像のどちらがよいかを評価者に判定してもらう。

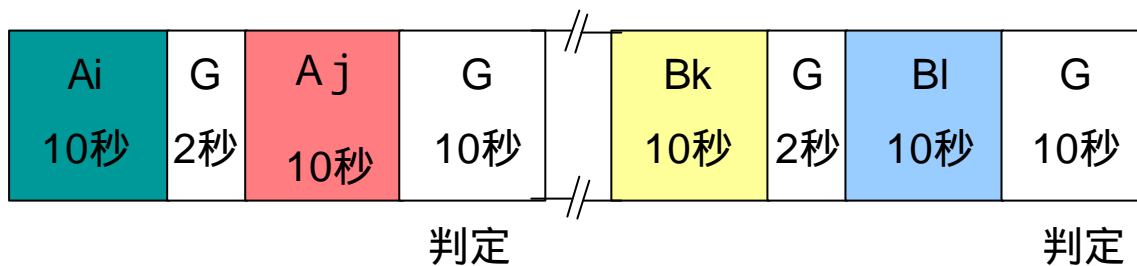


図 4.2.2(5) : PC 映像提示手順

(3) ITU-R と ITU-T の画質評価相違点

ITU-R と ITU-T の相違点について、下記に参考として概要を記す。

スコープの違い

ITU-R は放送を意図した高品質な映像の画質評価手法と定義されているのに対して、ITU-T はビデオフォンやビデオ会議などのマルチメディア通信を想定した画質評価をスコープとしており、ターゲットのレートは 2 Mbps までの中低レートの映像を仮定している。

主観評価手法の違い

・ DSIS (ITU-R) と DCR (ITU-T)

DSIS は 2 つの試験バリエーションを持つ . シーケンスを 1 度もしくは 2 度提示することも記載されている。

・ DSCQS (ITU-R) と PC (ITU-T)

DSCQS はペアのうち一方に原画を含める . PC は含めても含めなくてもよい . DSCQS は視聴者がペアを任意で切り替えるスイッチを持たせることを許している . また、DSCQS はペアの画像それぞれについて 5 段階評価を下すのに対して、PC はどちらがよいかを答えさせるだけである。

・ 同時表示試験

ITU-R、ITU-T 共に評価実験の実験時間の短縮を狙いとして原画像と評価画像を同一画面に同時に提示する方式について述べている。ITU-R は DSCQS ベースを推奨し、ITU-T は DCR もしくは PC の同時提示を記述している。

4.2.3 ガイドラインの画質評価法

電子透かしは画像の劣化を伴うものであるため、事業者はサービスとして消費者に提供するコンテンツが透かしによってどのくらい劣化し、その劣化が消費者にどう見てとられるのかを知ることが重要である。そこでガイドラインでは、事業者がサービスで用いる画像（原画像：事業者が圧縮画像を用いてサービスを行う場合は、圧縮画像が原画像となる）に対して、原画像に透かしを挿入した評価画像がどの程度劣化したのかを調べる手法として文献 [ITU-R] の DSIS 法を主観評価手法として推奨する。更にガイドラインでは、評価実験そのものの時間の短縮および評価者の集中力を損なわないために、原画と評価画像を同一画面の左右に配置できる場合には、これも透かし評価手法として推奨する。

次節からガイドラインが定める画質の主観評価手法について文献 [ARIB] [ITU-R] あるいは参照しながら、(1) 事前準備、(2) 評価実験の実施、(3) 評価結果の解析；について順に述べていく。

4.2.4 実験の手順

評価実験のステップは大きく分けて、(1) 事前準備、(2) 評価実験の実施、(3) 試験結果の解析；の3ステップに分かれている。フローチャートを図 4.2.3(1)に示す。

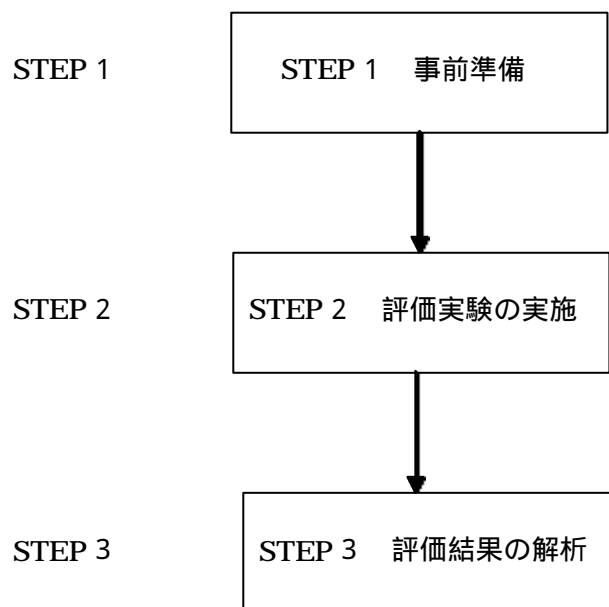


図 4.2.3(1)：評価実験全体のフローチャート

事前準備では、評価者の選定、実験素材の収集・作成、実験環境の構築などがある。また、評価実験の実施においては、評価者への説明から始まって、トレーニングを行い、その後実際の評価を行う。最後に、評価結果の解析では、検定を用いたデータの検証や評価値のまとめを行わなければならない。

具体的な透かし評価実験の手順を述べる前に、ガイドラインが推奨する透かし評価法の二つについて、どのように試験が行われるのか概要を述べる。

DSIS を用いた透かし評価実験

評価者には図 4.2.3(2)の順番で映像が流れる。

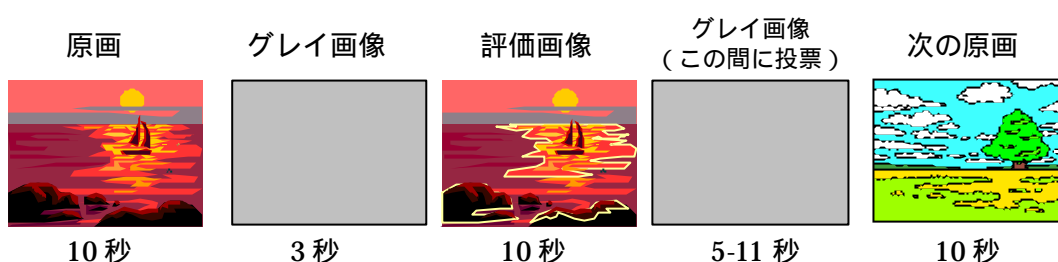


図 4.2.3(2) : 評価実験映像提示の流れ

評価者は最初に提示される原画（透かし挿入前の画像）をじっくり見て、次に提示される評価画像（透かしの挿入された画像）を観察する。評価画像は透かしが挿入されているので、多少の画質劣化が生じている。評価者は評価画像を見て、評価画像の次に提示されるグレイ画像が提示されている間（5-11 秒間）に、評価画像の原画に対する劣化度合いを次の表 4.2.3(1)に従って評価シートに記入する。

表 4.2.3(1) : 評価実験の評価尺度

	尺度	劣化 / 品質尺度
劣化の評価	5	劣化が全く認められない
	4	劣化が認められるが気にならない
	3	劣化がわずかに邪魔になる
	2	劣化が邪魔になる
	1	劣化が非常に邪魔になる

その後、セッションが終了するまで、各画像について評価を繰り返す。

原画と評価画像の同時提示

ガイドラインでは動画電子透かしの画質評価手法として、原画と評価画像を評価用モニタ画面の左右に同時に提示し、左に配置された原画像に対する右に配置された評価画像の画質劣化に対して、DSIS と同じ5段階評価で評価する手法を推奨する。原画像と評価画像が同時に評価者に提示されるため、評価時間の短縮が可能となる。映像提示の流れは図4.2.3(3)となる。

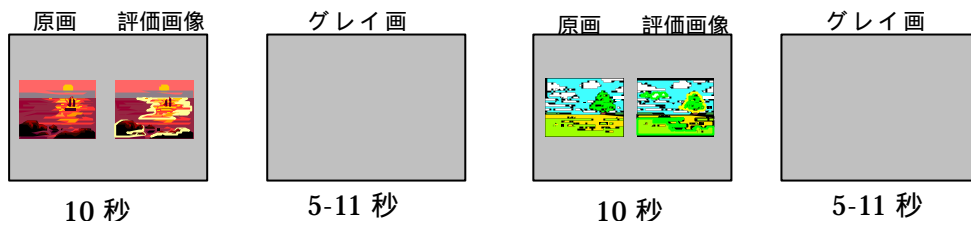


図 4.2.3(3) : 評価実験映像提示の流れ

評価者は、最初の 10 秒で原画と評価画像を見比べながら違いを認識し、次のグレイ画像が提示されている間（5-11 秒間）に表 4.2.3(1)に示すレーティングで評価点を評価シートに記入する。以後、セッションが終了するまで同じ処理を繰り返す。

以上がガイドラインで推奨する透かし評価実験の概要である。次項からは、評価実験を実際に行うための具体的な手順を解説していく。

(1) STEP 1 事前準備

STEP 1 事前準備のフローチャートを図 4.2.3(4)に示す。事前準備は、評価者の選定、実験素材の準備、実験環境の3つのステップから構成されている。また、実験環境の構築にあたっては、評価実験室の準備、実験システムの準備が必要である。

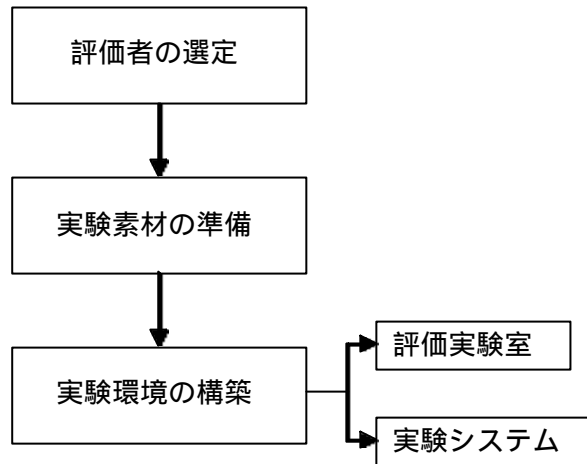


図 4.2.3(4) : 事前準備のフローチャート

評価者の選定 [ARIB]

評価者を選定する際に考えなくてはならない事項としては、評価者数、視力、専門家 / 非専門家の違い、等がある。以下に、それらの注意すべき事項について述べる。

まず、評価者数については文献 [ITU-R] によると 15 名以上が推奨されているが、実際には若干多めに確保しておいた方がよい。データとして多く取っておくと、後で突出した評点をつけた評価者のデータを削除せざるを得ないという事態が発生した際にも、評価実験そのものの信頼性が確保できるからである。評価者の信頼性の判断は (3) 実験データの解析を参照されたい。

その他注意すべきことを以下に挙げる。

まず、評価者の選定にあたっては、文献 [ITU-R] にも記載されている通り視力および色覚を事前にチェックする必要がある。

次に、評価者が専門家、つまり評価する方式やディスプレイの事情に詳しい人間であるが、一般の素人であるかを把握しておく必要がある。本質的には専門家だからといって評価方法を帰る必要はないが、やはり専門家は評価が辛くなりがちであり、まとめるときに考慮しなくてはならない。

実験素材の準備

事業者側が電子透かしを評価する場合には、事業者が実際にサービスに用いる素材を用いてもよいし、2.4 で述べた共通の評価用コンテンツを使用してもよい。サービスに用いる素材とは、例えば、アニメーション、CG 映像、スポーツ映像、芸術鑑賞など、その目的や求められる画質が異なるものである。サービスに用いる素材以外では、2.4 で述べた ITE などの共通的な評価用コンテンツが存在する。透かしのベンダーは ITE などの共通コンテンツを用いることで、各社間での評価基準が公平化されるし、事業者側もベンダーの提供する画質評価値を同じコンテンツの同じ部分で検証することも可能である。

主観評価実験においては多くの画像を用いることが望ましいが、評価者の集中力の低下を考えると（実験の 1 セッションは事前説明を入れて 30 分以内にするのが望ましい）、少数の映像を選ばざるを得ない。電子透かしは、絵柄の複雑さや、動きの大きさなどを利用して埋め込むことが多いので、“絵柄の複雑さ”や“動きの大きさ”などを考慮に入れてバランスよく素材を選択することが望ましい。文献 [ITU-T] では、絵柄の複雑さや動きの大きさに関して、数値評価する手法が紹介されている。

実験環境の構築

実験環境の構築に必要なことは、評価実験室の準備、評価用システムの構築である。
評価実験室の構築

実験室は暗室が望ましい。光りの向きや明るさを調整できれば、ディスプレイへの照明の映り込みにも対象可能であるし、文献 [ITU-R] や [ARIB] で記述されている実験環境を構築するには必須である。また、実験の効率化をはかるためにも、（次に述べる）実験システムを複数設置可能で、並行して複数の評価者の実験が行える広さを備える部屋が望ましい。実験環境の構築についての詳細は文献 [ITU-R] を参照されたい。

実験システムの構築その 1 [ARIB]

実験システムは図 4.2.3(5)の通り。実験システムは、透かし挿入前画像（原画）と透かし挿入画像（評価画像）を評価モニタに転送し、表示させるシステム、およびこれらを時間的に切り替えるスイッチ、原画と評価画像の切替や、評価者が評価を記入する間に挿入するグレイレベル信号を挟み込むためのスイッチ、評価用ディスプレイに転送される画像が正常であるか否かを確認するためのプレビュー用モニタおよび評価用ディスプレイで構成される。評価用ディスプレイはシステムに複数台接続されてもよい。また、評価画像が小さく、評価用ディスプレイに原画像と評価画像を左右に表示可能な場合は、原画像と評価画像の切替スイッチを除き、画像転送用装置には原画像と評価画像を前もって左右に配置した画像をセットしておく。

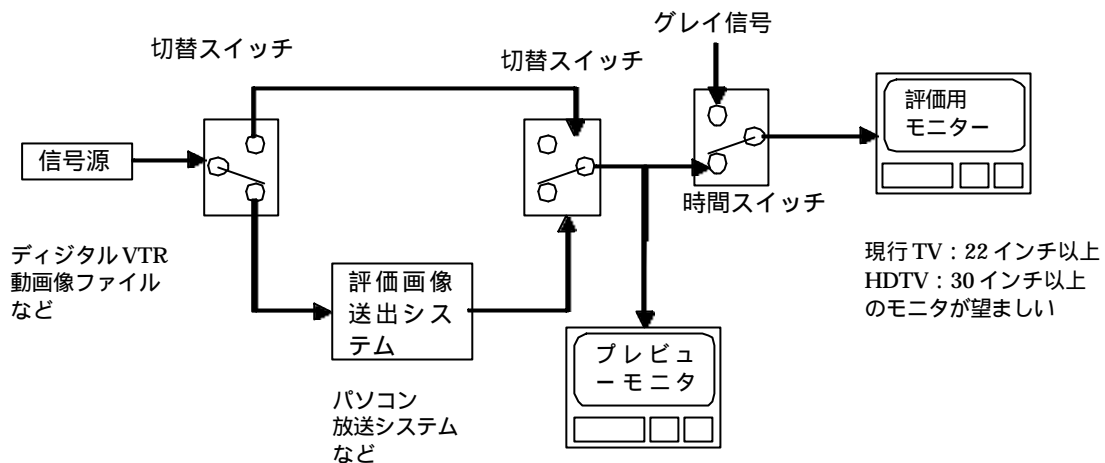


図 4.2.3(5) : 評価実験システム [ARIB]

・ 信号源

信号源には、事業者が MPEG のような圧縮画像を用いたサービスを想定している場合には、原画は同じパラメータ（画像サイズ、圧縮率などの符号化パラメータ）を用いたものを使用すべきである。信号源をシステムに送出する機器としては、デジタル VTR や PC を用いて動画ファイルを流すなどが考えられる。

・ 評価画像送出システム

信号源の入力画像に対して、透かしを挿入した画像を評価画像とする。評価画像のシステムへの送出はデジタル VTR やパソコンなどが考えられる。

・ プレビューモニター

評価者に対して、実験の主催者の意図する映像が正しく提示されているかを確認するためのモニターである。

・ グレイ信号

原画と評価画像の間および、評価者が評価点を記入するときにグレイ信号（灰色の画像）を挿入する装置である。デジタル VTR や PC からのファイル送出でもよい。映像提示の順番は図 4.2.3(2)のようになる。

・ 切替スイッチ、時間スイッチ

図 4.2.3(2)の順番と時刻で原画、グレイ画像、評価画像を切り替えるためのスイッチである。図 4.2.3(2)の順番で映像を評価者に提示するのが目的のシステムのため、映像の編集が可能ならば、始めから図 4.2.3(2)のシーケンスをパソコンやその他の放送機器で予め編集しておき、送出機で評価者に映像を流してもよい（図 4.2.3(6)）。

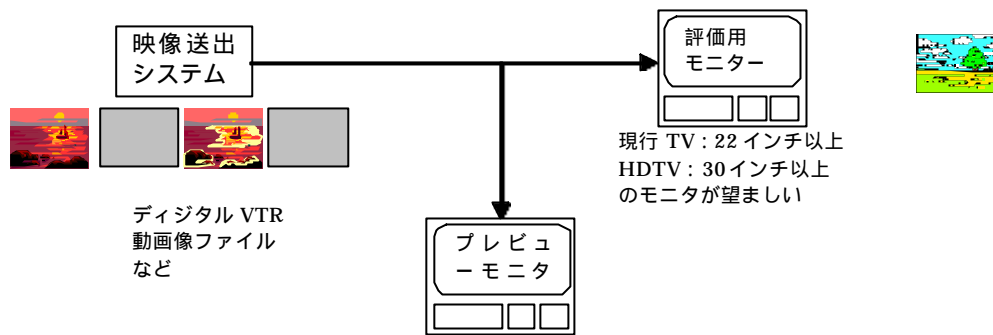


図 4.2.3(6) : 評価実験システム

実験システムの構築その 2 (原画と評価画像の同時提示法)

前記の実験システムその 1 では、原画と評価画像の時間をずらして提示するため、原画と評価画像を見て、評価点の記入を終えるまでに数十秒を要する。評価を正しく行うためには、短い時間でかつ様々な映像で行うことが望ましい。ガイドラインでは、DSIS 法と共に、原画と評価画像の同時提示主観評価を推奨する。図 4.2.3(7)に示すように、原画を左、評価画像を右に配する。原画と評価画像を同時に提示するため、評価点を終えるまでに比較的短い時間で済むことになる。また、評価者は原画と評価画像を見比べながら評価することが可能である。

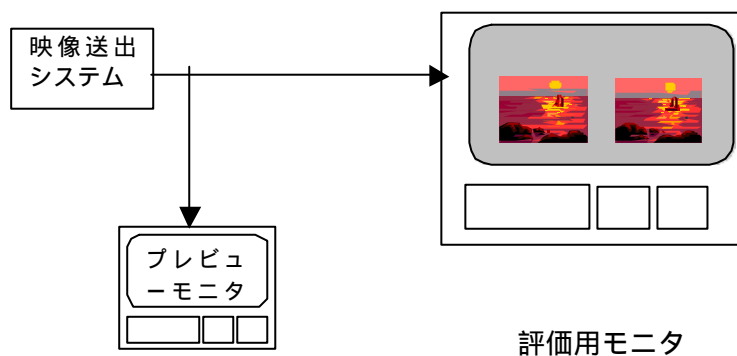


図 4.2.3(7) : 原画と評価画像の同時提示

(2) STEP2 評価実験の実施

評価実験の一連の流れを図 4.2.3(8)に示す。図に示すように、評価実験は、評価者への説明、トレーニングの実施、評価実験の実施の三段階から構成されている。

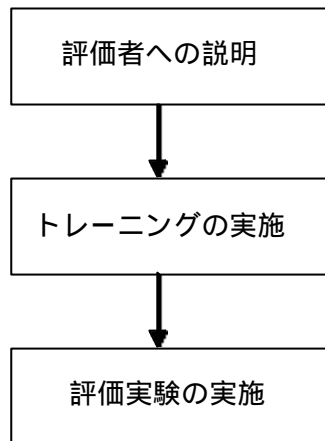


図 4.2.3(8) : 評価実験のフローチャート

評価者への説明「ARIB」

実際に評価を行うにあたっては、評価者に対して、何を評価したらよいのか、評価用紙にどのような記入をしたらよいのか等を指示する必要がある。図 4.2.3(9)に評価者への説明フローを示す。

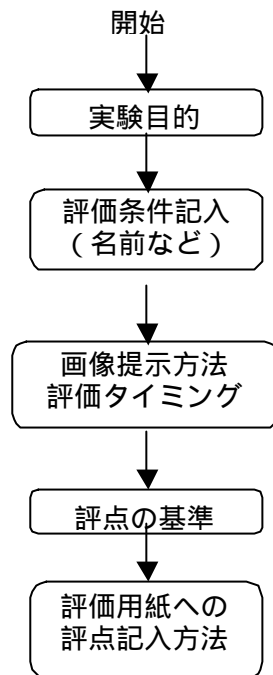


図 4.2.3 (9) : 評価者への説明フローチャート [ARIB]

@評価方法の説明

評価用紙への記入の第一は以下のような評価条件についてである。これらは、後に評価データを整理するときに必要であるから、忘れずに記入してもらう。

- ・ 評価実施の日付
- ・ セッション番号
- ・ ディスプレイ番号
- ・ 評価ポジション
- ・ 評定者の名前

次に、評価方法の説明を行う。

「原画に比べて、評価画像の劣化度合の程度を 5 段階で評価する。5 つの段階とは、原画像に比べて、劣化が全く認められない場合には 5、劣化が認められるが気にならないものを 4、劣化がわずかに邪魔になるものを 3、劣化が邪魔になるものを 2、劣化が非常に邪魔になるものを 1 とする。」ことを説明する。

また、画像提示方法、評点記入方法に対しては、

「原画像に続いて評価画像が提示される。提示は 1 回のみである。評価画像が提示されると、“評価してください”との指示があるので、その時点で表示されている画像に対して、5、4、3、2、1 の評点を対応する番号の欄に記入する。」ことを指示する。

トレーニングの実施 [ARIB]

トレーニングの流れ図を図 4.2.3(10)に示す。

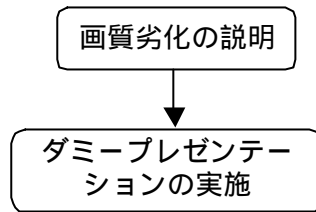


図 4.2.3(10) : トレーニングのフローチャート

画質劣化の説明

非専門家による評価実験であるので、評価者が画像のどのようなところに注意して評価すべきかを説明する必要がある。さもないと、評価者は、本質的でないところに注意を払ったり、偏見をもって評価したりしてしまう恐れがある。このため、実際の評価データを収集する前に、例を表示してトレーニングを行う。トレーニングの際には実際に評価する画像とは異なる絵柄の画像を用いて説明を行う。

ダミープレゼンテーションの実施

セッションのはじめに、5つほどのダミープレゼンテーションを行い、評価者の評価を安定させる必要がある。ダミープレゼンテーションでの評価はテスト全体の結果に入れないことに注意する。一つのセッションの後に更にセッションが続く場合は、セッションのはじめに3つほどのダミープレゼンテーションを行うべきである。評価画像の絵柄と劣化尺度はランダムに提示されるべきである。また、劣化レベルに関係なく同じ絵柄の画像やシーケンスを連続して提示すべきではない。また、大多数の評価者の間で、全ての劣化尺度の評価点が出現するように、評価画像の劣化範囲を設定しなければならない。これは評価点の平均値が3に近くなることを狙っている。

文献 [ITU-R] では、DSIS における主観評価結果の信頼性を高める (安定性を図る) ため、劣化レンジを提示する具体的な方法として下記の方法を推奨している。

- ・テストセッションの最初に劣化の範囲を評価者に暗示するためのダミー画像を入れ、結果を処理する場合に、これらのダミーデータを取り除く。この場合、評定者にはいずれがダミー画像であるかは知らせない。
- ・評定者が5段階の全てを用い、かつ評価結果の平均値が3に近くなるように劣化レベルを設定する。

しかし、実際には5段階評価の全ての劣化に相当する画像を評価対象システムで作れないこともある。このような場合には、その画像を何らかの方法で作成し (例えば、原画像

に強制的にノイズや歪みを加算する。)ダミーとして評価画像に挿入するなどの工夫を施すことが必要である。

評価実験の実施 [ARIB]

評価実験の流れ図を図 4.2.3(11)に示す。

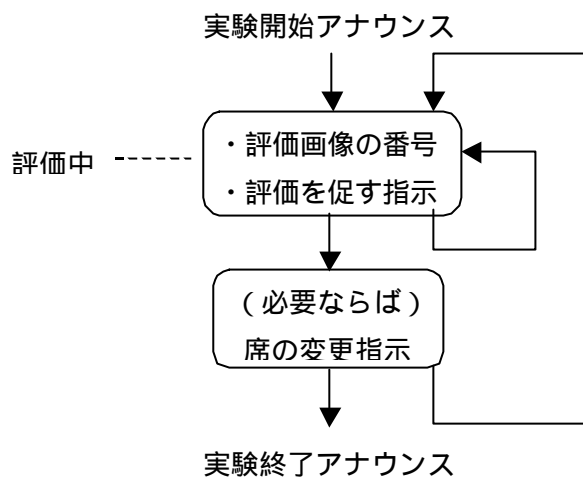


図 4.2.3(11) : 評価実験のフローチャート [ARIB]

評価実験実施者は、評価実験開始時に実験開始のアナウンスを行う。また、評価者が評価記入を誤らないように、評価画像の番号をアナウンスし、評価インターバルでは評価を行う指示をアナウンスする。

評価実験を行う上での注意 [ARIB]

DSIS では、評価の公平さと結果の一貫性を保つために、原画像に対する評価画像の劣化をランダムに評価する必要がある。一般に主観評価では先に行った評価画像の影響を受けやすいので、この影響を軽減するために、文献 [ITU-R] では、テスト画像の絵柄と評価時の劣化尺度とがランダムに出現するようにテスト画像の順序をアレンジすること、また具体的な下記の方法を推奨している。

- ・複数の絵柄を用い、劣化レベルに関係なく同じ絵柄を連続して提示しない。
- ・評価の一貫性をチェックするために同じ条件での評価画像を 1 回のテストセッション中に 2 度提示する。この場合、同じ条件での評価画像の評点が 2 以上異なる場合には、評価の一貫性がないとして両方の評点を削除する。

しかし、実験者が設定した劣化レベルが評価結果では逆転する場合もある。したがって、複数のテスト画像の提示方法を作成して用いることが望ましい。また、テスト画像と劣化レベルの組み合わせを、許される範囲で多く設定することも必要である。

(3) STEP3 実験データの解析 [ARIB]

評価実験を行うことによって、たくさんのデータが収集されるはずである。実験データの解析では、これらの情報を統計的なテクニックを用いて集約し、グラフや数値、式などを用いて動画電子透かしの性能を明らかにしていく。

画質評価データを用いて何をまとめるのか

ガイドラインで推奨する透かしの画質評価の解析として、検知限、許容限、我慢限の算出、劣化パラメータ毎の評価値の平均値のグラフ化；を推奨する。

検知限、許容限、我慢限 [ARIB]

文献 [ITU-R] には記述されていないが、文献 [ARIB] には検知限、許容限、我慢限とよばれる用語が紹介されている。

・検知限

評点4と評点5の50%境界を意味する。つまり、画質劣化に対して、評価者の半数が評点5（劣化が全く認められない）をつけ、残り半分が4（劣化が認められるが気にならない）をつける透かしによる画質劣化の度合いを検知限と呼んでいる。

・許容限

評点4と評点3の50%境界を意味する。つまり、画質劣化に対して、評価者の半数が評点4（劣化が認められるが気にならない）をつけ、残り半分が3（劣化がわずかに邪魔になる）をつける透かしによる画質劣化の度合いを許容限と呼んでいる。

・我慢限

評点3と評点2の50%境界を意味する。つまり、画質劣化に対して、評価者の半数が評点3（劣化がわずかに邪魔になる）をつけ、残り半分が2（劣化が邪魔になる）をつける透かしによる画質劣化の度合いを我慢限と呼んでいる。

実際の評価実験では、検知限や許容限を都合よく得ることができないので、計算処理を行う。例えば、透かしの耐性強度（耐性強度が高いほど劣化度合いが大きい）を1から5の5段階で設定して評価実験を行ったとする。評価実験の結果、耐性強度が2のとき、評価者24人中15人が評定5、9人が評定4をつけ（平均4.625）、耐性強度4のときには、7人が評定5、17人が評定4と評価した（平均4.292）とすると、検知限となる透かし耐性強度の大きさは、

$$\frac{2 \times (4.5 - 4.292) + 4 \times (4.625 - 4.5)}{4.625 - 4.292} = 2.75$$

として求めることができる。

劣化パラメータ毎の評価値平均値のグラフ化 [ARIB]

評価実験を実施した結果、表 4.2.3(1)のような結果が集計されるはずである。ここで、 $a_1 \sim a_I$ は透かしの耐性強度を表しており、 $p_{i,j,k}$ は、劣化 a_i ($1 \leq i \leq I$) のある画像 j ($1 \leq j \leq J$) に対する評価者 k ($1 \leq k \leq 2N$) の評点である。ガイドラインでは、評価実験によって得られた表から図 4.2.3(12)に示される透かしの耐性強度毎の評価値の平均値 (評価者、画像の平均値) を求める。ただし、平均値の妥当性は統計的検定によって確認することが必要である。

表 4.2.3(2) : 評価結果の収集 [ARIB]

	劣化の大きさ (透かし強度)			
	a_1	a_2	...	a_I
画像 1	$p_{1,1,1}$	$p_{2,1,1}$	...	$p_{I,1,1}$
	$p_{1,1,2}$	$p_{2,1,2}$	...	$p_{I,1,2}$
	•			•
	•			•
	•			•
	$p_{1,1,2N}$	$p_{2,1,2N}$	...	$p_{I,1,2N}$
•			•	
•			•	
•			•	
画像 J	$p_{1,J,1}$	$p_{2,J,1}$	...	$p_{I,J,1}$
	$p_{1,J,2}$	$p_{2,J,2}$	...	$p_{I,J,2}$
	•			•
	•			•
	•			•
	$p_{1,J,2N}$	$p_{2,J,2N}$	...	$p_{I,J,2N}$

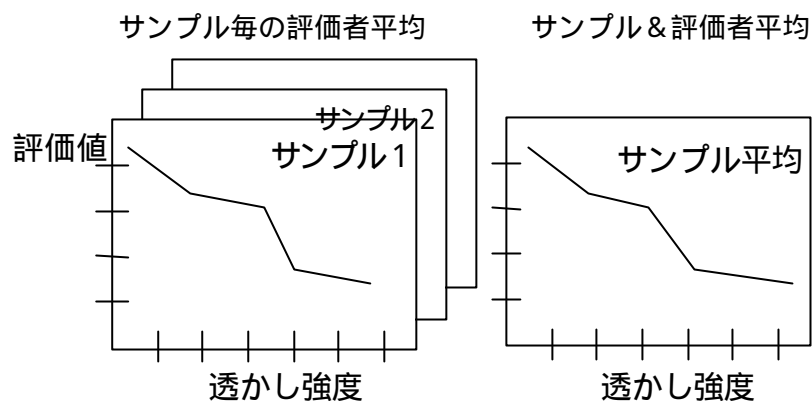


図 4.2.3(12) : 評価結果のまとめ [ARIB]

画質評価データ解析の注意点 [ARIB]

評価試験で得られたデータを用いて図 4.2.3(12)のグラフを得ることが評価のまとめであるが、ここで下記の点に注意しなければならない。

- ・ 評価者の違いによる評点のばらつきは正規分布と仮定してよいか。
正規分布と仮定するならば、10 数人による評価実験の結果を用いて、全ての人(つまり、10 数人の評価結果が、数千、数万の評価者から得た評価結果と同等になるか)を対象とした実験の結果を推定できる。
- ・ 評価者は正しく評価しているのだろうか。
他の評価者よりも常に評点が高い、または低い場合はその評価者の主観なので問題はないが、評価の度に不安定であれば信頼性が低いということで除外することが望ましい。
- ・ 絵柄により評価結果は影響を受けるかどうか。
もし絵柄の差による評価結果のばらつきが誤差変動による程度と考えられるならば、絵柄に対して評価結果を平均してもよいことが保証される(図 3.2.3(12)の右のグラフ)。なお、このことを検定するための分散分析を行う場合は表 4.2.3(2)においてどのデータも欠けていない(例えば絵柄 j では透かし強度 a_k の評価をしていないなど)ことが必要である。そのため、絵柄により透かし強度の大きさをを変えて評価実験を行ってしまった場合は分散分析ができない恐れがあるため、注意が必要である。
- ・ 図 4.2.3(12)が得られたとき、その結果はどのくらい信頼できるものと考えられるのか、信頼区間を計算する。

評価の手順 [ARIB]

評価の手順は次の流れ図で行う。

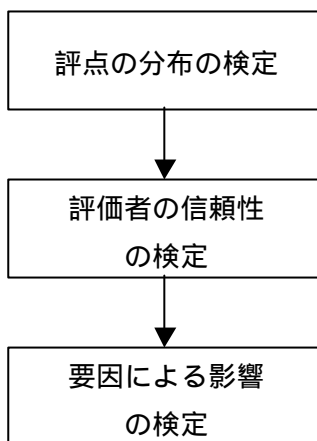


図 4.2.3(13) : 評価手順の流れ

評点の分布の検定 [ARIB]

評価者の信頼性を検定する前提として、評価者の違いによる評価結果のバラツキが正規分布と仮定して良いかを検定する。

厳密には c^2 検定により適合度の検定を行うべきであるが、評価者数、評価尺度の段階数等について十分に条件を満たせない場合が多いので、簡便な方法として尖度係数の検討により概略正規分布か否かを推定する。

尖度係数 b_2 は次式で求められる。

$$b_2 = \frac{1}{2N s_i^4} \sum_{n=1}^{2N} (p_{in} - \bar{p}_i)^4 \quad \text{式 4.2.3(1)}$$

ここで

p_{in} : パラメータ i に対する評価者 n の評点

$\bar{p}_i = \frac{1}{2N} \sum_{n=1}^{2N} p_{ijn}$: パラメータ i に対する平均評点

$s_i = \frac{1}{2N} \sum_{n=1}^{2N} (p_{ijn} - \bar{p}_i)^2$: パラメータ i に対する標準偏差

正規分布では $b_2=3$ となる。 $2 \leq b_2 \leq 4$ の範囲を概略正規分布と見なす。正規分布と見なせるか否かにより、次に述べる評価者の信頼性検定方法が異なってくる。

評価者の信頼性 [ARIB]

個々の評価者が全体の平均と比べて著しく異なった評価を行っていないかを検討し、評価者の信頼性を判定する。

各々の評価画像について、試験パラメータ毎に、評価者の違いによる評価者のバラツキを調べ、平均値からはるかに隔たった評価結果がないかを判定する。

評価画像の絵柄の違いが評価結果に影響しない場合には、評価画像全体についての平均を求めて同様の判定を行えばよい。一般的にこれらの評価結果の判定は、出現の確率が 5% 以下であるか否かを基準として行う。出現の確率が 5% 以下であるようなデータは、通常のバラツキの分布の範囲からはずれた異常データであると見なす。

次に各評価者毎に異常とみなされる評価結果の出現頻度、片寄りを検討し、評価者としての信頼性を判定する。信頼性に問題有と判定された評価者については、個々の異常な評点のみを除外するのではなく全部を除外し、各評価項目に対するデータ数を一定にする。

-1 正規分布の場合の評価者の信頼性 [ARIB]

評価者の違いによる評点のバラツキが検定の結果正規分布と見なされる場合、出現の確率が 5% 以下になる評点 p_{in} の範囲は、平均値 \bar{p}_i より標準偏差 s の 2 倍以上、上下に離れた領域であるから、次に示す条件にあてはまるものが疑わしい評点と判断される。

$$p_{in} \geq \bar{p}_i + 2s \quad \text{式 4.2.3(2)}$$

$$p_{in} \leq \bar{p}_i - 2s \quad \text{式 4.2.3(3)}$$

全ての透かし強度に対する評価結果について計算し、異常と判定した場合の回数を評価者毎にカウントする。

平均値プラス $2s$ 異常はずれた場合の回数を P_n 、マイナス $2s$ 異常の場合の回数を Q_n とすると、 $P_n + Q_n$ は評価者 n の評点が、全員の平均値を中心とした出現の確率 95% の領域からはずれた回数の合計を示す。

$$\frac{P_n + Q_n}{2I} > 0.05 \quad \text{式 4.2.3(4)}$$

式 4.2.3(4) に示すように、トータルのテスト回数 $2 \times I$ に対する $P_n + Q_n$ の比を計算し、疑わしい評価の出現の割合が 5% 以上であれば、評価者 n の評価の信頼性に問題があると判断する。

次に、疑わしい評価結果がどちらか一方に片寄る傾向が認められるか否かを検討する。片寄った場合は評価者固有の意見であるとして尊重し、均等に近づく程、評価に一貫性がなく信頼できない矛盾した状態であると判断する。

片寄りとは P_n と Q_n の合計値に対する P_n と Q_n の差分との比率の絶対値により求める。この比は一方に片寄った場合に 1 に近づき、均等に分布した時 0 に近づく。判断の基準は、実験の厳密性をどの程度求めるかにより設定すべきであるが、文献 [ITU-R] ではこの値が 0.3 以下の場合を信頼性のない評価であると定めている。

$$\left| \frac{P_n - Q_n}{P_n + Q_n} \right| < 0.3 \quad \text{式 4.2.3(5)}$$

式 4.2.3(4) と 4.2.3(5) に指名した 2 つの条件に同時にあてはまる場合、この評価者 n の評価データは信頼できないものとして全部除外し、再度統計処理を行う。

-2 正規分布でない場合の信頼性 [ARIB]

正規分布の仮定が成立しない場合は、分布とは無関係にチェビシェフの不等式を適用する。

$$\text{Prob}\{|p_{in} - \bar{p}_i| \geq a s\} \leq \frac{1}{a^2} \quad \text{式 4.2.3(6)}$$

式の意味するところは、評点 p_{in} と平均値 \bar{p}_i との差の絶対差が標準偏差 s の a 倍以上離れた値をとる確率は $1/a^2$ 以下ということである。ここで確率 $1/a^2 = 0.05$ と設定すれば、 $a = \sqrt{20}$ であるから、出現の確率 5% 以下となる評点は平均値から標準偏差の $\sqrt{20}$ 倍以上離れた領域にあると言える。従って、

$$p_{ijn} \geq \bar{p}_{ij} + \sqrt{20} s_{ij} \quad \text{式 4.2.3(7)}$$

$$p_{ijn} \leq \bar{p}_{ij} - \sqrt{20} s_{ij} \quad \text{式 4.2.3(8)}$$

この条件にあてはまる場合について正規分布の場合と同様に P_n と Q_n をカウントし、検定する。

評価者に対する別の判定基準として、同一評価条件の同一画像に対する二度の評点の一致を調べ、もし評点の階級が2以上異なっている場合には両方の評点を削除する方法もある。この方法を用いた場合、評価条件毎にデータ数が違ってくるため、後の統計処理が複雑になることに留意する必要がある。

要因による影響の検定 [ARIB]

絵柄や劣化などの要因による影響の検定を行う場合は、分散分析を用いる。まずは1元配置の分散分析から説明する。なお分散分析を行う場合は、扱うデータすなわち評点は独立であり（評価は前後の結果の影響を受けない）評点のもつバラツキは正規分布でどの評点も分散が等しいと仮定される。

1元配置分散分析

表 4.2.3(3) 評価結果の例（絵柄数1）

	劣化の大きさ（透かし強度）			
	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
画像 1	p _{1,1}	p _{2,1}	...	p _{I,1}
	p _{1,2}	p _{2,2}	...	p _{I,2}
	p _{1,2N}	p _{2,2N}	...	p _{I,2N}

表 4.2.3(3)を用いて説明を行う。この表で列は N 人の評価者が 2 回繰り返して評価を行ったものであり、厳密には評価者による評価結果のバラツキについても検討しなければならない。しかしここでは、すべての人が評価実験を行いその評価結果の集合の中から 2N 個のデータを選んだものが表 4.2.3(3)であり、これらのデータは評価者のバラツキにより正規分布をしていると考える。

このような仮定をおくならば、表 4.2.3(3)のデータ p_{in} は式 4.2.3(9)のように表すことができる。

$$p_{in} = \bar{p} + \bar{p}_i + e_{in} \quad (i = 1, \dots, I, n = 1, \dots, 2N) \quad \text{式 4.2.3(9)}$$

ここで、

$$\bar{p} = \frac{1}{I \times 2N} \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^{2N} p_{in} \quad \text{： 総平均}$$

$$\bar{p}_i = \frac{1}{2N} \sum_{n=1}^{2N} p_{in} \quad \text{： 劣化の大きさの効果の平均}$$

e_{in} : 誤差

e_{in} は評価者による評点のバラツキと実験誤差の合わさったものを示しており、仮定より正規分布（平均値は 0）をしている。劣化の大きさによる評点の変動が、評価者による変動 e_{in} で予想される程度よりも大きいといえるのかどうかを検定する。そのため以下の量を定義する。

$$\text{全変動 } S_T = \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^{2N} (p_{in} - \bar{p})^2 \quad \text{式 4.2.3(10)}$$

$$\text{劣化の大きさによる要因変動 } S_A = 2N \times \sum_{i=1}^I (p_i - \bar{p})^2 \quad \text{式 4.2.3(11)}$$

$$\text{残差変動 } S_E = \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N (p_{in} - \bar{p}_i)^2 \quad \text{式 4.2.3(12)}$$

さらに S_A は自由度が $I - 1$ 、 S_E は自由度が $I \times (2N - I)$ なので不偏分散 V は以下で与えられる。

$$V_A = \frac{S_A}{I - 1} \quad \text{式 4.2.3(13)}$$

$$V_E = \frac{S_E}{I \times (2N - I)} \quad \text{式 4.2.3(14)}$$

ここで仮説 H として「劣化の大きさは評価結果に影響しない」を考える。この条件のときは

$$\bar{p}_i = \text{const.} = 0 \quad \text{式 4.2.3(15)}$$

となり、以下で定義される F は自由度 $I - 1$ 、 $I \times (2N - I)$ の F 分布をすることが知られている。

$$F = \frac{V_A}{V_E} \quad \text{式 4.2.3(16)}$$

もし、式 4.2.3(16)で計算された F が F 分布表から得られる $F_{I-1, I \times (2N-I)}(\mathbf{a})$ (\mathbf{a} : 有意水準で 0.05 または 0.01。統計では一般的に 5% または 1% が多く用いられる) よりも大きいならば、仮説 H は有意水準 \mathbf{a} で棄却される。これは、劣化の大きさにより生じる評価結果の変動は評価者により生じる変動から予想される値よりも大きく、劣化の大きさが影響しないと仮定したときこのような大きさの変動が生じる確率は 0.05 以下(または 0.01 以下)である(すなわち同じ実験を 100 回繰り返したときこのような大きさの変動が生じるのは 5 回または 1 回以下である)ことを意味する。従って、 F が $F_{I-1, I \times (2N-I)}(\mathbf{a})$ よりも大きいならば、このような確率の低いことが偶然に生じたと考えるよりは仮説自体が間違ってい

るとして棄却して、「劣化の大きさにより評価結果が変化する」という結論が得られる。逆に F が $F_{I-1, I \times (2N-I)}(\mathbf{a})$ よりも小さいならば、このような大きさの変動はよく生じるものと判断されるので仮説は棄却されない。

2元配置の分散分析

表 4.2.3(2)を取り扱う。1元配置の場合と同様に、これらのデータは劣化の大きさと絵柄の種類をパラメータとしてすべての人に評価してもらい、その評価結果の中から $2N$ 個のデータを取り出したものであると仮定する。

式 4.2.3(9)と同様に、表 4.2.3(2)のデータは次式のように表すことができる。

$$p_{in} = \bar{p} + \bar{p}_i + \bar{p}_j + \bar{p}_{ij} + e_{ijn} \quad (i = 1, \dots, I, \quad j = 1, \dots, J, \quad n = 1, \dots, 2N) \quad \text{式 4.2.3(17)}$$

ここで、

$$\bar{p} = \frac{1}{I \times J \times 2N} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{2N} p_{ijn} \quad : \text{総平均}$$

$$\bar{p}_i = \frac{1}{J \times 2N} \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{2N} p_{ijn} \quad : \text{劣化の大きさの効果と平均}$$

$$\bar{p}_j = \frac{1}{I \times 2N} \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^{2N} p_{ijn} \quad : \text{絵柄の種類の効果の平均}$$

$$\bar{p}_{ij} = \frac{1}{2N} \sum_{n=1}^{2N} p_{ijn} \quad : \text{劣化の大きさと絵柄の種類との交互作用の効果の}$$

平均

$$e_{in} \quad : \text{誤差}$$

交互作用とは、この場合はある劣化の大きさにおける評価結果が絵柄の種類によって影響されるかどうかということである。式 4.2.3(10) ~ 4.2.3(14)と同様に以下の式で変動と不偏分散を計算する。

$$\text{全変動} \quad S_T = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^{2N} (p_{ijn} - \bar{p})^2 \quad \text{式 4.2.3(18)}$$

$$\text{劣化の大きさによる要因変動} \quad S_A = 2N \times J \times \sum_{i=1}^I (\bar{p}_i - \bar{p})^2 \quad \text{式 4.2.3(19)}$$

$$\text{絵柄の種類による要因変動} \quad S_B = 2N \times I \times \sum_{j=1}^J (\bar{p}_j - \bar{p})^2 \quad \text{式 4.2.3(20)}$$

$$\text{交互作用による要因変動} \quad S_{A \times B} = 2N \times \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (\bar{p}_{ij} - \bar{p}_i - \bar{p}_j - \bar{p})^2 \quad \text{式 4.2.3(21)}$$

$$\text{残差変動 } S_E = \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N (p_{ijn} - \bar{p}_i)^2 \quad \text{式 4.2.3(22)}$$

$$V_A = \frac{S_A}{I-1} \quad \text{式 4.2.3(23)}$$

$$V_B = \frac{S_B}{J-1} \quad \text{式 4.2.3(24)}$$

$$V_{A \times B} = \frac{S_{A \times B}}{(I-1) \times (j-1)} \quad \text{式 4.2.3(25)}$$

$$V_E = \frac{S_E}{I \times J \times (2N-1)} \quad \text{式 4.2.3(26)}$$

このあと1元配置の場合と同様に仮説を作り、 F 分布による検定を行う。例えば絵柄の種類が評価結果に影響するかどうかを調べる場合には、式 4.2.3(27)で計算される F が $F_{I-1, I \times J \times (2N-1)}(\mathbf{a})$ よりも大きいかどうかを判定する必要があるが、小さかったとしてもこれは「全ての劣化の大きさと評定者の違いによる評価結果の平均が絵柄にはよらなかった」ことを意味するだけであり、「ある劣化のときに絵柄により評価結果が異なるかどうか」を調べるためには式 4.2.3(28)で与えられる F が $F_{I-1, I \times J \times (2N-1)}(\mathbf{a})$ よりも大きいかどうかで判定する。

$\bar{p}_i = \text{const.} = 0$ の条件で

$$F = \frac{V_A}{V_E} \quad \text{式 4.2.3(27)}$$

$\bar{p}_{ij} = \text{const.} = 0$ の条件で

$$F = \frac{V_{A \times B}}{V_E} \quad \text{式 4.2.3(28)}$$

4 章 参考文献

[ARIB] 画質評価マニュアル - HDTV の画質評価を中心として - 、(社) 電波産業会

[ITU-R] ITU-R BT.500-11 : Methodology for the subjective assessment of the
quality of television pictures .

[ITU-T] ITU-T P.910: Subjective video quality assessment methods for multimedia
applications

5 耐性

5.1 耐性の機能要件

本節では、耐性について、事業者にとって製品評価するための最低限の必須情報であり、公開されているか否かを含め、確認すべき情報を提示する。透かし製品にとっての重要性能のひとつである耐性について、下記(1)(2)の視点でその捉え方を記述しており特にベンダーに対して公開いただくことを提案するものである。

- (1) カタログレベルで一般公開すべき情報として「機能要件」、「仕様」
- (2) 製品の実力値であり製品固有情報のため一般公開はしないが事業者にとっての使い勝手視点で必須情報とも言える「保証レベル」

なお、各用語についても統一いただくことを期待する。事業者にとっては、ベンダーが製品情報として公開しているか否かの参考として捉らえていただきたい。

本ガイドラインでは、下記の図 5.1(1)(図 2.2.(1)と同じ図)のごとく透かし耐性に関わる性能情報を、上記(1)、(2)に加え

- (3) 2～3年先を見た製品の性能向上値である「目標仕様」

の3つの視点で捉えている。

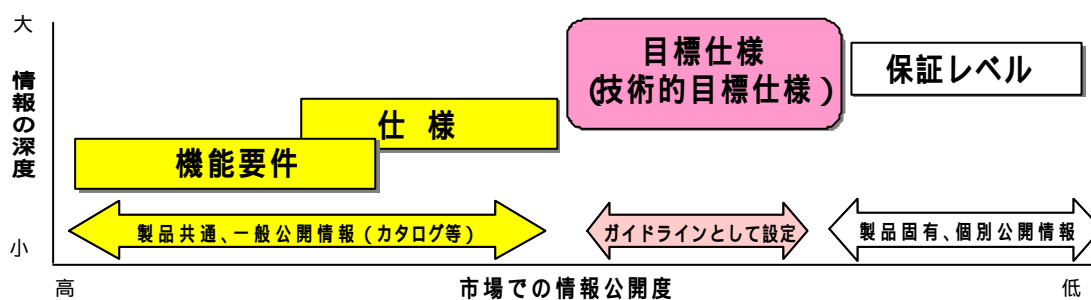


図 5.1(1) : ガイドラインにおける動画電子透かし技術情報の取り扱い
(図 2.2.(1)と同じ図)

5.1.1 耐性の考え方

動画(デジタル)コンテンツは、PC上で作成、編集、加工、配布などの作業を行うことができ、その扱いが比較的容易である。そのため、違法であるにもかかわらず、コンテンツが無断コピーされてしまうという著作権問題が生じることとなった。現在、コンテンツの流通における著作権保護技術の1つとして、電子透かしが注目されている。しかしながら、動画コンテンツに埋め込まれた電子透かし情報は、コンテンツの編集・加工、および悪意ある攻撃に対し、消えてしまう可能性がある。電子透かしは、これらの編集・加工、攻撃に対し、耐性を持つことが必要である。

機能要件、仕様では、製品やシステムが備えるべき、電子透かし機能(画質、攻撃耐性など)に関する要件を列挙し、ベンダーが提供するカタログ等の製品情報の品質を標準化する。

本ガイドラインでは、「仕様」を以下の方針でまとめる：

- (1) 仕様についての機能要件は、圧縮耐性、アナログ変換耐性、Down/Up Conversion 耐性、(上記以外の)画像処理耐性、組み合わせ耐性の5項目とする。
- (2) 各機能要件について、すでに標準仕様(含デファクト仕様)がある場合は、原則当該仕様に準拠する。
- (3) 標準仕様がない場合は、その機能要件の定義に基づき、仕様範囲を選定する。

目標仕様は、市場動向として我々がガイドラインとして設定する。事業者のニーズに対応するために標準(=個別対応ではない意)で具備すべき製品目標仕様を提案する。流通パターン、攻撃モデルに対応するために必須となる仕様を顕在化事業者ニーズと捉え、対応するために必要となる仕様を目標仕様(含む2~3年後目標)として提案する。事業者は電子透かし耐性を評価する際、目標仕様も参考にしていきたい。

本ガイドラインでは、「目標仕様」を以下の方針でまとめる：

- (1) 目標仕様についての機能要件は、圧縮耐性、アナログ変換耐性、Down/Up Conversion 耐性、組み合わせ耐性の4項目とする。
- (2) 目標仕様は、3章で与えた流通・脅威モデルの例の数値範囲とする。流通・脅威モデルは多種多様である。しかしある程度、目標仕様は具体的に設定する必要がある。目標仕様はある限られた範囲で使用されることを想定し、策定する。
- (3) 3章で与えた流通・脅威モデルの例では取り扱わなかった場合でも、目標仕様として必要と考えられる数値範囲・変換方式は追加する。

仕様に対し、目標仕様の数値範囲はかなり制限されている(表 5.1(2)参照)。一般に、上限が高いほど電子透かしの検出はやさしくなる。目標仕様の上限があまり高くないのは、検出が容易すぎない範囲でも電子透かしは耐性を持つかどうかを評価するためである。一方、下限があまり低くないのは、現実の流通・脅威モデルにおいて、画像の劣化が激しい画像の電子透かし耐性は、今回のガイドラインで評価しないためである。

5.1.2 仕様と目標仕様

耐性の機能要件は、圧縮変換、アナログ変換、Down/Up Conversion、(上記以外の)画像処理、組み合わせ処理の 5 項目とする。以下でそれらの用語を定義する。

表 5.1(1)：機能要件の定義

機能要件	定義
(1) 圧縮耐性	動画像の圧縮に対する耐性
(2) アナログ変換耐性	動画像のアナログ変換に対する耐性
(3) Down/Up Conversion 耐性	動画像の画格を変える映像処理に対する耐性 (IP 変換を含む場合と含まない場合がある)
(4) (上記以外の) 画像処理耐性	動画像を静止画(フレーム)の組み合わせと 考え、個々の静止画に対して、JEITA 報告書 [JEITA_H.13]準拠の画像処理を施した場合の画 像処理耐性
(5) 組み合わせ耐性	上記の組み合わせ処理に対する耐性

表 5.1(2)において、機能要件の仕様と目標仕様を与える。各仕様、目標仕様の設定の詳細については、表の下で説明する。

表 5.1(2) : 仕様と目標仕様

機能要件	仕様	仕様の取り扱い	目標仕様
(1) 圧縮耐性	MPEG-2	仕様は、一般情報として扱われる。各ベンダーによりカタログ等に記載される仕様は、製品がその仕様に付いて準拠、または一部をサポートしていることを表す。	12 ~ 13Mbps(HDTV)
	MPEG-4		2 ~ 10Mbps(SDTV)
	H.264		1 ~ 2Mbps(QVGA × 15fps)
	Windows Media Video		約 7 ~ 12Mbps(HDTV)
	Real Video		0.2 ~ 0.3Mbps(QVGA × 15fps)
(2) アナログ変換耐性	ビデオダビング	カタログ等への仕様の記載例： MPEG-2/-4、WMV、階調変換	1 ~ 5Mbps(SDTV)
	モニタ撮影		1 ~ 5Mbps(SDTV)
(3) Down/Up Conversion 耐性	Down Conversion	MPEG-2、MPEG-4、H.264 においては、それぞれ 5 章付録の表：耐性 1、2、3 に仕様のプロファイルとレベルの一部を引用している。製品がサポートしている数値範囲・変換方式について更に詳細が知りたい場合、事業者は、保障レベルとして各ベンダーへ問い合わせることとする。	キャプチャカード、DVD レコーダ、VHS レコーダ
	Up Conversion		ビデオカメラ
(4) (上記以外の) 画像処理耐性	JPEG 圧縮・伸張	MPEG-2、MPEG-4、H.264 においては、それぞれ 5 章付録の表：耐性 1、2、3 に仕様のプロファイルとレベルの一部を引用している。製品がサポートしている数値範囲・変換方式について更に詳細が知りたい場合、事業者は、保障レベルとして各ベンダーへ問い合わせることとする。	HD SD
	JPEG 圧縮画像に透かし挿入		SD HD
	トリミング		
	階調変換		
	射影変換		
	周波数変換		
	プリント/スキャン		
	グレー画像との合成		
未挿入画像との合成			
(5) 組み合わせ耐性	上記仕様の組み合わせ		上記目標仕様の組み合わせ

各仕様と目標仕様についての詳細は以下のとおりである。

(1) 圧縮耐性

MPEG-2。国際標準規格 ISO/IEC 13818 のこと。

仕様は、規格[ISO13818-2]に従う。DVD ビデオ、BS デジタル放送などで採用されている。付録「表：耐性 1」参照。

目標仕様は、12～13Mbps(HDTV)、2～10Mbps(SDTV)とする。デジタル放送(地上波および衛星放送)、DVD レコーダによる録画、DVD プレーヤーによる再生、通信(ネットワーク配信)、ビデオダビング(キャプチャカード、DVD レコーダ)、デジタルコピーでの利用を想定している。

MPEG-4。国際標準規格 ISO/IEC 14496。

仕様は、規格[ISO14496-2]に従う。インターネットや携帯電話などの通信環境での利用を目的として開発された。付録「表：耐性 2」参照。

目標仕様は、1～2Mbps(QVGA×15fps)とする。携帯電話への通信(ネットワーク配信)での利用を想定している。

H.264。国際標準規格 ISO/IEC 14496-10 / ITU-T Recommendation H.264 のこと。

「H.264 / AVC」とも呼ばれる。HDTV など高精細映像向けの動画圧縮形式。

仕様は、規格[H.264]に従う。付録「表：耐性 3」参照。

目標仕様は、約 7～12Mbps(HDTV)、0.2～0.3Mbps(QVGA×15fps)とする。携帯電話での放送受信、HD DVD(HDTV)における再生を想定した。

WMV(Windows Media Video)。

仕様は、動画圧縮標準の MPEG-4 を元に Microsoft 社が開発した、拡張子が WMV の動画形式。Windows 標準のメディアプレーヤーである「Windows Media Player」が標準でサポートしている形式の一つ。ネットワーク配信を前提に設計されており、高い圧縮率、ストリーミング再生のサポート、DRM(著作権保護技術)によるコピー制御への対応などが特徴。[e-Words_URL]参照。

目標仕様は、1～5Mbps(SDTV)とする。DVD、ネットニュースの通信(ネットワーク配信)を想定している。

RV(Real Video)。

仕様は、Real Media 社が作成した拡張子が RM の動画形式。ストリーミング再生

により、圧縮データを更に軽いデータ量で転送することができる。

目標仕様は、1～5Mbps(SDTV)とする。DVD、ネットニュースの通信(ネットワーク配信)を想定している。

(2) アナログ変換耐性

デジタルからアナログへ、アナログからデジタルへ再変換した段階で、一般に電子透かしの耐性は弱まる。電子透かし検出では、アナログ画像の再デジタル化が必要である。

ビデオダビング。

仕様は、映像をビデオテープ(主に VHS)に複製すること。

目標仕様は、キャプチャカードによる DVD ビデオ作成、DVD レコーダによる DVD の不正コピー、VHS レコーダによるビデオテープ保存とする。

モニタ撮影。

仕様は、放送される映像を撮影すること。

目標仕様は、ビデオカメラによる映像の不正撮影とする。

(3) Down/Up Conversion 耐性

Down Conversion。

仕様は、動画像の画格を縮小する映像処理 (IP 変換を含む場合と含まない場合がある)。

目標仕様は、HDTV から SDTV での変換。放送(流通パターン)から、送信後の動画コンテンツに対し行うことを想定。

Up Conversion。

仕様は、動画像の画格を拡大する映像処理 (IP 変換を含む場合と含まない場合がある)。

目標仕様は、SDTV から HDTV への変換。流通・脅威パターンでは取り上げなかったが、よく行われる変換であるため、目標仕様として採り上げる。

(4) (上記以外の)画像処理耐性について

各仕様は、[JEITA_H.13]の評価ツール JEWELS の内容に従う。下記の ~ は[JEITA H.13]からの引用。ただし、インデックスカラー、拡大、縮小はそれぞれ、動画電子透かし

とは無関係、Up Conversion に含まれる、Down Conversion に含まれる、の理由より機能要件の項目からはずした。目標仕様は設定しない。

JPEG 圧縮・伸長([JEITA_H.13]44 ページ 5.2.2 参照)。

透かし入り画像を JPEG 圧縮して、保存し、それを伸長する。YCC の間引きは水平・垂直ともに 1/2 のサンプリングを行い、量子化テーブルは標準例を用いる。

圧縮率はテスト 1 から 4 までで{1/5, 1/10, 1/20, 1/40}となる。

JPEG 圧縮画像に透かし挿入([JEITA_H.13]44 ページ 5.2.3 参照)。

1/8 に JPEG 圧縮した画像に透かしを入れて、透かし入り原画像を作り、これをもう 1 度 1/8 に JPEG 圧縮して評価する。

トリミング([JEITA_H.13]45 ページ 5.2.4 参照)。

画像中央を中心としたトリミングである。処理後の画像サイズは処理前の原画像から小さくなっている。したがって、画像の中心が画素点と一致している場合もあるし、画素点と画素点の間にある場合もあるので、トリミング後の縦横の画素数は原画素数にトリミング率を掛けたものに一致するとは限らない。

横画素数を width 個、縦画素数を height 個とし、トリミング率を a とすると、幅方向の両側から切り取られる画素数は $(width-1)(1-a)/2+1$ の整数分である。同様に、縦方向の上下から切り取られる画素数は $(height-1)(1-a)/2+1$ の整数分となる。横画素数が 8 で、トリミング率が 1/2 のときは、両側から 2 画素ずつ切り取られる。切り取られた残り画像が出力画像となる。

トリミング率はテスト 1 から 4 までそれぞれ{3/4, 1/2, 1/3, 1/4} である。

階調変換([JEITA_H.13]46 ページ 5.2.7 参照)。

原画像の画素値 $I(x, y)$ 、変換後の画素値 $O(x, y)$ の関係は、変換関数 a を使い、 $O(x, y)=255 \cdot (I(x, y)/255)^a$ と表される。

変換後の画素値が 255 になったときは 255 にする。

係数はテスト 1 から 4 でそれぞれ{0.5, 0.75, 1.25, 1.5}である。

射影変換([JEITA_H.13]46 ページ 5.2.8 参照)。

いわゆるあおり補正の変換である。射影変換後の座標を (X, Y) 、原画像の座標を (x, y) として、座標原点を画像の左下とする。また、横および縦の画素数を w および h 、変換係数を a と b とすると、変換後の座標と原画像の座標の関係は次のとおりである。

$$x = X + \{a(w-1)Y\} / \{200(h-1)\} \cdot \{1-2X/(w-1)-b/100\}$$

$$y = Y + aY/(h-1) \{(h-1-Y)/(200-a)\}$$

原画像の座標の画素値を得るにはバイリニア変換を使用する。

係数ペアはテスト 1 から 4 でそれぞれ{(5, 1), (10, 3), (20, 6), (30, 9)}である。

周波数変換([JEITA_H.13]47 ページ 5.2.9 参照)。

変換フィルタの次数は 5×5 である。フィルタ係数は縦軸に対しても、横軸に対しても対称である。係数は 6 個設定できる。C00、C01、C02、C11、C12、C22 であり、この 6 個の係数を 5×5 に次のように配置する。

C22	C12	C02	C12	C22
C12	C11	C01	C11	C12
C02	C01	C00	C01	C02
C12	C11	C01	C11	C12
C22	C12	C02	C12	C22

外部より係数を別途設定する場合は、このマトリクスに合わせて 6 個の係数を入力する。正規化はこの 25 個の係数マトリクスを全加算したもので割ればよいので、正規化のための数値は入力する必要はない。

原画像の画素値とフィルタ係数の畳み込みにより、処理画像が得られるが、処理画像の一番外周の 2 画素は畳み込みができないため、原画像の画素値をそのまま使用している。

通常のテスト 1 から 4 では、フィルタ係数はセンターの C00 以外はすべて同じ値である。C00 とそれ以外の係数のペアの値は{(8, 1), (40, 1), (56, -1), (40, -1)}である。

プリント/スキャン([JEITA_H.13]47 ページ 5.2.10 参照)。

透かし入り画像のプリント出力をスキャナで取り込んで、その画像の透かしの耐性を調べるもので、実際のプリンタとスキャナを通さずに、画像処理でシミュレートする。

まず、原画像の R、G、B それぞれを縦横とも a 倍の画素数にして誤差拡散法により 2 値化する。これが擬似的なプリント処理である。

次に、この 2 値画像を 1/a に縮尺して、原画像の画素数にする。画素値はバイリニア補間により R、G、B それぞれ 8 ビットにする。これが擬似的なスキャナ処理であるが、スキャナへのプリント出力設定のときに少し回転することが考えられる。左方向を正の回転として、回転量 b 度を与える。

テスト 1 から 4 における(1, 1/a, b)の値は{(3, 1/3, -0.5), (2, 1/2, -0.5), (1.5, 1/1.5, -0.5), (1, 1, -0.5)}である。

グレー画像との合成([JEITA_H.13]48 ページ 5.2.11 参照)。

この攻撃は透かしの影響を薄めるためのものである。透かし入り画像を、透かしを入れる前の原画像と合成することにより、透かしの影響を薄められるが、透かし入り画像を攻撃するときに、通常は透かしのない原画像は手元にない。したがって、評価基準案ではグレー画像と合成することになっている。

未挿入画像との合成([JEITA_H.13]48 ページ 5.2.12 参照)。

透かしを埋め込んだ画像と他の画像を一定の割合で混合することにより、透かしの効果を薄める。透かし入りの画像 $file1$ とその他の画像 $file2$ を画素ごとに合成する。合成の割合を a とすると、出力画像の画素値 O_{xy} は $file1$ の画素値 $I1_{xy}$ と $file2$ の画素値 $I2_{xy}$ により $O_{xy} = a \cdot I1_{xy} + (1-a) \cdot I2_{xy}$ となる。これらを R、G、B に対して行う。

テスト 1 から 4 における a の値は {0.8, 0.6, 0.4, 0.2} である。

$file2$ は透かしを入れる前の画像が用意できれば、本来の画像を変えることなく透かしのみを薄めることができるが、透かしを入れる前の画像をユーザがいつも手に入れることができるとは限らないので、評価基準案ではすべての画素に R、G、B とともに中間の値 117 を入れたグレー画像を使用している。従って、この画像をユーザは用意しなければならない。

(5) 組み合わせ耐性について

仕様は、圧縮変換、アナログ変換、Down Conversion 変換、(上記以外の) 画像処理変換の評価項目組み合わせによる処理とする。このような組み合わせは無数に考えることができ、本ガイドラインですべてを網羅することは不可能である。例としては 3 章の流通パターン・脅威モデルを挙げることができる。

目標仕様は、圧縮変換、アナログ変換、Down Conversion 変換の組み合わせによる処理について、各目標仕様に耐えることとする。

5.2 耐性の保証レベル

5.2.1 保証レベルと現状の考え方

保証レベルとは、製品やシステムにおいて、機能要件が間違いなく実装されていて、機能は足しうることを保証するための度合いである。また、保証レベルは、製品固有・特定公開情報である。すなわち、特定の相手またはビジネス対応の中で個別に提示するセールス資料の情報である。ただし場合によっては、一般非公開データ資料が含まれる。

現状、ベンダー各社は、事業者へ数値レベルでの保証は公開していない。個別案件の中で、事業者の要望に沿った評価を実施し、報告している。

5.2.2 保証レベルの提示

各社前提条件が一致しないため、統一的な基準をつくるのが難しい。結局は組合せ耐性が問われるため、個別に実験を行なわれる（企業機密性が高い）。よって、事業者とベンダーの双方が入手容易なコンテンツを評価画像として、事業者はベンダーへ耐性評価結果の提示を希望、あるいは事業者指定の条件にて個別対応という形を採る。

耐性の評価は検出率と大きく関わっている。この項では、以下の(1)で検出率について簡単な説明を行い、(2)で保証レベルの例を挙げる。

保証レベルは、事業者にとって最低限必要な情報となるので、ベンダーは、可能な限りにおいて、事業者へ保証レベルを開示することが期待される。事業者は製品性能の裏付けを取る必要がある。

(1) 検出率

耐性の評価は、検出率によってなされる。検出率には、種々の捉え方があって、一意的に定義することはできないが、本ガイドラインにおいては、検出率を電子透かし入りコンテンツから、埋め込み情報が検出される割合とする。

しかし、検出に関しては検出成功の時点で処理終了と考えることもあるし、埋め込んだ透かし情報がすべて検出してみても処理終了とすることもある(図 6.1(1)参照)。また、検出という意味も曖昧なところがある。例えば、透かし情報の検出が 1 秒で 1 回、10 秒で 1 回、あるいは 1 秒で 2 回成功したのかが、「検出」という用語からだけでは判断できない(図 6.1(2)参照)。

検出率を評価する際の前提条件は多岐に渡るが、主なものは以下の通りある。

ハード情報
コンテンツ情報
使用ツール
画質評価(または透かし強度)

ハード情報とは、使用 PC(CPU、OS、メモリなど)、モニタなどについての情報である。コンテンツ情報とは、映像素材の映像時間、種類などの情報である。使用ツールとは、MPEG であれば、どの会社のどのバージョンのものかなどを指す。画質評価については 4 章を参照していただきたいが、事業者の立場から大切な項目である。透かし強度は、ベンダーにとって重要で、かつ検出率の評価に大きく影響するが、画質と透かし強度はトレードオフの関係にある。

(2) 保証レベルの例

保証レベルは、製品の実力値であり、製品固有情報のため一般公開はしないが事業者にとっての使い勝手視点で必須情報とも言える。よってここでは、MPEG-2 の保証レベルについて、3 つの例を挙げる。ただし、各パラメータがどのように関係しあうかについては説明を省く。また、一部のパラメータについては、6.1.2 項で説明しているので、参照していただきたい。

(a) MPEG-2、ビットレート 3~10Mbps(SDTV)

例(a)では、ビットレート、フレームレート、フレームサイズの情報が与えられているのみである。上記範囲で透かし耐性があるとは判断できるものの、ベンダー間の製品の耐性比較は困難である。

(b) MPEG-2、ビットレート 3~10Mbps(SDTV)、OS Windows XP、CPU Pentium 4 2.4GHz、メモリ 512Mbps、電子透かしアプリケーション A 社 C 製品 Ver.5、コンテンツの映像時間 1 時間

例(b)では、ビットレート、フレームレート、フレームサイズの他に、ハード情報、コンテンツ情報、使用ツールが与えられている。MPEG-2 の耐性についてベンダー間の製品の耐性比較において参考となると考えられる。

(c) MPEG-2、ビットレート 3~10Mbps(SDTV)、OS Windows XP、CPU Pentium 4 2.4GHz、メモリ 512Mbps、電子透かしアプリケーション A 社 C 製品 Ver.5、検出率 95%、コンテンツの映像時間 1 時間、透かし強度 5

例(c)では、例(b)の情報に加え、検出率と透かし強度が与えられている。この2つの情報は、ベンダー各社によって数値の意味が異なる。事業者は、検出率 95%では、検出についての意味、透かし強度 5 では画質がどの程度劣化するかなどについて、ベンダーに問い合わせていただきたい。

5 章 参考文献

[JEITA_H.13] (社)電子情報技術産業協会編：「電子透かし技術に関する調査報告書」平成13年：<http://it.jeita.or.jp/eltech/report/2001/01-jou-04.pdf>

[ISO13818-2]：International Standard ISO/IEC 13818-2、Information technology Generic coding of moving pictures and associated audio information：Video

[ISO14496-2]：International Standard ISO/IEC 14496-2、Information technology Coding of audio-visual objects Part 2：Visual

[H.264]：ITU-T Recommendation H.264、Advanced video coding for generic audiovisual services | ISO/IEC 14496-10、Information technology Coding of audio-visual objects Part 10: Advanced Video Coding

[e-Words_URL] IT用語辞典 e-Words：<http://e-words.jp/>

商標について

Microsoft、Microsoft Windows、Microsoft Windows Media、Microsoft Windows Media Player、Microsoft Windows Media Video は、米国 Microsoft Corporation の、米国およびその他の国における登録商標または商標です。

RealPlayer、RealMedia、Real Video は、RealNetworks, Inc. の商標および登録商標です。

その他、掲載されている会社名、製品名は、各社の登録商標または商標です。

本サイトの中では、通称または略称を使用しています。ご了承下さい。

付録：プロファイルとレベル

5章で取り上げた MPEG-2/-4、H.264 の動画形式には、様々なツールが提供されているため、非常に多くのアプリケーションに対応可能である。しかしながら、ハードウェアとしては、サポートすべき範囲が大きすぎるため、すべてを実現することは難しい。そこで、これらの動画形式では、「プロファイル」と「レベル」というパラメータの範囲によって、デコーダの性能が分類されている。

本付録では、プロファイルとレベルにおけるフレームサイズ、フレームレート、ビットレートについては、MPEG-2、H.264 の場合、各上限を表している。一方、MPEG-4 の場合は、それぞれ規格としての数値が与えられているが、付録では一例として Natural Visual Profiles@Levels の一部についての数値を挙げる。また、MPEG-2 と H.264 の各レベルにはフレームレート (fps) の上限が与えられているが、実際には範囲の中で 23.976/ 24/ 25/ 29.97/ 30/ 50/ 59.94/ 60 に該当する値となっている。

MPEG-2 は、コンピュータ、放送、通信のアプリケーションにおいて、汎用的に使用することを目的としている。

MPEG-4 は、デジタルテレビ、インタラクティブグラフィックスアプリケーション、インタラクティブマルチメディアを対象領域としている。

H.264 は、映画・コンサート等の動画コンテンツや携帯向けのコーデックとしての利用が期待されている。

さらなる詳細については、各表下の 印の規格書を参照することとする。

表: 耐性1 ISO/IEC 13818-2(MPEG-2) Profiles and levels における各上限

プロファイル	レベル		フレームサイズ の上限 (ピクセル)	フレーム レートの 上限 (fps)	ビットレ ートの上 限(Mbps)
Simple	Main	Enhancement	720 × 576	30	15
Main	High	Enhancement	1920 × 1152	60	80
	High-1440	Enhancement	1440 × 1152	60	60
	Main	Enhancement	720 × 576	30	15
	Low	Enhancement	352 × 288	30	4
SNR	Main	Enhancement	720 × 576	30	15
	Low	Enhancement	352 × 288	30	4
Spatial	High-1440	Enhancement	1440 × 1152	60	60
		Lower	720 × 576	30	60
High	High	Enhancement	1920 × 1152	60	100
		Lower	960 × 576	30	100
	High-1440	Enhancement	1440 × 1152	60	80
		Lower	720 × 576	30	80
	Main	Enhancement	720 × 576	30	20
		Lower	352 × 288	30	20

International Standard ISO/IEC 13818-2、Information technology Generic coding of moving pictures and associated audio information : Video

表： 耐性 2 ISO/IEC 14496-2(MPEG-4) Natural Visual Profiles@levels の一部

プロファイル	レベル	フレームサイズ の上限(ピクセル)	フレームレートの 上限 (fps)	ビットレートの 上限 (Kbps)
N-Bit	L2	CIF 352×288	30	2000
Main	L4	1920×1088	30	38400
	L3	ITU-R601	30	15000
	L2	CIF 352×288	30	2000
Core	L2	CIF 352×288	30	2000
	L1	QCIF 176×144	30	384
Simple Scalable	L2	CIF 352×288	30	256
	L1	CIF 352×288	15	128
	L0	QCIF 176×144		128
Simple	L3	CIF 352×288	30	384
	L2	CIF 352×288	15	128
	L1	QCIF 176×144	15	64
	L0	QCIF 176×144	15	64
Advanced Coding Efficiency	L4	1920×1088	30	38400
	L3	ITU-R601	30	15000
	L2	CIF 352×288	30	2000
	L1	CIF 352×288	30	384
Advanced Core	L2	CIF 352×288	30	2000
	L1	QCIF 176×144	30	384
Advanced Real Time Simple	L4	CIF 352×288	30	2000
	L3	CIF 352×288	30	384
	L2	CIF 352×288	15	128
	L1	QCIF 176×144	15	64

International Standard ISO/IEC 14496-2、 Information technology Coding of
audio-visual objects Part 2: Visual

表：耐性3 H.264 Profiles and levels における各上限

レベル	フレームサイズ の上限(ピクセル)	フレームレート の上限(fps)	ビットレート の上限(Kbps)
1	QCIF 176 × 144	30.9	64
1.1	CIF 352 × 288	62.5	192
1.2	CIF 352 × 288	125.0	384
1.3	CIF 352 × 288	172.0	768
2	CIF 352 × 288	172.0	2000
2.1	625HHR 352 × 576	172.0	4000
2.2	625SD 720 × 576	172.0	4000
3	625SD 720 × 576	172.0	10000
3.1	720pHD 1280 × 720	172.0	14000
3.2	SXGA 1280 × 1024	172.0	20000
4	2Kx1K 2048 × 1024	172.0	20000
4.1	2Kx1K 2048 × 1024	172.0	50000
4.2	2Kx1K 2048 × 1024	172.0	50000
5	3672x1536(2.39:1) 3680 × 1536	172.0	135000
5.1	4096x2304(16:9) 4096 × 2304	172.0	240000

ITU-T Recommendation H.264、 Advanced video coding for generic audiovisual services | ISO/IEC 14496-10、 Information technology Coding of audio-visual objects
Part 10: Advanced Video Coding

6 その他の要件

本ガイドラインでは、電子透かしに関わる技術情報を「機能要件（仕様）」、「目標仕様」「保障レベル」の3つの視点で捉えている（図 2.2(1)参照）。本章では、画質、耐性以外の要件として、処理時間(6.1節)、検出誤り(6.2節)埋め込み情報量(6.3節)を取り上げ、その機能要件を中心にまとめた。

これらは、事業者が電子透かし製品を評価する際に確認すべき情報である。特に、処理時間について、事業者が複数ベンダーの提示情報を比較する場合、提示情報の前提条件を確認すべきである。また、ベンダーに対しても、事業者が処理時間を説明する際には、前提条件を明確化した上で説明することが望ましい。他の節についても同様に、事業者およびベンダーに対して提案する。

6.1 処理時間

処理時間(6.1節)は、種々の条件により差異がでることから、各ベンダーが一般公開する情報としては扱われてはいない。勿論、事業者にとっては製品の実用性を評価検討するための重要情報であるため、個別のビジネスにおいては該当製品のベンダーから個別情報として説明されている。

本ガイドラインでは、先述の通り処理時間について「保証レベル」(製品固有の情報であり、ベンダーから事業者(ユーザ)に個別公開する情報)として捉えているが、処理時間を構成する要点を説明する。事業者が処理時間を評価する際には是非ご理解頂きたい情報である。特に複数ベンダーから、処理時間を提示される場合は、それぞれの条件を明確化するためには必須となる情報である。

また、ベンダーに対しても、事業者が処理時間を説明する際には、是非とも明確化して頂きたい要点として提案するものである。

なお、以下の節で詳細を説明するが、本ガイドラインでは処理時間を構成する要点を入出力条件、前処理、本処理、後処理時間、ハードウェア情報、コンテンツ情報の四つの要素に分けて捉えている。

6.1.1 処理時間の考え方

事業者にとって、一般的には電子透かし情報の埋め込み・検出が短時間で処理できることは勿論である。一般的に動画コンテンツはデータ量が比較的多いため、コンテンツへの透かし埋め込み・検出における処理時間は多くなる。よって、これら処理時間は、動画電

子透かし技術を利用する事業者にとって、その実用性の可否を決定するは重要な事項である。本節では、保証レベル(製品固有・特定情報)としての処理時間と処理時間評価法について述べる。

処理時間の定義は、いくつかの文献により、その方法が提案されているものの、現状、その表記方法が統一されていない。そのため、複数の製品の処理時間を正しく比較評価するには、まずは基準となる画像コンテンツを定め、同じ動作環境で行われることが必要となる。しかし、基準となる画像コンテンツは事業者が実際に使う動画コンテンツに類似したものでなければ現実的ではないし、動作環境も各ベンダーにより一致しない。よって、処理時間評価における統一的な基準を作ることは難しいのが現実である。

電子透かし技術(製品)の提供形態には主に、システムとして独立して動くアプリケーション型、Photoshop 等のプラグインとして動くプラグイン型、すかし埋め込み・検出エンジン等のライブラリ型が考えられるが、事業者にとっては、システムとしての透かし埋め込み処理全体・検出処理全体に、どの程度の時間がかかるかが重要であり、興味のあるところである。よって、本ガイドラインではプラグイン型、ライブラリ型での処理時間は、事業者がまずは明確にしたいと考えている処理時間とは異なるため、対象外とした。

よって以下には、事業者がアプリケーションによる電子透かし技術の処理時間を評価する際に理解いただきたい事項や注意事項を説明する。

アプリケーション型についての処理時間は、大きく分けて、透かし埋め込み処理時間と透かし検出処理時間の2つがある。処理時間とは、処理の開始から終了までの時間であるが、検出に関しては検出成功の時点で処理終了と考えることもあるし、埋め込んだ透かし情報をすべて検出してみても処理終了とするところもある(図 6.1(1)参照)。また、検出という意味も曖昧なところがある。例えば、透かし情報の検出が1秒で1回(図 6.1.(2)(a))、10秒で1回(図 6.1.(2)(b))、あるいは1秒で2回成功(図 6.1.(2)(c))したのが、「検出」という用語からだけでは判断できない。しかしこれらは、検出率とも関連する話題である。

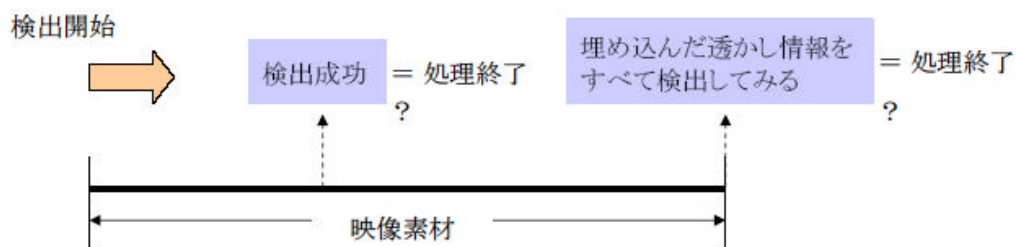


図 6.1(1) : 処理終了の例

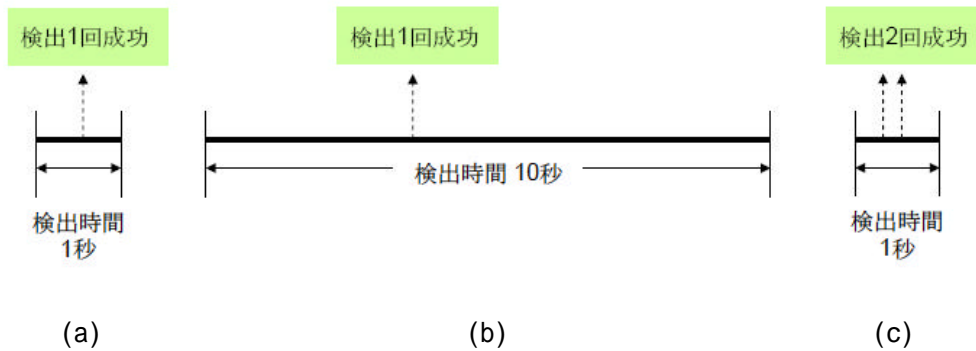


図 6.1 (2) : 透かし検出の例

表 6.1(1)は、透かし埋め込み・検出処理時間の記載例である。映像時間とは、映像素材の再生したときにかかる時間である。

表 6.1 (1) : 処理時間の記載例

	処理内容	
評価項目	透かし埋め込み	透かし検出
映像時間	1 時間	
処理時間	3 時間	5 分間

1 時間以外の映像では、埋め込み・検出時間を比較しにくいことがある。1 時間(などの単位時間)の映像処理に換算し表記することにより、処理時間を評価しやすくなる場合がある。

例： 映像時間：30 分間 (×2) 映像時間：1 時間
 埋め込み処理時間：1 時間 埋め込み処理時間：2 時間
 検出処理時間：10 分間 検出処理時間：20 分間

事業の内容にもよるが、映像時間が極端に少ない映像素材を使い処理時間を測定することは推奨されない。理由として、処理の誤差・ばらつきが大きくなるからである。6.1.2で採り上げるような評価条件が、処理時間へ相対的に大きく影響してくる。

6.1.2 処理時間の評価条件

本節では、処理時間の評価条件を列挙する。事業者は処理時間とともに評価条件にも様々なケースがあることに注意してほしい。よって、処理時間についての評価は簡単ではない。本ガイドラインにおける処理時間の評価条件とは、事業者が電子透かし技術进行评估する際に気をつける事柄である。

例えば、A社、B社、C社の透かし埋め込みにかかるアプリケーションの処理時間が、それぞれ、1時間、1時間、30分間であったとする。この時間のみを比べると、C社製品のほうが、処理時間について高性能のようである。しかしながら、実際の処理時間は評価条件に依存するため、簡単にC社のアプリケーションのほうが高性能とは言えない。

処理時間に影響してくるパラメータは、主に

- (1) 前処理、本処理、後処理
- (2) 入出力条件
- (3) ハードウェア情報
- (4) コンテンツ情報

である(図6.1(3)参照)。以降では、その詳細について触れる。

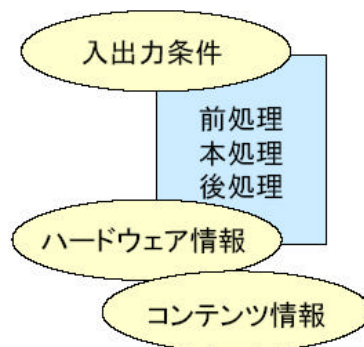


図6.1(3)：処理時間に影響を与える項目

また、その他にも、処理時間に影響を与える様々なパラメータがあるが、本ガイドラインでは、例として

- (5) 電子透かし埋め込み・検出方法
- (6) 電子透かし埋め込み・検出情報量

を挙げる。

- (1) 前処理、本処理、後処理

透かし埋め込み・検出処理は、前処理、本処理、後処理(ただし、検出処理において後処理は行われない)に分けることもできる。

透かし埋め込み・検出処理は、前処理、本処理、後処理とは

- 前処理： 映像ファイルの保存媒体からの読み出し
解凍の必要がある場合の圧縮ファイルの解凍
- 本処理： 電子透かしの埋め込み本処理、または検出本処理
- 後処理： 圧縮の必要がある場合の本処理済み映像ファイルの圧縮
本処理済み映像ファイルの保存媒体への保存

である。図 6.1(4)に、電子透かし埋め込み処理の一例を挙げる。

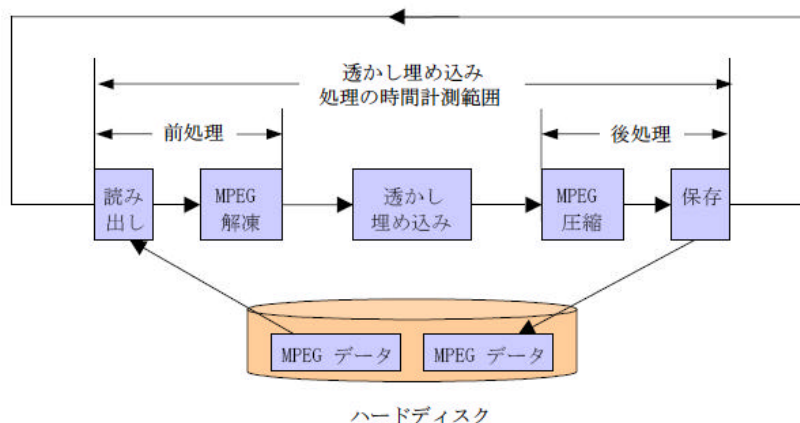


図 6.1(4)：電子透かし埋め込み処理の例

ベンダーによっては本処理のみの時間を処理時間としてくる場合。前処理を含んでいる

か否かも異なる。また前処理においては、上記の読み出し、解凍が行われているかどうかということもある。後処理においても、上記の圧縮、保存が行われているかどうかということもある。処理時間の評価では、それらについて確認していただきたい。

(2) 入出力条件

入出力条件として、

前処理での映像ファイルの読み出しにおける保存媒体の種類
後処理での本処理済み映像ファイルの保存における保存媒体の種類

が、処理時間に大きな影響を与える。

事業者は、処理時間を評価する際、保存媒体の種類について確認することが望ましい。

例えば、透かし埋め込み・検出処理において、一般的に、CD-ROM から動画コンテンツを読み込む場合の時間は、ハードディスクから読み込む場合の時間よりも長い。

(3) ハードウェア情報

動作環境として、

CPU(動作周波数)(例：Pentium4 2.4GHz)
メモリ(主記憶装置)(例：512Mbps)
OS(オペレーティングシステム)(例：Windows2000)

などの情報がある。一般に、CPU とメモリは大きくなるほど、処理時間は短くなる。また、仮にCPU とメモリが全く同じパソコンでも、OS が異なれば処理時間が異なることがある。

これらの動作環境は、実際に事業する際の環境に一致、または類似した環境であることが望ましい。

(4) コンテンツ情報

動画電子透かしの埋め込み・検出についての処理時間は、

入出力動画の圧縮・非圧縮(圧縮形式の例：MPEG-2、非圧縮形式の例：AVI)
フレームサイズ(例：720×480ピクセル)

フレームレート(例：30fps)

ビットレート(例：4Mbps)

などの情報に依存する。

透かし埋め込み・検出の際に、動画コンテンツの圧縮・解凍が行われる場合、処理時間は一般に長くなる。また、フレームサイズ、フレームレート、ビットレートが大きくなると、コンテンツのデータ量が大きくなるため、一般には処理時間が長くなる。

これらの動画コンテンツも、実際に事業する際のコンテンツに一致、または類似したものであることが望ましい。

以上が、主な処理時間評価条件である。

その他、リアルタイムで処理を行えるならば、ディレイ情報も大切である。

電子透かし埋め込み・検出処理を1フレームのみで行う場合、GOP 構造の情報は重要である。処理される1フレームの位置は動画コンテンツにより異なるからである。

処理時間に影響を与えるその他の例として、(4)電子透かし埋め込み・検出方法、(5)電子透かし埋め込み・検出情報量を挙げる。

(5) 電子透かし埋め込み・検出方式

動画電子透かしの埋め込み・検出についての処理時間は、処理で用いられる電子透かし方式に依存する。現在の動画電子透かし方式は、主に次の2つに分けられる。

圧縮映像における固有情報を用いる方式

動画像におけるフレームを用いる方式

方式1は方式2に比べ、演算量が多いが、処理時間が掛かるかどうかは別問題である。一般的には、方式2のほうが遅くなりがちである。

方式1は、画像の符号化プロセスにおける固有情報を使い、電子透かしを映像の圧縮データに埋め込む方法である。この方式による利点は、透かしの埋め込み・検出にかかる処理時間が少ない。しかしながら、透かし情報を直接フレームに埋め込んでいないため、動画像の解凍後にフレームからの透かし検出はできない。

方式2は、静止画電子透かし方法をベースにして、電子透かしを動画像のフレームに直接埋め込む方法である。この方式による利点は、透かし情報を直接フレームに埋め込んでいるので、動画像の解凍後にフレームからの透かし検出ができる。しかしながら、フレーム単位で電子透かしを埋め込んでいるため、透かし埋め込み・検出処理に時間がかかる。

(6) 電子透かし埋め込み・検出情報量

動画電子透かしの埋め込み・検出についての処理時間は、それぞれ(一定時間の)映像素材の

透かし埋め込み情報量

透かし検出情報量

に依存する。一般に、透かし埋め込み・検出情報量が大きいほど、処理時間は多くなる。

特に(1)の方式 において、動画像に透かしの埋め込み・検出処理を行う場合、すべてのフレームに対して透かしの埋め込み・検出処理を行うとは限らない。その場合、処理時間も異なってくる。例えば、MPEG 画像の全フレームに 64 ビットの透かし情報を埋め込み・検出は、1 フレームのみに埋め込む場合に比べて時間がかかる。また、透かし埋め込み・検出では最初または最後のフレームだけ、あるいはランダムに行われるケースも想定される。

また、電子透かしの検出では、どの程度の量の情報量を検出で、検出成功と判断するかどうかの見極めも大切である。例えば、A 社の透かしは映像素材から 1 ビットだけ検出した時点で処理が終了したと判断し、処理時間は 3 秒であった。一方、B 社は同じ映像素材から 10 ビット検出した時点で処理が終了したと判断し、処理時間は 30 秒であった。処理時間だけを比べると、A 社のほうが B 社の処理時間よりも 10 倍少ない。しかしながら、検出したビット単位で処理時間を比べると、A 社と B 社の処理時間は同じとみなせる。しかし、この評価も透かし情報の埋め方に依存する。

商標について

Adobe、Adobe ロゴは Adobe Systems Incorporated (アドビシステムズ社) の商標です。

Microsoft、Microsoft Windowsは、米国 Microsoft Corporation の、米国およびその他の国における登録商標または商標です。

その他、掲載されている会社名、製品名は、各社の登録商標または商標です。

本サイトの中では、通称または略称を使用しています。ご了承下さい。

6.2 検出誤り

本節では、電子透かしの検出誤りについて、具体的指標とその対策方法について述べる。

6.2.1 電子透かしの検出誤り

電子透かしの検出は、下記の処理から構成される。

- ・ 電子透かしの存在の検知
- ・ 電子透かしの情報の復元

電子透かし方式によっては、電子透かしの存在検知と電子透かしの情報復元が同一処理であるもの、電子透かしの存在検知しか行なわないものがある。

文献[Cox01]によると、電子透かしにおける検出誤りの指標は下記 3 種類に大別される。

- ・ False negative errors

電子透かしが挿入されたコンテンツに対して、検出器が電子透かしの存在を検知できない誤り

- ・ False positive errors

電子透かしを挿入していないコンテンツに対して、検出器が、電子透かしの存在を検知してしまう誤り

- ・ Message errors

検出器が、コンテンツから誤った情報を復元してしまう誤り

図 6.2(1)に False negative errors と False positive errors の関係図を示す。False negative errors が発生した場合、例えば、検査対象から不正コピーを見逃してしまうことにつながる。また、False positive errors や Message errors が発生した場合、例えば、コピー制御情報が挿入されていないコピーフリーのコンテンツからコピー禁止の情報を誤って検出し、正規の利用者が当該コンテンツをコピーできないといった脅威がある。

検出誤りは、事業者によって求めるレベルが異なるが、電子透かし製品の、false positive errors、false negative errors、message errors とも、適用する事業内容と照合して、充分小さい確率であることが望ましい。

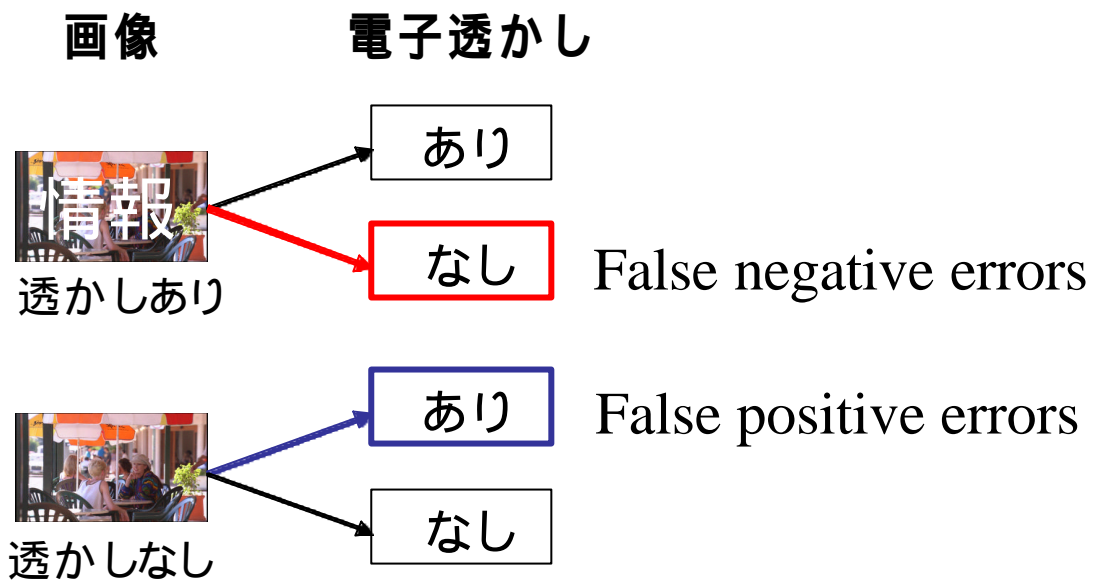


図 6.2(1) : False negative errors と False positive errors の関係図

6.2.2 検出誤りの対策方法

前節で述べたように、電子透かし製品においては、電子透かしの検出誤りは、充分小さい確率であることが望ましい。

検出誤りの対策方法は、製品ベンダー各社各様であるが、製品ベンダーは、自社カタログに検出誤りの対策方式や発生率を明記するか、あるいは、事業者から求められた場合に、情報提供する用意があることが望ましい。図 6.2(2)は、検出誤りの対策方式の一例を示している。対策方法は、ベンダー各社で様々であり、事業者はその対策方法を確認することが重要である。

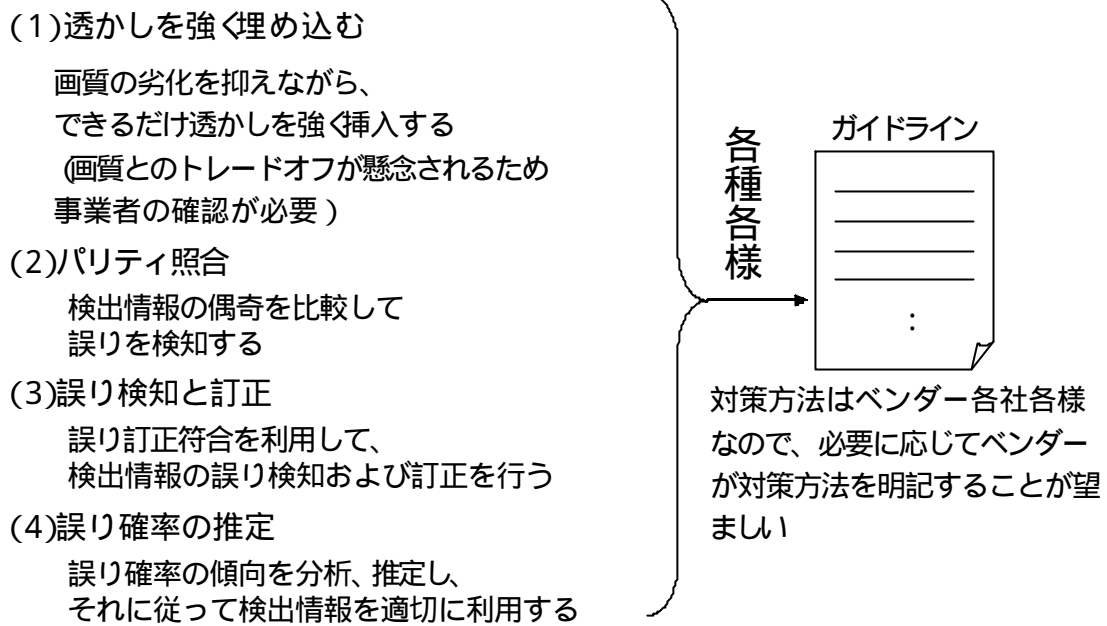


図 6.2(2) : 検出誤りの対策方法の例

6.3 埋め込み情報量

6.3.1 埋め込み情報量とは

埋め込み情報量とは何か

動画電子透かしの埋め込み情報量とは、動画に対して何 bit の情報量を埋め込むことができるかを表すものである。電子透かしは、画像の信号を書き換えて、1,0 のデジタルデータを埋め込む方式である。画像の情報を書き換える作業を行うものであるから、必然的に埋め込み情報量が多ければ多いほど画像の信号は元の原画像に対する信号の書き換えが多くなり、画質は劣化する。例えば、ある動画の1コマが100画素×100画素でかつグレイレベル（輝度値のレベル）が8bitとすると、画像全体で80000bitの情報量がある（ここで、画像は非カラー画像を仮定している）。この80000bitの中から人間の目には目立たない（画質の劣化に大きな影響を与えない）bitを選んで、あるいは1bitの情報埋め込みを複数の画素に分散することによって人間の目には極力目立たないようにすることが可能である。ただし一般的な傾向として、人間の目に目立たない情報だけを書き変えていくと、透かしの攻撃耐性が弱くなる傾向にあり、かつたくさんのbitを書き換えた方が（透かしの多く埋め込んだ方が）耐性の強度は向上するので、画質と耐性はどうしてもトレードオフの関係にある。透かしの特性として、画質が高く、かつ埋め込み情報量が多ければ多いほど、その動画電子透かしは優秀であるといえる。事業者側は動画電子透かしを評価する場合は埋め込み情報量単体を見るだけでなく、画質の評価値も参考にし、自身のサービスに見合った動画電子透かしを選択することが重要である。同時に、ベンダーは埋め込み情報量の多さのみを提示するだけでなく、透かしの埋め込みによる画質劣化の程度も併せて説明することが望ましい。

埋め込み情報量を定義する理由

現状各社のカタログスペックには動画電子透かしの埋め込み情報量が記載されている。しかし透かしがどのような画像に埋め込まれたかは明らかにされていない場合が多い。前節で述べたように、透かしの劣化は画像の信号を書き換えることによって行われる。当然、同じ情報量を埋め込んだとしても、画像サイズが大きければ大きいほど劣化の度合いは目立たなくなる傾向にある。つまり、A社とB社の埋め込み情報量が等しい値だとしても、A社の方が小さい画像に透かしの埋め込みをすれば、A社の透かしの方が（埋め込み情報量という点では）優れている。各社のカタログ値のレベルを同等にするために、ガイドラインでは埋め込み情報量の定義を定めるものとする。

6.3.2 埋め込み情報量の定義

ガイドラインでは埋め込み情報量は画像の単位情報量あたりの埋め込み透かし情報量で定義する。

ただし、各社の動画電子透かしの埋め込み方法は、1フレーム毎に透かしの静止画として埋め込むものや、数フレームに透かしの分散させて埋め込むもの、輝度信号に埋め込むものや色差成分に埋め込むものなど、多種多様である。そこで、ガイドラインでは画像の単位情報量は厳密には定義せず、各社の裁量に任せるものとする。ただし、ベンダーは埋め込み情報量の提示に当たっては、かならず何ビットの透かしのどのような条件下で埋め込んだものかを事業者から求められれば説明することが望ましい。

例)

埋め込み情報量：160bit

条件：画像サイズ VGA、フレームレート 30fps、グレイレベル 8bit、画像形式 4:2:2

前節で、事業者は画質と埋め込み情報量を併せて確認することが重要であるという話をしたが、埋め込み情報量に関しては、埋め込み情報量のみを確認するだけでなく、必ずそれがどのような条件で埋め込まれたものか確認することが重要である。

最後に、事業者およびベンダーの埋め込み情報量に関するスタンスをまとめる。

事業者：下記の件を確認することが重要である。

- ・埋め込み情報量と画質はトレードオフの関係があることを念頭に入れる。
- ・自身のサービスに照らし合わせて、必要な埋め込み情報量を確認する（必要以上の埋め込み情報量を求めれば、その分画質は悪くなることに注意）
- ・埋め込み情報量は、どのような条件下で埋め込まれたものかを確認
- ・1フレーム毎に透かしの抽出できるのかを確認（複数フレームにまたがって透かしの埋め込む手法もある）
- ・画質劣化の程度も併せて確認する。

ベンダー：下記の件を説明することが重要である。

- ・埋め込み情報量は bit 数で提示
- ・埋め込み情報量の数値がどのような条件で埋め込まれたものであるかを説明
- ・1フレーム毎に透かしの抽出できるのかを確認
- ・埋め込み情報量と画質劣化の程度についても説明

6 章 参考文献

[Cox01] I. J. Cox, J. Bloom, M. Miller: Digital Watermarking, Morgan Kaufmann Pub, 2001.

7. おわりに

本章では、今回まとめた動画電子透かし評価ガイドラインの今後の課題について述べる。

7.1 成果のまとめ

コンテンツ流通ビジネスが健全な発展を遂げるためには、コンテンツの不正利用を効果的に防止する電子透かし技術の適用が必要である。従来、電子透かし技術の実効性評価は、電子透かし製品を提供する個々のベンダー視点で評価が行なわれており、事業者視点での実効性評価方法のガイドライン策定が急務であった。電子透かし技術はアルゴリズムや性能限界を一般公開しにくい性質上、動画電子透かしの評価方法を統一表現でまとめられたものはなかった。

本ガイドラインは、学識者、配信事業者、製品開発ベンダー参加のもと、動画電子透かし評価方法についての主要な機能要件、保証レベルについて具体的な検討を行い、その検討結果をまとめたものである。事業者が動画電子透かし製品を評価する上で有効な情報として、動画電子透かしの既存の評価手法を体系的にリストアップすると共に、数年先の技術レベルを見据えた目標仕様をまとめることができた。

7.2 今後の課題

下記項目については、具体的な指標を提示しておらず、今後の課題である。

(1) 基本モデルの拡張：

今回まとめた基本モデルでは、今後期待される新しいコンテンツ流通の姿（携帯電話配信、次世代 DVD、サーバ型配信モデルなど）を含んでいない。今回のフレームワークに基づけば、将来の新しい事業モデルにも対応することが可能であり、今後期待される新しい流通モデルに基づいて本ガイドラインを拡充し、よりよい指標を提供していけるものとする。

(2) 電子透かしの安全性の検討：

安全性の検討対象として、

- ・ 電子透かしを含んだ著作権保護システム全体の安全性、
- ・ 電子透かしアルゴリズム自体の安全性

があるが、システム全体の要件検討は本ガイドラインの対象外であるため、アルゴリズムの安全性検討が今後の検討対象となる。現状の電子透かし製品のアルゴリズムは非公

開であり、アルゴリズムが不正者に知られた場合、不正者が画像に挿入した電子透かしを選択的に攻撃することにより、画質劣化の少ない状態で挿入情報を除去してしまう可能性がある。従って、今後は、アルゴリズムの理論上の安全性（アルゴリズム公開型電子透かしなど）、アルゴリズムの実装手段・方式上の安全性（機密管理など）、運用上の安全性（原コンテンツの管理など）について、具体的な検討が必要である。製品ベンダーは、アルゴリズムの安全性について、事業者から求められた場合、上記情報を提供することが望ましい。

(3) 目標仕様の拡充

今回、動画電子透かしの機能要件をまとめ、性能を評価するためのフレームワークを提供することができた。今後、組み合わせ処理に対する評価方法の具体的検討や、プロファイル化についての検討を行い、事業者にとって、より使い勝手の良いガイドライン拡充を図ることができる。一方、今回、処理時間、埋め込み情報量、検出誤りについての目標仕様をまとめるに至らなかった。これらは、今後の課題である。