

# ストリーミング技術とビジネス・ストリーミング

山 本 雅 昭\*

## 目 次

- 1 本研究と本稿について
- 2 ストリーミング技術とストリーミング対応製品
- 3 圧縮とサーバ技術
- 4 ストリーミング技術に関する誤認
- 5 ストリーミング技術の齎すビジネスの変化
- 6 本稿のまとめと今後の研究について

### 1 本研究と本稿について

昨年の「ADSL 解禁」に端を発し、突如として「ブロードバンド通信」は各家庭へと普及し始めた。本研究は、昨年、「e-Japan プログラム<sup>(1)</sup>」とこの「ADSL 解禁」に関わる電気通信事業法改正との関連性や経緯についての調査を行っていた際、多くの疑問点と矛盾に遭遇し、これを契機として開始したものである。特に、e-Japan プログラムの「I 基本方針」中、(1)の「高速・超高速インターネットの普及の推進」と(3)の「ネットワークコンテンツの充実」の関係には大きな矛盾が生じている。2001年7月当時、技術的には未成熟な部分は残るものの、ストリーミング技術は広帯域通信環境下での実用レベルに達しており、「ブロードバンド通信の普及」への引き金さえ引いてしまえば、その潜在能力が一気に顕在化されてしまうことは明らかであった。総務省内に設置されている審議会と研究会においても、ブロードバンド化の推進に係わる数多くの審議や調査が行われていたが、「ネットワークコンテンツの充実」の指針や政策の方向性についてはあまりにも漠然としたもので、高速・超高速インターネットの具体的な利用目的は明示されていなかった。つ

---

\* 広島経済大学経済学部助教授

まり、肝心の「高速・超高速インターネット」と「ネットワークコンテンツ」の関係を確認に示せないままに、「e-Japan 構想」へと進展しようとしたことになる。

この詳細は本稿本文中に記すが、この当時の e-Japan プログラムや総務省（旧郵政省）には、既存のメディア産業への影響をどの程度まで想定していたのか、特にこの点については懐疑的にならざるをえなかった。本研究は、この背景から着手したものであり、ブロードバンド通信とストリーミング技術の相乗効果が齎す社会的な変化とビジネス市場の変化を対象とするものであるが、さらに e-ビジネスへのストリーミング技術の融合なども視野に入れている。本稿は、この研究の中でも、特にストリーミング技術の現状、ストリーミング技術の新たなターゲットとして注目されている「ビジネス・ストリーミング」について解説しながら、その課題などを指摘するものである。

#### 先行研究と本研究について

この研究活動は、先行研究を基には行えない。配信型メディアそのものが、ブロードバンド通信とストリーミング技術の融合上において初めて成立し得るものであり、また昨年春期から胎動期に入り、本年から急速に始動期へとシフトし始めただけに、研究者と研究機関の両方が不足している状況にある。本研究と同様に、昨年からは IDC、富士キメラ総研、日立総合計画研究所なども研究を進めているようだが、ストリーミングに関する市場規模の予想、システム開発と管理、技術開発報告などに特化した研究が主であり、ビジネス・ストリーミングや産業構造面における影響などについての研究活動は、現状ではほとんど行われていないか、または研究着手の時点ではないか、と考えられる。

このため、本研究では、総務省各審議会と調査委員会などの報告資料、ブロードバンド通信とストリーミングの技術面の調査、同時に、ビジネス・ストリーミング、インターネット放送とストリーミング配信事業への新規参入者の動向調査などを全て同時進行で行い、これらを調査活動経過毎に重ね合わせる方法を採用している。先行研究が全くない以上、本研究へ直接的・間接的に関連する幅広い分野から情報を積み上げるしかない。

なお、注意点として、本稿も含め、本研究では「予測」という語を用いず、全て「予想」を用いている。これは、本研究過程において、参照した数多くの資料や調査活動報告に「予測」の文字が乱用されていたことに起因している。インターネットに関連する調査研究は、調査対象が既に成熟市場や成熟技術にまで達しなければ、その性質上、「予測」は極めて困難である。特に、ブロードバンド通信やストリー

ミング技術の事業への応用などは、現時点では精度の高い「予測」を得ることはほぼ不可能である。これは、ブロードバンド通信市場に関する予測などについても同様であり、これまでも多くの研究機関から数多くの予測が発表されてはいるものの、昨年から急速に立ち上がった新市場を、過去1年間のデータだけで予測できるものではない。特に、変革期に入ったインターネットに係わる調査研究では、「5年後」の予測など可能なはずもない。このため、本稿では敢えて「予想」を用いることとしている。

## 2 ストリーミング技術とストリーミング対応製品

通信のブロードバンド化に伴う経済構造的な変化には、現在の社会構造と産業構造だけに焦点を集中させた調査と予測だけでは不十分である。技術革新は時として、変質に近い「変化」を生ずる引き金となる。このような変化の中では、時として「A→A'」「B→B'」のように進化的な成長を逃げるのではなく、「A・B→C」のような変質を逃げることもある。例えば、本稿中で取り上げている「ブロードバンド通信」と「ストリーミング技術」の2つの技術革新は、この典型例である。インターネット通信接続速度の飛躍的な向上、つまり「通信の広帯域化」を意味する「ブロードバンド化」は上述の「A→A'」であり、ビジネス・ユースへの適合性を高めたストリーミング技術は「B→B'」である。そして、この2つの技術革新を一对とした時に、初めて社会的な付加価値を生み出す。そのどちらか一方だけの技術革新であれば、現状において、これほどまでの注目を浴びてはいなかったであろう。Mokyr (1990) の技術革新分類法を用いれば、単独技術としてはブレイクスルーに相当するかどうかについては微妙であるが、ブロードバンド通信と融合すれば、社会的な長期発展に大きく係わる点において、大革新に分類される。

従来のインターネットに係わるビジネスの変革を総称する語として「e-ビジネス」<sup>(2)</sup>がある。しかし、今日までこの語の用法はナローバンドのインターネットを前提としたものであり、急速に普及しつつあるブロードバンド通信環境を前提としていたものではない。企業にとっても、従来のナローバンド通信環境下では、対外的なコミュニケーション・チャンネルとしての潜在能力はそれほど高いものではなく、新たなビジネス的価値を期待させるほどのものでもない。<sup>(3)</sup>ところが、通信のブロードバンド化とストリーミング技術の並行的な進展は、インターネットをこれまでに例を見ないほどに強力なコミュニケーション・チャンネルへと豹変させようとしている。

### ストリーミング技術

ストリーミング技術とは、クライアントとサーバの通信関係から成り、映像と音声のデータ配信技術と受信再生技術を総称した用語である。コンピュータ・システムとしての技術的な処理プロセスの流れを下記に示す。下記の(a)と(b)については配信側のサーバで行われる処理であり、(c)(d)(e)は受信側のクライアント PC 中で処理される。

- (a) コンテンツのインコード処理
- (b) ストリーミング・コンテンツ配信
- (c) データストリーム受信処理と往信処理
- (d) デコード処理
- (e) 映像表示処理, 音声出力処理

インターネット上でのオンデマンド映像配信やライブ映像放送の実現に向け、ストリーミング配信技術は大きな貢献を果たした。ストリーミング技術の登場以前は、CD や DVD からの映像再生と同様にファイル形式再生（ダウンロード後の再生）をネットワーク上でも利用していたが、データ容量的にも巨大な映像ファイルを低通信帯域でダウンロードし、かつこのファイルを再生するには膨大な待ち時間を要する。また、容量的負荷の高い映像ファイルは極端にハードディスク容量を消耗してしまう。特に、再生開始までに要する映像ファイルのダウンロード所要時間は、利用者の立場からすれば許容範囲を超えたものである。そこで、映像ファイルのダウンロード完了を待たずに先行再生する「擬似ストリーミング」技術が開発された。ただし、従来のファイル転送を利用するため、この方式ではフロー制御と直接流量制限を行なえず、安定した再生が困難となる。また、マルチキャストに対応していないこの方式では、ライブ映像・音声配信をサポートできない。このため、インターネット上での映像・音声配信を実現するために、擬似的なストリーミングではなく完全なストリーミング技術の確立が求められていた。

ストリーミング技術応用製品の開発については、1995年頃から本格化し、再生プレイヤーの主要製品として、これまでに RealNetworks の「RealPlayer」、Xing Technology の「SystemWorks」、Microsoft の「Media Player」、Apple の「QuickTime」などが登場している。現在に至るまでの進化の過程の中で、映像と音声の再生に関わる様々な機能追加が行われ、現在ではハイビジョン・レベルの映像品質を実現可能とするほどの技術的な進化を遂げている。

NetRatings の調査<sup>(4)</sup>では、2002年4月時点の米国におけるストリーミング・フォーマットの市場シェア分布は、家庭利用では「RealPlayer」の16.23%を筆頭に、「Windows Media Player」の14.41%、「QuickTime」の6.92%となっており、またこれらの併用者が26.94%と最も多い。同調査のビジネス市場では、「Windows Media Player」の28.32%を筆頭に、「RealPlayer」の26.99%、「QuickTime」の13.19%となっており、またこれらの併用が44.534%とやはり最も多い。つまり、現状では Microsoft と RealNetworks の一騎打ちの様相を呈している。

Microsoft は現在、Windows の主要機能の一つでもあるメディア再生技術を飛躍的に向上させようとしており<sup>(5)</sup>、サーバ技術も含め、様々な新機能の追加や技術的課題の克服に全力を上げており、競合している RealNetworks との技術革新競争を演じている。両社共に、技術面におけるキーワードは「ビジネス・ストリーミング」、「ブロードバンド通信への対応強化」、「高品位な映像と音声の再現」そして「家電製品化」である<sup>(6)</sup>。

#### ストリーミング対応家電製品

既に製品開発を終え、公式に出荷されている製品として ZapMedia の「ZapStation」<sup>(7)</sup>がよく知られている。CPU に Intel の Celeron 800MHz を採用し、Linux ベースの実行環境上で「LinDVD」<sup>(8)</sup>を動作させる仕様となっている。しかし、この ZapStation は PC をベースとした製品であり、技術的な視点に立てば、純粋なセットボックス型の家電製品であるとは言い難い。また、2000年に発表された製品であるため、残念ながらストリーミング映像再生機能もサポートされていない。

本格的な DNE (Digital Network Entertainment) 製品については、サン電子がブロードバンドラジオ製品「BiBio」<sup>(9)</sup>を発表し、米国 Pioneer Electronics も DNE 製品「DigitaLibrary」<sup>(10)</sup>などを発表している。この製品が注目されるのは、家電製品中に融合し難いストリーミング方式を Microsoft の協力を得て、最新バージョンとなる「Windows Media 9」に対応させた上で製品開発を行っている点である。現時点では詳細な製品仕様の公開がなされておらず、この詳解は行えないが、仮に Microsoft のプレスリリース通りに安定動作し、セキュリティ面も含めた信頼性を確保できていれば、家電業界全体のニューメディア・シフトを一気に加速させるだけの潜在性も有している。ストリーミングを利用できるのは PC だけ、という固定観念は、今後のストリーミング技術には該当しない。

### 3 圧縮技術とサーバ技術

ストリーミング技術も含め、デジタル映像と圧縮技術は極めて密接な関係にある。映像データを圧縮する目的は2つに大別され、(1)記憶メディア容量の消費の軽減、そして(2)メディアやバスのデータ転送遅延を補完する。ファイル容量の圧縮については既に周知されているため、ここにおいて解説は省略する。(2)のデータ転送遅延の補完を目的とするケースとは、A・B間におけるデータ転送経路の速度（データ通信速度）が極端に低く、Aが圧縮処理し、Bで解凍処理を行うほうが全体として高速化の図れる場合に用いられる。ストリーミング技術では、この(1)と(2)の両目的において圧縮を用いており、大きなデータ転送遅延<sup>(ii)</sup>の生じるインターネットの通信環境では絶対不可欠な技術である。このストリーミングで用いる圧縮技術については後述するため、先ず、映像データ圧縮の国際標準である MPEG 仕様の概要を表1に示す。

表1 MPEG 仕様の概要

圧縮法	標準化完了年	主要解像度	再生フレームレート
MPEG1	1992年	352×240,320×240	15, 24, 29.97
MPEG2	1994年	352×288～1920×1152	25～60
MPEG4	1999年～	任意	可変レート

上表1を参照すれば、任意の再生解像度と可変フレームレートである MPEG4 の特異性を理解できるはずである。これまでのインターネット通信環境では、通信の広帯域化が優先課題であったわけだが、ブロードバンド化の進展により、この課題は改善されつつある。しかし、もう一つの課題として残されていたのが「等時通信収容性」である。複合型ネットワークであるインターネットでは、パケットの送受信に関わる等時性は全く保証されない。このため、ストリーミング配信と映像再生では、様々な技術を組み合わせ、再生側で映像再生の中断を可能な限り抑止する仕組みを備えている。

本項では、ストリーミング技術の核となる圧縮技術とサーバ技術についての説明と問題点の指摘を行なう。ただし、各 Codec の詳細については、本稿との直接的な関わりを有していないため、ここでは省略する。本章は、ストリーミング配信の事業への応用性に深く関与するストリーミング・フォーマットと高ビットレートの映像配信を可能とする技術にその焦点を置く。

## 圧縮技術

ストリーミングに関わるデータ圧縮技術は2つの要件を満たさなければならない。第一の要件は、圧縮技術に関わる規格上の汎用性についてである。周知の通り、映像データ圧縮の国際標準は MPEG 圧縮技法であり、特に記録型メディア媒体 (DVD など) で採用されている MPEG2 を筆頭に様々な規格が存在し、同様に、ストリーミングに適合する MPEG4 フォーマットも「RealOne Player」と「QuickTime」で採用されている。

しかし、RealNetworks と Microsoft は引き続き、独自のストリーミング・フォーマットを主力とした製品開発を推進している。特に Microsoft は、Windows Media 形式の普及を強力に推進しており、同社の再生プレイヤーでも MPEG4 の再生はサポートされていない<sup>(12)</sup>。本稿中の2でも記したように、米国内の家庭や企業において異なるストリーミング・フォーマットが併用されているのは、この点に起因するものである。現状において、事業用途のストリーミング・コンテンツをアップロードする際に、市場シェアを考慮すれば、RealNetworks と Microsoft の両社フォーマットをサポートせざるをえない。

ただし、これは独自のストリーミング技術やストリーミング・フォーマットを否定しているわけではない。1998年10月、「MPEG4 version 1」は一部の標準化作業を凍結した上で、標準化作業を完了させ、1999年に国際標準仕様として公開されたものである<sup>(13)</sup>。しかし、同時に「MPEG4 version 2」への様々な仕様追加や拡張作業なども行われ、現在では既に9年にも及ぶ標準化作業期間を費やしている。往々にして国際標準仕様化の作業は長期化するものだが、実際に製品開発化を進める企業にとっては、この時間経過は必ずしも歓迎できるものではない。また、2000年10月から開始予定とされていた MPEG4 のライセンス供給に関する話し合いにも大幅な遅延が生じ、2002年1月ようやくライセンス供給に関する仮要旨が公表された<sup>(14)</sup>。しかし、この MPEG4 ライセンス供給は二転三転し、MPEG LA (MPEG ライセンス協会) が最終的なライセンス供給方式を公表したのは、実に本年9月11日である<sup>(15)</sup>。Microsoft を擁護するわけではないが、これでは、先行して MPEG4 に対応した Apple や RealNetworks に対して、逆にその真意を問い正したい。Microsoft に対して、MPEG4 を採用していない点への批判もあるようだが、ライセンス供給についてさえも不透明な期間が長かっただけに、叱責できるものではなかろう。これまでの経緯を踏まえた上で、ストリーミングに対しての圧縮技術の重要性を理解していれば、先端技術を採用した独自フォーマットの開発研究と製品化を否定することはできないはずである。しかし、独自規格の乱立の弊害を考慮に入れれば、国際標

準フォーマットへの準拠が望ましいことには違いない。特に、利用者側がストリーミング形式により、異なる再生ソフトを動作させなければならない現状については、その解決が強く望まれている。技術的な視点からも、MPEG4 規格に準拠するか、もしくは最低限の規格上の互換性を保つ拡張を推奨せざるをえない<sup>(16)</sup>。後述する第二要件とも共通した点となるが、ストリーミング技術で利用されるデータ圧縮技法は年毎に進化し、これに比例して符号化技術なども複雑化している。標準規格に準ずれば、この処理負荷を CPU 以外のハードウェアで吸収し易く、反対に独自規格ほど CPU 負荷を増すことになる。

第二の要件は、ストリーミング・データのインコード処理とデコード処理の効率化と処理負荷の軽減である。特にインコード処理時の圧縮率を高めれば、インコード処理負荷が増大し、処理に要する遅延時間も延びる<sup>(17)</sup>。同様に、インコード処理負荷の増大は、受信側のデコード処理にも大きな負荷を生じる。MPEG 以外にも多様な圧縮技術は存在するが、過度な CPU 負荷を要する圧縮技法ではストリーミング方式に採用し難い。今後想定されるストリーミング映像の高品位化に比例し、インコード処理・デコード処理負荷はより一層増大するが、このトレードオフのバランスは常に最重点とされるべきである<sup>(18)</sup>。特に、映像データはデコード処理後に数倍程度に容量化されるため、非力な PC の CPU やメモリー・バスでは負荷率が許容範囲を超える可能性も高い。PC 販売市場の大半を占める低価格 PC の存在を十分に考慮し、全てを CPU 処理に依存するのではなく、GPU を最大活用する処理も必要となる<sup>(19)</sup>。

### サーバ技術とサーバ環境

ブロードバンド化の進展とともに、ストリーミング技術はサーバに対してもその重要性をより一層高めている。何故なら、FTP のような単純なファイル転送の役割を担うサーバを除き、同時アクセス中の利用者に対し、常に高実効スループットの送信処理を可能とする汎用サービスがほとんど存在しないためである。インターネットで最もアクセスの集中する Web サーバは、その性質上、頻度の高いファイル・リクエストに対するキューイング処理やトランザクション処理に最適化されており、等時性を要する処理を得意とはしていない。これは、Web サーバ技術の問題点ではなく、表示ページを構成する膨大な数の小量ファイルの送信処理には等時性を要求されないためである<sup>(20)</sup>。クライアント PC へ送信した1個の HTML ファイルは、クライアント PC 中で表示用変換処理が行われ、この後、画像などの多数の小量ファイルの送信要求をサーバに対して行う。このため、利用者の多い Web サ



サーバは常にディスク中に散在している小量ファイルの読み出しと送信の処理に追われてしまう。また、Web サーバの多くは、CGI や Java など記述されたアプリケーションとデータベースへのアクセスなども同時に処理しなければならない、これらの処理負荷もスループットを大きく低下させている。このため、利用者の通信環境がどのように高速であろうと、Web サーバへアクセスするだけでは、実際に得ているはずの通信の高速性を体感できる機会に乏しい。これは例えば、家庭で利用しているインターネット通信接続サービスが 6 Mbps の通信実効スループットを得ていたとしても、レスポンスの鈍い Web サーバにアクセスすれば、その通信速度の効力の大半は失われてしまう。このため、家庭へのブロードバンド通信の普及と併せ、Web サーバ以外のサーバから、何らかのブロードバンド向けサービスを供給できなければ、「ブロードバンド」は実体を伴わない単なる流行語になり果ててしまいかねない。サーバ向けのストリーミング技術は、この点においても極めて重要な役割を担っている。

ストリーミング・サーバと Web サーバは、両者ともに要求元 PC へのファイル転送を主処理としているが、その送信対象のファイル形式、ファイル数、ファイルサイズ、データ転送処理などについては大きく異なる特徴が見られる。Web サーバは送信対象ファイル形式に特別な制限を有しておらず、セキュリティ設定が施されていない限り、リクエストに従いどのようなファイルでも転送処理を行なう。これに対して、ストリーミング・サーバの取り扱うファイル形式は、指定のストリーミング・フォーマットのみ限定される。このストリーミング形式ファイル中には詳細な送信用設定も含まれており、実際の転送もファイル単位ではなく、独立再生可能なデータストリームを単位とし、送信用設定で指定されたビットレートで送信が行われる。また、受信側の PC もファイルダウンロードの完了を待たずに、着信したデータストリームから再生を行う。そして、ブロードバンド通信に適合し得る高ビットレートの送信処理能力は、この仕組みを基に生まれるものである。ストリーミング形式ファイルは容量的には巨大であるが、Web サーバのように小型ファイルを多数処理するよりも効率的なディスク・リードとメモリー・キャッシュを可能にする。一度送信要求のあったストリーミング形式ファイルは、ディスクから「データ・ストリーム×n 個」分が読み出され、同時に次回の読み出し位置もメモリー上に記憶され、これを繰り返しながら送信を完了する。ハードディスクはその構造上、連続リードでは高速性を発揮できるが、ランダムアクセス時に大きくパフォーマンスが低下するだけに、この先読みキャッシュ機構が有効に作用する。ファイル容量が巨大である点を逆手に取り、配信用のデータストリームを先行して大量

にメモリー上へキャッシュしておき、高ビットレートの配信を可能にしている<sup>(22)</sup>。

課題として、高ビットレート送信を実現するための様々な機構を備えるだけに、リクエスト単位のサーバの負荷率が極めて高い点が挙げられる。Web サーバならば、一定以上の負荷が生じたケースでも、利用者側のレスポンスの低下が発生する程度の被害に止まるが、常に安定した送信状態を要求されるストリーミング・サーバでは、ロードバランシング（負荷分散と可用性）を念頭に置いたシステム構築を求められる<sup>(23)</sup>。オンデマンドによる配信事業では、数十台のストリーミング・サーバを併走させることも珍しいことではなく、1.5 Mbps 以上の高ビットレートのストリーミング・コンテンツ配信を行う大規模事業では、さらに高度な負荷分散を要求されることになる。

#### 4 ストリーミング技術に関する誤認

ハイビジョン放送や DVD などと比較し、ストリーミング映像・音声は再生時の画質と音質に劣るのではないかと、とのストリーミング技術を疑問視する見方もある。これは、ある一面において正しい。MPEG は非可逆方式のデータ圧縮法を基礎としているため、オリジナルの映像・音声に対して忠実な再生がなされることはありえない。仮に、MPEG 再生される映像・音声をオリジナルの映像・音声と比較し、その差異を画質と音質の優劣とするならば、オリジナルの品質は必ず「優」となり、MPEG の品質は必ず「劣」となる。残念ながら、この比較法を用い、MPEG 画質・音質の「劣化」について検証されることもある<sup>(24)</sup>。

しかし、MPEG 映像・音声の品質とは、本来、オリジナルと比較して検証されるべきものではない<sup>(25)</sup>。BS ハイビジョン放送も、DVD 再生から得られる映像・音声も、この非可逆圧縮を採用している。もし、「オリジナルへの忠実性」を品質の優劣として問うのなら、ハイビジョンと DVD から得られる再生映像・音声の品質も常に「劣」である。ところが、これでは矛盾が生じてしまう。何故なら、BS ハイビジョン放送と DVD は、高品位映像・音質の象徴でもある。

DVD は勿論のこと、CD から音楽再生も含め、デジタル化された世界は、現実空間や実音とは本質的に異なることを忘れてはならない。最終的には、再生時における、人間の視覚や聴覚に対する伝達力を問われるのであり、オリジナルとの差異から優劣が判断されるものではない。これは、アナログ録音された音楽ソースを、デジタル・リミックスする作業を一例とすれば、この理解がさらに容易になる。オリジナルのアナログ・ソースをデジタル化するには、ノイズ除去処理を施し、ダ

イナミックレンジの調整処理や多チャンネル化処理などを施す。これらの単純なデジタル処理を施すことによって、聴き手には驚くほど音質面が改善されたような印象を与える。ところが、このデジタル処理化後の音楽は、データの的に診れば、そのオリジナルとは全く異なるものである。つまり、デジタルエフェクト処理そのものが、人間の視聴覚能力に最適化する、科学的な加工処理でもある。特に、JPEG や MPEG に代表される非可逆圧縮法は、人間の視聴覚能力を徹底的に科学分析し、映像や音声の識別・判別能力の限界を逆手に取る、ブロックデータ単位による究極の平均化技法であろう。

本稿では、デジタル・データに対する非可逆圧縮処理には大別し、2つのアプローチが存在することを指摘しておきたい。この第一は、何らかのオリジナル・データに対し、最大限のデータ圧縮効果を求めるケースであり、一定範囲内の「劣化」と引き換えにデータ容量を削減する。この目的では、常に「オリジナル・ソース」「圧縮率」「劣化」の3点を天秤に掛けながら、データ容量（または、データ転送レート上のビットレート）の妥協点を探る、言い換えれば、「再現性重視」のアプローチである。第二は、オリジナルとの差異については重要視せず、視聴者への伝達力と表現力のみを重要視する。この目的では、定められたデータ容量（または、データ転送時のビットレート）において、視聴者への伝達力と表現力を最大化する、言い換えれば、「伝達力・表現力重視」のアプローチである。

MPEG2 はその規格制定の歴史と背景から、再現性重視のアプローチと定義すべきであろう。現実における用法も、ハイビジョン放送や DVD などはこの目的上において、再現性の視点からの高品位映像・音声の供給を目指している。結果的に、要求されるビットレートも高いものとなり、また視聴者も「臨場感」などの高い再現性を求めてしまう。

一方、MPEG4 に代表されるストリーミング技術で採用されている非可逆圧縮技法については、MPEG1 や MPEG2 とはビデオ・オーディオ符号化技術の開発方向性が明らかに異なる。<sup>(27)</sup> MPEG4 の規格制定には、当初 64 Kbps 以下の超低ビットレートでも実用化可能な符号化技術を目指す、という野心的な目標ビットレートが先行的に定められた。このため、その規格制定作業開始時から MPEG2 とは異なる目標上に標準化が進められていた。定められたビットレート以下で、どれだけ伝達力と表現力を高められるか、この点を最重要視していたわけである。換言すれば、MPEG4 に代表される高非可逆圧縮技法を採用しているストリーミング技術は、MPEG2 と同次元の再現性をそもそも求めるべきものではない。再現性だけを追及するのならば、nCUBE の「n4」<sup>(28)</sup>のように MPEG2 を採用したストリーミング製品

も存在しており、通信帯域さえ確保可能であれば、MPEG2 を採用したストリーミング配信も技術的には可能である。NTT-BB が現在提供中の 6 Mbps のストリーミング・コンテンツについても、「ハイビジョン・クオリティー」と銘打ってはいるが、これも高ビットレートの MPEG2 相当を意味しているわけではない。あくまで MPEG4 による「ハイビジョン・クオリティー」である点には留意すべきであり、NTT-BB もこの点について、もう少し適正な表現を用いるべきではある。

### ストリーミング配信の応用適性

上述のポイントを踏まえれば、現状のストリーミング配信の応用範囲に矛盾が生じていることを認識できるはずである。既存のメディア産業は、最新の映画や音楽配信に比重を置いたストリーミング配信は行っていないが、このストリーミング配信によるエンターテインメント市場の将来性については重要視している。この市場の将来性について疑問を投げかけるつもりはないが、DVD 再生時に得られるような高再現性を前面に打ち出した事業推進活動は、現状では自粛すべきであろう。また、ストリーミング映像配信でも高ビットレート配信（例えば、10 Mbps 以上）が可能になれば、再現性の視点からもある程度満足できる映像レベルを得られるが、その本質上において MPEG2 の代用に成り果ててしまうだけのことである。<sup>(29)</sup>

ここにおいて指摘しておきたい点とは、ストリーミング配信される映像・音声については MPEG4 の本質である「伝達力・表現力」を訴求すべきであり、単純に高解像度や高再現性を求める必要はないという点である。簡単に言えば、ストリーミング映像・音声は「高レベル圧縮技法上での美しい映像と音声」を追求すべきである。映像にブロックノイズやゴーストなどが生じるケースは論外として、視覚・聴覚上において軽視して構わない部分は大胆に切り詰め、高圧縮を図る。これが、MPEG4 に代表されるストリーミング技術上で要求されるビデオ・オーディオ符号化の歩むべき方向性のはずである。

仮に、この本質論が守られるならば、応用適性についても再考しておくべきであろう。最も適性の高い応用事業は、現在の地上波放送事業の全般、CATV、レンタル・ビデオ（VHS 相当）、音声放送（中波・FM ラジオ）などがその主な対象となる。特に、映像・音声の品質レベルの低い地上波放送、CATV 局の独自番組などは、一般企業レベルのストリーミング・コンテンツでも将来的には容易に実現できようし、双方向性を最大活用できれば、その事業応用範囲は極めて広範囲となる（次項 5 を参照）。反対に、ストリーミング配信による映画配給に関しては、現状のストリーミング技術が継続的に進展する限りにおいては、必ずしも高い適性を示す

ものではない。レンタル・ビデオ（VHS 相当）よりも高品位な映像・音声をストリーミング配信することは可能であっても、高ビットレートの MPEG2 形式を採用する DVD-Video 映像・音声から得られる「高再現性」を現時点において求めることはできない。例えば、マイクロソフトによれば、Windows Media 9 シリーズの圧縮技術を用いれば、現在 BS デジタル放送（18～24 Mbps 程度のビットレート）の映像・音声を、その約 4 分の 1 となる 4～6 Mbps のビットレートでも同等の映像・音声を得られる<sup>(30)</sup>、と主張している。しかし、これは伝達力と表現力における「同等」であって、その映像・音声完全に「同質」となるわけではない。

### ストリーミング映像配信の障壁

2002年6月 NTT 東日本とマイクロソフトの共同による次世代ストリーミング配信実施<sup>(31)</sup>を例として見ても、(MPEG4 レベルの) ハイビジョン・レベルの映像配信<sup>(32)</sup>であれ、10 Mbps 以下（実際には、6 Mbps）の通信帯域で実現されており、標準的な地上波放送レベルのストリーミング配信ならば、1.5 Mbps 前後の通信帯域を確保すれば、実現上の問題も生じない。ただし、ストリーミング配信市場の成長性には課題点も多く、特に家庭におけるインターネット通信接続に関わる課題点の克服が鍵となる<sup>(33)</sup>。ここでは、ブロードバンド利用契約者の最も多い ADSL を例に挙

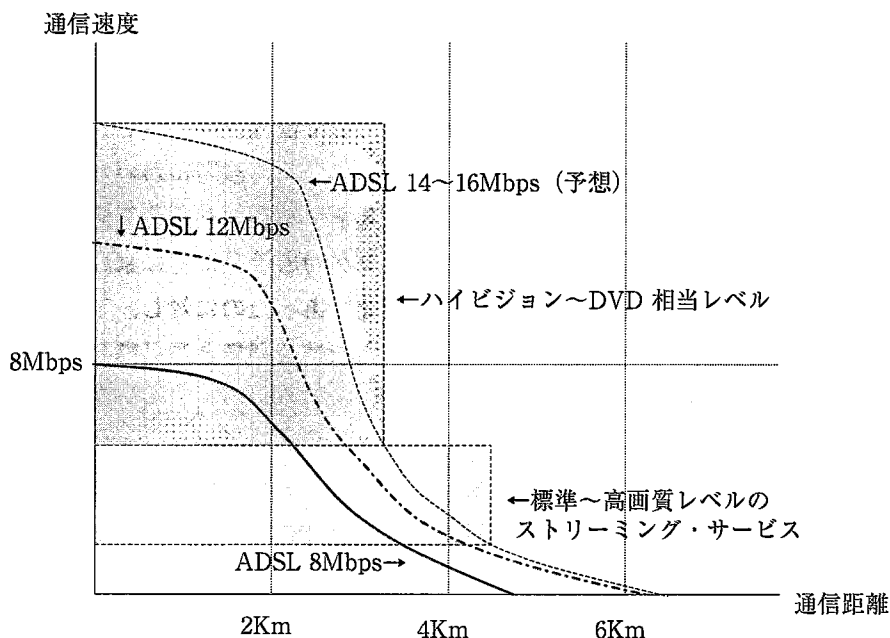


図1 高品位映像配信と求められる ADSL 通信速度

げ、この課題点について概説する。

NTT-BB の提供している 6 Mbps のストリーミング配信映像は、図 1 でも示されるように、8 Mbps ADSL の利用契約者では 2.2~2.3 Km の経路線長が限界となり、12 Mbps ADSL 利用契約者でも 2.5~2.7 Km の経路線長において通信帯域不足が生じてしまう。このため、この配信サービスについては、FTTH の利用契約者であること、NTT の地域 IP 通信網内からのアクセスであること、この 2 つの前提条件を満たさなければならない。残念ながら、国内通信の現状では、貧弱なインターネット・バックボーン回線を経由してしまえば、優良 ISP の利用者でも 1.5~3 Mbps 程度のストリーミング配信サービスの受信が上限となってしまう<sup>(34)</sup>。つまり、今後数年で国内のインターネット通信環境が著しく改善されない限り、上図中の「標準~高画質レベルのストリーミング・サービス」程度までしか、インターネット経由から受信できないことになる。これは、FTTH の利用契約者も同様であり、地域 IP 通信網外での通信実効スループットは極端に不安定である<sup>(35)</sup>。つまり、上図中に示される「ハイビジョン~DVD 相当レベル」のストリーミング・コンテンツについては、ISP や通信事業者の独自ドメイン内からのアクセスに限定されることになり、事実上、ストリーミング・コンテンツの 2 階層化が進行することになる。

## 5 ストリーミング技術の齎すビジネスの変化

本年、2002年はストリーミング技術の転換期として位置付けられる。映像・音声のストリーミング配信そのものについては、2001年以前の段階においてもインターネット上で活用されてきたが、2002年に入り、ストリーミング技術開発動向に大きな変化が生じている。2001年以前のストリーミング対応製品は特に家庭での利用を想定した、どちらかと言えば、個人向け製品開発であったのに対し、下記(a)~(d)に示されるように、2002年から企業ニーズを踏まえた技術開発と製品開発へとシフトし始めている<sup>(36)</sup>。

- (a) インターネット上でのブロードバンド・コンテンツ配信
- (b) インターネット家電製品への対応と AV 型 PC
- (c) LAN 環境下でのイントラネット型ストリーミング配信
- (d) e マーケティング向け

上記(a)については、これまでもストリーミング技術の中核的な役割ではあったが、新たに、再生プレイヤーも広帯域通信への最適化、即時再生性の向上、データ圧縮率の向上、End-to-End 接続のサポート、広告挿入など様々な機能が追加され、ストリーミング・コンテンツ配信事業への適合性をより一層高めている。また、ストリーミング配信用サーバにもストリーミング・コンテンツ配信時の大きな課題であったロード・バランシング処理への対応も施された<sup>(37)</sup>。

(b)については、本稿中の2でも紹介したように、ストリーミング・コンテンツに対応したセットボックス型の家電製品の技術開発も順調に進行しており、AV 製品などからのストリーミング・コンテンツへの直接的なアクセスも近い将来に可能となろう。また、マイクロソフトでは「Windows XP Media Center Edition」を現在開発中で、「Windows Media Player」「Windows Movie Maker」「Windows Messenger」を中軸としたユーザ・インターフェイスの全面変更、リモコン操作対応など、PC の家電化を強く推し進めるものである。これらの製品群の登場は、PC 以外からのストリーミング・コンテンツへのアクセスを可能とするため、ブロードバンド・コンテンツ市場を一気に活性化させるだけの推進力を有する。

(c)については、ストリーミング技術を企業 LAN 環境下のアプリケーション・サービスへと融合させる試みであるが、同時に企業内の LAN 利用者に向け、双方向コミュニケーション機能も提供する。企業内の通信環境は、インターネット通信環境下で得られる通信実効スループットよりも遥かに高速であり、インターネット上の通信に関わる技術的な問題点や課題点についても、大きな障壁とはなり難い。このため、(a)において追加された機能強化は、LAN 環境下ではさらにその付加価値を高められる。マイクロソフトではこの通信環境を想定し、マルチプロトコル(TCP, UDP, MMS, HTTP など)や IP マルチキャストなどに対応、Outlook 上でのライブ配信型電子会議機能、なども追加している。

上記(a)(b)(c)とは異なり、(d)については、これまでには見られなかった新たな方途であり、今後一躍脚光を浴びることになる。国内におけるブロードバンド通信化の急速な進展は、社会や企業に対してこれまでに例のない強大なインパクトを与えることにもなる。本稿をここまで読み進めれば、極めて近い将来においてこれまでメディア産業(特に、放送事業者)に依存してきた放送型発信能力を、企業各社の情報施設設備中にも兼備し得る、その高い可能性について理解できるはずである。<sup>(39)</sup>インターネット接続世帯数の急激な増加に加えて、ブロードバンド通信とストリーミング技術、この2つの並行的な進展は、企業に新たなコミュニケーション・チャネルを付与することになる。企業各社が個別にストリーミング配信の事業への応

用を確立し、双方向コミュニケーションやリアルタイムなマーケティング活動を展開できれば、これまでに例を見ないほど強力な e マーケティング活動の展開が可能となる。

### ビジネス・ストリーミング

ストリーミング技術の登場以前から、オンデマンド映像配信、映像コミュニケーション、電子会議などは、これまでも企業や教育機関などに対して一応の導入実績を残してきた。それでは、本稿中で取り上げてきたストリーミング技術とこれら従来の映像配信技術との間にはどのような違いがあるのか、この点について概説する。

従来のオンデマンド映像配信、映像コミュニケーション、電子会議などのシステムは、これらの各用途向けに開発された専用システムであり、汎用性と拡張性に乏しく、また広帯域通信への適合性にも欠けていた。例えば、オンデマンド映像配信と電子会議は完全な別システムであり、プラットフォーム・レベルでの機能統合や資源共有を前提とした仕様とはなっておらず、また配信事業への適合性にも欠けていた。さらに、専用システムは導入経費と運用経費の両面に問題を抱える。特に前世代の ATM 通信装置を利用した MPEG2 用の VOD 製品などは、導入経費だけで数千万円にもなっていた<sup>(40)</sup>。

これに対して、2002年版のストリーミング技術は、汎用性、多様性、拡張性、可用性、事業性の全てを兼ね備える仕様となっている<sup>(41)</sup>。マイクロソフトでは、このビジネス環境への高い適合性、企業内外のコミュニケーション能力の飛躍的な向上、この2つを合わせて「ビジネス・ストリーミング<sup>(42)</sup>」と総称している。

ビジネス・ストリーミングについては、今後下記の5つの目的を主とした展開が予想される。

- (a) e ラーニング
- (b) 社内コミュニケーション
- (c) CRM (e サポートを含む)
- (d) 企業広報、事業報告
- (e) 宣伝・広告

上記中の(c)(d)(e)は特に注目すべきであり、上述した「e マーケティング」の具体例となる。CRM のケースでは、例えば、商品の説明やサービスなどの映像化、



FAQ の映像化、顧客に対してのリアルタイム映像による対応など、顧客とより密接な関係の構築を図れる。また、投資家への情報公開の映像化、企業 HP（ホームページ）で映像効果を駆使し、企業のブランド・イメージを高めることも可能とする。加えて、商品についての広告、イベント、キャンペーンなどを映像化するなど、この応用範囲については枚挙に暇がない。

現在のストリーミング配信は、「メディア産業と家庭」と「通信事業者と家庭」、あるいは「メディア産業+通信事業者と家庭」、この3つのチャネルの関係を機軸としたものであるが、ビジネス・ストリーミングでは新たに「企業と家庭」への直接的なコミュニケーション・チャネルを生み出そうとしている。今後のビジネス・ストリーミングの進展は、企業のメディアミックス戦略を根底から変化させるほどの強大なコミュニケーション・チャネルへと成長する可能性を有しており、これは同時に、各企業をストリーミング市場でのキープレイヤーへと変えてしまう可能性を示唆するものでもある。Microsoft の HP では、ストリーミング技術の事業への応用性を「一般企業向けシナリオ」と「放送事業者向けシナリオ」に分けていながら、この後者を電波放送事業者ではなく、インターネット放送事業者向けとしている点も興味深い<sup>(43)</sup>。

## 6 本稿のまとめと今後の研究について

初期の頃におけるニューメディアは、伝送路の違いを分類軸としたが、最終的に同じ形式で提示される情報でも、複数の選択可能な経路を通ってくるものもあることから、伝送路という側面だけでは、ニューメディアを分類することはできない<sup>(44)</sup>。Rice (1984) は、ニューメディアを、コンピュータなどの利用者相互間に、あるいは利用者と情報との間に、相互作用を可能にするコミュニケーション技術であるとしている。現在のブロードバンド通信環境では、ニューメディアとは「デジタル通信ネットワーク上のコミュニケーション技術」と定義することもできよう。

ストリーミング技術は、実体としては「メディア（媒体）」ではない。「ストリーミング」とは、コンテンツをデータストリーム単位に準等時配信する技術であり、受信再生側ではラジオ、テレビ、フィルム、ビデオ、CD、DVD、これらのいずれのメディアの役割も果たすことができる。言わば、ストリーミング技術は「従来メディア」のための新たなメディア・テクノロジーである。Fisk (1987) は、メディアを「コミュニケーションを可能とする媒体」としており、“presentational media”、全representational media”、“mechanical media”の3種に分類しているが、スト

リーミング技術はこの3分類法のいずれにも属さない。また、同時に、電波法と放送法の法規制下に置かれない、自由な放送型メディアでもある。つまり、これまでの用いられてきた「ニューメディア」とは本質的に異なり、あらゆる従来型メディアを吸収可能な、あるいはあらゆる従来型メディアと融合可能な、配信型メディアと称すべきであろう。インターネットの創案者と考えられているMITのLickliderは、コミュニケーション・ツールとは単なるコンピュータ・ネットワークの送受信以上のものである<sup>(46)</sup>、と定義している。これまでのインターネットの社会的な功績を否定するものではないが、今日にしてようやくLickliderの真意に沿うコミュニケーション・ツールへの進化を果たしたのではないだろうか。つまり、この実現に35年近い年月を費やしたことになる。インターネットを「コンピュータ・ネットワーク」として捉えてきた時代から、インターネットが広義の「コミュニケーション・ツール」としての役割を果たす時代へとまた一步前進したことになる。この配信型メディアは、LickliderとRiceの2人の定義を満たす。同時に、これまでメディア産業に独占されてきた「メディア」を全てに対して開放する。この意味において、インターネット上の「ニューメディア」と称することができよう。

### 今後の研究

ストリーミング技術は、従来型メディアを刷新する目的で開発されたものではないが、従来型の各メディアに対して、今後多大な影響を及ぼす可能性を秘めている。ブロードバンド通信環境のより一層の普及と高速化が進めば、比例的にその影響力は増し、家庭レベルでも「ニューメディア時代の到来」を実感できる機会も増えよう。

現時点のストリーミング配信（インターネット放送も含む）の実態は、映画産業や音楽産業、放送事業者と電気通信事業者の副業的な意味合いもまだまだ強い。その一方で、インターネット時代となりつつある現在、情報の大量消費化が進行し、情報の単価は確実に下がり始めている。ブロードバンド通信とストリーミング技術の進展によって、この傾向が今後より一層進めば、情報の対価がゼロに近づき、価値ある情報を生産するというインセンティブも薄れ始めるのではないかと、という危惧も生じる。確かに、これは情報化社会における「アキレスの踵」のようにも映るが、実際には、歴史上において絶え間なく繰り返されてきたプロセスでしかない。現在の「情報の価値」が未来永劫において同等の価値を維持し続けることはありえず、時間経過の上では、より付加価値の高い情報への供給能力を問われるだけであり、何時の時代であれ、「価値ある情報」からインセンティブが失われることはな

いはずである。今後の本研究は、特にビジネス・ストリーミングに注目し、この進展の中で事業戦略はどのように変化し、「情報の価値」はどのように変化していくのかを的確に分析していきたい。

## 注

- (1) <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/010626.html>
- (2) 余談となるが、「e-ビジネス」と「e ビジネス」は概念的に別語であることに注意していただきたい。「eBusiness」の場合の接頭語となる“e”は、“electronic”に限定されるものではなく、“e”を頭文字とする全ての語群を示すものである。“e”を頭文字とする語群の力強さを背景として、ビジネスそのものを革新的に進化させる意味を有する。一部の文献や用語解説などにおいて、この2語を同意語として定義しているものもあるため、このおいてこの誤りを指摘しておきたい。
- (3) ここで指摘する「ビジネス的価値」とは、対外的コミュニケーション・チャンネルに係わるものだけである。
- (4) nielsen-netratings の2002年調査レポート，“New Web Multimedia Format Report”を参照。  
[http://www.nielsen-netratings.com/pr/pr\\_020620.pdf](http://www.nielsen-netratings.com/pr/pr_020620.pdf)
- (5) <http://www.microsoft.com/japan/windows/windowsmedia/thirdgen/default.asp>
- (6) この2社の製品概要については、両社のHPに詳細が掲載されているため、ここでは省略させていただく。
- (7) <http://www.zapmedia.com/products/zapstation.html>
- (8) <http://www.intervideo.com/jsp/Press.jsp?mode=InterZapFinal>
- (9) [http://www.sun-denshi.co.jp/06\\_News/0602\\_Prod\\_News/h140716.PDF](http://www.sun-denshi.co.jp/06_News/0602_Prod_News/h140716.PDF)
- (10) <http://www.microsoft.com/presspass/press/2002/Jul02/07-15DigitaLibraryPR.asp>
- (11) 通信では、一般的に転送速度を単位として用いる。しかし、インターネットの通信環境では、遅延時間を単位として用いるほうが適当であるかもしれない。100 Mbps を「1秒間に100 M ビットの送信」と考えるよりも、「100 M ビットを送信するのに1秒間要する」と考えるほうが、ストリーミング技術の理解が容易になる。
- (12) ただし、WMV は MPEG4 をベースとしたストリーミング・フォーマットではある。
- (13) Koenen (2001, pp. 64-65)
- (14) Koenen (2002, p. 1)
- (15) [http://www.mpegla.com/news/n\\_02-09-11\\_jvt.html](http://www.mpegla.com/news/n_02-09-11_jvt.html)
- (16) MPEG に準拠する必要性は、特にハードウェア・アクセラレーション機構を最大活用可能な点にある。特に最新ビデオ・カードでは強力な MPEG2 再生支援機能を有する製品も増えており、DVD などの MPEG2 再生時に CPU 負荷を低減できる。容易なことではないが、MPEG4 に関してもこれらのハードウェア・アクセラレーション機能を部分的にでも利用可能になれば、高圧縮率の MPEG4 や MP3 データへのデコード処理も同様に大きく軽減させることが可能である。
- (17) ISO/IEC (1999)
- (18) Symes (2000, pp. 293-297)

- (19) CPU 処理の高負荷率の予想される「Windows Media 9」では、既に GPU チップ開発メーカーが協力を表明している。ATI 社と nVidia 社の 2 社は、ハイビジョン・レベルの映像出力処理と WMV デコード処理を GPU 機能上でサポートすることを表明している。なお、ATI 社は Radeon 9000 シリーズ製品中で既に「FULLSTREAM」, 「VIDEOSHADER」などの拡張機能を有している。

<http://www.microsoft.com/presspass/press/2002/apr02/04-23VideoCardPR.asp>

- (20) 送信相手の通信速度に下限が設定されていないことにも影響されている。
- (21) さらに、送信先 PC との通信状態も監視しており、設定している転送ビットレートを下回る通信状況であれば、フレームレートを変動させることもできる。
- (22) 鈴木 *et. al.* (1997, pp. 301-302)
- (23) Rao, *et. al.* (2002)
- (24) 例えば、Richardson や ISO/IEC JTC1/SC29/WC11 (1999) など。
- (25) Pereira and Ebrahimi (2001, pp. 37-65)
- (26) MPEG1 とは異なり、MPEG2 のビデオとオーディオ符号化に関する標準化作業は、再現性を高める高ビットレール仕様として検討予定されていた MPEG3 と合わせ、最終的に規格化されたものである。この詳細は参考文献中、Mitchell *et. al.*, Yasuda, Lin などを参照。
- (27) Koenen (1999, pp. 26-27)
- (28) <http://www.ncube.com/vod/n4system.html>
- (29) しかし、この MPEG2 の代用的な役割も否定できないであろうし、この方向においての市場は拡大していくことにはなろう。
- (30) この概要については、マイクロソフトの2002年6月5日付けのプレスリリースを参照いただきたい。<http://www.microsoft.com/japan/presspass/releases/060502wmt.asp>
- (31) この概要については、同上の URL から、マイクロソフトの2002年6月5日付けのプレスリリースを参照いただきたい。
- (32) このストリーミング配信は、高精細映像と 5.1ch のサラウンドオーディオを組み合わせ、6 Mbps の通信帯域で行われた。
- (33) この詳細については、参考文献中の山本 (2002a) を参照していただきたい。
- (34) この詳細については、参考文献中の山本 (2002a) を参照していただきたい。
- (35) 同上
- (36) 特に、Microsoft と RealNetworks の 2 社は、2002年に投入する新バージョンの製品群から、ビジネス向けストリーミング・アプリケーションの開発プラットフォームの充実を計っている。
- (37) これらの機能拡張の詳細については、Microsoft と RealNetworks の HP を参照していただきたい。
- (38) <http://www.microsoft.com/windows/ehome/>
- (39) ただし、これらの全ての企業が放送事業へ参入する、と指摘しているわけではない。
- (40) 一例を挙げれば、NEC の VOD システム「HYPERMS-Lite」とグループウェアの「StarOffice」の組み合わせだけでも、最大配信容量を確保した場合には、容易に1000万円を超過していた。
- <http://www.nec.co.jp/press/ja/9703/0302-01.html>
- (41) これらの機能拡張の詳細については、Microsoft と RealNetworks の HP を参照していただきたい。

- (42) <http://www.microsoft.com/japan/business/streaming/default.asp>
- (43) インターネット放送と電波放送の衝突に関しては、山本 (2002b) を参照いただきたい。
- (44) 詳細については、Manovich (2001, pp. 59–61) のハイパーメディアを参照。
- (45) Leiner *et. al.* (2000)
- (46) Licklider (1968)

## 参 考 文 献

- Betti, D. and Stevenson, I., HIn, J. (2001) *Streaming Media: Commercial Opportunities, Ovum*.
- CCIR (1992) *Method for Subjective Assessment of the Quality of Television Pictures*, Rec. 500–5, September, pp. 166–189.
- Fiske, J. (1987) *Television Culture*. Methuen, London.
- Fuji-Keizai USA (2001) *Worldwide IP Video and Streaming Media 2001 —Server, Services, and Content Market Forecast and Analysis 2001–2005—*, Fuji-Keizai USA.
- Froidevaux, M. and Gentit, J.M. (1995) MPEG1 and MPEG2 System Layer Implementation Trade-off between Micro-coded and FSM architecture, *ICCE '95*.
- ISO/IEC 13818-2 (1995) *Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information: Video*, ITU-T Rec. H262.
- ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (1992) *Preliminary Working Draft*, MPEG 92/086, AVC-212.
- ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (1993a) *Test Model 4*, AVC-445.
- ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (1993b) *Comparison of CD 13818 with Specified Requirements for MPEG2 Work*, MPEG 93/606.
- ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (1994) *MPEG-4 Requirements Document –2<sup>nd</sup> Draft*, N0711r2.
- ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (1995) *MPEG4 Testing and Evaluation Procedures*, MPEG 95/N999.
- ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (1999) *Report Of The Formal Verification Tests On MPEG-4 Content Based*, MPEG 99/N2711.
- Johnson, B. and Rice, R.E. (1987) *Managing organizational innovation: The evolution from word processing to office information systems*. New York: Columbia University Press.
- Katz, J.E. and Rice, R.E. (2002) *Social consequences of Internet use: Access, involvement and interaction*. Cambridge MA: The MIT Press.
- Koenen, R. (1999) MPEG4: Multimedia for Our Time, *IEEE Spectrum*, Vol. 36, No. 2, February 1999, pp. 26–33.
- Koenen, R. (2001) *Overview of MPEG4*, ISO/IEC JTC1/SC29/WC11, October.
- Koenen, R. (2002) *Overview of MPEG4*, ISO/IEC JTC1/SC29/WC11, March.
- Leiner, B.M., Cerf, V.G., Clark, D.D., Kahn, R.E., Kleinrock, L., Lynch, D.C., Postel, J., Roberts, L.G., Wolff, S. (2000) The Brief History of Internet, ISOC.  
(<http://www.isoc.org/internet/history/brief.shtml>)

- Licklider, J.C.R. (1968) *The Computer as a Communication Device*, *Science and Technology*, April.
- Lin, F.H. (1995) An Optimization of MPEG to Maximize Subjective Quality, *ICIP '95*, Vol. 2.
- Manovich, L. (2001) *The Language of New Media*. MA: MIT Press.
- Mitchell, J.L., Pennebaker, W.B. and Gall, D.J. (1995) *The MPEG Digital Video Compression Standard*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Mokyr, J. (1990) *Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*, Oxford University Press.
- Pereira, F.C and Ebrahimi, T. (2002) *The MPEG-4 Book*, Prentice-Hall.
- Pickering, M., Arnord, J.F. and Cavenor, M. (1994) A VBR rate control algorithm for MPEG-2 video coders, *Australian Telecommunication Networks and Applications Conference*, Vol. 2, Australia.
- Rao, K.R., Bojkovic, Z.S. and Milovanovic, D.A. (2002) *Multimedia Communication Systems: Techniques, Standards, and Networks*, Prentice Hall.
- Richardson, I.E. (2002) *Video Codec Design: Developing Image and Video Compression Systems*, Wiley.
- Rice, R.E. (1984) *The new media: Communication, research and technology*. Beverly Hills, CA: Sage.
- Rice, R.E. and Atkin, C. (Eds.) (2001) *Public communication campaigns, 3rd ed.* Thousand Oaks, CA: Sage.
- Rice, R.E. and Katz, J. (Eds.) (2001) *The Internet and health communication: Expectations and experiences*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Rice, R.E., McCreddie, M., and Chang, S-J. (2001) *Accessing and browsing information and communication: An interdisciplinary approach*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Rice, R.E. and Paisley, W. (Eds.) (1981) *Public communication campaigns*. Beverly Hills, CA: Sage.
- Symes, P.D. (2000) *Video Compression Demystified*, McGraw-Hill.
- Williams, F., Rice, R.E. and Rogers, E.M. (1988) *Research methods and the new media*. New York: Free Press. Translated and published in Korea.
- Yasuda, H. (1995) MPEG Impact to Industry and Standardization Fields, *Photonics East*, SPIE, Vol. CR60.
- Xu, W. and Hauske, G. (1994) Picture Quality Evaluation Based on Error Segmentation, *SPIE/VCIP*, Vol. 2308, pp. 1454-1465.
- 香内三郎, 山本武利, 岩倉誠一, 田宮武, 後藤和彦, 川井良介, 安川一 (1987) 『現代メディア論』, 新曜社.
- 勝本道哲 (2000) 「超高品質メディア IP 転送技術の実証実験報告」, *IPSSJ Magazine*, Vol. 41, No. 12.
- 数藤崇 (2001) 「光高速データ通信サービス」, 『NTT 技術ジャーナル』, Vol. 13, No. 8.
- 杉浦一徳, 櫻田武嗣, 小川晃通 (2000) 「高品質メディア IP 転送技術の実証実験報告」, *IPSSJ Magazine*, Vol. 41, No. 12.
- 杉園幸司, 山本幹, 池田博昌 (2001) 「IP Multicast over ATM におけるストリーミングサービスに適したネットワーク設計法」, 『電子情報通信学会論文誌』, Vol. J84-B, No. 5.

- 鈴木偉元, 西村一敏, 阪本秀樹 (1997) 「階層化蓄積ビデオサーバの性能解析」, 『電子情報通信学会論文誌』, Vol. J80-D1, No. 3.
- 中平拓司, 島村和典 (2000) 「超高速ネットワークにおけるマルチビデオストリームアプリケーション」, 『2000年電子情報通信学会総合大会講演集』, B-7-143.
- 中平拓司, 島村和典 (2000) 「WAN 環境におけるマルチ AV ストリーム配送の同時性に関する一検討」, 『電子情報通信学会技術研究報告』, SSE2000-105.
- 西日本電信電話株式会社 (2001a) 『HDTV 映像伝送サービスの技術参考資料』, 第2版, 西日本電信電話株式会社.
- 西日本電信電話株式会社 (2001b) 『第3種映像伝送サービスの技術参考資料』, 第2版, 西日本電信電話株式会社.
- 西日本電信電話株式会社 (2001c) 『多チャンネル映像伝送サービスの技術参考資料』, 第2版, 西日本電信電話株式会社.
- 布目敏郎, 田坂修二, 石橋豊 (2000) 「蓄積メディアストリーミング技術の性能比較」, 『電子情報通信学会論文誌』, Vol. J83-B, No. 6.
- 平田昇, 越知達之, 森川貴展, 青山昇一, 竹田享司, 西谷和博 (2002) 「インターネットコンテンツ配信システム」, *Matsushita Technical Journal*, February, Vol. 48, No. 1.
- 富士キメラ総研 (2001) 『ブロードバンドサービスにおけるキラーアプリケーション関連市場調査』, 富士キメラ総研.
- 富士キメラ総研 (2001) 『2001 テレビ・放送市場総調査』, 富士キメラ総研.
- 富士キメラ総研 (2002) 『2002 テレビ・放送市場総調査』, 富士キメラ総研.
- 藤田昌克, 結束雅雪, 大沢潔, 須之内建史 (2002) 「ブロードバンド・エクスチェンジ事業について」, *Matsushita Technical Journal*, February, Vol. 48, No. 1.
- 八木貴史, 松本敏宏, 三井一能, 小川宏, 前田泰宏 (2001) 「サイバービジネスワールドを支えるプラットフォーム技術」, 『NTT 技術ジャーナル』, Vol. 13, No. 11.
- 山本雅昭 (2002a) 「FTTH 市場の進展とその課題」, 『広島経済大学経済研究論集』, Vol. 25, No. 3.
- 山本雅昭 (2002b) 「メディア変革のシナリオとビジネス・ディバイド」, 『広島経済大学経済研究論集』, Vol. 25, No. 3.