



Title	マルチメディア配信環境におけるインタラクティブ情報活用システムに関する研究
Author(s)	田中, 清
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2290
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

マルチメディア配信環境における
インタラクティブ情報活用システム
に関する研究

2005年7月

田 中 清

謝辞

本論文は、大阪大学大学院工学研究科教授 馬場口登博士の御指導の下に、筆者が大阪大学大学院工学研究科通信工学専攻在学中、及び NTT ヒューマンインタフェース研究所と NTT サイバーソリューション研究所在籍中に行った研究成果をまとめたものである。本研究の遂行に当り、懇篤なる御教示、御鞭撻を賜った馬場口登教授に衷心より謝恩の意を表する次第である。

本論文をまとめるに際し、大阪大学大学院工学研究科通信工学専攻教授 小牧省三博士、ならびに情報科学研究科マルチメディア工学専攻教授 岸野文郎博士に懇切丁寧なる御教示、御助言を賜った。ここに記して深謝の意を表する。

大阪大学大学院在学中より通信工学全般および本研究に関して御指導、御教授賜った大阪大学大学院工学研究科教授 滝根哲哉博士、同 北山研一博士、同 三瓶政一博士、同 井上 恭博士、同 河崎善一郎博士、産業科学研究所教授 元田 浩博士、同 溝口理一郎博士をはじめとする大阪大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻の諸先生方に厚く感謝申し上げる。

筆者が在籍した大阪大学学部、大阪大学大学院前期課程において、通信工学科名誉教授 故 手塚慶一先生、産業科学研究所名誉教授 北橋忠宏先生からは、研究の手ほどきを受けた。心から御礼申し上げる。

本研究を進めるに当り、筆者の属した日本電信電話株式会社 NTT ヒューマンインタフェース研究所 メディア応用システム研究部の中野博隆博士（現在、大阪大学サイバーメディアセンター教授）、西村一敏氏（現在、エヌ・ティ・ティ アイティ株式会社）、阪本秀樹博士（現在、NTT 第三部門）、鈴木偉元氏（現在、株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ）をはじめとする画像情報サービス研究グループの皆様、ならびに NTT サイバーソリューション研究所の外村佳伸氏（現在、NTT コミュニケーション科学基礎研究所副所長）、仲西 正氏、佐々木努氏（現在、エヌ・ティ・ティ レゾナント株式会社）、阿久津明人博士（現在、東日本電信電話株式会社）、秦泉寺浩史氏、田浦貴久氏（現在、西日本電信電話株式会社）をはじめとするインテリジェントメディア PT とヒューマンインタラクション PT の皆様には有益な御議論を頂いた。ここに記して感謝する。

また、LiveWatch インターネット中継実験に当り御協力頂いた朝日放送株式会社の香取啓志氏をはじめとする関係各位ならびに、同実験結果データの整理に御

協力頂いたNTTサイバーソリューション研究所の谷口智久氏（現在、エヌ・ティ・ティ レゾナント株式会社）と森西優次氏（現在、エヌ・ティ・ティ レゾナント株式会社）、Media Trayの実装及び評価実験に際して活発な議論をして頂いたNTTサイバーソリューション研究所 佐藤 隆博士をはじめとする関係各位と、人間中心設計の考え方について御教授頂いたNTTサイバーソリューション研究所所長 小川克彦博士に感謝する。

最後に、本研究を進めるに当たり、筆者を献身的に支えてくれた妻 智子と筆者を励ましてくれた母 富美、そして筆者にいつも元気を与えてくれる愛娘 咲帆に感謝する。また、今年2月に急逝した父 彰には、筆者をこれまで育ててくれた感謝の意を表し、本論文を捧げる。

筆者

内容梗概

本論文は、筆者が大阪大学大学院工学研究科通信工学専攻在学中、及び NTT ヒューマンインタフェース研究所と NTT サイバーソリューション研究所在籍中に行ったマルチメディア配信環境におけるインタラクティブ情報活用システムに関する研究成果をまとめたもので、以下の6章より構成される。

第1章は、序論であり、本論文の背景となる研究分野に関して現状を述べ、本研究の目的を明らかにする。

第2章では、本論文で構築するインタラクティブ情報活用システムの概要について示す。マルチメディア配信環境の特徴から、それに対するユーザの要求を明確化し、構築するインタラクティブ情報活用システムの要求条件を導き出す。また、本論文で実現するインタラクティブ情報活用システムと既存研究との差異を示し、本論文の位置づけを明確化する。

第3章では、マルチメディア配信環境で配信される映像をインタラクティブに操作可能とするビデオオンデマンドサーバの構築方法について論じる。マルチメディア配信環境では、ビデオオンデマンドサーバが同時に多数のクライアント端末へ映像配信を行う。ビデオオンデマンドサーバは内蔵する複数のハードディスクに映像をセグメント化してストライピング技術で分散蓄積する。ここで、セグメントを複製するとビデオオンデマンドサーバの性能向上が期待できるが、多数のハードディスクへのセグメントの配置を適切に選ばなければ、特定のハードディスクに読み出し負荷が集中し、読み出し遅延が発生する。そこで本章では、ビデオオンデマンドサーバに蓄積されるビデオセグメントのハードディスクへの配置を考慮することにより、読み出し遅延を発生させずに、多重度や応答時間などのビデオサーバの性能を向上させるセグメント配置を求める方法を新たに示す。本方法ではセグメントの被アクセス率を用いた制約充足問題を解くことにより、複製セグメントを決定し配置を求める。シミュレーションを用いた実験により、従来用いられてきた配置方法より高性能な読出しを可能とするセグメント配置を実現できることを明らかにする。

第4章では、インタラクティブ情報活用システムにおけるインタラクティブサービスの実現方法について論じる。特にスポーツ中継などのリアルタイム性の醍醐味があるライブ中継をターゲットとし、ユーザ主導の付加価値を与え、視聴支援

型のインタラクティブサービスの実現方法を示す。視聴支援サービスは、例えばユーザの設定に合わせて見たいシーンで知らせるといったものである。条件判定には、ライブ中継におけるシーン記述であり、配信映像のメタ情報に相当するライブ情報を用いる。本章では、このようなサービスを具現化する LiveWatch システムの構築方法を示す。LiveWatch システムでは、ライブ情報を入力支援ツールを用いて人手で早く正確に入力し、映像の配信を若干遅らせライブ情報に連動させることによって、ユーザアプリケーションでのサービスを実現する。一方、オーサリングシステムによって、中継毎、サービス毎に異なるユーザアプリケーションを簡単に作成できるようにする。また本章では、インターネット中継実験を通しての LiveWatch システムを用いたお知らせサービスの検証を行い、その有効性を明らかにする。

第5章では、インタラクティブサービスの個人適応を目的として、番組視聴時に個々のユーザが視聴に必要なサービスや情報を組み合わせることによって、自分なりの視聴スタイルを構成できるカフェテリア型コンテンツ視聴環境 Media Tray の構築方法について論じる。Media Tray はユーザに提供するインタフェースである視聴場を使って、ユーザに情報を提示し、ユーザからの操作を受け付ける。視聴場の状態を状態遷移モデルを用いて監視することによって、ユーザの要求を把握し、ユーザの求める情報の提供を可能とする。実装したシステムでは、直感的で直接的な情報組合せを可能とするカフェテリア型インタフェースと視聴支援を行うユーザアプリケーションを用いた情報の可視化を実現する。評価実験では、Media Tray により視聴スタイルが構築可能であることを確認し、Media Tray の有用性を明らかにする。

第6章は、結論であり、本研究で得られた成果を総括する。

目次

第1章 序論	1
第2章 インタラクティブ情報活用システムの実現	5
2.1 緒言	5
2.2 マルチメディア配信環境に対するユーザの要求	5
2.3 インタラクティブ情報活用システムの構成	7
2.4 関連研究	9
2.5 結言	12
第3章 ビデオセグメント配置を考慮した大規模ビデオオンデマンドサーバ	13
3.1 緒言	13
3.2 ビデオオンデマンドサーバの性能改善	15
3.2.1 位相シフト時分割ビデオ多重アクセス方式	15
3.2.2 優先待ち行列によるタイムスロット割当	16
3.2.3 セグメントの複製と配置	17
3.3 セグメント配置の制約充足問題	17
3.3.1 制約充足問題	17
3.3.2 制約条件	18
3.3.3 目的関数	19
3.4 評価実験	21
3.4.1 配置パターンの導出	21
3.4.2 シミュレーション	23
3.4.3 実験結果	24
3.5 結言	26
第4章 インタラクティブライブ中継システム LiveWatch	29
4.1 緒言	29
4.2 視聴支援サービスの実現	30
4.2.1 ライブ情報の利用	30
4.2.2 映像とライブ情報の同期	32

4.2.3 ユーザアプリケーション	33
4.3 LiveWatch システムの構成	36
4.3.1 システム構成	36
4.3.2 ライブ情報入力システムと配信システム	37
4.3.3 ユーザアプリケーションのオーサリング	39
4.3.4 ビデオオンデマンドサーバによる映像配信	41
4.4 LiveWatch 中継実験	42
4.4.1 実験概要	42
4.4.2 実験結果	42
4.5 結言	46
第5章 カフェテリア型コンテンツ視聴環境 Media Tray	49
5.1 緒言	49
5.2 カフェテリア型コンテンツ視聴環境の要求条件	50
5.2.1 要求条件と実現方式	50
5.2.2 情報の組合せ	52
5.3 Media Tray の構築	53
5.3.1 システム構成	53
5.3.2 カフェテリア型インタフェース	54
5.3.3 視聴場への適応処理	57
5.4 評価実験	59
5.4.1 実験概要	59
5.4.2 インタフェースの操作性	60
5.4.3 視聴スタイルの構成	62
5.4.4 PlayWatch の効果	63
5.4.5 課題の考察	66
5.5 結言	67
第6章 結論	69

目 次

1.1 デジタルテレビジョン放送とブロードバンドネットワークにおける近未来予測	2
2.1 インタラクティブ情報活用システムの構成	8
3.1 位相シフト時分割多重アクセス方式	15
3.2 セグメント読み出し要求の状態遷移	20
3.3 シミュレーションで用いたセグメントの被アクセス率	22
3.4 通常再生モードの再生途切れ率	24
3.5 新規再生要求の平均待ち時間	25
3.6 新規再生要求に対する読出し遅延発生率	25
4.1 ライブ情報の例	31
4.2 映像の遅延配信	32
4.3 ユーザアプリケーションの画面例	34
4.4 ユーザアプリケーションの構成	35
4.5 LiveWatch システムの構成	36
4.6 ライブ情報入力システムの GUI 例	38
4.7 LiveWatchCreator の GUI 例	40
4.8 ライブ情報と映像の同時配信数の日ごとの変化	43
4.9 「得点」を配信した時刻からの映像配信数の平均増加率	45
4.10 映像配信時間の分布	45
5.1 Media Tray のサービス概念図	51
5.2 システム構成	53
5.3 カフェテリア型インタフェース	54
5.4 視聴スタイルの例	55
5.5 PlayWatch の表示例	56
5.6 状態遷移モデルの例	58
5.7 番組間での視聴スタイルの適応	59
5.8 各タスクの平均実行時間	61

5.9 被験者別平均タスク実行時間	61
5.10 平均操作回数の推移	62
5.11 平均提示情報数の推移	63
5.12 検索実験で使⽤した映像再生⽅法	64
5.13 平均検索実行時間	66

表 目 次

2.1	マルチメディア配信環境とマルチメディア通信環境及びマルチメディア蓄積環境との違い	6
2.2	インタラクティブ情報システムの関連システム	10
3.1	時刻 $(n+1)$ に読出し要求するセグメント	16
3.2	シミュレーションに用いたパラメータ	23
3.3	シミュレーションに用いた GA のパラメータ	23
5.1	操作タスクの例	60
5.2	検索問題の例	65

第1章 序論

地上デジタルテレビジョン放送が2003年12月に3大都市圏で放送開始され、日本でも電波による放送は本格的なデジタル放送時代へと突入した。デジタルテレビジョン放送の特徴は、高画質、高音質であることに加えて、データ放送を用いた双方向性を有することが挙げられる [1, 2]。

一方、電気通信に関してもインターネット [3] が一般家庭で利用できるようになり、大都市圏では一般家庭にも FTTH (Fiber To The Home) の波が押し寄せている。今やブロードバンドネットワーク [4] に家庭からも容易にアクセスできる環境が整いつつある。またブロードバンドネットワークにおいても、映像配信サービスが盛んに行われており、電波による放送と変わらない品質での映像配信や映像視聴が可能になりつつある [5, 6]。

日本のデジタルテレビジョン放送やブロードバンドネットワークにおいては、図 1.1 のような将来が予測されている [7]。テレビジョン放送は2011年7月24日にアナログ放送が終了し完全デジタル化されることが総務省によって決定されており、番組の形式も今後はデータ放送やネットワークを活用したマルチメディア番組が主流となっていくことが予測される。サーバ型放送や手続き型放送といった新しい放送形態が実現され、従来の放送の枠組みを離れて、エージェントによる配信情報のフィルタリングやユーザへのリコメンドを伴う情報提供 [8] が期待されており、見るテレビから使うテレビに変わっていくことが想定される [9]。

一方、ブロードバンドネットワークの利用者数は2007年には6,000万人を超えることが予想されているとともに、IPv6 への移行に伴ってアドレス空間が飛躍的に増大する。どこでも利用できるホットスポットサービスやユビキタスネットワークの出現により、特別に気にしなくても誰でもどこでも利用できるネットワークが実現される [10]。また、ウェアラブル端末が日常化し、更には物や場所にもアドレスが付与され、これらからの情報発信が行われることにより、ネットワークを利用するために PC (Personal Computer) を使わねばならないという文化からの脱却が加速するものと見られる。

ユーザがこのようなネットワークを日常的に利用することになれば、その場で必要な情報やそのとき欲しい情報を得るといった、特定の状況に合わせた情報提供サービスを実現することが必要となると考えられる。特にブロードバンドネッ

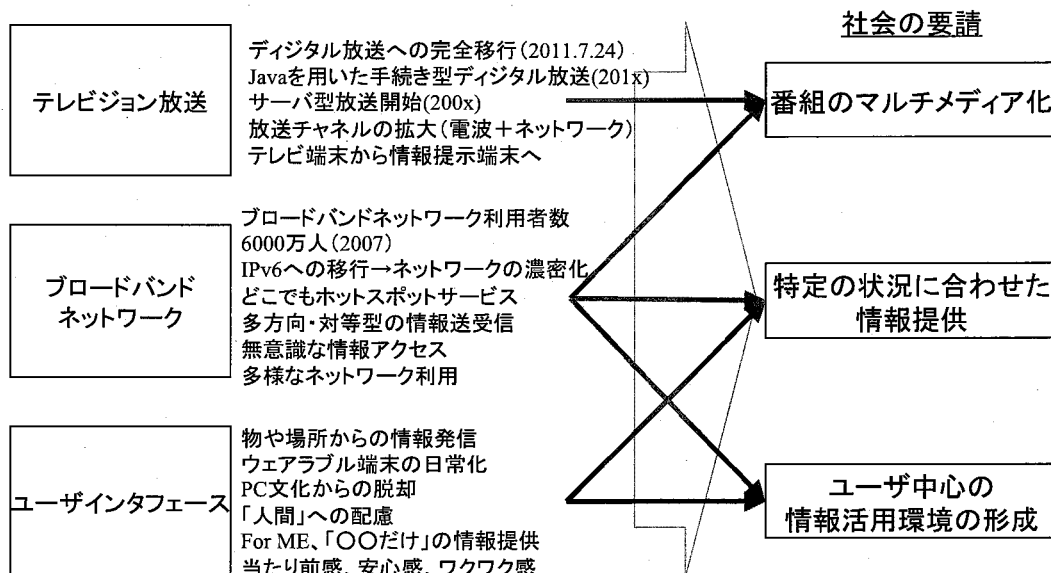


図 1.1: デジタルテレビジョン放送とブロードバンドネットワークにおける近未来予測

トワークにおけるマルチメディア配信については、ネットワーク上の豊富なコンテンツを連携して提供するという情報提供サービスが考えられ、状況に合わせたコンテンツを提供するという付加価値化が求められている [9, 11].

現在でも電波のデジタル放送やネットワーク放送では、それぞれ双方向性を利用して提供する番組映像に付加価値を付け始め、情報提供サービスを実現している [12, 13, 14, 15]. 例えば、番組映像を詳しく説明する文書を番組と同時に提示して、ユーザが閲覧することを可能としたり、ボタンやメニューなどのツールを提供して、ユーザがクイズ番組に直接参加することを可能としている。このような付加サービスは新しい番組の楽しみ方を生み出す一方、画一的な提供形態になっているため、必ずしも個々のユーザにとって真に嬉しいサービス、使えるサービスであるとは限らない。

その理由として、従来の放送形式の情報提供サービスでは、情報提供者を主体としたシステム構成が採られることが挙げられる。つまり、ユーザの興味が多様化したにも関わらず、画一的にせざるを得ない番組の提供方法に原因があると考えられる。従来の放送では、情報提供者からは常に一つの番組しか配信せず、ユーザである視聴者は放送される番組を放送局単位で選択し視聴するだけであった。また情報提供者は、典型的なユーザのモデルを想定し番組配信を行っている。データ放送を利用したパーソナライズやカスタマイズといった個人適応に対応するた

め、複数のモデルを用意している場合もあるが、用意するモデルの数に限界があり、個々のユーザの受け取り方については対応しきれていないのが現状である。実際にそのような従来型の放送に満足できないユーザも多く、近年ではテレビ放送を見ながら、PCで情報を検索するといったダブルスクリーン視聴が行われることが多くなったという報告もある [16]*。

ここで、近年のコンピュータ技術の発展により、システムに人間が合わせざるを得ない従来のシステム設計から、システムを人間に合わせるというシステム設計ができるようになってきたことを考える。つまり、システム設計においてはユーザ中心設計 [17, 18] が行われることが必須となってきた。特にユーザインタフェースはユーザとシステムの接点であるので、ヒューマンエラーを減らし操作性を上げるためにも、特段ユーザを意識する必要がある。上記のような、情報提供サービスを実現する場合においても、提供者の立場でシステム構築するだけでなく、ユーザの立場で情報活用環境を形成することによってユーザ中心の情報活用が実現し、個々のユーザに利用価値の高いサービスが提供可能となることが期待できる。

そこで本研究では、ユーザ中心の情報提供サービスを実現するため、主にブロードバンドネットワークでのマルチメディア番組の配信サービスを対象として、ネットワークを介して状況に応じた情報提供を行うインタラクティブ情報活用システムを構築する。構築するインタラクティブ情報活用システムでは、システムとユーザとのインタラクションを通して、ユーザの利用状況を把握する。この利用状況に合わせて、必要かつ適切な情報を提供し、ユーザの情報活用を支援する。また個々のユーザがそれぞれ情報活用できるようにするために、ユーザごとに異なる情報活用環境を準備する。ここでは、ユーザとのインタラクションを通して、ユーザの要求に合わせて情報活用環境を個人適応していくことによって、個々のユーザが自分なりに活用できる情報活用環境を実現する。

以下、第2章では、マルチメディア配信環境における制約から解決すべき課題を抽出し、本研究で構築を目指すインタラクティブ情報活用システムのあるべき姿について論じる。

第3章では、インタラクティブ情報活用システムにおいて、映像配信を行う大規模ビデオオンデマンドサーバを実現する方法について述べる。内蔵する複数のハードディスクへ蓄積するために映像を分割したビデオセグメントの配置方法に注目し、適切な配置を導出することによって、再生多重数を向上し、大規模ビデオオンデマンドサーバを実現する。

第4章では、インタラクティブ情報活用システムが実現するインタラクティブサービスを示す。特に、ライブ中継映像の配信時に有効となる視聴支援サービスを

*博報堂ニュースリリース 2002.10.11, http://www.hakuhodo.co.jp/news/2002/20021011_0.html

実現する LiveWatch システムの構築方法を示し、そのサービスの有効性をフィールド実験の結果から検証する。

第5章では、インタラクティブサービスの個人適応方法について論じる。ユーザとのインタラクションを通して、ユーザが欲する情報やサービスを選択し可視化するコンテンツ視聴環境 Media Tray を具現化し、ユーザ評価実験によってその操作性について調べる。

第6章は結論であり、本研究で得られる結果から研究成果を総括する。

第2章 インタラクティブ情報活用システムの実現

2.1 緒言

近年のインターネット技術の発展によって、ネットワーク上においても WWW (World Wide Web) を用いた情報発信に加え、映像配信も日常のように行われるようになってきた。これらを組み合わせた情報発信も盛んに行われており、今後の情報提供形態の主流となることが予測される。これは、映像とその他のコンテンツを組み合わせてマルチメディアコンテンツとして配信することによって、時間的に一過性のある映像を画像やテキストなどのコンテンツで補足したり、文章では伝わりきらない臨場感を映像を用いて示すといった相互の特徴を補完する使い方が可能となるためである。

このようなマルチメディアコンテンツを番組として配信する場合においては、ユーザが配信されるマルチメディアコンテンツを活用するに当って、コンテンツが画一的であったり配信時刻に制約されるなど、一方的な制約を受けることが懸念される。

本章では、マルチメディア配信環境の特徴を明らかにし、上記のような制約に対し、抽出すべきユーザの要求を考察する。また、そうしたユーザの要求に応えるインタラクティブ情報活用システムの構成を示し、関連研究との違いを示すことにより本研究の位置づけを明確化する。

2.2 マルチメディア配信環境に対するユーザの要求

マルチメディア配信環境とは、インターネットやブロードバンドネットワークを利用して映像やその他のコンテンツを配信する環境のことで、例えばインターネット中継やビデオオンデマンドといった映像配信や、WWW を用いて映像とその他のコンテンツを組み合わせたマルチメディアコンテンツの配信を行う環境のことである。

表 2.1: マルチメディア配信環境とマルチメディア通信環境及びマルチメディア蓄積環境との違い

	通信方法	即時性	コンテンツ	適用例
マルチメディア 通信環境	ストリーミング	ライブ	個別	テレビ電話
マルチメディア 配信環境			蓄積	画一的
		ビデオオンデマンド		
マルチメディア 蓄積環境	ファイル			KIOSK端末 DVD

マルチメディア配信環境にはその配信形態から、ユーザにとって時間的な制約及びコンテンツの制約が存在する。

表 2.1 は、本研究で取り扱うマルチメディア配信環境と、テレビ電話やテレビ会議に代表される映像を中心にしてマルチメディア通信を行うマルチメディア通信環境、KIOSK 端末や DVD のように予め作り込んだマルチメディアコンテンツを通信もしくは通信以外の手段で流通するマルチメディア蓄積環境との違いを示したものである。

マルチメディア通信環境とマルチメディア配信環境は、通信方法に主にストリーミング [19, 20] を用いており、情報提供者からユーザに逐次的かつ継続的にコンテンツが伝送される。一方、マルチメディア蓄積環境はファイルでの送信を行うため、ネットワークを経由せずに電気通信以外の手段を通して流通させることも可能であり、例えば DVD のようなパッケージメディアでの流通が盛んに行われている [21]。

一方、送信されるコンテンツについては、マルチメディア通信環境では情報提供者からユーザへ、情報提供者が提供する映像、つまりカメラから入力される情報提供者の顔画像や会議、プレゼンテーションの映像といった逐次最新のコンテンツが送信される [22]。このようなコンテンツは一過性をもつものであるので、送信されるコンテンツは通信を行うたびに異なる。マルチメディア通信環境では双方向通信が行われるので、情報提供者とユーザの立場が相互に入れ替わったり、同時に両者の立場になるといったことも、コンテンツが個別に作成される要因である。これに対し、マルチメディア配信環境とマルチメディア蓄積環境では、情報提供者とユーザの立場は固定であり、常に情報提供者からユーザへコンテンツが伝送される。また、情報提供者からユーザへは通常一対多の関係でコンテンツが

送信されるので、複数のユーザが受け取るコンテンツは同じものになる。特に送信されるコンテンツは、番組のように作品化されたものが多く [23, 24]、完成度の高いコンテンツを作成することは時間もコストもかかるので、そうしたコンテンツは画一的なものにならざるを得ない。

以上のように、マルチメディア配信環境は、マルチメディア通信環境のように即時的にコンテンツを配信するにも関わらず、マルチメディア蓄積環境が提供するような画一的ではあるが完成度の高い番組コンテンツを配信する。

このような特徴から、ユーザは時間の制約とコンテンツの画一性の制約を受けることになる。つまり、マルチメディア配信環境におけるコンテンツの配信は、例えば放送型のコンテンツ配信ならば情報提供者が決めた時間で行われるため、ユーザが好きなときに利用できるわけではないし、特にライブ中継ならば見たいシーンを見逃してしまうこともある。また、配信されるコンテンツも想定される様々なユーザの多数が満足するものを一つだけ作成して配信されるので、個々のユーザが求めている使い方ができるとは限らない。

そこで本研究では、ユーザのマルチメディア配信に対する主な三つの要求条件

- (1) いつでも好きな番組映像を見たい
- (2) 特定のシーンを見逃したくない
- (3) 自分なりの見方で番組を見たい

を解決するシステムとして、インタラクティブ情報活用システムを実現する。

2.3 インタラクティブ情報活用システムの構成

インタラクティブ情報活用システムは、ユーザの要求を満たすようにユーザとのインタラクションを通して処理を実行し、ユーザの情報活用を支援するシステムである。本研究で構成するインタラクティブ情報活用システムは、マルチメディア配信環境において、ユーザに提供される映像及びその他のコンテンツから構成されるマルチメディアコンテンツを、ユーザが視聴及び利用する上での情報活用を支援するものである。

図 2.1 に、本研究で構築するインタラクティブ情報活用システムの構成を示す。システムからユーザへは映像の他に、映像のメタ情報や関連情報を配信することにより、マルチメディアコンテンツとして活用できるようにする。

映像配信にビデオオンデマンドサーバを用いることにより映像配信のインタラクティブ化を実現し、2.2 の要求条件 (1) を満たす。つまり、ユーザとのインタ

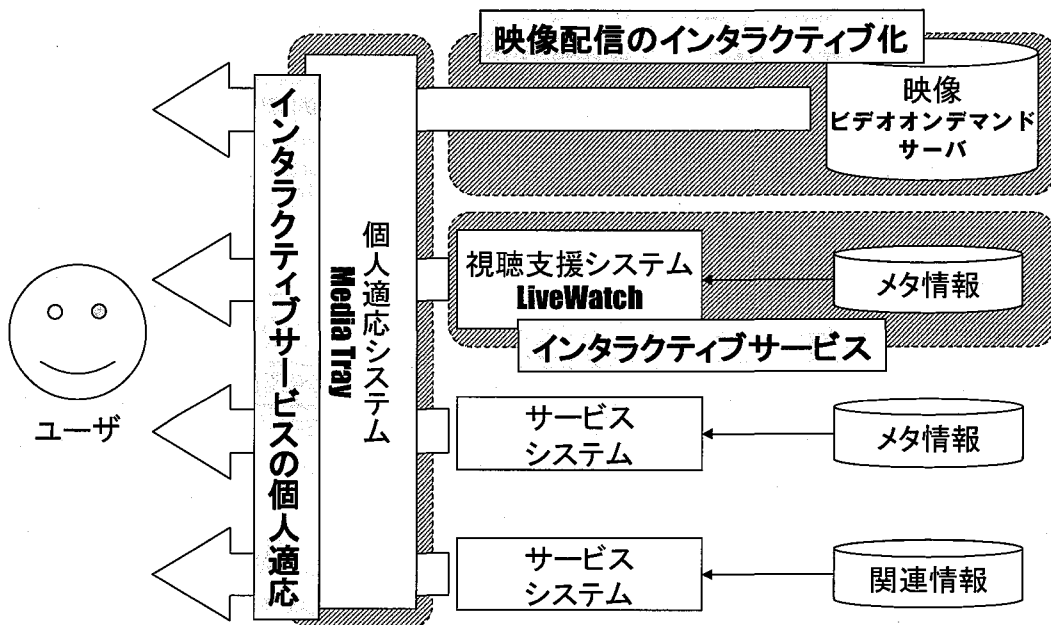


図 2.1: インタラクティブ情報活用システムの構成

ラクションを通し、好きなときに映像を視聴し、一時停止やスキップ再生、ジャンプといった特殊再生を自由にできるようにして、映像を活用できるようにする。

一方、メタ情報はマルチメディアコンテンツを構成するだけでなく、映像再生を制御するための意味情報として用い、インタラクティブサービスを実現する。特にライブ中継の配信時には、ユーザの要求条件 (2) を満たすように、ユーザが設定する特定のシーンになるときに、警告を発し、ユーザに知らせるといったお知らせサービスも実現可能である。

さらに、そのようなインタラクティブサービスを組み合わせて提供できるようにし、ユーザの個人適応利用を促進する。ユーザとのインタラクションを通して、ユーザの情報活用方法に合わせてインタラクティブサービスを選択し、関連情報を提供する。このような処理によって要求条件 (3) を満たす。

本研究では以上のような手段によって各課題を解決するシステムを構築する。インタラクティブ情報活用システムは、課題を解決する各システムを疎結合の形で統合することによって実現する。すなわち、各システムはそれぞれ独立に動作するが、各システムをそれぞれ一機能ととらえて連携動作させることによって、インタラクティブ情報システムが実現する。

まず、要求条件 (1) を満たすシステムは映像配信機能を実現し、要求条件 (2) を満たすシステムは配信映像のメタ情報を利用してインタラクティブサービスを提

供する。そして要求条件 (3) を満たすシステムは提供するインタラクティブサービスを組み合わせることによって、個人適応を実現する。ユーザは、配信映像を自由に操作できるようになるとともに、自分なりに選択したインタラクティブサービスを利用できるようになり、ユーザごとの情報活用が可能となる。

2.4 関連研究

インタラクティブ情報活用システムと同様に、配信映像を活用して新たなサービスを提供するシステムの代表例を表 2.2 に示す。

地上波及び BS や CS の衛星波の電波で伝送されるデジタル放送では、映像と関連情報を組み合わせてマルチメディア番組を提供している。関連情報は例えば野球中継でのスコアやマラソン中継での選手のランキングといった情報であり、映像を補足するために用いられる。一方、インターネット上の WWW と連携して関連情報を提供するサービスも出現しており [25]、米国 ABC 放送では Enhanced TV*として、WWW を用いて番組を拡張するサービスを提供している。放送は、マスメディア向けの情報を提供し多数の視聴者に対して満足感を与えている。しかし、全ての視聴者を個別に意識したコンテンツが作られていないので、個々の視聴者にとっては必ずしも欲しい情報として提供されるとは限らない。

一方、ブロードバンドネットワークが普及し、家庭からもインターネットを通して多様な情報を取得できるようになってきた。近年では、ネットワークでもいわゆるネットワーク放送が行われており、WWW を通して映像とその関連情報が提供されている。例えば、スポーツのライブ中継時に、野球中継ならばスコアやカウントに加え球筋や球種といった様々な詳細な試合情報を WWW を経由して提供するサービス [26, 27] が出現している。このようなサービスにより、ユーザは WWW を通して番組視聴中に関連情報として、情報提供者が提供する公式情報を得ることができる。また、番組のファンが運営する WWW サイトでファン自らが解説するような情報や、番組と直接関係なく別の用途で提供されている情報も参考情報として番組視聴時に閲覧することによって利用可能となっている。但し、ユーザが欲しい情報を手に入れるためには、情報を提供する WWW サイトを探さねばならない。このために例えば検索キーワードを考えて WWW サイトを検索せねばならず、時間と手間がかかる。そこで、ユーザが要求する情報をユーザに手間取らせず提供できる環境を構築できれば、ユーザにとって有益であると考えられる [28]。

マルチメディア配信環境下での情報活用システムは、コンテンツ拡張 [29] を実現するものとして提案されている。コンテンツ拡張とは、別のメディアを用いてコンテンツに付加価値を与えることである。デジタル放送やインターネット放送に

*<http://heavy.etv.go.com/etvHome/>

表 2.2: インタラクティブ情報システムの関連システム
(※ 1: インタラクティブ性, ※ 2: ユーザ志向度)

種類	名称	開発機関	※ 1	※ 2	提供機能
インタラクティブ TV	Enhanced TV	米国 ABC 放送	△	×	テレビ放送に連動した関連情報, スポーツ中継に連動したゲームや投票などのコンテンツをインターネット経由で配信
	アソボウズサービス [26, 27]	アソボウズ	△	×	テレビ局向けにスポーツ中継に関する詳細情報を提供する他, インターネット上で詳細情報を使って球種予測やバーチャルプレイなど関連するゲームを提供
コンテンツ拡張	WebTelop [30, 31]	京都大学	△	○	- 番組と関連する WWW コンテンツを同期して提示 - WWW コンテンツは, 番組のメタ情報を利用して検索
	MyInfo [32]	Philips Research	△	◎	- 番組と WWW を使って, 個人適応したニュースや天気予報, 交通情報などを提供 - 個人適応にはユーザが設定した郵便番号などのプロフィールデータを利用
	InfoSip [33]	Philips Research, CMU	◎	△	- 視聴中にボタンを押すことで, 5W1H に対応する情報を提供 - 番組各シーンのメタ情報を用いて詳細情報を WWW で検索し, 提供情報として要約
シーン検索	分散型履歴映像サーバ [34]	三菱電機	○	×	- 監視制御システムで, 警報前後などの映像検索を実現 - メタ情報として, プラントの状態情報など利用
	映像版スコアブック [35]	NHK 放送技術研究所	○	×	- 映像のインデックスを生成し構造化して時間軸に沿って可視化 - 番組映像の物理的特徴量と意味情報を使ってインデックス生成
ダイジェスト作成	パーソナルダイジェスト視聴システム [36]	次世代情報放送システム研究所 (IBL)	○	△	- メタ情報を使って指定シーンを抜き出し, ダイジェスト映像を生成 - 電波産業会 (ARIB) において標準化された番組インデックス方式に基づいたメタ情報を利用
	Video digester [37]	IBM	○	△	- 映像のメタ情報と各イベントの重要度を定義したプロフィールを利用して, 動的にダイジェスト映像を生成 - ユーザの嗜好を表現したユーザプロフィールと情報提供者が定義したお勧めプロフィールを利用

よって複数の情報提供者から提供される番組映像と、インターネット上の WWW コンテンツとを融合させて提供するシステムがいくつか提案されている。

馬らが提案する WebTelop[30, 31] は番組のクローズド・キャプションに含まれるキーワードや番組と同時に配信されるメタ情報を用いて WWW コンテンツを検索し、番組と連動させて提示する。コンテンツの内容に応じて、バーチャルキャラクターが内容紹介することも実現している。いわば、番組の演出をメタ情報を用いて行うシステムであるといえる。

Zimmerman らの MyInfo[32] は、ユーザが設定する郵便番号などのプロフィールを用いてユーザ毎にテレビ番組映像と WWW から得た情報を可視化して画面を生成し、個人適応したニュースや天気予報、交通情報などを作成する。これらの画面はリモコンのボタン一つで切り替えられるようにしてあるので、ユーザはこのシステムを個人適応した番組を放送するテレビ受像機のように扱うことができる。

これらのシステムはいずれも、本研究が利用するユーザとのインタラクションを重視しておらず、番組視聴中に変化するユーザの興味を直接把握する手段を有していないので、本研究で実現するインタラクティブ情報活用システムとは違って、必ずしも動的に変化するユーザの興味に合わせた情報を提供できるとは限らない。

Dimitrova らが提案する InfoSip[33] は、5W1H (Who, What, Where, When, Why, How) に代表される番組の付随情報をボタン操作で提示するようにしたシステムである。ユーザが興味を示した一つのジャンルの情報を提示できるので、ユーザとのインタラクションを利用して情報を知りたいというユーザの要求に応じている。このシステムはあくまでも情報提供システムであり、本研究が目指すサービスまでも組み合わせて、多様なユーザの要求のそれぞれに応えるといったインタラクティブ情報活用システムが目指す姿とは目的が異なる。

また、スポーツ映像を対象とした視聴支援システムに、シーンの検索システム[34, 35]やダイジェスト作成システム[36, 37]などがある。これらは映像のインデックスを利用して映像アーカイブの活用を支援するものである。言い換えると、これらも配信映像を活用するためのインタラクティブサービスを実現するシステムであり、特定のユーザの要求には応えることができる。これらのシステムは上記の InfoSip と同様に本研究が目指す情報活用システムとは目的が異なるが、これらのシステムが実現するサービスを1つのインタラクティブサービスととらえてインタラクティブ情報活用システムで利用するといった使い方は十分想定される。

2.5 結言

本章では、本研究で取り扱うマルチメディア配信環境の特徴を述べ、マルチメディア配信環境におけるユーザの制約が時間及びコンテンツの画一性に起因することを示した。これらの制約から、ユーザの(1)いつでも好きな番組映像を見たい、(2)特定のシーンを見逃したくない、(3)自分なりの見方で番組を見たいといった主だった要求を抽出した。また、そのようなユーザの要求を解決するインタラクティブ情報活用システムを示すとともに、関連研究と比較することによって本研究の位置付けを明確化した。インタラクティブ情報活用システムは、映像配信に加えメタ情報と関連情報を配信し、ユーザとのインタラクションを行うことによって、マルチメディア配信環境におけるユーザの要求を解決する。解決手段はそれぞれ、

- (1) ビデオオンデマンドによって、配信映像をインタラクティブに操作できるようにする
- (2) 配信するメタ情報を利用して、シーンを知らせるインタラクティブサービスを提供する
- (3) ユーザの要求に従ってインタラクティブサービスを選択して、個人適応するという処理を実現することである。これらの処理の詳細については、以降の章において詳しく論じる。

第3章 ビデオセグメント配置を考慮した大規模ビデオオンデマンドサーバ

3.1 緒言

ビデオオンデマンドはユーザが見たいときに見たい番組を見ることができるサービスである [38, 39, 40, 41]. インタラクティブ情報活用システムの映像配信のような, CATV 規模の広域ビデオオンデマンドサービスのためには同時に 10,000 以上のビデオストリームを送り出せる大規模ビデオオンデマンドサーバが必要になる [42, 43, 44].

ビデオオンデマンドサーバでは, 長大な番組映像を小さなビデオセグメントに分割してハードディスクに蓄積することにより, 同じ番組を同時に複数のディスクから再生することを可能としている. この方式をストライピングという. ビデオストリームを途切れなくビデオオンデマンドサーバから送り出すためには, 各ディスクは読出し要求に従ってビデオセグメントを一定時間内に読出す必要があり, それを実現する手段として, タイムスロットを用いて各ディスクで読出し要求を入場制限し, 過負荷を避ける方法が用いられてきた [41, 42, 45]. この方法は, セグメントを時系列に沿って各ディスクへラウンドロビン法で巡回配置しているので, セグメントを時系列順に読出す通常再生に適している. しかし時系列に沿わない読出しをする特殊再生時は, 特定のディスクへの負荷集中により, セグメント読出し遅延が発生する場合があることが指摘されている [46].

一方, ストライピング技術以外にも, 特定のディスクへの負荷集中を避けるための方法が提案されている. Dan らは番組全体を 8 個程度の大きなセグメントに分割しディスク群に分散して配置するビデオオンデマンドサーバで, 動的にセグメントを複製して負荷分散する方法を提案している [47]. この方法では, 過負荷になったディスク群のセグメントを別のディスク群へ複製することにより負荷を減らし, 結果としてビデオオンデマンドサーバの多重数を増大させている. また, Little らは番組全体を 1 ファイルとして各ディスクに配置するビデオオンデマンドサーバ

14 第3章 ビデオセグメント配置を考慮した大規模ビデオオンデマンドサーバ

で、番組ごとに人気が異なることに注目し、被アクセス率に応じて番組を組み合わせて各ディスクに配置し、負荷分散する方法を提案している [48]. 番組データの複製や被アクセス率に応じた分散配置は有効な負荷分散方法であるが、ストライピングを用いたビデオオンデマンドサーバへの直接的な適用は検討されていない.

ストライピングを用いたビデオオンデマンドサーバでは、番組を細切れにしたセグメント単位で番組を扱う. ここで、セグメント単位でも番組の内容により被アクセス率が異なることに注目すれば、高い被アクセス率をもつセグメントや番組の先頭セグメントなど、特定のセグメントを複製し適切なディスクへ配置することにより、ディスクの負荷が分散され、多重数や応答時間の改善効果が得られることが予想される. しかし、大規模ビデオオンデマンドサーバに蓄積されるセグメントの数は膨大であり、その配置パターンも膨大な組合せが存在するため、適切な配置を求めるのは容易ではない.

そこで本章では、ビデオオンデマンドサーバの諸性能を定式化し、制約充足問題を解くことにより自動的に適切なセグメント配置を求める方法を考察する [49, 50, 51, 52]. 本手法では制約充足問題のパラメータとして、各セグメントの被アクセス率を用いる. 制約条件は要求された時間内にセグメントを読み出せることである. 目的関数はビデオオンデマンドサーバの多重数やビデオオンデマンドサーバのコストなどビデオオンデマンドサーバの性能を評価する値の加重和で表現する. 重みを変化させて問題を解けば、要求する性能に従ったビデオオンデマンドサーバを構成できる.

本手法をバッチ処理として、例えば毎日1回のビデオオンデマンドサーバのメンテナンス時間に適用して定期的に配置を求め、ビデオオンデマンドサーバに適用すれば、番組の人気の変化、つまりセグメントの被アクセス率の日ごとの変化にも対応できる. 配置の導出はビデオオンデマンドサーバの運用とは独立に行えるため、ビデオオンデマンドサーバの設置や増設時に配置を導出し、初期配置に利用することも可能である.

以下、3.2でセグメント配置とビデオオンデマンドサーバ性能の関係について述べる. 3.3でセグメントの複製配置問題を制約充足問題に定式化し、3.4では、本手法で求めた制約充足問題の解の配置をシミュレーションにより従来の配置と比較評価する.

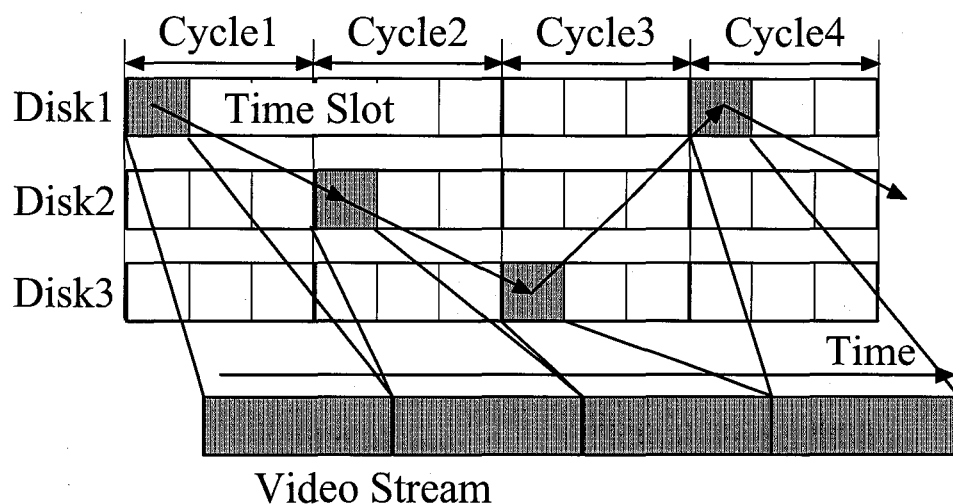


図 3.1: 位相シフト時分割多重アクセス方式

3.2 ビデオオンデマンドサーバの性能改善

3.2.1 位相シフト時分割ビデオ多重アクセス方式

ストライピングはビデオオンデマンドサーバが同じ番組を同時に複数の端末で再生させるための技術であり、各番組を小さなセグメントに分割し、複数の蓄積装置に分散蓄積することで実現する。

図 3.1 に示す位相シフト時分割ビデオ多重アクセス方式 (PSTDM: Phase-Shift Time-Division Multiple-access method) [42] は、ストライピング型ビデオオンデマンドサーバで用いられる有効なセグメント読出し方式である。この方式では、セグメントを読出す周期 (Cycle) を 1 つのセグメントを伸長再生する時間に決め、この時間を 1 つのセグメントをディスクから読出す時間であるタイムスロット (Time Slot) に分割する。ここで、周期におけるタイムスロットの時間位置を読出し位相と呼ぶ。それぞれのセグメント読出し要求は、各周期で同じ読出し位相のタイムスロットに割当てられる。セグメントは周期内に必ず読出されるので、読出されたビデオストリームの再生は途切れない。また各周期でのタイムスロット数は一定に保たれるので、各ディスクの読出し負荷が均衡化される。

表 3.1: 時刻 $(n+1)$ に読出し要求するセグメント

再生モード		要求セグメント
通常再生		$s(t+1)$
特殊再生	一時停止	なし ($s(t)$ をそのまま再生)
	スキップ再生	$s(t+k)$ (k は定数)
	ジャンプ	$s(t')$ (t' は任意の時間位置)

3.2.2 優先待ち行列によるタイムスロット割当

ビデオオンデマンドサーバは VTR 並の特殊再生機能を要求される。特殊再生は、セグメントの読出し順序を制御することで実現できる [53]。表 3.1 は、特殊再生時にセグメント $s(t)$ を時刻 n に要求した端末が次の時刻 $(n+1)$ に要求するセグメントを示す。 t は番組上のセグメント $s(t)$ の時間位置である。PSTDM では番組の時系列に沿わない読出しをする特殊再生が発生すると、タイムスロットの読出し位相を維持できない。そのため、特定のディスクへセグメント読出し要求が集中して、読出し周期内にタイムスロットが割当てられなくなることがある。したがって、最悪の場合送出するビデオストリームに齟落ち（こまおち）などの品質劣化が生じる [46]。

一方、ユーザは通常再生映像の再生遅延には敏感であるが、特殊再生映像の遅延には気づきにくい。また、番組の先頭セグメントの読出し遅れは映像の再生途切れではなく再生開始までの待ち時間に影響する。これらの特徴を利用して、三つの優先度 1) 通常再生での読出し、2) 特殊再生での読出し（セグメントを読出さない一時停止を除く）、3) 番組の先頭セグメントの読出し、を定義する。

タイムスロットの割当に上記三つの優先度をもつ優先待ち行列を用い、PSTDM を拡張する。各ディスクでは、最も高い優先度をもつ待ち行列内の読出し要求から順にタイムスロットを割当てる。割当は 1 セグメントが再生される時間を周期とし、この時間内にセグメントが読出されればビデオオンデマンドサーバからビデオストリームが途切れず送出できる。この優先順位に従えば、通常再生でのセグメント要求には最優先にタイムスロットが割当てられるので、特定のディスクが高負荷になってもビデオストリームの再生が途切れる確率は小さくなる。この方式はラウンドロビン法以外のセグメント配置でも読出し可能である。

3.2.3 セグメントの複製と配置

PSTDMでは要求番組の先頭セグメントが配置されているディスクに空きタイムスロットが見つからなければ、セグメント要求が他のディスクに移動し、空きタイムスロットがそのディスクにできるまで読出しを開始できないリクエスト損が発生する。すなわち、番組再生開始までに最長で全ディスクのタイムスロット分の時間を要する [42]。10,000 多重規模のビデオサーバではセグメントは大量のディスクにまたがって配置されるので、再生開始までの平均待ち時間が長くなる。

再生待ち時間を短くするために、セグメントを複製し他のディスクに配置する方法が考えられる [47]。例えば番組の最初のセグメントが複製されれば、そのセグメントが配置されるディスクの空きタイムスロットが見つからない確率は少なくなり、リクエスト損が減少する。また、セグメントの複製はリクエスト損の発生減少に有効であるだけでなく、ディスクの負荷を分散させることにも有効であるので、多重数の改善にも効果的である。

ここで、番組の被アクセス率はその内容により異なるという特徴がある [48, 54]。更に番組の構成上、番組の面白い部分だけが繰り返し視聴されるなど番組の一部分だけが再生されたり、逆に番組がつまらないと再生が途中で停止されたり、一部分を飛ばして見るスキップ再生やジャンプなどの特殊再生がなされたりする。そのため、セグメントの被アクセス率は番組内での時間位置で異なる。そこで、複製したセグメントをラウンドロビン法で配置しても、高い被アクセス率をもつセグメントが特定のディスクに集中して配置されれば、そのディスクへ負荷が集中する確率が高くなる。また、番組内の被アクセス率の低いセグメントを複製しても、多重数改善効果は得られない。

そこで、多重数や応答時間を改善するセグメントだけを複製しディスクの負荷分散が行えるように適切な配置を求める。これにより、すべてのセグメントを複製することと同様に多重数や応答時間を改善でき、大きなディスク容量も必要としない。

3.3 セグメント配置の制約充足問題

3.3.1 制約充足問題

ビデオオンデマンドサーバの多重数や応答時間などの性能を向上するために複製するセグメントを決定し、適切なセグメントの配置を求めるため、各ディスクへのセグメントの配置パターンを決定する制約充足問題を定式化する。ビデオオンデマンドサーバが途切れないビデオストリームを送信するためには、各ディス

18 第3章 ビデオセグメント配置を考慮した大規模ビデオオンデマンドサーバ

クから遅れなくセグメントが読出される必要がある。これが制約条件になる。また、ビデオオンデマンドサーバの基本性能を評価する値として、多重度、応答時間、ビデオオンデマンドサーバのコストの3項目を定義する。これらを目的関数とし、それぞれ最良にすれば高性能なビデオサーバが実現できる。

制約充足問題はコスト関数 $F(P_{exist})$ を制約条件 $c(P_{exist})$ と目的関数 $f_j(P_{exist})$ の和で定式化する。

$$F(P_{exist}) \equiv C \cdot c(P_{exist}) + \sum_{j=1}^J w_j \cdot f_j(P_{exist}) \quad (3.1)$$

ここで、決定変数 P_{exist} はセグメント s がディスク d に配置されるか否かを示す値 $p_{exist}(s, d) = \{0, 1\}$ ($s = 1, \dots, S, d = 1, \dots, D$) の集合であり、コストを最小化にする解が最良のディスクへのセグメント配置パターンを示す。制約条件を表す $c(P_{exist})$ は負の値を取らない関数であり、値として零を取る場合にのみ制約を満たす。目的関数 $f_j(P_{exist})$ は小さな値をとるほど、高いビデオオンデマンドサーバ評価値を与える。

また、 C は目的関数 $f_j(P_{exist})$ が取る値よりも十分大きな任意の定数とする。制約を満たすとき、つまり $c(P_{exist}) = 0$ のときには $C \cdot c(P_{exist}) = 0$ になるが、制約を満たさない場合には $C \cdot c(P_{exist})$ は目的関数の加重和 $\sum_{j=1}^J w_j \cdot f_j(P_{exist})$ よりも十分大きな値となる。したがって、制約を満たさなければ $F(P_{exist})$ は最適解にはならない。

目的関数になるビデオオンデマンドサーバの評価値はそれぞれ関連し合っているすべての項目を同時に最良にすることはできないが、重み w_j を適当に選択すれば、要求するビデオオンデマンドサーバの性能を満足するセグメント配置パターンを見つけられる。また求めた配置はセグメントの被アクセス率の時間変化により適切でなくなる場合もあるが、その場合、新たな被アクセス率を用いて配置を求め再配置すればよい。

3.3.2 制約条件

ディスクに読出し要求されたセグメントは1セグメントを再生する時間内に読出されなければならない。この時間を単位時間と定義すると、条件は単位時間当り各ディスクへ読出し要求されるセグメントデータの大きさがそのディスクから読出せるデータの大きさよりも大きくないことと等価である。これを制約条件とする。

ディスク d の使用率 $u(d)$ はディスク d の単位時間当りの読出せるデータの大きさの最大値に対する読出し要求値の比であり、この値を小さくすればディスクの読

出し許容負荷が小さくなる。単位時間あたりのディスク d から読出し要求されるデータの大きさを $r(d)$ 、ディスク d から読出せるデータの大きさの最大値を $R(d)$ としたとき、上記の条件は、

$$r(d) \leq u(d) \cdot R(d) \quad (3.2)$$

となる。読出し要求されるデータの大きさ $r(d)$ は次式から得られる。

$$r(d) = \sum_{s=1}^S \left\{ \frac{p_{access}(s)}{m(s)} \cdot (l(s) + H(d)) \cdot p_{exist}(s, d) \right\} \quad (3.3)$$

ここで $m(s)$ はセグメント s の複製数であり、複製したセグメントは異なるディスクに配置する。セグメント s の被アクセス率 $p_{access}(s)$ を $m(s)$ で割った商は、ディスク d から読出されるセグメント s の被アクセス率となる。 $l(s)$ 、 $H(d)$ はそれぞれセグメント s の大きさ、読出しオーバーヘッドに対応する値である。式 (3.2) と式 (3.3) より、制約条件 $c(P_{exist})$ を得る。

$$c(P_{exist}) = \sum_{d=1}^D \max \left\{ \left[\sum_{s=1}^S \left\{ \frac{p_{access}(s)}{m(s)} \cdot (l(s) + H(d)) \cdot p_{exist}(s, d) \right\} - u(d) \cdot R(d) \right], 0 \right\} \quad (3.4)$$

3.3.3 目的関数

a) 多重数

ビデオオンデマンドサーバから同時に読出せるビデオストリーム数は、データ圧縮技術により端末で1セグメントを伸長再生する時間に1つのディスクから読出せるセグメント数と、ストライピング技術により同じ番組を構成する異なるセグメントを複数のディスクから同時に読出せる数によって決まる。前者はディスクの読出し速度に依存するが、後者はセグメント配置パターンにより変化する。

セグメントの読出しの順序を考慮すると、例えば、番組の時系列で連続するセグメントは通常再生時、連続して読出され、また一定の間隔をおいて連続するセグメントはスキップ再生時、連続して読出されるというアクセスパターンが存在する。特定の番組に集中した要求が発生するときに備え、連続して読出される確率が高いセグメントを異なるディスクに配置するようにすれば、同じ番組をほぼ同時に多くのユーザに提供できる。

多重数に関する目的関数は、連続して読出される確率が高いセグメントをストライピングを用いて別のディスクに配置することにより、ディスクの負荷を分散し多重数を大きくする。目的関数では二つのセグメント s_1 、 s_2 に対し、連続して

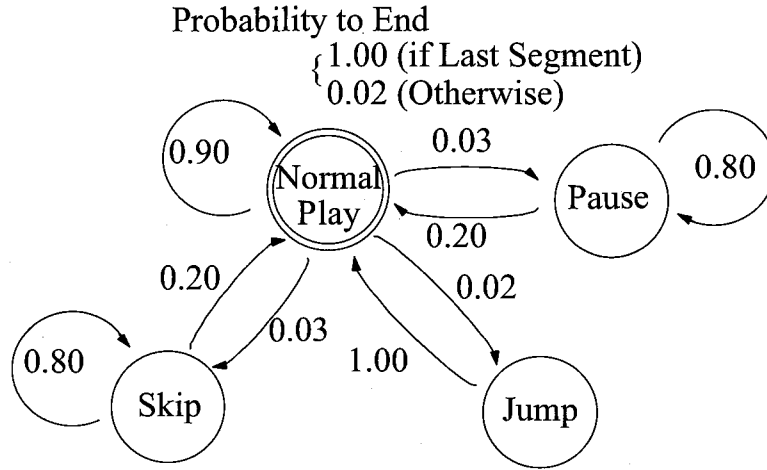


図 3.2: セグメント読み出し要求の状態遷移

読出される確率をセグメント間の読出し相関 $\gamma(s_1, s_2)$ として定義する. 読出し相関を大きく設定した2セグメントが別のディスクに配置されるように, 次式のように定式化する.

$$f_1(P_{exist}) = \sum_{d=1}^D \sum_{s_1 \neq s_2} \gamma(s_1, s_2) \cdot p_{exist}(s_1, d) \cdot p_{exist}(s_2, d) \quad (3.5)$$

なお, s_2 に別のディスクに配置される複製セグメントが存在する場合, s_2 を別のディスクから読出すことができるので, $\gamma(s_1, s_2) = 0$ と定義する.

読出し相関の例として, 表3.1に示す映像再生モード, すなわち, 通常再生 (Normal Play), 一時停止 (Pause), スキップ再生 (Skip), ジャンプ (Jump) の4状態をもつビデオオンデマンドサーバでのセグメントの被アクセスパターンについて考える. ビデオオンデマンドサーバの再生モード変更は, 例えばじっくり見たいシーンで一時停止や繰り返し見るためのジャンプが要求されたり, つまらないシーンでスキップ再生を要求されるなど本来コンテンツに依存するが, ここでは最も簡単なモデルの一つとして, 図3.2の状態遷移図に従い任意のタイミングで特殊再生が発生するビデオオンデマンドサーバモデルを用いる. 状態遷移確率を図3.2の矢印横に示す. 再生終了である最終状態へは通常再生からのみ遷移し, その確率は最終セグメントを要求した後は1.00, その他のセグメントを再生しているときは0.02である.

読出し相関は, 注目する2セグメントに対して, 連続して読出される確率として与える. ジャンプは任意の時間位置への移動であるので, 同じ番組のすべてのセグメントとの読出し相関に加算する. 図3.2で, セグメント間の読出し相関は式

(3.6) のようになる.

$$\begin{cases} \gamma(s(t), s(t+1)) = 0.92 \\ \gamma(s(t), s(t+k)) = 0.05 \quad (k \text{ は定数}) \\ \gamma(s(t), s(t')) = 0.02 \quad (t' \neq t, t+1, t+k) \end{cases} \quad (3.6)$$

また別の例として, 通常再生しか行われたいビデオオンデマンドサーバでの読出し相関は $\gamma(s(t), s(t+1)) = 1$, $\gamma(s(t), s(t')) = 0 (t' \neq t+1)$ であり, ラウンドロビン法のセグメント配置で, $f_1(P_{exist}) = 0$ となる.

b) 応答時間

新規番組要求の読出し待ち時間はビデオオンデマンドサーバの応答時間に相当し, ビデオオンデマンドサーバを評価する上で重要な要素である. この読出し待ち時間は番組の先頭セグメントの配置に依存する. つまり, 各番組の先頭セグメントを複数のディスクに分散させるようにすれば, ディスク間での新規要求の負荷が分散し待ち時間は短くなる. そこで, 式 (3.5) で各番組の先頭セグメントを対象として, それらの読出し相関は高いとする関数を構成し, 待ち時間を短くする目的関数 $f_2(P_{exist})$ とする. 各番組の先頭セグメントがすべて異なるディスクに配置された場合, $f_2(P_{exist}) = 0$ となる.

c) ビデオオンデマンドサーバのコスト

ビデオオンデマンドサーバのコストはセグメント s の複製数 $m(s)$ で表現し, 次式により評価する.

$$f_3(P_{exist}) = \sum_{s=1}^S m(s) \quad (3.7)$$

セグメントが複製されない場合の $f_3(P_{exist}) = S$ が最小値となる.

3.4 評価実験

3.4.1 配置パターンの導出

ビデオオンデマンドサーバに蓄積する映像は圧縮蓄積できる MPEG-1 もしくは MPEG-2 のフォーマットを用いることが多い. 通常, セグメント長は特殊再生を容易に実現するため, GOP (Group Of Pictures) 単位, あるいはその倍数単位の大きさに設定される. 実験はセグメントを適切に配置することによる性能改善効

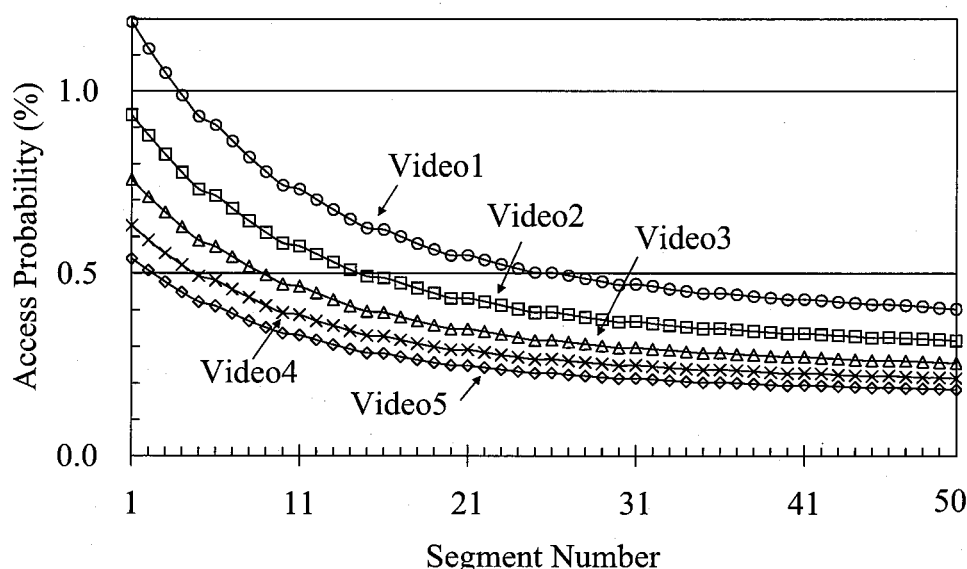


図 3.3: シミュレーションで用いたセグメントの被アクセス率

果を調べることを目的とし、計算量の都合上、まず短時間の番組を少数のディスクに配置する場合についての性能改善効果を調べることにした。ここでは、各 50 秒の番組 5 本を平均 6Mbit/s の VBR (Variable Bit Rate) の MPEG-2 で符号化し、1 秒再生分のセグメントに分割するとした。そして得られた全 250 セグメントを 3 ディスクに分散配置するときの配置パターンを求めた。VBR は相関マルコフモデル [55] を用い、セグメントの大きさは最大で 800kBytes とした。

実験でのビデオオンデマンドサーバの再生モードとその変更は、図 3.2 の状態遷移に従うとし、スキップ再生については $k = 5$ の固定幅スキップのみを行うとした。セグメント間の読出し相関は式 (3.6) を用いた。

ビデオオンデマンドサーバに蓄積する番組の被アクセス率はそれぞれ異なり、ビデオオンデマンドのフィールド実験データから得たモデル [54] に従うとした。さらに図 3.2 の状態遷移で、各端末が番組の被アクセス率に従って要求するセグメントをビデオオンデマンドサーバが遅延なくすべて読み出せると仮定したシミュレーションから、各セグメントの被アクセス率を求めた。得られたセグメントの被アクセス率と各番組 (Video1, Video2, ..., Video5) の時系列 (Segment Number) の関係を図 3.3 に示す。

ディスクのモデルに関しては、ディスク内のどの位置にセグメントが配置されてもよいように、読出しのたびに最も長いオーバーヘッドを一定値でとるとした。パラメータは表 3.2 に示す一般的なハードディスクのものを用いた。実験では、式 (3.1) で多重数、応答時間、ビデオオンデマンドサーバのコストのすべての性能に

表 3.2: シミュレーションに用いたパラメータ

パラメータ	値
セグメント最大長	800kBytes
ディスク読出し速度	8MBytes/s
セグメント読出しオーバヘッド	20ms
ディスク使用率	1.0

表 3.3: シミュレーションに用いた GA のパラメータ

パラメータ	値
GA 個体数	10,000
GA 交叉確率	0.80
GA 突然変異率	0.50
GA 世代交代率	0.50

注目した配置を求めるために, $w_1 = w_2 = w_3 = 1$ の重み付けをした.

定式化した制約充足問題の解空間は広大で, 多数の局所解をもつ. ここでは解法の一例として遺伝的アルゴリズム (GA: Genetic Algorithm) [56] を用いた. 実験では SGI Octane/SI (R10000 175MHz) 上にフリーウェアの GAucsd1.4PL2 を用いてプログラムをインプリメントした. 問題の解空間が広大で峰が多いので探索のランダム性を高めるため, 表 3.3 に示すように突然変異率を大きく設定した. 解の探索は 1,000 世代目までとしたので解空間の非常に小さい範囲を探索したが, 上記のシステム上では約 1 時間で 33 世代目の十分最小化された解を得た. 解は 250 セグメント中, 93 セグメントを 2 ディスクに, 32 セグメントを 3 ディスクに配置するように選択複製した配置パターンであり, 元のセグメントと合わせて合計のセグメント数は 407 であった.

3.4.2 シミュレーション

制約充足問題を解いて得たセグメント配置パターンで, 優先待ち行列を用いた PSTDM の動作シミュレーションを行い, 多重数の変化による再生途切れ率と新規再生要求に対する応答の平均待ち時間, 及び新規再生要求に対して 1 秒以上の待ち時間が発生する確率である読出し遅延発生率を評価した. シミュレーション

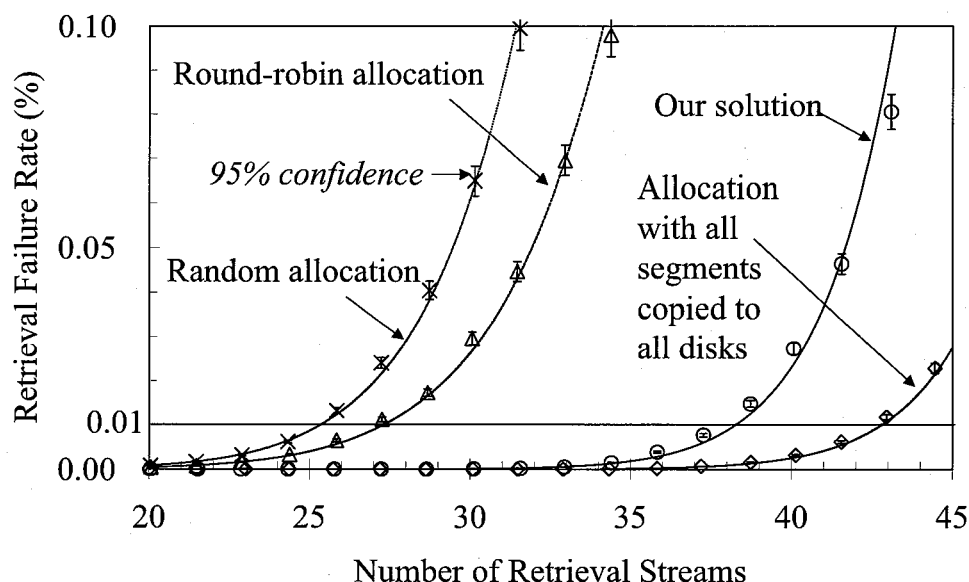


図 3.4: 通常再生モードの再生途切れ率

での新規番組再生要求の生起はポアソン分布に従うとし、平均到着時間を変化させることで多重数を変化させた。各端末からの映像再生モード変更は、図3.2に示す状態遷移に従うものとした。ビデオサーバでの入場制限はしなかった。ディスクのモデルは非線型シーク時間とヘッドスイッチ時間までを考慮した文献[57]に示されるモデルCを用い、実機に近いシミュレーションを行った。また、複製があるセグメントの読出し時はディスクの読出し負荷が大きい方のディスクに読出し要求を割当てた。

3.4.3 実験結果

実験では本章で構築した手法で求めた配置 (Our solution) と比較するため、従来のストライピング型ビデオオンデマンドサーバで用いられていたラウンドロビン配置 (Round-robin allocation) と無作為にセグメントを配置したランダム配置 (Random allocation)、すべてのディスクにすべてのセグメントを複製して配置した全配置 (Allocation with all segments copied to all disks) でのシミュレーションも実行した。

図3.4に多重数と再生途切れ率の関係を示す。実験では再生途切れは、通常再生状態にあるセグメント要求の読出しが、要求から1秒以内に実行できなかったときに発生するとした。

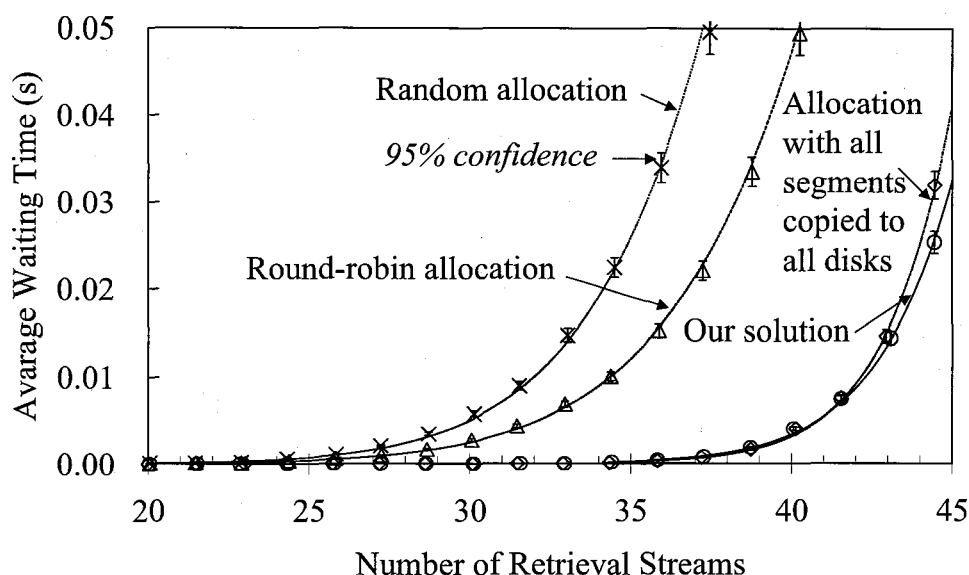


図 3.5: 新規再生要求の平均待ち時間

ビデオオンデマンドサーバで同時に読出すビデオストリームが増えると各ディスクで読出し速度に限界が発生し、読出し遅延が生じて再生が途切れる。実験結果では0.01%の再生途切れ率において、ランダム配置、ラウンドロビン配置ではそれぞれ、25多重、27多重までしか読出せなかった。ランダム配置では、容易に特定のディスクへの負荷が集中したため再生途切れが生じやすくなったと考えられる。ラウンドロビン配置は通常再生に対しては負荷を分散できたが、特殊再生に対してはその効果が働かず、高多重時には通常再生の読出しを妨げた。

本手法による配置では0.01%の再生途切れ率で37多重まで読出すことができた。これは、優先待ち行列を用いた読出し方式が、負荷分散のために複製したセグメントを利用していることと、その複製セグメントが多重度を増加させるのに効果的なディスクに配置されたことに起因し、リクエスト損が解消されたことによる。セグメントを複製することで、同じ再生途切れ率を維持したままラウンドロビン配置比で多重数を37%増加させる効果が得られた。

全配置はディスク負荷分散効果が最も得られる配置であり、同じ再生途切れ率で42多重まで読出せた。しかし、セグメントの数はもとのセグメント数の300%であり、この方式ではディスク容量の消費が多い。本手法による配置では多重数改善に効果的なセグメントを選択複製しているので、セグメント数を163%にしただけで有効な多重数改善効果が得られた。

図3.5は、新規番組再生要求に対する平均待ち時間と多重数の関係を、図3.6は新規要求に対して1秒以上の待ち時間を生じさせる読出し遅延が発生する確率と

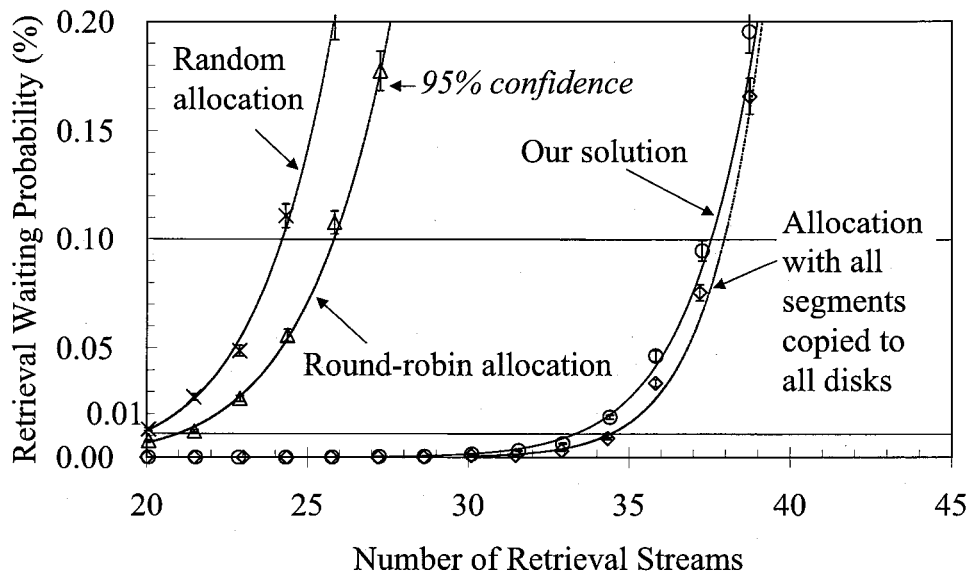


図 3.6: 新規再生要求に対する読出し遅延発生率

多重数の関係を示す。いずれのセグメント配置でも多重数が増加すると平均待ち時間は長くなり、読出し遅延発生率も高くなる。番組再生中の端末からの要求が優先的に処理されるため、ディスクの読出し速度限界が生じると新たな端末からのセグメント要求を受け付けなくなるからである。

ランダム配置やラウンドロビン配置に比べ、本手法を用いた配置は十分に平均待ち時間は短かった。新規要求の読出し遅延発生率はランダム配置では24多重、ラウンドロビン配置では26多重で0.10%を超えるのに対し、本手法を用いた配置では37多重までは超えなかった。また、全配置の値に対しても有意な差が見られなかった。本手法を用いた配置がセグメントの被アクセス率を考慮した配置になっていたため読出し要求を各ディスクに分散でき、新規要求も早く受け付けられた。

3.5 結言

ビデオセグメントを選択複製し各ディスクへ適切に配置することによって、ビデオオンデマンドサーバの性能を改善する方法を示した。本手法ではセグメント配置をセグメントの被アクセス率を用いて制約充足問題に定式化した。要求されたセグメントを遅延なく読出す制約条件下で、ディスクのセグメント読出し負荷を分散させ、ビデオオンデマンドサーバの性能を改善することが可能となる。また本手法による性能改善により、ビデオオンデマンドサーバの大規模化が可能であ

ることを示した。

シミュレーションによる実験により、本手法によるセグメント配置は63%のセグメントのコピーを生成しただけで、従来用いられていたラウンドロビン配置に比べて、再生途切れ率一定の条件下で再生多重数を37%増加する効果が得られた。また本手法によるセグメント配置では、新規要求の平均待ち時間やその読出し遅延発生率についても、従来の配置時より十分性能が上回り、その値は、全ディスクにすべてのセグメントを配置する全配置時に比べても遜色がなかった。従って、被アクセス率の異なるセグメントのうち適切なものを複製してそれぞれ適切なディスクへ配置することによって、ビデオオンデマンドサーバの性能を向上することが可能であることを示すとともに、その配置を求める本手法の有効性を確認した。

第4章 インタラクティブライブ中継システム LiveWatch

4.1 緒言

近年のネットワークのブロードバンド化とユーザ端末の高速・高機能化により、インターネットをはじめとする IP ネットワークにおいても、テレビジョン放送と同様に本格的な番組映像配信が行われようとしている [5, 58]. スポーツをはじめとするライブ中継番組は人気が高く、配信も盛んである [27]. 一般的なライブ中継では現場の映像と実況音声配信され、視聴者はそれを視聴して現場の状況を把握している. ライブ中継の特徴には、中継対象が実世界の中継現場であり、中継対象の状況が時々変化し、中継対象の状況変化のシナリオが存在しない、という点が挙げられる. そのためライブ中継にはリアルタイム性の醍醐味がある. このようなライブ中継に対しネットワークの特性を生かして、ユーザの意図や要求を反映させて視聴を支援し、付加価値を与えるサービスを考える.

本章で述べるライブ中継における視聴支援サービスは、気になるシーンを視聴者が見逃さないようにするために視聴者の見たいシーンを知らせ、その映像を自動的に提示するサービスや、映像に合わせてユーザの中継視聴を盛り上げる演出サービスなどのリアルタイム性を重視したユーザ中心の付加価値化サービスである. このようなサービスを実現する LiveWatch システム [59, 60, 61] を構築する. LiveWatch システムではライブ中継映像のメタ情報であるライブ情報を用いてユーザアプリケーションをユーザの要求に応じてライブ中継に連動動作させ、サービスを実現する. 例えば野球中継で「ホームラン」というイベントが発生した時点でユーザに知らせて、ユーザにホームランシーンを見逃さないように促し後で見直せるように記録したり、お気に入りのチームの試合進行に合わせて画面や音で応援動作する等、様々な発展サービスを可能にする.

本章では、視聴支援サービスを実現する LiveWatch システムについて論じる. 以下、4.2では視聴支援サービスの実現方法を具体化し、4.3では構築した LiveWatch システムの構成について詳述する. 4.4で、実現する視聴支援サービスの有効性をインターネット中継実験の結果から示す.

4.2 視聴支援サービスの実現

4.2.1 ライブ情報の利用

ライブ中継と連動した視聴支援サービスは、ユーザの要求に応じたユーザアプリケーションの動作により実現する。ユーザの要求はライブ中継の内容に依存するので、ユーザアプリケーションはライブ中継の進行を把握するために、ライブ中継の意味情報を随時取得する必要がある。

スポーツの映像から意味情報を抽出することは、映像のインデキシングの観点で様々な検討がされている。例えば、カット割り後の映像を用いてカメラワークやカットの規則性からイベントを類推する方法 [62, 63] や、クローズド・キャプション等の映像以外の情報も利用してイベントを割り出す方法 [64] が報告されている。いずれも映像のインデックス作成を対象に考えられており、ライブ中継の意味情報の取得方法としてはそのまま適用できない。そこで、ライブ中継のメタ情報であるライブ情報をサーバ側で人手で入力し映像とともにサーバから配信する方法を採る。

ライブ情報はライブ中継の種類ごとに異なる。例えば野球とサッカーでは試合の進行の仕方が異なるので、ライブ情報として伝えるべき情報が異なる。異なるライブ情報を、ユーザアプリケーションが容易に解釈できるようにするために、記述の定義を行う。

ライブ情報には、瞬間的な情報、すなわち発生したイベントに関する情報と、継続的な情報、すなわちライブの進行状況に関する情報とがある。前者はイベント発生時に記述することが必要であり、後者は状況が変化するとに記述し配信するのが効率的である。ライブ情報の形式としては、これらの情報を一つのライブ情報として記述することができ、またこれらを別々のライブ情報に分離して記述しても問題なく取り扱える記述が必要である。またライブ情報は再利用が可能なように、標準的な記述にする。

そこでライブ情報の記述には、意味情報を記述するのに標準的に利用されており、タグを用いて柔軟な記述ができるXML (eXtensible Markup Language) を用いる。ユーザアプリケーションは、ライブ情報のデータ構造である記述定義を与えられれば、汎用的なXMLパーサを利用してライブ情報を扱うことが可能である。

スポーツ中継に用いるライブ情報は試合進行の情報であるので、現在の試合進行時点 (progress)、現在の状態 (situation)、発生したイベントの内容 (action) を発生時刻とともに記述する。野球中継におけるライブ情報の記述例を図4.1に示す。図4.1の例では、eventタグで一つのライブ情報を表現している。イベントに関する情報はactionタグ内に閉じており、残りの部分は試合の進行状況に関する情報である。したがってライブ情報の記述として、イベントに関する情報と試合

```
<event>
  <progress>
    <inning>1</inning>
    <tb>表</tb>
  </progress>
  <situation>
    <team1>
      <name>〇〇高校</name>
      <score>2</score>
    </team1>
    <team2>
      <name>△△学園</name>
      <score>0</score>
    </team2>
    <count>
      <strike>1</strike>
      <ball>1</ball>
      <out>2</out>
    </count>
    <runner>
      <base1>true</base1>
      <base2>false</base2>
      <base3>false</base3>
    </runner>
  </situation>
  <action>
    <name>ヒット</name>
    <player>田中 清</player>
    <time>19990815101325</time>
  </action>
</event>
```

図 4.1: ライブ情報の例

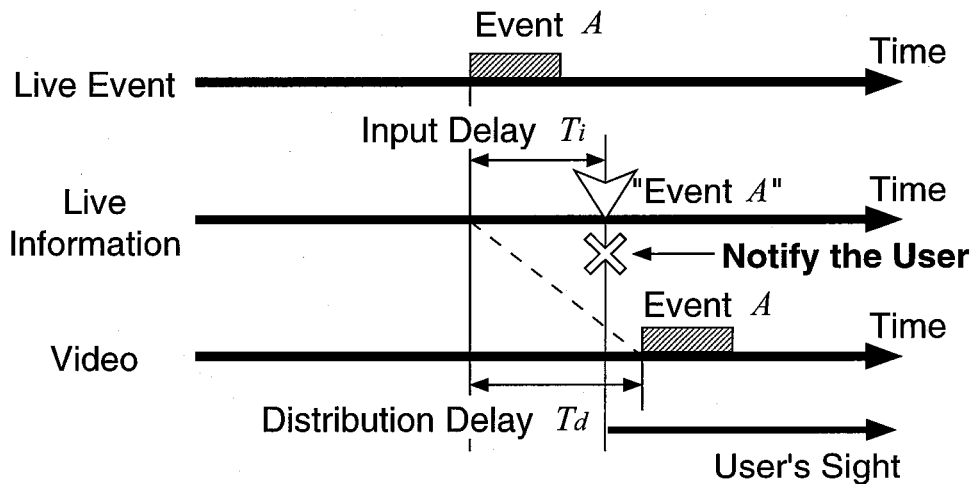


図 4.2: 映像の遅延配信

の進行状況に関する情報は独立に表現でき、別々のライブ情報に分離して表現しても形式上完全である。

なお、マルチメディアコンテンツの標準記述である MPEG-7[65] は、映像のシーン中のイベントを記述するという面でライブ情報と親和性が高い。また MPEG-7 は XML を利用して記述されるので、イベントの記述に関してはライブ情報との相互変換が可能である。

4.2.2 映像とライブ情報の同期

ライブ情報はライブ中継現場の映像に連動する情報であるため、状況変化に合わせて入力しなければならない。つまりライブ情報と映像との同期を維持する仕組みが必要である。また、人手で例えば「ホームラン」のライブ情報を入力する場合、「ホームラン」が発生し確定してからでないと入力できない。したがって、ユーザはホームランシーンと通知されたとしても、既に「ホームラン」は過去のイベントであり、ホームランシーンは過ぎ去っている。

そこで図 4.2 に示すように、ライブ感を損なわない程度の一定時間 T_d だけ、ライブ情報より映像の配信を遅らせる。図 4.2 では情報の入力遅延のためイベント A が発生してから T_i 後にユーザに知らされるが、映像が時間 T_d だけ遅れて配信される。 $T_d > T_i$ ならば、ユーザアプリケーションはライブ情報 A をイベント A のシーンが映像に現れるよりも前に受け取るので、イベント A のシーンの前に通知できる。ユーザはイベント A のシーンを見逃さずにそれ以降の映像を見ることができ

る。またユーザアプリケーションで、ライブ情報を映像に同期して利用するためには、ライブ情報に記述されるイベント発生時刻と映像の時間差を算出し同期を維持する。

4.2.3 ユーザアプリケーション

ライブ情報は、お知らせシーンの判定などの動作の制御に用いるだけでなく、ユーザへの試合進行状況の提示サービスに活用できる。例えば野球中継でのカウントやランナーの状況をユーザの要求に応じたアニメーションなどの表現形式で提示することにより、映像だけではわかりにくい試合進行の理解を助ける視聴支援サービスを実現する。ユーザアプリケーションの画面例を図4.3に示す。

このユーザアプリケーションはライブ情報を用いて、図4.3(a)の状況表示画面(Status Display Window)にライブの進行状況をアニメーションを用いて表現しユーザに提示する。また、ユーザがあらかじめ見たい「ホームランシーン」や「特定選手のバッティングシーン」などを図4.3(b)に示すユーザ設定画面(User Setting Window)で設定しておけば、ユーザアプリケーションはユーザが指定するシーンをライブ情報をもとに判定し、画面を点滅してそのシーンになったことを知らせたり、自動的に映像ブラウザを呼び出し映像を提示するというアクションを実行する。

ここで中継ごとに提示する情報やユーザ設定内容は異なり、サービスごとに実行する動作は異なるので、ユーザアプリケーションを中継やサービスごとに作成しなければならない。すべてをプログラミングし直すのはコストがかかるため、ユーザアプリケーションをモジュール構成にして汎用的に利用できるモジュールと作り直すモジュールを分離し、逐次作成分を小量化し作成コストを減らす。

図4.4はユーザアプリケーションのモジュール構成図である。ライブ情報を受信しライブ情報の記述定義を利用して解釈するライブ情報入力モジュール(Live Information Receiving Module)はすべてのユーザアプリケーションで共通である。条件合致時にお知らせや映像ブラウザを呼び出すなどのアクションを実行するアクションモジュール(Action Module)はサービスごとに選択利用できる。ライブ情報を可視化して状況表示画面に提示する状況表示モジュール(Status Display Module)とライブ情報入力モジュールから入力されたライブ情報をユーザが設定した条件によりフィルタリングする情報フィルタモジュール(Information Filtering Module)は、ライブ中継ごとに作成し直す。作り直すモジュールについては、ユーザアプリケーション固有の情報を埋め込むだけでソースコードを作成できる雛形(ひながた)を用意する。

ユーザアプリケーション固有の情報の一つは、状況表示画面上でオブジェクトを



(a) Status Display Window



(b) User Setting Window

図 4.3: ユーザアプリケーションの画面例

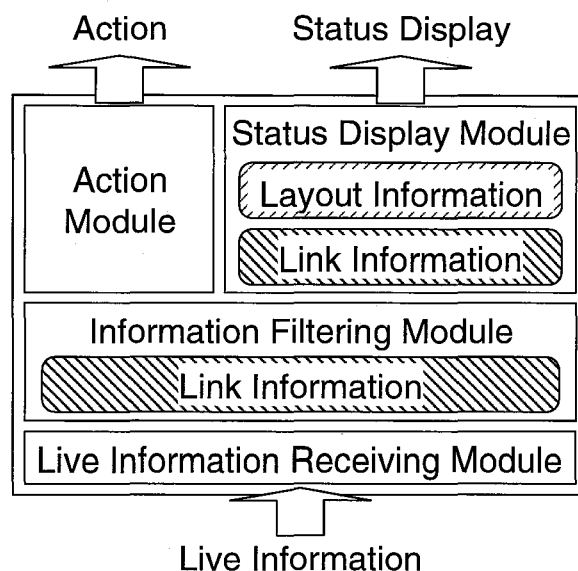


図 4.4: ユーザアプリケーションの構成

画面上に配置する位置関係や動作に関する情報であり、レイアウト情報 (Layout Information) として定義する。レイアウト情報は画像や文字などのオブジェクトを表示したり、これらをアニメーション動作させるための情報であり、画面表示モジュールの動作を決定する。

また、画面上のオブジェクトをライブ情報に従って動作させ、ライブ情報を元にユーザの設定条件を判定するためには、これらのオブジェクトや条件とライブ情報との関連付けが必要である。この関連付けの情報がユーザアプリケーションに固有のもう一つの情報であり、リンク情報 (Link Information) と呼ぶ。オブジェクトに関するリンク情報はライブ情報に従って表示するオブジェクトを変更し、アニメーション動作のきっかけを与える。条件に関するリンク情報は、ユーザの設定に応じてユーザアプリケーションに特定の動作を起こさせる判定条件になる。

レイアウト情報とリンク情報を画面表示モジュールと情報フィルタモジュールのソースコードの雛形に埋め込んでコンパイルし、汎用モジュールと組み合わせることによって、ユーザアプリケーションを完成する。

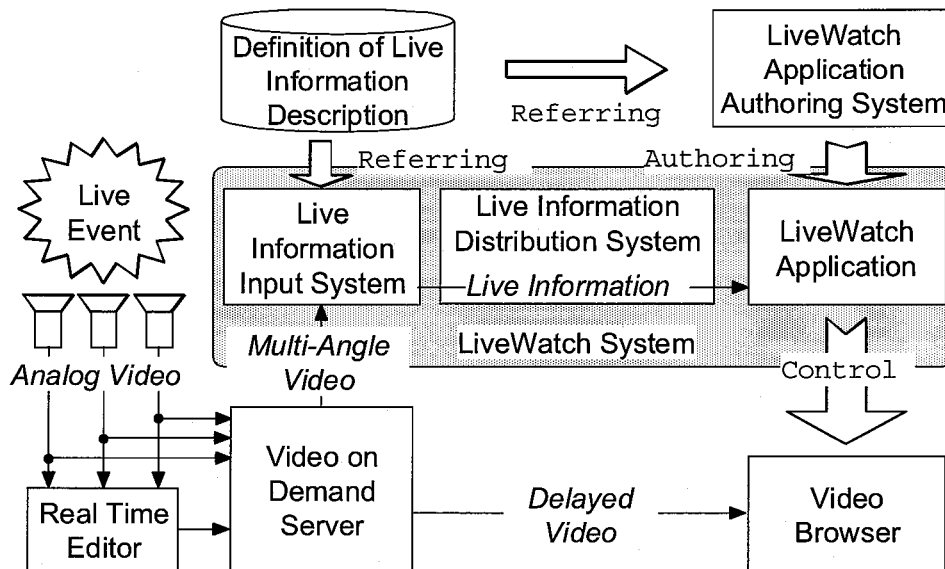


図 4.5: LiveWatch システムの構成

4.3 LiveWatch システムの構成

4.3.1 システム構成

視聴支援サービスを実現する LiveWatch システムを IP ネットワークシステム上で構築する。お知らせサービスを実現する LiveWatch システムの構成を図 4.5 に示す。

LiveWatch システムは、ライブ中継対象のライブ情報を入力するライブ情報入力システム (Live Information Input System)、入力されたライブ情報を配信するライブ情報配信システム (Live Information Distribution System)、ライブ情報を用いてお知らせサービスを実行するユーザアプリケーション (LiveWatch Application) からなる。ライブ情報入力システムとライブ情報配信システムは Sun Ultra Enterprise 450/Solaris 7 と PC/Microsoft Windows を用いたクライアント/サーバ型構成のシステム上に WWW 技術を用いて構築し、ユーザアプリケーションは様々な OS の端末上で実行可能なように WWW ブラウザ上で動作する Java Applet で作成する。

ユーザアプリケーションは、オーサリングシステム (LiveWatch Application Authoring System) を用いて簡単に作成 (Authoring) できるようにする。更にライブ中継の種類ごとに定義するライブ情報の形式は XML スキーマで表現される記述定義 (Definition of Live Information Description) として、ライブ情報の入力時とアプリケーション作成時に参照 (Referring) させる。

映像配信システムには、追記中の映像ファイルもランダムアクセスして任意の時間位置から読み出すことができるライブオンデマンド [66] が可能なビデオオンデマンドサーバ (Video on Demand Server) を利用する。一例として Sun Ultra 80/Solaris 8 上に MPEG-1 及び MPEG-2 映像を蓄積配信する高速系ストリーム配信システム [67] を用いて構成可能である。ライブ現場で複数のカメラで撮影された映像は、スイッチング等のリアルタイム編集 (Real Time Editor) の後リアルタイムエンコードされ、ビデオオンデマンドサーバに蓄積される。編集前のマルチアングル映像も同時にビデオオンデマンドサーバに蓄積し、ライブ情報の入力時に役立てる。

ユーザアプリケーションが映像の再生時間位置を指定して映像ブラウザ (Video Browser) を制御 (Control) することで、映像ブラウザを呼び出すアクションを実行する。これにより、LiveWatch システムと映像配信システムが連携し、ユーザが設定した見たいシーンで映像を自動的に提示する視聴支援サービスを実現する。なお、映像ブラウザに代えて別のアプリケーションを制御するアクションを実行することで、様々なサービスの実現が可能である。

4.3.2 ライブ情報入力システムと配信システム

ライブ情報入力システムには入力者がライブ情報を、(1) 簡単に、(2) 早く、(3) 正確に入力するためのインタフェースの実現が必要である。これらの要求条件を満たす (1) 汎用的な WWW ブラウザを利用し、手間がかからない GUI (Graphical User Interface) のボタン操作で、(2) 機械的に取得できない情報だけを素早く入力できるようにし、(3) 一定時間をかけて送信情報を確認・修正する方法を採用する。特に (2) については、イベントの検知時に 1 アクションでイベント発生時刻を取得し、その後一定時間 $T_c (< T_i)$ の間に入力者がイベント同定を実行する操作方法を導入する。

プロトタイプとして作成したサッカーのライブ情報入力ツールを用いて、サッカーの編集済アーカイブ映像に対してライブ情報入力を行ったところ、発生した 233 のイベントを実時間の 1.5 倍程度の時間をかけて入力完了した。サッカーでは連続的に多数のイベントが発生する。入力に実時間以上を要した原因はイベント検知後のイベント同定中に次のイベントが発生し、映像再生を一時停止したためであった。また、イベントを起こした選手については、背番号が見えないため確定に時間がかかったり、確定できなかったものもあった。サッカーをはじめ頻繁に状況変化が発生するライブ中継での情報入力では、イベントの取りこぼしが発生しないようにすることが重要である。そこで入力者の負担を減らすため、多人数の分担入力を実現する。また現在配信している情報を GUI 上で確認できるように



図 4.6: ライブ情報入力システムの GUI 例

配信情報を表示し、正確な入力を支援する。

以上の設計指針にのっとりライブ情報入力配信システムとして、入力端末 (PC/Microsoft Windows) の WWW ブラウザ上の GUI から入力された情報をサーバ (Sun Ultra Enterprise 450/Solaris 7) 上のプログラム (C 言語で作成) がライブ情報の記述定義に従った XML に変換し、ライブ情報として配信するシステムを開発した。ライブ情報の配信には、一般にインターネット上の防火壁を越えて通信可能である HTTP を用いて、ライブ情報をストリーミングしてクライアントに一斉配信する方法 [68] を採用した。

ネットワークライブ中継で映像を見せながらライブ情報で補足情報を提供する LiveWatch サービスを実現する場合、ライブ映像とライブ情報をクライアント側で完全同期させる必要がある。筆者らは情報と映像を完全同期配信する方式として MPEG-2 システムに情報を埋め込んで配信する方式 [69] を提案しているが、このシステムをライブ情報配信システムの 1 形態として取り込んでいくことも可能

である。

図 4.6 は、サッカーのライブ情報を入力するための入力端末の GUI 例である。GUI では左部にビデオオンデマンドサーバに登録された映像の最新の部分を追いかけて表示している。マルチアングルの映像は、カメラアングルによってはわかりにくい背番号やイベントを入力者が判断するのに役立つ。イベントの入力は、画面右下部のイベントボタンを押して映像のタイムスタンプからイベント発生時刻を取得した後、イベント名と選手名を選択する。サーバは、入力されたイベント発生時刻から T_c 後にそのライブ情報を配信する。複数の入力端末は独立に動作するので、フリーキック、シュート、ゴールと連続するイベントごとに担当者を決めて分担入力することが可能である。チーム名をはじめ事前に決定できる情報や試合進行時間などはサーバで機械的に取得する。

また、画面右部に現在配信しているライブ情報を入力のデフォルト値として表現し、入力者に誤りがないか確認させる。例えば図 4.6 では、右上部の現在のスコアと前後半が間違っていれば入力ボタンの操作で訂正する。訂正されたライブ情報や重複して入力されたライブ情報は、配信前であればサーバ上で配信を取り消すことが可能である。

4.3.3 ユーザアプリケーションのオーサリング

ユーザアプリケーションを作成するためのオーサリングシステム LiveWatchCreator[70, 71] を、PC/Microsoft Windows をクライアント、Sun Ultra Enterprise 450/Solaris 7 をサーバにして、WWW 技術を用いてネットワークシステムとして構築する。LiveWatchCreator はクライアント上で動作するレイアウト情報とリンク情報を作成するためのオーサリングプログラム (Java Applet で作成) とこれらの情報をもとにアプリケーションを生成するサーバプログラム (C 言語で作成) からなる。

LiveWatchCreator のオーサリングプログラムの GUI を図 4.7 に示す。LiveWatchCreator では XML スキーマで記述したライブ情報の記述定義を利用して、GUI 上にライブ情報の構造を、タグをフォルダ、要素をファイルのアイコンとしたツリー表現で可視化する。図 4.7 の左部がライブ情報表示部 (Live Information Display Area) であり、図 4.1 の形式のライブ情報を表現している。レイアウト情報やリンク情報は、ライブ情報と画面上のオブジェクト、判定条件やアクションなどのアプリケーション動作を結び付ける情報である。オーサリングでは、キャンバス (Canvas) 上に配置したオブジェクトと可視化したライブ情報を直感的な操作で関連づけ、レイアウト情報とリンク情報を作成する。例えばライブ情報の「player」タグの要素を画面上に表示したい場合、ライブ情報表示部に表示された「player」

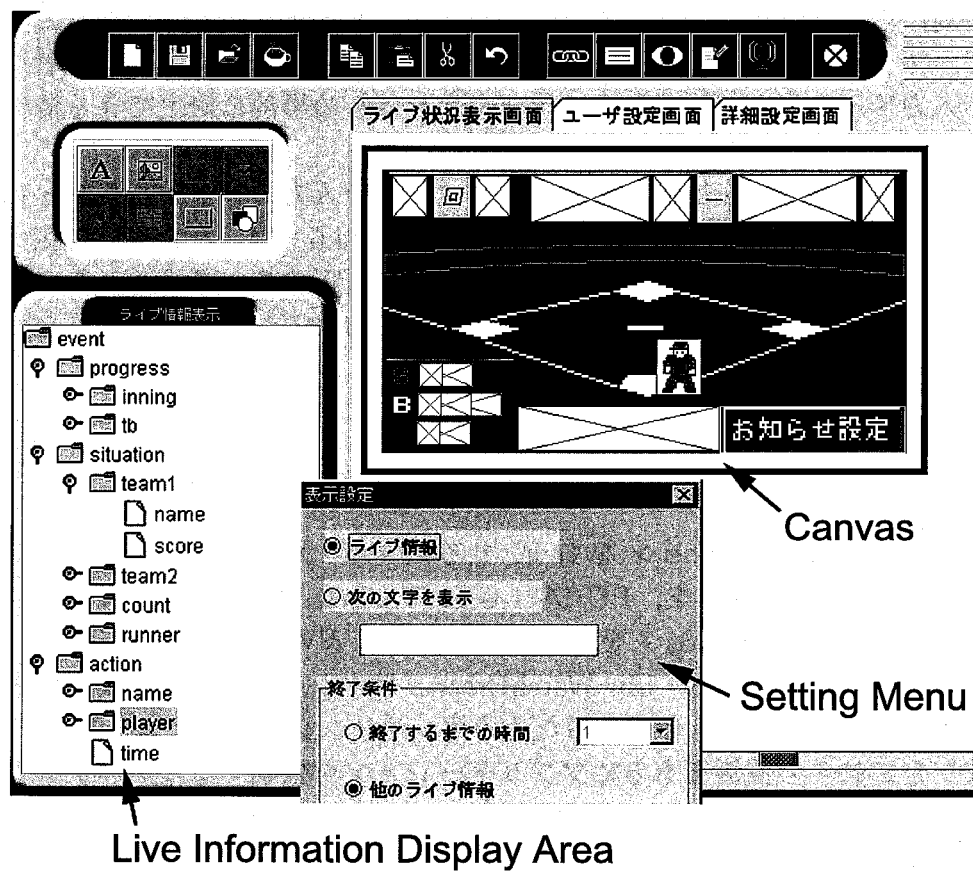


図 4.7: LiveWatchCreator の GUI 例

フォルダとキャンバス上に作成した文字オブジェクトを選択状態にし「表示」設定を実行すれば、設定メニュー (Setting Menu) が表示される。設定メニューで「ライブ情報」を表示することを選択することで、文字オブジェクトの座標を示すレイアウト情報と、文字オブジェクトの表示内容を「player」タグの要素とするリンク情報を作成する。

LiveWatchCreator ではオーサリングプログラムとサーバプログラムが通信しながらレイアウト情報とリンク情報をサーバ上に作成する。レイアウト情報とリンク情報を雛形の該当部に埋め込みモジュール生成する処理と汎用モジュールを結合する処理をサーバプログラムが自動化し、プログラミング作業なくユーザアプリケーションを作成可能としている。オーサリング結果と作成者の作業状態はサーバプログラムが管理しているので、作成者間でオーサリング結果を共有することが容易である。ユーザアプリケーションを簡単に作成するには、同じ種類の中継には既作成のユーザアプリケーションのオーサリング結果を再利用して一部のデザインや機能だけを改造作成する方法が有効である。またサービスデザインと画面デザインの行程を分け、複数の作成者が得意なオーサリングで順にレイアウト情報とリンク情報を追加修正すれば、開発効率の向上やデザインコストの低廉化が期待できる。

4.3.4 ビデオオンデマンドサーバによる映像配信

ライブオンデマンド可能なビデオオンデマンドサーバは、リアルタイムエンコーダを用いて符号化入力される映像ファイルを内部のディスクに作成し、順次追記する。マルチキャストを用いて映像配信を行う場合、ビデオオンデマンドサーバから現在時刻から遅延配信時間 T_d だけ前の映像を読み出し、配信する。お知らせサービスを実現するユーザアプリケーションが、遅延映像が配信されているマルチキャストアドレスを指定して映像ブラウザを起動すれば、ユーザは知らされたシーンを見ることができる。またユニキャストで実現する場合には、ユーザアプリケーションが映像ブラウザに対し、現在時刻から T_d だけ、若しくはライブ情報に記述されるイベント発生時刻から $T_d - T_c$ だけ前の映像をビデオオンデマンドサーバに要求させる。

4.4 LiveWatch 中継実験

4.4.1 実験概要

ユーザが設定するシーンになったら知らせることにより、ユーザの見たいシーンだけの視聴を支援するサービスの有効性を検証するために、朝日放送（株）の協力を得て第 81 回全国高校野球選手権大会（会期：1999 年 8 月 7 日～21 日）の全 48 試合を LiveWatch システムを用いてインターネット中継する実験を行った [72, 73, 74]。提供する視聴支援サービスを求めるユーザは、昼間に行われる高校野球の見たいシーンだけの短時間の視聴を指向したり、映像をじっくり見ることなく試合進行の把握を求めているオフィスユーザであるにとらえ、サービス対象に絞った。なお実験は視聴支援サービスの実現性及び有効性を確かめることに重点を置き、またライブ情報の元データは朝日放送（株）から提供されたので、4.3.2 に示したライブ情報入力システムは用いなかった。実験での映像配信システムには SoftwareVision システム [75] を用い、サービス対象とした太い回線で常時接続するオフィスユーザ向けに H.261 QCIF 50kbps でエンコードした映像と GSM 8kbps でエンコードした音声を RSTP (Real-time Stream Transport Protocol) と HTTP でストリーミング配信した。

ユーザには、図 4.3 に示すユーザアプリケーションを中継視聴ごとに WWW サーバからダウンロードさせた。ユーザアプリケーションは起動時にライブ情報の受信を開始する。映像は、ユーザアプリケーションのボタン操作とユーザ設定によるお知らせ時の自動起動によって別画面で受信提示される。映像提示終了は映像画面を閉じることによって行われる。なおユーザアプリケーションを終了して、映像だけを視聴することも可能であった。

ライブ情報は、手入力後誤りがないことを確認された提供情報を、形式変換してから HTTP で配信した。入力遅延時間 T_i は入力と確認の時間を実測して得た 15 秒を遅延時間の最大値として見積もり、映像遅延時間 T_d はユーザが知らされてから映像を見てもイベントが起こる 15 秒以上前から映像を見られるようにするため 30 秒とした。なお実験ではライブ情報にイベント発生時刻を含められなかったため、映像要求時には $T_d = 30$ 秒前からの映像を配信した。

4.4.2 実験結果

a) ユーザアプリケーションを用いた中継

実験でのユーザアプリケーションからのライブ情報へのアクセス数は延べ 41,445 件であり、アクセス元が異なるアクセスは 9,908 件であった。アクセスログを解

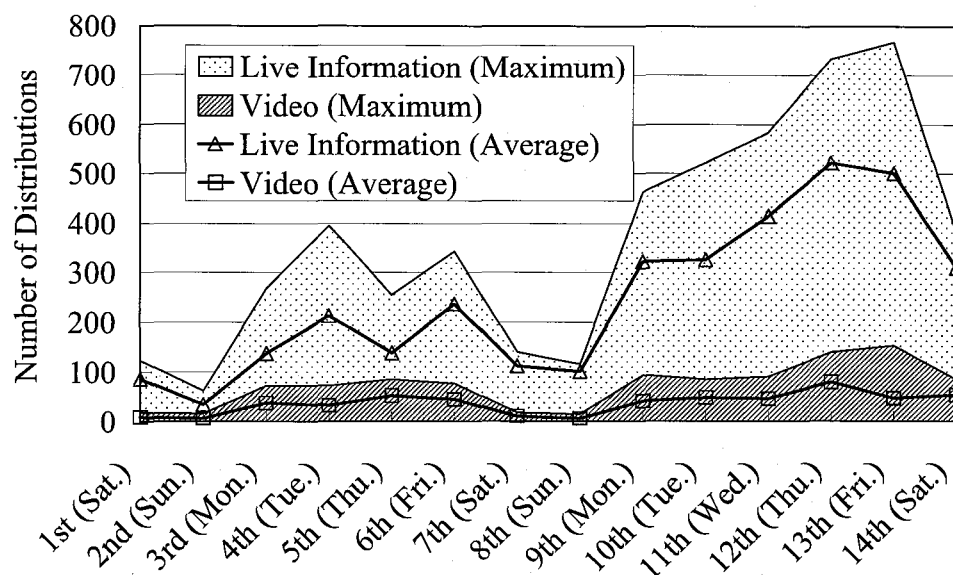


図 4.8: ライブ情報と映像の同時配信数の日ごとの変化

析したところ、会社や学校などのオフィスとみなされるドメイン (co.jp, go.jp, ac.jp) からのアクセスは 57%, プロバイダと推定されるドメイン (ne.jp, or.jp, ad.jp) *からは 34% であった。

図 4.8 は、ライブ情報と映像の日ごとの同時配信数の最大値と平均値の推移である。8 日目以降は日を追うごとに、配信数が増加していることが分かる。しかし決勝戦を中継した 14 日目（土曜日）は 13 日目に比べ、映像の平均を除く配信数が約半数に急減している。また、他の土日のアクセス数も平日のアクセス数に比べ減少しており、サービス対象として想定したオフィスユーザに多く使われたことが推察される。

またライブ情報は常時、映像の 3~8 倍配信された。これはユーザアプリケーションだけを用い状況表示画面だけで視聴していたユーザが多数いたことを意味し、ユーザアプリケーションの状況表示画面がライブ中継の視聴に利用されたことがわかる。また 1999 年当時のプロバイダ経由でのインターネット接続は 28.8kbps モデムによるダイヤルアップが主流であったことから、50kbps の映像視聴を満足にできなかったユーザにも状況表示画面での視聴が試合進行の把握に役立ったと考えられる。

実験では LiveWatch システム使用後の感想を WWW を用いたオンラインアンケートにより回収した。アンケートは項目選択と自由記述の併用型による無記名記

*1999 年当時の割当てドメイン

述方式で構成し、有効回答 123 件を得た。アンケートの一つの項目として LiveWatch システムを使った理由をたずねたところ、「状況がよくわかるから」使ったという回答が有効回答数の 55% を占めた。また第 2 位の「お知らせ機能が便利」であるから LiveWatch を使ったという回答が 22% あり、状況を提示して知らせる視聴支援サービスはユーザに支持されたことがわかる。

b) お知らせの効果

実験での「お知らせ」機能の有効性を調べるために、お知らせを期とした映像配信数の変化を調べた。前述のアンケートによれば、アンケート回答者の 51% が「得点」時にお知らせを使ったと回答した。そこで、「得点」のライブ情報配信時からの映像配信数の変化を調べた。「得点」配信時の映像配信数と比較したその後の映像配信数の増加率の推移を図 4.9 に示す。なお、「得点」配信時の映像配信数の平均値は 60.2 であった。

図 4.9 によれば、「得点」配信時刻後約 20 秒の間に映像配信数が急増し、90~110 秒後に減少している。実験での映像配信数の総数 22,488 に対して「得点」時刻から $T_d - T_i = 15$ 秒以内に要求された映像配信数は 4,510 (総数の約 20%) であり、映像配信要求が「得点」時刻から 15 秒以内に集中していることがわかる。また図 4.10 に示す映像配信時間の分布では、特に「得点」時刻から 15 秒以内に要求された映像の配信時間は 90~100 秒のものが多く、100 秒以内だけの映像視聴したユーザは、延べで 70% を超えた。つまり、「得点」を期として映像を見始めたユーザのために得点ごとに映像視聴率が平均約 15% 増加し、見たいシーンを含む 90 秒程度の映像を試聴したユーザが多かったことが分かる。これらのユーザにはお知らせサービスが活用された。

「得点」時刻から配信数がばらついて急増するのは、映像をお知らせ時に自動起動していても、端末によっては映像ブラウザの起動に数秒程度の時間がかかったことや、ライブ情報のライブ情報サーバから端末への配信時間のばらつきが発生したことの影響が考えられる。また、映像の自動起動を設定していないユーザが得点時にお知らせを受けて映像を提示する場合、映像要求のタイミングが遅れたことも考えられる。「得点」から 15 秒以上遅れて映像を要求した場合、得点シーンを見過ごしてしまった場合があったことが推察されるが、野球中継の場合、得点シーン映像の後にはそのリプレイが挿入されるため、大きな不満とはならなかったと考えられる。

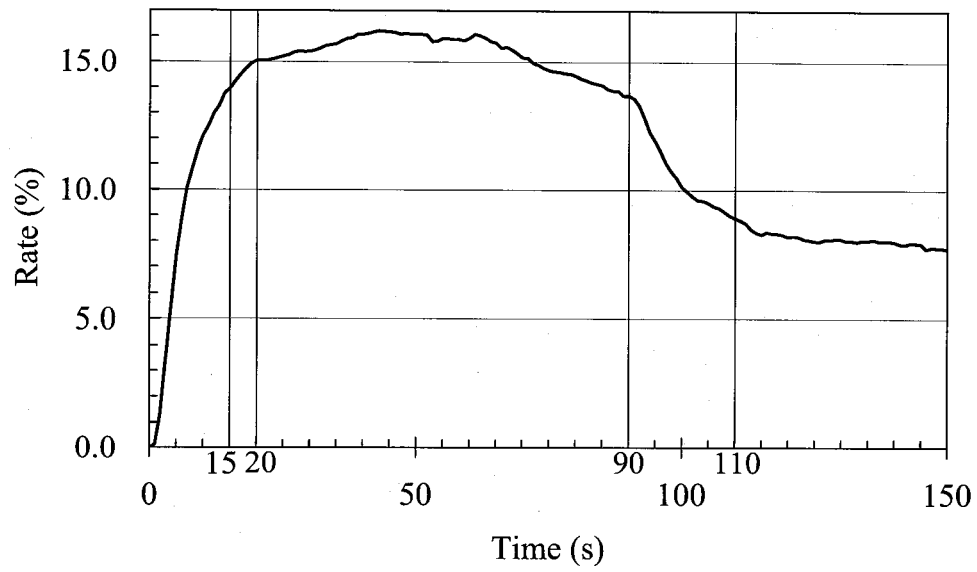


図 4.9: 「得点」を配信した時刻からの映像配信数の平均増加率

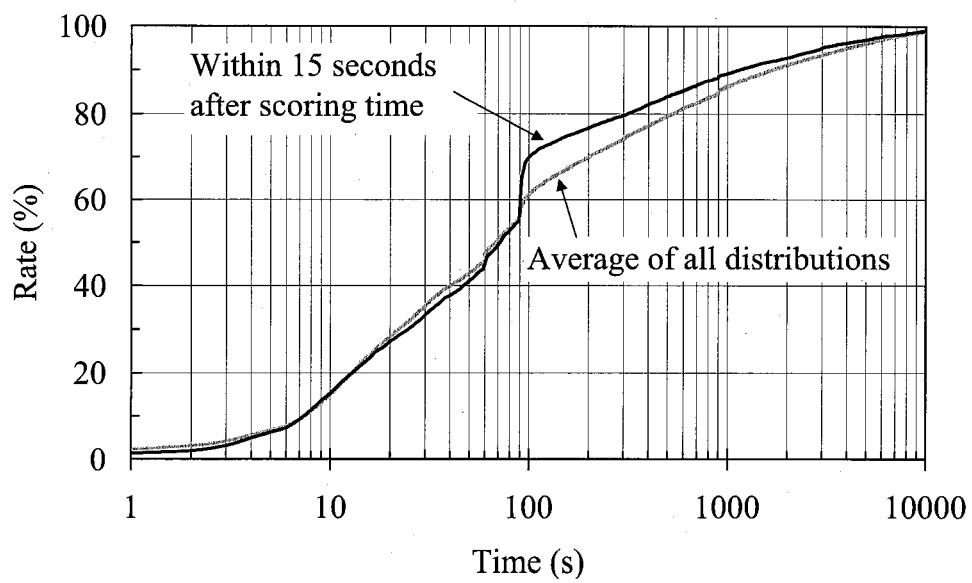


図 4.10: 映像配信時間の分布

c) 映像遅延の影響

中継された映像の遅延時間については、ユーザからは気になるという指摘はなかった。インターネットでのストリーミングによる映像中継の場合、もともと映像ブラウザでのバッファリングにより視聴遅延が発生するので、意図的な遅延をユーザが意識することはなかったと考えられる。実験において、お知らせサービスへの映像配信遅延による影響は認められなかった。

実験では、見たいシーンが終わっても映像受信を続けユーザアプリケーションの状況表示画面と両方同時に視聴していたユーザがいた。インターネットでのストリーミング中継では帯域の制限により鮮明な映像を再生できなかったため、特に映像上で見にくくなっていたスコアやカウントなどのテロップで表現される試合の状況情報を状況表示画面で補完することができた。自由記述のアンケート結果によれば、この利用方法では状況表示画面の動作の方が早くなるので奇異な印象を受けるという指摘があった。本システムの構成ではサービスに応じて任意遅延時間の映像を配信できるので、このようなユーザに対してはビデオオンデマンドサーバに要求する映像の再生開始位置をライブ情報の遅延時間と合わせることで問題解決可能と考える。

4.5 結言

ライブ中継にユーザのための付加価値を与える視聴支援サービスを実現する LiveWatch システムについて述べた。LiveWatch システムでは、映像に加えて配信するライブ情報を用いて状況を提示したり、ユーザが設定する条件が成立したときにお知らせや応援などの様々なアクションを実行する。

LiveWatch システムの核となるライブ情報の記述には、意味を記述するのに適していて、アプリケーションで取り扱いやすい XML を採用した。ライブ情報の入力には現実的な方法として人手を介する方法を採り、簡単で早く正確にライブ情報を入力する入力支援ツールを設計した。ライブ情報と映像を連動させるためにビデオオンデマンドシステムを用いて映像遅延配信を実現した。ユーザアプリケーションはモジュール化を行い、ライブ中継の種類ごとに作り直さねばならない部分を分離した。作り直す部分は開発した LiveWatchCreator でのオーサリングで作成し、ユーザアプリケーションの容易な作成を実現した。

実現した視聴支援サービスの有効性を確認するために行ったインターネット高校野球中継実験では、オフィスからのアクセスを中心に、映像配信の 3~8 倍のライブ情報が配信され、ユーザアプリケーションでの状況表示が活用された。また、「得点」という特定のイベント発生後 15 秒以内に全体の約 20% の映像配信要求が

あり、これを期として映像視聴率が平均約 15% 増加するとともに、100 秒以内だけの短時間の映像配信がなされた。ユーザが状況表示を使い、得点時のお知らせ機能を利用したことは、使用後のアンケートからも確認された。以上により、高校野球のライブ中継で、試合進行状況を提示するとともにユーザが設定する見たいシーンを知らせる視聴支援サービスの有効性を示した。

本章では、サービス対象であるオフィスユーザの高校野球中継への要望に基づくインタラクティブサービスを実現し、シーンを知らせる LiveWatch サービスの有効性を明らかにした。様々なライブ中継やライブではない番組に対して求められる視聴支援サービスは、それぞれ異なったものが想定される。また、ユーザごとに要望が異なる場合には、インタラクティブサービスを選択できるようにすることが、ユーザ中心設計の解になる。次章において、インタラクティブサービスの個人適応について論じる。

第5章 カフェテリア型コンテンツ視聴環境 Media Tray

5.1 緒言

近年、デジタル放送やネットワーク映像配信サービスでは、それぞれ双方向性を利用して提供する番組映像に付加価値を付け始めている [12, 22]. 例えば、ボタンやメニューなどのツールを提供してユーザがクイズを楽しめるようにしたり、番組映像を詳しく説明する文書を番組と同時に提示してユーザが閲覧することを可能としている. このようなマルチメディアコンテンツによる付加サービスは新しい番組の楽しみ方を生み出すものの、必ずしも個々のユーザにとって満足なサービスになっているとは限らない.

その理由として、リッチなサービスが実現できても提供内容は画一的にならざるを得ず、ユーザの興味の多様化に応えられないことが挙げられる. 例えば、従来の放送では番組の提供者は、配信方式や制作コストの面から典型的なユーザのモデルを想定し常に一つの番組の配信を行わざるを得ないので、個々のユーザの要求に対応した番組提供は困難である.

そこでユーザに合わせた多様な番組を提供するために、将来のテレビジョンサービスやネットワーク上の番組提供サービスとして、ネットワークを積極的に利用し、番組に対してユーザの興味に応じた高度なインタラクティブ性を提供する新しいコンテンツ視聴環境を実現することを考える. 本章では、ユーザが自ら構成可能なカフェテリア型コンテンツ視聴環境 Media Tray について考察し、その実現方法について述べる [76, 77]. カフェテリアレストランのように番組映像に加えて利用可能なサービスや情報をユーザが自由に選び、自分なりに組み合わせて個人適応し活用する視聴環境をカフェテリア型コンテンツ視聴環境と呼ぶ.

カフェテリア型コンテンツ視聴環境を用いれば、ユーザごとに興味のある情報だけを番組映像に加えて選択利用できる. 例えば野球中継番組を見る場合に、常に試合進行が分かるようにスコア情報を大きく表示したり、お気に入りのチームの戦績やそのチームに関連した情報だけを選択取得したりすることができる. また、このような情報の表示を自分だけのオリジナルレイアウトで構成可能である.

つまり Media Tray では、ユーザの番組に対する興味の反映を番組単位を選択から番組の部品にまで広げ、ユーザの視聴の自由度を拡大する。一方で情報提供者は、完成品としてのマルチメディアコンテンツを作るのではなく、部品の素材情報を提供することによって、番組の制作コストを抑えることが可能となる。

実現するカフェテリア型コンテンツ視聴環境では、ユーザが利用する操作インタフェースとしてもカフェテリア型としての特徴を生かし、サービスや情報の存在とその機能を可視化して、選択や組合せを直接的に行えるようにする。またユーザが選択し組み合わせる番組の構成は、番組映像とともに提供される情報とその提示方法も決定するので、これを視聴スタイルと呼ぶ。番組の関連情報を視聴スタイルに合わせて可視化し、適応的に情報を提供する。このために Media Tray は、ユーザと Media Tray の双方が操作して視聴スタイルを構成する視聴場 (Visual Interactive Field) と呼ぶインタフェースで、視聴スタイルの構成状況を状態遷移モデルで管理し、状態に合わせて提供情報を構成することによって、提供情報を視聴スタイルに適応させる。提供情報の構成に映像や関連情報のメタ情報を利用することによって、提供者が異なる情報も連携させることが可能である。

以下、5.2 ではコンテンツ視聴環境実現のための要求条件について述べ、5.3 では実現する Media Tray の構成について詳述する。5.4 で Media Tray を用いて視聴スタイルが構築可能であることを評価実験の結果から検証する。

5.2 カフェテリア型コンテンツ視聴環境の要求条件

5.2.1 要求条件と実現方式

個々のユーザの要求に合わせて情報を提供するコンテンツ視聴環境 Media Tray のサービス概念図を図 5.1 に示す。Media Tray は、情報提供者が提供する情報やコンテンツを、ユーザの指示に合わせて動的に選択し、関連付けて可視化する。提供情報は異なる情報提供者から提供されるものも組み合わせ、柔軟な情報可視化を実現する。ここでは、ユーザの興味を直接的に視聴環境に反映させるため、ユーザが自ら求める提供情報やコンテンツを自分なりに構成して個人適応するカフェテリア型のコンテンツ視聴環境構築を目指す。

カフェテリア型コンテンツ視聴環境を利用するユーザは、従来の画一的な番組映像表現に飽き足らず、自分なりの番組構成を求めるといった志向が強い層が想定される。しかしながら、これらのユーザは必ずしも情報取得の方法を会得しているとは限らない。つまり、情報に興味はあっても、例えば PC のような機器を使いこなせないといったユーザも少なくない。そのため、個人適応の実現が利用障壁にならないように個人適応の操作方法を分かりやすくすることが、カフェテ

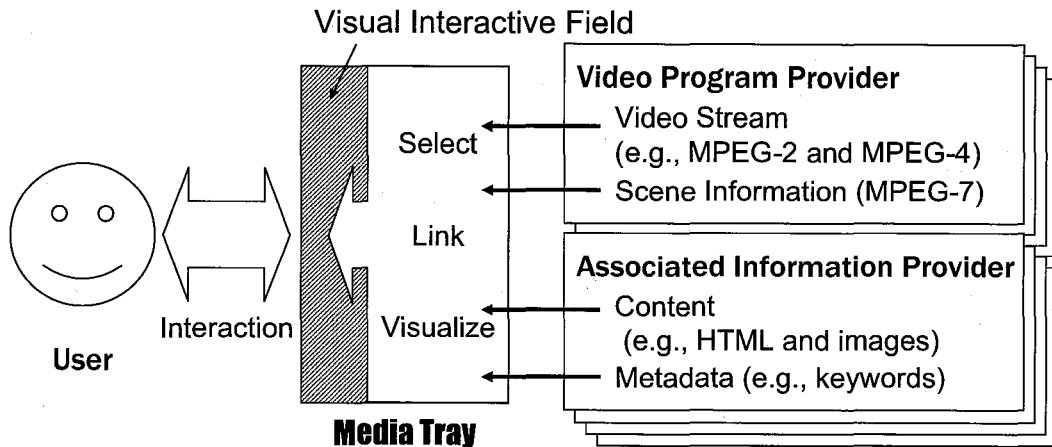


図 5.1: Media Tray のサービス概念図

リア型コンテンツ視聴環境を実現する上での課題となる。そこで、多くのユーザに使ってもらうため、特別な学習や練習を必要としないように分かりやすさを実現する。また、個人適応は番組の視聴中に生じる興味の変化に応じて実行されるが、ユーザは番組視聴の中断を嫌うという知見 [29] もあるため、視聴を妨げることなく操作を可能とする必要がある。更に、ユーザの利便性に鑑みて個人適応するための操作を必要最小限に抑えるため、情報を視聴状況の変化に応じて提供する。そこで、実現する要求条件を以下の3点に定める。

(条件1) 操作経験が浅くても利用可能とする

(条件2) 番組視聴を中断せずに操作可能とする

(条件3) 視聴状況に合わせた情報を提供する

(条件1) 及び (条件2) は操作インタフェースに関するもので、直感的、かつ直接的な操作の実現によって解決される。そこで、視聴中に表示と操作を一つの画面で実現し、別のメニューに移ることなく組合せ操作ができる操作インタフェースを考える。直感的とは、日常の別の操作の経験から簡単に学習できることを意味する [17, 78]。例えば、情報に形を与えて直接的に取り扱えるようにし、実世界の日常的な操作を模倣して情報の組合せを具現化する。Media Tray では、提供可能な情報を組立て素材として GUI のアイコンで提示し、画面上で動かし重ねるだけの組合せ操作を実現することによって、番組映像視聴中の操作を可能とする。

(条件3) に対して実現することは、番組の進行やユーザが選んだ情報の組合せに応じて、提供情報を変化させることである。表示と操作を同時に実現するイン

タフエースを、ユーザと Media Tray が相互に操作する場と考え、視聴場と呼ぶ。提供情報は視聴場を通してユーザに提供されるので、視聴場の状態変化をとらえれば、視聴状況に合わせた適切な情報が提供できる。一方、ユーザが指示する情報の組合せは、番組の見方を決定するものであり、視聴スタイルを決める。そこで、ユーザが一度決めた視聴スタイルに合わせて情報を提供し、番組の進行や組合せの変化に対応させる。また構成された視聴スタイルを保存し再利用できるようにすれば、番組視聴のたびに視聴スタイルを構成する必要がなくなり、他のユーザとの共有も可能となる。

5.2.2 情報の組合せ

視聴スタイルの構成のように、工業製品やファッション製品においても同様の個人適応要求が発生しているが、製品の構成を構造化した上で部品を組み合わせて完成する手法を採ることにより、個々のユーザの要求にあった完成品を作り出せるようになってきている [79]。このような考え方は情報提供においても適用可能と考えられるが、情報は形ある物とは異なり状況に応じて変化するものであるので、形式上の組み合わせだけでは完成品での効果的な表現が期待できない [28]。

情報を組み合わせる上で、直感的に扱いやすくするための方策として、情報を実世界の物体として具現化して、直接的に操作できるようにする提案 [80] がある。DataTiles [81] は、部品であるタイルの単純な組合せだけで情報の連携利用を実現している。Tangible Query Interfaces [82] は、コントローラを部品として情報を操作できるようにしている。これらのツールは、個々の情報にハードウェアの部品を対応させているので、様々な番組視聴時に状況に応じて選択情報を変えといった用途には直接適用できないが、部品を並べるという直接的な操作によって連携した情報表現を可能としている。こうした実世界の感覚で視聴スタイルを構成できるようになれば、ユーザの利用障壁が低くなると考えられる。また、GUI で情報を部品として組み合わせ活用するシステムとして、IntelligentPad [83] が提案されている。IntelligentPad は、情報や機能をパッドという部品で構成する。パッドを貼り合わせることで機構を合成し、情報の活用促進を目指している。しかし IntelligentPad は、開発者向けのツールであり、だれでも簡単に利用することを目的としたものではないため、操作に熟練が必要である。Media Tray では、部品を重ねる操作で指示される組合せに応じて情報を適応的に可視化し、実世界感覚の操作での視聴スタイルの柔軟な構成を目指す。

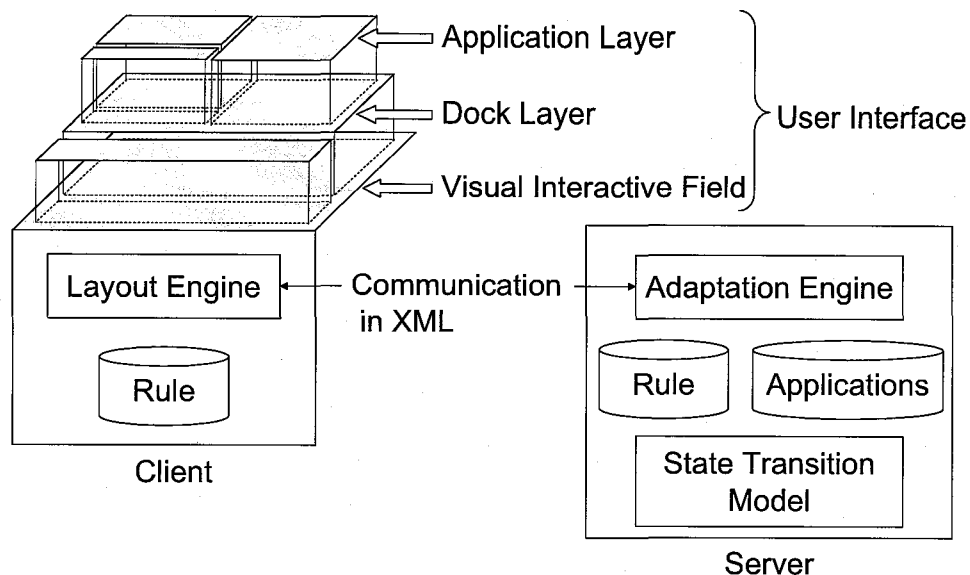


図 5.2: システム構成

5.3 Media Tray の構築

5.3.1 システム構成

Media Tray[84, 85]のプロトタイプを、IP ネットワークを利用してクライアント／サーバ型構成の PC 上に Java 言語を用いて構築する。図 5.2 にシステム構成図を示す。視聴場を提供し、レイアウト処理を行うクライアントと、情報管理と情報提供での適応処理を行うサーバに機能分担させる。なお、番組映像や関連情報はそれぞれ図 5.2 とは別の映像配信サーバと WWW サーバから配信する。

視聴場は階層構造をとる。ドックレイヤ (Dock Layer) は、組み合わせる情報の要素を供給するアイコンドック (Icon Dock) と、情報を可視化して提示する可視化ドック (Visualization Dock) で構成する。アプリケーションレイヤ (Application Layer) には、情報を可視化するユーザアプリケーション (Application) がサーバから動的に呼び出される。これによって、例えば番組のシーンに合わせて提示する WWW コンテンツを切り換えるといったユーザアプリケーションによる動的な情報表現を可能とすることに加え、視聴場上のユーザアプリケーション間で通信して連携を図り、すべてのユーザアプリケーションの表示情報を同期、連動することで、視聴場に適応する。

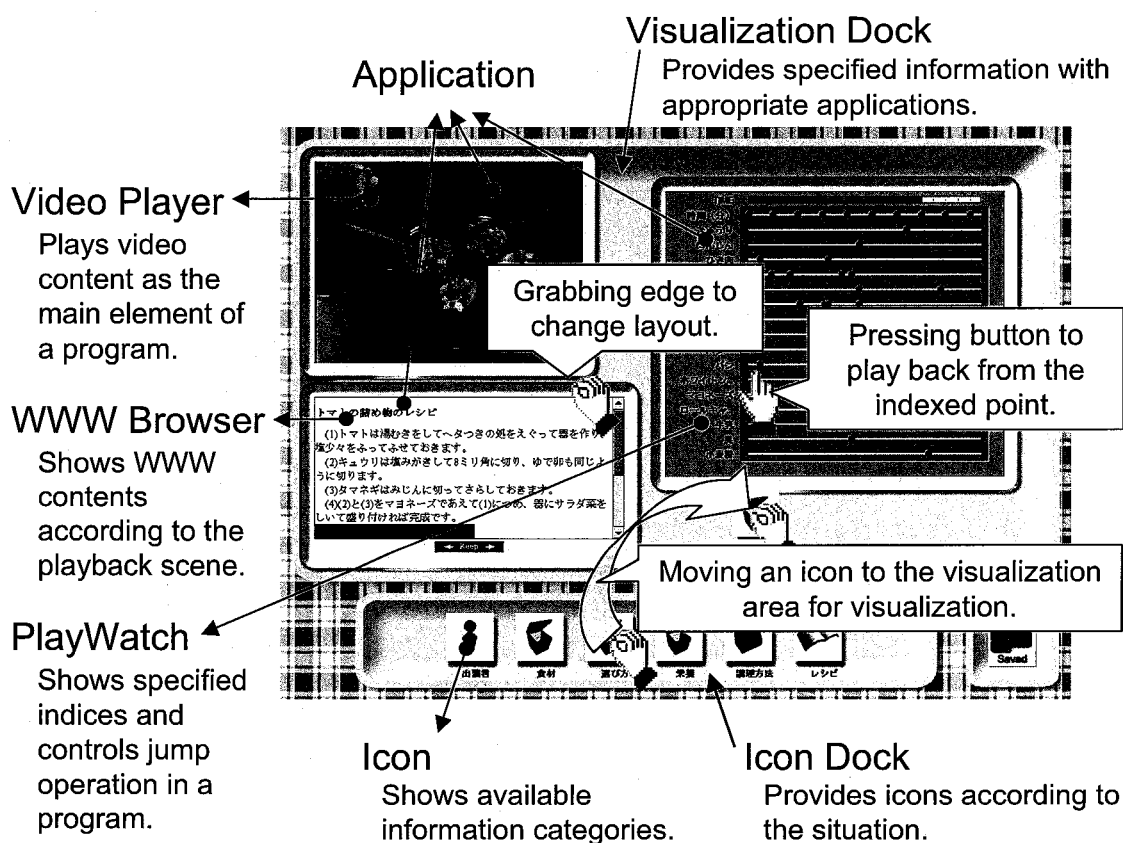


図 5.3: カフェテリア型インタフェース

5.3.2 カフェテリア型インタフェース

Media Tray の操作インタフェースであるカフェテリア型インタフェースの表示例を図 5.3 に示す。概念と操作を分かりやすくするためにカフェテリアレストランのメタファ[86]を用い、ドックをトレイで、ユーザアプリケーションを皿でそれぞれ表現する。ユーザアプリケーションの端をつかんで動かせば配置やサイズが変更され、可視化ドックの外へ出せば視聴場から削除される。提示情報に対しても直接的な操作を可能として、直感的で分かりやすいと考えられるインタフェースを構成する。

視聴場での操作は、ユーザの積極性を失わせないようにするため分かり易い必要がある。分かり易いインタフェースとは直感的で自然なものであり、言い替えると高度な学習を必要としないものであるといわれている[78]。また、日常的な操作を取り入れることにより、よいインタフェースが実現される[17]。ここで、つかむという動作は人間が生まれたときから身についており[87]、新生児を観察して、

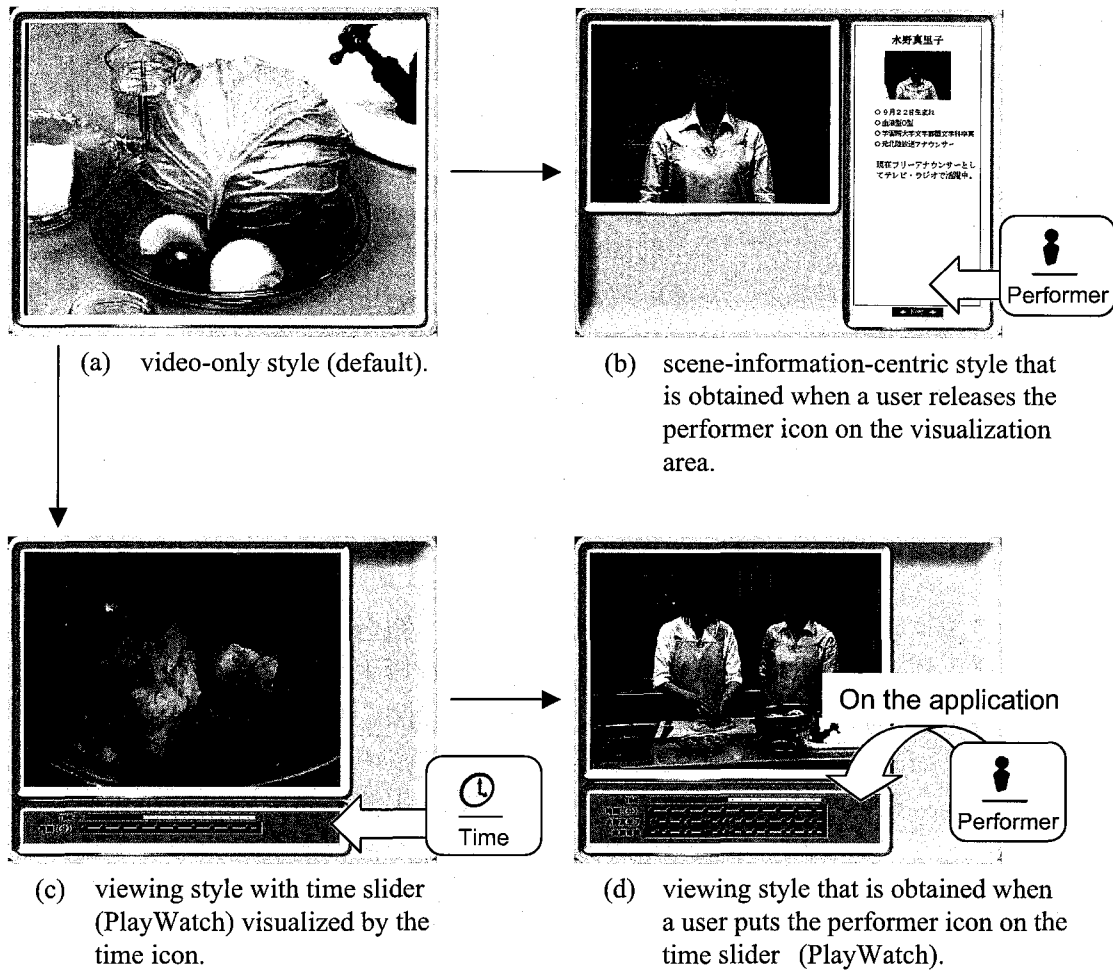


図 5.4: 視聴スタイルの例

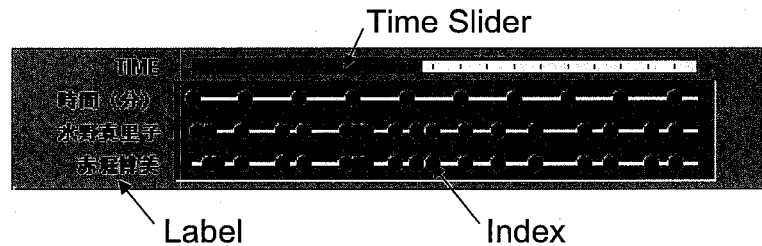
物をつかんだり、投げたりする操作は基本動作であることを確認した。そこで、カフェテリア型インタフェースは「つかむ」と「はなす」という人間の基本動作だけで実現した。

ユーザが視聴スタイルの構成のために組み合わせる情報は、番組視聴中にユーザが知りたい、利用したいと考える情報である。例えば、野球中継番組でのスコアやドラマ番組での出演者の情報といったシーンを説明する情報である。シーンは、汎用的な 5W1H の分類で説明できるので、この分類に従った組立て素材をアイコンとして提供する。

Microsoft Windows や Apple MacOS といった一般的な PC の GUI で利用されるアイコンが個々のファイルやコンテンツを指し示すのに対し、視聴スタイルの構成



(a) Time Slider (Initial State of PlayWatch)



(b) PlayWatch (Showing the Performers' Index)

図 5.5: PlayWatch の表示例

に用いるアイコンは表示情報のカテゴリーを示し、組合せの指示に応じて可視化される。例えば、図 5.4(a) のように番組映像だけが再生されているときに、出演者を示すアイコンが可視化ドックに寄せられれば、図 5.4(b) のように映像のシーンに合わせて出演者の説明を可視化するが、図 5.4(c) のように時間アイコンを可視化した後に、そのユーザアプリケーションの上に出演者のアイコンが寄せられれば、図 5.4(d) のように、後述する PlayWatch[88] の情報表現に合わせて出演者のインデックスを可視化する。つまり、重ねることによって表現される組合せに従って、情報を適応的に可視化する。

視聴支援に用いる Media Tray では図 5.3 に示すように、三つの基本的なユーザアプリケーションを用いる。主たる情報となる番組映像を提示する映像プレイヤー (Video Player) と、映像のシーンに合わせて各シーンの詳細を WWW コンテンツで表示してシーンの理解を助ける WWW ブラウザ (WWW Browser) に加え、新たに開発した PlayWatch を利用する。PlayWatch は、映像の特徴である時間軸の操作性を高めるため、時間軸の視認性とノンリニア視聴を支援する。

PlayWatch はユーザが指定した情報の組合せを明示的に表現する特徴的なユーザアプリケーションである。時間のアイコンが、図 5.5(a) のように番組の進行時間を示す時間スライダ (Time Slider) で可視化された後、出演者のアイコンがこの上に寄せられれば、図 5.5(b) のように、各出演者名を示すラベル (Label) と出演シーンのインデックス (Index) がマップ上に可視化される。インデックスによって、ユーザは各出演者の出演シーンの数や出演間隔が概観でき、主人公を判断したり、番組の盛り上がりを知ることが可能になる。インデックスはシーンへのジャンプボタンとして動作する。ボタンが押されると、PlayWatch は視聴場上の別の

ユーザアプリケーションに通知する。通知されたユーザアプリケーションはインデックスが示す時点の情報を表示するので、ユーザアプリケーション間で連携した情報提示が可能となり、適応した視聴場が実現される。

5.3.3 視聴場への適応処理

a) 連携情報の生成

クライアントとサーバは、XML 文書を HTTP で交換して通信する。サーバではユーザアプリケーションを制御するために、情報の提示タイミングや別のユーザアプリケーションとの連携方法を記述した連携情報を生成し、クライアントへ送信する。視聴スタイルに合わせて連携情報を生成することで、各ユーザアプリケーションが連携した動作を行い、視聴場に適応する。連携情報は番組映像のメタ情報である MPEG-7 から生成する。MPEG-7 の Text Annotation[89] には、各シーンに関する情報が記述されており、5W1H の形式に構造化された Structured Annotation を利用すれば、連携情報を容易に生成できる。

PlayWatch が表示するインデックスは、ユーザが選択したアイコンの情報カテゴリーに含まれる情報のキーワードと番組映像での時間位置により表現される。例えば出演者のアイコンに対応して PlayWatch に入力する連携情報は、キーワードを各出演者名の who タグの要素として、時間位置をシーンの時間情報として得、これらの情報で構成される。

WWW ブラウザで各シーンの出演者に関する WWW コンテンツを表示する場合、出演名を MPEG-7 から得て、各出演者の WWW コンテンツを探し出す。検索対象となる WWW コンテンツ群は、あらかじめ情報提供者によってサーバに登録されたものを前提とする。検索対象をインターネット上の WWW に広げると多様なコンテンツを検索できる可能性があるが、関連性の低いコンテンツが検索される恐れもあるため、今後の対応課題とする。表示タイミングと表示時間は、MPEG-7 のシーンの時間情報から得られる。検索結果の WWW コンテンツと時間情報を連携情報とする。

なお、Media Tray が連携情報の作成に使う MPEG-7 はシーン記述の部分のみであるが、例えばサービス提供時に MPEG-7 オーサリングツール [90, 91] を使えば、簡単に記述が生成できる。4.3.2 で示した筆者らが LiveWatch [59] のライブ情報入力のために開発した入力ツールを用いれば、シーン記述を入力するのに番組長の 2~3 倍の時間で完了可能である。

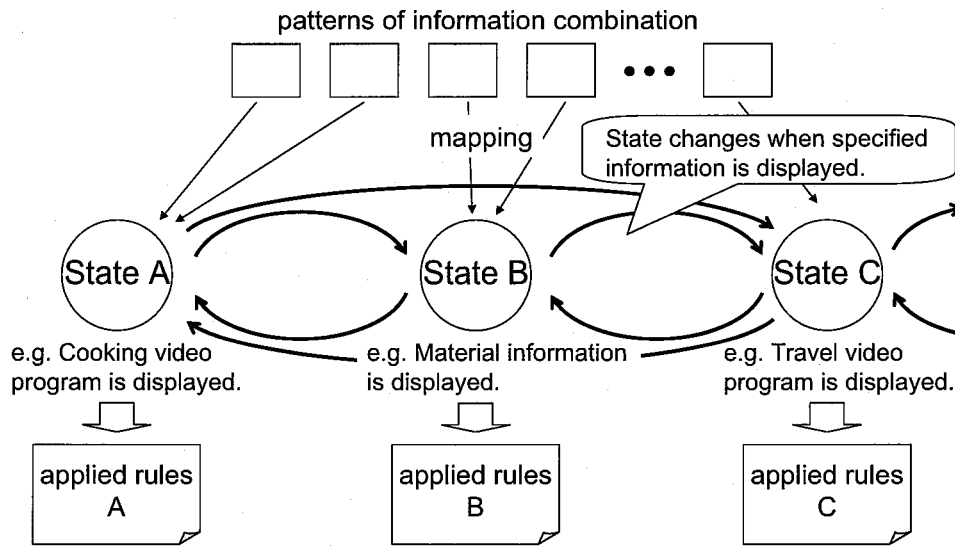


図 5.6: 状態遷移モデルの例

b) 状態情報の利用

視聴場の状態情報として、可視化ドックで提示されているすべての情報カテゴリーとユーザアプリケーションに関する情報を、クライアントからサーバへの各送信の際に付与し、視聴状況の把握に用いる。状態情報は、視聴場に提示している情報の組合せを示したものであり、視聴場の状態を表す。また状態情報は操作の結果であり、操作のコンテキストととらえられる。一方、提供情報についても、提供の順序や同時に提供してはいけないという排他性などのコンテキストが存在する。そこで、情報をそれぞれのコンテキストに応じて提供するために、図5.6のような状態遷移モデルを利用する。モデルの各状態は提供情報のコンテキストで規定する。すなわち、提供情報の矛盾を避け、効果的な情報提供を行うため、視聴場を変化させる情報の提供状態のみを定義する。操作のコンテキストに対応する視聴場の状態を、これにマッピングして把握し、視聴場に合わせた情報提供を行う。例えば図5.6で、ユーザが料理の食材に興味を持って食材のアイコンを選択すると状態Bに遷移し、更に食材の栄養や選び方といった踏み込んだ情報を提供可能であることをアイコンで示し、ユーザの興味に追従した情報を提供する。

各状態に対応するルールに従って、適応処理を実現する。状態ごとに視聴場に提供するアイコンを変えることだけでなく、連携情報を状態に合わせて作り直すことが可能なので、既に表示されているユーザアプリケーションを状態に合わせて制御できる。更に状態に合わせて提供するユーザアプリケーションを変更することも可能なので、状態に合わせた情報の可視化ができる。ユーザが料理番組の

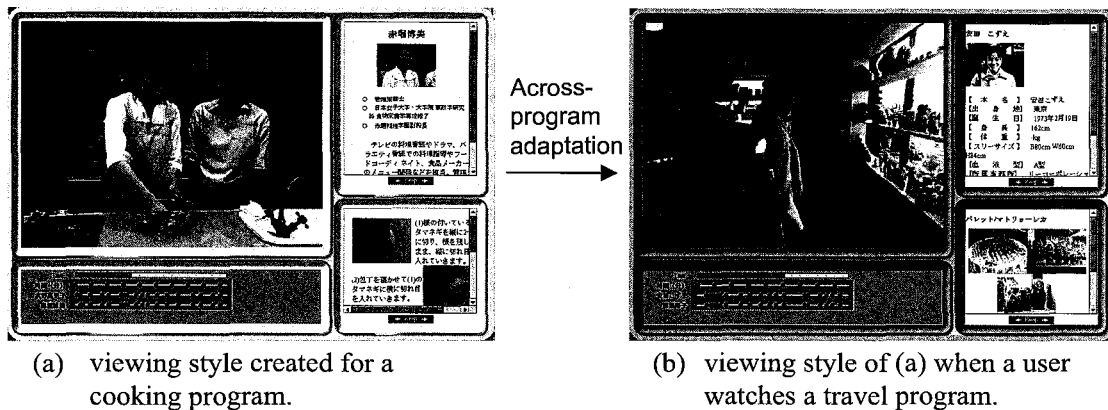


図 5.7: 番組間での視聴スタイルの適応

視聴時に作成した図 5.7(a) の視聴スタイルを使って旅行番組を視聴しようとしたとき、図 5.6 の状態遷移モデルでは状態 B から状態 C に遷移する。状態 C で適用するルールが旅行番組の連携情報生成ルールやユーザアプリケーション提供ルールが変わるので、図 5.7(b) のように同様の視聴スタイルを使って視聴することが可能となる。

5.4 評価実験

5.4.1 実験概要

Media Tray が 5.2.1 の (条件 1) ~ (条件 3) の要求条件を満たしていることを確認するために、評価実験を行った。インタフェースの操作性から、ユーザが容易に操作を学習できること、操作が視聴中にも行えることを確認し、状況に応じて情報を提供する視聴スタイルをユーザが構成できることを調べることを目的とした。更に新たに開発した PlayWatch の有効性も確認することとした。評価実験では、被験者が Media Tray を使って番組を視聴したときの操作を記録し、操作の内容の解析を行った。被験者は 20 代から 40 代の会社員、主婦、学生などの Media Tray の使用経験がない男女合わせて 9 名とした。被験者が操作する機器は PC/Microsoft Windows とし、入力デバイスとしてタッチスクリーンとマウスを接続した。どちらの入力デバイスを使うかは被験者に任せた。なお、被験者はいずれもドラッグやドロップといったマウスの操作を行えることが事前に確認された。

Media Tray は、シーンの構成や各シーンに関する情報を提供することを目的とするため、シーン毎に様々な観点の情報が提供される番組、すなわち情報を伝える

表 5.1: 操作タスクの例

タスクの種類	タスクの内容
表示情報の追加	1. 出演者のアイコンをトレイに載せて下さい 2. 時間のアイコンを入れて下さい
表示情報の削除	1. 画面の上端を掴んで、トレイの外に出して下さい 2. 画面を消して下さい
レイアウトの変更	1. 画面の右端を掴んでサイズ変更して下さい 2. 画面を小さく寄せて下さい

情報番組の視聴時に、特に効果的に利用されることが期待される。実験では、シーンの進行パターンの有無とシーンの鑑賞利用が及ぼす影響を考慮して、料理番組、教養番組（寺社案内）、スポーツ番組（フットサル中継）を情報番組の典型例として視聴中の操作について解析することとした。

5.4.2 インタフェースの操作性

実験1として、カフェテリア型インタフェースの操作性を調べるため、情報の追加と削除及びレイアウト変更のタスクを被験者に番組視聴中に口頭で与え、タスクが完了するまでの時間を測定した。被験者には、実験開始まで1度も Media Tray を操作させなかった。被験者に与えたタスクの内容を表 5.1 に示す。被験者には操作ごとに、2種類のタスクを与えた。つまり、初めての種類の操作時には操作の方法を含めて説明したタスクを与え、同じ種類の2度目の操作を行うときは操作の指示のみのタスクを与えた。

被験者は操作に関して質問をしたり、操作方法を確認することなく、すべてのタスクを実行した。図 5.8 は、各タスクの平均実行時間を示している。情報の追加 (Get new Information) と情報の削除 (Remove information) の操作は初めてよりも2回目の方が早く実行されており、これらの操作が容易に学習できたことが分かる。一方、レイアウトの変更 (Change layout) の2回目の操作として与えた「小さく寄せる」というタスクは操作内容を限定するタスクであり、1回目の操作である「サイズを変更する」というタスクよりも慎重に操作されたため長くなったが、平均 3.4 秒程度で実行された。

図 5.9 は、与えたタスクを完了するまでの、被験者毎の平均タスク実行時間を示す。参考のため筆者 (Author) も同じタスクを実行した。全タスクの平均実行時間が最も長い被験者 I でも、各タスクを平均 5.7 秒以内に完了した。また被験者 A, C は、筆者が操作した場合よりも早く情報の追加を実行できた。全被験者の平

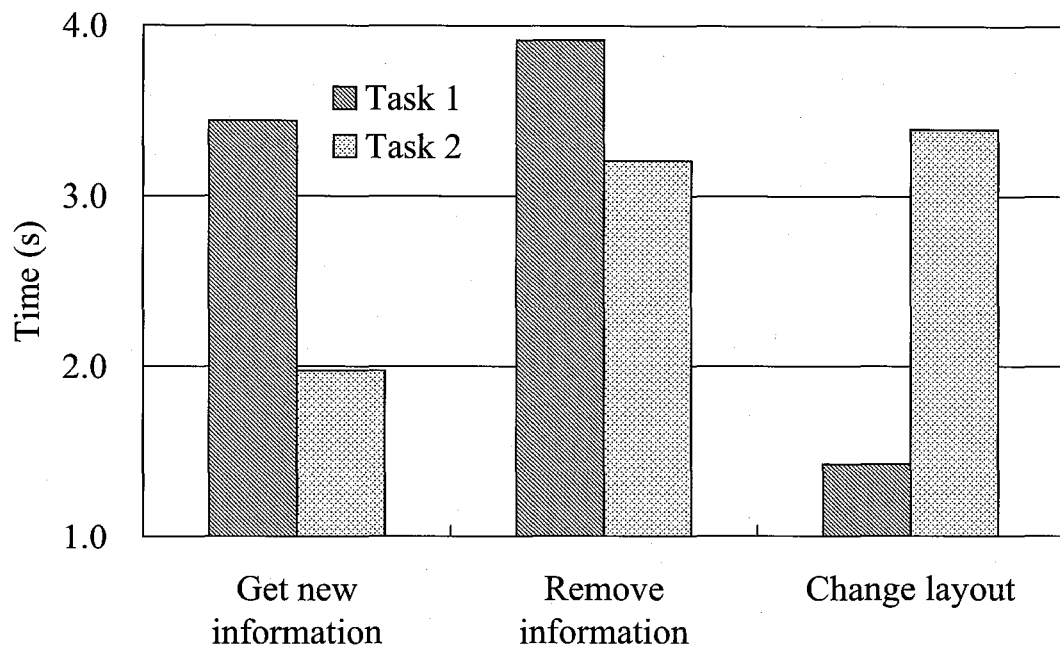


図 5.8: 各タスクの平均実行時間

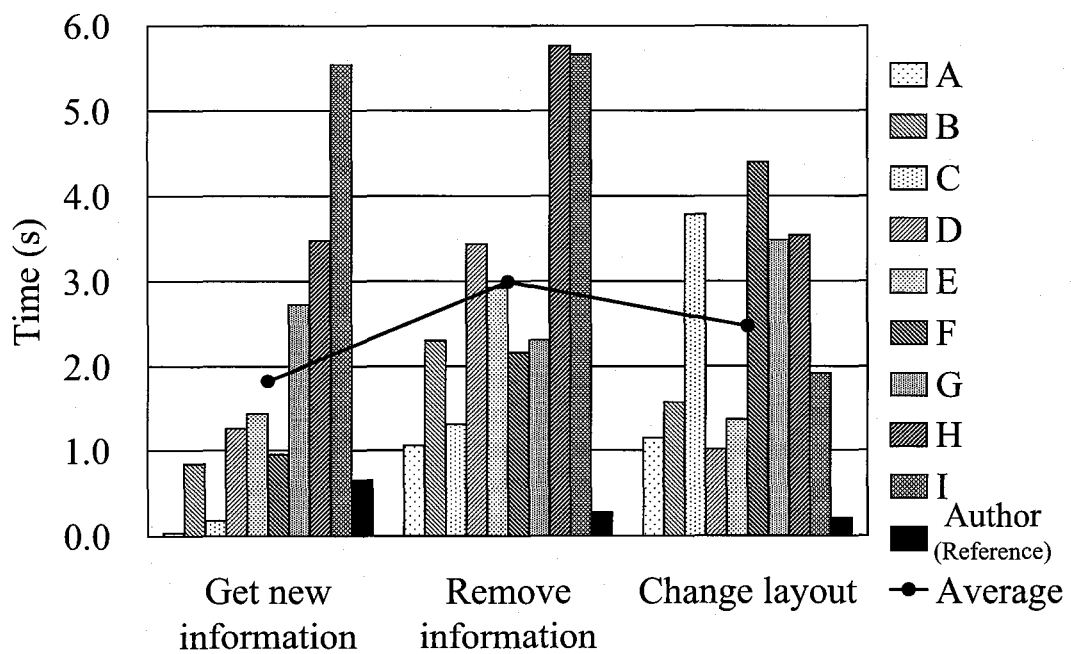


図 5.9: 被験者別平均タスク実行時間

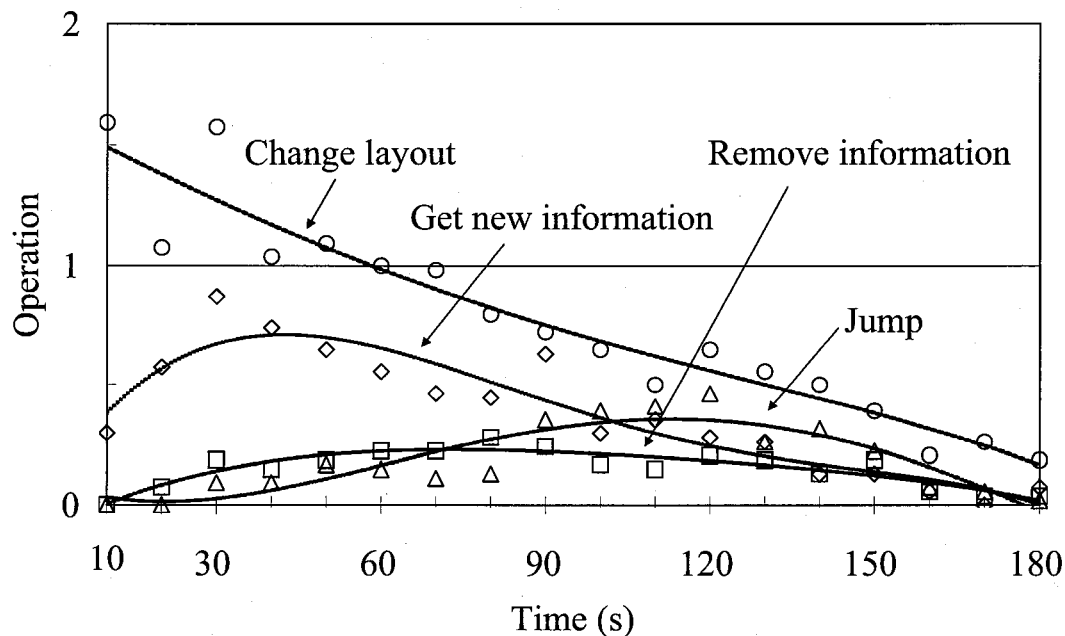


図 5.10: 平均操作回数の推移

均タスク実行時間は1.8~3.0秒と短かった。一方、実験後に行ったインタビューでは、操作によって視聴が中断されたという声は聞かれなかった。初見でも2, 3秒間の操作で視聴スタイルを個人適応できるため、視聴中の操作に大きな問題がなかったことが推察される。

5.4.3 視聴スタイルの構成

実験2として、被験者に、料理、教養、スポーツの3番組を各3分間だけ視聴しながら自由に操作をしてもらうことによって、番組視聴中に操作が行われることと視聴スタイルが構成されることを調べた。番組を初めて見るときと、再視聴するときの操作の違いを把握するため、3番組の視聴後、もう一度続けて同じ3番組を繰り返し視聴して貰った。情報の追加と削除、レイアウト変更に加え、PlayWatchを使ったジャンプについても調べた。

実験での1番組当りの総操作回数は平均26.6回であり、被験者によらず10秒に1回以上の視聴中の操作が行われた。操作の内訳ではレイアウト変更が最も多く、操作の52%を占めた。情報の追加や削除の際に視聴スタイルを調整するためにも、レイアウト変更操作が必要となるため、頻繁に操作されたことが推察される。

図5.10は、番組視聴開始時からの各10秒ごとの平均操作回数の推移を示したも

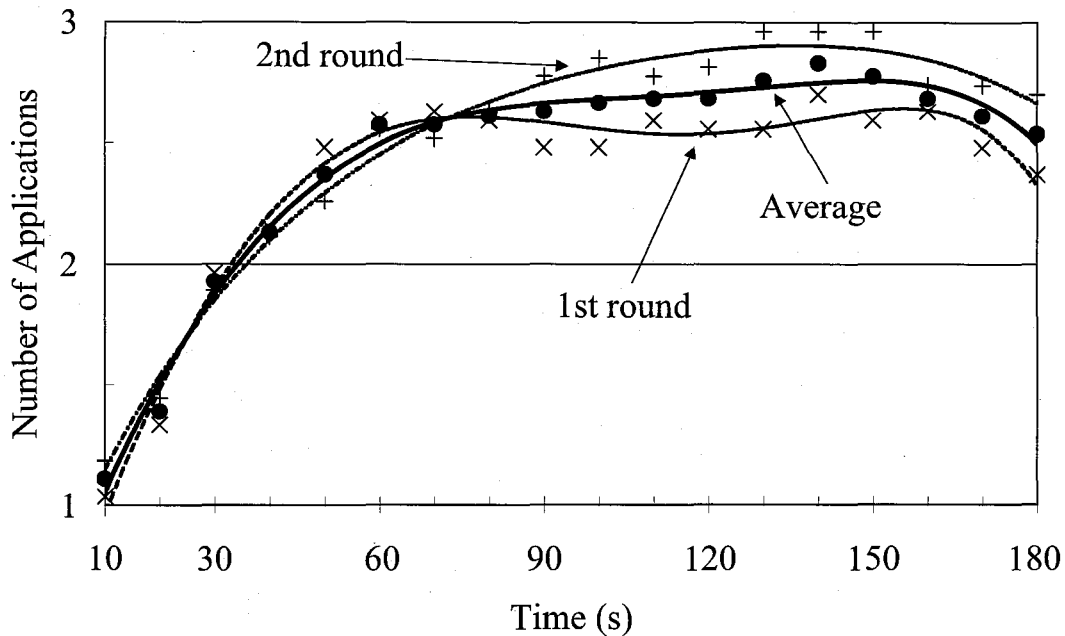


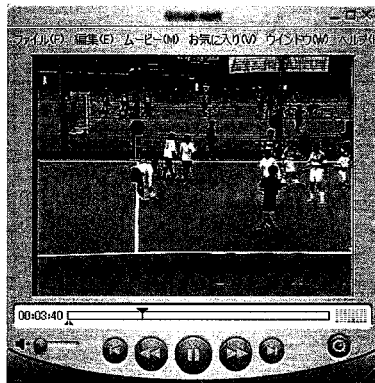
図 5.11: 平均提示情報数の推移

のである。レイアウト変更は番組視聴開始から徐々に行われなくなっていく傾向にある。また情報の追加も同様に番組が進行するに従って操作回数が増減している。一方、同じ番組を初めて視聴するときと再視聴するときのレイアウト変更操作の推移について調べたが、大きな差はなかった。また平均提示情報数についても、図 5.11 に示すように 1 回目と 2 回目の視聴時で大きな差はなく、視聴開始時から提示情報が増加し 60 秒が経過したころに大きな変化がなくなった。これらの結果から、被験者が番組視聴回数によらず 60 秒程度かけてレイアウトを変更し、個々の視聴スタイルを確定することが読み取れる。

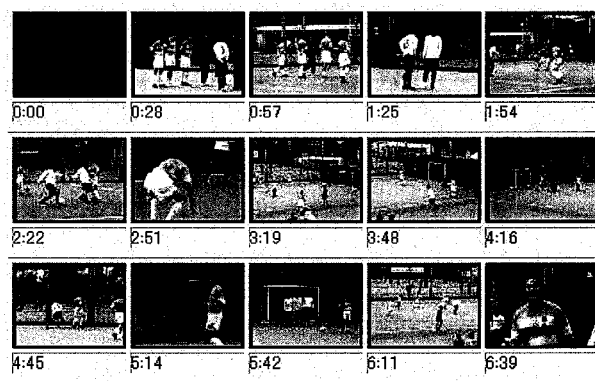
一方、番組毎に操作の違いを調べたところ、ノンリニア視聴を行う PlayWatch を用いたジャンプはスポーツ番組での利用回数が多かった。更に、1 回目と 2 回目の視聴時でのジャンプ操作時刻が異なり、2 回目の視聴では早い段階で 1 回目に見たシーンを飛ばして視聴したり、1 回目に見つけたシーンを繰返し視聴するなど他の番組とは違った鑑賞利用と考えられる視聴傾向が現れた。

5.4.4 PlayWatch の効果

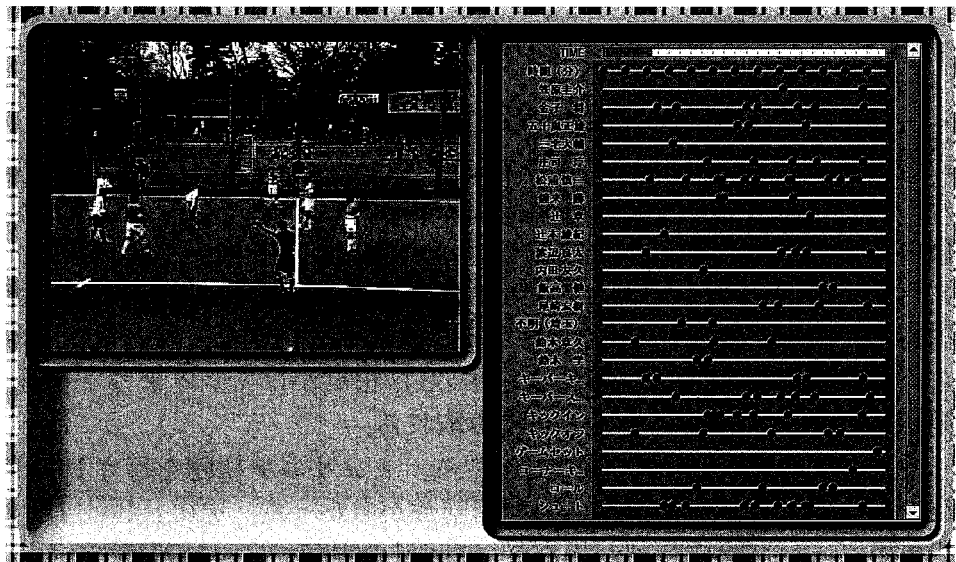
実験 3 として、スポーツ番組の視聴時に積極的に利用された PlayWatch のノンリニア視聴における有効性を調べるため、被験者にスポーツ番組でのシーン検索



(a) Movie Player
(Apple QuickTime Player)



(b) Thumbnail Interface



(c) PlayWatch

図 5.12: 検索実験で使した映像再生方法

表 5.2: 検索問題の例

種類	例
特定の時間位置へのジャンプ	番組 8 分過ぎに選手交替で入った選手の名前は? 番組開始後 10 分頃にゴールを決めた選手の名前は? 番組 4 分過ぎに 1 点目のゴールを決めた選手の名前は?
シーンの検索	最初のゴールシーンを探してください 試合開始のキックオフのシーンを探してください 試合終了のシーンを探してください

を行ってもらった。ノンリニア視聴の主な目的が特定のシーンを探すことと、特定の時間位置へジャンプすることであると考え、表 5.2 のような検索問題を被験者に与えた。検索時間を比較するため、図 5.12 に示すような時間スライダの操作ができる映像プレイヤーを使った場合 (Movie Player) と、シーンごとのサムネイルから映像プレイヤーを呼び出す場合 (Thumbnail Interface) についても同じ実験を行った。

図 5.13 によれば、PlayWatch では所望のインデックスを構成できるため、特定シーンの検索 (Scene Retrieval) は平均 21.3 秒で、三つの検索方法のうち最も早く実行された。特に、5 人の被験者は平均 15 秒以内に検索を実行できた。これは、PlayWatch の意味的な情報を表現するインデックスによって、目的とするシーンに直接ジャンプができたことによるものである。

特定時間位置へのジャンプ (Time Access) は、PlayWatch 利用時が最も遅く平均 58.0 秒かかった。実験に用いた PlayWatch はユーザがアイコン選択により作成したインデックスへと 1 分間隔のインデックスへのジャンプだけが可能であったことが原因と考えられる。すなわち、選手名は音声のナレーションで判断できるものであったが、ナレーションの時間位置に相当するインデックスは PlayWatch では表現できなかった。そこで、任意の時間位置へのジャンプが可能な他の方法が有利に働いたと考えられる。

ここで、サムネイルを使うと両種の検索を早く実行できたが、こればシーンを確認しながら各シーンへジャンプできたためと考えられる。PlayWatch によるインデックスが有効に利用できることは確認できたが、Media Tray でノンリニア視聴を更に使いやすくするためには、サムネイルを表示したり、早送りや巻戻しといったプレイバックコントロールを導入することが有効と考えられる。

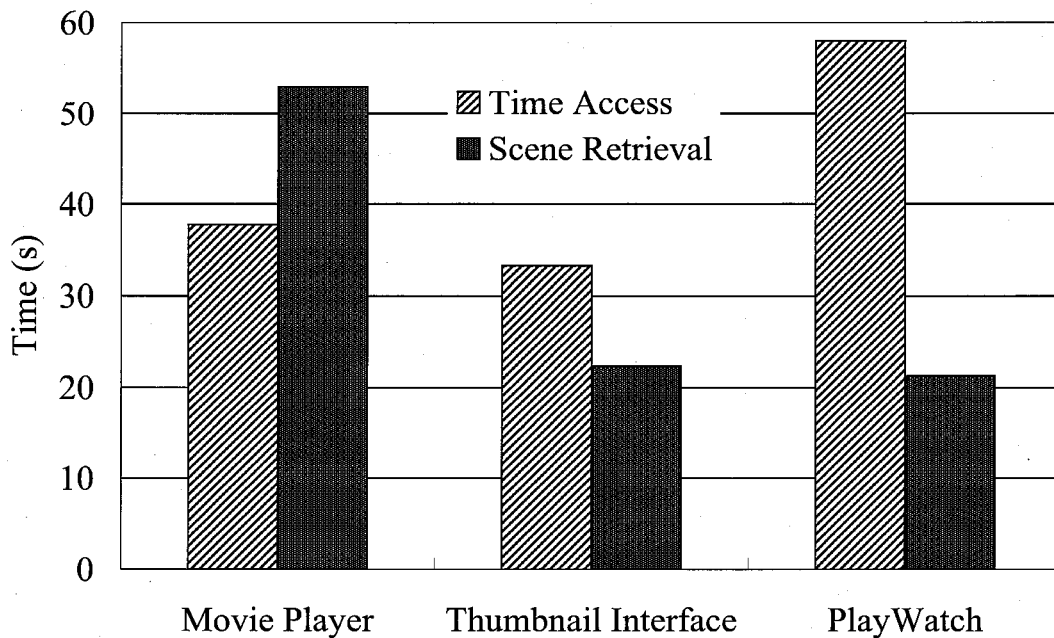


図 5.13: 平均検索実行時間

5.4.5 課題の考察

評価実験後のインタビューでは、PCの操作に慣れていない被験者からは情報取得が簡単であるといった好印象の意見があったが、PCのGUI操作に慣れている被験者からは操作の違和感が訴えられた。一般的なPCのGUIでは、×ボタンで情報の削除が行われ、マウスの右ボタンのクリックでの様々な操作が定義されている。意見は、Media Trayでこれらの操作ができないことへの不満であった。実験ではMedia Trayの入力デバイスとして主にマウスが使用されたために、操作方法にPCらしさが求められたと考えられる。つまり、入力デバイスとその操作方法には強い関連性があるにもかかわらず、Media Trayでのマウス操作が被験者が慣れた操作とは異なったので違和感が生じた。

そこで、Media TrayをPCに慣れたユーザにも使いやすくするためには、操作方法をPCらしくすること、入力デバイスを操作方法に合わせたものとするものの二つのアプローチをとることが考えられる。前者については、図5.2でクライアントのレイアウトエンジンが実行する操作のルールを変更することによって、PCらしい操作方法を実現することができる。このとき、ユーザごとに適用する操作ルールを、ユーザがPC操作の熟練度や好みの操作方法に応じて変更することが可能であるので、操作方法を個人適応することも可能である。一方、後者のアプ

ローチを採る場合には、例えば Media Tray をアプライアンス上に実装することによって、操作の印象を変えることが考えられる。このとき入力デバイスを、ハードウェアを含めて再検討し、例えばタンジブルな（有形の）ユーザインタフェース [92] を採用することによって、PC 操作に慣れていないユーザにも、操作感の改善効果を与えることが期待できる。

インタビューでは一方、たくさんの情報を一度に表示すると目で追えなくなるという声が聞かれた。自由操作の実験 2 では図 5.11 から、最終的には三つ程度のユーザアプリケーションを使って情報を視聴する視聴スタイルが構成されることが示されており、一度に利用する情報の限界があることが読み取れる。提示情報の数の制約は、画面サイズの制約によるものが主に考えられるが、人間が一度に注意を払えるのは一つだけといわれており [78]、心理的・肉体的な制約があることが追認された。Media Tray の視聴スタイルを使って提供する情報は文献 [30, 32, 33] で提案されているシステムでも提供可能と考えられるが、Media Tray では視聴スタイルをユーザごとに表示デバイスや個人の特性に合わせて、構成可能である。視聴したい情報を必要な数だけ自分の視聴スタイルで視聴することは、Media Tray の重要な利点であると考えられる。

5.5 結言

ユーザの積極的な働きかけに応じて、番組視聴を支援するカフェテリア型コンテンツ視聴環境 Media Tray の実現方法を論じた。

評価実験では、Media Tray の未経験者でもカフェテリア型インタフェースの「つかむ」と「はなす」という操作を 1 度の説明で覚えることができ、視聴スタイルの変更操作は 2, 3 秒間で実行可能であったことから、番組視聴中のカフェテリア型インタフェースでの操作に問題がないことを示した。また自由操作により平均として、各ユーザは 3 分の番組視聴に当り 26.6 回の操作を行って、三つのユーザアプリケーションで情報を活用する視聴スタイルを 60 秒程度で構成することが確認された。これにより、ユーザがマルチメディア番組に対して個人適応要求をもち、その要求は Media Tray を用いて視聴スタイルを構成することによって実現可能であることを示した。

ユーザアプリケーションである PlayWatch で、マップ上に可視化されたインデックスを利用することによって、時間スライダやサムネイルを用いた検索方法よりも、番組映像のシーンを早く検索可能であり、初心者でも平均 21.3 秒程度でシーン検索可能であることを実験で確認した。一方、インデックスで表現されない情報を検索するには、時間スライダやサムネイルによる映像のブラウジングが有効であることもわかり、ノンリニア視聴支援のためにサムネイル表示やプレイバッ

クコントロールの機能を取り込むという Media Tray の拡張の方向性を示した。

以上、Media Tray を使えば、情報を機能単位のユーザアプリケーションを使って組み合わせることによって、ユーザの個人適応要求に応じた視聴スタイルを構築できることを示した。つまり、従来の番組視聴形態に加え、ユーザが自ら必要な情報やサービスを組み立てる操作を行うことによってそれぞれの視聴スタイルを構築でき、サービス提供者の思いだけでなく、ユーザが自分なりに個人適応した番組視聴形態を実現できることを明らかにした。

第6章 結論

ブロードバンドネットワークで配信される映像を中心としたマルチメディアコンテンツを、ネットワークを介してユーザが活用するためのシステム構築法について示した。本論文では、特にブロードバンドネットワークにおけるマルチメディア配信環境において、ユーザとシステムのインタラクションを通じてユーザの要求を把握することによってサービス提供を行うインタラクティブ情報活用システムの構築方法について論じた。

多数のユーザに同時に、番組を形成するマルチメディアコンテンツを配信するマルチメディア配信環境においては、ユーザに対してコンテンツの配信時間及びコンテンツの画一性の制約を与えている。そのためユーザは、

- (1) いつでも好きな番組映像を見たい
- (2) 特定のシーンを見逃したくない
- (3) 自分なりの見方で番組を見たい

といった要求を持つと考えられる。これらの要求は、インタラクティブ情報活用システムによって、それぞれ

- (1) ビデオオンデマンドによって、配信映像をインタラクティブに操作できるようにする
- (2) 配信するメタ情報を利用して、シーンを知らせるインタラクティブサービスを提供する
- (3) ユーザの要求に従ってインタラクティブサービスを選択して、個人適応する

ことを実現することによって、ユーザの情報活用支援を具現化した。

第一に、多数のユーザが特殊再生を含め、インタラクティブに配信映像を操作する大規模ビデオオンデマンドサーバを実現するために、ビデオセグメントを選択複製し各ディスクへ適切に配置することによって、ビデオサーバの性能を改善する方法を示した。本手法は、セグメントの被アクセス率を用いて定式化した制約

充足問題を解くことによって、ディスクのセグメント読出し負荷を分散させビデオサーバの性能を向上するセグメント配置を求める。

遺伝的アルゴリズム (GA: Genetic Algorithm) を用いて求めた配置は、シミュレーションにより、セグメント数を 163% にしただけで同じ再生途切れ率のラウンドロビン配置比で多重数を 37% 増加させる効果が得られた。新規読出し要求の平均待ち時間は、従来配置であるランダム配置やラウンドロビン配置に比べ、本手法を用いた配置では十分に短く、その読出し遅延発生率も小さくなった。すなわち、本手法を用いた配置は、適切なセグメントを複製してそれぞれ適切なディスクへ配置することによって、再生途切れ、新規再生要求の平均待ち時間及びセグメント読出し遅延といった性能値が従来ビデオサーバで用いられていた配置と同じでも、多重再生数を大きくできることを確認し、本手法によって大規模ビデオオンデマンドサーバが構築可能であることを示した。

実験では、計算処理の都合上、セグメント数、ディスク数は実際の番組や大規模ビデオサーバに比べ少なく設定したが、本手法の基本性能を調べることはできた。ここで、ビデオサーバ運用上の性能として、ディスクの故障時に運用を続けるための可用性やディスクの台数を増やして運用するときのスケラビリティに関する評価、またセグメント複製時のディスク間データ移動コストなども存在する。これらを定式化して目的関数を多様化することは今後の課題と考える。また、本手法の汎用性を確認するためには、制約充足問題における重みの量的な変化とビデオサーバの性能についての定量的な解析が必要である。さらに、パラメータに実際のビデオオンデマンドサービスにおける運用データを用いて本手法を実機に適用し、実運用での有効性を調べることは残された課題である。

第二に、配信映像が特にライブ中継の場合におけるインタラクティブサービスを実現するシステムとして、シーンのお知らせをはじめとする視聴支援サービスを実現する LiveWatch システムの構築方法について論じた。LiveWatch システムではライブ情報と呼ぶ配信映像のメタ情報を用いて、状況を提示したり、ユーザが設定する条件が成立したときにお知らせや応援などの様々なアクションを実行する。ライブ情報の入力システムとユーザアプリケーションのオーサリングシステム LiveWatchCreator により、ライブ情報の入力とユーザアプリケーションの作成が簡単で迅速に行えるようになり、ライブ情報とユーザの設定の条件合致時に様々なアクションを実行する LiveWatch サービスを提供できるようになった。

高校野球のインターネット中継実験を行った結果、オフィスユーザを中心に 41,445 件のアクセスがあり、ライブ情報を用いたユーザアプリケーションでの状況表示が活用された。「得点」イベントの発生後 15 秒以内に全体の約 20% の映像配信要求があったこと、「得点」イベント発生ごとに映像視聴率が平均約 15% 増加し、このとき多数のユーザが 100 秒以内だけの映像視聴をしたことから、試合進行状況

を提示し見たいシーンを知らせるサービスが活用されたことを確認し、視聴支援サービスの有効性を示した。

構築した LiveWatch システムを用い、様々なライブ中継での応用サービスを実現するためには、それぞれのサービスの有効性の検証だけでなく、システム全体に対する性能面での評価が必要となる。特にライブ情報入力時の多人数分担入力や誤入力の修正については、入力情報の正当性の指標を得るための評価が必要と考える。また、人手を頼った入力コストを削減するため、様々な情報を用いたメディア処理による自動入力や知識処理を利用した入力矛盾の訂正に向けた検討が求められる。LiveWatchCreator によるユーザアプリケーションのオーサリングについては、使いやすいオーサリング操作や GUI を目指し、主観評価等を行い手法の洗練化に取り組む必要がある。以上の課題を解決することが、LiveWatch システムに関する今後の課題である。

第三に、インタラクティブサービスの個人適応については、番組映像に加えて配信する関連情報を利用して、マルチメディア番組を構成する情報活用環境において、ユーザとのインタラクションを通して、適切な関連情報を提供し番組視聴を支援するカフェテリア型コンテンツ視聴環境 Media Tray について述べた。Media Tray を用いれば、ユーザが自ら必要な情報やサービスを組み立てる操作を行うことによってそれぞれの視聴スタイルを構成でき、サービス提供者の思いだけでなく、ユーザが自分なりに個人適応した番組視聴形態を実現できる。

ユーザ評価実験によって、未経験者でも番組視聴中に 2, 3 秒間の操作で視聴スタイルの変更が可能であることと、自由操作により平均的に三つ程度のユーザアプリケーションを使った視聴スタイルを 60 秒程度で構成されることを明らかにし、番組視聴中に視聴スタイルを構成可能であることを示すとともに、操作性に問題がないことを明らかにした。

Media Tray については、視聴支援だけでなく番組への参加やユーザ間のコラボレーションといったサービスを実現するユーザアプリケーションを用意し、利用範囲を拡大することが課題となる。また操作性を向上するため、タンジブルな（有形の）インタフェースの導入や、アイコンとして提供する情報のカテゴリーをわかりやすく番組毎に特化することの検討も必要であろう。さらに、ユーザのプロファイルや操作履歴を考慮して、ユーザに合わせたサービスを提供するシステムを実現することが、今後の課題として挙げられる。

以上のように構築した各システムを疎結合することによって、インタラクティブ情報活用システムを実現した。本論文で考察したインタラクティブ情報活用システムでは、マルチメディアコンテンツを構成する映像の配信は、他のコンテンツの配信とは独立に行うことができる構成を採用した。これによって、映像をビデオオンデマンドサーバとは異なる別の配信システムを用いて配信しても、イン

タラクティブ情報活用システムのサービスが実現可能である。デジタルテレビジョン放送においても映像の再視聴を実現できるように、番組映像をネットワーク上のサーバから再配信するサーバ型放送が近未来において実現することが予定されていたり [93]、一般家庭においてもハードディスクレコーダやDVDレコーダといったデジタル機器にホームサーバ [94] としての機能を持たせ、ビデオオンデマンドを実現することが可能となってきた。このようなサービスや機器をインタラクティブ情報活用システムと組み合わせることによって、本研究で着目したユーザの情報活用が容易に実現可能となることが期待できる。

一方、番組を個人適応して利用したり、インタラクションを通して活用するという動きは、将来のデジタルテレビジョン放送について検討する国際機関TV-Anytime フォーラム [95]* でも議論されている。インタラクティブ情報活用システムが目指すマルチメディアコンテンツを中心とした情報活用のあり方は、TV-Anytime の方針や考え方とも整合性がとれるところが多い。今後は、こうした国際機関との接点を探り、必要であれば規格への準拠や技術の標準化を行うことによって、本研究の成果の実用化を目指したい。

本研究では、マルチメディアコンテンツの配信における情報活用の仕組みの具体例を示した。本研究の成果が、将来、電波やネットワークで行われる放送と通信の枠組みを超えた新しい情報活用サービスを実現する一歩となることを期待し、本論文を締めくくる。

*<http://www.tv-anytime.org>

参考文献

- [1] 伊藤泰宏, “地上デジタル放送技術,” 電子情報通信学会誌, vol.87, no.7, pp.583-588, July 2004.
- [2] 田淵仁浩, “デジタル放送とインターネット技術,” 電子情報通信学会誌, vol.83, no.9, pp.695-698, Sept. 2000.
- [3] 村井 純, “インターネット,” 岩波新書, 東京, 1995.
- [4] 木下康昭, 阪本泰男, 佐藤千明, 青木 敏, 野本真一, 篠原弘道, “ブロードバンドインターネットの動向と課題,” 電子情報通信学会誌, vol.85, no.3, pp.204-213, March 2002.
- [5] 福地 一, 勝本道哲, “フォトリックネットワークの進展と放送メディア,” 電子情報通信学会誌, vol.85, no.5, pp.347-354, May 2002.
- [6] 鈴木敏明, 三村 到, “IP 映像通信システムの標準化動向と IP 映像システム,” 電子情報通信学会誌, vol.83, no.4, pp.312-316, April 2000.
- [7] 総務省 ネットワーク・ヒューマン・インタフェース研究会, “人とネットの“ほっと”な関係 ～フィット感抜群、抵抗感ゼロ、そしてわくわくするネット社会へ～,” 総務省ネットワーク・ヒューマン・インタフェース研究会報告書, July 2002.
- [8] 宮崎 勝, 浦谷則好, “エージェント技術から見たテレビの未来像,” 電子情報通信学会誌, vol.88, no.1, pp.14-17, Jan. 2005.
- [9] 外村佳伸, “ブロードバンド時代の放送とインターネットの共働,” 映像情報メディア学会技術報告, NIM2001-112, pp.1-6, 2001.
- [10] 今井和雄, 山崎憲一, “ユビキタスサービス,” 電子情報通信学会誌, vol.86, no.3, pp.186-192, March 2003.

- [11] 宮奥健人, 重吉宏樹, 田中 清, 阿久津明人, 外村佳伸, “メディアシームレスな個人取得情報管理のためのメディア連携方式,” 映像情報メディア学会技術報告 (電子情報通信学会技術報告), NIM2001-100 (OFS2001-27/IE2001-72), pp.55-60, 2001.
- [12] 勘解由哲, 藤井達也, 鈴木鎮男, “データ放送番組の制作と送出,” 映像情報メディア学会誌, vol.56, no.10, pp.1546-1548, Oct. 2002
- [13] R. J. Crinon and E. A. Heredia, “The ATSC Data Broadcast Standard,” Proceeding of the 2000 ACM workshops on Multimedia, pp.59-62, 2000.
- [14] T. Isobe, A. Ohya, K. Kai, K. Usui, M. Ueno, A. Yanagimachi, and T. Nishizawa, “Interactivity in Broadcasting and its Application to ISDB Services,” IEEE Transaction Broadcasting, vol.42, no.3, pp.179-186, 1996.
- [15] J. E. Kendall and K. E. Kendall, “Information Delivery Systems: an Exploration of Web Pull and Push Technologies,” Communication of the AIS, vol.1, no.4, pp.35-39, 1999.
- [16] 阿部 正吉, “ACC技術委員会セミナーレポート ブロードバンド時代のCM,” ACction! (ACC on the Web), 全日本シーエム放送連盟 (ACC), vol.101, 2003.
- [17] D. A. Norman, “The Psychology of Everyday Things,” Basic Books, New York, 1988.
- [18] 黒須正明, “ヒューマンセンタードデザインとユーザビリティ評価,” 電子情報通信学会誌, vol.87, no.10, pp.861-866, Oct. 2004.
- [19] 岡田昭広, “ブロードバンド化への期待,” 電子情報通信学会誌, vol.85, no.5, pp.341-345, May 2002.
- [20] 阪田史郎, “インターネットにおけるQoS制御,” 電子情報通信学会誌, vol.85, no.10, pp.749-755, Oct. 2002.
- [21] 山田尚志, “DVD-技術と業界ニーズの結合による成功-,” 電子情報通信学会誌, vol.87, no.1, pp.10-15, Jan. 2004.
- [22] 三宅 功, “ブロードバンド IP ネットワークの技術展望,” 電子情報通信学会誌, vol.85, no.5, pp.325-332, May 2002.

- [23] 普天間智, 知念賢一, 吉田豊一, 山口 英, 香取啓志, “WWWによるイベント中継システムの構築 第79回全国高等学校選手権大会の中継,” 映像情報メディア学会誌, vol.53, no.9, pp.1328–1334, Sept. 1999.
- [24] 新美 誠, 村井 純, “坂本龍一の武道館コンサート –インターネットサテライトマルチキャスト通信の実験–,” bit, pp.14–22, March 1996.
- [25] 齊藤 健, “情報家電のIT化,” 電子情報通信学会誌, vol.86, no.5, pp.311–318, May 2003.
- [26] 片山宗臣, “野球中継での情報処理,” 情報処理学会誌, vol.40, no.9, pp.904–907, Sept. 1999.
- [27] 片山宗臣, “スポーツのデジタル化について,” 電子情報通信学会誌, vol.85, no.1, pp.10–15, Jan. 2002.
- [28] R. Jain, “Expriential Computing,” Communications of the ACM, vol.46, no.7, pp.48–54, 2003.
- [29] N. Dimitrova, J. Zimmerman, A. Janevski, L. Agnihotri, N. Haas, and R. Bolle, “Content Augmentation Aspects of Personalized Entertainment Experience,” Proceeding of the 3rd Workshop on Personalization in Future TV (TV’03), pp.42–51, Johnstown, USA, 2003.
- [30] Q. Ma and K. Tanaka, “WebTelop: Dynamic TV-content Augmentation by Using Web Pages,” Proceedings of 2003 IEEE International Conference on Multimedia & Expo (ICME 2003), vol.2, pp.173–176, Baltimore, USA, 2003.
- [31] 馬 強, 角谷和俊, 田中克己, “WebTelop放送とWebコンテンツの動的統合システム,” 情報処理学会研究報告, DBS-128-23, pp.169–176, 2002.
- [32] J. Zimmerman, N. Dimitrova, L. Agnihotri, A. Janevski, and L. Nikolovska, “Interface Design for MyInfo: A Personal News Demonstrator Combining Web and TV Content,” Proceeding of Ninth IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT 2003), pp.41–48, Zurich, Switzerland, 2003.
- [33] N. Dimitrova, A. Janevski, D. Li, and J. Zimmerman, “Who’s That Actor? the InfoSip TV agent,” Proceeding of 2003 ACM SIGMM Workshop on Experiential telepresence (ETP 2003), pp.76–79, Berkeley, USA, 2003.

- [34] 秦 淑彦, 塚田晶宇, 尾崎 稔, 坊 覚, “分散型履歴映像データの効果的検索・再生方式と実装,” 電子情報通信学会論文誌 (D-I), vol.J82-D-I, no.1, pp.234-246, Jan. 1999.
- [35] 佐野雅規, 住吉英樹, 柴田正啓, 井上誠喜, “映像版スコアブックの提案,” 映像情報メディア学会技術報告, MIP2001-48, pp.7-12, 2001.
- [36] 橋本隆子, 白田由香利, 木村武史, “パーソナルなダイジェスト視聴システム-伝送実験装置化-, ” 情報処理学会研究報告, DBS-121-1/FI-58-1, pp.1-8, 2000.
- [37] 益満 健, 越後富夫, “映像重要度を用いたパーソナライズ要約映像作成手法,” 電子情報通信学会論文誌 (D-II), vol.J84-D-II, no.8, pp.1848-1855, Aug. 2001.
- [38] L. A. Rowe and B. C. Smith, “A Continuous Media Player,” Proceeding of the 3rd International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video (NOSSDAV 92), pp.376-386, San Diego, USA, 1992.
- [39] K. Nishimura, T. Mori, Y. Ishibashi, and N. Sakurai, “System Architecture for Digital Video-on-demand Services,” Proceeding of the 2nd Singapore International Conference on Image Processing (IEEE Singapore ICIP 92), pp.602-606, Singapore, 1992.
- [40] D. J. Gemmel, H. M. Vin, D. D. Kandlur, P. V. Rangan, and L. A. Rowe, “Multimedia Storage Servers: A Tutorial,” IEEE Computer, vol.28, no.5, pp.40-49, 1995.
- [41] P. V. Rangan, H. M. Vin, and S. Ramanathan, “Designing an On-demand Multimedia Service,” IEEE Communications Magazine, vol.30, no.7, pp.56-64, 1992.
- [42] 阪本秀樹, 西村一敏, 中野博隆, “ビデオ情報の大規模多重アクセス方式,” 電子情報通信学会論文誌 (D-II), vol.J78-D-II, no.1, pp.76-85, Jan. 1995.
- [43] R. Tewari, D. M. Dias, R. Mukherjee, and H. M. Vin, “High Availability in Clustered Multimedia Servers,” Proceeding of 12th International Conference on Data Engineering (ICDE 1996), pp.645-654, New Orleans, USA, 1996.

- [44] K. Tanaka, H. Sakamoto, H. Suzuki, and K. Nishimura, "Distributed Architecture for Large-scale Video Servers," Proceedings of the 1st International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS '97), vol.1, no.1G3.3, pp.578-583, Singapore, 1997.
- [45] M. S. Chen, D. D. Kandlur, and P. S. Yu, "Storage and Retrieval Methods to Support Fully Interactive Playout in a Disk-array-based Video Server," ACM Multimedia Systems, vol.3, pp.126-135, 1995.
- [46] 阪本秀樹, 鈴木偉元, 西村一敏, 田中 清, "ビデオサーバにおける特殊再生のための動的負荷バランス制御法," 情報処理学会論文誌, vo.39, no.3, pp.789-801, March 1998.
- [47] A. Dan, M. Kienzle, and D. Sitaram, "A Dynamic Policy of Segment Replication for Load-balancing in Video-on-demand Servers," ACM Multimedia Systems, vol.3, pp.93-103, 1995.
- [48] T. D. C. Little and D. Venkatesh, "Popularity-based Assignment of Movies to Storage Devices in a Video-on-demand System," ACM Multimedia Systems, vol.2, pp.280-287, 1995.
- [49] 田中 清, 阪本秀樹, 鈴木偉元, 西村一敏, "大規模ビデオサーバのビデオセグメント配置による性能改善," 電子情報通信学会論文誌 (D-I), vo.J84-D-I, no.9, pp.1387-1395, Sept. 2001.
- [50] K. Tanaka, H. Sakamoto, H. Suzuki, and K. Nishimura, "Performance Improvements of Large-Scale Video Servers by Video Segment Allocation," Systems and Computers in Japan, vol.35, no.4, pp.27-35 April 2004.
- [51] 田中 清, 阪本秀樹, 西村一敏, "ビデオサーバにおけるデータ配置法," 1996年度電子情報通信学会情報システムソサエティ大会講演論文集, D-257, 1996.
- [52] 田中 清, 阪本秀樹, 西村一敏, "制約充足問題を用いたビデオサーバのセグメント配置法," 映像情報メディア学会技術報告, VIR97-21, pp.13-18, 1997.
- [53] H. Sakamoto, H. Suzuki, K. Nishimura, K. Tanaka, "Video Server Technique for VCR-like Playbacks," NTT REVIEW, vol.10, no.3, pp.68-78, March 1998.
- [54] 鈴木偉元, 西村一敏, 阪本秀樹, "階層化ビデオサーバの性能解析," 電子情報通信学会論文誌 (D-I), vol.J80-D-I, no.3, pp.300-308, March 1997.

- [55] B. Maglaris, D. Anastassiou, P. Sen, G. Karlson, and J. D. Robbins, "Performance Models of Statistical Multiplexing in Packet Video Communications," *IEEE Transactions on Communications*, vol.36, no.7, pp.834-844, 1988.
- [56] D. Goldberg, "Genetic Algorithms in Search," Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley, Boston, 1989.
- [57] C. Ruemmler and J. Wilkes, "An Introduction to Disk Drive Modeling," *IEEE Computer*, vol.27, no.3, pp.17-28, 1994.
- [58] 村井 純, "次世代インターネット技術," *電子情報通信学会誌*, vol.84, no.1, pp.2-9, Jan. 2001.
- [59] 田中 清, 田浦貴久, 阿久津明人, 秦泉寺浩史, 外村佳伸, "気になるシーンを逃さないライブ中継システム LiveWatch の構築," *電子情報通信学会論文誌 (D-II)*, vol.J86-D-II, no.5, pp.668-677, May 2003.
- [60] K. Tanaka, T. Taura, A. Akutsu, H. Jinzenji, and Y. Tonomura, "LiveWatch: The Interactive Live Casting System," *Systems and Computers in Japan*, vol.35, no.6, pp.31-41, June 2004.
- [61] 田中 清, 田浦貴久, 阿久津明人, 外村佳伸, "LiveWatch: インタラクティブライブ中継システム," *映像情報メディア学会技術報告*, NIM2001-113, pp.7-12, 2001.
- [62] 片岡良治, 遠藤 斉, "MPEG 符号化情報に基づく類似シーン検出方式," *情報処理学会論文誌*, vol.41, no.SIG3(TOD 6), pp.37-45, 2000.
- [63] 谷本真人, 椋木雅之, 池田克夫, "シーンを構成するイベントの検出に基づくスポーツ映像のインデクシング," *電子情報通信学会技術報告*, PRMU2000-169, pp.67-74, 2000.
- [64] N. Babaguchi, Y. Kawai, and T. Kitahashi, "Event Based Indexing of Broadcasted Sports Video by Intermodal Collaboration," *IEEE Transactions on Multimedia*, vol.4, no.1, pp.68-75, March 2002.
- [65] 堀 修, "マルチメディア内容記述標準 MPEG-7 とその応用," *電子情報通信学会誌*, vol.84, no.9, pp.635-638, Sep. 2001.
- [66] 松田知志, 高畑 実, 西村一敏, 中野博隆, "ライブ・オン・デマンド," *NTT R&D*, vol.46, no.10, pp.1035-1046, Oct. 1997.

- [67] 小林直樹, 酒井昌男, “メディア配信技術,” NTT R&D, vol.51, no.2, pp.124-136, 2002.
- [68] 秦泉寺浩史, 高森 寛, 森西優次, 端山 聡, “インターネットにおけるマルチメディア同期配信システム,” 2000 年度電子情報通信学会総合大会講演論文集, D-9-20, 2000.
- [69] 田中 清, 阿久津明人, 外村佳伸, “関連情報を同期配信する MPEG2 映像配信システム,” 2001 年度電子情報通信学会情報システムソサエティ大会講演論文集, D-11-46, 2001.
- [70] 田浦貴久, 田中 清, 阿久津明人, 外村佳伸, “LiveWatchCreator: ライブアプリケーションを作成するオーサリングシステム,” 2001 年度電子情報通信学会基礎・境界ソサエティ大会講演論文集, A-16-16, 2001.
- [71] 田浦貴久, 田中 清, 阿久津明人, 外村佳伸, “ライブアプリケーションを作成するオーサリング手法の提案,” 2001 年度電子情報通信学会総合大会講演論文集, A-16-10, 2001.
- [72] 田中 清, 阿久津明人, 外村佳伸, 秦泉寺浩史, “見たいシーンを見逃さないライブ中継 LiveWatch,” 電子情報通信学会技術報告, PRMU-2000-30, pp.51-56, 2000.
- [73] 田中 清, 阿久津明人, 外村佳伸, 秦泉寺浩史, “LiveWatch: 見たいシーンを見逃さないライブ中継,” 2000 年度電子情報通信学会総合大会講演論文集, A-16-48, 2000.
- [74] 吉田豊一, 香取啓志, 沖本忠久, “連載サイバー関西プロジェクト 5: 甲子園'99,” UNIX MAGAZINE, vol.14, no.9, pp.161-167, 1999.
- [75] 秦泉寺浩史, 森永勝浩, 高田久靖, 笠原久嗣, “インターネット映像配信技術 SoftwareVision,” 情報処理学会第 58 回全国大会講演論文集, vol.3, pp.293-294, 1999.
- [76] 田中 清, 佐々木努, 外村佳伸, 仲西 正, 馬場口登, “Media Tray: ユーザが構成可能なカフェテリア型コンテンツ視聴環境,” 電子情報通信学会論文誌 (D-II), vol.J88-D-II, no.6, pp.1056-1066, June 2005.
- [77] K. Tanaka, T. Sasaki, Y. Tonomura, T. Nakanishi, and N. Babaguchi, “Media Tray: The Cafeteria-style Viewing Environment for Digital Contents and

- its Evaluation,” Proceedings of 11th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International 2005), Las Vegas, USA, 2005.
- [78] J. Raskin, “The Humane Interface,” Addison Wesley, Boston, 2000.
- [79] 黒川雅之, “デザインの未来考古学,” TOTO 出版, 東京, 2000.
- [80] H. Ishii and B. Ullmer, “Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits, and Atoms,” Proceeding of ACM CHI 97 Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 97), pp.234–241, Atlanta, USA, 1997.
- [81] J. Rekimoto, B. Ullmer, and H. Oba, “DataTiles: A Modular Platform for Mixed Physical and Graphical Interactions,” Proceeding of ACM CHI 2001 Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2001), pp.269–276, Seattle, USA, 2001.
- [82] B. Ullmer, H. Ishii, and R.J. Jacob, “Tangible Query Interfaces: Physically Constrained Tokens for Manipulating Database Queries”, Proceeding of Ninth IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT 2003), pp.279–286, Zurich, Switzerland, 2003.
- [83] 長崎 祥, 田中 譲, “シンセティック・メディアシステム: IntelligentPad,” コンピュータソフトウェア, vol.11, no.1, pp.36–48, 1994.
- [84] 田中 清, 佐々木努, 外村佳伸, “適応型組み立てコンテンツサービスシステム Media Tray の提案,” 映像情報メディア学会技術報告, CE2003-55/ME2003-191, 2003.
- [85] 田中 清, 佐々木努, 外村佳伸, “Media Tray: ユーザが番組を組み立てる情報活用プレイヤ,” インタラクシオン 2004, pp.211–212, 2004.
- [86] 菊池安行, 山岡俊樹 (編), “GUI デザイン・ガイドブック,” 海文堂, 東京, 1995.
- [87] P. G. Zimbardo, “Essentials of Psychology and Life,” Scott, Foresman and Company, Glenview, 1980.
- [88] K. Tanaka, T. Sasaki, Y. Tonomura, T. Nakanishi, and N. Babaguchi, “Play-Watch: Chart-style Video Playback Interface,” Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia & Expo 2005 (ICME2005), Amsterdam, Netherland, 2005.

- [89] B. S. Manjunath, P. Salembier, and T. Sikora, "Introduction to MPEG-7 Multimedia Content Description Interface," John Wiley & Sons Ltd., England, 2002.
- [90] C.-Y. Lin, B.L. Tseng, M. Naphade, A. Natsev, and J.R. Smith, "MPEG-7 Video Automatic Labeling System," Proceeding of ACM Multimedia '03, pp.98-99, Berkeley, USA, 2003.
- [91] J. Ryu, Y. Sohn, and M. Kim, "MPEG-7 Metadata Authoring Tool," Proceeding of ACM Multimedia '02, pp.267-270, Juan-les-Pins, France, 2002.
- [92] B. Ullmer and H. Ishii, "Emerging Frameworks for Tangible User Interfaces," in Human-Computer Interaction in the New Millenium, Addison Wesley, Boston, pp.579-601, 2001.
- [93] 久保田誠之, "デジタル放送技術政策の概要," 情報処理学会シンポジウムシリーズ 放送コンピューティング研究グループシンポジウム 2002 論文集, vol.2002, no.BCCgr-S1, pp.13-34, 2002.
- [94] 奥田治雄, "夢多いホームサーバ," 電子情報通信学会誌, vol.83, no.12, pp.947-949, Dec. 2000.
- [95] S. Pfeiffer and U. Srinivasan, "TV Anytime as an Application Scenario for MPEG-7," Proceeding of the 2000 ACM workshops on Multimedia, pp.89-92, Los Angeles, USA, 2000.

本論文に関する原著論文

A 学会論文

1. 田中 清, 佐々木努, 外村佳伸, 仲西 正, 馬場口登, “Media Tray: ユーザが構成可能なカフェテリア型コンテンツ視聴環境,” 電子情報通信学会論文誌 (D-II), vol.J88-D-II, no.6, pp.1056–1066, June 2005.
2. K. Tanaka, T. Taura, A. Akutsu, H. Jinzenji, and Y. Tonomura, “LiveWatch: The Interactive Live Casting System,” Systems and Computers in Japan, vol.35, no.6, pp.31–41, June 2004.
3. K. Tanaka, H. Sakamoto, H. Suzuki, and K. Nishimura, “Performace Improvements of Large-Scale Video Servers by Video Segment Allocation,” Systems and Computers in Japan, vol.35, no.4, pp.27–35, April 2004.
4. 田中 清, 田浦貴久, 阿久津明人, 秦泉寺浩史, 外村佳伸, “気になるシーンを逃さないライブ中継システム LiveWatch の構築,” 電子情報通信学会論文誌 (D-II), vol.J86-D-II, no.5, pp.668–677, May 2003.
5. 田中 清, 阪本秀樹, 鈴木偉元, 西村一敏, “大規模ビデオサーバのビデオセグメント配置による性能改善,” 電子情報通信学会論文誌 (D-I), vo.J84-D-I, no.9, pp.1387–1395, Sept. 2001.
6. 阪本秀樹, 鈴木偉元, 西村一敏, 田中 清, “ビデオサーバにおける特殊再生のための動的負荷バランス制御法,” 情報処理学会論文誌, vol.39, no.3, pp.789–801, March 1998.

B 国際会議

1. K. Tanaka, T. Sasaki, Y. Tonomura, T. Nakanishi, and N. Babaguchi, “Media Tray: The Cafeteria-style Viewing Environment for Digital Contents and

- its Evaluation,” Proceedings of 11th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International 2005), Las Vegas, USA, 2005.
2. K. Tanaka, T. Sasaki, Y. Tonomura, T. Nakanishi, and N. Babaguchi, “Play-Watch: Chart-style Video Playback Interface,” Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia & Expo 2005 (ICME 2005), Amsterdam, Holland, 2005.
 3. K. Tanaka, H. Sakamoto, H. Suzuki, and K. Nishimura, “Distributed Architecture for Large-scale Video Servers,” Proceedings of the 1st International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS '97), vol.1, no.1G3.3, pp.578–583, Singapore, 1997.

C 全国大会

1. 田中 清, 阿久津明人, 外村佳伸, “関連情報を同期配信する MPEG2 映像配信システム,” 2001 年度電子情報通信学会情報システムソサエティ大会講演論文集, D-11-46, 2001.
2. 田浦貴久, 田中 清, 阿久津明人, 外村佳伸, “LiveWatchCreator: ライブアプリケーションを作成するオーサリングシステム,” 2001 年度電子情報通信学会基礎・境界ソサエティ大会講演論文集, A-16-16, 2001.
3. 田浦貴久, 田中 清, 阿久津明人, 外村佳伸, “ライブアプリケーションを作成するオーサリング手法の提案,” 2001 年度電子情報通信学会総合大会講演論文集, A-16-10, 2001.
4. 田中 清, 阿久津明人, 外村佳伸, 秦泉寺浩史, “LiveWatch: 見たいシーンを見逃さないライブ中継,” 2000 年度電子情報通信学会総合大会講演論文集, A-16-48, 2000.
5. 田中 清, 阪本秀樹, 西村一敏, “ビデオサーバにおけるデータ配置法,” 1996 年度電子情報通信学会情報システムソサエティ大会講演論文集, D-257, 1996.

D 国内研究会

1. 田中 清, 佐々木努, 外村佳伸, “適応型組み立てコンテンツサービスシステム Media Tray の提案,” 映像情報メディア学会技術報告, CE2003-55/ME2003-191, pp.29–32, 2003.

2. 田中 清, 田浦貴久, 阿久津明人, 外村佳伸, “LiveWatch: インタラクティブライブ中継システム,” 映像情報メディア学会技術報告, NIM2001-113, pp.7-12, 2001.
3. 田中 清, 阿久津明人, 外村佳伸, 秦泉寺浩史, “見たいシーンを見逃さないライブ中継 LiveWatch,” 電子情報通信学会技術報告, PRMU2000-30, pp.51-56, 2000.
4. 田中 清, 阪本秀樹, 西村一敏, “制約充足問題を用いたビデオサーバのセグメント配置法,” 映像情報メディア学会技術報告, VIR97-21, pp.13-18, 1997.

E シンポジウム

1. 田中 清, 佐々木努, 外村佳伸, “Media Tray: ユーザが番組を組み立てる情報活用プレイヤ,” インタラクシオン 2004, pp.211-212, 2004.

