

## インターネット映像配信サービスのための 映像と付加情報の同期配信方式

阿倍博信<sup>†,††</sup> 福田雅裕<sup>†</sup> 山田 淳<sup>†</sup>  
松本佳宏<sup>†††</sup> 重野 寛<sup>††</sup> 岡田 謙 一<sup>††</sup>

本論文では、インターネット映像配信サービスへのハイパーリンク機能の追加を目的とした映像と付加情報の同期配信方式として、拡張イベントモデルを提案する。拡張イベントモデルは映像中にイベントを周期的に多重化することによって映像と付加情報の同期を行うモデルであり、その設計指針として、1) 映像の形式や配信方式に依存しない、2) 付加情報の使用目的にあわせた同期精度が設定可能、と設定した。さらに、設計指針に基づき拡張イベントモデルの設計を行い、Windows Media および MPEG-2 TS を対象としてエンコード/デコードライブラリとして実装し、実装したライブラリを使用して映像と付加情報の同期配信の評価システムを構築した。構築した評価システムの実時間同期性能について評価実験を行った結果、対象とする映像配信プラットフォームのイベントの多重化精度の最小値が 100 msec あれば、本方式がスポーツ映像を対象とした映像と付加情報の同期配信のサービスに適用可能であることが分かった。

### A Synchronized Delivery Method of Video and Attached Information for an Internet Video Delivery Service

HIRONOBU ABE,<sup>†,††</sup> MASAHIRO FUKUDA,<sup>†</sup> SUNAO YAMADA,<sup>†</sup>  
YOSHIHIRO MATSUMOTO,<sup>†††</sup> HIROSHI SHIGENO<sup>††</sup>  
and KEN-ICHI OKADA<sup>††</sup>

This paper describes a proposal of an extended event model using a synchronized delivery method of video and attached information for adding hyperlink support to an internet video delivery service. In this extended event model, video and attached information are synchronized by periodically inserting event information in the video multiplex. We considered the following design policies: 1) a model that is independent of the video format and delivery method, 2) the synchronization accuracy can be tuned depending on the purpose and use of the attached information. We designed the extended event model based on the above design policies, and implemented this model as an encode/decode library for Windows Media and MPEG-2 TS. Based on this model we developed a synchronized delivery system prototype of video and attached information and performed evaluation experiments. The evaluation results of real time synchronization performance of the system prototype showed that in the case of sports video content a synchronization accuracy of 100 msec between video and attached information, makes our method effective for use in synchronized delivery services.

#### 1. はじめに

近年のインターネットの急速な常時接続化、広帯域化の流れにより、FTTH (Fiber To The Home), ADSL, CATV などの常時接続で高速なブロードバン

ドインターネット環境が各家庭で利用可能な時代が近づきつつある<sup>1)</sup>。この常時接続化の流れにより家庭では情報を受けるだけでなく発信することが可能に、また広帯域化の流れにより従来中心だった文字、静止画から音声、動画をはじめとする映像情報の配信が可能となりつつある。

一般的に映像情報は情報量が多く圧縮して配信するためその符号化、復号化処理には多くの計算機資源を必要とする。この処理は連続的に行われるため実時間処理が必要であるが、圧縮技術、ストリーミング技術、ハードウェアの性能向上などによってインターネット

<sup>†</sup> 三菱電機株式会社  
Mitsubishi Electric Corporation

<sup>††</sup> 慶應義塾大学  
Keio University

<sup>†††</sup> 株式会社ケイ・オプティコム  
K-Opticom Corporation

上での映像情報の配信が可能となりつつある。

このような背景のもと、文字、静止画、音声、動画などを含む複数のメディアから構成されるコンテンツの配信に対する要求が増加している。たとえば、WWW (World Wide Web) は HTML (Hyper Text Markup Language)<sup>2)</sup> や HTTP (Hyper Text Transfer Protocol)<sup>3)</sup> などの技術を組み合わせることで、複数のメディアを組み合わせたコンテンツを実現している。また、WWW は単に複数のメディアを複合するだけでなく、ハイパーリンクにより関連する文書を相互に関連付けることができ、ユーザは自分の意思でハイパーリンクをたどることにより、対話的に関連するメディア間の相互アクセスを実現している。

本論文では、ストリーミング技術を用いた映像配信サービスに対するハイパーリンク機能の追加を目的として、映像と関連情報を結び付ける付加情報について定義し、映像と付加情報の同期配信方式の設計、実装と評価システムの構築およびその評価について述べる。

本論文における付加情報はハイパーリンク機能の鍵となる情報であり、映像と時間的關係、空間的關係が定義されている情報である。付加情報は映像と同期して配信され、映像の再生にあわせて適切な時間に適切な位置に表示される。ユーザが映像上に表示されている付加情報を選択してクリックすると、関連情報の表示などの設定されているアクションが実行される。

本論文で対象とする映像配信サービスでは、1) 映像の形式や配信方式に依存しない同期方式であること、2) 付加情報の使用目的にあわせて同期精度が設定可能なこと、をシステム要件としてイベントモデルを拡張する方式について提案する。

従来の動画ハイパーメディアの研究では、映像の配信方式に依存しない同期方式に着目した研究はほとんどされていない。また、従来のメディア間同期方式に関する研究では、メディア間の同期を行うための同期情報を設定し、その同期情報を用いてメディア間の同期処理を行う研究が多くされているが、本論文で対象とする映像配信サービスに対するハイパーリンク機能を実現するための映像と付加情報の同期配信に適用可能な研究はされていない。

本論文で提案する同期配信方式では、映像中に対応する付加情報との時間的關係を定義した同期情報を周期的にイベントとして多重化し、その同期情報を元に映像と付加情報の同期配信を実現する。

本論文ではメディア間の同期にイベントを利用する方式であるが、通常、イベント処理は CPU 負荷に大きく影響するため、実装時にはその多重化精度の最小

値を考慮する必要がある。特に、映像上に登場するオブジェクトの動きにあわせて付加情報を表示する場合は、実時間での同期処理が必要となり、この数値が大きく影響するため、評価システムを構築し、その実時間性能について評価を行う方針とする。

本論文では、2章で映像に対するハイパーリンク機能の定義とシステム要件について述べる。3章で関連研究について述べ、4章で設計指針について検討し、その結果に基づき映像と付加情報の同期配信を目的とした拡張イベントモデルの設計を行った。5章で設計結果に基づき拡張イベントモデルを Windows Media<sup>4)</sup> と MPEG-2 TS<sup>5)</sup> を対象としてエンコード/デコードライブラリとして実装し、6章で実装したライブラリを用いて映像と付加情報の同期配信の評価システムを構築した。7章で構築した評価システムの実時間同期性能についての評価実験を行った。さらに8章で考察、9章でまとめを行う。

## 2. ハイパーリンク機能の定義とシステム要件

本章では本論文で対象とする映像配信サービスにおけるハイパーリンク機能について定義し、そのシステム要件についてまとめる。

映像に対するハイパーリンク機能とは、インタラクティブ映像技術を構成する一機能であり、外村は文献 6) で、「通常静止画の全体あるいは一部分のホットスポットによくはられているハイパーリンクを、映像に対してもはることができるもので、特に動くオブジェクトに対しても、動くホットスポットを定義する機能」と定義している。

本論文では、映像配信サービスに対するハイパーリンク機能の追加を目的として、その鍵となる付加情報を映像と同期して配信する方式について提案する。付加情報は外村の定義のホットスポットに相当し、映像と同期して配信され、映像の再生にあわせて適切な時間に映像上の適切な位置に表示される。ユーザが要求に応じて映像上に表示されている付加情報を選択してクリックすると、関連情報の表示などの設定されているアクションが実行される。

次に、本論文で対象とする映像配信サービスに対するハイパーリンク機能における付加情報について定義する。本論文では、その目標とする同期精度の違いから次の2種類の付加情報を定義する。

**バナー型付加情報** 映像と連動したスポンサなどの広告表示や字幕サービスなどを目的として、配信された映像と同期してスポンサのバナー広告や字幕情報を映像上の決められた位置に表示する。同期

精度は映像と開始点での同期が必要な付加情報として定義する。

ハイパーメディア型付加情報 ユーザへの情報提供を目的として、配信された映像と同期して付加情報を配信し、登場するオブジェクトの動きにあわせて映像上に重ねて表示する。同期精度は映像と実時間で同期が必要な付加情報として定義する。本論文で対象とする映像と付加情報の同期配信方式の設計にあたり、そのシステム要件について次のとおり設定した。

- (1) 映像の形式や配信方式に依存しない同期方式であること  
インターネット上での映像配信サービスでは、映像形式としてライブ映像、蓄積映像、また、配信方式としては放送型配信、オンデマンド型配信など複数の形式、配信方式が存在する。このため、提案する同期方式は、映像の形式や配信方式に依存しない方式とする必要がある。
- (2) 付加情報の使用目的にあわせた同期精度が設定可能なこと  
映像と同期して配信する付加情報はその使用目的によって必要な同期精度が異なる。たとえば、映像のシーンに連動した付加情報による字幕の表示は、付加情報の表示の開始点での同期がとれていれば十分であるが、映像に登場するオブジェクトの動きにあわせて付加情報を表示する場合は、映像の再生にあわせて付加情報の位置や大きさを実時間で変えて表示する必要がある。

### 3. 関連研究

従来から映像に登場するオブジェクトを指定することにより、関連する情報を検索することが可能な動画ハイパーメディアの研究は活発に行われてきた。しかし、従来の動画ハイパーメディアの研究では、映像の形式や配信方式に依存しない映像と付加情報の同期方式に着目した研究はほとんど実施されていない。

池田らの開発した VHM<sup>7)</sup> は、観光案内システムなどの映像からのハイパーリンクを特徴としたマルチメディアアプリケーションを開発するための開発環境であるが、その実行環境がマルチメディアデータベースを前提としており、その配信環境については言及していない。

高田らの開発した Cmew<sup>8)</sup> は、MPEG-1/SYSTEM プライベート 2 パケット中にリンク情報を埋め込み、映像からのハイパーリンクを実現しているが、現状、Cmew では、映像はストリーム配信ではなくダウン

ロード配信を前提としているため、配信方式が限定されている。

Hirata らの開発した緋(ひもとき)<sup>9)</sup> は、映像からのハイパーリンク機能の特徴としたマルチメディア情報検索システムであるが、緋(ひもとき)では、映像はメディアサーバに蓄積され、オンデマンド配信される方式であり、配信方式が限定されている。

筆者らの開発した VisulSHOCK MOVIE<sup>10)</sup> は、マルチメディア教育を目的とした動画ハイパーメディアシステムであるが、映像は配信サーバからのオンデマンド配信を前提としており、放送型配信については検討されていない。

また、ライブ映像に対するハイパーリンク機能については、次の研究が実施されている。

有川らの開発した Name-it<sup>11)</sup> は、遠隔地に設置された定点観測カメラの映像をハイパーメディア化するシステムであり、ある映像に対するカメラの状態パラメータとオブジェクトのラベルを空間的に関連付けることを特徴としておりその同期方式は映像の配信方式には依存しないが、対象映像が定点観測カメラの映像であるため同期精度としては開始点同期程度を想定しており、実時間同期などのより同期精度の高い同期については考慮されていない。

また、ネットワーク環境で複数のメディア間の同期方式に関する研究は数多く行われてきた。

SMIL(Synchronized Multimedia Integration Language)<sup>12)</sup> は、XML に準拠したタグ言語で、音声やビデオ、静止画、テキスト、アニメーションなどの複数のメディアを組み合わせたマルチメディアプレゼンテーションを記述することができるが、付加情報との同期情報として時刻情報をスクリプトに記述する方式であるため、映像中に時刻情報を持たない放送型の配信には対応できない。

ネットワーク上のメディア間同期で実時間同期に関する研究としては、動画と音声のリップシンクに関する研究がある。現在主流な方式としては、動画も音声も受信側で時間的構造を再構築できるようにタイムスタンプやシーケンス番号を持つ RTP(Real-time Transport Protocol)<sup>13)</sup> で配信し、受信側で復元した時間的構造を用いてメディア同期を行う方式がある。この方式は実時間同期に向いているが、同期を必要とするメディアはすべて RTP で配信する必要があり、本論文で想定している同期方式には適用できない。

佐藤らは、映像の形式や配信方式に依存しないメディア同期を考慮したマルチメディア転送プロトコル<sup>14)</sup> について研究している。この方式では、特に動画と音声の

実時間同期を対象として、メディア間で相対的に同期を行う位置を同期ポイントとし Strict Synchronization, Relaxed Synchronization, Silence Detected Synchronization の 3 種類の同期方式を提案しているが、この方式は動画と音声の実時間同期を想定した方式であり、そのままでは本論文で想定している同期方式には適用できない。

端山らの開発した協調型同期方式に基づくプロセス間同期支援システム NAMI (Network-oriented Administrator for Multimedia Integration)<sup>5)</sup> は、同期させたい複数のメディアに対して任意の同期点を設定することによってメディア間の同期を実現するシステムであり、対象メディアの特徴にあわせて同期点の同期精度を変更できることを特徴としている。NAMI システムでは、同期情報を管理する情報サーバと各メディアの処理を行うプロセスで同期処理を支援する同期マネージャの協調処理に基づいて同期処理を行う。NAMI システムでは、プロセス外部に設置した情報サーバで同期情報を一元管理する方式のため、映像配信サービスへの適用を想定した場合、マルチキャスト配信などを用いた放送型配信時などの再生側のプロセスが増えた場合などに、情報サーバのスケラビリティが課題となるため、本論文の同期方式には適用できない。

#### 4. 拡張イベントモデルの設計

2 章で設定したシステム要件と、3 章の関連研究の結果に基づいて映像と付加情報の同期配信を目的とした拡張イベントモデルの設計を行う。本章では、まず、設計指針を決め、その設計指針に基づいてデータモデルおよび同期配信方式の設計を行う。

##### 4.1 設計指針

2 章で設定したシステム要件、および 3 章の関連研究の結果に基づいて、本論文における映像と付加情報の同期配信方式の設計指針として映像に多重化するイベントを拡張する方式を提案する。

イベントは、映像中の任意の位置に多重化する方式であるため映像の形式や配信方式に依存しない。映像と付加情報の同期配信に必要な同期情報をイベントとして映像中に多重化することにより同期を実現する。映像中に同期情報を多重化するため、映像をマルチキャスト配信などを用いて放送型配信した場合でも、付加情報との同期が可能となる。

また、イベントを拡張して付加情報の使用目的にあわせて周期的に多重化することにより、映像と付加情報の開始点同期や実時間同期を実現することができる。

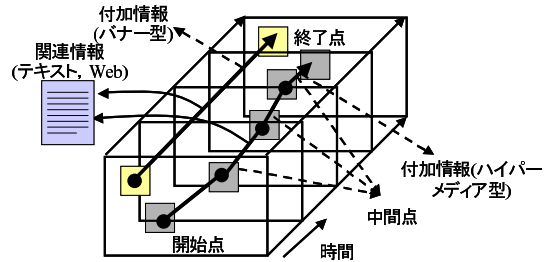


図 1 付加情報/関連情報データモデル

Fig. 1 A data model of attached information and related information.

#### 4.2 データモデルの設計

4.1 節で設定した設計指針に基づき、映像と同期して配信する付加情報と関連情報のデータモデルについて設計する。図 1 に本方式における付加情報と関連情報のデータモデルについて示す。

##### 4.2.1 バナー型付加情報

バナー型付加情報は、映像との開始点同期が必要な付加情報として、配信された映像と同期して、開始点から終了点まで位置や大きさが固定の付加情報として定義する。種類は「イメージ」、「テキスト」の 2 種類とする。

バナー型付加情報は、映像と連動したスポンサなどの広告表示や字幕サービスなどに利用することができる。

##### 4.2.2 ハイパーメディア型付加情報

ハイパーメディア型付加情報は、映像との実時間同期が必要な付加情報として、配信された映像と同期して、対象とするオブジェクトの動きにあわせて、その位置や大きさが可変の付加情報として定義する。種類は「マーク」の 1 種類とし、基本的には映像上に登場するオブジェクト上にオブジェクトを囲む形で表示される。

ハイパーメディア型付加情報は映像に対するユーザへの情報提供に利用することができる。

定義したハイパーメディア型付加情報のデータモデルは、筆者らの研究成果である文献 16) に基づくデータモデルとする。本モデルの特徴は、全フレームに対して位置や大きさのデータを保持せず、開始点から終了点までの区間全体をいくつかの中間点で定義し、それらの点にデータを持たせるモデルとする。データを持たないフレーム（標準フレーム）は前後のデータを持つフレーム（キーフレーム）から補完計算によって求めるモデルとする。

本データモデルにおいて、映像上に登場するオブジェクトの動きにあわせて付加情報を設定する場合、

全フレームにデータを設定せずにオブジェクトの動きが大きく変わる点のみキーフレームとしてデータを設定することにより、付加情報の設定作業を簡易化することができる。

4.2.3 関連情報

関連情報は、付加情報をクリックすることによりユーザに提供されるアクションとして定義する。本モデルで定義した関連情報の形式としては、「Web」と「テキスト」の2種類とし、「Web」の場合は、検索した関連情報は URL 情報として外部の Web ブラウザに渡され、Web コンテンツが表示される。「テキスト」の場合は関連情報をテキスト情報として映像上に表示する。

4.3 同期配信方式の設計

本節では、4.1 節で設定した設計指針に基づき、映像と付加情報の同期配信を目的とした拡張イベントモデルにおける同期配信方式の設計を行う<sup>17)</sup>。

図 2 に提案した拡張イベントモデルにおける同期配信方式の概要について示す。

提案した同期配信方式は、映像中に付加情報との同期配信の実現のための同期情報を周期的にイベントとして多重化する方式とする。通常、インターネット上の映像配信サービスでは、映像の配信は UDP/IP ベースのコネクションレス型の配信が用いられるが、映像中に同期情報を周期的に多重化することにより、パケット損失に対応することができる。

また、本方式は映像中には同期に必要な最低限の情報を同期情報として多重化する方式であり、付加情報は映像中に多重化せずに HTTP などの他の方式を用いて配信する方式とする。

本方式で使用する同期情報について次のとおり定義する。

ダウンロード命令：*download(key\_id)* 再生ソフトウェアでこの命令を受信すると、内部メモリ上の付加情報をチェックし、引数 *key\_id* で指定した付加情報が内部メモリ上に存在しない場合はネットワーク経由で付加情報をダウンロードする。表

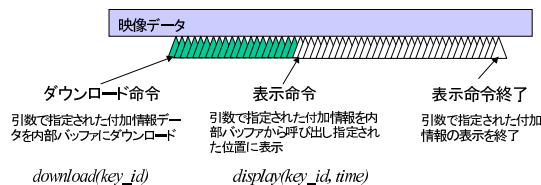


図 2 拡張イベントモデルにおける同期配信の概要

Fig. 2 Concept of synchronized delivery method used in the extended event model.

示命令の発行前にダウンロード命令を発行しておくことにより、映像と付加情報の開始点同期を実現する。

表示命令：*display(key\_id, time)* 再生ソフトウェアでこの命令を受信すると、引数 *key\_id* で指定された付加情報を内部メモリから呼び出して再生中の映像上の指定された位置に表示する。指定された付加情報が内部メモリに存在しない場合はネットワーク経由でダウンロードしてから表示する。また、引数 *time* には表示命令の開始からの経過時間を指定する。たとえば、ハイパーメディア型の付加情報の表示を行う際には、その経過時間にあわせて付加情報の位置、大きさなどを算出する。表示命令を周期的に発行することにより映像と付加情報の実時間同期を実現する。

本方式の特徴について次にまとめる。

- イベント拡張型であり、映像の形式や配信方式に依存しない同期方式である。
- 表示命令の発行前にダウンロード命令を発行することにより、映像と付加情報の開始点同期を実現。
- 周期的に表示命令を発行することにより、映像と付加情報の実時間同期を実現。
- 周期的に同期情報を多重化することにより、パケット損失などが起こりうるコネクションレス型の映像配信に対応可能。

また、図 3 に本方式を用いた映像と付加情報の同期配信の流れについて示す。

ステップ 1：付加情報のダウンロード 再生ソフトウェアで映像中に多重化されたダウンロード命令を受信すると、ネットワーク経由で付加情報をダウンロードし内部メモリに持つ。すでに内部メ

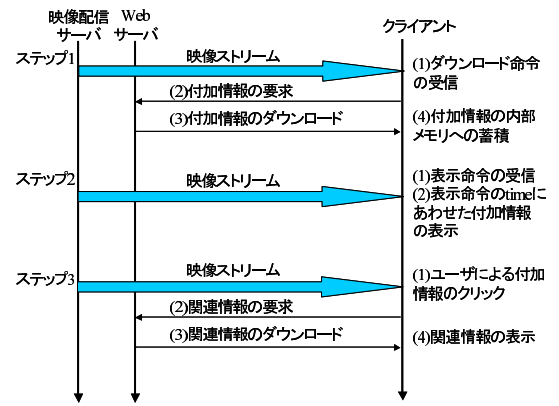


図 3 映像と付加情報の同期配信の流れ

Fig. 3 Flow of synchronized delivery of video and attached information.

モリに該当する付加情報を保持している場合は、何も行わない。

ステップ 2: 付加情報の同期表示 再生ソフトウェアで映像中に多重化された表示命令を受信すると、内部メモリの付加情報を経過時間から表示位置、大きさを算出して映像上に重ねて表示する。

実時間同期の必要なハイパーメディア型付加情報の場合は、この命令を受信することに付加情報の表示の更新を行う。

ステップ 3: 関連情報の表示 再生ソフトウェアで表示された付加情報をユーザがクリックした場合、関連情報をネットワーク経由で受信して表示処理を行う。

提案した拡張イベントモデルは対応する映像配信プラットフォームにおいてエンコード/デコードライブラリとして実装され、エンコードライブラリは映像と付加情報の関連付けを行うオーサリングソフトウェアに、デコードライブラリは再生ソフトウェアに適用することにより、映像と付加情報の同期配信を実現することができる。

## 5. 拡張イベントモデルの実装

4章で提案した拡張イベントモデルを、現在インターネットにおける映像配信プラットフォームとして広く普及している Windows Media と、デジタル放送で採用され今後インターネット上でも普及する可能性の高い MPEG-2 TS を対象としてエンコード/デコードライブラリとして実装した。

通常、イベント処理は CPU 負荷に大きく影響するため、各プラットフォームにおいてその多重化精度の最小値が規定されている。この値は付加情報の実時間同期性能に大きく影響するため、実装にあたっては、その数値を考慮する形で実装し、評価システムを構築してその実時間性能について評価実験を行う方針とした。

### 5.1 Windows Media 版の実装

Windows Media の場合、通常のビデオ、オーディオに加えて、スクリプト領域が用意されており、このスクリプト領域に対してユーザ定義のイベントを定義することが可能である。Windows Media におけるイベント情報について表 1 に示す。

Windows Media プラットフォームで推奨されているイベントの多重化精度の最小値は 100 msec である。そこで、イベントの多重化精度の最小値を 100 msec としてエンコード/デコードライブラリを実装し、評価実験で実装したライブラリの実時間同期性能につい

表 1 Windows Media のイベント情報  
Table 1 Windows Media event information.

データ構造	データ形式	内容
iIndex	short	イベントのインデックス
bstrType	BSTR	イベントの種別
bstrData	BSTR	イベントの内容

表 2 MPEG-2 TS におけるイベント情報  
Table 2 MPEG-2 TS event information.

データ構造	ビット列表記	内容
event_msg_group_id	uimsbf	メッセージグループ識別子
time_mode	uimsbf	時間モード
event_msg_type	uimsbf	メッセージ種別
event_msg_id	uimsbf	メッセージの識別子
private_data_byte	uimsbf	プライベートデータ

て評価することにした。

表 1 に従い、キャプチャカードから入力されたライブ映像または蓄積された AVI 形式の映像を入力し、入力された映像の Windows Media 形式へのエンコード処理を行う際に、周期的に同期情報をユーザ定義のイベントとしてスクリプト領域に多重化する機能を持つエンコードライブラリを実装した。

デコードライブラリは、Windows Media 形式の映像を受信、表示を行うとともに、多重化された同期情報を分離、解釈し、必要に応じて付加情報を配信サーバから HTTP を用いてダウンロードし、同期表示する。

また、通常の Windows Media Player で同期情報の多重化された Windows Media 形式の映像を受信した場合は、同期情報はユーザ定義のイベントとして扱われるため、映像のみ再生される。

### 5.2 MPEG-2 TS 版の実装

デジタル放送で採用されている MPEG-2 TS にはイベントメッセージ伝送方式が規定されており、その 1 つである汎用イベントメッセージ記述子にユーザ定義のイベントを定義して使用することができる。そこで映像と付加情報の同期配信に必要な同期情報をイベントとして多重化して配信することにより、拡張イベントモデルの適用が可能となる。表 2 に MPEG-2 TS におけるイベント情報について示す。

また、イベントの多重化精度の最小値は Windows Media の場合と同等である 100 msec が推奨されており<sup>18)</sup>、MPEG-2 TS 版の場合も最小値を 100 msec としてエンコード/デコードライブラリを実装した。

MPEG-2 TS へのイベントの多重化処理はリアルタイム処理を行う場合は通常専用の多重化装置を必要とするが、今回は、蓄積された MPEG-2 TS データを読み出して、表 2 に示したイベント情報を周期的に多重化する機能を持つエンコードライブラリをソフト

ウェアとして実装した。

デコードライブラリは、Windows Media 版と同様 MPEG-2 TS 形式の映像を受信、表示を行うとともに、多重化された同期情報を分離、解釈し、必要に応じて付加情報を配信サーバから HTTP を用いてダウンロードし、同期表示する機能を持つ。

### 6. 評価システムの構築

#### 6.1 評価システムの構成

5章で実装した拡張イベントモデルのエンコード/デコードライブラリを使用して、映像と付加情報の同期配信を行う評価システムを構築した。評価システムのベースとする映像配信プラットフォームとしては、現在インターネット上で広く利用されている Windows Media を選択した。

図 4 に構築した評価システムの構成について示す。

##### 6.1.1 オーサリング環境

オーサリング環境としては、付加情報、関連情報の編集および映像のエンコードを行うオーサリング PC を設置した。

オーサリング PC は、CPU が Pentium4 (2 GHz)、メモリを 1 GB 搭載した IBM PC/AT 互換機で、OS は Windows 2000 Professional を使用し、ライブ形式または AVI 形式の映像を読み込み、付加情報を画面上に表示させその位置、大きさや関連情報の編集を行い、Windows Media 版のエンコードライブラリを用いてエンコードを行う際にあわせて同期情報の多重化を行うオーサリングソフトウェアを構築した。

オーサリングソフトウェアで編集した Windows Media 形式の映像、付加情報データ、関連情報データは配信サーバに登録する。

図 5 に構築したオーサリングソフトウェアの画面イメージを示す。

##### 6.2 配信環境

配信環境としては、映像および付加情報、関連情報をインターネットを介してクライアント PC に配信を行う配信サーバを設置した。

配信サーバは、CPU が Pentium3 (1.26 GHz)、メモリを 2 GB 搭載した IBM PC/AT 互換機で、OS は Windows 2000 Server を使用し、映像、付加情報、関連情報の配信はすべて OS 付属のサービスを利用する。

##### 6.3 再生環境

再生環境としては、インターネット経由で映像や付加情報、関連情報の受信、表示を行うクライアント PC を設置した。

クライアント PC は、CPU が Pentium4 (2 GHz)、

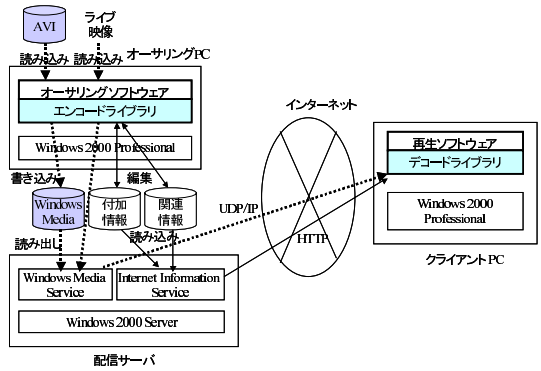


図 4 評価システムの構成  
Fig. 4 Evaluation system structure.



図 5 オーサリングソフトウェアの画面イメージ  
Fig. 5 Authoring software example.

メモリを 1 GB 搭載した IBM PC/AT 互換機で、OS は Windows 2000 Professional を使用し、Windows Media 版のデコードライブラリを用いて配信サーバから Windows Media 形式の映像を受信し、多重化された同期情報に基づいて配信サーバから付加情報のダウンロードおよび同期表示を行う再生ソフトウェアを構築した。図 6 に構築した再生ソフトウェアの画面イメージを示す。

図 6 において、ユーザが映像上に表示された付加情報をクリックすると、関連情報を検索して表示する。

### 7. 評価実験

#### 7.1 評価方針と評価用データ

6章で構築した評価システムの実時間同期性能の評価を目的として以下の評価実験を行った。

5章でも言及したとおり、Windows Media または MPEG-2 TS に対して本方式を実装した場合、イベン

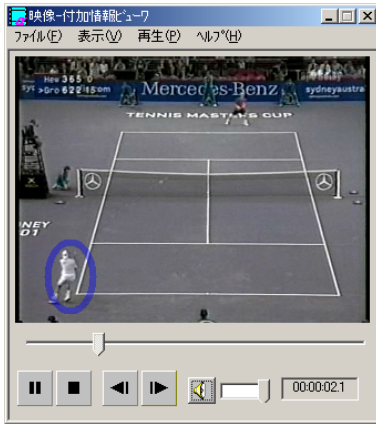


図 6 再生ソフトウェアの画面イメージ  
Fig. 6 Playback software example.

表 3 評価用データの形式  
Table 3 Video properties of evaluation data.

種別	形式	フレームレート	画面サイズ
データ 1	AVI	30 フレーム/秒	320 × 240
データ 2	AVI	29.97 フレーム/秒	720 × 480

表 4 評価用データの概要  
Table 4 Description of evaluation data.

種別	ショットの概要	ショット数	平均移動速度
データ 1	矩形オブジェクト (等速移動)	1	30 ドット/秒
		1	60 ドット/秒
		1	90 ドット/秒
		1	120 ドット/秒
データ 2	野球: 攻撃	5	11.59 ドット/秒
	野球: 守備	5	37.72 ドット/秒
	野球: 走塁	5	61.09 ドット/秒

トの多重化精度の最小値が 100 msec となる。本評価実験では、構築した評価システムにおける映像と付加情報の実時間同期性能の評価を目的とする。

評価実験に際して、実時間同期性能の評価を目的としたハイパーメディア型の付加情報の評価用データとして次の 2 種類のデータを準備した。以下、表 3 に評価用データの形式について、表 4 に評価用データの概要について示す。

評価用データの内容は、データ 1 が基本性能の評価用データで、データ 2 が評価システムのスポーツ映像の配信サービスへの適用を想定した評価用データである。

## 7.2 同期配信方式の評価

### 7.2.1 基本性能評価

オーサリングソフトウェアを用いて、データ 1 を使用して平均移動速度の異なるオブジェクトに対して、同期情報の多重化精度を 100, 200, 500 msec と変更

表 5 評価用の圧縮パラメータ  
Table 5 Encoding parameters for evaluation.

圧縮形式	圧縮レート	フレームレート	画面サイズ
Windows Media Video/Audio V8	1 Mbps	30 フレーム/秒	320 × 240

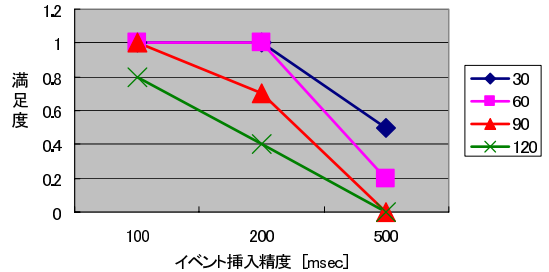


図 7 基本性能評価結果  
Fig. 7 Evaluation results of base performance.

してハイパーメディア型付加情報の設定を行った評価用データを準備した。また、エンコード時の圧縮パラメータとしては、表 5 に示したパラメータを使用した。

再生ソフトウェアを用いて、5 名のユーザに対してオブジェクトの平均移動速度の異なる複数の評価用データを配信サーバからネットワーク経由で配信し、表示性能をユーザの満足度として評価してもらう実験を行った。その結果を図 7 に示す。

ユーザの満足度の算出方法は、再生ソフトウェアで映像と付加情報の同期表示を行い、その表示性能について対象オブジェクトと付加情報のずれなどを元に「オブジェクトと付加情報の表示がずれている：0」、「オブジェクトと付加情報の表示がずれていない：1」、「1 と 0 の中間：0.5」の 3 段階の数値データで評価を行い、全ユーザの平均値を評価結果とする方針とした。

### 7.2.2 スポーツ映像に対する有効性評価

オーサリングソフトウェアを用いて、データ 2 を使用して同期情報の多重化精度を 100, 200, 500 msec と変更してハイパーメディア型付加情報の設定を行った評価用データを準備した。エンコード時の圧縮パラメータとしては、基本性能評価の際と同様に表 5 に示したパラメータを使用した。

再生ソフトウェアを用いて、基本性能評価実験と同じ 5 名のユーザに複数の評価用データを配信サーバからネットワーク経由で配信し、ユーザによる表示性能をユーザの満足度として評価してもらう実験を行った。その結果を図 8 に示す。

ユーザの満足度の算出方法は、基本性能評価の場合と同じ方式とした。



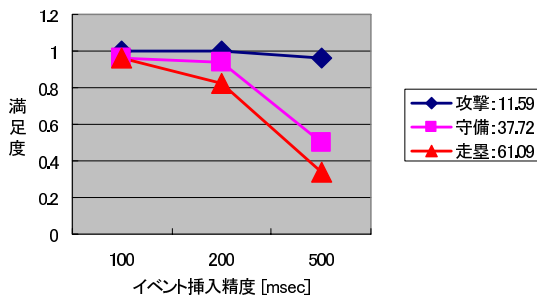


図 8 スポーツ映像に対する評価結果

Fig. 8 Evaluation results for sports video.

## 8. 考 察

7章で実施した評価実験の結果に基づき、実装した拡張イベントモデルの実時間同期性能について考察する。

7章で実施した評価実験では、平均移動速度の異なるオブジェクトを持つ基本評価用データおよびスポーツ映像を対象としてオーサリングソフトウェアを使用してハイパーメディア型の付加情報の設定した異なる同期情報の多重化精度を持つ評価用の映像を準備し、再生ソフトウェアを利用して、その多重化精度と表示性能の関係についての評価を行った。

図7の結果を見ても分かるとおり、本評価実験のユーザの満足度の目標値を0.8とした場合、同期情報の多重化精度が100 msecあれば、対象とするオブジェクトの平均移動速度が最も速い120 ドット/秒のオブジェクトに付加情報を設定して同期配信を行った場合でもその同期表示性能を満たしていることが分かった。一方、200 msec, 500 msecの場合は、オブジェクトの移動速度が速くなるにつれて徐々に対応できなくなることが分かった。

今回の評価実験ではエンコードライブラリはエンコード時に表5に示した圧縮パラメータを使用しており、フレームレートが30フレーム/秒で画面サイズが320×240の映像表示画面を2~3秒程度で横切るオブジェクトに対しても、ほぼ3フレーム単位で同期情報を多重化することにより映像と付加情報の同期配信、表示が十分可能であることが分かった。

基本性能評価の結果をふまえて、図8の結果を見たところ、本評価実験のユーザの満足度の目標値を0.8とした場合、こちらも同期情報の多重化精度が100 msecあれば、対象とするオブジェクトの平均移動速度の最も速い走塁ショットに登場するオブジェクトに付加情報を設定して同期配信した場合でも、十分にその実時間での同期性能を満たしていることが分かった。

以上の理由から、同期情報の多重化精度が100 msecあれば、基本性能としてはフレームレートが最大30フレーム/秒で画面サイズが320×240の映像に対して、平均移動速度が最大120ドット/秒程度のオブジェクトに設定した付加情報の同期配信が可能であることが分かった。また、通常のスポーツ映像に登場するオブジェクトの平均移動速度は最大100ドット/秒程度であることが予想され、本評価システムをスポーツ映像を対象とした映像と付加情報の同期配信サービスに適用することが可能であることが分かった。

## 9. おわりに

本論文では、インターネット映像配信サービスへのハイパーリンク機能の追加を目的としてバナー型、ハイパーメディア付加情報の同期配信を対象サービスとしてシステム要件の検討を行った。

その結果、1)映像の形式や配信方式に依存しない同期方式であること、2)付加情報の使用目的にあわせた同期精度が設定可能なこと、をシステム要件として設定し、それに基づいて拡張イベントモデルを提案、設計し、Windows Media および MPEG-2 TS を対象プラットフォームとしてエンコード/デコードライブラリとして実装した。

実装したエンコード/デコードライブラリのうち Windows Media 版ライブラリを元に評価システムを構築し、その実時間同期性能について評価実験を行った。

評価実験結果について考察を行った結果、対象とする映像配信プラットフォームにおいてイベントの多重化精度が現状の100 msecあれば、スポーツ映像を対象とした映像と付加情報の同期配信サービスに適用可能であることが検証できた。今後は、MPEG-2 TS 版ライブラリを用いた評価システムを構築するとともに、構築したシステムの実用化を行っていく予定である。

謝辞 本研究の一部は、通信・放送機構「通信・放送融合における高品質コンテンツおよび付加情報の配信の実用化に資する技術開発」の一環として実施したものである。

## 参 考 文 献

- 1) 総務省(編):平成15年度版 情報通信白書。  
<http://www.johotsusintokei.soumu.go.jp/whitepaper/ja/h15/index.html>
- 2) W3C HTML Home Page.  
<http://www.w3.org/MarkUp/>
- 3) Fielding, R., Gettys, J., Mogul, J., Frystyk, H., Masinter, L., Leach, P. and Berners-Lee,

- T.: Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1, RFC 2616 (1999).
- 4) Microsoft Windows Media Home page.  
http://www.microsoft.com/windowsmedia/
  - 5) 映像情報メディア学会(編): デジタル放送ハンドブック, オーム社 (2003).
  - 6) 外村佳伸: インタラクティブ映像技術の展望, 電子情報通信学会マルチメディア・仮想環境基礎研究会技術報告 MVE99-69, pp.35–41 (2000).
  - 7) 池田哲夫, 平野泰宏, 湯口 徹, 星 隆司: マルチメディアアプリケーションのデータモデルと開発環境の考察, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.1, pp.2–12 (1999).
  - 8) 高田敏弘, 佐藤孝治, 青柳滋己, 廣津登志夫, 尾内理紀夫: Cmw: 連続メディアと WWW の統合, *Japan WWW Conference'97* (1997).
  - 9) Hirata, K., Hara, Y., Takano, H. and Kawasaki, S.: Content-oriented Integration in Hypermedia Systems, *Proc. Hypertext'96 7th ACM Conference on Hypertext*, pp.11–21 (1996).
  - 10) 阿倍博信, 横里純一, 脇本浩司, 泉 丙完, 厚井裕司: マルチメディア教育を目的とした動画ハイパーメディアシステム: VisualSHOCK MOVIE, 画像電子学会誌, Vol.30, No.5, pp.565–574 (2001).
  - 11) 有川正俊, 村尾真洋, 岡村耕二: 遠隔定点観測カメラを用いた拡張/減少ライブビデオ応用の開発・実験, 電子情報通信学会マルチメディア・仮想環境基礎研究会技術報告 MVE98-96, pp.77–84 (1999).
  - 12) W3C Synchronized Multimedia Home page.  
http://www.w3c.org/AudioVideo/
  - 13) Schulzrinne, H., Casner, S., Frederick, R. and Jacobson, V.: RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, RFC 3550 (2003).
  - 14) 佐藤 純, 橋本浩二, 高坂幸春, 柴田義孝: メディア同期を考慮したマルチメディア転送プロトコル, 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会研究報告 DPS-88-13, pp.73–78 (1998).
  - 15) 端山貴也, 清木 康: 協調型同期方式によるメディア間同期とその実現方式, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.3, pp.704–715 (1998).
  - 16) 阿倍博信, 脇本浩司, 神田準史郎, 重野 寛, 岡田謙一: 自動追跡とマニュアル編集の組み合わせによる動画ハイパーメディアオーサリングの効率化, 画像電子学会誌, Vol.32, No.5, pp.635–644 (2003).
  - 17) 阿倍博信, 泉 丙完, 山田 淳, 松本佳宏, 宮木和徳: 拡張イベントモデルによる映像と付加情報の同期配信システム, 情報処理学会/電子情報通信学会科学技術フォーラム FIT2003, pp.4-95–4-96 (2003).
  - 18) 電波産業会(編): BS/広帯域 CS デジタル放送

運用規定技術資料 ARIB TR-B15 2.9 版 (2004).  
(平成 16 年 5 月 12 日受付)  
(平成 16 年 12 月 1 日採録)



阿倍 博信 (正会員)

昭和 63 年慶應義塾大学理工学部計測工学科卒業。平成 2 年同大学院理工学研究科修士課程修了, 同年三菱電機株式会社入社。以来, グループウェアシステム, マルチメディア応用システムの研究開発に従事。慶應義塾大学大学院後期博士課程在学中。電子情報通信学会, 日本ソフトウェア科学会, 映像情報メディア学会, 画像電子学会, 教育システム情報学会各会員。



福田 雅裕 (正会員)

昭和 35 年生。昭和 60 年東北大学大学院工学研究科電気・通信工学専攻修士課程修了。同年三菱電機株式会社入社。以来, デジタル多重伝送装置, ATM 伝送装置, デジタル放送受信機, HDTV 映像配信システムの研究開発に従事。平成 16 年より知的財産権部門に所属。電子情報通信学会会員。



山田 淳

昭和 46 年九州大学理学部物理学科卒業。同年三菱電機株式会社入社。ビル設備管理, 地下鉄空調制御, 製鉄所圧延プラント制御, 半導体製造プロセス制御等制御用コンピュータシステムの開発に従事。その後, 電力会社向けの業務システム開発, 電力会社向け通信システムの企画・開発に従事。現在, 電力自由化にともなう新事業, ホームネットワークを対象にした需要家サービスシステムの企画・開発推進業務を担当。あわせて, ホームネットワークの通信規格の標準化団体のエコーネットコンソーシアムの普及委員長を担当。



松本 佳宏

昭和40年生。平成元年大阪電気通信大学工学部通信工学科卒業。同年より国際パケット網、ファクシミリ網、フレームリレー、インターネット等のサービス開発に従事。平成13

年より株式会社ケイ・オプティコム。FTTHをはじめとしたブロードバンドインターネットサービスのバックボーンネットワークの設計・構築に従事。



重野 寛 (正会員)

平成2年慶應義塾大学理工学部計測工学科卒業。平成9年同大学院理工学研究科博士課程修了。平成10年同大学理工学部情報工学科助手(有期)。現在、同大学理工学部情報工

学科助教授。工学博士。無線LANの構成法と媒体アクセス制御方式、計算機ネットワークにおけるステーション移動サポート、モバイル・コンピューティング、アクティブネットワーク、遠隔教育システム等の研究に従事。著書『～ネットワーク・ユーザのための～無線LAN技術講座』(ソフト・リサーチ・センター), 『コンピュータネットワーク』(オーム社)等。電子情報通信学会, IEEE, ACM 各会員。



岡田 謙一 (フェロー)

慶應義塾大学理工学部情報工学科教授, 工学博士。専門は, CSCW, グループウェア, コンピュータ・ヒューマン・インタラクション。『ヒューマンコンピュータインタラクション』

(オーム社), 『コラボレーションとコミュニケーション』(共立出版)をはじめ著書多数。情報処理学会誌編集主査, 論文誌編集主査, GW研究会主査等を歴任。現在, 情報処理学会GN研究会運営委員, BCC研究グループ幹事, 日本VR学会仮想都市研究会副委員長。IEEE, ACM, 電子情報通信学会, 人工知能学会各会員。1995年度情報処理学会論文賞, 情報処理学会40周年記念論文賞, 2000年度情報処理学会論文賞受賞。2002年情報処理学会フェロー。