

デジタルサイエンスミュージアムにおける 分散型ビデオクリップオンデマンドシステムの基礎手法

入部 百合絵[†] 安田 孝美^{††}
横井 茂樹^{††} 毛利 勝廣^{†††}

現在の分散環境をふまえたデジタルサイエンスミュージアムにおける、ビデオを利用した教材制作、収集・保管、インターネット上で提供までの一連の作業を相互に連携して、学芸員がそれらの作業をスムーズに行うための研究は行われてこなかった。本研究では(1)学芸員の考えを反映した、ビデオ、説明資料、画像などを組み合わせた教材を容易に作成(2)ビデオおよび関連コンテンツの関係をメタデータ記述言語 RDF (Resource Description Framework) で記述したデータおよびコンテンツのメタデータをデータベース間で交換し、それらのコンテンツどうしを結び付けて提供(3)各データベースから取り出されたビデオクリップと関連コンテンツを適切なタイミングで再生およびまとめるための同期連続再生機能を自動生成する、といった3機能を有するシステムを統合し、学芸員が容易に作業を行うための分散型ビデオクリップオンデマンドシステムを開発した。本研究の有効性を明らかにするために、名古屋科学館の学芸員による実証実験により、システム評価および考察を行った。

Fundamental Method of Distributed Videoclip on Demand in Digital Science Museum

YURIE IRIBE,[†] TAKAMI YASUDA,^{††} SHIGEKI YOKOI^{††}
and KATSUHIRO MOURI^{†††}

Presentations in science museums often need videoclips that are suited to a curator's personal plan. This is not satisfactorily achieved through a video package. Preparing videoclips and related content for presentations from science museum databases and/or distributed databases over the Internet is a difficult task. This is mainly a structure for relating images, pictures and contents with videoclips on Internet. To solve these problems, we have developed functions for creating videoclips that are suitable for a curator's presentation plans. The curators define the videoclip sequences as well as their related content. The information for connecting videoclips and related content are described in RDF (Resource Description Framework) a standardized, interoperable manner. Moreover, to make it easy for curators to use the results at live presentations, we have developed a function that creates synchronous, continuous play automatically. In addition, we had the developed system evaluated by curators.

1. はじめに

インターネットが家庭や教育現場に普及し、活用されるようになった現在、インターネット上における科学館、いわゆるデジタルサイエンスミュージアムの

重要性はますます高まっている。デジタルサイエンスミュージアムにおいて、学芸員はコンテンツ制作、コンテンツの収集・保管、インターネット上で提供といった作業を行っている¹⁾。たとえば、科学的で分かりやすい映像を基に、様々な分野の専門家のコラボレーションによるデジタル教材の開発²⁾や、宇宙現象を可視化するためにCGを作成する³⁾などコンテンツを制作する研究は多く行われてきた。また、彗星や流星群などの映像をライブで発信する実験や、望遠鏡をインターネット上から遠隔操作して天体を観望する研究なども行われている⁴⁾。しかしながら、これらの研究はデジタルサイエンスミュージアムにおける作業の各

[†] 名古屋大学大学院人間情報学研究所
Graduate School of Human Informatics, Nagoya University

^{††} 名古屋大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Science, Nagoya University

^{†††} 名古屋科学館
Nagoya City Science Museum

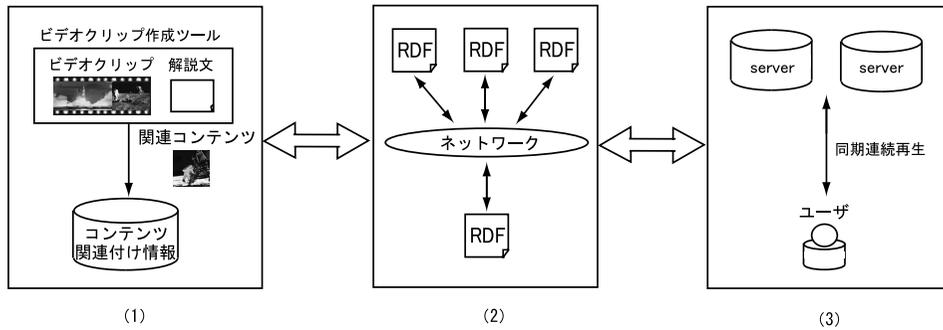


図 1 全体システム図

Fig. 1 Videoclip on demand system.

フェイズを実現するためのものであり、各システムは独立し、データ構造が統一されていないため、学芸員が円滑にしかも効率良く一連の作業を進めることができない。そこで、我々はこれらの作業を相互に連携し、学芸員が一連の作業をスムーズに行うための統合システムを提案する。特に、我々は単に従来のシステムを結合するだけでなく、RDF (Resource Description Framework⁵⁾) を用いてコンテンツのデータ構造を統一することにより、現在の分散環境で開発されたコンテンツの相互利用を容易に実現するためのシステムを開発した。本研究では、全国でも有数の活動を誇る名古屋科学館⁶⁾における天文分野を具体的事例として、実際の科学館の現状を考慮し、学芸員がデジタルサイエンスミュージアムにおける一連の作業を連携して容易に行えるようにするための統合システムを構築する。

以下、2章では、科学館の現状とそれらを解決するためのシステム概要、3章ではビデオクリップを用いた教材コンテンツ作成について、4章ではビデオクリップと関連コンテンツの記述方法ならびにデータ交換方法について記述し、5章でビデオクリップと関連コンテンツの提供方法について述べる。6章では実験概要とシステムの評価について述べ、7章で本論文をまとめる。

2. 科学館の現状とシステム概要

一般の来客者に科学を分かりやすく説明を行っている学芸員は、資料として存在する1本のビデオを使うのではなく、必要な部分のみ(ビデオクリップ)を利用している。そして、各自で作成した説明資料および画像コンテンツなどをビデオクリップと組み合わせたオリジナルな解説用教材を作成している。したがって、学芸員がスムーズにコンテンツを制作するためには、解説時に利用しているビデオクリップ、説明資料、

画像などをコンテンツ制作に利用するための仕組みが必要である。近年、ビデオクリップを作成するため、ビデオを自動分割する研究はされているもの^{7),8)}、それらはニュース、スポーツや料理番組など、シーンの切替わりが比較的はっきりした映像を対象としている。しかしながら、デジタルサイエンスミュージアムで利用される天文現象などのビデオは、全体的に暗く、映し出される星や月などの動きも変化が乏しいため、シーンの自動分割は困難である。

また、ビデオクリップとそれに関連する説明資料および画像を関連付けて管理するためのツールや仕組みがないため、ネットワーク上の各データベースからこれらのコンテンツを容易に組み合わせる抽出することができないといった問題が生じている。特に、科学館ではビデオ以外にも関連する画像や解説用資料などを大量に保有しているが、各々の科学館が所有するサーバ上でコンテンツを管理しているため、コンテンツデータは分散している。これらの状況をふまえると、学芸員や利用者の要求に応じて、ネットワーク上に散在しているそれらのコンテンツを相互に関連付けてまとめて取り出す仕組みが必要である。

通常、科学館では天文現象を分かりやすく説明するために、様々な角度から映し出された動画や画像を同期させながら説明を行っている。しかし、学芸員はこれらを実現するために、関連する動画や画像をコンピュータから探し出し、編集ソフトを用いて手作業で同期設定を行っているため、大変な労力と時間を要している。

そこで本研究では、以下の特徴を有する分散型ビデオクリップオンデマンドシステムを構築した(図1)。

(1) ビデオクリップを容易に生成すると同時に、そのビデオクリップに関連する説明資料、画像を関連付けてデータベースに登録するためのツール。

(2) ビデオクリップおよび関連コンテンツを作成

後、これらの関係をメタデータ記述言語 RDF によって記述したデータを自動的にサーバ間で交換することによって、各サーバに保管されているコンテンツどうしを関連付ける。

(3) 各サーバから関連付けられて取り出されたビデオクリップ、説明資料、画像を、ビデオクリップの適切なタイミングで再生およびまとめるための同期連続再生を自動生成するための機能。

以降、システムの各機能の詳細について述べていく。

3. ビデオクリップを用いた教材コンテンツの作成

本章では、ビデオクリップを作成し、それに適した解説資料や画像を関連付けるためのツールについて述べる。

3.1 ビデオクリップ作成

図 2 にビデオクリップ作成の登録例を示す。この例は、日本の宇宙開発に関するビデオを指定し、再生が行われている様子を示している。ビデオからビデオクリップを抽出するためには、学芸員がビデオを視聴しながら、目的に合ったビデオクリップの開始時刻と終了時刻を、簡単な操作で瞬時に指定のできる機能が必要である。そのため、シーンの前後で「in」「out」ボタンをクリックすることによって、シーンの開始時刻と終了時刻が自動的に読み取られ、ビデオクリップが切り出される機能を持たせた。また、解説内容によって必要なビデオクリップが異なるため、ビデオクリップを容易にしかも再利用しやすい形で作成する仕組みが必要である。しかし、物理的に分割してしまうと、ビデオクリップを作成するたびに、フォーマットなどの編集に多くの時間を費やしてしまうため再利用に不向きである。それゆえに、ビデオクリップ作成には物理的な分割を行わずに、開始時刻と終了時刻のデータによってビデオクリップを作成する。

3.2 タイトル、関連コンテンツの登録

図 2 の例では、日本の宇宙開発のビデオから、H-II 打上げのビデオクリップを作成しているため、図中 (b) のタイトル欄には「H-II 打上げ」が表示されている。しかし、学芸員によっては、同種のビデオクリップに対しても、異なるタイトルを記入する場合や、過去に付与したタイトルを参考にしたいという要望があるため、登録済みのタイトルリストを一覧表示する機能を設けた。これは、学芸員によるタイトルの付与の違いから発生する検索漏れを解決する手助けともなる。また、解説情報に関しても、学芸員から過去に登録した解説情報を参考にしながら入力を行いたいという要望



図 2 教材作成のためのインタフェース画面
Fig. 2 Interface for videoclip generation.

があったため、検索機能を設け、登録済みの解説情報の中から必要な解説情報を表示する機能を持たせた。一方、関連コンテンツとは、学習対象のビデオ映像に対して、付加的に与えられるように、学芸員が解説用に利用する動画や画像を意味している。特に、学芸員自らが編集ソフトなどで加工したオリジナルな素材も含まれているため、学芸員が解説内容に応じて登録作業を行う。図 2 (c) は、関連コンテンツの登録画面を示している。

3.3 メタデータの作成

登録したビデオクリップや解説情報、関連コンテンツなどのデジタルデータを有効に利用し、学芸員の作業を手助けするためには、コンピュータによる知的処理が有効である。コンピュータがそのような処理を行うためには、登録したビデオクリップに関するデータ、つまりメタデータを定める必要がある。ビデオクリップのメタデータには、URL、開始時刻、終了時刻、タイトルなどが考えられるが、コンピュータが目的に合ったビデオクリップを検索するための情報の 1 つとしてキーワードも必要である。そのキーワードを抽出するために、本研究では、ビデオクリップのタイトルだけではなく解説情報も利用する。解説情報にはそのビデオクリップに関連する大事な要素も含まれているため、より多くの重要なキーワードを抽出することができると考えられる。キーワード抽出方法は、入力されたタイトルと解説情報から、茶釜⁹⁾を用いた形態素解析によって形態素の列に変換し、取り出した名詞をキーワードとして扱う。次に、より解説テーマに合った検索を行うため、解説テーマとビデオクリップのキーワードの適合率を算出することが考えられるが、その適合率を計算するため TF-IDF¹⁰⁾ を用いてキーワードの重み (tf) を計算する。キーワードが抽出さ

れると同時に、ビデオクリップのメタデータおよび解説情報、関連コンテンツの関係は、自動的に RDF 形式で記述される(図3)。記述方法の詳細については次章で述べる。

4. ビデオクリップおよび関連コンテンツの記述方法

本章では、ビデオクリップおよび関連コンテンツを管理および収集するため、それらの関係とメタデータを RDF で記述し、各種データベース間で RDF ファイルを交換する。

4.1 有向グラフによる関連付けと記述

RDF はメタデータの枠組みを提供し、その構文は W3C によって開発された標準言語 XML (eXtensible Markup Language)¹¹⁾ に従っている。基本的なデータモデルは、有向グラフによって表現され、リソース (Web Resource) に対しプロパティ (Property) とそ

の値であるプロパティ値 (Value) を設定し、リソース、プロパティ (属性)、プロパティ値をひとまとまりとして構成する。このように、リソースの属性とリソース間の関連を、有向グラフを用いて明確に表現することができる。一方、メタデータを記述するための技術として汎用的なマルチメディア内容記述言語 MPEG7¹²⁾ があるが、本研究では、メタデータだけではなくビデオクリップと関連コンテンツを関連付け、利用することが重要であるため、その関係を明示的に記述し、コンテンツどうしをリンク付けることを可能にする RDF を利用した。ビデオクリップのメタデータや関連コンテンツとの関係を記述するために設定したプロパティを表1に示す。また、このプロパティ名を使って表現した有向グラフの例を図4に示し、その記述例を図5に示す。

図4中の長方形枠(a)内(以降、図4(a)と呼ぶ)は、前章で作成したビデオクリップに対するメタデータ、解説情報、関連コンテンツを示している。この例は、元のビデオの URL 「space.rm」に対して、開始から13秒 (start_time) ~ 38秒 (end_time) までのシーンをビデオクリップとした場合である。ビデオクリップの

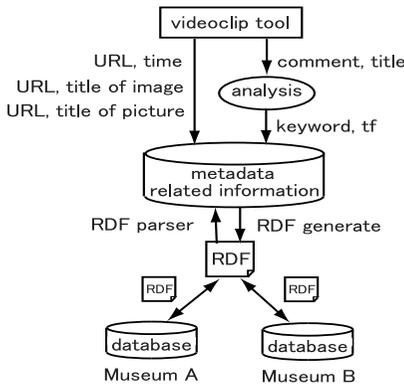


図3 RDF 作成のための処理手順
Fig. 3 Process for RDF generation.

表1 プロパティ名のリスト
Table 1 List of property.

プロパティ	説明
URL	ビデオクリップの URL
start_time	ビデオクリップの開始時刻
end_time	ビデオクリップの終了時刻
title	ビデオクリップのタイトル名
tf	キーワードの重み
comment	ビデオクリップの解説情報
image	ビデオクリップに関連する動画
picture	ビデオクリップに関連する画像

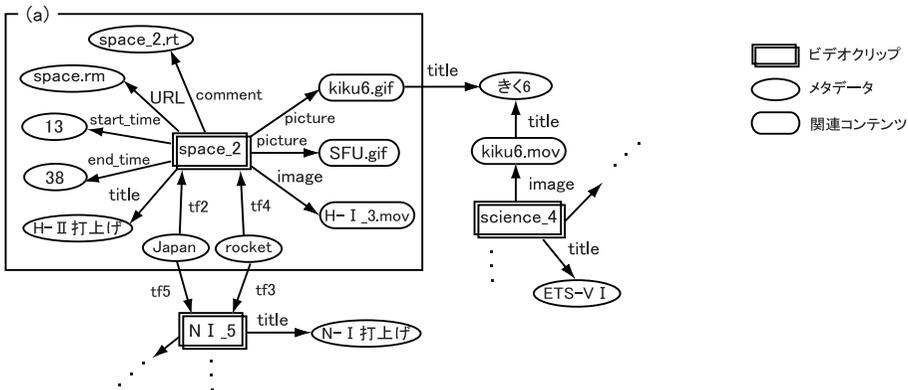


図4 有向グラフの例
Fig. 4 Example of labeled graph.

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-
rdf-syntax-ns#"
xmlns:s="http://description.org/schema/">
<rdf:Description about="Japan">
<movie:tf2>
<rdf:Description about="space_2">
<URL> rtsp://www.com/space.rm </URL>
<title> H-II 打上げ </title>
<Start_time> 13 </Start_time>
<End_time> 38 </End_time>
<comment> space_2.rt </comment>
<image> H-L3.mov </image>
<picture> kiku6.gif </picture>
<picture> SFU.gif </picture>
</rdf:Description>
</movie:tf2>
</rdf:Description>
.
.
</rdf:Description >
</rdf:RDF >

```

図 5 RDF 記述例

Fig. 5 RDF description.

ファイル名は、「space_2」と付与されている。またこれは、キーワード「Japan」に対する重みが2であり、キーワード「rocket」に対する重みは4のビデオクリップである。タイトル(title)は「H-IIの打上げ」と付けられ、解説情報(comment)は「space_2.rt」のファイルに記述される。また、関連コンテンツとして、動画(image)「H-L3.mov」と画像(picture)「kiku6.gif」「SFU.gif」が記述される。特に、ビデオクリップから矢印とプロパティによって方向付けられているので、ビデオクリップ「space_2」のタイトルは「H-IIの打上げ」であり、関連動画は「H-L3.mov」、関連画像は「kiku6.gif」「SFU.gif」であると明示的に記述できる。

4.2 RDF データ交換と解析

関連付けられたビデオクリップ、解説情報、関連コンテンツを科学館内外の各種データベースが所有するコンテンツとつなぎ合わせることにより、解説テーマに合ったコンテンツをネットワークに散在するデータベースから抽出し、組み合わせて提供することが可能となる。そのためには、作成されたRDFファイルは各種データベース間で交換および解析され、その内容

を共有する必要がある。したがって、本研究はRDFファイルを定期的に各データベース間で交換した後、RDFパーサ¹³⁾を利用してこれらのファイルを解析する。まず、RDFファイルがネットワーク上のデータベースに送信されると、RDFパーサがファイル内容を解析する。RDFパーサは、記述されているリソース、プロパティ、プロパティ値の3つの関係から、リソースであるビデオクリップや、そのビデオクリップにどのようなコンテンツやデータが関連付けられているのかを検索し、それらのデータを取り出す機能を有する。図4(a)では、パーサにビデオクリップ「space_2」に関連する動画や画像を検索するように命令すると、そのビデオクリップの矢印のプロパティから、picture(関連画像)とimage(関連動画)を探し出し、その矢印先のデータ「H-L3.mov」、「kiku6.gif」、「SFU.gif」をプロパティとともに取り出す。また、パーサは交換したRDFファイルにそれぞれ記述されているリソースどうしのノードをつなぎ合わせる機能も有している。つまり、各データベースが所有するビデオクリップや関連コンテンツどうしを関連付けることができる。科学館が所有するRDFファイルの有向グラフと科学館外のデータベースから取り出したRDFファイルの有向グラフがつなぎ合わされた様子を図4に示す。この例では、図4(a)は科学館が所有するRDFファイルに表現された有向グラフを示しており、科学館外のデータベースから取り出したRDFファイルに記述されているビデオクリップや関連コンテンツ情報が、矢印とプロパティによってつなぎ合わされている。科学館外のデータベースが所有しているビデオクリップ「ETS-VI(日本の人工衛星)」は関連動画としてタイトル「きく6号」ファイル名「kiku6.mov」を所有しているが、その関連動画「きく6号」は図4(a)で示したビデオクリップ「H-II打上げ」の関連画像「きく6号」とつなぎ合わされる。これによって、ビデオクリップ「H-IIの打上げ」が検索されるとその関連動画として「きく6号」「ETS-VI」も表示されるようになる。このように、科学館内外のデータベースから、目的に合った関連コンテンツをスムーズに組み合わせ取り出すことができるため、科学館が所有していないコンテンツも、学芸員は解説テーマに合わせて利用することができる。一方、ビデオクリップのキーワードはその内容を表す大事な要素であるため、キーワードが一致するビデオクリップどうしは関連性が高いと考えられる。そのため、キーワードが一致しリンク付けられたビデオクリップは関連動画として表示される。たとえば、図4(a)のビデオクリップ「H-II打上げ」

のキーワード「rocket」「Japan」と、交換した RDF ファイルに記述されているビデオクリップ「N-I 打上げ」のキーワードが共通しているため、ビデオクリップ「H-II 打上げ」と「N-I 打上げ」はキーワードを介してつなぎ合わされ、ビデオクリップ「H-II 打上げ」の関連動画として「N-I 打上げ」も表示することになり、幅広いコンテンツを得ることができる。

5. ビデオクリップおよび関連コンテンツの提供方法

本章では、ビデオクリップや解説情報をどのように組み合わせて提供し、画面上に表示するのかについて述べる。

5.1 検索結果の表示方法

近年、ブロードバンド化によってビデオだけではなく様々なマルチメディアデータを組み合わせて提供するための仕組みが提案されている¹⁴⁾。本論文においても、ビデオクリップ、解説情報および関連コンテンツなど様々な種類のコンテンツを表示させる必要がある。そこで、本研究では、以下の特徴および機能をもつ検索結果の表示を行った。

- (1) 同期連続再生機能
- (2) HTML+SMIL による実装および表示までの処理手順

(3) 検索結果の編集機能

以下に、これらの特徴および機能についての詳細について述べていく。

5.2 同期連続再生機能

検索結果であるビデオクリップは 1 つ 1 つの時間が短く、大量に検索される可能性が考えられる。そのため、学芸員が検索結果リストからビデオクリップを 1 つずつ選択して再生させるといった手間を省き、効率良く視聴するための工夫が必要である。また、ビデオを用いた展示などでは、学芸員が常時その場で解説を行うわけではないため、自動的にビデオクリップと解説情報を繰り返し流す仕組みが考えられる。そこで、本研究では、検索されたコンテンツを同期連続再生させることによりこれらの問題を解決する。同期連続再生とは、検索されたビデオクリップとそれに付随した解説情報、関連コンテンツを同期させながら、途切れることなく連続的に再生することである(図 6)。同期連続再生させることにより、検索されたすべてのビデオクリップをまとめて見ることができ、効率的に検索結果を視聴することが可能である。また、同期連続再生により、検索されたビデオクリップがつなぎ合わされるため、解説テーマに合ったオリジナルビデオを

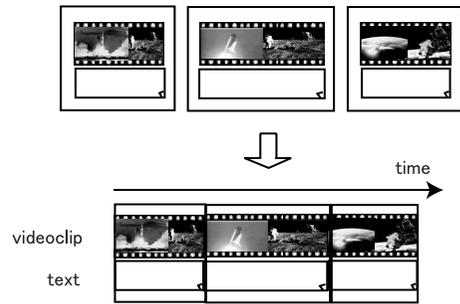


図 6 同期連続再生方式

Fig. 6 Continuation play with synchronization.

作成することが可能である。

5.3 実装技術および表示までの処理手順

同期連続再生を行うための技術として W3C が提供する SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language)¹⁵⁾ がある。SMIL は現在利用が進んでおり、XML をベースとした言語と統合されている。通常、SMIL で記述されたコンテンツは RealPlayer 上で再生される。しかし、RealPlayer は手動によるスクロール機能を有さないといった問題やレイアウトの自由度が低く、フレームなどの機能を持たないといった問題がある。本研究ではビデオクリップだけではなく、解説情報、関連コンテンツなども表示させるため、それらのコンテンツを見やすく表示するための工夫やスクロール機能が必要である。また、5.4 節で述べるように、検索結果のビデオクリップを削除する機能や再生順序を変更させる機能を設けるため、ブラウザ上で検索結果を表示させる必要がある。したがって、本研究では、SMIL をブラウザ上で機能させるため、Microsoft が提供する HTML+SMIL (Timed Interactive Multimedia Extensions)¹⁶⁾ を利用する。HTML+SMIL は、HTML に SMIL を記述するタイムコントロール機能を追加し、ブラウザで SMIL 相当の機能を実現する。本システムでは、HTML+SMIL について知らない学芸員も簡単に利用できるようにするため、HTML+SMIL の記述は自動的に行う。次にユーザに表示されるまでの処理手順を図 7 に示す。RDF ファイル (RDF document) のデータ交換より蓄積されたビデオクリップのインデックスおよび重みから解説テーマに合ったビデオクリップを検索する。このとき、より解説テーマ (query) に合った検索が行えるように、重み (tf list) を基に質問行列 (query word) とビデオクリップのインデックスとの適合率が計算される (Search Engine)。次に、検索されたビデオクリップの URL、開始時刻、終了時刻、解説情報、関連コンテンツ (result list) が HTML+SMIL

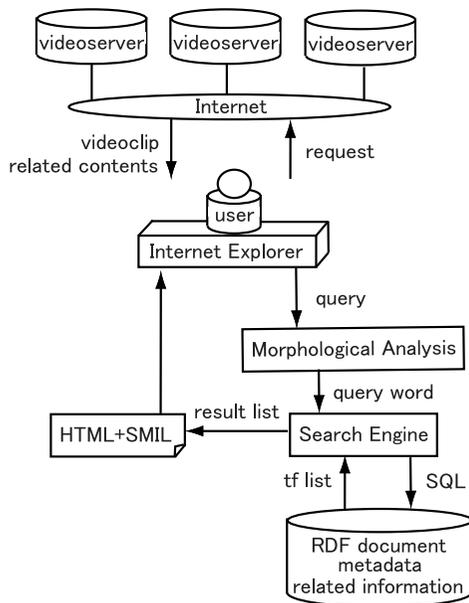


図 7 結果表示までの処理手順

Fig. 7 Architecture of search result process.

形式で記述され、ブラウザ上でビデオクリップおよび関連コンテンツなどが再生、表示される。このとき、解説文および関連コンテンツを表示するタイミングは、HTML+SMIL 中のビデオクリップの開始時刻および終了時刻より計算され、同期再生が行われる。

表示される関連コンテンツはビデオクリップに直接関連付けられている動画や画像だけではなく、4.2 節で述べたように RDF のノードのつながりから判断された動画や画像も含まれる。このとき、結果として記述されたビデオクリップ、解説情報、関連コンテンツは科学館内外のデータベースが所有するコンテンツが組み合わせられたものであるため、HTML+SMIL に記述された URL を基に各サーバに要求が出され、ユーザに配信される。これらの一連の処理はすべて自動的に行われるため、学芸員による作業を最小限に抑えることができる。

5.4 検索結果の編集機能

ビデオ検索の研究はさかに行われているが^{(17),(18)}、ユーザの条件に合った結果を自動的にすべて検索することは現在でも困難である。特に、ビデオクリップを再生する順序に関して、学芸員の検索条件とビデオクリップとの適合率を計り、その率に応じて順序を決定しているが、その順序は学芸員の解説計画に合った順序ではないことも多い。たとえば、星座の解説の順序は月日順である場合や、星座の大きさの順序である場合など、解説の目的によって異なる。したがって、す

べてを自動的に行うのではなく、学芸員が検索結果を簡単に編集することができるような仕組みを設けることも必要である。本システムでは同期連続して再生される結果のビデオクリップを視聴しながら、学芸員の解説目的に応じた判断により、検索されたビデオクリップを簡便に削除する機能や結果の順序を変更するための編集機能を設けた。特に、この機能は検索結果画面に設けられているため、ビデオクリップを視聴中でも容易に編集することが可能である。また、削除および順序変更を行うと、その変更内容がサーバに送信され、サーバは変更内容を基に結果を書き換え、再び配信するため、学芸員はその場で瞬時に変更結果を確認することができる。

6. 実験概要とシステム評価

本章では、構築したシステムを実際に実験した環境とその動作例を示す。

6.1 利用データとシステム構成

6.1.1 ビデオ内容

- 1本につき約 30 分からなる 6 本のビデオを用いた。これらの内容は、日本、米国、旧ソ連、ヨーロッパなどの宇宙開発に関するビデオである。
- カット検出が行いやすいニュース映像などとは異なり、シーンの切れ目がはっきりしないビデオ映像である。また、宇宙遊泳など動きがスローで変化がほとんどないシーンも多く含まれる。
- ナレーションがほとんど入っていないため、ナレーションを解説情報として利用することは難しい内容である。

6.1.2 システム構成

- ビデオクリップ作成画面の検索、参照および開始時刻と終了時刻の読み取りは JavaScript で実装を行った。特に、ビデオの開始時刻と終了時刻の読み取りに関しては、RealNetworks 社が RealPlayer の拡張機能を提供し、実装には JavaScript を指定しているためこれを利用した。他の機能はすべて Perl による CGI として稼動している(図 1(1))。
- RDF ファイル交換の実験は、大学内にある 2 台のサーバと名古屋市科学館が所有するサーバ間で行った。各データベースには、合計 6 本のビデオが散在しており、それぞれのビデオから作成した計 130 個のビデオクリップのメタデータ、解説情報、関連コンテンツの情報を RDF 形式で記述した。RDF ファイルは各データベース上より 3 つ作成され、それらをファイル交換に利用した。ビデオクリップや解説情報、関連コンテンツなど



図 8 結果画面の例

Fig. 8 Example of search result.

の情報を変更すると、そのつど RDF ファイルも変更されるため、RDF ファイル交換は各種データベース間で定期的に行うように設定した。定期的なファイル交換は、Linux の crontab によるスケジューリング設定を行うことによって実現した (図 1(2))。

- ストリーミング配信を行うため、Web サーバとして利用した Linux 上に RealServer を設定し、VOD システム (Video On Demand) を構築した。元となるビデオデータは、ビデオクリップ作成時にローカルのコンピュータから RealServer 上にアップロードされるため、すべてのビデオクリップはストリーミングで配信される (図 1(3))。

6.2 動作例

検索結果を表示するためのユーザインタフェース例を図 8 に示す。これは、検索条件「日本の人工衛星」に関する結果である。右上フレームには、検索結果であるビデオクリップ、解説情報が表示されている。左フレームには、検索されたビデオクリップのタイトル名、および関連動画、画像のタイトル名が表示されている。右下フレームには検索されたビデオクリップの削除および再生順序の変更を行うための編集画面が表示される。このとき、検索結果の 9 つのビデオクリップと解説情報が同期をとりながら連続して再生される。ビデオクリップに関連するコンテンツを視聴するためには、左フレームに表示されている動画および画像のタイトル名をクリックすると別ウィンドウが開き、それらの関連コンテンツが再生または表示される。図 8 では、「技術試験衛星 VI 型」の関連動画「H-II 打上げ」が再生されている。また、検索結果の編集機能によってビデオクリップの再生順序および削除が行われた。解説テーマは「日本の人工衛星」であるが、最初

に人工衛星の役割や歴史に触れた後、具体的な衛星について解説を行うため、ビデオクリップ「人工衛星の役割」「人工衛星の歴史パネル」が 1 番目と 2 番目に変更され、その後実際に人工衛星についてのビデオクリップが順序付けられた。このとき、編集機能の画面も、変更されたビデオクリップ順に並べ替えられるため、編集を更に行いたい場合は、再度変更可能である。このように、編集機能を用いれば、何度も変更することが可能であり、変更結果もその場で視聴することができるため、学芸員の解説テーマに合ったオリジナルビデオを簡単にしかも瞬時に作成することができる。

6.3 システムの評価と考察

分散型ビデオクリップオンデマンドシステムを構成する 3 機能に関する各々の評価と考察を以下に示す。

6.3.1 ビデオクリップ作成ツール

(1) ビデオクリップ作成ツールの作業効率

ビデオクリップ作成ツールの作業効率を検証するため、具体的な展示コーナーを例にツールを利用する場合と利用しない場合を比較する。名古屋科学館で行われている「宇宙を見る」というコーナーでは、数個のビデオクリップを連結させ、それらを繰り返し流している。この作業を行うためにはまず VHS テープを視聴し必要なシーンの時間をチェックし、その 1 つ 1 つシーンを別のテープにコピーする。そして最終的に複数のビデオクリップを 1 本の VHS テープに解説文を付与しまとめる作業を行っている。実際には、数十秒からなる 1 個のビデオクリップを作成し解説文を付与するために、平均 32 分ほどの時間を要した。加えて、それらのビデオクリップに関連する動画や画像を同期再生させる場合は、必要な素材を VHS テープやコンピュータから探し、コンピュータ上で編集作業を行うため、約 35 分から 1 時間ほどの時間を費やした。一方、本システムを用いて、学芸員は約 10~50 秒からなるビデオクリップを作成したが、1 個のビデオクリップを作成するのに要した時間は平均 7 分である。これはビデオクリップ作成だけでなく解説情報およびビデオクリップに関連するコンテンツの情報を入力する時間も含んでいる。したがって、1 個のビデオクリップを作成するだけでも、本システムを用いる場合は約 4 分の 1 以下に時間を短縮することができる。さらに、関連コンテンツを加える作業も考慮すると約 5 分の 1 から 8 分の 1 に時間が短縮されたことになる。

(2) タイトル、解説情報の表示機能

タイトルや解説情報の表現が入力する学芸員によって変わってしまう問題があった。そのため、コンテンツを検索する場合、タイトルや解説文が人によって異なる

るため、必要なコンテンツを探し出すのに長時間かかる場合が数多くあった。

そこで、「タイトルならびに解説情報の表示機能の有用性について」という質問に対し、学芸員に5名に自由回答形式によるアンケートを行ったところ、「過去に付与したタイトルや解説情報を表示することによって、表記を揃えることができるため、学芸員による表記違いを解消することができ、必要な資料を効率良く探すことができるようになった」という評価を得た。また、「過去に記述したタイトルや解説情報を容易に表示するための機能を設けたため、参考資料を探す手間が省け、記述しやすしい」という評価も得た。また、「タイトルをカテゴリ別に分ける場合が多い」という意見を得たので、今後は学芸員が用いるカテゴリにタイトルを分ける機能を設けることにより、より効率良くタイトルを分類および検索することが考えられる。

6.3.2 RDF 作成およびファイル交換

(1) RDF による関連付け

各サーバには131個のビデオクリップと関連コンテンツが存在していたが、交換したRDFファイルを基に、RDFパーサによってビデオクリップと関連コンテンツがそれぞれ結合され、16グループの塊に分けられた。1グループには3個から15個のビデオクリップが各々つなぎ合わされている。関連コンテンツもビデオクリップに合わせて関連付けられた。これは、ビデオクリップに関連付けられていた動画や画像が他のビデオクリップなどに関連付けられてグループ化されたことを示している。したがって、散在していたビデオクリップや動画、画像などが、それぞれの内容に合ったコンテンツとつなぎ合わされたため、学芸員および学習者の目的に合ったコンテンツを幅広く収集することが可能となった。また、科学館で学芸員の解説を視聴後、学習者はインターネットにより、興味のある内容のビデオおよび関連コンテンツを容易に得ることができ、効果的に視聴および学習することができる。また、実験を行ったすべての学芸員はRDFを記述した経験がないがRDFファイルはビデオクリップ作成ツールと連携し、コンテンツのメタデータなどを基に自動的に生成されるため、学芸員がRDFについて知らなくてもビデオクリップおよび関連コンテンツの関連付け作業が行われる。それゆえに、学芸員は簡便に必要なコンテンツを外部のデータベースから組み合わせて抽出することができる。

(2) プロパティの汎用性

実験で利用したビデオは宇宙開発に関する内容であったが、本提案で定義したプロパティはデジタルサイエ

ンスミュージアムで扱っているその他のテーマのビデオにも対応することが可能である。それは、科学館で利用されている様々な分野のビデオ内容を基に学芸員に相談し、必要なプロパティを定義しているからである。たとえば、解説時にビデオだけではなく関連コンテンツも利用することは、様々なテーマにおいて共通することであるため、関連コンテンツのプロパティは汎用性のあるものである。また、将来デジタルサイエンスミュージアムだけではなく、他のデジタルミュージアムとの連携も考えられるが、もしその場合にプロパティの拡張が必要であっても、RDFスキーマにプロパティを追加することにより、自動的にRDFパーサはスキーマを基に関連付け作業を行うため、その場合も同様に本システムを利用することができる。しかしながら、新しく追加したプロパティを利用して本システムとは異なる検索方法ならびに提供方法を追加する場合、そのような機能を容易に拡張する仕組みが必要である。今後、そのような場合にも対応するためのプラグインも考慮していく予定である。

今回、RDFファイル交換の実験は、名古屋大学と名古屋市科学館が所有するデータベース間で行ったが、本システムは汎用的な仕組みになっているため他の科学館でも利用できる可能性が考えられる。したがって、賛同を得られれば、他の科学館を含めたデータベース間で同じ仕組みを稼働し、さらに多くのコンテンツを組み合わせ有効利用できる発展性を有している。

6.3.3 ビデオクリップおよび関連コンテンツの提供手法

(1) 学芸員による評価

実際に学芸員は解説テーマを入力し、同期連続再生機能を有する本提供システムを視聴した。その後、学芸員学芸員5名に自由回答形式によるアンケートを行った。

「関連コンテンツと同期連続再生を組み合わせた再生方法の有用性」という質問に対し、「解説や展示の説明時には1つの動画や画像だけではなく、数個の動画や画像を同期させながら説明を行っているため、関連した動画などをリンク付けそれらを自動的に同期させる機能は大変便利であり、作業負担を軽くすることができた」という評価を得た。学芸員はこれらを実現するために、編集ソフトを利用し手作業で同期設定を行っていた。本システムはビデオクリップを作成すると同時に関連した動画や画像をリンク付け、自動的にそれらを同期再生させる機能を有しているため、手作業にかかる時間を排除し、大変効率良く作業を行うことができる。また、学芸員から「以前の展示ビデオは

表 2 学習者による表示方法の評価
Table 2 Evaluation of interface by users.

内容	評価
関連コンテンツ提供による学習効果の有意性	3.2
同期連続再生機能の有効性	4.6

連続的に再生を行うだけであったため来館者が操作を行うことは不可能であったが、本システムは同期連続再生の途中においても、前戻りや関連コンテンツの選択および再生を行えるため、来館者への興味および学習の向上が期待される”という評価も得た。このとき、RDF によって関連付けられた外部データベース上のコンテンツも同時に組み合わせることができるため、分散している関連コンテンツどうしも容易に同期連続再生させることが可能である。

「同期連続再生機能によってつなぎ合わされたビデオクリップを並べ替え・削除する機能の有効性」という質問に関して、“再生順序を変更するたびに再度ビデオテープに書き直しを行っていたが、本システムを利用すれば Web 上で容易に変更が可能であるため、大幅に作業時間を軽減することができ、実用性においてきわめて有効である”という評価を得た。学芸員は解説内容に合わせてビデオクリップの並べ替えや同期させる関連コンテンツを入れ替える作業を何度も行っているが、そのつどコンピュータ上で再編集しテープに書き出す作業が必要であった。本システムでは、検索されたビデオクリップの順序をブラウザ上で矢印ボタンにより容易に変更し、瞬時に再編集した結果を同期再生することが可能であるため、大変効率良く編集作業を行うことができる。

(2) 学習者による評価

提供方法に関する評価は、学芸員だけではなく、実際にコンピュータを通して学習および閲覧を行う学習者による評価も必要であるため、大学院生および大学生 16 名を被験者として、5 段階評価によるアンケートを行った。アンケート項目を以下に示す。

関連コンテンツ提供による学習効果の有意性 関連コンテンツを提供することによる学習効果はあるか。
同期連続再生機能の有効性 同期連続再生機能によってビデオクリップ、関連コンテンツを表示することは妥当であるか。

被験者は今回のシステムで作成された宇宙開発についてのオリジナルビデオを視聴後、各人の興味を持った内容の関連コンテンツを選択し閲覧した。アンケート結果を表 2 に示す。関連コンテンツの評価がそれほど高くなかったのは、今回の実験は基礎実験のため十分なコンテンツを用意できなかったためである。今後は、

より充実したコンテンツを含むサーバ間で複数の学芸員に継続的に利用してもらい、機能の向上を図っていく。また、同期連続再生に関する評価は比較的良かった。同期連続再生を行わない場合、ビデオクリップと関連コンテンツを表示するタイミングが一致しないため、関連コンテンツがどのビデオクリップに関するものであるのか理解できないという意見が大半であった。したがって、ビデオクリップだけでなく関連コンテンツを同時に表示させる場合、同期連続再生が有効であることが確認された。

7. おわりに

本論文では、分散環境においてビデオを利用したコンテンツ制作、管理、教育利用までの機能を相互連携し、学芸員がこれらの一連の作業をスムーズに行うための分散型ビデオクリップオンデマンドの基礎手法を開発した。分散型ビデオクリップオンデマンドシステムの特徴として以下のことがあげられる。

- 学芸員の考えを反映するためにビデオクリップを手動で作成すると同時に、関連する説明資料、画像、それらのメタデータを一緒に組み合わせてデータベースに登録する。
- 従来の VOD のように、ビデオだけ配信するのではなく、RDF のリンク付けによってその関連するコンテンツおよび解説情報をネットワーク上から組み合わせて提供する。
- 解説情報、関連コンテンツをビデオクリップの内容に合わせたタイミングでまとめて表示させる同期連続再生を HTML + SMIL により自動的に生成する。

本システムを科学館での実証実験により、学芸員から実用性があるという評価を得ることができた。しかしながら、学芸員の表記の違いから生じる検索漏れに関する対策の 1 つとして、タイトル、解説情報の履歴を表示する機能を持たせたが、シソーラスやオントロジーを取り入れるとさらに表記違いの発見につながると考えられるため、これらの導入を検討している。また、有向グラフでリンク付けられた関連コンテンツが、ビデオクリップに対してどの範囲まで有効であるのかの検証を、実験評価に基づいて行っていく。

謝辞 本研究を進めるにあたり、実験用のビデオを提供していただくとともに、実証実験をしていただいた名古屋市科学館の天文係の皆様へ感謝する。なお、本研究の一部は文部科学省科研費（財）中電基礎研究所研究助成および科学技術融合振興財団の助成による。

参 考 文 献

- 1) 博物館法, 第二条, 法律第 285 号 (1951).
- 2) 毛利勝廣, 鈴木雅夫, 野田 学, 北原政子: プラネタリウムでのインターネットや C.G. の活用, 情報文化学会論文誌, Vol.4, No.1, pp.69-75 (1997).
- 3) 東海彰吾, 安田孝美, 横井茂樹, 鳥脇純一郎: C.G. アニメーションを用いた宇宙現象のインタラクティブな可視化システムとシューメーカーレビー第 9 彗星の木星衝突現象への適用, 日本テレビジョン学会論文誌, Vol.49, No.10, pp.1305-1314 (1994).
- 4) Educational activities Using the Internet at Misato Observatory, *Proc. Misato International Symposium 1998 on Astronomical Education with the Internet* (1998).
- 5) Swick, R.R.: RDF Model and Syntax Specification W3C Recommendation.
<http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax>
- 6) 名古屋市科学館: 名古屋市科学館事業概要, 名古屋 (2002).
- 7) Ariki, Y.: Multimedia Technologies for Structuring and Retrieval of TV News, *News Generation Computing*, Vol.18, No.4, pp.341-358 (2000).
- 8) 河合吉彦, 馬場口登, 北橋宏忠: 放送型スポーツ映像におけるデジタルビデオ効果に着目したリブレイション検出の一手法, 信学論 D-II, Vol.J84-D-II, No.2, pp.432-435 (2001).
- 9) 松本裕治, 北内 啓, 山下達雄, 平野善隆, 今 一修, 今村友明: 日本語形態素解析システム「茶筌」(2003).
<http://chasen.aist-nara.ac.jp/>
- 10) Spark, J.K.: A statistical interpretation of term specificity and its application in retrieval, *Journal of Documentation*, pp.11-21 (1972).
- 11) Bray, T.: ExtensibleMarkupLanguage (XML) 1.0 (1998). <http://www.w3.org/TR/1998/REC-xml-19980210>
- 12) Martinez, J.M.: MPEG7 (2002).
<http://www.mpeg-industry.com>
- 13) Profium, Leader in XML and RDF Metadata Based Content Management (2000).
<http://www.profium.com/>
- 14) Microsoft: SAMI (Synchronized Accessible Media Interchange).
<http://www.microsoft.com/japan/enable/products/multimedia.htm>
- 15) Hoschka, P.: Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL) 1.0 Specification.
<http://www.w3.org/TR/REC-smil/>
- 16) Microsoft: HTML+SMIL (Timed Interface Multimedia Extensions).
<http://msdn.microsoft.com/workshop/>

Author/behaviors/time.asp/

- 17) Hauptmann, A.G. and Wactlar, H.D.: Indexing and Search of Multimodal Information, *Proc. ICASSP'97* (1997).
- 18) Boreczky, J.S. and Rowe, L.A.: A Comparison of Video Shot Boundary Detection Techniques, *Journal of Electronic Imaging*, Vol.5, No.2, pp.122-128 (1996).

(平成 15 年 6 月 26 日受付)

(平成 16 年 1 月 6 日採録)



入部百合絵

1999 年名古屋工業大学工学部生産システム工学科卒業。2001 年名古屋大学大学院人間情報学研究所修士課程修了。現在, 同大学院人間情報学研究所博士課程在学中。オンライン教育, デジタルミュージアムに関する研究に従事。電子情報通信学会, 人工知能学会各会員。



安田 孝美 (正会員)

1987 年名古屋大学大学院博士課程 (情報工学) 修了。同年同大学助手。1993 年同大学情報文化学部助教授。2003 年同大学大学院情報科学研究科教授となり, 現在に至る。この間, 1986 年日本学術振興会特別研究員。CG, VR の基礎手法とその各種応用に興味を持つ。最近ではネットワークを利用したマルチメディアに CG, VR の新たな可能性を求めて研究を行っている。1989 年市村学術貢献賞, 1994 年科学技術庁長官賞, 1998 年本会坂井記念特別賞各受賞。1998 年 6 月~1999 年 5 月本会論文誌編集委員会応用グループ主査。電子情報通信学会, 教育システム情報学会各会員。



横井 茂樹(正会員)

1977年名古屋大学大学院工学研究科博士課程修了。博士(工学)。1977年同大学助手,1978年三重大学助教授,1982年名古屋大学助教授,1993年同大学情報文化学部教授,1998年同大学大学院人間情報学研究科教授。2003年同大学院情報科学研究科教授となり,現在に至る。CGとインターネットの技術,電子社会の研究に従事。内閣府ソフトウェア懇話会委員,電子情報通信学会 MVE 研究会委員長,中部経済産業局デジタルビット協議会幹事等を歴任。電子情報通信学会,日本 VR 学会,日本社会情報学会各会員。



毛利 勝廣

1988年名古屋大学大学院理学研究科修士課程(地球科学)修了。同年(株)NTT(後にNTTDATA)入社。1990年名古屋市科学館学芸員として採用,プラネタリウムの企画,解説,各種天文事業の企画運営に携わり,現在に至る。名古屋大学大学院人間情報学研究科博士後期課程で,デジタル技術を応用した天文教材の制作やデジタルミュージアム,オンライン教育に関する研究を行っている。日本天文学会,教育システム情報学会各会員。