

博士論文

メタデータによる情報資源と情報流通の管理

新 麗

2002 年 3 月 31 日

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科 情報処理学専攻

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に
博士(工学) 授与の要件として提出した博士論文である。

論文番号： NAIST-IS-DT0161003

提出者： 新 麗

審査委員： 主指導 教官 千原 國宏 教授
副指導 教官 砂原 秀樹 教授
副指導 教官 今井 正和 教授 (鳥取環境大学)

提出日： 2002 年 3 月 31 日

メタデータによる情報資源と情報流通の管理*

新 麗

内容梗概

本研究は、メタデータを利用した電子化された膨大な量の情報資源の管理と、その管理技術を応用した情報流通制御を実現することを目的とし、管理機構の提案と実装を行った。メタデータとはデータに関するデータのことをいい、例えば図書館における目録のようなものである。メタデータの応用研究は、新しい分野での新しいメタデータが中心であるが、本研究ではメタデータを情報流通にも応用する。

情報の電子化技術とネットワークの発展と普及により、膨大な情報資源が電子化され、ネットワーク上で情報を提供する電子図書館や電子博物館が現実のものとなってきている。本研究では、図書館など情報資源の作成に携わる側で用いられる情報管理技術である、メタデータに注目し、その応用によって情報資源管理と流通管理に関する新しい仕組みの提案と実装を行った。

本研究では、まず電子図書館の取り組みをまとめ、次世代の電子図書館の可能性と課題を抽出した。また情報資源として動画データを中心とした教育環境を次世代インターネット技術の上に構築し、実験と実証を行った。これらの実験により、情報資源管理とサーバ間連携に関する問題点が明らかになり、また情報流通に関し大きな課題があることが新たに判明した。本研究では、これらの両方の課題をメタデータの活用によって解決する。

そこで次に、サーバ間で連携して検索を行う情報資源管理を実現するために、メタデータを利用したシステムを設計し構築した。情報資源としては、静止画デー

* 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 情報処理学専攻 博士論文, NAIST-IS-DT0161003, 2002年3月31日.

タを中心とする考古遺跡写真を利用した．本研究では，電子化情報に関するメタデータの国際標準である Dublin Core Metadata を考古遺跡写真に適するよう拡張し，検索と表示を行うシステムを実装した．

さらに本研究では，メタデータを利用してネットワークのサービス品質 (Quality of Service) QoS を制御する方法を提案し，情報の内容に応じて QoS を差別化することを可能とした．地震などの非常事態に流通する情報を他の情報と差別化することを目的としてシステムを実装し，評価を行って本方式の有効性を証明した．

以上により，メタデータが情報資源管理だけでなく，情報流通の制御にも有効であることを示した．

キーワード

メタデータ，情報資源管理，情報流通管理，QoS，インターネット

Management for Information Resource and Distribution by Metadata*

Rei S. Atarashi

Abstract

“Metadata” is a resource management technology for information managing institutions such as libraries and refers to data about other data, such as library catalogs. This paper describes a new way of applying metadata to the management of information and its distribution. Unlike earlier work with metadata , which was concerned with new fields of application for metadata and with new types of metadata, metadata has actually been applied to QoS policy management in this research.

The development of digital technology and network has made the transfer of huge amounts of digitized data possible. The digital library and digital museum made the world realize that information through the network. This paper includes a summary of the activities of the digital library, clarification of the possibilities and problems for the next generation of digital libraries and an examination of information resource management and coordination among servers from these problems. I built an educational environment on the next generation Internet and experimented with and validated the system. I also experimented with the live lecture between Japan and the U.S.A.

In the next phase, metadata was applied to the information resource management of a function for searching for data in a set distributed among multiple

* Doctor’s Thesis, Department of Information Processing, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIST-IS-DT0161003, March 31, 2002.

servers. This involved to built a using metadata of archaeological film library. This library is managed by the Dublin Core based from of metadata for archaeological films functions searching for and displaying using this metadata.

In addition, I developed the QoS control mechanism managed using metadata. This was able to realize differential services managed by content of information described metadata. The implementation of a special form of emergency communications ensures availability of this system, since emergency information is differentiated from other information.

This paper validated that metadata is applicable to distribution control as well as to resource management.

Keywords:

Metadata, Resource Management, Distribution Management, QoS, Internet

目 次

1	研究の背景	1
1.1.	はじめに	1
1.2.	電子図書館	1
1.2.1	奈良先端科学技術大学院大学附属図書館	2
1.2.2	Networked Digital Library of Theses and Dissertation(NDLTD)	5
1.3.	次世代電子図書館の構築に関する考察	5
1.3.1	次世代の大学電子図書館に必要な機能	7
1.3.2	内部コンテンツの充実	7
1.3.3	外部のサーバとの連携	9
1.3.4	分散型講義サーバ	10
1.3.5	設計	12
1.3.6	情報作成システム	12
1.3.7	情報配信システム	12
1.3.8	管理システム	12
1.3.9	今後の課題	13
1.3.10	まとめ	13
1.4.	次世代インターネット環境における日米合同授業実験	14
1.4.1	実験の概要	14
1.4.2	システム構成	14
1.4.3	ネットワーク構成	15
1.4.4	授業アーカイブ	15
1.4.5	ネットワークの品質	19
1.4.6	実験のまとめ	19

目次

1.5.	本研究における課題	20
1.6.	本研究の目的と意義	20
1.7.	本論文の構成	23
2	情報資源管理と情報流通の課題	25
2.1.	メタデータとは	25
2.2.	情報資源とネットワーク環境	26
2.3.	情報資源管理に関する基礎研究	27
2.3.1	メタデータと情報の構造化	28
2.3.2	Dublin Core Metadata Element Set	28
2.3.3	情報資源管理に関する研究	29
2.3.4	情報発見に関する研究	33
2.4.	情報流通に関する研究	34
2.4.1	資源予約による QoS 制御	35
2.4.2	差別化による QoS 制御	37
2.4.3	ポリシーベースネットワーク	41
3	メタデータによる情報資源管理	43
3.1.	はじめに	43
3.1.1	考古遺跡写真のメタデータ	44
3.2.	考古遺跡写真ライブラリの設計	46
3.2.1	システム設計	46
3.3.	考古遺跡写真ライブラリの実装	48
3.3.1	システム構成	48
3.3.2	検索, 表示	48
3.4.	実装とメタデータの評価	48
3.4.1	メタデータの整理	52
3.4.2	考察	54
3.5.	今後の予定	55

4	メタデータによる情報流通管理	57
4.1.	はじめに	57
4.2.	非常時通信研究の背景	58
4.3.	非常時通信の現状	60
4.3.1	非常時における通信基盤	60
4.3.2	非常時に必要とされる情報サービス	62
4.3.3	被災者支援通信システム	63
4.4.	優先制御技術	63
4.5.	メタデータによる優先制御機構	65
4.6.	システム設計	66
4.6.1	メタデータ生成	66
4.6.2	優先制御の実現	68
4.6.3	メタデータとポリシーとの対応	68
4.7.	実験	69
4.7.1	計算シミュレーション	69
4.7.2	実機による実験	74
4.8.	考察	79
4.9.	今後の課題	81
4.10.	おわりに	83
5	研究の総括	85
	謝辞	87
	研究業績	95

図 目 次

1.1	奈良先端科学技術大学院大学電子図書館システム構築例	3
1.2	奈良先端科学技術大学院大学電子図書館	4
1.3	Networked Digital Library of Theses and Dissertation (NDLTD)	6
1.4	メタデータによるサーバ間の連携モデル	11
1.5	DV 中継システム	15
1.6	ネットワーク構成図 (概念図)	16
1.7	ネットワーク構成図 (詳細)	17
1.8	蓄積された授業の画面例	18
1.9	非常時における情報取得の問題点	21
1.10	ネットワーク技術の構成	22
2.1	RDF の XML 構文	32
2.2	RDF の構造化モデル	32
2.3	組織間の情報交換のモデル	33
2.4	現状の情報サービス	34
2.5	diffserv の DS 概念図	38
2.6	IP ヘッダ内の DSCP フィールド	38
2.7	diffserv のパケット転送	39
2.8	ポリシーベースネットワークの基本アーキテクチャ	41
3.1	システム構成	47
3.2	検索要求画面	49
3.3	検索結果画面	50
3.4	拡大した画面	51

図 目 次

4.1	Network Management System による優先制御	64
4.2	メタデータによる優先制御	67
4.3	シミュレーションモデル	70
4.4	シミュレーションの転送モデル	71
4.5	シミュレーションのパケット破棄モデル	71
4.6	優先制御を行わない場合	72
4.7	優先制御を行った場合	73
4.8	パケット損失率	74
4.9	非常時通信における情報流通	75
4.10	プログラム構成	76
4.11	XML ファイル	77
4.12	実験構成	78
4.13	QoS ポリシーの設定モデル	82
4.14	返送時の DSCP の問題点	83

表 目 次

2.1	Dublin Core で定義されるメタデータ	30
2.2	AF の各クラスと DSCP 値	40
3.1	考古遺跡写真のためのメタデータ	45
4.1	災害時の電話とインターネットの動作状況	62
4.2	実験の条件	77
4.3	優先制御による画像データの動作	78
4.4	ポリシー決定方法と決定単位の比較	80

第1章

研究の背景

1.1. はじめに

メタデータとは「データに関するデータ」と定義され、情報の内容を表現すると同時に、情報を構造化する、付加的なデータである。本研究では、電子化技術とネットワークの発展を基盤とし、電子図書館や教育環境に関する実験を行って、情報資源と情報流通の管理に関する技術課題を抽出し、これらをメタデータを利用することで解決する。

1.2. 電子図書館

まず、情報資源の電子化に関してもっとも研究が進んでいる、電子図書館の現状を取り上げる。

電子図書館 [1, 2, 3] は、情報の電子化とインターネットを利用した、もっとも有益な応用として研究が行われている。実際に電子図書館を構築し運用を行うと共に新しい試みにも挑戦しており、多くの応用例と基礎研究とが存在する。電子図書館の定義と実装にはさまざまな形があるが、ここでは、新しい計算機システムを追求することを目的に、目録などの電子化だけでなく、実際に図書館が持つ本など情報資源の電子化を行い、計算機システムに蓄積して大学図書館として提供している、奈良先端科学技術大学院大学の例と、大学内で執筆される修士論文、博士論文を収集し、大学間を横断する図書館ネットワーク上に構築する Networked Digital Library of Theses and Dissertation(NDLTD) の2例を紹介

する．

1.2.1 奈良先端科学技術大学院大学附属図書館

奈良先端科学技術大学院大学 (NAIST) では，1996 年 4 月から日本で初めて大学附属図書館を電子図書館として実現し運用している [4, 5, 6, 7] ．

電子図書館システムは情報を電子化してデータベースを構築し，図 1.2 のようにネットワークを経由したアクセスを可能となっている．利用者は普段利用している計算機から，図書館に格納されている論文，雑誌などを検索，閲覧することができる．情報へのアクセスは World Wide Web(WWW) によって実現されているため，特別なクライアントソフトウェアを用意することなく自由に利用することが可能である．また従来の冊子体情報だけでなく，デジタルビデオ情報を取り扱うことを可能とし，マルチメディアに対応した図書館を構築していることを大きな特徴としている．

NAIST の電子図書館の構成図を図 1.1 に示す．システムは基本的に冊子体情報を取り込む一次情報入力システム，冊子体情報を格納するファイルサーバ，ビデオ情報を取り込む MPEG2 エンコーダ装置，ビデオ情報を格納するビデオサーバ，各情報に対するデータベースを構成し，Web サーバとして機能するサーチエンジンから構成されている．

一次情報入力システムは，書籍や雑誌などの冊子体情報を電子的に取り込むために用いられる．

本システムでは冊子体紙面をイメージとして入力し，それを OCR によってテキスト情報に変換している．しかし，OCR によって生成されたテキストには誤りが含まれており，これを人手によって修正することは入力作業の低下を招くことになる．そのため本システムでは，各冊子体に対してイメージ情報と，OCR によって生成されたテキスト情報の 2 種類の情報を持つが，利用者に表示する情報はイメージ情報だけとなっている．

OCR で作成されるテキスト情報は，全文検索のみに利用される．検索の対象となるデータには間違いが含まれている可能性があるが，重要なキーワードは同一文書に複数回登場するであろうことから，どれかのキーワードは正しく認識さ

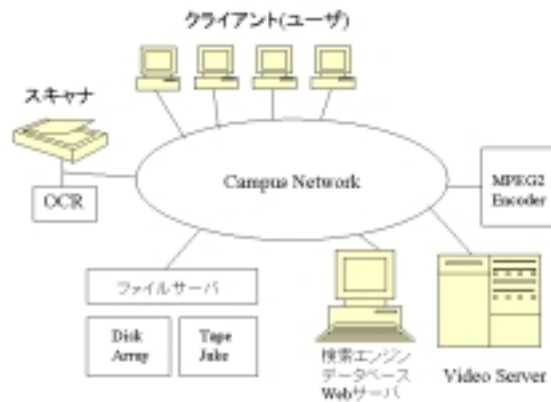


図 1.1 奈良先端科学技術大学院大学電子図書館システム構築例

れていると考えられる．そこで OCR による認識でも実用には充分耐えられると判断されている．

一次情報入力システムによって取り込まれた情報はファイルサーバに格納される．2001 年度現在，ファイルサーバは約 10TB の記憶容量を持つ．この容量を実現するために，磁気テープジュークボックスとディスクアレイ装置の 2 階層構造が構成されている．よく呼び出されるファイルはディスクアレイ上に配置され，使用頻度が下がるとディスク上から削除され，磁気テープ上に残るのみとなる．データファイルは，各装置の残り容量と各ファイルの使用頻度によって，自動的に配置されるようになっている．

ビデオ情報は，そのデータの性格を考慮して独立したシステムとして構成されている．ビデオ情報の取り込みは，MPEG2 デコーダによって行われる．現在はビデオ情報を 4Mbps のビットレートで格納している．

格納されたデータを統合し，図書館としてのサービスを提供するのがサーチエンジンである．ここでは，従来の図書館で提供されていた書誌情報検索機能だけでなく，OCR によって生成されたテキスト情報を用いた全文検索機能も提供している．またサーチエンジンが http サーバとして機能することにより，利用者は Web ブラウザによってサーチエンジンのデータベースにアクセスすることができ



図 1.2 奈良先端科学技術大学院大学電子図書館

るようになっている。したがって、図書館サービスの利用は、各利用者の計算機に用意されている、通常の Web ブラウザを用いることで実現できる。

この電子図書館は、電子化文書をネットワークを通じて計算機の画面上で読めるという、画期的な環境を提供したことにおいて大きな意義がある。また、様々な雑誌、文書などの目録を統一して管理し、検索を可能にしたことにより、本来であれば対象や分野が異なる文書を同一のインタフェースで横断的に検索することができ、出版社や雑誌を越えた、分野間での新しい資料や関連性の発見にもつながった。

運用開始当時は、世間には電子化された文書はほとんど存在しておらず、図書

館ですべての電子化作業を行い、サービスを提供してきた。近年では、学術論文が出版段階から電子化され、電子ジャーナルとして学会や出版社がサービスを行うことも増えている。出版元でサービスが提供される場合は、インデックスがそれぞれ別になるため、現状の技術では横断的な検索を行うことができなくなる。今後横断的な検索を実現していくためには、目録情報つまりメタデータを標準化し、各出版社、図書館がそれに従う必要がある。

1.2.2 Networked Digital Library of Theses and Dissertation(NDLTD)

Networked Digital Library of Theses and Dissertation (NDLTD) は、修士論文、博士論文などあらたに作り出される学位論文を集積し、将来に渡って利用できる大規模なデジタルコレクションを作り上げることを目的としてバージニア工科大学を中心として進められている計画である [8, 9]。画面例を図 1.3 に示す。この計画に参加する大学では、NDLTD が提供するソフトウェアを利用して学位論文を編集し、学位論文コレクションを蓄積する。蓄積された学位論文はネットワークを介してアクセスすることができ、現在、アメリカを中心として 100 大学が参加している。

NDLTD は、多言語化についても検討を始めており、各国の学術論文に関するメタデータを集めて分析、共通化する活動も行っている。

1.3. 次世代電子図書館の構築に関する考察

奈良先端科学技術大学院大学電子図書館は 1996 年の運用開始から 5 年を経て、運用の実績を積んできた。設計段階における基本的な機能の実現に加え様々な機能強化を行うことによって、技術系の図書を中心とした電子図書館のひとつのありかたを提供し、その有効性を示してきた。今後は次世代の電子図書館のための計画と設計が必要となっている。

現在は電子図書館の内容の充実、他の電子図書館システムとの連携という 2 点

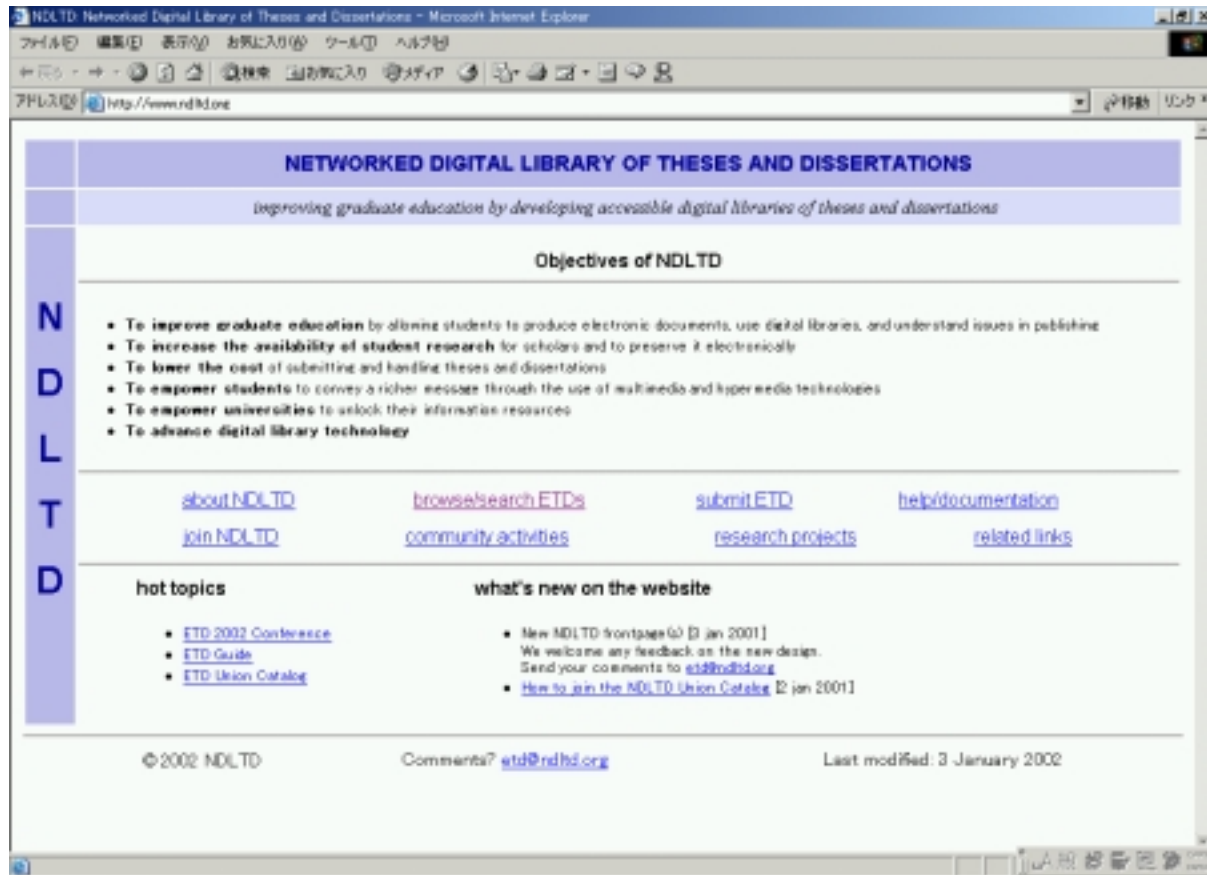


図 1.3 Networked Digital Library of Theses and Dissertation (NDLTD)

の課題に注目して研究と実装を行っている．その実装の1つとして、本学で行なわれる講義、講演等を電子的に蓄積し配信する分散サーバと、その分散化を実現するシステム、分散型の講義サーバの構築を行った．

1.3.1 次世代の大学電子図書館に必要な機能

現状の電子図書館は、蔵書や所蔵品をスキャナやデジタルカメラで電子化し、Webなどの表示システムを使用して提供するのが一般的である．次世代電子図書館システムの課題には、次の4点が上げられる．

- 内部コンテンツの充実
- 他の情報サーバ(電子図書館)との連携
- より利便性の高いユーザインターフェイスとサービスの提供
- 効率的な検索の実現

本研究では、この中で「分散型講義サーバ」に関連する最初の2点の課題について述べる．

1.3.2 内部コンテンツの充実

コンテンツは図書館の特徴を決めるものであり、その充実が図書館の質を決めることになる．冊子体の図書館においては所蔵する蔵書の数と種類であったが、電子図書館では冊子体の電子化情報だけでなく他にも様々なコンテンツが価値を持つ．たとえば、図書館や美術館が所蔵する所蔵品の写真、ビデオ、あるいはある項目への関連情報を集めてあり調査、研究、あるいは検索の指針となるサブジェクトゲートウェイの機能、または特徴ある検索エンジンや表示機能なども電子図書館を特徴づけるコンテンツとなる．

奈良先端科学技術大学院大学ではこれまで、電子化するコンテンツとして以下のものを対象とし、許諾を得られたものを電子化し蓄積してきている．

- 出版された冊子体情報（書籍，論文誌等）
- 放映されたビデオ情報
- 学内で執筆された論文（修士論文，博士論文等）

ここ数年，著作権への意識，課金，認証からなる電子商取引技術の進歩，インターネットの普及により，冊子体情報の電子化は急速に進んでいる．特に最近発表された論文はそのまま電子的に保存できる形式で作成されていることが多く，出版元が電子化で提供すれば印刷物を電子化するよりも効率がよい．出版された冊子体情報の電子化は本学電子図書館の大きな特徴の一つであるが，今後は作業に多少の変化が起こればと考えられる．

一方で，大学でしか提供できないコンテンツが，学内の研究教育の成果である．奈良先端科学技術大学院大学は大学院のみの大学であり，研究教育のレベルも高い．一般教育がなく専門教育のみを行うため，講義内容は最新技術であり充実している．講義は大学の特徴を決める大きな要素であり，大学の財産でもある．

これまでは講義の録画，電子化はコストがかかるために実現が困難であった．画像ファイルはデータ量が多いため保存や配信には特別な環境が必要であり，インターネットを通じて公開することは難しいと考えられていた．しかしここ数年のカメラ技術，画像エンコード技術，データ蓄積技術の発達，またインターネットの高速化により，低コストでの電子化とインターネットでの配信が可能となってきた．また計算機の表示技術の向上により，ただ動画像を再生するだけでなく，講義資料と同期させ，実際の授業の再現に近い表示ができるようになった．

そこで，学内の講義の一部をコンテンツとして取り入れ学内外に提供することにより電子図書館の拡張を図ることを計画した．目的は次の通りである．

- 教育効果の向上: 学生はいつでも講義を再現でき，全部または一部を見直すことによって理解を深めることができる．また受講していない講義から，必要な部分を取り出し学ぶこともできる．
- 教育研究の公開: 本学の特色ある学内の教育研究活動を公開する．学内外からの関心等を知ることができ，今後の活動の指針のひとつになる．

- 情報流通に関する研究: 本システムを構築, 運用するにあたって, 録画, 電子化, 保存, 管理, 配信, また受講生からの質問の処理まで情報システムに関する研究課題が数多く存在する. 講義の録画に留まらず, 電子図書館のコンテンツに関する総合的な技術課題に解決を与える.

1.3.3 外部のサーバとの連携

これまでの電子図書館は, 学内の蔵書の電子化し検索, 表示する機能が実現されており, システムとして独立して閉じていた. 次世代の電子図書館は独立はしていながらも他のサーバとも連携し, 利便性の向上を図らなければならない. 従来の冊子体の図書館だけでなく, 博物館, 美術館また他大学なども必要に応じて連携することであらゆる知識, 情報を提供する環境が出現する.

現在も各情報サーバがお互いにリンクを作成し合うことで, 様々な電子図書館, 博物館等を行き来する環境は構築できる. または他のサーバのある情報へのリンクを作成すれば, 情報がどのサーバにあるかを意識せずに様々な知識を得ることが可能である. サーバ間の連携はある程度実現されているように見えるが, 以下に挙げる問題点がある.

- リンク作成は人手による作業である. 連携している相手ごとに保守が必要となる.
- 検索や一覧表示は各サーバで行う必要がある.
- サーバによってインターフェースの差異が大きい.

これらをふまえ, 電子図書館/博物館/美術館などの連携モデルを提案する. 次世代の情報サーバは独立した個性が重要になる. コンテンツの内容, 公開の方針, ユーザインターフェースなどは各サーバごとに個性があるべきで統一は望ましくない. しかし利用する側からは, 検索など一部の機能はある程度統一化され, 各サーバ上ではなくどこからでも, 一度で必要な情報を取り出せることが要求される. これを実現するためには標準化されたメタデータが有効である. 蓄積方法,

表示方法は異なってもメタデータが統一されていれば、同一の方法で検索を行うことが可能となる。

また電子化情報を扱う際に大きな問題となるのは著作権である。著作権はデータの属性となる情報であり、正しく保護するためにはまず統一的に扱う機構が必要となる。これもメタデータにより標準化することで機能が実現できる。よって、次世代の情報サーバはそれぞれ個性があるように見えてメタデータの標準に従うモデルが現実的となる。サーバ間の連携はこの機構の上に成り立つものであり、個性に応じ様々な連携形態が実現される可能性がある。

このモデルの概念図を図 1.4 に示す。それぞれ独自に講義の電子化と蓄積を行う3つの大学があると仮定する。各大学は標準のメタデータを基礎として各大学のメタデータを規定する。標準のメタデータはある特定のサーバで公開され、どこからでもアクセス可能とする。標準にすべて従って作成することが可能であれば問題はないが、独自の情報を追加することも許すこととする。新たに作成されたメタデータは、標準のメタデータと同様に公開するものとする。

大学間で授業データを交換する場合は、公開されている交換する相手の大学のメタデータを調査し、自分の大学が使用しているメタデータとの変換を行う。一度作成した変換プログラムも同様に公開しておくものとする。変換プログラムは自動化が期待されるが、共通のインターフェースが定義されていないため、現状では困難である。メタデータの標準化にあたっては、それに関連する機構、インターフェースなども同時に検討されているが、この点に関してはまだ議論が不十分であるため、今後提案と検討を重ねていく。

1.3.4 分散型講義サーバ

本研究では、NAIST の次世代電子図書館計画を実現するための新しいサーバとして分散型講義サーバを構築し実験を行う。講義は大学の電子図書館を特徴づける、重要なコンテンツである。また電子化してネットワークで接続し他のサーバと連携すれば、利便性が上がるだけでなく研究教育に対してもさらに大きな効果が期待できる。

また、NAIST は 1997 年秋から WIDE プロジェクト [10] による University on

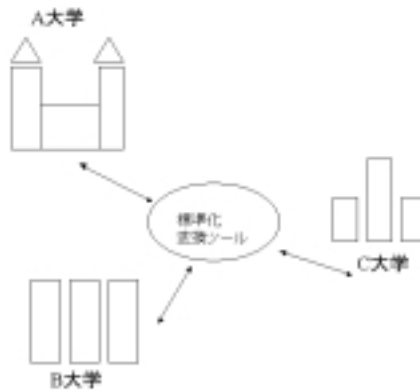


図 1.4 メタデータによるサーバ間の連携モデル

the Internet[11, 12, 13] プロジェクトに参加している．本プロジェクトは次世代インターネット大学環境を構築するためのシステムを構築し様々な研究，開発，実験を行っている．NAISTでも許諾を得た一部の講義を本システムの講義として登録し，インターネット上の受講生が聴講するための実験を行ってきた．その実験に対する反響から NAIST の講義に対する学外からの関心の高さ，あるいは情報としての貴重性が確認されており，まずコンテンツとしての有用性が評価されている．この実験では1台の講義サーバに，プロジェクトに参加している大学のすべての講義コンテンツを登録し配信していたが，これには，2つの大きな問題がある．1つは計算機，ネットワークの負荷が，講義数，受講生数の増加と共に上がることである．もう1つは1台のサーバで一括管理を行う参加組織に対し制約が大きく特徴が出しにくくなり，結果として参加するための準備にかかるコストが上がり新しい組織が参加しにくいということである．この2点の問題は，参加組織ごとにサーバ持つように分散して標準に従って構築し，情報を交換するしくみを構築することによって解決できる．

以上の環境の上で他サーバと連携する分散型の講義サーバの設計を行う．

1.3.5 設計

分散型講義サーバシステムは、講義を電子化しサーバに保存する情報作成システム、受講生の要求に応じ講義を配信する情報配信システム、講義や受講生、または分散されたサーバの管理を行う管理システムの3つで構成される。本節ではそれぞれのシステムについて説明する。

1.3.6 情報作成システム

講義を録画して電子化し、講義資料と同期したコンテンツとし、メタデータを付与して保存するシステムである。録画は民生用のカメラで行い、オペレータが操作する。電子化のフォーマットは Realvideo とする。

1.3.7 情報配信システム

受講生の要求に応じて講義の録画データ、講義資料を配信するシステムである。受講には Web ブラウザを使用する。サーバは Web サーバと Real サーバ等のビデオサーバから構成される。

分散するのはこのシステムであり、実現には2つのコンポーネントが必要である。

- データの分散: サーバの負荷を軽減するために複数のサーバが同じデータを持つ。このコンポーネントは他のサーバのデータとの同一性を保つ機構が必要である。
- サーバの分散: 各組織ごとに特徴に合わせたサーバを構築する。検索、一覧表示などは同じインターフェースで行えるような機構が必要である。

1.3.8 管理システム

講義に関するデータと、受講生に関する情報を管理する。講義データは著作権情報を持ち、公開する範囲を規定してサーバの動作を制御する。現在のところは

コピー防止の機構は持たない．受講生に関する情報はプライバシーに関わるものであり，アクセスは本人のみに限られる必要がある．本システムでは本人の認証システムを取り入れることによってアクセス制限を実現する．

1.3.9 今後の課題

本設計に基づき，システムを実装し評価する．特に分散化は初めての試みであり，従来のリンク情報よりも密であるがクラスタサーバのように一括管理ではない，ゆるやかな結合状態にあるシステムのモデルはまだ確立されていなかった．本実装を通じて，メタデータの共通化によるサーバの連携の有効性を評価すると共に，本システムをモデル化し提案する．また本学の電子図書館に組み込むことで，次世代の大学電子図書館の1つのモデルケースを実現する．

1.3.10 まとめ

NAISTの電子図書館は3年間の運用を通じて，電子図書館の1つのありかたを提案してきた．日本国内，海外ともに電子図書館化の試みは盛んであり，どれも特徴あるシステムを提供している．これまでは蔵書あるいは所蔵品，またはそのメタデータを電子化する，図書館の中に目を向けた実装に重点が置かれてきたが，次世代の電子図書館は外に目を向け他の電子図書館あるいは情報サーバと連携することが重要となる．本論文では他サーバとの連携を実現する1つのモデルとして分散型講義サーバを設計した．様々な方針で設計されているサーバを連携させるには，システムのモデル化とある程度の標準化が必要となる．今後は本システムの実装を行い，運用を通じて分散型サーバのモデル化と評価を行う．

1.4. 次世代インターネット環境における日米合同授業実験

次世代電子図書館の試みの一環として、電子化資料を蓄積するだけでなく、実時間で配送することを目的に、1999年10月～2000年1月の期間、アメリカ合衆国ウィスコンシン州の University of Wisconsin, 奈良先端科学技術大学院大学、慶應義塾大学の3大学で合同で遠隔授業実験を行った [11, 13]。University of Wisconsin の Lawrence H. Landweber 教授、慶應義塾大学の村井純教授、奈良先端科学技術大学院大学の砂原秀樹教授がそれぞれの大学の教室で講義を行い、3大学をインターネットで中継して質問や討論が行える環境を構築した。この講義は各大学の教官が試験、評価しそれぞれの大学においての単位として認定した。

1.4.1 実験の概要

各大学での講義は以下のように行われた。なお時差を超えて日米双方が受講できる時間に合わせるため、中継による講義は日本時間の毎週金曜日 9:30～11:00、アメリカ時間の毎週木曜日 18:30～20:00 に行われた。

University of Wisconsin : Lawrence H. Landweber 教授

大学院と学部向け講義 ”CS640 Introduction to Computer Networks”

奈良先端科学技術大学 : 砂原秀樹教授

情報科学研究科プロジェクト実習「コンピュータネットワークの基礎と実習

慶應義塾大学 : 村井 純教授

大学院向け授業「コンピュータネットワークの概要」

1.4.2 システム構成

授業中継は1時間半に渡り高品質の画像を伝送する必要があるため、WIDE プロジェクト [10] で開発された DV 中継システム [14] を利用した。これは DV カメ

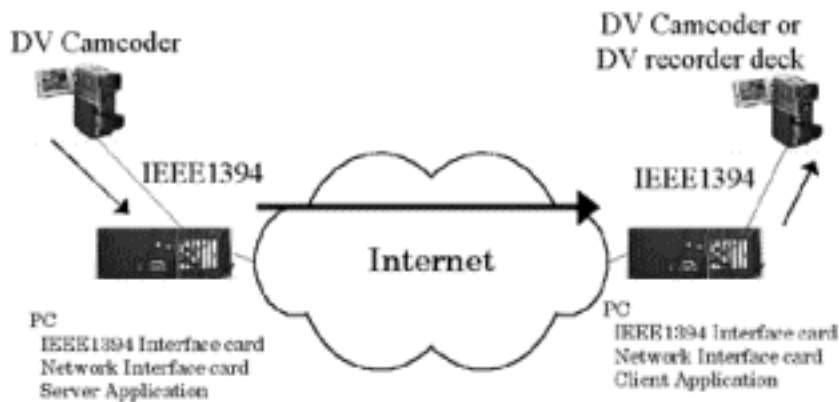


図 1.5 DV 中継システム

ラの画像をキャプチャしてインターネットで転送するシステムで、約 30Mbps の帯域を使用して高品質の画像と音声を転送することができる。システム構成は図 1.5 の通りである。

1.4.3 ネットワーク構成

3 大学を中継するには、基本的には各大学間をそれぞれ接続する必要があるが、日米間のネットワーク帯域が不足していたため、奈良先端大と慶應大学の映像は慶應大学において合成してから、University of Wisconsin へ転送した。インターネットプロトコルは IP バージョン 6 (IPv6) を利用した。3 大学間のネットワーク概念図を図 1.6 に、詳細な構成図を図 1.7 に示す。

1.4.4 授業アーカイブ

各回の授業は中継するだけでなく録画して計算機上に蓄積し、Web で公開した。フォーマットは RealVideo 形式で、SMIL を利用し授業で使用したマテリアル (PowerPoint ファイル) と同期するようにした。蓄積された授業の画面例を図

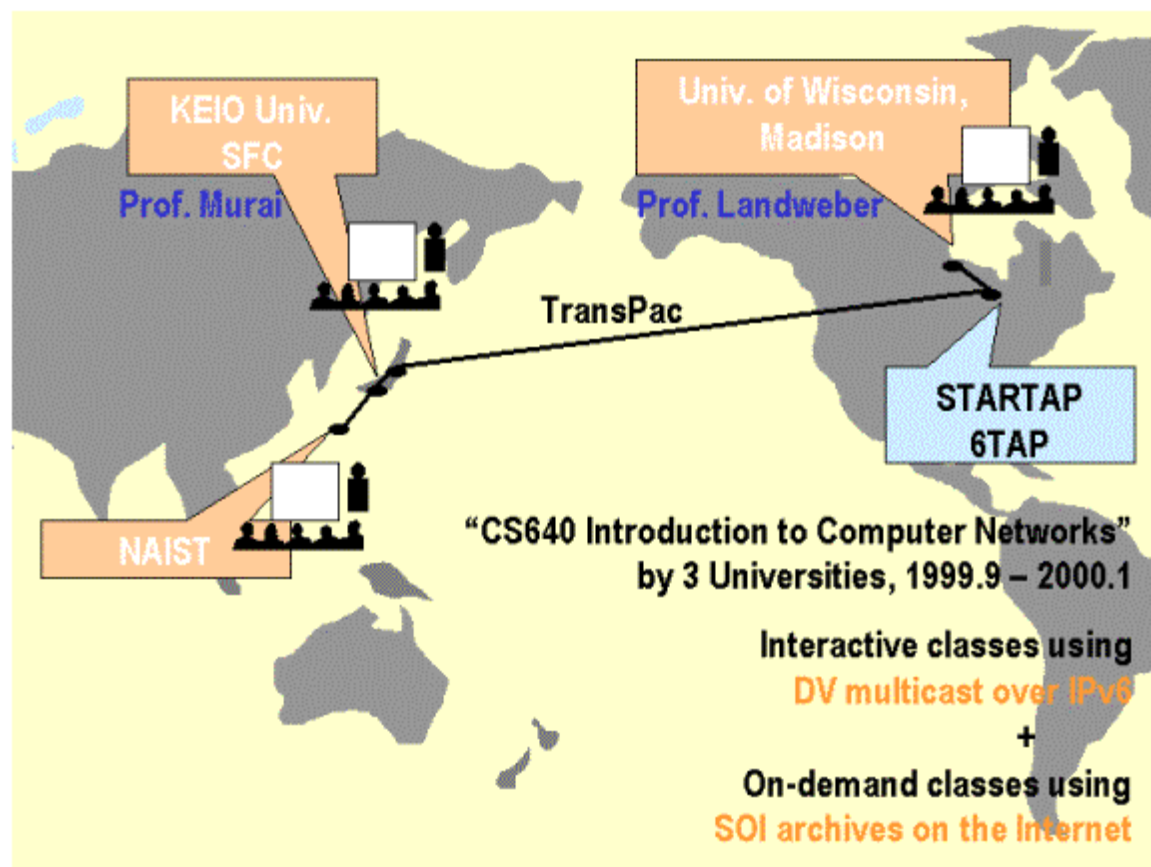


図 1.6 ネットワーク構成図 (概念図)

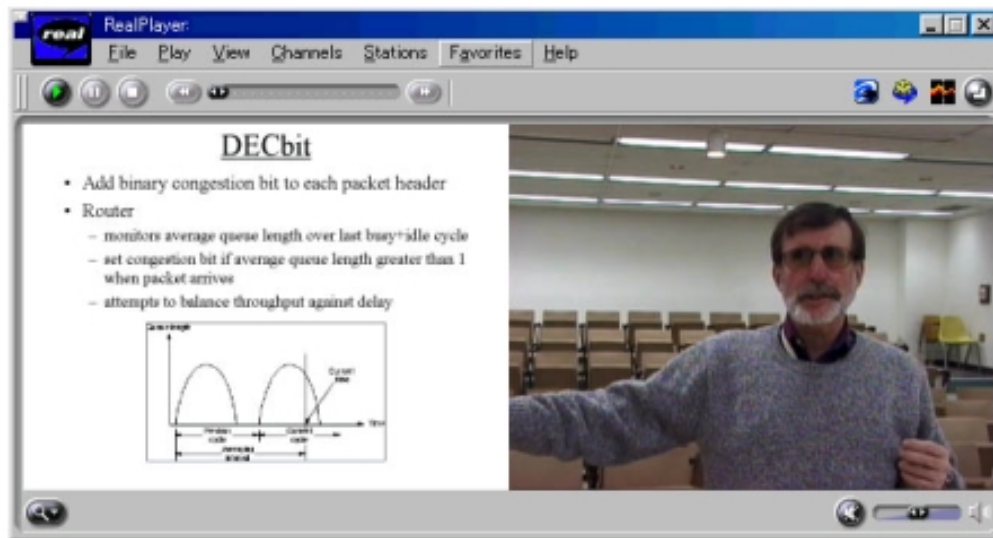


図 1.8 蓄積された授業の画面例

1.8 に示す．

蓄積された授業は、実際に聴講するときと比べ臨場感が少ない上、講師の動作や目線などの情報まで正確に伝えるのは難しい．蓄積授業の場合、動作やポインタなどの情報が欠落してしまうため、実際の授業よりも理解が格段に難しくなる．そこで授業の理解を助けるため、講師が示すポインタを検出し、蓄積されたマテリアルにおいて再現する実験を行った．

講義中にマテリアルの一部を差し示すことは、説明を明瞭にするためによく行われる方法である．近年では、指し示す点を明確にするために、レーザーポインタが多用されるようになった．そこでレーザーポインタの軌跡を検出し、マテリアルに再現する実験を行った [15, 16] ．

レーザーポインタを利用した場合はかなり正確に軌跡が得られ、再現も可能となった．ポインタを再現した講義資料を作成し受講生にアンケート調査を行ったところ、ポインタ情報の再現が、蓄積された講義を見る場合の理解を助けることが確かめられた．但し、ポインタの動きすべてを捕獲するため、講師が意図しないときや、ポインタを探している時間の軌跡も再現される．これらが不規則かつ unnecessary な動きとなり、かえって注意力を阻害し、理解を妨げるという意見も出た．

今後は unnecessary な動きを削除するなど，表示方法やにも改良が必要であるという結論が得られた．

1.4.5 ネットワークの品質

DV を使用した中継は，1 本約 35Mbps の帯域を必要とする．本実験では，日本とアメリカ合衆国に使用するネットワーク帯域が不足していたため，10Mbps 程度での伝送を行った．日本国内で使用したのは 100Mbps の帯域であったが，国内でもしばしば一時的に回線の品質が低下し，画像や音声が途切れて授業に影響を及ぼした．品質低下の原因は，回線が中継以外に利用され回線を圧迫したり，ネットワークノードに一時的に付加が集中し，処理ができなかったことなどによる．

これらの問題は，一時的なデータ転送量の増加によって起こるため，回線が平均使用帯域以上に用意されていても発生する．そこで，中継のような連続データを転送する際には，ネットワーク品質を保証する技術が必要となる．しかも，単に使用帯域を確保するだけでは，ネットワークノードでの処理において発生する回線速度の揺れ（ジッタ）を解消することはむずかしい．さらに，中継のように動画像と音声と同時に流れるデータの場合，動画像の品質低下よりも音声データの品質低下のほうが，授業の中断につながりやすいという結果が得られた．つまり，全体のデータ伝送を保証するだけの回線を確保するだけでなく，流れるデータの内容や形式などによって，データ伝送の優先度を変化させる必要がある．

1.4.6 実験のまとめ

4ヶ月にわたる日米間でのインターネット中継授業を通して，次の成果が得られた．

まず各大学の学生はインターネット技術により，大学に居ながらにして海外の最先端の講義を受講することができた．学生にとっては分野の第一人者の講義を受けられることは大変重要である．またインターネット中継に関する新しい技術の導入や実験も同時に行われ，日本の IPv6 技術がこれだけのアプリケーションを充分動作させるところまで完成していることを世界に示した．奈良先端大におい

ては電子図書館の視点から評価し、次世代電子図書館のひとつの形態を提案できた。これまでの電子図書館は図書を電子化して蓄積し、インターネットでサービスすることに重点が置かれて来たため、人は図書館の外にいるというモデルであった。中継は時間と場所を制限されるため逆に人が集まってくることになり、議論や情報交換を行う「場」となる。さまざまな機器と機能を備えた電子図書館は今後は双方の可能性を伸ばしていくよう設計、実現される必要がある。

1.5. 本研究における課題

以上の考察と実験により、次世代図書館をはじめとする次世代インターネットアプリケーションにおいて、解決すべき課題は次の2点と考えられる。

1. 分散サーバにおける情報資源管理を実現した、効率の良い情報発見
2. 情報配信すなわち情報流通を支え品質よいアプリケーションを提供するための、ネットワークサービス品質保証

この2点は個別でなく密に関係した技術的課題であり、両方を見て問題を解決していく必要がある。

1.6. 本研究の目的と意義

そこで本研究は、メタデータを利用して、これらの問題を解決する方法を提案、構築することを目的とする。メタデータは本来、情報資源管理と情報発見のために研究が行われてきたが、本研究では、情報のフォーマットや内容を考慮した情報情報流通のため、メタデータを通信に応用できることも新たに実証する。

情報資源の管理においては、メタデータの新しい分野への応用として考古遺跡写真の管理、整理、検索を目標としたメタデータの設計を行う。またさらに新しい応用として、災害など非常時における情報通信について検討する。地震やテロなどの災害が起きた場合、従来の電話やTVなど情報伝達のほかにインターネットを利用した情報発信も行うことが多くなった。非常時には様々な情報が様々な



図 1.9 非常時における情報取得の問題点

組織，場所から発信されるほか，人命に関わる通報や警報，または被災地内外での安否確認など大量の通信が発生するため，情報が分散し，適切な情報を得るのは難しい．例えば，被災者が収容された各病院や大使館などで，図 1.9 のように収容している人や安否が確認された人の情報を公開した場合，家族や友人などの安否を心配する人は，すべてのサーバに対して個別にアクセスしなければならない．そこで非常時における通信にも，メタデータの標準化やサーバ間での情報交換の仕組みが必要となる．

また，非常時には大量の通信が発生するため，通信サービスの品質が低下する．アクセスの集中によっては重要な情報サービス自体が停止する恐れもある．そこで，サービスを維持するための通信は優先して確保する必要がある．非常時の通信は，情報の内容によって優先性が違うため，従来のインターネットの優先制御のようにアプリケーションやホストごとに優先制御を行っても必要なサービスは維持できない．そこで本研究では，情報流通におけるサービスの重要性をメタデータで記述することで解決する方法を提案する．

情報流通に関するこれまでの研究は，アプリケーション間，ネットワーク間で行われてきている．ところが今後起こってくるあらゆる種類の情報資源の配送にあたっては，データの内容を考慮した通信制御が必要である．

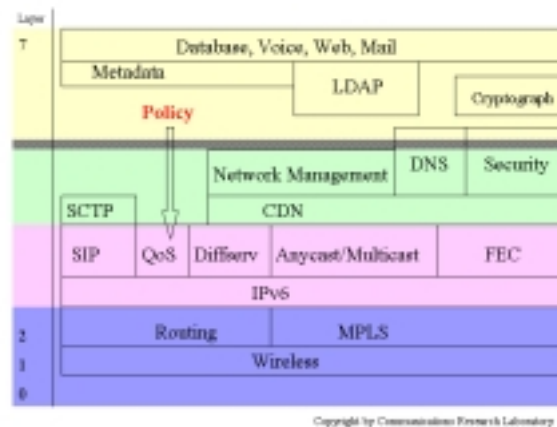


図 1.10 ネットワーク技術の構成

つまり、次世代ネットワーク技術上における情報資源管理と情報流通制御は、その両方の概念を結合することで、双方の有効性を実現することができる。メタデータはこれらをつなぐ概念であり、双方への応用が可能である。図 1.6 にネットワーク基礎技術の構成を示す。

そこで本研究では、まず電子化情報の作成と蓄積、配送に関する考察と実験を行い、その問題点を抽出する。これらの実験から、メタデータが電子化情報の蓄積における情報資源管理と情報流通の双方に応用できることを提案し実証する。次にメタデータによる情報資源管理に関して、その有効性と問題点を抽出する。さらに、メタデータが情報流通のポリシーを決定づけることを見出し、その有効性と実効性を検証する。最終的に、メタデータを軸として、情報資源管理と情報流通制御の双方を実現することを目指す。

メタデータは本来、情報資源管理と情報発見を目的として研究されてきた概念である。ゆえに、情報流通に対しての応用は研究されていない。また、情報流通の研究はその分野で行われており、情報資源の内容に応じたポリシーの研究は行われていない。本研究は双方の概念を結合して新しく提案した手法であり、次世代ネットワーク上に新しい資源管理および流通機構を構築した点に大きな意義がある。

また本研究では応用例として取り上げる，次世代教育環境，考古学写真，非常時通信は，それぞれ違う目的を持つが，基本となる基礎技術は共通であり，研究として取り上げた基礎技術に最も適切なシステムを実現している．またこれらはそれぞれに新しい概念と動機を持つシステムともなっている．

1.7. 本論文の構成

本論文は，まず本章において本研究の背景と意義について述べ，情報資源作成と蓄積，流通に関する実験や考察を通じて解決すべき問題点を明らかにし，2章において，問題の解決にあたり必要となる基礎技術，関連研究をまとめる．3章においてメタデータによる情報資源管理に関して述べ，4章においてメタデータによる情報流通管理に関して述べる．最後に5章において本研究を総括し，今後の課題と結論を述べる．

第2章

情報資源管理と情報流通の課題

本章では，本研究の重要な技術であるメタデータと，その応用としての情報資源管理，情報流通管理の関連県きゅについてまとめる．

2.1. メタデータとは

メタデータは「データに関するデータ」と定義され，情報の内容を表現すると同時に，情報を構造化するものである [17, 18, 19]．データに対する付加的なデータで，データを意味付けするために重要な役割を果たす．

例えば図書でいうと目録にあたるもので，情報のタイトルや作者，あるいは情報の形式など，情報の内容に関する属性を示す．電子ファイルにおいては，ファイル名やファイルサイズ，またはファイルの保存形式なども差す．データベースにおいては各項目にあたるもので，管理されるデータの意味付けを行うには不可欠な情報である．メタデータ概念自体は古くから存在し，図書館や博物館のみならず地図や動画情報などあらゆる場面で利用されているほか，人工知能やパターン認識の分野でも活用されているが，近年の電子化情報の増大に伴い，さらに新しい形の応用が注目されている．

これまでのメタデータは各個人や組織，団体など限られた範囲内で限られたデータを扱うために利用されてきた．図書館や博物館は，館内あるいは同様の館同士，たとえば図書館同士での整理，管理，検索を効率よく行うことを目的として独自の目録システムを構築し利用していた．ところが近年の情報の電子化は対象を選ばず急速に進んでおり，同時にこれまで独自に運用してきた情報同士を

交換したり，横断的に検索したいという要求が生じてきている．現状の各組織の独自のメタデータのままデータ交換をただけでは，内容に関する情報が正確でないばかりか，意味がまったく間違ってしまう可能性もある．そこで近年，メタデータを国際的に共通化，標準化する動きが活発になっている．

本研究では，この標準化の活動をふまえた上で，まず新しい分野への応用研究を行って標準化にも貢献する．さらにメタデータ応用の新しい試みとして，メタデータの通信への応用という新しいモデルの提案，実装と実験を行う．

なお，「メタ (meta)」という語はもともとはギリシャ語で，”alongside, with, after, next” を意味する．ラテン語と英語においては，”transcendental(超越的な)”，あるいは ”超自然的な” という意味で使われている．

2.2. 情報資源とネットワーク環境

情報の電子化技術とネットワーク技術の発達は，場所と時間の概念を大きく変化させ，新しい社会基盤を作り出している．これまでは情報の入手は特定の場所と時間に拘束されており，人間がその環境に合わせる必要があったが，様々な情報を電子化して蓄積し，それをネットワークを用いて配信することにより，情報を人間のほうに引き寄せることができるようになる．例えば，従来の図書館や博物館はその建物に行き，その建物に存在する本や展示物を見るという形であったが，現在ではネットワークを利用して図書館の蔵書を検索したり，展示物の写真を見たりすることができる．

情報を電子化する技術は，計算機資源の発達とともに急激に発展し，スキャナ，デジタル写真などが安価になり品質も向上している．長く保存媒体として使用されてきたマイクロフィルム等を電子化し，表示する技術も進んでいる．電子化にかかるコストも大幅に下がり，展示空間や保存の関係で展示できず倉庫に保管されていたものを見ることができるようになってきている．

一方でハードディスクが安価で大容量になり，膨大な量の電子化情報を蓄積する技術も進んでいる．ペタバイト級のデータ格納サーバはすでに入手可能であり，大容量かつ高品質の画像データの大量保存は何の問題もなく行える．

ただし、このようにして得られる最終的な情報は、従来のものと必ずしも等価ではない。例えば色を正確に電子化して再現するのはいまだ技術的に未完成である。また、本に書かれた文字情報と同じ文字列を得ることは可能であるが、図書の紙の質感や、展示物の雰囲気までを電子化するのは困難である。ネットワークを通じて得られる情報は、本来の情報と似て非なるもので、むしろ新しい形の情報であることを理解しておく必要がある。

なお、情報の電子化や流通に関しては著作権が大きな問題となる。著作権はその保護、利用に関し様々な研究が行われているが[20]、いまだ社会的な面でも技術的な面でも解決はされていない。ただし本研究は著作権問題には関わらないものとし、扱う情報は著作権に関し承諾済みのデータを使用している。

2.3. 情報資源管理に関する基礎研究

情報資源の電子化は、資料の保存に有効だけでなく、計算機の機能を活用した検索、あるいは情報発見を可能にすることにより、その価値が飛躍的に向上させる。また情報の整理を行うためにも、資源管理の機能が必須となる。

検索機能にはデータベースによる項目検索、テキスト全文検索など、一見、情報資源管理とは関係ないものもあるが、これらはある形式に従って資源管理が行われた結果、検索が可能となる技術である。本研究では検索機能を情報資源管理による応用のひとつとしてとらえ、検索については関連研究を紹介するにとどめて、その基盤となる資源管理に焦点を当てるものとする。

また情報資源管理には様々な形態とレベルとがあり、データ内容の文字ひとつひとつを管理するものから、情報サーバの管理まで考えられるが、本研究では大まかに、内容をもつひとつの情報資源を単位として考える。これは、メタデータを付与できる単位ととらえることができる。

メタデータを付与する単位は例えば、本であれば1冊、論文集であれば、論文1編、博物館であればひとつの展示物(化石など)、計算機に蓄積された資源としてはファイル単位、などである。これらの単位は再帰可能で細分化も可能であるが、内容を保ち分割が可能な範囲で行うものとする。

情報資源管理に関する研究は様々な角度から行われており，それぞれ補完する関係にある．情報資源は本来アプリケーションに依存しないが，一般には WWW を通して公開されアクセスされることが多いことから，W3C コンソーシアム [22] において，WWW を中心に考えた検討と標準化が行われている技術も多い．

本節では，本研究の中心となるメタデータと，国際標準としての活動がもっとも進んでいる Dublin Core Metadata，またメタデータを定義，記述するための方法として有力な RDF，XML を概観する．さらに，情報資源管理の最も大きな目標である，情報発見についてまとめる．

2.3.1 メタデータと情報の構造化

すでに何度も述べているように，メタデータとは，情報に関する情報と呼ばれ，情報の内容や性質を表すために付与されるデータである [17]．電子化技術の発展と記憶容量の増大により大量の電子化データの保存が可能となったが，それを必要とときに発見する技術はまだ研究の段階にある．情報を表すメタデータは資源発見のための重要な技術であり，電子図書館の分野などで活発に研究が行われている．

またインターネットの発達により電子化データの交換が容易になり，どこにあるデータでも同じように扱いたいという要求が出てきている．データの交換にあたっては，交換するデータの形式が共通である必要があるため，メタデータを国際的に標準化する活動が活発に行われている．国際的な標準化が行われれば，それに従って構成されたデータは日本国内のみならず，海外の資料とも交換が可能となる．

2.3.2 Dublin Core Metadata Element Set

現在，電子データや Web 情報のメタデータとしてもっとも標準化を進めているのは Dublin Core Metadata Initiative による Dublin Core Metadata Element Set である [18]．実体と電子化データとを意識せずに扱うよう設計されたもので，多くの図書館，博物館などで採用されている．

様々な各組織での標準化活動も盛んであり、IETF¹ においてはすでに RFC2413[19] として標準化されている。また NISO² においても Z39.85[23] として標準化されたほか、現在、CEN³、IEEE⁴ でも標準化の活動を行っている。

Dublin Core Metadata は表 2.1 に示す 15 の要素で構成されている。この 15 項目はもっとも基本的なものに限定されており、すべての要素は省略可能かつ繰り返し可能と規定している。項目を階層的細分化して規定することも可能で、細分化された項目をサブエレメント、それぞれの項目の意味づけを Qualifier と呼ぶ。Qualifier は組織や分野によって異なるが、各組織がまったく独立に規定するのではなく、Dublin Core Metadata Initiative で基本的な部分を規定しているほか[24]、同じ目的や分野をもつ団体がグループとなって同じ Qualifier を規定するよう議論が行われている。現在、図書館[25]、教育コンテンツ[26]などのグループでそれぞれの分野の詳細なメタデータを標準化する作業が行われている。

なお Dublin Core メタデータは要素 (Element) とその意味 (Semantics) を規定するもので、構文 (Syntax) や実装を規定するものではない。現在の技術においては、RDF[27] を利用してメタデータを意味付けし、HTML の META タグや XML[28] などを利用して実装を行うのが一般的である [29]。

2.3.3 情報資源管理に関する研究

情報資源管理はこれまでデータベースの研究が中心であったが、インターネットと WWW の登場により、WWW 上の資源情報を管理するという方向が新たに生まれてきた。ここでは、メタデータ記述のフレームワークである RDF[27]、さらにこれらの概念を表現するためのひとつの実装として使用される、XML[28]、そして Web 情報をさらに効率的に扱うための Semantic Web[30] について述べる。

新しい WWW を始めとする次世代の情報資源管理の目標は、計算機が情報を理解可能になる、つまり、計算機で読みとれる形の情報の空間が、人々の思考、

¹ Internet Engineering Task Force

² the North American Information Standardization Organization

³ the European Information Industry Standardization Forum

⁴ Institute of Electrical and Electronics Engineers

表 2.1 Dublin Core で定義されるメタデータ

Title	タイトル
Creator	著者あるいは作者
Subject	主題及びキーワード
Description	内容記述
Publisher	公開者
Contributor	寄与者 (関与者)
Date	日付
Type	資源
Format	形式
Identifier	資源識別子
Source	情報源 (出所)
Language	言語
Relation	関係
Coverage	対象範囲 (空間的, 時間的)
Rights	権利管理

通信，情報交換，仕事の状態などを適切に反映できるようになることであった．RDF は，主語 (Resource) と述部 (Property)，そしてその目的語 (Statement: プロパティの値) の 3 つの関係によって，関係の連鎖を辿ることができるようなデータモデルを記述する．具体的には，これらの 3 つの要素を有向グラフを用いて表すことで意味付けを行う．

例えば，以下のような Statement を RDF で表する場合を考える．

Ora Lassila is the creator of the resource <http://www.w3.org/Home/Lassila>.

この statement は次のように構成されていると解析することができる．

Subject (Resource)	http://www.w3.org/Home/Lassila
Predicate (Property)	Creator
Object (literal)	"Ora Lassila"

この statement は次のように有向グラフで表現される．このとき，Resource は楕円で，property は矢印で，Literal は長方形で表される．



このデータモデルを XML として表現するためには，図 2.1 のような構文を使用する．

```
<rdf:RDF>
<rdf:Description about="http://www.w3.org/Home/Lassila">
<s:Creator>Ora Lassila</s:Creator>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

図 2.1 RDF の XML 構文

RDF では、ある Statement の目的語を Resource として、さらにそのプロパティを記述していく、つまり構造化していくことも可能である。例えば、以下の Statement を考えてみる。

The individual whose name is Ora Lassila, email jlassila@w3.org, is the creator of <http://www.w3.org/Home/Lassila>.

この Statement は図 2.2 のように表される。このように構造化により、複雑なデータモデルを組み立ててゆくことが可能となる。



図 2.2 RDF の構造化モデル

XML には名前空間 [31] という概念があり、異なる分野や組織間での名前の衝突を避けている。また Dublin Core Metadata では Application Profile やメタデータスキーマを格納するレジストリについて検討が行われており、言語、文化の差異

を吸収して、異なる組織間での情報交換が可能なモデルが構築されている。名前空間、レジストリ、Application Profileとも、それぞれの組織による定義を、サーバなど参照可能な組織で公開し、各ホストはそれを参照する形のモデルになっている。図 2.3 にその概念を示す。



図 2.3 組織間の情報交換のモデル

2.3.4 情報発見に関する研究

情報の電子化による最大の利点のひとつは、計算機の機能を利用した検索機能が利用可能となることである。1つの電子図書館あるいは情報サーバが持つ情報資源から必要な情報を取出すだけでなく、ネットワーク上に分散する他のサーバからも情報が取り出せる研究も多く行われている。

情報発見は大きな分野であり、さまざまな視点での研究が行われている。まず電子図書館に関わる技術としては大きく分けて、テキストの全文検索、概念検索などひとつの資源に含まれる内容を発見するものと、複数の情報サーバにある情報から必要な情報を発見するものがある。

ここでは、複数の情報サーバからの情報発見を取り上げることとする。

分散サーバに関する研究には大きく分けて2種類の方法があり、1つは図 2.4 のようにすでに設置されている情報を収集し検索する方法、もう1つは情報資源を作成するときに検索の効率化のための技術を組み込む方法である。

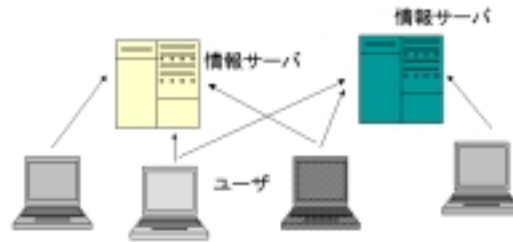


図 2.4 現状の情報サービス

前者を用いた WWW 検索にはロボットを用いた検索エンジンの利用による検索が一般的であり，すでに商用化されている google[32] や AltaVista[33] などが広く使われている．現在の自動検索による研究はユーザの好みを反映したり，アンケートや内容の解析などで情報のランク付けを行い，必要な情報を探し出すための研究が主である．他に，あるテーマに対する情報検索の入り口となる，ポータルサイトやサブジェクトゲートウェイ [34, 35] の構築も数多く行われている．

電子図書館は条件が違いため，横断検索 [36]，メタデータによる名前空間などを利用した情報発見に関する研究が行われている．

2.4. 情報流通に関する研究

電子化あるいは電子化し蓄積された情報は，ネットワークを通じて配送することが可能となる．現状のネットワークは，配送するデータの内容に関わらず同じ仕組みで通信を行う．その結果，データの順番が保証されず，またネットワークが混雑したときにはすべてのデータ転送に遅延が発生する．

しかし実際の情報資源においては，情報の内容によって配送に期待される機能が異なってくる．例えば，音声や動画像のような通信は途切れずに早く送る必要

があるが、少数のデータ損失は通信に影響を与えないことがある。ところが、データ転送やメール転送などは、多少の遅延が起きても回復可能であるが、データの損失は致命的である。また同様のデータ通信などにおいても、緊急情報を伝える場合と一般のデータとでは配送の優先度が違うべきである。

近年のネットワーク技術の研究開発の発達により、従来の技術で課題となっていた問題が解決される見通しとなっている。アドレス不足はIPv6[21]の登場により解消され、従来はできなかったデータの通信制御も行えるようになってきている。通信帯域を事前に確保し確実にデータ転送を行う帯域予約の仕組みや、通信をクラス分けし、クラスによって振る舞いを変えることができる仕組みが実用化されつつある。このようなネットワークの振る舞いを定義することをポリシーと呼ぶ。

ところが、どの情報に対して帯域予約を行い、どの情報をどのクラスに分けるかという決める仕組みはいまだ確立していない。このような仕組みを確立するには、情報の内容によって振る舞いを変えることが必要であり、そのためには情報資源のもつ情報を通信の制御に伝える仕組みが必要である。

情報の流通に効率的に行う研究は、QoS(Quality of Service, サービス品質)保証技術を中心に行われている。QoS技術の研究は古くから行われており、様々な解決の試みがあるが、ここでは、最近注目を集めている、ネットワークレベルでのQoS技術を概観する。これらはネットワークの経路上のノードが連動して制御していくもので、ネットワーク資源を予約するIntservと転送サービスの差別化により制御を行うDiffservをまとめる[37]。

2.4.1 資源予約によるQoS制御

リアルタイム型マルチメディアアプリケーションのために考案されたQoSサービスアーキテクチャがIntserv(Integrated Services)[38]である。個々のアプリケーションがネットワークに対して必要とするQoS仕様を要求し、それに応じてネットワークを構成するノード群が仕様を満足させるよう、ネットワーク内のリソース(ネットワーク資源)を予約確保していく。

Intservでは負荷制御型サービス(Controlled Services)、品質保証型サービス

(Guaranteed Services), ベストエフォート (Best Effort) の3つのサービスクラスを提供する。

品質保証型サービスは、帯域と最大遅延時間を保証するサービスの提供を目的としており、インターネット電話のようなリアルタイム双方向型マルチメディアアプリケーションなどの応用が考えられている。まず送信側のアプリケーションがネットワークに対し、トラフィックの特性を示すレートやバースト量、最大パケット転送サイズなどの仕様を転送し、受信側アプリケーションが、帯域や遅延時間に関する予約仕様をネットワークに通知する。ネットワーク上の各ノードはこの予約仕様が満足されるよう、ネットワーク資源の確保を行う。このトラフィック仕様を TSPEC (Traffic Specification)、予約仕様を RSVP (Reservation Specification)、リソース予約のためのプロトコルを RSVP (Resource Reservation Protocol) と呼ぶ。

負荷型制御サービスクラスは、ネットワークの負荷が小さい場合と同等の品質をネットワークの状況に依らず常に提供することを目的としている。応用としては、サーバに蓄積されたビデオデータをクライアントに転送し再生する VoD (Video on Demand) のような、ある程度の遅延や時間の揺れ (ジッタ) が吸収可能なアプリケーションが考えられている。負荷型制御サービスクラスでも、サービス提供に必要となるネットワーク資源は、RSVP を利用して確保する。

ベストエフォートサービスクラスは、接続性のみが保証されたクラスである。

品質保証型サービスクラス、負荷型制御サービスクラスにおいて、ネットワーク資源の確保に利用する RSVP は、アプリケーションから受け付けたサービス品質に関する要求を、フローが通過するネットワーク上のノードに順次伝達し、各ノードがネットワーク資源の予約確保をするためのプロトコルである。RSVP は、データ送信側のアプリケーションから受信側アプリケーションに向けて発信される PATH メッセージと、受信側アプリケーションから送信側アプリケーションに向けて返信される RESV メッセージによって実現される。

PATH と RESV メッセージによるネットワーク資源予約確保を制御するために、Policy Control と Admission Control が用意されている。Policy Control は、ネットワーク資源確保要求に対するアクセス制御を行う機能である。Admission Control は、RESV メッセージから予約要求を受けた場合に、予約対象となるイ

ンターフェースに関しネットワーク資源の空き状況を踏まえ、要求を受付ける可否かを判断する機能である。

2.4.2 差別化による QoS 制御

ネットワークにおける転送サービスに複数のクラスを設け、流通するデータの流れをネットワークの入り口でクラスに分類して、それぞれのクラスに応じたパケットの転送を行うことにより情報流通を制御する機構は、Diffserv[39, 40] と呼ばれる。各クラスごとに、バッファや帯域の割り当てなどがあらかじめ決められている。Intserv は end-to-end で QoS を保証する通信路を確保するのに対し、Diffserv は個々のアプリケーションの流れを集約したクラスに対して、QoS を制御する。

Diffserv では、クラスの構成やクラスごとの転送方法が同一のルールによって運用されるネットワーク領域を Diffserv ドメイン (DS ドメイン) と呼ぶ。DS ドメインは図 2.5 のように、ドメインの周辺部に配置されたバウンダリノードと、それ以外のインテリアノードから構成される。

バウンダリノードは、ユーザからのアクセス回線を収容するエッジルータに相当するノードであり、あらかじめ決められたルールに基づいて、ドメイン内に流入するフローをクラスに分類し、クラスに対応した DSCP (Diffserv CodePoint) と呼ばれる値を IP パケットヘッダに設定する。DSCP は図 2.6 のように、IP パケットヘッダ内の TOS フィールドとして利用されていた 8 ビット長のフィールドのうち、下位 6 ビットに設定する。

パケットは DSCP によって図 2.7 のようにクラス分けされ、DSCP に従って転送される。

DS ドメイン内での各ノードにおけるパケットの転送方法を規定するのが PHB (Per Hop Behavior) である。IETF (Internet Engineering Task Force)[41] では、標準的な方法として Default, Class Selector, Assured Forwarding (AF), Expedited Forwarding (EF) が規定されている。

Default はベストエフォートによるパケット転送で、対応する DSCP 値としては 0x000000 が推奨されている。

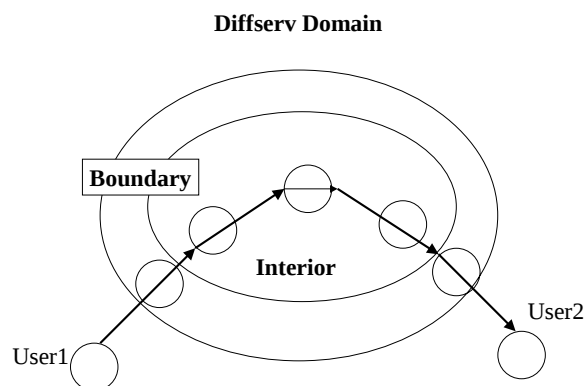


図 2.5 diffserv の DS 概念図

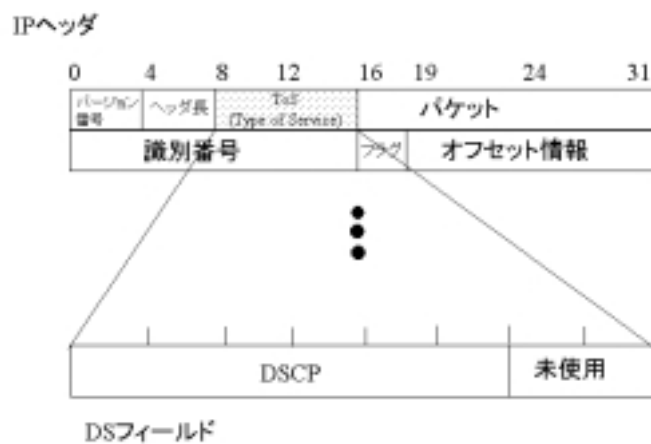


図 2.6 IP ヘッダ内の DSCP フィールド

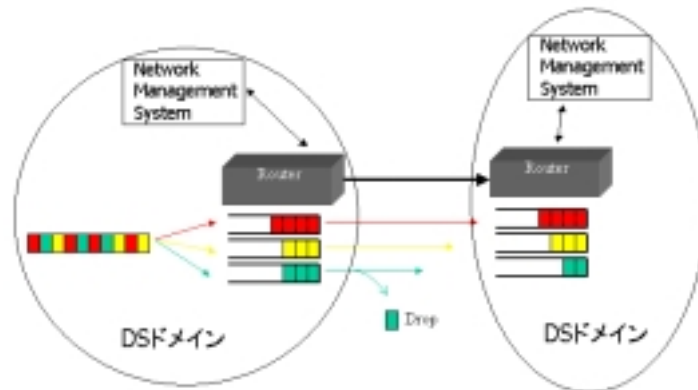


図 2.7 diffserv のパケット転送

Class Selector は、DS フィールドを従来の ToS フィールドにおける優先度フィールドとして利用する場合のパケット転送である。ToS フィールド内の優先フィールドは上位 3 ビットなため、Class Selector PHB に対応する DSCP 値は上位 3 ビットに設定し、これを Class Selector Codepoint と呼ぶ。

Assured Forwarding (AF) [42] は、最低帯域が保証されたパケット転送であり、パケットにはバウンダリノードで破棄レベルが対応付けられる。あるノードで輻輳が発生した場合には、廃棄レベルが高いパケットから破棄することにより、破棄レベルが低いパケットを優先的に転送する。各クラスには 4 種類の転送クラスが定義され、各クラスには 3 種類のパケット破棄レベルが設けられており、6 ビットの DSCP のうち、上位から 3 ビットで転送クラスを、その次の下位 2 ビットで廃棄レベルを指定する。また、転送クラスが i 、廃棄レベルが j の AF を “AF ij ” と表す。それぞれ対応する DSCP 値を表 2.2 に示す。

Expedited Forwarding(EF)[43] は、流入するパケットよりも送出するパケットのほうが大きく、ノードにパケットが滞留することのない転送である。EF PHB によって転送されるフローは、DS ドメイン内のノードで滞留による遅延が発生

表 2.2 AF の各クラスと DSCP 値

	低廃棄レベル	中廃棄レベル	高廃棄レベル
クラス 1	001010(AF11)	001100(AF12)	001110(AF13)
クラス 2	010010(AF21)	010100(AF22)	010110(AF23)
クラス 3	011010(AF31)	011100(AF32)	011110(AF33)
クラス 4	100010(AF41)	100100(AF42)	100110(AF43)

しないため、ドメインの入り口と出口で帯域が保証され、遅延やジッタの少ないため、いわば専用線のようなサービスが実現される。これを仮想専用線 (VLL: Virtual Leased Line) と呼び、対応する DSCP 値としては 0x101110 が推奨されている。これは、インターネット上に実現される音声通信 (VoIP) など、遅延やジッタが許されないアプリケーションへの応用が想定されている。

Diffserv はクラスの分類や DSCP 値の設定などは、バウンダリノードで行い、インテリアノードでは送られてきたパケットのヘッダに設定されている DSCP 値のみに基づいて転送を行う。このような機能分担により、DS ドメイン内の規模が大きくなってもインテリアノードでの処理負荷の増加を抑えることができる。つまり、Diffserv モデルはより大規模なネットワークに対してスケーラビリティを持つといえる。

Diffserv の運用に当たっては、これらの PHB を規定するためのポリシーが必要となる。ポリシーとは、ある状況に対してネットワークがどのようにふるまうかを規定したものである。現状では、あるドメインにおける優先度を管理するために、BB(Bandwidth Broker) などの NMS(Network Management System) と呼ばれる管理装置を置き、優先度の要求に対応してネットワーク上の機器を制御して、資源を割り当てることで優先制御を実現する。

実際のポリシーの実現には、データの流れを監視し、流量に応じて優先度を調整する方法や、アプリケーションから NMS に要求することにより、優先度を確保する方法などが研究されている [44]。

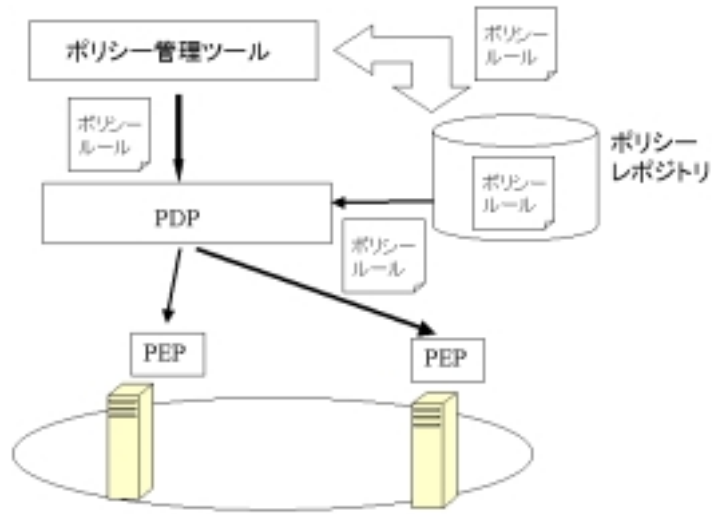


図 2.8 ポリシーベースネットワークの基本アーキテクチャ

2.4.3 ポリシーベースネットワーク

ネットワーク機器に対する設定や制御に関し、ネットワーク運用管理業務を支援するための技術をポリシーベースネットワーク管理 (PBNM: Policy Based Network Management) と呼ぶ。PBNM は、ネットワークの運用方法や制御方法をポリシールールで表し、それに基づいて分散した通信機器の動作を自動的かつ集中的に管理制御することにより、大規模なネットワークの運用管理を行うことを目的としている。

ポリシーベースネットワークの基本アーキテクチャは、図 2.8 に示すようにポリシー管理ツール (Policy Management Tool)、ポリシーレポジトリ (Policy Repository)、ポリシー決定部 (PDP: Policy Decision Point)、ポリシー実行部 (PEP: Policy Enforcement Point) からなるモデルである。

ポリシーベースネットワークの管理は、ポリシールールを規定することで行う。ポリシールールとは、QoS 制御機能などについてその利用方法をルールとしてデータ化するものであるが、通信機器の管理範囲や、ベンダーごとの表現形式の違いなど、大規模なネットワークに適用するには多くの問題がある。そこで、

IETF や DMTF(Distributed Management Task Force) を中心にポリシーのモデルとその表現形式，すなわちスキーマが議論されており，ポリシーの情報モデル(PCIM: Policy Core Information Model) に関する標準仕様や，ポリシーの実装におけるデータ構造であるスキーマについて標準化が進められている．

第3章

メタデータによる情報資源管理

本章では、メタデータによる情報資源管理の研究として、考古学分野と静止画とに応用し、考古学写真ライブラリを構築する。標準化が進行中である Dublin Core にとっては、メタデータがどれだけの分野で有効であることを示すことは重要な応用研究となる。一方で考古遺跡写真は貴重な情報資源である上に大量に存在するため、保存管理のために効率の良い資源管理方法が緊急に必要とされている。本章では、まず考古遺跡写真ライブラリ構築の動機を明らかにし、Dublin Core Metadata の応用としてメタデータの設計を行い、実際にライブラリを構築して考察を行う。

3.1. はじめに

考古遺跡発掘調査の際には遺跡、遺構、遺物、または調査の方法等を記録するために、膨大な数の写真撮影が行われる。これらの写真は調査記録としての意義だけでなく、研究資料としても価値を持つ。一度の発掘調査で撮影される写真は数千枚に及び、その整理、保存は大変に手間と時間のかかる作業となる。

これらの写真は数十年に渡ってさまざまな媒体と形式で撮影されてきた。写真とフィルム技術の発達により、時代とともに媒体にも変化が見られる。昭和 40 年以前は白黒のガラス乾板に多く撮影されており、それ以降の写真はカラーフィルムが主流となる。ところがこれらのいわゆる銀塩写真は、時間とともに退色、つまり色が褪せてしまい、本来の色が失われてしまう。退色は撮影後約 20 年ほどで始まるといわれており、実際に色が変化している写真も多く存在する。

我々は、貴重な文化遺産である考古遺跡写真を退色から守り保存しまた再利用を可能とするため、写真フィルムを電子化し、それを写真ライブラリ(データベース)として再構築することを計画した [45]。その後この計画に基づきプロトタイプの設計、実装を行い Web で公開する段階までに到達したのでここに報告する。

このライブラリの大きな特徴は、電子化したデータに写真に関する情報、メタデータを付与し検索や整理に利用できることである。写真を電子化して保存するだけでは単にデータを蓄積しただけに過ぎず、必要なときに必要なデータを取り出すのは難しい。写真が撮影された内容に関する様々な情報、たとえば遺跡や遺物の名称、作られた年代、発掘された場所の情報などを付与することによって、写真データの再利用、再構成は可能となる。我々はメタデータの国際標準である Dublin Core Metadata [18] にしたがって、考古遺跡写真を保存、再利用するためのメタデータを設計した。設計したメタデータは 2000 年 10 月にカナダで開催された Dublin Core Metadata Initiative のワークショップで発表し、標準化するための意見交換を行った。

3.1.1 考古遺跡写真のメタデータ

本研究では、Dublin Core Metadata の考古学分野での応用として、考古遺跡写真のメタデータを設計した。この作業は考古学者である堅田直帝塚山大学名誉教授が必要な項目をリストアップし、それを Dublin Core の項目に当てはめ、それをもとに議論を重ねて追加、修正を行っていく形で進められた。議論の結果、プロトタイプ構築の時点で定義されたメタデータを表 3.1 に示す。これはまだ最終形態ではなく、今後の実験や評価の段階でさらなる追加や修正が行われる可能性がある。

なお、この考古遺跡メタデータは 2000 年 10 月の Dublin Core Metadata ワークショップにおいて発表し、標準化の活動を進めている。

表 3.1 考古遺跡写真のためのメタデータ

DC_Identifier	カード番号
DC_Identifier_photo	写真番号
DC_Format_color	モノクロ/カラー
DC_Title_historicalsitere	遺跡の名称
DC_Identifier_relic	遺跡番号 (自治体地名表)
DC_Type_site	遺跡の種類
DC_Identifier_postalcode	遺跡所在地郵便番号
DC_Identifier_address	遺跡所在地
DC_Identifier_map	地図 (地理調査所) 図幅名
DC_Identifier_map_scale	1/25000or1/50000
DC_Identifier_point	遺跡の公共座標
DC_Date_site	遺跡の年代
DC_Type_photoangle	遺跡の撮影方向
DC_Creator_photo	遺跡の撮影者
DC_Relation_neighborphoto	周辺の遺跡名
DC_Relation_site	遺跡の参考文献
DC_Date_excavation	発掘・調査年月日
DC_Rights	遺跡の発掘・調査担当者
DC_Title_ruin	遺構の名称
DC_Type_ruin_period	遺構の年代
DC_Type_ruin	遺構の種類
DC_Type_ruin_photoangle	遺構の撮影方向
DC_Title_relic	遺物の名称
DC_Type_relic_period	遺物の年代
DC_Type_relic_photoangle	遺物の撮影方向
DC_Creator_photo	遺物の撮影者
DC_Rights_relic_excavator	遺物の発掘者

DC_Rights_relic_owner	遺物の所有者
DC_Contributor	調査主体者
DC_Subject_historicalsie	遺跡のキーワード
DC_Subject_ruin	遺構のキーワード
DC_Subject_relic	遺物のキーワード
DC_Identifier	電子ファイルの ID
DC_Date_digitize	電子化作業日
DC_Creator_digitize	電子化作業者
DC_Format	ファイルの種類
DC_Format_size	電子ファイルのサイズ
DC_Description	解説
DC_Description_Memo	メモ
DC_Language	言語

3.2. 考古遺跡写真ライブラリの設計

設計したメタデータの有効性を確認するため、実際に考古遺跡写真ライブラリ
ののプロトタイプを設計し構築した。

プロトタイプで扱うのは、堅田直帝塚山大学名誉教授が保有する考古遺跡写真、
数万枚である。これらを電子化しメタデータを付与して蓄積する。

3.2.1 システム設計

システム構成は図 3.1 に示すように、電子化、メタデータ付与、検索/表示の 3
つの部分から成る。

現在は、電子化作業は市販のスキャナで行っている。スキャナから得られるデー
タは Tiff 形式であり、それをインターネットでストレス無く見られるようにする
ために JPEG に変換している。電子化されたデータはデータベースに蓄積される。

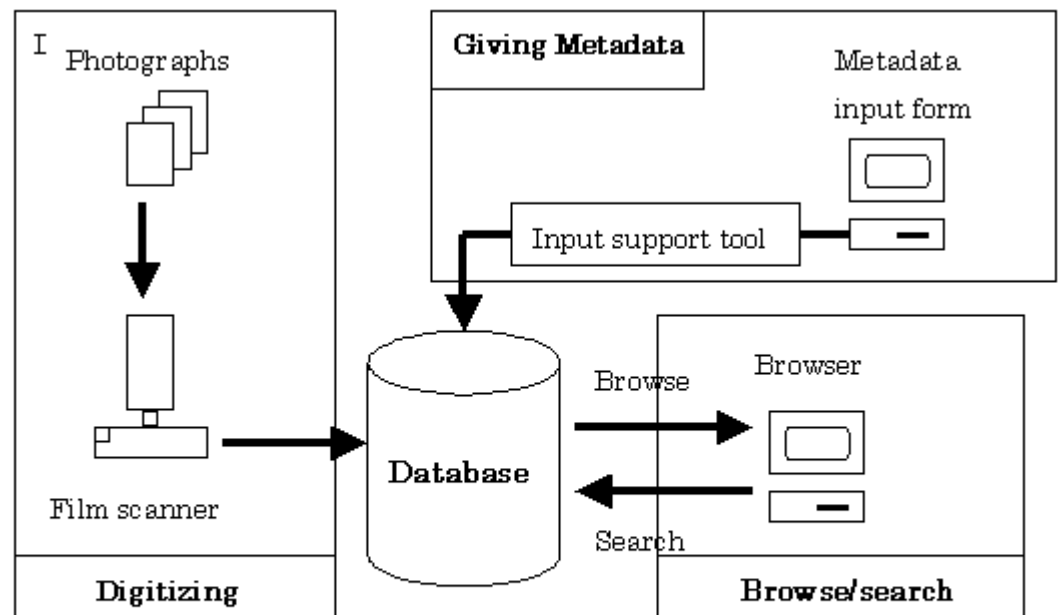


図 3.1 システム構成

電子化作業は原則として一度だけであるが、メタデータの付与、追加、削除は何度も行えるよう設計する。メタデータには様々な情報が含まれるため、はじめから完全を目指すのは難しく、研究の過程で追加修正を行うことによってより良いデータを作り上げていくのが望ましい。あるいは再利用にあたってこれまで付与していなかったメタデータを追加する必要性が発生する可能性もある。以上のような理由から、メタデータの付与に関しては柔軟性をもった設計が必要である。付与されたメタデータはデータベースに蓄積される。

このライブラリは評価の段階からインターネット上で公開することを考えている。そのため、検索、表示機能は Web インタフェースを使用するのが適当である。データベースへのアクセスも Web インタフェースを利用して行う。

3.3. 考古遺跡写真ライブラリの実装

本節では、考古遺跡写真ライブラリのプロトタイプの実装について述べる [46] .

3.3.1 システム構成

プロトタイプはデスクトップ型の PC/AT 互換機で FreeBSD OS 上に構築した . データベースソフトウェアとしては PostgreSQL を使用し , Web インタフェースを利用して検索 , 表示が行えるよう実装した .

現状では電子化されメタデータを付与して蓄積されている写真は約 150 枚である .

3.3.2 検索 , 表示

検索 , 表示には Web インタフェースを使用し , インターネット上からのアクセスも可能とした .

図 3.2 は検索要求の画面であり , 遺跡名や遺跡の年代などを指定できる . 検索ボタンをクリックすると , 検索要求に従ってデータベースにアクセスし , 結果が図 3.3 の画面に現れる . 図 3.3 でさらに詳細を見たい場合は画像をクリックすると図 3.4 の拡大画面が現れる .

3.4. 実装とメタデータの評価

構築したプロトタイプにメタデータを入力し , 検索と表示のインターフェースを作成した . メタデータ入力 , プロトタイプの構築と運用実験にあたって , 設計した考古遺跡写真のメタデータに関して考察を行う。

ファイル 編集 表示 ジャンプ Communicator ヘルプ

戻る 次 再読み込み ホーム 検索 ガイド 印刷 拡張子 停止

しおり 場所: <http://nilgiri.sist-nara.ac.jp/archaeology/search.html>

Internet Lookup News&Cool

考古遺跡写真データベース 検索画面
Archaeology Film Library Search

遺跡の名称
DC_Title_historicalsite 和歌山県田辺市磯間岩跡遺跡 (Isoma Iwakage Izeki) ⇨

遺跡の年代
DC_Date_site 古墳時代 ⇨

遺跡の撮影方向
DC_Type_photoangle 岩跡内全長跡を見る ⇨

search clear

図 3.2 検索要求画面

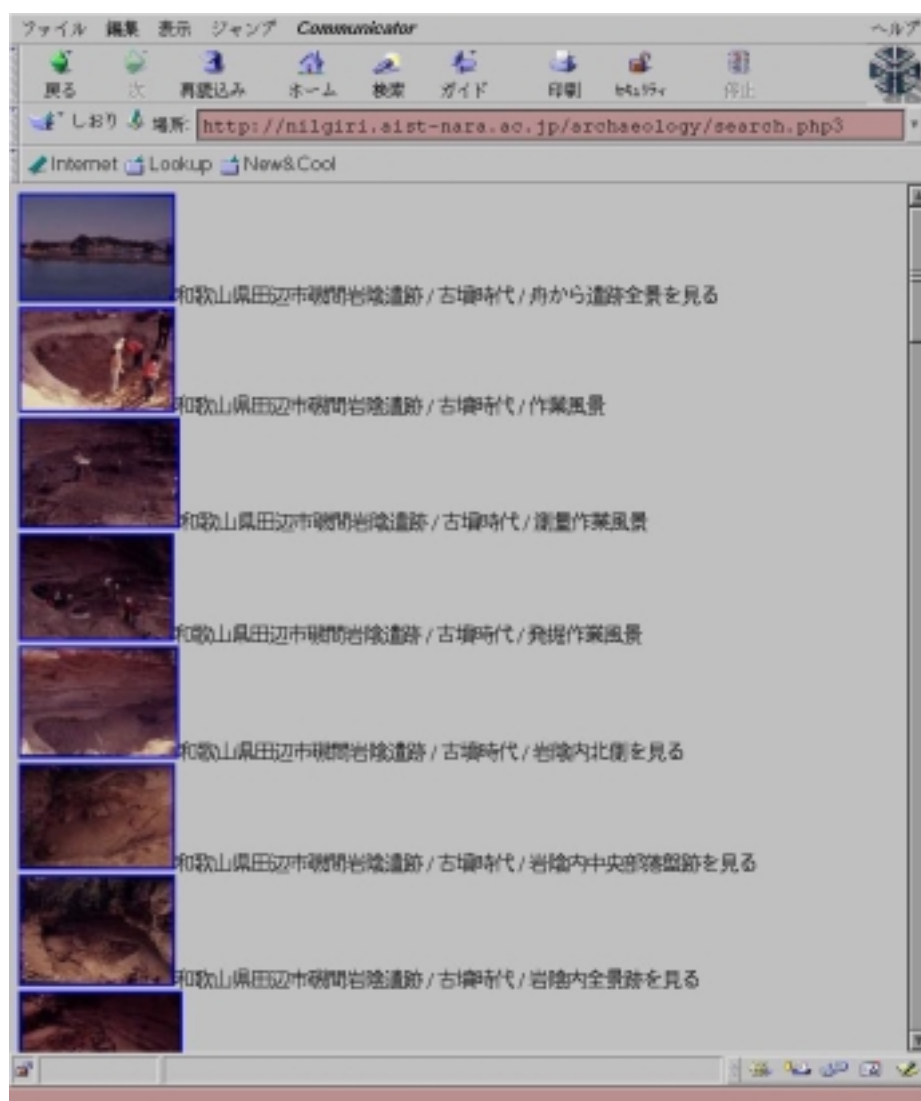


図 3.3 検索結果画面

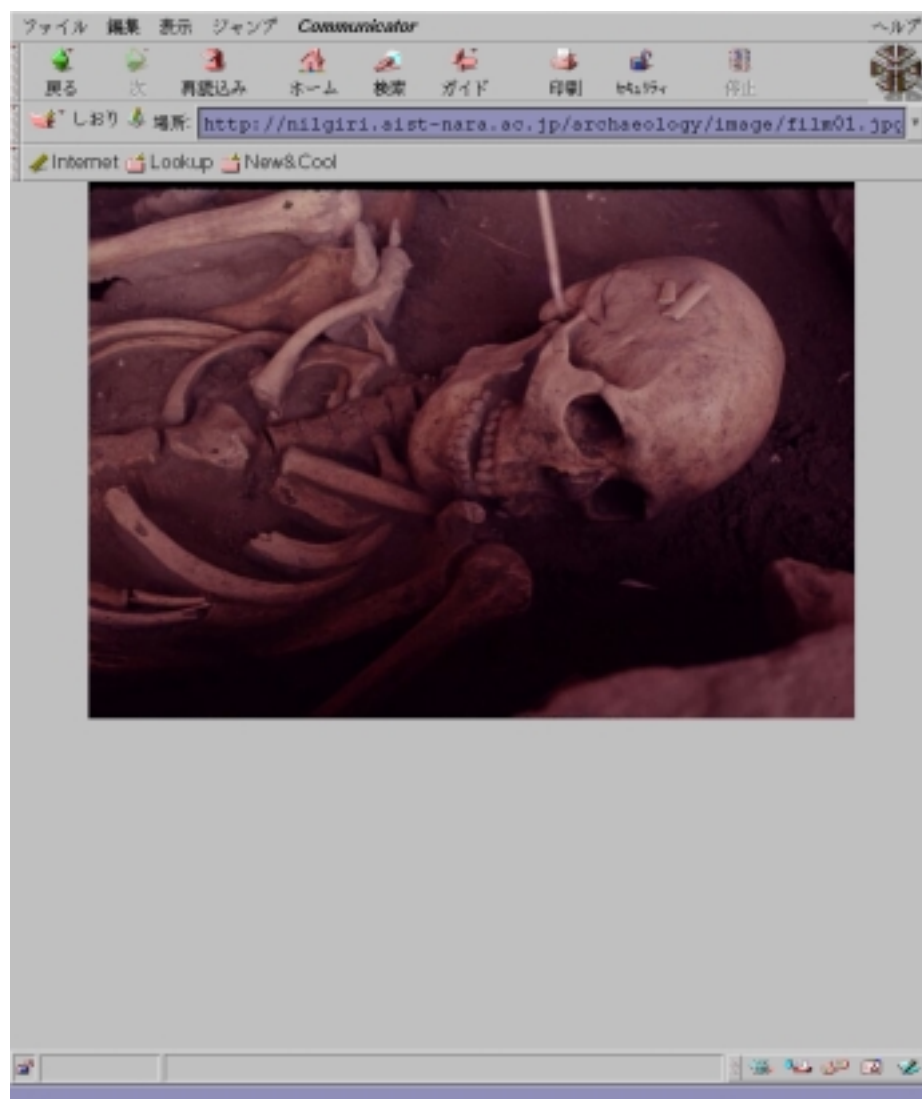


図 3.4 拡大した画面

3.4.1 メタデータの整理

今回は必要項目のリストアップという形で行ったが、実際は何に関するメタデータかによって、グループが存在することがわかった。つまり実際の撮影対象に対応する形で、遺跡、遺構、遺物に関するメタデータがそれぞれあり、ほかに写真そのものに関するメタデータが存在する。それぞれのメタデータは以下のように整理できる。

遺跡に関するメタデータ

- 遺跡の名称
- 遺跡の種類
- 遺跡の年代
- 発掘・調査年月日
- 周辺の遺跡名
- 遺跡の関連情報
- 遺跡に関するキーワード
- 遺跡の存在場所
遺跡番号、所在地郵便番号、所在地、公共座標など
- 遺跡の発掘・調査担当者
- 調査主体者
- 解説

遺構に関するメタデータ

- 遺構の名称
- 遺構の種類
- 遺構の年代
- 発掘・調査年月日
- 遺構の関連情報
- 遺構に関するキーワード
- 解説

遺物に関するメタデータ

- 遺物の名称
- 遺物の種類
- 遺物の年代
- 発掘・調査年月日
- 遺物の関連情報
- 遺物に関するキーワード
- 遺物の発掘者
- 遺物の所有者
- 解説

写真に関するメタデータ

- 撮影者
- 撮影方向
- 電子化作業者
- 電子化作業日
- ファイルの種類
- 電子ファイルのサイズ
- モノクロ/カラー

3.4.2 考察

このように整理したことで、遺跡、遺構、遺物それぞれに対して、少しずつ異なるメタデータを持つことがわかった。これらはすべて写真に関するメタデータではあるが、モデル化にあたっては2つの方法が考えられる。

1つは、現状のように、それぞれの写真データがすべてのデータを保持する方法である。この方法の利点は、写真に含まれている情報をすべて持つことで、資料としての整理をしやすくなることである。特にデータベース上に置いた場合にはシンプルで、検索等の際には各写真データに対して操作を行えばよい。欠点は、この方法では写真データに主体が置かれるため、応用が限られ遺跡や遺物などの情報に対しては利用しにくいことが挙げられる。また各写真データが遺跡、遺構のメタデータも保持するため、変更があった場合に統一的な修正が難しいほか、データベースが巨大になる。

もう1つは、遺跡、遺構、遺物、そして写真データに関する情報とに分割し、その関係を記述する方法である。現状では、XMLの名前空間[31]を活用して実装するのが現実的だと考えられる。この方法の利点は、それぞれに属する情報を独立して管理できることである。一般に、ひとつの遺跡に対して遺構、遺物は複

数あり、写真も複数撮影されるため、メタデータもそれぞれ対応するのが自然である。また、遺跡などのメタデータは写真に関わらず使えるため、さまざまな応用が可能となる。欠点は、関係を記述するため複雑になり、管理が直感的に行いにくいこと、また、名前空間やそれを利用した検索機能などは開発途上であって、効率のよい検索システムの構築が困難であることである。

本研究では今後、2 番目の方法を採用することとする。欠点の2 点目に挙げた、システムの効率に関しては、データベース上での扱いを1 番目の方法である、各写真データに遺跡などのデータも追加することによって解決する。

また入力作業において、同じものを差す場合でも、多少言葉が違う場合があることがわかった。これは当然のことで、自然言語で書く限り避けられない。複数人で共同作業を行うことになればなおさらである。Dublin Core では、一部の要素に Qualifier[24] と Encoding Schema と呼ばれるデータの入力手法を標準化した。要素の内容をどのように記述するか、あるいはどのような単語を使うかを規定している。たとえば、日付は作成日付と修正日付ほかなどが規定され、表記は W3C-DTF[47] に従うと定められた。本システムでも、Dublin Core に規定されているものはそれに従うほか、考古遺跡メタデータに特有の語彙を洗い出し、分類を決めていく必要がある。

3.5. 今後の予定

これまでの研究で、考古遺跡写真のメタデータの設計とプロトタイプ構築を行った。また Web を通じてアクセスするためのユーザインタフェースを作成し、インターネットで公開する準備が整った。今後は外部からも広く意見を求め、メタデータやユーザインタフェースの改良を行うフェーズとなる。

同時にプロトタイプの改良も行う。まず電子化作業はさらに高精細な画像になるように行い、A5 サイズの印刷に耐えられる程度とする。このライブラリの目的は考古遺跡写真の保存にあるため、電子化されたデータが研究に利用できるような高精細であることは必須である。インターネットを通じてアクセスする際はストレスがないように変換して提供する。また同時に退色を修正するよう電子的な

画像処理を行う。

現在，メタデータ付与の作業はオフラインで行っている．今後インターネットを利用してメタデータの記述が行えるように，Web を利用したインタフェースも提供する．これにより修正や追加などの作業がやりやすくなる．

考古遺跡写真はこれまで発掘作業を行った考古学者や組織が保存，管理を行ってきた．電子化したデータの保管は，1つの巨大なデータベースで構築する場合と，各組織などで独自に構築しデータを交換する形との2つの形態が考えられる．しかし，たとえ日本で巨大なデータベースを構築しても，例えば海外の組織とデータ交換を行うことも考えられる．今後は複数台のコンピュータで共通のメタデータを持ち，データ交換を行えるモデルも構築し，実装と評価を行っていく．

第4章

メタデータによる情報流通管理

本章では、メタデータに通信に必要となる情報も含まれていることを確認し、それを情報流通管理に応用する機構を提案する。情報の内容による差を明らかにするため、地震など災害の際の非常時通信を取り上げてメタデータがどのように応用されるかを示し、Diffserv のポリシー制御を行うシステムを設計してその有効性を検証する。

4.1. はじめに

電子化情報に関するメタデータ Dublin Core には、情報の内容だけでなく電子データに関する情報も含まれる。例えば、ファイルのフォーマット、サイズなどである。情報流通のふるまいを決めるにあたっては、転送するデータが音声や画像のように連続性かつ転送速度を必要とするものか、テキストデータのように信頼性を必要とするものかという情報が必要である。メタデータで示されたフォーマットやサイズはその手がかりを与えることができる。

また、Dublin Core ではメタデータとして組織やキーワードを記述することもできる。災害などの非常時においては、災害に関する緊急性の高い情報を優先して転送する必要があるので、自治体や消防など発信者により優先するデータを決めるためには、メタデータの情報が必要となる。

本研究では、情報発信者がもつメタデータ情報を情報流通に応用する機構を提案し、シミュレーションと実機による実験によりその有効性を実証する。

この機構の実証にあたり、データの差別化に対する動機を明らかにするため、

本研究では、大規模災害などの非常時の際の通信を取り上げる。まず非常時における通信と非常時に必要とされる情報サービスをまとめ、メタデータを利用した情報流通機構について提案、実装、評価を行う。

なお、本論文で述べる機構はITU-T SG 16¹ において F.706² 勧告とする作業が進んでおり、現在、勧告化の手続きが最終段階を迎えている。

4.2. 非常時通信研究の背景

災害などの非常事態の通信基盤としてインターネットが有効であることは、様々な場面で実証されてきている。1995年に起こった阪神淡路大震災では、被災者の安否を確認する電話が被災地内外から被災地内に集中し、電話網の輻輳が発生した。電話は実時間での情報交換を可能とするため、緊急時に適した通信手段ではあるが、呼の集中による輻輳に弱いことと、記録を残したり情報を共有したりすることが困難であるのが欠点である。

一方、インターネットは実時間での情報交換は保証されないが、一般には文字情報の交換が多いため、非常時における情報の記録や共有には適している通信手段だといえる。またこれまでのインターネットの技術では、アクセスの集中が起こるとサービスが低下したり中断したりするため、信頼性が保証されなかった。非常時において交換される情報は緊急性が高いため、データの損失が起こってはならず、また他の情報よりも優先して配送する必要がある。

最近、Diffservなどのサービス品質保証(QoS:Quality of Service)技術の発展により、データを優先して転送することが可能となってきた。Diffservはデータ配送の優先クラス定義することにより、優先制御を実現する仕組みである。非常時における緊急性の高い情報を優先して配送するためには、転送する情報が緊急情報であることを判断し、優先度を高くするというポリシーを作成し、それに基づきネットワーク機器を設定する必要がある。しかし現在のQoSの運用状況においては情報の内容を考慮して通信の優先度を規定する方法はない。

¹ International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector, Study Groups 16: Multimedia services, systems and terminals

² Service Description for an International Emergency Multimedia Service

一方、情報の内容を記述し、構造化する情報であるメタデータに関する研究が進み、XMLなどの表現技術と併せて、これまで雑然としていた電子化情報の構造化が進んでいる。メタデータとは情報の内容に関するデータで、タイトルや作成者、フォーマットなどの付加的な情報のことである。情報の内容を計算機が自動的に判断するのは困難であるが、メタデータは構造化されているため、計算機で構造を処理し内容に応じた処理をすることが可能となる。

そこで本研究では、メタデータの情報を優先制御に利用する方法を提案および設計し、非常時における緊急情報を効率的に伝送できることを示す。

これまでメタデータと優先制御機構とはまったく関係のない技術であったが、本論文では、メタデータには通信に必要となる情報も含まれていることを確認し、それを優先制御に応用する機構を構築する。メタデータにはサブジェクトやキーワードなどの情報も付加できるため、情報の緊急性をその中で表現することが可能である。この情報をもとに伝送のポリシーを規定し、それを優先クラスに対応させることにより優先的な配送が実現できる。

メタデータに関しても、ネットワーク技術の発展により電子化情報の増加とその交換の重要性の向上に伴い、標準化への活動が進んでいる。現在、電子化情報を中心に事実上の国際標準となっているメタデータは Dublin Core Metadata Element Set である。ポリシーを記述するにあたってはメタデータは標準化することが望ましいため、本研究において扱うメタデータは Dublin Core Metadata Element Set に従うものとする。

標準化したメタデータを使用するもう一つの利点は、付加情報を失わずに様々なシステムとの情報交換が可能なことである。災害などの非常事態はいつどこで起こるかわからないため、旅行中や移動中に災害に合う可能性もある。その場合に標準化されたメタデータに従って情報が作成されていれば、国や地域、システムによらず被災者や被災地の情報を交換することができる。

4.3. 非常時通信の現状

大規模な災害が発生した場合などには，ライフラインとしての通信基盤も被害を受けることが多い．完全に停止しないまでも，切断や輻輳などの影響で機能が低下する場合もあり，通常の通信機能を完全に確保するのは難しい．

通信基盤は今やライフラインとして重要な機能を担っており，また非常時こそ必要性が高くなる．通信機能の停止や機能低下は，情報不足による重大な事態や混乱を招くことがあるため，災害に強い頑強なシステムを構築する必要があり，また代替手段の確保やサービスの組合わせなどによって，麻痺を避けなければならない．

非常時における通信に必要なことは，情報サービスの継続を確保することである．さらに非常時に交換される情報は緊急性が高いため，電話であれば呼が確保されること，データであれば損失が起こらないことが重要であり，さらに一般の通信より優先して伝送されなければならない．

しかし，現状の通信基盤では，非常時への対策はあまり行われていない．本章では，通信基盤を電話とインターネットとに大別し，それぞれの役割を整理しながら，非常時における通信基盤とサービスへの現状とそれに関連する研究について述べる．

4.3.1 非常時における通信基盤

現在では，災害などの非常時には，通信手段として電話を用いるのが一般的である．災害が起こると，呼が集中して被災地への電話がかかりにくくなるのはよく見られる現象であり，結果として通信手段が途切れることになる．

災害に遭った時は近くに有線電話があるとは限らないため，今後は携帯電話での通信が増えることが予想される．携帯電話は場所などの確認にも有効であるため，通信手段として必要性は特に高い．そこで携帯電話においての通信手段を確保することを目的として，音声通話の通話時間を制御することにより輻輳を回避する研究 [48] が行われている．なお携帯電話のアンテナ自体が被害を受けて通信が停止することもあり，それを補うためのシステム構成は別途考慮する必要がある．

ある．

一方，インターネットを利用しても通信は可能である．インターネットは実時間性が保証されない仕組みであり，音声による通信は実現しにくい，文字情報などの転送には適する方法である．電話の場合は通信の両端の接続が比較的長時間確保されている必要があるため，通信機能や品質の低下に弱く電話本来の用途である対話の成立は難しくなる．インターネットは必ずしも通信の両端の接続を必要とせず，短時間の接続を確保することで通信の成立が可能である．これは通信の質が悪く，しばしば通信が切れるような環境にある場合にも，データを少量ずつ送ることにより，情報交換の機能を果たせることを示している．またインターネットの構成には冗長性があり，回線の一部が切断されても，迂回することによって到達性を確保しようと動作する．非常時に電話の代替として機能するわけではないが，対話によるのではない，他の情報交換のための手段を提供する点での必要性は大きい．

インターネットが普及をはじめてから起きた主な災害と，そのときに有線電話，携帯電話，インターネットの Web，Mail がどのように機能したかを表 4.1 に示す．阪神淡路大震災が起きた 1995 年当時は，まだ携帯電話が普及していなかったため通話が可能であったが，その後の災害においては，電話はほぼ使えない状態になっている．対するインターネットサービスは多少の時間遅延はあっても，災害によってサービスが停止したり，データが失われたりすることなく通信手段として大きな役割を担っている．

なお災害によって大きな被害を受けるのは限定された地域であることが多く，その地域を離れば通信基盤は正常に動作しており，通常の機能での通信が行われる．ただし，そのデータの緊急性が高いことには変わりがないため，災害時には，通常の通信が可能な地域でも優先される必要がある．

また非常時において通常の通信回線が被害を受けた場合には，それを補うための通信基盤を確保することも重要となる．その一例として，通信衛星を利用して通信基盤のバックアップを行う方法についての研究も行われている [49]．

表 4.1 災害時の電話とインターネットの動作状況

日付	災害	電話	携帯電話	Web	Mail
1995.1.17	阪神・淡路大震災	×	○ (*)	○	○
2000.10.6	鳥取西部地震	×	×	○	○
2001.3.24	広島芸予地震	×	×	○	○
2001.9.11	米国同時多発テロ	×	×	○	○

(*) 当時は携帯電話が普及していなかったため、ごく一部しか使用されなかった。

4.3.2 非常時に必要とされる情報サービス

災害などに遭った場合はまず自分の身の安全の確保が第一であるが、次になすべきことは現状把握であり、そのために被害や避難に関する情報を得る必要がある。また被災地内外の家族、友人の安否確認をしたいという要求もある。一方、被災地外で被害の情報を知った人からも、被災地内の家族や友人の安否確認の問い合わせがある。

これらの情報は1つ1つの情報量は小さいが緊急かつ重要であり、また大量に交換される性質のものである。これらの情報を交換する場合に、輻輳を回避し十分なサービスを提供するためには、電話だけでなく文字情報等などのメディアの利用も有効となる。

また非常時はさまざまな情報が飛び交い、それが刻一刻と変化してゆく。声による情報交換は間違いが生じやすく、また多人数に一度に知らせることは困難である。文字情報などの記録可能なメディアを利用すれば正確な記録ができ、また時間による情報の変化にも追従しやすくなり、多人数で共有することも可能となる。さらに情報の喪失を避けるため、集約した情報は各地に分散する必要もある。情報の分散は喪失を防ぐだけでなくアクセスの集中も避けられるため、システムとしての耐負荷性、耐故障性も向上する。

4.3.3 被災者支援通信システム

このような非常時におけるインターネットを利用した緊急通信システムとしては、1995 年から WIDE プロジェクトが研究開発している「IAA システム」という被災者支援情報通信システムがある [50]。IAA システムは “I Am Alive” という意味で、多彩なユーザインタフェースとインターネット上に配置した分散データベースから構成され、被災者情報の登録検索を支援する。1999 年以降は通信総合研究所 (CRL) もその研究開発と実証実験に参加し、実際の火山噴火や地震といった自然災害での運用を通じて、有効性を実証してきている。IAA システムでは、以下のインタフェースを使って被災者情報の登録検索を実行できる。

- パソコンの WWW ブラウザ
- インターネットへのアクセス機能を持つ携帯電話
- FAX (OMR/OCR)
- 電話 (音声ガイダンスと DTMF 入力)
- Personal Digital Assistant (PDA)

また IAA 専用分散データベースは、日本国内の 7 箇所に設置されていて、常時稼働している。

IAA システムは災害時に確実に動作することを検証するために、一年に一回、インターネット上で災害訓練を行い、システムの実証実験を行っている。各回の訓練においては、基本機能と新しい機能の検証、運用と稼働性などの評価を行い、次の研究開発に生かしている。

4.4. 優先制御技術

現在のところ、非常時にインターネットを利用して緊急通信を行う場合には、QoS の機能は取り入れられていない。また diffserv など QoS 技術の現在の運用に

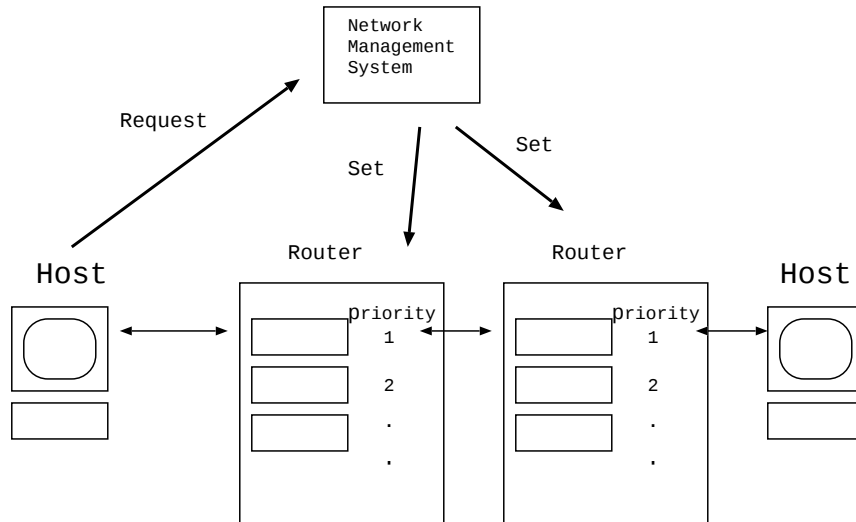


図 4.1 Network Management System による優先制御

においては、特定のアプリケーションやアドレス、ポート番号などでの制御しか考えられていない。

非常時通信においては特定のアプリケーションや決まったアドレスからの通信になるとは限らない。そのため、情報にそのポリシーとして緊急性を記述し、データ伝送のふるまいを規定しなければならない。情報作成の時にデータの緊急性を表現するためには、情報の内容を計算機が理解できるように表現する必要がある。

メタデータはデータの構造を計算機が理解するための仕組みであり、緊急時の情報流通の機構にへの応用が有効である。

また Network Management System の管理による優先制御は図 4.1 のようになっており、Network Management System はルータの制御のみを行う形である。非常時においては、ネットワークの状態が動的に構成が変わる可能性があるため、対応しきれない可能性がある。

4.5. メタデータによる優先制御機構

本章では、メタデータに通信に必要となる情報も含まれていることを確認し、それを優先制御に応用する機構を提案する。この機構により、緊急情報に国際標準のメタデータを付与すれば、非常時に情報を効率的に伝送することが可能となる。

まず、非常時において交換される情報に、国際標準化されたメタデータを付与することの利点を二つ示す。

一つは、非常時に交換される情報が、システムや国の違いに関わらず交換可能となることである。国際標準のメタデータが付与されていれば、どこからアクセスしても付加情報を失うことなく、必要な情報を得ることができる。

二つ目は本論文で提案する、非常時におけるメタデータを利用した優先制御機構を実現できることである。これまでメタデータと優先制御機構とはまったく関係のない技術であったが、メタデータに記述されている情報は通信のポリシーを規定するのに重要な役割を果たすことを見出した。この関係を利用すれば、これまで不可能であった、特定の情報を優先して転送する機構が実現できる。

本章では、非常時通信に緊急性の高い情報を優先して転送するためにメタデータを利用する方法について具体的に述べる。

4.4 節において、QoS の一つの方法として Diffserv の仕組みとその運用の現状を述べたが、非常時通信においては現状の Diffserv が前提としているような、特定のアプリケーションや決まったアドレスからの通信になるとは限らない。ネットワーク環境に打撃を受けた場合、あらゆる代替機材、経路を使用して情報交換を行うことがあり得るからである。全国、全世界あらゆる場所からアクセスが来るとも考えられるため、事前に予想して、あるいは災害が起こってから設定変更をすることは、事実上不可能である。

非常時における情報交換の性質として、一つの通信が通信路を長時間占有するのではなく、比較的情報量の少ない通信が大量に発生することが挙げられる。このため、通信のたびに毎回要求を発行し、設定変更により優先度を確保するのは非効率である。また非常時の情報通信の際には、一定の通信の優先制御は必ずしも必要はない。破棄されず確実に転送されること、つまり最低帯域が確実に保証

されれば良い。

これまでの優先度確保のための仕組みではこれを実現するのは難しく、データの緊急性を指定してパケットの動作を規定する機構が必要となる。その場合、IP レベルでデータの内容を調査し判断するのは不可能であるので、情報作成の時点でデータの緊急性を規定し、ポリシーとしてデータ伝送のふるまいに反映することが重要である。これを実現するためにメタデータを利用する。

メタデータは情報の内容に関する情報を付加し、情報を構造化する。現在のところメタデータの目的は一般に資源の発見が中心となっており、そのための情報を含んで構造化するように設計が進んでいる。この構造化された情報には様々な意味が含まれており、情報の整理や検索に有効なものもあれば、フォーマットなどのように記録管理や表示、あるいは通信機能に対して有効なものもある。通信機能に対する意味は、一つのエレメントに対して一意に決まるわけではなく、いくつかの項目を組み合わせることによって判断することも可能である。エレメントのなかで、単独で、あるいは組み合わせることにより非常時通信と判断されるものを利用し、当該 IP パケットが優先されるようにポリシーを記述すれば、非常時の輻輳を避けてデータの転送を行うことができる。

4.6. システム設計

本章ではメタデータ利用による優先制御機構の設計について述べる。

図 4.2 にメタデータによる優先制御のシステムの概念図を示す。

本システムはメタデータ生成、優先制御の実現と、メタデータのもつポリシーの情報を IP パケットに書き込む機構、の大きく三つコンポーネントに分けて設計する必要がある。以下、各コンポーネントについて述べる。

4.6.1 メタデータ生成

現在のところ、緊急情報に関するメタデータの標準化はまだ行われていない。情報の性質上、情報交換が頻繁に起こることを考慮すると、国際標準である Dublin

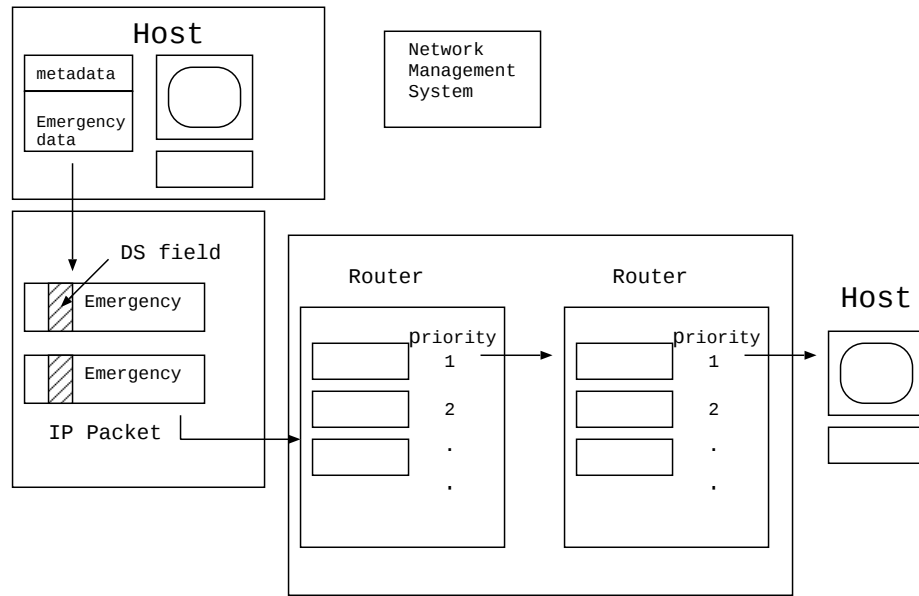


図 4.2 メタデータによる優先制御

Core Metadata Element Set に従って設計するのが妥当である．Dublin Core は教育コンテンツや政府関係の情報などに関する標準化も進行中であり，共通の Qualifier も多く，情報の相互交換が可能と考える．

具体的には，Type エlement にサブElement を追加し，緊急であることを示す語彙を定義する．Type Element には何でも記述できるのではなく，あらかじめ決められた語彙から選択するように標準化が進められている．

なお，本研究で設計したメタデータは Dublin Core 標準化会議において提案し，国際標準化への活動を行う予定である．

メタデータの生成と表現方法に関しては，現在の技術では RDF でメタデータを定義し，HTML や XML で表現するのが一般的である．本研究においては今後の技術の発展を考えて，XML を用いてメタデータの表現を行う．

4.6.2 優先制御の実現

優先制御の実現には、IETF での標準化を受けて実装が進んでいる Diffserv を利用する。Diffserv は通信するホストではなく、中継を行うルータのようなネットワーク機器が、PHB を見て転送の優先度を制御することにより実現される。本システムでは、すでに存在する Diffserv 対応のルータを用いて、優先制御機構を実現する。

本システムではメタデータで優先度を管理するため、ネットワーク機器の制御を行う ネットワークマネジメントシステム (NMS:Network Management System) に対してネットワーク機器の設定変更を要求する必要はない。非常時においてはネットワークの環境が安定でないため、各ネットワークマネジメントシステムによる各ネットワーク機器に対する設定の変更が頻繁に起こることが考えられる。非常時のように、使用できるネットワークが限られるが、転送する情報量が多い環境においては、ネットワーク機器の制御を行うことは危険である。この制御が通信を阻害したり、システムが不安定にする可能性があるためである。そこでメタデータを利用することにより、ホストにおいて優先度のマーク付けを行い、ネットワークに必要以上の無理な変更や負荷をかけないようにシステムを実現する。

4.6.3 メタデータとポリシーとの対応

本提案を実現するためには、メタデータの内容とポリシーを対応づける仕組みが必要である。メタデータの作成時には、エレメントの内容に優先度規定に対する情報が記述されている。これを PHB に対応づけるための変換機構を実装する。

まず、メタデータの項目内容に対するパケットのふるまいを規定するポリシーを記述したテーブルを用意する。このテーブルは非常時以外の場合においては差し替えることが可能である。情報の内容を考慮して転送のふるまいを規定したい場合には、このポリシーのテーブルを書けば他の条件においても応用できる。

非常時通信におけるメタデータによる優先制御の対応テーブルには、Dublin Core の Type で規定された緊急時を示す語と、Creator(情報作成者)やPublisher(公開者)、Coverage(対象範囲)などを組み合わせ、どの優先度を与えるかを記述する。

非常時においては、少量の多様な情報を送りたいという要求があるため、Formatで規定されている表現メディアの情報も重要な判断基準となる。

XMLで表記されたメタデータに対し、XMLパーサなどを用いてその構造を解析する。解析された内容はポリシーを記述したテーブルと対応づけ、PHBを決定した上でパケットのヘッダに書き込む。ヘッダへの書き込みは、Diffservのインタフェースを利用する。

4.7. 実験

本機構の有効性を実証するため、まず計算シミュレーションにより、ネットワーク層での優先データの振る舞いを確認した。また本機構を実装し、実機による実験と評価とを行った。

4.7.1 計算シミュレーション

通信できる帯域を一定と仮定し、データの優先と非優先とでネットワークのふるまいがどのように変化するかを計算シミュレーションで確認した。

シミュレーションを行うネットワークモデルを図4.3に示す。まず2つの接続ノード間を一定の帯域で接続する。その両端で通信する通信ノードを2種類用意する。1組の通信ノードは優先するデータを一定の帯域で送る。もう1組の通信ノードは非優先データで、帯域は可変とする。2種類用意する通信ノードは、データの流れとして抽象化できるので、シミュレーション全体のモデルはさらに図4.4のように表せる。一定帯域をもつパイプの中を優先データと非優先データの2種類のデータの流れが存在するのモデルとしての抽象化である。

接続ノードがもつ帯域の容量に対し、つまりパイプの入り口の大きさに対して、非優先データを高い帯域で送ると、図4.5のように転送できないパケットの破棄が起きる。この破棄は接続ノードがおこなうものとし、帯域に流すデータ量を制限する。そこで、メタデータによる優先制御がパケット破棄に影響を与えるかどうかを見る。

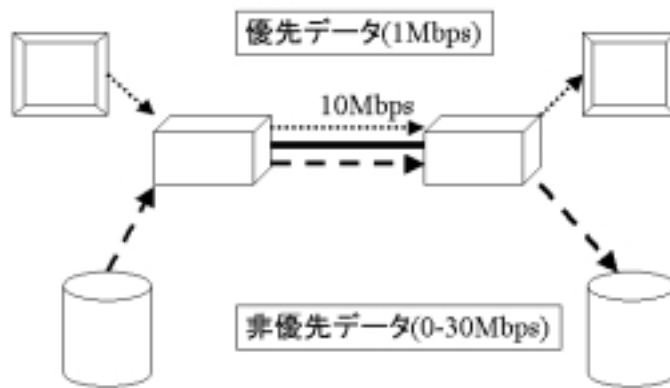


図 4.3 シミュレーションモデル

シミュレーションにあたっての条件は次の通りである。

- パケットの損失は帯域を越えた場合のみとし、回線による損失は起こらないものとする。
- プロトコルは輻輳制御を行わないUDPを使う。
- 優先したいデータは1Mbpsで一定とする。
- 非優先のデータは0-30Mbpsの範囲で変化させる。

これらの条件のもとで、シミュレーションを行った結果を図4.6、4.7、4.8に示す。

まず、図4.6はメタデータによる優先制御を行わないという条件において、一定帯域の優先データに対し、非優先のデータ帯域を変化させた場合、それぞれのデータの流れる帯域(Mbps)をグラフ化したものである。優先制御は行わないた

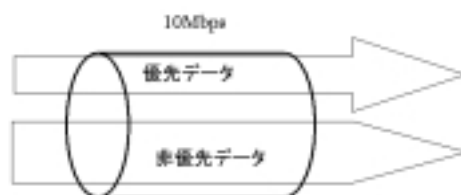


図 4.4 シミュレーションの転送モデル

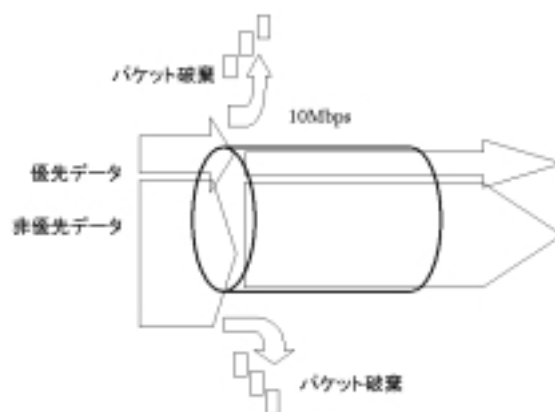


図 4.5 シミュレーションのパケット破棄モデル

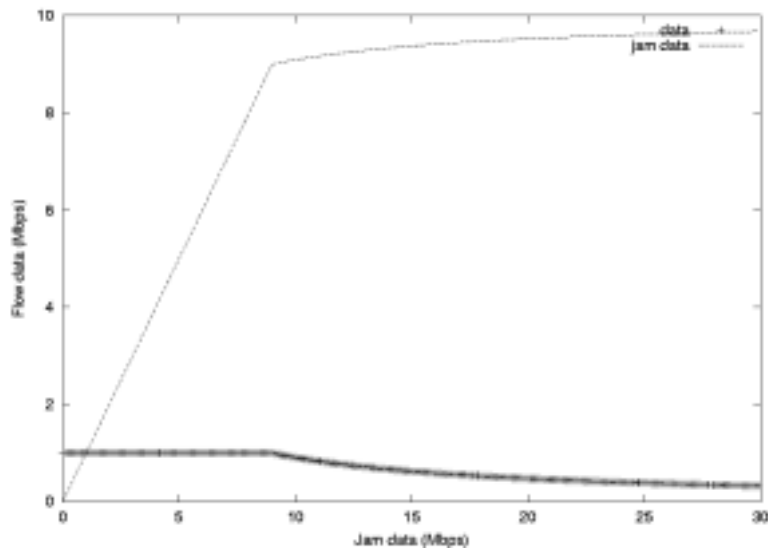


図 4.6 優先制御を行わない場合

め、優先、非優先データの和が10Mbps を越えると、双方にランダムにパケット損失が起こり、1Mbps の転送帯域を確保できなくなる。帯域を越えた場合に、転送データの和に対する利用できる帯域が転送できる確率となるので、送るデータが増えるほど、優先したいデータが送られるパケット数が減っていくのがわかる。メタデータによる制御を行わない場合は、データを優先する方法がなく、合計帯域が足りない場合にはパケットの損失が起こる。非優先データも同様にパケットが損失するが、転送する帯域が増えると接続ノードに送る全帯域に占める割合が上がるため、確率として接続ノード間に流れる割合も上がる。これはつまり、接続ノード間の帯域を優先されないデータのほうが多く占めていることになる。

次に、図 4.7 は、メタデータによる優先制御を行うという条件において、一定帯域の優先データに対し、非優先のデータ帯域を変化させた場合、それぞれのデータの流れる帯域 (Mbps) をグラフ化したものである。優先が指定されているデータは、接続ノードでの転送においては非優先データに対して常に優先されるため、破棄されることがなくパケットの損失が起こらない。非優先データのほうは、転送する帯域が増えるとパケット損失が起きるが、図 4.6 とは違い、接続

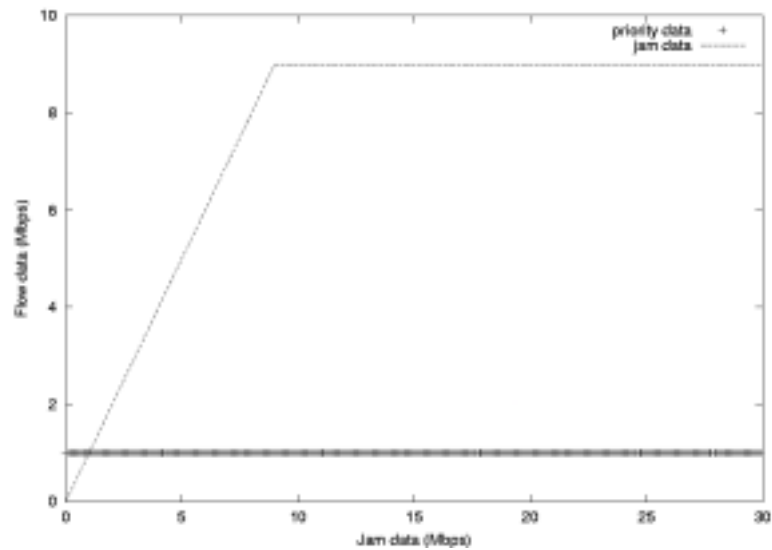


図 4.7 優先制御を行った場合

ノードに送る帯域に占める割合が上がっても，接続ノード間を流れるデータ量は変化しない．

メタデータによる優先制御を行う場合と行わない場合とのパケットの損失率の比較は図 4.8 に示す．

以上のシミュレーションにより，接続ノードにおけるパケットの優先度を規定することで，通信ノードの優先ポリシーが転送に反映されることが実証された．帯域を予約するのではなく，接続ノードでのパケットの転送を差別化する方法である Diffserv を利用して，ネットワーク層での QoS が実現できる．つまり，優先したいデータの接続ノードでのポリシーを記述できれば，帯域やネットワーク資源を予約しなくても優先制御を行うことができるのである．

このシミュレーションにおいては，接続ノードでのパケットのふるまいは事前にパケットに記述されていることを前提としている．つまり，通信ノードがポリシーを記述する必要があるのである．メタデータは通信ノードがもつ情報であり，情報の内容に応じてポリシー記述が可能なデータであるので，Diffserv による制御ポリシーに応用できることが確かめられた．

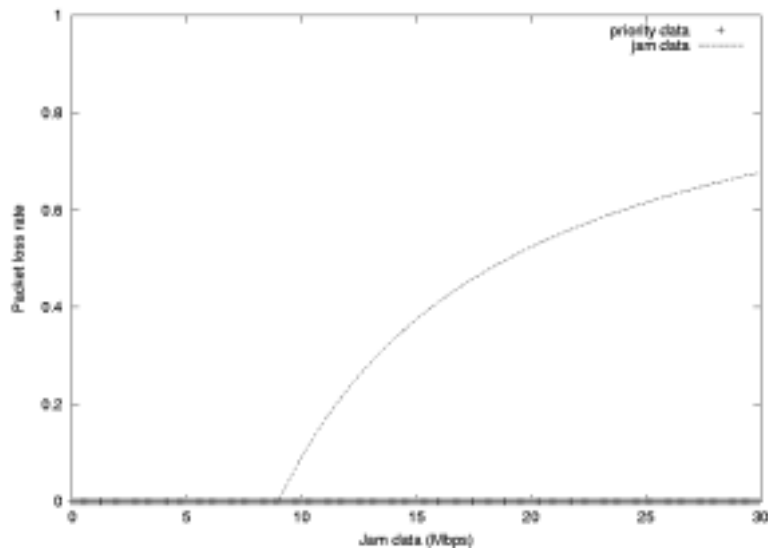


図 4.8 パケット損失率

4.7.2 実機による実験

次に、メタデータをもとにポリシーを記述する仕組みを実装し、Diffserv のアプリケーションインターフェースを用いて、それを優先度として DSCP をパケットに書き込む機構を実装した。これで情報作成者が転送する情報が緊急であることをパケットに記述することが可能となる。その上で、実際にホストと Diffserv が実装されたルータでシステムを構築し、システム内での優先制御の動作を評価する。

PHB の記述には AF を利用し、パケットが破棄しにくいように規定する。このパケットが Diffserv が実装されているルータなどのネットワーク機器に送られると、指定されているラベルを見て優先度順にパケットが蓄積、転送されることを確認する。

非常時通信において差別化された情報流通が行われる概念図を、図 4.9 に示す。

実装には FreeBSD[51] を使用し、IPv6 の一実装である KAME Project [52] が提供するアドバンストアプリケーションインタフェースを利用した。このインターフェースを利用して、DSCP 値をパケットに書き込むことが可能となる。ポリシー

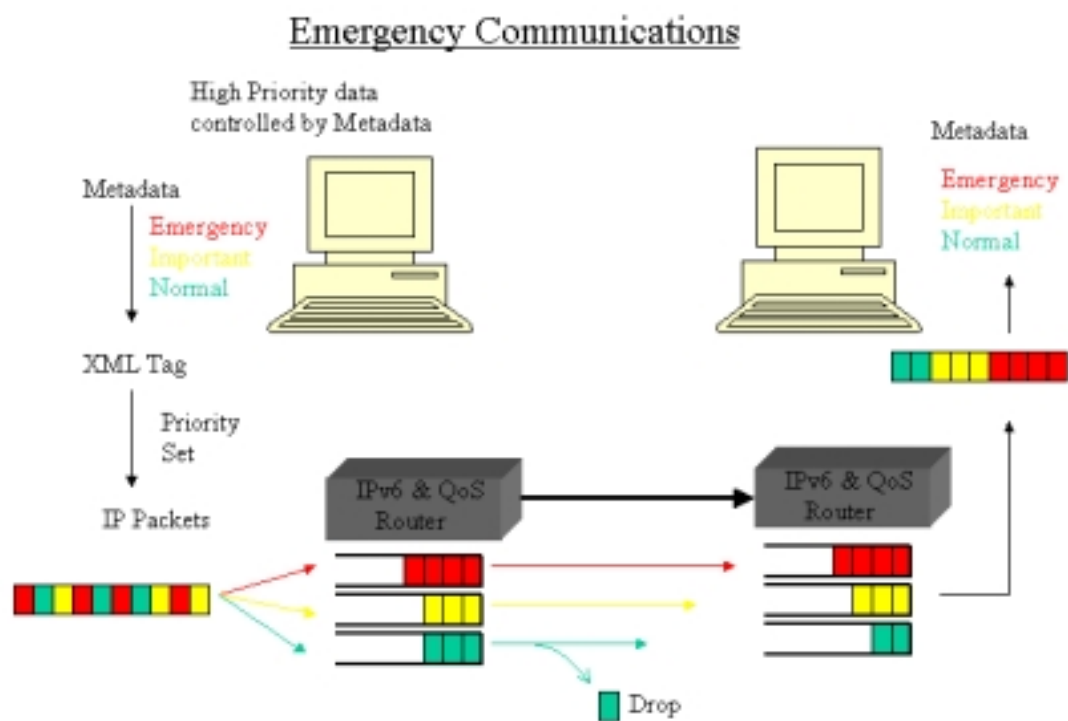


図 4.9 非常時通信における情報流通

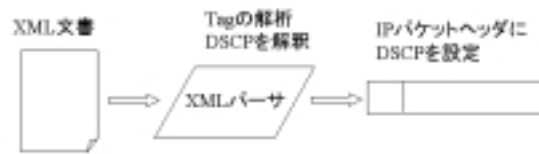


図 4.10 プログラム構成

の決定は今回は手動で行うこととし，非常時における情報はXMLで記述し，AFの値を直接タグに書き込むこととした．プログラム構成図を図4.10に示す．

また，情報流通の振る舞いを記述したXMLファイル例を図4.11に示す．

実験はDiffservを実装している日立製作所製のネットワーク接続装置，GR2000を利用した．非常時通信の情報と同時に広帯域を利用するDVデータを転送する．DVデータはメタデータをもたない非優先データである．一般にQoSの実験では，パケット損失に対して多大な影響が出るDVのような画像データを優先することにより，画像データの画質を評価することが多い．しかし本実験では，DVデータは画像の質を確認するためでなく，非優先の大容量データとして利用する．画像データの画質が落ちている状態でも，メタデータを付与したデータが優先的に転送されることを実証する．

実験の構成図は4.12に示す通りである．まずネットワーク接続装置を2台接続し，2台の装置の間の帯域を100Mbpsと10Mbpsの2通りに切り替えられるように設定する．それぞれの接続装置にDV転送装置と非常時情報を送る装置とを接続する．DV転送は双方向で行い，非常時情報は片方向のみとした．

実験では，10Mbpsと100Mbpsのそれぞれの帯域で，DVデータと非常時情報の通信とパケット損失の様子を観察した．この条件を表4.2に示す．

```

<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE Comms SYSTEM "comms.dtd">
<Comms>
<Comm>
<Organization>Government</Organization>
<Type>Emergency</Type>
<Application>ftp</Application>
<Port>1096</Port>
<Dscp>12</Dscp>
</Comm>
<Comm>
<Name>Business</Name>
<Type>Normal</Type>
<Application>http</Application>
<Text>

```

図 4.11 XML ファイル

表 4.2 実験の条件

帯域	DV データ	非常時情報
100Mbps	70Mbps	3Mbps
10Mbps	70Mbps	3Mbps

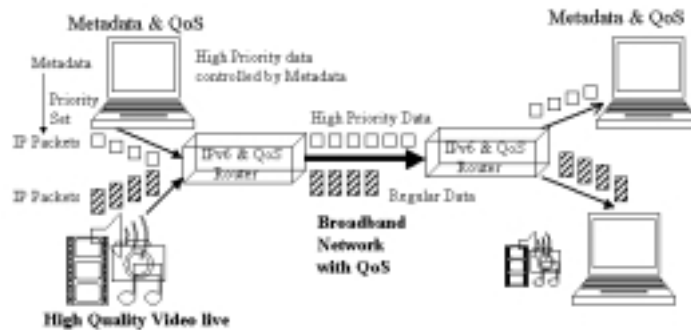


図 4.12 実験構成

表 4.3 優先制御による画像データの動作

ルータ間の帯域	メタデータ有り	メタデータ無し	DV ストリーム
100Mbps	○	○	○
100Mbps	○	×	×

以上の実験システムでの動作を表 4.3 に示す。

まず、帯域が 100Mbps のときは、DV データも非常時情報も問題なく転送された。DV は高画質の画像データが転送先に表示され、非常時通信もパケット損失なく転送されることが確認された。

10Mbps にした場合は、片方向 35Mbps、双方向で 70Mbps の帯域が必要な DV データは、パケット損失が起きて画像の再生に必要なデータ転送が行えなくなり、画像が停止した。非常時情報は、DV データより優先されるポリシーをもつ場合は変化なく転送が続けられるが、もたない場合はパケット損失が起こる。これらをまとめると、表 4.3 のような動作となる。

以上のことから、実機による実験においても、メタデータを利用して優先性の高い DSCP の値を指定したデータが優先して転送されることが確認された。転送される帯域に大容量のデータが流れパケットが破棄される状況においては、メタデータを持たないデータは破棄されることがあるが、メタデータを持つデータは確実に転送される。

以上のことから、メタデータを利用して QoS のポリシーを記述ができると、記述されたデータは転送の優先性を確保できることが確認された。

4.8. 考察

提案した方式は 2 つの視点から利点を主張できる。

一つは本来のメタデータの役割である、情報発見と情報交換である。被災地や被災者の情報は錯綜することが多く時間による変化も激しいため、管理機構が必要である。発生時間や発信元の情報や情報の信頼性の向上に役立ち、必要な情報の発見をスムーズにする。また、地域や国などで異なったシステムを使用しているも、標準化されたメタデータが付与されていれば情報を失うことなく交換できる。

二つめとして、メタデータに付加された情報の緊急性をパケット転送のポリシーとして記述することは、Diffserv による QoS の新しいポリシー規定の仕組みを提案することになる。近年のメタデータと RDF、XML などの表現形式に関する研究と標準化活動の結果、これまで雑然としていた電子化情報のなかに構造が持ち込まれて来た。しかし現状では電子化情報と通信とは関係がなく、電子化情報はそのなかでの検索や管理を中心に研究されてきた。一方、通信の層ではデータの内容は考慮せずに、他の仕組みを導入して高速化、サービス品質の向上に努めて来た。つまり通信を効率的に行う情報が電子化情報がもつ構造に含まれているにも関わらず、その構造に関する情報が破棄されてきたことになる。メタデータのもつ情報を通信の層へ持ち込むことによって、通信がさらに効率的に行えると考えられる。

表 4.4 に、これまでの QoS ポリシーの決定方法と、メタデータによる方法で、ポリシー決定が行える単位を比較する。これまでのポリシー決定方法は、ポート

表 4.4 ポリシー決定方法と決定単位の比較

ポリシー決定方法	アプリケーション	データの流れ	メディア
ポート	○	×	×
両端アドレス	×	○	×
メタデータ	○	○	○

により識別する方法と、通信の両端のアドレスの組でデータの流れを識別する方法とがある。インターネットアプリケーションは、独自の決められたポートによって通信するため、ポート番号がわかるとアプリケーションが識別できる。ただし、データの流れやメディア情報など送信する内容の識別は不可能である。両端アドレスの組は、データの流れを把握できる情報であるが、流れているアプリケーションが何であるかや内容に関しては識別できない。メタデータは、アプリケーション、データの流れ、メディアすべてを指定できるため、ポリシー決定の条件を細かく決定でき、柔軟性が高い方式といえる。

メタデータでポリシーを記述する方式は、スケール上でも利点がある。データの流れを検出してルータを設定するという運用においては、災害の検知はできないため、非常時通信を優先するためにはルータの設定変更をしなければならない。ルータの運用は全世界で分散して行われるため、一度に設定変更するのは極めて困難である。一方、本論文で提案する方式では、情報を作成する場所、つまり末端でラベルをつけるため、ルータの設定変更や送り先とのネゴシエーションが必要ない。つまり、実現にあたり数やシステム構成の点でのネックがなく、災害時に大きな変更をせず導入することが可能である。ネットワーク環境が安定しない非常時においては、ネットワーク機器の制御のための通信や頻繁な設定変更が、通信基盤を更に不安定にする可能性もあるため、ネットワーク機器に転送する前に優先度を記述する本方式のほうが、ネットワークの信頼性を向上させる。

本論文の方式は情報生成者側が優先度を記述するため、通常の状態ですぐに使用すると輻輳が起きる可能性があり、使用には注意する必要がある。ただし災害などの非常時の判断は、一般に国や自治体など行政の組織が行うものであり、そ

の指示によってシステムの起動を判断することができる。特に災害情報や被災地情報などの共有性の高い情報は、行政組織から公開、報告されることが多いため、優先度の高い情報は公共組織に集まるのが一般的である。また、ITU-T SG16 による F.706 勧告化が完了すれば、通信キャリアや ISP(Internet Service Provider) などでも、運用において緊急時に優先度の高いネットワークを確保する動きができ、通信基盤においても緊急時の通信をサポートする状況になってきている。

4.9. 今後の課題

本実験においては、メタデータを QoS ポリシーに設定するにあたって、XML ファイルのタグに DSCP 値を直接書き込むことによって解決した。この方法でメタデータで QoS ポリシーを制御できることは確認できたが、いくつか問題点がある。

1 つは、情報を作成する XML のレベルはアプリケーションのもっとも上の層になり、本来ネットワーク層の動きを規定すべきでないことである。アプリケーションが持つのは、そのデータを優先して転送したいという要求であってネットワーク接続装置に渡す IP パケットヘッダを規定するわけではない。そこで、アプリケーションから発行される優先要求や破棄の仕方に関する情報を IP パケットヘッダと対応づけるための機構が必要である。今後この機構を「メタポリシー」と呼び、図 4.13 に示すようなしくみを確立すると同時に、管理への応用も考えていく。

また、XML は情報を表すひとつの手段に過ぎないため、XML に規定してしまうと使用できるアプリケーションや情報が制限される。様々な種類のアプリケーションに対応するためにも、抽象度をメタデータに戻し、ポリシーを規定するためのメタポリシーの仕組みを構築する必要がある。

さらに、XML タグは情報発信の側で付与されるものであるため、ネットワーク全体の動きを管理することができない。例えば制限なく DSCP 値を規定してしまい、すべてのデータを最優先で転送するような設定が行われてしまうと、適切なクラス分けとならず結果として輻輳が起きて要求通りの転送が行えなくなる。こ

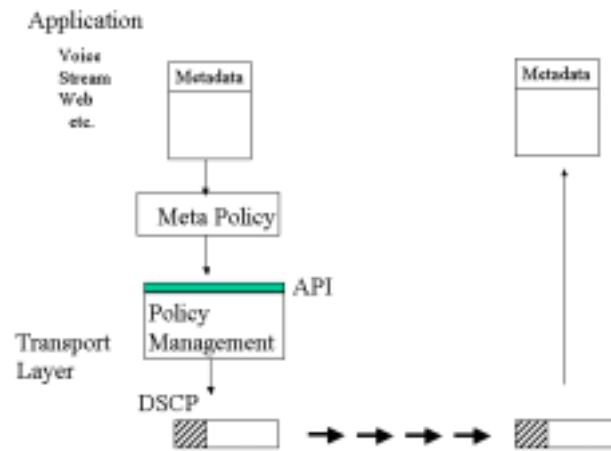


図 4.13 QoS ポリシーの設定モデル

れを避けるには DS ドメイン内のポリシーサーバとの連携が必要であるため、今後検討を行う。

なお本研究では、UDP パケットのように送信側から受信側へのみ送る場合の通信に関して検討、シミュレーション、実装を行った。しかしインターネットの主要なアプリケーションには音声、画像、メール、Web、データベースと言われており、音声、画像のほかは TCP や SCTP などの双方向通信を確立する必要がある。Diffserv の DSCP 値は、各ドメインの運用ポリシーで決めるため、ドメイン間で同じ値になるとは保証されていない。例えば図 4.14 の違うドメインに属するアプリケーション A とアプリケーション B とで通信する場合、アプリケーション A ではクラス i 、破棄レベル j の AF_{ij} で送ったとしても、ドメインを通過するとき書き換えられることになる。また、アプリケーション B からアプリケーション A に送る場合にも受信した DSCP 値と同じ値を設定するとは定められていないため、最初にアプリケーション A で設定した DSCP とは違う値で返信されてくる可能性がある。今後、これらの双方向通信を一貫性のあるポリシーを行うためのモデル化と実装も検討していく必要がある。

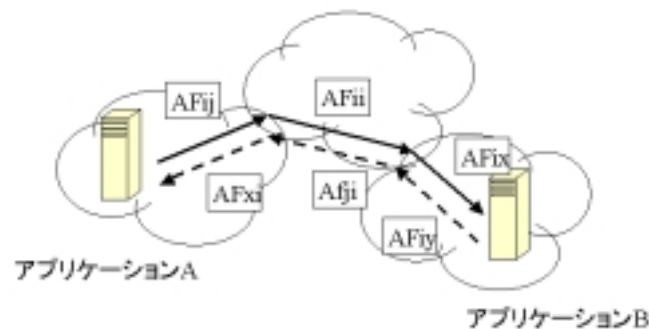


図 4.14 返送時の DSCP の問題点

さらに、セキュリティに関する考察に関しても今後の課題である。災害時には混乱が起きやすく、また情報を公開しようとするあまり個人情報が洩れプライバシーの侵害などが起こりやすい状態になる。そのため、混乱に乗じた攻撃や情報改ざんなどの二次災害に遭わないよう、セキュリティ対策は充分に行う必要がある。

4.10. おわりに

本論文では、これまで別の分野であったメタデータと優先制御をもとに、それぞれ性質と機能をを生かして融合させ、非常時におけるメタデータを利用した優先制御機構を提案した。

まず、非常時における通信基盤の特徴と必要とされる通信、情報サービスについてまとめた。次に非常時には必要であるが、これまで実現できなかった優先制御について現状と問題点をまとめ、情報を構造化するメタデータがその解決を与えることを提案した。メタデータは情報の内容を記述し構造化するデータであるが、作成者やフォーマット等を記述できるため、通信にあたってのパケットのふ

るまいを規定するための基礎情報にもなることを示した。また非常時の情報に標準化されたメタデータを付与することにより、優先制御に利用するだけでなく、他のシステムとの情報交換も容易となった。国際的にもっとも標準化を進めているのは Dublin Core Metadata であり、情報交換と通信とで二種類のメタデータをもつのは非効率であることから、優先制御も Dublin Core Metadata に従って設計を行った。

この提案をもとに、システムの設計を行い、評価を行った。今後はさらに運用実験を重ね、本論文で提案した方式の有効性を実証していく。

第5章

研究の総括

計算機技術の発達は計算能力の向上だけでなく、さまざまな応用技術を生み出した。飛躍的に増加しつづける情報資源を管理するための新しい概念として発展してきたのがメタデータである。メタデータは情報資源管理と情報発見を目的としており、応用は基本的にその対象分野を広げることで、現在、教育など多くの分野に概念の対象を広げている。また、ネットワーク上を流れる情報の流通管理にとって QoS 制御の実現は長く課題であったが、最近ようやく実現されてきた。制御の機構は実現されたが、実際にどうポリシー付けを行い、どう制御するかという問題が解決されていない。

情報の流通は資源があって起こるもので、資源の構造をを考慮しないと有効な制御を行うことはできない。本研究は、資源と流通をつなぐものとしてメタデータを利用し、情報資源の管理技術を応用した情報流通制御を実現することを目的とした。

第1章では、本研究の背景として情報資源とネットワーク環境の現状について概観し、まず、電子図書館の研究をまとめ、次世代の電子図書館に必要な機能を抽出した。その一部を実現するため、教育用情報資源の配信サーバを構築しまた同じ資源を使用して大容量の動画像中継の実験を行った。これらの考察と実験を通して、情報資源管理としてのメタデータの重要性と情報流通への応用を解決すべきであることが明らかになり、本研究の目的と意義を明確にした。

2章では、これらを踏まえて、情報資源管理と情報発見に関する研究を概観し、さらに情報流通管理の基礎研究に関してもまとめた。

3章では、メタデータによる情報資源管理に関して述べた。Dublin Core Meta-

data を応用して考古遺跡写真のメタデータを設計し、これを実現するサーバを構築して、メタデータを付与し、検索機能を実現した。実際に構築することで、メタデータ設計と付与に関する問題のほか、検索に関する課題も明らかになった。

4章では、メタデータによる情報流通管理に関して述べた。まず、メタデータを利用して情報流通のポリシーを決定し、それによって情報流通の振る舞いを変化させる機構を提案した。ここでは情報の差別化を明確にするため、地震など非常時における通信を取り上げた。まず非常時通信とその現状を紹介し、非常時における通信の問題点を明らかにした上で、メタデータによるポリシー制御の機構を提案した。さらに本機構の実装を行い、有効性を実証した。非常時に通信する情報にメタデータとして与える値を変化させることで、優先的な配送や、情報の損失防止が可能であることを示した。以上により、情報資源管理に有効なメタデータが、情報流通の制御にも有効に利用できることを実証した。

今後の課題として、まず情報資源管理に関しては、さらにデータを充実して、他のライブラリとの協調を行っていく必要がある。情報流通制御に関しては、通信が双方向になった場合の機構の実装を行い実装する必要がある。

情報資源や情報流通のような巨大な計算機とネットワーク上のシステムは、技術の変化が激しく前提とする技術の見極めが困難である。近年特に技術の専門化が進み、それぞれの分野でのみ研究が行われ、協調関係が欠けることがある。本研究は、これまで協調のなかった、アプリケーションとしてのメタデータによる情報資源管理と、ネットワーク技術の流通制御とをつなぎ、有効性を実証した点でも意義を主張するものである。

謝 辞

本研究を進めるにあたり，主指導教官である 千原國宏教授に深く御礼申し上げます．常に適切なご指導，助言を頂きまた，暖かい励ましを頂きましたことに深く感謝いたします．

また，学部時代から長期に渡りご指導いただいた，副指導教官である砂原秀樹教授に深く感謝いたします．

また，たいへんきめ細かなご指導，助言を頂いた，副指導教官である鳥取環境大学の今井正和教授に深く感謝いたします．

また，業務と平行して本研究を行うことに深いご理解を頂き，また業務上，研究上の助言と機会を与えて頂いた，独立行政法人通信総合研究所情報通信部門非常時通信グループ大野浩之グループリーダーに深く感謝いたします．

メタデータとポリシー制御に関し，たいへん貴重な助言と暖かい励ましを頂いた，IETF IAB であり，CISCO Systems Fellow の Fred Baker 氏に深く感謝いたします．

貴重な考古遺跡写真をご提供いただき，メタデータ設計，入力にあたり多大なご協力，ご指導を頂いた堅田直帝塚山大学名誉教授に深く感謝いたします．

メタデータの研究に関わる機会を頂き，貴重な助言を頂いた，図書館情報大学杉本重雄教授に深く感謝いたします．

Dublin Core における研究活動に関し，貴重な助言と暖かい励ましを頂いた Dublin Core Metadata Initiative の Director であり，OCLC の Stuart Weibel 博士に深く感謝いたします．

ポリシー制御に関しいへん貴重な助言と有益な議論をして頂いた日立製作所の三宅滋氏に深く感謝いたします．

ポリシー制御に関しいへん貴重な助言と有益な議論をして頂いた日立ソフト

ウェアの下條敏男氏に深く感謝いたします。

たいへん有益な助言と暖かい励ましとを頂いた，計算機言語学講座の山口英教授と，講座秘書の谷田奈津江さんに深く感謝いたします。

たいへん貴重な議論と有益な助言，暖かい励ましとを頂いた，奈良先端科学技術大学院大学附属図書館研究開発室羽田久一助手に深く感謝いたします。

たいへん貴重な議論と有益な助言，暖かい励ましとを頂いた，奈良先端科学技術大学院大学の知念賢一助手に深く感謝いたします。

たいへん貴重な議論と有益なご支援また励ましを頂いた，西村亨氏に深く感謝いたします。

たいへん暖かいご支援，ご協力と励ましを頂いた，奈良先端科学技術大学院大学の像情報処理学講座の秘書川本桂子さんをはじめ学生諸氏に深く感謝いたします。

たいへん暖かいご支援，ご協力と励ましを頂いた，奈良先端科学技術大学院大学の附属図書館研究開発室の学生諸氏ならびに卒業生に深く感謝いたします。

たいへん暖かいご支援，ご協力と励ましを頂いた，独立行政法人通信総合研究所情報通信部門非常時グループのみなさまに深く感謝いたします。

たいへん暖かいご支援，ご協力と励ましを頂いた，奈良先端科学技術大学院大学の情報科学センター秘書，能勢佳苗さんをはじめ学生諸氏に深く感謝いたします。

たいへん暖かいご支援，ご協力と励ましを頂いた，奈良先端科学技術大学院大学学術情報課の職員のみなさまに深く感謝いたします。

本研究に暖かいご支援を頂き，また，研究者同士の交流を通じてたいへん貴重な機会を与えて下さいました，稲盛財団と関係諸先生に深く感謝いたします。

さまざまな実験にご協力いただき，また助言を頂きました，WIDE プロジェクトのメンバーに深く感謝いたします。

最後に，本研究の機会を与えてくれた両親と，学生時代から暖かく見守ってくださった電気通信大学の林信夫教授，そしてときには研究に関し議論しました，研究生活を支えてくれた夫 善文に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] Edward A. Fox, Robert M. Akseyn, Richard K. Furuta, Jhon J. Leggett (ed.). Special Issue of Digital Library. Vol. 38, .
- [2] 長尾 真. 電子図書館. 岩波 科学ライブラリー 15. 岩波書店, 1994.
- [3] 藤野幸雄, 荒岡興太郎, 山本順一. 図書館情報学入門. 有斐閣アルマ. 有斐閣, 1997.
- [4] Rei Suzuki, Hideki Sunahara, Masakazu Imai, Kunihiro Chihara. Building Digital Library System - NAIST Challenge. In *International Symposium on Research, Development and Practice in Digital Libraries 1997 (ISDL'97)*, November 1997.
- [5] H.Sunahara, R.(Suzuki)Atarashi, T.Nishimura, et al. NAIST Digital Library. pp. 907 – 908, September 1998.
- [6] 今井 正和, 新 麗, 羽田 久一, 西村 亨, 砂原 秀樹, 千原 國宏. ある電子図書館の運用と統計. 第 13 回デジタル図書館ワークショップ, November 1998.
- [7] 砂原秀樹, 今井正和, 新麗, 羽田久一. 奈良先端科学技術大学院大学における電子図書館システム ～運用と次世代システムへ向けて～. 情報処理学会研究報告, Vol. 99, No. 102, pp. 31–38, November 1999. 情報学基礎 (FI).
- [8] Edward A. Fox. Networked Digital Library of Thess and Dissertations. <http://www.ndltd.org/>.
- [9] Edward A. Fox. Networked Digital Library of Thess and Dissertations. 第 15 回デジタル図書館ワークショップ, July 1999.

- [10] WIDE Project. WIDE Project. <http://www.wide.ad.jp/>.
- [11] WIDE Project. School on the Internet(SOI). <http://www.wide.ad.jp/soi/>.
- [12] Keiko Okawa, Jun Murai. School of the Internet: A University on the Internet. In *The Internet Global Summit, INET2000*, July 1998.
- [13] Keiko Okawa, Akira Kato, Jim Gast, Rei Atarashi, Yasuharu Toyabe, Lawrence H. Landweber, Jun Murai. Global collaboration for the joint University course on the next generation Internet. In *The Internet Global Summit INET2000*, July 2000.
- [14] Ogawa, K. Kobayashi, K. Sugiura, O. Nakamura, J. Murai. Design and implementation of DV based video over RTP. In *Packet video Workshop(PV2000) Proceedings*, May 2000.
- [15] 征矢野史等, 新 麗, 今井 正和, 砂原 秀樹. プレゼンテーション資料の切り替わり点の自動抽出. インターネットコンファレンス'99, Work in Progress, 1999.
- [16] 征矢野史等, 新 麗, 今井 正和, 砂原 秀樹. レクチャアーカイブ作成のための一手法. 2000 年電子情報通信学会総合大会, 2000.
- [17] 杉本重雄. メタデータについて - Dublin Core を中心として -. 情報の科学と技術, Vol. 49, No. 1, pp. 3-10, Jan 1999.
- [18] Dublin Core Metadata Initiative. Dublin Core Metadata Initiative. <http://www.dublincore.org/>.
- [19] Weibel, S., Kunze, J., Lagoze, C., M.Wolf. Dublin Core Metadata for Resource Discovery. RFC2413, September 1998. RFC2413.
- [20] 小野 束. 電子透かしとコンテンツ保護. オーム社, Feb 2001.
- [21] クリスチャン・ウイテマ. IPv6 次世代インターネット・プロトコル. プレンティスホール出版, Jan 1997.

-
- [22] World Wide Web Consortium. World Wide Web Consortium.
<http://www.w3.org/>.
- [23] ANSI/NISO. ANSI/NISO Z39.85 - 2001 Dublin Core Metadata Element Set
. Z39.85, 2001. ISBN: 1-880124-53-X.
- [24] Dublin Core Metadata Initiative. Dublin Core Qualifiers.
<http://dublincore.org/documents/dcmes-qualifiers/>.
- [25] Dublin Core Metadata Initiative. DCMI Libraries Working Group.
<http://www.dublincore.org/groups/libraries/>.
- [26] Dublin Core Metadata Initiative. DCMI Education Working Group.
<http://www.dublincore.org/groups/education/>.
- [27] World Wide Web Consortium. Resource Description Framework (RDF)
Schema and Specification 1.0, W3C Candidate Recommendation, March
2000. <http://www.w3c.org/TR/rdf-schema/>.
- [28] World Wide Web Consortium. Extensible Markup Language (XML).
<http://www.w3.org/TR/REC-xml>.
- [29] Diane Hillmann. Using Dublin Core, 2001. <http://www.dublincore.org/>.
- [30] Tim Berners-Lee. The World Wide Web: Past, Present and Future. Vol. 29,
No. 10, October 1996.
- [31] World Wide Web Consortium. Namespaces in XML, January 1999. W3C
Recommendation, <http://www.w3.org/TR/REC-xml-names>.
- [32] Google. <http://www.google.com/>.
- [33] AltaVista Company. Altavista. <http://www.altavista.com/>.
- [34] International Collaboration on Internet Subject Gateways.
<http://www.desire.org/html/subjectgateways/community/imesh/>.

- [35] 杉本重雄, 平岡 博, 阪口哲男, 田畑孝一. 図書館情報大学におけるデジタル図書館システム. 第 15 回デジタル図書館ワークショップ, July 1999.
- [36] 柳本豪一, 松田勝志, 谷幹也, 市山俊治. 競合型エージェントを用いた横断検索システムの開発. 第 13 回デジタル図書館ワークショップ, November 1998.
- [37] 小島 稔, 三宅 滋, 平島陽子. ポリシーベースによる QoS 制御. オーム社, Sep 2001.
- [38] J. Wroclawski. The use of RSVP with IETF integrated services. RFC2210, September 1997. RFC2210.
- [39] Takeshi Aimoto, Shigeru Miyake. Overview of DiffServ Technology: Its Mechanism and Implementation. *IEICE transactions on information and systems*, Vol. 83, No. 5, pp. 957–964, 2000.
- [40] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss. An Architecture for Differentiated Services. RFC2475, December 1998. RFC2475.
- [41] Internet Engineering Taks Force. <http://www.ietf.org/>.
- [42] J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss, J. Wroclawski. Assured Forwarding PHB Group. RFC2597, June 1999. RFC2597.
- [43] V. Jacobson, K. Nichols, K. Poduri. An Expedited Forwarding PHB. RFC2598, June 1999. RFC2598.
- [44] A. Shirahase, H. Monzoor, M. Yoshida, K. Nagami, Y. Atarashi, K.Kandori, A. Nonaka, Y. Oie, S. Shimojo. Design and Deployment of QoS Enabled Network for Contensts Businesses. In *ICCC'99 Proceedings*, Vol. 2, pp. 451–458, 1999.
- [45] 今井正和, 新 麗, 羽田久一, 砂原秀樹, 堅田直. 遺跡・遺物の写真ライブラリ構築. 日本情報考古学会第 9 回大会予稿集, March 2000.

-
- [46] Rei S. Atarashi, Masakazu Imai, Hideki Sunahara, Kunihiro Chihara, Tadashi Katata. Building Archaeological Photograph Library. In *Research and Advanced Technology for Digital Libraries, 4th European Conference (ECDL2000)*.
- [47] World Wide Web Consortium. W3C Encoding rules for dates and times - a profile based on ISO 8601. <http://www.w3.org/TR/NOTE-datetime>.
- [48] 岡田和則. 災害等における携帯電話の通話時間規制の検討. 電子情報通信学会 無線通信システム研究会, 2000.
- [49] 石井 秀治, 佐野 晋. 通信衛星を用いたマルチキャストデータ伝送機構の設計と実装. 情報処理学会研究報告書, Vol. 98, No. 36, pp. 43–48, May 1998. 情報研報.
- [50] 井澤 志充, 木本 雅彦, 多田 信彦, 大野 浩之, 篠田 陽一. IAA システムの現状とその課題. インターネットコンファレンス 2000, November 2000.
- [51] The FreeBSD Project. FreeBSD. <http://www.freebsd.org/>.
- [52] KAME Project. <http://www.kame.net/>.

研究業績

学術論文

1. 新 麗, 今井 正和, 堅田 直, 千原 國宏, “考古遺跡フィルムライブラリの構築と評価”, 情報考古学, 2002 年 3 月 . (3 章に関連)
2. Rei S. Atarashi, Shigeru Miyake, Stuart Weibel, Fred Baker, “QoS Control Policy by Application on the Next Generation Internet Technology”, IEICE transactions on Information and Systems. Aug. 2002. (Invited , 4 章に関連)

国際会議

1. Rei Suzuki, Hideki Sunahara, Masakazu Imai, Kunihiro Chihara, “Building Digital Library Systems - NAIST Challenge -,” International Symposium on Research, Development and Practice in Digital Libraries 1997 (ISDL'97), 28-31, 1997 年 11 月. (Invited Paper)
2. H.Sunahara, R.(Suzuki)Atarashi, T.Nishimura, et al, “NAIST Digital Library”, Second European Conference, ECDL'98, Sep., 1998, pp.907 – 908
3. Y.Kawasaki, R.(Suzuki)Atarashi, H.Sunahara, “NAIST Digital Video Library: Tools for Restructuring Video Data for the Content Based Information Retrieval - A Representative Image of Shot Concept for the Internet”, Second European Conference, ECDL'98, Sep.,1998, pp.645 – 646
4. Rei S.Atarashi, Hideki Sunahara, “Distributed Digital Lecture Archive System: Model and Implementation”, International Symposium on Research, Development and Practice in Digital Libraries 1999 (ISDL'99), pp.143-146, Sep., 1999.
5. Rei S.Atarashi, Masakazu Imai, Hideki Sunahara, Kunihiro Chihara, Tadashi Katata, “Building Archaeological Photograph Library”, Research and Ad-

- vanced Technology for Digital Libraries, 4th European Conference (ECDL2000), pp.456-460, Sep., 2000.
6. Keiko Okawa, Akira Kato, Jim Gast, Rei Atarashi, Yasuharu Toyabe, Lawrence H. Landweber, Jun Murai, “Global collaboration for the joint University course on the next generation Internet”, The Internet Global Summit INET2000, July, 2000.
 7. Rei S. Atarashi, Hiroyuki Ohno, Makoto Niimi, Kunihiro Chihara, “Policy Control Mechanism managed by Metadata”, International Conference on Dublin Core and Metadata Research Applications 2001 (DC2001), pp.101-104, Oct., 2001.

研究会・大会発表

1. 鈴木 麗, 川崎 由紀子, 砂原 秀樹, “電子図書館におけるマルチメディアデータの管理モデル,” 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会, vol.97, No.104, 85-33, pp.189-194, 1997 年 11 月.
2. 川崎 由起子, 鈴木 麗, 砂原 秀樹, “WWW サーバ上でのカット点を利用した動画像情報検索・再生システム”, 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会, 1998 年 4 月.
3. 今井正和, 新麗, 羽田久一, 西村亨, 砂原秀樹, 千原國宏, “ある電子図書館の運用と統計”, 第 13 回デジタル図書館ワークショップ, 筑波, 情報処理学会研究報告, 情報学基礎 (FI), Vol. 98, No. 109, pp. 45-54, 1998 年 11 月 .
4. 宇多 仁, 宇夫 陽次郎, 矢野 大機, 本間 秀樹, 鈴木 麗, 村井 純, “ネットワークテストベッドにおけるトラブルチケットシステムの構築と運用”, 情報処理学会分散システム運用技術研究会, 1998 年 5 月.
5. 村井 純, 鈴木 麗, 「インターネットコンファレンス'97」報告コンピュータソフトウェア, vol.16, No.4, 1998 年 5 月.
6. 新 麗, 砂原 秀樹, “分散型講義サーバシステムの設計”, 第 15 回デジタル図書館ワークショップ, 1999 年 7 月.
7. 砂原秀樹, 今井正和, 新麗, 羽田久一, “奈良先端科学技術大学院大学における電子図書館システム ～運用と次世代システムへ向けて～”, 第 16 回「デジタル図書館」ワークショップ, pp. 12-19, 筑波, 情報処理学会研究報告, 情報学基礎 (FI), Vol. 99, No. 102, pp. 31-38, 1999 年 11 月.

8. 征矢野史等, 新 麗, 今井 正和, 砂原 秀樹, “レクチャアーカイズ作成のため
の一手法”, 2000 年電子情報通信学会総合大会, 2000 年 3 月.
9. 八田 成久, 新 麗, 羽田 久一, 今井 正和, 砂原 秀樹, “歌詞を用いた音楽フ
レーズ自動抽出の試み” 2000 年電子情報通信学会総合大会, 2000 年 3 月.
10. 村井 純, 新 麗, “「インターネットコンファレンス'98」報告”, コンピュ
ータソフトウェア, vol.16, No.4, pp.86-90, 1999 年 7 月.
11. 征矢野史等, 新 麗, 今井 正和, 砂原 秀樹, “プレゼンテーション資料の切り
替わり点の自動抽出”, インターネットコンファレンス'99 Work in Progress,
1999 年 12 月.
12. 今井正和, 新 麗, 羽田久一, 砂原 秀樹, 堅田 直, “遺跡・遺物の写真ライブラ
リ構築”, 日本情報考古学会第 9 回大会, pp.55-58, 2000 年 3 月.
13. 新 麗, 今井 正和, 千原 國宏, 堅田 直, “考古遺跡写真ライブラリの構築”, 日
本情報考古学会第 9 回大会, pp.23-27, 2001 年 3 月.
14. 大野 浩之, 新美 誠, 三輪 信介, 新 麗, 清川 清, 海老名 毅, “非常時通信シス
テムの現状と今後の展開”, 情報処理学会分散システム/インターネット運用
技術研究会, 23-9, pp.49-54, 2001 年 10 月.

その他 (標準化活動)

1. R. Atarashi, F. Baker, “Reflexive DSCP Policy”, Internet-Draft, IETF,
Nov., 2001.
2. H. Ohno, R. Atarashi, “The Emergency Communications on the internet”
Internet-Draft, IETF Nov., 2001.