

## IPv6 の特徴を活用した研究資材管理システムの提案

野田 明生 大野 浩之

東京工業大学大学院 情報理工学研究科

### 概要

組織の円滑な運営には研究資材の管理が重要である。しかし、研究資材は散在移動するため、適切な管理を行なうのは困難である。本稿では、研究資材管理の重要性について議論し、筆者らの研究室で運用してきた研究資材管理体系の特徴と問題点を説明する。次に、その体系の問題点や関連研究を元に新システムの要件を列挙し、研究資材管理システムの設計を述べる。そして、システムの部分実装と評価を述べ、今後の展望をまじえて考察を行なう。

## An example of the IPv6 application for managing the research material

Akio NODA Hiroyuki OHNO

Graduateschool of Information Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology.

### Abstract

We have been interested in the "research equipment management" for the small scale organizations such as laboratories, small offices or home offices. (In this paper, "research equipment" includes all kind of components of computers, cables, softwares and other small parts for computers.) In these organizations, the equipment management is very important to keep the organization active. However, it is also very difficult to manage their equipment because they have few specialists for the research equipment management.

In this paper, we discuss the importance of the research equipment management, and explain the design and sample implementation of the research equipment management system that has been developed in our laboratory. We also describe the evaluation of the system and some considerations based on the future view.

## 1 はじめに

現在インターネット上で分散管理を行なう研究がさかに行なわれている。しかし、これらの研究はネットワーク管理者向けのネットワーク管理手法に関する研究が主であり、エンドユーザの環境の利便性に直接関わる物は少ない。

筆者らの研究室では、大学の備品管理とは独立に、研究室の構成員が研究資材の管理を分担して行なう体系を構築し、体系に基づく管理を行なってきた。しかし、この体系では研究室構成員の負荷増大や誤情報という問題が生じた。そこで、インターネットを利用して管理の負荷軽減と情報の正確性向上を実現する研究資材の自動管理システムについて考察した。

本稿では、研究資材管理の重要性について議論し、筆者らの研究室で運用してきた研究資材管理体系の特徴と問題点を説明する。次に、その体系の問題点や関連研究を元に新システムの要件を列挙し、研究資材管理システムの設計を述べる。そして、システムの部分実装と評価を述べ、今後の展望をまじえて考察を行なう。

## 2 研究資材管理の重要性

本章では、研究資材管理の重要性について述べ、筆者らの研究室で運用してきた研究資材管理体系の特徴や問題点、関連研究を元に、研究資材の効率的な管理の要件を述べる。

### 2.1 分散管理環境における研究資材管理

インターネットの規模が拡大し、その管理手法に関する研究がさかに行なわれている。中でも、ネットワーク管理の手間を軽減するための分散管理手法に関する研究が主である。なぜなら、インターネット上には管理者や管理対象の計算機が分散しており、管理が複雑で難解となるからである。そのため、研究成果の恩恵を受けるのはネットワーク管理者に限られている。ネットワーク管理手法の効率化が、ネットワーク管理を行わないエンドユーザの利便性向上に直接つながるとは限らない。

ところで、ネットワーク管理の重要な課程の一つに、物品の管理がある [1]。筆者らの研究室では、研究活動を活発化し研究室運営を効率化するため、物品のなかでも特に研究資材の管理に着目している。筆者らの研究室は、研究資材管理専門の部署を設立できるほどの規模はない。また、秘書を雇う金銭的、場所的余裕がない。しかし、大学が行なう備品管理は管理単位が大まかであり、研究遂行のため大学の備品管理とは独立に管理を行なう必要がある。そのため、研究資材の管理を研究室の構成員が分担して行なっている。研究活動を活発化するために、研究室の構成員は研究資材に関する情報を共有し、必要な研究資材の入手や検索を迅速にする必要がある。また、研究室運営の効率化のために、研究資材管理作業の負荷を軽減し、研究活動に従事できる時間を多く確保しなければならない。

しかし、研究資材は同一箇所には留まらず、出張や学

会の際研究室の内外に移動することや、研究遂行上移動する場合がある。そのため、散在して独立に移動するこれらの研究資材の位置を正確に把握することは困難である。また、研究資材の破棄や予算処理のため情報が変更される場合がある。研究室の運営を円滑にするため、これらの情報変更迅速かつ正確に対応しなければならない。

そこで次節以降では、筆者らの研究室で運用されていた体系を参照しつつ、研究資材管理効率化の要項を議論する。

## 2.2 管理対象とする研究資材

まず、研究資材の種類は研究分野により異なるため、本稿で対象とする研究資材の定義を明確にする。

筆者らの研究室は、コンピュータネットワークに関する研究を行っており、計算機やネットワーク機材の数が多い。計算機を構成する部品のほとんどは、正常に利用している際電源供給を受けている。そこで筆者らの研究室では、管理対象とする研究資材を、「正常に利用する場合電気を通す必要がある資材」と定義し管理を行ってきた。例えば、「マウス」「CPU」「イーサネットケーブル」などは、利用すると電気信号が流れるため研究資材に該当するが、「PC ラック」「ねじ」「マウスパッド」などは、電気を通して利用するものではないため研究資材に該当しない。

この定義は、計算機や計算機ネットワークの資産管理に有効である。また、計算機や計算機ネットワークを導入している組織であれば、この定義による資産管理により、計算機や計算機ネットワークの物的資源を有効活用できる。なぜなら、計算機を一台購入するよりも、余剰部品を把握しておき不足部品のみを購入して計算機を組み上げる方が、コストの低減をはかれるからである。さらに、複数の計算機が故障した場合、複数の計算機を購入するよりも、余剰部品を組み合わせる計算機を組み立てた方が、迅速な現状復帰が期待できる。そして、管理対象が比較的大きく部品の扱いが容易なため、管理が容易である。この定義より細かい単位の管理は、部品流用の可能性が低く、管理の手間を増大させるだけである。

本稿では、計算機や計算機ネットワークの資産管理を効率化できるシステム構築を目的とする。また、「正常に利用する場合電気を通す必要がある資材」のことを研究資材と定義する。

次節では、筆者らの研究室で運用されている研究資材管理体系について説明する。

## 2.3 大野研究室における研究資材管理

まず、研究資材を他の研究資材と区別するため、研究資材に「物品番号」と呼ばれる識別子を割り当てた。物品番号はこの体系中では一意である。研究資材には、

物品番号を記載したシールを貼付している。シールは研究資材の発注資金別に色分けしており、研究資材を見るだけで発注資金を判別できる。

次に、研究資材に関する情報と研究資材との対応を取るため、「台帳」と呼ばれるファイルを用意した。台帳には、物品番号、研究資材の発注に関わる情報、研究資材の設置場所などの情報を記載している。また、台帳は web サーバ上から参照でき、構成員による研究資材情報の共有をはかっている。

研究資材の到着や管理作業の開始といった重要な作業内容はメールで構成員全員に報告される。

これらの作業課程を図 1 に示す。

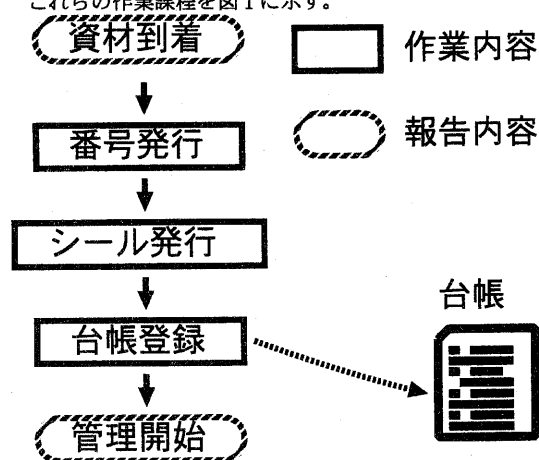


図 1: 作業課程図

## 2.4 自動管理の必要性

前節で示した体系は、1996 年度に構築し現在も運用している。その課程で以下に示す利点が明らかになった。

- 電子メールや web ブラウザを用いた情報共有が容易になったため、購入が必要な研究資材に関する議論が活発化した。
- 台帳の検索による研究資材の検索が可能となった。
- 物品にシールを貼付したことで、台帳を検索せずに予算管理や物品の検索を行なうことが可能となり、台帳検索の手間を軽減した。
- 体系を適用する以前は物品の年間紛失数は判別できなかったが、体系に基づいた管理の結果、1996 年度の研究資材紛失割合が全研究資材数の 2.5 % 程度<sup>1</sup> であると判明した。

<sup>1</sup> 1997 年 7 月 23 日の棚卸し時点で、全管理対象資材数 2200 に対し未発見資材数 54

一方、以下に示す問題点が明らかになった。

- 誤操作により台帳に不正確な情報が含まれ、位置検索や研究資材搜索などの作業に混乱が生じることがあった。
- 担当者の作業負荷が期待されたほど減少しない。
- 項目別検索や、数値の大小による検索が困難。
- 付属品やマニュアルなど研究資材同士の関連が不明瞭。

この主な原因は、以下に示す二点である。

- 管理作業が手動である。
- 位置情報など一部の情報について、記載内容と事実に相違が生じる。

次節では、研究資材管理や物品管理、生産管理に用いられるシステムを紹介し、上述の問題点を解決し得るかどうか議論する。

## 2.5 関連研究

前節で述べた問題を解決するには、以下の要件が満たされていなければならない。

- 情報変更を自動化できる
- 情報管理の手間を軽減する

現在物品を管理する市販システムが流通している。例えば、シンクアプローチ株式会社の『物品管理システム』は、物品管理法に基づき物品の取得、保管、共用、処分の手続きを自動化するクライアント・サーバ型システムである。しかし、もしこのシステムを利用する前に物品を移動し、さらにシステムを利用した情報更新を行わない忘れの場合、システムに記述された情報と実際の位置に矛盾が生じる。

位置の更新まで自動化するシステムとして、川崎情報システム株式会社の『管理名人・物流管理システム』がある。このシステムは、医薬品・医療材料の一元管理を目的とするシステムで、バーコードカードやバーコードラベルを用いて、物資移動や在庫管理を効率化できる。しかし、医薬品や医療材料は、必要に応じて一度にまとめて移動することが多く、また管理もまとまった一箇所で行なわれるため、散在し独立に移動する研究資材には対応できない。

これらの商品のほとんどは、管理対象の移動形態が本稿で定義した研究資材と異なる、病院内の在庫管理を目指したシステムである。病院向け以外のシステムは、物品管理法に基づく帳簿作成支援ソフトの機能しか持たず、研究資材の移動に自動対応できない。また、一台の計算機もしくは LAN 用に設計された物が多く、他組織にまたがる移動には対応できない。さらに、世界中での唯一性を保証しないため、他の組織が同じ体系で管理している研究資材と識別できない可能性がある。

## 2.6 研究資材管理システムの概要

前節までに議論したことを元に、研究資材の管理要件を整理する。

- 世界中での唯一性を保証する。
- 情報の分散管理ができる。
- 散在移動に対応できる。
- 組織の構成員間で情報を共有できる。
- 情報変更を自動化する。
- 容易に情報検索できる。
- 情報管理の手間を軽減する。

ところで、筆者らの研究室ではネットワークに関するさまざまな研究を行っており、新世代インターネットプロトコルである IPv6 に着目している。IPv6 には、広大なアドレス空間やネットワーク設定の自動化、新たな通信方式、比較的強固なセキュリティなどさまざまな特徴がある。そこで、IPv6 の特徴を活用して研究資材の管理を効率化することを考える。

まず、IPv6 は世界中の研究資材を管理するのに十分な大きさのアドレス空間を持つ<sup>2</sup>と期待でき、世界中に広がるインターネット上で研究資材が唯一性を保証できる。また、ネットワークで利用されている DNS[2] や LDAP[3] といったディレクトリサービスの利用により情報の分散管理が可能である。さらに、IPv6 ではモバイルリティをサポートしているため、研究資材の散在移動に対応できると考えられる。情報の共有は、メールや web などのアプリケーション、サービスを利用することで可能である。

次に、情報変更の自動化について考える。物品番号を記述したシールやバーコードシールだけではなく、IPv6 通信が可能なモジュールを作成し、モジュールが自分自身の位置と識別子を通知すれば、最も手間のかかる位置情報の更新が自動化できる。本稿ではこのモジュールを識別子タグと呼ぶ。

ところで、位置情報としては地球上の経度や緯度などの絶対的指標は用いるべきではない。なぜなら、経度や緯度が分かっても、その位置に辿り付くには GPS などのさらに別の情報源を検索する手間が生じるからである。そこで、位置情報として各組織ごとに組織名、建物名、部屋名、その他詳細位置名を定義し、階層的に位置を管理する。研究資材の位置は、識別子タグが属する最小範囲の位置名とする。

このとき、識別子タグと研究資材情報を管理する部分との通信を仲介するサーバが必要である。そこで、各位置名を代表するサーバを設置し、このサーバの管轄

<sup>2</sup>  $2^{128}$  個のアドレスを持つ

内に存在する識別子タグとの通信を仲介させる。これにより、識別子タグは自分自身の位置を把握する必要がなくなり、識別子タグに実装すべき機能を削減できる。

次章では、上述の要件や案に基づき研究資材の管理を行なう研究資材管理システムの設計を行なう。

### 3 研究資材管理システムの設計

本章では、前章で議論した事項を考慮にいれ設計を行なう。

#### 3.1 全体設計

まず、筆者らの研究室で運用してきた体系の利点を活用するため、以下に示す仕組みを用いる。

- 物品番号に対応する IPv6 アドレス
- シールに対応する識別子タグ
  - 組織内の研究資材情報を管理する台帳管理サーバ
- また、位置の把握を自動化するため、以下の仕組みを用いる。
  - サーバの管轄内にある識別子タグを台帳管理サーバに伝達する位置管理サーバ
  - 識別子タグを作成する識別子作成機
  - 研究資材と識別子に対応付ける識別子タグ

#### 3.2 番号体系

IPv6 における標準的ユニキャストアドレスの体系である、経路集約型アドレス [4] を用いる。経路集約型アドレスでは、上位 48 ビットが組織区分などによってあらかじめ定められている [5][6] ため、識別子としては利用できない。

そこで、まず各組織が自由に定められる Site-label Aggregation (SLA) ID 部の一つを、研究資材管理用の空間として確保する。下位 64 ビットのインタフェース ID 部を識別子用の空間として用いる。研究資材自体には下位 64 ビットを識別子として割り当て、識別子と IPv6 アドレスの対応は別の機構を用意し保持する。

インタフェース ID 部を図 2 に示す体系により分割する。

##### • 作成者フラグ

研究資材を導入した組織が、識別子作成機を用いて識別子タグを発行した場合は 0、識別子タグが研究資材の生産時に組み込まれる場合は 1 となる 1 ビットのフラグ。

以下三領域は作成者フラグにより意味と範囲が異なる。

##### – 作成者フラグが 0 の場合

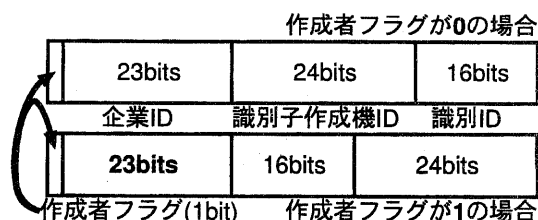


図 2: アドレス空間の下位 64bit

##### • 企業 ID

識別子作成機の製造企業別に識別子を 23 ビットで示す。これにより、一か国あたり 16 万メーカの企業 ID を保持できる。

##### • 識別子作成機 ID

識別子作成機の ID を 24 ビットで示す。これにより、半年おきに新作成機を発売するメーカが各作成機を 10 万台売ったとして、識別子作成 ID を 80 年以上利用できる。

##### • 識別 ID

識別子作成機が作成した ID を 16 ビットで示す。これにより、各組織が一つの識別子作成機で 6 万以上の研究資材を管理できる。

##### – 作成者フラグが 1 の場合

##### • 企業 ID

研究資材の製造企業別に識別子を、作成者フラグと同様に 23 ビットで示す。

##### • 識別子作成機 ID

識別子作成機の ID を 16 ビットで示す。これにより、100 台の作成機で識別子タグを作成し、5 年に一度取り換えるメーカが、100 年以上利用識別子作成機 ID を利用できる。

##### • 識別 ID

作成者フラグが 1 の場合、識別子作成機が作成した ID を 24 ビットで示す。これにより、作成機一台で 1600 万個の研究資材に対応できる。

この方式の利点と欠点を以下に示す。

##### • 利点

- IPv6 アドレス体系に大きな影響を与えることがない。
- 簡潔で実装しやすい。

##### • 欠点

- － 体系に従わない組織の影響で、インタフェースIDが重複する可能性があるが、IPアドレスの重複検出が可能なIPv6近隣探索を用いることで回避可能と考えられる。

### 3.3 識別子タグ

本稿では、大きさが $16\text{cm}^2$ 以内、厚さが $1\text{cm}$ 以内の基板上に、伝送路の確保、識別子の発信機能、IPv6プロトコル処理機能、電源を実装したチップセットを識別子タグと呼ぶ。識別子タグは、識別子を内部に保持し、外部から位置を取得して、ネットワーク上に情報を送出する。識別子タグの概図を図3に示す。

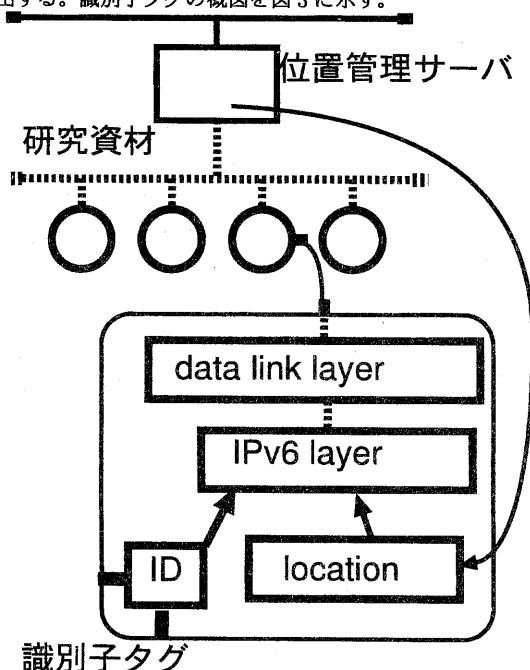


図3: 識別子タグの概図

識別子タグは、装着する研究資料により電源や通信路が異なり、形状もPS/2など各種コネクタに差し込めるものや電源プラグ型ものの、シールなどにより装着するものなど多岐に渡る。しかし、すべての研究資料にIPv6通信可能な識別子タグを取り付けられるとは限らない。識別子タグが取り付けられない研究資料については、位置管理サーバが該当研究資料の代替として通信を行なうことにする。

計算機に識別子タグを装着する場合の伝送路、通信方法、経路制御方法、電源を以下に例示する。

- ・ 伝送路  
電灯線を用いる。

#### ・ 通信方法

PCの電源部に装着されたコンセント型のタグから、電灯線LANを利用可能な位置管理サーバと通信する。

#### ・ 経路制御

位置管理サーバまでは通常の経路制御で到達する。位置管理サーバと識別子タグ間は、位置管理サーバ内の識別子タグと識別子の対応表を参照し到達する。

#### ・ エネルギー源

電灯線から供給する。

## 4 プロトタイプ実装と評価

今回は、情報を管理するモジュールの一部を実装した。プロトタイプシステムが提供する機能を以下に示す。

#### ・ 台帳登録の補助

すべての研究資料に識別子タグを搭載することは不可能であるので、手動登録する研究資料も存在する。台帳へ手動登録する作業を補助する。

#### ・ 台帳検索の補助

ある研究資料に関する情報を取得する際や、ある条件に合致する研究資料が必要な場合、台帳を検索する必要がある。台帳を検索する作業を補助する。

上記の機能はperl version 5.004を用いて、webサーバ上のCGIスクリプトとして実装した。

それぞれについての評価を議論する。

#### ・ 台帳登録の補助

運用の結果、すべての項目をwebブラウザを通じて入力するのは面倒であるという声が聞かれた。

しかし、過去には台帳を直接手で書いていたため、フォーマットに従わない記述による検索の不便さやデータの登録ミスは減少すると期待できる。今後運用試験を重ね、登録効率を向上しエラー率を低減するため、より具体的な評価を行なう必要がある。

#### ・ 台帳検索の補助

過去には、検索を行なうにはwebサーバ上の台帳に、文字検索ツールを用いて直接検索しなければならなかった。また、複雑な条件検索が困難であった。

今回の実装の結果、特定項目のみの検索や、特定項目における数値大小比較検索などが可能となった。今後、システムに必要な検索機能の詳細を検討し、実装評価する必要がある。

## 5 考察

本章では、設計について今後の展望を交えて考察する。

## 5.1 研究資料情報の管理

世界中に散在する研究資料が本システムで管理されることを考えると、設計方針を逸脱しない範囲で情報の分散管理を行なう必要がある。

情報の分散管理を効率的に行なうには、DNS[2] や X.500[7]、LDAP[3] を代表とするディレクトリサービス<sup>3</sup> またはその規格を用いるのがよいと考えられる。

DNSは、インターネット上のホスト名を管理するサービスである。IPv6ではホスト数が非常に多くなり<sup>4</sup>、管理対象ホストも増大するため、現在の実装ではDNSサーバに多大な負荷を与えると考えられる。研究資料も同様のことが考えられるため、研究資料情報の分散管理にDNSを用いる場合には、さらに効率のよい分散管理アルゴリズムが必要となる。

LDAPは、多機能で汎用的なX.500を、インターネット上で利用することを考慮に入れ簡略化したクライアント・サーバ型ディレクトリサービスである。LDAPの機能は、第三章で示した管理作業分類に十分対応できる。また、複数のサーバに分散して資源を管理できるので、台帳管理サーバや位置管理サーバの分散管理が容易に実現できる。今後、LDAPに準拠した情報管理モジュールの実装を行ない、管理効率や負荷を評価する。

## 5.2 番号体系

今回提示した経路集約型アドレスを利用する体系では、利用できるアドレス空間が64bitであり、識別子以外の情報を組み入れられなかった。今後研究資料管理用の物品管理型アドレスを定義する必要がある。

物品管理型アドレスの体系として、研究資料の識別子と、研究資料の所有組織識別情報を組み合わせることが考えられる。研究資料の識別子は変化しないため、研究資料の一意性は失われない。研究資料を別組織に移設した際IPv6アドレスが変化するが、アドレスは各組織が管理している情報との関連を保つ物であり、他組織には情報は移動しない。移設先では新たな情報との関連を保つ必要があるため、アドレスは移設の際変化した方がよい。また、研究資料が移動してもIPv6アドレスが変わらないため、所属が変わらない限り研究資料の一意性を強固に保持できる。

今後独自の物品管理型アドレスを提唱し、その体系に基づいたシステムを実装する必要がある。また、経路集約型アドレスを用いたシステムからの移行方法について考察する必要がある。

<sup>3</sup> 広域ネットワーク上に分散する各種ネットワーク資源の位置や、資源に関する情報を返すサービス

<sup>4</sup>  $6 \times 10^{28}$ 倍以上

## 5.3 識別子タグ

識別子タグは、汎用性が高く着脱可能な物ほどよい。しかし既存の技術では、大きさや伝送路、エネルギー源などに問題点がある。識別子タグの大きさが研究資料自体より大きいと、研究資料に装着できない可能性がある。また、小型化を行なえば、一部の機能を実現できない可能性がある。これらの問題は技術発展により解決すると思われる。

技術発展を待たなくとも、一部の機能を省略した簡易版の識別子タグを作成し、本来識別子タグ上に必要な情報を他のモジュールで代替させることで、技術発展を待たずに実装が可能になると期待できる。例えば、IPv6の通信機能をすべて識別子タグ上に盛り込む事は困難なので、ping や telnet などの基本的なネットワークコマンドにのみ応答できる識別子タグを実装することが考えられる。実装されていない通信機能へのアクセスがあった場合、位置管理サーバが代替して応答する。この方法により、識別子タグがIPv6の通信機能を実装していない場合でも、位置管理サーバによる代替通信により見掛け上通信路が確保できる。

## 6 おわりに

本稿では、組織の円滑な運営に重要である研究資料管理を自動化するシステムの提案を行なった。研究資料管理システムを用いることにより、研究資料管理に関わるほとんどの作業を自動化できる。また、研究資料が世界中に散在移動する場合の管理にも対応できる。今後は、さらに実装を進めシステムの完成を急ぐ。また、技術発展への展望に基づきより洗練されたシステムの設計を行なう。

## 参考文献

- [1] Salah Aidarous and Thomas Plevyak. ネットワーク管理のすべて 21世紀へ向けて. 株式会社トッパン, January 1996. 監修 吉田 真.
- [2] Paul Albitz and Cricket Liu. DNS & BIND 改訂版. O'Reilly & Associates, Inc, January 1998. 監訳 高田 広章, 小島 育夫.
- [3] M.Wahl, T.Howes, and S.Kille. Lightweight Directory Access Protocol (v3). RFC 2251, December 1997.
- [4] R.Hinden, M.O'Dell, and S.Deering. An Aggregatable Global Unicast Address Format. RFC 2374, July 1998.
- [5] 6BONE pTLA List, 1998. <http://www.6bone.net/6bone.pTLA.list.html>.
- [6] B.Hinden. Proposed TLA and NLA Assignment Rules. draft-ietf-ipngwg-tla-assignment-05.txt, August 1998.
- [7] ITU-T. The Directory - Overview of Concepts, Models and Services. X.500, 1988.