

## 学校教育ネットワーク運用における諸問題

牧野晋<sup>†</sup> 大塚秀治<sup>†</sup> 林英輔<sup>†</sup>

<sup>†</sup>麗澤大学国際経済学部 <sup>†</sup>流通経済大学流通情報学部

### 概要

千葉県柏地域では、1997年より、柏市と柏インターネットユニオン(KIU)の相互協力により地域教育ネットワークの展開が行われてきた。柏地区は今年度より始まった学校インターネット高度化プロジェクトにも地区指定されている。KIUでは学校教育へのネットワーク活用に関して、実際のネットワーク構築と運用を通しての実践的な試みを行い、教育用ネットワークのあり方について検討してきた。これらの活動を通していくつかの問題点や検討すべき課題が見出されている。例えばISDNによる間欠接続の形態における問題や多数の専用線接続が行われた場合のNOC運用に関する問題、ポリシーコントロールの実装方式に関する検討などである。本論では、これらの実証実験を通して得られた知識を基に、学校教育ネットワークの構築と運用に関する諸問題について報告するとともに現状での解決策について議論する。

## A consideration about the operation and management of the networking for school education

Susumu MAKINO<sup>†</sup>, Hideharu OHTSUKA<sup>†</sup>, Eisuke HAYASHI<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Reitaku University, <sup>†</sup>Ryutsu Keizai University

### Abstract

In recent years, introduction of the computer and computer networks to a school is progressing. Many practical instance of application for education are reported. However, it seems that there are not enough data about the employment itself. In the Chiba-ken Kashiwa area, we have been performed practical research about an area educational inter-network with Kashiwa Internet Union (KIU). In this research, we have examined the way that should be of the internetworking for education. Many problems awaiting solution that should be examined are found out through the work. For example, the problem in the environment connected by ISDN, about operation of NOC, and the implementation of security policy control etc. In this paper, we discuss the problems and the solution about construction, operational technique and management of such a school-education network.

### 1. はじめに

インターネットを教育に応用する試みは一層拡大している。100校プロジェクトや新100校プロジェクト等での成果は、Eスクエアプロジェクト[1]へと引き継がれ、学校教育場面へのインターネットの本格的な導入に向けてさ

らなる展開が計られている。文部省は「平成13年(2001年)までにすべての学校をインターネットに接続する」ことを表明しており[2]、今後、学校現場へのインターネット普及はさらに加速することになる。

平成10年度からは、文部省・郵政省の共同事業として、学校インターネット高度化モデル

地域プロジェクト<sup>1</sup>が3年間の予定で開始されている。この事業では、これまでよりも高速な通信経路として1.5Mbps程度の専用線の他、CATVやxDSL、WLL、衛星回線といったさまざまな接続形態でのネットワークが構築されている。

過去の報告で、学校をインターネットに接続した事例は多く紹介されており、学校教育現場で必要とされる運用支援態勢についての報告もある[3]が、地域展開まで視野に入れた形として、運用記録を元に詳細に検討した報告は少ない。コンピュータやネットワーク管理者の不足は従来から指摘されている問題であり[4]、今後、学校現場での利用を促進し、安定したネットワーク環境を提供するためにも、運用・管理といった側面からの実践的データを収集しておくことが重要である。

筆者らは、柏インターネットユニオン(KIU)における活動の中で、地域の小・中学校、高等学校等のインターネット接続を行い、約2年間に渡って運用支援を行ってきた。本稿では、千葉県柏市における実践事例から、学校教育ネットワークにおける諸問題について、主にISDNによる間欠LAN間接続時における問題点を中心に検討するとともに、その解決策について議論する。

## 2. 学校教育ネットワークの諸相

### 2-1. 接続料金と接続形態

学校をインターネットに接続する方式にはさまざまな形態があるが、授業等での活用を考慮すると、職員室の1台のパソコンがアナログ電話回線を利用したダイヤルアップIP接続を行うのではあまり意味がなからう。コンピュータ教室や一般教室に設置された複数台のコンピュータが同時にインターネットを利用できる形態、即ち、LAN間接続の形態が必要であると考えられる。LAN間接続を行う場合、大学などと同様に、専用線を用いた常時接続形態を採ることがまず考えられる。しかし、小・中学校や高等学校の場合、特に回線費用などの問題から専用線接続が行えないことが多い。

文部省資料[2]によると、平成11年度におい

<sup>1</sup> プロジェクトの正式名称は、「先進的教育用ネットワークモデル地域事業(文部省)」、「学校における複合アクセス網活用型インターネットに関する研究開発(郵政省)」である。

て公立学校のインターネット利用にかかる通信費及びインターネット利用料等は、小・中学校については1校あたり年額132千円(10年度203千円)、高等学校・特殊教育諸学校で年額152千円(10年度203千円)が地方交付税により措置されることになっている。月額に換算すると1万円強ということになる。

プロバイダー利用料を除いた回線経費だけを見ても、最も安いNTTのDA64を使った場合でも28千円/月が必要となる[5]。別途、研究経費等の予算を確保せねば専用線接続による常時接続は難しい状況である。

柏地区では学校インターネット高度化モデル地域プロジェクトの中で、専用線に比べ比較的 low 額で高速なCATVインターネットをアクセス網として利用する実験が始まっている[6]。同様にADSLやWLL等を用いる事例もあるが、これらの方式がすべての地域で利用できるわけではない。

### 2-2. 間欠LAN間接続

こうしたことから、通信の必要がある場合にのみ自動的に発呼してリンクを確立する間欠接続(ダイヤルアップ接続)方式が採られることになる。上位への接続には、LANに接続された一般のアナログ公衆回線を利用したダイヤルアップIP接続を行うコンピュータに、所謂、Proxyソフトを導入して複数のコンピュータの同時利用を可能にする形態もあるが、パフォーマンスや安定性の面で不安がある。最近では、ISDNルータの高性能化、低価格化に伴って、これを利用した間欠LAN間接続の形態が採られることが多い(図1)。

柏市では、学校側のISDNルータとして、Ascend社製Pipelineシリーズ、富士通製NetVehicle、YAMAHA製RTシリーズなどが

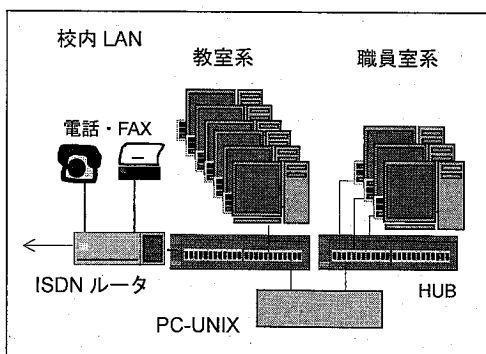


図1 ISDN 間欠LAN間接続

採用されている。KIU-NOC 側では Ascend 社製 MAX4000 を用い、INS1500 により複数の INS64 を多重化して受信している。

この方式では、一般的に校内 LAN 側から外部への通信パケットがトリガーとなって ISDN ルータが発呼し、PPP 手順により ISP との接続が行われる。局側課金<sup>2</sup>のサービスを用いることでインターネット (ISP) 側から内部への接続を行うことも可能であるが、これを許すと外部からの不当なパケット送信によって膨大な通信費が発生する場合もあるので、セキュリティ上の問題から通常は行われない。

### 2-3. 上位への接続形態

既存の学校内 LAN を安易にインターネットに接続することで、セキュリティ上の問題を引き起こすこともある。こうした問題に対処するために、地域によっては、各学校が直接 ISP への接続を行うのではなく、教育センターなどの拠点に接続してセキュリティの確保やフィルタリングを行う方式がある。この方式は、

- セキュリティポリシーやフィルタリングルールを一括して反映することが可能。
- 拠点の設計によっては、セキュリティポリシーの主体をネットワーク運用組織と独立して決定できる[7]。
- 学校現場の運用担当者(管理者)の負担を低減できる。
- サーバやネットワーク機器の共有が可能。地域内でのコンテンツも共用しやすい。

といった利点を持つ。

反面、各学校から拠点までの距離が、ISP のアクセスポイントまでの距離に比較して遠くなる場合も多いので、アクセス回線費の負担が増大し、十分な帯域を確保することが困難となる場合もある。従って、接続距離によっては通信費を軽減するためのトポロジー設計とそれに応じた経路制御などへの考慮が必要となる。

柏市及び KIU では、これらの問題に対して、分散 NOC 方式による接続実験を開始している他、学校インターネット高度化モデル地域プロジェクトの中で検討を行っている[6]。

拠点側では、地域の学校すべてが集中して接続されることに伴って、運用・管理面での負担が増大する。柏市では、今年度より、保守費の中に回線経費を盛り込むというやり方で、徐々

に DA64 等の専用線接続形態への移行が始まっている。ルータには YAMAHA 製 RT103i 等が選択され、これが NOC に持ち込みの形で複数台設置されている。設置場所の問題に加え個別に設定が必要といった運用コストに影響すると思われる問題も発生した。

以上のような点を考慮しながら、拠点のカバーする範囲を適切に設定することが必要になる。一拠点への接続組織数としては 50 程度までが適当ではなかろうか。これは行政単位で言うと、市レベルの単位に相当すると思われる。

## 3. 学校教育ネットワークの諸問題と対処方法

### 3-1. 間欠接続における異常発呼の問題

周知のとおり ISDN では従量制の料金体系が採られており、接続回数(発呼の回数)や接続時間によって回線費用が大きく変化する。このため、専用線接続と同様の構成では、予期せぬ回線の使用が生じることがあり、費用面での影響が大きくなる。これらを「予期せぬ発呼」あるいは「異常発呼」問題と呼ぶ。異常発呼の原因としては以下のようなものがある。

- 1) 名前解決のための発呼。
- 2) Windows の設定等に関連した発呼。
- 3) PC アプリケーションによる発呼。
- 4) 持ち込みパソコンを原因とする発呼。

#### 1) 名前解決のための発呼

校内のパソコンから WWW 等を利用するにはネームサーバの設定が必要になるが、ここで外部 (ISP 側) のネームサーバを指定すると、全てのアクセスについて名前解決のための発呼が発生することになってしまう。また、校内での利用においてもネームサーバは有用であるので、校内にも DNS サーバを設置することが望ましい。DNS サーバを secondary サーバとして運用すると定期的なゾーン情報の転送によって通信費が発生することになる。一方、primary サーバとして運用すると、外部からの名前解決ができないという問題が生じる。これを解決するために、柏方式では外部向けの DNS サーバを KIU-NOC 側に置き、内部向けにの自ドメインの primary サーバを学校内にも置くという方式をとった<sup>3</sup>。この場合、両方の primary サーバ間で定義ファイルの同期を

<sup>2</sup> 着呼側に課金される

<sup>3</sup> PC-UNIX (現在は FreeBSD 3.2R) で構築。

取る必要が出てくる。学校内で個々のマシンに自由な名前を付けることは難しくなるが、変更が不要な初期設定をあらかじめ行っておく等の処置をして対応した。

## 2) Windows の設定等に関連した発呼

Windows95 の登場以来、エンドユーザサイドで比較的簡単にディスクやプリンター等の共有が行えるようになった。通常、Microsoft 系の OS で共有機能を有効にするには、NetBEUI プロトコルが使用されるが、TCP/IP を用いてこれを行うことも可能である。Windows95,98 の場合、ネットワークの設定中で「Microsoft ネットワーククライアント」、「Microsoft ネットワーク共有サービス」といった項目が TCP/IP プロトコルに「バインド」されていると有効になる。IP ルータを経由して NT サーバを利用するような場合はやむを得ないが、これらを不用意に有効にすると、共有機能が broadcast を使って実現されている機能ゆえに異常発呼が発生することがある。ISDN ルータ部分で TCP/UDP ポート 137,138,139 番を抑止する必要がある。最近の ISDN ルータではこれが標準で抑止されていることが多い。これは、専用線接続や CATV 接続のような常時接続の場合にも、セキュリティ上必要な配慮である。

さらに、Windows95,98 の DNS 設定の中に「ドメインサフィックスの検索順」という項目があるが、この設定にも注意を払う必要がある。校内に置かれたネームサーバが自ドメインを解決できる場合でも、この項目に自ドメイン以外が設定されていることにより、ネームサーバが外部への問い合わせを行うことになる。この場合、外部へのリクエストはネームサーバ自体から出されるので、ルータ部分で NetBIOS 関係のプロトコルを抑止しても解決できないことになる。これを解決するには、校内での tcpdump 等によるパケット監視、ネームサー

バのログの監視などを行わねばならず、解決は容易でない。クライアントマシンの設定時には注意を要する (図 2)。

## 3) PC アプリケーションによる発呼

PointCast や Windows98 のアクティブデスクトップのように、疑似プッシュテクノロジーを用いたアプリケーションによる異常発呼が発生することがある。また、POP を使った電子メールソフトによっては、定期的にサーバからメールを取得するような設定がデフォルトでなされている場合があるので注意が必要である。これも tcpdump 等でのパケット監視により、特定のホストからの定期的なパケット送出不いかを調べることで解決できる。

## 4) 持ち込みパソコンを原因とする発呼

教職員が個人持ちのノートパソコン等を携帯し、校内に持ち込み、LAN に接続して使用する場合がある。このような場合、自宅で利用している ISP のサーバ類 (メールサーバや POP サーバ、DNS サーバ等) の設定をそのままにしておくと、これが原因となって異常発呼が生じることがある。これを防ぐには、ルータの接続ログを監視する他、持ち込みパソコンを LAN に接続する場合の注意事項を徹底するなど、運用面での管理体制が重要となる。

### 3-2. 異常発呼への対処

異常発呼を検出するためには、毎日の利用記録の監視が重要である。幸いにして、ISDN 間欠接続の場合には、PPP 手順を用いることになるため、RADIUS によるユーザ認証が介在することになる。RADIUS では、組織 (ユーザ名)、利用開始時刻と終了時刻、IN,OUT の転送量、といった情報が取得可能であるため利用記録が取り易い。これらを組織毎に日時ログとして集計するプログラムを作成し、各学校の管理者や NOC の管理者にメールで送信するサービスを行っている。図 3 はメールで送信される日時ログの事例である<sup>4</sup>。各フィールドは、(1)学校名、(2)接続 ID、(3)接続開始日、(4)開始時刻、(5)曜日、(6)接続終了日、(7)終了時刻 (8)曜日、(9)接続時間、(10)度数、(11)IN 転送量、(12)OUT 転送量 を示す。

この事例を観察すると、開始時刻がほぼ一定

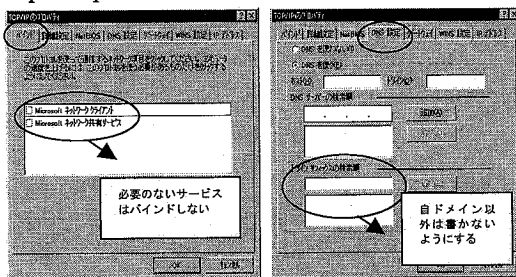


図 2 Windows の TCP/IP 設定

<sup>4</sup> これはメールそのものの内容ではない。図中、(1)～(12)のボード体部分は便宜的に追加記述した。

```

Date: Thu, 17 Sep 1998 04:13:47 +0900 (JST)
From: Operator <root@RADiUS.kiu.ad.jp>
To: ppp-log@RADiUS.kiu.ad.jp
Subject: XXXX-js 73 Call(s) Total 20424 sec. 144 cnt. IN=1125858 OUT=14608857

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12)
XXXX-js 68 1998/9/17 08:22:24 Thu 1998/9/17 08:24:24 Thu 120 1 978 922
XXXX-js 69 1998/9/17 08:37:24 Thu 1998/9/17 08:39:24 Thu 120 1 978 922
XXXX-js 73 1998/9/17 08:52:24 Thu 1998/9/17 08:54:24 Thu 120 1 978 922
XXXX-js 78 1998/9/17 09:07:23 Thu 1998/9/17 09:09:24 Thu 121 1 978 922
XXXX-js 83 1998/9/17 09:22:24 Thu 1998/9/17 09:24:24 Thu 120 1 978 922
XXXX-js 85 1998/9/17 09:37:23 Thu 1998/9/17 09:39:24 Thu 121 1 978 922
XXXX-js 88 1998/9/17 09:52:23 Thu 1998/9/17 09:54:23 Thu 120 1 978 922
XXXX-js 91 1998/9/17 10:07:23 Thu 1998/9/17 10:09:23 Thu 120 1 978 922
XXXX-js 98 1998/9/17 10:22:23 Thu 1998/9/17 10:24:23 Thu 120 1 978 922
XXXX-js 102 1998/9/17 10:37:23 Thu 1998/9/17 10:39:23 Thu 120 1 978 922
XXXX-js 104 1998/9/17 10:52:23 Thu 1998/9/17 10:54:23 Thu 120 1 978 922
XXXX-js 107 1998/9/17 11:07:23 Thu 1998/9/17 11:09:23 Thu 120 1 984 922
XXXX-js 111 1998/9/17 11:22:23 Thu 1998/9/17 11:24:23 Thu 120 1 978 922
XXXX-js 119 1998/9/17 11:37:23 Thu 1998/9/17 11:39:23 Thu 120 1 978 922
XXXX-js 123 1998/9/17 11:52:22 Thu 1998/9/17 11:54:23 Thu 121 1 978 922
(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12)
.....
XXXX-js 73 Call(s) Total 20424 sec. 144 cnt. IN=1125858 OUT=14608857

```

図3 メールによる日時ログ

に15分間隔となっており、定期的な発呼が認められる。また、転送量をほとんど伴わない、一定時間(120秒程度)の接続が繰り返されている。120秒はあらかじめ設定してあるタイムアウト時間に一致していた。このケースでは、持ち込みパソコンに設定されたPOPでのメールチェックが原因であった。なお、タイムアウト時間も通信経費に関係するため、これも適切に設定する必要がある(現在は150秒)。

このようにして、利用者がいない時間帯での発呼がないか、といったことも合わせ、ログを監視する。日時ログをさらに集計したものが、図4である。典型的な異常発呼パターンとして「転送量の伴わない発呼」「接続時間に比較して多い発呼数」というパターンが認められる。

3-3. 通信帯域の制限と一斉授業への対応

ISDNでは、仮に2Bでの接続を行ったとしても128Kbpsの速度しか得ることはできない。これは、DA64やDA128等の低価格な専用線でも同様である。授業での利用を考えると、40台程度のPCから同一のURLに向けてのアクセスが発生することになる。仮に60KB程度のコンテンツを外部から参照するにしても、128Kbpsの回線では、マシン速度やインターネット上でのオーバーヘッドを考慮せずとも、すべてのPCがコンテンツを表示完了するまでに3分近い時間がかかってしまう。Webの1ページを表示するのにこれだけの時間がかかったのでは授業にならないし、間欠接続の場合、授業時間中ずっと接続されているようなケースもありえる。これはそのまま通信コストに跳ね返ることになる。

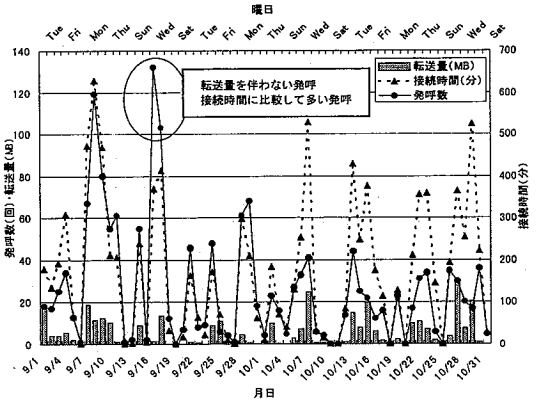


図4 典型的な異常発呼パターン

授業環境で利用可能とするためには、学校側にキャッシュサーバが必須である。事前に授業用のコンテンツをキャッシュしておけば、授業中に回線を使用することなく利用することが可能となる。柏方式では、内部向けDNSサーバと同一マシンを利用して、キャッシュサーバを構築している。NOC側でのキャッシュサーバとの間で多段構成とすれば、さらに有効に機能させることも可能となる。通信回線費を押さえるためには、CGI等を含むコンテンツをすべてキャッシュすることが望ましいと考えられるが、この場合、最新情報がキャッシュされているかどうかの確認が常に必要となる。

しかし、本格的な双方向遠隔授業まで行おうとするとキャッシュサーバでは対処できず、最低限1Mbps程度の帯域を持つ通信回線が必要となってくる[8]。

3-4. 外部向けサーバの運用について

間欠LAN間接続の場合、外部からのリクエストによって回線を確立することは問題があるため、学校側にWWWサーバやメールサーバを置いて運用することができない。この問題に対処するために、公開サーバはNOC側に置くという処置をとっている。校内のWWWサーバは、校内での情報交換サーバに特化する。

また、メールについてはNOC側に児童・生徒のアカウントを登録する方式もあるが、メール確認のための通信費増大等を考慮して採用していない。メールはNOC側に着信しておき、利用時に校内側から発呼して取得する方式とした。NOC側でスプールしたメールを、UUCP over IPによって一定間隔で学校に転送し、学校内に設置するメールサーバで個別に配信する方式とした。この方法を使えば、通信費を押

さえることができると同時に、メールアドレス管理を学校内で行うことも可能となり、校内メールの利用といったイントラネット的な利用も可能となる。

### 3-5. 教育上不要な情報の流入制御

教育場面での利用を考えた場合、不要なコンテンツを排除するための仕組みも必要となる。柏方式では、小・中学校が接続されるセグメントを KIU 柏教育バリアセグメント[7]として独立させている。このセグメントは、コンテンツフィルタ機能を有する FireWall を介して KIU の基幹セグメントと接続されている。KIU は機器の管理は行いが、セキュリティポリシーにはタッチしない。柏市教育委員会の指導の下、柏市教育研究所がフィルタリングルール等の設定を行う方式となっている。

### 3-5. 校内での不用意な運用に伴う問題

校内 LAN が一つのネットワークで構築されていると、教師用 PC 上に作成された成績データ等の重要な個人データを生徒用 PC から参照できてしまうことがある。Windows 系のネットワークを構築する場合、ワークグループ名を独自に設定したり、ユーザ認証を正しく設定せねばならない。これらをきちんと運用するには、ネットワーク管理に関する基礎的知識を持つ管理者が必要になるが、必ずしもそういった人材が校内にいるとは限らない。こうした問題に対応するために、柏地区では、校内 LAN を「職員室系セグメント」と「教室系セグメント」に分割した校内 LAN の構築を推奨し、学校ネットワークのプロトタイプとしての実証実験を開始している。低価格化が進んだとはいえ、ルータメーカーから提供されるローカルルータは、これまでの学校の感覚からするとまだまだ高額である。このため、DNS サーバとして導入した PC-UNIX 機に NIC を複数枚入れ、ローカル IP ルータを構築し、セグメント分割を行う方式を採用している。

## 4. まとめ

千葉県柏市における実践事例から、学校教育ネットワークにおける諸問題について報告した。学校をインターネットに接続する場合、主に回線経費の問題から ISDN による間欠 LAN 間接続の形態が採られることがあるが、この方式は運用に一定の技術レベルを要求する。最近、昼間帯も利用できる ISDN 定額サービスも登

場しており、ISDN を利用した学校の接続はしばらく続くと思われる。しかし、この形態は運用を誤ると常時接続に比較して運用コストを含めたトータルでのコストが大きくなる可能性もある。かつ、本格的な利用に向けては帯域的にも不足すると思われる。近年、選択肢が増えてきた CATV インターネット等、高速で低価格の常時接続型サービスに期待が持てるが、教育用ネットワークの構築・運用に関する検討事項はまだ多い。問題点を整理しながら、今後も引き続き運用技術の蓄積に努めたい。

なお、自律した LAN としての学校ネットワークを考慮した場合、PC を用いた UNIX サーバが有効であった。各種サーバの他、ルータや異常発呼の原因特定のためなど、多機能システムとして利用可能であった。

## 引用・参考文献

- [1] <http://www.edu.ipa.go.jp/E-square/>
- [2] <http://www.monbu.go.jp/press/index.html>
- [3] 安江正治・眞壁豊・木村拓広・佐々木一洋：学校教育現場のネットワーク運用への遠隔支援，情報処理学会研究報告 98-DSM-10, Vol.98, No.66, pp43-48 (1998).
- [4] 牧野晋・大塚秀治・藤森洋志・籠義樹・高辻秀興・林英輔：ネットワーク教育へのライセンスプログラムの適用(1)，平成 11 年度情報処理教育研究集会講演論文集，pp62-65 (1999).
- [5] 日経コミュニケーション別冊，通信サービス利用ガイドブック 2000，日経 BP 社 (1999).
- [6] 大塚秀治・林英輔：CATV をアクセス網とした地域ネットワークの展開—地域における学校ネットワークの高速化—，情報処理学会誌，Vol.41, No.1 (2000). (印刷中)
- [7] 大塚秀治・西田光昭・加藤直・高辻秀興・牧野晋・窪田浩美・松本彰夫・瀧口樹良・久保美和子・柴田昌彦・成田宏一・横内健一・小久保武司・大橋真也：KIU 教育バリアセグメント(1)—その目的と実験計画—，KIU インターネット教育研究フォーラム資料集，Vol.1, pp.100-104 (1999).
- [8] 牧野晋・大塚秀治・窪田浩美・郷貢・高辻秀興・高橋三雄：専用線 IP 接続による遠隔双方向授業実験，情報処理学会研究報告 98-DSM-11, Vol.98, No.88, pp.13-18 (1998).
- [9] 大塚秀治・牧野晋・久保美和子・高辻秀興・籠義樹・林英輔：ISDN による間欠 LAN 間接続の諸問題，平成 11 年度情報処理教育研究集会講演論文集，pp.163-166 (1999).